



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103925872 A

(43) 申请公布日 2014. 07. 16

(21) 申请号 201310717949. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013. 12. 23

G01B 11/00(2006. 01)

G01B 11/24(2006. 01)

(71) 申请人 中国神华能源股份有限公司

地址 100011 北京市东城区安外西滨河路
22 号神华大厦

申请人 神华销售集团有限公司
北京神华恒运能源科技有限公司
大连海事大学

(72) 发明人 谷红伟 李瑛 王元臣 许文海
陈明华 张望 华夏 缪希伟
杨德山 严魏 王鹤 白增辉
曹保卿

(74) 专利代理机构 北京邦信阳专利商标代理有
限公司 11012

代理人 王昭林 金玺

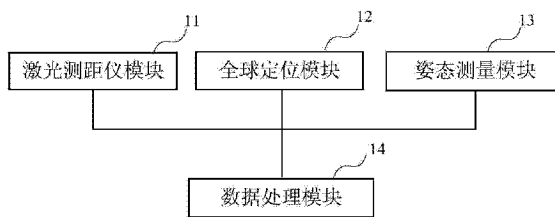
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置和方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置,包括:激光测距仪模块、全球定位模块、姿态测量模块和数据处理模块,激光测距仪模块对目标物进行激光扫描确定目标物上若干扫描点的相对位置,全球定位模块和姿态测量模块可获得扫描测量装置在大地坐标系中的位置及其姿态,数据处理模块通过坐标转换得到扫描点在大地坐标系的位置即目标物的空间分布情况。本发明还提供了一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量方法,扫描测量过程快捷高效,适用于对任意外形目标物的扫描测量。



1. 一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置,其特征在于,包括:

激光测距仪模块、全球定位模块、姿态测量模块和数据处理模块,激光测距仪模块、全球定位模块和姿态测量模块三者与数据处理模块电连接;其中,

激光测距仪模块包括激光测距仪,激光测距仪采集从激光测距仪出光口到目标物上多个扫描点的距离数据,并传输给所述数据处理模块;

全球定位模块包括全球定位系统接收机,全球定位系统接收机通过全球定位系统获取所述激光测距仪出光口的位置数据,并传输给所述数据处理模块;

姿态测量模块包括倾角传感器和电子罗盘,倾角传感器采集所述激光测距仪的俯仰角数据和倾斜角数据,电子罗盘采集所述激光测距仪的方位角数据,并传输给所述数据处理模块;并且,

数据处理模块对接收到的所述距离数据、所述激光测距仪出光口的位置数据、所述俯仰角数据、所述倾斜角数据和所述方位角数据进行处理,经过坐标转换得到所述多个扫描点在大地坐标系中的位置数据。

2. 如权利要求 1 所述的激光扫描测量装置,其特征在于,激光扫描测量装置还包括惯性导航系统,惯性导航系统与数据处理模块电连接,其中,惯性导航系统根据所述激光测距仪的移动加速度获得激光测距仪出光口的位置数据,并传输给所述数据处理模块。

3. 如权利要求 1 所述的激光扫描测量装置,其特征在于,激光扫描测量装置还包括同步授时模块,同步授时模块含有同步时钟,激光测距仪、全球定位模块和姿态测量模块三者都在同步时钟的控制下运行。

4. 如权利要求 1 所述的激光扫描测量装置,其特征在于,所述数据处理模块处理数据时,所述多个扫描点中的一个点 A 在大地坐标系(0-XYZ)中的位置坐标(x, y, z)为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

其中,(x', y', z')为点 A 在空间坐标系(0' -X' Y' Z')中的坐标,所述空间坐标系(0' -X' Y' Z')为以所述激光测距仪出光口位置为原点的空间坐标系,(ΔX, ΔY, ΔZ)为激光测距仪出光口在大地坐标系中的坐标,λ 为所述空间坐标系与大地坐标系之间的尺度比例因子,R 为所述空间坐标系相对于大地坐标系的三维坐标旋转矩阵;

其中,(x', y', z')按照下式计算:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ l * \cos \psi \\ l * \sin \psi \end{bmatrix}$$

其中,l 为点 A 到激光测距仪出光口(0')的距离,ψ 为点 A 到激光测距仪出光口(0')的连线(0' A)与所述空间坐标系中与激光测距仪的前向为同向的坐标轴(0' Y')的夹角。

5. 如权利要求 4 所述的激光扫描测量装置,其特征在于,其中 $\psi = n * \Delta \varphi - \theta$,其中,θ 为激光测距仪出光口(0')到激光测距仪的初始扫描点(N)的连线(0' N)与所述空间坐标系中与激光测距仪的前向为同向的坐标轴(0' Y')的夹角,Δφ 为激光测距仪的任意两条扫

