

文章编号: 0253-9993(2007)04-0363-06

云南昭通氟中毒区煤、土和水中氟的含量与分布

雒昆利¹, 李会杰¹, 冯福建¹, 陈同斌¹, 熊明海², 王伟中², 廖晓勇¹,
黎伟², 王丽华²

(1. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 昭通市科技局, 云南 昭通 657000)

摘 要: 为探讨云南昭通氟中毒地区环境中氟的含量和分布规律以及氟的来源, 在昭通镇雄和威信地区采集了 160 个煤、黄铁矿结核、煤矸石、黏土、玉米、辣椒、饮用水样品, 用高温水解-氟离子选择电极法对样品中的氟进行了分析。结果表明: 云南昭通氟中毒区晚二叠世龙潭组主采煤层 C5 煤含氟量低, 平均含氟量为 77.13 mg/kg; 3 个典型氟中毒病区民用煤的平均含氟量为 72.56 mg/kg, 稍低于中国煤炭平均含氟量 (82 mg/kg), 与世界煤的平均值 (80 mg/kg) 接近。中毒区的煤主要为低氟煤, 煤中的氟与灰分关系较为密切。中毒区的拌煤黏土中氟含量一般在 367~2 435 mg/kg, 但以含氟量超过 600 mg/kg 的高氟拌煤黏土为主, 平均含氟量为 1 084.2 mg/kg。氟中毒区饮用水的含氟量一般低于 0.35 mg/L, 低于国家饮用水的要求 (1.0 mg/L)。

关键词: 氟中毒区; 煤中氟; 拌煤黏土; 饮用水

中图分类号: P578.31 **文献标识码:** A

Content and distribution of fluorine in rock, clay and water in fluorosis area Zhaotong, Yunnan Province

LUO Kun-li¹, LI Hui-jie¹, FENG Fu-jian¹, CHEN Tong-bin¹, XIONG Ming-hai², WANG Wei-zhong²,
LI AO Xiao-yong¹, LI Wei², WANG Li-hua²

(1. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Zhaotong Science and Technology Bureau, Zhaotong 657000, China)

Abstract: About 160 samples of coal, pyritic coal balls, coal seam gangue, clay, corn, capsicum and drinking water were collected from endemic fluorosis area of Zhenxiong and Weixin county to determine the fluorine content, distribution pattern and source in this fluorosis area. The study shows that the average fluorine content in the coal samples collected from 3 coal mine of the Late Permian coals in Zhenxiong and Weixin county, Zhaotong City, which is the main mining coals in there, is 77.13 mg/kg. The average fluorine content of domestic coals, the local residents home used collected from three typical fluorosis villages is 72.56 mg/kg. Both of them are close to the world average (80 mg/kg) and lower than the Chinese average (82 mg/kg). The fluorine content of drinking water is lower than 0.35 mg/L, and lower than the standard of lead to fluorosis; the clay that used as an additive for coal-burning and as a binder in briquette-making by local residents has a high content of fluorine, ranging from 367~2 435 mg/kg, with the majority is higher than 600 mg/kg and average of 1 084.2 mg/kg.

Key words: fluorosis area; fluorine in coal; clay; drinking water

我国地氟病病区主要有: 饮水型, 燃煤污染型和饮茶型 3 种^[1,2]。位于云南省东北部的云、贵、川 3

收稿日期: 2006-04-11 责任编辑: 韩晋平

基金项目: 国家“863”高技术研究发展计划基金资助项目 (2006AA06Z380); 西部重点基金资助项目 (90202017)

作者简介: 雒昆利 (1959-), 女, 陕西西安人, 研究员, 博士生导师。Tel: 010-64856503, E-mail: luokl@igsnrr.ac.cn

