

船舶轮机安装工艺优化及其对性能影响与分析

赵 晶

南通中远海运川崎船舶工程有限公司 江苏 南通 226000

摘 要：船舶轮机安装工艺的优化对提升船舶性能至关重要。本文探讨了船舶轮机安装过程中的关键工艺优化措施，包括主机平整度与扭曲度的精准控制、曲轴臂距差的合理调整、轴承间隙的优化设计以及轴系安装的合理布局。这些优化措施能有效减少振动、提高运转效率，并确保船舶推进系统的稳定性和安全性。通过对安装工艺的优化分析，本研究为提升船舶整体性能提供了理论依据和实践指导。

关键词：船舶轮机；安装工艺优化；性能影响

引言：船舶轮机作为航运业的核心动力来源，其安装工艺直接影响到船舶的运行效率、安全性和可靠性。随着技术的不断进步和航运需求的日益提高，对船舶轮机安装工艺进行优化成为提升船舶性能的关键。本文旨在探讨船舶轮机安装工艺的优化方法及其对船舶性能的影响，旨在为航运业提供一套更加高效、可靠的轮机安装方案，以期提高船舶的航行效率、降低运营成本，同时增强船舶的安全性和稳定性。

1 船舶轮机安装工艺概述

1.1 轮机安装的基本流程

(1) 在安装前，需要进行详细的图纸审核和工艺规划，确保所有部件的尺寸、位置和连接方式均符合设计要求。同时，还需准备好必要的安装工具和设备，如吊装机、测量工具、紧固工具等。(2) 轴系的安装通常先于主机进行。轴系包括艉轴、中间轴和曲轴等部件，其安装精度直接影响到主机的运行稳定性和效率。在安装轴系时，需要先进行轴系照光，确定轴系的中心线，然后依次安装艉轴组件、中间轴及轴承座等部件。在安装过程中，需要严格控制各部件的公差和配合间隙，确保轴系的同轴度和直线度。(3) 主机的安装是轮机安装的核心环节。主机的安装顺序包括定位、吊装、找正和紧固等步骤。在定位时，需要确保主机的中心线与轴系的中心线保持一致。在吊装过程中，需要注意主机的重量和吊装点的选择，避免主机因吊装不当而产生变形或损伤。找正时，需要利用测量工具对主机的水平和垂直度进行调整，确保主机在安装位置上的稳定性和准确性。最后，利用紧固工具将主机与基座进行固定。

1.2 现有安装工艺的问题与挑战

(1) 机座扭曲测量在船厂中往往被忽视。机座扭曲度的测量对于主机的安装质量和运行稳定性至关重要。然而，由于船体结构的变形控制问题，机座扭曲度的测

量常常受到忽视，导致主机的安装质量无法得到保证。

(2) 轴承间隙的测量也是一个难点。传统的轴承间隙测量方法存在测量不准确的问题。间隙过小可能导致轴承过热和磨损加剧，间隙过大则可能导致振动和噪音增加。因此，需要采用更精确的测量方法，如使用深度分厘卡等高精度测量工具。

2 船舶轮机安装工艺优化方法

2.1 机座与曲轴安装的优化

(1) 提出更加精确的轴系中心线对准方法。轴系中心线对准是轮机安装的基础，其准确性直接影响到后续各部件的安装质量和轮机运行性能。传统方法往往依赖于人工经验和简易工具，导致对准精度有限。为了提升对准精度，可采用激光对中仪或激光测距仪等现代测量设备。这些设备能够实时监测轴系中心线的位置，通过数据分析软件自动计算并调整偏差，确保机座和曲轴的平行度和同心度^[1]。(2) 引入先进的测量工具和技术。除了激光对中技术外，还应引入三维扫描技术和虚拟现实技术。三维扫描技术可以快速获取机座和曲轴表面的三维数据，与理想模型进行对比分析，找出偏差并指导调整。虚拟现实技术则可以在虚拟环境中模拟安装过程，提前发现潜在问题并优化安装方案。这些先进技术的应用，不仅提高了安装精度，还缩短了安装周期，降低了成本。

2.2 主机平整度与扭曲度控制的优化

(1) 通过反复测量和调整，确保主机的平整度符合厂家要求。主机的平整度对轮机运行稳定性和寿命有重要影响。在安装过程中，应使用高精度水平仪对主机底面进行多点测量，记录数据并分析。对于不符合要求的区域，需通过调整垫片或加工底面等方式进行修正。修正后需再次测量，直至平整度满足要求。这一过程需反复进行，以确保主机的平整度达到最佳状态。(2) 采用

