

# 燃气锅炉现场施工安全与调试管理策略

王 锋 赵 滨 徐慧建

杭州华源前线能源设备有限公司 浙江 杭州 310030

**【摘要】**：聚焦燃气锅炉现场施工与调试全流程核心痛点，结合特种设备安全监管要求与行业最新技术规范，构建“风险分级管控—全流程精细化施工—数据驱动调试”三位一体管理体系。通过引入数字化监测手段与模块化管理流程，破解施工阶段高风险隐患管控难题，优化调试环节参数匹配与安全联锁逻辑，实现燃气锅炉施工安全可控、调试高效精准，为特种设备安全运行与高效运维提供可复制的管理路径。

**【关键词】**：燃气锅炉；施工安全；调试管理

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.048

## 1 施工安全管理体系构建与实施

### 1.1 全维度风险分级管控机制

基于风险矩阵法与故障树分析（FTA），拆解燃气锅炉施工全流程风险点，建立“红橙黄蓝”四色分级管控体系。将燃气系统试压、设备吊装、焊接作业、点火前吹扫等关键工序列为重大风险（Ⅰ级），实施24小时专项值守与强制视频监控；把高处作业、临时用电、材料堆放等列为较大风险（Ⅱ级），明确限期整改要求与专人监管责任；将日常巡检、辅助设备安装等列为一般风险（Ⅲ级），纳入班组常态化管控。同步搭建动态风险评估平台，结合施工进度、人员资质、环境条件实时调整风险等级，形成“评估—管控—再评估”闭环管理，确保风险始终处于可控范围。

### 1.2 施工全流程安全管控要点

#### （1）施工前期安全筹备

严格执行进场资质审核，项目负责人、特种设备作业人员、焊工、电工等均需持有效证件上岗，建立人员资质档案并动态更新。开展三级安全教育与专项技术交底，覆盖燃气泄漏识别、爆燃应急处置、吊装作业规范等核心内容，结合事故案例开展实景演练，提升人员应急能力。同步完成施工方案编制，明确施工流程、安全防护措施、应急预案，严格遵循《锅炉安全技术监察规程》（TSGG1021-2023）、《锅炉安装工程施工及验收标准》（GB50273-2022）等规范要求。

#### （2）施工过程安全管控

施工现场实施分区管理，清晰划分吊装区、焊接区、燃气管道作业区、材料堆放区，设置明显警示标识与物理隔离，杜绝交叉作业引发安全隐患。严格执行专项作业管控：吊装作业前核查起重性能与吊具资质，编制专项方案并落实专人指挥，确保吊运平稳；高处作业搭设符合JGJ130规范的手脚手架，作业人员全程系挂安全带，下方设置警戒区；临时用电遵循JGJ46规范，实行“一机一闸一漏一箱”，电缆架空或穿管保护，定期检测漏电保护器性能；燃气管道作业全程采用肥皂水检漏与燃气检测仪双重检测，严禁明火作业，作业完成后做好

封堵与标识。

#### （3）安全隐患闭环管理

搭建信息化隐患排查平台，推行“隐患拍照定位—任务派发—处理反馈—复查归档”闭环流程。专职安全员每日开展巡检，重点核查安全附件安装、燃气管道密封、安全防护设施完好性等内容，对发现的隐患分级处置：重大隐患立即停工整改，整改完成后经第三方验收合格方可复工；一般隐患限期整改，由项目负责人跟踪落实。建立隐患台账，记录隐患类型、处置措施、整改结果，定期开展数据分析，优化管控策略，实现隐患从发现到销号的全流程可追溯<sup>[1]</sup>。