描线的夹角, n 表示点 A 为第 $n+1$ 个扫描点。

6. 如权利要求 1 所述的激光扫描测量装置, 其特征在于, 激光扫描测量装置采用锂电池供电, 壳体为碳纤维板, 骨架为铝合金材料。

7. 一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量方法, 其特征在于, 包括:

以激光测距仪围绕目标物移动并做激光扫描, 获得从激光测距仪出光口到目标物的多个扫描点的距离数据;

获得所述激光测距仪出光口在大地坐标系中的位置数据;

获得所述激光测距仪的俯仰角、倾斜角和方位角数据;

基于所述多个扫描点的距离数据、所述激光测距仪出光口在大地坐标系中的位置数据、所述俯仰角、倾斜角和方位角数据, 经过坐标转换得到所述多个扫描点在大地坐标系中的位置数据。

8. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 以激光测距仪围绕目标物移动并做激光扫描时, 所述方法还包括:

所述激光测距仪围绕目标物移动并不间断地扫描, 且激光测距仪围绕目标物的移动轨迹至少走过 360° 。

9. 如权利要求 7 所述的方法, 其特征在于, 其中, 所述多个扫描点中的一个点 A 在大地坐标系 (O -XYZ) 中的位置坐标 (x, y, z) 为:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix},$$

其中, (x', y', z') 为点 A 在空间坐标系 (O' - X' Y' Z') 中的坐标, 所述空间坐标系 (O' - X' Y' Z') 为以所述激光测距仪出光口位置为原点的空间坐标系, $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ 为激光测距仪出光口在大地坐标系中的坐标, λ 为所述空间坐标系与大地坐标系之间的尺度比例因子, R 为所述空间坐标系相对于大地坐标系的三维坐标旋转矩阵;

其中, (x', y', z') 按照下式计算:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ l * \cos \psi \\ l * \sin \psi \end{bmatrix}$$

其中, l 为点 A 到激光测距仪出光口 (O') 的距离, ψ 为点 A 到激光测距仪出光口 (O') 的连线 ($O'A$) 与所述空间坐标系中与激光测距仪的前向为同向的坐标轴 ($O'Y'$) 的夹角。

10. 如权利要求 9 所述的方法, 其特征在于, 其中 $\psi = n * \Delta \varphi - \theta$, 其中, θ 为激光测距仪出光口 (O') 到激光测距仪的初始扫描点 (N) 的连线 ($O'N$) 与所述空间坐标系中与激光测距仪的前向为同向的坐标轴 ($O'Y'$) 的夹角, $\Delta \varphi$ 为激光测距仪的任意两条扫描线的夹角, n 表示点 A 为第 $n+1$ 个扫描点。

一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及测绘技术领域,具体涉及一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置和方法。

背景技术

[0002] 三维激光扫描仪利用激光测距装置记录被测物体表面大量的密集的点的三维坐标、反射率和纹理等信息,快速复建出被测目标物的三维模型及其线、面、体等各种图件数据。由于三维激光扫描系统可以密集地大量获取目标对象的数据点,因此相对于传统的测绘技术,三维激光扫描技术有其突破性。

[0003] 根据大量研究分析发现,三维激光扫描技术虽然能够快速绘制目标物的三维点云图,但是在特定情况下使用仍存在弊端。例如,针对堆储现代化管理中的煤炭等大宗散货的工作,需要便捷、准确地测量出例如储煤基地的煤垛体积,进而折算质量等参数,是储煤基地科学管理的重要工作。其中,若采用三维激光扫描技术,首先需要根据煤垛堆场情况,在煤垛周围选取多个特定的固定点,在固定点位置上对煤垛进行三维激光扫描,再将每个固定点视角获得的扫描点拼接起来,最终形成煤垛的点云图,得到煤垛整体空间分布情况,进而计算煤垛体积等。该种扫描测量方式需要根据堆场情况人工确定多个具有代表性的固定点作为扫描位置,还需要对不同位置视角获得的扫描点进行精确拼接,扫描测量过程复杂,另外,三维激光扫描仪的价格昂贵,多在百万元以上,使用成本较高。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置和方法,能够方便快捷地获得目标物的空间分布参数,且适用于对任意外形目标物的扫描测量。

