

石油化工领域工业汽轮机的应用

秦忠旭

中国石油天然气股份有限公司辽阳石化分公司 辽宁 辽阳 111003

摘要: 工业汽轮机在石油化工领域应用广泛,集中在石油炼制、化工合成及能源回收三大核心场景,对适应性、可靠性与稳定性要求高。其具备工况适配、高效能量转换、高可靠性与长周期运行等技术特性。运行中需采取全流程状态监测、科学维护保养、运行参数优化等保障措施。应用优化可从设备选型精准适配、运行管理精细化、技术升级改造赋能等方向推进,以提升运行效率与稳定性。

关键词: 石油化工; 工业汽轮机; 应用

引言: 在石油化工领域,工业汽轮机是保障生产流程稳定高效运行的关键动力设备。其应用深度融入石油炼制、化工合成及能源回收等核心环节,对工况适应性、能量转换效率及运行可靠性要求严苛。面对高温高压、介质腐蚀性强等复杂工况,工业汽轮机需通过工况适配设计、高效能量转换技术及高可靠性结构保障稳定运行。同时,全流程状态监测、科学维护保养及运行参数优化等措施,为其稳定运行筑牢防线。本文将从应用场景、技术特性、保障措施及优化方向,系统探讨工业汽轮机在石油化工领域的应用与发展。

1 工业汽轮机在石油化工领域的核心应用场景

石油化工生产流程涵盖多个工艺环节,工业汽轮机的应用场景与各环节的动力需求、工况条件高度适配,主要集中在核心生产装置与能源回收系统中,形成三大核心应用方向。(1) 石油炼制环节,该环节是石油化工生产的基础,常减压蒸馏、催化裂化、加氢精制等核心装置均需稳定的动力支持。工业汽轮机主要为这些装置中的原料输送泵、循环压缩机、催化风机等设备提供动力,确保原油分离、催化反应、油品精制等工艺的连续高效运行,满足大规模、长周期的生产需求。(2) 化工合成环节,在乙烯、丙烯等烯烃生产,以及甲醇、乙二醇等基础化工产品合成过程中,反应系统对压力、流量的稳定性要求极高。工业汽轮机为合成装置中的循环压缩机、增压泵、进料泵等关键设备提供精准动力输出,通过稳定的转速控制保障反应体系的工艺参数稳定,避免因动力波动导致反应效率下降或产品特性异常。(3) 能源回收与动力供应环节,石油化工生产过程中会产生大量工艺余热与副产蒸汽,工业汽轮机可充分利用这些低品位能源,驱动发电机发电或直接拖动水泵、风机等辅助设备,实现能量的梯级利用与回收再利用,降低对外部能源的依赖,同时减少能源浪费,提升整体生产的

能源利用效率。这些应用场景的共同特征是工况复杂多变,普遍存在高温、高压、介质腐蚀性强等问题,对工业汽轮机的适应性、可靠性与稳定性提出了极高要求^[1]。

2 石油化工用工业汽轮机的核心技术特性与适配要求

2.1 工况适应性设计特性

石油化工生产中,蒸汽的温度、压力等参数易受原料特性、工艺调整等因素影响而产生波动,部分工艺介质中还可能含有杂质或腐蚀性成分,要求工业汽轮机具备极强的工况适配能力。在结构设计上,关键部件如叶片、转子、气缸等均采用耐高温、耐腐蚀的特种合金材料,能够抵御高温蒸汽与腐蚀性介质的长期侵蚀;在气动设计方面,通过优化通流部分的流道结构与叶片布局,拓宽设备的运行负荷调节范围,确保在满负荷、部分负荷及负荷频繁波动等不同工况下均能保持稳定运行状态;同时,配备高精度的调节系统,能够根据工艺需求快速响应负荷变化,实时调整输出转速与动力,维持生产系统的稳定性。

2.2 高效能量转换特性

节能是石油化工行业降低生产成本的重要方向,工业汽轮机的能量转换效率直接影响整体生产的能耗水平,其高效特性通过多重技术设计实现。首先,优化通流部件的气动性能,采用先进的三维叶片型线设计与气动仿真技术,减少蒸汽在流动过程中的冲击损失、摩擦损失与涡流损失,提升设备的绝热效率;其次,构建能量梯级利用体系,根据蒸汽参数的差异进行分级利用,高参数蒸汽优先用于驱动主生产装置的大功率设备,低参数乏汽则用于工艺加热、供暖或驱动低压负载设备,最大化挖掘蒸汽能源的利用价值;此外,部分工业汽轮机采用回热循环、再热循环等设计方案,降低排汽过程中的能量损失,进一步提升整体循环效率,契合石油化工生产的节能需求。

