



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103292748 B

(45) 授权公告日 2015. 12. 02

(21) 申请号 201310196157. 1

CN 102853786 A, 2013. 01. 02, 全文.

(22) 申请日 2013. 05. 23

韩清华, 郑保, 郭宏利, 王鸿翔. 采用激光跟踪仪测量飞机外形. 《航空计测技术》. 2004, 第 15-16 页, 第 33 页.

(73) 专利权人 中国航空工业集团公司西安飞机设计研究所

刘丽华, 张琢, 张善锺. 几种大平面平面度测量方法比较. 《宇航计测技术》. 1998, 第 18 卷 (第 6 期), 第 39-42 页.

地址 710089 陕西省西安市阎良区人民东路 1 号

(72) 发明人 王海英 唐武忠 韩清华 党艳虎 卞学红

审查员 黄娟

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008
代理人 杜永保

(51) Int. Cl.

G01B 11/30(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101915563 A, 2010. 12. 15, 全文.

CN 102252638 A, 2011. 11. 23, 全文.

WO 2005008174 A1, 2005. 01. 27, 全文.

CN 102252637 A, 2011. 11. 23, 全文.

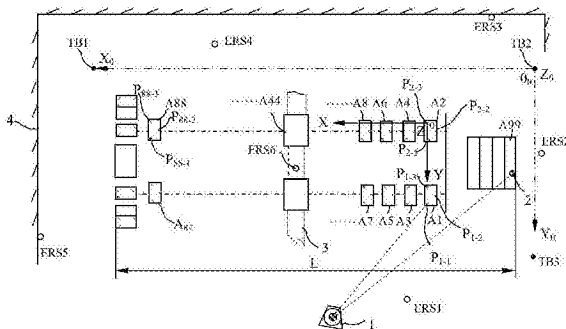
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于激光测量的多基板拼合检测方法

(57) 摘要

本发明属于测试技术领域, 具体是一种基于激光测量的多基板拼合检测方法。本发明将平面度拼合检测方法由传统的模拟量检测改进成为激光指导下的数字化检测; 通过激光跟踪仪应用处理机直观显示调整量; 调整量给出方式直接、实时、准确; 基板上的测量点位置任意; 靶标球测量运动轨迹任意; 靶标球与基板平面接触面积小, 采点数量大, 比使用传统方法更能全面、真实、准确地反映拼合基面平面度; 能够方便地进行坐标系平移和旋转, 将坐标原点准确定义至测量范围内的空间任何位置; 根本解决了多块基板组成共平面, 特别是任意倾斜角度、大平面的拼合检测问题。本发明简化了操作步骤, 测量效率提高了近 2 倍, 测量精度提高了 3 倍以上。



1. 一种基于激光测量的多基板拼合检测方法,采用激光跟踪仪(1)进行由已预先制有定位孔的多块基板组成的共平面的拼合检测,其特征在于,包括以下步骤:

1、架设激光跟踪仪:选定测量站位,将实施现场校准后的激光跟踪仪稳固架设于站位处,使其发出的激光束能无遮挡地投射到被测部位;跟踪仪码盘水平偏摆、俯仰角度尽可能小,偏摆角不超过 $\pm 90^\circ$,俯仰角不超过 $\pm 45^\circ$;

2、获取理论坐标:将共平面上的所有基板及定位孔编号,使用CATIA软件在数模上获取带有偏置量的理论坐标,将理论坐标制成“X Y Z”格式的且与基板及定位孔编号一一对应的列表,然后将列表导入激光跟踪仪应用处理机;

3、选择靶标球:根据基板拼合公差和测量距离选择靶标球,若公差小于 $\pm 0.10\text{mm}$ 或测量距离 10m 以上,则选择使用CCR型靶标球,既球形角锥反射镜型靶标球,若公差大于 $\pm 0.20\text{mm}$ 或测量距离小于 10m ,则首选TBR型靶标球,既工具球反射器型靶标球;

