

电厂建设项目土建第三方检测项目管理：实践与策略

张致炯

广东广州 510663

DOI:10.61369/UAID.2024120022

摘 要： 本文围绕电厂建设项目土建第三方检测核心需求展开，涵盖地基基础、混凝土结构、钢结构及新型土建材料等关键检测领域，涉及从设计审查到竣工验收的全过程质量管理，以及土建结构安全评估、施工工序管控、检测数据决策应用等核心内容。强调通过构建土建专属检测标准体系、应用先进无损检测技术、搭建风险决策支持系统，全方位提升土建检测精准度与项目管理水平，为电厂土建工程质量安全提供坚实保障。

关键词： 电厂建设项目；土建第三方检测；结构检测；全过程质量管理

Management of the Third Party Inspection Projects for Civil Engineering in Power Plant Construction Projects: Practice and Strategy

Zhang Zhijiong

Guangzhou, Guangdong 510663

Abstract： This article focuses on the core needs of the third-party testing of civil engineering in power plant construction projects, covering key testing areas such as foundation engineering, concrete structures, steel structures and new civil engineering materials. It involves the whole-process quality management from design review to completion acceptance, as well as core contents including civil engineering structure safety assessment, construction process control, and testing data decision application. It emphasizes improving the accuracy of civil engineering testing and project management level in an all-round way by constructing a dedicated testing standard system for civil engineering, applying advanced non-destructive testing technology, and building a risk decision support system, so as to provide a solid guarantee for the quality and safety of civil engineering in power plant construction projects.

Keywords： power plant construction projects; third party testing for civil engineering; structure testing; whole-process quality management

引言

2023 年颁布的《关于推动能源领域高质量发展的若干政策》强调了能源项目建设的质量与安全，而电厂土建工程作为能源项目的核心载体，其结构稳定性、耐久性直接关系到电厂长期安全运行。在此背景下，电厂建设项目土建第三方检测的重要性愈发凸显。电厂土建工程具有工况特殊、结构复杂、荷载要求高的特点，需构建覆盖地基基础、主体结构、建筑材料的全维度检测体系。通过设计审查、施工过程管控、竣工验收全周期质量管理，结合无损检测技术、大数据分析等手段，精准识别土建工程潜在风险，构建适应电厂土建特色的检测管理体系，全方位保障电厂建设项目土建工程的质量与安全。

一、第三方检测项目管理体系构建

（一）土建核心检测标准体系

针对电厂土建工程的特殊性，需构建科学完善的核心检测标准体系，确保检测工作的规范性与针对性。地基基础检测方面，明确地基承载力、桩身完整性、地基沉降等关键指标，采用静载试验、低应变反射波法等检测方法，依据《建筑地基基础工程施工质量验收标准》（GB50202）制定适配电厂重载需求的检测参数^[1]；混凝土结构检测聚焦强度、裂缝宽度、钢筋保护层厚度、碳化深度等指标，结合电厂高温环境特点，补充高温下混凝土性

能衰减检测标准^[2]；钢结构检测涵盖焊缝质量、构件变形、防腐涂层厚度等内容，强化电厂腐蚀环境下钢结构耐久性检测要求；建筑材料检测需覆盖水泥、钢筋、外加剂、新型复合材料等，严格把控材料物理力学性能、耐腐蚀性、耐高温性等参数，确保材料符合电厂特殊工况使用要求。该标准体系需结合国家标准、行业规范及电厂项目实际需求，兼顾科学性与实操性，为土建工程各环节检测提供统一依据。

（二）全过程质量管理架构

电厂土建第三方检测需建立全周期、全维度的质量管理架构，实现从源头到交付的闭环管控。设计审查阶段，重点核查土

建结构设计的合理性与适配性，包括地基处理方案是否满足电厂重载要求、主体结构抗震抗风设计是否符合区域规范、异形结构力学模型计算是否精准等，避免因设计缺陷导致结构安全隐患^[3]；施工过程质量监督需聚焦关键工序，对地基开挖、混凝土浇筑、钢结构焊接、预制构件装配等环节实施实时监测，同步开展原材料进场复检、构配件质量抽检，确保施工工艺与材料质量双达标；隐蔽工程验收作为核心环节，需对地基验槽、钢筋工程、地下防水工程等进行专项检测，在隐蔽部位覆盖前完成质量确认，留存完整检测数据与影像资料^[4]；竣工验收阶段，依据检测标准体系与合同要求，对土建工程整体质量进行综合评估，包括结构安全性、使用功能完整性、耐久性达标情况等，形成详细验收报告，仅当所有指标满足要求时方可通过验收，通过全阶段无缝衔接的质量管理，保障电厂土建工程高质量交付。

