doi: 10.11720/wtyht.2021.0139
解庆锋,周小果,王振峰,等. 河南省土壤环境监测背景点位布设参考区域划分研究[J]. 物探与化探,2021,45(5):1164-1170. http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.0139
Xie Q F, Zhou X G, Wang Z F, et al. Reference area division for background point arrangement in soil environmental monitoring in Henan Province[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2021, 45(5): 1164-1170. http://doi.org/10.11720/wtyht.2021.0139

河南省土壤环境监测背景点位布设参考区域划分研究

解庆锋[1,2,3],周小果[1,3],王振峰[4],马振波[1,3],李胜昌[1,2,3],张得恩[1,3],司法祯[1,3]
(1. 河南省地质调查院,河南 郑州 450001; 2. 河南省地质科学研究所,河南 郑州 450001; 3. 河南省地球化学生态修复工程技术研究中心,河南 郑州 450001; 4. 河南岩石矿物测试中心,河南 郑州 450001)

摘 要: 以河南省 1:20 万区域地球化学水系沉积物测量和河南省 1:25 万土地质量地球化学调查数据为基础,结合河南省土壤母质图,按照地球化学背景的定义,应用统计学方法,通过迭代剔除异值离群数据,按均值±2 倍离差分别求出不同母质类型区域内的 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 5 种重金属的背景区间值。根据每个元素的背景区间值,分别抽取数据点位,利用 ArcGIS 软件对数据点位位置进行网格提取,形成河南省背景点位布设参考区域,为河南省土壤生态环境监测背景点位优化提供了技术依据。

关键词: 土壤环境监测;背景点位;区域划分
中图分类号: X833 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-8918(2021)05-1164-07

0 引言

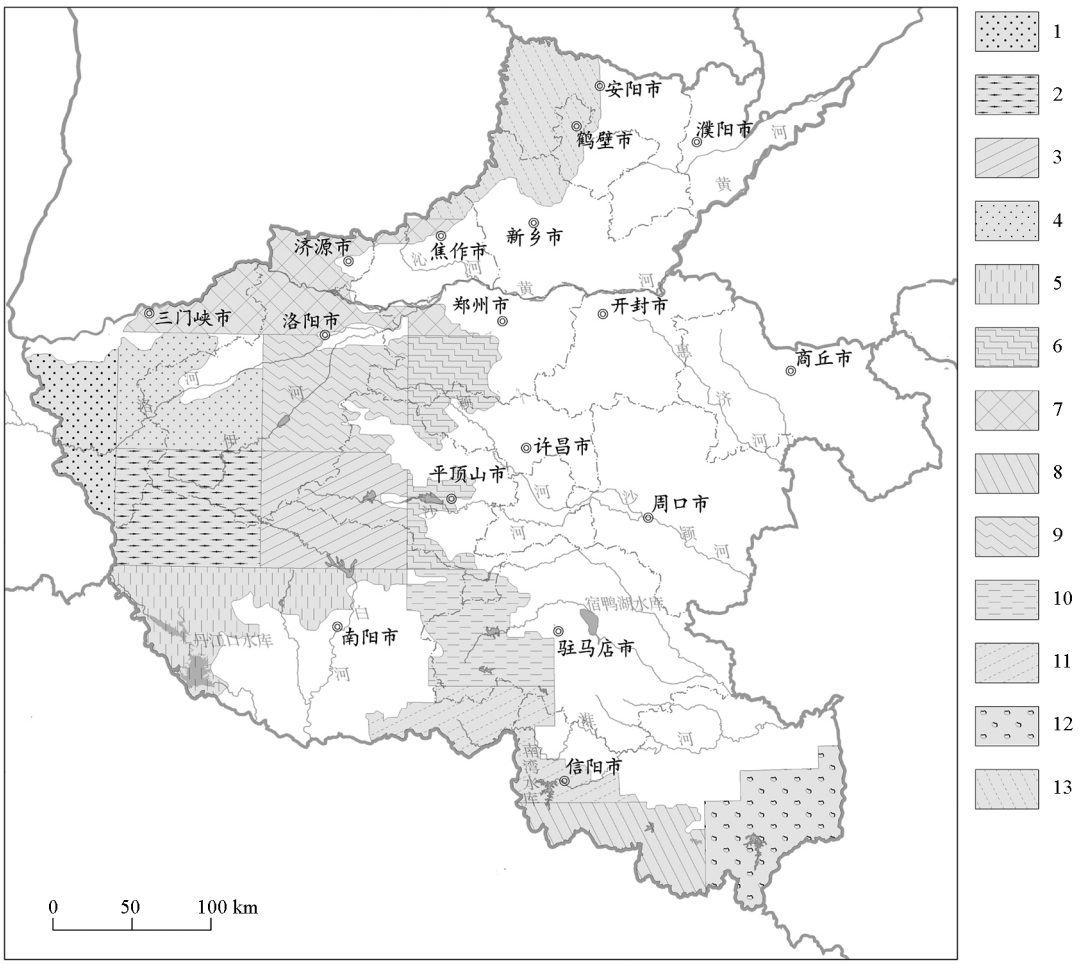
河南省是国家粮食生产核心区,近年来由于城镇化速度较快,人口聚集明显,资源开发利用程度高,故而持续加强土壤环境保护极其重要。河南省政府印发的《河南省清洁土壤行动计划》中提出,建立土壤环境监测体系,实施土壤环境质量“一张图”管理,因此,对河南省土壤生态环境质量监测点位进行优化,提升土壤环境监测水平,既是国家要求,也是河南省的迫切需求,对美丽河南建设、保障“中原粮仓”安全具有重要意义。土壤环境监测点位分为风险点位、基础点位和背景点位,其中背景点位样品应不受人为干扰的自然含量,在此前提下才能反衬出人类活动对环境的影响程度[1-2]。点位优化过程中,背景点位的布设区域要突出其“源”,尽可能布设在人为活动影响较小的区域,由此得出的监测数据才能为风险点位评价作出重要参照。因此,合理划分背景点位布设参考区域非常必要。

