

激光跟踪仪成组性间接溯源方法研究

Research on Method of Indirect Traceability of Laser Tracker Through Group Technology

中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司计量处 关 月

[摘要] 提出了采用我国通用的量值传递方式之一的共用传递标准传递方式,验证各个激光跟踪仪数据一致性的方法,考察各个激光跟踪仪校准同一参考长度测量结果的差异,考察现场环境的不同对比对结果的影响,研究激光跟踪仪成组性间接溯源方法,探索连环比对溯源的新途径。

关键词: 激光跟踪仪 间接溯源 成组性 量值传递

[ABSTRACT] The method on proving data consistency of each laser tracker through the share transfer standard which is one of China's general quantity value transfer method is put forward. The difference of the result that each laser tracker gets when they calibrate the same reference length is investigated, as well as the influences engendered by the different spot environment on the comparison result. The method of indirect traceability of laser tracker through group technology is discussed. New pathways toward comparing traceability interlink are researched.

Keywords: Laser tracker Indirect traceability Group-technology Quantity value transfer

激光跟踪仪是为适应现代测量技术高精度、柔性化、实时化以及批量生产的需求而在近年发展起来的新型可移动坐标测量系统,广泛应用于军民机大型工件的数字化检测及工装夹具的设计、安装和调整。激光跟踪仪能够通过一个双轴的旋转式转向机构把从测距仪上发出的激光导引至反光目标上(该目标被称为反光镜),同时还能够监测这些旋转轴的倾斜角位置,因而形成一个球面坐标计量系统,这种仪器既可以测量静态目标,又可以追踪并测量动态目标及动态与静态目标的综合体。

2005年美国机械工程协会编写了ASME B 89.4.19-2004《激光式球形坐标系统的性能评估》,该标准提供了激光跟踪仪性能评估方法。本文参照ASME B 89.4.19-2004,并采用我国通用量值传递方式之一的共

用传递标准传递方式,验证各个激光跟踪仪数据的一致性,考察各个激光跟踪仪校准同一参考长度测量结果的差异,考察现场环境的不同对比对结果的影响,研究激光跟踪仪成组性间接溯源方法,探索连环比对溯源的新途径。

1 试验方案

研制满足现场使用、环境条件可以忽略、具有较高长度稳定性的标准尺作为参考长度,参考长度需要通过1.5"的球形目标复现且标尺的长度可以溯源。将标准尺送北京长城计量测试研究所进行校准,获得校准数据,该校准数据可以作为比对试验的验证数据。选4台同型号激光跟踪仪作为一组,用同一把标准尺对其进行校准,比对相互之差值。

为了考察现场环境对比对结果的影响,本试验分别在5月、8月和10月中旬进行,4台激光跟踪仪每次的测量时间不超过连续2天。

2 数据分析和处理方法

2.1 有效比对数据的确定

同一台激光跟踪仪两次在同一测量位置测量值之差应小于激光跟踪仪LTD640型激光跟踪仪的最大允许误差的25%,则这两个数的平均值为有效的比对数据。

2.2 比对中线的确定

比对中线一般为4台激光跟踪仪在同一测量位置测量同一参考长度的平均值,但是为了排除个别激光跟踪仪校准数据突变的影响,用北京长城计量测试研究所校准的标准参考长度作为旁证。根据莱卡现场校准参考手册《Re-certification Leica Laser Tracker》和ASME B 89.4.19-2004《激光式球形坐标系统的性能评估》,将比对结果与北京长城计量测试研究所校准的参考长度相比较,最大偏差应不超过0.025mm。若符合条件,则以参考长度在激光跟踪仪上测得值的平均值作为比对中线。

2.3 结果有效性验证

4台激光跟踪仪编号分别为A、B、C、D,则 C_A 、 C_B 、

C_C 、 C_D 分别为 4 台跟踪仪的校准值。以 4 台激光跟踪仪在同一测量位置平均值作为中值,如式(1),每台激光跟踪仪的测量值相对于中值的偏差按式(2)计算,当各个测量位置偏差小于激光跟踪仪在 $2.5\text{m} \times 5\text{m} \times 10\text{m}$ 空间范围内最大允许误差时视为比对结果有效。

$$C_0 = \frac{C_A + C_B + C_C + C_D}{4}, \quad (1)$$

$$\gamma = |C_x - C_0|. \quad (2)$$

3 主要技术指标

3.1 研究对象技术指标(LTD640)

水平: $0^\circ \sim 270^\circ$; 俯仰: $\pm 45^\circ$;

在 $2.5\text{m} \times 5\text{m} \times 10\text{m}$ 空间范围内最大允许误差: $\pm 0.025\text{mm}$ 。

3.2 参考长度技术指标

标尺长度: 标尺两端安装目标鸟巢,其复现长度: 1510.346m ;

标尺定位精度: $\pm 10\mu\text{m}$; 测量不确定度: $5\mu\text{m}$

($k=2$);

