

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102506702 A

(43) 申请公布日 2012.06.20

(21) 申请号 201110294387.2

(22) 申请日 2011.09.29

(71) 申请人 天津大学

地址 300072 天津市南开区卫津路 92 号

(72) 发明人 张国雄 刘书桂 裘祖荣 李杏华

郭敬滨

(74) 专利代理机构 天津市北洋有限责任专利代

理事务所 12201

代理人 刘国威

(51) Int. Cl.

G01B 11/00(2006.01)

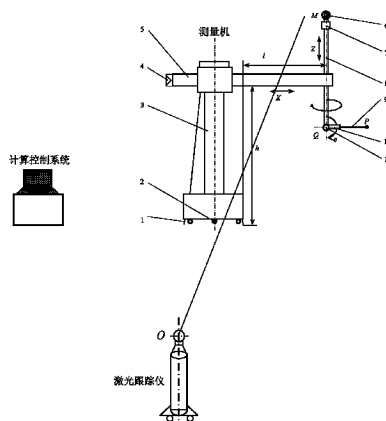
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

带有激光跟踪的大型三坐标测量方法与装置

(57) 摘要

本发明涉及大型工程与大型机器、工件的空间坐标测量。为提供一种可以在工程或生产现场使用、测量精度高、工作安全可靠、测量范围大、能够探测被测对象内外部特征的、能够满足各种工程与生产中大尺寸测量的需要，带有激光跟踪的大型三坐标测量系统。本发明采取的技术方案是，带有激光跟踪的大型三坐标测量装置，由测量机、激光跟踪仪与计算控制系统三部分以及测量线位移的激光干涉仪组成；测量机设置有能够做 x 向运动水平臂，能够做 z 向运动主轴，水平臂另一端安装有角隅棱镜；主轴上一端装有测头回转体；测头回转体上装有测头；主轴上另一端装有靶标、测角装置，主轴上贴有测温元件用于进行温度补偿。本发明主要应用于三维坐标测量。



1. 一种带有激光跟踪的大型三坐标测量装置,其特征是,由测量机、激光跟踪仪与计算控制系统三部分以及测量线位移的激光干涉仪组成;测量机设置有:立柱及其底部设有轮子,用于将测量机移到被测对象现场、距被测特征点较近的地方;安装在立柱上的水平臂能够做 x 向运动,安装在水平臂一端的主轴能够做 z 向运动,水平臂另一端安装有角隅棱镜;主轴上一端装有测头回转体,测头回转体能同时绕水平与铅垂轴转动;测头回转体上装有测头,测头上装有探针,探针上有应变片用于测量探针变形;主轴上另一端装有靶标、测角装置,主轴上贴有测温元件用于进行温度补偿;

靶标的光学中心与测头回转体中心之间的距离是确定的;

激光干涉仪瞄准安装水平臂末端的角隅棱镜,激光干涉仪的光束调整到与水平臂移动平行的方向,激光跟踪仪瞄准靶标、水平臂沿 x 方向移动,同时记录激光干涉仪与激光跟踪仪的读数,经过数据处理可以同时确定在标定初始位置激光跟踪仪的光学中心与靶标光学中心之间的距离,以及角隅棱镜与靶标的光学中心之间的空间相对位置;

激光跟踪仪用于跟踪、测量靶标的光学中心点的位置,测角装置用于测量主轴相对于被测对象绕 x 与 y 方向偏转角,应变片测量探针的弯曲变形,并进行误差补偿。

2. 如权利要求 1 所述装置,其特征是,所述装置设置有测头保护机构,测头保护机构是一个活动座,靠弹簧与定位机构使活动座相对于测头座精确定位,测头固定在活动座上,测头座固定在测头回转体上,测头与工件或其它物体从任何方向发生碰撞时,定位机构脱开,定位机构内的触点副断开,测量机停止运动,测头与测量机得到保护。

3. 如权利要求 1 所述装置,其特征是,测角装置为两个电子水平仪,分别测量主轴绕 x 与 y 轴的转动。

4. 一种带有激光跟踪的大型三坐标测量方法,其特征是,借助于带有激光跟踪的大型三坐标测量装置实现,并包括下列步骤:

1. 将测量机、激光跟踪仪与计算控制系统安装在测量现场,根据测量需要将测量机移动到被测对象旁的第一个位置,利用线位移测量激光干涉仪瞄准角隅棱镜,并将干涉仪的激光束调整到与测量机水平臂的 x 向运动平行的方向,通过在 x 方向的全量程内移动水平臂,同时记录线位移测量激光干涉仪与激光跟踪仪的一系列读数,标定靶标与激光跟踪仪光学中心的绝对距离;

2. 利用测量机测量被测对象上的若干点,实现激光跟踪仪、测量机与被测对象坐标系的统一;

3. 测量方案的优化与路径规划:包括测量机需要移动的位置数与具体位置的确定;测量机在各个位置的测头、水平臂、主轴、测头回转体的路径规划与优化,防碰撞与防激光跟踪仪丢光的检查;激光跟踪仪需要移动的位置数与具体位置的确定;

