

造烧结砖的工厂。这样,使城市垃圾经过气化-制砖联营厂后变为有用的建筑材料运出去,做到变废为宝、化害为利,造福人民。各地垃圾成分不一,按本文实测资料,50t干燥质有机垃圾相当于原垃圾204t。根据上海市1982年9月测定的混合垃圾(烧煤和烧煤气居民区收集的二种垃圾混合物)资料,无机物占原垃圾总重约57%,用这种垃圾提取50t干燥质有机垃圾约需提供原垃圾465t。据作者估算,用这种混合垃圾提取有机物后进行气化制气所得的热量约可满足其全部无机物制砖的需要。这等规模的气化厂投资,包括破碎、分选、烘干和制气,约人民币 $2 \times 10^6$ 元,它的经济性可与目前已有的各种垃圾处理技术相抗衡。

## 五、结 语

经初步研究认为,用气化法处理城市垃圾不仅有显著的社会效益和环境效益,而且较大的经济效益,是一条城市垃圾处理的新途径。在当前我国面临城市垃圾成灾和能源短缺二大难题的时期,起步研究这种新技术尤有现实意义,应迅速开展这项科研工作。

## 参 考 文 献

- [1] 诸永麟, 华东环卫, (2), 40—42(1985).
- [2] Donat, G., *Combat Nature*, (56), 20(1983).
- [3] Bonneval, P., *Combat Nature*, (61), 28(1984).
- [4] Brunner, C. R., *Hazardous Air Emissions from Incineration*, pp 1—222, Chapman and Hall, New York, 1985.
- [5] Kamrin, M. A. et al., *Dioxins in the Environment*, pp 1—328, Hemisphere Publishing Corp., Washington, 1985.
- [6] “焚烧垃圾产生剧毒物,联邦德国公众产生恐慌感”, 中国环境报,第四版,1986年8月9日。
- [7] Jackson, D. V., *Resources Recovery, Agricultural, Industrial and Municipal Waste Management*, pp 113—123, Mech. Engr. Pub. Ltd., London, 1985.
- [8] Alter, H., *Materials Recovery from Municipal Wastes*, pp 181—222, Marcel Dekker Inc., 1983.
- [9] Anderson, L. L. et al., 白怡然等译, 废物与燃料, 15—26 页, 科学技术文献出版社, 北京, 1984年。
- [10] Côté, W. A. ed., *Biomass Utilization*, pp 169—180, 623—634, Plenum Press, New York, 1982.
- [11] 煤炭科学研究院北京煤化学研究所, 煤炭化验手册, 247—390 页, 煤炭工业出版社, 北京, 1983年。
- [12] Reed, T. B., *Biomass Gasification, Principles and Technology*, pp 1—25, Noyes Data Corp., Park Ridge, New Jersey, 1981.
- [13] Sofer, S. S. et al., *Biomass Conversion Processes for Energy and Fuels*, pp. 235—263, Plenum Press, New York, 1981.
- [14] Egnéus, H. et al., *Bioenergy*, Vol. 1, pp. 174—204, Elsevier Applied Science Publishers, Göteborg (Sweden), 1984.
- [15] McGowan, T. F., “Air Blown Wood Gasification” in *Proceedings of International Gas Research Conference*, pp. 916—943, Los Angeles, 1981.

# 稀土工业的放射性污染与危害

曾 新 元

(湖南劳动卫生职业病防治研究所)

## 一、引 言

我国稀土储量居世界第一位,这是我国开展稀土应用的有利条件。目前我国稀土元素已广泛地应用于冶金、石油、化工、机械、轻工、电子及农业等方面,并取得较好的效益,

因此,我国稀土工业发展较快。稀土生产能力居世界第二位,稀土企业分布全国各省。稀土企业分为两类:一是稀土元素的开采和冶炼;二是稀土产品的应用。稀土包括镧系、钪和钇等17种元素,在稀土矿物中赋存着一定量的天然放射性核素,如钍、铀、镭等。在

