斑岩金矿床快速定位预测研究

——北衙斑岩型金矿床影像线环结构
——构造地球化学快速定位预测

杨世瑜 钟昆明 等著



云南大学出版社

本书受“云南省教育厅高校学术著作出版基金”
昆明理工大学“地学与矿业”重点学科基金
“九五”国家科技攻关计划项目（96－914－03－04）
原中国有色金属工业总公司重点区带项目（96－D－42）资助

斑岩金矿床快速定位预测研究

——北衙斑岩型金矿床影像线环结构—构造地球化学快速定位预测

杨世瑜　钟昆明　等著

云南大学出版社

图书在版编目（CIP）数据

斑岩金矿床快速定位预测研究：北衙斑岩型金矿床影象线环结构：构造地球化学快速定位预测/杨世瑜，钟昆明著．—昆明：云南大学出版社，2006

ISBN 7-81112-067-4

Ⅰ．斑…　Ⅱ．①杨…②钟…　Ⅲ．斑岩矿床：金矿床—成矿预测—研究—云南省　Ⅳ．P618.510.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 024433 号

斑岩金矿床快速定位预测研究

杨世瑜　钟昆明　等著

责任编辑：张丽华
责任校对：射　程　朱光辉
封面设计：丁群亚
出版发行：云南大学出版社
社　　址：云南省昆明市翠湖北路 2 号云南大学英华园内（650091）
发行电话：0871—5033244
网　　址：http：//www.ynup.com
E-mail：market@ynup.com
印　　装：云南地质矿产局印刷厂
开　　本：787mm×1092mm　1/16
印　　张：7
字　　数：170 千
版　　次：2006 年 6 月第 1 版
印　　次：2006 年 6 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-81112-067-4/P·17
定　　价：22.00 元

内容提要

北衙成矿区是“三江”地区金沙江—哀牢山喜山期斑岩成矿带中，位于滇西北鹤庆县的富碱斑岩型金多金属矿床，是该成矿带具有良好成矿远景的金矿床。

北衙金矿床源于喜山期壳—幔源富碱斑岩。斑岩呈小岩株、岩墙、岩脉成群成带展布，侵位于三叠系北衙组碳酸盐类地层。北衙—南无山环—环横叠结构为北衙构造—岩浆—矿化单元基本轮廓；近南北向七坪—北衙构造带与近东西向南大坪—桅杆坡构造带为矿区控岩控矿构造的主导构造。构造—斑岩体—矿化同地质事件、同位、“三位一体”，形成斑岩体—脉—裂隙系统，具明显的等级体制对应性和网络结构，其构造结点为斑岩及其矿床定位的部位。侵入接触断裂构造带、脉—裂隙带为矿床最佳定位空间；成矿作用经历斑岩侵位主期、晚期、补期及表生风化期四个阶段，金矿化主期为斑岩侵位补期。

影像线—环结构与构造地球化学异常皆具成带成块网络结构，常同位呈现，能从宏观格局和元素聚集的确切信息提供矿床定位的丰富“隐信息”。以影像线—环结构与构造地球化学方法为基本方法的影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法为斑岩型金矿床快速定位预测最佳方法。喜山期富碱斑岩复式岩体、构造—斑岩—矿化信息“三位一体”同位呈现、特定网络结构构造结点、侵入接触断裂构造带、脉—裂隙带组成斑岩型金矿床定位预测集成标志。应用影像线环结构与构造地球化学异常网络结构可进行斑岩型金多金属矿床快速定位预测。

前　言

金沙江、澜沧江、怒江“三江”构造岩浆矿化带因其复杂有利的成矿地质条件，有较大的潜在的找矿远景，是我国重要的科研和找矿区带。随着“三江”北段的特大型斑岩型玉龙铜矿、大型斑岩型马拉松多铜矿、多霞松多铜矿等一批斑岩型铜矿的发现，滇西北地区的斑岩铜矿找矿问题引起了地质界的普遍关注。同时，在北美、远东和南太平洋诸岛，与长英质碱性岩有关的金矿床的发现，以及我国张家口附近的东坪、后沟和云南北衙、姚安等地与碱性花岗岩有关的金矿床的发现，引起了人们对碱性斑岩型金矿床的重视。20 世纪 80 年代初，涂光炽院士（1982）提出了展布于滇藏地区形成于喜马拉雅期的“哀牢山—金沙江富碱侵入岩带”，对这些富碱斑岩及其相关的斑岩型铜金矿的研究随之逐渐深入。原中国有色金属工业总公司西南地质勘查局地质研究所和中南工业大学地质系于1995 年完成的科研报告《扬子地台西缘富碱斑岩铜多金属矿床成矿条件及找矿前景》，就是较系统涉及滇西北斑岩型铜金多金属矿床的研究成果。该报告认为，富碱斑岩为深部基性超基性岩重熔的产物；斑岩岩浆分异演化程度不高、岩体 SiO_2 偏低、碱性偏高，对形成 Cu、W、Sn 大型矿床不利；成岩成矿物质主要来自上地幔和下地壳，属“A”型花岗岩，富含 Cu、Mo、Pb、Zn、Ag、Au 等特征成矿元素，和 Li、Rb、Cs 等稀土碱金属元素；富碱斑岩主要为喜山期浅成斑岩侵入体；富碱斑岩成矿系列可划分为碱性斑岩有关的 Pb、Zn、Au、Ag 成矿亚系列和与碱钙性斑岩有关的 Cu、Mo、Au 成矿亚系列。此外，昆明理工大学杨世瑜等（1995）较系统研究过滇西北影像线—环构造与铜矿展布关系，吴志亮等（1996）较系统研究过滇西斑岩带大理段铜多金属矿成矿地质条件及找矿标志。

北衙铅锌矿自明朝万历年间就开始采矿，1949 年后用炉渣炼铅。20 世纪 50 年代末初步勘探，确定为中型规模铅锌矿床；80 年代以来，对该区金进行普查评价，肯定了矿床金的工业价值和金与斑岩体的关系。至 90 年代初确认该区中型金矿床，使该区金矿勘查有了突破性的进展，建立了大理北衙金矿。

昆明工学院地质系、西南有色地勘局地研所、中国科学院地质研究所等院校和科研部门都参与过北衙矿区的地质科研工作。昆明工学院赵晓鸥（1985）、甫为民（1985）曾分别研究过矿区氧化带和斑岩。中国科学院谢应雯等（1984）和张玉泉（1987）研究过富碱花岗斑岩，蔡新平等（1991、1994）研究过矿床地质地球化学。

1990 年中国科学院地质研究所三江金矿课题组提出北衙金矿为喜山期斑岩型复合式金矿床，成矿作用与台缘地壳局部拉张环境下的幔源碱性岩浆活动有关；岩浆房顶部分异的碱质热液对斑岩体的钾交代作用为金提供了重要物质来源；中—低温热液蚀变及交代作用，浅成低温热液循环是金矿形成的重要方式；热液角砾岩带、强烈蚀变的斑岩体内的构造破裂带、围岩内的层间滑脱带和陡倾斜断裂带是赋矿的重要场所，岩溶堆积物的热液蚀

变也可形成重要的矿化体。

从1996年至1999年昆明理工大学和西南有色地质勘查局进行了“九五”国家科技攻关计划项目《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究（北衙)》（96— 914— 03— 04— 03)、中国有色金属工业总公司重点区带项目《宾川—永胜地区斑岩铜金多金属矿成矿环境及靶区优选》（96—D— 42）科研项目的研究。《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究（北衙)》项目系“九五”国家科技攻关计划项目96— 914项目《紧缺矿产资源快速勘查的新技术、新方法研究》中，《重要类型金矿床（体）快速定位预测的综合示范研究》专题的子专题。旨在研究北衙碱性斑岩型金矿床成矿地质条件、矿床系列、成矿动力学（矿田构造地球化学、成矿构造应力场）的基础上，建立矿床三维综合模型，提出一套预测隐伏矿床（体）的有效方法，提供扩大北衙金矿储量、寻找隐伏矿体的靶区和靶位。北衙子专题由昆明理工大学承担，西南有色地质勘查局参加；由昆明理工大学孙家骢、杨世瑜（孙家骢1997年11月病逝后由杨世瑜负责)、西南有色地质勘查局朱智华负责；主要研究人员有昆明理工大学杨世瑜、钟昆明、何明勤、陈昌勇、马德云、王瑞雪，西南有色地质勘查局王树海；马更生、杨高伟、王列等参加了野外工作；朱智华、罗荣生、林永才、晏祥云对项目的实施作了协调指导。孙家骢教授为科研项目的立项论证以及研究思路、学术观点、研究方法的确立倾注了大量心血，组织了以博士研究生为主体的专题组，为子专题的进展和完成奠定了坚实基础。在大量实际工作（表1）的基础上完成，科研项目突出了以斑岩型金矿三维综合模型、构造地球化学、构造应力场（成矿动力学研究）及矿床遥感地质方法为特色，形成了以遥感影像—地质、影像线环结构与构造地球化学为主要方法的矿床快速定位预测方法，达到了预期的科研效果。科研项目总结报告由杨世瑜和钟昆明编写。

表1 《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究（北衙)》研究主要实物工作量

完成项目	单位	北衙	外围	合计
野外地质工作	月·人	13.5	11.5	25
1:50 000构造地球化学填图	km^2	121.25	30	151.25
1:10 000构造地球化学填图	km^2	4	3	7
采集构造地球化学样品	件	222	217	439
采集岩矿样品	件	259	156	415
采集应力测试大样	件	2	2	4
构造地球化学样品分析	件	139	116	255
构造地球化学样品外检分析	件	11		11
岩石化学金分析	件	5	8	13
岩矿石微量及稀土分析	件	7	48	55
单矿物微量及稀土分析	件	13		13

续　表

完 成 项 目	单位	北衙	外围	合计
有机碳分析	件		22	22
C 同位素测定	件		1	1
H、O 同位素测定	件		6	6
S 同位素测定	件		14	14
Pb 同位素测定	件		15	15
应力测试	件	2		2
包裹体成分测试	件		6	6
包裹体温、盐测试	件		11	11
光薄片镜下鉴定	片	158	80	238
定向薄片镜下鉴定	片	9	9	18
有机质光薄片镜下鉴定	片		6	6
丽江—大理地区1:50 000 TM 图像解译	km^2			72 000
遥感图像数字图像处理	km^2	800	1 600	2 400
北衙矿区航片解译	km^2	300		300

科研成果获得了一些北衙斑岩型金矿床的新认识：

1. 北衙—南无山环—环横叠结构为北衙构造—岩浆—矿化单元基本轮廓，近东西向南大坪—桅杆坡构造带和近南北向七坪—北衙构造带为矿区控岩控矿构造的主导构造，下第三纪始新世为北衙金多金属矿床的主成矿期，缓倾斜断裂构造具控矿作用。

2. 喜山早期的北衙富碱斑岩系列为北衙矿床的成矿岩体，北衙富碱斑岩矿床系列由碱性斑岩亚系列、隐爆角砾岩亚系列、煌斑岩亚系列、风化壳矿床亚系列组成。

3. 构造—斑岩体—矿化“三位一体”。斑岩及矿化由构造定位。构造、斑岩矿化在时间上属于同一地质事件，空间上同位，共同组成斑岩体—脉—裂隙系统。构造、斑岩、矿化具明显的等级体制和网络结构，网络结构的构造结点为斑岩及矿床定位部位。侵入接触断裂构造带、脉—裂隙带为金矿床最佳定位部位。

4. 成矿物质为壳—幔源。经历斑岩侵位主期、斑岩侵位晚期、斑岩侵位补期及表生风化期4 个阶段，早期为矽卡岩型 Pb、Zn 矿化主期，晚期为硫化物主期、金矿化期，补期为气液流体活动主期、金矿化主期，表生风化期为金的次生富集期。

5. 影像线—环结构与构造地球化学异常皆具有成组、成带、成块展布的特点，形成网络结构，与构造—岩浆—矿化网络结构特点相似。多元素构造地球化学异常多同位出现。

6. 影像线—环结构—构造地球化学综合成矿预测方法，是斑岩型金矿床快速定位预测的有效方法。影像线—环结构揭示了网络图形的宏观信息，构造地球化学敏锐地揭示了

成岩成矿作用元素迁移和集聚的信息，二者结合能提供可用于矿床定位预测的丰富的“隐信息”。

7. 喜山期富碱斑岩复式岩体、构造—斑岩—矿化信息同现（矿化信息包括影像线—环结构异常、构造地球化学异常、物化探异常等）、特定网络结构的构造结点、近主岩体的侵入接触断裂构造带、脉—裂隙带等，组成斑岩型金矿床快速定位预测综合标志。

8. 富碱斑岩型金矿床构造—斑岩—矿化“三位一体”的矿床模式、影像线环结构—构造地球化学综合成矿预测方法、斑岩型矿床定位综合标志，组合成富碱斑岩型金矿床成矿远景预测准则（理论—方法—标志准则）。

9. 提出红泥塘、万硐山、笔架山、南大坪四个找矿靶区，金沟坝、马头湾、七坪—芹菜塘、小水井—团树村四个成矿远景区。

在《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究（北衙）》科研成果的基础上撰写的本书，理论上根据北衙碱性斑岩型金多金属矿床的成矿地质环境、矿床特征，着重研究了富碱斑岩型金矿床的三维综合模型——构造—斑岩—矿床三位一体，斑岩体—脉—裂隙系统的同时空结构。方法上探索了适用于该特定条件下，以影像线—环结构与构造地球化学为基本方法的矿床快速定位的影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法。并用此方法选择矿床定位最佳地段，进行了成矿预测。

关于矿床定位与影像线—环结构关系、关于矿床构造地球化学的研究在一些矿床（如铜矿床、锡矿床、金矿床），一些地区（如云南省易门地区、陕西勉县—略阳地区）都作过一些研究（杨世瑜，1991、1995；孙家骢，1995、1997）。但是系统的深入的研究遥感影像—地质与构造地球化学相融会，形成影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法，《斑岩金矿床快速定位预测研究》尚属首次。

对于像北衙这类构造—岩浆—矿床三位一体构造控岩控矿的斑岩型矿床，影像线—环结构能提供矿床定位的宏观信息，构造地球化学能提供矿床定位的客观信息。以它们为主形成的矿床定位网络结构信息是一种特殊的矿床定位“隐信息”。在地质工作条件较差（如覆盖、地形），成矿地质条件的观察标志不甚明显的条件下，隐信息更能发挥矿床快速定位预测的特殊作用。随着遥感数字图像处理技术的完善，成岩成矿元素测试分析精度的提高，矿床定位隐信息将更为丰富、更为可信；地理信息系统、空间定位技术系统与遥感技术系统的“3S”集成方法系统的发展，将更能快速准确地提取矿床定位的隐信息进行成矿预测。矿床定位网络结构信息——隐信息的基本理论和方法也为“3S”集成方法系统在矿床定位预测中的应用提供了依据，并开阔了思路。遥感技术优势及构造地球化学方法优势的结合，无疑是一种矿床定位预测快速经济易行的成矿预测方法。

本书着重进行影像线环结构—构造地球化学方法这一特色方法的探索，形成了这一方法用于矿床定位预测的理论、思路及具体的应用准则、方法等方法系统。一些相关问题还需进一步探索完善发展，如：网络结构矿床定位隐信息的定量化（数据化）评价；遥感信息、构造地球化学信息的“二次开发”；借助于地理信息系统、空间定位系统的影像线—环结构信息、构造地球化学信息为基本信息，成矿地质条件信息，矿化信息（含物化探信息）的数据化综合地学信息评价。这些研究，将完善并促进影像线环结构—构造地球化学集成矿床快速定位成矿预测方法的发展。

孙家骢教授生前在构造地球化学找矿方面进行了有益的探索。在《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究（北衙)》科研成果作为学术论著出版之际，我们深切怀念孙家骢教授的辛勤教诲，该学术论著的面世，也是对孙家骢教授的纪念。

杨世瑜

2004 年 12 月 24 日

目　录

第一章　北衙成矿区区域成矿地质背景 …… (1)
一、大地构造背景 …… (1)
二、区域地层概况 …… (1)
三、区域构造特征 …… (3)
（一）区域地质构造 …… (3)
（二）区域遥感影像线—环结构 …… (3)
（三）区域地球物理场 …… (4)
四、区域岩浆岩概况（金沙江—哀牢山富碱斑岩带） …… (4)
五、丽江—大理地区喜山期富碱斑岩型金多金属矿床 …… (8)
（一）富碱斑岩成矿系列 …… (8)
（二）丽江—大理地区喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床成矿区划 …… (10)
六、喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床展布规律 …… (11)

第二章　北衙金矿床地质特征及成矿模式 …… (14)
一、北衙金矿床成矿地质条件 …… (14)
（一）金矿床含矿岩系 …… (14)
（二）北衙矿区成矿构造 …… (16)
（三）北衙矿区成矿岩浆岩 …… (21)
（四）岩体蚀变及围岩蚀变 …… (21)
二、北衙矿区碱性斑岩岩石系列 …… (23)
（一）富碱斑岩岩石学特征 …… (23)
（二）富碱斑岩主成分特征 …… (23)
（三）煌斑岩特征 …… (27)
（四）隐爆角砾岩特征 …… (27)
三、北衙矿区碱性斑岩矿床系列 …… (27)
（一）矿床地质特征 …… (27)
（二）北衙富碱斑岩矿床系列 …… (31)
（三）北衙矿区成矿单元 …… (31)
四、金矿展布规律及成因讨论 …… (32)
（一）矿床空间展布定位特征 …… (32)
（二）金的赋存状态及金的富集体 …… (35)
（三）构造地球化学特征 …… (37)
（四）稀土元素特征 …… (38)
（五）铅同位素特征 …… (39)

（六）包裹体特征 …… （41）
（七）成矿机制与矿床成因讨论 …… （42）
五、北衙金矿床三维综合模型 …… （43）
六、北衙金矿床和国内外典型斑岩型矿床的简要对比 …… （43）

第三章 影像线—环结构和构造地球化学研究 …… （51）
一、北衙矿区影像线—环结构 …… （51）
（一）构造结点与网络结构 …… （51）
（二）影像网络结构与矿床空间定位 …… （52）
（三）北衙成矿区影像线—环网络结构矿化信息 …… （52）
二、北衙矿区构造地球化学 …… （58）
（一）构造地球化学数据的获取及处理 …… （59）
（二）构造地球化学成岩成矿元素组合 …… （60）
（三）构造地球化学特征指数 …… （65）
（四）构造地球化学成岩成矿信息 …… （66）
三、影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法 …… （78）
（一）影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法的主要特点 …… （80）
（二）影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法 …… （80）

第四章 矿床快速定位预测标志 …… （82）
一、成矿构造环境标志 …… （82）
二、成矿岩浆岩标志 …… （82）
三、含矿岩系标志 …… （82）
四、矿床定位影像线—环结构标志 …… （83）
五、矿床定位构造地球化学标志 …… （83）
六、矿床定位物化探异常标志 …… （83）
七、碱性斑岩型金多金属矿床快速定位预测集成标志 …… （84）

第五章 成矿远景预测 …… （85）
一、成矿远景区预测准则 …… （85）
二、北衙成矿区矿床成矿远景预测 …… （85）
（一）找矿靶区优选 …… （85）
（二）成矿远景预测 …… （89）

参考文献 …… （91）

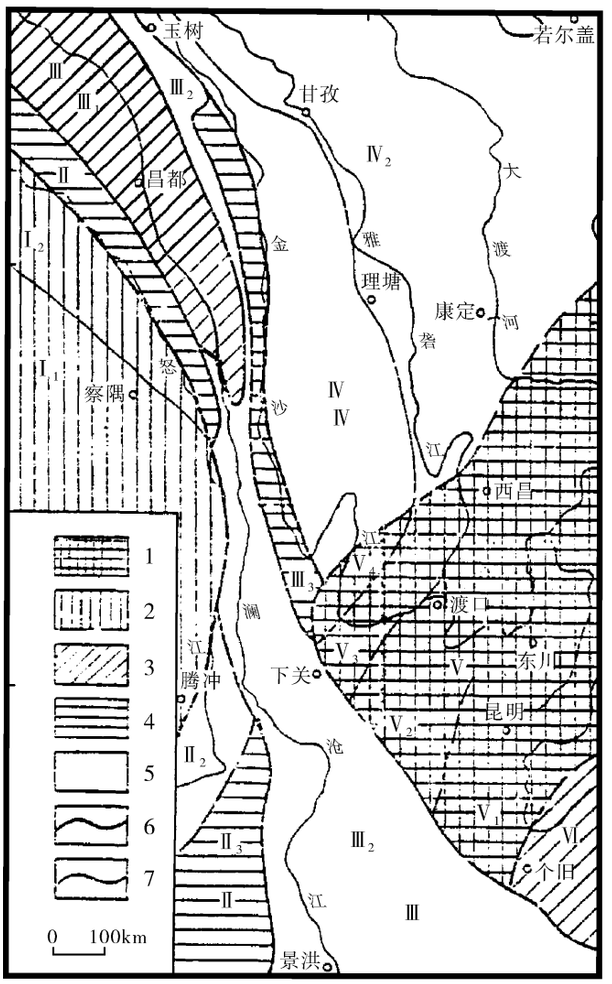
后 记 …… （97）

第一章　北衙成矿区区域成矿地质背景

北衙金矿床位于滇西北大理州鹤庆县北衙乡，距鹤庆县城约35km，距大理市96km。大理—丽江公路、邓川—鹤庆公路通过矿区，水电充足，已建成生产矿山。

一、大地构造背景

北衙成矿区位于扬子准地台西缘，西侧紧邻三江褶皱系，其北还有巴颜喀拉秦岭褶皱系，印度板块和扬子板块在此接壤，为多个大地构造单元交接部位（图Ⅰ1）。自晚元古代以来，古特提斯洋向北塔里木地块的正向挤压，和向东部扬子准地台西缘古岛弧带的侧向俯冲，使本区发生长时间、多阶段、复杂的多旋回地质构造，产生了密集的断裂构造—岩浆带，形成了本区的基础构造。燕山—喜马拉雅期，印度板块向北东推移、挤压、俯冲，并与扬子板块碰撞，使基础断裂褶皱构造进一步发展并复杂化，沿断裂带出现大量的拉张盆地及岩浆活动，早更新世末至全新世的构造活动形成了现今构造格局（图Ⅰ2）。



图Ⅰ1　滇西北及其邻近地区大地构造略图

（中华人民共和国地质矿产部，1987）

1. 扬子准地台；2. 早加里东褶皱带；3. 晚加里东褶皱带；4. 华力西褶皱带；5. 印支褶皱带；6. 一级构造分区界线；7. 二级构造分区界线。

Ⅰ. 波密—腾冲褶皱带：$Ⅰ_1$ 察隅褶皱带，$Ⅰ_2$ 然乌褶皱带；Ⅱ. 左贡耿马褶皱系：$Ⅱ_1$ 左贡褶皱带，$Ⅱ_2$ 保山褶皱带，$Ⅱ_3$ 西盟褶皱带；Ⅲ. 三江褶皱带：$Ⅲ_1$ 昌都—囊谦褶皱带，$Ⅲ_2$ 江达—普洱褶皱带（兰坪—思茅坳陷属于其中的一个次级构造单元），$Ⅲ_3$ 金沙江褶皱带；Ⅳ. 松潘—甘孜褶皱带：$Ⅳ_1$ 玉树—义敦褶皱带，$Ⅳ_2$ 雅江褶皱带；Ⅴ. 扬子准地台：$Ⅴ_1$ 康滇地轴，$Ⅴ_2$ 滇中台坳地轴，$Ⅴ_3$～$Ⅴ_4$ 盐源—丽江台褶皱带及过渡带。虚线图框为工作区范围。

二、区域地层概况

下元古界为扬子准地台西缘的结晶基底岩系。

古生界以滨海、浅海相碳酸盐岩、细碎屑岩、火山岩为主。其中二叠系海相、海陆交互相基性火山岩建造广泛发育。

中生代以河湖相碎屑岩、碳酸盐为主，局部夹中酸性火山岩。

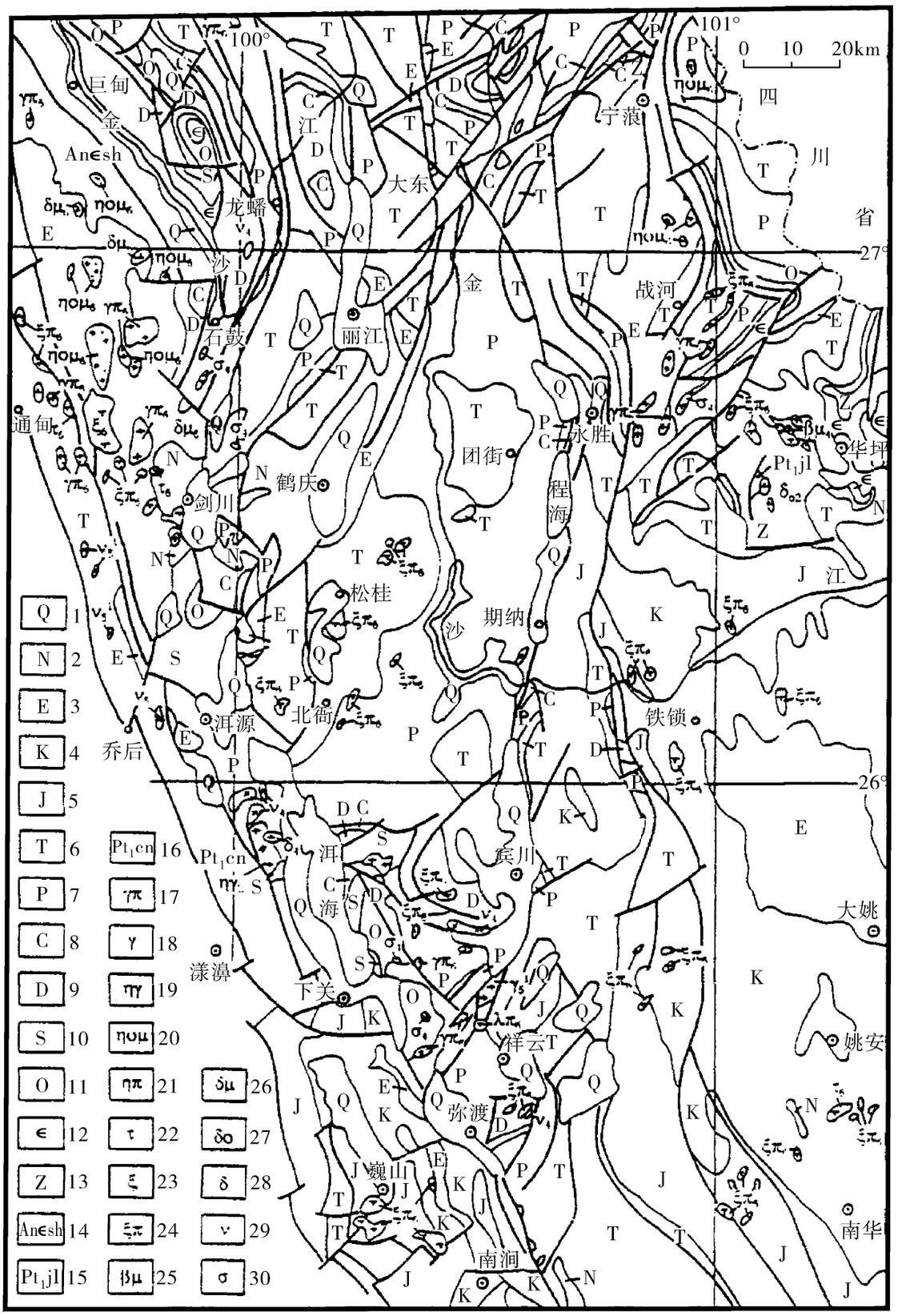


图 I 2　丽江 — 大理地区区域地质图

1. 第四系；2. 新第三系；3. 老第三系；4. 白垩系；5. 侏罗系；6. 三叠系；7. 二叠系；8. 石炭系；9. 泥盆系；10. 志留系；11. 奥陶系；12. 寒武系；13. 震旦系；14. 石鼓群；15. 苴林群；16. 苍山群；17. 花岗斑岩；18. 花岗岩；19. 二长花岗斑岩；20. 石英二长斑岩；21. 二长斑岩；22. 粗面岩；23. 正长岩；24. 正长斑岩；25. 辉绿岩、辉绿玢岩；26. 闪长玢岩；27. 石英闪长岩；28. 闪长岩；29. 辉长岩；30. 超基性岩。

新生界主要是河湖相、沼泽相碎屑岩建造，夹膏盐、角砾灰岩，局部有火山岩及冰川堆积。

三、区域构造特征

（一）区域地质构造

1. 区域线状弧形断裂带

北衙矿区邻近的滇西北地区是近南北向的怒江断裂带、澜沧江断裂带、金沙江—红河断裂带、程海断裂等深断裂群平列发育，伴有北东向的小金河—丽江断裂带、北西向的维西—巍山断裂带，构成了以近南北向深断裂为主体的规模宏大的线状弧形断裂带。其中金沙江断裂带为超岩石圈断裂，其他断裂为岩石圈断裂和壳断裂。这些断裂带的发生和发展制约该区的地质构造、岩浆及矿化作用。

金沙江—红河断裂带在区内呈反“S”形弧形展布，于北衙成矿区西侧通过，对北衙邻近地区影响最大。该断裂经历了复杂的发展过程。沿断裂带附近发育有蛇绿岩套或混杂岩。大体在南涧附近可分为南北两段，北段（金沙江断裂）华力西期俯冲明显，印支期逆冲推覆，喜山期平移剪切或走滑运动；南段（红河断裂）印支期左行走滑，喜山期右行走滑位移。

北衙成矿区东侧的程海断裂带，形成于加里东期之前，经历了压、张、扭多期活动。喜山早期自西向东逆冲兼右行走滑，挽近期显左行走滑伴张扭活动。

北衙成矿区北部的小金河—丽江断裂带于早古生代形成，华力西晚期强烈活动，古生代至三叠纪张性活动，形成扬子板块西缘由南向北逐级下降的地堑式增生带。喜山期逆冲—推覆，成为巨大的北东向木里推覆带的组成部分。

2. 拉分裂陷盆地

北衙成矿区邻近的丽江、大理一带，由于金沙江—红河断裂带、程海断裂带、小金河—丽江断裂带喜山期的走滑位移联合作用，在该区喜山期断裂构造活动带形成了一系列南北向地堑系及其间地垒，组成盆岭式拉分裂陷盆地。

3. 推覆构造

喜山期在裂陷边缘，有时形成推覆构造，表现为逆掩断层、飞来峰、构造窗。

4. 褶皱构造

伴随断裂构造常形成有褶皱构造，北衙附近喜山期褶皱构造以南北向褶皱为主。

（二）区域遥感影像线—环结构

遥感图像是地壳表面地质景观的缩影，地质作用和地质现象的关联性决定了地质景观的规律性。遥感图像中的线性体和环形体空间组合排列形式，以其对应地物的空间关系规律性而显示一定的线—环组合特征；地质构造特定的组合形式决定了遥感图像中的线性体和环形体的展布亦有特定的组合形式。遥感图像中代表一定的地质意义或具成因意义的线—环组合形式称之为影像线—环结构。与此相联系的是遥感影像中能标志一定地质构造单元的影像—地质单元和与地质事件、成岩成矿作用相关联、具成生联系的规律性组合的影像线—环等级体制。影像线—环结构、影像地质单元、影像线—环等级体制均具有影像特

征和地质特征的双重含意（杨世瑜，1995、1997）。

1. 线性构造和环形构造

滇西北区域性线性构造发育，且多规模宏大、延伸稳定、成组成带发育，尤其以近南北向线性构造为突出，次为北北西向线性构造，北东向及东西向线性构造相对较为隐晦模糊。线性构造显示明显的方向性、较强的间隔性和等级性（图Ⅰ3）。

区域性环形构造多由环形体组成环群出现。多数环群呈一定方向性延伸之环带（图Ⅰ4）。

2. 线性构造和环形构造组合特征

区域线性构造和环形构造组合关系，主要有：①线—线交切结构。近南北向与东西向线性构造交切呈格状交叠结构，近北东向与北西向线性构造交切呈菱形交切结构，方位相差较小的线性构造交切限制或归并呈斜接式交切结构；②线—环交切结构。环形构造之部分弧形线与线性构造呈切线状交切之线—环切接结构，环群伴之线性构造呈群带状延伸之线—环带状结构，线性构造与环形构造明显交叠之线—环交叠结构；③环—环交切结构。规模大体相等之环体呈切接状之环—环切接结构，环体交叠产出之环—环交叠结构。

3. 滇西北线—环构造格局

以线—环组合关系为主，结合该区的地质特征，可将滇西北线—环构造格局划分为六大线—环构造体系：①滇西北南北向线—环构造系，它显示了该区影响深度大、发展时间长、地质作用复杂宏大的南北向地质构造带，而且是喜山期以来强烈活动的构造带；②德钦—大理北北西向线—环构造系；③宁蒗—宾川透镜状环形构造；④里农—格咱北西向环形构造系；⑤丽江—宁蒗北东向构造系；⑥兰坪—鹤庆—华坪东西向线性构造系。

4. 滇西北丽江大理地区线—环异常特征

应用线性体、环形体等作遥感信息变量数值化研究丽江—大理地区的遥感信息，其线—环等值线图显示线—环异常有明显的展布规律：①线—环构造具明显的方向性、成带性、等距性、发育不均衡性；②线—环构造异常具明显等级体制；③线—环构造异常具一定的组合形式——菱形网络结构和格状网络结构，具构造结点异常。

（三）区域地球物理场

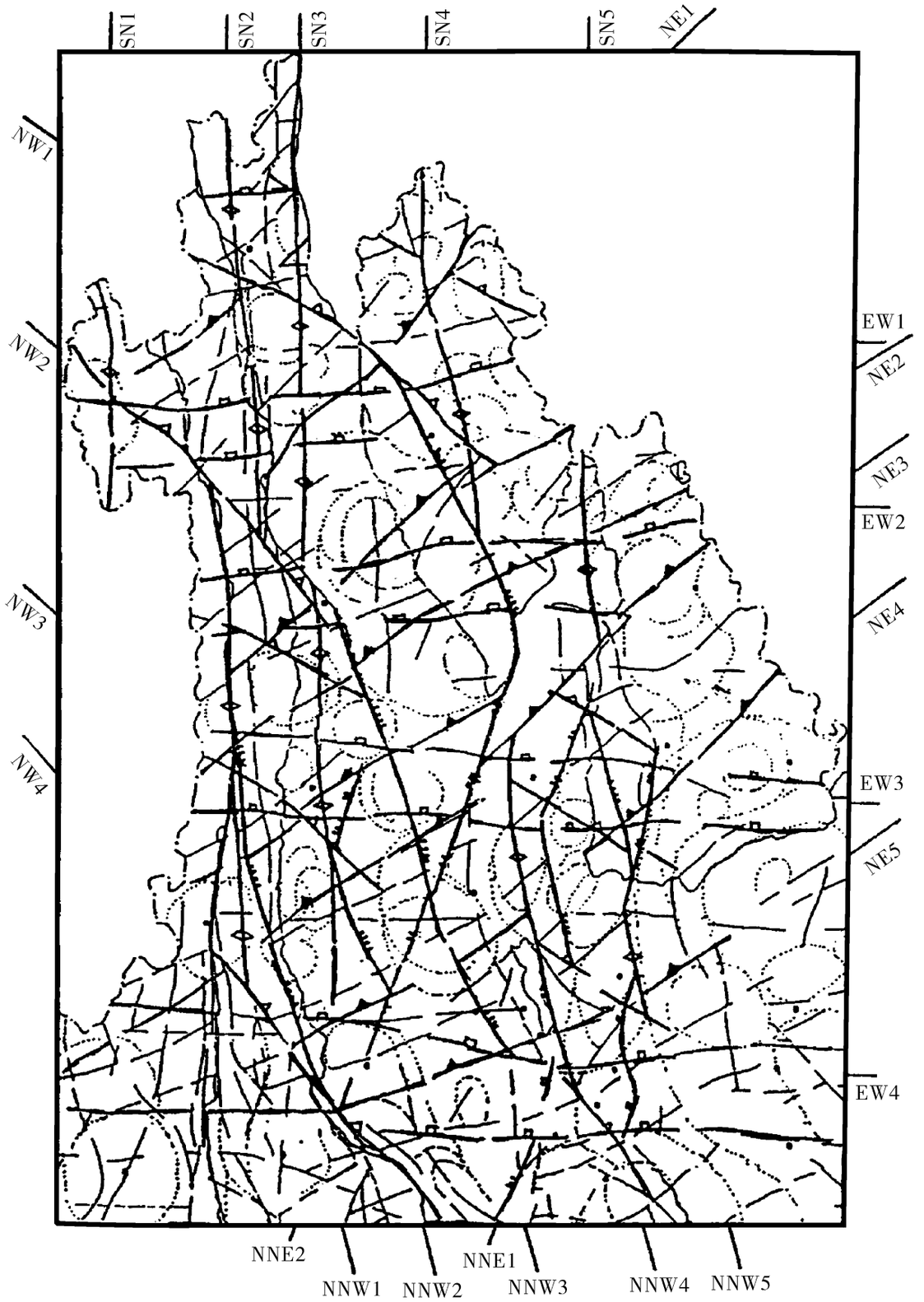
滇西北地区布格重力异常总的趋势是异常值由南东向北西方向渐低，变化梯度大，梯度带呈北北西或北东向展布。剩余重力异常跳跃性变化，总体上呈现北西向、南北向和东西向排布（图Ⅰ5、Ⅰ6）。

滇西北地区航磁异常总体上为正磁场，异常变化大，呈现南北向及东西向展布。

四、区域岩浆岩概况（金沙江—哀牢山富碱斑岩带）

滇西北地区在长期的地质发展过程中，岩浆活动强烈，形成了各种类型岩浆岩。其中以晚古生代（海西期）基性岩浆喷溢活动最为强烈，此外，喜山期富碱岩浆的浅成—超浅成侵入活动较为广泛发育，并形成了具铜金多金属矿化的区域性金沙江—哀牢山富碱斑岩带。

金沙江—哀牢山富碱斑岩带长达2 000km，宽 50km ~ 80km。北起唐古拉山经玉树、



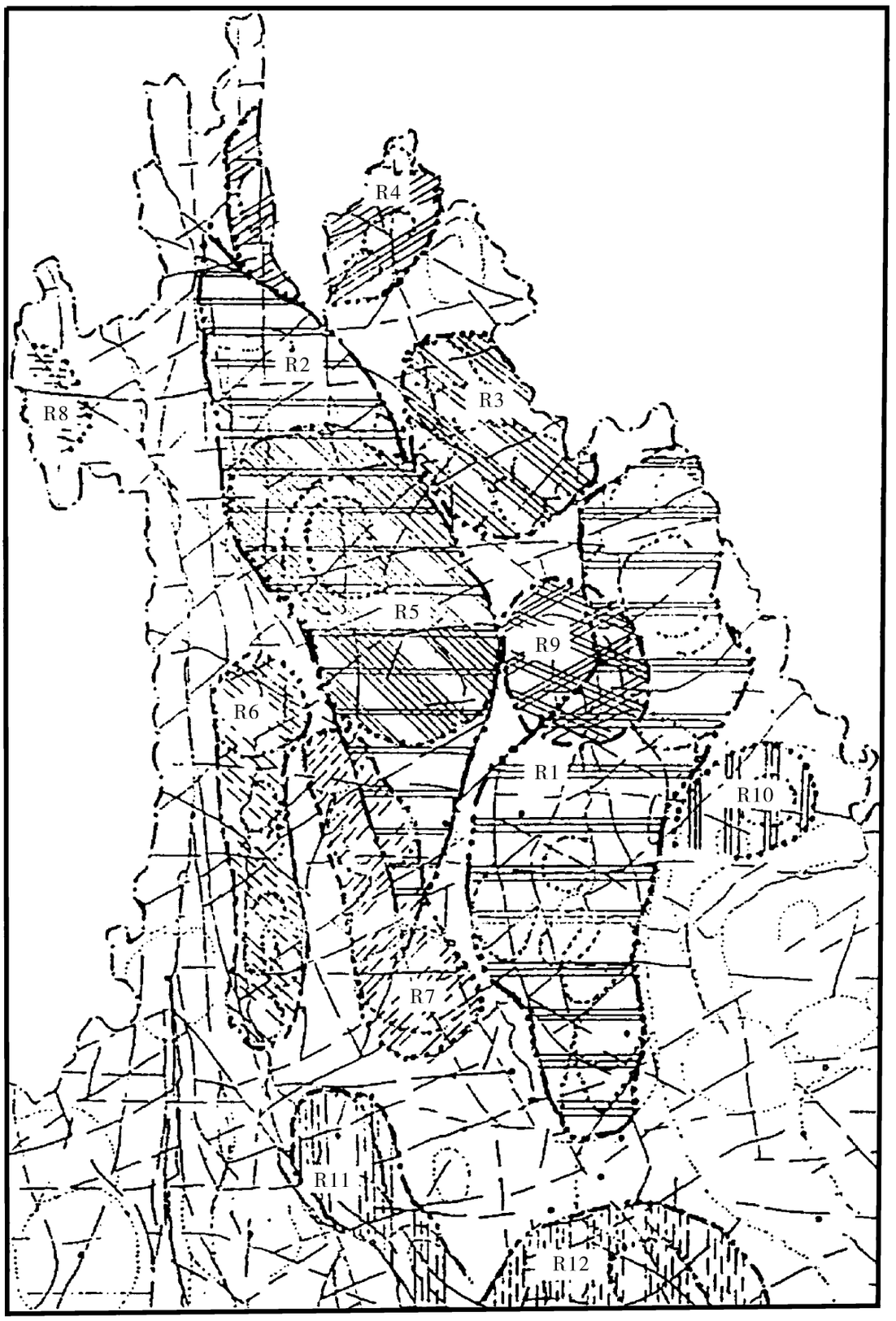
南北向线性构造带
北西向线性构造带
北东向线性构造带
北北西向线性构造带
北北东向线性构造带
东西向线性构造带

SN1 兰坪—云龙带　SN2 格咱—龙蟠带　SN3 奉科—永胜—宾川带　NW1 丽江—永胜带　NW2 鹤庆—鲁地拉带　NW3 洱源—宾居带　NW4 弥渡—南涧带

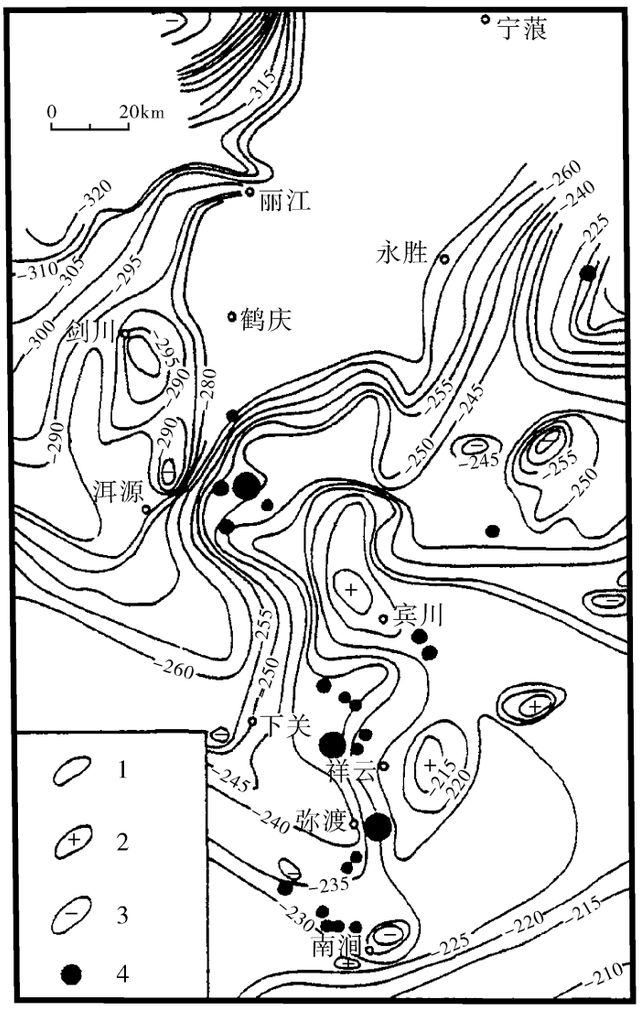
NE1 巨甸—泸沽湖带　NE2 丽江—宁蒗带　NE3 团结—多美带　NE4 凤仪—仁里带　NE5 南涧—六苴带　NNW1 乔后—马登带　NNW2 中甸—鹤庆带

