

文章编号: 1004-8227(2009)11-1058-05

成都平原西部土壤汞异常来源研究

刘晓辉¹, 童纯菡¹, 周四春¹, 李巨初¹, 朱礼学²

(1. 成都理工大学核技术与自动化工程学院, 四川 成都 610059; 2. 成都市双流县白家镇人民政府, 四川 成都 610211)

摘要: 四川唐昌地区是成都平原上典型的土壤汞含量高异常区。为研究汞异常来源, 在该地区开展了多剖面地气测量, 工作区面积约 4 km², 布置了 5 条测量剖面, 共 121 个测点, 点距 30 m。利用地气采样器积累式收集地气样品, 采样时间为 45 d, 通过中子活化分析技术测试了地气样品中 10 余种元素。地气中 As、Au、Fe、La、Sm 等多个元素出现规律性异常分布, 反映出该地区隐伏断裂的具体位置, 断裂走向为 NE 40°, 宽度 90~120 m。用 ICP-MS 分析断裂上方收集的地气样品, 发现含有微量的汞。成都平原西部汞异常区的分布趋势与隐伏断裂走向一致, 且位置重合; 而来自地下深部的汞能够随地气迁移至地表, 隐伏断裂为地气迁移提供了有利通道, 成为地表土壤汞异常的重要来源。成都平原西部汞异常是地球自身作用造成的。

关键词: 地气; 隐伏断裂; 汞异常; 成都平原

文献标识码: A

汞污染一直是环境研究和环境治理的重要对象。通过对上海、重庆等工业发达地区的汞污染研究发现, 本地的工业排放是主要的污染源^[1,2]。成都平原以鱼米之乡著称, 却也存在大面积土壤汞异常现象, 早在 20 世纪 80 年代就已受到关注。如傅绍清等对成都平原的菜园地土壤及其相应的部分蔬菜作了污染调查, 发现彭县、郫县等地的土壤和蔬菜存在不同程度的汞污染^[3]。20 世纪 90 年代开展的 1:20 万区域地球化学填图成果显示: 成都平原高汞异常区位于平原西部的都江堰市、温江、郫县和彭州市一带; 其中, 郫县的唐昌镇土壤汞含量最高(1 700 ng/g), 超过全国土壤平均值的 40 余倍。

姚学良等根据区域化探资料, 发现成都平原西部汞异常区均呈珠串状分布(如图 1 所示), 结合成都平原地质背景, 初步认为成都平原的汞污染可能与成都平原下, 沿基底断裂所产生的地球脱气作用有关^[4]。四川是三大汞储量省之一, 贵州、陕西和四川的汞储量占全国的 74%。根据地气迁移理论, 地壳深部的汞可以随上升气流迁移至地表, 在土壤中积累, 而隐伏断裂可以为汞的迁移提供良好的通道。但目前还没有直接证据表明成都平原的汞异常区存在隐伏断裂。

地气测量技术是一种机理和实践均较成熟的新

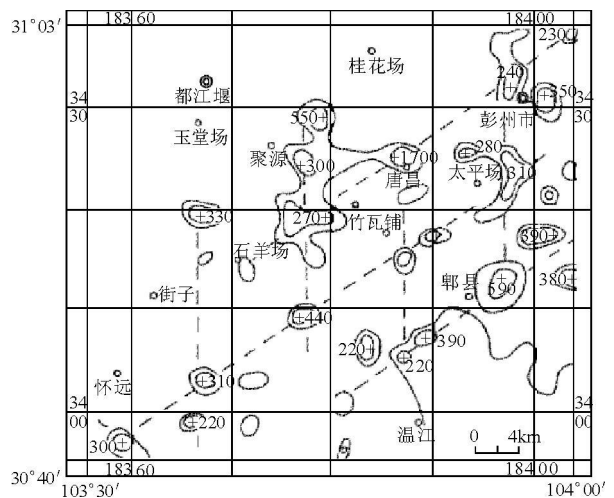


图 1 成都平原西部汞异常区分布图^[4]

Fig. 1 Distribution of Mercury Anomaly Area in Chengde Plain

方法, 在隐伏矿藏和隐伏构造的勘探方面具有优势^[5-7]。它是通过收集来自地壳深处的上升气流——地气携带上来的与地质体有关的元素纳米颗粒, 来反映地下深部信息。断裂构造的存在使上升气流的流速增大, 流量增加, 造成纳米颗粒迁移数量增加。在地表收集的地气物质中, 可以见到造岩元素及部分微量元素的微弱增高异常。地气异常可以

