

中国地质调查局地质调查技术标准

DD2010-XX

区域生态地球化学评价技术要求

中国地质调查局

2010 年 12 月

目 次

前 言	0
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4.1 评价目的	3
4.2 评价任务	3
4.3 评价思路	4
4.4 评价选区	4
4.5 评价方法	4
4.6 评价工作顺序	4
5 设计编审	4
6 异常元素及有机污染物迁移途径及来源追踪	5
6.1 河流生态系统	5
6.1.1 悬浮物、水和水系沉积物	5
6.1.2 岩石(矿石)、土壤和水系沉积物	8
6.1.3 河漫滩沉积物	9
6.2 农田生态系统	10
6.2.1 自然源追踪	10
6.2.2 人为源追踪	14
6.3 城市生态系统	15
6.4 湖泊湿地生态系统	18
6.5 浅海生态系统	19
6.6 草原生态系统	20
6.7 矿山生态系统	21
6.8 森林生态系统	23
7 异常元素及有机污染物生态效应评价	24
7.1 农田生态系统	24
7.2 城市生态系统	25

7.2.1 城市放射性危害程度评价	25
7.2.2 城市土壤重金属及有机污染物生态效应评价	27
7.2.3 城市饮用水安全性评价	27
7.3 湖泊湿地生态系统	31
7.3.1 水产品污染程度及适宜性评价	31
7.3.2 富营养化程度评价	32
7.4 浅海生态系统	33
7.4.1 浅海生态效应评价	33
7.4.2 底栖贝类水产品环境适宜性	34
7.5 草原生态系统	35
7.6 矿山生态系统	36
7.7 森林生态系统	37
8 生态系统安全性的地球化学预测预警	38
8.1 河流生态系统	38
8.2 农田生态系统	39
8.3 湖泊湿地生态系统	41
8.4 城市生态系统	42
8.5 矿山生态系统	42
9 报告编写	42
9.1 图件	42
9.2 报告	43
9.3 数据库	43
附录 A	44
附录 B	48
附录 C	49
附录 D	59
附录 E	63
附录 F	65
附录 G	69
附录 H	72

附录 I	错误！未定义书签。
附录 J	74
附录 K	82
附录 L	84

前 言

《区域生态地球化学评价技术要求》是针对我国已进行过多目标区域地球化学调查的地区进一步开展生态地球化学评价而编制的。目的是为使我国各地区开展的区域生态地球化学评价置于同一工作平台和同一技术要求之下，以便进行全国对比。

以往国内外均未编制过类似工作的技术要求或规范。

本技术要求的附录 A~附录 J 为资料性附录，附录 K~附录 L 为规范性附录。

本技术要求由中国地质调查局提出和归口管理。

本技术要求由中国地质大学(北京)负责起草。

本技术要求主要起草人：

本技术要求由中国地质调查局负责解释。

1 范围

本技术要求规定了区域生态地球化学评价的目标任务、评价内容、技术方法、资料综合整理、评价报告编写等技术内容。

本技术要求适合于开展过多目标区域地球化学调查的农田、河流、城市、湖泊湿地、浅海、矿山、森林、草原等不同生态系统开展的生态地球化学评价工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本技术要求的引用而成为本技术要求的条款。凡是注日期的引用文件，其随后的修改单（不包括勘误的内容）或修订版本均不适用于本技术要求，然而，鼓励根据本技术要求达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本技术要求。

GB6921-1986 大气飘尘浓度测量方法

GB9137-1988 保护农作物的大气污染物最高允许浓度

GB11901-1989 水质悬浮物的测定重量法

GB5084-1992 农田灌溉水质标准

GB/T14583-1993 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范

GB15618-1995 土壤环境质量标准

GB3095-1996 环境空气质量标准

GB3097-1997 海水水质标准

GB13078-2001 饲料卫生标准

GB18406.1-2001 农产品安全质量无公害蔬菜安全要求

GB18406.2-2001 农产品安全质量无公害水果安全要求

GB18407.1-2001 农产品安全质量无公害蔬菜产地环境要求

GB18407.2-2001 农产品安全质量无公害水果产地环境要求

GB18421-2001 海洋生物质量

GB3838-2002 地表水环境质量标准

GB3838-2002 地表水环境质量标准

GB18668-2002 海洋沉积物质量

GB5749-2006 生活饮用水卫生标准

GB/T14848-2007 地下水质量标准

HJ/T 91-2002 地表水和污水监测技术规范

HJ/T165-2004 酸沉降监测技术规范

HJ 332-2006 食用农产品产地环境质量评价标准

NY/T391-2000 绿色食品产地环境技术条件

NY/T418~NY/T437 绿色食品系列标准

NY/T5001~NY/T5073 无公害食品系列标准

NY/5095~2002 无公害食品香菇

NY/5096~2002 无公害食品平菇

NY/5097~2002 无公害食品双孢蘑菇

NY/5098~2002 无公害食品黑木耳

NY/5127~2002 无公害食品肉牛饲养饲料使用准则

NY/5150~2002 无公害食品肉羊饲养饲料使用准则

DD2005-03 生态地球化学样品分析技术要求

DD2011-? ? 多目标区域地球化学调查规范（1:250000）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本技术要求。

生态地球化学 ecosystem geochemistry

生态地球化学是研究元素及有机污染物在不同生态系统中分布、分配特征，地球化学循环过程，及其对生态系统和人类健康的影响，并对生态系统安全性进行预测预警的一门科学。

区域生态地球化学 regional ecosystem geochemistry

区域生态地球化学是生态地球化学的一个分支。它是在宏观尺度(面积范围为 $n \times 10^6 \text{ km}^2 \sim n \times 10^2 \text{ km}^2$)上研究不同生态系统中元素及有机污染物的来源成因、迁移转化、循环规律及生态效应，并对其区域发展趋势和生态安全性进行预测预警。

区域生态地球化学评价 regional ecosystem geochemistry assessment

针对流域或区带(面积范围为 $n \times 10^6 \text{ km}^2 \sim n \times 10^2 \text{ km}^2$)内不同生态系统元素及有机污染物分布特征,研究元素及有机污染物区域地球化学循环规律、来源成因及迁移途径,评价生态系统安全性及对人类健康的影响,对其变化趋势和危害程度进行预测预警。

生态系统 ecosystem

生态系统是一定范围内,由生物群落与其环境所组成,具有一定格局,借助于功能流而形成的稳态系统。本技术要求将评价地区生态系统划分为河流生态系统、农田生态系统、城市生态系统、湖泊湿地生态系统、浅海生态系统、森林生态系统、草原生态系统和矿山生态系统等。

4 总则

4.1 评价目的

区域生态地球化学评价主要研究元素及有机污染物区域分布特征和循环转化规律,及其对生态环境产生的影响。评价工作主要针对影响社会经济发展的、由复杂因素形成的、呈区域性分布的宏观生态地球化学问题,以区域地球化学分布为基础和出发点,针对大的流域或地域,按照河流生态系统、农田生态系统、城市生态系统、浅海生态系统、湖泊湿地生态系统、森林生态系统、草原生态系统和矿山生态系统,研究生态系统中元素及有机污染物在各生态要素及生物体间的循环过程、生态效应及发展趋势,目的是为国家土地质量与生态管护、农业种植适宜性、经济结构调整、环境污染治理和地方病防控等各方面提供基础资料,为经济社会科学和可持续发展服务。

4.2 评价任务

4.2.1 追踪异常元素及有机污染物的来源。重点查明由区域地质背景、表生地球化学作用和人为活动引起的分布面积广、异常强度高、生态效应显著的元素及有机污染物来源和成因特征;

4.2.2 查明异常元素及有机污染物迁移途径。研究异常元素及有机污染物在区域范围内的迁移途径、循环过程、影响因素;

4.2.3 开展异常元素及有机污染物生态效应评价。在元素和有机污染物异常分布区或生态环境敏感区,评价异常元素及有机污染物对生态系统安全和人类健康产生的作用和影响;

4.2.4 进行生态系统安全性的地球化学预测预警。在中短期内，对异常元素及有机污染物的污染速率进行预测，对异常元素和有机污染物的生态危害进行预警；对已污染的生态系统提出治理、修复和监测建议。

4.3 评价思路

区域生态地球化学评价以多目标区域地球化学调查或其他区域性地球化学调查为基础，以流域/区带为评价主体，以生态系统为评价单元，以土壤为中心，以元素和有机污染物在大气—水体—土壤—生物体中的循环迁移为主线，以研究元素和有机污染物的输入输出通量和生态效应为重点，在国家或流域/区带尺度上，开展有害元素和有机污染物的异常成因追踪、迁移途径研究、生态效应评价、发展趋势预测和生态危害预警，为经济社会可持续发展服务。

4.4 评价选区

根据多目标区域地球化学调查或其他区域性地球化学调查，对元素和有机污染物分布特征与分配规律进行研究，选择可能对生态系统产生重要影响，具有典型意义的地区作为区域地球化学评价选区。

4.5 评价方法

区域生态地球化学评价方法以传统勘查地球化学方法技术为主，同时辅以环境地球化学、同位素地球化学等方法技术。采样介质除常规的岩石、土壤、水、水系沉积物外，还采集大气颗粒物、水体悬浮物、动植物、湖底和浅海沉积物等。

4.6 评价工作顺序

评价工作应按设计编审、异常元素及有机污染物来源追踪及迁移途径判别、异常元素及有机污染物生态效应评价、生态系统安全性的地球化学预测预警、报告编写等顺序进行。

5 设计编审

5.1 设计书是开展区域生态地球化学评价的依据，应由项目承担单位根据主管部门下达的任务书要求编写。

5.2 设计编写前准备工作

5.2.1 资料收集

5.2.1.1 收集评价区自然地理、土壤类型、社会经济概况、工农业状况、城镇发展、主要生态问题等资料。

5.2.1.2 收集多目标地球化学调查和其他区域地球化学资料。

5.2.2 资料分析

依据多目标地球化学调查，综合分析收集的各方面资料，结合评价地区存在的生态地球化学问题，认真总结影响评价地区环境质量的元素、元素组合和有机污染物类型，筛选出需进行评价的有毒有害元素（包括重金属、类金属、放射性元素等）、有益元素、有机污染物和土壤理化指标。

5.2.3 实地踏勘

在收集资料和初步研究基础上，对评价区进行实地踏勘，对特殊样品进行实地预采集，对特殊分析方法进行预研究，制定生态地球化学采样方案。

5.3 编写区域生态地球化学评价设计内容及要求遵照附录 K 的规定执行。

5.4 设计书提交主管部门审查后实施。

6 异常元素及有机污染物迁移途径及来源追踪

异常元素及有机污染物迁移途径及来源追踪，按生态系统进行。

6.1 河流生态系统

河流生态系统在空间上应按照岩石（矿物）—土壤—水系沉积物—水—悬浮物（重砂）等元素迁移踪迹进行异常追索。在需要研究迁移历史及沉积速率时，还应进行河漫滩沉积物剖面测量。

6.1.1 悬浮物、水和水系沉积物

6.1.1.1 样点布置

6.1.1.1.1 主干河流和主要支流水系均应布置采样点。

6.1.1.1.2 各支流应在上、中、下游分别布置采样点，汇入主干河流后在下方向位置布置采样点；每个点控制面积一般不超过 5000km²。

6.1.1.1.3 主干河流及主要支流采样间距一般为 80 km~100 km。采样点位应兼顾河漫滩柱状样布设位置。

6.1.1.1.4 次要支流汇水地区分布有较大的金属矿床、煤系地层、黑色岩系，或具有较大规模矿业活动、悠久采矿/冶炼历史、水土流失严重的河流，也应布置样品采集点。

6.1.1.1.5 流经中等以上城市的河流需在该城市上、下游分别布置采样点。

6.1.1.2 样品采集

6.1.1.2.1 悬浮物和水样品按照枯水期、丰水期和平水期三次采集，采集样品难度较大时，应保证枯水期和丰水期样品。

6.1.1.2.2 枯水期同点位采集水系沉积物样品。

6.1.1.2.3 悬浮物、水样、水系沉积物样品采集技术要求见附录 A。

6.1.1.2.4 全流域统一编号。样品编号以采样物质代码(悬浮物—XF、水系沉积物—SC、水—S)+流域代码(长江流域—CJ、黄河流域—HH；珠江流域—ZJ；松花江流域—SH 等)+省代码+省内连续编号表示。

6.1.1.3 数据分析

6.1.1.3.1 全流域悬浮物、水系沉积物样品统一分析单位和分析方法。水样分析单位由各省实验室承担，分析质量要求按 [DD2010-??](#) 多目标区域地球化学调查规范 (1:250000)和 DD2005-03 生态地球化学样品分析技术要求执行。

6.1.1.3.2 悬浮物、水系沉积物、水地球化学样分析元素和指标种类依据不同流域存在的生态地球化学问题确定，同一流域分析的元素和指标种类一致。

6.1.1.3.3 水系沉积物和悬浮物样品分析元素和指标种类见表 1。

表 1 水系沉积物和悬浮物测试指标

一般应测元素及指标			一般选测元素及化合物		
Al	Co	B	Ag	Ta	Tm
Si	Cr	悬浮物矿物物相	Au	V	Yb
K	Cu	悬浮物粒径	Be	W	Lu
Na	Hg		Bi	La	Y
Ca	Ni		Ce	Ce	有机污染物
Mg	Pb		Cs	Pr	颗粒无机碳
ΣFe	Zn		Ga	Pm	颗粒有机碳
Mn	Tl		Nb	Eu	δ ¹³ C
Ti	Th		Rb	Gd	△ ¹⁴ C
P	U		Sc	Tb	
S	F		Sb	Dy	
As	Se		Sm	Ho	
Cd	Mo		Sn	Er	

6.1.1.3.4 过滤水和原水分析元素和指标种类见表 2。

表 2 水样测试指标

一般应测元素及指标				一般选测指标
pH [*]	Si	Cd	Se	氰化物
水温 [*]	P	Co	Mo	挥发酚
K ⁺	溶解氧	Cr ⁶⁺	Be	石油类
Na ⁺	COD	Cu	U	阴离子表面活性剂
Ca ²⁺	总氮	Hg	B	粪大肠菌群(个/L)
Mg ²⁺	铵态氮	Ni	Sb	有机污染物
SO ₄ ²⁺	硝态氮	Pb	Ba	溶解有机碳
Cl ⁻	总磷(以 P 计)	Zn	V	溶解无机碳
F ⁻	Fe	Tl		*采样现场测试 pH 和水 体温度
HCO ₃ ⁻	Mn	Ti		
CO ₃ ²⁻	As	Al		

6.1.1.3.5 分析数据的准确度和精密度及样品测试中的质量控制,按 DD2005-03 生态地球化学评价样品分析技术要求执行。水质分析方法同 GB 3838-2002 地表水环境质量标准。

6.1.1.3.6 10%定性滤膜过滤的悬浮物样品作重复分析和外检分析。

6.1.1.4 结果整理

6.1.1.4.1 对比分析不同支流悬浮物、水系沉积物和水体中元素含量大小,结合研究水体中悬浮物含量、水流量等参数,估算不同支流、同一支流不同季节携带元素和有机污染物年通量。

6.1.1.4.2 计算元素和有机污染物在水体—悬浮物—水系沉积物中的分配系数,研究水体 pH 值、水体温度、悬浮物矿物种类、悬浮物粒径及元素地球化学行为对分配系数的影响,查明元素和有机污染物迁移的主要途径和控制因素。

6.1.1.4.3 分析对比主干河流不同流域和城市上游、下游流域中元素及有机污染物的含量变化情况,研究人类生产生活对元素和有机污染物迁移的影响程度。

6.1.1.4.4 根据水体中阴阳离子含量分布特征,结合汇水地区不同类型岩石分布、侵蚀及人类生产生活对水体化学成分的影响,研究汇水区主要岩石类型、岩石风化速率,估算岩石风化作用对 CO₂ 循环的影响。

6.1.1.4.5 研究水体中碳的迁移形式及其控制因素,探索全球变暖和强烈人为扰动背景下,碳的迁移转化方式及其通量变化;开展流域内自然和人为释放碳的不同端元特征和新老碳识别研究,定量计算河流输送不同端元碳通量,估算河流通过水体搬运在近岸海域或湖相沉积的年固碳量,评价河流-湖相(浅海)有机碳侵蚀、搬运、沉积及其对 CO₂ 减排的贡献。

6.1.2 岩石(矿石)、土壤和水系沉积物

6.1.2.1 样点布置

6.1.2.1.1 在携带异常元素年通量大的支流上游汇水域内，布置工区。

6.1.2.1.2 沿主要河流汇水地区进行水系沉积物测量、土壤地球化学测量和岩石(矿石)地球化学测量样点布置。

6.1.2.1.3 样品种类及样品数量布置，可依据不同汇水盆地实际情况选择：

a) 水系沉积物样品

在利用已有的 1:200000 区域化探数据基础上，根据需要，在二级或更高次级的水系中布置水系沉积物样点。

b) 岩石和矿石样品

分析汇水盆地 1:200000 区域化探数据，在异常地段，布置面积性或剖面性岩石和矿石样品采样点。追踪 Cd、Hg、Pb、As、Se、F、C 等元素时，需采集出露面积大、易风化的各类硫化物矿床、煤系地层、黑色岩系、油页岩等地质体；追踪天然放射性污染源时，需选择含 K、U、Th 比较多的中酸性岩石。

c) 土壤样品

在水系沉积物、岩石和矿石布置样点的地区或水土流失严重地区，根据需要，布置不同比例尺的网格化土壤采样点。

6.1.2.2 样品采集

6.1.2.2.1 岩石(矿石)样品

a) 采集的岩石(矿石)样品包括新鲜样品、风化和半风化样品，每种样品采集 5 件~10 件，每件样品重量大于 1 kg。

b) 异常元素含量高、出露面积大且易风化的岩石(矿石)需采集 1 件~2 件人工重砂样品，包括新鲜岩石、风化和半风化岩石两类，样品重量 5 kg~10 kg。

6.1.2.2.2 水系沉积物样品

a) 水系沉积物样品采集重量 1 kg。

b) 主要水系需作水系沉积物重砂样品采集，重砂样品应就地淘洗，所获灰砂重量应大于 1 kg。

6.1.2.2.3 土壤样品

a) 采集 0 ~20 cm 表层土壤，丘陵山区土层较薄时，土壤样品采集深度视实际土层厚度确定，样品重量 1 kg。

b) 土壤覆盖面积大、基岩出露较少的地区，可进行土壤垂向剖面测量。土壤层较厚

时，剖面深度为 1.5 m~2 m；土壤层较薄时，剖面深度以见到成土母质为准；土壤发生分层明显的剖面，自上而下按照腐殖层、淋溶层、淀积层、母质层和母岩样品采集；土壤发生分层不明显时，按照 1 个点/10 cm~20 cm 密度采集。样品重量为 1 kg。

6.1.2.3 数据分析

6.1.2.3.1 除粒径外，岩石、土壤和水系沉积物分析元素及指标种类同悬浮物分析的元素和指标，土壤增测 pH 值和 TOC。

6.1.2.3.2 重砂样品需进行矿物分离和鉴定，含异常元素高或总量大的矿物需定量鉴定，分离出的硫化物、氧化物矿物进行 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Zn、Pb、F、Se 等元素测定。

6.1.2.3.3 分析元素和指标种类，可根据不同流域存在的实际问题进行增减。

6.1.2.4 结果整理

6.1.2.4.1 对比研究汇水地区各出露岩石和矿体中异常元素含量，结合岩石和矿体出露面积大小、风化难易程度、元素存在形态等因素，确定异常元素年输出量较大的岩石和矿床。

6.1.2.4.2 通过新鲜岩石(矿石)—风化岩石(矿石)—土壤中异常元素含量、元素存在形式和矿物学特征研究，结合典型土壤剖面中元素和矿物成分垂向变化特征，确定异常元素由岩石到土壤圈的迁移途径和影响因素。

6.1.2.4.3 综合分析研究异常元素在岩石(矿石)—风化岩石—水系沉积物—悬浮物—水体的含量变化、元素存在形态和矿物学变化特征，通过系统的微量元素和同位素示踪研究，确定异常元素由岩石(矿石)、半风化岩石到水系中各相态分布分配比例，查明由河流流域携带异常元素进行短距离和长距离迁移的途径及比例。

6.1.3 河漫滩沉积物

6.1.3.1 样点布置

6.1.3.1.1 在携带异常元素年通量大的支流下游汇入主干河流处，布置工区。

6.1.3.1.2 河漫滩垂向剖面选择在支流汇入主干河流前河堤较平缓地带，通常年份的洪水能漫过部位。

6.1.3.1.3 确定具体采样位置时，应进行野外踏勘、观察与实地居民访问，确定采样点及周围地区基本无人生产生活活动影响，且土壤剖面层理水平清晰，无扰动。

6.1.3.2 样品采集

6.1.3.2.1 采样时间为枯水期或平水季节。剖面深度为 1.5 m~2 m，或以见到水面为准。

6.1.3.2.2 每个采样点，应由 3 个垂向剖面组成。一个剖面用于元素含量测定，一个剖面用于有机污染物分析或备用，一个剖面用于 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 年龄测定。

6.1.3.2.3 进行 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 年龄测定的河漫滩垂向剖面，应为沉积物粒度较小、粘土矿物含量较多、较致密的沉积物剖面。

6.1.3.2.4 每个河漫滩垂向剖面采样密度小于或等于 1 个样/2 cm，在年沉积厚度较大的地区，采样密度可放稀至 1 个样/5 cm。每件样品采集时需具有相同的体积。

6.1.3.2.5 每个河漫滩垂向剖面应有照片或素描。

6.1.3.3 数据分析

6.1.3.3.1 每层样品分析的元素同表 1。不同剖面可根据悬浮物和汇水地区各类地质体中元素含量，增加测试的元素和指标。

6.1.3.3.2 在工农业相对发达地区，可增测有机污染物含量。

6.1.3.3.3 典型剖面每层样品进行 ^{210}Pb 和 ^{137}Cs 年龄测定。

6.1.3.4 结果整理

6.1.3.4.1 通过水系沉积物、土壤和基岩（矿石）中微量元素地球化学特征对比研究，圈定异常元素的源区及来自的主要地质体。

6.1.3.4.2 通过异常元素在河漫滩垂向剖面上的变化规律，区分异常成因。

6.1.3.4.1 通过河漫滩沉积物垂向上的年龄测定、重金属含量研究和事件定年，可计算重金属沉积速率，查明异常元素在不同时期的累积规律。

6.2 农田生态系统

6.2.1 自然源追踪

农田生态系统中异常元素的自然源是指能够引起土壤中元素含量增加或减少的各种自然作用，主要有成土作用、径流作用、淋溶作用、升华作用等，对于土壤中氮元素而言，还包括生物固氮、硝化和反硝化作用等。

