

# 石化工程大件吊装安全风险防范及管理措施研究

袁国雄

中国石油化工股份有限公司 茂名分公司 广东茂名 525000

**【摘要】**本文针对石化工程中大件吊装作业所面临的安全风险进行了深入研究。文章系统分析了吊装过程中可能遇到的各种风险因素，包括环境因素、设备因素、人员因素以及管理因素等，并对这些因素进行了详细的分类与识别。在此基础上，文章提出了相应的防范和管理措施，旨在从源头上减少和控制安全风险。通过深入研究吊装作业的安全管理体系，本文构建了一套全面、系统的安全风险防范及管理策略，涵盖了吊装前的准备工作、吊装设备的选择与检查、吊装方案的制定与优化，以及现场安全管理与监控等多个环节。这套策略的实施将有助于提升石化工程大件吊装作业的安全性和效率，确保作业过程安全、顺利进行。本文的研究成果对于指导石化工程大件吊装作业的安全管理实践具有重要意义，并为未来的相关研究提供了有益的参考。

**【关键词】**石化工程；大件吊装；安全风险；防范措施

Research on Safety Risk Prevention and Management Measures for Large-Scale Hoisting Operations in Petrochemical Engineering

Yuan Guoxiong

China Petrochemical Corporation Limited Maoming Branch Guangdong Maoming 525000

**【Abstract】**This paper conducts an in-depth study on the safety risks associated with large-scale hoisting operations in petrochemical engineering. The article systematically analyzes various risk factors that may arise during hoisting processes, including environmental factors, equipment factors, personnel factors, and management factors, and provides detailed classification and identification of these factors. Based on this, the paper proposes corresponding preventive and management measures aimed at reducing and controlling safety risks at the source. Through an in-depth study of the safety management system for hoisting operations, this paper establishes a comprehensive and systematic strategy for safety risk prevention and management, covering pre-hoisting preparations, selection and inspection of hoisting equipment, formulation and optimization of hoisting plans, as well as on-site safety management and monitoring. The implementation of this strategy will help enhance the safety and efficiency of large-scale hoisting operations in petrochemical engineering, ensuring safe and smooth execution of the process. The research findings of this paper hold significant implications for guiding safety management practices in large-scale hoisting operations in petrochemical engineering and provide valuable references for future related studies.

**【Key words】**Petrochemical engineering; Large-scale lifting; Safety risks; Preventive measures

## 引言：

石化工程作为国家重要的基础设施建设项目，其建设过程中的大件吊装作业是确保工程进度和质量的关键环节。然而，大件吊装作业因其作业环境复杂、吊装物件重量大、形状不规则等特点，存在着诸多安全风险。一旦发生安全事故，不仅可能导致人员伤亡和财产损失，还可能对整个石化工程的建设进度和质量造成严重影响。因此，对石化工程大件吊装作业的安全风险进行深入分析，并提出有效的防范和管理措施，具有十分重要的现实意义。

## 1 石化工程大件吊装安全风险分析

### 1.1 吊装作业中的主要风险因素

在石化工程大件吊装作业中，主要存在这几类风险因

素：环境因素、设备因素、人员因素、管理因素等。

#### 1.1.1 环境因素

包括作业现场的地形、地貌、气候条件等。例如，软土可能导致吊装作业过程中发生吊车倾覆，复杂的地形可能导致吊装设备的不稳定，恶劣的气候条件（如强风、暴雨等）可能影响吊装作业的顺利进行<sup>[1]</sup>。

1.1.2 设备因素。吊装设备自身的性能和状态对作业安全有着直接影响。设备的老化、损坏或维护不当都可能增加作业过程中的风险。

1.1.3 人员因素。操作人员的技能水平、安全意识以及疲劳程度等都会对吊装作业的安全产生影响。技能不足或安全意识淡薄的操作人员可能无法正确操作吊车及吊物、应对突发情况，导致安全事故的发生。