4、单块基板准备:先测量单块基板上的定位孔,建立单块基板检测坐标系,定义Z轴与基板平面法向重合,以基板四周为界“米”字形轨迹运动靶标球体,观测Z坐标变化,检测定位孔孔距、孔距边界尺寸;

5、基板安装支撑架检测:对时效处理后的基板安装支撑架进行检测,调整使其满足安装要求并与地基相连接;

6、建立安装坐标系:在安装区域内或基板上选取三个水平基准点,其中两个水平基准点的连线与共平面走向平行,建立激光跟踪仪水平坐标系,通过激光跟踪仪水平坐标系的旋转与平移,将坐标原点移至共平面上的预定理论点,Z坐标轴与共平面法线重合;

7、设置ERS点:在坚固的地面、墙壁、支撑架上的合适立体空间位置埋设若干ERS点;

8、首块基板定位:尽量吊装并夹持基板至预定理论点,在安装坐标系下,将靶标球置于被测表面,在基板全范围内,任意轨迹推动靶标球,动态扫描观测基板平面法线方向Z坐标的变化,通过Z坐标的变化量判断调整方向和调整量,在基板安装支撑架现场制孔,使用螺栓将基板固定于基板安装支撑架上,松开夹持夹具,重新检测至符合公差要求;

9、最终检测:通过ERS点反求坐标系,动态显示平面法向坐标值Z;出现超差点时进行标记,并去除超差点后再次检测,直至平面度符合公差要求;

10、平面度评定:采用最小二乘法拟合平面进行平面度评定。

2. 一种如权利要求1所述的基于激光测量的多基板拼合检测方法,其特征在于,步骤10还可以通过使用逆向工程软件,求出平面度误差的方式实现平面度评定。

一种基于激光测量的多基板拼合检测方法

技术领域

[0001] 本发明属于测试技术领域,具体是一种一种基于激光测量的多基板拼合检测方法。

背景技术

[0002] 在航空航天领域科研生产中,需要建立一些高准确度的大型基准面,这些大型基准面在空间呈水平或倾斜的状态。由于生产大型基板材料成本高、安装运输困难、加工难度大(有些甚至无法加工)、变形修复困难等,因此通常采取多块基板拼合组成大型基准面。

[0003] 现有多基板共平面的拼合检测方法是:

[0004] 方法一:使用刀口平尺、拉直钢丝等方式建立实物基准,通过估读“光隙”或插入塞尺片直接得到平面度。

[0005] 方法二:使用水平仪、水准仪、倾斜仪等安装测量,同时使用接杆千分尺、卡尺、钢卷尺等控制基板间相对位置。当平面度要求较高时,再将平面网格化,使用平直度检查仪、电子水平仪配以可调跨桥,测量网格交点处偏差值,人工记录,并用有限交点测量值计算平面度。

[0006] 方法三:使用两台经纬仪或全站仪,采用空间交汇法测量靶标点处的坐标值,以轴向坐标值减去理论坐标值为调整量,实现拼合检测,进而评定出平面度。

[0007] 现有测量方法缺点:

[0008] 方法一、方法二的缺点在于:不能在调整量的指导下调整;测量误差大;操作繁琐;劳动强度大;效率低。对于大基面,需通过反复调整观测才能做出判断,测量起来非常困难。有些非连续的大基面甚至无法实现。

[0009] 方法三缺点在于:理论坐标计算复杂,工作量大且容易产生错误;测量精度低;操作繁琐;长时间现场测量,设备稳定性差。

发明内容

[0010] 本发明的目的是:提供一种基于激光测量技术的多基板拼合及检测方法。它既能简化操作步骤、降低劳动强度、提高检测效率,又能提高测量准确度,并且能更真实地反映拼合后大平面的平面度误差。

[0011] 本发明的技术方案是:一种基于激光测量的多基板拼合检测方法,采用激光跟踪仪(1)进行由己预先制有定位孔的多块基板组成的共平面的拼合检测,包括以下步骤:

[0012] 1、架设激光跟踪仪:选定测量站位,将实施现场校准后的激光跟踪仪稳固架设于站位处,使其发出的激光束能无遮挡地投射到被测部位;跟踪仪码盘水平偏摆、俯仰角度尽可能小,偏摆角不超过 $\pm 90^\circ$,俯仰角不超过 $\pm 45^\circ$;

[0013] 2、获取理论坐标:将共平面上的所有基板及定位孔编号,使用CATIA软件在数模上获取带有偏置量的理论坐标,将理论坐标制成“X Y Z”格式的且与基板及定位孔编号一一对应的列表,然后将列表导入激光跟踪仪应用处理机;

[0014] 3、选择靶标球：根据基板拼合公差和测量距离选择靶标球，若公差小于 $\pm 0.10\text{mm}$ 或测量距离 10m 以上，则选择使用 CCR 型靶标球，既球形角锥反射镜型靶标球，若公差大于 $\pm 0.20\text{mm}$ 或测量距离小于 10m ，则首选 TBR 型靶标球，既工具球反射器型靶标球；

[0015] 4、单块基板准备：先测量单块基板上的定位孔，建立单块基板检测坐标系，定义 Z 轴与基板平面法向重合，以基板四周为界“米”字形轨迹运动靶标球体，观测 Z 坐标变化，检测定位孔孔距、孔距边界尺寸；

[0016] 5、基板安装支撑架检测：对时效处理后的基板安装支撑架进行检测，调整使其满足安装要求并与地基相连接；

[0017] 6、建立安装坐标系：在安装区域内或基板上选取三个水平基准点，其中两个水平基准点的连线与共平面走向平行，建立激光跟踪仪水平坐标系，通过激光跟踪仪水平坐标系的旋转与平移，将坐标原点移至共平面上的预定理论点，Z 坐标轴与共平面法线重合；

[0018] 7、设置 ERS 点：在坚固的地面、墙壁、支撑架上的合适立体空间位置埋设若干 ERS 点；

[0019] 8、首块基板定位：尽量吊装并夹持基板至预定理论点，在安装坐标系下，将靶标球置于被测表面，在基板全范围内，任意轨迹推动靶标球，动态扫描观测基板平面法线方向 Z 坐标的变化，通过 Z 坐标的变化量判断调整方向和调整量，在基板安装支撑架现场制孔，使用螺栓将基板固定于基板安装支撑架上，松开夹持夹具，重新检测至符合公差要求；

[0020] 9、最终检测：通过 ERS 点反求坐标系，动态显示平面法向坐标值 Z；出现超差点时进行标记，并去除超差点后再次检测，直至平面度符合公差要求；

[0021] 10、平面度评定：采用最小二乘法拟合平面进行平面度评定。

[0022] 优选地，步骤 10 还可以通过使用逆向工程软件，求出平面度误差的方式实现平面度评定。

[0023] 本发明的优点是：本发明将平面度拼合检测方法由传统的模拟量检测改进成为激光指导下的数字化检测；过程中能通过激光跟踪仪应用处理机直观显示调整量；调整量给出方式直接、实时、准确；基板上的测量点位置任意；靶标球测量运动轨迹任意；应用处理机功能强大，可测量并存储海量测量数据；靶标球与基板平面接触面积小，采点数量大，比使用传统方法更能全面、真实、准确地反映拼合基面平面度；能够方便地进行坐标系平移和旋转，将坐标原点准确定义至测量范围内的空间任何位置；根本解决了多块基板组成共平面，特别是任意倾斜角度、大平面的拼合检测问题。本发明简化了操作步骤；降低了劳动强度；提高了测量效率；测量准确度明显提高；最终通过海量数据能更真实准确地评定拼合面平面度误差。实践证明，本发明的测量效率提高了近 2 倍，测量精度提高了 3 倍以上。本发明还可应用于平面度要求较高的机车导轨、桥梁的基准测量以及大平板、非规则几何形状的平板、平台的检测。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明实施例 1 示意图；

