

冀东平原土壤重金属元素的来源分析

宋泽峰¹ 栾文楼¹ 崔邢涛¹ 李随民¹ 王 伟¹ 李 巍²

(1. 石家庄经济学院, 河北 石家庄 050031; 2. 上海邦德职业技术学院, 上海 200444)

摘要: 通过对比冀东平原表层和深层土壤样品中 8 种重金属含量, 并利用因子分析提取了 7 个主因子, 结合因子得分图进行重金属来源分析。结果显示 Cr 的来源具有分异性, 一部分源于土壤本底, 另一部分来源于矿业污染造成的元素叠加; Hg 的来源主要为农业生产, 部分地区 Hg 是由冶金、交通等污染排放所致; 唐海县附近 Cd 主要为河流上游元素搬运成因。局部地区 Pb 高度富集是由于采矿污染造成。As、Cu、Zn、Ni 等元素主要来源于当地自然地质背景。

关键词: 因子分析; 重金属; 土壤; 冀东平原

中图分类号: P66

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)05-1530-09

农业土壤中重金属污染主要有 Hg、Cd、Pb、Cr 及类金属 As 等生物毒性元素, 以及有一定毒性的 Zn、Cu、Ni 等^[1]。农田中过量的重金属是作物生长和人类健康的严重威胁。土壤中的重金属含量除受其成土母质影响外, 主要是人类活动的影响。如化肥农药的施用、工业、交通污染等可以直接或间接(通过大气沉降)影响农田中金属含量^[2-4]。

目前, 元素来源研究的方法主要有元素形态分析法^[5-6]、剖面分析法^[7]、空间分布分析法^[8]、富集因子分析法^[9]等。综合运用这些方法可以比较直观地区别出人为来源与土壤母质残留的重金属。但是通过以上方法来辨别人为来源重金属进入土壤的具体途径, 目前尚无更多报道。近年来多元统计分析方法(特别是主成分分析法)被广泛应用于土壤重金属来源研究^[10, 11], 该方法与上述方法的综合运用, 可以有效揭示农田土壤重金属的主要来源。

冀东平原地处京津唐秦环渤海经济区, 是华北重要的农副产品生产和供应基地, 中部是粮、棉、油集中产区, 盛产小麦、玉米、水稻等粮食作物和花生、棉花等经济作物, 以及蔬菜、杂粮等。同时, 该区工业、矿业活动也非常强烈, 矿产资源丰富, 已探明矿

产 49 种。煤炭虽已开采百余年, 保有储量仍达 60 多亿 t。铁矿床(点)多达百余处, 储量 57.5 亿 t。金矿储量丰富, 远景数十吨, 是中国重要的产金区。遵化、迁西、迁安、青龙等年产黄金超万两。非金属矿产储量大, 品质好, 是中国重要的建材陶瓷生产基地。当地的支柱产业有煤炭、钢铁、建材、化工、陶瓷、水泥、电力、纺织、造纸等重污染工业。因此及时地对该地农田进行重金属研究, 掌握污染来源对于污染控制和防治具有重要的意义。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

研究区位于燕山山前平原, 大部分在唐山市中、南部, 少部分在秦皇岛境内。东、南临渤海, 西与天津市毗邻, 北依燕山, 总面积为 13472 km²。研究区内地貌状况复杂, 自北向南依次为燕山山前丘陵带、山前冲洪积倾斜平原和南部冲积平原、冲积海积平原, 近渤海有滨海滩涂。

本地区属温带季风区, 为大陆性气候, 年平均气温 12.3℃, 1 月份平均气温 -5.5℃, 7 月份平均气温 25.1℃, 年平均降水量 650 mm, 年蒸发量 1800 mm。

收稿日期: 2009-11-26; 改回日期: 2010-01-20

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目(200040007-2)资助。

作者简介: 宋泽峰, 男, 1980 年生, 助研, 主要从事环境地球化学方面研究; E-mail: songzefeng@sina.com。

当地河道纵横水系发育,总体可划分为 4 个水系:滦河水系,沙、陡河水系,蓟运河水系和东部滨海水系。研究区内土壤类型多,据河北省土壤普查^[12],主要有褐土、潮土、砂姜黑土、草甸土、沼泽土、水稻土、滨海盐土等土壤。

研究区构造上位于中朝板块北缘燕辽活动带。区内地层发育齐全,岩浆活动强烈,矿产资源丰富。其北部遵化—迁西—迁安—抚宁—山海关一带,广布古—中太古界迁西群,这是华北最古老的陆核,由麻粒岩和各种片麻岩等深变质岩组成,原岩为火山—沉积岩系,夹薄层含铁硅质岩,其中斜长角闪岩类(原岩为基性火山岩)是区内金矿的主要矿源层,金等元素丰度高。值得强调的是,在迁西期强烈火山活动中,裹挟了数以千计的小型镁铁—超镁铁岩体,形成镁铁—超镁铁岩特征元素地球化学分布。新生界在区内分布广泛,平原区始新统、渐新统、中新统及上新统均被第四系覆盖。在山区及山前地带,第四系主要分布在山间盆地、山麓及河谷地带。堆积物类