4. 在激光跟踪仪与测量机的第一个位置,实现自动测量,计算机采集并存储每一个采样点的激光跟踪仪读数:包括绕激光跟踪仪两根轴的转角与由干涉仪测量得到的激光跟踪仪光学中心到靶标光学中心的距离、由测角装置测量的测量机主轴绕 x 与 y 轴的转角,由测温元件测量的主轴温度,测头回转体绕其两根轴的转角,由应变片测量的探针变形,三维测头读数;

5. 在完成测量机的一个位置的全部检测工作后,前述路径规划,保持激光跟踪仪不动,将测量机移到下一位置,在移动测量机过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此

基础上保持测量机移动前后的坐标系统一；

6. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在测量机的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存贮；

7. 根据路径规划,在需要的情况下,保持测量机的靶标不动,将激光跟踪仪移到下一位置,在移动激光跟踪仪过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此基础上保持激光跟踪仪移动前后的坐标系统一；

8. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在激光跟踪仪的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存贮；

9. 根据需要,重复上述步骤,直至完成全部测量工作。

带有激光跟踪的大型三坐标测量方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及大型工程与大型机器、工件的空间坐标测量,能够在工程、机器运行、零件加工与装配现场使用,被测对象的尺寸可以远大于检测设备的尺寸,要求测量精度高,属于测试技术及仪器领域,涉及大尺寸空间三维坐标的测量。具体讲,涉及带有激光跟踪的大型三坐标测量方法与装置。

背景技术

[0002] 随着高科技的发展,大型工程、大型机器、大型零件在国民经济与国防中的应用日益广泛,而且对它们的精度要求越来越高。大型工程对象的高精度检测,特别是现场检测是一个在全世界范围内没有很好解决的难题。

[0003] 在几何量空间坐标检测中应用最广泛的是正交式三坐标测量机,但是正交式三坐标测量机在许多方面不能适应大型工程对象的高精度检测的要求。首先要测量多大的工件,必须有比它更大的三坐标测量机。这种三坐标测量机不仅造价高昂,而且技术难度很大。为了获得开阔的测量空间,一般采用龙门式结构,如图 1 所示。从结构形式看, X 向标尺与驱动装置只能在侧面。不仅会带来较大的阿贝臂与绕 Z 轴摆动,造成较大的阿贝误差,驱动也不易平稳。为了改善测量机驱动性能、减小阿贝误差,对于 Y 向行程在 2m 以上的测量机,常采用双驱动与双标尺的方案。靠双标尺反馈回来的信号,控制左右两侧同步运动,技术难度大。X 向长导轨的制造也有很大困难。目前世界上最大的测量机 X 向行程为 20m,价格达数百万美元。更重要的是,这种三坐标测量机无法在现场使用,而必须将被测对象搬到三坐标测量机是测量。这在许多情况下是无法实现的。

[0004] 为了满足现场测量的需要,图 2 所示经纬仪是一种常用的仪器。利用两个或两个以上的经纬仪瞄准同一个目标点 P,每一经纬仪测得两个角度,一为水平方位角 α ,另一为在垂直平面上的夹角 β 。通过三角计算可以得到 P 点在三维空间中的坐标。这种方法的缺点是,为了获得 P 点的坐标必须知道两个经纬仪光学中心的距离 b 和高度差 h,为此需要用长标准尺或其它标准样件进行标定。长标准尺或标准样件难以制作、使用不便,精度也难以保证。另外利用经纬仪测量大尺寸是基于三角法测角的原理,测量角度的不确定度随距离增大而增大,在换算成线位移或尺寸时还要乘以距离,使测量不确定度进一步增大。更为重要的是,经纬仪难以用来测量物体的内部参数。

[0005] 图 3 是利用多摄像头测量大尺寸的原理,同一个点 P 同时在多个摄像头中成像,经过数据处理可以确定 P 点的空间坐标。多摄像头系统与经纬仪系统一样,基于三角法测角的原理,需要用长标准尺或标准样件进行标定,测量不确定度随距离增大而迅速增大,难以用来测量物体的内部参数。

[0006] 图 4a 所示是激光跟踪仪,它采用图 4b 所示球坐标测量原理。在测量时采用图 5 所示靶标,靶标沿被测表面移动。当靶标中心 O 偏离激光跟踪仪发出的入射光束时,经靶标反射的出射光束不沿原路返回,而是错开一段距离,如图 5 所示。激光跟踪仪拾取这一信息,进行跟踪,改变光束的方向,直至激光跟踪仪发出的入射光束通过靶标中心 O。这样根据激

光跟踪仪绕水平与铅垂轴的转角 ϕ_i 、 θ_i 与由激光跟踪仪内部的干涉仪测得的干涉仪原点至靶标中心 O 的距离 L_i , 就可以确定目标点 P_i 的位置 (图 4b)。激光跟踪仪精度高, 测量范围大 (几十米)。其主要不足是难以测量被测对象的内部特征。诚然, 激光跟踪仪的制造厂商也推出了一些手持操作的光笔 (图 6), 它的一端是一个测头 (或刚性测端), 另一端是靶标, 激光跟踪仪瞄准靶标, 进行测量。利用它, 可以测量离被测对象外轮廓不远处的某些内部特征。其主要问题是在手动操作中很难控制光笔的方向, 保证测头 (或测端) 与靶标的空间相对位置不变。光笔稍一倾斜就会带来显著误差。正因为这一原因, 也由于操作上的原因, 通常光笔很短, 不超过 200-300mm。

