

基于某燃煤电厂实例的阀门内漏与管道振动典型缺陷治理研究

万文星

江西赣能股份有限公司丰城发电厂 江西 宜春 331100

摘 要: 某燃煤电厂600MW机组热力系统中, 阀门内漏与管道振动两类典型缺陷呈现耦合互促特征, 给机组安全运行带来持续威胁。本文以该电厂为工程背景, 系统梳理高温疏水系统、低温再热蒸汽系统等关键管段的缺陷分布特征与损伤机理, 剖析阀门密封失效引发流体激振、管路振动反过来加速密封结构磨损的交互作用路径。结合现场检修数据, 提出分级分步的联合治理工艺, 涵盖密封面研磨修复、支架体系补强、减震结构加装等关键技术手段, 为同类机组缺陷管控提供可参照的工程实践方案。

关键词: 燃煤电厂; 阀门内漏; 管道振动; 缺陷治理; 耦合机理

引言: 燃煤电厂热力管路与调控阀门长期承受高温高压交变工况, 阀门内漏与管道振动是威胁机组稳定运行的两类高发缺陷。两类问题并非孤立存在, 密封失效引起的流态紊乱与管路振动导致的结构疲劳彼此交织, 使设备损伤呈加速态势。以某600MW燃煤电厂为对象, 深入剖析阀门内漏与管道振动的共存机理与互促路径, 可为电厂运维人员制定针对性治理方案提供技术支撑。

1 某燃煤电厂阀门内漏缺陷实例分析与治理

1.1 该电厂阀门内漏的具体缺陷部位与工况背景

某燃煤电厂600MW机组热力系统布置大量高温高压水汽管路及调控阀门, 阀门内漏缺陷主要发生在高温疏水系统、给水旁路系统、低温再热蒸汽系统的截止阀与闸阀设备^[1]。机组负荷动态调整使阀门承压状态不断变化, 管路约束结构的长期形变会改变阀门接口受力, 直接造成阀门密封结构性能衰减。

1.2 阀门内漏的现场表现与成因诊断

阀门内漏会造成管路局部温度异常上升, 停运管路介质参数异常波动, 运行管路内部产生介质流动异响。高速介质冲刷会磨损密封接触面, 降低密封贴合精度。交变载荷会造成阀门传动构件卡滞, 致使阀门闭合行程不到位。装配工艺偏差会造成密封部件受力不均, 产生局部应力损伤。介质腐蚀成分会破坏密封面平整度, 形成永久性介质渗漏通道。

1.3 针对该缺陷的治理方案与工艺实施

对内漏故障阀门开展解体检修作业, 研磨修复存在磨损划痕的密封面, 恢复密封结构贴合精度。替换老化变形的密封填料与垫片, 选用适配系统参数的密封配件。校准阀门传动机构间隙与闭合行程, 保证阀门闭合

后密封结构完全贴合。优化法兰对接与紧固工艺, 平衡设备装配应力。结构损伤无法修复的阀门直接整体更换, 匹配机组原有设备参数完成安装适配。

1.4 治理后的运行状态与维护措施

检修后的阀门可适配机组全负荷运行工况, 设备密封性能完全恢复, 管路介质参数保持稳定, 热力系统密闭性满足运行标准。运维工作重点聚焦高温高压阀门巡检, 及时排查设备细微异常。根据机组运行特征制定固定养护周期, 定期清洁养护阀门传动结构与密封部件。针对高频、高负荷运行阀门缩短养护周期, 通过精细化管理抑制阀门缺陷重复出现。

2 该燃煤电厂管道振动缺陷实例分析与治理

2.1 该电厂管道振动的具体缺陷部位与工况背景

该燃煤电厂600MW机组振动缺陷集中出现于低温再热管路、辅机出水管路、疏水集箱外接输送管路^[2]。机组日常参与电网负荷调节, 运行负荷的动态浮动会持续改变管路内部介质压力与流动速度, 让管路结构长期处于动态受力状态。高温高压介质持续冲刷管路内壁, 管壁金属结构会随运行时长产生力学性能变化, 结构刚性与承载稳定性逐步下降。部分振动管段紧邻风机、给水泵等回转设备, 设备运行产生的机械振动能量可以通过连接基座传递至管路主体, 让管路承受流体作用力之外的外部激振载荷。

2.2 管道振动的现场表现与成因诊断

管路振动问题主要体现为管壁持续性小幅抖动, 管路配套支架、连接法兰及紧固构件存在频繁晃动。机组高负荷运行区间, 介质流动速率提升会放大振动幅度, 管路腔体内部出现低频湍流异响。介质流经弯头与变径

