

核电项目大型设备起重吊装方案优化与风险控制

李留维

上海国核机械有限公司, 上海 200030

摘要： 作为国家能源战略的关键环节，核电站建设中设备的吊装工作对于项目的成功至关重要。鉴于这些设备体积庞大、重量沉重且构造复杂，其安装过程技术要求高且存在较大的安全隐患。因此，在确保操作安全的同时，如何改进吊装计划以提升工作效率成为当前核电设施建设亟待解决的问题之一。本研究通过对核电工程内大型装置吊装流程的基本分析，提出了一系列优化建议，并深入探讨了在执行此类任务时可能遇到的风险及相应的预防策略，旨在为推进核电项目的发展提供有力支持。

关键词： 核电项目；大型设备；起重吊装；风险控制；优化措施

Optimization and Risk Control of Lifting and Hoisting Schemes for Large-Scale Equipment in Nuclear Power Projects

Li Liuwei

Shanghai Guohe Machinery Co., Ltd. Shanghai 200030

Abstract： As a key link in the national energy strategy, the lifting of equipment in nuclear power plant construction is crucial for the success of the project. Given the large volume, heavy weight, and complex structure of these devices, their installation process requires high technical requirements and poses significant safety hazards. Therefore, while ensuring operational safety, how to improve the lifting plan to enhance work efficiency has become one of the urgent problems to be solved in the current construction of nuclear power facilities. This study proposes a series of optimization suggestions through a basic analysis of the lifting process of large equipment in nuclear power projects, and explores in depth the risks and corresponding prevention strategies that may be encountered during the execution of such tasks, aiming to provide strong support for promoting the development of nuclear power projects.

Keywords： nuclear power projects; large scale equipment; hoisting; risk control; optimization measures

前言

作为国家能源战略的关键一环，核电项目在促进清洁能源发展以及达成碳中和目标方面发挥着不可或缺的作用。从建设到运营，核电站面临着诸多技术挑战及安全考量，尤其在大型装备的吊装作业过程中更是如此^[1]。这类作业不仅需要处理复杂的技术问题，还要求操作流程精准无误、安全管理到位。大型设备的安装是核电工程中的一个核心步骤，涵盖了反应堆压力容器、蒸汽发生器、冷却泵等一系列重要组件的吊装。鉴于这些装置体积庞大、重量惊人且对精度有着极高要求，使得相关吊装工作变得极其困难且充满风险。因此，在确保绝对安全的同时，如何进一步优化吊装策略、减少潜在危险并提升工作效率，成为了核电领域亟需攻克的重大课题。

一、核电项目大型设备起重吊装的流程

在核电站建设项目中，大型设备的吊装作业对于保障工程顺利推进至关重要。这一过程包含了多个步骤和操作环节，其复杂性要求极高的计划精准度及团队间无缝协作。下面概述了此类项目中实施重型装备提升与安置的基本程序：

（一）吊装方案设计与审核

吊装作业的初始阶段在于精心设计一套详细的吊装计划，该

计划需基于设备的具体类型、尺寸、重量以及现场条件等多方面因素进行综合考量。吊装计划涵盖了起重装置的选择、吊运路线的设计、工作人员的角色分配及紧急情况应对策略等内容。完成规划后，整个方案还需经过项目管理层和技术安全团队的审核，以确保其完全符合既定的安全与技术规范^[2]。

（二）设备检查与准备

在进行吊装作业之前，所有起重装置（例如起重机、各类吊具）都应接受彻底的检查及维护工作，以保证其处于最佳的工作

作者简介：李留维（1988.05-），男，汉族，河北省衡水市故城县人，本科，工程师，核电站施工建设。

状态。此外，用于辅助吊装过程中的设备，比如支撑架、吊带以及钢丝绳等，也必须经过细致的检验，确保这些工具没有任何损伤或瑕疵。所选用的起重机及其配套装备应当符合特定载荷要求，并且适应于预定的操作环境。

（三）现场准备与布置

在进行吊装作业前，必须完成一系列准备工作，如搭建适合的吊装平台、安装防护围栏，并明确标识出安全区域。此外，还应当精心规划吊装路线，以保证在整个移动过程中设备能够顺利通行而不会碰到任何阻碍^[9]。现场还需布置充足的安全指示标志，清晰界定各工作区的责任分工，确保只有相关人员才能进入指定的操作范围。

（四）吊装作业实施

在所有前期准备工作均已完成的情况下，接下来便可以正式进入吊装作业阶段。在此过程中，负责操作起重机的技术人员需严格按照预定方案执行任务，以确保被吊物体能够平稳地提升、转移，并最终准确无误地安置到位。

（五）吊装后检查与验收

在完成吊装操作后，接下来的任务是确保设备被准确放置并牢固固定。通过细致的验收程序来验证，所有装置均按照既定位置安全无误地安装完毕。随后，应当对整个起吊设施及其使用流程进行全面回顾，以评价其安全性与工作效率，并从中提炼出宝贵的经验教训，为将来的工作提供参考^[9]。