6.2.1.1 成土作用

6.2.1.1.1 样点布置

(a) 在丘陵地区，以土属为基本单元，每一采样单元内布置垂向剖面为 1 条~3 条；

(b) 在平原区，以水系为基本单元，兼顾不同的地理地貌和土地利用现状，每一采样单元布置垂向剖面为 2 条~5 条；

(c) 采样点选择在土壤厚度适中处。

6.2.1.1.2 样品采集

(a) 在采样点上布置垂直剖面。

(b) 丘陵地区，剖面深度以见到成土母岩为准；丘陵区土层较厚时或平原区，土壤剖面深度控制在 200cm。土壤发生分层明显的剖面采集成土母岩、母质层、淀积层、淋溶层、腐殖层（根系土）样品；土壤发生分层不明显的剖面，以 1 个样/10 cm~20 cm 的密度等间距采样，每种样品重量大于 1 kg。

(c) 每个土壤剖面应有素描图或照片。

6.2.1.1.3 数据分析

(a) 所有新鲜土壤样品测试 pH 值。

(b) 所有样品分析 N、P、K、B、Mo、Mn、Ca、Mg、Al、Na、Se、Si、Fe、As、Cd、Cr、Pb、Ni、Hg、Cu、Zn、质地、容重。

(c) 表层土壤分析 TOC、CEC， 可选测 As、Cd、Cr、Cu、Ni、Hg、Pb、Zn 不同相态和 N、P、B、Mo、Mn、Se、Si 等元素的有效态。

(d) 富硒土壤开发地区，可测试水溶性总硒、亚硒酸态硒，硒酸态硒和腐殖酸态硒含量。

(e) 典型地区，土壤样品可测试 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb 。

6.2.1.1.4 结果整理

(a) 研究成土过程中营养元素和重金属元素在土壤垂向上迁移变化规律、分配特征和母岩成分对土壤元素的控制。

(b) 通过 ba 值、 β 值、 μ 值和 CIA 值的计算，了解土壤风化淋溶强度及其对土壤中营养元素及有害元素分布分配的影响。

土壤风化淋溶系数(ba 值) 指钠、钾、钙和镁氧化物分子数之和与氧化铝分子数的比值，计算公式为：

$$ba = \frac{Na_2O + K_2O + CaO + MgO}{Al_2O_3} \dots\dots\dots(1)$$

土壤淋溶系数(β 值)：指淋溶层钾、钠氧化物分子数与氧化铝的分子数比与母质层钾、钠氧化物分子数与氧化铝分子数之比的比值，计算公式为：

$$\beta\text{值} = \text{淋溶层} \frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} / \text{母质层} \frac{K_2O + Na_2O}{Al_2O_3} \dots\dots\dots(2)$$

土壤风化指数(μ 值)：是指淋溶层和母质层中氧化钾与氧化钠分子的比值。

$$\mu\text{值} = \text{淋溶层} \frac{K_2O}{Na_2O} / \text{母质层} \frac{K_2O}{Na_2O} \dots\dots\dots (3)$$

土壤化学蚀变指数(CIA)：是判断土壤化学风化程度的一个指数。

$$CIA = [Al_2O_3 / (Al_2O_3 + CaO + Na_2O + K_2O)] \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中，均为氧化物分子摩尔数，其中 CaO 为硅酸盐矿物中的摩尔含量，不包括碳酸盐和磷酸盐中的 CaO 含量。

(c) 通过土壤剖面上重金属元素不同相态含量变化趋势、铅同位素比值与铅等重金属变化特征，研究和判断表层土壤是否有外源输入。

(d) 对比分析耕作层和犁底层土壤样品元素含量和不同形态含量变化，研究自然成土作用和农耕生产对土壤元素的分布分配影响。

(e) 研究土壤剖面中 Se 分布分配特征，查明影响不同价态 Se 含量的各种地球化学因素，结合不同农作物 Se 的富集程度，提出富硒土地开发建议。

6.2.1.2 地表径流

该部分工作可分以下两种情况进行：

(a) 农田生态系统评价范围内，布置了系统的河流生态系统悬浮物、水体等工作量的地区，且能够满足农田生态系统评价工作需求时，可直接利用上述资料，无需布置新的工作；

(b) 农田生态系统评价范围内，没有布置系统的河流生态系统悬浮物、水体等工作量或样品数量无法满足农田生态系统评价工作需求时，需进行系统的样品采集、数据分析等工作。

6.2.1.2.1 样点布置

农田生态系统评价范围内，在流经评价区的较大河流流域内布置样品点位。

(a) 在河流流入、流出评价区的部位布置样品采集点；

(b) 在支流汇入主干流前布置样品采集点；

(c) 灌溉河网发育地区，可按照一定的密度布置样品采集点。

6.2.1.2.2 样品采集

在每个样品布置点位，分枯水期、丰水期和或平水期，采集原水样品，水样采集方法同

6.1.1。

6.2.1.2.3 数据分析

水样分析项目参见表 2。不同评价地区，可根据实际情况增减测试项目。

6.2.1.2.4 结果整理

(a) 收集评价区不同流域的多年平均径流量(M)和径流系数(K)；

(b) 利用径流量或径流系数、水中各种元素含量数据，计算地表径流输出农田生态系统

土壤的年通量。

(c) 结合评价区地形地貌和水土流失等项资料,研究地表径流对表层土壤元素富集与贫化的影响。

6.2.1.3 土壤淋溶

在年降雨量较大和农田水灌溉地区,进行土壤淋溶样品采集。

6.2.1.3.1 样点布置

考虑以下因素,布置农田区土壤淋溶样品:

- (a) 土壤类型、成土母质类型和土地利用现状;
- (b) 地形地貌特征;
- (c) 年降雨量、蒸发量等气候条件;
- (d) 土壤异常元素含量及 pH、TOC、质地等理化性质;

6.2.1.3.2 样品采集

(a) 在每个样品采集点,布置 1~2 个农田地下淋溶原位监测装置,按照农田灌溉期、丰水期、枯水期和或平水期收集淋溶出耕层的淋溶液。在农田中埋设地下淋溶原位监测装置的时间根据埋设期降雨量和灌溉水量而定,一般以收集到的淋溶液能够满足测试要求为准,并注意以下问题:

(b) 收集到的淋溶液不能溢出采样瓶,在降雨量集中季节,需缩短埋设农田地下淋溶原位监测装置的时间;

(c) 需收集埋设农田地下淋溶原位监测装置的时期内,同点位降雨量和灌溉水量。

(d) 淋溶液回收时,现场测试溶液的酸碱度、温度、电导率等参数;根据测试元素种类不同,添加不同的保护剂,并于 24 小时内送实验室分析。样品采集与处理要求同《生态地球化学样品分析技术要求(试行)》。

6.2.1.3.3 数据分析

水样分析项目参见表 2。不同评价地区,可根据实际情况增减测试项目。

6.2.1.3.4 结果整理

(a) 收集埋设农田地下淋溶原位监测装置的时期内,同点位降雨量和灌溉水量,计算天降水与灌溉水的淋溶比例;

(b) 研究农田淋溶液中元素及指标的含量特征、控制因素及其对地下水水质的影响;

(c) 通过评价区多年降雨量和灌溉水量数据,计算农田淋溶作用输出耕作层的元素通量,研究淋溶作用对表层土壤元素富集与贫化的影响。

6.2.1.4 升华作用

6.2.2 人为源追踪

异常元素人为源主要指大气干湿沉降、施肥、灌溉和农作物收割等。

6.2.2.1 样点布置

6.2.2.1.1 大气干湿沉降布置以不同景观和不同行政区为依据，空间上要求样点能覆盖整个研究区，均匀布点，样点密度为 10 个~20 个样/万 km²。

6.2.2.1.2 农田灌溉水以地表水为主的地区，以研究区主要灌溉水系(水渠)为布点依据，样点密度为 10 件~15 件/万 km²，在污灌严重的地区，灌溉水样点可加密；农田灌溉水以井水为主的地区，依据井水分布情况，确定样品采集点位。

6.2.2.1.3 化肥样品采样密度为 10~15 件/万 km²，可以市县或乡镇为采集单元，也可实地入户采集。

6.2.2.1.4 农作物样品采样密度为 30~50 件/万 km²，农田生态系统评价面积不足 1 万平方千米时，农作物样品采集数最小为 30 件。农作物样品布置时可划分不同采样单元，也可空间上均匀布点。划分采样单元所需考虑的因素如下：

(a) 表层土壤 As、Cd、Hg、Pb、Cr 等元素含量范围及 pH、TOC 和质地等理化性质差异；

(b) 土壤类型、成土母质类型、地形地貌及气候特征。

6.2.2.2 样品采集

6.2.2.2.1 大气干湿沉降样品采集周期为一年，降尘量较大的地区，可按不同季节采集。样品采集方法见附录 C。

6.2.2.2.2 农田灌溉水采集时间为农田灌溉时期，水样采集量、添加保护剂种类、水样运输和保存等见附录 C。

6.2.2.2.3 化肥采集种类应代表评价区化肥和农药种类的 90%以上，可采用分单元集中购买或均匀布点分散到农户购买两种方法，每件样品重 1 kg，封装于塑料袋中，具体要求见附录 C。

6.2.2.2.4 农作物样品采集种类包括籽实、茎叶、根等。各样品采集、处理、加工等具体要求见附录 F。

6.2.2.3 数据分析

6.2.2.3.1 对干湿沉降总量进行准确定量，干沉降物分析元素及指标种类参见表 1，湿沉降物分析元素及指标种类参见表 2，不同评价地区可根据实际情况增减元素及指标。

6.2.2.3.2 灌溉水样品分析元素及指标种类参见表 2，在工业废水和城市生活废水灌溉严重地区，可增加有机污染物、微生物和其它水质检测指标。

6.2.2.3.3 化肥样品分析元素为 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se、N、P、K 等，不同评价地区可根据实际情况增减元素及指标。

6.2.2.3.4 农作物籽实、茎、叶和根上分析 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se、N、P、K 等。有机污染物污染严重地区，可增加有机污染物分析，不同评价地区可根据实际情况增减分析元素及指标种类。

6.2.2.4 结果整理

6.2.2.4.1 通过实地收集评价区单位面积土壤中化肥年施用量、年灌溉水量、干湿沉降年沉降量和农作物产量、秸秆返田率等资料，结合不同样品元素和有机污染物等成分分析，可定量计算由施肥、灌溉、大气干湿沉降和农作物收割与返田引起耕层土壤中有害元素、有益元素和有机污染物的单位年通量。

6.2.2.4.2 通过研究由各种农业活动造成的土壤中元素的理论累积量与现实含量之间的差别，结合研究区深层样品、水体(地下水、地表水)、大气和植物体中元素含量，研究元素和有机污染物在农田生态系统中的迁移途径和分布分配特征。

6.3 城市生态系统

选择评价流域/区带内工业发达、污染严重或具有特殊生态地球化学问题的大中型城市、城市群进行异常元素和有机污染物迁移途径和来源追踪研究。

6.3.1 样点布置

6.3.1.1 不同污染端员降尘

调查城市工业、交通、建筑等分布状况，对废气排放量大、污染严重的工厂、建筑工地、道路交通等地，布设冶金尘、燃煤尘、建筑尘和交通尘等不同污染端员降尘采集点。

6.3.1.2 面积性降尘和土壤

按照 1:50000 或 1:10000 采集密度，布置大气降尘和相应点位上的土壤样品采样点。

6.3.1.3 大气干湿沉降物

在城市不同功能区，布置大气干湿沉降样品接受点，每个功能区布点不少于 10 件，空间上要求点位尽量均匀。接受降尘周期为一年，降尘和降雨量大的城市可调整至半年或一

季度回收一次样品。

样点布置及样品采集见附录 C。

6.3.1.4 大气降水

对于以燃煤为主要能源或存在酸雨沉降的城市，需布置一定量的降雨接受点。布点考虑因素有：酸性物质排放区、酸雨沉降区、表层土壤 pH 值等，同时兼顾城市不同功能区，如城市功能区不明显的城市，可在空间上均匀布点。

6.3.1.5 大气汞气

表层土壤汞含量高的城市，可布置大气汞、壤中汞和对应土壤热释汞样品采集。依据土壤汞异常形态、强度及其与城市不同功能区的关系，可采取水平剖面布点或面积性布点，水平剖面样品密度为 1 个点/200~500 米，1 条剖面样品点不得少于 30 个；面积性样品密度为 4~12 个点/km²。

6.3.2 样品采集

6.3.2.1 不同污染源降尘

不同来源降尘采集的种类为燃煤尘(工业燃煤和民用燃煤)、建筑尘、汽车尾气尘、冶金尘、道路尘和飞灰。

飞灰可在冶炼炉内腔或烟囱附近采集，其他降尘采集技术要求见附录 D。

每类样品采集数量为 5 件~10 件，样品大于 100 g~200 g。汽车尾气尘可适当减少，但需满足分析要求。

6.3.2.2 面积性降尘和土壤

降尘样品采集见附录 D，样品采集高度为 1.5 m~2.0 m。土壤样品采集应与降尘相同点位，采样深度为 0 cm~20 cm，注意除去土壤表面明显的人为污染的物质，对采样点的土壤类型、土地利用现状及周围工矿企业分布、人居环境特征等做好记录。

6.3.2.3 大气干湿沉降

同农业区大气干湿沉降样品采集方法，见附录 C。

6.3.2.4 大气降水

在接受点位上，分春、夏、秋、冬接受降水或降雪，当场测试 pH 值后，根据要测试的元素种类，添加保护剂，见 DD2005-03 生态地球化学评价样品分析技术要求（试行）。

6.3.2.5 大气汞、壤中汞

按照附录 D，进行大气汞、壤中汞和土壤热释汞采集。

6.3.3 数据分析

6.3.3.1 不同污染端降尘

- a) 所有样品进行 As、Al、Ca、Co、Cd、Cr、Hg、K、Mg、Mn、Ni、Na、Pb、Cu、Zn、S、Se、Ti、F 等元素分析；
- b) 采集量较大的样品可进行不同粒径分离，每种粒径样品进行 As、Cd、Cr、Hg、Pb 有害元素和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 等项分析；
- c) 对燃煤尘、冶金尘和化工企业排放的降尘进行多氯联苯、多环芳烃等有机污染物分析，分析种类根据评价城市实际情况确定。

6.3.3.2 降尘和土壤样品

- a) 分析 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Zn 含量。
- b) 部分样品可进行 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和多氯联苯、多环芳烃等有机污染物分析。

6.3.3.3 大气干湿沉降样品

- a) 干沉降样品分析指标同 6.3.3.1；
- b) 湿沉降样品分析指标 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、F、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 、Si、N、P、Fe、Mn、As、Cd、Co、 Cr^{6+} 、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、Tl、Ti、Se 等；
- c) 部分样品可进行多氯联苯、多环芳烃等有机污染物分析。

6.3.3.4 降水

降水或降雪进行 pH 值测定，对应点位上的土壤进行矿物物相分析，不同城市可根据具体情况，增测 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Zn、Se 等重金属和 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、F、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 NO_3^- 主要阴阳离子。

6.3.2.5 大气汞、壤中汞

- a) 土壤样品进行壤中汞、Hg 全量、热释汞、TOC、质地及 pH 等指标测定；
- b) 土壤大样进行矿物学分离与鉴定；
- c) 大气进行汞气测量。

所有样品分析元素及指标种类，可根据不同流域/区带和评价城市存在的具体问题进行增减。

6.3.4 结果分析

6.3.4.1 对不同污染端降尘进行特征元素、铅同位素组成、粒径和物相分析，查明每类降尘的化学和物理特征；结合面积性的降尘分析结果，查明不同来源降尘的空间分布规律、主要污染元素种类及颗粒物粒径分布范围及对人体的可能影响等。

6.3.4.2 有条件的城市，可对研究区工业、交通、建筑、环保等主管单位进行实地调研，收集城市主要工矿企业废气年排放量、汽车尾气排放量（不同类型汽车年拥有量）、建筑扬尘量，北方地区还应向气象部门收集研究区扬尘情况。

通过不同类型污染物元素含量和排放量研究，查明研究区每类污染物对城市大气和土壤排放量及比例。

6.3.4.3 对比降尘和土壤中重金属含量分布特征，评价降尘对土壤重金属含量影响的程度。

6.3.4.4 通过不同季节降雨 pH 值、酸性离子种类，及其与城市不同功能区分布关系研究，查明酸雨沉降原因，评价对土壤酸化的影响程度。

6.3.4.5 研究建立土壤汞含量、汞矿物种类、土壤理化性质及气候条件对土壤汞释放通量的制约模型，评价大气汞对人体健康的影响。

6.4 湖泊湿地生态系统

湿地湖泊异常元素来源主要指通过河流输入、输出的元素和有机污染物，这些元素和有机污染物包含了自然来源和人为来源两部分。

6.4.1 样点布置

6.4.1.1 在湖泊湿地主要河流入口和出口处、工农业及生活废水排放入口处、河流内 500m~300 m 处及湿地湖泊内 100m~50 m 处各布置 1~2 个采样点。

6.4.1.2 每个样点包括悬浮物样品、水样品、底泥和沉积柱样品。

6.4.2 样品采集

6.4.2.1 水样、悬浮物和底泥样品分枯水期、丰水期和(或)平水期采集。

6.4.2.2 同点位采集水样、悬浮物样品、底泥样品和沉积柱样品，水样、悬浮物样品、底泥样品采样技术要求见附录 A，沉积物样品采集技术见附录 E。

6.4.3 数据分析

6.4.3.1 水样：分析元素 As、Cr⁶⁺、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni 及 F、Se，不同地区 and 不同水质样品，根据评价需要可增加营养元素 N、P、K 分析以及 As³⁺等元素不同价态和有机污染物（六六六、DDT 等）分析。

6.4.3.2 悬浮物、底泥和沉积柱样品：分析元素参见表 1 和附录 A。

6.4.2.3 典型沉积柱样品进行 ²¹⁰Pb、¹³⁷Cs 年龄测定和多氯联苯、多环芳烃及有机氯农药等有机污染物分析。

6.4.2.4 分析元素和项目依据不同流域/区带的实际情况，可以进行增减。

6.4.4 结果整理

6.4.4.1 通过不同季节水体、悬浮物、底泥样品中元素含量分析，结合河流年平均流量，可以查明每条河流流入湿地湖泊中异常元素和有机污染物的输入量和输入途经。

6.4.4.2 结合河流上游地区岩石、土壤 1:200000 化探、1:250000 多目标区域地球化学调查数据，城市发展进程、工农业生产布局等资料，查明元素和有机污染物输入湿地湖泊年通量最大的流域(包括主要的土壤流失地区、岩石风化剥蚀地区)及其影响的主要因素。

6.4.4.3 通过典型沉积柱剖面的元素分析和同位素测年，查明近百年来湿地湖泊中元素和有机污染物年输入速率及变化趋势，结合研究区经济发展、城镇化进程、矿山开采冶炼等生产活动，对元素和有机污染物累积趋势进行预警预测。

6.4.4.4 通过对湿地湖泊地区出水口各类样品分析，查明湿地湖泊元素和有机污染物的输出对下游河流污染的影响程度及其发展趋势，并对可能产生的危害提出预警。

6.5 浅海生态系统

6.5.1 样点布置

6.5.1.1 沉积柱

- a) 在沿海主要入海水系河口、港湾处布置工区。
- b) 在河口内河 1 km 处、河流入海口、河口向浅海方向 5 km 和 10 km 处布置沉积柱。
- c) 现代黄河三角洲沉积地区，按照不同年代沉积区进行沉积柱布置。
- d) 样点布置时，需考虑水文、洋流及沿岸水流强度和海底沉积条件等。属于剥蚀状态或水文环境严重威胁采样作业安全性时，可不部署沉积柱样点。

6.5.1.2 悬浮物

- a) 在沉积柱采样点处布置悬浮物采样点。
- b) 沿江(河)大中城市的上下游各布置一个采样点。

6.5.1.3 水样及底泥

与悬浮物同点位布置水样和底泥采集点。

6.5.2 样品采集

6.5.2.1 沉积柱

沉积柱样品采集要求见附录 E。

6.5.2.2 悬浮物

悬浮物样品采集同 6.1.1，方法技术要求见附录 A。

6.5.2.3 水样

与悬浮物样品采集同时,采集过滤后的水体。水体需现场测试 pH 值和水温,依据测试元素和指标种类不同,添加相应的保护剂,方法技术要求见附录 A。

6.5.3 数据分析

6.5.3.1 悬浮物、水体、底泥和沉积柱样品,分析元素和指标种类参见表 1 和表 2。

6.5.3.2 选择沉积物粒度较小的沉积柱样品测试 ^{210}Pb 和/或 ^{137}Cs 。

6.5.3.3 典型沉积柱进行土壤质地、有害元素相态、矿物学等分析。

6.5.3.4 不同评价区分析的元素和指标,需根据入海河流污染物的种类和所存在的生态地球化学问题进行调整。

6.5.4 结果整理

6.5.4.1 收集所研究水系的年流量等水文资料、流域内污染源类型、分布和年排放量等环境监测资料,通过悬浮物、水体中元素含量分析,定量研究每年陆地向海洋输入沉积物和元素的速率及途径。

6.5.4.2 通过典型柱状样的元素含量分析、有机污染物分析和 ^{210}Pb 和/或 ^{137}Cs 定年,结合如海河流三角洲地区工农业发展规模、城市化进程及人文特点,评估近百年来,陆源物质对浅海沉积环境的影响,探讨人为活动对浅海环境变迁的影响程度。

6.5.4.3 研究典型沉积柱中重金属元素和有机污染物局部层位富集现象,结合沉积物中污染物存在形式及影响因素研究结果,探讨沉积物中污染物向水体释放的可能性及机制,预测未来几十年有毒有害物质的净增量对浅海沉积环境质量的影响。对由于环境条件的改变和人类活动而引起的有毒重金属相态变化导致的环境生态质量下降,进行地球化学预测预警。

6.5.4.4 对比研究不同年代形成的黄河三角洲沉积物中有毒有害元素和物质的含量及种类变化,结合评价区社会经济发展、工农业生产结构及污染物排放特征等,研究不同时代人为活动对现代黄河三角洲沉积环境质量的影响。

6.6 草原生态系统

草原生态系统土壤异常元素来源追踪主要考虑由成土母质和成土过程造成的元素异常分布。

6.6.1 样点布置

考虑以下因素,划分土壤垂向剖面样点单元:

a) 表层土壤异常元素含量、pH、TOC、质地等;

b) 成土母质、地理、地貌和气候特征;

- c) 草本植物种类及初级生产力;
- d) 每个样点单元, 根据面积大小, 布置 1~3 个土壤垂向剖面采样点;

