

工厂电动执行机构预防性检修体系构建与应用

李佳萌 雷震威 张春阳 龚华伟 赵欣欣

中广核核电运营有限公司 广东 深圳 518000

摘要: 工厂电动执行机构在连续运行工况下持续积累机械、电气及密封等多类型损耗,传统被动式故障检修因介入滞后、覆盖不全而难以满足设备长效管控需求。本文围绕电动执行机构损耗演化规律,从基础检修要素梳理、体系框架搭建、核心检修内容设计及落地应用与运维优化四个层面,构建了一套覆盖设备全生命周期的预防性检修体系。该体系以常态化巡检、周期性分级检修与关键部件专项检修为作业主体,配合标准化流程与动态优化机制,推动检修工作由被动抢修转向主动养护,为工业现场设备运维管理提供了可操作的系统化方案。

关键词: 电动执行机构;预防性检修;检修体系;损耗管控;工业设备运维

引言:电动执行机构广泛应用于工业生产流程的工况调节环节,其运行可靠性直接关联整条产线的连续运转能力。设备在长期高频动作中持续承受机械磨损、电气老化及环境侵蚀等多重损耗,性能衰减具有渐进性与隐蔽性特征。传统以故障停机为触发条件的检修模式,因响应滞后、覆盖范围有限,往往无法在损耗积累阶段实施有效干预,导致设备带病运行或突发停机的风险居高不下。围绕电动执行机构的损耗特点搭建预防性检修体系,已成为工厂设备运维管理中值得深入探讨的方向。

1 工厂电动执行机构基础检修要素梳理

1.1 电动执行机构核心结构与运行原理

电动执行机构承担工业生产流程中工况调节的动力驱动任务,整体设备架构分为动力传动、智能控制、信号反馈与防护壳体四个功能单元。动力传动单元依托内部机械构件完成能量形式转换,将电能转化为机械动能,为设备行程调节和力矩输出提供持续动力支撑。智能控制单元接收工控系统下发的调节指令,完成信号解析与动作调控,匹配生产现场的动态调节需求。信号反馈单元持续采集设备运行行程、工作力矩等关键运行数据,将采集信息回传至控制系统,构建完整的设备运行管控链路。防护壳体隔绝工业现场环境中的粉尘水汽以及腐蚀性介质,对内部精密机械与电气构件形成物理防护,规避外界环境因素带来的不良干扰。

1.2 电动执行机构常规运行损耗类型

电动执行机构长期持续运行过程中会产生多种类型的性能损耗^[1]。传动构件的高频往复运动催生持续机械摩擦,逐步磨损构件接触面,降低零部件装配配合精度,弱化设备动作控制精准度。电气控制元件长期处于通电工作状态,现场环境温湿度的动态波动会持续影响元件工作状态,引发电气性能老化,降低控制系统调控精

度。设备密封结构长期暴露在复杂工业环境中,防护性能会逐步衰减,提升内部精密构件积尘与受潮的概率。信号传输构件长期承接高频次数据交互工作,运行性能会逐步衰减,引发设备运行数据传输偏移,打乱设备正常运行参数状态。

1.3 传统检修模式的运行短板

传统检修工作以设备故障停机作为作业启动条件,检修工作开展存在明显的滞后特征。检修工作重点集中在故障发生后的部件修复处理,无法介入设备运行过程中损耗的渐进积累过程。检修作业范围存在明显局限,仅针对已经暴露的显性故障部位开展整改,忽视设备内部持续滋生的隐性损耗隐患。行业内部未形成统一规范的检修作业标准,作业开展质量依托从业人员实操经验,不同人员的作业执行质量存在明显差异。老旧管控模式无法覆盖设备完整运行周期,各类隐性损耗隐患长期留存于设备内部。

1.4 预防性检修适配电动执行机构的适配逻辑

预防性检修体系依托电动执行机构损耗演化的客观规律搭建成型,结合设备运行周期特征制定专属检修作业内容。检修作业模式覆盖设备全周期运行阶段,针对设备运行产生的显性损耗与隐性损耗制定分层处置方式。作业内容设计贴合设备结构特征与工业现场运行工况,遵循设备损耗产生与累积的客观规律。常态化的设备排查与部件养护工作替代传统被动故障修复模式,有效抑制各类损耗问题的持续累积。全新的检修管控模式适配工业设备连续运行的管控需求,适配电动执行机构长期高频次的现场运行工况。

