

# 叉车主体结构模态与减振设计研究

林琳

(合力工业车辆(盘锦)有限公司, 辽宁 盘锦 124000)

**摘要** 随着时间的推移,社会各阶层都在不断发展壮大,人们的物质需求也越来越多样化,需求也越来越大。因此,运输设备的数量和质量也在不断提高,叉车在仓库、港口等一些物流配送中心的出现,大大减少了人力物力消耗,提高了物流效率,但同时也存在问题。由于我国叉车生产起步较晚,部分研究不集中,我国叉车行业并未进入高端市场。叉车行业要取得长足的进步,需要纠正一些旧有的不足,提高叉车的驾驶舒适性和叉车的性能。在使用叉车时,振动引起的问题不容忽视,既缩短了叉车的使用寿命,又降低了操作者的舒适度。因此,本文从叉车的基本结构入手,详细地讲解了叉车基本结构的减振器结构,以期能为相关工作者提供有益的帮助。

**关键词** 主体结构 模态与减振设计 叉车振动系统

**中图分类号**: U294.27+2

**文献标识码**: A

**文章编号**: 1007-0745(2022)03-0103-03

叉车广泛应用于仓库、港口等物流配送中心。然而,中国叉车的生产起步较晚,缺乏相关研究,这使得叉车技术一直处于低端市场。因此若想要拓展叉车的市场就要提高叉车的舒适性和性能,为此,本文对模态和基本结构要素进行了专门的研究。

## 1 叉车的结构

在内部结构方面,无论是平衡重叉车还是仓储叉车,其主要结构包括动力装置、起重工作装置、叉车底盘(包括传动系统、转向系统、制动系统、行驶系统)和电气设备等。内燃叉车按发动机类型可分为柴油、汽油、液化气、天然气、氢动力、混合动力等类型。就能源而言,叉车可分为内燃机叉车和电动叉车两大类。叉车是一种以货叉为主要取件工具的装卸车辆,依靠液压升降机构实现货物的升降,利用驱动装置实现叉车行驶。

叉车装置的功能部分主要由三部分组成:(1)各类升降系统(即门架);(2)各种取物工具(即属具);(3)门架液压管路系统。

叉车升降系统主要由门架、叉架、货叉、挡块架、起重油缸、倾斜油缸、起重链条、软管滑轮组等组成。<sup>[1]</sup>

升降系统的液压系统是叉车液压系统的重要组成部分。主要部件包括起升油缸、限速阀和切断阀。要限制限速阀速度,必须先使门架下降速度达到设定值,此时,阀芯移动,限速阀开始动作。如果门架空载下降,下降速度达不到限速阀,可设置流量,使空载下降速度与限速阀无关。如果关阀管破裂,限速阀就不能再

控制门架的速度。

叉车底盘通常由电气设备或液压传动系统的动力源提供。在实际生产中,叉车要水平移动,传动系统必须改变叉车的动力,以便控制叉车的速度,并提供动力改变扭矩,从而控制传递的扭矩量,用叉车改变运动方向,使其向前或向后行驶。转向功能可调整叉车的行驶方向,叉车使用后轮进行转向,转弯半径小,转弯方便。它还可以原地旋转、旋转90度或直线来回移动。一个驱动系统最重要的任务是利用其内部结构来传递车辆轮胎与地面之间的摩擦力,以保障叉车的正常行驶。此外,驱动系统功能可以减少地面承载力的影响,减少叉车行驶时的垂直运动。叉车整体减振主要是通过车轮来实现的。通常,叉车驱动系统由车桥、车架、车轮和悬架组成,但不能改变车架和轮子的形状,只能改变驱动系统的悬挂系统。<sup>[2]</sup>

## 2 叉车的振源

叉车的振源主要是通过行驶过程中的凹陷路面引起的振动和自身发动机的激振使车架产生共振,这种共振的作用就像一个随机的激励信号,取决于车速和转速。不同转速的发动机的激励是不同的(叉车振动系统如图1所示),振动系统受路面、叉车速度和发动机转速的影响。在物理学中,可用加速度、相对位移和力来表示,只有这三个因素都在一定的标准范围内,才能保证操作者的舒适性和安全性。通常,道路激励频率范围为1Hz~20Hz,发动机频率范围为25Hz~100Hz。

