

叉车转向系统检验与故障诊断技术研究

杜星辰 孙峻飞

河北省特种设备监督检验研究院邢台分院 机电类特种设备检测评价河北省工程研究中心 河北 邢台 054000

摘要：叉车转向系统对叉车作业安全与效率影响重大。本文详细阐述叉车转向系统核心构成与工作原理，分析其技术特性。介绍转向系统检验技术，包括核心指标、检验方法、流程及要点。剖析常见故障类型与特征，涵盖机械、液压、电气类故障。探讨故障诊断核心技术，针对不同故障类型提出相应诊断方法。为叉车转向系统的检验与故障诊断提供全面技术参考，保障叉车稳定运行。

关键词：叉车转向系统；检验技术；故障诊断；技术特性；故障类型

引言：叉车作为物流运输与工业作业的关键设备，其转向系统的性能直接关系到叉车的操作安全性与作业效率。在重载、低速、频繁转向的作业场景下，叉车转向系统需具备精准转向、良好负载适应性、结构紧凑及运行稳定等技术特性。然而，转向系统在长期使用过程中易出现各类故障，影响叉车正常运行。因此，深入研究叉车转向系统的检验与故障诊断技术，对于及时发现并解决转向系统问题，保障叉车安全高效作业具有重要意义。

1 叉车转向系统核心构成与工作原理

1.1 核心组成部件

叉车转向系统由机械结构、动力传递与控制单元三大模块构成。机械结构模块包含转向盘、转向轴、转向器及转向节臂，转向盘作为人机交互接口接收操作指令，通过转向轴将旋转运动传递至转向器，转向器采用齿轮齿条或循环球式结构实现运动形式转换，驱动转向节臂带动轮毂完成转向动作^[1]。动力传递模块以液压助力系统为主，由液压泵、转向油罐、控制阀及液压缸组成，液压泵通过皮带与发动机传动连接，持续输出高压油液，控制阀根据转向盘转角调节油液流向与流量，液压缸将液压能转化为机械能推动转向机构运动。控制单元涵盖传感器组与电子控制装置，转向角传感器实时监测转向盘转动角度与速度，扭矩传感器捕捉驾驶员施加的转向力，电子控制装置基于传感器信号计算所需助力值，通过调节电磁阀开度控制液压系统输出特性，实现转向力与车速的动态匹配。

1.2 基本工作逻辑

系统运行遵循“指令输入-动力调配-动作执行”的闭环逻辑。当驾驶员转动转向盘时，转向轴将旋转运动传递至转向器，机械传动链启动。与此同时，转向角传感器与扭矩传感器同步采集运动参数与力学信号，电子控制

装置根据车速传感器反馈的车速信息，通过预设算法确定助力需求等级。若车速低于设定阈值，控制装置增大电磁阀开度，液压泵输出高压油液经控制阀分配至液压缸两侧，液压缸活塞在压力差作用下产生推力，辅助转向器克服转向阻力；当车速超过阈值时，系统自动降低助力水平，防止转向过度灵敏影响行驶稳定性。液压缸的直线运动通过转向拉杆传递至转向节臂，驱动车轮绕主销偏转，完成转向动作后，液压油经控制阀回流至油罐，形成完整的液压循环。

1.3 技术特性

转向系统设计需兼顾重载工况与操作舒适性。机械结构采用高强度合金材料，转向节臂与轮毂连接部位设置双球头结构，提升转向机构抗冲击能力；液压系统工作压力设定在10-16MPa区间，既保证足够助力输出，又避免密封件过度磨损；电子控制装置集成故障自诊断功能，当传感器信号异常或液压压力波动超出允许范围时，立即触发限速保护模式并点亮警示灯。系统通过机械-液压-电子三重冗余设计，实现转向精度与可靠性的平衡，在满载状态下仍能保持转向盘最大转角不超过3圈，转向力波动范围控制在 $\pm 5\text{N}$ 以内，满足工业车辆频繁转向作业需求。

2 叉车转向系统检验技术

2.1 转向系统检验的核心技术指标

转向系统检验的核心技术指标围绕转向性能与运行安全设定，是衡量转向系统运行状态的核心依据，指标设定贴合叉车作业工况与转向系统技术特性。转向精度指标用于评估转向动作的精准程度，涵盖转向轮偏转角误差、转向回程间隙，直接关联叉车作业时的定位准确性，保障狭小空间内作业安全。转向轻便性指标聚焦转向操作阻力，通过检测转向时的操作力矩，判断动力助力部件工作状态，确保操作人员在重载工况下仍能灵

活操控。转向稳定性指标包括转向过程中的车身晃动幅度、转向轮摆振情况,用于评估转向系统运行的平稳性,规避转向过程中出现的异常抖动^[2]。转向可靠性指标侧重检验转向系统各部件的连接牢固性与密封性能,防范部件松动、泄漏等问题引发的转向故障,为后续检验工作提供明确的量化依据。

