

珠江三角洲冲积平原土壤镉高含量区形成原因

赖启宏^{1,2}, 杜海燕², 方敬文², 邵立波², 夏 斌¹

(1.中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2. 广东省地质调查院, 广东 广州 510080)

摘 要:通过现场采样及室内分析方法,研究了珠江三角洲冲积平原土壤 Cd 高含量区形成的原因。调查发现,在西江和北江冲积平原存在 Cd 的高含量分布区。Cd 高含量区仅分布于第四纪海陆交互相,从地表至深部含量变化不大,为珠江三角洲形成过程中,富含 Cd 的西江和北江冲积物质在珠江三角洲沉积而成。Cd 高含量区空间分布特征明显,控制因素显著,属于由地质作用引起。这一结论与多数研究者认为是人为因素引起的具有根本差别。

关键词:珠江三角洲; 海陆交互相; Cd; 高含量区; 地质作用

中图分类号:X132 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)04-0746-05

Source and Cause of Regional Cd Enrichment in Alluvial Soils in the Pearl River Delta Plain

LAI Qi-hong^{1,2}, DU Hai-yan², FANG Jing-wen², SHAO Li-bo², XIA Bin¹

(1.Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2.Guangdong Institute of Geological Survey, Guangzhou 510080, China)

Abstract: The systemic geochemical survey for regional soil in the Pearl River Delta plain was carried out through sampling one or two samples per one square kilometer, one sample per 4 square kilometers for surface soils, and one sample per 16 square kilometers for deep soils with 1.5 m depth. The results presented that the concentration of Cd both in surface soils and deep soils were abundant in the alluvial plains of West river and North river in the Pearl river drainage system, and the vertical changes of Cd concentration was small. The areas with abundant Cd were mainly located at quaternary area with marine and continental sediments, and the concentration of Cd decreased in the order: transitional sediments>marine sediment>continental sediment. The variation degree of Cd concentrations in transitional sediments was bigger than that in continental sediment. High content of soil Cd was formed during delta development since sediment materials from West river and North river were rich in Cd. Regional high background of soil Cd was mainly caused by geological setting.

Keywords: Pearl River Delta; transitional sediments; cadmium; high regional background; geological setting

自然因素引起的某元素高含量区,空间分布上表现为受地质背景、土壤类型所控制,不一定分布在城市、工业及其河流下游地区或农业种植区;在垂直方向上(不同深度),从地表至深部元素的含量变化往往与土壤矿物组分密切相关。人为因素所引起的高含量区,在空间分布上与人类经济活动具有显著的相关性,主要分布于城市、工业及其河流下游地区或农业种植区,从地表至深部含量变化较大。

1 样品采集

在 10 004 km² 范围内采用网格法系统采集浅层和深层土壤样品。

1.1 浅层土壤样品

采集于可代表采样单元(1 km² 范围)的地质、土壤类型和土地利用类型的地段, 低山-丘陵和台地区采集于低洼地段,以一个采样点为主,多点组合成一件样品。样品采集 0~20 cm 土柱的细粒级物质。采集密度为 1~2 件·km⁻²,在城市化程度较高、土地利用类型较复杂、经济相对发达的地区和主要农业区样品采集密度为 2 件·km⁻²; 在低山-丘陵地区根据地质体出露的复杂程度和地形地貌特征,采集密度控制在 1~2 件·km⁻²;一般地区采集密度为 1 件·km⁻²。

收稿日期:2004-09-30

基金项目:中国地质调查局项目(200214200022)

作者简介:赖启宏(1967—),男,中国科学院广州地球化学研究所在职
博士研究生,主要从事环境地球化学研究。

E-mail:fsgbdf@21cn.com

1.2 深层土壤样品

深层土壤样品,采样深度根据测试方法技术试验结果确定。按照地形、地貌和土地利用现状分为三大类型:(1)冲积平原区,采样深度为 1.5~1.8 m;(2)低山-丘陵区,根据采样点位基岩风化程度确定,如基岩面较浅(<1.5 m)样品采自 B 层底部,该类地区采样深度变化较大(50~150 cm);(3)城市及其周边地区,新城区(包括居民区-工厂区),取样深度为 1.8~2.2 m,基本穿过填土层,旧城区采样深度一般为 2.0~2.3 m,原则上穿过填土层,如填土层厚度大,采样深度最深不超过 2.5 m。