型复杂,包括残破积、冲积、洪积、冰碛和冰水堆积、风积、湖沼积以及各种混合堆积等,主要由未胶结或半胶结的砾石、砂砾石、砂、粉砂、亚砂土及亚粘土等组成。

1.2 样品采集与分析

本研究数据来源于中国地质调查局和河北省人民政府合作项目“河北省农业生态地球化学调查”。土壤样品由河北省地质调查院根据《多目标区域地球化学调查规范(1:250000)》^[13]分别采集浅层和深层土壤样品。按照 1 件/km² 的密度采取 0~20 cm 表层土壤样品,按照每 4 km²(4 件样品)组合成 1 个分析样分析,共分析表层土壤样品 3380 个;深层样品(150~200 cm)按照 1 件/4 km² 采集,每 16 km²(4 件样品)混合成 1 件送分析,共分析深层土壤样品 854 个。

样品由国土资源部保定矿产资源监督检测中心测定 54 项指标。根据冀东地区的自然地质背景及工农业生产选取了包括重金属元素在内的共 23 种元素进行主成份因子分析,判别来源。

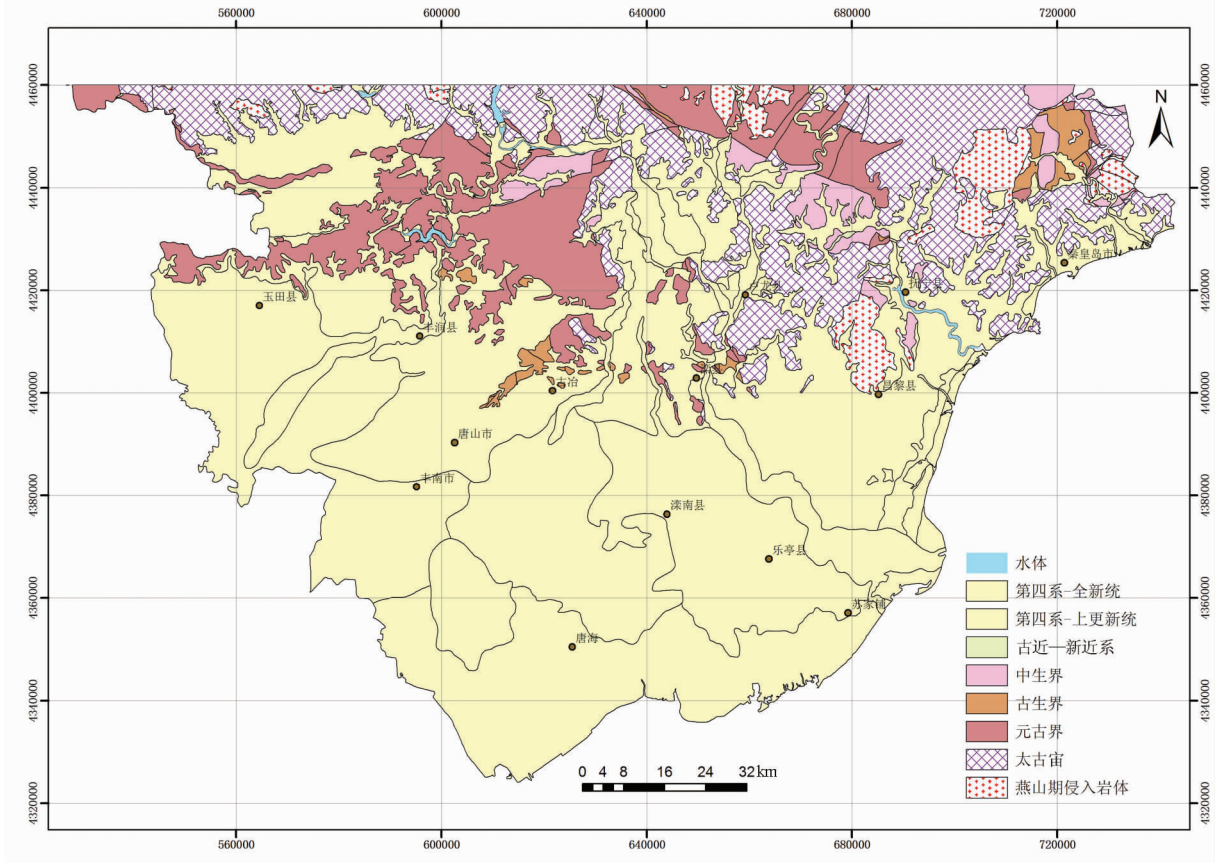


图 1 研究区地质简图
Fig.1 Geological sketch map of the study area

1.3 研究方法

综合利用主成分分析法对浅层土壤样品中 54 种测试元素进行因子分析, 根据特征元素判别农田土壤 8 种重金属元素(Cu、Zn、Ni、Cr、Pb、Cd、As 和 Hg)的来源, 采用皮尔森(pearson)相关分析等方法研究上述重金属之间关系。统计分析在 SPSS 17.0 软件上完成。

