

粉煤灰综合利用研究进展

雷 瑞 ,付东升 ,李国法 ,孙欣新 ,袁 聪 ,郑化安

(陕西煤业化工技术研究院有限责任公司 陕西 西安 710065)

摘要: 从环境保护和可持续发展角度,介绍了粉煤灰堆存的危害和国内外粉煤灰综合利用概况。分别从粉煤灰筑路回填,生产不同粉煤灰掺量的水泥、混凝土、粉煤灰砖、新型墙体材料等建筑材料,高附加值矿物提取、废气废水治理及农业等方面的应用情况出发,综述了国内外粉煤灰综合利用的研究现状和进展。并针对中国粉煤灰综合利用存在的问题和国家政策导向,提出了中国粉煤灰综合利用应在现有基础上积极推广粉煤灰利废建材生产、推广采用粉煤灰筑路等建筑工程技术、推进高附加值矿物提取技术产业化等技术发展趋势。

关键词: 粉煤灰; 固体废物; 循环经济; 清洁生产; 综合利用

中图分类号: TD849; TQ172; X773

文献标识码: A 文章编号: 1006-6772(2013)03-0106-04

Research progress of fly ash comprehensive utilization

LEI Rui ,FU Dongsheng ,LI Guofa ,SUN Xinxin ,YUAN Cong ,ZHENG Huaan

(Shaanxi Coal and Chemical Technology Institute Co., Ltd. Xi'an 710065, China)

Abstract: Introduce the harm of fly ash stack and its comprehensive utilization at home and abroad from the aspects of environmental protection and sustainable development. The main methods of fly ash utilization are backfilling road, producing cement, concrete, flyash brick and new type wall materials, extracting high value-added minerals, making the soil more fertile. Based on the practical utilization status of fly ash at home and national policies, point out that building materials production, road backfill, high value-added minerals extraction are the utilization tendency of fly ash.

Key words: fly ash; solid wastes; circular economy; cleaner production; comprehensive utilization

0 引 言

中国是以煤炭为主要能源的国家,电力的76%由煤炭产生,燃煤产生的粉煤灰总堆存量已超过10亿t,而且还在以每年0.8亿~1亿t的速度增加,成为世界上最大的排灰国^[1]。粉煤灰存放不仅占用大量土地,还会造成严重的环境污染。开展粉煤灰等煤系固体废弃物综合利用,延伸煤炭产业

链,不仅关系到中国煤炭产业、电力工业及相关工业可持续发展问题,而且对保护土地资源,减少、消除污染,实现循环经济具有重要意义。

1 国外粉煤灰综合利用现状

国外粉煤灰的综合利用最早可追溯到20世纪20年代,当时一些发达国家开始对粉煤灰进行研究^[2-3]。国外粉煤灰的资源化利用备受重视,综合

收稿日期:2013-04-20 责任编辑:孙淑君

作者简介:雷 瑞(1984—),女,陕西西安人,博士,工程师,主要从事新材料开发工作。E-mail:leirui99@hotmail.com。

引用格式:雷 瑞,付东升,李国法,等.粉煤灰综合利用研究进展[J].洁净煤技术,2013,19(3):106-109.

利用率很高,如荷兰达到100%,意大利达到92%,丹麦90%,比利时73%等,粉煤灰已广泛应用于建材、建工、交通、农业、化工和冶金等行业^[4-11]。粉煤灰利用率最高、技术经济效果最好的利用方式主要体现在建材工业和建筑工程领域^[4-5]。近年来,国外开发了以粉煤灰为原料生产内外墙、地面装饰用瓷砖、保温隔热材料、填料的新技术^[6-7]。美国、日本等国针对粉煤灰在农业方面的利用也进行了研究,主要是利用粉煤灰的组分特征、物理和化学特性对土壤进行改良及制作肥料等^[8]。日本等国还利用粉煤灰的物理和化学吸附性质开展了废水处理、烟气脱硫等研究^[9-10]。针对粉煤灰的某些特定组分,发达国家最早从精细化工利用方面,提取粉煤灰中的特性组分开展研究^[11],并取得了比较满意的成果。

2 国内粉煤灰综合利用现状

2.1 国内粉煤灰综合利用概况

“十一五”期间,中国在粉煤灰综合利用水平提高和国家政策完善的基础上,粉煤灰综合利用取得积极进展^[12]:2010年粉煤灰综合利用量达3.00亿t,综合利用率达69%,相比2005年综合利用情况,利用量提高了约1亿t,利用率提高了3%。主要利用方式体现在筑路回填、生产高掺量建材及高附加值矿物提取等,其中高掺量混凝土在多项重大工程中得到了应用,高铝粉煤灰提取氧化铝技术逐步走向产业化^[12]。“十一五”期间,粉煤灰综合利用取得了明显的经济效益和社会效益,但也并存诸如综合利用区域发展不平衡,堆积量大,综合利用水平有待提高,综合利用项目规模小等诸多问题^[12-13]。

