

成都平原土壤中 Cd 的空间分布与成因探讨

王 文¹, 刘应平²

(1. 青海地调院, 青海西宁 810000; 2. 四川省地质调查院, 四川成都 610085)

[摘 要]通过样品采集和室内分析,研究了成都平原区土壤中 Cd 高含量区的区域分布特征和形成原因。在绵远河、石亭江流域冲积物中存在 Cd 含量高值区。Cd 高含量区域分布 I、II 级阶地 - III 级 - IV 级或 V 级阶地冲击物中 Cd 含量逐渐降低。发育与龙门山的河流(绵远河、石亭江)沉积物 Cd 含量显著高于其他水系沉积物。Cd 高含量分布区与不同级次的阶地相吻合的特征表明其控制因素显著,属于地质作用的产物。这一结论与多数研究者认为的人为因素引起的具有根本区别。

[关键词]表层土壤 Cd 空间分布 冲积扇 成都平原

[中图分类号]P612

[文献标识码]A

[文章编号]0495 - 5331(2013)02 - 0352 - 7

Wang Wen, Liu Ying-ping. Spatial distribution and genesis of element Cd in soil of the Chengdu plain[J]. Geology and Exploration, 2013, 49(2): 0352 - 0358.

1 引言

成都盆地(平原)位于四川盆地与青藏高原东南缘接合部位,东至龙泉山西麓,西缘龙门山前山之边,南抵总岗山西北坡,北东濒临川中红层丘陵区,为轴向呈 NE 30° ~ 40° 展布盆地,面积大于 8400 km²。成都盆地(平原)晚新生代,主要是第四系以来伴随着青藏高原东南缘龙门山脉大幅度抬升,盆地边缘急剧下降,形成了一套厚度较大、成因类型多样的第四系堆积物。成都平原是由多个冲积扇体联合组成的堆积平原,自南而北主要有绵远河冲积扇、石亭江冲积扇、蒲江冲积扇、文锦江冲积扇、斜江冲积扇等。平原的西缘部分为冲积扇体,冲积扇的扇根部分均位于山口处,在扇体外围即其东南侧主要为二级阶地,一级阶地仅限于现代河床附近。也就是说,成都平原的主体是由二级阶地构成的(王文华,1987;四川省地质矿产局,1991;鄢明才等,1997;唐文春,2007;李永昭,2008)。具体的地貌分区图见图 1。平原的两端及两侧均展布堆积台地。这些台地主要由 III 级、IV 级或 V 级阶地组成。一般说来,这些台地高出当地现代河床 30 ~ 100m。台地一般由中生界红层构成基座,基座上覆风化砾石层,

砾石层上覆亚粘土层(李永昭,2008)。在部分台地上,局部出露由中新世界红层构成的基岩残丘。据此可划分为岷江冲洪积扇平原小区(V1)、蒲江冲洪积扇平原小区(V2)、石亭江冲洪积扇平原小区(V3)、关口台地小区(V4)、牧马山台地小区(V5)、夹江平行低丘河谷平原小区(V6)、峨眉山 - 乐山河谷平原小区(V7)、成都东部台地小区(V8)、金堂冲刷扇平原小区(V9)等 9 个小区单元(图 1)。区内所有河流均发源于青藏高原,除蒲江河外,均由西北流向东南,横穿成都平原。主要河流为涪江、绵远河、石亭江、鸭子河、金马河、西河 - 南河、蒲江河等。按照水系,东北部河流属涪江水系,绵远河、石亭江及鸭子河属沱江水系,其余河流属岷江水系。

成都平原的大部分土壤层发育在第四纪河流相沉积物的表层。这些河流源区范围内分布的岩石地层单元各不相同,决定或影响了相关河流第四系沉积物的物质成分。河流沉积物的物质成分又会影响到覆土壤层的地球化学特征(刘应平,2010;刘爱华,2005)。在这些河流中,有的源区范围内分布的岩石/地层单元基本相同,有的则有显著差别。所以,为了阐明区内不同地区土壤层的地球化学特征,

[投稿日期]2011 - 10 - 27; **[修改日期]**2012 - 02 - 05; **[责任编辑]**郝情情。

[基金项目]成都经济区生态地球化学调查(200214200027)资助。

[第一作者]王文(1966 年 -),男,工程师,1990 年毕业于成都理工学院,从事化探及矿产勘查工作。Email: ypldxm@163.com。

[通讯作者]刘应平(1967 年 -),男,博士,高级工程师。E-mail: ypldxm@163.com。

我们按物源区岩石地层单元组合的不同,将成都平原划分为八个小流域,即涪江、绵远河、石亭江、鸭子河、金马河、西河-南河、蒲江河、岷江(新津-乐山段)等8个小流域。在成都平原不同时代地层发育而成的土壤中分布着规模不等的镉等重金属元素的高含量区域(吴传璧等,1988;刘爱华,2005;汤奇峰,2007;唐文春,2007;李永昭,2008;李富华,2009;许荣科等,2009;席明杰等,2009)。