NNW3 增明—松坪带　NNE1 清水—凤仪带　NNE2 团结—金河带　EW1 巨甸—宁蒗带　EW2 华坪—鹤庆带　EW3 洱源—仁里带　EW4 永平—弥渡带

图 I 3　滇西北地区主要线性构造图（杨世瑜，1999）

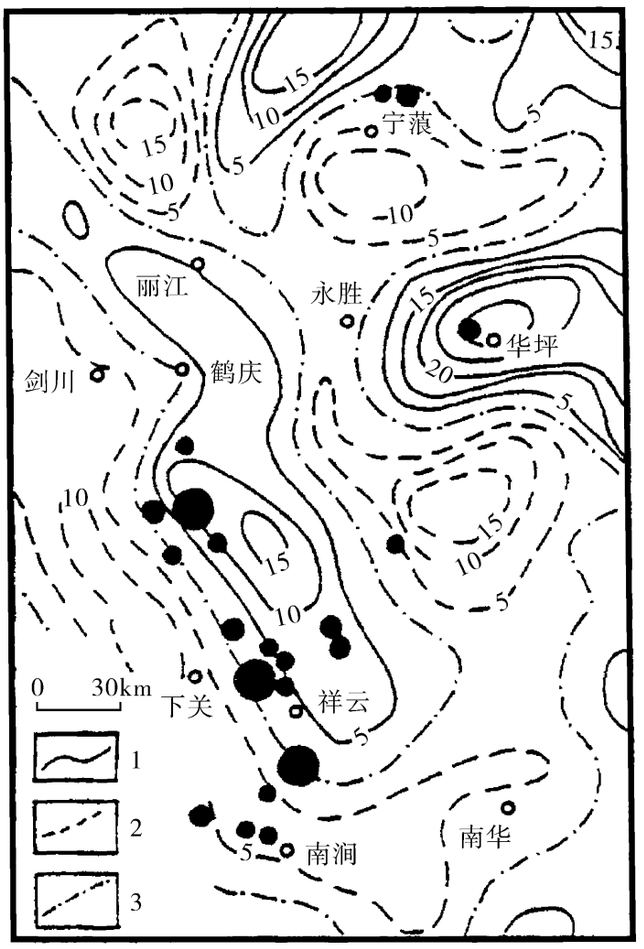


图Ⅰ4　滇西北地区主要环形构造图（杨世瑜，1999）



图Ⅰ5　丽江—大理地区布格重力异常图
（据参考文献 73）

1. 布格重力异常等值线；2. 重力高；
3. 重力低（单位：mGal）；4. 矿床（点）。



图Ⅰ6　丽江—大理地区剩余重力异常图
（据参考文献 73）

1. 正等值线；2. 负等值线；
3. 零值线（单位：mGal）；● 矿床（点）。

巴塘芒康，向南在滇西北（北段）呈南北向沿金沙江邻近分布，至南涧以南（南段）呈北西向沿哀牢山分布。富碱斑岩带的岩类，包括碱性岩类和碱性花岗岩类。

碱性岩类有：辉石正长岩、闪辉正长岩、云闪正长岩、英碱正长岩、霞石正长岩、正长岩、正长斑岩、石英正长斑岩、花岗正长斑岩。碱性花岗岩有：钾长花岗岩、碱长花岗岩、石英碱长斑岩、碱闪花岗岩。岩体主要呈岩株、岩筒状，次为岩脉、岩瘤，个别呈岩基状。岩体侵位时间除少数为燕山晚期外，绝大多数为喜马拉雅期，同位素年龄多为30Ma～50Ma，碱性花岗岩类侵位稍早（40Ma～50Ma），而碱性岩类侵位稍晚（30Ma 左右）。

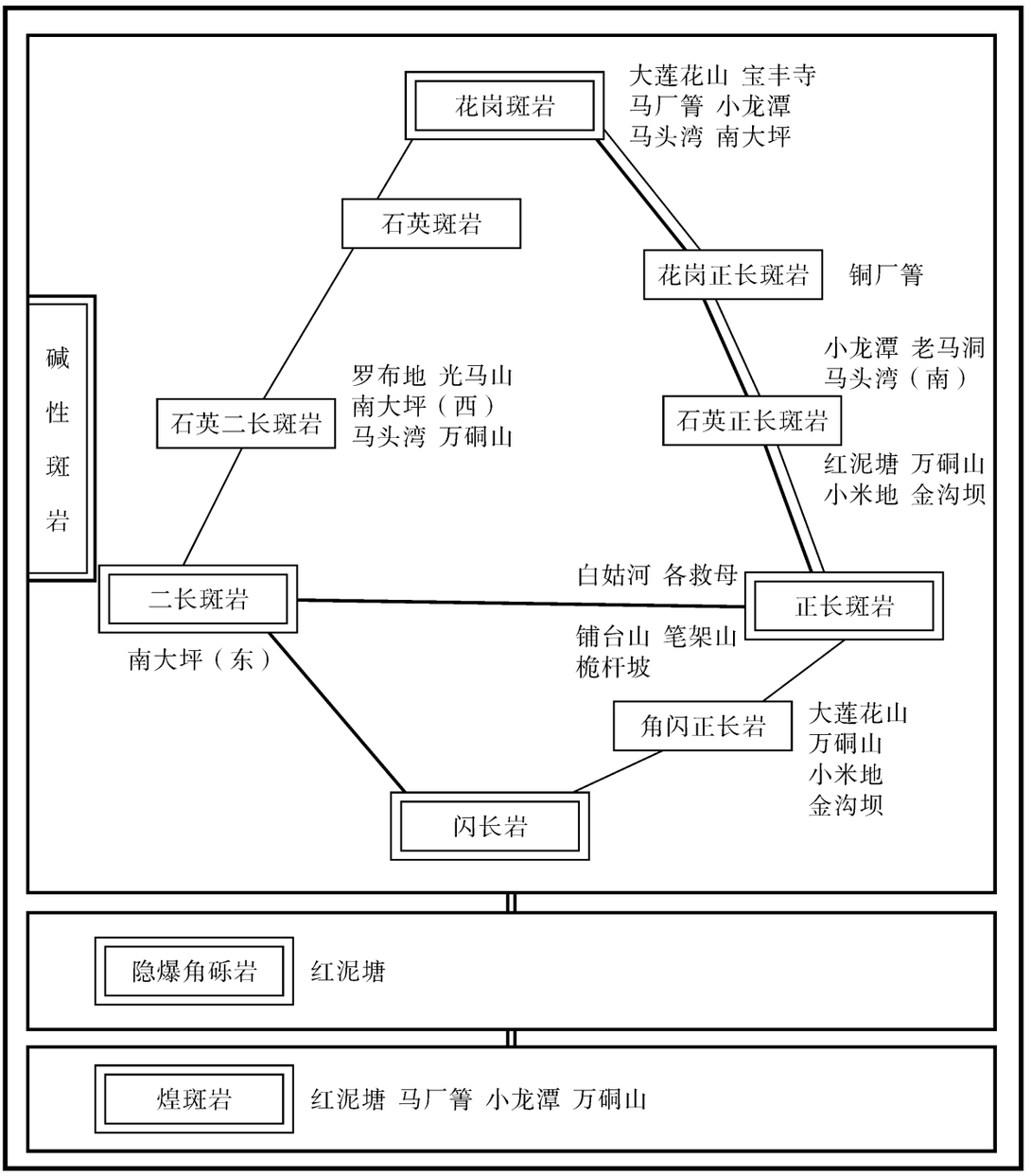
滇西北地区富碱斑岩依其成群成带集中分布的特点可划分为两段五个岩带：

北段（德钦—中甸段），德钦—中甸岩带包括里农岩群和格咱岩群。

南段（丽江—大理段），可分为宁蒗—永胜岩带（包括宁蒗岩群、永胜岩群、华坪岩群）、剑川—维西岩带、鹤庆—宾川岩带（包括北衙—灵地村岩群、马厂箐—小龙潭岩群）、巍山—南涧岩带。

此外，丽江—大理段东侧分布有喜山期大姚—姚安斑岩带。

丽江—大理段喜山期碱性斑岩成矿岩石系列主要为正长斑岩与花岗斑岩、二长斑岩及其过渡类型（图Ⅰ7）。



图Ⅰ7 丽江—大理地区喜山期碱性斑岩成矿岩石系列

（地名为该类岩体的主要代表岩体）

五、丽江—大理地区喜山期富碱斑岩型金多金属矿床

（一）富碱斑岩成矿系列

滇西北地区由于处于长期活动的地质构造岩浆带，因此成矿时代、矿化类型、成矿作用都十分复杂，有与沉积—成岩作用有关的成矿系列，有与岩浆活动有关的成矿系列。北衙成矿区所在的丽江—大理地区重要的成矿作用及矿床类型有二：一是与二叠系基性岩浆

喷溢活动有关、产于峨眉山玄武岩系及上覆的黑泥哨组地层的“丽江式”铜（金）成矿系列；二是与喜山期富碱斑岩有关的斑岩型铜金成矿系列。

与金沙江—哀牢山富碱斑岩带相伴，喜山期金沙江—哀牢山斑岩铜金多金属矿带是区内重要的成矿带和重要的矿床类型。它始于印支—燕山期，强化于喜山期的板块拼接带，为多期次深断裂控制的构造—岩浆—成矿带。

丽江—大理地区喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床成矿系列，按矿床产出的空间部位（产状）及矿化类型划分为内接触带（浸染型）、接触带（矽卡岩角岩型）、外接触带（热液型）三个斑岩型成矿亚系列：

①内接触带　浸染型矿化亚系列

W　Mo　组合　马厂箐式

Cu　Mo　Au　组合　马头湾式（罗布地式）

②接触带　矽卡岩角岩型矿化系列

Cu　Mo　Au　组合　马厂箐式（罗布地式）

Cu　Pb　Zn　Fe（Au）　组合　北衙式

Pb　Zn　Au　组合　北衙式

Pb　Zn　组合　北衙式

③外接触带　热液型矿化亚系列

Pb　Zn　Au　组合　北衙式

Pb　Zn　组合　黄矿厂式

Cu　Pb　Zn　组合　雄鲁摩式

Au　组合　金厂箐式

Pb　组合　三家村式

Cu　组合　铜厂箐式

按成矿主岩石类型及矿化类型可把该区富碱斑岩成矿系列划分为碱钙质中酸性斑岩Pb、Zn、Au（Fe）成矿亚系列（北衙式），钙碱质中酸性斑岩Cu、Mo、Au（Fe、W）亚系列（马厂箐式），钙碱质中酸性斑岩Cu、Mo、Au（Pb、Zn）亚系列（罗布地式）（表Ⅰ1）。

表Ⅰ1　丽江—大理地区典型斑岩矿床特征对比

	北衙铅锌金矿床	马厂箐铜钼（金）矿床	罗布地斑岩铜矿床
构造环境	扬子地台西缘盐源—丽江台缘坳陷南端，NW向红河深断裂和南北向程海深断裂附近，为一古生代和三叠纪沉降带，陆内深断裂旁侧的新生代裂陷区	扬子地台西缘盐源—丽江台缘坳陷（褶皱）带，NW向红河深大断裂与近南北向程海深断裂交接部位，为一新生代裂陷区	扬子地台西缘盐源—丽江台缘坳陷（褶皱）带与松潘—甘孜褶皱系的结合部位
遥感影像特征	环环横叠结构，东西向构造与近南北向、NE向构造交接	NE向线环构造带，不同方向线性构造发育	近南北向、NE向、NW向和东西向线性构造与环形构造发育

续 表

	北衙铅锌金矿床	马厂箐铜钼（金）矿床	罗布地斑岩铜矿床
构造	松桂复向斜南端，断裂构造主要为NNE、NNW及近东西向，矿区为一近南北向向斜构造	向阳复背斜倾没端与宾川大断裂交切复合形成的次级东西向倒转褶皱部位，矿区位于NW向两组构造交汇处，九顶山背斜南翼	位于罗布地—三岔河帚状构造带，南北向包都—波罗断裂带内弧次级断裂带与其他多方向构造的复合系统中
岩浆岩	以石英正长斑岩为主，其次有黑云母（石英）正长斑岩、煌斑岩、隐爆角砾岩，呈岩床、岩脉、岩墙、岩株状，约0.4km^2，属碱钙质铝过饱和系列或正常系列中酸性岩，同位素年龄27.3Ma～48Ma	以花岗斑岩为主，次为石英二长斑岩、石英正长斑岩及辉绿岩、煌斑岩，成矿主岩体为斑状二长花岗岩、花岗斑岩，属铝过饱和系列钙碱质岩，呈蘑菇状陡倾小岩株，平面为NE向椭圆形，面积1.36km^2，同位素年龄31Ma～48Ma	以石英二长斑岩、二长斑岩为主，次为正长斑岩、霏细斑岩、石英二长闪长斑岩，多为小岩株、岩枝、岩脉、岩墙等，总面积小于1km^2，属铝过饱和系列钙碱质中酸性岩，Rb—Sr年龄52Ma
地层	中三叠统北衙组灰岩、第三系上始新统丽江组角砾灰岩，下三叠统松桂组砂页岩	下奥陶统向阳组粉砂岩、砂质板岩夹薄层灰岩透镜体，下泥盆统康廊组厚层白云岩	下二叠统西漂落组玄武岩系和上二叠统黑泥哨组玄武质凝灰碎屑岩夹玄武岩
蚀变	岩体内蚀变有钾化、硅化、绢云母化、绿泥石化、绿帘石化、黄铁矿化，外接触带有矽卡岩化、硅化、铁化、大理岩化，以矿体为中心向两侧，矽卡岩化带—硅化带—绿泥石化带	由岩体中心向外分别为强硅化核—石英钾长石化带—石英绢云母化带，外接触带分为：透辉石角岩带（夹石榴石矽卡岩）—阳起石透闪石角岩带—黑云母蚀变砂岩带	岩体蚀变以绢云母化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化为主，次为泥化、钾化少见，围岩有硅化、碳酸盐化、绿泥石化、绿帘石化、褐铁矿化
矿化特征	矿体呈似层状、透镜状、脉状、不规则状，产于断裂裂隙、层间破碎带和石英正长斑岩与灰岩接触带矽卡岩中	矿体呈透镜状、似层状、复脉状，产于斑状花岗岩内及围岩接触带矽卡岩、角岩和外接触带围岩地层中	矿体呈脉状、透镜状、似层状，产于斑岩中，斑岩体与围岩内接触带及外接触带围岩（玄武岩、玄武质凝灰岩）中

（二）丽江—大理地区喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床成矿区划

Ⅰ 宁蒗—华坪成矿带

Ⅰ—1 宁蒗成矿区

斑岩型 Cu Mo Au 组合　　罗布地［代表性矿床（点）、下同］

热液型 Au Mn 组合　　春发古

热液型 Cu　　树劳河

热液型 Pb Zn Ag 组合　　白牛厂

Ⅰ—2 华坪矿化区

矽卡岩型 Cu　　天果

	热液型　Cu	铜厂箐
Ⅰ—3	战河矿化区	
	热液型　Cu　Pb　Zn　组合	
Ⅱ	北衙成矿区	
	浸染矿化斑岩型　Pb　Zn　组合	老马涧
	矽卡岩型　Pb　Zn　Au　Fe　组合	红泥塘
	矽卡岩型　Pb　Zn　组合	红泥塘
	矽卡岩型　Fe　W　Cu　Mo　组合	马头湾
	热液型　Pb　Zn（Cu）　组合	桅杆坡
	热液型　Pb　Zn　Au　组合	笔架山
	古砂矿及“红土型”　Au	万硐山
Ⅲ	大理—祥云成矿区	
Ⅲ—1	宝丰寨矿区	
	斑岩型　Cu　Pb　组合	宝丰寨
Ⅲ—2	马厂箐—小龙潭矿带	
	浸染矿化斑岩型　Cu　Mo　组合	马厂箐
	矽卡岩型　Cu　Au（Mo）　组合	马厂箐
	热液型　Au　Pb　Zn　组合	金厂箐
	热液型　Cu　Pb　Zn　组合	雄鲁摩
	热液型　Pb　Zn　组合	象鼻庄
Ⅲ—3	黄矿厂矿区	
	热液型　Pb　Zn（Au）　组合	黄矿厂
Ⅳ	巍山—南涧成矿区	
	斑岩型　Cu	各救母
	热液型　Cu　Mo　组合	大湾阱

六、喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床展布规律

从喜山期富碱斑岩及其有关的斑岩矿床的成矿地质背景及展布情况，分析喜山期富碱斑岩型铜金多金属矿床的展布规律：

1. 富碱斑岩带及斑岩型矿带展布于喜山期构造—岩浆带，包括：

①地质构造单元边界附近或地质构造单元的过渡地带；

②喜山期深大断裂带（常为继承性复合构造带）相伴的构造岩浆带、褶皱断裂带、变质带、热液活动蚀变带；

③布格重力异常的梯度带，特别是异常转折、变更的部位；

④区域遥感影像单元的边界（交替、过渡）带，线性构造密集带，环形构造带状排布的环形带状构造带，影像线环结构复杂交切带。

2. 富碱斑岩型矿床定位于构造网络结点附近，包括：

①不同组别构造带交汇部位（构造结点）附近；

②重力异常突变点（拐点）、局部异常变更点；

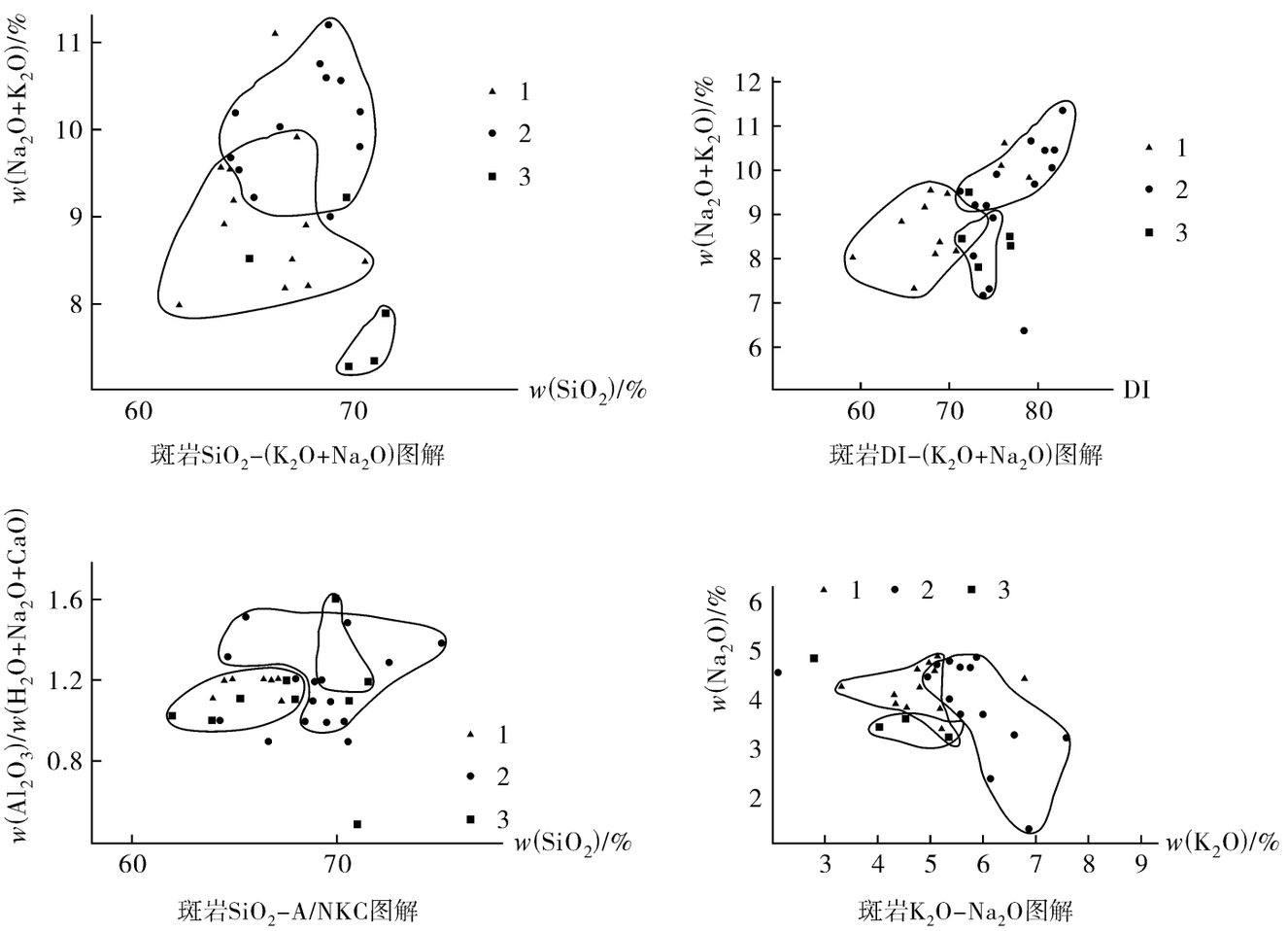
③线、环构造高值异常区，线—线交切，线—环交切，环—环交切结构的构造结点附近；

④成矿线—环构造系是斑岩型矿床矿化集中域的标志。环—环横叠结构、对环结构、卫星环群结构、环—环交叠结构、线—环交切结构、线—环切接结构是斑岩矿床定位的最佳线—环结构模式。

3. 富碱斑岩型矿床的矿床系列与斑岩岩石系列密切相关，在斑岩岩石化学图解上，不同矿床亚系列呈现明显的集群分布趋势。具体特点是：

①矿化斑岩体主要为钾长花岗岩和石英正长岩；

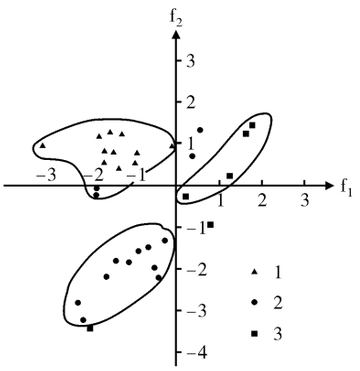
②矿化类型与岩石酸度和碱度的变化相关。与马厂箐式和罗布地式矿床相比，北衙矿床更趋富碱、富钾（图Ⅰ8）；



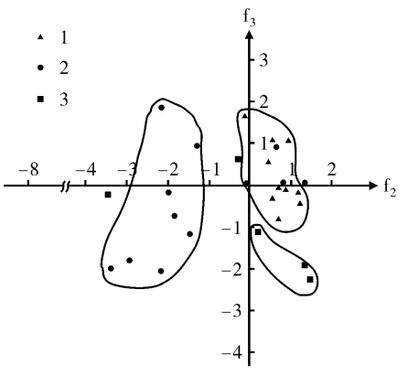
图Ⅰ8　斑岩型矿床类型与斑岩岩石酸碱度变化关系

1.马厂箐式矿化；2.北衙式矿化；3.罗布地式矿化。

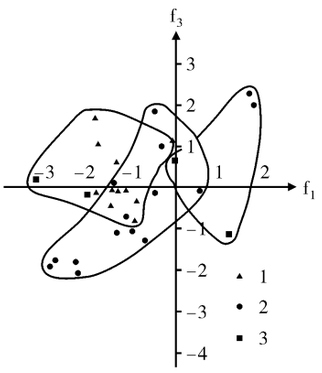
③矿化类型和成岩作用相关，与马厂箐式和罗布地式矿床相比，北衙式矿床更明显地受碱质含量碱度变化的制约（图Ⅰ9）。



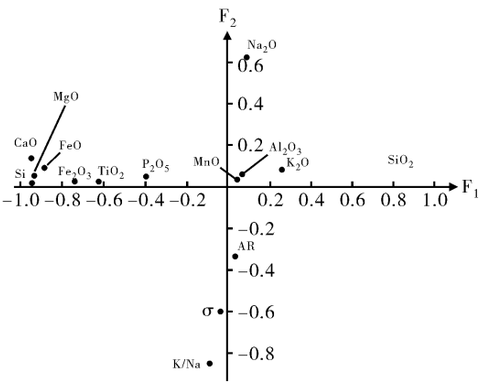
f_1–f_2 主成分图解



f_2–f_3 主成分图解



f_1–f_3 主成分图解



主因子 F_1–F_2 图解

图Ⅰ9　斑岩型矿床岩石化学主成分与矿化类型关系

1.马厂箐式矿化；2.北衙式矿化；3.罗布地式矿化。

f_1，f_2，f_3为利用斑岩岩石化学数据作因子分析的主因子。

f_1 反映岩浆的酸度，分异程度；f_2 反映岩浆的碱质含量和碱度；f_3 反映岩浆的酸度和碱度。

第二章　北衙金矿床地质特征及成矿模式

北衙成矿区西起洱源右所—三营一带，东至鹤庆黄坪—福田一带，南起邓川永安，北至鹤庆松桂。南北长约40km，东西宽约30km，面积约1 200km^2。北衙矿区位于成矿区之南部，西起南大坪、东至团树村、南起焦石洞、北至芹菜塘，为一东西长约20km，南北宽约8km，面积约160km^{2}的长条形地带（图Ⅱ1）。目前已控制的北衙金矿床位于矿区东部，南北长约5km，东西宽约4km，面积约20km^2。该矿床（通称的北衙铅锌矿或北衙金矿）铅锌曾经勘探，已基本采完，金目前经初步找矿评价，是该矿区目前生产的主金属。

北衙矿区以矿化集中情况、矿床类型及成矿地质条件可分为东部矿区（北衙本区）及西部矿区（马头湾、南大坪地段）。北衙东矿区在南北向的北衙第四系盆地周围呈南北向带状展布（图Ⅱ2），以铅锌金型矿化为主，北衙西矿区总体呈东西向展布（图Ⅱ3），以钨铁铜金型矿化为主。

一、北衙金矿床成矿地质条件

（一）金矿床含矿岩系

北衙矿区大面积出露中三叠统地层，局部有第三系地层不整合覆盖，在矿区边部分布有下三叠统地层及二叠纪玄武岩系。从下至上地层特征简述如下：

二叠系峨眉山玄武岩（P_β）：黑色至灰绿色玄武岩，夹黄绿色凝灰岩，局部夹灰岩透镜体。除在成矿区中部芹菜塘一带有出露外，还分布于成矿区周边。

下三叠统腊美组（T_1）：下部玄武质火山碎屑砂砾岩，上部黄绿、灰绿、灰黑色含碳砂泥岩互层，厚80m～200m，主要分布于成矿区东部峨眉山玄武岩边部及中部马鞍山至马头湾一带。

中三叠统北衙组（T_2b）：以灰岩为主，厚311m～599m，广布矿区，为矿区主要含矿地层，可分为五个岩性段：

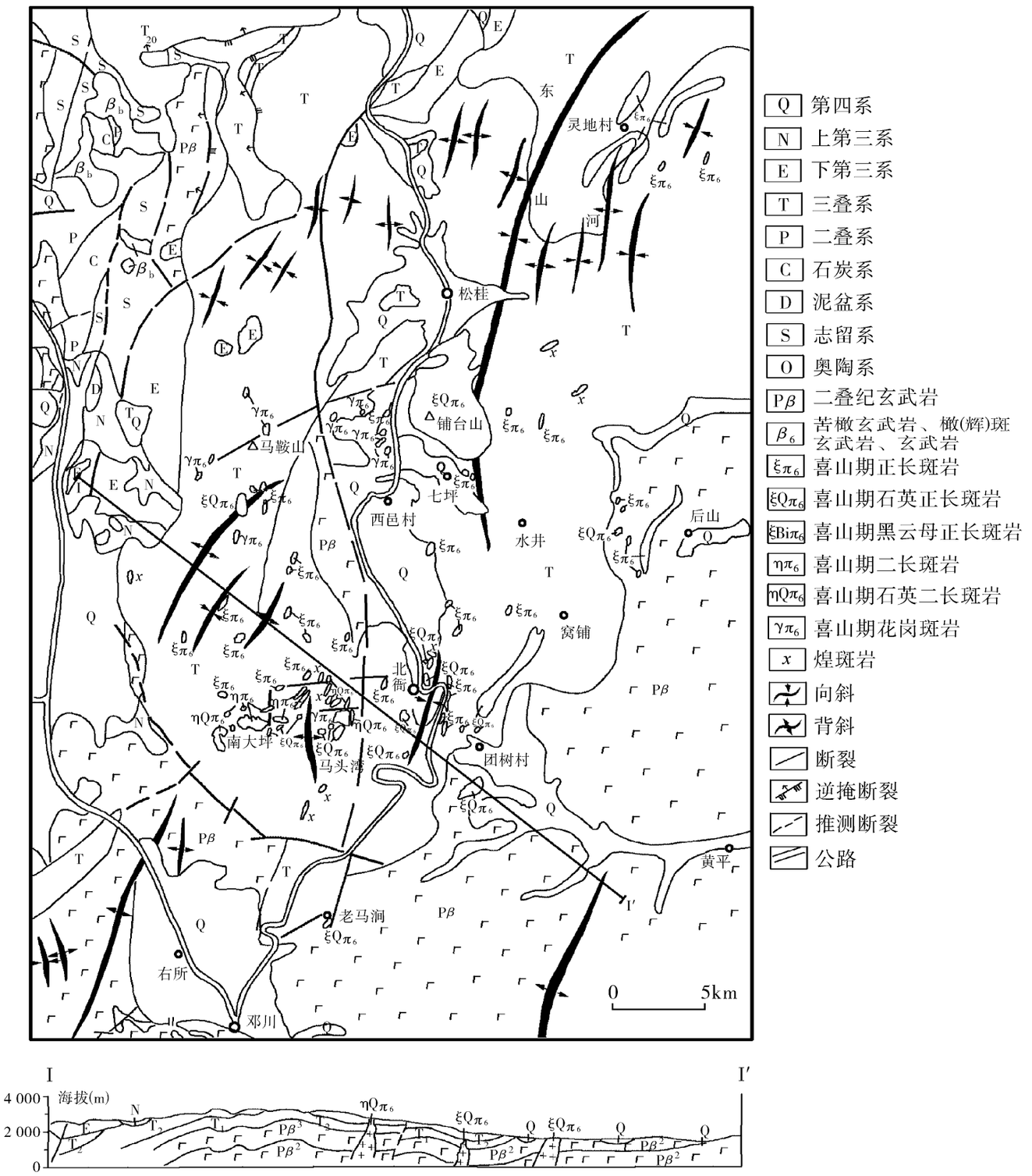
第一段（T_2b^1）：浅褐色角砾状碎屑灰岩夹网纹状厚层灰岩，厚13m～72m。

第二段（T_2b^2）：浅灰色蠕虫状灰岩夹薄层泥质条带及泥灰岩，厚37m～103m。

第三段（T_2b^3）：浅灰色厚层状生物碎屑微晶灰岩，局部夹厚1m～2m的粉红色白云质灰岩及燧石小扁豆体（0.5cm～10cm），厚16m～78m。

第四段（T_2b^4）：灰褐色中厚层状重结晶铁化灰岩，厚145m～196m，为主要矿化层位。

第五段（T_2b^5）：灰白色厚层状白云质砂屑灰岩，厚100m～150m，为次要矿化层位。



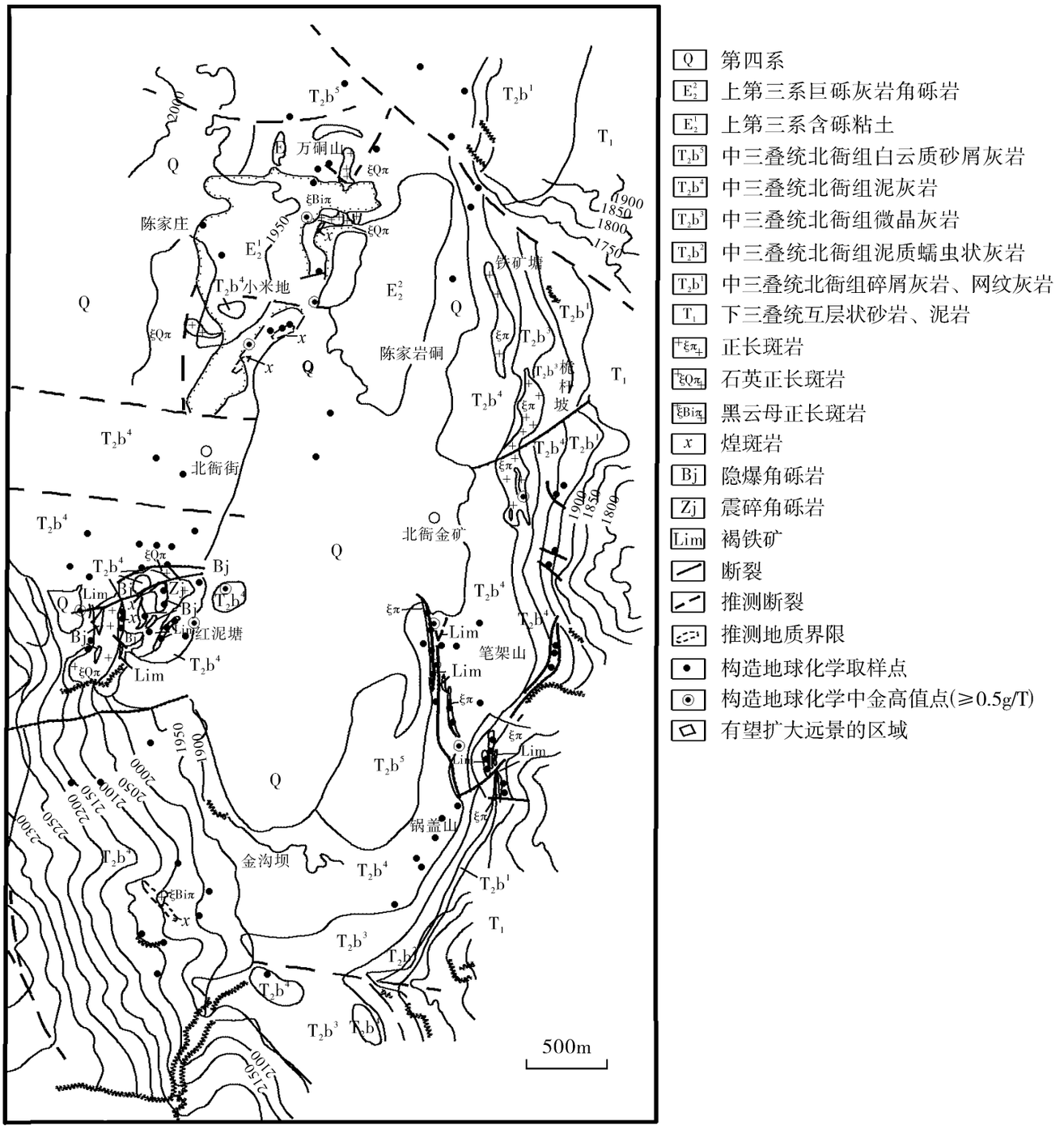
图Ⅱ1　北衙成矿区地质图（据云南省地质局，1966，修编）

下第三系丽江组（E）：砾岩及粘土，厚 0m ~100m，不整合覆盖于北衙组灰岩及斑岩体上。

下段（E_1）：杂色紫色粘土、亚粘土、含砾粘土。砾石成分为灰岩、砂岩、斑岩、褐铁矿，厚 5m ~80m，底部有古砂矿。

上段（E_2）：灰色巨砾（灰质角砾岩），砾石成分为灰岩，钙质胶结，厚 0m ~20m。

第四系（Q）：残坡积及河流盆地堆积，厚 0m ~11m。



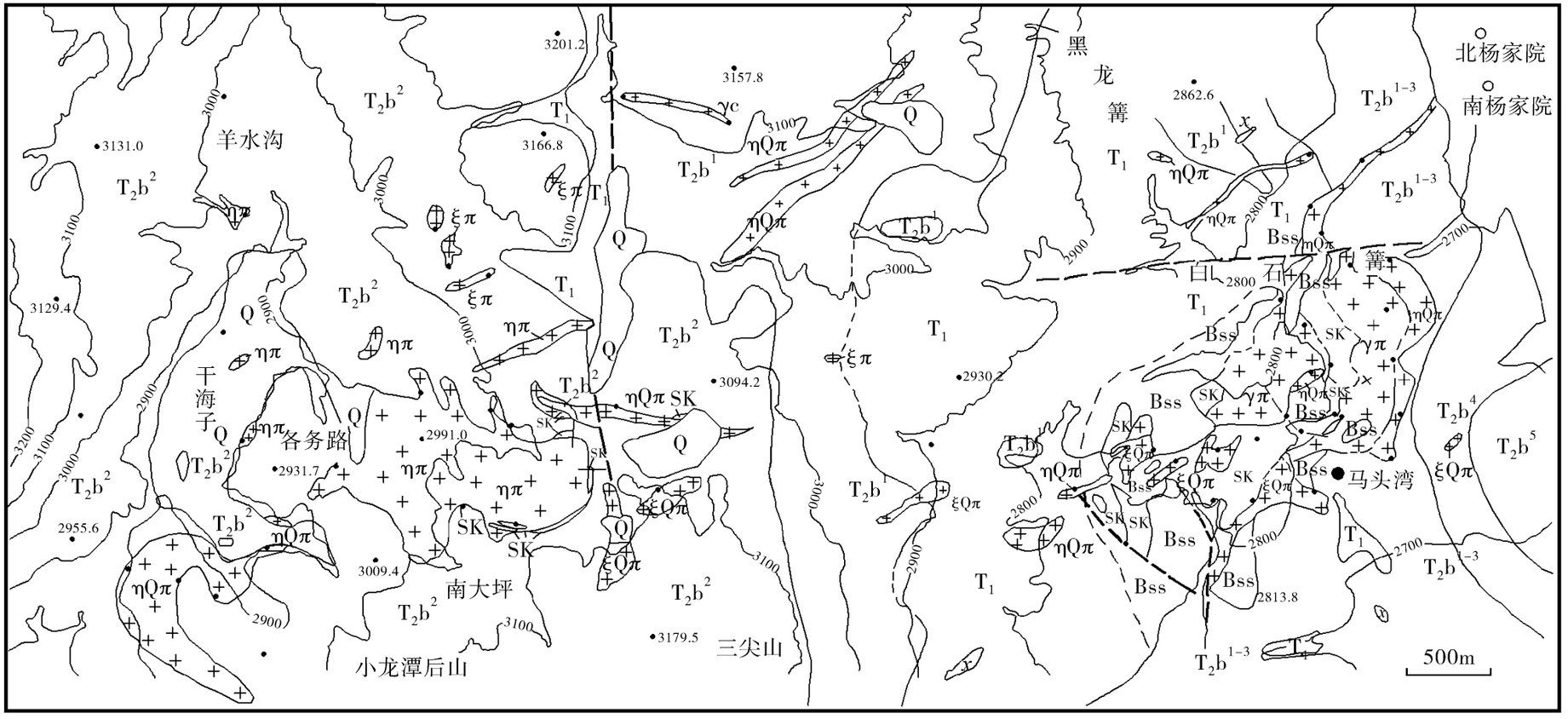
图Ⅱ2 北衙金矿东区地质图

（二）北衙矿区成矿构造

1. 北衙南无山环—环横叠结构为北衙构造—岩浆—矿化单元基本轮廓。

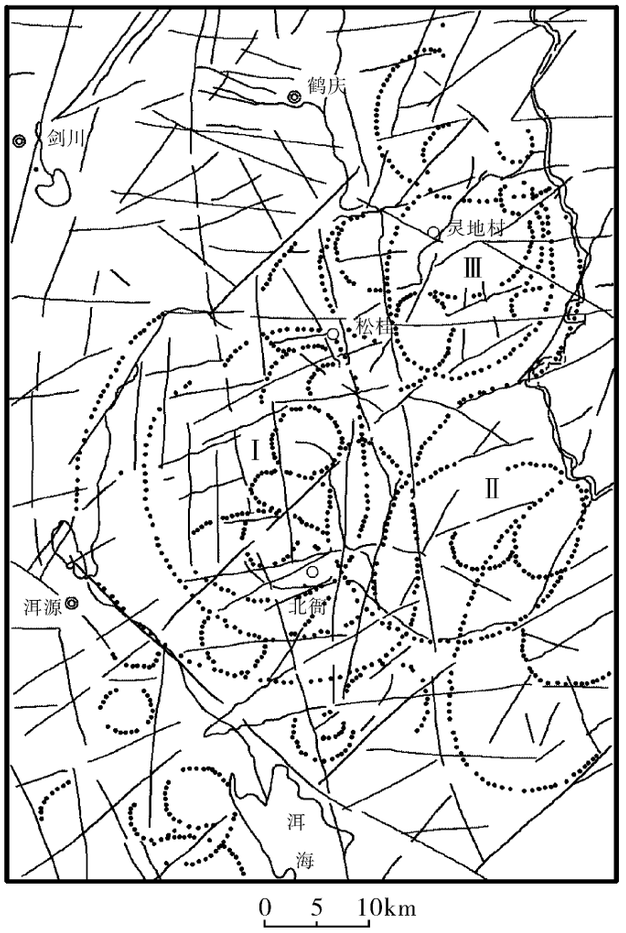
遥感信息显示，北衙矿区位于南北长约45km，东西宽约30km，近南北轴向南无山环形构造之南东部（图Ⅱ4）。

南无山环形构造在区域性的东西向与南北向线性构造间。北为兰坪—鹤庆—华坪线性构造带，南为泸水—洱源—永仁线性构造带，西为剑川—洱源南北向线性构造带，东部构造相对较模糊，为鹤庆—松桂南北向线性构造。该线性构造带围限的南无山环形构造地质上对应于以三叠系地层为主体的复式褶皱（图Ⅱ5），其周围出露以二叠系峨眉山玄武岩



图Ⅱ3　南大坪—马头湾矿区地质图（据有色西勘局310队，修编）

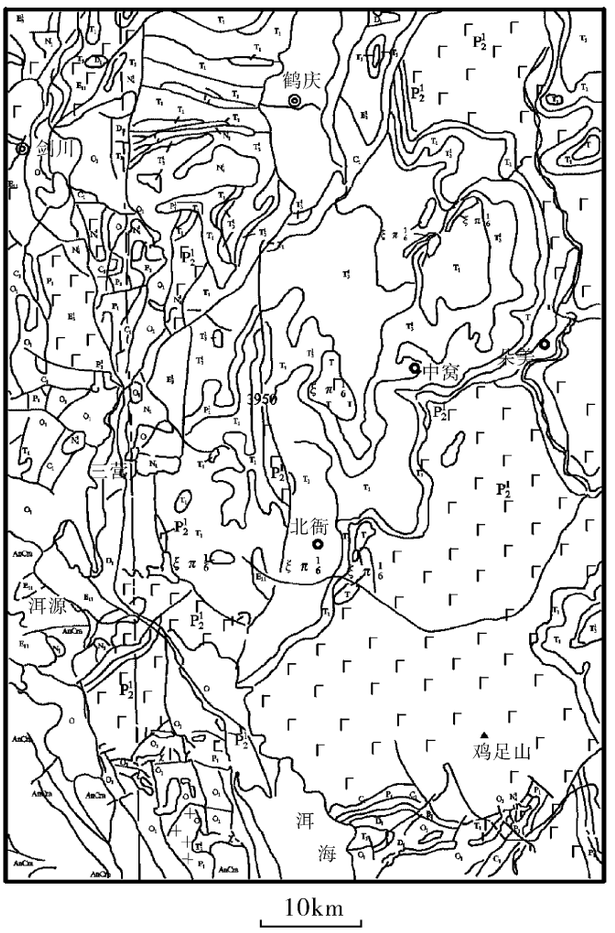
γπ 花岗斑岩　γc 花岗细晶岩　ηπ 二长斑岩　ηQπ 石英二长斑岩　SK 矽卡岩　Bss 蚀变砂岩　其余图例同图Ⅱ2



图Ⅱ4 北衙成矿区线—环构造图

环形构造 线形构造 水系及水体

Ⅰ南无山环 Ⅱ奇峰口环 Ⅲ灵地村环



图Ⅱ5 北衙成矿区区域地质图

喜山期富碱斑岩 二叠纪玄武岩

（其余常用图略）

为主体的地层。总体上为一南北轴向的椭圆状南无山复式穹隆状构造。环体之近轴部，南无山—石宝塔近南北向线性构造叠加有纵向断层，将其分为东西两部分，东部为南北轴向的松桂复向斜，西部为近南北轴向的马鞍山背斜。南无山环体对应的复式穹隆构造内星罗棋布有大小不等的喜山期碱性斑岩群，并有斑岩型矿床，表明南无山环形构造为燕山晚期至喜山早期形成的透镜状构造—岩浆—矿化单元。南无山影像—地质单元（环形构造、穹隆构造）为喜山期富碱斑岩有关的北衙成矿区范围。

近东西轴向的北衙透镜状环形构造横叠于南北轴向的南无山环形构造之南部，呈环—环横叠结构（组合）。北衙环东西长约16km，南北宽约9km，分布有规模较大的斑岩群，为已知的矿化集中区，表明北衙环为相对较晚的成矿斑岩群及其多金属矿化的北衙矿区范围。

2. 近东西和近南北向构造为矿区控岩控矿的主导构造

遥感信息显示，北衙环内有近东西向南大坪—红泥塘—桅杆坡和近南北向七坪—北衙隐伏（基底?）二线性构造带。该二构造带遥感影像连续性好，相对宽大，隐晦，南北向带较之东西向带清晰，地表断裂构造零星发育，相似岩类的斑岩体及相似矿化类型的矿化体沿带产出，显示二构造带为深层次存在、级次较高成矿期活动的控岩控矿主导构造。

此外，数值化遥感地质综合信息还显示了北衙矿区有南北向的石宝塔—大龙潭后山带，七坪—北衙带；东西向石宝塔—南北阱带、谷堆山—北衙带；北西向的西邑村—黄坪带、谷堆山—焦石硐带；北东向的水井—北衙带为该区低级次地质构造块体（单元）的界限，同时其表明北衙矿区有明显的北西向断裂构造斜穿矿区。这些构造是北衙矿区的基础构造，它们形成于喜山期斑岩体侵位之前。

3. 北衙成矿区构造等级体制

北衙成矿区以基础构造和主导构造为基础，按构造规模级序及相互关系可划分出该区的构造系列（构造等级体制）（表Ⅱ1）。

表Ⅱ1　北衙成矿区构造等级体制简表

	Ⅱ 级	Ⅱ 级	Ⅲ 级
褶皱系列	南无山复式穹隆构造	马鞍山背斜（北北东向） 松桂向斜（北北东向） 北衙椭圆状环形构造	五峰山—谷堆山北东向背、向斜群　北衙向斜　马头湾背斜
断裂系列	芹菜塘—老马涧断　裂	南大坪—桅杆坡东西向线性构造 七坪—北衙南北向线性构造带	石宝塔—大龙潭后山南北向线性构造 西邑村—黄坪北西向线性构造 谷堆山—焦石洞北西向线性构造 水井—北衙北东向线性构造 南大坪—七坪北东向线性构造 马鞍山断裂（北北东向） 大甲坪断裂（北西向）

4. 北衙金多金属矿床主要控矿构造形式

北衙成矿区构造等级体制与岩浆—矿化单元的对应情况表明矿床展布与构造特征及级序有密切关系。从总体上看，其控矿构造形式为侵入接触构造与褶皱断裂构造的复合控矿构造。依矿床（体）赋存的主要构造形式、控矿构造类型可分为：侵入接触构造控矿类型、断裂构造控矿类型、层间构造控矿类型。

Ⅰ. 侵入接触构造控矿类型

接触带协调式：矿体沿岩体接触带产出，矿体总体产状与接触带产状一致，矿体与岩体为同构造产物，矿化以矽卡岩型为主。如红泥塘西侧矿体。接触带协调式又可分为主岩体接触带协调式和叠加复合岩体接触带协调式。