样品布置于可代表本采样单元(16 km² 范围)的地质单元、土壤类型和土地利用类别的地段。样品采集细粒级物质,采集长度 30 cm,采集密度为 1 件·km⁻²,采样点在平面上基本均匀分布。采样工具为经改装的动力触探仪。

2 样品测试

2.1 浅层土壤样品

采用 4 km² 范围内的样品组合进行分析。样品测试方法技术和质量监控体系按照地质矿产部《区域化探全国扫面工作方法若干规定》要求执行,由原地矿部广东省中心实验室完成。采用原子吸收分析方法,方法检出限为 30 ng·g⁻¹,国家一级标准物质和省级标准物质的 $\Delta\lg C$ 和 λ 合格率达到 100%,数据报出率 98.88%。

2.2 深层土壤样品

样品测试方法技术和质量监控体系按照中国地质调查局《覆盖区多目标地球化学调查暂行规定》要求执行,由中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所实验室完成。采用无火焰原子吸收分析方法,方法检出限为 20 ng·g⁻¹,国家一级标准物质(GBW, GSS—1~GSS—8)的 $\Delta\lg C$ 和 λ 合格率达到 100%,数据报出率 100%。

3 Cd 高含量区的区域分布特征

3.1 含量区划分标准

Cd 含量区的划分以 300 ng·g⁻¹ 为标准,大于 300 ng·g⁻¹ 为高含量区,相应地小于 300 ng·g⁻¹ 为背景区。

根据含量区的划分标准,珠江三角洲西江和北江冲积平原出现有大面积含量变化相对比较均匀的 Cd 高含量区。

3.2 不同冲积平原区特征

珠江流域的北江、西江冲积平原区 Cd 含量相对较高,东江冲积平原区 Cd 含量相对较低。广东省 1:20 万水系沉积物测量结果表明(陈显伟等,1996),在西江、北江流域分布着大片的 Cd 高含量区,这些高含量区大部分与地质背景有关,少部分与矿山开采有关(如广东凡口铅锌矿等);东江流域则基本上没有 Cd 的高含量分布区。表明珠江三角洲平原 Cd 的高含量与三角洲沉积物质来源有明显关系。

3.3 不同地质体 Cd 的含量特征

第四纪海相、海陆交互相、陆海交互相沉积物(张秋林等,1962)(表 1)Cd 含量与各类地质单元相比较,都呈现出相对富集的特征。海陆交互相→陆海交互相→海相→陆相沉积物 Cd 含量呈逐渐降低的趋势,海陆交互相 Cd 含量是陆相沉积物的 3 倍以上,第四纪海陆交互相和陆海交互相沉积物是 Cd 的富集层位,表明在三角洲形成过程中,海进和海退阶段有利于 Cd 的富集。

表 1 Cd 浅层土壤地球化学参数

地质单元	剔除前		剔除后*			
	样本	中值	样本	平均值	标准离差	变异系数
Q ^m (海相)	79	331	79	308	119.124	0.387
Q ^{mc} (海陆交互相)	703	430	694	390	154.478	0.396
Q ^{qm} (陆海交互相)	597	400	570	366	167.822	0.459
Q ^c (陆相)	80	130	80	137	68.111	0.497
Q	145 9	392	1422	361	165.104	0.457
地层(基岩)	254	130	214	125	69.235	0.556
全区地层	171 3	360	1672	332	174.406	0.525
全区侵入岩	265	90	228	84	34.888	0.417
全区	260 1	260	2539	280	175.069	0.625

