

# Analysis of the Influence of Turbine Flow Transformation on Energy Saving and Consumption Reduction

Huijun Li

Inner Mongolia Mengtai Buliangou Coal Gangue Thermal Power Plant, Ordos, Inner Mongolia, 017100, China

## Abstract

As a large energy equipment, steam turbine has been widely used in China's industrial field. However, traditional steam turbine structures suffer from issues such as low efficiency and high energy consumption. Therefore, this paper proposes improvements to the flow passage of the steam turbine. Firstly, a detailed analysis was conducted on the structure of the flow passage of the steam turbine and its impact on the overall performance, and improvement plans were designed. Secondly, we compared the performance data of the steam turbine before and after the renovation through dynamic simulation and on-site testing. The results showed that the power of the modified steam turbine increased by 5% to 10%, with significant energy-saving effects. At the same time, the thermal efficiency increased by 2~3 percentage points, and the energy efficiency improved significantly. In addition, the unit operates smoothly and the failure rate is reduced. The results verified the positive impact of the transformation of the flow section of the steam turbine on energy conservation and consumption reduction, providing new ideas on how to improve the efficiency and economy of the steam turbine.

## Keywords

steam turbine; flow part transformation; energy saving and consumption reduction; thermal efficiency; dynamic simulation

## 汽轮机通流部分改造对节能降耗的影响分析

李慧军

内蒙古蒙泰不连沟煤矸石热电厂, 中国·内蒙古·鄂尔多斯 017100

## 摘要

汽轮机作为大型能源设备, 在中国工业领域有着广泛的应用。然而, 传统的汽轮机结构存在效率低下、耗能高等问题, 为此, 论文对汽轮机通流部分进行了改进。其一, 对汽轮机通流部分的结构以及其对整机性能的影响进行了详细的分析, 设计出改进方案。其二, 我们通过动力学模拟和现场测试, 对比了改造前后的汽轮机性能数据。结果显示, 改造后的汽轮机功率提高5%~10%, 节能效果明显, 同时热效率提高2~3个百分点, 能效明显改善。此外, 机组运行平稳, 故障率降低。结果验证了汽轮机通流部分改造对节能降耗的积极影响, 为如何提高汽轮机效率和经济性提供了新的思路。

## 关键词

汽轮机; 通流部分改造; 节能降耗; 热效率; 动力学模拟

## 1 引言

汽轮机是一种核心的大型能源设备, 由于其强大的动力输出和广泛的工业应用范围, 它在中国的工业生产中占据着举足轻重的地位。然而, 它的设计和工程实施中遗留的一些问题, 如低效的能量转换和高能耗, 一直困扰着工业生产的效率和质量。对此, 我们将采用一种创新的结构改造策略, 对汽轮机通流部分进行改进, 以解决现存问题。我们首先将对汽轮机通流部分的结构进行详细分析, 并探究其对整机性能的影响, 从这个过程中, 我们将逐渐设计出一种有效的改进方案。在此基础上, 我们将辅以动力学模拟以及实际现场

测试, 对比改造前后汽轮机的性能数据。我们期待改造后的汽轮机在功率和热效率上都能有明显提升, 同时降低故障率和提高运行稳定性, 从而呈现出汽轮机通流部分改造的积极影响。

## 2 汽轮机概述与通流部分结构分析

### 2.1 汽轮机在工业领域的应用及其盲点

汽轮机作为大型能源转换设备, 广泛应用于电力、化工、石化及冶金等工业领域, 发挥着重要的作用<sup>[1]</sup>。其主要功能是通过蒸汽推动旋转叶片, 进而驱动发电机或其他机械设备, 为工业生产提供动力。传统汽轮机在应用过程中面临诸多挑战, 尤其是在效率和能耗方面的不足成为亟待解决的问题。随着工业对能源利用效率要求的提高, 这些盲点显得更加突出。

传统汽轮机在设计时, 通常优先考虑机械结构的稳定

【作者简介】李慧军(1992-), 男, 中国内蒙古乌兰察布人, 本科, 工程师, 从事火电厂集控运行节能方向、汽轮机节能降耗研究。

性和生产成本,导致其通流部分的设计未能充分优化,进而造成蒸汽流动不畅、能量损失较大等问题。尤其是其在部分负荷运行状态下,流体力学性能不佳,直接影响热效率,造成能量浪费。面对能源短缺及环保压力,提升汽轮机效率成为行业内共同关注的课题。

长期运行中的汽轮机容易出现磨损和老化现象,导致性能进一步下降,提高维护频率和成本。能够兼顾高效能和低能耗的新型结构设计相对缺乏,这限制了汽轮机在某些环境下的应用潜力。对汽轮机通流部分的改造具有重要意义,旨在通过提高流动效率和自适应性来解决当前存在的问题,进而推动整个行业向高效节能方向发展。对这些盲点的深入分析和理解,为后续研究的改造方案设计提供了重要的理论依据和实践指导。

