

专用止口测量工装设计

张博 梁孝飞 王磊 陈冰峰 郭良

中国工程物理研究院材料研究所, 中国·四川 江油 621700

摘要: 目前, 使用桥尺与百分表组合对止口高度进行测量时, 存在需要人力资源多、检测效率不足、存在磕碰风险的问题。针对检测过程中的问题, 设计了专用止口测量工装, 通过针对性设计, 减少操作步骤, 实现减少检验员工作强度、提高检测效率、降低磕碰风险的目的。最后通过统计结果判断专用止口测量工装达到了设计目标。本文进一步从工装结构优化、测量误差分析、操作流程标准化等方面进行了系统阐述, 结合实际生产数据验证了工装的可行性与优越性, 为同类精密测量场景提供了可推广的技术方案。

关键词: 止口高度; 测量工装; 检测效率; 误差分析; 工装设计

Design of Dedicated Stop Gauge Measuring Fixture

Zhang Bo, Liang Xiaofei, Wang Lei, Chen Bingfeng, Guo Liang

Institute of Materials Research, China Academy of Engineering Physics, China Sichuan Jiangyou 621700

Abstract: At present, when using a bridge gauge combined with a dial indicator to measure the shoulder height, there are issues such as requiring a lot of human resources, insufficient inspection efficiency, and the risk of collisions. To address the problems in the inspection process, a dedicated shoulder measurement fixture was designed. Through targeted design, it reduces operational steps, achieving the objectives of reducing the workload of inspectors, improving inspection efficiency, and lowering collision risks. Finally, the dedicated shoulder measurement fixture met the design goals according to statistical results. This paper further provides a systematic elaboration from aspects such as fixture structure optimization, measurement error analysis, and standardization of operation procedures, and validates the feasibility and advantages of the fixture using actual production data, offering a promotable technical solution for similar precision measurement scenarios.

Keywords: Stop mouth height; Measurement fixture; Inspection efficiency; Error analysis; Fixture design

0 引言

在机械制造与装配过程中, 止口结构广泛应用于法兰连接、壳体定位、回转体配合等场景, 其台阶高度的精确控制直接影响到装配质量与产品性能^[1]。以 CFM56 航空发动机机匣为例, 止口台阶高度公差要求控制在 ± 0.02 mm 以内, 根据国家标准 GB/T 1958-2017《产品几何技术规范(GPS)几何公差检测与验证》的要求^[2], 任何测量误差都可能导致装配干涉或密封失效。因此, 建立高效、稳定、低风险的测量方法, 是保障产品质量的重要环节。

目前, 现场普遍采用桥尺与百分表组合对止口高度进行测量。在测量止口台阶尺寸时, 采用桥尺与组合量块方式测量, 由于桥尺尺寸较大、重量较重, 往往需要两人合作才能完成测量工作。使用桥尺测量的步骤如图 1 所示, 首先需要调整桥尺支撑脚位置, 使其支撑在产品法兰端面上, 然后在测量台上对量块, 最后进行读数并搬动桥尺到其他角度继续测量。



图1 桥尺测量流程

然而, 这种测量方式存在若干问题。测量前需要调整桥尺支撑脚位置, 操作繁琐且通常需要多人辅助; 同时, 由于桥尺尺寸大、重量重, 在搬运和放置过程中存在磕碰工件的质量风险。此外, 测量过程中桥尺在工件表面移动时易发生倾斜, 影响读数稳定性; 根据机械式百分表相关标准 JB/T 8791-2018 的规定^[3], 百分表的测量精度受测头与被测面接触状态影响较大, 桥尺自重较大导致操作人员长时间持握易产生疲劳, 增加了操作失误的风险。

综上所述, 使用桥尺与百分表组合对止口高度进行测量存在效率不足、需要双人协作、存在磕碰风险等问题。为有效解决上述测量过程中的问题, 本文设计了一款专用止口测量工装, 通过结构优化与流程再造, 实现对止口台

阶面的高效、稳定、单人化测量。

1 工作目标

为了提高止口台阶尺寸测量效率，降低磕碰风险，设计专用止口测量工装开展对止口台阶面的测量工作。工装的结构如图2所示。

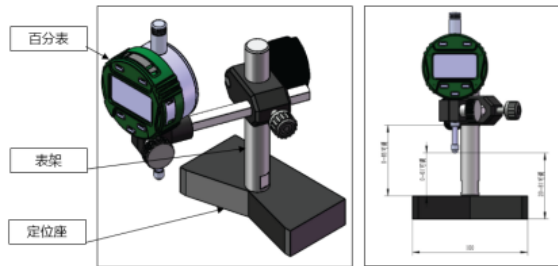


图2 专用止口测量工装结构示意图

专用止口测量工装由百分表、表架、定位座三部分组成。其中，百分表用于显示相对测量结果；表架用于固定百分表，并可调整百分表的高度和位置；定位座用于实现工装定位，其V形口用于在零件的圆弧部分进行定位，下平面用于平面方向定位。

