

# 塔式起重机状态监测与故障诊断方法

付 耀

济宁市特种设备检验研究院 山东济宁 272400

**摘 要:** 对塔式起重机的工作状态进行实时监控,并对出现的异常情况进行及时的诊断,对于保证工程的安全运行具有十分重要的意义。因为塔式起重机的回转半径大、吊运速度快等优点,大大降低了工人的劳动强度,从而大大提高了施工的进度。所以在现代建筑领域,塔吊扮演着愈来愈重要的角色。但是,塔式吊车的内部结构比较复杂,而且机体的重心也相对较高,同时,由于该作业的吊运量很大,作业的频率也很高,因此极易出现各种意外,为确保建筑工程的安全性,必须要有一个行之有效的实时监控和故障诊断体系。通过对目前在塔式起重机中使用状态监控及故障诊断技术的情况进行了分析,并对各种监控及故障诊断技术作了详细的介绍,并对其使用情况作了总结。

**关键词:** 塔式起重机; 状态监测; 安全监测

## Tower crane condition monitoring and fault diagnosis method

Yao Fu

Jining Special Equipment Inspection and Research Institute, Jining 272400, China

**Abstract:** Real-time monitoring of the working status of tower cranes and timely diagnosis of abnormal situations are of great significance to ensure the safe operation of the project. Because of the advantages of large swing radius and fast lifting speed of tower cranes, the labor intensity of workers is greatly reduced, thereby greatly improving the progress of construction. Therefore, in the field of modern architecture, tower cranes play an increasingly important role. However, the internal structure of the tower crane is more complex, and the center of gravity of the body is relatively high, at the same time, because the lifting volume of the operation is very large, the frequency of operation is also very high, so it is very easy to have a variety of accidents, in order to ensure the safety of construction projects, there must be an effective real-time monitoring and fault diagnosis system. Through the current use of condition monitoring and fault diagnosis technology in tower cranes, the various monitoring and fault diagnosis technologies are introduced in detail, and their use is summarized.

**Keywords:** tower crane; condition monitoring; Security monitoring

### 引言

目前,塔式吊车缺少行之有效、便捷的监测技术,对其进行管理与维修的力度不够,安全元件失效,个别工作人员甚至违反规定进行操作,从而导致了安全事故频发。如何运用高新技术,提高塔吊的安全、可靠度,是广大施工工作者十分关心的问题。因此,建立一套行之有效、简单易行的塔吊在线监控系统,对其进行实时监控,就显得尤为迫切。为了实现塔式吊车工作时的远程安全监控,降低员工的操作风险,利用物联网在线监控技术,对塔式吊车的智能管理及故障监控系统进行了研究,严格、有效地监测车辆的过载、车速过快等危险。它是塔式起重机违章作业监控和运行状态等进行统计分析的一个重要窗口。应用物联网技术建立吊车安全监控网络,从而降低了施工过程中的安

全隐患,降低了事故发生率,保证了人身、设备的安全。因此,对塔吊在线监测进行深入的研究,并构建一套行之有效、简单易行的监测体系,具有很大的实际意义和社会价值。

### 1 塔式起重机状态监测与故障诊断方法的应用现状

长期以来,国外对塔吊施工的安全性给予了高度的关注。如德国利伯尔公司,法国宝泰公司,日本石川岛公司,国外的塔吊产品都配备了安全监测设备,而国内在这方面的研究才刚刚起步。目前,在我国,由于各设备均为独立工作,不能完全反应出起重机的的工作状况。针对目前塔式吊车监测设备不健全,安全事故时有发生,本文介绍了西安建工科技大学研制的一套用于塔吊工作状态监控的安全防护系统及其应用,并对其应用进行了探讨,并提

出了相应的解决方案。随后，山东富源公司开发出了一套塔式起重机防倾覆监测装置，该装置在运行过程中发生异常情况时，会自动发出警报，从而使安全隐患得到及时消除，并采取相应的措施。

## 2 故障诊断基本内容

故障诊断技术是60年代后期出现的一项新兴技术，具有很大的经济价值和社会效益，已成为国内外学者关注的焦点。欧美等发达国家在这方面的研究比较早，已经形成了一套比较完整的理论方法，并有相应的实施方案。故障指的是系统的某一主要参数或性能发生明显变化，超出正常值的情况。从广义上讲，故障是指发生在系统中，并导致系统出现不希望出现的异常现象。通常，在控制系统中，故障出现的位置，时间特征，形式都是多种多样的。从故障出现的位置上，可以将其划分为元元件故障、传感器故障和执行机构故障。按其时域特征，将其划分为缓变型和突变型两类。按其产生方式，可将其划分为相加型和相乘型两类。故障诊断工作主要是对设备产生故障的原因以及故障程度等进行明确，在此过程中能够有效的对设备的工况进行分析，主要利用的是计算机的系统解析，该系统的应用能够有效的对故障类型以及故障程度进行确定，并且保证结论的正确。基于分析的冗余度分析方法最早出现于美国，其起源于上个世纪七十年代。美国麻省技术学院的BedarRV最早把分析冗余技术应用到了这一领域，并以此为依据，给出了新的求解方法，并利用系统的自组织，实现了系统的闭环稳定性。该方法是一种新的方法，它是由观测器的输出结果来判断系统的失效情况。

