

城郊新建开发区土壤环境特征垂直变化分析^①

吴志峰^{1, 2} 李芳柏¹ 匡耀求² 万洪富¹

(1 广东省生态环境与土壤研究所 广州 510650; 2 中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

摘 要 以珠海城郊新建开发区南屏科技工业园区为例, 通过 5 个土壤剖面采样与室内分析测定, 研究了工业园区建设期间景观突变对土壤环境特征垂直变化的影响。结果表明, pH 值和重金属元素 As、Hg、Cu、Pb 的含量垂直变化明显, 并且随剖面样点的不同, 变化情况有较大差异。剖面 SP-A 和 SP-E 上层呈酸性, 下层呈强碱性; As、Hg、Cu 含量垂直变化相似, 5 个剖面均呈上低下高趋势; 而 SP-A、SP-B 和 SP-C 3 个剖面土样 Pb 的含量, 上层明显高于下层; 有机污染物六六六与 DDT 在各剖面土样中均可检出, 平均含量分别为 $9.77 \times 10^{-3} \text{ mg/kg}$ 、 $8.09 \times 10^{-3} \text{ mg/kg}$, 但垂直变化差异不明显。

关键词 开发区; 土壤环境; 垂直变化

中图分类号 X131.3; Q143

环境变化条件下土壤质量的演变是关系到土壤可持续利用的重要课题^[1~3]。土壤是景观生态要素中的重要组成部分^[4], 自然界土壤的形成发育往往要经历漫长的地质时间, 农业耕作行为虽然加快了土壤的变化过程, 但在相当长的时间内土壤还是保持一个稳定的属性特征和比较连续的变化过程^[5], 城市化对土壤资源数量和质量产生深刻影响, 人为干扰导致了土壤景观过程的中断, 并引起土壤属性的非连续变化^[6, 7], 而土壤(沉积物)特征的空间分布可以在一定程度上反映景观的变化^[8, 9]。本文以珠海南屏科技工业园区为例, 通过采样分析工业园区建设初期景观突变导致的土壤环境特征的垂直变化, 并试图通过垂直变化分析反演这种特殊的土壤-景观变化过程。

1 材料与方法

1.1 调查与采样

珠海市南屏科技工业园位于珠海市南屏镇珠海大道北侧, 根据 1998 年 SPOT 卫星影像以及其他相关资料调查, 南屏科技工业园区在填土建设开发区前为水稻田、藕田、甘蔗地等农业土地利用类型。在 2000 年短时间内, 景观类型已由传统的农业景观转变为工业开发区景观。土壤剖面调查表明, 区内土壤主要分两个层次, 上层为 2 ~ 3 m 厚的新土层(填土), 经部分压实, 填方土石料主要有 3 种来源:

花岗岩风化残积土、滨海砂土以及从河流中抽吸的泥沙; 下部老土层(原状土)为水稻土等耕作土壤。调查范围内选取有代表性的地点设置 5 个土壤剖面, 剖面编号为 SP-A、SP-B、SP-C、SP-D、SP-E, 其中 SP-A、SP-B、SP-C 堆填的主要是花岗岩风化残积土, SP-D、SP-E 分别为滨海砂土与河流抽沙。按常规土样采集方法, 从表土以下 50cm 处开始采样, 每隔 50 ~ 60 cm 采一层, 每个剖面采 5 层样, 剖面土样共 25 个。

1.2 pH 测定

土:水比为 1:2.5, 玻璃电极法测定。

1.3 重金属含量测定

重金属分析项目与测试方法分别为: 砷(As)为盐酸-硝酸-高氯酸全消解法处理, 钾(K)用硝酸银分光光度法测定; 汞(Hg)为硫酸-硝酸-高锰酸钾消解法处理, 冷原子吸收分光光度法测定; 铜(Cu)为盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸全消解法处理, 等离子原子发射光谱法(ICP-AES)测定; 铅(Pb)为盐酸-硝酸-氢氟酸-高氯酸全消解法处理, 石墨炉原子吸收分光光度法测定。

1.4 有机物测定

有机物分析项目为六六六(BHC)与滴滴涕(DDT), 分析方法为丙酮-石油醚提取, 浓硫酸净化, 日本岛津 GC-MS(QP-5000)测定。

^①广东省自然科学基金项目(031288)、广东省科技攻关项目(2002C31617, 2002C32203)资助。

2 结果与讨论

2.1 pH 值的垂直变化

工业园区 5 个表层混合土样的 pH 值均呈弱酸性, 最小值为 5.29, 最大值为 6.71, 差异不明显, 广东省土壤 pH 值平均为 5.70^[10], 接近广东省土壤酸碱度平均水平, 这是因为工业园区表层多为酸性母质风化土体填压, 并且经过大型机械的反复推平碾压, 混合比较均匀所致。随着采样深度的变化, 各剖面 pH 值垂直变化产生很大差异 (图 1)。