2 电动执行机构预防性检修体系框架搭建

2.1 预防性检修体系搭建基本原则

预防性检修体系搭建需要贴合工业设备运行实际状

态确立核心准则,维持检修工作的稳定推进与规范落地。体系搭建遵循状态导向准则,围绕电动执行机构运行损耗变化规律设定检修工作内容与实施节奏。体系搭建贴合生产现场运行节奏,合理规划检修作业时段,减少作业开展对生产流程造成的干扰^[2]。体系搭建落实标准化发展思路,统一检修作业执行标准与管控要求,规范各类检修操作流程。体系搭建融入动态优化思维,结合设备运行状态变化持续调整检修工作内容,适配设备全周期运行管控需求。

2.2 检修体系整体架构设计

预防性检修整体架构围绕设备长效管控需求完成分层设计,构建多层次联动的检修运行模式。架构设置基础作业层级,负责日常设备状态排查、基础养护及简单故障预处理工作。架构设置专项管控层级,针对设备核心部件损耗问题开展专项检修与深度养护作业。架构设置流程管控层级,统筹检修计划制定、作业流程监督及作业信息归集工作。架构设置资源保障层级,落实检修物资、场地及技术支撑相关工作,支撑各层级检修作业有序开展。多层次架构相互衔接配合,形成闭环式检修管控模式。

2.3 检修岗位职能划分与人员配置体系

检修工作开展依托清晰岗位职能划分推进人员配置规划,完善人力管控体系。管理岗位承担检修计划统筹、作业任务分配、工作进度督导相关工作,把控整体检修工作推进节奏。技术岗位负责检修技术方案制定、作业技术指导及设备损耗问题研判工作,解决检修过程出现的技术问题。实操岗位落实各类现场检修作业,完成设备排查、部件养护及故障处置等基础工作。储备岗位配合常态化检修辅助工作,补充现场人力缺口。人员配置结合现场设备数量、运行强度及检修工作量完成合理配比。

2.4 检修资源配置与配套体系规划

预防性检修作业开展需要完善资源配套作为支撑,系统规划各类检修资源的调配与管理。物资资源围绕电动执行机构检修需求储备适配零部件、养护耗材及专用检修工具,建立常态化物资存储与补给机制。技术资源整合设备检修专业技术知识、作业工艺标准及问题处置方案,搭建完善的技术支撑体系。场地资源规划专属检修作业区域与物资存放区域,规范现场作业环境。信息资源搭建检修数据记录与状态归集渠道,留存检修作业相关运行数据,支撑检修工作持续开展。

3 电动执行机构预防性检修核心内容设计

3.1 常态化日常巡检检修内容设定

常态化日常巡检立足电动执行机构实时运行工况,以高频次基础核查作业把控设备基础运行状态。巡检工作覆盖设备整体外观,细致查看外部防护结构完好情况,及时发现表层污垢堆积、表面侵蚀等各类外观缺陷^[3]。设备运行期间持续监测运行状态,甄别设备运行产生的异常振动与异响,精准捕捉细微运行异常。定期检测壳体及接线区域的温度变化,规避温度异常波动带来的设备运行隐患。逐项核对设备信号接收与动作反馈情况,保证设备指令响应应贴合生产运行需求。巡检过程中同步清理设备外表积攒的污染物,保持设备外部洁净,削弱外界环境因素对设备运行的负面影响。

3.2 周期性分级检修内容规划

周期性分级检修结合电动执行机构运行时长以及损耗累积进度,划分不同深度的检修作业模块。短周期检修以基础性能核查为主,对设备行程范围、力矩输出状态进行细致校验,修正设备运行过程中产生的轻微参数偏差。中周期检修偏向内部构件养护工作,检查传动结构的配合贴合状态,为传动部位补充润滑介质,清理电气腔体内部积存的粉尘与杂质。长周期检修开展全方位深度性能检测,对核心传动构件与控制构件进行拆解检查,排查构件内部不易察觉的磨损问题与性能衰减情况。分层检修模式匹配设备不同阶段的损耗特点,逐步消解设备运行过程中积累的性能缺陷。

3.3 关键部件专项检修内容梳理

关键部件专项检修针对电动执行机构承担核心运行功能的构件,开展针对性的精细检修工作。齿轮与丝杆等动力传动构件,直接决定设备动力输出质量,作业过程重点检查构件表面磨损情况与装配间隙状态,修复轻微形变与磨损问题。电气控制主板及各类功率元件,需要定期检查接线紧固情况,判断元件工作状态是否稳定,排查线路老化、接触不稳等常见问题。各类密封构件长期暴露在复杂工况中,需要持续核查贴合状态与老化程度,及时更换性能衰退的配件,维持设备内部密闭洁净的运行环境。行程与力矩检测元件需要定期校准采集参数,保证设备运行数据采集精准可靠。