发明内容

[0007] 为克服现有技术的不足, 提供一种可以在工程或生产现场使用、测量精度高、工作安全可靠、测量范围大、能够探测被测对象内外部特征的、能够满足各种工程与生产中大尺寸测量的需要, 带有激光跟踪的大型三坐标测量系统。本发明采取的技术方案是, 带有激光跟踪的大型三坐标测量装置, 由测量机、激光跟踪仪与计算控制系统三部分以及测量线位移的激光干涉仪组成; 测量机设置有: 立柱及其底部设有轮子, 用于将测量机移到被测对象现场、距被测特征点较近的地方; 安装在立柱上的水平臂能够做 x 向运动, 安装在水平臂一端的主轴能够做 z 向运动, 水平臂另一端安装有角隅棱镜; 主轴上一端装有测头回转体, 测头回转体能同时绕水平与铅垂轴转动; 测头回转体上装有测头, 测头上装有探针, 探针上有应变片用于测量探针变形; 主轴上另一端装有靶标、测角装置, 主轴上贴有测温元件用于进行温度补偿;

[0008] 靶标的光学中心与测头回转体中心之间的距离是确定的;

[0009] 激光干涉仪瞄准安装水平臂末端的角隅棱镜, 激光干涉仪的光束调整到与水平臂移动平行的方向, 激光跟踪仪瞄准靶标、水平臂沿 x 方向移动, 同时记录激光干涉仪与激光跟踪仪的读数, 经过数据处理可以同时确定在标定初始位置激光跟踪仪的光学中心与靶标光学中心之间的距离, 以及角隅棱镜与靶标的光学中心之间的空间相对位置;

[0010] 激光跟踪仪用于跟踪、测量靶标的光学中心点的位置, 测角装置用于测量主轴相对于被测对象绕 x 与 y 方向偏转角, 应变片测量探针的弯曲变形, 并进行误差补偿。

[0011] 所述装置设置有测头保护机构, 测头保护机构是一个活动座, 靠弹簧与定位机构使活动座相对于测头座精确定位, 侧头固定在活动座上, 侧头座固定在测头回转体上, 测头与工件或其它物体从任何方向发生碰撞时, 定位机构脱开, 定位机构内的触点副断开, 测量机停止运动, 测头与测量机得到保护。

[0012] 测角装置为两个电子水平仪, 分别测量主轴绕 x 与 y 轴的转动。

[0013] 带有激光跟踪的大型三坐标测量方法借助于带有激光跟踪的大型三坐标测量装置实现, 并包括下列步骤:

[0014] 1. 将测量机、激光跟踪仪与计算控制系统安装在测量现场, 根据测量需要将测量机移动到被测对象旁的第一个位置, 利用线位移测量激光干涉仪瞄准角隅棱镜, 并将干涉仪的激光束调整到与测量机水平臂的 x 向运动平行的方向。通过在 x 方向的全量程内移动水平臂, 同时记录线位移测量激光干涉仪与激光跟踪仪的一系列读数, 标定靶标 6 与激光跟踪仪光学中心的绝对距离;

[0015] 2. 利用测量机测量被测对象上的若干点,实现激光跟踪仪、测量机与被测对象坐标系的统一;

[0016] 3. 测量方案的优化与路径规划:包括测量机需要移动的位置数与具体位置的确定;测量机在各个位置的水平臂、主轴、测头回转体的路径规划与优化,防碰撞与防激光跟踪仪丢光的检查;激光跟踪仪需要移动的位置数与具体位置的确定;

[0017] 4. 在激光跟踪仪与测量机的第一个位置,实现自动测量,计算机采集并存储每一个采样点的激光跟踪仪读数:包括绕激光跟踪仪两根轴的转角与由干涉仪测量得到的激光跟踪仪光学中心到靶标光学中心的距离、由测角装置测量的测量机主轴绕 x 与 y 轴的转角,由测温元件测量的主轴温度,测头回转体绕其两根轴的转角,由应变片测量的探针变形,三维测头读数;

[0018] 5. 在完成测量机的一个位置的全部检测工作后,前述路径规划,保持激光跟踪仪不动,将测量机移到下一位置,在移动测量机过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此基础上保持测量机移动前后的坐标系统一;

[0019] 6. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在测量机的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存储;

[0020] 7. 根据路径规划,在需要的情况下,保持测量机的靶标不动,将激光跟踪仪移到下一位置,在移动激光跟踪仪过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此基础上保持激光跟踪仪移动前后的坐标系统一;

[0021] 8. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在激光跟踪仪的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存储;

[0022] 9. 根据需要,重复上述步骤,直至完成全部测量工作。

[0023] 本发明具有如下技术效果:

[0024] 1、可以测量尺寸达数十米的大型工件、机器或工程对象的各种几何参数;

[0025] 2、测量系统可以移动,可以在被测对象现场测量。

[0026] 3、可以测量被测对象的外部与内部特征参数。

[0027] 4、测量精度高,而对测量机的运动精度没有严格要求。测量精度主要靠激光跟踪仪、误差补偿(主轴转角与变形测量、探针变形测量等)、测头与测头回转体、标定等保证。

