

垃圾发电项目无损探伤检测技术的现场管理

孙志涛

中国电建集团四川工程有限公司 四川 成都 610000

【摘要】：垃圾焚烧发电锅炉承压构件工况特殊，焊缝存在较高缺陷隐患，无损探伤检测质量直接影响设备运行状态与项目运维秩序。文章依托多项垃圾焚烧发电项目实操经验，覆盖前期筹备、现场作业、成果收尾全流程，搭建无损探伤质量管控体系，明确方案编审、人员资质、设备核验、作业环境、实操工艺、工序衔接及资料归档等核心管控内容。结合场景选用检测工艺，统一人员与设备管理，落实缺陷整改复核，规避各类检测失误问题，保障锅炉焊口探伤质量，消除焊缝渗漏、管道爆损等设备隐患，可为同类垃圾发电项目无损探伤质量管控提供实操借鉴。

【关键词】：无损探伤；锅炉焊缝；质量管控；工况适配；闭环管理

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.039

引言

垃圾焚烧发电锅炉长期处在高温、腐蚀、烟气残留的复杂工况中，承压设备及各类焊缝易产生裂纹、夹渣、未熔合等缺陷，检测疏漏会引发设备故障、停机停运问题，影响项目安全生产。无损探伤是保障锅炉压力管道、压力容器焊接质量的核心技术，检测流程、工艺选择、现场管控的规范性尤为关键。部分项目探伤方案适配性不足，现场作业管控松散，资料归档流程存在疏漏。依托多项落地项目实操经验搭建探伤全链条管控体系，细化各环节管控标准，可优化检测作业质量，夯实设备安全运行基础，具备实际工程价值。

1 无损探伤检测前期筹备管控

1.1 检测方案编审管理

依托大连甘井子3×750t/d生活垃圾焚烧发电二期项目实操经验，探伤方案结合余热锅炉TP347H、Super304H耐热钢异种焊接、锅筒厚壁对接焊缝、水冷壁鳍片角接焊缝三类构件特性，遵照NB/T47013探伤规范与锅炉4.2MPa中温次高压工况参数编制^[1]。项目Ⅲ级无损探伤技术负责人统筹专项方案编制，界定RT、UT、MT、PT四种检测工艺适用范围，明确锅筒主焊缝100%RT检测、水冷壁管束20%UT抽检、集箱管座角焊缝全量MT探伤的执行标准。方案经施工焊接工程师内审后，提交业主、监理与属地特检院联合审核，补齐过热器厚壁管Φ219×28mm单一射线检测的短板，增设20%超声复检工序，调整工艺参数后投入应用，消除后期漏检隐患，项目2.45万道受监焊口探伤一次合格率达98.87%。

1.2 检测人员资质管控

对标哈尔滨玉泉750t/d垃圾焚烧发电项目管控标准，进场探伤人员均核验市场监管总局核发的特种设备无损检测资质，保证证书作业类型与项目范围相互匹配。RT射线作业人员持

有效辐射剂量年检合格报告上岗，项目依照每3名Ⅱ级检测人员配1名Ⅲ级审核人员的方式组建班组，规避越级作业行为。进场人员接受垃圾焚烧设备专项交底，掌握高温腐蚀、烟气残留工况下的探伤作业要点。项目19243道承压焊口依托规范人员管理模式，探伤一次合格率达99.63%，无任何人为漏探、错评情况出现。

1.3 探伤设备器材进场管理

参考宜昌三峡环清垃圾发电项目设备验收流程，超声探伤仪、X射线机、磁粉探伤机及标准试块进场前3个工作日，检测单位提交进场报备资料及仪器年度计量校准、像质计与探头校验文件。项目物资部、安全部、监理完成现场联合开箱验收，射线设备核查半年内曝光曲线校准记录，超声设备采用CSK-ⅠA标准试块检测水平、垂直线性误差，数值超1%、5%标准的设备不予进场。工作人员核查MT磁悬液、PT渗透剂的生产及环境适用参数，项目32台套进场探伤设备中有2台超声仪器参数不合格被清退，设备准入管控筑牢作业基础，支撑场内3000余米压力管道、30台压力容器的探伤作业开展（见图1）。

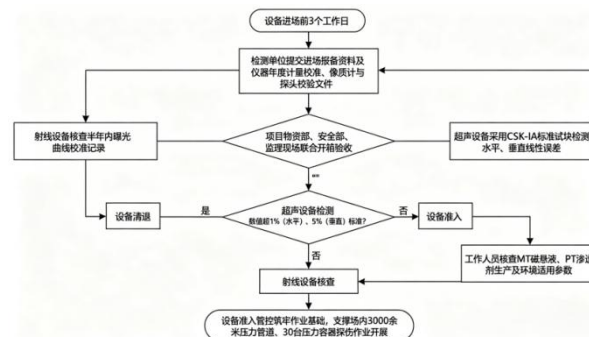


图1 探伤设备器材进场管理

2 施工现场探伤作业过程管控

2.1 作业现场环境条件管控

结合台山 500t/d 垃圾焚烧电厂锅炉探伤实操案例, 厂区探伤作业易受卸料区扬尘、炉膛残余腐蚀烟气、高空昼夜温差等现场条件干扰, 作业区域依据工况差异实行分级环境管控^[2]。锅筒室内探伤作业维持环境温度 5℃~50℃、空气湿度≤85%, 适配 PT 渗透探伤试剂的活性使用条件, 露天主蒸汽管道射线探伤遇雨天或风速超 3m/s 工况停止透照作业, 炉膛受限空间探伤提前开展四小时强制通风, 场内有毒有害气体浓度达标后人员佩戴防毒面罩进入作业区域。夜间 RT 作业设置三十米辐射警戒范围并布置剂量报警设备, 江门检测院依托项目现场环境前置管控方式, 杜绝潮湿环境引发的磁粉显像偏差问题, 顺利完成服役超 5 万小时设备焊缝的 RT+MT 组合探伤作业任务。