2 研究区概况与样品采集测试

2.1 成都盆地内第四纪沉积的成因

成都平原的第四系分布较广,成因类型众多。对于成都盆地内第四纪沉积的成因认识,有两种截然不同的意见。以李承三为代表的冰泛说,认为岷江上游的五次冰期的冰川直接影响到成都盆地,龙门山前有规模巨大的名邛冰泛,盆地内为冰川和冰水堆积物,在盆地中心区的全新统冲积层之下埋藏着冰泛沉积物,盆地边缘由冰泛沉积物组成了多级阶地(马生明,2002;孙忠军,2006)。以刘兴诗为代表的冲积说,认为所谓冰泛实则是冲积、洪积相沉积,属流水成因,西部山地内的冰川并未下达盆地之中。对成都粘土的成因也进行了长期探索,但至今没有形成统一认识,有风成说、水成说等多种观点。1977年成都水文地质队提交的《1:20万成都平原区域水文地质普查总结报告》中认为,成都粘土属冰水沉积,时代早于广汉粘土。1980年他们提交的《1:5万成都平原水文地质普查总结报告》中,将广汉层分为上下两段,下段由广汉粘土与成都粘土组成,属同期异相的冰水与风成混合沉积,上段为一套河流相沉积。其后的研究者根据其分布、粒度组成、矿物特征、磁性特征以及石英颗粒形貌特征等认为成都粘土属风成成因(王文华,1987;万天丰,2004;孙承轅等,1993;周圣华等,2007;吴次芳等,1992)。

最近,乔彦松等(2007)、赵志中等(2007)通过对位于成都双流县胜利和黄甲两个剖面系统的磁性地层学、沉积学、地球化学特征的研究表明,该区的红土堆积是第四纪中期以来形成的,成都粘土和网纹红土的母质可能属于风成成因。乔彦松等(2007)对位于成都双流的胜利红土剖面样品的粒度、石英颗粒表面形态以及稀土元素分布模式进行了系统分析,并将研究结果与甘孜地区的典型黄土样品进行了对比。结果表明,红土剖面中的成都粘土、网纹红土层是以具有风成特性的细颗粒物为主,并且其粒度分布及粒度参数特征与甘孜地区典

型风成黄土样品非常相似,而与该剖面中下伏的河流相样品有很大不同。并认为第四纪中期整个长江流域的环境状况发生了很大变化,主要表现为冰期时植被覆盖率的大幅度降低,而青藏高原在此时期的快速隆升可能是形成该区环境变化的直接原因(吴次芳等,1992;周圣华等,2007;孙承轅等,1993)。

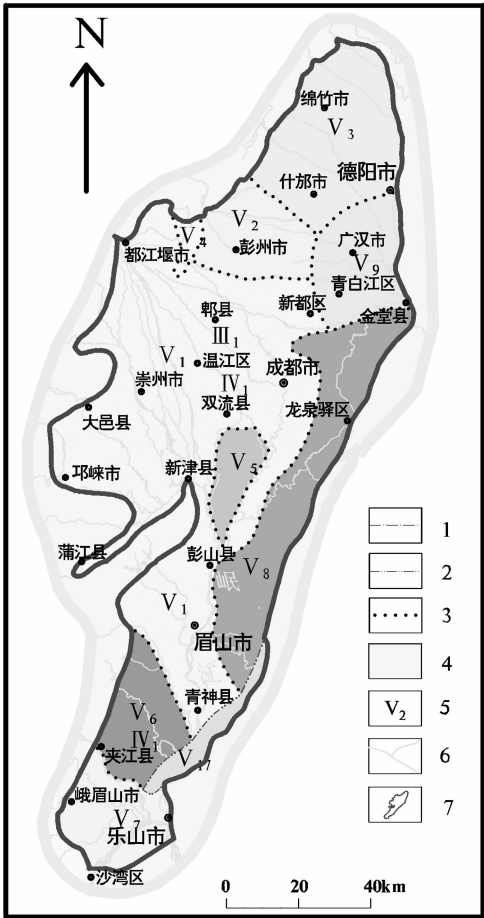


图1 成都平原地貌分区图

Fig. 1 Map showing landform zoning of the Chengdu plain

1 - I级地貌单元界线;2 - II级地貌单元界线;3 - III级地貌单元界线;4 - IV级地貌单元界线;5 - V级地貌单元编号;6 - 河流;7 - 成都平原范围

