

燃煤电厂粉煤灰综合利用现状及问题分析

丁 炜

国能龙源环保南京有限公司 江苏 南京 210012

摘 要: 我国燃煤发电量占总发电量的63.2%，目前粉煤灰综合利用率不到四分之三，主要的用途是建筑水泥和制砖等方面。其它包括农业方面、生态修复、化学工业、新材料方面也有综合利用的途径。当前粉煤灰的市场需求大幅下降，还存在政策、标准、技术等短板需要弥补。粉煤灰综合利用需要进行政策、法律、技术综合分析，因地制宜提出粉煤灰综合利用策略。

关键词: 燃煤电厂；粉煤灰；综合利用；分析

长期以来，全球电力供给的主要占比是燃煤发电。截止2022年在我国总的发电量中，燃煤发电的占比为63.2%。粉煤灰是火力发电产生的主要燃烧残留物，是我国工业废弃物中最为复杂、数量最多的一种，2021年我国的粉煤灰产量已达到7.90亿吨，约四分之一的粉煤灰没有得到有效利用。据统计我国已经有超过25亿吨的粉煤灰没有合理的综合利用。并且还在以每年约1.5亿吨的速度不断的增加。这些粉煤灰大都在灰场、灰库堆积，对生态环境造成了不利的影

1 国内外燃煤电厂粉煤灰利用现状

中国、印度、美国、日本、欧盟等国家是世界上燃煤发电占比较高的国家，以下分析以上几个国家为主。

1.1 产量及利用率

燃烧1吨原煤，生产粉煤灰0.25~0.3吨^[2]，我国由于燃煤电厂比重大，因此粉煤灰产量和库存也最大。印度其次，年排放量约1.97亿吨。美国每年约1亿吨，欧盟国家合计年超过1亿吨。日本的年排放量约1200万吨。综合利用率方面，据发改委统计，2020年我国为78%^[3]，高于美国和印度等国家。

1.2 综合利用途径

各国家基本上以建材应用为主，目前世界上综合利用率最高的是日本^[4]，日本粉煤灰综合利用量的67.12%是水泥，是其最主要的综合利用途径^[5]。美国粉煤灰利用主要是建材和结构填充2个方面^[6-7]，欧盟15国的粉煤灰综合主要利用途径为40.8%用于混凝土掺合料，另有17.0%用于混凝土添加剂，其余用于水泥和筑路等。

1.3 综合利用标准对比

我国涉及的相关粉煤灰标准相比较发达国家较为宽

松。主要是以CaO含量为主。美国和中国基本一致。而欧盟主要以细度及烧失量为主，日本以粉煤灰性能为主，相对更为严格。综合利用标准不同，应用途径也会有所差别。

1.4 综合利用政策对比

我国主要是以高效、行业的研究单位、科研院所为主，开展粉煤灰综合利用研究。美国以灰渣协会和电力科研院为代表，和欧盟一样，更多的发布政策希望民间机构参与粉煤灰综合利用研究。日本主要考虑银行优惠政策，鼓励产业协同。

2 燃煤电厂粉煤灰综合利用技术发展现状

由于运输成本及环保等问题，我国部分粉煤灰资源化利用中，用于水泥生产的占比最大，其他利用渠道包含建材生产、做混凝土添加剂、矿山回填及铺砌等。随着科技的进步和环保意识的提升，粉煤灰在高端装配式建筑、高分子材料、筑路工程、水利工程、农业、环境保护等领域的应用也在开展研究。

2.1 建筑、建材及建工领域

粉煤灰用于建筑行业已经近百年，主要用于水泥及混凝土制备、墙体材料制作、微晶玻璃制作、筑路工程、水利工程等领域。

2.1.1 水泥

粉煤灰中的主要成分包括SiO₂和Al₂O₃，活性成分与黏土相似，因此它可代替黏土参与水泥的生产。研究表明，粉煤灰的掺入可以强化水泥的水硬胶凝性能，有利于提升水泥后期强度，相较于传统水泥的生产过程，粉煤灰水泥生产过程成本低、能耗少，满足可持续发展的要求^[8]。水泥在掺入粉煤灰后孔隙率减小，密实度增加，抗压、抗渗性、抗冻性能也相应增加^[9]。特别是对于寒冷和多雨水地区的工程建设来说更有帮助。

2.1.2 混凝土

作者简介: 丁炜(1986—)，女，汉族，江苏省扬州市人，工程师，硕士研究生，主要从事环境保护工作。

粉煤灰加入混凝土后,可以显著的降低混凝土的成本,混凝土的结构也更强,粘结强度、耐久度、抗裂性能也得到了增强^[10]。粉煤灰的加入还可以增强混凝土的流动性,可以显著的增加混凝土的运输距离和喷射性能^[11]。

