

长株潭城市群 区域生态地球化学

评价

CHANGZHUTAN CHENGSHIQUN
QUYU SHENGTAI DIQIU HUAXUE

PINGJIA

戴塔根 吴玺虹 邓吉秋
龙永珍 侯木舟 著



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

长株潭城市群区域 生态地球化学评价

戴塔根 吴堃虹 邓吉秋
龙永珍 侯木舟 著

中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

长株潭城市区域生态地球化学评价/戴塔根,吴玺虹等著.

—长沙:中南大学出版社,2008.8

ISBN 978-7-81105-562-7

I. 长... II. ①张...②吴... III. 生态环境:地球化学环境—研究—湖南省 IV. X321.264

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 125918 号

长株潭城市区域生态地球化学评价

戴塔根 吴玺虹 邓吉秋 著
龙永珍 侯本舟

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙湘采印务有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 18 ☐字数 457 千字 插页:

☐版 次 2008 年 10 月第 1 版 ☐2008 年 10 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-562-7

☐定 价 60.00 元

图书出现印装问题,请与出版社调换

内容简介

《长株潭城市区域生态地球化学评价》是“湖南省洞庭湖区域生态地球化学评价”(基[2004]012-04)项目的子课题的部分成果,该书围绕长株潭地区有害元素组成分布特征与成因来源、迁移转化过程及影响机制等开展研究,建立地质地球化学评价体系,对长株潭地区有害元素分布进行了安全性评价,针对长株潭地区有害元素的富集规律,就长株潭地区发展过程中有害元素富集控制提出了规划性建议。该书确定了长株潭地区内各类介质重金属元素总体超标状况,明确了影响土壤 Cd, As 等重金属元素富集的自然及人为主要相关因素;对重金属元素在岩石—大气—水—生物间相互迁移转化途径及通量进行了合理分析及量化;通过实物与数学理论方法确定了重金属元素演化趋势,并对土壤未来发展趋势进行了预测、预警;建立了基于 MapGIS 的生态地球化学评价系统;从长株潭地区重金属元素的状态、演化规律出发对如何协调经济发展与环境保护重点提出了积极建议,这对长株潭“两型”社会的建设和区域规划有较大的参考价值。

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 工作任务目标	(1)
1.2 技术途径	(1)
1.3 主要执行标准	(2)
1.4 工作方法与样品采集与处理	(3)
1.4.1 野外调查	(3)
1.4.2 区域水体地球化学调查	(5)
1.4.3 区域土壤异常来源调查	(6)
1.4.4 分析测试	(7)
第2章 长株潭城市区域背景及前人与本研究有关工作积累	(10)
2.1 工作区范围、自然地理景观及地质背景简介	(10)
2.1.1 地理景观简介	(10)
2.1.2 地质背景简介	(10)
2.1.3 土壤背景简介	(13)
2.2 研究区主要面临的生态地球化学问题	(13)
2.2.1 重金属异常明显	(13)
2.2.2 人类活动强烈影响	(14)
2.2.3 自然环境自净力下降	(16)
2.2.4 有待深入认识的生态地球问题	(16)
2.3 前人工作积累	(17)
2.3.1 湘江流域区域背景调查	(17)
2.3.2 环境保护部门工作情况简介	(17)
2.3.3 获得的相关历史数据	(18)
第3章 长株潭地区环境质量的地球化学评价	(19)
3.1 评价标准系统建立	(19)
3.1.1 评价对象的选取	(19)
3.1.2 评价标准的确定	(19)
3.1.3 评价方法的确定及分级方案	(30)
3.2 各介质超标情况	(34)
3.2.1 土壤	(34)