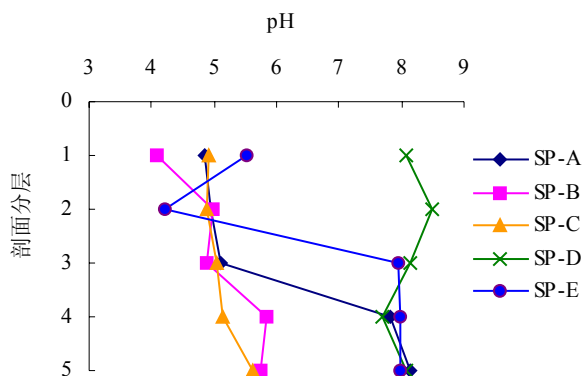


图 1 pH 值的垂直变化

Fig. 1 The changes of pH in vertical profiles

从图 1 中可以看出, 5 个剖面 pH 值的变化分 3 种情形: SP-A 和 SP-E 的 pH 值随采样深度的变化非常明显, 上层土壤呈酸性, 而下层土壤呈强碱性; SP-B、SP-C 整个剖面呈酸性, pH 值在 4~6 之间变化; SP-D 呈碱性, 剖面各层的 pH 值在 8 附近波动。pH 值垂直变化的复杂性反映了景观突变情况下新成土壤组成物质来源的复杂性, 下伏的原生土壤为水稻土, 珠海地区水稻土中性和碱性的比例很高, 占全市水稻土面积的 65% 左右, 这是因为珠海为三角洲沿海地区, 水稻土成土母质受海水影响含盐量高的缘故, 因此采样区下层土壤 pH 值普遍偏高; 外来客土主要有两类, 一是开采周边丘陵台地搬运而来的酸性母岩风化土, 呈强酸性, 另一类是来自滨海的砂土, 呈强碱性, 此外还有少量的河沙淤泥混杂。

2.2 重金属含量的垂直变化

各种重金属有毒有害元素通过多种途径进入土壤并在土壤中富集造成土壤污染, 但由于土壤污染具有隐蔽性而不易为人们所察觉。通常的重金属污染调查是根据土壤的发生层次进行的, 因而元素含

量在土壤剖面的垂直分布具有一定的规律性, 但景观突变情况下的新成土体重金属元素含量变化表现其特殊性, 这种特殊性反映景观突变前后的环境特征。

图 2、图 3 和图 4 分别为 5 个剖面 As、Hg、Cu 含量随采样深度的变化, 这 3 个重金属元素的含量在调查区中有着非常相似的变化趋势, 三者总体趋势是在上层土壤中含量较低而在下层反而含量上升, 多数剖面在第 3 层和第 4 层之间有一个明显的突变, 1~3 层土壤中以上 3 个元素的含量普遍低于国家土壤环境质量标准中的一级标准含量^[10], 而 3~4 层均超过这个含量标准, 同时也超过当地土壤背景值^[11]。调查结果表明, 因为在没有进行工业园区建设前, 这一带为水稻田、甘蔗田等农业景观, 这些农田的灌溉水源多来自西江上游, 70 年以来, 在西江沿岸建有不少的冶炼、电镀、化工、造纸等工厂企业, 历年来在西江水质检测中均能检出 Ag、Hg、Cu 等重金属物质, 并且含量有逐渐上升的趋势, 长期污水灌溉的农田土壤中这些有害元素逐渐富集。此外, 在走访当地农民时了解到, 这一带农田在 70 年代曾有过使用澳门生活垃圾肥的历史, 这也可能是造成农田中重金属含量增加的一个重要原因。上层外来的堆填土多为没有经过耕种的风化残积土体或滨海砂土, 所以上层这 3 个重金属的含量比农田土壤低。

Pb 的垂直变化却与前面 3 个元素有较大差别, 且 5 个剖面也没有表现比较一致的变化趋势 (图 5)。SP-A、SP-B 和 SP-C 3 个剖面的变化比较接近, 都是上层的 Pb 含量明显高于下层。Pb 的一个重要来源是汽车的尾气排放, 土壤中 Pb 的含量与距公路的远近有比较密切的关系, SP-A、SP-B 和 SP-C 3 个剖面上层堆填土体多是取自附近土料场, 为追求运输方便, 这些土料场往往临近公路, 因而土体很可能遭受汽车尾气的污染而导致 Pb 的含量较高。剖面 SP-D 和 SP-E Pb 的含量较低, 并且上下变化较小, 土壤组成物质应该与其他 3 个剖面有所不同, 与上覆土体多由滨海砂土组成有关。