1 - level I landscape boundary; 2 - level II landscape boundary; 3 - level III landscape boundary; 4 - level IV landscape boundary; 5 - level V landscape number; 6 - river; 7 - range of Chengdu plain

2.2 样品采集

在成都平原系统采集了浅层(0~20cm)和深层(120~150cm)土壤样品。

样品采集采用网格法。浅层样品采集于可代表样品理论代表单元的地质、土壤类型和用地

类型的地段,以一个采样点为主,多个样点(100m 范围内放射状采集不少于 5 个点)组合成一件样品,样品介质为地表 0~20cm 土柱,野外现场组合为是一件样品,重量 1.5kg。一般采样密度为 1 件/km²,在城镇化程度较高、土地利用类型复杂、经济相对发达的地区和农业经济发达、种植结构相对复杂的地区采样密度为 1.5~2 件/km²。

深层样品亦按网格法布设样品,但在样品布设和采集时均应结合地形地貌、地质单元,采样密度为 1 件/4km²,样品布设在该单元格的代表性地质土壤单元内,样品介质为地表 120~150cm 土柱。样品重量为 1.5kg。采样时要避开建设工程等运积物质。

样品采集均使用高精度 GPS 导航、现场选点、定位和样品采集。样品采集信息直接记录进入数据库(刘应平,2010)。

2.3 样品分析测试

浅层样品按 4km² 为单元组合分析,深层样品采用单样分析(刘应平,2010)。

样品分析测试由具有计量资质的成都岩矿测试中心承担,分析测试技术方法和质量控制按中国地质调查局《覆盖区多目标地球化学调查暂行规定》的要求执行,有中国地质调查局分析测试质量监控专家组监控分析测试质量。

3 结果与讨论

3.1 研究区土壤中 Cd 的基本分布特征

成都平原的地层分布见图 2,可以看出第四系可分为 3 个单元,即全新统(Q₄),上更新统(Q₃)、中更新统(Q₂)。全新统为冲洪积物,主要由灰色、黄灰色砂、砾、粘土等组成,Cd 含量较高(表 1),平均值达 0.308mg/kg,变异系数(Cv)0.714,表明其含量分布极不均匀,存在局部显著富集。此一区域多受近现代河流沉积物的影响,即近现代矿产资源的规模开采用,可能加剧了地层中 Cd 等元素的剥蚀,通过水流带入下游、进入土壤中。上更新统中含量 0.07~1.4mg/kg,平均值达 0.257mg/kg,变异系数 0.511,含量起伏变化较大,局部集中富集趋势显著。在中更新统中含量相对平稳,起伏不大,其绝对含量值显著低于 Q₃、Q₄。剔除特异值后的统计结果显示,Cd 的绝对含量 Q₄>Q₃>Q₂,标准离差和变异系数均相近,表明区域性地质作用是土壤中 Cd 的主要来源和影响因素,近现代的矿产开采对土壤中 Cd 的积累有显著的贡献。

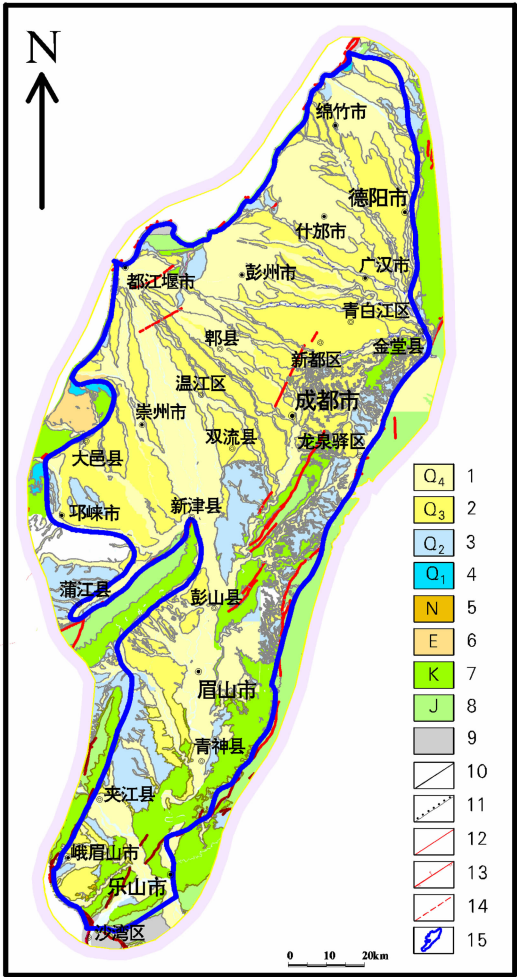


图 2 成都平原第四纪地层分布
Fig. 2 Map showing distribution of Quaternary strata in the Chengdu plain

