

# 火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用结合路径

董武强

神华准格尔能源有限责任公司矸石发电分公司 内蒙古 鄂尔多斯 010300

**摘要:** 火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用意义重大。本文先分析粉煤灰物理化学性质、分类等级, 阐述贮灰场建设运行现状、处置管理问题与挑战。接着介绍粉煤灰在建筑、道路、农业等多领域资源化利用技术与方式。最后提出结合路径, 包括技术创新集成、产业协同市场培育、信息化管理与监测评估, 以实现粉煤灰科学处置与高效利用。

**关键词:** 粉煤灰; 贮灰场管理; 资源化利用

引言: 火电厂在发电过程中产生大量粉煤灰, 贮灰场是其重要存放场所。当前, 贮灰场建设运行存在诸多问题, 粉煤灰处置管理面临挑战, 同时资源化利用水平参差不齐。如何将粉煤灰处置管理与资源化利用有效结合, 既解决贮灰场容量饱和、环保压力增大等问题, 又能提升资源利用效率, 成为火电行业亟待解决的关键课题, 本文将对此展开深入探讨。

## 1 火电厂贮灰场粉煤灰特性分析

### 1.1 粉煤灰的物理化学性质

粉煤灰是火电厂燃煤发电过程中产生的主要固体废物, 其物理化学性质直接决定了处置方式与资源化利用潜力。物理性质方面, 粉煤灰多呈灰白色或灰色粉末状, 松散多孔, 堆积密度通常在 $0.5\text{--}0.8\text{g/cm}^3$ 之间, 比表面积较大, 一般为 $200\text{--}500\text{m}^2/\text{kg}$ , 颗粒多为球形玻璃体, 表面光滑, 具有良好的流动性和吸附性。化学性质上, 粉煤灰主要成分以硅、铝氧化物为主,  $\text{SiO}_2$ 含量约 $40\%\text{--}60\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量约 $20\%\text{--}30\%$ , 还含有 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 等氧化物, 部分粉煤灰含有少量重金属元素<sup>[1]</sup>。其化学活性主要来源于玻璃体中的活性 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 在一定条件下可与石灰、水泥等胶凝材料发生水化反应, 形成稳定的水化产物, 这也是其在建筑领域应用的核心基础。

### 1.2 粉煤灰的分类与等级划分

根据不同的分类标准, 火电厂贮灰场粉煤灰可分为多种类型, 且有明确的等级划分规范。按燃煤品种分类, 可分为烟煤粉煤灰、无烟煤粉煤灰和褐煤粉煤灰, 其中烟煤粉煤灰因煤质稳定, 应用范围最广。按排放方式分类, 可分为干排粉煤灰和湿排粉煤灰, 干排粉煤灰含水量低、活性高, 处置和利用成本更低, 湿排粉煤灰因长期浸泡, 颗粒结块, 活性有所下降, 需经干燥处理后才能进一步利用。我国现行标准将粉煤灰分为I级、II级、III级三个等级, 主要依据细度、烧失量和需水量比划分。I级粉煤灰

细度( $45\mu\text{m}$ 方孔筛筛余) $\leq 12\%$ , 烧失量 $\leq 5\%$ , 需水量比 $\leq 95\%$ , 主要用于高强度混凝土、预应力混凝土等高端领域; II级粉煤灰各项指标适中, 应用最广泛; III级粉煤灰质量较差, 主要用于路基填充等低附加值领域, 等级划分直接决定了粉煤灰的资源化利用方向和经济价值。