Ⅱ. 断裂构造控矿类型

Ⅱ1　岩体接触断裂带式：矿体主要沿岩体边部的岩体接触断裂带产出，矿体总体产状与断裂带一致。矿体及其成矿断裂带形成于主岩体侵位之后，矿化常与脉岩期及热液活动相伴。

Ⅱ1—1 协调式：矿体产状与岩体边部主断裂带总体产状一致，多沿主断裂或旁侧近平行断裂产出，如万硐山。

Ⅱ1—2 雁列式：矿体产状与岩体边部的主断裂带总体产状斜交，矿体呈雁列式产出。如万硐山主岩体东侧的矿脉群。

Ⅱ2 断裂带式：矿体主要沿岩体外接触带或远离岩体之断裂产出，可分为陡倾断裂控矿与缓倾断裂控矿。北衙矿区虽未见规模很大、连续性好的缓倾斜断裂构造，但在斑岩体及矿化地段常可见到缓倾斜断裂构造形迹。如马头湾叠加于岩体与矽卡岩之上，红泥塘见于金矿化隐爆角砾岩之上的缓倾斜断裂带具明显的压扭性特征；又如万硐山缓倾斜脉体及矿体；红泥塘缓倾斜产出的隐爆角砾岩及震碎角砾岩，它们显示了缓倾斜断裂构造控矿特征。

Ⅲ. 层间构造控矿类型

层间构造控矿类型主要见于低级次褶皱轴转折端部附近的层间构造，矿体与地层产状基本一致或稍斜交，如红泥塘西部、笔架山。

5. 喜山早期构造为北衙金多金属矿床的主要成矿构造

北衙成矿区因多期区域构造的叠加，加之地表覆盖较广，出露地层岩性相对单调，致使喜山期该区构造期次的详细确切划分甚为困难。根据该区地质构造形迹、斑岩体及矿床展布、同位素资料，结合区域喜山期构造—岩浆（斑岩）有关资料确定北衙斑岩型金多金属矿床的成矿构造时期为喜山早期，主成矿期为始新世。主要依据为：

①下第三系始新统上统丽江组底砾岩角度不整合覆盖于该区三叠系地层之上，并覆盖于斑岩体之上，万硐山丽江组底砾岩中有石英正长斑岩砾石，表明斑岩形成于丽江组之前。

②斑岩体同位素年龄，铺台山 K—Ar 法 61Ma，北衙 K—Ar、Ar—Ar 法 24.30Ma ~ 48.66Ma，反映成岩年龄为始新世（表Ⅱ2）。

表Ⅱ2 北衙成矿区斑岩同位素年龄

序号	产地	岩石或矿石	测定对象	测定方法	年龄/Ma	资料来源
1	北衙	石英二长斑岩		K—Ar	48.66	甫为民
2	北衙	正长斑岩		K—Ar	48.2	西南有色地科所
3	北衙	石英正长斑岩	黑云母	K—Ar	37	省科研所
4	北衙	石英正长斑岩	黑云母	K—Ar	31	省科研所
5	北衙	正长斑岩	钾长石	K—Ar	27.3	张玉泉等
6	北衙	正长斑岩	全岩	K—Ar	32.3	邓万明等
7	红泥塘	斑岩	斜长石	Ar—Ar坪	24.56	王登红等
8	红泥塘	斑岩	斜长石	Ar—Ar等	24.30	王登红等
9	红泥塘	斑岩	斜长石	Ar—Ar反	24.82	王登红等
10	红泥塘	糜棱岩化正长斑岩	全岩	K—Ar	47.75	王登红等
11	红泥塘	石英正长斑岩	长石	K—Ar	37.50	王登红等
12	万硐山	糜棱岩化正长斑岩	全岩	K—Ar	35.98	王登红等
13	万硐山	绢云母化糜棱岩	绢云母	K—Ar	27.76	王登红等
14	笔架山	粘土化矿石	全岩	K—Ar	37.81	王登红等
15	五里盘	糜棱岩化正长斑岩	全岩	K—Ar	38.36	王登红等
16	马头湾	花岗斑岩		K—Ar	42	胡祥昭等
17	铺台山	石英正长斑岩	锆石	K—Ar	61	省区调队

③金多金属矿化与斑岩体时空分布密切相关，主矿化时期同于斑岩成岩期。

从区内构造活动主期看，南北向构造是主要的控岩控矿构造，其主期形成较早，以南北向褶皱构造及相伴的南北向压性断裂、北东向扭性断裂为主要表现形式。此期也为正长斑岩—石英正长斑岩及铅锌矿化形成的主期。

东西向构造主期稍晚，以东西向断裂为主要表现形式，也是石英正长斑岩—石英二长斑岩、煌斑岩及金矿化形成的主期。

北东向构造主期较晚，以断裂构造为主要表现形式，也是花岗斑岩形成的主期。

（三）北衙矿区成矿岩浆岩

北衙矿区岩浆活动主要有二叠系玄武岩及喜山期富碱斑岩。

二叠系峨眉山玄武岩及其上覆的黑泥哨段火山—碎屑岩系是丽江—大理地区铜金银等高丰度值的地层层位，形成有与二叠系峨眉山玄武岩喷溢活动（包括其上过渡的火山—碎屑岩系）有关的“丽江式”火山岩型铜（金）矿床。如该区南部玄武岩中的小街子铜矿、沙坝铅锌矿。

喜山期富碱斑岩是本区主要的岩浆岩，它包括浅成—超浅成富碱斑岩、隐爆角砾岩、煌斑岩（图Ⅰ7）。岩体呈岩株岩脉、岩墙成群成带产出。该区的金、铅锌等矿化则与富碱斑岩同位产出，二者存在时空分布上的紧密关系，富碱斑岩为成矿岩体。

富碱斑岩体在空间上的展布可分为五个岩带（图Ⅱ6）：

①南北向七坪—北衙正长斑岩—石英正长斑岩带；

②东西向南大坪—马头湾—桅杆坡石英正长斑岩—石英二长斑岩带；

③东西向犁铧山—雪茶山花岗斑岩带；

④南北向石宝塔—马鹿塘正长斑岩—花岗斑岩带；

⑤北东向窝铺—后山正长斑岩—石英正长斑岩带。

岩带交汇部位岩类较复杂，多构成复式岩体。

南大坪、马头湾、红泥塘、桅杆坡岩体在东西向岩带中大致近等距分布。东部以正长斑岩及石英正长斑岩为主，出现黑云正长斑岩；西部以石英二长斑岩及石英正长斑岩为主，出现二长斑岩、花岗斑岩。

煌斑岩呈脉状产出，与富碱斑岩相伴，多叠加于早期富碱斑岩体。

隐爆角砾岩见于红泥塘石英正长斑岩体边部，与围岩（灰岩）接触部位发育震碎角砾岩。

（四）岩体蚀变及围岩蚀变

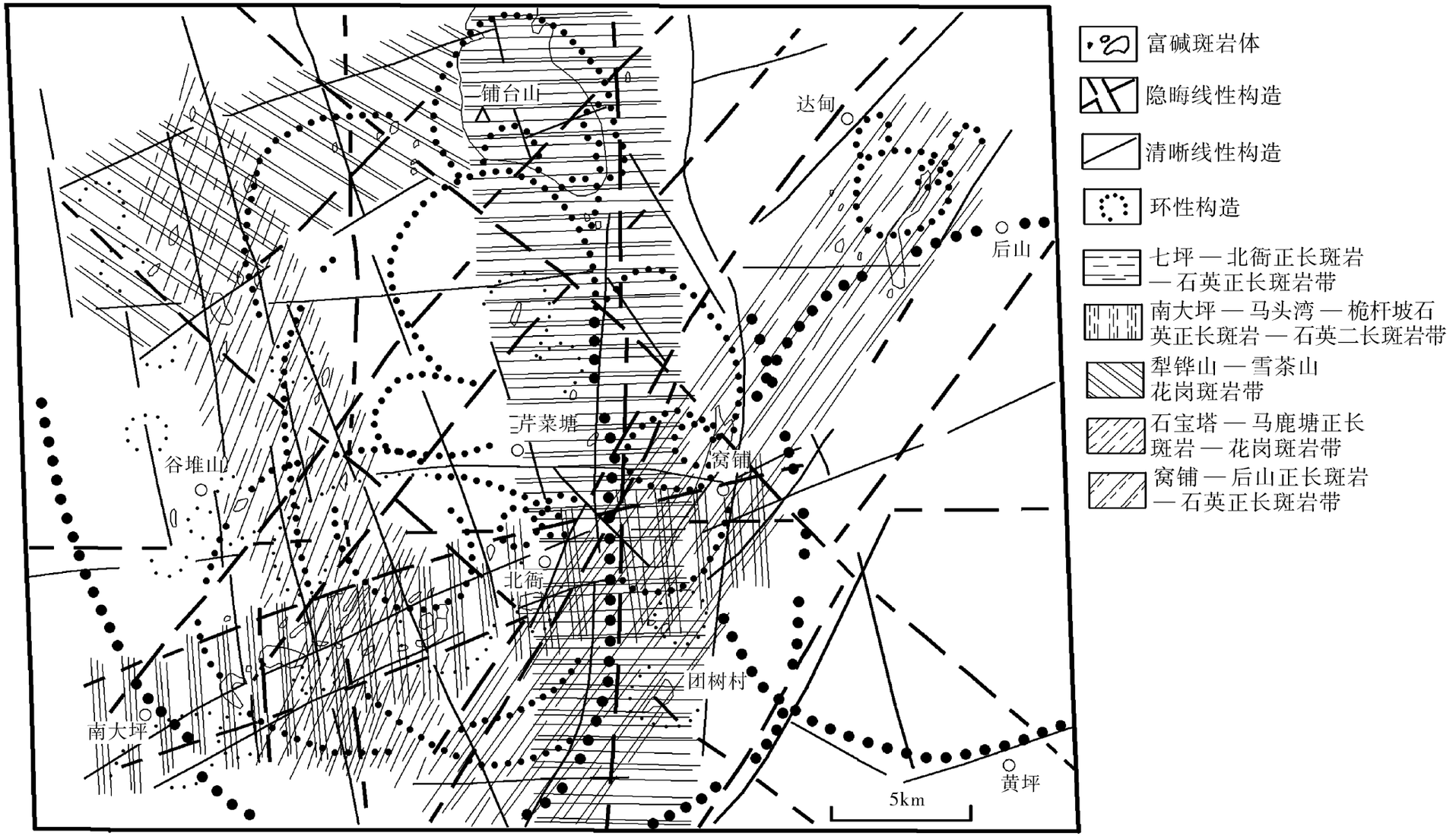
一）岩体蚀变

多期次的岩浆活动和热液活动使岩体广泛发育蚀变。主要有：

1. 黄铁矿化：岩体边部普遍发育细脉浸染状黄铁矿化（风化呈褐铁矿）。红泥塘隐爆角砾岩中还见黄铁绢英岩化。

2. 钾长石化:钾长石沿斜长石解理裂隙或边部交代斜长石 、钾长石呈现次生加大环带、钾长石交代石英。

3绢云母化 ：广泛发育。鳞片状绢云母沿斜长石解理裂隙和边部交代，老马涧岩体出现绢云母取代斜长石形成斜长石假象。



图Ⅱ6　北衙矿区线—环构造与斑岩展布图

4. 硅化：沿斑晶边缘石英呈粒状或细脉状交代长石，万硐山尤为典型。

5. 碳酸盐化：较普遍。方解石呈粒状集合体或细脉状交代长石或穿插岩体。

6. 绿泥石化及绿帘石化：黑云母绿泥石化，角闪石绿泥石化、绿帘石化。万硐山岩体较典型，马头湾、团树村岩体亦出现。

7. 泥化：正长岩中普遍出现。

北衙矿区与金矿化密切相关的是黄铁矿化、硅化、钾化蚀变组合。

二）围岩蚀变

1. 矽卡岩化：主要以石榴子石矽卡岩化为主，以万硐山、马头湾为典型。

2. 黄铁矿化：主要分布于矽卡岩化外围，尤以北衙矿区强烈和广泛。北衙组第四段铁化灰岩表现为细网脉状褐铁矿发育。

3. 大理岩化：灰岩重结晶，并伴褪色，以万硐山为典型。

4. 硅化：石英呈聚集粒状或脉状于灰岩中，以万硐山为典型。

5. 碳酸盐化：碳酸盐脉沿灰岩裂隙充填。

二、北衙矿区碱性斑岩岩石系列

（一）富碱斑岩岩石学特征

岩石类型　有正长斑岩、石英正长斑岩、花岗斑岩、石英二长斑岩、二长斑岩，另有少量闪长岩、花岗细晶岩、黑云母二长斑岩。

造岩矿物　钾长石、斜长石是主要斑晶矿物，斜长石有时被包于钾长石间。石英多呈浑圆状溶蚀状。角闪石呈斑晶经常出现，但数量不多，为钙质角闪石（甫为民，1994）。黑云母亦呈斑晶产出，为富镁质黑云母（甫为民，1994）。正长斑岩及石英正长斑岩中以正长石为主（分别占85%～98%，70%～85%），二长斑岩及石英二长斑岩中正长石约占50%～60%，斜长石约占32%～40%。

结构构造　除花岗细晶岩外，均具明显的斑状结构。斑晶除石英多他形熔蚀状外，其他矿物多为自形—半自形晶，正长石多具环带结构。基质多为微晶—隐晶质结构。

（二）富碱斑岩主成分特征

1. 富碱斑岩岩石化学成分

北衙矿区富碱斑岩岩石化学成分见表Ⅱ3。

2. 主成分特征

SiO_2 含量62.77%～70.65%，较中国及世界同类岩石平均值偏低。

从总体上看，富碱斑岩体明显的富钾贫钠（表Ⅱ3）。其含碱量与中国与世界同类岩石平均值相比，正长斑岩偏低，酸性岩偏高，但矿区内各岩体的情况却有差异。

石英正长斑岩中，含碱量红泥塘最高（11.28%～12.31%），万硐山次之（8.50%～9.91%），老马涧最低（7.65%～8.25%）。K_2O/Na_2O 比值红泥塘最高（6.05%～17.37%），万硐山较低（4.90%～5.25%），老马涧居中（5.21%～5.60%）。表明万硐山、老马涧岩体中斜长石较红泥塘高。

石英二长斑岩中，笔架山、桅杆坡、万硐山、铺台山含碱量较高（10.25%～

10.28%），CaO 较低（0.95% ~2.12%），K_2O/Na_2O 为 1.16% ~1.95%。马头湾含碱量较低（10.00%），CaO 较高（3.00%）。

花岗岩和正长斑岩含碱量相近，分别为 9.53% ~9.76% 和 9.22% ~10.2%，较之石英正长斑岩和石英二长斑岩低，而 CaO 较高，分别为 1.24% ~2.7 % 和 2.00% ~3.30%。

3. 成矿区富碱斑岩化学成分图解

①A. R—SiO_2 相关图（Wright，1969）说明：除红泥塘、老马涧个别样点外，该区富碱斑岩属碱性岩石系列（图Ⅱ7）。里特曼指数亦表明绝大部分属碱性系列（表Ⅱ4）。

表Ⅱ4　北衙富碱斑岩岩石化学参数

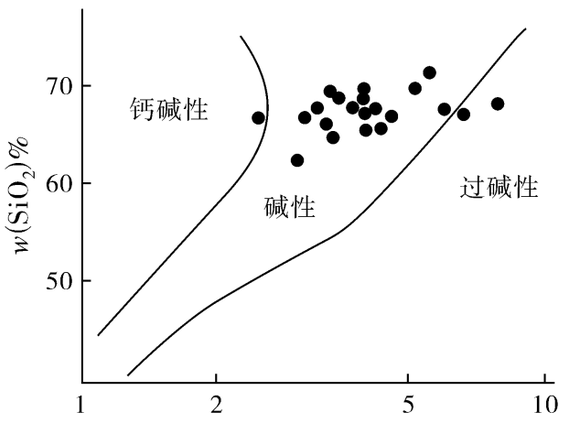
编号	*AlK*	K_2O/Na_2O	δ	*SI*	*FL*	*MF*
1	10.20	4.37	4.57	8.92	75.55	67.86
2	9.22	1.70	4.30	6.90	82.17	81.02
3	11.42	16.57	4.90	0.45	98.36	96.83
4	11.28	6.05	5.21	2.37	94.47	95.16
5	12.31	17.37	6.19	1.06	97.31	94.29
6	10.28	1.37	4.21	10.90	82.90	59.31
7	10.81	1.84	4.68	3.24	87.32	87.97
8	11.28	1.55	5.39	2.84	88.96	85.77
9	11.18	1.38	4.92	5.41	88.81	76.00
10	10.75	1.95	4.69	3.73	88.19	82.53
11	10.33	1.16	4.08	2.83	88.98	84.93
12	10.25	1.29	3.97	2.63	86.79	87.41
13	7.65	5.21	2.42	10.81	70.64	58.11
14	8.25	5.60	2.46	2.26	92.49	89.96
15	10.00	1.31	4.22	0.40	76.92	98.05
16	9.53	1.51	3.64	3.31	77.92	84.38
17	9.76	1.41	3.63	3.66	88.73	83.63
18	11.85	2.59	5.26	2.43	92.58	84.19
①	11.55	1.83	6.57			
②	11.37	1.08	6.85			
③	8.60	1.09	2.22			
④	7.82	1.06	2.16			
⑤	7.75	1.10	2.12			

$AlK = Na_2O + K_2O$；$SI = MgO/(MgO + Fe_2O_3 + FeO + Na_2O + K_2O) \times 100$；

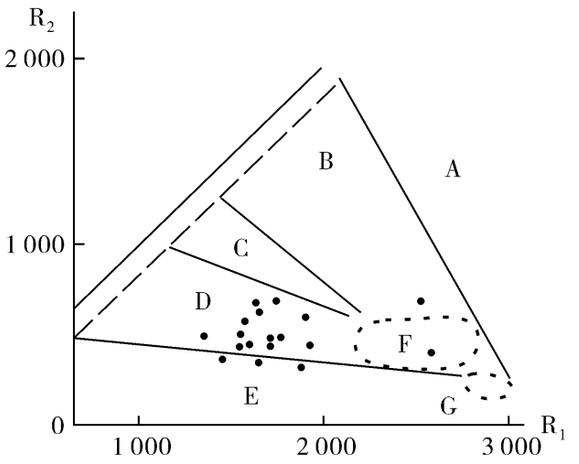
$\delta = (K_2O + Na_2O)^2/(SiO_2 - 43)$；$FL = (Na_2O + K_2O)/(Na_2O + K_2O + CaO) \times 100$；

$MF = (Fe_2O_3 + FeO)/(Fe_2O_3 + FeO + MgO) \times 100$。

②R_1—R_2 相关图（Batchelor，1985）说明：该区碱性斑岩中，石英正长斑岩（万硐山、老马涧）为同造山—同碰撞花岗岩；万硐山、桅杆坡、笔架山、铺台山、马头湾等石英二长斑岩、花岗斑岩、正长斑岩为造山晚期—晚造山期花岗岩；红泥塘石英正长斑岩为非造山 A 型花岗岩（图Ⅱ8）。



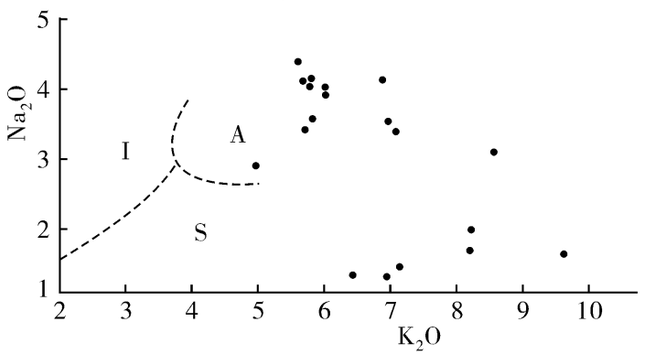
图Ⅱ7 A. R — SiO_2 相关图
（据Wright，1969）
A. R=Log［$(Al_2O_3+CaO+ALK)/(Al_2O_3+CaO-ALK)$］(wt%)



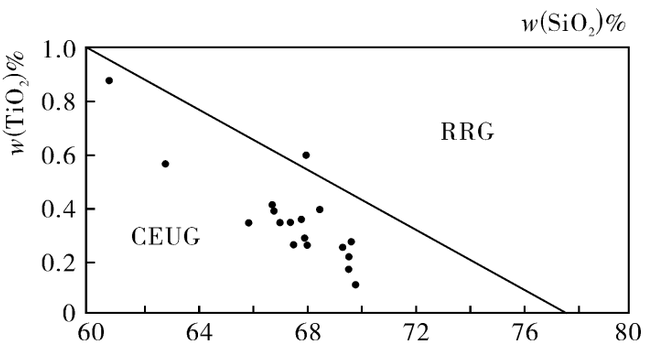
图Ⅱ8 花岗岩的 R_1—R_2 多阳离子图解
（据 Batchelor 等，1985）
R_1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti) R_2=6Ca+2Mg+Al
D—正长岩（造山晚期花岗岩—晚造山期花岗岩）
E—碱性强碱性花岗岩（非造山区 A 型花岗岩）
F—地壳熔融的花岗岩（同造山花岗岩—同碰撞花岗岩(S型花岗岩)）

③Na_2O—K_2O 相关图（W. J. Collins，1982）说明：除老马涧和万硐山的石英正长斑岩为 S 型花岗岩，红泥塘石英正长斑岩少数样品不宜用此判别外，其余岩石为 A 型花岗岩（图Ⅱ9）。

④TiO_2—SiO_2 相关图（Maniar，Piccoli，1989）说明：该区富碱斑岩为大陆造陆抬升的花岗岩（图Ⅱ10）。



图Ⅱ9 Na_2O — K_2O
（据W. J. Collins 等，1982）



图Ⅱ10 TiO_2 — SiO_2 变异图
（据Maniar and Piccok，1989）
RRG：与裂谷有关的花岗岩；
CEUG：大陆造陆抬升的花岗岩。

上述图解说明，本区富碱斑岩的形成环境较为复杂。老马涧及万硐山石英正长斑岩为板块碰撞产物，形成较早；铺台山、笔架山、桅杆坡、万硐山、马头湾石英二长斑岩、马头湾花岗斑岩、团树村正长斑岩为造山晚期—晚造山期产物，形成较晚，红泥塘石英正长斑岩为非造山期花岗岩，形成最晚，属非裂谷型花岗岩。

4. 成矿区富碱斑岩的岩石化学参数（表Ⅱ4）说明

红泥塘石英正长斑岩固结指数（*SI*）最小，长英指数（*FL*）和镁铁指数（*MF*）最

大，反映其岩浆分异程度最高。老马涧和万硐山石英正长斑岩亦分异程度较高。

铺台山、万硐山、马头湾、桅杆坡石英二长斑岩、马头湾花岗斑岩岩浆分异程度中等。

该区正长斑岩固结指数（*SI*）偏大，长英指数（*FL*）和镁铁指数（*MF*）偏小，反映岩浆分异程度较差。笔架山石英二长斑岩其岩浆分异程度亦较差。

综合上述特征，北衙成矿区的富碱斑岩是在板块碰撞环境、造山晚期—晚造山期环境、非造山期大地构造环境下，岩浆分异程度不等，形成时间亦有先后的情况下，在同空间形成的一个复杂组合的富碱斑岩群（体）。

（三）煌斑岩特征

煌斑岩在斑岩分布地段广泛发育，或在斑岩侵入接触构造带与斑岩脉体相伴呈雁行状产出，或穿插于斑岩及斑岩体外接触带，并在时空上和含金褐铁矿脉相伴产出，以红泥塘和万硐山最为发育。

煌斑岩呈深灰色、黑色，主要是辉石云斜煌岩，主要组成矿物为斜长石、辉石、黑云母、磷灰石、磁铁矿、褐铁矿。具煌斑结构，斑晶由黑云母和辉石组成。

煌斑岩化学成分 K、Na、Mg 较高，K_2O 4.09%～4.69%，Na_2O 2.54%～3.14%，MgO 8.26%～9.42%，SiO_2 49.45%～49.86%，CaO 6.73%～9.44%，FeO 7.11%～8.06%，TiO_2 1.23%～1.27%，Al_2O_3 14.11%～14.41%，属基性岩类。

煌斑岩稀土分配形式与本区石英正长斑岩相近，为轻稀土富集型，无明显铕异常。

（四）隐爆角砾岩特征

见之于红泥塘富碱斑岩体侵入接触构造带，与石英正长斑岩呈侵入接触关系，隐爆角砾岩总体呈北东向带状出露，分布范围约长 600 m，宽 400 m，部分呈岩墙状，厚达数十米。

隐爆角砾岩砾石成分主要有石英正长斑岩、灰岩、煌斑岩、砂岩、玄武岩、方铅矿、磁铁矿。石英正长斑岩、灰岩、砂岩角砾边部有明显的蚀变边、烘烤边、角岩化边。褐铁矿沿石英正长斑岩角砾裂隙中充填，甚至包裹石英正长斑岩角砾。胶结物为热液蚀变矿物褐铁矿、赤铁矿、石英、绿泥石、绢云母、碳酸盐矿物，还有后期未氧化的黄铁矿、黄铜矿、碳酸盐脉穿插。

隐爆角砾岩之上为震碎角砾岩，沿其裂隙破裂面为碳酸盐充填，并有硅化、铁化。

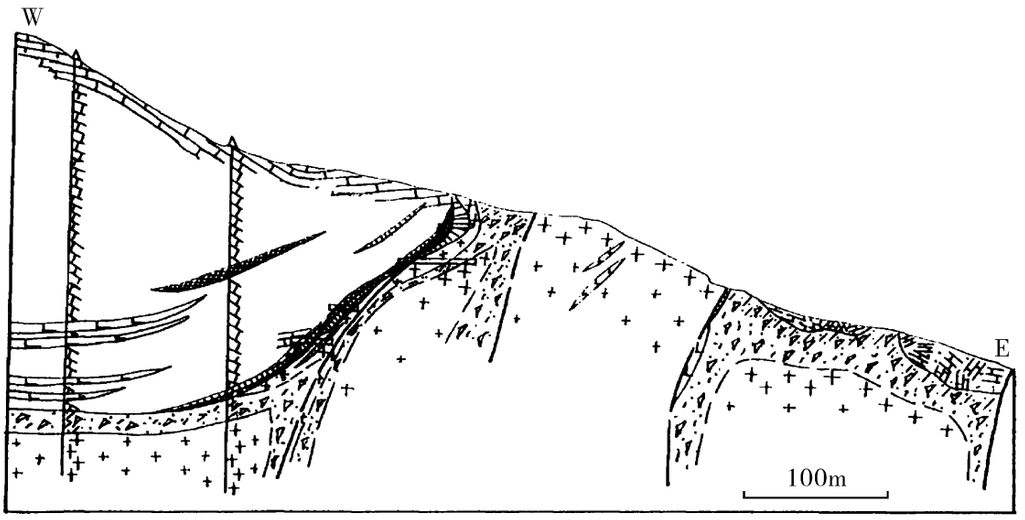
三、北衙矿区碱性斑岩矿床系列

北衙金铅锌多金属矿床为与碱性斑岩有关的多金属矿床。根据元素组合及产出情况可划分为金铅锌铁矿床、铅锌矿床、钨铁铜金矿床。

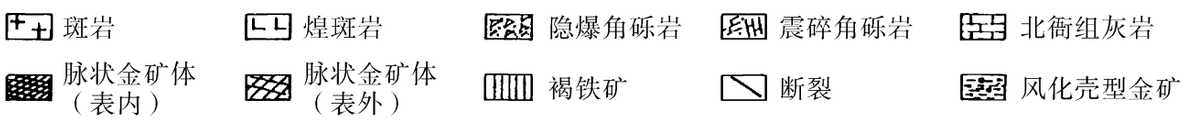
（一）矿床地质特征

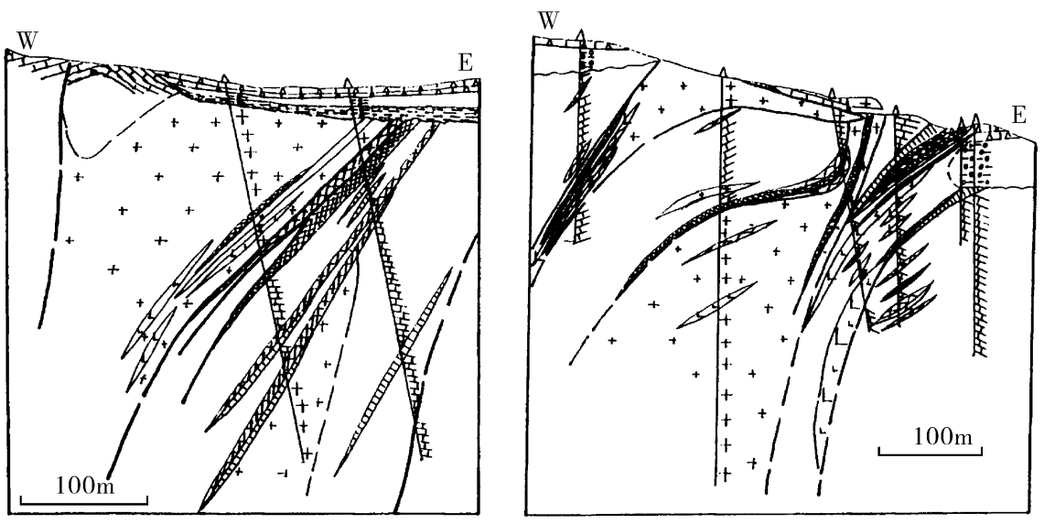
一）北衙金铅锌铁（银）矿床

北衙金铅锌铁（银）矿床为主要矿床类型，分布于矿区之东矿区。以南北向北衙向斜轴部为界可分为东带（笔架山矿段、桅杆坡矿段）和西带（红泥塘矿段、万硐山矿段）。根据产状可分为接触带型（矽卡岩型）矿床、断裂（破碎）带型矿床、层间破碎带型矿床、古砂矿及“红土型”金矿床（图Ⅱ11、Ⅱ12、Ⅱ13）。

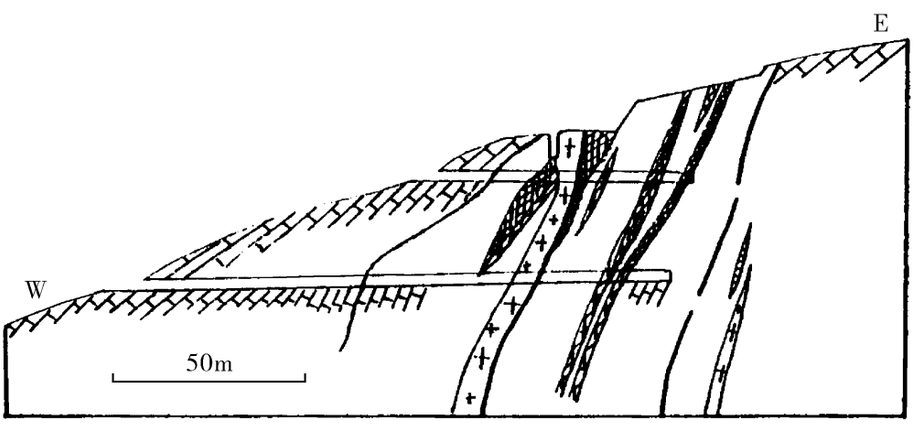


图Ⅱ11　红泥塘55号地质剖面图





图Ⅱ12　万硐山56、72号地质剖面图



图Ⅱ13　笔架山22号地质剖面图

1. 矿床类型

①接触带型（矽卡岩型）矿床

矿体沿斑岩体接触带及其邻近产出，受岩体侵入接触构造的控制，矿体产状基本和接触带产状一致，呈似脉状、透镜状呈群产出，并多分支复合，通常在岩体低凹的部分矿体厚度较大，品位亦较高。如产于石英正长斑岩接触带的红泥塘 Or7 号矿体长达 440m，斜深达 230m，水平厚 0.7m ~ 10.6 m（平均厚 3.24m），含金 0.69g/t ~ 19.81g/t（平均 6.52g/t）。

②层间构造破碎带型矿床

矿体呈似层状、透镜状、层状，在北衙组第四段铁矿灰岩中沿层间构造破碎带产出。矿体规模变化大。一般含金 2.5g/t ~10g/t，时见矿石破碎而又被胶结者，如笔架山。

③断裂构造（破碎）带型矿床

矿体呈脉状、雁行状，沿岩体接触断裂构造破碎带产出。有的呈简单充填脉状，如笔架山，有的呈复杂的充填交代脉状，如红泥塘、万硐山。脉体以断裂切穿岩性不同，断裂性质不同其围岩及矿体产状、排布不一，如万硐山主岩体东侧近南北向断裂构造带中矿体呈雁列状产出，并伴有煌斑岩脉。该类矿床规模、产状及品位都变化大。稳定的断裂构造带型是矿区重要的金矿床类型。

④古砂矿及残坡积“红土型”金矿床

该类矿床是在上述斑岩型（原生）金矿床形成后，在其上覆的第三系丽江组底部，或第四系残坡积风化层，或盆地低凹处堆积物中形成的古砂矿床或“红土型”金矿。矿体主要为褐铁矿、富碱斑岩、灰岩的角砾由紫红色粘土胶结而成。矿石疏松、呈半固结状。矿体厚度变化大，品位低但较稳定。一般厚 0.8m ~ 9.3 m，平均 5.36 m，含金 0.61g/t ~3.04g/t，平均 1.51g/t。该类在万硐山发育较好。古砂矿及“红土型”金矿床的发育决定于其原岩的金矿化程度，金矿化较好的地段为原生金矿化体附近。该类属原生斑岩型金矿床之表生风化壳型矿床。

2. 矿石特征

①矿物成分及矿石结构构造

接触带型矿床矿物成分较为复杂，原生矿物主要有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、石英、方解石；次要矿物有黄铜矿、磁黄铁矿、石榴子石、透辉石、透闪石、硅灰石、符山石、绢云母、绿泥石、叶蜡石；微量矿物有自然金、自然银、银金矿、螺状硫银矿、砷铅矿。由于该区氧化程度较深，绝大多数矿物已氧化为氧化物，矿物以褐铁矿为主，其次为赤铁矿、铅铁矾、白铅矿、黄钾铁矾、菱锌矿、水锌矿、孔雀石、软锰矿、褐锰矿。

其他类型金矿床矿物成分相对简单。含金褐铁矿体主要矿物为褐铁矿、方解石、金矿物。含金铅锌矿体主要矿物成分为褐铁矿、方铅矿、闪锌矿、金矿物。

矿石结构主要为交代结构、交代残余结构、再生长结构。矿石构造主要为致密状、疏松土状、蜂窝状、胶状、皮壳状、团块状、网脉状等。

②矿石化学成分

矿石有用组分为 Au，伴生有用成分为 Ag、Pb、Zn、Fe、Cu 等，有害组分主要为 S、

As。金矿物主要为自然金和金银矿，主要赋存于褐铁矿，自然金成色为 87.7%（据西南有色地勘局310 队）。

现已发现和控制的北衙金矿床的工业类型主要以褐铁矿、赤铁矿为主要组成矿物的氧化矿，矿石中 Fe_2O_3 高达 86.4%。以矿石的主要元素可划分为 Au—Fe 型矿石、Au—Cu 型矿石，以 Au—Fe 型为主。矿石可选性好。

二）北衙铅锌矿床

北衙矿区的铅锌矿床有数十个矿体，发现主矿体 24 个，分布红泥塘、万硐山两个矿段。

与金铅锌多金属矿床相似，以产状可分为接触带矽卡岩型矿床、层间构造破碎型矿床、断裂（破碎）带型矿床。矿体呈似层状、脉状、透镜状，成群产出。

矿石以金铅褐铁矿为主，原生主要矿物有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿，次为黄铜矿、磁铁矿；氧化物有铅铁矾、褐铁矿、黄钾铁矾、白铅矿、黑铅矿、菱锌矿、水锌矿、异极矿；脉石矿物有透辉石、透闪石、石英、方解石、绢云母。矿石因氧化而呈土状、胶状、蜂窝状构造。

矿石含铅平均2.52%，最高 6.27%，锌一般 1% ~3%，最高 7%，伴生 Ag 36.67g/t ~135g/t 、Ga 0.01% ~0.001%、Ge 0.1% ~0.01%、Cd 0.02% ~0.07%，还有 Cu 0.001% ~0.1%，Fe 5% ~20%，个别样品含 Au 2.5g/t。

三）北衙铁矿床

在浅成侵入体与灰岩接触带上发育磁铁矿化，在万硐山、红泥塘的接触带、断裂带、层间破碎带局部地段铁达到工业品位。但因砷硫较高，不能作铁矿石利用。部分铁矿在铁化灰岩中呈鸡窝矿，以锅盖山为典型。

铁矿石呈致密块状、蜂窝状、密集网脉状构造。

四）马头湾钨铁（铜金）矿床

北衙矿区西部矿区的马头湾背斜轴部马头湾岩体中部为花岗斑岩，外部为石英二长斑岩、石英正长斑岩组成的复式岩体。在接触带发育石榴子石矽卡岩化、大理岩化、角岩化、硅化，并有磁铁矿化，钨、钼、铜、金矿化，形成钨矿体和含铜金磁铁矿体。

1. 马头湾钨矿床

原生钨及钨钼矿产于石英正长斑岩、石英二长斑岩的接触带矽卡岩中。矿体呈透镜状，长75m ~350m ，延深 30m ~250m，厚0.6m ~3m。钨品位 0.107% ~0.2% ，局部达 0.5% ~0.7%。钨伴有钼而呈钨钼矿体，钼品位 0.001% ~0.006%，局部达 0.02% ~0.124%。矿物以白钨矿为主，还有磁黄铁矿、黄铜矿、黄铁矿、石英、方解石。白钨矿颗粒细小，呈细脉浸染状分布于矽卡岩中。在残坡积层中，钨呈砂矿、呈似层状、透镜状矿体，长 200m ~ 1 000m，厚 0.5m ~ 6.5m，品位大于 0.02%，局部高达 0.163% ~0.739% 。

2. 含铜金磁铁矿床

马头湾花岗斑岩与北衙组灰岩接触带形成矿化条带状矽卡岩体，呈透镜状，厚数米，由岩体向外分别为（磁铁矿）石榴子石矽卡岩—磁铁矿—大理岩化灰岩带。黄铜矿沿裂隙交代充填于磁铁矿中形成铜矿体，铜品位 2% ~3%。矿化矽卡岩连续打块金品位

0.5g/t。

五）北衙成矿区铅锌铜矿床

北衙成矿区除上述北衙矿区中与碱性斑岩时空上密切相关的金、铅、锌、铁、钨、钼、铜等矿床外，还有产于斑岩体及其邻近的老马涧铅锌矿点、水井铅矿点、太平村铅矿点、集义村铁矿、干河铁矿。此外，还形成焦石硐铅锌银矿化体、团树村铅锌金矿化体、舍茶寺铁金矿化体、南大坪铜铁（金）矿化体。

（二）北衙富碱斑岩矿床系列

斑岩型矿床与斑岩的形成、演化、侵位、定位等成岩作用有关，由该过程中相伴的成矿作用形成。一个地域中的某一斑岩岩浆作用，形成一套斑岩岩石系列及在时空组合上有一定规律的斑岩群（带）。斑岩岩石系列的差异，岩浆演化、侵位、定位过程的差异，成矿组分的本身演化，以及从围岩中汲取成矿物质的差异，导致一套与之对应的斑岩型成矿系列及矿化系列的形成。丽江—大理地区形成了一套与喜山期富碱斑岩有关的喜山期富碱斑岩矿床系列。北衙成矿区的喜山期富碱斑岩以其源岩、演化、成矿环境的差异，形成了该区不同矿种组合、不同类型、不同产状的北衙喜山期富碱斑岩矿床系列。

1. 北衙富碱斑岩矿床类型

矿床类型的划分应当从矿床地质特征出发，以矿床的矿石类型（矿物组合）为基础，考虑成因，强调矿床工业意义、工业利用，采用成因—标志性矿物组合—赋矿地质体为基本点的类—组合（相当于“亚类”）—型三级体制。这样就既有成矿规律意义，能反映成矿因素和矿化特征，又具有鲜明的标志特征，易于识别、易于划分、便于矿床研究和找矿预测的应用（杨世瑜，1990）。按此原则，北衙富碱斑岩矿床类型可划分为：

浸染型铅矿化斑岩　　老马涧式

矽卡岩角岩型

　　矽卡岩型铅锌矿床　　笔架山式

　　矽卡岩型金铅锌矿床　　红泥塘式

　　矽卡岩型白钨矿床　　马头湾式

　　含 Cu Au 磁铁矿床　　马头湾式

热液型金矿床　　红泥塘式

风化壳型　　万硐山式

　　古砂金矿床

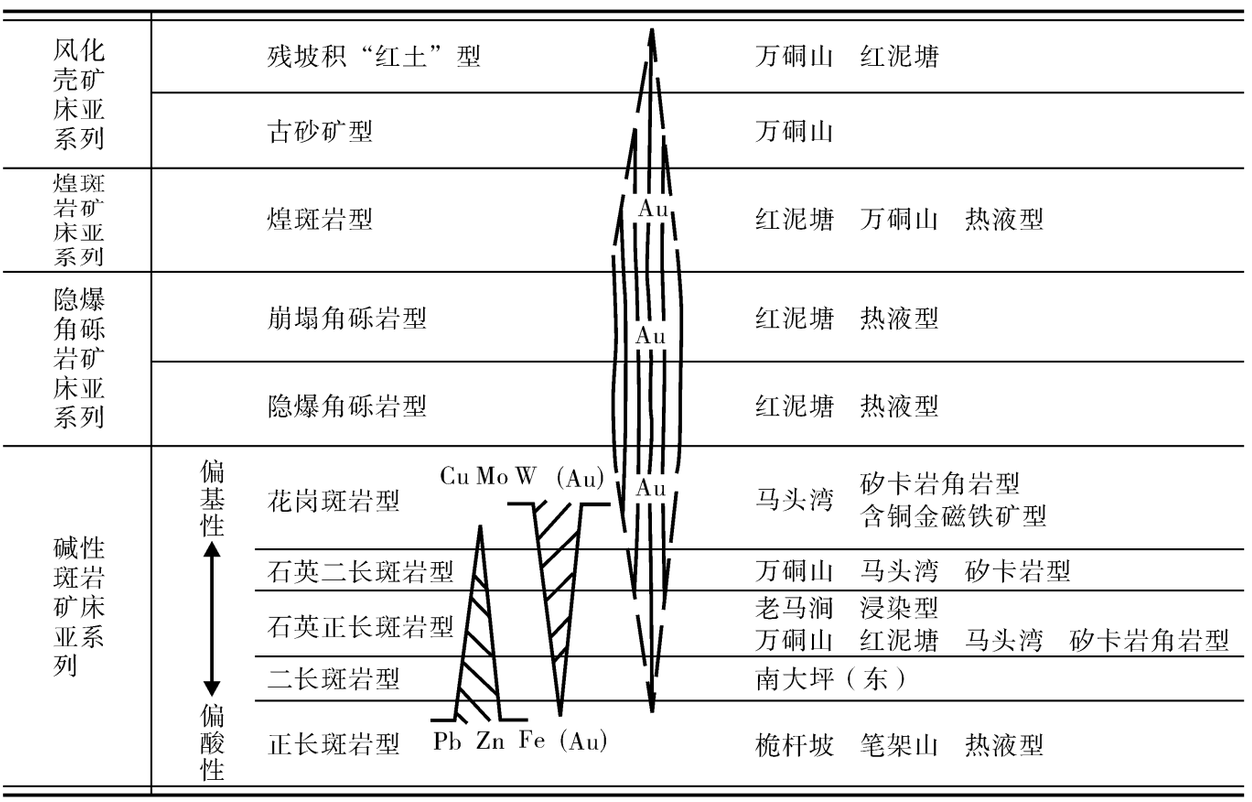
　　残坡积“红土型”金矿床

2. 北衙富碱斑岩矿床系列

北衙斑岩型矿床系列可以成岩成矿作用为主线划分为四个亚系列（图Ⅱ14）：碱性斑岩矿床亚系列；隐爆角砾岩矿床亚系列；煌斑岩矿床亚系列；风化壳矿床亚系列。

（三）北衙矿区成矿单元

北衙矿区已知金铅锌成型矿化集中于北衙矿区东部矿区，西矿区马头湾钨矿形成成型矿化。根据矿化信息结合成岩成矿作用标志，北衙矿区成矿单元划分为一个Ⅰ级成矿单元、两个Ⅱ级成矿单元、九个Ⅳ级成矿单元（表Ⅱ5）。



表Ⅱ5 北衙成矿区成矿单元划分简表

级次	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
成矿单元	北衙成矿区	北衙矿区	东矿区	万硐山矿段 红泥塘矿段 笔架山矿段 桅杆坡矿段
			西矿区	马头湾矿化地段 南大坪矿化地段
				铺台山矿化地段 团树村矿化地段 老马涧矿化地段

四、金矿展布规律及成因讨论

（一）矿床空间展布定位特征

1. 构造—岩浆—矿化“三位一体”

北衙成矿区斑岩型矿床定位的显著特点是喜山期北衙金多金属矿床与喜山期斑岩、喜山期构造的时空一致性，三者在时间上为同地质事件、空间上同位，形成构造—岩浆—矿化“三位一体”的统一体。

