

特种设备检测中无损检测技术的应用

胡刚刚 潘鹏程 方浩翔
宁波如意股份有限公司 浙江 宁波 315600

摘要: 本文围绕特种设备检测中无损检测技术的应用展开。先阐述特种设备定义、分类及无损检测技术原理、重要性。接着聚焦叉车,分析其结构与特点、常见故障模式及原因。重点探讨无损检测技术在叉车设计各环节的应用,包括原材料、零部件制造、整机装配及设计验证优化,为提高叉车质量和安全性提供参考。

关键词: 特种设备;无损检测技术;叉车设计;安全性

引言:随着工业发展,特种设备的应用日益广泛,其安全运行至关重要。无损检测技术为特种设备检测提供了有效手段。叉车作为常见特种设备,其设计与检测具有特殊性。本文旨在深入研究无损检测技术在叉车设计中的具体应用,以期提升叉车的可靠性和安全性。

1 特种设备与无损检测技术概述

1.1 特种设备的定义与分类

特种设备是指涉及生命安全、危险性较大的设备。(1)锅炉作为能量转换设备,通过燃烧燃料将水加热产生蒸汽。它通常在高温高压环境下工作,对材质和制造工艺要求高。(2)压力容器用于储存和运输气体、液体等介质,承受一定的压力。根据用途和结构的不同,有反应容器、换热容器等。(3)压力管道负责输送各种流体,其分布广泛,工作条件复杂。(4)电梯是垂直运输人员或货物的设备,运行频繁,对安全性和可靠性要求极高。(5)起重机械用于吊运重物,结构复杂,工作强度大。(6)场(厂)内专用机动车辆等八大类。这些设备在运行中通常承受高温、高压、高速、高空等特殊工况,一旦发生事故,可能造成严重的人员伤亡和重大财产损失。

叉车作为场(厂)内专用机动车辆的一种,是特种设备的重要组成部分。

叉车具有以下特点:它的机动性强,能够在狭窄的空间内灵活操作,适应各种仓库和工厂的布局。叉车的承载能力较大,可以搬运较重的货物。其配备了专门的升降装置,便于货物的装卸。叉车的应用范围广泛,常见于工厂车间、物流仓库、港口码头等场所,用于货物的装卸、搬运和堆垛。在制造业中,叉车协助生产流程的物料流转;在物流行业,它是货物仓储和运输的关键工具。

1.2 无损检测技术的原理与分类

无损检测技术是在不损害或不影响被检测对象使用

性能的前提下,采用多种物理方法来检测材料内部或表面的缺陷。(1)射线检测利用射线穿透物体时的衰减和吸收差异来成像。对于检测体积型缺陷,如气孔、夹渣等较为有效,但对面积型缺陷的检出率受透照角度影响,且具有放射性,对人体有一定危害。(2)超声检测通过超声波在材料中的传播和反射来判断缺陷。对裂纹等面状缺陷敏感,能检测较厚的工件,但对缺陷的定性和定量较复杂。(3)磁粉检测基于铁磁性材料被磁化后,表面或近表面缺陷引起的漏磁场吸附磁粉形成磁痕来显示缺陷。适用于检测铁磁性材料的表面和近表面缺陷,但仅能检测表面开口缺陷。(4)渗透检测则是将渗透剂渗入表面开口缺陷,然后通过显像剂显示缺陷。可检测各种材料的表面开口缺陷,但无法检测内部缺陷,且检测过程较为繁琐。

1.3 无损检测技术在特种设备检测中的重要性

无损检测技术在特种设备检测中具有至关重要的地位。它能够在不损坏设备的前提下,准确探测设备内部的缺陷和潜在问题,是保障特种设备质量、安全运行和延长使用寿命的关键手段。对于特种设备而言,早期的缺陷如果未能及时发现,在设备运行过程中可能会逐渐恶化,最终导致严重的事故。无损检测技术可以在设备制造阶段就发现材料和制造工艺中的缺陷,确保投入使用的特种设备具备良好的初始质量。

在设备运行期间,无损检测技术能够定期对设备进行检测,及时发现因疲劳、磨损、腐蚀等原因产生的新缺陷或原有缺陷的扩展,为采取维修或更换措施提供依据,保障设备的安全运行。特别在叉车设计中,无损检测技术的重要性更为突出^[1]。例如,在叉车车架的设计环节,通过无损检测可以确保车架所用钢材的质量,排查可能存在的内部裂纹或夹杂物,保证车架的强度和稳定性。对于叉车的关键零部件,如起升链条、液压油缸等,无损检测能够检测出潜在的疲劳裂纹和内部缺陷,提前预

