

迟清华 鄢明才 编著

应用地球化学 元素丰度数据手册

YINGYONG DIQIU HUAXUE
YUANSU FENGDU SHUJU SHOUC

地质出版社

应用地球化学 元素丰度数据手册

迟清华 鄢明才 编著

地质出版社

·北京·

内 容 提 要

本书汇编了国内外不同研究者提出的火成岩、沉积岩、变质岩、土壤、水系沉积物、泛滥平原沉积物、浅海沉积物和大陆地壳的化学组成与元素丰度，同时列出了勘查地球化学和环境地球化学研究中常用的中国主要地球化学标准物质的标准值，所提供内容均为地球化学工作者所必须了解的各种重要地质介质的地球化学基础数据。

本书供从事地球化学、岩石学、勘查地球化学、生态环境与农业地球化学、地质样品分析测试、矿产勘查、基础地质等领域的研究者阅读，也可供地球科学其它领域的研究者使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

应用地球化学元素丰度数据手册/迟清华，鄢明才编
著. - 北京：地质出版社，2007.12
ISBN 978 - 7 - 116 - 05536 - 0

.应... . 迟... 鄢... .地球化学丰度 - 化学元
素 - 数据 - 手册 . P595 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 185917 号

责任编辑：王永奉 陈军中
责任校对：李 玫
出版发行：地质出版社
社址邮编：北京市海淀区学院路 31 号，100083
电 话：(010) 82324508 (邮购部)
网 址：<http://www.gph.com.cn>
电子邮箱：zbs@gph.com.cn
传 真：(010) 82310759
印 刷：北京地大彩印厂
开 本：889mm×1194mm 1/16
印 张：10.25
字 数：260 千字
印 数：1 - 3000 册
版 次：2007 年 12 月北京第 1 版·第 1 次印刷
定 价：28.00 元
书 号：ISBN 978 - 7 - 116 - 05536 - 0

(如对本书有建议或意见，敬请致电本社；如本社有印装问题，本社负责调换)

关于应用地球化学

元素丰度数据手册（代序）

地球化学元素丰度数据，即地壳五个圈内多种元素在各种介质、各种尺度内含量的统计数据。它是应用地球化学研究解决资源与环境问题上重要的资料。将这些数据资料汇编在一起将使研究人员节省不少查找文献的劳动与时间。这本小册子就是按照这样的想法编汇的。它主要收集中国东部地壳与岩石化学组成的成果，兼及中国土壤、水系沉积物、泛滥平原沉积物、浅海沉积物中多种元素的丰度数据。为了读者使用的便利，还列出我国主要地球化学标准物质的标准值。这本小册子并不求全，只求今后的一个宏伟计划有个开始。今后随着国内外地球化学填图的发展，大量新数据的涌现，可以不断修订，补充，再版，使此手册一直紧跟应用地球化学的发展步伐。

谢学锦 2007.11

前 言

地壳、岩石和疏松沉积物的化学组成与元素丰度是人类开展地质与地球化学调查、生态环境与农业地球化学调查需要了解的必不可少的最基础和最常用的地球化学数据。本书汇集的应用地球化学基础数据以岩石的化学组成和元素丰度为主体，同时汇集了疏松沉积物与大陆地壳的化学组成与元素丰度及常用地球化学标准物质标准值的数据，力求实用和全面，以供不同行业工作者和研究者参考选用。

岩石是地壳和岩石圈组成的基本单元。研究各种地质体中元素的分布、迁移和富集规律，确定地球化学异常下限及评估地质体的含矿性与成矿条件，都需要与相应的岩石化学组成与元素丰度数据对比。岩石中的元素丰度资料，除主成分和稀土元素外，系统的微量元素尤其是痕量元素含量的新资料目前很少。迄今人们仍常引用 20 世纪 60 年代 Turekian and Wedepohl (1961) 和 Vinogradov (1962) 根据选取散见于文献上不同研究者给出的不同岩类、不同元素的含量资料发表的 4 种火成岩和 3 种沉积岩的元素丰度数据，在早期地球化学研究中曾起了重要作用，但受制于当时的测试技术条件或样品的代表性，其中的一些元素尤其是测试困难的痕量元素和贵金属元素与实际偏离较大。如 Vinogradov (1962) 给出的酸性岩和基性岩中 Au 丰度分别为 4.5×10^{-9} 和 4×10^{-9} ；Hg 丰度分别为 80×10^{-9} 和 90×10^{-9} ；Pd 的丰度估计值更高，分别为 10×10^{-9} 和 19×10^{-9} ，实际上这样的含量值已达异常或强异常，与目前实测的元素含量难以进行对比和地球化学解释。实际上 Turekian and Wedepohl (1961) 在其论文中亦曾客观地指出，他们的汇编数据中的一些岩类和元素，在元素含量的测试、取样的代表性和岩性的描述上存在着不确定性。对另一重要岩类变质岩，则几乎见不到综合性的元素丰度数据。因此，迫切需要充实新的岩石化学组成，特别是痕量和超痕量元素丰度资料。本书在第一章、第二章、第三章汇编了国内外有代表性的火成岩、沉积岩和变质岩的岩石元素丰度，收集了近十几年来中国不同类型火成岩、沉积岩和变质岩的最新地球化学研究成果，其中包括了数十种岩石 70 余种元素的实测丰度数据，信息丰富，期望其对地球化学的定量研究和科学比对有所助益。

地壳的化学组成和元素丰度研究经历了一个多世纪，大体可分为 3 个阶段，最早以大陆地壳出露的结晶岩石成分的平均值估计地壳元素丰度 (Clarke, 1889, 1908; Clarke and Washington, 1924)；然后以酸性岩和基性岩的平均化学组成按不

同比例估计大陆地壳元素丰度 (Vinogradov, 1962; Taylor, 1964), 目前则通过对出露有下地壳岩石的某些有代表性的大构造单元的陆壳实测元素丰度研究来估计大陆地壳元素丰度 (Shaw *et al.*, 1986; Wedepohl, 1991, 1995; 鄢明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005)。地壳元素丰度的资料已日臻完善, 除个别难测痕量、超痕量元素外, 不同作者新近的估计值已相当接近。本书第五章列出了不同时期国内外研究者给出的具代表性的大陆地壳元素丰度数据, 提供读者选用。

近年来不同研究者提出的不同国度大陆地壳化学组成与元素丰度数据及先后研究发表的中国东部和中国花岗岩元素丰度的相似性表明, 涵盖 5 个一级大地构造单元的中国 (东部) 岩石和地壳的元素丰度数据具有良好的代表性, 可作为不同区域元素丰度对比的基础; 较前人收集不同来源数据估计的值, 特别在研究元素相关性和比值时, 应更具可比性和适用性。

中国东部大陆地壳和岩石化学组成与元素丰度的研究成果 (鄢明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005) 是本书岩石和大陆地壳元素丰度数据的重要来源。1986~1995 年, 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所与中国地质大学 (武汉)、长春地质学院以及中国东部 9 省区区域地质调查队或地球物理地球化学勘查院合作, 在中国东部东经 105° 以东、面积 $330 \times 10^4 \text{ km}^2$ 涵盖 17 省 (市、区) 5 个一级大地构造单元的广大地区, 系统采集了 500 余条标准地层剖面、800 余个代表性的火成岩体和变质杂岩体的总计 28253 个样品, 组合成 2718 件分析样; 与国内众多有经验的地质分析实验室合作, 采用以中子活化法、X-射线荧光光谱法、等离子体光谱法与质谱法为主的 10 余种配套分析方法进行准确测试, 以相应的国际公认的国家一级地球化学标准物质严格监控分析质量, 准确测定了每个岩石组合样品中 62 种元素的含量; 同时按构造单元和岩类组合成 150 件大组合样准确测定了 Br、I、In、N、Os、Ir、Rh、Ru、Re、Te、Pr、Dy、Ho、Er、Tm 等 15 种元素的含量。以中国东部区域地质、地球化学和地学断面资料为基础获得的中国东部大陆地壳和岩石 76 种元素的化学组成与元素丰度, 是迄今为止跨越一级大地构造单元最多、通过系统测定每件岩石组合样品得到的元素最为齐全的大陆地壳和岩石的化学组成与元素丰度研究成果。

疏松沉积物 (主要是水系沉积物和土壤) 是勘查地球化学和生态环境地球化学研究的主要对象, 但国际上与之相关的地球化学元素含量背景资料不多。自 20 世纪 80 年代开始, 中国相继开展的全国土壤环境地球化学背景值调查、水系沉积物区域化探全国扫面、全国泛滥平原沉积物地球化学填图、中国浅海沉积物地球化学调查以及中国东部平原土壤生态地球化学基准值研究; 20 世纪 60~80 年代美国开展的土壤环境地球化学元素背景值调查; 1996~2005 年欧洲地球化学基准填图计划进行的

土壤、水系沉积物和泛滥平原沉积物地球化学调查，积累了丰富的疏松沉积物元素含量资料。据此本书第四章汇集了中国和其它国家土壤、水系沉积物和浅海沉积物元素含量的新资料，这些基础地球化学数据可供生态环境与农业地球化学调查、地球化学勘查等领域的研究进行对比应用。

本书第六章还汇集了常用的岩石、土壤、水系沉积物、生物地球化学多元素标准物质的标准值以及痕量超痕量、矿石金和铂族元素标准物质的标准值等，可供地质、地球化学和地质测试工作者参考使用。

此外，本书还将中国有代表性的主要类型岩石、土壤、水系沉积物、浅海沉积物和大陆地壳的化学组成与元素丰度、地球化学勘查样品分析方法检出限以及重要地球化学勘查计划中采用的检出限和分析方法分列于附录 1、附录 2 和附录 3。

随着区域地质、地球化学和全球地学断面资料的不断积累与地质分析测试技术的进步，有关地壳及不同地质介质的化学组成与元素丰度的数据必将日臻完善。

衷心感谢中国科学院院士、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所名誉所长谢学锦教授为本书作序！

谨以此书献给中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所成立 50 周年，献给致力于应用地球化学和地质分析测试的广大工作者！

由于水平所限，缺点、疏漏和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编著者

2007 年 10 月

目次

关于应用地球化学元素丰度数据手册(代序)

前言

第一章 火成岩化学组成与元素丰度	1
1.1 酸性岩化学组成与元素丰度	2
表 1.1.1 酸性岩化学组成与元素丰度	2
表 1.1.2 花岗岩和流纹岩化学组成与元素丰度	3
表 1.1.3 高钙酸性岩化学组成与元素丰度	4
表 1.1.4 中国各类花岗岩化学组成与元素丰度	5
表 1.1.5 中国东部各构造单元花岗岩化学组成与元素丰度	6
表 1.1.6 中国东部各构造单元碱(正)长花岗岩化学组成与元素丰度	7
表 1.1.7 中国东部各构造单元二长花岗岩化学组成与元素丰度	8
表 1.1.8 中国东部各构造单元花岗闪长岩化学组成与元素丰度	9
表 1.1.9 中国东部各构造单元酸性火山岩化学组成与元素丰度	10
表 1.1.10 中国各构造单元花岗岩化学组成和元素丰度	11
表 1.1.11 中国各构造单元碱长花岗岩化学组成和元素丰度	12
表 1.1.12 中国各构造单元正长花岗岩化学组成和元素丰度	13
表 1.1.13 中国各构造单元二长花岗岩化学组成和元素丰度	14
表 1.1.14 中国东部太古宙和后太古宙酸性岩化学组成与元素丰度	15
1.2 中性岩化学组成与元素丰度	16
表 1.2.1 闪长岩和安山岩化学组成与元素丰度	16
表 1.2.2 中国各类闪长岩和安山岩化学组成与元素丰度	17
表 1.2.3 中国东部各构造单元闪长岩化学组成与元素丰度	19
表 1.2.4 中性火山岩化学组成与元素丰度	20
表 1.2.5 二长岩、正长岩和粗面岩化学组成与元素丰度	21
表 1.2.6 中国各类正长岩化学组成与元素丰度	23
表 1.2.7 中国东部各构造单元正长岩类化学组成与元素丰度	24
表 1.2.8 中国东部太古宙和后太古宙中性岩化学组成与元素丰度	25
1.3 基性岩和超镁铁质岩化学组成与元素丰度	26
表 1.3.1 基性岩化学组成与元素丰度	26
表 1.3.2 中国各类辉长岩化学组成与元素丰度	28
表 1.3.3 中国东部各构造单元辉长岩和辉绿岩化学组成与元素丰度	29
表 1.3.4 中国东部各构造单元玄武岩化学组成与元素丰度	30
表 1.3.5 中国东部太古宙和后太古宙基性岩化学组成与元素丰度	31
表 1.3.6 超镁铁质岩化学组成与元素丰度	31
1.4 火山碎屑岩及其它火成岩化学组成与元素丰度	34
表 1.4.1 中国火山碎屑岩化学组成与元素丰度	34
表 1.4.2 中国东部各构造单元火山碎屑岩化学组成与元素丰度	35
表 1.4.3 中国其它火成岩化学组成与元素丰度	36
第二章 沉积岩化学组成与元素丰度	38

2.1 砂岩化学组成与元素丰度	39
表 2.1.1 砂岩化学组成与元素丰度	39
表 2.1.2 中国东部各类杂砂岩化学组成与元素丰度	41
表 2.1.3 中国东部各构造单元砂岩化学组成与元素丰度	43
2.2 泥岩化学组成与元素丰度	45
表 2.2.1 泥岩化学组成与元素丰度	45
表 2.2.2 中国东部各类泥岩化学组成与元素丰度	46
表 2.2.3 中国东部各构造单元泥岩化学组成与元素丰度	48
2.3 碳酸盐岩化学组成与元素丰度	50
表 2.3.1 碳酸盐岩化学组成与元素丰度	50
表 2.3.2 中国东部石灰岩化学组成与元素丰度	51
表 2.3.3 中国东部白云岩化学组成与元素丰度	52
表 2.3.4 中国东部泥灰岩和泥云岩化学组成与元素丰度	53
表 2.3.5 中国东部各构造单元碳酸盐岩化学组成与元素丰度	54
2.4 硅质岩化学组成与元素丰度	56
表 2.4.1 中国东部硅质岩化学组成与元素丰度	56
表 2.4.2 中国东部不同区域硅质岩化学组成与元素丰度	57
第三章 中国东部变质岩化学组成与元素丰度	58
3.1 中国东部板岩、千枚岩和片岩化学组成与元素丰度	59
表 3.1.1 中国东部板岩化学组成与元素丰度	59
表 3.1.2 中国东部各构造单元板岩化学组成与元素丰度	60
表 3.1.3 中国东部千枚岩和片岩化学组成与元素丰度	61
表 3.1.4 中国东部各构造单元千枚岩化学组成与元素丰度	62
表 3.1.5 中国东部各构造单元片岩化学组成与元素丰度	63
3.2 中国东部片麻岩化学组成与元素丰度	64
表 3.2.1 中国东部片麻岩化学组成与元素丰度	64
表 3.2.2 中国东部各构造单元片麻岩化学组成与元素丰度	66
表 3.2.3 中国东部太古代和元古代花岗质片麻岩化学组成与元素丰度	67
3.3 中国东部变粒岩化学组成与元素丰度	69
表 3.3.1 中国东部酸性变粒岩化学组成与元素丰度	69
表 3.3.2 中国东部中酸性变粒岩化学组成与元素丰度	70
表 3.3.3 中国东部中性变粒岩和副变粒岩化学组成与元素丰度	71
3.4 中国东部麻粒岩化学组成与元素丰度	72
表 3.4.1 中国东部酸性麻粒岩化学组成与元素丰度	72
表 3.4.2 中国东部中性麻粒岩化学组成与元素丰度	73
表 3.4.3 中国东部基性麻粒岩化学组成与元素丰度	74
3.5 中国东部斜长角闪岩和绿片岩化学组成与元素丰度	75
表 3.5.1 中国东部斜长角闪岩化学组成与元素丰度	75
表 3.5.2 中国东部各构造单元斜长角闪岩化学组成与元素丰度	76
表 3.5.3 中国东部绿片岩化学组成与元素丰度	77
3.6 中国东部大理岩和石英岩化学组成与元素丰度	78
表 3.6.1 中国东部大理岩化学组成与元素丰度	78

表 3.6.2 中国东部石英岩化学组成与元素丰度	79
第四章 疏松沉积物化学元素平均含量	80
表 4.1 中国土壤化学元素含量	82
表 4.2 中国、美国和欧洲土壤元素背景值	84
表 4.3 中国东部平原土壤生态地球化学基准值	87
表 4.4 欧洲土壤和沉积物化学元素含量	89
表 4.5 中国沉积物化学元素含量	92
表 4.6 中国水系沉积物 39 种化学元素含量	94
表 4.7 中国浅海沉积物化学元素含量	96
第五章 地壳化学元素丰度	98
表 5.1 大陆地壳化学元素丰度	101
表 5.2 上陆壳和下陆壳化学元素丰度	103
表 5.3 华北地台大陆地壳的化学元素丰度	105
表 5.4 华北地台大陆地壳的主成分组成	107
表 5.5 不同研究者对大陆地壳主成分的估计值	107
表 5.6 中国东部大陆地壳化学组成与元素丰度估计值	108
表 5.7 中国东部及各构造单元出露地壳化学组成与元素丰度	110
表 5.8 华北地台太古宙出露地壳化学组成与元素丰度	112
表 5.9 华北地台不同变质相地体化学组成与元素丰度	113
表 5.10 中国东部及其不同构造单元沉积盖层化学组成与元素丰度	114
表 5.11 中国东部及其不同构造单元结晶基底化学组成与元素丰度	115
第六章 中国主要地球化学标准物质的标准值	116
表 6.1 岩石地球化学标准物质标准值(GSR 1~6, GSR 13~15)	117
表 6.2 岩石地球化学标准物质标准值(GSR 7~12)	119
表 6.3 土壤地球化学标准物质标准值(GSS 1~8)	121
表 6.4 土壤地球化学标准物质标准值(GSS 9~16)	123
表 6.5 水系沉积物地球化学标准物质标准值(GSD 1~8)	125
表 6.6 水系沉积物地球化学标准物质标准值(GSD 9~14, GSD-1a)	127
表 6.7 植物和人发成分分析标准物质标准值(GSV 1~4, GSH-1)	129
表 6.8 生物成分分析标准物质标准值(GSB 1~5)	130
表 6.9 生物成分分析标准物质标准值(GSB 6~10)	131
表 6.10 生物成分分析标准物质标准值(GSB 11~15)	132
表 6.11 生物成分分析标准物质标准值(GSB 16~20)	133
表 6.12 微量金和金矿石地球化学标准物质标准值(GAu 8~23)	134
表 6.13 铂族元素地球化学标准物质标准值(GPt 1~10)	135
表 6.14 多金属矿石地球化学标准物质标准值(GSO 1~7)	136
参考文献	137
附录 1 中国主要类型岩石、疏松沉积物、大陆地壳的化学组成和元素丰度	140
附录 2 地球化学勘查样品分析方法检出限	143
附录 3 重要地球化学勘查计划采用的样品分析方法检出限	146

Contents

Foreword

Preface

Chapter 1 Chemical Composition and Elemental Abundance of Igneous Rocks	1
1.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks	2
Table 1.1.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks	2
Table 1.1.2 Chemical composition and elemental abundance of granitoid rocks and rhyolites.....	3
Table 1.1.3 Chemical composition and elemental abundance of high-calcium acidic rocks	4
Table 1.1.4 Chemical composition and elemental abundance of different types of granites in China.....	5
Table 1.1.5 Chemical composition and elemental abundance of granites in the geotectonic units of the eastern part of China.....	6
Table 1.1.6 Chemical composition and elemental abundance of alkali feldspar granites and syenogranites in the geotectonic units of the eastern part of China	7
Table 1.1.7 Chemical composition and elemental abundance of monzogranites in the geotectonic units of the eastern part of China	8
Table 1.1.8 Chemical composition and elemental abundance of granodiorites in the geotectonic units of the eastern part of China	9
Table 1.1.9 Chemical composition and elemental abundance of acidic volcanics in the geotectonic units of the eastern part of China	10
Table 1.1.10 Chemical composition and elemental abundance of granites in the geotectonic units of China.....	11
Table 1.1.11 Chemical composition and elemental abundance of alkali feldspar granites in the geotectonic units of China.....	12
Table 1.1.12 Chemical composition and elemental abundance of syenogranites in the geotectonic units of China.....	13
Table 1.1.13 Chemical composition and elemental abundance of monzogranites in the geotectonic units of China	14
Table 1.1.14 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks of Archean and post-Archean in the eastern part of China	15
1.2 Chemical composition and elemental abundance of intermediate rocks	16
Table 1.2.1 Chemical composition and elemental abundance of diorites and andesites	16
Table 1.2.2 Chemical composition and elemental abundance of different types of diorites and andesites in China	17
Table 1.2.3 Chemical composition and elemental abundance of diorites in the geotectonic units of the eastern part of China.....	19
Table 1.2.4 Chemical composition and elemental abundance of intermediate volcanics	20
Table 1.2.5 Chemical composition and elemental abundance of monzonites, syenites and Trachyte	21
Table 1.2.6 Chemical composition and elemental abundance of different types of syenites in China	23
Table 1.2.7 Chemical composition and elemental abundance of syenites in the geotectonic units of the eastern part of China.....	24
Table 1.2.8 Chemical composition and elemental abundance of intermediate rocks of Archean and post-Archean in the eastern part of China	25
1.3 Chemical composition and elemental abundance of basic rocks and ultramafic rocks	26
Table 1.3.1 Chemical composition and elemental abundance of basic rocks	26
Table 1.3.2 Chemical composition and elemental abundance of different types of gabbros in China.....	28

Table 1.3.3	Chemical composition and elemental abundance of gabbros and diabases in the geotectonic units of the eastern part of China	29
Table 1.3.4	Chemical composition and elemental abundance of basalts in the geotectonic units of the eastern part of China	30
Table 1.3.5	Chemical composition and elemental abundance of basic rocks of Archean and post-Archean in the eastern part of China	31
Table 1.3.6	Chemical composition and elemental abundance of ultramafic rocks	31
1.4	Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks and other pyrogenic rocks	34
Table 1.4.1	Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks in China	34
Table 1.4.2	Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks in the eastern part of China	35
Table 1.4.3	Chemical composition and elemental abundance of other pyrogenic rocks in China	36
Chapter 2	Chemical Composition and Elemental Abundance of Sedimentary Rocks	38
2.1	Chemical composition and elemental abundance of sandstones	39
Table 2.1.1	Chemical composition and elemental abundance of sandstones	39
Table 2.1.2	Chemical composition and elemental abundance of common sandstones	41
Table 2.1.3	Chemical composition and elemental abundance of sandstones in the geotectonic units of the eastern part of China	43
2.2	Chemical composition and elemental abundance of mudstones	45
Table 2.2.1	Chemical composition and elemental abundance of mudstones	45
Table 2.2.2	Chemical composition and elemental abundance of different types of mudstones in the eastern part of China	46
Table 2.2.3	Chemical composition and elemental abundance of mudstones in the geotectonic units of the eastern part of China	48
2.3	Chemical composition and elemental abundance of carbonate rocks	50
Table 2.3.1	Chemical composition and elemental abundance of carbonite rocks	50
Table 2.3.2	Chemical composition and elemental abundance of limestones in the eastern part of China	51
Table 2.3.3	Chemical composition and elemental abundance of dolomites in the eastern part of China	52
Table 2.3.4	Chemical composition and elemental abundance of marls and dololutes in the eastern part of China	53
Table 2.3.5	Chemical composition and elemental abundance of carbonate rocks in the geotectonic units of the eastern part of China	54
2.4	Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks	56
Table 2.4.1	Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks in the eastern part of China	56
Table 2.4.2	Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks in different regions of the eastern part of China	57
Chapter 3	Chemical Composition and Elemental Abundance of Metamorphic Rocks in the Eastern Part of China	58
3.1	Chemical composition and elemental abundance of slates, phyllites and schists in the eastern part of China	59
Table 3.1.1	Chemical composition and elemental abundance of slates in the eastern part of China	59
Table 3.1.2	Chemical composition and elemental abundance of slates in the geotectonic units of the eastern part of China	60
Table 3.1.3	Chemical composition and elemental abundance of phyllites and schists in the eastern part of China	61

Table 3.1.4	Chemical composition and elemental abundance of phyllites in the geotectonic units of the eastern part of China.....	62
Table 3.1.5	Chemical composition and elemental abundance of schists in the geotectonic units of the eastern part of China.....	63
3.2	Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the eastern part of China.....	64
Table 3.2.1	Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the eastern part of China.....	64
Table 3.2.2	Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the geotectonic units of the eastern part of China.....	66
Table 3.2.3	Chemical composition and elemental abundance of the Archean and Proterozoic granitic gneisses in the eastern part of China	67
3.3	Chemical composition and elemental abundance of leptites in the eastern part of China.....	69
Table 3.3.1	Chemical composition and elemental abundance of acidic leptites in the eastern part of China.....	69
Table 3.3.2	Chemical composition and elemental abundance of acidic-intermediate leptites in the eastern part of China.....	70
Table 3.3.3	Chemical composition and elemental abundance of intermediate leptites and paraleptites in the eastern part of China	71
3.4	Chemical composition and elemental abundance of granulites in the eastern part of China	72
Table 3.4.1	Chemical composition and elemental abundance of acidic granulites in the eastern part of China.....	72
Table 3.4.2	Chemical composition and elemental abundance of intermediate granulites in the eastern part of China..	73
Table 3.4.3	Chemical composition and elemental abundance of basic granulites in the eastern part of China	74
3.5	Chemical composition and elemental abundance of amphibolites and greenschists in the eastern part of China.....	75
Table 3.5.1	Chemical composition and elemental abundance of amphibolites in the eastern part of China.....	75
Table 3.5.2	Chemical composition and elemental abundance of amphibolites in the geotectonic units of the eastern part of China	76
Table 3.5.3	Chemical composition and elemental abundance of greenschists in the eastern part of China.....	77
3.6	Chemical composition and elemental abundance of marbles and quartzites in the eastern part of China.....	78
Table 3.6.1	Chemical composition and elemental abundance of marbles in the eastern part of China	78
Table 3.6.2	Chemical composition and elemental abundance of quartzites in the eastern part of China.....	79
Chapter 4	Average Concentration of Chemical Elements in Loose Sediments.....	80
Table 4.1	Concentrations of chemical elements of soils in China	82
Table 4.2	Elemental background values of soils in China, U. S. A, and Europe.....	84
Table 4.3	Eco-geochemical reference values of soils in the alluvial plains of eastern China.....	87
Table 4.4	Concentrations of chemical elements of soils and sediments in Europe.....	89
Table 4.5	Concentrations of chemical elements of sediments in China.....	92
Table 4.6	Concentrations of 39 chemical elements of stream sediments in China	94
Table 4.7	Concentrations of chemical elements of sediments in the China Shelf Sea.....	96
Chapter 5	Abundance of Chemical Elements of the Earth's Crust.....	98
Table 5.1	Abundance of chemical elements of the continental crust.....	101
Table 5.2	Abundance of chemical elements of the upper and lower continental crust	103
Table 5.3	Abundance of chemical elements of the continental crust in the North China platform.....	105

Table 5.4	Major component composition of the continental crust in the North China platform.....	107
Table 5.5	Estimates of major component composition of the continental crust by different researchers	107
Table 5.6	Estimates of chemical composition and elemental abundance of the continental crust in the eastern part of China.....	108
Table 5.7	Chemical composition and elemental abundance of the exposed crust.....	110
	in the eastern part of China and its geotectonic units.....	110
Table 5.8	Chemical composition and elemental abundance of the exposed Archean crust in the North China platform.....	112
Table 5.9	Chemical composition and elemental abundance of the different metamorphic facies terrains in the North China platform	113
Table 5.10	Chemical composition and elemental abundance of the sedimentary cover in the eastern part of China and its geotectonic units	114
Table 5.11	Chemical composition and elemental abundance of the crystalline basement in the eastern part of China and its geotectonic units	115
Chapter 6	Certified Values of Main Geochemical Certified Reference Materials in China.....	116
Table 6.1	Certified values of rock geochemical certified reference materials (GSR 1 - 6, GSR 13 - 15)	117
Table 6.2	Certified values of rock geochemical certified reference materials (GSR 7 - 12).....	119
Table 6.3	Certified values of soil geochemical certified reference materials (GSS 1 - 8).....	121
Table 6.4	Certified values of soil geochemical certified reference materials (GSS 9 - 16).....	123
Table 6.5	Certified values of stream sediment geochemical certified reference materials (GSD 1 - 8).....	125
Table 6.6	Certified values for geochemical certified reference materials of stream sediment (GSD 9 - 14, GSD-1a) 127	
Table 6.7	Certified values of vegetable and human hairs certified reference materials (GSV 1 - 4, GSH-1)	129
Table 6.8	Certified values of biological certified reference materials (GSB 1 - 5)	130
Table 6.9	Certified values of biological certified reference materials (GSB 6 - 10)	131
Table 6.10	Certified values of biological certified reference materials (GSB 11 - 15)	132
Table 6.11	Certified values of biological certified reference materials (GSB 16 - 20)	133
Table 6.12	Certified values of trace gold and gold ore geochemical certified reference materials (GAu 8 - 23)	134
Table 6.13	Certified values of platinum-group elements geochemical certified reference materials (GPt 1 - 10).....	135
Table 6.14	Certified values of multimetal ore geochemical certified reference materials (GSO 1 - 7).....	136
References	137
Appendix 1	Chemical composition and elemental abundance of main types of rocks, loose sediments and the continental crust in China_	140
Appendix 2	Detection limits of analytical methods in geochemical exploration	143
Appendix 3	Detection limits of analytical methods in the important projects of geochemical exploration	146

第一章 火成岩化学组成与元素丰度

Chapter 1 Chemical Composition and Elemental Abundance of Igneous Rocks

火成岩的化学组成与元素丰度是研究地球化学和岩石学的基础资料。本书国外的资料主要引自 Turekian and Wedepohl (1961) 及 Vinogradov (1962)。中国的资料是数据表的主体, 主要引自鄯明才和迟清华 (1997)、鄯明才等 (1996)、Yan and Chi (2005) 和史长义等 (2005, 2007)。

中国的资料

中国东部共采集了火成岩样品13846件 (含正变质岩为15555件), 组合分析样1680件 (含正变质岩为1870件); 火山碎屑岩1560件, 组合分析样107件。同时共收集了西部未采样地区的具有区域代表性和分析质量可靠的5191件火成岩样品的739个主成分平均值数据。采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值后的算术平均值, 求得中国各类火成岩76种化学元素的组成与丰度。火成岩的分类依国际地科联 (IUGS) 火成岩分类学委员会推荐的方案 (Le Maitre, 1989), 侵入岩按 $Q'(F)-An-Or$ 图解 (据 Streckeisen and Le Maitre, 1979)、火山岩按全碱- SiO_2 (TAS) 图解 (据 Le Bas *et al.*, 1986; Le Maitre, 1989) 进行化学分类和命名 (鄯明才等, 1996; 鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005)。

史长义等 (2005, 2007) 利用鄯明才和迟清华 (1997) 在中国东部采集和分析的500余件花岗岩组合样品的基础上, 又在中国西部和东南部采集和分析了约250件花岗岩组合样品, 采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值后的中位值, 求得中国及其各大地构造单元花岗岩的66种化学元素的组成与丰度。其花岗岩的分类主要采用国际地科联 (IUGS) 火成岩分类学委员会推荐的方案, 按QAP三角图解确定各类花岗岩的基本名称。

国外的资料

Turekian and Wedepohl (1961) 综合文献资料给出了高钙花岗质岩石、低钙花岗质岩石、正长岩、玄武岩和超镁铁质岩67种元素的丰度估计值, 其中超镁铁质岩中有20种元素的丰度值只给出了数量级; Vinogradov (1962) 采用相似的方法综合给出了酸性岩 (花岗岩、花岗闪长岩等) 73种元素、中性岩 (闪长岩与安山岩) 50种元素、基性岩 (辉长岩、辉绿岩) 73种元素和超镁铁质岩59种元素的丰度估计值, 并利用酸性岩与基性岩2:1的比例得到了大陆地壳的元素丰度; Taylor (1964) 同样采用 Turekian and Wedepohl (1961) 的方法综合给出了花岗岩和玄武岩55种元素的丰度, 并利用花岗岩与基性岩1:1的比例得到了大陆地壳的元素丰度。

表1.1.1 - 表1.1.14列出了各种酸性岩的化学组成与元素丰度; 表1.2.1 - 表1.2.8列出了各种中性岩的化学组成与元素丰度; 表1.3.1 - 表1.3.6列出了各种基性岩和超基性岩的化学组成与元素丰度; 表1.4.1 - 表1.4.3列出了各种火山碎屑岩和其它火成岩的化学组成与元素丰度。为便于比对和方便读者使用, 上述表中均将Turekian and Wedepohl (1961) 与 Vinogradov (1962) 给出的主元素的含量换算成氧化物的含量。

数据表中, N 为被分析的组样数, t 为采集的样品数; 组样数 (N) 中不带圆括号的为主成分的数据数, 带圆括号的为微量元素的数据数, 均未加括号时为两者数据数相同; 带圆括号的元素含量为参考值, 带“ n ”的为量级估计值, 带“-”的未给值。

1.1 酸性岩化学组成与元素丰度

1.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks

表 1.1.1 酸性岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks

文献 Literature	A	B	文献 Literature	A	B	文献 Literature	A	B
岩石 Rock	中国 酸性岩 Acidic rocks in China	酸性岩 (花岗岩, 花岗 闪长岩等) Acidic rocks (Granites, granodiorites, etc.)	岩石 Rock	中国 酸性岩 Acidic rocks in China	酸性岩 (花岗岩, 花岗 闪长岩等) Acidic rocks (Granites, granodiorites, etc.)	岩石 Rock	中国 酸性岩 Acidic rocks in China	酸性岩 (花岗岩, 花岗 闪长岩等) Acidic rocks (Granites, granodiorites, etc.)
<i>N</i>	1249 (693)		<i>N</i>	1249 (693)		<i>N</i>	1249 (693)	
<i>t</i>	10458 (6665)		<i>t</i>	10458 (6665)		<i>t</i>	10458 (6665)	
SiO ₂	70.85	69.10	F	490	800	Sn	2.0	3.0
TiO ₂	0.295	0.38	Ga	18	20	Sr	250	300
Al ₂ O ₃	14.20	14.55	Ge	1.15	1.4	Ta	1.2	3.5
Fe ₂ O ₃	1.22	3.86 _T	Hf	5.0	1.0	Te	(5)	1
FeO	1.60	-	Hg	6.6	80	Th	14.5	18
MnO	0.049	0.08	I	(0.05)	0.4	Ti	1770	2300
MgO	0.94	0.93	In	(0.05)	0.26	Tl	0.73	1.5
CaO	1.83	2.21	Ir	(3)	-	U	2.5	3.5
Na ₂ O	3.52	3.73	Li	19	40	V	33	40
K ₂ O	4.00	4.02	Mn	380	600	W	0.85	1.3
P ₂ O ₅	0.099	0.16	Mo	0.70	1.0	Zn	45	60
H ₂ O ⁺	1.07	-	N	28	20	Zr	160	200
CO ₂	0.32	-	Nb	15	20	Y	22	34
Ag	0.060	0.050	Ni	7.7	8.0	La	40	60
As	1.7	1.5	Os	(15)	-	Ce	75	100
Au	0.53	4.5	P	430	700	Pr	7.8	12
B	6.2	15	Pb	24	20	Nd	30	46
Ba	700	830	Pd	(0.08)	10	Sm	5.3	9.0
Be	2.7	5.5	Pt	(0.06)	-	Eu	0.90	1.5
Bi	0.24	0.01	Rb	140	200	Gd	4.9	9.0
Br	(0.2)	1.7	Re	0.25	0.67	Tb	0.72	2.5
Cd	0.060	0.1	Rh	(4)	-	Dy	4.4	6.7
Cl	58	240	Ru	(7)	-	Ho	0.90	2.0
Co	4.8	5.0	S	120	400	Er	2.6	4.0
Cr	12	25	Sb	0.16	0.26	Tm	0.39	0.30
Cs	3.5	5	Sc	5.3	3.0	Yb	2.4	4.0
Cu	8.0	20	Se	0.033	0.05	Lu	0.38	1.0

A: 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005); B: Vinogradov (1962)。

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re, Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

表 1.1.2 花岗岩和流纹岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.2 Chemical composition and elemental abundance of granites and rhyolites

文献 Literature	A	B	A	C	D	文献 Literature	A	B	A	C	D
岩石 Rock	中国 花岗岩 Granites in China	中国 花岗岩 Granites in China	中国 流纹岩 Rhyolites in China	低钙 花岗质 岩石 Low calcium granitic rocks	花岗岩 Granites	岩石 Rock	中国 花岗岩 Granites in China	中国 花岗岩 Granites in China	中国 流纹岩 Rhyolites in China	低钙 花岗质 岩石 Low calcium granitic rocks	花岗岩 Granites
<i>N</i>	880 (469)	748	56 (53)			<i>N</i>	880 (469)	748	56 (53)		
<i>t</i>	7008 (4322)	5945	857 (701)			<i>t</i>	7008 (4322)	5945	857 (701)		
SiO ₂	72.40	72.26	73.17	74.24	69.10	Os	(12)	-	(12)	-	-
TiO ₂	0.230	0.27	0.257	0.20	0.38	P	345	410	250	600	700
Al ₂ O ₃	13.83	14.19	13.28	13.60	14.55	Pb	26	26	21	19	20
Fe ₂ O ₃	1.02	0.86	1.47	2.63 _T	3.86 _T	Pd	(0.06)	-	(0.06)	<i>n</i>	-
FeO	1.27	1.03	0.80	-	-	Pt	(0.05)	-	(0.05)	<i>n</i>	-
MnO	0.041	0.05	0.048	0.05	0.05	Rb	160	160	142	170	150
MgO	0.64	0.50	0.48	0.27	0.27	Re	(0.15)	-	-	-	-
CaO	1.34	1.32	0.85	0.71	2.21	Rh	(3)	-	(4)	-	-
Na ₂ O	3.55	3.54	2.93	3.48	3.73	Ru	(6)	-	(6)	-	-
K ₂ O	4.34	4.35	4.52	5.06	4.02	S	90	86	90	300	270
P ₂ O ₅	0.079	0.09	0.057	0.14	0.16	Sb	0.13	0.13	0.34	0.2	0.2
H ₂ O ⁺	0.91	0.76	1.43	-	-	Sc	4.0	4.9	5.2	7	5
CO ₂	0.26	0.23	0.46	-	-	Se	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05
Ag	0.060	0.052	0.070	0.037	0.04	Sn	2.2	2.0	2.2	3	3
As	1.2	0.9	3.5	1.5	1.5	Sr	220	170	115	100	285
Au	0.48	0.37	0.42	4	4	Ta	1.4	1.3	1.3	4.2	3.5
B	5.5	4.1	7.5	10	15	Te	(5)	-	-	-	-
Ba	680	560	620	840	600	Th	17	17	14.5	17	17
Be	3.2	2.7	3.2	3	5	Ti	1380	1490	1540	1200	2300
Bi	0.24	0.14	0.13	0.01	0.18	Tl	0.83	0.84	0.80	2.3	0.75
Br	(0.2)	-	-	1.3	1.3	U	2.9	2.9	3.0	3.0	4.8
Cd	0.057	0.052	0.080	0.13	0.2	V	23	22	20	44	20
Cl	52	58	37	200	200	W	1.0	0.70	1.1	2.2	2
Co	3.0	2.9	2.2	1.0	1	Zn	40	43	55	39	40
Cr	6.6	5.0	4.5	4.1	4	Zr	155	145	230	175	180
Cs	3.6	3.8	3.9	4	5	Y	23	20	27	40	40
Cu	5.5	5.0	4.5	10	10	La	41	33	47	55	40
F	485	450	340	850	850	Ce	77	63	87	92	-
Ga	18.0	18	17.4	17	18	Pr	8.4	7.0	9.8	8.8	-
Ge	1.2	1.3	1.2	1.3	1.5	Nd	30	25	38	37	-
Hf	5.0	5.0	7.0	3.9	4	Sm	5.3	4.6	6.8	10	-
Hg	6.4	5.0	7.0	80	80	Eu	0.82	0.82	0.92	1.6	-
I	(0.05)	-	-	0.5	0.5	Gd	5.0	4.6	6.4	10	-
In	(0.05)	-	(0.06)	0.26	0.1	Tb	0.74	0.64	0.98	1.6	-
Ir	(2)	-	(2)	-	-	Dy	4.4	4.0	5.4	7.2	-
Li	19	21	15	40	30	Ho	0.90	0.80	1.15	2.0	-
Mn	320	350	370	390	400	Er	2.7	2.2	3.5	4.0	-
Mo	0.70	0.49	0.84	1.3	2	Tm	0.41	0.38	0.53	0.3	-
N	25	-	60	20	20	Yb	2.6	2.1	3.5	4.0	-
Nb	16	13.8	19	21	20	Lu	0.40	0.33	0.53	1.2	-
Ni	5.2	4.4	4.0	4.5	0.5						

A :鄢明才和迟清华(1997) ; 鄢明才等(1996) ; Yan and Chi (2005) ; B :史长义等(2005) ; C :Turekian and Wedepohl (1961) ; D :Taylor (1964)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te : 10⁻⁹ ; Ir、Os、Rh、Ru : 10⁻¹² ; 其它元素 : 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

表 1.1.3 高钙酸性岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.3 Chemical composition and elemental abundance of high-calcium acidic rocks

文献 Literature	A				B	文献 Literature	A				B
岩石 Rock	中国高钙酸性岩 High-calcium acidic rocks in China				高钙 花岗质 岩石 High- calcium granitic rocks	岩石 Rock	中国高钙酸性岩 High-calcium acidic rocks in China				高钙 花岗质 岩石 High- calcium granitic rocks
	平均 Average	花岗 闪长岩 Granodiorites	英云 闪长岩 Tonalites	英安岩 Dacites			平均 Average	花岗 闪长岩 Granodiorites	英云 闪长岩 Tonalites	英安岩 Dacites	
<i>N</i>	308 (168)	252 (129)	42 (26)	14 (13)		<i>N</i>	308 (168)	252 (129)	42 (26)	14 (13)	
<i>t</i>	2570 (1630)	1995 (1260)	287 (228)	288 (142)		<i>t</i>	2570 (1630)	1995 (1260)	287 (228)	288 (142)	
SiO ₂	65.96	66.40	63.27	65.98	67.18	Ni	20	19	27	10	15
TiO ₂	0.519	0.484	0.524	0.515	0.57	Os	(20)	(20)	(20)	(30)	-
Al ₂ O ₃	15.33	15.23	15.90	15.60	15.49	P	700	710	680	670	920
Fe ₂ O ₃	1.75	1.58	2.30	2.25	4.23 _T	Pb	17	18	11	16	15
FeO	2.68	2.69	3.00	2.17	-	Pd	0.33	0.30	0.35	(0.14)	<i>n</i>
MnO	0.08	0.072	0.084	0.070	0.06	Pt	0.34	0.30	0.43	(0.17)	-
MgO	1.89	1.83	2.56	1.12	1.56	Rb	85	95	43	95	110
CaO	3.43	3.29	4.75	2.11	3.54	Rh	(10)	(8)	(12)	(5)	-
Na ₂ O	3.51	3.50	3.60	3.75	3.83	Ru	(3)	(10)	(30)	(9)	-
K ₂ O	2.90	3.05	1.74	3.50	3.04	S	170	190	120	70	300
P ₂ O ₅	0.160	0.163	0.156	0.154	0.21	Sb	0.16	0.15	0.17	0.24	0.2
H ₂ O ⁺	1.42	1.30	1.59	1.55	-	Sc	9.8	9.4	12	10	14
CO ₂	0.43	0.40	0.46	0.64	-	Se	0.045	0.050	0.050	0.020	0.05
Ag	0.052	0.057	0.045	0.046	0.051	Sn	1.3	1.4	1.1	1.6	1.5
As	2.1	2.0	1.6	2.6	1.9	Sr	400	405	440	290	440
Au	0.66	0.70	0.73	0.35	4	Ta	0.63	0.70	0.40	0.60	3.6
B	7.0	7.6	5.6	6.4	9	Th	8.0	9.0	3.8	7.4	8.5
Ba	800	850	520	890	420	Ti	2985	2900	3140	3090	3400
Be	1.3	1.3	0.80	1.8	2	Tl	0.51	0.57	0.26	0.45	0.72
Bi	0.11	0.15	0.070	0.10	-	U	1.4	1.5	0.8	2.0	3.0
Br		(0.3)			4.5	V	66	67	86	60	88
Cd	0.067	0.067	0.067	0.080	0.13	W	0.5	0.5	0.35	0.56	1.3
Cl	92	91	93	42	130	Zn	62	60	64	68	60
Co	12	12	15	8.7	7	Zr	165	165	140	220	140
Cr	43	44	50	16	22	Y	15	15	12	22	35
Cs	2.8	3.3	1.7	3.0	2	La	32	35	24	35	45
Cu	18	18.5	23	15	30	Ce	61	66	44	66	81
F	525	565	420	450	520	Pr	6.7	7.0	5.2	7.4	7.7
Ga	18.7	18.7	18.7	18.9	17	Nd	26	28	21	32	33
Ge	1.1	1.1	1.0	1.1	1.3	Sm	4.5	4.7	3.7	6.1	8.8
Hf	4.6	4.7	3.9	6.2	2.3	Eu	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4
Hg	6.0	6.2	6.0	6.0	80	Gd	4.1	4.3	3.3	5.5	8.8
I	-	(0.08)	-	-	0.5	Tb	0.55	0.58	0.48	0.84	1.4
In	-	(0.06)	-	-	0.0 <i>n</i>	Dy	3.1	3.0	2.7	4.6	6.3
Ir	(5)	(5)	(6)	(4)	-	Ho	0.63	0.62	0.51	1.0	1.8
Li	19	20	16	17	24	Er	1.8	1.8	1.5	2.8	3.5
Mn	565	560	650	540	540	Tm	0.27	0.27	0.23	0.4	0.3
Mo	0.50	0.66	0.30	0.76	1.0	Yb	1.6	1.65	1.4	2.7	3.5
N	20	20	(22)	(74)	20	Lu	0.25	0.26	0.22	0.39	1.1
Nb	10	11	7	12	20						

A : 鄯明才和迟清华(1997) ; 鄯明才等(1996) ; Yan and Chi (2005) ; B : Turekian and Wedepohl (1961)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt : 10⁻⁹ ; Ir、Os、Rh、Ru : 10⁻¹² ; 其它元素 : 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

表 1.1.4 中国各类花岗岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.4 Chemical composition and elemental abundance of different types of granites in China

岩石 Rock	碱长 花岗岩 Alkali feldspar granites	正长 花岗岩 Syeno- granites	二长 花岗岩 Monzo- granites	奥长 花岗岩 Trondh- jemites	岩石 Rock	碱长 花岗岩 Alkali feldspar granites	正长 花岗岩 Syeno- granites	二长 花岗岩 Monzo- granites	奥长 花岗岩 Trondh- jemites
<i>N</i>	189 (123)	244 (125)	407 (200)	40 (21)	<i>N</i>	189 (123)	244 (125)	407 (200)	40 (21)
<i>t</i>	1380 (1198)	1791 (1162)	3493 (1790)	344 (172)	<i>t</i>	1380 (1198)	1791 (1162)	3493 (1790)	344 (172)
SiO ₂	74.60	73.23	71.02	70.65	Os	(10)	(10)	(12)	(14)
TiO ₂	0.153	0.197	0.295	0.279	P	195	275	475	380
Al ₂ O ₃	13.00	13.61	14.26	14.81	Pb	26	29	26	9
Fe ₂ O ₃	0.96	0.96	1.07	1.23	Pd	(0.03)	(0.04)	(0.08)	(0.07)
FeO	0.78	1.06	1.62	1.34	Pt	(0.03)	(0.04)	(0.06)	(0.06)
MnO	0.036	0.039	0.046	0.035	Rb	210	180	140	40
MgO	0.35	0.46	0.84	1.07	Rh	(1)	(1)	(4)	(4)
CaO	0.51	1.02	1.79	2.53	Ru	(5)	(5)	(6)	(6)
Na ₂ O	3.45	3.54	3.50	4.76	S	80	70	100	120
K ₂ O	4.92	4.67	4.14	1.72	Sb	0.14	0.14	0.12	0.13
P ₂ O ₅	0.045	0.063	0.109	0.087	Sc	2.7	3.3	5.1	4.2
H ₂ O ⁺	0.88	0.81	0.96	1.08	Se	0.026	0.025	0.035	0.040
CO ₂	0.25	0.26	0.26	0.28	Sn	2.9	2.7	1.9	0.9
Ag	0.065	0.060	0.056	0.047	Sr	83	180	320	400
As	1.6	1.0	1.0	0.7	Ta	2.1	1.5	1.05	0.34
Au	0.39	0.37	0.60	0.26	Th	22	19	15	4.4
B	5.3	4.5	4.7	5.2	Ti	920	1180	1770	1670
Ba	360	620	930	630	Tl	1.0	0.97	0.74	0.30
Be	4.5	3.5	2.5	1.7	U	4.2	3.0	2.5	0.65
Bi	0.35	0.23	0.19	0.056	V	13	17	33	33
Cd	0.061	0.060	0.054	0.047	W	1.4	1.1	0.63	0.32
Cl	46	50	55	76	Zn	38	35	43	33
Co	1.2	2.0	4.6	5.3	Zr	155	150	160	125
Cr	3.0	4.2	12	8.2	Y	29	25	19	12
Cs	4.1	3.8	3.6	0.96	La	41	43	42	25
Cu	3.8	4.6	8	7	Ce	78	81	77	48
F	485	470	500	320	Pr	8	8.3	7.9	5.3
Ga	18.0	17.7	18.2	17.7	Nd	31	31	31	21
Ge	1.4	1.2	1.1	0.85	Sm	5.5	5.4	5.2	3.7
Hf	5.8	5.0	4.8	3.3	Eu	0.58	0.76	1.0	0.89
Hg	6.5	6.6	6.0	8.3	Gd	5.2	5.0	4.5	3.5
Ir	(1)	(1)	(3)	(2)	Tb	0.84	0.78	0.66	0.55
Li	16	18	22	11	Dy	4.9	4.5	3.6	3.0
Mn	280	300	360	270	Ho	1.1	0.95	0.70	0.58
Mo	0.90	0.70	0.56	0.30	Er	3.6	2.8	2.0	1.7
N	20	24	28	(33)	Tm	0.57	0.42	0.30	0.25
Nb	23	17	13	6.6	Yb	3.5	2.6	1.9	1.6
Ni	3.4	4.0	7	6.4	Lu	0.55	0.41	0.31	0.24

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 1.1.5 中国东部各构造单元花岗岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.5 Chemical composition and elemental abundance of granites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	53	210	63	44	219(99)	<i>N</i>	53	210	63	44	219(99)
<i>t</i>	460	2060	721	321	1317(760)	<i>t</i>	460	2060	721	321	1317(760)
SiO ₂	72.89	72.07	71.70	73.44	72.75	Nb	12.6	13	17	15.5	20.3
TiO ₂	0.195	0.227	0.249	0.207	0.212	Ni	3.2	4.3	5.8	3.2	5.5
Al ₂ O ₃	13.97	14.05	14.17	13.30	13.57	P	295	310	445	310	330
Fe ₂ O ₃	0.88	1.20	0.90	0.97	0.93	Pb	21	21	33	26.4	30
FeO	0.88	0.92	1.06	1.28	1.57	Rb	130	135	155	160	210
MnO	0.038	0.040	0.057	0.040	0.043	S	60	70	100	120	150
MgO	0.44	0.60	0.67	0.55	0.75	Sb	0.18	0.12	0.09	0.13	0.094
CaO	1.10	1.30	1.48	0.99	1.06	Sc	3.1	3.3	3.6	3.6	4.4
Na ₂ O	4.07	3.82	3.72	3.58	3.02	Se	0.020	0.027	0.044	0.025	0.022
K ₂ O	4.00	4.27	4.35	4.03	4.07	Sn	1.9	1.3	1.6	3.0	2.7
P ₂ O ₅	0.073	0.065	0.070	0.073	0.084	Sr	180	245	280	105	120
H ₂ O ⁺	0.71	0.82	0.91	0.79	0.95	Ta	1.1	0.91	1.45	1.5	1.8
CO ₂	0.40	0.18	0.28	0.24	0.20	Th	13.4	13	19	16	19.7
Ag	0.060	0.052	0.053	0.060	0.060	Ti	1170	1360	1490	1240	1270
As	2.3	0.70	0.60	1.1	0.90	Tl	0.80	0.68	0.87	0.76	1.1
Au	0.80	0.38	0.50	0.35	0.31	U	2.6	1.7	3.1	3.4	4.4
B	4.5	4.5	2.4	4.9	3.8	V	17	20	21	17	18
Ba	505	785	940	400	410	W	0.68	0.49	0.47	1.6	1.7
Be	3.6	2.5	3.1	3.4	3.6	Zn	37	36	38	47	47
Bi	0.22	0.10	0.14	0.24	0.32	Zr	140	155	165	175	150
Cd	0.053	0.046	0.05	0.054	0.07	Y	20	19	18.7	34	33.5
Cl	47	60	34	48	56	La	28	40	46.5	46	46
Co	2.0	2.9	3.0	2.0	2.3	Ce	58	78	84	89	82
Cr	4.0	6.3	5.4	4.4	4.0	Pr	5.9	7.9	8.4	9.2	8.8
Cs	4.0	1.9	3.7	4.6	4.7	Nd	22	29	33.5	36	35
Cu	3.7	4.9	5.4	4.7	4.9	Sm	4.1	4.5	5.3	7.1	6.7
F	295	360	545	580	570	Eu	0.60	0.85	0.91	0.85	0.83
Ga	17.9	17.8	18.5	18.0	17.2	Gd	3.8	3.9	4.7	6.5	6.1
Ge	1.2	1.1	1.2	1.5	1.2	Tb	0.63	0.60	0.65	1.1	0.98
Hf	4.8	4.6	4.9	6.0	4.9	Dy	4.0	3.3	3.7	7.2	5.9
Hg	5.7	6.0	7.0	5.0	5.6	Ho	0.90	0.68	0.75	1.6	1.3
Li	17.4	12	20.5	20.4	23	Er	2.6	2.0	2.2	4.7	3.7
Mn	320	280	305	320	365	Tm	0.40	0.30	0.34	0.72	0.56
Mo	0.53	0.50	0.44	0.64	0.97	Yb	2.5	1.8	2.0	4.6	3.5
N	18	38	13	16	21	Lu	0.37	0.28	0.33	0.71	0.55

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.1.6 中国东部各构造单元碱(正)长花岗岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.6 Chemical composition and elemental abundance of alkali feldspar granites and syenogranites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	30	109	20	25	129(64)	<i>N</i>	30	109	20	25	129(64)
<i>t</i>	306	1112	215	191	693(536)	<i>t</i>	306	1112	215	191	693(536)
SiO ₂	75.01	73.39	72.53	75.57	73.94	Nb	15	17	20.5	30	24
TiO ₂	0.141	0.198	0.198	0.163	0.170	Ni	3.0	3.3	4.0	1.9	5.6
Al ₂ O ₃	13.17	13.63	13.75	12.52	13.32	P	175	250	330	170	265
Fe ₂ O ₃	0.76	1.21	0.97	0.88	0.81	Pb	21	22	34	28	34
FeO	0.52	0.58	0.68	0.70	1.24	Rb	155	160	175	270	250
MnO	0.034	0.034	0.039	0.038	0.044	S	70	70	80	90	110
MgO	0.20	0.33	0.43	0.20	0.60	Sb	0.22	0.15	0.073	0.22	0.10
CaO	0.59	0.78	1.00	0.53	0.60	Sc	2.5	2.7	3.1	3.4	3.8
Na ₂ O	3.86	3.64	3.93	3.63	3.07	Se	0.025	0.027	0.042	0.023	0.020
K ₂ O	4.39	4.87	4.79	4.45	4.90	Sn	2.3	1.6	1.4	4.8	5.4
P ₂ O ₅	0.040	0.057	0.076	0.038	0.060	Sr	85	185	203	47	79
H ₂ O ⁺	0.71	0.81	0.85	0.63	1.02	Ta	1.5	1.3	1.9	3.2	2.6
CO ₂	0.49	0.18	0.32	0.34	0.23	Th	17	16.8	23	27	26
Ag	0.073	0.058	0.058	0.056	0.068	Ti	845	1190	1190	980	1020
As	3.3	0.8	0.6	1.1	1.4	Tl	0.89	0.83	0.87	1.0	1.3
Au	0.90	0.37	0.35	0.35	0.23	U	2.8	2.1	3.3	7.4	6.8
B	3.6	4.8	1.6	4.0	6.0	V	12	16	17	11	14
Ba	385	685	805	240	275	W	0.75	0.66	0.55	2.2	1.8
Be	4.8	3.0	4.1	4.9	5.0	Zn	32	33	32	38	46
Bi	0.25	0.12	0.12	0.38	0.61	Zr	130	160	150	165	140
Cd	0.048	0.045	0.060	0.060	0.085	Y	22.4	22	20	44	36
Cl	41	54	31	47	49	La	27	41	48.5	49	46
Co	1.1	1.9	1.9	1.0	1.7	Ce	58	81	87	98	81
Cr	3.2	4.2	3.2	2.7	3.3	Pr	5.9	8.1	8.5	10	8.5
Cs	4.2	2.2	3.2	7.5	6.1	Nd	22	29	36	38	34.5
Cu	3.2	4.2	3.9	3.8	4.7	Sm	4.3	4.5	5.2	8.1	6.5
F	210	375	525	1070	535	Eu	0.41	0.74	0.73	0.66	0.67
Ga	17.6	18.0	18.5	18.7	17.3	Gd	4.0	4.0	4.8	8.1	6.1
Ge	1.35	1.2	1.56	1.67	1.15	Tb	0.72	0.63	0.70	1.5	1.0
Hf	4.7	5.1	5.3	7.2	4.8	Dy	4.3	3.4	4.2	9.5	6.0
Hg	8.7	6.7	6.7	5.0	6.0	Ho	0.95	0.7	0.75	2.1	1.3
Li	15	11.4	14	34	26	Er	3.0	2.2	2.3	6.5	4.0
Mn	260	260	305	295	345	Tm	0.47	0.33	0.35	1.0	0.60
Mo	0.68	0.57	0.52	0.90	1.2	Yb	3.2	2.0	2.2	6.7	3.9
N	(20)	37	(11)	(10)	16	Lu	0.45	0.32	0.34	1.06	0.62

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.1.7 中国东部各构造单元二长花岗岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.7 Chemical composition and elemental abundance of monzogranites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	22	86	41	16	90(35)	<i>N</i>	22	86	41	16	90(35)
<i>t</i>	137	827	502	100	624(224)	<i>t</i>	137	827	502	100	624(224)
SiO ₂	70.25	70.63	71.28	70.66	71.05	Nb	10.5	11	16	13	17
TiO ₂	0.307	0.274	0.274	0.452	0.329	Ni	3.4	7.6	7.0	11	7.8
Al ₂ O ₃	14.95	14.49	14.43	14.32	13.92	P	435	440	510	575	490
Fe ₂ O ₃	1.00	1.35	0.85	1.09	1.09	Pb	20.5	22	35	28	26
FeO	1.36	1.14	1.21	2.12	2.05	Rb	115	120	155	160	180
MnO	0.052	0.043	0.040	0.053	0.058	S	50	100	80	190	230
MgO	0.75	0.81	0.76	1.03	0.97	Sb	0.22	0.11	0.095	0.094	0.11
CaO	1.71	1.76	1.70	1.50	1.73	Sc	4.3	4.7	4.0	8.1	6.0
Na ₂ O	4.31	3.85	3.58	3.28	2.49	Se	0.016	0.030	0.050	0.024	0.040
K ₂ O	3.59	3.98	4.23	3.74	4.42	Sn	1.5	1.3	2.2	3.4	2.8
P ₂ O ₅	0.100	0.101	0.117	0.132	0.112	Sr	295	425	325	185	220
H ₂ O ⁺	0.88	0.88	0.95	1.20	1.06	Ta	0.84	0.74	1.4	1.2	1.6
CO ₂	0.45	0.21	0.33	0.22	0.23	Th	11.2	11.4	20	15	20
Ag	0.086	0.05	0.052	0.076	0.058	Ti	1840	1640	1640	2710	1970
As	2.8	0.6	1.0	1.0	1.0	Tl	0.76	0.61	0.87	0.70	0.98
Au	0.70	0.41	0.80	0.33	0.50	U	2.3	1.4	3.2	3.3	4.0
B	5.0	5.3	2.3	8.5	4.3	V	32	32	26	45	35
Ba	644	1150	1080	580	640	W	0.59	0.33	0.44	0.87	0.96
Be	3.0	2.1	2.9	3.8	2.2	Zn	45	40	41	62	48
Bi	0.18	0.094	0.17	0.26	0.24	Zr	155	160	170	205	165
Cd	0.058	0.050	0.058	0.054	0.068	Y	16.5	16	18.5	22.5	29
Cl	51	70	33	37	65	La	29	41.5	46	42	46
Co	4.1	4.9	3.4	7.3	4.5	Ce	57	79	84	79	83
Cr	6.4	15.3	6.8	23	7.7	Pr	5.7	7.7	8.3	8.1	8.8
Cs	4.8	1.7	4.8	10.8	5.0	Nd	23	30	33	33	35
Cu	4.8	8.4	6.5	12	7.8	Sm	3.9	4.5	5.4	6.2	7.2
F	400	425	570	565	660	Eu	0.84	0.99	0.99	1.1	1.13
Ga	18.1	18.1	18.5	18.9	17.4	Gd	3.5	3.8	4.7	5.7	6.5
Ge	1.1	1.0	1.2	1.4	1.2	Tb	0.62	0.58	0.66	0.85	0.97
Hf	5.0	4.5	4.9	5.8	5.0	Dy	3.2	2.8	3.2	4.2	4.8
Hg	4.7	6.2	7	4.7	5	Ho	0.68	0.57	0.63	0.8	0.9
Li	23	14	26	50	28	Er	2.0	1.7	1.9	2.4	3.1
Mn	400	330	310	410	450	Tm	0.30	0.25	0.35	0.38	0.50
Mo	0.44	0.44	0.48	0.38	0.95	Yb	1.8	1.6	1.9	2.2	2.9
N	(18)	(42)	(10)	(30)	(31)	Lu	0.29	0.23	0.35	0.37	0.47

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.1.8 中国东部各构造单元花岗闪长岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.8 Chemical composition and elemental abundance of granodiorites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	19	67	20	17	39(6)	<i>N</i>	19	67	20	17	39(6)
<i>t</i>	120	742	254	111	141(33)	<i>t</i>	120	742	254	111	141(33)
SiO ₂	66.78	65.68	66.18	67.37	66.11	Os	(12)	(22)	-	-	-
TiO ₂	0.485	0.492	0.455	0.463	0.567	P	620	750	720	655	700
Al ₂ O ₃	15.65	15.09	15.32	15.22	14.95	Pb	16	16	30	22	22
Fe ₂ O ₃	1.15	1.93	1.32	1.28	1.57	Pd	0.13	0.43	0.23	0.19	(0.6)
FeO	2.55	2.68	2.23	2.34	3.43	Pt	0.12	0.53	0.26	0.17	(0.4)
MnO	0.088	0.070	0.065	0.063	0.089	Rb	97	88	115	97	140
MgO	1.52	2.08	2.00	1.59	2.07	Rh	(1)	(13)	-	-	-
CaO	2.87	3.20	3.15	3.03	3.35	Ru	(4)	(21)	-	-	-
Na ₂ O	3.95	3.70	3.56	3.57	2.88	S	90	350	210	150	300
K ₂ O	2.84	2.92	3.30	2.95	3.34	Sb	0.17	0.14	0.13	0.11	0.30
P ₂ O ₅	0.142	0.172	0.165	0.150	0.160	Sc	7.8	10	8.5	8.5	12
H ₂ O ⁺	1.31	1.30	1.37	1.31	1.28	Se	0.020	0.065	0.062	0.030	0.048
CO ₂	0.40	0.31	0.59	0.38	0.28	Sn	1.4	1.2	1.7	2.5	1.7
Ag	0.05	0.062	0.053	0.053	0.058	Sr	330	440	500	330	335
As	2.7	1.2	1.6	1.1	2.9	Ta	0.77	0.51	1.1	0.86	1.2
Au	0.42	0.78	1.3	0.32	(0.5)	Th	9.8	6.6	13	10.3	20.5
B	7.7	7.1	7.2	7.0	5.8	Ti	2910	2950	2730	2775	3400
Ba	535	910	1100	730	675	Tl	0.62	0.52	0.67	0.51	0.82
Be	2.6	1.3	1.2	1.2	0.70	U	2.2	0.87	2.2	2.1	4.5
Bi	0.14	0.12	0.16	0.16	0.26	V	60	72	60	58	78
Cd	0.053	0.075	0.066	0.052	0.088	W	0.40	0.38	0.76	0.55	0.65
Cl	69	105	68	82	66	Zn	58	65	55	53	72
Co	8.7	13	10.4	9.6	12	Zr	155	170	175	160	180
Cr	19	54	48	21	19	Y	17	15	16	17	25
Cs	4.2	2.0	5.0	5.7	5.1	La	26	35	42	36	42.5
Cu	9.4	23	14	15	25	Ce	53	68	76.5	69	80
F	360	570	675	535	660	Pr	5.6	7.0	7.8	7.1	8.2
Ga	18.5	18.6	19.5	18.2	17.8	Nd	21.5	28.5	34	29	34
Ge	1.2	1.05	1.0	1.2	1.15	Sm	4.5	4.6	5.3	5.0	6.6
Hf	4.7	4.4	5.1	4.9	5.0	Eu	1.02	1.20	1.15	1.18	1.05
Hg	4.7	6.0	10.6	5.4	5.7	Gd	3.7	4.1	4.9	4.6	6.1
Ir	(1)	(8)	-	-	-	Tb	0.60	0.53	0.63	0.62	0.89
Li	25	16	26	32	19	Dy	3.4	2.8	3.2	3.2	4.5
Mn	680	540	500	490	690	Ho	0.75	0.6	0.6	0.65	0.90
Mo	0.38	0.48	0.64	0.39	1.1	Er	2.2	1.6	1.8	2.0	2.5
N	(12)	(34)	(25)	(15)	-	Tm	0.34	0.25	0.27	0.30	0.40
Nb	10	9.5	13	11.4	16	Yb	2.1	1.5	1.6	1.9	2.4
Ni	8.7	24	20	11	12	Lu	0.33	0.24	0.25	0.30	0.40

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.1.9 中国东部各构造单元酸性火山岩化学组成与元素丰度

Table 1.1.9 Chemical composition and elemental abundance of acidic volcanics in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	22	14	5	11	16	<i>N</i>	22	14	5	11	16
<i>t</i>	205	123	57	90	375	<i>t</i>	205	123	57	90	375
SiO ₂	72.05	71.12	71.61	71.96	72.10	Nb	12.3	19.2	13.2	19.4	22
TiO ₂	0.275	0.344	0.457	0.344	0.254	Ni	3.0	8.1	6.5	5.8	4.1
Al ₂ O ₃	13.87	13.65	13.19	13.95	13.56	P	295	375	650	365	210
Fe ₂ O ₃	1.37	2.50	2.02	1.60	1.46	Pb	17	20.4	17	18	25
FeO	0.93	0.84	1.08	1.10	1.21	Rb	110	125	81	125	175
MnO	0.047	0.044	0.059	0.063	0.056	S	80	130	80	90	90
MgO	0.55	0.75	0.95	0.57	0.47	Sb	0.32	0.27	0.21	0.32	0.32
CaO	1.29	1.01	1.27	0.94	0.88	Sc	5.8	4.8	11	6.8	5.1
Na ₂ O	3.40	3.19	3.34	2.76	2.61	Se	0.025	0.023	0.066	0.020	0.027
K ₂ O	3.89	4.10	3.22	4.33	5.09	Sn	1.8	2.2	2.4	1.6	2.2
P ₂ O ₅	0.068	0.086	0.149	0.084	0.048	Sr	160	160	120	130	115
H ₂ O ⁺	1.42	1.68	1.86	1.60	1.57	Ta	0.92	1.2	0.87	1.3	1.35
CO ₂	0.71	0.40	0.37	0.46	0.38	Th	9.7	12.6	9.0	13.7	18.4
Ag	0.080	0.065	0.058	0.056	0.052	Ti	1650	2060	2740	2060	1520
As	3.2	3.1	2.3	4.0	2.8	Tl	0.76	0.64	0.37	0.58	0.89
Au	0.44	0.35	0.28	0.51	0.37	U	2.6	2.4	1.5	2.5	3.6
B	6.5	12	5.8	9.2	4.0	V	21	36	45	31	18
Ba	550	690	790	690	760	W	0.77	0.83	0.62	1.25	1.2
Be	3.4	3.0	3.2	2.9	2.3	Zn	49	71	55	53	65
Bi	0.10	0.090	0.10	0.23	0.15	Zr	185	270	260	210	255
Cd	0.060	0.095	0.062	0.066	0.090	Y	22.5	26	21	25.5	31.5
Cl	33	65	33	39	27	La	29	48	36	45.5	62.5
Co	2.4	4.7	4.8	3.0	1.7	Ce	60	96	67	85	104
Cr	5.2	15	17.6	5.6	2.0	Pr	6.5	10.5	7.2	8.9	12.0
Cs	4.0	2.4	2.3	4.7	4.3	Nd	27	42.5	30	35	47
Cu	4.1	11	9.6	8.6	3.2	Sm	5.2	7.2	6.2	6.4	8.6
F	280	450	420	410	360	Eu	0.84	0.98	1.34	1.1	1.2
Ga	17.1	19.3	17.0	18.2	17.6	Gd	4.8	6.7	6.0	6.2	7.8
Ge	1.25	1.1	1.0	1.41	1.22	Tb	0.75	0.95	1.05	1.0	1.15
Hf	5.6	7.3	7.6	6.4	7.6	Dy	4.5	5.1	5.6	5.5	5.8
Hg	8.3	6.2	5.8	5.4	5.8	Ho	1.0	1.0	1.25	1.2	1.25
Li	17.3	15.5	12.7	14	15.3	Er	3.2	2.9	3.9	3.6	3.8
Mn	365	340	455	485	430	Tm	0.48	0.43	0.60	0.54	0.58
Mo	0.58	1.0	0.5	0.87	1.3	Yb	3.2	2.8	3.9	3.5	3.7
N	(70)	-	-	(42)	(61)	Lu	0.48	0.42	0.58	0.53	0.56

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶。

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.1.10 中国各构造单元花岗岩化学组成和元素丰度

Table 1.1.10 Chemical composition and elemental abundance of granites in the geotectonic units of China

区域 Region	1	2	3	4	5	6	7	区域 Region	1	2	3	4	5	6	7
<i>N</i>	138	196	94	68	89	172	10	<i>N</i>	138	196	94	68	89	172	10
<i>n</i>	1259	1883	716	343	643	1220	15	<i>n</i>	1259	1883	716	343	643	1220	15
SiO ₂	72.73	72.14	70.44	70.89	72.45	73.29	73.60	Nb	11.0	13.0	13.0	11.5	14.3	18.2	8.9
TiO ₂	0.26	0.24	0.35	0.31	0.30	0.27	0.22	Ni	4.0	4.2	5.0	4.5	3.5	6.0	2.4
Al ₂ O ₃	14.04	14.38	14.92	14.59	14.11	13.62	14.37	P	350	340	515	495	430	415	315
Fe ₂ O ₃	0.90	1.03	0.85	0.65	0.83	0.77	0.75	Pb	19	23	28	22	27	32	17
FeO	0.89	0.81	1.48	1.55	1.21	1.15	0.94	Rb	125	130	145	155	195	235	175
MnO	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	S	70	70	80	59	84	125	60
MgO	0.46	0.44	0.79	0.74	0.56	0.46	0.41	Sb	0.16	0.11	0.13	0.10	0.13	0.10	0.13
CaO	1.32	1.31	1.87	2.08	1.34	0.98	2.02	Sc	4.7	2.9	5.8	6.3	5.5	6.0	5.5
Na ₂ O	3.86	3.90	3.65	3.18	3.16	3.00	3.55	Se	0.020	0.030	0.029	0.006	0.015	0.020	0.004
K ₂ O	4.09	4.27	3.94	4.05	4.31	4.70	4.16	Sn	1.6	1.2	2.6	2.4	3.8	5.3	1.0
P ₂ O ₅	0.07	0.08	0.11	0.10	0.10	0.09	0.06	Sr	180	310	255	210	115	97	200
H ₂ O ⁺	0.65	0.80	0.86	0.54	0.87	0.84	0.36	Ta	0.92	0.90	1.16	1.29	1.60	1.97	1.13
CO ₂	0.26	0.16	0.37	0.23	0.23	0.20	0.13	Th	12.8	13.6	15.8	15.5	19.1	22.3	12.7
TFe ₂ O ₃	1.95	1.91	2.49	2.30	2.28	2.16	1.76	Ti	1528	1300	1890	1717	1588	1497	1236
Ag	51	51	47	45	50	59	33	Tl	0.62	0.77	0.75	0.72	0.92	1.26	0.64
As	1.3	0.6	1.0	1.2	0.9	1.1	1.4	U	2.13	1.97	2.40	2.63	4.09	5.49	3.79
Au	0.40	0.30	0.46	0.40	0.29	0.35	0.50	V	22	19	30	28	27	22	19
B	4.1	3.0	4.8	5.0	4.1	4.2	8.7	W	0.51	0.30	0.70	0.77	1.20	1.60	0.42
Ba	460	915	710	485	380	420	435	Zn	38	38	46	45	46	47	26
Be	2.4	2.3	2.3	2.2	3.2	3.9	1.8	Zr	140	150	160	130	150	150	115
Bi	0.10	0.10	0.13	0.10	0.28	0.31	0.05	Y	19.0	16.0	19.0	19.4	26.0	30.7	18.2
Cd	0.060	0.040	0.064	0.044	0.050	0.079	0.030	La	26	35	35	30	39	40	28
Cl	57	41	66	108	70	70	76	Ce	52	66	65	53	71	71	46
Co	2.9	2.6	4.5	3.6	3.2	2.6	1.8	Pr	5.76	-	7.14	6.15	8.40	8.89	4.78
Cr	4.0	5.0	7.6	9.5	6.3	5.0	2.5	Nd	21.2	24.7	26.3	21.8	28.2	30.9	16.0
Cs	3.1	2.0	4.2	6.5	6.6	7.2	6.1	Sm	3.90	3.80	5.04	4.08	5.50	6.34	3.29
Cu	4.6	4.7	6.3	4.8	5.0	6.0	6.3	Eu	0.72	0.80	0.96	0.80	0.93	0.81	0.71
F	285	385	495	430	600	645	235	Gd	4.5	4.0	4.5	3.5	5.5	6.0	3.0
Ga	18	18	19	17	18	18	15	Tb	0.55	0.42	0.63	0.62	0.91	0.95	0.55
Ge	1.24	1.10	1.30	1.43	1.54	1.40	1.35	Dy	3.7	-	3.7	3.4	5.0	5.3	3.0
Hf	4.7	4.5	5.0	5.0	5.5	5.2	5.0	Ho	0.74	-	0.68	0.70	1.00	1.05	0.58
Hg	5.0	6.0	6.6	4.3	4.7	5.0	3.9	Er	2.18	-	2.03	1.93	2.66	2.85	1.61
Li	16	13	24	32	26	30	21	Tm	0.38	-	0.36	0.35	0.45	0.47	0.29
Mn	335	300	390	385	390	390	350	Yb	2.20	1.10	1.87	2.20	2.62	3.01	1.81
Mo	0.43	0.39	0.45	0.37	0.46	0.89	0.35	Lu	0.33	0.19	0.30	0.35	0.40	0.50	0.30

文献(Literature): 史长义等(2007), Shi *et al.*(2007).含量单位: 主成分: %; Au、Hg: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.区域: 1. 天山 - 兴安造山系 2. 中朝地台 3. 昆仑 - 祁连 - 秦岭造山系 4. 滇藏造山系 5. 扬子地台 6. 华南 - 右江造山带 7. 喜马拉雅造山带
Concentration units: major elements: %; Au and Hg: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Region: 1. Tianshan-Hinggan orogenic system; 2. Sino-Korean platform; 3. Kunlun-Qilian-Qinling orogenic system; 4. Yunan-Tibet orogenic system; 5. Yangtze platform; 6. South China-Youjiang orogenic belt; 7. Himalaya orogenic belt

表 1.1.11 中国各构造单元碱长花岗岩化学组成和元素丰度

Table 1.1.11 Chemical composition and elemental abundance of alkali feldspar granites in the geotectonic units of China

区域 Region	1	2	3	4	5	6	区域 Region	1	2	3	4	5	6
<i>N</i>	30	42	10	3	28	60	<i>N</i>	30	42	10	3	28	60
<i>t</i>	341	397	86	10	231	491	<i>t</i>	341	397	86	10	231	491
SiO ₂	75.26	74.49	74.86	76.99	76.34	75.40	Nb	16.0	20.0	16.0	12.0	21.7	24.0
TiO ₂	0.16	0.17	0.12	0.11	0.13	0.15	Ni	2.7	2.2	1.7	2.2	1.5	4.0
Al ₂ O ₃	12.98	13.18	13.50	12.67	12.30	13.13	P	150	170	155	160	120	195
Fe ₂ O ₃	0.90	0.94	0.65	0.40	0.63	0.68	Pb	22	19	31	51	30	34
FeO	0.46	0.33	0.44	0.87	0.56	0.50	Rb	160	170	145	260	325	270
MnO	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	S	80	70	55	59	67	100
MgO	0.14	0.17	0.15	0.17	0.13	0.23	Sb	0.18	0.12	0.08	0.19	0.14	0.09
CaO	0.47	0.49	0.51	0.59	0.40	0.40	Sc	2.6	1.9	3.0	5.3	4.3	4.2
Na ₂ O	3.71	3.67	3.84	2.97	3.15	3.09	Se	0.019	0.030	0.035	0.010	0.014	0.019
K ₂ O	4.64	4.87	4.56	4.78	4.67	4.94	Sn	2.3	1.2	1.5	4.0	5.1	6.4
P ₂ O ₅	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.04	Sr	70	98	58	44	36	45
H ₂ O ⁺	0.66	0.73	0.47	0.47	0.67	0.85	Ta	1.56	1.32	1.95	2.05	3.33	2.73
CO ₂	0.20	0.12	0.29	0.23	0.25	0.22	Th	16.9	20.1	15.0	21.5	25.7	23.7
TFe ₂ O ₃	1.35	1.58	1.17	1.52	1.38	1.32	Ti	938	944	560	579	778	842
Ag	0.071	0.055	0.058	0.039	0.046	0.062	Tl	0.70	0.87	0.68	0.91	1.21	1.32
As	1.4	0.7	0.6	2.4	0.8	1.0	U	2.74	2.47	2.74	5.89	6.72	6.88
Au	0.30	0.30	0.30	0.38	0.26	0.22	V	11	12	8	12	11	13
B	2.8	3.8	2.6	4.6	2.3	3.3	W	0.79	0.63	0.72	0.96	1.80	1.85
Ba	325	400	430	115	175	155	Zn	32	27	25	23	37	39
Be	4.2	3.2	4.0	6.1	4.8	5.1	Zr	160	155	120	94	135	125
Bi	0.15	0.10	0.09	0.39	0.42	0.47	Y	23.0	22.0	21.0	19.3	41.0	34.0
Cd	0.040	0.040	0.050	0.041	0.050	0.072	La	29	34	27	21	38	35
Cl	47	47	45	41	41	48	Ce	63	61	55	39	71	60
Co	1.2	1.3	0.6	1.8	0.8	1.0	Pr	-	-	7.00	4.36	5.81	6.35
Cr	2.0	3.4	2.0	1.7	1.9	2.0	Nd	22.1	22.3	24.5	15.4	27.2	24.3
Cs	2.9	1.8	1.6	11.4	7.0	6.8	Sm	4.10	3.35	5.70	3.13	6.95	5.30
Cu	4.3	3.3	3.3	2.9	2.8	4.9	Eu	0.40	0.48	0.56	0.35	0.36	0.45
F	195	360	370	285	620	500	Gd	5.6	5.8	5.4	3.0	8.6	6.1
Ga	18	18	19	16	18	18	Tb	0.59	0.50	0.58	0.62	1.22	0.91
Ge	1.38	1.20	1.60	1.83	1.80	1.40	Dy	-	-	7.5	3.8	6.5	6.2
Hf	5.4	5.1	5.6	3.8	5.5	4.6	Ho	-	-	1.55	0.82	1.36	1.33
Hg	6.0	7.0	6.0	3.9	4.7	5.0	Er	-	-	4.44	2.47	3.78	3.87
Li	11	7	6	14	22	26	Tm	-	-	0.83	0.49	0.68	0.68
Mn	255	225	275	295	290	310	Yb	2.90	1.63	2.55	2.92	6.10	4.00
Mo	0.56	0.54	0.52	0.33	0.60	0.85	Lu	0.45	0.31	0.39	0.46	0.82	0.61

文献(Literature): 史长义等(2007), Shi *et al.*(2007)。含量单位: 主成分: %; Au、Hg: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶。

