

Safety Risk Analysis and Control Strategy of Large Equipment Hoisting Construction in Mechanical and Electrical Engineering

Yasheng Zhang

Anhui Yinjiang Jihuai Group Co., Ltd., Hefei, Anhui, 230000, China

Abstract

In electromechanical engineering construction, large-scale equipment hoisting constitutes one of the most technically demanding and safety-critical processes. Equipment such as large vertical shaft flow pumps, transformers, hydraulic hoisting systems, planar gates, and GIS integrated switchgear units are characterized by their massive size, heavy weight, complex structures, and stringent hoisting precision requirements. Any operational errors during hoisting can lead to severe consequences including equipment damage, personnel injuries, and project schedule disruptions. This paper systematically analyzes the entire hoisting process for large-scale electromechanical equipment, examining risk identification, root causes, on-site management, and control strategies. By integrating structural features of different equipment types and practical construction experiences, it identifies common safety risk points and proposes targeted technical and managerial control measures. The findings aim to provide actionable references for ensuring safe construction in similar engineering projects.

Keywords

Mechanical and Electrical Engineering; Large Equipment Hoisting; Construction Safety; Risk Analysis; Control Strategies

机电工程中大型设备吊装施工安全风险分析与控制策略

张亚生

安徽省引江济淮集团有限公司, 中国·安徽 合肥 230000

摘要

在机电工程建设过程中, 大型设备吊装施工是技术难度高、安全风险集中的关键工序之一。大型立式轴流水泵、变压器、液压启闭机及平面闸门、GIS成套组合电器等设备普遍具有体量大、重量高、结构复杂、吊装精度要求严苛等特点, 其吊装作业一旦发生失误, 极易引发设备损坏、人员伤亡及工程进度失控等严重后果。基于此, 本文围绕机电工程中大型设备吊装施工的全过程, 从风险识别、风险成因、现场管理及控制策略等方面进行系统分析, 结合不同类型大型设备的结构特征和施工实际, 总结吊装施工中常见的安全风险点, 并提出针对性的技术与管理控制措施, 以为类似工程的安全施工提供参考和借鉴。

关键词

机电工程; 大型设备吊装; 施工安全; 风险分析; 控制策略

1 引言

随着水利工程、电力工程及大型工业项目的不断推进, 机电设备向大型化、集成化方向发展已成为显著趋势。大型立式轴流水泵、超高压变压器、液压启闭机及平面闸门、GIS成套组合电器等设备在工程建设中得到广泛应用, 其安装质量直接关系到工程运行的安全性与稳定性。然而, 大型设备吊装施工往往受限于施工场地条件复杂、设备重量大、吊装工序多以及环境不确定性强等因素, 安全风险始终处于较高水平。实践表明, 吊装施工中的安全事故多源于风险识

别不足、方案论证不充分以及现场管理不到位等问题。因此, 对大型设备吊装施工安全风险进行系统分析, 并提出科学、可行的控制策略, 对于保障机电工程顺利实施具有重要现实意义。

2.1 设备吊装前的安全风险

吊装前阶段是决定设备吊装安全的关键环节, 任何前期准备的不足都可能导致严重的安全风险。大型设备的吊装前, 通常涉及运输、临时堆放及吊装方案编制等工作。如果未能准确把握设备的具体参数, 如尺寸、重量等, 可能导致吊装过程中的不稳定。此外, 设备的重心位置判断也是一个重要因素, 特别是对于大型立式轴流水泵等设备, 若重心计算不准确, 吊装时设备可能发生倾斜, 甚至失稳, 造成严重

【作者简介】张亚生(1990-), 男, 中国安徽六安人, 本科, 工程师, 从事机电工程研究。

后果。吊点的设置也极为关键,若吊点位置不合理,可能导致设备受力不均,进而影响吊装的安全性。与此同时,部分项目在吊装前未对施工场地的承载能力、地基稳定性和周围障碍物进行充分评估,可能埋下安全隐患。因此,吊装前阶段的详细规划和精确计算是确保吊装施工安全的基础。

2.2 吊装过程中的操作风险

吊装过程是大型设备吊装施工中最为集中的风险阶段。在起吊、回转、平移及就位等操作过程中,吊装机械的性能、操作人员的技术水平以及现场指挥的协调能力都将直接影响吊装的安全。常见的风险包括起吊速度控制不当,这可能导致设备在起吊过程中发生不稳定,或产生过大的震动。吊装操作中的指挥信号不统一,也可能造成设备误操作或冲突,增加安全隐患。风荷载对设备吊装的影响往往被低估,尤其在吊装重型设备时,强风可能使设备失控,造成设备晃动甚至倾斜。特别是对于变压器、GIS成套组合电器等精密设备,吊装过程中若发生设备晃动或碰撞,可能会导致设备的内部结构受到隐性损伤,影响其后续运行性能。因此,严格控制操作细节,确保指挥信号一致性,并充分评估风力等环境因素,是降低吊装过程中风险的重要措施。