收稿日期: 2008-11-06; 修回日期: 2009-01-05

基金项目: 2005 年博士学科点专项科研基金项目(20050616002)

作者简介: 刘晓辉(1978~), 男, 四川省成都人, 讲师, 博士研究生, 主要从事核技术在地学中应用等方面研究。E-mail: liuxiaohui@cdut.cn

直接反映隐伏断裂的位置、走向和宽度信息。本项目组在四川唐昌镇高汞异常区开展了以多剖面地气测量为主的研究工作, 以探查该地区隐伏断裂的情况, 并进一步研究断裂构造与汞污染的关系。

1 工作方法

1.1 工作区选择

根据 1: 20 万区域地球化学填图成果显示, 郫县唐昌地区是典型的汞异常区, 也是本次工作研究的重点区域。四川地矿局的何银武根据成都平原第四系等厚度资料推测出的基底隐伏断裂图^[8](图 2) 显示, 彭州-唐昌一带位于龙门山构造带东南侧, 可能发育有多组隐伏断裂, 其走向为 NE 向。按照推测的隐伏断裂位置, 以及区域化探采样资料, 在唐昌镇以西选择了 2 个区域开展多剖面地气测量工作。

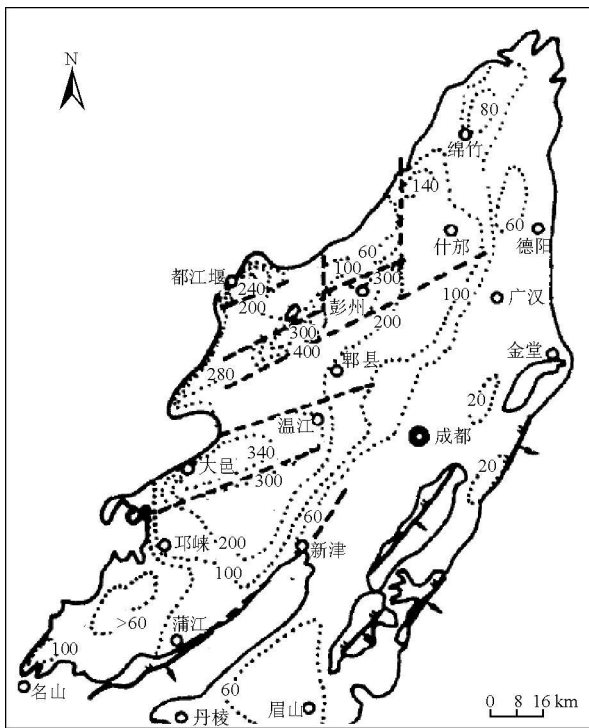


图 2 成都平原隐伏断裂图^[8]

Fig. 2 Distribution of Concealed Fault in Chengdu Plain

1.2 工作区概况

本次工作目标区位于四川省郫县唐昌镇附近, 工作区面积约 4 km²。唐昌镇位于成都平原西北部, 地处都江堰、彭州、郫县交汇处, 距成都市区约 70 km。镇内土地肥沃, 耕种面积大, 水系发达, 沟渠众多, 农田以水田居多。

1.3 测网布置

地气测网主要布置在唐昌镇的柏条河附近区域 (A 区) 和柏木河附近区域 (B 区), 如图 3 所示。A 区布置了 3 条地气测量剖面 (A1、A2、A3), 线距约 300 m, 每条剖面上有 21 个测点, 点距 30 m。B 区布置了 2 条剖面 (B1、B2), 线距约 800 m, 每条剖面上有 29 个测点, 点距 30 m。

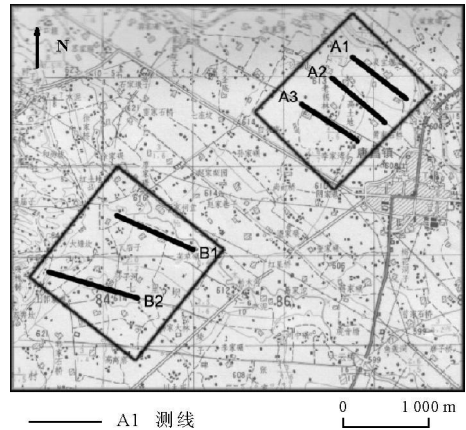
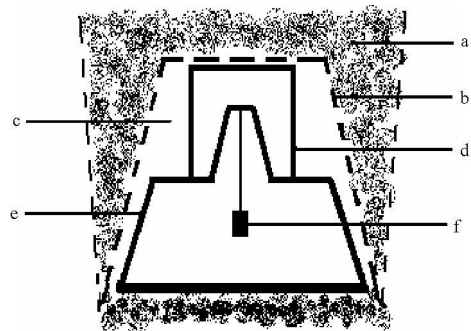