省结合部云南昭通市,是我国典型的喀斯特地区,也是著名的“燃煤污染型”氟中毒病区^[3~5]。全市有氟斑牙患者 200万人,氟骨症患者 60万人,其中以镇雄和威信两县最为严重,几乎人人有黑牙,在 50岁以上的人群中,氟骨症比较常见^[3~5]。如此高的氟中毒患病率^[3~5],在国内外都少见。从 1984年以来,我国政府投入了大量的人力和物力进行携氟介质、流行病学等系列调查研究和防病改灶降氟技术的推广^[3~8]。现已查明当地居民食用的玉米、辣椒含氟量高,是主要的携氟介质。李惠清等(1995)对昭通市镇雄县城的周围土壤等样品的含氟量进行了分析^[6]。

长期以来,西南地区,包括云南昭通地区严重的氟中毒一直被认为是由于当地居民燃烧当地晚二叠世龙潭“高氟煤”造成的燃煤型氟中毒。最近,贵州西部氟中毒区煤和拌煤黏土中氟等含量的一系列文献的发表^[9~13],基本上搞清了该地区煤和拌煤黏土中氟的含量和分布规律,推翻了燃煤型氟中毒的说法。但昭通地区一直被认为是“燃煤污染型”氟中毒区,缺乏病区煤、土和水中氟的含量和分布规律的系统研究,特别是缺乏煤的含氟量的研究。2005年 6—7月,11月 3—19日,笔者对昭通氟中毒地区进行了系统的调查和采样,采集了昭通地区的地层(岩石)、煤、土壤、粮食、地下水、地表水、饮用水、空气、人发等样品 1 120个,对氟含量进行了分析,本文先就昭通市氟中毒区的原煤、民用煤、煤黏土和饮用水的含氟量及分布规律进行了初步探讨和总结。

1 样品采集和分析方法

本文煤样采自镇雄威信等地 3个煤矿正在开采的晚二叠世龙潭组煤主采的 5, 6号煤层和其它一些煤矿的主采煤层。同时,还在氟中毒区采集了居民用的原煤、混煤、拌煤黏土、饮用水和粮食等样品。

样品中氟的含量依据国标 GB/T4633-1997 采用高温燃烧-氟离子选择电极法。每批样品的检测极限为 0.1, 测试精度为 10^{-9} 。

表 1 云南昭市镇雄、威信晚二叠世龙潭组煤的含氟量
Table 1 Fluorine content of coal, pyritic coal balls, pyritic gangue and coal seam gangue of the Late Permian

实验编号	野外编号	样品位置和种类	F含量 /mg · kg ⁻¹
62	zm	扎西(威信)河边煤矿(商品煤) C5	32.23
63	zm	扎西(威信)河边煤矿(块煤,亮煤) C5	30.50
41	zm	煤矸石 C5	245.42
61	zm	黄铁矿层 C5	12.82
40	m	镇雄乌峰水问木纳湾煤矸石 C5	186.18
38	m	镇雄东北乌峰水问木纳湾煤 C5	47.87
54	w	镇雄县乌峰垮山煤矿煤(商品煤)	157.93
52	w	镇雄县乌峰垮山煤矿煤矸石	85.91
57	d	镇雄东塘房顶挂煤矿块煤 C5	189.67
68	d	镇雄东塘房顶挂煤矿矸石 C5	213.70
58	d	镇雄东塘房顶挂煤矿商品煤 C5	87.38
67	d	镇雄东塘房顶挂煤矿黄铁矿结核	32.13

2 结果与分析

2.1 云南昭市镇雄、威信煤的含氟量

研究区主采煤层为晚二叠世龙潭组的 5, 6号煤层,主要为 5号煤层,笔者在此选择了 3个煤矿,对其商品煤、煤矸石(也有当煤烧的)、黄铁矿结核等的含氟量分别进行了分析,结果见表 1。

另外还对昭通市的民用煤进行了分析。昭通市的民用煤主要来自大关和彝良的早石炭世煤和二叠系煤,早石炭世煤煤质好、灰分低、发热量高,含氟量见表 2。

虽然煤样有限,但大体上可以看出,云南昭通氟中毒地区煤的含氟量较低,低于 189.67 mg/kg,尤其以早石炭煤和威信晚二叠世龙潭组煤的含氟量低,一般低于 50 mg/kg;煤矸石的含氟量较高,

