

发电厂脱硫脱硝技术的经济性与环境影响分析

严允蔚

大唐南京发电厂，江苏省南京市，210046；

摘要：电厂脱硫脱硝技术是针对烟气中的硫氧化物和氮氧化物等有害物质进行处理的关键环保技术在能源与环境矛盾日益尖锐的当下，发电厂脱硫脱硝技术的经济性与环境影响成为行业关注焦点。本文突破传统单一视角分析局限，深入剖析多种脱硫脱硝技术的成本构成与效益评估体系，揭示石灰石 - 石膏法、选择性催化还原法等技术在不同场景下的经济特性。同时，从大气、水、土壤环境多维度阐述技术应用带来的环境效应，既有污染物减排的积极贡献，也存在废水处理、副产品处置等潜在环境风险。研究进一步探讨经济性与环境影响的辩证关系，提出涵盖技术选择、政策引导、协同发展等多层面的平衡策略。研究表明，通过技术创新、政策优化与管理提升，可实现脱硫脱硝技术经济效益与环境效益的协同共进，为行业可持续发展提供重要参考。

关键字：发电厂；脱硫脱硝技术；经济性；环境影响

DOI：10.69979/3029-2700.25.09.063

引言

政府推动领域内设备更新和技术进步。2024 年 9 月，生态环境部公示《国家污染防治技术指导目录（2024 年，限制类和淘汰类）》；11 月，国家发展改革委公示《拟纳入〈绿色技术推广目录（2024 年版）〉的技术清单》，技术涉及除尘、脱硫脱硝、VOCs 治理等领域。在此背景下，系统分析发电厂脱硫脱硝技术的经济性与环境影响，探索两者的平衡与协同发展路径，对于推动能源行业绿色转型、实现可持续发展具有重要的理论价值与现实意义。

1 脱硫脱硝技术的经济性分析

1.1 成本构成剖析

在探讨发电厂脱硫脱硝技术的经济性时，成本构成是不容忽视的核心要素。其成本体系呈现出多元化特征，主要涵盖设备购置与安装、运行维护以及其他隐性成本等多个层面。设备购置与安装成本不仅包含各类脱硫脱硝设备的采购费用，还涉及运输、安装调试等环节产生的支出。不同的脱硫脱硝技术，所需设备存在显著差异，这直接导致成本相差悬殊。运行维护成本更是贯穿技术应用的全周期，其中能源消耗、脱硫剂与脱硝剂成本、设备维护以及人工成本等都是重要组成部分。以石灰石 - 石膏法脱硫技术为例，该技术因设备复杂，前期需投入大量资金用于吸收塔、氧化风机等设备采购与安装；运行时，需持续消耗大量石灰石作为脱硫剂，且浆液制备与处理环节对水资源的需求极大，同时为确保设备稳定运行，人工巡检、维护频次高，进一步拉高了整体成

本。相比之下，低氮燃烧技术虽设备投资相对较少，但对燃料品质、燃烧温度、空气配比等工况要求极为严苛，一旦工况出现波动，氮氧化物排放超标，后续追加的处理成本将大幅增加。

以国内某装机容量达 1000MW 的大型燃煤发电厂为例，在采用石灰石 - 石膏法脱硫技术时，仅脱硫设备的购置与安装成本便高达 8000 万元，其中吸收塔采购费用约 2500 万元，氧化风机等辅助设备及安装费用约 1500 万元，运输与调试费用 500 万元。运行期间，每年消耗石灰石约 8 万吨，按市场价格计算，脱硫剂成本超 1200 万元；设备维护费用每年约 300 万元，人工成本 200 万元，再加上水电等能源消耗费用 100 万元，年运行维护成本总计超过 1800 万元。此外，脱硫废水处理系统建设投入 500 万元，每年运行成本 150 万元，若因环保监测不达标面临罚款，潜在隐性成本更是难以预估。在脱硝环节，采用选择性催化还原法脱硝技术，催化剂每 3 - 5 年需更换一次，每次更换成本高达 800 万元，成为运行维护成本的“大头”，对电厂经济效益产生明显的负面影响。

1.2 效益评估体系

科学合理的效益评估体系是衡量脱硫脱硝技术经济效益的关键工具。目前，常用的评估方法主要包括投资回收期法、净现值法和内部收益率法等，它们从不同维度对项目经济效益进行量化分析。投资回收期法通过计算项目投资回收所需的时间，以直观数据展现项目资金回笼速度，通常回收期越短，项目经济性越优，该方法适用于对项目资金流动性和短期收益的快速评估。净

现值法则充分考虑资金的时间价值，通过对未来收益与支出进行折现计算，评估项目在整个生命周期内的经济价值，当净现值为正数时，表明项目在经济上具有可行性且能创造收益。内部收益率法作为衡量项目盈利能力的重要指标，通过计算项目预期现金流的折现率，当该折现率高于行业基准收益率时，说明项目具备较强的经济吸引力。这三种方法相互配合、彼此补充，能够全面、准确地对脱硫脱硝项目的经济效益进行综合评估。