1 - 第四系全新统;2 - 第四系上更新统;3 - 第四系中下更新统;4 - 第四系下更新统;5 - 上第三系;6 - 下第三系;7 - 白垩系;8 - 侏罗系;9 - 三叠系 - 寒武系并层;10 - 实测整合岩层界线;11 - 实测角度不整合岩层界线;12 - 实测性质不明断层;13 - 实测逆断层;14 - 推测断层;15 - 成都平原范围

1 - Quaternary system Holocene series;2 - Quaternary system Pliocene series; 3 - Quaternary system Miocene series; 4 - Quaternary system Palaeocene series; 5 - Neogene system; 6 - Palaeogene system; 7 - Cretaceous system; 8 - Jurassic system; 9 - Triassic system - Cambrian system; 10 - measured comfortable strata boundary; 11 - measured angle unconformity boundary strata; 12 - measured unknown fault; 13 - measured thrust fault; 14 - inferred fault; 15 - range of Chengdu plain

3.2 不同流域地质体中 Cd 的含量特征

不同流域第四系单元土壤中 Cd 的含量差异较大(表 1,图 3),在金马河、西河—南河、鸭子河流域的土壤中 Cd 含量较低,分布相对均匀;岷江、浦江流域的土壤中 Cd 含量亦较低,但局部地段有高含量点/区,特别是在 Q₄ 单元中,局部含量很高;绵远

河、石亭江流域的土壤中 Cd 含量普遍较高,是其他区域的 2 倍以上(表 2),且含量起伏变化较小。

各流域的 Q₄ 单元土壤中 Cd 含量显著高于 Q₃ 单元,Q₂ 单元中含量最低。

3.3 Cd 特高值的分布

局部 Cd 高含量区域的分布范围与其表生地球

化学条件显著相关,与地貌关系密切。在现代河道(水系)发育的地段含量相对较高,而与区内工农业生产联系不大。同时表明土壤中 Cd 高含量区与第四系沉积物来源密切相关。

3.4 Cd 高含量区形成的原因

成都平原是由多个冲积扇体联合组成的堆积平

表 1 不同时代第四系土壤中 Cd 的含量 (mg/kg)
Table 1 Contents of Cd in Quaternary soil of varied ages (mg/kg)

单元	N	max ₁	min ₁	X ₁	S ₁	Cv ₁	N ₂	max ₂	min ₂	X ₂	S ₂	Cv ₂
Q	3345	3.21	0.07	0.27	0.175	0.647	2979	0.39	0.07	0.223	0.057	0.255
Q ₂	667	0.76	0.08	0.20	0.056	0.277	643	0.31	0.08	0.196	0.040	0.202
Q ₃	1123	1.40	0.07	0.27	0.131	0.511	997	0.37	0.07	0.219	0.051	0.231
Q ₄	1555	3.21	0.10	0.31	0.220	0.714	1354	0.44	0.10	0.243	0.068	0.279