1 数据来源

1981 年,原河南省地矿局区调队开展了洛南幅、商南幅 1:20 万区域化探扫面,1986 年原地矿局地调一队、地调二队、地调三队参加,至 1990 年共完成 59 120 km^2 河南省基岩区 1:20 万水系沉积物测量(图 1)。样品以 1 km×1 km 网格,在河流最大汇水域处采集水系沉积物样品,并按 2 km×2 km 网格用等重量法进行组合送检[3]。

2003 年,由中国地质调查局统一部署,河南省地质调查院系统实施了河南省 1:25 万土地质量地球化学调查。截至目前,完成调查面积 11.34 万 km^2(图 2),覆盖了河南省平原区范围。样品采集以农用地土壤为主,按照1 km×1 km网格采集1件表

收稿日期: 2021-03-12
基金项目: 河南省土壤污染防治专项资金项目“河南省土壤生态环境质量监测点位优化”(2019—2020);中央地质勘查基金项目“南阳盆地河南工作区 1:25 万土地质量地球化学调查”(IHEGDD2016065, IHEGDD2018051)
第一作者: 解庆锋(1977-),男,工程师,主要从事地球化学勘查、土地质量地球化学调查、土壤生态环境调查评价工作。
通讯作者: 周小果(1980-),女,高级工程师,毕业于河南农业大学,硕士,主要从事土地质量地球化学调查、土壤生态环境调查评价工作。



1—商南幅、洛南幅区域地球化学调查;2—栾川幅区域地球化学调查;3—鲁山幅区域地球化学调查;4—洛宁幅区域地球化学调查;5—内乡-南阳一带区域地球化学调查;6—平顶山幅、许昌幅区域地球化学调查;7—三门峡幅、洛阳幅、郑州幅区域地球化学调查;8—新县幅区域地球化学调查;9—临汝幅区域地球化学调查;10—泌阳幅区域地球化学调查;11—桐柏幅、信阳幅区域地球化学调查;12—固始幅、商城幅区域地球化学调查;13—长治幅、邯郸幅、陵川幅、鹤壁幅(部分)区域地球化学调查

1—regional geochemical survey in Shangnan and Luonan area; 2—regional geochemical survey in Luanchuan area; 3—regional geochemical survey in Lushan area; 4—regional geochemical survey in Luoning area; 5—regional geochemical survey in Neixiang-Nanyang area; 6—regional geochemical survey in Pingdingshan and Xuchang area; 7—regional geochemical survey in Sanmenxia, Luoyang, Zhengzhou area; 8—regional geochemical survey in Xinxian area; 9—regional geochemical survey in Linru area; 10—regional geochemical survey in Biyang area; 11—regional geochemical survey in Tongbai and Xinyang area; 12—regional geochemical survey in Gushi and Shangcheng area; 13—regional geochemical survey in Changzhi, Handan, Lingchuan, Hebi (partial) area

图 1　河南省 1∶20 万水系沉积物测量工作程度

Fig. 1　Work degree map of 1∶200 000 stream sediment survey in Henan Province

层土壤样品(0~20 cm),并按 2 km×2 km 网格用等重量法进行组合送检。

样品分析均由河南省地矿局岩矿测试中心完成,水系沉积物测量分析项目包括 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 39 项元素指标,共取得数据 17 113 条。土地质量地球化学调查分析项目包括 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 54 项元素指标,共取得数据 29 166 条。