[0025] 图 2 为本发明实施例 2 示意图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图及实例对本发明做进一步详细描述。

[0027] 一种基于激光测量的多基板拼合检测方法,采用激光跟踪仪(1)进行由已预先制有定位孔的多块基板组成的共平面,特别是任意倾斜角度、大平面的拼合检测,包括以下步骤:

[0028] 1、架设激光跟踪仪:选定测量站位,即:在整个待拼合平面的中间段侧旁或距离关键重要基板 2m ~ 5m 处,按照激光束能无遮挡地投射到被测部位;跟踪仪码盘水平偏摆、俯仰角度尽可能小,偏摆角不超过 $\pm 90^\circ$,俯仰角不超过 $\pm 45^\circ$ 的原则选定跟踪仪测量所处的位置,将实施现场校准后的激光跟踪仪稳固架设于测量站位处。

[0029] 2、获取理论坐标:将共平面上的所有基板及定位孔编号,使用 CATIA 软件在数模上获取带有靶标球球心偏置量的理论坐标,将理论坐标制成“X Y Z”格式的且与基板及定位孔编号一一对应的列表,然后将列表导入激光跟踪仪应用处理机;

[0030] 3、选择靶标球:根据基板拼合公差和测量距离选择靶标球,若坐标公差小于 $\pm 0.10\text{mm}$ 或测量距离 10m 以上,则选择使用 CCR 型靶标球,若坐标公差大于 $\pm 0.20\text{mm}$ 或测量距离小 10m,则首选 TBR 型靶标球。首选 TBR 型靶标球的原因在于 TBR 型靶标球测量精度低于 CCR 型靶标球,不适合 10m 以上的远距离跟踪测量,TBR 型靶标球价格为 CCR 型靶标球的 $1/5 \sim 1/10$,且重量仅 10g 左右,失手跌落不易造成镜面破碎;

[0031] 4、单块基板准备:先测量单块基板上的定位孔,建立单块基板检测坐标系,定义 Z 轴与基板平面法向重合,以基板四周为界“米”字形轨迹运动靶标球体,观测 Z 坐标变化,检测定位孔孔距、孔距边界尺寸;

[0032] 5、基板安装支撑架检测:对时效处理后的基板安装支撑架进行检测,调整使其满足安装要求并与地基相连接;满足安装要求指的是:满足基板安装支撑架装配图或技术文件中标注出的位置公差要求;

[0033] 6、建立安装坐标系:在包容安装区域的地面或分布于远端的三块基板上共选取三个水平基准点,其中两个水平基准点的连线与共平面长度方向走向平行,建立激光跟踪仪水平坐标系,通过激光跟踪仪水平坐标系的旋转与平移,将坐标原点移至共平面上的预定理论点,Z 坐标轴与共平面法线重合;

[0034] 7、设置 ERS 点:在坚固的地面、墙壁、支撑架上的合适立体空间位置埋设若干 ERS 点;所述合适立体空间位置指的是:激光跟踪仪在测量站位发出的激光束可无遮挡地投射到笼罩整个安装区域的前、后、左、右、上方立体空间,以被测件长度尺寸 $1/7$ 左右的尺寸间距均匀分布且能够埋设或粘贴 ERS 点目标座并保持不变的位置;

[0035] 8、首块基板定位:尽量吊装并夹持基板至预定理论点,在安装坐标系下,将靶标球置于被测表面,在基板全范围内,任意轨迹推动靶标球,动态扫描观测基板平面法线方向 Z 坐标的变化,通过 Z 坐标的变化量判断调整方向和调整量,在基板安装支撑架现场制孔,使用螺栓将基板固定于基板安装支撑架上,松开夹持夹具,重新检测至符合公差要求。所述符合公差要求指的是:符合基板装配图或技术文件中标注出的平面度公差要求;

[0036] 9、最终检测:通过 ERS 点反求坐标系,动态显示平面法向坐标值 Z;出现超差点时进行标记,并去除超差点后再次检测,直至平面度符合公差要求;所述符合公差要求指的是:符合基板装配图或技术文件中标注出的平面度公差要求;

