

粉煤灰的研究现状与展望

陈仕明

贵州省修文县扎佐街道综合治理服务中心

DOI:10.32629/gmsm.v9i3.2496

[摘要] 本文从粉煤灰研究工艺及技术、研究方法和研究设备等方面出发,分别对过去、现在和未来的研究工艺及技术、研究方法和研究设备作出分析和总结。提出了当前粉煤灰研究工艺和技术、开发和利用过程中所存在的问题,并对当前的研究情况做了总结和描述,对未来粉煤灰的研究趋势和发展方向作出了展望。

[关键词] 粉煤灰; 废水处理; 建筑材料; 复合材料

中图分类号: TQ536.4 **文献标识码:** A

Research Status and Prospects of Fly Ash

Shiming Chen

Zazuo Street Comprehensive Governance Service Center, Xiuwen County, Guizhou Province

[Abstract] This paper starts from aspects such as the research process and technology, research methods, and research equipment of fly ash, and respectively analyzes and summarizes the research processes and technologies, research methods, and research equipment in the past, present, and future. It points out the existing problems in the current research process and technology of fly ash and its development and utilization, and summarizes and describes the current research situation. It also makes an outlook on the research trend and development direction of fly ash in the future.

[Key words] Fly Ash; Wastewater Treatment; Building Materials; Composite Materials

引言

粉煤灰指煤炭在一定的条件下燃烧后的产物或是从锅炉的烟囱所排放的飞灰,它是燃煤电厂排出的主要固体废物。粉煤灰目前的排放量在世界各国都呈现递增趋势,但其利用率较低,约占30%^[1]。如此剧增的粉煤灰具有污染空气、占用土地资源、污染环境、影响居民生存空间及地下水污染、重金属污染等特征。对粉煤灰的利用存在着综合利用区域发展不平衡、堆积量惊人并且高速增加、技术能力支撑不足、利废企业规模小、项目落地难、占地面积大等问题。粉煤灰年排出量增加极为迅速,据统计,粉煤灰的排出量从2010年的4.8亿吨,增加到了2015年的5.8亿吨^[2]。由此可见,怎样高效、环保节能、合理的开发和充分利用粉煤灰成为了当前的重要研究方向。

1 粉煤灰研究状况

1.1 粉煤灰当前的研究工艺与技术

当前粉煤灰的主要研究机构有20家,头部研发主体为中国神华能源股份有限公司、福建省龙岩龙能粉煤灰综合利用有限公司、神华准格尔能源有限责任公司。其中中国神华能源股份有限公司申报粉煤灰的专利共60项,约占总专利的2.14%,排名第20位的贵阳铝镁设计研究院有限公司对粉煤灰也有较为突出

研究,申请关于粉煤灰的专利总共11项,占比0.39%。可见,中国神华能源股份有限公司对粉煤灰的研究技术和工艺比较成熟,其研究方向主要是活性炭的制备、零排放工艺和自供热的炭化技术、粉煤灰的浮选工艺、粉煤灰新材料制备技术(如:粉煤灰制备无机竹质型材料、微晶玻璃制备工艺)等。水泥粉煤灰稳定碎石技术的成熟,成为建筑行业的重要成果^[3]。此外,微晶玻璃制备技术又包括熔融法、烧结法^[4]。目前从粉煤灰中分离氧化铝的工艺方法可分为碱法和酸法两种,在测试方法和测试工具的选用上比较先进。粉煤灰当前研究主要有粉煤灰与废水处理、建筑材料领域、提取漂珠、农业领域、新材料产品、有用元素提取等方面。

因为粉煤灰具有极大的比表面积和吸附性能,对其在工业废水的研究中主要有用粉煤灰来吸附废水中的磷化物、氨氮以及吸附废水中的一些有害元素(如:镉、汞、镭、硫酸盐、磷酸盐等)、吸附提取并分离重金属离子、有毒物质、废弃污染物等。在建筑材料领域,主要用粉煤灰来制作水泥、粉煤灰混凝土、砂浆、粉煤灰墙体材料、粉煤灰微晶玻璃、填充材料、吸附剂、生产轻集料以及铺路等。农业领域的研究有:用粉煤灰来疏松土地、盐碱地脱盐脱碱、土壤保温与保水、改善农作物营养成

