

分段式多级泵维修技术研究

刘鹏涛

国家能源集团宁夏煤业煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 750000

摘要: 分段式多级泵广泛应用于工业增压、矿山给排水等高压流体输送场景,设备长期运行易受工况、介质等因素影响产生性能损耗与各类故障。本文结合设备结构组成与增压运行特性,梳理水力、机械、容积三类常规损耗规律,系统归类流体输送、机械运转、密封承压等多维度故障类型,剖析各类问题的形成诱因,结合现有检修工艺指出维保体系的现存短板,从拆装工艺、部件检修、密封运维、流程管理多个维度提出针对性优化策略,助力设备稳定长效运行。

关键词: 分段式多级泵;设备故障;零部件检修;维修优化;运维体系

引言: 分段式多级泵凭借承压能力强、扬程可调、适配性广的优势,成为工业生产、建筑供水、矿山作业等领域的核心流体输送设备。复杂的分段拼装结构与长期连续的高压运行状态,让设备零部件易出现磨损、老化、形变等问题,进而引发流量异常、机体振动、介质渗漏等故障。不规范的运维方式会加速设备性能衰减,影响生产连续性。依托设备运行损耗与故障成因,优化维修工艺、完善运维体系,是保障设备工况、降低运维成本的关键途径。

1 分段式多级泵基础结构与运行原理

1.1 分段式多级泵整体结构组成

分段式多级泵是适用于高压输水、工业增压场景的流体输送设备,整体采用层级拼接的分段式壳体结构,整体架构规整且拆装维护便捷。设备整体由固定壳体部件、转动工作部件、辅助支撑部件三大部分构成。壳体部分包含进水段、中段、出水段以及拉紧螺栓,各段壳体依次贴合拼接,通过拉紧螺栓锁紧固定,形成密闭的流体流通腔体。转动部件集中布置在壳体内部,是介质增压的核心结构。辅助部件涵盖轴承、密封组件、联轴器及底座,主要用于保障设备运转稳定,降低运行振动与摩擦影响。整套结构采用模块化分段设计,可根据实际压力需求增减中段级数,适配不同工况的输水增压要求,广泛应用于矿山给排水、工业水循环、高层建筑供水等高压流体输送场景^[1]。

1.2 关键零部件结构特性

叶轮、导叶、泵轴、密封件及轴承为设备核心零部件,结构性能直接决定泵体运行效率与使用寿命。叶轮选用封闭式结构,叶片排布均匀,内部流道平滑,可降低流体通行阻力,单级结构可独立完成一次介质升压作业。导叶匹配单级叶轮布置于中段内部,能够规整流

体流向,稳定介质流速,引导流体平稳进入下级增压结构,减少无序流态引发的能量损失。泵轴采用高强度合金材质,加工精度高、刚性优良,可承载多级叶轮运转负荷,长期高速转动不易发生形变。密封组合适配高压运行环境,阻隔泵体内介质外溢,阻挡外界杂质侵入腔体。耐磨轴承承载性能稳定,可满足设备长时间连续运行的工况要求。

1.3 分段式多级泵运行工作原理

设备依靠多级叶轮逐级增压的方式完成流体输送,压力提升均匀,运行流程稳定。设备启动后,电机通过联轴器驱动泵轴高速转动,低压介质从进水段导入泵体内部流道。介质进入首级叶轮结构,借助高速旋转产生的离心力获取动能与压力能,完成初次升压。升压后的介质经由导叶整流稳压,有序输送至下一级叶轮结构,再次完成增压过程。各级结构重复增压工序,层层叠加介质压力,让低压流体逐步转化为高压流体。完成全部级数增压作业的介质,会通过出水段集中排出,以此实现持续性高压流体输送。

1.4 设备常规运行损耗规律

分段式多级泵日常运行损耗主要分为水力损耗、机械磨损、容积泄漏损耗三类,损耗变化贴合设备运行时长与工况状态。水力损耗出现在叶轮与导叶衔接流道,流体高速流动会产生摩擦和涡流,流道内壁会随运行时间增加变得粗糙,逐步降低输水效率。机械磨损集中于轴承、泵轴、叶轮等运动构件,长期摩擦会扩大部件配合间隙,引发振动、噪音升高等现象。容积泄漏损耗来自壳体拼接缝隙和老化密封结构,密封性能衰减会造成高压介质回流,形成压力损耗。稳定工况下损耗发展缓慢,杂质介质、超负荷运行等异常工况会加速损耗,规范运维保养可有效延缓设备性能衰减。

2 分段式多级泵常见故障类型与成因分析

2.1 流体输送异常类故障诱因分析

流体输送异常属于分段式多级泵运行阶段的常见故障,典型表现为输出流量偏低、水压波动、出水脉动等工况缺陷。进水滤网堆积泥沙、杂物会缩减过水断面,造成泵腔进液量不足,整体输水效率持续下降。进水管接口松动或管壁破损会引入外部空气,泵腔内部形成气堵和气蚀现象,干扰介质增压过程,造成出口压力不稳定。叶轮与导叶长期工作会积攒水垢和固体沉积物,改变原有流畅的流道形态,增加流体通行阻力,削弱单级增压能力^[2]。设备长期在超出额定区间的工况下运行,工作状态持续偏离高效区间,流量与压力参数难以达到生产运行标准。