河南省成土母质数据是综合土壤母质的分类并依据土壤分类土属级别中母质信息予以归纳概括而成[4],并运用 ArcGIS 软件的空间数据处理和分析功能形成河南省土壤母质图(图 3),共分 6 个主要成土母质大类。河南省的成土母质较为复杂,山区主要是各种岩石风化的残坡积物、洪积物及黄土,在平原地区则为冲积物、洪积物、河湖相沉积物和风积物。

2　不同成土母质重金属含量特征

背景点位区域主要考虑成土母质及成因,不同的成土母质对元素含量均有影响,因此需要对数据

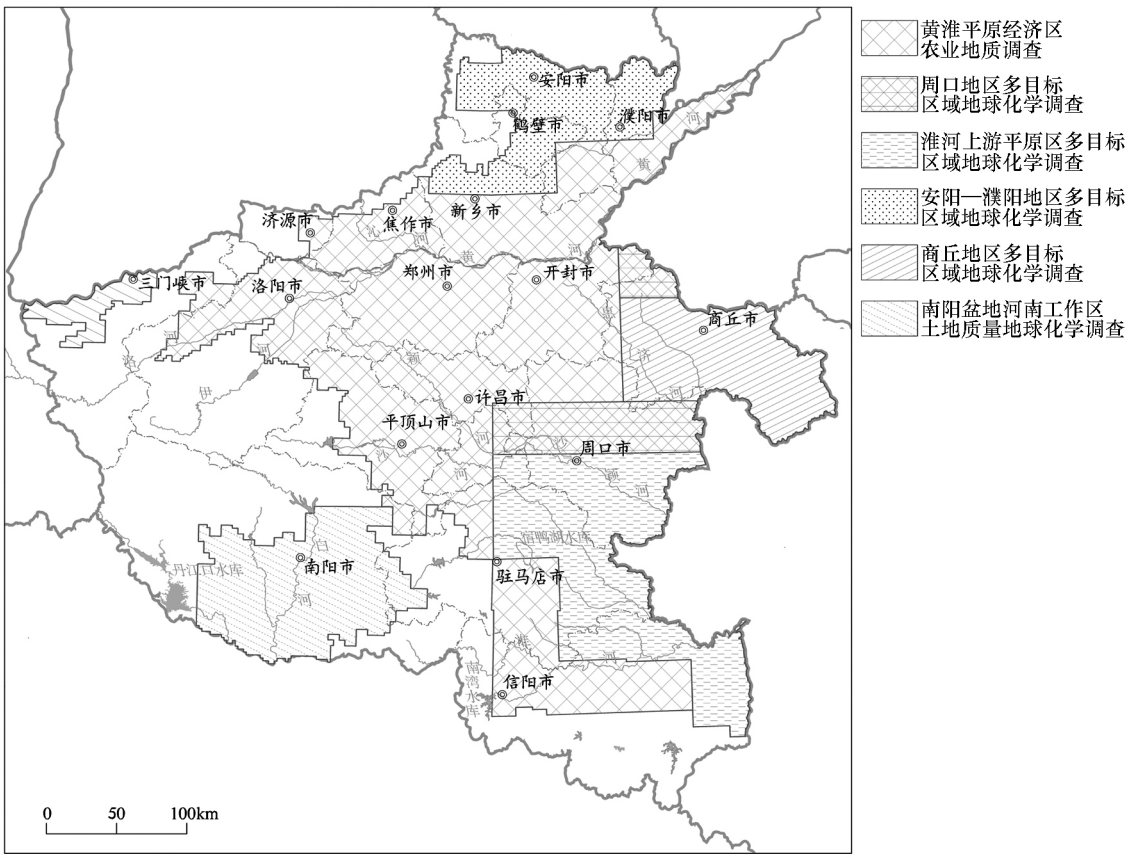


图 2 河南省 1∶25 万土地质量地球化学调查工作程度

Fig. 2 Work degree map of 1∶250 000 land quality geochemistry in Henan Province

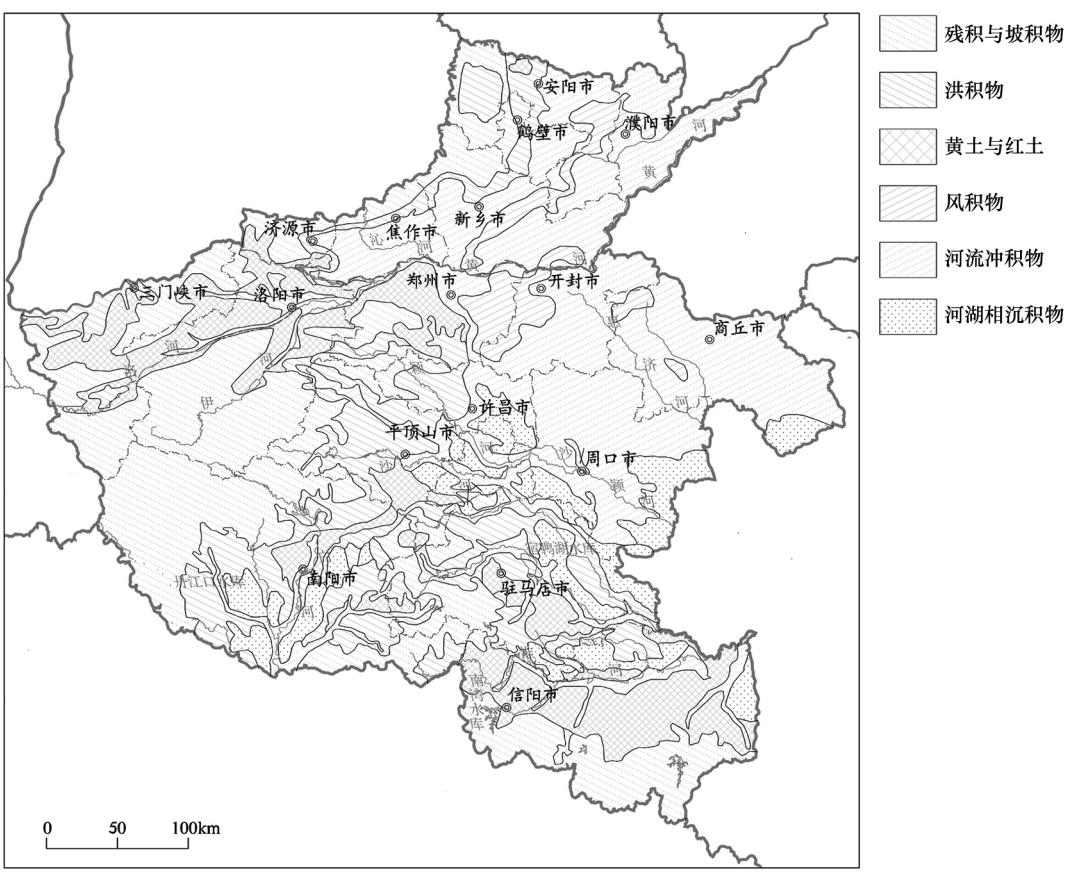


图 3 河南省成土母质分布

Fig. 3 Soil forming parent material map in Henan Province

按成土母质类型进行分区。利用 ArcGIS 软件的空间分析功能,以河南省成土母质类型分布范围为统计单元,分别对水系沉积物测量数据、土地质量地球化学调查数据进行分区,并统计各分区中 Cd、As、Hg、Pb、Cr 等 5 种重金属元素的地球化学特征值[5-6]。