区域: 1. 天山 - 兴安造山系; 2. 中朝地台; 3. 昆仑 - 祁连 - 秦岭造山系; 4. 滇藏造山系; 5. 扬子地台; 6. 华南 - 右江造山带

Concentration units: major elements: %; Au and Hg: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Region: 1. Tianshan-Hinggan orogenic system; 2. Sino-Korean platform; 3. Kunlun-Qilian-Qinling orogenic system; 4. Yunan-Tibet orogenic system; 5. Yangtze platform; 6. South China-Youjiang orogenic belt

表 1.1.12 中国各构造单元正长花岗岩化学组成和元素丰度

Table 1.1.12 Chemical composition and elemental abundance of syenogranites in the geotectonic units of China

区域 Region	1	2	3	4	5	6	7	区域 Region	1	2	3	4	5	6	7
<i>N</i>	67	129	52	36	40	101	5	<i>N</i>	67	129	52	36	40	101	5
<i>t</i>	539	1237	386	227	287	664	8	<i>t</i>	539	1237	386	227	287	664	8
SiO ₂	73.17	71.91	71.21	73.33	71.94	72.10	75.04	Nb	11.6	12.0	15.0	12.8	14.0	15.8	10.3
TiO ₂	0.23	0.25	0.30	0.22	0.35	0.32	0.20	Ni	3.5	4.2	4.5	3.0	4.3	6.1	2.6
Al ₂ O ₃	14.03	14.47	14.62	13.92	14.12	13.74	13.82	P	305	360	460	350	575	475	230
Fe ₂ O ₃	0.88	1.02	0.76	0.43	0.86	0.80	0.52	Pb	22	26	28	31	27	31	25
FeO	0.86	0.88	1.26	1.21	1.41	1.50	0.83	Rb	140	130	165	185	200	220	290
MnO	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	S	64	70	70	59	83	135	68
MgO	0.36	0.49	0.61	0.38	0.69	0.66	0.27	Sb	0.14	0.11	0.13	0.10	0.13	0.13	0.07
CaO	1.28	1.43	1.60	1.34	1.49	1.46	1.04	Sc	4.5	2.9	5.3	5.5	5.9	6.7	5.5
Na ₂ O	3.87	3.90	3.71	3.25	3.01	2.91	3.48	Se	0.019	0.030	0.029	0.006	0.012	0.020	0.004
K ₂ O	4.22	4.20	4.35	4.49	4.33	4.57	4.88	Sn	1.6	1.2	3.0	3.9	4.5	5.3	2.8
P ₂ O ₅	0.07	0.08	0.10	0.07	0.12	0.10	0.05	Sr	160	365	250	130	135	140	87
H ₂ O ⁺	0.60	0.79	0.79	0.45	0.92	0.82	0.33	Ta	1.11	0.85	1.51	1.57	1.71	1.73	1.36
CO ₂	0.26	0.17	0.37	0.25	0.20	0.17	0.10	Th	13.5	14.1	17.9	18.7	22.9	22.5	30.4
TFe ₂ O ₃	1.77	1.91	2.18	1.91	2.69	2.51	1.47	Ti	1277	1351	1670	1288	1979	1782	1094
Ag	0.050	0.048	0.043	0.041	0.054	0.056	0.027	Tl	0.77	0.79	0.86	0.93	1.01	1.30	1.21
As	1.2	0.6	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	U	2.21	1.96	3.06	2.96	4.43	5.16	5.32
Au	0.40	0.30	0.48	0.34	0.31	0.40	0.42	V	19	20	23	20	35	28	14
B	4.0	2.9	4.6	4.6	6.6	4.3	8.4	W	0.52	0.26	0.88	0.75	1.32	1.55	1.57
Ba	510	1040	745	515	525	505	415	Zn	33	39	43	40	47	47	22
Be	2.5	2.4	2.7	3.0	3.4	3.6	4.0	Zr	130	150	160	135	160	160	150
Bi	0.10	0.10	0.19	0.19	0.21	0.30	0.12	Y	19.1	15.0	19.0	18.4	26.0	29.3	22.3
Cd	0.060	0.040	0.068	0.045	0.053	0.080	0.030	La	26	36	37	30	38	42	33
Cl	52	37	62	79	72	77	76	Ce	51	70	70	54	72	78	61
Co	2.1	2.9	3.4	2.4	4.1	3.6	1.5	Pr	5.74	-	7.06	6.60	8.04	9.45	7.71
Cr	3.1	5.0	5.7	4.5	7.0	7.6	1.8	Nd	20.9	26.5	28.2	22.8	28.9	33.4	27.1
Cs	3.0	2.2	5.1	7.7	6.9	7.9	8.3	Sm	3.90	3.90	5.26	4.02	5.62	6.92	4.93
Cu	4.0	5.0	6.3	3.7	6.0	6.3	4.4	Eu	0.59	0.82	0.92	0.72	0.98	0.90	0.70
F	285	380	530	430	615	680	330	Gd	4.8	4.0	4.6	3.3	5.2	6.0	4.2
Ga	18	18	19	18	18	18	15	Tb	0.53	0.40	0.69	0.61	0.93	0.97	0.73
Ge	1.30	1.10	1.30	1.45	1.45	1.42	1.58	Dy	4.3	-	3.6	3.4	5.0	5.2	3.8
Hf	4.4	4.5	5.0	4.6	6.2	5.3	5.7	Ho	0.89	-	0.64	0.67	1.01	1.04	0.77
Hg	5.0	5.0	6.5	4.6	4.4	5.0	4.2	Er	2.61	-	1.93	1.77	2.70	2.76	2.16
Li	16	15	27	42	26	33	32	Tm	0.44	-	0.30	0.31	0.46	0.46	0.41
Mn	330	295	355	330	385	415	275	Yb	2.39	1.07	1.87	1.92	2.60	2.86	2.41
Mo	0.47	0.36	0.52	0.37	0.46	0.84	0.37	Lu	0.34	0.17	0.31	0.30	0.39	0.47	0.37

文献(Literature): 史长义等(2007), Shi *et al.*(2007).含量单位: 主成分: %; Au、Hg: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

区域: 1.天山-兴安造山系 2.中朝地台 3.昆仑-祁连-秦岭造山系 4.滇藏造山系 5.扬子地台 6.华南-右江造山带 7.喜马拉雅造山带

Concentration units: major elements: %; Au and Hg: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Region: 1. Tianshan-Hinggan orogenic system; 2. Sino-Korean platform; 3. Kunlun-Qilian-Qinling orogenic system; 4. Yunan-Tibet orogenic system; 5. Yangtze platform; 6. South China-Youjiang orogenic belt; 7. Himalaya orogenic belt

表 1.1.13 中国各构造单元二长花岗岩化学组成和元素丰度

Table 1.1.13 Chemical composition and elemental abundance of monzogranites in the geotectonic units of China

区域 Region	1	2	3	4	5	6	7	区域 Region	1	2	3	4	5	6	7
<i>N</i>	35	25	29	21	20	9	5	<i>N</i>	35	25	29	21	20	9	5
<i>t</i>	312	249	218	93	122	39	7	<i>t</i>	312	249	218	93	122	39	7
SiO ₂	68.55	66.82	66.89	67.20	67.51	65.58	71.50	Nb	8.0	9.0	10.0	10.6	11.0	14.0	7.2
TiO ₂	0.41	0.48	0.47	0.50	0.53	0.60	0.32	Ni	7.0	10.4	7.2	7.5	6.3	10.5	2.4
Al ₂ O ₃	15.59	15.39	15.84	15.90	15.45	15.36	15.16	P	545	750	540	620	700	675	395
Fe ₂ O ₃	1.03	1.40	1.00	0.92	1.38	2.02	0.81	Pb	16	18	25	19	22	22	11
FeO	1.62	1.53	2.30	2.62	2.25	2.52	1.42	Rb	85	88	100	115	110	170	59
MnO	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.07	S	70	80	92	59	85	130	51
MgO	1.07	1.33	1.67	1.50	1.54	1.88	0.69	Sb	0.16	0.13	0.14	0.10	0.09	0.14	0.18
CaO	2.82	2.95	3.27	3.92	2.96	3.89	2.86	Sc	7.4	5.7	9.0	10.3	9.2	10.8	7.0
Na ₂ O	4.02	4.32	3.41	3.08	3.40	3.11	3.84	Se	0.020	0.027	0.016	0.006	0.022	0.030	0.012
K ₂ O	2.69	3.05	2.76	2.99	3.09	3.60	2.43	Sn	1.4	1.2	1.8	1.8	2.7	2.0	0.5
P ₂ O ₅	0.12	0.17	0.12	0.12	0.15	0.15	0.08	Sr	310	530	310	320	275	345	300
H ₂ O ⁺	0.86	1.01	1.04	0.77	1.06	0.87	0.49	Ta	0.60	0.58	0.97	1.16	0.96	1.10	0.61
CO ₂	0.30	0.18	0.38	0.22	0.20	0.22	0.30	Th	9.0	8.3	10.1	11.3	12.8	18.7	7.6
TF ₂ O ₃	3.15	3.55	3.67	4.11	3.84	4.55	2.38	Ti	2395	2585	2740	3025	2980	3355	1870
Ag	0.041	0.056	0.052	0.053	0.052	0.055	0.044	Tl	0.49	0.56	0.60	0.49	0.55	0.89	0.32
As	1.5	0.7	1.2	1.1	0.8	1.0	2.2	U	1.72	1.66	1.46	2.27	2.24	3.69	1.07
Au	0.40	0.30	0.42	0.43	0.21	0.40	0.62	V	44	47	54	67	57	70	34
B	5.2	3.3	6.5	5.8	4.9	2.7	11.2	W	0.31	0.26	0.35	0.57	0.62	0.50	0.32
Ba	527	1002	670	496	579	669	500	Zn	50	55	53	50	52	59	38
Be	1.8	1.1	1.6	1.8	1.7	1.0	1.0	Zr	150	150	155	130	155	160	105
Bi	0.10	0.10	0.09	0.06	0.16	0.20	0.04	Y	17.0	13.0	16.3	20.0	18.0	25.0	16.2
Cd	0.060	0.040	0.060	0.041	0.050	0.070	0.030	La	23	33	32	30	41	37	19
Cl	78	49	99	200	87	150	125	Ce	46	60	59	53	78	70	33
Co	6.7	7.3	9.1	8.8	8.3	12.3	3.8	Pr	5.68	-	6.89	6.15	10.0	8.08	3.64
Cr	13.8	11.0	23.2	24.7	17.8	15.6	6.8	Nd	19.3	24.5	24.0	22.6	28.4	30.9	13.2
Cs	3.5	2.5	4.1	4.4	4.7	5.8	3.6	Sm	3.60	3.80	4.35	4.33	5.40	6.10	2.61
Cu	7.9	7.3	7.5	8.0	10.3	10.5	8.2	Eu	0.96	1.01	1.03	0.96	1.17	0.98	0.71
F	350	445	495	450	540	680	210	Gd	3.4	3.7	3.6	3.8	4.6	5.4	2.5
Ga	17	20	19	17	18	18	15	Tb	0.54	0.46	0.54	0.68	0.72	0.80	0.44
Ge	1.17	1.00	1.15	1.27	1.39	1.20	1.34	Dy	2.9	-	3.5	3.7	4.5	5.8	2.5
Hf	5.0	4.4	5.2	5.4	5.0	5.6	5.0	Ho	0.51	-	0.69	0.75	0.80	1.22	0.52
Hg	5.1	6.5	6.0	4.2	5.0	4.6	3.9	Er	1.52	-	2.10	2.12	2.12	3.12	1.53
Li	21	14	25	27	30	30	16	Tm	0.26	-	0.37	0.38	0.36	0.53	0.28
Mn	540	460	490	555	490	675	555	Yb	1.89	1.05	1.70	2.34	1.67	2.21	1.70
Mo	0.36	0.31	0.37	0.39	0.46	0.94	0.34	Lu	0.31	0.17	0.29	0.37	0.25	0.38	0.28

文献(Literature): 史长义等(2007), Shi *et al.*(2007).含量单位: 主成分: %; Au、Hg: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

区域: 1. 天山 - 兴安造山系 2. 中朝地台 3. 昆仑 - 祁连 - 秦岭造山系 4. 滇藏造山系 5. 扬子地台 6. 华南 - 右江造山带 7. 喜马拉雅造山带

Concentration units: major elements: %; Au and Hg: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Region: 1. Tianshan-Hinggan orogenic system; 2. Sino-Korean platform; 3. Kunlun-Qilian-Qinling orogenic system; 4. Yunan-Tibet orogenic system; 5. Yangtze platform; 6. South China-Youjiang orogenic belt; 7. Himalaya orogenic belt

表 1.1.14 中国东部太古宙和后太古宙酸性岩化学组成与元素丰度

*Table 1.1.14 Chemical composition and elemental abundance of acidic rocks
of Archean and post-Archean in the eastern part of China*

时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar	时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar	时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar
<i>N</i>	208	663	<i>N</i>	208	663	<i>N</i>	208	663
<i>t</i>	1818	7223	<i>t</i>	1818	7223	<i>t</i>	1818	7223
SiO ₂	68.72	71.49	Co	9.8	3.8	Se	0.055	0.031
TiO ₂	0.384	0.294	Cr	33	9.7	Sn	1.2	2.2
Al ₂ O ₃	14.48	14.01	Cs	1.5	4.4	Sr	335	215
Fe ₂ O ₃	1.78	1.33	Cu	17	6.7	Ta	0.52	1.3
FeO	1.80	1.13	F	435	480	Th	8.0	15.7
MnO	0.052	0.050	Ga	18.0	17.9	Ti	2300	1760
MgO	1.43	0.77	Ge	0.99	1.2	Tl	0.50	0.80
CaO	2.49	1.40	Hf	4.6	5.3	U	0.99	2.9
Na ₂ O	3.71	3.40	Hg	6.7	6.6	V	50	28
K ₂ O	3.15	4.11	Li	12	21	W	0.36	1.0
P ₂ O ₅	0.126	0.088	Mn	400	390	Zn	50	48
H ₂ O ⁺	1.11	1.13	Mo	0.48	0.90	Zr	160	170
CO ₂	0.28	0.36	Nb	9.8	16	Y	16	24
Ag	0.056	0.060	Ni	17	6.6	La	37	41
As	1.1	2.6	P	550	385	Ce	72	77
Au	0.66	0.58	Pb	16	25	Nd	30	31
B	7.8	7.5	Pd	0.28	(0.12)	Sm	4.7	5.6
Ba	820	675	Pt	0.30	(0.12)	Eu	1.08	0.92
Be	1.4	2.8	Rb	91	150	Gd	4.1	4.9
Bi	0.085	0.23	S	220	160	Tb	0.59	0.78
Cd	0.060	0.066	Sb	0.11	0.22	Yb	1.7	2.7
Cl	81	50	Sc	7.5	5.3	Lu	0.26	0.43

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Ar: Archean; post-Ar: post-Archean

1.2 中性岩化学组成与元素丰度

1.2 Chemical composition and elemental abundance of intermediate rocks

表 1.2.1 闪长岩和安山岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.1 Chemical composition and elemental abundance of diorites and andesites

文献 Literature	本书 This book	A		B	文献 Literature	本书 This book	A		B
岩石 Rock	中国中性岩 (闪长岩 与安山岩) Intermediate Rocks in China (Diorites and andesites)	中国 闪长岩 Diorites in China	中国 安山岩 Andesites in China	中性岩 (闪长岩 与安山岩) Intermediate rocks (Diorites and andesites)	岩石 Rock	中国中性岩 (闪长岩 与安山岩) Intermediate Rocks in China (Diorites and andesites)	中国 闪长岩 Diorites in China	中国 安山岩 Andesites in China	中性岩 (闪长岩 与安山岩) Intermediate rocks (Diorites and andesites)
<i>N</i>	198 (130)	166 (101)	32 (29)		<i>N</i>	198 (130)	166 (101)	32 (29)	
<i>t</i>	1523 (1287)	1189 (960)	334 (327)		<i>t</i>	1523 (1287)	1189 (960)	334 (327)	
SiO ₂	57.79	58.14	56.29	55.64	Ni	34	31	44	55
TiO ₂	0.868	0.809	1.054	1.335	Os	(36)	(40)	(25)	-
Al ₂ O ₃	16.42	16.42	16.42	16.73	P	1200	1240	1080	1600
Fe ₂ O ₃	2.98	2.68	4.25	8.40 _T	Pb	15.5	16	14	15
FeO	4.18	4.22	4.02	-	Pd	0.42	0.40	0.50	-
MnO	0.124	0.115	0.152	0.155	Pt	0.42	0.43	0.40	-
MgO	3.60	3.45	4.26	3.61	Rb	58	64	38	100
CaO	5.81	5.74	6.09	6.50	Rh	(45)	(50)	30	-
Na ₂ O	3.77	3.87	3.37	4.04	Ru	(12)	(10)	(20)	-
K ₂ O	2.09	2.23	1.51	2.77	S	180	200	110	200
P ₂ O ₅	0.275	0.284	0.247	0.367	Sb	0.17	0.14	0.26	0.2
H ₂ O ⁺	1.49	1.49	1.50	-	Sc	19	18	24	2.5
CO ₂	0.38	0.38	0.37	-	Se	0.058	0.060	0.050	0.05
Ag	0.053	0.054	0.050	0.07	Sn	1.3	1.3	1.2	-
As	1.7	1.1	3.7	2.4	Sr	565	610	420	800
Au	0.85	0.81	0.96	-	Ta	0.56	0.60	0.42	0.7
B	5.7	5.3	7.0	15	Te	(15)	(15)	(15)	-
Ba	775	850	540	650	Th	4.9	5.4	3.2	7
Be	0.91	0.95	0.80	1.8	Ti	5200	4850	6320	8000
Bi	0.090	0.086	0.10	0.01	Tl	0.36	0.39	0.26	0.5
Br	(0.3)	(0.3)	(0.3)	4.5	U	1.15	1.2	1.0	1.8
Cd	0.092	0.090	0.096	-	V	135	125	170	100
Cl	140	170	46	100	W	0.47	0.46	0.49	1
Co	22	21	26	10	Zn	90	88	100	72
Cr	83	76	106	50	Zr	180	183	160	260
Cs	1.9	1.9	1.7	-	Y	18	18	18	-
Cu	30	27	40	35	La	35	38	27	-
F	650	720	430	500	Ce	68	74	49	-
Ga	20.0	20.3	19.1	20	Pr	7.8	8.3	6.0	-
Ge	1.1	1.0	1.3	1.5	Nd	34	36	27.5	-
Hf	4.6	4.8	3.9	1	Sm	6.1	6.3	5.4	-
Hg	6.9	6.4	8.6	-	Eu	1.7	1.70	1.80	-
I	(0.13)	(0.12)	(0.16)	0.3	Gd	5.4	5.4	5.4	-
In	(0.06)	(0.06)	(0.06)	-	Tb	0.82	0.8	0.90	-
Ir	(17)	(18)	(14)	-	Dy	4.5	4.2	5.3	-
Li	13	12.4	16	20	Ho	0.90	0.85	1.05	-
Mn	960	890	1180	1200	Er	2.4	2.3	2.6	-
Mo	0.58	0.60	0.53	0.9	Tm	0.35	0.34	0.37	-
N	72	60	110	22	Yb	2.2	2.1	2.4	-
Nb	10.4	11	8.6	20	Lu	0.34	0.33	0.36	-

A : 酈明才和迟清华(1997) ; 酈明才等(1996) ; Yan and Chi (2005) ; B : Vinogradov (1962)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Te : 10⁻⁹ ; Ir、Os、Rh、Ru : 10⁻¹² ; 其它元素 : 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 1.2.2 中国各类闪长岩和安山岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.2 Chemical composition and elemental abundance of different types of diorites and andesites in China

岩石 Rock	闪长岩类 Dioritoids				二长闪长岩类 Monzodioritoids			安山岩类 Andesites	
	平均 Ave- rage	石英 闪长岩 Quartz diorites	闪长岩 Diorites	辉长 闪长岩 Gabbro- diorites	平均 Ave- rage	石英二长 闪长岩 Quartz monzo- diorites	二长 闪长岩 Monzo- diorites	安山岩 Ande- sites	玄武 安山岩 Basalt andesites
<i>N</i>	58 (22)	36 (8)	12 (4)	9	76 (47)	65 (38)	11 (9)	15	17 (14)
<i>t</i>	357 (205)	190 (68)	52 (22)	105	505 (428)	418 (343)	87 (85)	180	154 (147)
SiO ₂	56.90	58.20	55.07	53.17	59.04	59.72	55.01	58.62	54.24
TiO ₂	0.907	0.634	0.881	1.211	0.829	0.744	1.186	0.947	1.171
Al ₂ O ₃	16.82	16.95	16.63	16.68	16.31	16.18	17.09	16.49	16.35
Fe ₂ O ₃	2.78	2.35	3.72	3.27	2.59	2.50	3.11	4.50	4.09
FeO	4.62	4.43	4.73	5.45	3.86	3.76	4.43	3.02	4.87
MnO	0.121	0.093	0.134	0.142	0.116	0.106	0.165	0.128	0.177
MgO	3.94	3.68	4.39	4.56	3.09	3.01	3.58	4.98	4.51
CaO	6.45	6.28	6.69	6.96	5.27	5.14	6.03	5.09	6.97
Na ₂ O	3.68	3.51	4.00	3.88	3.98	3.91	4.39	3.33	3.41
K ₂ O	1.69	1.65	1.70	1.64	2.64	2.67	2.43	1.79	1.26
P ₂ O ₅	0.293	0.204	0.346	0.369	0.312	0.282	0.445	0.245	0.234
H ₂ O ⁺	1.60	1.61	1.50	1.62	1.47	1.39	1.83	1.35	1.64
CO ₂	0.47	0.44	0.23	0.65	0.42	0.42	0.42	0.28	0.46
Ag	0.053	0.04	0.076	0.050	0.053	0.054	0.06	0.05	0.05
As	0.90	0.60	1.1	1.7	1.3	1.4	1.0	3.8	3.5
Au	1.0	0.90	(3)	0.67	0.62	0.60	1.1	0.65	1.1
B	6.6	3.7	3.3	11	6.3	6.3	6.4	10	4.6
Ba	715	650	1030	630	870	930	740	680	370
Be	0.80	0.80	0.80	0.80	1.1	1.1	1.1	1.1	0.50
Bi	0.080	0.070	0.15	0.090	0.11	0.10	0.14	0.080	0.15
Cd	0.095	0.080	0.13	0.11	0.090	0.090	0.10	0.076	0.12
Cl	170	140	150	225	180	175	190	47	40
Co	26	22	28	30	19	18	26	21	32
Cr	76	82	89	82	74	69	64	105	107
Cs	1.6	1.4	1.5	1.9	2.7	2.6	6.4	1.5	1.9
Cu	30	27	34	49	24	24	24	34	46
F	540	580	640	490	750	720	(1000)	430	420
Ga	20.5	20.0	21.0	20.6	20.7	20.6	21.4	19.1	19.1
Ge	0.95	0.9	1.2	0.95	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4
Hf	3.8	3.9	4.1	3.9	5.4	5.5	4.8	4.0	3.7
Hg	6.5	6.0	10	6.0	6.6	7.0	5.4	10	7.0
Li	11	11.4	18	10	15	15.5	14.7	17	15
Mn	940	720	1040	1100	900	820	1280	990	1370
Mo	0.40	0.23	0.29	0.64	0.78	0.88	0.57	0.62	0.43
Nb	8	7	10	13	13	12.5	16	9	8
Ni	38	43	33	42	24	24	22	47	41
P	1280	890	1510	1610	1360	1230	1940	1070	1020
Pb	12.5	10	12	15.4	18	18	17	15	11

续表(Continued)

岩石 Rock	闪长岩类 Dioritoids				二长闪长岩类 Monzodioritoids			安山岩类 Andesites	
	平均 Ave- rage	石英 闪长岩 Quartz diorites	闪长岩 Diorites	辉长 闪长岩 Gabbro- diorites	平均 Ave- rage	石英二长 闪长岩 Quartz monzo- diorites	二长 闪长岩 Monzo- diorites	安山岩 Ande- sites	玄武 安山岩 Basalt andesites
Pd	0.40	0.50	(0.23)	0.60	0.40	0.40	0.40	0.40	0.60
Pt	0.45	0.50	(0.27)	0.60	0.40	0.40	0.35	0.50	0.40
Rb	40	40	33	46	83	86	70	55	26
S	230	250	450	210	200	190	230	80	150
Sb	0.14	0.10	0.15	0.19	0.15	0.15	0.12	0.30	0.24
Sc	20	16	23	24	17	15	21	19	29
Se	0.050	0.050	0.045	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.056
Sn	1.0	0.9	1.1	1.1	1.5	1.4	2.5	1.3	1.2
Sr	670	600	810	670	590	580	670	500	360
Ta	0.45	0.33	0.54	0.49	0.81	0.77	1.1	0.48	0.34
Th	2.8	3.5	2.5	2.3	7.2	7.1	7.4	4.1	2.4
Ti	5440	3800	5280	7260	4970	4460	7110	5680	7020
Tl	0.25	0.25	0.21	0.27	0.53	0.54	0.47	0.36	0.19
U	0.77	0.76	0.57	0.80	1.7	1.5	2.2	1.2	0.9
V	150	115	154	180	115	104	162	145	200
W	0.36	0.27	0.38	0.35	0.56	0.46	0.53	0.37	0.49
Zn	85	76	88	90	90	87	110	87	110
Zr	155	135	157	150	210	210	200	170	150
Y	15	12	15.5	17	20	19.5	21	20	17
La	30	26.5	33	28	43	43.5	41	32	20
Ce	55	47	65	52	80	80	82	58	37
Pr	6.3	5.5	7.0	6.2	9.0	9.0	9.2	6.8	4.6
Nd	27	23.5	28	27.5	38	37.5	39	32	21.5
Sm	5.3	4.3	6.0	5.6	6.8	6.8	7.0	5.7	5.0
Eu	1.65	1.34	1.82	1.84	1.80	1.72	2.10	2.00	1.60
Gd	4.3	3.4	4.9	5.0	5.5	5.5	5.9	5.6	4.8
Tb	0.71	0.51	0.75	0.8	0.84	0.84	0.94	1.0	0.80
Dy	4.0	2.9	4.2	4.3	4.6	4.5	5.2	5.5	4.7
Ho	0.76	0.54	0.83	0.89	0.90	0.88	1.02	1.1	0.90
Er	2.1	1.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.9	2.7	2.9
Tm	0.29	0.23	0.31	0.36	0.38	0.33	0.48	0.34	0.41
Yb	1.9	1.5	2.0	2.1	2.3	2.2	2.8	2.3	2.7
Lu	0.28	0.22	0.28	0.36	0.37	0.32	0.48	0.33	0.40

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6}

表 1.2.3 中国东部各构造单元闪长岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.3 Chemical composition and elemental abundance of diorites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	10	63	11	12	12(5)	<i>N</i>	10	63	11	12	12(5)
<i>t</i>	68	726	85	58	31(23)	<i>t</i>	68	726	85	58	31(23)
SiO ₂	57.78	57.88	58.42	57.06	57.55	Os	(30)	(80)	(35)	(20)	-
TiO ₂	0.917	0.781	0.747	0.941	0.834	P	980	1290	1355	1320	970
Al ₂ O ₃	17.27	16.05	16.05	16.51	16.38	Pb	16	14	23	21	20
Fe ₂ O ₃	2.14	3.05	2.37	2.57	1.92	Pd	(0.2)	0.5	0.36	0.23	0.8
FeO	4.52	4.08	3.94	4.52	5.26	Pt	(0.2)	0.5	0.36	0.26	0.6
MnO	0.134	0.112	0.114	0.128	0.102	Rb	71	59	77	69	100
MgO	2.59	3.53	3.64	3.75	3.79	Rh	(3)	(110)	(14)	(14)	-
CaO	5.49	5.66	5.46	5.70	5.88	Ru	(8)	(50)	(8)	(9)	-
Na ₂ O	4.04	4.02	3.87	4.25	3.19	S	80	240	240	320	(210)
K ₂ O	2.39	2.22	2.49	2.04	2.48	Sb	0.15	0.13	0.19	0.11	0.14
P ₂ O ₅	0.225	0.296	0.311	0.302	0.222	Sc	18	17	18	20	15
H ₂ O ⁺	1.69	1.41	1.54	1.62	1.16	Se	0.042	0.064	0.068	0.043	0.027
CO ₂	0.45	0.34	0.67	0.40	0.18	Sn	1.3	1.2	1.4	1.8	1.5
Ag	0.062	0.056	0.040	0.052	0.056	Sr	510	645	655	580	390
As	2.8	1.0	1.6	0.55	1.5	Ta	0.68	0.52	0.67	0.94	1.3
Au	1.2	0.8	0.50	0.55	(0.48)	Th	7.0	4.1	7.3	7.4	14.5
B	6.5	5.0	5.4	5.8	10	Ti	5500	4680	4480	5640	5000
Ba	775	910	1150	660	530	Tl	0.41	0.32	0.56	0.48	0.86
Be	1.3	1.1	0.40	0.40	0.50	U	1.33	0.76	1.6	2.25	3.5
Bi	0.14	0.07	0.11	0.073	0.31	V	125	125	125	135	105
Cd	0.11	0.09	0.087	0.072	0.074	W	0.32	0.39	0.52	0.33	0.87
Cl	155	190	120	175	(260)	Zn	82	90	90	93	86
Co	20	23	21	23	18	Zr	195	175	180	170	265
Cr	37	91	80	34	21	Y	19.7	16.5	16	19	21
Cs	2.8	1.4	3.1	3.2	4.6	La	32.5	38	38	39	47
Cu	20	30	23	28	23	Ce	64	75	69	73	86
F	470	730	775	775	855	Pr	6.7	8.2	7.3	7.7	9.1
Ga	21.1	20.4	19.5	21.0	17.4	Nd	30	36.5	32.5	38	37.5
Ge	1.2	1.0	1.0	1.05	1.1	Sm	5.8	6.5	5.7	6.0	6.8
Hf	6.1	4.6	5.1	4.8	6.4	Eu	1.77	1.70	1.65	1.79	1.9
Hg	5.0	6.7	8.7	4.6	3.4	Gd	5.3	5.5	5.0	5.0	6.0
Ir	(1)	(25)	(8)	(9)	-	Tb	0.82	0.79	0.73	0.82	0.94
Li	24	10.7	12.7	17.2	16.6	Dy	5.0	4.4	4.2	4.4	5.0
Mn	1040	870	880	990	790	Ho	0.90	0.77	0.85	0.89	1.05
Mo	0.70	0.49	0.59	0.42	1.3	Er	3.1	2.4	2.1	2.8	2.4
N	(66)	(60)	(58)	(61)	-	Tm	0.50	0.33	0.32	0.38	0.39
Nb	11.8	10	11.2	14	16.4	Yb	2.8	2.0	1.82	2.42	2.1
Ni	10	38	33.4	23	17.3	Lu	0.47	0.30	0.29	0.36	0.37

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.2.4 中国东部各构造单元中性火山岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.4 Chemical composition and elemental abundance of intermediate volcanics in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
N	23	23	9	3	8	N	23	23	9	3	8
<i>t</i>	282	204	100	39	68	<i>t</i>	282	204	100	39	68
SiO ₂	56.41	59.82	55.93	56.92	59.15	Os	(15)	(30)	(30)	(20)	(60)
TiO ₂	1.071	0.854	1.028	1.016	0.862	P	1210	1440	1240	980	1350
Al ₂ O ₃	16.52	15.98	15.99	16.18	16.43	Pb	15	22.5	15.6	16	22
Fe ₂ O ₃	4.27	4.16	4.03	6.88	4.22	Pd	0.24	0.32	0.70	(0.95)	0.40
FeO	3.38	2.00	4.99	2.01	2.91	Pt	0.25	0.27	0.40	(1.2)	0.30
MnO	0.139	0.103	0.186	0.172	0.139	Rb	51	82	30	79	125
MgO	3.68	2.42	3.84	3.39	3.08	Ru	(10)	(22)	(55)	(60)	(11)
CaO	5.45	3.64	6.00	5.27	4.12	Ru	(6)	(20)	(20)	(20)	(15)
Na ₂ O	3.94	4.17	3.50	3.07	2.91	S	70	90	170	60	-
K ₂ O	1.74	3.68	2.13	2.89	3.53	Sb	0.42	0.23	0.21	(0.4)	0.25
P ₂ O ₅	0.277	0.330	0.284	0.225	0.309	Sc	20	13.5	25	29	20
H ₂ O ⁺	1.95	1.92	1.28	0.78	1.66	Se	0.042	0.035	0.070	0.033	0.020
CO ₂	0.65	0.51	0.46	1.29	0.37	Sn	1.3	1.4	1.6	1.1	1.8
Ag	0.055	0.055	0.053	0.050	0.040	Sr	500	580	360	360	440
As	5.9	2.1	2.7	5.6	2.1	Ta	0.67	0.89	0.64	0.59	0.90
Au	1.3	0.69	0.77	0.65	-	Th	4.5	7.2	2.9	4.1	10.6
B	5.2	10	8.2	18	3.0	Ti	6420	5120	6160	6090	5170
Ba	590	1120	540	510	910	Tl	0.39	0.39	0.19	0.51	0.74
Be	1.05	2.1	0.3	0.33	1.7	U	1.15	1.5	1.12	1.46	2.1
Bi	0.14	0.070	0.050	0.060	0.090	V	135	93	185	175	120
Cd	0.094	0.093	0.10	0.14	0.094	W	0.51	0.67	0.46	0.71	0.65
Cl	42	72	42	(26)	(43)	Zn	100	94	115	88	110
Co	23	16	27	32	17	Zr	210	265	160	150	270
Cr	78	66	43	165	26.5	Y	18	21	19	19	30
Cs	2.7	1.8	2.1	3.1	3.7	La	28.5	51	38	25.5	61
Cu	27	28	56	52	17	Ce	61	96	68	44	101
F	560	550	570	530	540	Pr	6.8	10.5	7.5	5.0	11.5
Ga	19.5	20.6	20.2	18.3	20.1	Nd	32	45	33.5	20.5	50
Ge	1.1	1.15	1.5	1.6	1.42	Sm	5.9	7.2	6.6	4.2	8.9
Hf	5.0	6.3	3.8	3.5	6.6	Eu	1.66	2.04	1.75	1.38	2.9
Hg	7.6	6.5	14.4	8.3	5.3	Gd	5.4	5.6	6.0	3.6	7.8
Ir	(9)	(15)	(20)	(12)	(12)	Tb	0.87	0.88	0.99	0.8	1.8
Li	15	17	20	32	21	Dy	4.8	4.4	5.2	4.3	9.0
Mn	1080	800	1440	1330	1080	Ho	0.95	0.9	1.05	0.85	2.2
Mo	0.58	0.69	0.71	0.40	1.0	Er	2.7	2.7	3.1	2.6	3.8
N	(86)	(115)	(130)	-	(135)	Tm	0.38	0.38	0.46	0.37	0.5
Nb	11.4	16	12.4	9.7	16.3	Yb	2.4	2.43	2.7	2.24	3.2
Ni	22	23	33	77	15	Lu	0.37	0.34	0.43	0.34	0.46

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.2.5 二长岩、正长岩和粗面岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.5 Chemical composition and elemental abundance of monzonites, syenites and trachytes

文献 Literature	A					B
岩石 Rock	中国 石英二长岩 Quartz monzonites in China	中国 二长岩 Monzonites in China	中国 粗面岩 Trachytes in China	中国 粗安岩 Trachy- andesites in China	中国 正长岩 Syenites in China	正长岩 Syenites
<i>N</i>	30 (22)	5 (3)	14	25 (23)	44 (28)	
<i>t</i>	241 (178)	29 (18)	134	476 (232)	311 (257)	
SiO ₂	63.22	58.45	64.13	57.01	63.50	62.27
TiO ₂	0.564	1.001	0.634	1.026	0.472	0.584
Al ₂ O ₃	15.73	15.74	15.58	16.76	16.65	16.63
Fe ₂ O ₃	2.44	2.70	3.00	4.07	2.10	5.25 _T
FeO	2.25	4.00	2.05	3.30	1.79	-
MnO	0.080	0.116	0.105	0.123	0.083	0.110
MgO	2.01	3.27	0.92	3.03	1.06	0.96
CaO	3.35	4.30	1.92	4.74	1.95	2.52
Na ₂ O	4.22	4.15	3.92	4.23	4.84	5.45
K ₂ O	3.84	3.79	5.52	2.94	5.90	5.78
P ₂ O ₅	0.227	0.573	0.231	0.447	0.172	0.183
H ₂ O ⁺	1.37	1.30	1.63	1.35	0.90	-
CO ₂	0.43	0.79	0.61	0.50	0.30	-
Ag	0.050	0.080	0.060	0.054	0.057	0.0 _n
As	1.1	0.8	2.2	3.4	1.2	1.4
Au	0.56	1.0	0.40	0.79	0.53	<i>n</i>
B	4.6	4.2	6.7	6.9	3.8	9
Ba	1240	1470	1020	1000	1530	1600
Be	1.6	1.6	3.1	1.4	3.4	1
Bi	0.085	0.15	0.086	0.08	0.17	-
Br	-	-	-	(0.87)	(0.82)	2.7
Cd	0.076	0.14	0.12	0.08	0.09	0.13
Cl	110	200	57	94	89	520
Co	11.4	26	6	23	5.4	1
Cr	35	(60)	16	58	12	2
Cs	2.0	2.0	2.8	2.7	2.9	0.6
Cu	14	41	8.7	34	15	5
F	640	800	690	620	870	1200
Ga	19.8	20.0	21.8	20	22.6	30
Ge	1.0	1.4	1.2	1.2	1.2	1
Hf	5.7	8.0	10	5.4	10	11
Hg	7.3	7.7	6.7	7.5	6.5	<i>n</i>
I	-	-	-	(0.15)	(0.12)	0.5
In	-	-	-	-	(0.05)	0.0 _n
Ir	(20)	-	-	-	(7)	-
Li	14.5	11	20	18	18	28
Mn	620	900	810	950	640	850
Mo	0.55	1.5	1.2	0.70	0.90	0.6
N	90	-	-	(170)	90	30
Nb	11	20	38	14	26	35

续表(Continued)

文献	A					B
岩石	中国 石英二长岩	中国 二长岩	中国 粗面岩	中国 粗安岩	中国 正长岩	正长岩
Rock	Quartz monzonites in China	Monzonites in China	Trachytes in China	Trachy- andesites in China	Syenites in China	Syenites
Ni	16	(50)	10	21	7	4
Os	(20)	-	-	-	(10)	-
P	990	2500	1010	1950	750	800
Pb	19	23	26	18	31	12
Pd	0.32	0.30	0.15	0.41	0.22	-
Pt	0.21	0.23	0.20	0.30	0.18	-
Rb	95	90	150	73	165	110
Rh	(25)	-	-	-	(14)	-
Ru	(30)	-	-	-	(10)	-
S	150	200	80	80	120	300
Sb	0.12	0.12	0.26	0.30	0.22	0. <i>n</i>
Sc	9	15	9	17	6	3
Se	0.037	0.070	0.030	0.040	0.040	0.05
Sn	1.7	0.8	2.8	1.3	1.7	<i>n</i>
Sr	620	960	210	690	680	200
Ta	0.62	1.1	2.3	0.8	1.5	2.1
Th	9.1	7.4	13.5	6.1	18	13
Ti	3380	6000	3800	6150	2830	3500
Tl	0.48	0.47	0.58	0.44	0.75	1.4
U	1.6	1.2	2.5	1.5	3.0	3.0
V	72	120	41	126	50	30
W	0.51	0.96	0.92	0.66	0.9	1.3
Zn	67	110	115	97	76	130
Zr	200	280	420	230	340	500
Y	16	32	26	18	25	20
La	51	72	80	40	97	70
Ce	94	154	149	76	179	161
Pr	9.8	-	16.5	8.5	18	15
Nd	39	79	61	37	69	65
Sm	6.1	13	9.6	6.3	10	18
Eu	1.45	2.65	2.0	1.8	2.0	2.8
Gd	4.4	15	6.5	5.5	8.5	18
Tb	0.65	1.6	1.1	0.85	1.0	2.8
Dy	3.4	-	5.8	4.3	5.4	13
Ho	0.7	-	1.2	0.86	1.0	3.5
Er	1.9	-	3.5	2.4	2.9	7.0
Tm	0.3	-	0.48	0.32	0.41	0.6
Yb	1.8	3.3	3.1	2.2	2.7	7.0
Lu	0.29	0.46	0.47	0.32	0.40	2.1

A: 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005); B: Turekian and Wedepohl (1961)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

表 1.2.6 中国各类正长岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.6 Chemical composition and elemental abundance of different types of syenites in China

岩石	石英 正长岩	正长岩	石英碱性 正长岩	碱性 正长岩	岩石	石英 正长岩	正长岩	石英碱性 正长岩	碱性 正长岩
Rock	Quartz syenites	Syenites	Quartz alkali syenites	Alkali syenites	Rock	Quartz syenites	Syenites	Quartz alkali syenites	Alkali syenites
<i>N</i>	11 (7)	4 (2)	15 (10)	7 (4)	<i>N</i>	11 (7)	4 (2)	15 (10)	7 (4)
<i>t</i>	107 (75)	17 (15)	94 (81)	38 (33)	<i>t</i>	107 (75)	17 (15)	94 (81)	38 (33)
SiO ₂	64.50	60.20	66.41	61.24	P	990	1150	540	1000
TiO ₂	0.447	0.410	0.415	0.784	Pb	31	56	23	(80)
Al ₂ O ₃	15.90	17.87	15.82	17.25	Pd	0.19	0.20	(0.14)	(0.4)
Fe ₂ O ₃	1.75	2.17	2.08	2.64	Pt	0.23	0.20	(0.13)	(0.7)
FeO	1.76	2.05	1.38	1.87	Rb	140	135	130	235
MnO	0.075	0.103	0.077	0.075	S	110	(150)	60	180
MgO	1.35	1.37	0.67	1.12	Sb	0.20	0.13	0.15	(0.5)
CaO	2.82	2.95	1.04	1.52	Sc	7.3	6	6.4	5.7
Na ₂ O	4.58	5.82	4.96	3.84	Se	0.040	0.036	0.035	0.090
K ₂ O	5.07	4.94	5.45	8.45	Sn	1.2	1.1	2.5	1.9
P ₂ O ₅	0.227	0.264	0.124	0.229	Sr	650	1640	200	1060
H ₂ O ⁺	0.80	0.91	0.89	0.79	Ta	1.05	1.1	1.6	2.6
CO ₂	0.20	0.49	0.20	0.56	Th	17	12	14	29
Ag	0.057	0.060	0.054	0.080	Ti	2680	2460	2490	4700
As	0.9	0.8	1.2	4.5	Tl	0.88	0.71	0.67	0.89
Au	0.44	0.75	0.28	0.90	U	3.0	1.7	2.9	6.7
B	3.3	2.4	2.9	8	V	50	62	28	80
Ba	1710	2690	1030	2820	W	0.4	0.6	0.72	(2.5)
Be	2.3	1.6	3.0	6.3	Zn	70	74	68	94
Bi	0.11	0.08	0.10	0.26	Zr	250	143	420	650
Cd	0.06	0.10	0.08	0.09	Y	18	19	28	35
Cl	63	(200)	60	150	La	71	93	83	191
Co	8	9	3	8	Ce	124	177	171	328
Cr	12	18	5.4	22	Pr	13	18	17	34
Cs	2.9	2.2	2.5	3.3	Nd	54	68	63	130
Cu	7.5	(42)	3.8	(30)	Sm	7.4	9	10.5	17.5
F	860	920	710	950	Eu	1.7	2.3	2.0	3.8
Ga	20.3	21.5	22.4	26.8	Gd	6.8	6.8	8.5	13
Ge	1.2	1.4	1.2	1.1	Tb	0.7	0.7	1.1	1.5
Hf	7	12	11	20	Dy	4.0	4.1	5.5	8.0
Hg	6	3	6	(18)	Ho	0.7	0.7	1.2	1.5
Li	15	8	13	23	Er	1.7	1.9	3.5	3.5
Mn	580	800	600	580	Tm	0.25	0.27	0.53	0.5
Mo	0.76	1.4	0.80	1.4	Yb	1.5	1.9	3.5	3.2
Nb	17	19	24	48	Lu	0.24	0.26	0.51	0.46
Ni	9	9	3	11					

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

表 1.2.7 中国东部各构造单元正长岩类化学组成与元素丰度

Table 1.2.7 Chemical composition and elemental abundance of syenites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	B	C	D	E	区域 Region	B	C	D	E
<i>N</i>	17	4	3	4(8)	<i>N</i>	17	4	3	4(8)
<i>t</i>	172	38	21	26(30)	<i>t</i>	172	38	21	26(30)
SiO ₂	62.69	64.19	67.13	62.51	Os	(12)	-	-	(1)
TiO ₂	0.479	0.472	0.422	0.489	P	730	1170	410	100
Al ₂ O ₃	16.89	14.89	16.53	16.85	Pb	34	28	22	31
Fe ₂ O ₃	2.70	1.92	1.60	2.08	Pd	0.23	0.70	0.23	0.15
FeO	1.22	1.71	1.00	2.18	Pt	0.15	0.80	0.23	0.15
MnO	0.081	0.088	0.092	0.106	Rb	165	150	150	180
MgO	0.95	1.81	0.35	0.93	Rh	(14)	-	-	(13)
CaO	1.64	2.79	0.80	2.24	Ru	(13)	-	-	(4)
Na ₂ O	4.75	4.57	5.31	5.10	S	130	-	-	200
K ₂ O	6.33	4.95	5.84	5.27	Sb	0.24	0.073	0.13	0.32
P ₂ O ₅	0.167	0.268	0.094	0.023	Sc	5.7	8.8	6.2	6.2
H ₂ O ⁺	1.21	1.15	0.39	1.18	Se	0.040	0.058	0.023	0.040
CO ₂	0.30	0.09	0.34	0.34	Sn	1.5	1.5	4.0	1.9
Ag	0.056	0.040	0.070	0.070	Sr	850	670	94	430
As	1.5	0.65	1.0	1.4	Ta	1.4	1.5	2.0	1.9
Au	0.61	0.37	(0.2)	0.50	Th	16	24	16	19
B	6.7	1.5	6.4	3.2	Ti	2870	2830	2530	2930
Ba	1770	1660	550	(1180)	Tl	0.69	0.84	0.74	0.86
Be	3.7	3.1	2.9	2.5	U	3.1	3.6	4.0	3.2
Bi	0.18	0.11	(0.08)	0.24	V	56	58	20	37
Cd	0.095	0.054	0.080	0.12	W	1.1	0.40	1.0	1.3
Cl	125	56	70	88	Zn	80	62	61	88
Co	6.4	10	1.0	5.7	Zr	350	285	600	345
Cr	13.4	60	2.2	12.5	Y	26	21	37	28
Cs	2.9	2.7	2.1	4.0	La	98	88	98	101
Cu	20	16	2.0	6.3	Ce	182	158	188	179
F	790	1400	860	980	Pr	17.8	15.5	19	18.5
Ga	23.9	20.5	21.3	21.0	Nd	67	62	82	71
Ge	1.2	1.15	1.2	1.1	Sm	9.3	9.4	15	10.7
Hf	12	8.5	15.6	9	Eu	2.2	1.9	2.0	2.1
Hg	5.8	6.3	10	6.5	Gd	8.6	8.7	13.5	9.6
Ir	(9)	-	-	(5)	Tb	0.88	0.96	1.8	1.05
Li	19	13	16.4	22	Dy	4.5	4.8	8	5.5
Mn	630	680	710	820	Ho	0.80	0.90	1.7	1.0
Mo	0.95	0.81	1.2	0.67	Er	2.6	2.6	6.5	3.3
N	(84)	-	-	-	Tm	0.34	0.35	1.0	0.50
Nb	25	20.5	30	34	Yb	2.25	2.3	5.8	2.8
Ni	6.5	19	1.4	9.3	Lu	0.34	0.35	0.80	0.44

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.2.8 中国东部太古宙和后太古宙中性岩化学组成与元素丰度

Table 1.2.8 Chemical composition and elemental abundance of intermediate rocks of Archean and post-Archean in the eastern part of China

时代	太古宙	后太古宙	时代	太古宙	后太古宙	时代	太古宙	后太古宙
Age	Ar	post-Ar	Age	Ar	post-Ar	Age	Ar	post-Ar
<i>N</i>	91	183	<i>N</i>	91	183	<i>N</i>	91	183
<i>t</i>	705	1745	<i>t</i>	705	1745	<i>t</i>	705	1745
SiO ₂	58.77	59.01	Co	23	18	Se	0.077	0.044
TiO ₂	0.721	0.801	Cr	88	50	Sn	1.1	1.4
Al ₂ O ₃	15.81	16.24	Cs	1.1	2.6	Sr	600	540
Fe ₂ O ₃	2.87	3.39	Cu	30	26	Ta	0.51	0.90
FeO	4.21	2.99	F	740	620	Th	3.8	7.9
MnO	0.106	0.114	Ga	20.2	20.4	Ti	4325	4800
MgO	3.37	2.89	Ge	0.99	1.2	Tl	0.35	0.47
CaO	5.49	4.49	Hf	4.6	5.7	U	0.70	1.7
Na ₂ O	4.00	4.03	Hg	6.6	7.1	V	115	105
K ₂ O	2.35	3.18	Li	10	16	W	0.30	0.71
P ₂ O ₅	0.274	0.268	Mn	820	885	Zn	88	89
H ₂ O ⁺	1.18	1.60	Mo	0.43	0.72	Zr	180	223
CO ₂	0.30	0.49	Nb	9.9	15	Y	16	21
Ag	0.055	0.055	Ni	38	24	La	39	48
As	0.86	2.4	P	1195	1170	Ce	78	91
Au	0.83	0.84	Pb	13	20	Nd	37	41
B	3.3	7.1	Pd	0.92	0.41	Sm	6.4	7.0
Ba	910	900	Pt	0.89	0.36	Eu	1.69	1.87
Be	0.86	1.4	Rb	58	84	Gd	5.2	5.7
Bi	0.088	0.11	S	300	180	Tb	0.75	0.91
Cd	0.088	0.093	Sb	0.10	0.24	Yb	1.8	2.4
Cl	123	126	Sc	17	15	Lu	0.28	0.37

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Ar: Archean; post-Ar: post-Archean

1.3 基性岩和超镁铁质岩化学组成与元素丰度

1.3 Chemical composition and elemental abundance of basic rocks and ultramafic rocks

表 1.3.1 基性岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.1 Chemical composition and elemental abundance of basic rocks

文献 Literature	A				B	C	D
岩石 Rock	中国 基性岩 Basic rocks in China	中国 辉长岩 Gabbros in China	中国 辉绿岩 Diabases in China	中国 玄武岩 Basalts in China	玄武质 岩石 Basaltic rocks	基性岩 (辉长岩, 辉绿岩等) Basic rocks (Gabbros and diabases, etc.)	玄武质 岩石 Basaltic rocks
<i>N</i>	184 (128)	75 (42)	26 (10)	79 (57)			
<i>t</i>	1756 (1060)	676 (307)	174 (93)	878 (523)			
SiO ₂	48.68	48.62	48.89	48.70	49.22	51.36	51.34
TiO ₂	1.578	1.304	1.284	1.835	2.302	1.501	1.501
Al ₂ O ₃	15.54	16.20	16.25	14.85	14.74	16.56	16.55
Fe ₂ O ₃	4.18	3.46	3.35	4.80	12.37 _T	12.24 _T	12.24 _T
FeO	6.44	6.23	7.10	6.61	-	-	
MnO	0.167	0.163	0.161	0.173	0.194	0.258	0.194
MgO	7.50	7.86	7.14	7.15	7.63	7.46	7.46
CaO	9.02	9.90	9.30	8.12	10.64	9.41	9.40
Na ₂ O	2.80	2.51	2.76	3.10	2.45	2.62	2.62
K ₂ O	1.18	0.97	0.84	1.45	1.00	1.00	1.00
P ₂ O ₅	0.343	0.309	0.202	0.440	0.252	0.323	0.321
H ₂ O ⁺	1.70	1.72	1.82	1.66	-	-	-
CO ₂	0.45	0.41	0.35	0.55	-	-	-
Ag	0.056	0.067	0.075	0.046	0.11	0.1	0.1
As	1.8	1.5	3.0	1.6	2	2	2
Au	0.80	0.90	0.70	0.75	4	4	4
B	7.5	11	10	5.0	5	5	5
Ba	460	450	320	465	330	300	250
Be	0.50	0.50	0.40	0.50	1	0.4	0.5
Bi	0.085	0.095	0.18	0.060	0.007	0.007	0.15
Br	(0.4)	(0.4)	-	(0.3)	3.6	3	3.6
Cd	0.10	0.11	0.11	0.10	0.22	0.19	0.2
Cl	110	160	210	83	60	50	60
Co	46	46	41	47	48	45	48
Cr	190	225	115	205	170	200	200
Cs	1.4	2.0	2.1	0.83	1.1	1	1
Cu	55	58	57	52	87	100	100
F	485	510	470	495	400	370	400
Ga	19.9	18.7	20.3	20.5	17	18	12
Ge	1.10	1.05	1.2	1.15	1.3	1.5	1.5
Hf	3.5	2.9	3.2	4.2	2.0	1	2
Hg	7.8	9	14	6.4	90	90	80
I	(0.1)	(0.1)	-	(0.1)	0.5	0.5	0.5
In	(0.07)	(0.07)	-	(0.075)	0.22	0.22	0.1
Ir	40	40	-	(45)	-	-	-
Li	11	10	11	12	17	15	10
Mn	1310	1260	1250	1340	1500	2000	1500
Mo	0.63	0.45	0.43	0.90	1.5	1.4	1
N	80	80	-	82	20	18	20

续表(Continued)

文献 Literature	A				B	C	D
岩石 Rock	中国 基性岩 Basic rocks in China	中国 辉长岩 Gabbros in China	中国 辉绿岩 Diabases in China	中国 玄武岩 Basalts in China	玄武质 岩石 Basaltic rocks	基性岩 (辉长岩, 辉绿岩等) Basic rocks (Gabbros and diabases, etc.)	玄武质 岩石 Basaltic rocks
Nb	19	12	10	28	19	20	20
Ni	100	100	71	120	130	160	150
Os	60	55	-	60	-	-	-
P	1570	1350	880	1920	1100	1400	1400
Pb	13	15	13	9.6	6	8	5
Pd	0.63	0.81	0.76	0.46	20	19	-
Pt	0.72	1.0	0.47	0.54	-	-	-
Rb	31	36	30	23	30	45	30
Rh	60	70	-	54	-	-	-
Ru	65	50	-	80	-	-	-
S	280	490	540	120	300	300	250
Sb	0.18	0.16	0.20	0.16	0.2	1.0	0.2
Sc	29	31	32	25	30	24	38
Se	0.085	0.12	0.12	0.060	0.05	0.05	0.05
Sn	(1.0)	(1.0)	(1.0)	(1.2)	1.5	1.5	1
Sr	510	570	330	560	465	440	465
Ta	1.1	0.7	0.5	1.8	1.1	0.48	0.5
Te	(10)	(7)	-	-	-	1	-
Th	2.8	2.8	2.4	3.0	4	3	2.2
Ti	9470	7820	7700	11000	13800	9000	9000
Tl	0.24	0.28	0.30	0.20	0.21	0.2	0.10
U	0.70	0.70	0.60	0.73	1	0.5	0.6
V	210	230	230	180	250	200	250
W	0.50	0.50	0.56	0.45	0.7	1	1
Zn	110	104	100	120	105	130	100
Zr	150	120	135	185	140	100	150
Y	17	17	19	17.5	21	20	25
La	24	25	16.5	27	15	27	10
Ce	47	48	32	51	48	45	-
Pr	5.3	5.4	3.7	6.0	4.6	4	-
Nd	24	24	17	26	20	20	-
Sm	5.1	5.0	4.0	5.6	5.3	5	-
Eu	1.8	1.6	1.4	2.0	0.8	1	-
Gd	4.7	4.7	4.0	5.3	5.3	5	-
Tb	0.80	0.74	0.66	0.85	0.8	0.8	-
Dy	4.3	4.0	4.0	4.6	3.8	2	-
Ho	0.85	0.80	0.8	0.9	1.1	1	-
Er	2.2	2.1	2.2	2.2	2.1	2	-
Tm	0.32	0.32	0.35	0.31	0.2	0.2	-
Yb	1.9	1.9	2.1	1.9	2.1	2	-
Lu	0.31	0.30	0.34	0.3	0.6	0.6	-

A :鄢明才和迟清华(1997) ; 鄢明才等(1996) ; Yan and Chi (2005) ; B :Turekian and Wedepohl (1961) ; C :Vinogradov (1962) ; D :Taylor (1964)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Te : 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru : 10^{-12} ; 其它元素 : 10^{-6} 。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

表 1.3.2 中国各类辉长岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.2 Chemical composition and elemental abundance of different types of gabbros in China

岩石	辉长岩	石英 辉长岩	橄榄 辉长岩	二长 辉长岩	含副长 石二长 辉长岩	岩石	辉长岩	石英 辉长岩	橄榄 辉长岩	二长 辉长岩	含副长 石二长 辉长岩
Rock	Gabbros	Quartz gabbros	Olivine gabbros	Monzo- gabbros	Foid- bearing monzo- gabbros	Rock	Gabbros	Quartz gabbros	Olivine gabbros	Monzo- gabbros	Foid- bearing monzo- gabbros
<i>N</i>	49(20)	3	10	6	3	<i>N</i>	49(20)	3	10	6	3
<i>t</i>	435(133)	21	97	38	7	<i>t</i>	435(133)	21	97	38	7
SiO ₂	48.42	52.82	47.27	50.62	49.46	P	1330	1000	1080	1800	2240
TiO ₂	1.423	0.941	1.094	1.356	2.085	Pb	9	14	23	63	19
Al ₂ O ₃	16.95	14.35	15.20	14.47	15.18	Pd	0.76	0.43	1.7	(1.1)	(0.13)
Fe ₂ O ₃	3.52	4.40	3.95	3.30	2.73	Pt	0.86	0.77	2.0	(2.1)	(0.13)
FeO	6.16	4.90	6.52	5.73	6.78	Rb	26	36	25	85	67
MnO	0.158	0.159	0.163	0.176	0.170	S	350	100	970	100	(2250)
MgO	7.43	7.56	9.00	7.61	5.79	Sb	0.16	0.16	0.14	0.17	0.2
CaO	9.88	8.87	10.53	8.33	8.44	Sc	29	27	38	29	22
Na ₂ O	2.60	2.42	2.12	2.72	3.62	Se	0.12	0.070	0.13	0.12	0.12
K ₂ O	0.80	1.06	0.96	2.51	2.37	Sn	(1.0)	-	-	-	-
P ₂ O ₅	0.305	0.229	0.247	0.412	0.513	Sr	550	420	510	720	780
H ₂ O ⁺	1.64	1.79	1.73	1.79	1.60	Ta	0.7	0.45	0.5	0.55	2.5
CO ₂	0.41	0.35	0.39	0.53	0.56	Th	1.8	2.9	1.9	13	7.5
Ag	0.060	0.070	0.064	0.077	0.050	Ti	8530	5640	6560	8130	12500
As	1.4	2.0	0.8	2.2	2.1	Tl	0.26	0.29	0.23	0.59	0.43
Au	0.73	0.60	2.5	1.0	1.3	U	0.60	0.66	0.38	2.2	1.5
B	8	25	10	11	11	V	240	180	260	195	230
Ba	420	420	350	1670	1680	W	0.37	0.56	0.44	0.84	0.90
Be	0.50	0.80	0.30	0.70	0.50	Zn	105	120	105	105	120
Bi	0.090	0.10	0.090	0.13	0.050	Zr	120	90	96	220	300
Cd	0.10	0.11	0.10	0.13	0.15	Y	17	18	15	20	22
Cl	150	340	125	200	230	La	20	21	16.5	61	57
Co	46	43	49	40	36	Ce	40	38	32	110	96
Cr	200	250	270	240	91	Pr	4.5	4.5	3.9	13	11.2
Cs	1.7	1.6	2.1	4.4	2.0	Nd	19	21.5	18	54	48
Cu	52	60	77	65	70	Sm	4.5	4.4	4.0	8.8	7.2
F	430	330	490	1190	987	Eu	1.5	1.4	1.6	2.5	2.6
Ga	19.3	17.3	18.0	19.5	22.3	Gd	4.2	4.2	4.0	8.0	7.0
Ge	1.05	1.67	0.88	1.2	1.2	Tb	0.65	0.70	0.67	1.1	1.1
Hf	2.9	2.7	2.0	5.3	6.9	Dy	3.8	3.9	3.7	6.0	6.4
Hg	6	9	12	15	12	Ho	0.74	0.77	0.74	1.2	1.1
Li	10	10	10	14	12	Er	2.1	2.0	1.9	2.2	2.6
Mn	1220	1230	1260	1360	1320	Tm	0.33	0.31	0.27	0.33	0.33
Mo	0.45	0.45	0.32	0.25	0.90	Yb	1.9	1.8	1.7	1.8	2.0
Nb	13	10	8	11	35	Lu	0.31	0.29	0.26	0.29	0.29
Ni	82	53	130	75	50						

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); 鄯明才等(1996); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

表 1.3.3 中国东部各构造单元辉长岩和辉绿岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.3 Chemical composition and elemental abundance of gabbros and diabases
in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	4	29	12	9	9	<i>N</i>	4	29	12	9	9
<i>t</i>	44	211	111	60	48	<i>t</i>	44	211	111	60	48
SiO ₂	49.88	49.45	47.92	48.53	48.32	Os	-	(50)	(55)	(60)	(60)
TiO ₂	1.453	1.218	1.668	1.091	1.918	P	660	1160	1650	780	1830
Al ₂ O ₃	17.36	15.17	15.00	15.82	15.86	Pb	19	9.3	33	17	11
Fe ₂ O ₃	2.42	4.18	3.73	3.07	2.75	Pd	1.2	1.0	0.97	0.74	0.50
FeO	5.80	6.57	6.54	7.18	7.41	Pt	1.5	1.0	0.96	0.76	0.60
MnO	0.204	0.159	0.164	0.167	0.156	Rb	32	30	57	19	48
MgO	6.64	7.29	7.41	8.09	7.36	Rh	-	(50)	(80)	(150)	(60)
CaO	10.11	9.08	9.71	9.47	9.04	Ru	-	(50)	(70)	(40)	(40)
Na ₂ O	3.03	2.53	2.66	2.38	2.49	S	50	380	920	910	730
K ₂ O	1.01	1.14	1.63	0.80	1.17	Sb	0.41	0.14	0.20	0.16	0.19
P ₂ O ₅	0.151	0.266	0.378	0.179	0.419	Sc	33	32	35	28	22
H ₂ O ⁺	1.91	2.21	2.07	2.16	2.34	Se	0.067	0.10	0.14	0.20	0.086
CO ₂	0.18	0.37	0.60	0.43	1.15	Sn	-	(1.0)	-	(1.0)	(1.1)
Ag	0.057	0.055	0.077	0.070	0.070	Sr	350	500	600	400	490
As	4.7	1.0	1.7	3.8	2.4	Ta	0.46	0.40	0.84	0.55	1.54
Au	1.2	0.85	0.87	0.65	0.51	Th	2.2	1.7	4.3	1.5	3.7
B	6.9	15	10	6	7.5	Ti	8710	7300	10000	6540	11500
Ba	305	440	1120	250	490	Tl	0.28	0.20	0.39	0.10	0.57
Be	1.1	0.70	0.2	0.15	0.31	U	0.71	0.55	1.1	0.53	0.93
Bi	0.19	0.084	0.13	0.11	0.10	V	195	235	270	200	205
Cd	0.14	0.10	0.11	0.086	0.10	W	0.53	0.31	0.73	0.48	0.75
Cl	320	180	130	120	175	Zn	90	99	110	95	130
Co	36	44	43	46	44	Zr	97	110	130	105	180
Cr	135	190	205	205	155	Y	12	16	17	17	22
Cs	1.7	1.0	2.7	2.4	4.2	La	9.5	19.5	38	16	26
Cu	26	58	78	67	48	Ce	21	40	71	32	50
F	310	430	965	400	630	Pr	2.5	4.8	8.3	3.4	5.7
Ga	17.5	19.6	19.3	18.2	20.9	Nd	11	20.5	37.5	16	25
Ge	1.0	1.2	0.95	1.3	0.85	Sm	2.8	4.5	6.7	4.0	5.3
Hf	2.0	2.8	3.3	2.5	4.2	Eu	1.0	1.5	2.2	1.3	1.9
Hg	6.3	10	12.5	10	6.4	Gd	2.6	4.5	5.9	3.4	5.1
Ir	-	(30)	(60)	(50)	(40)	Tb	0.56	0.66	0.95	0.61	0.90
Li	5.7	9.7	12.4	9	18	Dy	3.3	3.7	5.0	3.3	4.8
Mn	1580	1230	1270	1290	1210	Ho	0.70	0.76	0.90	0.80	1.0
Mo	0.38	0.30	0.50	0.38	0.82	Er	2.2	2.1	2.1	2.1	2.4
N	-	(130)	(63)	(63)	(65)	Tm	0.40	0.33	0.30	0.30	0.36
Nb	7.3	9.7	13.5	9.6	26	Yb	2.0	1.9	1.75	1.9	2.1
Ni	35	95	79	96	66	Lu	0.40	0.31	0.26	0.28	0.34

文献(Literature): 酈明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.3.4 中国东部各构造单元玄武岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.4 Chemical composition and elemental abundance of basalts in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	15	34	4	8	14(5)	<i>N</i>	15	34	4	8	14(5)
<i>t</i>	135	306	62	37	85(56)	<i>t</i>	135	306	62	37	85(56)
SiO ₂	48.82	47.92	47.84	49.74	49.07	Os	(70)	(30)	(70)	(150)	-
TiO ₂	1.301	1.985	1.601	1.626	2.035	P	1260	2340	970	1690	1820
Al ₂ O ₃	15.54	14.73	15.08	14.28	15.06	Pb	10.3	9.3	11.5	12.3	20
Fe ₂ O ₃	3.94	4.98	5.30	5.61	4.99	Pd	1.4	0.30	1.2	2.7	0.58
FeO	5.94	6.47	5.42	5.37	6.62	Pt	1.8	0.30	0.70	1.4	0.80
MnO	0.187	0.168	0.203	0.181	0.222	Rb	30	25	20	19	43
MgO	6.65	6.90	7.19	6.53	6.85	Rh	(80)	(20)	(40)	(70)	-
CaO	8.71	7.87	8.41	7.40	8.19	Ru	(80)	(40)	(80)	(120)	-
Na ₂ O	2.95	3.11	2.79	3.19	3.12	S	120	90	50	170	150
K ₂ O	1.14	1.54	0.83	1.12	1.50	Sb	0.38	0.10	0.25	0.54	0.29
P ₂ O ₅	0.289	0.536	0.222	0.387	0.417	Sc	29	23	38	30	26
H ₂ O ⁺	2.70	2.65	3.50	3.06	2.05	Se	0.070	0.057	0.057	0.040	0.086
CO ₂	1.38	0.70	1.25	1.20	1.02	Sn	-	(1.2)	-	-	(1.4)
Ag	0.047	0.048	0.052	0.037	0.078	Sr	420	640	280	420	480
As	4.5	0.9	1.8	1.8	4.7	Ta	0.88	2.2	0.59	1.05	1.43
Au	1.6	0.46	0.93	1.2	0.53	Th	2.2	3.3	2.1	2.4	2.7
B	8	4.8	6	6.3	5.5	Ti	7800	11900	9600	9750	12200
Ba	300	530	330	380	610	Tl	0.15	0.19	0.12	0.14	0.62
Be	0.48	0.53	0.2	0.8	0.52	U	0.73	0.84	0.52	0.62	0.84
Bi	0.16	0.044	0.040	0.047	0.030	V	205	180	260	190	195
Cd	0.10	0.096	0.12	0.087	0.14	W	0.31	0.37	0.45	0.61	0.6
Cl	68	95	44	98	105	Zn	102	122	124	106	170
Co	39	50	42	44	46	Zr	130	200	145	170	200
Cr	220	180	215	210	220	Y	15	18	18	19	17.5
Cs	1.6	0.58	0.8	1.2	2.4	La	17.3	32	15	24	24
Cu	57	50	60	64	40	Ce	34	61	29	44	43.5
F	370	520	560	440	740	Pr	4.0	6.9	3.3	5.1	5.0
Ga	18.9	21.5	19.8	19.8	19.6	Nd	17.7	30	18	24	23
Ge	1.25	1.1	1.85	1.0	1.0	Sm	4.1	6.4	4.4	5.4	5.4
Hf	3.1	4.5	3.3	3.9	4.4	Eu	1.4	2.2	1.5	1.9	2.0
Hg	8	6	8	5	5	Gd	4.0	5.8	4.0	5.0	5.0
Ir	(60)	(20)	(40)	(70)	-	Tb	0.70	0.90	0.99	0.90	0.90
Li	12	9	16	16.5	28	Dy	3.8	5.0	5.3	4.9	5.0
Mn	1450	1300	1570	1400	1720	Ho	0.85	0.9	1.1	0.9	0.9
Mo	0.51	1.2	0.20	0.85	0.81	Er	2.2	2.2	2.8	2.5	2.0
N	(100)	(96)	(78)	(47)	-	Tm	0.37	0.30	0.38	0.40	0.34
Nb	15	34	12	18.3	24	Yb	1.96	1.8	2.5	2.3	1.6
Ni	110	125	86	135	115	Lu	0.35	0.27	0.35	0.38	0.31

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.3.5 中国东部太古宙和后太古宙基性岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.5 Chemical composition and elemental abundance of basic rocks of Archean and post-Archean in the eastern part of China

时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar	时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar	时代 Age	太古宙 Ar	后太古宙 post-Ar
<i>N</i>	87	162	<i>N</i>	87	162	<i>N</i>	87	162
<i>t</i>	494	1399	<i>t</i>	494	1399	<i>t</i>	494	1399
SiO ₂	49.89	48.90	Co	52	45	Se	0.15	0.083
TiO ₂	1.099	1.553	Cr	220	194	Sn	(0.8)	(1.2)
Al ₂ O ₃	13.69	14.86	Cs	0.78	1.4	Sr	230	450
Fe ₂ O ₃	4.44	4.39	Cu	63	53	Ta	0.39	0.96
FeO	7.99	6.51	F	720	505	Th	1.2	2.8
MnO	0.190	0.181	Ga	18.3	19.8	Ti	6590	9310
MgO	7.20	7.02	Ge	1.3	1.1	Tl	0.21	0.25
CaO	9.33	8.54	Hf	2.3	3.5	U	0.47	0.70
Na ₂ O	2.43	2.79	Hg	7.0	8.2	V	240	214
K ₂ O	0.94	1.24	Li	9.3	12	W	0.45	0.50
P ₂ O ₅	0.167	0.337	Mn	1475	1405	Zn	120	115
H ₂ O ⁺	1.82	2.38	Mo	0.32	0.56	Zr	97	150
CO ₂	0.38	0.72	Nb	8.1	17	Y	16	18
Ag	0.058	0.055	Ni	103	97	La	13	23
As	1.4	2.1	P	730	1470	Ce	27	45
Au	1.4	0.95	Pb	10	14	Nd	15	23
B	9.1	8.4	Pd	2.6	0.96	Sm	3.7	5.1
Ba	250	440	Pt	3.0	0.99	Eu	1.32	1.82
Be	0.29	0.49	Rb	25	31	Gd	4.4	5.0
Bi	0.10	0.084	S	490	390	Tb	0.75	0.83
Cd	0.12	0.11	Sb	0.11	0.21	Yb	2.2	2.1
Cl	170	115	Sc	40	30	Lu	0.38	0.34

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶。

Ar: Archean; post-Ar: post-Archean

表 1.3.6 超镁铁质岩化学组成与元素丰度

Table 1.3.6 Chemical composition and elemental abundance of ultramafic rocks

文献 Literature	A						B	C
岩石	中国超镁铁质岩 Ultramafic rocks in China						超镁铁质岩	超镁铁质岩
Rock	平均 Average	橄榄岩 Peridotites	辉橄岩 Pyroxene peridotites	橄辉岩 Olivine pyroxenites	辉石岩 Pyroxenites	角闪石岩 Hornblendites	Ultramafic rocks	Ultramafic rocks
<i>N</i>	91(73)	23	19(12)	15(10)	20(15)	12		
<i>t</i>	503(387)	116	108(71)	98(42)	114(92)	57		
SiO ₂	45.11	40.87	43.62	46.52	49.15	48.82	43.87	40.66
TiO ₂	0.385	0.083	0.192	0.667	0.477	0.787	0.050	0.050

文献 Literature	A						B	C
岩石 Rock	中国超镁铁质岩 Ultramafic rocks in China						超镁铁质岩 Ultramafic rocks	超镁铁质岩 Ultramafic rocks
	平均 Average	橄榄岩 Peridotites	辉橄岩 Pyroxene peridotites	橄辉岩 Olivine pyroxenites	辉石岩 Pyroxenites	角闪石岩 Hornblendites		
<i>N</i>	91(73)	23	19(12)	15(10)	20(15)	12		
<i>t</i>	503(387)	116	108(71)	98(42)	114(92)	57		
Al ₂ O ₃	4.69	1.91	3.55	7.46	4.93	8.23	3.78	8.50
Fe ₂ O ₃	3.85	3.42	4.47	3.19	4.14	4.12	13.48 _T	14.08 _T
FeO	5.96	5.20	5.98	7.11	5.33	7.28	-	-
MnO	0.119	0.090	0.082	0.154	0.128	0.183	0.209	0.194
MgO	26.98	41.51	33.61	21.20	15.99	14.92	33.82	42.94
CaO	7.40	1.42	3.26	8.73	15.55	10.51	3.50	9.80
Na ₂ O	0.62	0.32	0.35	0.72	0.78	1.24	0.57	0.77
K ₂ O	0.26	0.11	0.16	0.16	0.25	0.87	0.0048	0.36
P ₂ O ₅	0.069	0.027	0.055	0.062	0.112	0.110	0.050	-
H ₂ O ⁺	3.25	4.02	3.91	3.30	2.26	2.10	-	-
CO ₂	0.55	0.60	0.71	0.55	0.39	0.45	-	-
Ag	0.046	0.035	0.048	0.050	0.076	0.053	0.06	0.05
As	1.1	(1.0)	1.0	1.3	1.2	1.0	1	0.5
Au	0.8	0.57	0.71	0.90	0.80	0.95	6	5
B	7.0	(5)	8.1	7.0	5.0	6.0	3	1
Ba	90	(20)	72	60	123	125	0.4	1
Be	0.15	(0.1)	(0.1)	0.2	0.25	0.3	0. <i>n</i>	0.2
Bi	0.090	0.050	0.090	0.030	0.070	0.11	-	0.001
Br	(0.4)	(0.4)	-	-	-	-	1	0.5
Cd	0.080	0.050	0.053	0.075	0.11	0.13	0. <i>n</i>	0.05
Cl	120	165	180	40	100	110	85	50
Co	88	110	105	73	51	68	150	200
Cr	1630	2400	2500	1470	770	840	1600	2000
Cs	0.45	(0.2)	0.56	0.45	0.45	0.9	0. <i>n</i>	0.1
Cu	27	10	24	33	31	32	10	20
F	385	150	180	200	415	1250	100	100
Ga	8.9	3.8	6.0	12	10.5	13.9	1.5	1.5
Ge	0.90	0.80	0.70	1.0	0.95	1.2	1.5	1
Hf	1.0	(0.3)	0.6	1.3	1.5	1.6	0.6	0.1
Hg	6	7	6	6	6	6	<i>n</i> ×10	10
I	(0.15)	(0.15)	-	-	-	-	0.5	0.01
In	(0.03)	(0.04)	(0.02)	-	-	-	0.01	0.013
Ir	(1.35)	(2.5)	(2.1)	(0.90)	(0.30)	(0.075)	-	-
Li	4	0.8	1.3	6	5	9	0. <i>n</i>	-
Mn	920	700	635	950	990	1420	1620	1500
Mo	0.21	0.2	0.2	0.17	0.22	0.23	0.3	0.2
N	(50)	(56)	(42)	(47)	(50)	(66)	6	18
Nb	5.2	3.8	4.5	5.4	6.0	8.8	16	1.0
Ni	960	1800	1390	390	265	345	2000	2000
Os	(1.3)	(2.1)	(2.4)	(0.90)	(0.30)	(0.10)	-	-

文献 Literature	A						B	C
岩石 Rock	中国超镁铁质岩 Ultramafic rocks in China						超镁铁质岩 Ultramafic rocks	超镁铁质岩 Ultramafic rocks
	平均 Average	橄榄岩 Peridotites	辉橄岩 Pyroxene peridotites	橄辉岩 Olivine pyroxenites	辉石岩 Pyroxenites	角闪石岩 Hornblendites		
P	310	120	240	260	490	480	220	-
Pb	8	6	19	7.3	8.6	7.5	1	0.1
Pd	2.6	1.4	2.9	2.7	4.6	3.5	120	120
Pt	5.2	4.6	7.4	4.9	7.8	4.5	-	200
Rb	7	3	8.5	4.7	7	12	0.2	2
Rh	(0.80)	(1.1)	(1.1)	(0.70)	(0.50)	(0.27)	-	-
Ru	(3.5)	(6.4)	(5.4)	(2.1)	(1.0)	(0.15)	-	-
S	210	180	290	150	180	210	300	100
Sb	0.14	(0.1)	0.17	0.070	0.15	0.10	0.1	0.1
Sc	24	7	17	36	33	41	15	5
Se	0.05	(0.05)	0.053	0.036	0.04	0.05	0.05	0.05
Sn	(0.5)	(0.5)	-	-	-	-	0.5	0.5
Sr	115	22	88	165	155	170	1	10
Ta	0.26	0.15	0.20	0.30	0.30	0.46	1.0	0.018
Te	-	-	-	-	-	-	-	1
Th	0.70	0.30	0.50	0.70	0.90	1.3	0.004	0.005
Ti	2650	500	1150	3880	2860	4720	300	300
Tl	0.15	0.10	0.08	0.40	0.08	0.23	0.06	0.01
U	0.35	(0.2)	(0.3)	0.37	0.38	0.46	0.001	0.003
V	110	35	72	175	140	190	40	40
W	0.3	(0.3)	0.27	0.26	0.15	0.5	0.77	0.1
Zn	78	56	55	84	100	120	50	30
Zr	50	31	37	60	67	70	45	30
Y	7.0	2.6	4.5	9.2	8.9	13	0.n	-
La	6.7	1.6	3.8	4.0	11.3	14.4	0.n	-
Ce	15.0	3.5	8.3	10	25	32	0.n	-
Pr	2.0	0.45	1.0	1.2	4.0	4.4	0.n	-
Nd	7.2	1.8	3.9	4.6	13	17	0.n	-
Sm	2.0	0.45	0.88	2.1	3.0	4.1	0.n	-
Eu	0.67	0.15	0.30	0.81	0.91	1.2	0.n	0.01
Gd	1.7	0.5	1.0	2.5	3.0	3.6	0.n	-
Tb	0.39	0.09	0.17	0.49	0.52	0.56	0.n	-
Dy	1.8	0.50	1.0	2.9	2.8	3.0	0.n	0.05
Ho	0.35	0.12	0.20	0.48	0.54	0.60	0.n	-
Er	1.0	0.35	0.60	1.6	1.6	1.7	0.n	-
Tm	0.16	0.05	0.09	0.25	0.26	0.27	0.n	-
Yb	0.99	0.35	0.55	1.12	1.17	1.60	0.n	-
Lu	0.16	0.05	0.08	0.18	0.20	0.26	0.n	-

A : 鄯明才和迟清华(1997) ; 鄯明才等(1996) ; Yan and Chi 2005) ; B : Turekian and Wedepohl (1961) ; C : Vinogradov (1962)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Ir、Os、Pd、Pt、Rh、Ru、Te : 10^{-9} ; 其它元素 : 10^{-6} 。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru, and Te: 10^{-9} ; other elements: 10^{-6} 。

1.4 火山碎屑岩及其它火成岩化学组成与元素丰度

1.4 Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks and other pyrogenic rocks