[0028] 5、测量机工作安全可靠。

[0029] 6、造价远比同样测量范围、精度的大型三坐标测量机低。

附图说明

[0030] 图 1 为大型龙门式三坐标测量机示意图。图中:10 为立柱,11 为导轨,12 为横梁,13 为滑架,14 为主轴。

[0031] 图 2 为经纬仪示意图。

[0032] 图 3 为多摄像头系统示意图。

[0033] 图 4 为激光跟踪仪示意图。

[0034] 图 5 为靶标示意图。

[0035] 图 6 为光笔示意图。

[0036] 图 7 为带激光跟踪的大型三坐标测量系统示意图。

[0037] 图 8 为碰撞保护机构示意图。图中 :1 为测头,2 为定位机构与触点副,3 为活动座,4 为弹簧,5 为测头座。

具体实施方式

[0038] 本发明针对上述问题,发明一种 (1) 可以在工程或生产现场使用;(2) 测量精度高;(3) 安全可靠;(4) 测量范围大;(5) 能够探测被测对象内部与外部特征的、可以满足各种工程与生产中大尺寸测量的需要,带有激光跟踪的大型三坐标测量系统。

[0039] 带有激光跟踪的大型三坐标测量系统由测量机、激光跟踪仪与计算控制系统三部分组成,如图 7 所示。测量机的主要功能是探及被测对象的特征点,包括外部特征点与内部特征点。测量机的立柱 3 的底部有轮子 2,可以将它移到被测对象现场、距被测特征点较近的地方。在到达位置后爪 1 放下,使测量机有稳定的位置。为了方便探及,水平臂 5 可以做 x 向运动,主轴 8 可以做 z 向运动,测头回转体 11 可以同时绕水平与铅垂轴转动,测头 10 探测被测点的位置。

[0040] 对于整个测量机的移动、定位,水平臂 5 的 x 向运动,主轴 8 的 z 向运动,都没有严格的精度要求。这里不是根据它们的位置来确定探测点 P 的坐标位置,而是利用激光跟踪仪跟踪、瞄准靶标 6 来确定靶标的光学中心 M 点的位置。

[0041] 靶标 6 的光学中心 M 点与测头回转体中心 Q 之间的距离是确定的,温度变化对于 M 点与 Q 点之间距离变化的影响可以利用贴在主轴 8 上的测温元件进行补偿。最严重的影响来自主轴 8 方向的不确定性。整个测量机的倾斜、水平臂 5 的角运动误差、水平臂 5 的弯曲变形、主轴 8 的角运动误差都会严重影响 Q 点相对于 M 点的空间位置。由于被测对象是大尺寸件,图 7 中的 l 和 h,主轴 8 的长度都应该足够大,使得测头 10 能够探测到需要测量的被测点。所以上述倾斜、变形与运动误差的影响会相当大,不对它们进行补偿会使整个测量失去意义。本发明采用角度测量装置 7 测量主轴相对于被测对象绕 x 与 y 方向偏转角,引入误差补偿。

[0042] 为了方便测量内部特征,需要采用长度较长、直径较细的探针 9,为了补偿其探针弯曲变形的影响,探针 9 上贴有应变片。测头回转体 11 的转角精度是相当高的,在对主轴 8 的偏转、探针 9 的弯曲变形进行误差补偿后,可以精确确定探测点 P 相对于测头回转体中心 Q 点的空间位置。

[0043] 利用激光跟踪仪精确测量靶标的光学中心 M 点的位置,利用角度测量装置 7 测量主轴 8 相对于被测对象绕 x 与 y 方向偏转角,利用应变片测量探针 9 的弯曲变形,并进行误差补偿后,可以精确测量被测对象内部或外部各个特征点 P 的空间位置。

[0044] 在大尺寸现场测量中另一个十分重要的问题是安全可靠。由于被测对象的内部是看不到的,测量机又是临时推到被测对象近旁的,容易由于操作不当发生碰撞。为了保证安全可靠运行,本发明采用了基于虚拟三坐标测量机的防碰撞技术和碰撞保护技术。

[0045] 在本发明中,激光跟踪仪的光学中心(干涉仪原点)起着基准点的作用,从原理上说,要求在整个测量中激光跟踪仪的位置固定不变。然而大尺寸测量中,由于被测对象尺寸很大,又希望测量机不要太大,需要将测量机推到各个就近位置,从不同方位进行测量,有可能出现激光跟踪仪发出的激光束受阻挡的情况。本发明开发了一种在保证基准统一的前提下,允许移动激光跟踪仪的技术。激光跟踪仪通过在移位前后,瞄准同一固定靶标 6 实现

基准统一。

[0046] 计算控制系统完成运动控制、测量数据采集、误差补偿、数据处理等任务。

[0047] 及(6)式计位姿改变后的发射站新位姿参数 R'_{TXG} 及 P'_{TXG} 。

[0048] 本发明提出了一种可以在工程或生产现场使用、测量精度高、工作安全可靠、测量范围大、能够探测被测对象内外部特征的、能够满足各种工程与生产中大尺寸测量的需要,带有激光跟踪的大型三坐标测量系统。

