

煤矸石综合利用工艺探索

张世鑫¹, 刘冬¹, 邵飞², 罗英强³, 李万胜³

(1. 中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司, 北京 100098;

2. 广东省电力设计研究院, 广东 广州 510663;

3. 青海盐湖工业股份有限公司, 青海 格尔木 816000)

摘要: 煤矸石是采煤和选煤过程中排放的固体废物, 约占原煤的 10%~20%。目前中国煤矸石综合利用率较低, 为 62.2% 左右, 造成煤矸石堆积量日益增多。大量煤矸石长期堆放不仅占用土地, 而且造成环境污染, 甚至威胁到矿区居民生命财产安全。结合国内外煤矸石综合利用情况, 探索煤矸石的综合利用工艺。结合煤矸石减排技术、煤矸石直接利用技术、煤矸石改性利用技术、煤矸石燃烧后利用以及矸石山自燃热能利用技术, 大胆提出了几种煤矸石综合利用工艺设想, 希望能对国内煤矸石综合利用企业起到抛砖引玉之效。

关键词: 煤矸石; 自燃; 综合利用; 热管

中图分类号: TD849.5

文献标识码: B

文章编号: 1006-6772(2013)05-0092-04

Comprehensive utilization of coal gangue

ZHANG Shixin¹, LIU Dong¹, SHAO Fei², LUO Yingqiang³, LI Wansheng³

(1. Huaneng Clean Energy Research Institute Beijing 100098 China;

2. Guangdong Electric Power Design Institute Guangzhou 510663 China;

3. Qinghai Salt Lake Industrial Co., Ltd. Golmud 816000 China)

Abstract: Coal gangue account for about 10 percent to 20 percent of raw coal's mass. The comprehensive utilization rate of domestic coal gangue is around 62.2 percent. To better utilize coal gangue, based on the analysis of coal gangue emission reduction technologies, direct and modified use technologies, utilization of heat energy and residue generated by coal gangue burning technologies, provide several coal gangue comprehensive utilization methods.

Key words: coal gangue; spontaneous combustion; comprehensive utilization; heat pipe

0 引言

2011 年, 中国煤矸石产生量约 6.59 亿 t, 综合

利用量 4.1 亿 t, 综合利用率 62.2%^[1]。由于煤矸石的成分、堆积方式和堆积地形等的原因, 全国约有 1/3 煤矸石山发生自燃^[2]。煤矸石山的堆积及自

收稿日期: 2013-07-25 责任编辑: 孙淑君

作者简介: 张世鑫(1983—) 男, 河南焦作人, 毕业于华北水利水电学院, 工程师, 从事循环流化床(CFB)锅炉及清洁煤发电技术的研究与应用工作。E-mail: zhangshixin@hnceri.com。

引用格式: 张世鑫, 刘冬, 邵飞, 等. 煤矸石综合利用工艺探索[J]. 洁净煤技术, 2013, 19(5): 92-95, 122.

燃不仅占用土地,而且造成环境污染,甚至威胁矿区居民生命财产安全。因此,探索煤矸石的综合利用工艺有重大现实意义,通过对相关产业的有效整合,实现社会效益和经济效益多方共赢。

1 煤矸石

煤矸石是采煤和选煤过程中排放的固体废物^[3],是一种在成煤过程中与煤层伴生的一种含碳量较低、比煤坚硬的黑灰色岩石,占原煤的10%~20%^[4]。

据统计,煤矸石是中国目前排放量最大的工业固体废弃物之一,矸石山几乎成为中国煤矿的标志。表1为2007—2011年中国煤矸石产生与利用情况^[1],从表1中可看出中国煤矸石综合利用率较低。

表1 2007—2011年煤矸石产生与利用情况

年份	煤炭产量/亿t	煤矸石排放总量/亿t	煤矸石利用量/亿t	煤矸石利用率/%
2007	25.36	4.78	2.53	53.0
2008	27.88	5.00	3.00	60.0
2009	29.80	5.60	3.50	62.5
2010	32.40	5.94	3.65	61.4
2011	35.20	6.59	4.10	62.2