表 1.4.1 中国火山碎屑岩化学组成与元素丰度

Table 1.4.1 Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks in China

岩石 Rock	平均 Average	RPR	DPR	APR	TPR	岩石 Rock	平均 Average	RPR	DPR	APR	TPR
<i>N</i>	107	76	19	4	5	<i>N</i>	107	76	19	4	5
<i>t</i>	1560	1250	221	32	43	<i>t</i>	1560	1250	221	32	43
SiO ₂	70.66	73.06	66.62	59.41	64.87	Os	(12)	(10)	(15)	(20)	(20)
TiO ₂	0.380	0.312	0.589	0.884	0.545	P	370	265	580	890	690
Al ₂ O ₃	13.86	13.34	14.42	16.38	16.37	Pb	22	23	20	17	28
Fe ₂ O ₃	2.08	1.68	2.70	4.97	2.52	Pd	(0.1)	(0.08)	0.25	0.30	0.20
FeO	0.96	0.68	1.83	2.00	0.86	Pt	(0.1)	(0.07)	0.19	0.28	0.20
MnO	0.065	0.054	0.094	0.134	0.094	Rb	135	145	105	46	220
MgO	0.89	0.54	1.60	2.68	0.59	Rh	(5)	(4)	(13)	(13)	(4)
CaO	1.25	0.76	2.09	4.16	1.61	Ru	6	5	8	10	8
Na ₂ O	2.70	2.62	2.62	3.66	2.64	S	170	190	100	30	90
K ₂ O	4.02	4.23	3.18	1.63	6.59	Sb	0.48	0.44	0.55	(1.0)	0.30
P ₂ O ₅	0.085	0.061	0.133	0.204	0.158	Sc	6.9	5.6	12.7	18	7
H ₂ O ⁺	2.09	1.92	2.75	2.92	1.85	Se	0.030	0.030	0.046	0.030	0.060
CO ₂	0.55	0.44	0.88	0.50	0.97	Sn	1.8	2.0	1.6	(2)	1.8
Ag	0.058	0.060	0.046	0.040	0.090	Sr	170	140	310	490	270
As	4.5	4.0	4.3	8.5	8	Ta	1.0	1.1	0.8	0.6	1.7
Au	0.53	0.52	0.51	0.43	0.63	Th	14	16	10	5.3	17
B	16	10	18	(20)	16	Ti	2280	1870	3530	5300	3270
Ba	730	710	900	510	900	Tl	0.81	0.87	0.61	0.32	1.3
Be	1.9	2.0	1.7	0.8	2.5	U	2.7	3.0	2.0	1.5	4.1
Bi	0.16	0.15	0.16	0.15	0.20	V	38	26	70	130	42
Cd	0.080	0.080	0.070	0.08	0.12	W	1.0	0.98	1.1	1.0	1.6
Cl	30	22	40	100	40	Zn	62	58	70	87	120
Co	4.2	2.8	9	22	4.5	Zr	210	210	200	190	380
Cr	10	6.3	33	48	8	Y	24	23	20	20	28
Cs	5.4	5.3	6.0	3	5	La	46	49	39	26	62
Cu	6.4	4.2	16	14	9	Ce	86	89	73	49	114
F	410	340	560	500	780	Pr	9.5	10	7.6	5.7	11.2
Ga	17.2	16.8	17.9	19.3	18.8	Nd	37	38	33	25	47
Ge	1.4	1.4	1.5	1.2	1.4	Sm	6.4	6.6	5.6	4.8	7.4
Hf	6.0	6.1	5.7	4.5	9	Eu	1.1	1.0	1.3	1.35	1.6
Hg	8	7.5	10	6.5	6	Gd	5.6	5.8	4.8	4.5	5.7
Ir	(6)	(5)	(14)	(22)	(10)	Tb	0.88	0.90	0.70	0.70	0.90
Li	20	19	27	18	20	Dy	5.0	5.0	4.0	4.2	4.8
Mn	500	420	730	1040	730	Ho	1.0	1.0	0.8	0.84	1.0
Mo	1.2	1.25	0.52	0.4	1.6	Er	3.0	3.1	2.3	2.5	2.7
N	100	(85)	(185)	(88)	(66)	Tm	0.46	0.47	0.31	0.37	0.38
Nb	16	17	13	9	27	Yb	2.8	2.9	2.1	2.2	2.5
Ni	6	3.4	16	25	7	Lu	0.45	0.46	0.32	0.34	0.36

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

RPR: 流纹质火山碎屑岩; DPR: 英安质火山碎屑岩; APR: 安山质火山碎屑岩; TPR: 粗面值火山碎屑岩

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

RPR: rhyolitic pyroclastic rock; DPR: dacitic pyroclastic rock; APR: andesitic pyroclastic rock; TPR: trachytic pyroclastic rock

表 1.4.2 中国东部各构造单元火山碎屑岩化学组成与元素丰度

Table 1.4.2 Chemical composition and elemental abundance of pyroclastic rocks in the eastern part of China

区域 Region	A	B	D	E	区域 Region	A	B	D	E
N	24	9	22	51	N	24	9	22	51
t	417	58	212	868	t	417	58	212	868
SiO ₂	69.90	68.88	68.31	72.35	P	460	395	460	270
TiO ₂	0.464	0.302	0.519	0.315	Pb	16.6	22.5	20.2	24.5
Al ₂ O ₃	13.97	13.47	14.31	13.71	Pd	(0.12)	(0.08)	(0.15)	(0.12)
Fe ₂ O ₃	2.15	2.2	2.81	1.68	Pt	(0.12)	(0.08)	(0.13)	(0.10)
FeO	1.25	0.96	1.55	0.59	Rb	94	110	125	160
MnO	0.071	0.070	0.081	0.060	S	140	80	270	350
MgO	1.26	1.41	1.17	0.48	Sb	0.45	0.21	0.71	0.40
CaO	1.58	2.16	1.38	0.85	Sc	8.5	4.4	11.4	5.5
Na ₂ O	3.17	2.57	2.27	2.69	Se	0.060	0.020	0.034	0.020
K ₂ O	3.06	3.89	3.90	4.59	Sn	2.4	1.9	2.1	1.7
P ₂ O ₅	0.105	0.091	0.105	0.062	Sr	230	330	140	165
H ₂ O ⁺	2.04	2.08	2.68	1.86	Ta	0.79	1.4	1.02	1.1
CO ₂	0.63	1.21	0.59	0.37	Th	9.9	12.6	12.2	16.8
Ag	0.080	0.068	0.050	0.050	Ti	2780	1810	3110	1890
As	7.0	2.0	5.6	2.3	Tl	0.72	0.67	0.62	0.97
Au	0.53	0.38	0.61	0.57	U	2.4	2.7	2.4	3.2
B	19	11	31	5.4	V	57	44	62	24
Ba	550	650	610	880	W	0.85	0.89	1.8	0.95
Be	2.2	2.7	1.9	1.9	Zn	64	66	78	57
Bi	0.14	0.18	0.15	0.15	Zr	200	245	235	205
Cd	0.070	0.068	0.082	0.083	Y	19	23	26.7	25.7
Cl	45	47	20	22	La	28.5	50	46	53.5
Co	6.3	3.8	7.7	2.5	Ce	62.5	88.5	85.5	92
Cr	14.6	14.4	22	3.7	Pr	6.4	9	9	9.8
Cs	4.9	2.5	8.3	5.4	Nd	26.5	38	39	38
Cu	9.1	8.7	11.8	2.6	Sm	5.3	5.9	7.3	6.8
F	460	430	465	350	Eu	1.05	0.91	1.30	1.12
Ga	17.5	19.1	18.3	16.6	Gd	4.5	5.0	6.0	5.6
Ge	1.25	1.35	1.60	1.45	Tb	0.79	0.83	1.2	0.85
Hf	5.6	7.0	6.9	6	Dy	4.2	4.4	6	4.8
Hg	11.6	10	9.4	5	Ho	0.90	0.95	1.2	0.80
Li	20.7	22	27	18.6	Er	3.2	2.8	3.7	3.0
Mn	550	540	630	465	Tm	0.53	0.42	0.60	0.45
Mo	0.65	0.69	0.76	1.3	Yb	2.92	2.47	3.4	2.65
Nb	10.6	19.4	16.4	17.5	Lu	0.48	0.37	0.56	0.42
Ni	8.9	9.2	14	1.9					

文献(Literature): 郝明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 1.4.3 中国其它火成岩化学组成与元素丰度

Table 1.4.3 Chemical composition and elemental abundance of other pyrogenic rocks in China

岩石	斜长岩	变玄武质 科马提岩	钾镁 煌斑岩	碧玄岩	霞石 正长岩	霓辉 正长岩	霓霞 正长岩	碳酸岩
Rock	Anor- Thosites	Metabasaltic komatiites	Lamp- roites	Basa- nites	Nepheline- syenites	Sus- sexites	Luja- vritites	Carbo- natites
SiO ₂	52.34	49.42	35.09	45.94	54.90	54.48	52.37	11.58
TiO ₂	0.762	0.594	2.352	2.245	0.275	0.480	0.786	0.224
Al ₂ O ₃	22.50	8.18	4.77	15.00	18.56	17.72	14.78	1.49
Fe ₂ O ₃	2.20	2.32	4.55	4.44	4.91	6.04	5.84	5.47
FeO	2.20	8.82	4.08	7.53	0.39	1.23	3.36	0.34
MnO	0.060	0.074	0.062	0.199	0.102	0.120	0.167	0.918
MgO	1.30	15.43	20.96	5.82	0.23	0.65	3.00	1.91
CaO	8.30	9.48	11.25	7.00	0.86	1.39	7.18	42.59
Na ₂ O	4.73	0.75	0.32	4.97	6.52	7.16	4.18	0.31
K ₂ O	1.35	0.10	1.86	3.28	11.20	7.48	6.30	0.42
P ₂ O ₅	0.438	0.052	0.864	0.953	0.039	0.018	0.545	0.738
H ₂ O ⁺	2.72	4.23	3.68	1.70	0.50	2.38	0.01	1.73
CO ₂	0.11	0.12	9.89	0.38	0.43	0.26	0.30	32.03
Ag	0.047	0.020	0.036	0.024	0.088	0.033	0.071	0.079
As	1.1	92	2.1	2.4	1.0	6.3	0.80	22
B	10	49	64	1.9	0.70	32	12	3.9
Ba	1025	27	1620	524	334	251	1414	3620
Be	0.50	0.10	0.10	0.20	9.0	17	0.80	2.7
Bi	0.040	0.11	0.060	0.040	0.27	0.37	0.060	0.61
Cd	0.040	0.090	0.020	0.10	0.13	0.070	0.11	0.10
Cl	97	20	150	280	1200	688	2620	380
Co	11	78	54	46	2.9	4.6	24	7.6
Cr	12	1955	590	115	2.2	3.6	14	13
Cs	0.20	0.30	2.9	0.60	1.28	2.0	2.1	0.60
Cu	4.0	70	33	30	25	12	81	9.2
F	375	210	1780	820	775	480	1530	20870
Ga	21	11	13	25	34	36	21	5.0
Ge	1.10	2.2	0.80	1.00	1.00	0.50	-	-
Hf	0.64	0.93	6.9	7.7	6.8	34	3.9	1.5
Hg	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	5.0	5.0	34
Li	5.8	20	39	9.0	8.9	33	4.9	10
Mn	465	575	480	1540	790	930	1290	7110
Mo	0.13	0.12	7.8	4.0	0.41	0.26	1.6	3.0
Nb	4.0	6.0	77	80	17	67	10	260
Ni	12	480	480	110	1.0	1.8	22	2.0
P	1910	225	3770	4160	170	80	2380	3220
Pb	5.0	3.0	7.0	6.0	26	36	36	10
Rb	4.0	2.0	59	41	190	130	145	14
S	100	90	1400	150	690	110	150	1100
Sb	0.10	0.66	0.19	0.060	0.090	0.15	0.040	0.24
Sc	7.7	37	14	12	0.30	2.2	18	18
Se	0.025	0.034	0.12	0.035	0.14	0.050	0.040	0.57

岩石	斜长岩	变玄武质 科马提岩	钾镁 煌斑岩	碧玄岩	霞石 正长岩	霓辉 正长岩	霓霞 正长岩	碳酸岩
Rock	Anor- thosites	Metabasaltic komatiites	Lamp- roites	Basa- nites	Nepheline syenites	Sus- sexites	Luja- vritites	Carbo- natites
Sn	1.0	1.0	1.5	1.0	6.5	0.60	4.8	-
Sr	975	50	560	1220	1540	1160	1720	610
Ta	0.17	0.08	4.4	5.5	0.76	2.0	0.60	0.37
Th	0.20	0.20	12	8.3	6.0	79	3.8	67
Ti	4570	3560	14100	13460	1650	2880	4710	1340
Tl	0.12	0.05	0.17	0.10	0.76	0.33	-	-
U	0.32	0.21	2.3	1.6	3.2	15	1.09	8.0
V	65	200	140	150	120	180	185	72
W	0.15	0.15	1.7	0.61	0.03	1.24	0.39	0.07
Zn	48	100	90	145	100	110	110	235
Zr	38	57	305	380	280	1540	175	27
Y	8.0	8.0	17	19	13	25	23	43
La	13	2.3	86	69	26	149	35	1940
Ce	28	6.0	153	125	46	242	51	3480
Nd	13	4.2	75	61	20	65	35	1400
Sm	3.3	1.3	11	8.8	2.1	9.7	6.6	97
Eu	1.9	0.54	3.2	3.2	0.23	2.4	2.1	23
Gd	2.6	2.0	7.5	7.5	1.5	7.0	3.9	50
Tb	0.34	0.35	1.2	1.2	0.21	1.0	0.87	5.4
Yb	0.84	1.2	1.1	1.35	0.48	2.8	1.7	(4)
Lu	0.11	0.24	0.16	0.21	0.06	0.43	0.29	0.49

文献(Literature): 郝明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Hg: 10^{-9} ; 其它元素: 10^{-6} 。

采样地点: 斜长岩: 河北省承德市大庙; 变玄武质科马提岩: 山东省泰安市柳杭; 钾镁煌斑岩: 湖北省洪山县; 碧玄岩: 吉林省桦甸市; 霞石正长岩、霓辉正长岩: 山西省临县紫金山; 霓霞正长岩: 辽宁省凤城市赛马; 碳酸岩: 内蒙古自治区包头市白云鄂博

Concentration units: major elements: %; Hg: 10^{-9} ; other elements: 10^{-6} .

Sampling site: Anorthosite: Damiao, Chengde City, northern Hebei Province; Metabasaltic komatiite: Liuhang, Taian City, western Shandong Province; Lamproite: Hongshan County, central Hubei Province; Basanite: Huadian County, eastern Jinlin Province; Nepheline syenite and Lujavritite: Zijinshan, Linxian County, northern Shanxi Province; Sussexite: Saima, Fengcheng City, eastern Liaoning Province; Carbonatite: Baiyunebo, Baotou City, central Inner Mongolia Autonomous Region

第二章 沉积岩化学组成与元素丰度

Chapter 2 Chemical Composition and Elemental Abundance of Sedimentary Rocks

沉积岩主要由砂岩、泥（页）岩和碳酸盐岩组成，其中砂岩和泥（页）岩占沉积岩的80%以上。沉积岩覆盖了大陆70%的面积，沉积岩的化学组成与人类赖以生存的环境息息相关，对生态环境有重要影响。沉积岩的地质地球化学记录为我们研究地壳历史的演化提供了重要的基础资料。

沉积岩化学组成与元素丰度资料以中国东部的数据为主，主要引自鄯明才和迟清华(1997)、Yan and Chi (2005)，国外的资料引自Turekian and Wedepohl(1961)与Vinogradov (1962)。

中国东部共采集了沉积岩样品11077件，根据岩石类型组合分析样品926件，并采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值后的算术平均值，求得中国各类沉积岩76种化学元素的组成与丰度(鄯明才和迟清华，1997)。

中国东部各类沉积岩分类与定名原则如下(鄯明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005)：

砂岩的分类与定名

以 SiO_2 的含量为基础，结合地层剖面的原定名称，将砂岩分为五类：石英砂岩 $[W(\text{SiO}_2) > 90\%]$ 、长石石英质砂岩 $[W(\text{SiO}_2) \text{为} 75\% \sim 90\%]$ 、(杂)砂岩 $[W(\text{SiO}_2) < 75\%]$ 、变余砂岩和凝灰质砂岩。杂砂岩依地层剖面中的原定名参考化学成分再分为长石砂岩、粉砂岩、杂砂岩和钙质砂岩。

泥（页）岩的分类与定名

泥岩和页岩未分，统称为泥（页）岩。依化学成分和原地层剖面的定名，再划分出钙质泥岩 $[W(\text{碳酸盐}) \text{为} 10 \sim 25\%]$ 、炭质泥岩 $[W(\text{C}_{\text{org}}) > 1\%]$ 和富铝泥岩 $[W(\text{Al}_2\text{O}_3) > 20\%]$ 等。

碳酸盐岩分类与定名

由 CO_2 的量先与 MgO 配比，然后与 CaO 配比算得 MgCO_3 与 CaCO_3 的量，再依 MgCO_3 的量配成白云石，余下为方解石。样品中方解石的含量大于白云石时，定名为石灰岩类，其中 $W(\text{碳酸盐}) > 90\%$ 者为石灰岩， $W(\text{碳酸盐}) 75\% \sim 90\%$ 者为泥质灰岩， $50\% \sim 75\%$ 者为泥灰岩。样品中白云石的含量大于方解石时定名为白云岩，其中 $W(\text{碳酸盐}) > 90\%$ 者为白云岩， $75\% \sim 90\%$ 者为泥质白云岩， $50\% \sim 75\%$ 者为泥云岩。

硅质岩的分类与定名

根据地层剖面原岩的命名和化学组成，将硅质岩 $[W(\text{SiO}_2) > 80\%]$ 进一步分为普通硅质岩、炭质硅质岩 $[W(\text{C}_{\text{org}}) > 1\%]$ 和燧石。

为方便读者使用，上述表中均将Turekian and Wedepohl(1961)与Vinogradov(1962)给出的主元素的含量换算成氧化物的含量。

数据表中， N 为被分析的组样数， t 为采集的样品数，带圆括号的元素含量为参考值，带“ n ”的为估计值，带“-”的未给值。

2.1 砂岩化学组成与元素丰度

2.1 Chemical composition and elemental abundance of sandstones

表 2.1.1 砂岩化学组成与元素丰度

Table 2.1.1 Chemical composition and elemental abundance of sandstones

文献 Literature	A				B
岩石 Rock	中国东部砂岩 Sandstones in the eastern part of China				砂岩 Sandstones
	平均 Average	石英砂岩 Quartz sandstones	长石石英砂岩 Feldspar Quartz sandstones	杂砂岩 Common sandstones	
<i>N</i>	425	23	111	289	
<i>t</i>	5720	327	1373	4009	
SiO ₂	72.63	92.76	81.40	67.72	78.80
TiO ₂	0.485	0.142	0.397	0.544	0.250
Al ₂ O ₃	10.91	3.36	8.26	12.51	4.72
Fe ₂ O ₃	2.46	0.73	2.04	2.75	1.40 _T
FeO	1.09	0.22	0.62	1.33	-
MnO	0.057	0.013	0.034	0.070	0.0 _n
MgO	1.26	0.21	0.64	1.57	1.16
CaO	2.52	0.21	0.85	3.35	5.47
Na ₂ O	1.41	0.11	0.60	1.83	0.44
K ₂ O	2.40	0.83	1.92	2.69	1.29
P ₂ O ₅	0.094	0.034	0.065	0.110	0.039
H ₂ O ⁺	2.56	0.91	2.16	2.85	-
CO ₂	1.72	0.21	0.76	2.21	-
C _{org}	(0.20)	(0.16)	(0.2)	(0.2)	-
Ag	0.052	0.040	0.050	0.054	0.0 _n
As	5.0	2.5	4.8	5.2	1
Au	1.0	0.60	0.80	1.1	<i>n</i>
B	38	31	38	36	35
Ba	525	135	360	605	<i>n</i> ×10
Be	1.6	0.7	1.5	1.7	0.0 _n
Bi	0.18	0.08	0.13	0.20	-
Br	(0.3)	-	-	(0.4)	1
Cd	0.081	0.030	0.058	0.095	0.0 _n
Cl	51	50	40	56	10
Co	8.0	1.9	5.4	9.4	0.3
Cr	39	11	34	43	35
Cs	4.3	0.8	3.0	5.2	0.0 _n
Cu	15	4.4	9.2	17	<i>n</i>
F	405	165	305	465	270
Ga	13.6	5.0	10.5	15.4	12
Ge	1.43	1.55	1.50	1.35	0.8
Hf	5.5	3.8	5.2	5.6	3.9
Hg	15	11	20	14	30
I	(0.1)	-	-	(0.1)	1.7
In	(0.035)	-	-	(0.04)	0.0 _n
Ir	18	(11)	16	20	-
Li	25	9.4	21	28	15
Mn	440	105	265	540	<i>n</i> ×10
Mo	0.54	0.57	0.60	0.52	0.2
N	170	(90)	(200)	165	-
Nb	12	5.8	11	13	0.0 _n

续表(Continued)

文献 Literature	A				B
岩石 Rock	中国东部砂岩 Sandstones in the eastern part of China				砂岩 Sandstones
	平均 Average	石英砂岩 Quartz sandstones	长石石英砂岩 Feldspar Quartz sandstones	杂砂岩 Common sandstones	
Ni	17	5.2	13	20	2
Os	32	(15)	(30)	35	-
P	410	150	285	480	170
Pb	18	4	16	19	7
Pd	0.30	(0.14)	0.23	0.34	-
Pt	0.26	(0.12)	0.21	0.28	-
Rb	78	23	66	93	60
Rh	12	(4)	11	13	-
Ru	28	(15)	(25)	30	-
S	220	100	120	180	240
Sb	0.43	0.29	0.43	0.44	0.n
Sc	8.3	1.8	5.8	9.3	1
Se	0.073	0.070	0.085	0.060	0.05
Sn	1.6	0.6	1.3	1.8	0.n
Sr	120	28	54	160	20
Ta	0.76	0.28	0.67	0.82	0.0n
Te	(10)	-	-	(10)	-
Th	9.2	4.0	8.4	10	1.7
Ti	2910	850	2380	3260	1500
Tl	0.51	0.18	0.43	0.57	0.82
U	2.1	1.2	2.0	2.2	0.45
V	60	21	51	72	20
W	1.1	0.56	1.05	1.2	1.6
Zn	51	13	34	60	15
Zr	195	135	185	200	220
Y	18	8	16	20	40
La	34	14	30	38	30
Ce	63	27	56	68	92
Pr	6.9	3.0	6.3	7.7	8.8
Nd	28	12	25	31	37
Sm	5.0	1.9	4.2	5.6	10
Eu	1.05	0.37	0.83	1.15	1.6
Gd	4.5	2.0	3.8	4.8	10
Tb	0.72	0.25	0.60	0.76	1.6
Dy	3.9	1.4	3.3	4.3	7.2
Ho	0.77	0.27	0.64	0.85	2.0
Er	2.2	0.8	1.9	2.5	4.0
Tm	0.35	0.12	0.29	0.38	0.3
Yb	2.1	0.8	1.8	2.4	4.0
Lu	0.33	0.12	0.28	0.36	1.2

A : 鄯明才和迟清华(1997) ; Yan and Chi (2005) ; B : Turekian and Wedepohl (1961)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Te : 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru : 10^{-12} ; 其它元素 : 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

表 2.1.2 中国东部各类杂砂岩化学组成与元素丰度

Table 2.1.2 Chemical composition and elemental abundance of common sandstones in the eastern part of China

岩石 Rock	长石砂岩 Arkoses	粉砂岩 Silty sandstones	杂砂岩 Greywackes	变余砂岩 Blasto- sandstones	钙质砂岩 Calcareous sandstones	凝灰质砂岩 Tuffaceous sandstones
<i>N</i>	21	51	97	24	42	23
<i>t</i>	227	534	1703	427	538	261
SiO ₂	68.53	69.08	67.87	70.00	60.72	68.18
TiO ₂	0.524	0.621	0.567	0.554	0.425	0.499
Al ₂ O ₃	12.65	13.00	13.32	12.85	9.44	14.50
Fe ₂ O ₃	2.78	3.09	2.77	1.70	2.11	2.55
FeO	1.10	1.50	1.44	2.45	0.75	1.24
MnO	0.074	0.072	0.072	0.063	0.068	0.066
MgO	1.55	1.51	1.64	1.89	1.79	1.42
CaO	2.78	1.93	2.52	1.72	10.10	1.88
Na ₂ O	2.44	1.32	2.23	2.20	1.25	2.87
K ₂ O	2.70	2.74	2.85	2.93	2.24	3.24
P ₂ O ₅	0.111	0.101	0.119	0.125	0.099	0.110
H ₂ O ⁺	2.61	3.43	2.67	2.06	2.76	2.37
CO ₂	1.58	1.16	1.35	0.88	8.00	0.62
C _{org}	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.2)	(0.15)	(0.15)
Ag	0.052	0.048	0.050	0.060	0.056	0.080
As	3.2	6.3	4.7	6.8	4.8	7.5
Au	0.70	1.3	0.96	1.1	0.98	0.92
B	29	50	30	34	37	18
Ba	640	580	610	750	550	720
Be	1.2	2.1	1.8	1.7	0.97	1.8
Bi	0.090	0.26	0.18	0.18	0.15	0.19
Cd	0.090	0.090	0.085	0.10	0.13	0.10
Cl	54	48	52	57	56	56
Co	9	11	9.5	10	7	8.3
Cr	38	50	42	50	36	33
Cs	2.6	6.8	6.0	4.6	4.5	4.7
Cu	13	22	16	22	13.4	15
F	420	570	480	440	450	340
Ga	15.2	16.5	16.3	16.3	11.3	17.4
Ge	1.30	1.60	1.35	1.40	1.30	1.25
Hf	6.1	6.1	5.6	5.4	4.7	5.2
Hg	13	9.6	12	21	12	16
I	-	-	-	(0.2)	-	-
Ir	-	-	-	(18)	-	(20)
Li	21	32	31	25	24	24
Mn	575	560	555	490	530	515
Mo	0.41	0.55	0.46	0.46	0.46	0.55
N	-	-	-	(160)	-	(116)
Nb	12	14.4	13	12	11	14
Ni	16	26	19	21	16	17

续表(Continued)

岩石 Rock	长石砂岩 Arkoses	粉砂岩 Silty sandstones	杂砂岩 Greywackes	变余砂岩 Blasto- sandstones	钙质砂岩 Calcareous sandstones	凝灰质砂岩 Tuffaceous sandstones
Os	-	-	-	(30)	-	(25)
P	485	440	520	545	430	480
Pb	16	18	20	18	18	17
Pd	0.19	0.40	0.30	0.52	0.31	0.21
Pt	0.19	0.33	0.28	0.43	0.21	(0.17)
Rb	72	107	98	92	72	86
Rh	-	-	-	(21)	-	(7)
Ru	-	-	-	(35)	-	(20)
S	80	180	130	250	110	120
Sb	0.25	0.52	0.43	0.43	0.46	0.54
Sc	8.3	11	9.6	11	6.6	10
Se	0.040	0.074	0.050	0.13	0.060	0.055
Sn	1.5	2.3	1.8	1.9	1.4	1.9
Sr	200	90	185	145	185	305
Ta	0.69	0.93	0.86	0.85	0.64	0.72
Th	8.7	11.4	10.3	9.3	8.4	8.8
Ti	3140	3720	3400	3320	2550	2990
Tl	0.49	0.62	0.61	0.52	0.52	0.68
U	1.9	2.6	2.2	2.0	2.1	2.4
V	69	82	72	85	60	61
W	0.77	1.6	1.1	1.1	1.0	0.95
Zn	50	70	65	64	43	65
Zr	210	210	205	190	175	195
Y	18	23	21	19	17	22
La	36	40	40	32	31	39
Ce	66	73	70	61	55	71
Pr	7.4	8.3	7.7	6.8	6.3	8.0
Nd	31	35	32	27	27	33
Sm	5.1	6.4	5.9	5.1	4.8	5.9
Eu	1.08	1.27	1.28	1.04	1.0	1.18
Gd	4.4	5.5	5.3	4.6	4.2	5.2
Tb	0.65	0.90	0.80	0.72	0.65	0.80
Dy	3.5	5.0	4.3	3.9	3.6	4.5
Ho	0.71	0.97	0.86	0.79	0.69	0.88
Er	2.1	2.9	2.5	2.2	2.0	2.6
Tm	0.32	0.46	0.38	0.35	0.30	0.40
Yb	1.95	2.75	2.4	2.1	1.88	2.5
Lu	0.31	0.44	0.37	0.33	0.29	0.40

文献(Literature): 郝明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

表 2.1.3 中国东部各构造单元砂岩化学组成与元素丰度

Table 2.1.3 Chemical composition and elemental abundance of sandstones
in the geotectonic units of the eastern part of China

岩石 Rock	砂岩总体 Total of sandstones					普通砂岩 Common sandstones				
区域 Region	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
<i>N</i>	44	157	34	117	76	39	107	28	65	52
<i>t</i>	648	2094	892	866	1220	529	1329	808	491	863
SiO ₂	68.02	72.66	71.01	74.07	73.78	66.10	66.91	68.26	67.54	70.37
TiO ₂	0.545	0.427	0.474	0.547	0.472	0.575	0.510	0.517	0.629	0.507
Al ₂ O ₃	12.94	10.39	10.50	10.49	11.62	13.73	12.28	11.58	12.33	12.84
Fe ₂ O ₃	2.17	2.58	1.72	2.50	2.63	2.25	3.07	1.79	2.82	2.89
FeO	1.81	0.76	1.81	1.29	0.74	1.92	0.93	2.04	1.75	0.86
MnO	0.077	0.054	0.068	0.053	0.051	0.084	0.068	0.071	0.070	0.058
MgO	1.73	1.18	1.54	1.28	0.98	1.84	1.52	1.71	1.78	1.19
CaO	3.17	2.99	3.54	1.94	1.58	3.37	3.96	3.91	3.12	2.02
Na ₂ O	2.43	1.55	1.81	1.00	0.99	2.60	2.04	2.05	1.39	1.25
K ₂ O	2.23	2.40	2.17	2.21	2.87	2.38	2.67	2.39	2.65	3.25
P ₂ O ₅	0.119	0.094	0.117	0.092	0.073	0.128	0.112	0.124	0.112	0.082
H ₂ O ⁺	2.70	2.46	2.03	2.69	2.73	2.84	2.90	2.1	3.04	2.9
CO ₂	1.83	2.01	2.75	1.42	1.04	1.95	2.55	2.98	2.25	1.23
Ag	0.060	0.054	0.054	0.045	0.054	0.060	0.055	0.054	0.050	0.050
As	11	3.2	6.9	4.7	5.1	11	3.0	6.3	5.2	5.3
Au	1.2	0.8	1.7	0.97	1.3	1.3	0.88	1.5	0.92	1.3
B	28	33	38	50	30	30	32	40	50	28
Ba	515	530	520	500	510	550	640	600	610	575
Be	1.3	1.25	1.5	1.6	2.3	1.4	1.4	1.7	1.6	2.4
Bi	0.22	0.12	0.20	0.17	0.22	0.23	0.14	0.21	0.20	0.22
Cd	0.10	0.075	0.090	0.067	0.095	0.11	0.090	0.094	0.080	0.095
Cl	79	61	44	41	39	88	64	45	44	42
Co	9	7.7	8.5	9	6.3	9.3	10	9	11	7
Cr	35	34	45	48	37	41	41	48	51	37
Cs	4	2.3	4.2	5	8.3	4.3	3	4.7	6.8	9.2
Cu	20	12.6	21	16.5	12	21	15	22	20	13.5
F	380	336	460	450	455	400	395	490	540	525
Ga	15.3	12.8	13.8	13.5	14.7	16.2	15.0	15.1	15.6	16.1
Ge	1.4	1.4	1.45	1.7	1.1	1.3	1.3	1.4	1.7	1.1
Hf	4.6	5.3	5.4	5.8	5.7	4.7	5.4	5.8	6.0	6.2
Hg	14	14	35	18	8	12	13	32	13	7
Ir	(21)	(15)	(35)	(22)	(20)	(22)	(15)	(40)	(23)	(20)
Li	24	21	26	24	37	25	24	28	29	37
Mn	600	420	530	410	395	650	530	550	540	450
Mo	0.52	0.55	0.56	0.42	0.56	0.52	0.48	0.51	0.40	0.47
N	(105)	(86)	(140)	(290)	(220)	-	-	-	-	-
Nb	10	11	12	13	15	10	12	12.6	13.6	15.6
Ni	17	14.4	19	22	16	18	17	21	26	17
Os	(30)	(15)	(35)	(25)	(35)	(35)	(20)	(40)	(30)	(40)
P	520	410	510	400	320	560	490	540	490	360

续表(Continued)

岩石 Rock	砂岩总体 Total of sandstones					普通砂岩 Common sandstones				
区域 Region	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Pb	13	15	22	16.5	25	14	16.5	24	18.4	24
Pd	0.25	0.22	0.40	0.38	0.31	0.27	0.25	0.46	0.45	0.34
Pt	(0.18)	0.21	0.35	0.32	0.28	0.20	0.22	0.38	0.36	0.30
Rb	60	68	72	80	123	67	78	82	94	140
Rh	(10)	(13)	(18)	(10)	(10)	(10)	(14)	(20)	(11)	(10)
Ru	(25)	(18)	(25)	(25)	(18)	(30)	(20)	(30)	(30)	(20)
S	130	180	200	190	110	140	180	220	200	120
Sb	0.84	0.28	0.32	0.57	0.39	0.92	0.28	0.36	0.61	0.41
Sc	10.5	6.8	9	9.7	8	11	8.5	10	11	9
Se	0.090	0.064	0.096	0.080	0.067	0.090	0.060	0.10	0.070	0.044
Sn	1.7	1.3	2.0	1.7	2.0	1.7	1.5	2.2	2.0	2.1
Sr	200	145	130	80	84	215	195	150	110	93
Ta	0.58	0.63	0.84	0.80	1.05	0.60	0.71	0.98	0.85	1.12
Th	7.4	7.9	9.3	9.5	13	7.5	8.5	10	10	14.3
Ti	3270	2560	2840	3280	2830	3450	3060	3100	3770	3040
Tl	0.55	0.43	0.48	0.47	0.84	0.6	0.47	0.52	0.55	0.84
U	2.1	1.74	1.9	2.3	2.6	2.2	1.9	2.1	2.3	2.8
V	74	57	69	73	60	77	70	75	82	61
W	0.86	0.78	1.2	1.3	1.6	0.90	0.82	1.24	1.5	1.5
Zn	66	43	53	53	58	71	52	58	67	65
Zr	175	190	180	205	200	180	200	190	210	215
Y	17	15.5	17	18.5	24.5	18	17.5	18.3	20.5	26.5
La	26	32	30.5	35	45	27	36	33	37	50
Ce	52	60	58.5	63	73.5	54	67	63	68	80.5
Pr	5.7	6.4	6.5	6.7	8.3	6.0	7.2	7.0	7.3	9
Nd	24.5	27	26	29.5	33.5	26	30	28	32.5	37
Sm	5.0	4.5	4.9	5.4	6.3	5.2	5.2	5.3	6.0	7.1
Eu	1.08	0.96	1.0	1.1	1.2	1.14	1.13	1.08	1.28	1.33
Gd	4.0	3.9	4.2	5.0	5.4	4.4	4.6	4.5	5.3	6.2
Tb	0.7	0.6	0.72	0.8	0.88	0.74	0.67	0.78	0.85	0.97
Dy	3.9	3.3	4.0	4.6	4.8	4.1	3.8	4.3	4.9	5.1
Ho	0.75	0.62	0.78	0.85	0.9	0.9	0.75	0.85	0.95	1.0
Er	2.5	1.86	2.4	2.8	2.7	2.6	2.1	2.6	2.8	2.9
Tm	0.4	0.29	0.37	0.38	0.41	0.40	0.32	0.41	0.43	0.44
Yb	2.4	1.68	2.2	2.4	2.44	2.5	2.0	2.4	2.7	2.8
Lu	0.38	0.27	0.35	0.37	0.39	0.40	0.31	0.39	0.43	0.44

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

2.2 泥(页)岩化学组成与元素丰度

2.2 Chemical composition and elemental abundance of shales

表 2.2.1 泥(页)岩化学组成与元素丰度

Table 2.2.1 Chemical composition and elemental abundance of shales

文献 Literature	A	B	C	文献 Literature	A	B	C
岩石 Rock	中国东部泥(页)岩 Shales in eastern China	页岩 Shales	页岩 Shales	岩石 Rock	中国东部泥(页)岩 Shales in eastern China	页岩 Shales	页岩 Shales
<i>N</i>	210			<i>N</i>	210		
<i>t</i>	2027			<i>t</i>	2027		
SiO ₂	60.63	58.40	50.93	Ni	34	68	95
TiO ₂	0.761	0.767	0.751	Os	140	-	-
Al ₂ O ₃	16.35	15.12	19.75	P	540	700	770
Fe ₂ O ₃	4.33	6.75 _T	4.76 _T	Pb	23	20	20
FeO	1.42	-	-	Pd	0.78	-	-
MnO	0.059	0.110	0.086	Pt	0.50	-	-
MgO	1.86	2.49	2.22	Rb	130	140	200
CaO	2.66	3.09	2.21	Re	(1.4)	-	-
Na ₂ O	0.80	1.29	0.89	Rh	25	-	-
K ₂ O	3.45	3.13	2.75	Ru	58	-	-
P ₂ O ₅	0.124	0.160	0.176	S	300	2400	3000
H ₂ O ⁺	4.56	-	-	Sb	0.58	1.5	2
CO ₂	2.15	-	-	Sc	15	13	10
C _{org}	0.38	-	-	Se	0.17	0.6	0.6
Ag	0.050	0.07	0.1	Sn	3.0	6	10
As	7.8	13	6.6	Sr	110	300	450
Au	1.4	<i>n</i>	1	Ta	1.2	0.8	3.5
B	76	100	100	Te	(15)	-	10
Ba	590	580	800	Th	14	12	11
Be	2.3	3	3	Ti	4560	4600	4500
Bi	0.34	-	0.01	Tl	0.68	1.4	1.0
Br	(0.4)	4	6	U	3.1	3.7	3.2
Cd	0.11	0.3	0.3	V	115	130	130
Cl	52	180	160	W	1.7	1.8	2.0
Co	14	19	20	Zn	80	95	80
Cr	72	90	100	Zr	210	160	200
Cs	8.2	5	12	Y	27	26	30
Cu	29	45	57	La	50	92	40
F	775	740	500	Ce	88	59	50
Ga	20.5	19	30	Pr	9.8	5.6	5.0
Ge	1.6	1.6	2	Nd	40	24	23
Hf	5.8	2.8	6	Sm	7.2	6.4	6.5
Hg	27	400	400	Eu	1.4	1.0	1.0
I	(0.4)	2.2	1	Gd	6.2	6.4	6.5
In	(0.07)	0.1	0.05	Tb	1.0	1.0	0.9
Ir	20	-	-	Dy	5.8	4.6	4.5
Li	38	66	60	Ho	1.2	1.2	1.0
Mn	460	850	670	Er	3.2	2.5	2.5
Mo	0.93	2.6	2	Tm	0.49	0.2	0.25
N	460	-	600	Yb	3.0	2.6	3.0
Nb	18	11	20	Lu	0.47	0.7	0.7

A : 鄯明才和迟清华(1997) ; Yan and Chi (2005) ; B : Turekian and Wedepohl (1961) ; C : Vinogradov (1962)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Te : 10⁻⁹ ; Ir、Os、Rh、Ru : 10⁻¹² ; 其它元素 : 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 2.2.2 中国东部各类泥(页)岩化学组成与元素丰度

Table 2.2.2 Chemical composition and elemental abundance of different types of shales in the eastern part of China

岩石 Rock	普通 泥(页)岩 Common shales	粉砂质 泥(页)岩 Silty shales	钙质 泥(页)岩 Calcareous shales	炭质 泥(页)岩 Carbonaceous shales	富铝 泥(页)岩 Aluminiferous shales	铁铝质 泥(页)岩 Ferroalumi- ferous shales	凝灰质 泥(页)岩 Tuffaceous shales
<i>N</i>	113	32	29	7	21	4	2
<i>t</i>	1167	359	255	31	163	35	15
SiO ₂	61.98	65.57	53.60	63.23	54.82	52.45	69.22
TiO ₂	0.769	0.712	0.659	0.687	0.944	0.931	0.500
Al ₂ O ₃	16.24	14.24	12.77	16.07	24.90	20.10	14.17
Fe ₂ O ₃	4.51	3.72	3.19	2.24	4.99	13.83	1.78
FeO	1.49	1.55	1.44	1.30	0.96	0.77	1.96
MnO	0.063	0.061	0.074	0.023	0.032	0.066	0.061
MgO	1.96	1.73	2.72	1.27	0.79	0.49	0.83
CaO	1.81	2.01	8.88	0.82	0.89	0.64	1.69
Na ₂ O	0.88	0.96	0.64	0.49	0.35	0.39	2.15
K ₂ O	3.61	3.27	3.72	4.17	2.76	1.31	3.28
P ₂ O ₅	0.127	0.115	0.128	0.124	0.099	0.234	0.068
H ₂ O ⁺	4.50	3.65	3.65	4.04	7.25	7.71	2.67
CO ₂	1.31	1.68	7.66	1.41	0.59	0.30	1.26
C _{org}	0.30	0.32	0.36	2.21	0.30	0.30	0.13
Ag	0.048	0.053	0.046	0.14	0.056	0.046	0.044
As	7.5	6.9	6.1	22	6.9	10	3.2
Au	1.4	1.2	1.3	3.0	1.2	(2.9)	(0.9)
B	78	64	89	130	66	62	34
Ba	660	520	525	790	380	265	345
Be	2.5	1.8	1.3	4.1	3.1	2.7	1.8
Bi	0.36	0.33	0.29	0.38	0.45	0.41	0.22
Cd	0.096	0.10	0.11	0.16	0.06	0.10	0.033
Cl	56	34	51	30	47	42	(15)
Co	14.5	12.4	12.5	11	12	13	8
Cr	73	68	62	85	79	76	39
Cs	8.7	9.2	8.2	8.5	6.5	5.2	6.2
Cu	32	24	27	35	27	23	18
F	810	660	950	1040	570	240	370
Ga	20.9	18.6	17.1	20.9	27	25.5	17
Ge	1.65	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.45
Hf	5.7	6.0	4.8	6.0	7.9	7.3	5.8
Hg	26	19	22	84	42	39	20
Ir	-	-	-	(24)	(24)	-	-
Li	36	33	36	31	70	98	38
Mn	485	470	570	180	245	510	470
Mo	0.86	0.55	0.71	(8)	0.58	1.1	0.4
N	430	-	-	(920)	550	-	-
Nb	18	17	16	20	24	23	17
Ni	35	32	30	45	34	31	17

续表(Continued)

岩石 Rock	普通 泥(页)岩 Common shales	粉砂质 泥(页)岩 Silty shales	钙质 泥(页)岩 Calcareous shales	炭质 泥(页)岩 Carbonaceous shales	富铝 泥(页)岩 Aluminiferous shales	铁铝质 泥(页)岩 Ferroalumi- ferous shales	凝灰质 泥(页)岩 Tuffaceous shales
Os	-	-	-	(300)	(50)	-	-
P	555	500	560	540	430	1020	295
Pb	23	22	20	26	23	38	15
Pd	0.78	0.84	0.75	2.2	0.61	0.50	(0.4)
Pt	0.52	0.42	0.53	1.1	0.34	0.55	(0.35)
Rb	140	135	125	135	105	60	115
Rh	-	-	-	(62)	(21)	-	-
Ru	-	-	-	(60)	(40)	-	-
S	220	160	250	2500	150	700	70
Sb	0.59	0.56	0.52	1.4	0.51	0.90	0.36
Sc	15.5	14	13	15	20	17	10
Se	0.16	0.10	0.13	1.08	0.18	0.55	0.030
Sn	3.0	2.8	2.4	4	3.6	3.3	2.5
Sr	105	91	145	75	125	185	86
Ta	1.2	1.1	1.1	1.15	1.6	1.5	1.1
Th	14	13.7	12	16.5	20.5	18.4	13
Ti	4610	4270	3950	4120	5660	5580	3000
Tl	0.75	0.67	0.58	0.83	0.49	0.34	0.55
U	3.0	2.9	2.6	7.2	4.0	5.1	2.5
V	115	100	100	280	135	140	58
W	1.7	1.6	1.3	2.5	2.1	1.8	1.2
Zn	86	80	67	48	60	97	70
Zr	205	205	170	215	280	270	190
Y	27	26	25	29	30	21	28
La	50	50	40	51	74	52	38
Ce	86	90	70	86	126	99	69
Pr	9.5	9.5	8.0	9.8	13.5	10.4	-
Nd	40	40	33	42	55	42	30
Sm	7.0	7.0	5.5	7.5	9.2	7.6	6.0
Eu	1.4	1.4	1.2	1.4	1.8	1.9	1.03
Gd	6.0	6.0	5.3	6.3	8.1	7.0	6.0
Tb	0.94	0.94	0.84	0.96	1.3	1.1	1.0
Dy	5.3	5.3	4.8	5.5	7.2	6.4	-
Ho	1.1	1.1	1.0	1.2	1.5	1.3	-
Er	3.0	3.1	2.8	3.6	4.1	3.8	-
Tm	0.47	0.47	0.42	0.56	0.63	0.58	-
Yb	3.0	2.9	2.6	3.5	3.8	3.6	3.1
Lu	0.46	0.45	0.40	0.56	0.6	0.57	0.46

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

表 2.2.3 中国东部各构造单元泥(页)岩化学组成与元素丰度

Table 2.2.3 Chemical composition and elemental abundance of shales
in the geotectonic units of the eastern part of China

岩石 Rock	泥(页)岩总体 Total of shales					普通泥(页)岩 Common shales			
区域 Region	A	B	C	D	E	B	C	D	E
<i>N</i>	11	74	17	95	20	43	13	64	15
<i>t</i>	166	694	347	614	222	416	314	452	193
SiO ₂	62.70	57.47	58.72	61.07	63.47	61.15	61.08	63.49	65.71
TiO ₂	0.599	0.777	0.807	0.761	0.667	0.706	0.876	0.784	0.704
Al ₂ O ₃	13.83	17.32	15.31	15.56	16.21	15.78	15.17	16.17	15.94
Fe ₂ O ₃	3.95	5.28	3.23	3.75	3.88	5.25	3.45	4.01	4.15
FeO	1.25	0.94	2.51	1.75	0.66	1.08	2.59	1.72	0.93
MnO	0.077	0.065	0.063	0.056	0.043	0.067	0.076	0.059	0.041
MgO	1.55	1.75	2.38	2.15	1.42	1.95	2.69	1.92	1.39
CaO	3.63	3.50	4.16	2.87	2.42	2.26	2.52	1.34	1.33
Na ₂ O	2.12	0.78	0.75	0.68	0.53	1.05	0.82	0.71	0.45
K ₂ O	2.53	3.35	3.64	3.44	3.79	3.78	3.99	3.42	3.57
P ₂ O ₅	0.119	0.129	0.158	0.113	0.095	0.144	0.162	0.109	0.101
H ₂ O ⁺	4.44	5.10	3.91	4.26	4.03	4.32	3.83	4.42	4.24
CO ₂	2.58	2.80	3.36	2.49	2.06	1.66	1.87	1.07	1.01
Ag	0.050	0.060	0.044	0.048	0.044	0.060	0.045	0.042	0.042
As	10	5.5	9.5	8.1	8.3	5.2	8.8	6.9	9.6
Au	1.4	1.1	2.0	1.8	1.0	1.1	-	1.7	1.1
B	39	80	92	81	62	78	85	79	72
Ba	640	485	870	670	480	565	1020	685	520
Be	1.9	2.2	3.4	2.2	2.1	2.1	3.8	2.3	2.2
Bi	0.25	0.32	0.31	0.36	0.42	0.32	0.32	0.38	0.42
Cd	0.13	0.080	0.080	0.13	0.10	0.083	0.075	0.10	0.10
Cl	295	60	50	35	35	62	46	32	33
Co	13	15	15	13	8.3	16	16	13.4	9.6
Cr	44	66	86	77	59	68	83	78	65
Cs	4.9	7.3	7.4	8.7	13.6	8.2	7.5	9.2	15
Cu	23	28	37	31	18	30	40	31	18.5
F	570	750	830	830	640	755	850	770	750
Ga	16.5	21.5	20.4	19.9	1.90	20.9	20.5	20.8	19.4
Ge	1.4	1.7	1.65	1.6	1.45	1.8	1.7	1.6	1.4
Hf	5.1	6.4	5.5	5.2	6.3	6.2	5.6	5.4	6.4
Hg	21	29	41	27	12	23	46	26	12
Ir	(20)	(25)	(26)	(15)	(18)	-	-	-	-
Li	29	41	46	36	34	35	45	33	37
Mn	600	500	490	430	335	520	590	460	315
Mo	0.68	0.73	0.77	1.2	0.44	0.76	0.83	0.88	0.52
N	(190)	(320)	(540)	(530)	(440)	-	-	-	-
Nb	13	18	18.4	17	17.6	17	19	18	18
Ni	23	31	41	37	24	32	41	38	27
Os	(130)	(130)	(40)	(130)	(230)	(140)	-	-	-
P	520	565	690	495	415	630	705	475	440

续表(Continued)

岩石 Rock	泥(页)岩总体 Total of shales					普通泥(页)岩 Common shales			
区域 Region	A	B	C	D	E	B	C	D	E
Pb	20	24	22	22	24	23	22	23	25
Pd	0.37	0.61	0.71	1.1	0.65	0.56	-	1.1	-
Pt	0.28	0.35	0.75	0.62	0.29	0.33	-	0.75	-
Rb	90	120	140	135	155	135	145	145	155
Rh	(10)	(24)	(18)	(30)	(11)	-	-	-	-
Ru	(40)	(30)	(50)	(100)	(35)	-	-	-	-
S	370	200	330	420	260	170	480	420	480
Sb	0.53	0.45	0.44	0.73	0.52	0.46	0.45	0.69	0.45
Sc	12	15	16	15	13	14.6	16	16	14
Se	0.12	0.13	0.20	0.21	0.080	0.080	0.18	0.15	0.094
Sn	1.9	2.7	2.9	3.1	3.3	2.6	2.8	3.3	3.2
Sr	210	140	120	83	82	145	100	70	68
Ta	0.88	1.2	1.2	1.12	1.3	1.1	1.2	1.2	1.3
Th	10.2	14.3	13.2	13.7	16.5	13.4	13.2	14.2	16.5
Ti	3590	4660	4840	4560	4000	4230	5250	4700	4220
Tl	0.62	0.60	0.71	0.68	0.81	0.69	0.77	0.74	0.83
U	2.4	3.0	2.8	3.3	3.4	2.5	2.8	3.3	3.5
V	86	105	170	130	87	97	180	125	94
W	1.25	1.6	1.6	1.7	2.0	1.5	1.6	1.9	2.1
Zn	62	74	92	81	65	83	97	87	76
Zr	200	230	200	190	215	215	205	200	225
Y	21	25	24.5	26	32.5	25	25	26.5	32
La	42	51	43	48	64.5	49	43.5	49	61
Ce	85	91	75	80	111	89.5	74	82	104
Pr	8.8	9.8	8.1	8.8	12	9.5	7.9	9.0	11.4
Nd	38.5	41	35	38.5	46	40	35.5	39	45
Sm	5.9	7.1	6.4	7.0	9.2	7.2	6.5	7.2	8.9
Eu	1.39	1.5	1.38	1.4	1.58	1.5	1.4	1.4	1.7
Gd	5.3	6.3	5.9	6.0	8.0	6.0	5.8	6.1	7.8
Tb	0.82	1.0	0.90	0.94	1.25	0.97	0.95	0.96	1.25
Dy	4.4	5.4	5.3	5.1	6.9	5.1	5.2	5.2	6.0
Ho	0.95	1.15	1.1	1.1	1.4	1.1	1.1	1.1	1.35
Er	2.8	3.3	3.0	3.1	3.5	3.1	3.0	3.2	3.5
Tm	0.44	0.50	0.46	0.51	0.53	0.40	0.47	0.52	0.53
Yb	2.65	3.1	2.8	2.9	3.3	2.9	2.8	3.0	3.3
Lu	0.43	0.48	0.44	0.48	0.52	0.44	0.45	0.49	0.52

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} 。

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

2.3 碳酸盐岩化学组成与元素丰度

2.3 Chemical composition and elemental abundance of carbonate rocks

表 2.3.1 碳酸盐岩化学组成与元素丰度

Table 2.3.1 Chemical composition and elemental abundance of carbonite rocks

文献 Literature	A		B		文献 Literature	A		B	
岩石 Rock	中国东部 碳酸盐岩 Carbonate rocks in eastern China a	碳酸盐岩 Carbonate rocks b	深海碳酸盐 Deep-sea carbonates		岩石 Rock	中国东部 碳酸盐岩 Carbonate rocks in eastern China a	碳酸盐岩 Carbonate rocks b	深海碳酸盐 Deep-sea carbonates	
<i>N</i>	207	252			<i>N</i>	207	252		
<i>t</i>	2708	3134			<i>t</i>	2708	3134		
SiO ₂	6.49	10.07	5.14	6.85	Ni	4.8	6	20	30
TiO ₂	0.053	0.084	0.067	0.128	Os	50	56	-	-
Al ₂ O ₃	1.14	1.77	4.72	0.79	P	160	195	400	350
Fe ₂ O ₃	0.35	0.50	0.54 _T	1.29 _T	Pb	8	9.2	9	9
FeO	0.32	0.43	-	-	Pd	(0.16)	(0.20)	-	-
MnO	0.044	0.054	0.142	0.129	Pt	(0.12)	(0.19)	-	-
MgO	6.53	6.25	7.79	0.66	Rb	9	13	3	10
CaO	42.84	40.42	42.29	43.70	Rh	4	5	-	-
Na ₂ O	0.10	0.14	0.054	2.70	Ru	15	18	-	-
K ₂ O	0.34	0.54	0.325	0.35	S	240	320	1200	1300
P ₂ O ₅	0.037	0.045	0.092	0.080	Sb	0.24	0.27	0.2	0.15
H ₂ O ⁺	0.74	0.90	-	-	Sc	1.3	1.8	1	2
CO ₂	40.45	38.25	-	-	Se	0.070	0.080	0.08	0.17
C _{org}	0.20	0.22	-	-	Sn	0.5	0.7	0. <i>n</i>	0. <i>n</i>
Ag	0.056	0.058	0.0 <i>n</i>	0.0 <i>n</i>	Sr	320	310	610	2000
As	3.2	3.6	1	1	Ta	(0.1)	(0.15)	0.0 <i>n</i>	0.0 <i>n</i>
Au	0.47	0.51	<i>n</i>	<i>n</i>	Te	(5)	-	-	-
B	13	18	20	55	Th	1.1	1.5	1.7	<i>n</i>
Ba	63	125	10	190	Ti	320	505	400	770
Be	0.6	0.6	0. <i>n</i>	0. <i>n</i>	Tl	0.14	0.16	0.0 <i>n</i>	0.16
Bi	0.070	0.080	-	-	U	1.2	1.24	2.2	0. <i>n</i>
Br	(0.5)	-	6.2	70	V	13	17	20	20
Cd	0.13	0.13	0.035	0.0 <i>n</i>	W	0.27	0.32	0.6	0. <i>n</i>
Cl	124	123	150	21000	Zn	18	21	20	35
Co	1.5	2.0	0.1	0.7	Zr	16	22	19	20
Cr	7.5	9.5	11	11	Y	4.8	6.3	30	42
Cs	0.5	0.85	0. <i>n</i>	0.4	La	5.5	7.6	<i>n</i>	10
Cu	4	5.6	4	30	Ce	10.3	14.2	11.5	35
F	276	350	330	540	Pr	1.2	1.6	1.1	3.3
Ga	1.7	2.2	4	13	Nd	4.6	6.5	4.7	14
Ge	0.35	0.4	0.2	0.2	Sm	0.95	1.3	1.3	3.8
Hf	0.34	0.5	0.3	0.4	Eu	0.21	0.28	0.2	0.6
Hg	18	18	40	<i>n</i> ×10	Gd	0.88	1.2	1.3	3.8
I	(0.2)	-	1.2	0.05	Tb	0.13	0.17	0.2	0.6
In	(0.02)	(0.025)	0.0 <i>n</i>	0.0 <i>n</i>	Dy	0.69	0.95	0.9	2.7
Ir	7	9	-	-	Ho	0.15	0.20	0.3	0.8
Li	9	10.5	5	5	Er	0.42	0.58	0.5	1.5
Mn	340	420	1100	1000	Tm	0.065	0.090	0.04	0.1
Mo	0.57	0.66	0.4	3	Yb	0.42	0.55	0.5	1.5
N	120	125	-	-	Lu	0.065	0.080	0.3	0.41
Nb	(2)	(2.5)	0.3	4.6					

A : 鄯明才和迟清华(1997) ; Yan and Chi (2005) ; B : Turekian and Wedepohl (1961)。

含量单位 : 主成分 : % ; Au、Hg、Pd、Pt、Te : 10⁻⁹ ; Ir、Os、Rh、Ru : 10⁻¹² ; 其它元素 : 10⁻⁶。

a : 不含泥灰岩和泥云岩(non-containing marls and dololutes) ; b : 含泥灰岩和泥云岩(containing marls and dololutes)

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

表 2.3.2 中国东部石灰岩化学组成与元素丰度

Table 2.3.2 Chemical composition and elemental abundance of limestones in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	石灰岩 Limestones	泥质石灰岩 Argillaceous limestones	岩石 Rock	平均 Average	石灰岩 Limestones	泥质石灰岩 Argillaceous limestones
<i>N</i>	151	99	52	<i>N</i>	151	99	52
<i>t</i>	1866	1283	583	<i>t</i>	1866	1283	583
SiO ₂	6.00	3.18	11.39	Ni	5.0	3.6	8
TiO ₂	0.056	0.031	0.110	Os	55	40	80
Al ₂ O ₃	1.20	0.66	2.24	P	150	100	250
Fe ₂ O ₃	0.34	0.21	0.58	Pb	8.5	7.4	11
FeO	0.32	0.20	0.55	Pd	(0.17)	(0.12)	0.23
MnO	0.035	0.026	0.059	Pt	(0.12)	(0.10)	0.14
MgO	2.54	2.33	2.94	Rb	10	6	19
CaO	47.70	50.20	43.00	Rh	4	(2)	(8)
Na ₂ O	0.11	0.07	0.18	Ru	16	(14)	(20)
K ₂ O	0.33	0.19	0.61	S	270	190	420
P ₂ O ₅	0.034	0.023	0.057	Sb	0.24	0.18	0.28
H ₂ O ⁺	0.74	0.62	0.97	Sc	1.4	0.8	2.5
CO ₂	40.10	41.80	36.80	Se	0.090	0.070	0.11
C _{org}	0.21	0.19	0.24	Sn	0.5	0.5	0.5
Ag	0.058	0.050	0.076	Sr	390	390	380
As	3.0	2.5	4.0	Ta	(0.1)	(0.06)	0.18
Au	0.48	0.50	0.46	Th	1.1	0.7	2.3
B	12	6.4	17	Ti	335	185	660
Ba	52	31	175	Tl	0.14	0.12	0.18
Be	0.66	0.55	0.8	U	1.3	1.2	1.4
Bi	0.074	0.063	0.090	V	13	9	21
Cd	0.15	0.15	0.15	W	0.26	0.23	0.33
Cl	95	99	88	Zn	19	17	25
Co	1.5	0.8	2.9	Zr	16	11	31
Cr	8.3	6.6	12	Y	5.4	4	8
Cs	0.6	0.3	1.2	La	6.0	3.7	10
Cu	4.2	2.3	7.2	Ce	11	6.5	19
F	265	205	355	Pr	1.3	0.8	2.2
Ga	1.7	1.3	3.1	Nd	5.5	3.3	9.0
Ge	0.35	0.3	0.43	Sm	1.04	0.65	1.7
Hf	0.36	0.2	0.75	Eu	0.22	0.14	0.37
Hg	19	19	18	Gd	0.93	0.61	1.6
In	(0.02)	-	-	Tb	0.15	0.10	0.24
Ir	8	5	12	Dy	0.88	0.55	1.25
Li	9.5	8	12	Ho	0.18	0.12	0.25
Mn	270	205	455	Er	0.47	0.32	0.70
Mo	0.57	0.49	0.93	Tm	0.070	0.055	0.11
N	105	85	150	Yb	0.45	0.30	0.70
Nb	(2)	(2)	(2.5)	Lu	0.070	0.050	0.11

文献(Literature): 鄢明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 2.3.3 中国东部白云岩化学组成与元素丰度

Table 2.3.3 Chemical composition and elemental abundance of dolomites in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	白云岩 Dolomites	泥质白云岩 Argillaceous dolomites	岩石 Rock	平均 Average	白云岩 Dolomites	泥质白云岩 Argillaceous dolomites
<i>N</i>	55	31	24	<i>N</i>	55	31	24
<i>t</i>	838	358	480	<i>t</i>	838	358	480
SiO ₂	7.85	4.45	12.25	Ni	4.2	3.6	4.6
TiO ₂	0.051	0.035	0.065	Os	37	(34)	(40)
Al ₂ O ₃	0.97	0.67	1.35	P	145	105	195
Fe ₂ O ₃	0.38	0.30	0.47	Pb	8.5	6.2	14
FeO	0.33	0.32	0.35	Pd	(0.14)	(0.12)	0.21
MnO	0.066	0.033	0.094	Pt	(0.12)	(0.10)	0.14
MgO	16.60	17.35	15.55	Rb	8	6	12
CaO	30.40	31.70	28.60	Rh	4	(3)	(5)
Na ₂ O	0.09	0.07	0.13	Ru	13	(12)	(15)
K ₂ O	0.35	0.24	0.49	S	190	170	230
P ₂ O ₅	0.033	0.024	0.045	Sb	0.27	0.22	0.33
H ₂ O ⁺	0.72	0.67	0.80	Sc	1.1	0.8	1.4
CO ₂	41.80	43.70	39.25	Se	0.050	0.040	0.070
C _{org}	0.18	0.18	0.18	Sn	0.5	0.5	0.5
Ag	0.052	0.050	0.053	Sr	122	104	124
As	3.7	2.9	4.3	Ta	(0.09)	0.07	0.10
Au	0.43	0.36	0.54	Th	0.9	0.7	1.2
B	13.4	13	16	Ti	305	210	390
Ba	81	27	160	Tl	0.12	0.12	0.13
Be	0.45	0.49	0.42	U	0.87	0.9	0.8
Bi	0.060	0.060	0.060	V	11	9	16
Cd	0.074	0.087	0.057	W	0.26	0.26	0.26
Cl	195	220	175	Zn	15	10	18
Co	1.3	1.1	1.6	Zr	14	11	23
Cr	5.6	4.7	6.4	Y	3.2	2.6	4
Cs	0.4	0.3	0.6	La	4.5	3.8	5.5
Cu	3.7	2.8	5	Ce	8.6	7.1	10.5
F	305	260	406	Pr	1.0	0.8	1.3
Ga	1.4	1.1	1.7	Nd	4.2	3.5	5.0
Ge	0.30	0.27	0.46	Sm	0.8	0.62	0.96
Hf	0.34	0.22	0.47	Eu	0.18	0.15	0.21
Hg	14	14	14	Gd	0.73	0.6	0.91
In	(0.018)	-	-	Tb	0.12	0.10	0.13
Ir	5	(4)	(6)	Dy	0.64	0.51	0.65
Li	8	6	11	Ho	0.13	0.11	0.14
Mn	510	255	730	Er	0.36	0.28	0.45
Mo	0.57	0.60	0.44	Tm	0.055	0.045	0.06
N	175	(140)	(220)	Yb	0.35	0.28	0.40
Nb	(2)	(2)	(2.5)	Lu	0.055	0.045	0.060

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 2.3.4 中国东部泥灰岩和泥云岩化学组成与元素丰度

Table 2.3.4 Chemical composition and elemental abundance of marls and dololutes in the eastern part of China

岩石 Rock	富泥碳酸盐岩 Argillaceous-rich carbonate rocks			岩石 Rock	富泥碳酸盐岩 Argillaceous-rich carbonate rocks		
	平均 Average	泥灰岩 Marls	泥云岩 Dololutes		平均 Average	泥灰岩 Marls	泥云岩 Dololutes
<i>N</i>	45	22	15	<i>N</i>	45	22	15
<i>t</i>	426	207	178	<i>t</i>	426	207	178
SiO ₂	26.58	25.14	27.00	Ni	13	12.6	9.4
TiO ₂	0.252	0.239	0.245	Os	(84)	-	-
Al ₂ O ₃	4.71	4.81	3.90	P	390	400	290
Fe ₂ O ₃	1.22	1.24	1.01	Pb	13	17.4	7.3
FeO	0.92	0.88	0.89	Pd	0.47	0.43	0.26
MnO	0.096	0.084	0.129	Pt	0.32	0.33	0.22
MgO	5.60	1.88	11.80	Rb	45	44	41
CaO	28.35	33.65	22.10	Rh	12	-	-
Na ₂ O	0.28	0.39	0.07	Ru	(30)	-	-
K ₂ O	1.49	1.19	1.84	S	530	450	210
P ₂ O ₅	0.089	0.092	0.066	Sb	0.45	0.50	0.28
H ₂ O ⁺	1.68	1.67	1.55	Sc	5.0	5.1	4.0
CO ₂	28.00	28.10	29.20	Se	0.12	0.10	0.070
C _{org}	0.31	0.24	0.24	Sn	1.1	1.1	1.0
Ag	0.065	0.064	0.055	Sr	270	300	170
As	5.8	7.7	3.5	Ta	0.4	0.4	0.3
Au	0.70	0.66	0.58	Th	4.7	4.9	3.9
B	39	35	46	Ti	1510	1430	1470
Ba	420	415	290	Tl	0.24	0.29	0.19
Be	0.62	0.8	0.6	U	1.6	1.7	1.3
Bi	0.14	0.17	0.13	V	47	43	42
Br	(2.3)	-	-	W	0.61	0.62	0.60
Cd	0.12	0.16	0.053	Zn	35	40	23
Cl	110	65	180	Zr	67	71	53
Co	5.4	5.5	5.3	Y	13	13.5	11
Cr	26	24	24	La	17.6	18	15
Cs	2.5	2.7	1.8	Ce	33	33	29
Cu	12.5	15	10	Pr	3.8	3.8	3.4
F	690	490	1110	Nd	15.5	15.5	13
Ga	6.3	6.2	5.5	Sm	2.9	2.9	2.5
Ge	0.80	0.75	0.95	Eu	0.63	0.62	0.52
Hf	1.9	2.0	1.4	Gd	2.5	2.7	2.2
Hg	21	16	21	Tb	0.4	0.41	0.34
Ir	16	-	-	Dy	2.3	2.2	1.9
Li	18.5	16	22.5	Ho	0.46	0.45	0.4
Mn	745	650	1000	Er	1.30	1.33	1.20
Mo	0.74	0.72	0.46	Tm	0.20	0.20	0.17
N	(135)	-	-	Yb	1.25	1.30	1.05
Nb	6.7	6.5	5.8	Lu	0.19	0.20	0.16

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 2.3.5 中国东部各构造单元碳酸盐岩化学组成与元素丰度

Table 2.3.5 Chemical composition and elemental abundance of carbonate rocks in the geotectonic units of the eastern part of China

岩石 Rock	碳酸盐岩总体 Total of carbonate rocks					石灰岩 Limestones			白云岩 Dolomites		
区域 Region	A	B	C	D	E	B	C	D	B	C	D
<i>N</i>	8	109	30	99	6	59	19	63	31	5	18
<i>t</i>	77	1519	571	854	113	698	393	613	590	100	142
SiO ₂	7.60	9.88	9.97	10.36	12.62	6.58	4.87	6.28	7.89	7.33	7.94
TiO ₂	0.032	0.080	0.090	0.092	0.045	0.061	0.040	0.061	0.048	0.058	0.051
Al ₂ O ₃	0.71	1.58	1.92	2.07	1.15	1.26	0.95	1.32	0.90	1.05	1.02
TFe ₂ O ₃	0.67	1.0	0.89	1.04	0.41	0.82	0.44	0.72	0.76	0.45	0.67
MnO	0.025	0.070	0.028	0.041	0.031	0.049	0.021	0.031	0.070	0.022	0.046
MgO	3.60	8.20	4.49	5.09	5.90	2.97	2.11	2.36	17.10	14.44	16.40
CaO	46.18	38.40	42.50	41.55	41.13	46.85	49.33	47.70	29.92	33.35	31.03
Na ₂ O	(0.23)	0.11	0.18	0.15	0.06	0.10	0.11	0.11	0.08	0.07	0.10
K ₂ O	(0.11)	0.59	0.46	0.57	0.23	0.39	0.18	0.36	0.38	0.24	0.34
P ₂ O ₅	0.046	0.045	0.041	0.050	0.019	0.040	0.027	0.031	0.023	0.032	0.044
H ₂ O ⁺	0.59	0.83	0.99	0.96	1.27	0.74	0.69	0.79	0.69	0.87	0.69
CO ₂	39.90	38.80	37.10	37.62	36.54	39.70	40.70	39.68	41.85	41.51	41.05
Ag	0.056	0.054	0.096	0.057	0.060	0.053	0.10	0.060	0.054	0.070	0.040
As	6.7	2.7	5.3	3.7	1.3	2.4	5.4	2.8	2.6	4.0	4.2
Au	1.1	0.37	1.1	0.52	0.5	0.35	1.1	0.49	0.30	0.62	0.45
B	4.9	24	11	15	1.7	18.4	5.0	8.2	19	8.5	10
Ba	71	87	120	165	33	49	36	92	54	130	91
Be	0.57	0.57	0.58	0.66	0.28	0.67	0.57	0.65	0.35	0.63	0.61
Bi	0.056	0.084	0.095	0.080	0.075	0.080	0.090	0.067	0.060	0.044	0.064
Cd	0.32	0.082	0.15	0.15	0.25	0.10	0.18	0.18	0.070	0.050	0.087
Cl	38	200	66	68	52	185	48	51	225	175	150
Co	0.8	2.1	1.6	2.2	0.9	1.9	0.9	1.5	1.3	1.2	1.3
Cr	7.5	7.2	12	12	21	6.3	9.5	9.7	4.8	5.8	6.0
Cs	0.5	0.7	0.7	1.1	0.6	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	0.5
Cu	2.7	5.4	7.4	5.6	5.0	4.6	7.0	4.1	3.5	6.0	3.3
F	195	310	330	345	1000	265	215	290	260	385	370
Ga	1.1	2.1	2.3	2.5	2.1	2.0	1.5	2.0	1.3	1.7	1.3
Ge	0.30	0.44	0.40	0.40	0.36	0.40	0.34	0.33	0.40	0.2	0.30
Hf	0.2	0.51	0.59	0.57	0.3	0.36	0.3	0.4	0.33	0.3	0.37
Hg	9.4	12	65	18	24	11.4	80	18	10	45	16
Ir	-	7	(5)	10	-	(8)	-	(12)	(5)	-	(7)
Li	7.0	9.5	14	10	14	9.2	12	9	7.2	13	8.5
Mn	190	540	220	320	240	375	160	245	540	170	360
Mo	1.0	0.51	0.81	0.80	0.53	0.47	0.70	0.68	0.47	0.78	0.53
N	-	130	(130)	135	-	-	-	-	(95)	-	(285)
Nb	(2)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2)	-	-	-	-	-	-
Ni	5.5	4.4	6.5	8.2	10.6	4.3	3.7	6.0	3.2	6.0	7
Os	-	42	(30)	68	-	(40)	-	(66)	(43)	(17)	-
P	200	195	180	220	84	175	120	135	100	140	190

岩石 Rock	碳酸盐岩总体 Total of carbonate rocks					石灰岩 Limestones			白云岩 Dolomites		
区域 Region	A	B	C	D	E	B	C	D	B	C	D
Pb	7.1	8.3	13.5	9	6	8.4	9.3	8.5	8.2	15	7
Pd	(0.17)	(0.16)	0.30	0.21	0.18	(0.14)	0.27	0.14	(0.12)	(0.18)	(0.15)
Pt	(0.36)	(0.15)	0.28	0.23	0.23	(0.12)	0.20	0.20	(0.14)	(0.22)	(0.19)
Rb	6	13	11	17	10	11	7	11	8	8	8
Rh	-	4	(10)	11	-	(4)	-	(13)	(3)	-	(6)
Ru	-	14	(20)	36	-	(14)	-	(16)	(10)	-	(20)
S	80	160	230	550	130	190	190	480	110	300	470
Sb	0.55	0.18	0.53	0.32	0.11	0.16	0.65	0.28	0.16	0.46	0.37
Sc	0.7	1.7	1.6	2.1	1.3	1.7	1.1	1.4	0.9	1.0	1.0
Se	0.15	0.050	0.11	0.11	0.27	0.050	0.12	0.11	0.030	0.077	0.070
Sn	0.4	0.8	0.5	0.6	0.4	0.8	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4
Sr	440	190	400	410	660	280	510	485	93	180	125
Ta	0.060	0.13	0.15	0.17	0.090	0.11	0.080	0.10	0.080	0.090	0.070
Th	0.6	1.4	1.3	1.8	0.8	1.3	0.8	1.3	1.0	0.9	0.8
Ti	190	480	540	550	265	365	240	365	290	350	305
Tl	0.20	0.15	0.12	0.17	0.37	0.13	0.07	0.16	0.15	0.11	0.10
U	1.9	0.78	1.2	1.7	2.3	0.77	1.1	1.8	0.6	0.93	1.25
V	17	13	24	21	31	12	14	16	10	16	12
W	0.24	0.32	0.46	0.3	0.21	0.23	0.42	0.26	0.28	0.25	0.24
Zn	27	17	24	22	27	18	22	19	10	16	19
Zr	10	21	30	23	9	18	15	17	14	13	18
Y	5.3	6.4	6.9	6.9	4.2	5.9	5.0	5.4	4.3	4.2	4.4
La	4.0	7.0	7.8	8.6	6.8	6.3	4.8	6.2	4.3	4.0	4.5
Ce	7.5	13.5	14	16	12	12	8.1	11.7	8.4	7.0	8.8
Pr	0.9	1.5	1.6	1.8	1.3	1.3	0.85	1.3	0.9	0.75	0.93
Nd	3.5	6.8	7.0	7.8	6.0	6.0	4.5	5.8	4.1	3.5	4.2
Sm	0.69	1.2	1.3	1.5	0.90	1.13	0.87	1.1	0.71	0.60	0.91
Eu	0.16	0.27	0.29	0.31	0.15	0.24	0.20	0.22	0.17	0.13	0.19
Gd	0.65	1.1	1.2	1.4	0.8	1.0	0.80	1.05	0.67	0.55	0.85
Tb	0.11	0.19	0.19	0.20	0.10	0.17	0.14	0.14	0.11	0.090	0.13
Dy	0.58	1.0	1.0	1.1	0.55	0.95	0.80	0.80	0.60	0.50	0.60
Ho	0.12	0.21	0.21	0.21	0.11	0.19	0.15	0.15	0.12	0.10	0.13
Er	0.38	0.56	0.59	0.62	0.32	0.52	0.45	0.45	0.33	0.21	0.39
Tm	0.070	0.10	0.10	0.12	0.050	0.080	0.060	0.070	0.050	0.040	0.070
Yb	0.38	0.56	0.58	0.60	0.31	0.51	0.44	0.43	0.31	0.20	0.38
Lu	0.070	0.090	0.090	0.11	0.050	0.080	0.06	0.070	0.050	0.040	0.070

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。

A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

2.4 硅质岩化学组成与元素丰度

2.4 Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks

表 2.4.1 中国东部硅质岩化学组成与元素丰度

Table 2.4.1 Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks in the eastern part of China

岩石	平均	普通 硅质岩	炭质 硅质岩	燧石	岩石	平均	普通 硅质岩	炭质 硅质岩	燧石
Rock	Average	Common siliceous rocks	Carbona- ceous siliceous rocks	Cherts	Rock	Average	Common siliceous rocks	Carbona- ceous siliceous rocks	Cherts
<i>N</i>	24	15	6	3	<i>N</i>	24	15	6	3
<i>t</i>	92	51	37	4	<i>t</i>	92	51	37	4
SiO ₂	87.34	88.74	82.84	89.32	Nb	7.3	7.1	8.7	3.0
TiO ₂	0.193	0.204	0.260	0.013	Ni	25	27	30	2.6
Al ₂ O ₃	4.11	4.52	4.88	0.51	Os	(500)	-	-	-
Fe ₂ O ₃	1.00	1.20	0.82	0.07	P	270	320	220	360
FeO	0.55	0.61	0.59	0.17	Pb	14	12.8	18	15
MnO	0.035	0.041	0.029	0.046	Pd	3.3	3.6	6.5	(0.2)
MgO	0.68	0.56	0.88	0.88	Pt	1.3	1.3	2.6	(0.17)
CaO	0.89	0.29	0.89	3.93	Rb	24	25	49	4.3
Na ₂ O	0.25	0.28	0.18	0.22	Rh	(75)	-	-	-
K ₂ O	0.98	0.83	1.82	0.05	Ru	(100)	-	-	-
P ₂ O ₅	0.020	0.026	0.013	0.004	S	1090	860	3370	220
H ₂ O ⁺	1.53	1.65	1.57	0.83	Sb	1.8	2.1	2.0	0.20
CO ₂	1.04	0.45	1.13	3.82	Sc	4.1	5.4	5.5	0.2
C _{org}	0.91	0.44	2.32	0.13	Se	2.4	2.6	2.9	0.12
Ag	0.27	0.28	0.35	0.042	Sn	1.1	0.96	1.8	0.3
As	8.8	9.5	13	2.6	Sr	67	86	31	49
Au	2.0	2.0	2.0	0.53	Ta	0.27	0.31	0.40	0.03
B	29	27	43	14	Th	3.4	3.8	5.6	0.17
Ba	860	745	1540	59	Ti	1160	1220	1560	80
Be	1.4	2.2	1.2	0.2	Tl	0.58	0.62	0.73	0.09
Bi	0.19	0.21	0.22	0.037	U	5.2	7.5	6.5	2.7
Br	(2.0)	-	-	-	V	300	354	327	6
Cd	0.20	0.22	0.26	0.040	W	0.67	0.78	1.2	2.3
Cl	32	24	30	95	Zn	36	42	52	9.3
Co	3.8	4.6	3.8	0.2	Zr	63	68	70	24
Cr	56	120	49	2.0	Y	13	14.5	11.7	3.0
Cs	1.9	1.8	2.8	0.27	La	15	17	15.7	1.3
Cu	35	41	64	2.9	Ce	27	30	31	2.4
F	440	440	565	185	Pr	3.2	-	-	-
Ga	6.0	6.6	8.0	2.3	Nd	13.5	15	16	1.4
Ge	1.30	1.27	1.88	0.93	Sm	2.8	3.4	2.6	0.35
Hf	1.30	1.43	1.44	0.060	Eu	0.52	0.65	0.44	0.060
Hg	117	103	200	16	Gd	2.5	3.3	2.2	0.30
I	(0.45)	-	-	-	Tb	0.42	0.56	0.35	0.040
In	(0.02)	-	-	-	Dy	2.7	-	-	-
Ir	(8)	-	-	-	Ho	0.6	-	-	-
Li	11	12.6	12.6	3.5	Er	1.7	-	-	-
Mn	86	115	56	16	Tm	0.27	-	-	-
Mo	4.7	2.8	11	0.49	Yb	1.7	1.9	1.45	0.13
N	(390)	-	-	-	Lu	0.26	0.34	0.23	0.020

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

表 2.4.2 中国东部不同区域硅质岩化学组成与元素丰度

Table 2.4.2 Chemical composition and elemental abundance of siliceous rocks in different regions of the eastern part of China

区域 Region	C2	D1	D3	区域 Region	C2	D1	D3	区域 Region	C2	D1	D3
<i>N</i>	2	13	5	<i>N</i>	2	13	5	<i>N</i>	2	13	5
<i>t</i>	14	51	7	<i>t</i>	14	51	7	<i>t</i>	14	51	7
SiO ₂	87.75	87.86	87.47	Cr	62	140	11	Ta	0.07	0.37	0.16
TiO ₂	0.096	0.234	0.108	Cs	0.4	2.1	0.5	Th	1.0	4.1	1.4
Al ₂ O ₃	1.35	4.59	2.30	Cu	142	36	58	Ti	575	1400	645
Fe ₂ O ₃	0.18	1.16	0.96	F	290	520	275	Tl	0.73	0.77	0.14
FeO	0.67	0.37	0.80	Ga	4.5	6.8	10.2	U	6.4	9.7	1.8
MnO	0.009	0.005	0.393	Ge	1.2	1.25	1.35	V	565	440	30
MgO	1.33	0.38	1.26	Hf	0.59	1.4	0.61	W	0.37	0.83	0.31
CaO	2.18	0.22	2.52	Hg	152	150	13	Zn	105	38	26
Na ₂ O	0.17	0.12	0.14	Li	5.4	12	9	Zr	55	68	42
K ₂ O	0.20	1.22	0.49	Mn	66	40	3040	Y	10	15	6.4
P ₂ O ₅	0.062	0.050	0.115	Mo	4.2	6.0	0.54	La	5.5	19.5	5.2
H ₂ O ⁺	0.71	1.79	1.22	Nb	6	8	4.8	Ce	10.5	34	11.5
CO ₂	3.02	0.49	2.33	Ni	40	32	27	Pr	1.3	4.2	1.2
C _{org}	1.37	0.93	0.24	P	270	220	500	Nd	6	18	4.6
Ag	0.76	0.31	0.11	Pb	8.5	12	21	Sm	1.5	3.6	1.2
As	16	10	4.3	Pd	13	3.3	2.4	Eu	0.27	0.65	0.25
Au	(3.8)	2.4	1.0	Pt	4.7	1.4	0.9	Gd	1.3	3.4	1.1
B	12	37	29	Rb	2	31	16	Tb	0.26	0.60	0.18
Ba	650	1230	345	S	690	1530	410	Dy	1.5	3.7	1.1
Be	0.46	2.3	0.95	Sb	2.8	2.5	0.20	Ho	0.32	0.76	0.24
Bi	0.16	0.21	0.28	Sc	2.6	5.7	2.7	Er	1.2	2.2	0.7
Cd	0.54	0.25	0.036	Se	3.0	3.5	0.16	Tm	1.2	2.1	0.70
Cl	34	25	74	Sn	1.5	1.3	0.5	Yb	1.49	1.87	0.65
Co	1.3	3.4	8.2	Sr	45	75	40	Lu	0.28	0.37	0.11