2.2 机械运转异常类故障诱因分析

机械运转异常主要体现为机体振动超标、运行异响、机身抖动等问题,多由运动部件配合状态劣化引发。轴承高速运转期间润滑条件变差,油脂变质、油量不足或油液掺杂杂质,都会加快磨损速度,降低配合精度,产生持续振动与异常噪音。叶轮表面结垢不均、叶片磨损程度不一,会打乱转子动平衡状态,高速旋转生成偏心载荷,带动整机晃动。泵轴安装偏差或长期受力产生微量形变,破坏同轴度指标,运转摩擦强度显著提升。设备地脚螺栓松动、基础受力不均,支撑稳定性下降,进一步放大机械故障的表现程度。

2.3 密封与承压结构故障诱因分析

密封与承压结构故障主要表现为介质外漏、腔体保压能力下降,直接损害泵体增压工作性能。密封构件长期承受高压挤压,会出现材质老化、表面磨损及形变问题,密封接触面密闭效果变差,介质顺着缝隙渗出。泵体分段拼接位置出现锈蚀、划痕,或密封垫片老化失效,会造成腔体密闭性缺失,高压介质出现内部回流,有效输出压力降低。拆装修理操作不规范,容易造成密封件挤压变形、壳体对接偏移,装配缺陷会随运行时间不断加重。腐蚀性介质、高温工作环境都会加速密封构件损坏,缩短结构使用寿命。

2.4 传动与辅助系统故障诱因分析

传动与辅助系统故障会干扰动力传递流程,引发动力损耗、设备启停异常等问题。联轴器安装偏差超标、缓冲构件磨损老化,会让动力传递出现间隙晃动,增大传动损耗并产生机械抖动。电机表面积尘厚重、散热通道堵塞,会造成动力输出不稳定,无法为泵体持续供给额定转速。冷却与润滑管路堵塞、补给介质不足,会大幅降低部件散热、减磨效果,加速传动结构磨损。日常

养护工作落实不到位,老化部件未及时更换,整机运行可靠性持续降低,传动故障的发生概率明显提升。

3 分段式多级泵常规维修技术与现存短板

3.1 设备拆解与装配维修技术

分段式多级泵的拆解与装配是设备维保的基础核心技术,作业流程遵循由外至内、逐段拆分的基本原则。正式拆解前需切断设备电源与介质管路,释放泵腔内部残余压力,清理机体表面杂物油污。工作人员按照出水段、中段、进水段的顺序拆卸紧固螺栓与壳体结构,逐级取出内部叶轮、导叶等核心构件,对拆解构件做好分类标记,避免装配阶段出现部件错装、漏装问题。装配作业需反向遵循拆解流程,把控壳体拼接平整度与螺栓紧固力度,保证各级腔体对接严密^[3]。全程严控装配间隙与同轴度参数,降低装配误差带来的运转振动、介质泄漏等问题,保障设备装配后稳定运行。

3.2 零部件检修与复原技术

零部件检修与复原技术聚焦核心运动、增压构件的缺陷排查与修复。检修人员对叶轮、导叶流道开展外观检测,清理表面结垢与沉积杂质,检查叶片磨损、腐蚀、变形等损伤问题。轻微磨损的构件可通过打磨、修补的方式复原结构形态,损伤程度超标的构件需直接更换,规避增压效率下降问题。针对泵轴开展直线度检测与锈蚀清理,修复轴面轻微损伤,校正微量形变结构。轴承重点检查磨损程度与转动灵活度,更换失效润滑介质,卡滞、磨损严重的轴承需做整体更换,保障构件运转精度与承载性能。

3.3 密封系统与管路维修技术

密封系统与管路维修直接决定设备密闭输水与承压性能。维修作业重点排查机械密封、密封垫片、管路接头等关键密闭位置,更换老化、变形、破损的密封配件。清理密封安装接触面的锈蚀与凸起杂质,保证安装面平整干净,提升密封装配精度。针对渗漏的管路接头重新紧固调校,修复管路轻微破损缺陷。堵塞的管路与流道需完成疏通清理,保障介质与润滑介质流通顺畅。维修完成后开展承压试漏检测,排查隐性渗漏点位,彻底解决腔体泄压、介质外漏等故障隐患。

3.4 现有维修技术体系存在的不足

现阶段分段式多级泵维修技术体系仍存在多处短板,制约设备维保质量与运行稳定性。多数维修作业以故障后修复为主,预防性维保机制不够完善,无法提前预判构件老化与性能衰减隐患。检修作业多依赖人工经验,参数检测精度有限,细微隐性缺陷难以精准排查。构件修复多采用传统工艺,标准化作业程度偏低,维修

