



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102589430 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 18

(21) 申请号 201210022524. 1

(22) 申请日 2012. 02. 01

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 张晓琳 唐文彦 王德元 马强

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 张宏威

(51) Int. Cl.

G01B 11/00(2006. 01)

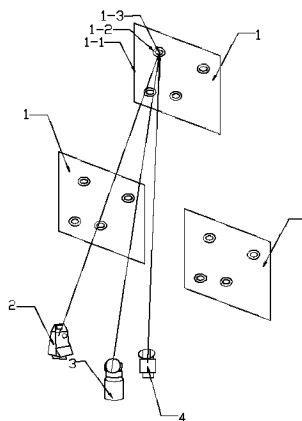
权利要求书 3 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

多仪器坐标统一化装置的校准方法

(57) 摘要

多仪器坐标统一化装置的校准方法, 涉及多仪器坐标统一化装置的校准方法。为了解决每次在坐标转换过程中测量误差未知, 坐标统一化精度低的问题。本发明是基于用多仪器坐标统一化装置实现的, 它包括基准转换标准器, 基准转换标准器包括碳纤维基板、衬套和靶球座。多仪器坐标统一的校准方法为: 用电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达测同一个基准转换标准器上的靶球座球心的坐标值; 根据得到的电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达的坐标, 分别在三种仪器的坐标系下求取 N 边形的重心或中心; 根据求得的重心或中心的坐标值, 通过坐标的平移、旋转实现坐标转换实现坐标的统一。本发明适用于航空航天、船舶、汽车等精密装配和机床等精密加工行业使用。



1. 多仪器坐标统一化装置的校准方法,本方法是基于用多仪器坐标统一化装置实现的,所述装置包括电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4),其特征在于:所述装置还包括M个基准转换标准器(1)($M \geq 3$),所述的M个基准转换标准器(1)均在电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)公共可视的位置,每个基准转换标准器(1)包括1个碳纤维基板(1-1)、N个衬套(1-2)和N个靶球座(1-3)($N \geq 3$),N个靶球座(1-3)组成一个N边形,N个衬套(1-2)均过盈装配于碳纤维基板(1-1)的衬套孔上,N个靶球座(1-3)分别固定于N个衬套(1-2)上,

本方法包括下述步骤:

一、用电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)测同一个基准转换标准器(1)上的N个靶球座(1-3)球心的坐标值;

二、根据步骤一得到的电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)的坐标,分别在电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)的坐标系下求取N边形的重心或中心;

同理,求取其他的M-1个基准转换标准器(1)的电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)的坐标系下N边形的重心或中心;

三、根据步骤二求得的重心或中心的坐标值,通过坐标的平移、旋转实现坐标转换实现坐标的统一。

2. 根据权利要求1所述的多仪器坐标统一化装置的校准方法,其特征在于:多仪器坐标统一化装置的校准方法还包括步骤四、验证坐标转换后的精度,用一个已知长度的基准尺,分别用统一坐标系后的三种仪器测出其两端坐标值,根据得到数据的一致程度,或根据空间两点间距离公式求出其长度,与已知长度进行比较得到误差。

3. 根据权利要求1所述的多仪器坐标统一化装置的校准方法,其特征在于:多仪器坐标统一化装置的校准方法还包括步骤四、验证坐标转换后的精度,任取一种仪器测标准尺一端坐标值,另一种仪器测标准尺另一端坐标值,根据空间两点间距离公式,求该标准尺长度,可反算其坐标误差。

4. 根据权利要求1所述的多仪器坐标统一化装置的校准方法,其特征在于:当 $M = 3$, $N = 4$ 时,则有3个基准转换标准器(1)、3个碳纤维基板(1-1)、4个衬套(1-2)和4个靶球座(1-3)($N \geq 3$),4个靶球座(1-3)组成一个4边形,其多仪器坐标统一化装置的校准的方法为:

a、用电子经纬仪(2)、激光跟踪仪(3)和激光雷达(4)测同一个基准转换标准器(1)上的4个靶球座(1-3)的坐标值,得到三个坐标值如下:

