

Meiganshi Jiqi Zonghe Liyong

煤矸石

及其综合利用

李永生 郭金敏 王 凯 著



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

煤矸石及其综合利用

李永生 郭金敏 王 凯 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书较为详细地讲述了煤矸石的产生、性质,介绍了我国的有关政策及煤矸石在建材和建筑工业、化学工业、环境保护中的应用,还介绍了煤矸石自燃的预防和治理措施、煤矸石注浆技术的试验研究。既有理论深度,又有实用技术。

本书可供大专院校相关专业的师生、科研院所和相关行业的科技人员阅读,也可供一些厂矿企业在开发产品时参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矸石及其综合利用/李永生,郭金敏,王凯著.

—徐州:中国矿业大学出版社,2006.8

ISBN 7 - 81107 - 349 - 8

I. 煤… II. ①李…②郭…③王… III. ①煤矸石—研究②煤矸石—综合利用 IV. ①TD94②TD849

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 068648 号

书 名 煤矸石及其综合利用

著 者 李永生 郭金敏 王 凯

责任编辑 何 戈

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 印张 7.625 字数 200 千字

版次印次 2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

定 价 25.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

废弃物是指在生产、流通、消费等一系列过程中产生的对本过程失去原有使用价值而以各种形态进入环境的物质。废弃物的循环再利用是国民经济和社会发展中一项长远的战略方针和一项重大的技术经济政策。我国对废弃物的政策是减量化、资源化和无害化。

煤矸石是煤炭开采、分选加工过程中产生的废弃岩石,约占煤炭产量的10%左右。它是我国排放量最大的工业固体废弃物。随着煤炭产量逐年增加,煤矸石排放量也在不断增长,已经成为影响煤炭工业可持续发展的一大难题。到过煤矿的人都知道,作为煤炭工业废弃物的煤矸石一直是煤矿生产企业最头痛的事情。它不仅堆放起来占用大量土地,造成土地资源浪费,还严重污染环境:煤矸石含硫,易自燃,从而引发火灾;雨水还会把硫带入农田,导致土地盐碱化,使农作物生长发育受到影响,有的因污染严重无法耕种。此外,大量煤矸石的堆积容易造成空气污染。

然而煤矸石又是一种可利用资源。积极发展煤矸石综合利用,变废物为资源,是节约能源、节约土地、保护环境、发展矿区循环经济、建设绿色矿山的重大举措。国家对煤矸石资源利用非常重视,列为资源综合利用工作的重点,并给予大力扶持。为调动企业开展废物循环利用的积极性,10多年来,国家制定了一系列鼓励废物循环利用的优惠政策和措施,极大地促进了废物循环利用的发展。特别是1996年,国务院批转的国家经贸委、财政部、国家税务总局《关于进一步开展资源综合利用的意见》,对废物循环利用的内涵、开展废物循环利用应遵循的方针、原则、政策、措施等做

了明确规定,起到了非常积极、明显的效果。这是新时期指导我国废物循环利用的纲领性文件。

对煤矸石废弃物的资源化,是当代经济与社会发展的重大课题,也是对当代科学技术提出的一个新课题。探索废弃物资源化的新方法、新途径和新技术,将会有力地推动技术创新和技术进步,推动生产力的发展。

《煤矸石及其综合利用》就是为了推行清洁生产、提高煤矸石的循环再利用率、促进经济与社会的可持续发展、推动我国煤矸石资源化技术进步、促进新型环保产业发展、结合平顶山矿区的应用实例而编写的,既有理论阐述,又有应用实例。

本书在编写过程中得到了平顶山煤业集团公司总办公室、一矿企管办等部门的大力帮助,河南理工大学的张义顺教授对本书进行了审阅,在此一并表示衷心的感谢。

本书具体撰写分工如下:河南平顶山煤业集团天安一矿李永生撰写第一章、第三章、第七章,平顶山工学院郭金敏撰写第二章、第四章、第五章,华东交通大学王凯撰写第六章,全书由李永生统稿,由张义顺主审。

