

综述与专论

我国煤矸石的综合利用研究进展

彭富昌,王青松

(攀枝花学院 材料工程学院,四川 攀枝花 617000)

摘要:煤矸石的综合开发利用对于节约资源、改善环境、实现可持续发展具有重要意义。分析了我国煤矸石利用现状,综述了国内煤矸石在有价元素提取、化工、建材、新材料和分子填料等领域的新产品、新材料及开辟应用新途径的研究进展。我国煤矸石利用技术和水平不高,相对于巨大的煤矸石产生量,现有的产业化利用途径难以满足实际处理需求。依据煤矸石的化学和矿物成分进行分类应用,基于新产品、新技术的高值利用对进一步提高资源利用水平和利用率有重要意义,是煤矸石综合利用的重要发展方向。

关键词:煤矸石;综合利用;进展;展望

中图分类号:TD849

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)01-0017-04

RESEARCH PROGRESS ON DOMESTIC COMPREHENSIVE UTILIZATION OF COAL GANGUE

PENG Fu-chang, WANG Qing-song

(College of Materials Engineering, Panzhihua University, Panzhihua 617000)

Abstract: It is important significance to develop and utilize coal gangue for saving resources, improving environment and achieving sustainable development. An overview was given about the current development and utilization situation of domestic coal gangue in the field of energy, chemical industry and building materials. It was key summarized about researching progress of domestic coal gangue in the field of high-value new products, new materials and new ways to utilize, for example abstracting valuable elements, preparing new chemical materials, new building materials, high-performance ceramics and new functional materials and so on. Finally, it was pointed some shortcoming and the development proposals was indicated in the future on domestic gangue.

Key words: coal gangue, comprehensive utilization, progress, prospect

我国在煤矸石利用方面的研究起步相对较晚,产业化应用主要集中于矿井回填、铺路、发电和建材等领域,虽然用量大,但是产品附加值不高,而且面临综合利用率低、设备技术落后、地区发展不平衡等问题^[1,2],相对于巨大的煤矸石产生量,国内现有的利用途径难以满足其处理需求。近年来,国内在煤矸石开发利用研究方面有了一些新的技术和进展,本文分析了我国煤矸石的开发

利用现状,综述了开发煤矸石高附加值新产品、新材料、开辟应用新途径方面的研究进展情况。

1 我国煤矸石开发利用现状

我国煤矸石排放量主要集中在北方产煤区,2012年已达70亿t,并且每年以数亿t的速度递增^[3]。目前的开发利用水平仍较低,主要表现是技术设备落后、应用规模较小、发展缓慢、产品竞争能力弱等,一些技术含量较高的开发利用技术未能得到广泛应用。欧美发达国家煤矸石的总体利用率高达90%以上,近三年,我国煤矸石综合利

用率平均达 60 % 以上,在工程填料、发电、建材产品等领域应用技术相对成熟,与国外发达国家水平接近,但在高附加值产品技术领域明显落后。

1.1 工程填料

用煤矸石填埋、筑基铺路、土地复垦、充填采空区和塌陷区等已成为煤矸石无害化处理的主要途径,2013 年的综合处理能力超过 4 亿 t。用煤矸石充填沉陷区和采空区,对煤矿带来了较好的经济效益。煤矸石用作工程填料不需要增加成本、且用量大,经济上可行,缺点是粗放利用,不能很好实现资源综合有效利用。

1.2 能源领域

煤矸石作为低热值燃料,用煤矸石发电或制砖可以充分利用自身所具有的发热量,实现资源节约和持续利用。煤矸石在能源领域的主要利用途径为煤炭回收和发电,通过各种分选方法将混在煤矸石中的煤炭加以回收利用^[4]。2013 年,国内煤矸石等低热值燃料发电机组总装机容量达 2 800 万 kw,年利用煤矸石 1.4 亿 t,年发电量 1 600 亿 kwh^[5]。我国煤矸石发电虽然取得了长足进步,但发电企业大都处于亏损或微利运行状态,企业经济效益有待提高。煤矸石发电企业在追求高参数和大容量发电机组的同时,也面临着锅炉渣和飞灰处理、烟尘监测与控制技术难度高等巨大环保压力^[6]。