注:N 样本数,max 最大值,min 最小值,X 平均值,S 标准离差,Cv 变异系数,下标 1、2 分别代表剔除特异值前、后。

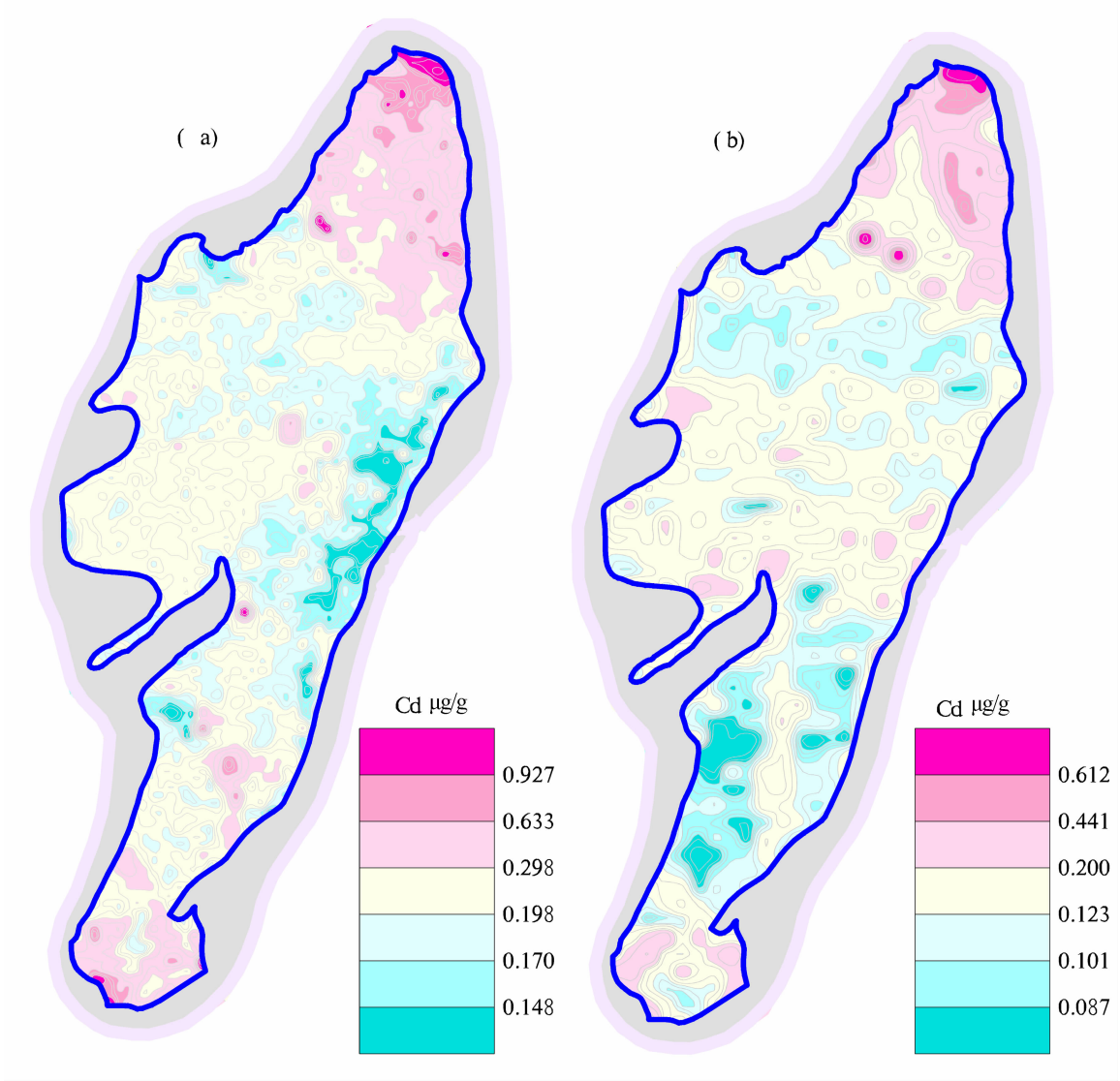


图 3 土壤中 Cd 的现实含量分布
Fig. 3 Distribution of Cd contents in soil

表 2 不同流域地质体中 Cd 的含量 (mg/kg)
Table 2 Contents of Cd in geological bodies of different river systems (mg/kg)