## 2 火电厂贮灰场现状与粉煤灰处置管理问题分析

### 2.1 火电厂贮灰场建设与运行现状

目前, 我国火电厂贮灰场主要分为山谷型、平原型和滨海型三种, 其中山谷型贮灰场因选址便捷、工程量小, 应用最为广泛。随着火电行业的持续发展, 贮灰场建设规模不断扩大, 但区域分布不均衡, 北方火电基地贮灰场数量多、容量大, 南方部分地区因土地资源紧张, 贮灰场选址难度不断增加。运行方面, 多数老旧贮灰场采用传统湿排堆存模式, 存在堆存效率低、占地面积大、水资源消耗多等问题, 且部分贮灰场缺乏完善的防渗、防扬尘设施, 易引发土壤污染、地下水污染和大气污染。近年来, 新建火电厂逐步推广干排贮灰和密闭式贮灰技术, 运行效率显著提升, 但仍有部分中小型火电厂受技术、资金限制, 贮灰场运行管理较为粗放, 堆灰高度超标、排洪设施不完善等安全隐患突出, 同时贮灰场后期维护资金投入不足, 部分退役贮灰场未进行有效生态修复, 对周边生态环境造成长期影响。

### 2.2 粉煤灰处置管理现状

当前, 我国火电厂粉煤灰处置主要以贮灰场堆存为主, 资源化利用为辅, 处置管理模式呈现多元化特点。大型火电厂凭借技术和资金优势, 已初步形成“堆存+资源化利用”的协同处置模式, 部分企业实现了粉煤灰的规模化、高附加值利用。但中小型火电厂受限于自身条件, 粉煤灰处置仍以简单堆存为主, 资源化利用率偏低<sup>[2]</sup>。管理体系方面, 我国已出台《粉煤灰综合利用管理办法》等相关政策, 明确了粉煤灰处置的责任主体和利用要求, 但

部分地区政策落实不到位,存在监管缺位现象。企业内部管理上,多数火电厂建立了粉煤灰处置台账,但台账记录不规范、信息不完整,难以实现全过程追溯。同时,粉煤灰处置市场化机制不完善,回收、运输、利用产业链衔接不顺畅。

### 2.3 贮灰场粉煤灰处置管理面临的挑战

火电厂贮灰场粉煤灰处置管理当前面临诸多挑战,首要问题是贮灰场容量趋于饱和,随着火电装机容量的增加和燃煤量的提升,粉煤灰排放量持续增长,现有贮灰场承载能力逐步接近上限,新建贮灰场因土地资源稀缺、环保审批严格,选址和建设难度不断加大,部分地区已出现粉煤灰堆积难的问题。其次,环保压力不断加大,随着“双碳”目标推进和环保标准提升,贮灰场防渗、防扬尘、防污染的要求不断提高,企业需投入大量资金改造环保设施,增加了处置成本。再者,资源化利用水平不均衡,高端利用技术推广难度大,多数粉煤灰仍集中在低附加值领域,利用效率偏低,且缺乏稳定的市场需求,导致企业资源化利用积极性不高。另外,处置管理人才短缺,部分企业缺乏专业的技术和管理人员,对粉煤灰特性、处置技术和环保政策了解不足,难以实现科学高效的处置管理。

## 3 火电厂贮灰场粉煤灰资源化利用技术与方式

### 3.1 粉煤灰在建筑材料领域的应用

建筑材料领域是火电厂粉煤灰资源化利用最成熟、用量最大的领域,占粉煤灰总利用量的70%以上,核心技术已实现规模化应用。在混凝土生产中,粉煤灰可作为掺合料替代部分水泥,不仅能降低水泥用量、节约生产成本,还能改善混凝土的流动性、抗渗性和耐久性,减少混凝土收缩裂缝,目前广泛应用于工业与民用建筑、桥梁、大坝等工程中,I级、II级粉煤灰可直接用于高强度混凝土生产,III级粉煤灰可用于普通混凝土填充。在墙体材料生产中,粉煤灰可与石灰、石膏等原料混合,经成型、养护制成粉煤灰砖、粉煤灰砌块、加气混凝土砌块等产品,具有轻质、高强、保温、节能等优点,可替代传统黏土砖,减少耕地占用。粉煤灰还可用于生产水泥熟料、砂浆、防水卷材等建筑材料,进一步拓展了其利用场景,提升了资源化利用价值。

