

建设项目塔吊事故风险研究基于模糊层次分析法

张鹏举

诸暨越茂置业有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i6.4571

[摘要] 严重威胁人民群众生命财产安全的建筑塔吊事故频发。《建筑塔吊事故研究》采用模糊层次分析法,提出了相应的防范措施,为控制塔吊风险提供了参考依据,揭示了造成建筑塔吊事故的主要因素。

[关键词] 塔吊安全; 事故; 模糊层次分析法

中图分类号: P624.8 文献标识码: A

RESEARCH ON THE RISK OF TOWER CRANE ACCIDENTS IN CONSTRUCTION PROJECTS BASED ON FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Pengju Zhang

Zhuji Yuimao Real Estate Co., LTD.

[Abstract] The frequent occurrence of construction tower crane accidents poses a serious threat to people's life and property safety. This article uses the fuzzy analytic hierarchy process to study construction tower crane accidents, revealing the risk factors caused by tower crane accidents, exploring the main factors that cause construction tower crane accidents, and proposing corresponding preventive measures to provide reference basis for controlling tower crane risks.

[Key words] Tower crane safety; Accidents; FAHP

引言

塔吊是建设项目中重要的垂直运输设备,现阶段随着建筑行业的快速发展,促使其使用频率和规模不断增加。然而实践中塔吊事故也时有发生,此类事故给施工人员的安全和项目的顺利进行带来了严重威胁。因此对建设项目塔吊事故风险进行深入研究,并对其采取有效的预防措施具有重要的现实意义。而模糊层次分析法是一种将模糊数学与层次分析法相结合的多准则决策方法,应用该方法能够有效地处理复杂系统中的不确定性和模糊性问题。

1 塔吊事故影响因素

塔吊事故可分为塔吊倾倒事故、塔吊坠落事故和塔吊碰撞事故三种常见类型。塔吊倾倒事故是指由于塔吊基础设计或施工质量不达标,导致塔吊在使用过程中失去平衡而倾倒的情况。塔吊坠落事故是指塔吊在运行过程中发生故障或操作不当,导致塔吊自身或吊钩等部件脱离支撑结构从而坠落的情况。塔吊碰撞事故则是指塔吊与其他建筑物、设备或人员发生碰撞的情况,这可能是由于操作员疏忽、视野受阻或通信错误等原因引起的^[1]。

通过深入研究这些常见的塔吊事故类型,为减少塔吊事故的发生,确保施工现场安全,帮助制定有效的防范措施和安全管理措施,从而更好地了解事故发生的机制和原因。

表1 塔吊事故类型

序号	事故类型	影响因素
1	塔吊倾倒事故	塔吊基础设计或施工质量不达标
2	塔吊坠落事故	误操作或误操作
3	塔吊碰撞事故	其他建筑物、设备或人员被塔吊碰撞

塔吊事故的发生,很多时候是几个方面的因素综合在一起,导致塔吊事故的发生,而塔吊事故的发生又是几个方面的因素综合在一起造成的。这些因素可以分为设计选型阶段的因素、塔吊操作阶段的因素以及安拆及维保阶段的因素。在设计选型阶段,塔吊选型不合理、基础设计不合理、塔吊构件设计不合理、塔吊材料不合格是导致事故发生的重要因素^[2]。在塔吊作业阶段,塔台作业失误、吊装作业违反规范、气象条件恶劣、群塔群机操作防护措施不当、司索信号人员违规指挥等,都是导致此次事故发生的重要因素,在塔吊作业过程中,塔台作业安拆及维保阶段,维保不及时,安拆人员未持证上岗、安拆人员违章操作等因素会导致事故的发生。

2 塔吊事故风险分析方法

塔吊事故致因机理的研究是为了深入了解事故发生的原因和过程,从而提供有效的预防和控制措施。

2.1 风险分析方法

2.1.1 模糊层次分析法概述

模糊层次分析法是在层次分析法的基础上,再引入模糊数学的理论和方法,然后对复杂系统中的不确定性和模糊性问题进行分析和评价。它主要是通过建立层次结构模型,来将复杂问题分解为若干个层次和因素,接着对各因素进行两两比较以确定其相对重要性,最后综合各因素的权重得出系统的综合评价结果。实践中应用模糊层次分析法的优点在于,其能够有效地处理复杂系统中的不确定性和模糊性问题,同时该方法还具有较高的准确性和可靠性^[3]。所以它被广泛应用于工程、管理、经济等领域的多准则决策问题中。