水系	单元	N	max ₁	min ₁	X ₁	S ₁	Cv ₁	N ₂	max ₂	min ₂	X ₂	S ₂	Cv ₂
涪江	Q	226	1.35	0.12	0.29	0.162	0.566	213	0.52	0.12	0.26	0.095	0.373
	Q ₂	98	0.45	0.12	0.20	0.052	0.261	96	0.32	0.12	0.20	0.044	0.223
	Q ₄	128	1.35	0.15	0.35	0.185	0.528	118	0.60	0.15	0.31	0.108	0.348
金马河	Q	776	0.71	0.07	0.20	0.060	0.296	759	0.31	0.08	0.20	0.040	0.202
	Q ₂	92	0.29	0.09	0.17	0.039	0.229	89	0.25	0.09	0.17	0.033	0.199
	Q ₃	313	0.71	0.07	0.21	0.076	0.363	301	0.31	0.09	0.20	0.038	0.189
	Q ₄	371	0.44	0.11	0.21	0.045	0.217	365	0.31	0.11	0.20	0.038	0.189
岷江	Q	586	0.60	0.08	0.26	0.168	0.654	527	0.38	0.08	0.22	0.056	0.256
	Q ₂	167	0.40	0.08	0.20	0.041	0.201	162	0.30	0.13	0.20	0.033	0.167
	Q ₃	134	1.40	0.10	0.23	0.146	0.625	122	0.35	0.10	0.20	0.054	0.274
	Q ₄	285	2.60	0.12	0.30	0.208	0.693	261	0.49	0.12	0.25	0.080	0.315
绵远河	Q	311	1.74	0.15	0.52	0.269	0.517	297	1.12	0.15	0.48	0.214	0.442
	Q ₂	29	0.76	0.20	0.32	0.115	0.359	28	0.52	0.20	0.30	0.080	0.264
	Q ₃	133	1.37	0.16	0.44	0.203	0.464	128	0.84	0.16	0.41	0.151	0.370
	Q ₄	149	1.74	0.15	0.63	0.291	0.460	148	1.36	0.15	0.63	0.277	0.444
浦江	Q	245	3.21	0.13	0.21	0.195	0.924	239	0.28	0.13	0.20	0.029	0.150
	Q ₂	175	0.32	0.13	0.20	0.031	0.160	172	0.26	0.13	0.19	0.028	0.145
	Q ₃	5	0.25	0.19	0.22	0.020	0.091	5	0.25	0.19	0.22	0.020	0.091
	Q ₄	65	3.21	0.13	0.25	0.372	1.488	62	0.28	0.13	0.20	0.032	0.160
石亭江	Q	158	2.20	0.19	0.38	0.239	0.625	143	0.50	0.19	0.33	0.060	0.183
	Q ₂	3	0.28	0.19	0.23	0.037	0.163	3	0.28	0.19	0.23	0.037	0.163
	Q ₃	36	1.18	0.23	0.37	0.159	0.430	33	0.46	0.23	0.33	0.057	0.173
	Q ₄	119	2.20	0.21	0.39	0.260	0.666	107	0.50	0.21	0.33	0.059	0.179
西河 南河	Q	221	0.38	0.14	0.23	0.038	0.162	220	0.34	0.14	0.23	0.037	0.157
	Q ₂	16	0.24	0.14	0.20	0.026	0.128	16	0.24	0.14	0.20	0.026	0.128
	Q ₃	136	0.34	0.15	0.23	0.036	0.153	135	0.32	0.15	0.23	0.035	0.149
	Q ₄	69	0.38	0.16	0.24	0.040	0.164	68	0.31	0.16	0.24	0.037	0.151
鸭子河	Q	364	0.66	0.12	0.24	0.063	0.270	354	0.37	0.12	0.23	0.048	0.210
	Q ₂	12	0.31	0.13	0.19	0.051	0.266	12	0.31	0.13	0.19	0.051	0.266
	Q ₃	201	0.56	0.13	0.24	0.061	0.257	192	0.34	0.13	0.23	0.044	0.195
	Q ₄	151	0.66	0.12	0.24	0.066	0.282	149	0.36	0.12	0.23	0.049	0.215

注: *N* 样本数, *max* 最大值, *min* 最小值, *X* 平均值, *S* 标准离差, *Cv* 变异系数, 下标 1、2 分别代表剔除特异值前、后。

原,冲积扇的扇根部分均位于山口处,在扇体外围即其东南侧主要为二级阶地;Ⅲ级、Ⅳ级或Ⅴ级阶地组成平原的两端及两侧均展布堆积台地。在地球化学上体现出不同冲积扇区域内具有不同元素组合特征。

Cd的高含量区域主要分布在成都平原北西部的绵远河、石亭江冲积扇,其余大部分平原区为Cd的背景区。Cd高含量区的区域分布分布特征明显,控制因素显著:Ⅰ、Ⅱ级阶地—Ⅲ级—Ⅳ级或Ⅴ级阶地冲击物中Cd含量逐渐降低,北西部冲积物高于中部及南部,发育与龙门山中的水系冲积物Cd含量高于切穿龙门山的水系冲积物,浅表部土壤介质中Cd含量高于深部。Cd的高含量区主要分布在河流Ⅰ、Ⅱ级阶地和发育与龙门山的水系冲积扇,与当地工农业生产关系不密切。

4 结论

上述研究表明,成都平原Cd高含量区是成都平原形成过程中,富含Cd的河流(绵远河、石亭江、涪江等)物质在平原区冲/沉积而成,高含量区的分布与阶地展布基本一致,属于典型的地质作用形成的。这一结论与多数研究者人为是认为因素引起的具有根本差别。

[注释]

① 四川省地质矿产局. 1991. 地质专报 23 号,四川省区域地质志 [R]. 北京:地质出版社:238-379.