1.3 建材领域

煤矸石用于制砖和水泥等建筑材料是一种非常有效的利用途径,它不仅能利用矸石的热值,节省燃料,而且能替代黏土等原料。国内大部分煤矸石的组成和性能基本满足制砖要求,可以烧制全煤矸石砖。我国煤矸石制砖的设备和技术已经趋于成熟,但产品规格型号少、整体质量水平不高,市场所需要的承重、保温隔热和具有装饰性的多用途多孔砖还不能满足要求。生产技术和装备的创新,开发多功能、多品种的矸石砖将成为未来发展方向。另外,煤矸石用于代替黏土作为生产水泥的原料,在实际生产中的掺加量仍然很低。国内外在煤矸石生产水泥方面仍停留在如何充分激发煤矸石的水泥化活性以提高其掺加量等应用开发阶段^[7-9]。

1.4 化工产品领域

煤矸石中所含的元素种类较多,其中 SiO₂ 和

Al₂O₃ 含量最高。煤矸石主要化工用途就是通过各种不同的方法提取煤矸石中某一种元素或生产含硅、铝、硫等无机化工产品。用煤矸石生产化工产品可解决传统技术不足,使其资源化,是煤矸石重要的高值利用途径。但现有产品种类少、煤矸石用量小,而且不同矿区煤矸石组成差异较大。因此,需要在化学成分和矿物组成分析的基础上,进行分类综合利用^[9]。

2 煤矸石综合利用研究进展

2.1 有价元素提取

煤矸石不仅含有大量的 Al、Si、Fe、Ca 和农作物所需的微量元素^[10],还有 Ga、Sc、V、Ti、Co 等有价元素,对这些元素的提取是煤矸石深度开发利用的重要方向。目前研究主要集中在 Ga、Sc、Ti 等稀有元素的富集、分离和提取技术^[11]。刘有才等^[12]采用化学选矿方法结合先进的除杂手段与技术,高效回收 Ga、Al 等有价资源,镓的回收率达 85% 以上。王现丽^[13,14]等研究了煤矸石制备 TiO₂ 的工艺,为煤矸石中钛资源的回收利用进行了有益探索。因煤矸石中有价元素含量普遍偏低,提取和应用技术成本较高,煤矸石用量小,有价元素的提取技术进展不大。因此,进行有针对性的技术开发,提高资源利用效率仍是今后煤矸石提取有价元素的重要课题。

2.2 新型化工产品

基于煤矸石中 Si、Al、Fe 及硅酸盐成分制备新型化工产品的研究一直是热点和难点,新的技术和进展主要集中在活性氧化铝^[15,16]、沸石^[17]、絮凝剂^[18,19]和分子筛^[20-23]等新产品上,产品用于垃圾渗滤液和废水处理等环境工程领域。文献报道的分子筛结晶度高、晶形规整,对废水中 COD、氨氮和重金属离子等吸附效果好。孔顺德^[24]用煤矸石制备的聚合硫酸铝铁对悬浊液去浊率 96.34 %。陈建龙^[25]制备的煤矸石基体 X 型分子筛能有效去除 Cd²⁺、Cr³⁺、Cu²⁺和 Co³⁺等离子。以煤矸石合成分子筛既解决了分子筛制备的高成本问题,又实现了煤矸石的资源化。化工新品的开发是煤矸石高值综合利用的主要途径,具有广泛的应用前景。

2.3 新型建筑材料

煤矸石生产水泥和制砖是处理量最大、利用最彻底的方法。近年来,利用煤矸石制备建材的进展主要在新型胶凝材料^[26]、陶粒产品^[27]、微晶玻璃

[28]、高强度多孔保温砌块^[29-31]等新型建筑材料方面。漆贵海^[29]以煤矸石为原料制备的复合保温砌块,在建筑围护结构中的保温隔热性能优异。刘蓉等^[32]通过适当掺配的煤矸石原料制得符合市场需求的不同密度等级人造轻骨料。随着建筑节能标准对新型墙体材料的需求,用量会更大,微晶玻璃作为当今世界一种新兴的高档建筑装饰材料,在建材领域有良好的应用前景,新型建筑材料的发展必将极大地促进煤矸石资源化利用效率的提高。

