

高速列车用螺栓轴向力测试设备校准规范

(报批稿)

编制说明

1. 工作概况

1.1. 任务来源

根据《市场监管总局办公厅关于印发 2024 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知》（市监计量发[2024]40 号）要求，由全国铁路专用计量器具计量技术委员会铁路专用力学电学分技术委员会归口，中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所股份有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车成都机车车辆有限公司、中铁检验认证中心有限公司等共同起草的《高速列车用螺栓轴向力测试设备》校准规范，现已完成征求意见稿。

本规范是首次发布。

1.2. 制修订本规范的必要性

高速列车用螺栓轴向力测试设备是用于测量螺栓轴向应力的设备，通过采集超声波在螺栓中的声时差计算出螺栓的轴向应力。随着高速列车产业发展和产品质量提升，螺栓紧固件的拧紧质量要求也在逐年提高。对于螺栓紧固件来说，目前高速列车领域装配过程和监控过程大多还是以扭矩为主要控制参数，但是由于摩擦力和扭矩系数等因素的差异，即使是相同的扭矩输出，最终所得到的轴向力也不一定相同。因此，近年来行业的研究重心也逐渐转移到了轴向力直接测量技术上，市场上也出现了不同型号基于超声波测量原理的轴向力测试设备。不过，对于各种型号轴向力测试设备的校准国内外还未形成相应的标准。为了确保轴向力测试设备的测量精度，保证其量值溯源的可靠性和稳定性，需针对使用超声波原理测量螺栓轴向力的各型号轴向力测试设备形成一套通用的校准规范，故基于上述原因编制《高速列车用螺栓轴向力测试设备》校准规范。

1.3. 主要起草过程

项目计划下达后，在归口单位指导下，中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车戚墅堰机车车辆工艺研究所股份有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中车成都机车车辆有限公司、中铁检验认证中心有限公司成立了规程起草组，对轴向力测试设备、紧固件机械性能、轴向力测试原理等相关文件、标准、资料等情况进行了研究，对部分生产

厂家的技术能力也进行了了解，确定了校准技术路线，最终确定本规范中涉及的计量特性、校准项目及校准方法。起草组于 2025 年 4 月形成了本规程的征求意见稿。

2. 编制原则

- 2.1. 校准规范格式统一、规范，符合JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》要求。
- 2.2. 规范内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。
- 2.3. 规范技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。
- 2.4. 规范实施后有利于保障铁路运输安全，符合铁路行业发展需求。

3. 主要内容

本规范规定了高速列车用螺栓轴向力测试设备的术语、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果以及复校时间间隔，适用于高速列车领域超声波螺栓轴向力测试设备的校准。

本规范的编写参考 JJF（机械）1056-2021 残余应力超声检测仪校准规范、GB/T 3098.1-2010 紧固件机械性能 螺栓、螺钉和螺柱、GB/T 43232-2023 紧固件 轴向应力超声测量方法、GB/T 16823.3-2010 紧固件 扭矩-夹紧力试验、QC/T 1153-2021 汽车紧固连接螺栓轴力测试超声波压电陶瓷片法等相关文件。主要计量特性包括轴向力测试设备示值相对误差和示值重复性。

4. 关键技术确认

(1) 测量原理与校准思路

超声波测量首先通过超声波发射器发射一个脉冲，经过超声波传感器传入到螺栓内部并沿着螺栓体内行进，至底部返回后再次经过传感器，传感器二次接收到回波。随着螺栓拧紧伸长，超声波来回的路程增加，在同样的传播速度下，就会产生一个时间差，目前基于超声波原理的轴向力测试设备，基本都是通过测量时间差来计算轴向力。由于测量输入的是时间差，而系统输出的是轴向力，并且在载控装备拧紧过程中，螺栓的受力是非均匀的，在应力集中点超声波的传播速度变慢，在应力分散点速度变快，因此需要对每一批次的螺栓进行应力系数标定，从而形成一条标定曲线，作为同批次螺栓后续试验的参考依据。

由于不同的轴向力测试设备的应力系数及虚线拟合逻辑都不相同，因此在标定时需要将固定测量点下轴力传感器的实际值与轴向力测试设备所显示的声时差进行有效对应，然后再基于此曲线，使用同批次螺栓进行示值误差和重复性的试验验证。

(2) 应力系数标定

本规范对于标定螺栓的选择和应力系数标定进行了详细规定。根据轴向力测试设备的测量原理以及 GB/T 43232-2023 紧固件 轴向应力超声测量方法，规定设备在首次校准和测试前必须进行标定工作，且标定螺栓的材料、型式尺寸和夹紧长度应于被测螺栓基本一致。由于轴向力测试设备分为固定式和便携式，因此本规范给出了轴力传感器和拉力试验机两种标定方法，可任选其一进行标定。标定后的螺栓作为标准螺栓需专门存放，用于对轴向力测试设备后续同规格螺栓测试的校准工作；同时，每一项应力系数仅可作为同规格、同批次螺栓的参考标准，在更换螺栓规格或批次时，均需重新进行应力系数的标定工作。

(3) 示值相对误差和示值重复性

本规范对轴向力测试设备的示值相对误差和示值重复性两项计量特性进行了详细规定。在起草过程中，起草组通过大量试验，确定了在螺栓的弹性范围内，轴力传感器和拉力试验机两种标定方式均可靠，并且重复拧紧次数 ≤ 8 次时，摩擦系数在合格范围内，轴力基本无变化。因此，在做示值误差时，每个螺栓可取 5 个点拧紧，至少取 3 颗同批次螺栓，这样一来，就可以基于应力系数，使用同批次螺栓验证轴向力测试设备的准确性。此外，在做重复性试验时，可取 1 颗螺栓在设定测量点重复拧紧 3 次，根据公式规定确定该设备的重复性状况。

5. 采标情况

本校准规范未采用相关的国际标准。

6. 有无重大分歧意见

在起草过程中，起草组无重大分歧意见。

7. 其他应予说明的事项

无。

起草组

2025. 04