

# 热电厂汽轮机组给水泵改造研究

楚天龙

北方联合电力有限责任公司包头第二热电厂 内蒙古 包头 014010

**摘要:** 随着能源需求的不断增长和环境保护意识的日益增强,热电厂作为能源转换和供应的重要环节,面临着节能减排、提高能效的迫切需求。本文简要介绍了给水泵技术发展,分析了热电厂汽轮机组给水泵改造,涉及叶轮、轴承等关键部件的升级或更换、控制系统与监测系统的优化、管道布局与流体动力学的改进等方面,并针对改造效果评估与验证进行了讨论。

**关键词:** 热电厂; 汽轮机组; 给水泵改造

## 引言

汽轮机组给水泵作为热电厂的关键设备之一,其运行效率和能耗水平直接影响到整个热力发电系统的性能和经济效益。然而,传统给水泵在运行过程中往往存在能耗高、效率低、维护成本大等问题,严重制约了热电厂的绿色发展。因此,开展给水泵的改造研究,探索高效、节能、环保的新型给水泵技术,对于提升热电厂的能效水平、促进能源节约和环境保护具有重要意义。

## 1 给水泵技术发展概况

给水泵技术作为热力发电和工业生产中的关键环节,其发展历程与技术创新紧密相关,国内外在这一领域均取得了显著的进步。给水泵技术的发展历程可以追溯到工业革命时期,随着蒸汽机的广泛应用,对高效、稳定的给水泵需求日益增加。早期的给水泵设计相对简单,效率较低,且存在诸多技术瓶颈。然而,随着材料科学、流体动力学以及自动控制技术的不断进步,给水泵技术得到了长足的发展。在国外,给水泵技术的发展经历了从简单到复杂、从低效到高效的过程。19世纪中叶,随着工业革命在欧洲的深入,给水泵开始被广泛应用于各种工业领域<sup>[1]</sup>。到了20世纪,随着电力工业的兴起,大型电站的建设对给水泵提出了更高的要求,推动了给水泵技术的快速发展。特别是近几十年来,随着计算机技术和自动化技术的广泛应用,给水泵的控制系统日益智能化,能够根据工况自动调节运行状态,大大提高了运行效率和稳定性。在国内,给水泵技术的发展起步较晚,但发展迅速。20世纪50年代,我国开始自主研发和生产给水泵,经历了从仿制到自主创新的阶段。近年来,随着国家对能源效率和环保要求的提高,以及电力工业的快速发展,给水泵技术得到了前所未有的重视和发展。国内企业在引进国外先进技术的基础上,不断进行消化吸收和再创新,逐步形成了具有自主知识产权

的给水泵技术体系。

## 2 热电厂汽轮机组给水泵改造

### 2.1 叶轮、轴承等关键部件的升级或更换

热电厂汽轮机组给水泵的改造是提升机组效率、降低能耗、增强设备稳定性的重要手段。其中,叶轮、轴承等关键部件的升级或更换是改造的核心环节,对于提高给水泵的整体性能具有至关重要的作用。在热电厂汽轮机组中,给水泵作为关键辅机,其性能直接影响到整个机组的运行效率和能耗水平。随着运行时间的增长,给水泵的叶轮、轴承等关键部件会逐渐磨损,导致效率下降、能耗增加,甚至可能引发设备故障。因此,对这些关键部件进行升级或更换,是提升给水泵性能、延长设备寿命的有效途径。一方面,叶轮是给水泵的核心部件,其性能直接影响到泵的流量、扬程和效率。在改造过程中,可以根据实际需求,选择更加高效、耐用的叶轮材质和结构设计。例如,采用先进的流体动力学设计,优化叶轮的叶片形状和角度,可以提高泵的流量和扬程,同时降低能耗。此外,对于磨损严重的叶轮,应及时进行更换,避免因叶轮磨损而导致的效率下降和能耗增加。另一方面,轴承是给水泵的另一个关键部件,其运行状态直接影响到泵的稳定性和寿命。在改造过程中,可以选用更加先进、可靠的轴承类型和材质。例如,采用高精度、低摩擦的滚动轴承,可以减少轴承的磨损和发热,提高泵的运行稳定性和寿命。并且,对于轴承的润滑系统也应进行优化,确保轴承得到充分的润滑和冷却,以降低轴承的故障率。而除了叶轮和轴承的升级或更换外,还应关注给水泵其他关键部件的状态。