水系沉积物测量数据 5 种元素除在河湖相沉积物中较稳定外,Hg 在其他成土母质类型中呈分异型,变异系数均大于 100%;残积和坡积物成土母质类型中,Pb 呈强分异,变异系数为 564.5%, Cd 在黄土与红土成土母质类型中呈强分异,变异系数为 231.2%(表 1);说明重金属元素在山地丘陵区由于成矿作用对次生环境影响较明显。

土地质量地球化学调查数据中,5 种元素在河湖相沉积物和风积物中较稳定,Hg 在其他成土母质类型中强分异,变异系数均大于 200%;残积和坡积物成土母质类型中,Pb 呈较强分异,变异系数为 111.0%, Cd 在河流冲积物成土母质类型中呈分异型,变异系数为 139.3%(表 2);说明工矿企业等人为活动对平原区的土壤有一定的影响。

3　背景值区间计算与背景点位提取

样本受成矿作用及人类活动对次生环境的影响,使所有元素均形成不同程度的分异性特征,说明各元素含量叠加了自然背景而导致正异常或正偏。因此,对数据采取均值±2 倍的标准离差迭代剔除离群值的方法消除特异值影响,剔除后的样本数据通过计算其均值±2 倍标准离差值作为背景区间(表 3)。

根据不同成土母质各元素的背景区间值,利用 ArcGIS 软件“SQL”查询功能,分别对水系沉积物测量数据、土地质量地球化学调查数据点位进行提取,提取的点位区域分别代表该成土母质类型中该元素的背景区域。

