粉煤灰处理及资源利用

张汉鑫, 李慧, 谢珊珊, 张力生

(华北理工大学冶金与能源学院 现代冶金技术教育部重点实验室, 河北 唐山 063009)

摘要: 粉煤灰是在煤燃烧后的烟气中收集的细灰, 是燃煤电厂的主要固体废弃物。如何利用好粉煤灰, 减少其对环境的污染等已成为我国经济建设的主要问题之一。文章阐述了粉煤灰的密度、粒径等物理性质, 以及粉煤灰的主要组分。从环境保护和绿色可持续发展的角度, 分别介绍了生产加入粉煤灰的混凝土和烧结砖等建筑材料, 从粉煤灰中提取金属氧化物, 处理废气废水和修复土壤等方面的应用。并同时针对结合我国粉煤灰的利用情况和政策现状, 对粉煤灰其利用将来的利用和发展进行了讨论。

关键词: 粉煤灰; 固体废弃物; 物化性质; 发展资源利用

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.05.005

中图分类号: TD989 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 05-0025-03

我国主要是以煤炭燃烧发电, 粉煤灰是煤炭的燃烧产物。电力工业发展的同时, 粉煤灰每年堆积量速度急剧增加^[1]。如果不能合理的处理大量的粉煤灰, 不仅会污染环境、破坏生态平衡, 而且会给我国的经济建设带来巨大的压力^[2-3]。近年来, 粉煤灰在我国的建材和建筑领域的利用发展迅速, 但在其他领域的利用还需要进一步研究。因此如何对粉煤灰进行更好地利用和资源化回收使用是如今的主要问题。

1 粉煤灰的物化性质

1.1 粉煤灰物理性质

粉煤灰是一种银灰色或灰色的颗粒状物质, 这些颗粒物质具有不同的物质组成、大小和形状。粉煤灰颗粒呈多孔型蜂窝状组织, 具有良好的吸附性。粉煤灰的密实度范围为 0.4 ~ 0.8, 颗粒的粒径范围为 0.5 ~ 310 μm , 比表面积范围在 1500 ~ 3600 cm^2/g 。粉煤灰的物理性质大多不同, 例如不同的煤粉种类和不同的燃煤方式就会使粉

煤灰有不同的物理性质。

1.2 粉煤灰化学组成

粉煤灰主要成分由 CaO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 和 Fe_2O_3 组成, 低钙粉煤灰的主要化学成分的变化范围是: CaO 3% ~ 5%, Al_2O_3 22% ~ 26%, SiO_2 42% ~ 58%, Fe_2O_3 5% ~ 17%, 烧失量 0.7% ~ 10%。我国粉煤灰的 Al_2O_3 烧失量太高^[4], 邢台矿电厂粉煤灰中 SiO_2 、 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 三者的含量超过了 85%^[5]。

2 国内粉煤灰利用现状

2.1 在建筑方面的利用

在实际生产中, 将粉煤灰添加到制作混凝土的原料中, 在很好的利用了粉煤灰的同时也能够改善混凝土的强度、干燥时的收缩性等性能。研究发现, 当粉煤灰的添加率为 40% 时, 混凝土泥浆的收缩性最佳, 当粉煤灰的添加率为 33.3% 时, 所得的混凝土导热率最低^[6]。

郝成伟等在制备烧结砖时添加粉煤灰, 以满足国家标准, 结果表明随着粉煤灰含量的增加,

收稿日期: 2017-05-09; 改回日期: 2017-06-26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (51674120); 河北省自然科学基金资助项目 (E2016209163); 河北省高等学校科学技术研究项目 (BJ2017050)

