

机动车安全带倾斜锁止性能检测方案探讨

魏哲 机械科学研究总院中机寰宇认证检验有限公司

【摘要】本文为构建机动车安全带倾斜锁止性能检测方案，引入 PLC、伺服电机、压力传感器等元件，基于三维建模技术，提出了一种检测设备的实施方式。并对我国国家标准规定的试验要求和试验方法进行了阐述，论述了该检测设备机械及测控部分的可行方案，就 PLC 编程中涉及的测控流程等进行了系统说明，提供了一种可行的产品检测实施方案。

【关键词】安全带；倾斜锁止；PLC；伺服电机；压力传感器

一、引言

机动车安全带是一种用于约束车辆驾驶员和乘客的防护装置，属于车辆被动安全的范畴。美、欧、日等国家和地区已相继立法或出台规定，要求汽车乘员必须佩戴安全带。我国公安部也已于 1992 年 11 月 15 日颁布通告，规定从 1993 年 7 月 1 日起，所有小客车驾驶员和前排座乘车人必须使用安全带。另外，我国《道路交通安全法》第五十一条规定：机动车行驶时，驾驶人、乘坐人员应按规定使用安全带。

按照国家标准的定义，安全带即具有织带、带扣、调节件以及将其固定在机动车辆内部的连接件，用于在车辆骤然减速或碰撞时通过限制佩戴者身体的运动以减轻其伤害程度的总成，包括吸能或卷收织带的装置。安全带种类较多，按照结构形式，可分为腰带、肩带、三点式安全带、S 型安全带和全背带式安全带。其中，带卷收器的安全带性能更佳，对制造工艺要求也更高。卷收器作为安全带的关键件，按照其性能和调节方式，可分为无锁式卷收器（1 型）、手调式卷收器（2 型）、自锁式卷收器（3 型）、紧急锁止式卷收器（4 型）、高响应紧急锁止式卷收器（4N 型）。最常见的安全带卷收器型式是 4 型和 4N 型，二者均具有倾斜锁止功能。该功能用于实现车辆在俯仰和侧倾姿态下的乘员防护。本文重点探讨安全带的倾斜锁止特性及其检测实现方法。

对安全带锁止状态的识别是其倾斜锁止性能检测中的关键因素之一。如识别有误，则会直接造成角度测量失准，导致试验失败。而锁止状态识别装置构建方案多种多样，常见的有弹簧式、织带张力监测式、位移判断式等结构形式，均各有特点。但弹簧式不易调整且易误判，影响试验效率；织带张力监测式元器件成本和对传感器的防护要求相对较高；位移判断式反应稍有延迟，如织带抽取力矩过大，则会造成角度测量出现偏差。因此本文提出了一种基于压力传感器的锁止状态识别装置构建方案，已申请国家实用新型专利并获授权^[1]，设备整机投入自有实验室使用，目前反馈良好。

二、试验流程及设备方案构想

1. 国家标准规定的试验要求和试验方法

《机动车乘员用安全带、约束系统、儿童约束系统和 ISOFIX 儿童约束系统》(GB 14166-2013) 4.2.5.3.1c) 和 4.2.5.3.1d) 条款规定^[2]，当敏感装置在其制造厂规定的安装位置向任意方向倾斜 12° 或以下时，卷收器不得锁止；对于 4 型卷收器，当敏感装置在其制造厂规定的安装位置向任意方向倾斜大于 27° 时，卷收器应锁止；对于 4N 型卷收器，当敏感装置在其制造厂规定的安装位置向任意方向倾斜大于 40° 时，卷收器应锁止。国家标准 5.6.2.3 条款约定了倾斜锁止试验方法，即为检查是否满足 4.2.5.3.1c) 和 4.2.5.3.1d) 要求，卷收器应安装在水平台面上，并使台面以不超过 2° / s 的速度倾斜直至发生锁止。试验应在其他方向上重复进行以满足要求。

2. 设备方案构想

目前，安全带生产工厂为实施 COP 试验中的 100% 检验，均会在生产线上配备倾斜锁止检测设备，但该类线上设备为适应生产线节拍，提高生产效率，国家标准 5.6.2.3 条款规定的倾斜速度一般不予考虑和满足。卷收器装夹方式通常采用适应卷收器外形和尺寸的特制夹具，为气动夹紧模式。而作为实验室检测设备，则不能简单等同于线上设备，前者对安装定位精度、倾斜角度、锁止角度的测量均有更高要求，以适应 ISO/IEC 17025:2005《检测和校准实验室能力的通用要求》的规定^[3]，且该要求转换为 2017 版之后，对检测仪器的相关要求并未弱化。

