成都市近地表大气尘铅分布特征及源解析

尚英男¹ 杨波² ,尹观¹ ,倪师军¹ ,张成江¹

(1. 成都理工大学 地球化学系 四川 成都 610059 2. 成都地质矿产研究所 四川 成都 610082)

摘要:分析了成都市近地表大气尘样品铅及其同位素含量比的测定数据,铅含量变化范围为(119.76~1327.42) ×10⁻⁶ 均值为374.51×10⁻⁶ 统计标准偏差为273.36 ,变异系数为0.73 ,说明成都市近地表大气尘铅含量变化 大。燃煤飞灰的放射性成因铅明显高于汽油和柴油,可作为鉴别大气尘铅来源的证据。铅同位素含量数据表明成 都市近地表大气尘的铅污染是复合污染源所致,其中,相对清洁区污染以建筑扬尘为主,中度污染区是汽车尾气和 扬尘的叠加作用,重污染区是燃煤飞灰汽车尾气和工业污染源的综合表征。

关键词 成都 近地表大气尘 船分布特征 船同位素含量比 船污染源

中图分类号:P632 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2006)02-0104-04

铅是一种对人体有毒的重金属元素,空气中铅的最大排放源是以含铅汽油作为动力的机动车辆所 排放的尾气,另外还有煤炭燃烧、矿山开采、冶炼铅 的二次熔炼、含铅化合物及物品的精练加工、石油工 业及废物焚烧、地面扬尘等等。

目前,在对大气尘的研究中多集中于总悬浮颗 粒(TSP)、漂尘、气溶胶和利用特定的采样器采集到 的5~12 m处的大气降尘^[1-4],而对近地表大气尘 的研究甚少。近地表大气尘是大气颗粒物及地表扬 尘的混合物,是在人体平均呼吸高度(1.5 m)处采 集的大气尘,这对人体健康的影响最大。大气颗粒 物中铅浓度受诸多气象因素(如温度、湿度、风向、 风速等)的影响,因此在铅的来源问题上只测铅的 浓度是很难得到确定结论的。笔者同时分析了铅同 位素,其技术优势在于它描述的是各种铅污染源的 相对重要性,而与铅的总量和浓度无关,这可以弥补 元素地球化学研究的某些不足,为环境系统污染物 源解析提供一个新的途径,从而为治理城市环境污 染提供科学的信息和依据。

- 1 实验方法
- 1.1 样品采集

成都市位于四川省中部,四川盆地西部,平均海拔500 m,属亚热带湿润季风气候,全年阴天多、晴天少,空气湿度大,热岛效应明显,逆温频繁,地形和 气候条件不利于污染物的扩散。 采样范围控制在成都市三环路以内及三环外一 些污染严重的地区,按照每平方公里1个采样点,且 采样点远离公路、建筑和拆迁现场、工业污染源,避 免局部污染。市区样品采自一层楼的阳台上、空调 外壳上及阅报栏上,郊区样品采自住户的窗台、玻 璃、木门上。用毛刷将灰尘扫在纸上再转移到样品 袋中。同时用 GPS 定位,测定每个采样点的地理坐 标。共采集大气浮尘样品300余件。

端元物质主要采取了燃油和燃煤2种样品。燃 油分别从10辆以柴油为燃料的汽车及10辆以汽油 为燃料的汽车的尾气排放管中取出燃烧残余颗粒 物,分别混合均匀后取1个柴油混合样品和1个汽 油混合样品。燃煤主要采取成都市三大热电厂(崔 家店热电厂、华能热电厂、三瓦窑热电厂)工业燃煤 扬尘,每个点采集10个样品,混合均匀后作为1个 平均样品。

1.2 样品测定方法

抽出样品中较大的杂物后过 200 目筛 称取 5 g 供分析元素含量,方法为 X 射线荧光分析法,由国 土资源部成都岩矿测试中心完成。在覆盖成都市的 基础上,选择了有代表性的 15 个区域的大气浮尘样 品进行同位素分析,每个样品分别由该区域内多个 大气浮尘样品组成,实验在成都理工大学省地学核 技术重点实验室同位素室完成。样品经超纯盐酸、 氢氟酸溶解后提取清液用 AGX-X8(200~400 mesh,U.S.A)阴离子交换树脂柱进行铅的分离和纯

收稿日期 2005-09-26

基金项目:中国地质调查局地质调查项目(200314200015)资助 万万数据

化,同位素比值测定在 MAT261 固体同位素质谱仪 上进行,质谱测定相对于美国国家标准局标准样品 NBS981 铅同位素 u(²⁰⁷ Pb)/u(²⁰⁶ Pb)的测定误差为 ±0.002%。分析数据处理在 Excel 2003,SPSS11.5 等软件上完成。