表 2 昭通市的一些早石炭世和古近纪古新世褐煤民用煤的含氟量
Table 2 Fluorine content of demotic coal of some Early Mississippian and Paleocene coals in Zhaotong City

实验编号	野外编号	样品位置和种类	F含量 /mg · kg ⁻¹
60	m	彝族楠木煤矿的煤	22.79
37	t	昭通市用的峰堂煤和原煤(大关早石炭世煤)	32.60
73	z	昭通市(大关早石炭世煤)	70.36
47	t	昭通市用的古近纪古新世褐煤	100.25

一般大于 200 mg/kg 云南镇雄、威信煤的含氟量为 22 ~ 189.67 mg/kg, 一般小于 100 mg/kg, 煤中的含氟量与煤中的灰分成正比。云南昭通 10 个煤样的平均含氟量为 77.13 mg/kg, 稍低于中国煤炭平均含氟量 82 mg/kg^[14] 以及代世峰^[9,10] 测得贵州西部煤中含氟量 (83 mg/kg), 和世界煤的平均值接近 (80 mg/kg)^[15], 低于郑宝山等^[16] 的 200 mg/kg 和唐修义^[17] 等煤的含氟量。煤矸石的含氟量较高, 为 182.80 mg/kg, 是其主采煤层平均含氟量的 2.5 倍左右。黄铁矿结核中含氟量低于 12.81 和 32.12 mg/kg, 只有煤中 1/6 左右和 1/3

2.2 昭通市高氟煤的分布

笔者在镇雄板桥镇南 2 km 东源煤矿 (朱家湾) 上部的玄武岩露头中, 采到了龙潭组煤系最底部靠近玄武岩的煤样, 其含氟量高达 656.20 mg/kg (表 3), 灰分高达 50%, 更接近于煤矸石。其矸石的含氟量为 790.74 mg/kg 这些灰分很高的煤中所挑出的块 (亮) 煤的含氟量只有 24.78 mg/kg 虽然东源煤矿当时主要在穿洞, 没有打到主采煤层 C5, 个别居民把这些高灰分的煤也当煤用, 但是这层高氟煤不可采。

表 3 昭通市高氟煤的分布

实验编号	野外编号	样品位置和种类	F 含量 /mg · kg ⁻¹
31	xg	镇雄板桥镇南 2 km 东源煤矿, 朱家湾玄武岩上部, 是龙潭组最下部的煤, 矿区最大厚度 0.8 m (不可采), 虽然居民当煤用, 但是灰分高, 更接近于煤矸石	656.204 70
53	xm	镇雄板桥镇南 2 km 东源煤矿, 朱家湾玄武岩上部, 龙潭组最下部的煤层中的块 (亮) 煤	24.782 81
43	xwy	basalt 玄武岩	505.509 90
71	xwymk	玄武岩中央的煤块, 亮煤	21.376 31
74	xwys	玄武岩中央的碎煤	113.427 90
72	xwymg	玄武岩中央的煤矸石	790.747 50
75	xwt	玄武岩土	336.788 70

在我国西南地区的晚二叠世早期, 在龙潭煤系的底部, 大面积发育着一层厚 0 ~ 400 余米的玄武岩。在晚二叠世早期发生大面积的火山喷发后, 龙潭煤系地层开始发育。在龙潭煤系沉积的早期, 这层含氟较高的玄武岩的同沉积火山灰, 以灰分的形式与龙潭期的成煤植物一起, 在龙潭期早期的聚煤盆地中形成较薄的灰分较高的高氟煤, 即造成在龙潭煤系下部靠近玄武岩的煤层中氟的富集, 但这些煤层一般较薄, 储量小, 局部可采。而云南镇雄威信煤矿主采煤层 C5, C6 距这层玄武岩顶部一般有 50 ~ 100 m 或更多的距离, 这层富氟的玄武岩同沉积火山灰对晚二叠世龙潭煤系主采煤层 C5, C6 的含氟量影响不大。

