

汽轮机通流优化改造新技术应用研究

王景辉

国电内蒙古东胜热电有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要：随着能源需求的不断增长和环保要求的日益严格，提高汽轮机效率成为电力工业的重要课题。汽轮机通流部分的优化改造是提升效率的关键环节。本文首先分析了汽轮机通流优化改造的重要性，然后介绍了汽轮机通流原理及现有技术，接着重点探讨了汽轮机通流优化改造的新技术，并通过实例研究了这些新技术的应用效果。最后对汽轮机通流优化改造的未来发展进行了展望。

关键词：汽轮机；通流优化；改造技术；应用研究

引言：汽轮机作为热力发电厂的核心设备，其性能直接影响到整个发电系统的效率和经济效益。随着科技的不断进步，汽轮机技术也在不断发展，尤其是在通流部分的优化改造方面，新技术层出不穷。本文旨在探讨汽轮机通流优化改造的新技术及其应用研究，以期为提高汽轮机效率提供参考。

1 汽轮机通流优化改造的重要性

汽轮机，作为热力发电的核心设备，其运行效率的高低直接关系到整个发电系统的经济效益和环境影响。在当今能源紧缺和环境污染问题日益严重的背景下，对汽轮机通流部分进行优化改造显得尤为重要。这种改造不仅能有效提高汽轮机的热效率，降低能耗，还能减少有害物质的排放，从而为实现电力工业的可持续发展贡献重要力量。

1.1 提高能源利用效率

在汽轮机的运行过程中，通流部分的性能直接影响到蒸汽能量的转换效率。如果通流部分设计不合理或存在缺陷，将会导致大量的能源浪费^[1]。通过对通流部分进行优化改造，如改进叶片设计、优化流道形状等，可以使得蒸汽在汽轮机内的流动更加顺畅，能量转换更加高效，从而提高汽轮机的整体效率。这不仅有助于降低发电成本，提高企业的经济效益，还能在一定程度上缓解能源紧缺的问题。

1.2 减少环境污染

在汽轮机的运行过程中，如果通流部分性能不佳，不仅会导致能源浪费，还会增加有害物质的排放，如二氧化碳、氮氧化物等。这些有害物质对大气环境造成了严重污染，加剧了全球气候变化的问题。通过对汽轮机通流部分进行优化改造，可以降低有害物质的排放，从而减轻对环境的压力。这不仅有助于电力企业履行环保责任，还能为改善全球环境质量做出贡献。

1.3 提升设备的稳定性和可靠性

通流部分的性能问题往往会导致汽轮机在运行过程中出现振动、噪音等异常情况，严重时甚至可能引发设备故障。通过对通流部分进行优化改造，可以改善汽轮机的运行状况，减少异常情况的发生，从而提高设备的稳定性和可靠性。这不仅可降低设备的维护成本，还能确保电力系统的稳定运行，保障电力供应的安全可靠。

1.4 促进电力企业技术创新

随着科技的不断进步和新能源技术的发展，电力工业正面临着前所未有的挑战和机遇。为了适应这一形势，电力企业必须不断进行技术创新和设备升级。汽轮机通流优化改造作为电力企业技术创新的重要组成部分，不仅有助于提升企业的核心竞争力，还能推动整个电力工业的技术进步和产业升级。

2 汽轮机通流原理及现有技术

汽轮机通流原理是汽轮机运行的核心机制，涉及到蒸汽在汽轮机内部的流动过程和能量转换。而现有的通流优化技术则是为了提高这一过程的效率，减少能量损失，从而增加汽轮机的整体性能。

2.1 汽轮机的通流原理

汽轮机的通流部分，主要由进汽段、叶片级和排汽段构成，形成了一个复杂的蒸汽流动通道。在汽轮机的工作过程中，高温高压的蒸汽首先通过进汽段进入汽轮机，然后流经各级叶片。在这些叶片的作用下，蒸汽的热能转化为机械能，从而驱动汽轮机转子旋转，进而带动发电机产生电能^[2]。然而，蒸汽在流动过程中，会因为各种原因造成能量损失。这些损失主要来源于流道设计的不合理、叶片型线的不佳以及蒸汽与叶片之间的摩擦等。如果流道设计过于复杂或存在突变，蒸汽在流动时就会产生涡流和分离现象，导致能量损失。同样如果叶片型线设计不合理，不仅会影响蒸汽的流动状态，还会增加摩擦损失。

2.2 现有的通流优化技术

叶片型线优化是一项关键技术。通过对叶片的形状和角度进行精确设计,可以使得蒸汽在流过叶片时更加顺畅,减少涡流和分离现象,从而降低能量损失。此外,流道优化设计也是提高汽轮机效率的重要手段。通过改进流道的形状和布局,可以减少蒸汽在流动过程中的阻力,提高其流动效率。除了上述两种技术外,还有一些其他的通流优化技术也值得关注。例如,采用先进的材料来制造叶片和流道,以降低摩擦损失和提高耐腐蚀性;利用计算流体力学(CFD)等仿真技术对汽轮机的通流部分进行模拟和优化设计;以及采用先进的控制系统来实时监测和调整汽轮机的运行状态等。