二、核电项目大型设备起重吊装的方案优化策略

（一）吊装路径的优化

在进行吊装作业时，路径的选择对操作可行性、设备稳定性及工作人员安全有着直接的影响。因此，必须通过周密的规划与深入分析来确定最佳方案。优化吊装路径时，需全面考量诸如设备尺寸、重量以及所需吊装高度等关键因素，这些参数将直接影响到吊装过程中设备的摆动范围和起重机械的操作范围。

从一个角度来看，吊装路径所在的地表状况，比如是否平坦、是否有地下管道分布或土壤稳定性差等问题，都直接关系到吊装机械的承重能力和作业安全性。为了保证设备在移动过程中的稳定性和避免潜在的安全隐患，在规划最优路径时，应先行开展详尽的地质调查与承载力测试^[9]。此外，考虑到强风天气下露天环境可能给操作带来不利影响，路线设计还需避开开阔地带，以降低风速对吊装活动的影响；同时，随着气象条件的变化，还须适时调整吊运的角度和速度，从而确保整个搬运过程既安全又高效地完成。

（二）构建多部门的协同工作模式

在核电项目中实施大型设备吊装时，需要跨部门和多专业团队之间的紧密合作。这不仅涵盖了起重机械的操作、工程技术的应用、安全保卫措施的落实、指挥调度的有效性以及气象条件的监测等多个方面，而且强调了构建一个高效协作框架的重要性，以确保整个吊装过程既快速又安全。为此，在正式开始吊装之前，应当制定详尽的任务分配方案，并清晰界定各参与方的具体

责任^[6]。此外，起重机驾驶员、现场负责人、技术顾问及安全监管人员之间需维持持续的信息交换，利用无线通讯工具与集中控制系统来促进即时沟通，从而保证各个环节能够得到妥善安排与监控。通过设立定期的工作协调会及信息共享平台，可以有效防止由于沟通不畅而可能引发的操作失误或管理漏洞。

在跨部门协作的工作模式中，明确各专业团队的职责分配显得尤为重要。技术小组承担着设计与优化吊装方案的任务，确保整个吊装流程符合所有既定的技术标准；而安全团队则负责评估吊装活动中的潜在风险，制定相应的安全操作指南，并实施现场的安全监督，以保障工作人员及设备的安全无虞^[7]。至于起重机的操作员及其指挥人员，则需根据实际情况灵活调整作业方法，并严格按照指挥官的指示执行精确的操作任务。

（三）设立综合化应急预案

在核电项目的吊装过程中，即便有了周密的规划与预防措施，在面对复杂的作业环境时，突发事故仍然是一种不可忽视的风险。因此，构建一个全面的应急计划对于完善吊装方案至关重要。在执行任何吊装任务之前，项目团队必须对潜在的各种风险进行全面评估，这些风险包括但不限于机械设备故障、起吊设备稳定性丧失、极端气候条件变化以及人为操作错误等。针对每一种可能遇到的风险情况，都需要准备相应的紧急应对策略。

当面临突发状况时，项目管理团队需立即调动各相关部门快速响应。应急预案应当详尽地界定每个部门的具体职责，并通过即时通讯平台促进跨部门合作，以保证应急措施能够高效执行。例如，在遇到吊装设备失去稳定性的情况时，起重机的操作人员必须立刻启用紧急制动系统；同时，现场指挥人员应及时联络安全负责人组织人群疏散；此外，技术人员与维修专家则需要尽快诊断问题根源并采取修复行动。

三、核电项目大型设备起重吊装的流程的风险控制方法

（一）安全规范与标准操作程序优化

安全规范与标准操作程序（SOP）构成了起重吊装作业安全保障体系的核心。为有效减少潜在的安全隐患，持续改进现行的安全指导原则及实践流程显得尤为关键。这种改进旨在使安全措施更加科学严谨、具体明确且易于执行，从而确保每一个操作步骤都能够被严密监督和管理^[9]。

首要任务在于明确吊装作业的具体标准，涵盖设备选择、路径规划、起重机负载测试及作业区安全布局等方面。这些规定应当以系统化和详细化的形式呈现，确保每个步骤都有清晰的操作指南，从而减少因操作失误造成的安全隐患。

（二）设备检查与维护

吊装设备的故障或损坏不仅会导致作业中断，还可能引发严重的安全事故。为了保障吊装过程的安全性和稳定性，建立一套严格的检查与维护机制显得尤为关键。这套机制涵盖对起重机、吊索、吊具、钢丝绳及其他相关工具的全面检测。在每一次执行吊装任务之前，都应仔细核查所有涉及设备的安全状态，特别是