[References]

Liu Ai-hua, Yang Zhong-fang, Zhang Ben-ren, Tang Qi-feng, Ma Xiao-ke, Jin Li-xin. 2005. Probe into the spatial variability of Hg, Cd, Pb, and As contents in paddy soil and its effected factors: Take Xiaoquan region as an example [J]. Quaternary Sciences, (3):396-402 (in Chinese with English abstract)

Li Fu-hua. 2009. Status of heavy metal pollution of agricultural soil in Chengdu plain and control countermeasures [J]. Sichuan Environment, (8):60-64 (in Chinese with English abstract)

Liu Ying-ping, He Zheng-wei, Kan Ze-zhong, Jin Li-xin, Li Zhong-hui. 2010. Research on the technology of land quality classification by geochemistry [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), (6):308-315 (in Chinese with English abstract)

Li Yong-zhao, Guo Bing. 2008. Cenozoic tectonics of Chengdu Plain, Sichan, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), (8):371-376 (in Chinese with English abstract)

Ma Sheng-ming, Zhu Li-xin, Zhou Guo-hua, Zhang Jin-bing. 2002. The study of element supergene activity affecting soil survey effect in mountain-canyon region [J]. Geology and Prospecting, 38 (5):58-62 (in Chinese with English abstract)

Sun Zhong-jun, Cheng Dong-mei, Qin Ai-hua. 2006. Fractal stretching mechanics of elements in soil in the high-cold lake marsh area [J]. Geology and Prospecting, 42 (4):67-70 (in Chinese with English abstract)

Sun Cheng-yuan, Zheng Gan. 1993. Negative geochemical anomaly over Mobin Au mining area and their significance to ore exploration [J]. Geology and Prospecting, 29 (3):47-52 (in Chinese with English abstract)

Tang Qi-feng, Yang Zhong-fang, Zhang Ben-ren, Jin Li-xin, Liu Ai-hua. 2007. Cadmium flux in soils of the agroecosystem in the Chengdu economic [J]. Region Geological Bulletin of China, 26 (7):869-877 (in Chinese with English abstract)

Tang Wen-chun, Zhang Xiu-zhi, He Yu-sheng, Qin Bing. 2007. Distribution and origin of Cd, Pb and Zn in topsoils of plain of Chengdu Basin [J]. Geochimica, (1):89-97 (in Chinese with English abstract)

Zhao Zhi-zhong, Qiao Yan-song, Wang Yan. 2007. The chengdu plain clay magnetic sequence and the accumulation of environmental record [J]. China Science, 37 (3):370-377 (in Chinese with English abstract)

Qiao Yan-song, Zhao Zhi-zhong, Li Zeng-yue, Wang Yan, Fu Jian-li, Wang Shu-bing, Li Chao-zhu, Jiang Fu-chu. 2007. The chengdu plain clay wind of the accumulation of a genetic evidence [J]. Quaternary Research, (2):286-290 (in Chinese with English abstract)

Wu Ci-fang, Lu Jing-gang, He Li-ming. 1992. The geochemical characteristics of subtropical mountain soil and it's relationship with Neotectonic Movement [J]. Acta Geographica Sinica, 47 (1):6-11 (in Chinese with English abstract)

Wan Tian-feng. 2004. Outline Tectonic of China [M]. Beijing: Geological Publishing House: 251-253 (in Chinese)

Wang Wen-hua. 1987. Zoning of drill hole primary anomalies by using a joint index [J]. Geology and Prospecting, 23 (6):51-56 (in Chinese with English abstract)

Wu Chuan-bi, Qiu Yu-wen, Lin Zhen-tai. 1988. Metal Deposits geochemical prospecting Methods [M]. Beijing: Metallurgical Industry Publishing House: 192-221 (in Chinese)

Xi Ming-jie, Ma Sheng-ming, Zhu Li-xin, Gong Qiu-li. 2009. The application of sulfur isotope in the cause of geochemical abnormality [J]. Acta Geologica Sinica, 83 (5):705-718 (in Chinese with English abstract)

Xu rong-ke, Lu Sheng-zhang, Li Xing-de, Zheng You-ye, Sun Xin-chun, Wei Zhi-jun, Shan Liang, Zhang Yu-lian, Lu Lin, Li-Hong-mei, Liu Xin-yang, Liu Jun-an, Liu Yuan-ping. 2010. Metallotectonic anatomy and metallogenic prognosis for ore-concentrated area of Gongpoquan copper deposit from Beishan area of Gansu Province [J]. Geology and Prospecting, 46 (1):93-101 (in Chinese with English abstract)

Xu Zhi-gang, Chen Yu-chuan, Wang Deng-hong, Chen Zheng-hui, Li Hou-min. 2008. Scheme for subdivision of deposit metallogenic districts (belts) in China [M]. Beijing: Geological Publishing House: 1-109 (in Chinese)

Yan Ming – cai, Chi Qing – hua. 1997. The chemical compositions of crust and rocks in the eastern part of China[M]. Beijing: Science Press: 73,101(in Chinese)

Zhou Sheng – hua, Yan Yun – fei, Li Yan – jun. 2007. Application and efficiency of geophysical and geochemical exploration methods in present ore prospecting[J]. Geology and Prospecting, 43(6): 58 – 62(in Chinese with English abstract)