2. 构造单元—岩浆单元—矿化单元的关联性

北衙成矿区构造—岩浆—矿化三位一体的统一性形成了该区构造单元—岩浆单元—矿化单元的关联性，并显示为构造—岩浆—矿化三者单元的同位性（同地域性）。

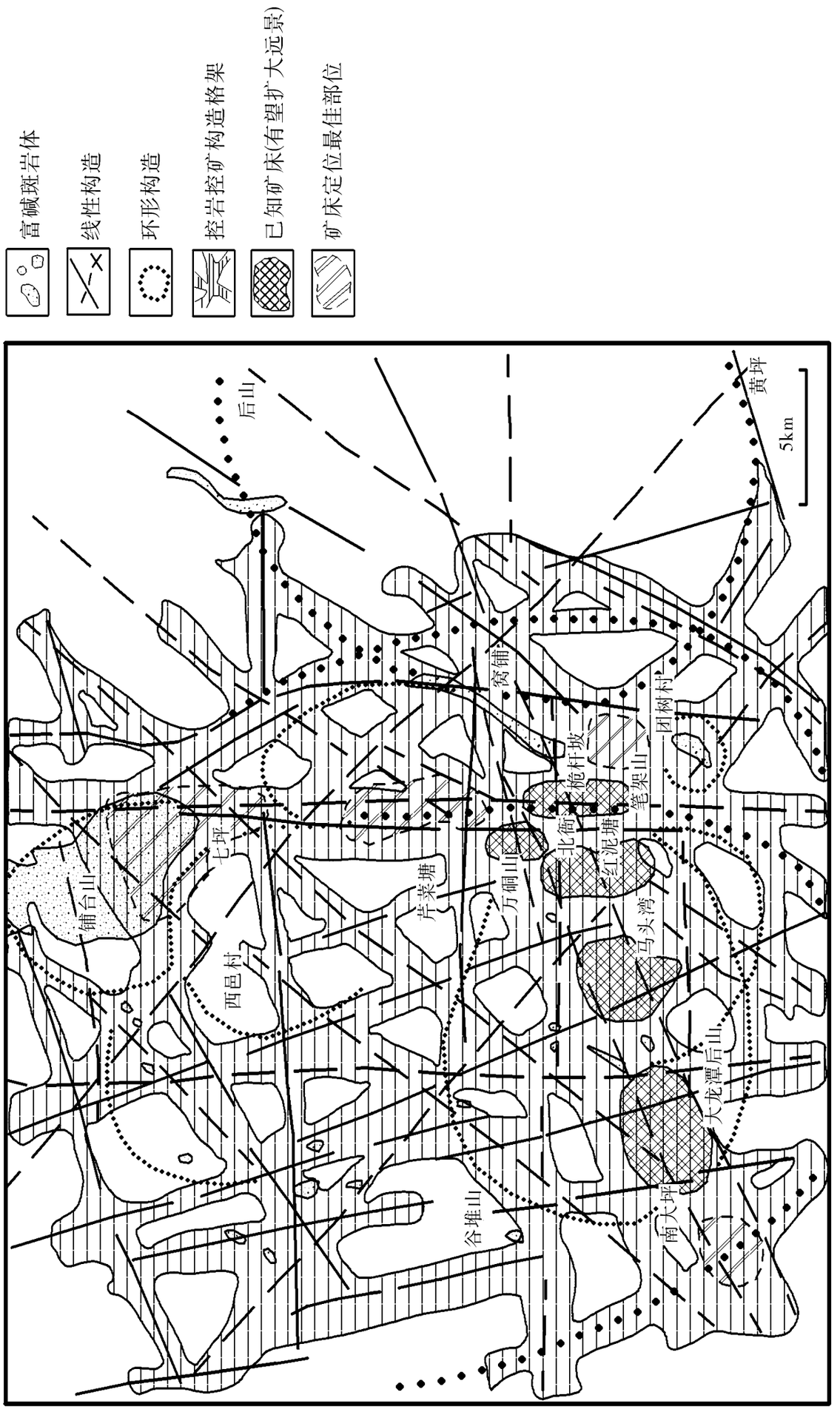
3. 构造单元—岩浆单元—矿化单元等级体制的对应性

不论是构造单元、岩浆单元、矿化单元都存在等级体制，而三者的关联性、一致性导致了构造单元—岩浆单元—矿化单元等级体制的一致性、对应性。

表Ⅱ6列出了北衙成矿区构造单元、岩浆单元、矿化单元的等级体制及三者之间的对应性、一致性，也显示了三者之间的关联性及三位一体的特征。由于研究程度的限制，构造、岩浆、矿化的等级体制划分及厘定有的尚不够清楚；有的由于发育的不均衡所致，使等级体制不完善，但从表中可以表明构造、岩浆、矿化三者确实紧密关联，相互依存，“三位一体”。它们是在北衙特定的地质环境中特定的喜山期成岩成矿事件的产物，是喜山期成岩成矿地质事件的不同表现形式的综合体。

表Ⅱ6　北衙矿区构造—岩浆—矿化对应简表

		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
构造单元	影像线环构造单元	南无山复式环形构造	北衙环 芹菜塘环 七坪—北衙带南 南大坪—桅杆坡带	万硐山—红泥塘环群 桅杆坡—锅盖山环群 马头湾环群 南大坪环群 福田环群 铺台山环群	万硐山环　红泥塘环 桅杆坡环　笔架山环 马头湾环 南大坪环 团树村环 ……
	地质构造单元	南无山复式穹隆状构造	松桂向斜	北衙向斜 马头湾背斜	
			马鞍山背斜		
岩浆建造单元		南无山碱性斑岩岩区	北衙斑岩群 七坪—北衙岩带 南大坪—桅杆坡岩带	万硐山红泥塘岩群 桅杆坡—笔架山岩群 南大坪岩群 马头湾岩群 铺台山岩群 ……	万硐山岩体　小米地岩体 红泥塘岩体　金钩坝岩体 桅杆坡岩体　笔架山岩体 团树村岩体 南大坪岩体　马头湾岩体 老马涧岩体 ……
矿化单元		北衙成矿区	北衙矿区	北衙东矿区	万硐山矿段 红泥塘矿段 桅杆坡矿段 笔架山矿段
				北衙西矿区	马头湾矿段 南大坪矿化地段
			……	……	铺台山矿化地段 老马涧矿化地段



图Ⅱ15 北衙矿区线—环构造与矿化集中区

4. 构造结点与矿床定位

北衙成矿区的构造系统呈现网络结构，岩浆定位亦呈现相似的网络结构，网络复合结构为矿床定位矿化集中域的空间结构标志。北衙成矿区富碱斑岩及其矿床的空间定位总是展布于网络复合结构不同构造交汇的部位，即构造结点（图Ⅱ15）。例如北衙矿区位于南北向构造与东西向构造交汇部位、南北轴向透镜状南无山环形构造与东西轴向透镜状北衙环形构造环—环横叠结构交切的构造交汇部位。又如北衙矿区矿化集中区为南北向七坪—北衙基底隐状构造与东西向南大坪—红泥塘—桅杆坡基底隐伏构造叠加部位。

构造地球化学异常（特别是构造地球化学因子得分异常、比值等值线异常）格局亦与构造、岩浆网络复合结构相似，其高值异常多位于网络结点。

5. 斑岩（体）—脉—裂隙系统

斑岩体—脉—裂隙带状岩浆—构造空间结构系统为北衙斑岩空间定位的立体模型系统。斑岩型矿床产状类型、矿石类型、元素组合类型空间带状结构与斑岩（体）—脉—裂隙系统协调一致。斑岩体顶部内接触带有浸染状矿化，接触带以矽卡岩矿化为主，其上之脉带以热液型矿化为主，裂隙带有热液矿化，金矿化主要定位于脉带及脉—裂隙过渡带，如万硐山、笔架山脉状斑岩脉及金矿脉带。脉—裂隙—矿化带通常为岩体接触断裂构造带。

岩体侵位形成的岩体侵入构造，通常在岩体顶部形成放射状及环状的断裂构造系统，它形成独自一体的“热致与流体驱动断裂构造”系统。斑岩（体）—脉—裂隙系统即为这种岩体侵入构造，它通常为成岩成矿构造应力场中的引张区（带），是金矿化定位的有利构造空间。

（二）金的赋存状态及金的富集体

1. 载金矿物和金的赋存状态

自然金和银金矿主要赋存于褐铁矿、铅铁矾、黄铁矿、黄铜矿等矿物中。金的赋存状态有四种情况：一是呈骸晶状、多角片状或“聚晶状”分布于褐铁矿粒间和显微裂隙中，金粒度一般为0.30mm～0.36mm。部分微细金粒（小于0.03mm）聚集在一起形成大的金粒，或聚集在大金粒的边缘而呈“聚晶状”。二是呈浑圆状不规则粒状赋存在褐铁矿解理缝中或包裹在褐铁矿中。金粒度一般为0.004 5mm～0.03mm。三是呈超显微包体赋存在褐铁矿、黄铁矿、自然银中，其粒度小于1μm（赵晓鸥，1989；蔡新平，1994）。四是存在于石英、方解石脉中（赵晓鸥，1989）。在含金褐铁矿一光片中，观察到有上千颗金粒在3.3×40倍的显微照相中，统计到0.004 5mm～0.36mm大小的金粒773颗（图版Ⅱ1，见彩页）。

在单独的方铅矿中发现有自然金；在不含褐铁矿的铅锌矿脉中未发现金矿体；铅金矿体中褐铁矿为其主要矿物，而方铅矿、闪锌矿（铅锌品位）并不高；矿区中方铅矿有明显早于黄铁矿形成的情况，如方铅矿呈角砾状出现于褐铁矿体中（红泥塘），褐铁矿化的近东西向断裂切错方铅矿脉（东矿带），褐铁矿呈脉状穿插方铅矿（红泥塘、芹菜塘），镜下观察到黄铁矿、褐铁矿随同脉石矿物沿方铅矿解理裂隙充填。这些资料表明方铅矿形成主期（铅矿化主期）的黄铁矿是主要载金矿物。

采用中子活化法测定氧化矿中残余的黄铁矿及方铅矿的金银含量（赵鹏鸥，1989）：

黄铁矿含 Au 7 810g/t，Ag 0.011g/t（2 样平均），方铅矿含 Au 230g/t，Ag 1 124g/t（5 样平均）。表明方铅矿为主要含银矿物同时也含金。方铅矿体中的自然银含金达 2.12%，7.31%（蔡新平，1994）。亦表明方铅矿体含金、方铅矿也是载金银矿物。

在普遍具铜矿化的马头湾、南大坪等西矿区，金矿化较弱。就虽铜品位较高（Cu 2%～3%）的马头湾磁铁矿体，金含量亦低，仅个别样品达 0.5g/t。

金银的赋存状态和北衙矿床组分特征一致，即：北衙矿区虽金铅锌铁（银）相伴组合成金多金属矿床，但存在有不含金的铅锌矿体、铁矿体。金矿化多富集构造及矿化多阶段叠加部位。

次生风化淋滤作用是原生斑岩型矿床形成后再富集的重要阶段，在原生金矿化地质体的邻近形成了风化壳型（古砂矿型、红土型）金矿床。

2. 金的丰度值

北衙矿区不同岩类金的含量均远远成倍乃至数十倍地高于其外围（北衙成矿区）的同类岩石（表Ⅱ7）。

表Ⅱ7 北衙成矿区金岩石丰度值

矿区外围			北衙矿区		
岩性,层位,产地	Au（ppb）	样品数	岩性,层位,产状,产地	Au（ppb）	样品数
白云质灰岩 T_2^{b-2} 松桂	3.0	1	硅化灰岩 T_2^{b-2}	158.5	5
纯灰岩 T_2^{b-2} 松桂	3.0	1	铁化灰岩 T_2^{b-2}	153.5	5
泥质白云质角砾状灰岩 松桂	2.6	2	交代碳酸盐岩 侵入万硐山灰岩	108.1	4
			砂岩 T_1 笔架山东坡	32.0	1
砂岩 T_1 马头湾	17.0	1	玄武岩 笔架山东坡	39.0	1
玄武岩 P 黄坪	2.7	1	煌斑岩 侵入 T_2 万硐山	240.0	1
细晶岩 侵入 T_1 马头湾	3.0	1	热液角砾岩 红泥塘	97.0	7
石英正长斑岩 铺台山 白沙井	47.0	3	蚀变石英正长斑岩 红泥塘	27.0	1
大理岩 马头湾	0.7	1	钾长石绢云母化正长斑岩 红泥塘	11.0	6
			矿化蚀变碎裂正长斑岩 万硐山	1 250.0	12

（据蔡新平等，1991）

北衙成矿区金的丰度值差异的特征表明金矿化具有明显的地域性，而这一金高丰度地域性的特征则是高丰度值岩石普遍具有热液蚀变特征。因此地域性富金热流体依附的富碱斑岩成岩作用是金的矿化的主要来源。

取自于北衙高金丰度值地域的金的构造地球化学样品其含金量普遍较高，一些高值点金的含量甚至可达 0.5ppm～4.99ppm，同时典型的成岩成矿元素亦普遍较之围岩高。这一情况说明作为与成岩构造有同位性的热流体活动通道——断裂构造是金的迁移、聚集、淀积成矿的空间，也是使金扩散到成矿岩体外围，成为围绕岩源矿矿源的金高丰度晕的重

要因素。

丽江—大理地区铜金高丰度值的二叠系基性岩浆活动在区域上形成了峨眉山玄武岩及其上紧邻的黑泥哨地层的铜金高丰度值地层（表Ⅱ8），而且该区域上形成了广泛发育的与基性火山岩有关的“丽江式”火山岩型铜金矿床（点），它是区域上喜山期富碱斑岩区带上金铜高丰度值背景地层（地质体）。

表 Ⅱ8　程海带二叠系玄武岩火山岩系 Cu、Ag、Au 平均含量

旋　回		Ⅱ			Ⅲ			Ⅳ			Ⅱ—Ⅳ		
		玄武岩组中段下部以角砾凝灰岩，凝灰角砾岩为主；上部以致密状，杏仁状玄武岩为主；顶部出现灰岩			玄武岩组上段，斜斑玄武岩，上部夹少量安山岩和砂页岩			黑泥哨组，玄武岩，火山角砾岩，凝灰岩，砂页岩，灰岩，白云岩，硅质岩，安山岩 ，粗面岩			海底基性火山喷发岩相及封闭半封闭的滨—浅海海湾相沉积岩		
元　素		Cu	Ag	Au	Cu	Ag	Au	Cu	Ag	Au	Cu	Ag	Au
致密状玄武岩	样品(件)		5			6			3			13	
	含量	280	2	5.4	111	1.5	4.4	65	1.5	1.3	169	1.7	4.3
杏仁状玄武岩	样品(件)		6			4			1			11	
	含量	300	2.5	9.3	212	1	3.3	100	2	0.8	250	1.9	6.4
凝灰岩	样品(件)		5			5			4			4	
	含量	108	1.2	3.9	136	1	1.62	2 750	63	8.7	873	18.8	1.5
沉积岩	样品(件)					4			4			10	
	含量	105	1	4.4	2	1	1.7	1 850	8	2.6	523	7.7	4.2
各类岩石平均	样品(件)		18			19			11			48	
	含量	219	1.8	5.5	133	1.2	2.9	1 694	26	4.4	52.3	7.7	4.2

*　Cu，Ag 含量单位：$\times 10^{-6}$　含量单位 Au $\times 10^{-9}$

**　据秦德先等：《程海带玄武岩铜矿成矿规律及找矿远景》，1995.12

（三）构造地球化学特征

矿区构造地球化学特征将在第三章构造地球化学研究中讨论，现将该区有关金的成矿规律及成因的构造地球化学特征作简要的归纳。

构造地球化学元素的特定组合［Na K Al Si 组合，Ti V Cr Co Ni 组合，Pb Zn（Mn Fe As Sb Ag）组合，W Mo Fe（Sn）组合，Au 组合，Mg（Ca）组合，Bi 组合，Cu 组合］，以及这些元素组合异常总体与喜山期富碱斑岩及已知矿化区段的相依性相伴性显示：

①矿化与富碱斑岩有关，富碱斑岩为成矿物质成矿流体的来源。

②断裂构造为成矿元素迁移定位的重要条件。

③构造地球化学元素组合异常成带成块，异常组合排布呈一定的网络格局，异常高值区位于网络结构的结点，其特征类似于构造—岩浆—矿化三位一体的定位格局。网络结构

的构造结点是矿化定位的重要部位。

④金矿化与矿化元素组合具有总体一致，而又具其独立呈现的特点，Pb、Zn、Au、Cu、Bi 等元素组合的局部不相依，不同岩类、不同构造类型、不同矿化单元元素组合具有一定的特殊性，已知矿化强烈集中部位元素组合复杂、不同元素组合异常叠加。说明矿化的多阶段性，含矿流体多阶段矿化叠加作用是矿床富化集中的重要因素。

（四）稀土元素特征

1. 碱性斑岩稀土元素特征

北衙成矿碱性斑岩的稀土元素含量（表Ⅱ9）对该区的岩浆演化作用提供了有益的解释。

表Ⅱ9　北衙富碱斑岩稀土元素含量（$\times 10^{-6}$）及有关参数

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
岩类	石英二长斑岩	石英正长斑岩	石英正长斑岩	石英正长斑岩	石英正长斑岩	角闪正长斑岩	花岗斑岩	石英二长斑岩	石英二长斑岩
产地	万硐山	红泥塘	北衙	北衙	北衙	团树村	马头湾	马头湾	笔架山
La	23.17	66.73	29.00	31.00	30.00	31.89	18.84	10.79	30.50
Ce	46.14	145.92	49.00	57.30	52.60	61.44	27.72	18.48	52.66
Pr	5.23	20.63	3.84	4.68	4.08	8.86	4.38	2.42	6.01
Nd	20.29	55.35	15.20	15.30	13.80	39.98	19.15	9.77	20.83
Sm	3.89	9.86	2.50	3.10	2.80	9.07	4.12	2.38	2.89
Eu	0.86	2.80	0.76	0.91	0.81	2.69	1.24	0.72	0.75
Gd	3.53	9.27	2.55	2.80	2.95	9.70	3.20	1.48	2.23
Tb	0.43	1.16	0.36	0.32	0.44	1.86	0.55	0.23	0.25
Dy	2.76	6.65	1.83	1.38	2.49	12.44	3.13	1.28	1.23
Ho	0.61	1.26	0.37	0.26	0.53	2.44	0.60	0.24	0.22
Er	1.52	2.82	0.90	0.61	1.38	7.40	1.76	0.75	0.53
Tm	0.22	0.31	0.12	0.076	0.20	0.93	0.24	0.10	0.08
Yb	1.48	1.64	0.62	0.36	1.05	7.86	2.06	0.76	0.46
Ln	0.33	0.29	0.093	0.053	0.16	0.76	0.20	0.072	0.06
Y	15.36	16.21				87.21	17.75	6.599	4.68
∑REE	110.46	324.69	107.14	118.15	113.29	197.32	87.19	49.47	118.71
$\frac{KREE}{HREE}$	9.15	13.88	14.66	19.16	11.31	1.49	6.43	9.08	22.41
$(La/Yb)_N$	10.56	27.42	31.50	58.14	19.28	2.74	6.16	9.56	44.52
$(La/Sm)_N$	3.75	4.26	7.30	6.29	6.74	2.21	2.88	2.85	6.64
$(Cd/Yb)_N$	1.93	4.56	3.32	6.28	2.27	1.00	1.25	1.57	3.90
ΔEu	0.70	0.88	0.91	0.93	0.86	0.87	1.01	1.09	0.90
资料来源	甫卫民，1985	叶同庆，1992	吴志亮等，1996			本科研报告，1999			中南工大，1995

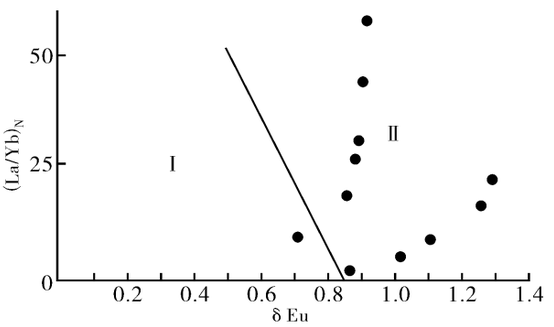
（1）稀土分配形式为向右倾斜的平缓曲线。

稀土总量不高，一般为 $49.47\times10^{-6}\sim118.71\times10^{-6}$，仅红泥塘石英正长段岩较高，达 324.69×10^{-6}。轻稀土富集：LREE/HREE 为 6.43～22.41，多数大于 10，$(La/Yb)_N$ 为 6.16～58.14，多数大于 10，$(La/Sm)_N$ 为 2.895～7.30，$(Gd/Yb)_N$ 为 1.25～6.28，多数具有 Eu 亏损，δEu 为 0.70～1.09。

（2）$(La/Yb)_N$—δEu 相关图（赵振华，1989）表明北衙富碱斑岩为壳幔型花岗岩（图Ⅱ16）。

（3）（La/Sm）—La 相关图表明分离结晶作用在岩浆演化中起主导作用。

依据岩浆演化向稀土总量增大、轻稀土更加富集方向演化这一规律，北衙矿区斑岩体稀土特征差异显示：



图Ⅱ16　壳型（Ⅰ）与壳幔型（Ⅱ）花岗岩的 $(La/Yb)_N$—δEu 变异图

（据赵振华，1989）

（1）稀土总量马头湾花岗斑岩为 87.19×10^{-6}，石英二长斑岩为 49.07×10^{-6}，红泥塘石英正长斑岩为 324.69×10^{-6}。表明马头湾岩体较之红泥塘岩体形成相对较早。

（2）团树村正长斑岩相对富集重稀土，LREE/HREE = 1.49，$(La/Yb)_N$ = 2.74，表明其原始岩浆分异程度较差。

2. 单矿物稀土元素特征

北衙金矿床单矿物稀土元素特征（表Ⅱ10、图Ⅱ17），显示矿化经历了多阶段矿化作用。

（1）黄铁矿：金矿体中的黄铁矿（$B_{13}O_7$ 样）较之非金地段的黄铁矿（$OB_{13}O_7$ 样）稀土总量较高，轻稀土富集。

（2）方铅矿：金矿体中的（$B_{13}O_{15}$ 样）和岩体接触带及邻近的（QO_3、104# 样）方铅矿较之离岩体较远的地层中的方铅矿（BBW_2O_1 样）相对稀土总量较低，轻稀土相对富集，Eu 呈负异常。

（3）磁铁矿：花岗斑岩外接触的条带状磁铁矿（BM_1O_4 样）、近花岗斑岩的块状磁铁矿（B_5O_1 样）较之石英正长斑岩接触带的块状磁铁矿（BBW_1O_1 样、BBHO 样）稀土总量较高、轻稀土较富集。

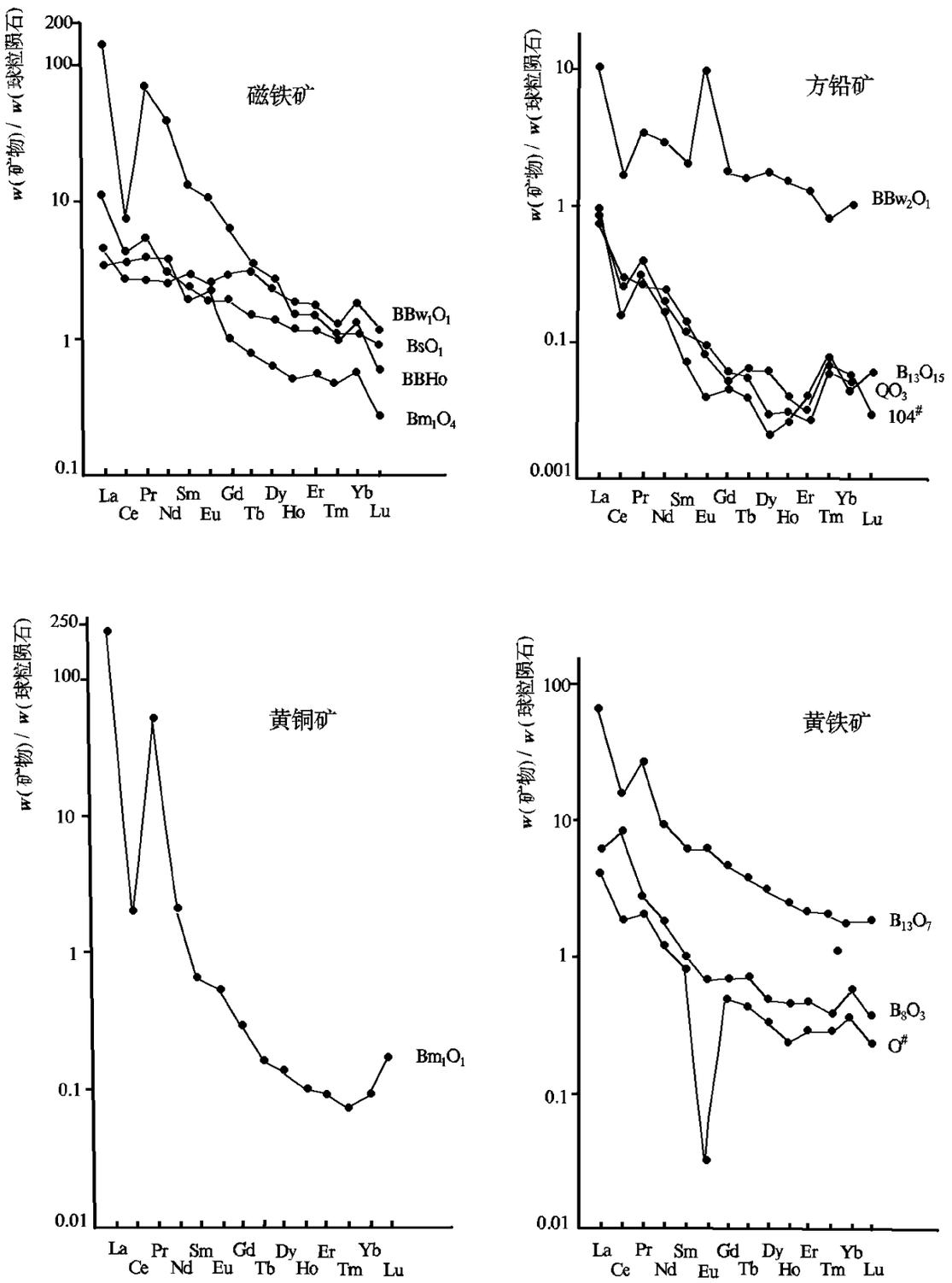
（4）黄铜矿：形成相对较晚的黄铜矿，较之方铅矿、黄铁矿、磁铁矿稀土特征明显差异，稀土总量较高，轻稀土富集，Ce 负异常明显。

此外，单矿物稀土元素特征还显示，相似矿化特征而不同矿化地段的单矿物其稀土特征亦不尽相同，如 O#（笔架山）与 B_8O_3（红泥塘）之非金矿地段黄铁矿。

斑岩体单矿物的稀土元素特征显示该区成岩成矿作用过程是多阶段的多变化的。

（五）铅同位素特征

北衙斑岩二铅同位素值（陈式房等，1991）的 $\triangle\beta$—$\triangle\gamma$ 图解（朱炳泉等，1985）（图Ⅱ18）及 Norman 判别图（1989）（图Ⅱ19）表明，北衙斑岩属壳幔型花岗岩，其中的铅来自大陆下岩石圈地幔。

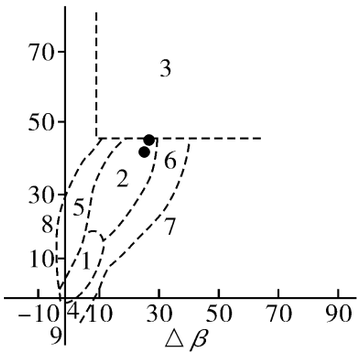


图Ⅱ17　北衙金矿区单矿物稀土元素球粒陨石标准化配分模式图

（球粒陨石值据 Boynton，1984）

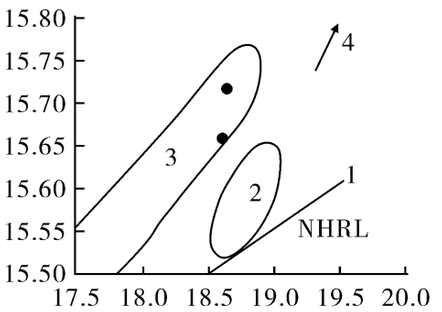
（六）包裹体特征

红泥塘石英正长斑岩和万硐山石英二长斑岩广泛发育液体包裹体、气体包裹体和含NaCl子矿物包裹体，还有含液 CO_2 包裹体、熔融玻璃质包裹体和晶质包裹体（甫卫民，1985）。包裹体均一温度 256 °C ~ 353 °C。熔融玻璃质包裹体在 700 °C ~ 750℃始熔，到 820 °C ~ 850 °C产生均一。石英和长石斑晶的包裹体盐度为 10.2 ~ 51.51w（NaCl)%，属中高盐度，且石英斑晶高于长石斑晶，从斑岩中心向边缘盐度增高。



图Ⅱ18　不同铅源的△β—△γ图解
（据朱炳泉等，1985）

1. 地幔源 Pb；2. 壳幔均一混合俯冲带型 Pb；3. 上地幔源 Pb；4. 与海洋喷气作用有关 Pb；5. 造山带壳幔混合 Pb；6. 冒地槽型壳幔混合 Pb；7. 化学沉积与页岩型 Pb；8. 角闪岩相中、深下地壳型 Pb；9. 麻粒岩相深下地壳型 Pb。



图Ⅱ19　不同源区地幔的铅同位素组成
（据Norman等，1989）

1. 大洋下亏损的软流圈地幔（NHRL线，也是北半球大洋玄武岩铅同位素组成回归线）；2. 软流圈地幔＋消减组分；3. 大陆下岩石圈地幔；4. 富 U、Th 的地壳的铅同位素组成趋势。

（七）成矿机制与矿床成因讨论

依据上述北衙金多金属矿床区域成矿背景、矿区成矿地质条件、矿床地质特征、矿床展布规律和成岩成矿作用的有关分析研究，可见：

1. 北衙金多金属成矿区在燕山晚期—喜山期印度板块与扬子板块挤压碰撞的构造环境中，由壳幔源的岩浆分异演化作用在喜山早期形成了富碱斑岩及与之相关的斑岩型金多金属矿床。

2. 北衙矿区处于区域大地构造单元的交接过渡部位，复杂的构造环境使富碱斑岩及其金多金属矿化呈现复杂的成岩成矿作用。以主要的成岩成矿时期而言，经历了较早期的板块碰撞期（如老马涧、万硐山石英正长斑岩）；其后的造山晚期—晚造山期（如铺台山、桅杆坡、万硐山、马头湾石英二长斑岩，马头湾花岗斑岩，团树村正长斑岩）；较晚的非造山期（如红泥塘石英正长斑岩）。

3. 富碱斑岩及其矿化的定位受构造控制，特别是断裂构造的控制。斑岩体（岩浆）—构造—矿化“三位一体”，斑岩体、构造、矿化三者在时间上同时，空间上同位。构造单元的等级体制决定了岩浆—矿化单元的等级体制；断裂构造的网络结构决定了岩浆—矿化系统的网络结构；斑岩体及矿化异常（矿化集中域）定位于构造结点附近；多阶段构造—岩浆活动的复合部位为矿化集中的最佳部位。

4. 近南北向七坪—北衙构造带和近东西向南大坪—桅杆坡构造带为矿区岩浆矿化活动的控岩控矿主导构造。它们是区内最为重要的构造—岩浆—矿化带，二构造带叠加部位——北衙本区（东矿区）是最佳矿化定位部位。

5. 金矿源为喜山期富碱斑岩，而区域性高铜金丰度值的二叠系“丽江式”火山岩铜金矿化层亦为该区金矿成矿物质的来源（斑岩侵位过程卷入的地层）。

6. 金在成矿作用中与其他成矿元素总体相伴，又显示其独立的复杂的成矿作用。金的重要元素组合为 Au、Fe，Au、Cu，Au、Bi，Au、Pb、Zn、Ag。

7. 原生斑岩型金矿床以侵位定位环境的差异而构成浸染型、矽卡岩型、热液型不同类型金矿化（其中以热液型为主），加之表生风化作用促成了原生金矿床的局部改造富

集。构成碱性斑岩矿床亚系列—隐爆角砾岩矿床亚系列—煌斑岩亚系列—风化壳矿床亚系列组成的北衙富碱斑岩矿床系列。

五、北衙金矿床三维综合模型

综合上述北衙金多金属矿床成矿地质条件、矿床地质特征及金矿展布规律、成因等系统资料，可拟建北衙喜山期富碱斑岩型金多金属矿床三维综合模型（图Ⅱ20）。

1. 壳—幔源喜山期富碱斑岩的侵位演化导致北衙金多金属矿床的形成。

2. 由斑岩侵位主期—晚期—补期—风化期及相对应的铅锌矿化主期—硫化物主期—金矿化主期—金表生富集期组成北衙金矿成因系列。

3. 构造—岩浆—矿化“三位一体”，同地质事件同空间定位为斑岩型金矿床时空结构。

4. 热致与流体驱动断裂构造斑岩体—脉—裂隙系统—构造制约下的构造—岩浆—矿化带状空间结构，金主要定位于脉及脉—裂隙过渡带、侵入接触断裂构造带。

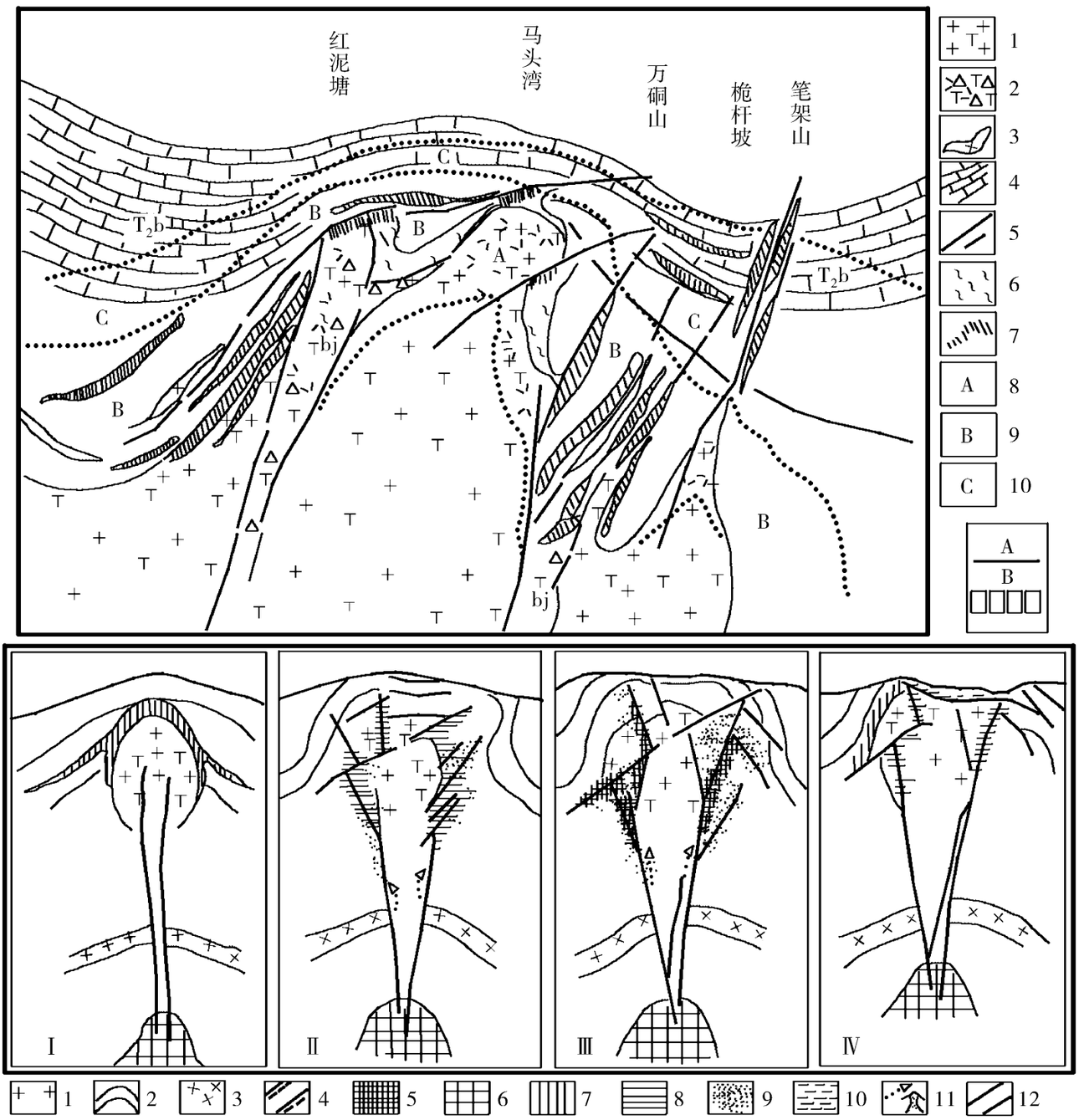
5. 网络结构的构造结点为金矿富集定位的最佳空间，尤以构造—岩浆复合结构为优。

六、北衙金矿床和国内外典型斑岩型矿床的简要对比

斑岩型矿床最典型的特征是产在中酸性斑岩体内部、内外接触带或与之有关的爆破角砾岩筒中，其矿石具有细脉状浸染状构造。1986 年美国的 D. P. Cox 和 D. A. Singer 编辑的《矿床模式》（*Mineral Deposit Models*）一书中，描述了克莱梅克斯钼矿床、斑岩铜矿床、与矽卡岩有关的斑岩铜矿床、斑岩铜金矿床、斑岩铜钼矿床、斑岩锡矿床等斑岩型矿床，都具有这个特征（表Ⅱ11）。D. P. Cox 和 D. A. Singer 把与细脉浸染状矿床共生的矽卡岩矿、热液脉型矿都当做斑岩型矿床的伴生矿来描述。在我国，公认的德兴斑岩铜矿、多宝山斑岩铜矿、玉龙斑岩铜矿等斑岩型矿床也都具有这个特征。从成矿系列的概念（翁文灏，1927；程裕淇、陈毓川等，1979、1983）出发，把和斑岩矿床紧密联系的矽卡岩矿、大脉状矿、层间破碎带矿等视为一个斑岩成矿系列（芮宗瑶等，1984）。

以前人们注意到斑岩型矿床与钙碱性斑岩的关系比较密切，后来国内外相继发现了一些与富碱斑岩有关的斑岩型矿床，使以往认为斑岩型矿床对钙碱性斑岩具有成矿专属性的认识受到了挑战。北衙金矿位于红河—金沙江富碱斑岩成矿带上。该带已发现玉龙斑岩型铜矿床、雪鸡坪斑岩型铜矿床、马厂箐斑岩型铜钼矿床等富碱斑岩型矿床。北衙矿区前几十年一直采铅锌，直到近十年来人们才认识到它实际还是一个金矿床。

原来认为北衙矿区铅—金矿脉是主要的矿体类型，方铅矿是主要载金矿物，是热液脉型金矿床，以对应其热液脉型铅锌矿床。通过我们的研究发现，北衙矿区黄铁矿也是主要原生载金矿物。大量的黄铁矿—金矿化发生在北衙地区岩浆活动晚期，以浸染状、细脉浸染状分布于斑岩体内、斑岩体内外接触带、隐爆角砾岩、早期矽卡岩型热液脉型铅锌矿和矽卡岩型磁铁矿中，或充填断裂破碎带、围岩层间破碎带形成块状矿。这种浸染状、细脉浸染状原生金矿体在红泥塘、万硐山矿段均有发现。



图Ⅱ20　北衙富碱斑岩型金多金属矿床模式

A　产状模式：1. 斑岩体；2. 爆破角砾岩；3. 煌斑岩；4. 北衙组灰岩；5. 断裂构造；6. 矽卡岩；7. 金、铅锌银矿化体；8. 绢云母化、硅化、黄铁矿化、钾化（黄铁绢英岩化）带；9. 矽卡岩化、磁铁矿化、硅化带；10. 大理岩化、铁锰碳酸岩化、硅化、黄铁矿化。

B　成因模式：1. 斑岩体；2. 围岩（北衙组）；3. 富金铜火山岩系；4. 脉岩；5. 隐爆角砾岩；6. 岩浆房；7. 主期矿化；8. 晚期矿化；9. 补期矿化；10. 表生风化期矿化；11. 矿质运移；12. 控岩控矿断裂。

Ⅰ　斑岩侵位主期　矽卡岩化主期，PbZn 矿化主期

Ⅱ　斑岩侵位晚期　斑岩及煌斑岩脉岩期，硫化物主期，Au 矿化期

Ⅲ　斑岩侵位补期　隐爆角砾岩及气液流体活动主期，Au 矿化主期

Ⅳ　表生风化壳风化期　古砂矿及红土型金矿化期

表Ⅱ11　北衙金矿和国内外斑岩型矿床模式对比表

矿床名称或产地		地质环境	矿床特征
北衙斑岩型金矿床		斑岩体特征：岩墙、岩株状。共出露13个岩体，最大出露面积0.25km²。岩性为石英正长斑岩、正长斑岩。斑状结构，基质具微晶—隐晶质结构。出现隐爆角砾构造。伴生数量较多的煌斑岩脉。 围岩类型：灰岩、砂泥岩、砂砾岩、玄武岩。 蚀变分带：由中心向外为钾化—泥化带—石英—绢云母—绿泥石化带—青盘岩化带。后两个带叠加在矽卡岩化、角岩化、大理岩化之上。 地质时代：渐新世。 构造背景：克拉通边缘，俯冲带附近。 伴生矿床类型：红土型金矿，岩溶裂隙型金矿，矽卡岩型铅锌银矿，热液脉型铅锌银矿，矽卡岩型磁铁矿，次生氧化铁矿。	矿石特征和矿化分带：岩体和隐爆角砾岩内为细脉浸染状金＋黄铁矿±黄铜矿化。围岩中以细网脉状金＋黄铁矿±黄铜矿化为主，单独产在围岩中，或叠加在早期矽卡岩型铅锌银矿、矽卡岩型磁铁矿、热液脉型铅锌银矿之上。围岩中出现少数断裂控制的金＋黄铁矿±黄铜矿脉。 控矿条件：金矿化主要与石英正长斑岩岩株、隐爆角砾岩有关。与煌斑岩脉有较密切的共生关系。岩体内部的细脉浸染状金＋黄铁矿±黄铜矿，以及围岩中细脉浸染状金＋黄铁矿±黄铜矿化与早期铅锌银叠加矿化形成的矿体品位较高。主要矿体赋存在石英—绢云母—绿泥石化带。 次生变化：在附近盆地中形成红土型金矿。原地保留深达400米的氧化带，使岩体和围岩普遍“褐铁矿化”。局部地带次生富集。 地球化学标志：中心为Au、Pb、Zn、Cu、Fe、As、Sb组合异常，过渡带为Au、Cu、Bi、Ag、Fe、As、Sb组合异常，外部带为Au、Cu、Ag、Bi组合异常。
我国典型的斑岩型矿床	玉龙斑岩型铜矿床	斑岩体特征：蘑菇状岩株，出露面积0.63km²。主要为二长花岗斑岩、花岗斑岩，伴随石英二长斑岩、石英钠长斑岩等的岩脉。向深部可能过渡为石英二长斑岩。碎斑结构。具隐爆角砾状构造。 围岩类型：灰岩、砂页岩。 蚀变分带：以岩体中心向外发育黑云母、钾长石化带—绢英岩化带—泥英岩化带—青盘岩化带。绢英岩化叠加在早期黑云母化和钾长石化之上。 地质时代：早第三纪。 构造背景：俯冲带上盘的陆缘岛弧区。 伴生矿床类型：斑岩型钼矿床、斑岩型铼矿床、斑岩型金矿床、斑岩型铂族矿床、斑岩型钴矿床，都达到大型规模。外接触带伴生银、黄铁矿、次生氧化铁矿，中到大型规模。伴生钨矿也达中型，但钨的赋存状态不清。	矿石特征和矿化分带：由中心向外为细脉浸染型铜钼矿化—细脉浸染型铜及贵金属矿化—矽卡岩型铁铜矿化—脉状铜铅锌银矿化。主要金属矿物为黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿。 控矿条件：整个二长花岗斑岩体、外接触带都细脉浸染状矿化，具隐爆角砾岩和构造破碎角砾岩的部位品位增高。 次生变化：形成氧化淋滤带、次生富集带和准原生带。形成次生矿物辉铜矿、蓝铜矿、黝铜矿、褐铁矿、赤铁矿等和原生金属硫化物共同组成的混合矿体。形成规模达中型的次生氧化铁矿床。 地球化学标志：由中心向外形成Cu、Mo—Fe—Bi、W—Co—Ag—Pb、Zn异常分带。

续 表

矿床名称或产地		地质环境	矿床特征
我国典型的斑岩型矿床	马厂箐斑岩型铜钼矿床	斑岩体特征：岩株状，出露面积1.3km^2。由正长斑岩、石英二长斑岩、斑状二长花岗岩、花岗斑岩、碱长花岗斑岩组成。 围岩类型：砂页岩、灰岩。 蚀变分带：内接触带发育不宽的接触交代变质岩即透辉斜长岩，由内而外叠加石英钾长石化带—石英钾长石绢云母化带。外接触带发育角岩夹矽卡岩化，由内而外依次为透辉石石榴长英角岩带—透山阳起长英角岩带—黑云母化重结晶砂岩带。 地质时代：第三纪。 构造背景：克拉通边缘，深大断裂附近。裂谷环境下幔源岩浆上侵同化部分围岩形成斑岩体。 伴生矿床类型：矽卡岩型铜钼矿。	矿石特征和矿化分带：由内向外依次为辉钼矿化带—黄铜矿黄铁矿化带—黄铁矿黄铜矿化带—方铅矿化带。内接触带为细脉浸染钼及少量铜矿化，外接触带为细脉浸染状铜及少量钼矿化。 控矿条件：钼铜矿化与斑状二长花岗岩关系密切，分布于石英绢云母化带，产于岩体内外接触带裂隙群中。 次生变化：岩体被深剥蚀。出现辉铜矿、蓝辉铜矿、铜蓝等次生矿物。 地球化学标志：由中心向外围为Mo—Cu、Fe—Pb、Zn—Au、Ag异常。
	雪鸡坪斑岩型铜矿床	斑岩体特征：超浅成复式岩体，岩株状，出露面积0.98km^2。主要由石英二长闪长玢岩、石英闪长玢岩和石英二长斑岩组成，后期有二长花岗斑岩岩脉。斑状结构，基质具微粒结构、霏细结构。 围岩类型：砂岩、板岩、玄武岩，与斑岩体同源异相的中酸性火山岩（安山岩、安粗安山岩、安粗岩）。 蚀变分带：从岩体中部向外依次为钾化带—石英—绢云母化带—伊利石—碳酸盐化带—青盘岩化带。 地质时代：三叠纪。 构造背景：陆块基础上发展起来的岛弧带，形成巨厚碎屑岩—碳酸盐岩—火山岩建造。 伴生矿床类型：岩浆热液型铜矿。	矿化分带和矿石特征：内部为黄铜矿+少量黄铁矿化带，外围黄铁矿+少量黄铜矿化带。辉钼矿、方铅矿、闪锌矿矿化微弱，分布零星，不成带出现。以细脉浸染状和浸染状矿化为主，少数受断裂裂隙控制具有网脉状、角砾状和块状构造。 控矿条件：与矿化关系密切的是石英闪长斑岩和石英二长斑岩。黄铜矿化主要分布在钾化与石英绢云母化叠加部位。 次生变化：5米~10米深的氧化带。偶见次生富集现象。 地球化学标志：Cu、Mo、Pb、Zn异常。
	德兴斑岩型铜矿床	斑岩体特征：似岩筒状岩株，三个成矿岩体出露面积分别为0.06km^2、0.2km^2、0.7km^2。岩性为花岗闪长斑岩。 围岩类型：泥质、粉砂质、火山凝灰质浅变质岩系。 蚀变分带：由岩体向外依次为绿泥石—水云母—钾长石化带—绿泥石—水云母化带—石英—水白云母—白云母化带—绿泥石—水白云母化带—绿泥石水云母化带。 地质时代：晚侏罗纪。 构造背景：克拉通边缘，深大断裂附近。	矿石特征和矿化分带：有斑岩体内部到外围围岩，矿石矿物的更替次序依次为自然金—辉钼矿—黄铜矿—闪锌矿和方铅矿，黄铁矿为贯通矿物，构造依次为浸染状—细脉浸染状—细脉状—脉状，细脉浸染状为主要构造类型。 控矿条件：矿体分布在斑岩体内外接触带原生裂隙、构造裂隙和隐爆角砾岩中，与石英绢云母化带密切相关。 次生变化：5m~40m深的氧化带，出现褐铁矿、孔雀石、蓝铜矿等。次生氧化富集带不发育。局部出现次生硫化富集带。 地球化学标志：内带为W、Bi、Mo异常，中带为Cu、Au、Ag异常，外带为Pb、Zn、Co、Ni、Mn异常。