图 3 地气测量工作区示意图

Fig. 3 Sketch Map of Workplace with Geogas Prospecting

1.4 地气采集和样品分析

采用积累式地气采样, 采样装置如图 4 所示。采样时, 采样装置放置在深 40 cm 的坑中, 用塑料膜覆盖后再用泥土填埋。采样器用经过净化处理的聚氨酯泡沫塑料制成, 悬挂在倒置的漏斗中, 不与土壤接触, 采样时间为 45 d。



(a) 土壤; (b) 塑料覆盖膜; (c) 埋置坑; (d) 杯形罩; (e) 塑料漏斗; (f) 采样器

图 4 地气采样装置埋置示意图

Fig. 4 Embedment of Geogas Sampling Device

采集了地气的采样器统一选取体积 1 cm³ 的部分, 用于堆中子活化分析。中子辐照在中国核动力研究院游泳池式实验型反应堆内进行, 样品中子积

分注入量为 $1 \times 10^{18} \text{ n/cm}^2$ 。

活化后的样品,冷却 2 d,测量元素 La、Sm、As、K、Na,每个样品的测量时间为 2 500 s;冷却 10 d,测量 Au、Fe、Zn、Cr、Sc 等元素,每个样品的测量时间为 5 000 s。分析采用中国环境监测总站的西红柿叶标准物质及地矿部的 GSO-A12 金矿标准物质作分析参考标准和质量监控标准。

1.5 其它测量工作

在目标区内按地气测网采集了地表以下 40 cm 深的土壤样品 42 个,通过原子荧光法测定了其中汞含量(测试工作由中国地质科学院成都矿产综合利用研究所分析测试中心完成)。采集中层土壤(B 层)进行分析,是为了避开耕作活动引入的干扰,能更好地反映土壤汞异常分布。

在相同测网上,还利用 FD-3017 型瞬时测氦仪开展了土壤氦浓度测量,每个测点氦气采集时间和测量时间均为 5 min。

在完成积累式地气测量工作后,还在断裂上方的测点上进行了小规模抽气式地气采样,抽气流量为 1 L/min,采样时间为 20 min,每份样品浓缩于 30 mL 3% 稀硝酸(优级纯)中。通过 ICP-MS 测试了样品中的汞浓度。

2 结果与讨论

2.1 地气测量结果

地气测量结果显示:A 测区内,在 A1 测线 13~16 号测点,A2 测线 12~15 号测点,A3 测线 10~13 号测点有明显的 As、Au、Fe、La、Sm 等多元素异常;B 测区内,在 B1 测线的 14~17 号测点和 B2 测线的 2~4 号测点,也存在上述多元素异常。As 和 Au 是地气测量灵敏元素;Fe、La、Sm 是地气测量中显示构造的指示元素,而多元素异常的幅度不大,异常值为背景值的 2~3 倍;这些特征都反映出该地区隐伏断裂的信息。图 5 和图 6 分别是 As 和 La 的地气异常分布三维图,其它元素的异常分布与之类似,不再罗列。

2.2 隐伏断裂信息

在 A、B 两个区域,多元素地气异常都呈带状分布,反映了隐伏断裂的位置和走向;而地气异常带的宽度能够反映隐伏断裂的宽度。地气测量结果表明:工作区内确实存在隐伏断裂,它位于唐昌镇以西约 2 km 处,其走向为 NE 40°,断裂宽度 90~120 m,如图 7 所示。