线膨胀系数: $\leq 2 \times 10^{-6} (1^\circ\text{C})$ 。

4 试验方法

选 4 台同型号激光跟踪仪作为一组,编号分别为 A、B、C、D,用同一把标准尺对其进行校准。本试验选用 4 台激光跟踪仪的型号为 LTD640。在现场环境下,标准尺稳定存放 8h;4 台激光跟踪仪稳定存放 4h,每台仪器预热 30min。根据 ASME B 89.4.19-2004,分别将标准尺置于水平、垂直 45° 和干涉位置校准激光跟踪仪。

4.1 水平位置校准

水平位置校准如图 1。利用辅助装置使标尺的高度与激光跟踪仪的高度相同, D 为标尺与激光跟踪仪的距离,在不同的距离和水平角度进行定位测量。定位激光跟踪仪时,其距离目标鸟巢 a 和 b 应近似等距。

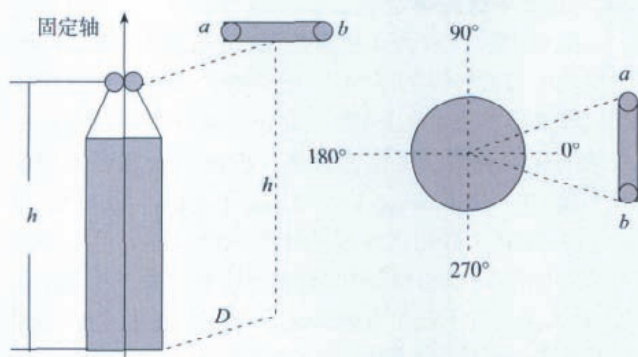


图1 采用碳纤维标准尺水平位置校准激光跟踪仪布局示意图
Fig.1 Calibration of laser tracker by using carbon fiber gauge's horizontal position

4.2 垂直位置校准

垂直测量位置校准如图 2。标尺中点的高度与激光跟踪仪的高度近似相同, D 为标尺与激光跟踪仪的距离,在不同的距离和水平角度按表 1 位置进行定位测量并记录数据。定位标准尺时,应采用辅助装置尽量保持标尺与地面垂直。

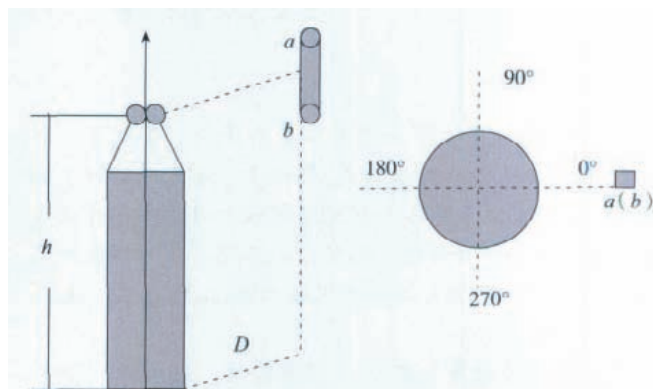


图2 采用碳纤维标准尺垂直位置校准激光跟踪仪布局示意图
Fig.2 Calibration of laser tracker by using carbon fiber gauge's vertical position

4.3 右对角线位置校准

右对角线测量位置如图 3。标尺的高度与激光跟踪仪的高度近似相同, D 为标尺与激光跟踪仪的距离,按表 1 在不同的距离和水平角度位置进行定位测量。

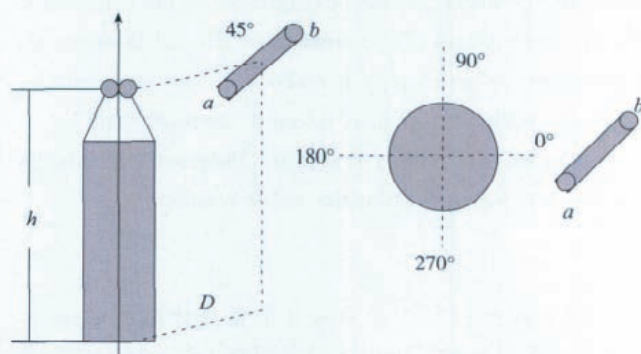


图3 采用碳纤维标准尺右对角线位置校准激光跟踪仪布局示意图
Fig.3 Calibration of laser tracker by using carbon fiber gauge's right diagonal position

4.4 干涉位置测量

干涉测量位置如图 4。标尺的高度与激光跟踪仪的高度近似相同, D 为标尺与激光跟踪仪的距离,按表 1 在不同的距离和水平角度位置进行定位测量并记录数据。

5 试验结果和数据处理

本试验每台激光跟踪仪的试验数据为 4 组,共 4 台,
(下转第 71 页)

