

# 应用激光跟踪仪的三坐标测量机几何误差检测方法

谭捷

(广西机电技师学院, 广西柳州 545000)

**摘要** 几何误差在三坐标量机中是极为重要的误差来源, 而三坐标量机所具有的几何误差检测方式, 在当前的发展过程中, 其效率相对较低, 测量精度相对较低, 三坐标量机在使用过程当中, 其实际性能有待提升, 由此, 本文提出一种对激光跟踪仪进行应用的三坐标量机几何误差检测, 对其几何误差检测及具体的直接分类方式进行分析。首先, 在实际应用过程中, 基于多体系统以及实际的齐次坐标综合变换方式, 对三坐标量机的几何误差模型进行有效的构建。从诸多角度对实际的三坐标量机与数控机床精准检测领域的应用进行综合性的探究及分析, 并对激光跟踪仪三坐标量机几何误差检测方法进行详细的分析, 希望能够为我国的三坐标量机的实际应用提供一定的参考。

**关键词** 三坐标测量 激光跟踪仪 几何误差检测

**中图分类号:** TH161

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-0745(2022)07-0155-03

## 1 前言

三坐标量机在实际应用过程中, 其自身具备着测量精度相对较高、效率更高等诸多优势, 在实际应用过程当中被应用在精密加工测量的诸多领域。在实际的运用过程中是高精度测量的基准, 其自身几何误差会对三坐标量机的测量过程当中精度以及其实际的整机性能产生影响, 并且会对纳米及经度所具有的三坐标量机产生影响。由此, 三坐标测量及其自身所具有的几何误差的快速以及高精度测量技术及性能提升是设备应用的关键点, 同时也在当前三坐标量机设计的过程当中属于极为重要的研究方向。

当前较为常用的机床以及三坐标量机所具有的几何误差检测手段主要为高精度实物基准的综合测量方式, 并且会对球杆仪测量方式以及激光干涉仪测量法等诸多模式进行综合性的应用。但上述方法在应用过程中, 其自身会存在一定程度的调整难度。作为实际操作者, 其自身要求相对较高。并且会存在着测量耗时等特点, 同时无法获取装备工作空间内所具有的空间位置误差, 无法满足几何其误差精度相对较高以及高效率的检测需求与综合性的需求, 激光跟踪仪在构建过程中, 其自身所具有的尺寸相对较大, 并且精度较高。在实际应用过程中, 携带高度便捷对于数控装备以及三坐标的测量机精度检测领域而言, 有着较为广泛的应用。

相关的研究者在应用激光跟踪仪的过程中, 对三

坐标量机几何误差开展了综合性的检测。在实际研究过程中, 对激光跟踪仪的测量方法进行综合性的优化, 对三坐标量机空域坐标开展的综合性的补偿修正部分, 研究者应用激光跟踪仪开展机床空间误差检测, 并且对空间所具有的误差测量方法开展了不确定度的综合分析。应用激光测量仪会进行三坐标量机几何误差检测所具有的多站测量方法及常用的求解过程, 主要包含机站的自标定以及实际的测量点空间的综合坐标标定方式, 在应用过程当中同样会存在一定程度的局限性。

第一, 应用4个激光跟踪仪所具有的位置关系, 构建实际的坐标体系, 由此使机站自标定以及测量点实际标定需要进一步地将坐标转换到三坐标量机以及实际机床坐标系的体系之内。在此过程中, 很难直接对几何误差限予以分离。

第二, 在三坐标量机以及机床坐标系之下, 开展几何误差这些求解的过程中, 需要通过理论目标来实现机站的自标定其实际的精度, 由于引入相对较高的自标定误差, 使得实际激光跟踪仪所具有的使用范围受到了限制。

针对上述诸多问题, 提出部分基于几何误差约束条件之下所具有的三坐标量机坐标系下直接求解的几何误差方式。首先, 结合多体系统理论以及实际的齐次坐标变换方法构建三坐标测量及几何误差模型。其次, 建立应用激光测量仪的实际几何误差检测数学

模型,同时进一步结合几何误差其自身所具有的约束条件以及各类实验方法,在进行坐标测量机坐标系下,对几何误差进行直接性的求解,使得空间位置误差的预测工作能够有效地完成。最后,应用激光干涉仪开展单向定位误差,并且进行误差的检测对比验证实验工作。<sup>[1]</sup>

## 2 对三坐标测量及几何误差建模工作进行分析

在研究过程中,假定三坐标测量机各轴线在实际构建过程中为理想的状态,在具体运动过程当中,会在三相位置出现偏差以及相应的三相姿态存在偏差,由此三坐标测量机实际构件过程中,一共会拥有21项几何误差,其实际构件过程当中会含有18项位置以及相应的运动误差,同时会含有三直线轴间所存在的三相垂直误差,相应的Y轴会拥有6项几何误差。

