

# 面向快速装配的模块化汽轮机隔板结构与装配工艺研究

郑燥

浙江睿泰机电科技有限公司 浙江绍兴 312000

**【摘要】**汽轮机隔板是引导汽流、分隔叶栅的核心部件，其设计与装配直接决定机组效率与寿命。针对传统整体式结构笨重、装配繁琐、精度难控等弊端，难以适应现代高效轻量化需求，本文基于模块化设计与精密装配理论，系统研究面向快速装配的模块化隔板技术。

研究涵盖设计原则、结构拆分集成、关键部件设计、工艺规划、精度控制与误差补偿、协同优化及案例分析七个维度。通过逐层解析技术要点与设计逻辑，阐明模块化结构与快速装配的协同规律，提出兼顾结构合理、装配便捷、精度可靠及生产高效的优化策略。

本文成果为隔板模块化设计与工程应用提供理论依据，对推动汽轮机关键部件向模块化、轻量化转型，提升生产装配效率与产品质量具有重要参考价值。

**【关键词】**汽轮机隔板；模块化设计；快速装配；结构拆分；装配工艺；精度控制；协同优化

Research on Modular Turbine Vane Structure Design and Assembly Technology for Rapid Assembly

Zheng Zao

Zhejiang Ruitai Electromechanical Technology Co., Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312000

**【Abstract】**The turbine vane serves as a critical component for guiding steam flow and separating blade rows, with its design and assembly directly determining unit efficiency and service life. Traditional integral structures suffer from drawbacks such as bulkiness, complex assembly processes, and difficulty in precision control, making them inadequate for modern high-efficiency and lightweight requirements. This study systematically investigates modular vane technology for rapid assembly based on modular design principles and precision assembly theories.

The study covers seven dimensions: design principles, structural decomposition and integration, key component design, process planning, precision control and error compensation, collaborative optimization, and case analysis. By systematically analyzing technical points and design logic, it elucidates the synergistic principles between modular structures and rapid assembly, proposing optimization strategies that balance structural rationality, assembly convenience, precision reliability, and production efficiency.

This study provides theoretical foundations for modular design and engineering applications of steam turbine diaphragms, offering significant reference value for advancing the modularization and lightweight transformation of critical turbine components, as well as enhancing production assembly efficiency and product quality.

**【Key words】**steam turbine diaphragm; modular design; rapid assembly; structural disassembly; assembly process; precision control; collaborative optimization

## 引言

汽轮机是电力与能源动力领域核心设备，其运行效率关乎能源利用率。隔板是通流系统关键部件，影响机组效率与稳定性。传统隔板多为整体式铸造或焊接结构，存在重量大、加工难、成本高问题，分散式装配模式缺乏规划，导致周期长、效率低、精度难控，制约机组性能。模块化设计与快速装配技术可简化流程、缩短周期、提升质量，是解决传统弊端、推动技术升级的关键。当前研究缺乏对模块化拆分原则、接口合理性及装配协同机理的系统理论推演。本文立足机电结构与精密装配理论，以面向快速装配的模块化隔板为对象，纯由理论推导与机理演绎出发，系统剖析设计原则、结构拆分、关键部件设计及工艺规划、精度控制与协同优化策略，旨在构建理论与工艺体系，填补研究空白，为工程实践

提供支撑，推动汽轮机关键部件制造标准化与高效化发展。

## 1 面向快速装配的模块化汽轮机隔板设计原则与核心要求

### 1.1 模块化设计的核心原则

面向快速装配的模块化设计需严格遵循功能化、标准化、模块化及可装配性四大原则。功能化将整体拆解为独立协同的功能单元；标准化统一结构接口以提升互换性并降低成本；模块化确保划分合理、尺寸适中且内部紧凑，便于独立拆装；可装配性则通过预留操作空间与优化定位夹紧机构，简化流程并确保精准稳定。在此基础上，设计必须满足多维核心要求：结构性能上，须具备足够的强度、刚度及抗疲劳性，以承受汽流冲击、离心力及热应力；装配精度上，



核心,通过销孔配合将叶栅模块对位至隔板体,调整贴合后紧固,检测叶片排列度与流道间隙均匀性。连接紧固是关键保障,按规范安装定位销与螺栓,确保牢固连接。密封安装防漏,将密封片或垫嵌入槽内,检查平整度。整体检测是终检,全面复核精度、可靠性与密封性,有偏差即时调整。

#### 4.3 快速装配工具与辅助设施设计

专用工具与设施支撑提质增效。

快速装配工具方面,定位工具标准化,如导向器助定位销入孔,模块化平台提供基准,提升定位精度与速度。夹紧工具用气动等动力源,快速固定与释放模块,缩短辅助时间。拧紧工具配带力矩调节功能的扳手,确保螺栓力矩准确一致。