2.2 转向系统各部件检验方法

转向系统各部件检验方法结合部件结构特性与功能需求,采用针对性的检测手段,确保检验结果精准可靠。转向操纵部件检验采用外观检查与机械检测相结合的方式,检查转向盘、转向柱的连接状况,检测转向柱转动灵活性,排查松动、卡滞等问题。转向执行部件检验重点检测转向桥、转向节的磨损程度,通过尺寸测量判断部件变形情况,检查转向轮的定位参数,保障转向轮偏转角度符合技术要求。动力助力部件检验针对液压助力器、电动助力器,检测助力压力、助力响应速度,排查助力部件的泄漏、失效等问题。控制与辅助部件检验聚焦转向控制阀、传感器等,检测阀门开关灵活性、传感器信号传输准确性,确保控制部件能够正常调节转向动力传递。

2.3 转向系统检验的流程与技术要求

转向系统检验遵循规范的流程开展,技术要求贴合转向系统运行特性,保障检验工作有序高效。检验流程始于前期准备,完成检验设备调试、叉车停机静置,确保检验环境与设备状态符合检验要求。随后开展部件外观检验,排查各部件的外观损伤、连接松动等明显问题,再进行性能参数检测,依次完成转向精度、轻便性、稳定性等核心指标检测。最后进行综合排查,整合各项检验数据,判断转向系统整体运行状态。技术要求明确检验设备需符合相关行业技术标准,检验过程中需保持叉车处于静态稳定状态,避免外部干扰影响检验结果,检验操作需规范有序,确保各项检测数据真实有效,符合转向系统检验的技术规范。

2.4 转向系统检验的技术要点

转向系统检验的技术要点聚焦检验过程中的关键环节,规避检验偏差,提升检验工作的精准度。检验前需完成设备校准,确保检验仪器的测量精度,避免仪器误差导致检验结果失真。检验过程中需注重细节检测,针对易磨损、易故障部件重点排查,关注部件连接部位、密封部位的状态,及时捕捉潜在隐患。检验时需区分不同类型转向系统的技术差异,结合液压式、电动式转向系统的结构特点,调整检验重点与检测方法。检验数据记录需规范完整,详细记录各项检测参数,为后续故障

诊断与系统维护提供精准的数据支撑,同时注重检验过程中的操作安全,规避检验操作引发的设备损坏或安全隐患。

3 叉车转向系统常见故障类型与特征

3.1 机械类转向故障类型与特征

机械类转向故障源于转向系统机械部件的磨损、变形或连接松动,故障特征与机械传动特性直接相关,易通过感官与简单检测识别^[3]。磨损类故障主要表现为转向盘转动阻力增大,转动过程中伴随异响,转向后无法自动回正,多由转向柱、转向节轴承磨损导致,传动间隙增大引发转向滞后。变形类故障体现为转向轮偏转角度异常,叉车行驶时出现跑偏现象,转向精度下降,多因转向桥、转向节受冲击变形,破坏转向传动的对称性。连接松动类故障表现为转向时出现松动感,转向角度与操作意图偏差明显,严重时伴随部件晃动,由转向部件连接螺栓松动、传动杆件脱节引发,故障发展会导致转向失控,需及时排查处置。

3.2 液压类转向故障类型与特征

液压类转向故障集中于液压助力系统,与液压油状态、液压部件密封及管路状态密切相关,故障特征具有明显的液压系统运行特性。液压泄漏故障表现为转向时助力不足,转向盘操作沉重,同时液压管路接口出现油迹,由液压油管老化、密封件损坏导致,液压油流失造成助力动力不足。液压油污染或变质故障体现为转向助力不稳定,转向过程中出现卡顿、冲击感,助力力度忽大忽小,源于液压油混入杂质、氧化变质,影响液压阀与助力器的正常工作。液压阀故障表现为转向无助力或助力不足,转向动作迟缓,由液压控制阀卡滞、阀芯磨损导致,无法正常调节液压油流量与压力,破坏助力动力传递。

3.3 电气类转向故障类型与特征

电气类转向故障主要发生于电动助力转向系统,与电气部件、控制电路及信号传输相关,故障特征呈现明显的电气系统运行特点。传感器故障表现为转向助力异常,转向时助力力度与转向角度不匹配,甚至出现无助力现象,由转向角度传感器、扭矩传感器信号传输异常导致,无法准确反馈转向意图。控制模块故障体现为转向助力失控,助力力度恒定不变或频繁波动,转向过程中伴随电子元件异响,源于控制模块内部电路故障、程序异常,无法正常处理传感器信号并调节助力输出。线路故障表现为转向助力时有时无,故障出现具有随机性,由线路老化、接触不良导致,信号传输中断或不稳定,影响电气部件协同工作,故障特征随线路接触状态

