

基于物联网技术的塔吊安全管理方法设计

张公让, 程剑

(合肥工业大学)

【摘要】塔吊作业安全一直是施工现场被高度重视的问题之一, 文章通过对248起塔吊安全事故的统计分析, 划分事故类型。同时通过将瑟利模型应用于塔吊安全管理, 得出塔吊安全事故的致因为塔吊设备、环境以及作业人员的不安全状态。在此基础上, 提出通过对塔吊作业过程中各种不安全状态运用新型物联网技术进行实时监测, 从而预防塔吊安全事故的发生。

【关键词】塔吊; 事故致因; 物联网; 传感器; 安全管理

中图分类号: TU71

DOI: 10.13655/j.cnki.ibci.2023.07.032

Design of Safety Management Method of Tower Crane Based on Internet of Things Technology

ZHANG Gong-rang, CHENG Jian

(Hefei University of Technology)

【Abstract】The safety of tower crane operation has always been one of the issues that are highly valued at the construction site. Through the statistical analysis of 248 tower crane safety accidents, the types of accidents are divided. At the same time, by applying the Surry Model to the safety management of tower cranes, it is concluded that the cause of tower crane safety accidents is the unsafe state of tower crane equipment, environment and operators. On this basis, it is proposed to use the new Internet of things technology to monitor all kinds of unsafe conditions in the process of tower crane operation in real time, so as to prevent the occurrence of tower crane safety accidents.

【Keywords】tower crane; cause of accident; internet of things; sensors; security management

1 引言

塔吊是建筑工程施工常见的一种起重机械设备, 主要服务于建筑材料的垂直运输和水平运输。塔吊给施工带来了巨大的便利性, 但也是一类使用起来十分危险的设备, 一旦发生安全事故, 会造成巨大的人员伤亡和财产损失。目前塔吊安全管理主要靠传统的人力进行, 其耗费人力资源大, 同时也具备较高的作业风险。随着当前新型物联网技术的快速发展, 人们可以依靠不同类型的传感器, 精确采集塔吊各部位各类型的不同数据, 对塔吊作业的全周期进行实时监控与快速预警, 从而大大降低塔吊安全事故发生的风险, 提高建筑施工行业塔吊安全管理水平^[1]。

2 塔吊安全事故分析

2.1 塔吊安全事故统计

从网络、新闻报道、应急管理局等官方途径, 搜集到我国在2013至2021年内, 各地发生的248起塔吊作业安全事故。经统计, 该248起事故共造成343

人死亡, 135人受伤, 平均每起事故造成的死亡人数为1.38人。根据事故类型, 将这些塔吊安全事故划分为以下7种^[2]。

①倒塌: 塔吊因超载运行或保护装置设置不到位, 抑或因为结构缺陷等原因导致塔吊发生弯折倾覆。

②吊物散落: 塔机因超载运行, 吊装方法错误、绳索断裂、操作失误等使重物坠落。

③人员坠落: 作业人员因未佩戴安全防护用品等, 在攀爬、检修、安装、拆除时人员从高处掉落。

④构件坠落: 塔机各部位的螺栓, 以及塔吊标准节等构件, 因其承载能力不足或结构疲劳、损坏而发生的脱落。

⑤吊物击打: 主要包括塔机在吊物起升及卸料过程中, 由于操作不规范导致的吊物沿水平方向打击(碰撞、挤压)人员。

⑥塔群碰撞: 多台塔机在运行过程中, 因起重臂或吊物相互碰撞而引发人员伤亡。

⑦其他: 包括触电、失火、操作系统失灵、安全装置失效等原因造成事故。

其中,倒塌事故发生 103 起;吊物散落事故发生 60 起;吊物击打事故发生 16 起;人员坠落事故发生 30 起;构件坠落事故发生 18 起;塔群碰撞事故发生 13 起;其他事故 8 起。

2.2 塔吊安全事故致因

根据瑟利事故致因理论(也称瑟利模型,模型如图 1 所示),其将人、机械、物质、环境组成的系统归类为人和环境两方面;事故发生具有两个阶段——危险出现与危险释放^[3]。在系统中的危险出现阶段,如果人在每一步都能够正确抉择,危险就不会出现;如果任意一步处理不正确,则可能导致危险的临近。在危险释放阶段,如果人每一步的处理都是正确的,那么就不会发生危险;如果任意一步处理不正确,那么就可能会造成人的伤害和损失。

