



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109141385 B

(45)授权公告日 2020.04.17

(21)申请号 201810665704.9

(22)申请日 2018.06.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 109141385 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(73)专利权人 华南农业大学
地址 510642 广东省广州市天河区五山路
483号

(72)发明人 赵祚喜 宋俊文 谈婷 黎源鸿
冯荣 杨貽勇 马昆鹏 蒙劭洋

(74)专利代理机构 广州市华学知识产权代理有
限公司 44245
代理人 李君

(51)Int.Cl.
G01C 15/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102865862 A,2013.01.09,
JP H09196671 A,1997.07.31,
CN 204346438 U,2015.05.20,
CN 107044852 A,2017.08.15,
CN 105698793 A,2016.06.22,
CN 103823363 A,2014.05.28,
CN 201892533 U,2011.07.06,
CN 102175267 A,2011.09.07,
CN 108458698 A,2018.08.28,
朱洪涛等.“全站仪免置平自由设站及其测
量方法”.《铁道标准设计》.2013,(第6期),
徐宜敏.“全站仪免置平测量技术及其算法
模型研究”.《中国优秀硕士学位论文全文数据库
基础科学辑》.2015,(第1期),

审查员 胡瑞

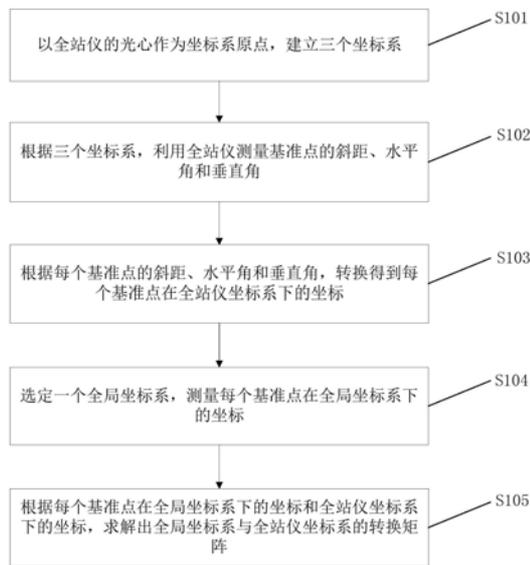
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

全站仪免置平的定位方法

(57)摘要

本发明公开了一种全站仪免置平的定位方法,所述方法包括:以全站仪的光心作为坐标系原点,建立三个坐标系;其中,三个坐标系分别为全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系;根据三个坐标系,利用全站仪测量N个基准点的斜距、水平角和垂直角;根据每个基准点的斜距、水平角和垂直角,转换得到每个基准点在全站仪坐标系下的坐标;选定一个全局坐标系,测量每个基准点在全局坐标系下的坐标;根据每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,以定位任意全站仪坐标系下的待测点在全局坐标系下的坐标。本发明为多体机械系统的静力学动力学研究、各种工程测量提供了依据。



1. 全站仪免置平的定位方法,其特征在于:所述方法包括:

以全站仪的光心作为坐标系原点,建立三个坐标系;其中,三个坐标系分别为全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系;

根据三个坐标系,利用全站仪测量N个基准点的斜距、水平角和垂直角;其中, $N \geq 3$;

根据每个基准点的斜距、水平角和垂直角,转换得到每个基准点在全站仪坐标系下的坐标;

选定一个全局坐标系,测量每个基准点在全局坐标系下的坐标;

根据每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,以定位任意全站仪坐标系下的待测点在全局坐标系下的坐标;

所述以全站仪的光心作为坐标原点,建立三个坐标系,具体包括:

以全站仪的光心作为全站仪坐标系原点,全站仪坐标系的三个坐标轴分别为X轴、Y轴和Z轴,将水平角置零方向设置为Y轴,垂直角置零方向设置为Z轴,利用右手定则确定X轴,建立全站仪坐标系;

以全站仪的光心作为全站仪外框坐标系原点,全站仪外框坐标系的三个坐标轴分别为 X_1 轴、 Y_1 轴和 Z_1 轴,将垂直于外框主视平面的方向设置为 Y_1 轴,将全站仪坐标系的Z轴方向设置为 Z_1 轴,将仪器中心标志的方向设置为 X_1 轴,建立全站仪外框坐标系;

以全站仪的光心作为全站仪内框坐标系原点,全站仪内框坐标系三个坐标轴分别为 X_2 轴、 Y_2 轴和 Z_2 轴,将内框的物镜中心方向设置为 Y_2 轴,将垂直于内框主视平面的方向设置为 Z_2 轴,将全站仪外框坐标系的 X_1 轴方向设置为 X_2 轴,建立全站仪内框坐标系;

所述水平角和垂直角用坐标轴之间的夹角表示,水平角为Y轴到 Y_2 轴的夹角,垂直角为Z轴到 Z_2 轴的夹角。

2. 根据权利要求1所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在于:所述根据每个基准点的斜距、水平角和垂直角,转换得到每个基准点在全站仪坐标系下的坐标,转换公式如下:

$$X = -S \cdot \sin\beta \cdot \sin\alpha$$

$$Y = S \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

$$Z = S \cdot \cos\beta$$

其中,S为斜距, α 为水平角, β 为垂直角,X、Y和Z分别为任意基准点在全站仪坐标系下的X轴坐标、Y轴坐标和Z轴坐标。

3. 根据权利要求1所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在于:所述根据每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,具体为:

将每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标代入坐标转换公式,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵;

当基准点为三个时,直接采用求解出的全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵;当基准点为四个或以上时,选择其中三个全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵误差较小的基准点,重新求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵。

4. 根据权利要求3所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在于:所述坐标转换公式,如下:

$$\begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$T = \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

其中, X_c 、 Y_c 和 Z_c 分别为任意基准点在全局坐标系下的 X_c 轴坐标、 Y_c 轴坐标和 Z_c 轴坐标; X 、 Y 和 Z 分别为任意基准点在全站仪坐标系下的 X 轴坐标、 Y 轴坐标和 Z 轴坐标; T 为全站仪坐标系转换到全局坐标系的平移矩阵, R 为全站仪坐标系转换到全局坐标系的旋转矩阵。

5. 根据权利要求4所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在於:所述旋转矩阵为正交矩阵,其满足下式:

$$\begin{cases} r_{11}r_{12} + r_{21}r_{22} + r_{31}r_{32} = 0 \\ r_{11}r_{13} + r_{21}r_{23} + r_{31}r_{33} = 0 \\ r_{12}r_{13} + r_{22}r_{23} + r_{32}r_{33} = 0 \\ r_{11}^2 + r_{21}^2 + r_{31}^2 = 1 \\ r_{12}^2 + r_{22}^2 + r_{23}^2 = 1 \\ r_{13}^2 + r_{23}^2 + r_{33}^2 = 1 \end{cases}。$$

6. 根据权利要求3所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在於:所述采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,具体为:

在MATLAB中编程,并输入每个基准点在全局坐标系下的坐标,以及在全站仪坐标系下的坐标,运行MATLAB程序,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在於:所述方法还包括:

将 M 个已知的验证点在全站仪坐标系下的坐标代入坐标转换公式,求解得到每个验证点理论的在全局坐标系下的坐标,与每个验证点已知的在全局坐标系下的坐标进行对比,验证准确性,并分析误差;其中, $M \geq 1$ 。

8. 根据权利要求1-6任一项所述的全站仪免置平的定位方法,其特征在於:所述 N 个基准点中至少有三个基准点不在同一条直线上。

全站仪免置平的定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种全站仪定位方法,尤其是全站仪免置平的定位方法,属于工程测量技术领域。

背景技术

[0002] 全站仪在工程测量领域已经得到广泛使用,但是目前全站仪多是在置平情况下进行测量,测量时往往需要精密地置平,这样时间花费多,且耗费人力。现有的全站仪的免置平情况下测量方法已经存在,但是由于对于全站仪坐标系的建立没有完整的表示出来,对于坐标转换矩阵的求解也多仅仅采用最小二乘法,导致计算结果误差较大,且缺乏对于全站仪坐标系与任意给定全局坐标系转换的方法。对于机械工程中,多体机械系统静、动力学研究各个体的质心等的定位,需要求得全站仪坐标系与各个体所在全局坐标系的转换关系。

发明内容

[0003] 本发明的目的是为了解决上述现有技术方案存在的缺陷,提供了一种全站仪免置平的定位方法,该方法实现了在全站仪免置平情况下将待测点在全站仪坐标系下的坐标转换为在全局坐标系下的坐标,为多体机械系统的静力学动力学研究、各种工程测量提供了依据。

[0004] 本发明的目的可以通过采取如下技术方案达到:

[0005] 全站仪免置平的定位方法,所述方法包括:

[0006] 以全站仪的光心作为坐标系原点,建立三个坐标系;其中,三个坐标系分别为全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系;

[0007] 根据三个坐标系,利用全站仪测量 N 个基准点的斜距、水平角和垂直角;其中, $N \geq 3$;

[0008] 根据每个基准点的斜距、水平角和垂直角,转换得到每个基准点在全站仪坐标系下的坐标;

[0009] 选定一个全局坐标系,测量每个基准点在全局坐标系下的坐标;

[0010] 根据每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,以定位任意全站仪坐标系下的待测点在全局坐标系下的坐标。

[0011] 进一步的,所述以全站仪的光心作为坐标原点,建立三个坐标系,具体包括:

[0012] 以全站仪的光心作为全站仪坐标系原点,全站仪坐标系的三个坐标轴分别为 X 轴、 Y 轴和 Z 轴,将水平角置零方向设置为 Y 轴,垂直角置零方向设置为 Z 轴,利用右手定则确定 X 轴,建立全站仪坐标系;

[0013] 以全站仪的光心作为全站仪外框坐标系原点,全站仪外框坐标系的三个坐标轴分别为 X_1 轴、 Y_1 轴和 Z_1 轴,将垂直于外框主视平面的方向设置为 Y_1 轴,将全站仪坐标系的 Z 轴方

向设置为 Z_1 轴,将仪器中心标志的方向设置为 X_1 轴,建立全站仪外框坐标系;