6.6.2 样品采集

a) 温带草原土壤剖面深度以见到成土母岩为准, 热带草原土壤厚度大于 200cm 时, 土壤剖面深度控制在 200cm。

b) 土壤发生分层明显的剖面采集成土母岩层、母质层、淀积层、淋溶层、腐殖质层(根系土)样品; 土壤发生分层不明显的剖面, 以 1 个样/5 cm~10 cm 的密度等间距采样, 每个剖面样品数量不得少于 8 件, 每种样品重量大于 1 kg。

(c) 每个土壤剖面应有素描图或照片。

6.6.3 数据分析

(a) 所有新鲜土壤样品测试 pH 值。

(b) 所有样品分析 N、P、K、B、Mo、Mn、Ca、Mg、Al、Na、I、F、Se、Si、Fe、As、Cd、Cr、Pb、Ni、Hg、Cu、Zn、TOC、TC、容重。

(c) 表层土壤可选测 As、Cd、Cr、Cu、Ni、Hg、Pb、Zn 不同相态和 N、P、B、Mo、Mn、Se、Si 等元素有效态、质地。

(d) 在土壤 F、I、Se 含量异常地区, 可测试水溶性总硒、亚硒酸态硒, 硒酸态硒、腐殖酸态硒和有效 F、有效 I 含量。

(e) 不同草原区, 根据土壤元素分布实际情况和存在的生态地球化学问题, 增减测试指标。

6.6.4 结果整理

(a) 研究成土过程中营养元素和重金属元素在土壤垂向上迁移变化规律、分配特征和母岩成分对土壤元素的控制。

(b) 通过 ba 值、 β 值、 μ 值和 CIA 值的计算, 了解土壤风化淋溶强度及其对土壤中营养元素及有害元素分布分配的影响, 计算方法同 6.2.1。

(c) 研究土壤剖面中 Se、I、F 等健康元素分布分配特征, 查明影响 Se、I、F 有效态含量变化的各种地球化学因素, 提出富硒牧产品开发和 F、I 地方病防控措施。

6.7 矿山生态系统

追踪矿山生态系统异常元素来源, 重点为对生态环境造成严重污染的人类各种矿业活动。

6.7.1 样点布置

(a) 在矿山开采地区，系统布置新鲜、半风化、风化的矿石、围岩等地质体采样点，每类样品 5~10 件。

(b) 在矿山开采地区，对流经矿床开采和尾矿堆放区的地表水、地下水系统布置采样点，部署的样点应覆盖矿床开采区和尾矿堆放区的上游及下游地区，每条水系样品多于 5 个。

(c) 在矿山开采及矿业活动影响地区，部署土壤垂向剖面，剖面样点选择需考虑表层土壤异常元素含量及分布特征、土壤类型、土地利用现状、地形地貌、矿床位置等因素。

(d) 在矿床开采及矿业活动影响大气质量地区，部署大气干湿沉降物接收点。原则上，大气干湿沉降物在空间上均匀部署，接收点密度一般为 1~4 个点/km²，但在矿山采集区和尾矿堆放区适当加密。

6.7.2 样品采集

(a) 采集新鲜、半风化和风化的矿石、蚀变岩石、围岩等样品，每类样品 5~10 件，每件样品重 1kg，用于矿物分离的样品重 10kg。

(b) 在水样采集点，现场测试水体 pH、温度、电导率等参数。根据测试元素种类不同，添加不同的保护剂。水样采集、处理、保存及送样等各项要求见附件 A 及 DD2005-03《生态地球化学样品分析技术要求》。

(c) 在土壤垂向剖面采样点，挖掘土壤剖面至母岩层，平原冲洪积土层较厚地区，剖面深度至 200cm。土壤采集密度为 1 个点/10~20cm，靠近地表的土壤样品可加密采集，每件样品重 1kg，用于矿物分离的样品重 10kg。土壤剖面样品采集及处理方法见附件 J。

(d) 在大气干湿沉降接收点，布置接尘缸。按照季度或根据矿业活动周期收集干湿沉降物。接尘缸清洗、放置、回收及样品处理、分析等各项要求见附件 C。

6.7.3 数据分析

(a) 矿石、蚀变岩石、围岩、土壤等样品分析元素及指标参见表 1。

(b) 水样及湿沉降样品分析元素及指标参见表 2。

(c) 各种元素及指标分析种类可根据不同矿种进行增减。

6.7.4 结果整理

(a) 采集新鲜、半风化和风化的矿石、蚀变岩石、围岩等样品，每类样品 5~10 件，每件样品重 1kg，用于矿物分离的样品重 10 kg。

(b) 在水样采集点，现场测试水体 pH、温度、电导率等参数。根据测试元素种类不同，

添加不同的保护剂。水样采集、处理、保存及送样等各项要求见附件 A 及 DD2005-03《生态地球化学样品分析技术要求》。

(c) 在土壤垂向剖面采样点，挖掘土壤剖面至母岩层，平原冲洪积土层较厚地区，剖面深度至 200cm。土壤采集密度为 1 个点/10~20cm，靠近地表的土壤样品可加密采集，每件样品重 1kg，用于矿物分离的样品重 10kg。土壤剖面样品采集及处理方法见附件 J。

(d) 在大气干湿沉降接收点，布置接尘缸。按照季度或根据矿业活动周期收集干湿沉降物。接尘缸清洗、放置、回收及样品处理、分析等各项要求见附件 C。

6.8 森林生态系统

森林生态系统土壤异常元素来源追踪主要考虑由成土母质和成土过程造成的元素异常分布。

6.8.1 样点布置

考虑以下因素，划分土壤垂向剖面样点单元：

- a) 表层土壤异常元素含量、pH、TOC、质地等；
- b) 成土母质、地理、地貌和气候特征；
- c) 乔木种类；
- d) 每个样点单元，根据面积大小，布置 1~3 个土壤垂向剖面采样点；

6.8.2 样品采集

(a) 原则上，森林生态系统土壤剖面深度以见到成土母岩为准，热带雨林土壤厚度大于 200cm 时，土壤剖面深度控制在 200cm。

(b) 土壤发生分层明显的剖面采集成土母岩层、母质层、淀积层、淋溶层、腐殖质层和泥炭层和森林凋落物层(草毡层)样品；土壤发生分层不明显的剖面，以 1 个样/5 cm~10 cm 的密度等间距采样，每个剖面样品数量不得少于 8 件，每种样品重量大于 1 kg。

(c) 每个土壤剖面应有素描图或照片。

6.8.3 数据分析

(a) 所有新鲜土壤样品测试 pH 值。

(b) 所有样品分析 N、P、K、B、Mo、Mn、Ca、Mg、Al、Na、I、F、Se、Si、Fe、As、Cd、Cr、Pb、Ni、Hg、Cu、Zn、TOC、TC、容重、质地。

(c) 在土壤 Se 含量异常地区，可测试水溶性总硒、亚硒酸态硒，硒酸态硒、腐殖酸态硒含量。

(d) 不同森林生态系统，根据土壤元素分布实际情况和存在的生态地球化学问题，增

减测试指标。

6.8.4 结果整理

(a) 研究成土过程中营养元素和重金属元素在土壤垂向上迁移变化规律、分配特征和母岩成分对土壤元素的控制。

(b) 通过 ba 值、 β 值、 μ 值和 CIA 值的计算，了解土壤风化淋溶强度及其对土壤中营养元素及有害元素分布分配的影响，计算方法同 6.2.1。

(c) 研究土壤剖面中 Se、I、F 等健康元素分布分配特征，查明影响 Se 等元素生物有效性的各种地球化学因素，提出富硒特色农产品建议。

7 异常元素及有机污染物生态效应评价

异常元素及有机污染物生态效应评价工作，以生态系统为单元，以大宗农作物为评价对象，以异常元素、有机污染物对人体健康的影响程度及生态风险为核心。

7.1 农田生态系统

7.1.1 样点布置

考虑以下因素，划分农作物样品采集单元：

- (a) 表层土壤异常重金属有害元素含量特征及空间分布规律；
- (b) 表层土壤 pH、TOC、质地等理化性质差异；
- (c) 土壤类型、成土母质类型、地形地貌及气候条件等。

7.1.2 样品采集

(a) 在选定的采样单元内，采集大宗农作物(如水稻、小麦、玉米、油菜等)籽实和一定种类的蔬菜、水果、经济作物及特色农产品可食部位。

(b) 大宗农作物样品不得少于 30 件，蔬菜、水果、经济作物及特色农产品每种样品不得少于 10 件。

(c) 在农作物对应点位上，采集根系土。

(d) 土壤有害元素污染严重或已发现农作物有害元素超标地区，可采集一定数量的发样、尿样等。

(e) 农作物、根系土、发样、尿样等样品采集、清洗、保存、送样等各项要求见附件 F。

7.1.3 数据分析

(a) 农作物籽实无污染去壳，分析 As、Cr、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se 等元

素全量。少量样品可进行有机污染物分析。

(b) 毛发样、尿样等分析元素种类根据研究区农作物籽实中重金属超标和有机污染物污染程度及种类自行确定。

(c) 根系土样品进行 As、Cr、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se 等元素全量，典型样品分析有害元素的离子交换态、碳酸盐态、弱有机结合态、铁锰氧化态、强有机结合态和残渣态含量，同时测定 pH 值、质地、CEC、TOC、容重等指标。少量样品进行有机污染物分析。

(d) 不同地区可根据土壤元素含量和有机污染物污染种类增减分析指标。

7.1.1.4 结果整理

(a) 参照国家及行业各类食品卫生标准，评价农作物的食品安全性；

(b) 收集或实地调研研究区成人膳食结构、不同膳食(包括饮水)和空气中有害元素含量，计算成人每天通过食物、水和空气中摄取的有害元素总量，通过与 ADI 值比较，结合人体发样和尿样分析结果，对研究区健康风险评估；

(c) 参照美国 EPA 标准，开展研究区风险识别、暴露评价、毒性评价和风险描述等项研究，对研究区生态风险进行评估；

(d) 研究有害元素及有机污染物在土壤、水体、大气及植物间迁移转化规律、不同农作物对有害元素及有机污染物的敏感性差异及控制因素，提出研究区农作物种植结构调整、降低生态风险，保障安全的措施建议。

7.2 城市生态系统

7.2.1 城市放射性危害程度评价

7.2.1.1 样点布置

在城市区表层土壤 U、Th、K 等放射性元素高异常的城市，开展放射性污染程度评价。在异常区进行 1:10000~1:250000 密度的土壤样品采集点，或布置几条穿越放射性元素高异常区的水平剖面，采样密度 1 个样/20 m~40 m。

7.2.1.2 样品采集

(a) 土壤样品采集深度为 0 ~20 cm，样品重量为 1 kg。

(b) 土壤采集点位处，现场实测 1m 高 γ 辐射空气吸收剂量率。按 GB/T14583-93 环境地表 γ 辐射剂量率测定规范执行。

(c) 在上述测点附近, 选择同海拔高度的水库或池塘等水域作为剂量率仪器对宇宙射线电离成分响应值(包括仪器本身本底值)测点, 测点选择在水深大于 3 米, 距岸边大于 1 千米的淡水水面上。

7.2.1.3 数据分析

土壤样品分析 U、Th 和 K 含量。

7.2.1.4 结果整理

将实测的 1m 高 γ 辐射空气吸收剂量率高将土壤样品 U、Th、Ra 和 K 含量与相同点位上现场实测的 1m 高 γ 辐射空气吸收剂量率进行统计, 校正土壤 U、Th、Ra 和 K 含量与 1m 高 γ 辐射空气吸收剂量率之间的系数。

7.2.1.4.1 计算“比活度~剂量率”转换系数

土壤中 U、Th 和 K 含量与 1 米高 γ 辐射空气吸收剂量率关系方程为:

$$D = (0.43C_K + 4.27 C_U + 6.62 C_{Th}) \times 10^{-10} \text{ (Gy h}^{-1}\text{)} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

C_K ——土壤中 ^{40}K 的比活度, 单位为 Bq kg^{-1} ;

C_U ——土壤中 ^{238}U 的比活度, 单位为 Bq kg^{-1} ;

C_{Th} ——土壤中 ^{232}Th 的比活度, 单位为 Bq kg^{-1} 。

计算中, 平均含水率按 10 % 计算。这里假设土壤中天然放射性物质分布均匀, ^{238}U 与 ^{232}Th 及其子体衰变链达到平衡, 土壤密度为 1.6 g/cm^3 (湿重)。由于测量土壤中比活度时用的是烘干后的土壤, 基于我国多数地区处于温带, 所以在应用公式时, 比活度乘以 0.9。

通过“蒙卡”计算结果可以给出“比活度~剂量率”转换系数($\text{nGy h}^{-1}/\text{Bq kg}^{-1}$) (剂量转换因子), 从而计算出评价地区的天然 γ 辐射剂量率。

7.2.1.4.2 计算有效剂量当量

环境 γ 辐射照射对居民产生的有效剂量当量用下式进行估算:

$$H_e = D \gamma \cdot K \cdot t \dots\dots\dots(6)$$

式中:

H_e ——有效剂量当量, 单位为 Sv ;

$D \gamma$ ——环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率, 单位为 Gy h^{-1} ;

K ——有效剂量当量率与空气吸收剂量率比值, 本技术要求采用 0.7 Sv Gy^{-1} ;

t ——环境中停留时间, 单位为 h 。

7.2.1.4.3 辐射强度评价

利用上述建立的方程和土壤 U、Th、K 数据进行 1 米高 γ 辐射空气吸收剂量率和居民所受辐射的有效剂量当量计算，参考我国和研究区已知的 1 米高 γ 辐射空气吸收剂量率数据，对辐射强度和居民健康进行评价。

7.2.2 城市土壤重金属及有机污染物生态效应评价

7.2.2.1 样点布置

按照 1:50000~1:10000 的采样密度或按照城市不同功能区进行土壤样品布置，样品点位同 6.3.1.2。

7.2.2.2 样品采集

(a) 采集 0~20 cm 的土壤样品 1 kg，进行重砂矿物分离的样品采集重量大于 10kg。

(b) 土壤中 Hg 含量较高的城市区，在采集土壤样品的对应点位上，进行大气 Hg 蒸气测量。

7.2.2.3 数据分析

(a) 土壤样品分析 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、F、Se 元素及有机污染物含量，不同城市可根据实际情况，增减测试元素和指标。

(b) 进行大气 Hg 蒸气测量的对应点位上，土壤样品进行热释汞测量，部分土壤样品进行重砂矿物分离和鉴定。

7.2.2.4 结果整理

(a) 研究土壤中 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb、Zn、F、Se 及有机污染物含量范围和空间变化规律，对土壤有害元素、有机污染物污染程度及其对人体健康影响进行评价。

(b) 研究大气 Hg 蒸气时空分布规律，查明土壤 Hg 含量、Hg 的矿物学特征、土壤理化性质及气温、光照及湿度等气候条件对大气 Hg 蒸气含量的影响方式及作用机理，评价土壤-大气系统中 Hg 的转移转化对人体健康的影响。

7.2.3 城市饮用水安全性评价

7.2.3.1 样点布置

7.2.3.1.1 浅层地下水

a) 依据区域水地球化学调查结果和城市区地下水水文地质、地球化学特征，进行样点布置。

b) 在相同污染程度的地区，选择人口密度大的区域进行评价。

c) 兼顾不同的行政区划和地下水径流方向。

7.2.3.1.2 地表水

a) 依据区域水地球化学调查结果, 在城市区选择有代表性的饮用水集中水域(水库或池塘)。

b) 兼顾水域汇水区表层土壤重金属污染程度、重金属污染种类和特殊污染源分布区。

7.2.3.2 样品采集

7.2.3.2.1 浅层地下水

a) 水样采集、保存运输等方法按照 DD2005-01 多目标区域地球化学调查规范(1:250000) 和 DD2005-03 生态地球化学评价样品分析技术要求(试行) 执行。根据分析元素种类, 添加不同保护剂, 用不同的容器进行盛装。

b) 采样密度一般为 1 个样/1 km², 污染严重的地区和饮用水集中供应地可加密至 4 个~5 个样/1 km² 或按照实际水井密度采集。

c) 采集水样现场, 先测定水的 pH 值和水温, 之后添加保护剂。水样采集时间应为平水期, 设置 10% 的点位进行丰水期、枯水期采样, 以便和平水期测试结果对比研究, 水样采集条件要一致。

7.2.3.2.2 地表水

a) 水、底泥、悬浮物和水产品

(a) 在所选择水库和池塘的入水口、出水口及水域中央进行底泥、水样和悬浮物样品采集。

(b) 水样当场测试 pH 值和水温。

(c) 有水产品养殖的水库和池塘, 在采样点周围采集水生动植物产品。如藻类、虾、螺类、螃蟹、贝类、草鱼、黑鱼和其他鱼类的幼鱼, 以及以小鱼、小虾为食的大鱼(采集水产品的种类以研究水域实际情况调整)。

(d) 每类样品数量为 5 件~10 件。

(e) 各类样品采集的方法技术, 按照 DD2005-03 生态地球化学评价样品分析技术要求(试行)、DD2005-01 多目标区域地球化学调查规范(1:250000) 和本技术要求相应的附录执行。

b) 水域底积柱

(a) 污染严重水域, 在确证水域底泥近几十年没有清淤的前提下, 剖面位置应从汇水口开始部署, 小于 50 km² 的湖泊采样点为 1 个~2 个, 大于 50 km² 的湖泊采样点为 4 个。

每个样点由 3 个柱子组成。

(b) 采用专用柱状重锤式重力采样器，用 GPS 定位，柱长为 50 cm~100 cm，岩芯顶部以上有 5 cm~10 cm 的湖水(水库水)。

(c) 样品切割按照 0.5 cm~1 cm 间隔，将分割好的样品直接放入样品盒或密封塑料袋中，速冻。

7.2.3.3 数据分析

7.2.3.3.1 浅层地下水

a) 根据区域水地球化学基础调查结果和污染物种类，确定分析项目种类。

b) 地下水选测元素和指标： As^{3+} 、Se、Hg、Pb、Cd、 Cr^{6+} 、硝酸盐(以氮计)、氯仿、四氯化碳、苯并(a)芘、滴滴涕、六六六、细菌总数等。其中氯仿、四氯化碳、苯并(a)芘、滴滴涕、六六六等先用 10% 的样品进行抽测，然后再确定分析种类。

c) 在有地方病发病地区，根据地方病种类增测表 2 中相应项目，实地调查居民的发病情况、饮食习惯等。

表 2 不同地方病流行地区工作布置参照表

地方病类型	调查介质	分析项目	备注
地方性甲状腺肿	饮水	I、F、Ca、Mg、Mn、有机质、亚硝酸盐、细菌指数	调查当地居民食物特征，查明蔬菜、食盐、海产品等对地方性甲状腺肿的干扰。找出引起该病的双阈值，提出治理建议。
地方性氟病	饮水和食物	F	调查研究区地方性氟病、龋齿和居民饮水、食物中 F 含量的关系，提出相应的治理建议。
地方性砷中毒	饮水	As^{3+}	
伽师病	水	SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Sr^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Zn^{2+}	调查发病区土壤和粮食中 Mn、Zn 含量，以及居民慢性腹泻、低血钾、不孕症、肝肿大等病症情况，查明饮水矿化度增加的原因，提出治理建议。
大骨节病	水、食物	Se、Ca、Sr、Ba、Cd、F、I、S、Zn、Cu、Mg、Mo、Mn	调查研究区土壤、饮水和食物中 Se、Cd 等微量元素含量水平，研究控制土壤中 Se 地球化学循环途径及过程机理，提出防控对策建议。

7.2.3.3.2 地表水

a) 水、底泥、悬浮物和水产品

(a) 水、底泥、悬浮物和水产品分析项目：As、Cd、Hg、Pb、Cr、Cu、Se、Zn、Ni，水加测 pH 值、COD，少量样品进行有机物污染物分析。

(2) 10% 的样品先进行有机物定性分析，根据分析结果确定进一步分析的有机物种类和样品数量。

(3) 底泥和悬浮物样品增加矿物物相分析和质地分析。

(4) 水样增测 N、P、K、COD。

b) 底泥柱状样分析： ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 、As、Cd、Cr、Cu、Hg、Zn、F、I、N、P、K、B、Mo、Se 和有机物(有机物种类根据实际情况调整)。

7.2.3.4 结果整理

7.2.3.4.1 地下饮用水安全性评价

a) 查明水中污染物分布与土壤、大气中污染物种类和分布特征，以及城镇生活污染源、工业废水排放、农业退水等存在的空间对应关系和成因联系，结合剖面样品分析结果，进一步追溯地下水中污染物来源和迁移途径，以及在流动过程中的自净能力及控制因素。

b) 按照国家或行业部门颁布的各项水质卫生标准规定值与研究区实测值进行对比，对居民饮用水的安全性进行评价，对污染严重的地下水水质改善提出治理建议。

c) 研究水中 Se、Cd、Ca、Mg、Sr、Ba、F⁻、I⁻、As³⁺、SO₄²⁻、Cl⁻、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Sr²⁺、Mn²⁺、Zn²⁺、亚硝酸盐、细菌总数等元素和指标特征与各种地方病的关系，提出致病的可能原因和防治建议。

7.2.3.4.2 地表水安全性评价

a) 研究水产品中有害重金属和有机污染物含量，依据水产品食品卫生标准进行污染程度评价，依据水生生态系统中食物链的能量流动方向，研究重金属及有机物的逐级富集传递规律，计算富集系数。

b) 计算重金属在不同相态(液相—水，固相—底泥和悬浮物，生物相—各类水产品)中的含量比值，研究制约有毒有害物质分布分配的因素(如温度、pH 值、COD 等)，结合重金属安全性评价结果和富集系数对水产品结构调整和污染防治提出建议。

c) 采用磷负荷判断法或参数法对研究水域富营养化程度进行评价，结合汇水区土壤—水体氮磷含量及迁移规律研究，提出治理建议。

d) 通过底泥柱状样同位素测年、重金属和有机污染物含量分析，计算研究水域重金属和有机污染物的沉积速率，重建过去近百年来土壤污染的地球化学历史，结合现实含量测定，预测未来的变化趋势。

7.3 湖泊湿地生态系统

7.3.1 水产品污染程度及适宜性评价

7.3.1.1 样点布置

7.3.1.1.1 大于 100 km²，且存在重金属或有机物污染的湖泊。

a) 对于水深分带明显的湖泊，按照沿岸带、敞水带和深水带生物群落分别采集，每个地带采集的水生生物数量 3 套~5 套。

b) 水深分带不明显的湖泊，按照不同水产品养殖类型进行样品采集，一般样品数量 10 套~15 套。

7.3.1.1.2 小于 100 km² 面积的湖泊，且生物群落分带不明显的湖泊，采集的水生生物数量 5 套~8 套。

7.3.1.2 样品采集

7.3.1.2.1 采集样品时要按照水产品采集的野外要求执行，作好采集时间、地点、水产品个体重量，以及水质条件等各项记录。

7.3.1.2.2 生物样采集种类

a) 选择产量大、居民购买量大的生物种类。

b) 根据水产品在水生生态系统营养级中的不同位置，分别采集水生植物(藻类)，虾、螺类、螃蟹、贝类、草鱼、黑鱼和其它鱼类的幼鱼和大鱼（向渔民实地调查，杂食性鱼类食性特征并做好记录）。