2 结果与讨论

2.1 重金属元素含量基本统计

研究区土壤中各重金属元素含量基本统计参数见表 1。

从统计结果来看, 除 Hg 和 Cd 外的其他 6 种重金属在浅层与深层土壤中含量相差不大。浅、深层土壤中含量比值接近 1, 最大的为 1.17(Pb), 最小的为 0.96(As), 浅层土壤中含量甚至低于深层土壤。说明冀东地区的多数重金属元素在浅层土壤的叠加效果并不明显。

Hg 和 Cd 在浅层土壤中的含量与深层含量的比值较高, 表层土壤内这 2 种元素高度富集。一般认为重金属元素相对较难在土壤中发生迁移, 因为土壤条件对它的固定具有普遍性。因此, 当重金属输入土壤后, 总是停留在表土或亚表土, 很少迁入底层。这一现象成为土壤是否受到重金属污染的一种鉴定特征^[4]。深部土壤样品可以视为未受人类影响的土壤, 其元素含量作为表层元素含量的地球化学背景值。基于这种思想, 可以初步判断表层土壤中 Hg 和 Cd 含量远高于深层土壤中的含量是因外部元素对

土壤的输入叠加所致。

冀东土壤中重金属元素含量的一个特点是同种元素在不同样品中的含量差异很明显。无论深层还是浅层土壤, 其元素含量的最大值和最小值的比值均非常大。浅层土壤中元素含量最大值与最小值之比中的最小为 21(As), 深层土壤中其比值最小的为 4.8(Pb)。另外需要值得注意的是, 与深层土壤样品相对比, 浅层土壤各元素的最大值均非常高, 最高的甚至达到深层土壤中元素含量最高值的 41 倍(Hg)。这一方面说明冀东平原内不同区域的土壤母质差异较大, 也说明不同采样点的污染程度不同, 而且各元素在冀东平原内或多或少都有外界的输入源。

2.2 因子分析

因子分析方法能够很好地将元素按照相关性密切程度分类, 从而通过各因子中的特征元素, 判断该因子中的元素来源。该方法广泛运用于土壤或沉积物乃至大气沉降的元素来源的识别研究中^[11, 15, 16]。笔者对研究区 3380 个表层土壤样品中的 23 种元素进行主成分分析(Principal Component Analysis), 应用 KMO(取样适当性检验)对相关系数矩阵进行检验。因子矩阵经最大正交旋转后, 提取了 7 个主因子, 累积方差贡献为 71.0%(KMO=0.820, 说明分析具有较高的可行性和准确性)。各元素的因子负荷分析结果如表 2 所示。根据研究区各采样点因子得分, 得到冀东地区因子分布图(图 2)。

2.3 分析与讨论

主因子 F1 包括了 SiO_2 、 Al_2O_3 、 MgO 、 Fe_2O_3 、Cu、Zn、Ni、Cr、As 等 9 项指标, 其中 SiO_2 与 F1 显著负

表 1 土壤重金属元素基本统计参数 (mg/kg)

Table 1 Basic statistic parameters of heavy metal concentrations in soils

采样层位	统计量	Cu	Pb	Zn	Ni	Cr	Cd	As	Hg
浅层土壤 (N=3378)	平均值	22	22.9	60.5	24.5	61.47	0.13	7.07	0.038
	最小值	3.2	9.90	10.7	2.7	6.3	0.02	1.02	0.005
	最大值	140.8	248	413.8	277.1	1053.	1.98	21.38	0.370
	标准差	9.49	6.31	23.05	12.03	28.34	0.12	2.52	0.026
	变异系数	0.43	0.28	0.38	0.49	0.46	0.92	0.36	0.68
深层土壤 (N=854)	平均值	19.8	19.5	52.8	24.6	61.28	0.08	7.36	0.015
	最小值	2.9	8.2	9.5	1.3	10.7	0.03	1.25	0.005
	最大值	95.1	39.7	104.8	61.4	168.8	0.44	34	0.09
	标准差	9.10	4.65	21.47	11.50	23.02	0.03	3.49	0.009
	变异系数	0.46	0.24	0.41	0.47	0.38	0.37	0.47	0.60
浅层与深层重金属含量比值		1.11	1.17	1.15	1.00	1.00	1.59	0.96	2.53