续　表

矿床名称或产地		地质环境	矿床特征
我国典型的斑岩型矿床	多宝山斑岩型铜矿	斑岩体特征：复式岩体和一些岩脉。主要由花岗闪长岩、花岗闪长斑岩组成。赋矿岩体为花岗闪长岩体，出露面积 9km^2，多具半自形粒状结构，部分具似斑状结构。 围岩类型：中—中酸性火山角砾岩、集块岩、熔岩及凝灰岩，细碎屑岩。蚀变分带：由内向外分石英化核—石英—钾长石化带—绿泥石—绢云母化带—石英—绢云母化带—绿泥石—绢云母化带—绿帘石—绿泥石—绢云母化带—青盘岩化带。 地质时代：晚古生代。 构造背景：从俯冲消减到碰撞造山的过程中，伴随岩浆作用。	矿石特征和矿化分带：由内向外依次为辉钼矿＋黄铜矿化带—黄铜矿＋斑铜矿±自然铜＋黄铁矿化带—黄铜矿＋黄铁矿化带—黄铁矿±闪锌矿化带。矿石以浸染状、细脉浸染状构造为主。 控矿条件：在构造片理化带形成工业矿体，断裂裂隙和片理化带交叉部位矿体厚度和品位增高。矿体群环绕斑岩体分布。与绢英岩化带关系密切。 次生变化：物理风化作用强烈。氧化带不发育。 地球化学标志：内有 Cu、Mo、Ag 异常，外有 Pb、Zn、Mn 异常。
国外斑岩型矿床	克莱梅克斯斑岩型钼矿床	斑岩体特征：花岗岩—流纹岩类多阶段浅成侵入体，具有放射状岩脉的岩株。细—中粒细晶结构，常见角砾状构造。SiO_2 > 75%，Rb、Y、Nb 高，Ba、Sr、Zr 低。 蚀变分带：从岩体到围岩依次为云英岩脉带—硅化、钾化带—石英、绢云母化带—青盘岩化、泥化带。 地质时代：主要在第三纪。 构造背景：主要在克拉通中的扩张带。可能与俯冲有关（但在底壳厚的地区远离大陆边缘），并且在旋回的晚期。 伴生矿床类型：银—贱金属（矿）脉，萤石矿床，斑岩型钨矿床。	矿石特征：矿物组合为辉钼矿＋石英±萤石±钾长石±黄铁矿±黑钨矿±锡石±黄玉。主要为细网脉状矿石，少量为浸染状。 控矿条件：网脉状矿石覆盖了小于 1km^2 的小岩株，多期侵入对矿化非常有利。 次生变化：有黄色的含铁钼华色斑。 地球化学标志：紧靠矿带的上面有 Mo、Sn、W、Rb 异常。围岩中 Pb、Zn、F、U 异常达好几公里远。有的矿床外围有 Cu 异常。 矿床实例：美国蒙大拿的 Redwell Basin、Winfield、Big Ben，科罗拉多的 Climax、Henderson、Mt. Emmons，犹他州的 Pime Grove，内华达州的 Mount Hope。
	斑岩型铜矿床	斑岩体特征：岩株和大量的岩墙、角砾岩筒、断层同时产出，有的是钟状岩基。岩石为英云闪长斑岩—二长花岗斑岩或正长斑岩，斑晶密集，基质为微细晶质的长石和石英。 围岩类型：花岗质、火山质、钙质的沉积岩和其他岩石。 蚀变分带：从底部、中心部位向外为钠—钙质蚀变带—钾质蚀变带—绢英岩化带—泥化带—青盘岩化带。泥化和青盘岩化可以叠加在早期钾化之上。 地质时代：主要为中生代和新生代，但可能为任何时代。 构造背景：断裂带和收敛板块边缘，同时发生岛弧火山作用。 伴生矿床类型：贱金属矽卡岩、浅成低温热液脉矿床、多金属交代矿床和以火山岩为容矿岩石的块状交代矿床。也有斑岩铜—矽卡岩有关矿床，斑岩铜钼矿床和斑岩铜金矿床。	矿石特征：矿石矿物组合为黄铜矿＋黄铁矿±辉钼矿，黄铜矿＋磁铁矿±斑铜矿±金，或二者的叠加。脉石矿物组合为石英＋钾长石＋黑云母±石膏，石英＋绢云母±粘土矿物。一些矿床中还有晚期的硫砷铜矿脉、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿和重晶石。细网脉状和浸染状构造。 控矿条件：斑岩体中、沿斑岩接触带、有利的围岩（如碳酸盐岩、镁铁质火成岩和较老的花岗质侵入体）有利于形成网状矿脉。 次生变化：在风化露头上或淋滤强烈的地方，裂隙中充填褐铁矿、赤铁矿，出现蓝铜矿和硅铜矿，铜被淋滤向下运移变为辉铜矿等次生硫化物沉积在潜水面或古潜水面地带。在矿床之上的残积土壤中含有异常数量的金红石。 地球化学标志：中心为 Cu ± Mo ± Au ± Ag ± W ± B ± Sr 异常，向外为 Pb、Zn、Au、As、Sb、Se、Te、Mn、Co、Ba、Rb 异常。局部地区 Bi 和 Sn 异常非常远。所有的带中 S 都高。一些矿床有微弱的 U 异常。 矿床实例：美国犹他州的 BingHam，亚利桑那州的 San Manuel，智利的 El Salvador。

续 表

矿床名称或产地		地质环境	矿床特征
国外斑岩型矿床	与矽卡岩有关的斑岩型铜矿床	斑岩体特征：岩株状，岩石为英云闪长斑岩、二长花岗斑岩，基质为显微细晶质结构。 围岩岩性：碳酸盐岩或钙质碎屑岩。 蚀变分带：从岩体到围岩依次为钾化蚀变带—钙铁榴石透辉石化带—硅灰石或透闪石化带—大理岩化带。矽卡岩中出现强烈的退化蚀变，出现绢英化蚀变。 地质时代：主要为中生代和第三纪，但可以是任何时代。 构造背景：安第斯型火山作用和侵入体叠加在较老的大陆架碳酸盐岩层之上。 伴生矿床类型：矽卡岩铜矿，铅锌银交代矿床。	矿石特征和矿化分带：黄铜矿＋黄铁矿＋磁铁矿组合产在内部的石榴子石、透辉石带中，斑铜矿＋黄铁矿±闪锌矿±砷黝铜矿组合产在外部的硅灰石带中。 控矿条件：岩体和矽卡岩中强烈的网状细脉中含有大量的铜矿物。铜矿化一般伴随强烈的退化蚀变。 次生变化：被风化淋滤形成蓝铜矿和硅铜矿，以及富铁铁帽。 地球化学标志：具有 Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag、W、Bi、Sn、Sb、As 异常。 矿床实例：美国内华达州的 Ruth，亚利桑那州的 Gaspe、Christmas，加拿大魁北克省的 Silver Bell。
	斑岩型铜金矿床	斑岩体特征：岩株、岩墙状，位于火山中心，和围岩一起形成大规模的角砾岩。侵位深度 1km～2km。岩类为英云闪长斑岩、二长花岗斑岩，斑状结构，基质为细—中粒细晶质结构。还有正长斑岩、二长斑岩等。 围岩类型：与斑岩体同期形成的英安岩、安山岩、橄榄玄粗岩、凝灰岩。 蚀变分带：从岩体到围岩依次为钾化蚀变带—绢英化带—青盘岩化带。中心部位的早期钾化被后期青盘岩化叠加。 地质时代：白垩纪—第四纪。 构造背景：岛弧环境，特别是火山旋回的衰退阶段。还有大陆边缘与断裂有关的火山作用。 伴生矿床类型：斑岩铜钼矿，砂金矿床。	矿石特征和矿化分带：中心部位为磁铁矿＋黄铜矿＋斑铜矿＋金组合，向外为辉钼矿＋黄铁矿组合。矿石为细脉浸染状构造。 控矿条件：矿体位于火山—斑岩体中心之上。在岩株分叉部位品位变富。钾化和绢英岩化带对成矿有利。 次生变化：被风化淋滤形成蓝铜矿和硅铜矿，以及铁色斑。残积土壤中含有异常数量的金红石。 地球化学标志：中心部位有 Cu、Au、Ag 异常，周边为 Mo 异常。如晚期的黄铁矿、绢云母蚀变作用强烈，则周边可以出现 Pb、Zn、Mn 异常。矿石带中 Au（ppm）与 Mo（%）的比值为 30。覆盖矿体的残积土壤中富集金。 矿床实例：美国亚利桑那州的 Dos Pobres，加拿大不列颠哥伦比亚的 Copper Mountain，波多黎各的 Tanama。
	斑岩型铜钼矿床	斑岩体特征：岩株、角砾岩筒。伴随大量同期的岩脉和断层。属高位侵入斑岩体。岩类为英云闪长斑岩、二长花岗斑岩，斑状结构，基质为细—中粒细晶质结构。某些矿床中，斑状结构可能限于一些小岩脉。 围岩类型：斑岩体在深部穿透深成岩。在浅部为火山岩和沉积岩。 蚀变分带：中心为钾质蚀变带，向外过渡为青盘岩化带。晚期的绢英化蚀变可以叠加在钾化带，甚至扩大到外部带，以致整个矿床。 地质时代：主要为中生代至第三纪，但可以为任何时代。 构造背景：主要在大陆边缘，也可以在大洋板块的汇聚边界处。与俯冲作用有关的火山和深成侵入体岛弧中，有大量断层存在。 伴生矿床类型：可能富金的矽卡岩铜矿，矽卡岩锌或铁矿床，金＋贱金属硫盐脉矿床，砂金矿。火山岩容矿的块状交代矿床和多金属交代矿床。	矿石特征和矿化分带：中心部位为细脉浸染状黄铜矿＋黄铁矿＋辉钼矿矿化，向外变为细脉浸染状黄铁矿化。周围的脉矿或交代型矿床具有黄铜矿＋方铅矿±金组合。最外部带可以有铜银锑硫化物、重晶石和金矿脉。 控矿条件：与大量岩脉、断层和角砾岩筒同期的高位侵入斑岩，围岩岩基的岩钟部位有利成矿。矿化细脉和裂隙密集部位品位高。对矿化有利的围岩是钙质沉积岩、辉绿岩、英安闪长岩和闪长岩。 次生变化：被风化淋滤形成铁色斑或铁帽。表生铜如辉铜矿在淋滤带下面形成垫层。残积土壤中含有异常数量的金红石。 地球化学标志：中心为 Cu＋Mo＋Ag±W±B±Sr 组合异常，外部带为 Pb、Zn、Au、As、Sb、Se、Te、Mn、Co、Ba、Rb 异常。Bi 和 Sn 在局部地方形成远源异常。所有带中 S 都高。Au（ppm）Mo（%）比率小于 3。 矿床实例：美国亚利桑那州的 Sierrita Zspe-ranza，加拿大不列颠哥伦比亚的 Brenda。

续　表

矿床名称或产地		地质环境	矿床特征
国外斑岩型矿床	斑岩型锡矿床	斑岩体特征：次火山侵入杂岩体，高侵位于地下1km～3km，或位于陆地成层火山的喷口内。一般为漏斗状岩株，1km^2～2km^2。中酸性石英斑岩，岩类为石英安粗岩、英安岩、流纹英安岩。具火成角砾状构造。 围岩类型：同生的钙碱性火山碎屑岩和熔岩，岩类为石英安粗岩至流纹英安岩。 蚀变分带：弥漫型蚀变作用和斑岩型锡矿化作用在时间上早于锡—银矿脉；以石英—电气石为核心（和少量的浸染状锡石），过渡为同心环状，向外向上为绢云母—电气石化带、绢云母化带（与浸染状锡石密切相关）和青盘岩化带。泥化带出现在某些蚀变系列的上部。 地质时代：可以是任何时代。 构造背景：俯冲带，也是褶皱带，高位侵入岩株伴有同生火山岩。 伴生矿床类型：锡矿脉，锡多金属矿脉。	矿石特征和矿化分带：锡石、石英与硫化物（主要是黄铁矿，也有磁黄铁矿、黝锡矿、黄铜矿、闪锌矿和毒砂）伴生。晚期常常含有复杂的硫锡酸盐和银矿物。岩体侵入中心为细脉浸染状锡矿化，边部及附近围岩中为晚期的裂隙控制的石英—锡石和石英—锡石—硫化物脉。 控矿条件：矿化受角砾岩化斑岩控制，分布在角砾岩及其附近围岩中。浸染状锡石矿化与绢云母化密切相关。 次生变化：具铁色斑。表生富集的可能性不大，锡石可以在附近的砂矿床中富集。 地球化学标志：中心为Sn＋B异常，外部带为Sn、Ag、Pb、Zn、Au、As、Sb、Cu、Ba异常。 矿床实例：玻利维亚的Chorolque、Catavi。

斑岩型铜矿床常具有明显的、由岩体中心向外有规律的同心环状蚀变分带，多数情况下自岩体中心向外可分为：①钾化带，主要矿物有钾长石、黑云母、石英；②石英—绢云母化带，主要矿物有石英、绢云母、少量黄铁矿；③泥化带，主要矿物有高岭土、绢云母、石英、绿泥石；④青盘岩化带，矿物成分有绿帘石、绿泥石、绢云母、石英、黄铁矿。有些矿床四个带都存在，如D. P. Cox（1986）描述的斑岩铜矿床、我国的玉龙铜矿床、雪鸡坪铜矿床等，很多只有其中一两个带，有些叠加在早期矽卡岩化之上，我国德兴斑岩铜矿出现以接触带为对称面的对称式蚀变分带。北衙红泥塘和万硐山矿段蚀变带相对发育，由中心向外为钾化—泥化带—石英—绢云母—绿泥石化带—青盘岩化带，后两个带叠加在矽卡岩化、角岩化、大理岩化之上，其中青盘岩化蚀变较弱，和D. P. Cox（1986）描述的与矽卡岩有关的斑岩铜矿床、也与和北衙斑岩金矿紧邻的马厂箐斑岩铜钼矿床蚀变模式接近。

斑岩矿床形成的一个重要条件是，含矿斑岩和围岩在矿化之前或矿化期间遭受强烈破碎和破裂。有的是在岩体边部和围岩中形成放射状裂隙，可能由斑岩岩浆演化、二次沸腾和冷凝，以及孔隙流体差异热膨胀和爆破—隐爆作用共同形成，脆性围岩中的非放射状裂隙还可能是岩浆上侵应力作用形成，典型的如我国玉龙斑岩铜矿。有的是区域应力作用产生的片理化带和断裂裂隙，典型的如我国的多宝山斑岩铜矿。有的如我国德兴铜厂斑岩矿床，围岩为千枚岩，它的微裂隙本来就很发育，为形成细脉浸染型矿床提供了优越的条件。有的如Byuce L. Reed（1986）描述的斑岩型锡矿床，岩浆岩和围岩在后期气液活动中强烈爆破形成角砾岩，D. P. Cox（1986）描述的有些斑岩铜矿，我国的玉龙斑岩铜矿、德兴斑岩铜矿等都存在不同程度的爆破现象。北衙金矿的控矿裂隙主要由区域应力和隐爆

作用产生，前者在岩体和围岩中形成断裂、层间破碎带、层间滑动裂隙，后者在红泥塘矿段形成隐爆角砾岩。和其他斑岩型矿床一样，北衙金矿成矿最好的部位在石英绢云母绿泥石化带。许多斑岩矿床还形成矿石成分和构造分带，但是北衙矿床这种分带性不明显，一方面可能是斑岩型矿化的矿物成分相对较简单，另一方面强烈的次生作用也影响了对分带性的观察。

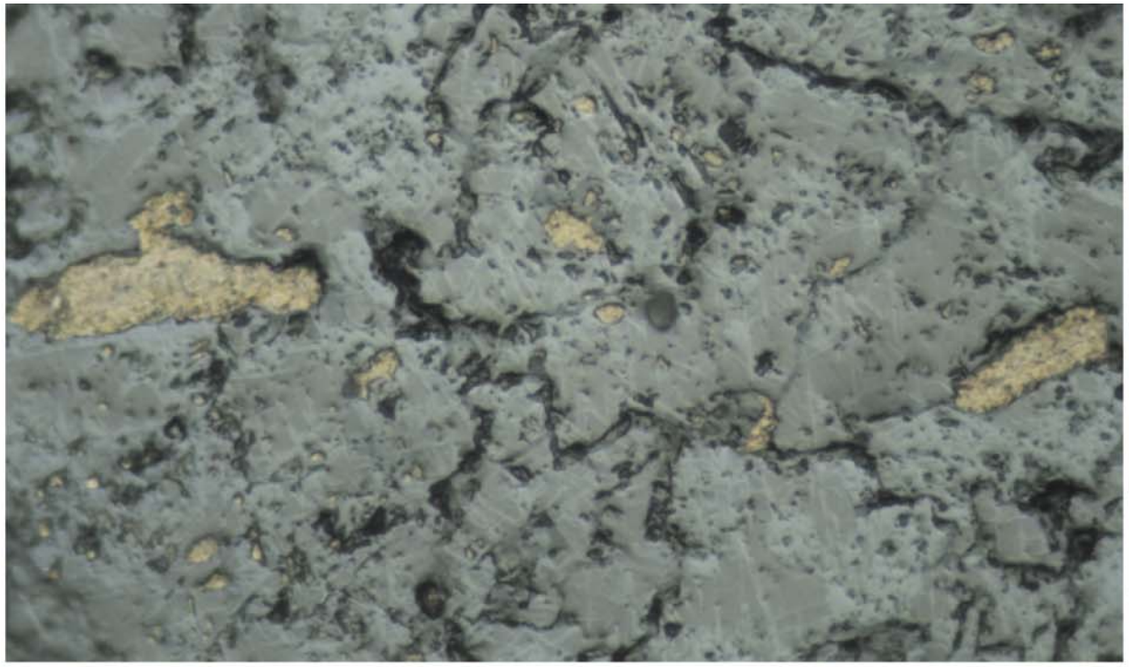
斑岩型矿床一般都发育不同程度的次生带，覆盖于原生硫化物带之上。原生斑岩型矿床品位较低，次生富集作用对于提高矿石品位有重要意义。早年在国外，次生富集带之下的原生斑岩铜矿大多不作为主要矿体开采。在我国，玉龙铜矿就形成了典型的次生富集带。

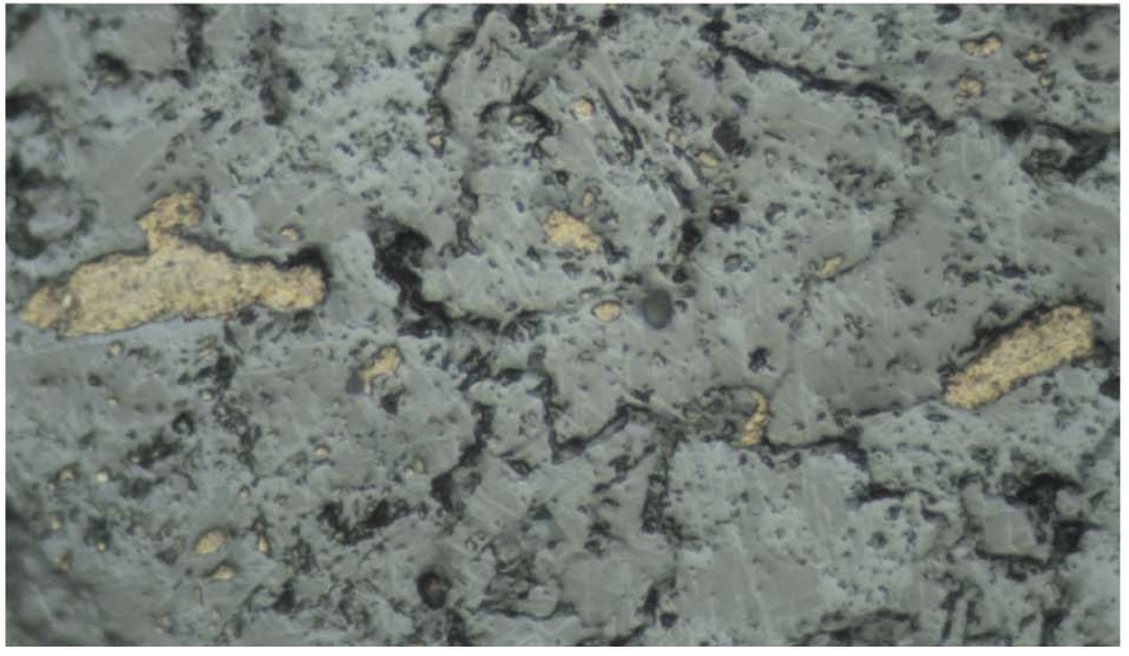
北衙金矿次生富集作用的第一个特点是形成了红土型金矿。据任治矶等（2001）的描述，红土剖面分表土层、钙结砾岩和角砾岩层、杂色粘土层、腐岩层四层。其中杂色粘土层和腐岩层是主要含矿层。杂色粘土层由杂色粘土、亚粘土、砂砾及氧化铁矿块构成，分上下两层，上杂色层平均厚 2.47m ~ 26.49m，平均含金 0.47×10^{-6} ~ 0.60×10^{-6}；下杂色层平均厚 3.69m ~ 13.61m，平均含金 1.95×10^{-6} ~ 1.12×10^{-6}。腐岩层由原地等体积风化砂质粘土、氧化矿和疏松原岩风化砂屑构成，平均含矿厚度 33.77m，平均含金 1.51×10^{-6}。腐岩层按原岩可分为三类，一类原岩为黄铁矿和破碎带，占 70.3%，平均含金 1.97×10^{-6}；一类原岩为石英正长斑岩和煌斑岩，占 14.9%，平均含金 0.69×10^{-6}；一类原岩为白云质灰岩和矽卡岩，占 14.8%，平均含金 0.62×10^{-6}。工业矿体赋存在下杂色层和腐岩层中。腐岩层下伏为未经风化的原岩和部分地段的硫化矿脉金。显然，红土型剖面中的腐岩层相当于风化前的内接触带，杂色层相当于风化前的外接触带，尽管经过次生富集，但是平均含金量依然较低，基本反映了原岩的含矿性特点。

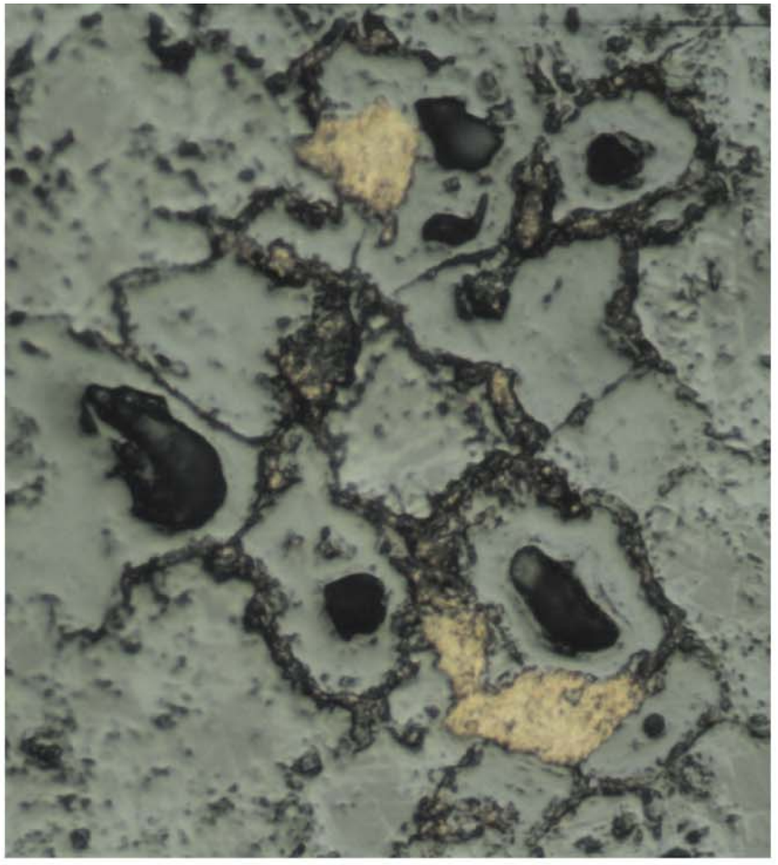
北衙金矿次生富集作用的第二个特点是沿断裂裂隙往下氧化淋滤，使自然金颗粒加大分布在褐铁矿的微裂隙中，或被包裹在褐铁矿中，这样的脉状矿平均含金量可以富集到 3×10^{-6} ~ 10×10^{-6}，甚至更高。

和其他斑岩型矿床一样，北衙金矿也有较好的地球化学分带。笔架山矿段出露斑岩脉、褐铁矿—金矿脉，剥蚀较浅，属上部带；万硐山矿段出露斑岩岩株和岩脉、矽卡岩铅锌磁铁矿和褐铁矿体—金矿脉，剥蚀中等，属过渡带；红泥塘矿段出露斑岩岩株和隐爆角砾岩、隐爆角砾岩型金矿和矽卡岩铅锌磁铁矿体，剥蚀较深，属中下部带。因此，三个矿段的构造地球化学特征代表了整个北衙金矿的地球化学分带：中心为 Au、Pb、Zn、Cu、Fe、As、Sb 组合异常，过渡带为 Au、Cu、Bi、Ag、Fe、As、Sb 组合异常，外部带为 Au、Cu、Ag、Bi 组合异常。

北衙富碱斑岩型金矿床所处大地构造位置是扬子地台西缘、印度板块与欧亚板块的板块缝合线附近，在区域上受金沙江—红河等深大断裂控制，主要是造山晚期—造山期向非造山期过渡时的产物，其矿床模式在形式上和中国造山期后的斑岩铜矿床成矿类型模式（张洪涛等，1988；朱裕生等，1997）相似。







图版Ⅱ1　磁铁矿中的金粒

万硐山　3.3×40

左上　磁铁矿粒间及晶体内呈散点状金
左下　磁铁矿粒间金及裂隙金散点状金
右　　磁铁矿粒间裂隙金、网格状构造

第三章　影像线—环结构和构造地球化学研究

影像线—环结构的研究揭示了常规地质构造研究方法未及识别的构造、岩浆及矿床定位的许多重要信息（杨世瑜等，1998）。构造地球化学的研究亦提供了常规地质研究方法未能获取的矿化信息。在北衙矿区矿床定位因素、成岩成矿构造的研究中，以影像线—环结构及构造地球化学方法为主线，结合成矿地质条件、成矿作用、矿床特征的研究，以及成矿构造应力场的研究，形成了宏观—微观多层次定位标志识别的组合，以及遥感—地质—构造地球化学多种方法的组合，使本区矿床定位问题的研究形成了方法特色。

一、北衙矿区影像线—环结构

线性构造和环形构造是遥感影像的两个基本组成部分。遥感影像的地质解译及其在地质找矿中的应用，最直观的也就是识别线性构造和环形构造，以及二者的组合关系，这是遥感地质问世以来的最基本的研究内容。在北衙金矿的遥感影像的研究中，我们跨过通常的线性体和环形体的一般研究方法，应用矿床遥感地质的基本原理和基本方法（杨世瑜，1995、1997、1998），识别矿床地质特征与遥感信息间的内在联系。从北衙矿床为斑岩型矿床这一特定矿床特征出发，对北衙矿区的矿床遥感影像信息进行研究，特别着重了影像线—环结构及其等级体制的研究。

犹如矿物具有一定的晶体结构，矿床的空间展布亦呈现一定的排列规律（一定的点阵、一定的间隔），构成一定的网络结构。矿床展布的时空结构模型是表述矿床诸控制因素时空配置关系，以及相应的矿床定位时空展布特征的综合模型。遥感影像中色调、阴影、线性体、环形体、影纹图案等组成的影像单元亦总是显示一定的组合形式、一定的影像结构，从而呈现一定的影像网络结构。遥感影像与地质景观具有对应性，遥感图像在一定程度上就是地质景观的真实缩影，因此矿床展布的时空网络结构与遥感影像的网络结构间常具有同位对应性。这就形成了影像网络结构与矿床定位这一矿床遥感地质的重要问题。

（一）构造结点与网络结构

两个或多个方向的构造线相交切的部位——构造结点，因构造线在空间上成组出现，从而呈现一系列的构造结点群。构造结点因构造线产出的规律性而呈现一定的排列形式，排布成点阵，这就形成了构造结点的网络结构。

在一定的地质环境中，受特定的地质构造条件的控制，地质构造形迹形成特定的组合。地质构造就具有与某成因相关的网络结构，通常表现为群集性（成群、成带、成系列）、节律性（因方向性、间隔性、等距性、对称性而呈现的节律）、贯穿性（呈现于特

定的整个的地质构造单元）、对应性（时空分布的关联性）。地质作用形成的各地质要素（形迹、现象）皆存在有相应的层次、体制、网络等组合形式—— 特定的网络结构。源于同一地质事件的各地质要素呈现多个单一因素的网络结构，在一个地域内多地质因素的多元地学网络则常表现为同位呈现，多元一体。

一个地域的地质景观中，包含有不同地质事件所形成的不同系列的地质形迹地质现象群体。与之对应，在遥感图像中可分解为显示不同地质事件、地质群体的相应的线环群体系列，它们各自为独立体系。这种与地质构造网络相对应,显示不同地质事件的线环群体系列的线性体、环形体规律组合形式的影像特征，即为影像网络结构。影像网络结构具有影像与地质的双重性，影像特征与地质特征的双重含意，具影像—地质的外延和内涵，影像网络结构具有多层次性，具规模级次序列和同生叠加形成时间序次，以及与之相应的群集系列体制。

构造结点通常为构造应力的聚集点，也是构造应力的释放点。构造结点常常优选发育构造破碎、岩石形变最强烈的地段，该部位常为岩浆侵位的优选地段，也是最易复合、继承性活动的部位。因此，岩浆活动定位及其有关的地热（热点），以及矿化作用也常呈现一定的网络结构。网络结构也常常由构造形迹及受构造制约而定位的岩体、矿化体、蚀变体、热体的网络形迹而体现。遥感影像具有对线性构造、环形构造显示的优势，对于地表地质难以直接观察判断的断裂构造，能提供判释信息。因此，遥感影像对地质构造潜在的构造组合格局能通过影像网络提供丰富的网络结构信息。这种信息为通常难以直接观察到的隐信息。

北衙成矿区具多期地质构造事件形成的构造—岩浆—矿化形迹的地区，但是由于多种因素的影响（如残坡积覆盖），详尽而严格的识别划分构造—岩浆—矿化形迹很困难。影像线、环网络结构为该区构造、岩浆、矿化网络结构的识别和厘定提供了丰富的信息。

（二）影像网络结构与矿床空间定位

在构造应力场变更应力状况（如多期次构造作用应力的转变）的情况下，在应力驱动下，成矿物质一般由高压力、高能量、高温度、高浓度部位向低压力、低能量、低温度、低浓度部位迁移。物化条件适宜的构造结点成为物质聚集或流体扩容的优选部位。

显然，构造结点是成岩成矿的有利部位，是岩浆、矿床定位的最佳优选部位。网络结构及其结点是重要的成岩成矿构造标记。网络构造、成矿环境、成矿动力、成矿物质的统一性，决定了构造结点部位形成形变、蚀变（变质）、矿化的同位性。网络结构中特定的物质属性—时间属性—空间属性所显示的岩石矿物系列—演化系列—构造岩浆矿化单元系列，它们的网络、层次、体制和一致性信息，可作为矿床定位网络结构“标志组”。

矿床定位的网络结构中，影像—地质单元网络结构、影像线—环网络结构、影像线—环等级体制网络结构可作为矿床空间定位标志；而影像—地质事件网络结构可作为矿床时间定位标志；它们的结合可作为矿床定位时空网络结构标志。

（三）北衙成矿区影像线—环网络结构矿化信息

1. 北衙成矿区影像线—环结构

在解译了丽江—大理地区 1/50 万 TM 图像的基础上，对斑岩型矿化集中区的北衙、马厂箐、小龙潭地区进行了数字图像处理。采用北京三联公司的 ICPS－2 软件系统，进行

KL 变换、比值分析、加合成、减合成、RGB 合成、HIS 变换。在对获取的数字化图像进行详细解译的同时，对北衙矿区的航片亦进行了解译。由于斑岩矿床产出的时空结构总是和复式岩体相伴，所以遥感图像解译中突出了与斑岩体定位有关的影像线—环结构及影像线—环等级体制。

北衙矿区线性构造及环形构造发育，且具明显的等级体制和影像线—环结构（图版Ⅲ1，见彩页）。

（1）北衙成矿区线性构造

北衙矿区线性构造成组发育、成带集中。线性构造可分为相对清晰的线性构造和隐晦的线性构造（图Ⅲ1）。

近南北向线性构造可清晰分为北北西向和北北东向两组，皆为区域性线性构造的显示。隐晦的线性构造呈南北向。

近东西向线性构造中，东西向线性构造可分为贯穿全区的和局限性发育的构造。局限性构造发育于石宝塔—大龙潭和七坪—北衙两个隐晦的南北向构造带之间，分布于北衙、马头湾一带。近东西向构造中的北东东向线性构造以隐晦的南大坪—桅杆坡带规模最大。

北东向线性构造大体以七坪—北衙南北向构造带为界，东部以 NE50°左右为主，西部以 NE65°左右为主。隐晦的北东向构造规模相对较小，连续性较差，可能被北西向及南北向线性构造带限制或错移。

北西向的线性构造有西邑村—黄坪、谷堆山—焦石硐两个带，隐晦发育，斜贯全区。

（2）北衙成矿区环形构造

位于南无山环形构造南部的北衙矿区环形构造呈多级次、多种形态叠加发育（图Ⅲ2），可分为四个级别：一级为南无山环；二级有北衙环和芹菜塘环；三级环有铺台山环、西邑村环、福田村环、平坝环、老猫坡环、干海坝环、雪茶山环等；四级环众多，重要的有南大坪环、马头湾环、红泥塘环、桅杆坡环、万硐山环、团树村环、南坡环、笔架山环、半山角环、北松坪环等。

（3）北衙成矿区线—环结构

北衙矿区线性构造和环形构造的组合关系甚为复杂，主要的有代表性的线—环结构有：

①线—线交切结构

格状交叠结构：以南北向和东西向线性构造格状交叠为典型，北东向和北西向线性构造亦呈现格状交叠结构。

菱格状交切结构：北东向和南北向线性构造呈菱形格状交切为典型。北北东向与北东向、北北东向与北西向亦构成菱形格状结构。

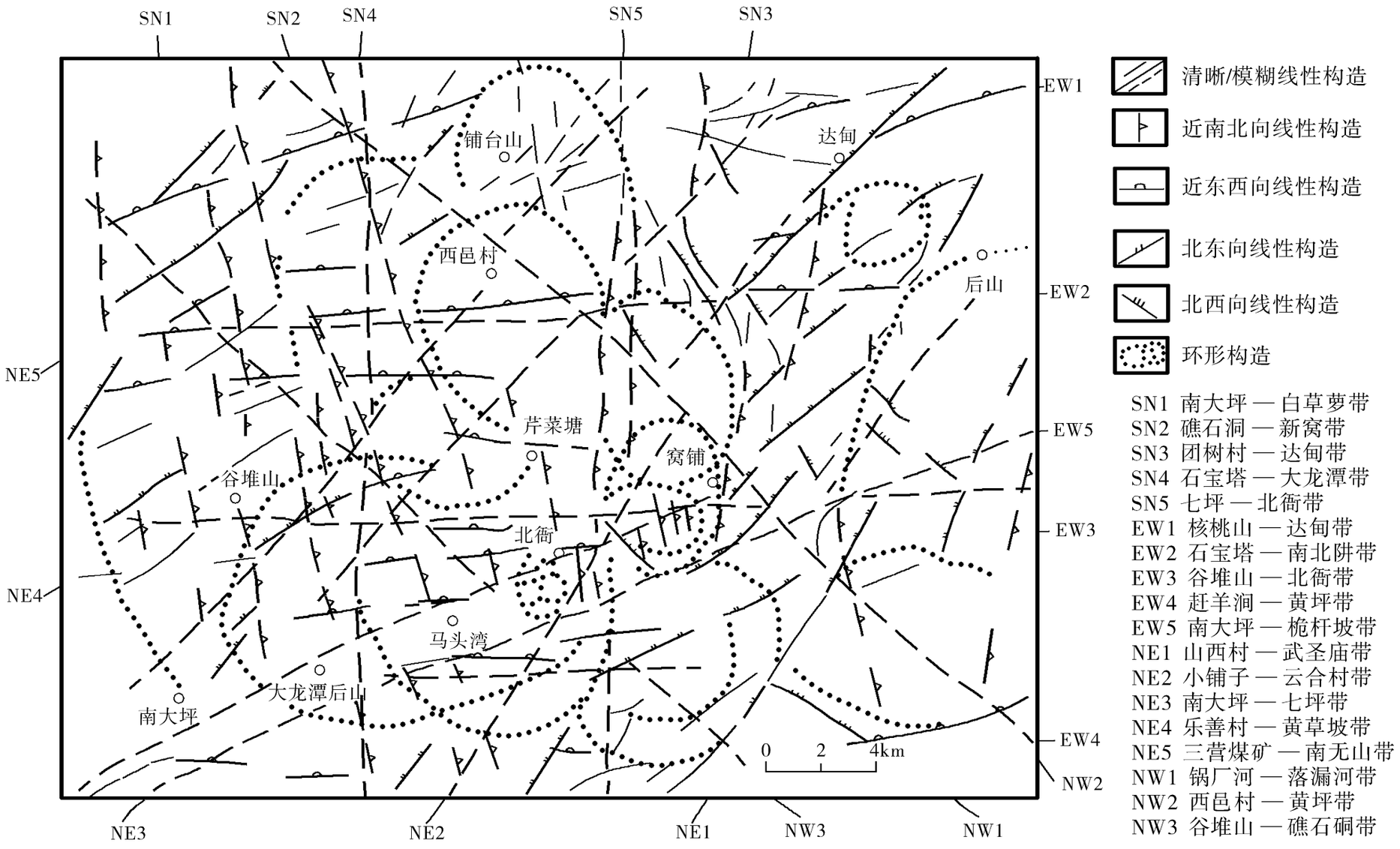
②线—环交切结构

线—环切接结构：环形构造之部分弧形与线性构造呈切线状交切。线性构造与环形构造相互依存、相互制约、同期发育。如北衙环与其北侧的东西向芹菜塘线性构造。

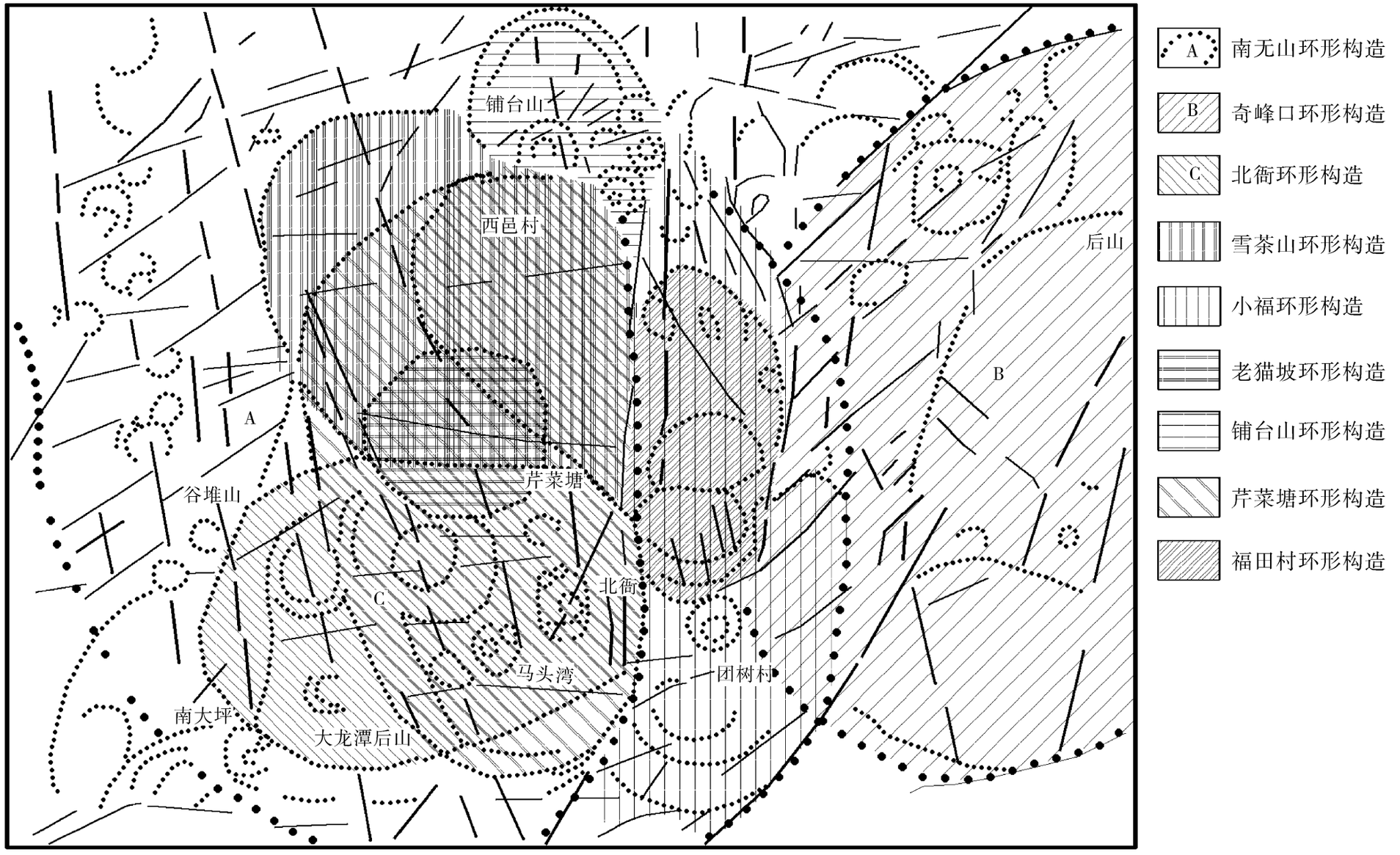
线—环带状结构：伴随高级次线性构造带，环群呈带排布。如七坪—北衙南北向线性构造带东侧呈南北向排布的小福环形构造群。

③环—环复合结构

环—环横叠结构：轴向近直交的透镜状、椭圆状环体复合叠加。如北衙环与南无山环



图Ⅲ1　北衙矿区线性构造图



图Ⅲ2　北衙矿区环形构造图

的横叠结构。

子母环结构：规模悬殊甚大的环体同位出现。小环产于大环（主环）中呈包含状(中心式)，如红泥塘环、谷堆山环；或小环产于大环边部呈寄生状（卫星式），如铺台山环、马头湾环。

次为环—环交切结构、对环结构、环—环交叠结构。

2. 北衙成矿区线—环结构地学信息综合分析

（1）近南北轴向的南无山透镜状环形构造

近南北轴向的南无山透镜状环形构造范围，是一个燕山晚期至喜山早期形成的构造—岩浆—矿化单元，这就是北衙成矿区。

（2）北衙—南无山环—环横叠结构

近南北轴向透镜状南无山环形构造的近南端，叠加了近东西轴向的北衙透镜状环形构造。南无山环中部及北部近南北向延伸的影像色调反差明显，近南北走向的南无山、马鞍山等脊状山体至北衙环体处被影像反差较小且色调偏浅的相对较平缓的山体取代。显示了东西轴向北衙环体叠加于近南北向的南无山环体之上。

伴随北衙环体形成一系列东西向的线性构造群（带）以及东西向排布的马头湾、红泥塘等矿化富碱斑岩群。

这一环—环横叠结构显示了东西向构造叠加于南北向构造之上，而且伴随的斑岩群其分异时间较焦石硐—新窝带中的南北向斑岩群形成较晚。北衙环为一个喜山期相对较晚的构造—岩浆—矿化单元，这就是北衙矿区。

（3）铺台山—西邑村环—环加叠结构

铺台山环体南西缘明显地被西邑村环交叠，成为铺台山—西邑村环—环叠加结构。遥感影像上铺台山环体边界有浅色环边，中部有模糊的似偏心（向南偏）的放射状线性构造，主体为喜山早期比较大的铺台山岩体。南缘被相对为低山、规模相当、形态相似的西邑村环体取代，其中有小的斑岩体。这些情况显示西邑村环形成晚于铺台山环，有“热点”南移的迹象。