7.3.1.2.3 以人工养殖为主的湖泊、水库，除采集水产品外，还应采集饲料。

7.3.1.2.4 与生物样相对应采集水体和悬浮物样品。

7.3.1.2.5 水体样品采集时，根据分析元素不同添加保护剂。见 DD2005-03 生态地球化学样品分析技术要求（试行）。

7.3.1.2.6 水生生物的分割、保存和运输等见附录 F。

7.3.1.2.7 水体悬浮物的采集应先测定水的温度、pH 值等。采集方法技术要求见附录 A。

7.3.1.3 数据分析

7.3.1.3.1 分析元素为 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Ni、Zn、F、Se，少量样品进行有机物分析。

7.3.1.3.2 在土壤和水体中汞污染比较严重，且 pH 值和 Eh 值均较低的地区，可考虑进行

顶级生物体内甲基汞的测定。

7.3.1.4 结果整理

7.3.1.4.1 研究不同水产品中重金属和有机污染物的含量，依据食品卫生标准进行水产品的安全性评估。

7.3.1.4.2 依据水生生态系统中食物链(食物网)中能量流动方向，研究重金属和有机污染物逐级富集传递规律，计算富集系数。

7.3.1.4.3 计算重金属在不同相态(液相—水，固相—底泥和悬浮物，生物相—各类水产品)中的含量比值，研究影响元素分配的制约因素(如温度、pH 值、COD 等)，结合重金属安全性评估结果和富集系数为水产品结构调整和污染的防治提出建议。

7.3.2 富营养化程度评价

7.3.2.1 样点布置

同 7.3.1。

7.3.2.2 样品采集

同 7.3.1 水体采集。

7.3.2.3 数据分析

7.3.2.3.1 分析水体中无机氮、总磷含量。

7.3.2.3.2 调查研究(收集资料)水体磷的面积负荷率、磷的输入与输出量和水体的年排放量等指标。

7.3.2.4 结果整理

7.3.2.4.1 磷负荷判断法

该方法适用于过水湖泊或水库，其计算式为：

$$C_p = L_0(1 - R) / Z \cdot \rho \dots\dots\dots(7)$$

式中：

- C_p——湖泊稳态时的磷浓度，单位为 g/m³；
- L₀——磷的面积负荷率，g/(m²·a)；
- Z——湖泊平均水深，单位为 m；
- R——磷的输出量与输入量之比；
- ρ——溢流率，为年排放量/湖泊总量的比值，单位为 1/a。

7.3.2.4.2 按已知标准判断

表 3 水体富营养化程度划分表

富营养程度	总磷/(mg·m ⁻³)	无机氮/(mg·m ⁻³)
极贫	<5	<200
贫—中	5~10	200~400
中	10~30	300~650
中—富	30~100	300~1500
富	>100	>1500

a) 该法适用于水体中磷循环缓慢的稳定水体，可参考表 3 进行水体富营养化程度评价。

b) 评价水体富营养化程度时，以总磷判断为主。

7.4 浅海生态系统

7.4.1 浅海生态效应评价

7.4.1.1 样点布置

7.4.1.1.1 在水体和沉积物中重金属和有机污染物污染明显的浅海部位，布置样点。

7.4.1.1.2 在规模化滩涂与浅海养殖区、重要水系流域的入海河口、海湾区，可适当加密布点。

7.4.1.1.3 兼顾河口、滩涂与浅海沉积物重金属污染程度不同的地域，在近年海洋环境监测发现污染较重的地域适当加密布点。

7.4.1.2 样品采集

7.4.1.2.1 每个样点系统采集海水、水中悬浮物、水体生物、沉积物样品。采样方法技术见附录 A、附录 E 和附录 F。

7.4.1.2.2 海水现场实测 pH 值和水温。

7.4.1.3 数据分析

7.4.1.3.1 所有样品分析 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、F、Se、Zn 等元素。

7.4.1.3.2 典型样品分析多氯联苯、多环芳烃等等有机污染物含量。

7.4.1.4 结果分析

7.4.1.4.1 研究不同水产品中重金属和有机污染物的含量，参照海洋生物质量标准进行水

产品的安全性评价。

7.4.1.4.2 依据水生生态系统中食物链构成，研究重金属逐级富集传递规律，计算生物富集系数。查清污染物的生物累积和放大规律，评价顶级生物（即食用水产品）中污染物超标（超过食品卫生标准）情况，为浅海环境质量评价提供依据。

7.4.1.4.3 计算重金属在不同相态(固相—水，底泥—悬浮物，生物相—各类水产品)中的含量比值，研究近海底部水-沉积物之间发生的交换作用和影响元素分配的制约因素（如温度、pH 值等），结合重金属安全性评估结果和富集系数为水产品结构调整和污染的防治提出建议。

7.4.2 底栖贝类水产品环境适宜性

7.4.2.1 样点布置

样点布置同 7.4.1。

7.4.2.2 样品采集

7.4.2.2.1 水产品

a) 每个采样站位采集不同种类水产生物，如牡蛎、蛭、蛤、蚶、紫菜、海带、扇贝、鲍鱼、花蛤、文蛤等水产养殖品的可食部位。

b) 在河口区，应从河口到浅海 10 m 水深处随水深和离岸距离的变化连续采样。

c) 一个研究地区采集的水产品种类控制在 5 类~10 类，每类水产品数量为 5 种~10 种。

d) 水产品采集技术见附录 F。

7.4.2.2.2 水样、悬浮物和底泥

a) 同样点采集水体、悬浮物和底泥样品。水体现场测试 pH 值、水温。

b) 水体、悬浮物和底泥采样技术见附录 A、附录 E。

7.4.2.3 数据分析

7.4.2.3.1 各类样品分析 As、Cd、Hg、Pb、Cu、Cr、F、Se、Zn 等元素。

7.4.2.3.2 典型样品分析多氯联苯、多环芳烃等有机污染物含量。

7.4.2.4 结果整理

7.4.2.4.1 计算不同水产品可食部位的生物富集系数，依据各水产品中生物富集系数的大小，研究对有害物质敏感性不同的水产品；

7.4.2.4.2 根据不同水产品可食部位重金属的含量与食品卫生标准中重金属的限量值对

比，对研究区水产品安全性进行评估；

7.4.2.4.3 研究水产品中重金属含量与水体或沉积物中重金属含量、不同形态重金属含量、沉积物类型、水体质量、陆地物质输入等之间的关系，探讨生物对各介质中重金属的富集规律，研究控制重金属进入水产品的主要因素；依据不同水产品重金属的富集系数、阈值，对研究区滩涂和浅海水产养殖业结构调整、污染治理提出建议。

7.5 草原生态系统

草原生态系统的生态效应评价主要研究土壤中有害元素含量水平，pH、TOC 等理化性质对土壤元素地球化学行为的影响，评价牧草安全性及其对牲畜健康的影响。

7.5.1 样点布置

考虑以下因素，进行牧草样品采集点位部署：

- a) 表层土壤 As、Cd 等有害元素含量、pH、TOC、质地等；
- b) 成土母质、地理、地貌和气候特征；
- c) 草本植物种类及初级生产力；
- d) 放牧牲畜种类。

7.5.2 样品采集

- a) 在放牧季节，采集牧草样品，采集方法见附件 F。
- b) 在采集牧草的相同点位，采集根系土样品，样品重 1kg。
- c) 采集一定数量的配合饲料、浓缩饲料、精料补充料、粗饲料、青绿饲料、饲料原料和饲料添加剂的各类牲畜饲料。每种饲料样品重1kg。
- d) 在草场有害元素污染严重或饲料中有害物质超标时，可采集一定数量的牲畜肉、奶、内脏等其他可食部分。每种样品数量需大于5件，每件样品重1kg。

7.5.3 数据分析

- a) 牧草、饲料、肉、奶及内脏等样品分析 As、Pb、F、Cr、Hg、Cd、Ca、P、Se；
- b) 少量饲料可分析氰化物、游离棉酚、六六六、DDT 等有害物质；
- c) 根系土样品分析元素为 As、Pb、F、Cr、Hg、Cd、Ca、Se、pH、TOC、质地等，少量样品进行 As、Pb、Cd 等元素不同形态含量分析。

7.5.4 结果整理

- a) 参照牲畜饲料卫生标准，对饲料安全性进行评价；
- b) 参照食品卫生标准，对牲畜肉、奶等食品进行安全性评价；
- c) 研究根系土中元素分布、分配规律及地球化学特征，查明牧草吸收有害元素的控

制因素；计算不同种类牧草有害元素的富集系数，提出降低生态风险，提高牧草和肉奶食品安全建议。

7.6 矿山生态系统

矿山生态效应评价主要从地表水、大气、土壤质量和动植物、人体健康等方面进行。

7.6.1 样点布置

- a) 水样采集点位同 6.7；
- b) 在大气污染地区，布置可吸入颗粒物采集样点。样点分布可按照不同功能区，也可空间上均匀布置，一般密度为 10~20 点/km²；
- c) 在受矿业活动污染地区，部署土壤水平剖面或面积性土壤采集样点。一般情况下，表层土壤和深层土壤样品密度为 10~20 点/km²，在污染严重或靠近污染源的地区，表层土壤可增加样品密度。
- d) 在矿山、尾矿坝周围及其他矿业活动影响地区，部署农作物、水产品及家禽、家畜、牧草等动植物样品采集点。每种动植物样品数量大于 10 件，每件样品干重需大于 0.5 kg。

7.6.2 样品采集

- a) 水样采集方法同 6.7；
- b) TSP、PM_{2.5}、PM₅、PM₁₀ 等大气可吸入颗粒物样品采集方法见附件 D；
- c) 农田区表层土壤采集深度为 0~20cm，自然地表层土壤采集深度为 0~5cm；农田区深层土壤采集深度为 150~200cm 或为母质层，丘陵区深层土壤以采集到母质层为准；
- d) 动植物样品采集方法见附件 F。

7.6.3 数据分析

- a) 水样分析测试种类参见 7.2.3.3；
- b) TSP、PM_{2.5}、PM₅、PM₁₀ 等大气颗粒物分析元素为 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Ni、Zn、F、Se 等。采集样量较多时，可进行矿物学、有机污染物测试；
- c) 土壤样品分析元素为 As、Cr、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se 等元素全量，典型样品分析有害元素的离子交换态、碳酸盐态、弱有机结合态、铁锰氧化态、强有机结合态和残渣态含量，同时测定 pH 值、质地、CEC、TOC、容重等指标；
- d) 动植物分析 As、Cr、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se 等元素全量。少量样品可进行有机污染物分析；
- e) 不同地区可根据土壤元素含量和有机污染物污染种类增减分析指标。

7.6.4 结果整理

a) 参照各类水质标准，对地表水和地下水环境质量进行评价，对污染严重的水体提出治理建议；

b) 研究 TSP、PM_{2.5}、PM₅、PM₁₀ 等大气颗粒物含量及其不同粒径大气颗粒物中 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Pb、Ni、Zn、F、Se 等分布特征，参照相应的国家及行业标准，评价大气环境质量及对人体健康的影响程度；

c) 研究土壤中 As、Cr、Cd、Cu、Hg、Pb、Zn、Ni、F、Se 等元素分布特征及其与矿业活动的关系，参照深层土壤相应元素含量和国家土壤环境质量标准，评价表层土壤有害元素污染程度；研究土壤中有害元素的离子交换态、碳酸盐态、弱有机结合态、铁锰氧化态、强有机结合态和残渣态含量变化控制因素，提出降低土壤污染、合理开发土地资源建议。

d) 参照国家或行业食品卫生标准，评价动植物食品安全性。综合研究区大气、水、土壤环境质量及动植物安全性，对研究区生态风险和人体健康进行评价，并提出生态安全的有效措施。

7.7 森林生态系统

森林生态系统的生态效应评价，主要是对生长于森林生态系统的木耳、蘑菇、中药材等名特优产品的安全性进行评价。

7.7.1 样点布置

根据表层土壤 As、Cd、Pb、Hg、Se、F、I 等元素含量水平和分布特征，充分考虑木耳、蘑菇、中药材等名特优产品分布状况，兼顾地理地貌、成土母质、气候条件等因素，部署样点位置。

7.7.2 样品采集

采集木耳、蘑菇、中药材的可食部位及根系生长处的土壤、植物样品，每件样品重 1kg，或干重 0.5kg，样品采集、处理方法见附件 F。

7.7.3 数据分析

a) 木耳、蘑菇、中药材的可食部位分析元素为 As、Cd、Pb、Hg 等有害元素和 Se、I、F 等元素。

b) 对土壤及根系生长处的植物样品分析 As、Cd、Pb、Hg、Se、I、F 等元素全量，典型土壤样品分析 As、Cd、Pb、Hg、Se、I、F 有效态含量、pH、TOC、质地。

7.7.4 结果整理

a) 参照国家、行业或地方食品及中药材卫生标准,对木耳、蘑菇、中药材等安全性进行评价。

b) 研究木耳、蘑菇、中药材等名特优产品吸收 As、Cd、Pb、Hg、Se、I、F 等元素的控制因素,为提高生态安全和人体健康提出建议。

8 生态系统安全性的地球化学预测预警

生态系统安全性的地球化学预测是指对生态系统安全性产生影响的有害元素总量累积趋势进行定量分析推测,生态安全性预警是指将生态环境恶化状况和可能发生的问题事先向人们发出警报。

生态系统安全性的地球化学预测预警主要针对人类活动干扰强烈的河流、农田、湖泊湿地、城市和矿山等生态系统进行。

8.1 河流生态系统

8.1.1 样点布置

同 6.1。

8.1.2 样品采集

同 6.1。

8.1.3 样品分析

同 6.1。

8.1.4 结果整理

8.1.4.1 根据河漫滩同位素测年和事件定年结果,计算过去 100 年以来河漫滩平均沉积速率;根据沉积速率重建 100 年来重金属/有机污染物的变化历史。

8.1.4.2 收集河流汇水区土地利用、种植结构、工农业布局、人口数量、经济发展速度等资料,建立河漫滩沉积物中重金属元素/有机污染物随上述各种因素变化的地球化学模型。

8.1.4.3 根据研究区土地规划、工农业布局及社会经济发展等因素,分析预测未来 10 年~50 年重金属/有机污染物的演变趋势,并对可能出现的生态效应进行预警。

8.1.4.4 研究建立土壤 pH 值、CEC、质地等因素对土壤重金属/有机污染物活化迁移影响的理论模型,预测控制重金属/有机污染物活化迁移的临界条件。

8.1.4.5 收集当地能源消耗、酸雨沉降等资料,建立土壤性质的单因素和多因素变化与土

壤中重金属/有机污染物富集累积和活化迁移模型；进行重金属/有机污染物活化迁移演变趋势研究，并对可能出现的生态效应进行预测预警。

8.2 农田生态系统

8.2.1 样点布置

大气干湿沉降物、化肥、灌溉水、地表径流、土壤淋溶液、汞蒸气、农作物等各类样品布置同 6.2.1 和 6.2.2。

8.2.2 样品采集

大气干湿沉降物、化肥、灌溉水、地表径流、土壤淋溶液、汞蒸气、农作物等各类样品采集同 6.2.1 和 6.2.2。

8.2.3 数据分析

大气干湿沉降物、化肥、灌溉水、地表径流、土壤淋溶液、汞蒸气、农作物等各类样品数据分析同 6.2.1 和 6.2.2。

8.2.4 结果整理

农田生态系统的预测预警研究主要有：影响生态系统安全性的地球化学因子识别、循环模型建立、发展趋势预测、危害程度预警等项内容。

8.2.4.1 地球化学因子识别

8.2.4.1.1 依据表层土壤中元素含量水平、富集贫化程度、异常分布强度，参照国家及行业的相关标准，筛选出累积速度快、异常强度大、超标严重的元素和环境指标；

8.2.4.1.2 筛选元素及指标范围为：

- a) As、Cd、Cr、Hg、Pb 等有害元素；
- b) Se、I、F、Cu、Zn、Ni、Mo 等生命必需元素；
- c) S、Cl、Na、Ca、Mg、Si 等指示土壤荒漠化元素；
- d) pH、TOC 等土壤理化性质。

8.2.4.1.3 依据国家或行业各种食品卫生标准，筛选出农作物籽实超标比例大或超标严重的有害元素。

8.2.4.2 循环模型建立

依据元素表生地球化学性质，建立以土壤为核心的元素地球化学循环模型。地球化学循环模型中的元素输入输出途径主要考虑人为作用影响的途径和短时间内输入输出通量较大的自然作用途径，主要包括：

a) 大气干湿沉降、施肥与灌溉;

b) 地表径流、土壤淋溶;

c) 农作物收割与根、茎、叶返田;

d) 对于 N 元素, 还需考虑生物固氮、挥发、硝化和反硝化作用; 对于 Hg、Se、As 等元素, 还需考虑元素的升华作用。

8.2.4.3 发展趋势预测

8.2.4.3.1 通过以下方法, 研究获取预测元素和指标的年变化速率。

a) 依据元素地球化学循环模型, 按照下述方程, 求取预测元素年变化速率:

$$Q_i = \sum_{j_r=1}^{k_r} Q_{ij_r} - \sum_{j_c=1}^{k_c} Q_{ij_c}$$

式中, Q_i 为元素 i 在耕层土壤中的单位年变化速度(kg/ha a 或 g/ha a); Q_{ij_r} 和 Q_{ij_c} 为元素 i 在土壤中的单位年净输入和净输出通量(kg/ha a 或 g/ha a), j_r 为元素 i 在土壤中的输入途径(如大气干湿沉降、施肥、灌溉等), k_r 为输入途径数量; j_c 为元素在土壤中的输出途径(如地表径流、土壤淋溶、农作物收割等), k_c 为输出途径数量。

b) 在调查获取了不同年代土壤中元素或指标含量的前提下, 假设耕层土壤中元素或指标的年变化速度不变, 用下列公式求取预测元素或指标 i 的年变化速率:

$$Q_i = \left(\frac{n_0}{n_1}\right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

式中, Q_i 为元素 i 在耕层土壤中的单位年变化速度(kg/ha · a 或 g/ha · a); n_1 和 n_0 分别为土壤中元素 i 在过去某一年的含量和现在实测值, n 为两次调查间隔的年限 ($n=n_0-n_1$)。

8.2.4.3.2 假设预测年限范围内, 耕层土壤中元素含量或指标的年变化速度不变, 则 n 年后, 耕层土壤中元素或指标的预测值可通过以下公式获得:

$$x_{i_n} = (1 + Q_i)^{(n-n_0)} \times x_{i_{n_0}}$$

式中, x_{i_n} 为 n 年后, 耕层土壤中元素或指标 i 的预测值, $x_{i_{n_0}}$ 为耕层土壤中元素或指标的现实测量值, Q_i 为耕层土壤中元素或指标 i 的年变化速度。

8.2.4.4 生态安全性预警













a) 依据国家或行业相关标准, 对耕层土壤元素或指标的环境质量等级进行警度划分, 并给出相应的生态安全意义;

b) 依据国家或行业食品卫生标准, 对农作物安全性进行警度划分, 并给出相应的生态

安全意义；

c) 不同预警元素警度划分与生态意义可参照表 4。

表 4 预警元素警度划分与生态意义

元素种类	环境介质	警度划分	警度图示	生态意义
有害元素	土壤	安全放心	绿色	 环境清洁、生态友好
		橙色预警	橙色	 环境发生生态危害的可能性大，需高度关注
		红色报警	红色	 发生严重的生态事件可能性很大，需采取治理与防治措施
	农作物籽实	安全放心	绿色	 环境清洁、生态友好、食品安全
		橙色预警	橙色	 发生生态危害可能性大，食品安全将受到威胁，生态风险大，需高度关注
		红色报警	红色	 发生严重生态事件可能性很大，将影响人体健康和生态系统安全，需采取治理与防治措施
土壤荒漠化元素及指标	土壤	安全放心	绿色	 含量适中，作物健康生长
		橙色预警	橙色	 含量过量，发生盐渍化、沙漠化等现象可能性大。
		红色报警	红色	 发生严重土壤荒漠化可能性很大，影响农业正常生产
生命必需元素	土壤	安全放心	绿色	 环境质量适宜、生态健康友好
		橙色预警	橙色	 环境发生生态危害可能性大，需高度关注
		红色报警	红色	 发生严重生态事件的可能性很大，需采取治理与防治措施

8.3 湖泊湿地生态系统

8.3.1 样点布置

8.3.1.1 所选择湖泊应具有代表性。

8.3.1.2 选择的湖泊尽量与生态效应评价和富营养化评价的湖泊一致。

8.3.1.3 应选择在开阔湖面中心位置（湖泊面积一般 $>2\text{ km}^2$ ），且相对封闭的沉积环境，以保证湖底沉积物没有被人为或生物等外部因素强烈扰动过，避开水草丛生地区。

8.3.2 样品采集

8.3.2.1 湖底柱状样采集方法技术要求见附录 E。

8.3.2.2 在采集底积柱样品的同时，需采集相同点位上的悬浮物、湖水样和水生生物样品，采样方法技术见附录 A 和附录 E。

8.3.3 样品分析

8.3.3.1 沉积年龄

采用 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 同位素测年，配合沉积事件，确定沉积物年龄。

8.3.3.2 元素含量

8.3.3.2.1 分析 As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Zn、N、P、K、B、Mo、Se，不同地区可根据实际情况增测元素种类。

8.3.3.2.2 水体样品测试 pH 值、COD 和水温。

8.3.3.2.3 柱状样和底泥增测质地和矿物物相。

8.3.3.3 有机污染物测定

不同流域/区带可进行有机污染物分析，分析的有机污染物种类根据研究区实际情况确定。

8.3.4 结果整理

8.3.4.1 根据单个切割样的同位素、重金属、有机污染物的测试数据，可以计算重金属、有机污染物的年沉积速率，恢复过去 100 年来土壤污染的地球化学历史，并以此为基础预测未来的变化趋势。

8.3.4.2 对单个湖泊而言，其控制的汇水流域面积是一定的。对于一个底面积一定的湖泊，通过底积物的年沉积速率和底积物中化学污染物质的含量，就可计算出地表径流中化学污染物质的年输出速率和年输出量，结合汇水流域工农业发展规模和社会经济结构，进行湖泊生态系统对污染物吸附—解析平衡研究和环境质量变化趋势的预警。

