

西安市燃煤中铅的排放量及其环境效应

雒昆利¹, 王斗虎², 谭见安¹, 王丽珍¹, 冯福建¹, 李日邦¹ (1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 西安科技学院, 西安 710054)

摘要: 为了研究燃煤过程中铅的排放量及其环境效应, 对西安市燃煤电厂的原煤、底灰、飞灰的含铅量, 采暖期燃煤锅炉的原煤和炉渣的含铅量, 采暖期和非采暖期降尘的含铅量等进行了分析和测算。结果表明: 燃烧 1 t 含铅量为 30 g 左右的煤, 排放到大气中的铅为 20 g 左右。燃煤中铅的排放率为 66% 左右。西安市及邻区每年工农业和民用燃煤 1000 万 t 左右, 主要为渭北石炭-二叠系煤, 含铅量为 30 g/t 左右, 其每年排放到大气中的铅为 200t 左右。

关键词: 煤; 铅; 排放量; 环境效应

中图分类号: X11 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)01-03-01 23

Lead Emission Amount from Coal Combustion and Its Environment Effect in Xi'an City

Luo Kunli¹, Wang Douhu², Tan Jianan¹, Wang Lizheng¹, Feng Fujian¹, Li Ribang¹ (1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resource, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101; 2. Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054)

Abstract: For study the lead emission amount from coal combustion and its environment effect, the lead content of coal, ash and cinder of power station and coal-fired boiler, the lead content of dusts in the period of heating time and the non-heating time in Xi'an City were studied in this paper. The results show that a amount of lead emission from 1 ton coal combustion, which lead content in coal was 30g, was 20g in atmosphere. The rate of lead emission of coal combustion was about 66%. About 10 million tons of coal was straight burning every year in Xi'an City and suburb, those coal mainly come from Permian-Carboniferous coal in Weibei coal mine, Shaanxi, their average lead content was 30 mg/kg. So the total lead emission from coal combustion to atmosphere was about 200t annually in Xi'an City.

Keywords: coal; lead; emission amount; environment effect

国内外的大量研究表明, 婴幼儿和儿童的血铅水平与 IQ 值显著相关^[1-4]。我国对沈阳、北京、西安、上海、福州、广州等大城市内工业区调查表明, 有 85% 的儿童的血铅超过铅中毒标准(100 μ g/L)^[1-4]。

煤是我国最主要的能源, 全国用于直接燃烧的煤炭每年占总煤耗的 84%, 约 10 亿 t 左右^[5-7]。世界上煤中铅含量为 2~80 mg/kg^[8-10], 美国煤的平均含铅量约为 5 mg/kg^[13]。我国石炭系煤的平均含铅量约为 22.1 mg/kg^[8], 下二叠统煤的平均含铅量约为 33.13 mg/kg^[8], 上二叠统煤的平均含铅量约为 11.07 mg/kg^[8], 我国煤的平均含铅量约为 19.96 mg/kg^[13]。

虽然有关煤中铅等有毒有害元素的含量和分布等的研究, 国内外科学家们作了大量的工作^[8-13], 取得了大量成果^[8, 12, 13]。但是, 我国目前缺乏对燃煤中铅释放的定量评估, 特别是缺乏煤在不同燃烧方式中铅的释放量和环境效应的研究^[1-4]。

西安市大气污染物的主要来源为扬尘、汽车尾气和燃煤释放的污染物。为了研究燃煤释放的铅对西安市大气环境中铅的贡献, 笔者对西安市燃煤电厂及民用锅炉的原煤、飞灰、底灰中的铅含量进行了分析计算, 对采暖期和非采暖期的降尘样、西安市市区扬尘的来源——马兰黄土的含铅量等进行了分析和比较。在此基础上, 对燃煤释放的铅对环境中的铅的贡献进行讨论。

1 西安市燃煤中的铅含量及铅释放量

1.1 采样和分析

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(973)(G1999022212-02); 煤炭工业部跨世纪学科带头人基金(2300213)和煤炭科学基金资助。

作者简介: 雒昆利(1959~), 女, 博士, 中国科学院地理科学与资源研究所首批创新基地研究员, 博士生导师, 主要研究方向为煤田地质学、环境地质学和地层古生物学。

收稿日期: 2000-12-26; 修订日期: 2001-03-06

对西安市燃煤的产地韩城、澄河、蒲白和铜川矿务局的主采煤层的含铅量,霸桥电厂和西安科技学院燃煤锅炉的煤的铅含量进行了随机采样和测试(表1),在韩城燎原煤矿工作面采集了二叠系山西组的2号和3号煤,象山矿区采煤工作面采集了石炭系太原组的5号煤,桑树坪矿和马沟渠矿采煤工作面采集了石炭系太原组的11号煤的煤样,在铜川矿务局采集了石炭系太原组的11号煤的煤样,蒲白煤矿采集了5号煤,煤样来自各采煤工作面,均为刻槽大样。