#### 1.1.4 管理因素

包括吊装作业的计划、组织、指挥、协调和控制等方面。

## 1.2 风险因素的分类与识别

为了更有效地管理和控制大件吊装作业中的安全风险，需要对上述风险因素进行详细的分类与识别。

1.2.1 根据地基、地形、地貌和气候条件等因素进行细分。例如，根据岩土分类可以分为碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土等；根据地形可以分为平坦、坡地、崎岖等；气候条件可以分为晴朗、多云、阴雨、强风等。通过现场勘查和气象资料查询等方式，可以准确识别出作业现场的具体环境因素。

1.2.2 从设备的类型、性能、状态和使用年限等方面进行考虑。例如，吊装设备可以分为汽车吊、履带吊等；性能参数包括起重能力、工作半径、起升高度等；设备状态可以分为良好、一般、较差等；使用年限则可以反映设备的老化程度。通过设备检查和维护记录等方式，可以准确识别出吊装设备的具体风险因素。

1.2.3 从操作人员的技能水平、安全意识、工作经验和疲劳程度等方面进行考虑。例如，技能水平可以分为熟练、一般、生疏等；安全意识可以分为强、中、弱等；工作经验则可以通过工作年限和以往作业表现来评估；疲劳程度则可以通过观察操作人员的精神状态和作业效率来判断。通过人员培训和考核记录等方式，可以准确识别出操作人员的具体风险因素。

1.2.4 从作业计划的制定和执行、现场组织的合理性、指挥和协调的有效性以及安全控制措施的落实情况等方面进行考虑。例如，作业计划是否充分考虑了环境因素和设备因素；现场组织是否混乱无序；指挥和协调是否及时有效；安全控制措施是否得到严格执行等。

### 1.3 风险评估方法与模型

在识别出大件吊装作业中的各种风险因素后，需要对其进行科学的风险评估，以确定各风险因素的严重程度和可能造成的后果。常用的风险评估方法为概率风险评估法、模糊综合评估法、故障树分析法等。

## 2 大件吊装安全风险防范措施

### 2.1 吊装前的准备工作

吊装前的准备工作是吊装作业顺利进行的基础，它涵盖了多个方面的细致工作。首先，对吊装现场环境的全面勘察是必不可少的。这包括对地基、地形、地貌、气候等自然条件的深入了解，以及对周边建筑物、设施的情况的详细掌握。

#### 2.1.1 观察周边环境并采取保护

吊车站位处地基如有隐蔽设施如埋地管道、电缆、沟渠、阴井等，需按照 GB/T 51384-2019《石油化工大型设备吊装现场地基处理技术标准》对隐蔽设施进行保护处理。吊装作业附近如有高压电力线路，须与高压电力线路保持足够的安全距离。

#### 2.1.2 了解地基土质并计算对地压强

吊装前需要了解吊车站位处地基土质，并根据勘察报告查阅其承载力。根据拟吊装重物重量、拟选用吊车自重、索

具吊具自重、路基箱自重等计算对地压强。对地压强  $p$  若大于地基承载力  $f_{ak}$ ，则需要对地基进行处理。

#### 2.1.4 地基处理

地基处理可采用换填法、刚性桩复合地基法、桩基础法、平整压实法、铺垫法等一种或多种方法。地基处理前根据工程情况拟定地基处理规划，根据地基的承载要求和其承载能力确定地基处理的方法、处理范围和处理后要求达到的技术指标。工程上常采取将表层软土挖除，换填碎石或块石进行硬化的方法进行处理。地基处理后通常采用浅层平板载荷试验，检测地基承载力。换填后对地压强要求满足：