2.4 新型功能材料

以煤矸石制备地质聚合物、相变储能、吸声材料、多孔陶瓷等新型功能材料是近年来的研究热点,因其特殊的结构和性能,在能源开发利用、环境治理、保温隔热、储能蓄热、隔声消声等方面将会替代传统材料,具有很好的应用前景。周梅^[33]研究表明,煤矸石经过复合活化、大掺量制备高强度地质聚合物是可行的。马茹燕^[34]以煤矸石为原料制备出在 300 °C 下吸热,在 400-700 °C 能较大放热的相变储能材料。张继香^[35]制备的多孔吸声材料,孔隙率达 81.6 %,高频吸声性能优越。郭利勇^[36-37]等通过掺入煤矸石改良膨润土,不同程度地改善了膨胀率、抗剪强度和抗压强度。马壮^[38]通过煤矸石涂层使铜基的耐酸和耐油腐蚀性等提高 1.5 倍。以煤矸石为主体原料制备新材料为煤矸石利用开辟了新途径。

2.5 高性能陶瓷材料

塞隆材料因具有高硬度、高韧性和抗热震性等优良性能成为最具潜力的高性能陶瓷材料之一,莫来石作为一种优质的耐火原料,具有耐高温、强度高、导热系数小、节能效果显著等特点,广泛用于窑炉内衬,但矿物比较稀少。以煤矸石合成塞隆材料^[39]、莫来石^[40,41]和堇青石^[42-43]等新工艺、新技术是煤矸石综合利用的又一个重要方向。

2.6 高分子材料的填充改性

煤矸石经过深度加工处理后用于聚合物的填充和改性,不仅降低成本,还能改善材料结构和性能。有关煤矸石增韧聚甲醛树脂^[44]、煤矸石/聚合物复合材料力学性能与加工性能^[45-47]、煤矸石补强丁苯橡胶^[48]等研究结果表明,煤矸石能够部分或全部代替传统聚合物填充和改性材料用于高分子材料加工领域,对改善材料性能效果明显。如果解决

了煤矸石的组成、粒度、表面性质和煤矸石利用率等问题后,高分子填料将是煤矸石高值利用的新途径,对拓展煤矸石的综合利用途径具有重要意义。

3 结束语

近年来,我国煤矸石资源的开发利用研究已经取得了一定进展和成效,尤其在发电、建材和工程填料等领域取得了较大经济效益和社会效益,在其它高附加值的新材料、新产品利用领域已经有很大的发展。但相对于巨大的煤矸石产生量,现有的产业化利用途径仍然不能满足其处理需求,一些综合利用新技术与大规模工业化仍然存在差距,煤矸石综合利用水平和效率不高。因此,今后的发展应从以下几方面加以努力:

- a) 重视煤矸石组分与特性的研究,依据煤矸石的特性和实际需要进行分类开发利用。
- b) 提升煤矸石的传统应用技术水平,优化工艺、降低成本,增强市场竞争力。
- c) 促进煤矸石制化工新产品和新型建材产业发展,提高煤矸石资源化率。
- d) 加强煤矸石基新材料、新产品的研究和应用研究,拓宽应用途径和领域。
- e) 加大扶持和引导,提高企业对煤矸石开发利用的积极性,带动相关产业发展。

参考文献

- [1] 孙 钢,刘焕胜.煤矸石资源化利用现状及其进展[J].煤炭加工与综合利用,2012(3):53-56
- [2] 师垒垒.高铁低铝煤矸石综合利用的基础研究[D].昆明理工大学,2013
- [3] 何 莉.浅析煤矸石的综合利用途径[J].中国新技术新产品,2012(6):169-170
- [4] 岳 林,秦 斌.谈煤矸石发电技术的现状及展望[J].科技技术应用,2013:86
- [5] 彭源长.全国煤矸石煤泥发电装机 2800 万千瓦[N].中国电力报,2013.4(1)
- [6] Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. National People's Congress Wang Mingsheng suggested increasing the low calorific value coal power project approval (全国人大代表王明胜建议应加大低热值煤发电项目核准力度) [OL]. [2014-03-11].
- [7] Frías M, Sánchez de Rojas M I, García R, Valdés A J, Medina C. Effect of activated coal mining wastes on the properties of blended cement [J]. Cement and Concrete Composites, 2012, 34 (5): 678-683
- [8] Liu X, Zhang N, Yao Y, Sun H, Feng H. Micro-structural characterization of the hydration products of bauxite-calcination-method