注:* 剔除临界值为 $X\pm 2.5S$ (X 为平均值, S 为标准离差)数据后统计结果,含量单位 ng·g⁻¹。下表同。

第四纪海相、海陆交互相、陆海交互相沉积物的沉积物质相对比较单一,Cd 的含量从地表至深部变化较小(表 2、表 3),平均含量(剔除前中值和剔除后平均值)达到区域高背景下限,可形成大面积高含量分布区。

3.4 Cd 特高含量区分布

局部 Cd 特高含量区的分布范围与其表生地球化学条件有显著关系,与地貌关系密切,在河道(水系)比较发育或鱼塘密集分布的地段含量相对较高,与区域内工农业生产关系不大。表明 Cd 高含量区一方面与第四纪沉积物质来源(西江和北江)有关,另一

表 2 Cd 深层土壤地球化学参数

Table 2 The geochemical parameters of Cd in deep soils

地质单元	剔除前		剔除后			
	样本	中值	样本	平均值	标准离差	变异系数
Q ^a (海相)	21	318	20	330	57.496	0.174
Q ^{ac} (海陆交互相)	201	350	201	345	146.147	0.423
Q ^{am} (陆海交互相)	180	315	178	302	162.154	0.537
Q ^c (陆相)	25	105	23	104	55.478	0.532
Q	427	319	425	313	156.396	0.500
地层(基岩)	99	89	72	72	37.015	0.517
全区地层	526	284	524	280	165.761	0.591
全区侵入岩	94	61	87	57	18.530	0.327
全区	646	224	642	243	170.745	0.702

表 3 不同深度 Cd 含量对比

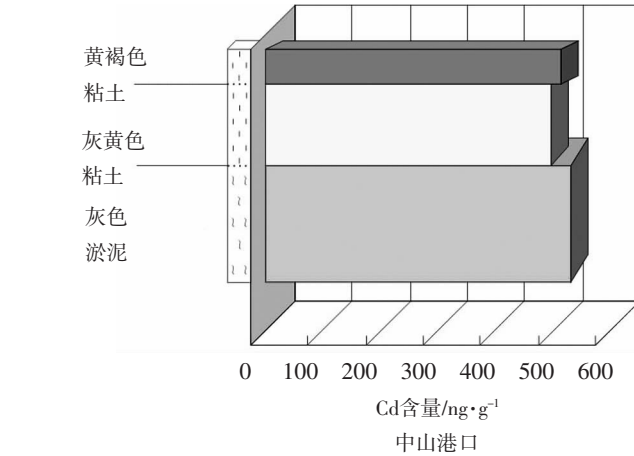
Table 3 The comparison of Cd concentrations in different soil layers

地质单元	浅层剔除前中值 / 深层剔除前中值	浅层剔除后平均值 / 深层剔除后平均值
Q ^m (海相)	1.04	0.93
Q ^{mc} (海陆交互相)	1.23	1.13
Q ^{cm} (陆海交互相)	1.27	1.21
Q ^c (陆相)	1.24	1.32
Q	1.23	1.15
地层(基岩)	1.46	1.74
全区地层	1.27	1.19
全区侵入岩	1.48	1.47
全区	1.16	1.15

方面与泥质成分有密切关系。

3.5 浅海底积物含量特征

调查区外围浅海底质调查结果^[1],浅海底积物 Cd 含量为 120~890 ng·g⁻¹(样本 36),平均为 540 ng·g⁻¹。表明海相有利于 Cd 的富集。



4 Cd 在各沉积层位的分布特征

珠江三角洲第四纪海相、海陆交互相和陆海交互相浅部沉积物质主要是粘土、粉砂质粘土、淤泥和粉砂层等。不同的沉积相,从地表至深部垂直方向上 Cd 含量呈现出不同的变化特征。

