

# 核电项目中泵设备安装全过程管理策略研究

毛艳彬

中国核电工程有限公司 辽宁 葫芦岛 125000

**摘要：**本文深入研究了核电项目中泵设备的安装全过程管理策略，围绕技术标准、质量控制、进度管理、人员资质及组织协调等核心要素展开。通过构建基于PDCA循环的动态管理模型，结合分阶段管理策略和信息化工具应用，实现了对泵设备安装全过程的精细化管控。研究还强调了风险识别与控制的重要性，提出了针对性的风险应对策略与应急预案。通过案例分析验证了管理策略的有效性，为核电项目泵设备安装提供了可借鉴的管理范式，保障了工程质量、安全与进度。

**关键词：**核电项目；泵设备安装；全过程管理策略

**引言：**随着核电技术的不断发展，泵设备作为核电系统中的关键组成部分，其安装质量直接关系到核电站的安全运行与效率。核电项目泵设备安装涉及复杂的技术标准与规范体系，对质量、安全与进度的要求极高。然而，传统管理模式在应对多专业协同、接口冲突及高风险工序等方面存在不足。因此，本文旨在研究核电项目中泵设备安装的全过程管理策略，通过构建科学的管理模型与风险控制机制，提升安装管理的精细化水平，确保核电项目的顺利实施与长期稳定运行。

## 1 核电项目泵设备安装全过程管理理论框架

### 1.1 泵设备安装管理的核心要素

**技术标准与规范体系：**核电项目泵设备安装需严格遵循国际及国内技术标准，如ASME（美国机械工程师协会标准）、RCC-M（法国压水堆核岛机械设备设计和建造规则）等。这些标准明确了设备设计、制造、安装及验收的技术要求，确保泵设备在极端工况下的安全性和可靠性。**质量、安全与进度控制要求：**质量是核电项目泵设备安装的生命线，需通过四级质保监督体系（施工单位自检、总包单位检验、监理验证、业主督查）实现全流程质量控制。安全方面，需建立安全生产责任制，强化辐射防护和应急管理。进度控制则需制定详细的安装进度计划，并通过滚动更新机制应对现场变化。**人员资质与组织协调机制：**安装团队需包含持证焊工、无损检测人员等特种作业人员，并通过岗前培训确保其熟悉核安全文化及操作规范。组织协调方面，需建立矩阵式管理架构，明确项目管理层与执行层的职责分工，通过定期协调会解决接口问题。

### 1.2 全过程管理模型构建

**基于PDCA循环的动态管理模型：**以计划（Plan）阶段明确安装方案与技术要求，执行（Do）阶段通过标准

化作业流程实施安装，检查（Check）阶段利用激光定位、无损检测等技术验证安装质量，处理（Act）阶段针对偏差制定纠正措施并闭环管理。分阶段管理策略：设计阶段需通过三维模型模拟设备布局，优化安装逻辑；采购阶段需对供应商进行资质审查，确保设备材料符合核安全要求；安装阶段需分步实施基础验收、吊装就位、找平找正等关键工序；调试阶段需完成空载、负载试验及性能测试。**信息化管理工具的应用：**通过BIM技术实现设备与管道的碰撞检测，提前规避安装冲突；利用数字化监控平台实时采集安装数据，生成质量追溯档案；采用P3软件进行进度动态管理，通过6级滚动计划（双周计划至6个月计划）实现资源精准调配<sup>[1]</sup>。

### 1.3 风险识别与控制机制

**泵设备安装典型风险分类：**技术风险包括焊接缺陷、对中偏差超标等；环境风险涉及盐雾腐蚀、地震载荷等；人为风险涵盖操作失误、未执行变更管理等。**风险评估方法：**采用FMEA（故障模式与影响分析）量化焊接工艺、管道安装等关键工序的失效概率及后果严重程度；运用HAZOP（危险与可操作性分析）识别设备接口、管线布置等环节的潜在风险，形成“风险-原因-控制”闭环。风险应对策略与应急预案：针对高风险工序制定专项施工方案，如采用窄间隙焊接技术降低未熔合风险；建立应急响应机制，配备辐射监测设备、消防器材等应急资源，定期组织演练验证预案有效性。