2.1.2 模糊层次分析法的基本步骤

(1) 建立层次结构模型: 相关人员将复杂问题分解为若干个层次和因素,然后形成一个层次结构模型。其一般分为目标层、准则层和方案层。(2) 构造判断矩阵: 对同一层次各因素进行两两比较以确定其相对重要性,基于此再构造判断矩阵。其中判断矩阵的元素通常采用1-9标度法进行赋值,该值表示两个因素相比的重要程度。(3) 层次单排序及一致性检验: 计算判断矩阵的最大特征值和特征向量,从中得到各因素相对于上一层因素的权重,再对其进行层次单排序。同时还需要进行一致性检验,即判断判断矩阵的一致性是否满足要求。如果一致性不满足要求,那么就需要调整判断矩阵,直到其满足要求为止。(4) 层次总排序及一致性检验: 将各层次的权重进行综合后得到方案层各方案相对于目标层的权重,然后进行层次总排序。同时也需要对其进行一致性检验,也就是判断层次总排序的一致性是否满足要求。如果一致性不满足要求则需要重新调整判断矩阵,直到满足要求为止。(5) 综合评价: 根据层次总排序的结果对各方案进行综合评价,从中选择出最优方案。

2.2 风险因素识别

2.2.1 人员因素

(1) 操作人员技能水平不足: 塔吊操作人员需要具备专业的技能和知识,其中包括塔吊的操作、维护、保养等多个方面。如果在实际操作中该人员技能水平不足,就容易导致操作失误,进而引发塔吊事故。(2) 安全意识淡薄: 施工人员的安全意识淡薄是目前导致塔吊事故的重要原因之一。当施工人员在施工中不遵守安全操作规程,以及不佩戴安全防护用品,就容易引发安全事故。(3) 管理人员监管不到位: 管理人员的监管不到位也是现阶段导致塔吊事故的原因之一。管理人员不能及时发现和纠正施工人员的违规行为,进而就不能有效地管理和维护塔吊设备,最终将引发塔吊事故。

2.2.2 设备因素

(1) 塔吊设备质量不合格: 塔吊设备的质量在施工中直接关系到塔吊的安全性能。塔吊设备质量不合格就容易出现故障和损坏,进而引发塔吊事故。(2) 设备老化和磨损: 塔吊设备在使用过程中不可避免地会出现老化和磨损现象,而此时如果不能对其及时地进行维护和保养,将导致设备性能下降以引发塔吊事故。(3) 设备安装和拆卸不当: 塔吊设备的安装和拆卸是一项

高风险的作业,操作人员安装和拆卸不当会导致设备倒塌,从而引发塔吊事故。

2.2.3 环境因素

(1) 恶劣天气条件: 恶劣的天气条件,如大风、暴雨、雷电等,均会对塔吊的安全性能产生影响。操作人员如果在恶劣天气条件下进行塔吊作业,非常容易引发塔吊事故。(2) 施工现场环境复杂: 施工现场一般环境都比较复杂,如场地狭窄、障碍物多等,都会对塔吊的操作和运行产生影响。如果在施工现场环境复杂的情况下操作人员进行塔吊作业,很大概率会引发塔吊事故。(3) 周边环境影响: 周边环境如高压线、建筑物等也会对塔吊的安全性能产生影响。操作人员在周边环境影响较大的情况下进行塔吊作业的话,就极易引发塔吊事故。

2.2.4 管理因素

(1) 安全管理制度不完善: 当前安全管理制度不完善是导致塔吊事故的重要原因之一。施工单位安全管理制度不完善,就不能有效地规范施工人员的行为,进而将不能有效地管理和维护塔吊设备。(2) 安全培训不到位: 施工人员没有接受过专业的安全培训,其就不了解塔吊的安全操作规程和注意事项,最终将引发安全事故。(3) 应急预案不完善: 在塔吊事故发生时,施工单位没有完善的应急预案,就无法及时有效地对事故相关人员进行救援和处理,进而或导致事故后果扩大。

3 塔吊事故风险分析

3.1 一级风险因素权重分析

运用专家法可以比较不同的风险因素。专家组成员由科研人员、设计人员、施工人员、监理人员等组成,每一位专家都亲自担任专家组成员专家组由4名正、高级职称和3名中级职称的正、高级专业技术人员组成。每位专家都会进行独立评分,然后将各个专家的评分结果进行综合和整理,以得出最终的模糊判断矩阵。在此过程中,职称正高定为0.5、副高定为0.3、中级定为0.2。

对10位专家的考核结果进行了梳理,如表2中模糊判断一级方阵中的风险因素。

表2 一级模糊矩阵

风险因素	F ₁	F ₂	F ₃
F ₁	(1.00, 1.00, 1.00)	(0.23, 0.37, 0.81)	(0.37, 0.67, 1.00)
F ₂	(1.24, 2.67, 4.38)	(1.00, 1.00, 1.00)	(1.23, 1.61, 2.22)
F ₃	(1.00, 1.50, 2.71)	(0.45, 0.62, 0.81)	(1.00, 1.00, 1.00)

利用(2)对表1中的数据进行处理,得到初始模糊权重的第一级风险因素,见表3:

根据式(3)和式(4),对表3中各风险因素去模糊化,得到风险因素权重。一级风险因素权重见表4。可以看出,塔吊操作阶段风险因素(F₂)权重最高,达到0.493;其次为安拆及维保阶段风险(F₃),达到0.348;权重最小的为设计选型阶段风险(F₁),达到0.159。

