

文章编号:1672-9250(2007)04-0336-07

MapGIS 技术支持下的宜宾市翠屏区宋家乡 环境地球化学质量评价

王玉婷^{1,2}, 何明友¹, 白宪洲², 曾宜君², 姚娟¹, 刘雷²

(1. 成都理工大学核技术与自动化工程学院, 四川 成都 610059; 2. 四川省地质调查院, 四川 成都 610081)

摘要:采用地质累积指数和污染程度分析方法, 结合 MapGIS 空间分析技术, 对宜宾市翠屏区宋家乡项目区土地质量进行系统的环境地球化学质量评价, 重点对调查区的重金属元素(As、Hg、Cd、Cr、Zn、Cu、Pb、Ni)情况进行土壤质量评价。结果显示, 宋家乡研究区土壤中存在不同程度的 Hg、Cd、Cr、Zn、Pb、Ni 和 Cu 重金属超标, 主要集中在洋坪村、丘陵村和大地村, 而大地村的镉超标较为严重, 整个研究区砷没有出现污染。为此, 结合实际查明造成重金属污染的原因, 为该区土壤资源、环境评价和农业经济发展规划提供实用的地球化学信息。

关键词:重金属; 土壤; 地球化学; 地质累积

中图分类号: X142; X821

文献标识码: A

土壤是母岩、气候与生物共同作用下的产物, 是农田生态系统养分循环的贮存库和交换库。长期以来, 由于现代工业的发展和人类自身活动的增加, 大量带有重金属的废水、废气、废渣等进入地表环境, 并在土壤中积累, 破坏了农业生态系统, 影响了农业生产的安全, 带来了一系列的生态问题。

宜宾市翠屏区宋家乡是四川省第一批“金土地工程”农业地质评价示范区之一。“金土地工程”的基本任务是综合整治调整土地利用结构, 改善居民生产、生活条件, 恢复生态环境, 新增有效耕地, 提高耕地质量和土地利用效率、产出率。而综合整治土地的基础是必须对土地的环境地球化学质量有所了解。因此, 我们拟用 MapGIS 的空间分析技术, 对宋家乡土地整理区土壤中重金属含量进行系统采样分析, 并运用地质累积指数和污染程度分析方法对各重金属元素的含量状况进行评价。

1 研究区概况

1.1 地理概况

宜宾市位于长江上游, 属四川盆地浅丘地貌。翠屏区宋家乡位于宜宾市城区东南部, 距离城区仅三十余公里。该区地处川南经济区, 工农业及旅游业较发达, 自然条件优越, 交通便利, 物产丰富。研究区面积约 10 km², 地理座标: 东经 104°04'40"—104°06'45" 北纬 30°47'30"—30°49'02"。区内土壤主要为紫色土和水稻土, 其成土母岩为侏罗系中、上统的沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组及第四系残坡积。其耕地土壤主要为水田, 约占农田的 90% 以上, 旱地较少。

1.2 地质地貌概况

根据 1:20 万宜宾幅区域地质调查资料^[1], 研究区位于四川盆地西南缘, 构造上属永川帚状褶皱构造带西南段, 褶皱总趋势比较平缓。区内无岩浆岩, 其主要涉及构造为宋家场背斜和高峰寺向斜, 构造简单, 地层倾角 10°~20° 度不等。出露地层为中生界红层, 包括侏罗系中、上统的沙溪庙组、遂宁组、蓬莱镇组和少量白垩系窝头山组及第四系地层。中生界红层的岩石组合基本相同, 主要为紫红色泥(页)

收稿日期:2007-04-10; 修回日期:2007-10-10

基金项目:四川省“金土地工程”区农业地质评价研究项目(批准号:200214200027)

第一作者简介:王玉婷(1977—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为环境地球化学。

岩夹砂岩,或砂岩夹泥岩或泥岩、砂岩不等厚互层。区域地质简图(图 1)依据 1:20 万宜宾幅区域地质调查资料和 1:5 万李庄幅地质图进行修编,并按专题图进行制作而成,在 MapGIS 操作平台上通过 6

度带的高斯-克吕格投影和椭球体参数转换,将用 GPS 坐标的采样点和带北京 1954 坐标的区域地质简图投影到统一的坐标系下,以便与实际采样点位置对应(图 1)。