## 3 塔式起重机状态监测的几种常见方法

### 3.1 振动监测法

在对塔式起重机进行监测的基础上，提出了一种基于振动信号的塔式起重机故障诊断方法。振动监测法是一种通过对振动信号进行采集和分析，可以提取出信号的特征，进而对设备出现的故障进行判断的方法。塔式起重机是一种复杂的机械设备，它具有旋转运动和往复运动两种机构，往复式机构具有振动频率低，激励源多，噪声干扰大等优点，因此，它更适合用来进行振动监测。

### 3.2 油样监测法

塔式吊车在工作和运转过程中，零件在不停的摩擦和移动中，很容易产生损坏，而造成装置失效的主要原因是零件出现了不正常的损坏以及润滑油中的金属微粒含量的改变。而油样监控方法的工作原理，就是对吊车各零件的油样进行分析，以确定其是否发生了异常磨损。因而，采用油样品监控方法，能够有效地实现对塔吊运行工况、部件磨损状况及其演化趋势的监控。对油样进行分析的方法有很多，其中最常见有：铁谱分析法、显微镜分析法和图

像分析法等，但是，目前使用最多的还是光谱和铁谱两种方法。

### 3.3 温度监测法

温度是反映设备工作状况的一个重要指标，其异常还表明吊车的某一部分出现了故障。目前，温度监测方法可分为两种：（1）红外测温法。在温度监测法中，红外测温法应用的范围比较广泛，并且该方法具备有效性，该系统主要利用塔吊所发出的红外线信号，来获得设备的工作状况。这种方式避免了与吊车的直接接触，不会对起重机的工作造成任何影响，并且还具有更高的监控效率。并利用计算机进行了计算，使分析结果更加精确。但缺点是，它对外部环境的干扰很大，很容易出现错误。（2）光纤测温法。光导纤维温度测量是利用光导纤维的反射拉曼信号来测量温度的一种方法，利用光学时间域反射法和雷达法对吊车进行测温是一项新的技术。与红外线测温方法比较，最大的不同是它具有较强的抗干扰性和较广的应用范围。

## 4 塔式起重机故障诊断的方法

大约40年前，从塔式起重机的故障出现到现在，已经形成了许多理论，不过，大致可以分为三种：

（1）采用分析方法进行故障诊断。该方法包括状态估计，等价空间估计，以及参数估计。其核心问题在于从征兆域到故障域之间的准确映射关系，而塔式吊车结构的复杂性使得其不适于这一问题。

（2）采用模式识别方法进行故障诊断。不同类型的失效有不同的失效特征，同时，故障状态与故障特征也各不相同，通过对其进行匹配，可以对其进行准确的识别。对于系统较为复杂，且诊断模型未知的情况，利用模式识别来进行故障类型的判别更为有效。

（3）故障诊断的人工智能方法。在此基础上，提出了一种基于人工神经网络的故障诊断方法。

## 5 基于物联网技术的塔式起重机状态监测与故障诊断方法

### 5.1 系统功能定位

利用 IoT 技术构建塔吊安全监测体系。为了达到在塔吊出现故障时进行实时传送、在塔吊运转时进行数据采集的目的，其主要服务功能包括：

（1）实时运行状态监测：需要系统提供塔式吊车在安全运行时的工况数据，诸如起升速度以及回转角度等进行采集，通过对塔吊限重器和其他安全设备的工作状况的监控，掌握塔吊的工作情况。

（2）故障实时显示：将塔吊目前的工作参数及标称工作参数以数字及图表形式显示在显示屏上。

（3）故障实时报警：将实测数据与设定的报警门限进行对比，当系统接近设定的门限时，就会进行声光报警。

(4) 故障应急处置:在吊车运行过程中,一旦出现异常情况,该系统将自动与监控中心取得联系,能够24小时接听,指导,处理有关塔吊安全操作方面的问题。

(5) 日常作业监控:实现了塔吊的全过程、全过程的信息化管理。在人工智能技术的基础上,实现了塔式起重机安装与拆除作业中的不安全行为的自动识别与预警,该系统的应用能够有效的对塔式起重机的安装以及拆卸等作业行为进行自动识别,并且能够做好安全交底以及风险自动预警等管理工作,当出现违法行为时,系统会发出告警,通过 APP的信息推送或短信,将相应的报警内容及时通知工作人员。