8.4 城市生态系统

暂缺

8.5 矿山生态系统

矿山生态系统的预测预警研究可参照农田生态系统、河流湖泊生态系统。

9 报告编写

生态地球化学评价报告包括系列图件、文字报告和数据库。

9.1 图件

图件主要为实际材料图、地球化学图和生态地球化学评价图。

9.1.1 实际材料图

各类介质采样点位图、组合样点位图及其它实际材料图。

9.1.2 地球化学图

评价元素、指标和有机污染物的地球化学图件。

9.1.3 生态地球化学评价图

有毒有害元素及有机污染物污染程度图、有益元素总量及有效量评价图、土壤(土地)质量评价图、城市土地利用规划建议图、城市及农田区土壤安全区划图、农作物适宜性种植建议图、生态系统安全性评价预警图等。

9.2 报告

区域生态地球化学评价工作结束后，应编写区域生态地球化学评价报告，编写提纲见附录 L。

9.3 数据库

采用区域地球化学数据库信息系统 (GeoMDIS)，建立基础资料数据库和统计与评价数据库。

9.3.1 基础资料数据库

基础资料数据库包括：调查资料子库、分析数据子库和图形子库。

9.3.1.1 调查资料子库

包括各类定点的 GPS 坐标数据、各类采样记录、各类调查查证记录、剖面记录、数字拍照资料、摄像资料、野外素描等。

9.3.1.2 分析数据子库

包括土壤、水体、生物样品、悬浮物、底泥及各类污染源样品的分析数据。

9.3.1.3 图形子库

包括地理地貌、地质矿产、水文地质、土壤分布、第四纪地质、土地利用以及农业区划和区域经济发展规划等。

9.3.2 评价数据子库

农产品污染程度评价参数统计、土壤污染程度评价参数统计、土壤有益元素等级划分参数统计等。

附录 A
(资料性附录)
河流悬浮物、水、水系沉积物样品布置及采集方法

A.1 采样时间

枯水期采样时间为当年 11 月～次年的 1 月，丰水期采样时间为 6 月～9 月。

A.2 采样设备

悬浮物采样设备包括：真空泵、漏斗、无污染尼龙膜、全玻璃微孔滤膜过滤器、吸滤瓶等。

A.3 采样点布设

A.3.1 主干河流和主要支流水系均应布置采样点。

A.3.2 各支流应在上、中、下游分别布置采样点，汇入主干河流后在下方位置布置采样点；每个点控制面积一般不超过 5000 km²。

A.3.3 主干河流和主要支流采样间距一般为 50 km～80 km。采样点位应兼顾河漫滩柱状样布设位置。

A.3.4 枯水期同点位采集悬浮物、水系沉积物；丰水期只采集悬浮物样品；各支流汇入主干河流前的采样点（一般为下游采样点），在采集悬浮物样品时，加采过滤后的清水样品(水地球化学样品)。

A.3.5 流经中等以上城市河流需在该城市上游和下游分别布置采样点。

A.4 采样方法

A.4.1 悬浮物样品

A.4.1.1 采样点应选择在河流开阔、水流平稳处。

A.4.1.2 采水容器需用欲采集的水样清洗三次。

A.4.1.3 每个采样点在过滤悬浮物前，测试水体 pH 值和水温。

A.4.1.4 悬浮物采样位置为河流中洪线上，在距水面以下 30cm、水体中上部位处采集水样，不搅动和参入水底沉积物。

A.4.1.5 对采集的水样过滤后提取悬浮物，每次采集水样体积为 10L。如悬浮物样品重量不足，应以 10L 水体积倍增，直到悬浮物样品重量满足要求。采样前应结合预采水体含悬浮物量的多少进行试验，以估计可能采集的水体体积。采集过程中，要保证不受船体污染，避开冲洗取样工具造成的污染，避开采集表面漂浮物质。

A.4.1.6 滤膜在使用前，需在室内事前烘干、称重、记录重量。滤膜应采用对折线法，轻轻对折后放于事先已恒重的称量瓶里，移入烘箱中于 65℃（±2℃）烘干半小时后取出置干燥器内冷却至室温，称其重量。反复烘干、冷却、称量，直至两次称量的重量差≤0.5mg。将滤膜进行编号，记录每张滤膜重

量。

A. 4. 1. 7 将已恒重的滤膜，用蒸馏水清洗干净并润湿后，平铺于布氏漏斗或全玻璃微孔滤膜器中，并检查整个抽滤系统密封情况后备用。

A. 4. 1. 8 水样采集后，除去漂浮或浸没的树枝、枯叶等杂质后，用布氏漏斗或全玻璃微孔滤膜器中减压抽气对水样进行过滤，提取悬浮物。过滤过程中，每次取水时，需将水样充分摇匀，避免容器底部有悬浮物沉积。提取悬浮物工作场所要保持干净，并保持相对封闭，严禁在提取场所抽烟或引起粉尘的活动。

A. 4. 1. 9 过滤完成后，需将滤膜阴干至半干燥状态，带上一次性聚乙烯手套拆叠滤膜，并将滤膜边部折叠，以避免悬浮物脱落，每一张滤膜装一个塑料袋，塑料袋编号，并一起放入纸袋中编号送实验室。要求每个单位留两张空白滤膜作空白分析用。

A. 4. 1. 10 实验室收到样品后应将滤膜和悬浮物移至已恒重的($65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$)称量瓶中，于烘箱中在 65°C 条件下烘干并称重，记录悬浮物重量。反复烘干、冷却、称量，直至两次称量的重量差 $\leq 0.5\text{mg}$ 。

A. 4. 2 水地球化学样品

A. 4. 2. 1 采水容器需用已过滤的水样清洗三次。

A. 4. 2. 2 对测定 Cr、Ni、Co、V、Be、Sn、Ti、Mn、Pb、Zn、Cu、Cd、As、Se 等元素的水样,取过滤后的 1000 mL 水样贮存于干净的聚乙烯塑料壶或玻璃瓶中，立即加入 10 mL (1+1) HCl 摇匀。对测定 Hg 元素的水样,先在塑料壶内加入 50 mL 浓 HNO_3 及 10 mL 15% $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 溶液,再注入过滤后的 1000 mL 水样，摇匀，石蜡封口。保护试剂使用前作空白分析，确保不污染样品。

A. 4. 2. 3 水地球化学样品应按有关要求及时送实验室分析。

A. 4. 3 水系沉积物

A. 4. 3. 1 水系沉积物采样点部位应尽量选择在水流变缓处，采集表层水系沉积物样品，深度一般不超过 2cm。

A. 4. 3. 2 水系沉积物样品应具有充分代表性，要求在 1000 m 范围内选择 3 点~5 点采样组合。样品采集时需避开腐殖质聚集、人为明显污染地段。

A. 4. 3. 3 样品采集后，按 DD2005-01 多目标区域地球化学调查规范 (1:250000) 要求进行加工，取小于 60 目样品 100g 送实验室分析，副样自行保管。

A. 4. 4 重复样

悬浮物样、水地球化学样品，按照野外总样品数量的 10% 采集重复样或平行样。重复样或平行样采用同时同点采集和处理。

A.5 样品重量

枯水季节悬浮物样品干样为 1 g~1.5 g, 丰水季节悬浮物样品干样为 2 g~3 g; 水系沉积物重量为 1kg; 水地球化学样每类样品为 1000 ml, 外检样应加倍取样。

A.6 样品编号

全流域统一编号。样品编号以采样物质代码+流域代码(长江流域—CJ; 黄河流域—HH; 珠江流域—ZJ; 松花江流域—SH 等)+省代码+省内连续编号表示。编号顺序以省域范围为界, 按照水系顺序编号。规定悬浮物代码为 X, 水系沉积物为 D, 水地球化学样品为 S。每 50 个号码为一批, 其中随机取 4 个号码为重复样编号, 1 个为标准样编号。样品编号时做到重复样在同一批次内基本均匀分布。

A.7 定点

以地形图与手持 GPS 相结合的办法定点。野外正式工作前, 需对 GPS 初始化、定点误差检测与测区内已知三角坐标点坐标进行校准, 校准误差<15m。GPS 在测区内的定点误差小于 50m。手持 GPS 的坐标系统统一选择北京 54 坐标系。到达每一采样点, 待 GPS 接收信号稳定后再读数, 除自动输入航迹外, 应输入该点的坐标并在记录中做相应记录。

A.8 分析测试要求

A.8.1 悬浮物、水系沉积物样品统一分析单位和分析方法。水样分析单位由各省实验室承担, 分析要求执行 DD 2005-01 多目标区域地球化学调查规范 (1:250000)。

A.8.2 分析检出限、精密度及样品测试中的质量控制, 按 DD 2005-03 生态地球化学评价样品分析技术要求 (试行) 执行。

A.9 资料收集

A.9.1 采集水系的年水平均流量;

A.9.2 年径流量;

A.9.3 年平均输砂量;

A.9.4 洪水资料。

A.10 采样记录格式

河流系统各样品采集记录格式见表 A.1。

表 A.1 水系样品采集记录表

省：_____ 区：_____ 县：_____ 乡(镇)：_____

河流名称		汇水面积		点号	
经度		纬度		高程	
Y		X		温度	
时间	年 月 日	水体体积 L		pH	
样品编号					
加入 10mL (1+1) HCl 水样		加入 50mL 浓 HNO ₃ 及 10mL 5% K ₂ Cr ₂ O ₇ 水样			
悬浮物					
<p>采样点及周围环境描述(包括 1、河流流速、截面积、河流上游汇水盆地土壤侵蚀率 2、采样点工农业分布情况；3、水体物理性质描述；4、气候条件（降水量、洪水情况和气温等)：</p>					

采集人：_____ 记录人：_____ 核对人：_____ 时间：_____ 年 _____ 月 _____ 日

附录 B
(资料性附录)
¹⁴C 和热释光测年样品采集技术要求

B.1 ¹⁴C 样品

B.1.1 用于 ¹⁴C 测年的样品包括各类有机碳及无机碳样品，不同样品采集最小量见表 B.1，野外样品采集量应大于表中数值。对于年龄大于 36000 年或有特殊较高精度要求的样品，样品的采集量应为要求量的两倍。

表 B.1 ¹⁴C 测年法最小样品采集量表

样品种类	干 重 量		颜色及特征
	AMS 法(mg)	常规法(g)	
木 头	15~75	25~30	浅黄—棕黑色
泥炭、淤泥	200~2000	500	深棕色、黑色
	500~5000	1000	浅灰—棕色
土 壤	1000~10000	1000~3000	视样品中的含碳量而定

B.1.2 在野外，利用一些简单的工具(如筛、小刀等)将沾附于样品表面的污物及不含碳的泥沙去掉，并将现代的草根等物去掉，但样品不需要晒干或烧干。

B.1.3 样品应装入塑料袋中(不要直接装入布袋或用纸包装)送交实验室，不要将纸作的标签放入样品袋中。

B.1.4 送样时应附上有关地质资料，供实验室人员在处理样品时参考。

B.2 热释光年龄样品

B.2.1 采样时，必须绝对避光，用黑雨伞或黑布遮光取样。

B.2.2 样品应尽量在岩性相对均一(30cm 范围内)的细粉砂-亚粘土内采集，并剥去暴露表面 25 cm~30 cm 后再取样。

B.2.3 野外采集 4 cm×5 cm×6 cm 块状样品，在野外用锡纸或铝箔纸包装后用塑料袋密封。每个样品需 200 g~250g。

B.2.4 样品应用不透光容器包装，如铝盒、铝罐或锡箔包装。

B.2.5 采集的样品应维持原状，减少水分丢失。

B.2.6 记录样品产出的地理位置、标高、层位、样品周围是否有放射性污染源，估计样品的大概年龄等。

附录 C
(资料性附录)
不同污染源采集方法

C.1 大气干湿沉降样品

C.1.1 采样点布设

C.1.1.1 采样点四周(25m×25m)无遮挡雨、雪、风的高大树木或建筑物，并考虑风向(顺风、背风)、地形等因素，避开烟囱、交通道路等点、线污染源。

C.1.2.1 在盆地、河谷区内，样点可以均匀布设；在平原地区，样点沿风向等距离布设；山地、丘陵区，样点布设要兼顾谷、迎风坡、背风坡、丘（山）顶等要素，根据控制面积，按比例设计和布置样点。

C.1.2 采样用品

C.1.2.1 北方地区，采样器可选择内径 15cm，高 30cm 圆筒形的集尘缸（塑料、陶瓷玻璃或不锈钢质）；南方地区，可选择口径 40cm，高 60cm 圆筒形的集尘缸。

C.1.2.2 洗干净的集尘缸用盖盖好，携至采样点后，取下盖，根据当地的月降水量和蒸发量，加适量水。加水量视当地的气候情况而定。南方 300 mL~500 mL，华北地区 1500 mL~3000 mL，在整个采样期间应保持缸内有水。

C.1.2.3 记录放缸地点、缸号和时间。

C.1.3 采样方法

C.1.3.1 集尘缸应放置距地面 10 m~15 m 处，如放置屋顶平台上，采样口应距平台 1 m~1.5 m，以避免平台扬尘的影响。选择采样点时，应先考虑集尘缸不易损坏的地方，还要考虑操作者易于更换集尘缸。

C.1.3.2 冰冻季节，加入 20% 乙二醇($C_2H_6O_2$)60 mL~80 mL，以占满缸底为准，防止结冰。

C.1.3.3 在夏季多雨季节，应注意缸内积水情况，为防水满溢出，及时更换新缸。

C.1.3.4 为了防止不属于降尘范围内的异物（如鸟粪、树叶等）落入集尘罐，集尘罐上可用尼龙网罩盖。

C.1.3.5 不同季节干沉降物质的量和所含物质浓度不同，所以采样时间至少为一年。一般地区，干湿沉降接收周期为一年，干湿沉降量较大的地区，可按月或季度定期更换集尘缸 ($n \pm 2d$)。

C.1.4 采样质量控制与要求

C.1.4.1 采样器具在使用前，用 10%(V/V) HCl 浸泡 24h 后，再用纯水洗净。

C.1.4.2 试剂为分析纯试剂和蒸馏水或同等纯度的水。

C.1.5 样品记录

样品记录格式见表 C.1。

表 C.1 大气干湿沉降采样记录表

市：_____ 区：_____ 乡（镇、街道）：_____

缸号(样号)		样品编号	
位置		坐标	X _____ Y _____
放置起始时间	年 月 日	放置终止时间	年 月 日
采样点周围环境描述			
天气变化记录(降水类型)			
备注			

采集人：_____ 记录人：_____ 核对人：_____ 时间：_____ 年 月 日

C.1.6 干沉降总量测定

当干湿沉降样品总量较少的时，采取以下方法计算干沉降总量。

首先用尺子测量集尘缸的内径(按不同方向至少测定 3 处，取其算术平均值)，用淀帚把缸壁擦洗干净，将缸内溶液和尘粒全部转入 500 mL 烧杯中，在电热板上蒸发，使体积浓缩到 10 mL~20 mL，冷却后用水冲洗杯壁，并用淀帚把杯壁上的尘粒擦洗干净，将溶液和尘粒全部转移到已恒重的 100 mL 瓷坩埚中，放在搪瓷盘里，在电热板上小心蒸发至干(溶液少时注意不要崩溅)，然后放入烘箱于 65℃ ±5℃ 烘干，称量至恒重，并按下式计算：

$$M = \frac{W_1 - W_0 - W_c}{S \times n} \times N \times 10^4 \dots\dots\dots(C.1)$$

式中：

M——降尘总量，单位为 $g / cm^2 \cdot N d$ ；

W_1 ——降尘、瓷坩埚和乙二醇水溶液蒸发至干，并在 $65^\circ C \pm 5^\circ C$ 恒重后的重量，单位为 g；

W_0 ——在 $65^\circ C \pm 5^\circ C$ 烘干的瓷坩埚重量，单位为 g；

W_c ——与采样操作等量的乙二醇水溶液蒸发至干，并在 $65^\circ C \pm 5^\circ C$ 恒重后的重量，单位为 g；

S——集尘缸缸口面积，单位为 cm^2 ；

n——采样天数，(准确到 0.1d)；

N——计量天数(计量单位为月，N=30；计量单位为年，N=365)。

C. 1. 7 干湿沉降总量测定

当干湿沉降量较多时，采取以下方法获得干湿沉降元素总量。

C. 1. 7. 1 野外处理

C. 1. 7. 1. 1 将沉降缸放置（约 2~3 天）使上部溶液澄清。用虹吸法吸取上清液至另一容器中，测定上清液的总体积或重量。将剩余的沉淀物和悬浊液转移至合适的容器中，测定其总体积和重量。

C. 1. 7. 1. 2 将上清液搅拌均匀。取上清液 2500mL 至塑料容器中，用于检测溶液中固形物和其他须检测项目。其中取上清液 500mL 塑料容器中，加入 1:1 硝酸（保护剂）10mL，用于检测溶液中多项金属元素。取上清液 500mL 塑料容器中，加入 5% 重铬酸钾（保护剂）溶液 5mL，用于检测溶液中汞元素。余下的 1500mL 上清液,移至塑料容器中，作为清水样或付样。并将准备好的样品密封送至实验室。

C. 1. 7. 1. 3 将剩余的沉淀物和悬浊液转移至合适的容器中，密封送至实验室。

C. 1. 7. 1. 4 若样品无法澄清，则全部用 $0.45\mu m$ 的聚酯纤维滤膜全部过滤，并测定清液的总体积或重量，同 C. 1. 7. 1. 取样送实验室；滤网上部物质同处理同悬浮物处理方法。

C. 1. 7. 2 实验室处理

C. 1. 7. 2. 1 将 C. 1. 7. 1. 3 样品用 $0.45\mu m$ 的聚酯纤维滤膜全部过滤，记录滤液体积，弃去

滤液。滤网上部物质风干或在 65℃以下烘干，称重，制成分析样。

C.1.7.2.2 按相应分析方法将 C.1.7.1.2 和 C.1.7.2.1 的样品测定固形物和金属元素。并换算总体积的固形物及金属总量。溶液样品应经过硝化处理后，再进行测定。

C.1.7.2.3 换算降尘金属物含量：

C.1.7.2.3.1 降尘总质量=（C.1.7.2.1 分析样）质量+（溶液固形物总质量）

C.1.7.2.3.2 降尘某金属含量=
$$\frac{(\text{C.1.7.2.1分析样某金属量} + \text{溶液某金属量})}{\text{降尘总质量}}$$

C.1.7.2.4 总金属量=（某金属含量×实际分析样质量或液体总体积）。

C.2 水样

C.2.1 布点原则

C.2.1.1 充分考虑调查区水文特征、河道地形、支流汇入及水文工程情况；植被与水土流失情况；其它影响水质及其均匀程度的因素。

C.2.1.2 采样点要避开死水及回水区，选择河段顺直、河岸稳定、水流平缓、无急流湍滩且交通方便处。

C.2.1.3 力求以较少的测点获取最具代表性的样品，全面、真实、客观地反映该区域水环境质量及污染物的时空分布状况与特征。

C.2.2 布点方法

C.2.2.1 河流水系的布点方法

C.2.2.1.1 单点布设法

适合于河面较窄、流量不大、河床没有沙滩的小河床。可在河流中心取样，也可在河流断面上取混合水样。

C.2.2.1.2 三点布设法

当在工业城市的下游有较大的河心滩时，则在河水分流处布设一点，河心滩两边各设一点。

C.2.2.1.3 断面布设法

对于河面宽、水量大、水深流急的河流应采用断面布设法。

河流水系采样垂线的布设及采样垂线上采样点布设，应符合表 C.2 和表 C.3 的规定。特殊情况可按河流水深和待测物分布均匀程度确定。

表 C.2 河流水系采样垂线布设

水面宽(m)	采样垂线布设	岸边有污染带	相对范围
<50	1 条(中洪处)	如一边有污染带增设 1 条垂线	
50~100	左、中、右 3 条	3 条	左、右设在距湿岸 5m~10m 处
100~1000	左、中、右 3 条	5 条(增加岸边两条)	岸边垂线距湿岸边 5m~10m 处
>1000	3~5 条	7 条	

表 C.3 河流水系采样垂线上采样点布设

水深(m)	采样点数	位 置	说 明
<5	1	水面下 0.5m	1.不足 1m 时,取 1/2 水深。 2.如沿垂线水质分布均匀,可减少中层采样点。 3.潮汐河流应设置分层采样点。
5~10	2	水面下 0.5m, 河底上 0.5m	
>10	3	水面下 0.5m, 1/2 水深, 河底以上 0.5m	

C.2.2.2 湖泊、水库的布点方法

根据汇入湖、库的河流数量,径流沿岸污染源的影响,水体的生态环境特点,湖库中污染物的扩散与水体的自净力等情况,设置以下几种断面:

C.2.2.2.1 在湖泊、水库的主要出入口、中心区、滞流区设置断面。

C.2.2.2.2 峡谷型水库,应在水库上游、中游、近坝区及库层与主要库湾回水区布设采样断面。

C.2.2.2.3 在湖、库区沿岸的城市、工业区、大型排污口、饮用水源、风景游览区、游泳场、排灌站等地,以这些功能区为中心,在其辐射线上设置近似弧型的采样断面。

C.2.2.2.4 在湖、库中不同鱼类的洄游产卵区设置采样断面。

C.2.2.2.5 湖泊(水库)无明显功能分区,可采用网格法(同心圆法或平行线法)均匀布设,网格大小一般为 2km^2 。

主要出入口上、下游和主要排污口下游断面,其采样垂线按表 C.2 规定布设;湖泊、水库的中心,滞流区的各断面,可视湖库大小、水面宽窄,沿水流方向适当布设 1 条~5 条采样垂线。采样垂线上采样点的布设要求与河流相同;水体封冻时,采样点应布设在冰下水深 0.5m 处;水深小于 0.5m 时,在 1/2 水深处采样(表 C.3)。

C.2.2.3 农田灌溉水和农田退水布点方法

农田灌溉水和农田退水样点应布设在主要灌溉取水口和退水口。在有灌溉水网地区,应按常年主导流向设置断面;有多个叉路时应设置在较大干流上,控制径流量不得少于总径流量的 80%。