2 成都近地表大气尘中铅的分布特征

成都市近地表大气尘中的铅含量为(119.76~



1 327.42)×10⁻⁶,均值为 374.51×10⁻⁶,统计标准 偏差为 273.36,变异系数为 0.730,说明成都市近地 表大气尘铅含量变化大。将这些样品按成都市行政 区和各环路进行统计得出大气浮尘的铅平均含量 (图1)。铅平均含量由高至低按行政区排位依次 为 锦江区、青羊区、成华区、成都市均值、高新区、金 牛区、武侯区,按各环路排位由高至低依次为 :外环、 成都市均值、一环内、一环到二环、二环到三环。



图 1 成都市各行政区(a)和各环路(b)近地表大气尘铅含量对比

锦江区污染最为严重,其次是青羊区,成华区与 成都市的平均值最为接近。三环外大气铅尘降对整 个成都市大气尘的铅污染贡献最大,呈点、带状分 布。在三环外,一些大型货运车使用劣质柴油,造成 汽车尾气铅含量严重超标,而且三环外的城乡接合 部的居民多以煤为生活能源,一些家庭式作坊落户 三环路外,这些小工厂使用的原材料及生产过程的 不规范,这也加剧了环境污染。在一环路内有点状 高值区,这与市区交通拥挤,特别是上下班高峰期汽 车频繁启动刹车,造成大气尘铅污染。

3 成都市近地表大气尘铅源解析

大气尘中铅的来源主要为燃煤飞灰、加铅汽油、 工业排放及土壤、建筑扬尘等。15 个区域的控制点 分布如图 2 所示,这些区域的大气尘铅含量大部分 高于成都市的平均值,选择这些区段的目的是为了 更确切地解析造成成都市大气尘铅污染的源头。同 位素测定结果见表1。笔者在对源物质进行讨论时 参考了王婉^[5]对土壤标准样品的研究结果。

成都市近地表大气尘的铅同位素比值变化较大 (图3) μ (²⁰⁸ Pb)/u(²⁰⁴ Pb), u(²⁰⁷ Pb)/u(²⁰⁴ Pb), w(²⁰⁶ Pb)/u(²⁰⁴ Pb), u(²⁰⁷ Pb)/u(²⁰⁶ Pb)hu(²⁰⁶ Pb)/u(²⁰⁶ Pb)/u(²⁰⁷ Pb)的范围分别为 37.972 ~ 38.824、15.471 ~ 15.735、17.986 ~ 18.424、0.85120 ~ 0.86740、 1.152 87 ~ 1.174 80。铅同位素比平均值的燃煤端 元分别为38.640、15.620、18.593、0.83984、1.1907; 燃油端元分别为38.278、15.581、18.159、0.87489、 1.143。燃油^西海抵</mark>汽油铅分别为38.158、15.56、



图 2 成都市近地表大气尘铅同位素采样点分布

18.063、0.89606、1.116、1.116;柴油铅分别为 38.398、15.602、18.255、0.85470、1.17。燃煤飞灰 的放射性成因铅明显高于汽油和柴油,特别是与汽 油铅差异更大,这种差异也为鉴别大气尘铅的来源 提供了可靠的依据。

成都市近地表大气尘的铅污染是复合污染源所 致 ,与源排放数据相比 ,大气尘样品的w(²⁰⁶ Pb)/ u(²⁰⁷ Pb)值明显低于燃煤飞灰 ,高于汽油铅 ,介于二 者之间 ,与柴油铅和土壤标样平均值组成近似。一 般认为 ,钛可以代表土壤扬尘和燃煤飞灰的贡献 ,通 过相关性分析 ,铅与钛的相关性系数(-0.088)很 低 ,说明大气尘中铅污染的主体不是燃煤飞灰 ,但在