3.4 检修流程标准化规范设计

检修流程标准化规范围绕电动执行机构全流程检修作业,搭建统一规范的作业执行准则。正式开展检修作业前,严格执行设备停机断电操作,落实各项安全防护举措,梳理设备过往运行情况与现存运行特征。作业实施阶段,依次规范构件拆解、状态检测、养护处理、构件复位等操作步骤,统一各环节作业执行尺度。检修作业收尾阶段,有序完成设备复位调试工作,核验设备动

作性能与信号交互质量,确保设备恢复正常运行状态。整套标准体系细化各个作业环节的执行要求,规范现场检修作业的实施流程,让各类检修工作保持统一规范的执行水准。

4 预防性检修体系的落地应用与运维优化

4.1 检修体系常态化落地实施流程

结合工厂生产线整体运行节奏以及电动执行机构实际运行工况,梳理并制定阶段性检修任务。根据设备承载的运行负荷划分独立作业单元,明确各个单元的检修时间节点与具体作业内容^[4]。按照既定检修方案推进现场各项作业,依次完成日常状态排查、分层设备养护以及核心部件专项检修等实操工序。单组设备检修作业结束后,逐项核对养护工作的落实细节,细致检查设备动作状态、行程精度以及工况响应水准。把标准化检修作业融入设备日常运维链条,纳入常规设备管控流程,保持检修工作平稳有序的推进节奏。

4.2 检修过程全流程管控方式

启动各类检修作业前,工作人员全面梳理现场作业环境,清除场地内影响施工的各类干扰因素。仔细检查检修工具与辅助器械的完备情况,确认安全防护配置能够满足现场作业基本要求。检修作业开展期间,持续关注各项操作的实施状态,规范现场人员的实操流程与作业动作,及时纠正不标准操作,弱化人工操作带来的作业偏差。作业过程中细致捕捉设备异常运行迹象,完整记录异常工况的具体表现与出现场景,稳步推进对应整改工序。整套检修操作完成后,逐一核验设备复位后的运行状态,检测设备动作精度、力矩输出水平与运行稳定程度,排查各类不易察觉的作业疏漏。

4.3 检修数据台账管理体系搭建

常态化收集设备日常巡检过程中产生的运行信息,完整留存设备外观状态、运行温度变化、动作响应速度以及工况匹配状态等基础数据。分类整理不同周期的常规检修与专项检修作业资料,如实记录设备养护开展情况、易损构件更换情况、运行参数校正以及功能调试的相关信息。统一厂区内所有电动执行机构的检修数据录入标准,规范数据填写方式与统计口径,保障运维数

据具备完整度与准确度。搭建专属的数据存储与归档渠道,对海量检修资料进行分类收纳和分层整理,逐步完善设备运维数据储备,积累充足的设备运行管控资料。

4.4 检修体系动态优化与迭代机制

整理长期积累的设备检修资料,深入分析电动执行机构的损耗演变规律与性能衰减特征,结合设备实际运行负荷调整检修频次与作业深度。跟进厂区设备更新升级进度,结合新型电动执行机构的内部结构、控制逻辑与运行特点,更新专项检修的作业内容、检测标准与养护工艺。梳理日常检修作业过程中暴露的流程缺陷与管控不足,优化现有检修实施工序,细化各环节实操管控要求^[5]。汇总一线运维岗位的实操反馈,结合现场作业存在的实际问题,调整岗位工作内容、人员配比与物资调配方式,贴合现场运维工作的实际开展条件。

结束语

电动执行机构的预防性检修体系从要素梳理、框架搭建、内容设计到落地优化,形成了一套贯穿设备全生命周期的管控闭环。常态化巡检把控运行底线,分级检修逐级消解性能缺陷,关键部件专项检修精准排除深层隐患,数据台账与动态迭代机制则为体系持续运转提供了信息支撑。这套体系将检修工作从故障发生后的被动应对,转向运行过程中的主动养护,使设备管控真正贴合工业现场连续运转的实际需求。工厂设备运维水平的提升,有赖于每一次检修作业的规范执行与持续改进。

参考文献

- [1]张洁,金兆辉.浅谈电动执行机构[J].电气防爆,2023(4):43-46.
- [2]程怡安,张岩军,师艺杰.舰船电动执行机构运动控制技术[J].舰船科学技术,2025,47(16):181-184.
- [3]朱小杰,刘杰,喻文新,等.电动执行器研究现状与展望[J].自动化仪表,2025,46(11):136-141.
- [4]邵杰,彭仁坤,杨俊,等.物联网阀门电动执行机构的原理和应用[J].阀门,2026(4):442-449.
- [5]黄昊霖.电厂电动执行机构自动调节性能提升[J].电气技术与经济,2024(8):355-357.