

# 关于安宁镇 - 西乡乡一带土壤重金属元素来源初探

李运录<sup>1\*</sup>, 龙和鹏<sup>2\*</sup>, 刘应平<sup>3#</sup>, 杨帮银<sup>2</sup>, 戚杰<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中国石油化工股份有限公司西南油气分公司采气一厂, 四川 德阳

<sup>2</sup>四川省地矿局四〇四地质队, 四川 西昌

<sup>3</sup>四川省地质调查院, 稀有稀土战略资源评价与利用四川省重点实验室, 四川 成都

收稿日期: 2022年7月15日; 录用日期: 2022年8月15日; 发布日期: 2022年8月22日

## 摘要

土壤是成土母质经过历史演化而成的由矿物质、有机质、土壤生物及水分组成的集合体, 是成土母质及其环境长期共同作用的复合体。垂向剖面可以较好地诠释土壤的生成特征, 同时也反应外来物质的积累现象。通过对剖面的对比研究, 可以判断土壤中物质的来源, 即析源。本文通过对相关联的3个垂向剖面的对比研究, 判定该区域土壤中Cd、Zn等重金属元素非源于土壤的生成过程。

## 关键词

土壤, 重金属, 源解析

# Sources of Heavy Metals in Soils about Anning Town to Xixiang Township

Yunlu Li<sup>1\*</sup>, Hepeng Long<sup>2\*</sup>, Yingping Liu<sup>3#</sup>, Bangyin Yang<sup>2</sup>, Jie Qi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>No. 1 GAS Production Plant of Southwest Oil and Gas Branch, Sinopec, Deyang Sichuan

<sup>2</sup>404 Geological Team, Sichuan Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Xichang Sichuan

<sup>3</sup>Evaluation and Utilization of Strategic Rare Metals and Rare Earth Resource Key Laboratory, Sichuan Geological Survey, Chengdu Sichuan

Received: Jul. 15<sup>th</sup>, 2022; accepted: Aug. 15<sup>th</sup>, 2022; published: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2022

\*第一作者。

#通讯作者。

## Abstract

Soil is a complex of mineral matter, organic matter, soil organism and water, which is formed by the historical evolution of soil-forming parent material and the long-term interaction of soil-forming parent material and its environment. The vertical profile can better interpret the characteristics of soil formation, but also reflect the accumulation of foreign substances. Through the comparative study of the profiles, we can judge the source of the materials in the soil, that is, source segregation. In this paper, through the comparative study of three related vertical profiles, it is concluded that heavy metal elements such as Cd, Zn in the soil in this area are not originated from the formation process of soil.

## Keywords

Soil, Heavy Metal, Source Resolution

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

土壤污染研究中特别关注的是生物毒性显著的重金属(As、Cd、Hg、Cr、Pb、Ni 等)和有毒性的重金属(Cu、Zn)。土壤中的重金属元素通过多种途径被带入, 继而在其中积累, 通过多种植物的链接进入到食物链, 对人体健康和人类社会可持续健康发展造成严重危害。因此辨析物源, 并在源头加以控制, 对土壤环境维护和土壤污染治理意义重大[1] [2] [3]。但可惜的是, 以往的研究主要集中在调查评价、土壤中重金属元素的赋存形态、生态危害以及修复方法等, 而对于土壤重金属析源方面的研究较少, 近年来土壤重金属污染源的解析常用的方法为同位素(铅、镉等)示踪[4]-[9], 多元统计析源[10]-[15]。土壤重金属污染因其隐蔽性、生态效应滞后性多未引起足够重视; 又因土壤中重金属元素极难消除——即治理难度极大。因此, 基于现有资料和现有污染出发, 分析出污染物来源并加以控制, 是防治危害扩大的重要手段之一, 污染物析源具有重要的现实意义。前人在该区开展土地质量地球化学调查时发现区内多地存在(Cd)、铅(Pb)、砷(As)、铜(Cu)、锌(Zn)等多种重金属高异常(污染)带, 且局部地段还发现较严重的生态效应——农业种植物中重金属元素(Cd)超标、区域内人发样品中 Cd、Pb、As、Cu 的含量明显高于正常值等; 因此有研究人员在该区开展原位钝化、化学淋洗等修复试验研究, 但对于析源方面的研究极少。

