

汽轮机节能降耗措施分析

李 昊

包头东华热电有限公司 内蒙古 包头 014040

摘 要：在全球能源转型与“双碳”目标的大背景下，能源的高效利用成为各行各业发展的关键议题。本文对汽轮机节能降耗措施展开分析。先概述汽轮机工作原理，接着剖析影响其能耗的因素，包括设备自身的汽轮机缸效率、凝汽器性能，运行参数中的主蒸汽压力和温度、汽轮机负荷率，以及运行维护方面的设备维护保养不到位和运行操作不规范等。进而提出节能降耗措施，如设备优化改造、运行参数优化、加强运行维护管理、采用先进技术和设备，为汽轮机节能提供参考。

关键词：汽轮机；节能降耗；措施分析

引言：随着能源形势的日益严峻，节能降耗成为各行业关注的重点。汽轮机作为工业生产中重要的动力设备，广泛应用于电力、化工等领域，其能耗水平直接影响企业的生产成本和能源利用效率。深入研究汽轮机节能降耗措施，对于提高能源利用效率、降低企业运营成本、实现可持续发展具有重要意义。本文通过对汽轮机工作原理的介绍，分析影响其能耗的因素，并提出相应的节能降耗措施，以期对相关领域的节能实践提供有益的借鉴。

1 汽轮机工作原理的概述

汽轮机是一种将蒸汽热能转化为机械能的关键动力设备，在电力、化工等众多领域广泛应用。其工作原理基于一系列复杂且有序的能量转换过程。起始阶段，由锅炉产生的高温高压蒸汽被输送至汽轮机的喷嘴。在喷嘴中，蒸汽压力快速降低，体积急剧膨胀，流速迅猛提升，这一过程实现了蒸汽热能向动能的首次转化，高速气流由此形成。随后，高速气流如同一股强大的力量，猛烈冲击汽轮机的动叶片。在冲击力的作用下，动叶片带动转子开始旋转，蒸汽的动能顺势转化为转子的机械能，完成了能量的二次转换。汽轮机根据蒸汽能量转换方式的不同，可划分为冲动式汽轮机与反动式汽轮机。冲动式汽轮机中，蒸汽主要在喷嘴内完成膨胀加速，依靠高速气流冲击动叶片产生的冲动作用力推动转子转动。与之不同，反动式汽轮机里，蒸汽不仅在喷嘴中膨胀加速，进入动叶片后仍会持续膨胀。这种设计使动叶片在运行时，既受蒸汽冲击的冲动作用力，又因蒸汽在叶片内加速膨胀而承受反作用力，两种力共同作用驱动转子旋转。也正因如此，反动式汽轮机在级效率上表现更为出色，能更高效地利用蒸汽能量^[1]。

2 影响汽轮机能耗的因素

2.1 设备自身因素

2.1.1 汽轮机缸效率

汽轮机缸效率是影响能耗的关键设备因素。它反映了蒸汽在汽轮机缸内实际做功能力与理想做功能力的比值。若汽轮机缸体内部结构设计不合理，如通流部分存在较大的汽流阻力，会导致蒸汽能量损失增加，使实际做功减少，进而降低缸效率，增加能耗。同时，汽轮机长期运行后，缸体内部部件磨损，汽封间隙变大，会造成蒸汽泄漏，这部分泄漏蒸汽无法有效做功，同样降低缸效率，提升能耗水平，影响汽轮机整体运行经济性。

2.1.2 凝汽器性能

凝汽器性能对汽轮机能耗影响显著。凝汽器的主要作用是将汽轮机排出的乏汽冷凝成水，建立并维持高度真空。当凝汽器真空度降低时，汽轮机排汽压力升高，蒸汽在汽轮机内的焓降减小，做功能力降低，导致能耗上升。此外，若凝汽器传热效果不佳，如冷却水管结垢、堵塞，会使乏汽冷凝速度减慢，进一步恶化真空，增加汽轮机的能耗。而且，凝汽器内部空气积聚，也会削弱其冷凝能力，提升能耗，影响汽轮机运行经济性。

2.2 运行参数因素

2.2.1 主蒸汽压力和温度

主蒸汽压力和温度是影响汽轮机能耗的关键运行参数。当主蒸汽压力和温度升高时，蒸汽的焓值增加，在汽轮机内膨胀做功的能力增强，若汽轮机在设计工况范围内运行，可实现更高的热效率，降低能耗。反之，主蒸汽压力或温度降低，蒸汽焓值下降，汽轮机做功能力减弱，为达到相同的输出功率，就需要消耗更多蒸汽，导致能耗上升。并且，主蒸汽参数的频繁波动也会使汽轮机内蒸汽流动状态不稳定，额外增加能量损失，进一步恶化能耗情况，影响机组运行经济性^[2]。