4.1 海陆交互相

海陆交互相主要是淤泥、粘土,含有少量的粉砂和细砂。从地表至深部(2.5 m),沉积物质相对较单一,主要是粘土→淤泥的变化,土壤颗粒 95%以上小于 0.075 mm。Cd 含量一般在 500~600 ng·g⁻¹,从地表至深部含量变化幅度大部分在 15%以内,在含水比例较高的淤泥层含量相对较高(表 4,图 1)。

4.2 陆海交互相

陆海交互相主要是粉砂质粘土、淤泥,在低山-丘陵和台地附近含砂量明显增加。平原区土壤粒度小于 0.075 mm 的占 80%以上,在低山-丘陵和台地附近占 65%~80%。平原区,从地表至深部(2.5 m),Cd 含量大部分为 400~600 ng·g⁻¹,含量随着沉积物质的变化而变化,变化幅度相对较大,一般在 20%以内(表 5,图 2)。在低山-丘陵和台地附近,陆相沉积物质比例增

表 4 海陆交互相 Cd 不同深度变化幅度

Table 4 The vertical variation of Cd concentrations in the transitional sediments

地区	层位	样本	全量/ng·g ⁻¹	变化幅度/%
广州	表层	10	529	6.06
珠江农场	中层	10	568	14.47
中山港口	表层	8	522	7.99
	中层	8	547	14.35
	表层平均值	18	525	6.92
	中层平均值	18	545	14.34

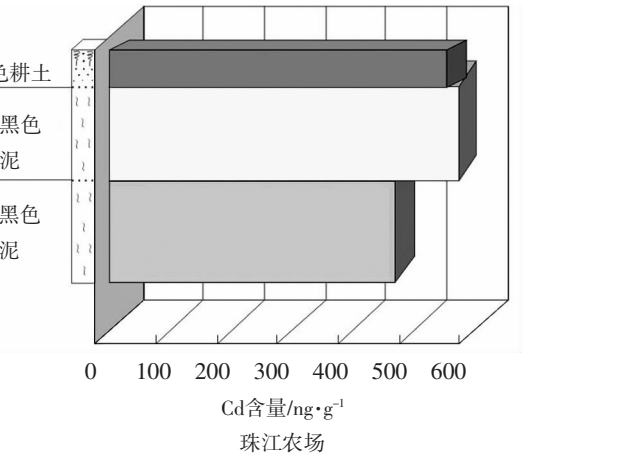


图 1 海陆交互相 Cd 含量不同深度变化特征

Figure 1 Cd concentrations in different layers of transitional sediments

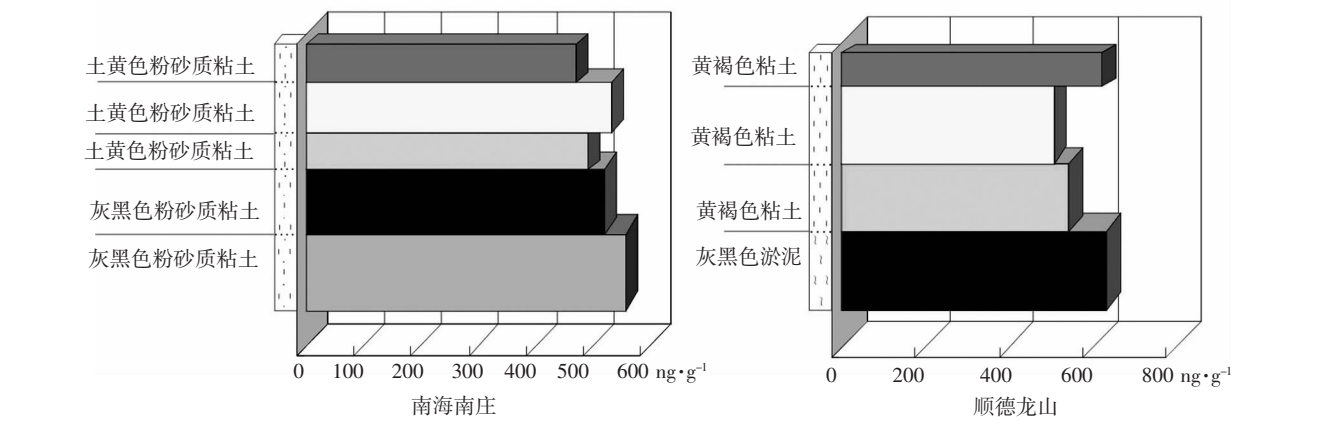


图 2 陆海交互相(平原区)Cd 含量不同深度变化特征

Figure 2 Cd concentrations in different layers in the plain of transitional sediments