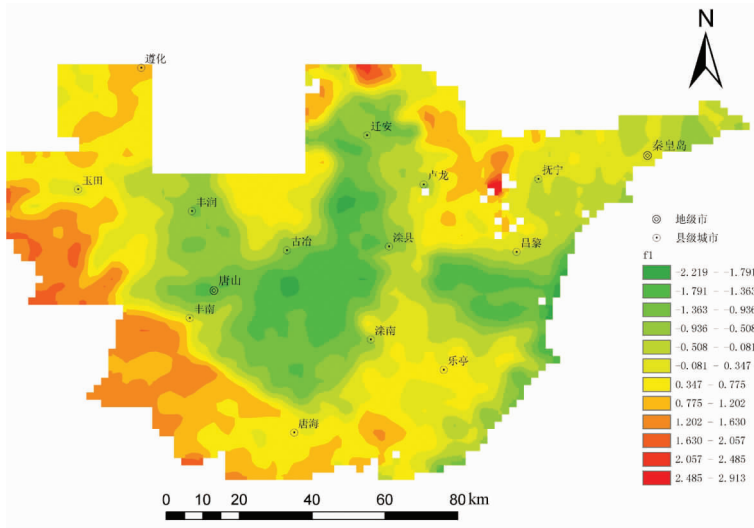
表 2 冀东平原表层土壤元素因子分析
Table 2 Factor analyses of total elements in topsoil of eastern Hebei

元素	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
SiO ₂	-0.869	-0.219	-0.309	-0.071	0.039	0.038	-0.131
Al ₂ O ₃	0.863	0.222	0.007	0.115	0.114	-0.072	-0.026
CaO	0.478	0.101	0.617	0.022	-0.073	0.052	0.305
MgO	0.799	-0.076	0.426	-0.011	0.026	0.095	0.220
Fe ₂ O ₃	0.938	0.088	0.006	0.099	-0.099	0.062	0.111
K ₂ O	-0.082	-0.170	0.012	-0.009	0.867	-0.132	0.144
Na ₂ O	-0.171	-0.160	0.647	-0.082	0.512	0.253	-0.180
Cu	0.788	0.311	-0.095	0.150	0.047	0.120	-0.014
Pb	0.488	0.364	-0.030	0.574	0.100	-0.209	0.144
Zn	0.822	0.289	0.001	0.309	-0.016	-0.092	0.219
Ni	0.893	0.025	-0.006	0.018	-0.196	0.276	0.081
Cr	0.694	0.019	-0.020	-0.085	-0.181	0.503	0.020
N	0.200	0.747	-0.262	-0.062	-0.204	0.123	-0.220
Cl	0.131	-0.173	0.781	0.026	0.218	-0.084	-0.134
C	0.024	0.776	0.112	0.070	-0.114	-0.108	0.256
S	-0.016	0.057	0.796	-0.003	-0.169	-0.024	0.012
Ag	0.097	0.072	0.020	0.811	-0.031	0.125	-0.009
Cd	0.248	0.141	-0.064	0.046	0.122	0.032	0.814
Corg	0.333	0.781	-0.003	0.152	-0.130	-0.218	0.178
As	0.639	0.177	-0.050	0.192	-0.353	-0.411	-0.038
Hg	0.072	0.599	-0.049	0.399	-0.046	0.123	0.083
Au	0.187	0.047	0.007	0.433	-0.124	0.625	0.046
P	0.417	0.599	-0.032	-0.059	0.190	0.326	-0.141
因子载荷	30.256	13.343	10.534	6.830	6.388	5.561	5.028

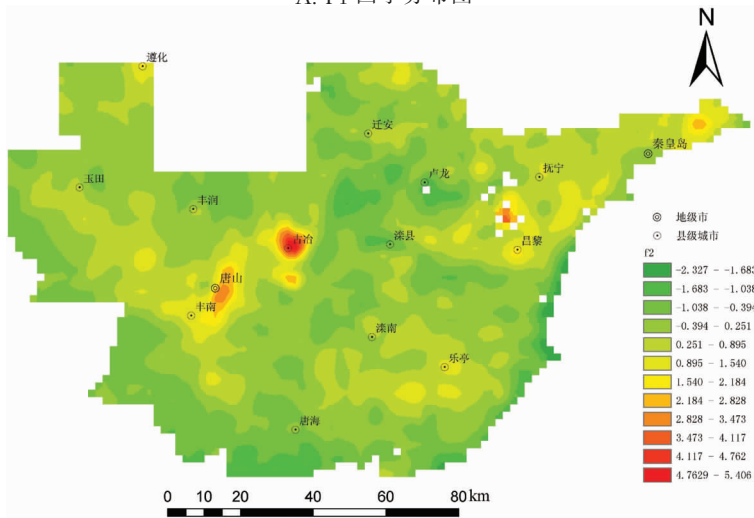
相关。通常将 SiO₂、Al₂O₃、MgO 等作为土壤自然源的特征元素^[17-18]。廖启林等^[19]指出自然地质作用形成的污染具有非点状、多元素、低强度等特点。这与 F1 因子的特点相符合。F1 可以视为自然来源因子,表示以上元素来源于成土母质,体现了土壤在地质作用下自身组成特征受人为影响较小。在因子得分图上,F1 因子形成较为明显的两大区域:大致沿着滦河和冀东诸河的河道流域呈“人”字形分布的低值区以及除上述区域外的高值区域。尤其是由唐山地区南部滨海区向天津方向延伸的北西向条带状区域内 F1 因子各元素聚集效应明显。这样的分布特点表明,当地元素的分布与地质背景和表生环境下元素的迁移、风化等密切相关。河道水系及发育的河流相洪泛堆积物对扇形冲积平原影响很大。F1 低值区与河道水系分布相吻合,河道内 SiO₂ 富集,其他元素缺乏表明河道区沙化现象严重。李随民等^[20]的研