## 2. 材料与方方法

### 采样及处理

在调查所圈定的安宁镇 - 西乡乡 Cd 等多元素异常带的上游方向布设了 2 个垂向剖面、安宁河现代河床旁布设了 1 个垂向剖面, 旨在揭露研究区土壤结构、物质的迁移转化和积累特征。剖面深度 1.5 米, 分别按 0~30 cm、-30~-60 cm、-60~-90 cm、-90~-120 cm、-120~-150 cm 采集土壤样品, 均匀采集截面为 10 × 10 cm 土柱。土壤样品采集后, 经现场混匀, 剔除石砾、植物根系等杂质, 装入自封袋, 外套白布袋以防止样品泄漏或污损。运回基地的样品, 需及时倒出、放入瓷盘中自然风干, 搓揉离解成自然粒度, 全部过五目(孔径 4 mm)筛分后(筛上物只能是石砾或植物根系), 经混匀、使用对角缩分法截取 200

g 备用, 余者丢弃。

用天平称取 50 g 过筛后的备用土壤样品, 40℃烘箱烘至恒重, 进一步细磨至 200 目, 做分析测试备用。

### 3. 分析测试方法技术

土壤中 CaO、 $\text{TFe}_2\text{O}_3$ 、Ti、Zn 分析测试: 称取 5.0g 样品, 粉末压片法压片, 采用 X 射线荧光光谱法(XRF)测定;

土壤中重金属元素 Cd 总量的测定: 用分析天平准确称取 0.5 g 土壤样品(<200 目)于聚四氟乙烯瓶中, 加入硝酸、盐酸和氢氟酸放入微波消解仪中消解 15 min 后得透明溶液, 定容到 25 mL 后用等离子质谱法(ICPMS)测定。

pH 值测定: 称取 10.0 g 土壤样品置于 50 ml 的高型烧杯中, 加入 25 ml 水, 用磁力搅拌器剧烈搅拌 2 min, 静置 30 min, 使用 pH 计测定。

## 4. 结果讨论

### 4.1. 剖面 1

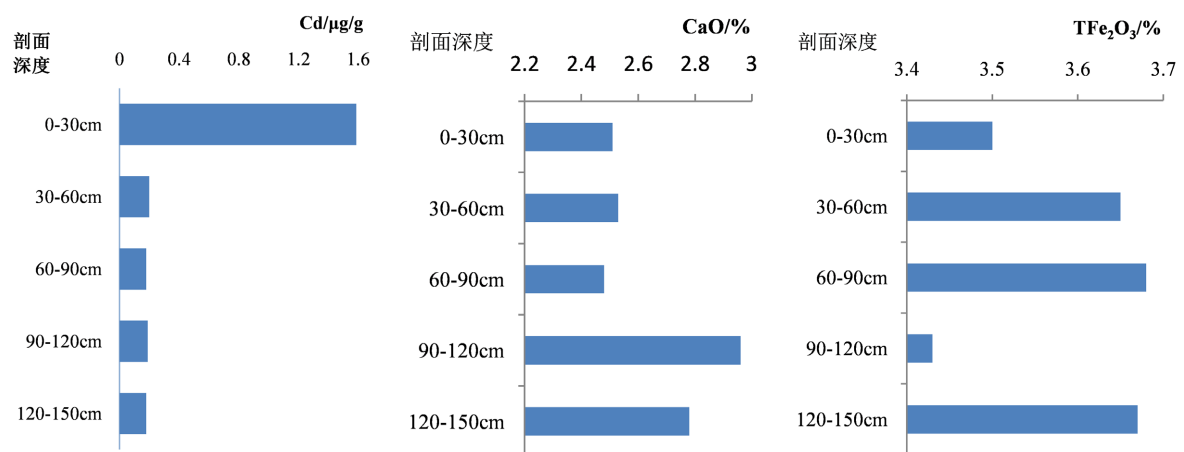
剖面位于安宁镇东部, 西昌学院安宁校区西北部的一片葡萄园中。为黄红色含砂壤质黏土, 至 1.5 米深未见底(基岩), 剖面土壤无明显分层现象, 仅在 0~30 cm 层土壤中有较多植物根系, 颜色为黄褐色, -30 cm 以深土壤均为黄红色, 质地均匀。