2.2.2 汽轮机负荷率

汽轮机负荷率对能耗影响明显。在一定范围内,汽轮机负荷率越高,其运行效率越高,能耗越低。这是因为高负荷率下,蒸汽流量增大,蒸汽在汽轮机通流部分的流动更接近设计工况,减少了因偏离设计工况产生的能量损失。而当负荷率过低时,蒸汽流量减小,汽轮机内部的汽流扰动加剧,漏汽损失、鼓风损失等增加,导致汽轮机整体效率大幅下降,能耗显著上升。此外,频繁变动汽轮机负荷率,也会使设备部件频繁承受热应力变化,降低设备使用寿命的同时,影响能耗稳定性。

2.3 运行维护因素

2.3.1 设备维护保养不到位

设备维护保养不到位会极大影响汽轮机能耗。汽轮机长期运行过程中,若未能按时对关键部件进行维护,如未定期清理汽轮机叶片表面的污垢,会导致叶片粗糙度增加,汽流流经时阻力增大,蒸汽能量损失增多,降低汽轮机效率,提升能耗。另外,润滑油长期未更换或油质劣化,无法对轴承等转动部件提供良好润滑,机械摩擦加剧,额外消耗机械能,转化为无用的热能,增加了能耗。同时,设备密封件老化未及时更换,造成蒸汽泄漏,泄漏蒸汽无法参与做功,进一步加剧能耗上升。

2.3.2 运行操作不规范

运行操作不规范是导致汽轮机能耗增加的重要因素。例如,在启动汽轮机时,若未能按照规定的暖机程序操作,过快提升转速或加载负荷,会使设备各部件受热不均,产生较大热应力,影响设备性能,导致能耗上升。运行过程中,操作人员未能及时调整凝结水水位,水位过高淹没部分凝汽器铜管,降低了凝汽器的换热效率,升高汽轮机排汽压力,减少蒸汽做功能力,增加能耗。此外,在调整汽轮机负荷时,操作幅度过大、过急,使蒸汽流量突变,导致汽轮机内部汽流不稳定,引发额外能量损失,恶化能耗情况。

3 汽轮机节能降耗措施

3.1 设备优化改造

3.1.1 汽轮机通流部分改造

汽轮机通流部分改造是节能降耗的核心手段之一。在叶片改造方面,采用先进的空气动力学设计理念,如优化叶片的型线与子午面流道。新型叶片能显著降低蒸汽在通流时的阻力,使蒸汽流动更加顺畅,提高蒸汽能量转化为机械能的效率。例如,采用可控涡设计的叶片,能精准控制汽流的流动方向与速度分布,减少汽流紊乱造成的能量损失。同时,对汽封系统进行升级至关重要。运用蜂窝汽封、布莱登汽封等新型汽封技术,这些汽封可有效减小汽封间隙,降低蒸汽泄漏量。蒸汽泄

漏减少意味着更多蒸汽参与做功,提高了汽轮机的内效率,进而降低了蒸汽消耗,实现节能目标。此外,对通流部分的整体结构进行优化,合理调整各级叶片的间距与安装角度,确保蒸汽在各级间高效传递能量,全面提升汽轮机通流部分的运行性能,降低能耗水平^[3]。

3.1.2 凝汽器改造

凝汽器改造对汽轮机节能意义重大。首先是冷却管材的升级,选用导热性能卓越的钛管替代传统铜管。钛管具有更高的导热系数,能极大增强凝汽器的传热能力,使乏汽能够更迅速地冷凝成水,有效提高凝汽器真空度。高真空度下,汽轮机排汽压力降低,蒸汽在汽轮机内的焓降增大,做功能力增强,能耗随之降低。其次,优化凝汽器内部结构,科学布置冷却水管。合理的水管布局能改善汽侧和水侧的流体流动状态,减少流动阻力,提升冷却效率。例如,采用错列布置水管的方式,增加汽流与水流的扰动,强化传热效果。再者,安装高效的真空泵系统也是关键。该系统可及时抽出凝汽器内积聚的不凝结气体,维持良好的真空环境,保障汽轮机始终在高效工况下运行,助力实现节能降耗目标。

3.2 运行参数优化

3.2.1 优化主蒸汽参数

优化主蒸汽参数是实现汽轮机节能降耗的重要手段。在汽轮机安全运行的前提下,适当提高主蒸汽压力和温度,可提升蒸汽的焓值,使蒸汽在汽轮机内具有更强的做功能力。根据热力学原理,高参数蒸汽在相同流量下能输出更多功,热效率得以提升,从而降低单位发电量的蒸汽消耗,减少能耗。但提升幅度需严格遵循设备设计规范,防止超温、超压引发设备安全问题。同时,要保持主蒸汽参数的稳定性,避免频繁波动。稳定的参数能确保汽轮机内蒸汽流动平稳,减少额外能量损失,持续维持高效运行状态,助力节能目标达成。