究说明了冀东地区 Ni、Cu、Cr 的主要分布区域,并指出这 3 种重金属以自然成因为主,这与本研究的结论是一致的。

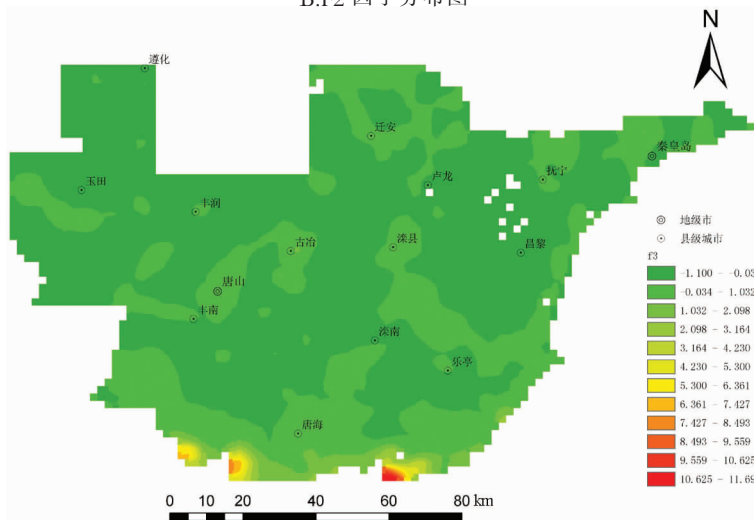
主因子 F2 包括 N、C、Corg、Hg、P 等 5 种元素。F2 在研究区全域均有一定水平的分布。因为 P、N 均为化肥主要成分,Hg 是化肥中的常见成分,C 和 Corg 表示了明显的生物属性,所以 F2 因子在一定程度上可以代表由于人类农业活动,如施肥等所带来的外源物质,也可能是成壤作用的结果。另外,F2 在唐山、古冶、昌黎、山海关等地形成高值区,其中丰南—唐山—古冶一线集中了大量的钢铁冶金及陶瓷企业,钢铁冶金工业是排放 N、Hg 的主要来源;昌黎—抚宁一带分布众多水泥企业,陶瓷、水泥工业对于 C、P 等元素影响巨大;山海关则是通往东北地区重要的铁路交通枢纽,蒸汽机车燃煤会排放大量 Hg 元素。因此 F2 的来源较为复杂,在研究区全域代表