虽然这些现有的通流优化技术在一定程度上提高了汽轮机的效率,但我们仍需认识到,它们仍存在进一步提升的空间。如随着计算能力的不断提升和仿真技术的日益成熟,我们可以更加精确地模拟和分析汽轮机内部的流动情况,从而发现更多的优化潜力。同时新材料和新技术的发展也为汽轮机的通流优化提供了更多的可能性。

3 汽轮机通流优化改造新技术

3.1 先进的CFD数值模拟技术

CFD(计算流体力学)数值模拟技术在汽轮机通流优化改造中发挥着至关重要的作用。这种技术能够精确地模拟和分析汽轮机内部的流动情况,为优化改造提供科学依据。通过CFD模拟,设计人员可以详细了解流场分布、速度场、压力场以及温度场等关键参数,从而准确识别出能量损失较大的区域和潜在的优化点。CFD技术的应用不仅提高了设计的精度,还大大缩短了设计周期。传统的试验方法往往需要耗费大量时间和资源,而CFD模拟则可以在计算机上快速进行,为设计人员提供及时的反馈。此外,CFD技术还可以与其他优化算法相结合,实现自动化寻优,进一步提高设计效率。

3.2 三维叶片设计技术

三维叶片设计技术是汽轮机通流优化改造中的另一项关键技术。传统的叶片设计主要基于一维或二维理论,难以充分考虑三维流动效应。而三维叶片设计技术则可以根据实际需求,结合CFD模拟结果,设计出更高效的叶片型线^[1]。这种技术通过优化叶片的形状、角度和扭曲度等参数,减少蒸汽在流过叶片时的能量损失。并且三维叶片设计还可以考虑非定常流动效应,进一步提高汽轮机的效率和稳定性。在实际应用中,三维叶片设计技术已经取得了显著的成果,为汽轮机的性能提升做出了重要贡献。

3.3 先进的密封技术

密封技术的改进也是汽轮机通流优化改造中不可忽视的一环。传统的密封方式往往存在蒸汽泄漏的问题,导致

汽轮机效率下降。而先进的密封技术则可以有效减少蒸汽泄漏,提高汽轮机的整体效率。例如采用新型密封材料和结构设计,可以增强密封件的耐磨性和耐腐蚀性,延长使用寿命。并且通过优化密封间隙和压力分布等参数,可以进一步降低蒸汽泄漏量。这些技术的应用不仅提高了汽轮机的效率,还增强了设备的安全性和可靠性。

3.4 其他辅助技术

除了上述三种主要技术外,还有一些辅助技术在汽轮机通流优化改造中发挥着重要作用。例如,先进的测量和监控技术可以实时监测汽轮机的运行状态和性能参数,为优化改造提供实时反馈;新材料和新工艺的应用则可以进一步提高汽轮机的耐用性和效率;智能控制系统则可以实现汽轮机的自动化运行和优化调度等。

4 汽轮机通流优化改造新技术应用研究

本研究以某热力发电厂的汽轮机为例,详细探讨了通流优化改造新技术的应用及其效果。通过集成先进的CFD数值模拟技术、三维叶片设计技术和先进的密封技术,我们成功地提升了汽轮机的整体性能。以下是对这一改造过程的详细分析:

4.1 项目背景与目标

该热力发电厂的汽轮机在长期运行过程中,暴露出效率不高、能耗较大以及运行稳定性欠佳等问题。针对这些问题,我们确定了通流优化改造的目标:通过应用新技术,提高汽轮机的效率,降低能耗,并增强设备的稳定性和可靠性。

4.2 CFD数值模拟技术的应用

第一,我们利用CFD数值模拟技术对汽轮机内部的流动情况进行了精细的模拟分析。CFD数值模拟技术就像是汽轮机内部流动情况打造的“透视镜”,能够让我们清晰地看到内部流场的每一个细节。通过模拟,可以精准定位能量损失较大的区域,这对于后续的优化改进工作意义重大。第二,模拟结果分析:通过模拟,我们发现某些叶片区域的流动分离现象严重,导致大量的能量损失^[4]。这些流动分离区域,就像是流场中的“漩涡”,不断消耗着流体的动能。此外,部分流道设计存在不合理之处,比如流道的形状、尺寸与流体的流动特性不匹配,使得流体在流动过程中产生了漩涡、回流等现象,加剧了流动的不稳定性,严重影响了汽轮机的工作效率和性能。这些模拟结果为我们指明了改进的方向。