$$\text{电子经纬仪(2)坐标系下的坐标:} \left\{ \begin{array}{l} (x'_1, y'_1, z'_1) \\ (x'_2, y'_2, z'_2) \\ (x'_3, y'_3, z'_3) \\ (x'_4, y'_4, z'_4) \end{array} \right\}, \text{激光跟踪仪(3)坐标系下的坐标}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} (x''_1, y''_1, z''_1) \\ (x''_2, y''_2, z''_2) \\ (x''_3, y''_3, z''_3) \\ (x''_4, y''_4, z''_4) \end{array} \right\}, \text{激光雷达(4)坐标系下的坐标:} \left\{ \begin{array}{l} (x'''_1, y'''_1, z'''_1) \\ (x'''_2, y'''_2, z'''_2) \\ (x'''_3, y'''_3, z'''_3) \\ (x'''_4, y'''_4, z'''_4) \end{array} \right\};$$

x 、 y 、 z 表示的是基准转换标准器 (1) 上的 4 个点在不同仪器下测得的坐标值, 基准转换标准器 (1) 的第一个点, 它在电子经纬仪 (2) 的坐标系统所测得的坐标为 (x'_{1}, y'_{1}, z'_{1}) , 在激光跟踪仪 (3) 的坐标系统所测得的坐标为 $(x''_{1}, y''_{1}, z''_{1})$, 在激光雷达 (4) 的坐标系统所测得的坐标为 $(x'''_{1}, y'''_{1}, z'''_{1})$; 同理其它 3 个点的意义相同;

b、根据步骤 a 得到的电子经纬仪 (2) 的坐标, 在电子经纬仪 (2) 的坐标系下分别求取两个对角线的直线方程 l'_{1}, l'_{2} , 求两直线公垂线段中点 D'_{1} ;

根据步骤 a 得到的激光跟踪仪 (3) 的坐标, 在激光跟踪仪 (3) 的系坐标下分别求取两个对角线的直线方程 l''_{1}, l''_{2} , 求两直线公垂线段中点 D''_{1} ;

根据步骤 a 得到的激光雷达 (4) 的坐标, 在激光雷达 (4) 的坐标系下分别求取两个对角线的直线方程 l'''_{1}, l'''_{2} , 求两直线公垂线段中点 D'''_{1} ;

同理, 测出第二个标准板在电子经纬仪 (2) 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'_{2} 、在激光跟踪仪 (3) 的系坐标下两直线的公垂线段中点 D''_{2} 和在激光雷达 (4) 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'''_{2} ; 第三个标准板在电子经纬仪 (2) 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'_{3} 、在激光跟踪仪 (3) 的系坐标下两直线的公垂线段中点 D''_{3} 和在激光雷达 (4) 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'''_{3} ;

三、根据步骤 b 可知, $D'_{i}, D''_{i}, D'''_{i} (i = 1, 2, 3)$ 为同一个点在不同坐标系下的坐标, 以电子经纬仪 (2) 的坐标原点为工作坐标原点, 以经纬仪的坐标系下的坐标为工作坐标, 这样就可以通过坐标的平移、旋转实现把另外两种仪器下的坐标转换为经纬仪坐标系下, 实现了坐标的统一, 其坐标转换基本公式为:

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A & Y_A & X_A \\ 0 & 1 & 0 & Z_A & 0 & -X_A & Y_A \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A & X_A & 0 & Z_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \\ m \end{bmatrix}$$

式中, $\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix}$ 为所求仪器 B 仪器坐标系下三维坐标; $\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$ 为公共点 A 仪器坐标下三维坐

标; m 为尺度比例因子; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 为三个坐标轴的旋转角又称为欧拉角; X, Y, Z 表述的是

坐标之间转换, 即一点在 A 仪器坐标系下测得的坐标值为 $\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$, 把它转换为 B 坐标系下坐

标,则应用公式
$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A & Y_A & X_A \\ 0 & 1 & 0 & Z_A & 0 & -X_A & Y_A \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A & X_A & 0 & Z_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \\ m \end{bmatrix},$$
 其中, $\begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}$ 是由 A 坐标到 B

坐标在 X、Y、Z 轴的平移量。

多仪器坐标统一化装置的校准方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种坐标测量方法,具体涉及多仪器坐标统一化装置的校准方法。

背景技术

[0002] 目前使用的多仪器坐标统一方法是:在公共可视位置上,设置 3 个单一的靶球座,分别把直径相同的半球靶标、角锥棱镜靶标和工具球靶标,依次放置在靶球座上,同时用相应的仪器测量靶标的球心坐标,经过相应的数学计算,且可以建立起各个仪器坐标系的相互关系,即坐标统一化,其中,半球靶标为经纬仪用,角锥棱镜靶标为激光跟踪仪用,工具球靶标为激光雷达用,如图 1 所示。现有技术方法下,以距离被测点 5 米状态下电子经纬仪与激光跟踪仪和激光雷达坐标统一为例,测量标准差约为 0.090mm,激光跟踪仪和激光雷达坐标统一时,测量标准差约为 0.061mm。这一方法的缺点是,每次测量误差未知,坐标统一化精度低。