3.2.2 水体	(61)
3.2.3 大气	(65)
3.2.4 生物	(82)
第4章 长株潭地区主要重金属元素的区域地球化学特征	(85)
4.1 不同类型地质体地球化学背景特征	(85)
4.1.1 沉积地层	(85)
4.1.2 岩浆岩中异常元素分布	(90)
4.1.3 土壤的元素背景特点	(90)
4.2 大气主要介质化学组成及空间分布特征	(97)
4.2.1 大气尘元素分布特征	(98)
4.2.2 降水介质中主要元素分布特点	(113)
4.3 土壤中主要元素分布特征	(116)
4.3.1 土壤元素总体分布特征	(116)
4.3.2 主要土壤类型的元素分布特征	(126)
4.3.3 主要功能区土壤元素分布特征	(128)
4.4 湘江流域主要重金属元素分布特点	(146)
4.4.1 水体中主要元素分布特点	(146)
4.4.2 湘江水体悬浮物元素分布特征	(163)
4.4.3 湘江底泥元素分布特征	(173)
4.4.4 湘江流域元素分布、通量	(174)
第5章 长株潭地区土壤主要重金属元素异常来源分析	(176)
5.1 土壤元素背景对土壤元素富集的影响	(176)
5.1.1 不同深度土壤元素富集度对比	(176)
5.1.2 基岩风化物对土壤元素重金属元素富集程度影响	(179)
5.1.3 现有与历史土壤元素富集程度比较	(179)
5.2 大气干湿沉降对土壤污染的影响分析	(180)
5.2.1 大气干湿沉降对土壤重金属富集作用的确定	(180)
5.2.2 大气干湿沉降对土壤重金属富集的贡献估计	(194)
5.3 水体与土壤重金属富集关系分析	(196)
5.3.1 湘江水体元素组合与土壤元素组合空间相关性	(196)
5.3.2 湘江水体介质元素组合与土壤元素组合特征比较	(197)
5.3.3 湘江悬浮物矿物组合与土壤矿物组合对比	(201)
5.3.4 工业与生活污水重金属与湘江水体重金属富集比较	(202)
5.3.5 土壤重金属与湘江水体重金属贡献关系	(202)
5.3.6 湘江沿岸重金属“定时炸弹”及能量估计	(203)
5.4 土壤重金属富集可能来源	(205)
5.4.1 大气尘为土壤重金属元素富集的主要来源	(205)

5.4.2 富含粘土组分的基岩为土壤重金属元素提供富集的基本条件	(207)
第6章 长株潭地区重金属元素迁移转化途径分析	(209)
6.1 长株潭地区重金属元素迁移途径	(209)
6.1.1 重金属元素迁移途径的确定	(209)
6.1.2 工作区系统元素平衡分析	(209)
6.2 长株潭地区重金属元素迁移影响因素分析	(211)
6.2.1 工作区重金属元素地球化学特点	(211)
6.2.2 岩石风化及土壤重金属迁移	(216)
6.2.3 水对土壤重金属迁移影响	(216)
6.2.4 介质 pH 值对土壤重金属迁移影响	(217)
6.2.5 地理因素与元素迁移关系	(227)
6.2.6 人为活动对元素迁移的影响	(229)
6.2.7 重金属元素定时炸弹“引爆”条件及影响范围分析	(231)
6.2.8 大气尘与土壤元素富集关系	(234)
6.2.9 水体与土壤元素富集关系	(234)
6.2.10 生物与长株潭生态体系关系	(235)
第7章 长株潭城市地区元素分布变化趋势预测预警	(236)
7.1 元素富集历史变化分析	(236)
7.1.1 土壤中重金属元素含量随时间演化	(236)
7.1.2 水体中元素含量随时间的变化	(257)
7.2 土壤元素分布未来变化预测及演化数学模型	(259)
7.2.1 计算不同土壤污染等级所占面积百分比	(260)
7.2.2 神经网络方法对元素分布演变规律分析	(260)
第8章 结论	(273)
8.1 工作区不同介质元素富集状态评价	(273)
8.1.1 土壤元素富集	(273)
8.1.2 土壤及积尘中多环芳烃的富集	(273)
8.1.3 大气尘中元素的富集	(273)
8.1.4 水体中元素的富集	(273)
8.1.5 生物中元素的富集	(273)
8.2 土壤污染元素来源	(274)
8.3 不同介质中元素平衡	(275)
8.4 重金属元素变化趋势	(276)
8.5 相关启示	(277)
参考文献	(278)

第1章 绪论

本书是中国地质调查局和湖南省人民政府下达的课题“湖南省洞庭湖区生态地球化学调查”的部分成果,其工作总体目标是在多目标区域地球化学调查基础上,开展长株潭城市区域生态地球化学研究,进行区域生态地球化学评价及预警,为改善和调控城市生态地球化学环境、制定城市可持续发展规划提供生态地球化学依据。

1.1 工作任务目标

以长株潭城市生态系统为工作单元,以元素在大气—土壤—岩石—水体—生物体间的循环运移为出发点进行区域评价,主要任务为:

在查明有害元素在长株潭城市生态系统岩石—土壤—大气—水—生物中的分布基础上,对土壤中异常元素富集来源进行分析。

分析有害元素在长株潭城市生态系统岩石—土壤—大气—水—生物中的迁移、影响因素和途径。

对长株潭城市生态体系进行生态地球化学评价。

从生态地球化学安全性角度进行长株潭城市系统生态地球化学预警,为长株潭城市一体化的可持续发展提供依据。

1.2 技术途径

(1) 长株潭地区生态地球化学现状评价

土壤、大气尘、水体、生物载体中 As, Cd, Hg, Pb, Zn, Cr, Cu, P, Cl 等地球化学特征评价、生态效应评价以对人类健康产生影响因素为评价依据,进行城市功能适宜性评价。

