

文章编号: 0253-9993(2007)07-0762-05

云南省煤的放射性污染调查分析

熊正为¹, 喻亦林², 游 猛¹, 郭成林¹, 周书葵¹, 余振勋¹

(1. 南华大学 建筑工程与资源环境学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 云南省辐射环境监督站, 云南 昆明 650091)

摘 要: 通过对云南省滇西聚煤亚区部分褐煤, 尤其是临沧盆地的锗煤共生矿和潞西等呷、芒究煤矿的煤资源中伴生放射性水平采样调查, 利用其伴生放射性水平调查值与云南省辐射环境监督站提供的天然放射性水平值进行对比分析, 结果表明: 煤层中的伴生放射性水平与其形成煤区的岩性、煤质以及有机质有一定的关系, 煤化程度低的褐煤尤其以劣质煤和富含有机质及炭化植物碎屑的褐煤伴生放射性水平较高. 由此提出了在大量使用煤资源的同时, 对含有较高水平放射性的原煤、煤渣及煤灰对环境污染的累积效应是不容忽视的问题.

关键词: 伴生放射性; 煤; 放射性水平; 污染防治

中图分类号: P619.1 **文献标识码:** A

Analysis of environment contamination from concomitant radioactivity of coal mine source

XIONG Zheng-wei¹, YU Yi-lin², YOU Meng¹, GUO Cheng-lin¹, ZHOU Shu-kui¹, YU Zhen-xun¹

(1. School of Architecture, Resources & Environment Engineering, Nanhua University, Hengyang 421001, China; 2. Yunnan Provincial Station of Environmental Radioactivity Supervision, Kunming 650091, China)

Abstract: Investigated concomitant radioactivity of some lignite in the subregion of aggregative coal in west Yunnan Province, paying special attention to the concomitant radioactivity level about paragenesis between germanium and coal in the Lincang basin and another coal mine in Luxi. Compared the concomitant radioactivity level with the natural from Yunnan Provinceal Station of Environmental Radioactivity Supervision, and analyzed the relationship between radioactivity level and the lithology or coaly of coal mine, the results show that lower charred lignite, especially in the bastard coal and lignite that are rich in organic material or charred phytoclast, has a higher concomitant radioactivity level. Suggest that, in the course of depleting the source coal mine unboundedly, the cumulative effect on environment contamination from higher radioactivity level of coal, coal slag and coom, is a fateful matter that can not be neglected.

Key words: concomitant radioactivity; coal; radioactivity level; contamination prevention

云南省伴生放射性矿产资源丰富、品种多、储量大、富裕程度高, 且具有多样性和相当规模的特点. 在相当多的矿物中伴有较多的天然放射性元素, 其中较典型的有煤锗铀伴生矿、铜铁铀伴生矿等, 其次是褐煤、磷矿、锡矿等. 这些矿山除主体矿物元素外, 往往伴生天然放射性铀、钍、镭等元素. 据代世峰等人^[1]统计, 中国煤层中伴生的 U, Th 平均含量分别为 2.41 和 5.84 $\mu\text{g/g}$; 而煤中的 U 主要赋存于硅铝化

合物和有机质结合态中，Th 主要赋存在硅铝化合物结合态中，煤层顶板中的有机质对 U 的赋存状态起重要作用^[2]。而在这类矿物资源的开采、选矿、冶炼过程中，伴生的放射性成分便进入废渣、废水和废气，进而对环境产生辐射污染。本文对云南省滇西聚煤亚区褐煤伴生放射性进行了调查及分析。

1 滇西聚煤亚区放射性伴生情况

滇西聚煤亚区以澜沧江断裂为界划分为腾冲含煤区和思茅含煤区。腾冲含煤区南端有较为典型的临沧铀锆煤矿田。2003 年该省环境放射性监督管理机构对滇西聚煤亚区部分褐煤进行了调查，并重点关注了临沧盆地的铀锆煤共生矿和路西等呷、芒究煤矿^[3,4]。由云南省辐射环境监测站通过采样检测调查了其结果，见表 1。

表 1 滇西聚煤亚区和临沧盆地部分新生代煤的天然放射性水平

Table 1 Natural radioactivity level of some Cenozoic era coal mine in subsection of aggregative coal in west Yunan Province and Lincang Basin