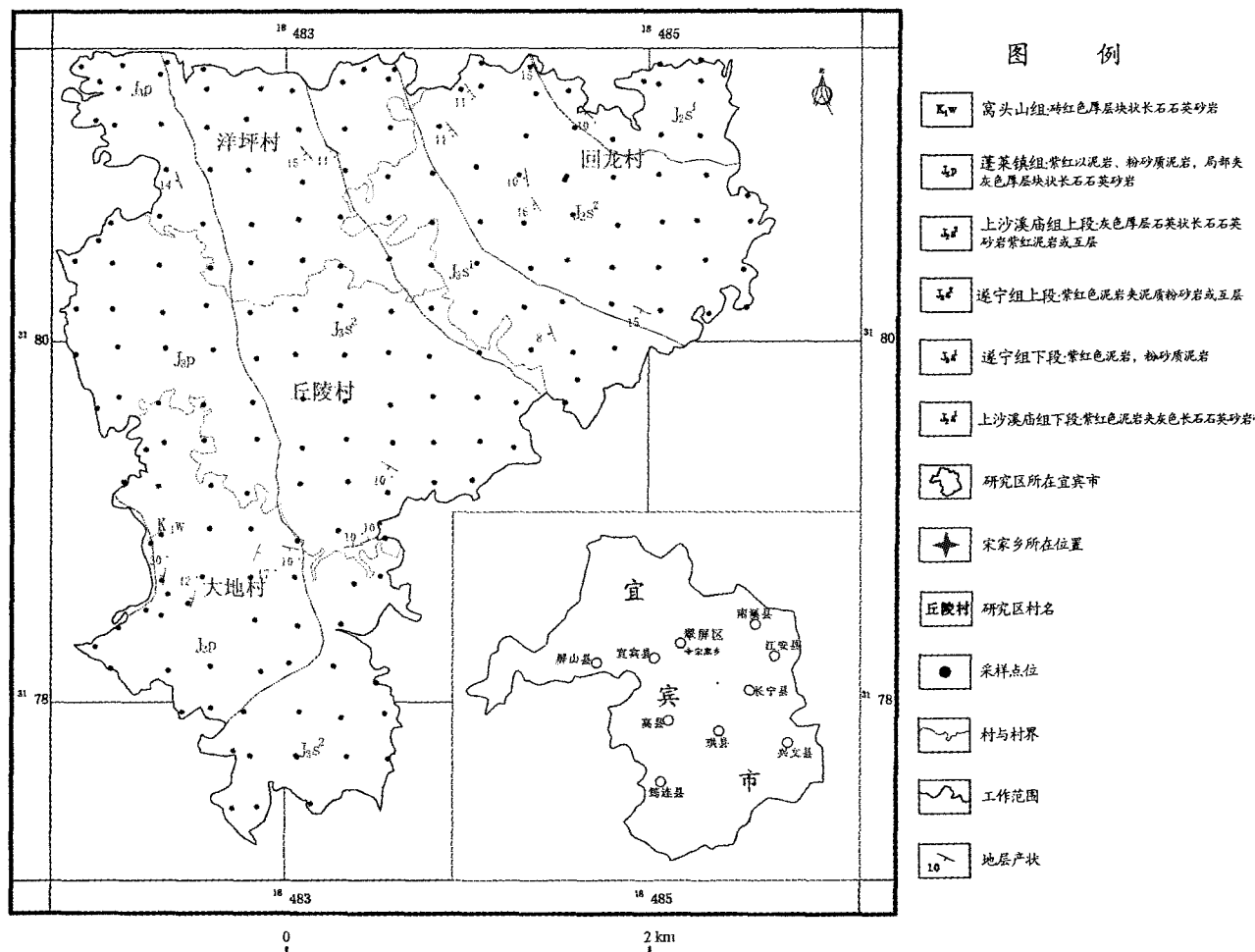


图 1 研究区区域地质图简图及采样分布图^[1-2]

Fig. 1. Regional geological sketch map of the study area and distribution of sampling sites.