发明内容

[0003] 本发明是为了解决每次测量误差未知,坐标统一化精度低的问题。从而提供了多仪器坐标统一化装置的校准方法。

[0004] 多仪器坐标统一化装置的校准方法,本方法是基于用多仪器坐标统一化装置实现的,所述装置包括电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达,所述装置还包括 M 个基准转换标准器 ($M \geq 3$),所述的 M 个基准转换标准器均在电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达公共可视的位置,每个基准转换标准器包括 1 个碳纤维基板、N 个衬套和 N 个靶球座 ($N \geq 3$),N 个靶球座组成一个 N 边形,N 个衬套均过盈装配于碳纤维基板的衬套孔上,N 个靶球座分别固定于 N 个衬套上,

[0005] 本方法包括下述步骤:

[0006] 一、用电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达测同一个基准转换标准器上的 N 个靶球座球心的坐标值;

[0007] 二、根据步骤一得到的电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达的坐标,分别在电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达的坐标系下求取 N 边形的重心或中心;

[0008] 同理,求取其他的 M-1 个基准转换标准器的电子经纬仪、激光跟踪仪和激光雷达的坐标系下 N 边形的重心或中心;

[0009] 三、根据步骤二求得的重心或中心的坐标值,通过坐标的平移、旋转实现坐标转换实现坐标的统一。

[0010] 本发明本方案的优势在于:1、“中心”的重复性高于单一靶标中心的重复性;2、误差可以控制在一定的范围内:测量得到的三角形或四边形可以与已标定的进行比对,当发现误差过大时,可以重新测量,直到获得满意的结果。也就是说,进行坐标统一化时,至少有 3 个标准器位于公共可视的位置,各仪器分别测量自己的靶标,电子经纬仪用半球靶标和激光跟踪仪用角锥棱镜靶标供激光雷达使用工具球靶标,即使用“误差可控型基准转换标准

器”，经纬仪与跟踪仪和激光雷达坐标统一时，标准差为不大于 0.060mm，跟踪仪和激光雷达坐标统一时，标准差为不大于 0.041mm。

附图说明

[0011] 图 1 是传统的坐标统一化的结构图，图 2 是误差可控型基准转换标准器，图 3 是多仪器坐标统一化装置的结构图。

具体实施方式

[0012] 具体实施方式一、多仪器坐标统一化装置的校准方法，本方法是基于用多仪器坐标统一化装置实现的，所述装置包括电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4，所述装置还包括 M 个基准转换标准器 1 ($M \geq 3$)，所述的 M 个基准转换标准器 1 均在电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 公共可视的位置，每个基准转换标准器 1 包括 1 个碳纤维基板 1-1、N 个衬套 1-2 和 N 个靶球座 1-3 ($N \geq 3$)，N 个靶球座 1-3 组成一个 N 边形，N 个衬套 1-2 均过盈装配于碳纤维基板 1-1 的衬套孔上，N 个靶球座 1-3 分别固定于 N 个衬套 1-2 上，

[0013] 本方法包括下述步骤：

[0014] 一、用电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 测同一个基准转换标准器 1 上的 N 个靶球座 1-3 球心的坐标值；

[0015] 二、根据步骤一得到的电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 的坐标，分别在电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 的坐标系下求取 N 边形的重心或中心；

[0016] 同理，求取其他的 M-1 个基准转换标准器 1 的电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 的坐标系下 N 边形的重心或中心；

[0017] 三、根据步骤二求得的重心或中心的坐标值，通过坐标的平移、旋转实现坐标转换实现坐标的统一。

[0018] 具体实施方式二、本实施方式与具体实施方式一的不同之处在于：它还包括步骤四、验证坐标转换后的精度，用一个已知长度的基准尺，分别用统一坐标系后的三种仪器测出其两端坐标值，根据得到数据的一致程度，或根据空间两点间距离公式求出其长度，与已知长度进行比较得到误差。

