

热能与动力工程在汽轮机中的有效运用研究

赵奕森

包头东华热电有限公司 内蒙古 包头 014040

摘要：随着能源行业的发展，提升汽轮机能量转换效率成为关键。本论文聚焦热能与动力工程在汽轮机中的有效运用，深入剖析其基本原理，涵盖热能转换与动力工程原理。详细阐述应用路径，包括优化蒸汽循环、降低湿气损失、调节运行工况及利用重热现象等技术手段。同时指出应用中存在技术成本高、适应性不足、运行管理水平低等问题，并针对性提出降低成本、加强适应性研究、提升管理水平的改进措施。研究表明，热能与动力工程的合理应用可显著提升汽轮机能源利用效率、运行稳定性，带来良好的经济与环境效益，为热电厂可持续发展提供重要参考。

关键词：热能与动力；工程汽轮机；运用研究

引言：在全球能源需求持续增长与节能减排要求日益严格的背景下，热电厂作为电力供应主力，其能源利用效率备受关注。汽轮机作为热电厂核心设备，是实现热能向电能转化的关键环节。然而，传统汽轮机运行存在能源利用率低、湿气损失大等问题。热能与动力工程融合多学科知识，为解决这些问题提供了技术支撑。将其应用于汽轮机，通过优化蒸汽循环、调节运行工况等方式，可有效提升汽轮机性能。开展此研究，对提高热电厂经济效益、推动能源行业可持续发展具有重要的理论与现实意义。

1 热能与动力工程在汽轮机中的基本原理

1.1 热能转换原理

在汽轮机系统中，热能转换原理是能量传递与转化的核心。燃料在锅炉中燃烧，化学能转化为高温高压蒸汽的热能，此为初始能量转换。高温高压蒸汽进入汽轮机的喷嘴，在喷嘴的特殊结构作用下，蒸汽发生膨胀，压力降低，速度增加，其热能迅速转化为动能，这一过程遵循能量守恒定律与热力学第二定律。蒸汽携带的动能冲击汽轮机的动叶片，推动转子旋转，将动能进一步转化为机械能。在此过程中，蒸汽的内能不断释放，压力和温度持续下降，完成从热能到机械能的转换。同时，为提高能量利用率，会通过再热循环、回热循环等技术对蒸汽进行二次加热或余热回收，使热能得到更充分利用，提升整个系统的热效率^[1]。

1.2 动力工程原理

动力工程原理在汽轮机中的应用主要体现在对机械能的有效利用与动力传输方面。汽轮机转子在蒸汽推动下高速旋转，产生的机械能需要高效地传递出去以带动发电机发电。通过精密设计的轴系和联轴器，将汽轮机转子的机械能稳定传输至发电机转子，实现动力的有

效传递。在这个过程中，需考虑机械部件的强度、刚度以及振动特性，以确保动力传输的稳定性和可靠性。同时，依据动力工程原理，通过调节汽轮机的进汽量、蒸汽参数等，可实现对汽轮机输出功率的精准控制。例如，采用节流调节、喷嘴调节和滑压调节等方式，根据实际负荷需求灵活调整汽轮机的运行工况，使汽轮机在不同工作条件下都能保持良好的动力输出性能，满足电力生产的动态需求，实现能量的高效利用与稳定输出。

2 热能与动力工程在汽轮机中的应用

2.1 优化汽轮机蒸汽循环

2.1.1 采用再热循环技术

再热循环技术是提升汽轮机热效率的重要手段。在常规蒸汽循环中，蒸汽在高压缸做功后，其温度和压力显著下降，若直接进入低压缸继续做功，效率较低。而再热循环技术在高压缸和中压缸之间增设再热器，将高压缸排出的蒸汽重新引入锅炉再热器中加热，使蒸汽温度回升至初始或更高水平，之后再送入中压缸继续膨胀做功。这一过程有效增加了蒸汽在汽轮机内的焓降，减少了蒸汽在低压缸中的湿气含量，降低了湿气损失。数据显示，采用一次再热循环，汽轮机热效率可提高4%-6%，采用二次再热循环，热效率还能进一步提升1%-2%。通过再热循环，不仅提高了汽轮机的做功能力，还延长了设备使用寿命，为热电厂带来显著的经济效益和节能效益。

2.1.2 应用回热循环技术

回热循环技术是利用汽轮机中间级抽出的部分蒸汽对锅炉给水进行加热，从而提高整个循环热效率的重要技术。在常规蒸汽循环中，大量蒸汽在凝汽器中冷却凝结，造成大量的冷源损失。回热循环从汽轮机的不同级抽出部分蒸汽，引入加热器与给水进行热交换，提高