2 样品采集与处理

野外以 1:10000 地形图作为工作手图,采样前在地形图上按 250 m×250 m 的网格进行布点,样点一般布置在能代表水田或旱地等主要土壤类型的采样单元中。实际采样点采用便携式 GPS 测定其地理坐标,系统采集土壤正样 194 件,重复采样 24 件,土壤采样深度为 0~30 cm,采集对象为紫色土和水稻土;采样工具包括铁锹、半圆竹筒、白布样袋、自封袋、标签等,在采样过程中,确保采样位置的准确和避免样品污染。

样品利用日照自然风干,除去碎石和砾石等杂

物,粉碎过 20 目尼龙筛,四分法留样 800 g,分成两份。一份 500 g 送实验室作分析;另一份留作副样,供其它测试或查证时使用。将所采样品装入统一的聚乙烯塑料自封袋,贴上标签,做好记录和描述。样品清理完毕后集中装箱送至国土资源部成都矿产资源监督检测中心,进行土壤全量测试分析。

样品分析以 X 荧光光谱法和等离子体光谱法为主,辅以原子吸收法、等离子体发射光谱、原子荧光法、极谱法、燃烧法、容量法等。分析方法的准确度和精密度采用分析国家一级标准物质 GBW (GSS 系列)的方法进行检验,按比例随机检查和异常点检查进行样品质量监控。实际测试分析中,每

一标准物质进行平行取样 12 次分析,分别计算测定值与标准值之间的相对误差 RE(%),相对标准差 RSD(%),其结果满足表 1 的要求。同时以重复采样、重复分析来评定采样和分析误差是否对调查区地球化学变化有显著影响。

另注: $RE = [(C_j - C_s) / C_s] \times 100$

$$RSD = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^{12} (C_i - C_s)^2 / (n-1) / C_s} \right) \times 100$$

其中, C_i 为 GBW 标准物质第 i 次测定的实测值; C_j 为 GBW 标准物质 12 次测定的平均值; C_s 为 GBW 标准物质的标准值。

表 1 分析方法准确度和精密度监控限

Table 1. Analysis accuracy and precision control limits

含量范围	准确度 RE(%)	精密度 RSD(%)
检出限三倍以内	$\leq \pm 23$	≤ 17
检出限三倍以上	$\leq \pm 12$	≤ 10
1%~5%	$\leq \pm 10$	≤ 8
>5%	$\leq \pm 4$	≤ 3

3 质量评价方法

3.1 地质累积指数

地质累积指数(Geoaccumulation Index)通常称

表 2 中国土壤重金属元素背景值与研究区土壤背景值

Table 2. Background values of heavy metal elements in soils of China and study area

元素	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
中国土壤背景值 ^[6]	11.2	0.097	61.0	22.6	0.065	26.9	26.0	74.2
研究区土壤背景值	7.28	0.436	76.46	26.97	0.03	35.88	22.98	95.7

3.2 污染程度

污染程度(Contamination Degree)是评价重金属污染的最直观且常用的参数之一,该参数表示的是被监测的重金属元素的超标情况,可表示如下^[9]:

$$w_d = \sum_{i=1}^n w_{f,i}$$

其中: $w_{f,i} = \frac{w_{A,i}}{w_{N,i}} - 1$, 表示的是第 i 个元素的污染因子; $w_{A,i}$ 表示的是第 i 个元素的分析值(样品中的浓度); $w_{N,i}$ 表示环境中元素浓度的允许上限,一般为土壤环境质量标准(GB15618-1995)^[10], 本文根据实际情况采用其一二级标准。该指数可广泛应用

为 Muller 指数^[3-4], 是 20 世纪 60 年代晚期在欧洲发展起来的广泛用于研究沉积物中重金属污染程度的定量指标,其表达式如下^[5]:

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{w_n}{1.5 w_{BE}} \right]$$

式中: w_n 为样品中元素 n 的浓度; 1.5 为修正参数, w_{BE} 为元素背景浓度, 本文采用研究区土壤重金属元素背景值进行地质累积指数分析。

根据 I_{geo} 的大小地质累积指数可分为几个级别, 本文采用 Forstner et al. (1990)^[7] 划定的 7 个级别。其中, 0-6 级表示污染程度由无到极强, 不同级别代表着不同的重金属污染程度^[8]: $I_{geo} < 0$, 污染级别为 0 级, 表示无污染; $0 \leq I_{geo} < 1$, 污染级别为 1 级, 表示轻度污染到中度污染; $1 \leq I_{geo} < 2$, 污染级别为 2 级, 表示中度污染; $2 \leq I_{geo} < 3$, 污染级别为 3 级, 表示中度污染到强污染; $3 \leq I_{geo} < 4$, 污染级别为 4 级, 表示强污染; $4 \leq I_{geo} < 5$, 污染级别为 5 级, 表示强度污染到极强污染; $I_{geo} \geq 5$, 污染级别为 6 级, 表示极强污染。

