

工程机械驾驶室门锁耐久性试验与优化方法

李芬芳

广西威翔机械有限公司, 广西柳州, 545027;

摘要: 本研究主要针对工程机械驾驶室门锁耐久性评价和优化设计, 深入分析门锁的结构特征和运行机理。根据工程实际需要, 按照行业标准规范, 建立起系统化的耐久性检测平台, 而且全方位分析实验数据, 找出典型的失效模式和失效原因, 从材料选取, 几何参数改良, 制造工艺改良等许多方面出发, 给出相应的改良方案, 力求全方位提升门锁整体性能水平, 给该领域的技术创新提供理论依据和技术支持。

关键词: 工程机械; 驾驶室门锁; 耐久性试验; 优化方法

DOI: 10.64216/3080-1508.26.03.066

工程机械方面, 驾驶室门锁作为辅助部件, 其功能特性对整机作业安全及设备运行稳定性有着决定性作用。若因耐久性能不够导致频繁故障, 工程项目推进效率及整机可靠性水平均可能受到影响, 针对此问题进行门锁耐久性测试与优化方案研究, 既顺应行业发展也具有明显应用价值意义。

1 工程机械驾驶室门锁概述

1.1 门锁在工程机械中的重要性

工程机械作业环境复杂多变, 驾驶室门锁作为保障操作安全的关键部件, 其重要性不言而喻。在高强度振动和冲击载荷的工况下, 门锁必须具备良好的抗疲劳性能, 防止锁闭失效而危及操作人员的生命安全。同时, 门锁的可靠性直接影响车门启闭的顺畅程度, 进而关系到设备维护效率与工程进度。此外, 门锁还承担着防盗防侵入的功能, 有效保护设备资产及重要物资的安全。

1.2 门锁结构与工作原理

工程机械驾驶室门锁系统主要由锁体、锁芯、锁舌和操作手柄等部件组成。锁体是整个装置的核心, 内部集成精密的传动机构以确保运行稳定; 锁芯负责控制解锁逻辑, 通过钥匙或专用解锁工具驱动开启机构。锁舌采用固定式结构设计, 其主要功能是与锁扣进行机械啮合——当车门关闭时, 锁舌进入锁紧位置并与锁扣可靠锁定, 保证驾驶室的封闭安全性和结构强度; 当执行开启操作时, 传动机构带动相关部件脱离啮合, 锁舌通过空间位移实现回缩解锁, 从而确保车门启闭操作的便捷性。在保证机械高效运转、防止安全事故的发生以及提高生产效率方面有着不可替代的作用,

2 门锁耐久性试验方法

2.1 试验标准与依据

当前工程机械驾驶室门锁的检测体系必须严格遵循国家强制性标准 GB15086-2013《汽车门锁及车门保持件的性能要求和试验方法》及机械行业标准 JB/T5934-2014《工程机械门锁》。在力学性能试验中, 应严格按照标准使用模拟实际安装结构的专用夹具, 分别对全锁紧和半锁紧位置开展试验。测试前需先沿开启方向施加 900 N 的载荷, 将锁体与锁扣分离; 试验过程中需严格控制试验载荷的加载速率, 确保其不大于 100 N/s, 直至达到规定强度指标, 并同步记录最大载荷。通过对加载方式、加载速率、循环次数及环境条件等关键因素的精准设定, 保障试验方案完全契合国家及行业相关标准, 使测试流程与标准要求保持高度一致, 从而真实、科学地评价门锁在复杂环境下的力学性能及服役寿命, 为产品质量管控提供核心技术准则。

2.2 试验设备与环境

为了准确模拟门锁在真实使用环境中的工作状态, 就需要使用专门的实验装置, 常见的设备包含耐久性测试平台, 配备了高精度传感器的仪器能够精准把控开闭过程, 还能在不同负载状况下实现循环运作的功能, 此类试验台常常整合了多种传感组件用以及时监测受力情况、位移变动等关键要素, 进而保证数据收集及分析结果的精确可信。