在分析的昭通地区的晚二叠世龙潭煤系主采煤层 C5, C6 和其它有工业储量的煤层中, 没有发现含氟量超过 200 mg/kg 的煤, 因此, 可初步说明, 昭通地区有高氟煤的存在, 但没有工业储量。代世峰等 (2003) 在贵州地区 9 号煤层中亦发现同沉积火山灰可造成煤中氟含量的增高, 但也为不可采煤层, 储量有限^[18]。这些高氟煤的成因可能和秦岭大巴山地区早古生代高氟石煤的相似^[19~21], 来源于火山活动。在晚二叠世早期大面积的火山喷发后, 富氟的火山灰在成煤盆地的基地, 以灰分的形式与植物残体形成高灰分的高氟煤。

2.3 氟中毒病区煤、混煤 (煤 + 拌煤黏土)、煤渣和拌煤黏土的含氟量

笔者对镇雄县芒部乡余清村和威信县墨黑乡及仍然用敞炉烧火做饭和烘烤粮食的非改灶降氟监测点镇雄县仁和乡石里村居民的生活用煤、拌煤黏土、煤泥混样、玉米、辣椒、饮用水等进行了系统采样。此地区的民用煤主要来自当地的晚二叠世龙潭组的 C5, C6 煤, 其中 C5 煤应用最多、最广, 其含氟量见表 4

云南镇雄、威信氟中毒严重区的镇雄芒部余清的 5 户含氟量平均为 51.98 mg/kg, 是 3 个村中最低的; 镇雄仁和 5 户氟中毒用户原煤含氟量平均为 84.93 mg/kg, 威信县的氟中毒区居民用煤的 5 户含氟量平均为 86.78 mg/kg, 3 个典型氟中毒区民用煤的平均含氟量为 72.56 mg/kg, 稍低于中国煤炭平均含氟量 (约为 82 mg/kg^[14]) 和世界煤的平均值接近 (80 mg/kg) 以及代世峰的贵州西部的值 (83 mg/kg), 远低于郑宝山等^[16] 的 200 mg/kg

表 4 云南镇雄、威信县氟中毒病区民用煤、混煤（煤 +拌煤黏土）、煤渣、拌煤黏土含氟量

Table 4 Fluorine content of domestic coal, briquette (coal and clay), cinder, clay in the endemic fluorosis area

mg/kg

地 区	野外编号	样品位置和种类	煤	煤 +拌煤黏土	煤渣	拌煤黏土
威信县扎西镇	wwm, wwz, wwt	干河村反坝庄毛产品	79. 4		123. 6	530. 2
	whm, mhz, mht	墨黑村王跃国	166. 8		55. 6	867. 1
	yhm, yhz, yht	墨黑村梅岭庄陈永华家	31. 3		72. 8	367. 2
	mhm, mz	威信县村梅岭社熊宗华煤	45. 6		184. 8	
镇雄仁和			80. 78 (平均)			588. 17(平均)
	rsm, rst, rsh	石里村 1号	31. 7	930. 9		1 540. 0
	hm, ht, hz	镇雄县 火石幼 (寒武基岩上的)	85. 8		156. 8	559. 0
	gm, gz, gt	镇雄仁和石里雷洋参	82. 6		264. 3	1 344. 3
	ghm, gng	镇雄仁和石里雷洋参混煤 (煤 +土)	139. 6	409. 8		
		镇雄仁和石里雷洋参煤矸石, 当煤用				
			84. 93 (平均)			1 147. 77(平均)
	ydm, ydz, ydt	余德堂家	95. 4		112. 9	1 245. 6
镇雄芒部余清	cym, cyz, cyt	陈勇家	29. 1		242. 7	1 140. 4
	lym, lyt, lyz	刘明义家	79. 6		56. 5	977. 9
	zxm, zxz, zxt	周友宣家	24. 5		2 004. 7	2 435. 2
	zfm, zfz, zft	周素芬家	31. 3		251. 8	1 784. 2
			51. 98 (平均)			1 516. 66(平均)
	nhm, nlz	彝族用户煤 (早石炭世煤)	49. 7		31. 6	

昭通氟中毒区的拌煤黏土中氟一般在 367 ~ 2 435 mg/kg, 既有低于中国土壤 (A 层) 氟背景值为 (478.0 ±197.7) μg/g^[22]的低氟土, 也有高氟土, 但总体上大于煤和混煤的含氟量, 以高氟土为主.