2.2 粉煤灰综合利用进展

2.2.1 粉煤灰作井下回填和充填矿井塌陷区

粉煤灰填方造地是综合利用最直接有效的方式,用粉煤灰注浆充填采空区不仅可以加强围岩和煤柱,还可起到防火效果,达到了就地取材、废物利用的目的。

2.2.2 粉煤灰用于筑路工程

近几年筑路用灰的比例不断提高,粉煤灰已大量用于建设公路路堤,减少粉煤灰积存的同时提高了路堤质量。

2.2.3 粉煤灰用作建筑材料

中国粉煤灰综合利用最早用于生产建筑材料,主要利用途径有配制粉煤灰水泥、粉煤灰混凝土、

粉煤灰烧结砖、粉煤灰砖砌块、粉煤灰陶粒、微晶玻璃等^[14]。

1) 粉煤灰水泥

粉煤灰水泥可广泛用于工业与民用建筑中,尤其适用于大体积混凝土、水工建筑、海港工程等。粉煤灰可分别生产不同掺量范围的水泥^[15],这也是利用量较大的一种方式,可降低水泥生产成本,提高企业经济效益。

2) 粉煤灰混凝土

在混凝土中掺入粉煤灰,不但能部分代替水泥,降低工程造价,而且能提高混凝土性能,是高性能混凝土的理想掺合料^[16]。最早使用粉煤灰混凝土的三峡大坝工程,利用粉煤灰3.3万t,节省水泥2.13万t;北京奥运会场馆及配套设施工程建设利用粉煤灰350多万t^[13]。

3) 粉煤灰墙体材料

① 烧结粉煤灰砖

烧结粉煤灰砖以粉煤灰和黏土为主要原料,粉煤灰掺量为30%~70%,具有保护环境、节约能耗、减轻建筑负荷、降低劳动强度等优点。牡丹江中远实业集团有限责任公司建有7条粉煤灰砖生产线,年产粉煤灰砖1.5亿块,为企业带来可观的经济效益和社会效益^[17]。

② 蒸压粉煤灰砖

太原钢铁集团粉煤灰综合利用公司是国内最早开发粉煤灰墙体砖的企业之一^[18],拥有年产2亿块蒸压粉煤灰砖生产线及30万m³蒸压加气混凝土砌块,可实现每年利用粉煤灰等废弃物52万t,综合利用率达到了72%~80%。世博会山西馆的外墙就是采用太钢生产的3076块蒸压粉煤灰砖砌成。

③ 粉煤灰砌块

粉煤灰砌块至今已发展有蒸压粉煤灰加气混凝土砌块、粉煤灰混凝土小型空心砌块、粉煤灰空心砌块等。粉煤灰砌块与黏土砖相比,密度低、强度高、耐久性好,符合当今墙体材料向轻质、高强、大块改革的发展方向,是黏土砖的理想替代品。

④ 粉煤灰陶粒

粉煤灰陶粒用途非常广泛,可用于生产粉煤灰陶粒砌块、保温轻质混凝土、结构轻质混凝土等。2011年6月山西西山热电环保配套工程——粉煤灰综合利用项目正式开工建设,项目一期包括年产20万m³粉煤灰陶粒项目和年产20万m³粉煤灰加气混凝土砌块项目,加上二期配套项目最终可实现

西山热电粉煤灰零排放目标^[19]。

⑤粉煤灰轻质板材

主要包括粉煤灰硅钙板、粉煤灰加气混凝土板材等,目前国内已有厂家进行批量生产。粉煤灰轻质板材具有轻质、高强、保温、隔音、防潮、不燃等优点,广泛用于工业和民用建筑工程中。

⑥粉煤灰制微晶玻璃

粉煤灰制微晶玻璃是一项集陶瓷制备新技术和工业固体废弃物再生利用于一体的新材料制备技术,可用于建筑幕墙及室内高档装饰,还可做机械上的结构材料,电子、电工上的绝缘材料,大规模集成电路的底板材料,微波炉耐热器皿、化工与防腐材料和矿山耐磨材料等。

2.2.4 粉煤灰提取氧化铝

粉煤灰提取氧化铝技术备受关注,有序推进高铝粉煤灰提取氧化铝及其配套项目建设是“十二五”粉煤灰综合利用的主要任务之一^[20]。自2004年以来,大唐国际与清华大学自主开发高铝粉煤灰提取氧化铝技术,经过近5a的科技攻关掌握了关键工艺路线,目前已进入工业化实施阶段^[21]。神华集团与吉林大学合作,针对内蒙古准格尔矿区流化床高铝粉煤灰中氧化铝提取开展攻关,在制备冶金级氧化铝同时,提取稀有金属镓,制取白炭黑、净水剂及建筑墙体材料,实现了粉煤灰的零排放^[22]。神华集团“年产100万t氧化铝及综合利用工业化示范厂”已于2011-12-18进行了奠基典礼,预计2013年底建成投产。