我们很想把有关煤矸石的理论、应用技术和产品介绍给读者,但限于篇幅,还有一些内容未能予以阐述,同时也限于作者的水平 and 经验,可能取舍不尽合理,叙述中可能有错误和疏忽,诚请读者指出,将不胜感激。

著者

2006年5月

目 录

1 煤矸石资源利用概述	1
1.1 煤矸石的社会及环境问题	1
1.2 国内外煤矸石综合利用现状	10
1.3 煤矸石综合利用技术政策要点	12
1.4 当前煤矸石综合利用工作中存在的主要问题	14
1.5 大力推进煤矸石综合利用,促进资源环境的 持续发展	15
2 煤矸石的物理化学性质	20
2.1 煤矸石的主要来源及成岩环境	20
2.2 煤矸石的岩相组成	21
2.3 煤矸石的化学组成特征	22
2.4 煤矸石活性激发	23
3 煤矸石在墙体材料中的应用	44
3.1 利用煤矸石生产墙材的国内外现状	44
3.2 利用煤矸石生产墙体材料的意义	50
3.3 提高煤矸石墙体材料质量的技术措施	52
3.4 新型墙体材料——煤矸石空心砖	55
3.5 煤矸石制砖的原料性能	57
3.6 煤矸石细度与石灰爆裂、塑性的关系	63
3.7 影响煤矸石烧结砖制品质量的因素	73

3.8	煤矸石原料预处理中的净化、均化、陈化·····	75
3.9	煤矸石空心砌块排列与砌筑方法·····	84
4	煤矸石在建筑和化工等行业中的应用·····	87
4.1	矸石综合利用的主要技术原则·····	87
4.2	生产水泥·····	91
4.3	煤矸石制加气混凝土·····	96
4.4	煤矸石制轻集料·····	96
4.5	生产微孔吸音砖·····	97
4.6	生产瓷砖·····	97
4.7	煤矸石在道路工程中的应用·····	98
4.8	从煤矸石中提取生产化工产品·····	101
4.9	煤矸石在其他行业中的应用·····	105
5	煤矸石自燃及防治措施·····	109
5.1	煤矸石自燃的危害·····	109
5.2	煤矸石自燃的条件、特征·····	114
5.3	影响煤矸石自燃的因素·····	121
5.4	煤矸石的自燃过程与临界温度·····	125
5.5	煤矸石氧化过程中气体物质传递·····	128
5.6	煤矸石山内气体流动状态·····	129
5.7	利用数学模型分析煤矸石灭火的防治途径·····	135
5.8	煤矸石山自燃的防治技术·····	139
5.9	煤矸石治理对策·····	147
6	煤矸石注浆技术的试验研究·····	150
6.1	注浆技术的应用及研究现状·····	150
6.2	注浆材料的特点及其发展·····	152

6.3	课题研究的依据及其意义	156
6.4	浆材配合比研究	158
6.5	浆液性能测定试验研究	183
6.6	浆材耐久性试验研究	198
6.7	结论与展望	212
7	平顶山矿区煤矸石利用情况	214
7.1	煤矸石排放量	214
7.2	煤矸石的成分	214
7.3	煤矸石的发热量	215
7.4	煤矸石综合利用情况	215
7.5	平顶山一矿烧结多孔砖可行性分析	220
7.6	平顶山市煤矸石综合利用存在的问题和建议	225
	附录	227
	参考文献	234