于不同环境介质中灾害元素的污染状况。污染因子大于 0 表示该元素发生污染; 污染因子越大, 该元素的污染程度越严重^[7]。

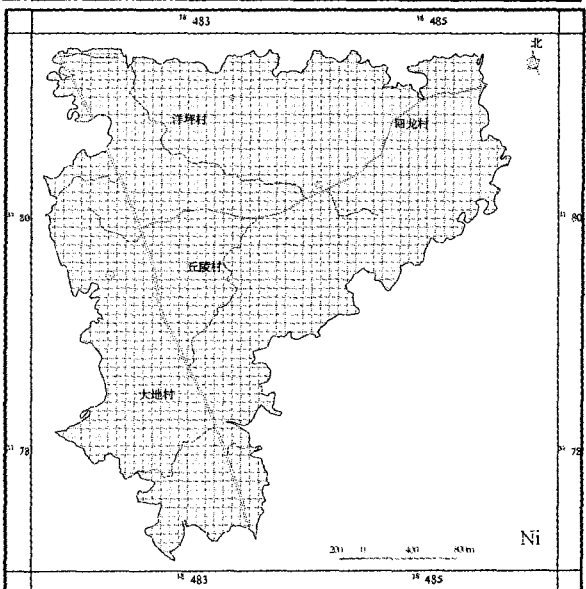
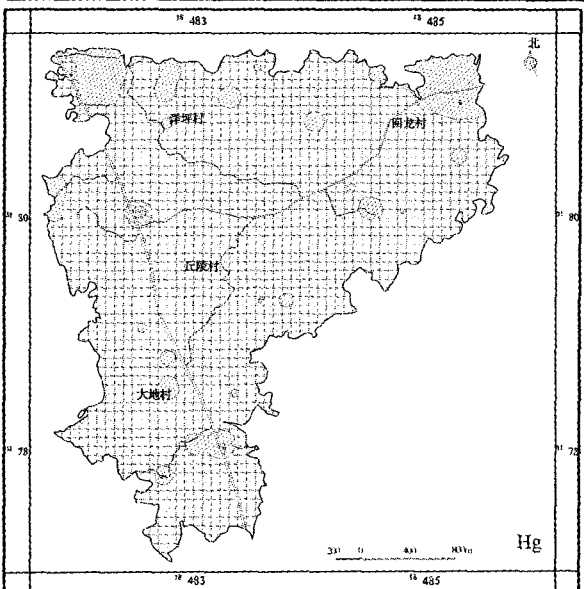