[0019] 具体实施方式三、本实施方式与具体实施方式二不同之处在于：步骤四、还可以任取一种仪器测标准尺一端坐标值，另一种仪器测标准尺另一端坐标值，根据空间两点间距离公式，求该标准尺长度，可反算其坐标误差。

[0020] 具体实施方式四、本实施方式与具体实施方式二不同之处在于：当 $M = 3, N = 4$ 时，则有 3 个基准转换标准器 1、3 个碳纤维基板 1-1、4 个衬套 1-2 和 4 个靶球座 1-3 ($N \geq 3$)，4 个靶球座 1-3 组成一个 4 边形，其多仪器坐标统一化装置的校准的方法为：

[0021] a、用电子经纬仪 2、激光跟踪仪 3 和激光雷达 4 测同一个基准转换标准器 1 上的 4 个靶球座 1-3 的坐标值，得到三个坐标值如下：

[0022] 电子经纬仪 2 坐标系下的坐标：
$$\begin{cases} (x'_1, y'_1, z'_1) \\ (x'_2, y'_2, z'_2) \\ (x'_3, y'_3, z'_3) \\ (x'_4, y'_4, z'_4) \end{cases}$$
，激光跟踪仪 3 坐标系下的坐标

$$\left. \begin{matrix} (x''_1, y''_1, z''_1) \\ (x''_2, y''_2, z''_2) \\ (x''_3, y''_3, z''_3) \\ (x''_4, y''_4, z''_4) \end{matrix} \right\} \text{, 激光雷达 4 坐标系下的坐标 : } \left. \begin{matrix} (x'''_1, y'''_1, z'''_1) \\ (x'''_2, y'''_2, z'''_2) \\ (x'''_3, y'''_3, z'''_3) \\ (x'''_4, y'''_4, z'''_4) \end{matrix} \right\} ;$$

[0023] x、y、z 表示的是基准转换标准器 1 上的 4 个点在不同仪器下测得的坐标值,基准转换标准器 1 的第一个点,它在电子经纬仪 2 的坐标系统所测得的坐标为 (x'_1, y'_1, z'_1) ,在激光跟踪仪 3 的坐标系统所测得的坐标为 (x''_1, y''_1, z''_1) ,在激光雷达 4 的坐标系统所测得的坐标为 (x'''_1, y'''_1, z'''_1) ;同理其它 3 个点的意义相同;

[0024] b、根据步骤 a 得到的电子经纬仪 2 的坐标,在电子经纬仪 2 的坐标系下分别求取两个对角线的直线方程 l'_1, l'_2 ,求两直线公垂线段中点 D'_1 ;

[0025] 根据步骤 a 得到的激光跟踪仪 3 的坐标,在激光跟踪仪 3 的系坐标下分别求取两个对角线的直线方程 l''_1, l''_2 ,求两直线公垂线段中点 D''_1 ;

[0026] 根据步骤 a 得到的激光雷达 4 的坐标,在激光雷达 4 的坐标系下分别求取两个对角线的直线方程 l'''_1, l'''_2 ,求两直线公垂线段中点 D'''_1 ;

[0027] 同理,测出第二个标准板在电子经纬仪 2 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'_2 、在激光跟踪仪 3 的系坐标下两直线的公垂线段中点 D''_2 和在激光雷达 4 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'''_2 ;第三个标准板在电子经纬仪 2 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'_3 、在激光跟踪仪 3 的系坐标下两直线的公垂线段中点 D''_3 和在激光雷达 4 的坐标系下两直线的公垂线段中点 D'''_3 ;

[0028] 三、根据步骤 b 可知, $D'_i, D''_i, D'''_i (i = 1, 2, 3)$ 为同一个点在不同坐标系下的坐标,以电子经纬仪 2 的坐标原点为工作坐标原点,以经纬仪的坐标系下的坐标为工作坐标,这样就可以通过坐标的平移、旋转实现把另外两种仪器下的坐标转换为经纬仪坐标系下,实现了坐标的统一,其坐标转换基本公式为:

$$[0029] \quad \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A & Y_A & X_A \\ 0 & 1 & 0 & Z_A & 0 & -X_A & Y_A \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A & X_A & 0 & Z_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \\ m \end{bmatrix}$$

[0030] 式中, $\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix}$ 为所求仪器 B 仪器坐标系下三维坐标; $\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$ 为公共点 A 仪器坐标下三维坐标;m 为尺度比例因子; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 为三个坐标轴的旋转角又称为欧拉角;X、Y、Z 表述

