

影响扭矩扳子检定结果的因素与改进方法研究

□何翔军 闵玥 陈元杰 谢晓斌 陈稼宁 高吉 银建新 李典蓉

浙江省质量科学研究院（浙江省市场监管测力与称重计量重点实验室）

【摘要】扭矩扳子是用于工业领域扭矩量值控制的关键计量器具，其检定结果的准确性直接关系到设备装配质量与运行安全。本文分析了扭矩扳子检定过程中常见的误差来源，并提出了针对性解决建议，旨在提升扭矩扳子检定结果的准确性与可靠性。

【关键词】扭矩扳子；计量检定；影响因子；改进措施

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2026）05-0032-03

Research on Factors Influencing Verification Results of Torque Wrenches and Improvement Methods

【Abstract】 Torque wrenches are key metrological instruments used for torque value control in the industrial field, and the accuracy of their verification results is directly related to equipment assembly quality and operational safety. This paper analyzes the common sources of error in the verification process of torque wrenches and proposes targeted suggestions for solutions, aiming to improve the accuracy and reliability of torque wrench verification results.

【Keywords】 Torque wrench; metrological verification; Influencing factor; Improvement measures

引言

扭矩扳子主要用于紧固螺栓、螺母或螺钉，并能测量（或控制）拧紧时的扭矩值，以达到间接控制固体间连接螺栓（或螺钉）紧固轴力一致性的目的。其作为一种可定量控制扭矩值的计量工具，广泛应用于机械制造、汽车工业、航空航天等领域，是保障紧固件精准安装、防止结构松动或疲劳失效的重要计量器具。为确保其扭矩量值准确可靠，我国颁布了JJG 707-2014《扭矩扳子检定规程》，明确了扭矩扳子的计量性能要求、检定环境条件及操作规范。然而，在实际检定工作中，如果操作人员对细节把控不足，可能会导致测量结果出现偏差，甚至影响合格判定结果。其中，计量标准器与扭矩扳子连接中的配合间隙、预置式扭矩扳子力臂杆的施力

点和施力方向偏差、扭矩扳子未保持水平状态、施力方式差异，是日常检定中出现频率最高、对检定结果影响最显著的四类问题。本文围绕四类核心问题展开分析，结合实际案例探讨其影响机制，并提出切实可行的误差控制建议。

1 影响扭矩扳子测量结果的因素

扭矩扳子、传动方榫和计量标准器（扭矩扳子检定仪）依次相连，连接过程中存在的配合间隙，是影响检定结果准确性的重要因素之一。配合间隙主要源于两方面：一是制造公差控制不严，JJG 707-2014《扭矩扳子检定规程》对传动方榫、传动方孔的基本尺寸和公差有明确规定，一是加工精度不达标可能导致配合间隙超出允许范围；二是长期使用造成的磨损，如频繁插拔对接导致的磨损、施力过大导

致的变形，以及锈蚀、杂物卡滞，会进一步降低贴合度，造成径向或轴向间隙。^[1]

扭矩扳子检定过程中，对力臂杆施力的施力点若存在位置偏差，也会影响检定结果数据。虽然JJG 707-2014《扭矩扳子检定规程》规定加载点为手柄握持位置中部，但根据实际检定经验，部分扭矩扳子的手柄中部标有有效线，其他的则没有，在检定时并不能保证施力点与规定位置完全一致，同时施力点位置的确将影响检定结果数据，在与厂家沟通过程中也确认了该点。扭矩扳子的扭矩输出遵循经典力学公式 $M=F \times L \times \sin \theta$ （ M 为输出扭矩， F 为施加作用力， L 为标准力臂长度， θ 为施力方向与手柄垂直方向的夹角）。实际检定过程中，施力点偏离厂家预设位置，或施力方向未垂直于扭矩扳子力臂，都将直接改变实际力臂长度，并最终影响测量结果，在预置式扭矩扳子类表现尤为明显。^[2]

扭矩扳子放置状态是否保持水平，同样会对最终的结果产生影响。实际检定过程中，扭矩扳子的非水平状态主要分为两类：一是俯仰倾斜，扳子手柄向上或向下倾斜，与水平面形成仰角或俯角。二是扭矩扳手绕力臂杆中心轴旋转，导致扭矩扳手方头或六角头的轴线与计量标准器（扭矩扳子检定仪）的轴线存在角度，而非平行重合。实践可知，这两类非水平状态都将影响检定数据。而检定台架平整度不足、操作人员放置不当，是导致扭矩扳子非水平状态的两大主因。^[3]

最后，检定人员施力方式的差异，也是影响扭矩扳子检定结果的重要人为因素。实际检定工作中，操作人员可能直接手持扳手施力，也可能借助检定装置上的机械摇杆或电动加载机构施力。两种施力方式，在施力均匀性、冲击效应等方面存在显著差异。即使均为直接手持施力，或均为加载机构施力，不同操作人员的施力习惯和操作习惯可能也存在差异。这些均可能影响检定结果的准确性与重复性。

2 对影响因素的进一步具体分析

扭矩扳子、传动方榫和计量标准器依次连接过程中存在的配合间隙，会从扭矩传递的本质层面破坏纯扭矩加载环境，进而对检定结果产生多重不利影响。具体表现为以下三个方面：一是引入附加弯

矩，间隙导致传动方榫以及扭矩扳手在扭矩加载过程中发生径向摆动，使传导输出给计量标准器的力值实际为“纯扭矩+附加弯矩”。二是造成扭矩传递滞后。间隙产生的加载空行程会导致扭矩扳子示值触发延迟、整体偏小，卸载时的间隙回弹还会增大示值波动，降低重复性。三是加剧误差离散性。配合间隙处的不规则摩擦，会导致同一检定点多次检定结果偏差显著。^[4]