## 2.2 通流部分的原有设计及其对汽轮机性能的影响

汽轮机通流部分的设计直接影响其整体性能,包括效率、能耗和运行稳定性。传统汽轮机的通流部分通常由固定叶片和动叶片组成,其设计旨在将蒸汽能量高效地转化为机械功。传统设计往往存在气动损失较大、流动分离和紊流等问题,这些不足之处直接导致了能量的浪费和效率的低下。叶片的几何形状、表面粗糙度及其相对位置均会影响蒸汽流动特性。在这些设计中,叶片的角度和弯曲程度是关键因素,对能量传递效率有重要影响。

因此传统通流部分的材料选择和制造工艺也会限制其性能。如叶片材料的抗腐蚀性和高温下的强度不足,可能导致长期运行中的磨损和变形,这不仅降低了效率,也提高了故障率。由于这些设计局限,汽轮机常常不能在较宽的负载范围内保持高效运行,而这也是传统设计亟须改善的地方。通过识别这些设计中的不足,可以为改造和优化提供明确的方向,从而实现节能降耗的目标。

## 2.3 汽轮机通流部分改造前的可改进性分析

汽轮机通流部分的改造潜力主要体现在其对能量转化效率的影响。原有设计中,通流部分的气动效率往往受限于叶片形状、流道设计及其表面粗糙度等因素。这些设计缺陷导致能量损失、流动阻力增大,从而降低整体性能。通流部分的热管理系统亦存在优化空间,现有散热设计可能无法充分利用能量,导致热效率不足<sup>[2]</sup>。材料的老化和磨损也使得通流路径变形,进一步恶化气流品质和效率。通过对这些要素的深入分析,识别了多个提升空间,如增强叶片设计,提高气动力学性能,优化流道形状以减少流动阻力,改善材料技术延长寿命。通过精确的计算和模拟,预计改造将显著减少内耗、提高能量利用率,这为提高汽轮机性能和降低能耗提供了理论基础。

# 3 汽轮机通流部分改造设计方案与方法

## 3.1 创新的通流部分改造设计理念与策略

汽轮机通流部分的改造设计在提高其效率和降低能耗

方面具有重要意义。创新的设计理念着眼于优化流体力学性能,通过重新设计叶片形状和排列方式,可以有效降低损失,提升流体能量传递效率。这一策略集中于改善气流通道以减少能量损失,其核心是提升三维流场内的速度与压力分布均匀性。

材料的选择与改造设计同样密不可分。采用新型高强度、耐高温材料,不仅提高部件的耐久性,还显著减少能量流失。通过引入先进的表面处理技术,可以有效减少表面摩擦和腐蚀,提高设备的整体稳定性和寿命。

在改造设计中,系统集成和动态调控策略也应被纳入考虑。对于整个汽轮机系统而言,通流部分的改造需要与其他系统环节紧密协调,以确保最佳的整体性能输出。通过智能化监控和动态调节技术,可以实现实时数据反馈和运行参数优化,确保系统在不同工况下始终处于最优运行状态。

改造方案不仅局限于硬件,更包括软件优化。利用大数据分析和模型预测技术,对汽轮机运行进行精确建模,从而提前识别可能存在的能效瓶颈并进行动态调节,进一步提高整体运行效率。这种综合性的创新设计理念和策略为汽轮机节能降耗的实现提供了坚实基础。

## 3.2 详细的通流部分改造设计步骤及方法

汽轮机通流部分的改造设计步骤及方法主要包括以下几个方面:进行现有通流部分的详细结构分析,通过计算流体动力学(CFD)模拟识别效率低下的区域以及气流损失的主要原因。基于这些分析结果,制定出针对性的改造方案。改造设计的核心在于优化叶轮的几何形状和排列方式,通过改变叶片角度和间距来降低流动阻力,提高能量转换效率。

需要选择适合的材料和制造工艺以确保叶片的耐久性和稳定性。采用先进的合金材料和精密的加工技术,不仅能提高耐磨性和抗腐蚀能力,还能延长设备的使用寿命。为了减少改造对整个系统运行的影响,制定详细的施工计划和步骤,确保停机时间最小化。

在实施过程中,实时监测关键参数的变化,调整施工策略以应对潜在问题。完成改造后,必须在模拟环境下进行多次测试,校核设计目标是否达到预期,并进一步优化。通过数据对比和分析,结合不同负荷条件下的性能表现,全面评估改造效果,从而实现汽轮机能效的提升和运行稳定性的增强。