2.3 吊装后设备定位与安装风险

吊装完成后并不意味着风险的消除,设备就位、找正和固定阶段同样存在着安全隐患。大型设备对安装精度有很高要求,任何位置偏差都可能导致设备受力不均,进而影响设备的稳定性和运行效率。例如,液压启闭机及平面闸门等设备,在安装过程中,若设备的导轨、埋件和轴线存在较大偏差,不仅会增加后期调整的难度,还可能导致设备在运行中发生不稳定,产生较大的振动,甚至引发设备故障或结构性损伤。为了确保设备的长期安全运行,必须确保设备与基础连接精度达到设计要求,并在安装过程中进行严格复核,避免后期因偏差导致的高昂维护成本。因此,吊装后阶段的精确安装及固定工作同样不可忽视,是确保设备运行安全的关键^[1]。

3 大型设备吊装过程中的风险因素分析

3.1 大型设备自身结构与重量因素

大型机电设备通常具备重量大、外形复杂、结构不规则等特性,这些特点直接增加了吊装施工的技术难度。以大型立式轴流水泵为例,其高耸的结构使其受风面积增大,在吊装过程中对环境条件极为敏感,尤其是强风天气可能导致设备不稳定,从而增加了吊装的风险。变压器和GIS设备内部结构精密,要求吊装过程中设备保持极高的平稳性,任何小的晃动或碰撞都可能影响其后续运行功能。液压启闭机及平面闸门等设备通常具有较大的构件尺寸和分散的吊点,吊装过程中稍有不慎可能引发构件变形或失稳,从而影响吊装效率和安全性。针对这些设备特性,吊装施工方案必须从设备本身的结构出发,结合环境条件和设备重量等因素,合

理选择吊装设备和方案,以确保吊装过程顺利进行。

3.2 施工人员技术水平与组织协调因素

吊装施工是一项高度依赖人员经验和团队协作的复杂作业活动。在大型设备吊装过程中,起重指挥、吊车司机、司索工等多个岗位需要保持高度的配合,任何一个环节的失误都可能引发连锁反应,导致严重的安全事故。在部分工程中,施工人员对大型设备的结构特性了解不足,或者缺乏应对复杂工况的经验,这在面对突发情况时容易做出错误判断,进而放大安全风险。现场指挥体系不清晰、沟通不畅同样会对吊装安全构成威胁。有效的指挥和协作体系可以减少因操作不当引起的事故风险。因此,在吊装施工前,对施工人员进行充分的培训和技术交底,确保每个岗位明确职责、配合协调,是提升施工安全的重要措施。

3.3 吊装机械设备性能与环境条件因素

吊装机械设备的选择与性能直接决定了吊装施工的安全性。若起重机械设备存在超负荷使用、保养不当或维护不到位等问题,将显著增加机械故障的发生概率,进而加大安全风险。在吊装前,必须对起重设备进行全面检查,确保其具备足够的起吊能力,并符合施工需求。同时,施工环境因素也不能忽视。例如,场地狭窄、地基承载力不足、风力变化频繁等环境问题,都可能影响吊装设备的稳定性。在露天环境下,环境条件的不可预见性往往成为吊装安全的潜在威胁。因此,吊装作业前必须充分评估现场环境和气象条件,特别是在恶劣天气情况下,应暂停吊装作业,以避免因环境因素导致的安全事故^[2]。

4 吊装施工现场的风险评估与管理

4.1 施工现场环境风险分析

施工现场环境是影响吊装安全的重要外部条件。在大型机电工程中,施工现场通常位于水工建筑物、变电站或厂房内部,这些场地大多具有较为复杂的环境条件和空间受限的特点。为了确保吊装施工的顺利进行,施工现场环境的风险分析至关重要。通过对现场进行系统踏勘,能够及时识别地基承载力不足、通行路线受限、上空障碍物密集等潜在风险因素。地基承载力不足可能导致吊装设备在起吊时出现地面沉降或倾斜,影响吊装的稳定性和安全性。通行路线受限则可能导致吊车的机动性受到限制,影响吊装设备的精确定位。通过对现场环境的全面评估,可以为吊装方案的优化提供科学依据,确保吊装过程中的每一个环节都能够顺利进行,最大限度地降低外部环境对施工安全的负面影响^[3]。

4.2 风险评估方法的应用

在大型设备吊装施工中,全面而系统化的风险评估方法的应用至关重要。吊装施工不仅涉及设备特性、施工工艺和环境条件的分析,还需要考虑人员的操作技能、现场指挥与协作等因素。风险评估方法通常采用定性与定量相结合的方式,首先识别出吊装过程中的各类风险点,包括设备起吊