附图说明

[0005] 图 1 为本发明用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置的结构示意图。

[0006] 图 2 为本发明用于获取目标物空间分布的激光扫描测量方法框图。

[0007] 图 3 为以煤垛为目标物的实施例处理示意图。

[0008] 图 4 为图 3 实施例中煤垛表面三维点云图的示意图。

[0009] 图 5 为对任一扫描点进行三维坐标转换的坐标系关系示意图。

[0010] 图 6 为利用本发明实施例多次测量同一煤垛所得体积值的比较曲线图。

具体实施方式

[0011] 以下结合附图并举实施例,对本发明的技术方案进行详细描述。

[0012] 图 1 为本发明用于获取目标物空间分布的激光扫描测量装置的结构示意图,包括激光测距仪模块 11、全球定位模块 12、姿态测量模块 13 和数据处理模块 14,

[0013] 激光测距仪模块 11 包括激光测距仪,激光测距仪采集从激光测距仪出光口到目

标物上多个扫描点的距离数据,并传输给数据处理模块 14;

[0014] 全球定位模块 12 包括全球定位系统接收机,接收机通过全球定位系统获取激光测距仪出光口的位置数据,并传输给数据处理模块 14;

[0015] 姿态测量模块 13 包括倾角传感器和电子罗盘,倾角传感器采集激光测距仪的俯仰角数据和倾斜角数据,电子罗盘采集激光测距仪的方位角数据,并传输给数据处理模块 14;并且,

[0016] 数据处理模块 14 对接收到的距离数据、激光测距仪出光口的位置数据、俯仰角数据、倾斜角数据和方位角数据进行处理,经过坐标转换得到多个扫描点在大地坐标系中的位置数据。

[0017] 图 2 为本发明用于获取目标物空间分布的激光扫描测量方法框图,包括:

[0018] S101,以激光测距仪围绕目标物移动并做激光扫描,获得从激光测距仪出光口到目标物的多个扫描点的距离数据;

[0019] S102,获得激光测距仪出光口在大地坐标系中的位置数据;

[0020] S103,获得激光测距仪的俯仰角、倾斜角和方位角数据;

[0021] S104,基于多个扫描点的距离数据、激光测距仪出光口在大地坐标系中的位置数据、俯仰角、倾斜角和方位角数据,经过坐标转换得到多个扫描点在大地坐标系中的位置数据。

[0022] 利用上述技术方案,通过对目标物进行激光扫描确定目标物上若干扫描点的相对位置,并利用相关设备获得扫描测量装置在大地坐标系中的位置及其姿态,进而通过坐标转换获得扫描点在大地坐标系的位置,也就得到了目标物的空间分布情况,可绘制三维点云图。整个过程不需要根据目标物外形选取扫描位置,不需要对扫描点数据进行拼接,扫描测量过程快捷高效。

[0023] 图 3 所示为以煤垛为目标物的具体实施例过程示意图,待测目标物煤垛为棱台状,操作者手持测量装置围绕煤垛移动进行扫描,扫描测量装置的激光测距仪发出二维激光扫描线照射到煤垛上,形成若干扫描点,操作者围绕煤垛行进一周形成图示中虚线所示的测量轨迹,另外,扫描测量装置还通过无线数据链路实时接收全球定位系统基准站发来的数据。

[0024] 扫描时,一方面,扫描测量装置中的激光测距仪测出本体到煤垛表面扫描点的距离数据;另一方面,扫描测量装置中的全球定位模块利用全球定位系统基准站发来的观测数据,得到扫描测量装置在移动轨迹上的实时位置;再另一方面,扫描测量装置中的姿态测量模块利用倾角传感器实时采集激光测距仪的俯仰角和倾斜角数据,还利用电子罗盘实时采集激光测距仪的方位角数据。

[0025] 将上述采集到的数据传输给扫描测量装置中的数据处理模块,数据处理模块分析激光测距仪到煤垛表面扫描点的距离,获得扫描点在以激光测距仪为原点所建立空间坐标系中的位置坐标。并根据激光测距仪在移动轨迹上的实时位置,利用实时动态差分法(Real Time Kinematic, RTK)确定激光测距仪在大地坐标系中的位置坐标(全球定位模块经过实时动态差分运算可获得厘米量级的定位精度)。结合激光测距仪的实时姿态(以俯仰角、倾斜角和方位角表征)计算出建立的空间坐标系与大地坐标系之间的转换关系。最终将煤垛表面扫描点在该空间坐标系的三维位置坐标全部转换为大地坐标系下的三维位置坐标,即

得到了煤垛空间分布参数,随后按照需要可建立煤垛空间模型,进而计算体积、质量等物理参数。

[0026] 优选地,图3实施例中的激光扫描测量装置本体绕煤垛至少移动一圈,且不间断地以预定频率扫描,能够全面获取煤垛的三维分布数据,根据煤垛堆场形状的不规则程度调整扫描频率,以适当的数据采集量制作煤垛三维点云图,提高处理效率,保证结果精确度。