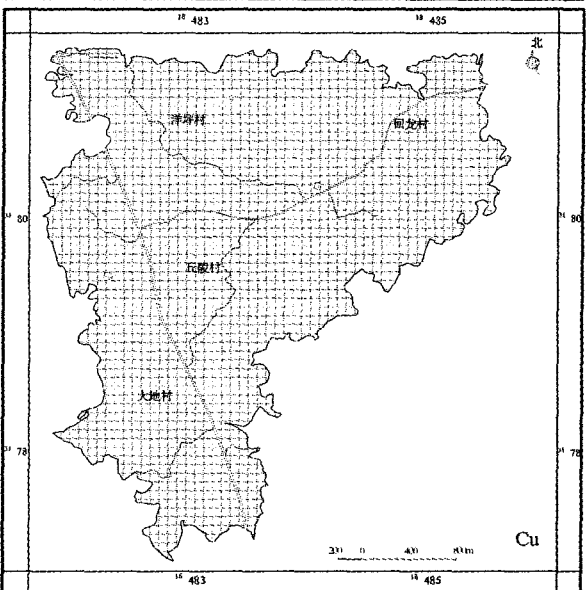
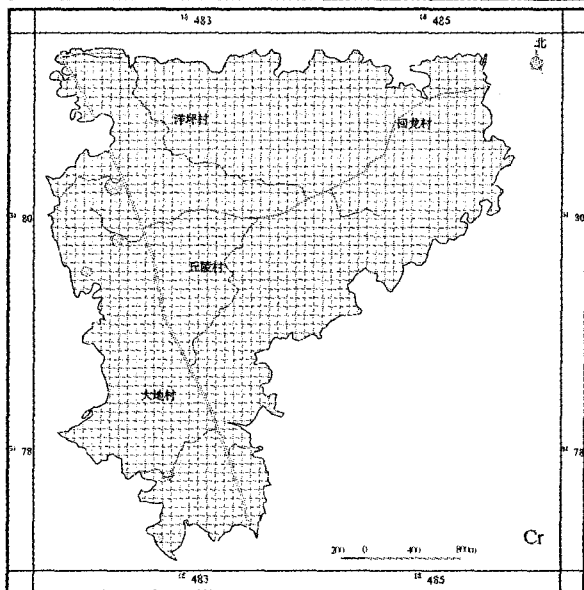
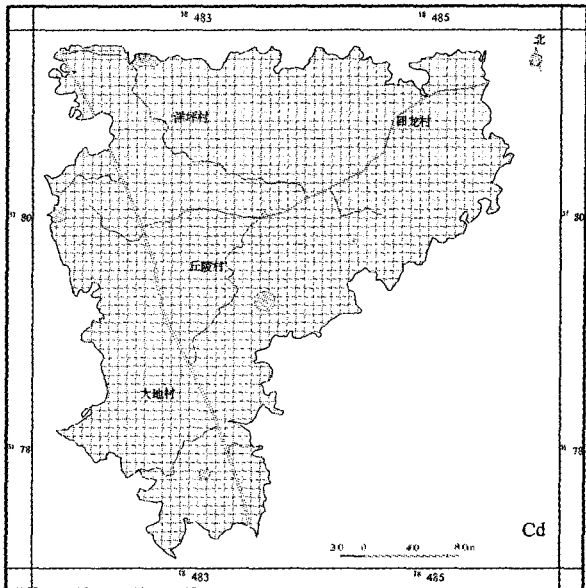
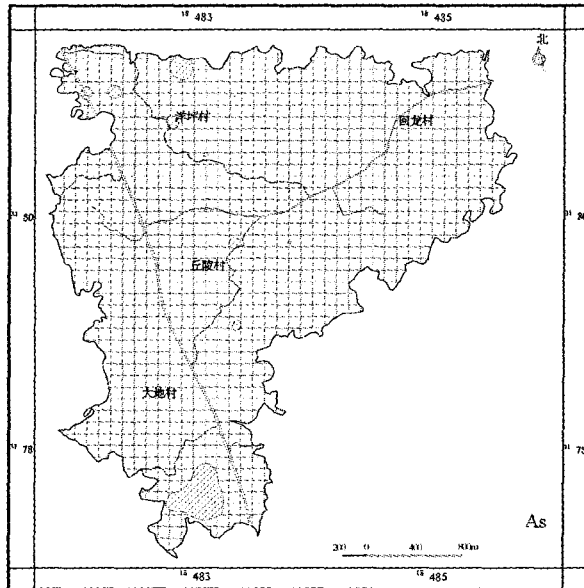
3.3 测试与分析