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

C2：南秦岭造山带；D1：下扬子台褶带；D3：宜昌—神农架台褶带

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

C2: Southern Qinling orogenic belt; D1: Lower Yangtze platformal fold belt; D3: Yichang–Shenongjia platformal fold belt

第三章 中国东部变质岩化学组成与元素丰度

Chapter 3 Chemical Composition and Elemental Abundance of Metamorphic Rocks in the Eastern Part of China

变质岩的化学组成与元素丰度是研究变质过程中元素含量变化的基础地球化学数据，尤其是变质相地体的元素含量对深部地壳化学组成与元素丰度的研究提供了重要的条件。世界上有关变质岩化学组成与元素丰度的系统资料甚少，仅中国东部变质岩的化学组成与元素丰度资料 (鄯明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005)较为系统。

中国东部共采集了变质岩样品6704件，根据岩石类型组合成分析样品703件，并采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值后的算术平均值，求得中国各类变质岩76种化学元素的组成与丰度。

中国东部变质岩的定名原则简介如下(鄯明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005)：

板岩和千枚岩(变泥岩)

板岩、千枚岩为变泥岩，片岩的原岩较为复杂，云母片岩一般为变泥岩，石英片岩砂质成分占有较大比例，局部变质程度较高的片岩也可能有深部物质参与。绿片岩归类于变基性岩。三类岩石的名称主要以标准剖面的定名为基础，部分样品根据化学成分作了修正。

片麻岩

在用 $W(\text{Al}_2\text{O}_3) - W(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 图解等多种恢复原岩的方法将副片麻岩分出后，中酸性片麻岩的分类主要依据标准矿物An - Ab - Or图解(O' Connor，1965)分为花岗片麻岩、奥长花岗质片麻岩、花岗闪长质片麻岩、英云闪长质片麻岩，统称为花岗质片麻岩。对 SiO_2 含量 $< 65\%$ 的岩石，依标准剖面的定名，分为黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和辉石斜长片麻岩，采用 $Q'(F) - \text{ANOR}$ 图解(Streckeisen and Le Maitre，1979)将投影点落在闪长岩和二长闪长岩区内的样品定名为闪长质片麻岩。

变粒岩

在用多种恢复原岩的方法将副变粒岩分出后，采用火山岩分类方案，按 SiO_2 和碱金属的含量定名， $W(\text{SiO}_2) > 68\%$ 者定义为酸性变粒岩(相当于浅粒岩或钾长变粒岩)、 $W(\text{SiO}_2)$ 为 $63\% \sim 68\%$ 为中性变粒岩(相当于二长变粒岩)， $W(\text{SiO}_2) < 63\%$ 为中性变粒岩(相当于斜长变粒岩)。再依 $W(\text{Na}_2\text{O})$ 、 $W(\text{K}_2\text{O})$ 分为富钠变粒岩 $[W(\text{Na}_2\text{O}) - 2\% > W(\text{K}_2\text{O})]$ 和富钾变粒岩 $[W(\text{K}_2\text{O}) > W(\text{Na}_2\text{O}) - 2\%]$ 。

麻粒岩

依 SiO_2 的含量将麻粒岩分为三类： $W(\text{SiO}_2) > 63\%$ 为酸性麻粒岩， $W(\text{SiO}_2)$ 为 $53\% \sim 63\%$ 为中性麻粒岩， $W(\text{SiO}_2) < 53\%$ 为基性麻粒岩。酸性麻粒岩再按An - Ab - Or图解分为花岗质、花岗闪长质和英云闪长质麻粒岩。中、基性麻粒岩依原定名分为紫苏和二辉(斜长)麻粒岩。

斜长角闪岩和绿片岩

剔除依据主成分和微量元素(Cr、Cu、Pt等)的综合指标认为属副变质岩的部分，对斜长角闪岩依 $W(\text{FeO}^*) - W(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) - W(\text{MgO})$ 图解(Irvine and Baragar，1971；Miyashiro and Shido，1975)和综合指数(δ)将斜长角闪岩划分为碱性、钙碱性和拉斑玄武质斜长角闪岩。拉斑玄武质斜长角闪岩中 $W(\text{K}_2\text{O}) < 0.5\%$ 者定名为低钾拉斑玄武质斜长角闪岩。

大理岩和石英岩

大理岩参照碳酸盐岩的计算方案将以方解石为主的定为方解石大理岩，白云石为主的定为白云石大理岩，(SiO₂等杂质)>25%者定为富硅铝大理岩。石英岩类岩石类似碎屑岩分类的方案，参考原定名，将(SiO₂)>90%者定为石英岩，(SiO₂)<90%者定为长石石英岩。磁铁石英岩(依标准剖面 and 野外定名)单独列出。

数据表中，N 为被分析的组样数，t 为采集的样品数，带圆括号的元素含量为参考值。

3.1 中国东部板岩、千枚岩和片岩化学组成与元素丰度

3.1 Chemical composition and elemental abundance of slates, phyllites and schists in the eastern part of China

表 3.1.1 中国东部板岩化学组成与元素丰度

Table 3.1.1 Chemical composition and elemental abundance of slates in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	普通板岩 Common slates	炭质板岩 Carbonaceous slates	凝灰质板岩 Tuffaceous slates	岩石 Rock	平均 Average	普通板岩 Common slates	炭质板岩 Carbonaceous slates	凝灰质板岩 Tuffaceous slates
N	90	77	7	6	N	90	77	7	6
t	1022	905	55	62	t	1022	905	55	62
SiO ₂	63.88	63.63	66.71	63.87	Ni	29	31	15	21
TiO ₂	0.684	0.689	0.646	0.769	Os	48	-	(64)	-
Al ₂ O ₃	15.67	15.62	15.54	16.43	P	480	490	480	520
Fe ₂ O ₃	2.75	2.92	1.77	1.67	Pb	18	19	16	14
FeO	2.75	2.75	2.12	3.37	Pd	0.62	0.52	0.57	0.58
MnO	0.065	0.067	0.054	0.110	Pt	0.44	0.36	0.3	0.40
MgO	2.00	2.04	1.46	2.14	Rb	130	137	122	108
CaO	1.65	1.72	0.67	1.85	Rh	20	-	(15)	-
Na ₂ O	1.32	1.27	1.19	2.21	Ru	43	-	(43)	-
K ₂ O	3.78	3.85	3.67	3.08	S	250	120	210	120
P ₂ O ₅	0.110	0.112	0.110	0.119	Sb	0.52	0.64	0.28	0.57
H ₂ O ⁺	3.20	3.22	2.95	3.30	Sc	16	16	14	19
CO ₂	1.19	1.28	0.66	0.65	Se	0.14	0.17	0.24	0.12
C _{org}	0.46	0.38	1.44	0.23	Sn	3.0	3.1	3.3	2.9
Ag	0.057	0.057	0.11	0.053	Sr	92	96	84	170
As	8.6	10	8.7	9.5	Ta	1.0	1.0	1.2	1.0
Au	1.2	0.77	1.2	1.7	Te	(15)	-	-	-
B	80	89	66	81	Th	12	12.3	12.2	13.4
Ba	620	670	470	690	Ti	4100	4130	3870	4610
Be	2.05	2.2	5.6	1.30	Tl	0.71	0.72	0.73	0.68
Bi	0.30	0.30	0.38	0.22	U	2.5	2.5	3.4	2.5
Br	(0.3)	-	-	-	V	100	97	98	115
Cd	0.084	0.090	0.19	0.074	W	1.7	1.8	1.6	1.9
Cl	50	53	87	58	Zn	84	90	76	78
Co	12.5	13	6.6	12	Zr	200	200	240	220
Cr	69	71	50	77	Y	25	25	27	23
Cs	7.4	7.8	7.9	7.7	La	40	40.5	41	34
Cu	25	25	23	27	Ce	74	75	78	64
F	660	720	580	490	Pr	8.2	8.2	8.4	7.0
Ga	20.1	20.3	20.0	19.8	Nd	35	34	36	28
Ge	1.7	1.75	2.0	1.6	Sm	6.5	6.5	6.7	6.2
Hf	5.5	5.4	7.4	6.4	Eu	1.30	1.30	1.23	1.2
Hg	13.4	19	9	7	Gd	5.8	5.8	5.8	5.5
I	(0.1)	-	-	-	Tb	0.93	0.93	0.93	0.93
In	(0.07)	-	-	-	Dy	5.3	5.4	5.5	5.7
Ir	(30)	-	(24)	-	Ho	1.1	1.2	1.2	1.3
Li	35	37	39	34	Er	3.2	3.2	3.3	3.8
Mn	500	520	420	850	Tm	0.50	0.50	0.50	0.58
Mo	0.51	0.67	0.69	0.33	Yb	3.1	3.1	3.2	3.7
N	280	260	(510)	-	Lu	0.48	0.50	0.50	0.56
Nb	15	15	16	14					

文献(Literature): 鄢明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt、Te: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.1.2 中国东部各构造单元板岩化学组成与元素丰度

Table 3.1.2 Chemical composition and elemental abundance of slates in the geotectonic units
of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	22	26	20	16	6	<i>N</i>	22	26	20	16	6
<i>t</i>	199	329	336	114	44	<i>t</i>	199	329	336	114	44
SiO ₂	64.92	64.91	61.40	63.46	65.02	Os	(40)	(34)	(80)	(50)	(60)
TiO ₂	0.674	0.614	0.749	0.729	0.751	P	510	450	570	480	370
Al ₂ O ₃	16.27	14.43	15.95	15.81	17.53	Pb	16.7	14.6	24	17	23
Fe ₂ O ₃	2.15	3.46	2.84	2.18	3.02	Pd	0.34	0.49	1.0	0.81	1.8
FeO	2.80	2.21	2.91	3.57	2.12	Pt	0.26	0.39	0.57	0.49	0.82
MnO	0.080	0.045	0.079	0.080	0.035	Rb	113	149	135	130	207
MgO	1.66	2.24	2.04	2.07	1.98	Rh	(10)	(30)	(14)	(15)	(30)
CaO	1.13	1.75	2.67	1.53	0.09	Ru	(30)	(40)	(60)	(40)	(70)
Na ₂ O	2.09	0.77	1.45	1.40	0.28	S	130	260	320	470	230
K ₂ O	3.25	4.48	3.31	3.70	4.48	Sb	0.74	0.46	0.36	0.55	1.1
P ₂ O ₅	0.117	0.103	0.131	0.110	0.085	Sc	16	14.7	16.6	16.6	17.4
H ₂ O ⁺	3.08	2.80	3.58	3.19	4.18	Se	0.18	0.17	0.27	0.052	0.065
CO ₂	0.57	1.34	2.01	1.18	0.15	Sn	3.0	2.6	3.7	2.9	4.5
Ag	0.085	0.053	0.063	0.047	0.070	Sr	137	67	135	80	43
As	12	8.0	10	6.7	16	Ta	0.97	0.91	1.13	0.91	1.4
Au	1.2	0.65	2.0	1.3	1.2	Th	10.8	13.4	13.2	11.2	21.6
B	51	125	82	66	100	Ti	4040	3680	4490	4370	4500
Ba	580	570	730	650	850	Tl	0.7	0.78	0.81	0.61	0.91
Be	2.8	2.2	2.5	2.0	2.4	U	2.7	2.3	2.6	2.3	4.8
Bi	0.33	0.23	0.34	0.28	0.55	V	96	93	115	103	121
Cd	0.13	0.072	0.11	0.053	0.20	W	1.2	1.7	1.95	2.1	3.1
Cl	72	45	42	35	33	Zn	88	63	93	92	115
Co	8.4	13.3	16	13	8.4	Zr	220	190	195	210	190
Cr	50	64	85	73	96	Y	24	24	22	27	34
Cs	8.3	5.8	8.1	8.4	10.5	La	33	40	41	41	60
Cu	23	24	37	25	31	Ce	66	75	74	77.5	97
F	480	885	790	650	765	Pr	7.1	7.8	7.8	8.0	11.8
Ga	20.8	19.0	20.5	20.2	23.2	Nd	30.5	32.5	35	38	42
Ge	1.6	2.1	1.9	1.7	1.2	Sm	6.5	5.9	6.3	6.9	8.7
Hf	6.2	5.1	5.6	5.8	3.9	Eu	1.30	1.18	1.34	1.44	1.60
Hg	8	10	41	20	7	Gd	5.5	5.0	5.6	6.1	7.6
Ir	(30)	(40)	(20)	(30)	(30)	Tb	1.0	0.81	0.86	1.18	1.2
Li	42	28	42	37	25	Dy	5.5	4.3	5.0	5.6	6.3
Mn	620	350	615	620	275	Ho	1.2	0.9	1.0	1.3	1.3
Mo	0.52	0.55	1.0	0.44	0.60	Er	4.2	2.8	3.0	3.7	4.0
N	(210)	(155)	(290)	(460)	(290)	Tm	0.65	0.45	0.5	0.58	0.62
Nb	13.4	14	17	16	20	Yb	3.8	2.55	2.7	3.4	3.6
Ni	20	26	38	32	35	Lu	0.61	0.43	0.46	0.54	0.57

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 3.1.3 中国东部千枚岩和片岩化学组成与元素丰度

Table 3.1.3 Chemical composition and elemental abundance of phyllites and schists in the eastern part of China

岩石 Rock	千枚岩 Phyllites	片岩 Schists			岩石 Rock	千枚岩 Phyllites	片岩 Schists		
		平均 Average	石英片岩 Quartz-schists	云母片岩 Micaceous schists			平均 Average	石英片岩 Quartz-schists	云母片岩 Micaceous schists
<i>N</i>	27	57	25	32	<i>N</i>	27	57	25	32
<i>t</i>	230	753	434	319	<i>t</i>	230	753	434	319
SiO ₂	61.57	65.39	69.05	62.54	Nb	17	14	13	15
TiO ₂	0.731	0.559	0.617	0.667	Ni	32	28	26	28
Al ₂ O ₃	16.77	15.21	13.05	16.90	Os	70	40	(30)	(40)
Fe ₂ O ₃	3.92	2.89	2.31	3.34	P	460	510	520	500
FeO	2.37	2.73	2.33	3.04	Pb	18	19	16	22
MnO	0.072	0.082	0.094	0.072	Pd	0.60	0.59	0.58	0.46
MgO	2.13	2.15	1.97	2.30	Pt	0.48	0.47	0.59	0.43
CaO	1.67	1.65	2.01	1.37	Rb	145	125	82	160
Na ₂ O	1.17	1.78	2.33	1.35	Rh	32	35	(40)	(32)
K ₂ O	3.94	3.56	2.69	4.24	Ru	50	42	(40)	(37)
P ₂ O ₅	0.105	0.117	0.119	0.115	S	90	190	160	190
H ₂ O ⁺	3.76	2.73	2.32	3.06	Sb	0.47	0.28	0.33	0.24
CO ₂	1.22	0.57	0.83	0.36	Sc	17	14	12	16
C _{org}	0.25	0.20	0.13	0.24	Se	0.080	0.10	0.11	0.090
Ag	0.045	0.060	0.070	0.054	Sn	3.2	2.6	1.9	3.2
As	7.8	4.2	4.4	2.7	Sr	86	135	170	110
Au	0.93	1.2	1.5	0.95	Ta	1.2	0.95	0.8	1.0
B	67	40	22	50	Th	14	11.5	9	13
Ba	720	715	660	760	Ti	4380	3350	3700	4000
Be	2.8	2.1	1.8	2.7	Tl	0.77	0.72	0.53	0.9
Bi	0.28	0.23	0.16	0.27	U	2.4	2.0	1.5	2.5
Br	(0.3)	-	-	-	V	110	86	87	100
Cd	0.064	0.083	0.090	0.080	W	2.2	1.5	1.0	1.8
Cl	40	58	53	77	Zn	93	87	76	94
Co	16	14	13	14	Zr	210	200	190	200
Cr	68	65	53	73	Y	27	25	20	28
Cs	7.0	5.3	3.2	6.8	La	44	42	33	50
Cu	27	29	28	28	Ce	79	78	65	88
F	680	665	450	860	Pr	9	8.8	7.5	9.9
Ga	22	20.9	17.1	23.7	Nd	37	36	29	41
Ge	1.7	1.5	1.4	1.6	Sm	6.8	6.6	5.5	7.5
Hf	5.6	5.6	5.3	5.8	Eu	1.36	1.4	1.2	1.55
Hg	10	7	10	6	Gd	6.0	5.8	5.2	6.6
I	(0.1)	-	-	-	Tb	0.95	0.92	0.85	1.04
In	(0.065)	(0.05)	-	-	Dy	5.5	5.3	5	5.8
Ir	(27)	30	(35)	(25)	Ho	1.1	1.05	1.0	1.2
Li	33	28	24	32	Er	3.1	3.1	2.9	3.4
Mn	560	635	730	560	Tm	0.47	0.47	0.44	0.50
Mo	0.47	0.53	0.38	0.60	Yb	3.0	2.9	2.7	3.2
N	280	110	-	-	Lu	0.46	0.46	0.44	0.50

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.1.4 中国东部各构造单元千枚岩化学组成与元素丰度

Table 3.1.4 Chemical composition and elemental abundance of phyllites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	D	E	区域 Region	A	B	D	E
<i>N</i>	3	12	6	6	<i>N</i>	3	12	6	6
<i>t</i>	21	88	38	83	<i>t</i>	21	88	38	83
SiO ₂	67.28	61.09	62.01	59.24	Os	(15)	(20)	(34)	(70)
TiO ₂	0.926	0.677	0.851	0.779	P	470	435	615	420
Al ₂ O ₃	15.62	16.40	16.16	18.71	Pb	14.7	16.7	14	31
Fe ₂ O ₃	2.74	3.41	4.90	4.55	Pd	(0.17)	0.46	0.48	1.8
FeO	2.52	2.51	2.09	2.30	Pt	(0.13)	0.42	0.37	1.1
MnO	0.085	0.070	0.070	0.075	Rb	99	160	115	220
MgO	1.16	2.51	2.02	1.95	Rh	(10)	(30)	(30)	(40)
CaO	1.61	2.35	1.88	0.13	Ru	(20)	(40)	(35)	(90)
Na ₂ O	1.65	1.20	1.30	0.75	S	160	70	60	100
K ₂ O	2.68	3.92	3.15	5.38	Sb	0.38	0.23	0.46	0.9
P ₂ O ₅	0.108	0.100	0.141	0.096	Sc	13.5	15.4	19.4	19.5
H ₂ O ⁺	2.80	3.24	4.38	4.67	Se	0.080	0.070	0.030	0.15
CO ₂	0.88	1.82	0.90	0.53	Sn	2.9	3.2	2.8	3.8
Ag	0.090	0.040	0.050	0.034	Sr	160	105	100	46
As	3.4	3.4	6.2	21	Ta	1.75	1.03	1.2	1.34
Au	(0.43)	0.95	0.67	1.8	Th	12.4	14	10.3	19.6
B	39	96	50	55	Ti	5550	4060	5100	4670
Ba	575	680	760	1020	Tl	0.69	0.74	0.65	0.99
Be	4.0	2.5	1.6	3.8	U	2.0	2.4	1.7	3.8
Bi	0.16	0.31	0.14	0.50	V	106	94	118	126
Cd	0.11	0.047	0.060	0.087	W	1.1	2.2	2.2	3.7
Cl	48	44	32	42	Zn	86	72	115	135
Co	14	17	15.5	18	Zr	310	190	240	215
Cr	60	62	73	103	Y	21	24.5	25.5	37
Cs	3.7	6.4	6.9	9.9	La	33	39	44	59
Cu	14	29	24	43	Ce	71	76.5	75.5	98
F	400	740	560	790	Pr	7.5	8.1	8.6	11.6
Ga	19.0	22	22	25.8	Nd	28	35	40	47
Ge	1.6	1.7	2.2	1.4	Sm	5.8	6.1	6.9	8.8
Hf	8.5	5.0	6.6	5.8	Eu	1.22	1.16	1.43	1.76
Hg	7	12	21	7	Gd	5.4	5.2	6.4	7.9
Ir	(10)	25	(30)	(40)	Tb	0.84	0.73	0.93	1.27
Li	26	31	40	48	Dy	4.3	4.2	5.4	6.8
Mn	660	540	545	580	Ho	0.9	0.85	1.1	1.45
Mo	0.40	0.43	0.37	1.0	Er	3.2	2.8	3.5	3.5
N	(175)	(200)	(405)	(375)	Tm	0.51	0.42	0.53	0.62
Nb	23	14.5	19	18	Yb	3.0	2.54	3.2	3.3
Ni	27	32	30	46	Lu	0.48	0.40	0.51	0.60

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 3.1.5 中国东部各构造单元片岩化学组成与元素丰度

Table 3.1.5 Chemical composition and elemental abundance of schists in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	7	30	5	6	9	<i>N</i>	7	30	5	6	9
<i>t</i>	107	345	43	38	220	<i>t</i>	107	345	43	38	220
SiO ₂	68.78	63.22	67.69	66.18	68.20	Os	(40)	(40)	-	(30)	(40)
TiO ₂	0.592	0.594	0.614	0.667	0.791	P	530	540	680	550	405
Al ₂ O ₃	13.08	16.17	13.88	16.40	13.59	Pb	14	17	34	28	28
Fe ₂ O ₃	1.89	3.02	2.87	1.79	3.98	Pd	0.67	0.39	0.58	0.45	1.4
FeO	2.56	2.82	2.27	4.34	1.75	Pt	0.46	0.41	0.76	0.47	1.1
MnO	0.134	0.067	0.093	0.075	0.112	Rb	92	134	81	143	131
MgO	2.08	2.37	1.84	1.48	2.13	Rh	(30)	(30)	-	(30)	(50)
CaO	2.07	2.02	1.48	0.57	0.92	Ru	(50)	(40)	-	(40)	(60)
Na ₂ O	2.04	1.96	2.85	1.17	0.81	S	120	360	250	110	130
K ₂ O	2.67	3.80	2.94	4.24	3.32	Sb	0.42	0.25	0.22	0.066	0.31
P ₂ O ₅	0.121	0.124	0.156	0.126	0.093	Sc	12.3	15	12	15	14.5
H ₂ O ⁺	2.60	2.52	2.56	2.68	3.70	Se	0.17	0.076	0.11	0.060	0.090
CO ₂	1.26	0.58	0.55	0.26	0.22	Sn	2.0	2.6	2.6	3.6	2.7
Ag	0.065	0.057	(0.08)	0.064	0.047	Sr	160	175	160	68	58
As	5.8	4.4	3.6	1.1	4.5	Ta	0.80	0.87	1.64	0.93	1.22
Au	0.52	1.2	1.4	0.68	1.6	Th	9.5	11.8	9.2	11.6	13.2
B	36	52	19	40	16	Ti	3550	3560	3680	4000	4740
Ba	550	745	730	780	690	Tl	0.57	0.77	0.40	0.50	1.1
Be	2.8	2.0	3.4	4.3	2.6	U	1.8	1.9	1.4	2.5	2.8
Bi	0.26	0.22	0.22	0.29	0.30	V	100	92	76	84	110
Cd	0.065	0.080	0.17	0.065	0.11	W	0.74	1.2	1.2	1.84	2.7
Cl	46	98	52	35	55	Zn	77	76	(100)	105	100
Co	16	15	10.5	10	14.5	Zr	170	185	300	255	200
Cr	48	70	44	52	81	Y	18	23	27	34	28
Cs	5.6	5.1	2.3	5.9	7.0	La	21	43	52	43	49
Cu	41	25	(30)	17	26	Ce	48	82	100	84	76
F	370	735	550	885	590	Pr	4.7	9.0	11	9.5	9.5
Ga	16.7	21.8	20.8	23.7	19.6	Nd	19	37	44	40	37
Ge	1.55	1.6	1.4	2.0	1.2	Sm	4.2	6.4	8.8	7.5	7.7
Hf	4.7	5.1	9.0	7.1	5.8	Eu	0.94	1.43	1.60	1.53	1.50
Hg	25	6.3	15	3	5	Gd	3.9	5.2	7.6	6.8	6.7
Ir	(30)	(25)	-	(30)	(45)	Tb	0.70	0.85	1.48	1.20	1.10
Li	32	25	20	36	42	Dy	3.6	4.3	7.3	6.4	5.8
Mn	1040	520	720	580	870	Ho	0.8	0.95	1.6	1.5	1.2
Mo	0.28	0.55	0.50	0.20	1.4	Er	2.6	2.7	4.7	4.8	3.4
N	(135)	(115)	-	(110)	(75)	Tm	0.45	0.44	0.69	0.71	0.50
Nb	12	13.7	7.5	15.5	17	Yb	2.5	2.54	4.4	4.35	3.10
Ni	21	27	22	23	34	Lu	0.43	0.41	0.65	0.67	0.48

文献(Literature): 郝英才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

3.2 中国东部片麻岩化学组成与元素丰度

3.2 Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the eastern part of China

表 3.2.1 中国东部片麻岩化学组成与元素丰度

Table 3.2.1 Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the eastern part of China

岩石	花岗质片麻岩 Granitic gneisses							斜长片麻岩 Plagiogneisses				
	平均	平均	花岗 质片 麻岩	奥长 花岗质 片麻岩	花岗 闪长 质片 麻岩	英云 闪长 质片 麻岩	闪长质 片麻岩	副片 麻岩	平均	黑云 斜长 片麻岩	角闪 斜长 片麻岩	辉石 斜长 片麻岩
Rock	Ave- rage	Ave- rage	Granite gneisses	Trondh- jemitic gneisses	Grano- dioritic gneisses	Tonalitic gneisses	Dioritic gneisses	Para- gneisses	Ave- rage	Biotite plagio- gneisses	Horn- blende plagio- gneisses	Pyro- xene plagio- gneisses
<i>N</i>	201	142	53	14	59	16	39	11	127	62	57	8
<i>t</i>	1786	1246	466	102	561	117	378	77	1111	544	529	38
SiO ₂	65.63	67.68	70.64	69.88	65.47	64.06	58.38	67.59	63.69	66.44	61.15	60.65
TiO ₂	0.510	0.442	0.352	0.324	0.534	0.512	0.712	0.602	0.557	0.479	0.631	0.627
Al ₂ O ₃	14.84	14.61	14.07	14.44	14.88	15.55	15.99	13.27	15.29	14.89	15.68	15.68
Fe ₂ O ₃	2.03	1.80	1.62	1.45	1.88	2.34	2.76	2.43	2.13	1.85	2.74	1.95
FeO	2.73	2.24	1.38	1.47	3.06	2.74	4.37	3.10	3.17	2.57	3.62	4.56
MnO	0.075	0.062	0.048	0.034	0.077	0.084	0.112	0.074	0.080	0.068	0.096	0.088
MgO	2.15	1.73	0.99	1.56	2.25	2.38	3.45	2.84	2.51	2.02	2.90	3.46
CaO	3.26	2.69	1.59	2.53	3.21	4.54	5.61	1.99	3.94	2.96	4.82	5.33
Na ₂ O	3.64	3.70	3.49	4.84	3.55	3.91	3.96	1.32	4.01	4.05	4.01	3.74
K ₂ O	2.87	2.97	3.98	1.62	2.80	1.40	2.21	3.18	2.33	2.43	2.28	1.92
P ₂ O ₅	0.163	0.137	0.105	0.094	0.172	0.151	0.270	0.071	0.188	0.144	0.236	0.172
H ₂ O ⁺	1.34	1.29	1.16	1.05	1.36	1.56	1.34	2.10	1.34	1.32	1.35	0.90
CO ₂	0.31	0.33	0.21	0.31	0.41	0.44	0.29	0.21	0.35	0.37	0.32	0.63
Ag	0.057	0.057	0.057	0.044	0.060	0.048	0.052	0.053	0.054	0.057	0.048	0.060
As	1.3	1.5	0.8	0.6	1.8	1.3	0.8	0.8	1.5	2.0	0.8	0.7
Au	0.65	0.62	0.42	0.20	0.82	0.70	0.76	1.0	0.73	0.70	0.75	0.80
B	5.5	6	4.7	5.6	7.6	5.3	3	21	4.4	5	4.3	2.0
Ba	850	790	910	610	840	500	950	670	820	780	880	790
Be	1.4	1.6	2.3	2.1	1.3	0.8	0.95	0.8	1.2	1.3	1.0	0.8
Bi	0.090	0.10	0.10	0.05	0.11	0.080	0.052	0.16	0.080	0.090	0.060	0.050
Br	(0.2)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cd	0.070	0.063	0.056	0.044	0.075	0.064	0.082	0.10	0.070	0.067	0.073	0.080
Cl	105	92	80	100	105	87	165	90	120	95	150	135
Co	13	11	6	7	15	17	24	14	16	13	18.5	22
Cr	53	43	21	9	64	60	85	74	67	51	76	90
Cs	1.8	1.9	2.2	0.8	2.0	1.6	1.0	3.3	1.4	1.6	1.4	1.0
Cu	22	18	11	9	25	31	32	24	26	23	28	41
F	570	490	430	350	580	430	860	490	610	560	680	640
Ga	18.7	18.2	18.1	18.0	18.6	18.6	20.2	18.6	19.2	18.9	19.4	19.5
Ge	1.05	1.05	1.06	0.8	1.1	1.0	0.9	1.3	1.0	1.0	1.0	0.9
Hf	4.8	4.8	5.9	3.7	4.7	3.6	4.5	5.8	4.4	4.3	4.4	4.1
Hg	6	6	5.5	7	5.6	6	7	4.7	6.4	6	6	6.7
I	(0.05)	-	-	-	-	-	(0.055)	-	-	-	-	-
In	(0.05)	(0.045)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ir	(30)	23	(10)	(6)	(25)	(25)	(50)	-	(25)	-	-	-
Li	14	15.5	12.5	12	17	14.4	10.5	22	13.6	14	13	8

续表(Continued)

岩石	花岗质片麻岩 Granitic gneisses								斜长片麻岩 Plagiogneisses			
	平均	平均	花岗 质片 麻岩	奥长 花岗 质片 麻岩	花岗 闪长 质片 麻岩	英云 闪长 质片 麻岩	闪长质 片麻岩	副片 麻岩	平均	黑云 斜长 片麻岩	角闪 斜长 片麻岩	辉石 斜长 片麻岩
Rock	Ave- rage	Ave- rage	Granite gneisses	Trondh- jemitic gneisses	Grano- dioritic gneisses	Tonalitic gneisses	Dioritic gneisses	Para- gneisses	Ave- rage	Biotite plagio- gneisses	Horn- blende plagio- gneisses	Pyro- xene plagio- gneisses
Mn	580	480	370	260	600	650	870	570	620	530	740	680
Mo	0.49	0.48	0.50	0.30	0.51	0.31	0.41	0.67	0.47	0.56	0.40	0.34
N	37	38	(45)	(28)	(35)	(36)	-	-	(36)	-	-	-
Nb	10	10	12	6.4	10	7.3	10	13	9.3	9.3	9.5	7.6
Ni	24	20	10	9	27	39	37	29	30	23	33	46
Os	35	28	(30)	(20)	(30)	(30)	(30)	-	(36)	-	-	-
P	710	600	460	410	750	660	1180	310	820	630	1030	750
Pb	16	16.5	21	7.5	16	10	14	19	13.6	14.4	14	9.4
Pd	0.42	0.30	0.17	0.15	0.51	0.4	0.64	0.80	0.54	0.45	0.62	0.66
Pt	0.44	0.36	0.18	0.13	0.57	0.48	0.69	0.61	0.55	0.49	0.60	0.79
Rb	82	87	120	35	88	40	56	114	66	72	62	48
Re	(0.4)	(0.5)	-	-	-	-	-	-	(0.3)	-	-	-
Rh	28	25	(25)	(3)	(30)	(30)	(50)	-	-	-	-	-
Ru	30	30	(30)	(10)	(30)	(30)	(40)	-	-	-	-	-
S	200	180	90	150	250	210	280	240	240	210	210	720
Sb	0.12	0.12	0.10	0.09	0.12	0.13	0.11	0.14	0.12	0.13	0.10	0.08
Sc	11	9	6.4	6	11	12	18	14	12	10.6	14	14
Se	0.060	0.056	0.040	0.040	0.076	0.060	0.072	0.080	0.070	0.066	0.050	0.11
Sn	1.2	1.2	1.3	1.0	1.2	1.0	1.1	1.8	1.1	1.0	1.2	0.8
Sr	390	340	245	400	380	430	620	120	470	400	570	570
Ta	0.54	0.55	0.71	0.40	0.53	0.35	0.51	0.71	0.47	0.47	0.50	0.37
Te	(10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Th	7	8	12	4.2	7.3	2.8	4.3	12.6	5.3	6.7	4.1	0.9
Ti	3060	2650	2110	1940	3200	3070	4270	3610	3340	2870	3780	3760
Tl	0.47	0.5	0.61	0.27	0.53	0.24	0.35	0.74	0.42	0.44	0.38	0.34
U	1.05	1.2	1.6	0.65	1.0	0.62	0.78	2.2	0.8	0.9	0.8	0.3
V	70	57	34	39	77	85	117	94	82	68	97	103
W	0.41	0.4	0.45	0.35	0.38	0.33	0.3	0.6	0.4	0.41	0.3	0.3
Zn	65	57	45	34	70	68	89	77	70	60	78	80
Zr	175	170	200	120	175	130	177	200	165	160	170	150
Y	16.5	16.5	18	13.5	16	12	15.5	23	15	15	15	12
La	38.5	38.5	47	26	38	24	38	42	35	34	37	28
Ce	75	74	91	49	73	45	76	80	68	67	73	50
Pr	8.2	8.1	9.6	5.8	8.5	5.7	8.0	8.9	7.6	7.5	8.6	5.5
Nd	32	32	37	23	32	22	37.5	35	31	30	35	22
Sm	5.3	5.2	5.8	4.2	5.2	3.6	6.3	6.0	5.3	4.9	5.8	3.9
Eu	1.3	1.2	1.15	1.0	1.3	1.2	1.7	1.3	1.36	1.2	1.6	1.3
Gd	4.4	4.2	5.0	3.8	4.4	3.2	5.0	5.3	4.5	4.0	4.9	3.5
Tb	0.67	0.65	0.75	0.60	0.60	0.48	0.75	0.88	0.62	0.60	0.68	0.52
Dy	3.7	3.6	4.1	3.4	3.2	2.6	4.2	4.8	3.3	3.4	4.0	3.0
Ho	0.77	0.75	0.84	0.7	0.65	0.55	0.85	1.0	0.70	0.73	0.80	0.60
Er	2.1	2.0	2.3	2.0	1.8	1.5	2.2	2.8	1.9	2.0	2.3	1.5
Tm	0.31	0.28	0.31	0.29	0.27	0.22	0.30	0.41	0.27	0.27	0.31	0.21
Yb	1.9	1.8	2.0	1.8	1.65	1.37	1.95	2.6	1.7	1.8	1.9	1.3
Lu	0.30	0.27	0.31	0.28	0.26	0.21	0.29	0.40	0.26	0.26	0.28	0.20

文献(Literature): 鄢明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt, Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} .Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

表 3.2.2 中国东部各构造单元片麻岩化学组成与元素丰度

Table 3.2.2 Chemical composition and elemental abundance of gneisses in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
N	7	163	15	12	4	N	7	163	15	12	4
t	35	1592	64	66	29	t	35	1592	64	66	29
SiO ₂	63.63	65.26	67.34	68.64	68.55	P	645	730	630	680	520
TiO ₂	0.752	0.492	0.474	0.527	0.764	Pb	17.4	15	20	22.4	21
Al ₂ O ₃	15.71	14.92	14.46	13.93	13.87	Pd	0.49	0.44	0.27	0.27	(2.2)
Fe ₂ O ₃	1.32	2.12	1.84	1.57	1.65	Pt	0.27	0.46	0.21	0.39	(1.0)
FeO	4.12	2.70	2.06	2.74	4.13	Rb	93	82	78	89	105
MnO	0.134	0.072	0.065	0.067	0.115	Rh	(10)	35	(13)	(30)	-
MgO	2.36	2.22	1.55	1.90	1.94	Ru	(60)	33	(10)	(20)	—
CaO	2.78	3.46	2.58	2.28	1.55	S	110	210	250	190	350
Na ₂ O	3.18	3.68	4.14	3.33	1.92	Sb	0.097	0.13	0.060	0.050	0.26
K ₂ O	2.45	2.87	3.12	2.87	2.67	Sc	16	10.7	9.3	10.7	16
P ₂ O ₅	0.148	0.167	0.144	0.156	0.119	Se	0.048	0.065	0.070	0.036	0.07
Ag	0.065	0.058	0.040	0.050	0.058	Sn	1.4	1.1	1.2	1.7	2.3
As	2.8	1.0	0.60	0.60	1.5	Sr	295	400	360	340	160
Au	0.63	0.67	0.44	0.54	-	Ta	0.81	0.50	0.75	0.59	0.96
B	25	5.2	3.5	6.3	20	Th	8.7	6.6	9.0	7.5	14.2
Ba	436	840	1150	930	660	Ti	4510	2950	2840	3160	4580
Be	2.8	1.25	1.2	2.7	1.25	Tl	0.62	0.47	0.50	0.43	0.62
Bi	0.20	0.09	0.057	0.063	0.21	U	1.96	0.87	1.44	1.5	2.1
Cd	0.064	0.07	0.074	0.053	0.23	V	112	75	60	66	100
Cl	26	115	59	77	26	W	0.56	0.41	0.25	0.44	0.51
Co	17.6	13.5	9.2	10.5	16	Zn	89	63	57	68	115
Cr	66	57	17	35	68	Zr	180	170	220	200	250
Cs	3.9	1.6	1.3	3.5	4.1	Y	19	16.4	17	18.6	26
Cu	26	22	16.5	16	35	La	29.5	37	52.5	45	41.5
F	445	595	510	485	430	Ce	59	74	99	82	81
Ga	19.9	18.7	19.1	18.2	19.3	Pr	6.3	7.9	10.4	8.6	8.5
Ge	1.35	1.0	0.85	1.3	2.2	Nd	26.3	32.4	43	37	38
Hf	4.9	4.6	6.1	5.5	7.5	Sm	5.6	5.3	6.3	6.0	7.2
Hg	4	6.5	7.4	3.5	5.3	Eu	1.36	1.28	1.40	1.40	1.63
Ir	(20)	22	(13)	(20)	-	Gd	5.1	4.6	5.6	5.2	6.1
Li	45	13	9.3	19	22	Tb	0.76	0.65	0.86	0.79	1.05
Mn	1040	560	500	520	890	Dy	4.4	3.4	4.5	4.1	6.4
Mo	0.25	0.50	0.57	0.33	0.30	Ho	0.96	0.75	0.92	0.85	1.4
N	(42)	37	(14)	(61)	-	Er	2.8	2.0	2.5	2.2	4.0
Nb	13	9.7	13	11.2	17.5	Tm	0.44	0.30	0.34	0.35	0.60
Ni	22	25	8	18.5	25	Yb	2.70	1.80	2.20	2.05	3.80
Os	(50)	28	(16)	(70)	-	Lu	0.42	0.28	0.32	0.33	0.58

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt： 10^{-9} ；Ir、Os、Rh、Ru： 10^{-12} ；其它元素： 10^{-6} 。

A：内蒙兴安-吉黑造山带；B：华北地台；C：秦岭-大别造山带；D：扬子地台(东)；E：华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 3.2.3 中国东部太古代和元古代花岗质片麻岩化学组成与元素丰度

Table 3.2.3 Chemical composition and elemental abundance of the Archean and Proterozoic granitic gneisses
in the eastern part of China

时代 Age	太古代 Archean					元古代 Proterozoic				
岩石 Rock	平均 Ave- rage	英云 闪长质 片麻岩 Tonalitic gneisses	奥长 花岗质 片麻岩 Trondh- jemitic gneisses	花岗 闪长质 片麻岩 Grano- dioritic gneisses	花岗 片麻岩 Granite gneisses	平均 Ave- rage	英云 闪长质 片麻岩 Tonalitic gneisses	奥长 花岗质 片麻岩 Trondh- jemitic gneisses	花岗 闪长质 片麻岩 Grano- dioritic gneisses	花岗 片麻岩 Granite gneisses
<i>N</i>	116	11	12	49	44	27	5	2	10	10
<i>t</i>	1013	80	86	466	381	238	37	16	95	90
SiO ₂	67.74	63.76	69.90	65.55	70.60	67.45	64.75	69.76	64.58	70.73
Al ₂ O ₃	14.56	15.37	14.41	14.85	14.14	14.50	15.43	14.58	14.52	13.77
Fe ₂ O ₃	1.68	2.11	1.58	1.69	1.61	1.44	2.12	1.02	1.57	1.43
FeO	2.00	2.73	1.37	2.98	1.09	2.66	2.77	1.74	3.38	2.25
MgO	1.63	2.37	1.30	2.18	0.88	1.76	2.40	1.62	2.32	1.12
CaO	2.70	4.69	2.87	3.29	1.62	2.14	3.62	1.64	2.64	1.15
Na ₂ O	3.68	3.84	4.82	3.65	3.50	3.58	4.09	4.96	3.06	3.10
K ₂ O	2.99	1.30	1.53	2.78	4.16	2.52	1.61	2.18	2.60	3.49
H ₂ O ⁺	1.14	1.44	1.05	1.24	1.05	1.43	1.95	1.26	1.54	1.31
CO ₂	0.24	0.31	0.26	0.29	0.18	0.51	0.41	0.64	0.59	0.29
Ag	0.057	0.054	0.048	0.059	0.053	0.055	0.044	0.045	0.061	0.058
As	0.79	0.92	0.60	0.83	0.74	1.11	2.45	0.60	1.31	0.83
Au	0.62	0.63	0.20	0.60	0.42	0.94	1.22	0.25	0.81	0.39
B	4.2	4.2	5.3	4.1	4.0	16	9.8	9.0	21	7.5
Ba	830	465	590	855	1000	630	650	730	655	610
Be	1.47	0.70	1.72	1.12	2.00	2.66	1.29	(3.67)	2.16	4.03
Bi	0.075	0.075	0.047	0.078	0.074	0.12	0.090	0.070	0.16	0.13
Cd	0.062	0.059	0.045	0.072	0.057	0.068	0.090	0.035	0.083	0.054
Cl	89	120	84	98	75	62	76	105	46	37
Co	11	18.5	6.7	15	5.8	11	14	8.4	16	8.1
Cr	41	61	8.6	63	18	40	43	12	75	33
Cs	1.59	1.19	0.68	1.88	1.56	3.44	2.26	1.20	3.99	5.23
Cu	18	32	7.7	26	11	20	38	16	24	10
F	500	465	345	570	390	525	405	345	585	610
Ga	18.2	18.5	18.3	18.6	17.9	18.5	18.6	16.0	19.4	18.6
Ge	0.99	0.86	0.80	1.07	0.99	1.20	1.10	0.58	1.16	1.53
Hf	4.77	3.65	3.61	4.62	5.66	5.30	4.00	3.96	5.19	7.14
Hg	6.7	5.3	7.0	6.5	6.0	5.8	6.6	8.5	5.1	4.0
Li	13.1	14.1	12.3	15.9	9.0	24.7	21.1	16.0	27.8	27.1
Mn	455	590	280	560	330	615	705	280	790	550
Mo	0.49	0.24	0.29	0.53	0.50	0.49	0.38	0.36	0.38	0.49
Nb	9.7	7.5	6.4	9.4	11	12	7.8	6.5	12	15
Ni	20	41	8.8	29	9.2	18	34	9.4	22	14

续表(Continued)

时代 Age	太古代 Archean					元古代 Proterozoic				
岩石 Rock	平均 Ave- rage	英云 闪长质 片麻岩 Tonalitic gneisses	奥长 花岗质 片麻岩 Trondh- jemitic gneisses	花岗 闪长质 片麻岩 Grano- dioritic gneisses	花岗 片麻岩 Granite gneisses	平均 Ave- rage	英云 闪长质 片麻岩 Tonalitic gneisses	奥长 花岗质 片麻岩 Trondh- jemitic gneisses	花岗 闪长质 片麻岩 Grano- dioritic gneisses	花岗 片麻岩 Granite gneisses
P	621	715	415	760	460	570	625	555	675	525
Pb	15.8	8.8	7.7	15.2	20.1	17.6	13.2	6.5	18.9	24.5
Pd	0.35	0.51	0.14	0.58	0.20	0.40	0.33	0.20	0.48	0.24
Pt	0.38	0.53	0.13	0.59	0.18	0.38	0.33	0.25	0.33	0.34
Rb	88	38	32	87	120	82	46	52	89	130
S	140	200	110	240	90	150	130	100	190	100
Sb	0.12	0.10	0.12	0.11	0.11	0.13	0.19	0.13	0.11	0.12
Sc	8.7	13.1	6.2	11.0	5.8	10.7	12.3	5.3	13.7	10.4
Se	0.056	0.060	0.037	0.075	0.039	0.043	0.045	0.039	0.078	0.029
Sn	1.10	0.98	0.84	1.09	1.13	1.41	1.08	0.75	1.37	2.39
Sr	365	435	420	410	285	250	495	300	265	140
Ta	0.52	0.32	0.41	0.50	0.64	0.69	0.43	0.34	0.69	0.98
Th	7.87	2.09	3.77	7.15	12.6	7.94	4.16	6.40	8.24	12.9
Ti	2560	2990	1970	3030	1960	3315	3465	1795	3985	3180
Tl	0.52	0.25	0.28	0.53	0.62	0.47	0.30	0.22	0.58	0.59
U	0.96	0.40	0.62	0.85	1.33	1.45	0.93	0.64	1.57	2.17
V	55	86	39	73	34	68	99	39	98	51
W	0.34	0.32	0.28	0.35	0.32	0.56	0.38	0.30	0.50	0.76
Zn	55	69	35	66	45	68	55	26	83	72
Zr	165	130	145	170	190	185	150	130	183	250
Y	14.8	11.1	7.5	15.0	18.2	17.4	11.8	10.0	18.5	23.5
La	34.3	21.6	18.5	33.6	43.4	34.7	23.4	36.0	30.3	42.2
Ce	67.4	41.2	37.0	65.4	86.9	68.8	42.7	66.0	63.2	82.8
Nd	27.6	20.1	17.1	27.3	34.2	30.8	19.5	27.2	28.6	37.2
Sm	4.36	3.36	3.07	4.45	5.32	5.24	3.40	3.80	5.27	6.54
Eu	1.08	1.11	0.84	1.16	1.10	1.24	1.06	0.99	1.25	1.37
Gd	3.70	2.26	2.09	3.29	5.60	3.71	2.24	3.35	3.74	4.52
Tb	0.52	0.44	0.44	0.53	0.66	0.72	0.44	0.36	0.77	0.96
Yb	1.45	1.13	1.26	1.44	1.91	2.23	1.61	0.76	2.34	3.12
Lu	0.23	0.18	0.18	0.24	0.30	0.36	0.23	0.12	0.38	0.51

文献(Literature): 鄢明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10^{-9} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10^{-9} ; other elements: 10^{-6} .

3.3 中国东部变粒岩化学组成与元素丰度

3.3 Chemical composition and elemental abundance of leptytes in the eastern part of China

表 3.3.1 中国东部酸性变粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.3.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic leptytes in the eastern part of China

岩石	平均	钾质酸性 变粒岩	钠质酸性 变粒岩	岩石	平均	钾质酸性 变粒岩	钠质酸性 变粒岩
Rock	Average	Kali acidic leptytes	Sodic acidic leptytes	Rock	Average	Kali acidic leptytes	Sodic acidic leptytes
<i>N</i>	25	19	6	<i>N</i>	25	19	6
<i>t</i>	254	215	39	<i>t</i>	254	215	39
SiO ₂	71.99	72.11	71.62	Os	(20)	-	-
TiO ₂	0.282	0.279	0.294	P	320	320	315
Al ₂ O ₃	13.81	13.69	14.18	Pb	16	19	9.0
Fe ₂ O ₃	1.57	1.57	1.55	Pd	0.19	0.20	0.17
FeO	0.96	0.95	1.00	Pt	0.25	0.28	0.25
MnO	0.039	0.041	0.034	Rb	92	105	52
MgO	0.78	0.79	0.74	Rh	(10)	-	-
CaO	1.43	1.24	2.02	Ru	(15)	-	-
Na ₂ O	3.58	3.28	4.55	S	110	120	80
K ₂ O	3.39	3.89	1.83	Sb	0.11	0.12	0.10
P ₂ O ₅	0.073	0.073	0.072	Sc	4.6	4.6	4.4
H ₂ O ⁺	1.30	1.34	1.17	Se	0.058	0.060	0.032
CO ₂	0.34	0.24	0.66	Sn	1.6	1.8	1.3
Ag	0.056	0.056	0.054	Sr	210	200	250
As	1.1	1.2	0.75	Ta	0.65	0.74	0.41
Au	0.65	0.51	0.74	Th	9.6	10.7	6.6
B	11	7.8	4.1	Ti	1690	1670	1760
Ba	770	810	640	Tl	0.48	0.52	0.37
Be	2.0	2.2	1.5	U	1.36	1.53	0.83
Bi	0.14	0.16	0.06	V	32	32	36
Br	-	-	-	W	0.53	0.52	0.57
Cd	0.07	0.08	0.04	Zn	43	45	35
Cl	62	65	77	Zr	165	175	150
Co	5.5	5.3	6.1	Y	20	22	13
Cr	16	20	14	La	33	36	26
Cs	1.8	2.0	1.2	Ce	64	69	49
Cu	12	13	9.4	Pr	7.3	7.9	5.5
F	355	370	255	Nd	26	28	20
Ga	17.0	17.0	17.0	Sm	4.8	5.4	3.1
Ge	1.1	1.3	0.9	Eu	0.87	0.92	0.73
Hf	5.1	5.3	4.5	Gd	4.4	4.8	3.0
Hg	5.8	6.0	5.0	Tb	0.75	0.83	0.45
Ir	(14)	-	-	Dy	4.5	4.8	2.6
Li	10	12	6.4	Ho	0.88	0.93	0.52
Mn	300	315	265	Er	2.3	2.5	1.5
Mo	0.62	0.68	0.50	Tm	0.36	0.39	0.23
Nb	12	13	9	Yb	2.23	2.53	1.43
Ni	8.1	7.4	10	Lu	0.34	0.38	0.22

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。
 含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。
 Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.3.2 中国东部中酸性变粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.3.2 Chemical composition and elemental abundance of acidic-intermediate leptytes in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Ave- rage	钾质中酸性 变粒岩 Kali acidic- intermediate leptytes	钠质中酸性 变粒岩 Sodic acidic- intermediate leptytes	岩石 Rock	平均 Ave- rage	钾质中酸性 变粒岩 Kali acidic- intermediate leptytes	钠质中酸性 变粒岩 Sodic acidic- intermediate leptytes
<i>N</i>	19	12	7	<i>N</i>	19	12	7
<i>t</i>	196	117	79	<i>t</i>	196	117	79
SiO ₂	66.23	66.00	66.64	P	580	560	600
TiO ₂	0.492	0.512	0.459	Pb	15	19	7.7
Al ₂ O ₃	15.10	14.93	15.39	Pd	0.48	0.60	0.22
Fe ₂ O ₃	2.53	2.32	2.85	Pt	0.51	0.63	0.31
FeO	1.71	2.04	1.18	Rb	85	110	45
MnO	0.062	0.063	0.059	Rh	(15)	-	-
MgO	2.06	2.37	1.53	Ru	(25)	-	-
CaO	2.76	2.65	2.95	S	140	180	70
Na ₂ O	3.67	3.26	4.36	Sb	0.20	0.21	0.07
K ₂ O	2.49	3.11	1.42	Sc	10	11	9.4
P ₂ O ₅	0.133	0.128	0.137	Se	0.060	0.060	0.060
H ₂ O ⁺	1.83	1.80	1.87	Sn	1.7	2.0	1.2
CO ₂	0.30	0.25	0.38	Sr	330	325	330
Ag	0.063	0.050	0.087	Ta	0.56	0.84	0.4
As	1.5	1.3	0.3	Th	8.2	10.7	2.9
Au	1.0	0.63	2.1	Ti	2950	3070	2750
B	14	22	5	Tl	0.53	0.71	0.23
Ba	740	860	535	U	1.38	1.84	0.35
Be	1.6	1.8	1.2	V	68	69	65
Bi	0.10	0.10	0.07	W	0.58	0.73	0.35
Cd	0.08	0.08	0.08	Zn	63	67	60
Cl	100	120	78	Zr	165	185	145
Co	12	12	12	Y	17	20	12
Cr	54	64	28	La	32	38	21
Cs	3.1	3.9	1.8	Ce	61	72	44
Cu	24	20	30	Pr	7.4	8.7	4.9
F	525	670	310	Nd	28	34	19.5
Ga	18.4	18.4	18.6	Sm	4.4	5.2	3.1
Ge	0.95	1.2	0.7	Eu	1.12	1.18	1.0
Hf	5.7	5.1	3.9	Gd	3.6	4.3	2.7
Hg	7.8	6.8	10	Tb	0.58	0.69	0.39
Ir	(24)	-	-	Dy	3.2	2.5	2.0
Li	22	28	14	Ho	0.63	0.79	0.41
Mn	480	490	460	Er	1.8	2.2	1.2
Mo	0.35	0.43	0.23	Tm	0.28	0.32	0.18
Nb	10	13	7.4	Yb	1.58	1.87	1.08
Ni	24	25	24	Lu	0.27	0.32	0.17
Os	(40)	-	-				

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.3.3 中国东部中性变粒岩和副变粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.3.3 Chemical composition and elemental abundance of intermediate leptytes and para-leptytes in the eastern part of China

岩石	中性变粒岩 Intermediate leptytes			副变粒岩	岩石	中性变粒岩 Intermediate leptytes			副变粒岩
	平均	黑云斜长 变粒岩	角闪斜长 变粒岩			平均	黑云斜长 变粒岩	角闪斜长 变粒岩	
Rock	Ave- rage	Biotite plagio- leptytes	Horn- blende plagio- leptytes	Para- leptytes	Rock	Ave- rage	Biotite plagio- leptytes	Horn- blende plagio- leptytes	Para- leptytes
<i>N</i>	19	7	12	19	<i>N</i>	19	7	12	19
<i>t</i>	115	44	71	336	<i>t</i>	115	44	71	336
SiO ₂	58.69	60.84	57.43	69.04	Os	(47)	-	-	-
TiO ₂	0.704	0.579	0.784	0.632	P	1050	1060	1050	450
Al ₂ O ₃	15.19	15.32	15.12	13.99	Pb	14	19	11.5	25
Fe ₂ O ₃	2.90	2.56	3.09	2.58	Pd	1.0	0.67	1.2	0.52
FeO	4.07	3.04	4.67	1.76	Pt	1.0	0.56	1.3	0.39
MnO	0.110	0.089	0.120	0.070	Rb	70	104	60	130
MgO	3.84	2.77	4.46	1.46	Rh	(70)	-	-	-
CaO	5.79	5.58	5.91	1.24	Ru	(45)	-	-	-
Na ₂ O	3.48	3.85	3.56	1.90	S	190	160	210	490
K ₂ O	2.25	3.10	1.75	3.21	Sb	0.15	0.10	0.17	0.28
P ₂ O ₅	0.241	0.243	0.241	0.103	Sc	16	12	20	11
H ₂ O ⁺	1.70	1.38	1.88	2.87	Se	0.060	0.050	0.080	0.10
CO ₂	0.46	0.53	0.42	0.42	Sn	1.3	2.5	1.1	2.9
Ag	0.055	0.076	0.056	0.060	Sr	450	620	400	140
As	1.3	0.9	2.2	2.0	Ta	0.55	0.57	0.55	0.94
Au	0.82	0.53	0.86	0.96	Th	4.8	6.2	3.9	12.3
B	8.6	7	9.7	18	Ti	4220	3470	4700	3790
Ba	690	880	540	740	Tl	0.41	0.57	0.37	0.81
Be	1.3	1.6	1.0	2.6	U	1.0	1.5	0.8	2.2
Bi	0.08	0.08	0.08	0.27	V	115	82	135	68
Cd	0.10	0.10	0.10	0.11	W	0.34	0.78	0.26	1.5
Cl	92	88	95	59	Zn	87	84	88	89
Co	22	15	26	10	Zr	175	170	175	225
Cr	100	58	130	50	Y	19	22	17.5	24
Cs	2.3	2.5	2.2	6.0	La	33	38	30	47
Cu	31	29	32	20	Ce	65	73	60	80
F	610	560	630	550	Pr	7.4	8.4	7.1	-
Ga	19.2	18.6	20.0	18.5	Nd	32	36	30	36
Ge	1.3	1.4	1.3	1.2	Sm	5.7	6.1	5.5	6.8
Hf	4.4	4.7	4.4	6.4	Eu	1.5	1.5	1.5	1.37
Hg	8.5	9	6.4	6.0	Gd	4.8	5.2	4.6	5.4
Ir	(35)	-	-	-	Tb	0.70	0.78	0.67	-
Li	15	16	14	34	Dy	3.7	4.0	3.6	-
Mn	850	690	930	545	Ho	0.74	0.83	0.71	-
Mo	0.34	0.36	0.33	0.59	Er	2.2	2.4	2.0	-
N	(24)	-	-	-	Tm	0.31	0.32	0.31	-
Nb	10.7	10.4	11.6	14.7	Yb	1.95	2.1	1.8	2.54
Ni	47	24	62	19	Lu	0.30	0.31	0.30	0.41

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

3.4 中国东部麻粒岩化学组成与元素丰度

3.4 Chemical composition and elemental abundance of granulites in the eastern part of China

表 3.4.1 中国东部酸性麻粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.4.1 Chemical composition and elemental abundance of acidic granulites in the eastern part of China

岩石	平均	花岗质 麻粒岩	花岗 闪长质 麻粒岩	英云 闪长质 麻粒岩	岩石	平均	花岗质 麻粒岩	花岗 闪长质 麻粒岩	英云 闪长质 麻粒岩
Rock	Ave- rage	Granitic granulites	Grano- dioritic granulites	Tonalitic granulites	Rock	Ave- rage	Granitic granulites	Grano- dioritic granulites	Tonalitic granulites
<i>N</i>	19	4	10	5	<i>N</i>	19	4	10	5
<i>t</i>	133	17	76	40	<i>t</i>	133	17	76	40
SiO ₂	65.83	70.92	64.53	64.36	Os	(14)	-	-	-
TiO ₂	0.514	0.292	0.594	0.534	P	740	400	1000	650
Al ₂ O ₃	15.00	14.69	15.04	15.17	Pb	12	13	15	7.5
Fe ₂ O ₃	1.90	1.08	2.08	2.21	Pd	0.37	0.2	0.27	1.3
FeO	2.85	1.63	3.10	3.33	Pt	0.36	0.17	0.29	1.6
MnO	0.076	0.045	0.079	0.087	Rb	60	60	77	28
MgO	2.02	0.90	2.14	2.67	Re	(0.25)	-	-	-
CaO	3.87	2.75	4.02	4.46	Rh	(20)	-	-	-
Na ₂ O	4.01	4.40	3.82	4.09	Ru	(19)	-	-	-
K ₂ O	2.38	2.52	2.79	1.43	S	330	-	380	440
P ₂ O ₅	0.170	0.092	0.229	0.149	Sb	0.10	0.10	0.060	0.17
H ₂ O ⁺	0.65	0.49	0.66	0.77	Sc	12	5	13	15
CO ₂	0.26	0.14	0.28	0.32	Se	0.080	0.07	0.080	0.090
Ag	0.052	0.060	0.054	0.050	Sn	0.9	0.7	1.1	1.0
As	0.6	0.8	0.5	0.9	Sr	450	380	470	480
Au	1.2	1.1	1.0	1.4	Ta	0.3	0.25	0.36	0.22
B	1.3	1.3	0.8	3.6	Th	2.1	3.3	2.8	1.1
Ba	780	730	1030	530	Ti	3080	1750	3560	3200
Be	0.9	1.1	0.9	0.7	Tl	0.43	0.45	0.49	0.28
Bi	0.045	0.070	0.040	0.040	U	0.34	0.35	0.47	0.20
Cd	0.065	0.050	0.070	0.060	V	80	38	88	97
Cl	100	47	110	125	W	(0.2)	(0.25)	(0.15)	(0.15)
Co	15	7.4	16	21	Zn	60	27	70	70
Cr	60	26	64	80	Zr	155	160	170	120
Cs	0.37	(0.3)	0.4	0.4	Y	13	9	14	11
Cu	21	7.3	23	38	La	28	24	32	22
F	365	200	440	400	Ce	52	42	60	42
Ga	18.4	16.8	19	18.4	Pr	6.0	(5.0)	7.0	(4.8)
Ge	1.0	0.71	1.0	1.2	Nd	24	(18)	26	20
Hf	4.3	4.7	4.8	3.1	Sm	3.8	2.4	4.5	3.2
Hg	6	8	7	6	Eu	1.2	0.87	1.4	0.95
In	(0.045)	-	-	-	Gd	3.1	2	3.5	2.5
Ir	(15)	-	-	-	Tb	0.42	0.25	0.48	0.4
Li	10	8	13	9	Dy	2.4	(1.5)	2.7	(2.1)
Mn	590	350	610	670	Ho	0.50	(0.28)	0.56	(0.4)
Mo	0.50	0.67	0.48	0.42	Er	1.4	(0.7)	1.7	(1.1)
N	(10)	-	-	-	Tm	0.20	(0.11)	0.24	(0.17)
Nb	8	6	10	6	Yb	1.3	0.64	1.6	1.1
Ni	26	16	23	39	Lu	0.18	0.10	0.23	0.17

文献(Literature): 鄢明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Re: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.4.2 中国东部中性麻粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.4.2 Chemical composition and elemental abundance of intermediate granulites in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	紫苏辉石 斜长麻粒岩 Hypersthene plagioclase granulites	二辉 斜长麻粒岩 Two-pyroxene plagioclase granulites	岩石 Rock	平均 Average	紫苏辉石 斜长麻粒岩 Hypersthene plagioclase granulites	二辉 斜长麻粒岩 Two-pyroxene plagioclase granulites
<i>N</i>	22	6	14	<i>N</i>	22	6	14
<i>t</i>	114	34	71	<i>t</i>	114	34	71
SiO ₂	57.07	58.76	56.84	Os	(26)	-	-
TiO ₂	0.834	0.667	0.876	P	1170	1020	1240
Al ₂ O ₃	16.12	16.21	16.06	Pb	9.2	13	8.7
Fe ₂ O ₃	3.25	2.61	3.41	Pd	1.5	1.3	1.6
FeO	4.88	4.39	4.97	Pt	1.5	1.5	1.5
MnO	0.129	0.108	0.138	Rb	31	42	26
MgO	3.73	3.21	3.81	Re	(0.3)	-	-
CaO	6.44	5.57	6.70	Rh	(60)	-	-
Na ₂ O	4.06	4.51	3.93	Ru	(35)	-	-
K ₂ O	1.83	2.17	1.71	S	70	460	500
P ₂ O ₅	0.268	0.234	0.284	Sb	0.090	0.070	0.090
H ₂ O ⁺	0.69	0.64	0.67	Sc	22	18	23
CO ₂	0.32	0.44	0.29	Se	0.11	0.090	0.13
Ag	0.057	0.060	0.056	Sn	0.8	0.9	0.7
As	0.9	1.3	1.0	Sr	610	770	520
Au	1.2	1.1	1.5	Ta	0.30	0.3	0.4
B	0.9	0.8	1.1	Th	0.8	1.4	0.6
Ba	670	850	640	Ti	5000	4000	5250
Be	0.33	0.4	0.2	Tl	0.22	0.31	0.25
Bi	0.18	0.22	0.12	U	0.30	0.32	0.28
Cd	0.10	0.095	0.095	V	145	120	150
Cl	100	50	125	W	(0.25)	(0.2)	(0.25)
Co	28	25	29	Zn	94	82	100
Cr	95	94	100	Zr	150	150	150
Cs	0.5	0.7	0.4	Y	18	13	16
Cu	36	30	35	La	29	29	29
F	620	560	630	Ce	58	56	59
Ga	20.6	20.5	20.5	Pr	7.0	6.4	6.8
Ge	1.2	1.05	1.1	Nd	28	25	27
Hf	3.9	3.9	4	Sm	5.5	5.0	5.8
Hg	7	7	7.5	Eu	1.7	1.4	1.8
In	(0.055)	-	-	Gd	4.7	3.8	5.0
Ir	(30)	-	-	Tb	0.73	0.56	0.78
Li	8.6	10	8	Dy	4.0	2.8	4.2
Mn	1000	840	1070	Ho	0.82	0.62	0.84
Mo	0.41	0.32	0.45	Er	2.2	1.7	2.3
N	(23)	-	-	Tm	0.31	0.25	0.32
Nb	8.6	7.5	9.5	Yb	1.9	1.5	2.0
Ni	42	33	42	Lu	0.28	0.24	0.31

文献(Literature): 郝明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt、Re: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶.Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Re: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.4.3 中国东部基性麻粒岩化学组成与元素丰度

Table 3.4.3 Chemical composition and elemental abundance of basic granulites in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	二辉麻粒岩 Two-pyroxene granulites	岩石 Rock	平均 Average	二辉麻粒岩 Two-pyroxene granulites
<i>N</i>	27	19	<i>N</i>	27	19
<i>t</i>	83	50	<i>t</i>	83	50
SiO ₂	49.18	48.81	P	880	770
TiO ₂	1.174	1.094	Pb	9.4	8.6
Al ₂ O ₃	13.78	13.53	Pd	2.8	2.7
Fe ₂ O ₃	5.09	4.75	Pt	3.2	3.1
FeO	8.74	9.38	Rb	17	13
MnO	0.191	0.191	Re	(0.4)	-
MgO	6.74	7.16	Rh	(140)	-
CaO	10.06	10.43	Ru	(90)	-
Na ₂ O	2.48	2.51	S	940	1050
K ₂ O	0.77	0.69	Sb	0.11	0.12
P ₂ O ₅	0.202	0.176	Sc	44	46
H ₂ O ⁺	0.95	0.79	Se	0.28	0.30
CO ₂	0.30	0.24	Sn	1.1	1.1
Ag	0.060	0.062	Sr	210	190
As	0.9	0.8	Ta	0.5	0.4
Au	1.6	1.8	Th	1.2	0.8
B	4.7	4.1	Ti	7040	6560
Ba	220	200	Tl	0.20	0.22
Be	0.2	0.15	U	0.30	0.30
Bi	0.22	0.28	V	280	275
Cd	0.13	0.14	W	(0.3)	(0.3)
Cl	110	120	Zn	125	120
Co	57	61	Zr	105	90
Cr	175	195	Y	20	17
Cs	0.7	0.5	La	15	11.5
Cu	66	73	Ce	30	23
F	760	720	Pr	3.8	3.1
Ga	18.6	18.3	Nd	16.5	14
Ge	1.3	1.3	Sm	4.25	3.6
Hf	2.6	2.3	Eu	1.45	1.3
Hg	9	12	Gd	4.5	4.3
In	(0.07)	-	Tb	0.76	0.72
Ir	(35)	-	Dy	4.6	4.4
Li	10	8.6	Ho	1.0	0.90
Mn	1480	1480	Er	2.9	2.5
Mo	0.53	0.6	Tm	0.44	0.40
N	(21)	-	Yb	2.75	2.4
Nb	9	8	Lu	0.44	0.40
Ni	81	94			

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt、Re: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, and Re: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

3.5 中国东部斜长角闪岩和绿片岩化学组成与元素丰度

3.5 Chemical composition and elemental abundance of amphibolites and greenschists in the eastern part of China

表 3.5.1 中国东部斜长角闪岩化学组成与元素丰度

Table 3.5.1 Chemical composition and elemental abundance of amphibolites in the eastern part of China

岩石 Rock	平均 Average	a	b	c	d	岩石 Rock	平均 Average	a	b	c	d
N	77	6	40	22	4	N	77	6	40	22	4
t	628	67	366	161	24	t	628	67	366	161	24
SiO ₂	49.72	48.95	49.90	49.77	48.91	Os	(140)	-	-	-	-
TiO ₂	1.238	0.874	1.368	1.108	1.204	P	830	970	1020	570	510
Al ₂ O ₃	13.72	15.40	13.85	13.30	14.10	Pb	12.3	15	14	11	11.5
Fe ₂ O ₃	4.38	4.09	4.50	4.45	4.00	Pd	2.2	2.6	1.6	2.8	1.7
FeO	7.60	5.94	7.53	7.92	8.82	Pt	2.6	2.7	2.0	2.8	2.6
MnO	0.207	0.155	0.213	0.209	0.231	Rb	29	66	37	15	10
MgO	7.35	7.48	6.90	7.64	7.49	Rh	150	-	-	-	-
CaO	9.11	9.10	8.54	9.79	9.75	Ru	(230)	-	-	-	-
Na ₂ O	2.48	3.11	2.60	2.18	2.35	S	270	320	340	170	180
K ₂ O	1.00	1.84	1.16	0.64	0.29	Sb	0.14	0.17	0.15	0.14	0.10
P ₂ O ₅	0.190	0.222	0.234	0.131	0.117	Sc	39	26	38	41	48
H ₂ O ⁺	2.10	1.91	2.20	2.15	2.18	Se	0.11	0.11	0.10	0.11	0.16
CO ₂	0.40	0.75	0.45	0.33	0.65	Sn	1.1	1.4	1.1	0.90	0.70
Ag	0.053	0.050	0.057	0.050	0.068	Sr	240	360	250	210	210
As	1.6	3.6	1.2	0.9	1.0	Ta	0.47	0.47	0.62	0.35	0.3
Au	1.2	0.62	0.90	2.1	1.8	Th	1.5	3.2	1.8	0.9	0.4
B	10	13	10	7.5	11	Ti	7420	5240	8200	6640	7220
Ba	260	540	350	145	53	Tl	0.23	0.23	0.27	0.15	0.16
Be	0.4	0.5	0.5	0.35	0.3	U	0.50	1.0	0.58	0.30	(0.2)
Bi	0.11	0.11	0.12	0.13	0.095	V	260	185	250	280	320
Cd	0.12	0.13	0.12	0.12	0.14	W	0.44	0.38	0.48	0.38	0.37
Cl	165	340	170	175	70	Zn	120	110	125	115	115
Co	49	47	47	50	52	Zr	110	105	135	83	85
Cr	240	190	165	275	210	Y	17	16.5	18	16	17
Cs	1.0	1.2	1.3	0.74	0.7	La	14	24	17.5	10	5
Cu	58	46	56	60	106	Ce	28	47	35	20	11
F	740	1470	760	450	310	Pr	3.7	5.8	4.5	2.6	1.5
Ga	18.7	19.5	19.5	17.9	17.8	Nd	16	25	19.5	11.5	7
Ge	1.4	1.0	1.4	1.4	1.8	Sm	3.9	4.8	4.5	3.1	2.3
Hf	2.6	2.8	3.3	2.0	1.8	Eu	1.4	1.6	1.6	1.07	1.05
Hg	8.5	8	10	7	6	Gd	4.3	4.5	4.8	3.5	2.7
In	(0.07)	-	-	-	-	Tb	0.71	0.70	0.84	0.58	0.50
Ir	(85)	-	-	-	-	Dy	4.4	4.3	5.0	3.6	3.3
Li	11	12	12	7	13	Ho	0.85	0.90	1.0	0.75	0.77
Mn	1600	1200	1650	1620	1790	Er	2.6	2.2	2.9	2.2	2.5
Mo	0.28	0.26	0.33	0.21	0.2	Tm	0.9	0.34	0.42	0.34	0.40
N	20	-	-	-	-	Yb	2.4	2.0	2.6	2.1	2.6
Nb	9	9	11	8	6.5	Lu	0.37	0.32	0.40	0.34	0.41
Ni	96	125	83	110	93						

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。
含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。
a：碱性玄武质斜长角闪岩(alkali basaltic amphibolites)；b：钙碱性玄武质斜长角闪岩(calc-alkali basaltic amphibolites)；c：拉斑玄武质斜长角闪岩(tholeiitic basaltic amphibolites)；d：低钾拉斑玄武质斜长角闪岩(low-potassium tholeiitic basaltic amphibolites)
Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.5.2 中国东部各构造单元斜长角闪岩化学组成与元素丰度

Table 3.5.2 Chemical composition and elemental abundance of amphibolites in the geotectonic units of the eastern part of China

区域 Region	A	B	C	D	E	区域 Region	A	B	C	D	E
<i>N</i>	3	51	13	5	5	<i>N</i>	3	51	13	5	5
<i>t</i>	15	388	135	31	59	<i>t</i>	15	388	135	31	59
SiO ₂	47.03	50.06	49.48	49.04	48.55	P	1190	740	970	910	1100
TiO ₂	1.653	1.086	1.438	1.540	1.323	Pb	16	11	19	21	13
Al ₂ O ₃	14.89	13.73	13.85	12.36	13.49	Pd	0.27	2.0	2.3	3.8	5.5
Fe ₂ O ₃	4.50	4.41	3.97	5.60	3.75	Pt	0.23	2.6	3.0	4.8	3.8
FeO	7.53	7.51	7.88	7.81	7.51	Rb	11	27	33	22	45
MnO	0.391	0.195	0.210	0.306	0.241	Rh	-	(150)	(170)	-	-
MgO	6.65	7.36	6.86	7.65	8.52	Ru	-	(250)	(190)	-	-
CaO	10.79	9.10	8.55	9.73	8.86	S	100	220	560	910	220
Na ₂ O	3.04	2.50	2.55	2.22	2.00	Sb	0.46	0.12	0.17	0.094	0.15
K ₂ O	0.51	1.01	1.02	0.77	1.29	Sc	41	38	39	53	36
P ₂ O ₅	0.273	0.170	0.222	0.209	0.252	Se	0.060	0.10	0.11	0.20	0.080
H ₂ O ⁺	2.29	2.19	2.98	2.60	2.63	Sn	1.0	1.0	1.3	1.0	1.6
CO ₂	0.10	0.33	0.56	0.25	0.98	Sr	270	245	235	305	235
Ag	0.040	0.058	0.040	0.063	0.060	Ta	0.42	0.40	0.77	0.49	0.77
As	3.5	1.2	2.2	0.64	1.2	Th	0.6	1.3	1.8	1.8	2.2
Au	0.97	1.3	1.3	1.0	0.77	Ti	9910	6510	8620	9230	7930
B	6.1	10	10	7	13	Tl	0.10	0.22	0.24	0.30	0.40
Ba	105	240	305	265	380	U	0.3	0.49	0.54	0.86	0.57
Be	0.87	0.43	0.21	0.84	0.70	V	296	240	282	356	238
Bi	0.23	0.12	0.090	0.13	0.090	W	0.41	0.37	0.56	0.53	0.71
Cd	0.17	0.11	0.10	0.14	0.16	Zn	142	116	115	133	138
Cl	225	185	110	180	40	Zr	135	95	140	125	130
Co	42	49	48	56	520	Y	20	16	20	18	18
Cr	135	237	237	223	370	La	11	14	15	15	18
Cs	1.1	0.83	1.5	1.0	2.3	Ce	20	28	30	27	36.5
F	350	785	620	670	880	Pr	2.8	3.6	3.7	3.2	4.1
Ga	19.7	18.5	19.8	19.2	18.4	Nd	15	15.5	16.5	16	20
Ge	1.30	1.35	1.15	1.90	2.10	Sm	4.3	3.6	4.3	4.6	3.9
Hf	3.8	2.3	3.3	3.1	2.5	Eu	1.7	1.3	1.56	1.6	1.55
Hg	3.7	6.7	22	4	5	Gd	4.2	3.3	4.2	4.4	3.8
Ir	-	(80)	(100)	-	-	Tb	0.90	0.69	0.96	0.97	0.93
Li	14	8.3	14	8.6	33	Dy	4.1	3.8	5.0	4.2	3.8
Mn	3030	1510	1630	2370	1870	Ho	1.0	0.9	1.1	1.0	1.0
Mo	0.14	0.25	0.48	0.23	0.18	Er	3.3	2.4	3.0	2.7	3.0
N	-	(20)	(30)	-	-	Tm	0.50	0.36	0.40	0.55	0.45
Nb	9.7	8.3	12	9	13.4	Yb	3.1	2.1	2.7	2.4	3.1
Ni	52	105	83	105	125	Lu	0.49	0.35	0.38	0.52	0.40
Os	-	(140)	(110)	-	-						

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。

A: 内蒙兴安-吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭-大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

A: Inner Mongolia Hinggan-Jilin-Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling-Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 3.5.3 中国东部绿片岩化学组成与元素丰度

Table 3.5.3 Chemical composition and elemental abundance of greenschists in the eastern part of China

<i>N</i>	16	<i>N</i>	16	<i>N</i>	16
<i>t</i>	112	<i>t</i>	112	<i>t</i>	112
SiO ₂	51.47	F	450	Ta	0.40
TiO ₂	0.944	Ga	17.2	Th	2.3
Al ₂ O ₃	13.85	Ge	1.3	Ti	5660
Fe ₂ O ₃	4.38	Hf	2.8	Tl	0.33
FeO	6.46	Hg	4	U	0.64
MnO	0.177	Ir	(95)	V	220
MgO	7.00	Li	20	W	0.42
CaO	7.48	Mn	1370	Zn	115
Na ₂ O	2.39	Mo	0.20	Zr	110
K ₂ O	1.19	N	(18)	Y	19
P ₂ O ₅	0.156	Nb	9	La	19
H ₂ O ⁺	3.15	Ni	125	Ce	36
CO ₂	0.76	Os	(140)	Pr	4.5
Ag	0.058	P	680	Nd	18.5
As	2.6	Pb	12	Sm	4.2
Au	1.3	Pd	3.2	Eu	1.40
B	12.5	Pt	2.8	Gd	3.7
Ba	340	Rb	36	Tb	0.69
Be	0.30	Rh	(180)	Dy	4.2
Bi	0.070	Ru	(200)	Ho	0.90
Cd	0.090	S	130	Er	2.5
Cl	71	Sb	0.32	Tm	0.35
Co	46	Sc	32	Yb	2.2
Cr	275	Se	0.040	Lu	0.35
Cs	1.8	Sn	1.0		
Cu	72	Sr	220		

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

3.6 中国东部大理岩和石英岩化学组成与元素丰度

3.6 Chemical composition and elemental abundance of marbles and quartzites in the eastern part of China

表 3.6.1 中国东部大理岩化学组成与元素丰度

Table 3.6.1 Chemical composition and elemental abundance of marbles in the eastern part of China

岩石 Rock	大理岩 Marbles			富硅铝大理岩 Sialic-rich marbles	岩石 Rock	大理岩 Marbles			富硅铝大理岩 Sialic-rich marbles
	平均 Average	方解石大理岩 Calcite-marbles	白云石大理岩 Dolomite-marbles			平均 Average	方解石大理岩 Calcite-marbles	白云石大理岩 Dolomite-marbles	
<i>N</i>	38	19	19	12	<i>N</i>	38	19	19	12
<i>t</i>	400	150	250	151	<i>t</i>	400	150	250	151
SiO ₂	8.09	7.00	9.03	30.09	Ni	3.8	3.7	4.2	6.8
TiO ₂	0.044	0.048	0.040	0.138	Os	27	(34)	(20)	(34)
Al ₂ O ₃	0.96	1.02	0.91	3.94	P	150	160	130	265
Fe ₂ O ₃	0.26	0.26	0.27	0.53	Pb	8.6	9.6	8.3	12
FeO	0.33	0.30	0.35	1.01	Pd	(0.16)	(0.11)	(0.08)	(0.21)
MnO	0.045	0.044	0.048	0.075	Pt	(0.15)	(0.11)	(0.06)	(0.17)
MgO	10.56	3.41	16.74	10.76	Rb	7	8	6	32
CaO	39.14	47.51	31.91	24.84	Rh	(4)	(6)	(2)	(10)
Na ₂ O	0.11	0.12	0.11	0.57	Ru	15	(13)	(16)	(22)
K ₂ O	0.23	0.23	0.23	1.07	S	160	210	130	110
P ₂ O ₅	0.034	0.037	0.030	0.060	Sb	0.23	0.20	0.27	0.26
H ₂ O ⁺	1.02	0.82	1.20	1.48	Sc	1.1	1.2	0.9	3.1
CO ₂	38.72	38.74	38.70	25.33	Se	0.040	0.033	0.040	0.030
Ag	0.042	0.043	0.040	0.058	Sn	0.5	0.7	0.4	0.7
As	2.5	3.2	2.0	2.1	Sr	225	510	140	210
Au	0.42	0.39	0.43	0.57	Ta	0.080	0.090	0.070	0.30
B	6	2.7	8	15	Th	0.90	1.2	0.70	3.3
Ba	155	165	84	265	Ti	265	290	240	830
Be	0.54	0.6	0.44	(0.5)	Tl	0.16	0.15	0.16	0.40
Bi	0.064	0.060	0.060	0.090	U	0.77	0.96	0.6	1.0
Br	(1.0)	—	-	-	V	12	13	11	26
Cd	0.096	0.15	0.060	0.054	W	0.56	0.35	0.44	0.57
Cl	68	44	106	82	Zn	18	20	16	32
Co	1.6	1.8	1.4	3.3	Zr	13	14	12	64
Cr	5.5	5.6	5.4	16	Y	3.1	3.5	2.7	9.0
Cs	0.46	0.50	0.46	1.3	La	5.4	7.0	3.5	13
Cu	4	4	4	8.6	Ce	10	13	7.0	25
F	310	280	340	530	Pr	1.2	1.5	0.8	2.8
Ga	1.6	1.6	1.5	5.3	Nd	4.5	6.0	3.2	11
Ge	0.3	0.28	0.3	0.7	Sm	0.8	1.05	0.58	2.0
Hf	0.29	0.4	0.25	1.8	Eu	0.2	0.25	0.15	0.48
Hg	9	10	7	11	Gd	0.70	1.0	0.56	2.2
I	(0.14)	-	-	-	Tb	0.11	0.14	0.085	0.35
Ir	(6)	(8)	(4)	(10)	Dy	0.55	0.75	0.45	1.8
Li	8.6	11	6	11	Ho	0.11	0.15	0.08	0.36
Mn	350	340	370	580	Er	0.28	0.35	0.23	0.95
Mo	0.36	0.38	0.35	0.42	Tm	0.038	0.045	0.03	0.13
N	55	(32)	(75)	(57)	Yb	0.25	0.30	0.20	0.80
Nb	(3.3)	(3.2)	(3.4)	5.5	Lu	0.035	0.04	0.03	0.12

