工程与管理科学
Engineering and Management Science
第 8 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2705-0637(P) / 2705-0645(O)

华龙一号三澳核电苍南项目部起重作业全流程安全管控与创新实践

潘侨南
中广核工程有限公司

DOI：10.32629/ems.v8i10.22573

［摘　要］起重吊装作业是核电工程建设中风险等级最高的特种作业之一，其管理水平直接关系工程安全与进度。本文以华龙一号三澳核电项目苍南项目部为对象，针对 13 家参建单位交叉作业频繁、169 台起重设备密集分布、场地狭小等复杂工况，阐述了起重作业全流程安全管控体系的构建与创新实践。项目成立起重专项工作小组，精准辨识 12 大类核心风险，依托数字化平台构建覆盖设备准入、人员授权、作业许可、维保检验及智能预警的闭环管控模式，并实施维保备案电子化、塔吊“2+1”包干制度、“蓝吊”专业队伍建设、风速定人定机可视化、群塔防碰撞升级、吊索具库房标准化六大创新实践。实施后，塔吊完好率由 41.7%提升至 95.83%，起重设备综合合格率由 47%升至 93%，全年执行线上许可 27035 条，实现起重安全“零异常”。成果可为同类型华龙一号工程提供可复制、可推广的实践范式。

［关键词］华龙一号；核电工程；起重作业；全流程数字化；塔吊维保；第三方检验；群塔管控

1. 引言

随着“双碳”目标的深入推进，核电作为清洁、高效的基荷能源，其工程建设正处于规模化发展的关键时期。华龙一号作为我国具有完全自主知识产权的三代核电技术，其工程建设具有系统复杂、标准严苛、安全要求极高等显著特征[3]。在核电工程土建与安装交叉施工阶段，起重吊装作业贯穿始终，是连接各关键节点的核心工序。然而施工现场往往面临多单位交叉作业频繁、大型起重设备密集、高空临边作业点多、场地极其狭小等挑战，安全管控难度急剧上升，一旦发生塔吊倾覆、吊物坠落或群塔碰撞等事故，将造成严重人员伤亡和巨大经济损失，并对工程进度与社会舆论产生不利影响。

传统起重安全管理多依赖事后检查与人工纸质台账，存在信息滞后、数据孤岛、责任边界模糊、隐患追溯困难等固有缺陷[1]，难以适应华龙一号核电工程高标准、严要求的安全管理需求。本文以三澳核电项目苍南项目部为背景，系统总结该项目的理论探索与工程实践，其创新点主要体现在三个方面：一是构建了“组织统筹—风险辨识—数字化许可—多层维保监督—智能配套”五位一体的全流程闭环管控架构，打破传统管理各要素割裂的局面；二是提出塔吊“2+1”包干维保制度与“蓝吊”专业化队伍管理模式，从体制机制上破解维保责任落实难、专业能力参差不齐的痛点；三是依托数字化手段实现从设备准入、人员授权到作业许可、维保检验的全面线上化与影像自证，为管理可追溯性与本质安全提升提供技术支撑，以期为同类型核电工程起重安全管理提供参考[2]。

2. 组织架构与风险辨识

2.1 起重作业安全保障组织机构建设

针对三澳核电项目参建单位多达 13 家、起重设备体量大、交叉作业频繁的局面，项目部成立高规格的起重专项工作小组。小组由项目副总经理任组长、HSE 分部经理任副组长，成员覆盖各参建单位 HSE 负责人、起重主管及专职维保人员，形成网格化统筹管理格局。小组统一承担五大板块职能：设备全周期管理方面，统筹各类设备入场验收、线上台账建立、月度维保监督、退场核销及吊索具库房管控；人员授权与群塔管控方面，落实塔吊定人定机分级考核授权，管控塔吊安拆全流程、风速可视化预警及防碰撞系统运维；作业许可监督方面，负责一体化线上许可及行车介入专项许可审核，强化影像自证复核与旁站监护；维保与第三方检验方面，落地“2+1”包干维保制度，组织全覆盖专项检验并推动隐患闭环整改；培训标准化建设方面，组织实操比武与维保专项培训，编制吊装可视化图集。小组坚持每月起重安全碰头会制度，并对大件吊装、塔吊安拆等高风险作业实行 24 小时值班，确保管理指令高效执行。