(6) 远程可视化监控平台:在保证系统安全运行的同时,利用 GIS技术实现了对系统的可视化、远程监测,并将塔吊工作过程中的各种信息传输到平台上。

(7) 数据追忆:在塔式起重机出现故障的情况下,可以通过该系统对塔吊的工作状况进行查询,以便于对事故经过进行调查和取证。

(8) 统计分析:用于对系统进行统计分析或公开数据界面的模块;对塔式起重机工作时的数据信息进行采集,并对其进行分析和统计,通过对塔式起重机工作过程中常见故障的分析,分析其发生的可能性,从而评估其工作状态,并对其进行有效的预防。

## 5.2 系统网络拓扑结构构建

系统网络拓扑结构应用过程中能够有效的对设备的功能进行分析,在此过程中可以建立监测系统,并且主要应用的是数据采集以及远程数据通信等各项技术,高效地实现施工塔式起重机工作状态的安全监测和声光报警等功能,并且能够实现实时的动态的远程监控工作,从技术手段上确保及时监测塔吊的使用过程与行为,对设备操作过程中存在的危险因素及安全隐患展开有效的预警与控制,对塔式起重机的安全工作进行了有效的预防和降低。该框架由四个层次组成。

第一层为感知层。感知层能够有效的采集塔式起重机,在工作过程中所出现的故障信息,并通过逻辑判定,判断出了塔吊的工作状态,并将当前的状态信息以及其它信号发送给下层的服务器。在这一层中,数据采集、监测终端和传感器是最重要的组成部分。

第二层为网络层。网络层主要负责的是塔式起重机的实时运行时信息,同时还可以传输报警信息,并将相关的数据信息记录在数据服务中心中,并进行故障预警信息的传送,并将对应的数据存储到数据中心服务器。这一层主要是由电信公司的有线资料网路或无线和资料中心伺服器所构成。

第三层为应用层。其主要功能为对物联网中的设备进行

监测、管理、计算。主要有塔式吊车安装单位系统、使用单位系统和紧急救助系统等。其中,塔吊状态监控软件,客户端计算机,以及软件中间件,都是基于数据中心服务器的。

第四层为协议层。在规约层,有一个标准的规约层,有关公司的各种应用,都可以使用该规约层,与监控层的数据通信。该系统使用了开放、标准的数据通信协议,所有符合该协议要求的厂商都可以访问他们的监督层。

第五层为监管层。主要包括5个应用:日常监管查询统计、塔式起重机故障查询统计。在对与安全监察相对应的业务应用进行评估的过程中,比如决策支持系统,使管理人员可以依据指定的数据传送,在操作过程中,对每台塔吊进行实时读取相关数据。

## 5.3 应用实践

塔式起重机是一种不连续搬运重型机械,广泛用于桥梁工程、房屋建筑等领域。在塔式起重机工作过程中,如果出现了超载、超速等安全隐患,以物联网为基础的塔式起重机安全监测系统,通过传感器获取数据信息,并将其传送给系统,设定报警的响应级别,并按级别进行预警。当设备出现故障时,将对应的图像、声音等信息进行采集,并由物联网将其传送到远程监控平台及监控部门。该系统通过安装在系统前端的传感器,将监测到的监测数据及时传送到系统,并按照系统设定的监测等级进行报警。在此基础上,利用“物联网”技术,将现场的视频、声音等信息实时传送给相关部门或远程监测终端。

## 6 结束语

综上所述,塔式起重机在工作过程中相关人员可以利用互联网技术,对设备的运行状态进行安全监控,在此过程中要注重与设备的工作模式相结合,在此基础上有效的探索塔式起重机无线远程监控系统的具体应用。该系统对超负荷和异常振动的塔式吊车的运行情况进行了实时采集,在工程建设中,要加强对工程建设的安全管理,才能有效地保证工程建设的安全性与可靠性。

## 参考文献:

- [1] 刘昂. 基于深度学习的塔式起重机结构损伤诊断方法研究[D]. 山东建筑大学, 2023.
- [2] 孙文峰. 基于PCA的塔式起重机故障检测与诊断方法[J]. 自动化应用, 2023, 64(09): 6-8.
- [3] 杨晰越. 基于故障注入的塔机顶升液压系统发热故障分析[D]. 沈阳建筑大学, 2021.
- [4] 黄江昕, 简小刚, 石来德等. 塔式起重机工况监测与故障诊断研究[J]. 工程机械, 2011, 42(09): 45-49+8.
- [5] 阎玉芹. 塔式起重机钢结构健康监测技术与实验研究[D]. 山东大学, 2011.