1 煤矸石资源利用概述

我国是一个煤炭生产和消费大国,每年的煤炭生产和消费总量均达亿吨级,煤炭在我国总能源结构中的比例占到70%以上。

煤矸石是一种混合物,一般将采煤过程和选煤厂生产过程中排出的碳质岩、泥质岩、砂质岩、粉砂岩和少量石灰石称为煤矸石,它是煤炭开采和加工过程中排放的废弃物。其产生途径主要有三种类型:岩石巷道掘进(包括井筒掘进)产生的煤矸石,主要由煤系地层中的岩石如砂岩、粉砂岩、泥岩、石灰岩、岩浆岩等组成;煤层开采产生的煤矸石,由煤层中的夹矸、混入煤中的顶底板岩石如碳质泥(页)岩和粘土岩组成;煤炭分选时产生的煤矸石(即洗矸),主要由煤层中的各种夹石如粘土岩、黄铁矿结核等组成。煤矸石的产出量一般要占到煤炭产量的10%左右,约占全国工业废渣排放量的1/4。据统计,目前我国煤矸石的积存量已达41亿t以上,并且每年仍以亿吨以上的速度递增。

煤矸石是工业固体废弃物中排放和堆存量最大的一种。矸石山的堆放侵占着大量土地,其中大部分为耕地。若不加以利用,长期堆放于地表,不仅占用大量土地、影响自然景观、破坏生产、生活环境,而且还会造成大气、土壤、水体污染以及造成地质灾害的发生。煤矸石若加以充分利用,则会变“废”为宝,化害为益。

1.1 煤矸石的社会及环境问题

过去较长的一段时间内,由于受技术等因素的制约,煤矸石在采煤、选煤过程中只有被剔除和丢弃,所以几乎所有的矿区都有堆

积如山的煤矸石堆。过去对煤矸石的处置方法是以消极的堆放保存为主,这种治理方法付出的代价是相当大的,而且已经带来了诸多的社会问题和环境问题。

1.1.1 占用大量耕地

堆贮煤矸石需要占用大量土地,据有关部门统计,截止到2004年底,全国有煤矸石山1500多座,占地约22万多公顷。土壤是很难再生的资源,地球上要形成1cm厚的土壤,需经300~500年的漫长岁月。中国是一个耕地资源非常紧缺的国家,人均耕地占有量只有1.51亩[1亩=(10000/15)m²,为现场使用方便,本书仍沿用“亩”这一单位],仅为世界人均水平的45%;我国以占世界7%的耕地养育占世界22%的人口,耕地资源十分宝贵,而随着煤矸石排放量的增加,占地面积还将进一步扩大。对于像我国这样一个地少人多的国家而言,其前景很不乐观。所以,煤矸石的大量排放对社会和经济发展造成的影响已不容忽视,必须加快对煤矸石的综合利用。

矸石山主要分布于各个煤矿,一般呈圆、椭圆形人工山状,高度20~110m,坡度从3°~60°不等,矸石山堆积状况如图1-1所示。下面以平顶山矿区为例说明其占用土地资源情况。

根据矸石山现状调查结果,平煤集团煤矸石总量为248.7Mt,占用土地面积10311亩,因此煤矸石平均占地系数为41.46亩/Mt,根据现有煤矸石占地系数和煤矸石排放量预测结果,进行煤矸石排放压占土地计算,虽然没有考虑煤矸石综合利用而减少的土地面积,但在计算平均占地系数时,已将综合利用的矸石山面积去掉,因此基本上能较准确地反映将来的占地面积,占地面积见表1-1。从2002年到2005年煤矸石堆放新增加占地面积517.01亩,2006年到2010年预计新增加煤矸石排放占地面积657.15亩,因此从2002年到2010年煤矸石排放将净增加占地面积