（4）小铺子—福田村线—环带状结构

以锅盖山环、大营环为主体，南北轴向透镜状环体与南北向排布的环群组成南北向的小铺子—福田村环带，与其东西两侧的南北向线性构造共同组成的南北向带状线—环结构。其间有零星的斑岩体分布。环群和南北向线性构造有线—环切接结构的特点，显示二者成因上的密切关系。该线—环构造明显叠加于南无山环（它为南无山环东部外层环）和奇峰口环的环—环交叠部位，显示该环群与线性构造形成晚于南无山环主体的形成。

（5）老马涧—窝铺—石寨山线—线加叠构造

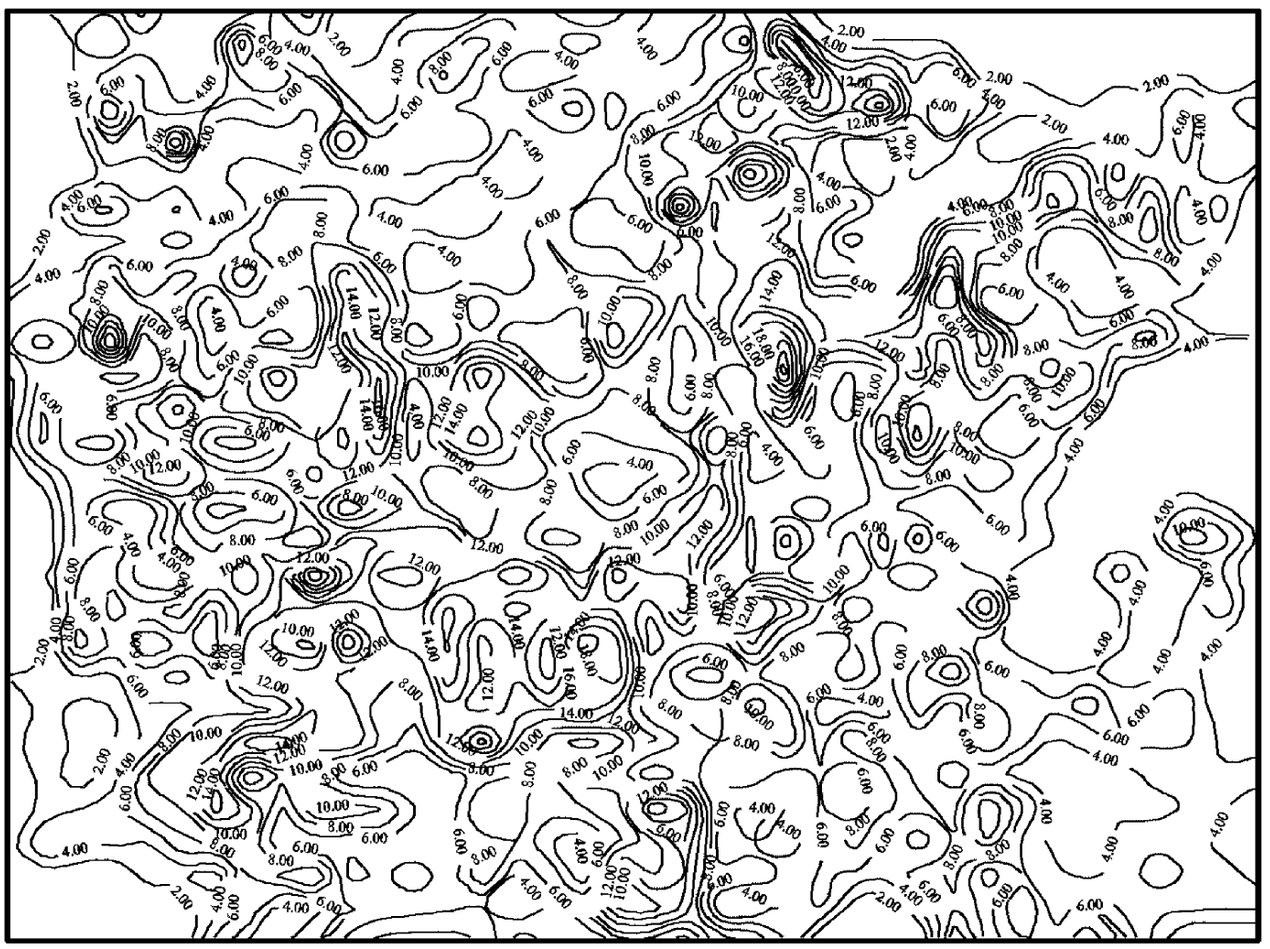
由小铺子—云合村、赶羊涧—马头湾二北东向线性构造带组成的老马涧—窝铺—石寨山线—线加叠结构，构成了区内较强的北东向线性构造带，发育于二叠系玄武岩与三叠系地层交替地带，带内有北东向斑岩带（群）。该线—线加叠构造带穿切东西向及南北向线性构造带，并穿切南无山环、奇峰口环、北衙环、福田村环等不同的环群，显示了该北东向带（构造—岩浆带）为较晚期的构造带。

3. 北衙成矿区遥感地质数值化信息特征

将线性体、环形体及断裂构造等遥感地质信息以 1km ×1km 方格作统计单元数值化，以信息量法和等值线法相结合进行分析（杨世瑜等，1998）。从该区的线性构造信息量等值线图、综合信息量等值线图（图Ⅲ3）可得到如下信息：

（1）北衙成矿区构造具有明显的方向性，遥感信息异常有明显的成带组合特征，其中最为明显的有：

①南北向的石宝塔、大龙潭后山带和七坪—北衙带，它们几乎纵贯全区，并且将该区分为遥感地质综合信息发育差异的西部、中部、东部三个地区。



图Ⅲ3　北衙成矿区综合信息等值线图

②北西向的西邑村—黄坪带和谷堆山—焦石硐带呈北西向斜穿全区，将矿区分为遥感信息差异的北东部、中部和南西部，两个北西带挟持的中间部分等值线异常相对平缓，北东部和南西部则相对复杂，变化幅度也大。

③北东向遥感地质构造信息异常呈带状排布，在北西—南东方向相间发育程度强弱不等，特别是东部水井—北衙一带两侧地带比较明显。

④东西向遥感地质构造信息总体上比较模糊，但仍显示横贯全区、强弱相间的特点，如石宝塔—西邑村带、灵应山—北衙带。东西向异常带在西邑村—黄坪北西向带的南西侧较为明显。

（2）北衙成矿区的遥感地质综合信息数值变化特征显示，该区存在一些规模大的环

形构造，其中最为明显的有：

北衙透镜状环形构造，表现为相对平缓的异常区。

凤华山似等轴状环形构造，表现为透镜状异常、多层环状异常区。其直径约为 15km 左右，而且异常的组合还隐约显示低级次放射状的线状异常。

邻近芹菜塘的直径约 10km ~20km 的相对平缓的环形构造异常区。

（3）北衙成矿区的遥感地质综合信息强弱变化显示明显的等级体制，即高级次的异常区带中包含低级次的异常群。低级次异常的形态、方向、大小或相似，或不一，不同的与相似的异常排列组合。例如，该区北东部分区域性的东西构造及南北向构造不明显，但低级次的异常仍显示东西构造和南北构造的格状组合特点。而该区西南部又显示北东向和北西向构造的格状组合特点。

（4）北衙成矿区的遥感综合信息数值异常显示，线性构造和环形构造组合，表现为线—线交切结构和线—环交切结构，部分还呈现线—环切接结构特点。

（5）南大坪—马头湾—红泥塘等成矿斑岩带呈现北东东向的高值异常带。

（6）遥感地质综合信息数值异常的差异性块、带，反映了该区由线、环构造而圈划的影像—地质构造单元。

4. 北衙成矿区线—环结构与矿床展布

北衙成矿区的影像线—环结构等级体制对应于北衙成矿区的构造—岩浆—矿化单元等级体制（表Ⅱ5）。南无山环形构造对应北衙成矿区；北衙影像线—环网络结构与喜山期富碱斑岩带相对应；东西向南大坪—桅杆坡构造带和南北向七坪—北衙构造带为北衙矿区的主要成岩成矿构造带，二构造带交汇部位（构造结点）为成矿斑岩及热液复合侵位部位，为北衙成矿区矿化最佳定位部位，为矿化富集部位，为矿化集中域。矿床定位于矿化集中域中网络结构的构造结点附近的低级次环形构造（特别是复合环形构造）部位。

二、北衙矿区构造地球化学

构造动力作用下成矿元素激发、活化、迁移，在一定的物化条件下淀积。例如矿化元素一般由高压力、高能量、高温度、高浓度部位向低压力、低能量、低温度、低浓度部位迁移，在物化条件骤变部位聚集成矿。矿化元素除在聚集部位含量高以外，在矿化元素（常伴之成矿溶液）运移的通道——成矿断裂构造带中，含量也远远高出其邻近的围岩和在成矿期处封闭状态的、与成矿作用无关的断裂构造带。同时沿成矿断裂构造系统，成矿元素能迁移扩散到远离成矿物质及流体来源的地区。因此，研究矿化区构造形迹中的成矿元素的状况对于研究成矿构造、成矿机制是十分有意义的，而且还可以指导成矿预测。

斑岩型矿床的成矿作用中，构造提供了斑岩体侵位和定位的空间。构造环境是斑岩演化分异的重要因素，对斑岩体的定位，构造因素更为重要。斑岩的侵位作用也可引起其邻近断裂构造系统的变化，例如导致裂隙扩张。因此，在规模稍大的斑岩体周围，尤其是顶部，通常伴斑岩侵位而形成斑岩脉体—斑岩矿化（脉）体—成岩成矿断裂裂隙组成的斑岩体—脉（岩脉、矿脉）—裂隙系统。斑岩体—脉—裂隙系统将形成围绕点热源（岩源）的带状（球面带状）演化模型。显然，研究斑岩体—脉—裂隙系统，对研究斑岩矿床的

定位和成矿预测是十分有益的。

构造地球化学的研究能抓住斑岩矿床成岩成矿作用的主导因素，即斑岩成岩成矿体系中最为活跃、最为敏感的成岩成矿元素浓集的构造体系，避免了因在矿化未波及的区域性背景岩区、成岩成矿信息微弱甚至无显示的地方取样、化验而引起的经费及时间浪费。因此，我们在北衙的矿床定位研究中，重点开展了以成矿动力学理论和方法为基础的构造地球化学研究。

（一）构造地球化学数据的获取及处理

北衙矿区及其邻近的区带斑岩型矿床的地质研究表明，斑岩型矿床依附斑岩体而发育，斑岩体具有呈群呈带集中产出的特点。北衙斑岩型矿床主要受东西向及南北向构造共同控制，已知铜钨金铅锌矿化主要分布于东西向的南大坪至桅杆坡、南北向的金钩坝到万硐山地带。构造地球化学的研究即选择了这一地区作五万分之一构造地球化学填图 121.25km^2，万分之一构造地球化学填图 4km^2，采集构造地球化学样品 222 件，岩矿样品198 件。

根据构造地球化学填图中对成矿地质条件及金矿化特征的研究，考虑样品的代表性和采样点的分布密度，在野外采集的样品中选择了 138 件样品进行测试分析。测试元素项目考虑成矿地质条件及矿床类型，兼顾造岩元素、成矿元素、指示性微量元素，斑岩体、侵位及定位地层岩性，岩体蚀变及矿化蚀变等，选择了 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、W、Sn、Mo、Bi、Sb、As、Cr、Co、Ni、V、Ti、Fe、Mn、Be、B、Sr、Ba、Nb、La、Ce、Y、Yb、Ta、Zr、Si、K、Na、Mg、Ca、Al 等 35 个元素，共获得 4 935个构造地球化学数据。

样品分析测试用 ICP 方法。As、Sb、W、Bi、Sn、Ta 六个元素由中国有色金属工业总公司桂林矿产地质研究院测试中心测试，其余 29 个元素由易门矿务局测试中心测试。在试样中选取样品总数的 8%（11 个样品）作外检，外检样更换样品名称编号，由有色桂林矿产地质测试中心作外检。

对构造地球化学数据采用电算技术，应用地球化学数据的多元统计方法进行处理分析研究。从矿床成矿地质条件、矿床特征出发，通过多次计算筛选，选取 Na、K、Al、Si、Mg、Ca、Fe、Mn、Ti、V、Cr、Co、Ni、Cu、Mo、W、Sn、Bi、As、Sb、Pb、Zn、Ag、Au 等 24 个元素作为北衙矿区构造地球化学的代表性指示元素，应用 R 型聚类分析及 R 型因子分析为基本方法，并将因子得分及元素含量用等值线法绘图，获取了该区构造地球化学的成岩成矿信息。

为了获取不同矿化类型的构造地球化学信息，在进行全区 138 件样品构造地球化学信息研究的同时，选取不同矿化类型、不同级次的成矿单元进行研究，分为北衙矿区东矿区（即北衙本区 90 件样品）、西矿区（即马头湾、南大坪地区，48 件样品），在北衙东矿区分别对红泥塘（13 件样品）、万硐山（10 件样品）、笔架山（16 件样品）三个矿段单独分析研究。

为了识别侵入接触构造及断裂构造的构造地球化学信息，对侵入接触构造带样品（76 件样品）与断裂构造带样品（56 件样品）进行分别研究。断裂带中又分别对该区最主要的控岩控矿的近东西向（14 件样品）和近南北向（16 件样品）断裂构造的构造地球化学特征进行研究。侵入接触构造中又分别对偏碱性斑岩体（24 件样品）和偏酸性斑岩体（34 件样品）的构造地球化学特征进行研究。

为了指示富碱斑岩岩浆侵位中的演化以及北衙矿区成矿元素 Au 与其他几个相伴矿化元素间的相关关系，利用构造地球化学数据进行构造地球化学特征指数的分析。分矿化单元或不同矿化地质情况的块段计算有关比值，并利用比值制作等值线分析其在矿区中的变化趋势。以 K／（K＋Na）作为富钾指数，以 K／Sr 作钾交代强度指数，以（K＋Na＋Al＋Si）／Sr 作活化强度指数，三者共同组成岩浆演化能量指数。以偏酸性的与偏基性的元素组合（B＋Be＋Bi）／（V＋Co＋Cr＋Ni）比值作构造环境特征指数，以 Bi／Au、Fe／Au、（Pb＋Zn＋Ag）／Au 、（Cu＋Mo＋Co＋W）／Au 作为 Au 的相关矿化强度指数。

（二）构造地球化学成岩成矿元素组合

从北衙矿区构造地球化学主要元素组合的情况（表Ⅲ1）可获取该区构造地球化学矿化信息的一些特征。

1. 成岩成矿元素组合

聚类分析及因子分析的信息都显示该区的元素组合大都具有较明显的与成岩成矿地质因素相对应的元素组合，该区代表性元素组合主要有：

（1）K、Na、Al、Si 组合

元素组合的相关系数较高，一般达 0.65～0.88。它是富碱斑岩的造岩元素组合。它们常和 Mg、Ca 相伴，但呈负相关。

（2）Ti、V、Cr、Co、Ni 组合

元素组合的相关系数较高，一般达 0.59～0.82。它是基性组分的元素组合。该元素组合在该区还常和 Mo、Cu 相伴，有时和其他元素 Ca、Mg 等相伴。该区斑岩体侵位于二叠系峨眉山玄武岩及三叠系碳酸盐类地层，这些元素组合显示了这些地层岩性在斑岩体的侵位定位中参与加入了其成岩成矿作用。同时，也可能显示了煌斑岩类的影响。

（3）Mn、Zn、As、Sb、Pb、Ag 组合

元素组合相关系数0.72～0.91。它是该矿区与铅矿化有关的矿化元素组合。该元素组合常和 Bi 相伴，或和 Fe、Sn 相伴。该组合的相关系数在北衙东矿区比西矿区马头湾、南大坪为高，多可达0.9 左右；而且 Pb 与 Ag 的相关程度亦较高，可达 0.62。

（4）Cu、Mo、W、Fe、Sn 组合

元素组合相关程度较高，相关系数 0.47～0.85。它是该区与钨钼铜矿化有关的矿化元素组合。有时和 Bi 相伴。

（5）Au 组合

Au 在该区常独立存在，或与 Cu、与 Bi、与 Fe 与 Pb、Zn 构成元素组合；或与矿化元素组成复杂组合（图Ⅲ4、图Ⅲ5）。显示了金在该区成矿中的复杂性。

（6）Bi 组合

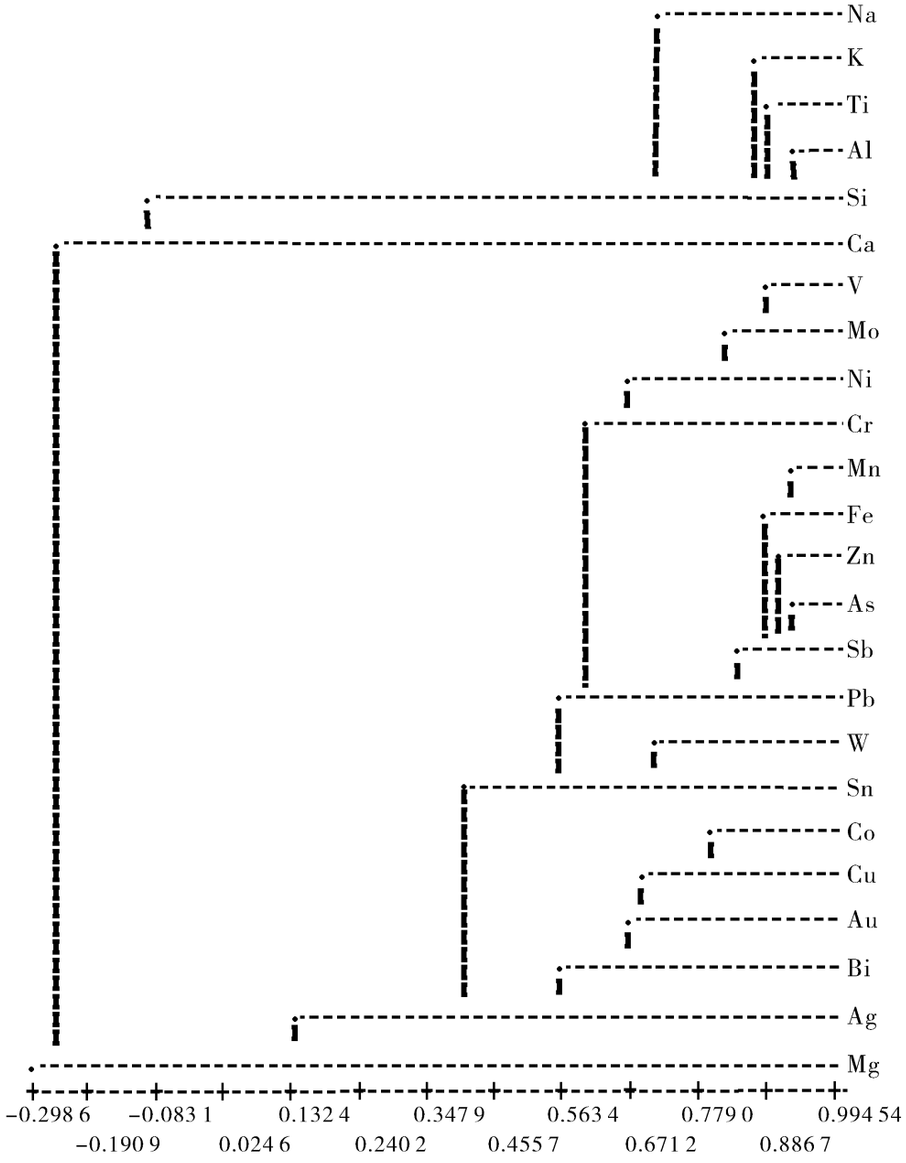
Bi 在该区常呈相对单独组合，或与 Au、与 Cu、W、Ag 等形成元素组合。

（7）Cu 组合

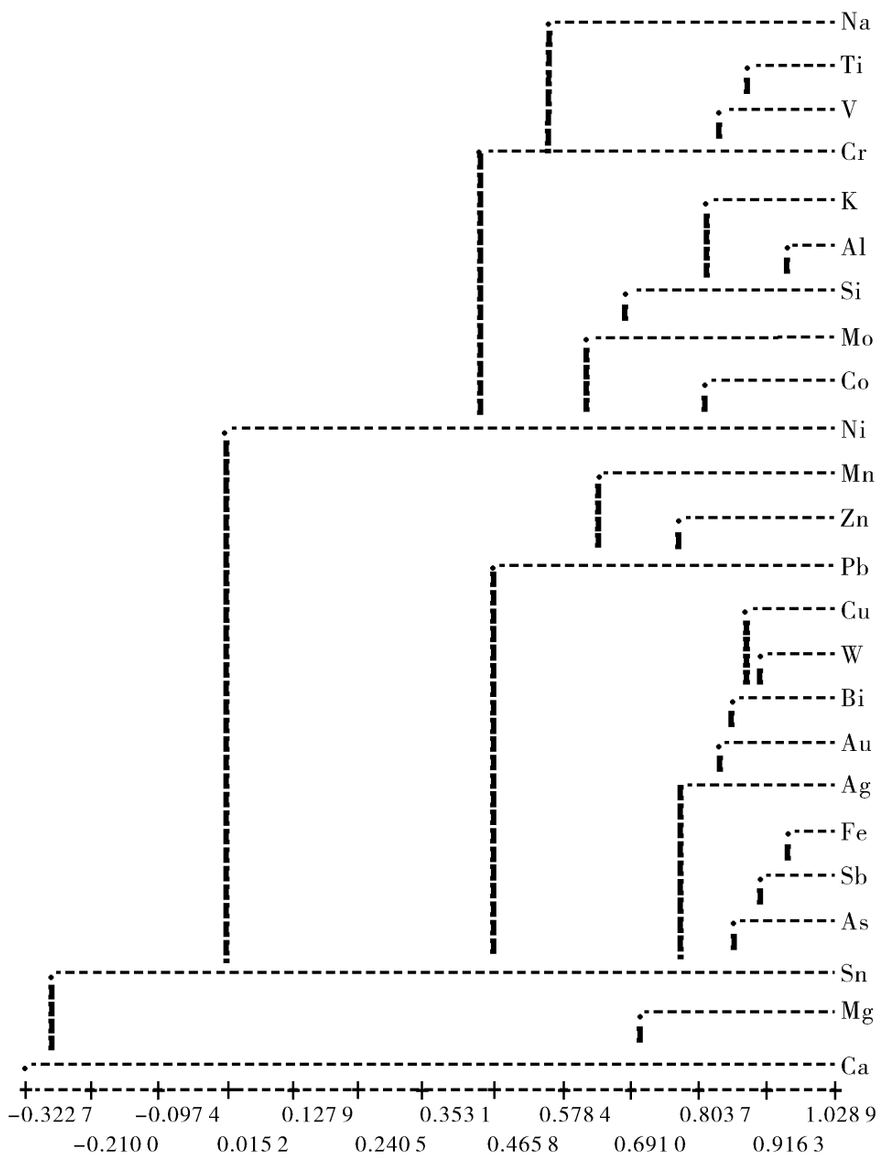
Cu 在该区常呈相对单独组合，或参与矿化元素组合。

（8）Mg 组合

Mg 在该区常单独组合，或参与到其他成岩元素组合中，并且常和 Ca 组合，显示了矿区含矿地层岩性的特征元素。



图Ⅲ4　笔架山成矿元素 R 型聚类分析谱系图



图Ⅲ5　万硐山成矿元素 R 型聚类分析谱系图

（9）Ag 组合

Ag 除主要参与铅矿化元素组合，也时呈单独组合。

2. 构造形迹构造地球化学成岩成矿元素组合

R 型聚类分析和 R 型因子分析（保留原始信息达 85.8% ~92.3%）获取该区构造地球化学信息。

（1）侵入接触构造地球化学成岩成矿元素组合

1）偏碱性（偏 K）侵入接触构造地球化学特征

①Na 与 K、Al、Si 相关关系较差，成单独的因子（F_5）出现。显示该类岩体可能存在钠质交代蚀变。

②钠化与 Pb、Zn、Ag 矿化不协调（F_1）。钠高岩体铅锌矿化弱，如斜长石含量高的马头湾石英二长斑岩、花岗斑岩体铅锌矿化微弱。

③Cu、W、Bi、Fe、Mn、Sb、As、Sn、Ag、Zn、Pb 相关关系较好，但构成 Cu、W、Bi、Fe 和 Pb、Zn、Sb、Sn 为主体两套矿化元素组合（F_3、F_1），分别代表了马头湾和北衙的典型成矿元素组合，Ag 与 As 则出现于两套组合中。

④Au 显示较独立的习性。

2）偏酸性（偏 Na）侵入接触构造地球化学特征

①Pb、Zn，Cu、Mo 与 W、Sn、Fe 各呈现不同的组合（F_5、F_4、F_1），显示了铅锌矿化、铜钼矿化和钨锡矿化作用。

②Fe 参与基性组分元素组合和酸性组分元素组合（F_1、F_2），显示了该区铁呈磁铁矿和硫铁矿（已风化呈褐铁矿）出现的情况。

③Au 呈现与 W、Sn、Fe、Sb、As 的矿化组合。

④Bi 呈现相对独立组合。

3）侵入接触构造地球化学总体特征

①斑岩造矿元素、基性组分元素，Pb、Zn、Ag，Cu、Mo 与 Fe、W、Sn 矿化元素组合区分较佳，显示斑岩体具有多类型的矿化。

②Bi、Au、Ag 皆具相对独立组合。

③Ca、Mg 与造岩元素的相关性，显示了成岩作用中的碳酸盐化、矽卡岩化作用的相伴和普遍性。

（2）断裂构造地球化学成岩成矿元素组合

1）近南北向断裂构造地球化学特征

①Au 参与 Pb、Ag 矿化元素组合（F_4），体现 Au 与 Pb、Ag 的密切关系。

②Pb、Fe 都参与二类元素组合（F_1，F_4、F_5），显示它们可能具两次成矿过程。

③Cu、Mo 与 Co、Ni、Bi 呈现单独元素组合（F_3）。

④Na 与 Fe、W、Sn 矿化不协调（F_5：Na、－Fe、－W、－Sn）。

2）近东西向断裂构造地球化学特征

①Au 参与 Cu 矿化元素组合，体现 Au 与 Cu 的密切关系（F_4）。

②Na 与 Pb、Zn 矿化不协调（F_2：－Na、Pb、Zn），而与 Cu、Au 的协调（F_4：－Na、－Cu、－Au）。

3）矿区断裂构造地球化学特征

①Au 与 Cu 组成元素组合（F_5），呈现出 Au、Cu 密切关系。

②Na、K、Al、Si 与 Ti、V、Cr、Ni 组分的组合（F_2）显示断裂构造中富碱斑岩元素的特征。

3. 矿化单元构造地球化学成岩成矿元素组合

（1）北衙矿区构造地球化学特征

①斑岩造岩元素组合、基性组分微量元素组合及铅锌矿化组合、钨钼矿化组合、金铜等该区造岩造矿元素组合特征清楚，显示了该区斑岩型矿床成岩成矿的基本特征。

②Au 在成矿作用中它不限制于与某一元素组合，显示了金与成矿元素间的总体相依性。

③Mg、Ca 其单独的组合，代表了斑岩矿床的含矿地层岩性—碳酸盐类的作用。

④Fe 参与的元素组合，矿区东区（北衙本区）Fe 与 Pb、Zn、Ag、As、Sb、Sn 为同一成矿作用，而矿区西区（马头湾、南大坪）Fe 与 Co、W 、Mo 为同一成矿作用，显示了不同地段成矿作用的差异性。

（2）北衙矿区东区矿段构造地球化学特征

① 矿化集中区红泥塘、万硐山、笔架山矿段造岩造矿元素组合虽基本保持矿区总体特征，但其几组代表性元素组合的复杂性多变性显示了矿化富集地段成岩成矿作用的复杂性、叠加性。

②K、Na、Al、Si 与 Ti、V、Cu、Ni、Co 两组元素的交混组合，显示了该区成矿作用中富碱斑岩成矿作用中峨眉山玄武岩及煌斑岩参与了成矿作用。

③Au 与成矿元素形成复杂元素组合，显示了该区金矿化的多样性、多类型性。西矿带 Au 与 Fe、As、Sb 等元素的相关关系显示，Au 与热液作用的密切关系；红泥塘更显示 Au 与 Pb、Zn 矿化的相关性；而万硐山更显出 Au 与 Cu、W、Ag、Bi 的相关性；笔架山则呈现 Au 与 Co、Cu、Ag、Bi 的相关性；聚类分析中笔架山和万硐山 Au 与 Bi、Cu、Co、W 有较好的相关性。显示了各矿段成矿作用的特殊性。

④Mg、Ca 有其独立出现的组合，但其又与富碱斑岩造岩元素组成元素组合，显示了富碱斑岩成岩成矿作用中的碳酸盐化及矽卡岩化。

（三）构造地球化学特征指数

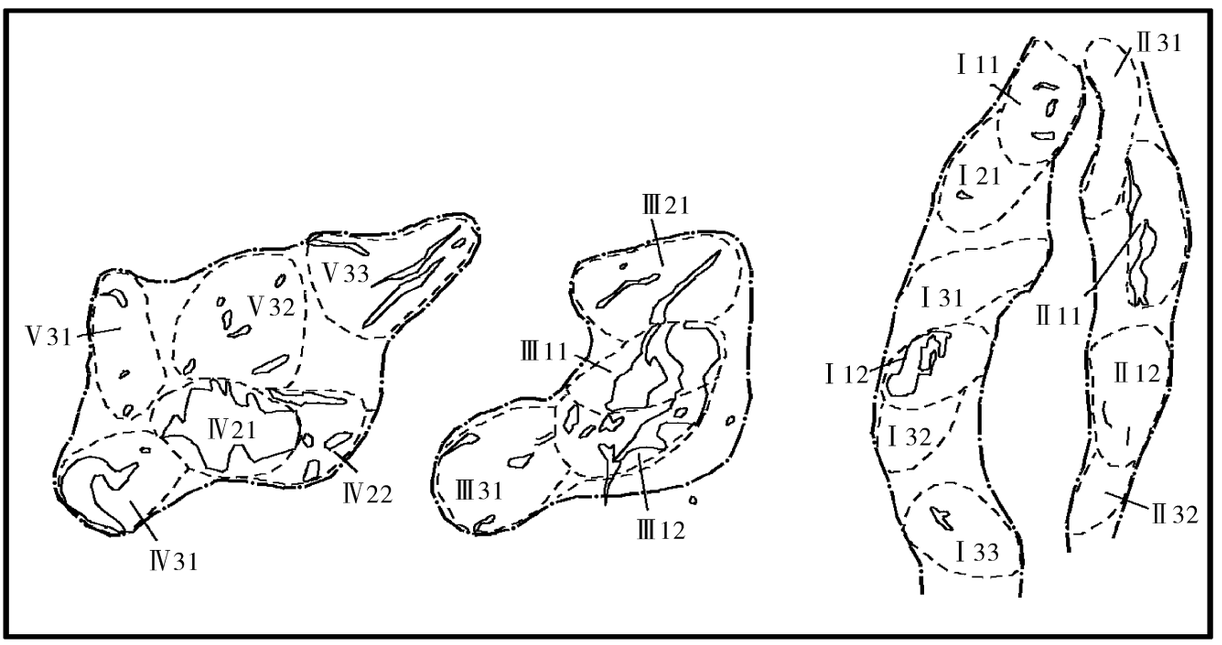
应用构造地球化学数据得到北衙矿区的不同矿化单元或矿床地质块段的构造地球化学特征指数（表Ⅲ2，图Ⅲ6）。

构造地球化学特征指数：

1. 岩浆演化能量指数

富钾指数［K／（K＋Na）］构造地球化学样品中的 K／（K＋Na）比值小块段计算平均值低者 0.615，高者 0.892，地段平均值0.703 8～0.768 2，平均 0.745。这一特征相似于该区富碱斑岩体的 K／（K＋Na）特征。东矿区较之西矿区低，又以东矿区之西带为低。特别是红泥塘 K／（K＋Na）比值为全区最低，仅达 0.671。

钾交代强度指数（K /Sr）小块段平均值 33.26～592.13，平均 160.9。块段平均值 113～262.6，东矿区较之西矿区低。



图Ⅲ6 北衙矿区构造地球化学特征指数块段划分示意图

活化强度指数［（Na + K + Al + Si）/Sr］小块段平均值10 688 ~ 380 245，平均176 728.9。块段平均值30 428 ~234 019，东矿区较之西矿区低。

从构造地球化学岩浆演化能量指数看，总的趋势是东部比西部低。

2. 构造环境特征指数

由构造地球化学样品数值中亲酸性元素与亲基性元素的比值（B + Be + Bi）/（V + Co + Ni + Cr）反映构造环境。小块段平均值 0.008 ~ 12.382，平均数 3.922 。块段平均值 1.199 ~6.733。东矿区较之西矿区高。

3. 相关矿化强度指数

由与 Au 关系较密切的 Bi、Pb + Zn + Ag、Cu + Mo + Co + W 与 Au 显示金的相关矿化强度。考虑到部分样品 Au 化验分析含量的灵敏度金含量为0，为获取相关比值，计算中剔除金化验分析值为 0 的样品，仅用大于 0 的样品参与计算代表该区的相关元素间的情况。

Bi/Au：小块段平均值 3. 10 ~666. 70，块段平均值 29.9 ~125. 78，平均值 79. 17。

（Pb + Zn + Ag）/Au：小块段平均值2 016 ~140 313，块段平均值34 238 ~59 234，平均值22 634. 45。

（Cu + Mo + Co + W）/Au：小块段平均值 467 ~63 475，块段平均值2 178 ~43 094 。

相关矿化强度指数变化总的趋势是Bi/Au 西部矿区较东部矿区高，（Cu + Mo + Co + W）/Au 以马头湾为高。（Pb + Zn + Ag）/Au 东部矿区较西部矿区高，有由东向西渐低的趋势。

（四）构造地球化学成岩成矿信息

1. 构造地球化学元素组合成岩成矿信息

（1）元素组合成岩成矿信息

①Na、K、Al、Si 斑岩造岩元素在该区各类构造地球化学中的特定组合显示该区富碱斑岩成岩成矿作用的广泛性及专属性。而其特殊组合体现了成岩作用的特殊性，如偏碱性岩体存在钠质交代。

②Ca、Mg 等与 Na、K、Al、Si 的相关性显示了在侵入接触构造和矿化集中地段富碱斑岩成矿作用中矽卡岩化与碳酸盐化的普遍性。而断裂构造中则无这种特点。

③矿化元素的典型组合可分为 Pb、Zn（Ag）组合和 W、Mo、Fe（Sn）组合，显示了该区最基本的矿化类型。还经常出现 Pb、Zn 与 As、Sb、Fe（Sn）的元素组合，或与 Cu、W、Bi、Mo（Sn）的元素组合，通常 Au 呈现独立组合，而在矿化集中区又与其他元素共生出现。这与该区呈现有单独的铅锌矿化、钨（钼）铁矿化，而更多的是金铅锌多金属组合复杂的矿化是一致的。显示了该区成矿作用的复杂性。

④Au 元素组合呈现的地球化学特征，显示了金有单独的成矿作用，而其与其他元素的组合，又体现了金与其他一些元素又具有一致性、相关性。在断裂带中 Au 与 Cu 关系密切，但近东西向断裂带 Au 与 Cu 相伴，而近南北向构造则更显 Au 与 Pb、Ag 相伴。在斑岩体接触带，偏碱性斑岩体中 Au 呈现独立习性，而在偏酸性斑岩体中 Au 则与 Zn、Fe、As、Sb、W、Sn 相伴。在矿化集中区 Au 与成矿元素组成复杂矿化组合。

⑤Bi 呈现相对独立出现的地球化学特征，又在矿化集中区与 Au 一样参与到 Cu、Co、Ag、Fe、As、Sb、Sn 的矿化复杂组合中。

（2）元素组合异常成岩成矿信息

在使用构造地球化学数据在进行 R 型聚类分析、R 型因子分析，研究成岩成矿元素组合，识别成岩成矿信息的基础上，编制因子得分等值线图、主要矿化元素等值线图，再识别元素及元素组合在空间上的变化特征，结合成矿地质条件、矿化特征识别元素、元素组合及其异常的成岩成矿信息。

①Na、K、Al、Si 元素组合。异常区基本吻合斑岩分布区（图Ⅲ7）。北衙矿区东矿区 Na、K、Al、Si 元素组合异常总体呈南北向，从北往南可分为万硐山—铁矿塘、红泥塘—笔架山—桅杆坡、金钩坝三块。北部万硐山到铁矿塘异常又呈现北西向展布，显示了该区斑岩侵位主要受南北向与东西向构造组成的格状构造制约，同时受北西向构造影响。异常相对平缓，显示斑岩成岩作用在断裂构造中影响的广泛性和近等同性。南部金钩坝地表岩脉虽小，但 Na、K、Al、Si 元素组合异常强度较大，显示该部位可能浅部斑岩活动较强。此外，Na、K、Al、Si 组合的高值异常在东矿区西带与石英正长斑岩有更明显的扣合性。

②Ti、V、Cr、Co、Ni 组合。异常明显呈北北东和北北西向排列，低级异常呈南北向和东西向排列（图Ⅲ8），显示了该元素组合的展布明显受北北东和北北西构造组成的菱形构造控制，同时受格状构造制约。其高值区不完全与斑岩群吻合，显示该组元素受控于斑岩成岩作用的同时，沿穿切斑岩定位的北衙组地层之下的峨眉山玄武岩系的断裂系统将下部地层物质汲取到成岩成矿作用中。此外，在斑岩及煌斑岩脉分布较多的地段如小米地、金钩坝，以及隐爆角砾岩分布的红泥塘地段呈现高值异常，显示该组元素还与煌斑岩侵位作用有关，也说明了气液流体的作用。

③矿化元素 Pb、Zn（Mn、Fe、As、Sb、Ag）组合。异常展布兼有 K、Na、Al、Si 组合和 Ti、V、Cr、Co、Ni 组合异常的典型特征（图Ⅲ9），而且北北东向和北西向组合的菱形格局更为突出。这种特征显示了 Pb、Zn 组合矿化既依附于斑岩主期，还与热液流体活动相关。

单元素 Pb、Zn 异常。东矿区除万硐山有异常外，于红泥塘、桅杆坡、笔架山组成较

大的块状复合异常，其中又以东矿带锅盖山—笔架山—桅杆坡之北北东向异常带为突出，Pb 与 Zn 异常基本相似。西矿区马头湾 Pb、Zn 异常扣合亦佳，而南大坪 Pb、Zn 异常则不一致。

单元素 Ag 异常。东矿区锅盖山出现较强异常，次为万硐山及红泥塘；笔架山—桅杆坡一带微弱；总体呈现北西向与北东向组成的菱形格局。西矿区仅在马头湾局部显示。

④矿化元素 W、Mo、Fe（Sn）组合。在东矿区以 W 为主的异常呈现东西向与南北向组成的格状格局，南北呈带又为东西向分为块段（图Ⅲ10）。东矿区大体以北衙矿部一带为界，西矿区大致以林管所（南大坪之北）、白石箐一线为界，矿区的南部和北部出现明显差异，显示了东西向构造对该区矿化的控制。

单元素 Mo 异常主要呈南北带状，次级显北东带状。除在斑岩群有异常外（南大坪无异常），于金钩坝南东呈现高值异常。

单元素 W 异常在东矿区的西矿带万硐山、红泥塘、金钩坝呈三个高值异常，组成北北东向异常带，东矿带无异常。西矿区于斑岩群附近呈现明显异常。

⑤矿化元素 Bi 组合。异常呈现南北呈带、东西呈块的格局，总体基本类似于 W、Mo、Fe（Sn）异常，但局部变化较大。异常与斑岩群扣合较好。

单元素 Bi 于东矿区万硐山、红泥塘、笔架山、金钩坝呈现三个异常。

⑥矿化元素 Cu 组合。异常南北呈带的特点尤为突出，以锅盖山—笔架山—桅杆坡一带为典型；次为北东带状；东西成块特点相对模糊。

单元素 Cu 异常于东矿区西矿带呈异常带。在万硐山、红泥塘、金钩坝、西矿区马头湾南东呈现高值异常。

⑦矿化元素 Au 组合。异常以东西向和南北向组成的格状为基本格局，同时有北北东向 、北北西向组成的菱形格局，但异常跳跃变化较大（图Ⅲ11、13），异常高值区与斑岩群地表露头常有偏离情况，如小米地明显偏离南东。

单元素 Au 异常形态及组合相对简单（图Ⅲ12、14），高值区为笔架山、南大坪，次为红泥塘东、万硐山南东、小米地南东、马头湾北东。

Au 的矿化元素组合异常与单元素异常在空间分布上，无论是异常形态或异常高值区都有很大的差异。

2. 构造地球化学特征指数成矿信息

北衙东矿区为已知的金矿化集中区，现以该区为重点，讨论构造地球化学特征指数成岩成矿信息。

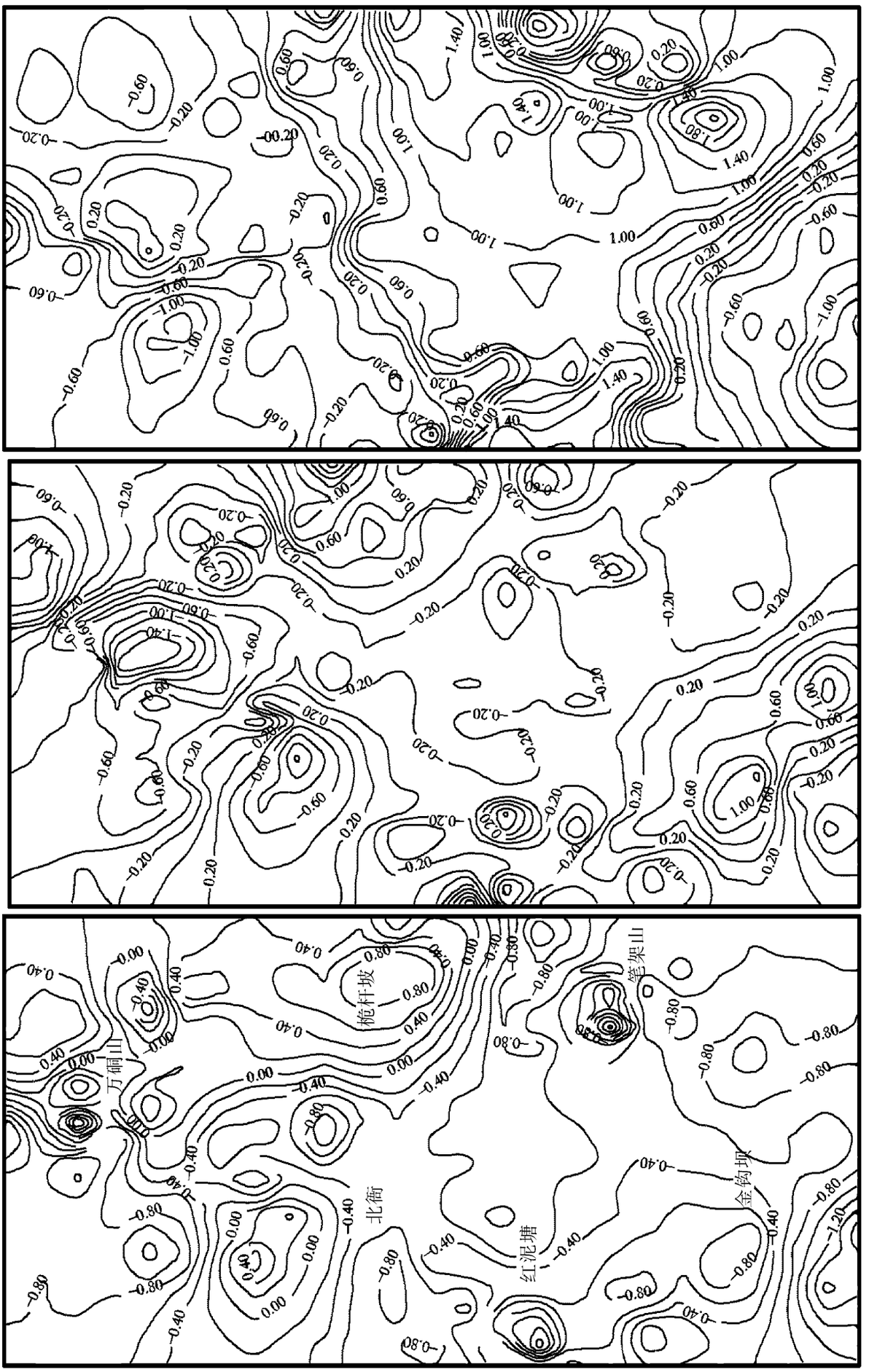
（1）构造地球化学特征指数异常与成岩成矿类同呈带成块分布

K／（K＋Na）比值西矿带低于东矿带，尤以红泥塘为低。K／Sr 与（Na＋K＋Al＋Si）／Sr 则反之，东矿带低于西矿带，且以红泥塘为高。

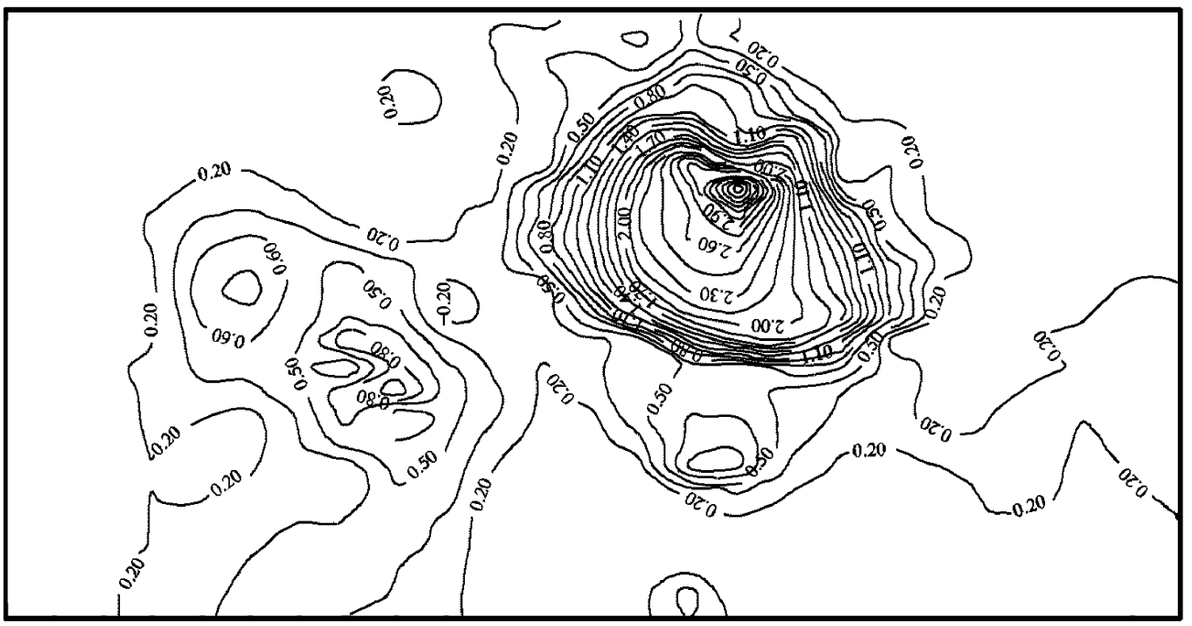
K／（K＋Na）高值异常区出现在桅杆坡、小米地，K／Sr 高值异常区出现于红泥塘、桅杆坡，（Na＋K＋Al＋Si）／Sr 高值异常出现于红泥塘、万硐山至陈家岩。