所有样品均在西北地质矿产研究所,西北有色金属地质测试中心(NWGLAB)和陕西质量检查中心煤炭测试中心测试。测试方法:ICP-MS, AAS;测试精度: 10^{-9} ,相对误差10%。

1.2 西安市燃煤的含铅量

表1是西安市煤的来源韩城矿务局,澄河矿务局和铜川矿务局等煤矿的主采煤层,西安市电厂燃煤和民用燃煤的含铅量。

表1 采煤工作面、电厂和西安市燃煤锅炉煤中铅的平均含量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Table 1 Average lead content of Permian Carboniferous coal of mines, power station and coal-fired boiler, Shaanxi

分析 样数	煤 矿					电厂 煤含 Pb量	取暖锅 炉含 Pb量
	采样 方式	采样点	煤层	时代	Pb		
4	刻槽样	韩城	煤2号	P ₁	32.47	31	33
2	刻槽样	韩城	煤3号	P ₁	35.62	33	28
6	刻槽样	铜川	煤T11	C ₂	16.2	29	32
6	刻槽样	蒲白	煤5号	C ₂	36.6	28	24
6	刻槽样	韩城	煤11号	C ₂	18	34	31
6	刻槽样	韩城	煤5号	C ₂	42.21	45	35
3	刻槽样	铜川	煤11号	C ₂	23.91	28	31
平均值					30.6959	32.42857	30.57

从表1可以看出,韩城矿务局、澄河矿务局和铜川矿务局等煤矿的主采煤层的含铅量,西安市电厂燃煤和民用燃煤的含铅量约为30mg/kg左右,西安市霸桥电厂和民用燃煤的含铅量约为30~32mg/kg左右。

表2 电厂和燃煤锅炉燃烧1t煤排放到大气中的铅/ $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$

Table 2 Lead emission amount from 1 ton coal combustion of power station and coal-fired boiler

霸桥电厂燃烧1t煤排放大气中的铅					燃煤锅炉燃烧1t煤排放大气中的铅				
灰分/%	煤中铅	飞灰中的 铅	底灰中铅	排入大气 中的铅	炉渣量(灰分 +未燃煤)/%	煤中铅	炉渣中铅	排入大气 中的铅	
19.1	27	20	35	16.495	21.1+7	34	37	23.38	
20	30	26	34	18	22+7	28	34	18.14	
18	29	30	38	16.76	27+7	32	34	20.44	
19.1	32.47	20	33	23.615	20+7	24	31	15.63	
20	35.62	26	34	23.62	20+7	31	30	22.9	
17	42	30	38	30.44	26+7	35	41	21.47	
23	18	15	20	9.95	28+7	31	30	20.5	
平均值	19.46	34.43	23.86	33.14	19.84	28	30.71	33.86	20.35

1.3 燃煤排放铅的估算

有关煤中的铅在煤燃烧中的行为目前研究的较少,一般认为煤中的铅是不易汽化的元素,在煤的燃烧中释放,一部分富集在煤的残渣中,一部分附着于烟气中的煤尘排放,后者的一部分被除尘器俘获,为飞灰,一部分排入大气中,假设排入煤的残渣和飞灰中的铅对大气的危害较小,暂不考虑,本文只考虑排入大气中的铅。

煤中的灰分就是煤在完全燃烧后的剩渣,系煤在燃烧后,产生的底灰和飞灰总和,燃煤电厂炉渣和飞灰的排放量与煤中的灰分密切相关,其底灰和飞灰的排放量总和约等于煤的灰分。

对于电厂,设每t燃煤排入大气中的铅(D),等于每t原煤的含铅量(A) - [底灰(B) + 飞灰(C)]含铅量 × 煤中灰分百分比(E)。

$$D = A - (B + C) \times E$$

但民用取暖锅炉主要产生炉渣,因此,对燃煤锅炉,主要以炉渣的含铅量来计算,由于燃煤锅炉的煤燃烧得不完全,约有5%~10%的煤仍然留在炉渣里,所以,对于民用锅炉来说,若1t煤的灰分为20%,煤在燃烧后,产生的炉渣的量要大于煤的灰分含量,炉渣的总量应为煤灰分加残留在炉渣中的煤重,应为:煤重 × 煤灰分百分比 + 未燃烧的煤。

民用锅炉每t燃煤排入大气中的铅(D),等于每t原煤的含铅量(A) - [底灰(B) + 飞灰(C)]含铅量 × [煤中灰分百分比(E) + 残留在炉渣中煤(F)],这里取F为7%。

$$D = A - (B + C) \times (E + F)$$

霸桥燃煤电厂距西安市区仅10km左右,燃煤的主要来源为韩城矿务局、蒲白矿务局和铜川矿务局的石炭-二叠系的山西组和太原组的煤,其中以石炭系的5号和11号煤为主,含铅量为30g/t左右,年燃煤150~200万t,对霸桥燃煤电厂的原煤、飞灰、底灰中的铅含量进行了分析(表2)。

从表 1 和表 2 可以看出,电厂燃烧 1t 煤,排放到大气中的铅为 19.84g 左右,燃煤锅炉燃烧 1t 煤,排放到大气中的铅为 20.35 g 左右,也就是说,无论电厂发电还是民用,燃烧 1t 含铅量 30 g 左右的煤,排放到大气中的铅为 20 g 左右,其排放率为 2/3 左右.西安市及邻区每年电厂和民用燃煤约 1000 万 t 左右,其排放大气中的铅为 200 t 左右.

