

国内外天然气场站能效标准对比及对我国低碳技术升级的启示

吴伟 袁雅楠 李园 路双林 梁磊

中石化天气分公司西北天然气销售中心，新疆阿克苏，842000；

摘要：国内外天然气场站能效标准在指标体系、评估方法、政策导向上有差异。国内有明确能效参数及计算规范，政策注重能源安全与政府主导；国外欧盟侧重技术创新与市场引导，美国关注减排与行业升级。国内天然气场站低碳技术升级策略包括设备升级与能源替代并行、数字化与碳循环机制落地、资源整合与标准衔接，通过多方面举措推动场站低碳运行与可持续发展。

关键词：天然气场站；能效标准；对比；低碳技术升级

DOI：10.64216/3104-9672.25.01.024

引言

在全球能源转型与低碳发展的大背景下，天然气作为清洁能源，其场站的高效低碳运行至关重要。国内外天然气场站能效标准存在诸多不同，这影响着场站的发展方向。国内在政策推动下积极寻求低碳升级路径，从设备、能源、数字化等多方面入手，探索适合自身的发展策略，以适应能源变革趋势，实现可持续发展目标。

1 国内外天然气场站能效标准对比

1.1 国内能效标准

国内外的天然气场站能效标准在指标体系、评估方法、政策导向等方面存在一定差异，其中针对指标体系，国内有 GB/T34165-2017《油气输送管道系统节能监测规范》，该规范规定天然气压缩机组效率必须大于等于 73%、燃油加热炉热效率大于等于 78%、燃气加热炉热效率大于等于 80%等相关数据，而 T6637-2018 则对天然气压缩机组的多变压缩功、多变效率等相关参数的计算方法进行了明确规范。针对评估方法，我国主要依据 GB/T2589《综合能效计算通则》等相关标准，计算单位输气周转量、综合能量等相关指标，通过对主要能耗设备和系统的节能监测项目进行测试和评估，以此判断设备是否符合能效标准。针对政策导向，我国更加强调能源安全性，推动燃气产业的可持续发展，且政策执行更加注重政府主导和行政审批的地位，执行力度相对较强。

1.2 国外能效标准

在国外，针对指标体系，欧盟的绿色金融分类标准认可部分燃气相关经济活动，其新建燃气热电厂技术筛选标准为生命周期排放低于每千瓦 100g 二氧化碳当量或直接排放低于每千瓦 270g 二氧化碳当量等，而美国

环保署主要通过法规限制天然气 Operations 中的甲烷等污染物排放，并逐步淘汰了传统的火炬排放。针对评估方法，欧盟会结合其能源管理体系标准 ISO50001 进行能源管理和能效评估，更加侧重于持续改进和系统的优化，美国则通过严格把控排放来确保标准执行。针对政策导向，欧盟更加注重技术创新以及当前的市场竞争，其绿色金融分类标准引导私人投资向低碳燃气项目倾斜，美国政策主要在减少污染物排放方面保护公众健康和环境，同时在一定程度上也会不断推进行业技术升级。

2 国内天然气场站低碳技术升级策略

2.1 设备升级与能源替代并行

2.1.1 设备升级

针对设备升级，部分企业需要首先进行全面精准的规划及前期准备，即组织专业队伍对天然气厂站现有设备进行详细评估，评估内容涵盖设备的运行年限、能耗状况、技术性能及维护成本等多方面指标，通过综合分析确定哪些设备急需升级改造，明确升级设备的优先顺序，并以此为基础制定科学合理的设备升级清单。其次，企业需要依据升级清单开展深入的市场调研，了解当前行业先进的技术设备、产品性能及价格区间等相关信息，与多家供应商进行充分沟通洽谈，对比不同供应商间的生产质量、售后服务及价格优势，筛选出符合场站升级需求且性价比高的设备供应商。同时，企业需要提前规划好设备升级所需要的人力、物力、财力等相关资源，安排专业的技术人员进行培训学习，使其熟悉新设备的技术原理、操作方法和维护要点，确保设备到货后能够迅速高效地开展安装调试工作，为设备升级的顺利实施奠定坚实基础。

如某公司在升级设备时，组建专业团队评估 3 个压

气站、12 个输气阀室的核心设备，记录压缩机运行时长、维修成本、能耗数据，检查发电机响应速度与排放浓度，通过健康档案和能耗模型，将 2 台超期压缩机、5 台低效发电机列为优先升级对象，制定含型号、能效值、预算的清单；采购部联合技术团队走访 5 家厂商，考察工艺、索取报告，对比保修期、维护费及培训服务，选定 2 家符合高压要求且有本地服务的供应商；提前三个月安排 10 名运维人员参加实操培训，掌握新设备操作与维护技巧，协调仓库预留空间、制定进场路线，确保新设备 15 天完成安装调试，较计划缩短 5 天。