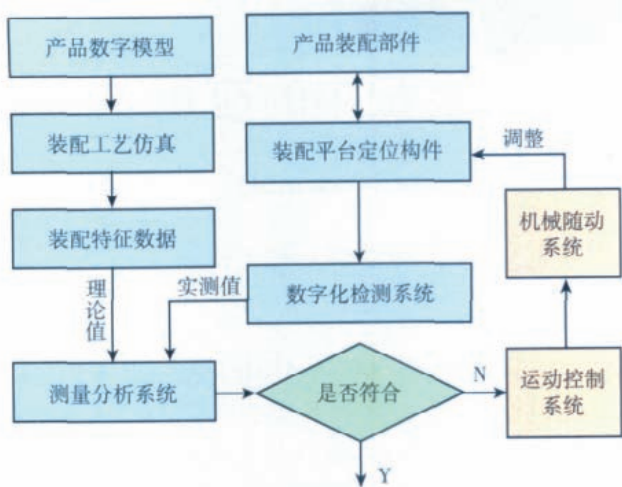


图4 装配过程数字化测量技术流程

Fig.4 Technical implementation route of digital inspection of assembly process

检测信息模型定义、创建技术的研究,从而解决模型数据中测量信息数据的表达问题,同时也是解决后续产品零部件数字化检测的基础。图5为基于三维全信息模型的表达结构。

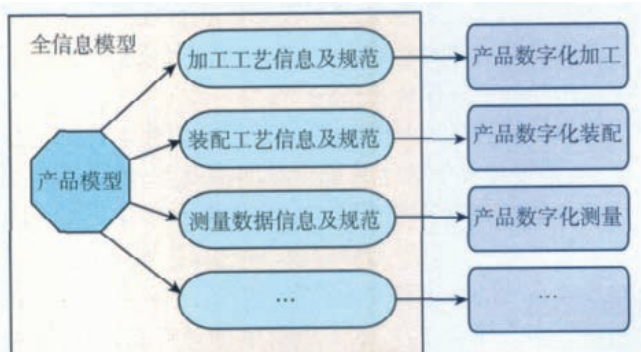


图5 基于三维全信息模型的表达结构

Fig.5 Expression structure based on 3D all-information

(2) 基于3D模型信息的快速检测软件系统开发技术。

针对某类零部件,开发专用的快速检测软件系统平台,有效地与数字化检测硬件连接,构建完善的数据集输入输出接口,对具有检测信息相关模型的理论数据与实际采集数据快速对比,进而实现对飞机复杂零部件的快速检测;针对装配过程的定位、调整需求,需要构建数字化测量与控制系统,实现系统对装配过程及其零部件的精确移动与定位,保证装配精度的实时性、准确性、高效性。此类专业化平台是解决零部件快速检测的有效手段。

4 结束语

本文分析了飞机数字化制造过程中数字化测量技

术的现状、技术需求,并结合实际研究工作,总结了目前数字化测量技术的主要应用领域和技术实施方案,并提出了数字化测量技术发展需要解决的技术目标。

(责编 晓立 岭雾)

(上接第64页)

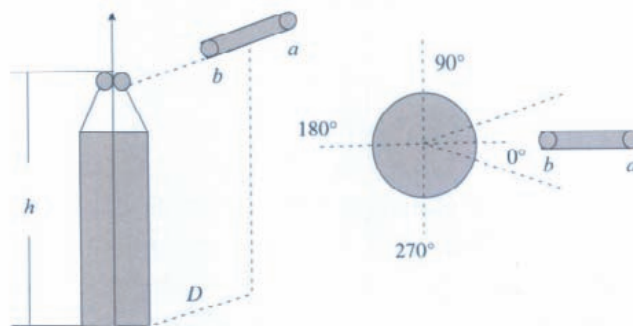


图4 采用碳纤维标准尺干涉位置校准激光跟踪仪布局示意图

Fig.4 Calibration of laser tracker by using carbon fiber gauge's interference position

故每月测量获得 4×4 组数据,分别于5月、8月和11月测量,共3次,获得 $4 \times 4 \times 3$ 组有效数据。按照本文第3条方法进行数据分析和处理,3次试验在不同的环境条件下得到的比对结果非常相似,变化在 $13 \mu\text{m}$ 范围内。

6 结论

(1) 利用通过1.5"的球形目标复现的、具有较高长度稳定性的碳纤维校准标尺作为参考长度,可以完成激光跟踪仪的现场比对,通过参考长度,4台激光跟踪仪可以成组性间接溯源至上一级计量标准。

(2) 以北京长城计量测试研究所对参考长度的校准数据作为旁证,同一台激光跟踪仪在不同距离的水平位置、垂直位置、 45° 和干涉位置对参考长度的测量得到了有效的比对数据。3次试验在不同的环境条件得到的比对结果非常相似,变化在 $13 \mu\text{m}$ 范围内,说明比对方法具有很好的复现性。

(3) 根据ASME B 89.4.19-2004和我国通用的量值传递方式之一的共用传递标准传递方式,本方法可以对激光跟踪仪的性能进行有效的评估。

(4) 根据ASME B 89.4.19-2004,本方法所采用参考长度的扩展不确定度满足要求,但由于经费所限,参考长度没有达到2.3m,所以对于采用2.3m的参考长度作为激光跟踪仪点对点长度比对的核查标准,有待进一步试验。

(责编 晓立)