

# 工业固废资源化利用在发电设备制造中的落地实践

钟继晴

东方电气集团东方汽轮机有限公司 四川 德阳 618000

**【摘要】**：工业固废堆存带来的环境压力与发电设备制造面临的资源消耗难题，推动二者深度融合成为绿色低碳发展的必然选择。工业固废资源化利用通过技术创新实现废物减量与价值提升，而发电设备制造对原材料、能源的巨大需求，为其提供了广阔应用场景。本文围绕工业固废资源化利用的核心内涵、应用技术、落地场景及优化对策，系统阐述其在发电设备制造中的应用路径，为行业绿色转型提供理论与实践参考。

**【关键词】**：工业固废资源化利用；发电设备制造；落地

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.037

## 1 工业固废资源化利用

工业固体废物是工业生产过程中产生的固态、半固态废弃物的总称，主要来源于矿山开采、冶金冶炼、电力生产、机械制造等行业，涵盖炉渣、粉尘、废磨具、废耐火材料等多种类型。随着我国发电设备制造业的持续发展，生产过程中产生的工业固废总量逐年攀升，若处理不当，不仅会占用大量土地资源，还可能通过土壤、水体、大气等途径造成环境污染，制约行业绿色可持续发展。

工业固废资源化利用是指通过技术手段，将工业固废转化为可利用的资源、能源或产品，实现“减量化、资源化、无害化”的目标，是破解固废处理难题、推动制造业绿色转型的关键路径。近年来，国家出台多项政策支持工业固废资源化利用，明确提出推动机械制造、电力等行业固废综合利用水平提升，为发电设备制造领域的固废资源化应用提供了政策指引和发展机遇。

发电设备制造行业作为工业固废产生的重点领域，同时也是固废资源化利用的重要应用场景。其生产过程中产生的各类固废，如废耐火砖、废磨具、粉尘、工业炉渣等，具有一定的资源价值，通过合理的技术处理，可替代部分原材料、回收能源或实现循环复用，既降低企业生产成本，又减少环境污染，实现经济效益、环境效益和社会效益的统一。当前，我国发电设备制造领域的固废资源化利用已逐步从基础回收向精细化、高效化转型，形成了一系列成熟的应用技术和落地实践。

## 2 工业固废资源化利用在发电设备制造中的应用技术

### 2.1 原材料替代技术

原材料替代技术是发电设备制造中工业固废资源化利用的核心技术之一，其核心是将符合标准的工业固废经过加工处理后，替代传统原材料用于设备生产，降低对天然资源的依赖，

同时消化工业固废存量。发电设备制造中常用的原材料包括钢材、耐火材料、铸造砂等，对应的可替代固废种类丰富，应用场景广泛。

在耐火材料生产环节，发电设备的锅炉、炉膛等部件需要大量耐火材料，而生产过程中产生的废耐火砖、废硅酸铝等固废，经破碎、筛分、提纯等工艺处理后，可作为再生耐火原料，替代部分新耐火骨料和粉料，用于制备中低档耐火砖、耐火浇注料等产品。例如，废耐火砖经破碎至合适粒度后，混合适量新料和粘结剂，可用于生产锅炉内衬用耐火浇注料，其耐高温性能、耐磨性能均能满足设备使用要求，且生产成本较使用全新原材料降低15%-30%。

在铸造环节，发电设备的壳体、底座等部件多采用铸造工艺生产，传统铸造砂多为石英砂，消耗量大且难以回收。而生产过程中产生的废砂料、废砂轮片经破碎、筛选、除杂后，可作为再生铸造砂替代部分新砂，用于铸件造型和制芯。同时，废磨料、废尼龙轮等固废经研磨、分级处理后，可作为金属表面处理的辅助材料，替代部分新磨料，用于发电设备零部件的打磨、抛光，既降低材料消耗，又减少固废排放。

此外，工业炉渣、粉尘等固废经加工处理后，可用于制备混凝土骨料，替代传统砂石，用于发电设备基础、辅助设施的建设；废木料、废层板经破碎、压制后，可作为包装材料，用于设备零部件的包装防护，实现原材料的循环替代。

### 2.2 能源回收利用技术

能源回收利用技术主要针对发电设备制造过程中产生的、具有能量潜力的工业固废，通过焚烧、热解等工艺，回收其中的热能或电能，实现能源的循环利用。此类固废主要包括废塑料、废木料、废弃焊剂渣等，其燃烧过程中可释放大量热能，可用于生产加热、供暖或发电。

废塑料类固废，如废包装塑料袋、塑料布等，具有较高的

热值，经分类、破碎、干燥处理后，可作为燃料送入工业锅炉燃烧，回收的热能可用于发电设备零部件的热处理、涂装等工序的加热，替代部分煤炭、天然气等传统能源，降低企业能源消耗成本。同时，燃烧产生的烟气经净化处理后排放，避免二次污染。