位置时会形成无序涡流结构,周期性变化的流体压力脉动持续冲击管壁,诱发流体激振现象。管路前期布设阶段的支架排布密度不足,部分悬空管段缺少有效约束支撑,结构抗振能力无法适配实际运行载荷。回转设备传递的机械振动与流体激振相互叠加,放大管路结构振动幅值。管路安装阶段留存的装配应力会造成局部结构受力不均,长期运行后结构稳定性持续弱化,促使振动问题常态化存续。

2.3 针对该缺陷的治理方案与工艺实施

针对现场管路振动问题开展专项整改作业,优化局部管路布设形态,调整不合理转角结构,减少介质流通过程中的流向突变与截面突变,规整介质输送流场。结合管路管径、介质参数与运行载荷,在悬空过长的管段增设刚性支撑与减震构件,补足管路约束点位,强化整体结构稳定性。对原有老旧支架开展全面检修调校,紧固松动连接构件,消除结构间隙带来的晃动空间,均衡管路整体承载应力。在设备与管路衔接位置加装减震缓冲结构,阻断机械振动能量的传递路径。对存在装配应力的管段开展姿态微调,修正管路偏移形变,让管路各部位受力状态趋于均匀统一。

2.4 治理后的运行状态与维护措施

整改完成后的管路结构振动问题得到全面管控,管壁抖动与构件晃动现象彻底消除,管路内部介质流动状态趋于平稳,压力脉动幅度维持在合理区间。优化后的管路结构具备更强的工况适配能力,可稳定适配机组低负荷、额定负荷及变负荷切换等各类运行状态。日常运维工作细化管路巡检体系,重点针对弯头、变径及设备衔接薄弱管段开展常态化检查,定期核验支架紧固状态与减震构件使用性能。结合机组调峰运行规律调整巡检频次,聚焦介质参数波动频繁的管段开展重点排查。持续监测管路结构形变与应力状态,及时处理微小结构隐患,维持管路系统长期平稳的运行状态,规避振动类缺陷反复滋生。

3 该电厂阀门内漏与管道振动的关联分析

3.1 该电厂两类缺陷共存的现场特征

该电厂600MW机组热力疏水与蒸汽输送系统中,阀门内漏与管道振动会在同一管路区域持续滋生。缺陷多发区域集中在阀门密集布置的管路衔接段、变径过渡段以及疏水汇流管段^[3]。阀门密封性能下降造成的介质微渗,会改变管路内部介质流量分布状态,破坏管路原本均衡的流体运行规律。管路产生的结构晃动会持续作用于阀体结构,改变密封部件的贴合压紧状态。长期运行积累的结构疲劳会弱化管路阀门的整体稳定性,让两

类缺陷相互交织,形成持续性的设备故障隐患。

3.2 阀门内漏诱发管道振动的实例机理

阀门闭合不严产生的介质渗漏会在阀体内形成节流作用,管路内部介质流动状态失去均衡性。原本平稳的层流状态转化为紊乱湍流,管路内部产生规律性的压力脉动。脉动压力持续冲击管路内壁与支撑结构,激发管路结构产生低频振动。渗漏量增大的过程中,湍流扰动范围会逐步延伸至上下游管段,扩大振动影响区域。阀口位置形成的局部涡流会持续释放激振能量,作用于管路固有结构频率。管路长期承受流体交变载荷,结构微小形变不断累积,振动幅度会逐步增大,让局部轻微振动发展为常态化管路振动问题。

3.3 管道振动加剧阀门内漏的实例机理

管路运行过程中产生的结构振动会直接传导至配套阀门,带动阀体产生高频微幅位移。密封接触面的压紧状态持续波动,精密贴合的密封结构出现间隙变动。密封面长期承受往复式冲击载荷,表层精密结构产生磨损与形变,密封精度持续下降。阀门外部紧固构件与传动连接件受振动影响,紧固力度逐步衰减,闭合限位精度出现偏差。阀瓣与阀座无法保持稳定贴合状态,介质穿透密封结构的通道持续扩大。管路振动持续作用会不断损耗阀门密封性能,轻微渗漏问题会逐步加重,推进内漏缺陷持续恶化,如图1所示。

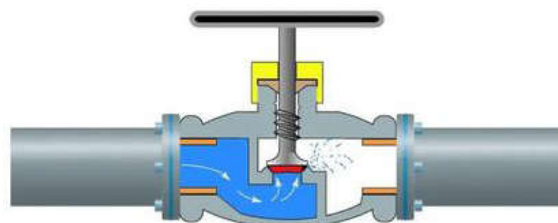


图1 管道振动引发阀门内漏示意图

3.4 两类缺陷联合治理的优先顺序

两类缺陷形成的耦合破坏机制会加速管路与阀门设备的结构失效,联合治理需要依托缺陷耦合逻辑划分处置层级。流体紊乱引发的结构振动是缺陷耦合的初始诱因,密封失效带来的流态异常会持续催生振动问题。治理作业优先完成阀门内漏整改,通过修复密封结构、优化阀门装配精度,恢复管路介质流通的稳定状态,从源头消除流体激振诱因。流体工况回归稳定后,管路残余振动多源于结构布设与支撑体系缺陷,后续开展管路支架调校、结构优化与减震改造。逐级切断缺陷相互作用的路径,规避单一治理模式下缺陷反复复发的问題。分步治理模式可以降低设备结构二次损伤概率,提升整套管路阀门系统的运行可靠性。