			Bq/kg		
项 目	矿山名称	煤类	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra
	腾冲腾越镇草煤	草煤	70.83	61.19	17.51
	腾冲勐连煤矿	褐煤	100.90	218.59	93.60
	腾冲蒲川煤矿	褐煤	48.99	49.23	26.21
	龙陵镇安煤矿	褐煤	73.62	77.23	29.61
	龙陵大坝煤矿	褐煤	50.00	75.44	41.68
	保山羊邑煤矿	褐煤	96.02	35.00	87.70
	昌宁红星煤矿	褐煤	27.08	7.70	38.10
	陇川户散煤矿	褐煤	80.36	137.74	94.09
	潞西等呷煤矿Ⅲ号	褐煤	44.70	53.09	46.57
	潞西等呷煤矿Ⅳ号	褐煤	101.76	26.09	53.28
滇西聚煤亚区	永德户乃煤矿	褐煤	—	17.50	9.50
	永德大山煤矿	褐煤	14.77	26.86	9.50
	耿马充佑河煤矿	褐煤	27.08	24.42	44.30
	凤庆黄果园煤矿	褐煤	4.92	31.75	26.80
	双江帮那煤矿	褐煤	67.70	78.96	58.60
	双江洪山煤矿	褐煤	19.70	14.65	12.60
	双江县煤矿	褐煤	28.31	4.07	28.40
	澜沧上允煤矿	褐煤	28.90	34.78	17.58
	澜沧勐滨煤矿	褐煤	154.12	16.99	177.48
	猛腊尚岗煤矿	褐煤	61.28	6.80	45.22
	上述各值算术平均		57.94	49.91	47.92
	均方差		37.69	51.40	40.11
	临沧章驮煤矿	褐煤	305.30	73.30	135.50
	临沧帮腊煤矿	褐煤	208.00	135.90	200.80
	临沧勐托户东煤矿	褐煤	502.20	74.90	219.10
	临沧大柏树煤矿	褐煤	92.30	121.30	60.30
	临沧腊东坑煤矿	褐煤	491.00	375.20	471.00
临沧盆地	临沧勐托坑煤矿	褐煤	525.80	79.50	219.00
	临沧大寨坑煤矿	褐煤	2 170.00	43.00	—
	鑫圆公司大寨锆煤矿	褐煤	395.60	36.90	567.60
	上寨、安坑、勐旺煤矿（一）	褐煤	313.80	5.80	258.80
	安坑、勐旺煤矿（二）	褐煤	518.40	15.50	247.70
	勐旺煤矿（三）	褐煤	1 346.50	4.20	699.00
	上述各值算术平均		624.40	87.80	307.90
	均方差		605.90	104.90	203.10

从表1可见,滇西聚煤亚区新生代(褐)煤天然放射性水平: ^{238}U 为57.94 Bq/kg, ^{232}Th 为49.91 Bq/kg, ^{226}Ra 为47.92 Bq/kg,而该地区 ^{238}U , ^{232}Th 及 ^{226}Ra 最高值分别为154.12,218.59和177.48 Bq/kg,铀钍平衡略为偏铀.临沧盆地部分褐煤中天然核素放射性水平: ^{238}U 为624.4 Bq/kg, ^{232}Th 为87.80 Bq/kg, ^{226}Ra 为307.90 Bq/kg, ^{238}U , ^{232}Th 及 ^{226}Ra 最高值分别为2170.00,375.20和699.00 Bq/kg.可见,不论是最高值还是平均值,临沧盆地褐煤中天然核素放射性水平明显高于滇西聚煤亚区褐煤中放射性核素水平,且含量测值波动范围大,铀钍平衡偏铀.

2 各煤种放射性水平的比较

根据云南省各区煤炭种类所含天然放射性水平的调查资料,现按煤种的不同对各煤区的岩性、煤质关系及放射性水平分析如下.

褐煤是煤化程度最低的煤,其特点是水分高、比重小、挥发分高、不黏结、化学反应性强、热稳定性差、发热量低,含有一定量的腐殖酸.该省褐煤生成时属于新生代,在全省范围内分布较广,通过云南省辐射环境监督站对全省新第三纪聚煤区单元褐煤采样调查统计,其放射性元素: ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra 的平均比活度分别为:87.1,31.3,60.0 Bq/kg.