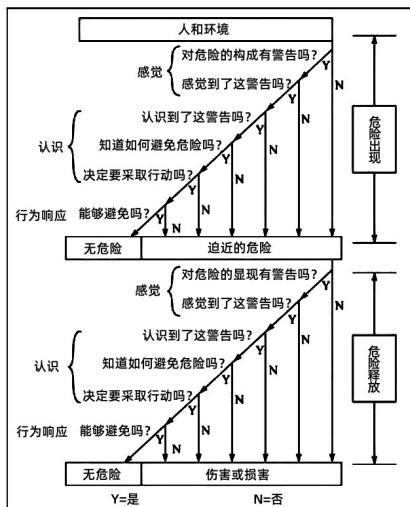


图1 瑟利模型

此模型应用于塔吊安全管理方面,那么在塔吊作业活动中,工作人员、塔式起重机与现场工作环境共同组成的系统也可以归化为“人—环境”系统。其中主体“人”指的是塔吊作业中的司机、司索工、信号工和安拆工人等相关工作人员;而客体“环境”指的是塔式起重机机械设备和现场工作环境。根据瑟利模型可以得出以下启示:为了防止塔吊安全事故的发生,首要且关键的点在于使“人”能够对于塔吊作业过程中出现的危险及时发现、正确识别、快速响应;在危险快要释放时,须立即采取行动从而保证安全,如果离危险释放尚远,如在危险刚出现的阶段,在发现识别危险后采取适当的措施,就能做到排除危险、保证生产。

以上所述的系统中的“危险”,也即是事故致因,

其主要包括人员、设备、环境的不安全状态。其中人员的不安全状态包括工作人员的违规行为、未佩戴防护装备及其管理、技术缺陷等;设备的不安全状态包括塔吊设备结构缺陷、材料不符合要求、发生的机械故障等;环境的不安全状态包括天气恶劣、安全距离不够、作业环境复杂等。如果能够采用技术手段实时监测塔吊人员、设备、环境的安全状态,在检测到不安全状态的第一时间作出示警,帮助“人”正确地识别危险信息,并及时采取合理措施,危险即可得到控制,从而减少安全事故的发生。

3 塔吊作业不安全状态监测

3.1 设备状态监测项目

3.1.1 起重超载监测

目前起重机上常用的称重传感器包括:拉式、轴销式、压式、轴承座式等。而其中,拉式称重传感器类型中的S型拉力传感器检测因其综合精度可达到0.1%FS(Full-scale,量程范围),量程达到0-20t,可满足一般塔吊起重检测的精度、量程要求,因此最为合适。

当塔吊吊起物体时,S型拉力传感器内会产生电压变化,此种变化在放大后,通过转换器变成数字信号,经计算机读取、处理后换算成重量值。将基准信号设定为额定最大荷载值的95%、100%。起重重量达到95%时,报警器发出预警报;当起重重量超过100%时,控制器立即控制塔吊停止上升作业,仅可下降。

3.1.2 配备倾角传感器的防倾翻监测

在塔式起重机防倾翻监控过程中,防倾翻监控仪由倾角传感器和报警器组成。倾角传感器可以采集重力加速度在中心轴上的分量,计算得到当前的倾角,当倾角大于额定阈值时,报警器进行报警,从而预防塔机倾翻事故的发生。

依据国家标准GB/T5031—2008内容的规定,塔吊在正常环境中的无载重状态下,塔身轴心线的垂直度偏差不能超过4‰,也就是倾斜角度约为0.23°^[4]。倾角传感器测量出倾斜角度,在接近标准阈值时,给予安全警告;超过标准时,立即通知塔吊作业相关人员进行检修。

3.1.3 塔身结构应力监测

当塔身结构状态产生变化如构件连接松动、基

础强度减小或塔吊金属结构疲劳损伤时,其结构部位内部的应力即会发生变化。而对此应力变化进行实时检测和分析,可作为塔吊结构状态实时监测的重要方法。

目前测量应力的常用工具是电阻应变式传感器。其测量原理是当被测的塔吊结构材料发生形变时,连接材料表面的应变片的电阻也会因自身的被动形变而发生变化,从而计算出结构应变量,由于应力的与物体形变程度呈线性相关,最终计算出结构内的应力大小。