### 2.2 控制系统与监测系统的优化

随着自动化技术和信息技术的飞速发展,给水泵的控制系统与监测系统正逐步向智能化、网络化方向迈进,为热电厂的高效运营提供了有力保障。其中,控制

系统是给水泵的大脑，负责根据工况需求调节泵的运行状态，以实现最佳的性能输出。传统的控制系统往往基于模拟电路和简单的逻辑控制，难以实现复杂的算法和精确的控制。而在现代化的改造中，控制系统普遍采用了先进的可编程逻辑控制器（PLC）或分布式控制系统（DCS），这些系统具备强大的数据处理能力和灵活的编程功能，能够根据实时数据精确控制给水泵的转速、流量、压力等关键参数，实现精确、稳定的运行。另外，在控制系统的优化中，重点在于提升系统的智能化水平，通过引入先进的算法和模型，如自适应控制、预测控制等，控制系统能够根据历史数据和实时工况，自动调整控制策略，以应对各种复杂工况的变化<sup>[2]</sup>。这不仅提高了给水泵的运行效率，还显著降低了能耗和故障率。同时，控制系统还应具备故障自诊断功能，能够实时监测设备的运行状态，一旦发现异常，立即发出警报并采取相应的保护措施，避免设备损坏和事故的发生。最后，监测系统是控制系统的有力补充，它负责实时采集给水泵的运行数据，为控制系统的决策提供信息支持。在现代化的改造中，监测系统普遍采用了高精度、高可靠性的传感器和执行器，能够准确测量给水泵的转速、流量、压力、温度等关键参数，并将数据实时传输至控制系统进行分析和处理。

### 2.3 管道布局与流体动力学的改进

（1）管道布局的优化首先需要考虑的是减少流体阻力，在热电厂中，给水泵系统通常包括进水管、出水管以及连接各个设备的管道网络。不合理的管道布局，如管道过长、弯头过多、截面突变等，都会增加流体流动的阻力，导致能耗增加。因此，在改造过程中，应对现有管道布局进行全面评估，通过减少不必要的弯头、优化管道截面、缩短管道长度等措施，来降低流体阻力。（2）除了减少流体阻力外，管道布局的优化还应注重提高流体动力学性能。在给水泵系统中，流体动力学性能的好坏直接影响到泵的运行效率和稳定性。所以在改造过程中，应根据流体的流动特性，对管道布局进行合理设计。例如，通过调整管道的倾斜角度和截面形状，可以优化流体的流动状态，减少涡流和湍流现象的发生，从而提高流体的传输效率。此外，还可以考虑在管道中设置导流板、扩散器等流体动力学元件，以进一步改善流体的流动状态，提高系统的整体性能。（3）在管道布局与流体动力学的改进中，还应注重系统的节能降耗，通过优化管道布局和流体动力学设计，可以减少流体在传输过程中的能量损失，从而降低系统的能耗。可以采用低阻力管道材料和连接方式，减少流体在管道

中的摩擦损失；通过优化泵的选型和配置，提高泵的运行效率，减少能耗。

### 2.4 改造方案的实施步骤与时间表

热电厂汽轮机组给水泵的改造是一个涉及多个环节的复杂项目，其实施步骤与时间表需精心规划以确保改造的高效与成功。首先，在前期准备阶段（约第1-2周），需进行深入的需求分析以明确改造目标，制定详细的改造方案，并经过专家评审会进行优化<sup>[3]</sup>。随后，进行必要的采购与准备工作，包括关键设备和材料的采购、施工工具的准备以及施工人员的培训等。紧接着，进入施工准备阶段（约第3-4周），进行现场勘查以规划施工布局，逐步拆除旧设备并进行清理，同时开展基础施工与设备安装准备工作。施工阶段（约第5-10周）是改造的核心环节，涉及新设备的安装与调试、管道布局与连接以及系统联调与测试，确保各项性能指标符合设计要求。最后，在验收与总结阶段（约第11-12周），组织专家对系统进行验收，整改和优化发现的问题，对运行人员进行新设备操作和维护培训，并正式交接系统。同时，对整个改造过程进行全面总结，评估改造效果，并收集运行人员的反馈意见，为后续改进提供参考。这一系列的步骤构成了一个完整且有序的热电厂汽轮机组给水泵改造方案实施流程，旨在确保改造后的系统能够满足热电厂的运行需求，提高设备效率，降低能耗，增强稳定性。

## 3 改造效果评估与验证

### 3.1 性能测试与数据分析

在热电厂汽轮机组给水泵的改造项目中，改造效果的评估与验证是确保改造成果得以量化展示、验证其实际效益的关键环节。这一环节不仅要求对改造前后的给水泵进行详尽的性能测试，还需通过科学的数据分析来准确衡量能耗、效率等关键指标的改善情况，从而全面评估改造的实际效果。第一，性能测试是改造效果评估的基础。在改造前，需对原给水泵进行全面的性能测试，记录其流量、压力、扬程、能耗以及效率等核心参数，建立基准数据。这些数据的收集应基于标准化的测试方法，确保数据的准确性和可比性。改造完成后，同样需要对新系统进行严格的性能测试，以获取改造后的各项性能参数，通过对比改造前后的数据，可以直观地看出改造对给水泵性能的影响。第二，在能耗方面，改造前后的对比尤为关键，原给水泵可能因设计老化、磨损严重或运行策略不当等原因，导致能耗较高。改造后，通过优化设备结构、提升流体动力学性能、引入先进的控制系统等措施，理论上应能显著降低能耗。因