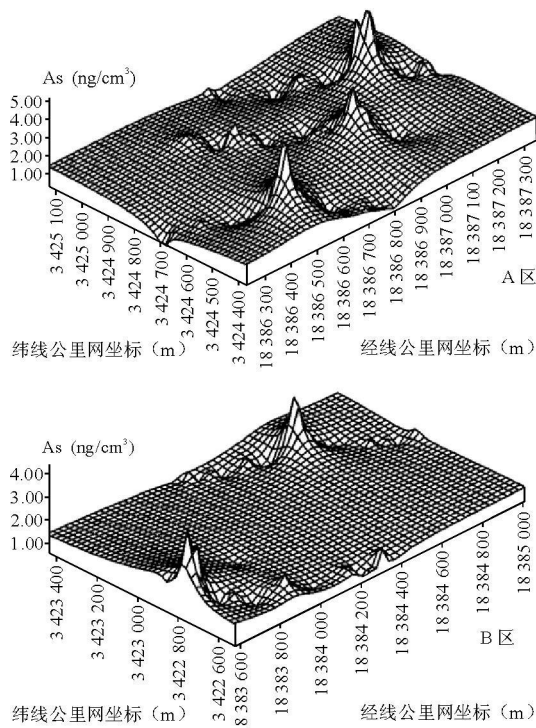


图 5 地气测量 As 异常分布三维图

Fig. 5 Anomaly of As in Geogas Prospecting

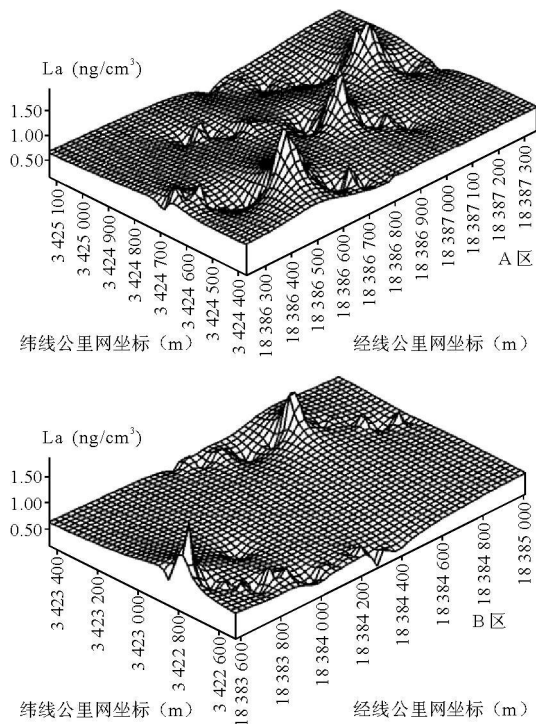


图 6 地气测量 La 异常分布三维图

Fig. 6 Anomaly of La in Geogas Prospecting

土壤氦浓度测量结果也反映出相似的构造信息,土壤氦浓度异常位置与地气相同,只是异常宽度为 180~240 m。

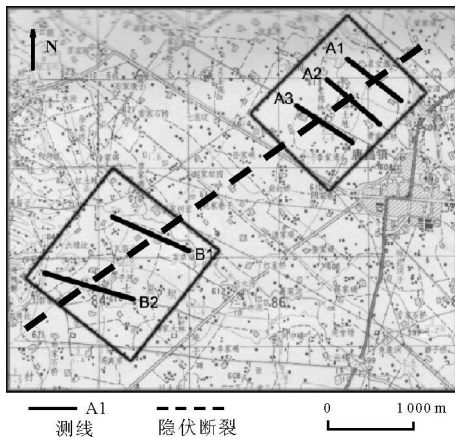


图 7 工作区内隐伏断裂示意图

Fig. 7 Sketch Map of Concealed Fault in Workplace

2.3 汞污染来源讨论

在 1:20 万区域化探工作中, 土壤采样深度为 2 m, 化探结果表明唐昌地区的深层土壤存在高汞异常。而本次工作中的中层土壤采样分析结果也显示, 工作区内土壤汞含量普遍较高, 最高值为 1 800 ng/g, 已超过国家三级土壤临界值 1 500 ng/g(《土壤环境质量标准》GB15618-1995)。可见, 该地区的汞异常可能有地下深部的来源。

唐昌地区以农业耕种区为主, 居住人口稀疏, 工业设施很少, 交通运输也远不及城市密集, 人为活动造成大面积土壤汞异常的可能性不大。本次研究的工作区均位于耕种区内, 土壤采样分析得到的高汞异常点并非位于公路或民房附近。前人对成都周边地区汞污染的调查也表明, 成都平原的高汞含量区并非均在可能带来污染的厂区附近^[4]。这些地区的高汞异常应该另有源头。

通过 ICP-MS 的测试, 断裂上方的抽气式地气样品中汞浓度达到 0.17 ng/ml, 而断裂范围之外的地气样品中汞浓度在 0.02~0.06 ng/ml 范围。这说明该汞异常区的上升气流中确实有汞存在, 只是短期收集的地气中汞浓度极微弱。