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。
 含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。
 Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 3.6.2 中国东部石英岩化学组成与元素丰度

Table 3.6.2 Chemical composition and elemental abundance of quartzites in the eastern part of China

岩石 Rock	石英岩 Quartzites	长石 石英岩 Feldspar- quartzites	磁铁 石英岩 Magnetite quartzites	岩石 Rock	石英岩 Quartzites	长石 石英岩 Feldspar- quartzites	磁铁 石英岩 Magnetite quartzites
<i>N</i>	14	12	7	<i>N</i>	14	12	7
<i>t</i>	189	143	39	<i>t</i>	189	143	39
SiO ₂	93.61	84.04	51.17	Os	(20)	(50)	(24)
TiO ₂	0.158	0.245	0.267	P	115	220	820
Al ₂ O ₃	2.68	6.12	2.81	Pb	4.3	7	13
Fe ₂ O ₃	0.71	1.04	26.13	Pd	0.15	0.33	0.49
FeO	0.32	1.01	12.94	Pt	0.17	0.32	0.50
MnO	0.012	0.031	0.156	Rb	18	60	12
MgO	0.20	0.01	2.06	Rh	(6)	(15)	(13)
CaO	0.17	1.28	2.42	Ru	(20)	(40)	(13)
Na ₂ O	0.21	0.79	0.54	S	200	170	1240
K ₂ O	0.79	1.75	0.33	Sb	0.13	0.13	0.15
P ₂ O ₅	0.026	0.050	0.188	Sc	2.1	4	4.7
H ₂ O ⁺	0.64	1.06	0.88	Se	0.040	0.065	0.14
CO ₂	0.36	0.96	0.21	Sn	0.7	0.9	0.4
C _{org}	0.16	0.35	0.10	Sr	22	44	70
Ag	0.056	0.050	0.050	Ta	0.30	0.50	0.20
As	2.2	1.8	1.1	Th	3.8	6.2	0.80
Au	1.5	0.70	1.4	Ti	950	1470	1600
B	24	31	2	Tl	0.20	0.36	0.090
Ba	140	330	95	U	0.9	1.4	0.45
Be	0.5	1.2	0.5	V	21	46	63
Bi	0.11	0.13	0.090	W	0.41	0.73	0.30
Cd	0.040	0.050	0.040	Zn	10	26	87
Cl	31	48	80	Zr	150	130	63
Co	2.6	4.4	8.5	Y	8.0	14	8.0
Cr	12	16	30	La	12	21	7.6
Cs	1.3	1.9	0.34	Ce	24	40	14.7
Cu	4	12	21	Pr	2.5	4.3	1.6
F	120	280	290	Nd	10	19	6.5
Ga	4.6	7.8	9.2	Sm	1.8	3.1	1.4
Ge	1.4	1.6	3.4	Eu	0.38	0.62	0.5
Hf	4.2	3.6	1.0	Gd	1.8	3.0	1.5
Hg	7.5	6	5	Tb	0.28	0.46	0.26
Ir	(20)	(25)	(35)	Dy	1.6	2.6	1.6
Li	7	10	5	Ho	0.32	0.52	0.33
Mn	90	240	1210	Er	0.9	1.5	1.0
Mo	0.44	0.54	0.75	Tm	0.13	0.23	0.16
N	(12)	(12)	(15)	Yb	0.90	1.5	0.95
Nb	6	8	9	Lu	0.13	0.24	0.16
Ni	4	11	22				

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; Ir、Os、Rh、Ru: 10⁻¹²; 其它元素: 10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

第四章 疏松沉积物化学元素平均含量

Chapter 4 Average Concentration of Chemical Elements in Loose Sediments

疏松沉积物主要包括土壤、水系沉积物、泛滥平原沉积物、河流沉积物、浅海沉积物等。不同介质的化学组成既是其所在区域的地球化学特征的反映，也是地球演化过程中复杂地质作用的反映，是开展基础地质研究、矿产资源勘查评价、生态环境与农业领域研究与应用的重要基础地球化学资料。土壤是地壳表层的重要组成部分和生物赖以生存的主要场所，为地质、地球化学、农业和生态环境研究的主要对象。全面了解土壤的化学组成和元素丰度，研究其在表生作用中的习性和特征具有重要意义。其中黄土作为典型的大陆上部地壳的代表物质，为大陆上部地壳的化学组成的研究提供了理想的天然样品，因此黄土的化学组成与元素丰度也一直受到地球化学工作者的重视。沉积物为区域地球化学勘查的重要介质，其化学组成可以为广大地区元素含量的地理分布规律、区域找矿与矿产预测、区域地球化学填图、生态环境与农业地球化学评价以及其它领域的研究提供基础地球化学资料。

本书仅列出了近20多年来有代表性的中国土壤、水系沉积物、泛滥平原沉积物、河流沉积物和浅海沉积物与欧洲土壤、水系沉积物和泛滥平原沉积物以及美国土壤的化学元素平均含量。

表4.1列出了中国土壤和中国黄土的元素含量背景值，以及中国东部平原土壤的生态地球化学基准值。

鄢明才等（1997a）于1986~1995年采集、分析了中国122件山地岩成土壤和32件洪积物土壤组合样品，采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值的方法，以算术平均值给出了中国土壤79种化学元素和主成分的平均含量（表4.1）。

朱立新等（2006）发表了中国东部平原78种元素和主成分的深部土壤生态地球化学基准值（表4.1和表4.3）。2003~2005年，国家科技部社会公益项目“中国土壤生态地球化学基准值及数据库研究”在中国东部三江平原、松嫩平原、辽河平原、华北平原、长江中下游平原以及南阳盆地和珠江三角洲平原面积约 $85 \times 10^4 \text{ km}^2$ 范围内系统采集517件平原土壤组合样品，分析了每件样品的88项指标（元素和主成分78项，土壤粒级组成3项，常见矿物组成5项以及pH值和电导率）。采样密度为1个组合样品/1:10万图幅（面积约1600 km^2 ），采样深度为150~175 cm。表4.1和表4.2中给出的元素基准值为所有数据计算后得到的算术平均值，数据没有经过任何剔除。

中国环境监测总站（1990）及魏复盛等（1991）发表了中国A层土壤61种化学元素和主成分的环境背景值（表4.1和表4.2），此外中国环境监测总站（1990）还列出了中国C层土壤13种元素的环境背景值（表4.2）。1986~1990年，国家重点科技攻关专题“全国土壤背景值调查研究”在全国范围内共采集了4095个典型剖面上的A层和C层土壤样品（11500件），测试了As、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、Mn、Ni、Pb、Se、V、Zn等13种元素的含量。从4095个典型剖面中选择了862个作为主剖面的A层样品，加测了48种元素。采样密度为1个土壤剖面/1600 km^2 （中国东部），1个土壤剖面/2500 km^2 （中国中部），1个土壤剖面/6400 km^2 （中国西部），A层土壤采样深度为0~20 cm，C层约为100 cm。表4.1和表4.2中给出的算术平均值和几何平均值分别是反复叠代剔除 $X \pm 3s$ 和 $M/D^3 \sim M \cdot D^3$ （M：几何平均值，D：几何标准差）范围以外的离群值的结果。

吴明清等（1995）在中国黄土高原采集和分析了147件黄土样品，发表了中国黄土55种元素和主成分的含量（表4.1）。同时在表4.1中，列出了中国环境监测总站（1990）给出的中国黄土（A层）61种

元素的环境背景值以及国家一级土壤地球化学标准物质（GSS-8）（样品采自陕西省洛川县秦家寨具代表性的黄土剖面，制备重量1550kg）73种元素和成分的标准值。

从20世纪60年代起，美国地质调查所为建立土壤中元素的基线值，开展了一系列的区域土壤背景值调查工作。在美国大陆本土上以80 km × 80 km间隔采集了1318个土壤和其它风化物（regoliths）样品，采样剖面深度约为20 cm，采样粒度约为2 mm。此项研究分为两个阶段进行：第一阶段（1961 ~ 1971年），对963个样点采集样品，以光谱半定量为主，分析测试了35个元素。第二阶段（1971 ~ 1984年），又补采了355个样品，前后共分析了近50个元素。1984年Shacklette and Boerngen发表了“美国连片大陆土壤及地表物质中元素含量”的专项报告，给出了46个元素的土壤背景值。1988年，美国地质调查所又阿拉斯加州采集了437件土壤样品，Shacklette等完成了阿拉斯加州土壤环境背景值的调查报告，其中涉及到35个元素的环境背景值。至此，美国完成了全国土壤元素背景值的调查研究。美国的土壤元素背景值列于表4.2。

表4.2和表4.4列出了Salminen等（2005）发表的欧洲土壤和沉积物的63种元素和主成分的平均含量。1996 ~ 2005年，欧洲地球化学基准值填图计划（FOREGS Geochemical Baseline Mapping Project）按照全球参考网格，在每个格子（160 km × 160 km）里布置了5个采样点。在欧洲（除俄罗斯以外）420 × 10⁴ km²面积的范围内共采集了852件表层土壤（在0 ~ 25 cm深度范围内采集去除表面有机质层的土壤样品，粒度小于2 mm）、790件底层土壤（在50 ~ 200 cm深度范围内采集约25 cm厚的底部C层土壤样品，粒度小于2 mm）、802件水系沉积物（粒度小于0.150 mm）和751件泛滥平原沉积物（采集上部0 ~ 25 cm层位样品，粒度小于2mm）。

表4.2还列出了Bowen（1979）根据1959 ~ 1979年不同作者发表的不同国家的土壤元素含量的34篇文献得到的土壤化学元素含量的中值和数据范围。

自1978年开始的中国1:20万区域化探全国扫面计划（RGNR），到目前为止已经覆盖了全国640万 km²的疆土面积，采集了数百万件的水系沉积物样品，采样密度为1个样/（1~4）km²（中国东部），1个样/（4~16）km²（中国西部），使用高灵敏度和高精度定量分析方法并以地球化学标准物质监控分析质量测试了39种元素的含量。本书和任天祥等（1993）分别以869幅和530幅1:20万化探扫面图幅平均值数据为基础，采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值的方法，以算术平均值作为中国水系沉积物39种元素含量的背景值（表4.5）。任天祥等（1998）以837幅1:20万区域化探扫面图幅中44422个1:2.5万图幅为单元的数据平均值为基础，采用反复叠代剔除 $X \pm 3s$ 范围以外的离群值的方法，计算了中国及其不同景观区39种元素的背景值（表4.6）。

泛滥平原沉积物作为全球地球化学填图的首选采样介质，因其最能反映大面积内地质体化学元素的平均分布规律并具有普遍的适用性，其化学组成研究一直受到广泛重视。作为IGCP360的试验性研究项目，1992 ~ 1995年原地质矿产部重点基础研究项目“全国地球化学监控网络及全国动态地球化学图”，在中国529个点位分别采集和分析了泛滥平原沉积物上、下层样品[在5 ~ 25cm深度范围内采集上层样品，在80 ~ 120cm深度范围内采集下层样品，采样介质为细粒泥质粉沙或粉沙质泥（粒度0.10mm），采样密度为中国东部和南部5000 ~ 10000 km²，中国西部和北部30000 ~ 50000 km²]，进行了泛滥平原沉积物在全球地球化学填图适用性的研究，采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值的方法，以算术平均值作为中国泛滥平原沉积物63种元素和主成分的平均含量（表4.5）。

1999 ~ 2005年，中国地质调查局项目“中国西南四省区76种元素区域化探图编制试点研究”利用四川省、贵州省、云南省、广西壮族自治区和重庆市原1:20万区域化探扫面水系沉积物样品，将每一个1:5万图幅（约400 km²）内的所有样品进行组合，测试了2706件组合样品。谢学锦等（2008）采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值的方法，以算术平均值作为中国西南地区76种元素和主成分的平均含量（表4.5）。

赵一阳和鄢明才（1994）选取分析了286件有代表性的中国浅海沉积物样品，样品均匀分布在渤海、黄海、东海和南海水深小于200m的大陆架浅海范围内。为了对比，同时还选取分析了26件冲绳海槽的沉积物样品，以及黄河、长江、珠江沉积物及西太平洋褐色粘土样品，研究了中国浅海沉积物的地球化学特征。赵一阳和鄢明才（1994）采用一次剔除 $X \pm 2s$ 范围以外的离群值的方法，以算术平均值作为中国浅海沉积物、河流沉积物63种元素和主成分的平均含量（表4.5和表4.7）。

数据表中，N为被分析的样品数，带圆括号的元素含量为参考值，带“-”的未给值。

表 4.1 中国土壤化学元素含量

Table 4.1 Concentrations of chemical elements of soils in China

文献 Literature	A	B	C		D	E
土壤 Soils	中国土壤 Soils in China	中国东部平原土壤 Soils in plains of eastern China	中国土壤(A层) Topsoils in China	中国黄土 Loess in China	中国黄土 Loess in China	黄土 Loess (GSS-8)
参数 Parameter	算术均值 AM	算术均值(基准值) AM (Baseline)	算术均值 AM	算术均值 AM	算术均值 AM	标准值 CV
N	154	517	4095, 862	330, 70	147	
SiO ₂	65.0	66.0	-	-	59.8	58.6
Al ₂ O ₃	12.6	13.5	12.5	11.8	11.9	11.9
TFe ₂ O ₃	4.7	4.7	4.2	4.1	-	4.5
Fe ₂ O ₃	-	3.9	-	-	2.8	-
FeO	1.2	0.74	-	-	1.3	1.2
MgO	1.8	1.6	1.3	1.7	2.4	2.4
CaO	3.2	2.9	2.2	4.1	7.8	8.3
Na ₂ O	1.6	1.6	1.5	1.8	1.8	1.7
K ₂ O	2.5	2.5	2.3	2.2	2.3	2.4
H ₂ O ⁺	4.2	3.9	-	-	4.0	3.3
CO ₂	2.7	2.0	-	-	5.5	6.0
C _{org}	(0.35)	0.34	-	-		(0.31)
Ag	0.080	0.072	0.13	0.14	0.07	0.060
As	10	10	11	11	-	13
Au	1.4	1.6	-	-	-	1.4
B	40	48	48	43	63	54
Ba	500	565	470	480	515	480
Be	1.8	2.3	2.0	1.9	2.0	1.9
Bi	0.30	0.31	0.37	0.29	-	0.30
Br	(3.5)	2.6	5.4	2.7	-	(2.6)
Cd	0.090	0.12	0.097	0.095	-	0.13
Cl	68	135	-	-	-	68
Co	13	13	13	12	18	13
Cr	65	65	61	59	64	68
Cs	7.0	7.5	8.2	6.3	7.0	7.5
Cu	24	23	23	21	21	24
F	480	510	480	435	485	577
Ga	17.0	15.7	17.5	16.9	-	14.8
Ge	1.3	1.4	1.7	1.7	-	1.3
Hf	7.4	8.5	7.7	8.2	7.0	7.0
Hg	40	25	65	29	-	17
I	(2.2)	2.2	3.8	1.8	-	1.6
In	(0.055)	0.054	0.068	0.066	-	(0.043)
Ir	22	-	-	-	-	-
Li	30	36	32	31	32	35
Mn	600	705	583	569	465	650
Mo	0.8	0.57	2.0	0.9	1.4	1.2
N	640	440	-	-	-	-
Nb	16	15.5	-	-	10.4	15

续表(Continued)

文献 Literature	A	B	C		D	E
土壤 Soils	中国土壤 Soils in China	中国东部平原土壤 Soils in plains of eastern China	中国土壤(A层) Topsoils in China	中国黄土 Loess in China	中国黄土 Loess in China	黄土 Loess (GSS-8)
参数 Parameter	算术均值 AM	算术均值(基准值) AM (Baseline)	算术均值 AM	算术均值 AM	算术均值 AM	标准值 CV
Ni	26	30	27	28	34	32
Os	40	-	-	-	-	-
P	520	475	-	-	700	775
Pb	23	23	26	22	28	21
Pd	0.65	0.52	-	-	-	-
Pt	0.50	0.48	-	-	-	-
Rb	100	105	110	95	95	96
Re	(0.1)	-	-	-	-	-
Rh	17	-	-	-	-	-
Ru	60	-	-	-	-	-
S	150	160	-	-	-	120
Sb	0.80	0.79	1.2	1.2	-	1.0
Sc	11	11	11.1	10.5	12	12
Se	0.20	0.10	0.29	0.16	0.11	0.12
Sn	2.5	3.1	2.6	1.7	3.0	2.8
Sr	170	175	165	185	230	236
Ta	1.1	1.2	1.2	1.0	1.7	1.0
Te	40	-	35	30	-	46
Th	12.5	12	13.8	11.4	11.5	11.8
Ti	4300	4175	3800	3800	3600	3800
Tl	0.60	0.66	0.62	0.50	-	0.59
U	2.7	2.3	3.0	2.6	2.6	2.7
V	82	87	82	74	79	81
W	1.8	1.7	2.5	2.4	1.4	1.7
Zn	68	64	74	64	65	68
Zr	250	250	255	245	225	229
Y	23	26	23	23	25	26
La	38	37	40	39	32	36
Ce	72	58	68	62	65	66
Pr	8.2	7.0	7.2	7.1	6.7	8.3
Nd	32	27	26	26	28	32
Sm	5.8	5.2	5.2	5.1	5.6	5.9
Eu	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.2
Gd	5.1	4.5	4.6	4.5	4.9	5.4
Tb	0.8	0.73	0.63	0.61	0.81	0.89
Dy	4.7	3.9	4.1	4.1	4.5	4.8
Ho	1.0	0.92	0.87	0.85	0.93	0.97
Er	2.8	2.4	2.5	2.5	2.6	2.8
Tm	0.42	0.42	0.37	0.35	0.42	0.46
Yb	2.6	2.4	2.4	2.4	2.7	2.8
Lu	0.40	0.39	0.36	0.35	0.42	0.43

A: 酈明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005); B: 朱立新等(2006); C: 中国环境监测总站(1990)和魏复盛等(1991): 中国土壤(A层)和中国黄土中, As、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、Mn、Ni、Pb、Se、V、Zn的样品统计数(N)分别为4095件和330件, 其它元素的样品统计数(N)分别为862件和70件; D: 吴明清等(1995); E: 地球化学标准参考样研究组(1987)。

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} 。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

表 4.2 中国、美国和欧洲土壤元素背景值

Table 4.2 Elemental background values of soils in China, U. S. A, and Europe

文献 Literature	A, B					C			D			E			F	
土壤 Soils	中国土壤 (A层) Topsoils in China					美国土壤 (A层) Topsoils in U.S.A.						欧洲土壤(A层) Topsoils in Europe			土壤 Soils	
						美国大陆连片地区 Conterminous U. S. A.			美国阿拉斯加州 Alaska in U. S. A.							
参数 Para- meter	中值 M	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	95%置信度 范围值 Data range at 95% confidence level	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	中值 M	算术 均值 AM	数值 范围 Range	中值 M	数值 范围 Range
N	4095, 862					1319			437			852				
SiO ₂	-	-	-	-	-	66.3	-	<3.6-96.3	59.9	59.9	21.4-92.0	67.7	65.4	1.47-96.7	70.6	53.5-87.7
Al ₂ O ₃	12.6	12.5	12.1	0.005-27.3	3.37-9.87	13.6	8.9	0.95-<18.9	12.3	11.7	2.27-18.9	11.0	10.5	0.37-26.7	13.4	1.9-18.9
TF _{e2} O ₃	4.2	4.2	3.9	0.12-12.59	1.05-4.84	3.7	2.6	0.01->14.3	5.4	5.0	0.79-14.3	3.5	3.8	0.16-22.3	5.7	0.29-7.86
MgO	1.3	1.3	1.0	0.02-4.00	0.02-1.64	0.90	0.44	0.01->16.6	2.0	1.6	0.22-12.3	0.77	1.2	<0.01-24.6	0.65	0.07-1.49
CaO	1.3	2.2	1.0	0.01-47.92	0.01-4.80	2.4	0.9	0.01-44.8	2.8	1.3	0.06-14.0	0.92	3.5	0.026-47.7	2.5	0.10-21.0
Na ₂ O	1.5	1.5	0.9	0.01-6.07	0.01-2.27	1.6	0.8	<0.01-13.5	2.0	1.6	<0.09-4.85	0.80	1.2	0.04-4.45	0.7	0.02-3.37
K ₂ O	2.2	2.3	2.2	0.03-4.87	0.94-2.79	1.8	-	<0.01-7.6	1.6	1.4	0.11-9.39	1.9	2.0	0.026-6.13	1.9	0.01-4.46
C _{org}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	0.7-50
Ag	0.10	0.13	0.10	0.001-0.84	0.027-0.41	-	-	-	-	-	-	0.27	0.30	0.01-3.15	0.05	0.01-8
As	9.6	11.2	9.2	0.01-626	2.5-33.5	7.2	5.2	<0.1-97	9.6	6.7	<1-750	7.0	11.6	0.32-282	6	0.1-40
As(C)	9.9	11.5	9.2	0.03-4441	2.4-36.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-20?
B	41	48	39	1-768	9.9-151.3	33	26	<20-300	-	-	-	-	-	-	20	2-270
Ba	455	470	450	5-1675	251-809	580	440	10-5000	680	595	39-3100	375	400	30-1870	500	100-3000
Be	1.9	2.0	1.8	0.001-10.0	0.85-3.91	0.92	0.63	<1-15	1.35	1.5	<1-7	<2.0	-	<2.0-18.4	0.3	0.01-40
Bi	0.31	0.37	0.32	0.06-12.1	0.12-0.88	-	-	-	-	-	-	<0.5	-	<0.5-9.57	0.2	0.1-13
Br	3.6	5.4	3.4	0.13-126	0.46-25.3	0.85	0.56	<0.5-11	-	-	-	-	-	-	10	1-110
Cd	0.079	0.097	0.074	0.001-0.26	0.017-0.33	-	-	-	-	-	-	0.145	0.284	<0.01-14.1	0.35	0.01-2
Cd(C)	0.069	0.084	0.061	0.0001-13.9	0.011-0.339	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	8-1800
Co	11.6	12.7	11.2	0.01-93.9	4.0-31.2	9.1	6.7	<3-70	14	13	<2-50	7.8	10.4	<3.0-249	8	0.05-6.5
Co(C)	12.0	13.4	11.7	0.01-552	4.0-34.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cr	57	61	54	2-1209	19-150	54	37	1-2000	64	50	5-390	60	95	<3.0-6230	70	5-1500
Cr(C)	57	61	53	1.0-924	18-160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cs	7.0	8.2	7.2	0.001-195	2.6-20.0	-	-	-	-	-	-	3.7	5.6	<0.5-69.1	4	0.3-20
Cu	21	23	20	0.33-272	7.3-55.1	25	17	<1-700	29	24	3-810	13	17	0.81-256	30	2-250
Cu(C)	21	23	20	0.17-1041	6.3-62.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F	455	480	440	50-3467	191-1012	430	210	<10-3700	-	-	-	-	-	-	200	20-700
F(C)	475	505	465	79-87505	196-1095	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

续表(Continued)

文献 Literature	A, B					C			D			E			F	
土壤 Soils	中国土壤 (A层) Topsoils in China					美国土壤 (A层) Topsoils in U.S.A.						欧洲土壤(A层) Topsoils in Europe			土壤 Soils	
						美国大陆连片地区 Conterminous U. S. A.			美国阿拉斯加州 Alaska in U. S. A.							
参数 Para- meter	中值 M	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	95%置信度 范围值 Data range at 95% confidence level	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	中值 M	算术 均值 AM	数值 范围 Range	中值 M	数值 范围 Range
Ga	17.0	17.5	15.8	1.7-46.0	6.0-41.7	17	13	<5-70	16	15	<4-32	13.5	13.1	0.54-34.3	20	2-100
Ge	1.7	1.7	1.7	0.50-7.6	1.2-2.4	1.2	1.2	<0.1-2.5	-	-	-	-	-	-	1	0.1-50
Hf	7.4	7.7	7.3	0.002-62.5	3.9-13.8	-	-	-	-	-	-	5.6	6.1	<0.2-21.2	6	0.5-34
Hg	38	65	40	1-45900	6-272	89	58	<10-4600	-	-	-	37	61	5-1350	60	10-500
Hg(C)	25	44	26	1-267000	4-187	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	2.2	3.8	2.4	0.13-33.1	0.39-14.7	1.2	0.75	<0.5-9.6	-	-	-	3.9	5.6	<2.0-70.8	5	0.1-25
In	0.064	0.068	0.060	0.001-0.25	0.022-0.167	-	-	-	-	-	-	0.05	0.05	<0.01-0.41	1	0.7-3
Li	31	32	29	2-225	11-76	24	20	<5-140	30	26	<2-130	-	-	-	25	3-350
Mn	540	585	480	1-5888	130-1786	550	330	<2-7000	670	510	<200-4000	650	810	40-7780	1000	20-10000
Mn(C)	550	595	510	1-5517	152-1695	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mo	1.1	2.0	1.2	0.10-75.1	0.1-9.6	0.97	0.59	<3-15	1.3	0.86	<2-15	0.62	0.94	<0.1-21.3	1.2	0.1-40
N	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2000	200-5000
Nb	-	-	-	-	-	11	9.3	<10-100	9.0	8.0	<4-44	9.7	10.6	0.45-134	10	6-300
Ni	25	27	23	0.1-627	7.7-71.0	19	13	<5-700	33	24	<3-320	18	34	<2.0-2590	50	2-750
Ni(C)	26	29	24	0.01-879	7.3-80.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-	-	-	860	780	<200-3400	1280	1500	110-13200	800	35-5300
Pb	23.5	26	24	0.68-1143	10.0-56.1	19	16	<10-700	14	12	<4-310	23	33	5.3-970	35(12)	2-300
Pb(C)	22	25	22	0.69-926	9.2-54.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rb	105	110	105	1-435	63-184	67	58	<20-210	-	-	-	80	87	<2.0-390	150	20-1000
S	-	-	-	-	-	1600	1200	<800-48000	-	-	-	227	437	<50-112000	700	30-1600
Sb	1.1	1.2	1.1	0.002-87.6	0.38-2.98	0.67	0.48	<1-8.8	-	-	-	0.60	1.0	0.02-31.1	1	0.2-10
Sc	10.8	11.1	10.6	0.03-61.7	5.5-20.2	8.9	7.5	<5-50	14	13	<2-39	8.2	9.1	<0.5-54.1	7	0.5-55
Se	0.21	0.29	0.22	0.006-9.13	0.047-0.99	0.39	0.26	<0.1-4.3	-	-	-	-	-	-	0.4	0.01-12
Se(C)	0.16	0.25	0.16	0.003-9.44	0.02-0.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	2.3	2.6	2.3	0.10-27.6	0.8-6.7	1.3	0.89	<0.1-10	3.1	2.6	<4-41	3.0	4.5	<2.0-106	4	1-200
Sr	145	165	120	6-5957	21-690	240	120	<5-3000	200	160	21-760	89	130	8-3120	250	4-2000
Ta	1.08	1.15	1.08	0.002-9.91	0.55-2.14	-	-	-	-	-	-	0.68	0.76	<0.05-6.78	2	0.4-6
Te	29	35	27	4-10200	7-110	-	-	-	-	-	-	30	44	<20-9300	-	-
Th	12.4	13.8	12.8	0.003-100	6.1-26.9	9.4	8.6	2.2-31	7.6	6.1	<1.6-76	7.2	8.2	0.3-76	9	1-35

续表(Continued)

文献 Literature	A, B					C			D			E			F	
土壤 Soils	中国土壤 (A层) Topsoils in China					美国土壤 (A层) topsoils in U.S.A.						欧洲土壤(A层) Topsoils in Europe			土壤 Soils	
						美国大陆连片地区 Conterminous U. S. A.			美国阿拉斯加州 Alaska in U. S. A.							
参数 Para- meter	中值 M	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	95%置信度 范围值 Data range at 95% confidence level	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	算术 均值 AM	几何 均值 GM	数值 范围 Range	中值 M	算术 均值 AM	数值 范围 Range	中值 M	数值 范围 Range
Ti	3810	3800	3600	500-82200	1500-6000	2900	2400	900-20000	5200	4800	900-15000	3430	3650	130-32670	5000	150-25000
Tl	0.58	0.62	0.58	0.036-2.38	0.29-1.17	-	-	-	-	-	-	0.66	0.82	0.05-24.0	0.2	0.1-0.8
U	2.7	3.0	2.8	0.42-21.1	1.24-6.24	2.7	2.3	0.29-11	2.8	2.3	<0.22-45	2.0	2.4	0.21-53.2	2	0.7-9
V	77	82	76	0.46-1264	35-168	80	58	<7-500	130	110	11-490	60	68	2.7-537	90	3-500
V(C)	77	84	77	1.1-665	32-184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
W	2.27	2.48	2.22	0.10-146	0.86-5.77	-	-	-	-	-	-	<5.0	-	<5.0-14.0	1.5	0.5-83
Zn	68	74	68	2.6-593	28-161	60	48	<5-2900	79	70	<20-2700	52	68	<3.0-2900	90	1-900
Zn(C)	65	71	65	0.81-1075	27.1-154	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zr	230	255	235	1-871	109-517	230	180	<20-2000	-	-	-	231	251	5-1060	400	60-2000
Y	22	23	22	0.50-130	11.4-41.6	25	21	<10-200	15	14	<4-100	21	23	<3.0-267	40	10-250
La	37	40	37	0.26-242	18.5-75.3	37	30	<30-200	21	19	<2-120	24	26	1.1-143	40	2-180
Ce	65	68	65	0.02-265	33.0-127	75	63	<15-300	33	28	<5-180	48	52	2.45-267	50	3-170
Pr	6.2	7.2	6.7	0.10-40.5	3.1-14.3	-	-	-	-	-	-	5.6	6.0	0.29-31.6	7.0	3-12
Nd	25	26	25	0.05-26.4	13.0-48.4	46	40	<70-300	27	23	<4-120	21	22	1.14-132	35	4-63
Sm	5.0	5.2	4.9	0.004-20.1	2.53-9.65	-	-	-	-	-	-	4.0	4.3	0.23-30.0	4.5	0.6-23
Eu	1.0	1.0	1.0	0.01-5.15	0.52-1.86	-	-	-	-	-	-	0.77	0.85	0.05-6.99	1.0	0.1-3.2
Gd	4.4	4.6	4.4	0.19-16.8	2.31-8.30	-	-	-	-	-	-	3.8	4.2	0.2-36.0	4.0	2-6
Tb	0.59	0.63	0.58	0.005-3.10	0.25-1.33	-	-	-	-	-	-	0.60	0.64	0.03-7.01	0.7	0.1-6.0
Dy	4.0	4.1	3.9	0.07-14.4	2.08-7.43	-	-	-	6.8	6.5	4-12	3.4	3.6	0.18-44.9	5.0	2-12
Ho	0.84	0.87	0.83	0.04-3.04	0.44-1.56	-	-	-	-	-	-	0.68	0.72	0.03-9.16	0.6	0.4-2
Er	2.5	2.5	2.4	0.13-9.37	1.29-4.55	-	-	-	-	-	-	2.0	2.1	0.12-26.0	2.0	0.6-6
Tm	0.36	0.37	0.35	0.04-1.40	0.19-0.65	-	-	-	-	-	-	0.30	0.31	<0.02-4.03	0.6	0.3-1.2
Yb	2.4	2.4	2.3	0.02-7.68	1.25-4.32	3.1	2.6	<1-50	1.6	1.4	<1-6	2.0	2.1	0.09-25.0	3.0	0.04-12
Lu	0.35	0.36	0.35	0.002-1.90	0.19-0.62	-	-	-	-	-	-	0.30	0.31	<0.02-3.21	0.4	0.1-0.7

A、B：中国环境监测总站(1990)和魏复盛等(1991)：As、Cd、Co、Cr、Cu、F、Hg、Mn、Ni、Pb、Se、V、Zn的样品统计数(N)为4095件，元素后括号内带C的为C层土壤的数据，其它元素的样品统计数(N)分别为862件；C：Shacklette and Boerngen(1984)；D：Shacklette *et al.* (1988)；E：Salminen *et al.* (2005)；F：Bowen (1979)：不同国家土壤元素含量的汇编值，带括号的值为未受污染土壤的Pb含量。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Te： 10^{-9} ；其它元素： 10^{-6} 。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, and Te: 10^{-9} ; other elements: 10^{-6} 。

表 4.3 中国东部平原土壤生态地球化学基准值

Table 4.3 Eco-geochemical reference values of soils in the alluvial plains of eastern China

平原区 Plain	中国东部平原 ECP		三江平原 SJP	松辽平原 SLP	黄淮海平原 HHHP	长江三角洲 CJD	江汉平原 JHP	鄱阳湖平原 PYHP	南阳盆地 NYB	珠江三角洲 ZJD
N	517		33	138	219	57	38	10	12	10
参数 Parameter	算术均值 AM	数据范围 Data range	算术均值 AM							
SiO ₂	66.00	35.77-83.40	64.68	67.62	64.87	68.75	63.83	66.41	63.37	68.32
TiO ₂	0.72	0.16-1.34	0.77	0.63	0.67	0.84	0.93	0.98	0.81	0.84
Al ₂ O ₃	13.51	7.39-20.43	15.69	13.33	12.84	13.49	14.65	16.22	15.78	13.78
TFe ₂ O ₃	4.71	0.91-8.93	5.33	3.86	4.64	5.01	6.01	6.03	6.55	5.54
Fe ₂ O ₃	3.89	0.65-8.67	4.77	3.30	3.71	4.12	4.99	5.43	6.20	3.10
FeO	0.74	0.04-4.08	0.51	0.51	0.83	0.80	0.92	0.54	0.32	2.20
MnO	0.09	0.02-1.07	0.07	0.08	0.09	0.09	0.11	0.08	0.19	0.08
MgO	1.57	0.18-6.00	1.25	1.23	1.88	1.45	1.80	0.84	1.53	1.01
CaO	2.91	0.02-20.76	1.21	2.76	4.10	1.34	2.23	0.20	1.32	0.68
Na ₂ O	1.63	0.11-3.40	1.82	2.07	1.70	1.26	0.93	0.35	0.99	0.37
K ₂ O	2.47	1.19-3.79	2.70	2.80	2.34	2.28	2.33	2.11	2.16	2.29
P ₂ O ₅	0.10	0.01-0.27	0.13	0.08	0.11	0.12	0.12	0.09	0.08	0.11
H ₂ O ⁺	3.9	0.6-8.3	5.7	3.6	3.4	3.8	5.1	6.0	6.2	4.4
CO ₂	2.0	0.1-22.2	0.4	1.6	3.0	1.0	1.9	0.5	0.6	1.6
C _{org}	0.34	0.08-3.18	0.50	0.35	0.26	0.38	0.36	0.39	0.34	0.94
TC	0.86	0.15-6.08	0.59	0.76	1.03	0.64	0.85	0.51	0.48	1.34
Ag	0.072	0.008-0.216	0.077	0.069	0.068	0.065	0.084	0.089	0.093	0.118
As	10	1-64	11	9.0	11	8.0	12	13	17	13
Au	1.6	0.3-4.4	1.7	1.5	1.7	1.5	1.7	1.9	2.3	1.4
B	48	5-87	35	31	52	66	59	70	55	64
Ba	565	240-1443	630	610	535	540	585	525	645	415
Be	2.3	1.1-4.5	2.6	2.3	2.1	2.3	2.4	2.7	2.8	3.0
Bi	0.31	0.06-1.13	0.32	0.27	0.29	0.31	0.35	0.52	0.41	0.71
Br	2.6	0.5-19.6	1.6	2.5	3.0	2.3	2.0	2.0	2.3	3.8
Cd	0.118	0.024-0.537	0.091	0.099	0.113	0.115	0.185	0.141	0.099	0.350
Cl	135	29-3703	44	75	215	110	51	66	44	145
Co	13	3-93	13	11	12	13	16	14	21	14
Cr	65	8-122	70	50	66	75	85	85	89	69
Cs	7.5	1.1-15.4	8.4	6.4	7.0	8.0	9.2	12	11	11
Cu	23	2-74	24	18	23	24	33	28	31	28
F	510	104-1224	540	460	530	490	565	510	600	540
Ga	15.7	7.7-24.9	19.1	15.3	14.8	15.2	17.8	19.7	18.7	15.2
Ge	1.42	0.81-2.89	1.48	1.31	1.40	1.48	1.56	1.81	1.67	1.70
Hf	8.5	2.5-21.8	7.7	8.7	7.7	9.6	9.8	11	9.1	9.5
Hg	25	5-139	35	15	20	29	48	75	25	87
I	2.2	0.1-16.7	1.3	2.3	2.1	2.9	1.8	2.7	2.5	1.2
In	0.054	0.018-0.113	0.063	0.050	0.051	0.056	0.065	0.073	0.068	0.078
Li	36	9-74	37	28	36	41	46	53	50	44
Mn	705	117-8041	570	625	705	730	885	605	1405	675
Mo	0.57	0.12-2.01	0.73	0.61	0.52	0.37	0.78	0.85	0.48	0.74
N	440	162-1892	610	430	380	480	500	620	380	875
Nb	15.5	6.6-26.7	16.4	13.5	14.8	18.1	18.9	22.1	18.2	19.9
Ni	30	5-112	28	24	32	32	39	35	44	28
P	475	101-1429	578	390	517	496	489	349	347	490
Pb	23	14-74	25	22	22	23	27	34	31	36
Pd	0.52	0.09-2.47	0.52	0.46	0.47	0.57	0.77	0.66	0.80	0.62
Pt	0.48	0.05-8.39	0.34	0.34	0.48	0.60	0.78	0.52	0.75	0.49
Rb	105	54-183	125	105	100	110	115	130	120	135

续表(Continued)

平原区 Plain	中国东部平原 ECP		三江平原 SJP	松辽平原 SLP	黄淮海平原 HHHP	长江三角洲 CJD	江汉平原 JHP	鄱阳湖平原 PYHP	南阳盆地 NYB	珠江三角洲 ZJD
参数 Parameter	算术均值 AM	数据范围 Data range	算术均值 AM							
S	160	26-4326	87	125	140	160	115	99	84	1540
Sb	0.79	0.11-2.81	0.67	0.63	0.85	0.60	1.02	1.1	1.3	1.3
Sc	11	2-19	11	9.0	10	13	12	12	13	12
Se	0.10	0-0.65	0.16	0.076	0.072	0.15	0.16	0.25	0.079	0.42
Sn	3.1	0.9-15.1	3.6	2.6	2.8	3.5	3.6	5.4	3.8	8.8
Sr	175	28-578	170	230	175	115	110	53	105	58
Ta	1.17	0.44-2.48	1.24	1.13	1.08	1.25	1.36	1.63	1.32	1.75
Th	12	3-24	13	10	11	14	14	16	15	18
Ti	4175	994-7683	4510	3600	3845	5080	5565	6055	4885	516
Tl	0.66	0.25-1.10	0.70	0.69	0.62	0.60	0.69	0.78	0.77	0.81
U	2.3	0.6-6.5	2.7	2.1	2.1	2.5	2.9	3.8	3.0	4.2
V	87	17-229	95	72	82	100	120	125	115	105
W	1.7	0.5-4.9	1.9	1.5	1.6	1.8	2.0	3.1	2.2	3.3
Zn	64	12-133	72	54	62	67	83	85	69	95
Zr	250	102-513	240	275	230	275	250	295	240	265
Y	26	11-43	28	23	26	31	29	33	31	35
La	37	15-98	41	34	35	41	39	42	43	48
Ce	58	21-167	64	51	55	69	68	75	74	83
Pr	7.0	2.5-14.5	8.0	6.4	6.6	8.1	7.9	8.3	8.1	9.3
Nd	27	11-60	31	25	26	29	29	29	31	33
Sm	5.2	1.9-11.3	5.9	4.7	5.0	5.9	5.6	5.7	5.9	6.7
Eu	1.12	0.50-2.51	1.19	1.03	1.12	1.25	1.19	1.13	1.22	1.29
Gd	4.5	1.5-7.8	4.8	4.0	4.3	5.0	4.9	4.9	5.3	5.9
Tb	0.73	0.24-1.54	0.82	0.64	0.72	0.81	0.78	0.80	0.83	0.99
Dy	3.9	1.4-6.5	4.7	3.7	3.7	4.0	4.0	4.1	4.7	5.0
Ho	0.92	0.29-1.69	0.97	0.81	0.88	1.1	1.0	1.1	0.98	1.3
Er	2.4	0.8-4.7	2.6	2.1	2.3	2.9	2.4	2.8	2.6	3.5
Tm	0.42	0.14-0.73	0.47	0.37	0.41	0.48	0.46	0.51	0.46	0.55
Yb	2.4	0.7-4.4	2.8	2.3	2.3	2.6	2.6	2.9	2.8	3.2
Lu	0.39	0.14-0.67	0.43	0.37	0.39	0.40	0.41	0.44	0.44	0.51
粘粒(Clay fraction)	13	1-28	17	11	12	15	17	21	18	11
粉砂粒(Silt grain)	55	4-81	68	54	50	58	62	67	74	54
砂粒(Sand grain)	32	1-94	15	35	38	27	21	12	8	35
石英(Quartze)	24	10-54	20	22	23	29	26	28	24	30
长石(Feldspar)	21	0.0-52	25	28	19	18	14	7.3	15	8.5
蒙脱石(Montmorillonite)	20	5-47	25	21	19	18	20	20	24	18
水云母(Hydromica)	23	9-42	23	19	24	24	25	31	29	23
高岭石(Kaolinite)	7.6	0.0-24	6.0	5.7	8.0	7.8	9.4	12	7.6	18
pH	8.13	4.25-10.07	6.75	8.27	8.61	7.69	7.74	5.74	7.79	6.88
电导率(EC)	0.135	0.006-1.836	0.031	0.108	0.192	0.096	0.076	0.029	0.076	0.235

文献(Literature): 朱立新等(2006)。

单位: 主成分: %; Au、Hg、Pt、Pd: 10^{-9} ; 其余元素: 10^{-6} ; 土壤粒级组成、矿物组成: %; 电导率(EC): mS/cm。Units: major elements: %; Au, Hg, Pt, and Pd: 10^{-9} ; the other elements: 10^{-6} ; Composition of grain size grade and minerals of soil: %;

EC(electroconductibility): mS/cm.

ECP: the alluvial plains of eastern China; SJP: Sanjiang (Heilongjiang-Songhuajiang-Wusulijiang) plain; SLP: Songhuajiang-Liaohe plain; HHHP: Yellow river-Huaihe-Haihe plain; CJD: Changjiang (Yangtze River) delta plain; JHP: Jiangnan (Yangtze river- Hanshui) plain; PYHP: Poyanghu plain; NYB: Nanyang basin; ZJD: Zhujiang (Pearl River) delta plain

表 4.4 欧洲土壤和沉积物化学元素含量

Table 4.4 Concentrations of chemical elements of soils and sediments in Europe

样品类型 Sample type	底层土壤 Subsoils			表层土壤 Topsoils			水系沉积物 Stream sediments			泛滥平原沉积物 Floodplain sediments		
参数 Parameter	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range
N	790			852			802			751		
SiO ₂	68.0	65.5	0.61-98.1	67.7	65.4	1.47-96.7	61.3	60.1	1.47-96.7	64.6	62.9	7.90-100
TiO ₂	0.566	0.589	0.012-3.14	0.572	0.609	0.021-5.45	0.625	0.685	0.016-4.99	0.480	0.505	0.05-2.15
Al ₂ O ₃	11.7	11.2	0.21-27.1	11.0	10.5	0.37-26.7	10.3	10.2	0.20-25.9	10.4	9.8	0.10-32.6
Fe ₂ O ₃	3.75	4.05	0.11-15.6	3.51	3.80	0.16-22.3	3.57	4.07	0.11-20.9	3.33	3.55	0.25-35.8
Fe ₂ O ₃ (AR)	2.11	2.32	0.07-9.42	1.96	2.17	0.07-15.2	1.97	2.25	0.06-20.0	1.95	2.06	0.16-19.5
MnO	0.060	0.074	0.003-0.604	0.065	0.081	0.004-0.778	0.079	0.112	<0.01-2.37	0.071	0.915	<0.01-6.61
MgO	0.98	1.41	<0.01-24.6	0.77	1.18	<0.01-24.6	1.20	1.77	<0.01-24.6	1.20	1.61	<0.01-24.6
CaO	1.13	4.44	0.024-51.6	0.92	3.54	0.026-47.7	2.33	5.81	0.08-55.7	2.07	5.88	<0.05-54.4
Na ₂ O	0.86	1.25	0.03-4.76	0.80	1.15	0.04-4.45	0.90	1.14	<0.2-4.10	0.80	1.06	<0.2-3.70
K ₂ O	2.02	2.13	<0.01-6.05	1.92	2.02	0.026-6.13	2.01	2.08	0.05-5.79	2.00	2.06	0.11-5.10
P ₂ O ₅	0.096	0.116	0.007-1.66	0.128	0.150	0.011-1.32	0.140	0.174	<0.01-2.47	0.110	0.140	<0.01-2.61
TC	0.40	0.94	0-48.5	1.73	2.48	0.07-46.6	1.71	2.31	0.06-34.5	1.39	2.10	0.08-24.3
Ag	0.25	0.29	0.02-2.07	0.27	0.30	0.01-3.15	-	-	-	-	-	-
As	6.02	10.9	0.22-593	7.03	11.6	0.32-282	6.00	10.1	<1.0-241	6.00	12.2	<1.0-390
As(AR)	5.00	9.75	<5.0-562	6.00	9.88	<5.0-220	6.00	9.50	<5.0-231	6.00	11.2	<5.0-410
Ba	385	411	13-2050	375	400	30-1870	386	417	8-5000	379	419	15-4840
Ba(AR)	68	87	6-1730	65	85	10-1700	86	117	4-3120	82	121	7-2210
Be	<2.0	-	<2.0-17.7	<2	-	<2.0-18.4	1.44	2.03	<0.02-19.1	1.20	1.63	<0.02-47.5
Bi	<0.5	-	<0.5-6.49	<0.5	-	<0.5-9.57	-	-	-	-	-	-
Cd	0.090	0.186	<0.01-14.2	0.145	0.284	<0.01-14.1	0.280	0.527	<0.02-43.1	0.300	0.564	<0.02-23.6
Co	8.97	11.1	<3.0-170	7.78	10.4	<3.0-249	8.00	11.2	<2.0-216	7.00	8.80	<2.0-63
Co(AR)	8.00	9.47	<1.0-191	7.00	8.91	<1.0-255	8.00	10.3	<1.0-245	8.00	8.65	<1.0-55
Cr	62.0	86.7	3.0-2140	60.0	94.8	<3.0-6230	63.0	92.8	<3.0-3320	59.0	92.5	5.0-2730
Cr(AR)	24.0	35.4	<1.0-1710	22.0	32.6	1.0-2340	21.0	31.0	2.0-1750	23.0	36.0	3.0-1600
Cs	3.69	5.95	<0.5-74.6	3.71	5.58	<0.5-69.1	<4	-	<1.0-68.0	4.00	5.08	<4.0-40.0

续表(Continued)

样品类型 Sample type	底层土壤 Subsoils			表层土壤 Topsoils			水系沉积物 Stream sediments			泛滥平原沉积物 Floodplain sediments		
参数 Parameter	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range
Cu	13.9	17.2	0.86-125	13.0	17.3	0.81-256	17.0	22.1	1.0-877	17.0	25.4	2.0-495
Cu(AR)	13.0	16.5	<1.0-118	12.0	16.4	1.0-239	14.0	19.0	1.0-998	16.0	22.8	1.0-421
Ga	13.8	13.7	0.23-36.6	13.5	13.1	0.54-34.3	12.0	12.1	<1.0-36.0	11.0	11.3	<1.0-52.0
Hf	5.30	5.66	<0.2-20.8	5.55	6.06	<0.2-21.2	8.32	11.3	0.12-174	4.51	5.01	<0.05-22.0
Hg	22	35	2-930	37	61	5-1350	38	81	0.74-13600	45	105	2-4390
I	3.40	5.37	<2.0-92.5	3.94	5.56	<2.0-70.8	-	-	-	-	-	-
In	0.05	0.05	<0.01-0.25	0.05	0.05	<0.01-0.41	-	-	-	-	-	—
Li	-	-	-	-	-	-	20.8	29.7	0.28-271	22.5	27.5	0.14-302
Mn(AR)	337	466	<10-4390	382	524	<10-6480	452	716	24-18900	446	630	<10-49800
Mo	0.52	0.82	<0.1-17.2	0.62	0.943	<0.1-21.3	0.63	1.34	0.12-117	0.62	1.17	<0.05-191
Nb	9.76	10.3	0.24-133	9.68	10.6	0.45-134	13.0	14.4	<1.0-281	10.0	10.5	<1.0-125
Ni	21.8	39.1	<2.0-2400	18.0	37.3	<2.0-2690	21.0	35.2	1.0-1406	22.0	34.5	2.0-1080
Ni(AR)	18	33.9	<2.0-2590	14	30.7	<2.0-2560	16	28.6	2.0-1200	18	29	2.0-942
Pb	17.2	23.3	<3.0-938	22.6	32.6	5.3-970	20.5	38.6	<1.0-5760	22.0	54.1	4.0-7080
Pb(AR)	10	15.5	<3.0-749	15	23.9	<3.0-886	14	29.8	<3.0-4880	16	43.8	<3.0-5200
Rb	83	89	5.0-378	80	87	<2.0-390	70	78	2.0-339	71	79	7.0-536
S	105	262	<50-32800	227	437	<50-112000	510	923	<50-33500	287	423	<50-5440
Sb	0.47	0.84	<0.02-30.3	0.60	1.04	0.02-31.1	0.62	1.07	<0.02-34.1	0.74	1.69	<0.02-99.4
Sc	9.2	10.0	<0.5-49.6	8.2	9.1	<0.5-54.1	-	-	-	-	-	-
Sn	3.00	3.94	<2.0-106	3.00	4.48	<2.0-106	2.25	4.79	<1.0-188	2.00	6.1	<1.0-649
Sr	95	143	6-2010	89	130	8-3120	126	171	31-1352	131	166	15-1660
Ta	0.69	0.75	<0.05-7.18	0.68	0.76	<0.05-6.78	1.01	1.30	0.05-58.4	0.83	1.01	0.10-38.1
Te	30	43	<20-1630	30	44	<20-930	-	-	-	-	-	-
Th	7.63	8.70	0.16-71.7	7.24	8.24	0.30-75.9	10.0	13.9	<1.0-253	8.0	8.5	<1.0-38
Tl	0.67	0.83	0.01-21.3	0.66	0.82	0.05-24.0	0.39	0.48	<0.02-7.90	0.37	0.45	<0.02-3.46
U	2.03	2.45	<0.1-30.3	2.00	2.36	0.21-53.2	2.00	3.73	0.02-6.43	2.00	2.10	0.02-1.89

续表(Continued)

样品类型 Sample type	底层土壤 Subsoils			表层土壤 Topsoils			水系沉积物 Stream sediments			泛滥平原沉积物 Floodplain sediments		
参数 Parameter	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range	中位值 Median	算术均值 AM	数值范围 Data range
V	62.8	70	1.3-325	60.4	68.1	2.7-537	62.0	68.3	<2.0-407	56.0	59.6	<2.0-266
V(AR)	33.0	38.3	2.0-234	33.0	37.6	1.0-281	29.0	33.0	4.0-306	29.0	31.1	3.0-140
W	<5	-	<5.0-16.0	<5	-	<5.0-14.0	1.24	2.12	<0.05-81.5	1.08	2.21	<0.05-123
Zn	47.0	61.1	<3.0-3060	52.0	68.1	<3.0-2900	71.0	120	4.0-13900	65.0	107	6.0-4910
Zn(AR)	44.0	54.6	5.0-2280	48.0	60.9	4.0-2270	60.0	98	7.0-11400	56.0	92.3	7.0-2830
Zr	222	235	10.0-1020	231	251	5.00-1060	391	519	1.00-9940	215	224	17.0-695
Y	23.0	24.1	<3.0-88.0	21.0	22.7	<3.0-267	25.7	30.1	1.30-426	20.1	21.0	2.00-131
La	25.6	27.7	0.78-155	23.5	25.9	1.10-143	32.5	41.0	1.30-553	24.9	26.7	2.95-130
Ce	53.7	56.8	1.04-379	48.2	52.2	2.45-267	66.6	83.0	2.20-1080	50.2	53.5	1.90-231
Pr	6.04	6.50	0.14-32.9	5.60	6.02	0.29-31.6	7.35	9.22	0.30-125	5.50	5.92	0.50-27.9
Nd	22.4	24.2	0.46-111	20.8	22.4	1.14-132	28.2	36.6	1.10-524	21.3	23.4	1.50-117
Sm	4.38	4.66	<0.1-18.2	3.96	4.28	0.23-30.0	5.40	6.91	0.20-106	4.25	4.57	0.40-23.6
Eu	0.84	0.91	<0.05-4.66	0.77	0.85	0.05-6.99	1.01	1.15	0.05-7.06	0.87	0.93	0.07-4.11
Gd	4.24	4.52	<0.1-16.0	3.85	4.20	0.20-36.0	5.06	6.32	0.20-90.5	3.92	4.18	0.21-22.6
Tb	0.64	0.68	<0.02-2.36	0.60	0.64	0.03-7.01	0.79	0.96	0.02-14.5	0.60	0.639	0.05-3.26
Dy	3.66	3.79	<0.1-12.7	3.42	3.58	0.18-44.9	4.53	5.40	0.11-78.2	3.45	3.69	0.19-19.6
Ho	0.74	0.75	<0.02-2.58	0.68	0.72	0.03-9.16	0.92	1.09	0.04-16.7	0.68	0.74	0.05-4.47
Er	2.18	2.20	<0.1-7.42	1.98	2.10	0.12-26.0	2.67	3.18	0.07-46.0	1.96	2.10	0.10-12.2
Tm	0.31	0.33	<0.02-1.08	0.30	0.31	<0.02-4.03	0.40	0.47	<0.02-7.90	0.29	0.31	<0.02-1.89
Yb	2.13	2.17	<0.05-7.37	1.99	2.09	0.09-25.0	2.58	3.09	0.10-42.8	1.80	1.97	0.11-13.0
Lu	0.31	0.32	<0.02-1.06	0.30	0.31	<0.02-3.21	0.39	0.48	<0.02-6.04	0.27	0.30	0.02-2.21
pH	5.79	6.01	2.89-7.86	5.51	5.68	3.38-7.55	-	-	-	-	-	-

文献(Literature) : Salminen *et al.*, 2005; Salminen, 2005.含量单位 : 主成分 : % ; Hg、Te : 10^{-9} ; 其余元素 : 10^{-6} .

TC : 全量有机炭(total organic carbon) ; AR : 王水分解(aqua regia digestion).

Concentration units: major elements: %; Hg, and Te: 10^{-9} ; the other elements: 10^{-6} .

表 4.5 中国沉积物化学元素含量

Table 4.5 Concentrations of chemical elements of sediments in China

文献 Literature	本书	A	B		C				D
沉积物 Sediments	中国水系沉积物 Stream sediments in China		中国 泛滥平原沉积物 Floodplain sediments in China		黄河 沉积物 Sediments of the Yellow River	长江 沉积物 Sediments of the Yangtze River	珠江 沉积物 Sediments of the Pearl River	中国 浅海沉积物 Sediments in the China Shelf Sea	中国西南5省 水系沉积物 Stream sediments in 5 provinces of southwest China
N	869	530	452	529	10	5	3	286	2706
			下层 Toplayer	上层 Sublayer					
SiO ₂	65.2	65.2	63.0	63.9	62.7	61.6	61.8	62.2	61.9
Al ₂ O ₃	12.8	13.0	13.1	12.8	9.2	12.3	12.9	10.7	13.9
TFe ₂ O ₃	4.5	4.4	4.8	4.7	3.2	5.5	6.5	4.4	5.5
MgO	1.5	1.3	2.0	1.7	1.4	2.2	1.5	1.8	1.4
CaO	2.7	1.8	3.4	3.5	4.6	4.0	2.3	5.2	1.6
Na ₂ O	1.4	1.2	1.7	1.5	2.2	1.2	0.5	2.2	0.7
K ₂ O	2.4	2.4	2.3	2.3	1.9	2.2	1.8	2.2	2.3
H ₂ O ⁺	-	-	4.2	-	-	-	-	-	-
CO ₂	-	-	3.3	-	2.9	4.3	1.5	4.0	1.7
C _{org}	-	-	0.35	-	(0.35)	(0.47)	(0.50)	(0.62)	1.4
Ag	0.086	0.080	0.084	0.11	0.060	0.10	0.11	0.063	0.083
As	12	9.1	12	9.9	7.5	9.6	17	7.7	15
Au	1.8	1.3	1.9	2.1	1.1	1.5	0.9	1.1	2.0
B	48	46	52	52	52	63	60	58	65
Ba	515	500	555	575	540	510	340	410	395
Be	2.2	2.1	2.1	2.2	1.7	1.9	2.3	2.0	2.0
Bi	0.39	0.34	0.36	0.42	0.13	0.42	0.45	0.33	0.36
Br	-	-	-	-	1.7	1.9	2.4	15	4.6
Cd	0.18	0.14	0.13	0.14	0.077	0.25	0.090	0.065	0.26
Cl	-	-	110	-	300	300	-	3400	77
Co	12	12	12	11	9	17	18	12	15
Cr	61	58	72	74	60	82	86	60	84
Cs	-	-	10	-	4.0	7.3	7.4	6.3	8.5
Cu	23	21	26	26	13	35	38	15	30
F	500	485	495	495	410	560	520	480	580
Ga	-	-	16.2	16.0	11	16	18	14	167
Ge	-	-	1.4	1.4	-	-	-	-	1.4
Hf	-	-	7.4	-	12	8.1	8.4	6.0	7.6
Hg	46	42	50	122	15	80	93	25	77
I	-	-	1.8	1.4	-	-	-	18	2.3
In	-	-	-	-	0.05	0.056	-	0.09	0.067
Ir	-	-	-	-	-	-	-	-	63
Li	32	31	35	35	23	43	26	38	35
Mn	680	680	685	640	450	810	820	530	910
Mo	1.0	0.85	0.8	0.9	0.50	0.80	0.92	0.5	1.1
N	-	-	-	-	-	-	-	620	1400
Nb	16	16	17	17	15	19	22	14	17
Ni	26	24	30	29	20	33	35	24	36
Os	-	-	-	-	-	-	-	-	76
P	615	590	525	610	600	650	680	500	745
Pb	27	25	27	31	15	27	30	20	30

续表(Continued)

文献 Literature	本书	A	B		C				D
沉积物 Sediments	中国水系沉积物 Stream sediments in China		中国 泛滥平原沉积物 Floodplain sediments in China		黄河 沉积物 Sediments of the Yellow River	长江 沉积物 Sediments of the Yangtze River	珠江 沉积物 Sediments of the Pearl River	中国 浅海沉积物 Sediments in the China Shelf Sea	中国西南5省 水系沉积物 Stream sediments in 5 provinces of southwest China
			下层 Toplayer	上层 Sublayer					
Pd	-	-	0.43	-	-	-	-	-	0.59
Pt	-	-	0.48	-	-	-	-	-	0.54
Rb	-	-	105	103	70	100	93	96	97
Re	-	-	-	-	-	-	-	-	1.4
Rh	-	-	-	-	-	-	-	-	39
Ru	-	-	-	-	-	-	-	-	79
S	-	-	230	430	100	170	-	510	345
Sb	0.96	0.73	0.97	1.35	0.62	0.83	1.35	0.5	1.38
Sc	-	-	12.9	13.2	8.8	13.0	16.5	10	12.8
Se	-	-	0.21	0.26	0.12	0.20	0.25	0.15	0.36
Sn	3.4	3.3	3.4	4.4	2.5	3.5	4.0	3.0	3.2
Sr	160	150	165	165	220	150	100	230	89
Ta	—	—	1.3	-	1.0	1.2	1.7	1.0	1.4
Te	-	-	-	-	-	-	-	40	56
Th	12.4	11.5	11.9	13.0	13.0	12.4	15.0	11.5	12.8
Ti	4065	4200	4340	4450	3600	5500	6500	3500	4870
Tl	-	-	0.70	0.66	0.45	0.49	-	0.30	0.62
U	2.7	2.4	2.1	2.2	2.1	2.6	2.8	1.9	3.5
V	80	80	89	88	60	97	105	70	108
W	2.1	2.0	2.1	2.4	1.7	1.8	2.0	1.5	1.8
Zn	71	68	76	80	40	78	85	65	87
Zr	275	290	270	275	355	245	270	210	290
Y	25	25	28	28	28	28	30	22	29
La	40	40	38	42	37	40	46	33	43
Ce	-	-	72	75	72	78	86	67	85
Pr	-	-	-	-	-	-	-	-	10
Nd	-	-	31	-	30	34	36	29	37
Sm	-	-	5.9	-	6.0	6.3	7.5	5.6	7.0
Eu	-	-	1.2	-	1.2	1.4	1.5	1.0	1.4
Gd	-	-	3.6	-	-	-	-	-	6.2
Tb	-	-	0.83	-	0.89	0.87	0.97	0.73	0.99
Dy	-	-	-	-	-	-	-	-	1.2
Ho	-	-	-	-	-	-	-	-	5.7
Er	-	-	-	-	-	-	-	-	3.2
Tm	—	-	-	-	-	-	-	-	0.5
Yb	-	-	2.6	-	3.2	2.8	3.0	2.2	3.1
Lu	-	-	0.43	-	0.45	0.46	0.48	0.34	0.48

本书和A：任天祥等(1993)中，N为参加统计的样本数，每个样本为一个1:20万图幅元素含量数据的平均值；B：谢学锦(1996)，“中国环境地球化学监控网络与动态地球化学图”报告；C：赵一阳和郝明才(1994)；D：谢学锦等(2007)，N为2706个1:2.5万图幅内所有水系沉积物样品组合后分析的元素含量数据。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te： 10^{-9} ；Ir、Os、Rh、Ru： 10^{-12} ；其它元素： 10^{-6} 。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

表 4.6 中国水系沉积物 39 种化学元素含量

Table 4.6 Concentrations of 39 chemical elements of stream sediments in China

区域 Region	中国 China				干旱 荒漠区 Arid desert	半干旱 荒漠区 Semi-arid desert	半湿润 低山丘陵区 Semi-humid low mountains and hills	湿润 低山丘陵区 Humid low mountains and hills	岩溶区 Karst terrain	热带 雨林区 Tropic rain forest	高寒 山区 Subnival mountain	高山 峡谷区 Alpine gorge	森林 沼泽区 Forest swamp
N	44422				3114	1610	6418	12048	2995	1190	9327	1183	2134
	中值 M	算术 均值 AM	几何 均值 GM	0.02%~99.98% 累频数值范围 Data range	几何均值 GM								
SiO ₂	65.31	64.74	64.05	9.60-91.33	61.92	69.87	62.02	66.07	65.24	67.19	62.94	60.95	59.94
Al ₂ O ₃	12.83	12.73	12.38	1.05-27.29	11.16	12.07	12.93	13.19	12.60	13.17	10.88	12.88	14.83
TFe ₂ O ₃	4.50	4.73	4.42	0.46-19.05	3.73	3.15	4.72	4.46	5.66	4.64	3.80	5.39	5.04
MgO	1.37	1.56	1.27	0.08-12.66	1.69	0.83	1.78	0.99	0.91	0.79	1.59	1.71	1.25
CaO	1.80	2.87	1.62	0.03-40.70	4.49	1.76	2.70	0.76	0.75	0.52	3.61	2.09	1.36
Na ₂ O	1.32	1.37	0.94	0.02-5.30	2.57	2.35	1.77	0.57	0.18	0.35	1.62	1.03	1.68
K ₂ O	2.36	2.40	2.28	0.16-6.53	2.94	3.12	2.46	2.31	1.55	2.01	2.29	2.63	2.55
Ag	0.077	0.094	0.081	0.007-3.452	0.058	0.080	0.083	0.090	0.087	0.080	0.067	0.105	0.094
As	10.0	13.3	10.1	0.5-421	7.3	9.4	7.4	8.9	18.9	7.7	11.8	19.3	9.1
Au	1.32	2.03	1.37	0.01-212	1.23	0.75	1.31	1.66	1.67	1.49	1.21	1.95	1.02
B	47	51	42	1.1-406	25	22	39	46	71	44	43	58	24
Ba	490	520	475	37-5455	570	640	605	475	310	345	450	450	610
Be	2.1	2.3	2.1	0.27-17.1	1.6	2.0	2.1	2.3	2.2	1.9	2.0	2.5	2.5
Bi	0.31	0.50	0.34	0.03-56.0	0.22	0.21	0.25	0.44	0.46	0.36	0.32	0.40	0.28
Cd	0.14	0.26	0.16	0.012-12.6	0.11	0.077	0.11	0.18	0.52	0.13	0.13	0.24	0.10
Co	12.1	13.1	11.8	0.86-74.4	9.0	7.0	13	12	17	12	10	15	12
Cr	59	68	56	3.8-1566	40	33	67	53	81	60	52	79	52
Cu	22	26	22	2.0-368	21	13	22	21	32	20	19	28	17
F	490	530	490	94-6595	395	380	510	490	575	390	475	595	500
Hg	36	69	36	1.5-17905	14	12	29	62	142	46	16	45	36
La	39	41	39	7.2-248	26	30	42	43	45	39	34	43	44

续表(Continued)

区域 Region	中国 China				干旱 荒漠区 Arid desert	半干旱 荒漠区 Semi-arid desert	半湿润 低山丘陵区 Semi-humid low mountains and hills	湿润 低山丘陵区 Humid low mountains and hills	岩溶区 Karst terrain	热带 雨林区 Tropic rain forest	高寒 山区 Subnival mountain	高山 峡谷区 Alpine gorge	森林 沼泽区 Forest swamp
	中值 M	算术 均值 AM	几何 均值 GM	0.02%~99.98% 累频数值范围 Data range	几何均值 GM								
Li	32	34	31	4.0-201	19	22	29	34	41	26	30	41	32
Mn	670	730	660	33-4950	625	475	685	640	965	660	575	790	840
Mo	0.84	1.13	0.90	0.10-29.8	0.90	0.85	0.72	1.04	1.41	0.78	0.66	0.94	1.41
Nb	16	17	16	1.2-138	9.7	12	16	20	21	18	12	18	15
Ni	25	29	24	1.7-670	17	14	27	22	35	24	23	36	19
P	580	655	580	78-5580	595	405	695	510	635	505	530	770	1080
Pb	24	29	25	2.6-1795	14	21	22	31	34	29	20	31	23
Sb	0.69	1.42	0.76	0.05-209	0.49	0.53	0.54	0.74	2.7	0.72	0.74	1.4	0.44
Sn	3.0	4.1	3.2	0.31-338	1.9	2.0	2.8	4.4	3.4	4.2	2.6	3.8	2.6
Sr	145	165	125	7.9-1598	270	205	215	78	60	60	180	110	200
Th	11.9	13.5	12.2	1.3-130	7.9	9.7	11.0	14.9	15.1	14.0	10.5	13.3	11.2
Ti	4105	4460	4045	332-31199	2930	2515	4190	4565	5820	4845	3155	4380	4445
U	2.45	3.08	2.63	0.37-64	1.85	1.66	1.98	3.16	3.42	3.09	2.17	3.45	3.37
V	80	87	78	6.6-528	64	50	84	81	120	76	64	98	77
W	1.8	2.7	2.0	0.11-239	1.1	1.3	1.5	2.6	2.2	2.2	1.9	2.5	1.9
Y	25	26	25	2.6-152	21	21	23	27	35	24	22	26	25
Zn	70	77	69	9.8-1906	52	53	64	74	103	63	60	91	77
Zr	270	295	270	27-2016	155	210	305	335	320	385	205	240	255

文献(Literature)：任天祥等(1998)。
中国水系沉积物为837幅1:20万化探扫面图幅中以1:2.5万图幅为单元的数据平均值统计结果。N为参加统计的样本数，每个样本为1个1:2.5万图幅的数据平均值。
含量单位：主成分：%；Au、Hg：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。
Concentration units: major elements: %; Au, and Hg: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

表 4.7 中国浅海沉积物化学元素含量

Table 4.7 Concentrations of chemical elements of sediments in the China Shelf Sea

沉积物 Sediment	中国浅海 沉积物 Sediments in the China Shelf Sea	渤海 沉积物 Sediments in the Bohai Sea	黄海 沉积物 Sediments in the Yellow Sea	东海 沉积物 Sediments in the East China Sea	南海 沉积物 Sediments in the South China Sea	冲绳海槽 沉积物 Sediments in the Okinawa Trough	西太平洋 褐色粘土 Brown clay in the West Pacific Ocean
<i>N</i>	286	44	64	83	95	26	
SiO ₂	62.23	62.97	63.12	62.14	61.10	41.40	59.00
Al ₂ O ₃	10.67	12.02	11.74	10.02	9.91	10.67	13.49
TFe ₂ O ₃	4.35	4.31	4.55	4.52	4.11	4.40	7.01
MgO	1.81	1.89	1.91	1.79	1.75	2.06	3.50
CaO	5.19	3.41	3.90	5.70	6.55	15.67	2.00
Na ₂ O	2.18	2.52	2.36	2.20	1.91	2.83	2.60
K ₂ O	2.23	2.65	2.59	2.16	1.85	2.16	5.59
CO ₂	4.00	2.41	2.83	4.66	5.01	11.62	-
C _{org}	0.62	0.66	0.71	0.61	0.59	0.97	-
Ag	0.063	0.075	0.068	0.060	0.060	0.13	0.040
As	7.7	9.0	9.4	8.0	7.2	9.0	8.2
Au	1.1	1.6	1.4	0.9	0.8	3.5	-
B	58	58	69	51	58	62	100
Ba	410	505	510	395	290	440	3060
Be	2.0	1.8	2.2	2.0	2.0	1.9	1.8
Bi	0.33	0.32	0.32	0.34	0.33	0.36	0.89
Br	15	10	15	13	21	39	-
Cd	0.065	0.090	0.088	0.068	0.053	0.16	0.18
Cl	3400	3500	3600	3000	3700	5700	-
Co	12	11	13	12	9	13	45
Cr	60	57	64	61	53	58	61
Cs	6.3	6.6	7.2	5.9	6.4	7.3	9.5
Cu	15	22	18	14	13	26	396
F	480	474	507	470	472	680	1000
Ga	14	15	15	13	12	14	22
Hf	6.0	6.1	6.5	5.1	6.5	3.2	-
Hg	25	36	24	25	27	130	25
I	18	14	22	14	17	64	-
In	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	-
Li	38	36	39	36	44	32	63
Mn	530	560	570	520	490	2020	4580
Mo	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	1.7	4.6
N	620	556	624	615	620	1130	720

续表(Continued)

沉积物 Sediment	中国浅海 沉积物 Sediments in the China Shelf Sea	渤海 沉积物 Sediments in the Bohai Sea	黄海 沉积物 Sediments in the Yellow Sea	东海 沉积物 Sediments in the East China Sea	南海 沉积物 Sediments in the South China Sea	冲绳海槽 沉积物 Sediments in the Okinawa Trough	西太平洋 褐色粘土 Brown clay in the West Pacific Ocean
Nb	14	13	13	14	14	11	18
Ni	24	26	26	25	20	36	184
P	500	527	522	516	425	630	1570
Pb	20	20	22	21	19	27	22
Rb	96	100	110	93	90	87	105
S	510	330	515	470	650	730	1100
Sb	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	1.2	2.0
Sc	10	11	13	10	8	11	26
Se	0.15	0.12	0.18	0.15	0.11	0.42	0.08
Sn	3.0	2.6	2.8	3.6	3.1	2.1	4.0
Sr	230	200	195	270	265	590	240
Ta	1.0	0.9	1.0	1.0	1.1	0.7	0.8
Te	40	40	50	40	30	60	-
Th	11.5	10.5	12.4	10.7	11.9	7.0	9.0
Ti	3500	3300	3500	3500	3400	3100	4400
Tl	0.30	0.45	0.26	0.20	0.43	0.40	-
U	1.9	1.5	2.2	1.7	2.0	1.8	1.6
V	70	70	76	71	61	78	120
W	1.5	1.6	1.6	1.4	1.8	1.4	4.9
Zn	65	64	67	66	61	82	160
Zr	210	245	230	180	235	120	180
Y	22	23	23	21	21	20	68
La	33	32	36	32	31	25	72
Ce	67	64	74	63	63	46	94
Nd	29	28	30	29	27	22	100
Sm	5.6	5.6	6.4	5.3	5.0	4.3	23
Eu	1.0	1.0	1.2	1.0	0.9	0.9	4.8
Tb	0.73	0.71	0.79	0.72	0.67	0.55	3.2
Yb	2.2	2.3	2.4	2.1	2.2	1.9	9.5
Lu	0.34	0.35	0.37	0.30	0.34	0.32	1.4

文献(Literature): 赵一阳和鄢明才(1993)。

所有元素的含量数据为算术均值(AM)。含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Te: 10^{-9} ; 其它元素: 10^{-6} 。Concentration data of all elements are arithmetic mean. Concentration units: major elements: %; Au, Hg, and Te: 10^{-9} ; other elements: 10^{-6} .