作者简介: 张汉鑫 (1995-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为物理化学。

通讯作者: 李慧 (1981-), 博士, 副教授, 华北理工大学冶金与能源学院。

烧结砖的抗压强度会降低^[7]。南昌大学的范辉荣等人以粉煤灰研制出了轻质承重砖,测试其导热系数仅是普通烧结砖的1/3,物理和力学性能都高于普通烧结砖^[8]。

2.2 在化工方面的应用

粉煤灰中含有大量的金属氧化物,可以通过一些工艺技术将这些金属元素提取出来,使其能够再次利用,我国现已拥有在煤粉灰中提取氧化铝这项技术。李歌等人^[9]用热电厂粉煤灰的碱溶脱硅液为原料来制取了白炭黑。另外粉煤灰还可利用在制造多孔生物滤料、微珠复合材料、复合高温陶瓷等^[10]。另外可以通过浮选、溜槽分选等物理分选方法将煤粉燃烧产物玻璃微珠回收,因其质轻、隔热和强度高的优点,可制作出更耐腐蚀性能的玻璃钢制品。

2.3 在农业方面的应用

将粉煤灰添加到土壤中,不仅能够丰富土壤的营养,有利于农作物的生长,而且可以提高废弃物的再利用。如今粉煤灰广泛应用在土壤修复中^[11-13]。

杜慧玲等发现使用粉煤灰在150 t/hm²以上时,土壤中微生物的数量和土壤酶活性将大大提高^[14]。但如果大量的使用粉煤灰,会使土壤中的微生物和植物的生长繁殖受到较大的影响^[15-16]。Srivastava等将粉煤灰添加在盆栽种植的苏丹草和燕麦土壤中,发现粉煤灰可以修复酸性煤矿废弃地^[17]。马首臣等利用粉煤灰和菌渣,改善了被污染的土壤并种植小麦,而且显著提高了小麦的产量和收获指数^[18]。

2.4 在环境保护方面的应用

粉煤灰的吸附性可以有效地去除废水废气中的有害物质。粉煤灰可以除汞,也可以处理纺织厂的废水,使其脱色率高达95%。粉煤灰属弱碱性,可以处理酸性的工业废水^[19-21]。

孟桂华等人发现使用粉煤灰可去除水中大部分的铜元素和铬元素^[22]。秦玉珠等人利用粉煤灰和高岭土焙烧制作出汽车尾气过滤器,结果表明

利用酸改性的粉煤灰能很好地吸附汽车尾气^[23]。严岩等发现在干燥脱硫实验中使用粉煤灰水,使SO₂的去除率高达一半以上^[24]。

3 粉煤灰综合利用发展趋势

“十二五”末,我国粉煤灰综合利用率提高到了71%,而且会继续平稳发展^[25]。在如今粉煤灰利用的现状中,不难发现粉煤灰有很大的利用价值。不仅可以改善环境污染,同时也会使社会经济有可观的效益增长,值得大力推广。现在煤炭市场经济有回升,很多企业都在努力改革,从节能减排、保护环境入手。所以积极推进粉煤灰的综合利用,才能使粉煤灰发挥最大的利用价值,为整个社会的经济发展、环境改善提供一个强有力的推动力。

参考文献:

- [1] 康晓妮,马文举,马涛,等.320MW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] 王伟,周华强.粉煤灰对环境的危害及其综合利用[J].建材技术及应用,2007(5):4-6.
- [3] 于维河,孙汉军,张玉敏.粉煤灰的环境污染及防治对策[J].黑龙江环境通报,2004,28(2):28-29.
- [4] 边炳鑫,解强,赵由才.煤系固体废弃物资源化技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [5] 何荣军.邢台矿电厂粉煤灰物化性质分析[J].价值工程,2016,35(31):34-36.
- [6] 赵璐.关于粉煤灰综合利用的现状与前景展望分析[J].内蒙古煤炭经济,2016(17):65-66.
- [7] 郝成伟,吴伯麟,杨云涛.利用粉煤灰和沙漠石英砂制备烧结砖的研究[J].新型建筑材料,2007(3):16-18.
- [8] 范辉荣,胡明玉,刘波.烧结粉煤灰轻质承重砖研究[J].江西科学,2007,25(6):710-712.
- [9] 李歌,马鸿文,刘浩,等.粉煤灰碱溶脱硅液碳化法制备白炭黑的实验与硅酸聚合机理研究[J].化工学报,2011,62(12):3580-3587.
- [10] 周慧云,徐婷婷,陈彦广.以粉煤灰为原料制备高纯度NaP型分子筛[J].环境工程学报,2016,10(1):360-361.
- [11] Yao Z T, Ji X S, Sarker P K, et al. A comprehensive review on the applications of coal fly ash[J].Earth-Science Reviews,2015(141):105-121.