C.2.3 采样方法

C.2.3.1 采样频次和时间

C.2.3.1.1 江、河、湖、库等水系分枯水期、平水期、丰水期采样，北方有冰封期和南方有洪水期限的省市，必须增加冰封期、洪水期采样。

C.2.3.1.2 定期进行大规模农田灌溉的地区则在灌溉期间同步取样。

C.2.3.2 样品采集要求和注意事项采样频次和时间

C.2.3.2.1 采样应在自然水流状态下进行，不应扰动水流与底部沉积物，以保证样品代表性。

C.2.3.2.2 水样采集量视采用的分析方法所需水样量及备用量而定。

C.2.3.2.3 采样时，采样器口部应面对水流方向。用船只采样时，船首应逆向水流，采样在船舷前部逆流进行，以避免船体污染水样。

C.2.3.2.4 容器在装入水样前，应先用该采样点水样冲洗三次。装入水样后，应按要求加入相应的保护剂，之后摇匀，并及时填写水样标签。

C.2.3.2.5 水样添加的保护剂应按照 DD2005—03 区域生态地球化学样品分析技术要求（试行）要求执行。

C.2.3.2.6 因采样器容积有限，需多次采样时，可将各次采集的水样放入洗净的大容器中，混匀后分装。

C.2.4 样品采集质量控制、样品制备与现场测定

C.2.4.1 质量控制样品数量应为水样总数的 10%~20%，每批水样不得少于 2 个。

C.2.4.2 质量控制样品可用以下方法：

C.2.4.2.1 现场空白样。在采样现场，按样品采集相同步骤，将纯水装瓶，与水样同样处理，以掌握采样过程中环境与操作条件对监测结果的影响。

C.2.4.2.2 现场平行样。现场采集平行水样，用于反映采样与测定分析的精密度状况，采集时应注意控制采样操作条件一致。

C.2.4.2.3 加标样。取一组现场平行样，在其中一份中加入一定量的被测物标准溶液。然后两份水样均按常规方法处理后，送实验室分析。

C.2.4.2.4 pH 值参数应在采样现场采用 pH 值计法测定，悬浮物可在现场采集一定容量水样，用中速定量滤纸过滤获得。

C.2.4.2.5 水样保存与运送按照 DD2005-03 区域生态地球化学样品分析技术要求（试行）执行。

C.2.5 样品记录

样品记录格式见表 C.4。

表 C.4 水样采集记录表

地区		采集时间		编号	加入 10mL (1+1) HCl 水样	
地名		采集量			加入 50mL 浓 HNO ₃ 及 10mL 5% K ₂ Cr ₂ O ₇ 水样	
水渠或水系名称		pH 值		经纬度	经度: _____ 纬度: _____	
每亩地灌溉水量 (M ³)			年降雨量(mm)			
采样水域 特征描述						

采集人: _____ 记录人: _____ 核对人: _____ 时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日

C.2.6 资料收集

收集评价区每亩农田年灌溉水量和年降雨量。

C.3 底泥样品

C.3.1 采样点布设

C.3.1.1 采样点布设原则

与地表水采样垂线相结合。

C.3.1.2 采样点布设方法与要求

C.3.1.2.1 采样断面应选择在水流平缓、冲刷作用较弱的地方，采样点按两岸、近岸与中心布设，近岸采样点距湿岸 2 m~10 m。如因含砾等采集不到样品，可略作移动，但应作好记录。

C.3.1.2.2 湖泊、水库采样点布设应与湖泊、水库水质采样垂线一致。

C.3.1.2.3 底泥柱样品采样点应设置在河段沉积较均匀，代表性较好处。

C.3.2 采样

C.3.2.1 采样方法

C.3.2.1.1 用挖式、锥式或抓式沉积物采样器采集，水流流速大时需与铅锤配用。

C.3.2.1.2 底泥柱样品用管式沉积物采样器采集。

C.3.2.1.3 水深小于 1.5m 时，亦可选用削有斜面的竹杆采样。

C.3.2.2 底泥样品采集要求及注意事项

C.3.2.2.1 采样前，采样器应用水样冲洗，采样时应避免搅动底部沉积物。

C.3.2.2.2 为保证样品代表性，在同一采样点可采样 2~3 次，然后混匀。

C.3.2.2.3 样品采集后应沥去水份，除去石块、树枝等杂物。供无机物分析的样品可放置于塑料瓶(袋)中。

C.3.2.2.4 底泥采样量为 0.5 kg~1.0 kg（湿重），测试项目多时应酌情增加。

C.3.2.2.5 底泥样品的采集应与水质采样同步进行。

C.3.3 样品记录

样品记录见表 C.5。

表 C.5 底泥样品采集记录表

市：_____ 区：_____ 乡（镇、街道）：_____

点号		样品编号		位置	
经度		纬度		采样时间	
采样点离水面高度					
采样点周围环境描述					
样品描述					

采集人：_____ 记录人：_____ 核对人：_____ 时间：_____ 年 _____ 月 _____ 日

C.3.4 样品保存

底泥样品采集后，贮存于聚乙烯或玻璃容器中，测试重金属样品可在-20℃~-40℃冷冻保存 6 个月（汞为 30 天）；测试颗粒度的样品在分析前严禁冷冻和烘干处理。

C.3.5 样品制备

C.3.5.1 自然风干。

C.3.5.2 剔除石块、贝壳、杂草等杂质，平摊在有机玻璃板上，剔除明显的砾石与动植物残体，反复碾压过 20 目筛，至筛上不含泥土为止。

C.3.5.3 测定金属的样品应用玛瑙粉碎器皿，研磨至全部样品通 80 目~200 目筛(视测定项目要求而定)。

C.3.5.4 筛下样品应采用四分法缩分，得到所需量的底泥样品装入棕色广口瓶中，贴上标签后，供测试用或冷冻保存。

C.3.5.5 测定金属项目的样品应使用尼龙网筛；测有机污染物样应使用不锈钢网筛。

C.3.5.6 测定汞、砷、硫化物等项目样品宜采用人工方法碎样，并且过 80 目筛。

C.4 肥料样品

C.4.1 样点布设

C.4.1.1 采样点布设原则

C.4.1.1.1 所采样品要有普遍性，能代表调查区 90% 以上的用肥情况。

C.4.1.1.2 样品数满足数据统计要求。

C.4.1.2 采样点布设方法

C.4.1.2.1 把调查区按行政区划分成若干片，在每个片区选一至两个销售点集中采样。

C.4.1.2.2 用网格法均匀布设采样点，分散到农户家取样。

C.4.2 采样

C.4.2.1 采样方法

用样签或样铲人工取样。

C.4.2.2 采样要求

C.4.2.2.1 分别对氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、微肥、有机肥等大量施用的肥料取样。

C.4.2.2.2 样量满足分析和保存量要求，一般为 1 kg~1.5 kg。

C.4.3 样品记录

样品记录格式见表 C.6。

C.4.4 资料收集

深入农户，了解调查区使用化肥、有机肥(包括污泥、底泥等)的比例和年施用量。

表 C.6 肥料样品采集记录表

市：_____ 区：_____ 乡（镇、街道）：_____

地区		地名		编号		经度
						纬度
肥料名称		主要标注成份		样品外观描述	颜色：	
施肥量/年·亩		采样时间			形态	固态：结晶 粒状 粉状
						液态：溶液 悬浮液
备注						

采集人：_____ 记录人：_____ 核对人：_____ 时间：_____ 年 月 日

附录 D
(资料性附录)
城市大气污染物采集方法

D.1 不同污染端降尘

D.1.1 样点布置

选择城市汽车交通流量大的地段或按照网格，布置交通尘采样点；选择规模较大的建筑工地，布置建筑尘采样点；根据城市区燃煤企业分布情况，布置燃煤尘采样点；充分考虑城市区主导风向，在冶炼厂下风处布置冶金尘采样点；选择城市中大的停车场、长途车站、加油站布置汽车尾气尘采样点。

D.1.2 样品采集

a) 选择采样点附近的电线杆、树木、建筑物等 1.5 m~2 m 以上部位采集交通尘、建筑尘、燃煤尘和冶金尘等；直接在汽车尾气管内刮取尾气尘，相同类型的汽车尾气尘合并成一个样品，记录汽车类型和所用汽油型号。

b) 样品量满足分析量及保存备用需要，所有样点用 GPS 定位，记录格式见表 D.1。

D.1.3 样品采集工具

毛刷、纸袋、手套和 GPS。

表 D.1 城市区不同污染端降尘记录表

市：_____ 区：_____ 乡（镇、街道）：_____

类别	交通尘	建筑尘	燃煤尘	冶炼尘	尾气尘	其他
点号		位置				
样品 编号		坐标	X _____Y_____			
降尘采样点离地面高度						
采样点周围环境描述						
备注						

采集人：_____ 记录人：_____ 核对人：_____ 时间：_____ 年 _____ 月 _____ 日

D.2 大气可吸入颗粒物

大气颗粒物采集种类有总悬浮颗粒物(TSP)、可吸入颗粒物(PM₁₀和PM_{2.5})，颗粒物粒径越小，吸附的有毒重金属和多环芳烃等有机物越多，危害越大。

D.2.1 样点布置

充分考虑工矿企业和城市不同功能区分布特征，布置采样点，或在空间上均匀部署。

D.2.2 样品采集

- a) 所用选用切割器必须经国家环境保护部主管部门（或委托的单位）校验标定。
- b) 采用合格的超细玻璃纤维滤膜。采样前在干燥器内放置 24 小时，用感量优于 0.1mg 的分析天平称重，放回干燥器一小时后再称重，两次重量之差不大于 0.4mg 即为恒重。
- c) 将已恒重好的滤膜，用镊子放入洁净采样夹内的滤网上，牢固压紧至不漏气。如果测定任何一次浓度，每次需更换滤膜；如测日平均浓度，样品采集在一张滤膜上。
- d) 如果测定任何一次浓度，采样时间不得少于 1 小时，测定日平均浓度间断采样时不得少于 4 次。
- e) 如果采集同时 TSP、PM₁₀ 和 PM_{2.5} 样品时，需利用不同直径的大气颗粒物切割器，在同一个地点三台采样器同时采集。
- f) 采样点应避开污染源及障碍物，采样器入口距地面高度不得低于 1.5m，样品采集条件为无大风和降雨等气候现象。采集现场测试并记录大气压力和温度，记录格式见表 D.2。
- g) 采样结束后，用镊子取出，将有尘面两次对折，放入纸袋，并做好采样记录。各项操作细节见《大气飘尘浓度测量方法》(GB6921-86) 要求。

表 D.2 大气可吸入颗粒物采集记录表

采集人：	记录人：	时间：	年	月	日		
地区		地名		经度		纬度	
温度		气压		风力		其它	
采集时间段	年 月 日 时 分 — 月 日 时 分						
TSP 滤膜编号				PM ₁₀ 滤膜编号			
PM _{2.5} 滤膜编号*				PM _{2.5} 滤膜编号			
备注	详细记录当日的气候情况。						

D.3 汞气测量

D. 3. 1 准备工作

大气汞和壤中汞测量方法为金丝管富集-冷原子吸收分光光度法。金丝管为石英玻璃材质，内径 0.5cm，长度 24cm，将细金丝缠绕成团状固定在金丝管内中段。由于金丝会吸附空气中的汞，因此采样前，需将金丝管在 XG-7Z 塞曼测汞仪热解炉内反复灼烧，使金丝富集的汞完全释放。

D. 3. 2 大气汞采样方法

将烧好的金丝管放在专用盒子里，携带到采样点。采样时，将金丝管进气端连接除尘滤头，以防止灰尘进入，金丝管出气端通过硅胶管连接到抽气泵，抽气泵抽气速率稳定在 3-5 L/min，抽取 V 升（一般为 3 升）气体后，取下金丝管放置到专用盒内带回室内准备测试。

D. 3. 3 壤中气汞采样方法

用钢钎和铁锤在地面打一个 0.5-1 米深的取样孔，将螺旋取样器钻入取样孔，密封孔口，防止外界大气进入取样孔。螺旋取样器上端出气口与除尘装置、金丝管、抽气泵依次连接，抽气泵抽气速率视土壤致密情况稳定在 1-3L/min 左右，抽取 V 升（一般为 3 升）气体后取下金丝管放置到专用盒内带回室内准备测试。

D. 3. 4 壤中气汞、大气汞分析及计算

壤中汞和大气汞测量仪器为 XG-7Z 塞曼测汞仪，该仪器包括主机和热解炉两部分。测量时，将热解炉与主机连接好，打开主机，设定热解炉温度为 800℃左右，预热 30-50 分钟，使热解炉温度稳定，同时主机 V_{Rt} 和 V_{st} 值调试稳定在 8000-9000 之间，将主机“延时”设为 30 秒。

由于塞曼测汞仪不能直接测出汞含量，因此需要对测汞仪进行标定，取一根未采样的金丝管，将金丝管出气口连接到微型抽气泵上，用微型注射器从汞蒸汽瓶中抽取体积为 V 标（单位 μl ）的饱和汞蒸汽，注射到金丝管进气口中，启动微型抽气泵使汞蒸汽全部富集到金丝上，同时记录汞蒸汽瓶内的温度 T。将富集汞蒸汽的金丝管出气端通过硅胶管连接测汞仪主机样气进口，金丝管进气端伸入热解炉内，并使金丝部位尽量靠近炉膛内中心位置，迅速摁下主机“启动”键，解吸附 30 秒后主机气泵开始抽气，记录主机显示的吸光度“Ap”峰值 A 标。假设温度 T 时饱和汞蒸汽的浓度为 ρ （单位 $\text{pg}/\mu\text{l}$ ），可获得标定系数 $K1=V \text{ 标} \cdot \rho / A \text{ 标}$ 。依此方法用 10 根金丝管进行标定，获得 $K1 \sim K10$ ，取均值 K 作为本次测汞的标定系数。

对大气汞采样金丝管进行测试，主机设定和分析步骤同上。假定 01 号采样管获得的“Ap”

值为 A 样 01，那么该采样点大气 Hg 含量 $M01=A \text{ 样 } 01 \cdot K/V$ ，M 单位为 ng/m^3 。

D. 3. 5 热释汞样品分析及计算

将干燥土壤样过 100 目筛，精确称量 M 克（一般取 0.1~0.2g 左右）样品放入石英舟内，按样号顺序排好备用。将热解炉后端出气口通过硅胶管与塞曼测汞仪样气进口相连。由于土壤当中存在多种含汞矿物，各自热解温度不同，因此视工作需要对热解炉温度进行不同的设定(表 D. 3)。

表 D. 3 不同热解温度对应的汞相态表

温度(℃)	800	800~400	280~400	180~280	180~100	100
汞相态	全汞	HgSO ₄	HgS	HgCl ₂	Hg ₂ Cl ₂	吸附汞

测试样品前使用土壤标样（GSS）对主机进行标定，将炉温设定 800℃左右，“延时”设为 30 秒，“积分”设定为 60 秒。待主机 V_{Rt} 和 V_{st} 值都稳定在 8000-9000 后，用镊子将盛有 $M_{\text{标}}$ 克标样的石英舟放入到热解炉内中部，迅速摁下主机“启动”键，解吸附 30 秒后主机开始测汞程序，记录主机显示的“Ap”值 $A_{\text{标}}$ ，假设该标样的全汞含量为 $C_{\text{标}}$ ，则标定系数 $K_{\text{标}}=C_{\text{标}}/M_{\text{标}}/A_{\text{标}}$ 。进行多次标定，取 $K_{\text{标}}$ 平均值 K 作为本次热释汞的标定系数。

用相同的方法测得 $M_{\text{样}}$ 克土壤样品“Ap”值为 $A_{\text{样}}$ ，则该土壤样品热释汞全汞含量 $C_{\text{样}}=A_{\text{样}} \cdot K/M_{\text{样}}$ ， $C_{\text{样}}$ 单位与 $C_{\text{标}}$ 相同。

将炉温分别设定为 800~400℃、280~400℃、180~280℃、180~100℃、100℃，可分别计算获得不同温度下的热释汞 Ap 值，通过上述换算关系获得热释汞含量。

附录 E
(资料性附录)
湖泊及浅海沉积物采集方法

E.1 样点布置

E.1.1 湖泊沉积物

采用剖面部署湖泊底积柱，剖面位置应从汇水口开始部署；对于 $>100\text{km}^2$ 的湖泊，底积柱应 >6 个， $50\text{ km}^2\sim100\text{km}^2$ 的湖泊，湖泊底积柱应 >4 个， $<50\text{km}^2$ 的湖泊应为1个~2个。

E.1.2 浅海沉积物

应用面、柱相结合的原则进行采样，既考虑到研究区面上的均匀性，又考虑到关键点的环境污染历史记录。

E.2 样品采集

E.2.1 采样点定位

在采集底积柱之前，应根据地形图初步计算每个底积柱的图面坐标，湖面中柱与柱之间的位置相对均匀。实际采样过程中，将计算的坐标输入手持GPS中，采用GPS导航的方法，寻找拟采集底积柱样品的位置。

E.2.2 采样方法

E.2.2.1 每点采集水样、生物样和沉积物样。采样范围兼顾河口、滩涂及浅海的深度变化。水面以上（滩涂）的沉积物样品采集使用金属铲，水面以下的沉积物样品采集使用小型曙光采泥器（GB17378.7-1998）。

E.2.2.2 沉积柱样品，采用专用柱状重锤式重力采样器，到达取样点后，固定船或水上平台后，根据GPS定点记录点位，同时记录水深，然后进行垂直取样。为确保表层没有明显地受采样器的扰动，采样器要垂直且尽可能慢地一次性取湖底完整岩芯。如在拟定位置由于沉积速率过小或其它因素采集不到湖底完整岩芯，可适当调整采样位置。

E.2.2.3 柱状样长度大多控制在50 cm~100 cm左右（有个别底积柱要求加深到200 cm左右），每个底积柱具体取样深度以能反映出100年来沉积变化序列为原则，沉积物岩芯直径不小于5cm，且保证沉积物岩芯顶部以上有5 cm~10 cm的湖水(或海水)。

E.2.2.4 完整沉积物岩芯提出水面后，现场用底部顶芯器将岩芯从底部向上顶出，按规定间隔用专用切割器切割样品，岩芯切割密度为0.5 cm~2.0 cm（分样间隔应事先对当地湖泊沉积物沉积速率进行初步资料调研，一般来说沉积速率快则取样间隔大，反之则取样间隔

小), 最小切割间距 $>0.1\text{ cm}$ 。将分割好的样品直接放入样品盒或密封塑料袋中, 也可用 PVC 管当场密封, 液氮凝固或速冻, 运回实验室切割和切片描述。对于 $>100\text{ cm}$ 的底积柱样品, 为运输方便, 应分段用 PVC 管密封。

E. 2. 2. 5 一个采样点原则上要求同时取 3 个沉积柱样。同一地点的 3 个底积柱沉积物岩芯的样品切割间距应完全一致。其中第一个底积柱的切割样品进行 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs 同位素测年分析; 第二个底积柱切割样品留作重金属和其他理化参数分析; 第三个底积柱切割样品留作有机污染物分析 (需保存在冰柜中)。同时应在冰柜中保存切割后的完整岩芯副样。

E. 2. 2. 6 单个切割样品的时间分辨率应在 5 年以内 (3 年~5 年), 分析重金属含量、理化参数及有机污染物的切割样品应根据同位素测年数据, 进行适当组合。

附录 F
(资料性附录)
生物样品采集方法

F.1 选样与采集

F.1.1 植物样品

植物样品包括植株茎叶等组织、籽粒和蔬菜瓜果等。

F.1.1.1 选定样株

样株要有充分代表性，采样时要避开株体过大过小、遭受病虫害或机械损伤以及田边路旁的植株。

F.1.1.2 取样和测产

F.1.1.2.1 粮食作物

F.1.1.2.1.1 小麦

a) 选点及采样：首先了解整个田块面积、地形及小麦长势。目测麦株密度、高矮、麦穗大小及成熟度等，根据这些情况进行分类。把整齐度一致的麦株划为一类，估算出各类别的面积比例。然后分类选点取样和并按比例测出产量。

通常在 5 亩以内、长势整齐的小麦田中，采用对角线法选取 4 个~5 个样点，四周样点要距地边 1 m 以上，个别样点如缺乏代表性应作适当调整，每个样点取 50cm×(播幅+幅距) cm 的样方一个。

b) 测产：首先在每个样方内，数出有效穗数：

$$\text{每亩穗数} = \frac{\text{样点内有效穗数}}{\text{样点面积}(m^2)} \times 666.7m^2 \dots\dots\dots(F.1)$$

在每个样点内随机数 20 株的每穗结实粒数，求出平均每穗实粒数。最后根据所测品种历年千粒重计算粒重，或将所有选定样本的植株全部脱粒晒干后，测其千粒重。

c) 产量计算：每亩产量计算的理论值为：

$$\text{理论产量}(kg/\text{亩}) = \frac{\text{每亩穗数} \times \text{平均每穗实粒数} \times \text{千粒重}(kg)}{1000} \dots\dots\dots(F.2)$$

理论产量是每亩净面积产量，若麦田畦作，畦沟占地较多的应乘以土地利用率(%)，另外再乘以 95% (减去脱粒和收获损失 5%)，理论产量与实收产量可基本相符。

F.1.1.2.1.2 玉米

首先对所测地块的生长发育状况进行实地察看，选点时根据地块大小确定样点数目，一般每块地选 5 个~10 个点，每点取代表性植株 10 株~20 株。选测 20 行~30 行的行距，求出平均行距，再间隔选出 4 行~5 行，每行测 40 株~50 株的株距，求出平均株距。同时

计算出所测株的总穗数，求出单株结穗率。

$$\text{株数/亩} = \frac{666.7(m^2)}{\text{平均行距}(m) \times \text{平均株距}(m)} \dots\dots\dots(F.3)$$

$$\text{单株结穗率} = \frac{\text{穗数(亩)}}{\text{株数(亩)}} \dots\dots\dots(F.4)$$

在测定株距地段上，剥开苞叶数计每穗粒数。粒重根据所测品种历年千粒重计算，或将定样本植株的果穗全部脱粒晒干后，测其千粒重。

预测每亩产量可用以下两种公式：

$$\text{预测每亩产量}(kg) = \frac{\text{每亩穗数} \times \text{每穗实粒数} \times \text{千粒重}(kg)}{1000} \dots\dots\dots(F.5)$$

$$\text{预测每亩产量}(kg) = \frac{\text{取样粒重}}{\text{取样株数}} \times \text{每亩实际株数} \dots\dots\dots(F.6)$$

F. 1. 1. 2. 1. 3 大豆、油菜和水稻

大豆、油菜和水稻样品的采集同玉米。

F. 1. 1. 2. 2 瓜果蔬菜

不同大小的瓜果蔬菜，采集数量不同。较小的果实，如青椒应不少于 40 个；番茄、洋葱、马铃薯不少于 20 个；黄瓜、茄子（大蒜、胡萝卜）不少于 15 个；大的瓜果（白菜球、橄榄球、萝卜）不少于 10 个。数量多时切取果实的 1/4（或 1/6、1/8）组成平均样品，总鲜重以 1 kg 左右为宜。

F. 1. 1. 2. 3 牧草

牧草样品要求在广泛的地块中选取 3-5 个有代表性的样方采集，留茬高度一致，约为 1 cm～3 cm。

F. 1. 1. 2. 3 中药材

F. 1. 1. 2. 4 木耳

F. 1. 1. 2. 5 蘑菇

F.1.1.3 样品切割

样品采集后，立即将植株样品按不同部位(根、茎、叶、籽粒)分开，以免养分转移。剪碎的样品太多时，可在混匀后，用四分法缩分至所需的量(要保证干样约 100 g)。籽粒的样品要在脱粒后，混匀铺平，用方格法和四分法缩分，取得约 250 g 样品。颗粒大的籽实可取 500 g 左右。