4.3 三维叶片设计与流道优化

4.3.1 叶片型线优化

根据CFD模拟结果,我们利用叶片型线模型(见图1)采用三维叶片设计技术,对存在问题的叶片型线进行

了重新优化设计。新设计的叶片型线更加符合三维流动规律，有效减少了流动分离和涡流损失（见图2）。

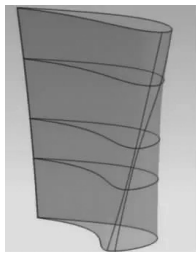
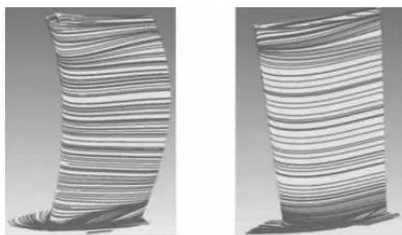


图1 叶片叶型模型



2-1 第五级原静叶片 2-2 第五级优化后静叶片表面的流线模拟

图2 优化前后静叶片表面的流线模拟

4.3.2 流道形状改进

在汽轮机通流优化改造中，我们对流道形状进行了重要改进。第一，平滑流道设计：通过改进流道形状，使其更加平滑，从而有效减少了流体在流动过程中的阻力。这种设计降低了流体的湍流度，进而减少了能量损失。第二，效率提升：改进后的流道形状有助于流体更顺畅地通过，提高了汽轮机的整体效率。通过减少流动中的能量损耗，我们实现了汽轮机性能的显著提升。

4.4 先进的密封技术应用

4.4.1 关键部位密封处理

在汽轮机通流优化过程中，关键部位的密封处理至关重要。我们采用了先进的密封技术，对这些部位进行了精细的密封处理。此举旨在有效减少蒸汽泄漏，从而提高汽轮机的整体效率。通过密封处理，我们确保了蒸汽在汽轮机内部的有效利用，避免了不必要的能量损失。

4.4.2 密封材料和结构设计

第一，材料选择：为了确保密封效果的持久性和稳定性，我们精心选择了耐磨性和耐腐蚀性优异的新型密封材料。这些材料不仅能够承受汽轮机运行过程中的高温、高压环境，还能有效抵抗各种化学物质的侵蚀，从而延长密封件的使用寿命。第二，结构设计：除了优质的材料选择外，我们还结合了精密的结构设计来增强密封效果。通过精确计算和优化设计，我们确保了密封件与汽轮机其他部件之间的紧密配合，最大限度地减少了蒸汽泄漏的可能性。这种结构设计不仅提高了汽轮机的

效率，还增强了其运行的稳定性和安全性。

4.5 改造效果评估

4.5.1 效率提升

改造完成后，我们对汽轮机的性能进行了全面的测试。结果显示，汽轮机的效率得到了显著提升。（见图3）

项目	改造前	改造后				
		A组	B组	C组	D组	平均
高压缸通流效率/%	85.37	85.99	85.87	85.93	85.89	85.92
中压缸通流效率/%	91.95	92.65	92.71	92.73	92.71	92.70
低压缸通流效率/%	85.37	88.79	88.73	88.77	88.75	88.76

图3 改造优化前后效率图

4.5.2 能耗降低

由于减少了蒸汽泄漏和能量损失，汽轮机的能耗也相应降低。据统计，改造后的汽轮机在相同工况下，能耗降低，节约能源。（见图4）

项目	改造前	改造后
汽轮机热耗/[kJ/(kW·h)]	8 288	7 904
年发电利用小时数/h	6 000	6 000
年发电量/(万 kW·h)	180 000	192 000
年供电量/(万 kW·h)	168 480	180 480
供电标煤耗/[g/(kW·h)]	329.71	315.77

图4 优化前后能耗对比图

4.5.3 稳定性和可靠性增强

除了效率和能耗的改善外，改造后的汽轮机在运行过程中产生的噪音和振动也明显减少。这一变化不仅提高了设备的稳定性和可靠性，还改善了工作环境。

结语

汽轮机通流优化改造新技术对于提高汽轮机效率、降低能耗和减少排放具有重要意义。通过应用新技术进行通流优化改造，可以显著提升汽轮机的性能和经济效益。未来随着科技的不断发展，相信会有更多创新技术被应用于汽轮机通流优化改造中，推动电力工业的可持续发展。

参考文献

- [1]王学成.汽轮机本体通流部分改造及效果分析[J].山东工业技术,2019,No.281(03):201-201.
- [2]高清林,高嘉铸,陈敦炳,等.600MW超临界汽轮机通流部分改造[J].东北电力技术,2019,40(01):35-37+61.
- [3]朱中杰,闫森,周惠莲,等.超临界600MW等级汽轮机整体通流改造结构特点[J].热力透平,2019,44(2):83-85.
- [4]王飞,朱新平.600MW超临界汽轮机通流改造及效果探究[J].机电信息,2020,(3):68-69.