变化而波动。

4 叉车转向系统故障诊断核心技术

4.1 故障诊断的基本技术原理

叉车转向系统故障诊断基本技术原理以故障特征识别与信号分析为核心,依托检测技术与诊断理论,构建故障识别与定位的完整体系^[4]。其核心逻辑是通过采集转向系统运行过程中的各类信号,结合转向系统工作原理与技术特性,对信号进行加工处理,提取故障特征信息,对比正常运行状态下的信号参数,判断故障是否存在并定位故障位置。故障诊断技术依托信号检测、特征提取、模式识别三大核心环节,通过各类检测设备捕捉转向系统运行中的机械振动、液压压力、电气信号等关键参数,经数据处理剔除干扰信号,提炼能够反映故障本质的特征参数,再通过模式识别技术区分故障类型与故障程度,为故障处置提供精准依据,本质是通过信号变化捕捉故障隐患,实现故障的早期识别与精准定位。

4.2 机械故障诊断技术

机械故障诊断技术针对转向系统机械类故障,结合机械传动特性采用针对性诊断手段,聚焦机械部件磨损、变形、连接松动等故障类型。该技术以振动检测为核心,通过在转向柱、转向桥等关键机械部件上部署振动传感器,采集运行过程中的振动信号,对信号进行频谱分析,提取振动频率、振幅等特征参数,判断机械部件磨损程度与连接状态。同时结合声信号检测技术,捕捉机械部件运行过程中的异响信号,通过声频分析区分故障类型,辅助定位故障位置。此外,通过机械尺寸检测补充诊断,测量转向节、转向轴等部件的几何参数,判断部件是否存在变形,结合振动与声信号检测结果,形成机械故障的综合诊断,确保诊断结果精准可靠,贴合机械类故障的发生规律与特征。

4.3 液压故障诊断技术

液压故障诊断技术围绕液压助力系统故障,结合液压系统运行特性,以压力检测与油液分析为核心诊断手段。压力检测通过在液压管路关键节点部署压力传感器,采集液压油运行压力参数,对比正常压力范围,判断液压阀、液压助力器等部件的工作状态,排查液压泄漏、压力不足等故障。油液分析技术通过检测液压油的粘度、杂质含量、氧化程度等指标,判断液压油是否存在污染、变质等问题,进而推断液压部件的磨损状况与

密封性能。同时结合流量检测技术,监测液压油流量变化,判断液压管路是否存在堵塞、液压阀是否卡滞等故障,通过多维度检测数据的整合分析,实现液压类故障的精准诊断,规避单一检测手段导致的诊断偏差,保障诊断结果的科学性。

4.4 电气故障诊断技术

电气故障诊断技术针对电动助力转向系统的电气类故障,聚焦传感器、控制模块、线路等电气部件,以信号检测与电路检测为核心。信号检测通过采集传感器输出信号、控制模块反馈信号,分析信号幅值、频率等参数,判断传感器信号传输是否正常、控制模块是否能够正常处理信号,排查传感器失效、控制模块故障等问题。电路检测采用万用表、示波器等检测设备,检测电气线路的通断状态、电压与电流参数,排查线路老化、接触不良等故障,判断电路是否存在短路、断路等异常^[5]。同时结合电气部件外观检测,排查电子元件的烧蚀、老化等问题,整合信号检测与电路检测结果,实现电气类故障的精准定位与诊断,适配电气类故障随机性、信号依赖性的特征,为故障处置提供明确方向。

结束语

叉车转向系统检验与故障诊断技术是保障叉车正常运行的关键环节。通过对转向系统核心构成、工作原理、技术特性的深入理解,结合科学的检验技术与精准的故障诊断方法,能够及时发现转向系统存在的隐患与故障,并采取有效的解决措施。这不仅有助于提高叉车的使用寿命与作业效率,更能确保叉车在复杂作业环境下的安全运行,为物流运输与工业生产提供坚实保障。

参考文献

- [1]陈文毅.平衡重式叉车全液压转向系统及其故障分析与排查[J].机械工业标准化与质量,2024,(05):47-51.
- [2]向晨曦,邓珞,计三有.叉车转向系统动力学建模仿真及转向性能研究[J].起重运输机械,2024,(07):50-58.
- [3]刘济海.转向电动机与舵轮异轴的自动导引叉车转向检测机构设计[J].起重运输机械,2023,(16):60-64.
- [4]孙川金.电动叉车EPS系统的故障检测与诊断分析[J].今日制造与升级,2025(7):137-139.
- [5]蒋钟伟.叉车机械转向系故障分析判断[J].百科论坛电子杂志,2021(16):3014.