- red mud-coal gangue based cementitious materials [J]. Journal of Hazardous Materials, 2013, 262: 428-438
- [9] 郭彦霞,张圆圆,程芳琴. 煤矸石综合利用的产业化及其展望[J]. 化工学报,2014,65(7):243-2454
- [10] 袁向芬,程帆,杨艳梅,等.两种细菌处理高硫煤矸石制备肥料的研究[J].硅酸盐通报,2014,33(2):302-307
- [11] 罗道成,刘俊峰. 阴离子树脂萃取富集-分光光度法测定煤矸石中痕量钒[J].分析实验室,2010,(6):18-21
- [12] 刘有才,李丽峰,符剑刚,等.高铝高镁煤矸石的综合利用[J].广东化工,2009,36(7):137-139
- [13] 王现丽,吴俊锋,时鹏辉.利用煤矸石制取高纯度超细微的钛白粉的实验研究[J].平顶山工业学院学报,2008,17(2):31-33
- [14] 时鹏辉.利用煤矸石制取钛白粉的实验研究[J].电力环境保护,2008,24(5):56-58
- [15] 任根宽,朱登磊,谭超.从煤矸石中提取活性氧化铝的清洁化工艺[J].安全环境学报,2014,(2):160-163
- [16] 杨喜,崔慧霞,郭彦霞,等.煤矸石中铝、铁在高浓度盐酸中的浸出行为[J].环境工程学报,2014,8(8):3403-3408
- [17] 陈莉荣,张娜,杜明展,等.内蒙古煤矸石制备沸石试验[J].金属矿山,2014,(1):167-171
- [18] 连明磊,缪应菊,霍霞,等.微波活化-水解-接枝制煤矸石淀粉基絮凝剂[J].高校化学工程学报,2014,28(4):918-923
- [19] 何丽莉,徐新阳.煤矸石制备聚合氯化铝铁钙的形态表征与混凝性能研究[J].安全与环境学报,2014,14(1):212-215
- [20] 任根宽.用煤矸石合成 4A 沸石分子筛处理氨氮废水[J].环境工程学报,2014,8(4):1533-1538
- [21] 李平,马平,田红丽,等.高铝煤矸石合成 4A 分子筛研究[J].环境工程学报,2014,33(3):89-91
- [22] 金玉家,吴红梅,管景国,等.阜新煤矸石制备 4A 分子筛阻垢剂的工艺条件研究[J].天津化工,2014,28(1):17-20
- [23] 孔德顺,李琳,范佳春,等.高铁高硅煤矸石制备 P 型分子筛[J].硅酸盐通报,2013,32(6):1052-1056
- [24] 孔德顺,王茜,宋说讲,等.煤矸石提取铝铁元素制备 PAFS 实验研究[J].中国陶瓷,2014,50(5):60-63
- [25] 陈建龙.煤矸石合成 NaA 和 NaX 型分子筛及其对重金属废水的吸附研究[D].西安:陕西师范大学,2014
- [26] 王海霞,倪文,黄屹,等.用活化煤矸石制备新型胶凝材料[J].金属矿山,2011(3):165-168
- [27] 张蔚.高岭土尾矿-煤矸石烧制轻质高强陶粒的研究[J].新型建筑材料,2012(10):81-85
- [28] 金彪,汪潇,杨留栓,等.煤矸石制备堇青石微晶玻璃的研究[J].硅酸盐通报,2014,33(10):2593-2596
- [29] 漆贵海,赖振彬,雷艳,等.煤矸石制备复合保温砌块[J].新型建筑材料,2014,(1):7-9
- [30] 蔡云,谢图,等.利用山砂、煤矸石及石灰生产蒸压灰砂砖的研究[J].砖瓦,2014,(1):17-19