[0037] 10、平面度评定:采用最小二乘法拟合平面进行平面度评定。

[0038] 优选地,步骤 10 还可以通过使用逆向工程软件,将海量坐标值导入与理论数模比较,求出平面度误差的方式实现平面度评定。

[0039] 实施例 1:图 1 所示:基板(A1)、……(A99);激光跟踪仪(1);靶标球(2);基板安装支撑架(3);墙壁(4)。拼合检测某主体结构水平基准面。目标主体长度 L 为 40m,由 99 块基板拼合而成。架设 LTD500 型激光跟踪仪(1)于测量站位,激光跟踪仪静态坐标精度(2 δ)为 $\pm 10 \mu\text{m}/\text{m}$ 。将检测合格的基板(A1)至基板(A99)预铺设到基板支撑架上,基板以奇偶两列分布,约定基板上的定位孔以逆时针顺序编号,基板(A1)上三个定位孔的编号为 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} ,确定目标偏置量和坐标原点位置,使用 CATIA 软件在数模上获取带有靶标球球心偏置量的理论坐标,将理论坐标导入应用处理机。在包容基板(A1)……(A99)的区域内,选择合适立体空间位置每 7m 左右均布 20 个 ERS 点,如图 1 所示,之后,钻孔加胶粘剂埋设 ERS1、ERS2、ERS4 于坚固地面;埋设 ERS3、ERS5 于墙壁(3)上;埋设 ERS6 于基板安装支撑架(3)坚固处。使用电子水准仪辅助建立的 3 个水平基准点 TB1、TB2、TB3,其中 TB1、TB2 的连线与共平面长度方向走向平行,图 1 所示。由 TB1、TB2、TB3 三点建立激光跟踪仪 $X_0Y_0Z_0$ 水平坐标系(内置电子水准仪的激光跟踪仪可直接建立水平坐标系),通过坐标平移,将水平坐标原点 O_0 平移至 A2 板上的 P_{23} 点处,建立起 XYZ 测量坐标系,原点定为 O。在 XYZ 测量坐标系下,测量 20 个 ERS 点,单独建立文件夹存储数据备用。至此,在 XYZ 测量坐标系下,逐一拼合检测基板(A1)至基板(A99)。例如:将靶标球(2)置于基板(A1)被测量面,测量并调整 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{13} 点的 X、Y 坐标至装配图标注出的 $\pm 0.20\text{mm}$ 公差范围内;Z 坐标至 $\pm 0.15\text{mm}$ 范围内,紧固基板(A1),测得各点坐标偏差值为 $P_{11}(0.020, 0.004, -0.026)$; $P_{12}(0.050, 0.020, 0.040)$; $P_{13}(0.010, 0.020, 0.030)$,再将靶标球(2)置于基面(A1)上表面,(必要时也可使用激光跟踪仪自带的磁性平托架辅助),使靶标球(2)与基面(A1)上表面以点(或直径不大于 26mm 的磁性平托架底面积)接触,使用能够推动靶标球(2)运动并保证与(A1)上表面接触的力量,任意轨迹推动靶标球(2)实施动态扫描,观测 Z 值变化,Z 坐标可近似当做基(A1)拼合的平面度及水平度。开启 CAD 窗口,能够同步观察到设置相等步长的测量点运行轨迹。基板(A1)安装完毕,依据理论坐标放样拼合检测基板(A2)上的 P_{21} 、 P_{22} 、 P_{23} 点的坐标,以保证基板安装的对称性、平行性及相互间的尺寸距离,通过激光引导调整定位,实测偏差为 $P_{21}(0.001, -0.005, -0.120)$; $P_{22}(0.010, 0.015, 0.017)$; $P_{23}(0.000, 0.012, 0.018)$,同样进行基板(A2)的动态扫描,各测量点 Z 坐标偏差均不超过 $\pm 0.15\text{mm}$ 。依据所述方法拼合基板(A3)、基板(A4)……直至基板(A99),拼合过程可实施顺序拼合,也可以先确定大型、关键重要基板,然后发散拼合。对于仅需要建立平面,没有基板相互间尺寸要求的拼合,如图 1 所示的基板(A44)及基板(A99)等,则直接采用动态扫描测量 Z 值完成拼合。当遇到连续长时间工作,地基震动,隔夜开工等情况,均通过测量 ERS 点反求坐标原点,以增强坐标系统。所有基板安装完成后,锁定状态,进行全面扫描检测,存储扫描数据,最终通过最小二乘法计算求得某主体结构水平基面平面度为 0.25mm ,满足了共平面整体平面度 0.30mm 的公差要求。将“点云”数据转换成逆向软件可读的格式,通过匹配和与理论数模比较求得平面度为 0.28mm 。本发明所述方法大大缩短了测量时间,使繁琐的工作变得容易,并将 40m 长共平面的安装坐标精度提高到 $\pm 0.15\text{mm}$ 以内。