2.4 云南昭通镇雄、威信氟中毒区饮

病区饮用水中的氟含量一般低于 0.35 mg/L (表 5), 低于中国现行饮用水标准^[23]氟化物小于 1.0 mg/L 的要求; 但在镇雄仁和石里野塘沟水 (不是饮用水) 的含氟量高, 为 2.36 mg/L, 其氟的来源还需作进一步的研究.

3 结 语

云南昭通氟中毒地区的主采煤和民用煤主要为低氟煤, 平均含氟

表 5 云南昭通镇雄、威信氟中毒区饮用水和部分特殊水的含氟量

Table 5 Fluorine content of the drinking water in the endemic fluorosis area of Zhenxiong and Weixin county

实验编号	野外编号	样品位置和种类	F含量 /mg · kg ⁻¹
1	mb1	镇雄芒部余清陈远江饮用水	0.267 655 0
2	mb3	镇雄芒部余清周有梅饮用水	0.230 595 1
3	mb4	镇雄芒部余清周有榜饮用水	0.209 850 5
4	mb5	镇雄芒部余清周有梅饮用水	0.170 520 0
5	msh	威信县墨黑村梅岭社熊宗华饮用水	0.262 911 8
6	yhsh	威信县扎西镇墨黑村梅岭庄陈永华家饮用水	0.234 406 7
7	wwsh	威信县扎西镇干河村反坝庄毛产品家饮用水	0.146 757 0
8	mhsh	威信县扎西镇墨黑村梅岭庄王越国家饮用水	0.151 806 4
9	rh6	镇雄仁和石里雷祥秀饮用水	0.253 052 1
10	rh7(照相)	镇雄仁和石里范泽美饮用水	0.353 158 8
11	rh8	镇雄仁和石里瓜果路边水 (地表水)	0.181 063 1
12	rh9	镇雄仁和石里野塘沟水	2.362 163 7
13	rh10	硫磺场沟水 (地表水)	0.196 903 6
14	119	硫磺场井水	0.243 214 8
15	yl	彝良饮用水	0.101 589 8

量稍低于中国煤炭平均含氟量 (82 mg/kg) 和贵州西部的煤炭含氟量 (83 mg/kg), 与世界煤的平均值 (80 mg/kg) 接近. 煤矸石的含氟量较高, 平均为 182.80 mg/kg, 是其主采煤层平均含氟量的 2.5倍左右. 黄铁矿结核中含氟量低, 为 12.81和 32.12 mg/kg, 只有煤中 1/6 ~ 1/4 煤中的氟与煤中的灰分关系较为

密切，成正比关系。云南昭通地区氟中毒区有高氟煤存在，晚二叠世龙潭组最下部的靠近晚二叠世峨眉山玄武岩层上有鸡窝状的高氟煤，灰分高，储量低，但没有工业储量。云南昭通镇雄、威信氟中毒区饮用水的含氟量一般低于 1.0 mg/L 国家饮用水的要求。昭通氟中毒区的拌煤黏土以含氟量超过 600 mg/kg 的拌煤黏土为主，总体上拌煤黏土中的含氟量大于煤和混煤的含氟量。导致昭通地区氟中毒的携氟介质——玉米、辣椒中的氟，主要来自于伴煤黏土的燃烧释放。因此，导致昭通地区氟中毒的“燃煤型污染”氟中毒的结论可能也有误。昭通地区的“燃煤污染型”氟中毒应为“高氟黏土污染型”氟中毒。

昭通氟中毒区的拌煤黏土中氟的含量高，其氟的来源与西南地区的喀斯特发展演化地质历史相关。今后，寻找经济实用的固氟（黏土）技术和圈出释放率低、释放量小的拌煤黏土是防治昭通氟中毒病的主要任务。同时，煤中氟燃烧时释放率很高^[24~29]，低氟煤的长期使用燃烧对环境中的氟的贡献是多少？高氟黏土对生长其上的粮食的原生氟的贡献是多少？是否高氟土壤的氟的释放量和释放率高？等等，这些都需要深入的研究。另外，昭通地区的煤大多为高硫煤，这些硫在煤的燃烧中对氟中毒的贡献是多少？是否有硫、砷等的协同作用，这些都需要深入的研究。