- [31] 吕德生,辛海峰,王振华,等.煤矸石与沙漠砂烧结多孔砖的配合比研究[J].新型建筑材料,2014,33(8):6-9
- [32] 刘蓉,支楠,吕新.利用煤矸石生产人造骨料及工艺方案[J].砖瓦,2013(2):48-52
- [33] 周梅,赵华民,翟宏霖,等.煤矸石的复合活化及制备高强地质聚合材料[J].硅酸盐通报,2014,33(8):1908-1914
- [34] 马茹燕.煤矸石制备相变材料研究[J].晋城职业技术学院学报,2012(2):42-48
- [35] 张继香,刘炜,董英鸽,等.利用煤矸石研制多孔陶瓷吸声材料[J].中国陶瓷,2010,46(6):50-52
- [36] 郭利勇,张雁.煤矸石粉改良膨胀土的试验研究[J].内蒙古农业大学学报,2013,34(4):127-130
- [37] 杨晓蕴,张雁.煤矸石粉改良膨胀土抗剪强度机理分析[J].煤炭工程,2014,46(9):123-126
- [38] 马壮,杨杰,孙方红,等.工业纯铜煤矸石陶瓷涂层制备及耐腐蚀性能研究[J].材料导报,2013,27(10):126-129
- [39] 高会苗,戴铁军,肖庆丰.煤矸石制备 Sialon 材料影响因素研究[J].再生资源于循环经济,2013,16,(6):28-31
- [40] 宋绍霖,甄强,王方方,等.低品位煤矸石制备多孔莫来石研究[J].耐火材料,2014,(1):18-21
- [41] 陈金凤,赵惠忠,张寒,等.工艺因素对煤矸石合成莫来石化的影响[J].武汉科技大学学报,2014,37(3):179-184
- [42] 杨涛,侯新梅,周国治.利用煤矸石制备堇青石多孔陶瓷[J].耐火材料,2014,48(3):197-201
- [43] 黄巍,刘新斌,杨娜,等.煤矸石制备堇青石蜂窝陶瓷载体的研究[J].化工新型材料,2013,41(2):152-154
- [44] 李朝艳.煤矸石增韧聚甲醛树脂的研究[J].天然气化工(C1 化学与化工),2014,39(6):21-25
- [45] 何小芳,代鑫,刘玉飞,等.煤矸石对 LLDPE 结晶及热解行为的影响[J].化工新型材料,2012,40(8):135-139
- [46] 曹新鑫,张艳珠,贺超峰,等.煤矸石/聚丙烯复合材料的非等温结晶动力学[J].机械工程学报,2013,37(10):50-54
- [47] 赵鸣,山相朋,魏征.煤矸石粉填充聚丙烯复合材料的性能研究[J].中国矿业大学学报,2014,43(1):126-130
- [48] 李彩霞,任瑞晨,满东,等.吉林某煤矸石作为丁苯橡胶补强填料的研究[J].硅酸盐通报,2013,32(6):1217-1221

(上接第 47 页)

污水的水量和水质特点。在去除污水中有机污染物的同时,还能有效地降低氨氮的含量,氨氮的去除率为 96.5%。

SBOT 箱式生活污水处理站具有建设周期短、占地面积小、运行管理方便等优势,适合处理我国小水量煤矿的生活污水。

参考文献

- [1] 周旭红.上向流曝气生物滤池处理煤矿生活污水技术研究[J].能源环境保护,2008,22(5):18-22.
- [2] 高亮,周如禄.煤矿生活污水处理设备和处理方法:中国,201110280373.5[P].2012-01-11.
- [3] 程功林,高亮,陈永春等.煤矿工业广场生活污水再生利用试验研究[J].水处理技术,2013,39(3):88-90.
- [4] 周如禄,郭中权,杨建超.生活污水深度处理后作电厂循环冷却水试验研究-以东滩煤矿为例[J].中国矿业大学学报,2013,42(1):152-156.