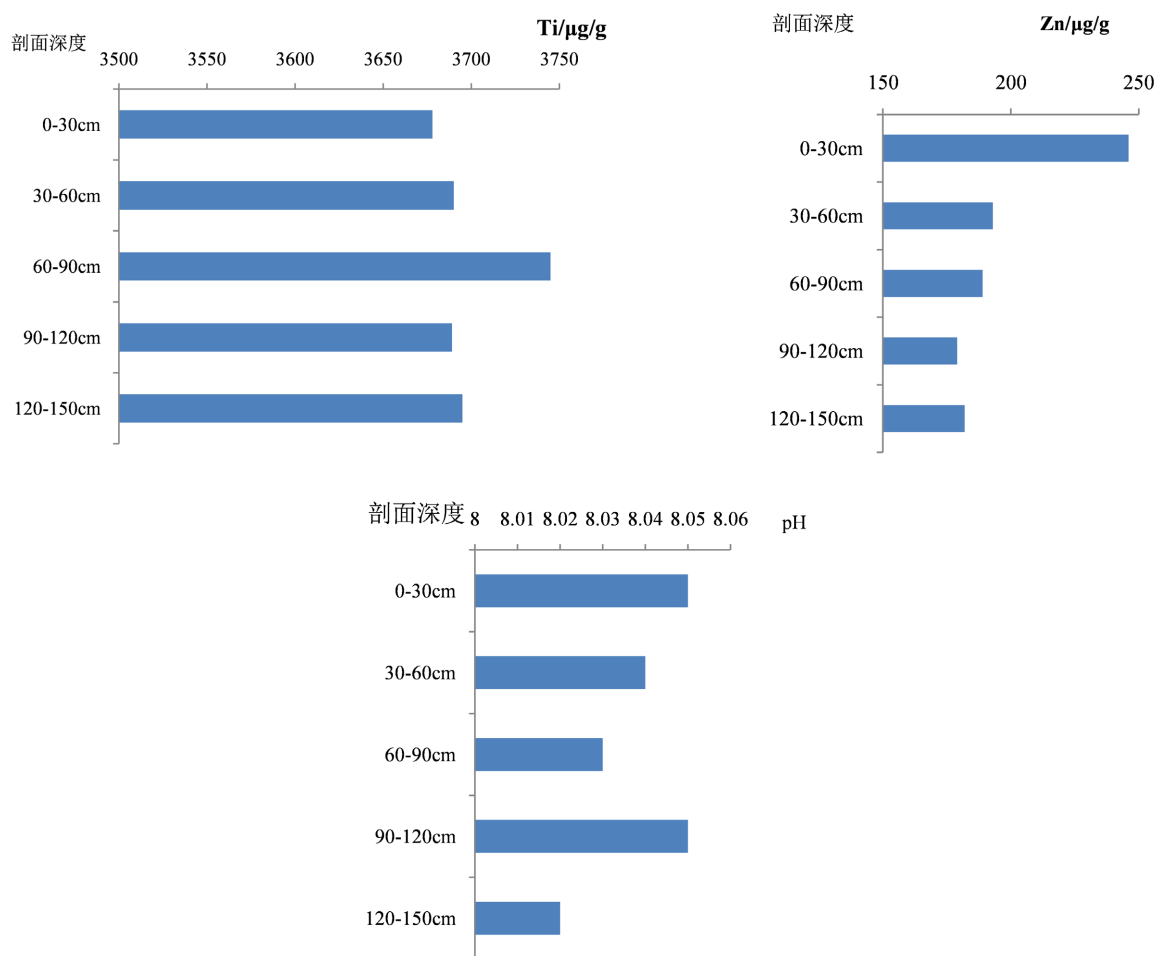
土壤酸碱度 pH 值在 8.02~8.05 之间(图 1), 基本属于检测样品的合理偏差范围; CaO、TFe 两个指标在 0.9~1.2 米位置有一个突变带, TFe 显著贫化, CaO 折相反, Ti 含量几乎没变化, 即很稳定; Zn、Cd 两指标在 0~30 cm 段(表层或耕作层)土壤中含量显著高于其它层, 约为其它层土壤中含量的 1~5 倍。