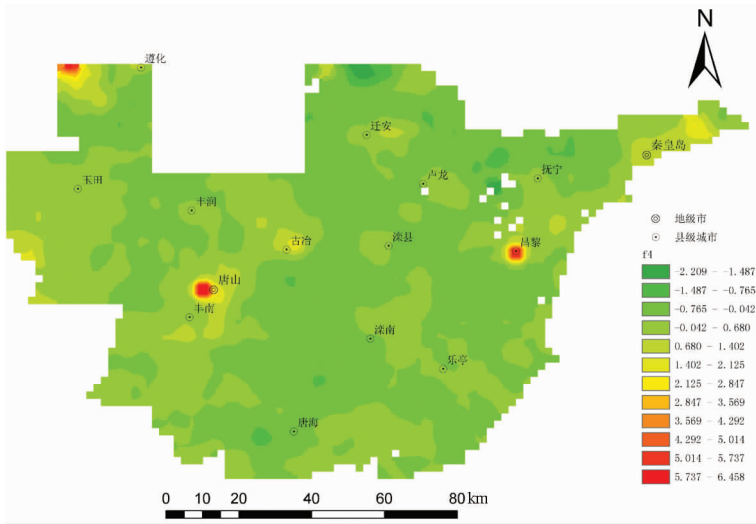
A. F1 因子分布图



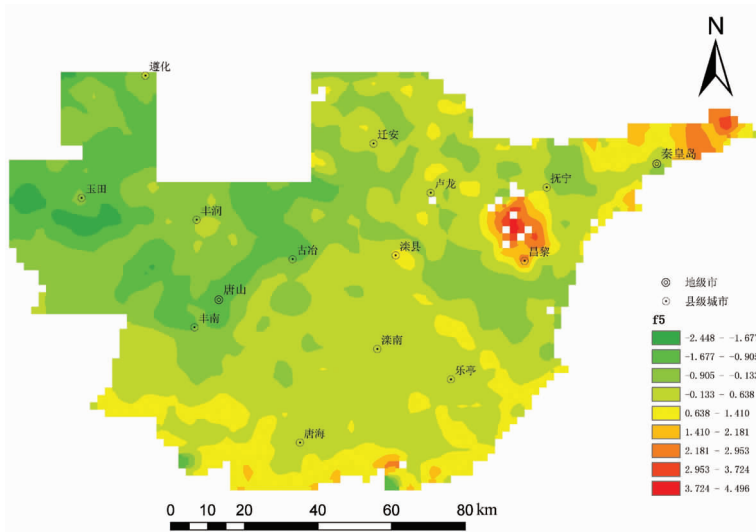
B.F2 因子分布图



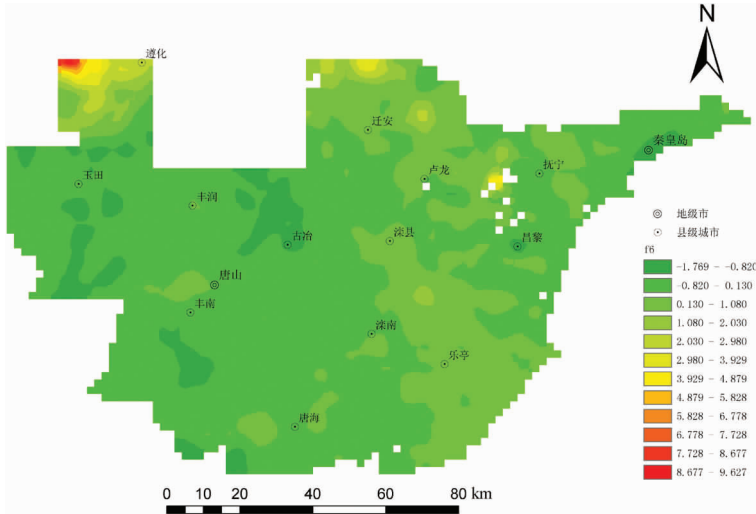
C.F3 因子分布图



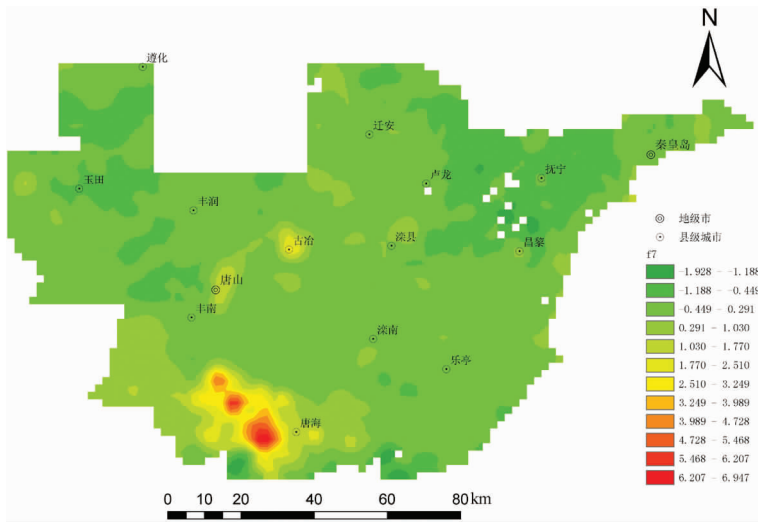
D.F4 因子分布图



E. F5 因子分布图



F.F6 因子分布图



G. F7 因子分布图

图 2 因子得分图

Fig.2 Diagrams of factor scores

了人类农业活动对于土壤施加的外源物质，在个别高值区内代表了当地的特色产业排放的污染物。

主因子 F3(CaO、Na₂O、Cl、S)和 F5(Na₂O、K₂O)很明显地代表了当地海相沉积特点。在因子分布图上，F3 和 F5 主要分布于渤海沿岸。根据《河北省区域地质志》^[21]，第四系海相沉积相主要分布于渤海北岸，与因子分布图的位置相吻合。值得注意的是，F5 因子在昌黎县城以北的大面积富集区与碣石山区位置吻合。碣石山区具有与周围燕山山脉迥异的土壤类型，碣石山区为酸性石质土，其周围山区为壤土或褐土类型。土壤类型的不同显示出该地区成土母质及土壤演化环境的不同，因此 F5 在此富集或许与该地区特殊的土壤背景有关。

主因子 F4(Pb、Ag)和 F6(Au、Cr)代表了冀东地区的采矿工业特征。高值区域分布在唐山—丰南一带、遵化西部、迁安北部。这些地区均是中国重要的煤铁矿集区。当地的煤系地层、金属矿山的开采，煤矿的开采与堆积，化工原料生产部门的工业三废的排放等都有可能是重金属污染的原因。除此之外，昌黎县城 F4 因子的高度富集应引起警惕，需做进一步研究。

主因子 F7 是 Cd 的单元素因子。Cd 元素与所测试其他元素相关性较差，表明了 Cd 的外生地球化学特征，证明其具有独立的外源成因。Cd 在地表富集已经很明显，主要集中在唐海县附近，形成了大