预置式扭矩扳子力臂实际长度变化影响检定结果的原因在于扭矩扳手方头或六角头最终设定的扭矩值本身就与力臂长度相关。预置式扭矩扳子具体工作原理为：通过把手位置的调节机构设定好内部扭矩值（控制主弹簧的变形量进而控制扳手内部扭矩），进而通过多力平衡，设置扭矩扳手方头或六角头达到扭矩值（过程计算涉及标准力臂长度）。故，受力点的偏差（实际力臂长度与标准力臂长度的偏差）会直接引入系统误差。^[5]

扭矩扳子在测试时若处于非水平状态，则会因受自身重力影响和不同轴问题干扰扭矩加载，对检定结果产生显著影响。自身重力影响在于扭矩扳子对计量标准器（扭矩扳子检定仪）产生附加径向力或分力，破坏纯扭矩加载条件。而扭矩扳手方头或六角头与计量标准器（扭矩扳子检定仪）不同轴，会额外对计量标准器产生附加弯矩，导致误差不准确。

检定操作人员不同的施力方式，会在施力均匀性、冲击效应等方面形成明显差异，进而对检定结果的相对误差与重复性造成影响。操作人员直接手持扳子手柄，通过主观感受控制加载过程，存在着明显的局限性：一方面，施力均匀性不足。人手施力时存在生理性抖动，力值输出并非完全平滑递增曲线，这种微小的力值波动在扳子内部机构响应时可能被放大。另一方面，存在冲击效应。手动施力在扳子触发瞬间易产生冲击载荷。预置式扭矩扳子达到设定值后，内部机构突然脱扣，若操作者手臂未能立即停止施力，多余的能量会以冲击形式传递给扳子，导致标准器记录的峰值扭矩大于实际触发扭矩。设备摇杆施力虽然同样存在观察滞后问题，但由于加载过程相对平稳，冲击能量远小于手动施力，对检定结果的影响相对可控。

3 改进措施或改进方法

(1) 针对扭矩连接中配合间隙问题的建议

一是严格开展检定前预处理。清除配合面的油污、锈蚀与杂物,同时,发现方榫变形、接头磨损严重的立即进行更换。二是选用标准尺寸的传动方榫和传动方孔。优先采用过渡配合或小间隙配合配件,保证扭矩传递过程中的同轴度。三是规范插拔操作。扭矩扳子、传动方榫、传动方孔或计量标准器两两对接时,保证彼此轴线重合,避免歪斜插拔造成的额外磨损。

(2) 针对力臂受力点与受力方向差异问题的建议

一是严格落实规程要求,施力时对准扳子握把的中间位置,全程保证无偏移。二是大量程扭矩扳子在标准施力点可加装专用施力手柄或防滑定位套,进而固定施力点避免偏移。三是强化人员培训,定期开展规程学习与标准化实操考核,纠正不规范施力习惯。

(3) 针对扭矩扳子非水平放置问题的建议

保证预置式扭矩扳子水平放置的措施,一是在扭矩扳子手柄处加装小型水平仪,调整至水平后再开始试验。同时,试验过程中发现明显倾斜,也需立即停止试验并进行调整。二是规范操作流程,将确认扭矩扳子水平放置纳入检定前的预备必查环节,轻拿轻放,避免扳子重力冲击造成放置位置的偏斜。

(4) 针对施力方式差异问题的建议

建议在条件允许情况下,优先采用检定装置的机械摇杆或电动加载机构施力,避免直接手动操作。机械加载可保证加载速度恒定,消除人为因素带来的速度波动与冲击效应。若人工施力,则需多加注意加载过程的平稳均匀和触发后的及时停止。

4 结语

扭矩扳子检定结果的准确性,不仅依赖计量标准器的准确度,更与实操环节的细节把控密切相关。计量标准器与扭矩扳子连接中的配合间隙、预置式扭矩扳子力臂杆的施力点和施力方向偏差、扭矩扳子未保持水平状态、施力方式差异,是扭矩扳子日常检定中四大误差来源,且均会破坏纯扭矩加载条件,影响测试数据的准确性。

为提升扭矩扳子检定质量,需构建全流程误差

控制体系,具体包括:严格控制扭矩连接中配合间隙,控制间隙带来的误差;规范施力操作,精准控制施力点与施力方向,减少人为误差;试验前和试验中注意保证扭矩扳子水平放置;优先采用辅助设备施力。同时,需持续加强检定人员的规程学习与实操培训,将标准化操作原则贯穿检定全流程,为工业领域扭矩质量管控提供坚实的计量保障。

参考文献

- [1] JJG 707-2014 扭矩扳子检定规程[S].
- [2] 徐涛,王长振,陈曦等. 安装状态对扭矩扳子检定结果的影响[J]. 船舶工程,2017,39(05):26-30+44. DOI:10.13788/j.cnki.cbge.2017.05.026.
- [3] 吴晶,姜天洪. 测量审核中扭矩扳子测量结果的不确定度评定与分析[J]. 品牌与标准化,2024,(06):262-264.
- [4] 何建新,毛勤卫,朱林等. 扭矩扳子检定中受力分析及消除不良分力方法研究[J]. 计量技术,2016,(03):50-53.
- [5] 陈铭. 影响校准扭矩扳子示值的几方面问题[J]. 现代工业经济和信息化,2020,10(06):139-140. DOI:10.16525/j.cnki.14-1362/n.2020.06.59.
- [6] 王勇,倪庆成,颜华萍等. 力臂长度对扭矩扳子检定结果的影响[J]. 计测技术,2015,35(S1):121-124.

作者简介

何翔军(1999—),男,大学本科,浙江省质量科学研究院工程师。主要研究方向:扭矩计量与检定技术。