4 该电厂典型缺陷治理的工程实施与管理

4.1 治理方案的制定与技术选型

缺陷治理方案依托该电厂管路阀门设备实际运行状态与损伤程度编制,结合机组热力系统运行参数匹配适配的检修改造技术手段。针对轻度密封损伤的阀门采用现场精密研磨修复技术,依托机械打磨工艺重塑密封面平整度,恢复设备密封性能。针对老化失效的密封构件采用整体更换技术,选用适配高温高压工况的密封材质,提升部件耐冲刷与耐腐蚀能力^[4]。管路振动治理依托结构优化与约束补强技术,对紊乱流态管段实施布局优化,对稳定性不足的管位增设减震支撑结构。技术选型贴合设备服役年限与系统运行工况,杜绝通用化技术套用带来的适配性不足问题,让治理手段精准匹配现场缺陷类型。

4.2 现场施工组织与安全管控

现场施工工作依据电厂机组检修作业规范划分施工区段与作业流程,划分设备隔离、解体检修、结构整改、回装调试的递进作业流程。施工前期落实系统设备隔离措施,切断作业管段介质流通路径,泄压降温后开展设备解体作业。作业全程落实热力系统检修安全准则,管控高空作业、设备拆装、动火辅助作业的各类风险。安排专人开展现场过程监督,排查施工过程中的不规范操作,及时整改作业隐患,保障检修施工全程贴合电厂安全作业标准。

4.3 备品备件与工期管理

结合缺陷治理作业总量提前统计各类密封垫片、阀体内构、支架构件、减震耗材的使用需求,提前完成备品备件的质量核验与进场存放。所有备件核对材质参数与规格尺寸,保证备件可以适配机组原有设备结构,规避备件错用影响施工进度与检修质量。工期排布结合机组运行空档统筹规划,利用机组低负荷窗口集中开展缺陷整改作业,减少治理工作对机组正常发电生产的干扰。细化每日施工任务量,把控设备解体、修复、回装各环节作业时长,压缩无效作业耗时,稳步推进整体检

修作业按期完成。

4.4 缺陷治理台账与经验固化

针对电厂阀门内漏与管道振动治理工作建立专项设备治理台账,记录缺陷发生位置、故障表现、损伤成因与对应治理工艺。录入施工采用的技术手段、更换备件型号、结构改造参数等核心作业信息,完整留存检修改造全过程数据。梳理机组调峰工况下两类典型缺陷的发展规律,总结适配该电厂热力系统的缺陷检修方法^[5]。整理管路结构优化、阀门密封养护、支撑体系整改的实操经验,融入电厂日常设备运维体系。持续更新设备缺陷治理数据库,为后续同类设备故障处置提供实操参考,提升电厂管路阀门设备常态化运维水平。

结束语

阀门内漏与管道振动在该电厂热力系统中并非各自独立,而是互相加速、彼此交织,形成了一条持续恶化的损伤链条。单一手段的治理只能解决局部问题,难以从根上切断两类缺陷的耦合路径。先修复密封、稳住流态,再调校支架、补强结构,这一分步推进的思路恰好顺应了缺陷的相互作用逻辑,实际施工中也避免了反复返工。将检修过程中积累的工艺参数与现场经验整理归入设备台账,使其成为后续运维工作可随时调用的技术积累,对电厂管路阀门系统的长期平稳运行具有实际支撑价值。

参考文献

- [1]冷骥翔.火电厂阀门内漏治理及经济性提升[J].电力系统装备,2025(9):140-142.
- [2]杨军,吴欢,宗志建.火力发电厂阀门内漏原因分析与处理措施[J].能源研究与管理,2022,14(4):137-140.
- [3]申晓旭.红外热成像仪在火电厂阀门内漏检测中的应用[J].光源与照明,2022(7):113-115.
- [4]任立斌,钟亮,丘贵彬,等.核电厂阀门密封面常见缺陷及焊接修复策略[J].设备管理与维修,2023(9):87-90.
- [5]李元姣,苗碧琪,王学冬,等.核电厂边界阀门内漏诊断技术对比解析[J].科技视界,2023(18):63-66.