试验环境的模拟设计意义重大, 工程机械在作业时难免会遇到复杂多变的外部条件, 极端温度, 高湿度以及沙尘暴等恶劣工况, 在耐久性测试时就要用到专门的设备去模拟这些场景, 然后依此来考察门锁系统的匹配能力和可靠性表现。高温应力实验应当把试样放进设定好最高运行温度值的封闭舱体内做恒温处理, 之后观察其性能参数随时间推移的变化情况。

2.3 试验流程设计

试验设计的科学性关乎研究结论的有效性和可靠性。开展耐久性测试之前,要先对门锁实施外观考察以及初始性能检测,保证其处于良好的运行状态,然后将其装入专用实验装置当中,按照既定规程执行加载操作流程。

本研究设计中,要对核心变量做到精准控制,包含载荷幅值,加载频率以及循环次数等要素,要实时关注门锁性能动态变化情况。系统收集数据信息,当完成指定周期测试之后,要对样品展开全方位检测及功能评定,外观状态,力学指标,操作便捷性等内容都要包含在评定范围之内,从而全面评判其长期运行可靠性与耐久特性。

实验设计的核心在于它的可重复性以及对比验证的充分性,要想使研究结论更加可靠,就得设立多组平行对照试验,并且要对每一批次的样本展开系统性的比较分析,采用统计学手段去深入挖掘并准确处理所采集的数据,以此达成量化评价门锁耐久性能指标和失效概率分布特征的目标。

3 门锁耐久性试验结果分析

3.1 常见失效模式

基于大量门锁耐久性试验数据统计分析表明,门锁失效模式表现出明显的规律性,主要分为锁舌磨损、锁芯损伤、弹簧老化、传动部件卡滞四大类型,其中锁舌磨损不仅发生频率较高,而且危害程度较深,成为影响门锁整体性能的关键因素之一,究其原因,在频繁开关时,锁舌与门框金属接触部位不断受到撞击、压榨和滑动摩擦的作用,造成材料损耗甚至出现形变或表面变得粗糙等问题,进而影响锁舌与门扣之间的适配度,造成锁体稳定性降低、闭合力不足甚至出现松动或完全失灵的安全隐患。

锁芯失效大多源于长期高频使用造成的机械磨损或受到外力冲击,锁内部精密部件在反复摩擦中产生细微损伤,或者因外力干扰出现轻微变形,钥匙难以插入、转动阻力增大等问题随之而来,严重时甚至完全失效,严重影响门锁的正常功能。弹簧老化是影响门锁运行稳定性的关键因素之一,多次伸缩循环后会疲劳失效,弹性性能逐渐退化,造成锁定力度不够、回位滞后等现象,同时整体配合精度下降,闭合不严、异常声响等多种故障的表现形式也就随之而来。传动部件卡滞的基本成因是灰尘、润滑介质耗尽、材料腐蚀等问题,这些问题会影响开闭的操作性并出现启闭不畅和异常运行等问题,不及时解决会让其磨损加剧,最终使门锁功能失

效,对设备安全性能和使用便利性造成严重威胁。

3.2 失效原因探究

对于上述失效模式,亟需探究其原因,锁舌磨损的主要原因可以归结为材料和润滑两个主要因素。如果锁舌的材料硬度不够,那么在锁舌与门框接触时,就容易受到机械应力的损伤。如果缺乏润滑,摩擦阻力就会大大增加,这将进一步加剧锁舌的局部损耗程度。

锁芯损伤一般是由加工工艺存在缺陷或者使用方法不当造成的,在制造阶段,如果没有实施严格的质量管控措施,就可能出现内部机械结构配合出现偏差,进而削弱其抵御外部冲击的能力,加速磨损进程。实际使用过程中,操作者施加过大的作用力或者插入尺寸不符的钥匙,也会对其造成结构性破坏。

弹簧疲劳失效的根本原因是材料属性和结构设计不合理,如果选择的材质不符合技术标准,就无法满足门锁系统力学性能的要求,关键的几何参数设置不当,也会导致服役过程中的早期损坏。

