

西安市街道灰尘中重金属铅的环境异常

杜佩轩¹, 赵阿宁¹, 田晖²

(1. 长安大学 资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 杭州职业技术学院, 浙江 杭州 310002)

摘要:在对西安市城市灰尘研究的基础上,对市区街道灰尘中铅的环境地球化学异常进行研究,一共圈定了5处铅的环境地球化学污染区,包括西新街污染区、安远门污染区、龙首村污染区、纺织城污染区、钟楼污染区。并对铅环境异常成因进行了初步的解释和推断。

关键词:西安市, 城市灰尘, 环境地球化学异常, 铅污染

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2006)03-0276-04

城市灰尘是城市环境学研究的一个问题,国内关于这方面的论著未见报道。在国外,有人研究过道路灰尘和土壤中重金属的分布(Wong and Tam, 1978; Tam et al, 1987),后来,集中在街道灰尘重金属含量、来源方面进行分析(Ferguson and Kim, 1991; De Miquel E et al, 1997; Naqerotte and Day, 1998),最重要的重金属铅源于汽车尾气排放(Harrison et al, 1981; Farmer, 1986; Soyhan et al, 1999),由于大气的沉淀、碰撞、阻截作用使颗粒物沉淀(Kelly et al, 1996)在城区表面土壤(topsoils)和路边灰尘(roadside dust)中,这是大气重金属的主要载体。路边土壤由于交通运输被铅和其他重金属污染,铅被转换成PbO和PbO₂,而PbO和PbO₂又容易被转化为易挥发的PbCl₂、PbBr₂(Hamamci et al, 1997)等,铅具有严重的二次、三次污染。

近十年来,我们将城市灰尘作为勘查研究对象,对西安市城市灰尘粒级组成、矿物成分、重金属进行了系统研究。1996年,笔者结合长安大学资源学院的毕业生实习,以及硕士研究生论文编写,对西安市护城河淤泥和城市灰尘环境地球化学等方面进行了有效的研究,提交了几份有参考价值的论文。在1996~2004年10多名本科生、硕士生勘查研究基础上,笔者首次对西安市城市灰尘中铅环境地球化学异常进行初步探讨,以增强人们对城市灰尘环境污染的认识。

1 铅环境异常下限的确定方法

1.1 金属矿产异常下限

早期金属矿产地球化学勘查,在野外可以遇到

接近地表或者直接出露的矿化带,勘查者肉眼即可辨析。如果在 50×10^{-6} 的背景上出现 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 的含量,这种情况下确定异常是比较容易的。随着化探工作的深入,对低缓异常和负异常的圈定引人注目,此时,正确求得背景值和异常下限便具有决定性的意义。历年来,同行学者针对各种具体情况提出了许多金属矿产异常下限的确定方法,从目视法、作图法,直到相当复杂的算法都有,最简单的方法是地球化学剖面法:在1条通过矿体并延伸到无矿化区的长剖面上,在无矿化地区含量起伏(含量增高)的中央部位及最大幅度上目估做2条直线,分别代表背景值及异常下限。为了使这种人为的选择更可靠一些,最好附上地质剖面。

在未矿化地区,如果通过实际工作取得足够的样品(例如50个以上),则可获得一个背景分布完整的资料,此时,求取背景值(C_0)与异常下限(T)的问题就比较简单。常用公式

$$T = C_0 + RS,$$

其中, S 为标准离差, R 为可靠性系数。

R 的选择意义重大。 R 大即异常下限(背景上限)划得高一些,所得的异常可靠,但丢掉一些弱异常的可能性也大;反之,异常范围变大,又可能把背景区的一些波动当成异常。所以, R 的选择是在这2类错误之间权衡。勘查工作中宁愿增加解释与验证的困难,也不愿漏掉异常,所以 R 的选择往往比较低。

另外,还可以利用概率格纸法、直方图法,以及一些综合信息方法,如resma系统(谢学锦,1985)、eagma系统(杜佩轩,1998)等,这些方法使异常的界

定接近客观存在。

1.2 街道灰尘环境异常下限

环境地球化学异常辨析是环境地球化学工程中的一个重要问题,正确圈定异常为科学的防治污染和治理环境提供依据。西安市城市灰尘中多元素环境地球化学异常划分,使用了 EGMA 系统,即以准确圈定污染目标为目的,对所分析元素提供的综合信息进行累加累乘后计算其异常下限,圈定西安市城市灰尘环境地球化学异常。