4　背景点位参考区域确定

由于元素的分布及迁移转化规律有差异,需要对 5 种元素背景点位进行相交处理,即当 5 种元素的点位均在背景区域内时,可作为背景点位参考布

表 1　不同成土母质水系沉积物测量数据特征

Table 1　Characteristics of stream sediment survey data in different soil forming parent material

成土母质	元素	平均值	中位数	标准差	样品数	最大值	最小值	变异系数/%
残积和坡积物	Cd	0.139	0.110	0.210	11204	14.550	0.010	153.1
	As	8.50	7.50	7.85	11201	577.70	0.13	92.5
	Pb	36.40	25.40	205.48	11198	14300.00	0.70	564.5
	Hg	38.40	29.00	73.77	11199	4260.00	1.00	192.2
	Cr	71.30	67.00	38.99	11198	1380.00	5.00	54.7
河湖相沉积物	Cd	0.078	0.070	0.030	137	0.180	0.020	39.6
	As	8.00	8.30	2.38	137	15.80	1.70	29.5
	Pb	22.20	21.80	3.60	137	33.80	14.10	16.2
	Hg	33.20	30.00	15.66	137	120.00	10.00	47.2
	Cr	66.40	66.30	7.14	137	108.40	49.20	10.8
河流冲积物	Cd	0.100	0.080	0.090	1235	1.500	0.010	89.5
	As	9.50	9.20	4.53	1233	73.80	0.30	47.7
	Pb	27.90	25.265	17.63	1234	424.00	3.40	63.2
	Hg	65.70	35.00	288.70	1234	4000.00	5.00	439.7
	Cr	69.10	64.65	26.04	1237	285.00	6.00	37.7
洪积物	Cd	0.094	0.090	0.060	1409	1.120	0.010	65.6
	As	11.60	11.20	19.39	1408	730.00	2.60	167.7
	Pb	22.00	20.90	8.460	1410	217.00	3.00	38.5
	Hg	36.50	30.00	93.33	1410	3020.00	5.00	255.5
	Cr	67.90	66.10	20.88	1410	459.60	18.60	30.8
黄土与红土	Cd	0.092	0.080	0.210	2968	11.000	0.010	231.2
	As	10.30	10.40	4.26	2964	135.00	0.56	41.2
	Pb	22.10	20.30	15.09	2968	676.00	4.20	68.1
	Hg	28.30	20.00	34.92	2969	680.00	4.00	123.2
	Cr	70.20	68.00	19.01	2967	532.00	12.50	27.1

注:Hg 含量单位为 10^{-9},其他元素为 10^{-6}。

表 2 不同成土母质中土地质量地球化学调查数据特征

Table 2 Characteristics of land quality geochemistry data in different soil forming parent material

成土母质	元素	平均值	中位数	标准差	样品数	最大值	最小值	变异系数/%
残积和坡积物	Cd	0.184	0.16	0.12	1381	3.276	0.053	66.2
	As	11.3	11.26	3.31	1381	41.96	2.03	29.3
	Pb	29.4	25.7	32.62	1381	847.4	5.2	111.0
	Hg	58.9	42.5	173.25	1381	5683.3	16.5	293.9
	Cr	72.6	71.8	22.19	1381	638	7	30.6
河湖相沉积物	Cd	0.151	0.144	0.04	3476	0.57	0.056	25.9
	As	10.1	9.13	3.42	3476	29.7	2.21	33.9
	Pb	27.5	26.6	4.81	3476	90.8	18.3	17.5
	Hg	49.1	43.1	37.98	3476	1015	15.4	77.4
	Cr	71.6	71	8.10	3476	102	44	11.3
河流冲积物	Cd	0.2	0.152	0.23	14846	16.2	0.034	139.3
	As	10.5	10.28	2.80	14846	92.5	1.58	26.7
	Pb	24.3	23.2	7.60	14846	428	12.4	31.2
	Hg	52.1	41.6	122.84	14846	13005.9	10.2	236.0
	Cr	68.9	68.7	8.81	14846	237.7	6.8	12.8
洪积物	Cd	0.191	0.145	0.31	3479	8.907	0.064	163.4
	As	10.0	9.74	3.16	3479	77.2	0.24	31.6
	Pb	28.0	25.5	17.97	3479	575.4	14.4	64.2
	Hg	63.6	45.13	107.68	3479	4407.2	14.7	169.3
	Cr	68.8	68.6	9.87	3479	291	14.6	14.3
黄土与红土	Cd	0.152	0.14	0.07	4545	1.938	0.07	46.0
	As	10.3	10.41	2.72	4545	37.5	2.24	26.5
	Pb	27.3	25.1	27.69	4545	1423.3	16.4	101.6
	Hg	66.2	41.5	218.22	4545	8838.7	10	329.7
	Cr	70.0	69.4	8.63	4545	228	39.9	12.3
风积物	Cd	0.136	0.131	0.04	1439	0.52	0.059	28.9
	As	7.9	7.98	2.37	1439	16.06	3.39	30.0
	Pb	20.1	19.7	2.39	1439	44.7	15.5	11.9
	Hg	32.2	27.9	17.33	1439	239.5	10.2	53.8
	Cr	62.0	62.3	10.81	1439	121.1	20.9	17.4