独居石中钍的含量可达 10%，铀的含量达 0.5%，铀、钍两元素是自然界三大放射性衰变系列，即铀系、钍系和钍系的母体。铀系和钍系衰变产生一系列的放射性核素，这些核素既有固体放射性核素，也有气体放射性核素。从辐射类型讲，包括  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  三种。因此，稀土工业中除有氟化物、氯气、氨气、二氧化硫、稀土萃取剂及生产噪声等危害因素之外，也可以说，稀土工业是属于放射性存在的非核企业，生产过程和生产的产品及废物中存在着潜在的环境辐射污染和危害。但是目前还未引起应有的重视，同时还缺乏明确的辐射安全和环保辐射管理规范。为防止稀土工业带来的环境辐射污染，引起有关方面的重视，有的放矢，保护环境，本文将介绍近年来对稀土工业辐射水平的调查结果，以及某些危害的预测，供参考。

## 二、稀土辐射水平

我国目前开采使用的稀土矿物主要产地是包头，其次是南方的独居石矿和其他一些稀土矿。为了预测稀土工业可能带来的环境污染，对一部分厂矿的大气和地表的放射水平进行了测量，同时对排放的有关废渣进行了放射性分析。大气的放射污染来自两个方面，一是放射性粉尘，二是铀、钍衰变产生的氡和氡，它们在大气中形成的短寿命子体。这些放射物通过风扩散进入居民区。厂区各工段产生的粉尘浓度：包钢厂 8—97 $\text{mgm}^{-3}$ ，广西稀土厂 2—23 $\text{mgm}^{-3}$ ，廊坊稀土镁厂 5—46 $\text{mgm}^{-3}$ ，粉尘中的钍含量在 0.01—0.09%。厂区环境大气中的氡、氡短寿命子体  $\alpha$  潜能列在表 3。有文献报道，正常地区室内、室外氡子体  $\alpha$  潜能浓度分别在 650 和 200 $\text{MeV/L}^{[1]}$ ，大气中氡子体的  $\alpha$  潜能为氡子体的 1/10。表 3 中氡、氡子体的总潜能值超过了一般正常地区测量值，使空气受到了明显的污染。表 4 列出了稀土工业外围的  $\gamma$  照射率，这些结果的平均值远大于我国天然本底测值（室内：16.1  $\mu\text{R/h}$ ，室外：12.2  $\mu\text{R/h}$ ） $^{[2]}$ 。  $\gamma$

表 1 主要稀土矿物中钍、铀含量及  $\alpha$  比放

名 称	二氧化钍(%)	铀(%)	$\alpha$ 比放 (Bq/g)
白云鄂博矿	0.041—0.060	0.0034—0.0073	21.8—31.5
包头稀土矿	0.13—0.29	0.0010—0.0066	66.6—126
徽山稀土矿	0.16—0.047	0.0019—0.0054	/
独居石矿	4—10	0.06—0.5	2035
徽山稀土精矿	0.335	/	/
江西磷钇矿	0.455	0.34	/
江西寻乌矿	0.387	0.025	/
江西龙南矿	0.091	0.295	/
603 用稀土矿	0.0045	0.067	/
包头稀土富渣	—0.069	0.0032	12.2

可以看出，南方的独居石矿及其他一些矿物

中铀、钍含量较高，均高于包头原矿，铀含量已达开采水平。对于稀土产品取样分析其结果列在表 2，产品中的铀含量变化不大，均在万分之二。

表 2 稀土产品中钍、铀含量及  $\alpha$  比放

名 称	钍(%)	铀(%)	$\alpha$ 比放 (Bq/g)
稀土氧化物	0.1—1.0	0.02	15.9
铈镧合金	0.1	0.02	9.73
稀土矽铁 (7A-3)	0.1—1.0	0.02	132.5
稀土矽铁 (3-1)	0.1	0.02	96.6
稀土精矿	0.1—1.0	0.02	37.0
稀土矽钙	0.1	0.02	37.7
1#4#稀土合金	0.12—0.19	/	66.6—107.3
氯化稀土	0.0007	0.02	/