传动部件卡滞的典型成因包含外部异物侵入和表面粗糙度超标,工程机械在运行过程中,灰尘与细小颗粒往往经由多种间隙渗入门锁系统内部,进而造成传动机构阻塞,若传动组件表面粗糙度过高,摩擦阻力将会大幅上升,机械卡滞现象的发生频率也可能随之增多。

3.3 试验数据统计与处理

精准的数据采集和处理是分析门锁耐久性的关键,实验设计中,需系统采集并分类各维度的信息,门锁启闭的频次、载荷的分布、位移的改变等都是主要分析的对象,而对其分析要采用统计学的方法,如计算出均值、标准差、方差等参数,由此能全方面了解门锁的运行特征与稳定性。依靠大规模实验数据的系统研究,可以形成门锁耐久性评价模型,准确预测其服役寿命和失效概率,经由可靠性理论里的有关公式,再联系实际测试参数,得出门锁可靠度函数和失效率函数,从而给产品设计改良给予科学依据和技术支持。

在门锁耐久性试验的数据处理阶段,重点采用专业可视化技术对海量实验原始数据进行系统化整合与直观呈现,通过折线图、柱状图、散点图等多种图表形式,将门锁性能指标随试验周期的变化规律、不同失效模式的发生频次及关键参数的分布特征清晰具象化。其中,折线图可精准勾勒门锁锁定力度、启闭顺畅度等核心性能的衰减趋势,柱状图便于对比不同失效模式的发生概率,散点图则能有效呈现参数间的关联关系。

针对 980C 型驾驶室门锁开展了 7 万次往复启闭耐

久性试验。监测结果显示,试验完成后锁体与锁扣仅出现轻微磨损,磨损量检测为20 μm ,判定符合耐久性技术要求。在耐腐蚀可靠性测试中,对镀锌门锁件进行了交变烟雾试验,在35 $^{\circ}\text{C}$ 、97%相对湿度的环境下,样本经144至240小时连续喷雾,表现出极佳的防护性能。具体数据显示,测试72小时内无白锈产生,长达240小时未见红锈,达到8级保护判定合格,验证了高强度材料搭配表面渗碳及涂层工艺在极端工况下的稳定性。

4 门锁优化方法

4.1 材料选择与改进

门锁的耐久性、可靠性基本上是由材料的选择来决定的。在选择锁具材质时,硬度、强度、韧性以及耐磨性等各方面的因素都要考虑进去。对于锁舌、锁扣等重要的受力和摩擦部件,本设计使用的是特殊的高强度材料加上热处理工艺。具体来说,锁舌采用F-1-HX材料,经过渗碳处理之后表面硬度达到42-45HRC,渗碳层厚度控制在0.4mm~0.5mm之间;锁扣用的是35K材料,热铆后也做表面渗碳处理,硬度控制在32-35HRC。该种材料和工艺相结合,在保证基体强度的基础上,极大地提高了接触面的耐磨性,改善了整个结构的稳定性能。为了更直观地理解上述关键部件在实际机构中的分布与应用,下图展示了一个典型门锁执行器的三维结构模型:

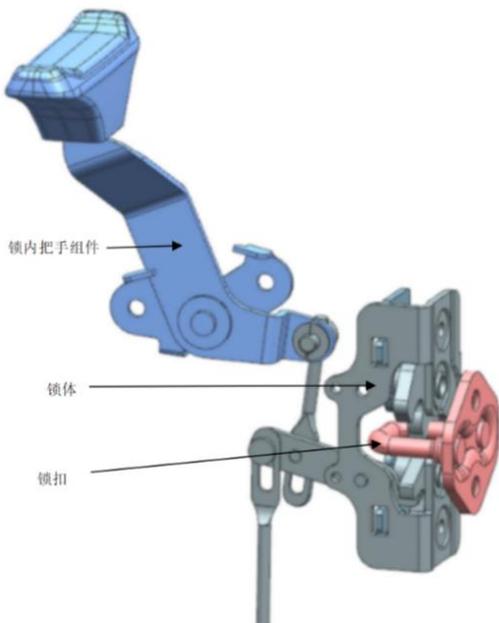


图4: 门锁执行机构结构示意图

从图4中锁舌和联动连杆机构可以看出,高频摩擦部位对于材料的表面质量有很高的要求。因此材料性能的改善也可以利用表面改性技术来实现,包括热处理工艺和涂层加工等。热处理可以改变材料内部的微观组织