大量煤矸石长期堆放不仅占用土地,而且造成环境污染。煤矸石的危害如下:①侵占良田,阻塞河道,造成水灾;②露天堆放的煤矸石,日积月累,使矿区悬浮物大大增加;③煤矸石自燃,排出大量的CO、SO₂、NO_x等有害气体和烟尘,严重污染矿区空气;④煤矸石山失稳引起重力灾害;⑤煤矸石山内部发生爆炸,严重威胁矿区居民生命财产安全;⑥损伤临近土壤、农作物及水环境;⑦煤矸石中天然放射性元素对人体与环境有危害。

2 煤矸石利用途径

目前,煤矸石的利用途径有制砖、发电、制作砌块等建筑材料、代替黏土生产水泥、生产微米级多孔陶瓷、生产橡胶补强剂、生产莫来石和堇青石、煤矸石用于混凝土骨料、回填矿井采空区或做铺路材料、煤矸石造气、煤矸石生产肥料、改良土壤、煤矸石提取化工产品、生产新型工业填料(用于泡沫人

造革、薄膜、橡胶工业制品和涂料等)、用作陶器原料和耐火材料、煤矸石山复垦绿化、煤矸石山自燃热能利用。此外,经改性的煤矸石还可作为吸附材料处理含Pb²⁺废水^[5]及处理鱼塘养殖废水^[6]。

2.1 发电

利用煤矸石发电是综合利用煤矸石的一条重要途径,不但可以节省好煤,缓解煤矿电力紧张局面,而且灰渣还可以生产建材,消除二次污染,是一项绿色环保工程,其经济效益、社会效益和环境效益都十分显著。

国华宁东发电公司已经建成投产的一期工程2×330 MW机组符合国家资源综合利用产业政策,以煤矿废弃的劣质煤和煤矸石作为电厂主要燃料,设计每年使用燃煤287万t,其中煤矸石占51.2%。采用循环流化床锅炉可以实现燃煤过程中的脱硫脱硝,生产用水采用周边矿井水,且采用直接空冷技术,比常规湿冷机组节水70%以上,实现了废物综合利用、循环利用和零排放。

2.2 制砖

煤矸石本身具有一定热值,烧砖时先利用外部热量将窑体内的温度提高到煤矸石燃点,此时利用煤矸石砖坯自燃产生的热量进行烧制,从而达到废物资源化利用、节能环保的目标。

2.3 代替黏土生产水泥

煤矸石和黏土的化学成分相近,因此可用其代替部分或全部黏土生产普通水泥^[7]。其优点有:①能改善生料易磨性,提高生料产量,降低生料磨电耗;②能改善生料的易烧性;③降低水泥煤耗和生产成本;④减少环境污染。

2.4 用于混凝土骨料

煤矸石用作混凝土骨料分2种情况,就是煤矸石分别用作细骨料或粗骨料,或者同时取代普通粗细骨料。

自燃煤矸石经粉碎而得的自燃煤矸石轻骨料,自燃煤矸石轻骨料JC/T 541-94按不同粒径分成4个品种,分别用于不同场合^[8]。

2.5 回填矿井采空区或铺路材料

利用煤矸石作为矿井采空区的充填材料,既可以减少煤矸石采出量,逐步消灭地面矸石山,又可减少矸石侵占的土地面积。

煤矸石可用作一般公路的底基层或路基填料,

其作为铺路材料,具有较好的路用性能和强度。铺路材料使用煤矸石,具有用量大、技术简单、对煤矸石的种类和品质要求不高等优点。

2.6 造气

内蒙古天时建环保科技有限公司利用 HTCW 高温热解气化技术 20 万 t 煤矸石制甲醇示范项目。主要建设内容和规模:处理现产及过去填埋堆放的煤矸石 60 万 t/a;新建 10 组 HTCW 高温热解气化炉及其配套的 2×25 MW 余热锅炉。

2.7 生产肥料

MT/T 574—1996《煤矸石生物肥料技术条件》中指出:煤矸石生物肥料肥效长,能改良土壤,并具有增产效果明显,提高农产品品质等特点。使用该肥料可以相对减少化肥用量,缓解化肥对环境造成的污染^[9]。

2.8 提取化工产品

煤矸石的主要成分是 Al_2O_3 、 SiO_2 ,另外还含有数量不等的 SO_3 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 、 P_2O_5 及微量稀有元素(镓、钒、钛、钴)。根据煤矸石中不同的化学元素,可以从以下几个方面分析煤矸石在生产化工产品方面的应用^[10]:①制备硅系化工产品;②制备铝系化工产品;③制备碳系化工产品;④制备钛白粉;⑤富镓煤矸石提取镓。