## 三、稀土工业环境辐射水平

从上面可以看到，不论是稀土原矿还是应用稀土的产品，它们均含有较高的放射性，如果管理不善，使用稀土的工业排放的废渣、废气和废水，都有可能造成厂矿周围环境的放射污染。为了解稀土工业带来环境放射污染情况，对一部分厂矿的大气和地表的放射水平进行了测量，同时对排放的有关废渣进行了放射性分析。大气的放射污染来自两个方面，一是放射性粉尘，二是铀、钍衰变产生的氡和氡，它们在大气中形成的短寿命子体。这些放射物通过风扩散进入居民区。厂区各工段产生的粉尘浓度：包钢厂 8—97 $\text{mgm}^{-3}$ ，广西稀土厂 2—23 $\text{mgm}^{-3}$ ，廊坊稀土镁厂 5—46 $\text{mgm}^{-3}$ ，粉尘中的钍含量在 0.01—0.09%。厂区环境大气中的氡、氡短寿命子体  $\alpha$  潜能列在表 3。有文献报道，正常地区室内、室外氡子体  $\alpha$  潜能浓度分别在 650 和 200 $\text{MeV/L}^{[1]}$ ，大气中氡子体的  $\alpha$  潜能为氡子体的 1/10。表 3 中氡、氡子体的总潜能值超过了一般正常地区测量值，使空气受到了明显的污染。表 4 列出了稀土工业外围的  $\gamma$  照射率，这些结果的平均值远大于我国天然本底测值（室内：16.1  $\mu\text{R/h}$ ，室外：12.2  $\mu\text{R/h}$ ） $^{[2]}$ 。  $\gamma$

表 3 厂矿环境中的氦、氡子体  $\alpha$  潜值 (Mev/L)

场 所	氦子体 均值	氡子体 均值	氦子体+氡 子体
白云矿: 采矿场	243	557	800
破石场	720	10860	11580
包钢选冶厂	331	2538	2869
稀土选冶厂	336	3140	3476
湖南稀土所: 室内	195	988	1183
室外	173	230	403
废渣场	299	624	923
桃江冶炼厂: 厂区	174—4010	880—40356	1054—44366
生活区	130—313	83—743	213—1056
珠江冶炼厂	319	1182	1501
阳江稀土厂	332	2745	3077
白云厂炉渣房内	632	976	1608
外	714	268	982

外照射量高的原因,是由于稀土矿物和废渣的散落、流失对地面的污染。表 5 列出了具

表 4 稀土工业区  $\gamma$  外照射量率 ( $\mu\text{R/h}$ )

场 所	测量值范围	算术均值
白云铁矿	40—365	133
包头选矿厂	20—144	78
包头稀土冶炼厂	23—560	114
跃龙化工厂	30—5000	797
珠江冶炼厂	20—9025	1562
桃江冶炼厂	12—2500	1000
广西稀土厂	28—10000	1671
阳江稀土厂	50—2000	1000
廊坊稀土镁厂	12—224	/
湖南稀土所	350—740	/
打火石厂	100—2500	/

有代表意义的包头矿和独居石矿生产中排放废渣的放射物含量及排放量。独居石废物中的放射物含量远高于包头矿,它的铀含量达到铀的冶炼水平(万分之三以上)。

表 5 稀土生产废渣中钍、铀含量及比放,排放量

名 称	二氧化钍(%)	铀 (%)	$\alpha$ 比放 (Bq/g)	年排放量(万吨)
包头矿				
尾 矿	0.053—0.069	0.0018—0.006	29.2—37.0	285
高炉渣	0.055—0.094	/	40.7	70
二次渣	~0.013	/	5.55—15.5	7
全溶渣	0.99—1.5	/	1147—1961	200
水溶渣	0.1—1.0	/	/	500
独居石矿				
酸溶渣	~3.41	~0.5	5550—20350	300
污水渣	2—6	0.06	/	800
全溶渣	22—26	0.8—0.9	548	
电解渣	0.001	0.76	47.0	
尾 矿	/	/	74.0	

#### 四、可能引起的危害

从上述调查的辐射水平看,稀土工业的环境放射污染是明显的,其放射污染物通过三条途径来危害人,一是  $\gamma$  外照,二是污染空气进入肺内照射肺组织,三是通过食物、皮肤污染进入体内形成内照射。小剂量电离辐射对人体的危害是致癌与遗传效应以及引起人体血液某些指标的改变。