结构,使硬度、强度提高;涂层技术是在工件表面涂覆一层致密的保护层,大大提高耐磨性、抗腐蚀性^[5]。

除传统的金属材料改进之外,还可以把先进的复合材料应用到门锁的制造上。新型材料依靠轻量化、高强度和优良的耐腐蚀性等特点,会给传统的门锁设计带来革新,明显提高它的功能表现以及运作稳定性。

4.2 结构设计优化

科学的结构设计能够增强门锁的耐久性,门锁构造规划时,优化机械传动系统,缩减零部件数量,削减运动摩擦阻力,提升运行效率,加强稳定性,采用齿轮或者链轮取代传统连杆机构,可以大幅度降低能量损耗和磨损程度。

门锁锁体结构可以进一步改进,使其承载性能和运行稳定性有所提升,合理设置加强筋或采用增厚板材的工艺,对锁体抵抗形变的能力有了显著增强,锁密封组件设计也要改进,防止尘埃、湿气等环境因素从外部渗入内部空间,机械故障发生几率就会降低。

结构优化设计阶段要重视门锁的人性化功能需求,把手造型和布局方案要合理安排,使用者操作便利性才能得到满足,开闭装置设计思路也要改进,操作流程中的便捷度和舒适度才可能提升。

4.3 制造工艺提升

提升制造工艺水平是改善门锁品质与耐久性的关键道路,在生产流程当中,要着重把控加工精度,而且各个零部件的尺寸参数和几何形态也需严格按照设计要求来,利用数控机床,精密铸造这些先进设备和技术手段,可以明显提升加工精度并改良表面质量特征。

要重视制造流程中的质量控制,创建起完备的检验评判体系,对各个生产环节实行监管,在零部件加工完毕之后,要开展尺寸测量,硬度检测以及表面粗糙度检测等各项技术指标的全面考察,保证其性能参数契合既定标准要求。

运用先进的装配技术能够有效改善门锁组装的质量水平,利用自动化设备进行高精度、高效率的装配操作,在装配过程中的重要环节合理选择合适的工装夹具及工艺流程,使各零部件的安装位置准确无误、连接牢固可靠。

5 结束语

本研究进行了工程机械驾驶室门锁耐久性试验与优化方法的相关研究。通过对门锁结构及工作原理的分析,可以看出门锁在工程机械中发挥着重要作用。根据相关标准设计门锁耐久性试验,分析试验结果找出门锁

常见失效部位及造成失效的原因。针对上述问题给出门锁优化方法,在材料的选择、结构的设置以及制造工艺等方面进行优化改进,以便提高门锁的耐久性与可靠性,降低门锁故障出现的可能性,为工程机械的安全运行保驾护航。后续研究可以增加门锁耐久性测试的样本量,全面测试各种不同实际工况条件下的多方面影响因素,深入研究振动特性和冲击载荷的作用机制,应该加强对新型材料和结构设计的应用研究,推进更高效能、可靠性更强的技术改进方案的研究进程。

参考文献

- [1] 全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC114). 汽车门锁及车门保持件的性能要求和试验方法:GB15086-2013[S]. 中国标准出版社,2013.
- [2] 黄有成,张喜清. 工程机械增压驾驶室密封方法综述[J]. 工程机械,2021,52(06):93-97+11-12.
- [3] 吴彩庭,张召春,肖扬国. 基于FTA的驾驶室门锁开启问题分析与改进[J]. 时代汽车,2020,(20):140-141.
- [4] 苏剑,张召春,唐笑. 驾驶室门锁锁止失效故障排查[J]. 工程机械与维修,2019,(01):90-91.
- [5] 刘南才,孙平,朱华. 解析工程机械驾驶室的几种发展方向[J]. 企业技术开发,2014,33(11):7-8.