图 1-1 矸石山堆积图

1 174.16 亩。目前平煤集团矸石山所占用的土地主要为耕地,仅少数为荒山,因此,至 2010 年由于排放煤矸石所占用耕地累计将达到 11 485.16 亩。

表 1-1 平顶山矿区煤矸石排放量及占地面积预测表

矿区	现有矸石总量 /Mt	2002 年~2005 年				2006 年~2010 年			
		原煤量 /Mt	排矸系数 /%	矸石量 /Mt	占地 /亩	原煤量 /Mt	排矸系数 /%	矸石量 /Mt	占地 /亩
平顶山煤田	111.4	64.4	9.59	6.18	256.22	76.00	9.59	7.29	302.24
韩梁煤田	82.2	6.4	9.59	0.61	25.29	5.0	9.59	0.48	19.90
朝川煤田	13.9	4.8	9.59	0.46	19.07	6.0	9.59	0.58	24.05
十三矿	1.98	7.2	9.59	0.69	28.61	9.0	9.59	0.86	35.66
首一矿					0.00	12.0	9.59	1.15	47.68
其他	7.88	11.2	9.59	1.07	44.36	12.0	9.59	1.15	47.68
累计	217.4	94.0		9.01	373.55	120.0		11.51	477.20
选煤厂	26.9	25.6	6.41	0.36	14.93	32.0	1.40	0.45	18.66
灰渣	4.43	6.76		3.10	128.53	8.56		3.89	161.28
总计	248.7				517.01				657.15

(1) 矿井煤矸石排放量预测。矿井煤矸石排放量主要与煤层的赋存条件有关,同时巷道布置层位对矿井煤矸石排放量也有直接影响。但总体来看,对同一矿山,条件基本相似,为了比较客观准确地预测煤矸石排放量,对整个平煤集团原煤产量和排矸量进行统计,按平均值计算排矸系数为9.59%。排矸量的计算采用下列经验公式:

$$Q = a \cdot w \cdot t \quad (1-1)$$

式中 Q ——矿井煤矸石排放量, Mt;

a ——排矸系数, 9.5%;

w ——煤炭产量, Mt/a;

t ——计算时间, a。

利用上述公式对平顶山矿区各个矿山的煤矸石排放量进行预测,结果见表 1-1,由表可知到 2005 年、2010 年排矸增加量约为 9.01 Mt、11.51 Mt。

(2) 分选煤矸石排放量预测。根据平煤集团规划,在 2010 年之前建成投产 12 座选煤厂,煤炭在分选过程中将产生部分煤矸石。分选煤矸石主要来源于煤层的夹矸及顶、底板,其排放量主要取决于煤质和采用的分选方法。根据总体发展规划和有关选煤厂的设计资料,取平均产矸率为 6.41%,采用下列公式计算分选煤矸石的排放量:

$$B = k \cdot w \cdot t \quad (1-2)$$

式中 B ——分选煤矸石排放量, Mt;

k ——产矸率, %;

w ——选煤厂原煤入选量, Mt/a;

t ——计算时间, a。

平顶山矿区分选煤矸石排放量预测结果见表 1-1,由表可知,平顶山矿区从 2002 年到 2010 年将产生分选矸石 0.81 Mt,其中 2002 年到 2005 年 0.36 Mt,2006 年到 2010 年为 0.45 Mt。

总之,煤矸石对土地的占用量是很大的,必须采取措施对其开发利用。

1.1.2 矸石山对环境的污染

煤矸石山对周围环境的污染主要表现在以下几个方面:

(1) 破坏自然景观。矸石风化物的矿物组成和化学成分与土壤接近,故多年后也能生长少量的植物。植物以草本为主,也有极少量的木本植物。矸石山上的生物生长一般都能正常生长,但植被覆盖率较低,一般仅为 10%~30%,黑色地面大部分还是暴露的,在酸性较强的矸石山上寸草不生。巨大且表面裸露的矸石山严重影响矿区自然景观,矸石山已成为煤炭矿区的不良标志。

(2) 形成扬尘。矸石堆积成山后,表面矸石半年至一年后会产一层风化层,其厚度约 10 cm 左右,可十几年保持不变。原矸石都是较大的石块,随着时间推移,风化层颗粒逐渐变细,就会由石块(5~10 mm)逐渐风化成粗砾(2~5 mm)、砂粒(0.5~2.0 mm)以及更细的颗粒,因此,煤炭矿区在有风的天气情况下,常常形成扬尘。扬尘与风速有一定的正相关,距矸石山越近扬尘越严重,如距矸石山 5 m 处比 200 m 处扬尘大 5~15 倍。