2.1.2 能源替代

能源替代是设备升级与能源替代并行策略的关键环节，在此过程中企业需要进行系统性的评估与方案制定。首先，企业需要对天然气厂站现有的能源消耗结构进行细致分析，明确各类能源在能耗中的占比及使用场景，结合国家能源政策导向和厂家自身的发展目标，确定能源替代的主要方向，如从传统能源向清洁能源如太阳能、风能等进行替代^[1]。

随后，企业需要开展能源替代的可行性研究，综合考虑场地的地理位置、气候条件、场地空间等因素，评估不同清洁能源在场站应用的适应性和稳定性，同时对能源替代的成本进行详细核算，包括设备采购成本、安装调试成本等，通过成本效益分析确定最具经济性和可行性的能源替代方案。最后，在制定方案的过程中，企业需要注重与设备升级的协同性，确保能源替代方案与设备升级后的运行需求相匹配，避免出现能源替代与设备升级不兼容的情况，保证整个场站能源系统的平稳过渡和高效运行。

如该中心先拆解各场站能耗结构，发现压气站 18% 能耗为照明办公用电（依赖火电），阀室监控用柴油发电机年耗柴油 30 吨，结合政策与规划确定以太阳能替代；技术团队勘察场站，测压气站年均日照 6.5 小时及阀室遮挡情况，邀请光伏企业设计方案，测算 3 种方案的投入与 20 年收益，其中压气站 50kW 项目投资 45 万元，年发电 6.8 万度满足 90% 办公用电，回收期 7 年，阀室 5kW 系统可替代发电机，年省 2.3 万元；将替代方案与设备升级同步规划，在新压缩机控制系统预留光伏接口，要求供应商按发电机参数调整储能逻辑，先装光伏设施，再在设备调试阶段切换电源，确保系统平稳过渡。

2.2 数字化与碳循环机制落地

2.2.1 数字化基础搭建与碳数据精准采集

在推进国内天然气厂站低碳技术升级过程中，企业需要搭建数字化基础并探寻碳循环机制，而要想保证数

字化与碳循环机制有效落地，首先需要搭建坚实的数字化基础，并实现数据的精确采集。针对数字化基础搭建层面，企业需要构建一个集成化的数据管理平台，该平台需具备强大的数据存储、处理、分析能力，能够兼容天然气厂站内各类设备的数据接口，确保不同设备产生的运行数据（如压力、流量等）能够实时稳定地传输到平台，同时需要完善场内的网络通信设施，采用高速稳定的网络技术，保证数据传输的及时性、准确性，避免因网络问题导致数据丢失。

针对碳数据精准采集层面，企业需要在天然气场站的各个环节部署专业的碳监测设备，这些设备要能够精确测量天然气在开采、运输、存储和使用过程中的碳排放数据，包括直接排放和间接排放。为了保证数据的准确性和完整性，企业还需要对监测设备进行定期校准维护，以严格的数据质量监控体系对采集到的数据进行实时审核和校验，及时发现数据中的异常值和错误信息^[2]。

如企业搭建数字化基础时，部署集成化数据管理平台，兼容 23 类设备接口，实时接收存储每 5 分钟更新的压力、流量等参数，升级为工业级光纤环网，速率达 1000Mbps，保障单站日均 12GB 数据无丢失；碳数据采集上，在压缩机排气口装红外气体分析仪，燃气发电机排烟管设激光在线监测仪，办公区配电箱加智能电表，分别测直接、间接碳排放，输气阀室法兰处装微量泄漏检测仪捕甲烷逸散；为保数据质量，制定《碳监测设备校准规范》，每月用标准气体校准红外分析仪，每季度请第三方校验激光监测仪，平台自动审核数据，超历史均值 15% 即预警，运维人员 2 小时内核查记录。

2.2.2 碳循环机制模型构建与数字化协同

当完成上述的数字化基础搭建之后，企业需要构建碳循环机制模型并实现数字化协同优化。首先，在构建碳循环机制模型时，企业需要综合考虑天然气场站的工艺流程、设备运行特点及能源消耗结构等因素，运用系统动力学、生命周期评估等先进理论和方法，建立一个能够准确描述天然气厂站内碳流动和转化过程的动态模型。该模型能够模拟不同工况下的碳排放变化趋势，分析影响碳排放的关键因素，进而为后续制定升级策略提供数据依据。此外，在数字协同优化层面，需要将碳循环机制模型与数字化数据管理平台进行深度集成，实现数据的实时交互和共享，通过数据管理平台将采集到的数据输入到碳循环机制模型中，对模型进行实时更新和优化，提高模型的准确性和预测能力。最后，企业需要建立数字化反馈机制，将优化的数据反馈给碳循环机制模型，形成闭环控制，推动天然气场站的低碳运行和碳循环机制的不断完善。

