

火电行业环保技术创新与可持续发展研究

卢澄

东方电气集团国际合作有限公司 四川成都 610036

摘要：随着全球对环境保护和可持续发展的关注度不断提高，火电行业作为传统的能源生产领域，面临着巨大的环保压力。本论文深入研究了火电行业环保技术的发展现状，探讨了环保技术创新的路径，并提出了促进火电行业可持续发展的策略。通过对全球和中国火电环保技术进展的分析，阐述了高效清洁燃煤技术升级、碳捕集与封存技术突破以及数字化与智能化改造等创新路径的重要性。同时，从技术创新、政策支持和企业管理三个方面提出了可持续发展策略，旨在为火电行业在环保要求日益严格的背景下实现可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词：火电行业；环保技术创新；可持续发展

引言

在当今全球能源格局中，火电仍然占据着重要的地位。然而，火电行业在生产过程中会产生大量的污染物，如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物以及二氧化碳等，对环境造成了严重的影响。随着全球气候变化问题的日益凸显和各国环保法规的不断严格，火电行业面临着前所未有的挑战。如何在满足能源需求的同时，实现环保目标，成为火电行业亟待解决的问题。环保技术创新是火电行业实现可持续发展的关键，通过采用先进的环保技术，可以有效降低污染物排放，提高能源利用效率，减少对环境的负面影响。因此，深入研究火电行业环保技术创新与可持续发展具有重要的现实意义。

一、火电行业环保技术发展现状

（一）全球火电环保技术进展

全球火电环保技术呈现“高效化、清洁化、智能化”三大趋势。在高效化方面，超超临界机组技术成为主流，日本、欧盟等发达国家已实现主蒸汽温度700℃、供电效率超50%的机组商业化运行。例如，欧盟“AD700计划”通过研发新型耐热钢材料，将机组热效率提升至52%，较传统亚临界机组提高8—10个百分点。在清洁化方面，烟气净化技术持续升级，美国采用活性炭喷射吸附+布袋除尘的复合工艺，汞排放浓度降至 $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下；德国通过湿法脱硫+SCR脱硝技术，使二氧化硫与氮氧化物排放浓度分别低于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。智能化方面，西门子、GE等企业开发的AI优化控制系统，可实时调整燃烧参数，降低煤耗2%—3%，同时减少污染物生成。

（二）中国火电环保技术突破

中国作为全球最大的火电生产国，在火电环保技术方面取得了显著的突破。在脱硫、脱硝和除尘方面，中国已经实现了技术的国产化和大规模应用。目前，中国火电行业的脱硫、脱硝和除尘设施的安装率已经达到了较高水平，污染物排放得到了有效控制。

在高效清洁燃煤技术方面，中国取得了重要进展。超临界和超超临界机组技术得到了广泛应用，这些机组具有效率高、煤耗低、污染物排放少等优点。截至2025年，高效清洁煤电已成为行业主流，超临界和超超临界机组占比显著提升至45%以上，600MW及以上超超临界机组市场占有率达到35%。

中国在碳捕集与封存技术方面也进行了积极的探索和实践。截至2025年，CCUS技术商业化项目达32个。同时，中国还在加强对碳捕获、利用与封存技术的研发，以提高技术的经济性和可靠性。

在数字化与智能化改造方面，中国火电企业也在积极推进。通过引入先进的信息技术和自动化控制技术，实现了火电生产过程的智能化管理和优化控制，提高了能源利用效率和设备运行的可靠性。

二、火电行业环保技术创新路径

（一）高效清洁燃煤技术升级

高效清洁燃煤技术升级是火电行业实现可持续发展的核心环节，对降低环境污染、提高能源利用效率意义重大。超超临界燃煤发电技术通过提高发电机组的工作温度和压力，显著提升热效率，目前净效率已不低于50%，极大降低了煤耗和污染物排放。灵活智能燃煤发电技术着重提升电厂设备的快速响应能力和自动化水平，

可实现电厂无人值守，推动电力系统的灵活性和可靠性，为风电、光伏等新能源的大规模并网消纳提供保障，实现能源供应的平稳过渡。在燃烧技术方面，我国已成功研发出循环流化床燃烧技术、富氧燃烧技术、低氮燃烧技术等具有自主知识产权的技术，有效减少氮氧化物等污染物的生成。煤与生物质耦合掺烧技术，包括生物质气化后掺烧和生物质颗粒掺烧，已在多个示范电厂取得良好效果，既利用了生物质能源，又降低了煤炭使用量和污染物排放。