综合以上因素, 可以认为位于成都平原西部隐伏断裂带上方的汞异常现象主要来源于地下深部汞迁移作用, 隐伏断裂是汞迁移的良好通道。尽管工业生产排放的汞会因大气迁移而污染表层土壤, 但在成都平原西部的农作区, 人为污染并不明显。而汞随地气迁移至地表是一种长期的地球物理行为, 由深至浅贯穿整个土壤层, 虽然迁移的数量很小, 但

被土壤吸附后经过百万年的富集, 就成为地表汞异常的重要来源。

3 结论

地壳深部物质可以随上升气流迁移至地表。四川具有高的汞储量, 成都平原西部靠近龙门山构造带, 基底隐伏断裂构造发育, 断裂所经过的彭州、郫县等地都有汞异常区, 并且汞异常区呈珠串状的分布趋势与隐伏断裂走向一致, 表明两者具有相关性。本次研究证实: 隐伏断裂为来自地下深部的汞的迁移提供了有利条件, 形成地表土壤汞含量异常, 唐昌地区就是一个典型的因地球自身排气作用造成大面积区域汞异常的例子。

这种元素迁移是普遍存在的, 某些化学性地方病, 如内蒙古地区的砷中毒, 其根源很可能是地壳深部地质体中存在砷的富集。

在人们研究环境污染时, 往往注意人类生产、生活活动造成的人为污染, 这的确是当今环境治理的主攻方向。但是本次研究工作让我们认识到, 有些区域性的有毒有害元素异常却是由地球自身活动形成的, 非人为因素造成的。在环境研究中, 弄清元素异常来源是人为因素为主, 还是自然因素为主, 然后采取合理的防治措施, 才能更有效地解决环境问题。

参考文献:

- [1] 丁振华, 刘彩娥, 汤庆合, 等. 长江口及邻近海域环境污染研究的必要性——以汞污染为例[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 204~207.
- [2] 吴莉萍, 赵大为, 张冬保, 等. 重庆市汞污染的观测研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(3): 400~404.
- [3] 傅绍清, 苏云康, 宋怡, 等. 成都平原菜园地土壤及主要蔬菜作用物汞污染研究[J]. 土地农业通报, 1989, 4(2-3): 926~929.
- [4] 姚学良, 朱礼学, 游再平, 等. 成都平原西部汞异常探秘[J]. 物探化探计算技术, 1999, 21(4): 307~313.
- [5] 童纯茵, 李巨初, 葛良全. 一种新的元素迁移形式及其地球化学环境效应[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(5): 567~570.
- [6] 童纯茵, 李巨初. 地气测量寻找深部隐伏金矿及其机理研究[J]. 地球物理学报, 1999, 42(1): 135~141.
- [7] 杨凤根, 童纯茵. 宣汉气田的地气测量及其机理研究[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2000, 25(1): 103~106.
- [8] 何银武. 论成都盆地(平原)的形成[J]. 中国区域地质, 1987(2): 169~176.

ON THE SOURCE OF MERCURY ANOMALY IN SOIL OF WEST CHENGDU PLAIN

LIU Xiao-hui¹, TONG Chun-han¹, ZHOU Si-chun¹, LI Ji-chu¹, ZHU Li-xue²

(1. College of Applied Nuclear Technology and Automation Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China;

2. Government of Baijia Town of Shuangliu County of Chengdu, Chengdu 610211, China)

Abstract: In Chengdu plain, Tangchang area is a representative area with high mercury anomaly in soil. In order to study the source of mercury anomaly, multi-section geogas prospecting was performed in Tangchang area. Five measuring lines with total 121 sampling points were laid in workplace of 4 km². The interval of sampling points was 30 m. A kind of special sampler was used to collect geogas, and the continuous sampling time is 45 d. More than 10 elements in geogas samples were determined by INAA. Several of them, including As, Au, Fe, La, Sm, exhibit a regular abnormal distribution, which reflects the concrete position of the concealed fault in this area. The fault strike is NE 40°, and the fault width is 90~120m. Determined by ICP-MS, trace mercury was found in geogas samples above the concealed fault. The regional distribution tendency of mercury anomaly area in west Chengdu plain is consistent with the concealed fault strike at the same position. The mercury can transfer along with the geogas from deep crust to surface soil. As a route way, the concealed fault provides a good condition for the transfer of geogas and mercury, which has become an important source of mercury anomaly in surface soil. The mercury anomaly in soil of west Chengdu plain is a result of earth self-action.

Key words: geogas; concealed fault; mercury anomaly; Chengdu Plain