

工具车安全防护装置设计与性能评估

汪海涛 杜月香 陈利民 李旭康
金华市精工工具制造有限公司 321000

【摘要】本研究致力于工具车安全防护装置的设计与性能评估,旨在解决工具车作业中频发的安全问题。基于对碰撞、倾覆及货物滑落等安全隐患的深入分析,从结构与材料两方面着手创新设计。在结构设计上,打造了车体防护、抽屉限位和货物固定结构,强化全方位防护;材料选择兼顾高强度与缓冲特性,提升防护效果。通过构建包含安全性、可靠性与易用性的综合评估指标体系,运用实验测试和数值模拟方法进行严谨评估。结果表明,所设计的防护装置显著提升了工具车安全性能,为其在复杂工况下安全运行提供了有力保障,也为行业安全防护升级提供了新思路与实践经验。

【关键词】工具车;安全防护装置;结构设计;性能评估

Design and performance evaluation of tool vehicle
Wang Haitao Du Yuexiang Chen Limin Li Xukang
Jinhua Seiko Tool Manufacturing Co., LTD. 321000

【Abstract】This study is dedicated to the design and performance evaluation of tool vehicle safety protection device, aiming to solve the frequent safety problems in tool vehicle operation. Based on the in-depth analysis of safety risks such as collision, overturning and cargo slip, the design is innovated from the aspects of structure and material. In structural design, car body protection, drawer limit and cargo fixed structure are built to strengthen comprehensive protection; material selection considers high strength and buffer characteristics to improve the protection effect. By constructing a comprehensive evaluation index system including safety, reliability and ease of use, the experimental test and numerical simulation methods are used to conduct rigorous evaluation. The results show that the designed protective device significantly improves the safety performance of the tool vehicle, provides a strong guarantee for its safe operation under complex working conditions, and also provides new ideas and practical experience for the safety protection upgrade of the industry.

【Key words】tool vehicle; safety protection device; structural design and performance evaluation

引言

在现代工业生产与物流运输中,工具车的身影无处不在,承担着物料搬运、设备运输等关键任务。然而,随着工作场景日益复杂,工具车作业安全风险不断攀升。碰撞、倾覆、货物滑落等事故频发,不仅造成财产损失,更对人员生命安全构成严重威胁。在此背景下,设计高效可靠的工具车安全防护装置迫在眉睫。

本文聚焦于工具车安全防护装置的创新设计,深入剖析现有防护装置的不足,结合前沿技术与实际需求,提出针对性的设计方案。同时,构建科学严谨的性能评估体系,精准量化防护装置在不同工况下的防护效能,旨在为提升工具车作业安全性提供坚实的理论与实践支撑,推动行业安全发展。

一、工具车安全防护装置设计基础

1.1 工具车常见安全风险分析

1.1.1 碰撞风险

工具车在行驶与搬运过程中,碰撞风险是常见且危害大的安全隐患。在工业生产车间和仓库环境中,由于通道狭窄、障碍物多,驾驶员操作失误或视线受阻易导致碰撞。碰撞不仅会造成车体结构严重破坏,如凹陷、变形及部件损坏,影响工具车正常使用,还可能导致货物跌落,引发损坏与经济损失,同时对周边人员及设备安全构成潜在风险。掉落的重物可能砸伤行人,损坏其他设备,导致二次事故。更为严重的是,碰撞事故可能直接伤害人员,如驾驶员受伤或危及生命,周围人员也可能被碎片击中或货物砸伤。相关统计数据 displays,碰撞事故在工具车相关事故中占比较高,充分说明了碰撞风险的严重性和危害性,需高度重视并采取有效措施加以防范。

1.1.2 倾覆风险

工具车倾覆风险是重要安全问题,与多种因素相关。重心不稳是关键因素,货物堆放过高、过重或分布不均会降低车辆稳定性。在物流仓库环境中,若货物未得到妥善固定与平衡配重,容易发生倾倒现象。行驶路面不平整也会增加倾覆风险,施工现场的路面坑洼、凸起等使车轮支撑力不均,车辆易倾斜。驾驶员操作不当,如急刹车、急转弯、超速行