的是坐标之间转换,即一点在 A 仪器坐标系下测得的坐标值为 $\begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix}$,把它转换为 B 坐标系下

坐标,则应用公式
$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \\ Z_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \\ Z_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_A & Y_A & X_A \\ 0 & 1 & 0 & Z_A & 0 & -X_A & Y_A \\ 0 & 0 & 1 & -Y_A & X_A & 0 & Z_A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \\ m \end{bmatrix},$$
 其中, $\begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix}$ 是由 A 坐标到

B 坐标在 X、Y、Z 轴的平移量。

[0031] 具体实施方式五、本实施方式与具体实施方式四的不同之处在于 :有 2 个电子经纬仪 2,其校准的方法与具体实施方式四相同。

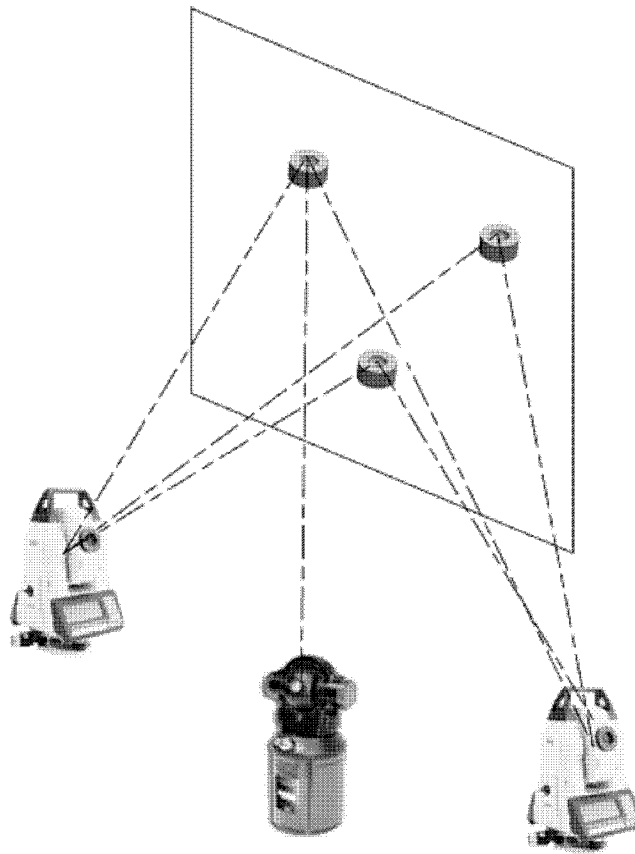


图 1

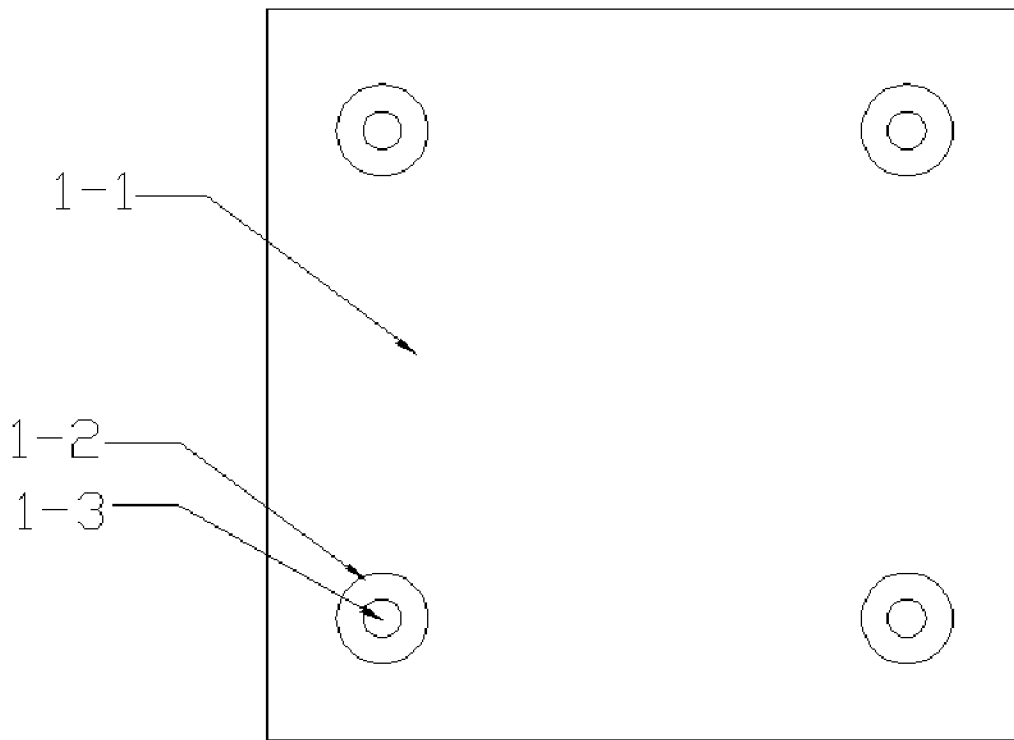


图 2

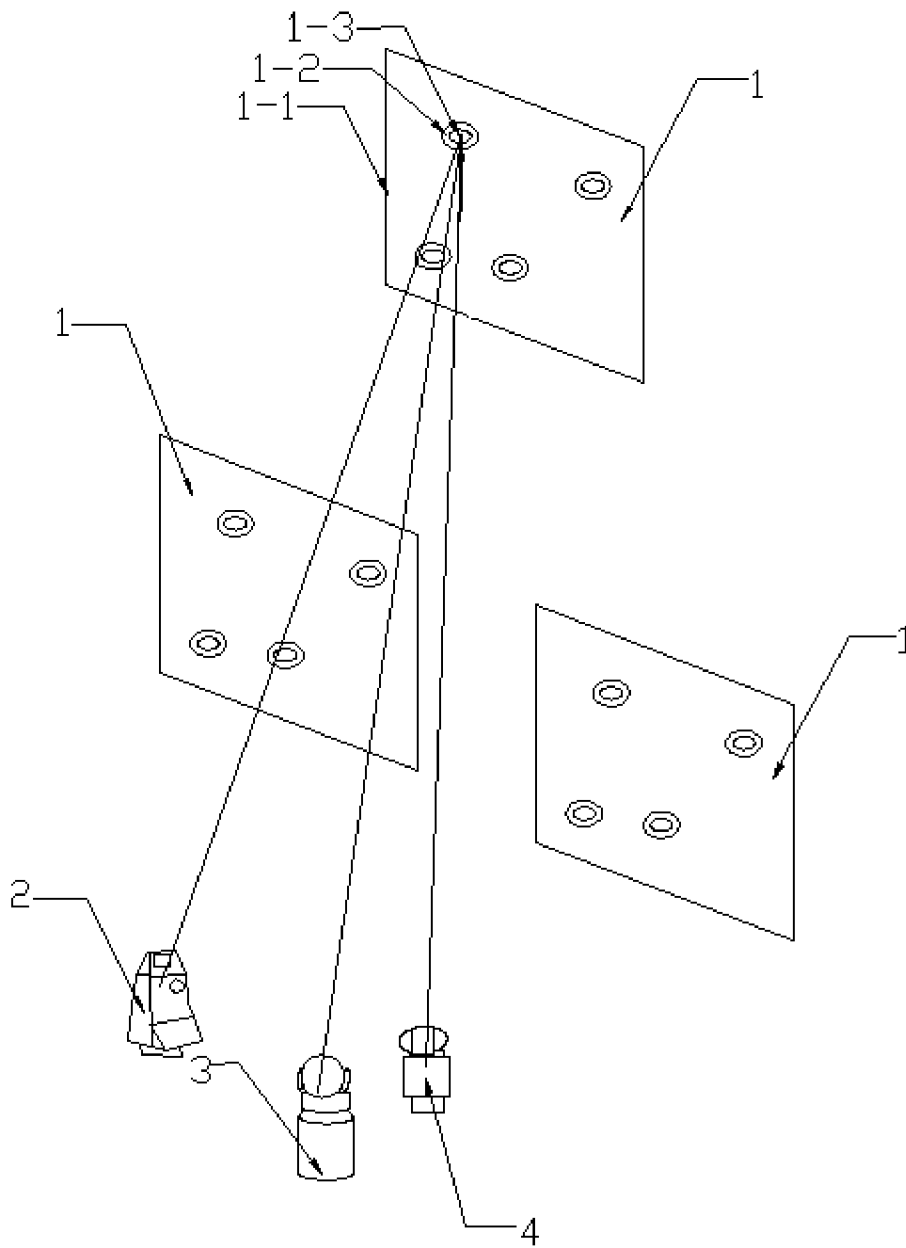


图 3