2.9 煤矸石复垦绿化

煤矸石山的污染治理重点是对酸性和重金属的治理。酸性治理可通过分选回收和利用碱性化学物质(粉煤灰、石灰石、磷矿粉等)中和煤矸石的强酸性。

对煤矸石山重金属污染的治理主要是通过植被修复,种植吸附重金属能力较强、生物量较大的植物,在吸收煤矸石中重金属的同时,还可改善矿区生态系统环境。

2.10 煤矸石山自燃热能利用

热能赋存:有关资料表明,自燃煤矸石山的温度均高于自然地温。一座新的煤矸石山从开始燃烧到停止需要 20~30 a^[11],可见,自燃煤矸石山的热能资源非常丰富。

有关文献表明:自燃煤矸石山内部的温度都近似成线形关系递增,高温区域在矸石山内部的 3~9 m 范围内。经过 120 d 自燃的矸石山表面温度为 20.024~45.091℃,从外往内矸石山的温度是先升

高后降低^[12]。

阳泉二矿是 1997 年完成的一座煤矸石堆积场,2006 年 6 月调查时发现矸石山自燃,排矸场中心位置土壤剖面垂直温度变化见表 2^[11]。

表 2 阳泉二矿土壤剖面垂直温度变化

土层深度/cm	测定温度/℃	土层深度/cm	测定温度/℃
0	29.3	60	45.9
10	32.1	70	49.1
20	36.0	80	52.9
30	38.4	90	58.8
40	40.9	100	60.0
50	42.7		

根据自燃煤矸石山的热能赋存特性,矸石利用可以从以下几方面进行研究:

1) 利用煤矸石山燃烧所产生的烟气热能

美国矿山局研究出一种自燃煤矸石山灭火方法^[13],这种方法能够使热能和烟尘从排放孔有控制地排放出来,回收的热能可以加以利用,同时这种方法的成本也不比其他方法高。

2) 应用于水产养殖、畜禽养殖^[11]。

3) 应用于反季节蔬菜、花卉、食用菌栽培。

3 减少煤矸石的途径

3.1 煤矿不出和少出矸石的清洁生产技术

1) 煤矿不出矸开采技术工艺。煤炭地下气化技术将煤炭在地下燃烧气化,将煤炭转化为清洁的可方便利用的能源与化工原料,可使煤的利用价值提高 10 倍以上^[14]。

2) 煤矿少出矸技术工艺。包括减少岩石巷道,减少混入煤炭中的顶矸量,井下分选回填采空区、废旧巷道或置换煤柱等。

3.2 填沟造地

地处荒山丘陵地区的矿井,可填沟造地^[15]:在沟口建坝,集中排放煤矸石,上覆熟化土碾压,土上植树种草,最终将矸石堆场变成林地。

4 煤矸石资源化利用的政策优势

《大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划》^[16]指出,应以煤矸石高附加值、规模化利用为目标,以煤矸石胶结充填、煤矸石生产建筑材料、煤矸石发电为重点,推进煤矸石综合利用。

5 现有煤矸石综合利用工艺

某循环经济工业园的循环模式: 循环流化床锅炉以煤矿排放废弃的煤矸石为主要燃料进行发电和产汽; 锅炉排放的灰渣用于生产水泥; 生产水泥产生的余热用于余热锅炉发电、供汽; 电厂发电后产生的低压汽用于化工厂用汽; 电厂发电作为水泥厂和化工厂生产用电, 盈余电量送至电网。

6 煤矸石综合利用工艺探索

1) 煤矸石综合利用工艺一: 具有一定热量的煤矸石一部分供热电厂流化床锅炉燃用, 一部分供造气炉使用, 造气炉所产煤气可外销或供锅炉调峰或点火使用; 造气炉产生热量可供余热锅炉使用, 热电厂所产电力可供化工厂、制砖厂、肥料厂、混凝土厂、水泥厂等自用, 多余的电量送至电网; 热电厂产生的灰渣可作为化工厂、制砖厂、肥料厂、混凝土厂、水泥厂等所需原材料, 各厂产品可外销, 各厂尾气可供余热锅炉使用, 从而实现煤矸石利用污染物、废弃物排放量最小化, 工艺示意如图 1 所示。