二、土建结构核心检测技术实践

（一）混凝土结构无损检测技术

混凝土结构作为电厂土建工程的核心组成部分，其质量检测需采用高精度无损检测技术，实现精准评估。回弹法结合超声回弹综合法是混凝土强度检测的主流技术，通过回弹仪测量混凝土表面硬度，配合超声波检测仪获取声波传播速度，综合分析得出混凝土实际强度，该方法操作便捷、对结构无损伤，适用于厂房、机房等大面积混凝土构件检测^[5]；钢筋保护层厚度检测采用电磁感应法，通过探测器识别钢筋位置，精准测量保护层厚度，判断是否满足防腐与结构承载要求；裂缝检测运用裂缝宽度观测仪、超声探测仪，测量裂缝宽度、深度及延伸趋势，重点监测电厂高温环境下混凝土结构裂缝发展情况；针对电厂特殊部位，采用红外热成像技术检测混凝土内部空洞、疏松等缺陷，通过分析温度场分布差异，直观呈现结构内部质量状况。无损检测技术的应用的核心在于多方法协同验证，提升检测结果准确性，为混凝土结构安全评估提供可靠数据支持。

（二）地基基础检测技术实践

地基基础的稳定性直接决定电厂土建工程整体安全，需构建针对性检测技术体系。地基承载力检测以静载试验为主，通过逐级施加荷载，监测地基沉降量，确定地基极限承载力，确保满足电厂主厂房、储煤仓等重载结构需求^[6]；桩身完整性检测采用低应变反射波法与高应变法结合，低应变法快速筛查桩身缺陷（如断桩、缩颈），高应变法精准评估桩身竖向承载力，适用于电厂桩基工程批量检测；地基沉降监测需建立长期观测体系，在地基关键部位布设沉降观测点，定期采集沉降数据，分析沉降速率与累计沉降量，预判是否存在不均匀沉降风险，尤其针对电厂大面积堆载区域，需加密观测频次，及时预警沉降超标问题^[7]。检测过程中需结合电厂地质条件（如软土地基、岩溶地质）优化检测方案，确保检测结果贴合实际工况，为地基基础质量评估与风险防控提供技术支撑。

三、土建施工过程检测管控

（一）关键工序质量监控

1. 混凝土浇筑质量管控

浇筑作业前需对混凝土配合比进行复核，确保原材料计量精

度符合设计要求；浇筑阶段实时监测混凝土坍落度、初凝时间，通过现场取样制作标准试块，同步跟踪混凝土强度发展情况，保障浇筑质量均匀稳定。针对锅炉基础、储煤仓基础等大体积混凝土构件，采用分布式温度传感器按间距 $\leq 5\text{m}$ 的标准布设监测点，动态采集内部温度数据，严格将内外温差控制在 25°C 的规范允许范围之内。同时配套实施覆盖保温被、布设散热管等针对性养护措施，实时调整养护方案，有效预防温度应力引发的贯穿性裂缝缺陷^[8]。

2. 钢结构与预制构件装配质量管控

钢结构施工以焊缝质量检测为核心，对全断面焊缝采用超声波探伤（UT）进行100%内部缺陷筛查，对主厂房刚接节点、吊车梁支座等关键受力焊缝，额外采用射线探伤（RT）进行精准复核，重点排查未焊透、夹渣、气孔、裂纹等有害缺陷，确保焊缝合格率达到100%。安装过程中通过全站仪实时监测构件轴线偏差、垂直度及整体变形情况，动态调整安装工艺参数。预制构件装配阶段，重点检测连接节点的密封性与承载可靠性，采用灌浆饱满度检测仪对套筒灌浆密实度进行全覆盖检测，通过扭矩扳手按设计要求的紧固力矩（通常为 $45\text{--}60\text{N}\cdot\text{m}$ ）检测螺栓紧固质量，同时核查构件拼接缝的平整度与密封处理效果，确保节点力学性能达标^[9]。