[0040] 实施例 2:图 2 所示:基板(A1)……(A10);激光跟踪仪(1);靶标球(2)、基板安装支撑架(3)。拼合安装某飞机机翼操纵试验台安装基准面。该被测量平面的特点是所述

基准面与飞机坐标系各轴呈复合夹角关系。因此需要使用激光跟踪仪在飞机坐标系下初装调试好台架安装面的下翻角和后掠角,之后解决安装平面度问题。具体实施方式如下:

[0041] 将激光跟踪仪(1)架设在机翼操纵试验台翼根端,使其发出的激光束能直接投射到被测物表面。在飞机坐标系下测量 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{101} 点,将三点构成的平面在飞机坐标系下求解下翻角 α ;同理,测量基板安装支撑架(3)与激光跟踪仪(1)同侧的梁侧平面不共线的三点T1、T2、T3的坐标值,求解后掠角 β 。反复调整并求得 α 、 β 偏差小于 0.1° ,满足基板安装支撑架装配图安装技术要求。以 P_{11} 、 P_{12} 、 P_{101} 点建立机翼局部XYZ倾斜坐标系,定义 P_{11} 如为坐标原点O,图2所示。在倾斜坐标系下,将靶标球(2)直接置于基板(A1)被测面上,动态测量并观测Z值变化,在激光引导下调整并紧固基板(A1),观测Z坐标至 $\pm 0.12\text{mm}$ 公差范围内止。用上述方法将基板(A2)……(A10)调整至 $\pm 0.12\text{mm}$ 公差范围内止,在不再做任何调整的锁定状态下,进行动态扫描测量,记录数据,采用最小二乘法计算平面度为 0.23mm ,达到拼合技术要求。使用示例2所述方法,因靶标球(2)与平面间是点接触,接触面积小,采点量大,因此比使用传统方法更能全面、真实、准确地反映拼合基面平面度,为飞机试验台安装提供了重要保障。