低变质烟煤包括长焰煤、不黏煤和弱黏煤,挥发分含量高,没有或只有很小的黏结性.该省低变质烟煤在全省煤炭资源储量中份额很低,仅占全省煤炭总量的0.62%,且分布较散,其天然放射性水平较低,通过对瑞丽市和沧源县部分低变质烟煤采样分析,其 ^{238}U , ^{232}Th , ^{226}Ra 的平均比活度: ^{238}U 为33.2~50.0 Bq/kg, ^{232}Th 为52.5~54.4 Bq/kg, ^{226}Ra 为30.6~56.5 Bq/kg,比活度明显低于褐煤,且伴生的铀钍基本平衡,铀钍亦基本平衡.

中变质烟煤即炼焦用煤,包括气煤、气肥煤等.该省探明中变质烟煤储量42.9亿t,占全省煤炭资源总量的17.8%,占全国烟煤总量的1.38%.通过对全省25家中变质烟煤矿的采样测量,其天然放射性水平: ^{238}U 为74.55 Bq/kg, ^{232}Th 为41.38 Bq/kg, ^{226}Ra 为63.59 Bq/kg,低于褐煤中放射性平均值,且伴生的铀钍基本平衡,铀钍偏铀.

高变质烟煤包括无烟煤和贫煤.无烟煤是煤化程度最高的煤,挥发分低、比重大、硬度高.贫煤具有一定的挥发分,加热时不产生胶质体,炼焦不结焦.该省无烟煤产于滇东和滇中的早石英世至晚三叠世各地层中,通过对全省部分高变质烟煤矿的采样测量,其放射性水平: ^{238}U 为29.1 Bq/kg, ^{232}Th 为25.9 Bq/kg, ^{226}Ra 为37.5 Bq/kg,明显低于褐煤和烟煤的放射性水平,且波动范围小,相对稳定.各煤种天然放射性水平比较如图1所示.

由图1可知,不同煤种其煤化程度不同,所含放射性物质的含量也有所不同,在褐煤、劣质煤及富含有机质及炭化植物碎屑的碎屑岩中常见铀的矿化现象,放射性含量较高^[4,5].在煤化程度高的无烟煤中却未发现铀的富集,其天然放射性含量也相对较低.

3 煤矿资源利用及辐射污染分析

云南省累计探明煤矿资源储量244.0亿t,保证有的煤矿资源储量240.6亿t.其中褐煤资源储量居首位,合计154.4亿t,占总量的64.17%^[6],全省煤炭品种分布如图2所示.本文以该省储量最高的褐煤为对象来探讨其对环境的影响,具体以滇西聚煤亚区的临沧锆铀煤矿田为例.

由于煤在勘探、开采、运输、使用过程中形成了人为的污染,

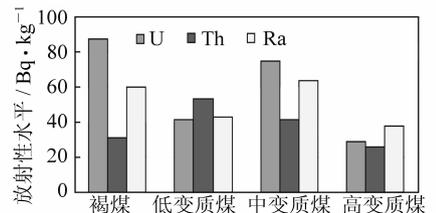


图1 云南省各类煤种天然放射性水平
Fig.1 The natural radioactivity level of different coal types in Yunnan Province

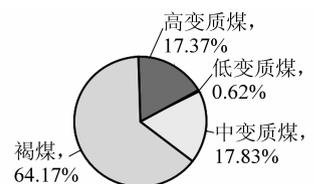


图2 全省煤炭品种分布
Fig.2 Distribution of different coal types in Yunnan Province

另外人们在建筑材料的使用过程中，曾采用了煤渣和花岗岩作为建筑原料，造成了伴生放射性元素的煤田附近城区局部放射性背景值的增高^[3,7~10]。针对煤矿资源利用及可能产生的辐射污染，以铀锆煤矿田为背景，以城区为对象，对临沧县城市环境进行了分析。临沧县褐煤内所含天然放射性核素比活度：²³⁸U 为 624.4 Bq/kg，²³²Th 为 87.8 Bq/kg，²²⁶Ra 为 284.8 Bq/kg，明显高于全省均值，且波动范围较大。按年用煤量 8 万 t 计，每年因工业、生活用煤将直接带入环境的天然放射性核素²³⁸U，²³²Th，²²⁶Ra 可分别达到 5.0×10^{10} ， 7.0×10^9 ， 2.3×10^{10} Bq/kg。而大多数民用煤为城区居民生活用煤，煤烟、煤灰、炉渣基本上不作处理便直接排放^[8]。