2.1.3 墙体材料

以粉煤灰为原料生产的砌块、砖块等墙体材料具有力学性能优异、密度小、保温性能好、成本低等优势,被广泛应用于建筑行业。粉煤灰隔墙板(粉煤灰加气混凝土板、粉煤灰硅钙板等)作为一种轻质、低成本、环保的墙体材料,被广泛用于替代传统砖块、砌块等墙体材料。而且烧结粉煤灰砖具有成本低、质量轻和,质量好等优点^[12]。

2.1.4 筑路

粉煤灰还可以结成硬板块,在筑路中作为地基,它有施工方便,不容易下沉的优点^[13]。可以直接代替黏土。粉煤灰可与砂石等材料混合作为路基。用粉煤灰填充路基,可以使粉煤灰资源化,粉煤灰具有火山灰特性,其填充后的路基强度要高于传统路基。

2.2 化工领域

粉煤灰在化工领域的综合利用技术形式比较丰富,主要为:一是制备沸石分子筛,用于吸附、催化等领域;二是作为橡胶填料,强化橡胶的拉伸性能;三是可作为催化剂载体,其特点是比表面积大、稳定性强。

2.2.1 制备沸石分子筛

粉煤灰在经过除杂、活化、添加导向剂、晶化反应、物理加工等一系列工艺后可以制备分子筛^[14],合成沸石可以作为吸附剂,属于高附加值的粉煤灰利用技术,但是现阶段由于合成方法普遍存在沸石质量不稳定、时间长、转化率低、成本高等问题。

2.2.2 载体和填料

粉煤灰具有较大的比表面积与较强的热稳定性,因此可用作催化剂的载体。杨超^[15]以粉煤灰为载体、膨润土为基体粘接剂,辅以化学粘接剂、淀粉造孔剂等材料,制备蜂窝形脱硝催化剂。结果显示,当膨润土与粉煤灰质量比为1:4,造孔剂添加量为6%时,催化剂的催化效率达到最高,可以满足工艺要求,因此利用粉煤灰制备催化剂载体是一种可行的高附加值利用方式。

2.3 冶金领域

粉煤灰中还可以提取不同的金属元素,利用不同组分物化性质的不同,可以对有价值组分进行分离与提取,进而进行高值化利用。可回收粉煤灰中铝、镓、铁、锗、银、镉和锌等有价值金属。

2.4 环保和生态

粉煤灰在环境保护和生态修复领域主要用于改善水质,处理烟气中的有害成分,用于矿井回填工程和土壤改良。根据粉煤灰独特的多孔结构和超大的比表面积,可将其用于吸附空气或污水中的有害组分;根据粉煤灰的粒度分布及火山灰特性,可将其用于矿井回填,避免开采后的矿井发生塌陷^[16]。

2.4.1.1 吸附处理

粉煤灰在水污染、烟气治理、重金属污染等方面,可以用作吸附材料,主要是因为粉煤灰内部多孔、含有大量微珠、比表面积大。主要的吸附有物理吸附、化学吸附两种过程,粉煤灰的比表面积和孔径分布决定了物理吸附的成效,粉煤灰中Si、Fe、Al等元素所形成的活性基团,可以和吸附质进行离子交换,或者直接产生偶极键进行化学吸附。

粉煤灰改性处理增强其吸附能力,可以吸附污水中的重金属(汞、铅等)、油污、染料等污染物^[17]。粉煤灰可以与污染物发生反应,产生絮凝沉淀。

2.4.1.2 土壤改良

粉煤灰可以在土壤修复和改良中进行应用,其应用途径主要包括:改变土壤理化性质、提供营养成分、调节土壤的pH值,吸附重金属^[18]。

2.4.1.3 矿井回填

煤矿回填采用粉煤灰是一种经济的做法,特别是一些燃煤电厂在煤矿周边布置,产生的粉煤灰可以直接进行回填。粉煤灰的填充强度和填充效果都比一般土壤更好,可以改善巷道支护效果,提高防火性能和密闭充填效果。