在实际研究过程中,会假定相应的测量点距实际的测头中心可以足够近,并且在此过程中能够忽略在侧头坐标系之下所存在的坐标。在此背景之下,所存在的误差仅会存有17项几何误差,相应的几何建模方法能够依照多体系统理论,并且结合齐次坐标变换的实际方法,通过在实际研究过程当中对各项几何误差予以分离之后,能够进一步地构建各级和误差与实际各种位置之间所存在的现实关系,并且应用线性插值的方法。<sup>[2]</sup>此外,对跟踪仪几何物误差测量与分离原理进行详细的分析,将相应的激光跟踪仪在实际的三坐标测量机工作台的若干位置进行综合性的放置,对三坐标测量机的移动进行控制,使其能够移动至空间中热若干个开展综合性的测量。在实际测量过程中,所应用的激光跟踪仪检测几何的误差原理需要进行进一步的分析。

在实际研究过程当中,三坐标测量机所具有的坐标系, $X_m$ 、 $Y_m$ 以及 $Z_m$ 的背景之下需要假定其空间中拥有M个激光跟踪站位,并且会在实际应用过程当中对N个测量点开展综合性的测量,在实际应用过程中,根据两点所具有的距离公式可将第i个跟踪仪对第j个测量点的实际测量过程进行综合性的表达。<sup>[3]</sup>

## 3 对试验验证进行综合性的分析

### 3.1 对激光跟踪与几何误差的实际检测实验进行详细的分析

在20度上下浮动0.5度之内的标准温度环境之下,在实际研究过程中,需要对三坐标测量机开展有效的几何误差检测工作。此外,在实际的研究过程中,相应的激光跟踪仪需要由此将其放置于实际工作台之上的4个位置。在研究过程当中目标靶球R会将其放置于Z轴端部开展实际的检测工作。在测量过程,需要保证不会发生断光问题,实际研究过程当中激光跟踪仪检测几何误差进行综合性的示意。<sup>[4]</sup>

在实际的研究过程当中,激光跟踪仪在4个位置中所具有的检测轨迹高度的相似,在实际构建过程中均为实际三坐标测量仪测量空间所构建的长方形的12条棱边。三坐标测量机所具有的几何误差结果可以进行深入研究。研究中可以发现,XYZ三轴所具有的几何误差均为实际检验结果所记录的最大值以及最小值之差,其符号会对几何误差以及XYZ轴的正方向相反,相应的垂直度误差负号主要表示两轴间夹角会小于90度,而相应的XYZ轴在其实际定位误差以及XY轴垂直度会存在较大的误差。而在此过程中,可以将其认为是实际三坐标量及所具有的重要误差来源。

在实际研究过程当中,可以应用所计算获取的实际相结合误差,并且结合实际结合误差在构建过程中的误差型以及具体线性差值的方法,将实际测量空间内的任意一点的实际位置误差进行综合性的预测。在研究过程中,实际工作空间内所具有的总体空间位置误差预测分布需要进行深入的探析。

三坐标测量仪所存在的中体坐标位置,最大能够达到74.64微米,并且在实际测量过程中,相应的测量空间极限远端的实际位置区所具备的空间位置误差相对较大,在右下角的区域内,其后期使用过程中需要充分地对其极限区域进行有效地避免,需要进一步地应用空间位置误差补偿方式,对三坐标测量机的实际精度进行综合性的提升。<sup>[5]</sup>

### 3.2 对单项几何误差对比的实验验证进行详细的分析

为了对实际激光跟踪仪检测以及分离所具有的几何误差的正确性进行综合性的分析,在相同环境之下充分的应用雷尼少XL-80激光干涉仪,对实际XYZ轴所具有的精度进行综合性的检测,相应的激光干涉仪的实际位置与实际跟踪仪检测部分所具有的轨迹也会予以重合。

在实际的研究过程中,激光干涉一具有的检测结果主要为反复5次结果予以平均求得,相应的激光干涉仪以及具体激光跟踪仪,在实际测量过程中,所具有的各轴测定误差检测结果可从实验得知,在激光跟踪仪检测以及实际分离所得到的Z轴单向误差与实际激光干涉仪结果的实际趋势和幅值均接近。二者在实际构建过程当中,其实存在的主要差异在于激光跟踪仪,通过实际测量空间的轨迹分离所获取的几何误差,而相应的激光干涉仪在构建过程当中是测量单条直线所测得的综合测量结果,两者就整体而言相对相近,可以验证该方法所具有的正确性。

## 4 基于试切的补偿结果分析

随着我国经济发展的提升,我国的制造业也得到了飞速的发展,现阶段我国的制造业也成了我国的重

要经济标识之一,而近年来的不断发展,我国的制造业也在世界获得了举世瞩目的成就,具有很高的制造生产水平。但是就现今的行业需求来说,我国当前的工业设备生产水平和工业装备的设计水平仍然较国际水平具有一定差距,甚至在某些领域上,我国的生产水平仍然处于起步阶段。激光跟踪仪的使用也是近年才得到普及的,由于其具有精确可靠的测定标准,所以在三角坐标测定上是非常常用的,但是现阶段此项技术仍然需要更精准的测定数据和完善的使用标准进行执行,以此实现工业生产技术的提升。