质量存在个体差异。整套维保体系缺少系统化数据记录与分析机制,无法依托运行数据优化维保周期与作业方案,设备长期运行的稳定性与使用寿命无法得到最大化保障。

4 分段式多级泵维修技术优化与实施路径

4.1 设备拆装标准化技术优化

分段式多级泵层级结构复杂,拆装流程工序繁杂。现场传统拆装作业大多依托人工经验开展,操作流程缺乏固定规范,容易出现壳体错位、螺纹磨损、装配间隙超标等各类装配问题。拆装环节的优化核心在于搭建标准化作业体系,细化每一项操作细节。企业可制定专属拆装作业规程,明确壳体拆分顺序、螺栓拆装先后次序与零部件分类存放规范,规避无序操作引发的装配缺陷。配备专用拆装工具替换普通通用工具,规避外力敲击、受力不均带来的构件损伤。装配作业中严格管控壳体对接间隙、泵轴同轴度、螺栓预紧力等核心参数,执行分步复核机制。每道工序完成后及时核对参数、修正细微偏差,减少设备运行振动、介质渗漏、增压性能不足等问题,稳步提升拆装作业整体质量与稳定性^[4]。

4.2 关键部件检修技术优化

核心零部件的检修效果,直接影响多级泵输水效率与整体使用寿命。传统检修模式以人工目视外观检查为主,仅能识别表面明显破损,很难发现构件内部裂纹、轻微磨损等隐性缺陷。检修工作需要升级精细化检测工艺,丰富检测手段提升排查精度。叶轮与导叶可通过无损检测技术排查内部损伤,借助精密仪器检测流道磨损量与结构形变,精准判定构件运行状态。存在轻微磨损、结垢的构件,可通过打磨除锈、防腐喷涂等工艺修复,还原标准流体流通结构。损伤超出允许范围的构件需及时更换,保证设备增压工况稳定。对泵轴开展直线度校正与表面探伤检测,彻底消除微小形变带来的运行隐患。轴承结合间隙检测数据与实际运行时长判定老化程度,统一润滑油脂加注规范,保障转动结构的运行精度与稳定性。

4.3 密封与承压结构维修技术优化

密封与承压结构长期处于高压运行环境,粗放的维修工艺会导致设备频繁渗漏、腔体保压性能衰减。传统维修大多只更换密封配件,忽视基面修整与工况适配性,维修后的设备稳定运行周期较短。相关优化工作可从配件选型、基面处理、压力校验三个维度全面升级。

结合输送介质属性、运行压力与温度工况匹配适配的密封材质,杜绝材质不匹配引发的快速老化失效。密封装配前,彻底清理安装接触面的锈蚀、毛刺与杂质,打磨修整粗糙区域,保证密封面平整洁净。检修范围全面覆盖壳体拼接缝隙、管路接头及整体承压腔体,完成全方位排查与养护。维修作业结束后,开展分级稳压试漏测试,逐级核验设备承压能力,及时处理微小渗漏隐患,有效提升泵体密闭承压性能。

4.4 维修流程规范化体系构建

传统碎片化维修管理模式,难以匹配设备长期稳定运行的生产需求,搭建规范化体系是稳固维保质量的核心手段。体系建设覆盖设备运维全流程,实现排查、作业、验收、归档的标准化管控。建立前置隐患排查机制,结合设备运行参数分析部件损耗趋势,落地预防性维保模式,减少突发故障造成的停机损耗。细化各维修工序的技术标准,统一检修、装配、调试的作业规范,缩小人工操作差异带来的维保质量波动。设置独立验收流程,针对维修后设备的压力、流量、振动等核心指标开展全面检测核验。完善运维台账管理,详实记录维修位置、配件更换、运行工况等信息,结合长期积累的运维数据优化维保周期与检修方案,全面提升设备运维管理的规范化水平。

结束语

通过梳理分段式多级泵的结构构造与运行机制,总结设备长期运行过程中的损耗特点,区分各类常见运行故障并探析故障产生的核心诱因,梳理传统维保工艺与运维管理模式的现存问题。立足现场设备运维实际痛点,从拆装标准化、部件检修精细化、密封结构改造、运维流程规范四个维度完善维保技术体系,可弥补传统维保模式的短板,提升设备整体运维水平与运行可靠性,保障工业输水工况持续稳定。

参考文献

- [1]庞立新.多级离心泵的维修与安装探讨[J].中国科技纵横,2026(3):76-78.
- [2]王春雨.多级泵关键零部件维修新工艺制定及试验[J].农机使用与维修,2025(4):108-111.
- [3]陈善敏,虞瑞荣,李晓多,等.多级离心泵振动诊断和试验分析[J].设备管理与维修,2025(9):169-172.
- [4]刘朋远.浅析海上平台高压多级离心泵转子拆卸装置优化设计[J].机电信息,2024(1):49-52.