2.3 高可靠性与长周期运行特性

石油化工生产流程具有连续性强、不可中断的特点，设备停机将导致生产流程中断，造成巨大的经济损失，因此工业汽轮机必须具备高可靠性与长周期运行能力。在结构设计上，采用刚性转子结构与优化的轴承布局，提升设备的抗振性能与运行稳定性，减少高速运转过程中的振动隐患；在部件制造环节，严格控制关键零部件的加工精度与装配质量，降低运行过程中的磨损、泄漏等故障风险；同时，配备完善的润滑与冷却系统，为转子、轴承、密封件等关键部件提供持续的润滑保护与温度控制，有效降低高温、高速运行环境下的部件失效概率，确保设备能够实现数千小时的连续稳定运行^[2]。

3 工业汽轮机运行过程中的关键保障措施

3.1 全流程状态监测与诊断

状态监测是及时发现设备异常、预防故障扩大的关键手段，需建立覆盖设备运行全周期的综合监测体系。监测内容主要包括两大类：一是核心运行参数，如蒸汽的温度、压力、流量，汽轮机的转速、功率、振动频率，润滑油的温度、油压、油位等；二是设备状态指标，如转子振动幅值、轴承温度、叶片磨损程度、密封件泄漏情况等。通过在线监测系统实时采集各类数据，结合油液分析、超声波检测、红外测温等离线检测手段，全面、准确地掌握设备运行状态；同时，利用数据趋势分析与故障诊断算法，识别参数异常变化趋势，精准定位潜在故障隐患，为维护决策提供科学依据，避免小故障发展为严重停机事故。

3.2 科学维护保养体系

维护保养是延长设备使用寿命、保障运行稳定性的基础，需制定针对性强、可操作性高的维护保养方案，包括定期维护与专项保养两大模块。定期维护聚焦关键部件的常规检查与保养，如定期清理通流部分的结垢与杂质，检查叶片、转子的磨损与腐蚀情况，更换老化的密封件、滤芯与润滑油，校准监测仪器与调节装置等；专项保养则根据设备运行状态与监测结果灵活开展，如针对振动异常的转子进行动平衡校正，对磨损超标的部件进行更换或修复，对密封性能下降的部位进行密封升级等。此外，建立完善的维护记录制度，详细记录每次维护的时间、内容、操作人员与维护效果，形成设备全生命周期维护档案，为后续维护方案的优化提供数据支撑。

3.3 运行参数优化与调控

合理的运行参数调控能够有效降低设备运行负荷，减少故障风险，同时提升能量转换效率。需根据石油化

工生产的工艺需求与蒸汽供应情况，对汽轮机的启动、运行、停机全流程进行参数优化。启动阶段，严格控制升温、升压速率，避免设备因温度、压力骤变产生热应力变形，同时确保润滑油系统提前进入工作状态，为关键部件提供充分保护；运行阶段，根据工艺负荷的变化，精准调节蒸汽流量与压力，维持转速稳定在合理区间，避免设备超负荷运行，同时监测各参数的波动情况，及时进行微调；停机阶段，规范操作流程，逐步降低蒸汽参数与转速，确保设备平稳降温、降压，防止因操作不当导致部件损伤。此外，建立参数优化机制，结合生产数据与设备运行特性，持续调整运行参数区间，实现设备效率与运行稳定性的动态平衡^[3]。

4 工业汽轮机应用优化的核心方向

4.1 设备选型精准适配

在石油化工领域，工业汽轮机的设备选型是保障其应用效果、实现高效稳定运行的关键基石，必须紧密结合具体生产工况与工艺需求进行精准匹配。（1）负载设备的功率和转速要求是选型的首要考量因素。不同工艺环节中的负载设备，如压缩机、泵等，对功率和转速有着特定需求。例如，在大型炼油装置的催化裂化工艺中，主风机需工业汽轮机提供高功率驱动以实现高速运转，满足气体输送需求。因此，要依据负载设备的功率、转速要求，精确确定工业汽轮机的额定功率、转速范围以及调节特性，确保设备在正常运行时功率匹配、转速可调，满足生产工艺的动态变化。（2）生产过程中的蒸汽参数和介质特性也不容忽视。石油化工生产中，蒸汽的温度、压力等参数因工艺而异，高温高压蒸汽对设备结构类型和材料材质提出更高要求。如乙烯生产装置中，需选用能承受高温高压的汽轮机结构，采用特殊耐高温合金材料制造叶片和缸体，防止设备变形损坏。同时，若介质具有腐蚀性，就要选用耐腐蚀材料，保障设备长期稳定运行。（3）设备的能效水平、维护难度与运行成本需综合考量。在满足生产工艺要求的前提下，选择能效高、维护简便、运行成本低的设备型号。高效设备可降低能源消耗，减少生产成本；低维护难度设备能减少维修时间和费用，提高设备可用性；合理控制运行成本有助于企业实现经济效益最大化，避免因选型不当导致运行效率低下或故障频发。