2.3 有机污染物的垂直变化

尽管有机氯农药在我国已经禁止使用, 但还是在本次采样分析中所有样品中检测出来。表 1 为各剖面六六六与 DDT 的检测结果: 六六六最高含量为 $18.4 \times 10^{-3} \text{ mg/kg}$, 平均值为 $9.77 \times 10^{-3} \text{ mg/kg}$; DDT

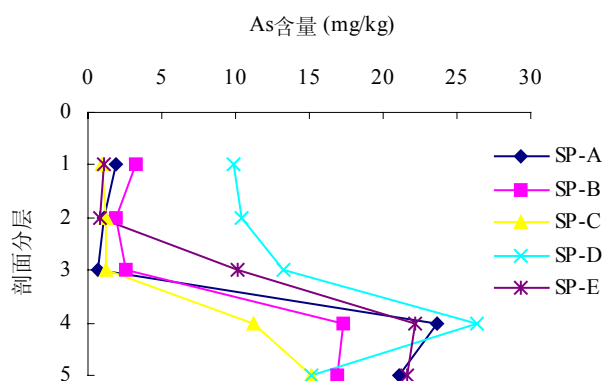


图 2 As 含量的垂直变化

Fig. 2 Change in As content in profiles

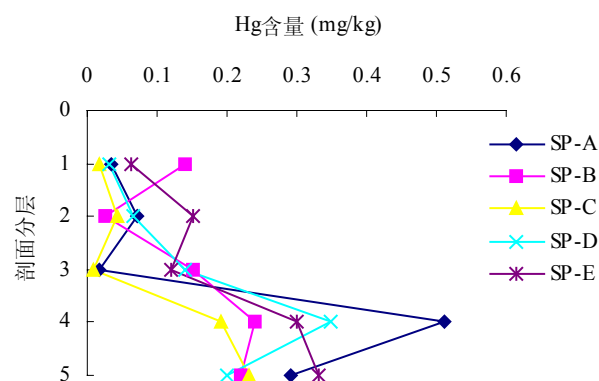


图 3 Hg 含量的垂直变化

Fig. 3 Change in Hg content in profiles

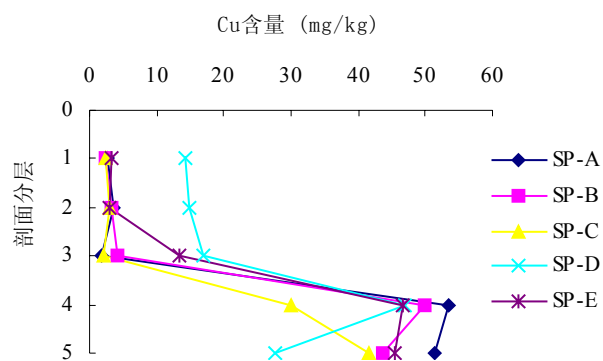


图 4 Cu 含量的垂直变化

Fig. 4 Change in Cu content in profiles

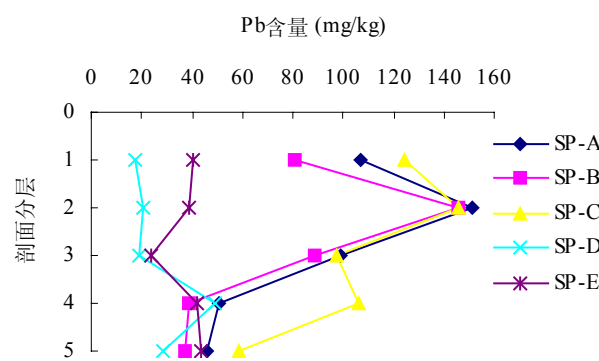


图 5 Pb 含量的垂直变化

Fig. 5 Change in Pb content in profiles

表 1 土壤样品中有机氯污染物的含量 (10^{-3}mg/kg)

Table 1 BHC and DDT contents in soil samples

剖面 土层	SP-A		SP-B		SP-C		SP-D		SP-E	
	BHC	DDT	BHC	DDT	BHC	DDT	BHC	DDT	BHC	DDT
1	6.08	7.86	7.63	6.04	11.4	8.75	10.9	8.38	11.8	8.2
2	6.88	8.75	7.29	8.37	8.22	6.54	8.98	7.11	6.72	6.4
3	9.51	7.91	18.4	10.2	16.6	10.4	9.34	9.33	9.8	8.1
4	5.67	6.81	9.64	6.69	14.1	5.68	13.3	9.69	8.55	9.8
5	7.72	10.3	4.78	3.44	6.96	10.3	12.8	7.21	11.3	9.6
均	7.17	8.33	9.55	6.95	11.46	8.33	11.06	8.34	9.63	8.4