[0049] 1. 本发明是一种由一台可移动低精度坐标测量机与激光跟踪仪、计算控制系统组成的大型三坐标测量系统。

[0050] 2. 从能够在被测对象现场测量的要求出发,测量机、激光跟踪仪与计算控制系统都是可以移动的。

[0051] 3. 本发明的一个重要创新是将实现探及与保证测量精度分开。

[0052] 4. 为了实现现场测量,并尽量减小测量机尺寸,测量机可以移动到被测对象旁,停在所需位置。

[0053] 5. 为了能够探及被测对象的各种内部与外部特征,如附图7所示,它的水平臂5能够做x向运动,主轴8可以做z向运动,主轴8上装有测头回转体11和测头10,使它能够方便地探及被测点。

[0054] 6. 为了保证测量精度,主轴8的上方装有靶标6,靶标可以采用猫眼或角隅棱镜。靶标6的位置由激光跟踪仪精确测定。测量机的整体移动、以及水平臂5的x向运动、主轴8的z向运动精度对测量不确定度基本上没有影响。它们的精度只要满足能够探及被测点的要求即可。主轴8上装有测量主轴绕x与y轴转动的测角装置7,并贴有测温元件。利用测角装置7与测温元件可以精确地确定测头回转体11的回转中心Q相对于靶标6的光学中心M的相对位置,从而精确确定测头回转体11的回转中心Q的空间位置。测头10的探针9上贴有应变片,它能测出由于测量力与重力等引起的探针变形,根据它引入对于探针变形的误差补偿。

[0055] 7. 由于引入了上述误差补偿措施,从而可以按需要将测量机移动到被测对象的近旁的相应位置,测量机水平臂的变形、水平臂与竖直主轴的运动误差都不影响测量精度,可以减小测量机体积、降低对测量机的制造精度要求、采用长的水平臂与主轴,深入到被测对象的各个部位进行测量,而保持高的测量精度。

[0056] 8. 为了实现安全可靠地自动测量,采用虚拟三坐标测量机对于测量机与被测对象建模。在手动探测被测对象上的若干个点后,即可实现激光跟踪仪坐标系与被测对象坐标系(工件坐标系)之间的转换与统一。在虚拟三坐标测量机上可以实现:(1)确定三坐标测量机整体需要移动几个位置、移动到哪几个位置才能完成被测对象全部待测要素的测量。并对测量机整体移动位置进行优化。(2)确定对于三坐标测量机的这几个位置、激光跟踪仪的光束是否都能够无阻挡地探及靶标6。在有困难的情况下,确定激光跟踪仪需要移动到哪几个位置,激光跟踪仪的光束才能无阻挡地探及靶标6。并对激光跟踪仪的移动位置进行优化。(3)进行测量机的测量路径规划,包括水平臂5的移动、主轴8的移动与测头回转体11的转动,进行防碰撞检查。进行测量机的测量路径规划的优化。(4)在计算机控制下,按照优化的路径规划实现被测对象的自动测量。

[0057] 9. 在所建立的测量机模型基础上,根据激光跟踪仪测量得到的靶标中心M的位

置、测角装置 7 测量的主轴 8 绕 x 与 y 轴转角、测温元件测量的主轴温度、测头回转体 11 绕水平与铅垂轴的转角、应变片测量得到的探针 9 变形、测头 10 的读数,可以精确算出测端 P 在激光跟踪仪坐标系中的位置,并在计算机屏幕上显示。

[0058] 10. 测量机具有图 8 测头保护机构,测头不是直接固定在测头座上,而是固定在一个活动座上,靠弹簧与定位机构使活动座相对于测头座精确定位。测头与工件或其它物体从任何方向发生碰撞时,定位机构脱开,定位机构内的触点副断开,测量机停止运动,测头与测量机得到保护。

[0059] 11. 在必须移动激光跟踪仪时,图 7 中的靶标 6 不动,激光跟踪仪边移动、边跟踪,它记录激光跟踪仪光学中心移动的距离,激光束转过的角度,通过计算得到激光跟踪仪光学中心的新位置,通过坐标系转换,保持测量坐标系的统一。

[0060] 12. 测量系统具有确定测量机相对于激光跟踪仪位置,从而确定它的空间位置的功能。通常,激光跟踪仪是一个增量码测量系统,需要知道在初始位置激光跟踪仪的光学中心与靶标光学中心之间的距离。本测量系统具有在测量现场标定激光跟踪仪的光学中心与靶标光学中心之间的距离的功能。其工作原理是利用一台普通的测量线位移的激光干涉仪,瞄准安装在图 7 中水平臂 5 末端的角隅棱镜 4,并将其光束调整到与 x 轴,即水平臂 5 移动平行的方向。激光跟踪仪瞄准靶标 6。沿 x 方向移动水平臂 5,同时记录普通的激光干涉仪与激光跟踪仪的读数。为了保证标定精度,要求尽量增大水平臂 5 沿 x 方向移动的距离、增加采样点数。经过数据处理可以同时确定在标定初始位置激光跟踪仪的光学中心与靶标光学中心之间的距离,以及角隅棱镜 4 与靶标 6 的光学中心之间的空间相对位置。