## 3.3 预期改造效果的理论分析与评价

开展对汽轮机通流部分改造的理论分析,通过对动力学模型的研究和能量守恒定律的应用,可以预测改造后的性能提升幅度。通流结构的优化设计旨在减少能量损失,提高流体流动的平稳性,从而提升功率输出效率。通过减少涡流和二次流等不利因素的影响,能够更有效地利用蒸汽能量。热力学分析表明,改造后的热效率提高可达2~3个百分点,这源于蒸汽焓降的优化和排气损失的降低。改造方案的理论

基础还包括对结构强度和材料耐久性能的评估,确保改造后设备的可靠性和耐用性。通过CFD模拟验证流路设计合理性,使得流体动力特性得到优化<sup>[1]</sup>。理论分析不仅证明了结构改造的可行性,也为实践操作提供了坚实的理论基础,预示着在实际应用中可实现预期的节能效果。

## 4 改造实施与效果评估

### 4.1 改造实施过程及存在的问题

在汽轮机通流部分的改造过程中,实施步骤的设计和执均需细致考虑,以确保最终达到节能降耗的目标。为了确保改造的有效性,详细的计划制定显得尤为重要。施工前,必须对原有通流部分结构进行精确测量与分析,以便为后续改造工作提供准确数据支持。在改造实施阶段,由于汽轮机设备的复杂性,需高效协调多工种的施工团队,以确保每个环节严格按照设计要求进行。

施工过程中,克服了多项技术难题。例如,改造需要精准匹配新旧部件,以保证改进后的结构与汽轮机整体系统的兼容性。考虑到设备运行环境的高温高压特性,在材料选择和安装工艺上采用了耐高温、耐腐蚀材料,并进行了多次试装与调整,以保证通流部分的改造符合预期设计标准。

在实施过程中也发现了一些问题,包括改造过程中可能出现的现场施工条件不佳,导致某些细节无法严格按照计划进行。这类问题需要通过现场调整和技术改进来解决。部分设备在改造后初期运行时出现了不稳定现象,需要进一步进行调试和优化,以确保整机的长效稳定运行。通过这些问题的解决和持续优化,改造项目成功实现了汽轮机的节能增效目标,为后续技术改进积累了宝贵的经验。

### 4.2 动力学模拟和现场测试结果分析

动力学模拟和现场测试结果分析是评估汽轮机通流部分改造效果的关键环节。通过动力学模拟,对改造后的汽轮机内部流动状态和能量转换过程进行了详细分析。模拟结果表明,改造设计显著优化了汽轮机内部的气流通道,减少了能量损失,提高了流动效率。关键参数如压力和温度场的均匀性得到了改善,表现在汽轮机的功率输出方面有明显的提升。

现场测试进一步验证了动力学模拟的准确性,实测结果与模拟数据高度一致。测试中,测量了改造前后汽轮机的

实际功率、热效率和能耗指标。数据显示,改造后的汽轮机功率提高了5%~10%,热效率提高了2%~3%。能耗明显降低。

动力学模拟与现场测试的结合,不仅验证了改造方案的有效性,还为后续的优化设计提供了重要的支持。数据分析表明,通流部分改造在提升汽轮机整体性能也显著延长了设备的使用寿命和稳定性,有效降低了故障率。这些结果充分证明了设计方案的合理性与实用价值,为进一步推广应用奠定了基础。

### 4.3 改造后的节能效果热效率和设备可靠性评估

改造后的汽轮机在节能效果、热效率和设备可靠性方面表现出显著提升。经过多次动力学模拟和现场测试,数据显示,汽轮机的总功率提升了5%~10%,运行效率显著提高。这一改进直接降低了单位能耗,有助于实现节能目标。改造后的汽轮机热效率提高了2%~3%,表明能量利用得到了优化。进一步的可靠性评估显示,机组在长期运行过程中表现稳定,故障率显著降低。这不仅提高了生产连续性,还减少了维护成本和意外停机时间。改造后的汽轮机在各项关键性能指标上均表现出色,验证了通流部分结构改造的积极效应。由此可见,此改造策略在提升设备性能的有效促进了节能和经济效益的实现,为行业设备改造提供了具有参考价值的解决方案。

## 5 结语

我们研究了怎样改进大型机器——汽轮机的内部结构,来让它运行得更节能、更省资源。我们设计了一套好的改进方案,用计算机模拟和实际测试来比较改进前后的性能。结果显示,改进后的汽轮机不光运行得更好,而且能够节省更多的能源,故障也更少了。虽然我们的研究取得了一些成果,但是想要让汽轮机运行得更有效,还有更多的工作需要做。我们希望将来可以有更多的研究来帮助我们进一步改进汽轮机。

### 参考文献

- [1] 王昊,斯勤毕力格.电厂汽轮机节能降耗探究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2021(3):251-252.
- [2] 王利民.汽轮机节能降耗的探讨[J].百科论坛电子杂志,2019(3):586-587.
- [3] 董海玲.电厂汽轮机节能降耗措施分析[J].上海电力大学学报,2021,37(S1):9-10.