此外，加强煤炭洗选和预处理技术，能提高煤炭质量，减少杂质和硫分，进一步降低燃烧过程中的污染物排放。通过高效清洁燃煤技术升级，火电行业能在满足能源需求的同时，更好地适应环保要求，实现经济发展与环境保护的双赢。

（二）碳捕集与封存技术突破

碳捕集与封存技术突破是火电行业实现低碳发展的关键。碳捕集技术可从排放源捕获二氧化碳并进行收集、压缩，主要利用燃烧前捕集、燃烧后捕集或富氧燃烧技术，从废气、重整气或固定排放源中提取二氧化碳，还包括从移动排放源中捕获二氧化碳的移动碳捕集技术以及直接从大气中捕集二氧化碳的直接空气捕获（DAC）技术等。

捕获后的二氧化碳需进行运输与封存。运输可通过管道实现陆上运输，或使用特制船舶进行海上运输，形成特殊的“二氧化碳物流线”。封存则是将二氧化碳注入地下深层地质构造中，如废弃的油气田、不可开采的煤层或深部咸水层，这些地层有不透气的盖层，能将二氧化碳安全封存数千年。

在技术应用上，我国已取得显著成果。2023年6月，中国海油推动我国海上首个二氧化碳捕集与封存项目投用，将产出油气流中的二氧化碳分离、脱水干燥、压缩后，通过回注井高压注入油田浅部水层，年二氧化碳封存量超4000万立方米。目前，中国海油在广东惠州启动中国首个千万吨级碳捕集与封存集群项目，精准捕集大亚湾区各企业排放的二氧化碳，输送至珠江口盆地海域进行封存，形成完整且具国际竞争力的海上CCUS产业链。未来随着技术不断进步，碳捕集与封存技术将在火电行业及其他领域发挥更大作用，助力全球实现碳中和目标。

（三）数字化与智能化改造

数字化与智能化改造是推动火电行业迈向高端化、智能化、绿色化的关键举措，也是实现经济高质量发展

的必然要求。这一改造以“数字化+智能化”为核心，通过新一代信息技术与火电行业的深度融合，实现研发设计、生产制造、市场营销等全链条变革，在降本增效的同时推动产业提质升级。

在生产环节，引入智能传感器、边缘操作系统、高端芯片和集成电路等基础软硬件，实现对火电生产过程中设备运行状态、污染物排放等参数的实时监测和分析，及时发现设备故障和污染物排放异常情况并采取相应措施处理。采用智能化控制系统，可根据电网负荷需求、煤炭质量等因素自动调整机组运行参数，提高能源利用效率和设备运行稳定性。

在仓储方面，智能立体仓库的应用能让自动堆垛机和有轨穿梭小车高效完成货物的出入库操作，既快速准确又节省大量人工，激发企业新潜能。

不过，火电行业的数字化与智能化改造也面临一些挑战。关键技术支撑力不足、企业积极性不高、行业发展不平衡不充分等问题制约着改造进程。为解决这些问题，需加强数智技术的研发与创新，强化数字企业科技创新主体地位，联合高校、科研机构组建创新联合体，牵头组织重大技术项目。同时，政府可设立数智化转型专项基金，打通各类融资渠道，完善融资风险补偿机制，出台补贴政策，帮助企业排忧解难，提升企业改造意愿和水平。

三、火电行业可持续发展策略

（一）完善火电行业环保政策体系

完善火电行业环保政策体系对于推动火电行业绿色、低碳发展至关重要。近年来，我国政府高度重视生态环境保护工作，出台了一系列环保政策，如《关于推进电力行业绿色发展的指导意见》《大气污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》等，对火电行业提出了更为严格的环保要求。环保政策要求火电行业提高烟尘、二氧化硫、氮氧化物等污染物的排放标准，逐步实现超低排放，这对火电企业的环保设施建设提出更高要求，增加了企业成本。同时，政策鼓励火电企业加大清洁能源发电比例，减少对化石能源的依赖，推动产业结构调整，提高能源利用效率。然而，随着环保政策不断调整，火电行业也面临一些挑战，如运营成本上升、市场竞争加剧、环境风险增加等。

为应对这些挑战，进一步完善火电行业环保政策体系，应从多方面入手。要持续加大对清洁能源技术研发和补贴力度，鼓励企业采用先进的环保技术，如推广碳捕集、利用与封存技术，实现火电近零排放；开发氢能、