### 4.2. 剖面 2

剖面位于安宁河谷, 垂向剖面深达 1.5 米, 未见底(基岩), 所见为黄色壤质黏土, 无显著分层现象。

土壤酸碱度 pH 值在 7.967~8.1 之间(图 2), 表层 30 cm 土壤的 pH 值显著低于其他土壤, 60~90 cm 段土壤 pH 值略增高; CaO 在 60~90 cm 位置有一个突变带, 含量显著低于其他层; Ti 和 TFe 在 90~120 cm 段土壤中含量显著低于其他段; Zn、Cd 两指标在 0~30 cm 段(表层或耕作层)土壤中含量显著高于其它层, 约为其它层土壤中含量的 1~5 倍, 60~150 cm 段土壤中的含量相对稳定。

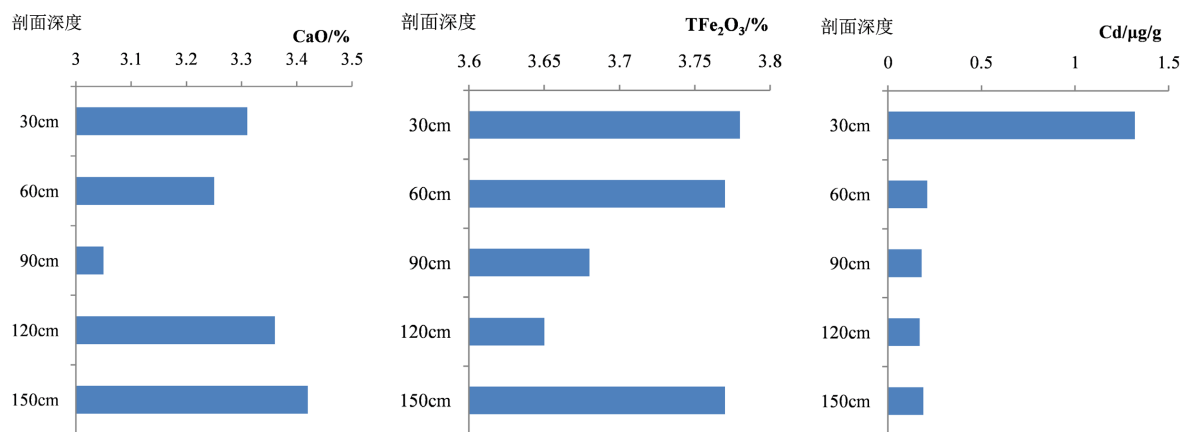


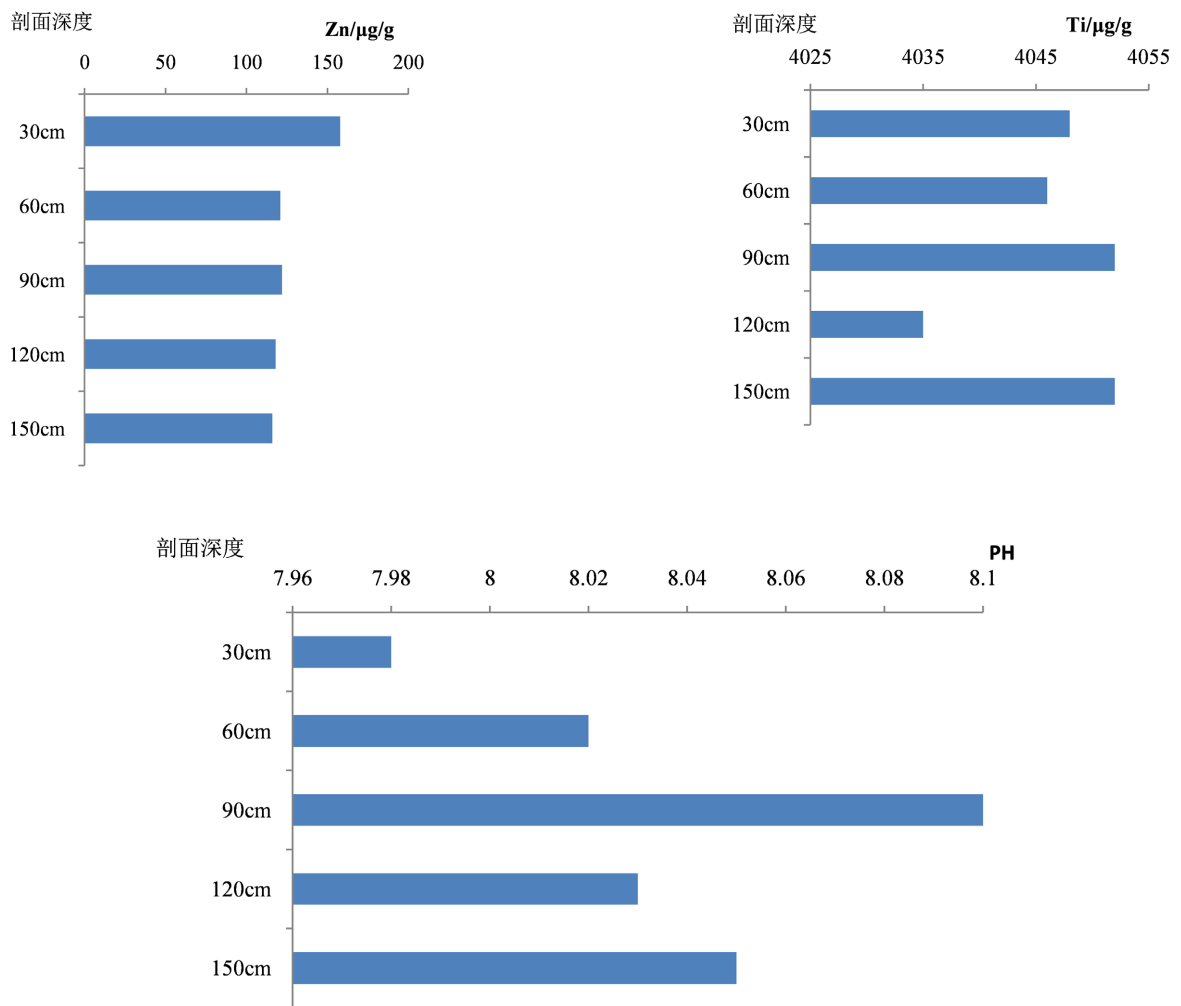


**Figure 1.** Changes in the index content in the soil of section 01  
**图 1.** 剖面 01 土壤中指标含量变化

### 4.3. 剖面 3

剖面位于安宁镇的一片葡萄园内(曾经种植水稻), 剖面深度达 1.5 米, 未见基岩。全剖面所见为黄色壤质黏土, 其中 0~30 cm 为黄褐色水稻土, 下部为黄色壤质黏土, 无显著分层标志。