第五章 地壳化学元素丰度

Chapter 5 Abundance of Chemical Elements of the Earth's Crust

地壳化学元素丰度与分布的研究,是地球化学的基本任务之一,在地质学和地球化学的理论与实践上均具有重要意义。地壳分为大陆地壳和大洋地壳两部分。大陆占地球表面的41%,大陆地壳的质量占整个地壳质量的79%;加之大陆是人们生活和获取资源的主要场所,因此大陆地壳是地壳化学组成研究的中心。对大陆地壳的化学组成和演化机制的研究是认识地球总体成分、分异演化和地球动力学过程的基本地球化学前提。正因为如此,大陆地壳的化学组成自地球化学学科诞生以来至今一直是地球化学研究的中心问题之一。然而,这一问题迄今并未得到很好的解决:由于人们可直接观察和研究的通常仅是大陆上地壳,大陆中、下地壳难于直接观察,其代表性样品也不易获得,因此深部地壳特别是下地壳的组成,仍具有较大的不确定度。大陆地壳化学组成的研究方法主要有:岩石平均化学组合法 (Clarke, 1889, 1908; Clarke and Washington, 1924; Vinogradov, 1962; Taylor, 1964)、细粒碎屑沉积岩、冰川沉积物和黄土法 (Goldschmidt, 1933, 1954; Taylor and McLennan, 1985, 1995)、大陆地壳生长法 (Taylor and McLennan, 1985, 1995)、大陆地壳剖面法、区域大规模取样和分析 (Shaw, 1967, 1976, 1986; 鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005)、火山岩中的深部地壳包体研究法 (Rudnick, 1992)和地球物理法 (Christensen and Mooney, 1995, Fountain *et al.*, 1990; Rudnick and Fountain, 1995)。目前大陆地壳中元素丰度的综合研究方法则是选择有代表性的地区,根据地质学及地球物理剖面,建立标准地壳模型,确定地壳不同壳层的厚度及各类岩石的组成百分比;选择各类岩石代表性的、精确度较高的分析数据作为计算的基本数据;用面积或质量加权平均或简单的算术平均值求得构造单元的元素丰度,进而估算地壳的平均化学成分;同时对采用的地壳模型及所得到的元素丰度数据进行检验 (Wedepohl 1995 鄯明才和迟清华 1997 高山等 1999 Yan and Chi 2005)。

经过一个世纪以来地质和地球化学家们的努力,地壳的结构与组成的研究已取得很大进展,大洋地壳的组成与结构已比较清楚,大陆上地壳的化学组成也基本上取得了共识 (部分微量元素和测试困难的痕量、超痕量元素的值尚待进一步研究确定),都认为大陆上地壳为花岗闪长质 ($\text{SiO}_2 \sim 65\%$),以富集不相容元素和亏损相容元素为特征。但大陆下地壳的化学组成迄今还未取得一致的认识,这一部分是地学研究中最困难的区域,因为人们难于直接取到样品,只能依据相对间接的样品和各种限制条件进行综合研究,求得估计值,目前多数学者倾向于认为大陆下地壳具有石英闪长质的平均化学组成 ($\text{SiO}_2 \sim 58\%$)。地壳元素丰度值的改善,尚依赖于对地壳结构与演化的认识、地球化学与地球物理的综合研究及元素分析测试技术精度的提高。地壳化学元素丰度研究的发展历程简要概括如下。

(1) 以Clarke和Goldschmidt为代表的地壳元素丰度研究的创始阶段,分别以出露大陆地壳结晶岩石和沉积物的化学成分的平均值代表地壳成分。Clarke (1889) 开创了地壳元素丰度研究的先河,首次提出了地壳中10种主成分的平均含量;Clarke (1908) 在《地球化学数据》(The Data of Geochemistry) 一书中提出了地壳中50种元素的平均含量;Clarke and Washington (1924) 从汇集的世界上8602个火成岩的岩石化学数据中选用了5159个火成岩样品按地理组合 (北美和欧洲占了主要比例),并设定火成岩与正变质岩占95%、沉积岩与副变质岩占5% (其中页岩4%、砂岩0.75%、碳酸盐岩0.25%),给出了36种元素的丰度和27种元素丰度的数量级,将其作为代表10英里 (16公里) 厚的岩石圈的丰度,这一开创性的经典研究成果反映了早期对地壳的认识和分析测试水平。Goldschmidt (1933, 1954) 在挪威南部斯堪的纳维亚地盾古老片麻岩 (化学组成为花岗闪长质) 地区采集了对区

域有良好代表性的68个冰川湖积粘土进行了精细的分析,取得了岩石圈72个元素的估计值和信息值,许多元素的值与Clarke and Washington (1924)的值相似,微量元素的丰度有了较大改进。

(2) 随着Conrad不连续面的发现,地质学家们认识到上、下地壳的明显差异,并把地壳上部视为硅铝(花岗质)层,下部为硅镁(玄武质)层,在这以后地壳元素丰度研究进入了地壳结构模型改善计算方法时期。Poldervaart (1955)采用现代地壳结构模式将地壳划分为深洋区(重量比20.3%)、浅洋区(16.8%)、褶皱区(19.1%)和地盾区(19.1%),并按照不同地壳类型的莫霍面深度及其不同岩石类型的组成、厚度和相对密度进行重量加权平均,计算出地壳的平均化学成分。根据不同研究者对花岗岩与玄武岩某些化学元素含量的精确分析,Vinogradov (1962)和Taylor (1964)分别以酸性岩与基性岩2:1、花岗岩与玄武岩1:1的比例计算出大陆地壳元素的丰度,他们给出的丰度值在一个时期里为人们广泛采用。Ronov and Yaroshevskiy (1967, 1969, 1976)利用莫霍面深度将地壳划分为大陆型、过渡型、大洋型地壳,并按照每一类层壳中的岩石类型-“沉积岩”、“花岗岩”和“玄武岩”壳层,计算出各类型地壳以及各壳层的面积、体积、质量,并参考了俄罗斯地台和高加索地槽大量岩石化学全分析资料,最终按照质量比例进行加权平均求得地壳的平均化学成分。黎彤(1976)采用Poldervaart (1955)的全球地壳模型,将全球划分成地盾区、褶皱区、浅洋区和深洋区四个构造单元,综合Turekian and Wedepohl (1961)及Vinogradov (1962)给出的各类岩石元素平均含量与中国各类岩浆岩主要元素数据,按岩类比例计算出各构造单元的元素丰度,然后由质量加权求算全球地壳元素丰度值。为了检验丰度结果的可靠性,黎彤等还分别求出整个地壳中结晶岩和沉积岩的元素平均含量,再按结晶岩和沉积岩的质量比例(92.9%和7.1%),加权平均给出了整个地壳的元素丰度。Taylor and McLennan (1985, 1995)根据大陆地壳生长史提出了大陆地壳为安山岩的模式成分。首先以澳大利亚后太古宙页岩元素的平均含量减去20%后作为上地壳的元素丰度。采用大陆地壳生长模型,提出大陆地壳的整体化学成分为以75%的太古宙地壳成分加25%的岛弧火山岩的安山岩模式成分。最后采用大陆地壳总成分减去上地壳的成分得到下地壳的化学成分。

(3) 板块学说的兴起、全球地学断面的研究和超深钻的成果,使人们对地壳结构与组成的认识和地壳元素丰度的研究进入现代阶段,从而使地壳元素丰度研究也进入了新理论新方法的大发展时期。以对区域大陆地壳的实际研究为主,将出露有下地壳岩石的大构造单元的区域地壳元素丰度近似地代表大陆地壳的丰度,成为现代大陆地壳元素丰度研究的方向。

Shaw等(1986)取加拿大地盾地表岩石的平均值(Shaw等, 1967, 1976)作上地壳成分,以加拿大四个地区和印度南部采集的89个麻粒岩按SiO₂的含量分为<45%, 45%~55%, 55%~65%, >65%等四个等级,以Ronov and Yaroshevskiy (1969)给出的前寒武纪高级变质岩2:31:13:54的比例加权平均求得下地壳的成分,按上、下地壳取等权平均得到加拿大地盾地壳52种化学元素的组成与丰度。

Wedepohl (1995)提出了大陆地壳为英云闪长岩的模式组成。依据含60%古老地盾和40%年轻褶皱带的西欧3000 km的折射地震断面,地壳的平均厚度为40km,建立了上部地壳、长英质下地壳和镁铁质下地壳的比例为1:0.6:0.4的地壳模型。其上部地壳的主成分和32种微量元素含量取自加拿大地盾出露地壳的数据,另外33种微量元素的含量是根据钻井和地质图按如下岩石的比例:14%沉积岩、25%花岗岩、20%花岗闪长岩、5%英云闪长岩、6%辉长岩、30%的片麻岩和云母片岩计算求得的。长英质下地壳(61.5%的长英质麻粒岩)和铁镁质下地壳(38.5%的镁铁质麻粒岩)的主元素和36种次量和微量元素,取自Rudnick and Presper (1990)的长英质麻粒岩和镁铁质捕虏岩的汇编数据,另外30余种微量元素是根据多个文献的数据计算或选取的。

高山等(1999)根据中国中东部华北地台、秦岭造山带和扬子地台(东)的区域地质和地球物理资料建立了大陆地壳结构和岩石组成模型,在95×10⁴km²面积范围内对采集的905件岩石组合样品的元素含量进行实测分析,提出了中国中东部大陆地壳的63种元素丰度。

Rudnick and Gao (2003)主要根据以往不同研究者发表的有关大陆地壳不同壳层的数据进行汇编计算,给出了73种元素的大陆地壳丰度。

鄯明才和迟清华 (1997)、Yan and Chi (2005) 根据中国东部内蒙兴安 - 吉黑造山带、华北地台、秦岭 - 大别造山带、扬子地台 (东) 和华南褶皱系的区域地质和地球物理 (全球地学断面) 资料建立了大陆地壳结构和岩石组成模型, 在 $330 \times 10^4 \text{ km}^2$ 面积范围内对采集的 28253 件岩石样品组合成 2718 件分析样品, 对元素含量进行实测分析, 提出了中国东部大陆地壳的 76 种元素的丰度值。中国东部区域地壳化学组成的研究, 依据不同大地构造单元的区域地质构造和出露基底的实际情况区别对待。

华北地台高级变质区广泛出露, 有能够代表下地壳的麻粒岩相地体、能代表下地壳下部的基性麻粒岩以及能代表中地壳的角闪岩相地体, 同时具有能代表上地壳的绿片岩相地体、各类侵入岩体以及发育良好的沉积盖层, 地质研究程度较高, 有系统的地质断面资料, 作为研究的重点, 根据 1209 件岩石组合样品的实测分析结果, 提出了华北地台地壳及各层壳 78 种元素的丰度。上地壳沉积盖层 ($V_p < 6.0 \text{ km/s}$), 平均厚 3 km, 由中元古代后各时代地层按体积加权平均求得 (其中砂岩占 36%, 泥质岩占 26%, 碳酸盐岩占 24%, 火山岩占 14%); 上地壳变质基底 ($V_p 6.0 \sim 6.2 \text{ km/s}$), 厚 12 km, 由基底出露区各类变质岩与花岗岩、闪长岩等侵入岩依出露面积加权平均求得 (其中变质岩占 60%, 花岗岩 35%, 闪长岩等 5%)。中地壳 ($V_p 6.2 \sim 6.5 \text{ km/s}$), 厚 10 km, 由除绿片岩相之外的以花岗闪长质、英云闪长质和奥长花岗质片麻岩 (TTG 片麻岩) 为主的中高级变质地体综合加权平均求得。下地壳, 厚 13 km, 其上部 V_p 值为 $6.4 \sim 6.8 \text{ km/s}$, 大致相当于中性麻粒岩和英云闪长质的岩石。下地壳下部大多有一个 V_p 值迅速增大、厚 $3 \sim 6 \text{ km}$ 的梯度层, V_p 为 $6.7 \sim 7.3 \text{ km/s}$ 。近莫霍面附近 V_p 值达 $7.2 \sim 7.4 \text{ km/s}$, 根据 V_p 值与岩性关系, 推测主要由基性麻粒岩组成。依上述情况综合权衡, 设定: 以具有显著下地壳温压条件和显著亏损 U、Th、K 地球化学特征的迁西 - 迁安 (河北省) 和兴和 (内蒙古自治区) - 阳高 (山西省) - 怀安 (河北省) 两个麻粒岩相带的加权平均值代表下地壳上部, 平均厚 9 km; 该两个麻粒岩相带的镁铁质麻粒岩的平均值代表下地壳下部的梯度层, 平均厚 4 km。两者依厚度加权平均, 计算求得华北地台下地壳的值。

其余区域缺少高级变质地体, 或仅有局部出露, 主要依据对地壳结构的现代认识和区域地学断面的资料, 以区域高级变质岩和深源岩石的实测结果为基础, 依岩类的不同比例进行平衡, 计算了内蒙兴安 - 吉黑造山带和华东南地块 [秦岭 - 大别造山带、扬子地台 (东)、华南褶皱系] 地壳的元素丰度估计值, 并与华北地台一起, 依三大区域的体积加权平均求得中国东部地壳 76 种元素的丰度估计值。

根据有关区域地质断面资料, 内蒙兴安 - 吉黑造山带的上地壳沉积盖层厚 2 km, 由显生宙地层组成 ($V_p < 5.0 \text{ km/s}$), 结晶基底厚 12 km (V_p 平均 6.0 km/s), 中下地壳厚 22 km (V_p 平均 6.6 km/s), 总地壳厚 36 km。上地壳结晶基底由 40% 的出露基底岩石 (含前寒武纪变质岩和以花岗岩为主的侵入岩, 它们之间的比例以实际出露面积求得)、20% 的花岗闪长岩、15% 的英云闪长岩、20% 的闪长岩、5% 的基性岩加权平均求得; 中下地壳由 25% 的 TTG 片麻岩、40% 的闪长质侵入岩和 35% 的斜长角闪岩与基性麻粒岩加权平均求得。

根据有关区域地质断面资料, 华东南地块的上地壳沉积盖层厚 2 km, 由显生宙地层组成 ($V_p < 6.0 \text{ km/s}$), 结晶基底厚 10 km (V_p 平均 6.0 km/s), 中下地壳厚 22 km (V_p 平均 6.5 km/s), 总地壳厚为 34 km。上地壳结晶基底由区内 50% 的基底岩石 [依扬子地台 (东)、华南褶皱系和南秦岭造山带前寒武纪变质岩和花岗岩等侵入岩按出露面积加权求得]、15% 的花岗质岩石、20% 的花岗闪长岩和 TTG 片麻岩、13% 的闪长岩、2% 的基性岩加权平均求得; 中下地壳由 50% 的 TTG 片麻岩、35% 的闪长岩和 15% 的斜长角闪岩加权平均求得。

由上述算得的内蒙兴安 - 吉黑造山带、华东南地块的值与华北地台的相应壳层按体积加权平均, 求得了中国东部总地壳、上地壳和中下地壳 76 种化学元素的丰度估计值。中国东部地壳化学组成与元素丰度研究成为迄今为止以系统测定每个岩石组合样品中的元素含量而得到的元素最为齐全的大陆地壳元素丰度估计值。

同时依当今出露于地表的岩石或地质体按面积加权求得中国东部及各构造单元出露地壳化学组成, 其更为客观地代表了地壳表层化学组成的平均状况, 适于地表地质、勘查地球化学、农业和环境地球化学研究应用。

表5.1列出了不同时期有代表性的研究者给出的地壳化学组成与元素丰度。表5.2列出了鄢明才和迟清华（1997）、Yan and Chi（2005）给出的华北地台、Taylor and McLennan（1985，1995）与Wedepohl（1995）给出的上、下陆壳元素丰度、Shaw（1967，1976，1986）给出的加拿大地盾上陆壳的元素丰度和Condie（1993）根据地质图模式给出的上陆壳的元素丰度以及Rudnick and Fountain（1995）根据全球地震波速和麻粒岩数据给出的下地壳元素丰度平均值；表5.3和表5.4分别列出了华北地台大陆地壳不同层壳的78种元素丰度和13种主成分的化学组成（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005）；表5.5列出了国内外不同研究者对大陆地壳主成分的估计值；表5.6列出了中国东部大陆地壳化学组成与元素丰度估计值（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005）；表5.7列出的中国东部及各构造单元出露地壳岩石化学组成与元素丰度（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005），是根据地表出露的地层、岩体以及变质地体的面积加权平均求得的；表5.8列出的华北地台太古宙出露地壳岩石化学组成与元素丰度（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005），是根据出露的太古宙地体的面积加权平均求得的；表5.9列出的华北地台太古宙麻粒岩相、角闪岩相和元古宙绿片岩相地体化学组成与元素丰度（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005），是根据不同变质相地体的岩石组成加权平均得到的；表5.10和表5.11分别列出了中国东部及其不同构造单元沉积盖层和结晶基底的化学组成与元素丰度（鄢明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005）。

数据表中， N 为被分析的组样数， t 为采集的样品数，带圆括号的元素含量为参考值，带“ n ”的为量级估计值，带“-”的未给值。

表 5.1 大陆地壳化学元素丰度

Table 5.1 Abundance of chemical elements of the continental crust

元素 El.	单位(W_B) Unit(W_B)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Li	10^{-6}	13	17	17	21	40	65	32	20	13	18	16
Be	10^{-6}	1.1	1.4	1.7	1.3	10	6	3.8	2.8	1.5	2.4	1.9
B	10^{-6}	10	11	18	7.6	10	10	12	10	10	11	11
C	%	0.40	(0.38)	0.37	0.28	0.087	0.032	0.023	0.02	-	0.19	-
N	10^{-6}	50	60	-	18	300	-	19	20	-	60	56
F	10^{-6}	570	540	602	450	270	800	660	625	-	525	553
Na	%	2.57	2.55	2.20	2.3	2.64	2.83	2.50	2.36	2.30	2.36	2.30
Mg	%	2.08	1.90	2.06	2.8	1.94	2.09	1.87	2.33	3.20	2.20	2.83
Al	%	7.57	7.85	7.19	8.3	7.51	8.13	8.05	8.23	8.41	7.96	8.41
Si	%	28.1	28.33	28.90	29	25.8	27.7	29.5	28.2	26.8	28.8	28.3
P	10^{-6}	680	750	790	1200	1200	1200	930	1050	-	757	436
S	10^{-6}	300	250	300	400	480	520	470	260	-	697	404
Cl	10^{-6}	110	112	179	280	1900	480	170	130	-	472	244
K	%	1.93	1.92	1.84	1.7	2.40	2.59	2.50	2.09	0.91	2.14	1.49
Ca	%	4.66	3.84	3.37	5.2	3.29	3.63	2.96	4.15	5.29	3.85	4.57
Sc	10^{-6}	18	17	19	18	0. n	5	10	22	30	16	22
Ti	10^{-6}	3600	4000	4600	6400	5800	4400	4500	5700	5400	4010	4200
V	10^{-6}	110	112	128	140	160	150	90	135	230	98	138
Cr	10^{-6}	84	76	92	110	330	200	83	100	185	126	135
Mn	10^{-6}	730	810	930	1300	800	1000	1000	950	1400	716	774
Fe	%	4.94	4.58	5.07	5.8	4.7	5.00	4.65	5.63	7.07	4.32	5.31
Co	10^{-6}	22	19	24	25	100	40	18	25	29	24	27
Ni	10^{-6}	40	31	46	89	180	100	58	75	105	56	59
Cu	10^{-6}	30	26	38	63	100	70	47	55	75	25	27
Zn	10^{-6}	74	76	81	94	40	80	83	70	80	65	72
Ga	10^{-6}	18.2	19	18	18	0.00 n	15	19	15	18	15	16
Ge	10^{-6}	1.2	1.2	1.2	1.4	0.00 n	7	1.4	1.5	1.6	1.4	1.3
As	10^{-6}	1.5	2.4	3.1	2.2	n	5	1.7	1.8	1.0	1.7	2.5
Se	10^{-6}	0.11	0.07	0.13	0.08	0.0 n	0.09	0.05	0.05	0.05	0.12	0.13
Br	10^{-6}	(0.3)	(0.25)	-	4.4	n	2.5	2.1	2.5	-	1.0	0.88

元素 El.	单位(W _B) Unit(W _B)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Rb	10 ⁻⁶	63	70	69	78	<i>n</i>	280	150	90	32, 37	78	49
Sr	10 ⁻⁶	360	350	285	480	170	150	340	375	260	333	320
Y	10 ⁻⁶	15	17	17.5	24	-	28.1	29	33	20	24	19
Zr	10 ⁻⁶	146	160	175	130	230	220	170	165	100	203	132
Nb	10 ⁻⁶	10	10	11	19	-	20	20	20	11, 8	19	8
Mo	10 ⁻⁶	0.5	0.5	0.65	1.3	<i>n</i>	2.3	1.1	1.5	1.0	1.1	0.8
Ru	10 ⁻⁹	0.050	0.040	-	1	0.0 <i>n</i>	-	-	-	-	0.1	0.6
Rh	10 ⁻⁹	0.056	0.035	-	1	0.0 <i>n</i>	1	-	-	-	0.060	-
Pd	10 ⁻⁹	1.1	0.75	1.7	10	0.0 <i>n</i>	10	13	-	1.0	0.4	1.5
Ag	10 ⁻⁶	0.057	0.055	0.052	0.080	0.0 <i>n</i>	0.02	0.07	0.07	0.080	0.070	0.056
Cd	10 ⁻⁶	0.080	0.082	0.075	0.2	0. <i>n</i>	0.18	0.13	0.2	0.098	0.100	0.08
In	10 ⁻⁶	(0.05)	(0.045)	-	0.1	0.00 <i>n</i>	0.1	0.25	0.1	0.050	0.050	0.052
Sn	10 ⁻⁶	1.2	1.4	1.5	1.7	<i>n</i>	40	2.5	2	2.5	2.3	1.7
Sb	10 ⁻⁶	0.15	0.18	0.22	0.6	0. <i>n</i>	(1)	0.5	0.2	0.2	0.30	0.2
Te	10 ⁻⁹	(8)	(6)	-	0.6	<i>n</i>	(2)	1	-	-	5	-
I	10 ⁻⁶	(0.1)	(0.07)	-	0.6	0. <i>n</i>	0.3	0.4	0.5	-	0.8	0.7
Cs	10 ⁻⁶	1.4	2.0	2.8	1.4	0.00 <i>n</i>	3.2	3.7	3	1.0, 1.5	3.4	2.0
Ba	10 ⁻⁶	690	620	614	390	470	430	650	425	250	584	456
La	10 ⁻⁶	29	29	32	39	-	18.3	29	30	16	30	20
Ce	10 ⁻⁶	55	57	60	43	-	41.6	70	60	33	60	43
Pr	10 ⁻⁶	6.2	6.5	-	5.7	-	5.5	9	8.2	3.9	6.7	4.9
Nd	10 ⁻⁶	25	26	27	26	-	23.9	37	28	16	27	20
Sm	10 ⁻⁶	4.4	4.9	4.8	6.7	-	6.5	8	6.0	3.5	5.3	3.9
Eu	10 ⁻⁶	1.21	1.30	1.27	1.2	-	1.06	1.3	1.2	1.1	1.3	1.1
Gd	10 ⁻⁶	3.9	4.3	-	6.7	-	6.4	8	5.4	3.3	4.0	3.7
Tb	10 ⁻⁶	0.61	0.69	0.82	1.1	-	0.91	4.3	0.9	0.6	0.65	0.6
Dy	10 ⁻⁶	3.3	3.7	-	4.1	-	4.5	5	3.0	3.7	3.8	3.6
Ho	10 ⁻⁶	0.67	0.77	-	1.4	—	1.15	1.7	1.2	0.78	0.8	0.77
Er	10 ⁻⁶	1.9	2.2	-	2.7	-	2.5	3.3	2.8	2.2	2.1	2.1
Tm	10 ⁻⁶	0.29	0.34	-	0.25	-	0.20	0.27	0.48	0.32	0.30	0.28
Yb	10 ⁻⁶	1.85	2.2	2.25	2.7	-	2.7	0.33	3.0	2.2	2.0	1.9
Lu	10 ⁻⁶	0.29	0.33	0.35	0.8	-	0.75	0.8	0.50	0.30	0.35	0.30
Hf	10 ⁻⁶	4.0	4.5	4.7	1.5	30	4.5	1	3	3.0	4.9	3.7
Ta	10 ⁻⁶	0.60	0.65	0.63	1.6	-	2.1	2.5	2	1.0, 0.8	1.1	0.7
W	10 ⁻⁶	0.6	0.6	0.7	1.1	50	1	1.3	1.5	1.0	1.0	1.0
Re	10 ⁻⁹	(0.1)	(0.12)	-	0.5	-	1	0.7	-	0.4*	0.4	0.19
Os	10 ⁻⁹	0.052	0.040	-	1	0. <i>n</i>	-	-	-	0.05*	0.050	0.041
Ir	10 ⁻⁹	0.028	0.020	-	1	0. <i>n</i>	1	-	-	0.1	0.050	0.037
Pt	10 ⁻⁹	1.2	0.80	1.8	50	<i>n</i>	5	-	-	-	0.4	1.5
Au	10 ⁻⁹	1.0	0.9	1.2	4	<i>n</i>	1	4.3	4	3.0	2.5	1.3
Hg	10 ⁻⁹	8	7	9	80	<i>n</i> ×100	500	83	80	-	40	30
Tl	10 ⁻⁶	0.40	0.42	0.39	0.4	0.0 <i>n</i>	0.3	1	0.45	0.36	0.52	0.5
Pb	10 ⁻⁶	13	15	15	12	20	16	16	12.5	8.0	14.8	11
Bi	10 ⁻⁶	0.14	0.15	0.27	0.004	0.0 <i>n</i>	0.2	0.009	0.17	0.06	0.085	0.18
Th	10 ⁻⁶	5.0	6.0	7.1	5.8	20	11.5	13	9.6	3.5	8.5	5.6
U	10 ⁻⁶	1.0	1.3	1.2	1.7	80	4	2.5	2.7	0.91	1.7	1.3

文献(Literature): 1. 华北地台大陆地壳(郝明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005); 2. 中国东部大陆地壳(郝明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005); 3. 中国中东部大陆地壳(高山等, 1999); 4. 地壳(黎彤, 1976); 5. 岩石圈(Clarke and Washington, 1924); 6. 大陆地壳(Goldschmidt, 1933, 1954); 7. 大陆地壳(Vinogradov, 1962); 8. 大陆地壳(Taylor, 1964); 9. 大陆地壳(Taylor and McLennan, 1985, 1995, 带*的数据为1995年增加或修改, 逗号后的数据由McLennan(2001)更新); 10. 大陆地壳(Wedepohl, 1995); 11. 大陆地壳(Rudnick and Gao, 2003)。

Literature: 1. Continental crust in North China Platform (Yan and Chi, 1997, 2005); 2. Continental crust in the eastern part of China (Yan and Chi, 1997, 2005); 3. Continental crust in central East China (Gao *et al.*, 1999); 4. The Earth's crust (Li, 1976); 5. Lithosphere (Clarke and Washington, 1924); 6. Continental crust (Goldschmidt, 1933); 7. Continental crust (Vinogradov, 1962); 8. Continental crust (Taylor, 1964); 9. Continental crust (Taylor and McLennan, 1985, 1995, the data with * were added or revised in 1995, values after comma updated in McLennan (2001)); 10. Continental crust (Wedepohl, 1995); 11. Continental crust (Rudnick and Gao, 2003)。

表 5.2 上陆壳和下陆壳化学元素丰度(W_B)Table 5.2 Abundance of chemical elements of the upper and lower continental crust (W_B)

层壳 Crust layer		上陆壳 Upper continental crust					下陆壳 Lower continental crust			
元素 Element	单位(W_B) Unit(W_B)	A	B	C	D	E	A	B	C	F
Li	10^{-6}	16	20	[22]	22	-	9.4	11	13	6
Be	10^{-6}	1.6	3	3.1	1.3	-	0.4	1.0	1.7	-
B	10^{-6}	17	15	17	9.2	-	4	8.3	5	-
C	%	0.84	-	0.32	-	-	(0.07)	-	0.059	-
N	10^{-6}	82	-	83	-	-	23	-	34	-
F	10^{-6}	540	-	611	500	-	593	-	429	-
Na	%	2.20	2.89	[2.57]	2.57	2.63	2.52	2.08	2.12	1.97
Mg	%	1.65	1.33	[1.35]	1.35	1.48	2.77	3.80	3.16	4.37
Al	%	7.2	8.04	[7.74]	7.74	8.01	7.88	8.52	8.21	8.94
Si	%	28.9	30.8	[30.3]	30.3	31.3	26.5	25.4	27.1	25.0
P	10^{-6}	590	-	[665]	665	520	755	-	872	440
S	10^{-6}	200	-	953	600	-	440	-	408	-
Cl	10^{-6}	100	-	640	100	-	100	-	278	-
K	%	2.54	2.80	[2.86]	2.86	2.29	1.20	0.28, 0.53	1.31	0.51
Ca	%	4.40	3.00	[2.94]	2.94	2.60	5.25	6.07	4.86	6.85
Sc	10^{-6}	10.6	11, 13.6	[7]	7	13.4	27	36, 35	25.3	31
Ti	10^{-6}	3000	3000	[3210]	3210	3360	4600	6000, 5810	5010	4920
V	10^{-6}	68	60, 107	[53]	53	86	166	285, 271	149	196
Cr	10^{-6}	52	35, 85	[35]	35	112	120	235, 219	228	215
Mn	10^{-6}	575	600	[527]	527	770	930	1670	929	770
Fe	%	3.35	3.50	[3.09]	3.09	3.70	6.74	8.24	5.71	6.66
Co	10^{-6}	12	10, 17	[12]	12	18	36	35, 33	38	38
Ni	10^{-6}	24	20, 44	[19]	19	60	55	135, 156	99	88
Cu	10^{-6}	18	25	[14]	14	-	45	90	37.4	26
Zn	10^{-6}	60	71	[52]	52	-	93	83	79	78
Ga	10^{-6}	17.4	17	[14]	14	-	19	18	17	13
Ge	10^{-6}	1.2	1.6	1.4	-	-	1.2	1.6	(1.4)	-
As	10^{-6}	1.9	1.5	2.0	-	-	1.1	0.8	1.3	-
Se	10^{-6}	0.06	0.05	0.083	-	-	0.18	0.05	0.17	-
Br	10^{-6}	(0.4)	-	1.6	-	-	(0.2)	-	0.28	-
Rb	10^{-6}	92	112	[110]	110	83	26	5.3, 12	41	11
Sr	10^{-6}	330	350	[316]	316	289	380	230	352	348
Y	10^{-6}	17	22	[21]	21	24	13	19	27.2	16
Zr	10^{-6}	162	190	[237]	237	160	122	70	165	68
Nb	10^{-6}	12	25, 12	[26]	26	9.8	7.7	6, 6.7	11.3	5.0
Mo	10^{-6}	0.6	1.5	1.4	-	-	0.45	0.8	0.6	-
Ru	10^{-9}	0.031	-	-	-	-	0.075	-	-	-
Rh	10^{-9}	0.026	-	-	-	-	0.097	-	-	-
Pd	10^{-9}	0.43	0.5	-	-	-	2.0	1	-	-
Ag	10^{-6}	0.055	0.050	0.055	-	-	0.060	0.090	0.080	-
Cd	10^{-6}	0.072	0.098	0.102	0.075	-	0.096	0.098	0.101	-
In	10^{-6}	(0.04)	0.050	0.061	-	-	(0.06)	0.050	0.052	-

续表(Continued)

层壳 Crust layer		上陆壳 Upper continental crust					下陆壳 Lower continental crust			
元素 Element	单位(W _B) Unit(W _B)	A	B	C	D	E	A	B	C	F
Sn	10 ⁻⁶	1.5	5.5	2.5	-	-	0.7	1.5	2.1	-
Sb	10 ⁻⁶	0.18	0.2	0.31	-	-	0.11	0.2	0.30	-
Te	10 ⁻⁹	(6)	-	-	-	-	(10)	-	-	-
I	10 ⁻⁶	(0.15)	-	1.4	-	-	(0.05)	-	0.14	-
Cs	10 ⁻⁶	2.2	3.7, 4.6	5.8	-	-	0.44	0.1, 0.47	0.8	0.3
Ba	10 ⁻⁶	740	550	668	1070	633	585	150	568	259
La	10 ⁻⁶	35	30	[32.3]	32.3	28.4	19	11	26.8	8
Ce	10 ⁻⁶	67	64	[65.6]	65.6	57.5	37	23	53.1	20
Pr	10 ⁻⁶	7.2	7.1	[6.3]	6.3	-	4.5	2.8	7.4	-
Nd	10 ⁻⁶	29	26	[25.9]	25.9	25.6	19	12.7	28.1	11
Sm	10 ⁻⁶	4.8	4.5	4.7	4.61	4.59	3.7	3.2	6.0	2.8
Eu	10 ⁻⁶	1.10	0.88	0.95	0.94	1.05	1.29	1.17	1.6	1.1
Gd	10 ⁻⁶	4.0	3.8	[2.8]	2.8	4.21	3.7	3.1	5.4	3.1
Tb	10 ⁻⁶	0.61	0.64	[0.5]	0.48	0.66	0.59	0.59	0.81	0.48
Dy	10 ⁻⁶	3.3	3.5	[2.9]	2.9	-	3.3	3.6	4.7	3.1
Ho	10 ⁻⁶	0.67	0.80	[0.62]	0.62	-	0.66	0.77	0.99	0.68
Er	10 ⁻⁶	1.9	2.3	-	-	-	1.9	2.2	-	1.9
Tm	10 ⁻⁶	0.30	0.33	-	-	-	0.29	0.32	-	-
Yb	10 ⁻⁶	1.9	2.2	[1.5]	1.47	1.91	1.85	2.2	2.5	1.5
Lu	10 ⁻⁶	0.29	0.32	0.27	0.23	0.32	0.29	0.29	0.43	0.25
Hf	10 ⁻⁶	4.5	5.8	[5.8]	5.8	4.3	3.1	2.1	4.0	1.9
Ta	10 ⁻⁶	0.8	2.2, 1.0	1.5	5.7	0.79	0.3	0.6, 0.7	0.84	0.6
W	10 ⁻⁶	0.9	2.0	1.4	-	-	(0.3)	0.7, 0.6	0.6	-
Re	10 ⁻⁹	(0.12)	0.4	-	-	-	(0.08)	0.4	-	-
Os	10 ⁻⁹	0.053	0.05	-	-	-	0.062	0.05	-	-
Ir	10 ⁻⁹	0.017	0.02	-	-	-	0.040	0.13	-	-
Pt	10 ⁻⁹	0.45	-	-	-	-	2.3	-	-	-
Au	10 ⁻⁹	0.74	1.8	-	1.8	-	1.5	3.4	-	-
Hg	10 ⁻⁹	8	-	56	96	-	8	-	21	-
Tl	10 ⁻⁶	0.52	0.75	0.75	0.52	-	0.23	0.23	0.26	-
Pb	10 ⁻⁶	17	20, 17	[17]	17	17	9.6	4.0, 5.0	12.5	4
Bi	10 ⁻⁶	0.13	0.127	0.123	0.03	-	0.17	0.038	0.037	-
Th	10 ⁻⁶	8.6	10.7	[10.3]	10.3	8.6	1.5	1.06, 2.0	6.6	1.2
U	10 ⁻⁶	1.5	2.8	[2.5]	2.45	2.2	0.4	0.28, 0.53	0.93	0.2

文献：A：华北地台(酈明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005)；B：Taylor and McLennan (1985，1995)，逗号后的值为McLennan (2001)更新的；C：Wedepohl (1995)，带方括号的上地壳值直接取自Shaw等(1967，1976)加拿大地盾的平均值，下地壳的值来自于西欧地震资料和麻粒岩捕虏体的组成；D：加拿大地盾(Shaw，1967，1976，1986)；E：Condie (1993)，地质图模式；F：Rudnick and Fountain (1995)，下地壳平均值来自于全球地震波速和麻粒岩数据。

Literature: A: North China Platform (Yan and Chi, 1997, 2005); B: Taylor and McLennan (1985, 1995), values after comma updated in McLennan (2001); C: Wedepohl (1995), average upper crustal value taken directly from the Canadian Shield composites of Shaw *et al.* (1967, 1976) are shown in square brackets, average lower crust in western Europe derived from seismic data and granulite xenolith composition; D: Canadian Shield (Shaw, 1967, 1976, 1986); E: Condie (1993), model of geological map; F: Runick and Fountain (1995), average lower crust derived from global average seismic velocities and granulites.

表 5.3 华北地台大陆地壳的化学元素丰度

Table 5.3 Abundance of chemical elements of the continental crust in the North China platform

元素 Element	单位 (W _B) Unit(W _B)	总陆壳 BCC	沉积 盖层 SC	结晶 基底 BR	上陆壳 UCC	中陆壳 MCC	下陆壳 LCC	下陆壳 上部 ULCC	下陆壳 下部 LLCC
H	%	0.15	0.26	0.15	0.17	0.16	0.11	0.12	0.083
Li	10 ⁻⁶	13	22	15	16	12	9.4	10	8.0
Be	10 ⁻⁶	1.0	1.4	1.7	1.6	1.1	0.40	0.50	0.13
B	10 ⁻⁶	10	35	13	17	8.0	2.7	2.0	4.3
C	%	0.40	3.3	0.23	0.84	(0.16)	(0.07)	(0.08)	(0.06)
N	10 ⁻⁶	50	225	46	82	36	23	24	20
O	%	47.5	50.9	48.3	49.0	47.7	45.8	46.9	43.2
F	10 ⁻⁶	570	540	540	540	580	593	555	680
Na	%	2.57	1.11	2.47	2.20	2.49	2.52	2.83	1.83
Mg	%	2.08	2.41	1.45	1.65	1.91	2.73	2.06	4.21
Al	%	7.57	5.72	7.57	7.20	7.74	7.88	8.15	7.26
Si	%	28.1	23.1	30.3	28.9	29.1	26.5	28.2	22.8
P	10 ⁻⁶	680	580	595	590	715	755	760	740
S	10 ⁻⁶	300	210	190	200	280	440	310	730
Cl	10 ⁻⁶	110	100	100	100	125	100	98	100
K	%	1.93	2.00	2.66	2.54	2.00	1.20	1.47	0.67
Ca	%	4.66	10.3	2.92	4.40	3.39	5.25	3.92	8.23
Sc	10 ⁻⁶	18	8.8	11	10.6	16	27	19	46
Ti	%	0.36	0.30	0.28	0.30	0.35	0.46	0.38	0.71
V	10 ⁻⁶	110	60	70	68	100	166	118	274
Cr	10 ⁻⁶	84	40	55	52	87	120	100	163
Mn	10 ⁻⁶	730	620	560	575	700	930	760	1430
Fe	%	4.94	2.84	3.48	3.35	4.59	6.74	5.40	10.8
Co	10 ⁻⁶	22	10	13	12	20	36	25	61
Ni	10 ⁻⁶	40	20	25	24	39	55	39	90
Cu	10 ⁻⁶	30	16	19	18	27	45	32	73
Zn	10 ⁻⁶	74	60	60	60	72	93	81	120
Ga	10 ⁻⁶	18.2	13.0	18.5	17.4	18.5	19.0	19.4	18.2
Ge	10 ⁻⁶	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.3
As	10 ⁻⁶	1.5	4.0	1.4	1.9	1.3	1.1	1.2	0.81
Se	10 ⁻⁶	0.11	0.05	0.06	0.06	0.08	0.18	0.12	0.31
Br	10 ⁻⁶	(0.3)	(0.4)	(0.4)	(0.4)	(0.3)	(0.2)	(0.25)	(0.2)
Rb	10 ⁻⁶	63	75	96	92	69	26	32	12
Sr	10 ⁻⁶	360	240	350	330	370	380	470	170
Y	10 ⁻⁶	15	16	17	17	15	13	12	16
Zr	10 ⁻⁶	146	170	160	162	155	122	138	86
Nb	10 ⁻⁶	10	13	11.5	12	9.3	7.7	7.8	7.4
Mo	10 ⁻⁶	0.5	0.6	0.6	0.6	0.45	0.45	0.45	0.4
Ru	10 ⁻⁹	0.050	0.035	0.030	0.031	0.047	0.075	0.069	0.090
Rh	10 ⁻⁹	0.056	0.016	0.029	0.026	0.050	0.097	0.078	0.14

续表(Continued)

元素 Element	单位 (W _B) Unit(W _B)	总陆壳 BCC	沉积 盖层 SC	结晶 基底 BR	上陆壳 UCC	中陆壳 MCC	下陆壳 LCC	下陆壳 上部 ULCC	下陆壳 下部 LLCC
Pd	10 ⁻⁹	1.1	0.35	0.45	0.43	0.80	2.0	1.3	3.6
Ag	10 ⁻⁹	57	55	55	55	55	60	56	69
Cd	10 ⁻⁹	80	87	68	72	76	96	80	132
In	10 ⁻⁶	(0.05)	(0.04)	(0.045)	(0.04)	(0.05)	(0.06)	(0.05)	(0.07)
Sn	10 ⁻⁶	1.2	1.7	1.4	1.5	1.1	0.9	1.0	0.6
Sb	10 ⁻⁶	0.15	0.25	0.16	0.18	0.14	0.11	0.10	0.12
Te	10 ⁻⁹	(8)	(6)	(6)	(6)	(8)	(10)	(9)	(12)
I	10 ⁻⁶	(0.1)	(0.2)	(0.15)	(0.15)	(0.1)	(0.05)	(0.05)	(0.05)
Cs	10 ⁻⁶	1.4	2.8	2.1	2.2	1.4	0.44	0.43	0.47
Ba	10 ⁻⁶	690	550	790	740	740	585	780	140
La	10 ⁻⁶	29	33	35	35	32	19	24	8.7
Ce	10 ⁻⁶	55	62	68	67	62	37	46	18
Pr	10 ⁻⁶	6.2	7.2	7.2	7.2	6.7	4.5	5.5	2.4
Nd	10 ⁻⁶	25	28	29	29	28	19	22	11
Sm	10 ⁻⁶	4.4	4.6	4.8	4.8	4.8	3.7	4.0	2.9
Eu	10 ⁻⁶	1.21	1.10	1.10	1.10	1.27	1.29	1.31	1.26
Gd	10 ⁻⁶	3.8	4.1	4.0	4.0	4.1	3.7	3.7	3.6
Tb	10 ⁻⁶	0.61	0.62	0.61	0.61	0.64	0.59	0.57	0.64
Dy	10 ⁻⁶	3.3	3.4	3.3	3.3	3.4	3.3	3.0	4.1
Ho	10 ⁻⁶	0.67	0.70	0.68	0.67	0.67	0.66	0.57	0.86
Er	10 ⁻⁶	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	1.9	1.6	2.5
Tm	10 ⁻⁶	0.29	0.28	0.30	0.30	0.30	0.29	0.25	0.39
Yb	10 ⁻⁶	1.85	1.8	1.9	1.9	1.9	1.85	1.5	2.4
Lu	10 ⁻⁶	0.29	0.27	0.29	0.29	0.29	0.29	0.24	0.39
Hf	10 ⁻⁶	4.0	4.5	4.5	4.5	4.2	3.1	3.6	2.1
Ta	10 ⁻⁶	0.6	1.0	0.7	0.8	0.55	0.3	0.3	(0.3)
W	10 ⁻⁶	0.6	1.1	0.8	0.9	0.5	(0.3)	0.4	(0.2)
Re	10 ⁻⁹	(0.1)	-	-	(0.12)	-	-	-	-
Os	10 ⁻⁹	0.052	0.066	0.050	0.053	0.036	0.062	0.050	0.090
Ir	10 ⁻⁹	0.028	0.016	0.017	0.017	0.028	0.040	0.035	0.050
Pt	10 ⁻⁹	1.2	0.25	0.50	0.45	0.85	2.3	1.5	4.1
Au	10 ⁻⁹	1.0	0.70	0.75	0.74	0.85	1.5	1.3	2.0
Hg	10 ⁻⁹	8.0	13	6.5	7.8	6.5	9.3	7.6	13
Tl	10 ⁻⁶	0.40	0.45	0.54	0.52	0.40	0.23	0.23	0.22
Pb	10 ⁻⁶	13	16	17	17	13	9.6	10	8.8
Bi	10 ⁻⁶	0.14	0.15	0.12	0.13	0.12	0.17	0.11	0.31
Th	10 ⁻⁶	5.0	7.5	8.9	8.6	5.6	1.5	1.8	0.8
U	10 ⁻⁶	1.0	1.8	1.4	1.5	0.9	0.4	0.4	0.35

文献(Literature): 鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005.

BCC: the bulk continental crust (crustal thickness 38 km); SC: the sedimentary cover (3 km); BR: the crystalline basement (12 km); UCC: the upper continental crust (SC+BR) (15 km); MCC: the middle continental crust (10 km); LCC: the bulk lower continental crust (13 km); ULCC: the upper part of the lower continental crust (9 km); LLCC: the lower part of the lower continental crust (4 km).

表 5.4 华北地台大陆地壳的主成分组成(%)

Table 5.4 Major element composition of the continental crust in the North China platform (%)

壳层	总陆壳	总陆壳*	沉积盖层	结晶基底	上陆壳	上陆壳*	中陆壳	下陆壳	下陆壳上部	下陆壳下部
Layer	BCC	BCC*	SC	BR	UCC	UCC*	MCC	LCC	ULCC	LLCC
SiO ₂	60.14	61.43	49.48	64.84	61.77	65.05	62.24	56.64	60.15	48.75
TiO ₂	0.62	0.62	0.50	0.47	0.48	0.50	0.58	0.80	0.63	1.18
Al ₂ O ₃	14.31	14.61	10.80	14.31	13.61	14.38	14.62	14.88	15.40	13.71
Fe ₂ O ₃	2.83	2.88	2.69	2.28	2.36	2.48	2.64	3.52	2.94	4.81
FeO	3.81	3.85	1.24	2.42	2.18	2.29	3.53	5.90	4.30	9.51
MnO	0.095	0.095	0.080	0.072	0.074	0.073	0.090	0.124	0.097	0.185
MgO	3.50	3.31	4.02	2.41	2.73	2.33	3.18	4.53	3.43	7.01
CaO	5.93	5.05	13.10	3.72	5.60	3.55	4.75	7.02	5.49	10.48
Na ₂ O	3.46	3.29	1.50	3.33	2.96	3.14	3.36	3.40	3.82	2.47
K ₂ O	2.33	2.40	2.41	3.22	3.06	3.22	2.41	1.44	1.77	0.69
P ₂ O ₅	0.160	0.162	0.144	0.136	0.138	0.144	0.164	0.182	0.188	0.169
H ₂ O ⁺	1.30	1.32	2.34	1.35	1.55	1.59	1.40	0.95	1.04	0.75
CO ₂	1.50	0.63	11.58	1.07	3.17	0.96	0.60	0.27	0.28	0.24
Total	99.88	99.65	99.88	99.63	99.68	99.71	99.56	99.66	99.54	99.95

文献(Literature): 鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005。

带*的分别为去碳酸盐岩后的总陆壳和上陆壳的主成分组成。

BCC: the bulk continental crust (crustal thickness 38 km); BCC*: the bulk continental crust with non-containing carbonate rocks; SC: the sedimentary cover (3 km); BR: the crystalline basement (12 km); UCC: the upper continental crust (SC+BR) (15 km); UCC*: the upper continental crust with non-containing carbonate rocks; MCC: the middle continental crust (10 km); LCC: the bulk lower continental crust (13 km); ULCC: the upper part of the lower continental crust (9 km); LLCC: the lower part of the lower continental crust (4 km)。

表 5.5 不同研究者对大陆地壳主成分组成的估计值(%)

Table 5.5 Estimates of major element composition of the continental crust by different researchers (%)

文献 Literature	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
SiO ₂	60.1	59.1	59.8	63.4	60.3	60.2	62.5	63.0	63.7	63.2	57.3	61.7	59.1	61.5	60.6
TiO ₂	0.6	1.1	1.2	0.7	1.0	0.7	0.7	0.7	0.5	0.7	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7
Al ₂ O ₃	14.3	15.3	15.5	15.3	15.6	15.2	15.6	15.8	15.8	14.8	15.9	14.7	15.8	15.1	15.9
Fe ₂ O ₃	2.8	3.1	2.1	2.5	-	2.5	6.1 _T	2.0	-	-	-	-	-	6.3 _T	-
FeO	3.8	3.8	5.1	3.7	7.2 _T	3.8	-	3.4	4.7 _T	5.7 _T	9.1 _T	6.8 _T	6.6 _T	-	6.7 _T
MnO	0.1	0.1	0.1	0.1	-	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1
MgO	3.5	3.5	4.1	3.1	3.9	3.1	3.2	2.8	2.7	3.2	5.3	3.1	4.4	3.7	4.7
CaO	5.9	5.1	6.4	4.6	5.8	5.5	6.0	4.6	4.5	4.7	7.4	5.7	6.4	5.5	6.4
Na ₂ O	3.5	3.8	3.1	3.4	3.2	3.0	3.4	4.0	4.3	3.3	3.1	3.6	3.2	3.2	3.1
K ₂ O	2.3	3.1	2.4	3.0	2.5	2.8	2.3	2.7	2.0	2.3	1.1	2.1	1.9	2.4	1.8
P ₂ O ₅	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	-	0.2	0.2	-	0.1
H ₂ O ⁺	1.3	1.6	-	-	-	1.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CO ₂	1.5	0.4	-	-	-	1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	99.9	100.3	100.0	100.0	99.7	99.7	100.1	99.3	98.5	98.1	100.3	98.9	98.4	98.5	100.1

文献(Literature): 1. 华北地台(North China Platform) (鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005); 2. Clarke and Washington, 1924; 3. Poldervaart, 1955; 4. Vinogradov, 1962; 5. Taylor, 1964; 6. Ronov and Yaroshevsky, 1967; 7. Holland and Lambert, 1972; 8. Smithson, 1978; 9. Weaver and Tarney, 1984; 10. Shaw *et al.*, 1986; 11. Taylor and McLennan, 1985, 1995; 12. Christensen and Mooney, 1995; 13. Rudnick and Fountain, 1995; 14. Wedepohl, 1995; 15. Rudnick and Gao, 2003。

表 5.6 中国东部大陆地壳化学组成与元素丰度估计值

Table 5.6 Estimates of chemical composition and elemental abundance of the continental crust in the eastern part of China

壳层 Crust layer	总陆壳 Bulk continental crust				上陆壳 Upper continental crust				中下陆壳 Middle-lower continental crust			
区域 Region	EC	A	B	SEC	EC	A	B	SEC	EC	A	B	SEC
厚度(km) Thickness(km)	36	36	38	34	14	14	16	12	22	22	22	22
SiO ₂	60.62	60.18	60.14	62.72	63.27	64.69	61.77	65.52	58.95	57.32	59.07	61.18
TiO ₂	0.667	0.784	0.601	0.701	0.512	0.534	0.500	0.560	0.784	0.942	0.684	0.776
Al ₂ O ₃	14.83	15.91	14.31	14.85	14.15	15.12	13.61	14.00	15.36	16.44	14.68	15.30
Fe ₂ O ₃	2.45	2.00	2.83	2.20	2.07	1.64	2.36	1.96	2.67	2.24	3.14	2.34
FeO	3.71	4.03	3.81	3.18	2.33	2.62	2.18	2.31	4.60	4.92	4.87	3.64
MnO	0.105	0.127	0.094	0.093	0.077	0.090	0.075	0.072	0.123	0.151	0.107	0.105
MgO	3.16	2.97	3.50	2.78	2.31	1.91	2.73	1.96	3.70	3.63	3.94	3.21
CaO	5.41	5.30	5.93	4.28	4.78	3.95	5.60	3.60	5.80	6.18	6.03	4.64
Na ₂ O	3.45	3.53	3.46	3.36	3.14	3.65	2.96	2.70	3.50	3.45	3.38	3.72
K ₂ O	2.31	2.21	2.33	2.40	2.95	2.76	3.06	3.05	1.92	1.88	1.86	2.05
P ₂ O ₅	0.172	0.181	0.156	0.183	0.137	0.140	0.135	0.132	0.194	0.209	0.170	0.213
H ₂ O ⁺	1.56	1.70	1.36	1.85	1.65	1.52	1.59	2.03	1.50	1.81	1.20	1.74
CO ₂	1.15	0.70	1.50	0.90	2.35	1.10	3.17	1.7	0.43	0.45	0.41	0.45
Ag	0.055	0.055	0.057	0.053	0.056	0.057	0.055	0.056	0.055	0.054	0.058	0.052
As	2.4	3.9	1.5	2.0	2.8	4.2	1.9	3.0	2.0	3.7	1.2	1.4
Au	0.90	0.90	1.0	(0.8)	0.77	0.80	0.74	0.75	1.05	0.95	1.2	(0.8)
B	11	12	10	12	16	11	17	20	8	13	5.7	8
Ba	620	480	690	650	640	505	740	630	600	465	650	665
Be	1.4	1.5	1.0	1.2	1.9	2.3	1.6	1.9	0.8	(1.0)	0.7	0.7
Bi	0.15	0.15	0.14	0.16	0.16	0.15	0.13	0.21	0.14	0.15	0.15	0.16
Br	(0.25)	-	(0.30)	-	(0.25)	-	(0.3)	-	(0.25)	-	(0.3)	-
Cd	0.082	0.094	0.080	0.072	0.075	0.075	0.072	0.076	0.088	0.10	0.087	0.070
Cl	112	122	110	103	93	91	125	72	125	140	100	120
Co	19	18	22	16	12	10	12	11	24	23	29	20
Cr	76	68	84	52	44	35	52	40	96	90	106	60
Cs	2.0	2.5	1.4	3.0	3.3	4.0	2.2	5.0	1.4	(1.6)	0.86	2.0
Cu	26	20	30	24	17	13	18	19	31	25	37	26
F	540	460	570	580	480	370	540	570	580	510	590	590
Ga	19	20	18.2	18	18	18	18	18	19	20	19	19
Ge	1.2	1.3	1.2	1.15	1.25	1.25	1.2	1.3	1.2	1.3	1.15	1.05
Hf	4.5	5.0	4.0	4.8	4.8	5.0	4.5	5.4	4.3	5.0	3.6	4.5
Hg	7.0	6.8	8	7.5	9	9	8	9.5	6	5	8	6.5
I	(0.1)	-	(0.1)	-	(0.15)	-	(0.15)	-	(0.065)	-	(0.07)	-
In	(0.045)	-	(0.05)	-	(0.04)	-	(0.04)	-	(0.05)	-	(0.06)	-
Ir	(20)	-	28	-	(13)	-	17	-	(30)	-	35	-
Li	17	23	13	19	20	22	16	25	16	24	10	15
Mn	810	980	730	720	600	700	580	560	950	1170	830	810
Mo	0.5	0.45	0.5	0.5	0.6	0.5	0.6	0.6	0.44	0.4	0.45	0.45
N	60	-	50	-	100	-	90	-	30	-	30	-
Nb	10	8.5	10	12	13	11	12	16	8.5	7	8.4	10
Ni	31	20	40	28	21	16	24	21	39	24	48	31
Os	(40)	-	52	-	(35)	-	50	-	(45)	-	55	-
P	750	790	680	800	600	610	590	575	845	910	740	930

续表(Continued)

壳层 Crust layer	总陆壳 Bulk continental crust				上陆壳 Upper continental crust				中下陆壳 Middle-lower continental crust			
区域 Region	EC	A	B	SEC	EC	A	B	SEC	EC	A	B	SEC
厚度(km) Thickness(km)	36	36	38	34	14	14	16	12	22	22	22	22
Pb	15	15	13	20	18	16	17	23	14	15	11	19
Pd	0.75	(0.4)	1.1	0.5	0.4	(0.3)	0.43	0.45	0.9	(0.4)	1.5	0.7
Pt	0.80	(0.3)	1.2	0.5	0.4	(0.3)	0.45	0.35	1.0	(0.4)	1.6	0.7
Rb	70	73	63	80	95	92	92	115	50	50	45	60
Re	(0.1)	-	(0.1)	-	(0.15)	-	(0.12)	-	-	-	-	-
Rh	(40)	-	(56)	-	(20)	-	26	-	(60)	-	77	-
Ru	(35)	-	50	-	25	-	31	-	45	-	63	-
S	250	140	300	290	160	90	200	240	280	160	370	320
Sb	0.18	0.20	0.15	0.21	0.22	0.26	0.18	0.29	0.14	0.17	0.12	0.16
Sc	17	18	18	14	10	11	10.6	11	20	22	22	16
Se	0.07	0.044	0.11	0.058	0.05	0.04	0.06	0.06	0.08	0.047	0.14	0.057
Sn	1.4	1.4	1.2	1.8	1.8	1.8	1.5	2.5	1.1	1.2	1.0	1.5
Sr	350	345	360	330	300	300	330	220	385	370	380	390
Ta	0.65	0.6	0.6	0.8	0.85	0.8	0.8	1.1	0.5	0.5	0.4	0.6
Te	(6)	-	(8)	-	(5)	-	(6)	-	(7)	-	(10)	-
Th	6.0	6.2	5.0	7.5	9.5	9.5	8.6	12	4	4	3.0	5
Ti	4000	4700	3600	4200	3070	3200	3000	3360	4700	5650	4100	4650
Tl	0.42	0.45	0.40	0.48	0.55	0.57	0.50	0.63	0.35	0.37	0.30	0.40
U	1.3	1.3	1.0	1.6	1.8	2.0	1.5	2.6	0.7	(0.8)	0.6	(1.0)
V	112	120	110	96	70	73	68	73	133	152	137	108
W	0.6	0.45	0.6	0.7	0.8	0.5	0.9	1.2	0.4	0.4	0.4	0.5
Zn	76	83	74	74	63	63	60	69	86	96	84	76
Zr	160	172	146	175	170	165	162	182	158	177	136	170
Y	17	19	15	18	18	18	17	22	16	19	14	16
La	29	26	29	35	33	26	35	40	27	26	25	32
Ce	57	52	55	65	64	53	67	73	52	51	48	60
Pr	6.5	5.9	6.2	7.4	7.3	5.9	7.2	8.5	6.0	5.9	5.5	6.8
Nd	26	24	25	30	28	23	29	33	25	25	23	28
Sm	4.9	5.1	4.4	5.5	5.0	4.7	4.8	6.2	4.8	5.4	4.2	5.0
Eu	1.3	1.35	1.21	1.40	1.12	1.08	1.1	1.26	1.42	1.53	1.28	1.48
Gd	4.3	4.5	3.9	4.8	4.4	4.2	4.0	5.5	4.3	4.7	3.9	4.4
Tb	0.69	0.77	0.61	0.77	0.67	0.68	0.61	0.86	0.71	0.83	0.61	0.72
Dy	3.7	4.3	3.3	4.3	4.0	3.8	3.3	5.0	3.8	4.5	3.3	4.0
Ho	0.77	0.93	0.67	0.86	0.80	0.82	0.67	1.0	0.8	0.98	0.67	0.8
Er	2.2	2.7	1.9	2.4	2.3	2.6	1.9	2.9	2.3	2.9	1.9	2.2
Tm	0.34	0.42	0.29	0.37	0.34	0.40	0.30	0.45	0.35	0.47	0.29	0.32
Yb	2.2	2.7	1.85	2.3	2.2	2.5	1.9	2.8	2.2	2.8	1.85	2.1
Lu	0.33	0.41	0.29	0.35	0.33	0.39	0.29	0.44	0.34	0.45	0.29	0.31

文献(Literature)：郝明才和迟清华，1997；Yan and Chi，2005。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te： 10^{-9} ；Ir、Os、Rh、Ru： 10^{-12} ；其它元素： 10^{-6} 。

EC：中国东部；A：内蒙兴安 - 吉黑造山带；B：华北地台；SEC：华东南地块

Concentration units: major elements: %; Au Hg Pd Pt Re, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements 10^{-6} .

EC: the eastern part of China; A: Inner Mongolia Hinggan – Jilin – Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; SEC: Southeast China block

表 5.7 中国东部及各构造单元出露地壳化学组成与元素丰度
*Table 5.7 Chemical composition and elemental abundance of the exposed crust
in the eastern part of China and its geotectonic units*

岩石 Rock	去碳酸盐岩 Non-containing carbonate rocks						含碳酸盐岩 Containing carbonate rocks					
区域 Region	EC	A	B	C	D	E	EC	A	B	C	D	E
SiO ₂	68.44	68.64	66.61	66.57	70.65	71.12	61.71	66.07	56.50	52.58	57.31	69.50
TiO ₂	0.532	0.444	0.619	0.731	0.627	0.480	0.480	0.427	0.522	0.570	0.509	0.465
Al ₂ O ₃	14.30	14.50	14.32	14.43	13.67	13.92	12.84	13.95	12.05	11.27	11.09	13.48
Fe ₂ O ₃	2.42	2.24	2.89	2.30	2.47	2.25	2.19	2.16	2.47	1.83	2.03	2.18
FeO	1.82	1.70	1.86	2.96	1.88	1.34	1.66	1.65	1.60	2.32	1.58	1.31
MnO	0.075	0.073	0.080	0.086	0.066	0.070	0.072	0.071	0.079	0.075	0.061	0.069
MgO	1.50	1.66	1.84	1.47	1.70	0.90	2.15	1.64	2.99	2.84	2.54	1.16
CaO	1.72	1.32	2.43	2.86	0.51	1.00	6.18	3.34	8.89	12.22	9.58	2.08
Na ₂ O	2.88	3.33	2.96	2.65	1.61	2.12	2.56	3.20	2.45	2.03	1.28	2.05
K ₂ O	3.37	3.49	3.12	2.84	3.09	4.05	3.04	3.35	2.67	2.24	2.53	3.92
P ₂ O ₅	0.126	0.116	0.162	0.160	0.110	0.092	0.118	0.112	0.141	0.13	0.097	0.090
H ₂ O ⁺	2.11	1.96	1.99	2.31	3.04	2.19	1.97	1.92	1.78	1.98	2.58	2.16
CO ₂							4.06	1.60	6.84	9.32	8.21	1.07
Ag	0.060	0.065	0.052	0.048	0.065	0.060	0.060	0.064	0.053	0.057	0.063	0.059
As	4.4	5.4	2.1	5.3	5.6	3.8	4.3	5.5	2.2	5.0	5.2	3.7
Au	0.85	0.66	0.70	1.22	1.03	0.93	0.81	0.76	0.64	1.16	0.93	0.93
B	21	14	20	35	51	18	20	14	21	29	43	18
Ba	636	545	757	778	603	658	577	523	538	620	503	639
Be	2.3	2.6	1.7	1.9	2.1	2.7	2.1	2.5	1.5	1.6	1.8	2.6
Bi	0.18	0.16	0.12	0.19	0.29	0.28	0.17	0.15	0.12	0.17	0.24	0.27
Br	(0.25)	-	-	-	-	-	(0.3)	-	-	-	-	-
Cd	0.080	0.075	0.075	0.11	0.071	0.099	0.085	0.078	0.077	0.11	0.088	0.098
Cl	66	64	82	58	39	48	71	67	103	58	45	48
Co	10	7.4	14	16	11	6.9	9.1	7.2	12	12	8.7	6.8
Cr	46	38	56	66	58	34	42	37	47	52	47	33
Cs	4.6	4.3	2.7	4.7	8.2	6.8	4.1	4.1	2.4	3.7	6.6	6.6
Cu	17	13	19	(28)	23	12	15	12	16	26	19	12
F	486	415	539	588	630	520	471	404	498	532	566	513
Ga	19	19	19	19	18	18	17	19	16	15	15	17
Ge	1.31	1.31	1.13	1.45	1.6	1.24	1.20	1.27	1.01	1.19	1.35	1.21
Hf	5.7	5.7	5.5	5.5	6.2	5.9	5.1	5.5	4.6	4.3	4.9	5.7
Hg	12	12	8.2	22	21	6.6	13	12	8.9	27	20	6.6
I	(0.12)	-	-	-	-	-	(0.14)	-	-	-	-	-
In	(0.05)	-	-	-	-	-	(0.048)	-	-	-	-	-
Ir	17	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-
Li	23	20	19	27	34	29	21	19	17	23	29	28
Mn	580	566	623	665	512	539	561	553	608	581	471	534
Mo	0.62	0.66	0.47	0.60	0.68	0.91	0.62	0.64	0.48	0.63	0.71	0.90
N	155	-	-	-	-	-	150	-	-	-	-	-
Nb	15	14	15	15	16	18	14	13	13	12	13	18
Ni	25	23	28	31	26	18	22	22	24	24	22	17
Os	46	-	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-

续表(Continued)

岩石 Rock	去碳酸盐岩 Non-containing carbonate rocks						含碳酸盐岩 Containing carbonate rocks					
区域 Region	EC	A	B	C	D	E	EC	A	B	C	D	E
P	550	507	708	697	481	401	514	490	617	570	423	393
Pb	19	18	17	21	20	27	18	17	16	19	18	26
Pd	0.28	0.18	0.26	0.55	0.58	0.31	0.27	0.18	0.24	0.48	0.50	0.39
Pt	0.26	0.19	0.25	0.47	0.35	0.24	0.25	0.18	0.23	0.40	0.33	0.29
Rb	112	102	100	108	122	165	101	98	84	84	98	160
Rh	23	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-
Ru	28	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-
S	140	100	160	310	250	190	170	110	160	300	340	180
Sb	0.34	0.36	0.21	(0.25)	0.57	0.35	0.33	0.35	0.21	0.40	0.51	0.34
Sc	9.9	8.7	10	15	11	9.2	8.9	8.4	8.6	12	9.3	8.9
Se	0.062	0.053	0.056	0.105	0.12	0.052	0.063	0.052	0.054	0.099	0.12	0.051
Sn	2.1	2.0	1.5	2.2	2.8	2.8	1.9	2.0	1.4	1.8	2.3	2.7
Sr	223	226	312	235	127	119	232	226	290	264	186	134
Ta	1.03	0.95	0.91	1.09	1.06	1.42	0.93	0.91	0.77	0.85	0.86	1.37
Te	(8)	-	-	-	-	-	(8)	-	-	-	-	-
Th	11	10	10	12	12	17	10	9.8	8.4	9.3	10	17
Ti	3190	2660	3710	4380	3760	2880	2880	2560	3130	3420	3050	2790
Tl	0.65	0.64	0.52	0.58	0.54	0.95	0.59	0.62	0.45	0.46	0.46	0.94
U	2.3	2.3	1.7	2.1	2.8	3.7	2.2	2.2	1.5	1.8	2.5	3.6
V	69	59	72	102	101	54	63	57	62	81	82	53
W	0.97	0.77	0.76	1.12	1.6	1.59	0.91	0.76	0.68	0.98	1.34	1.55
Zn	68	67	67	76	73	68	63	65	58	62	62	66
Zr	200	195	202	198	212	201	179	188	170	155	170	195
Y	21	19	18	19	24	28	19	19	16	16	20	27
La	40	36	41	39	41	51	36	34	35	31	34	50
Ce	76	73	79	73	75	87	69	71	67	58	62	84
Pr	8.6	-	-	-	-	-	8.0	-	-	-	-	-
Nd	34	33	34	33	34	39	31	32	29	26	28	38
Sm	6.0	5.8	5.5	5.8	6.5	7.5	5.5	5.7	4.8	4.7	5.4	7.2
Eu	1.20	1.11	1.19	1.35	1.22	1.38	1.10	1.08	1.03	1.08	1.02	1.34
Gd	4.8	5.1	3.9	5.2	4.2	5.8	4.4	5.0	3.4	4.2	3.6	5.6
Tb	0.81	0.78	0.63	0.84	0.93	1.13	0.74	0.76	0.55	0.68	0.76	1.09
Dy	5.0	-	-	-	-	-	4.5	-	-	-	-	-
Ho	1.03	-	-	-	-	-	0.98	-	-	-	-	-
Er	2.9	-	-	-	-	-	2.7	-	-	-	-	-
Tm	0.42	-	-	-	-	-	0.39	-	-	-	-	-
Yb	2.6	2.7	2.1	2.5	3.3	3.1	2.4	2.6	1.8	2.0	2.7	3.0
Lu	0.37	0.39	0.30	0.36	0.39	0.50	0.34	0.37	0.27	0.29	0.33	0.48

文献(Literature): 郝明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005.

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te: 10^{-9} ; Ir、Os、Rh、Ru: 10^{-12} ; 其它元素: 10^{-6} .

EC: 中国东部; A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Concentration units: major elements: %; Au Hg Pd Pt Re, and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements 10^{-6} .

EC: the eastern part of China; A: Inner Mongolia Hinggan - Jilin - Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling - Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 5.8 华北地台太古宙出露地壳化学组成与元素丰度

Table 5.8 Chemical composition and elemental abundance of the exposed Archean crust in the North China platform

元素 Element	太古宙出露地壳 Exposed Archean crust	元素 Element	太古宙出露地壳 Exposed Archean crust	元素 Element	太古宙出露地壳 Exposed Archean crust
<i>N</i>	411	<i>N</i>	411	<i>N</i>	411
<i>t</i>	3248	<i>t</i>	3248	<i>t</i>	3248
SiO ₂	62.08	Co	20	Se	0.071
TiO ₂	0.575	Cr	84	Sn	1.1
Al ₂ O ₃	14.48	Cs	1.4	Sr	374
Fe ₂ O ₃	2.66	Cu	28	Ta	0.43
FeO	3.43	F	560	Th	5.0
MnO	0.091	Ga	18.7	Ti	3450
MgO	3.17	Ge	1.1	Tl	0.38
CaO	4.82	Hf	4.0	U	0.73
Na ₂ O	3.45	Hg	5.8	V	98
K ₂ O	2.42	Li	12	W	0.37
P ₂ O ₅	0.160	Mn	703	Zn	72
H ₂ O ⁺	1.46	Mo	0.38	Zr	147
CO ₂	0.71	Nb	8.7	Y	15
Ag	0.056	Ni	37	La	30
As	1.2	P	699	Ce	60
Au	0.83	Pb	13	Nd	27
B	7.1	Pd	0.75	Sm	4.6
Ba	737	Pt	0.87	Eu	1.2
Be	1.0	Rb	64	Gd	4.1
Bi	0.10	S	200	Tb	0.62
Cd	0.073	Sb	0.12	Yb	1.7
Cl	103	Sc	15	Lu	0.27

文献(Literature): 鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005.

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

表 5.9 华北地台不同变质相地体化学组成与元素丰度

Table 5.9 Chemical composition and elemental abundance of the different metamorphic facies terrains in the North China platform

变质相地体	太古代 麻粒岩相	太古代 高角闪岩相	太古代 中 - 低 角闪岩相	元古代 绿片岩相	变质相地体	太古代 麻粒岩相	太古代 高角闪岩相	太古代 中 - 低 角闪岩相	元古代 绿片岩相
Metamorphic facies terrain	Archean granulite- facies	Archean high-grade amphibolite- facies	Archean middle- low-grade amphibolite- facies	Protozoic greenschist- facies	Metamorphic facies terrain	Archean granulite- facies	Archean high-grade amphibolite- facies	Archean middle- low-grade amphibolite- facies	Protozoic greenschist- facies
<i>N</i>	128	114	145	59	<i>N</i>	128	114	145	59
<i>t</i>	785	840	1554	436	<i>t</i>	785	840	1554	436
面积 Area (km ²)	23100	44550	35460	18400	面积 Area (km ²)	23100	44550	35460	18400
SiO ₂	61.45	61.79	63.36	61.57	Os	50	(40)	-	-
TiO ₂	0.637	0.599	0.505	0.457	P	800	754	550	420
Al ₂ O ₃	14.77	14.58	14.02	10.92	Pb	12	15	14	12
Fe ₂ O ₃	2.92	2.54	2.25	2.65	Pd	1.1	0.74	0.43	0.38
FeO	4.03	3.79	2.57	1.96	Pt	1.2	0.86	0.53	0.37
MnO	0.098	0.094	0.080	0.063	Rb	52	71	77	97
MgO	3.47	3.10	2.96	4.10	Rh	75	45	-	-
CaO	4.92	5.17	4.46	5.72	Ru	67	(30)	-	-
Na ₂ O	3.45	3.55	3.26	1.06	S	330	230	160	190
K ₂ O	2.14	2.50	2.56	2.93	Sb	0.12	0.10	0.16	0.20
P ₂ O ₅	0.183	0.173	0.126	0.096	Sc	18	16	13	11
H ₂ O ⁺	1.12	1.38	1.77	2.09	Se	0.10	0.065	0.060	0.068
CO ₂	0.22	0.55	1.72	5.79	Sn	0.92	1.1	1.3	1.6
Ag	0.055	0.055	0.054	0.052	Sr	430	390	305	185
As	1.3	0.87	1.5	3.3	Ta	0.35	0.46	0.53	0.60
Au	1.1	0.69	0.79	0.88	Th	2.9	5.6	7.2	8.5
B	2.6	6.7	15	57	Ti	3820	3590	3030	2740
Ba	760	726	740	520	Tl	0.34	0.38	0.45	0.54
Be	0.62	1.1	1.4	1.4	U	0.45	0.73	1.1	1.8
Bi	0.11	0.087	0.12	0.20	V	115	100	81	66
Cd	0.080	0.075	0.069	0.062	W	0.35	0.36	0.42	1.2
Cl	106	160	110	86	Zn	77	75	64	56
Co	23	20	15	13	Zr	144	160	156	141
Cr	102	82	64	51	Y	14	16	15	17
Cs	0.67	1.5	1.8	3.8	La	29	32	31	29
Cu	30	31	22	19	Ce	56	61	63	56
F	575	594	540	610	Pr	6.7	-	-	-
Ga	18.8	19	18	15	Nd	26	28	27	25
Ge	1.1	1.1	1.1	1.3	Sm	4.6	4.8	4.6	4.7
Hf	3.9	4.2	4.2	4.2	Eu	1.4	1.3	1.1	0.96
Hg	6	5.8	6.3	7.3	Gd	4.0	4.0	4.3	4.2
In	(0.05)	(0.065)	(0.065)	-	Tb	0.59	0.66	0.60	0.62
Ir	39	25	-	-	Dy	3.3	-	-	-
Li	11	12	13	19	Ho	0.63	-	-	—
Mn	760	727	620	490	Er	1.7	-	-	-
Mo	0.43	0.41	0.41	0.51	Tm	0.27	-	-	-
N	29	58	-	-	Yb	1.6	1.99	1.7	2.0
Nb	8.3	9.0	9.7	9.6	Lu	0.26	0.28	0.29	0.31
Ni	40	36	33	21					

文献(Literature)：鄯明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；Ir、Os、Rh、Ru：10⁻¹²；其它元素：10⁻⁶。Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; Ir, Os, Rh, and Ru: 10⁻¹²; other elements: 10⁻⁶.

表 5.10 中国东部及其不同构造单元沉积盖层化学组成与元素丰度
*Table 5.10 Chemical composition and elemental abundance of the sedimentary cover
in the eastern part of China and its geotectonic units*

区域 Region	EC	A	B	C	D	E	区域 Region	EC	A	B	C	D	E
SiO ₂	54.81	61.57	49.48	45.14	52.81	68.35	Mo	0.64	0.50	0.60	0.62	0.82	0.77
TiO ₂	0.492	0.489	0.500	0.437	0.474	0.500	Nb	13	11	13	9.9	12	16
Al ₂ O ₃	11.27	12.82	10.80	8.90	9.75	12.58	Ni	21	19	20	23	22	20
Fe ₂ O ₃	2.40	2.27	2.69	1.52	2.18	2.48	P	500	491	580	412	364	363
FeO	1.50	2.05	1.24	1.81	1.11	1.08	Pb	16	14	16	16	16	24
MnO	0.075	0.080	0.080	0.063	0.057	0.063	Pd	0.33	0.24	0.35	0.48	0.56	0.52
MgO	2.59	1.76	4.02	2.52	2.61	1.23	Pt	0.25	0.16	0.25	0.33	0.37	0.31
CaO	10.82	6.84	13.10	18.88	13.24	3.47	Rb	78	69	75	71	86	132
Na ₂ O	1.76	2.52	1.50	0.93	0.70	1.14	S	200	90	210	280	430	280
K ₂ O	2.36	2.29	2.41	1.69	2.18	3.33	Sb	0.43	0.60	0.25	0.54	0.54	0.46
P ₂ O ₅	0.115	0.113	0.133	0.094	0.083	0.083	Sc	9.4	11	8.8	9.6	8.5	9.2
H ₂ O ⁺	2.36	2.22	2.34	2.11	2.66	2.80	Se	0.085	0.091	0.067	0.12	0.16	0.088
CO ₂	8.93	4.55	11.58	15.43	11.34	2.50	Sn	1.8	1.7	1.7	2.0	1.9	2.4
Ag	0.056	0.055	0.055	0.056	0.067	0.056	Sr	218	192	240	216	220	112
As	5.9	8.7	4.0	8.2	5.6	5.8	Ta	0.82	0.70	1.0	0.63	0.79	1.09
Au	0.87	0.89	0.67	1.6	1.03	0.93	Th	8.4	7.6	7.5	7.8	9.3	14
B	31	21	35	46	44	35	Ti	2950	2930	3000	2620	2840	3000
Ba	514	500	550	387	498	622	Tl	0.47	0.47	0.45	0.43	0.47	0.78
Be	1.56	1.6	1.38	1.45	1.6	2.1	U	2.0	1.9	1.8	1.8	2.6	3.0
Bi	0.17	0.14	0.15	0.21	0.21	0.26	V	67	71	60	67	86	65
Cd	0.10	0.10	0.087	0.14	0.11	0.11	W	1.1	0.74	1.1	1.30	1.24	1.75
Cl	74	59	100	55	41	39	Zn	63	72	60	54	56	64
Co	9.5	9.4	10	9.8	7.7	6.4	Zr	180	185	170	129	157	203
Cr	44	42	40	53	47	43	Y	17	18	16	14	18	24
Cs	3.9	3.8	2.8	4.2	5.5	7.4	La	32	26	33	24	33	48
Cu	17	16	16	24	18	15	Ce	61	56	62	44	59	80
F	481	415	540	509	564	489	Nd	28	26	28	21	27	37
Ga	15	17	13	12	13	16	Sm	5.0	5.2	4.6	3.8	5.1	7.0
Ge	1.22	1.31	1.15	1.19	1.26	1.24	Eu	1.09	1.15	1.1	0.84	0.97	1.29
Hf	4.8	4.8	4.5	3.6	4.4	5.8	Gd	4.4	4.7	4.1	3.5	4.4	6.0
Hg	15	9.9	13	40	23	9.6	Tb	0.70	0.77	0.62	0.54	0.69	1.01
Li	23	21	22	26	24	28	Yb	2.2	2.6	1.8	1.7	2.2	2.8
Mn	581	623	620	486	442	486	Lu	0.32	0.41	0.27	0.25	0.32	0.46

文献(Literature)：郝明才和迟清华(1997)；Yan and Chi (2005)。

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

EC：中国东部；A：内蒙兴安 - 吉黑造山带；B：华北地台；C：秦岭 - 大别造山带；D：扬子地台(东)；E：华南褶皱系

Content units: major elements: %, Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹, other elements: 10⁻⁶.

EC: the eastern part of China; A: Inner Mongolia Hinggan – Jilin – Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling – Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

表 5.11 中国东部及其不同构造单元结晶基底化学组成与元素丰度

Table 5.11 Chemical composition and elemental abundance of the crystalline basement in the eastern part of China and its geotectonic units

区域 Region	EC	A	B	C	D	E	区域 Region	EC	A	B	C	D	E
SiO ₂	67.80	70.36	66.20	62.29	66.42	70.06	Mo	0.57	0.56	0.46	0.52	0.41	0.95
TiO ₂	0.433	0.314	0.412	0.679	0.601	0.475	Nb	13	12	12	14	15	19
Al ₂ O ₃	14.14	14.30	14.09	13.87	14.31	13.95	Ni	19	15	20	28	23	20
Fe ₂ O ₃	1.66	1.10	2.02	2.14	1.82	2.01	P	490	395	540	725	510	440
FeO	1.94	1.52	2.04	2.77	2.75	1.67	Pb	20	19	18	22	21	28
MnO	0.065	0.056	0.063	0.087	0.066	0.066	Pd	0.34	0.15	0.40	0.44	0.55	0.49
MgO	1.71	1.09	2.09	2.99	1.88	1.34	Pt	0.35	0.15	0.44	0.50	0.42	0.41
CaO	2.60	1.87	3.34	4.63	2.23	1.31	Rb	120	125	100	98	120	185
Na ₂ O	3.38	3.84	3.45	3.32	2.45	2.46	S	160	70	160	290	170	210
K ₂ O	3.44	3.52	3.40	2.79	3.05	4.07	Sb	0.22	0.23	0.14	0.19	0.44	0.27
P ₂ O ₅	0.112	0.091	0.124	0.166	0.117	0.101	Sc	8.5	5.4	9.3	14	13	9.1
H ₂ O ⁺	1.45	1.12	1.22	1.78	2.48	1.94	Se	0.045	0.032	0.049	0.078	0.043	0.045
CO ₂	0.94	0.57	1.08	2.08	1.45	0.32	Sn	2.1	2.1	1.3	1.7	2.9	3.4
C _{org}	0.16	0.30	0.05	0.07	0.10	0.13	Sr	250	220	360	310	130	130
Ag	0.060	0.069	0.055	0.052	0.050	0.060	Ta	1.06	1.06	0.73	0.97	1.06	1.72
As	2.6	3.4	1.2	2.1	4.1	3.0	Th	12.3	12.5	9.5	10.9	12.0	19.0
Au	0.77	0.78	0.63	0.71	0.85	1.08	Ti	2595	1880	2470	4070	3600	2850
B	12	8.6	12	8.5	40	12.5	Tl	0.70	0.77	0.55	0.52	0.56	1.06
Ba	630	470	810	840	510	550	U	2.27	2.35	1.34	1.81	2.50	4.30
Be	2.6	3.3	1.8	1.5	2.1	3.3	V	54	34	59	90	79	54
Bi	0.19	0.19	0.12	0.12	0.25	0.35	W	0.83	0.63	0.53	0.59	1.7	1.7
Cd	0.066	0.057	0.061	0.076	0.051	0.10	Zn	57	46	55	68	77	68
Cl	63	54	85	54	46	61	Zr	160	150	150	180	195	180
Co	9.0	5.3	11	15	11	7.9	Y	20	19	17	18	25	30
Cr	36	21	44	56	52	37	La	34.5	27	35	40	37	46.5
Cs	3.9	4.4	2.0	2.9	7.3	6.0	Ce	66	55	69	74	72	80
Cu	14	7.1	16	26	21	14	Nd	28	22	28	33	32	36
F	460	310	500	570	580	620	Sm	5.0	4.2	4.5	5.6	6.2	7.0
Ga	18.1	17.9	18.3	18.2	18.4	18.1	Eu	0.99	0.76	1.0	1.1	1.2	1.1
Ge	1.20	1.24	1.10	1.13	1.63	1.19	Gd	4.6	4.0	4.0	5.0	5.6	6.3
Hf	4.9	4.8	4.4	5.1	5.9	5.5	Tb	0.73	0.65	0.59	0.84	0.93	0.99
Hg	9.4	11	6.5	12	14	6.2	Yb	2.4	2.6	1.7	2.3	3.4	3.0
Li	20	20	13	19	34	31	Lu	0.38	0.37	0.27	0.35	0.51	0.52
Mn	500	435	490	670	510	510							

文献(Literature): 鄯明才和迟清华(1997); Yan and Chi (2005).

含量单位: 主成分: %; Au、Hg、Pd、Pt: 10⁻⁹; 其它元素: 10⁻⁶.

EC: 中国东部; A: 内蒙兴安 - 吉黑造山带; B: 华北地台; C: 秦岭 - 大别造山带; D: 扬子地台(东); E: 华南褶皱系

Content units: major elements: %, Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹, other elements: 10⁻⁶.