2.2.5 粉煤灰用于其他方面

粉煤灰在化工、环境保护、农业等领域的综合利用也取得了一些科研成果。

1) 环境保护

在环境保护方面,主要是基于粉煤灰的吸附特性及特定组分用于废水、废气的处理。如利用粉煤灰制备的聚合氯化铝、硫酸铝等絮凝剂在污水处理方面具有成本低、效率高等特点,应用前景广阔^[23]。

2) 农业

目前,中国粉煤灰在农业方面的研究主要是利用粉煤灰改良土壤、生产化肥^[24]。

3) 塑料、橡胶

粉煤灰用于塑料、橡胶填料也有很好的利用价值。如将粉煤灰处理后用作橡胶的补强填充剂,可在降低生产成本的同时,提高产品质量,具有较好的经济效益。

4) 沸石分子筛

将粉煤灰合成沸石是有效利用资源的途径之一,此项目工艺简单、能耗低、合成产率高且无三废污染^[13]。

5) 回收铁、磁珠

粉煤灰中的铁以不同价态氧化铁等形式存在,可回收利用。

6) 空心微珠

空心微珠是粉煤灰经高温熔融、雾化后,遇冷产生的一种空心球形珠体,具有轻质高强、耐高温、绝缘性高等特性,可广泛应用于耐火材料、合成塑料、橡胶、石油、航空等工业生产。

3 粉煤灰综合利用发展趋势

2011年,中国粉煤灰综合利用量达3.67亿t,综合利用率达68%,“十二五”末中国粉煤灰综合利用率将提高到70%,在扩大利废规模、提高利用水平的基础上,粉煤灰综合利用将得到平衡稳步发展^[25]。根据国家的政策规定,针对中国粉煤灰综合利用存在的问题,应在现有的工作基础上,积极推广粉煤灰加气混凝土、蒸压砖、陶粒等利废建材生产应用,提高利用量;推广采用粉煤灰建造水坝、油井平台、路基等建筑工程技术;推进高铝粉煤灰提取氧化铝技术的产业化;研发粉煤灰用于农业、污水处理及各类填充材料等技术。积极推进陕西、山西、内蒙等粉煤灰堆存量大的地区的粉煤灰综合利用进程,提高粉煤灰综合利用水平。

参考文献:

- [1] 郭新亮. 燃煤电厂粉煤灰综合利用技术研究[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [2] Anon. An Investigation to the Pozzolanic Nature in Coal Ashes [J]. Engineering News Record, 1914, 71(24): 1334-1335.
- [3] Hock J L, Lichtman D. The development of auto claved cellular concrete [J]. Cellular Concrete, 1998, 71(1): 15-18.
- [4] 陈树义. 国外粉煤灰在建材工业中的开发应用[J]. 粉煤灰综合利用, 1990(2): 27-34.
- [5] 黄谦. 国内外粉煤灰综合利用现状及发展前景分析[J]. 中国井矿盐, 2011, 42(4): 41-43.
- [6] Siddique R. Effect of fine aggregate replacement with class F fly ash on the mechanical properties of concrete [J]. Cement and Concrete Research, 2003, 33(4): 539-547.