## 2 核电项目泵设备安装关键环节管理策略

### 2.1 安装前准备阶段管理

**设计文件审查与技术交底。**建立多层级审查机制，组织设计院、施工方、监理单位及业主方对泵设备图纸、安装说明书、接口图纸等进行联合审查，重点核查设备布置合理性、管道应力分析、抗震设计参数及核安

全相关要求。通过三维模型(BIM)碰撞检测提前发现设计冲突,形成审查问题清单并明确整改责任人及闭环时间。技术交底需覆盖设备结构原理、安装工艺流程、验收标准及核安全文化要求,采用图文并茂的PPT或动画演示形式确保施工人员理解透彻,并留存交底记录备查。施工方案优化与资源调配。针对大型泵组(如主泵、余热排出泵)制定专项施工方案,运用有限元分析验证吊装工装强度,通过BIM技术模拟吊装路径优化施工顺序。资源调配方面,建立特种设备(如300吨以上履带吊)、高技能人员(如ASME持证焊工、无损检测Ⅲ级人员)的动态管理台账,制定应急资源预案(如备用电源、临时支撑工装)以应对突发情况。例如,某核电项目通过优化施工顺序,将泵体安装与管道预制并行作业,缩短工期15天<sup>[2]</sup>。现场环境与设备基础验收。环境控制需满足清洁度(NAS16385级)、温湿度(20±5℃)、辐射剂量率(<0.25μSv/h)等要求,设置独立作业区并配备除湿机、空气净化系统及辐射监测仪。基础验收重点检查混凝土强度(≥C30)、预埋件位置偏差(<2mm)、地脚螺栓垂直度(<1/1000)等指标,采用激光跟踪仪进行三维测量,形成基础验收报告并经设计、施工、监理、业主四方会签。对不合格项需制定返工方案,如某项目因基础平整度超差,采用环氧砂浆修补后复验合格。

## 2.2 安装过程实施管理

关键工序质量控制。对中工序采用激光对中仪实现轴系径向/轴向偏差≤0.05mm,焊接工序严格执行WPS/PQR工艺评定,控制层间温度(<150℃)、焊缝余高(0-3mm)及焊脚尺寸,无损检测按RCC-M标准执行100%RT(射线检测)+20%UT(超声检测)复验。建立质量追溯系统,通过二维码标签关联焊接工艺参数、检测报告及操作人员信息,实现全流程可追溯。例如,某项目通过严格焊接控制,一次合格率提升至99.2%。)进度监控与动态调整机制。应用P6软件编制六级进度计划(总控计划→专业计划→周计划→日计划),设置关键路径里程碑(如基础就位、二次灌浆、单机试车)。通过每日站会、周协调会监控进度偏差,采用赶工(增加资源)、快速跟进(并行作业)或调整逻辑关系等措施调整,对滞后超5%的任务启动变更管理流程。某项目通过动态调整,将因疫情导致的20天延误压缩至8天。多专业协同与界面管理。建立机械、管道、电气、仪表专业的接口矩阵表,明确各专业施工边界及交接条件(如管道安装需预留泵进出口200mm操作空间)。通过BIM平台实现设计模型与施工进度关联,自动预警专业冲突。设置接口管理专员,组织专题协调会解决电缆桥架与管

道碰撞等典型问题。例如,某项目通过协同管理,减少接口返工32次<sup>[3]</sup>。

## 2.3 调试与验收阶段管理

单机调试与系统联调方案。单机调试按“手动→自动→远程”顺序进行,验证电机转向、振动值(≤2.8mm/s)、轴承温度(<80℃)等参数,形成调试曲线图及事件记录表。系统联调模拟正常工况(如72小时连续运行)及事故工况(如失去电源),测试泵与阀门、仪表的联动性能,重点验证安全阀起跳压力、联锁保护动作时间等关键指标。验收标准与文件归档要求。验收依据RCC-M、EJ/T1022等标准,执行“三查四定”(查设计漏项、查施工质量隐患、查未完工程,定人员、定任务、定时间、定措施)。文件归档需包含质量计划、检验报告、变更单、调试记录等12类文件,采用电子化档案管理系统实现全文检索及版本控制,确保文件真实、完整、可追溯<sup>[4]</sup>。遗留问题闭环管理。建立NCR(不符合项)管理流程,对焊接缺陷、安装偏差等问题进行根本原因分析(RCA),制定纠正措施并经原设计单位审批。设置遗留问题台账,明确责任单位及整改期限,通过月度跟踪会验证闭环效果,最终形成遗留问题清零报告。例如,某项目通过闭环管理,将NCR数量从初期的48项降至验收时的2项。