给水温度,减少了进入凝汽器的蒸汽量,降低了冷源损失。一般来说,回热级数越多,热效率提升效果越明显,大型汽轮机通常采用 8-9 级回热抽汽,可使机组热效率提高 10%-12%。例如,某 1000MW 超超临界机组采用 9 级回热抽汽系统,显著提升了给水温度,降低了锅炉燃料消耗,使机组热效率高达 49% 左右,有效提高了能源利用效率,减少了热电厂的运行成本^[2]。

2.2 降低汽轮机湿气损失

2.2.1 安装去湿装置

在汽轮机低压缸中,蒸汽膨胀做功时易产生湿气凝结现象,引发湿气损失,安装去湿装置可有效改善这一状况。常见的去湿装置如汽水分离器,利用离心力、惯性力和重力等原理,将蒸汽中携带的水滴分离出来。当湿蒸汽进入汽水分离器后,在高速旋转或特殊流道作用下,水滴因质量较大被甩向器壁,进而汇聚排出,使蒸汽得以干燥。除湿槽也是常用装置,在动叶片叶顶开设排水槽,能将叶片表面形成的水膜引流至低压缸的特定区域排出,避免水滴对后续叶片的冲击和侵蚀。通过安装这些去湿装置,不仅能减少湿气对叶片的冲蚀磨损,降低因叶片损坏导致的维修成本和停机风险,还能提高蒸汽的做功能力,使汽轮机运行效率提升 3% - 5%,有效保障汽轮机的稳定高效运行。

2.2.2 改进叶片设计

改进叶片设计是降低汽轮机湿气损失的重要技术途径。从材料角度,采用抗冲蚀性能优良的不锈钢、钛合金等材质制造叶片,这些材料硬度高、韧性好,能有效抵御湿气中水滴的高速撞击,延长叶片使用寿命。在叶片型线设计方面,运用先进的空气动力学原理,设计出弯扭联合、可控涡等新型叶型,优化蒸汽在叶片通道内的流动状态,减少水滴的产生和聚集,降低蒸汽流动阻力。同时,在叶片表面涂覆防护涂层,如陶瓷涂层、热障涂层等,形成隔离层,增强叶片的抗冲蚀和抗腐蚀能力。

2.3 调节汽轮机运行工况

2.3.1 节流调节

节流调节是通过改变调节阀开度来控制进入汽轮机的蒸汽流量,从而实现对汽轮机负荷调节的方式。当汽轮机负荷降低时,调节阀关小,蒸汽在阀内产生节流效应,压力降低、焓值增加、熵增大,蒸汽流速减小后进入汽轮机做功。这种调节方式优点在于系统结构简单,无需复杂的控制装置,初期投资成本低。但节流过程会产生较大的能量损失,导致汽轮机运行效率降低,经济性较差。特别是在低负荷工况下,节流损失更为显著。

2.3.2 喷嘴调节

喷嘴调节是通过改变调节级喷嘴的通流面积,精准控制进入汽轮机的蒸汽流量以调节负荷。在运行过程中,根据负荷需求,部分喷嘴开启,其余关闭,蒸汽仅在开启的喷嘴中膨胀加速,以更高速度冲击动叶片做功。相较于节流调节,喷嘴调节在调节过程中避免了蒸汽大范围节流降压,减少了节流损失,因此在不同负荷下能保持较高的运行效率,经济性更优。不过,该调节方式需要配置复杂的喷嘴组和控制机构,对制造工艺和安装精度要求较高,设备成本和维护难度相对较大。

2.3.3 滑压调节

滑压调节指汽轮机在不同负荷下,通过改变锅炉蒸汽压力,使蒸汽流量与汽轮机负荷相匹配,同时保持调节阀全开或基本全开状态。在滑压运行时,随着负荷降低,锅炉蒸汽压力相应下降,蒸汽在汽轮机内的焓降基本保持不变,避免了节流调节中因阀门节流产生的能量损失,显著提高了汽轮机在部分负荷工况下的运行效率。此外,由于调节阀开度固定,减少了阀门磨损,延长了设备使用寿命,降低了维护成本。

2.4 利用汽轮机重热现象

2.4.1 重热现象原理

在多级汽轮机中,蒸汽在各级做功时会因流动阻力、摩擦等因素产生能量损失,这些损失会使蒸汽温度和焓值升高。而后续级的蒸汽会吸收这部分升高的热能,使得该级的理想焓降增大,这种现象被称为重热现象。也就是说,多级汽轮机各级理想焓降之和大于整机的理想焓降。重热系数是衡量重热现象程度的关键指标,一般情况下,多级汽轮机的重热系数在 4% - 8% 之间。重热现象本质上是能量在汽轮机内部各级之间的重新分配,它基于热力学中的能量转换和守恒原理,是多级汽轮机运行过程中的一种特殊能量表现形式。