注:Hg 含量单位为 10^{-9},其他元素为 10^{-6}。

表 3 不同成土母质背景提取区间值

Table 3 Background of extract interval values in different soil forming parent material

测量方法	成土母质	Cd	As	Pb	Hg	Cr
水系沉积物测量	残积和坡积物	0.044~0.151	1.22~12.41	14.6~33.1	2.6~41.4	43.7~88.1
	河湖相沉积物	0.033~0.107	6.28~10.72	17.6~25.3	15.3~43.4	59.7~73.1
	河流冲积物	0.037~0.124	3.85~13.73	14.4~34.1	0.2~62.1	46~80
	洪积物	0.05~0.124	6.39~15.9	15.5~25	3.6~42	54.6~78.6
	黄土与红土	0.03~0.121	6.85~14.11	14~25.1	3~33.2	56.6~77.1
土地质量地球化学调查	残积和坡积物	0.107~0.201	7.54~14.87	20.6~29.8	20.7~57.5	60~83.2
	河湖相沉积物	0.099~0.181	6.46~9.91	21.9~30.5	22.5~57.7	59.5~82.5
	河流冲积物	0.105~0.192	7.49~12.82	17.5~27.4	20.8~54.1	57.9~79.4
	洪积物	0.096~0.174	5.16~13.81	21.1~28.6	22.4~54.4	57.9~79.5
	黄土与红土	0.087~0.181	5.53~14.81	21.2~28.3	21.2~51.9	59.5~78.3
	风积物	0.107~0.201	7.54~14.87	20.6~29.8	20.7~57.5	60~83.2

注:Hg 含量单位为 10^{-9},其他元素为 10^{-6}。

设区域。本次利用 ArcGIS 软件的“相交”工具,以相同土壤母质类型抽取的 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 5 种元素点位数据,进行相交分析,得出空间相交的点位。然后将所有相交分析后的点位进行合并,得出河南省背景点位空间分布,再利用 ArcGIS 软件的“建立渔网”工具生成 2 km×2 km 网格,相交处理后的点位选择的网格即为背景点位布设参考区域(图 4)。