对于机械组件、液压系统、电气设施、制动装置以及钢缆连接部件等核心部分的状态进行细致检验，以确保它们处于良好工作状态。

除了日常的设备检查，定期维护同样是对保障设备安全不可或缺的一环。维护策略应当依据设备的具体使用情况及其所在的工作环境灵活调整。对于那些高频率使用的装置，例如起重机和吊车，按照生产商提供的指南并结合实际操作经验，定期执行全面的技术审查尤为重要。这其中包括但不限于电气系统的检测、机械部件的润滑保养及必要时的更换工作，这些措施有助于延长设备的服务寿命，同时有效预防潜在故障的发生^[9]。通过这种方式加强对起重设备的安全性能管理，不仅能够显著提升其运行稳定性，还能大大降低因突发故障而可能导致的各种安全事故风险。

（三）优化环境监控与气象预警

起重作业多在户外实施，自然环境因素对操作安全性具有显著影响。诸如风速、温度及降水量等条件能够直接影响到起重机械的稳定性，有时甚至会导致作业中断或发生安全事故。理想的气象监测系统应当具备实时追踪工作区域内天气变化的能力，特别是那些对于安全至关重要的参数如风力强度、雨量以及气温等。面对恶劣气候状况，比如强风、雷暴或是大雪等情况时，该系统需自动触发警报机制，并迅速采取必要防范措施^[10]。例如，在检测到风速超出设备允许的最大值时，应立即叫停所有相关活动，直至外界条件恢复至安全范围之内。

除气象预警外，环境监控还涵盖了作业区域内地面状态的监测。地面状况、地基承载能力以及周围障碍物等因素直接影响着吊装作业的安全性。为了确保起重机的稳定性和吊装设备的安全运作，必须对作业现场的地质条件进行全面考察与评估，以防因

地形不平或基础不稳定而引发设备倾斜甚至失控的情况。为有效应对突如其来的气候变化及其它环境因素影响，项目管理者应当与当地气象机构建立紧密联系，及时获取最新的天气预报和警报信息，并据此灵活调整施工计划。特别是在面临台风、强降雨等极端气候事件时，需预先制定紧急预案，保障工作人员能够迅速安全撤离，并立即暂停所有吊装活动，直至恶劣天气完全消退方可恢复工作。

四、结语

在核电项目中，大型设备的起重吊装作业是一项极具挑战性和风险的任务，要求各个环节之间高度协同与精细化管理。首要任务是优化吊装方案，这不仅是确保作业顺利进行的基础，也包括了吊装路径的科学规划、跨部门合作机制的建立以及综合应急响应计划的设计，以保障每个步骤都能高效且安全地完成。从风险管理的角度来看，通过改进安全规章和标准操作流程，促使工作人员严格遵守规定，并加强对设备的检查维护工作，可以大大提高设备在整个吊装过程中的稳定性和安全性。另外，增强环境监测能力和气象预警系统的效能同样不可忽视，及时掌握天气变化及作业现场状况，有助于有效抵御因恶劣气候或突发环境因素导致的风险。总之，针对核电项目中大型设备吊装作业的安全管理和效率提升策略，应全面考虑安全准则、设备状态监控以及外部条件影响等多方面因素，在前期准备、实施过程中乃至应对紧急情况时均需加强管控措施，从而实现整个工程项目的高效与安全运营。

参考文献

- [1] 董祺纲. 华龙一号核电站土建工程塔式起重机施工安全管理研究 [D]. 南华大学, 2020.
- [2] 秦玮. 核电站起重设备设计采购施工接口管理研究 [D]. 清华大学, 2020.
- [3] 段百齐, 张启春, 高玉忠, 等. AP1000核电项目核岛用桁架臂履带起重机型分析 [J]. 起重运输机械, 2012, (11): 103-106.
- [4] 刘鹏, 张妍. 起重电磁铁控制系统的研制与应用 [J]. 船舶工程, 2011, 33(06): 131.
- [5] 李今朝, 张峰, 辛晓亮, 王欢, 刘倩. 核电厂桥式起重机钢丝绳偏角异常事件处理分析 [J]. 起重运输机械, 2022(20): 54-58.
- [6] 荀志国, 徐伟, 韦俏斌. 第三代核电吊装用大型起重机型与总平布置 [J]. 山西建筑, 2015, 41(7): 2.
- [7] 缪波, 吴伟. 核电建设工程现场起重吊装安全管理探讨 [J]. 现代职业安全, 2022(3).
- [8] None. 连云港大件装卸“全程无忧”成功接卸63吨核电设备 [J]. 起重运输机械, 2019(9): 1.
- [9] 丁慧智, 张玉柱. ZCC32000型2000t履带起重机在核电吊装行业的应用 [J]. 建设机械技术与管理, 2023, 36(3): 26-28.
- [10] 牛凯. 起重吊装作业安全管理研究 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(1): 137-139.