2.4.2 重热现象的利用

合理利用重热现象能够有效提升汽轮机的热效率。在汽轮机设计阶段,工程师会根据重热系数科学分配各级的焓降,确保每一级都能充分利用上一级的能量损失,实现能量的最大化回收利用。同时,通过优化汽轮机通流部分的设计,如采用高效叶型、精确控制级间间隙等措施,可减少蒸汽在级间的流动阻力,降低额外能量损耗,进一步增强重热现象的利用效果。在实际运行中,运行人员依据重热特性,合理调整汽轮机的负荷和蒸汽参数,使机组在不同工况下都能更好地发挥重热现象带来的优势,从而提高汽轮机的整体性能,降低发电

成本,提升热电厂的经济效益^[3]。

3 热能与动力工程在汽轮机应用中存在的问题与改进措施

3.1 存在的问题

3.1.1 技术应用成本较高

在汽轮机中应用热能与动力工程的一些先进技术,如再热循环、回热循环、去湿装置等,需要投入大量的资金用于设备采购、安装调试和技术改造。此外,这些技术的运行和维护也需要专业的技术人员和较高的成本,这对于一些资金实力较弱的热电厂来说是一个较大的负担,限制了这些技术的广泛应用。

3.1.2 部分技术适应性不足

不同类型的汽轮机在结构、参数和运行条件等方面存在差异,一些热能与动力工程技术在某些汽轮机上的应用效果并不理想,存在技术适应性不足的问题。例如,某些小型汽轮机由于自身结构和运行特点,采用复杂的蒸汽循环技术可能无法达到预期的节能效果,甚至会增加设备运行的复杂性和故障率。

3.1.3 运行管理水平有待提高

虽然热能与动力工程为汽轮机的运行提供了先进的技术支持,但在实际运行过程中,由于部分热电厂运行管理人员的专业素质不高,对新技术的理解和掌握不够深入,导致设备无法在最佳工况下运行,影响了技术应用效果。此外,一些热电厂的运行管理制度不完善,缺乏有效的设备监测和维护机制,也容易导致设备故障频发,降低了汽轮机的运行效率和可靠性。

3.2 改进措施

3.2.1 降低技术应用成本

热电厂可以通过与设备供应商、科研机构等合作,争取更优惠的设备采购价格和技术服务费用。同时,加强技术研发和创新,提高技术的国产化水平,降低对进口设备和技术的依赖,从而降低技术应用成本。此外,合理规划技术改造项目,根据热电厂的实际情况,分阶段、分步骤地实施技术改造,避免一次性投入过大。例如,某热电厂通过与国内科研机构合作,自主研发了适合本厂汽轮机的去湿装置,在保证去湿效果的前提下,大大降低了设备采购和安装成本。

3.2.2 加强技术适应性研究

针对不同类型的汽轮机,开展针对性的技术适应性研究。通过对汽轮机的结构、参数、运行条件等进行详细分析,选择最适合的热能与动力工程技术,并对技术进行优化和改进,以提高技术的应用效果。例如,对于小型汽轮机,可以研究开发一些简单、高效的节能技术,如采用单级回热抽汽系统、优化调节级设计等,既能提高能源利用效率,又不会增加过多的设备复杂性和成本。同时,建立技术应用案例库,对不同类型汽轮机应用各种技术的效果进行跟踪和分析,为其他热电厂提供参考和借鉴。

3.2.3 提高运行管理水平

加强对热电厂运行管理人员的培训和教育,定期组织专业技术培训和业务交流活动,提高管理人员的专业素质和技术水平,使其能够熟练掌握和运用热能与动力工程技术,确保设备的正常运行和维护。建立健全运行管理制度,完善设备监测和维护机制,利用先进的监测技术和设备,对汽轮机的运行状态进行实时监测和数据分析,及时发现设备故障隐患,并采取相应的措施进行处理。此外,引入信息化管理手段,实现对热电厂生产运行的全过程管理,提高管理效率和决策科学性^[4]。

结束语

综上所述,热能与动力工程在汽轮机中的应用,通过优化蒸汽循环、降低湿气损失等技术,显著提升了汽轮机的能源利用效率与运行稳定性,带来了可观的经济和环境效益。尽管目前存在技术成本高、适应性不足等问题,但通过针对性改进措施,可逐步完善应用体系。

参考文献

- [1]冯帅.热电厂性能优化中热能动力工程的实践应用[J].科技经济导刊,2020,28(26):174-175.
- [2]周德伟,陈治兴.热能动力工程在汽机和能源方面的发展状况分析[J].计算机产品与流通,2019(12):265-267
- [3]苏占.电厂热能动力锅炉燃料及燃烧[J].中小企业管理与科技(中旬刊),2019(07):150+152
- [4]宋纯活.发电厂热能动力工程问题及其主要性能的应用[J].通信电源技术,2018,35(10):194-196.