此,在性能测试中,需重点监测并记录改造前后的能耗数据,包括电能消耗、水力损失等,通过计算能耗降低率来量化改造的节能效果。第三,效率是衡量给水泵性能优劣的重要指标之一,它直接反映了泵将输入功率转化为有用功率的能力。改造前,原给水泵可能因泵体磨损、密封不良、叶轮设计不合理等原因导致效率下降。改造后,通过更换高效叶轮、优化泵体结构、提高密封性能等措施,预期将显著提升泵的运行效率。

### 3.2 经济效益分析

在热电厂汽轮机组给水泵的改造项目中,经济效益分析是衡量改造项目成功与否的重要指标之一,它不仅关乎改造的直接成本与投资回收期,还涉及到节能降耗所带来的长期经济效益,是决策者判断项目可行性的关键依据。其中,改造成本与投资回报期的计算是经济效益分析的基础,改造成本通常包括设备购置费、安装调试费、人工费以及其他相关费用。这些成本需要在项目启动前进行详细的预算,以确保资金的合理分配和项目的顺利实施,投资回收期,即收回全部改造成本所需的时间,是评估项目经济效益的重要指标。通过计算改造后节省的能耗费用与改造成本的比值,以及结合设备的预期使用寿命,可以估算出投资回收期。较短的投资回收期意味着项目具有较高的经济效益,能够更快地实现资金的回笼和盈利<sup>[4]</sup>。然而,改造成本与投资回报期的计算只是经济效益分析的一部分,节能降耗带来的长期经济效益才是改造项目真正的价值所在。给水泵作为热电厂的关键设备之一,其能耗占比较大。通过改造,可以显著提升泵的运行效率,降低能耗,从而减少运行成本,这种节能效果在设备运行期间将持续产生,形成长期的节能收益。同时,在进行经济效益分析时,还需要考虑一些潜在的间接效益。例如,改造项目可能带来的环保效益和社会效益。通过节能降耗,减少了温室气体的排放,有利于环境保护和可持续发展。

### 3.3 社会效益与环境影响评估

社会效益方面,给水泵的节能改造项目首先带来了显著的能源利用效率提升,这直接促进了能源的节约与

合理使用。在能源资源日益紧张的当下,提高能源利用效率不仅是对国家能源安全战略的积极响应,也是推动经济社会绿色发展的重要途径。改造后的给水泵能够更高效地转换能源,减少能源浪费,这对于缓解能源供需矛盾、促进经济社会的可持续发展具有深远意义。此外,改造项目往往伴随着技术升级与创新,这不仅提升了企业的技术水平和生产能力,也为相关行业的技术进步树立了典范,促进了整个产业链的升级与优化。从更广泛的社会层面来看,节能改造项目的成功实施,有助于提升公众对节能减排重要性的认识,激发社会各界参与节能减排行动的热情,形成全社会共同推动绿色发展的良好氛围。而环境影响评估方面,给水泵的节能改造对于减轻环境污染、保护生态环境具有积极作用。传统给水泵在运行过程中,由于效率低下、能耗高,往往伴随着较大的能源消耗和排放,对大气、水体等环境要素造成一定压力,而改造后的给水泵,通过优化设计和采用先进技术,能够显著降低能耗,减少温室气体和其他污染物的排放。

### 结语

综上所述,热电厂汽轮机组给水泵的改造研究是实现节能减排、绿色发展的重要举措。研究表明,改造后的给水泵在运行效率、能耗水平、设备稳定性和可靠性等方面均得到了显著提升,不仅为企业带来了显著的经济效益,还促进了能源节约和环境保护,实现了经济效益、社会效益和环境效益的和谐统一。

### 参考文献

- [1]关哲.热电厂汽轮机运行节能降耗研究[J].电气技术与经济,2021(02):15-17.
- [2]王文飏,杨希刚.电动给水泵变频改造技术及应用研究[J].电力科技与环保,2019,35(6):50-54.
- [3]周正道,包伟伟,秦英武,等.600 MW机组电动给水泵变频改造及经济性分析[J].浙江电力,2020,39(6):63-67.
- [4]邓云天.基于高压变频调速技术的电动给水泵节能改造[J].机械制造,2020,58(7):42-45.