(2) 异常元素来源

通过典型剖面 and 区域调查,结合地球化学方法及社会科学分析方法,分析评价区域异常元素的来源。

(3) 异常元素迁移途径

以元素在不同介质体中的分布为依据,查明元素在城市系统组成中的迁移富集规律及影响因素;估计城市系统异常元素年输入通量。

(4) 长株潭生态系统安全性预警预测

极据城市生态系统异常元素的输入、输出通量,分析环境变异对异常元素迁移的影响,对城市生态系统的影响趋势进行预测。

1.3 主要执行标准

本次工作涉及领域广,涉及对象包括土壤、大气沉降、水体、生物、地理、地质、社会等。
主要执行标准有:

(1) 区域生态地球化学调查

区域生态地球化学评价指南(试行)

DZ/T 0167-1995 区域地球化学勘查规范(比例尺 1:200 000)

DZ/T 0145-1994 土壤地球化学测量规范

DZ/T 0075 地球化学勘查图图式、图例及用色标准

GB/T14158-1993 区域水文地质工程地质环境地质综合勘查规范(1:50 000)

GB/T 17412.2-1998 岩石分类和命名方案 沉积岩岩石分类和命名方案

GB/T 17412.3-1998 岩石分类和命名方案 变质岩岩石的分类和命名方案

GB/T 13580.2-1992 大气降水样品的采集与保存

GB12999-1991 水质采样 样品的保存和管理技术规定

多目标地球化学调查指南

(2) 环境质量评价方面

GB/T15618-1995 土壤环境质量标准 GB15618-95

水体评价标准:

地表水环境质量标准 GB 3838-2002

大气评价标准:

降尘评价标准-土壤环境质量标准 GB15618-1995

生物评价标准:

NY/T391-2000 绿色食品产地环境质量标准

GB/T 16705-1996 环境污染类别代码

GB 3095-1996 环境空气质量标准

GB 8978-1996 污水综合排放标准

GB/T13192-91—GB/T13905-1992 水质分析方法系列标准

LY/T1210-99—LY/T1275-1999 森林土壤中元素有效态分析方法系列

(3) 食品卫生方面

GB 18406.1-2001—GB18407.4-2001 农产品安全质量标准 农产品安全质量

GB 2762-1994 食品中汞限量卫生标准

GB 14961-1994 食品中铬限量卫生标准

GB 15199-1994 食品中铜限量卫生标准

GB 13106-1991 食品中锌限量卫生标准

GB 14935-1994 食品中铅限量卫生标准

GB 15201-1994 食品中镉限量卫生标准

GB 2715-1981 粮食卫生标准

GB 2736-1994 淡水鱼卫生标准

NY/T5001-2001—NY/T5073-2001 无公害食品系列标准

(4) 分析测试方面

区域生态地球化学评价样品分析指南

DZ/T0167-1995 区域地球化学勘查规范(比例尺 1:20 万)

GBW07412-96—GBW07417-1996 土壤有效态成份分析标准

GB7363-1987 土壤阳离子交换量

GB/T 5009.1-1996 食品卫生检验方法 理化部分 总则

GB/T 5009.45-1996 水产品卫生标准的分析方法

GB/T 13580.1-1992 大气降水采样和分析方法总则

GB/T 15265-1994 环境空气 降尘的测定 重量法

GB/T 15432-1995 环境空气 总悬浮颗粒物的测定 重量法

GB/T 6921-1986 大气飘尘浓度测定方法

(5) 信息系统及成果报告方面

GB/T17649-1999 地理信息技术基本术语

DZ/T0197-1997 数字化地质图图层及属性文件格式

DDB9702 GIS 图层描述数据内容标准

DDZ9701 资源评价工作中地理信息系统工作细则

DZ/T0179-1997 地质图用色标准及用色原则

中国地质调查局 2001-06-01 地质图空间数据库建设工作指南(2.0 版)

GB/T13923-92] 国土基础信息数据分类代码

SZ1999002-2001 成果地质资料电子文件汇交格式

1.4 工作方法和样品采集与处理

本次工作严格按照相关指南、工作规范及标准开展工作。

1.4.1 野外调查

涉及工作区土壤、大气尘、水体、生物、社会环境等方面。

(1) 区域大气尘地球化学调查

① 调查工区布置

面积: 2 000 km²; 布置依据: 长株潭行政区划、城市功能区划及多目标地球化学调查, 划分出土壤元素异常区及正常区。

② 调查方式

网格、剖面、观察点结合调查。水平剖面为跨越元素异常区(如长沙沿江 Cd 异常区)和相对清洁区; 土壤—大气垂直剖面为距地面 1.5 ~ 15 m, 观察点调查主要以污染源和环境监测观察点为主, 涉及工业源、交通源等。

