

电厂供热设备故障诊断与维修策略

冯 尧

华电新疆发电有限公司乌鲁木齐分公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要：随着供热设备智能化程度的不断提高，在一定程度上提升了供热设备的运行效率，然而，供热设备故障概率并未明显降低。通过采用合理有效的排除方法和维修手段，工作人员能够迅速解决问题，确保设备能够正常运行。工作人员需要时刻保持对新技术的学习和更新，以适应不断演进的设备结构和工作原理。通过工作人员的努力，及时有效地解决设备故障，可以最大限度地降低故障造成的影响和损失。

关键词：供热设备；故障诊断；维修方法

供热系统作为整个运行体系的核心，直接关系到用户的生活和生产用热需求。为了有效地维护供热系统的正常运行，必须加强对供热设备的故障诊断和维修工作。

1 供热设备故障诊断方法

(1) 常规物理检测方法。观察法。通过目视检查设备外观、运行状态及仪表参数（如压力表、温度计），判断是否存在泄漏、变形或仪表异常。例如，系统堵塞时上下游压力异常或局部温度不达标，需优先检查除污器、阀门等部位。听诊法。用听音棒检测设备运行声音，异常噪音（如金属摩擦声）可指示轴承损坏或叶轮积垢。例如，循环水泵轴承异响应立即停机检查润滑或更换轴承。触测法。通过触摸设备外壳、管道感受温度和振动，判断运行状态。轴承温度超过60℃或振动加剧时需排查故障。测量法。使用万用表、压差计等工具测量电气参数或压差。例如，系统堵塞部位前后压差超出正常范围即为故障端。替换法。对疑似故障部件（如阀门、传感器）进行替换验证，快速定位问题区域。

(2) 专项诊断技术。红外热成像技术。利用红外热像仪检测管道温度分布，泄漏或堵塞区域会出现温度异常，非接触式扫描可覆盖大面积管网。例如，固定式红外设备可实现24小时实时监控，便携式仪器适合局部排查。水力工况分析。监测系统循环流量、压差及水温分布，结合水力失调模型识别堵塞或串气故障。例如，末端立管温差超过25℃时需排查循环流量不足或垂直失调。压力试验与密封性检测。对锅炉、管道进行1.25倍额定压力试验并保持20分钟，验证密封性；发现泄漏时需检查水冷壁管腐蚀或焊缝缺陷。

(3) 数据分析支持。自动化监测预警。部署压力、温度传感器实时采集数据，结合预设阈值触发报警（如压力骤降可能提示泄漏）。典型案例中，通过压差突变锁定堵塞点。AI辅助诊断。基于历史数据训练故障预测

模型，结合实时参数分析异常趋势。例如，通过循环水泵振动频谱分析预测轴承寿命。

(4) 预防性维护策略。定期清洗与更换。清理锅炉管束、省煤器积灰，每15-20天冲洗除污器；更换老化炉排片、密封填料等部件。标准化检修流程。风机检修需检查联轴器间隙（1-2.5mm）、轴承配合度及叶轮变形；锅炉停运时投保护剂防腐蚀。巡检与培训。制定巡检计划（如油位、阀门开度检查），提升操作人员对异常振动、温度的识别能力，减少误操作风险。

2 供热设备常规检查与测试方法

(1) 常规检查项目。锅炉系统检查。外观与密封性：检查炉墙完好性，排除漏风、窜烟现象，确保外墙无明显裂缝或脱落。积灰清理：清除水冷壁管、对流管束、省煤器等部位的积灰与结焦物，严禁使用锐器损伤金属表面。炉排与传动部件：更换烧蚀、变形的炉排片，检查导轨、滚轮销的完整性，冷态运行炉排8小时无卡滞为合格。管道与阀门检查。密封性检测：目视检查管道焊缝、法兰连接处是否泄漏，重点排查腐蚀或焊缝缺陷。阀门功能验证：测试阀门开闭灵活度，确认开度一致性，避免因卡阻导致水力失调。安全装置检查。压力表与安全阀：校准压力表工作压力标识（以红线显示），校验安全阀动作压力是否符合标准，周期为1年。电气安全测试：检查控制面板、线路绝缘性，执行耐压测试（1500V/1min无击穿）和接地电阻测试（ $\leq 0.1\Omega$ ）。

(2) 功能性测试方法。压力试验。强度试验：以1.25倍额定压力测试锅炉及管道，保持20分钟无泄漏或塑性变形。严密性试验：在系统防腐保温完成后，以略超设计压力的参数验证微小渗漏，覆盖一级/二级管网及中继泵站。泄漏与腐蚀检测。非破坏性检测：采用超声波探伤仪检测管道壁厚，磁粉探伤仪排查焊缝表面裂纹。氦