片的 Cd 高值区。Cd 高值区地势上为北高南低，当地河道交错，水系发育，南部由于洼地众多，河水流通不畅，许多以机械形式被搬运的元素，特别是许多与粘土矿物有关的元素形成富集，以及大量呈可溶态随水迁移的可溶元素在此淀积，Cd 元素易于附着粘土矿物迁移，在此形成高含量区。除此之外，当地有 20 多年的污水灌溉历史，农田施用化肥、农药，当地的大气沉降也可能促使了 Cd 的富集。张秀芝等^[22]研究冀东沿海地区的 Cd 富集程度及其 Cd 富集的成因时发现冀东地区浅层土壤中普遍存在源于人为活动的 Cd 的高度富集。这一结论与笔者上述的结论是一致的。

3 结论

由主因子分析可以看出，本研究涉及的 8 种重金属分布于除 F3 和 F5 以外的 5 个因子中，其中 Cr 同时出现在 F1 和 F6 两个因子中。证明 Cr 的来源具有分异性，一部分源于土壤本底，另一部分来源于矿业污染造成的元素叠加。表 1 中浅层土壤与深层土壤元素含量对比发现 Hg 和 Cd 是外源叠加最严重的两种元素。根据因子分析得出的结论 Hg 的来源为农业生产，部分区域内的 Hg 是由当地冶金、交通等产业的污染物排放所致；Cd 主要由于地貌特征导致河流上游 Cd 元素随河流搬运至唐海县附近沉

积。Pb 是由于冀东地区采矿工业造成局部地区高度富集。除上述元素之外,As、Cu、Zn、Ni 等元素主要是来源于当地自然地质背景。

参考文献 (References):

- [1] 郑喜坤, 鲁安怀, 高翔, 等. 土壤中重金属污染现状及防治方法[J]. 土壤与环境, 2002, 11(1):79-84.
Zheng Xishen, Lu Anhuai, Gao Xiang, et al. Contamination of heavy metals in soil present situation and method [J]. Soil and Environmental Sciences, 2002, 11 (1):79-84 (in Chinese with English abstract).
- [2] Huang S S, Liao Q L, Hua M, et al. Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China [J]. Chemosphere, 2007, 67 (11):2148-2155.
- [3] Steinnes E, Friedland A J. Metal contamination of natural surface soils from long-range atmospheric transport: Existing and missing knowledge [J]. Environmental Reviews, 2006, 14(3):169-186.
- [4] 吴玺虹, 戴塔根, 方建武, 等. 长沙、株洲、湘潭三市土壤中重金属元素的来源[J]. 地质通报, 2007, 26(11):1453-1458.
Wu Qianhong, Dai Tagen, Fang Jianwu, et al. The sources of heavy metal elements in soil in Changsha, Zhuzhou and Xiangtan [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(11):1453-1458 (in Chinese with English abstract).
- [5] 刘杰, 钟雪梅, 梁延鹏, 等. 电镀废水污染水稻田土壤中重金属的形态分析[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2):398-401.
Liu Jie, Zhong Xuemei, Liang Yanpeng, et al. Fractionations of heavy metals in paddy soils contaminated by electroplating wastewater [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2006, 25(2): 398-401 (in Chinese with English abstract).
- [6] Chen Wei, Qian Guangren, Lim Teik Thye, et al. Speciation of heavy metals in surface sediments from Suzhou Creek [J]. Journal of Shanghai University (English Edition), 2007, 11(4):415-425.
- [7] Tyler G. Vertical distribution of major, minor, and rare elements in a Haplic Podzol [J]. Geoderma, 2004, 119(3/4):277-290.
- [8] Hamlett J M, D A Miller, R L Day, et al. Statewide GIS-based ranking of watersheds for agricultural pollution [J]. Soil and Water Cons. 1992, 47(5):399-404.
- [9] 姬亚芹, 朱坦, 白志鹏, 等. 天津市土壤风沙尘元素的分布特征和来源研究[J]. 生态环境, 2005, 14(4):518-522.
Ji Yaqin, Zhu Tan, Bai Zhipeng, et al. Distribution characteristics and sources of the elements in soil dust [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2005, 14 (4):518-522 (in Chinese with English abstract).
- [10] Slavkovic L, Skrbic B, Miljevic N, et al. Principal component analysis of trace elements in industrial soils [J]. Environmental Chemistry Letters, 2004, 2(2):105-108.
- [11] 王学松, 秦勇. 徐州城市表层土壤中重金属元素的富集特征与来源识别[J]. 中国矿业大学学报, 2006, 35(1):84-88.
Wang Xuesong, Qin Yong. Accumulation and identification of heavy metals in Xuzhou urban topsoil [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2006, 35 (1):84-88 (in Chinese with English abstract).
- [12] 河北省土壤普查成果汇总编委会, 河北省土壤普查办公室. 河北省土壤图集[M]. 北京: 农业出版社, 1991:42-47.
The Main Editorial Board on Soil Census Summary Results of Hebei Province, Soil Census Office of Hebei. Soils Maps of Hebei [M]. Beijing: Agriculture Publishing House, 1991:42-47 (in Chinese).
- [13] 中国地质调查局. 多目标区域地球化学调查规范 (1:250000)[S]. 2005.
Geological Survey Bureau of China. Specification of Multi-objective Regional Geochemical Survey (1:250000) [S]. 2005 (in Chinese).
- [14] 李德胜, 杨忠芳, 靳职斌. 太原盆地土壤微量元素的地球化学特征[J]. 地质与勘探, 2004, 40(3):87-88.
Li Desheng, Yang Zhongfang, Jin Zhibin. Geochemical characters of trace elements of soil from the Taiyuan basin [J]. Geology and Prospecting, 2004, 40(3):87-88 (in Chinese with English abstract).
- [15] 刘俊华, 王文华, 彭安. 降水中汞及其它元素来源的识别分析[J]. 环境科学, 2003, 21(2):77-80.
Liu Junhua, Wang Wenhua, Peng An. The source of mercury in rainfall in Beijing [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2003, 21(2):77-80 (in Chinese with English abstract).
- [16] 汤奇峰, 杨忠芳, 张本仁, 等. 成都经济区 As 等元素大气干湿沉降通量及来源研究[J]. 地学前缘, 2007, 14(3):213-222.
Tang Qifeng, Yang Zhongfang, Zhang Benren, et al. A study of elements flux and sources from atmospheric bulk deposition in the Chengdu Economic Region [J]. Earth Science Frontiers, 2007, 14 (3):213-222 (in Chinese with English abstract).
- [17] 戴树桂. 环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
Dai Shugui. Environmental Chemistry [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001 (in Chinese).
- [18] 车亚非, 晁晓辉. 成都市大气飘尘中主要排放源成分谱研究[J]. 城乡生态环境, 1994, 18(2):21-26.
Che Yafei, Zhao Xiaohui. Study on composition spectrum of emission source in airborne particulate in Chengdu [J]. Urban and Rural Ecological Environment, 1994, 18 (2):21-26 (in Chinese with English abstract).
- [19] 廖启林, 华明, 金洋, 等. 江苏省土壤重金属分布特征与污染源初步研究[J]. 中国地质, 2009, 36(5):1163-1174.
Liao Qilin, Hua Min, Jin Yang, et al. A preliminary study of the distribution and pollution source of heavy metals in soils of Jiangsu Province [J]. Geology in China, 2009, 36(5):1163-1174 (in Chinese with English abstract).
- [20] 李随民, 栾文楼, 魏明辉, 等. 河北省唐-秦地区表层土壤地球化学质量评价[J]. 中国地质, 2009, 36(4):932-939.
Li Suimin, Luan Wenlou, Wei Minghui, et al. The evaluation of the present situation of the heavy metal pollution in the top soil of