分与抵抗力、制作高效复合化肥^[5]。粉煤灰新材料制品的研究成果主要有粉煤灰保温砖、粉煤灰免烧砖、矿物聚合材料制品和粉煤灰微晶玻璃,以及其他新型粉煤灰陶粒等。

1.2 粉煤灰以往技术与工艺的研究

以往对粉煤灰的研究主要通过粉煤灰的分析,针对性的选择最优浮选工艺对其进行多次浮选,得到精煤产品,用来发电或者民用。此外,充分研究了粉煤灰的轻质特点,用粉煤灰来代替石灰岩等比重比较大的材料来修筑桥梁、填充路段。尤其是软基路段,不仅能减轻软层路段的负荷,而且还能提高路段的稳定性和强度,避免路段发生沉降^[6]。然而以往对粉煤灰的研究比较单纯,并未充分发挥其价值,其原因与当时的科学技术、科技设备以及国家的政策有关。

1.3 粉煤灰未来技术与工艺的研究

随着技术的进步,未来粉煤灰在研究工艺与技术方面将会发生很大的跨越。在混凝土研究方面,将采用超细粉煤灰粉磨加工工艺,利用物理技术对其进行表面及内部结构改性。方向为重在研究粉煤灰活性激发技术、研究超细活化粉煤灰复合材料技术以及配套外加剂技术。建材领域主要研究高效脱碳技术,发展低碳建材、轻质超强度建材。在新材料领域,粉煤灰高效利用工艺技术的研究方向是重点研究粉煤灰轻质条板材料、研究高强度新型粉煤灰烧结砖烧结工艺以及蒸压粉煤灰加气砌块技术等方面。在砂浆领域,粉煤灰用来研究新型保水增稠剂、复配激发材料技术等。

2 粉煤灰的研究设备

2.1 粉煤灰过去的研究设备

以往粉煤灰研究设备主要有破碎机、磨矿机、浮选机、粉煤灰磨粉机、光学显微镜。破碎机、磨矿机用来对粉煤灰进行破碎、磨矿至一定的细度,之后进入浮选系统,加入一定量的浮选药剂,进行多段浮选而得出最终精煤。粉煤灰磨粉机目前仍有部分厂家使用,主要使粉煤灰超细化,增加其表面积和表面张力,以便制粉煤灰砖、粉煤灰水泥^[7]。

2.2 粉煤灰当前的研究设备

目前对粉煤灰的研究设备主要有高压粉磨机、球磨机等辅助设备和XRD、扫描电镜等现代测试工具。采用XRD、XEM等现代测试工具可以对粉煤灰的物相组成和化学组成进行化验和分析,进而研究其活化机理、吸附机理、有益有害元素等。实现粉煤灰的浮选工艺系统的设备有破碎机、球磨机、浮选机、脱水机和浓缩池等。粉煤灰改善污水污泥脱水技术研究所用布氏漏斗、真空泵、滤纸、量筒、稳压瓶、SCT-3A型快速水分测定仪、采用激光粒度分析仪、SX-8-10箱式电阻炉等装置,采用重量法对含水率进行测定,高温下灼烧,最后测定质量损失,得出污泥的有机质含量高、SiO₂/Al₂O₃含量低、沉降性能差等结论^[8]。由于粉煤灰研制SiO₂气凝胶和复合材料的设备与粉煤灰提取氧化铝工艺设备大体相同,可见研究设备主要有球磨机、碱(酸)浸化池、脱硅器、焙烧室、过滤机等^[9]。粉煤灰制备新材料技术的设备很多,制备微晶玻璃的有破碎机、磨矿机,振动筛、热处理

器等。制备4A分子筛的可以用箱式电阻炉、水热合成反应釜、循环水真空泵、数显智能控温磁力搅拌器、DZF型真空干燥箱、扫描电子显微镜、X射线衍射仪等设备来制备^[10]。

吴烈^[11]等采取粉煤灰的改性来处理垃圾渗滤液的研究中采用了扫描电镜(XEM)来观察粉煤灰改性细微结构,用XRD进行了组分化验分析,采用X-射线衍射对粉煤灰改性前后的表面结构以及主要微晶结构进行分析。当然在先进分析仪器的研究中,粉煤灰的比表面积和孔隙度增大,吸附能力增强,对于处理垃圾渗滤液的效果是可观的。