（二）新型土建材料应用检测

1. 高性能混凝土与高强钢筋检测

高性能混凝土检测重点评估强度等级（需达到C40及以上设计标准）、工作性（流动性、黏聚性、保水性）及长期耐久性，结合电厂高温高湿、多腐蚀介质的特殊环境，开展抗渗等级（P8及以上）、抗冻等级（F200及以上）、抗硫酸盐侵蚀等专项试验。通过加速老化试验模拟50年服役周期内的性能衰减规律，验证材料在长期使用过程中的稳定性与可靠性^[10]。高强钢筋检测聚焦屈服强度（ $\geq 400\text{MPa}$ ）、抗拉强度（ $\geq 540\text{MPa}$ ）、伸长率（ $\geq 16\%$ ）、最大力总伸长率（ $\geq 7.5\%$ ）等核心力学性能指标，确保符合GB/T1499.2相关标准要求；重点检测钢筋焊接接头的抗拉强度、弯曲性能，采用超声波探伤检测焊接内部质量，避免因接头缺陷影响结构整体承载安全性。

2. 复合保温材料与耐腐涂层材料检测

复合保温材料检测涵盖导热系数、抗压强度、燃烧性能等关键指标，既满足电厂厂房、办公楼等建筑的保温节能需求，又契合电力工程严格的防火安全要求。同步开展耐热老化试验，在 70°C 高温环境下持续恒温养护1000小时，验证材料在电厂高温环境下的性能稳定性，防止因老化导致保温效果下降或产生安全隐患。耐腐涂层材料针对钢结构防腐应用场景，重点检测涂层附着力、厚度及耐腐蚀性，通过中性盐雾试验模拟电厂潮湿腐蚀环境，持续测试1000小时评估涂层使用寿命。检测过程中建立新型材料专项数据库，详细记录材料型号、检测数据、应用部位及使用效果，为后续项目材料选型与优化提供详实依据。

四、结构创新专项检测与决策应用

（一）功能集成化检测方案

1. 抗火专项检测

聚焦电厂厂房、机房、配电室等关键区域，重点检测混凝土

结构耐火极限（梁、柱等构件需满足 $\geq 1.5\text{h}$ 设计要求）、钢结构防火涂层的粘结强度与厚度（干膜厚度 $\geq 150\mu\text{m}$ ），依据《建筑设计防火规范》（GB50016）开展模拟火灾场景试验，通过高温加载设备监测结构在不同温度梯度下的承载力衰减规律、变形量及裂缝发展情况，验证结构在火灾工况下的稳定性与安全性^[1]。同时，针对电缆沟、管道井等隐蔽空间，补充防火封堵完整性检测，防止火灾蔓延引发次生灾害。

2. 防渗专项检测

覆盖电厂地下工程（地下室、地下管沟）、储水构筑物（蓄水池、循环水池）、脱硫塔基础及酸碱储罐区等易渗漏部位，采用渗压计按间距 $\leq 8\text{m}$ 布设监测点，实时监测渗水压力变化；对防水卷材铺设区域、防水涂料涂刷部位，结合闭水试验（蓄水深度 $\geq 200\text{mm}$ ，持续时间 ≥ 24 小时）和红外热成像探测技术，全面排查渗漏点。重点评估防水体系在长期浸泡、温度变化及化学介质侵蚀下的可靠性，预防因渗漏导致的结构钢筋锈蚀、混凝土劣化等功能失效问题。

（二）异形结构安全专项检测

1. 力学性能模拟与应力监测

针对电厂冷却塔、烟囱、储煤仓等异形结构，采用 ANSYS、ABAQUS 等有限元分析软件构建精细化力学模型，模拟风荷载、地震荷载、温度应力及堆载作用下的结构受力状态，精准定位应力集中区域（如冷却塔塔筒变截面处、烟囱底部环梁）^[2]。现场检测中，在应力集中部位及关键受力截面布设应变片，实时采集结构在运营阶段的应力变化数据，结合环境参数（风速、温度）分析应力与外部荷载的关联规律，评估结构力学性能稳定性。