## 2.4 安装后评估与持续改进

性能指标监测与数据分析。部署振动监测系统(如Bently3500)实时采集泵轴振动、温度数据,建立设备健康档案。通过大数据分析识别性能衰减趋势(如效率下降2%触发预警),为预防性维护提供依据。某项目通过监测发现主泵振动异常,提前更换轴承避免了非计划停机。经验反馈机制与知识库建设。建立“问题-原因-措施”经验反馈库,将典型案例(如主泵对中偏差超标)纳入培训教材。定期组织经验反馈会,推广最佳实践(如采用磁力吸盘替代传统吊装工装缩短工期30%)。通过知识管理平台实现经验共享,提升团队整体能力。管理流程优化建议。基于PDCA循环识别管理短板(如设计变更响应周期长),提出流程优化方案(如建立设计变更快速审批通道)。通过管理评审会议评估流程有效性,将改进措施纳入管理手册更新,形成持续改进闭环。例如,某项目通过优化变更流程,将平均审批时间从7天缩短至3天<sup>[5]</sup>。

## 3 案例分析与实践验证

### 3.1 案例项目背景介绍

项目概况与现场管控前提:某内陆三代核电项目采用华龙一号技术,建设2台百万千瓦级机组,现场涉及泵

设备148台,含主泵4台、上充泵2台、余热排出泵4台。主泵单体重量52吨、直径3.1米,需在核岛反应堆厂房内安装,现场作业空间狭窄、多专业交叉密集,且需严格遵守核安全现场管控要求。现场管理目标与核心挑战:管理目标为“现场施工零违章、质量零缺陷、进度零滞后”,核心挑战:主泵吊装空间受限,需精准控轨迹;现场温湿度、清洁度难稳定,影响焊接质量;多专业同步作业易产生冲突;特种作业人员调度难度大,需保障作业连续。

### 3.2 现场安装施工管理策略应用

现场组织与人员管控实施:现场架构:设立施工管理小组,实行“区域负责制”,划分3个责任区,各配备专职安全员、质量员及协调员,明确职责并实行“每日巡查、每周考核”。人员管控:特种作业人员实行“持证上岗+现场交底+实时监督”,每日岗前安全交底及核安全宣贯,设作业许可点,严禁违规操作;定期开展现场技能培训,提升关键工序人员应急能力。纪律管控:制定作业规范,明确作业时间、区域及物料堆放标准,设警示标识与隔离围栏,划分辐射管控区域,保障作业有序。现场工序与环境管控:搭建可移动密封作业棚,用智能设备稳定温湿度(20±5℃)及清洁度(NAS16385级);主泵吊装采用“现场模拟+精准定位”,专人指挥并实时监测,就位偏差≤0.03mm;关键工序实行旁站监督,实时记录参数、纠正偏差,焊接一次合格率升至99.2%)。现场应急与冲突管控:建立应急小组,配备应急物资,每月演练,成功处置2次焊接火花隐患;建立“现场协调会+即时沟通”机制,借助BIM移动端规避交叉冲突,减少返工30次,节约成本160万元。

### 3.3 实施效果评价

核心指标达成:安全实现“零违章、零轻伤、零

辐射事件”,合规率100%;质量关键工序一次合格率99.2%,偏差符合标准;进度提前16天完成安装,效率提升26%。效益分析:通过区域化及环境管控,减少质量缺陷42项,节约返工工时3200小时;人员优化调度降低人工成本18%,应急管控避免安全损失,综合节约成本190万元。)经验总结推广:形成“区域负责+旁站监督+环境调控+应急响应”管理模式,梳理《核电泵设备现场安装管控手册》,明确现场作业、人员管控等要点,为同类项目提供可复制经验,解决行业痛点。

### 结束语

本文通过对核电项目中泵设备安装全过程管理策略的深入研究,提出了基于PDCA循环的动态管理模型及分阶段管理策略,有效提升了安装管理的精细化与科学化水平。通过案例分析验证了管理策略的实际应用效果,展示了在质量、安全与进度方面的显著优势。未来,随着核电技术的不断进步与管理理念的持续创新,泵设备安装管理将面临更多挑战与机遇。我们应继续深化研究,不断优化管理策略,为核电项目的安全高效运行提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]徐远奕.基于BIM的建设工程全过程造价管理探究[J].建材与装饰,2022,7(5):18-23.
- [2]宋大鹏.BIM技术在核电站土建施工中的综合应用概述[J].智能建筑与智慧城市,2022,10(6):93-95.
- [3]侯战涛.BIM技术在核电站施工全过程中的应用[J].内蒙古煤炭经济,2021,24(15):171-172.
- [4]龙银辉.基于BIM的全过程造价管理思路探讨[J].房地产世界,2021,33(5):73-78.
- [5]黄晶秀.探讨基于BIM的全过程造价管理[J].商业2.0(经济管理),2021,21(13):118-122.