2 燃煤对西安市大气中铅含量的贡献

西安市南郊是西安市著名的文化区,区内很少有工矿企业,选择西安科技学院南院家属区距公路边不同距离(m),在居民居住楼的楼顶或凉台上放置降尘取样铝罐,采集时间为 30d 左右.收集的降尘含铅量见表 3.

表 3 西安市采暖期和非采暖期降尘含铅量/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

Table 3 Lead content of dusts in the period of heating time and the non-heating time in Xi'an City

6 月(非采暖期)		12 月(采暖期)		1 月(采暖期)	
距离/m	含铅量	距离/m	含铅量	距离/m	含铅量
0 ±	60	0 ±	78	0 ±	87
5 ±	52	5 ±	52	5 ±	82
10 ±	53	10 ±	53	10 ±	73
50 ±	36	50 ±	50	50 ±	55
100 ±	35	100 ±	50	100 ±	55

对距西安市中心不同距离的建筑工地的马兰黄土新鲜样的含铅量进行了分析,其铅的含量为 11 ~ 20 mg/kg ,西安市及邻区的马兰黄土是西安市降尘中扬尘的主要来源物.如果没有燃煤和汽车等人类活动的污染,西安市的降尘样的含铅量不应超过 20 mg/kg .

从表 3 可以看出,西安市采暖期和非采暖期降尘含铅量均超过 20 mg/kg .且采暖期降尘的含铅量明显超过非采暖期降尘的铅含量,采暖期降尘的含铅量大于非采暖期降尘含铅量 30%.同时,采暖期距交通道路不同距离处的降尘含铅量均大于 50 mg/kg ,与非采暖期路边的含铅量相近,因此,燃煤释放的铅对大气的污染比汽车尾气的污染更为严重,其污染特点与汽车尾气的线源污染不同,是面源污染,污染范围更大,面积更广,对人体的危害也会更大.这个问题还需进一步的研究.

3 小结

如果按西安市燃煤中铅的排放率为 66% 左右计算,全国每年燃煤排放到大气中的铅为 12000 t 左右.燃煤释放的铅已是我国环境中铅污染的主要来源之一,且污染范围比汽车尾气更大,对人体的危害也会更大.

致谢 感谢韩城矿务局燎原煤矿高柏林高工、象山煤矿地质科和马沟渠煤矿地质科的全体地质工作者、西安霸桥热电厂动力科的赵佑相主任等和西安科技学院地质系 91 ~ 95 级的部分同学在采样等野外工作中给予的大力支持.

参考文献:

- Brody DJ, Gunter E W et al. The decline in blood lead levels in the United States. *JAMA*, 1994, **10**: 284 ~ 291.
- 朱清时主编. 绿色化学. 合肥:中国科学技术大学出版社, 1998. 158 ~ 161.
- 阮迪云. 铅对儿童学习记忆的影响及其作用机制. *中国药理学和毒理学杂志*, 1997, **11** (2), 97 ~ 98.
- 沈晓明,郭迪,许积德等. 铅对儿童智力发育的影响. 单因素和多因素分析. *实用儿科临床杂志*, 1991, **6**: 271 ~ 274.
- 成玉琪. 论我国洁净煤技术的推广应用. *中国煤炭*, 1998, **24**(4): 14 ~ 19.
- 乌荣康. 中国煤炭生产的发展趋势. *中国煤炭*, 1996, **22** (12): 11 ~ 14.
- 范维唐,潘惠正. 发展我国的洁净煤技术. *中国煤炭*, 1995, **1**: 16 ~ 22.
- Deyi Ren, Fenghua Zhao, Yunquan Wang, Shaojin Yang. Distribution of minor and trace elements in Chinese coals. *International Journal of Coal Geology*, 1999, **40**: 109 ~ 118.
- Swaine D J. Trace Elements in Coal. London: Butterworths, 1990. 8.
- Querol X, Juan R, Lopez Soler A et al. Mobility of trace elements from coal and combustion wastes. *Fuel*, 1996, (7): 821.
- Fernandez Turiel J L, Carvalho W de, Cabanas M et al. Mobility of heavy metals from coal fly ash. *Environmental Geology*, 1994, **23**: 264.
- 王运泉,任德贻等. 煤中微量元素分布特征初步研究. *地球科学*, 1997, **32**(1): 65 ~ 72.
- 任德贻,许德伟,张军营,赵峰华,郦桂芝,谢烈文. 沈北煤田煤中伴生元素分布特征. *中国矿业大学学报*, 1999, **28** (1): 1 ~ 6.