- [7] Hanehara S, Tomosawa F, Kobayakawa M. Effects of water ratio, mixing ratio of fly ash and curing temperature on pozzolanic reaction of fly ash in cement paste [J]. Cement and Concrete Research, 2001, 31(1): 31-39.
- [8] 李桂中. 电力建设与环境保护 [M]. 天津: 天津大学出版社, 2000: 970-1000.
- [9] Woolard C D, Strong J, Erasmus C R. Evaluation of the use of modified coal ash as a potential sorbent for organic waste streams [J]. Applied Geochemistry, 2002, 17(8): 1159-1164.
- [10] Behrooz S G, Carl F S, Wojciech S J, et al. Simultaneous control of HgO, SO₂ and NO_x by novel oxidized calcium-based sorbents [J]. Journal of Air and Waster Manage Association, 2002, 52(3): 273-278.
- [11] 赵宏, 陆胜, 解晓斌. 用粉煤灰制备高纯超细氧化铝粉的研究 [J]. 粉煤灰综合利用, 2002(6): 8-10.
- [12] 杨利香, 施钟毅. “十一五”我国粉煤灰综合利用成效及其未来技术方向和发展趋势 [J]. 粉煤灰, 2012(4): 4-9.
- [13] 国家发展改革委环资司. 推进大宗固体废物综合利用促进资源循环利用产业发展 [J]. 中国资源综合利用, 2010, 28(5): 18-19.
- [14] 吴韩. 粉煤灰在建筑材料中的应用 [J]. 中国建材科技, 2010(4): 63-67.
- [15] 刘关宇. 粉煤灰综合利用现状及前景 [J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(19): 167-169.
- [16] 周国成, 张饶, 张爱民, 等. 粉煤灰综合开发技术概述 [J]. 泸天化科技, 2011(4): 303-307.
- [17] 邓琨. 固体废弃物综合利用技术的现状分析 [J]. 中国资源综合利用, 2011, 29(1): 33-42.
- [18] 孙晓霞. 蒸压粉煤灰砖 走进新时代 [J]. 新材料产业, 2010(9): 79-82.
- [19] 陈丽. 浅谈西山煤电集团公司粉煤灰的综合利用 [J]. 科技情报开发与经济, 2010, 20(20): 164-165.
- [20] 陈珏. 大宗工业固体废物综合利用“十二五”规划 [J]. 砖瓦, 2012(2): 5-11.
- [21] 孙俊民, 姚强, 张战军, 等. 一种从高铝粉煤灰中提取二氧化硅、氧化铝及氧化镓的方法: 中国, 101284668 [P]. 2007-04-12.
- [22] 魏存弟, 杨殿范, 裴亚利. 一种制备氧化铝的方法: 中国, 1927716 [P]. 2006-08-29.
- [23] 王丽华. 利用高铝粉煤灰制备聚合氯化铝的实验研究 [D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2006.
- [24] 聂轶苗, 刘淑贤, 牛福生, 等. 粉煤灰研究进展及展望 [J]. 混凝土, 2010(4): 62-65.
- [25] 国家发展改革委环资司. 国家发展改革委关于印发“十二五”资源综合利用指导意见和大宗固体废物综合利用实施方案的通知 [J]. 再生资源与循环经济, 2012, 5(1): 6-12.

(上接第 105 页)

5) 在投入低温余热回收装置运行后, 汽机的热耗下降了 59 kJ/kWh, 对应发电煤耗率下降了 2.8 g/kWh 左右, 机组运行经济性明显提升。

参考文献:

- [1] 康晓妮, 马文举, 马涛, 等. 320 MW 机组锅炉加装低温省煤器的经济性研究 [J]. 热力发电, 2012(5): 8-11.
- [2] 福建龙净环保股份有限公司. 静电除尘器研究实验报告 [R]. 龙岩: 福建龙净环保股份有限公司, 2012.
- [3] 胡广涛, 岳益锋. 降低锅炉排烟温度利用烟气余热的实践与理论研究 [J]. 节能技术, 2012(4): 295-298.
- [4] 林峰. 基于低压省煤器技术的 200 MW 锅炉排烟余热利用改造 [J]. 科技与生活, 2012(19): 105-106.
- [5] 王晶晶, 赵振宁, 姚万业, 等. 回转式空预器漏风分布对热风及排烟温度影响的研究 [J]. 华北电力技术, 2012(8): 43-46.
- [6] 郭刚. 解析电除尘烟温与粉尘特性的最佳结合点 [J]. 中国环保产业, 2012(5): 59-61.
- [7] 周建军, 武英刚, 兰小军. 小型燃精细水煤浆锅炉电除尘的试验研究 [J]. 洁净煤技术, 2008, 14(5): 96-99.
- [8] 陈涛. 应用于低压省煤器的 H 型鳍片管传热分析 [J]. 科技广场, 2012(5): 116-119.
- [9] 杨群峰, 曹颖, 董哲, 等. 小型工业锅炉烟气余热利用新技术 [J]. 节能技术, 2012(4): 342-345.
- [10] 段立强, 李冉, 杨勇平. 烟气冷却器的节能效果评价 [J]. 节能技术, 2012(5): 387-391.
- [11] 张付新, 袁晓豆, 史月涛, 等. 1021 t/h 锅炉单侧增设低压省煤器降低排烟温度的实践 [J]. 电站系统工程, 2012(5): 21-23.
- [12] 吕中平. 锅炉热效率监测及分析 [J]. 计量与测试技术, 2012(8): 1-2.
- [13] 杜艳玲, 李斌, 李露, 等. 220 MW 机组增设低压省煤器的经济性分析 [J]. 电力科学与工程, 2012(10): 53-56.
- [14] 田贵山, 徐廷相. 高温高压煤(烟)气的除尘技术分析 [J]. 洁净煤技术, 1998, 4(4): 45-47.
- [15] 王乃计, 徐振刚. 美国高温气体除尘技术发展现状 [J]. 洁净煤技术, 1996, 2(4): 43-47.