氢能等清洁燃料掺烧技术，降低火电机组碳排放强度。加强对火电企业环保设施运行的监管，确保企业严格遵守环保标准，建立健全环保管理制度，明确环保责任，加强环保设施运行维护，确保环保设施稳定运行。还应推动火电与新能源协同发展，鼓励火电企业与新能源企业合作，实现优势互补。积极参与政策倡导与行业自律，火电企业应在应对环保政策调整过程中，发挥自身作用，共同推动行业可持续发展。

（二）推动火电与新能源协同发展

推动火电与新能源协同发展是实现能源结构优化和绿色低碳转型的关键举措。随着新能源技术的不断进步和火电产业的转型升级，二者融合已成为未来能源发展的主流趋势。从政策层面来看，国家持续加大对新能源的扶持力度，出台一系列补贴政策、税收优惠和电价政策，推动新能源产业快速发展。政策框架强调新能源与火电的互补性，鼓励火电企业参与新能源项目，实现能源结构优化和产业链延伸，还注重市场机制的作用，通过市场化手段促进二者协同发展。

在技术方面，新能源与火电融合可实现协同控制，提高能源转换效率，降低能耗。储能技术如抽水蓄能、化学储能等的应用，能平衡新能源发电的间歇性，提高火电调峰能力，实现能源的高效利用。基于大数据和人工智能的调度算法，可实现新能源与火电的动态平衡，提高系统响应速度和稳定性。

从实际效益来看，二者协同发展有助于减少二氧化碳排放，降低环境污染，实现绿色低碳发展。还能降低能源成本，提高发电效率，实现经济效益最大化。预计到2030年，新能源占比将达到20%以上，融合技术将成为优化能源结构的重要手段。火电与新能源协同发展是助力实现碳达峰、碳中和国家战略的客观要求，国内发电侧电源供给以火电为主的态势将持续较长时间，在此过程中，推动二者协同发展意义重大。

（三）强化火电企业环保社会责任意识

随着社会责任观念普及和环保法规完善，火电企业需将环保理念融入运营各环节，实现与环境和谐共生。企业文化层面，越来越多火电企业将环保理念渗透其中，通过举办环保知识竞赛、设立环保建议征集箱等活动，鼓励员工参与，提高环保意识。定期培训让员工掌握最新环保技术和知识，为企业环保工作贡献力量。环保管

理与制度建设方面，企业认识到其重要性，建立环保管理制度，设立专门环保管理部门负责环保工作，并制定严格考核标准，确保环保措施有效执行。在环保投资与技术创新上，企业加大投入，引进先进污染治理技术，如安装烟气净化装置、采用低硫煤等，努力达到甚至超越国家排放标准，降低排放物污染程度。

从企业自身发展看，强化环保意识顺应市场需求。现代消费者环保意识增强，更倾向选择有环保责任感的企业和产品。火电企业积极履行环保责任，能赢得公众认可度和市场占有率，在竞争中获得消费者信任和支持。同时火电企业应积极参与社会公益活动，关注员工福利和社区发展，与社区建立和谐关系，强化社会责任。通过这些举措，火电企业在保证能源供应的同时，降低污染排放、改善空气质量，为环保事业贡献力量，实现经济与环境效益双赢，促进可持续发展。

结论

火电行业环保技术创新与可持续发展需多方协同推进。高效清洁燃煤技术升级、碳捕集与封存技术突破及数字化与智能化改造是环保技术创新的关键路径，可降低污染物排放、提高能源利用效率。技术创新需企业与科研机构合作，政策支持要政府完善法规、建立市场机制及提供财政补贴，企业管理应健全制度、优化流程、增强责任意识。多方共同努力，火电行业才能在环保要求下实现可持续发展，为能源转型和环境保护贡献力量。

参考文献

- [1] 周宗旭. “双碳”背景下绿色技术创新对火电企业财务绩效的影响研究——以H公司为例[J]. 中外企业家, 2024(6).
- [2] 王兴邦. 浅析火电厂节能技术及优化控制[J]. 节能与环保, 2024(003): 000.
- [3] 李鹏博. 基于超效率SBM-DEA模型的华电国际环境绩效评价研究[D]. 云南师范大学, 2024.
- [4] 王仲. 电厂节能环保技术的应用与发展[C]//全国绿色数智电力设备技术创新成果展示会论文集(四). 2024.
- [5] 刘辉. 火电企业碳排放在线监测技术研究进展[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023(011): 000.