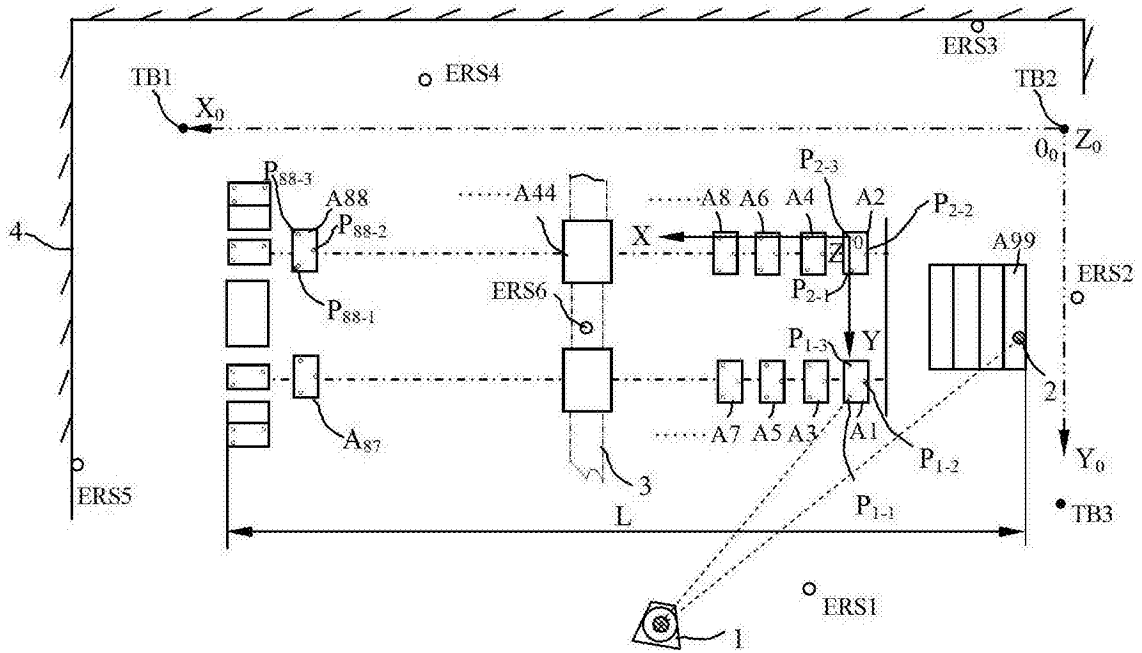


图 1

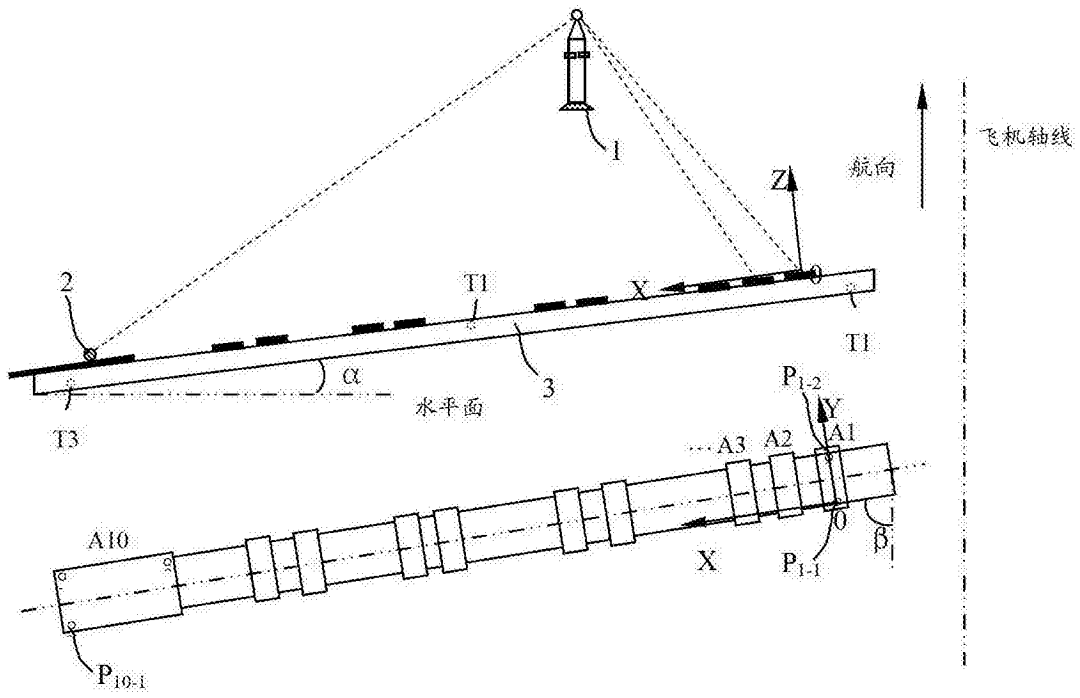


图 2