

# 发电厂节能降耗中热能与动力工程的应用探讨

王 刚

山西格盟中美清洁能源研发中心有限公司 山西 太原 030000

**摘 要：**发电厂作为能源消耗大户，节能降耗对其可持续发展意义重大。本文聚焦发电厂节能降耗中热能与动力工程的应用。先阐述其在提升能量转换效率、优化设备运行方面的基础作用；接着介绍余热回收利用、蒸汽参数优化、变频调速等关键技术应用；然后说明其在能效监测评估、运行优化决策、人员培训等方面的支撑作用。研究表明，热能与动力工程可有效提升发电厂节能降耗水平，推动行业绿色发展。

**关键词：**发电厂；节能降耗；热能与动力工程；应用

## 引言

在全球能源紧张和环境问题日益突出的背景下，发电厂作为能源消耗和碳排放的重点领域，节能降耗迫在眉睫。热能与动力工程作为一门综合性学科，涉及能量转换、设备运行优化等多个方面，为发电厂节能降耗提供了重要的理论和技术支持。深入研究热能与动力工程在发电厂节能降耗中的应用，有助于提高能源利用效率，降低生产成本，实现发电厂的可持续发展。

### 1 热能与动力工程在发电厂节能降耗中的基础作用

#### 1.1 能量转换效率提升

热能与动力工程的核心任务是实现热能向机械能、电能的高效转换，这一过程在发电厂中通过锅炉、汽轮机、发电机等设备组成的热力循环系统完成<sup>[1]</sup>。热力循环参数的优化是提升能量转换效率的关键手段。提高蒸汽初始参数（温度、压力）和降低终参数（冷凝压力）可显著提升循环效率。例如，超临界和超超临界机组通过采用更高参数的蒸汽，使热效率较亚临界机组提高约5%-8%。超临界机组蒸汽压力通常超过22.1MPa，超超临界机组蒸汽温度可达600℃以上，这种高温高压环境使水蒸气的热力学性质发生显著变化，单位质量工质的做功能力大幅提升，直接减少了单位发电量的燃料消耗。动力工程中的回热加热技术通过利用汽轮机抽汽加热给水，有效减少了锅炉燃料消耗。多级回热系统根据汽轮机不同压力级抽汽，实现给水温度的梯级提升。以某600MW机组为例，采用八级回热系统后，给水温度从230℃提升至280℃，热经济性提高3%-5%。再热循环技术则通过将汽轮机高压缸排汽重新加热后送入中低压缸膨胀做功，进一步提升了循环效率。该技术尤其适用于大容量机组，可使机组热效率提升2%-3%，同时降低了高压缸排汽的湿度，改善了汽轮机末级叶片的工作条件。

#### 1.2 设备运行优化

热能与动力工程为发电厂设备运行优化提供了坚实的理论支持。在锅炉系统方面，通过流体力学分析优化燃烧器结构，可显著改善燃料与空气的混合效果。例如，采用低NO<sub>x</sub>燃烧器，通过调整燃烧器喷口形状和布置方式，使燃料在燃烧室内形成合理的浓度场和速度场，提高燃烧效率并降低不完全燃烧损失。某电厂改造后，锅炉效率提高0.5%，NO<sub>x</sub>排放量降低30%。汽轮机流通部分的气动优化设计是提升汽轮机内效率的重要途径。采用先进的三维气动设计技术，可精确模拟蒸汽在叶栅通道内的流动过程，优化叶片型线和安装角，减少叶栅损失和余速损失。某汽轮机流通部分改造项目实施后，机组内效率提高1%-2%，在相同负荷下汽耗率降低2%-3%。动力工程中的振动分析技术可实时监测设备运行状态，提前发现转子不平衡、轴承磨损等故障隐患。通过在汽轮机、发电机等关键设备上安装振动传感器，采集振动信号并进行分析处理，可准确判断设备故障类型和严重程度。某电厂通过振动监测系统及时发现汽轮机转子不平衡问题，避免了非计划停机，每年可减少经济损失数百万元。设备能效评估模型的建立结合在线监测数据，可量化分析设备能效变化趋势。通过建立锅炉、汽轮机等主要设备的能效数学模型，输入实时运行参数，计算设备当前能效指标，并与设计值或历史最优值进行对比，为节能改造提供数据支撑。

### 2 热能与动力工程关键技术在发电厂节能降耗中的应用

#### 2.1 余热回收利用技术

发电厂生产过程中存在大量低温余热，如锅炉排烟余热、汽轮机排汽冷凝余热等，这些余热蕴含着巨大的节能潜力。热管换热技术利用热管的高效传热特性，可将锅炉排烟温度从150℃左右降至100℃以下。热管由管壳、吸液芯和工质组成，通过工质的蒸发和冷凝实现热

