

# LNG处理模块中闪蒸气压缩机的安装与检验

陆少杰 张淑贞

中海石油(中国)有限公司上海分公司 上海 200335

**摘要:** 液化天然气(LNG)处理模块中,闪蒸气压缩机是核心组件之一,负责将闪蒸气增压以供进一步处理或回收。正确的安装与检验对于确保其效率和安全运行至关重要。本文探讨了闪蒸气压缩机的安装流程、初步检验、底座制备、机械连接及其后的全面检验和调试过程。同时,还讨论了压缩机的维护策略和故障诊断方法,以保证其长期稳定运行。

**关键词:** LNG处理;闪蒸气压缩机;安装检验;故障诊断;维护策略

引言:随着全球对能源效率和环保要求的提升,LNG处理模块的效率优化成为关键任务。在这一过程中,闪蒸气压缩机作为核心设备,对保障系统的整体性能和环境合规性发挥着不可替代的作用。正确安装和维护闪蒸气压缩机不仅关系到LNG处理的效率,也直接影响企业的经济效益和安全标准。因此,本文旨在通过分析闪蒸气压缩机的安装、检验与维护过程,提出一套系统的管理和操作建议,以支持业界实现更高的安全和效率标准。

## 1 LNG处理模块中闪蒸气压缩机的重要性

作为液化天然气处理流程的核心设备之一,闪蒸气压缩机主要负责将处理过程中产生的低压闪蒸气压缩至足够的压力水平,以便进行后续的再利用或存储,从而实现能源的最大化利用和操作成本的降低。在LNG装置中,闪蒸气的控制和处理不仅关系到处理效率,也直接影响整个系统的安全运行。未经压缩的闪蒸气如果处理不当,不但造成能源浪费,还可能引起安全事故。因此,合理地选择和管理闪蒸气压缩机,确保其高效和稳定运行,是优化LNG处理效率和确保环境合规性的关键措施。此外,通过技术创新和设备升级,闪蒸气压缩机的性能不断提高,使得LNG处理模块能够在更宽的操作范围内维持高效运作,响应不同的生产需求,从而提高整个LNG装置的灵活性和经济效益。此设备的高效管理和运维能够显著降低非计划停机时间,减少运行风险,确保持续的生产输出<sup>[1]</sup>。

## 2 闪蒸气压缩机的安装过程

### 2.1 设备到货与初步检验

在LNG处理模块中,闪蒸气压缩机的设备到货与初步检验是确保整个装置顺利运行的首要步骤,对压缩机的接收和验收过程需遵循严格的工业标准和质量控制程序。通常,此阶段包括外观检查、技术参数核对及初步

的功能测试。在外观检查中,重点检查设备是否有运输途中造成的损伤,如裂痕、变形或任何涂层损伤。技术参数核对则侧重于验证设备的关键性能指标是否符合设计规范,包括压缩机的最大工作压力、流量范围等,通常这些参数应满足最小工作压力0.5MPa,最大压力不超过3.5MPa,以及流量应能覆盖从50至500立方米每小时的范围,确保其能处理不同量级的闪蒸气。此外,初步功能测试则包括简单的运转试验,检查是否存在异常噪音或振动,验证其运行的平稳性和可靠性。这一阶段的严格把关为压缩机的后续安装、调试及运行提供了基础保障,是整个安装流程中不可或缺的一环。

### 2.2 安装底座的制备与调整

压缩机的安装底座的制备与调整过程是确保闪蒸气压缩机稳定性和操作效率的关键步骤,(1)底座的设计必须充分考虑到支撑结构的强度和刚性,以承受设备运行时产生的重载和振动。在实际安装前,需要对底座进行地面平整度和承重能力的测试,通常要求地面不平整度不超过1.5mm/m,以保证设备水平安装的精度。(2)在底座的制备过程中,还需使用专业的测量工具如水平尺和激光测距仪进行精确测量,确保所有安装参数符合技术要求。之后,进行底座的调整,这包括调整其水平位置和高度,以及确保所有的固定螺栓和接触面符合技术规范。通常底座调整需确保主轴线的水平偏差不超过0.02mm/m,垂直偏差也需严格控制在同一标准以内。(3)对底座的防震性能进行评估,必要时添加防震垫或其他减震装置,以减少设备运行时的振动,延长压缩机的使用寿命。这些细节的精心处理不仅影响设备的稳定运行,也关系到后期维护的便捷性和安全性<sup>[2]</sup>。