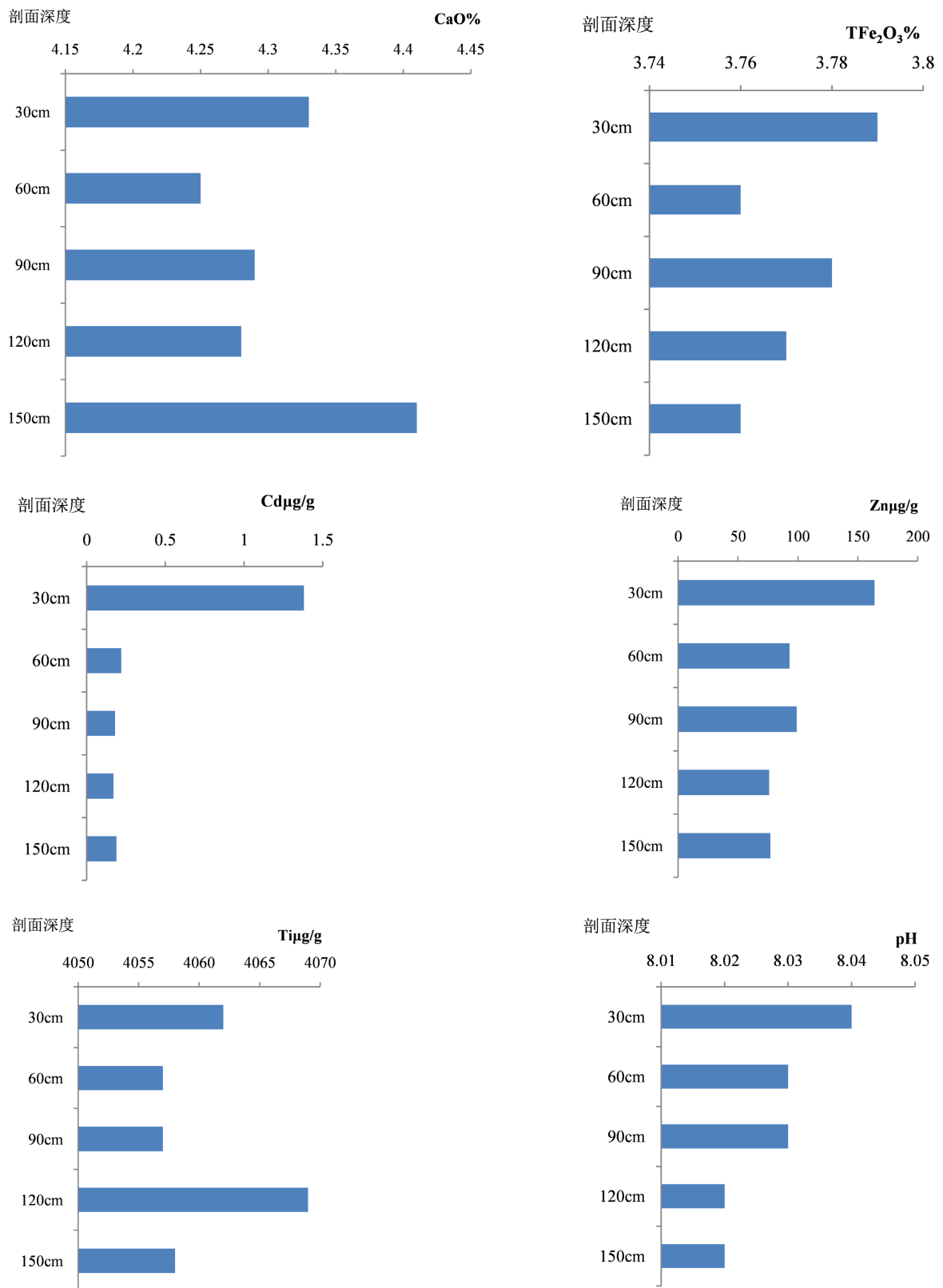
**Figure 2.** Changes of index content in soil of section 02

**图 2.** 剖面 02 土壤中指标含量变化

土壤酸碱度 pH 值在 8~4.04 之间(图 3), 且有表层至深层, 土壤 pH 至逐渐降低; CaO、TFe 在 30~60 cm 位置有一个显著低的突变带, 之后含量恢复正常, Ti 显著低含量段在 30~92 cm 段; Zn、Cd 两指标在 0~30 cm 段(表层或耕作层)土壤中含量显著高于其它层, 约为其它层土壤中含量的 1~5 倍, 60~150 cm 段土壤中的含量相对稳定, 尤其是 Cd 含量在 0.2 μg/g 左右, 很稳定。

综上, 三个垂向剖面深度均大于 1.5 米, 从宏观上剖面土壤为黄色壤质黏土, 均无显著分层标志。土壤 pH 值均大于 8, 且由地表向深部几乎无变化; CaO、TFe、Ti 三项指标含量由地表到深层无显著变化, 但分别在不同深度段有显著低现象, 可能反应地下水位或氧化还原界面, 显示剖面物质较为稳定, 无显著人为因素扰动土壤层结构; 重金属元素 Zn、Cd 在表层 0~30 cm 段土壤中含量显著高于其他层, 剖面深部(>30 cm)土壤中 Cd 含量在 0.2 μg/g, Zn 含量在 190 μg/g 左右, 与土壤背景值接近。