量的快速传递<sup>[2]</sup>。回收的热量用于加热锅炉给水或空气预热器，可使锅炉效率提高1%-2%。某电厂安装热管空气预热器后，排烟温度降低20℃，锅炉效率提高0.8%，年节约标煤数千吨。低温余热发电技术利用有机工质朗肯循环（ORC），将80℃-300℃的低温余热转化为电能。ORC系统采用低沸点有机工质，如R245fa、R123等，在低温余热源加热下蒸发，推动汽轮机做功发电。该技术尤其适用于钢铁、化工等行业的余热回收，可实现能源的梯级利用。某钢铁企业余热发电项目采用ORC技术，利用高炉煤气余热发电，装机容量5MW，年发电量达3000万kWh，相当于年节约标煤1.2万吨。热泵技术通过消耗少量电能，将低温热源的热量提升至高温热源，实现热量的逆向传递。在发电厂中，吸收式热泵可利用汽轮机抽汽作为驱动热源，回收循环水余热用于供热。某热电厂采用吸收式热泵技术后，供热能力提升30%-50%，同时减少冷源损失，提高了能源综合利用效率。压缩式热泵则可用于回收凝结水余热，提高给水温度，降低锅炉燃料消耗。某电厂安装压缩式热泵系统后，给水温度提高10℃，锅炉燃料消耗降低1.5%。

### 2.2 蒸汽参数优化技术

蒸汽参数对发电厂热效率具有决定性影响。超超临界机组采用600℃以上高温、25MPa以上高压的蒸汽参数，使热效率突破45%，较亚临界机组提高约8%。为应对高温材料挑战，研发了新型耐热钢和涂层技术。新型耐热钢如G115、P92等，具有优异的高温强度和抗蠕变性能，可在600℃以上高温环境下长期稳定运行。涂层技术通过在金属表面喷涂陶瓷或金属陶瓷涂层，提高材料的抗氧化和耐腐蚀性能，延长设备使用寿命。蒸汽初压优化需平衡热效率提升与设备投资成本。通过热经济性分析，确定最佳初压值，使机组在全寿命周期内获得最大经济效益。某600MW机组进行蒸汽初压优化改造，将初压从16.7MPa提高至18.5MPa，机组热效率提高0.8%，但设备投资增加约500万元。经计算，改造后机组在5年内可收回投资成本。再热蒸汽温度优化通过调整再热器受热面布置和燃烧控制策略，确保再热蒸汽温度维持在额定值附近。再热蒸汽温度每提高10℃，机组热效率可提高0.2%-0.3%，同时减少高温区金属材料蠕变风险。某电厂通过优化再热器受热面布置，使再热蒸汽温度稳定在540℃左右，机组热效率提高0.5%。

### 2.3 变频调速技术

发电厂中大量辅机设备（如给水泵、循环水泵、引风机等）采用定速驱动，通过调节挡板或阀门开度控制流量，存在显著节流损失。变频调速技术通过改变电机

供电频率，实现设备转速的无级调节，使设备始终在高效区运行。以给水泵为例，采用变频调速后，电耗可降低20%-30%，同时减少机械冲击和设备磨损。某电厂对给水泵进行变频改造后，给水泵电机功率从3000kW降至2200kW，年节电量达200万kWh。变频调速技术的节能效果与设备负荷特性密切相关。对于变负荷运行的辅机设备，变频调速可实现流量与负荷的精准匹配，避免“大马拉小车”现象<sup>[3]</sup>。某电厂循环水泵采用变频调速后，根据冷却水温度和机组负荷自动调整水泵转速，使循环水量与实际需求相适应，年节电量达150万kWh。通过建立设备能耗模型，结合负荷预测数据，可优化变频器控制策略，进一步提升节能效果。某电厂通过建立引风机能耗模型，结合锅炉负荷和烟气流预测数据，优化引风机变频控制策略，使引风机电耗降低25%。

