

# 融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置研究与设计

张世栋 姚国龙 尹 鹏 吴尚兵 高红霞  
宁夏特种设备检验检测院 宁夏 银川 750001

**摘要:** 场(厂)内专用机动车辆制动性能是重要参数,影响运行安全,针对现有场(厂)内专用机动车辆难以通过可靠的仪器进行现场检测的状况,设计了融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置。本装置的研究与应用将极大提高场(厂)内专用机动车辆制动性能检验检测的效率和准确性。

**关键词:** 检验检测; 惯性导航; 制动性能; 设计

引言: 全国场(厂)内专用机动车辆的保有量大、增长率高,随着使用年限增加、关键性能下降、使用环境变化或维护不当等因素,导致国内场(厂)内专用机动车辆事故时有发生,进一步提升场(厂)内专用机动车辆安全水平,保证场(厂)内专用机动车辆的检验检测质量,更好地服务地方经济建设发展,需要进行重点检验检测项目的科研攻关,以解决场(厂)内专用机动车辆关键性能检测问题。

## 1 场(厂)内专用机动车辆制动性能检测研究的内容、背景

### 1.1 场(厂)内专用机动车辆制动性能检测现状

截至2023年年底,全国特种设备总量达2128.91万台,其中场(厂)内专用机动车辆205.25万台,占比9.64%。然而,2023年全国共发生特种设备事故和相关事故71起、死亡69人,场(厂)内专用机动车辆事故29起占比40.85%、死亡28人、占比40.58%,对比2021年、2022年数据发现,场(厂)内专用机动车辆在全国特种设备总量占比不高,但是事故数及事故死亡人数占比最高,安全保障十分严峻,不容忽视。制动性能问题是导致行走类设备事故的主要原因之一,对制动性能的检验检测在设备性能判定中尤为重要。<sup>[1]</sup>

现有检测场(厂)内专用机动车辆的制动性能主要有两种方式,一种方式是采用现有的制动性能检测仪进行检测,但是该种测量方式跟驾驶员踩制动踏板的速度有很大关系,会导致测量的制动距离比实际的制动距离大;另一种方式是拖痕法,主要由驾驶员操作一定初速度的叉车,在经过规定好的点后,迅速使行车制动动作,叉车停止后,根据制动的痕迹用卷尺测量整个过程的距离。拖痕法虽然简单直观,但受驾驶员的主观影响

较大,测量误差较大,并且检测效率低。进一步结合场(厂)内专用机动车辆车轮产生滑移现象的原因,分析了制动性能指标-制动力。针对如何保持叉车制动系统的制动性能良好提出了见解,能有效防范制动系统失效,预防和减少叉车发生安全事故。<sup>[2]</sup>

### 1.2 制动性能检测装置研究内容

通过研究一种融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置,以解决现有制动性能检测方法测量误差大、检测效率低的技术问题。该装置将创造性制作一种融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置,包括操作主机、测试主机、无线触发装置、无线传输模块。

测试主机通过结构安装部件固定在厂内专用机动车辆上且保持水平,测试控制主板内嵌固定于测试主机的结构外壳上,GNSS实时动态差分定位测量模块、三轴姿态角速度和加速度计安装至测试控制主板的外接口处,用于采集厂内专用机动车辆的位置信息和速度;无线触发装置固定在刹车踏板上,用于在进行制动距离检测时,通过刹车踏板触发无线触发装置发送数据采集指令。

## 2 制动性能检测装置的特点

### 2.1 制动性能检测装置结构原理、特点

制动性能检测装置的无线触发装置包括微动开关以及固定安装结构,微动开关通过固定安装结构固定至刹车踏板上,用于在进行制动距离检测时,通过刹车踏板触发微动开关发送数据采集指令。如图1操作主机包括显示模块、数据处理模块、防护外壳,防护外壳用于对显示模块、数据处理模块进行防护。结构安装部件包括连接部和基座,连接件包括螺纹孔以及磁吸组件,测试主机的底部与结构安装部件通过螺纹连接;基座采用磁吸结构或真空吸盘,基座通过磁吸或真空吸盘固定在厂内专用机动车辆上,用于使测试主机固定在厂内专用机动车辆上。

无线传输模块包括无线通讯板以及数据接口,且无

**基金项目:** 《融合GNSS及惯导技术的场(厂)内专用机动车辆安全性能检测系统及应用》

**项目计划编号:** 2023SJKY0014

线传输模块的数量为两个，一个无线传输模块通过数据接口与操作主机连接，另一个无线传输模块通过数据接口与测试主机连接，两个无线传输模块之间通过无线通讯板传输数据。无线触发装置内置有无线通讯板，无线触发装置与无线通讯模块之间通过无线通讯板传输指令。