同时，我们需要进一步展开：流行病学调查中，应开展多元素分析，如硫、砷、硒等的含量，探讨当地氟中毒区人群中元素含量的整体水平；高氟黏土和低氟黏土在病区的分布规律；不同黏土和煤中氟的释放规律和对大气和粮食氟的贡献；高氟黏土和低氟黏土对玉米和辣椒等中氟的原始贡献；煤中硫、砷、硒、汞等对人体氟中毒的协同作用；高氟黏土中氟的来源等方面的研究。

衷心感谢昭通市科技局、镇雄县和威信县科技局和卫生防疫站的全体工作人员和当地人员对本次采样的大量支持和配合，感谢镇雄县疾病预防控制中心李英贵、陈祖寿、周光来对研究的支持和贡献，感谢陆依伦在购置仪器和分析等工作中给予的大力支持和无私帮助。

参考文献：

- [1] 谭见安. 中华人民共和国地方病与环境图集 [M]. 北京：科学出版社，1991.
- [2] 陈 志. 我国地方性氟中毒的分布状况 [J]. 中国公共卫生，1997，13（5）：133~134.
- [3] 叶 枫，王安伟，彭何碧，等. 2003 年昭通市昭阳区燃煤型地方性氟中毒监测报告 [J]. 中国地方病学杂志，2005，24（1）：109.
- [4] 叶 枫，杨桂荣，彭何碧，等. 镇雄县燃煤型氟中毒重点调查结果分析 [J]. 地方病通报，2004，19（1）：41~42.
- [5] 李惠清，徐世义，汪 梅. 镇雄县不同拌煤黏土及层次深度含氟量研究 [J]. 中国地方病学杂志，1995，14（5）：290~291.
- [6] 周启华，陈增策，李玉纯. 滇东北煤烟污染型地方性氟中毒 [J]. 数理医药学杂志，1993，6（1）：91~93.
- [7] 陈祖寿. 2002 年镇雄县地方性氟中毒重点调查 [J]. 中国地方病学杂志，2004，23（5）：426.
- [8] 曹宗平. 不同方法烘烤玉米氟含量分析 [J]. 中国地方病学杂志，2000，19（2）：157.
- [9] Dai S F, Ren D Y, Ma S M. The cause of endemic fluorosis in western Guizhou Province, Southwest China [J]. Fuel, 2004, 83: 2 095~2 098.
- [10] 代世峰，任德胎，马施民. 黔西地方流行病 - 氟中毒起因新解 [J]. 地质论评，2005，51（1）：42~45.
- [11] 吴代赦，郑宝山，王爱民. 贵州省燃煤型氟中毒地区的氟源新认识 [J]. 中国地方病学杂志，2004，23（2）：135~137.
- [12] 郑宝山，吴代赦，王滨滨，等. 导致燃煤型氟中毒流行的主要地球化学过程 [J]. 中国地方病学杂志，2005，24（4）：468~471.
- [13] 孙玉壮. 黔西煤中氟与“燃煤型”地方性氟中毒的地球化学研究 [J]. 矿物岩石地球化学通报，2005，24（4）：350~356.
- [14] Luo K L, Ren D Y, Xu L R, et al. Fluorine content and distribution pattern in Chinese coals [J]. International Journal of Coal Geology, 2004, 57（2）：143~149.
- [15] Swaine D J. Trace elements in coal [M]. London: Butterworth, 1990. 73~74.