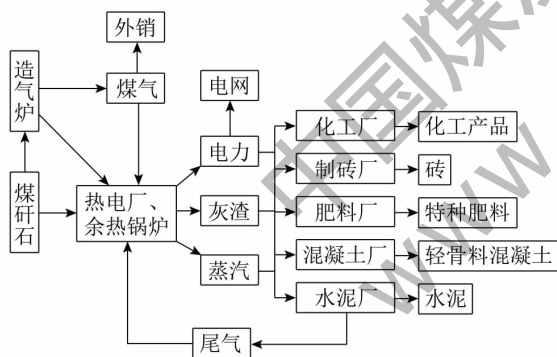


图 1 煤矸石综合利用工艺一

2) 煤矸石综合利用工艺二: 对于自燃的煤矸石山, 可利用控制燃烧技术回收其热量, 供给热电厂或养殖场、蔬菜基地等; 在自燃煤矸石山上, 亦可在适当位置建设养殖场、蔬菜基地等, 并可开发旅游项目; 自燃煤矸石山亦可进行灭火处理, 处理后的矸石可作为热电厂燃料, 灭火后的矸石山亦可进行复垦绿化, 建立旅游区等; 热电厂所产生电力及排放灰渣供化工厂、制砖厂、肥料厂、混凝土厂、水泥厂等自用, 所产生蒸汽可供养殖场、蔬菜基地等使用, 工艺示意如图 2 所示。

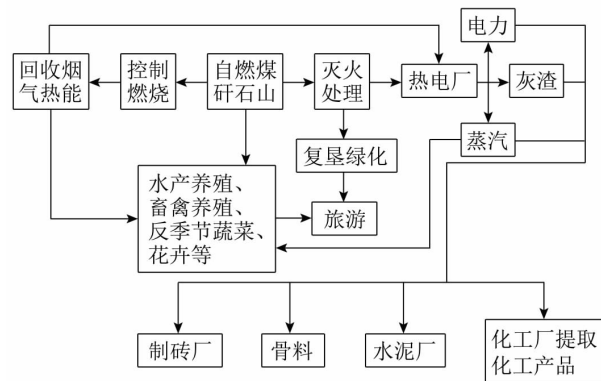


图 2 煤矸石综合利用工艺二

3) 煤矸石综合利用工艺三: 对于已经自燃的煤矸石山, 首先使用热成像仪找出矸石山烟气通道, 在通道处采用风机抽气, 在烟道中布置燃烧器, 使烟气再燃烧, 控制烟温高于酸露点, 燃烧后烟气通道内布置热管, 热管冷端通风冷却, 通风回收热量可送至大棚、供暖(冬季)、烘干、锅炉热风、燃烧器配风(夏季)等。

4) 煤矸石综合利用工艺四: 对于有一定热量而未自燃的煤矸石, 可在堆积煤矸石前, 事先埋下热管套管, 套管下部管壁上留出通风孔, 然后再进行煤矸石堆积, 之后进行强制吸风及人为加热等手段使煤矸石山内部燃烧, 这样矸石山内部燃烧的热量即可利用。套管作用为: ①作为矸石山自燃的烟囱; ②作为热管的防磨套, 在热管失效后(制作工艺不同, 失效周期 3~6 a) 可方便更换。

7 结 语

煤矸石的大量堆存给人类生存环境带来极大危害, 同时, 煤矸石中富含的天然资源无法得到有效利用。所以, 探索煤矸石综合利用工艺是实现社会效益和经济效益多方共赢的有效手段。

企业应因地制宜, 通过对相关产业的有效整合, 使废弃物资源化, 在减少污染物产生和排放的同时, 得到一定的经济效益, 最终实现企业稳固而长远发展。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 中国资源综合利用年度报告(2012) [R]. 北京: 中华人民共和国国家发展和改革委员会, 2013.

(下转第 122 页)

表2 放置3 d后的一步法与二步法全水结果比较

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
二步法 M_{22} /%	12.8	7.4	14.7	13.0	5.7	9.1	10.3	13.8	8.7	9.8
一步法 M_{11} /%	10.7	6.5	12.4	11.2	5.0	7.9	9.1	11.8	7.3	8.5
$(M_{22} - M_{11})$ /%	2.1	0.9	2.3	1.8	0.7	1.2	1.2	2.0	1.4	1.3

从以上结果可看出,子样放置时间越长,采用一步法测定的煤中全水分损失越多。煤中全水分含量越高,水分损失也越大。正确运用二步法测定煤中全水分有利于得到真实而准确的结果。

