

热能与动力工程节能路径分析

邱才聚

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 丰城 331100

摘要：热能与动力工程节能路径涵盖技术路径与实施策略两大层面。技术路径聚焦设备级、系统级节能，以及新能源耦合与调压调节方式改进，通过优化设备性能、提升系统效率、利用清洁能源及改进运行调节，实现节能降耗。实施策略则强调制定合理的节能规划与目标，需科学评估能源需求与现状，明确节能潜力与方向；同时，加强技术研发与创新投入，推动节能技术突破与应用。此外，还需建立完善的能耗监测与管理体系，确保节能路径有效落地。

关键词：热能；动力工程；节能路径

引言：在能源供需矛盾深化与生态红线约束趋紧的双重挑战下，热能与动力工程领域正经历从规模扩张向能效提升的根本性转变。当前，该领域面临设备老化导致热效率衰减、系统集成度不足引发能源级差损失、可再生能源波动性加剧消纳难度等结构性问题。通过设备能效重构、系统流程再造及新能源梯级耦合，可突破传统技术路径依赖，形成以技术迭代为驱动、以管理创新为支撑的节能降耗新范式，为能源转型提供关键技术接口。

1 热能与动力工程的基本概念

热能与动力工程作为一门综合性工程技术领域，以能量转换与高效利用为核心，深度融合热力学、传热学、流体力学及机械工程等多学科理论，致力于通过科学设计能量转换装置与系统，实现热能、化学能等向机械能、电能或其他形式能量的高效转化，为工业生产、交通运输、能源供应等领域的可持续发展提供关键支撑。热能，作为物质内部分子热运动能量的宏观表现，是自然界中普遍存在的能量形式。其获取方式多样，涵盖化石燃料燃烧、核能释放以及可再生能源利用（如太阳能集热、地热能开采）等。热能利用的关键在于精准控制能量的传递与转换过程，通过热交换器实现高温热源与低温工质间的能量交换，或采用绝热材料减少热量散失，从而提升系统效率^[1]。热力学第一定律（能量守恒）与第二定律（熵增原理）为热能利用奠定了理论基础：前者指导能量转换的定量分析，确保能量守恒；后者揭示能量品质的不可逆损失，推动系统向更高效率与更低能耗方向发展。动力工程则聚焦于将热能、化学能等转化为机械能或电能的装置与系统设计，如通过锅炉或反应堆产生高温高压工质驱动汽轮机或燃气轮机旋转，带动发电机发电；内燃机、燃气轮机等则实现化学能到机械能的直接转化；太阳能光热发电、生物质能利

用等新能源技术也逐步融入动力工程体系，推动能源结构的多元化与清洁化。

2 热能与动力工程节能技术路径

2.1 设备级节能技术

2.1.1 高效燃烧技术

高效燃烧技术通过优化燃料与空气的混合比例、燃烧室结构及燃烧过程控制，实现燃料的完全燃烧与能量最大化释放。传统燃烧方式常因燃料混合不均、燃烧温度分布不合理导致不完全燃烧，产生大量一氧化碳、碳氢化合物等污染物，并造成能源浪费。现代高效燃烧技术采用分级燃烧、富氧燃烧或催化燃烧等方法，可显著提升燃烧效率。例如，在工业锅炉中应用低氮燃烧器，通过分段供气与分级燃烧，不仅降低氮氧化物排放，还使热效率提高5%—10%。此外，智能燃烧控制系统通过实时监测燃烧参数并动态调整，可进一步优化燃烧过程，减少燃料消耗。

2.1.2 余热回收技术

余热回收技术是利用工业生产中产生的高温废气、废液或废渣的余热，通过换热器、热泵等设备将其转化为可再利用的热能。以钢铁行业为例，高炉煤气、转炉煤气等高温废气蕴含大量余热，传统工艺中常直接排放，造成能源浪费。采用余热锅炉或有机朗肯循环（ORC）发电系统，可将废气余热转化为蒸汽或电能，供企业自用或并网发电。例如，某钢铁厂通过建设余热回收系统，年节约标准煤约10万吨，减少二氧化碳排放25万吨。此外，低温余热回收技术（如吸收式热泵）可回收80℃以下的低温热源，用于供暖或工艺加热，进一步拓展余热利用范围。

2.1.3 材料与工艺改进

材料与工艺改进通过研发新型耐高温、耐腐蚀材料

及优化设备制造工艺,降低设备热损失与运行能耗。例如,在锅炉水冷壁、过热器等高温部件表面涂覆陶瓷涂层或纳米复合材料,可减少热辐射损失,提高热效率。同时,采用先进的增材制造(3D打印)技术,可实现复杂流道结构的精密成型,优化流体流动与传热性能。在工艺层面,通过数字化仿真技术对设备进行热力学分析与优化设计,可减少冗余结构与材料消耗。例如,某电厂采用新型超临界汽轮机叶片材料,使机组热效率提升1.2%,年节煤量达3万吨。此外,轻量化设计(如采用高强度铝合金)可降低设备自重,减少运行阻力与能耗。