可调式气泡水平仪等高精度仪器,严格控制机座的扭曲度。机座的扭曲度是影响轮机运行稳定性的另一个重要因素。为了精确控制机座的扭曲度,可采用可调式气泡水平仪或激光平面仪等高精度仪器。这些仪器能够实时监测机座的扭曲情况,并通过调整垫片或安装调整装置来消除扭曲。在调整过程中,需密切关注仪器读数,确保机座的扭曲度在允许范围内^[2]。

2.3 轴承间隙测量的优化

(1) 使用深度分厘卡代替传统窄塞尺,提高测量精度并简化测量过程。轴承间隙的测量是确保轮机正常运行的重要步骤。传统方法使用窄塞尺进行测量,不仅精度有限,而且操作繁琐。为了提高测量精度并简化测量过程,可采用深度分厘卡或电子测厚仪等现代测量工具。这些工具具有更高的精度和更好的重复性,能够准确测量轴承间隙,同时减少测量误差和人为因素的影响。(2) 考虑轴承与轴间的间隙设计,以优化油膜形成和轴承寿命。除了测量精度外,轴承间隙的设计也是影响油膜形成和轴承寿命的关键因素。在设计过程中,需充分考虑轴承的材料、结构、工作环境以及负载特性等因素,合理确定轴承间隙的大小和形状。通过优化间隙设计,可以确保轴承在运行过程中形成稳定的油膜,减少摩擦和磨损,从而延长轴承寿命。

2.4 轴系间隙调整的优化

(1) 通过对轴承的检测和控制,确保各个轴承上的润滑油供给量适中,形成稳定的油膜。轴系间隙的调整对轮机的运行稳定性和效率有重要影响。在调整过程中,需密切关注轴承的运行状况,包括温度、振动和噪音等参数。通过检测这些参数,可以判断轴承的运行状态以及是否需要调整间隙。同时,需确保各个轴承上的润滑油供给量适中,以形成稳定的油膜,减少摩擦和磨损。为了精确控制润滑油的供给量,可采用精密流量计或压力传感器等监测设备^[3]。(2) 优化轴系间隙的调整方法,以减小振动和提高稳定性。轴系间隙的调整方法直接影响轮机的运行稳定性。传统方法往往依赖于人工经验和简易工具进行调整,导致调整精度有限且难以保证一致性。为了优化调整方法,可采用激光对中技术或虚拟仿真技术等现代技术手段。这些技术能够实时监测轴系间隙的变化情况,并通过数据分析软件自动计算并调整间隙大小。同时,通过虚拟仿真技术可以在虚拟环境中模拟调整过程,提前发现潜在问题并优化调整方案。这些优化方法的应用不仅提高了调整精度和一致性,还缩短了调整周期和降低了成本。

3 优化后的安装工艺对船舶性能的影响分析

3.1 对航行性能的影响

(1) 提升船舶的推进效率和航行稳定性。优化后的安装工艺通过更精确的对准和测量,确保了轴系与主机的完美配合,减少了不必要的摩擦和损耗。这不仅提升了船舶的推进效率,使得船舶在相同功率下能够获得更快的航速,还显著提高了航行稳定性。精确的轴系中心线对准和轴承间隙的优化,有效降低了振动和噪音,使得船舶在航行过程中更加平稳,乘坐舒适度也得到提升。(2) 改善船舶燃油经济性和续航力。由于推进效率的提升,船舶在航行过程中所需的燃油量相应减少,从而提高了燃油经济性。此外,优化后的安装工艺还通过减少摩擦和损耗,延长了轮机部件的使用寿命,进一步降低了维护成本。这些改进共同作用于船舶的续航力,使得船舶在满载情况下能够航行更远的距离,满足更广泛的航行需求。

3.2 对动力输出的影响

(1) 增强轮机动力输出的连续性和可靠性。优化工艺通过对主机和轴系的精确安装和调整,确保了动力输出的连续性和可靠性。轴系的精确对准减少了因振动和摩擦导致的功率损失,使得轮机能够持续稳定地输出动力。同时,优化的轴承间隙设计有助于减少轴承磨损,延长轴承使用寿命,从而提高了轮机整体的可靠性和耐久性^[4]。(2) 提升船舶整体性能。优化后的主机和轴系运行状况显著改善,不仅提升了动力输出的连续性和可靠性,还使得船舶的整体性能得到显著提升。船舶在加速、减速以及转向等动态操作中的响应更加灵敏,操控性得到增强。此外,由于动力输出的稳定,船舶在恶劣海况下的适应能力也得到加强,能够更好地应对风浪等自然条件的挑战。

3.3 对安全性的影响

(1) 减少故障率。通过精确的安装和调整,轮机各部件之间的配合更加紧密,减少了因安装不当导致的故障。同时,优化的轴承间隙和润滑油供给系统有助于减少摩擦和磨损,延长部件使用寿命,进一步降低了故障发生的概率。(2) 提高应急响应能力。优化后的安装工艺不仅提升了轮机运行的可靠性,还使得轮机系统在出现故障时能够更快地识别和响应。通过引入先进的监测和诊断系统,轮机运行状态可以被实时监控和分析,一旦发现异常可以立即采取措施进行处理。这不仅提高了应急响应速度,还降低了故障对船舶安全和运行的影响。