表 5 陆海交互相平原区不同深度 Cd 含量变化幅度
Table 5 The vertical variation Cd concentrations in the plain of transitional sediments

地区	层位	样本	全量/ $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	变化幅度/%
顺德龙山	表层	5	574	15.60
	中层	5	549	15.11
南海南庄	表层	5	517	12.21
	中层	5	424	17.69
顺德龙山和南海南庄	表层	10	546	14.09
顺德龙山和南海南庄	中层	10	486	16.40
陆海交互相表层平均		18	438	26.96
陆海交互相中层平均		18	421	23.26

表 6 陆海交互相低山-丘陵和台地附近不同深度 Cd 含量变化幅度
Table 6 The vertical variation of Cd concentrations in the hill and platform of transitional sediments

地区	层位	样本	全量/ $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	变化幅度/%
广州黄埔	表层	5	256.2	24.19
	中层	5	334.4	38.97
肇庆广利和南海官窑	表层	3	379.3	12.99
	中层	3	349.3	19.93
广州黄埔、肇庆广利和南海官窑	表层	8	302.4	19.99
广州黄埔、肇庆广利和南海官窑	中层	8	340	31.83
陆海交互相表层平均		18	438	26.96
陆海交互相中层平均		18	421	23.26

大,Cd 含量相对较低,一般为 $250 \sim 400 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$,变化幅度比海陆交互相大,一般可达 20%以上,最大可达到 45%(表 6,图 3)。

4.3 陆相

陆相主要是黄色、灰白色、杂色粉砂质粘土,分布在低山-丘陵和台地附近,含砂量明显增加。土壤粒度

小于 0.075 mm 的占 50%~85%。从地表至深部(2.5 m),Cd 含量一般为 $65 \sim 250 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$,含量随着沉积物质的变化而变化,变化幅度很大,一般可达 20%以上(表 7、图 4)。

表 7 陆相沉积物不同深度 Cd 含量变化幅度
Table 7 The vertical variation of Cd concentration in continental sediments

地区	层位	样本	全量/ $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$	变化幅度/%
肇庆广利、南海官窑	表层	6	145	33.73
	中层	6	120	22.24

5 Cd 高含量区形成原因

珠江三角洲是在经历了 3 次海侵和 3 次海退交替进行的过程中发育起来的,整体上具有相同的发展模式,经过了基本一致的演变过程。但是在三角洲内部,在区域上仍然有显著的差异,表现在沉积物质来源上,可分为西、北江三角洲沉积区,东江三角洲沉积区和潭江三角洲沉积区。在地球化学上体现出不同的三角洲沉积区具有不同的元素组合特征。

Cd 的高含量区主要分布于西、北江三角洲沉积区,东江三角洲沉积区和潭江三角洲沉积区基本上是 Cd 的背景区。Cd 高含量区区域分布特征明显,控制因素显著:海陆交互相→陆相交互相→海相→陆相,沉积物 Cd 含量逐渐降低,西、北江三角洲沉积区的海陆交互相、陆海交互相、海相沉积物 Cd 高含量区,从地表至深部含量变化与沉积物质有显著的关系,Cd 的特高含量区主要分布于水系密集区,与当地工农业生产关系不密切。