(3) 污染地表水和地下水。煤矸石长期露天堆放于地表,在降水作用下,常使附近河流的河床淤积,河水受到污染,其淋溶水直接渗入地下,一方面会对土壤造成一定的污染,另一面对地下水水质也有影响。矸石山的风化物无粘结性,矿物颗粒可随降水而移动,风化物中某些成分可随降水进入水域。矸石风化过程中可分解出部分可溶盐,据山西阳泉矿务局测定矸石中 Cl^- 、 HCO_3^- 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 组成和含量与内陆盐渍土的盐分组成和含量相似,呈斑状分布,可随水移动。矸石中还含有多种重金属元素,如铅、锡、汞、砷、铬等,可造成水污染,污染程度取决于这些元素的含量和淋溶量。风化和自燃使矸石风化物由中性变酸

性,酸性最强时,pH 值可达到 3,由矸石山流出的水呈现酸性,对周围环境与水域会造成污染和影响。

根据平顶山矿区土壤分析(取 0~30 cm 表土),其结果见表 1-2。

表 1-2 矿区土样监测结果表 mg/kg

监测项目 监测结果 采样点	pH	Cu	Pb	As	Hg	总 Cr
一矿附近	7.19	31.5	26.5	10.7	0.09	53.4
六矿	7.41	27.6	21.8	11.1	0.06	56.6
堂街	7.74	18.8	19.5	11.4	0.06	49.4
李口	7.61	20.2	17.4	11.0	0.07	39.4
十一矿	7.77	28.1	25.3	13.2	0.04	55.0
高庄矿	7.94	29.9	26.3	10.4	0.08	57.8
大庄矿	7.91	19.5	18.5	5.6	0.04	59.5
十二矿	8.18	21.9	18.5	11.6	0.06	41.9
南顾庄	7.03	22.2	13.4	12.6	0.04	24.5
一矿	8.56	43.2	35.0	11.3	1.24	61.8
八矿	8.92	20.4	18.5	14.4	0.07	46.0

表 1-3 是河南省土壤元素的评价标准。

表 1-3 土壤评价标准表 mg/kg

项目	Cu	Pb	As	Hg	总 Cr
标准	19.7	19.6	11.4	0.034	63.8

由评价标准可知,平顶山矿区汞污染较严重,特别是一矿,超标达 35 倍;除铬外,其他元素都有不同程度的超标,但污染都较

轻。矿区土壤污染可能是煤矸石经长期淋滤作用,相应元素迁移至地表,在土壤的吸附作用下相应元素在土壤表层富集所致。

(4) 污染土壤。大气和水携带的矸石风化物细粒可飘撒在周围土地上,污染土壤,矸石山的淋溶水进入潜流和水系,也可影响土壤。

(5) 地面高温。矸石一般呈黑色或红色,表面吸热极强,夏日中午矸石地表温度常可达 500°C ,因此可使矿区气温增高。

(6) 污染大气。很多煤矸石主要由碳质页岩组成,其中还混有少量的煤和黄铁矿(FeS_2)等可燃物,矸石山上煤矸石大量堆积,体积大,着火点低。矸石堆置中产生的空隙为矸石自燃提供所需的氧气,这些内因和外因促使矸石的自燃,自燃时空气中会弥散大量的 SO_2 ,发出刺鼻的气味。

平顶山矿区内有生产矿井 21 对,选煤厂 3 个,在生产过程中排放的采煤矸石和分选煤产生的煤矸石直接堆放在地表,已形成 73 座矸石山。由于这些煤矸石直接堆放在地表,在有风的日子,矸石粉末随风飘扬,使市区空气污浊不堪,严重影响人们的工作和生活。除此之外,在现有的矸石山中,有 17 座发生过不同程度的自燃,自燃矸石山占矸石山总数的 23% 左右。目前正自燃的矸石山有一矿、三环公司、四矿、六矿、十矿主矸石山和铁运处西斜排矸场矸石山。矸石山自燃时散发出难闻的气味和有害的烟雾,使附近的居民慢性气管炎和气喘病患者增多,周围树木落叶,庄稼减产。