[0014] 以全站仪的光心作为全站仪内框坐标系原点,全站仪内框坐标系三个坐标轴分别为 X_2 轴、 Y_2 轴和 Z_2 轴,将内框的物镜中心方向设置为 Y_2 轴,将垂直于内框主视平面的方向设置为 Z_2 轴,将全站仪外框坐标系的 X_1 轴方向设置为 X_2 轴,建立全站仪内框坐标系。

[0015] 进一步的,所述根据每个基准点的斜距、水平角和垂直角,转换得到每个基准点在全站仪坐标系下的坐标,转换公式如下:

$$[0016] \quad X = -S \cdot \sin\beta \cdot \sin\alpha$$

$$[0017] \quad Y = S \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

$$[0018] \quad Z = S \cdot \cos\beta$$

[0019] 其中, S 为斜距, α 为水平角, β 为垂直角, X 、 Y 和 Z 分别为任意基准点在全站仪坐标系下的 X 轴坐标、 Y 轴坐标和 Z 轴坐标。

[0020] 进一步的,所述根据每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,具体为:

[0021] 将每个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标代入坐标转换公式,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵;

[0022] 当基准点为三个时,直接采用求解出的全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵;当基准点为四个或以上时,选择其中三个全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵误差较小的基准点,重新求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵。

[0023] 进一步的,所述坐标转换公式,如下:

$$[0024] \quad \begin{pmatrix} X_C \\ Y_C \\ Z_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$[0025] \quad T = \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$[0026] \quad R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

[0027] 其中, X_C 、 Y_C 和 Z_C 分别为任意基准点在全局坐标系下的 X_C 轴坐标、 Y_C 轴坐标和 Z_C 轴坐标; X 、 Y 和 Z 分别为任意基准点在全站仪坐标系下的 X 轴坐标、 Y 轴坐标和 Z 轴坐标; T 为全站仪坐标系转换到全局坐标系的平移矩阵, R 为全站仪坐标系转换到全局坐标系的旋转矩阵。

[0028] 进一步的,所述旋转矩阵为正交矩阵,其满足下式:

$$[0029] \quad \begin{cases} r_{11}r_{12} + r_{21}r_{22} + r_{31}r_{32} = 0 \\ r_{11}r_{13} + r_{21}r_{23} + r_{31}r_{33} = 0 \\ r_{12}r_{13} + r_{22}r_{23} + r_{32}r_{33} = 0 \\ r_{11}^2 + r_{21}^2 + r_{31}^2 = 1 \\ r_{12}^2 + r_{22}^2 + r_{32}^2 = 1 \\ r_{13}^2 + r_{23}^2 + r_{33}^2 = 1 \end{cases} \circ$$

[0030] 进一步的,所述采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换

矩阵,具体为:

[0031] 在MATLAB中编程,并输入每个基准点在全局坐标系下的坐标,以及在全站仪坐标系下的坐标,运行MATLAB程序,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵。

[0032] 进一步的,所述方法还包括:

[0033] 将M个已知的验证点在全站仪坐标系下的坐标代入坐标转换公式,求解得到每个验证点理论的在全局坐标系下的坐标,与每个验证点已知的在全局坐标系下的坐标进行对比,验证准确性,并分析误差;其中, $M \geq 1$ 。

[0034] 进一步的,所述N个基准点中至少有三个基准点不在同一条直线上。

[0035] 本发明相对于现有技术具有如下的有益效果:

[0036] 1、本发明在传统全站仪免置平测量的基础上,建立了全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系这三个坐标系,能够准确、清晰地表示出斜距、水平角和垂直角,这样方便用斜距、水平角、垂直角这三个参数快速求解出任意待测点在全站仪坐标系下的坐标,实现全站仪对全局坐标系下各个待测点的定位,可以节省时间,提高精度,解决了传统的手工卷尺测量点坐标对于大型多体机械系统而言,操作复杂,测量结果精度较差的问题。

[0037] 2、本发明根据多个基准点在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵(平移矩阵和旋转矩阵),实现了对全站仪的标定,得到任意全局坐标系和全站仪坐标系的转换关系,即可以将任意待测点在全站仪坐标系下的坐标转换为全局坐标系的坐标,方便多体动力学系统中的各种质心运动分析。

[0038] 3、本发明在传统只测三个点求解坐标转换矩阵的基础上,提出测定四个或以上的基准点,选择其中三个解算误差较小的基准点,并采用高斯-牛顿迭代法求解得到全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵(平移矩阵和旋转矩阵),收敛更快,计算结果比传统的最小二乘法求解非线性方程的方法得到的结果更为准确,多余的基准点还可以作为验证点代入坐标转换公式,求解得到每个验证点理论的在全局坐标系下的坐标,与每个验证点已知的在全局坐标系下的坐标进行对比,验证准确性,并分析误差。

附图说明

[0039] 图1为本发明实施例1的全站仪免置平的定位方法流程图。

[0040] 图2为本发明实施例1的全站仪结构示意图。

[0041] 图3为图2中A处的建立在全站仪上的三个坐标系的放大图。

[0042] 图4为本发明实施例1的利用球坐标系将所测得的三个参数斜距、水平角和垂直角转换为相应全站仪坐标系下坐标的原理图。

[0043] 图5为本发明实施例1的基准点在全站仪坐标系下的坐标转换为在全局坐标系下的坐标原理图。

[0044] 其中,1-全站仪外框,2-全站仪内框,3-底座,4-三脚架, α -水平角, β -垂直角,Q-全站仪光心,W-物镜中心,A-仪器中心标志。

具体实施方式

[0045] 下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0046] 实施例1:

[0047] 如图1所示,本实施例提供了一种全站仪免置平的定位方法,该方法包括以下步骤:

[0048] S101、以全站仪的光心作为坐标系原点,建立三个坐标系。

[0049] 本步骤中,需要在全站仪免置平的基础上建立三个坐标系,建立的三个坐标系分别为全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系。

[0050] 如图2和图3所示,本实施例的全站仪包括全站仪外框1、全站仪内框2和底座3,全站仪内框2带有物镜和目镜,其设置在全站仪外框1中,并可绕全站仪外框1在垂直方向上旋转,全站仪外框1设置在底座3上,并可绕底座3中心轴在水平方向上旋转,为了支撑全站仪稳定工作,将底座3可拆卸地固定在三脚架4上。

[0051] 全站仪坐标系的建立过程为:以全站仪的光心Q作为全站仪坐标系原点,全站仪坐标系的三个坐标轴分别为X轴、Y轴和Z轴,将水平角置零方向设置为Y轴,即水平角置零方向与Y轴方向重合,垂直角置零方向设置为Z轴,即垂直角置零方向与Z轴方向重合,利用右手定则确定X轴,建立全站仪坐标系,全站仪坐标系可以视为球坐标系。

[0052] 全站仪外框坐标系的建立过程为:以全站仪的光心Q作为全站仪外框坐标系原点,全站仪外框坐标系的三个坐标轴分别为 X_1 轴、 Y_1 轴和 Z_1 轴,将垂直于外框主视平面的方向设置为 Y_1 轴,将全站仪坐标系的Z轴方向设置为 Z_1 轴,即 Z_1 轴方向与Z轴方向重合,将仪器中心标志A的方向设置为 X_1 轴,即 X_1 轴方向为光心Q与仪器中心标志A的连线QA的方向,建立全站仪外框坐标系,该坐标系固定在全站仪外框上。

[0053] 全站仪内框坐标系的建立过程为:以全站仪的光心Q作为全站仪内框坐标系原点,全站仪内框坐标系三个坐标轴分别为 X_2 轴、 Y_2 轴和 Z_2 轴,将内框的物镜中心W方向设置为 Y_2 轴,即 Y_2 轴方向为光心Q与物镜中心W的连线QW的方向,将垂直于内框主视平面的方向设置为 Z_2 轴,将全站仪外框坐标系的 X_1 轴方向设置为 X_2 轴,即 X_2 轴方向与 X_1 轴方向重合,建立全站仪内框坐标系,该坐标系固定在全站仪内框上。

[0054] S102、根据三个坐标系,利用全站仪测量基准点P的斜距S、水平角HAR(α)和垂直角ZA(β)。

[0055] 本步骤中,利用全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系,可以直接用坐标轴之间夹角表示全站仪测量点时的水平角与垂直角,水平角为Y轴到 Y_2 轴的夹角,垂直角为Z轴到 Z_2 轴的夹角,当水平角与垂直角均置零时,全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系这三个坐标系重合。

[0056] 本实施例利用全站仪所测定的实验点P有六个,如下表1所示;其中P1、P2、P3和P4为基准点,P5和P6为验证点。

实验点序号	斜距 S	垂直角 ZA (β)	水平角 HAR (α)
P1	2.124	101°07'	14°57'
P2	1.684	106°28'	20°37'
[0057] P3	1.440	116°39'	38°18'
P4	3.255	98°40'	20°54'
P5	3.030	97°32'	358°52'
P6	3.516	100°02'	29°26'

[0058] 表1全站仪数据(单位:m)

[0059] S103、根据每个基准点P的斜距S、水平角α和垂直角β,转换得到每个基准点P在全站仪坐标系下的坐标,如图4所示。

[0060] 本步骤中,在全站仪免置平状态下,利用全站仪对四个基准点测量斜距、水平角与垂直角。

[0061] 根据每个基准点P的斜距S、水平角α和垂直角β,转换得到每个基准点P在全站仪坐标系下的坐标,转换公式如下:

$$[0062] X = -S \cdot \sin\beta \cdot \sin\alpha$$

$$[0063] Y = S \cdot \sin\beta \cdot \cos\alpha$$

$$[0064] Z = S \cdot \cos\beta$$

[0065] 其中,X、Y和Z分别为任意基准点在全站仪坐标系下的X轴坐标、Y轴坐标和Z轴坐标;本实施例根据上述公式,除了求得四个基准点在全站仪坐标系下的坐标外,还求得两个验证点在全站仪坐标系下的坐标,如下表2所示。

实验点序号	X	Y	Z
P1	0.5377	2.0136	-0.4096
P2	0.5687	1.5114	-0.4774
[0066] P3	0.7977	1.0100	-0.6459
P4	1.1479	3.0061	-0.4907
P5	-0.0592	3.0033	-0.3971
P6	1.7012	3.0155	-0.6124