不稳定、设备碰撞、吊装机械故障等，接着评估每项风险的发生概率和可能带来的后果，进而对风险进行优先级排序。基于此，制定出针对性的安全控制措施。例如，对高风险作业区域应采取加装安全防护设施，安排更多的现场人员进行监控；而低风险作业区域则可适当简化安全措施。这种风险评估方法不仅为吊装方案的优化提供了指导，还确保了施工过程中针对性的安全管理，最大限度地保障了人员与设备的安全。

4.3 安全管理体系的构建

有效的安全管理体系是保障吊装施工安全的重要基础。一个完善的安全管理体系包括从事前的风险识别与评估，到施工中的安全技术交底、现场监督检查，以及事后的总结反馈等各个环节。首先，在安全管理体系的构建中，应明确各岗位的安全职责和操作要求，确保每一位施工人员都清楚自己的安全责任。此外，建立吊装作业审批制度是确保施工过程安全性的重要环节，所有吊装方案需经过专门的审批程序，确保其可行性和安全性。施工过程中，必须通过强化过程监督与检查，定期进行现场安全检查，并确保施工过程中没有出现违规操作或安全隐患。为了增强施工人员的安全意识与责任感，还应建立风险告知制度，并定期进行安全技术交底。在吊装施工的每个阶段，都要向施工人员明确安全注意事项，特别是针对高危作业环节，应提供详细的操作指引和应急预案^[4]。

5 大型设备吊装施工的安全控制策略

5.1 吊装前技术准备与方案控制

吊装前的技术准备是确保大型设备吊装安全的关键。首先，需对设备的结构、重量、吊装点等进行详细分析，针对不同设备（如大型立式轴流水泵、变压器等），选择合适的起重设备和吊装方式。设备的重量、吊装高度及作业半径等因素都应纳入考虑，确保设备稳定吊起。特别是在复杂环境下，吊点设置和受力分析尤为重要，避免因不合理设计导致设备倾斜或损坏。制定专项吊装方案并进行专家评审，确保方案的可行性与安全性。

5.2 吊装过程中的安全技术控制

吊装过程是安全风险集中的阶段，必须严格执行操作规程。首先，确保指挥信号统一，避免因沟通不畅导致操作失误。起吊速度的控制至关重要，过快可能导致设备失控或产生冲击，应根据设备重量和吊装方式选择合适速度。吊车

回转半径需避免与周围障碍物冲突，确保作业空间安全。设备就位的精度要求高，任何偏差可能影响设备的后续安装和运行。应通过精确监控系统及时调整，确保设备平稳就位^[5]。

5.3 吊装后安装与稳定性控制

设备吊装完成后，后续的安装与稳定性控制同样至关重要。设备就位后，应立即进行精确找正，确保设备与基础或安装平台的连接部位对齐，避免因安装不精确导致设备受力不均。设备的固定应严格按照吊装方案进行，使用标准化的支撑装置和固定措施，确保设备能够在长期运行中保持稳定状态。例如，液压启闭机及平面闸门等大型设备，其导轨、埋件及连接部位的安装质量直接影响后期设备的运行安全。因此，施工人员在安装过程中，需仔细检查所有连接部件的紧固情况，确保没有松动现象。此外，设备在固定后，还应进行复核，尤其是受力分析与稳定性测试，以确认设备的承载力和稳定性达到要求标准。完成这些后，才能确保设备能够在后续的运行过程中保持高效、安全的工作状态，为设备的长期稳定运行奠定基础。

6 结语

大型设备吊装施工是机电工程建设中的高风险环节，其安全性直接关系到工程质量和人员生命安全。通过对大型立式轴流水泵、变压器、液压启闭机及平面闸门、GIS 成套组合电器等设备吊装施工风险的系统分析可以看出，安全风险具有多源性和复杂性，必须从技术、管理和人员等多个层面进行综合控制。实践表明，科学的吊装方案、完善的风险评估机制以及严格的现场安全管理，是降低吊装事故发生概率的关键。随着施工技术和管理理念的不断发展，大型设备吊装施工的安全控制水平将持续提升，为机电工程高质量建设提供更加可靠的保障。

参考文献

- [1] 王川.基于模糊综合评价法的大型设备吊装方案评价及优化研究[D].河北地质大学,2024.
- [2] 吕春来,马增涛,宋金福.大型设备吊装一体化管理模式的探索与研究[J].石油化工建设,2006,(05):10-15.
- [3] 吴腾达.室内大型机电设备转运吊装施工技术研究与应——以国信金融大厦为工程案例[J].福建建筑,2020,(11):67-73.
- [4] 雷仕民,任俊和.大型厂房机电设备利用移动平台吊装技术[J].安装,2012,(11):50-53.
- [5] 卓秩非.地下室大型机电设备不同吊装工艺探讨[J].安装,2023,(03):52-55.