## 3 热能与动力工程在发电厂节能管理中的支撑作用

### 3.1 能效监测与评估体系

建立覆盖全厂的能效监测系统是发电厂节能管理基础工作。该系统对锅炉、汽轮机、发电机等关键设备运行参数进行实时采集，涵盖蒸汽温度、压力、流量以及功率等数据。基于热力学分析方法，利用采集的数据计算机组热效率、供电煤耗等核心指标，为评估能源利用情况提供数据支撑。借助大数据分析技术，系统能深入挖掘设备能效变化规律，精准识别节能潜力点。以汽轮机为例，通过分析各压力级效率变化情况，可确定通流部分是否存在结垢或磨损问题，进而为针对性检修提供明确方向。某电厂能效监测系统投入使用后，经数据分析发现汽轮机高压缸效率下降2%。经进一步检查，确定是高压缸进汽口结垢所致。对结垢清理后，高压缸效率恢复至设计值，机组热效率提高0.3%，有效提升了能源利用效率。能效评估体系要结合行业标准与企业实际状况，制定科学合理的能效对标指标。通过与同类型先进机组进行对标，清晰找出自身在能效方面的差距，明确能效提升的具体方向。定期开展能效诊断工作，依据诊断结果编制能效评估报告，为管理层制定节能决策提供可靠依据<sup>[4]</sup>。某电厂通过能效评估，发现锅炉排烟温度偏高问题。经详细分析，判定是空气预热器积灰严重导致换热效率降低。随后实施余热回收改造项目，改造后排烟温度降低15℃，供电煤耗降低2.5g/kWh，每年可节约标煤8000吨，取得了显著的节能效果。

### 3.2 运行优化与决策支持

热能与动力工程理论为发电厂的运行优化提供了坚实的技术支撑。通过建立机组热力系统数学模型，结合负荷预测和燃料价格信息，可以对机组的启停方式和负

荷分配方案进行优化。在低负荷时段,通过调整锅炉燃烧方式和汽轮机通流部分运行方式,能够维持机组在较高效率区运行,减少能源浪费。某电厂采用了智能负荷分配系统,该系统根据电网负荷需求和机组实时能效,自动调整各机组的负荷。通过精确的计算和智能控制,使全厂供电煤耗降低了1.2g/kWh,有效提高了能源利用效率和经济效益。决策支持系统则集成了能效监测、运行优化、设备维护等多个功能模块,为运行人员提供实时操作指导。通过可视化界面,清晰展示关键能效指标和优化建议,帮助运行人员快速响应工况变化。例如,当锅炉排烟温度异常升高时,系统会自动提示检查空气预热器堵塞情况,并推荐最佳吹灰频率。某电厂的决策支持系统上线后,运行人员操作响应时间缩短了50%,机组运行稳定性显著提高,减少了因操作不及时或不准确导致的能源损失和设备故障。

### 3.3 人员培训与能力建设

热能与动力工程知识的更新对于发电厂节能降耗具有至关重要的意义。随着技术的不断进步和节能要求的日益提高,运行人员需要不断掌握先进的节能技术和设备操作要点。通过定期组织技术培训,邀请行业专家进行授课和指导,使运行人员能够及时了解最新的节能技术和管理理念。例如,开展变频调速技术专题培训,能够提升运行人员对辅机设备节能运行的控制能力。某电厂每年组织2-3次节能技术培训,参训人员达200人次以上。通过系统的培训,运行人员的节能操作技能显著提升,能够更加熟练地运用节能技术进行设备操作和运行管理。建立节能技术交流平台,促进企业内部技术共享和行业经验交流。运行人员可以在平台上分享自己在节能工作中的实践经验和心得体会,共同探讨解决节能难题的方法<sup>[1]</sup>。鼓励运行人员参与节能技术改造项目,积累

实践经验,提高解决实际问题的能力。通过设立节能奖励机制,激发员工的节能积极性,形成全员参与的节能文化。某电厂开展了“节能金点子”活动,收集员工提出的百余项节能建议。对实施后取得显著节能效果的建议给予物质奖励,在全厂形成了良好的节能氛围,充分调动了员工的节能积极性和创造性,为发电厂的节能降耗工作注入了强大动力。

### 结语

热能与动力工程在发电厂节能降耗中发挥着不可替代的作用。通过提升能量转换效率、优化设备运行、应用关键节能技术以及提供节能管理支撑等多方面举措,有效提高了发电厂的能源利用效率,降低了能源消耗和污染物排放。未来,随着技术的不断进步和创新,热能与动力工程将在发电厂节能降耗领域发挥更大的作用,推动发电厂向更加高效、环保、可持续发展的方向发展。

### 参考文献

- [1]徐怀德,袁荟岭,李芸,张科礼,周成.发电厂节能降耗中热能与动力工程的应用探讨[J].大众标准化,2021,3(18):232-234.
- [2]曹旭升.节能降耗技术在发电厂动力工程中的应用[J].中国资源综合利用,2026,44(1):232-234.
- [3]徐昊睿,王明威,刘朋.发电厂节能降耗中热能与动力工程的运用研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(1):170-173.
- [4]李帅.发电厂节能降耗中热能与动力工程的运用探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(12):129-131.
- [5]王旭.浅谈节能降耗中热能与动力工程的实际应用[J].低碳世界,2020,10(6):49-50.