[附中文参考文献]

刘爱华, 杨忠芳, 张本仁, 汤奇峰, 马晓可, 金立新. 2005. 水稻土中 Hg, Cd, Pb 和 As 的空间变异特征及相关影响因素探讨 – 以四川孝泉地区为例[J]. 第四纪研究, (3): 396 – 402

李富华. 2009. 成都平原农用地土壤重金属污染现状级防治对策[J]. 四川环境, 8: 60 – 64

刘应平, 何政伟, 阙泽中, 金立新, 李忠惠. 2010. 土地质量地球化学分等定级方法技术探讨[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 6: 308 – 315

李永昭, 郭 兵. 2008. 成都平原晚新生代构造[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), (8): 371 – 376

马生明, 朱立新, 周国华, 张金炳. 2002. 高山峡谷区影响土壤测量找矿效果的元素表生活动特性研究[J]. 地质与勘探, 38(5): 58 – 62

孙忠军, 陈冬梅, 秦爱华. 2006. 高寒湖沼区土壤中成矿元素迁移的分形伸展机制[J]. 地质与勘探, 42(4): 67 – 70

汤奇峰, 杨忠芳, 张本仁, 金立新, 刘爱华. 2007. 成都经济区农业生态系统土壤镉通量研究[J]. 地质通报, 26(7): 869 – 877

唐文春, 张秀芝, 何玉生, 秦 兵. 2007. 成都盆地平原区浅层土壤 Cd、Pb、Zn 分布特征及其成因初探[J]. 地球化学, (1): 89 – 97

赵志中, 乔彦松, 王燕等. 2007. 成都平原红土堆积的磁性地层学及古环境记录[J]. 中国科学, 37(3): 370 – 377

乔彦松, 赵志中, 李增悦, 王 燕, 傅建利, 王书兵, 李朝柱, 姚海涛, 蒋复初. 2007. 成都平原红土堆积的风成成因证据[J]. 第四纪研究, (2): 286 – 290

吴次芳, 陆景冈, 何黎明. 1992. 亚热带山地土壤的地球化学特征及其与新构造运动的关系[J]. 地理学报, 47(1): 6 – 11

周圣华, 郇云飞, 李艳军. 2007. 矿产勘查中的物化探技术应用与地质效果[J]. 地质与勘探, 43(6): 58 – 62

孙承轅, 张 干. 1993. 漠滨金矿区外围地层及矿区围岩中金的负异常及其地球化学意义[J]. 地质与勘探, 29(3): 47 – 52

万天丰. 2004. 中国大地构造学纲要[M]. 北京: 地质出版社: 251 – 253

王文华. 1987. 应用联合指标确定钻孔原生异常分带[J]. 地质与勘探, 23(6): 51 – 56

吴传璧, 邱郁文, 林镇泰译. 1988. 金属矿床地球化学普查方法[M]. 北京: 冶金工业出版社: 192 – 221

席明杰, 马生明, 朱立新, 弓秋丽. 2009. 硫同位素在地球化学异常成因研究中的应用[J]. 地质学报, 83(5): 705 – 718

许荣科, 鲁胜章, 李兴德, 郑有业, 孙新春, 魏志军, 陕 亮, 张雨莲, 鲁 林, 李红梅, 刘鑫扬, 刘君安, 刘元平. 2010. 甘肃北山公婆泉铜矿矿集区成矿构造剖析及成矿预测[J]. 地质与勘探, 46(1): 93 – 101

徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民. 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京: 地质出版社: 1 – 109

郅明才, 迟清华. 1997. 中国东部地壳与岩石的化学组成[M]. 北京: 科学出版社: 73, 101

Spatial Distribution and Genesis of Element Cd in Soil of the Chengdu Plain

WANG Wen¹, LIU Ying – ping²

(1. Sichuan Geological Survey, Xining, Qinghai 810000; 2. Sichuan Geological Survey, Chengdu, Sichuan 610085)

Abstract: This paper studied the distribution of high – Cd – content areas in the Chengdu plain and its genesis based on sample collection and laboratory analysis. In the alluvium of the Mianyu River and Shiting River basins, there are abundant element Cd. The contents of Cd distributed in the alluvium gradually decline in the order from terrace 1 to terrace 5. And such contents in the alluvium of the two rivers (Mianyu River and Shiting River) flowing through the Longmengshan Mountains are remarkably higher than that of the other water systems. That high contents of Cd inoculated with the different terraces indicates that it is the result from geological processes as an evident controlling factor. This conclusion is radically different from the most previous studies that attribute this phenomenon to artificial factors.

Key words: surface soil, Cd, spatial distribution, alluvium, Chengdu plain