驶等,也会使车辆失控倾覆。倾覆事故后,车辆损坏严重,修复成本高,货物散落损坏,影响生产进度和企业效益。最关键的是,倾覆事故对人员生命安全构成极大威胁,可能导致重伤甚至死亡。因此,必须高度重视工具车倾覆风险,采取有效措施预防,确保安全行驶,避免事故发生,保障人员生命财产安全。

1.1.3 货物滑落风险

在工具车运输中,货物滑落是重大安全问题,与固定情况紧密相关。启动、加速、减速、转弯或颠簸路面时,货物受惯性力、离心力和震动影响,易因外力超过摩擦力及固定装置约束力而滑落。体积大、形状不规则、重心高的货物更难固定,易滑落。货物滑落不仅损坏货物本身,还威胁人员生命安全,砸伤驾驶员或工作人员,堵塞通道,降低工作效率,甚至引发道路交通事故。为降低滑落风险,需采取有效固定措施,如使用捆绑带、绳索、夹具等,确保货物牢固固定。同时,装载货物时,要合理安排摆放位置,降低重心并分布均匀,提高稳定性。综上所述,确保货物稳固并采取有效措施,是保障工具车运输安全不可或缺的要素。

1.2 安全防护装置设计的影响因素

1.2.1 稳定性

稳定性对工具车安全防护装置设计至关重要,关乎装置效能及人员安全。设计时需降低重心,采用底部宽大、低重心框架,合理分布支撑点,增强稳定性。增加支撑脚、加强筋和支撑梁等结构,可进一步提升稳定性。稳定装置需在行驶、转弯、制动及受冲击时保持结构完整,抵抗外力,防止位移或损坏,确保保护作用。在恶劣环境下,如崎岖路面或狭窄通道,稳定性更是关键。稳定性不足易导致装置倾倒或脱落,增加安全隐患。因此,设计时必须高度重视稳定性,确保装置在各种工况下都能有效发挥作用,为工具车提供坚实保护,保障人员安全。

1.2.2 强度

防护装置强度对工具车安全防护至关重要。工具车可能遭受碰撞、货物撞击等外力,因此防护装置需具备足够强度。材料选择上,高强度钢强度高但重量大,铝合金轻便但硬度不足,碳纤维复合材料则既强且轻但成本高昂。需根据使用环境、工况及成本综合考虑,选用最适宜材料。结构设计也影响强度,合理设计能分散外力,避免应力集中。框架式、加强筋、缓冲吸能结构等设计可增强强度,其中框架式提供稳定支撑,加强筋提升承载能力,缓冲吸能结构减轻冲击力。设计时还需确保部件连接牢固,以保持整体强度。综上所述,通过优化材料选择与结构设计,确保防护装置强度,是保障工具车安全的首要条件。

1.2.3 适用性

防护装置的适用性对于适应多样工具车、环境及操作至关重要。针对不同尺寸工具车,需采用可调节与模块化设计以适应安装。复杂结构工具车的设计需防干涉,确保安装使用顺畅。在多变环境下,防护装置需耐热、防水、防锈、防尘,保持性能稳定。设计应避免妨碍正常操作,保证视线清

晰,操作部件布局合理且力度适中。此外,装置需便于维护,便于日常检查、快速维修及部件更换,确保长期可靠运行。综上所述,通过灵活调整、模块化设计、环境适应性和操作友好性等措施,提升防护装置适用性,确保其在实际应用中发挥关键作用,保障工具车及操作人员安全。