EC: the eastern part of China; A: Inner Mongolia Hinggan - Jilin - Heilongjiang orogenic belt; B: North China platform; C: Qinling - Dabie orogenic belt; D: Yangtze platform (eastern part); E: South China fold system

第六章 中国主要地球化学标准物质的标准值

Chapter 6 Certified Values of Main Geochemical Certified Reference Materials in China

地球化学标准物质 (Certified Reference Material, CRM) 是测试各种地质物料化学成分量值的参比标准, 是地球化学测试数据的量值统一和国内、国际间数据的科学对比的重要条件, 主要用于量值的传递、测试仪器的校准、分析方法的评定、分析质量的监控以及实验室的认证。

为适应勘查地球化学和区域环境地球化学发展的需要, 20世纪80年代开始, 在区域化探全国扫面计划的推动下, 中国陆续开展了地球化学标准物质的研制, 至今已成功研制了与地质矿产有关的岩石、土壤、水系沉积物、海洋沉积物、矿石化学成分分析, 以及与农业、生态环境有关的农业土壤有效态成分、植物、生物化学成分等国家一级标准物质400余个 (Xie *et al.*, 1985, 1989; 地球化学标准参考样研究组, 1986, 1987; 鄢明才和王春书, 1991; Yan *et al.*, 1995, 1998; 岩石标准物质研制小组, 1995; 鄢明才等, 1997b, 2006; 王春书等, 2000; Wang *et al.*, 2001; Gu *et al.*, 2001, 2003a, 2003b; 国家标准物质管理委员会, 2003; 顾铁新等, 2005, 2006), 已经形成了较完整的地球化学标准物质体系。各种系列所包括的地质物料品种、其主要成分的含量梯度等, 基本上满足了区域地球化学勘查、生态、农业、环境地球化学调查、矿产资源勘查和一般地质研究工作要求的质量控制、新的分析方法技术评估之用。这些地球化学标准物质的成功研制极大地提高了中国地质分析工作者对地质物料中元素含量的测试水平, 为中国地质、地球化学测试量值的统一和数据的科学对比创造了基本条件, 对提高中国地球化学调查的质量和水平起了关键作用, 在世界地球化学标准物质中占有重要的地位, 在国际上享有较高的信誉, 已经获得了广泛的应用。尤其新近完成的生物成分分析标准物质不仅对了解不同种类食品与农产品的元素成分和有毒、有害元素的含量提供了基础数据, 而且为研究农产品与食品安全、改善食品与农产品品质提供了量值比对的标准, 因而在食品和农产品有关元素成分的基础研究中具有重要意义。

本书仅将定值元素较多、物料类型较全的一些重要的中国地球化学标准物质的标准值列出。

表6.1和表6.2列出了岩石地球化学成分分析标准物质(GSR 1~15)的标准值; 表6.3和表6.4列出了土壤地球化学成分分析标准物质(GSS 1~16)的标准值; 表6.5和表6.6列出了水系沉积物地球化学成分分析标准物质(GSD 1~14, GSD-1a)的标准值; 表6.7列出了植物(GSV 1~4)和人发(GSH-1)成分分析标准物质的标准值; 表6.8至表6.11列出了生物成分分析标准物质(GSB 1~20)的标准值; 表6.12列出了微量金(GAu 8~14)和金矿石(GAu 15~23)地球化学成分分析标准物质的标准值; 表6.13列出了微量铂族元素(GPt 1~8)和铂族元素矿石(GPt 9~10)地球化学成分分析标准物质的标准值; 表6.14列出了多金属矿石(GSO 1~7)地球化学成分分析标准物质的标准值。

数据表中, 带圆括号的元素含量为参考值, 带“-”的未定值。

表 6.1 岩石地球化学成分分析标准物质标准值(GSR 1~6, GSR 13~15)

Table 6.1 Certified values of rock geochemical certified reference materials (GSR 1 - 6, GSR 13 - 15)

标准物质	GBW07103 (GSR-1) 花岗岩	GBW07104 (GSR-2) 安山岩	GBW07105 (GSR-3) 玄武岩	GBW07106 (GSR-4) 石英砂岩	GBW07107 (GSR-5) 页岩	GBW07108 (GSR-6) 泥质灰岩	GBW07120 (GSR-13) 石灰岩	GBW07121 (GSR-14) 花岗片麻岩	GBW07122 (GSR-15) 斜长角闪岩
CRM	Granite	Andesite	Basalt	Quartz sandstone	Shale	Argillaceous limestone	Limestone	Granitic gneiss	Amphibolite
Ag	0.033±0.007	0.071±0.009	0.040±0.008	0.062±0.007	0.047±0.009	0.043±0.011	(0.025)	0.03±0.01	(0.05)
As	2.1±0.4	2.1±0.4	(0.7)	9.1±1.2	1.4±0.3	4.7±0.6	0.66±0.11	(0.25)	26±3
Au	(0.00055)	(0.00095)	(0.00066)	(0.0018)	(0.0010)	(0.00094)	-	-	-
B	24±3	4.7±0.8	3.5±1.0	34±6	154±11	16±4	(12)	15±3	12±2
Ba	343±29	1020±45	527±26	143±14	450±29	120±12	9±2	1140±80	62±14
Be	12.4±1.4	1.1±0.2	2.5±0.4	0.97±0.10	3.0±0.3	0.8±0.2	0.14±0.03	1.7±0.3	0.34±0.06
Bi	0.53±0.06	0.081±0.016	0.048±0.017	0.18±0.03	0.23±0.03	0.16±0.04	0.032±0.007	0.096±0.016	(0.06)
Br	-	-	-	-	(0.4)	-	(0.3)	-	-
Cd	0.029±0.009	0.061±0.014	0.067±0.016	0.060±0.016	0.033±0.012	0.07±0.02	0.016±0.006	(0.06)	(0.14)
Ce	108±7	40±3	105±8	48±4	109±8	25±3	4.6±0.4	48±3	7.7±1.0
Cl	127±17	(46)	(114)	(44)	41±6	78±15	(24)	(120)	(116)
Co	3.4±0.7	13.2±1.0	46.5±3.4	6.4±0.6	21±2	9±2	0.8±0.3	7.8±1.1	52±5
Cr	3.6±0.9	32±3	134±11	20±3	99±6	32±6	3.4±0.4	24±2	137±5
Cs	38.4±1.2	2.3±0.7	(0.7)	1.8±0.3	14±2	3.2±0.7	(0.10)	2.6±0.3	1.8±0.3
Cu	3.2±0.9	55±3	49±3	19±2	42±2	23±2	2.2±0.3	(3.1)	84±5
Dy	10.2±0.4	1.85±0.17	5.6±0.3	4.1±0.4	5.1±0.4	1.6±0.2	0.28±0.07	1.52±0.14	3.5±0.5
Er	6.5±0.3	0.85±0.13	2.0±0.2	2.0±0.3	2.7±0.4	1.0±0.2	(0.17)	0.76±0.08	2.3±0.4
Eu	0.85±0.07	1.02±0.05	3.2±0.2	1.02±0.08	1.7±0.2	0.51±0.05	0.082±0.019	1.0±0.2	0.91±0.15
F	2350±128	280±25	700±44	183±18	1290±64	406±29	249±18	670±84	200±20
Ga	19±2	18.1±1.4	24.8±0.9	5.3±0.8	26±3	7.1±0.8	0.87±0.17	18.2±1.6	17.2±1.0
Gd	9.3±0.7	2.7±0.4	8.5±0.6	4.5±0.4	6.7±0.5	1.9±0.2	0.36±0.08	2.4±0.3	2.8±0.3
Ge	2.0±0.3	0.93±0.15	0.98±0.21	1.16±0.27	3.1±0.5	0.67±0.20	0.14±0.03	0.93±0.07	1.46±0.20
Hf	6.3±0.8	2.9±0.5	6.5±0.8	6.6±0.7	2.9±0.5	1.8±0.3	0.22±0.05	3.3±0.5	1.5±0.2
Hg	0.0041±0.0012	0.012±0.003	0.006±0.002	0.008±0.002	0.010±0.002	0.016±0.002	0.005±0.002	0.0035±0.0016	0.0033±0.0008
Ho	2.05±0.17	0.34±0.03	0.88±0.04	0.75±0.12	0.98±0.05	0.33±0.05	(0.045)	0.27±0.03	0.85±0.14
I	-	(0.14)	-	(0.2)	0.24±0.06	0.23±0.08	(0.1)	-	-
In	(0.02)	0.037±0.013	0.064±0.022	(0.026)	0.082±0.028	(0.04)	(0.02)	(0.03)	(0.06)
La	54±4	22±2	56±5	21±2	62±4	15±4	2.3±0.2	25±2	2.9±0.4
Li	131±5	18.3±0.9	9.5±0.9	11.1±0.5	44±2	20±3	4.8±1.0	24.7±2.4	11.2±2.3
Lu	1.15±0.09	0.12±0.03	0.19±0.05	0.30±0.03	0.41±0.05	0.14±0.03	0.023±0.007	0.11±0.01	0.39±0.06
Mn	463±18	604±18	1310±61	155±7	173±11	434±27	28±4	430±14	1600±70
Mo	3.5±0.2	0.54±0.09	2.6±0.2	0.76±0.14	0.35±0.09	0.38±0.06	0.18±0.06	(0.27)	0.15±0.06
N	-	-	-	-	540±60	(170)	(68)	-	-
Nb	40±3	6.8±1.4	68±8	5.9±0.9	14.3±1.6	6.6±1.7	0.8±0.2	4.5±0.8	2.7±0.9
Nd	47±4	19±2	54±4	21±2	48±3	12.0±1.0	1.96±0.14	21±4	6.5±1.4
Ni	2.3±0.8	17±2	140±7	16.6±1.1	37±3	18±2	(4)	13±2	117±10
P	405±20	1030±24	4130±122	970±39	690±34	226±31	57±7	570±40	360±20
Pb	31±3	11.3±1.8	(7)	7.6±0.8	8.7±1.8	18±3	5±2	7.6±2.0	(8)
Pr	12.7±0.8	4.9±0.4	13.2±1.3	5.4±0.6	13.6±1.7	3.4±0.4	0.60±0.14	5.8±0.8	1.25±0.15

续表(Continued)

标准物质	GBW07103 (GSR-1) 花岗岩	GBW07104 (GSR-2) 安山岩	GBW07105 (GSR-3) 玄武岩	GBW07106 (GSR-4) 石英砂岩	GBW07107 (GSR-5) 页岩	GBW07108 (GSR-6) 泥质灰岩	GBW07120 (GSR-13) 石灰岩	GBW07121 (GSR-14) 花岗岩片麻岩	GBW07122 (GSR-15) 斜长角闪岩
CRM	Granite	Andesite	Basalt	Quartz sandstone	Shale	Argillaceous limestone	Limestone	Granitic gneiss	Amphibolite
Rb	466±17	38±3	37±4	29±2	205±8	32±4	4.0±0.6	57±5	29±5
S	380±33	192±21	(100)	860±42	(66)	(370)	36±8	(50)	(60)
Sb	0.21±0.06	0.12±0.04	(0.08)	0.60±0.11	0.18±0.04	0.43±0.11	0.072±0.013	0.063±0.013	0.63±0.25
Sc	6.1±0.4	9.5±0.7	15.2±1.2	4.2±0.3	18.5±1.2	6.0±1.1	(0.7)	5.0±0.5	43±4
Se	(0.04)	(0.04)	0.073±0.024	0.08±0.03	0.075±0.015	0.09±0.02	0.021±0.004	0.019±0.007	0.083±0.009
Sm	9.7±0.8	3.4±0.2	10.2±0.5	4.7±0.3	8.4±0.4	2.4±0.2	0.40±0.05	3.3±0.3	2.1±0.2
Sn	12.5±1.5	0.79±0.17	2.0±0.4	1.1±0.2	2.0±0.4	(0.98)	(0.5)	0.8±0.2	(0.8)
Sr	106±6	790±35	1100±64	58±5	90±7	913±54	107±9	690±20	142±9
Ta	7.2±0.7	0.40±0.10	4.3±0.6	0.38±0.05	0.9±0.1	0.42±0.05	(0.05)	(0.34)	(0.18)
Tb	1.65±0.09	0.41±0.05	1.2±0.2	0.79±0.09	1.02±0.08	0.35±0.05	0.054±0.010	0.29±0.03	0.57±0.08
Te	0.021±0.006	0.017±0.005	(0.022)	0.038±0.012	(0.023)	(0.024)	-	-	-
Th	54±3	2.6±0.3	6.0±0.8	7.0±0.4	12.8±0.9	4.1±0.5	0.86±0.07	1.9±0.2	(0.4)
Ti	1720±70	3090±90	14200±400	1580±80	3950±130	1960±90	230±30	1800±140	5510±160
Tl	1.93±0.38	0.16±0.05	(0.12)	0.36±0.06	0.71±0.09	0.33±0.07	(0.03)	(0.20)	(0.11)
Tm	1.06±0.09	0.15±0.05	0.28±0.04	0.32±0.04	0.43±0.03	0.17±0.04	(0.024)	0.11±0.02	0.37±0.10
U	18.8±1.4	0.90±0.19	1.4±0.3	2.1±0.3	1.5±0.3	1.9±0.3	0.24±0.04	(0.4)	(0.14)
V	24±2	94±4	167±11	33±3	87±4	36±6	5.4±1.6	45±4	296±39
W	8.4±0.5	(0.45)	(0.4)	1.2±0.2	0.79±0.14	0.67±0.18	0.13±0.03	0.38±0.09	0.34±0.09
Y	62±5	9.3±1.2	22±4	21.5±2.2	26±2	9.1±1.6	1.9±0.4	7.3±0.9	20±3
Yb	7.4±0.5	0.89±0.13	1.5±0.4	1.9±0.2	2.6±0.3	0.90±0.11	0.15±0.05	0.69±0.08	2.4±0.4
Zn	28±3	71±5	150±10	20±2	55±4	52±4	7±2	47±3	100±12
Zr	167±9	99±11	277±20	214±9	96±9	62±13	11±3	(100)	(57)
%									
SiO ₂	72.83±0.10	60.62±0.14	44.64±0.11	90.36±0.15	59.23±0.16	15.60±0.06	6.65±0.14	66.27±0.27	49.62±0.15
Al ₂ O ₃	13.40±0.07	16.17±0.12	13.83±0.13	3.52±0.09	18.82±0.14	5.03±0.08	0.68±0.05	16.33±0.15	13.76±0.19
TFe ₂ O ₃	2.14±0.06	4.90±0.06	13.40±0.19	3.22±0.07	7.60±0.09	2.52±0.07	0.21±0.01	3.12±0.08	14.8±0.3
FeO	1.02±0.04	2.39±0.07	7.60±0.13	0.61±0.05	1.39±0.06	1.64±0.06	(0.06)	(1.6)	10.8±0.6
MgO	0.42±0.04	1.72±0.06	7.77±0.17	0.082±0.020	2.01±0.05	5.19±0.12	0.71±0.09	1.63±0.10	7.2±0.3
CaO	1.55±0.05	5.20±0.07	8.81±0.09	0.30±0.04	0.60±0.04	35.67±0.25	51.1±0.4	2.66±0.10	9.6±0.2
Na ₂ O	3.13±0.06	3.86±0.07	3.38±0.05	0.061±0.014	0.35±0.02	(0.08)	0.03±0.01	5.3±0.1	2.07±0.09
K ₂ O	5.01±0.07	1.89±0.05	2.32±0.06	0.65±0.03	4.16±0.10	0.78±0.04	0.15±0.02	2.60±0.06	0.48±0.05
H ₂ O ⁺	0.60±0.05	(1.5)	2.86±0.13	1.01±0.06	5.6±0.3	(2.12)	(0.4)	(1.0)	(1.7)
CO ₂	(0.15)	3.47±0.07	(0.19)	(0.19)	(0.10)	32.4±0.3	39.8±0.3	0.35±0.05	(0.16)
C _{org.}	-	-	-	(0.05)	(0.16)	(0.11)	(0.15)	-	-
TC	-	-	-	(0.10)	(0.19)	9.0±0.2	-	-	-
LOI	(0.70)	4.44±0.12	(2.24)	1.10±0.07	(5.95)	34.1±0.2	40.2±0.4	1.28±0.14	1.06±0.09

文献(Literature): GBW07103-07108 (GSR 1-6): 地球化学标准参考样研究组, 1987; Xie *et al.*, 1989; GBW07120-07122 (GSR13-15): 王春书等, 2000; Wang *et al.*, 2001。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。

样品类型(Sample type): GBW07103 湖南省郴州市千里山燕山期黑云母花岗岩; GBW07104 江苏省南京市梅山中生代陆相角闪石英安山岩; GBW07105 河北省张家口市汉诺坝第三纪橄榄玄武岩; GBW07106 安徽省铜陵市小倪村志留系五通组石英砂岩; GBW07107 天津市蓟县元古界震旦系串岭沟组页岩; GBW07108 安徽省铜陵市狮子山三叠系泥质灰岩; GBW07120 北京市西山奥陶系石灰岩; GBW07121 河北省阜平县太古宙阜平群花岗岩片麻岩; GBW07122 辽宁省本溪市太古宙鞍山群拉斑玄武质斜长角闪岩。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.2 岩石地球化学成分分析标准物质标准值(GSR 7~12)

Table 6.2 Certified values of rock geochemical certified reference materials (GSR 7 - 12)

标准 物质 CRM	GBW07109 (GSR-7) 霓霞正长岩 Lujavritite	GBW07110 (GSR-8) 粗面岩 Trachyte	GBW07111 (GSR-9) 花岗闪长岩 Granodiorite	GBW07112 (GSR-10) 辉长岩 Gabbro	GBW07113 (GSR-11) 流纹岩 Rhyolite	GBW07114 (GSR-12) 白云岩 Dolomite
Ag	(0.033)	0.17±0.02	0.066±0.014	0.05±0.03	0.08±0.02	0.04±0.03
As	6.27±0.45	5.96±0.83	0.38±0.13	(0.21)	0.66±0.28	0.23±0.04
B	31.8±2.3	10.8±1.3	3.92±0.57	1.84±0.56	3.5±0.8	20.5±1.8
Ba	251±12	1053±27	1900±80	86.2±6.6	506±27	44.3±3.6
Be	17.2±1.5	3.64±0.54	2.11±0.56	(0.98)	4.09±0.66	(0.22)
Bi	0.37±0.04	0.09±0.03	0.05±0.02	0.04±0.02	0.06±0.02	0.03±0.01
Br	1.21±0.41	(0.55)	(0.34)	(0.32)	(0.25)	0.84±0.15
Cd	0.07±0.02	0.61±0.08	0.08±0.02	0.09±0.03	0.14±0.02	0.07±0.02
Ce	242±10	117±7	112±4	4.2±0.7	163±8	3.58±0.36
Cl	590±40	160±20	230±20	60±20	(20)	120±10
Co	4.59±0.29	7.9±0.4	15.6±0.5	93.0±2.0	2.40±0.28	3.88±0.34
Cr	3.6±0.9	7.7±1.1	37.6±1.7	14.5±2.4	7.3±1.7	2.6±0.9
Cs	2.05±0.30	7.16±0.45	0.97±0.10	(0.17)	3.34±0.24	0.07±0.02
Cu	11.8±0.8	9.1±0.8	8.8±0.7	28.3±1.0	10.9±0.7	30.2±2.0
Dy	4.70±0.52	5.32±0.20	3.20±0.23	1.11±0.23	8.19±0.34	0.19±0.03
Er	2.48±0.18	2.93±0.14	1.57±0.09	0.47±0.05	4.31±0.27	0.09±0.04
Eu	2.35±0.09	1.96±0.07	1.91±0.12	0.74±0.04	1.18±0.06	0.05±0.02
F	480±40	1120±50	840±20	60±10	1300±100	140±20
Ga	35.8±3.3	19.8±1.1	20.8±1.6	23.7±2.6	20.5±1.0	(0.21)
Gd	7.0±1.5	6.54±0.40	5.09±0.31	1.31±0.39	9.47±0.57	0.18±0.08
Ge	0.95±0.11	1.11±0.10	1.00±0.11	1.06±0.29	1.17±0.15	0.15±0.03
Hf	34.0±4.6	7.5±1.1	5.2±0.9	0.65±0.18	10.8±1.2	(0.10)
Hg	0.005±0.003	0.014±0.003	0.035±0.001	(0.005)	0.005±0.003	(0.004)
Ho	0.96±0.12	1.10±0.10	0.60±0.11	0.20±0.01	1.64±0.15	0.04±0.02
I	0.14±0.04	0.07±0.04	(0.078)	0.08±0.05	(0.093)	0.23±0.05
In	0.15±0.03	0.11±0.03	0.08±0.04	0.12±0.04	0.09±0.02	(0.066)
La	149±8	62.5±2.5	60.5±2.7	1.71±0.19	82.7±3.6	1.34±0.18
Li	32.9±2.3	17.5±1.0	16.2±1.4	1.94±0.32	12.7±0.9	2.30±0.26
Lu	0.43±0.09	0.49±0.04	0.24±0.02	0.06±0.03	0.67±0.07	0.019±0.005
Mo	0.26±0.06	0.95±0.08	0.47±0.03	(0.094)	2.46±0.16	(0.24)
Nb	66.9±4.0	20.8±1.3	10.6±0.9	9.3±3.1	34.3±1.8	(2.77)
Nd	65.1±4.1	47.2±2.5	48.1±2.6	4.10±0.46	64.5±4.8	1.39±0.32
Ni	1.75±0.36	12.6±0.9	24.4±1.0	69±5	64.5±3.5	241±15
Pb	196±10	97.7±4.4	19.8±1.3	(5.16)	33.3±1.6	(4.44)
Pr	22.5±1.8	13.2±0.6	13.2±0.7	0.84±0.19	18.4±0.9	(0.44)
Rb	130±5	183±7	70.1±3.9	(4.79)	213±6	(1.42)
S	110±30	230±30	110±20	2700±200	90±20	110±30
Sb	0.15±0.02	1.34±0.19	0.06±0.03	(0.04)	0.38±0.05	(0.04)

续表(Continued)

标准 物质 CRM	GBW07109 (GSR-7) 霓霞正长岩 Lujavritite	GBW07110 (GSR-8) 粗面岩 Trachyte	GBW07111 (GSR-9) 花岗闪长岩 Granodiorite	GBW07112 (GSR-10) 辉长岩 Gabbro	GBW07113 (GSR-11) 流纹岩 Rhyolite	GBW07114 (GSR-12) 白云岩 Dolomite
Sc	2.22±0.24	7.52±0.43	10.3±0.8	22.5±2.2	5.15±0.58	0.098±0.030
Se	0.05±0.02	0.03±0.02	0.03±0.01	0.26±0.09	0.04±0.01	0.08±0.02
Sm	9.7±0.7	8.63±0.23	7.74±0.28	1.22±0.06	11.7±0.3	0.25±0.05
Sn	6.50±0.52	3.12±0.26	1.44±0.20	0.89±0.30	3.35±0.50	0.53±0.24
Sr	1160±58	318±8	1198±47	612±35	43.0±2.2	27.0±3.3
Ta	1.96±0.16	1.42±0.26	0.62±0.14	(0.56)	2.41±0.56	(0.18)
Tb	1.02±0.07	0.99±0.07	0.68±0.06	0.20±0.04	1.51±0.13	0.05±0.02
Te	0.012±0.005	(0.007)	0.011±0.006	0.010±0.003	(0.009)	(0.012)
Th	79.3±3.4	16.7±0.6	10.9±0.6	(0.28)	27.1±0.6	0.11±0.05
Tl	0.76±0.08	1.02±0.15	0.39±0.07	0.07±0.02	0.83±0.05	(0.07)
Tm	0.46±0.06	0.50±0.04	0.26±0.02	0.09±0.03	0.73±0.04	(0.04)
U	14.6±1.0	3.04±0.28	1.40±0.20	(0.086)	4.83±0.33	0.16±0.06
V	179±5	64.3±2.9	104±3	768±21	3.8±1.3	2.10±0.55
W	1.24±0.12	1.62±0.12	0.19±0.04	(0.10)	1.10±0.08	0.11±0.04
Y	24.7±1.2	28.0±1.0	15.5±1.0	4.9±0.8	42.5±2.1	(1.40)
Yb	2.56±0.10	3.15±0.10	1.56±0.05	0.36±0.05	4.51±0.31	0.09±0.04
Zn	112±3	164±4	85.4±3.9	118±5	86.3±3.2	11.7±1.0
Zr	1540±77	335±18	224±16	29±11	403±20	3.0±1.1
%						
SiO ₂	54.48±0.06	63.06±0.09	59.68±0.06	35.69±0.0	72.78±0.08	0.62±0.02
TiO ₂	0.48±0.02	0.80±0.02	0.77±0.02	7.69±0.09	0.30±0.01	0.015±0.002
Al ₂ O ₃	17.72±0.07	16.1±0.1	16.56±0.07	14.14±0.14	12.96±0.05	0.10±0.02
Fe ₂ O ₃	6.04±0.05	4.51±0.06	2.64±0.08	9.90±0.30	1.14±0.06	0.04±0.01
FeO	1.23±0.04	0.19±0.04	3.08±0.06	13.36±0.28	1.86±0.05	0.15±0.02
MnO	0.12±0.01	0.089±0.002	0.094±0.002	0.193±0.005	0.14±0.01	0.010±0.001
MgO	0.65±0.05	0.84±0.05	2.81±0.05	5.25±0.06	0.16±0.03	21.8±0.1
CaO	1.39±0.03	2.47±0.03	4.72±0.06	9.86±0.10	0.59±0.03	30.02±0.14
Na ₂ O	7.16±0.06	3.06±0.04	4.05±0.04	2.11±0.02	2.57±0.04	(0.03)
K ₂ O	7.48±0.07	5.17±0.04	3.50±0.03	0.15±0.01	5.43±0.07	0.038±0.004
H ₂ O ⁺	2.38±0.08	1.79±0.10	0.88±0.09	1.09±0.06	1.18±0.07	(0.34)
CO ₂	0.26±0.04	1.03±0.03	0.15±0.04	0.12±0.04	0.52±0.02	46.77±0.17
P ₂ O ₅	0.018±0.003	0.36±0.01	0.34±0.01	0.028±0.002	0.045±0.004	0.006±0.001
TC	(0.093)	(0.29)	(0.057)	(0.039)	(0.15)	(12.88)

文献(Literature): 岩石标准物质研制小组, 1995。

含量单位除注明者外均为10⁻⁶, “±”后的数据为标准偏差, 括号内的数值为参考值。

样品类型(Sample type): GBW07109 辽宁省凤城县赛马中生代霓霞正长岩; GBW07110 安徽省繁昌县九榔晚侏罗世粗面岩; GBW07111 北京市房山区周口店燕山晚期花岗闪长岩; GBW07112 四川省攀枝花市古生代辉长岩; GBW07113 浙江省上虞县侏罗系九里坪组流纹斑岩; GBW07114 北京市昌平区元古界蓟县系白云岩。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are standard deviations, data with brackets are reference values.

表 6.3 土壤地球化学成分分析标准物质标准值(GSS 1~8)

Table 6.3 Certified values of soil geochemical certified reference materials (GSS 1 - 8)

标准物质 CRM	GBW07401 (GSS-1) 暗棕壤 Dark-brown earth	GBW07402 (GSS-2) 栗钙土 Chestnut soil	GBW07403 (GSS-3) 黄棕壤 Yellow- brown earth	GBW07404 (GSS-4) 石灰性红壤 Limy red earth	GBW07405 (GSS-5) 黄红壤 Yellow-red earth	GBW07406 (GSS-6) 红壤 Red soil	GBW07407 (GSS-7) 砖红壤 Laterite (Latosol)	GBW07408 (GSS-8) 黄土 Loess
Ag	0.35±0.05	0.054±0.007	0.091±0.007	0.070±0.011	4.4±0.4	0.20±0.02	0.057±0.011	0.060±0.009
As	34±4	13.7±1.2	4.4±0.6	58±6	412±16	220±14	4.8±1.3	12.7±1.1
Au	(0.00055)			(0.0055)	0.260±0.007	(0.009)	(0.0008)	(0.0014)
B	50±3	36±3	23±3	97±9	53±6	57±5	(10)	54±4
Ba	590±32	930±52	1210±65	213±20	296±26	118±14	180±27	480±23
Be	2.5±0.3	1.8±0.2	1.4±0.2	1.85±0.34	2.0±0.4	4.4±0.7	2.8±0.6	1.9±0.2
Bi	1.2±0.1	0.38±0.04	0.17±0.03	1.04±0.13	41±4	49±5	0.20±0.04	0.30±0.04
Br	2.9±0.6	4.5±0.7	4.3±0.8	4.0±0.7	(1.5)	8.0±0.7	5.1±0.5	2.5±0.5
Cd	4.3±0.4	0.071±0.014	0.060±0.009	0.35±0.06	0.45±0.06	0.13±0.03	0.08±0.02	0.13±0.02
Ce	70±4	402±16	39±4	136±11	91±10	66±6	98±11	66±7
Cl	70±9	62±10	57±11	(39)	(76)	95±7	100±6	68±12
Co	14.2±1.0	8.7±0.9	5.5±0.7	22±2	12±2	7.6±1.1	97±6	12.7±1.1
Cr	62±4	47±4	32±4	370±16	118±7	75±6	410±23	68±6
Cs	9.0±0.7	4.9±0.5	3.2±0.4	21.4±1.0	15±1	10.8±0.6	2.7±0.8	7.5±0.7
Cu	21±2	16.3±0.9	11.4±1.1	40±3	144±6	390±14	97±6	24.3±1.2
Dy	4.6±0.3	4.4±0.3	2.6±0.2	6.6±0.6	3.7±0.5	3.3±0.3	6.6±0.6	4.8±0.4
Er	2.6±0.2	2.1±0.4	1.5±0.3	4.5±0.7	2.4±0.3	2.2±0.3	2.7±0.5	2.8±0.2
Eu	1.0±0.1	3.0±0.2	0.72±0.04	0.85±0.07	0.82±0.04	0.66±0.04	3.4±0.2	1.2±0.1
F	506±32	2240±112	246±26	540±25	603±28	906±45	321±29	577±24
Ga	19.3±1.1	12±1	13.7±0.9	31±3	32±4	30±3	39±5	14.8±1.1
Gd	4.6±0.3	7.8±0.6	2.9±0.4	4.7±0.5	3.5±0.3	3.4±0.3	9.6±0.9	5.4±0.5
Ge	1.34±0.20	1.2±0.2	1.16±0.13	1.9±0.3	2.6±0.4	3.2±0.4	1.6±0.3	1.27±0.20
Hf	6.8±0.8	5.8±0.9	6.8±0.8	14±2	8.1±1.7	7.5±0.8	7.7±0.5	7.0±0.8
Hg	0.032±0.004	0.015±0.003	0.060±0.004	0.59±0.05	0.29±0.03	0.072±0.007	0.061±0.006	0.017±0.003
Ho	0.87±0.07	0.93±0.12	0.53±0.06	1.46±0.12	0.77±0.08	0.69±0.05	1.1±0.2	0.97±0.08
I	1.8±0.3	1.8±0.2	1.3±0.2	9.4±1.1	3.8±0.5	19.4±0.9	19±2	1.7±0.2
In	0.08±0.02	0.09±0.03	0.031±0.010	0.12±0.03	4.1±0.6	0.84±0.18	0.10±0.03	0.044±0.013
La	34±2	164±11	21±2	53±4	36±4	30±2	46±5	36±3
Li	35±1	22±1	18.4±0.8	55±2	56±2	36±1	19.5±0.9	35±2
Lu	0.41±0.04	0.32±0.05	0.29±0.02	0.75±0.06	0.42±0.05	0.42±0.05	0.35±0.06	0.43±0.04
Mn	1760±63	510±16	304±14	1420±75	1360±71	1450±82	1780±113	650±23
Mo	1.4±0.1	0.98±0.11	0.31±0.06	2.6±0.3	4.6±0.4	18±2	2.9±0.3	1.16±0.10
N	1870±67	630±59	640±50	1000±62	610±31	740±59	660±62	370±54
Nb	16.6±1.4	27±2	9.3±1.5	38±3	23±3	27±2	64±7	15±2
Nd	28±2	210±14	18.4±1.7	27±2	24±2	21±2	45±2	32±2
Ni	20.4±1.8	19.4±1.3	12±2	64±5	40±4	53±4	276±15	31.5±1.8
P	735±28	446±25	320±18	695±28	390±34	303±30	1150±39	775±25
Pb	98±6	20±3	26±3	58±5	552±29	314±13	14±3	21±2
Pr	7.5±0.5	57±6	4.8±0.4	8.4±1.7	7.0±1.2	5.8±0.6	11±1	8.3±0.8
Rb	140±6	88±4	85±4	75±4	117±6	237±8	16±3	96±4
Re	-	-	-	-	(0.00053)	(0.00012)	-	-
S	(310)	210±43	123±14	180±36	410±54	260±43	250±36	(126)
Sb	0.87±0.21	1.3±0.2	0.44±0.08	6.3±1.1	35±5	60±7	0.42±0.09	1.0±0.2

续表(Continued)

标准物质 CRM	GBW07401 (GSS-1) 暗棕壤 Dark-brown earth	GBW07402 (GSS-2) 栗钙土 Chestnut soil	GBW07403 (GSS-3) 黄棕壤 Yellow-brown earth	GBW07404 (GSS-4) 石灰性红壤 Limy red earth	GBW07405 (GSS-5) 黄红壤 Yellow-red earth	GBW07406 (GSS-6) 红壤 Red soil	GBW07407 (GSS-7) 砖红壤 Laterite (Latosol)	GBW07408 (GSS-8) 黄土 Loess
Sc	11.2±0.6	10.7±0.6	5.0±0.4	20±2	17±1	15.5±0.9	28±2	11.7±0.7
Se	0.14±0.03	0.16±0.03	0.09±0.02	0.64±0.14	1.6±0.2	1.34±0.17	0.32±0.05	0.10±0.01
Sm	5.2±0.3	18±2	3.3±0.2	4.4±0.4	4.0±0.4	3.8±0.4	10.3±0.4	5.9±0.4
Sn	6.1±0.7	3.0±0.3	2.5±0.3	5.7±0.9	18±3	72±7	3.6±0.7	2.8±0.5
Sr	155±7	187±9	380±16	77±6	42±4	39±4	26±4	236±13
Ta	1.4±0.2	0.78±0.19	0.76±0.15	3.1±0.3	1.8±0.3	5.3±0.6	3.9±0.6	1.05±0.25
Tb	0.75±0.06	0.97±0.26	0.49±0.06	0.94±0.09	0.7±0.1	0.61±0.08	1.3±0.2	0.89±0.08
Te	0.058±0.020	(0.033)	0.039±0.013	0.16±0.06	(5)	0.4±0.1	(0.047)	0.045±0.010
Th	11.6±0.7	16.6±0.8	6.0±0.5	27±2	23±2	23±2	9.1±0.7	11.8±0.7
Ti	4830±160	2710±80	2240±80	10800±310	6290±210	4390±120	20200±500	3800±120
Tl	1.0±0.2	0.62±0.20	0.48±0.05	0.94±0.25	1.6±0.3	2.4±0.5	0.21±0.06	0.58±0.06
Tm	0.42±0.06	0.42±0.11	0.28±0.05	0.70±0.10	0.41±0.04	0.40±0.06	0.42±0.05	0.46±0.07
U	3.3±0.4	1.4±0.3	1.3±0.3	6.7±0.8	6.5±0.7	6.7±0.7	2.2±0.4	2.7±0.4
V	86±4	62±4	36±3	247±14	166±9	130±7	245±21	81±5
W	3.1±0.3	1.08±0.22	0.96±0.12	6.2±0.5	34±2	90±7	1.2±0.2	1.7±0.2
Y	25±3	22±2	15±2	39±6	21±3	19±2	27±4	26±2
Yb	2.7±0.3	2.0±0.2	1.7±0.2	4.8±0.6	2.8±0.4	2.7±0.4	2.4±0.4	2.8±0.2
Zn	680±25	42±3	31±3	210±13	494±25	97±6	142±11	68±4
Zr	245±12	219±15	246±14	500±42	272±16	220±14	318±37	229±12
%								
SiO ₂	62.60±0.14	73.35±0.18	74.72±0.19	50.95±0.14	52.57±0.16	56.93±0.18	32.69±0.18	58.61±0.13
Al ₂ O ₃	14.18±0.14	10.31±0.10	12.24±0.09	23.45±0.19	21.58±0.15	21.23±0.16	29.26±0.34	11.92±0.15
TFe ₂ O ₃	5.19±0.09	3.52±0.07	2.00±0.05	10.30±0.11	12.62±0.18	8.09±0.13	18.76±0.33	4.48±0.05
FeO	(1.27)	0.57±0.07	0.50±0.06	(0.41)	(0.22)	(0.57)	(1.05)	1.22±0.05
MgO	1.81±0.08	1.04±0.04	0.58±0.04	0.49±0.05	0.61±0.06	0.34±0.05	0.26±0.03	2.38±0.07
CaO	1.72±0.06	2.36±0.05	1.27±0.05	0.26±0.04	(0.10)	0.22±0.03	0.16±0.02	8.27±0.12
Na ₂ O	1.66±0.04	1.62±0.04	2.71±0.06	0.11±0.02	0.12±0.02	0.19±0.02	0.08±0.02	1.72±0.04
K ₂ O	2.59±0.04	2.54±0.05	3.04±0.05	1.03±0.06	1.50±0.04	1.70±0.06	0.20±0.02	2.42±0.04
H ₂ O ⁺	(5.0)	(2.9)	(1.9)	(10.1)	(8.8)	(8.9)	(13.7)	(3.3)
CO ₂	1.12±0.09	(0.97)	(0.13)	(0.12)	(0.10)	(0.084)	(0.11)	5.97±0.16
C _{org.}	1.80±0.16	0.49±0.07	0.51±0.03	0.62±0.08	(0.32)	0.81±0.09	0.64±0.07	(0.30)
TC	2.11±0.19	0.75±0.10	0.55±0.05	0.65±0.10	(0.35)	0.83±0.10	0.67±0.09	1.93±0.13
LOI	(8.59)	4.4±0.2	2.67±0.13	(10.9)	(9.1)	(10.0)	(14.3)	9.12±0.17

文献(Literature): 地球化学标准参考样研究组, 1987; Xie *et al.*, 1989。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。

样品类型(Sample type): GBW07401 黑龙江省伊春市西林铅锌矿区上方暗棕壤, 成土母岩为海西晚期花岗岩; GBW07402 内蒙古自治区四子王旗白乃庙栗钙土, 成土母岩为志留系变质砂岩和千枚岩及石英闪长岩和斜长花岗岩; GBW07403 山东省莱州市焦家黄棕壤, 为太古代胶东群黑云斜长片麻岩的残坡积土; GBW07404 广西壮族自治区宜州市黄色石灰性粘性壤土, 成土母岩为石炭系石灰岩、白云质灰岩、白云岩和带页岩夹层的泥灰岩; GBW07405 湖南省浏阳市七宝山砂卡岩型铜多金属矿区的残坡积黄红色粘性壤土, 成土母岩为石英斑岩和花岗岩; GBW 07406 广东省阳春市多金属矿区黄色土壤, 成土母岩为泥质页岩和石英砂岩及和花岗闪长岩; GBW07407 广东省徐闻县暗红色粘性壤土, 成土母岩为新生代早期的橄榄玄武岩、拉斑玄武岩和凝灰岩; GBW07408 陕西省洛川县秦家寨浅黄色粉砂质土。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±”are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.4 土壤地球化学成分分析标准物质标准值(GSS 9~16)

Table 6.4 Certified values of soil geochemical certified reference materials (GSS 9 - 16)

标准 物质 CRM	GBW07423 (GSS-9) 洪泽湖 Hongze lake	GBW07424 (GSS-10) 松嫩平原 Songhua -nenjiang plain	GBW07425 (GSS-11) 辽河平原 Liaohe plain	GBW07426 (GSS-12) 新疆北部 North Xinjiang	GBW07427 (GSS-13) 华北平原 North China plain	GBW07428 (GSS-14) 四川盆地 Sichuan basin	GBW07429 (GSS-15) 长江平原区 Yangtze river plain	GBW07430 (GSS-16) 珠江三角洲 Zhujiang Delta plain
Ag	0.076±0.013	0.083±0.010	0.098±0.007	0.078±0.007	0.067±0.006	0.084±0.007	0.15±0.02	0.14±0.02
As	8.4±1.3	8.9±0.9	7.4±0.5	12.2±0.8	10.6±0.8	6.5±1.3	21.7±1.2	18±2
B	52±4	35±3	36±3	55±5	53±3	46±3	63±2	63±4
Ba	520±43	613±12	634±10	492±20	500±15	608±13	716±16	411±18
Be	2.2±0.1	2.4±0.1	2.25±0.08	2.04±0.06	1.90±0.05	2.44±0.06	2.7±0.1	3.8±0.3
Bi	0.29±0.06	0.27±0.02	0.28±0.01	0.30±0.02	0.29±0.02	0.35±0.02	1.16±0.06	1.44±0.11
Br	3.7±0.4	5.8±0.4	2.8±0.2	2.1±0.3	4.0±0.4	1.7±0.3	2.7±0.3	2.6±0.3
Cd	0.10±0.02	0.105±0.013	0.125±0.012	0.15±0.02	0.13±0.01	0.20±0.02	0.21±0.02	0.25±0.02
Ce	74±4	70±4	65±3	57±2	66±3	80±2	93±4	133±5
Cl	45±9	216±14	98±12	(50)	80±10	50±4	83±15	78±6
Co	14±2	11.7±0.5	11.6±0.4	12.6±0.3	11.3±0.5	14.6±0.7	17.6±0.7	13.6±0.6
Cr	75±5	58±2	59±3	59±2	65±2	70±3	87±4	67±3
Cs	8.3±0.7	6.5±0.4	6.0±0.4	7.2±0.4	6.0±0.4	7.0±0.3	8.9±0.4	13.9±0.7
Cu	25±3	19±1	21.4±1.2	29±1	21.6±0.8	27.4±1.1	37±2	32±2
Dy	4.7±0.4	4.7±0.3	4.2±0.4	4.9±0.3	4.5±0.3	4.8±0.3	6.2±0.4	7.4±0.5
Er	2.8±0.4	2.75±0.17	2.46±0.07	2.9±0.2	2.57±0.12	2.6±0.3	3.4±0.2	3.8±0.2
Eu	1.30±0.13	1.25±0.04	1.18±0.04	1.22±0.04	1.18±0.05	1.36±0.06	1.56±0.06	1.66±0.07
F	504±19	452±16	425±17	592±45	545±32	619±39	652±48	790±44
Ga	16.7±1.7	18±1	17.2±1.0	16.8±0.5	15.0±0.4	18.8±0.8	20.5±1.0	25.1±1.2
Gd	5.4±0.8	5.2±0.3	4.7±0.3	5.1±0.3	4.9±0.3	5.5±0.5	6.8±0.5	8.5±0.7
Ge	1.32±0.09	1.31±0.08	1.3±0.1	1.3±0.1	1.27±0.07	1.42±0.11	1.63±0.08	1.70±0.12
Hf	6.6±1.2	9.5±0.7	7.7±0.5	5.5±0.4	7.0±0.5	6.4±0.3	7.6±0.4	8.2±0.4
Hg	0.032±0.003	0.033±0.004	0.060±0.009	0.021±0.005	0.052±0.006	0.089±0.004	0.094±0.004	0.46±0.05
Ho	1.03±0.10	0.97±0.04	0.89±0.05	1.01±0.04	0.92±0.03	0.93±0.04	1.23±0.07	1.41±0.08
I	2.8±0.6	3.2±0.2	1.6±0.1	1.4±0.2	2.4±0.2	0.9±0.2	2.3±0.2	1.3±0.1
In	(0.08)	0.055±0.015	0.047±0.013	0.058±0.007	0.044±0.009	0.057±0.006	0.145±0.021	0.095±0.027
La	38±2	35.5±1.7	34±2	29±2	34±2	41±2	47±2	67±3
Li	38±2	30.6±1.5	30±2	36±2	31.5±1.5	39±3	44±3	51±3
Lu	0.43±0.04	0.46±0.03	0.41±0.02	0.46±0.02	0.41±0.02	0.42±0.02	0.54±0.02	0.58±0.05
Mn	520±24	681±13	572±14	774±19	580±12	688±15	963±20	441±20
Mo	0.4±0.1	0.52±0.04	0.60±0.04	0.96±0.06	0.48±0.03	0.65±0.06	0.92±0.07	1.15±0.07
N %	0.130±0.010	0.126±0.011	0.095±0.010	0.055±0.006	0.072±0.009	0.081±0.012	0.094±0.010	0.102±0.011
Nb	14.4±2.1	16.5±0.7	13.8±0.6	12±1	14±1	14.4±0.6	18.6±1.3	26±1
Nd	32±3	32±2	30±2	27.9±1.2	30±2	36±3	41±2	57±4
Ni	33±3	26±1	25.4±1.3	32±1	28.5±1.2	33±2	41±1	27.4±0.9
P	480±31	500±27	483±24	708±9	833±35	730±28	560±18	972±34
Pb	25±3	22±2	24.7±1.4	19±2	21.6±1.2	31±1	38±2	61±2
Pr	8.5±0.8	8.5±0.5	7.9±0.5	7.0±0.4	7.9±0.5	9.2±0.6	10.3±0.8	14.6±1.1
Rb	102±8	108±3	110±4	94±3	91±3	108±4	116±3	173±5
Re	-	(0.00008)	-	-	(0.00010)	-	(0.00014)	(0.00015)
S	241±22	270±24	217±23	154±15	(160)	173±21	176±22	261±26

续表(Continued)

标准 物质 CRM	GBW07423 (GSS-9) 洪泽湖 Hongze lake	GBW07424 (GSS-10) 松嫩平原 Songhuajian -nenjiang plain	GBW07425 (GSS-11) 辽河平原 Liaohe plain	GBW07426 (GSS-12) 新疆北部 North Xinjiang	GBW07427 (GSS-13) 华北平原 North China plain	GBW07428 (GSS-14) 四川盆地 Sichuan basin	GBW07429 (GSS-15) 长江平原区 Yangtze river plain	GBW07430 (GSS-16) 珠江三角洲 Zhujiang Delta plain
Sb(DA)	0.85±0.13	0.68±0.09	0.61±0.06	1.05±0.07	0.86±0.06	0.73±0.08	1.9±0.2	1.7±0.2
Sb(T)	(1.1)	(0.94)	(0.82)	(1.17)	(0.99)	(0.81)	(1.9)	(1.9)
Sc	12.1±1.2	10.2±0.3	10.0±0.3	12.6±0.4	10.5±0.3	11.7±0.3	14.8±0.5	14.0±0.5
Se	0.15±0.03	0.21±0.02	0.20±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.16±0.02	0.31±0.02	0.51±0.05
Sm	6.2±0.5	6.0±0.2	5.5±0.2	5.6±0.4	5.6±0.3	6.4±0.3	7.8±0.3	10.4±0.5
Sn	3.4±0.5	3.4±0.4	3.1±0.4	2.8±0.4	3.3±0.4	3.1±0.3	4.5±0.5	12.4±0.8
Sr	172±9	226±5	182±5	240±5	195±4	152±5	115±4	68±4
Ta	1.1±0.2	1.3±0.2	1.05±0.14	0.85±0.07	1.02±0.09	1.08±0.09	1.52±0.15	2.8±0.2
Tb	0.86±0.14	0.84±0.05	0.76±0.05	0.84±0.06	0.80±0.03	0.87±0.06	1.08±0.07	1.3±0.1
Te	(0.035)	-	-	-	-	-	(0.17)	-
Th	12.8±1.6	11.3±0.4	10.8±0.6	10±1	11.0±0.5	12.7±0.5	14.5±0.8	28±2
Ti %	0.424±0.023	0.427±0.006	0.392±0.006	0.392±0.007	0.382±0.011	0.406±0.013	0.527±0.020	0.578±0.026
Tl	0.6±0.1	0.58±0.05	0.62±0.02	0.51±0.04	0.52±0.05	0.63±0.03	0.67±0.04	1.12±0.08
Tm	0.44±0.08	0.42±0.03	0.38±0.03	0.44±0.05	0.40±0.03	0.41±0.03	0.53±0.04	0.57±0.05
U	2.1±0.4	2.25±0.12	2.2±0.1	2.4±0.2	2.19±0.12	2.45±0.12	3.0±0.2	5.9±0.3
V	90±12	74±3	74±2	86±4	74±2	86±2	119±3	105±4
W	1.9±0.1	1.66±0.10	1.65±0.12	1.64±0.10	1.6±0.1	1.5±0.1	2.8±0.2	5.8±0.2
Y	26±2	26.5±0.9	23.6±0.7	26.4±0.9	24.5±0.7	25±1	33±2	38±3
Yb	2.6±0.4	2.81±0.14	2.54±0.13	2.9±0.2	2.6±0.2	2.53±0.12	3.5±0.2	3.8±0.2
Zn	61±5	60±4	65±5	78±5	65±3	96±3	94±4	100±8
Zr	233±7	350±12	270±9	195±7	257±9	227±8	272±8	275±11
%								
SiO ₂	61.69±0.33	65.50±0.12	69.42±0.28	60.01±0.27	64.88±0.29	64.51±0.36	63.63±0.20	63.81±0.16
Al ₂ O ₃	13.28±0.12	13.80±0.11	13.14±0.06	13.27±0.11	11.76±0.10	14.43±0.13	15.27±0.10	17.85±0.12
TF ₂ O ₃	4.8±0.1	4.17±0.03	4.21±0.06	4.71±0.04	4.11±0.04	5.32±0.06	6.44±0.07	5.44±0.05
FeO	(1.4)	(1.1)	(0.9)	1.39±0.07	1.25±0.11	(0.8)	1.06±0.15	(0.8)
MgO	1.52±0.18	1.30±0.03	1.20±0.04	2.43±0.07	2.05±0.04	1.90±0.06	1.80±0.06	0.84±0.05
CaO	5.0±0.1	2.62±0.06	1.33±0.03	5.83±0.06	5.0±0.1	2.45±0.05	1.53±0.04	0.40±0.04
Na ₂ O	1.28±0.05	2.14±0.06	1.98±0.07	2.00±0.06	1.86±0.07	1.59±0.07	1.26±0.05	0.33±0.02
K ₂ O	1.98±0.05	2.65±0.05	2.70±0.04	2.62±0.05	2.27±0.04	2.46±0.07	2.36±0.04	2.50±0.04
H ₂ O ⁺	(4.7)	(3.5)	(3.0)	(3.6)	(2.8)	(4.0)	(4.7)	(5.8)
CO ₂	2.9±0.2	(0.8)	(0.18)	3.9±0.4	3.34±0.14	(1.1)	(0.56)	(0.1)
C _{org}	1.1±0.1	1.35±0.07	1.07±0.06	(0.47)	0.62±0.08	0.79±0.07	0.78±0.05	0.97±0.12
TC	1.9±0.2	1.57±0.16	1.12±0.11	(1.5)	1.53±0.12	1.09±0.15	0.93±0.12	1.00±0.15

文献(Literature) : GBW07423(GSS-9) : 王春书等, 2000 ; Wang *et al.* , 2001 ; GBW07424-07430 (GSS 10-16) : Gu *et al.* , 2003.

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”号后的值为不确定度, 括号内的数据为参考值。Sb(DA)为王水分解方法结果, Sb(T)为全量法结果。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values. Data for Sb(DA) is the analytical result digested with aqua regia, data for Sb(T) is the result of whole analysis.

表 6.5 水系沉积物地球化学成分分析标准物质标准值(GSD 1~8)

Table 6.5 Certified values of stream sediment geochemical certified reference materials (GSD 1 - 8)

标准物质 CRM	GBW07301 (GSD-1)	GBW07302 (GSD-2)	GBW07303 (GSD-3)	GBW07304 (GSD-4)	GBW07305 (GSD-5)	GBW07306 (GSD-6)	GBW07307 (GSD-7)	GBW07308 (GSD-8)
Ag	0.048±0.010	0.066±0.010	0.59±0.05	0.084±0.017	0.36±0.03	0.36±0.03	1.05±0.06	0.062±0.009
As	2.0±0.3	6.2±0.6	18±2	19.7±1.7	75±8	13.6±1.0	84±6	2.4±0.4
B	4.6±0.9	10.8±2.5	33±4	52±6	51±6	50±7	143±16	3.6±0.7
Ba	950±66	185±24	615±41	470±37	440±30	330±24	720±45	480±32
Be	3.0±0.4	17.1±1.1	1.5±0.3	2.4±0.3	2.3±0.2	1.7±0.3	2.7±0.3	2.0±0.2
Bi	0.66±0.08	1.64±0.11	0.79±0.10	0.64±0.10	2.4±0.3	5.0±0.4	0.66±0.09	0.19±0.03
Br	-	3.0±0.6	-	-	-	-	-	(0.9)
Cd	0.088±0.014	0.065±0.011	0.10±0.02	0.19±0.02	0.82±0.05	0.43±0.03	1.05±0.06	0.081±0.012
Ce	81±8	192±5	64±5	78±4	89±7	68±7	78±6	54±5
Cl	-	(62)	-	-	-	-	-	(38)
Co	20.4±2.1	2.6±0.7	11.7±1.1	18±2	18.9±2.1	24.4±1.9	21±2	3.6±0.8
Cr	194±10	12±3	87±6	81±6	70±6	190±15	122±7	7.6±1.4
Cs	5.1±0.6	16.6±1.7	7.8±0.7	10±1	9.4±0.9	9.1±1.3	5.9±0.7	3.6±0.5
Cu	22±2	4.9±0.5	177±7	37±2	137±7	383±12	38±2	4.1±0.5
Dy	4.4±0.6	11±2	4.0±0.5	4.6±0.5	5.0±0.5	3.8±0.9	4.2±0.6	2.6±0.5
Er	2.3±0.3	8.2±0.6	2.3±0.4	2.5±0.4	2.8±0.5	2.2±0.5	2.3±0.3	1.8±0.3
Eu	1.8±0.2	0.49±0.09	1.3±0.1	1.31±0.13	1.4±0.3	1.50±0.13	1.3±0.2	0.56±0.07
F	870±49	1980±163	345±22	740±37	585±36	690±35	890±52	204±28
Ga	23.0±1.1	27.4±1.3	15.9±1.0	20.5±1.2	20.3±0.9	16.7±0.7	17.7±1.0	10.8±0.7
Gd	6.1±1.6	9.5±1.3	4.7±0.3	5.0±0.8	6.4±1.1	5.5±0.9	5.8±0.8	3.5±0.6
Ge	1.3±0.4	1.7±0.3	1.3±0.3	1.4±0.3	1.4±0.3	1.3±0.3	1.4±0.3	0.94±0.21
Hf	10±3	20±3	6.0±1.9	5.8±1.7	6.5±1.9	4.9±1.4	4.9±1.4	14.5±2.3
Hg	0.018±0.004	0.040±0.008	0.048±0.007	0.044±0.008	0.10±0.02	0.045±0.008	0.053±0.013	0.042±0.005
Ho	0.88±0.07	2.6±0.4	(0.9)	1.0±0.2	0.95±0.15	0.76±0.10	0.96±0.20	0.7±0.2
I	-	2.9±0.4	-	-	-	-	-	(0.8)
In	0.064±0.013	(0.046)	0.09±0.03	0.085±0.022	0.13±0.03	0.14±0.03	0.081±0.015	(0.04)
La	43±7	90±7	39±5	40±6	46±5	39±6	45±5	30±4
Li	29.6±1.3	101±4	33±1	51±2	45±2	40±1	32±1	13.2±0.6
Lu	0.42±0.12	(1.6)	0.39±0.05	0.47±0.14	0.46±0.06	0.34±0.09	0.39±0.08	0.38±0.07
Mn	920±40	240±20	400±23	825±32	1160±38	970±37	690±33	335±16
Mo	0.74±0.13	2.0±0.3	92±5	0.86±0.18	1.2±0.2	7.7±0.8	1.4±0.2	0.54±0.13
N	-	363±60	-	-	-	-	-	(340)
Nb	35±3	95±6	16±2	18±3	19±3	12±3	17±2	35±3
Nd	39±5	62±7	30±4	32±3	35±4	33±6	37±5	21±2
Ni	76±8	5.5±1.4	26±3	40±4	34±3	78±5	53±4	(2.7)
P	1490±55	200±27	630±39	470±37	630±25	1020±42	820±41	140±22

续表(Continued)

标准物质 CRM	GBW07301 (GSD-1)	GBW07302 (GSD-2)	GBW07303 (GSD-3)	GBW07304 (GSD-4)	GBW07305 (GSD-5)	GBW07306 (GSD-6)	GBW07307 (GSD-7)	GBW07308 (GSD-8)
Pb	24±3	32±5	40±3	30±5	112±9	27±4	350±17	21±3
Pr	10.1±1.6	18.6±3.0	8.3±1.1	9.3±1.6	9.9±1.3	8.4±0.8	9.6±1.5	5.8±0.7
Rb	116±6	470±23	79±6	130±8	118±6	107±6	147±8	132±7
S	80±10	(89)	192±23	354±51	410±65	784±118	190±30	(80)
Sb	0.22±0.07	0.46±0.12	5.4±0.6	1.84±0.18	3.9±0.5	1.25±0.22	2.6±0.2	0.24±0.06
Sc	15.6±1.7	4.4±0.7	14.3±1.5	15.4±1.7	14.5±2.0	17±2	14.6±1.4	5.7±0.4
Se	(0.07)	0.20±0.05	1.0±0.2	0.29±0.08	0.40±0.10	0.30±0.08	0.30±0.08	(0.10)
Sm	7.2±0.5	10.8±0.9	5.3±0.4	6.2±0.5	6.6±0.5	5.6±0.6	6.1±0.5	3.8±0.3
Sn	3.1±0.6	29±3	3.4±0.6	4.0±0.7	4.6±0.8	2.8±0.7	5.4±0.9	9.4±1.0
Sr	525±41	(28)	90±8	142±12	204±12	266±18	220±15	52±6
Ta	3.7±0.4	15.3±1.3	(1.0)	1.4±0.2	1.4±0.2	0.75±0.09	1.35±0.16	3.7±0.7
Tb	0.86±0.13	1.8±0.4	0.70±0.09	0.90±0.19	0.89±0.19	0.69±0.17	0.76±0.16	0.54±0.10
Te	0.029±0.010	(0.024)	0.16±0.03	0.065±0.020	0.14±0.04	0.14±0.04	0.07±0.02	(0.01)
Th	28±2	70±4	9.2±0.7	14.6±1.0	15.2±1.2	9.0±1.4	12.6±1.0	13.4±0.8
Ti	5870±200	1380±80	6360±230	5340±160	5370±160	4640±120	4480±120	3640±110
Tl	0.61±0.12	1.9±0.4	0.58±0.13	1.2±0.2	1.16±0.19	1.08±0.15	0.93±0.16	0.78±0.18
Tm	0.39±0.08	1.55±0.21	0.39±0.08	0.46±0.05	0.46±0.07	0.35±0.06	0.44±0.12	0.33±0.06
U	4.4±0.4	17±2	1.9±0.3	2.6±0.4	2.6±0.4	2.4±0.4	3.5±0.4	3.0±0.2
V	121±8	16.5±1.9	120±7	118±6	109±6	142±8	96±6	26±3
W	1.04±0.20	24±2	4.9±0.5	2.5±0.5	3.2±0.4	25±2	5.5±0.6	2.0±0.3
Y	22±3	67±9	22±3	26±3	26±3	20±2	24±2	18±2
Yb	2.4±0.3	11±1	2.6±0.2	2.9±0.3	2.9±0.3	2.1±0.3	2.6±0.3	2.1±0.3
Zn	79±7	44±5	52±4	101±10	243±15	144±7	238±12	43±3
Zr	310±23	460±27	220±14	188±11	220±11	170±8	162±9	490±41
%								
SiO ₂	58.41±0.19	69.91±0.17	71.29±0.29	52.59±0.26	56.44±0.24	61.24±0.13	64.70±0.18	82.89±0.27
Al ₂ O ₃	14.84±0.08	15.72±0.10	12.04±0.11	15.69±0.13	15.37±0.14	14.16±0.09	13.41±0.09	7.70±0.09
TFe ₂ O ₃	7.35±0.09	1.90±0.06	6.54±0.09	5.91±0.10	5.84±0.09	5.88±0.07	6.51±0.09	2.20±0.04
FeO	2.26±0.16	0.56±0.09	(0.72)	(0.91)	(0.94)	1.58±0.14	1.50±0.12	0.53±0.09
MgO	4.14±0.06	0.21±0.02	0.68±0.04	1.02±0.04	0.98±0.04	3.00±0.06	3.08±0.09	0.25±0.02
CaO	4.61±0.07	0.25±0.04	(0.22)	7.54±0.12	5.34±0.09	3.87±0.07	1.67±0.05	0.24±0.04
Na ₂ O	3.48±0.09	3.03±0.09	0.32±0.03	0.30±0.03	0.39±0.03	2.30±0.07	1.21±0.04	0.47±0.04
K ₂ O	2.77±0.06	5.20±0.09	2.46±0.06	2.23±0.06	2.11±0.07	2.43±0.05	3.54±0.08	2.84±0.08
H ₂ O ⁺	2.30±0.25	2.58±0.28	(4.1)	(6.6)	(6.7)	3.49±0.27	(3.6)	2.22±0.27
CO ₂	(0.12)	(0.10)	(0.07)	5.48±0.19	3.56±0.08	2.03±0.12	(0.17)	(0.09)
C _{org}	(0.18)	(0.39)	(0.58)	(1.05)	(1.3)	(0.36)	(0.63)	(0.33)
TC	(0.21)	(0.42)	(0.60)	(2.6)	(2.3)	0.91±0.15	(0.68)	(0.35)

文献(Literature): Xie *et al.*, 1985.含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。

样品类型(Sample type): GBW07301 陕西省蓝田县牧富关燕山期花岗岩区; GBW07302 江西省德兴市陇首大茅山燕山期花岗岩区; GBW07303 江西省德兴市富家坞斑岩铜矿区; GBW07304 和 GBW07305 安徽省铜陵市前冲水库和老鸦岭水库矽卡岩铜矿化区; GBW07306 青海省杂多县那朗公玛斑岩铜矿区; GBW07307 辽宁省开原市青城子铅锌矿区; GBW07308 广东省丰顺县建桥侏罗系中酸性火山岩区。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±”are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.6 水系沉积物地球化学成分分析标准物质标准值(GSD 9~14, GSD-1a)

Table 6.6 Certified values for stream sediment geochemical certified reference materials (GSD 9 - 14, GSD-1a)

标准物质 CRM	GBW07309 (GSD-9)	GBW07310 (GSD-10)	GBW07311 (GSD-11)	GBW07312 (GSD-12)	GBW07317 (GSD-13)	GBW07318 (GSD-14)	GBW07301a (GSD-1a)
Ag	0.089±0.010	0.27±0.02	3.2±0.4	1.15±0.11	0.027±0.005	0.13±0.02	0.036±0.010
As	8.4±0.9	25±3	188±13	115±6	2.0±0.2	18±2	2.7±0.4
Au	(0.0013)	-	(0.0036)	(0.0056)	-	-	-
B	54±6	26±4	68±5	24±2	5.3±0.7	27±4	9.8±1.8
Ba	430±18	42±7	260±17	206±15	690±54	760±47	920±77
Be	1.8±0.3	0.9±0.2	26±3	8.2±0.7	0.96±0.04	6.0±0.6	3.1±0.3
Bi	0.42±0.04	0.38±0.04	50±4	10.9±0.9	0.057±0.010	3.0±0.3	0.49±0.14
Br	1.2±0.3	2.4±0.5	2.2±0.5	1.7±0.4	(0.5)	(2.6)	(1.5)
Cd	0.26±0.04	1.12±0.08	2.3±0.2	4.0±0.3	0.045±0.015	0.20±0.03	0.11±0.03
Ce	78±6	38±4	58±4	61±4	42±4	109±10	81±7
Cl	52±11	(53)	290±26	163±25	32±5	(58)	72±7
Co	14.4±1.2	15.3±1.1	8.5±0.8	8.8±0.7	3.5±0.4	28±2	20±2
Cr	85±7	136±10	40±3	35±3	10.7±1.7	243±16	128±6
Cs	5.1±0.8	2.3±0.5	17.4±0.8	7.9±0.4	1.0±0.1	4.3±0.8	5.5±0.2
Cu	32±2	22.6±1.3	79±3	1230±33	11±2	66±6	28±2
Dy	5.1±0.3	2.2±0.3	7.2±0.6	4.8±0.2	1.56±0.19	7.0±0.6	4.3±0.3
Er	2.8±0.3	1.3±0.2	4.6±0.5	3.1±0.3	0.98±0.17	4.0±0.5	2.3±0.4
Eu	1.33±0.06	0.47±0.04	0.60±0.06	0.61±0.03	0.38±0.06	2.5±0.4	1.7±0.2
F	494±25	149±25	1650±82	1250±39	133±19	593±40	872±52
Ga	14.0±0.6	6.4±0.7	18.5±0.9	14.1±0.5	11.1±0.9	25±3	23.6±1.3
Gd	5.5±0.4	2.2±0.2	5.9±0.4	4.4±0.4	1.8±0.2	7.6±1.1	5.6±0.6
Ge	1.3±0.2	0.40±0.06	1.81±0.21	1.87±0.13	1.16±0.05	1.6±0.3	1.5±0.2
Hf	9.7±1.5	1.8±0.4	5.4±0.6	8.3±1.0	4.5±0.5	13.6±0.6	9.3±0.7
Hg	0.083±0.009	0.28±0.03	0.072±0.009	0.056±0.006	0.011±0.002	0.037±0.004	0.032±0.003
Ho	0.96±0.07	0.45±0.07	1.4±0.2	0.94±0.07	0.33±0.03	1.43±0.09	0.82±0.11
I	0.63±0.09	1.6±0.3	2.0±0.3	1.8±0.3	0.3±0.1	1.6±0.3	0.6±0.2
In	0.056±0.009	0.067±0.016	1.9±0.3	0.96±0.15	(0.04)	(0.18)	(0.07)
La	40±3	13.0±0.9	30±2	32.7±1.4	24±3	54±3	41±2
Li	30±1	13.0±0.5	71±2	39.0±1.0	7.4±0.7	24±2	32±3
Lu	0.45±0.03	0.19±0.03	0.78±0.06	0.58±0.06	0.16±0.03	0.58±0.07	0.39±0.04
Mn	620±20	1010±29	2490±84	1400±47	218±31	1230±82	910±28
Mo	0.64±0.11	1.2±0.1	5.9±0.6	8.4±0.6	0.44±0.10	2.7±0.3	1.04±0.13
N	440±30	(360)	-	-	(94)	668±25	741±28
Nb	18±2	6.8±1.3	25±3	15.4±1.1	9.0±1.1	72±6	31.5±1.9
Nd	34±2	11.8±1.1	27±2	26±3	14.7±1.6	45±5	36±3
Ni	32±2	30±2	14.3±1.0	12.8±1.3	3.7±1.0	87±9	56±7
P	670±23	271±15	255±27	235±22	166±11	1000±30	1520±77
Pb	23±3	27±2	636±22	285±11	13.5±2.3	66±6	31±4
Pr	9.2±0.8	3.2±0.4	7.4±0.5	6.9±1.1	4.3±0.5	11.8±0.9	9.3±0.9
Rb	80±3	9.2±1.5	408±11	270±10	70±6	87±7	126±7

续表(Continued)

标准物质 CRM	GBW07309 (GSD-9)	GBW07310 (GSD-10)	GBW07311 (GSD-11)	GBW07312 (GSD-12)	GBW07317 (GSD-13)	GBW07318 (GSD-14)	GBW07301a (GSD-1a)
S	160±16	(90)	170±26	940±54	(50)	(110)	(144)
Sb	0.81±0.15	6.3±0.6	14.9±1.2	24±3	0.19±0.05	2.7±0.4	0.30±0.05
Sc	11.1±0.6	4.1±0.4	7.4±0.4	5.1±0.4	2.4±0.3	18±2	14±2
Se	0.16±0.03	0.28±0.05	0.20±0.05	0.25±0.03	0.040±0.011	(0.15)	0.12±0.03
Sm	6.3±0.4	2.4±0.2	6.2±0.3	5.0±0.4	2.3±0.2	8.5±0.6	6.7±0.4
Sn	2.6±0.4	1.4±0.3	370±44	54±5	0.97±0.33	9.5±1.7	3.3±0.6
Sr	166±9	25±3	29±4	24±3	87±4	216±6	486±32
Ta	1.3±0.2	0.44±0.12	5.7±0.5	3.2±0.3	(0.52)	5.0±0.4	3.0±0.3
Tb	0.87±0.09	0.42±0.07	1.13±0.09	0.82±0.06	0.28±0.06	1.23±0.11	0.81±0.07
Te	0.041±0.015	0.08±0.02	0.4±0.1	0.30±0.07	-	-	-
Th	12.4±0.7	5.0±0.3	23.3±1.2	21.4±1.1	5.4±0.6	12.4±1.2	27±3
Ti	5500±160	1270±70	2100±100	1510±50	1370±120	14400±500	5370±210
Tl	0.49±0.08	0.21±0.05	2.9±0.4	1.76±0.27	0.30±0.08	0.47±0.19	0.67±0.14
Tm	0.44±0.07	0.20±0.03	0.74±0.09	0.53±0.06	0.13±0.03	0.60±0.05	0.34±0.04
U	2.6±0.4	2.1±0.2	9.1±0.9	7.8±0.7	0.75±0.10	3.0±0.4	4.6±0.6
V	97±6	107±5	47±3	47±4	19±3	190±25	115±11
W	1.8±0.2	1.6±0.3	126±9	37±2	0.50±0.06	5.6±0.5	1.0±0.1
Y	27±2	14±2	43±5	29±3	8.9±1.2	34±5	22±2
Yb	2.8±0.3	1.2±0.2	5.1±0.6	3.7±0.4	0.99±0.17	3.8±0.6	2.3±0.2
Zn	78±4	46±4	373±14	498±18	18±2	165±15	90±7
Zr	370±20	70±6	153±13	234±16	187±16	524±16	316±16
%							
SiO ₂	64.89±0.11	88.89±0.19	76.25±0.18	77.29±0.13	80.58±0.17	57.25±0.31	59.07±0.21
Al ₂ O ₃	10.58±0.10	2.84±0.07	10.37±0.10	9.30±0.11	9.68±0.16	13.39±0.16	15.36±0.06
TFe ₂ O ₃	4.86±0.07	3.86±0.09	4.39±0.07	4.88±0.09	1.46±0.05	9.5±0.1	6.50±0.15
FeO	1.53±0.05	(0.26)	(0.35)	1.19±0.07	(0.2)	(2.4)	(2.4)
MgO	2.39±0.06	0.12±0.04	0.62±0.07	0.47±0.08	0.24±0.04	3.4±0.1	3.30±0.17
CaO	5.35±0.09	0.70±0.03	0.47±0.03	1.16±0.05	0.34±0.03	3.5±0.1	4.0±0.1
Na ₂ O	1.44±0.04	0.039±0.009	0.46±0.03	0.44±0.03	2.35±0.06	2.0±0.1	3.4±0.1
K ₂ O	1.99±0.06	0.125±0.013	3.28±0.07	2.91±0.04	3.9±0.2	2.3±0.1	2.8±0.1
H ₂ O ⁺	2.93±0.19	(2.1)	2.67±0.12	2.15±0.10	(0.9)	(4.4)	(2.7)
CO ₂	4.20±0.08	0.42±0.06	(0.09)	(0.18)	(0.08)	(0.26)	(0.07)
C _{org}	0.46±0.05	0.40±0.05	(0.24)	(0.40)	(0.07)	(0.70)	(0.73)
TC	1.61±0.08	0.51±0.07	(0.26)	(0.45)	(0.09)	(0.77)	(0.75)
LOI	7.21±0.18	2.88±0.12	(3.02)	2.62±0.14	1.07±0.21	5.64±0.47	3.8±0.3

文献(Literature): GBW07309-07312(GSD 9-12): 地球化学标准参考样研究组, 1987; Xie *et al.*, 1989; GBW07317(GSD-13)、GBW07318 (GSD-14)、GBW07301a (GSD-1a): 王春书等, 2000; Wang *et al.*, 2001。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。

样品类型(Sample type): GBW07309 湖北省武汉市白沙洲长江沉积物; GBW07310 广西壮族自治区宜州市小龙, 汇水盆地二叠系和石炭系碳酸盐岩地区; GBW07311 湖南省郴州市柿竹园钨、锡、钼、铋多金属矿区, 汇水盆地岩性为泥盆系灰岩、砂岩和燕山期黑云母花岗岩; GBW07312 广东省阳春市铜、钨、锡多金属矿区, 汇水盆地岩性为石炭系和泥盆系沉积岩及燕山期花岗岩和花岗闪长岩; GBW07317 安徽省霍山县石英砂岩区; GBW07318 四川省西昌市多种火成岩和沉积岩区; GBW07301a 陕西省蓝田县牧富关燕山期花岗岩区, GBW07301 的替代样。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.7 植物和人发成分分析标准物质标准值(GSV 1~4, GSH-1)

Table 6.7 Certified values of vegetable and human hair certified reference materials (GSV 1-4, GSH-1)

标准物质 CRM	GBW07602 (GSV-1) 灌木枝叶 Twigs and leaves of bush	GBW07603 (GSV-2) 灌木枝叶 Twigs and leaves of bush	GBW07604 (GSV-3) 杨树叶 Poplar leaves	GBW07605 (GSV-4) 茶叶 Tea leaves	GBW07601 (GSH-1) 人发 Human hairs
Ag	0.027±0.006	0.049±0.007	(0.013)	(0.018)	0.029±0.008
Al (%)	0.214±0.022	0.20±0.03	0.104±0.006	(0.30)	-
As	0.95±0.12	1.25±0.15	0.37±0.09	0.28±0.04	0.28±0.05
Au	-	-	-	-	(2.5)
B	34±7	38±6	53±5	15±4	(1.3)
Ba	19±3	18±2	26±4	58±6	17±2
Be	0.056±0.014	0.051±0.004	0.021 ±0.005	0.034±0.006	0.063±0.020
Bi	(0.022)	0.023±0.005	0.027±0.002	0.063±0.008	0.34±0.02
Br	2.4±0.4	3.0±0.4	7.2±1.4	3.4±0.5	(0.36)
Ca (%)	2.22±0.13	1.68±0.11	1.81±0.13	0.43±0.04	0.29±0.03
Cd	0.14±0.06	(0.38)	0.32±0.07	0.057±0.010	0.11±0.03
Ce	2.4±0.3	2.2±0.1	0.49±0.07	1.0±0.2	0.12±0.03
Cl (%)	(1.13)	(1.92)	(0.23)	-	-
Co	0.39±0.05	0.41±0.05	0.42±0.03	0.18±0.02	0.071±0.012
Cr	2.3±0.3	2.6±0.2	0.55±0.07	0.80±0.03	0.37±0.06
Cs	0.27±0.03	0.27±0.02	0.053±0.003	0.29±0.02	-
Cu	5.2±0.5	6.6±0.8	9.3±1.0	17.3±1.8	10.6±1.2
Dy	-	(0.13)	(0.036)	(0.074)	(0.017)
Eu	0.037±0.002	0.039±0.003	0.009±0.003	0.018±0.002	(0.006)
F	24±3	23±4	22±4	320±31	-
Fe	1020±67	1070±57	274±17	264±15	54±10
Gd	-	(0.19)	(0.043)	(0.093)	-
Hf	0.14±0.02	(0.15)	(0.026)	(0.033)	-
Hg	-	-	0.026±0.003	(0.013)	0.36±0.08
Ho	-	(0.033)	-	(0.019)	-
K (%)	0.85±0.05	0.92±0.10	1.38±0.07	1.66±0.12	(0.002)
La	1.23±0.10	1.25±0.06	0.26±0.02	0.60±0.04	0.049±0.011
Li	2.4±0.4	2.6±0.4	0.84±0.15	(0.36)	2.0±0.1
Lu	-	(0.011)	-	(0.007)	-
Mg (%)	0.287±0.018	0.48±0.04	0.65±0.05	0.17±0.02	0.036±0.004
Mn	58±6	61±5	45±4	1240±70	6.3±0.8
Mo	0.26±0.04	0.28±0.05	0.18±0.01	0.038±0.007	0.073±0.014
N (%)	1.20±0.02	1.50±0.03	2.56±0.06	3.32±0.09	14.9±0.1
Na	1.10±0.10%	1.96±0.18%	200±13	44±6	152±17
Nd	(1.1)	1.0±0.1	(0.22)	(0.44)	-
Ni	1.7±0.4	1.7±0.3	1.9±0.3	4.6±0.5	0.83±0.19
P	830±40	1000±40	1680±60	2840±90	170±10
Pb	7.1±1.1	47±3	1.5±0.3	4.4±0.3	8.8±1.1
Pr	-	(0.24)	-	(0.12)	-
Rb	4.2±0.2	4.5±0.6	7.6±0.8	74±5	-
S (%)	0.32±0.03	0.73±0.06	0.35±0.04	0.245±0.022	4.3±0.3
Sb	0.078±0.020	0.095±0.014	0.045±0.006	0.056±0.006	0.095±0.016
Sc	0.31±0.03	0.32±0.04	0.069±0.007	0.085±0.013	0.008±0.001
Se	0.184±0.013	0.12±0.02	0.14±0.02	(0.072)	0.60±0.04
Si (%)	0.58±0.04	0.60±0.07	0.71±0.08	(0.21)	0.087±0.008
Sm	0.19±0.01	0.19±0.02	0.038±0.006	0.085±0.023	(0.012)
Sn	-	(0.27)	-	-	-
Sr	345±11	246±16	154±9	15.2±0.7	24±1
Tb	(0.026)	0.025±0.003	-	(0.011)	-
Th	0.37±0.02	0.36±0.04	0.070±0.010	0.061±0.009	-
Ti	95±18	95±20	20.4±2.2	24±4	2.7±0.6
U	(0.11)	(0.12)	(0.028)	-	-
V	2.4±0.3	2.4±0.4	(0.64)	(0.86)	-
W	(0.06)	(0.06)	-	-	-
Y	(0.63)	0.68±0.02	0.145±0.015	0.36±0.04	0.084±0.020
Yb	0.063±0.014	0.063±0.009	0.018±0.004	0.044±0.005	-
Zn	20.6±2.2	55±4	37±3	26.3±2.0	190±9

文献(Literature)：鄢明才和王春书(1991)。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶，“±”后的数据为标准偏差，括号内的数值为参考值。

GBW07602 采自青海省德令哈市大柴旦地区灌木枝叶组合样；GBW07603 青海省德令哈市锡铁山铅锌矿区灌木枝叶组合样；GBW07604 河北省廊坊市 - 北京市大兴区杨树叶；GBW07605 江西省婺源县茶叶；GBW07601 河北省廊坊市人发。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked. Data after “±” are standard deviations, data with brackets are reference values.

表 6.8 生物成分分析标准物质标准值(GBS 1~5)

Table 6.8 Certified values of biological certified reference materials (GSB 1 - 5)

标准物质 CRM	GBW10010 (GSB-1) 大米 Rice	GBW10011 (GSB-2) 小麦 Wheat	GBW10012 (GSB-3) 玉米 Maize	GBW10013 (GSB-4) 黄豆 Soybean	GBW10014 (GSB-5) 圆白菜 Cabbage
Al (%)	0.039±0.004	0.0104±0.0010	0.032±0.003	(0.043)	0.0166±0.0022
As (10 ⁻⁶)	0.102±0.008	0.031±0.005	0.028±0.006	0.035±0.012	0.062±0.014
B (10 ⁻⁶)	0.92±0.14	(0.55)	0.86±0.11	15.8±1.5	19.6±1.7
Ba (10 ⁻⁶)	0.40±0.09	2.4±0.3	0.45±0.16	3.3±0.4	12±2
Be (10 ⁻⁹)	1.8±0.4	(0.85)	1.7±0.4	3.5±0.6	(1.8)
Bi (10 ⁻⁹)	(2.0)	(2.5)	2.8±0.9	(2)	2.8±0.7
Br (10 ⁻⁶)	0.56±0.13	(0.33)	0.46±0.09	(0.6)	6.0±1.3
Ca (%)	0.011±0.001	0.034±0.002	0.0055±0.0008	0.153±0.008	0.70±0.02
Cd (10 ⁻⁹)	87±5	18±4	4.1±1.6	(11)	35±6
Ce (10 ⁻⁶)	0.011±0.002	0.009±0.002	0.12±0.02	0.040±0.006	0.044±0.004
Cl (%)	0.040±0.004	0.086±0.003	0.050±0.006	0.008±0.002	0.64±0.07
Co (10 ⁻⁶)	(0.010)	(0.008)	(0.012)	0.125±0.012	0.089±0.014
Cr (10 ⁻⁶)	(0.09)	0.096±0.014	(0.11)	0.28±0.04	1.8±0.3
Cs (10 ⁻⁶)	0.014±0.005	(0.010)	0.010±0.004	0.043±0.006	0.082±0.012
Cu (10 ⁻⁶)	4.9±0.3	2.7±0.2	0.66±0.08	10.2±0.5	2.7±0.2
Dy (10 ⁻⁹)	(0.8)	(0.8)	3.2±0.8	2.4±0.6	2.6±0.7
Er (10 ⁻⁹)	(0.32)	(0.31)	1.7±0.4	1.0±0.2	(1.4)
Eu (10 ⁻⁹)	(0.3)	(0.8)	(0.6)	1.3±0.5	(3.6)
Fe (10 ⁻⁶)	7.6±1.9	18.5±3.1	13.3±1.5	139±4	98±10
Gd (10 ⁻⁹)	(0.75)	(0.91)	4.3±0.9	3.3±0.9	3.1±0.5
Ge (10 ⁻⁹)	(5)	(2)	(1)	(2.5)	(4)
Hf (10 ⁻⁶)	(0.12)	(0.03)	-	-	-
Hg (10 ⁻⁹)	5.3±0.5	(1.6)	(1.6)	(1.5)	10.9±1.6
Ho (10 ⁻⁹)	(0.12)	(0.12)	0.66±0.15	(0.5)	(0.5)
I (10 ⁻⁶)	(0.09)	(0.06)	(0.06)	(0.05)	0.24±0.03
K (%)	0.138±0.007	0.140±0.006	0.129±0.007	1.86±0.09	1.55±0.06
La (10 ⁻⁶)	0.008±0.003	0.006±0.002	0.057±0.006	0.023±0.004	0.024±0.003
Li (10 ⁻⁶)	0.044±0.007	0.024±0.005	0.038±0.006	0.062±0.014	0.54±0.08
Lu (10 ⁻⁹)	(0.04)	(0.04)	(0.21)	(0.13)	(0.16)
Mg (%)	0.041±0.006	0.045±0.007	0.018±0.002	0.230±0.014	0.241±0.015
Mn (10 ⁻⁶)	17±1	5.4±0.3	1.55±0.08	28±1	18.7±0.8
Mo (10 ⁻⁶)	0.53±0.05	0.48±0.05	0.045±0.009	0.71±0.04	0.71±0.07
N (%)	1.61±0.04	2.40±0.06	1.40±0.07	6.7±0.3	2.8±0.2
Na (10 ⁻⁶)	25±8	17±5	(10)	(15)	1.09±0.06(%)
Nb (10 ⁻⁶)	-	(0.008)	(0.009)	(0.011)	(0.014)
Nd (10 ⁻⁶)	(0.004)	0.0046±0.0014	0.022±0.004	0.016±0.003	0.015±0.002
Ni (10 ⁻⁶)	0.27±0.02	0.06±0.02	0.097±0.014	4.0±0.3	0.93±0.10
P (%)	0.136±0.006	0.154±0.007	0.061±0.003	0.66±0.03	0.46±0.03
Pb (10 ⁻⁶)	0.08±0.03	0.065±0.024	0.07±0.02	0.07±0.02	0.19±0.03
Pr (10 ⁻⁹)	1.1±0.3	1.1±0.4	7±1	4.5±0.5	4.0±0.6
Rb (10 ⁻⁶)	3.9±0.3	2.6±0.2	2.1±0.2	14.2±0.7	19.6±1.0
S (%)	0.147±0.024	0.178±0.017	0.123±0.016	0.364±0.027	0.72±0.05
Sb (10 ⁻⁶)	(0.004)	(0.006)	(0.008)	(0.005)	(0.012)
Sc (10 ⁻⁹)	(2.5)	(3)	3.5±0.9	(6.6)	(7)
Se (10 ⁻⁶)	0.061±0.015	0.053±0.007	0.021±0.008	(0.022)	0.20±0.03
Si (%)	0.025±0.003	(0.008)	0.008±0.001	(0.013)	0.024±0.005
Sm (10 ⁻⁹)	(0.9)	0.95±0.28	3.2±0.5	3.1±0.3	3.2±0.7
Sr (10 ⁻⁶)	0.30±0.05	2.5±0.3	0.19±0.05	9.9±0.6	48±3
Tb (10 ⁻⁹)	(0.10)	(0.10)	0.73±0.24	(0.42)	(0.5)
Th (10 ⁻⁹)	(4)	(2)	4.6±1.5	6.8±1.4	9±3
Ti (10 ⁻⁶)	(2)	(2)	1.6±0.5	-	(9)
Tl (10 ⁻⁹)	(0.7)	(0.5)	(0.4)	(2.3)	(6.3)
Tm (10 ⁻⁹)	(0.05)	(0.04)	(0.27)	(0.2)	(0.23)
U (10 ⁻⁹)	(1.2)	(1.6)	(2.3)	(2.5)	20±3
V (10 ⁻⁶)	(0.03)	0.034±0.012	0.30±0.11	(0.08)	(0.11)
Y (10 ⁻⁶)	0.052±0.009	0.023±0.005	0.021±0.004	0.022±0.004	0.015±0.002
Yb (10 ⁻⁹)	(0.3)	(0.34)	1.6±0.2	1.2±0.4	1.4±0.4
Zn (10 ⁻⁶)	23±2	11.6±0.7	2.9±0.3	38±2	26±2
灰分 Ash (%)	(0.8)	(1.0)	(0.5)	(5.1)	(8.2)

文献(Literature): 鄢明才等(2006)。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为标准偏差, 括号内的数值为参考值。

产地: GBW10010 江苏省无锡市 9915 号梗稻; GBW10011 北京市南郊一试验农场京东 8 号麦种; GBW10012 吉林省长春市某粮食仓库玉米; GBW10013 黑龙江省哈尔滨市某粮食仓库; GBW10014 河南省开封市郊区。

Data after “±” are standard deviations, data with brackets are reference values.