2.2 全维度安全风险精准辨识

依据危险源分级理论，起重伤害属于由人、设备、环境、

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

管理等约束措施失效诱发的第二类危险源。结合多单位、多机型、密集交叉施工的工况，项目部组织专家与一线骨干，系统辨识出人因失效（如无证指挥、吊装违章、侥幸作业）、作业票管控缺陷、群塔碰撞、流动吊管理、塔吊维保失效、行车交叉碰撞、吊索具破损混用、塔吊安拆、设备倾覆、高空坠物、恶劣环境作业及多单位标准不一等 12 大类核心风险，建立风险分级管控清单，并将管控措施嵌入数字化平台、维保制度与现场标准化建设，实现从被动应对向主动预防的根本转变。

3.数字化全流程管控体系

为彻底解决传统起重管理中数据孤岛与过程不透明的问题，项目部以线上数字化平台为核心，打通设备、人员、许可、维保的数据链路，构建四大核心管控模块[2]。

3.1 流动起重设备全流程数字化管控

针对场内 74 台流动式起重机流动性强、管理难度大的特点，搭建线上全链条管控机制，覆盖设备入场登记、人员授权、检查维保、起重作业、退场管理全链条环节，累计完成 122 台流动吊线上入库登记，搭建一体化数据库。系统中设置关键环节“影像自证”，确保维保、检验真实可追溯；设置到期自动预警功能，对年检、保险、维保等关键节点提前推送至对应责任人，杜绝存在缺陷的起重设备投入作业。

3.2 塔吊定人定机数字化授权管理

人是起重作业中最不可控的因素。对场内 39 台塔吊推行定人定机与分级授权机制，完成 208 名塔吊司机、指挥人员的证件、培训、考核信息线上统一登记并设置到期自动提醒。系统将塔吊信息与人员身份绑定，当人员资质经管理人员审批通过有效且与所操作的塔吊匹配时方可获得作业授权，从源头杜绝无证上岗与违规替班问题。

3.3 起重交叉作业一体化线上许可

为加强多单位起重交叉作业的协调管理，项目部整合传统纸质的起重作业许可证，开发起重交叉作业数字化许可流程，将作业前先决条件检查、安全措施确认、管理人员签字审批全部线上化。全年累计执行线上起重许可 27035 条，大幅提升起重作业过程管控力度及审批效率，实现作业许可全过程留痕。

3.4 行车介入交叉作业专项许可管控

针对厂房内桥式起重机与地面作业极易发生交叉碰撞的风险，搭建桥式起重机线上介入许可流程，作业负责人组织起重司机、指挥进行书面安全交底，流程上传交底记录及安全管控措施方可施工，有规避多设备交叉作业风险。

3.5 数字化管控的综合优势

四大模块协同运作形成显著优势：一是数据联动约束，作业许可直接关联设备、人员数据库，未按期维保、人员无证设备无法发起吊装流程；二是全程影像留痕，维保、开工条件确认全部实拍上传，所有操作流程可倒查、责任可追溯；三是风险强制识别，线上流程强制填报交叉、高空、大件风险，未落实防控措施无法完成审批；四是自动预警管控，人员证件、维保周期到期系统自动推送提醒，降低漏检、过期作业风险。

4.维保检验体系构建

起重设备的健康状态是安全作业的基础。项目部通过制度创新与外部监督相结合，构建多维度维保检验体系。

4.1 塔吊维保“2+1”包干制度创新实施

针对塔吊维保责任不清、流于形式的问题，创新实施塔吊维保“2+1”包干制度，为每台塔吊配置“2 名管理责任人、1 名专职维保员”的包干小组，将设备安全状况与包干人员进行绑定[4]。实施后，塔吊合格率由初期的 41.7%大幅提升至 95.83%，重大安全隐患下降 70%以上。

4.2 维保与技术档案电子化管理

搭建起重机械维保与技术档案数字化系统，累计执行流动吊维保流程 18266 条，282 台起重设备全部建立线上“一机一档”，涵盖出厂信息、安拆记录、维保报告、检验证书及隐患整改记录等数据，实现起重机械维保关键项、核心档案影像留存，解决纸质资料分散、维保真实性无法核验的短板。

4.3 第三方专业检验机制

为避免内部检验“既当运动员又当裁判员”的局限，项目部自 2021 年起每年组织 4 次针对全场 160 余台起重设备开展第三方专项检查，由专业机构结合起重国标、核电起重规范要求对设备进行全面检查[7]。在第三方检查模式的持续检查提升下，起重设备综合合格率由最初的 47%稳步提升至 95%。

4.4 隐患排查与能力建设

全年组织 5 次内部自查，排查整改隐患 241 项；联合第三方开展 4 次专项排查，消除隐患 684 项。完成 20 台塔吊拆除、10 台安装的高风险作业管控，举办实操技能比武竞赛（45 人参赛），开展 5 场维保专项培训（覆盖 150 人），全面提升人员专业技能与应急处置能力。