### 2.2 制动性能检测装置性能优势

与现有技术相比，本检测装置的有益效果在于：在对场（厂）内专用机动车辆的制动性能进行检测时，检测人员踩下刹车踏板，使得刹车踏板向下的力作用在无线触发装置上，触发无线触发装置开始发送数据采集指令。无线触发装置通过无线传输模块向测试主机发送数据采集指令，测试主机接收到数据采集指令后，控制GNSS实时动态差分定位测量模块22采集车辆制动过程中的位置信息，控制三轴姿态角速度和加速度计23采集车辆制动过程中的角速度与加速度，并基于三轴姿态角速度和加速度计组成的惯性导航单元，经过INS导航解算后，获得（厂）内专用机动车辆的即时速度和位置信息。本装置通过将GNSS实时动态差分定位测量模块、三轴姿态角速度和加速度计一体化设计在测试主机中，而测试主机安装至场（厂）内专用机动车辆（叉车）上，实时跟踪测量场（厂）内专用机动车辆的运行位置、速度、制动距离等数据，通过融合GNSS和惯导技术实现高效高精度的制动性能的检测。

## 3 制动性能检测装置的结构组成

### 3.1 制动性能检测装置测试装置安装及内部结构

如图1所示的结构进行设备组装后，该设备操作简单，检测快捷的得出检测结果，为最终设备整体检验检测结论的判定提供依据。融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置，包括操作主机10、测试主机20、无线触发装置30、无线传输模块40。

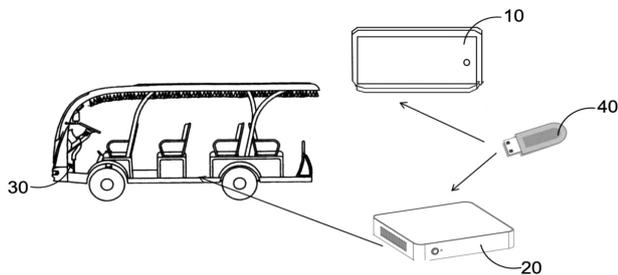


图1 制动性能检测装置的结构示意图

测试主机20通过结构安装部件固定在厂内专用机动车辆上且保持水平，测试控制主板21内嵌固定于测试主机的结构外壳上，GNSS实时动态差分定位测量模块22、三轴姿态角速度和加速度计23安装至测试控制主板的外接接口处，用于采集厂内专用机动车辆的位置信息和速度。

无线触发装置30固定在刹车踏板上，用于在进行制动距离检测时，通过刹车踏板触发无线触发装置发送数据采集指令；无线传输模块40分别与操作主机10、测试主机20、无线触发装置30连接，用于无线触发装置30通过无线传输模块40向测试主机20发送数据采集指令，测试主机20将采集到的位置信息和速度通过无线传输模块40发送给操作主机10进行处理。

### 3.2 制动性能检测装置测试装置检验组装要求及测试过程要点

在对场（厂）内专用机动车辆的制动性能进行检测时，检测人员踩下刹车踏板，使得刹车踏板向下的力作用在无线触发装置上，触发无线触发装置开始发送数据采集指令。无线触发装置通过无线传输模块向测试主机发送数据采集指令，测试主机接收到数据采集指令后，控制GNSS实时动态差分定位测量模块22采集车辆制动过程中的位置信息，控制三轴姿态角速度和加速度计23采集车辆制动过程中的角速度与加速度，并基于三轴姿态角速度和加速度计组成的惯性导航单元，经过INS导航解算后，获得（厂）内专用机动车辆的即时速度和位置信息。通过将GNSS实时动态差分定位测量模块、三轴姿态角速度和加速度计一体化设计在测试主机中，而测试主机安装至场（厂）内专用机动车辆（叉车）上，实时跟踪测量场（厂）内专用机动车辆的运行位置、速度、制动距离等数据，通过融合GNSS和惯导技术实现高效高精度的制动性能的检测。

操作主机10包括显示模块、数据处理模块、防护外壳，防护外壳用于对显示模块、数据处理模块进行防护。在一些实施方式中，操作主机10采用安卓操作主机，安卓操作主机包括安卓平板、防护外壳，其中，安卓平板包括显示模块和数据处理模块，通过操作安卓平板的界面进行通讯连接、数据显示、曲线绘制等功能，从而实现数据分析及显示功能。