2.3 粉煤灰未来的研究设备

在将来实现粉煤灰的研制工艺及技术将不再是球磨机等传统的设备,超细纳米级粉磨机、高端扫描电镜分析仪、改进的XRD等研制设备和超细粉煤灰纳米复合材料、新材料的制备技术将是一个很好的发展方向。

3 粉煤灰的研究方法

3.1 粉煤灰以往的研究方法

传统的粉煤灰的研究在不同的领域,其研究方法也不同。污水处理运用活性污泥法、重量法去除污泥、废渣等。建筑公路主要利用粉煤灰改性沥青胶浆技术实现道路填铺,研究关键立足于粉煤灰的理化特性,采用最多的研究方法是吸附法、物理法、化学法、生物法等。以往的研究方法中,用得最成熟的是吸附法和物理法;化学法用得不是很成熟,但是为当前的研究提供铺垫具有重要的意义;至今生物法成了一个研究方向,它的工艺、技术方法仍然存在很大的局限,难以实现工业化生产。

3.2 粉煤灰当前的研究方法

当前粉煤灰的研究方法出现了多样化、先进化等特点,但不同地方的粉煤灰其成分是不同的,研究方法也在改变,其中微晶玻璃研制工艺技术主要有熔融法和烧结法两种。从粉煤灰中提取氧化铝的研究方法有碱熔法和酸浸法两种,碱熔法又包括钙盐助剂烧结法和钠盐助剂烧结法;酸浸法包括硫酸浸出法、盐酸浸出法和氟化铵助溶法三种。农业领域主要用粉煤灰来研制高效复合肥料,土壤疏松改性等。农业领域运用模拟现场施工条件,利用自燃煤矸石山隔离层透气机进行测试,测试不同配比覆盖材料(含有粉煤灰)的空气渗透性,从而判断粉煤灰对土壤混合材料的空气阻隔效果。李荣华利用粉煤灰作为堆肥原料,用玉米秸秆粉作调理剂,采用空白试验对照的方法,观察并测定种子发芽数和发芽率,实现了粉煤灰堆肥对种子高营养化发芽率。当前粉煤灰处理废水主要有高分子吸附法、活性炭吸附法、水热合成法、碱浸熔融法、熔盐法等。不同的方法都有其优势和不足,利用碱熔融法和熔盐法对含砷废水的处理效果相对较好。粉煤灰在混凝土的研究方法有粉煤灰抗裂性测试方法、自收缩测试方法等,主要用来测试粉煤灰轻骨料混凝土的强度。

目前对粉煤灰的表面改性处理方法主要有两种,一种是物理改性,也叫物理活化法,另外一种为表面化学改性,也称为化学活化法。物理活化法主要是物理改性,是通过机械磨细以及分选作业来改善粉煤灰的颗粒粒度并增加粉煤灰的细度来提高其

品质;化学活化法是通过在粉煤灰中加入一种化学性能和物理性能上刚好能与粉煤灰互补材料,以便充分改善粉煤灰的表面活性。其中粉煤灰常用的化学改性有碱激发、酸激发、氯盐激发、硫酸盐激发以及复合激发方法等。

酸激发是用强酸与粉煤灰进行混合反应,在经过强酸的腐蚀后,粉煤灰就可以改变表面性质,从而可以进行相应的应用。碱激发主要根据粉煤灰是酸性氧化物的性质,在一定的条件下利用强碱弱酸盐或者生石灰浸出来改变粉煤灰的表面性质。此外还有硫酸盐激发、复合激发等,综合比较,复合激发法对粉煤灰性质的考量维度更广、要求更高,其改性工艺相比其他方法更为成熟,处理效率更高。