3.2.2 合理调整汽轮机负荷

合理调整汽轮机负荷对节能降耗效果显著。汽轮机在设计负荷附近运行时,其内部汽流状态接近理想工况,通流部分的能量损失最小,运行效率最高。当负荷偏离设计值时,尤其是低负荷运行,蒸汽流量减小,汽轮机内部漏汽、鼓风等损失增大,效率大幅降低。因此,根据实际生产需求,精准匹配汽轮机负荷至关重要。可通过优化调度系统,依据用能设备的实时需求,动态、合理地调整汽轮机负荷,使其尽量运行在高效区间。

3.3 加强运行维护管理

3.3.1 建立完善的设备维护制度

建立完善的设备维护制度是确保汽轮机稳定高效运

行、实现节能降耗的基础保障。首先,应明确规定日常巡检的时间、路线与内容,要求维护人员定时检查汽轮机各部件的运行状况,如轴承温度、振动情况,及时发现潜在问题,避免因小故障发展成大问题而导致能耗增加。其次,制定科学的定期维护计划,根据设备运行时间和工况,定期对汽轮机进行深度保养,包括叶片清洁、润滑油更换、密封件检查与更换等。清洁叶片可减少汽流阻力,良好的润滑能降低机械摩擦损耗,及时更换老化密封件可防止蒸汽泄漏,全方位提升设备性能,降低能耗。再者,建立设备维护档案,详细记录每次维护的时间、内容及设备状态,为后续维护决策提供数据支持,实现预防性维护,持续保障汽轮机在节能状态下稳定运行。

3.3.2 规范运行操作流程

在启动阶段,严格按照暖机程序操作,控制升温、升压速率,使汽轮机各部件均匀受热,避免因热应力过大损伤设备,影响运行效率。运行过程中,操作人员要密切关注各项参数,精准控制凝结水水位,防止水位异常影响凝汽器换热效率和汽轮机排汽压力,进而降低能耗。在调整汽轮机负荷时,遵循平稳、渐进的原则,避免大幅度、急骤地增减负荷,减少蒸汽流量突变引发的汽流不稳定和额外能量损失。同时,规范设备切换、启停等操作步骤,减少因操作不当导致的设备空转或低效运行时间。此外,加强对操作人员的培训与考核,确保其熟练掌握规范操作流程,从人为操作层面保障汽轮机始终在高效节能状态下运行,提升整体运行经济性。

3.4 采用先进技术和设备

3.4.1 汽轮机节能新技术应用

汽轮机节能新技术的应用为能耗降低带来显著成效。例如,应用智能控制技术,通过安装传感器实时监测汽轮机运行参数,利用先进算法动态调整设备运行状态。依据蒸汽流量、压力及负荷变化,精准调控汽轮机进汽阀门开度,使蒸汽量与实际需求精准匹配,避免蒸汽浪费,提高能源利用率。此外,引入回热抽汽技术,从汽轮机不同级抽出部分蒸汽,用于加热凝结水和给水,减少锅炉燃料消耗。这些抽出的蒸汽热量被充分利

用,提高了机组整体热效率。还有汽轮机转子优化技术,通过改进转子结构设计,降低转动惯量,减少启动和运行过程中的能量损耗,助力汽轮机在高效节能状态下稳定运行,降低企业能源成本。

3.4.2 新型节能设备的使用

使用新型节能设备是汽轮机节能的有效途径。比如,采用高效的真空泵组替代传统真空泵。新型真空泵组抽气能力更强,能快速建立并维持凝汽器内高真空度,使汽轮机排汽压力降低,蒸汽在汽轮机内的焓降增大,提高做功能力,降低能耗。再如,安装先进的蒸汽减温减压装置,在需要调整蒸汽参数时,可精准控制蒸汽的温度和压力,减少能量损失。该装置利用特殊结构和材料,优化蒸汽节流过程,相比传统装置,能更高效地实现参数调节,且自身能耗低。另外,引入新型的能量回收设备,将汽轮机排出的余热进行回收利用,转化为电能或其他可用能量,进一步提升能源综合利用率,全方位降低汽轮机系统能耗,提升企业经济效益与环保效益^[4]。

结束语

综上所述,汽轮机节能降耗可从设备优化、运行参数调整、维护管理强化及先进技术设备应用等多方面着手。对汽轮机通流部分与凝汽器改造,优化主蒸汽参数与负荷,建立完善维护制度及规范操作流程,运用节能新技术、使用新型设备,能有效降低能耗。这不仅可提升企业经济效益,减少运营成本,还对缓解能源紧张、促进可持续发展意义重大。

参考文献

- [1]何春鹏.关于电厂汽轮机节能降耗措施分析[J].科技创新与应用,2021,(32):134-135
- [2]付国辉.电厂汽轮机运行的节能降耗措施研究[J].山东工业技术,2020,(18):154-156
- [3]丘宇峰.电厂汽轮机节能降耗的主要措施探讨[J].中国高新技术企业,2020,(06):102-103.
- [4]许奕敏.探讨电厂汽轮机运行的节能降耗措施[J].科技与企业,2021,(01):100-101