3 我国燃煤电厂粉煤灰综合利用主要问题

我国在粉煤灰综合利用过程中主要存在以下5方面的问题。

3.1 产地与市场的地域隔离

我国粉煤灰综合利用最大的问题之一是区域不平衡。东西部地区不同的燃煤情况造成了粉煤灰产生量与利用率的地域性差异,处于消费端的东部地区比如广东、福建、浙江、江苏等地区经济发展较好,建筑行业较为景气,所以粉煤灰利用率高,用于建设生产的粉煤灰需求旺盛,但煤炭资源较少,而在新疆、内蒙古、陕西、山西、宁夏等中西部地区,煤电较为集中,具有丰富的煤炭储量和较低的建设需求,粉煤灰产量与其消耗需求极不匹配,由此引发了不同区域对于粉煤灰综合利用供求关系的不平衡问题。额外成本也是粉煤灰资源化综合利用的一大制约问题,技术引入、设备增设、运输转移等过程都会产生不可避免的成本开销,这往往降低

了相关产业的发展热情和企业的参与力度。西电东送、特高压输电等能源政策决定了问过西北地区燃煤电厂分布较为密集,所以称为主要的粉煤灰产量地。由于到东部地区的运输距离过于遥远,经济性太差,所以无法直接运送到东部地区进行综合利用。

3.2 已有综合利用途径单一

目前粉煤灰的主要综合利用方面还是停留在水泥和混凝土的掺配,此外还包括少量的综合利用用于生产建筑墙体材料如粉煤灰砖等,部分用于筑路,少量利用于农业和提取矿物,据统计,2013年水泥、混凝土和建筑材料的综合利用占比全部粉煤灰综合利用的88%。在如此大量的粉煤灰产量下,综合利用途径显得较为单一,粉煤灰受季节性影响也很严重^[19]。季节性较为明显。冬季和雨季为淡季,主要原因是冬季和雨季的建筑产业影响较大,大部分达不到施工条件,所以建筑业消纳放缓,明显的粉煤灰综合利用减少,存量增加较多。

3.3 粉煤灰综合利用标准体系不完备

粉煤灰的标准体系无论是在污染防治技术标准方面还是在综合利用标准方面都不完善,目前发布的标准涉及领域多为传统的建材和基建,大多为利用粉煤灰生产砖、砌块、混凝土等有关的产品质量标准和工程技术规范,在高附加值利用,如农业吸附、矿井回填、环保材料制作等方面,缺少相关的标准体系。

3.4 缺少操作性更强、强制性应用的政策

推动粉煤灰综合利用最大的因素之一是政策引导。在缺少政府的政策引导和相关鼓励措施的前提下,由于整体经济增速增缓,企业主观能动性相对欠缺。缺乏强制性手段、缺乏相应的财政支持、信息不太透明、缺少引导手段等都是制约粉煤灰综合利用的因素。

3.5 高附加值利用技术存在瓶颈

粉煤灰高值化利用还未得到大范围的推广,产业化

明显不足。主要因素是开发粉煤灰综合利用的新技术和新成果成本较高。对于粉煤灰的特性还需要进一步研究,已经开发的技术难以大范围的工业化应用,也还需要进一步优化。

4 结语

目前,我国在处理粉煤灰时主要采取的是制作建筑材料,通过利用粉煤灰的化学性质,其它高附加值领域的应用研究已经有了部分发展空间。粉煤灰的综合利用途径的探索,除常规建筑行业外,需要根据电厂各机组粉煤灰不同燃煤状况及工况(需考虑煤质变化,机组规模,工况变化,取样位置以及脱硫废水工艺等因素造成的粉煤灰特性变化)开展取样、试验、分析,取得粉煤灰特性数据,因地制宜地开展对策研究。当前除建筑外,在农业、化工、环保也有部分综合技术,但尚未大范围工业化应用,还需要继续开展高附加值技术研究。同时对于粉煤灰的相关政策和法规还需要进一步完善,以拓宽粉煤灰在更为广阔的途径中综合利用。

参考文献

- [1]张春成.2019年全球电力发展回顾及2020年展望[J].电力设备管理,2020(07):160-161.
- [2]雷瑞,付东升,李国法,孙欣新,袁聪,郑化安.粉煤灰综合利用研究进展[J].洁净煤技术,2013,19(03):106-109.
- [3]李琴,杨岳斌,刘君,辛红金,陈杰,徐舒,刘金学,侯晓.我国粉煤灰利用现状及展望[J].能源研究与管理,2022(01):29-34.
- [4]石川嘉崇.日本粉煤灰综合利用现状[C]//亚洲粉煤灰及脱硫石膏综合利用技术国际交流大会.朔州:[s.n.], 2013:145-147.
- [5]曹红葵,周大军.不同细度粉煤灰对水泥性能影响的研究[J].粉煤灰,2006(02):15-16.