## 2 调试全流程精细化管理策略

### 2.1 调试前期准备与合规性核查

调试前完成全面合规性检查，核对锅炉本体、辅机设备、燃气管道、电气控制系统等安装质量，确保与设计图纸一致，技术资料齐全有效。重点核查安全附件：安全阀垂直安装于锅筒最高位，经校验铅封完好，起跳压力符合设计值；压力表量程为工作压力1.5-3倍，加装存水弯管并标注红线；水位计清晰透明，高低水位报警与联锁保护功能完好。同时完成系统气密性试验与单机试运转，燃气管道气密性试验压力为工作压力的1.15倍，稳压30分钟无泄漏；风机、水泵等辅机单机试运转2小时，运行平稳无异常振动与噪音。

### 2.2 核心调试流程与参数优化

#### （1）基础调试工序实施

严格遵循“烘炉—煮炉—严密性试验—72小时试运行”流程开展基础调试。烘炉阶段采用低温缓慢升温方式，控制升温速率 $\leq 10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ，逐步烘干炉墙水分，防止炉墙开裂；煮炉阶段加入专用药剂，去除设备内表面油污与锈蚀物，煮炉完成后彻底清洗并更换给水。严密性试验涵盖锅炉本体、管道系统、燃气系统，水压试验压力为工作压力的1.25倍，稳压1小时无渗漏、无可见变形。72小时试运行在额定负荷下连续运行，监测运行参数稳定性，排查潜在故障<sup>[2]</sup>。

## (2) 燃烧系统精准调试

燃烧调试核心在于优化空燃比与火焰稳定性,通过烟气分析仪监测  $\text{CO}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}$  浓度,理想状态下  $\text{CO}_2$  含量 8%-12%、 $\text{O}_2$  含量 2%-4%、 $\text{CO}$  含量  $<100\text{ppm}$ 。调试前清理燃烧器喷嘴、点火电极,确保点火电极间距 2-3mm、火焰监测器灵敏度正常。启动前启动引风机、鼓风机,进行不少于 5 分钟的炉膛吹扫,清除残留燃气。点火过程中监测火焰状态,确保火焰呈稳定蓝色,无黄焰、黑烟、脱火、回火现象,点火失败时控制器需及时切断燃气供应并报警,间隔  $\geq 5$  分钟后方可再次尝试。根据负荷变化调整燃气量与风量,维持炉膛负压在 -50~-100Pa,确保燃烧充分稳定。

## (3) 安全联锁与控制系统调试

全面测试安全联锁保护功能,涵盖超压、超温、极低水位、燃气泄漏、熄火保护等联锁逻辑。模拟超压工况,验证安全阀起跳与压力控制器切断功能;模拟极低水位工况,核查水位报警与给水联锁动作;测试燃气泄漏报警与紧急切断阀联动功能,确保报警后 3 秒内切断燃气供应。控制系统调试采用 PID 参数优化模式,根据热负荷需求调整供水温度、循环泵转速,结合气候补偿功能实现按需供热,水温波动控制在  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  以内。对智能控制系统,优化控制算法,提升响应速度与控制精度,实现运行参数自动调节与异常预警。

## 2.3 数据驱动的调试优化与能效提升

引入物联网传感技术,搭建多源数据采集平台,实时监测炉膛温度、烟气成分、燃气流量、压力、振动等关键参数。通过大数据分析运行数据,优化燃烧参数,将过量空气系数控制在 1.05-1.2,降低燃料消耗与污染物排放。针对低氮排放需求,采用 AI 动态调控技术,通过分级燃烧降低炉内高温区占比,将  $\text{NO}_x$  排放稳定控制在 80-120 $\text{mg}/\text{m}^3$ ,满足环保合规要求。建立调试数据档案,记录参数调整前后的运行效率、能耗、排放数据,形成调试优化数据库,为后续同类项目调试提供参考<sup>[3]</sup>。

## 3 全生命周期管理保障措施

### 3.1 数字化智慧管理赋能

构建燃气锅炉全生命周期一体化数字化管理平台,打通设备施工安装、调试校验、日常运维全流程数据壁垒,全面整合施工档案、调试参数、运维记录、故障处理等各类信息,打破数据孤岛,实现跨岗位、跨环节信息高效互通与共享,为全流程管控筑牢数据基础。依托物联网技术部署高精度传感器,实现锅炉设备运行状态、周边环境参数、燃气与水电能耗数据的全天候实时采集、同步上传与动态可视化展示,为现场安全精准管控、调试参数优化调整提供全面、可靠的数据支撑。同步引入 AI 智能故障预警模型,依托海量历史运维数据、实时运行参数与行业故障案例,深度分析设备运行趋势,精准预判潜