最高含量为 $10.4 \times 10^{-3}\text{mg/kg}$, 平均值为 $8.09 \times 10^{-3}\text{mg/kg}$, 均没有超过国家土壤环境质量一级标准 ($50 \times 10^{-3}\text{mg/kg}$)^[11], 并且六六六和 DDT 的含量在各剖面的分布比较接近, 无明显变化。这说明尽管工业园区土壤组成来源复杂, 但有机氯污染物进入土

壤中的渠道多样化, 并且长期在土壤中积累, 所以各土壤样品中均能检测出来。这与采样前的估计不同, 采样前曾认为, 下层土壤原属于农田景观, 上世纪 60、70 年代施用有机氯农药较多, 其含量应该比上层非耕作土壤的有机氯含量高, 但分析结果并没有表现出这一变化, 说明有机农药的污染并不局限于某些景观类型, 往往随着大气降尘、地表径流等渠道进入整个区域甚至全球范围。

3 结论

城市化对土壤资源的数量与质量产生深刻影响, 大规模的开发区建设是城郊土壤从自然土壤向城市土壤转变的主要成因。开发区土壤环境特征垂直变化具有不连续性和突变性, 在一定程度上反映了土壤景观的变化状态。

参考文献

- 1 张甘霖. 城市土壤研究的深化和发展. 土壤, 2001, 21 (2): 111 ~ 112
- 2 张甘霖, 朱永官, 傅伯杰. 城市土壤质量演变及其生态环境效应. 生态学报, 2003, 23 (3): 539 ~ 546
- 3 张乃明, 李保国, 胡克林. 污水灌区耕层土壤中铅、镉的空间变异特征. 土壤学报, 2003, 40 (1): 151 ~ 154
- 4 孟庆华, 傅伯杰. 景观格局与土壤养分流动. 水土保持学报, 2000, 14 (3): 116 ~ 121
- 5 Kachanowski RG. Processes in soil-from pedon to landscape. In: Rosswall T. ed. Scales and global change. New York: Wiley and Sons, 1988, 153 ~ 177
- 6 Su DC, Yang FH, Zhang FS. Profile characteristics and potential environmental effect of accumulated phosphorus in soils of vegetable fields in Beijing. Pedosphere, 2002, 12 (2): 179 ~ 184
- 7 胡伟平, 吴志峰, 何建邦. RS 与 GIS 支持下珠江三角洲城镇近期发展对土壤资源利用的影响分析. 自然资源学报, 2002, 17 (5): 549 ~ 555
- 8 Gessler PE, Morre ID, Mckenzie NJ, et al. Soil-landscape modeling and spatial prediction on soil attributes. Int. J. Geographical Information systems, 1995, 9 (4): 421 ~ 432
- 9 孙波, 周生路, 赵其国. 基于空间变异分析的土壤重金属复合污染研究. 农业环境科学学报, 2003, 22 (2): 248 ~ 251
- 10 夏家淇. 土壤环境质量标准详解. 北京: 中国环境科学出版社, 1996, 84 ~ 86
- 11 广东省土壤普查办公室. 广东土壤. 北京: 科学出版社, 1993, 412 ~ 419

VERTICAL VARIATION OF SOIL ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS IN SUBURBAN DEVELOPMENT ZONES

WU Zhi-feng^{1,2} LI Fang-bai¹ KUANG Yao-qiu² WAN Hong-fu¹

(1 Guangdong Institute of Eco-environment and Soil Sciences, Guangzhou 510650;

2 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract In order to investigate impacts of abrupt change in landscape on soil environmental characteristics in soil profiles in Nanping Technology and Industry Zone, Zhuhai City, soil samples, gathered from 5 profiles to a depth of 250cm at 50~60cm intervals, were analyzed. The results indicate that pH values and contents of heavy metals (As, Hg, Cu, and Pb) varied distinctly along the profile and the variation along the profile also differed sharply with the site of the profile. Profiles SP-A and SP-E appear acidic in the upper layers and alkaline in the lower soil layers. The contents of As, Hg and Cu showed the same increasing trend from the top to the bottom in all the profiles. But Pb content in Profiles SP-A, SP-B and SP-C appeared in a reserve trend. Though the contents were low and changed little along the profiles, BHC and DDT could be detected in all samples with mean values being $9.77 \times 10^{-3} \text{mg/kg}$ and $8.09 \times 10^{-3} \text{mg/kg}$, respectively.

Key words Development area, Soil environment, Vertical variation