土壤成分主要是由矿物质和腐殖质组成的, 即继承了成土母质的主要成分, 混入了土壤生长物产生的有机质(各种动物、植物和微生物)。上述三个剖面中各指标在不同层位土壤中的含量分布特征显示 CaO、TFe、Ti 为继承特性, Cd、Zn 在 30 cm 一下土壤中的含量基本一致, 反应了成土母质的特征, 而在表层土壤(0~30 cm)含量显著增高, 应为外部物质的带入, 即外源。



**Figure 3.** Changes of index content in soil of section 03  
**图 3.** 剖面 03 土壤中指标含量变化

## 5. 结论

剖面宏观无显著分层现象, 反应该区域长时间的稳定, 未受外力扰动; CaO、TFe、Ti 三项指标含量由地表到深层无显著变化, 从土壤化学成分上证实该区域主要为自然形成, 未受到显著的人为活动扰动; Zn、Cd 在表层土壤中显著富集, 30 cm 以深土壤中含量高度接近背景值, 无迁移衰减或逐步富集趋势, 显示其为外源带入。这一现象提示, 这一区域农田土壤重金属污染治理通过深翻工艺, 即可收到良好效果。具体污染治理工艺流程有待进一步试验验证。

## 基金项目

安宁河流域土壤重金属污染源辨识及修复方法研究(20ZDYF0120)。

## 参考文献

- [1] 高志友, 尹观. 铅同位素在示踪城市环境污染源研究中的应用[J]. 广东微量元素科学, 2005, 12(7): 17-21.
- [2] 吕晓男, 孟赐福, 麻万诸. 重金属与土壤环境质量及食品安全问题研究[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(2): 197-200.
- [3] 姚玉增, 金成洙. 铅同位素示踪技术及其在辽宁省矿业环境评价中的应用前景[J]. 地质与资源, 2004, 13(4): 242-245.
- [4] Munksgaard, N.C., Batterham, G.J. and Parry, K.L. (1998) Lead Isotope Ratios Determined by ICP-MS: Investigation of Anthropogenic Lead in Seawater and Sediment from the Gulf of Carpentaria, Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **36**, 527-534. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00011-3)
- [5] Hansmann, W. and Koppel, V. (2000) Lead Isotopes as Tracers of Pollutants in Soils. *Chemical Geology*, **171**, 123-144. [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(00\)00230-8](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(00)00230-8)
- [6] 杨红梅, 路远发. 铅同位素示踪技术在重金属污染研究中的应用[J]. 华南地质与矿产, 2004, 21(4): 71-77.
- [7] 尹慧, 尹观. 铅稳定同位素在环境污染示踪中的应用和进展[J]. 广东微量元素科学, 2007, 14(5): 1-5.
- [8] 尚英男, 杨波. 成都市近地表大气尘铅分布特征及源解析[J]. 物探与化探, 2006, 30(2): 104-107.
- [9] 刘敬勇. 环境铅污染来源的铅同位素示踪研究进展[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006, 26(s1): 563-564.
- [10] 朱坦, 白志鹏. 源解析技术在环境评价中的应用——区域大气污染物总量控制[J]. 中国环境科学, 2000, 20(s1): 2-6.
- [11] Lantzy, R.T. and Maikenzie, F.T. (1979) Atmospheric Trace Metals: Global Cycles and Assessment of Man's Impact. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **43**, 511-525. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(79\)90162-5](https://doi.org/10.1016/0016-7037(79)90162-5)
- [12] 戴树桂, 朱坦, 白志鹏. 受体模型在大气颗粒物源解析中的应用和进展[J]. 中国环境科学, 1995, 15(4): 252-256.
- [13] 张秀芝, 鲍征宇, 唐俊红. 富集因子在环境地球化学重金属污染评价中的应用[J]. 地质科技情报, 2006, 25(1): 65-72.
- [14] 乔胜英, 李望成, 何方, 等. 漳州市城市土壤重金属含量特征及控制因素[J]. 地球化学, 2005, 34(6): 635-641.
- [15] 王学松, 秦勇. 徐州城市表层土壤中重金属环境风险测度与源解析[J]. 地球化学, 2006, 35(1): 1-5.