[0067] 表2实验点在全站仪坐标系下的坐标(单位:m)

[0068] S104、选定一个全局坐标系,测量每个基准点P在全局坐标系下的坐标。

[0069] 本步骤中,通过人工测量每个基准点P在全局坐标系下的坐标(X_c, Y_c, Z_c)。

[0070] 本实施例除了测量四个基准点在全局坐标系下的坐标外,还测量两个验证点在全局坐标系下的坐标,如下表3所示。

[0071]	实验点序号	X_c	Y_c	Z_c
	P1	0.500	0.000	0.880
	P2	0.545	- 0.500	0.820
[0072]	P3	0.800	- 1.000	0.665
	P4	1.145	1.000	0.775
	P5	-0.060	1.000	0.825
	P6	1.720	1.000	0.668

[0073] 表3实验点在全局坐标系下的坐标(单位:m)

[0074] S105、根据每个基准点P在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,以定位任意全站仪坐标系下的待测点在全局坐标系下的坐标,如图5所示。

[0075] 全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵包括平移矩阵T和旋转矩阵R,由坐标系转换矩阵的定义,旋转矩阵R是一个正交矩阵,如此可以确定六个方程,还需六个方程,来解平移矩阵T和旋转矩阵R中共十二个未知量,此过程为全站仪的标定过程。求解平移矩阵T和旋转矩阵R,需要使用至少三个基准点(已按上述方法求得在全局坐标系下的坐标和在全站仪坐标系下的坐标)才行,由于在实际计算过程中,可以舍去计算结果误差较大的基准点,因此选取基准点的数量越多越精确,本实施例舍去P3这个求解平移矩阵T和旋转矩阵R误差较大的点,而选取P1、P2和P4三个基准点,建立九个方程,加上旋转矩阵R确定的六个方程,减去由于点之间距离为固定值带来的三个重复约束,九个加六个减去三,共十二个方程,刚好求解平移矩阵T和旋转矩阵R中的十二个未知量,因此通过这些方程可以求解出平移矩阵T和旋转矩阵R;坐标转换公式如下:

$$[0076] \begin{pmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$[0077] T = \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ T_3 \end{pmatrix}$$

$$[0078] R = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

[0079] 其中, X_c 、 Y_c 和 Z_c 分别为任意基准点在全局坐标系下的 X_c 轴坐标、 Y_c 轴坐标和 Z_c 轴坐标; X 、 Y 和 Z 分别为任意基准点在全站仪坐标系下的 X 轴坐标、 Y 轴坐标和 Z 轴坐标。

[0080] 由于旋转矩阵R为正交矩阵,因此其满足如下六个方程:

$$[0081] \quad \begin{cases} r_{11}r_{12} + r_{21}r_{22} + r_{31}r_{32} = 0 \\ r_{11}r_{13} + r_{21}r_{23} + r_{31}r_{33} = 0 \\ r_{12}r_{13} + r_{22}r_{23} + r_{32}r_{33} = 0 \\ r_{11}^2 + r_{21}^2 + r_{31}^2 = 1 \\ r_{12}^2 + r_{22}^2 + r_{32}^2 = 1 \\ r_{13}^2 + r_{23}^2 + r_{33}^2 = 1 \end{cases} \circ$$

[0082] 根据上述坐标转换公式,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,具体为:

[0083] 在MATLAB中编程,并输入三个基准点P1、P2和P4在全局坐标系下的坐标和全站仪坐标系下的坐标,运行MATLAB程序,采用高斯-牛顿迭代法求解出全局坐标系与全站仪坐标系的转换矩阵,求解得到的平移矩阵T和旋转矩阵R如下表4所示。

	旋转矩阵 (R)			平移参数 (T)
[0084]	1.0000	0.0124	-0.0119	-0.0547
	-0.0079	1.0000	0.0253	-1.9960
	0.0111	-0.0257	0.9997	1.3317

[0085] 表4全局坐标系和全站仪坐标系转换参数

[0086] S106、将两个验证点P5和P6在全站仪坐标系下的坐标代入上述步骤S105的坐标转换公式,求解得到两个验证点的在全局坐标系下的坐标分别为(-0.0710,0.9922,0.8569)、(1.6911,0.9906,0.6610),对比实际测得的两个验证点在全局坐标系下的坐标(见上表3),则可得免置平情况下全站仪对全局坐标系中点的定位精度为3cm,因此本实施例的定位方法精度可靠,该方法具有可行性。

[0087] 本领域技术人员可以理解的是,上述基准点可以为三个或以上,验证点可以为一个或以上。

[0088] 综上所述,本发明在传统全站仪免置平测量的基础上,建立了全站仪坐标系、全站仪外框坐标系和全站仪内框坐标系这三个坐标系,能够准确、清晰地表示出斜距、水平角和垂直角,这样方便用斜距、水平角、垂直角这三个参数快速求解出任意待测点在全站仪坐标系下的坐标,实现全站仪对全局坐标系下各个待测点的定位,可以节省时间,提高精度,解决了传统的手工卷尺测量点坐标对于大型多体机械系统而言,操作复杂,测量结果精度较差的问题。

[0089] 以上所述,仅为本发明专利较佳的实施例,但本发明专利的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明专利所公开的范围内,根据本发明专利的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都属于本发明专利的保护范围。