气检漏：针对换热器等高精度设备，通过氦气注入定位微小泄漏点。热力性能验证。循环流量测试：监测管网流量与压差，末端立管温差超过25℃时判定水力失调，需调整阀门或清洗堵塞。换热效率评估：通过散热能力检测评估换热器性能，对比设计参数与实测值偏差。

3 供热设备确定故障原因的方法

(1) 症状分析与初步定位。压力与温度异常检测。观察系统上下游压力差，若差值显著增大且局部温度不达标，提示可能存在系统堵塞（如除污器、三通等部位积垢）。末端散热器不热时，优先排查系统循环流量不足或垂直失调（温差超过25℃为典型标志）。设备运行状态观察。检查设备异响（如轴承摩擦声）、振动加剧或外壳温度异常（超过60℃），指向机械部件损坏（如风机轴承、叶轮积尘）。发现泄漏时，通过氦气检漏或压力试验（1.25倍额定压力保持20分钟）定位泄漏点，重点检查焊缝、密封件腐蚀或老化问题。

(2) 分步排查与分层检测。硬件与软件分层验证。硬件故障：替换法验证疑似损坏部件（如阀门、传感器），结合非破坏性检测（超声波探伤、磁粉探伤）排查管道壁厚减薄或裂纹。软件故障：检查控制系统程序异常（如温控器失灵），需重新调试或输入校准参数。故障隔离测试。关闭邻近子系统，若待测区域故障仍未改善，可锁定目标区域（如某段管网或用户端口）。对怀疑堵塞的管道进行分段隔离，通过压差测量确认堵塞端（压差超出正常范围）。

(3) 技术检测与数据分析。智能化工具应用。使用红外热成像仪扫描管道温度分布，高温区域可能为泄漏点，低温区域提示堵塞或循环停滞。结合AI数据分析平台，对比历史运行参数（如振动频谱、流量曲线）预测潜在故障（如轴承寿命不足）。环境与燃烧检测。检测供暖环境中一氧化碳浓度，异常升高可能因换热器泄漏导致燃烧产物逸出。观察火焰稳定性（如鼓风机启动时火焰位移），判断热交换器是否存在裂纹或密封失效。

4 供热设备维修计划制定步骤

(1) 确定维护目标与优先级。明确运行标准。根据设备类型（锅炉、水泵、阀门等）设定温度精度、压力范围等核心指标，如锅炉运行压力需以红线标注设计值。结合工艺要求与安全规范，制定关键设备故障率控制目标（如年故障率 $\leq 2\%$ ）。优先级划分。按设备对供暖系统的影响程度分级（如锅炉为核心设备），优先保障其维护资源投入。

(2) 设备信息收集与评估。建立设备档案。记录设备型号、使用年限、历史维修数据及技术参数（如循环

水泵额定流量、扬程），形成完整台账。汇总制造商提供的维修手册、备件清单等关键资料。状态评估。通过日常点检、定期检测（如超声波探伤）获取设备磨损、腐蚀数据，识别高风险部件（如炉排片变形、管道壁厚减薄）。分析历史故障案例，总结常见问题（如冬季阀门卡阻、夏季锅炉积灰）。

(3) 制定维护内容与周期。常规维护内容规划。清洁与检查：每季度清理锅炉管束积灰、清洗除污器，检查法兰密封性。部件更换：按寿命周期更换易损件（炉排片每2年更换，轴承润滑脂每6个月补充）。功能验证：年度校验安全阀动作压力及压力表精度。周期分级设定。日常维护：每天检查油位、仪表读数，每周测试阀门开闭灵活性。定期检修：每半年进行锅炉压力试验（1.25倍额定压力保持20分钟），每年解体检修风机叶轮。预防性维护：基于振动频谱分析预测轴承寿命，提前3个月制定更换计划。

(4) 编制执行流程。任务分解与责任分配。明确维护项目执行主体（如锅炉清灰由专业班组负责，电气测试由电工执行）。制定标准化作业指导书，包含操作步骤（如炉排冷态试运行8小时）、安全防护要求。资源调配。配置专用工具（红外热像仪、超声波探伤仪）及备件库存（阀门密封件、传感器）。规划停机窗口期（如非供暖季集中检修），协调热力站配合压力试验。

(5) 跟踪与优化。数据记录与分析。使用电子化系统记录每次维护结果（如清理积灰量、更换部件编号），生成设备健康评分。对比实际故障率与目标值，调整维护频率（如高频故障设备缩短检测周期）。动态修订机制。每季度评估计划执行效果，结合新技术（如AI预测模型）优化维护策略。突发故障后启动“故障树分析→修订维护内容”闭环流程，防止同类问题重复发生。