二、工具车安全防护装置设计方案

2.1 防护装置的结构设计

2.1.1 车体防护结构

车体防护结构是工具车安全的基础,护角和防护栏是关键部件。护角安装于车体边角,采用高强度橡胶或塑料制成,能增大碰撞接触面,分散冲击力,保护车体和碰撞物,同时醒目颜色起警示作用。防护栏围绕车体,高度800mm-1200mm,间距100mm-200mm,根据使用场景和人体工程学设计,既防碰撞又不挡视线。防护栏采用高强度钢管或铝合金制作,连接部位坚固,确保安全。可折叠或拆卸设计,提高通过性和维修便利性,如狭窄通道通过时折叠,损坏时方便更换,降低成本。综上,车体防护结构通过护角和防护栏的设计,有效减少碰撞损害,保障人员安全,兼具实用性和灵活性。

2.1.2 抽屉限位结构

抽屉限位结构是工具车安全的关键,主要基于机械、电磁技术。机械限位常用弹簧卡块组合,卡块在弹簧作用下嵌入柜体卡槽,稳固限位,简单可靠,成本低。另一种机械结构采用滑轨限位销设计,限位销在弹簧驱动下插入销孔,实现多位置限位,便于调整抽屉打开程度。电磁限位结构利用电磁力,抽屉与柜体分别装电磁体和感应片,通电时产生磁场吸附抽屉,防止滑出,响应快,控制精准。可与系统集成,实现自动化,如静止且有人时自动解除限位,行驶或震动时加强限位,确保安全。综上,抽屉限位结构多样,机械结构简单可靠,电磁结构智能精准,共同保障工具车抽屉在行驶中的安全稳定。

2.1.3 货物固定结构

货物固定结构是工具车运输安全的关键,常用捆绑带和固定架。捆绑带由高强度纤维制成,通过卡扣、棘轮或魔术贴紧固,需根据货物重量、形状选规格。对重货选宽幅高强度带,不规则货用交叉或环绕绑法。固定架为专门设计,金属材质,强度高,适合大型复杂货物。结构设计匹配货物形状,设卡槽、凸起等固定点,可与车体固定连接增稳。固定架可调,适应不同尺寸货物,通过调高度、宽度、角度等参数固定。安装时需确保连接牢固,避免松动脱落。综上,货物固定结构多样,捆绑带灵活适用,固定架稳固支撑,共同确保工具车运输中货物稳定不滑落,保障运输安全。

2.2 防护装置的材料选择

2.2.1 高强度材料

高强度材料对工具车安全防护至关重要。低合金高强度钢(HSLA)因其高强度和韧性常用于防护装置,能有效抵

抗碰撞冲击力,保持结构完整,且焊接、加工性能好,成本低廉。铝合金轻质高强度,密度低但强度相当,减轻重量同时保证防护性能,耐腐蚀,适用于潮湿、多尘环境,特别适用于电动或需频繁移动的工具车,但成本高、加工难。选择材料需考虑工具车使用场景,重载、高冲击环境下高强度钢材更佳,潮湿环境或对重量要求高的场合铝合金有优势。特殊情况下,可结合使用高强度钢材和铝合金,以达最佳防护效果。总之,高强度材料的选择直接影响工具车安全防护装置的有效性和可靠性,需根据实际需求合理选用。

2.2.2 缓冲材料

缓冲材料在工具车安全防护中至关重要,能吸收分散碰撞能量,减轻冲击损害。橡胶因其弹性和吸能特性常用,如护角、缓冲垫,但强度较低需配合其他材料。泡沫材料如 EPS、PU 质轻缓冲好,多孔结构吸能,隔热隔音,成本低易加工,但强度和耐久性较差。选择缓冲材料需综合考虑碰撞工况、冲击力、耐久性、耐候性、耐腐蚀性,以及成本和加工性能。高冲击力选高强度吸能材料,低冲击力可选低成本轻质材料。确保材料在工具车环境中长期稳定,同时降低成本。因此,合理选用缓冲材料,对提升工具车安全防护至关重要。