为实施国家标准规定的试验过程，需策划相关流程，即安全带总成中的卷收器按照要求安装后，设备整机应能模拟车辆的俯仰、侧倾姿态，在前、后、左、右四个翻转方向实时监测安全带的锁止状态，并记录锁止角度。

为构建该项试验检测设备，作为设备子系统，除锁止状态识别装置外，满足标准规定的倾斜速度精准实现装置、90° 换向装置、织带抽取装置等应为试验流程实现的必需子系统。其中，倾斜速度精准实现装置主要通过引入伺服电机和可编程逻辑控制器（以下简称 PLC），构成精准速度控制环节；90° 换向装置用于实现前后、左右两垂直旋转轴的切换，通过伺服电机和 PLC 构成的伺服系统实现；织带抽取装置采用辊轮夹紧并旋转抽带的方式，夹紧方式利用气缸实现，旋转动作采用小型伺服电机实现；锁止状态识别装置引入压力传感器，如果卷收器锁止，则织带对压力传感器施加压力骤增，设定可信数值，即可实现锁止识别功能。另外，采用昆仑通态触摸屏作为上位机，采用 PLC 作为下位机。各个子系统通讯关系如图 1 所示，实线表示实际直接通讯，虚线表示通过下位机间接通讯。

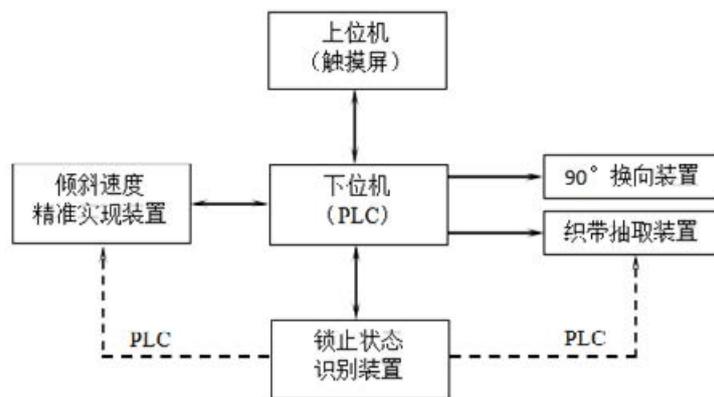


图 1. 设备子系统构成及其通讯关系图

三、试验设备整机构建方案

该检测设备由机械部分和测控部分组成。机械部分为执行部分，直接和样品接触，由上述各子系统和相关辅件匹配组合而成。测控部分主要由 PLC、触摸屏和旋转编码器构成。上位机对下位机进行参数设置，下位机内置梯形图程序，直 / 间接与编码器和伺服驱动器通讯。

1. 机械部分

机械部分的设计直接采用三维建模，并进行数字样机虚拟装配和干涉检查等，涉及上述各个系统，充分考虑人体工程学因素。该过程实现了无纸化，极大缩短了产品生产周期。设备三维装配图见图 2，设备实物图见图 3。