岩浆演化能量指数异常呈现北北东向带状，东西向块状（图Ⅲ15、16、17）。

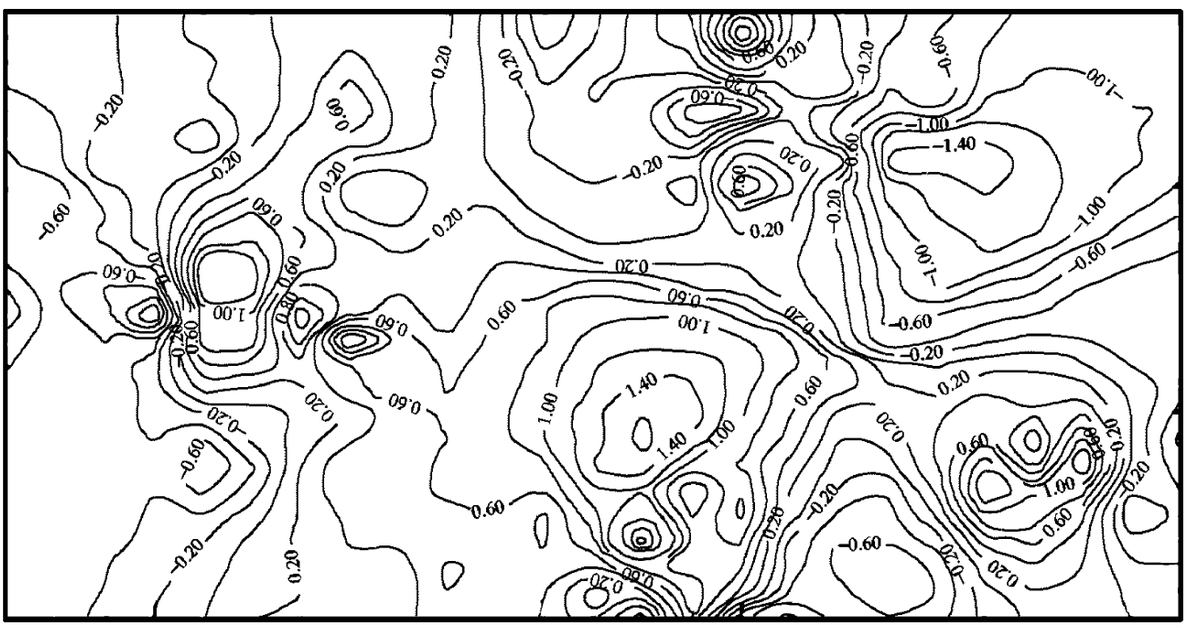
（B＋Be＋Bi）／（V＋Co＋Ni＋Cr）高值异常分布于笔架山、万硐山、陈家岩，异常呈南北向带状。



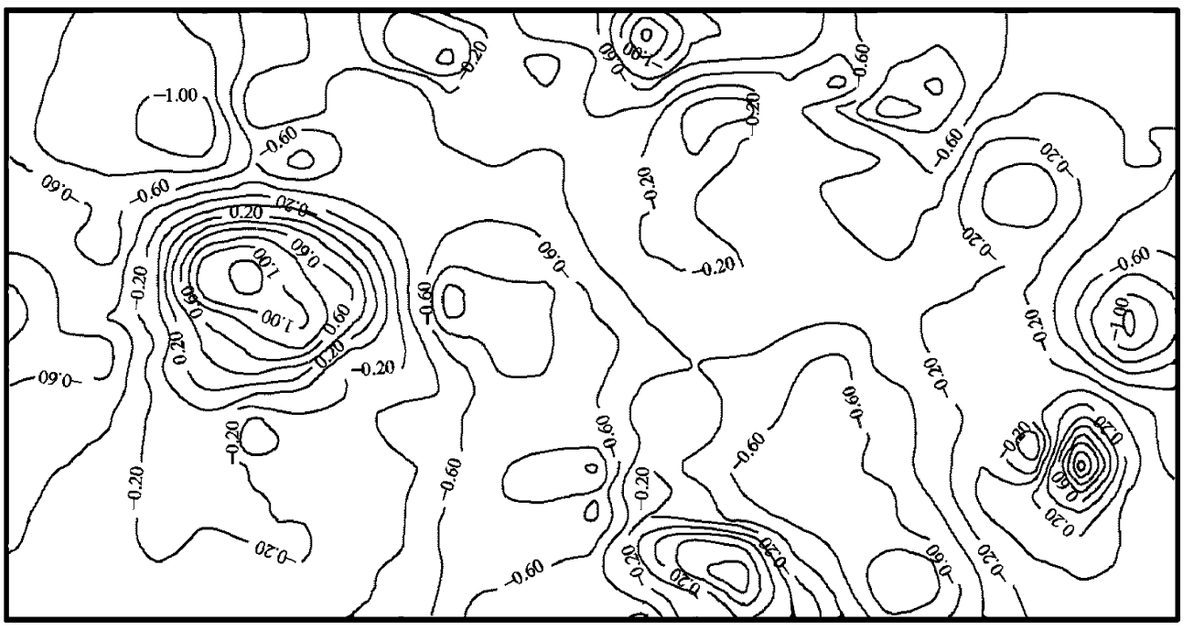
图Ⅲ7 北衙东矿区 F_3 因子得分等值线图　　图Ⅲ8 北衙东矿区 F_2 因子得分等值线图　　图Ⅲ9 北衙东矿区 F_1 因子得分等值线图



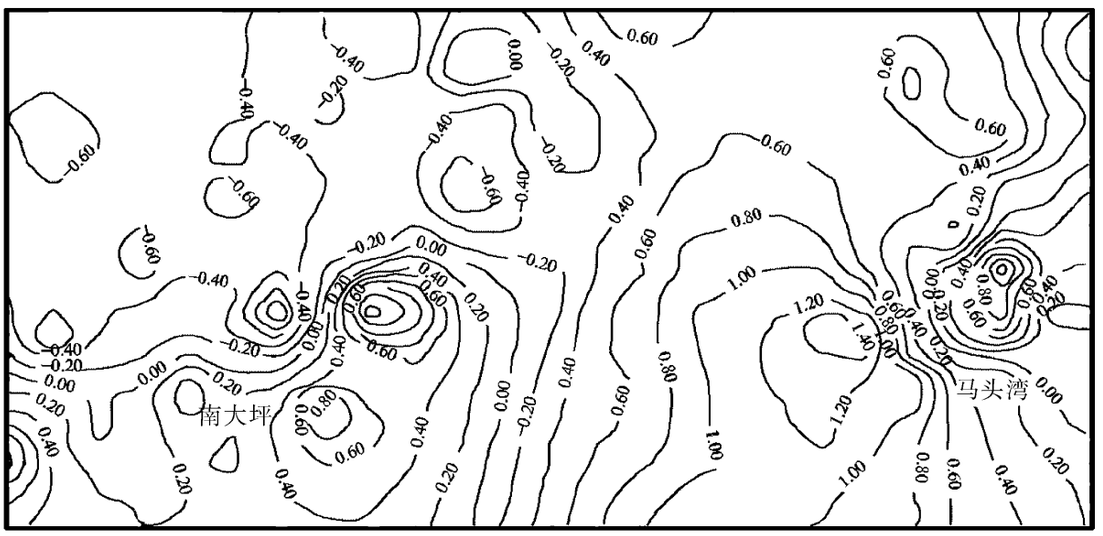
图Ⅲ12　北衙东矿区 Au 单元素等值线图



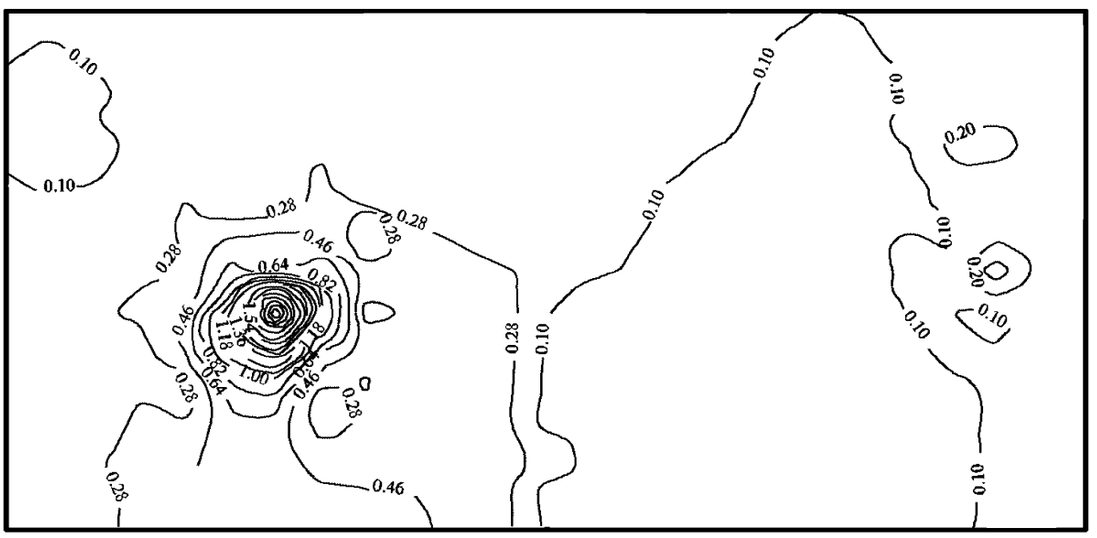
图Ⅲ11　北衙东矿区 F_6 因子得分等值线图



图Ⅲ10　北衙东矿区 F_4 因子得分等值线图



图Ⅲ13　北衙西矿区 F_6 因子得分等值线图



图Ⅲ14　北衙西矿区 Au 单元素等值线图

Bi /Au、(Pb + Zn + Ag) /Au、(Cu + Mo + Co + W) /Au 异常皆呈现北北东向带状分布，在红泥塘皆呈现高值异常。Fe/Au 变化较复杂，有南北向成带的趋势（图Ⅲ18、19、20）。

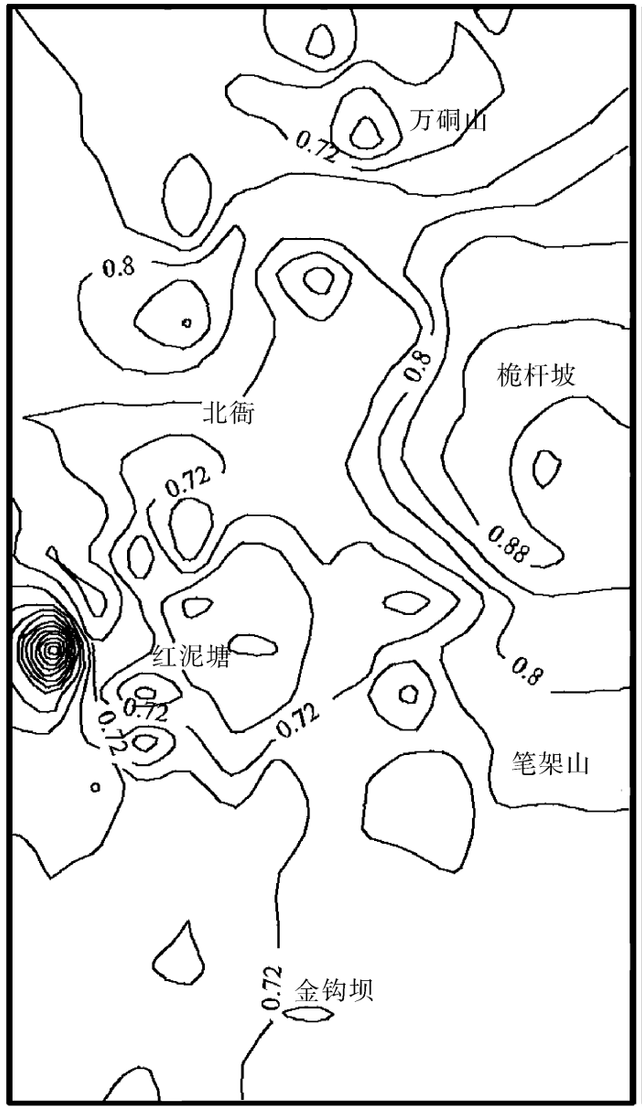
（2）矿化集中区段构造地球化学特征数值呈现规律性变化

①相关矿化强度指数于矿化集中区段较高

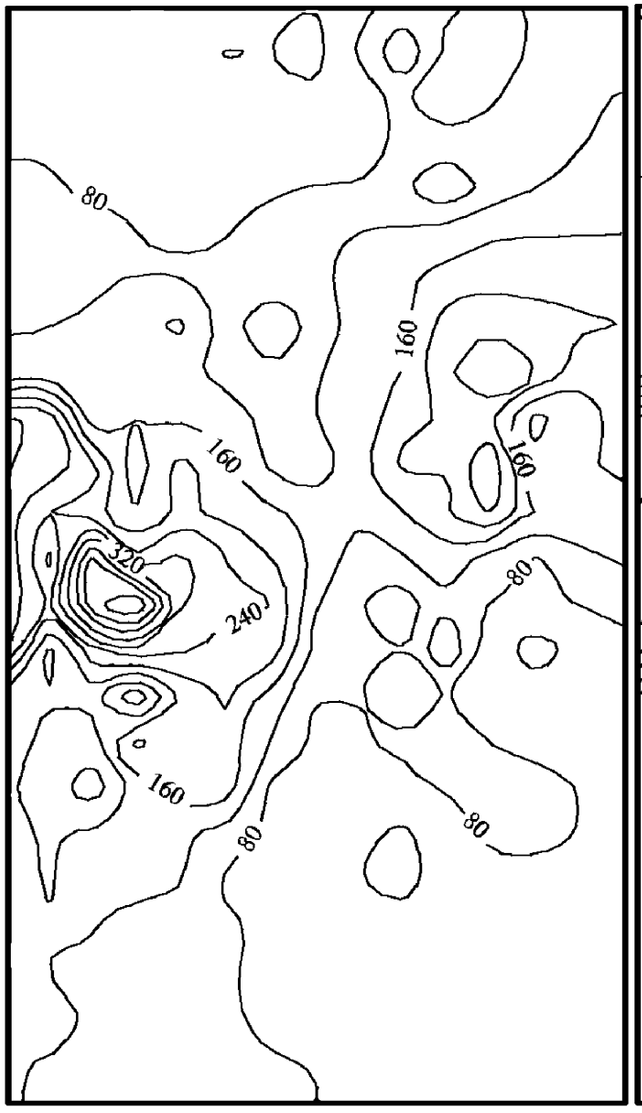
Bi/Au 值在矿化集中区段较之其周围紧邻区段高。如万硐山（29.66）比小米地（20.78）高，红泥塘（102.12）比其以北（68.99）和以南（3.80）未见斑岩脉区段高，桅杆坡（46.68 ）较之其北铁矿塘（15.09）高，笔架山（49.92）较之其南的锅盖山（7.93）为高。

(Cu + Mo + W + Co) /Au 在西矿带矿化集中区段较之周围紧邻区段高，如红泥塘（14 920）较其北（3 607），其南（865）皆高。东矿则反之，桅杆坡（1 828）比铁矿塘（2 873）低，笔架山（1 706）比锅盖山（2 305）低。

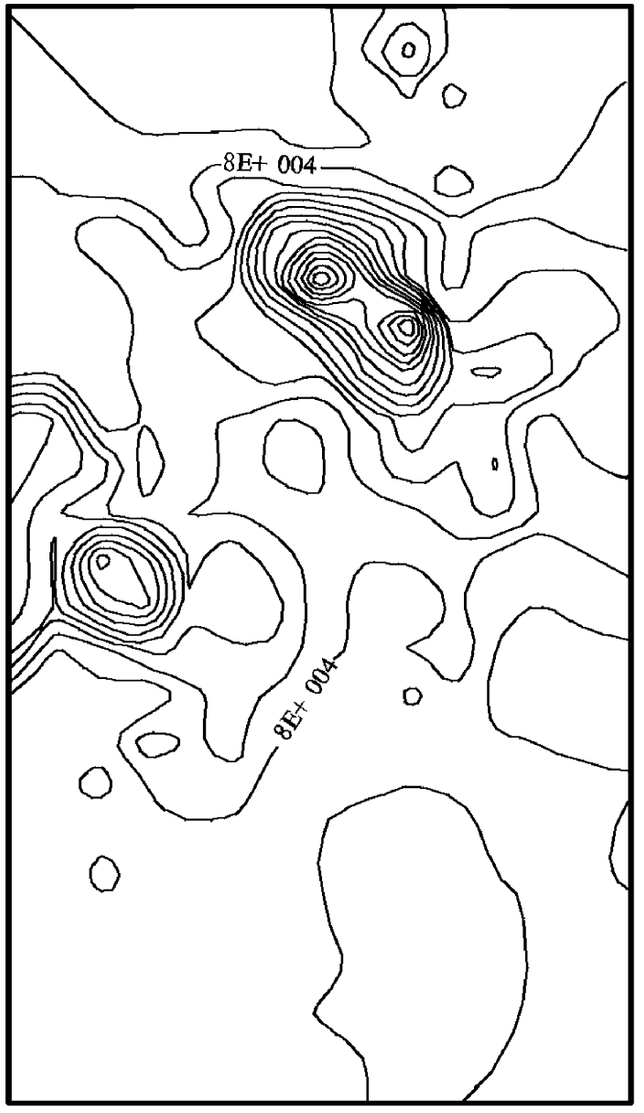
(Pb + Zn + Ag) /Au 除笔架山较之锅盖山低外，其变化特点与 Bi/Au 变化特点相似。



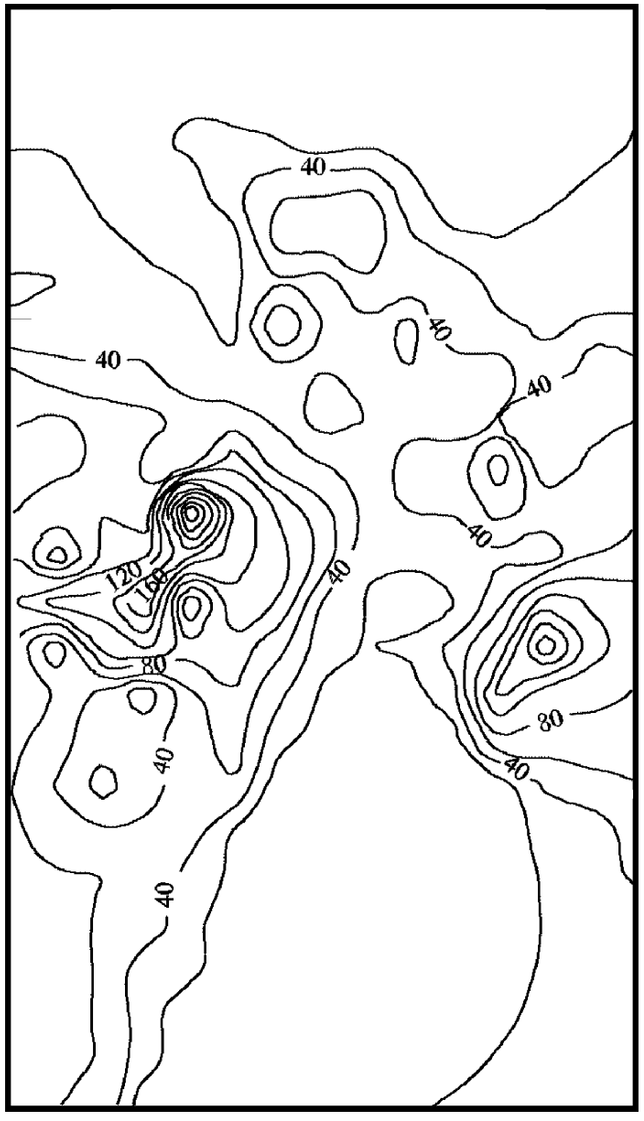
图Ⅲ15　北衙东矿区 K/(K+Na) 比值等值线图



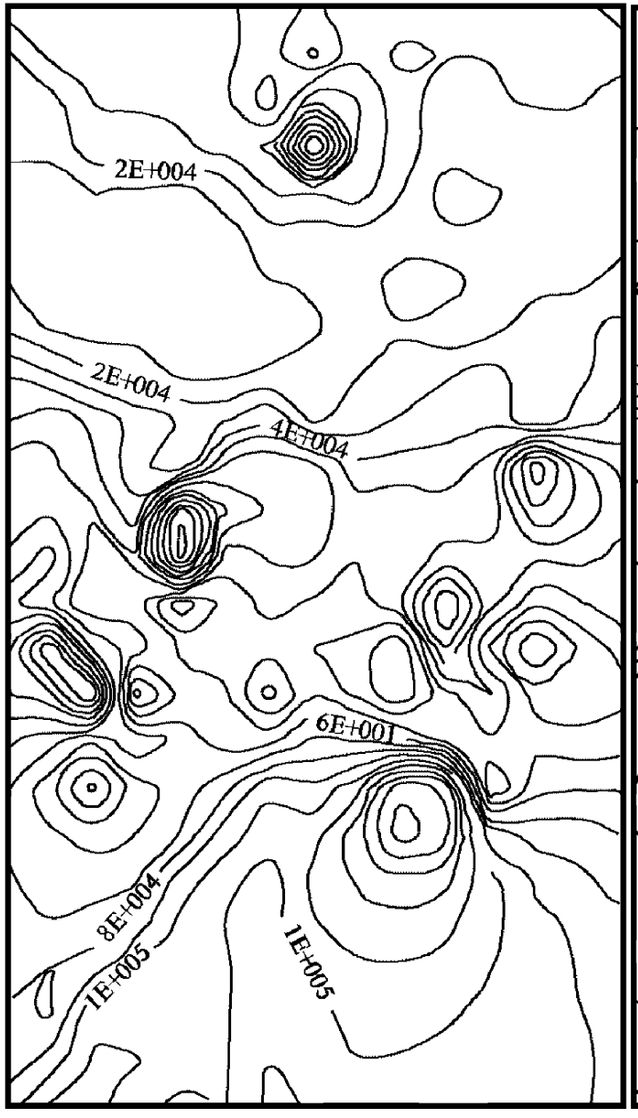
图Ⅲ16　北衙东矿区 K/Sr 比值等值线图



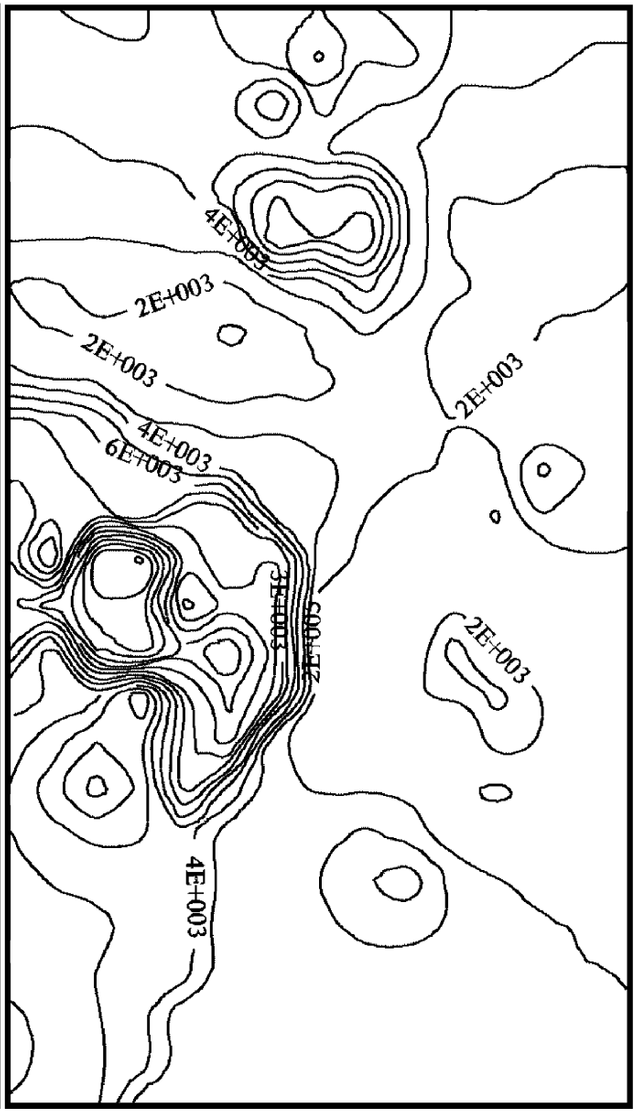
图Ⅲ17　北衙东矿区 (Na+K+Al+Si)/Sr 比值等值线图



图Ⅲ18 北衙东矿区 Bi/Au 比值等值线图



图Ⅲ19 北衙东矿区 (Pb+Zn+Ag)/Au 比值等值线图



图Ⅲ20 北衙东矿区 (Cu+Ni+W+Co)/Au 比值等值线图

Fe/Au 类同于 Bi/Au。

②（B + Be + Bi）/（V + Co + Ni + Cr）除万硐山较紧邻的小米地高外，矿化集中区段比相紧邻地段普遍较低。如红泥塘（1.866）较其北（5.263）低、桅杆坡（2.295）较铁矿塘（12.382）低、笔架山（5.683）较锅盖山(6.573）低。

③矿化集中区钾交代作用，活动性组分活度强度相对较强。

3. 北衙矿区构造地球化学成岩成矿综合信息

综合构造地球化学元素组合特征、特征指数特征以及其揭示的成岩成矿信息，可得到矿区构造地球化学成岩成矿信息。

（1）北衙矿区构造地球化学代表性的元素组合有 K、Na、Al、Si 组合，Ti、V、Cr、Co、Ni 组合，Pb、Zn（Mn、Fe、As、Sb、Ag）组合，W、Mo、Fe（Sn）组合、Bi 组合，Cu 组合，Mg（Ca）组合，Au 组合。它们代表了该区成岩成矿作用及产物，提供了该区喜山期富碱斑岩成岩成矿作用的基本信息。

（2）构造地球化学成岩成矿元素在该区分布不均衡，存在明显的异常区。异常区大都与喜山期富碱斑岩及其矿化聚集地段相扣合。但构造地球化学异常区范围通常大于地表斑岩群及其矿化范围，显示成岩成矿元素沿断裂构造运移扩散的特点。显然，构造地球化学信息有助于识别成岩成矿范围及其空间展布规律。

（3）尽管构造地球化学异常区不同元素组合的异常展布情况不一，但总体上都不同程度的呈现异常呈带成块的格局。显示了该区喜山期斑岩矿床定位的控岩控矿构造格局及矿床展布（定位）格局。

1）带、块格局。异常组合呈带状延伸，而又可分为块状集中地段。北衙矿区构造地球化学异常，总体上可分为两个大带、五个大块：东矿区的南北向异常带和整个北衙矿区的东西向异常带；万硐山块段、红泥塘—笔架山块段、金钩坝块段、马头湾块段、南大坪块段。

2）等级体制格局。构造地球化学异常单元成带成块的组合格局中，存在明显的规模大小不同的异常等级，以及异常的规律性排列，呈现异常空间有机组合有机关联的异常系列。在异常总体展布的两大带五大块中又可分为次一级的带和块，再低级次的带和块，直至单个小的局部异常。例如许多元素组合呈现的东矿区，南北向异常带可分为西部的万硐山—红泥塘—金钩坝组成的西异常亚带，和东部的铁矿塘—桅杆坡—锅盖山东异常亚带。又如西矿区马头湾块状异常中呈现的低级次南北向金异常带(图Ⅲ13)。

3）典型异常组合格局。北衙矿区各种构造地球化学异常组合格局不同，但从总体上看，有几个典型的异常组合（结构）格局。

①格状格局：东西向与南北向带状异常近直交组成格状格局结构，为区内异常展布最基本格局。如北衙东矿区的 Cu 组合异常，Bi 组合异常，Na、K、Al、Si 组合异常。北东向和北西向带状异常亦呈现格状格局，但通常发育较差，如东矿区之 Pb、Zn 组合异常(图Ⅲ9)。

②菱形格局：北北东向和北北西向带状异常斜交组成菱形格局结构，为区内异常展布的基本格局。如北衙东矿区的 Ti、V、Cr、Ni 组合的异常(图Ⅲ8)。

③格状—菱形复合格局：格状格局和菱形格局常组合成复合格局。不同元素组合有时

某一种格局清晰而另一种隐晦模糊，或一种格局中某一方向组别异常清楚而另一方向组别则较隐晦。这种格局结构是矿区出现最多的异常展布格局。如东矿区的Pb、Zn（Mn、Fe、As、Sb、Ag）组合异常(图Ⅲ9)。

(4) 构造地球化学异常等级体制及其组合格局常以异常单元的规模、形态、强度以及异常变化梯度带而显示。异常梯度带常为异常单元划分的边界，也常是异常组合格局结构显示的重要标志。矿区内影响较大、广泛存在的异常梯度带（或异常界线）有：

东西向：林管所（南大坪北）—白石箐（马头湾北）—北衙（红泥塘北—矿部一带）为贯穿全区的东西向异常分界线，有时异常变化梯度明显，更多的是由其南北两侧异常强度的明显差异而显示。东矿区的金钩坝—锅盖山南附近一带也常为东西向异常分界线，其两侧异常亦常差别较大(图Ⅲ8、9)。

南北向：东矿区之红泥塘之东（南至金钩坝附近，北至北衙镇东）及笔架山—桅杆坡之西及其东常为南北向异常之边界(图Ⅲ8、9)。

北北东向：东矿区之红泥塘东至小米地、万硐山东；锅盖山到笔架山东(图Ⅲ8)。

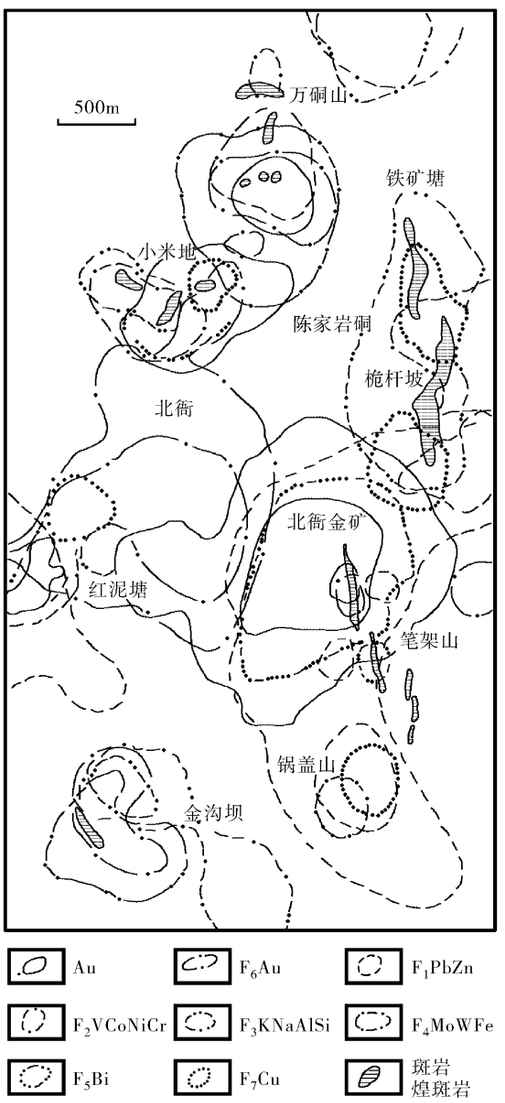
北北西向：东矿区之桅杆坡西至万硐山南（图Ⅲ8)。

北东向：东矿区之红泥塘北至桅杆坡北(图Ⅲ8)。

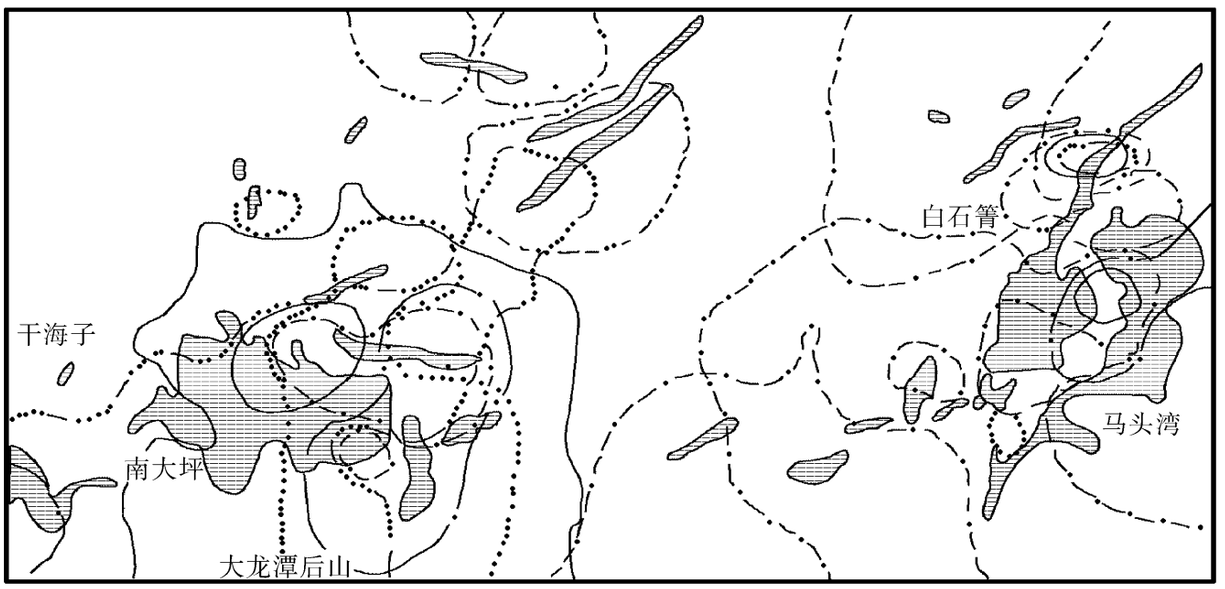
北西向：东矿区之红泥塘南至锅盖山南；万硐山北至铁矿塘北（图Ⅲ8、9)。

这些异常梯度带（或异常带、块边界）与异常高值带是矿区斑岩矿床的重要控矿构造。通常高值异常或高强度异常位于不同方向异常带相交的网络结构构造结点附近。

(5) 不同元素组合构造地球化学异常区带在空间上的同位性和组合格局结构的相似性（图Ⅲ21、图Ⅲ22)，显示了矿区以喜山期富碱斑岩侵位为根本的成岩成矿作用及其产物的关联性；同时显示了斑岩及矿床定位的成岩成矿构造的一致性及持续性；也显示了构造—岩浆—矿化三位一体的基本特征。不同元素组合构造地球化学异常区带空间上的偏离性及组合格局的差异，显示了矿区岩浆分异演化及成矿的阶段性和地域性差异，也显示了构造活动的阶段性差异性；可以认为南北向和东西向构造是矿区的贯穿性构造，既是基础构造，又是主导构造，而北北东向、北北西向是矿区主导构造，北西向、北东向构造是重要构造；前者控制斑岩侵位主期和与斑岩主侵位期有关的矿化，而后者则控制斑岩侵位晚期和与成矿气液流体活动有关的矿化。不同元素组合的复合构造地球化学元素组合异常及多种异



图Ⅲ21 北衙东矿区构造地球化学异常综合图



图Ⅲ22　北衙西矿区构造地球化学异常综合图

常组合格局在某元素组合等值线图中同时出现，显示了不同阶段构造—岩浆—矿化作用的继承性及复合叠加作用；也显示了某元素（组合）的多阶段（或期次）矿化叠加作用；显示了岩浆及矿化作用的复杂性。矿化集中域就具有这样的构造地球化学特征，如北衙东矿区，如红泥塘、万硐山、笔架山等矿段，金矿化即具有多构造岩浆因素控制，多阶段矿化的特点。

（6）构造地球化学矿化信息显示金具有复杂的矿化特征。

①Au 具有相对独立的构造地球化学特征。在聚类分析、因子分析中一般情况下，Au 主要呈单独出现。在断裂构造中 Au 与 Cu 相伴，其中近南北向断裂构造中 Au 与 Pb、Ag 相伴，近东西向断裂中 Au 与 Cu（W）相伴。在岩浆活动和矿化集中区金与 Pb、Zn 相伴（红泥塘），与 Cu、Bi、Ag 相伴（万硐山、笔架山），并还伴之有 W、Fe、Sb、As 等元素组合。显示 Au 有既独立而又与 Pb、Zn，Fe、W，Cu、Bi、Ag 等矿化相伴的复杂多期、多种矿化条件下的成矿作用。

②Au 元素组合异常呈现成带成块的特点，东西向与南北向组成的格状格局组合结构为基本格局，北北东向与北北西向组成的菱形格局组合结构。区内延伸较好的东西向白石岩—北衙南带的南北两侧 Au 异常特点相差甚大。北衙东矿区两条东西向异常分界线将其分为三块，北部万硐山一带异常跳跃变化大，南部异常亦然，而中部异常则相对稳定而强。Au 单元素异常则在北部和中部呈现规模大而强的异常，低级次异常呈南北向排布特征明显。显示 Au 矿化受南北向、东西向构造组成的基础构造和主期斑岩的制约，但更为重要的是与成岩晚期气液流体活动主期的主导构造关系密切。

③Au 元素组合异常具有偏离地表斑岩群的情况，红泥塘偏离斑岩群的北西侧，小米地偏离斑岩群南东侧，金钩坝偏离岩体南东侧。构造地球化学异常偏离斑岩体的情况可能为气液流体活动有偏离主岩体的情况，也可能偏离部位深部还有成矿岩体。万硐山地表斑岩群东部有斑岩脉—裂隙矿化带即是很好的印证。

④Au 矿化元素异常区钾交代作用、活动组分活动强度相对较强。

⑤Au 矿化元素异常在东矿区与（Cu + Mo + Co + W）/Au 异常较为相似，二者皆在东矿区西矿带较强；与（Pb + Zn + Ag）/Au 异常和 Bi/Au 异常中部红泥塘—笔架山成块特征较为相似。

⑥Au 的构造地球化学特征指数显示从斑岩体（群）→接触带→脉带→裂隙带到围岩的岩体—脉—裂隙系统钾交代及活动性组分活动强度总体降低。（B + Be + Bi）/（V + Co + Ni + Cr）总体增大，Bi/Au 比值总体降低，（Pb + Zn + Ag）/Au、（Cu + Mo + Co + W）/Au 等变化较为复杂，显示 Au 与 Pb、Zn、Ag、Cu、Mo、Co、Ni 等的关系较为复杂。

⑦Au 矿化在脉—裂隙带较强。例如金异常在笔架山之西部和东部的二断裂北段、万硐山偏东部的断裂带、红泥塘偏北部及东部断裂带皆有 Au 异常高值。显示了 Au 与热液或气液流体较易运移，且于离主岩体又较近的岩体侵入接触断裂构造带控岩控矿断裂系统中易于矿化聚集。

（7）构造地球化学特征指数的岩体—脉—裂隙系统立体模型

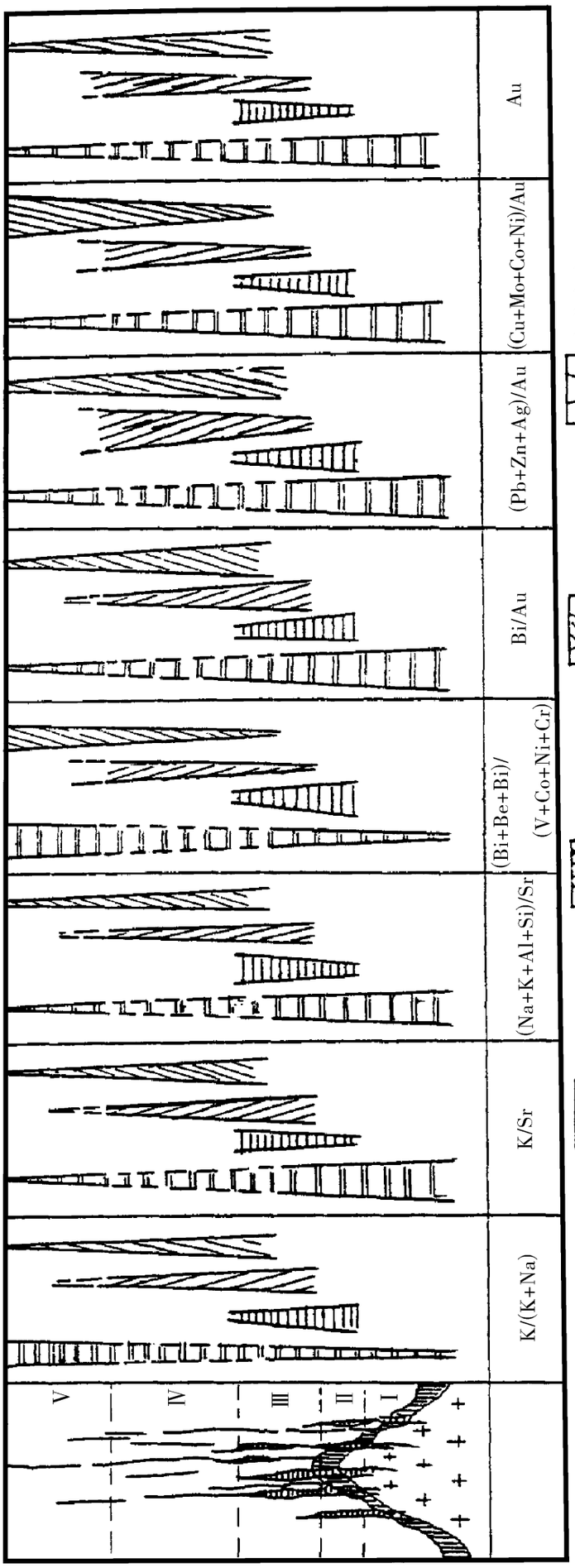
将构造地球化学特征指数按其在斑岩体—接触带—脉带—裂隙带—围岩的岩体—脉—裂隙系统中的相应部位，以红泥塘、万硐山、笔架山、桅杆坡几个矿化集中地段为代表，根据指数值的大小变化趋势归纳于图表中，得到构造地球化学特征指数的岩体—脉—裂隙系统立体模型(图Ⅲ23)。

模型显示从岩体→脉体→裂隙→围岩，富钾指数、K 交代强度与活动性组分活动强度总体降低；（B + Be + Bi）/（V + Co + Ni + Cr）构造环境特征指数总体增大；Bi/Au 值总体下降，而（Pb + Zn + Ag）/Au、（Cu + Mo + Co + W）/Au 等值变化复杂，显示从岩体至围岩，斑岩体的碱组分影响渐弱，构造环境逐渐向引张方向发展，成矿元素间关系却较复杂，矿化作用复杂。Au 矿化较佳的为脉带和脉与裂隙混合过渡带。

三、影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法

北衙矿区影像线—环结构及构造地球化学的成岩成矿信息表明，影像线—环结构和构造地球化学的研究能够提供常规的野外地质填图或室内岩矿研究等难以获取的矿床定位的综合地质信息。特别是遥感影像资料图形化（线—环结构图、线—环综合地质数值化等值线图等）所显示的线—环结构、构造结点的影像网络结构和构造地球化学数据图形化(元素含量等值线图、因子得分等值线图、特征指数等值线图等）异常格局、构造结点的构造地球化学异常网络结构，它们所提供的成岩成矿信息较之明显的能直接观察的矿床成矿地质条件、矿化特征等矿化信息，可称为“隐信息”。

北衙矿区从不同的角度进行不同层次的常规地质研究工作（诸如地质填图、岩矿测试、物化探），由于矿区地质构造特点和地表覆盖所限，矿床定位研究难度较大。影像线—环网络结构和构造地球化学异常网络结构相结合，对于矿床定位，对于构造所控制的斑岩体定位及与斑岩体（群）同位的斑岩矿床定位，就更能从深层次、从总体上识别定位信息。对于斑岩体规模较小、成群出现、构造控制作用明显，如北衙斑岩矿床这类特定的矿床，由影像线—环结构与构造地球化学方法为基本的方法，既影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法可作为矿床快速定位预测的重要方法。



图Ⅲ23　北衙东矿区构造地球化学特征指数立体模型

（一）影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法的主要特点

1. 矿床定位影像—地质宏观信息图形化

遥感影像线—环结构是特定的地质现象的反映，作为地质特征缩影的遥感影像，其特定的组合形式（即影像线—环结构），是与地质事件的发生，物质成分的迁移聚集情况相联系的，是影像—地质信息的图形化概括。因此它可显示地质事件产生的地质形迹、地质现象、地质信息，便于从宏观上识别矿床定位信息。

2. 矿床定位信息敏感浓集确切

构造地球化学抓住了斑岩成岩成矿作用中扩散范围较大，成岩成矿元素聚集较多，显现较为敏感而强烈的成岩成矿元素活化、迁移、浓集的信息，信息量较一般的地球化学方法丰富而敏锐，信息源获取目标易辨且集中，便于获取矿床定位的确切信息。