[0027] 在本发明实施例中,利用全球定位系统确定扫描仪在大地坐标系中的位置。具体来讲,扫描之前,打开全球定位系统基准站电源并等待完成初始化,通过指示灯核实基准站已经搜索到多颗用于定位的卫星,且正通过无线数据链实时向外发送基准站观测值和测站坐标。然后打开扫描测量装置的电源并等待各模块完成初始化,核实其中的“全球定位模块”已搜索到多颗用于定位的卫星,全球定位模块与扫描测量装置相对位置固定,其中的接收机接收无线数据链实时发送来的基准站观测值和测站坐标,得到激光测距仪在大地坐标系中的位置坐标。可在30km内建立全球定位系统基准站。

[0028] 其中,全球定位系统可以美国“GPS”(Global Positioning System)为主、俄罗斯“GLONASS”和中国“北斗”为辅,实现扫描测量装置本体的实时三维定位,还可根据扫描测量装置本体在不同时刻的位置获得移动轨迹。由于本发明的全球定位模块固定在扫描测量装置本体内,经校准其测量到的三维位置可以表征激光测距仪的三维位置。

[0029] 在本发明实施例中,利用二维倾角传感器获得扫描测量装置本体与水平面之间的夹角,包括俯仰角和左右倾斜角。由于二维倾角传感器固定在测量装置本体内,所以经过校准后其测量到的俯仰角和倾斜角可表征激光测距仪的二维倾角。同时,利用电子罗盘(也称数字罗盘)获得扫描测量装置本体与正北方向的夹角。由于电子罗盘固定在测量装置本体内,所以经过校准后其测量到的与磁场北极的夹角可表征激光测距仪与磁场北极的夹角,进而可换算出激光测距仪与正北方向的夹角即方位角。

[0030] 在本发明实施例中,优选地,利用惯性导航系统(Inertial Navigation System, INS)实时检测扫描测量装置本体的三维加速度,通过两次时间积分可求解出扫描测量装置的移动轨迹,以计算其在大地坐标系中的位置坐标。将惯性导航系统模块固定在扫描测量装置内,经过校准后其测量到的三维运动轨迹可表征激光测距仪的三维运动轨迹,可根据初始位置计算得到运动轨迹上任意一点的三维位置。惯性导航系统的作用主要是作为全球定位技术的补充,在全球定位系统受到天气等因素干扰时,保证仍可获得扫描测量装置的准确移动轨迹。

[0031] 在本发明实施例中,优选地,采用铝合金骨架和碳纤维背板构成扫描测量装置的壳体,并利用锂电池供电,可使装置重量控制在便于手提使用的7kg以内,相比目前的三维激光扫描仪重量可减少近一半,操作者手提装置围绕煤垛步行一周即可完成煤垛表面位置数据的采集。本发明的激光扫描测量装置成本大幅降低,且整个扫描测量过程高效便捷,适用于各种目标物的扫描测量场合。

[0032] 在本发明实施例中,需要注意,扫描测量装置内除了集成有激光测距仪、姿态测量模块、全球定位模块、数据处理模块以及供电模块之外,还含有同步授时模块,确保所处理的数据对应于同一时刻。同步授时模块具有同步时钟,激光测距仪、姿态测量模块和全球定位模块在同步授时模块的控制下运行,采集目标物表面激光点云的相对位置、俯仰角、倾斜

角、方位角以及定位等数据。数据处理模块在随后的数据处理中,针对扫描点在同一时刻的上述相关数据进行运算,确保输入输出数据正确可靠。

[0033] 集合图 3 实施例煤垛表面各扫描点在大地坐标系中的三维位置坐标,形成煤垛表面的三维点云图,如图 4 所示。以三维点云图为基础,可采用三角剖分法建立准三维模型,将煤垛内部体积分割成由多个三棱柱构成的集合体,再分别计算每个三棱柱的体积,进而累加求得煤垛体积,用于存储量评估、经济效益评估等。

[0034] 本发明实施例以非接触式测量方法在短时间内得到大量扫描点位置数据,优选地,建立一个空间坐标系,如图 5 所示,以扫描测量装置的激光测距仪出光口为原点建立坐标系 $O'-X'Y'Z'$,激光测距仪的前向为 $O'Y'$ 轴方向,扫描平面与 $Y'O'Z'$ 平面重合。则具体地,设任意扫描测量点 P 与激光测距仪出光口 O' 的距离为 l (由激光测距仪测得),则点 P 在 $O'-X'Y'Z'$ 坐标系中的位置 (x', y', z') 可表示为:

$$[0035] \quad \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ l * \cos \psi \\ l * \sin \psi \end{bmatrix}$$