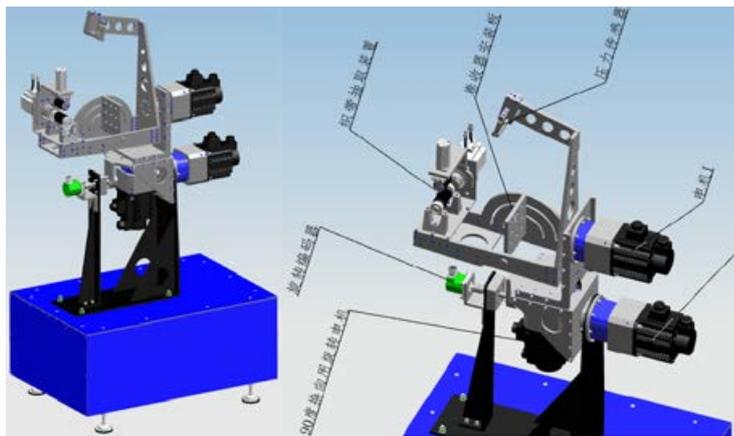


图 2. 安全带倾斜锁止试验设备三维装配图

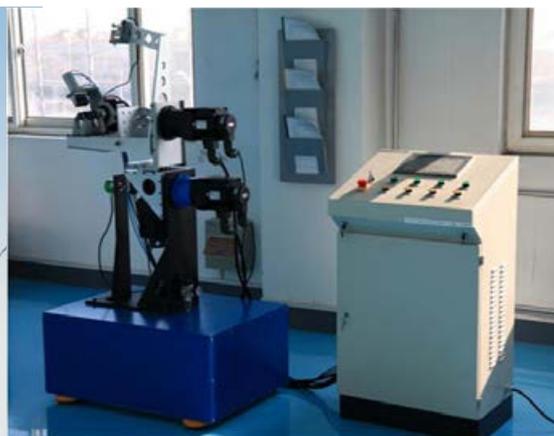


图 3. 安全带倾斜锁止试验设备实物图

2. 测控部分

测控系统主要实现倾斜速度控制、90° 转向控制、锁止判别与锁止角度测量四大功能。倾斜速度控制由电机 I、电机 II 执行，试验开始即可动作，最大旋转范围可至 180°。90° 转向由转向电机执行，执行时机为前后旋转轴试验完成、左右旋转轴试验开始时。织带抽取由抽带电机执行，在气缸下压并带动辊轮夹紧织带时即可生效。所用共计 4 台伺服电机。锁止判别条件为压力传感器承受

力值超限，并以此执行后续动作。锁止角度测量引入绝对型高精度旋转编码器，开机不必找零位，可对轴的绝对位置信息进行监测，且抗干扰性较强，也无增量型编码器的零点累积误差的问题。所选欧姆龙 NPN 输出绝对值型 E6C3-AG5C 编码器和所选 CP1H 欧姆龙 PLC 直接通讯。该型编码器可输出格雷码，格雷码属于错误最小化的可靠性编码，有利于减少编码器出错。设备测控流程图如图 4 所示。

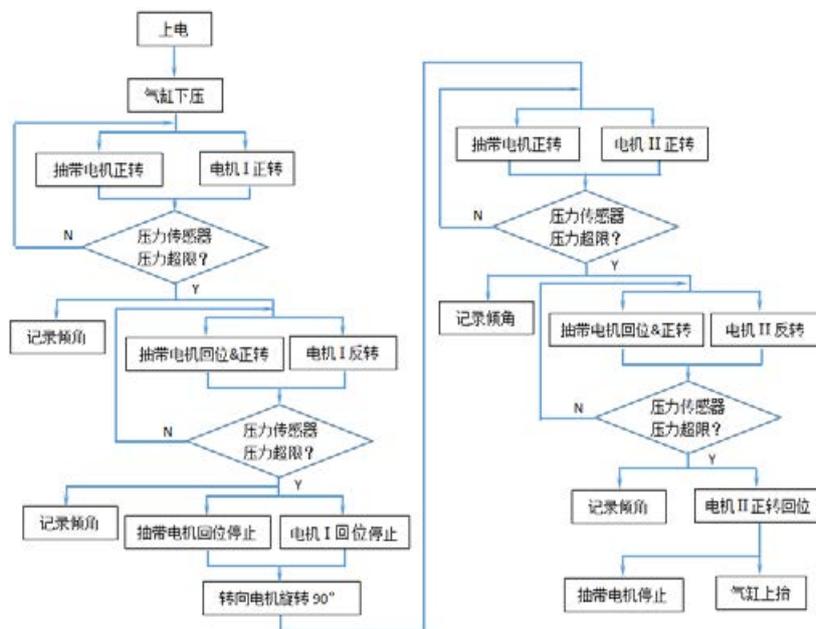


图 4. 设备测控流程图

四、安全带锁止状态识别装置方案探讨

采用压力传感器作为安全带锁止状态识别装置的核心元件，不同于现有常见方案，具有成本低廉（相对于采用织带张力传感器和位移传感器的方案而言）、调节方便、易于更换、防护要求低、样品安装便捷、试验效率高等特点。图 5 所示为该方案的实际安装状态效果图。图 6 所示为安装安全带样品后压力传感器受织带压力效果图。图 7 所示为某型可用于安全带锁止状态识别的安全带织带张力传感器和拉线式位移传感器。张力传感器通过检测安全带锁止时迅速增加的织带张力来识别是否锁止，位移传感器通过检测并反馈位移变化量来识别织带是否已被锁住。二者较本文所述压力传感器成本普遍偏高，且状态识别的可靠性并不优于基于压力传感器的识别装置。而采用基于弹簧原理的识别装置，成本虽最低，但调整稍复杂。试验次数达到限值后，弹簧刚度会受影响，年度校准如不合格则需更换弹簧，且无法实时显示受力值。

