

热能暖通机组机械制造工艺改进与节能技术研究

王凡胜¹，刘 鹏²，陈双庆³

(1. 济南市特种设备检验研究院，山东 济南 250001；

2. 烟台裕峰专用机械设备有限公司，山东 烟台 264006；

3. 胜利油田万和石油工程技术有限公司，山东 东营 257200)

摘 要 热能暖通机组是建筑供暖、通风、制冷的核心装备，大量投用于住宅、商业楼宇、工业厂房等场景，其制造工艺水平直接影响机组运行稳定性、能耗效率及使用寿命。现阶段热能暖通机组机械制造中广泛存在工艺精度不足、装配流程不规范、能耗管控不精细等问题，造成机组运行能耗偏高、故障频发，无法契合节能环保的行业发展需求。本文围绕热能暖通机组的结构特性与制造要求，梳理机械制造工艺与节能技术的核心内涵，剖析现有制造工艺的短板及节能堵点，搭建系统完备的工艺改进与节能技术体系，提出针对性的工艺改进方案与节能优化路径，通过试验验证体系的可行性与有效性。试验数据显示，改进后的制造工艺可大幅提高机组制造精度与装配效率，配套节能技术可让机组运行能耗降低18%以上，故障发生率下降85%，实现制造过程与运行阶段的双向节能增效，为热能暖通机组机械制造工艺升级与节能技术推广提供参考，符合行业节能环保发展导向。

关键词 热能暖通机组；机械制造工艺；零部件加工；节能技术；能耗优化

中图分类号：TU83；TH162

文献标志码：A

DOI：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.16.004

0 引言

热能暖通机组作为暖通空调系统的核心组成部分，承担着室内温度调节、通风换气、能量转换的重要功能，其制造质量与节能性能直接影响建筑能源消耗与使用体验。热能暖通机组结构复杂，涵盖压缩机、换热器、冷凝器、风机等多个核心零部件，制造过程涉及机械加工、装配、检测等多个环节，对制造工艺的精度、效率及节能性提出较高要求。

当前热能暖通机组机械制造过程中仍存在诸多薄弱环节，零部件加工精度不足导致装配间隙不合理，装配流程混乱影响机组运行稳定性，同时制造工艺与节能技术融合不够深入，机组运行阶段能耗偏高，难以满足当前节能环保的发展需求。

基于此，聚焦热能暖通机组机械制造工艺短板与节能瓶颈，开展工艺改进与节能技术研究，优化制造流程、提升工艺水平、研发适配的节能技术，实现机组制造与运行的双重节能，成为解决当前行业困境的关键。

1 热能暖通机组机械制造与节能核心内涵及特征

1.1 核心内涵

热能暖通机组机械制造工艺是指围绕机组核心零部件（压缩机、换热器、冷凝器等）开展的机械加工、冲压、焊接、装配、检测等一系列系统性工艺的总称，其核心目标是提升零部件加工精度、优化装配质量，确保机组结构合理、运行稳定。节能技术则是指在机组制造与运行全过程，通过优化工艺、改进结构、采用高效节能材料与设备，降低能源消耗、提升能源利用效率的各类技术与措施的总和^[1]。二者相辅相成、有机融合，制造工艺的改进可为节能技术的应用奠定基础，提升节能效果；节能技术的融入可优化制造过程的能源消耗，推动制造工艺向绿色化、高效化升级，最终实现热能暖通机组“制造节能、运行节能”的双重目标，兼顾制造效率、产品质量与节能环保。

1.2 制造工艺与节能技术特征

热能暖通机组机械制造工艺具有鲜明的行业特征：一是精度要求高，机组核心零部件（换热器管路、压

作者简介：王凡胜（1981-），男，本科，工程师，研究方向：热能暖通。

缩机转子)的加工精度直接影响机组密封性能与能量转换效率,需严格控制加工误差;二是流程复杂性高,制造过程涵盖多个环节,各环节衔接紧密,任一环节出现问题都会影响整体制造质量;三是关联性强,零部件加工、装配、检测等环节相互影响,需实现全流程协同管控;四是绿色化需求高,制造过程中需减少原材料浪费、降低能源消耗,契合节能环保发展导向。

节能技术则具有适配性、系统性、高效性的特征:一是适配性,节能技术需结合热能暖通机组的结构特点与运行工况,针对性优化能量转换、传热传质过程,确保节能效果;二是系统性,节能技术贯穿机组制造、装配、运行全阶段,需从工艺、结构、材料等多方面协同优化;三是高效性,节能技术需在不影响机组运行性能、使用寿命的前提下,最大限度降低能耗,提升能源利用效率^[2]。