废木料、废层板等固废，主要来源于设备包装、生产场地铺垫等环节，经破碎处理后可作为生物质燃料，与煤炭混合燃烧，用于蒸汽锅炉发电或生产加热，既实现了固废的无害化处理，又回收了能源。此外，废弃焊剂渣经高温处理后，可回收其中的金属成分，同时释放的热能可用于辅助加热，提高资源和能源的综合利用率。

需要注意的是，能源回收利用过程中，需严格控制燃烧温度和烟气处理工艺，确保废气、废渣排放符合环保标准，避免产生二次污染。目前，相关技术已实现规模化应用，部分大型发电设备制造企业已建成固废焚烧供热系统，实现了固废能源的循环利用。

### 2.3 废弃物循环技术

废弃物循环技术是指将发电设备制造过程中产生的工业固废，通过一定的工艺处理后，重新投入到生产环节，实现固废的闭环循环利用，最大限度减少固废排放。该技术主要适用于可重复利用或经处理后可恢复使用价值的固废，如废磨具、废滤筒、废砂带等。

在设备零部件加工环节，产生的废千叶轮、废砂带、废砂轮等磨具类固废，经专业设备拆解、研磨、修复后，可重新加工成小型磨具，用于零部件的精细打磨、修边等工序，实现磨具的循环利用。例如，废砂轮片经破碎、筛选后，可重新压制、烧结，制成小型砂轮，用于小型零部件的打磨，延长磨具的使用寿命，降低磨具采购成本。

在除尘系统运行过程中，产生的除尘器报废滤筒、滤袋等固废，经拆解、清洗、修复后，可用于低要求的除尘场景，如辅助车间、原料堆放区的除尘，若无法修复，则可拆解回收其中的纤维、金属等成分，用于生产其他辅助产品。此外，装焊作业场地清扫物中的零星氧化渣、铁渣等，经收集、破碎、磁选后，可回收其中的铁元素，用于钢铁冶炼，实现资源的循环复用。

废弃物循环技术的应用，不仅减少了固废的产生量和排放量，还降低了企业的原材料采购成本，形成了“生产-固废-处理-再利用”的闭环模式，推动发电设备制造行业向循环经济转型。

## 3 发电设备制造中工业固废资源化利用的落地实践

### 3.1 火电设备制造中的应用

火电设备制造是工业固废产生量较大的领域，主要包括锅炉、汽轮机、发电机等设备的生产，产生的固废主要有废耐火砖、工业炉渣、粉尘、废磨具等，其固废资源化利用实践较为

成熟，形成了多环节、多技术的综合利用模式。

在锅炉制造环节，锅炉炉膛、烟道等部件的生产需要大量耐火材料，产生的废耐火砖、废硅酸铝等固废，经破碎、提纯、配比后，用于生产再生耐火浇注料，用于锅炉内衬的修补和辅助部位的砌筑，既降低了耐火材料的消耗，又减少了固废排放。某大型火电设备制造企业，每年产生废耐火砖约2000吨，通过资源化处理后，全部用于再生耐火材料生产，年节约原材料成本约300万元。

在汽轮机、发电机零部件加工环节，产生的废磨具、废砂带、废砂轮等固废，经修复、再加工后，用于零部件的打磨、抛光，同时，加工过程中产生的粉尘经收集、处理后，用于制备混凝土骨料，用于厂房、设备基础的建设。此外，生产过程中产生的工业炉渣，经破碎、筛分后，可作为道路基层材料或混凝土骨料，实现固废的综合利用。

火电设备制造企业还通过搭建固废分类回收体系，将不同类型的固废进行分类收集、集中处理，提高固废资源化利用效率。例如，将废塑料、废木料等可回收能源类固废单独收集，用于焚烧供热；将废金属、废铁渣等可回收资源类固废单独收集，用于再生利用，实现了固废的分类处理和精准利用。

### 3.2 新能源发电设备制造中的应用

随着新能源发电产业的快速发展，风电、光伏等新能源发电设备的制造规模不断扩大，产生的工业固废种类主要有废塑料、废磨具、废滤袋、粉尘等，其固废资源化利用主要聚焦于原材料替代和废弃物循环，推动新能源设备制造的绿色化发展。

在风电设备制造中，风电机组的机舱、轮毂等部件多采用复合材料或金属材料制造，生产过程中产生的废塑料包装、废磨具等固废，经处理后可实现资源化利用。其中，废塑料包装经破碎、熔融后，可用于生产塑料颗粒，替代部分新塑料，用于制造设备零部件的辅助件、包装材料等；废磨具经修复后，可用于零部件的打磨、加工，提高磨具的利用率。

在光伏设备制造中，光伏组件的生产过程中会产生少量粉尘、废玻璃等固废，粉尘经收集、处理后，可用于制备混凝土骨料；废玻璃经破碎、提纯后，可重新用于光伏玻璃的生产，实现资源的循环利用。此外，新能源发电设备制造过程中产生的废劳保用品，如废口罩、废连体服等，经无害化处理后，可用于焚烧发电，回收能源，避免固废污染。目前，部分新能源发电设备制造企业已逐步建立固废资源化利用体系，通过技术升级和流程优化，提高固废资源化利用率。