2.2 系统级节能技术

系统级节能技术通过优化能源生产、传输与消费的全链条流程,实现能源梯级利用与整体效率提升,主要路径包括以下五方面:(1)能源梯级利用:依据能源品质“按质用能”原则,将高温热源优先用于发电,中低温余热用于供暖或工艺加热,实现能源的阶梯式利用。例如,在化工园区中,将高温合成气先通过燃气轮机发电,再利用余热锅炉产生蒸汽驱动蒸汽轮机,最后将低温烟气余热用于原料预热,综合热效率可提升至60%以上。(2)分布式能源系统:通过小型化、模块化的能源装置(如燃气内燃机、燃料电池、太阳能光伏)靠近用户侧部署,减少长距离传输损耗,并实现冷、热、电三联供。例如,数据中心采用分布式能源系统后,电力自给率可达30%,同时利用余热满足制冷需求,整体能效比传统集中式供电提高20%—30%。(3)智能调度与需求响应:基于物联网与大数据技术,实时监测能源供需动态,通过动态定价、负荷预测等手段引导用户调整用能行为。例如,工业园区根据电价峰谷差,将高耗能生产环节安排在低谷时段,年节省电费超15%。(4)多能互补系统:整合化石能源与可再生能源(如风光储氢),通过智能控制系统平衡供需波动。例如,偏远地区采用“光伏+储能+柴油发电机”的混合供电系统,可再生能源渗透率可达70%,降低柴油消耗约40%。(5)热电联产与冷热电三联供:在发电同时回收余热用于供暖或制冷,显著提升能源综合利用率。例如,某医院采用溴化锂吸收式制冷机组回收燃气轮机余热,制冷效率较传统电制冷提升50%,年减少碳排放800吨。

2.3 新能源与可再生能源耦合技术

新能源与可再生能源耦合技术是热能与动力工程节能领域的重要发展方向,通过整合太阳能、风能、生物质能、地热能等可再生能源与传统能源系统,实现能源互补与高效利用。在技术实现上,可通过多能互补系统将风光等间歇性能源与储能装置(如电池、抽水蓄能)

结合,平衡发电波动。风光储一体化电站利用风光发电高峰期对储能设备充电,低谷期释放电能,提高电力供应稳定性。同时,生物质能可通过气化或燃烧转化为热能或电能,与工业余热回收系统耦合,为区域供热或发电提供支撑。地热能则可与热泵技术结合,实现低温热源的高效利用,满足建筑供暖或工业工艺加热需求^[2]。此外,新能源耦合技术还可通过氢能作为中间载体,将富余电能转化为氢能储存,再通过燃料电池发电或供热,形成“电-氢-热”的灵活转换链条。例如,偏远地区采用风光氢储一体化系统,利用风光发电制氢,为交通或工业提供清洁能源,年减少化石燃料消耗超50%。新能源与可再生能源耦合技术通过多能协同与梯级利用,可显著提升能源系统灵活性、可靠性与清洁化水平,是推动热能与动力工程低碳转型的关键路径。

2.4 改进调压调节方式

调压调节是热能与动力工程中控制能源转换效率与系统稳定性的核心环节,传统调节方式常因响应滞后或调节精度不足导致能源浪费。通过技术革新,改进调压调节方式可显著提升系统能效与运行灵活性。具体路径包括:(1)智能调压控制系统:引入基于人工智能与大数据的预测算法,实时分析负荷波动与设备运行状态,动态优化调压参数。例如,在燃气轮机或锅炉系统中,通过机器学习模型预测燃料需求变化,提前调整调压阀开度,减少压力波动导致的能量损失,使系统响应速度提升30%以上。(2)分级调压与快速响应技术:采用多级调压阀组与高精度执行机构,实现压力的阶梯式控制与毫秒级响应。例如,在蒸汽轮机入口调压环节,通过快速调节阀与旁路系统的协同作用,降低蒸汽压力波动对机组效率的影响,使热效率提升1%—2%。(3)变频调压与无功补偿:结合变频驱动技术与无功补偿装置,优化电机与调压设备的匹配性,减少电能损耗。例如,在风机或泵类负载中应用变频调压技术,可使设备能耗降低10%—15%。