③ 大气尘样品采集

根据“区域生态地球化学评价指南”要求, 主要采集近地表积尘、大气干湿沉降及飘尘颗粒物样品。

④近地表积尘样品采集

工区布置

采样密度：面上调查采样密度为：现有土壤异常区及城市中心地区为每 4 km^2 1 个样；城郊结合部为每 16 km^2 1 个样；城市以外区控制点采样，密度不小于每 64 km^2 1 个样；剖面采样密度不小于每公里 1 个样。

采样方式：利用 GPS 定位，进行观察点环境状态观察及记录，记录内容包括样品所在地点、点号、样号、地理坐标、样品环境特点等。用毛刷对距地面 $1.5 \sim 2.0 \text{ m}$ 窗台浮尘进行扫集，重金属分析样品装入塑料袋、多环芳烃分析样装入纸袋，样袋上标记样号、地点等，同时在袋内放置样号标签。样品重量不小于 150 g 。

样品处理：样品置于样品室在室温条件下进行自然干燥，样品干燥后再用尼龙网筛进行过筛、装袋，过筛期间，先用毛刷再用吸尘器对尼龙网进行清洁，减少样品交叉混染。样品过筛时采取二人组合方式，二人同时工作，一人负责清理样品，进行记录，过筛人员确认样品标签、样袋标号及样品登记号一致后筛样；筛样后重新装袋，并对相关物件进行清洁后，处理下一样品。按照规范缩分样品。

样品粉碎：进行元素含量及 X 衍射分析的样品全部采用玛瑙钵研磨机进行研磨，粒度小于 200 目。采取毛刷对研磨钵进行初步清理，分析纯无水乙醇进行再次清理后，进行下一样品研磨。对进行扫描电镜分析的样品则保持积尘原貌，不进行样品粉碎。

样品保存：样品置于室温条件下保存。

(2) 大气干湿沉降样品采集

工区布置及采样密度

依据交通区、工业区、商业区、居住区等功能区分布安置干湿沉降样品采集点，分种功能区样品采集点不小于 5 个，共放置 88 个采集桶，但因城区人流活动频繁，样桶保管难度大，最终只回收 45 个采集桶。

采样方式：利用 GPS 定位，进行观察点环境状态观察及记录，记录内容包括样品所在地点、点号、样号、地理坐标、样点环境特点等。样桶为塑料材质，分别置于三市环境监测点、建筑物顶或固定于电线杆，样桶高度大于 2 m 。样桶规格统一，保存样品通量的可对比性。样品放置时间为 1 年左右。回收时样桶中如有杂物混入则弃之不用，保证样品质量。

样品处理：收集样品时用虹吸法吸取样桶中的上清液至另一容器中，并测定上清液的总体积，另取上清液 250 mL ，置于纯净水塑料容器中，并加入 5% 重铬酸钾溶液约 5 mL 。另取上清液 250 mL ，置于纯净水塑料容器中，并加入硝酸，置于室温条件下保存，分别作为待测溶液。另取 100 mL 的上清液，置于一玻璃皿中，放于烘箱中蒸发，温度控制为 100°C ，对蒸发后残留物用电子天平进行称重。剩余的沉淀物和悬浊液转移至纯净水塑料容器中，测定其总体积和重量。再用 $0.45 \mu\text{m}$ 的聚酯纤维滤膜将之全部过滤（滤膜用离子水浸泡 24 h 以上，并进行烘干、称重），记录滤液体积，弃去滤液。聚酯纤维滤膜上部物质在室温条件下自然风干，并用电子天平进行称重；取掉纤维滤膜，用玛瑙钵研磨机进行研磨，粒度小于 200 目，研磨程序与积尘样品相同。

样品保存：样品置于室温条件下保存。

(3) 可吸入颗粒样品采集

工区布置及采样密度

因为已有环境监测点已覆盖城市的交通区、工业区、商业区、居住区等功能区,依托已有环境监测点采集样品,由于株洲市的工业废气排放为工作区的主要利用污染源之一,加之现有长沙及湘潭采取新型取样法,无法采集到足量的可吸入颗粒样品,只在株洲采集了可吸入颗粒样品。

采样方式:按 GB/T 17095-1997 标准执行,将采样器置于环境监测点,按四季分别进行可吸入颗粒样品采集,每次采集持续 24 h;以 13 L/min 的流量将颗粒采集在预先经过 450°C 烘烤 4 h 并称重的玻璃纤维膜上。样品置于室温条件下保存。

样品处理:样品置于超级纯 HNO_3 中初步溶解后,再按 5:2 的比例加入超级纯 HF 和优质纯 HClO_4 ,进行蒸干,重复两次后玻璃纤维膜与样品脱离,再用稀 HNO_3 对膜进行清洗,获取分析样品。