某中型火力发电厂在实施脱硫脱硝技术改造项目时，综合运用多种效益评估方法对项目进行深度剖析。运用投资回收期法计算发现，该项目初始投资 5000 万元，在改造完成后的第 5 年，累计净收益达到 5200 万元，即投资回收期约为 5 年，优于行业平均 6—7 年的水平，表明项目资金回收速度较快。采用净现值法，以 8% 的折现率计算，考虑项目运行 10 年内的收益与成本，得出净现值为 1200 万元，说明项目在整个生命周期内具有显著的经济价值。通过内部收益率法测算，项目内部收益率达到 12%，高于行业 10% 的基准收益率，进一步证明项目具备较强的盈利能力和经济可行性。通过多种评估方法的综合运用，该电厂不仅清晰掌握了脱硫脱硝项目的经济效益状况，还为后续项目优化、设备升级等决策提供了坚实的数据支撑，有效提升了项目的经济性和竞争力。

2 脱硫脱硝技术的环境影响分析

2.1 大气环境的净化效应

脱硫脱硝技术对大气环境的净化作用十分显著。从理论层面来看，这些技术能够有效减少发电厂排放的二氧化硫、氮氧化物和颗粒物等污染物。二氧化硫是形成酸雨的主要物质，氮氧化物不仅会导致酸雨，还会参与形成光化学烟雾，对人类健康和生态环境造成严重危害，而颗粒物则是雾霾形成的重要因素。通过脱硫脱硝技术，可大幅降低这些污染物的排放浓度，有效改善空气质量，减少酸雨、雾霾等环境问题的发生频率和危害程度。例如，选择性催化还原法脱硝技术能够将氮氧化物的排放浓度降低 80% 以上，石灰石—石膏法脱硫技术的脱硫效率可达 90% 以上，显著减少了大气污染物的排放量。

以我国某地区的发电厂为例，在未采用脱硫脱硝技术之前，该地区酸雨发生频率较高，空气质量较差，雾霾天气频繁出现。在实施脱硫脱硝技术改造后，二氧化硫和氮氧化物的排放量大幅下降，酸雨发生频率明显降低，空气质量得到显著改善。据监测数据显示，改造后

该地区空气中二氧化硫浓度下降了 60%，氮氧化物浓度下降了 50%，PM2.5 浓度也有所降低，蓝天数量明显增多，周边居民的生活环境得到极大改善，充分体现了脱硫脱硝技术对大气环境的净化效应。

2.2 水环境的潜在影响

脱硫脱硝技术在运行过程中会对水环境产生一定影响。脱硫过程中会产生大量的脱硫废水，这些废水成分复杂，含有大量的重金属离子、悬浮物和酸性物质等。如果处理不当，直接排放到周边水体中，会导致水体 pH 值下降，重金属含量超标，破坏水体生态平衡，影响水生生物的生存和繁殖，同时也会对周边居民的饮用水安全构成威胁。此外，脱硝过程中可能会使用一些化学药剂，这些药剂若进入水体，也会对水质产生不良影响。因此，合理处理脱硫脱硝过程中产生的废水至关重要。

某沿海发电厂在脱硫过程中采用海水脱硫技术，虽然该技术具有脱硫效率高、成本低等优点，但在运行过程中，海水中的盐分和其他物质经过处理后，会产生大量的浓盐水。如果这些浓盐水直接排放到海洋中，会改变局部海域的盐度和水质，对海洋生态环境造成破坏。为解决这一问题，该电厂建设了专门的废水处理设施，对浓盐水进行进一步处理，降低其盐度和污染物含量，达标后再排放，有效减少了对海洋环境的影响，保障了周边水环境的安全。

2.3 土壤环境的关联效应

脱硫脱硝技术与土壤环境之间存在密切关联。一方面，脱硫脱硝过程中产生的副产品，如脱硫石膏、硫酸铵等，如果能够合理利用，可以作为建筑材料、肥料等，实现资源的再利用，减少对土壤的污染；但如果处置不当，这些副产品中的有害物质可能会渗入土壤，改变土壤的理化性质，影响土壤肥力和农作物生长。另一方面，脱硫脱硝设备运行过程中可能产生的粉尘、废渣等废弃物，如果随意堆放，也会占用土地资源，污染土壤环境。因此，正确处理脱硫脱硝副产品和废弃物，对保护土壤环境至关重要。