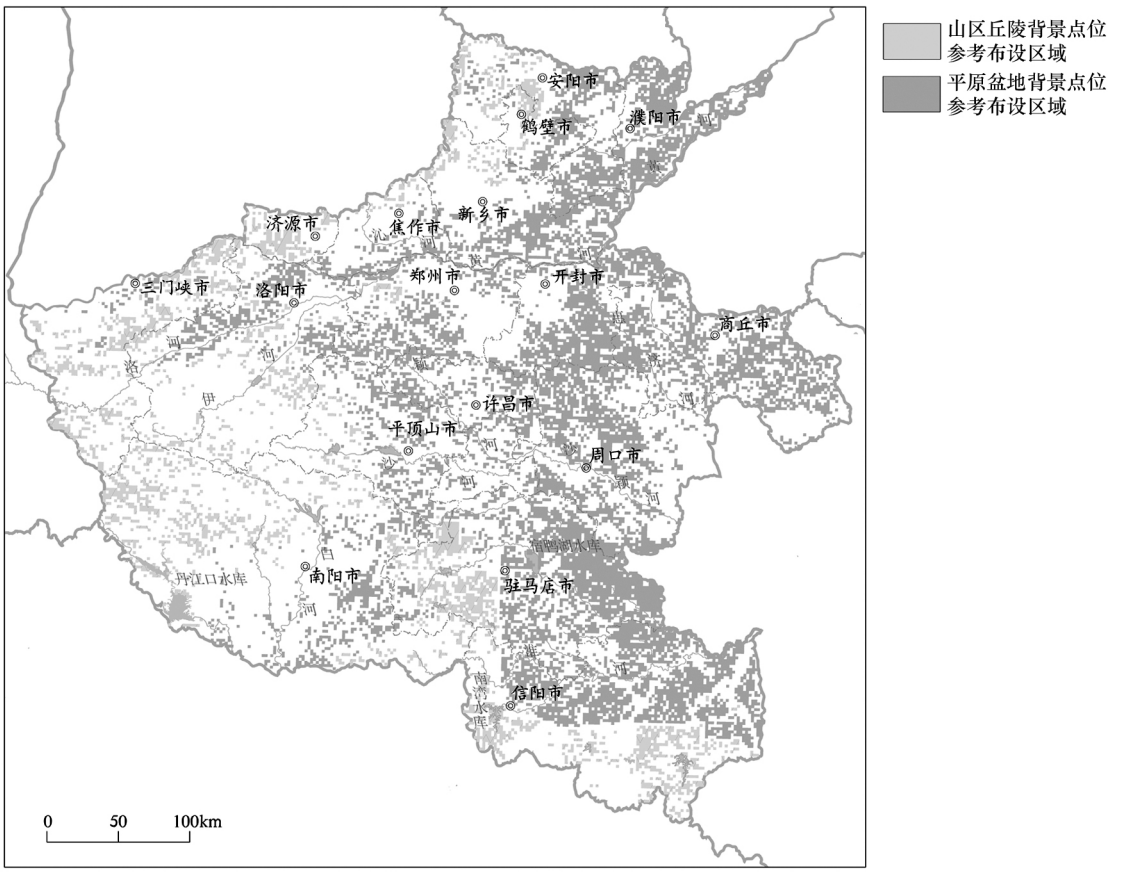


图 4　河南省土壤环境监测背景点位布设参考区域分布

Fig. 4　Distribution map of reference region for background point of soil environmental monitoring in Henan Province

5　样品采集验证

为了验证背景点位布设参考区域可用性,在不同母质类型中,选择无明显人为活动影响且具有代表性的连片农用地地块布设了 50 个点位,采集表层土壤样品(0~20 cm)并进行测试,获取了 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 5 种元素指标 50 组数据,其中残积和坡积物 14 组、河流冲积物 15 组、洪积物 2 组、黄土与红土 12 组、河湖相沉积物 4 组、风积物 3 组。

通过对数据分析,除 Hg 在河流冲积物、洪积物的算术平均值略高于该成土母质的土地质量地球化学调查背景值上限外,其他均低于或持平;多个样品数据指标最大值略高于相对应的区域背景值上限,其中 Hg 较明显(图 5)。总体上该参考区域可用性较强,后期可通过点位微调实现背景点位的布设。

6　结论

将河南省水系沉积物测量和土地质量地球化学调查数据按土壤母质分布进行分区、数据特征统计、背景值区间计算,提取了不同成土母质类型的背景点位,并由该点位通过空间分析形成了河南省土壤环境监测背景点位布设参考区域分布范围。其中山区丘陵区、南阳盆地、伊洛河盆地、黄河决口扇背景区域分布较少,说明 Cd、As、Pb、Hg、Cr 等 5 种重金属在该地区后期存在一定的影响;华北平原(河南部分)背景区域呈连片分布,且面积占比较高,侧面反映了河南省粮食主产区重金属元素影响较小,农产品产地的土壤相对安全。本次研究形成的区域分布范围通过实际采集测试验证,可用性较强,可作为河南省土壤环境监测背景点位的参考依据,但在实际布设过程中,除考虑土壤类型分布、土地利用现状、周边环境等因素外,还需要通过采样分析验证使样点位置更趋于合理化。

参考文献(References):

[1]　王亚耀,赵晓军,何立环. 我国土壤环境质量监测技术路线研究[J]. 中国环境监测,2012,28(3):116-120.
Wang Y Y,Zhao X J,He L H. The research of technique route for national soil environment monitoring[J]. Environmental Monitoring in China, 2012,28(3):116-120.

[2]　陈善荣,陈传忠. 科学谋划“十四五”国家生态环境监测网络建设[J]. 中国环境监测,2019,35(6):1-5.