警,防止在作业过程中出现故障,从而延长叉车的整体使用寿命,降低维护成本,提高工作效率和安全性。

2 叉车的结构与特点

2.1 叉车的结构组成

叉车是一种用于装卸、搬运货物的工业车辆,其主要结构部件包括:(1)车架是叉车的主体结构,起到支撑和连接其他部件的作用,需要具备足够的强度和刚性。(2)动力系统为叉车提供动力,通常有内燃机(如柴油发动机、汽油发动机)和电动机两种。内燃机动力强劲,适用于户外作业;电动机则更环保、安静,适合室内环境。(3)传动系统负责将动力传递到车轮,实现叉车的前进、后退和变速。常见的传动方式有机械传动、液力传动和静压传动等。(4)转向系统控制叉车的行驶方向,使叉车能够灵活转弯。一般有机械转向和动力转向两种,动力转向能减轻驾驶员的操作强度。(5)起升系统是叉车用于提升和降低货物的关键部分,包括货叉、起升油缸、链条或钢丝绳等。通过起升油缸的伸缩来实现货物的升降。(6)液压系统为叉车的起升、倾斜等动作提供动力支持,同时也用于制动和转向助力。(7)电气系统包括电池、发电机、电动机控制器、照明和信号装置等,保障叉车的正常启动、运行和各种电器设备的工作。

2.2 叉车设计的关键参数与要求

在叉车设计中,载重能力是首要考虑的参数,它取决于叉车的结构强度、起升系统的性能和动力系统的输出功率。确定载重能力时,需要综合考虑货物的重量、尺寸和分布情况。起升高度决定了叉车能够作业的高度范围,要根据仓库的货架高度和工作场景的需求来确定。同时,起升速度也影响工作效率。稳定性是叉车安全运行的关键,与叉车的重心位置、轮距、轴距以及载重分布等因素密切相关。在设计时,要通过合理的结构布局和参数计算来确保叉车在各种工况下的稳定性。操控性直接影响驾驶员的操作体验和工作效率,包括转向的灵活性、操作手柄的轻便性等。安全性是叉车设计的重中之重,要求配备完善的制动系统、防护装置、过载保护等。

2.3 叉车设计中的常见问题与挑战

在叉车设计过程中,结构强度不足可能是由于材料选择不当、结构设计不合理或计算误差导致。零部件磨损通常是因为长期的摩擦和缺乏有效的润滑。疲劳失效往往是由于频繁的重复加载和应力集中。液压系统泄漏可能源于密封件老化、管路连接不紧密或系统压力过高。

针对这些问题,在设计时应选用合适的高强度材

料,优化结构设计,进行精确的力学计算。加强零部件的润滑和维护,选用高质量的密封件,并合理设置液压系统的压力和流量。同时,借助先进的仿真技术和试验手段,提前发现潜在问题,进行改进和优化。

3 叉车常见故障模式及原因分析

3.1 机械部件故障

(1)车架常见的故障模式有裂纹和变形。裂纹通常出现在焊接部位或应力集中区域,原因可能是叉车长期承受重载、频繁的振动以及制造过程中的焊接缺陷。变形则多由于严重的碰撞、超载或不均匀的受力。(2)车轮常见故障是磨损和轮辋变形。磨损主要由长期与地面摩擦、频繁转向以及负载过重导致。轮辋变形往往是因为受到强烈的冲击或持续的不均匀载荷。(3)传动轴的故障模式包括花键磨损和弯曲^[2]。花键磨损通常是由于频繁的扭矩传递和润滑不良。弯曲则多因突然的过载冲击或长期受到扭曲力。

这些故障的原因主要包括过载、冲击和润滑不良。过载使部件承受超出其设计能力的应力;冲击造成瞬间的巨大力量作用于部件;润滑不良会加剧部件之间的摩擦,加速磨损。

3.2 动力与传动系统故障

叉车的发动机、变速器、离合器等动力与传动部件可能出现功率下降、异响、换挡困难等故障。(1)发动机功率下降可能是由于燃油系统故障,如喷油嘴堵塞导致燃油雾化不良,或者进气系统不畅,空气滤清器过脏。也可能是发动机内部部件磨损,如气缸、活塞环磨损导致压缩比降低。(2)变速器出现异响可能是齿轮磨损、轴承损坏或润滑油不足。换挡困难可能是同步器磨损、换挡拨叉变形或操纵机构故障。(3)离合器故障如打滑,可能是摩擦片磨损严重、压盘压力不足。分离不彻底可能是离合器踏板行程调整不当或分离轴承故障。

这些故障与设计缺陷、使用条件和维护保养密切相关。设计上的不合理,如零部件强度不足、结构不合理等,容易导致故障。恶劣的使用条件,如频繁启停、高速重载等,会加速部件的磨损和老化。而维护保养不到位,如不按时更换润滑油、不及时检查和调整部件等,也会增加故障发生的概率。