4.2 运行管理精细化

精细化的运行管理能够充分发挥工业汽轮机的性能优势，确保其在石油化工生产中安全、稳定、高效运行，因此需要建立完善的运行管理机制。（1）明确各岗位人员的职责分工是运行管理的基础。从设备启动前的

检查准备,到运行过程中的监控操作,再到停机后的维护保养,每个环节都要有专人负责,确保各项工作有序进行。规范设备启动、运行、停机的操作流程,制定详细的操作手册,要求操作人员严格按照流程进行操作,避免因人为操作失误导致的设备故障。(2)加强操作人员的专业培训至关重要。通过定期组织培训课程,提升操作人员对设备原理、操作规范、故障/识别等方面的掌握程度。让操作人员了解工业汽轮机的工作原理和内部结构,熟悉各种操作规范和安全注意事项,能够准确识别设备运行过程中的异常情况,并及时采取正确的处理措施。(3)建立运行数据统计分析制度是优化运行管理的重要手段。定期对设备的运行参数、能耗水平、故障情况进行统计分析,通过数据分析识别管理过程中的薄弱环节。例如,通过分析运行参数的变化趋势,可以提前发现设备潜在的问题;根据能耗数据,可以评估设备的能效水平,找出节能降耗的潜力点。根据分析结果持续优化运行管理方案,提高设备的运行效率和可靠性^[4]。

4.3 技术升级改造赋能

通过针对性的技术升级改造,可以进一步提升工业汽轮机在石油化工领域的运行效率与稳定性,适应不断变化的生产需求。(1)对于运行年限较长、效率偏低的设备,可通过更换高效通流部件、优化调节系统、升级密封结构等方式提升能量转换效率与密封性能。高效通流部件可以减少蒸汽在流动过程中的能量损失,提高设备的做功能力;优化调节系统可以使设备更好地适应不同工况下的运行要求,提高调节精度和响应速度;升级密封结构则可以减少蒸汽泄漏,提高设备的热效率。(2)对于监测系统不完善的设备,可加装先进的在线监测仪器与数据采集分析系统。在线监测仪器可以实时监测设备的运行状态,如振动、温度、压力等参数,及时

发现设备的异常情况;数据采集分析系统则可以对监测数据进行存储、分析和处理,通过数据分析提前预测设备故障,为维修决策提供科学依据,提升故障诊断的精准度与及时性。(3)根据生产工艺的优化调整,对工业汽轮机的参数设置、结构布局进行适应性改造。随着石油化工生产工艺的不断改进,对工业汽轮机的性能要求也会发生变化。通过适应性改造,使设备能够更好地与生产系统协同运行,提高整个生产流程的效率和稳定性。

结束语

工业汽轮机在石油化工领域扮演着至关重要的角色,其核心应用场景广泛且关键,核心技术特性与适配要求严苛且多元。为保障其稳定运行,全流程状态监测、科学维护保养以及运行参数优化等关键措施不可或缺。而设备选型精准适配、运行管理精细化、技术升级改造赋能这三大应用优化方向,更是推动工业汽轮机在石油化工领域持续发挥效能、提升生产效益的核心路径。未来,随着石油化工行业的不断发展,工业汽轮机需持续创新与优化,以更好地适应复杂多变的工况需求,为行业的节能降耗、高效生产提供更为坚实的支撑。

参考文献

- [1]赵永春.基于大数据的汽轮机系统中变频技术与循环水泵优化研究[J].电力系统装备,2024(3):89-91.
- [2]贺冰伟,宋亮福,田洪伟.汽轮机振动监测与故障诊断[J].工业控制计算机,2024,37(11):103-104.
- [3]吴勇.工业汽轮机技术特点及未来发展趋势研究[J].科学与信息化,2024(19):137-139.
- [4]马甘,向娟.工业拖动汽轮机轴承选型及稳定性浅析[J].现代制造技术与装备,2024,60(1):86-88.