临沧鑫圆锆业有限公司是原临沧地区冶炼厂改制后成立的一家股份公司，其主原料即含铀锆原煤。若以年生产耗煤 3 万 t，煤中²³⁸U，²³²Th，²²⁶Ra 以鑫圆锆业原料库煤综合样（2001-12-20 取样）含量计，以此计算从原料用褐煤中每年将引入²³⁸U 为 5.0×10^{10} Bq/kg，²³²Th 为 1.3×10^9 Bq/kg，²²⁶Ra 为 5.2×10^{10} Bq/kg。其中 49.6% 的铀和 51.7% 的镭是富集于煤渣被运往城北约 10 km 的专用渣厂堆放，另有相当部分则在循环工艺中进入环境或暂存的酸渣中。此外，临沧鑫圆锆业公司原料引入的天然放射性核素还会在生产诸多环节中富集，使其炉渣、酸渣、旋风尘、半成品、烟尘无一例外地超出建筑材料放射性核素限量的 10 倍或数 10 倍，也直接或间接地提高了周围环境的辐射水平，造成局部辐射剂量明显增高。在临沧（县）城区 15 km² 的范围内，宇宙射线经地表上的空气吸收后的剂量约为 4.13×10^{-8} Gy/h。鑫圆锆业厂区辐射均值为 3.7×10^{-7} Gy/h，高于临沧城区均值（ 1.8×10^{-7} Gy/h），是全省原野辐射剂量率的 5.6 倍，是宇宙射线造成辐射剂量的 9 倍。通过对临沧环境采样分析结果如图 3、表 2 所示。

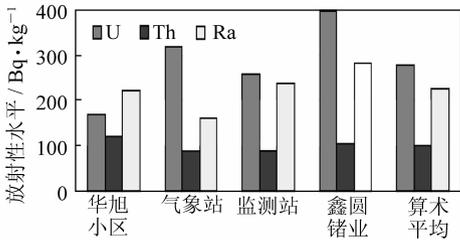


图 3 临沧各监测点降尘中天然放射性水平
Fig. 3 The natural radioactivity level in falling dust in different supervision spots in Lincang

表 2 临沧环境土样天然放射性水平

Table 2 The natural radioactivity level in environmental soil sample in Lincang

统计类型	样品数/个	²³⁸ U	²³² Th	²²⁶ Ra
表层土	6	135 ± 65.7	193.5 ± 48.9	91.7 ± 40.4
分层土	6	112.8 ± 43.8	175.9 ± 53.8	73.8 ± 23.0
(县)城区	12	124.4 ± 54.6	184.7 ± 49.8	82.7 ± 32.0
临沧地区	29	42.8 ± 25.4	72.3 ± 36.0	47.5 ± 27.6
全省平均	436	48.2 ± 33.3	64.2 ± 27.7	50.9 ± 40.0

由图 3、表 2 可知，临沧环境固体样天然放射性水平：降尘中²³⁸U，²²⁶Ra 含量明显高于当地土壤中的量，高于全省土壤中的平均含量，这显然与当地工业生产、生活用高放射性燃煤有关，其对环境的累积贡献是环境放射性水平增高的主要因素之一。另外，对临沧水体各监测断面放射性水平的监测结果显示：南汀河上游即南信桥以南河水中的²³⁸U，²³²Th，²²⁶Ra 浓度相对较低，属清洁水源；临沧鑫圆锆业公司新厂区和老厂区的生产污水排放口水样中的放射性水平显著偏高，²³⁸U，²²⁶Ra 浓度高出南水河正常背景值的 21 ~ 60 倍，其污染不可轻视；西河下忙角断面的放射性水平也明显偏高；南汀河大文水文站断面（上述 3 种水体混和后）水体的放射性水平相对有所下降；南汀河孟定水体监测断面水体的放射性水平明显回落到相对较低的地表水环境水平。

4 结 论

(1) 滇西聚煤亚区新生代（褐）煤天然放射性核素：²³⁸U 为 57.94 Bq/kg，²³²Th 为 49.91 Bq/kg，²²⁶Ra 为 47.92 Bq/kg，铀钍平衡略为偏铀。临沧盆地部分褐煤矿中天然核素放射性水平：²³⁸U 为 624.4 Bq/kg，²³²Th 为 87.8 Bq/kg，²²⁶Ra 为 307.9 Bq/kg，其含量明显高于滇西聚煤亚区褐煤中放射性核素水平，为滇西褐煤中所含天然放射性水平最高的煤田。