##### 1. 危害的调查 为了搞清稀土工业小剂

量电离辐射对人体的影响,许多科技工作者深入现场调查和开展动物实验。包钢劳研所对白云矿稀土作业人员死因回顾性调查表明,恶性肿瘤占第二位死因。对各种恶性肿瘤死亡病例进行分析,白血病的死亡数明显增加,死亡者与  $\gamma$  外照射有关<sup>[9]</sup>。他们同时对作业人员的淋巴细胞染色体畸变作了测定,结果表明,白云矿工人染色体畸变率高于对照矿,采矿工人的染色体畸变率高于维修工且表现畸变率随工龄延长而增加。原因可能

是稀土矿的 $\gamma$ 外照射起主要作用。湖南冶金所对稀土作业人员的体检表明,职业性受照使得人体淋巴细胞染色体畸变率明显比对照组高,冶炼工人工龄在15年以上者,淋巴细胞染色体断裂、单体断裂和总畸变率与正常对照组比较有非常显著性差异。血象观察,白细胞总数均值都低于该地区成人正常值。包钢劳研所研究表明,稀土作业人员最常见的职业损伤,是上呼吸道疾患和皮肤病,其患病率分别在11.1—47%和23.9—58.2%,长期外周血象观察,血小板和血红蛋白有下降趋势,且维持在正常值的下限水平。

2. 危害的预测 从上述调查结果看,稀土工业中的小剂量电离辐射,对作业人员产生了一定的危害。稀土对环境的污染是否对居民带来同样的危害影响,目前还没有更多的调查材料说明这一问题。但是核工业的废物对居民的影响,根据从事核工业的生产人员的危害材料做了充分的估计。我们可根据这样一些估计来考虑稀土工业的环境污染危害,因为稀土工业与核工业的环境污染有相似之处,主要是放射性废渣和放射性废气。稀土工业的尾矿渣同铀矿冶尾矿渣一样,它是一个大氡源,氡将不断地从尾矿渣中释放出来,向周围扩散污染大气,使周围居民遭受吸氡的危害。尤其是当尾矿渣存放不善,流失或掺入建材,进入住房,可使室内氡明显增高,危害居民更大。氡对环境大气污染情况由表3调查结果得到说明。根据流行病学

资料估计,尽管尾矿渣析出氡向周围扩散稀释较快,但它是长期污染源,可引起居民肺癌发病率增加。当居民距尾矿渣0.16km时,氡引起的肺癌发病率比正常地区高一倍,只有当距离大于1.6km时,释放的氡才不会对居民造成明显危害。但必须看到,稀土工业尾矿渣同铀尾矿渣释放的氡危害有不同之处,铀尾矿渣已将铀提出,所以氡的减少是以 $^{230}\text{Th}$ 的半衰期77000年衰减,而稀土尾矿渣未提出铀,它的氡减少是以铀的半衰期 $4.5 \times 10^9$ 年衰减。因此,稀土尾矿渣释放氡的危害比铀尾矿渣大得多,同时稀土尾矿渣中还有钍,氡的短寿命子体同氡子体一样,同样可以引起肺癌。从表3可以看到,氡子体浓度还高于氡子体,考虑到这一点,稀土尾矿渣环境污染引起的危害远大于铀矿渣。

根据表5的调查,两矿产生的废渣和废渣铀的含量,每年将有190—640t和1.98万t铀排放到地面,它们带来的危害也是十分可观的。因此,对稀土工业的污染应予以重视。

致谢:刘鸿忠、廖亦武同志及包钢劳研所、湖南冶金防护所给本文写作提供了宝贵的资料。

#### 参 考 文 献

- [1] 张智慧,中华放射医学与防护杂志,5(3),219(1985).
- [2] 王其亮,中华放射医学与防护杂志,5(增刊),74(1985).
- [3] 李琳等,中华放射医学与防护杂志,6(6),399(1986).

## 雄性生殖毒性的检测及评价

黄 勤 黄 幸 纾

(浙江医科大学)

环境化学物质对哺乳类雄性生殖系统产生的毒理学效应,近年已逐渐地引起了关注。

由于哺乳类(包括人)雄性生殖细胞对环境毒物较为敏感,它们受损后不仅可引起不育、流