某内陆发电厂在脱硫过程中产生了大量的脱硫石膏，起初由于缺乏有效的利用途径，这些脱硫石膏被随意堆放在厂区周边的空地上。随着时间的推移，脱硫石膏中的有害物质逐渐渗入土壤，导致周边土壤的酸碱度发生变化，土壤肥力下降，农作物产量和品质受到严重影响。后来，电厂通过与相关企业合作，将脱硫石膏加工成建筑材料，实现了脱硫石膏的资源化利用，不仅减少了对土壤环境的污染，还为企业带来了一定的经济效益。

益，同时也保护了周边的土壤生态环境。

3 经济性与环境影响的综合考量

发电厂脱硫脱硝技术的经济性与环境影响并非相互独立，而是存在着紧密的辩证关系。从经济投入角度来看，加大对脱硫脱硝技术的资金投入，能够推动技术升级和设备更新，从而提高污染物的处理效率，增强环境效益。例如，采用更先进的脱硫脱硝设备，虽然前期投资较大，但运行过程中可以降低能源消耗和原料成本，同时提高污染物去除率，实现更好的环境效果。反之，良好的环境效益也能为企业带来长期的经济回报。当发电厂通过脱硫脱硝技术改善周边环境质量后，能够减少因环境污染导致的周边居民投诉和赔偿问题，降低企业面临的环境风险和潜在经济损失；同时，良好的环境形象有助于企业获得更多的政策支持和社会认可，提升企业的竞争力，为企业创造更广阔的发展空间和经济效益。

3.2 平衡策略的多维探索

为实现脱硫脱硝技术经济性与环境影响的平衡，需要从多个维度探索有效的平衡策略。在技术选择方面，发电厂应根据自身的实际情况，如燃料类型、规模大小、地理位置等，综合考虑不同脱硫脱硝技术的优缺点和适用范围，选择最适合的技术方案。同时，积极开展技术研发和创新，不断优化现有技术，降低成本，提高效率。在政策层面，政府应加强政策支持与引导，通过制定补贴政策、税收优惠政策等，鼓励企业采用先进的脱硫脱硝技术，减轻企业的经济负担；完善环保法规和标准，加强对企业的监管力度，促使企业重视环境保护，加大在脱硫脱硝方面的投入。此外，企业自身要加强管理与运营优化，建立健全的管理制度，提高设备运行效率，降低运行维护成本；加强人员培训，提高员工的操作技能和环保意识，确保脱硫脱硝设备稳定运行，实现经济效益和环境效益的双赢。

3.3 协同发展的实践路径

推动发电厂脱硫脱硝技术经济性与环境影响的协同发展，需要明确具体的实践路径。首先，企业应将经济效益和环境效益纳入整体发展战略，制定长期规划和

目标，在项目投资、技术选择、运营管理等各个环节，充分考虑两者的协同关系。其次，加强产学研合作，促进科研机构、高校与企业之间的技术交流与合作，加快科研成果的转化和应用，开发出更加经济、高效的脱硫脱硝技术。再者，建立健全的监测和评估体系，对脱硫脱硝项目的经济性和环境影响进行实时监测和动态评估，及时发现问题并采取相应的措施进行调整和优化。最后，加强企业间的交流与合作，分享成功经验和技术，共同探索协同发展的新模式和新途径，推动整个行业的可持续发展，实现经济效益与环境效益的协同提升。

4 结语

本研究系统分析了发电厂脱硫脱硝技术的经济性与环境影响，通过成本效益分析与环境效应评估，揭示了不同技术在经济投入与环境改善方面的特点与规律。研究证实，脱硫脱硝技术虽在初期面临较高成本压力，但从长期来看，其环境效益能有效降低社会环境治理成本，提升企业综合竞争力。同时，明确了经济性与环境影响间的相互促进关系，以及技术选择、政策引导、协同发展等平衡策略的重要性。未来，随着环保要求持续提高与技术创新加速，需进一步加强新型脱硫脱硝技术研发，优化成本结构，完善环境影响评估体系，推动能源行业在经济与环境协调发展的道路上不断前行，实现经济效益与生态效益的最大化。

参考文献

- [1] 丁伟. 火电厂烟气脱硫脱硝技术应用与节能环保策略探讨 [J]. 电气技术与经济, 2023, (09): 92–94.
- [2] 何志洋. 浅谈火电厂废气综合治理技术的创新与应用 [J]. 皮革制作与环保科技, 2024, 5(16): 103–105. DOI: 10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-16-36.
- [3] 李宝刚. 脱硫脱硝装置烟道设计技术规定介绍 [J]. 一重技术, 2024, (01): 7–9.
- [4] 曹晏肇, 付伟. 脱硫脱硝改造技术 [C]//中国铸造协会, 《铸造工程》杂志社. 第十八届中国铸造协会年会论文集. 山西建邦集团铸造有限公司; , 2022: 388–390. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2022.048903.
- [5] 田恬, 张弘, 路光杰. 脱硫脱硝行业 2024 年评述和 2025 年发展展望 [J]. 中国环保产业, 2025, (01): 37–39.