- [12] Ram L C, Mastro R E. Fly ash for soil amelioration: A review on the influence of ash blending with inorganic and organic amendments[J]. *Earth-Science Reviews*, 2014, 128(1):52-74.
- [13] 李芬, 冯永军, 王兆锋, 等. 一种新型复垦地再造耕作层材料[J]. *土壤通报*, 2005, 36(4):172-174.
- [14] 杜慧玲, 李恋卿, 潘根兴, 等. 粉煤灰结合施肥对土壤微生物和酶活性的效应[J]. *生态环境学报*, 2001, 10(1):20-22.
- [15] Carlson C L, Adriano D C. Environmental impacts of coal combustion residues[J]. *Journal of Environmental Quality*, 1993, 22(2):227-247.
- [16] Klubek B, Carlson C L, Oliver J, et al. Characterization of microbial abundance and activity from three coal ash basins[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, 24(11):1119-1125.
- [17] Srivastava A, Chhonkar P K. Amelioration of coal mine spoils through fly ash application as liming material[J]. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 2000, 59:309-313.
- [18] 马首臣, 吕鹏, 邵云, 等. 粉煤灰和菌渣配施对矿井水污染土壤微生物学特性和小麦生长的影响[J]. *煤炭学报*, 2012, 27(1):207-211.
- [19] 姜照原, 李妍. 粉煤灰在处理印染废水中的应用[J]. *水处理技术*, 1995, 21(2):94-94.
- [20] 李长春, 孙翠玲. 粉煤灰在水污染防治中的应用[J]. *环境工程*, 1994, 12(4):47-49.
- [21] 阎存仙, 罗浸. 粉煤灰吸附去除活性艳兰 X-BR[J]. *上海交通大学学报*, 1998, 32(9):126-129.
- [22] 孟桂华, 吴建宁, 魏忠, 等. 超声-微波法合成粉煤灰分子筛及吸附性能研究[J]. *合成材料老化与应用*, 2015, 44(1):74-76.
- [23] 秦玉珠, 汪宁, 魏丽丹, 等. 改性粉煤灰对超细颗粒 PM_{2.5} 的吸附研究[J]. *长春师范学院学报: 自然科学版*, 2014, 33(1):92-94.
- [24] 严岩, 胡将军. 灰水喷雾增湿简易脱硫工艺的工业试验研究[J]. *环境工程学报*, 2001, 2(6):75-79.
- [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.

Treatment and resource application of fly ash

Zhang Hanxin, Li Hui, Xie Shanshan, Zhang Lisheng

(Key Laboratory of Ministry of Education for Modern Metallurgy Technology, College of Metallurgy and Energy, North China University Of Science and Technology, Tangshan, Hebei, China)

Abstract: Fly ash is fine ash collected in the flue gas after coal combustion and is the main solid waste of coal-fired power plants. How to make good use of fly ash and reduce its pollution to the environment has become one of the main problems in China's economic construction. The article describes the physical properties of fly ash, such as density and particle size, as well as the main components of fly ash. From the perspective of environmental protection and green sustainable development, the application of building materials such as concrete and sintered bricks for adding fly ash, extracting metal oxides from fly ash, treating waste gas wastewater and repairing soil are introduced. At the same time, combined with the current situation of the utilization of fly ash in China, its future utilization and development are discussed.

Keywords: Fly ash; Solid waste; Physical and chemical properties; Resource utilization