- [16] 郑宝山, 蔡荣贵. 中国煤炭含氟量的研究 [J]. 中国地方病防治杂志, 1988, 3 (2): 70 ~ 72
- [17] 唐修义, 黄文辉. 中国煤中微量元素 [M]. 北京: 商务印书馆, 2004 128 ~ 135
- [18] 代世峰, 任德贻, 邵龙义, 等. 黔西晚二叠世煤地球化学性质变异及特殊组构的火山灰成因 [J]. 地球化学, 2003, 32 (3): 239 ~ 247.
- [19] 陈宝群, 李俊岭, 王亚平, 等. 秦巴山地石煤产区燃煤型氟中毒流行现状调查分析 [J]. 中国地方病学杂志, 1997, 16 (5): 270 ~ 273
- [20] 雒昆利, 张自绍. 陕西紫阳氟中毒症根源初析 [J]. 煤矿环境保护, 1996 (4): 23 ~ 28
- [21] 雒昆利, 陈德岭, 葛岭梅. 陕西省古生代黑色岩系及煤系共生矿产 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1994 1 ~ 66
- [22] 陈怀满. 土壤中化学元素的行为与环境质量 [M]. 北京: 科学出版社, 2002 15 ~ 237.
- [23] GB5749 - 1985中国现行饮用水标准 [S]. 1985
- [24] 刘建忠, 姚 强, 曹欣玉. 煤中氟化物的测量及其分布规律初探 [J]. 煤田地质与勘探, 1999, 27 (2): 9 ~ 12
- [25] 雒昆利, 徐立荣, 李日邦, 等. 中国华北地区和西北地区动力煤氟的排放量 [J]. 科学通报, 2002, 47 (11): 873 ~ 877.
- [26] 郭英廷, 侯慧敏, 李 娟, 等. 煤中砷、氟、汞、铅、镉在灰化过程中的逸散规律 [J]. 中国煤田地质, 1994, 6 (4): 54 ~ 56
- [27] 安 冬, 何 光, 王泉弟, 等. 室内敞灶燃煤所致二氧化硫、砷、氟污染及其危害 [J]. 环境与健康杂志, 1995, 12 (4): 167 ~ 169.
- [28] 齐庆杰, 刘建忠, 周俊虎, 等. 煤中氟化物分布与赋存特性研究 [J]. 燃料化学学报, 2000, 28 (4): 376 ~ 378
- [29] Luo Kunli, Xu Lirong, Li Ribang, et al Fluorine emission amount from combustion of steam coal of North China plate and Northwest China [J]. Chinese Science Bulletin, 2002, 47 (16): 1 346 ~ 1 350.

2006年煤炭科技十大新闻

(1) 兖州矿业集团“长壁采煤法综采工艺”等先进采煤技术, 又获得 2 项南非发明专利和 1 项澳大利亚发明专利。

(2) 神华煤制油关键技术项目取得重大进展, 直接液化试验厂连续运行 135 d; 投资 120 亿元的神华包头煤制烯烃项目获国家批准, 正式开工建设。

(3) 科技部批准中国矿业大学新建煤炭资源与安全开采国家重点实验室。

(4) 发改委批准在淮南矿业集团和中国矿业大学组建煤矿瓦斯治理和安全抽放国家工程研究中心; 批准由中联煤层气公司牵头在北京中关村科技园区组建煤层气开发利用国家工程研究中心。

(5) 山东龙口煤业集团海下采煤获得成功。

(6) 兖州矿业集团超大型焦炉煤气制甲醇装置落成; 兖州矿业集团新型水煤浆气化技术通过验收。

(7) 全国煤炭工业表彰大会在京召开, 全国政协副主席阿不来提·阿不都热西提等出席在人民大会堂举行的颁奖仪式; 何鲁丽副委员长出席孙越崎科技教育奖颁奖大会, 神华集团总经理张喜武、中国矿业大学副校长葛世荣等获能源大奖。

(8) 兖州矿业集团济二矿“较薄煤层自动化开采成套装备及工艺研究项目”通过鉴定, 项目达国际先进水平。

(9) 煤炭科学院研究总院重庆分院与淮北桃园煤矿共同合作研制的、具有国内最先进的 KJ90 型煤矿宽带安全监控系统通过鉴定; “矿工井下精确定位监护系统”落户淮北。

(10) 厚煤层瓦斯防治技术取得重大进展。