- Qinhuangdao—Tangshan area, Hebei Province [J]. *Geology in China*, 2009, 36(4):932–939(in Chinese with English abstract).
- [21] 河北省地质矿产局. 河北省北京市天津市区域地质志[Z]. 北京:地质出版社, 1989.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Hebei Province. Regional Geology of Hebei Province, Beijing Municipality and Tianjin Municipality [Z]. Beijing:Geological Publishing House, 1989(in Chinese).
- [22] 张秀芝, 王三民, 李建华. 冀东沿海地区镉的富集程度及成因分析[J]. *地球与环境*, 2007, 35(4):321–326.
Zhang Xiuzhi, Wang Sanmin, Li Jianhua. The study on cadmium enrichment and causing analysis in coastal areas of Jidong [J]. *Earth and Environment*, 2007, 35(4):321–326(in Chinese with English abstract).

An analysis of the sources of heavy metals in soils of eastern Hebei plain

SONG Ze-feng¹, LUAN Wen-lou¹, CUI Xing-tao¹, LI Sui-min¹, WANG Wei¹, LI Wei²

(1.Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China;2.Shanghai Bangde College, Shanghai 200444, China)

Abstract: This paper has conducted a comparative study of the content of eight heavy metals in surface layer and deep layer soils. The sources of heavy metals were analyzed by factor analysis. Seven main factors were selected, and diagrams of factor scores were drawn. The results show that Cr comes from two sources: one is soil parent material and the other is mining pollution. Agricultural pollution is the main source of Hg in eastern Hebei plain, while in some areas, Hg is mostly derived from metallurgy and traffic. Cd is deposited in Tanghai County by river transportation, Pb results from mining pollution, and As, Cu, Zn, Ni are rooted in local natural background.

Key words: factor analysis; heavy metals; soil; eastern Hebei plain

About the first author: SONG Ze-feng, male, born in 1980, assistant researcher, engages in the study of environmental geochemistry; E-mail: songzefeng@sina.com.