将原始分析数据结果按照上述质量评价指标的算法公式进行计算后, 按照采样点的实际地理坐标导入到 MapGIS 软件中, 然后采用 MapGIS 的空间分析功能进行区域环境地球化学质量评价, 得到如表 3、表 4、图 2、图 3 所示的结果。鉴于整个研究区(东经 104°04'40"~104°06'45", 北纬 30°47'30"~30°49'02")的系统采样范围, 研究区之外的地区不做评价。

表 3 研究区采样点重金属元素地质累积指数变化范围

Table 3. Variation range of geoaccumulation index of heavy metal elements in the study area

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
最小值	-2.45	-1.69	-1.61	-1.52	-2.17	-2.49	-1.60	-2.38
最大值	0.52	2.75	0.34	0.72	2.15	0.23	0.52	-0.17



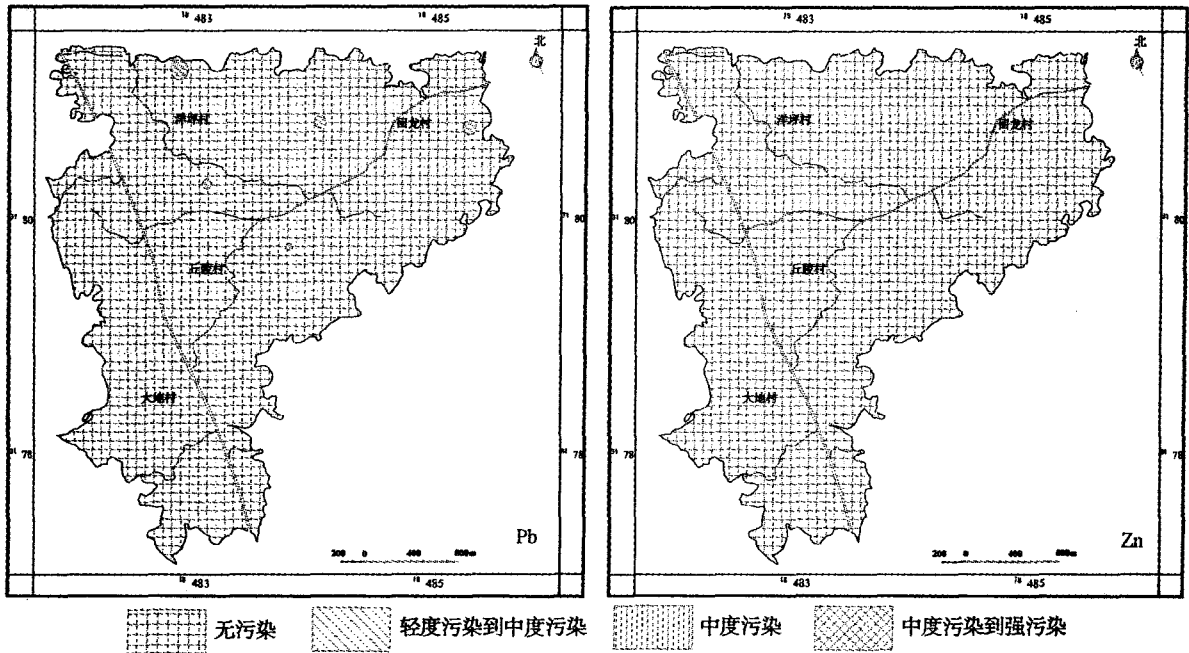


图2 基于地质累积指数的重金属现状评价图

Fig. 2. Status-quo assessment map of heavy metals based on geoaccumulation index.