### 2.3 机械与管道的连接

闪蒸气压缩机的机械与管道连接阶段,精确的技术操作和高标准的质量控制是必需的。压缩机的管道连接

涉及多个系统接口,包括冷却系统、润滑系统以及压力与控制系统的管道。每一管道的连接都必须确保密封性和机械强度,防止在高压工作环境下出现泄漏或断裂。为此,采用了高质量的金属材料和密封件,如不锈钢管材及高强度法兰盘,这些材料能够承受高达5MPa的压力,并且对化学腐蚀和物理磨损具有较强的抵抗能力。在连接过程中,所有管道连接点都需进行非破坏性检测,如超声波检测或X射线检测,以确保焊缝和连接件无缺陷。此外,对于承载闪蒸气的主要管道,还需进行压力测试,测试压力通常为系统工作压力的1.5倍,以验证管道系统的可靠性。管道的布局设计也需考虑到系统的维护便捷性和未来可能的扩展,避免过度集中或交叉复杂,确保每段管道都易于访问和更换。这些细节的精心安排和严格执行是保证压缩机系统长期稳定运行的基础,对提升整个LNG处理模块的效率和安全性具有直接影响。

### 3 安装后的检验与调试

#### 3.1 安装精度检验

在闪蒸气压缩机的安装完成后,进行精确的安装精度检验是确保设备可靠运行的关键步骤。该过程涉及多个关键参数,包括轴线对中、平面度和水平度的测量。使用先进的激光对准技术和精密水平仪,可以精确测量压缩机的主轴和电机轴是否在同一直线上,其允许误差通常不超过0.05mm。此外,对压缩机底座的平面度进行检查,其允许偏差必须控制在0.02mm/m以内,以确保机座的完整稳固及后续运行中振动的最小化。在此阶段,还会使用高精度的数字水平仪进行水平度检测,确保所有安装表面的水平偏差不超过0.1mm/m。所有这些精度检验都必须在压缩机安装后立即进行,以确保在系统初次启动前任何可能的误差都能被校正。此外,应用热成像技术和振动分析工具可以辅助检测任何可能的非对称加载或安装应力,这些因素都可能导致长期运行中的故障。

#### 3.2 功能调试

安装后的功能调试是将闪蒸气压缩机从静态安装状态转变为动态操作状态的关键过程,这一阶段的成功直接关系到LNG处理模块的整体性能。调试过程首先包括启动前的所有系统检查,确保润滑、冷却和控制系统的完整性和操作准备。随后进行初步的空载运行,监测压缩机的无负荷性能是否符合设计参数,例如观察空载时的电机电流和转速是否与预设值相符,通常电机空载运行的电流不应超过其额定电流的30%。在此基础上,逐步增加负载,检查在不同操作点下的性能参数,如压力、温度和流量是否达到设计要求。特别注意观察压缩机在

接近全负荷运行时的振动和噪声水平,确保不超过国际标准ISO 10816的建议值。此外,系统的安全阀、报警和自动停机功能也将在这一阶段进行测试,以确保在任何异常情况下系统都能安全稳定地运行。通过这一系列的步骤,可以确保闪蒸气压缩机及其相关系统在正式投入生产前达到最优工作状态,从而保障LNG处理模块的长期稳定运行<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 安全评估与风险管理

安全评估首先包括对所有安全装置的功能测试,如压力释放阀和紧急停机系统,确保它们在设定的压力或温度触发点正确响应。例如,安全阀应在达到110%的设计压力时自动开启,以防系统超压。此外,系统的电气部分应符合防爆和防电击的标准,所有电气设备和接线应确保有足够的接地和绝缘保护,电气系统的绝缘电阻值应不低于1兆欧姆。进行定期的振动分析也是安全评估中的一个关键环节,以便及时发现设备运行中可能产生的机械不平衡或轴承损耗问题。此外,安全培训也是风险管理的一部分,操作人员必须接受有关操作安全、紧急响应和日常维护的全面培训,确保在任何紧急情况下都能够采取正确的行动。最后,建立一个全面的风险管理框架,定期审查和更新风险评估,以适应新的安全法规、技术进步或运营条件的变化,是保持长期安全运营的关键。