F.1.1.4 样品洗涤

一般作微量元素分析和肉眼明显看得见或明知受到施肥、喷药污染的样品需要洗涤。样品应在刚采集的新鲜状态冲洗，一般可用湿布擦净表面污染物，然后再用蒸馏水冲洗 1 次~2 次。

F.1.1.5 样品测定

测定硝态氮、氨基态氮、氰、无机磷、水溶性糖、维生素等不稳定成分须用新鲜样品，如需短期保存，必须在冰箱中冷藏；测定大量和微量元素时则常用干燥样品，洗净的样品必须尽快干燥。通常先将鲜样在 80℃~90℃烘箱（最好用鼓风烘箱）中烘 15min~30 min，然后降温至 60℃~70℃，逐尽水分，时间需视鲜样水分而定，大约 12h~24h。对于某些特殊元素如 Hg、As 的测定，推荐低温冷冻干燥法，或在 60℃以下烘干，但此种情况需同时做不同干燥温度（至少包括冷冻干燥，常温风干两个对照温度）对作物中 Hg、As 含量影响的对比实验。

F.1.2 动物样品

F.1.2.1 肉类

一般到工区内大的集贸市场购买来自调查区内的新鲜肉样品至少 3 件，最好取里脊、胸肌或背肌。根据统一取样的原则，取同一部位的肉样，搅碎混匀，按四分法分取样品，或在不同位置切取小块，混合为一个样品，重约 500g，冷冻保存。

F.1.2.2 奶类

选择至少 3 个奶牛养殖点(户)，取刚挤出的原奶约 500 mL，混合后，留取 500 mL。

F.1.2.3 水产类

大鱼（250g 以上）取 3 条-5 条，小鱼取 10 条-30 条，洗净后沥去水分，去鳞、鳍、内脏、皮、骨等非可食部分，取一侧或全部可食部分，约 500 g。每条鱼在颈后和肛门后，以及二者之间中心部位各切取一窄段鱼体，混合后成为一个样品。如果只取某一部分，则分取

该部分，混合成一个样品。小的鲜鱼按种类、大小分类，尽快冷藏。如只分析某一部分，则将分离的部分冷藏。分析时在捣碎器内捣成均匀浆质，然后进行分析。测定有机污染物的样品用有机溶剂萃取，测定金属元素的样品需要进行灰化。

贝类或甲壳类样品，洗净沥干后，取可食部分约 100g~200g，贝类应将壳内汁液共同取出混入食用部分。可在速冻后连同冰一起挖出，捣碎，保存于冰箱中或立即分析检测。

海藻类样品，选取条状海带，冲洗清洁后，沿中央肋剪开，各取其半，剪碎混匀，按四分法取样 100g~200g，贮存于冰箱中或立即分析检测。

F.1.3 人体样品的采集

人体样品主要指血液、头发。取人体血液样品应先准备洗净的硬质玻璃小试管，取样时将所取准确体积的样品注入试管，并用聚乙烯塑料薄膜包裹管口，冷冻保存，一般不用抗凝剂，如有必要可用柠檬酸钠抗凝(6 mg 柠檬酸钠可抗凝 1 mL 血液)。

人发样品一般以 2g~5g 为宜，要求取枕部同一部位的头发。头发样品先经 1% 的洗涤剂浸泡，再用蒸馏水冲洗干净，最后用蒸馏水清洗三次，于 60℃ 烘干。

F.2 样品的贮存、处理和测定的有关注意事项

F.2.1 样品预处理

元素 Hg、Cd、Pb、As 的分析方法和检出限均参照食品中总汞（GB/T50012.17-1996）、总镉（GB/T50012.15-1996）、总铅（GB/T50012.12-1996）、总砷（GB/T50012.11-1996）测定的国家标准方法进行。如果条件允许建议采用冷冻干燥，微波密闭消解后测定。

F.2.2 样品储存

粮谷、豆类可用布袋、纸袋盛装，常温、通风良好时，也可用广口瓶装；鱼、贝、藻类和动物性食品（极易腐败）用塑料袋盛装，低温下保存；瓜果*、蔬菜类*可用食品塑料袋盛装，防止腐烂。

F.2.3 样品加工

对于水分少、油脂少的干燥样品如粮食等，一般粉碎样品的仪器多采用研钵和粉碎机。样品粉碎至全部过 1 mm 筛。对于水分多，脂肪多的样品，如鱼、肉、贝、蔬菜*、水果*等，多使用匀浆机和组织捣碎机进行。

带*号的样品也可用干样分析。

附录 G
(资料性附录)
有机污染物采样技术要求

G.1 布点原则

G.1.1 农业生态系统和草地生态系统为均匀布点。

G.1.2 湿地湖泊生态系统以水面面积划分布点单元。

G.1.3 浅海生态系统需要考虑潮间带到水深 10 m 的变化,滩涂养殖区要兼顾海岸带潮间变化情况进行布点。

G.1.4 河流生态系统布点,要考虑支流可能污染源对主干河流的影响。以断面的形式,在支流和主干河流的前后布点。在对湖泊调查时,进入湖泊的水体也就采取该形式布点。

G.1.5 城市生态系统的布点以城市功能区特征为原则,功能区划分不明显的城市,可网格化均匀布点。

G.1.6 道路生态系统,将道路作为线型污染源,在支路进入主干道路附近对支路和主干道路作垂直于道路走向的剖面采样。

G.1.7 各生态系统和研究区域的采样密度视研究内容进行调整。

G.2 采样方法

G.2.1 土壤样品:在布点处用金属铲取土壤表层(0 cm~5 cm)和近表层(5 cm~20 cm)各一件,弃去生物碎片和粗颗粒物,取样品重量约 2 kg;采样时间应该是夏季和冬季各一次;样品用聚乙烯密封袋包装。

G.2.2 水体样品:在断面上,当水深小于或等于 5 m 时,只在所布点的水面下 0.3 m~0.5 m 处采一件样品;水深 5 m~10 m 时,在布点处水面下 0.3 m~0.5 m 处和河底以上约 0.5 m 处各采一件样品;水深 10 m~50 m 时,在布点处设三个采样点,即水面下 0.3 m~0.5 m 处、河底以上约 0.5 m 处和 1/2 水深处;水深大于 50 m 时,应酌情增加采样点数。每件样品的采样量约为 5000 ml,采样时间每年至少两次,即丰水期和枯水期各一次,在有可能的情况下增加一次平水期。样品用玻璃器皿盛装,该玻璃器皿预先经过洗液等清洗并烘干。

G.2.3 大气样品:因有机污染物在大气中可以气态形式存在,也可以吸附于颗粒物中的形式存在,所以大气样品采集应该就条件采集一相,即颗粒相,也可采集两相,即颗粒相和气相。采样方法是:用大流量大气采样器采集,在采集器中串联石英滤膜和聚亚安酯泡沫(polyurethane foam plugs, PUF),石英滤膜在前、聚亚安酯泡沫在后。大气首先通过石英滤膜,将大气中的颗粒物给截留在滤膜上,后通过聚亚安酯泡沫,使气态的有机污染物被吸附在聚亚安酯泡沫上。采样仪器中所有与石英滤膜和聚亚安酯泡沫接触的部分必须用有机溶剂

清洗，石英滤膜预先要经过 450°C 烘烤 4h，聚亚安酯泡沫需要用二氯甲烷抽提 48h。样品采完后，石英滤膜和聚亚安酯泡沫均用广口瓶盛装。该广口瓶预先需用洗液等清洗，后经过 450°C 烘烤 4h 备用。采样时间每年至少 2 次，即夏季和冬季。每件样品的采集时间以 24h 为准。

G. 2. 4 沉积物样品：在布点处使用小型曙光采泥器（GB17378.7-1998）或用静压取样钻采集沉积物样品，每点分割成 2 个样品，即 0 cm~2 cm 和 2 cm~10 cm。弃去样品中可能存在的生物壳类和生物碎屑，样品重量（湿重）1 kg。用聚乙烯密封袋盛装。

G. 2. 5 生物体样品的采集：分植物和动物两类。

G. 2. 5. 1 植物样品采集

采集农作物样品时，不要取田埂上或离田埂 2 m 以内的植株，或离肥堆太近的植株作样品；取样点不要紧靠公路和铁路。取水生植物样品时，不要离排污口太近。采样时要注意植物的生长状况及其发育阶段。大田作物可按梅花形法或交叉点法取得代表性样品。植物样品重量最终能得到干重 20 g~30 g 为宜，一般可以新鲜样品约含水 80%~90%来估计。

取全植株样品时要注意根系完整，大的植株可采取按对称轴分取的办法来缩减样品。样品外部所沾的泥土，要用纱布蘸蒸馏水擦洗，不要随使用水洗。清洁干净的样品，若蔬菜类茎叶柔嫩，可用电动捣碎机捣碎，捣碎时，视蔬菜含水情况适当补加一些去离子水；草杆、树叶、树枝等较坚韧的样品可用不锈钢剪刀剪碎，或烘干后放到布袋内揉碎；谷物等籽粒一般都用谷物粉碎机或硬质球磨机磨碎，其粒度以通过 40 目尼龙筛为宜。植物样品，除谷物籽粒可在较高温度烘干外，一般只能在 60°C ~65°C 以下烘干。

G. 2. 5. 2 动物样品的采集

人体样品主要指血液、头发样品。取人体血样应先准备洗净的硬质玻璃小试管。取样时将所取准确体积的样品注入试管，并用聚乙烯塑料薄膜包裹管口，冷冻保存。一般不用抗凝剂，如有必要可用柠檬酸钠抗凝(6mg 柠檬酸钠可抗凝 1mL 血液)。人发样品一般以 2 g~5 g 为宜，要求取枕部 2cm 处头发。取得的头发应洗净、烘干保存。发样先经 1%的洗净剂浸泡，再用一般蒸馏水冲洗干净，最后用去离子水清洗 3 次，于 60°C 烘干。

大个体的动物，以一头作为一个取样单位。在躯干的各部位切取肌肉片合成一个样品，脏器可剔除大血管后，搅碎混匀，分取部分作为样品，或在不同位置切取小块，混合为一个样品，冷冻保存。

长于 15 cm 的大鲜鱼按种类和大小作粗略分类。每条鱼在颈后和肛门后，以及二者之间中心部位各切取一窄段鱼体，混合后成为一个样品。如果只取某一部分，则分取该部分，混

合成一个样品。小的鲜鱼按种类、大小分类，尽快冷藏。如只分析某一部分，则将分离的部分冷藏。分析时在捣碎器内捣成均匀浆质，然后取部分分析。测定有机污染物的样品用有机溶剂萃取，测定金属元素的样品需要进行灰化。

贝类样品分类后，用纯净的自来水冲洗掉泥沙，去外壳，并将贝肉捣碎混匀，分取部分作样品。蛋类、乳类样品也应采取混合样。

G. 3 有机污染物样品运输和保存

G. 3.1 有机污染物在自然环境中极容易挥发和降解，也极易被环境所污染，所以有机污染物样品在运输和保存中必须采取特别措施。

G. 3.2 所有样品在运输过程中都必须避免与高温、有机污染源接触，尽量避光。

G. 3.3 动物样品在密封袋密封前，在样品中加入 5 mL 甲醇，以限制细菌的生长。在-20℃的低温冷冻中保存。

G. 3.4 液体样品中如果有余氯存在，可在每升样品中加入 90 mg 硫代硫酸钠并混匀。样品在 4℃ 下避光保存。采样后 7 日内进行萃取。

附录 H
(资料性附录)
土壤剖面样品采集方法

H.1 概念

H.1.1 土壤剖面 土壤剖面指从地表到母质的垂直断面，深度一般在两米以内。通常由人工挖掘而成，供观察和研究土壤形态特征用。因修路、开矿或兴修水利设施时显露的土壤垂直断面称自然剖面。不同类型的土壤，具有不同形态的土壤剖面。土壤剖面表示了土壤的发生层次、颜色、质地、结构、新生体等外部特征。

H.1.1 土壤发生层 在土壤形成过程中，由于物质的迁移和转化，土壤分化成一系列组成、性质和形态各不相同的层次，称为发生层(简称土层)。一个发育完全的土壤剖面，从上到下可划出三个最基本的发生层次，即 A、B、C 层，组成典型的土体构型。

1、淋溶层(A)：处于土体的最上部，又可称表土层，包括有机质的累积层或物质淋溶层。本层中生物活动最为强烈，进行着有机质的积累转化作用，颜色较暗，一般具有粒状结构。如果在比较湿润的地区，这一层内还发生物质（包括有机质和矿物质）的淋溶作用，所以又叫淋溶层。

2、淀积层(B)：在 A 层的下面，是由物质淀积作用而造成的。本层的淀积物主要来自土体的上部，也可以来自土体的下部及地下水，由地下水上升，带来水溶性或还原性物质，因土体中部环境条件改变而发生沉积聚集；还可以来自人们施用石灰、肥料等来自土体外部的物质，这些物质在土体的中部、下部乃至土体的表层淀积。

3、母质层(C)：处于土体最下部，没有明显的成土过程的土壤层次称为母质层。它是由风化程度不同的岩石风化物或地质沉积物所构成。

	发生层名称	传统代号	国际代号
O	森林凋落物层/草毡层	A ₀	O
H	泥炭层		H
A	腐殖质层	A ₁	A
E	淋溶层	A ₂	E
B	淀积层	B	B
C	母质层	C	C
R	母岩层	D	R

图 H.1 土壤发生层及其命名

H. 2 土壤剖面样品采集

研究土壤基本理化性质和元素含量变化特征，应按土壤发生层次采样。

H. 2. 1 土壤剖面地点的选择

① 代表性 根据地形、自然植被或农业利用特点、母质类型、水文地质等条件，选择在一定范围内有代表性的土壤剖面。

② 稳定性 选择有稳定的土壤发育条件的地方进行土壤剖面采集，如在山地丘陵区，一般要选择在坡面缓平处，排水良好，不受侵蚀坡面物质堆积及自然崩塌的影响的地区。

③ 避开污染 土壤剖面采集不宜在住宅，渠，路、沟、村、粪坑及建筑物附近布设，避免干扰或污染。

H. 2. 2 土壤剖面样品采集

H. 2. 2. 1 首先在具有代表性的点划一个长 1.5m 宽 1m 的长方形(宽边尽量面向太阳或垂直田垄)，依次向下挖掘，每挖约 30cm 留一台阶，挖出的土要按层次分别放置。深度丘陵地要求到达母质或母岩；平原地至地下水，若地下水位较深，1.5m 下用土钻取土观察描述；稻田尽量在排干期挖掘。观察结束后应先填底土，后填心土，表土仍覆在上面。

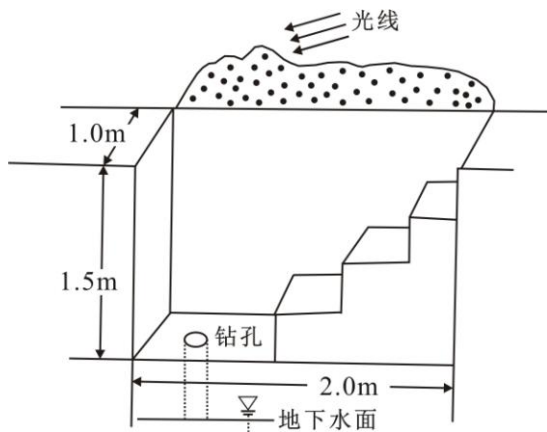


图 H. 2 土壤剖面挖掘示意图

H. 2. 2. 2 土壤剖面样品依次自上而下采集，每件样品重量大于 1kg，需要矿物分离的样品需大于 10kg。样品记录注明剖面号(野外编号)、土壤名称(野外定名)、采集地点、地形(必要时加写母质、植被、海拔高度等)、采集人、采集日期。

附录 I
(规范性附录)

颗粒有机碳、溶解有机碳、颗粒无机碳和溶解无机碳采集与测定要求

I.1 颗粒有机碳、溶解有机碳

I.1.1 样品采集

用 Niskin(南森)采水器或船载 CTD 采集水样后, 立即用 450℃ 预灼烧 5h 以上的 GF/F 压膜在全玻过滤器上用较小的负压抽滤, 所得滤液转移至预灼烧过的 40 ml 棕色玻璃瓶中冷冻, 滤膜 (0.45μm) 也在 -20℃ 下冷冻保存。

I.1.2 仪器和试剂

a) 总有机碳分析仪、元素分析仪、冷冻干燥机、电子天平、马弗炉、不锈钢电热鼓风干燥箱、Milli-Q 超纯水机、超声波清洗器。

b) TOC 仪用磷酸、TOC 仪用盐酸、邻苯二甲酸氢钾、乙酐苯胺、盐酸、氢氧化钠。

I.1.3 实验准备工作

a) 器皿清洗

器皿在 10% NaOH 溶液中浸泡过夜, 取出用蒸馏水洗净后再用 1:5 HCl 溶液浸泡。使用前取出, 用蒸馏水及 Milli-Q 水各冲三遍后在 105℃ 下烘干, 最后于马弗炉中 500℃ 灼烧 5h 以上。

b) 标准溶液配制

取少量邻苯二甲酸氢钾晶体于称量瓶中, 放入 105℃ 的烘箱中干燥一小时, 取出后在干燥器中冷却平衡。在电子天平上准确称取 0.2553 g KHP 于干燥的洁净烧杯中, 用少量新制的 Milli-Q 水充分溶解后转移至 100 ml 的容量瓶, 重复数次后定容, 配成摩尔浓度为 100 mmol/L 的 TC 一次标准溶液。样品测试时根据实际测定的样品浓度移取一定量的一次标准稀释, 配成工作曲线所需的各浓度二次标准。一次标准溶液在冷藏条件下可保存 1 个月, 稀释的二次标准在每次测定前用新制得的 Milli-Q 配制。

I.1.3.4 样品的测定

a) 溶解有机碳 (DOC) 的测定采用高温催化氧化法。采用总有机碳分析仪 TOC-VCPH 测定, 在 680℃ 高温催化氧化, 3-5 次平行注射, 其相对标准偏差 < 2%。在样品的测定过程中, 定期插入标样进行数据质量监控。

b) 颗粒有机碳 (POC) 样品: 现场过滤 (0.45μm) 所得 GF/F 用膜冷冻干燥 24 小时, 得到干燥的膜样, 在干燥器中平衡后称重, 同时计算总悬浮颗粒物浓度 (TSM)。将称重后的膜样放入洁净的称量杯中置于装有浓盐酸的干燥器中 12 小时, 以除去样品中的无机碳。酸

化结束后在烘箱中 60℃干燥 24 小时，干燥器中恒重后，包样上机，平行样品测定误差<6%。

1.2 颗粒无机碳

1.2.1 样品采集

用 Niskin (南森)采水器采水，将水样转移至 5 L 的硬质塑料桶中,加入饱和 HgCl_2 溶液(4 ml)固定，并将桶进行密封，避免桶内外气体发生交换。24 小时内送实验室分析。用 0.45 μm 滤膜进行过滤，获得颗粒物。

1.2.2 实验试剂与仪器

a) 试剂 NaCl 溶液(1.0 mol/L)、 $\text{NH}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$ (0.1 mol/L)、 NaOH 溶液(0.1 mol/L)、盐酸羟氨溶(0.2 mol/L)、盐酸溶液(6.0 mol/L)、 NaOH 吸收液(0.1 mol/L)、醋酸-醋酸铅饱和溶液、甲基红-溴甲酚绿溶液、酚酞溶液、盐酸溶液(0.1 mol/L)、高纯氮气。所用试剂均为分析纯，水为去二氧化碳蒸馏水。

b) 仪器 TOC 总碳分析仪

c) 预处理 经 450℃预灼烧的 GF/C 玻璃纤维滤膜过滤的悬浮物在-20℃左右冷冻保存。做实验前放置室温，在 40℃时烘干样品 48h，置于干燥器中至室温，以备用于测定样品中各项无机碳的含量。

1.2.3 样品分离与数据处理

a) 准确称量 2g 悬浮物放入 250 ml 的锥形瓶中，然后加入 1 mol/L 的 NaCl 溶液 50 ml，放在振荡器上振荡两个小时，振荡完后用玻璃纤维滤膜进行过滤。滤后的滤液测量一下体积，然后倒入 100 ml 小塑料瓶中，用 TOC 总碳分析仪测定滤液中无机碳的浓度，乘以体积便得到无机碳的质量。将过滤完的滤膜用 50 ml 无碳水冲洗一下，重新放回锥形瓶中。

b) 在锥形瓶中再加入 50 ml 0.1 mol/L 氨水溶液，放到振荡器上振荡 2h，然后过滤洗膜，步骤同 a)。

c)在锥形瓶中加入 50 ml 0.1 mol/L NaOH 溶液，放到振荡器上振荡 2h，然后过滤洗膜，步骤同 a)。

d) 往锥形瓶中注入 50 ml 0.2 mol/L 盐酸羟氨溶液，以 6 L/h 的流量通高纯 N_2 1h，将产生的 CO_2 吹出，然后用 0.1 mol/L 的 NaOH 溶液进行二级吸收，同时在吸收之前先用醋酸-醋酸铅饱和溶液除去所产生的 H_2S 等杂气。先在吸收 CO_2 后的 NaOH 溶液中滴入几滴酚酞，溶液变红色，然后用 0.1 mol/L 的 HCl 溶液滴定至溶液无色，此时所用的盐酸不计体积。再在溶液中滴入几滴溴甲酚绿-甲基红混合指示剂，溶液变蓝色，用盐酸继续滴定，当溶液由蓝变绿，最后突变为橙色时达到滴定终点。记录此时所用的盐酸溶液的体积 V ，

$$m_{PIC} = C_{HCl} \times V_{HCl} \times 10^{-3} \times 12。$$

1.3 溶解无机碳

目前水体中 DIC 的主要测定方法是用库仑滴定法和红外 CO₂ 分析法，国际上较公认的是库仑滴定法。

1.3.1 样品采集

用 Niskin (南森)采水器采水，将水样转移至 5L 的硬质塑料桶中,加入饱和 HgCl₂ 溶液(4 ml)固定，并将桶进行密封，避免桶内外气体发生交换。24 小时内送实验室分析。

用 0.45μm 滤膜进行过滤，获得过滤水体。

1.3.2 主要试剂与仪器

试剂：10% H₃PO₄，0.1 mol/L NaOH 溶液，0.0100 mol/L HCl 标准溶液，溴甲酚绿-甲基红混合指示剂，酚酞指示剂。上述试剂均用去 CO₂ 的蒸馏水配制。