1.4.2 区域水体地球化学调查

(1) 调查工区布置

以剖面调查为主,并对重点污染源进行点调查。剖面布置依据:沿湘江、按城市入口、出口分别布置为剖面布置原则,同时参照环境监测部门监测剖面、多目标地球化学调查异常分布状况以及区内汇入湘江的主要支流入口处布置剖面。共布置 12 条剖面,其中湘江 7 条,支流 5 条。

分枯水期和丰水期分别进行调查,湘江剖面及主要支流剖面采用垂线布设在距左右岸 5~10 m 处及分别按左、中、右分别采集样品,小支流及特殊点则在汇水处采集样品。GPS 定点;样品分别为水、悬浮物及底积物。

(2) 样品采集

① 水样采集

采样方式:采样位置为水面下 0.5 m 处,容器为聚乙烯塑料瓶,装样前用硝酸浸泡 24 h,用自来水冲洗,再用不含待测痕量元素的蒸馏水浸泡 24 h,然后,用待取水样涮洗容器 2~3 次。每点采集 100~200 L 水体,进行分装,提取 2 L 水样,分别装入纯净水塑料空瓶。

样品处理:一份样品中加入优级纯 HNO_3 ,作为重金属元素分析样,保证其 pH 值小于 2,一份加入优级纯 HNO_3 后再加入重铬酸钾,作为 Hg 元素分析样,加入试剂后摇匀,用石蜡封好瓶口,样品置于室内,在室温条件下保存。按约 2% 的样品作为采样、分析平行样品,用完全相同的采样方式和样品处理方式。

在瓶外标记样号、保护剂名称等,并做好记录。

② 悬浮物样品采集

采样方式:将提取了 2 L 水样后的剩余样品,用项目部统一购置、直径为 0.45 μm 尼龙微孔滤膜,通过真空泵及符式漏斗联合装置对水进行过滤。

样品处理:新样品处理前,用蒸馏水清洗相关容器及管道,之后再用样品水清理 2 次;每个样品置换约 4 张尼龙微孔滤膜,滤膜均通过蒸馏水浸泡、烘干及称重等规范处理。将附着悬浮物的滤膜置于室内、室温条件下自然干燥,作为元素分析样品在室温条件下保存。

③ 底泥样采集

采集方式:利用水底样品取样器在水样采集点进行采集,因为部分水样采集点底泥基本为砂质物或贝类外壳,则将底泥采集剖面移至水样采集点附近采集;每点采集 3 次,样品放

置于塑料布上,然后原地进行缩分。

样品处理:将缩分后的底泥置入塑料袋中,做好标记与记录。将样品平摊塑料布上,置于室内,分开置放,在室温条件下自然干燥。对未固结样品直接过 20 目尼龙筛;已固结样品则用木质锤敲碎后过 20 目尼龙筛;

样品粉碎:同大气降尘,保证 250 g 样重作为分析样品。

④沉积柱样品采集

工区布置:采样点布置于湘江江心洲,分别位于长沙、株洲、湘潭三城市下游,为月亮岛、古桑洲、兴马洲;采样点均位于洲端,最大限度减少了洲上人类活动的影响,最大限度反映了湘江洪、枯水期沉积物自身特点。

采集方式:选择沉积韵律明显、发育较完善的剖面进行样品采集;按沉积物自然分层采集为基本原则,分层厚度小于 2 cm 按自然分层采集样品,如大于 2 cm,则按 2 cm 厚度人为分层采集样品,采样面积为 20 cm × 20 cm,每个沉积柱深度大于 100 cm。样品置于塑料袋中,做好标记及记录。

样品处理:室内打开样品塑料袋口,各样品分开置放,在室温条件下自然干燥。其他同底泥样。

⑤水体生物样品采集

工区布置:为了解水体中生物体中重金属元素含量随时间的变化特点,样点布置参照“六五”国家重点科技项目“湘江谷地土壤环境元素背景值研究”生物样品采样点,以及城市功能区,以观察点的方式采集样品。分别在与 20 世纪 80 年代相同地点的湘江和浏阳河采集样品,并且采集相同种属水体生物。同一类群的生物样品采集时间保持了一致。

样品采集:采用直接在采集点水体中以捕捞方式采集新鲜样品。样品为常见鱼类,捕获鱼后,在原地用专用竹制刀具割取鱼背肌肉,由于鱼体较小,每个样品取鱼半边,刮下肌肉,去掉骨刺,置入塑料袋中。对同一点获取的数条鱼采取同样的处理办法,将同一点获取的样品进行称重,采集相同重量的样品进行混合,作为一个点的分析样。