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

5.创新实践与成效

在常规管控措施基础上，苍南项目部结合现场实际，开展六项具有前瞻性的创新实践，进一步筑牢起重安全防线。

5.1 起重设备维保、备案电子化应用

自主搭建成熟的数字化平台，将繁琐的纸质维保记录、备案审批全部迁移至数字化平台，减少人为篡改数据风险保证数据真实性，并通过大数据分析提前预判设备故障趋势，实现从“事后整改”向“事前预防”的管理提升。

5.2 塔吊维保“2+1”包干制度

该制度将设备安全状态与人员考核进行绑定，层层压实管理责任。它不仅是一项管理制度，更是一种安全文化的重塑，让“爱护设备、保障安全”成为每位参与者的自觉行动。

5.3 引入“蓝吊”专业化起重管理队伍

针对分包单位起重管理能力参差不齐的现状，创新引入由经验丰富的起重专家组成、独立于施工分包单位的“蓝吊”专业化队伍，专职负责现场技术监督与指导。在其管理下，相关区域起重设备合格率由 53.33%迅速提升至 100%,有效补齐分包管理短板。

5.4 塔吊风速、定人定机可视化系统

在塔吊驾驶室及塔身安装风速监测、人员身份识别可视化系统。风速超标时系统自动报警提醒作业人员，避免大风状态下进行危险吊装，实时显示操作人员授权信息，防止非授权人员误操作。

5.5 群塔防碰撞系统更新升级

对全场塔吊防碰撞系统全面升级，新系统采用更先进的传感器与算法，在塔吊进入危险距离时进行自动预警、减速、停止；并在塔吊驾驶室、吊钩等关键部位安全监控可视化系统，实时查看吊物及人员操作情况，保障群塔作业安全。[5]。

5.6 吊索具库房标准化建设

吊索具的安全状态直接影响起重吊装安全。项目部建立标准化吊索具库房，对 6203 个卸扣、4310 条吊带、1540 根钢丝绳、933 台手拉葫芦实行“一物一码”线上登记与全链条管理，入库检验、领用发放、定期检查、回收报废各环节通过线上流程实施，彻底杜绝不合格吊索具流入作业现场[6]。

6.结论与展望

6.1 研究结论

本文以三澳核电苍南项目部为案例,通过成立专项组织、精准辨识风险、搭建数字化平台、创新维保制度及引入专业力量等组合拳，系统构建了起重作业全流程安全管控体系。实施后塔吊完好率由 41.7%提升至 95.83%，起重设备综合合格率由 47%跃升至 93%，全年累计执行线上许可 27035 条，实现全年起重安全“零异常”。实践证明，该体系能有效应对核电工程复杂工况下的起重安全风险，为工程顺利推进提供坚实保障。

6.2 局限性与未来展望

当前管理仍存在一定局限:各管理系统间尚有数据壁垒，底层数据未完全无缝互通，影响大数据分析的深度与广度；部分分包单位自主管控能力依然薄弱，对项目部及第三方力量依赖较强；对手拉葫芦、小型吊带等小型起重器具的管控深度仍有不足。展望未来，核电起重安全管控应朝更加智能化、标准化方向发展：一是持续升级一体化智慧管控平台，打通各业务系统数据链路，构建起重安全智能化系统，实现风险超前预测与智能决策[8]；二是扩大第三方专业检验范围与深度，探索建立起重设备健康状态评估行业标准；三是将成熟创新措施固化为标准导则在行业推广，常态化开展培训与技能比武，不断提升一线人员专业素养。

[参考文献]

[1]李志华.核电工程施工安全生产管理的研究[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术:00269-00269[2026-08-25].

[2]李留维.模块化核电工程起重吊装关键技术研究[J].数字化用户，2025(52).

[3]夏瑞俊."五化一体"核电工程施工管理体系的创新构建与高效实践路径分析[J].中国科技成果，2025(19):29-31.

[4]朱定龙.塔式起重机群在大型工程项目中的应用与管理控制[J].建筑施工，2013，35(12):3.DOI:10.3969/j.issn.1004-1001.2013.12.022.

[5]周毅,刘成刚,杨云斐,等.核电工程群塔智能化防碰撞管理方法探究[J].中国核电，2023，16(5):762-766.

[6]董合存.谈起重机械的技术操作[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术:00279-00279[2026-08-25].

[7]张明.特种设备安全风险分级管控与隐患排查治理体系构建[J].建材与装饰，2026(11):115-117.

[8]杨浩波.起重机械作业过程安全风险管控策略与实践[J].现代交通与路桥建设，2025(21).

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.