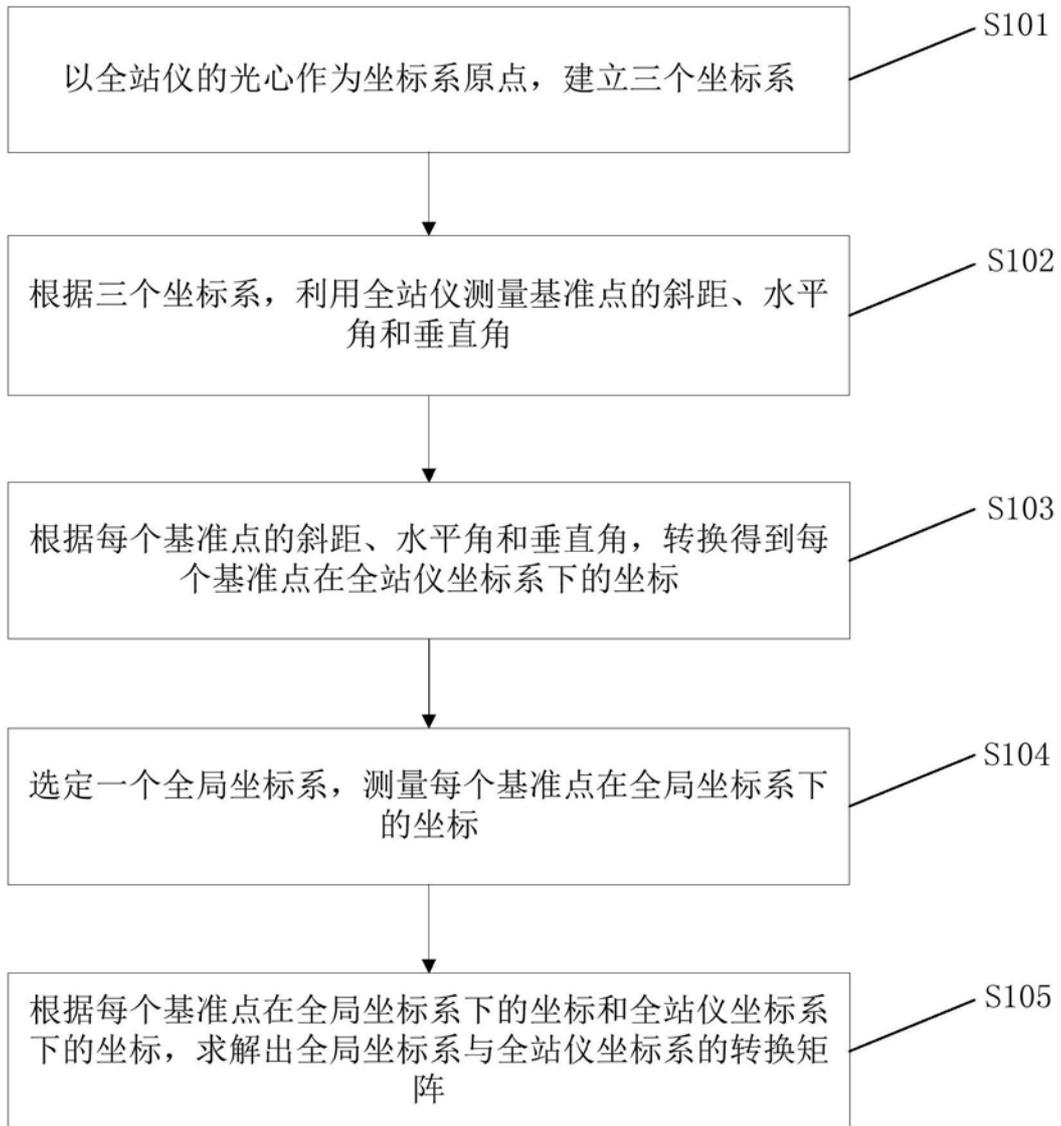


图1