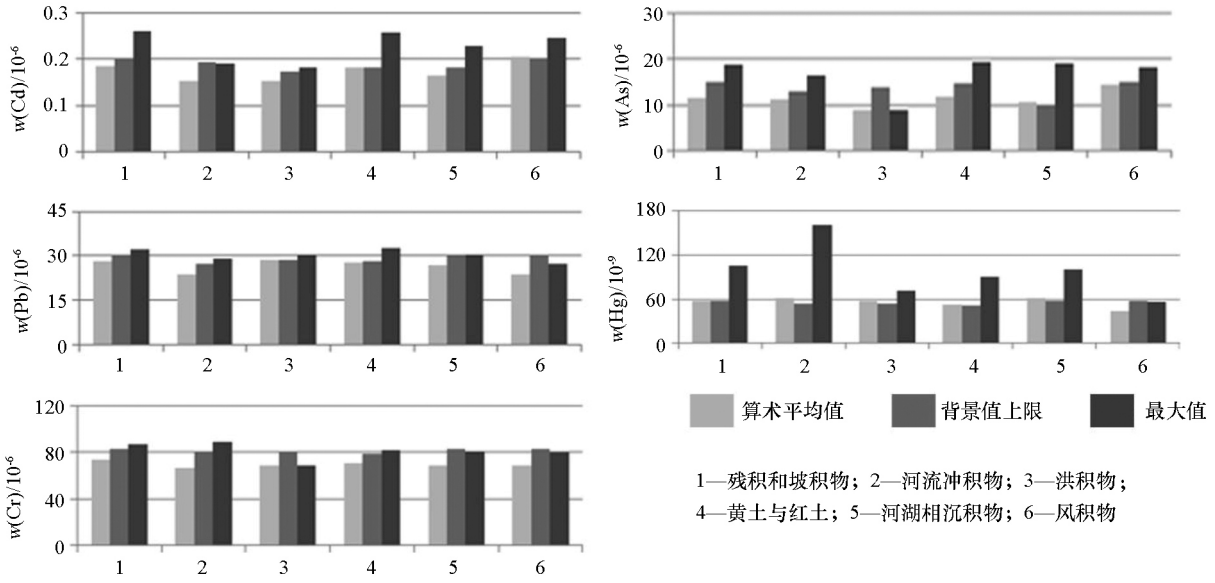


图 5 样品采集验证数据对比

Fig. 5 Comparison chart of sample collection and verification data

Chen S R, Chen C Z. Scientific planning for the construction of the national ecological environmental monitoring network in the 14th five-year plan period[J]. Environmental Monitoring in China, 2019, 35(6): 1-5.

[3] 丁汉铎,王春松,解庆锋,等. 河南省矿产资源化探信息应用研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2015,1-2.
Ding H D, Wang C S, Xie Q F, et al. Application of geochemical exploration information of mineral resources in Henan Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2015: 1-2.

[4] 河南省土壤普查办公室. 河南土壤[M]. 北京:中国农业出版社,2004:15-24.
Henan Soil Census Office. Henan soil[M]. Beijing: Chinese Agriculture Press, 2004: 15-24.

[5] 鄢明才,顾铁新,迟清华,等. 中国土壤化学元素丰度与表生地球化学特征究[J]. 物探与化探,1997,21(3):161-167.
Yan M C, Gu T X, Chi Q H, et al. Abundance of chemical elements of soils in China and supergenesis geochemistry characteristics[J]. Geophysicaland Geochemical Exploration, 1997, 21(3): 161-167.

[6] 张秀芝,杨志宏,马忠社,等. 地球化学背景与地球化学基准[J]. 地质通报,2006,25(5):626-629.
Zhang X Z, Yang Z H, Ma Z S, et al. Geochemical background and geochemical baseline[J]. Geological Bulletin of China, 2006, 25(5): 626-629.

Reference area division for background point arrangement in soil environmental monitoring in Henan Province

XIE Qing-Feng[1,2,3], ZHOU Xiao-Guo[1,3], WANG Zhen-Feng[4], MA Zhen-Bo[1,3], LI Sheng-Chang[1,2,3], ZHANG De-En[1,3], SI Fa-Zhen[1,3]

(1. *Henan Institute of Geological Survey, Zhengzhou* 450001, *China*; 2. *Henan Institute of Geological Sciences, Zhengzhou* 450001, *China*; 3. *Henan Geochemical Ecological Restoration Engineering Research Center, Zhengzhou* 450001, *China*; 4. *Henan Province Rock and Mineral Testing Center, Zhengzhou* 450001, *China*)

Abstract: This study aims to determine the reference areas for the arrangement of background points in soil environment monitoring in Henan Province. Firstly, based on the data of 1∶200,000 regional geochemical stream sediment surveys and 1∶250,000 land quality geochemical surveys of Henan Province as well as the map of soil parent materials of Henan Province, outliers were eliminated using iteration and a statistical method according to the definition of geochemical background. Then the background interval values of five heavy metals (i.e., Cd, As, Pb, Hg, and Cr) in parent materials of different types were calculated according to the ±2 deviationof the mean. Finally, data points were extracted according to the background interval values of each element and then the grid of the data points was extracted using the software ArcGIS. In this way, the reference areasfor the background points layout in Henan Province were formed. This study will provide technical bases for the optimization of background points in the soil environment monitoring in Henan Province.

Key words: soil environmental monitoring; background points; regional division

(本文编辑:蒋实)