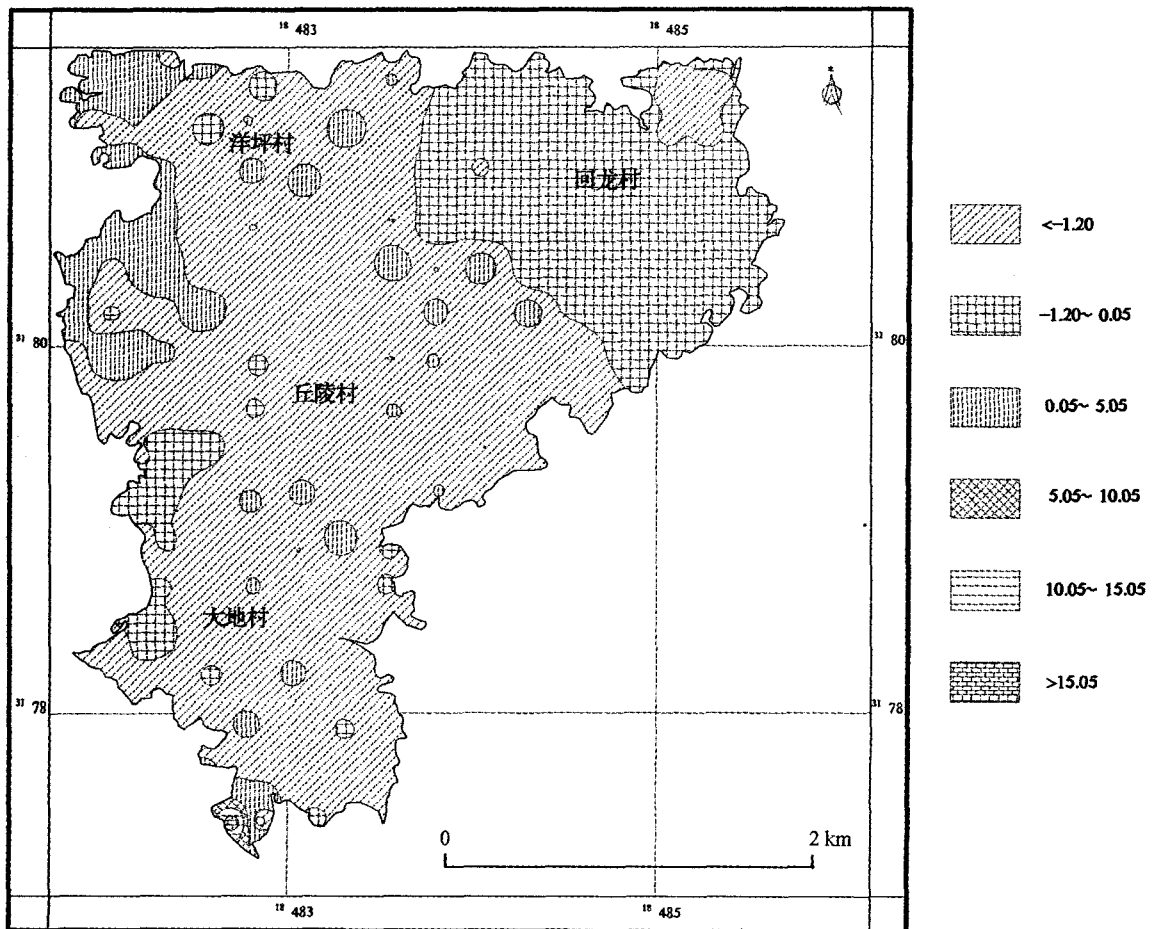


图3 重金属污染程度评价图

Fig. 3. Map of contamination-degree assessment of heavy metals.

表 4 研究区重金属污染面积统计

Table 4. Area statistics of heavy metal contamination in the Cuiping district

	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	污染程度
污染面积(km ²)	0.2185	0.027	0.0372	0.0075	0.9217	0.0075	0.049	0	1.52
污染面积比例(%)	2.25	0.75	0.38	0.008	9.5	0.008	0.46	0	15.7

从以上图 2、表 3、表 4 中可以看出,以其背景值为参考标准,研究区部分区域有 As、Cd、Cr、Cu、Hg、Ni、Pb 重金属超标现象,而相对中国土壤(A 层)重金属元素背景为参考,则 Cd 重金属超标最为严重。Zn 总体而言无超标现象,其它元素超标范围较小且较为分散,对农田生产没有造成危害,但也不容忽视其潜在危害。其中,As 的地质累积指数变化范围为: -2.45 ~ -0.52,污染级别为 1 级无污染为主,在洋坪村和大地村以北有小面积达 2 级轻度污染区,基本上没有形成污染区。Cd 的地质累积指数变化范围为: -1.69 ~ 2.75,总体上为 1 到 4 级都有,以 1 级无污染为主,兼有少部分的 2 级、3 级 4 级污染,主要在洋坪村以北有一小面积区域 1~4 级均有,另在丘陵村和大地村有几块极小超标区域,对比中国土壤(A 层)重金属元素背景值,该元素总体上为严重超标元素,相对其土壤元素背景值超标并不严重。出现高异常的具体原因有待进一步查证;Cr 的地质累积指数变化范围为: -1.61 ~ 0.34,污染级别以 1 级污染为主,兼有少部分的 2 级轻度污染区,2 级主要分布在丘陵村以西靠近主干乡村公路,大地村靠近乡村机耕道附近又极小面积 2 级范围,总体上看视为无污染区;Cu 的地质累积指数变化范围为: -1.52 ~ 0.72,污染级别 1~2 级均有,在该区超标范围分布零星且面积极小,以 1 级无污染为主,研究区内基本上未形成污染;Hg 的地质累积指数变化范围为: -2.17 ~ 2.15,污染级别 1~4 级均有,以 1 级无污染为主,2 级轻度污染面积相对其它重金属元素较大,2 级主要分布在洋坪村和回龙村以北地方,3~4 级分布在丘陵村,面积极小,相对中国土壤(A 层)重金属元素背景来说属无超标元素,而相对其土壤元素背景值而言,就略显超标,综合考虑该元素未对研究区造成影响和危害,视为无污染;Ni 的地质累积指数变化范围为: -2.49 ~ 0.23,污染级别 1~2 级均有,以 1 级无污染为主,2 级轻度污染面积极小且分布零星,没有形成污染区;Pb 的地质累积指数变化范围为: -1.60 ~ 0.52,污

染级别 1~2 级均有,以 1 级为主,2 级污染程度范围极小,零星分布在洋坪村和回龙村,基本上算是无污染区;Zn 的地质累积指数变化范围为: -2.38 ~ -0.17,污染级别为 1 级无污染,但是相对中国土壤(A 层)重金属元素背景而言有少部分 2 级轻度污染出现,主要在洋坪村、大地村河丘陵村,总体看来未造成污染。