### 3.3 辅助材料与配套设施中的应用

发电设备制造过程中，辅助材料的使用和配套设施的建设也会产生大量工业固废，此类固废种类繁多，主要包括废塑料、废劳保用品、废磨具、废砂料、粉尘等，其资源化利用主要以

原材料替代和能源回收为主，实现固废的全方位利用。

在辅助材料使用环节，废包装塑料袋、塑料布等塑料制品，经分类、破碎、熔融后，可用于生产包装用塑料薄膜、塑料垫块等，替代部分新塑料，用于设备零部件的包装和防护；废草垫、废木料等固废，经破碎处理后，可作为生物质燃料，用于生产加热或供暖，回收能源；废磨具、废磨料经处理后，可用于辅助打磨、抛光，实现循环利用。

在配套设施建设和维护环节，产生的废耐火砖、工业炉渣、废砂料等固废，经加工处理后，可用于制备混凝土骨料、道路基层材料等，用于厂房、仓库、道路等配套设施的建设和修补；装焊作业场地清扫物中的氧化渣、铁渣等，经磁选回收后，可用于钢铁冶炼，提高资源利用率；除尘器报废滤筒、滤袋经拆解回收后，可用于生产辅助材料或进行能源回收。

此外，对于难以回收利用的废劳保用品，如废口罩、废连体服等，经无害化处理后，采用焚烧方式回收能源，同时确保焚烧产物符合环保标准；废玻璃、废硅酸铝等固废，经专业处理后，可用于建筑材料、保温材料的生产，实现固废的资源化利用。通过对辅助材料和配套设施产生的固废进行全方位、多层次的处理和利用，进一步提高了发电设备制造行业的固废资源化利用水平，推动行业实现绿色可持续发展。

## 4 优化工业固废资源化利用在发电设备制造中落地的对策建议

### 4.1 技术层面优化对策

加大技术研发投入，聚焦固废预处理、改性及适配性等核心痛点，重点突破固废地质聚合物、多源固废协同处理等关键技术，推动其产业化应用。加强产学研深度合作，搭建科研与生产对接平台，加速科研成果转化落地。合理引进国际先进技术，结合我国固废特性与发电设备制造需求进行本土化创新，提升核心技术自主可控能力，为固废资源化落地提供技术支撑。

### 参考文献：

- [1] 徐子淇.发电设备制造企业目标成本管控研究[J].财富时代,2024,(10):91-93.
- [2] 史靖雯.基于云模型的水力发电设备制造过程质量风险评估研究[J].上海大中型电机,2024,(01):54-58.
- [3] 强勇.我国首个发电设备制造基地向“绿色发展”要动力[N].经济参考报,2021-08-16(007).
- [4] 魏毅立,王洪明.光伏发电设备制造能耗与发电量对比分析[J].电源技术,2018,42(07):1057-1060.
- [5] 李航.D发电设备制造公司转型升级的战略问题研究[D].西南交通大学,2018.

### 4.2 成本层面优化对策

优化固废收运、预处理全流程，简化环节、提升效率，降低综合处置成本。推动固废资源化技术规模化应用，扩大生产规模形成规模效应，进一步摊薄单位成本。加大政府资金扶持力度，完善税收优惠、财政补贴等政策，减轻企业前期投入压力。探索多元化投融资模式，吸引社会资本参与，拓宽资金渠道，破解成本制约难题。

### 4.3 政策与标准层面优化对策

完善相关政策体系，出台针对性扶持政策，明确固废在发电设备制造中应用的鼓励措施，引导行业有序发展。健全固废资源化产品的质量标准、检测标准，规范市场准入与竞争秩序，保障产品质量。加强政策执行力度，强化企业环保主体责任，推动以渣定产等模式落地，倒逼企业推进固废资源化利用。

### 4.4 企业与市场层面优化对策

强化企业绿色发展理念，引导企业主动承担环保责任，积极推进固废资源化技术应用。完善市场推广机制，加强宣传引导，提升固废资源化产品的市场认可度。加强上下游产业协同，搭建固废供应与发电设备制造的对接平台，完善固废收运网络。发挥骨干企业示范引领作用，打造固废资源化利用示范基地，带动全行业协同发展。

### 结语

工业固废资源化利用在发电设备制造中的应用，是破解环境与资源困境、推动产业高质量发展的重要举措。从技术创新到场景落地，从成本控制到政策保障，多层面协同发力已形成初步发展格局，既实现了工业固废的无害化处置与资源化利用，又降低了发电设备制造成本。未来需持续强化技术研发、完善政策体系、推动市场协同，进一步拓展应用场景、提升利用效率，助力发电设备制造行业实现绿色转型，推动循环经济与低碳发展落地见效。