

# 贵州省煤炭铅含量水平及空间分布特征

陈吉<sup>1,2</sup>, 李仲根<sup>1</sup>, 唐黎<sup>1,3</sup>

1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550081

2. 贵州师范大学贵州省山地环境重点实验室, 贵阳 550001

3. 贵州大学资源与环境工程学院, 贵阳 550003

中国是煤炭储量、生产和使用大国, 其中大部分都是通过直接燃烧利用。煤炭的形成经过了复杂的地质物理化学变化, 决定了其成分复杂多变。煤中有害元素在燃烧过程中释放出来, 形成气态和颗粒态污染物, 如铅、汞等。贵州省煤炭保有储量仅少于山西、内蒙、陕西、新疆, 排列全国第五, 系江南之首, 是南方 12 个省(市、自治区)的资源储量总和, 成为中国南方最大的煤炭资源基地。同时, 贵州省近年来对煤炭的使用量增长迅速 (>1 亿 t/a)。

中国自 2000 年停止生产和使用无铅汽油后, 大气铅排放总量急剧下降, 燃煤开始成为大气铅排放的主要来源, 其贡献率占 50% 以上。在煤炭利用过程中, 大量的铅被释放到大气中, 对人类健康, 特别是儿童健康造成直接或潜在的危害。虽然国内一些学者及国外研究机构(如美国地质调查局)等对贵州省局部地区煤炭铅含量进行了研究, 但随着贵州省内新的煤炭资源的发现及开采, 进行全面而系统的研究势在必行, 以整体揭示贵州省煤炭铅含量的水平及空间分布特征。

采样工作覆盖了贵州省全部 9 个市、州的 106 个煤矿, 并对煤炭主要集中地六盘水、毕节、黔西南和遵义四个地区加密采样, 共获得煤样 256 个。煤炭样品用硝酸和氢氟酸消解后, 用 ICP-MS 测定, 以美国标准和技术研究院(NIST)提供的的烟煤 1632d 进行质量控制。

贵州省 106 个煤矿煤炭铅质量分数为 2.6~54.7 mg/kg, 算术平均值为 13.6 mg/kg。根据各地煤炭储量加权, 得到铅的加权平均值 12.9 mg/kg。根据我国《煤中铅含量分级(MT/T 964-2005)》, 煤样中低铅煤(<20 mg/kg)有 84 个, 占 79.2%; 中铅煤(20~40 mg/kg)有 20 个, 占 18.9%; 高铅煤(>40 mg/kg)有 2 个, 仅占 1.9%。无烟煤矿 56 个, 占 52.8%, 铅含量范围为 2.6~48.2 mg/kg, 算术平均值为 11.6±7.7 mg/kg, 低铅煤占 89.3%; 烟煤矿 50 个, 铅含量范围为 3.0~54.7 mg/kg, 算术平均值 15.7±10.8 mg/kg, 低铅煤占 68.0%, 中铅煤占 30.0%, 高铅煤占 2.0%; 烟煤平均铅含量比无烟煤高出 35%。

对比各市、州煤炭铅含量算术平均值: 黔东南州(26.6±18.0 mg/kg) ≥ 铜仁市(25.6±9.9 mg/kg) > 黔南州(15.8±10.8 mg/kg) ≥ 遵义市(15.6±7.6 mg/kg) > 毕节市(14.9±10.2 mg/kg) > 黔西南州(10.8±7.1 mg/kg) > 六盘水市(9.6±3.4 mg/kg) > 贵阳市(8.2±3.7 mg/kg) > 安顺市(7.7±3.3 mg/kg)。对比前人研究, 本研究结果和 USGS 在贵州省所得结果的 10.1 mg/kg 较为接近, 主要差别在于, USGS 采样量较少(N=22), 多集中于西部及西南部铅含量较低区域。

将煤炭铅含量与汞含量(高温解析, 冷原子吸收光谱仪 Lumex RA 915+)、灰分(《煤的工业分析方法(水分、灰分、挥发分、固定碳(GB-T 212-2008))》测定)、硫含量(《煤中全硫的测定方法(GB-T 214-2007)-硫酸钡方法》、形态硫含量(《煤中各种形态硫的测定方法(GB-T 215-2003)》))进行相关性分析, 见表 1。全部煤样的铅含量与灰分、有机硫、硫化物硫及汞显著正相关; 而烟煤, 主要与汞、有机硫、灰分显著正相关; 无烟煤仅与灰分显著正相关。表明烟煤中铅的来源与有机硫的形成途径有相关性, 同时全部煤样中铅含量与硫化物硫含量有显著相关, 结合煤样海相高硫煤的沉积特征, 初步认为烟煤中的铅更多的来自周边环境, 在无机硫转化成有机硫的过程中带入; 而无烟煤中的铅则可能是在成矿后期外部物质带入。

表 1 煤炭铅含量与汞含量、灰分、总硫含量、形态硫含量的相关性

	汞含量	灰分	总硫含量	硫酸盐硫含量	硫化物硫含量	有机硫含量
烟煤铅含量	.389**	.322*	.369**	-0.06	0.23	.357*
无烟煤铅含量	0.069	.334*	-0.081	-0.207	0.059	-0.05
全部煤样铅含量	.259**	.319**	.277**	-0.046	.196*	.281**

\*\* 在 0.01 水平(双侧)上显著相关。

\* 在 0.05 水平(双侧)上显著相关。