确定西安市城市灰尘中铅环境地球化学异常下限,使用了确定矿产异常下限的传统作法,即平均值加标准离差。经对 72 个定量分析数采用“迭代剔除”方法计算了背景平均值(\bar{C}_0)、标准离差(S),以此计算了西安市灰尘中铅环境地球化学异常下限($T_{Pb}/10^{-6}$)如下:

$$T_{Pb} = \bar{C}_0 + RS = 100.63 + 0.5 \times 59.56 = 130.41$$

2 西安市城市灰尘中铅的环境异常

西安市城市灰尘中铅环境地球化学系统研究,以钟楼为中心测制了 2 条环境地球化学剖面,南北向由长安路—草滩路,东西向由纺南路—红光路。城市灰尘环境地球化学采样方法和矿产不同,一则城市灰尘样品分布的极不均匀性;二则城市灰尘样品分布量的随机性;三则城市灰尘样品分布的时效性。为此,在城市灰尘环境地球化学勘查中,采样方法参考了矿产勘查地球化学的方法,同时考虑样品分布特点和采样时间。

铅是自然界常见的元素之一,属于亲硫元素,也具有亲氧性。当铅加热到 400~500℃时,即有一定数量的铅蒸汽逸出。高温时铅及其化合物的挥发量较大,铅蒸汽可形成高分散度的气溶胶状态而污染环境。大量的铅用于制造蓄电池的电极板,其中约 90% 用于汽车,还广泛地用于运输、飞机、电报和无线电工业。目前铅的环境污染随着人类活动以及工业的发展而日趋加重,矿山开采、金属冶炼、汽车废气是环境中铅的主要来源。大气铅污染来源主要是汽车废气,汽油中常加入抗爆剂四乙基铅,据检测每升汽油含铅 200~500 mg,若以汽车每小时行驶 60 km、每 15 km 消耗 4.5 L 汽油计算,每秒钟可排出 1~2.5 mg 的铅。大气中 2/3 的铅经雨水进入海洋,1/3 散落于地面。煤燃烧产生的工业废气也是大气铅污染的重要来源。煤炭燃烧后灰分约占 20%,其中约 1/3 的灰分排入大气形成飘尘,这些飘尘含铅量约为 100×10^{-6} 。

在西安市街道灰尘中,南北、东西方向上,Pb 的变化趋势基本与 Zn、Cu 一致,说明这 3 种元素有一定的相关性。

2.1 长安路—草滩路铅异常

1997 年 5~6 月,在长安路至草滩路上共采集了 16 件样品,依据路段特点采用不同点距,铅含量最低为 78×10^{-6} ,最高为 188×10^{-6} ,平均值为 130.31×10^{-6} 。由南向北,铅含量呈逐渐增高的趋势,测量结果见西安市长安路—草滩路灰尘中铅环境地球化学异常图(图 1a)。

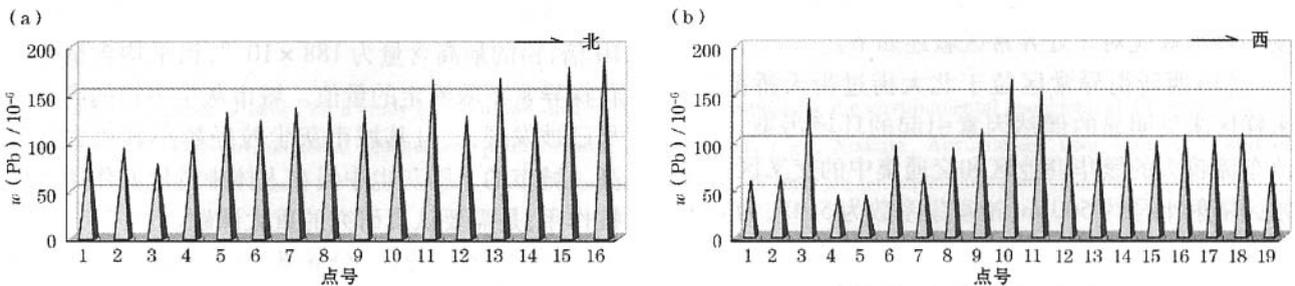


图 1 西安市长安路—草滩路(a)和纺南路—红光路(b)灰尘中铅环境地球化学异常

2.2 纺南路—红光路铅异常

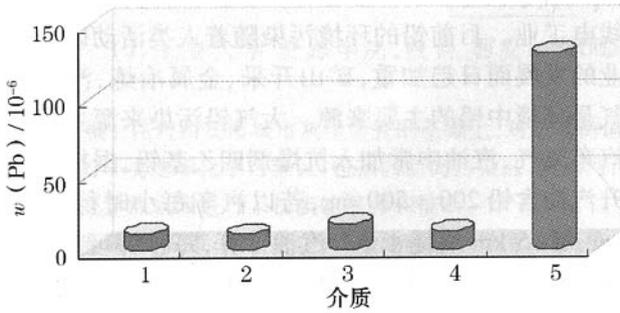
1998 年 5~6 月,在西安市纺南路—红光路上共采集了 19 件样品,依据路段特点采用不同点距,铅含量最低为 43×10^{-6} ,最高为 164×10^{-6} ,平均值为 95.52×10^{-6} 。由东向西,铅含量呈跳跃式变化趋势,纺织城和钟楼附近含量最高,与长安路—草滩路剖面相比铅含量相对较低,测量结果见西安市纺