1.3 主要影响因素

热能暖通机组机械制造工艺与节能效果,受工艺、设备、材料、管理四大因素影响:一是工艺因素,加工工艺、装配工艺、检测工艺不合理,会导致零部件精度不足、装配间隙过大,增加机组运行能耗与故障风险;二是设备因素,制造设备精度不足、性能老化,会影响加工质量与制造效率,同时增加制造过程能耗^[3];三是材料因素,原材料质量不达标、节能材料应用不足,会降低机组密封性能与传热效率,导致运行能耗偏高;四是管理因素,制造流程管控不严格、作业人员操作不规范、节能管理意识不足,会导致工艺改进措施落实不到位,节能效果难以发挥。

2 研究方法与工艺改进及节能技术体系构建

2.1 研究方法

采用理论分析与试验研究相结合的方法开展研究:通过理论分析,明确热能暖通机组机械制造工艺的核心环节、现存短板及节能瓶颈,梳理工艺改进与节能技术的核心要点,构建工艺改进与节能技术体系框架;选取典型热能暖通机组(冷水机组、空气源热泵机组)作为试验对象,应用改进后的制造工艺与节能技术,设置传统制造与节能模式作为对照组,对比分析制造精度、装配效率、运行能耗、故障发生率等核心指标,验证体系的可行性与优越性,优化完善工艺改进方案与节能技术^[4]。

2.2 工艺改进与节能技术体系构建

2.2.1 体系框架

结合热能暖通机组制造需求与节能目标,构建“工

艺改进层—节能技术层—管控保障层”三层体系,各层协同联动、职责明确,形成“工艺优化—节能赋能—管控落地”的闭环管理,实现机组制造过程与运行阶段的双重节能增效,兼顾制造质量、效率与节能环保。

工艺改进层负责优化机组机械制造全流程工艺,解决加工精度不足、装配不合理等短板;节能技术层负责研发与应用适配的节能技术,降低制造与运行能耗;管控保障层负责人员、制度、设备、材料等全方位保障,确保工艺改进措施与节能技术落地见效,实现全流程协同管控。

2.2.2 核心工艺改进方案

1. 零部件加工工艺改进:针对核心零部件加工精度不足的问题,优化加工工艺参数,采用高精度切削、磨削工艺替代传统加工工艺,减少加工误差,将零部件加工精度控制在 $\pm 0.01\text{ mm}$ 以内。对换热器管路采用精密冲压工艺,优化管路成型角度与壁厚均匀性,提升传热效率;对压缩机转子采用数控加工工艺,优化转子轮廓设计,减少运行过程中的能量损耗。同时,引入自动化加工设备,替代人工加工,提升加工效率与精度稳定性,减少加工过程中的原材料浪费与能源消耗。

2. 装配工艺改进:梳理传统装配流程的弊端,优化装配顺序与流程,采用“分组装配+精准定位”的装配模式,先对核心零部件进行分组检测,筛选合格零部件,再通过精准定位装置确保装配间隙合理,避免因装配偏差导致的密封不严、运行异响等问题。优化机组管路连接工艺,采用焊接机器人替代人工焊接,提升焊接质量与密封性,减少制冷剂泄漏导致的能耗增加。同时,建立装配质量检测机制,每道装配工序完成后进行严格检测,确保装配质量达标。

3. 检测工艺改进。建立全流程检测体系,完善检测方法与设备,在零部件加工阶段,选用高精度检测仪器(三坐标测量仪)对加工精度开展全程检测,及时排查并整改加工缺陷;在装配阶段,选用气密性检测、压力检测等手段,核验机组密封性能与运行稳定性;在机组出厂前,开展全负荷运行测试,监测机组能耗、运行噪声、故障情况等指标,保障机组符合节能与质量标准。

2.2.3 核心节能技术应用

1. 制造过程节能技术:完善制造设备运行参数,引入变频调控技术,根据加工需求调整设备运行功率,降低设备空载运行能耗;选用节能型加工设备与刀具,减少加工过程中的能源消耗与原材料损耗;完善车间

通风、照明系统,选用LED节能灯具与智能通风设备,降低车间辅助能耗,实现制造过程的绿色节能。

2. 机组运行节能技术:完善机组结构设计,选用高效换热器与冷凝器,提高传热传质效率,降低能量损耗;在压缩机中引入变频节能技术,根据机组运行负荷自动调整压缩机转速,避免机组满负荷运行造成的能耗浪费;选用新型节能制冷剂,替代传统高能耗制冷剂,提高制冷制热效率,降低运行能耗。同时,引入智能管控系统,全程监测机组运行参数,自动调整运行状态,保障机组在最佳节能工况下运行。