表 6.9 生物成分分析标准物质标准值(GBS 6~10)

Table 6.9 Certified values of biological certified reference materials (GSB 6 - 10)

标准物质 CRM	GBW10015 (GSB-6) 菠菜 Spinach	GBW10016 (GSB-7) 茶叶 Tea leaves	GBW10017 (GSB-8) 奶粉 Milk powder	GBW10018 (GSB-9) 鸡肉 Chicken meat	GBW10019 (GSB-10) 苹果 Apple
Al (%)	0.061±0.006	0.094±0.009	(0.003)	0.016±0.003	0.007±0.001
As (10 ⁻⁶)	0.23±0.03	0.09±0.01	0.031±0.007	0.109±0.013	0.020±0.004
B (10 ⁻⁶)	25±2	14±1	1.56±0.22	0.76±0.13	19±3
Ba (10 ⁻⁶)	9.0±0.8	9.6±0.5	1.0±0.3	1.5±0.4	2.5±0.3
Be (10 ⁻⁹)	17±2	10±2	-	(1.3)	(1.0)
Bi (10 ⁻⁹)	13.5±1.0	18±2	(1.2)	1.3±0.4	(2.5)
Br (10 ⁻⁶)	10±2	2.7±0.5	5.7±1.4	1.6±0.4	(0.2)
Ca (%)	0.66±0.03	0.326±0.008	0.94±0.03	0.022±0.002	0.049±0.001
Cd (10 ⁻⁹)	150±25	62±4	-	(5)	5.8±1.2
Ce (10 ⁻⁶)	0.66±0.05	0.39±0.05	(0.004)	0.06±0.01	0.025±0.005
Cl (%)	1.08±0.07	0.044±0.003	0.81±0.09	0.153±0.015	(0.008)
Co (10 ⁻⁶)	0.22±0.03	0.22±0.02	0.030±0.007	(0.010)	0.026±0.006
Cr (10 ⁻⁶)	1.4±0.2	0.45±0.10	0.39±0.04	0.59±0.11	0.30±0.06
Cs (10 ⁻⁶)	0.13±0.02	0.32±0.06	0.034±0.005	0.070±0.013	(0.02)
Cu (10 ⁻⁶)	8.9±0.4	18.6±0.7	0.51±0.13	1.46±0.12	2.5±0.2
Dy (10 ⁻⁹)	41±8	25±6	(0.45)	1.1±0.4	(1.1)
Er (10 ⁻⁹)	17±3	14±4	(0.16)	(0.8)	(0.65)
Eu (10 ⁻⁹)	11.1±1.4	6.7±1.4	(0.4)	(0.7)	(0.7)
F (10 ⁻⁶)	(14)	57±15	-	-	-
Fe (10 ⁻⁶)	540±20	242±18	7.8±1.3	31±3	16±2
Gd (10 ⁻⁹)	54±7	31±5	-	(1.4)	0.95±0.11
Ge (10 ⁻⁹)	(20)	(8)	-	(2)	-
Hf (10 ⁻⁶)	(0.04)	(0.17)	-	-	-
Hg (10 ⁻⁹)	20±3	3.8±0.8	(2.2)	3.6±1.5	(2)
Ho (10 ⁻⁹)	8.1±1.7	5.4±1.2	(0.07)	(0.26)	(0.25)
I (10 ⁻⁶)	0.36±0.12	(0.13)	1.12±0.23	(0.08)	0.12±0.04
K (%)	2.49±0.11	1.63±0.07	1.25±0.05	1.46±0.07	0.77±0.04
La (10 ⁻⁶)	0.35±0.04	0.25±0.02	(0.0025)	0.024±0.004	0.014±0.004
Li (10 ⁻⁶)	1.46±0.23	0.14±0.02	(0.04)	0.034±0.007	0.115±0.009
Lu (10 ⁻⁹)	3.0±0.9	3.0±0.8	-	(0.10)	-
Mg (%)	0.552±0.015	0.186±0.011	0.096±0.007	0.128±0.010	0.039±0.006
Mn (10 ⁻⁶)	41±3	500±20	0.51±0.17	1.65±0.07	2.7±0.2
Mo (10 ⁻⁶)	0.47±0.04	0.040±0.012	0.28±0.03	0.11±0.01	0.08±0.02
N (%)	3.4±0.2	5.1±0.3	3.8±0.2	14.8±0.5	0.31±0.03
Na (%)	1.50±0.06	0.009±0.001	0.47±0.03	0.144±0.009	0.116±0.009
Nb (10 ⁻⁶)	(0.06)	(0.025)	(0.008)	(0.006)	-
Nd (10 ⁻⁶)	0.28±0.03	0.15±0.02	(0.002)	0.0095±0.0035	(0.006)
Ni (10 ⁻⁶)	0.92±0.12	3.4±0.3	(0.18)	0.15±0.03	0.14±0.05
P (%)	0.36±0.02	0.45±0.03	0.76±0.03	0.96±0.08	0.066±0.004
Pb (10 ⁻⁶)	11.1±0.9	1.5±0.2	0.07±0.02	0.11±0.02	0.084±0.032
Pr (10 ⁻⁹)	75±5	42±4	(0.7)	2.8±0.6	1.8±0.3
Rb (10 ⁻⁶)	30±2	117±5	11.6±0.7	33±2	5.0±0.6
S (%)	0.45±0.04	0.30±0.03	0.25±0.02	0.86±0.05	0.063±0.004
Sb (10 ⁻⁶)	0.043±0.014	0.022±0.006	(0.006)	-	(0.006)
Sc (10 ⁻⁹)	(93)	(23)	(2.8)	(4.5)	-
Se (10 ⁻⁶)	0.092±0.024	0.098±0.008	0.11±0.03	0.49±0.06	(0.018)
Si (%)	0.212±0.024	0.099±0.008	-	(0.013)	0.0050±0.0013
Sm (10 ⁻⁹)	56±5	29±3	(0.5)	1.3±0.5	1.5±0.5
Sr (10 ⁻⁶)	87±5	9.1±1.2	5.3±0.6	0.64±0.08	6.9±0.5
Tb (10 ⁻⁹)	7.2±0.7	4.5±0.7	(0.7)	(0.23)	-
Th (10 ⁻⁹)	114±19	38±12	(2.8)	(4.5)	4.0±0.3
Ti (10 ⁻⁶)	(28)	(14)	-	-	-
Tl (10 ⁻⁹)	(49)	(50)	(0.9)	(14)	(1.8)
Tm (10 ⁻⁹)	3.1±0.9	2.6±1.0	-	(0.11)	(0.12)
U (10 ⁻⁹)	89±11	10±2	(3)	(3)	8.2±1.8
V (10 ⁻⁶)	0.87±0.23	0.17±0.03	(0.06)	(0.06)	(0.028)
Y (10 ⁻⁶)	0.20±0.04	0.23±0.03	0.008±0.003	0.007±0.002	0.008±0.002
Yb (10 ⁻⁹)	19±4	18±4	-	(0.7)	(0.66)
Zn (10 ⁻⁶)	35.3±1.5	51±2	34±2	26±1	2.1±0.4
灰分 Ash (%)	(12.0)	(5.0)	(6.2)	(5.0)	(2.4)

文献(Literature): 鄢明才等(2006)。

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。

产地: GBW10015 宁夏回族自治区灵武市; GBW10016 福建省武夷山市; GBW10017 内蒙古自治区呼和浩特市伊利牌全脂奶粉成品;

GBW10018 河南省漯河市, 沥水、速冻、干燥品; GBW10019 陕西省红富士苹果, 沥水、速冻、干燥品。

Data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.10 生物成分分析标准物质标准值(GSB 11~15)

Table 6.10 Certified values of biological certified reference materials (GSB 11 - 15)

标准物质 CRM	GSB-11 柑橘叶 Citrus leaves	GSB-12 豆角 Green bean	GSB-13 蒜粉 Garlic powder	GSB-14 紫菜 Porphyra	GSB-15 扇贝 Scallop
Ag (10^{-9})	53±12	(4.5)	(5)	75±19	-
Al (%)	0.117±0.013	0.043±0.003	0.021±0.003	0.49±0.09	0.0156±0.0036
As (10^{-6})	1.1±0.2	0.15±0.03	0.31±0.04	26±7	3.7±0.9
B (10^{-6})	32±3	21±2	7.5±0.9	14.5±1.0	12±1
Ba (10^{-6})	98±6	11.4±0.7	4.1±0.3	10.4±1.5	0.62±0.06
Be (10^{-9})	31±7	14±3	4.4±1.0	115±14	3.2±0.7
Bi (10^{-9})	225±40	4.5±1.8	13±1	31±4	4.2±1.4
Br (10^{-6})	3.4±0.6	0.6±0.2	1.9±0.3	92±10	32±3
Ca (%)	4.2±0.4	0.67±0.04	0.081±0.008	0.153±0.018	0.075±0.009
Cd (10^{-9})	0.17±0.02	0.020±0.008	0.062±0.003	0.57±0.05	1.06±0.10
Ce (10^{-6})	1.04±0.13	0.35±0.08	0.16±0.04	4.7±0.2	0.051±0.007
Cl (%)	(0.31)	0.14±0.02	0.076±0.007	2.8±0.4	0.81±0.03
Co (10^{-6})	0.23±0.06	0.29±0.02	0.056±0.008	0.63±0.05	0.047±0.006
Cr (10^{-6})	1.25±0.11	0.66±0.09	0.31±0.07	2.4±0.4	0.28±0.07
Cs (10^{-6})	0.14±0.01	0.036±0.004	0.025±0.002	0.35±0.03	0.014±0.001
Cu (10^{-6})	6.6±0.5	8.7±0.5	4.6±0.4	12.2±1.1	1.34±0.18
Dy (10^{-9})	57±4	23±3	9.3±2.0	660±70	5.3±1.3
Er (10^{-9})	27±6	12±2	4.1±0.8	313±31	3.3±0.7
Eu (10^{-9})	(32)	7.0±1.6	3.2±0.8	126±11	0.84±0.16
F (10^{-6})	(38)	(15)	(35)	(27)	(13)
Fe (10^{-6})	480±40	333±30	208±23	0.148±0.013 (%)	42±7
Gd (10^{-9})	82±11	28±3	11.5±1.5	755±80	5.2±1.4
Ge (10^{-9})	(24)	(15)	(12)	(50)	(6)
Hf (10^{-6})	(0.085)	-	(0.04)	-	-
Hg (10^{-9})	158±24	(4)	(4)	16±5	38±9
Ho (10^{-9})	11±1	4.5±0.7	1.6±0.3	128±24	1.25±0.31
I (10^{-6})	0.53±0.18	(0.09)	0.57±0.10	80±10	1.9±0.4
K (%)	0.77±0.04	2.26±0.06	1.14±0.05	3.36±0.18	1.14±0.06
La (10^{-6})	0.57±0.07	0.17±0.03	0.092±0.021	3.31±0.18	0.037±0.009
Li (10^{-6})	1.0±0.1	0.31±0.05	0.13±0.02	2.36±0.15	0.13±0.02
Lu (10^{-9})	3.8±0.9	1.76±0.26	0.56±0.15	39±5	0.50±0.13
Mg (%)	0.234±0.007	0.337±0.007	0.105±0.004	0.40±0.01	0.174±0.005
Mn (10^{-6})	30.6±1.5	29.8±1.4	13.6±0.8	69±3	19.4±1.4
Mo (10^{-6})	0.20±0.01	0.005±0.001	0.21±0.02	0.78±0.11	0.065±0.017
N (%)	(2.45)	2.81±0.20	3.24±0.20	(4.9)	12.7±0.8
Na (%)	0.013±0.002	0.081±0.009	0.093±0.012	1.55±0.06	0.46±0.04
Nd (10^{-6})	0.42±0.05	0.14±0.03	0.066±0.014	3.12±0.17	0.025±0.007
Ni (10^{-6})	(1.1)	4.4±0.3	0.92±0.11	2.25±0.18	0.29±0.08
P (%)	0.125±0.009	0.384±0.032	0.466±0.016	0.585±0.040	0.88±0.07
Pb (10^{-6})	9.7±0.9	0.66±0.07	0.72±0.09	2.05±0.15	(0.12)
Pr (10^{-9})	110±14	38±6	18±4	806±42	5.8±0.7
Rb (10^{-6})	3.0±0.2	9.6±0.5	6.5±0.3	10.4±0.7	5.1±0.3
S (%)	0.41±0.03	0.196±0.009	1.01±0.06	2.25±0.19	1.52±0.10
Sb (10^{-6})	0.20±0.07	0.028±0.006	0.023±0.005	0.025±0.006	(0.02)
Sc (10^{-6})	0.142±0.023	0.067±0.014	0.021±0.003	(0.49)	(0.012)
Se (10^{-6})	0.18±0.06	(0.045)	0.37±0.08	0.122±0.024	1.6±0.3
Si (%)	(0.42)	(0.28)	(0.08)	(0.84)	(0.13)
Sm (10^{-9})	80±8	29±4	13±3	678±40	(5)
Sn (10^{-6})	3.8±0.5	(0.2)	(0.07)	(0.21)	(0.13)
Sr (10^{-6})	170±10	55±3	12.3±1.1	24±2	6.5±0.4
Tb (10^{-9})	11±1	4.1±0.5	1.65±0.32	110±11	0.83±0.21
Th (10^{-6})	0.14±0.02	0.054±0.012	0.024±0.003	0.74±0.06	(0.011)
Ti (10^{-6})	38±10	21±4	10±3	92±32	-
Tl (10^{-9})	60±8	4.2±0.7	20±3	44±4	2.5±0.4
Tm (10^{-9})	3.8±0.9	1.8±0.3	(0.65)	43±9	0.54±0.12
U (10^{-9})	44±11	90±5	75±6	170±20	7.3±1.4
V (10^{-6})	1.16±0.13	0.51±0.06	0.20±0.06	4.2±0.6	0.36±0.10
Y (10^{-6})	0.42±0.04	0.155±0.016	0.057±0.011	6.6±1.3	0.107±0.012
Yb (10^{-9})	25±5	11±2	(3.8)	248±37	3.2±1.0
Zn (10^{-6})	18±2	32±2	21.7±1.4	28±2	75±3
灰分 Ash (%)	(13.3)	(6.9)	(3.4)	(15.1)	(4.5)

含量单位除注明者外均为 10^{-6} ，“±”后的数据为不确定度，括号内的数值为参考值。

产地：GSB-11 四川省仁寿县；GSB-12 甘肃省张掖市；GSB-13 北京市；GSB-14 福建省连江县；GSB-15 山东省威海市。

Concentration units are 10^{-6} except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.11 生物成分分析标准物质标准值(GSB 16~20)

Table 6.11 Certified values of biological certified reference materials (GSB 16 - 20)

标准物质 CRM	GSB-16 螺旋藻 Spirulina platensis	GSB-17 花粉 Pollinia	GSB-18 人参 Ginseng	GSB-19 黄芪 Radix astragali	GSB-20 人发 Human hairs
Ag (10 ⁻⁹)	42±10	(5.8)	(3.5)	(8)	(50)
Al (%)	0.033±0.007	(0.044)	(0.035)	0.18±0.03	(1.7)
As (10 ⁻⁶)	0.23±0.03	0.095±0.025	(0.035)	0.57±0.06	0.29±0.06
B (10 ⁻⁶)	(2.8)	85±7	10.5±1.4	16.8±1.6	3.0±0.5
Ba (10 ⁻⁶)	11.0±0.8	3.0±0.5	35±2	20.5±2.5	11.3±0.6
Be (10 ⁻⁹)	21±3	10±3	5.3±1.1	50±14	110±7
Bi (10 ⁻⁹)	82±9	4.5±1.8	(2.8)	14±2	21±3
Br (10 ⁻⁶)	4.8±1.1	1.1±0.3	(0.25)	2.6±0.9	(1.0)
Ca (%)	0.158±0.015	0.308±0.013	0.406±0.033	0.456±0.018	0.145±0.020
Cd (10 ⁻⁹)	0.37±0.03	0.037±0.004	0.033±0.005	0.041±0.010	0.068±0.010
Ce (10 ⁻⁶)	7.3±0.7	0.36±0.10	0.06±0.02	2.04±0.25	0.35±0.14
Cl (%)	0.50±0.02	0.033±0.004	0.022±0.004	0.042±0.005	(0.018)
Co (10 ⁻⁶)	0.41±0.03	0.10±0.02	0.072±0.014	0.44±0.03	0.045±0.009
Cr (10 ⁻⁶)	1.50±0.13	0.51±0.10	0.13±0.05	2.2±0.4	0.41±0.13
Cs (10 ⁻⁶)	0.034±0.002	0.061±0.005	0.017±0.002	0.235±0.014	(0.003)
Cu (10 ⁻⁶)	7.7±0.6	8.2±0.8	5.9±0.4	8.5±0.7	14.3±1.6
Dy (10 ⁻⁹)	189±26	21±5	3.2±0.4	123±13	20±8
Er (10 ⁻⁹)	78±9	11.2±2.8	1.7±0.4	60±14	14±5
Eu (10 ⁻⁹)	87±14	6.2±1.5	(8)	32±7	3.7±1.2
F (10 ⁻⁶)	(37)	(12)	(9)	(20)	(11)
Fe (10 ⁻⁶)	0.114±0.011(%)	213±11	55±4	0.113±0.006(%)	38±10
Gd (10 ⁻⁹)	352±78	27.4±2.0	5.5±1.4	162±20	20±5
Ge (10 ⁻⁹)	(30)	(7.5)	-	(25)	-
Hf (10 ⁻⁶)	(0.03)	-	-	-	-
Hg (10 ⁻⁹)	(20)	3.1±1.3	4.2±0.9	(12)	690±110
Ho (10 ⁻⁹)	33±7	3.8±0.5	0.69±0.10	23±4	4.4±1.8
I (10 ⁻⁶)	0.56±0.21	(0.15)	(0.09)	0.3±0.1	0.8±0.2
K (%)	1.41±0.05	0.585±0.015	0.96±0.04	0.70±0.04	(0.002)
La (10 ⁻⁶)	4.8±0.3	0.17±0.04	0.044±0.004	1.06±0.09	0.15±0.04
Li (10 ⁻⁶)	0.24±0.03	0.21±0.04	0.087±0.025	1.25±0.12	(1.6)
Lu (10 ⁻⁹)	9.4±2.1	1.28±0.32	(0.3)	9±3	(2.7)
Mg (%)	0.287±0.009	0.163±0.007	0.137±0.005	0.228±0.011	(0.014)
Mn (10 ⁻⁶)	31.7±1.3	22.8±0.6	21±1	33±2	2.0±0.3
Mo (10 ⁻⁶)	0.30±0.04	0.42±0.07	0.18±0.02	5.8±0.7	0.17±0.04
N (%)	10.6±0.4	4.3±0.3	1.9±0.2	2.36±0.16	13.8±0.5
Na (%)	1.90±0.09	(0.0092)	0.0077±0.0010	0.145±0.019	0.0089±0.0012
Nd (10 ⁻⁶)	2.4±0.2	0.14±0.03	0.023±0.004	0.91±0.11	0.096±0.018
Ni (10 ⁻⁶)	1.44±0.17	0.50±0.10	1.11±0.06	2.26±0.15	0.43±0.12
P (%)	1.17±0.10	0.65±0.04	0.263±0.015	0.225±0.012	0.014±0.001
Pb (10 ⁻⁶)	2.8±0.2	0.25±0.04	0.12±0.04	1.44±0.10	5.7±0.5
Pr (10 ⁻⁹)	713±40	39±7	6.4±1.4	234±30	26±8
Rb (10 ⁻⁶)	1.5±0.1	6.4±0.4	4.1±0.3	10.5±0.6	(0.064)
S (%)	0.78±0.09	0.38±0.03	0.110±0.008	0.193±0.015	4.19±0.013
Sb (10 ⁻⁶)	0.085±0.030	0.014±0.004	(0.008)	0.063±0.016	(0.068)
Sc (10 ⁻⁶)	(0.25)	0.069±0.017	(0.017)	(0.30)	(0.018)
Se (10 ⁻⁶)	0.24±0.08	(0.033)	(0.12)	(0.066)	0.53±0.17
Si (%)	(0.22)	-	(0.04)	-	(0.06)
Sm (10 ⁻⁹)	354±23	30±4	4.4±0.5	174±15	19±6
Sn (10 ⁻⁶)	(0.20)	(0.02)	(0.02)	(0.10)	(0.2)
Sr (10 ⁻⁶)	36±2	13.2±0.7	33±2	51±3	7.7±0.4
Tb (10 ⁻⁹)	41±5	3.8±0.7	0.64±0.05	22±2	3.2±1.0
Th (10 ⁻⁶)	0.17±0.02	0.053±0.014	(0.007)	0.30±0.04	0.064±0.015
Ti (10 ⁻⁶)	34±8	20±4	5.8±1.6	102±11	(3.3)
Tl (10 ⁻⁹)	51±6	11±1	8.2±0.9	51±5	7.7±1.2
Tm (10 ⁻⁹)	10±2	1.5±0.6	(0.28)	9.0±1.9	2.0±0.8
U (10 ⁻⁹)	30±5	11±4	3.4±0.8	122±15	99±16
V (10 ⁻⁶)	0.70±0.07	0.46±0.08	0.073±0.025	2.56±0.32	0.50±0.18
Y (10 ⁻⁶)	0.90±0.12	0.12±0.03	0.16±0.03	0.6±0.1	11.2±1.8
Yb (10 ⁻⁹)	60±11	9.9±3.9	1.8±0.5	63±20	14±6
Zn (10 ⁻⁶)	42±2	32±1	11.1±0.9	22.3±1.0	137±9
灰分 Ash (%)	(8.8)	(3.2)	(3.0)	(5.16)	(5.5)

含量单位除注明者外均为 10⁻⁶，“±”后的数据为不确定度，括号内的数值为参考值。

产地：GSB-16 江苏省南京市；GSB-17 浙江省；GSB-18 吉林省；GSB-19 内蒙古自治区；GSB-20 河北省廊坊市儿童发样。

Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

表 6.12 微量金和金矿石地球化学成分分析标准物质标准值(GAu 8~23)

Table 6.12 Certified values of trace gold and gold ore geochemical certified reference materials (GAu 8 - 23)

标准物质 CRM	单位(W _B) Unit(W _B)	标准值 CV	标准 偏差 s	数据数 N	数据 总数 n	王水分解后残渣中的金含量 Gold concentrations in the residues digested with aqua regia
GBW07242 (GAu-8)	10 ⁻⁹	0.5	0.1	16	85	
GBW07243 (GAu-9)	10 ⁻⁹	1.5	0.2	17	159	
GBW07244 (GAu-10)	10 ⁻⁹	5.3	0.2	16	171	
GBW07245 (GAu-11)	10 ⁻⁹	11.4	0.7	19	193	
GBW07246 (GAu-12)	10 ⁻⁹	21.5	1.1	21	198	
GBW07247 (GAu-13)	10 ⁻⁹	50	2	20	195	
GBW07248 (GAu-14)	10 ⁻⁹	100	3	19	189	
GBW(E)070012 (GAu-15)	10 ⁻⁶	0.30	0.01	22	222	0.0025
GBW(E)070013 (GAu-16)	10 ⁻⁶	1.09	0.04	23	160	0.014
GBW(E)070014 (GAu-17)	10 ⁻⁶	3.14	0.08	24	163	0.020
GBW(E)070015 (GAu-18)	10 ⁻⁶	10.0	0.2	16	106	0.016
GBW07297 (GAu-19)	10 ⁻⁶	18.3	0.5	18	87	0.36
GBW07298 (GAu-20)	10 ⁻⁶	32.3	1.4	18	91	0.03
GBW07299 (GAu-21)	10 ⁻⁶	53.0	2.4	18	89	0.08
GBW07300 (GAu-22)	10 ⁻⁶	5.72	0.22	18	89	0.08
GBW07301 (GAu-23)	10 ⁻⁶	92	3	15	78	0.054

文献(Literature) : GBW07242-GBW07248 (GAu 8-14)、GBW(E)070012-GBW(E)070015 (GAu 15-18) : 酈明才和王春书(1991) , Yan *et al.* (1995) ; GBW07297-GBW07300 (GAu 19-22) : Gu *et al.* (2001)。

样品类型(Sample type) : GBW07242 山东省平度市中粒黑云母花岗岩 ; GBW07243 河北省北部花岗岩坡积土壤 ; GBW07244 黔西南卡林型金矿区土壤 ; GBW07245 和 GBW07246 贵州省晴隆县以锑为主的含金低温硫化物矿化区水系沉积物 ; GBW07247 青海省某准微细粒型金矿区土壤 ; GBW07248 陕西省南部某低温变质热液细脉浸染型碳酸盐岩金矿区土壤 ; GBW(E)070012 湘东某含金多金属硫化物矿区上方土壤 ; GBW(E)070013 和 GBW(E)070014 湘西一蚀变砂岩型金矿贫矿石和蚀变泥质粉砂岩型金矿矿石 ; GBW(E)070015 山东省莱州市某断裂破碎带热液交代型金矿区富矿石 ; GBW07297 和 GBW07300 甘肃省玛曲县大水金矿花岗岩闪长岩、灰岩接触带微细粒型金矿风化物 ; GBW07298 和 GBW07299 河北省迁西县峪耳崖金矿石英脉型金矿石 ; GBW07301 黔西南微细浸染型硫化物金矿精矿

CV: certified value; s: standard deviation; N: the number of data for statistics; n: the total number of data for analyses

表 6.13 铂族元素地球化学成分分析标准物质标准值(GPt 1~10)

Table 6.13 Certified values of platinum-group elements geochemical certified reference materials (GPt 1 - 10)

标准物质 CRM	参数 Parameter	Pt	Pd	Os	Ru	Ir	Rh	Au
GBW07288 (GPt-1)	标准值	0.26	0.26	0.050	(0.05)	0.032	0.017	0.9
	标准偏差	0.05	0.05	0.022		0.012	0.006	0.2
	数据数	12	14	10		10	8	10
GBW07289 (GPt-2)	标准值	1.6	2.3	0.06	(0.10)	0.05	0.095	10
	标准偏差	0.3	0.2	0.01		0.01	0.012	2
	数据数	17	17	8		8	8	13
GBW07290 (GPt-3)	标准值	6.4	4.6	9.6	14.8	4.3	1.3	1.1
	标准偏差	0.9	0.6	2.0	2.7	0.5	0.3	0.1
	数据数	19	17	8	8	12	8	10
GBW07291 (GPt-4)	标准值	58	60	2.4	2.5	4.7	4.3	4.3
	标准偏差	5	9	0.6	0.2	1.1	0.8	0.3
	数据数	20	19	8	7	11	9	11
GBW07292 (GPt-5)	标准值	20	11.3	353	527	136	10	
	标准偏差	4	1.5	27	91	10	2	
	数据数	11	11	7	8	9	9	
GBW07293 (GPt-6)	标准值	440	568	15.6	13	28	22	(45)
	标准偏差	37	51	2.0	1	7	3	
	数据数	16	14	8	7	11	10	
GBW07294 (GPt-7)	标准值	14.7	15.2	0.64	0.66	1.2	1.1	(1.8)
	标准偏差	2.5	2.3	0.14	0.20	0.3	0.2	
	数据数	20	19	8	7	11	9	
GBW07340 (GPt-8)	标准值	0.66	0.66	0.25	0.43	0.16	0.066	(2.3)
	标准偏差	0.08	0.08	0.04	0.16	0.03	0.008	
	数据数	7	7	6	6	6	6	
GBW07341 (GPt-9)	标准值	1.9*	0.57*	43	74	28	(6)	
	标准偏差	0.2*	0.05*	7	7	6		
	数据数	10	10	6	7	7		
GBW07342 (GPt-10)	标准值	5.7*	1.67*	(2)	(2)	2.1	1.5	
	标准偏差	0.5*	0.13*			0.7	0.5	
	数据数	10	10			6	6	

文献(Literature) :GBW07288-072948 (GPt 1-7) :鄢明才等(1997b) ;Yan *et al.* (1998) ;GBW07340-072342 (GPt 8-10) :顾铁新等(2006)。

含量单位:带*的元素为 10^{-6} , 其它元素为 10^{-9} 。Concentration units: elements with * are 10^{-6} , the others are 10^{-9} 。

标准值: certified value; 标准偏差: standard deviation; 数据数: the number of data; 括号内的数值为参考值: data with brackets are reference values。

样品类型(Sample type) : GBW07288 河北省廊坊市华北平原冲积物粉砂质壤土; GBW07289 贵州省晴隆县汞锑矿化区水系沉积物; GBW07290 青海省祁连县富镁超基性岩体中的橄榄岩; GBW07291 云南省弥渡县金宝山大型铂族元素矿床近矿蛇纹石化辉石橄榄岩; GBW07292 青海省祁连县纯橄榄岩中的铬铁矿; GBW07293 云南省弥渡县金宝山大型铂族元素矿床与铜镍硫化物伴生的辉石橄榄岩贫铂钼矿石; GBW07294 土壤(GBW07288)与辉石橄榄岩(GBW07291)的组合样; GBW07340 为 82.4%GBW07288、15.0%GBW07289 和 2.6%GBW07290 的组合样; GBW07341 四川省会理县大岩子铂矿体内接触带辉石岩; GBW07342 四川省会理县大岩子铂矿体外接触带矿化蚀变白云岩的风化物。

表 6.14 多金属矿石地球化学成分分析标准物质标准值(GSO 1~7)

Table 6.14 Certified values of multimetal ore geochemical certified reference materials (GSO 1 - 7)

标准物质 CRM	GBW07162 (GSO-1) 多金属 贫矿石 Multimetal lean ore	GBW07163 (GSO-2) 多金属 矿石 Multimetal ore	GBW07164 (GSO-3) 富铜(银) 矿石 Copper (Silver) rich ore	GBW07165 (GSO-4) 富铅锌 矿石 Lead-zinc rich ore	GBW07166 (GSO-5) 铜精矿 Copper ore concentrate	GBW07167 (GSO-6) 铅精矿 Lead ore concentrate	GBW07168 (GSO-7) 锌精矿 Zinc ore concentrate
Cu (%)	0.264±0.008	1.05±0.03	2.80±0.09	0.096±0.007	24.2±0.2	0.028±0.007	0.138±0.008
Pb (%)	0.43±0.02	2.17±0.07	0.056±0.005	5.13±0.08	0.040±0.005	57.1±0.3	1.44±0.03
Zn (%)	0.83±0.04	4.26±0.15	0.143±0.006	13.9±0.2	(0.057)	3.3±0.1	52.7±0.3
Fe (%)	4.68±0.15	8.4±0.3	11.40±0.14	19.6±0.2	29.6±0.3	12.0±0.2	6.39±0.14
S (%)	2.67±0.06	6.74±0.11	5.95±0.15	29.0±0.4	33.8±0.3	23.8±0.3	32.0±0.2
Ag	18.3±1.3	220±10	1010±20	148±6	43.6±2.2	626±16	217±6
Cd	32±2	172±8	7.4±0.8	400±15	(4)	90±5	1290±50
Ga	23.4±2.6	26±3	15±2	62±8	-	(11)	180±31
Ge	2.9±0.5	6.5±1.8	3.3±0.7	25±2	-	3.4±0.8	118±10
In	(1.5)	10±2	3.3±0.5	(7.5)	(1.5)	-	(1.7)
Tl	1.2±0.3	(1.1)	(1.0)	(0.3)	-	-	-
Se	2.3±0.3	(5.8)	24±5	-	(80)	(4.7)	(0.3)
Te	(0.3)	(1.3)	(1.8)	-	(4)	-	-
Re	-	-	(0.24)	-	(3.5)	-	-
Mo	28±3	24±5	137±17	(1.9)	0.224 ±0.013(%)	(4)	-
W	(10)	25±5	56±11	(1.9)	(3)	(0.7)	(0.7)
As (%)	0.043±0.005	0.28±0.03	0.026±0.003	0.15±0.02	0.17±0.03	0.173±0.014	0.064±0.006
Sb	94±15	(610)	95±6	260±33	0.140±0.018(%)	0.089±0.012(%)	132±13
Bi	2.8±0.5	75±8	86±16	(5)	(140)	(2)	-
Hg	4.2±0.3	17±3	-	114±9	-	46±5	560±80
Sn	-	(20)	9.7±1.6	-	-	-	-
Mn (%)	0.091±0.007	0.38±0.04	0.241±0.011	0.066±0.010	0.010±0.002	(0.003)	0.025±0.003
SiO ₂ (%)	63.0±0.2	47.9±0.3	40.6±0.2	14.1±0.4	3.78±0.24	0.68±0.09	3.24±0.18
Al ₂ O ₃ (%)	14.1±0.4	11.2±0.3	7.8±0.3	(2.5)	1.25±0.17	(0.27)	0.57±0.08
MgO (%)	1.55±0.11	1.39±0.07	2.33±0.10	0.59±0.08	0.31±0.03	(0.033)	0.085±0.014
CaO (%)	1.52±0.12	4.7±0.2	17.2±0.2	6.5±0.2	1.96±0.16	(0.2)	(0.96)
Na ₂ O (%)	0.68±0.05	0.24±0.04	0.54±0.05	(0.03)	0.052±0.012	(0.012)	-
K ₂ O (%)	3.85±0.13	3.1±0.3	1.79±0.14	0.78±0.08	0.32±0.05	(0.06)	(0.18)

文献(Literature) : Gu *et al.* (2003) ; 顾铁新等(2005)。含量单位: 除注明者外均为 10⁻⁶, “±”后的数据为不确定度, 括号内的数值为参考值。Concentration units are 10⁻⁶ except remarked, data after “±” are uncertainties, data with brackets are reference values.

参考文献 (References)

- 地球化学标准参考样研究组. 1986. 地球化学标准参考样的研制与分析方法 GSD1-8(中华人民共和国地质矿产部地质专报, 九. 分析测试与综合利用, 第1号). 北京: 地质出版社. 359页.
- 地球化学标准参考样研究组. 1987. 地球化学标准参考样的研制与分析方法 GSR1-6 GSS1-8 GSD9-12(中华人民共和国地质矿产部地质专报, 九. 分析测试与综合利用, 第2号). 北京: 地质出版社. 296页.
- 高山, 骆庭川, 张本仁, 张宏飞, 韩吟文, 赵志丹, Hartmut Kern. 1999. 中国东部地壳的结构和组成. 中国科学(D辑), 29(3): 204~213.
- 顾铁新, 卜维, 史长义, 鄢卫东, 鄢明才. 2005. 铜铅锌银矿石与精矿标准物质的研制. 有色金属, 57(1): 88~93.
- 顾铁新, 汪世联, 鄢卫东. 2006. 铂族元素系列地球化学标准物质研制. 黄金, 27(7): 42~47.
- 国家标准物质管理委员会. 2003. 中华人民共和国标准物质目录. 中国计量出版社. 341页.
- 任天祥, 伍宗华, 羌荣生. 1998. 区域化探异常筛选与查证的方法技术. 北京: 地质出版社. 138页.
- 任天祥, 尹冰川, 刘如英, 赵玉祥. 1993. 中国水系沉积物中39种元素背景值. 第五届勘查地球化学学术讨论会论文摘要. 北京: 地质出版社.
- 史长义, 鄢明才, 刘崇民, 迟清华, 胡树起, 顾铁新, 卜维, 鄢卫东. 2005. 中国不同岩石类型花岗岩类元素丰度及特征. 物探化探计算技术, 27(3): 256~262.
- 史长义, 鄢明才, 迟清华. 2007. 中国不同构造单元花岗岩类元素丰度及特征. 地质学报, 81(1): 47~59.
- 王春书, 顾铁新, 迟清华, 鄢卫东, 鄢明才. 2000. 新系列岩石和水系沉积物地球化学标准物质. 物探与化探, 24(4): 246~249.
- 吴明清, 文启忠, 潘景瑜, 刁桂仪. 1995. 中国黄土的平均化学成分: 上部大陆地壳的一种典型代表. 岩相古地理, 15(2): 127~136.
- 谢学锦, 程志中, 张立生, 冯济舟. 2008. 中国西南地区76种元素地球化学图. 北京: 地质出版社.
- 鄢明才, 迟清华. 1997. 中国东部地壳与岩石的化学组成. 北京: 科学出版社. 292页.
- 鄢明才, 迟清华, 顾铁新, 王春书. 1995. 中国各类沉积物化学元素平均含量. 物探与化探, 19(6): 468~472.
- 鄢明才, 迟清华, 顾铁新, 王春书. 1996. 中国火成岩化学元素的丰度与分布. 地球化学, 25(5): 409~424.
- 鄢明才, 顾铁新, 迟清华, 王春书. 1997a. 中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征. 物探与化探, 21(3): 161~167.
- 鄢明才, 史长义, 顾铁新, 卜维, 鄢卫东, 刘妹. 2006. 生物成分系列标准物质的研制. 岩矿测试, 25(2): 159~172.
- 鄢明才, 王春书. 1991. 地球化学标准物质的研制—植物光谱金. 北京: 地质出版社. 124页.
- 鄢明才, 王春书, 顾铁新, 迟清华. 1997b. 铂族元素标准物质的研制. 岩矿测试, 17(1): 1~21.
- 岩石标准物质研制小组. 1995. 岩石标准物质的研制. 岩矿测试, 14(2): 114~161.
- 魏复盛, 陈静生, 吴燕玉, 郑春江. 1991. 中国土壤环境背景值研究. 环境科学, 12(4): 12~19.
- 叶家瑜, 姜宝林主编. 2004. 区域地球化学勘查样品分析方法. 北京: 地质出版社. 416页.
- 赵一阳, 鄢明才. 1994. 中国浅海沉积物地球化学. 北京: 科学出版社. 203页.
- 中国环境监测总站. 1990. 中国土壤元素背景值. 北京: 中国环境科学出版社. 501页.
- 朱立新, 马生明, 王之峰. 2006. 中国东部平原土壤生态地球化学基准值. 中国地质, 33(6): 1400~1405.
- Bowen H J M. 1979. *Environmental Chemistry of the Elements*. New York: Academic Press. 316pp.
- Burke M M and Fountain D M. 1990. Seismic properties of rocks from an exposure of extended continental crust-new laboratory measurements from the Ivrea Zone. *Tectonophysics*, 182: pp.119~146.
- Christensen N I and Fountain D M. 1995. Seismic velocity structure and composition of the continental crust: a global view. *J. Geophys. Research*, Vol.100(B7), pp.9761~9788.
- Clarke F W. 1889. The relative abundance of the chemical elements. *Phil. Soc. Washington Bull.* XI, pp.131~142.
- Clarke F W. 1908. The Data of Geochemistry. U.S. Geol. Surv. Profess., 770pp.
- Clarke F W and Washington H S. 1924. *The Composition of the Earth's Crust*. U.S. Geol. Surv. Profess., 127pp.
- Codie K C. 1993. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical geology*, 104: pp.1~37.
- Daly R A. 1933. *Igneous Rocks and Depths of the Earth*. New York: McGraw-Hill Book Company. 598pp.
- Fountain D M, Salisbury M H, and Precival J. 1990. Seismic structure of the continental crust based on rock velocity measurements from the Kapuskasing uplift. *J. Geophys. Research*, Vol.95B, pp.1167~1186.
- Goldschmidt V M. 1933. Grundlagen der quantitativen Geochemie. *Fortschr. Mineral. Kristall. Petrogr.*, Vol.17, pp.112~156.
- Goldschmidt V M. 1954. *Geochemistry*. Oxford: Clarendon Press. 730pp.
- Gu Tiexin, Bu Wei, Yan Weidong, Shi Changyi, and Yan Mingcai. 2003a. Certified reference materials of copper, lead and zinc (silver) ore rocks and their concentrates. *Geostandards Newsletter, Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 27(2): pp. 193~196.
- Gu Tiexin, Bu Wei, Yan Weidong, Shi Changyi, and Yan Mingcai. 2003b. New series of soil geochemical reference materials (GSS 10-16) from the main overburden region in China. *Geostandards Newsletter, Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 27(2): pp.197~202.
- Gu Tiexin, Zhang Zhong, Wang Chunshu, and Yan Weidong. 2001. Preparation and certification of high-grade gold

ore reference materials (GAu 19-22). *Geostandards Newsletter, Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 25(1): pp.153~158.

Holland J G and Lambert R St J. 1972. Major element chemical composition of shields and the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta* 36, pp. 673~683.

Irvine T N and Baragar W R A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, Vol.8, pp.523~548.

Le Bas M J, Le Maitre R W, Streckeisen A, and Zanettin B. 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram. *Journal of Petrology*, Vol.27, pp.745~750.

Le Maitre R W (editor). 1989. *A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms*. London: Blackwell Scientific Publications.

Miyashiro A and Shido F. 1975. Tholeiitic and calcalkalic series in relation to the behaviors of Titanium, Vanadium, Chromium and Nickel. *Am. J. Sci.*, Vol.275, pp.265~277.

O' Connor J T. 1965. A classification for quartz-rich igneous rocks based on feldspar ratios. *U.S. Geol. Surv. Profess. Pap.*, 525B, pp.79~84.

Poldervaart A. 1955. The chemistry of the Earth's crust. In: Poldervaart A (editor), *Crust of the Earth*. Boulder: Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 62, pp119~144.

Ronov A B and Yaroshevskiy A A. 1967. Chemical structure of the Earth's crust. *Geokhimiya* 11, pp.1285~1309.

Ronov A.B. and Yaroshevskiy A A. 1969. Chemical composition of the Earth's crust. In: Pembroke J H (Editor), *The Earth's Crust and Upper Mantle. Geophys. Monograph*. 13, Amer. Geophys. Union, pp.35~57.

Ronov A B and Yaroshevskiy A A. 1976. A new model for the chemical structure of the Earth's crust. *Geokhimiya* 12, pp.1761~1795.

Rudnick R L. 1992. Xenoliths—samples of the lower continental crust. In: Fountain R A and Kay R W (Editor), *Continental Lower Crust*. Amsterdam: Elsevier Pergamon, pp.269~316.

Rudnick R L and Fountain D M. 1995. Nature and composition of the continental crust: a lower crustal perspective. *Review Geophysics*, Vol.33, pp.267~309.

Rudnick R L and Gao S. 2003. The Composition of the Continental Crust. In : Holland H D and Condie K (eds.), *The Crust, Vol. 3, Treatise on Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier Pergamon, pp.1~64.

Rudnick R L and Presper T. 1990. Geochemistry of intermediate- to high-pressure granulites. In: Vielzeuf D and Vidal P H (eds.), *Granulites and Crustal Evolution*. Amsterdam: Kluwer Academic Publisher. pp.523~550.

Salminen R. 2005. Continental-wide geochemical mapping in Europe. *Explore*, 127: 8~15.

Salminen R (Chief-editor), Batista M J, Bidovec M, Demetriades A, De Vivo B, De Vos W, Gilucis A, Gregorauskiene V, Halamic J, Heitzman P, Lima A, Jordan G, Klaver G, Klein P, Lis J, Locutura, J, Marsina K, Mazreku A, Mrnkova J, O'Connor P J, Olsson S, Ottesen R T, Petersell V, Plant J A, Reeder S, Salpeteur I, Sandström H, Siewers U, Steenfelt A, and Tarvainen T. 2005. *Foregs Geochemical Atlas of Europe, Part 1 – Background Information, Methodology, and Maps*. Electronic publication, URL address: <http://gtk/publ/foregsatlas>, March 15, 2005.

McLennan S M. 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. *Geochem. Geophys. Geosys.* 2 (article no. 2000GC000109).

Shacklette H T and Boerngen J G. 1984. *Element Concentrations in Soils and Other Surficial Materials of the Conterminous United States: an Account of the Concentrations of 50 Chemical Elements in Samples of Soils and Other Regoliths*. Washington: U. S. Government Printing House. 105pp.

Shacklette H T *et al.* 1988. *Element Concentrations in Soils and other Surficial Materials of Alaska*. Washington: U. S. Government Printing House.

Shaw D M, Cramer J J, Higgins M D, and Truscott M G. 1986. Composition of the Canadian Precambrian Shield and the continental crust of the Earth. In: Dawson J B, Carswell D A, Hall J, and Wedepohl K H (eds): *The Nature of the Lower Continental Crust*. London: Geological Society Special Publication. No.24., pp.275~282.

Shaw D M, Reilly G A, Muysson J R, and Pattenden G E. 1967. An estimate of the chemical composition of the Canadian Precambrian shield. *Canadian Journal of Earth Sciences*. Vol.4, pp.829~853.

Shaw D M, Dostal J, and Keays R R. 1976. Additional estimates of continental surface Precambrian shield composition in Canada. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol.40, pp.73~84.

Shi Changyi, Yan Mingcai and Chi Qinghua. 2007. Abundance of chemical elements of the granitoids in different geotectonic units of China and their characteristics. *Frontiers of Earth Science in China*, Vol.1, No.3, pp.309~321.

Streckeisen, A and Le Maitre, RW. 1979. A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*. Stuttgart. Abhandlungen. Band 136, Heft 2.

Taylor S R. 1964. The abundance of chemical elements in the continental crust: a new table. *Geochim. Cosmochim. Acta*, Vol.28, pp1273~1285.

Taylor S R and McLennan S M. 1985. *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. London: Blackwell Scientific Publications. 312pp.

Taylor S R and McLennan S M. 1995. The chemical composition evolution of the continental crust. *Review Geophysics*, Vol.33, pp.241~265.

Turekian K K and Wedepohl K H. 1961. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*. Vol.72, pp.175~192.

Vinogradov, A P. 1962. Average concentration of chemical elements in the chief types of igneous rocks of the crust of the Earth. *Geochemistry*, No.7, pp.555~571 (in Russian).

Weaver B L and Tarney J. 1984. Major and trace element composition of the continental lithosphere. In: Pollack H N and Murthy V R, *Structure and Evolution of the Continental Lithosphere. Phys.Chem.Earth*, Vol.15, pp.39~68, Oxford: Pergamon Press.

- Wang Chunshu, Gu Tiexin, Chi Qinghua, Yan Weidong, and Yan Mingcai. 2001. New Series of Rocks and Sediments Geochemical Reference Samples. *Geostandards Newsletter: The Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 25(1): pp. 145~152.
- Wedepohl K. H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica Cosmochimica Acta*, Vol.59, No.7, pp.1217~1232.
- Xie Xuejing, Yan Mingcai, Li Lianzhong, and Shen Huijun. 1985. Geochemical reference samples, drainage sediment GSD 1~8 from China. *Geostandards Newsletter*, Vol.9, No.1, pp.83~159.
- Xie Xuejing, Yan Mingcai, Wang Chunshu, Li Lianzhong, and Shen Huijun. 1989. Geochemical standard reference samples GSD 9-12, GSS 1-8 and GSR 1-6. *Geostandards Newsletter*, Vol.13, No.1, pp.83~179.
- Yan Mingcai and Chi Qinghua. 1997. Crustal abundance and distribution of the chemical elements in the North China Platform. Xie Xuejing (ed): *Geochemistry*. Proceedings 30th International Geological Congress. Amsterdam: International Science Publishers, Vol.19, pp.65~81.
- Yan Mingcai and Chi Qinghua. 2005. *The Chemical Composition of the Continental Crust and Rocks in the Eastern Part of China*. Beijing: Science Press. 171pp.
- Yan Mingcai, Wang Chunshu, Cao Qunxian, Gu Tiexin, and Chi Qinghua. 1995. Eleven gold geochemical reference samples (GAu 8-18). *Geostandards Newsletter*, 19(2): pp.125~133.
- Yan Mingcai, Wang Chunshu, Gu Tiexin, Chi Qinghua, and Zhang Zhong. 1998. Platinum-group elements geochemical certified reference materials (GPt 1-7). *Geostandards Newsletter, Journal of Geostandards and Geoanalysis*, 22(2): pp. 235~246.

附录 1 中国主要类型岩石、疏松沉积物、大陆地壳的化学组成和元素丰度

Appendix 1 Chemical composition and elemental abundance of main types of rocks, loose sediments and the continental crust in China

区域	中国				中国东部								中国	中国东部	中国		中国东部
岩石	酸性岩	中性岩	基性岩	超镁铁质岩	砂岩	泥岩	碳酸盐岩	片麻岩	变粒岩	斜长角闪岩	变泥岩	大理岩	土壤	平原土壤	水系沉积物	浅海沉积物	大陆地壳
<i>N</i>	1249 (693)	198 (130)	184 (128)	91 (73)	425	210	207	201	82	77	149	38	154	517	44422	286	2718
<i>n</i>	10458 (6665)	1523 (1287)	1756 (1060)	503 (387)	5720	2027	2708	1786	901	628	1571	400					28253
SiO ₂	70.85	57.79	48.68	45.11	72.63	60.63	6.49	65.63	66.89	49.72	63.22	8.09	65.0	66.00	64.74	62.23	60.62
TiO ₂	0.295	0.868	1.578	0.385	0.485	0.761	0.053	0.510	0.507	1.238	0.688	0.044	0.72	0.72	0.74	0.58	0.667
Al ₂ O ₃	14.20	16.42	15.54	4.69	10.91	16.35	1.14	14.84	14.47	13.72	16.11	0.96	12.6	13.51	12.73	10.67	14.83
Fe ₂ O ₃	1.22	2.98	4.18	3.85	2.46	4.33	0.35	2.03	2.23	4.38	3.06	0.26	4.7 _T	3.89	4.73 _T	4.35 _T	2.45
FeO	1.60	4.18	6.44	5.96	1.09	1.42	0.32	2.73	2.12	7.60	2.75	0.33	1.2	0.74	-	-	3.71
MnO	0.049	0.124	0.167	0.119	0.057	0.059	0.044	0.075	0.068	0.207	0.067	0.045	0.08	0.09	0.09	0.07	0.105
MgO	0.94	3.60	7.50	26.98	1.26	1.86	6.53	2.15	1.94	7.35	2.08	10.56	1.8	1.57	1.56	1.81	3.16
CaO	1.83	5.81	9.02	7.40	2.52	2.66	42.84	3.26	2.70	9.11	1.59	39.14	3.2	2.91	2.87	5.19	5.41
Na ₂ O	3.52	3.77	2.80	0.62	1.41	0.80	0.10	3.64	3.19	2.48	1.30	0.11	1.6	1.63	1.37	2.18	3.45
K ₂ O	4.00	2.09	1.18	0.26	2.40	3.45	0.34	2.87	2.88	1.00	3.90	0.23	2.5	2.47	2.40	2.23	2.31
P ₂ O ₅	0.099	0.275	0.343	0.069	0.094	0.124	0.037	0.163	0.124	0.190	0.110	0.034	0.12	0.10	0.15	0.12	0.172
H ₂ O ⁺	1.07	1.49	1.70	3.25	2.56	4.56	0.74	1.34	1.88	2.10	3.26	1.02	4.2	3.9	-	-	1.50
CO ₂	0.32	0.38	0.45	0.55	1.72	2.15	40.45	0.31	0.38	0.40	1.02	38.72	2.7	2.0	-	4.00	1.15
C _{org}	-	-	-	-	(0.20)	0.38	0.20	-	-	-	0.38	-	(0.35)	0.34	-	0.62	-
Ag	0.060	0.053	0.056	0.046	0.052	0.050	0.056	0.057	0.060	0.053	0.054	0.042	0.080	0.072	0.094	0.063	0.055
As	1.7	1.7	1.8	1.1	5.0	7.8	3.2	1.3	1.8	1.6	7.2	2.5	10	10	13.3	7.7	2.4
Au	0.53	0.85	0.80	0.80	1.0	1.4	0.47	0.65	0.88	1.2	1.1	0.42	1.4	1.6	2.0	1.1	0.90
B	6.2	5.7	7.5	7.0	38	76	13	5.5	15	10	72	6.0	40	48	51	58	11
Ba	700	775	460	90	525	590	63	850	740	260	665	155	500	565	520	410	620
Be	2.7	0.91	0.50	0.15	1.6	2.3	0.60	1.4	1.9	0.4	2.3	0.54	1.8	2.3	2.3	2.0	1.4
Bi	0.24	0.090	0.085	0.090	0.18	0.34	0.070	0.090	0.14	0.11	0.29	0.064	0.30	0.31	0.50	0.33	0.15
Br	(0.2)	(0.3)	(0.4)	(0.4)	(0.3)	(0.4)	(0.5)	(0.2)	(0.2)	-	(0.3)	(1.0)	(3.5)	2.6	-	15	(0.25)
Cd	0.060	0.092	0.10	0.080	0.081	0.11	0.13	0.070	0.090	0.12	0.080	0.096	0.090	0.118	0.26	0.065	0.082
Cl	58	140	112	120	51	52	124	107	80	164	54	68	68	136	-	3400	112
Co	4.8	22	46	88	8.0	14	1.5	13	11	49	13	1.6	13	13	13	12	19
Cr	12	83	190	1630	39	72	7.5	53	48	240	70	5.5	65	65	68	60	76

续表(Continued)

区域	中国				中国东部								中国	中国东部	中国		中国东部
岩石	酸性岩	中性岩	基性岩	超镁铁质岩	砂岩	泥岩	碳酸盐岩	片麻岩	变粒岩	斜长角闪岩	变泥岩	大理岩	土壤	平原土壤	水系沉积物	浅海沉积物	大陆地壳
Cs	3.5	1.9	1.4	0.45	4.3	8.2	0.5	1.8	3.0	1.0	7.2	0.46	7.0	7.5	-	6.3	2.0
Cu	8.0	30	55	27	15	29	4.0	22	22	58	26	4.0	24	23	26	15	26
F	490	650	485	385	405	775	275	570	510	740	705	310	480	510	530	480	540
Ga	18.0	20.0	19.9	8.9	13.6	20.5	1.7	18.7	18.4	18.7	21.2	1.6	17.0	15.7	-	14	19
Ge	1.2	1.1	1.1	0.90	1.4	1.6	0.35	1.0	1.2	1.4	1.7	0.3	1.3	1.4	-	-	1.2
Hf	5.0	4.6	3.5	1.0	5.5	5.8	0.34	4.8	5.2	2.6	5.6	0.29	7.4	8.5	-	6.0	4.5
Hg	6.6	6.9	7.8	6.0	15	27	18	6.0	6.7	8.5	11	9.0	40	25	69	25	7.0
I	(0.05)	(0.13)	(0.1)	(0.15)	(0.1)	(0.4)	(0.2)	(0.05)	(0.05)	-	(0.1)	(0.14)	(2.2)	2.2	-	18	(0.1)
In	(0.05)	(0.06)	(0.07)	(0.03)	(0.035)	(0.07)	(0.02)	(0.05)	(0.045)	(0.07)	(0.07)	-	(0.055)	0.054	-	0.09	(0.045)
Ir	(3)	(17)	40	(1350)	18	20	7	(30)	22	(85)	(28)	(6)	22	-	-	-	(20)
Li	19	13	11	4	25	38	9	14	19	11	34	9	30	36	34	38	17
Mn	380	960	1310	920	440	460	340	580	530	1600	520	350	600	705	730	530	810
Mo	0.70	0.58	0.63	0.21	0.54	0.93	0.57	0.49	0.50	0.28	0.52	0.36	0.80	0.57	1.1	0.50	0.50
N	28	72	80	(50)	170	460	120	37	55	20	222	55	640	440	-	620	60
Nb	15	10.4	19	5.2	12	18	(2)	10	12	9	15	(3.4)	16	15.5	17	14	10
Ni	7.7	34	100	960	17	34	4.8	24	20	96	29	3.8	26	30	29	24	31
Os	(15)	(36)	60	(1300)	32	140	50	35	34	(140)	(50)	27	40	-	-	-	(40)
P	430	1200	1570	310	410	540	160	710	540	830	480	150	520	475	655	500	750
Pb	24	15.5	13	8	18	23	8	16	18	12.3	19	8.6	23	23	29	20	15
Pd	(0.08)	0.42	0.63	2.6	0.30	0.78	(0.16)	0.42	0.50	2.2	0.58	(0.16)	0.65	0.52	-	-	0.75
Pt	(0.06)	0.42	0.72	5.2	0.26	0.50	(0.12)	0.44	0.50	2.6	0.44	(0.15)	0.50	0.48	-	-	0.80
Rb	140	58	31	7	78	130	9	82	95	29	140	7	100	107	-	96	70
Re	(0.25)	-	-	-	-	(1.4)	-	(0.4)	-	-	-	-	(0.1)	-	-	-	(0.1)
Rh	(4)	(45)	60	(800)	12	25	4	28	26	150	25	(4)	17	-	-	-	(40)
Ru	(7)	(12)	65	(3500)	28	58	15	30	27	(230)	45	(15)	60	-	-	-	(35)
S	120	180	280	210	220	300	240	200	150	270	210	160	150	160	-	510	250
Sb	0.16	0.17	0.18	0.14	0.43	0.58	0.24	0.12	0.22	0.14	0.45	0.23	0.80	0.79	1.42	0.5	0.18
Sc	5.3	19	29	24	8.3	15	1.3	11	9.7	39	16	1.1	11	11	-	10	17
Se	0.033	0.058	0.085	0.050	0.073	0.17	0.070	0.060	0.065	0.11	0.12	0.040	0.20	0.10	-	0.15	0.070
Sn	2.0	1.3	(1.0)	(0.5)	1.6	3.0	0.5	1.2	1.9	1.1	3.1	0.5	2.5	3.1	4.1	3.0	1.4

续表(Continued)

区域	中国				中国东部								中国	中国东部	中国		中国东部
岩石	酸性岩	中性岩	基性岩	超镁铁质岩	砂岩	泥岩	碳酸盐岩	片麻岩	变粒岩	斜长角闪岩	变泥岩	大理岩	土壤	平原土壤	水系沉积物	浅海沉积物	大陆地壳
Sr	250	565	510	115	120	110	320	390	265	240	95	225	170	175	165	230	350
Ta	1.2	0.56	1.1	0.26	0.76	1.2	(0.1)	0.54	0.7	0.47	1.0	0.080	1.1	1.17	-	1.0	0.65
Te	(5)	(15)	(10)	-	(10)	(15)	(5)	(10)	-	-	(15)	-	40	-	-	40	(6)
Th	14.5	4.9	2.8	0.70	9.2	14	1.1	7.0	8.6	1.5	12.5	0.90	12.5	12	13.5	11.5	6.0
Ti	1770	5200	9470	2650	2910	4560	320	3060	3040	7420	4125	265	4300	4175	4460	3500	4000
Tl	0.73	0.36	0.24	0.15	0.51	0.68	0.14	0.47	0.54	0.23	0.76	0.16	0.60	0.66	-	0.30	0.42
U	2.5	1.15	0.70	0.35	2.1	3.1	1.2	1.05	1.45	0.50	2.5	0.77	2.7	2.3	3.1	1.9	1.3
V	33	135	210	110	60	115	13	70	71	260	103	12	82	87	87	70	112
W	0.85	0.47	0.50	0.3	1.1	1.7	0.27	0.41	0.72	0.44	1.8	0.56	1.8	1.7	2.7	1.5	0.6
Zn	45	90	110	78	51	80	18	65	65	120	88	18	68	64	77	65	76
Zr	160	180	150	50	195	210	16	175	185	110	200	13	250	250	295	210	160
Y	22	18	17	7.0	18	27	4.8	16.5	20	17	26	3.1	23	26	26	22	17
La	40	35	24	6.7	34	50	5.5	38.5	37	14	43	5.4	38	37	41	33	29
Ce	75	68	47	15.0	63	88	10.3	75	68	28	78	10	72	58	-	67	57
Pr	7.8	7.8	5.3	2.0	6.9	9.8	1.2	8.2	7.6	3.7	8.7	1.2	8.2	7.0	-	-	6.5
Nd	30	34	24	7.2	28	40	4.6	32	31	16	37	4.5	32	27	-	29	26
Sm	5.3	6.1	5.1	2.0	5.0	7.2	0.95	5.3	5.4	3.9	6.8	0.80	5.8	5.2	-	5.6	4.9
Eu	0.90	1.7	1.8	0.67	1.05	1.4	0.21	1.3	1.2	1.4	1.4	0.20	1.2	1.1	-	1.0	1.3
Gd	4.9	5.4	4.7	1.7	4.5	6.2	0.88	4.4	4.6	4.3	6.0	0.70	5.1	4.5	-	-	4.3
Tb	0.72	0.82	0.80	0.39	0.72	1.0	0.13	0.67	0.70	0.71	0.96	0.11	0.80	0.73	-	0.73	0.69
Dy	4.4	4.5	4.3	1.8	3.9	5.8	0.69	3.7	3.7	4.4	5.4	0.55	4.7	3.9	-	-	3.7
Ho	0.90	0.90	0.85	0.35	0.77	1.2	0.15	0.77	0.77	0.85	1.1	0.11	1.0	0.92	-	-	0.77
Er	2.6	2.4	2.2	1.0	2.2	3.2	0.42	2.1	2.3	2.6	3.2	0.28	2.8	2.4	-	-	2.2
Tm	0.39	0.35	0.32	0.16	0.35	0.49	0.065	0.31	0.34	0.90	0.50	0.038	0.42	0.42	—	-	0.34
Yb	2.4	2.2	1.9	0.99	2.1	3.0	0.42	1.9	2.1	2.4	3.1	0.25	2.6	2.4	-	2.2	2.2
Lu	0.38	0.34	0.31	0.16	0.33	0.47	0.065	0.30	0.33	0.37	0.48	0.035	0.40	0.39	-	0.34	0.33

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt、Re、Te： 10^{-9} ；Ir、Os、Rh、Ru： 10^{-12} ；其它元素： 10^{-6} 。
 中国中性岩的化学组成与元素丰度为闪长岩类和安山岩类的加权平均值(本书)；中国东部变泥岩的化学组成与元素丰度为板岩、千枚岩和云母片岩的加权平均值(本书)。中国酸性岩、基性岩、超镁铁质岩与中国东部砂岩、泥岩、碳酸盐岩、片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩、大理岩、中国土壤以及中国东部大陆地壳化学组成与元素丰度引自酈明才和迟清华(1997)，Yan and Chi (2005)；中国东部平原土壤基准值引自朱立新等(2006)；中国水系沉积物背景值引自任天祥等(1998)；中国浅海沉积物化学组成引自赵一阳和酈明才(1994)。
 Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, Pt, Re and Te: 10^{-9} ; Ir, Os, Rh, and Ru: 10^{-12} ; other elements: 10^{-6} .

附录 2 地球化学勘查样品分析方法检出限

Appendix 2 Detection limits of analytical methods in geochemical exploration

成分 Component	检出限要求 Required detection limits		XRF		ICP-AES		ICP-MS		ICP-MS*		INAA		其它方法(Others)	
	A	B	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定下限 Lower limits of determination	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges
Ag	0.02	0.02											0.01(0.02)	0.03-5(AAN)
As	0.5	1							0.6	1.8	0.4	1.2-5000	0.2	0.6-600(AFS)
Au	0.2	0.3											0.1	0.3(AAN)
B	2	1											1	3-600(ES)
Ba	10	10			0.6	2-5000	1.1	4-5000	0.12	0.4				
Be	0.2	0.5			0.007	0.02-1000	0.006	0.02-200	0.01	0.03				
Bi	0.05	0.05					0.015	0.05-200	0.02	0.06			0.05	0.2-60(AFS)
Br	0.5	1.5	0.8	2.4-40							0.8	2.4-5000		
Cd	0.03	0.03					0.02	0.07-100	0.005	0.02			0.05	0.15-5(AAN)
Cl	20	20	7	20-1000										
Co	1	1			0.2	0.7-1000	0.02	0.07-500	0.05	0.2	0.2	0.6-5000		
Cr	2	5	3	10-40	0.2	0.7-1000			1	3.4	2	6-5000		
Cs	0.5						0.003	0.01-200	0.01	0.03	0.3	0.9-5000		
Cu	1	1			0.5	2-5000	0.6	2-1000	0.06	0.2				
F	50	100											20	60-3000(ISE)
Ga	1	2	2	7-40	2	7-1000			0.05	0.2	2	6-5000		
Ge	0.1	0.1											0.07	0.2-100(AFS)
Hf	0.5								0.003	0.01	0.2	0.6-5000		
Hg	2	3											5	20-6000(AFS)
I	0.2	0.5									0.5	1.5-5000	0.3	0.9-200(COL)
In	0.01								0.002	0.005	0.02	0.06-5000		
Ir	0.01													
Li	1	1			0.06	0.2-1000	0.06	0.2-500	0.2	0.6				
Mn	20	10	12	40-2500	0.02	0.07-3000			0.2	0.6	4	12-5000		
Mo	0.2	0.3			0.1	0.3-1000	0.02	0.07-200	0.08	0.25			0.2	0.6-80(POL)
N	20	20											20	60-4000(VOL)
Nb	2	2	1	3-95	0.3	1-1000			0.003	0.01				

续表(Continued)

成分 Component	检出限要求 Required detection limits		XRF		ICP-AES		ICP-MS		ICP-MS*		INAA		其它方法(Others)	
	A	B	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定下限 Lower limits of determination	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges
Ni	2	2			0.2	0.7-1000	0.6	2-1000	0.3	0.9				
Os	0.01													
P	20	10	20	70-4200	3	10-45000								
Pb	2	2	2	7-640	0.7	2-1000	0.5	2-500	0.03	0.09				
Pd	0.1	(0.2)											0.1	0.3-1000(FA-ES)
Pt	0.1	(0.2)											0.2	0.6-1000(FA-ES)
Rb	5	10	1	3-460	9	30-1000			0.4	1.3	4	12-5000		
Re	0.05													
Rh	0.005													
Ru	0.01													
S	20	50	7	20-370									50	150-10%(VOL)
Sb	0.05	0.05					0.02	0.07-200	0.01	0.03			0.05	0.2-100(AFS)
Sc	1	1	2.5	8-30	0.03	0.1-1000	0.6	2-200	0.02	0.07	0.1	0.3-5000		
Se	0.01	0.01											0.01	0.03-25(AFS)
Sn	0.5	1							0.07	0.25			0.6	2-200(ES)
Sr	5	5	1.5	5-1000	0.7	2-2000	0.4	2-1000	0.03	0.1				
Ta	0.2						0.005	0.02-100	0.01	0.03	0.1	0.3-5000		
Te	2													
Th	1	2	4	13-72	2	7-2000	0.003	0.01-200	0.2	0.6	0.5	1.5-5000		
Ti	100	10	30	100-20000	2	7-60000			0.9	3				
Tl	0.1	0.1					0.003	0.01-100	0.02	0.07				
U	0.2	0.1					0.009	0.03-200	0.001	0.003	0.1	0.3-5000		
V	5	5	5	17-250	0.3	1-1000			5	16	3	9-5000		
W	0.2	0.4					0.02	0.07-200	0.01	0.03	0.5	1.5-500	0.3	0.9-400(POL)
Zn	5	4	1	4-680	0.03	0.1-1000			0.6	2				
Zr	10	2	1	4-600					0.02	0.05				

续表(Continued)

成分 Component	检出限要求 Required detection limits		XRF		ICP-AES		ICP-MS		ICP-MS*		INAA		其它方法(Others)	
			检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定下限 Lower limits of determination	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges	检出限 Detection limits	测定范围 Determination ranges
	A	B												
Y	2	1	1	4-70					0.003	0.01				
La	2	5	8	27-160	0.2	0.7-1000	0.012	0.04-200	0.003	0.01	0.3	0.9-5000		
Ce	5	1	4	13-400	0.6	2-1000	0.015	0.05-500	0.006	0.02	0.8	2.4-500		
Pr	1								0.003	0.01				
Nd	2								0.003	0.01				
Sm	0.5								0.003	0.01				
Eu	0.1								0.001	0.003				
Gd	0.5								0.003	0.01				
Tb	0.1								0.001	0.003				
Dy	0.5								0.001	0.003				
Ho	0.1								0.001	0.003				
Er	0.2								0.001	0.003				
Tm	0.05								0.001	0.003				
Yb	0.2								0.003	0.01				
Lu	0.05								0.001	0.003				
SiO ₂	0.1	0.1	0.01	0.10-90										
Al ₂ O ₃	0.1	0.05	0.01	0.10-29										
TFe ₂ O ₃	0.1	0.05	0.01	0.10-19	0.05	0.15-15					0.02	0.04-20		
MgO	0.05	0.05	0.04	0.10-7.7	0.01	0.03-10								
CaO	0.05	0.05	0.01	0.10-36	0.02	0.06-20								
Na ₂ O	0.05	0.1	0.04	0.10-5.3	0.01	0.03-10					0.01	0.02-10		
K ₂ O	0.05	0.05	0.01	0.10-5.2							0.05	0.1-10		
TC	0.1	0.1												
C _{org}	0.1	0.1												

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Ir、Os、Pd、Pt、Re、Rh、Ru、Te：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

检出限要求 A 为编著者根据硅酸盐岩石元素丰度与分布提出的建议值、ICP-MS*的检出限引自国家地质实验测试中心报告《痕量超痕量元素分析新技术新方法在地质调查中的开发应用研究》(2003)，其它均引自叶家瑜和姜宝林《区域地球化学勘查样品分析方法》(2004)。

分析方法：AAN 无火焰原子吸收法；AFS 原子荧光光谱法；COL 分光光度法；ES 发射光谱法；FA-ES 火试金光谱法；ICP-AES 等离子体原子发射光谱法；ICP-MS 等离子体质谱法；INAA 仪器中子活化法；ISE 离子选择电极法；POL 催化波极谱法；VOL 容量法；XRF X 射线荧光光谱法。

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Ir, Os, Pd, Pt, Re, Rh, Ru, and Te: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

附录 3 重要地球化学勘查计划采用的样品分析方法检出限

Appendix 3 Detection limits of analytical methods in the important projects of geochemical exploration

成分 Component	1		2		3		4		5	
	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method
Ag	0.02	AAN	0.02	ES	0.02	ES, GFAAS	0.01	ICP-MS		
As	0.1	AFS	1	AFS, INAA	1	AFS, INAA	0.2(5)	ICP-AES	1(5)	ICP-AES
Au	0.05	FA-ES	0.3	CP-ES, GFAAS	0.2	CP-ES, GFAAS				
B	1	ES	5	ES	2	ES				
Ba	20	XRF	50	ICP-AES/MS	5	XRF, ICP-AES/MS, INAA	5(1)	ICP-AES	3(1)	ICP-AES
Be	0.1	AAN	0.5	ICP-AES/MS	0.2	ICP-AES/MS	2	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Bi	0.05	AFS	0.1	AFS, ICP-MS	0.05	AFS, ICP-MS	0.5	ICP-MS		
Br	0.2	COL	[1]	XRF, INAA	1(0.3)	XRF, INAA, ISE				
Cd	0.01	AAN	0.05	GFAAS, ICP-MS	0.02	ICP-MS, GFAAS	0.01	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Cl	20	IC	[20]	XRF	20	XRF				
Co	0.2	INAA	1	ICP-AES/MS, INAA	1	XRF, ICP-AES/MS, INAA	3(1)	ICP-AES	2(1)	ICP-AES
Cr	0.5	INAA	15	XRF, ICP-AES, INAA	5	XRF, ICP-AES/MS, INAA	3(1)	ICP-AES	3(1)	ICP-AES
Cs	0.3	INAA	[0.2]	ICP-MS, INAA	0.5	ICP-MS, INAA	0.5	ICP-MS	4	XRF
Cu	2, 1	XRF, AAS	1	ICP-AES/MS	1	XRF, ICP-AES/MS	0.1(1)	ICP-AES	1(1)	ICP-AES
F	50	ISE	100	ISE	100	ISE				
Ga	1	XRF	[2]	XRF, ICP-AES, INAA	2	XRF, ICP-AES	0.2	ICP-MS	1	XRF
Ge	0.1	AFS, POL	[0.1]	AFS	0.1	AFS				
Hf	0.2	INAA	[0.2]	INAA	1	ICP-MS, INAA	0.2	ICP-MS	0.05	ICP-MS
Hg	2	AFS	0.5	AFS	5	AFS	0.1	AAS	0.1	AAS
I	0.1	COL	[0.5]	COL, INAA	0.5	COL	2	ICP-MS		
In	0.01	AAN	[0.01]	INAA	0.01	ICP-MS	0.01	ICP-MS		
Ir	0.003	FA-COL			0.01	FA-COL, FA _{NIS} -ICP-MS				
Li	1	AAS	5	ICP-AES/MS	1	AAS, ICP-AES/MS			0.05	ICP-MS
Mn	5	XRF	30	ICP-AES, XRF, INAA	10	ICP-AES, XRF	10	XRF	100	XRF
Mo	0.1-0.2	POL	0.4	POL, ICP-AES	0.2	ICP-MS, POL	0.1	ICP-MS	0.05	ICP-MS
N	10	VOL	[200]	VOL	20	VOL				
Nb	1-2	XRF	5	XRF, ICP-AES	2	ICP-AES/MS, XRF	0.1	ICP-MS	1	XRF
Ni	2, 1	XRF, AAS	2	ICP-AES/MS	1	ICP-AES/MS, XRF	2(2)	ICP-AES	1(2)	ICP-AES

续表(Continued)

成分 Component	1		2		3		4		5	
	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method
Os	0.006	COL			0.02	COL, FA _{NIS} -ICP-MS				
P	5	XRF	100	ICP-AES, XRF	10	ICP-AES, XRF	10	XRF	100	XRF
Pb	2	XRF, AAS	2	XRF, ICP-AES/MS	2	ICP-AES/MS, XRF	3(3)	ICP-AES	1(3)	ICP-AES
Pd	0.1(0.03)	FA-ES	[0.1]	FA-ES	0.2	CP-ES, FA _{NIS} -ICP-MS				
Pt	0.1, 0.03	FA-ES, FA-POL	[0.2]	FA-ES	0.2	CP-ES, FA _{NIS} -ICP-MS				
Rb	2	XRF, INAA	[10]	XRF, ICP-AES, INAA	1	XRF, ICP-MS	2	XRF	1	XRF
Re	0.1	INA			0.2	ICP-MS				
Rh	0.003	FA-POL			0.02	FA-POL, FA _{NIS} -ICP-MS				
Ru	0.004	COL			0.02	COL, FA _{NIS} -ICP-MS				
S	20, 50	IC, VOL	[50]	XRF	50	XRF			50	ICP-AES
Sb	0.05	AFS	0.1	AFS, ICP-MS	0.05	AFS, ICP-MS, INAA	0.02	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Sc	0.1	INAA	[1]	ICP-AES/MS, INAA	1	ICP-AES/MS, INAA, XRF	0.5	ICP-MS		
Se	0.01	AFS	[0.01]	AFS	0.01	AFS				
Sn	0.2	ES	1	ES	1	ES	2	XRF	1	XRF
Sr	2	XRF	5	ICP-AES/MS	5	ICP-AES/MS, XRF	2	XRF	1	XRF
Ta	0.2	INAA	[0.1]	ICP-MS, INAA	0.2	ICP-MS, INAA	0.05	ICP-MS	0.05	ICP-MS
Te	0.01	AFS			0.005	ICP-MS	0.02	ICP-MS		
Th	0.2	INAA	4	ICP-AES/MS, INAA, XRF	2	ICP-MS, INAA, XRF	0.1	ICP-MS	1	XRF
Ti	10	XRF	100	XRF, ICP-AES	50	ICP-AES, XRF	10	XRF	50	XRF
Tl	0.1	AAN	[0.1]	ICP-MS	0.1	ICP-AES/MS	0.01	ICP-MS	0.02	ICP-MS
U	0.2	INAA, LF	0.5	LF, ICP-MS, INAA	0.2	ICP-MS, INAA, LF, XRF	0.1	ICP-MS	1	XRF
V	5	XRF	20	ICP-AES, XRF, INAA	5	ICP-AES/MS, XRF	0.5(1)	ICP-AES	2(1)	ICP-AES
W	0.2	POL	0.5	POL, INAA, ICP-MS	0.3	POL, ICP-MS	5	XRF	0.05	ICP-MS
Zn	2	XRF	10	ICP-AES, XRF	5	ICP-AES/MS, INAA, XRF	3(1)	ICP-AES	1(1)	ICP-AES
Zr	2	XRF	10	XRF	5	XRF	3	XRF	1	XRF
Y	3, 0.5	XRF, ICP-AES	5	XRF	1	ICP-AES/MS, XRF	3	XRF	0.02	ICP-MS
La	0.2	INAA, ICP-MS	30	ICP-AES/MS, INAA	1	ICP-AES/MS, INAA, XRF	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Ce	3, 0.5	INAA, ICP-MS	[1]	ICP-AES/MS, INAA	2	ICP-AES/MS, INAA, XRF	0.15	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Pr	0.2	ICP-AES/MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS

续表(Continued)

成分 Component	1		2		3		4		5	
	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method	检出限 Detection limits	分析方法 Analytical method
Nd	3	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.15	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Sm	0.1	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Eu	0.05	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.05	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Gd	1, 0.1	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Tb	0.1	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.02	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Dy	0.1	ICP-AES/MS			0.1	ICP-AES/MS	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Ho	0.03	ICP-AES/MS			0.1	ICP-AES/MS	0.02	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Er	0.05	ICP-AES/MS			0.1	ICP-AES/MS	0.1	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Tm	0.02	ICP-AES/MS			0.1	ICP-AES/MS	0.02	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Yb	0.2	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.05	ICP-MS	0.02	ICP-MS
Lu	0.02	INAA, ICP-MS			0.1	ICP-AES/MS, INAA	0.02	ICP-MS	0.02	ICP-MS
SiO ₂	0.05	XRF, GR	0.1	XRF	0.1	XRF	0.1	XRF	0.1	XRF
Al ₂ O ₃	0.05	XRF, VOL	0.05	XRF	0.05	XRF, ICP-AES	0.05	XRF	0.1	XRF
TFe ₂ O ₃	0.01	XRF, VOL	0.05	ICP-AES, XRF, INAA	0.05	XRF, ICP-AES	0.01	XRF	0.01	XRF
FeO	0.1	VOL								
MgO	0.05	XRF, VOL	0.05	ICP-AES, XRF	0.05	XRF, ICP-AES	0.01	XRF	0.1	XRF
CaO	0.01	XRF, VOL	0.05	ICP-AES, XRF	0.05	XRF, ICP-AES	0.01	XRF	0.05	XRF
Na ₂ O	0.1	XRF, AAS	0.05	ICP-AES, XRF, INAA	0.1	XRF, ICP-AES	0.01	XRF	0.2	XRF
K ₂ O	0.02	XRF, AAS	0.05	ICP-AES, XRF, INAA	0.05	XRF, ICP-AES	0.01	XRF	0.05	XRF
H ₂ O ⁺	0.2	GR								
CO ₂	0.01	VOL								
TC			[0.05]	VOL	0.1	VOL				
C _{org}	0.01	VOL			0.1	VOL				

含量单位：主成分：%；Au、Hg、Pd、Pt：10⁻⁹；其它元素：10⁻⁶。

1 中国东部地壳与岩石的化学组成研究对岩石采用的检出限和分析方法(鄯明才和迟清华, 1997; Yan and Chi, 2005); 2 区域化探全国扫面计划对水系沉积物采用的检出限和分析方法, 带方括号的为 1:20 万区域化探扫面规定分析的原 39 种元素基础上新增添的 19 元素的分析方法检出限(中华人民共和国地质矿产行业标准 区域地球化学勘查规范 DZ/T0167-2006); 3 中国西南 5 省区 76 元素区域化探图编制研究对水系沉积物采用的检出限和分析方法(谢学锦等, 2007); 4 和 5 分别为欧洲地球化学基准值填图计划对土壤和沉积物(水系沉积物、泛滥平原沉积物)采用的检出限和分析方法, 带圆括号的为以王水(AR)溶解后 ICP-MS 的测定检出限(Salminen *et al.*, 2005).

分析方法: AAN 无火焰原子吸收法; AAS 原子吸收法; AFS 原子荧光光谱法; COL 分光光度法; CP-ES: 化学光谱法; ES 发射光谱法; FA-COL 火试金分光光度法; FA-ES 火试金光谱法; FA_{NIS}-ICP-MS 铈镍试金等离子体质谱法; FA-POL 火试金催化波极谱法; GFAAS 石墨炉原子吸收法; GR 重量法; IC 离子色谱法; ICP-AES 等离子体原子发射光谱法; ICP-MS 等离子体质谱法; INAA 仪器中子活化法; ISE 离子选择电极法; LF 激光荧光法; POL 催化波极谱法; VOL 容量法; XRF X 射线荧光光谱法

Concentration units: major elements: %; Au, Hg, Pd, and Pt: 10⁻⁹; other elements: 10⁻⁶.

Handbook of Elemental Abundance for Applied Geochemistry

Chi Qinghua Yan Mingcai

Geological Publishing House
Beijing China



定 价: 28.00 元