压力传感器的受力值可实时反馈至 PLC，并上传至触摸屏，可通过换算得到织带张力值和压力传感器受力值。由于锁止状态的判断条件仅是压力传感器的受力值，故可通过更改限值来识别不同程度的锁止状态，以适应不同种类样品检测需要。

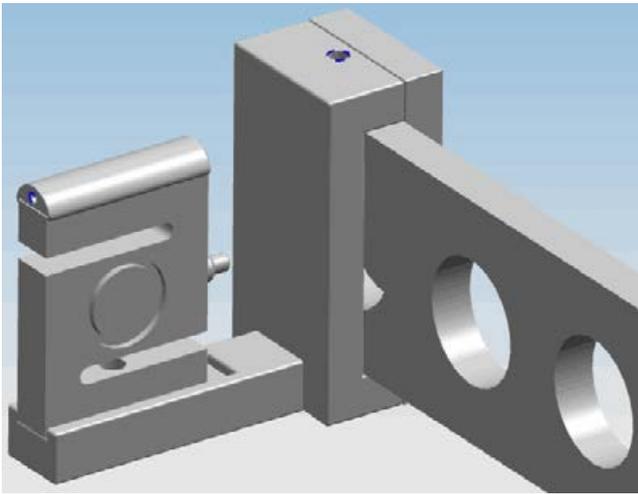


图 5. 压力传感器在整机中的实际安装效果图

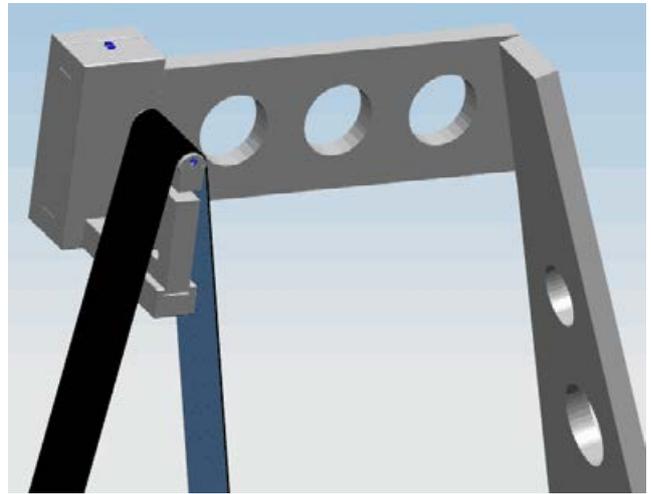


图 6. 压力传感器受织带压力效果图



图 7. 某型织带张力传感器和位移传感器

五、 结语

本文探讨了压力传感器在安全带倾斜锁止性能检测方案中的应用，构建了一种高精度、低成本的安全带锁止状态识别方案和倾斜锁止性能检测方案。设备样机已投入实际应用，累计检验 1000 余次，无不良反馈。设备整体性能满足国家标准要求，对于检测类实验室装备提升有积极作用。

在设备研发过程中，4 台伺服电机、驱动器、PLC、触摸屏、传感器及各类按钮、开关、继电器等辅件之间接线较为复杂，虽然实现了技术方案，但仍有可改进、优化之处。如引入总线模块，则大可缓解目前接线复杂的状态，进一步缩短设备开发周期。对于大型、复杂设备，可行性尤为明显。

本文探讨的设备整机方案仅采用了一种锁止状态识别机制，如能若干种机制配合使用，有望最大程度提高设备的测量准确度，并能防止由于单一机制识别失效造成的样品或设备损坏，进而提升设备整体性能，满足或优于中国合格评定国家认可委员会（CNAS）对检测类实验室的设备相关要求。

【参考文献】

- [1] 魏哲. 安全带倾斜锁止试验设备: 中国, CN2012203012613[P]. 2013-02-13.
- [2] GB 14166-2013, 机动车乘员用安全带、约束系统、儿童约束系统和 ISOFIX 儿童约束系统 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [3] ISO/IEC 17025:2005, 检测和校准实验室能力的通用要求 [S].

作者简介

魏哲, 男, 汉族, 1984 年出生, 山东省冠县人, 硕士, 高级工程师, SAC/TC 240 观察员, 中国农业机械学会标准化分会高级会员, 主要从事机动车零部件产品检测、非标设备研发等工作。

通信地址: 北京市大兴区北臧村镇天荣街 32 号中机寰宇认证检验有限公司

邮编: 102609 电话: 13121758613/010-60270909-8848

邮箱: wzhk2008@yeah.net