2. 变形与缺陷检测

运用全站仪建立三维变形监测网，定期监测异形结构的整体垂直度、径向位移及沉降量（允许偏差 $\leq H/1000$ 且 $\leq 30\text{mm}$ ），通过数据对比分析变形发展趋势；采用超声波探伤、电磁感应等无损检测技术，检测结构内部缺陷（如混凝土疏松、钢结构焊缝裂纹），针对冷却塔薄壁结构重点核查墙体厚度均匀性（允许偏差 $\leq 5\text{mm}$ ）及表面裂缝宽度（控制在 $\leq 0.3\text{mm}$ ）。若发现应力超标或缺陷隐患，及时制定粘贴碳纤维布、增设钢支撑、注浆加固等针对性方案，确保结构安全运行。

（三）检测数据决策应用

1. 检测大数据分析体系

依托电厂土建检测全流程，收集地基沉降、混凝土强度、钢

结构应力、裂缝发展、材料性能等海量数据，按检测阶段、构件类型、参数类别建立标准化数据库，实现数据分类存储、溯源与共享^[3]。运用 Python、SPSS 等工具开展数据挖掘，分析混凝土强度与浇筑工艺、养护条件的相关性，地基沉降与地质条件、堆载变化的对应关系，裂缝扩展速率与环境因素的关联规律；通过机器学习算法（如随机森林、神经网络）构建质量缺陷识别模型，对异常数据进行实时预警，提前预判结构安全风险（如不均匀沉降导致的结构开裂、材料老化引发的性能衰减），同时基于大数据总结检测规律，优化检测频次、抽样比例及重点监测部位，提升土建检测的科学性与前瞻性。

2. 智能化风险决策支持系统

基于检测大数据构建电厂土建工程风险决策支持系统，整合数据采集、风险评估、方案生成等功能模块^[4]。通过层次分析法、模糊综合评价法等先进算法，结合混凝土强度不足、钢筋锈蚀、结构变形超标等检测结果，量化结构承载能力下降、耐久性失效等风险等级；模拟地震、极端暴雨、高温暴晒等不同风险场景，预测风险发展趋势及可能造成的经济损失与安全影响。依据风险量化结果，系统自动生成针对性应对策略，如针对地基沉降超标风险，建议调整堆载方案、实施高压旋喷桩加固；针对混凝土裂缝扩展风险，提出裂缝注浆修补、优化养护制度等措施，为项目管理者提供直观、精准的决策依据，实现风险的提前防控与高效处置，保障电厂土建工程顺利推进。

五、总结

在电厂建设项目土建第三方检测项目管理中，构建适配电厂特殊工况的检测标准体系是基础，建立全周期质量管理架构是核心，应用先进检测技术是支撑。通过聚焦地基基础、混凝土结构、钢结构等核心检测领域，强化施工过程关键工序管控与新型材料应用检测，结合异形结构专项检测与大数据风险决策，实现了电厂土建检测的精准化、智能化与全覆盖。在此过程中形成的可复制、可推广的第三方检测项目管理范式，不仅为当前项目质量安全提供了有力保障，也为后续同类电厂土建项目提供了宝贵借鉴，有助于推动整个行业土建检测管理水平的提升，为电力行业高质量发展筑牢土建工程质量根基。

参考文献

- [1] 马进山. P 自备电厂建设项目施工安全管理研究 [D]. 安徽大学, 2022.
- [2] 柏梦媛. ZB 火力发电厂建设项目风险管理研究 [D]. 西安电子科技大学, 2021.
- [3] 康晓平. H 通信基站建设项目质量管理策略研究 [D]. 河北工程大学, 2023.
- [4] 赵洪雷. R 市生物质热电厂房建设项目施工质量管理研究 [D]. 哈尔滨理工大学, 2023.
- [5] 于喜胜. H 建设项目成本管理研究 [D]. 山东建筑大学, 2021.
- [6] 张睿. 地铁建设项目土建造工中的风险管理分析 [J]. 江西建材, 2016, (02): 212+214.
- [7] 魏伟. 地铁建设项目土建造工风险管理 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2019, (11): 109.
- [8] 冯利民. 探索当前地铁建设项目土建造工风险管理 [J]. 价值工程, 2019, 38(32): 55-56.
- [9] 芮晶. 城市地铁建设项目施工风险分析与管理研究 [D]. 天津工业大学, 2020.
- [10] 付晓坤. 地铁建设项目土建造工风险管理研究 [J]. 运输经理世界, 2022, (17): 53-55.