[0061] 本发明的目的在于提供一种能够在被测对象现场测量尺寸可达数十米的大型工程对象的内外特征要素的坐标测量系统,它具有精度高、工作安全可靠、造价低的特点。

[0062] 下面结合附图和实施例进一步详细说明本发明。

[0063] 本发明提出了一种带激光跟踪的大型坐标测量系统。其工作原理如图 7 所示。

[0064] 10. 它由测量机、激光跟踪仪与计算控制系统三部分组成。从能够在被测对象现场测量的要求出发,测量机、激光跟踪仪与控制计算系统都是可以移动的

[0065] 11. 根据被测对象与测量要求研制或选用相应规格的测量机,包括测量机的 x 与 z 向行程、图 7 中的 l、h 尺寸、探针 9 的长度等,测头与测头回转体等配置,使之满足测量要求。

[0066] 12. 图 7 中的测角装置 7 可以采用两个电子水平仪,它们分别测量主轴 8 绕 x 与 y 轴的转动,靶标 6 可以采用猫眼或角隅棱镜。测头 10 可以采用三维模拟测头(如 SP25)或触发测头。

[0067] 13. 根据三坐标测量机的结构、尺寸、配置、运动,在虚拟三坐标测量机中建立测量机的模型。根据被测对象的图纸建立被测对象的模型。

[0068] 14. 将测量机、激光跟踪仪与计算控制系统安装在测量现场。根据测量需要将测量机移动到被测对象旁的第一个位置。利用一台普通的线位移测量激光干涉仪瞄准图 7 中的角隅棱镜 4,并将干涉仪的激光束调整到与测量机水平臂 5 的 x 向运动平行的方向。通过在 x 方向的全量程内移动水平臂 5,同时记录线位移测量激光干涉仪与激光跟踪仪的一系列读数,标定靶标 6 与激光跟踪仪光学中心的绝对距离。

[0069] 15. 利用测量机测量被测对象上的若干点,实现激光跟踪仪、测量机与被测对象坐

标系的统一。

[0070] 16. 利用虚拟三坐标测量机实现测量方案的优化与路径规划,包括测量机需要移动的位置数与具体位置的确定;测量机在各个位置的水平臂、主轴、测头回转体的路径规划与优化,防碰撞与防激光跟踪仪丢光的检查。激光跟踪仪需要移动的位置数与具体位置的确定。

[0071] 17. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在激光跟踪仪与测量机的第一个位置,实现自动测量。计算机采集并存储每一个采样点的激光跟踪仪读数(包括绕激光跟踪仪两根轴的转角与由干涉仪测量得到的激光跟踪仪光学中心到靶标光学中心的距离)、由测角装置测量的测量机主轴绕 x 与 y 轴的转角,由测温元件测量的主轴温度,测头回转体绕其两根轴的转角,由应变片测量的探针变形,三维测头读数等。

[0072] 18. 在完成测量机的一个位置的全部检测工作后,根据虚拟三坐标测量机确定路径规划,保持激光跟踪仪不动,将测量机移到下一位置。在移动测量机过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此基础上保持测量机移动前后的坐标系统一。

[0073] 19. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在测量机的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存储。

[0074] 20. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在需要的情况下,保持测量机的靶标不动,将激光跟踪仪移到下一位置。在移动激光跟踪仪过程中需要特别注意防止激光跟踪仪丢光,并在此基础上保持激光跟踪仪移动前后的坐标系统一。