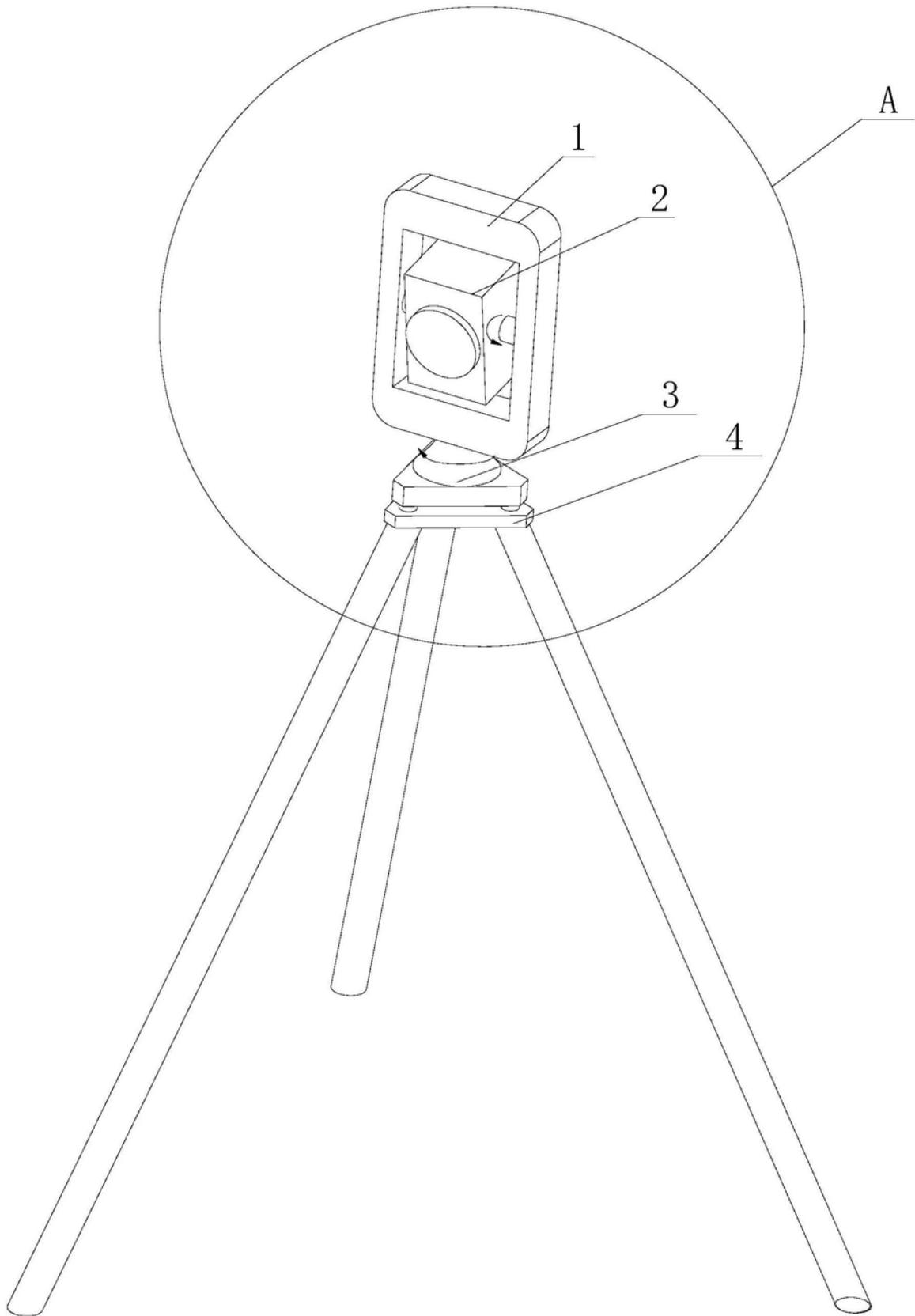


图2

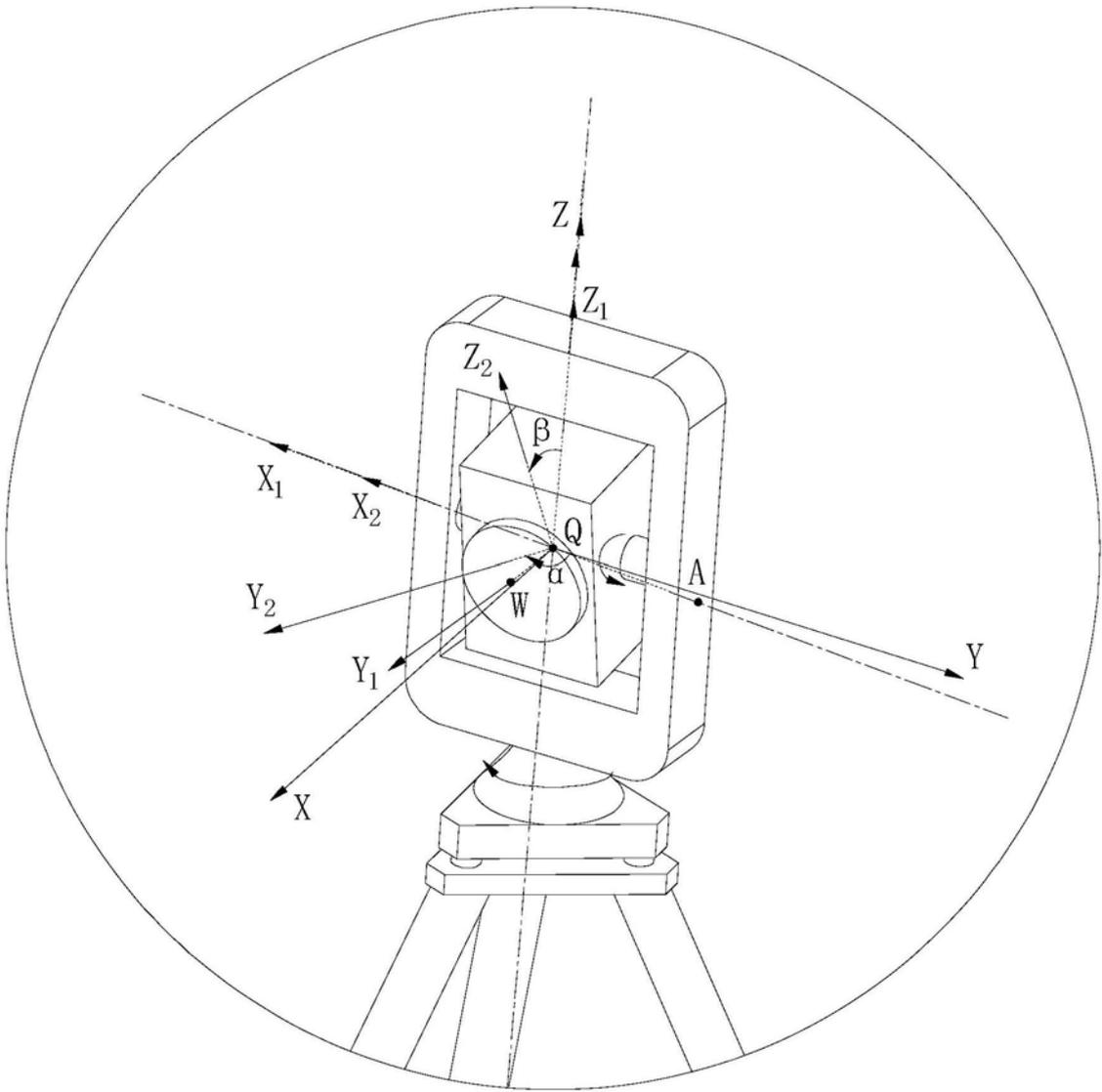