现有的矸石山可分为三种类型:一为在建井期间排放的矸石,这些矸石的硫化物和可燃物含量低,都没有发生自燃;二为选煤厂排出的分选煤矸石,由于分选煤矸石硫化物含量较高并含有较多的可燃物,因此,矸石山容易发生自燃;三为建井期间排出的煤矸石和矿井正常生产期间排放出的煤矸石。含硫量较高、含有较多可燃物的煤矸石会发生自燃。图 1-2 所示是矸石山自燃的情况。

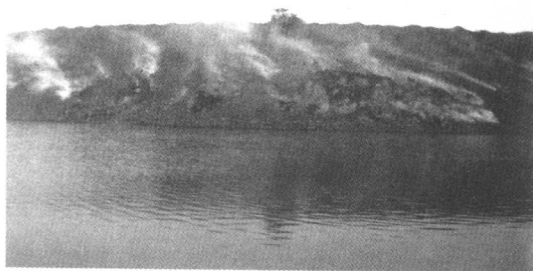


图 1-2 自燃的矸石山

矸石山的自燃主要因为硫化铁的燃点低(其燃点为 290°C), 易于氧化并产生大量的热量, 在散热条件不良的情况下, 温度会不断升高, 达到一定温度时, 便会引起周围含炭物质的燃烧, 经蔓延扩大, 而导致整个矸石山的自燃。

煤矸石在自燃过程中会排放出 SO_2 、 CO 等有害气体, 从而对大气环境产生污染。因此, 必须对矸石山的自燃问题引起足够的重视, 一方面对自燃的矸石山进行治理, 另一方面对可能诱发矸石山自燃的煤矸石采取妥善的处理措施。

1.1.3 其他危害

矸石山除了上述危害之外, 还会导致一些其他意外事故, 国外有媒体报道, 由于矸石山堆的滑坡, 以致埋没了山谷下的一所小学校, 造成多人伤亡事故。2005 年 5 月平顶山四矿的矸石山由于自燃发生崩塌事故, 造成埋没附近民房烧死 8 人的重大事故。辽宁本溪就曾发生过因矸石自燃造成人员中毒死亡的事故。随着煤炭工业的发展, 这种情况将越来越严重。另外, 随着矸石山的日益增大, 它还会影响到矿区铁路行车安全以及周围居民的房屋安全, 图

1-3 和图 1-4 较为真实地反映了这种情况。

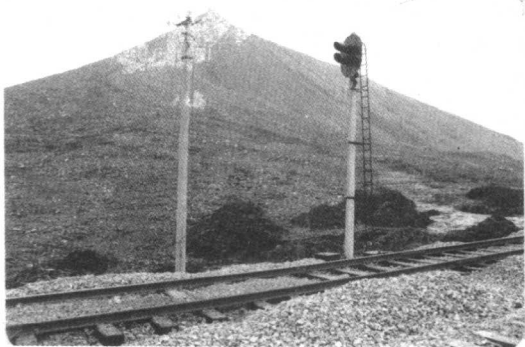


图 1-3 主矸石山继续发展危及铁路



图 1-4 矸石山对周围居民区构成威胁

综上所述,解决煤矸石的利用问题已经迫在眉睫。大力加强煤矸石的综合利用是保护环境、实施可持续发展战略的双重要求。煤矸石综合利用可行性评价研究的目的是为了使其综合利用更加合理,既满足技术要求,同时又具有较高的经济效益和社会效益,从长远的角度出发,使煤炭工业走上一条可持续发展的良性循环道路。通过大量资料的分析,找出一套切实可行的、科学的评价方