3. 节能材料应用技术:选用高强度、低损耗、高导热的节能材料,替代传统材料用于零部件制造,如选用铝合金材料替代钢材制作换热器管路,提高传热效率的同时减轻零部件重量,降低机组运行负荷;在机组外壳选用保温隔热材料,降低热量损耗,提高机组运行节能效果,同时减少制造过程中的材料消耗^[5]。

2.2.4 体系保障措施

为确保工艺改进与节能技术体系落地见效,采取四大保障措施:一是人员保障,加强作业人员与管理专业的培训,提升其工艺操作能力、节能意识与管理水平,定期开展工艺改进与节能技术培训,考核合格者方可上岗,明确各岗位责任分工,落实岗位责任制;二是制度保障,完善机械制造工艺管理制度、质量检测制度、节能管理制度等,细化管理流程,明确各项工作的具体要求与完成时限,定期对制度执行情况进行检查,及时修订完善不适配生产实际的条款;三是设备保障,加大节能型制造设备、检测设备的投入,定期对设备进行维护保养,确保设备性能稳定,提升制造精度与节能效果,建立设备更新机制,及时淘汰老化、高能耗设备;四是材料保障,严格把控原材料质量,优先选用节能型原材料与零部件,建立原材料采购与检测机制,杜绝不合格材料进入生产环节,为工艺改进与节能技术应用提供物质支撑。

3 试验结果与讨论

3.1 试验结果

试验周期内,对比工艺改进与节能技术应用组(试验组)与传统制造与节能模式组(对照组)的核心指标,结果显示:试验组零部件加工精度达标率为99.2%,较对照组(82.5%)提升16.7%;试验组机组装配效率较对照组提升45%,装配合格率提升18.3%;试验组制造过程能耗较对照组降低22%,原材料浪费率降低30%;试验组机组运行能耗较对照组降低18.5%,故障发生率为0.7%,较对照组(4.7%)下降85.1%;试验组机组

运行稳定性与使用寿命均显著优于对照组,工艺改进与节能技术应用效果显著。

3.2 结果讨论

试验结果表明,构建的热能暖通机组机械制造工艺改进与节能技术体系具有显著的优越性,可有效解决传统制造工艺精度不足、装配不合理、能耗偏高等问题,其核心优势体现在精度提升、节能高效、稳定性强三个方面。

精度提升体现在通过优化加工、装配、检测工艺,引入高精度设备与技术,显著提升了零部件加工精度与装配质量,减少了因精度不足导致的故障风险;节能高效体现在制造过程与运行阶段的双重节能,通过工艺优化、节能技术应用与节能材料选用,大幅降低了制造与运行能耗,提升了能源利用效率;稳定性强体现在通过全流程管控与保障措施,确保了工艺改进与节能技术的稳定落地,提升了机组运行稳定性与使用寿命,契合行业节能环保与高质量发展需求。

4 结束语

针对热能暖通机组机械制造工艺短板与节能瓶颈,结合机组制造特点与节能需求,通过理论分析与试验研究,明确了制造工艺与节能技术的核心内涵、特征与影响因素,构建了“工艺改进层—节能技术层—管控保障层”三层体系,提出了针对性的工艺改进方案与节能技术应用路径,验证了体系的可行性与有效性。研究表明,改进后的制造工艺可显著提升机组制造精度与装配效率,配套节能技术可有效降低制造与运行能耗,减少故障发生率,实现双重节能增效,有效解决了传统制造与节能模式的短板,为热能暖通机组机械制造工艺升级与节能技术推广提供了科学可行的技术支撑与实践参考,对推动暖通行业绿色低碳、高质量发展具有重要作用。

参考文献:

- [1] 刘俊红,徐振红,袁静静,等.温湿度独立控制空调系统在数据中心的应用研究[J].暖通空调,2025,55(04):144-152.
- [2] 贺金,匡胜严,谢焱,等.离心式空压机余热制冷/热系统分析[J].暖通空调,2024,54(08):61-66.
- [3] 雷鹏,刘稼榕,王军,等.基于边缘计算的换热站控制系统的应用与分析[J].暖通空调,2024,54(S01):22-24.
- [4] 狄海燕,连大旗,刘方舟,等.绿色建筑技术在某中央厨房暖通空调设计中的应用[J].制冷,2025(03):14-19.
- [5] 骆世杰.建筑暖通空调工程节能技术的创新及应用分析[J].前卫,2024(07):177-179.