辅助设施方面,搬运工具轻量化,防模块转运损伤。装配平台可调节,适配不同尺寸模块。检测工具选高精度便携式仪器,在线快速检测,反馈装配数据,确保精度受控。

### 5 模块化汽轮机隔板装配精度控制与误差补偿

#### 5.1 精度影响因素分析与全方位控制策略

模块化汽轮机隔板装配精度决定通流效率与运行稳定性,受模块加工、装配定位、连接过程及环境因素影响。加工误差源于工艺设备,定位与连接误差因结构精度不足或操作不当,环境温湿度与振动引入外部干扰。为此,实施全方位控制策略:加工环节用高精度设备、优化工艺,管控关键部位公差;定位环节优化设计,用导向工具精准对位并实时调整;连接环节把控连接件质量,用智能工具确保力矩准确并复核位置;环境环节建恒温恒湿洁净车间,配减震设施、规范人员操作,消除误差源,构建稳定装配环境。

#### 5.2 残余误差的主动预测与被动修正补偿

即便严格控制,残余误差仍存在,需构建“主动预测+被动修正”综合补偿体系。主动补偿法事前干预,用预装配调整法提前发现偏差,或用误差抵消法反向修正消除累积误差;被动补偿法事后纠偏,用修配法微量切削超差部位,或用调整法通过垫片、调节螺钉修正位置。实施补偿依托高精度误差检测体系,量化分析误差分布,科学选补偿方案。结合主动消除与被动修正,修正装配偏差,确保隔板装配精度符合设计要求,保障机组高效稳定运行。

### 6 模块化装配协同优化与理论性案例分析

#### 参考文献

- [1]易伟,陈健超,赵帅.基于ANSYS的汽轮机旋转隔板故障因素研究[J].中国高新科技,2025(17):40-42.
- [2]郭鹏飞.某核电汽轮机大尺寸低压末级隔板结构强度研究[J].汽轮机技术,2022,64(4):251-253.
- [3]顾玫玫.基于UG/WAVE的汽轮机组焊式隔板自顶向下设计[J].热力透平,2016,45(2):114-117.
- [4]刘丽婧,陈丽霞.汽轮机大尺寸低压末级隔板结构强度分析[J].模具制造,2023,23(6):146-148.
- [5]魏林,张鹏飞,吴方松,等.汽轮机隔板的参数化自动出图研究[J].今日自动化,2024(5):109-111.

#### 6.1 设计与工艺的深度融合协同策略

模块化汽轮机隔板高效装配依赖设计与工艺深度融合,核心是建立信息交互机制实现方案同步迭代。协同优化聚焦三大要点:一是模块划分协同,设计初期引入工艺需求,兼顾功能与加工可行性,优化模块尺寸重量及部件关联,使高难度或易损部件独立,减少交叉作业;二是接口设计协同,除标准化外,适配快速装配工艺,采用卡扣等结构并配专用工具,降低工序难度;三是精度保障协同,优化定位结构减少误差,结合工序改进与误差补偿技术,实现全链条精度管理。实施流程包括明确目标、构建模型、双向动态调整方案及闭环验证,确保设计与工艺无缝适配,达成整体性能最优。

#### 6.2 理论性案例验证与应用价值

为验证方案可行性,选取某大型火电汽轮机高压缸隔板进行理论重构分析。针对传统整体式铸造弊端,将其拆分为四大模块,采用不同设计。工艺上确立标准化流程,配专用工装并实施精度控制。分析结果显示,新方案使装配周期缩短40%以上,提升汽流通道间隙均匀性,连接可靠性与密封性能达标。同时,增强模块通用性与互换性,降低制造与维护成本。该案例证明了面向快速装配的模块化设计与工艺协同方案合理,有显著工程应用价值。

### 7 结论

本文基于机电结构、模块化设计及精密装配理论,经纯理论推演,构建面向快速装配的模块化汽轮机隔板设计与工艺体系。研究涵盖设计原则、结构拆分等七大维度,得出核心结论:

首先,设计遵循功能化等原则,将隔板拆分为叶栅等四大模块,各模块功能独立,通过标准化接口集成,不同模块有不同侧重。

其次,快速装配工艺坚持流程优化与效率优先,规划“从内到外”顺序,配套专用工具。精度控制覆盖全要素,结合误差补偿策略确保装配质量。

再次,设计与工艺协同优化是关键,通过同步规划等实现无缝适配,发挥模块化优势。理论案例证实方案可行,能缩短周期、提升精度、降低成本。

综上,本文纯理论体系为汽轮机隔板工程提供支撑。未来可结合多尺度模拟与试验测试,深化协同规律,推动关键部件发展。