南路—红光路灰尘中铅环境地球化学异常图(图 1b)。

2.3 城市灰尘中铅与背景

将西安市城市灰尘中铅平均值与地壳克拉克值(黎彤,1991)、新疆北部岩石—岩屑—水系沉积物背景平均值(杜佩轩,2001)进行比较。西安市城市灰尘中铅平均值(111×10^{-6})高于地壳铅克拉克值

(12×10^{-6})近 10 倍,高于新疆北部水系沉积物背景平均值(17.25×10^{-6})近 7 倍,高于新疆北部岩石背景平均值(11.48×10^{-6})近 10 倍,高于新疆北部岩屑背景平均值(10.7×10^{-6})近 11 倍。其变化如图 2 所示。



1—新疆北部岩石 2—新疆北部岩屑 3—新疆北部水系沉积物 4—地壳 5—西安市城市灰尘
图 2 西安市街道灰尘与其他介质中铅背景平均值

3 铅环境异常解释推断

根据计算结果和环境地球化学异常图,研究区共圈定了 5 处异常,分别为:西新街、安远门、龙首村、纺织城、钟楼。用全国土壤背景值计算异常区环境异常元素富集系数和环境污染级别(即超出背景值的倍数),由于微量元素环境污染级别尚无标准,西安市灰尘中铅污染级别,初步认定将环境中微量元素含量高于全国土壤背景值的 1~5 倍为轻度污染(I 级),5~10 倍为中度污染(II 级),大于 10 倍为高度污染(III 级)。现就环境异常区特征、异常强度和环境影响对 5 处异常区叙述如下。

(1)西新街异常区位于北大街过街天桥范围,采样区未见明显的偶然因素引起的环境污染,是人流车流较大的繁华商业区和交通集中的交叉区。异常区辐射半径约 500 m,铅富集系数为 5.45,为 II 级(中度)污染。

(2)安远门异常区位于古城墙的一个城门周边,此处也不见明显的偶然因素引起的环境污染,是人流车流较大的地区。另外,护城河对此处的大气、水、土壤造成一定的污染,进而影响城市灰尘污染。该异常区辐射面积约 500 m²,富集系数大于 5,为 II 级(中度)污染。但该区较西新街异常区的铅污染严重。

(3)龙首村异常区位于龙首村和方新村附近,采样区未见明显的偶然因素引起的环境污染,是车流量大的交通集中区和城乡结合部。异常区辐射半

径约 500 m,富集系数为 8,为 II 级(中度)污染。该区富集系数较大,在整条南北干线上污染最为严重,主要受 2 种原因的影响,即较大的车流量和污水灌溉土壤使铅的含量加大。

(4)纺织城异常区位于咸宁东路和纺南路一带,采样区是车流、人流较大的交通集中区、商业区、工业区及城乡结合部。异常辐射半径 500 m,铅富集系数为 6.17,污染级别为 II 级(中度)污染。

(5)钟楼异常区位于钟楼附近,采样区未见明显的偶然因素引起的环境污染,是车流、人流量大的交通枢纽区,属西安市人流、车流最集中的区域,该区域采样难度大。异常区辐射半径约 100 m,铅富集系数为 4.38,污染级别为 I 级,接近 II 级(中度)污染。

在城市大气中,汽车是最严重的铅污染源。在公路边进行检测表明,有 50% 的铅降落在公路两侧数百米范围内,余下的 50% 则以极细的颗粒飘尘向远处扩散。因此,城市街道灰尘中铅主要来自汽车尾气的排放。

4 结论

城市灰尘是城市环境污染物,城市灰尘颗粒物、城市灰尘重金属、城市灰尘病毒病菌、城市灰尘放射性、城市灰尘稀有稀土、城市灰尘铂族等对城市生存环境造成危害,特别是对人体健康的威胁已被越来越多的人所认识。例如,城市灰尘对病毒病菌传播、城市灰尘(10~2.5 μm 以下的颗粒物)、城市灰尘有害元素对人体免疫系统的破坏等。

城市灰尘中铅平均含量高于地壳克拉克值近 10 倍,铅的最高含量为 188×10^{-6} ,铅平均含量高于化探异常下限圈定的量值。城市灰尘中铅的高含量早已被发现,而且其城市灰尘粒径越小其铅含量越高。城市的入肺灰尘中铅在人体中的协同作用和拮抗作用,是需要认真研究的重大课题。