从图 3 的综合污染分布看,该研究区的土壤环境的总污染程度为: -3.78 ~ 19.74,受污染程度范围面积虽不大,但某些地方重金属元素严重超标,出现超三类土壤,尤其是在宋家乡大地村以北的小范围,回龙村和洋坪村、丘陵村均有不同程度的重金属超标现象。根据国家土壤质量等级标准,该研究区土壤只能划为二级土壤或二级以上土壤。

4 结 论

通过对宜宾市翠屏区宋家乡农业地质进行较为系统的环境地球化学质量评价,表明该地区的土壤环境总体良好,除了 Zn 元素外,其他重金属均存在不同程度的超标,尤其是 Cd 超标较为严重,与其土壤元素背景值比较超标范围缩小,但是相对于中国土壤(A 层)重金属元素背景比较,Cd 超标几乎涉及整个研究区范围,个别地方严重超标,虽总体污染程度较轻,但极个别地区的超高异常应当予以重视,查明其原因和追踪污染源,以便提出合理化建议来改善土壤质量,提高土壤质量及利用率,更好地为地方农业发展提供良好耕作基础。总体看来翠屏区宋家乡地区土壤生态状况良好,由于个别重金属出现轻度污染趋势,致使该项目区的土壤级别被划为二级以上土壤。本文采用 MapGIS 中的空间分析技术对农业生产区域进行环境地球化学质量评价,具有良好的环境质量评价效果。与以往传统方法相比较,具有形象、生动、易于理解和说明问题,能够直观明了地显现所研究区域状况,具有更加高效快捷等优点。

参 考 文 献

- [1] 四川省地质局. 中华人民共和国区域地质调查报告(宜宾幅)[R]. 西昌:四川省地质局,1980
- [2] 四川省地矿局 202 地质队. 1:5 万李庄幅地质图[R]. 四川省地质调查院资料馆,1990
- [3] Muller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River[J]. *Geojournal*, 1962, 2: 108-118
- [4] Forstner U, Muller G. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hycarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact[J]. *Geojournal*, 1981, 5: 417-432
- [5] Forstner U, Ahlf W, Calmano W, et al. Sediment criteria development-contributions from environmental geochemistry to water quality management[A]. *Sediments and environment geochemistry: select aspects and case histories*[C]. Berlin: Springer-Verlag, 1990:311-338
- [6] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990:1-88
- [7] 陈翠华,倪师军,何彬彬,等. GIS 技术支持下的江西德兴地区矿山环境地球化学质量评价[J]. *成都理工大学学报*, 2005, 32(6):633-639
- [8] Martin C W. Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill, River Lahn, Germany[J]. *Catena*, 2000, 39(1): 53-68
- [9] Rapant S, Raposova M, Bodis D, et al. Environmental-geochemical mapping program in the Slovak Republic[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1999, 66(2): 151-158
- [10] 李学垣. 土壤化学[M]. 北京:高等教育出版社,2001:374

MAP GIS ENVIRONMENTAL GEOCHEMICAL QUALITY ASSESSMENT OF SOILS IN SONGJIA TOWN OF CUIPING DISTRICT , YIBIN CITY, CHINA

WANG Yu-ting^{1,2}, HE Ming-you¹, BAI Xian-zhou²,
ZENG Yi-jun², YAO Juan¹, LIU Lei²

(1. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; 2. Sichuan Institution of Geological Survey, Chengdu 610081)

Abstract

Based on the geoaccumulation index, contamination degree and spatial analysis methods of MapGIS, the environmental geochemical quality assessment of soils in Songjia Town of Cuiqing District of Yibin City was conducted. The focus was put on the assessment of the contamination of heavy metal elements (As, Hg, Cd, Cr, Zn, Cu, Pb, Ni). The results showed that soils in Songjia Town have suffered different extents of contamination of Hg, Cd, Cr, Zn, Pb, Ni and Cu, mainly at the Yangping Village, Qiuling Village and Dadi Village. Soils at the Dadi Village have been polluted by Cd most seriously, and no sign of As pollution has been found in the whole area studied. Investigations into the causes of heavy metal pollution in this area have provided applicable geochemical information for overall planning involved in soil resources, environmental assessment and development of agricultural economy.

Key words: heavy metal; soil; geochemistry; geological accumulation