## 4 制动性能检测装置的设计特点

### 4.1 制动性能检测装置测试装置精度要求

在一些实施方式中，GNSS实时动态差分定位测量模块22采集车辆制动过程中的位置信息，三轴姿态角速度和加速度计23采集车辆制动过程中车辆的角速度和加速度后，可以通过融合算法输出高精度的位置信息和速度。其中，融合算法基于RTK实现松耦合的GNSS/INS实时组合导航，具体如图2所示，RTK实时输出位置和速度参数给到组合卡尔曼滤波器，组合卡尔曼滤波器估算INS误差。利用估算出来的INS误差，对INS导航参数进行校正，通过校正后的INS导航参数输出高精度的位置和速度。

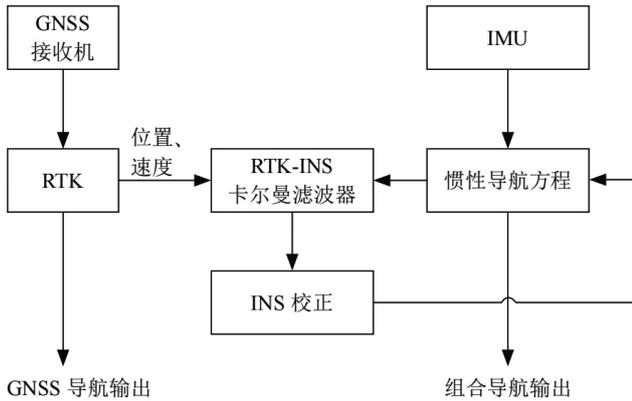


图2 组合导航框图

在一些实施方式中，操作主机可以由检测人员手持进行操作，也可以安装在厂内专用机动车辆上，例如，可以将操作主机安装在副驾驶的位置，由坐在副驾驶的检测人员进行操作，并可以在车辆行驶的过程中实时查看车辆的行驶轨迹、坡度以及坡度数与距离的统计关系图等。通过无线实时读取终端测量数据，实现场（厂）内专用机动车辆制动性能、制动距离测量试验的测量功能；经纬度误差 $\pm 2\text{cm}$ ；速度 $0\text{--}10\text{m/s}$ 、分辨率 $0.001\text{m/s}$ ；制停距离 $0\text{--}99\text{m}$ 、分辨率 $0.001\text{m}$ 。<sup>[3]</sup>

#### 4.2 制动性能检测装置测试装置精度和准确度要求

结构安装部件包括连接部和基座，连接件包括螺纹孔以及磁吸组件，测试主机的底部与结构安装部件通过螺纹连接，并通过磁吸组件固定；基座采用磁吸结构或真空吸盘，基座通过磁吸或真空吸盘固定在厂内专用机动车辆上，用于使测试主机固定在厂内专用机动车辆

上。在操作主机的操作控制主板上的接口外接一个无线传输模块，同时，在测试主机的接口外接一个无线传输模块，两个无线传输模块之间进行远距离、稳定的数据通讯与传输。其中，无线传输模块采用增强型2.4G通讯模式，2.4GHz无线技术，是一种短距离无线传输技术，具有双向传播，抗干扰性强，短距离无线技术范围传输距离远，耗电少等优点。<sup>[4]</sup>

#### 5 结语

通过对融合GNSS及惯导技术的制动性能检测装置研究与设计，可以提高制动性能测试的效果，为场（厂）内专用机动车辆安全运行提供有力支撑。在未来的研究中，应该加强对制动性能检测装置精度和准确度要求，提高其效率和安全性，推动数字化和智能化检测技术的发展，为特种设备的安全与发展做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局特种设备安全监察局. 关于2023年全国特种设备安全状况的通告[EB/OL]. (2024-03-23) [2024-04-01]. [https://www.samr.gov.cn/zw/zfxgk/fdzdgknr/tzsb/art/2024/art\\_aea38293416e4af382c0136d2e73f8a2.html](https://www.samr.gov.cn/zw/zfxgk/fdzdgknr/tzsb/art/2024/art_aea38293416e4af382c0136d2e73f8a2.html)
- [2] 朱云锋, 蒋春, 李海波. 叉车制动系统的检验方法及其制动力分析[J]. 机电工程技术, 2024, 53(6): 253-256
- [3] 汪思迪, 曹小华, 周勇. 基于惯性导航、RFID及图像识别的AGV融合导航系统[J]. 起重运输机械, 2018(08): 81-84.
- [4] 杨韬澄, 聂莹. 关于两个《检测规定》对厂(叉)车辆制动距离检验误差的探讨[J]. 科技与生活, 2011(6): 219, 203