在故障与安全隐患,彻底实现从被动“事后维修”到主动“事前预防、提前管控”的核心转变。此外,平台集成高清视频监控、现场人员定位、隐患闭环排查、应急调度等多重功能,全面实现施工与调试全过程可视化、智能化、精细化管理,大幅提升整体管理效率与风险防控水平。

### 3.2 人员能力与制度保障

建立分层分类、常态化长效化培训机制,针对施工与调试核心岗位人员,定期组织开展专项规范学习、实操技能考核与突发安全事故应急演练,培训内容全面覆盖最新行业安全法规、标准化调试技术、智能管控设备操作、应急处置流程等核心内容,同步兼顾理论夯实与实操提升,全方位提升人员专业素养、岗位技能与突发情况应急处置能力。配套完善全流程管理制度体系,清晰界定各岗位安全职责、标准化操作流程与工作边界,严格落实岗位责任制与规范化交接班制度,细化交接事项、责任划分与工作衔接要求,确保施工、调试各环节无缝衔接、无管理盲区。同时建立科学量化的考核评价体系,将现场安全管控效果、调试精准度与质量、隐患排查整改率、规范执行情况等核心指标纳入全员绩效考核,通过刚性考核强化人员责任意识与规范作业意识,筑牢人力与制度双重防线<sup>[4]</sup>。

### 3.3 合规性与持续改进机制

严格遵循国家及行业现行规范标准,紧盯施工与调试全流程合规管控,定期对照《城镇燃气输配工程施工及验收标准》(GB/T51455-2023)、《工业金属管道工程施工质量验收规范》(GB50184-2011)等核心标准,开展全流程自查自纠与专项核验,确保每一个环节、每一项操作均符合标准要求,杜绝违规作业。同步建立闭环式持续改进机制,定期梳理汇总施工调试过程中的各类问题、典型事故案例与最新法规政策更新,针对性优化现有管理体系、操作流程与管控细则。全面收集用户使用反馈与后期运行数据,系统分析调试效果、运行稳定性与潜在安全隐患,精准补齐管控短板,动态完善风险防控与质量管控措施,实现管理体系持续迭代、动态升级,全面保障燃气锅炉施工调试全流程安全、高效、合规。

## 4 结语

燃气锅炉现场施工安全与调试管理需以风险分级管控为核心,以全流程精细化施工为基础,以数据驱动调试为支撑,构建多维度、全周期的管理体系。通过实施四色风险分级管控、数字化隐患闭环管理、精准化燃烧与控制系统调试,结合智慧化管理手段与制度化保障措施,可有效降低施工安全风险,提升调试效率与运行稳定性,实现燃气锅炉安全、高效、环保运行。未来需进一步深化数字化技术应用,优化管理流程,推动施工与调试管理向智能化、精细化、标准化方向发展,为特种设备安全管理提供更坚实的保障。

**参考文献:**

- [1] 黄晓蕾,李万超,魏力民,等.某厂 330t/h 燃气锅炉屏式过热器管泄漏原因分析[J].锅炉制造,2026,(02):41-42+53.
- [2] 卢卫华,卢文槿.基于 LSTM 的卧式火管燃气式锅炉故障诊断研究[J].电子设计工程,2026,34(04):63-67.
- [3] 闫宁.冷凝式燃气锅炉氮氧化物排放影响因素研究[J].石油工业技术监督,2026,42(02):22-25.
- [4] 郝小方.燃气—蒸汽联合循环机组余热锅炉 SCR 脱硝技术[J].电力设备管理,2025,(20):277-279.