在结构设计过程中，重点考虑了三个方面的优化。首先在轻量化设计方面，表架采用铝合金材质，定位座采用45#钢表面镀铬处理，整体重量控制在1.2 kg以内，便于单人操作。其次在定位精度提升方面，V形口夹角设计为120°，与工件圆弧面贴合度良好，配合下平面实现“面+线”双重定位，显著提升了重复定位精度，相关研究也表明V形定位在轴类零件测量中具有优越的稳定性^[4]。最后在表架调节机构方面，采用精密螺纹调节结构，调节范围0~50 mm，调节精度达到0.01 mm，可适应不同规格止口高度的测量需求。测量工装实物如图3所示。

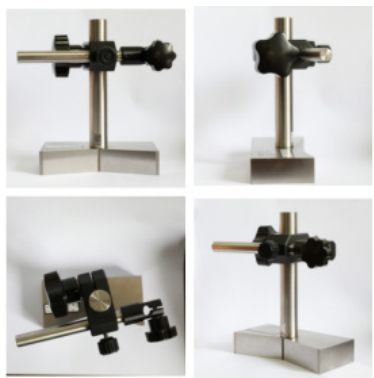


图3 止口测量工装实物图

使用时，测量步骤如下（如图4所示）：首先在测量台上对表，根据被测止口台阶高度选择量块进行对表；然后将表架定位，使用定位座将测量工装靠在工件上；接着进行测量读数，读取百分表示值，并根据对表值计算被

测止口台阶高度；最后移动测量台，继续对其他位置进行测量。

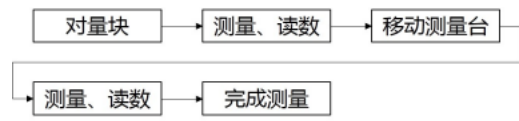


图4 测量步骤示意图

在实际操作中，操作人员只需将工装轻靠于工件止口位置，V形口自动完成径向定位，下平面完成轴向定位，无需反复调整，单人即可完成全部测量流程，操作时间大幅缩短。百分表在精密测量中的应用技巧也强调了正确选择对表基准的重要性^[5]。

2 效果评价

2.1 体积重量比较

如图5所示，与桥尺组合量具相比，测量台的体积更小、重量更轻。

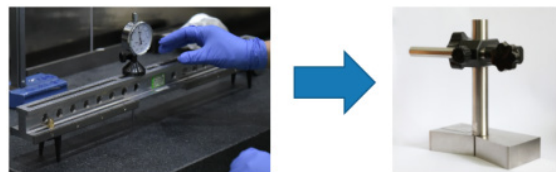


图5 量具比较

经实际称重，桥尺组合量具总重约3.5 kg，而专用测量工装总重仅为1.1 kg，重量减轻约68.6%。在体积方面，桥尺组合量具占用空间约为600 mm × 150 mm × 80 mm，而测量工装仅为180 mm × 120 mm × 60 mm，体积缩小约85%。轻量化与小型化设计显著提升了操作便捷性，降低了操作人员劳动强度，符合精密测量技术中工装设计的基本原则^[6]。

2.2 简单快捷性比较

使用测量台时，对量块操作更加方便快捷。使用桥尺开展测量时，需要对桥尺支撑脚进行调整；而使用测量台时则省去了这一步骤。此外，使用测量台时，测量过程中只需对表一次即可完成后续所有测量，而使用桥尺时，在工件上完成支撑腿位置调整后，还需在测量平台上对表，再将桥尺放置在工件上进行测量。

从操作流程上看，桥尺测量需经历“支撑脚调整—平台对表—工件测量—移位重复”四个环节，而专用工装只需“平台对表—工件测量—移位重复”三个环节，减少了支撑脚调整这一关键耗时步骤。经实测，单人完成对表操作平均耗时由桥尺的4.5 min缩短至1.8 min，减少了60%。因此，使用测量台测量时，可完全由单人完成对表及测量工作。