因此,珠江三角洲 Cd 高含量区是珠江三角洲形

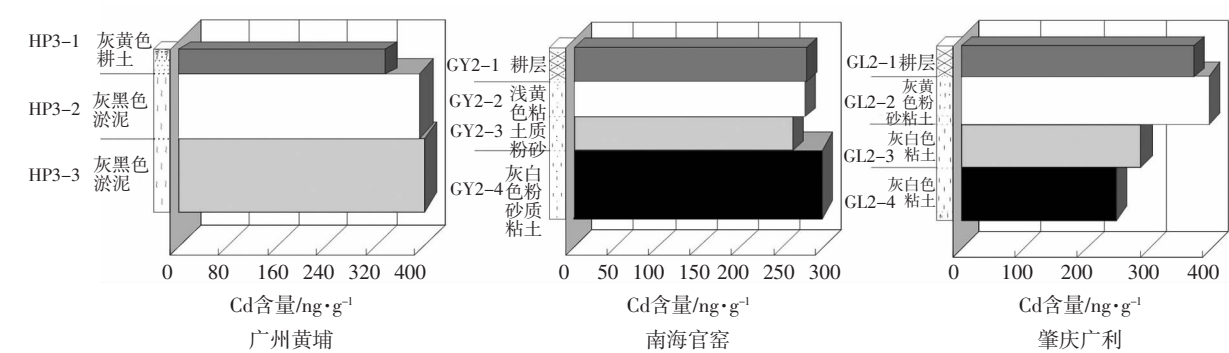


图 3 陆海交互相(低山-丘陵和台地附近)Cd 含量不同深度变化特征

Figure 3 Cd concentrations in different layers in the hill and platform of transitional sediments

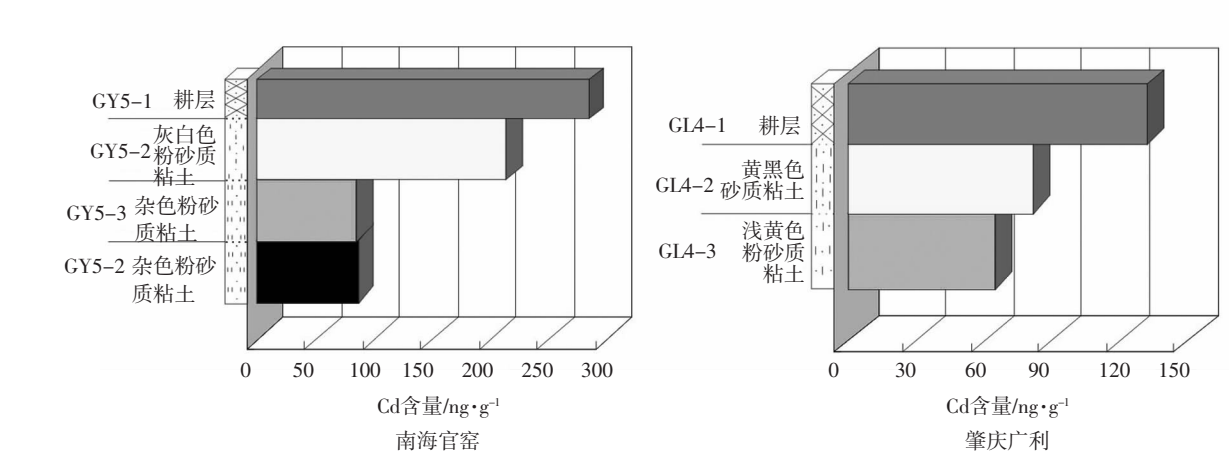


图 4 陆相 Cd 含量不同深度变化特征

Figure 4 Cd concentrations in different layers of continental sediments

成过程中,富含 Cd 的西江和北江沉积物质在三角洲沉积而成,高含量区的深度与沉积厚度一致,属于典型的地质作用形成的。这一结论与多数研究者^[2]认为是人为因素引起的具有根本差别。

参考文献:

[1] 李学杰.广东大亚湾底质重金属分布特征与环境质量评价[J].中国地

质,2003,30(4):429-434.
[2] 廖金凤.广东省南海市农业土壤中铜铅镍的环境容量[J].土壤与环境,1999,8(1):15-18.