图3

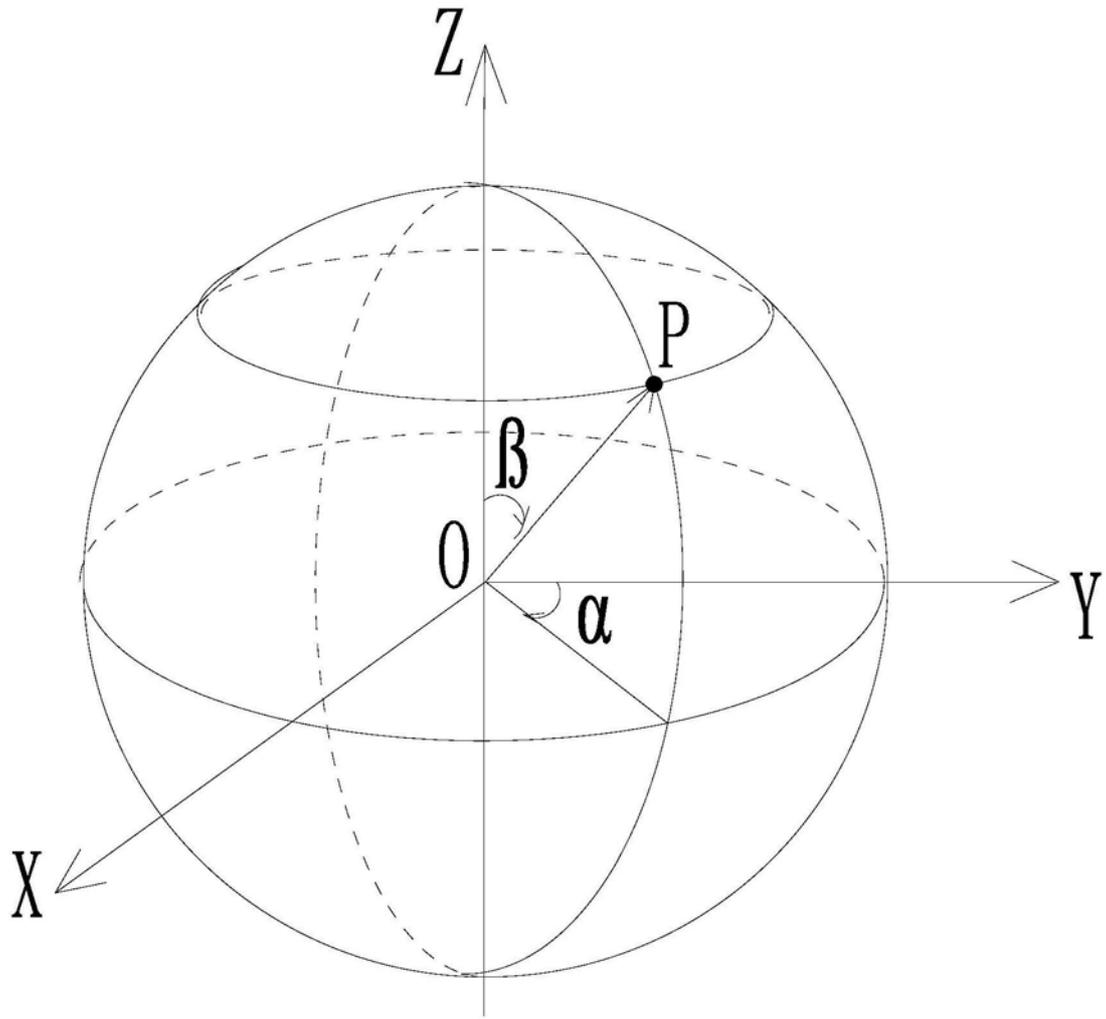


图4