3.3 液压系统故障

叉车液压系统中的液压泵、液压缸、控制阀等元件可能出现泄漏、压力不足、动作失灵等故障。(1)液压泵泄漏可能是密封件老化、损坏或泵体磨损。压力不足可能是泵的内部磨损、吸油不畅或溢流阀故障。(2)液压缸泄漏通常是由于密封件损坏、缸筒内壁拉伤。动作

失灵可能是阀芯卡滞、油液污染或控制电路故障。(3) 液压系统故障会严重影响叉车的性能,如泄漏导致液压能损失,影响工作装置的动作速度和力量;压力不足使起升和倾斜动作迟缓;动作失灵则可能导致操作失控,危及作业安全。(4) 故障产生的原因主要有密封件老化、油液污染、部件磨损以及设计不合理等。

3.4 电气系统故障

叉车电气系统中的电池、电机、控制器、线束等部件可能出现短路、断路、接触不良等故障。

(1) 电池故障如容量下降、充电异常,可能是电池老化、极板硫化或充电器故障。电机故障如过热、转动无力,可能是绕组短路、断路或碳刷磨损。控制器故障如控制信号丢失、故障报警,可能是内部电子元件损坏或程序出错。线束故障如短路、断路,多是由于线束磨损、绝缘层破裂。

排查电气故障通常需要使用专业的检测工具,如万用表、示波器等,按照电路原理图逐步检查。预防措施包括定期检查电气系统的连接情况、保持清洁干燥、避免过载和短路等。

4 无损检测技术在叉车设计中的应用

4.1 原材料检测

在叉车制造前,对钢材、铝材等原材料的质量检测至关重要。无损检测技术在此阶段发挥着关键作用。例如,利用超声检测技术,可以向原材料特别是锻造件内部发射超声波,通过分析超声波的反射和传播情况,检测材料内部是否存在气孔、夹渣、疏松等缺陷。对于铝材,涡流检测是一种有效的方法,它能检测出材料中的裂纹和材质变化。此外,磁粉检测可用于检测钢材表面的微小裂纹。通过这些无损检测手段,确保选用的原材料无内部缺陷,符合叉车设计的强度、韧性等要求,从源头上保障叉车的质量和性能。

4.2 零部件制造过程检测

在叉车零部件的加工过程中,无损检测方法能够及时发现制造缺陷,保证零部件质量。对于车架焊接件,射线检测可清晰地显示焊缝内部的气孔、未焊透和夹渣等缺陷。超声检测则适用于检测传动轴内部的裂纹、材质不均匀等问题^[3]。磁粉检测对于齿轮表面的疲劳裂纹和淬火裂纹具有较高的检测灵敏度。另外在叉车门架中,还有起升油缸和倾斜油缸等一些系列的属于压力容器范围部

件,这些油缸在工作时内部充满高压液压油。所以油缸焊接部位必须进行无损检测,确保焊接内部是不存在气孔、夹渣、虚焊、未熔合等焊接缺陷。保证油缸在工作中不会应为高压油冲击发生破损导致漏油等事件发生。

4.3 整机装配过程检测

在叉车整机装配阶段,无损检测技术对于确保装配质量不可或缺。渗透检测常用于检测关键结合部位的表面开口缺陷,如微小裂纹和孔隙,能够有效发现可能导致泄漏的隐患。内窥镜检查则可以直观地观察到内部结构的装配情况,如管道连接、密封件安装等。通过这些检测方法,可以及时发现装配过程中的缺陷和不当之处,保证关键部位的密封性能,提高叉车的整体运行稳定性和可靠性。

4.4 设计验证与优化

无损检测结果对于叉车的设计验证和改进具有重要意义。通过应力测试,如应变片测量或有限元分析,可以了解叉车在不同工况下的应力分布情况,从而分析结构强度是否满足设计要求。例如,如果检测发现某些部位的应力集中超过了材料的承受能力,就可以针对性地进行结构优化,如增加加强筋、改变截面形状等。此外,利用无损检测发现的实际缺陷类型和分布情况,可以反思设计中的不足之处,对设计方案进行改进,提高叉车的可靠性和耐久性。例如,如果某个零部件频繁出现疲劳裂纹,可能需要重新评估材料选择、结构设计或加工工艺,以减少应力集中和疲劳损伤的风险。

结束语:综上所述,无损检测技术在叉车设计中发挥着重要作用,有效保障了叉车质量和运行安全。然而,技术仍有发展空间,未来需不断优化检测方法,提高检测精度。同时加强相关人员培训,以更充分发挥无损检测技术优势,推动叉车行业的持续健康发展。

参考文献

[1]王贵,李琛,刘瑞霞等.X射线数字成像无损检测技术综述[J].无损检测,2023,45(06):7-18.

[2]张俊,李晓峰,王月等.极端低温工况下蒸汽发生器热管涡流检测信号影响因素[J].无损检测,2023,45(05):17-24.

[3]王强,叶青,杨理践等.X射线数字成像检测技术研究进展[J].宇航材料工艺,2023,53(06):9-16.