5 结 语

煤中全水分在煤炭购销活动中是非常重要的质量指标,因煤样放置时间、环境温度和湿度,煤炭采、分、制、化各环节的不同而变化。煤中全水分测值成为煤炭供需方发生质量争议的焦点。根据多年的实践经验,提出准确测定煤中全水分可行的操作方法,对避免煤炭供需双方产生不必要的质量争议具有重要作用。

参考文献:

- [1] 李英华. 煤质分析应用技术指南[M]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [2] 段云龙. 煤炭试验方法标准及其说明[M]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [3] 白浚仁, 刘凤姝, 姚星一, 等. 煤质分析[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1990.
- [4] 方文沐, 杜惠敏, 李天荣. 燃料分析技术问答[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.
- [5] 曹长武. 电力用煤采制化技术及其应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
- [6] 逯桂平. 分型理论对煤粉粒度和孔隙的表征[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(3): 29-32.
- [7] 付志新, 宋学平, 高国双, 等. 干燥后褐煤水分复吸性的试验研究[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(5): 74-76.
- [8] 孟昌忠, 汤达祯, 许浩, 等. 贵州省格目底矿区新寨井田可采煤层及煤质特征分析[J]. 洁净煤技术, 2011, 17(3): 93-96.
- [9] 杨兴伟, 陈宝华, 张宝青, 等. 煤样破碎、缩分和干燥问题分析[J]. 洁净煤技术, 2012, 18(4): 35-38.
- [10] 陈洪博, 白向飞, 罗隽飞. 煤的发热量与水分、灰分的关系研究[J]. 煤质技术, 2010(4): 26-28.
- [11] 孙刚. 商品煤采样与制样[M]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [12] GB/T 211—1996 煤中全水分的测定方法[S].
- [13] GB 474—2008 煤样的制备方法[S].
- [14] GB 475—2008 商品煤样人工采取方法[S].
- [15] GB/T 3715—2007 煤质及煤质分析有关术语[S].
- [16] 朱宝忠, 谢承卫. 煤矸石综合利用的研究进展[J]. 贵州大学学报: 自然科学版, 2007, 24(5): 520-525.
- [17] 张成梁, 杜永吉, 李美生, 等. 自燃煤矸石山热能资源及利用[J]. 安徽农业科学, 2008(6): 2431-2432.
- [18] 余明高, 段玉龙, 郝强, 等. 自燃煤矸石山温度场的有限元分析[J]. 中国安全科学学报, 2007, 17(7): 14-19.
- [19] 武丽敏. 国外煤矸石处理利用与煤矸石山自燃控制[J]. 煤矿环境保护, 1994, 8(6): 24-26.
- [20] 朱秀梅, 邓晓成. 煤矸石对环境的危害及其防治[J]. 化学工程与装备, 2011(3): 172-173, 166.
- [21] 徐友宁, 袁汉春, 何芳, 等. 煤矸石对矿山环境的影响及其防治[J]. 中国煤炭, 2004, 30(9): 50-52.
- [22] 中华人民共和国工业和信息化部. 大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划[R]. 北京: 中华人民共和国工业和信息化部, 2011-12-17.

(上接第95页)

- [1] 潘荣锷, 余明高, 徐俊, 等. 矸石山的危害及自燃原因关联分析[J]. 安全与环境工程, 2006, 13(2): 66-69.
- [2] 毛艳丽, 罗世田, 鲁志鹏. 平顶山市煤矸石的资源化利用[J]. 洁净煤技术, 2007, 13(4): 75-78.
- [3] 刘东. 煤矸石的性质及其综合利用浅析[J]. 内蒙古科技与经济, 2010(8): 91-92.
- [4] 范立群, 李正炎, 杨丽娜. 煤矸石的改性及其对废水中 Pb^{2+} 的吸附性能研究[J]. 青岛理工大学学报, 2010, 31(3): 64-68.
- [5] 刘海成, 张守花, 王现丽, 等. 改性煤矸石处理鱼塘养殖废水的试验研究[J]. 矿业研究与开发, 2011(2): 79-81.
- [6] 关杰, 李英顺. 煤矸石综合利用现状及前景[J]. 环境与可持续发展, 2008(1): 34-36.
- [7] JC/T 541—94 自燃煤矸石轻骨料[S].
- [8] MT/T 574—1996 煤矸石生物肥料技术条件[S].