样品处理:将样品置于玻璃器皿中,在 190℃ 下烘干,用玛瑙钵研磨机磨细,过 60 目尼龙筛,置于密封塑料袋内,称重后再将之置于冷藏柜中保存。

1.4.3 区域土壤异常来源调查

(1)调查工区布置

以城市功能区及多目标地球化学调查的土壤地球化学异常为依据,以垂直剖面为主,水平剖面为辅,加以观察点。

(2)样品采集

①土壤样品采集

垂直剖面按土壤发生层分别取样,并按 10 cm 间距从地表向地下采取样品。取样重量不小于 500 g。采用自然干燥方式干燥样品;用木槌敲打干燥后样品,采用缩分法,缩分后过 20 目尼龙筛,将小于 20 目筛孔部分收集于纸袋中。水平剖面则由系列垂直样品构成。

平行分析样则在野外将采取的同一样品进行缩分,构成两个样品。

样品粉碎:进行元素含量及 X 射线衍射分析样品,分析的样品全部采用玛瑙钵研磨机进行研磨,粒度小于 200 目。为了避免交叉污染,每个样品研磨后先用毛刷对研磨钵进行初步

清理,分析纯无水乙醇进行再次清理后,进行下一样品研磨。

②青苔样采集

以观察点的方式布置采样地点,以网格方式采集样品。

采用自来水清除泥沙,并用蒸馏水进行清洗,置于烘箱中进行干燥,温度控制在70℃。

1.4.4 分析测试

(1)元素分析

执行标准为“区域生态地球化学评价样品分析指南”及相关国家标准。重复分析样及监控分析测试等均按项目指南要求设定。

①水项目分析

由国土资源部武汉分析测试中心完成,执行标准:GB/T8538;分析仪器为双道原子荧光光度计,等离子直读光谱仪。

②土壤元素分析

由国土资源部湖南分析测试中心、地球物理地球化学勘查研究所和中南大学地学院实验室分析,执行标准为“区域生态地球化学评价样品分析指南”分析仪器为PW2440X 荧光光谱仪和PGS-2 发射光谱仪,ICP-MS。

③大气干湿沉降元素、铅同位素

由中南大学完成,分析仪器为ICP-MS。

④多芳环烃分析

由中国科学院广州地球化学研究所国家有机地球化学实验室完成。

⑤悬浮物分析

由国土资源部地球物理地球化学勘查研究所完成。

(2)分析质量监控

样品主要在获得中国地质调查局认可的湖南省中心实验室,廊坊物化探研究院,湖北省地质实验研究所以及中南大学地学与环境工程学院、材料科学与工程学院、中国科学院广州地球化学研究所等单位完成。

元素相关分析技术要求及质量控制均按照地调局《生态地球化学评价样品分析指南(试行)》进行。采用标准样与样品同步进行分析,通过重复样品分析,其相对误差达到《生态地球化学评价样品分析指南(试行)》的要求。样品相关元素分析准确及精确度见表1-4-1。

表 1-4-1 元素分析准确度和精密度统计表

元素	双差	准确度 $\Delta\lg C$	精密度 λ	元素	双差	准确度 $\Delta\lg C$	精密度 λ
As	-2.59%	0.017	0.031	Tl	-1.13%	0.035	0.043
Ba	1.34%	0.013	0.033	U	0.34%	0.051	0.013
Be	-5.94%	0.010	0.047	W	11.09%	0.010	0.060
Bi	3.92%	0.000	0.024	Zn	1.45%	0.009	0.014
Cd	-13.70%	0.012	0.023	Al ₂ O ₃	1.53%	0.023	0.030
Cl	-4.90%	0.016	0.020	CaO	3.23%	0.021	0.036
Cr	0.50%	0.110	0.115	Fe ₂ O ₃	1.29%	0.014	0.025
Co	-0.37%	0.007	0.015	K ₂ O	0.92%	0.008	0.013
Cu	0.37%	0.019	0.043	MgO	1.46%	0.033	0.062