在实际应用中,通过多个电阻应变式传感器实时检测塔吊的结构危险部位包括:前后臂架拉杆、起重臂、底座、基础地脚螺栓等处的内部应力值,一旦应力值达到或超过这些结构、连接处规定的抗力设计值,则配备的显示报警器立即发出警示,提醒相关人员停止作业,排除风险,从而预防事故的发生。

3.2 环境状态监测项目

塔吊作为工程事故常发的大型机械类型之一,其安全运行的工作环境条件有着明确的说明。根据国家标准 GB/T5031—2008 规定,塔式起重机应当在以下温度和风速条件下安全使用:工作环境温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$;顶部风速小于等于 20m/s 。

风速传感器是常用的测量风速的设备。目前常用的有三种:螺旋桨式、三杯式以及超声波式。其中,超声波风速传感器的原理是:利用时差法,风速越快,超声波的传播也越快,如果风的速度降低,超声波的传播速度也会变慢。与其他两种类型相比,没有机械转动部件,频率快、精度高、无磨损是其优势;同时还可输出风向风速。

3.3 人员状态监测项目

RFID 技术可通过射频信号识别目标及目标携带的相关信息,其系统主要由读写器、天线和标签三部分组成。WSN 无线传感器网络技术通过部署多个微型传感器节点,构成无线传输网络,可实时采集部署区内被监测对象的各项数据,处理后发送给后台系统。RFID 技术可以实现对物的标记和识别,WSN 技术可以实现数据的采集传输。如果将 RFID 与 WSN 的两者合并使用,便可方便地实现物的标识、信息采集、传输与定位^[5]。

为每个施工人员各自的安全帽贴上 RFID 标签,从而对每一位施工人员进行标记,同时在标签内记

录姓名、年龄、工种等个人信息。在塔吊施工现场周围根据场地状况划分为安全区域及危险区域,在区域边缘布置 RFID 定位器以形成电子围栏。当工人进入到定位器附近时,安全帽上的标签被定位器识别,确定人员信息。再通过 WSN 技术实时识别当前的区域状态,一旦有非塔吊作业相关人员被识别到坐标出现在危险区域内,立即发出警告进行劝离。

人员高处坠落事故发生的主要原因是作业人员在塔吊爬梯上进行攀爬时未穿戴安全防护设备。目前我国对塔吊作业人员在安全防护设备使用的监管中,监管人员的工作强度大,且很难做到实时监督。通过应用 RFID 技术,在塔吊的爬梯底部附近设置标签识别设备,当且仅当该塔吊相关工作人员穿戴好安全防护设备,才可允许人员攀登,否则,发出危险警示进行劝离并通知相关管理人员,从而在一定程度上避免人员高处坠落事故的发生。

4 结语

本文通过对 2013-2021 年国内 248 起塔吊安全事故的统计分析,将事故类型归纳为七种。将瑟利提出的事故致因理论应用于塔吊安全管理方面,可得出:为了防止塔吊安全事故的发生,关键在于使作业人员能够对塔吊作业过程中人员、塔吊设备、工作环境所处的不安全状态及时发现、正确识别、快速响应。利用传感器、RFID、WSN 等物联网技术,对塔吊设备的作业进行实时监控,在检测到不安全状态的第一时间作出示警,可以预防事故的发生。在一定程度上提高了塔吊安全管理的准确性和时效性,使得塔吊安全管理水平得到进一步提升。

参考文献

- [1] 时建民, 余健平. 智慧工地技术在建筑施工起重机械设
备安全管理中的应用探讨[J]. 建筑安全, 2021, 36 (5):
37-41.
- [2] 张潇, 张伟. 塔式起重机安全事故统计分析[J]. 工业安全
与环保, 2019, 45 (9): 24-29.
- [3] 田硕. 基于瑟利模型的建筑工地火灾分析与预防[J]. 建筑
安全, 2020, 35 (1): 55-58.
- [4] 周泉吉, 陈峰军, 郭振, 朱小磊. 塔吊运行状态安全监
控系统研究与应用[J]. 建筑施工, 2021, 43 (11): 2407-
2408+2418.
- [5] 陈永锋, 齐乐乐. RFID-WSN 在建筑施工人员安全管理
中的应用[J]. 绿色环保建材, 2017 (2): 215-216.