(2) 褐煤、劣质煤及富含有机质及炭化植物碎屑的碎屑岩放射性含量较高，而煤化程度高的无烟煤

天然放射性含量相对较低。

(3) 临沧铀锆煤共生矿的开采与冶炼,给当地放射环境产生了一定的影响,给当地居民带来了附加的照射剂量,已成为客观存在的环境放射性污染源。临沧锆业有限公司生产工艺虽要求有较高的收尘率,然而整个冶炼厂区的扬尘、烟尘仍是环境放射性的主要污染源;炉渣、酸渣的堆积存放和废水的稀释排放,造成了区域性的环境放射性水平偏高。

(4) 燃煤的大量使用,不可避免地要产生大量的煤渣和煤灰,尤其是含有较高放射性水平的煤渣、煤灰,其对环境的累积效应也将是不容忽视的问题。

参考文献:

- [1] 代世峰,任德贻,李丹,等. 贵州大方煤田主采煤层的矿物学异常及其对元素地球化学的影响 [J]. 地质学报, 2006, 80 (4): 589~597.
- [2] 代世峰,任德贻,孙玉壮,等. 鄂尔多斯盆地晚古生代煤中铀和钍的含量与逐级化学提取 [J]. 煤炭学报, 2004, 29 (S0): 56~60.
- [3] 杨文鹏. 临沧放射性伴生煤开发利用对环境的影响研究 [J]. 云南环境科学, 2005, 24 (S2): 153~156.
- [4] 李蕴成,杨廷仕,文进生,等. 云南省大理石及其放射性水平调查 [J]. 中国职业医学, 2003, 30 (1): 67~68.
- [5] 王芝仁. 云南省富宁县普阳褐煤矿区精查地质报告 [R]. 昆明: 云南省地质矿产局第二地质大队, 1986.
- [6] 张翼飞. 云南省区域矿产总结 [R]. 昆明: 云南省地质矿产局, 1993.
- [7] 胡培,武国亮,熊菊英,等. 云南省建筑材料放射卫生学现状及对策探讨 [J]. 中国辐射卫生, 1999, 7 (1): 66~68.
- [8] 喻亦林. 临沧(县)城区放射性水平现状调查 [R]. 昆明: 云南省环境放射性监督管理所, 2002.
- [9] 王达清. 贵州省伴生放射性矿物资源开发利用及污染现状研究 [R]. 贵阳: 贵州省放射性环境监理所, 2001.
- [10] 李玉先. 云南省环境天然放射性水平调查研究 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 1992.

山西省将培育5个煤企“巨无霸”

从省煤炭工业局获悉,从现在起,山西省将加快培育和发展5个大型煤炭集团公司。这些“巨无霸”不仅主导省内煤炭产量,还将繁荣非煤产业。通过培育这些大型煤炭集团公司,“傻大粗黑”的煤企形象在山西将要彻底改变。作为我国重要的能源基地,山西省长期以来为全国经济发展提供了强大的能源支撑。但一些小煤矿资源采出率只有15%。担负国家重点产煤任务的省属重点煤炭集团,其煤炭产量占全省总产量尚不足4成。

从现在起,山西省将要在大同、朔州、忻州三市区域,培育大同煤矿集团有限公司,对三地合法煤矿进行重组、资源整合。在扩大原煤产量的同时,将发展大型坑口电站和低热值煤综合利用电站,实现由动力煤基地向煤电基地转变,形成一个煤炭产销量达到1.5亿t的特大型煤炭集团,并使之成为我国最大的煤电企业集团公司。在太原、晋中、吕梁、临汾、运城等区域打造山西焦煤集团有限公司,使煤焦化、煤层气和煤电等产业多元发展,建成煤炭产量在1亿t以上的炼焦煤和焦化集团。此外,在阳泉等地打造阳泉煤业集团有限公司;在长治地区打造以能源和化工为主的潞安矿业集团公司;在晋城市打造以无烟烟和煤化工为主的晋城无烟煤矿业集团公司等新型煤企大集团。