2.2 各关键构件探伤实操管控

以惠州三炉垃圾焚烧发电项目锅炉隐患排查工作为实操案例, 垃圾发电四大核心探伤构件均配套专属作业细则。锅筒环向厚壁焊缝采用 RT 拍片搭配局部 UT 复检的组合工艺, 壁厚超 38mm 的焊缝增设 20%交叉焊缝补充探伤工序。受焚烧飞灰磨损影响的水冷壁鳍片与管束角焊缝, 全数采用 MT 磁粉探伤筛查表面细微裂纹。过热器异种钢对接焊缝依靠 UT 排查内部夹渣、未熔合缺陷, 可疑点位追加 RT 拍片核验。高压给水管道法兰角接头统一实施 PT 渗透检测。项目依托分级作业管控模式, 检出 1 号炉锅筒环焊缝 32mm 埋藏裂纹, 精准定位缺陷位置与深度, 阻止裂纹持续扩张引发的爆管隐患。

2.3 现场探伤工序衔接管控

参照清远 500t/d 垃圾焚烧电站检修期探伤统筹模式, 垃圾电厂检修工作存在停机窗口期短、垃圾库存周转压力大的行业特征, 现场搭建焊接接验、打磨预处理、探伤进场、结果反馈、缺陷返修的闭环流水工序。焊接作业结束后的 24 小时内完成焊缝打磨除锈处理, 打磨质量核验达标后安排探伤班组进场作业, 探伤检测数据当日同步移交监理及焊接施工班组, 超标缺陷检出后即刻叫停同批次焊接作业。项目全程仅用 12 天检修周期, 高效完成 2168 道焊口探伤作业, 工序间的无缝衔接压缩停机时长两日, 有效降低厂区垃圾囤积产生的处置成本。

3 探伤检测成果与资料闭环管控

3.1 现场探伤数据核验管理

依托天津本地垃圾发电项目管控经验, 现场探伤留存的原始胶片、超声曲线图谱经由 II 级检测人员初步评定, 再移交持证 III 级人员完成二次复核工作。RT 胶片核验聚焦底片黑度、像质指数合规状态, UT 曲线比对声速、增益参数与现场标定数值的匹配程度, 单日产生的探伤数据均完成当日汇总核验^[3]。项目全周期留存七千两百余份探伤影像资料, 数据复核差错率稳定控制在 0.32%以内, 规避错误检测数据纳入归档体系。

3.2 缺陷复检与整改跟踪管理

依托天津 1200 吨/日垃圾发电一期项目实例, 现场探伤检出超标缺陷后出具对应整改文书, 施工单位返修作业结束后对焊缝整体位置开展复检工作。同一点位焊缝返修次数超出两次便纳入重点管控台账, 同步记录返修阶段的工艺调整内容, 项目全程累计排查出 157 处超标缺陷, 所有问题经返修复检均达到合格标准, 缺陷整改实现完整闭环, 有效规避锅炉投运后焊缝出现破损渗漏的安全隐患。

3.3 探伤档案归档管理

依旧参照该天津垃圾发电项目资料管理标准, 探伤报告、原始记录、影像底片、人员资质与设备校准资料按单台焚烧炉、压力管道、压力容器类别分类整理装订。纸质档案设置四份正本, 分别交由建设方、监理、施工单位、属地特种设备检验研究院保存, 电子档案依托云端平台长期存储, 保存年限不低于 20 年。整套探伤资料随项目竣工流程统一归档存储, 适配项目后期运维检修、技术改造核查的资料调取使用场景。

4 结语

本文整合多地垃圾焚烧发电项目探伤作业实例, 梳理出覆盖前期筹备、现场施工、成果闭环的无损探伤全流程管控模式。项目落实方案编审细化、人机设备标准化管理、现场工况差异化作业、工序高效衔接、资料规整归档的整套举措, 改善复杂工况下锅炉焊缝探伤漏检、错评、缺陷整改不彻底等行业问题, 稳定探伤检测作业质量。这套管控模式具备良好的现场适用性与工况适配性, 提升焊口检测合格水平, 维系锅炉设备安全稳定运行状态, 能够为同类垃圾焚烧发电项目的探伤质量管控、安全隐患防控提供成熟的技术与管理参考。

参考文献:

- [1] 屠政涛.超临界锅炉钢水冷壁超声法无损检测技术[J].今日制造与升级,2025,(9):161-163.
- [2] 周江,吴思明,谢瑞祥,等.火电厂机组锅炉钢结构局部失效无损检测方法[J].石化技术,2025,32(3):27-29.
- [3] 刘钢,贾书玉.锅炉压力容器无损检测的质量管理措施研究[J].大众标准化,2024,(13):21-23.