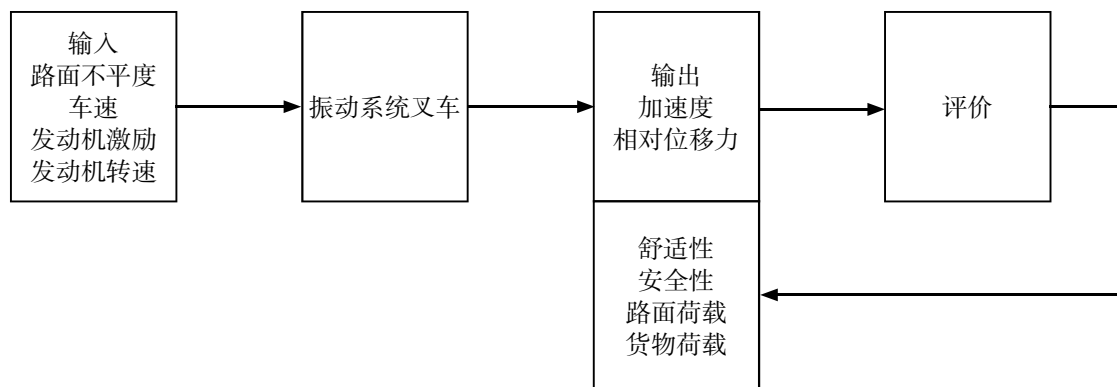


图1 叉车振动系统构图

### 3 叉车的主体结构模态分析

#### 3.1 模态的参数辨识应用

模态参数的使用和识别可以通过数学模型的开发来识别，数学模型的广泛使用对于建模参数化和模块化分析非常有用。首先，我们需要建立一个有效的数学模型，要尽可能真实、易懂和易于计算，这将极大地影响未来的模态分析，然后需要根据实际的情况计算视觉模型。这是因为模型是现实场景，只有结合现实场景，才能赋予模型现实意义，更好地利用数学模型。同时，还有其他特殊的计算和方法，如振动微分方程、导纳圆辨识法、最小二乘迭代法等也可以应用到计算的使用过程中。<sup>[3-4]</sup>

#### 3.2 模态测试系统

创建数学模型后，下一步是执行实际测试，这是验证初始工作的重要步骤。模态测试是完整的程序，需要完整的步骤协调它们的工作。首先，需要创建一个测试计划，这是顺利完成所有任务的前提。测试计划包括应用原则、工作程序和人员任命以安装必要的部件、设备和路线。准备工作完成后，根据前期准备的实验测试计划，进一步组装测试系统，这一步非常困难，可以获得最佳的实验效果，更贴近实际工作情况。但这对精度的要求高，对涉及的组件和安装人员的要求也非常高，这有助于实现理想的条件并进一步确保测试的完整性。

#### 3.3 车架模态测试

在叉车主结构中，叉车车架占据主要部分，因此对叉车主设计的模态试验是必不可少的，叉车车架起着支撑和稳定的作用。如果叉车没有车架，它会像没有躯干的人一样散落在地上。因此，模态测试框架不可替代，模态框架测试根据实际情况恢复支撑状态，为了保持稳定性，整个框架的强度必须均匀，因此需

要在各个方向来回测试整个框架。两者都必须从左到右找到，这是获得帧的完整频率响应的唯一方法。<sup>[5]</sup>然后可以做进一步的工作并继续实验模态分析，除了车架，还有一些振动频率细节需要检查。例如，挡泥板的后壁和下摆式有标准化的测量程序，改进测量技术，另外根据实际的要求测量每个关键部件的独特特性，更好地分析和建议频率、振动数据即可，这是一种更合适的技术减振方法。通过测量结果，可以看出挡泥板和局部振动非常清晰，因此可以在减振任务中关注它们，并提供有针对性的减振解决方案。

### 4 叉车主体结构减振设计

#### 4.1 主体结构优化办法

叉车的减振应该从叉车车身开始，应该有更准确的实验数据，以便根据上面定义的实验模态分析步骤和实际情况对叉车进行专门的减震技术完善。本文中的减震技术在质量等参数方面对叉车整个动力系统进行了有效的修改，提出了一种减震设计，从主体开始，同时保持其他特性的优化和稳定性（如表1）。结合上述实验数据，需要验证改动的效果能够满足目前的预期，并在做出适当改动后满足初始减振需求，因此工作需要进一步的测试。矩阵和系统质量矩阵的评估以及联合方程的计算将提高这些估计的准确性，以更好地确定是否达到了预期的效果。<sup>[6]</sup>

从以上模型模型分析的实际测试数据可以得出，后壁和挡泥板的振动频率高于其他部分，影响了整车。据说这是为了改进叉车后壁和挡泥板的减振技术，重点是阻尼。在实际测试过程中，左右方向刚度具有较大的增强作用。根据测试数据，后壁和挡泥板的振动不得引起任何共振。这样，振动破坏就会大大减少，可以消除一些自然波。因此，本试验方案在阻尼效果上具有很大的优势，能够有效地抑制振动。此外，还

表1 模型改进前后固有频率比较表

模态阶数	1	2	3	4	5
改进前频率	24.21Hz	35.95Hz	63.94Hz	77.00Hz	97.35Hz
改进后频率	26.27Hz	41.21Hz	64.16Hz	90.92Hz	116.71Hz