续表

元素	双差	准确度 $\Delta\lg C$	精密度 λ	元素	双差	准确度 $\Delta\lg C$	精密度 λ
Hg	5.73%	0.017	0.026	Na ₂ O	-1.38%	0.024	0.044
In	-0.56%	0.007	0.055	SiO ₂	-0.50%	0.019	0.027
Li	1.56%	0.005	0.017	Ce	4.26%	0.007	0.024
Mn	0.02%	0.004	0.012	Dy	3.68%	0.082	0.054
Mo	4.63%	0.016	0.045	Er	2.78%	0.003	0.011
Nb	-0.87%	0.005	0.024	Eu	0.95%	0.005	0.013
Ni	0.53%	0.035	0.052	Gd	0.99%	0.003	0.013
P	3.61%	0.010	0.022	Ho	4.02%	0.007	0.026
Pb	1.19%	0.024	0.038	La	0.90%	0.003	0.004
Rb	-2.09%	0.010	0.032	Lu	5.72%	0.001	0.016
S	0.30%	0.022	0.033	Nd	1.58%	0.069	0.030
Sb	1.63%	0.020	0.084	Pr	1.54%	0.007	0.017
Se	0.14%	0.001	0.031	Sm	1.91%	0.003	0.017
Sr	1.88%	0.003	0.024	Tb	2.29%	0.004	0.019
Ta	0.82%	0.006	0.060	Tm	5.08%	0.005	0.036
Th	-3.74%	0.010	0.025	Y	4.51%	0.008	0.027
Ti	2.30%	0.004	0.010	Yb	4.59%	0.001	0.015

说明:

双差检验: 根据《中国地质调查局地质调查技术标准》中对土壤地球化学测量工作质量评价的要求, 重复样两次采样分析结果按相对双差(RD)允许限确定合格率, $RD \leq 40\%$ 为合格, 要求双差合格率 $\geq 80\%$ 。

对本次工作中采集到的土壤、降尘、悬浮物等样品做重复样测试, 双差检验结果如表 1-4-1 所示, 所有重复样中各元素的双差平均值小于 40%, 即样品的合格率为 100%, 由此得出本次测试样品测试分析质量较好, 数据可靠有效。

准确度和精密度检验:

检验方法: 根据工作区地质特点选择 4 个不同国家一级标准土壤, 密码插入每一分析批, 与试样一起分析, 每批分析完毕后, 按每个标准物质计算测量值与监控值对数偏差($\Delta\lg C$), 对数标准偏差(λ), 用以衡量样品分析精密度。对数偏差($\Delta\lg C$)代表准确度, 对数标准偏差(λ)代表精密度。两者的允许限见表 1-4-2。

表 1-4-2 日常分析准确度、精密度要求

允 许 含量范围	表示 方法 限	准确度	精密度
		$\Delta\lg C(\text{GBW}) = \lg C_i - \lg C_s $	$\lambda = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\lg C_i - \lg C_s)^2}{4 - 1}}$
检出限 3 倍以内		≤ 0.12	0.20
检出限 3 倍以上		≤ 0.10	0.17
1 ~ 5%		≤ 0.07	0.15
> 5%		≤ 0.05	0.08