表1 成都市大气降尘铅同位素组成

样品编号	采样位置	$\frac{u(^{208}{ m Pb})}{u(^{204}{ m Pb})}$	$\frac{u(^{207} \text{Pb})}{u(^{204} \text{Pb})}$	$\frac{u(^{206} \text{Pb})}{u(^{204} \text{Pb})}$	$\frac{u(^{207} \text{Pb})}{u(^{204} \text{Pb})}$	$\frac{u(^{206}{ m Pb})}{u(^{207}{ m Pb})}$
TF01	三瓦窑热电厂	38.453 ±0.010 2	15.622 ±0.004 08	18.308 ± 0.004 9	0.85322 ± 0.000028	1.172 0
TF02	琉璃场	38.628 ± 0.019 1	$15.661 \pm 0.005 32$	18.334 ± 0.00934	$0.854\ 10\pm 0.000\ 028$	1.170 82
TF03	黄田坝北	38.547 ± 0.023 1	15.679 ± 0.00346	$18.214 \pm 0.006 9$	0.86082 ± 0.000054	1.161 68
TF04	黄田坝	38.658 ± 0.023 6	15.692 ± 0.00936	18.333 ± 0.01103	0.85592 ± 0.000059	1.16833
TF05	黄田坝南	38.496 ± 0.038 1	$15.617 \pm 0.009 16$	18.280 ± 0.004 0	0.85434 ± 0.000049	1.170 49
TF06	成都机车车辆厂	38.251 ± 0.019 3	15.579 ± 0.00769	18.159 ± 0.00869	0.85796 ± 0.00645	1.165 55
TF07	三环路东北段	$37.972 \pm 0.014 9$	15.603 ± 0.00205	18.246 ± 0.00245	$0.855\ 16\pm 0.000\ 013$	1.169 37
TF08	一环路东三段	$38.274 \pm 0.009 9$	$15.593 \pm 0.009 16$	$18.317 \pm 0.004 0$	$0.858\ 17 \pm 0.000\ 049$	1.165 27
TF09	天府广场	38.051 ± 0.020 0	$15.471 \pm 0.008 17$	$18.088 \pm 0.009 3$	$0.855\ 32 \pm 0.000\ 069$	1.169 15
TF10	二环路西南(高新区)	$38.067 \pm 0.012 5$	$15.607 \pm 0.005 12$	$17.986 \pm 0.006 1$	0.86740 ± 0.000062	1.152 87
TF11	西三环(中央花园)	38.354 ± 0.00371	15.608 ± 0.00149	18.188 ± 0.00190	$0.858\ 16\pm 0.000\ 041$	1.165 28
TF12	华能热电厂	38.469 ± 0.0157	$15.606 \pm 0.005 13$	$18.331 \pm 0.009 \ 10$	$0.851\ 20\pm 0.000\ 053$	1.174 80
TF13	成都理工大学	$38.429 \pm 0.009 9$	$15.616 \pm 0.009 16$	$18.282 \pm 0.004 0$	$0.854\ 17\pm 0.000\ 049$	1.170 72
TF14	二环以北(洞子口)	38.824 ± 0.004 2	15.735 ± 0.0017	18.424 ± 0.00194	$0.854\ 02 \pm 0.000\ 063$	1.170 93
TF15	营门口立交桥	38.501 ± 0.001 2	$15.645 \pm 0.000 4$	18.269 ± 0.0007	0.85642 ± 0.000029	1.167 65

分析者:成都理工大学同位素室杨波。





市内几个大型热电厂附近的燃煤飞灰污染也不容小视。铅与各金属元素均不存在相关关系(<0.6), 也说明了大气污染是多种污染源叠加而成,每种污 染源贡献不同且作用大小不同所致。

将 15 个区域的 u(²⁰⁶ Pb)/u(²⁰⁷ Pb)和铅含量值 (表 2)作依据,对所有样品进行聚类分析,结果如图 4 所示。

第1组5个区域的大气尘铅含量全部低于成都 市平均水平,属相对清洁区。第1组的 u(²⁰⁶ Pb)/w (²⁰⁷ Pb)值在3组中最高,与第2组相差不大,与土 壤标准样品和柴油铅接近,推测这些区域的污染来 源于土壤扬尘。这些片区大部分处于市中区,车辆 用油规范,柴油车行驶少;除了上下班高峰期外,汽 车的正常行驶造成尾气污染小,可基本排除柴油车 的污染。市区人口密集,市内旧城改造,到处可见施 工现场,土壤、建筑扬尘是这些区域大气污染的主要 贡献者。第2组6个区域铅含量明显高于成都市平 均水平,属中度污染区,其 u(²⁰⁶ Pb)/u(²⁰⁷ Pb)值与 第1组的接近, u(²⁰⁸ Pb)/u(²⁰⁴ Pb)、u(²⁰⁷ Pb)/w

表 2 15 个区域的聚类分析的统计

分组	样本数	$\frac{u(^{206}{ m Pb})}{u(^{207}{ m Pb})}$	<u>u(Pb)</u> 10 ⁻⁶	<u>u(Ti)</u> 10 ⁻⁶	分布区域
第1组	5	1.1681	281.36	4240	市中区、一环路和二环路之间
第2组	6	1.1677	554.58	4214	二环、三环间交通繁忙区
第3组	4	1.1642	801.60	4226	东郊工业区、三环路周边地区 及重点污染企业周围



图 4 成都市近地表大气尘铅含量与^{w(²⁰⁶ Pb)}散点分布 w(²⁰⁷ Pb)