仪器：酸式自动滴定管，密封三角瓶气提装置、洗气装置与吸收装置。

1.3.3 测定方法

准确分取刚采样获得的水样 100-150 ml，注入三角烧瓶中，按二级洗气、一级气提、二级吸收装配成水样 DIC 的样品处理装置，打开高纯氮气 2-3 分钟，然后用分液漏斗缓慢加入 10% H₃PO₄，排出的 CO₂ 经 NaOH 吸收后，用 0.0100 mol/L HCl 标准液滴定。第一步首先加入酚酞指示剂，滴定至无色，此时被滴定液 pH 值在 8.6 左右，溶液中只存在 HCO₃⁻，而没有 OH⁻和 CO₃²⁻，所消耗的 HCl 不记读数。第二步加入溴甲酚绿-甲基红混合指示剂，用 HCl 滴定至溶液由蓝变绿，最后突变为橙色时达到终点，此时被滴定液 pH 值在 4.5 左右，记录此时所消耗的标准 HCl 溶液的体积。根据下式计算海水中 DIC 的含量 (μmol/L)。

$$DIC = \frac{V_{HCl} \cdot C_{HCl}}{V_{样}} \times 10^6$$

式中 V_{HCl} 为第二步滴定所用 HCl 体积 (ml)，C_{HCl} 为 HCl 标准溶液浓度 (mol/L)，V_样 为水样体积 (ml)。

附录 J
(资料性附录)
健康风险评价方法简介

健康风险评价是指识别环境中可能的风险源,评价其与人体发生接触的暴露途径以及定量评价暴露的结果对人体健康产生的危害程度。

健康风险评价系统一般包括几个步骤: 风险识别、暴露评价、毒性评价和风险特征描述。

J.1 风险识别

由于各种化学物质的浓度不同以及毒性不同,其对人体健康的影响也不同,故需要选择对环境敏感的元素或化合物作为评价指标。根据化学物质在环境介质中的浓度和相应的毒性值(表 J.1),通过计算风险得分可以筛选指标,美国环保局推荐的计算公式:

$$R_{ij} = C_{ij} \times T_{ij} \quad (J.1)$$

式中, R_{ij} 为化学物质 i 在介质 j 中的风险得分; C_{ij} 为化学物质 i 在介质 j 中的浓度(一般选择最大浓度值); T_{ij} 为化学物质 i 在介质 j 中的毒性数据(斜率系数或者 $1/RfD$)。

$$R_j = R_{1j} + R_{2j} + R_{3j} + \cdots + R_{ij} \quad (J.2)$$

式中, R_j 为介质 j 的总风险得分; R_{ij} 为化学物质 i 在介质 j 中的风险得分。

表 J.1 化学物质的毒性数据值

化学物质	非致癌口服参考剂量(mg/kg/d)	致癌单元风险($(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$)
As	0.002*	—
Cd	0.001(食物)、0.0005(饮水)	1.8E-3(吸入)
Cr	0.003	—
Hg	0.0007*	—
Mn	0.14	—
Ni	0.02	2.4E-4(吸入)
Pb	0.0035*	—
Se	0.005	—
Zn	0.3	—
六氯苯	8E-4	4.6E-4(吸入)
七氯	5E-4	1.3E-3(吸入)
艾氏剂	3E-5	4.9E-3(吸入)
狄氏剂	5E-5	4.6E-3(吸入)
α -HCH	—	1.8E-3(吸入)
β -HCH	—	5.3E-4(吸入)
p,p'-DDT	5E-4	9.7E-5(吸入)

注: *数据来自 FAO/WHO 所推荐, 其它数据来自 Integrated Risk Information System (US EPA, 2006)

通过计算各化学物质得分占各介质总风险得分的比例 (R_{ij}/R_j), 反映不同化学物质对各

介质风险的贡献，为避免低估风险，一般要求选取的评价指标风险得分和不低于总风险得分的 99%。

J.2 暴露评价

暴露反映了人体与污染物的接触，暴露评价就是对暴露范围、频率、周期和途径的评估。暴露评价包括识别潜在的暴露途径、评估暴露浓度、确定潜在暴露人口、评估化学物质吸入量。化学物质吸入量一般用每日每公斤体重摄入的污染物的质量单位（mg/kg/d）表示，以此对污染物的影响进行评价。一般从食物摄入、饮水、皮肤接触和呼吸摄入四种途径进行暴露评价。

J.2.1 食物摄入

通过食物途径，各种化学物质的日摄入量计算公式为：

$$I = \frac{CF \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (J.3)$$

I：通过食物途径化学物质的平均日摄入量（单位：mg kg⁻¹d⁻¹）；

CF：食物中化学物质的浓度（单位：mg/kg）；

IR：食物的日摄入量（单位：kg/d）；

EF：暴露频率（单位：d/y）；

ED：暴露期（单位：y）；

BW：成年人的平均体重（单位：kg）；

AT：平均时间（单位：ED×365d/y）；

若没有详细的调查资料，暴露的频率（EF）采用 365d/y，暴露期（ED）采用传统的 70y，成年人的平均体重给定为 60kg，平均时间为 25550d。

J.2.2 饮水摄入

通过饮用水途径，各种化学物质的日摄入量计算公式为：

$$I = \frac{CW \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (J.4)$$

I：通过饮水途径化学物质的平均日摄入量（单位：mg kg⁻¹d⁻¹）；

CW：地下水中化学物质的浓度（单位：mg/L）；

IR：饮用水的日摄入量（单位：L/d）；

EF：暴露频率（单位：d/y）；

ED：暴露期（单位：y）；

BW：成年人的平均体重（单位：kg）；

AT: 平均时间 (单位: $ED \times 365d/y$) ;

若没有详细的调查资料, 可参考美国环保总局和国家环保总局推荐的各种参数。其中: 饮用水的日摄入量为 $1.4L/d$ (US EPA, 1989b), 暴露的频率 (EF) 采用 $365d/y$, 暴露期 (ED) 采用传统的 $70y$, 成年人的平均体重给定为 $60kg$, 平均时间为 $25550d$ 。

J. 2. 3 皮肤接触

通过皮肤接触途径, 各种化学物质的日摄入量计算公式:

$$I = \frac{CS \times CF \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (J. 5)$$

I: 通过皮肤接触土壤化学物质的平均日摄入量 (单位: $mg\ kg^{-1}d^{-1}$) ;

CSi: 土壤中化学物质的浓度 (单位: mg/kg) ;

CF: 转换因子 ($10^{-6}kg/mg$) ;

SA: 皮肤接触表面积 (单位: cm^2 , 数值参考美国环保局, 1989) ;

AF: 皮肤对土壤的粘滞系数 (mg/cm^2) ;

ABS: 皮肤对土壤中化学物的吸附比;

EF: 暴露频率 (单位: d/y) ;

ED: 暴露期 (单位: $70y$ 或 $30y$ 或 $9y$) ;

BW: 成年人的平均体重 (单位: kg) ;

AT: 平均时间 (单位: $ED \times 365d/y$) ;

若没有详细的调查资料, 参考美国环保总局和国家环保总局推荐的各种参数。其中暴露频率 (EF)、暴露期 (ED)、成年人的平均体重 (BW) 和平均时间 (AT) 参考值同饮用途径的重金属日摄入量的计算公式。其中转换因子 (CF) 采用 10^{-6} , 皮肤接触表面积 (SA) 采用 $2550cm^2$, 粘滞系数 (AF) 采用 $0.09\ mg/cm^2$, 皮肤对土壤中化学物的吸附比采用 0.01 。

J. 2. 4 呼吸摄入

通过呼吸途径, 各种化学物质的日摄入量计算公式:

$$I = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (J. 6)$$

I: 通过呼吸途径化学物质的平均日摄入量 (单位: $mg\ kg^{-1}d^{-1}$) ;

CA: 空气中化学物质的浓度 (单位: mg/m^3) ;

IR: 呼吸率 (单位: m^3/h) ;

ET: 暴露时间 (单位: h/d) ;

EF: 暴露频率 (单位: d/y) ;

ED: 暴露期 (单位: y) ;

BW: 成年人的平均体重 (单位: kg) ;

AT: 平均时间 (单位: ED×365d/y) ;

若没有详细的调查资料, 暴露频率 (EF)、暴露期 (ED)、成年人的平均体重 (BW) 和平均时间 (AT) 参考值同上。接触率 $IR \times ET$ 取平均值 $20 \text{ m}^3/\text{d}$ ((US EPA, 1989b))。

J. 3 毒性评价

毒性评价是建立在大量试验的基础上, 反映某种危害因子的暴露量与反应间的关系, 一般从非致癌和致癌两方面效应获得相应的毒性阈值和斜率系数或单元风险。

毒性评价为特殊污染物的暴露对个体造成致病影响提供了潜在的证据, 反映了污染物暴露程度与增加的致病程度和可能性的关系。包括两个要素: 危害识别和剂量-反应评估。

a) 危害识别是检查某种因子对人和其他动物产生不良健康反应的能力; 危害识别的目的可以通过两种研究方法而达到, 其一是毒理学的方法, 其二是流行病学的方法。

b) 剂量-反应评估是检查对某种危害因子的暴露量与相应反应间的量化关系。从这种量化的剂量-反应关系中引出毒性值 (如参考剂量和斜率系数), 用于估算暴露于某种因子的人群产生不良健康效应的发生率或潜在的可能性。

J. 4 风险描述

风险描述是健康风险评价中的最后一步。在这个程序中将毒性和暴露评估统一起来成为具有数量和质量特征的风险表达式。当一种污染物通过几种不同途径或几种污染物同时对人体健康造成危害时, 风险的表达则是各个不同途径或污染物的风险之和。一般来说, 在风险评价理论中对于非致癌效应使用风险指数来表达, 对于致癌效应使用致癌风险来表达。

J. 4. 1 非致癌风险表征

对于非致癌效应, 可以通过计算危害指数反映污染物的风险。对于某种暴露途径或某种污染物, 一般用危害商 (Hazard Quotient) 来表示, 其含义可用下面的公式计算:

$$HQ = I/RfD \quad (J. 7)$$

式中, I 为某种暴露途径或某种污染物摄入量或暴露水平 (Intake or Exposure Level); RfD 为相应污染物的参考剂量 (Reference Dose)。

危害指数 HI (Hazard Index) 是危害商的累加, 表达了总的发病风险的尺度, 其含义可用下面的公式计算:

$$HI = \sum HQ \quad (J. 8)$$

当 $I > RfD$ ，即 $HI > 1$ 时，就有发生疾病的风险，而且在影响存在的情况下， HI 越显著，发病风险就越大。

J. 4. 2 致癌风险表征

对于没有阈值的化学物，则需要计算人群危险性，即致癌作用强度 \times 摄入量，即评价根据摄入量估计出所增加的癌症病例数是否是可以接受的(不构成危险)或不可接受的(构成危险)。表述这种化合物的致癌效应，风险以平均寿命（70 岁）中发生癌症的概率来表示：

$$R = CDI \times SF \quad (J. 9)$$

式中， R (risk) 为致癌风险； CDI (chronic daily intake) 为慢性日摄入量，单位为 $mg/kg/d$ ； SF (Slope Factor) 是指暴露量与反应率之间的比例系数，可以理解为单元剂量存在的风险，单位为 $(mg/kg/d)^{-1}$ 。

J. 5 不确定分析

不确定性分析是风险评价的重要组成部分，这是由风险评价各个计算层次固有的不确定性决定的，包括暴露和毒性评价应用到的大量假设。进行风险评价的不确定性分析，可以了解风险评价数据来源的方式和可靠程度，从而提高风险评价结果的可靠性，为风险管理的决策提供更加合理的依据。由于环境风险评价的不确定性因素很多，因此识别对不确定性有很大贡献的有关变量和假设相比精确地量化风险评价中不确定性的程度显得更为重要。风险评价中不确定性主要有三方面来源：在取样数据和毒性信息的基础上，进行描述暴露和风险的初始污染物的选择；各种污染物和暴露方式的暴露评价；用来描述风险的污染物毒性值。

附录 K
(规范性附录)
设计书编写内容及要求

K.1 前言

K.1.1 目的任务

包括任务来源、任务书的主要内容、技术要点、工作起始时间、成果提交时间及预期成果等。

K.1.2 评价区范围及地理条件

包括评价区地理位置、行政区划、自然地理、气象水文、交通条件及社会经济概况等。

K.2 评价区概况及生态地球化学问题

包括评价区区域地质地球化学背景、以往勘查地球化学工作程度、多目标地球化学调查或其他区域地球化学调查(包括区域环境质量调查、区域农业调查和区域生态调查等)结果分析及主要问题评述。

K.3 研究内容

K.3.1 研究内容

依据任务书要求、评价区多目标地球化学调查结果和流域/区带区域生态地球化学评价总体要求,细化异常元素来源追踪、迁移途径研究、生态效应评价和变化趋势及危害程度的预警预测等项内容。

K.3.2 重点问题

论述工作内容中的难点和重点问题及拟采用的解决方案。

K.4 技术路线及工作方法

K.4.1 技术路线

包括技术路线、关键技术和技术创新等。

K.4.2 工作方法

包括工区布置、样品采集、样品加工处理、数据分析、结果整理和成果表达等。

K.5 工作部署

K.5.1 工作部署原则

根据任务书要求,有针对性地阐述总体工作思路和部署原则,说明各项工作间的衔接及关系。

K.5.2 总体工作部署及年度工作部署

说明总体及年度工作安排的主要内容和工作量,当年工作安排要具体。

K. 6 实物工作量

为完成目标任务设计的实物工作量，附工作量一览表。

K. 7 预期成果及提交时间

K. 7.1 预期成果

包括评价报告、图件和或 GIS 系统。

K. 7.2 成果提交时间

按照任务书要求，说明成果提交的时间。

K. 8 组织机构及人员安排

K. 8.1 组织管理

说明项目执行过程中的组织管理方式和组织结构。

K. 8.2 项目组成员及分工

包括项目负责人简历、项目组研究基础，列表说明项目组成员姓名、年龄、技术职务、从事专业、工作单位、在项目中的分工和参加项目的工作时间等。

K. 9 经费预算

见“地质调查项目设计预算编写要求”，包括编制说明和设计预算表。

K. 10 质量保证与安全措施

K. 10.1 质量保证措施

说明为保障任务完成而采取的各种质量保证措施，包括野外样品采集、处理过程中采取的措施、样品数据分析过程中的各项质量保证措施和提高工作人员技术水平所采用的技术培训措施等。

K. 10.2 安全与劳动保护措施

说明项目执行过程中所采取的各项安全和劳动保护措施。

K. 11 设计附图及附表

K. 11.1 附图

包括交通位置图、评价区工作程度图(与生态地球化学评价相关的调查工作)、主要元素和指标的调查结果图、工作部署图及其他需要的图件。

M11.2 附表

评价工作中需要的各类表格。

附录 L
(规范性附录)
区域生态地球化学评价报告编写提纲

L.1 前言

L.1.1 项目来源及任务目标

L.1.2 完成的工作量

L.1.3 主要成果概述

L.2 评价区概况

L.2.1 自然地理、地质、地球化学及矿产资料概况

L.2.2 农业生产、土壤类型、土地利用状况

L.2.3 社会经济及工农业发展概况

L.2.4 多目标地球化学调查发现的生态地球化学问题综述

L.2.5 本次评价工作的重点内容(包括评价元素和指标种类、评价的内容及所研究的生态系统等)、研究思路和方法技术

L.3 工作方法技术及质量评述

L.3.1 区域生态地球化学评价野外工作方法技术及质量评述

L.3.2 样品处理方法、分析测试方法及数据质量评述

L.4 异常元素来源研究

L.4.1 异常元素自然来源研究

L.4.1.1 河流生态系统自然源异常元素来源

L.4.1.1.1 不同元素迁移途径、影响因素及输送通量

L.4.1.1.2 汇水区地质背景对元素迁移途径的影响

L.4.1.2 农业生态系统自然源异常元素来源

L.4.1.2.1 丘陵区不同成土母质异常元素地球化学特征

L.4.1.2.2 丘陵区成土过程及表生地球化学作用过程对土壤元素分布的影响

L.4.1.2.3 运积成土区母岩元素地球化学特征对土壤元素分布的影响

L.4.1.2.4 黄土稀释作用对土壤元素分布的影响(仅限于黄土高原盆地沉积区)

L.4.1.2.5 不同时期黄泛区土壤地球化学特征对比研究(仅限于黄泛区)

L.4.1.3 浅海生态系统自然源异常元素来源

L.4.1.3.1 陆地近源沉积物元素地球化学特征及对海域沉积环境的影响

L.4.1.3.2 陆地远源沉积物元素地球化学特征及对对海域沉积环境的影响

L. 4. 2 异常元素人为来源研究

L. 4. 2. 1 城市生态系统人为源异常元素来源

L. 4. 2. 1. 1 不同污染源(燃煤、冶金、汽车、道路)降尘特征元素

L. 4. 2. 1. 2 不同污染物地球化学特征(矿物学、污染物粒径等)及异常元素空间分布

L. 4. 2. 1. 3 不同污染源降尘对土壤异常元素分布的影响

L. 4. 2. 2 农业生态系统人为源异常元素来源

L. 4. 2. 2. 1 不同污染源(化肥、农药、灌溉水、大气干湿沉降)特征元素

L. 4. 2. 2. 2 不同污染源异常元素空间分布特征

L. 4. 2. 2. 3 不同污染物异常元素年通量研究

L. 5 异常元素迁移途径研究

L. 5. 1 河流生态系统异常元素迁移途径

L. 5. 1. 1 汇水区主要基岩(矿体和地层)异常元素(在风化剥蚀搬运过程中)迁移途径

L. 5. 1. 2 河水作用下异常元素(在水体、悬浮物和水系沉积物中)迁移途径

L. 5. 1. 3 异常元素的年搬运通量和速率研究

L. 5. 2 农业生态系统异常元素迁移途径

L. 5. 2. 1 丘陵区成土作用过程中异常元素迁移途径研究

L. 5. 2. 2 丘陵区表生地球化学作用过程中异常元素迁移途径研究

L. 5. 2. 3 运积平原区异常元素迁移途径研究

L. 5. 3 浅海生态系统异常元素迁移途径研究

L. 5. 3. 1 陆地近源沉积物及元素迁移途径(成土过程和表生各种地球化学作用过程)研究

L. 5. 3. 1. 1 不同成土母质成土过程中元素迁移途径研究

L. 5. 3. 1. 2 表生各种地球化学作用过程中元素迁移途径研究

L. 5. 3. 2 陆地远源沉积物及元素迁移途径

L. 5. 3. 2. 1 元素在陆源输入过程中迁移途径研究

L. 5. 3. 2. 2 陆源物质输入速率和年通量研究

L. 6 异常元素生态效应评价

L. 6. 1 农业生态系统生态效应研究

L. 6. 1. 1 农作物安全性评价

L. 6. 1. 1. 1 有毒有害元素的生态效应评价

L. 6. 1. 1. 2 有益元素生物有效性评价

- L. 6. 1. 2 农作物适宜性评估
 - L. 6. 1. 2. 1 农作物对有毒有害元素的抗逆性评价
 - L. 6. 1. 2. 2 农作物的适宜性评估(包括对有益元素丰缺评估)
- L. 6. 1. 3 土壤质量评价
 - L. 6. 1. 3. 1 单指标评价
 - L. 6. 1. 3. 2 综合指标评价
 - L. 6. 1. 3. 3 土壤质量综合评价
- L. 6. 2 湖泊湿地生态系统生态效应评价
 - L. 6. 2. 1 有毒有害元素存在形态的地球化学影响因素研究
 - L. 6. 2. 2 有毒有害元素在水生生物食物链富集规律研究
 - L. 6. 2. 3 有机污染物在水生生物食物链中的富集规律研究
 - L. 6. 2. 4 水生生物污染程度评价
 - L. 6. 2. 5 水体富营养化程度评价
- L. 6. 3 浅海生态系统生态效应评价
 - L. 6. 3. 1 有毒有害元素存在形态的地球化学影响因素研究
 - L. 6. 3. 2 有毒有害元素在水生生物食物链富集规律研究
 - L. 6. 3. 3 有机污染物在水生生物食物链中的富集规律研究
 - L. 6. 3. 4 水生生物污染程度评价
- L. 6. 4 城市生态系统生态效应评价
 - L. 6. 4. 1 放射性污染程度评价(仅限于有放射性污染的城市)
 - L. 6. 4. 2 大气降尘生态效应评价
 - L. 6. 4. 2. 1 大气降尘重金属对人体危害研究
 - L. 6. 4. 2. 2 大气降尘中有机污染物对人体危害研究
 - L. 6. 4. 2. 3 大气降尘对土壤质量的影响研究
 - L. 6. 4. 3 酸雨沉降对城市生态系统的危害研究
 - L. 6. 4. 4 城市土壤质量评价
 - L. 6. 4. 5 城市饮用水污染程度评价
 - L. 6. 4. 6 城市其他生态问题评价
- L. 7 生态系统安全性的地球化学预警预测
 - L. 7. 1 河流流域生态系统安全性地球化学预警

- L. 7. 2 农业生态系统安全性的地球化学预警预测
 - L. 7. 2. 1 重金属年净增量的地球化学预测
 - L. 7. 2. 1. 1 有毒重金属年输入量
 - L. 7. 2. 1. 2 有毒重金属年输出通量
 - L. 7. 2. 1. 3 有毒重金属年净输入量及变化趋势预测
 - L. 7. 2. 2 元素活化趋势的地球化学预警
 - L. 7. 2. 2. 1 有毒有害元素生态效应变化趋势预警
 - L. 7. 2. 2. 1. 1 有毒有害元素存在形态的地球化学影响因素研究
 - L. 7. 2. 2. 1. 2 土壤理化性质改变(pH 值)对有毒重金属生物活性影响研究
 - L. 7. 2. 2. 1. 3 重金属活化对生态系统危害的地球化学预警
 - L. 7. 2. 2. 2 有益元素生物有效性变化趋势的地球化学预警
 - L. 7. 2. 2. 2. 1 有益元素生物有效性影响因素研究
 - L. 7. 2. 2. 2. 2 土壤理化性质改变(pH 值和 TOC)对有益元素生物有效性影响研究
 - L. 7. 2. 2. 2. 3 有益元素生物有效性对农作物品质和产量影响的地球化学预警
- L. 7. 3 湖泊湿地生态系统安全性的地球化学预警
 - L. 7. 3. 1 湖积物(有毒元素和有机污染物)年沉积速率研究
 - L. 7. 3. 2 沉积物有毒元素存在形态及影响因素研究
 - L. 7. 3. 3 汇水区土壤性质、侵蚀速率变化对沉积物沉积速率影响的地球化学预警
 - L. 7. 3. 4 湖泊生态系统物化条件(pH 值)改变对水生生物安全性的地球化学预警
- L. 8 结论与建议
- L. 9 附图