5 供热设备预防性维护措施

(1) 定期维护与检测。核心设备巡检。每周检查锅炉压力表、安全阀及密封部件，校验压力表精度并标识红线范围（1.25倍额定压力为测试基准）。每季度清理水冷壁管、省煤器积灰，清除炉排片结焦物，避免热效率下降。系统功能性测试。供暖季前进行循环系统压力试验（1.25倍设计压力保持20分钟），验证管道焊缝及法兰密封性。每年校验安全阀启闭压力，确保动作压力误差 $\leq 3\%$ 。

(2) 状态监测与预测性维护。智能化监测手段。安装振动传感器监测水泵、风机轴承运行状态，通过频谱分析预测部件寿命并提前更换。使用红外热成像仪扫描管网温度分布，识别局部低温堵塞或泄漏隐患。腐蚀

与磨损控制。非供暖季对管道实施存水保养（添加防腐剂），阻止氧气腐蚀金属内壁。每2年采用超声波探伤检测管道壁厚，壁厚减薄超过20%时触发更换预警。

（3）清洁与保养规范。关键部件维护。每月清洗空气过滤器与除污器，避免杂质堵塞热交换器翅片。每季度补充轴承润滑脂，更换老化的橡胶密封圈及调速电阻器。电气系统防护。每周检查控制柜线路绝缘性，执行接地电阻测试（ $\leq 0.1\Omega$ 为合格）。雨季前加强电机防潮处理，清理散热风扇积尘。

（4）备件管理与应急准备。易损件库存管理。建立备件更换周期表（如炉排片每2年更换，阀门密封垫每年更换），动态维持安全库存量。应急响应机制。制定漏水快速处置流程：立即关闭泄漏段阀门→启动备用管线→氦气检漏定位故障点。供暖季配置24小时值班组，携带便携式超声波探伤仪处理突发故障。

（5）人员培训与制度优化。技能标准化。每半年开展阀门调试、探伤仪操作专项培训，强化密封件更换标准流程。数据驱动改进。建立设备健康档案，记录故障类型、修复时长等数据，优化维护周期设置。

6 供热设备避免常见故障的方法

（1）系统平衡与循环优化。阻力平衡调节。定期调整系统各环路阻力平衡，避免因垂直失调导致上层过热、下层不热问题（温差 $> 25^{\circ}\text{C}$ 时需优先调节阀门或切换单管系统）。末端散热器不热时，优先排除空气并检查管道堵塞，通过分段压差测量定位堵塞段。循环流量保障。每季度清洗除污器及管道内壁积垢，高压水冲洗或化学清洗后需用清水反复冲洗残留药剂（避免腐蚀管道）。设置系统压力报警阈值（如低于设计值10%时触发预警），及时排查循环泵或阀门故障。

（2）关键设备的预防性维护。密封与润滑管理。每月检查法兰、焊缝密封性，发现泄漏立即更换密封垫或

补焊，氦气检漏可定位微小泄漏点。对轴承、齿轮等运动部件每3个月补充高温润滑脂，减少磨损导致的异响或卡阻。易损件定期更换。建立备件寿命台账（如阀门密封垫每年更换、换热器板片每3年更换），优先选用耐腐蚀材质（如316L不锈钢）。

（3）腐蚀与结垢控制。水质处理技术。供暖水中添加阻垢剂（如聚磷酸盐）和防腐剂（如亚硝酸钠），降低管道内壁结垢速率。非供暖季排空管道积水并进行干式保养，避免氧腐蚀。壁厚监测。每2年使用超声波探伤仪检测管道关键部位（弯头、焊缝），壁厚减薄超过20%时强制更换。

（4）换热设备专项维护。板式换热器维护。清洗周期不超过半年，采用反向冲洗清除板片间杂质，组装时确保夹紧尺寸均匀（误差 $\leq 0.5\text{mm}$ ）。发现串液立即停机，检查板片裂纹或密封垫老化情况，更换后需重新进行1.25倍压力测试。

（5）电气与控制系统防护。安全装置校验。供暖季前测试安全阀启闭压力（误差 $\leq 3\%$ ），校准压力表及温度传感器精度。每周检查配电柜接地电阻（ $\leq 0.1\Omega$ ），清理电机散热风扇积尘。

（6）人员培训与操作规程。标准化操作培训。每季度开展故障应急演练（如快速隔离泄漏管段、启用备用泵），规范排气阀操作流程（避免热水喷溅）。编写图文版维护手册，明确轴承更换、过滤器清洗等操作步骤。

总之，供热企业也需要不断改进维修管理模式，实施预防性维修工作程序，建立完善规章制度，以保障整个供热系统的可靠运行。

参考文献

- [1]刘虎.供热设备的故障诊断及维修方法.2022.
- [2]赵浩宇.关于电厂供热设备故障诊断与维修策略探讨.2023.