波兰的水泥厂普遍采用新型碱溶法工艺,可以从含氧化铝为30%的粉煤灰中提取氧化铝;韩国学者利用氨浸粉煤灰工艺研制出了高纯明矾,并在研制明矾的基础上又制出了矾土。

3. 3粉煤灰未来的研究方法

由于现存的对粉煤灰利用的研究方法很多,但是方法之中各有优势和不足,加上粉煤灰化学组分、嵌布粒度、磨矿细度的多样性,因此未来对粉煤灰的研究将会充分考虑粉煤灰的各种组分性质,利用当前研究方法的各种优势,采用混合联合工艺为主要途径,辅助填充各种高新技术,使粉煤灰实现高效率、高价值的利用。粉煤灰的复合激发方法也将成为化学改性的一个重要方向。

4 粉煤灰存在的问题及其展望

尽管粉煤灰的研究方法较多,研究领域广泛,但是在粉煤灰的研究应用途径中仍然存在很多问题,如:不同地区粉煤灰的化学组成不同,有的含钙高,有的含氧化铝高,甚至会出现各种矿粒交替包裹分布,这对粉煤灰的研究利用提出了新的难题。粉煤灰在建材领域存在的问题主要是粉煤灰对混凝土的强度、钢筋锈蚀和抗冻性都存在不好的影响,并且容易出现裂纹,因此对施工要求和技术攻关提出了新的挑战。

未来粉煤灰研究工艺与技术将会采用超细粉煤灰磨加工工艺,并利用物理改性技术来提高其活性,从而提高其利用价值。方向重在研究粉煤灰活性激发技术、粉煤灰絮凝剂、粉煤灰超细活化复合材料技术以及配套外加剂技术。研究方法将采取混合联合工艺为主要方向,填充各种高新技术;对粉煤灰化学活化研究将趋向于广泛采用环保节能的复合激发方法。粉煤灰研究设备将会实现大型化,超细纳米级粉磨机、高端扫描电镜分析仪、改进的XRD分析仪和超细粉煤灰纳米复合材料制备器等将会出现。

5 结语

粉煤灰作为存量巨大的燃煤工业固废,开展低成本、绿色高效资源化利用,是同步实现固废减量化、污染源头防控、矿产资源循环再生的关键路径。目前粉煤灰配套工艺、试验设备、研究方法已形成完整技术体系,但仍存在原料适配性差、建材产品性能缺陷、高端装备成本高、高附加值产业规模化不足等现实短板。

后续行业研究应依托超细粉体加工、复合化学活化、智能化原位检测成套装备,搭建多工艺联合梯次利用技术体系,推动粉煤灰从低值路基填料向水处理吸附材料、低碳复合材料、高纯冶金原料等高附加值产品转型。粉煤灰资源化产业发展能够助力我国“双碳”目标落地与“无废城市”建设,完善循环产业链,具备显著环境效益、经济效益与社会效益。

[参考文献]

- [1]郑宾国,刘军坛,崔节虎,等.粉煤灰在我国废水处理领域的利用研究[J].水资源保护,2007,23(3):36-38.
- [2]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,2015(04):04-06.
- [3]孙金磊.水泥粉煤灰在公路基层施工中的应用[J].东华工路,2015,2(4):56-57.
- [4]游世海,郑化安,付东升,等.粉煤灰制备微晶玻璃研究进展[J].硅酸盐学报,2014,11(33):2903-2906.
- [5]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(4):246.
- [6]潘钟,罗津晶,薛姗姗,等.粉煤灰利用的回顾与展望[J].环境卫生工程,2008,1(16):19.
- [7]吴韩.粉煤灰在建筑材料中的应用[J].材料科学,2010,12(6):66.
- [8]任伯帆,侯保林,杨艳玲,等.粉煤灰改善污水污泥脱水性能的实验研究[J].环境科学与技术,2010,12(33):185.
- [9]冯叶,邢旭晨,马康.粉煤灰提取氧化铝工艺的研究进展[J].江西建材,2024(1):3-5.
- [10]郭俊文,梁海欧,王俊忠,等.利用粉煤灰制备4A分子筛的研究[J].广州化工,2015,9(43):118-120.
- [11]吴烈,善李艺,龚世枕,等.粉煤灰的改性及其在垃圾渗滤液深度处理中的应用研究[J].环境工程学报,2012,2(6):529-534.

作者简介:

陈仕明(1992--),男,彝族,贵州纳雍县人,工学学士,助理工程师,研究方向:矿物采选与加工。