对比上表的要求,本次分析样品的准确度和精密度均达到标准,合格率为100%,数据有效。

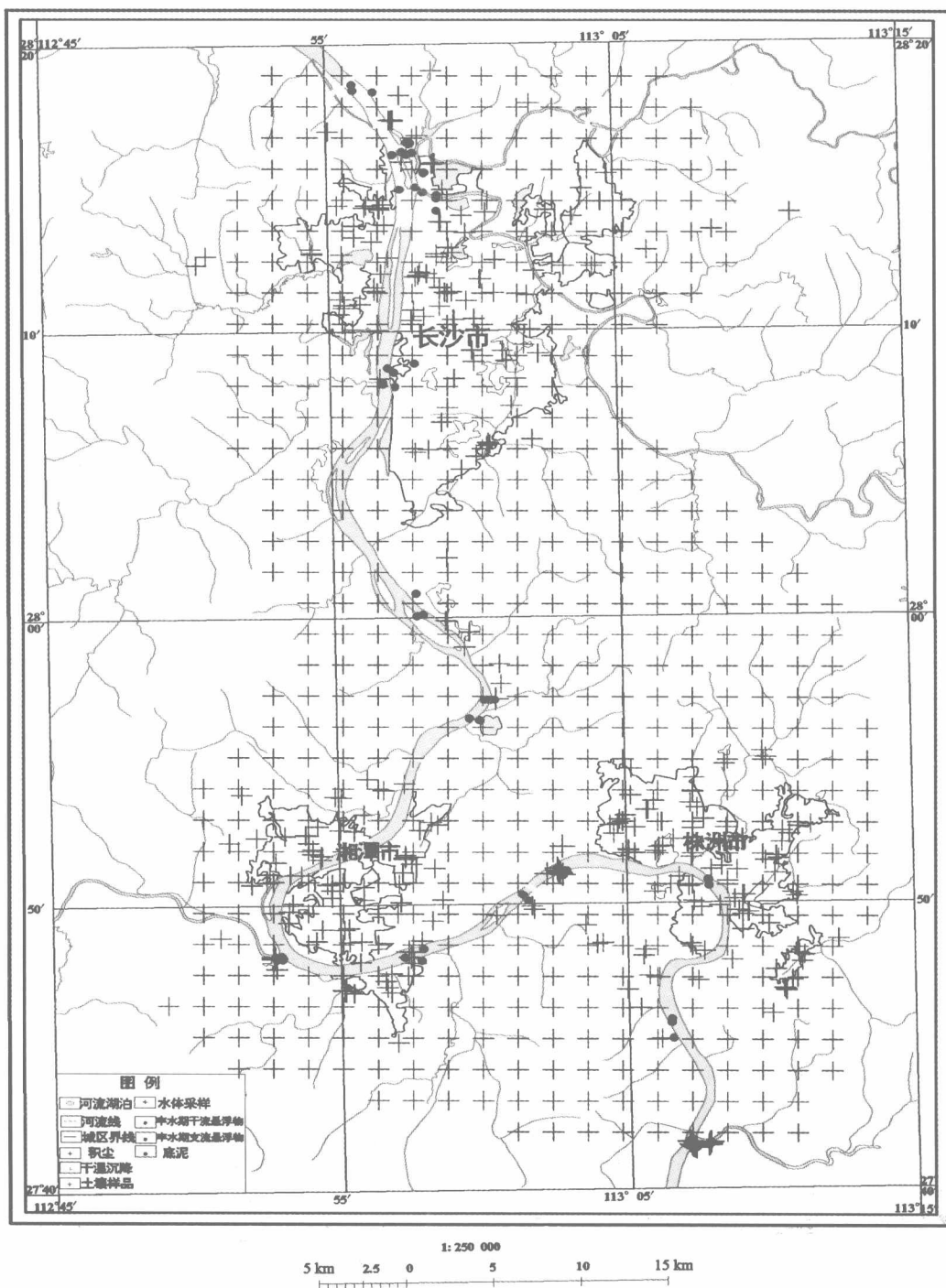


图 1-4-1 湖南省长株潭地区样品分布图

第2章 长株潭城市区域背景及 前人与本研究有关工作积累

2.1 工作区范围、自然地理景观及地质背景简介

2.1.1 地理景观简介

长株潭地区位于东经 $110^{\circ}53'$ 至 $114^{\circ}15'$ 、北纬 $26^{\circ}3'$ 至 $28^{\circ}40'$ 范围内,研究区主要包括长沙市区、株洲市区、湘潭市区约 300 km^2 的3个人口密集区,另包括其周边发育Cd, As等异常区以及已划并为长株潭一体化规划范围内的区域,合计 $2\,100\text{ km}^2$ (如图2-1-1)。

长沙是湖南省省会,湖南省政治、经济、科技、文化中心和交通枢纽,株洲、湘潭均为湖南省的重要工业城市,研究区自然条件好,人口密度大,工农业生产水平高于全省其他地区,人民生活水平及受教育程度相对较高,是湖南省经济发展相对较快的一个区域。

湘潭、株洲、长沙由南向北依次沿湘江分布,山水相依,一江相连,两两相距约 45 km ,3个主要地区处于相同的自然地理系统,均属湘江下游河谷及丘陵带,具有相同自然地理背景。

研究区为东亚季风湿润气候,气候温和,雨量充沛,光、热、水资源充足,光、热、水基本同期,四季分明。年均气温 $16\sim 17^{\circ}\text{C}$,雨量较丰,全年降水量为 $1\,200\sim 1\,450\text{ mm}$,无霜期年均 275 d ,日照时数年均 $1\,680\text{ h}$ 。

研究区处于湘中丘陵与洞庭湖冲积平原过渡地带,地貌主要为山地、丘陵、岗地、平原等;区内地形起伏不大,其中最高峰为株洲北面的枫树寨峰,海拔为 328.4 m ,区内最大相对高差小于 300 m ;沉积作用较弱,土质多为弱酸性地带红壤和河流冲积土,肥沃适耕。陆地植物多样性较明显;研究区水系发育,除湘江干流外,还有洑水、捞刀河、浏阳河、涟水、涓水、渌江、靳水等众多支流。

工作区3个主要城市的合同向性,使得评价的区域整体性能得到较好的保证;而三城市的政治、工业中心的定位使得人为作用对工作区元素分布的影响作用不容忽视;工作区处于丘陵与冲积平原过渡地带,地形起伏较小以及发达的水系地貌对元素的扩散起影响作用。

2.1.2 地质背景简介

工作区位于华南褶皱带,基底由上元古界板溪群构成,岩性主要为板岩、千枚岩、变质砂岩,原岩为浅海相碎屑岩及中基性火山岩。震旦系,由冰川及海相沉积的碎屑岩及碳酸盐岩构成,古生界早期以浅海相碳酸盐岩为主,晚期以滨海相-海陆交互韵律沉积为主,以砂岩、分布泥盆系、石炭系、二叠系地层,岩性为砂、泥、灰岩,构成复理石、类复理石建造。