(²⁰⁴ Pb), w(²⁰⁶ Pb)/w(²⁰⁴ Pb)的平均值分别为 38. 351、15.623、18.273,与端元物质柴油铅比值十分接 近 代表区域与第1组明显不同 多在车流量大的城 市进出口路段,一些大型货运车只能在此区域行驶, 以柴油作动力的货运车造成了严重的大气污染。第 3 组4 个区域铅平均含量高达 810.6 × 10⁻⁶ 超过成 都市平均水平近3倍,属于重污染区。由于历史原 因 成都市几个大型热电厂集中分布在东北郊、东郊 及东南郊 这些企业多以燃煤为主 造成燃煤飞灰污 染 近年来企业使用了先进的除尘设备后 燃煤飞灰 的污染得到了一定的控制。第3组的黄田坝片区是 重污染区 成都飞机制造公司就在这个区域 工业造 成的重金属污染在该区相当严重,在该区采样期间 曾目睹区内土壤、水体、植物均受到了较大污染,当 地村民不敢用河水洗衣服 粮食收成极差 有些农田 已经不能种植农作物。黄田坝片区也是大型物流公 司的货场 货车流量很大。工业污染源和汽车尾气 污染及燃煤污染的共同作用造成了黄田坝区大气铅 环境恶劣 三者作用难分伯仲。 琉璃厂片区也是重 污染区的典型代表,该片区紧靠三环路,车流量大, 且位于城南三瓦窑热电厂的下风向 放射性成因铅 含量高 是燃煤飞灰和汽车尾气综合作用的结果。

4 结论

(1)成都市近地表大气尘铅污染严重,各城区 铅平均含量由高至低顺序为:锦江区、青羊区、成华 区、成都市均值、高新区、金牛区、武侯区;各环路区 域铅平均含量由高至低顺序为:外环、成都市平均 值、一环内、一环到二环、二环到三环。

(2)成都市近地表大气尘的铅污染是复合污染 源所造成的,汽油和柴油的放射性成因铅明显低于 燃煤飞灰,可作为鉴别大气尘铅来源的证据。

(3)成都市近地表大气尘污染可分为相对清洁 区、中度污染区和重污染区。相对清洁区大气污染 以建筑、土壤扬尘为主;中度污染区是汽车尾气和扬 尘的综合表征;以黄田坝和琉璃厂为代表的重污染 区,有严重的工业污染源和燃煤飞灰排放源,加之交 通流量大,3种污染源共同作用的结果导致这些片 区大气环境恶劣。

参考文献:

- [1] 客绍英,周蓉生,汪云亮.工业城市大气降尘元素组成及分布 规律研究J].河北工业大学学报 2002 31(5) 99.
- [2] 祁士华,成玉.大气气溶胶物质来源研究进展[J].环境科学进展,1999,7(6)26.
- [3] 陈天虎,冯军会,张宇,等.合肥市大气颗粒物组成及其环境指示意义[J].矿物岩石学杂志 2001 20(4) 433.
- [4] 陈岳龙 杨忠芳 陈德友 等. 成都市浮尘物理与化学特征的初步研究 J]. 物探与化探 2003 27(6) 484.
- [5] 王婉,刘咸德,鲁毅强,等.北京冬季大气颗粒物中铅的同位素 丰度比的测定和来源研究[J].质谱学报 2002 23(1) 21.

DISTRIBUTION CHARACTERISTICS AND SOURCES OF LEAD IN AIR DUST NEAR THE GROUND SURFACE OF CHENGDU CITY

SHANG Ying-nan¹, YANG Bo², YIN Guan¹, NI Shi-jun¹, ZHANG Cheng-jiang¹

(1. Department of Geochemistry, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, China)

Abstract Based on analyzing the data of some elements (including lead) and lead abundance ratio in air dust near the ground surface in Chengdu City , this paper has reached the conclusion that lead pollution is heavy. The spatial distribution of aerosol lead varies remarkably in the range from 119. 76×10^{-6} to 1327.42×10^{-6} with an average of 374.51×10^{-6} , SD of 273. 36 and CV of 0. 730. The radiogenic lead of coal fly ash is obviously higher than that of gasoline and diesel oil , which can serve as the discrimination criterion to distinguish the aerosol lead sources. The data of lead isotopic compositions of aerosol lead show that the pollution is caused by multiple pollution sources , with the relatively clean area mainly by construction and soil dust , the moderately polluted area chiefly by automotive emissions and dust , and the heavily polluted area predominantly by coal fly ash , automotive emissions and industrial pollutions.

Key words Chengdu ;air dust near the ground surface ;lead distribution characteristics ;lead isotope abundance ratio ;lead pollution source

作者简介 :<u>尚英男(</u> 1977 –) ,女 ,成都理工大学地球化学专业在读博士研究生。 万方数据