表3 一级风险初始模糊权重

风险因素	初始模糊权重
F ₁	(0.11, 0.20, 0.37)
F ₂	(0.23, 0.51, 1.01)
F ₃	(0.16, 0.30, 0.60)

表4 一级风险权重

风险因素	权重
F ₁	0.159
F ₂	0.493
F ₃	0.348

3.2 二级风险因素权重分析

由于子权重而产生的二级风险计算过程与由于子权重而产生的一级风险计算过程类似。分权重后获取的二级风险见表5。

3.3 二级风险因素综合权重分析

模糊层次分析法综合权重的计算方法与水平分析法综合权重的计算方法相似，其原理是“模糊层次分析法综合权重的计算”，其原理是“模糊层次分析法”计算方法如下：

$$Tw_{ik} = w_i \times w_{ik}$$

式中，第一级风险因素 w_i 的权重；

w_{ik} —与一级风险 i 对应的第 k 个二级风险因素；

Tw_{ik} —风险因素 ik 的综合权重。

表5 二级风险因素综合权重

一级风险因素权重	二级风险因素权重	综合权重
F ₁ (0.159)	F ₁₁ (0.278)	0.044
	F ₁₂ (0.273)	0.044
	F ₁₃ (0.414)	0.066
	F ₁₄ (0.035)	0.066
F ₂ (0.493)	F ₂₁ (0.412)	0.211
	F ₂₂ (0.078)	0.04
	F ₂₃ (0.232)	0.119
	F ₂₄ (0.046)	0.024
F ₃ (0.348)	F ₃₁ (0.328)	0.108
	F ₃₂ (0.512)	0.168
	F ₃₃ (0.160)	0.052

可以看出，综合权重较高的两个风险因素是塔吊操作失误 (0.211) 和安拆人员违章操作 (0.168)，其次为司索信号工违章指挥 (0.119)、吊装作业违反规范 (0.119) 和维保不及时 (0.108)。

4 塔吊事故预防措施

4.1 设计选型阶段

(1) 合理的基础设计和施工规范：确保塔吊的基础设计符合相关标准和规范，采用适当的材料和施工方法。同时，对基础施工过程进行严格监督和质量控制，确保基础的稳定性和可靠性^[4]。(2) 优质的材料和结构设计：选择高质量的材料和合理的结构设计，以增加塔吊的承载能力和稳定性。同时，还进行了严格的质量检测监控，确保塔吊结构安全可靠。

4.2 塔吊操作阶段

(1) 培训和认证操作员：提供全面的培训和技能认证计划，确保操作员具备良好的技术知识和操作经验。培训内容包括塔吊在安全操作规程、应急处置、风险评估等方面的培训，以提高操作手的安全意识和应变能力。(2) 定期检查保养：制定严格的定期检查保养计划，包括常规检查，定期保养。检查内容涵盖塔吊的各个部位和关键部件，确保其正常运行和安全性能。

4.3 安拆及维保阶段

(1) 定期检查和保养计划：建立完善的定期检查和保养计划，包括定期检查塔吊的结构、电气系统、润滑系统等，并及时记录和处理异常情况。(2) 及时维修和更换磨损部件：对于发现的问题和磨损部件，及时进行维修和更换，确保塔吊的正常运行和安全性能。

5 结论与建议

综上所述，塔吊事故发生的机理经过深入研究，结论如下：

(1) 塔吊事故常见类型包括倾覆事故、坠落事故和碰撞事故，每种类型都有其特定的致因机理。(2) 影响塔吊事故的因素主要分为设计选型阶段的因素、塔吊操作阶段的因素以及安拆及维保阶段的因素。(3) 塔吊操作阶段风险权重最高 (0.493)，其次为安拆及维保阶段风险 (0.348)，权重最小的为设计风险 (0.159)。(4) 综合权重较高的两个风险因素是塔吊操作失误 (0.211) 和安拆人员违章操作 (0.168)，其次为司索信号工违章指挥 (0.119)、吊装作业违反规范 (0.119) 和维保不及时 (0.108)。(5) 鉴于塔吊事故的严重性和危害性，预防塔吊事故的重要性不可忽视。预防塔吊事故的措施应从设计和施工阶段、操作阶段以及维护和检修阶段综合考虑，包括合理的基础设计和施工规范、培训和认证操作员、定期检查和维保计划等。

【参考文献】

- [1]陈邵清,熊思斯,何朝远,等.地铁深基坑坍塌事故安全风险[J].安全与环境学报,2020,20(1):52-58.
- [2]张旷成,李继民.杭州地铁湘湖站“08.11.15”基坑坍塌事故分析[J].岩土工程学报,2010,32(S1):338-342.71-78.
- [3]汤育春,夏侯遐迩,陆莹,等.中国地铁工程安全风险研究综述[J].工程管理学报,2018,32(6):69-74.
- [4]田中兴,杨新苗,周嗣恩.基于层次分析法的道路工程社会稳3定性风险评价——以北京市某国道改建工程为例[J].公路工程,2018,43(2):265-269.

作者简介：

张鹏举(1987--),汉族,河南安阳人,本科,中级工程师。