[0075] 21. 根据虚拟三坐标测量机确定的路径规划,在激光跟踪仪的新的位置上完成在这一位置上全部测量运动、数据采集与存储。

[0076] 22. 根据需要,重复上述步骤,直至完成全部测量工作。

[0077] 23. 测量完毕后,将测量机与激光跟踪仪移到安全位置。

[0078] 24. 进行测量数据的处理与分析,给出测量结果。

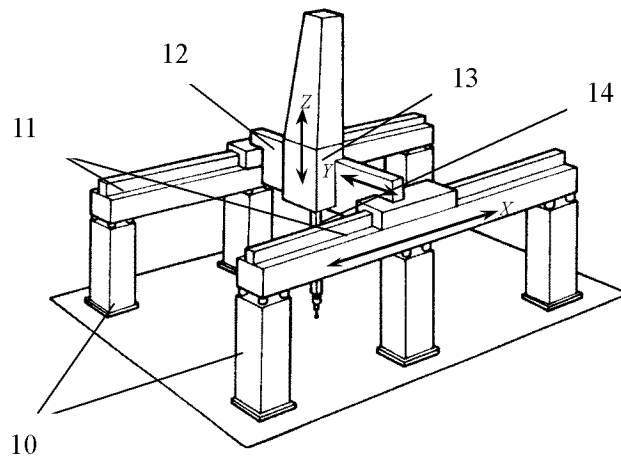


图 1

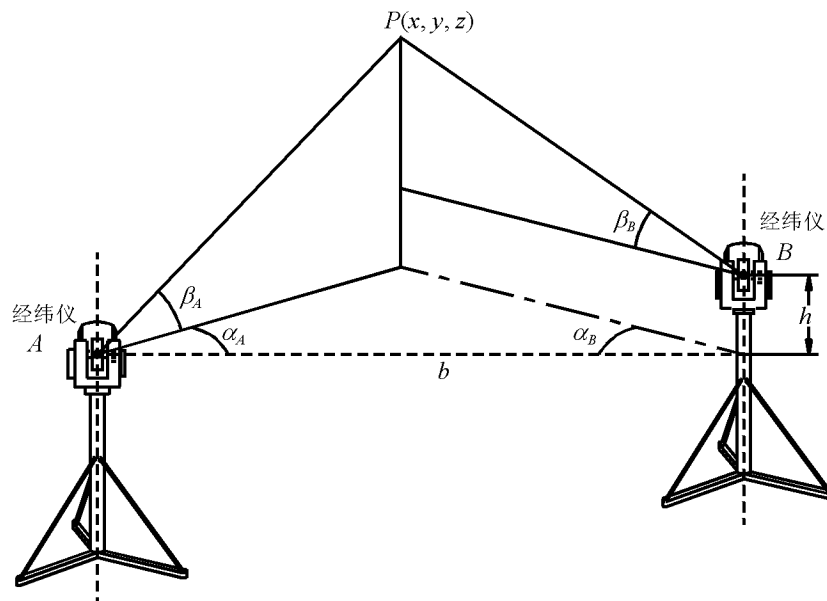


图 2

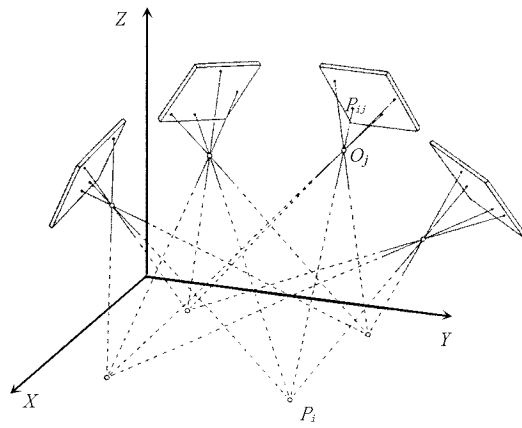
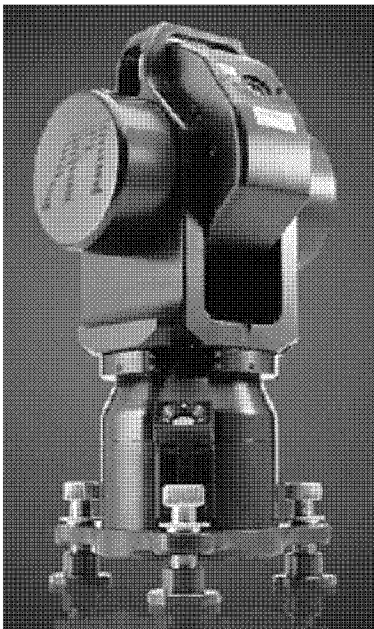
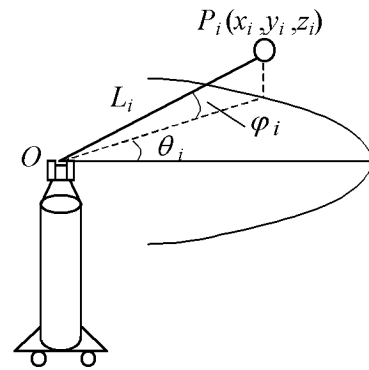