### 3.2 粉煤灰在道路工程领域的应用

道路工程领域是粉煤灰资源化利用的重要拓展方向,凭借其良好的力学性能和经济性,已广泛应用于道路基层、底基层和路基填充等工程中。在道路基层和底基层施工中,粉煤灰可与石灰、水泥等胶凝材料混合,制成二灰稳定土、水泥粉煤灰稳定碎石等混合料,经碾压、养

护后,具有强度高、稳定性好、抗冻性强等优点,可替代传统砂石材料,降低工程成本,同时改善道路的承载能力和使用寿命<sup>[3]</sup>。在路基填充中,粉煤灰可直接用于低洼路段、路基回填等工程,尤其是湿排粉煤灰,经晾晒、碾压后,密实度高、沉降量小,可有效解决路基沉降问题,同时减少砂石开采,保护生态环境。另外,粉煤灰还可用于道路面层的填料、沥青混合料的掺合料等,在提高道路工程质量的同时,实现粉煤灰的规模化利用。需要注意的是,道路工程中使用的粉煤灰需符合相关质量标准,避免因杂质过多影响工程质量。

### 3.3 粉煤灰在农业领域的应用

粉煤灰在农业领域的应用主要集中在土壤改良、肥料制备和病虫害防治等方面,具有成本低、效果好、环保无污染等优点,可实现“以废治废”,推动农业绿色发展。在土壤改良中,粉煤灰可用于改良酸性土壤、盐碱地和贫瘠土壤,其含有的CaO、MgO等碱性物质可中和土壤酸度,提高土壤pH值,同时粉煤灰中的硅、铝、铁等元素可补充土壤微量元素,改善土壤理化性质,提高土壤透气性和保水性,促进作物生长。在肥料制备中,粉煤灰可作为载体,与畜禽粪便、秸秆等有机废弃物混合,经发酵处理制成复合微生物肥料,不仅能提高肥料的利用率,还能减少化肥使用,降低农业面源污染。粉煤灰还可用于制备土壤保水剂、农药载体等,在病虫害防治中,粉煤灰可吸附农药有效成分,延长农药持效期,同时其粉末状特性可堵塞害虫气孔,起到辅助防治作用,但农业领域应用需严格控制粉煤灰用量和重金属含量,避免对农作物和土壤造成危害。

### 3.4 粉煤灰在其他领域的资源化利用

除建筑、道路、农业领域外,火电厂粉煤灰在环保、冶金、化工等其他领域的资源化利用也逐步拓展,形成了多元化的利用格局。在环保领域,粉煤灰因具有较大的比表面积和吸附性能,可用于废水处理、废气净化和固废处置,例如用于处理含重金属离子、氟离子的工业废水,吸附废水中的污染物,实现废水达标排放;也可用于吸附燃煤烟气中的二氧化硫、氮氧化物等有害气体,降低大气污染。在冶金领域,粉煤灰可作为冶炼辅料,用于钢铁冶炼中的脱硫、脱磷,或作为原料提取铝、铁等有色金属,实现资源回收利用,尤其是高铝粉煤灰,提取氧化铝技术已逐步实现工业化应用。在化工领域,粉煤灰可用于生产白炭黑、沸石分子筛、合成分子筛等化工产品,替代传统原料,降低生产成本。此外,粉煤灰还可用于生态修复,例如用于矿山复垦、植被恢复等工程,改善生态环境,进一步提升了粉煤灰的资源化利用