$$p_s + p_{sz} \leq f_{ak}$$

式中：

$p_s$ -----相应于作用的标准组合时，换填层底面处的附加压力值（kPa）；

$p_{sz}$ -----换填层底面处土的自重压力值（kPa）；

$f_{ak}$ -----换填层底面处经修正后的地基承载力特征值（kPa）；

#### 2.1.5 对吊物进行详细的检查

包括对其重量、形状、吊耳、重心位置等参数的准确测量和评估。

#### 2.1.4 组织人员、制定吊装计划、落实安全措施

吊装作业团队要具备足够的资质和经验，能够胜任吊装作业的任务。吊装计划需要充分考虑吊装作业的全过程，包括吊装物的起吊、运输、就位等各个环节，确保计划的科学性和可行性<sup>[2]</sup>。运输和就位过程要考虑运输路线的限高、转弯半径、地基承载力、地下隐蔽设施保护等因素，必要时对运输路线的局部设施进行临时保护性拆除、地基处理。在安全措施的落实方面，需要制定详细的安全规章制度，并对作业人员进行全面的安全培训，开展吊装方案推演，确保他们在吊装作业中能够严格遵守安全规定，防止事故的发生。

### 2.2 吊装设备的选择与检查

吊装设备的选择与检查是吊装作业中的关键环节。在选择吊装设备时，必须根据吊装物件的重量、形状、吊装高度等参数科学合理选择吊装设备的承重能力、工作半径、起升高度等。钢丝绳必须处于保养良好状态，无断股、锈蚀严重、变形等。要根据受力情况计算确定钢丝绳的直径、根数、股数等参数后选定。

吊耳的型式、直径、加强方式等要经过强度计算后选定。焊缝外观、质量应经检验合格。如需现场制作焊接吊耳，要注意避免直接在已经过热处理的筒体上施焊，在焊接后对焊缝进行无损检测。

卸扣表面应光滑，无毛刺、裂纹、夹层等缺陷。采取双主机抬吊时，每台吊车负荷不得超过额定起重能力的 80%。在选择好吊装设备后，还需要对其进行全面的检查，包括对吊钩及防脱钩装置、钢丝绳、滑轮、升程限制器、力矩限制器等安全装置方面的详细检查，确保设备在吊装过程中能够正常运行，不会出现故障或安全隐患。

### 2.3 吊装方案的制定与优化

吊装方案的制定与优化是确保吊装作业安全高效进行的关键。在制定吊装方案时,必须充分考虑吊装现场的环境条件、吊装物件的特点、吊装设备的能力等因素,制定出科学合理的吊装方案。吊装方案应包括地基处理及计算、吊车及吊索具选择及计算、吊耳应力计算及无损检测要求、运输、就位、起吊作业平面图、卸车及抬吊作业顺序、大吊车组装及拆除顺序、安全风险识别及措施等。同时,还需要通过模拟计算、现场试验、推演等方式,对吊装过程中的各个环节进行精细化的调整和优化<sup>[3]</sup>,以进一步提高吊装作业的效率 and 安全性,降低吊装作业的风险。大型设备吊装一般采用双主机吊装,主吊车和溜尾吊车挂好吊索具后开始试吊。设备吊装离开运输车辆或临时摆放场地 200mm~300mm 时停止起吊,保持这种状态停滞几分钟,观察吊车运转、设备重量、吊索具受力、地基变化等情况,确认无异常后利用主吊车将被吊设备头部缓缓提升吊起,另一端溜尾吊车配合吊设备尾部,将设备逐渐直立直至完全立起,然后溜尾吊车进行摘钩,由主吊车通过旋转,最后通过提升和爬杆完成设备就位。另外需要制定出完善的安全措施和应急预案,以应对可能出现各种风险和挑

#### 2.4 现场安全管理与监控

现场安全管理与监控是吊装作业中的最后一道防线。在吊装作业过程中,必须实施严格的安全管理制度,对吊装现场进行全面的监控和管理。包括对吊装设备的运行状态、吊装物件的稳定性、人员作业情况等进行实时的监控。通过监控,可以及时发现和纠正吊装作业中的安全隐患和违规行为,确保吊装作业的安全进行。同时,还需要设置专门的安全管理人员,对吊装现场进行巡回检查和管理,及时发现和纠正各种安全隐患和违规行为,进一步提高吊装作业的安全性和效率。