三、工具车安全防护装置性能评估指标体系

3.1 安全性指标

安全性指标是衡量工具车安全防护装置的关键,主要包括碰撞防护、防倾覆和货物固定性能。碰撞防护通过模拟实验评估,包括碰撞力、加速度、变形量等指标,以及头部伤害指标(HIC)、胸部压缩量等,确保在各种碰撞场景下对车体和人员的保护。防倾覆性能采用模拟测试,测量侧翻阈值和稳定性系数,观察工具车姿态变化和轮胎受力情况,通过不同工况下的测试,全面评估防倾覆能力,确保行驶安全。货物固定性能则通过固定强度和滑落位移等指标评估,考虑货物特性如重量、形状、重心等,采用实际运输测试和模拟振动测试,确保运输中货物的稳定性和安全性。综合考虑多种评估指标和货物特性,能更准确地评估工具车安全防护装置的性能,全面保障运输安全和人员安全,减少车辆损坏和货物损坏风险。通过科学合理的评估和测试,确保防护装置在各种工况下均能有效发挥作用,提升工具车的整体安全性能。

3.2 可靠性指标

参考文献

- [1]张敏.一种移动式智能工具车的开发与设计[J].电子科技,2018,31(05):93-95.
- [2]霍贝贝.基于RFID的车间智能工具管理系统设计与实现[J].辽宁:大连交通大学,2021.
- [3]赵晨旭、张建平、朱永刚.一种新型电力急修综合智能工具车的研制[J].中国电力教育.2012(27):151-152.
- [4]周锦宏、蒙伟莉、黄贺.新型调试维护作业便携工具车的研制[J].机械制作.2025,63(01):26-30

可靠性指标主要包括耐久性和稳定性。耐久性通过长期使用测试、疲劳实验、加速老化实验和环境模拟实验等方法评估,确保防护装置在长期使用中保持性能稳定,预测其疲劳寿命,为设计和改进提供依据。稳定性则关注防护装置在不同工况下的稳定工作能力,通过测量重心高度、计算支撑面积、评估抗侧翻能力和进行振动实验等,确保防护装置在复杂工况下保持稳定,防止倾倒、侧翻和振动导致的性能下降。综合考虑这些评估指标,可以全面、准确地评估工具车安全防护装置的可靠性和稳定性,为其设计、制造和使用提供科学依据,确保防护装置在实际使用中能够有效保障人员和货物的安全,提高工具车的运行效率和安全性。

3.3 易用性指标

易用性指标包括操作便捷性和维护便利性。操作便捷性要求防护装置操作步骤简洁、操作力适中、操作位置和角度符合人体工程学原理,且不影响工具车正常行驶和作业功能。维护便利性则关注防护装置的结构设计便于维护、维护工具和技术要求简单、维护周期长以及具备良好的可维护性标识和文档。为实现操作便捷性,设计应注重简化操作流程、采用省力设计、符合人体操作习惯。为提高维护便利性,应采用模块化设计、使用常见工具和技能、延长维护周期,并提供清晰的标识和详细的维护手册。这些措施有助于确保工具车安全防护装置易于操作和维护,降低使用成本,提高工具车的运行效率和安全性。综合考虑操作便捷性和维护便利性,可以全面提升工具车安全防护装置的易用性,为操作人员和维护人员提供更好的使用体验。

结论

本研究聚焦工具车安全防护装置,完成了设计方案构建与性能评估体系搭建。通过对常见安全风险的细致剖析,设计出了具备针对性的防护装置,车体防护结构有效抵御碰撞冲击,抽屉限位与货物固定结构极大降低了货物滑落风险。在材料选用上,实现了高强度与缓冲性能的良好平衡。性能评估结果显示,所设计装置在安全性方面表现卓越,大幅提升碰撞防护、防倾覆及货物固定性能;可靠性上,耐久性与稳定性出色;易用性层面,操作便捷且维护便利。未来,随着技术发展,可引入智能监测等技术,持续优化防护装置,提升工具车在复杂环境下的安全性能,为工业生产和物流运输安全保驾护航。