价值和社会效益。

#### 4 火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用结合路径

##### 4.1 技术创新与集成应用

技术创新与集成应用是推动火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用深度结合的核心路径。一方面,需加大关键技术研发投入,针对粉煤灰高端利用、环保处置等薄弱环节,研发高效、低成本的技术装备,例如粉煤灰精细化分选技术,可将粉煤灰分级为不同等级,满足不同领域的利用需求,提升利用价值;粉煤灰无害化处置技术,完善贮灰场防渗、防扬尘、废水处理等技术,降低环境污染风险。另一方面,推动现有技术的集成应用,构建“贮灰场堆存+资源化利用”的一体化技术体系,例如将干排贮灰技术与粉煤灰混凝土掺合料生产技术集成,实现粉煤灰的即时处置和高效利用;将贮灰场生态修复技术与农业、林业利用技术结合,实现退役贮灰场的资源化再利用。同时加强技术推广和成果转化,鼓励企业与科研院所合作,引进先进技术和经验,提升企业技术水平,推动粉煤灰处置管理向科学化、高效化、资源化方向发展。

##### 4.2 产业协同与市场培育

产业协同与市场培育是实现火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用可持续发展的重要保障。首先,构建跨产业协同机制,推动火电厂与建筑、道路、农业、环保等相关产业深度合作,形成“粉煤灰生产-回收-运输-利用”的完整产业链,例如火电厂与混凝土生产企业、道路施工企业建立长期合作关系,稳定粉煤灰销售渠道;与农业企业合作,开展粉煤灰土壤改良示范项目,拓展农业利用市场。其次,加强市场培育,完善粉煤灰市场化交易机制,建立粉煤灰质量评价体系和价格形成机制,规范市场秩序,引导企业公平竞争,加大政策扶持力度,对粉煤灰资源化利用企业给予税收减免、财政补贴等优惠政策,提高企业参与积极性。另外,加强宣传引导,提高社会对粉煤灰资源化利用的认知度,消除市场疑虑,推动粉煤灰从“废弃物”向“资源”转变,实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

##### 4.3 信息化管理与监测评估

信息化管理与监测评估是提升火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用水平的重要手段。一方面,构建信息化管理平台,整合贮灰场建设、运行、粉煤灰排放、处置、利用等各类信息,实现全过程信息化管控,例如建立粉煤灰处置台账信息化系统,实时记录粉煤灰排放量、堆存量、利用量等数据,实现数据可追溯、可查询;利用物联网技术,对贮灰场堆灰高度、渗滤液水位、大气污染物排放等指标进行实时监测,及时发现和处理安全隐患和环保问题<sup>[4]</sup>。另一方面,建立完善的监测评估体系,定期对贮灰场运行状况、粉煤灰处置效果、资源化利用效益等进行监测评估,包括环境影响评估、经济效益评估和社会效益评估,根据评估结果优化处置管理方案和资源化利用路径。同时,加强数据共享和分析,利用大数据技术对粉煤灰处置和利用数据进行分析,为企业决策和政策制定提供科学依据,推动粉煤灰处置管理与资源化利用的精准化、智能化发展。

##### 结束语

火电厂贮灰场粉煤灰处置管理与资源化利用的结合是一项系统工程。通过技术创新与集成应用,可突破关键技术瓶颈;产业协同与市场培育能构建完整产业链,激发市场活力;信息化管理与监测评估则保障了处置管理的精准高效。未来,需多方协同发力,持续推动粉煤灰从废弃物向资源转变,实现火电行业的绿色可持续发展,创造更大综合效益。

##### 参考文献

- [1]王涛,储洪强,丁天云,等.复杂环境下粉煤灰水泥石的离子浓度分布与维氏硬度劣化规律[J].硅酸盐通报,2021,40(12):10.
- [2]陈翔宇,宋敏.某火电厂WSD技术处理脱硫废水对烟气、粉煤灰的影响研究[J].新疆钢铁,2025(4):167-169.
- [3]周阳.火电厂粉煤灰品质对建筑材料性能的影响[J].建材发展导向,2025,23(24):4-6.
- [4]李亚航,张晓民,陈天星,等.某火电厂粉煤灰空心微珠的精细化分级及物化性质规律探究[J].现代矿业,2023,39(7):125-130.