图 3



b) 照片



a) 测量原理

图 4

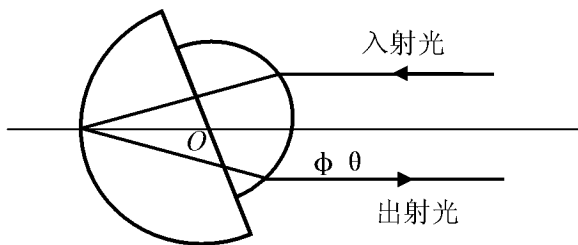


图 5

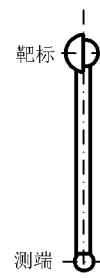


图 6

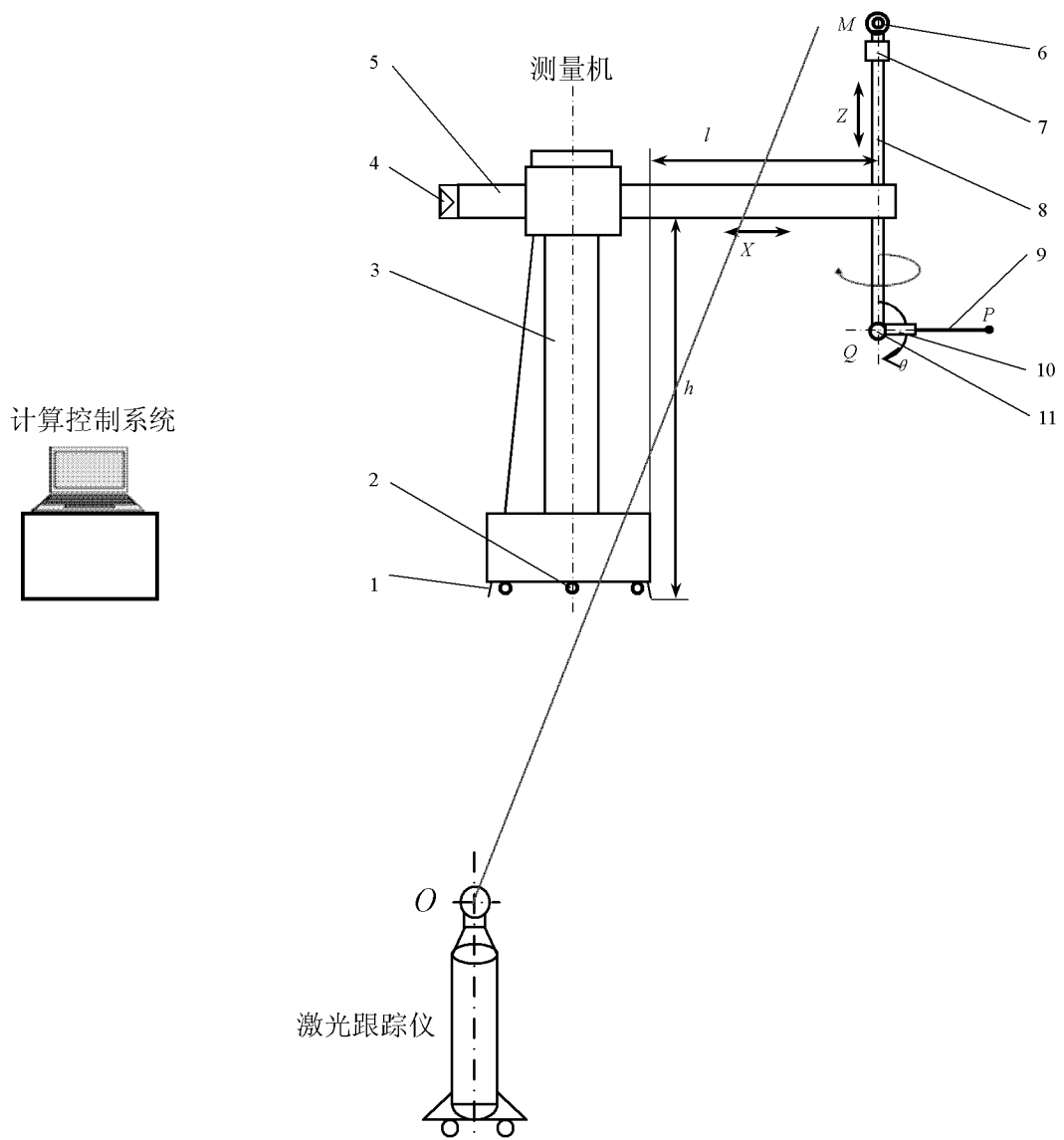


图 7

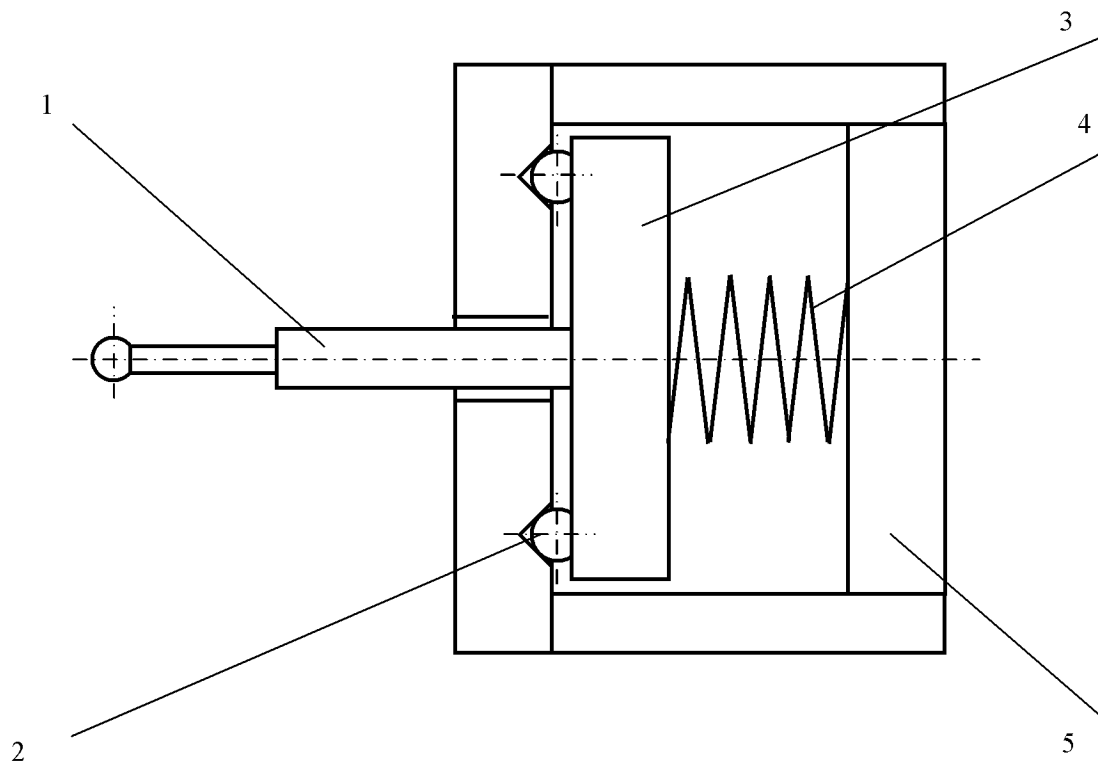


图 8