### 3 案例分析

在石化工程建设中,大件设备的吊装作业往往因其复杂性和高风险性而成为项目管理的重点。某项目共有4台重量超过100吨的设备,其中最重的一台设备自重250吨,对吊装作业的安全管理提出了极高的要求,其大件设备吊装作业的安全管理实践为我们提供了一个值得深入研究的案例。

吊装公司严格遵守了甲方的各项安全管理规定,拟采用800吨履带吊作为主吊、500吨履带吊作为溜尾吊车,计算最大对地压强为170.52kPa。根据地基勘察报告,表层土地基承载力特征值为160kPa,因此对地基表层进行了换填毛

石处理,换填深度为1m。处理后的地基承载力 $f_{ak}$ 达到了173.55kPa, $P_z$ 为119.95kPa, $P_{cz}$ 为18.62kPa, $P_z+P_{cz}<f_{ak}$ 。地基处理后进行了24小时荷载试验,试验载荷为196kPa,沉降量不超过15mm。吊装公司还对吊耳进行了应力计算、强度校核,对双主机抬吊过程中各吊车的负荷率进行了核算,确保在吊装过程中吊车负荷合理分配。

在吊装作业前,吊装公司进行了全面的安全技术交底,确保每一位参与作业的人员都对作业流程、安全要求以及可能遇到的风险有清晰的认识。第二,吊装公司还对起重机械、吊索具以及作业环境进行了全面的安全条件检查确认,确保所有设备和环境都处于最佳状态,为吊装作业的安全进行提供了有力的保障,杜绝任何设备的故障或环境的异常对吊装作业带来不可预测的风险。第三,在人员管理方面,吊装公司严格落实特种作业人员报检和技能验证工作,确保所有起重指挥和机械操作人员都持证上岗。同时,他们还加强安全教育培训,提高作业人员的安全意识和风险隐患辨识能力。第四,吊装公司还设立了合格有效的吊装作业警戒区域,并确保监护人员到位履职。第五,在正式起吊前,吊装公司严格开展吊装方案推演,核算吊车站位是否满足作业半径。起吊时先把设备吊至离鞍座300mm,并静置10分钟,观察地基、索具有无变化。正式起吊时,800吨吊车保持在作业半径缓慢起钩,500吨履带吊缓慢旋转,直至设备直立。800吨吊车缓慢旋转把设备对准地脚螺栓孔就位,直至找平找正调整好垫铁后摘钩。吊装公司通过严格遵守安全管理规定、科学制定吊装方案、精准把控作业细节、全面检查设备和环境、持续辨识和整改风险隐患、加强人员管理和现场监控等一系列有效措施,确保了这一艰巨任务的顺利完成。这一案例不仅展示了吊装公司在吊装作业安全管理方面的专业素养和实践能力,也为石化行业大件设备吊装作业的安全管理提供了新的思路和借鉴。

#### 结论:

总的来说,对于石化工程大件吊装安全管理,建议企业建立健全安全管理体系,强化人员培训与资质管理,实施动态风险管理与应急预案,并加强信息化管理与技术支持。这些措施的实施将有助于提高作业的安全性和效率,确保石化工程大件吊装作业的顺利进行。未来,将继续深化相关研究,探索更多创新性的安全管理方法和技术,进一步提升石化工程大件吊装作业的安全水平,为行业的可持续发展做出贡献。

#### 参考文献

- [1]崔峰嵘.炼化一体化项目一吊装一体化策划时应考虑的七点要素[J].石油工程建设,2023,45(S01):349-351.
- [2]李力耕,周丽俊.惟"稳"以致胜——记中核机械浙江石化二期大件吊装项目部[J].中国核工业,2020.
- [3]施杰,熊亚利,魏昕宇,等.6MW陆上风机机舱吊装施工技术[J].水电与新能源,2023,37(7):7-10.
- [4]何智超,蔡汤振.超重大件设备吊装运输工程发展对策[J].汽车博览,2021(4):208-208.