3 节能路径实施策略

3.1 制定合理的节能规划与目标

3.1.1 科学评估能源需求与现状

节能规划需以精准的能源审计为基础,通过建立能源监测体系,实时采集设备运行数据(如温度、压力、流量等),结合能效诊断模型,识别高耗能环节与节能潜力。例如,某化工企业通过大数据分析发现,其蒸汽系统因管道保温不足导致热损失达15%,从而将蒸汽管网优化作为技术改造重点。同时,需对标行业标杆与国家标准,明确自身能效差距。例如,参照《工业锅炉能效

限定值及能效等级》，将锅炉热效率提升5%作为短期目标，并制定分设备、分区域的节能潜力清单，为后续改造提供数据支撑。

3.1.2 制定分阶段节能目标与路线图

节能目标需兼顾短期效益与长期可持续性，分阶段设定可操作性强的子目标。例如，某热电厂制定“两步走”战略：第一步（1—2年）完成汽轮机通流改造与余热回收系统升级，实现供电煤耗下降10克/千瓦时；第二步（3—5年）引入智能控制与新能源耦合技术，推动可再生能源占比达20%。路线图需明确技术路线、责任主体与时间节点，并配套资源保障措施，如设立节能专项预算、组建跨部门技术攻关团队等。

3.1.3 构建全员参与的激励机制

节能目标的实现需依赖全员协同，需构建“目标-考核-奖励”闭环机制。例如，某企业将节能指标纳入部门KPI考核体系，对超额完成目标的团队给予奖金激励，同时设立“节能创新奖”鼓励员工提出技术改进方案。此外，可通过培训与宣传提升员工节能意识，例如开展“节能标兵”评选活动，营造全员参与的节能文化，确保规划落地执行。

3.2 加强技术研发与创新投入

技术研发与创新投入是推动热能与动力工程节能技术突破的核心驱动力。企业需建立“产学研用”协同创新机制，联合高校、科研机构与行业上下游企业，聚焦高效燃烧、余热回收、智能控制等关键技术领域，开展联合攻关。例如，通过设立专项研发基金，支持燃气轮机高温材料、超临界二氧化碳循环等前沿技术研究，突破能效提升瓶颈。同时，加大数字化技术融合投入，利用人工智能、大数据与物联网技术，构建能源系统智能优化平台，实现设备运行参数的实时监测与动态调整，降低能耗波动^[3]。此外，需强化知识产权保护与成果转化，建立快速响应市场需求的技术迭代机制，通过“揭榜挂帅”模式，优先支持节能效果显著、应用前景广阔的技术项目落地。通过持续创新投入，可形成“基础研究—技术开发—工程应用”的全链条创新生态，为节能路径实施提供技术支撑。

3.3 建立完善的能耗监测与管理体系

能耗监测与管理体系的构建需以技术赋能、制度规

范与人员能力为核心，形成“数据-分析-决策-执行”的闭环链路，具体策略如下：（1）构建多层级数据采集架构：在热能生产、传输及消费环节部署高精度传感器，覆盖锅炉、汽轮机、换热站等关键设备，同步采集温度、压力、流量等参数，并通过工业以太网实现数据实时传输与集中存储，为后续分析提供基础支撑。（2）开发智能分析平台：基于大数据与机器学习算法，构建能耗预测模型与异常诊断系统，对历史数据进行深度挖掘，识别能效波动规律与节能潜力点。例如，通过关联分析发现设备负荷与能效的耦合关系，为优化运行策略提供依据。（3）实施动态考核机制：建立“目标分解-过程监控-结果评估”的闭环考核体系，将节能指标分解至部门、班组及岗位，并配套动态调整机制。例如，根据生产计划与市场变化，实时更新能耗基准值，确保考核的公平性与激励性。（4）强化技能培训与知识更新：开展分层次、分场景的节能技能培训，涵盖设备操作优化、工艺流程改进及智能系统应用等内容，提升人员对能耗监测与管理的实操能力。（5）推动能效对标与持续改进：建立行业能效标杆库，定期开展对标分析，借鉴先进经验迭代监测模型与管理流程，形成“监测-分析-改进”的PDCA循环。

结语

未来，热能与动力工程领域的节能发展需以技术创新为引擎，持续加大研发投入，突破设备能效提升、系统集成优化及新能源耦合等关键技术瓶颈，形成自主可控的技术体系。同时，需深化产学研用协同创新，推动高校、科研机构与企业的深度合作，加速科技成果转化应用。此外，需完善市场激励机制，引导社会资本参与节能项目，形成多元投入格局。

参考文献

- [1]崔骞丕.火电厂热能与动力工程中的节能技术探讨[J].科学与财富, 2020(01):79.
- [2]吉庆, 王文佳, 赵华强, 等.初探节能技术在能源与动力工程中的应用[J].百科论坛电子杂志, 2020(001): 820-821.
- [3]杨泽一.节能减排在热能与动力工程中的应用研究[J].冶金管理, 2020(11):207-208.