### 4 维护与故障排除

#### 4.1 常规维护措施

对于LNG处理模块中的闪蒸气压缩机,常规维护措施应当包括例行的检查、清洁、润滑和更换易损部件。维护计划应基于压缩机的操作条件和厂家推荐的维护间隔制定。首先,进行例行检查的频率应根据压缩机的运行强度和条件来决定,一般情况下,建议每周进行一次外观检查,包括检查设备是否有异常震动、渗漏或噪音;每月进行一次更深入的检查,如检查安全阀、压力表和温度传感器的工作状态。此外,压缩机的滤网和油水分离器需根据使用状况定期更换,以防止污染物堆积影响压缩效率和机器的损耗。润滑系统的维护尤为重要,应定期检查油品的质量和油位,遵循厂家的规定更换润滑油,以保护压缩机的移动部件免受过度磨损。在润滑油的选择上,应根据压缩机的具体型号和环境条件选择合适的油品,确保油品能在高压高温下保持良好的润滑性和稳定性。所有维护活动应详细记录,包括维护日期、具体活动内容、更换的部件及其型号,以及任何发现的问题和采取的措施。通过这些维护措施,可以显著延长闪蒸气压缩机的使用寿命,减少故障率,确保设

备的高效稳定运行。

#### 4.2 故障诊断

高效的故障诊断不仅可以减少设备的停机时间，还能防止潜在的设备损坏和生产损失。闪蒸气压缩机的故障诊断通常依赖于综合的数据分析和现场检查。首先，应利用压缩机的监控系统持续跟踪和记录关键参数，如温度、压力、流量和振动等数据。这些数据可以通过智能诊断软件进行实时分析，以识别出任何偏离正常运行条件的迹象。例如，压缩机的异常振动往往是轴承损坏或平衡问题的先兆，而压力或温度的异常变化可能是由密封失效或冷却系统故障引起的。对于诊断出的问题，应进行现场验证，包括检查设备的物理状况和操作环境，必要时进行部件的拆解检查。此外，运用先进的诊断技术，如红外热像技术可以检测到由于摩擦或过热引起的温度异常，而声发射技术可以识别微小的裂纹或泄漏。在故障确认后，应立即制定修复计划，并采取措施防止问题再次发生。这可能包括更换损坏的部件、调整操作参数或改进维护程序。通过这些系统的故障诊断和及时的响应措施，可以最大限度地减少停机时间和运营成本，保证闪蒸气压缩机系统的可靠性和效率<sup>[4]</sup>。

#### 4.3 长期维护策略与未来展望

在闪蒸气压缩机的长期维护策略中，未来展望应重点关注技术创新和系统优化，以提高设备效率和可靠性，同时减少环境影响。随着工业自动化和信息技术的迅速发展，引入智能监控系统成为趋势，这种系统能够实时监测设备状态，预测潜在故障，优化维护计划。例如，利用物联网技术，可以实现设备数据的远程实时收集和分析，通过大数据分析来优化操作参数，预测维护需求，从而提前处理可能的问题，避免昂贵的紧急维修。此外，环保和能效标准日益严格，因此在未来的设备维护和升级中，更加重视采用环境友好和能效高的技术和材料。例如，可考虑采用更先进的润滑油和制冷

剂，这些材料不仅能提高设备效率，还能减少有害排放。在材料选择上，应优先考虑耐用性和环境影响小的材料，以延长设备寿命和减少废物产生。未来，还应重视员工培训和开发，确保技术人员能够掌握最新的维护技术和环保标准。通过持续的教育和培训，提高技术团队对先进技术的适应能力和创新能力，为企业的可持续发展贡献力量。

#### 结论

在本研究中，详细探讨了LNG处理模块中闪蒸气压缩机的安装、检验、维护及故障排除的关键步骤和策略。闪蒸气压缩机作为核心设备，其正确的安装与精确的检验对保障整个LNG处理模块的稳定运行至关重要。通过详细阐述从设备到货的初步检验，到底座制备、机械连接，再到后续的功能调试和安全评估，本文为工程技术人员提供了一套完整的操作指南。同时，维护和故障排除部分强调了定期维护的必要性，介绍了故障诊断及长期维护策略的未来趋势，特别是在智能监控和环保技术的应用上。这些综合性的管理措施有助于提升设备效率，降低故障率，确保LNG处理的连续性和效率。通过实施这些策略，不仅可以优化操作性能，还能显著降低运营成本，推动整个行业向更高的技术标准迈进。

#### 参考文献

- [1]左秋河.中小型LNG装置节能降耗技术应用与分析[J].石油石化节能与计量,2023,13(11):34-38.
- [2]梁欣欣.闪蒸气压缩机改造[J].化学工程与装备,2023,(10):152-154.
- [3]邓欣,庄继泽,杨波,等.闪蒸气压缩机组故障诊断系统研究[J].天津科技,2023,50(03):23-30.
- [4]朱开斌,王翔,张欣,等.LNG处理模块中闪蒸气压缩机的安装与检验[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(22):50-52.