为了能够充分阐述补偿信息的可靠性能,采用试切的方法是比较老旧的,在我国精度检测加工方面仍然使用着国外的加工车床,但是在五轴联动方面我国也具有了自主研发的精度车床,目前国际上接受度比较高的测试方法为美国NAS标准。NAS979是美国国家航空局在20世纪70年代制定的,它提供了一种用于检查机床加工精度的方法,它是通过加工特定的试切件,测量试切件精度指标的方式来实现的,该方法所用试件即“NAS件”。“NAS件”通常包括三坐标和五坐标两种。三坐标“NAS件”模型包括孔、正方形、菱形边界和3度倾斜的四方形等特征。通过对加工出的圆柱面的圆度、平面之间的距离、孔的位置度、边的直线度等数据的测量,分析直线轴的联动精度,对直线轴进行插补运动时的精度可以起到较好的评价作用。

通常的测定方式是通过多典型的结构构件以及相应的原件特征进行相应的工艺分析,通过实验发现可以用于五坐标多轴联动的测定来保证加工过程存在开、闭角转换、以及较大的曲率变化。而在NAS部件上的实质功能上是一个圆锥台进行工作的,通过圆锥台的圆度和角度进行判定机床的精准动态,而在实际应用过程中常会发生坐标NAS部件的试验检验,一旦检验程度过大,将会造成零件的废弃。在这一方面上是因为加工过程出现NAS部件的故障和NAS部件的不足,同时五坐标NAS部件在加工过程中应能反应传开和闭角的繁琐的转换特定功能,所以NAS部件能够完全体现出机床多轴联动的精准程度。

## 5 结论

在当前社会发展过程当中,三坐标测量机所具有的应用范围得以不断地推广,而其自身在应用过程当中所具有的测量精度相对较高,并且在应用过程当中能够拥有更为优质的是应用效率,拥有着较为多元化的优势,并且在实际的应用过程当中,能够充分地、在精密加工测量等诸多领域进行有效的应用,在实际应用过程当中属于高精度的测量基准,其自身所存在的几何误差在一定程度上会使得三坐标测量机在测量过

程中,其自身精度以及使用的实际性能产生较为突出的负面影响,并且在应用过程当中其自身所具有的纳米精度会产生一定程度的负面影响。由此在实际的测量过程当中,需要充分地使三坐标测量机自身所具有的几何误差能够得到有效的消除,并且确保其所具有的综合优势能够得以大幅度地提升,使设备能够得到不断的优化,同时在开展三坐标测量机的实际设计时,需要充分地将优化设计的方向进行详细的分析。目前在实际的构建过程当中,机床会充分地将三坐标测量机进行几何误差检测,并且会通过高精度实物基准的模式进行有效的测量,同时会配合应用球感仪测量模式以及使用激光干涉仪的测量方法开展更加细致化的检测工作。

在此次研究过程当中,构建了三坐标测量机所具有的几何误差模型以及实际激光跟踪仪的检测原理模型。在研究过程中,应用几何误差约束的条件,对实际几何误差进行直接性的分离,该种方式在应用过程当中并不需要对实际激光跟踪仪位置进行相应的自标定,由此对求解步骤予以简化,能够进一步使几个误差所具有的测量精度得以大幅度的提升。另外,基于某三坐标测量仪上进行了相应的几何误差检测试验,以及实际的空间误差预测工作与激光干涉仪检测结果进行比较。三坐标定位误差实际的误差最大会相差7.43微米,对角线定位误差所具有的最大会相差到10.51微米,由此验证了几何误差分离方式以及实际的空间位置误差预测模型的正确性。该方法在实际应用过程当中,与常用的激光跟踪仪检测误差方法相比,具有更为明显的优势,能够充分地对空间误差分布情况进行综合性的反应。三坐标测量仪预测误差的最大值达到74.64微米,并且位于实际测量空间的极限区域位置之内。

## 参考文献:

- [1] 潘芳煜,白跃伟,聂黎,等.三坐标测量机几何误差的建模及测量[J].上海第二工业大学学报,2017,34(01):37-42.
- [2] 王东升,李书和,张国雄.用Renishaw检查规进行三坐标测量机几何误差检测的研究[J].仪器仪表学报,1999,20(04):389-391.
- [3] 谭本能,唐纯纯,鲍晨兴.三坐标测量机几何误差补偿关键技术验证[J].航空精密制造技术,2017,53(05):1-4.
- [4] 张娟.基于三坐标测量机的数控机床几何误差检测与补偿[J].林区教学,2013(08):88-89.
- [5] 吕岩.基于Quindos系统的三坐标测量机几何精度误差补偿技术[J].金属加工(冷加工),2012(18):63-65.