3. 矿床定位信息标志鲜明、突出、集中

由于北衙斑岩矿床具有构造—岩浆—矿化三位一体的特征，所以，影像线—环结构和构造地球化学方法的结合能从对成岩成矿作用以及成矿物质活化、迁移、浓集的成岩成矿构造信息入手，抓住矿床定位的关键因素和最鲜明的标志，识别矿床定位。

4. 矿床定位构造节点“隐信息”明朗化

北衙斑岩矿床定位于构造结点（构造复合交汇部位、构造应力聚集或释放最优选部位、成矿物质迁移聚集最优选部位），影像线—环结构信息与构造地球化学信息异常网络结构的识别，对地表地质构造结点模糊不清的北衙矿床，提供了矿床定位的构造结点“隐信息”。

（二）影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法

影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法可概括为：

1. 方法依据

矿床成矿地质条件及矿化特征研究，是影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法的基础。

2. 基本工作

构造地球化学填图获取构造地球化学原始数据，研究成矿地质条件、矿床特征、矿化富集规律，获取常规地质测试数据，进行遥感影像野外调绘、建立影像解译标志，获取线—环结构地质基础等，都是基本的工作。

3. 关键环节

影像线环网络结构与构造地球化学异常网络结构的厘定是识别矿床定位最佳部位（斑岩矿床的构造—岩浆—矿化三位一体部位）——构造结点的关键环节。网络结构的厘定包括两个方面：一是进行遥感图像处理获取矿床遥感地质基础信息，再将矿床遥感基础信息通过图形化，将定性识别与数值化特征识别相结合，在识别影像矿化直接信息的同时，获取矿床定位线—环结构、影像网络结构信息——矿床定位的影像“隐信息”。二是进行构造地球化学数据的电算处理，在获取矿化直接信息与构造地球化学信息（元素组合、变化、地球化学特征）的同时，通过图形化，识别元素空间变化，和构造地球化学异常网络结构信息——矿床定位的构造地球化学“隐信息”。

4. 对应分析

应用地学信息对“隐信息”进行对应分析，主要包括五个方面：一是成矿地质条件的对应分析（着重控岩控矿地质构造、斑岩岩浆系列及其空间展布）；二是矿化特征的对应分析（着重矿床系列及其空间展布）；三是构造应力场信息、物探及化探信息的对应分析（着重异常类型及其空间展布）；四是以影像—构造地球化学异常网络结构——矿床定位“隐信息”为梗概的综合信息对应分析（着重网络结构及其构造结点）；五是以诸因素的网络结构与等级体制概念进行对应分析（着重构造—岩浆—矿化三位一体的完整体系）及模式类比。

5. 筛选靶区

影像线—环结构与构造地球化学异常网络结构——矿床定位“隐信息”的地质综合信息印证，是一个厘定矿床最佳网络结构标志、筛选矿床最佳定位部位（网络构造结点）和信息综合分析筛选过程。通过筛选厘定矿床最佳网络结构标志及矿床最佳定位网络构造部位确定预测靶区。

第四章　矿床快速定位预测标志

一、成矿构造环境标志

1. 区域性喜山早期南北向构造带与东西向构造带复合叠加部位为富碱斑岩型金多金属矿床定位的构造环境标志。断裂构造为切割或沟通切穿岩石圈的岩石圈断裂和壳断裂，甚至为超岩石圈断裂。

2. 复式南北轴向短轴背斜或类穹隆状构造为成矿区的构造标志；它与东西向构造交叠部位为矿区的构造标志；南北向和东西向构造带的复合构造为矿床基础构造。

3. 近东西向和南北向断裂构造带为成矿期活动的控岩控矿的主导构造。

4. 构造系列的等级体制可作为岩浆—矿化单元级别划分的构造标志。

5. 多组断裂构造交汇形成构造网络的构造结点为矿床定位的构造标志。

6. 侵入接触构造、断裂构造、层间构造为接触带矿床（体）、脉状矿床（体）、似层状矿床（体）的构造标志。岩体侵入接触断裂构造带是金矿床定位的最佳构造标志。

7. 构造应力场显示的张性断裂带。

二、成矿岩浆岩标志

1. 喜山期富碱斑岩是斑岩型金矿床的岩浆岩标志。

2. 浅成—超浅成富碱斑岩、隐爆角砾岩、煌斑岩相伴出现或同位叠加的部位为金多金属矿床定位的最佳岩浆岩标志。

3. 钾化、硅化、硫化物化（主要为黄铁矿化）、矽卡岩化、绿泥石化、大理岩化等与斑岩侵位有关的蚀变为成矿蚀变标志。

4. 在不同方向展布的斑岩带交汇结点处侵位的复合斑岩群为矿化集中区（矿段）的标志。这种斑岩带交汇结点也是板块碰撞环境、造山晚期—晚造山环境、非造山期大地构造环境下形成的富碱斑岩同位侵位的部位。

5. 斑岩体—脉—裂隙系统是矿化分带标志，脉及脉—裂隙过渡带是金矿化定位的最佳部位。

三、含矿岩系标志

1. 北衙组碳酸盐类地层为含矿地层岩系标志，特别是其铁化灰岩更具标志意义。

2. 含矿岩系下覆有喜山期前的金铜高丰度值的基性火山岩系（二叠系峨眉山玄武岩

及其紧邻的黑泥哨组地层）可作为金铜矿化的辅助地层岩性标志。

四、矿床定位影像线—环结构标志

1. 椭圆状北衙—南无山环—环横叠结构为北衙构造—岩浆—矿化单元标志，亦即成矿区影像线—环结构标志。而环—环横叠部位为矿区（矿化集中域）标志。

2. 多方向线性构造交汇的线—环网络结构的构造结为斑岩矿床定位最佳影像线—环结构标志。

3. 规律性组合的线—环网络结构及线—环等级体制可作为矿化单元等级体制的标志。

4. 线—环构造结点的环—环交叠结构的复式环群可作为复式岩体（群）的标志，亦是最佳矿化部位（矿段）、矿床定位最佳线—环结构标志。

五、矿床定位构造地球化学标志

1. Na、K、Al、Si 造岩元素组合与 Ti、V、Cr、Co、Ni 元素组合相伴出现的构造地球化学异常为成矿源岩——富碱斑岩体（群）的构造地球化学基本标志。

2. Pb、Zn（Mn、Fe、As、Sb、Ag）组合与 W、Mo、Fe（Sn）组合构造地球化学矿化元素组合异常为成矿斑岩的构造地球化学标志。

3. 规模大小不等、形状各异的构造地球化学异常呈现规律性排布，呈现不同方向的带状异常或集中呈块状异常群。异常成带成块，具一定展布格局，具明显的等级体制，呈现异常网络结构是富碱斑岩矿床构造地球化学异常的标志。

4. 东西向与南北向异常带组成的格状格局，北东向和北西向异常带组成的格状格局，北北东向与北北西向异常带组成的菱形格局，为构造地球化学造岩元素组合异常及相对简单矿化元素组合的构造地球化学异常标志。格状—菱形复合格局异常组合是矿化元素复杂组合的构造地球化学标志。异常组合网络结构的异常带交叠结点为高值异常点，为矿床定位的构造地球化学标志。

5. Au 矿化的构造地球化学标志是 Au 既呈现单独的元素组合，又呈现 Au 与 Pb、Zn，与 Cu、Bi、Ag，与 W、Fe、Sb、As 元素组合。东西向与南北向带状异常组成的格状格局为 Au 元素组合异常的基本格局，北北东向与北北西向组成菱形格局与之叠加，格状、菱形二者组成的复合格局，是 Au 矿化的标志；异常复合结构的异常带交叠结点异常高值区（点）为 Au 矿化定位的构造地球化学标志。

六、矿床定位物化探异常标志

1. 总体呈长宽比不大的正磁异常。

2. Au、Pb、Ag 组合的化探异常。

3. Au 分散流异常。

七、碱性斑岩型金多金属矿床快速定位预测集成标志

根据北衙斑岩型金多金属矿床的成矿地质条件、矿化特征、成矿规律，综合斑岩型金多金属矿床的成矿构造、成矿岩浆岩、含矿地层岩性、矿床定位的影像线—环结构、构造地球化学标志，从矿床快速定位预测的思路出发，可归纳出碱性斑岩型金多金属矿床快速定位预测集成标志。

1. 喜山早期南北向构造与东西向构造（深层构造）叠加复合部位（构造结点）。

2. 喜山早期富碱斑岩岩石系列组成的复式岩体（群）。

3. 喜山期构造（结点）—富碱斑岩（体）—矿化信息（矿化、影像线—环结构异常、构造地球化学异常、物化探异常）三位一体、同位呈现的地段。

4. 构造形迹、斑岩系列、矿化信息、影像线—环结构、构造地球化学异常等具有相似的特定的组合格局——网络结构 、等级体制，在空间上趋于同位对应。这种多元网络结构的构造结（点）为矿床定位最佳标志。

5. 环—环横叠结构、环—环交叠的复式环群为矿床定位的影像线—环结构标志。

6. Au，Au 与 Pb、Zn、Ag，与 Cu、W、Bi、Sn、Mn、Fe，与 As、Sb 的复杂元素组合的构造地球化学异常，多成岩成矿元素组合异常同位（或稍偏离）出现为金多金属矿床定位的构造地球化学标志。

7. 斑岩体侵位形成的斑岩体—脉—裂隙系统、热致与流体驱动断裂构造、成矿构造应力场引张区（带），近主岩体的侵入接触断裂构造带、脉及脉—裂隙过渡带，为 Au 定位的最佳构造—岩浆标志。

第五章　成矿远景预测

一、成矿远景区预测准则

基于本科研项目的重点为金矿床快速定位预测技术的研究，特别着重新技术新方法的探索，根据北衙金矿床地质找矿科研现状、矿床特点、成矿地质条件以及地理环境，在科研项目实施中重点探索适合于该区地质构造环境、适用于该区矿床特点、矿床模式的影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法。在成矿预测中以影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法为主导，结合常规的成矿预测方法进行成矿预测。按此，拟定北衙富碱斑岩型金矿床成矿远景预测准则为：

1. 以富碱斑岩型矿床构造—岩浆—矿化三位一体、岩体—脉—裂隙系统、斑岩金矿床模式、网络结构与矿床定位等该区斑岩矿床成矿规律，及相应的成矿理论，作为矿床定位预测的理论根据。这就是成矿远景预测的理论准则。

2. 以影像线环结构—构造地球化学成岩成矿信息为基本依据、为先导，以成矿地质条件、矿化信息综合印证分析为方法，进行找矿靶区优选。这就是成矿远景预测的方法准则。

3. 以碱性斑岩型金多金属矿床快速定位预测集成标志为成矿远景预测、筛选成矿靶区的预测标志。这就是成矿远景预测的标志准则。

二、北衙成矿区矿床成矿远景预测

（一）找矿靶区优选

1. 红泥塘矿段找矿靶区

位于南北向七坪—北衙构造—斑岩—矿化带与东西向南大坪—桅杆坡构造—斑岩—矿化带网络结构的构造结点；是多阶段构造及矿化叠加部位；岩体具造山期后—非造山期构造环境特征，分异程度较高，为东西向构造发育部位；是斑岩侵位晚期及补期的岩浆气液流体活动的部位，煌斑岩脉发育、隐爆角砾岩发育、成矿热液活动强烈；缓倾斜压（扭）性断裂构造发育，并伴之有复杂角砾岩，沿缓倾断裂带及其下部蚀变矿化强烈；在斑岩体地表露头邻近空间已有铅锌（金）工业矿床，主要为接触带矽卡岩型及沿隐爆角砾岩接触断裂带的热液型矿化。

遥感信息显示该部位为复合环群，且大体以已出露的岩体为环的核心，西侧呈现向西突出的半环状多环层状，且配置有似放射状线性影纹，显示以已知岩体为中心的岩浆作用（隐爆作用?）影响范围（向西还有约 1km，向北约 1. 5km 达北衙镇）。此外在遥感图像上

东部为第四系盆地影像所覆盖，据中心式多环层结构环形构造特点，该处还有与西部相似的影像地质特征。

构造地球化学特征显示，该矿段不仅具金元素组合因子得分异常和金元素异常，而且显示成岩成矿作用信息的 Pb、Zn（Sb、As）和 Cu 因子得分异常较强，并有 Co、Cr、Ni 和 W、Fe、Mo 因子异常。Na、K、Al、Si 因子异常与石英正长斑岩体扣合甚好，几种元素组合异常高值位置偏离，K／（K＋Na）异常偏岩体西部，K /Sr、（Na＋K＋Al＋Si）／Sr 异常偏岩体北西，显示岩体外围还有岩浆活动高能量区。Bi 和 Pb、Zn 矿化异常偏岩体北东，而 Cu 矿化异常偏岩体之北；（B＋Be＋Bi）／（V＋Co＋Ni＋Cr）在该区为低值区，显示为相对挤压还原的构造环境。

红泥塘岩体属浅剥蚀，边部脉—裂隙带还应有保存。

该区磁异常在岩体之南东侧及北西侧有次级正磁异常。

综合上述信息，红泥塘矿段有较佳的成矿远景（图Ⅴ1），具体的矿床定位最佳部位为：

①红泥塘岩体东侧。红泥塘主岩体两侧地表有南北向的隐爆角砾岩的脉状分布，有南北向的褐铁矿脉，表明在主岩体形成后煌斑岩形成及矿化流体活动阶段有南北向断裂构造活动。地质地貌及综合地质信息也显示该部位有南北向断裂存在的迹象。该部位为矿床构造应力场之红泥塘东引张区带（断裂带），推测该部位形成有主岩体东部脉—裂隙—矿化带，北衙盆地西缘邻近为南北向异常、金因子得分及金单元素构造地球化学等值线图都在该部位有金异常。该地段为金矿化定位的最佳优选靶区。

②红泥塘岩体北侧。红泥塘岩体北侧东西向断裂发育，并控制岩体定位及煌斑岩脉定位，为岩体定位及成岩晚期活动的断裂。该区东西向断裂有 Cu、Au 相伴的特点，该部位显示有 Cu 因子得分异常，并有金因子得分高值异常。影像特征该部位与主岩体为同一环体，磁异常亦有向北延伸的次级异常。该地段亦为金矿化定位的最佳优选靶区。

2. 万硐山矿段找矿靶区

位于南北向七坪—北衙构造—斑岩—矿化带与东西向构造带及北西向构造交叠部位，为矿化构造—岩浆网络结构的构造结点。斑岩体为复式岩体，石英正长斑岩为同碰撞成岩构造环境产物，具 S 型花岗岩特征；石英二长斑岩为造山晚期—晚造山期成岩构造环境产物，具 A 型花岗岩特征。分异程度中～高，并有黑云母正长斑岩，煌斑岩发育。岩体总体呈南北向脉状产出，为东西断裂构造复杂化。岩体边部有矽卡岩化及磁铁矿化、铁锰矿化，后期构造复合叠加明显。该区具有多期多阶段构造—岩浆—矿化叠加特征。

万硐山矿段主岩体东部的接触断裂构造带发育，形成斑岩脉、煌斑岩脉、褐铁矿脉相伴的、金矿化较强的脉—裂隙—矿化带。该矿段原生金矿化较强而广泛，又具一定剥蚀程度，第三系古风化壳发育且保存较好，因此“红土型”金矿化发育。

遥感信息显示该部位为复合环群，发育环—环叠加复合结构。

构造地球化学特征显示该部位为多个元素组合因子高值异常同位呈现、且拟合度较好的地段。金元素组合因子异常及金单元素异常吻合较好，且较之地表斑岩露头稍偏南东。V、Co、Cr、Ni 元素组合与煌斑岩拟合较好，万硐山北侧及小米地东侧的拟合尤佳。Pb、Zn 元素组合与 Mo、W、Fe 元素组合因子异常于万硐山较强，Cu 元素组合异常及 Bi 元素

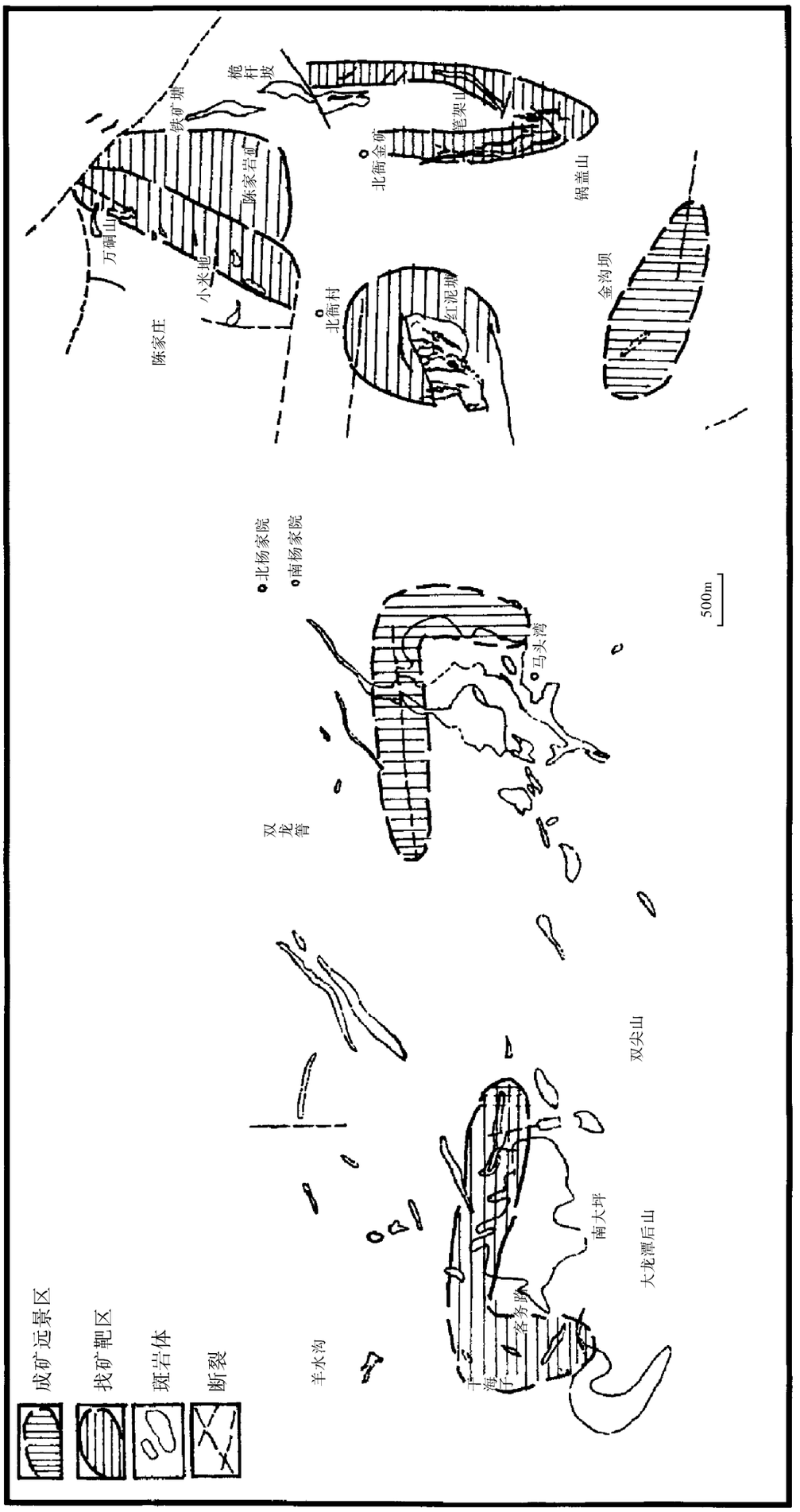


图 V 1　北衙矿区成矿预测简图

组合异常于小米地较强，有从北至南高值异常 Pb、Zn→Mo、W、Fe→Cu→Bi 组合和异常高值南移的趋势，Au 异常则分布于异常叠加部位。构造地球化学显示的岩浆演化能量指数高值异常有向南东偏移趋势。构造环境特征指数较高，相关元素矿化强度指数亦相对较高。

该区磁异常呈北东向带状展布，其高值（异常中心）亦偏岩体露头东侧。

从地质构造、围岩蚀变、矿化、构造地球化学诸特征综合分析，该区有隐爆作用气液流体活动的迹象。

该矿段构造地球化学异常、磁异常高值区均与岩体东侧北北东向侵入接触断裂构造带脉—裂隙—矿化带相拟合。该矿段为已控制的金工业矿化主要地段。

上述信息表明，该矿段为进一步扩大矿床找矿远景的最佳成矿远景地段（图Ⅴ1），具体的矿床定位最佳部位为：

①万硐山至小米地东侧侵入接触断裂构造带

小米地东侧为万硐山侵入接触断裂构造带脉—裂隙—矿化带南延地段，为构造地球化学异常金元素组合因子异常、金单元素异常的高值异常区，为 Cu、Bi 等多个元素组合因子高值异常叠加地段，为热液型原生金矿化的最佳找矿靶区。

②万硐山主岩体西侧侵入接触构造带

这是一个有望再找到接触带型矿体的地段。

③万硐山小米地以东至北衙乡联办铅厂、州水工队、陈家岩硐一片

为风化壳型古砂矿及红土型金矿最佳找矿靶区。因该片为原生金矿化最佳地段，故有望形成风化壳型最佳金矿化地段。

3. 笔架山矿段找矿靶区

位于七坪—北衙南北向构造—斑岩—矿化带与南大坪—桅杆坡东西向构造—斑岩—矿化带交汇部位构造结点，并为北东向窝铺—后山正长斑岩带与之叠加部位。

该部位处在遥感影像上是强烈的南北向线性构造带上。该部位有两个南北向的矿床构造应力引张区（带），南北向影像—线性构造带和构造应力引张区（带）大致沿笔架山、桅杆坡南北向山体东西两侧分布（分别为笔架山西和笔架山东构造带）。地表上对应笔架山西坡 F_8、F_9、F_{10}等组成的断裂斑岩脉—褐铁矿脉—矿化带（西带），和笔架山东坡的 F_1、F_2 等组成的断裂—斑岩脉—褐铁矿脉矿化带（东带）。西带向北延伸后为第四系掩盖，东带向北延伸往桅杆坡。

该部位近地表揭露的斑岩脉薄而稀疏，相当于北衙矿区斑岩（体）—脉—裂隙系统的脉—裂隙过渡带。岩脉边部有矽卡岩化、褐铁矿化、褪色等蚀变边，后期断裂叠加作用明显。在脉—裂隙中已构成金工业矿化。

构造地球化学异常在该部位为多元素组合因子异常叠加出现的部位，Au 元素组合因子异常和 Au 单元素异常为北衙的高值强异常区，Bi 元素组合异常与 Au 异常叠合度高，Pb、Zn 元素组合异常宽大且强。西构造—脉—矿化带为异常高值集中部位，Au 高值异常位于断裂带，Pb、Zn 高值异常位于断裂带附近，V、Co、Cr、Ni 异常及 K、Na、Al、Si 异常偏离于 Au、Pb 异常之南部。

根据地质构造、构造地球化学特征综合分析，该区剥蚀甚浅，深部有向斑岩脉—煌斑

岩脉复合带过渡的迹象，脉及脉—裂隙过渡带金最佳矿化类型可能还在下部，且有寻找接触带型矽卡岩型金矿化的可能（图Ⅴ1）。

笔架山矿段具体的矿床定位的最佳部位为：

①笔架山西断裂矿化带深部侵入接触断裂构造带脉—裂隙带、接触带。

②笔架山东断裂矿化带侵入接触断裂构造带，北延伸到桅杆坡南段。

4. 南大坪找矿靶区

位于东西向南大坪—桅杆坡构造—斑岩—矿化带与南北向线性构造交汇部位，具影像线—环复合结构。该部位为构造地球化学 Au 元素组合因子异常及 Au 单元素异常的高值异常，且有 Mo、W、Fe、Cu、Bi、V、Co、Ni、Cr 等元素组合因子异常同现。出露有斑岩体群（以石英正长斑岩、石英二长斑岩为主），主岩体周围分布有较多的斑岩脉体（花岗斑岩、正长斑岩、石英正长斑岩、二长斑岩、石英二长斑岩），主岩体西侧有褐铁矿化强烈的复杂角砾岩，并具金矿化，其邻近的第四系沉积物形成风化壳型金工业矿化，可作为金的找矿靶区。其中具体靶区为：

①南大坪岩体北接触带。可寻找原生脉状矿，构造地球化学样高值点 Au 已达 4.99ppm。

②干海子。可寻找砂金型风化壳矿床。

（二）成矿远景预测

1. 金钩坝成矿远景区

位于南北向七坪—北衙构造—斑岩—矿化带与东西向构造交汇部位，并有北西向构造带交叠。地表出露有斑岩体及煌斑岩脉。有与之吻合较好的构造地球化学异常，Au 元素组合因子异常，Na、K、Al、Si，Mo、W、Fe，V、Co、Cr、Ni、Bi 等元素组合异常在该部位同现。

金钩坝东缘之焦石硐附近，于断裂破碎带中有北东向之脉状铅矿体，矿体长 360m，见矿厚 0.7m ~9.6 m，含 Pb 0.41% ~5.32%，Zn 1.2% ~21.6%，Ag77.7g/t ~161.4g/t。

金钩坝有较佳之找矿前景（图Ⅴ1）。

2. 马头湾成矿远景区

位于南大坪—桅杆坡东西向构造—岩浆—矿化带与南北向构造相交部位，有复式环群。有构造地球化学 Au 元素组合异常、Au 单元素异常分布；有 V、Co、Ni、Cr 、Cu、Mo、W、Fe 等元素组合异常；异常组合相对复杂、多次级，主要出现于东部。出露有较大的复式斑岩体，由花岗斑岩、石英正长斑岩、石英二长斑岩等组成。岩体边部发育矽卡岩体，发育条带状磁铁矿矽卡岩，并形成较宽的砂岩重结晶蚀变带。该区段有钨铜的工业矿化，有较强的磁异常。曾用钻探寻找矿体，但施工钻孔未见金工业矿化。但是值得注意的有两点：一是北衙矿区金矿化主要发育于岩体—脉—裂隙系统中的脉—裂隙带（含脉体断裂带），在岩体出露时，该带主要发育于岩体边部的断裂带；二是该区段发育缓倾断裂构造，缓倾断裂构造错移早期岩体及矽卡岩体，但又是使晚期热液活动聚集定位的有利部位（图Ⅴ1）。因此，虽已用钻探找矿未获效果，但还不能否定该区段的找矿前景。可于岩体东部南北向构造带和岩体北部东西构造带寻找金矿体，该岩脉—断裂带不失为找矿远景区，且在马头湾采场中刻槽样发现：样一，矿层宽 11.4m，含 Cu 3.36%，含 Au

1.25g/t；样二，矿层宽 11.4m，含 Cu 1.03%，含 Au 0.42g/t；样三，含 Cu 7.5%，含 Au 14.02 g/t。说明该区段确有 Au 矿化存在。

3. 七坪—芹菜塘成矿远景区

位于南北向七坪—北衙构造—斑岩—矿化带，并与北西向、北东向、东西向构造（带）叠加，有网络结构的多个构造结点。

遥感影像有多个椭圆状环形构造及低级次环群，是线—环复合结构十分发育的地段。特别是与形成较早的铺台山岩体相对应的环，其环体东南缘有低级次发育较好的环群，其南侧芹菜塘环明显的部分叠置于铺台山环（从西邑村至芹菜塘一带呈透镜状）。根据线—环结构特征分析，铺台山环之斑岩体在区内形成较早，芹菜塘环明显晚于铺台山环。因此，芹菜塘环出露有小斑岩体应晚于铺台山岩体，接近（或相当于）北衙本区成岩时代，而且有斑岩演化侵位“热点”南移的迹象，遥感影像中的铺台山环南东缘小环群及芹菜塘环中的小环群部位可作为斑岩金矿床的成矿远景预测区。其中最优部位为：

①七坪。为铺台山岩体东南部外缘，低级次环群发育，为铺台山主岩体边缘低级次小岩体发育部位。

②芹菜塘。为多组构造交汇部位。

4. 小水井—团树村成矿远景区带

位于南北向七坪—北衙构造—斑岩—矿化带之东侧，大致与之平列，遥感影像为一系列南北向排布的低级次环群组成的环带，并与南北向线性构造带呈切接结构，组成线—环带状结构。北段为南北向长条状之小铺子福田环群，南段为团树村环群。它们是南无山环与奇峰山环的环—环交叠部位，区内重要的北东向、北西向、东西向线性构造也在此交叠，呈现多个构造结点。该带邻近二叠系玄武岩与三叠系地层交替地带，有小斑岩体出露，并有铅锌金等矿化显示，是区内有希望的斑岩型金矿成矿远景地段，其中最为有望的地段为：

①团树村成矿远景区。团树村低级次环群与岩株岩脉状正长斑岩、石英正长斑岩群相对应。该部位又为北北东向延伸的窝铺斑岩体南端的低级次斑岩群。斑岩侵位于二叠系玄武岩中，在构造破碎带中有正长斑岩、砂岩、石英组成的侵入角砾岩，并有煌斑岩和黄铁矿化、褐铁矿化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、高岭石化等热液蚀变。该部位具有区内斑岩体—脉—裂隙系统脉—裂隙过渡带的特征。在断裂带中有近南北向褐铁矿化脉群，单脉厚 10cm～30cm，脉中可见散点状方铅矿、黄铁矿。褐铁矿脉含 Pb 2.32%、Au 4.62g/t、Cu 0.2%，石英褐铁矿脉含 Au 0.66g/t（据 310 队）。团树村是金矿化最佳定位地段。

②舍茶寺—水井成矿远景区。发育南北向断裂构造带，伴有硅化、碳酸盐化、黄铁矿化，并有零星斑岩脉出露。该带南段锅铲河附近之舍茶寺有黑云正长斑岩、石英二长斑岩岩脉，伴有网脉状褐铁矿化，厚 0.5m～4.0m，含 Au 0.1g/t～0.3g/t（少数达 1g/t～2g/t）。该带北段水井矿化带长达 1km，矿脉厚一至数米，含 Pb 0.5%～1%。

参考文献

1. 西南有色地勘局310队. 北衙金矿区阶段普查地质报告. 内部资料，1994
2. 吴志亮，等. 滇西斑岩带大理段斑岩型铜金多金属成矿地质特征及找矿标志. 昆明理工大学科研报告，1996
3. 杨世瑜，等. 滇西大理—丽江地区斑岩型铜金矿遥感地质特征. 科研报告，1998
4. 云南省地质局. 中华人民共和国地质图鹤庆幅报告，1966
5. 云南省地矿局. 云南省区域矿产总结. 内部资料，1993
6. 黄智龙，刘丛强，等. 云南老王寨金矿区煌斑岩成因及其与金矿化的关系. 北京：地质出版社，1999
7. 王会远. 北衙金矿地质特征及成矿地质条件的初步分析. 西南矿产地质，1993（2）：17～24
8. 梁永宁. 大理北衙斑岩型金矿地质特征及成矿条件研究. 昆明工学院学报，1993（6）：21～29
9. 赵晓鸥. 云南北衙铅矿氧化带含金性能研究. 地质与勘探，1989（6）：1～4
10. 高宛生. 滇西斑岩铜钼矿带的地质特征及成矿控制因素. 云南地质，1982（3）：224～233
11. 赵准，等. 三江（怒江、澜沧江、金沙江）地区斑岩型铜矿地质特征. 云南地质，1983（2）：114～121
12. 刘忠俊，等. 滇西大理地区喜山期斑岩岩石化学特征及其成矿性. 云南地质，1983（4）：278～288
13. 谢应雯，等. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩带地球化学与成矿专属性初步研究. 昆明工学院学报，1984（4）：1～16
14. 李永森，等. 怒江—澜沧江—金沙江地区重要金属矿产成矿特征及分布规律. 北京：地质出版社，1986
15. 谭春雪，等. 滇西主要有色金属矿床区域成矿地质背景. 云南地质，1991（1）：11～43
16. 吕伯西，等. 三江地区花岗岩类及其成矿专属性. 北京：地质出版社，1993
17. 刘肇昌，等. 扬子地台西缘及邻区裂谷（陷）构造与金属成矿. 有色金属矿产与勘查，1995（2）：70～76
18. 徐旃章，等. 云南宁蒗地区喜山期斑岩带岩石化学特征和岩浆来源与成矿. 矿物岩石，1995（4）：20～29
19. 甫为民，等. 鹤庆北衙富碱斑岩侵入体的岩石学特征及其构造环境. 云南地质，1995

(1)：34～41
20. 赖健清，等. 云南中部富碱斑岩成岩成矿的大地构造控制作用. 矿产与地质，1998 (1)：20～25
21. 张玉泉. 哀牢山—金沙江富碱侵入岩及其与裂谷构造关系初步研究. 岩石学报，1987 (1)：17～25
22. 胡受权，等. 云南宁蒗地区喜山期斑岩带地质特征及成矿. 地质与勘探，1996 (3)：7～13
23. 中国矿物岩石地球化学学会元素区域地球化学专业委员会主编. 全国第三届构造地球化学学术讨论会论文选集. 昆明：云南科技出版社，1994
24. 黄宣学，等. 三江特提斯火山作用与成矿. 北京：地质出版社，1993
25. 唐尚鹑. 哀牢山北段金矿成矿带成矿规律初探. 云南地质，1990 (5)：3～11
26. 陈国达. 金与断裂成矿. 黄金科技动态，1990 (6)：11～15
27. 罗镇宽，等编著. 中国金矿床概论. 天津：天津科学技术出版社，1993
28. 博伊尔，R. W 著. 金的地球化学及金矿床. 北京：地质出版社，1984
29. J. J. Bache. 全国金矿地质工作领导小组办公室等编. 世界金矿床—地质分类和定量分类，1988
30. 胡以铿. 地球化学中的多元统计分析. 北京：科学出版社，1991
31. 栾世伟，等. 金矿床地质及找矿方法. 成都：四川科学技术出版社，1987
32. 李昌年. 火成岩微量元素岩石学. 武汉：中国地质大学出版社，1992
33. 高振敏，等. 中国金矿研究进展. 北京：地震出版社，1994
34. 侯增谦，等. 试论幔柱构造与成矿系统——以三江特提斯成矿域为例. 矿床地质，1998 (2)：97～112
35. 罗君烈，等. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用. 北京：地质出版社，1994
36. 韦永福，等. 中国金矿床. 北京：地震出版社，1994
37. 苗昌德. 国内外金银矿床图册. 北京：冶金工业出版社，1993
38. 钟立志，等. 扬子地台西缘富碱斑岩铜金多金属成矿区划及岩矿地质条件分析. 西南矿产地质，1996 (1，2)：5～15
39. 李荣辉，等. 北衙金矿地球物理地球化学特征及找矿标志. 西南矿产地质，1995 (3，4)：43～46
40. 刘景虹. 云南金矿主要成矿地质特征及找矿方向. 1990 (1)：6～12
41. 甫为民. 大理北衙铅矿煌斑岩的成因探讨. 西南矿产地质，1990 (3)：33～36
42. 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志. 北京：地质出版社，1990
43. 胡受权，等. 云南宁蒗地区喜山期斑岩成矿带地质特征. 昆明理工大学学报，1998 (6)：116～123
44. J. David Lowell. 斑岩铜矿床中的金矿化. 黄金科技动态，1990：8～10
45. 刘景虹，等. 云南鹤庆北衙金矿地质特征及找矿机制探讨. 西南矿产地质，1991 (2)：50～55
46. 陈剑，等. 云南省鹤庆县北衙金矿成矿地质特征分析. 西南矿产地质，1993 (4)：40

~43
47. 晏祥云. 北衙铅锌矿床金银矿化特征及其找矿方向讨论. 西南矿产地质，1991（3）：42~48
48. 黄仲权. 滇西浅成热液金矿的区域成矿规律与找矿前景. 黄金科技动态，1990（9）：10~13
49. 陈吉琛，等. 云南S型和I型两类花岗岩划分对比初步探讨. 云南地质，1983（1）：28~37
50. 赵准. 怒江—澜沧江—金沙江区域矿床成矿系列. 云南地质，1993（3）：249~264
51. 陈式房，等. 德钦—下关铅锌矿带矿床类型、成矿规律研究. 云南地质，1991（2）：119~143
52. 罗万林，等. 滇西地区S型和I型花岗岩类的岩石化学特征. 云南地质，1983（2）：136~146
53. 陈元坤. 哀牢山—点苍山推覆构造的认识依据和讨论. 云南地质，1987（4）：291~296
54. 娄霓. 滇西某地正长岩及其金矿化. 云南地质，1985（3）：308~331
55. 杨世瑜. 滇东南锡矿床带矿床类型及其组合特征. 矿床地质，1990（1）：35~47
56. 王文斌，等. 长江中下游地区金矿类型及找矿前景探讨. 黄金科技动态，1990（4）：1~6
57. 王中刚，等. 稀土元素地球化学. 北京：科学出版社，1989
58. 邱家骧，等. 岩石化学. 北京：地质出版社，1991
59. 孙家骢. 云南省主要构造体系的成生发展及某些矿产的分布规律. 云南地质，1983，2（1）：1~13
60. 郭惠兰，王壁善，罗家珂，等. 国外伴生金银矿山. 北京：冶金工业出版社，1998
61. 胡惠民，等. 大比例尺成矿预测方法. 北京：地质出版社，1995
62. 李惠，张文华，常凤池，等. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型. 北京：冶金工业出版社，1998
63. 丁俊华，许文渊，吴厚泽. 中国伴生金矿床. 北京：地质出版社，1996
64. 国家地震局地质研究所，云南省地震局. 滇西北地区活动断裂. 北京：地震出版社，1990
65. 刘显凡，战新志，高振敏，等. 云南六合深源色体与富碱斑岩成岩成矿的关系. 中国科学（D辑），1999，29（5）：413~420
66. 沈阳地质矿产研究所. 中国金矿主要类型找矿方向与找矿方法文集. 北京：地质出版社，1994
67. 朱裕生，李纯杰，等. 成矿地质背景分析. 北京：地质出版社，1997
68. 李玉英，贺菊瑞，孙南珪，等. 长江中下游地区铁帽型金矿床. 北京：地质出版社，1992
69. 张学书. 滇西碱性斑岩成矿带北衙红土型金矿特征及其找矿意义. 云南地质，1998，17（2）：154~158

70. 李元等. 北衙金矿的氧化特征及找矿意义. 昆明理工大学学报，1999，24（1）：120～124
71. 李峰，段嘉瑞. 滇西地区板块—地体构造，昆明理工大学学报，1999，24（1）：29～35
72. 俞广钧. 金矿床地质学. 重庆：重庆大学出版社，1991
73. 陈炳蔚，李永森，曲景川，等. 三江地区主要大地构造问题及其与成矿的关系. 北京：地质出版社，1991
74. 中同庆，胡云中，杨岳清，等. 三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用. 北京：地质出版社，1992
75. 陈纪明，寸珪，等. 中国金矿地质概论. 北京：地质出版社，1997
76. 张贻侠，寸珪，等. 中国金矿地质概论. 北京：地质出版社，1997
77. 黄瑞华，杜方权，等. 中国东南部锡的构造地球化学. 北京：科学出版社，1989
78. 陈毓川，王登红主编. 喜马拉雅期内生成矿作用研究. 北京：地震出版社，2001
79. 刘秉光，陆德复，蔡新平，等. 滇川西部金矿床研究. 北京：海洋出版社，1999：90～125
80. 李朝阳，等著. 中国铜矿主要类型特征及其成矿远景. 北京：地质出版社，2000：1～45
81. 沈敢富，吕伯西. 西南三江地区新生代侵入岩的成岩与成矿. 北京：地质出版社，2000
82. 杨荆舟，罗君烈，赵准. 云南矿床区域成矿模式. 云南地质（增刊），1998：36～60
83. ［美］D. P. 考克斯，D. A. 辛格. 矿床模式. 宋伯庆，李文祥，朱裕生，等译. 北京：地质出版社，1990：71～82，104～113
84. 钟昆明，杨世瑜. 云南北衙金矿构造地球化学成矿预测标志. 矿物岩石地球化学通报，2000，19（4）：393～394
85. 任治矶，李连举，罗荣生，等. 云南北衙红土型金矿地质特征及成矿规律. 中国地质，2001，38（8）：17～22
86. 芮宗瑶，黄崇轲，齐国明，等. 中国斑岩铜（钼）矿床. 北京：地质出版社，1984
87. 马鸿文. 西藏玉龙斑岩铜矿带花岗岩类与成矿. 武汉：中国地质大学出版社，1990
88. 杜琦主编. 多宝山斑岩铜矿床. 北京：地质出版社，1988
89. 朱训，黄崇轲，芮宗瑶，等. 德兴斑岩铜矿. 北京：地质出版社，1983
90. 陈毓川，朱裕生，等. 中国矿床成矿模式. 北京：地质出版社，1993：107～116
91. 张贻侠主编. 矿床模型导论. 北京：地震出版社，1993
92. 杨世瑜，颜以彬，江祝伟. 云南锡矿遥感地质模型. 昆明：云南科技出版社，1994（3）
93. 杨世瑜. 影像线—环结构与矿床定位——云南铜矿床遥感影像线—环结构. 昆明：云南大学出版社，1999（10）
94. 杨世瑜，王瑞雪. 矿床遥感地质问题. 昆明：云南大学出版社，2003（6）
95. 杨世瑜. 论遥感图像的线—环构造等级体制. 西南矿产地质，1994（8）：3～4

96. 杨世瑜. 矿床遥感地质基本问题. 西南矿产地质, 1995 (9): 1~2
97. 杨世瑜. 云南锡矿遥感地质找矿模型及成矿区带预测. 地质地球化学, 1996 (4)
98. 杨世瑜. 矿床遥感地质学导论. 昆明理工大学学报, 1997 (22): 3
99. 杨世瑜. 矿床遥感地质问题. 第十届全国遥感技术学术交流会论文集, 1997
100. 杨世瑜. 论遥感影像的影像线—环结构. 西南矿产地质, 1997 (11): 3~4
101. 杨世瑜. 遥感影像网络结构与矿床定位. 昆明理工大学学报, 1999 (24): 1
102. N. M. Rock, L. G. Gwaklani, and B. J. Griffin, Alkaline rocks and carbonatites of Amba Dongar and adjacent areas, Deccan Alkaline Province, Gujarat, India. 2. Complexly zoned clinopyroxene phenocrysts. Mineralogy and petrology, 1994, 51: 113~135
103. Anderson, J. L. and Bender, E. E., Nature and origin of proterozoic A-type granitic magmatism in the southwestern united states of America. In: R. Gorbaschev (Editor): proterzoic Geochemistry (Spe. Issue). Lithos, 1989, 23: 19~52
104. Araň a, A., Martí, J., Apavicio, A., García-cacho, L, and Garcil García, R., Magma mixing in alkaline magma: an example form Tenerife, canty Islands. Lithos, 1994, 32: 1~49
105. Eby, G. N. T, the A-type granitoids: a review of the occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. Lithos, 1990, 26: 115~134
106. Greaser, R. A., Price, R. C. and Wormald, R. J., A-type granites revised: assessment of a residual-source model. Geology, 1991, 19: 163~166
107. Harris, N. B. W. and Marriner, G. F., Geochemistry and petrogenesis of a peralkaline granite comples form the Midian mountains, Saudi Arabia, Lithos 1980, 13: 325~27
108. Martin, H., Bonin, B., Capdewila, R., etc. The kuiqi peralkaline granitic complex (SE China): petrology and geochemistry. J. Petrol., 1994, 35: 983~1 015
109. Michell, R. H. and Platt, R. G, mafic mineralogy of ferroaugite syenite from the coldwell alkaline complex, Ontario, canada. J. petrol., 1978, 23: 186~214
110. Sibon, R. H., Fault rocks and fault mechanism. J. Geol. Sci, 1977, 133: 191~213
111. Volff, J. A., A., Zoning in highly alkaline magma bodies. Geol. Mag., 1984, 121: 563~575
112. Canmeron E M. Scouring of gold from the lower crust. Gelogy, 1989, 17 (1): 26~29
113. Huang Z L., Modelling of mantle source of lam prohyres in Laowangzhai gold deposits fied, Yunnan. In: chen Y J etc. (eds.), China's postdicter's contribution to the 30th International Geological congress. Beijing: China petroleum Industry press. 1996: 227~232
114. Wyman D, Kerrich R, Alkaline magmatism, major structures and gold deposits: implications for greenstone belt gold metallogeny. Econ. Geol., 1988, 83: 454~461
115. Wyman D, Kerrich R, Archean shonitic lampropthres associated with superior province gold mineralization: distribution, tectonic setting, noble metal abundance and significance

for gold mineralization. Econ. Geol. Monograph, 1989, 6: 651~667

116. Wyman D, Kerrich R, Lamprophyres, a source of gold. Nature, 1988, 332: 209~210

117. Mann A. W., Mobility of gold and silver in lateritic profiles: some observation from W. Australia. Econ. Geol. 1984, 79: 38~49

后　记

在《碱性斑岩型金银矿床三维综合模型及矿床（体）定位技术示范研究(北衙)》科研成果的基础上，本书理论上根据北衙碱性斑岩型金多金属矿床的成矿地质环境、矿床特征，着重研究了富碱斑岩型金矿床的三维综合模型——构造—斑岩—矿床三位一体，斑岩体—脉—裂隙系统的同时空结构。方法上探索了适用于该特定条件下，以影像线—环结构与构造地球化学为基本方法的矿床快速定位的影像线环结构—构造地球化学集成成矿预测方法，并用此方法选择矿床定位最佳地段，进行成矿预测。

科研项目实施过程中，西南有色地质勘查局罗荣生、林永才、晏祥云等高级工程师对科研项目的实施进行了协调指导；王瑞雪参加了遥感地质工作；马更生、庄凤良、王列、杨高伟等地质科技人员参加了野外地质工作。谨在此致以谢意。







A C

B

图版Ⅲ1　北衙矿区遥感图像

（经数字图像处理的TM图像）

A、B　北衙成矿区　　约1∶34万

典型的环—环横叠结构、环—环交叠结构。北衙矿区位图像南部中间，中部略偏东的南北带为七坪—北衙构造带。

C　　北衙矿区　　约1∶17万

东西向透镜状环体为北衙环，北东向模糊带状为南大坪—桅杆坡构造带。