2.3 放置稳定性比较

桥尺通过支撑脚放置在产品上，而测量台则通过 V 形块放置在产品上。桥尺放置在产品上开展测量时，存在 x 方向、y 方向以及沿中心轴转动三个自由度；而测量台放置在产品上开展测量时，仅存在沿中心轴转动一个自由度。

自由度越少，测量系统在测量过程中的姿态稳定性越高。在实际操作中，桥尺在测量时易因操作者手部微小抖动而产生偏转，导致测头与被测面接触状态发生变化，从而引入测量误差。而专用工装通过 V 形口与下平面的双重约束，实现了“定位即稳定”的效果。工装设计与误差分析的相关研究表明^[7]，测量系统的定位稳定性直接影响最终测量精度。因此，测量台测量自由度更少，放置更加稳定，测量结果可靠性更高。

2.4 测量时间比较

通过实际测量统计测量时间，统计结果如表 1 所示。使用测量台测量 4 个舵面尺寸所需时间与使用桥尺相比减少了 40%。在测量相对舵面线时，两种测量方式消耗的时间相同。使用桥尺时，在测量 1 个舵面之前和测量 3 个舵面之前消耗的时间较多，这是由于测量之前需要调整桥尺支撑脚、对表，且需要两名人员配合操作。

表1 测量时间统计表

测量项目	桥尺测量时间 (min)	专用工装测量时间 (min)	时间减少比例
对表准备	4.5	1.8	60%
测量1个舵面	3.2	2.1	34%
测量4个舵面	12.8	7.6	40%

测量项目	测量时间 (min)	
	桥尺	测量台
止口高 (1个舵面)	5	2
止口高 (2个舵面)	6	3
止口高 (3个舵面)	8	4
止口高 (4个舵面)	9	5

图6 测量时间统计表

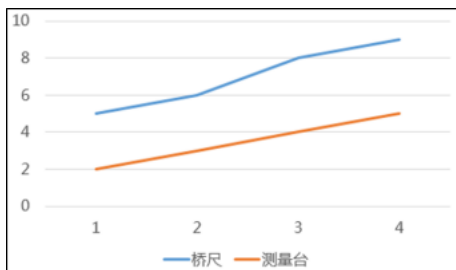


图7 测量时间比较

上述时间统计基于同一操作人员、同一工件、相同环境条件下的连续测量数据，每组数据测量 3 次取平均值，

确保了对比的客观性。时间差异主要体现在辅助操作环节，专用工装因省去了支撑脚调整和双人配合，显著提升了整体测量效率。

2.5 小结

综上所述，使用专用止口测量工装开展测量工作时，具有尺寸更小、重量更轻的优点，可完全由单人完成测量操作，测量过程更加可靠，磕碰风险更低，测量时间也更短。设计的专用止口测量工装达到了提高测量效率、减少人员工作强度、降低质量风险的目的。

此外，该工装在实际应用中还表现出良好的通用性，通过更换不同规格的定位座或调整表架高度，可适用于多种直径、多种止口高度的测量任务，为车间测量标准化提供了有力支撑。

3 结语

针对使用百分表和桥尺组合检测过程中存在的问题，本文设计了专用止口测量工装，通过针对性设计减少操作步骤，实现了减少检验员工作强度、提高检测效率、降低磕碰风险的目的。最后通过效果比较，对体积重量、简单快捷性、放置稳定性、测量时间进行了对比分析，统计及分析结果显示，专用止口测量工装达到了预期设计目标。

未来可在此基础上进一步探索数字化测量手段，如将百分表替换为数字式位移传感器，并与数据采集系统集成，实现测量数据的自动记录与统计分析，进一步提升测量智能化水平。

参考文献：

- [1] 哈尔滨工业大学. 机械制造工艺学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 1958-2017 产品几何技术规范 (GPS) 几何公差 检测与验证[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [3] 中华人民共和国工业和信息化部. JB/T 8791-2018 机械式百分表[S]. 北京: 机械工业出版社, 2018.
- [4] 李国祥, 张永强, 刘志峰. 基于 V 形定位的轴类零件测量工装设计[J]. 工具技术, 2021, 55(8): 72-75.
- [5] 刘兴富, 刘瑞玲. 百分表在精密测量中的应用技巧[J]. 计量技术, 2020(3): 42-45.
- [6] 王文中, 赵秀粉, 王艳. 精密测量技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [7] 陈磊, 王金涛, 陈晓怀. 机械制造中的工装设计与误差分析[J]. 制造技术与机床, 2022(5): 98-102.