2.3 资源整合与标准衔接

2.3.1 资源整合的系统规划

资源整合与标准衔接的首要环节是对资源整合进行系统规划,首先,企业针对资源整合需要涵盖技术、资金、人力及信息等多方面因素。从技术资源整合角度出发,企业需要对国内外天然气厂商低碳技术领域的前沿成果进行全面梳理与评估,建立技术资源数据库,明确各类技术的适用场景、技术优势及潜在风险,在此数据库基础上,再结合国内天然气场站的实际运营情况、地理位置等因素筛选出适合场站低碳技术升级的技术组合。

在资金资源整合方面,企业需要制定详细的资金筹集与分配计划,一方面积极争取政府的专项补贴,了解相关政策的具体要求与申请流程,另一方面企业需要拓宽融资渠道,与金融机构建立紧密合作关系,选择合适的融资方式,并对资金进行合理分配,按照技术升级的优先级与重要性将资金准确投入到关键环节,确保资金使用效益最大化。

在人力资源整合上,企业需要构建跨学科、跨领域的专业团队,包括天然气、工程、环境科学等方面的专业人才,明确团队成员的职责与分工,建立有效沟通的协调机制,形成强大的技术攻关合力。针对信息资源的整合,企业需要搭建统一的信息管理平台,将场站的生产、运营数据、技术文档等信息进行集中存储与管理,实现信息的实时共享与高效利用,为后续决策提供有力数据支持^[3]。

如企业在整合技术资源时,组建小组评估 20 项国际前沿成果,建含技术成熟度等的数据库,结合场站沙漠戈壁环境,筛选出“分子筛脱水+膜法脱碳”工艺,能耗降 18%;资金整合上,财务联合市场部制方案,专员对接发改委获 2000 万补贴,与 3 家银行签“碳中和贷”得 5000 万,60%用于压气站升级,30%投光伏,10%留作研发储备;人力整合从内部抽 15 名骨干,外聘 3 名专家,组跨部门团队,明确工艺组、监测组、协调组分工,每周开例会同步进展;信息整合依托数据平台,打通上下游数据接口,实现全链条共享,日均处理 30 万条数据,为决策提供依据。

2.3.2 标准衔接的深入调研与精准对接

当完成资源整合的系统规划之后,企业需要将标准衔接纳入国内天然气厂站低碳技术升级的关键环节。在此过程中,企业需要对国内外的相关标准进行深入调研与全面分析,通过对比国内外标准,找出存在的差异与差距,分析国内标准在低碳技术要求方面的不足与提升

空间。在此基础上同时需要进行标准的精准对接,一方面,针对国内已有的相关标准但与国际标准存在差异的领域,企业需要积极借鉴国际先进经验,结合国内天然气场站的实际情况对国内标准进行修改与完善,提高标准的科学性、先进性,使其能够更好地指导场站低碳技术升级;另一方面,企业需要对国内尚未制定相关领域标准的领域,加快标准的制定步伐,参考国际通行做法,结合国内行业发展趋势与技术创新成果,制定出符合国内实际需求且具有前瞻性的低碳技术标准。此外,在标准衔接过程中,企业需要加强相关部门、行业协会之间的沟通协作,广泛征求各方意见,确保标准的合理性与可操作性,同时也需要建立标准实施的监督与评估机制,定期对标准的执行情况进行检查与评估,及时发现问题并调整优化,保证标准衔接能够有效推动国内天然气厂家低碳技术升级,实现行业的可持续性发展。

如该企业成立标准研究小组,收集 12 项国内外标准,发现国际甲烷泄漏检测精度($\leq 0.01\%$)高于国内($\leq 0.05\%$),碳捕集率计算也有差异;针对差异,联合行业协会研讨,建议将检测精度修订为 $\leq 0.03\%$,被纳入国标修订草案;对国内未覆盖的“天然气-光伏互补系统”领域,牵头 5 家企业制规范,参考国际要求,规定储能效率 $\geq 85\%$ 、响应延迟 ≤ 2 秒,已通过评审;建“三级监督机制”,班组日查、部门周查、公司月聘第三方评估,发现光伏板清洁度不达标后调整清洗频次,发电效率升 7%,推动场站升级与标准协同发展。

3 总结

国内天然气场站在低碳技术升级探索中,通过设备与能源协同升级、数字化与碳循环深度融合、资源与标准有效整合等策略,取得了积极进展。这不仅提升了场站自身能效与低碳水平,也为行业发展提供了宝贵经验。未来,需持续优化升级策略,紧跟技术前沿,加强国际交流,推动国内天然气场站低碳发展迈向新高度,助力能源行业绿色转型。

参考文献

- [1] 温纪宏,许付晓,项应志,等.数字化技术及其在天然气场站实施方案研究应用[C]//2024 年山东省数据技术与应用论文集.国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司,2024:233-239.
- [2] 罗铝彬.绿色低碳技术促进工业碳减排的效应测度和实现路径研究[D].西安工业大学,2025.
- [3] 徐旭冉.新工科视角下低碳技术学科体系建设探索与研究[J].南京理工大学学报(社会科学版),2024,37(05):86-92.