应加强叉车主体结构的减振,以进一步验证减振效果的有效性。由于后壁和挡泥板是主要的阻尼因素,因此也可以测试这两个部件的阻尼性能,并且可以通过加强筋来有效地保护卡车的主体结构不受损坏。<sup>[7]</sup>

通过测试和分析,我们知道叉车系统振动较强的原因:发动机部件(包括减速齿轮)通过4个支点连接到车架上。两个后支点设计通过橡胶密封件形成后悬架结构,以减少发动机振动的影响。前两个枢轴点通过后轴直接连接到车架,没有前悬架。接缝处加装防振密封件,形成前悬挂结构。同时,后悬架结构采用了复合盘状组合弹簧方案,实现了改进方法。现场堆垛机的结构和安装方式设计如下:碟形弹簧根据材料表现出相同的性能,主要方面是易于材料采购。按材质可分为弹簧钢、不锈钢、耐热钢等优质钢材,均可加工成碟形弹簧,具有变形小、载荷大、减震能力强等优点。<sup>[8]</sup>它可以作为单件使用,也可以与多个部件组合使用。前悬架由后两个枢轴点组成,将发动机部件(包括减速齿轮)连接到车架上用橡胶密封件,后桥与车架连接处的两个枢轴点添加了碟形弹簧或螺旋弹簧。或者在原来的基础上加装,我们改进了碟形弹簧的悬挂后,重新安排了参数测试,人体直接感受测试,振动大大改善,减少了振动。此外,还应加强叉车主体结构的减振,以进一步验证减振效果的有效性。由于后壁和挡泥板是主要的阻尼因素,因此也可以测试这两个部件的阻尼性能,并且可以通过加强筋有效地保护卡车的主体结构不受损坏。<sup>[9]</sup>

#### 4.2 优化后的振动测试

叉车的减振不能通过优化后的简单操作来实现,减少叉车振动需要保持长期的效果。因此,为了在此过程中优化叉车,后面需要进行振动测试。这一步不能抹去之前的优化工作,而且由于叉车的一些后围板和挡泥板部分是特殊的减震部件,需要在之前的优化工作基础上进行额外的检查,所以实验原则是保持一个变量,除了后围板和挡泥板外,零件必须与原始测试叉车相同,只有这样才能获得更准确的测试结果。事实上,在测试中发现了许多变化。首先,护顶架的振动频率降低,周围部件的振动频率也显著降低,证明了另一侧的减振效果。此外,振动频率不匹配,共

振效应大大降低甚至消失,从操作员的角度来看,提高了效率。总体而言,叉车振动的影响明显,叉车的舒适性也发生了显著变化。<sup>[10]</sup>

#### 5 结语

综上所述,可以说本文所研究的叉车减振的主要设计模式和减震设计具有实用价值。随着叉车的不断升级和叉车在人们日常生活中的日益普及,物流为人们提供了越来越多的便利,减少了人力物力,但存在的振动问题,又会使得叉车的平均寿命变短。根据本文描述的实际实验结果,已达到了初步的减振效果,证明了整个实验的价值。减少叉车的振动是非常有必要的,可有效提升作业效果和叉车相应性能,助力叉车行业更上一层楼,为中国叉车行业淘汰低端市场铺平道路,奠定了进军高端市场的基础条件。

#### 参考文献:

- [1] 许畅. 叉车主体结构模态分析与减振设计[D]. 杭州: 中国计量学院, 2012.
- [2] 陈开强. 浅谈叉车主体结构模态与减振设计[J]. 科技风, 2017(23):148.
- [3] 张永根. 浅谈叉车主体结构模态与减振设计[J]. 中国设备工程, 2020(18):90-91.
- [4] 黄兵. 叉车管理改进的思考及对策研究[J]. 中国设备工程, 2021(13):37-38.
- [5] 张永根. 人机工程学在叉车设计上的应用[J]. 现代制造技术与装备, 2021,57(06):79-81.
- [6] 张荆莹. 叉车制动不同步原因分析及检验检测研究[J]. 中国设备工程, 2021(17):185-186.
- [7] 刘小畅, 施鸿均, 周奇. 叉车司机智能化考场建设[J]. 中国科技信息, 2021(18):90-91,94.
- [8] 吴贤魁. 电子转向技术在叉车中的应用研究[J]. 电子世界, 2019(23):156-157.
- [9] 林永忠. 柴油叉车起升系统的设计[J]. 科技创新导报, 2019,16(27):122-124,126.
- [10] 孙富奇. 三大新品耀世登场, 打造“仓储空间魔术师”新名片——记卓一叉车 2019 新品发布会[J]. 中国储运, 2020(01):90-91.