城市灰尘中铅的分布规律十分明显,呈现出“点”、“网”状分布特征,即沿街道和公路形成铅的高含量“网”,在城内交通枢纽和人流车流交汇处形成铅的高含量“点”。西安市城市灰尘中铅由南向北、由东向西含量逐渐增高,因此,西安市城市灰尘中铅污染城西北高于城东南,特别是西北角明显高于其余部位。

西安市城区内共圈定了 5 处灰尘铅异常区,分别为:II 级(中度)污染的西新街异常区、安远门异常区、龙首村异常区、纺织城异常区,I 级或接近 II 级(中度)污染的钟楼异常区。

矿山开采、金属冶炼、汽车废气是环境中铅的主要来源。大气铅污染来源,主要是汽车废气,城市灰尘中铅也来源于汽车废气的大量排放,同时,部分轻、重工业部门也不同程度的排放含铅的废液、废气、废料。因此,城市灰尘中铅主要来源于汽车废气和工业三废。

参考文献:

- [1] Li Xiangdong ,Poon Chisun ,Liu Puisum. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong[J]. Applied Geochemistry 2001 (16) :1361.
- [2] Sezgin N ,Ozcam H K ,Demir G ,et al. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 Highway[J]. environment international 2003 (29) 979.
- [3] Culbard E B ,Thornton I ,Watt J ,et al. Metal contamination in British urban dusts and soils[J]. J Environ Qual ,1988 (17) : 226.
- [4] De Miquel E ,Lamas J F ,Chacan E. Origin and patterns of distribution of trace elements in street dusts :unleaded petrol and urban lead[J]. Atmos Environ ,1997 (27) 33.
- [5] Ferguson J E ,Kim N. Trace elements in street and house dusts source and speciation[J]. Sci Total environ ,1991 (100) :125.
- [6] GIBSON M G ,Farmer J G. Multi-step chemical extraction of heavy metals from urban soils[J]. Environ Pollut B ,1986 (11) :117.
- [7] 瓦德博特. 环境污染对人体健康的影响[M]. 北京 :人民卫生出版社 ,1981.
- [8] 肖桂义 ,朱立新 ,马生明 ,等. 城镇地区土壤中汞的累加量及其存在形式[J]. 物探与化探 2004 28(3) 265.
- [9] 戒秋涛 ,翁焕新. 环境地球化学[J]. 北京 :地质出版社 ,1989.
- [10] 韩永明 ,杜佩轩 ,李智明. 西安市灰尘循环模式及搬运沉积[J]. 物探与化探 2003 27(3) 227.
- [11] 金相灿. 沉积物污染化学[M]. 北京 :中国环境科学出版社 , 1992.
- [12] 周国华. 被污染土壤的植物修复研究[J]. 物探与化探 2003 27 (6) :473.
- [13] 王晓芳. 西安市街道表土有害元素地球化学特征研究[D]. 西安 : 长安大学 ,1998.
- [14] 田晖. 西安市街道表土有害元素勘查设计[D]. 西安 :长安大学 ,1997.
- [15] 杜佩轩 ,田晖 ,韩永明 ,等. 城市灰尘粒级组成及环境效应——以西安市为例[J]. 岩石矿物学杂志 2002 21(1) .
- [16] 杜佩轩 ,马智民 ,韩永明 ,等. 城市灰尘污染及治理[J]. 城市问题 2004 ,118(2) .
- [17] 杜佩轩 ,田晖 ,韩永明. 城市灰尘概念、研究内容与方法[J]. 陕西地质 2004 22(1) .
- [18] 陈岳龙 ,杨忠芳 ,陈德友 ,等. 成都市浮尘物理与化学特征初探 [J]. 物探与化探 2003 27(6) :484.

ENVIRONMENTAL GEOCHEMICAL ANOMALIES OF LEAD IN STREET DUST OF XI'AN CITY

DU Pei-xuan¹ , ZHAO A-ning¹ , TIAN Hui²

(1. Earth Science and Land Resources College ,Chang'an University ,Xi'an 710054 ,China ; 2. Hangzhou Vocational and Technical College ,Hangzhou 310002 ,China)

Abstract :This paper is based on a study of the urban dust in Xi'an City , especially the environmental geochemical anomaly of lead in the street dust. Five environmental geochemical pollution sites were selected , i. e. , Xixinjie , Anyuanmen , Longshoucun , Fangzhicheng and Zhonglou. The causes for the formation of environmental anomalies of lead are tentatively interpreted in this paper.

Key words :Xi'an City ,urban dust ,environmental geochemical anomaly ,lead pollution site

作者简介 杜佩轩(1955 - 2005) ,男 ,1979 年毕业于北京大学地球化学专业 ,教授。享受国务院政府特殊津贴专家 ,曾从事地球化学、环境学教学及科研工作 ,获省部级科技进步二、三等奖 5 项 ,发表地质、地球化学专业方向论文数十篇。