4 某型散货船轮机安装工艺优化实践案例分析

4.1 案例背景

本案例以一艘82000载重吨散货船为研究对象,该船

型是当前国际航运市场的主流船型之一。在传统建造模式下,该船型轮机安装周期通常需要45天,占整个建造周期的18%,且经常出现返工和精度不达标的情况。通过系统性的工艺优化,项目团队成功将安装周期缩短至32天,同时提高了安装质量和一次合格率。

4.2 优化前的工艺状况及问题分析

4.2.1 原工艺流程(见表1)

表1: 优化前轮机安装主要工艺流程及耗时

工序	内容	耗时(天)	主要问题
设备定位	根据图纸确定设备位置	5	定位精度差,返工率高
基座加工	现场测量并加工设备基座	8	加工误差大,匹配度低
设备吊装	主机、辅机等大型设备吊装	7	吊装路径冲突,等待时间长
管路预装	主要管路系统的预安装	10	干涉问题多,修改量大
系统调试	各系统联调测试	15	泄漏点多,调试周期长

4.2.2 存在的主要问题

(1) 设计与施工脱节:设计阶段的工艺可行性分析不足,导致现场频繁修改;(2) 精度控制不足:传统测量方法误差大,基座加工合格率仅72%;(3) 工序安排不合理:存在大量等待时间,各专业交叉作业协调困难;(4) 信息化程度低:依赖二维图纸和人工经验,缺乏三维模拟验证。

4.3 工艺优化实施过程

4.3.1 基于三维模型的虚拟预装技术

引入PDMS三维设计软件,在虚拟环境中完成以下工作:设备布局优化(减少干涉空间15%);管路走向模拟(减少现场修改量30%);吊装路径规划(缩短吊装时间20%)。

4.3.2 精度控制体系建立

实施"全过程精度管理",关键措施包括:采用全站仪进行高精度定位(定位误差 $\leq 1\text{mm}$);推行标准化基座(减少现场加工量40%);建立安装质量数据库(累计偏差可追溯)。

4.3.3 工艺流程重组(见表2)

表2: 优化后的工艺流程对比

工序	优化措施	效果
设备定位	激光定位+数字放样	定位时间缩短60%
基座加工	车间预制+现场微调	加工周期缩短50%
管路安装	单元模块化预装	现场工作量减少35%
系统调试	分段预调试	总调试时间缩短40%

4.4 实施效果评估

(1) 时间效益:总安装周期从45天降至32天,缩短28.9%;(2) 质量提升:一次安装合格率从72%提高到93%;(3) 成本节约:人工成本降低25%,材料浪费减少18%;(4) 安全改进:工伤事故率下降40%。

4.5 经验总结与改进方向

4.5.1 成功经验

(1) 数字化技术应用:三维建模和虚拟预装显著提高了设计施工一致性;(2) 工艺标准化:建立标准作业程序(SOP)减少了人为因素影响;(3) 并行工程理念:通过工序重组实现了多专业协同作业。

4.5.2 存在问题

(1) 部分老员工对新工艺接受度低,培训效果有待提升;(2) 小型配套件标准化程度不足,仍存在定制化加工;(3) 信息化系统与其他系统集成度不够。

4.5.3 后续优化建议

(1) 开发AR/VR辅助安装系统,进一步提升装配指导可视化程度;(2) 建立更完善的供应链协同机制,提高预制件准时交付率;(3) 推进工艺大数据分析,实现安装质量的预测性控制。

结束语

综上所述,船舶轮机安装工艺的优化对提升船舶性能具有深远影响。通过精确控制安装过程、引入先进技术和设备,可以显著提高轮机的运行效率和稳定性,进而增强船舶的航行性能和安全性。未来,随着技术的不断进步和创新,我们有理由相信,船舶轮机安装工艺的优化将继续深入,为航运业带来更加高效、环保和安全的船舶动力解决方案。本研究仅为初步探讨,期待更多同行加入,共同推动船舶轮机技术的进步与发展。

参考文献

[1]梁月禧,黄家浩,莫健乐.船舶轮机设备安装及调试过程中的挑战与对策[J].船舶物资与市场,2022,(05):30-31.
[2]王彭.船舶轮机建造施工技术与管理策略[J].船舶物资与市场,2023,(10):105-107.
[3]王欣荣.船舶轮机建造施工技术与管理[J].船舶物资与市场,2021,(07):75-76.
[4]潘梦.船舶轮机安装工艺的创新路径与实践价值探讨[J].建筑技术科学,2025,(04):41-42.