[0036] 其中, ψ 为点 P 到原点 O' 的连线 $O'P$ 与 $O'Y'$ 轴的夹角。此外,设 $O'-X'Y'Z'$ 坐标系的原点 O' 在大地坐标系 $O-XYZ$ 中的位置坐标为 $(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ (由全球定位模块测得),设 $O'-X'Y'Z'$ 坐标系的坐标轴 $O'X', O'Y', O'Z'$ 相对于大地坐标系的旋转角度分别为 $\varepsilon_X, \varepsilon_Y, \varepsilon_Z$ (分别为姿态测量模块测得的倾斜角、俯仰角、方位角),则任意扫描点 P 在 $O-XYZ$ 坐标系中的位置坐标 (x, y, z) 为:

$$[0037] \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} = \lambda R \begin{bmatrix} 0 \\ l * \cos \psi \\ l * \sin \psi \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}$$

[0038] 其中 λ 为两个坐标系间的尺度比例因子, $\lambda=1$, R 为三维坐标旋转矩阵,其与激光测距仪即建立的空间坐标轴的俯仰角、倾斜角、方位角有关,按定义为下式:

[0039]

$$R = \begin{bmatrix} \cos \varepsilon_Y \cos \varepsilon_Z - \sin \varepsilon_Y \sin \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & -\cos \varepsilon_Y \sin \varepsilon_Z - \sin \varepsilon_Y \sin \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & -\sin \varepsilon_Y \cos \varepsilon_X \\ \cos \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & -\sin \varepsilon_X \\ \sin \varepsilon_Y \cos \varepsilon_Z + \cos \varepsilon_Y \sin \varepsilon_X \sin \varepsilon_Z & -\sin \varepsilon_Y \sin \varepsilon_Z + \cos \varepsilon_Y \sin \varepsilon_X \cos \varepsilon_Z & \cos \varepsilon_Y \cos \varepsilon_X \end{bmatrix}。$$

[0040] 这里,若设激光测距仪的初始扫描点 N (一列扫描点中最下方的扫描点)和原点 O' 的连线 $O'N$ 与 $O'Y'$ 轴的夹角为 θ (激光测距仪固有参数),设激光束的角度间隔为 $\Delta\varphi$ (激光测距仪固有参数),则 $\psi = n * \Delta\varphi - \theta$,其中 n 表示点 P 为本列扫描点中从初始扫描点开始的第 $n+1$ 个点。

[0041] 对目标物上所有表面扫描点进行上述坐标变换处理,将得到的三维坐标标示在大地坐标系 $O-XYZ$ 中,即得到了扫描点构成的点云,如图 4 所示的煤垛表面三维点云图。

[0042] 需要时,以三维点云图为基础采用三角剖分法建立准三维模型,并将煤垛内部体积分割成由多个三棱柱构成的集合体,分别计算每个三棱柱的体积并累加求得煤垛体积。图 6 所示为利用上述方法多次测量同一煤垛所得体积值的比较曲线图,其最大相对误差为

0.93%，结果可靠性高。

[0043] 以上，结合具体实施例对本发明的技术方案进行了详细介绍，所描述的具体实施例用于帮助理解本发明的思想。本领域技术人员在本发明具体实施例的基础上做出的推导和变型也属于本发明保护范围之内。

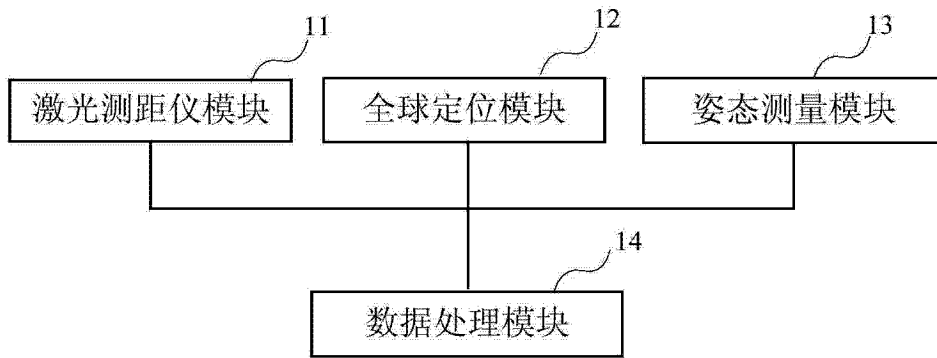


图 1

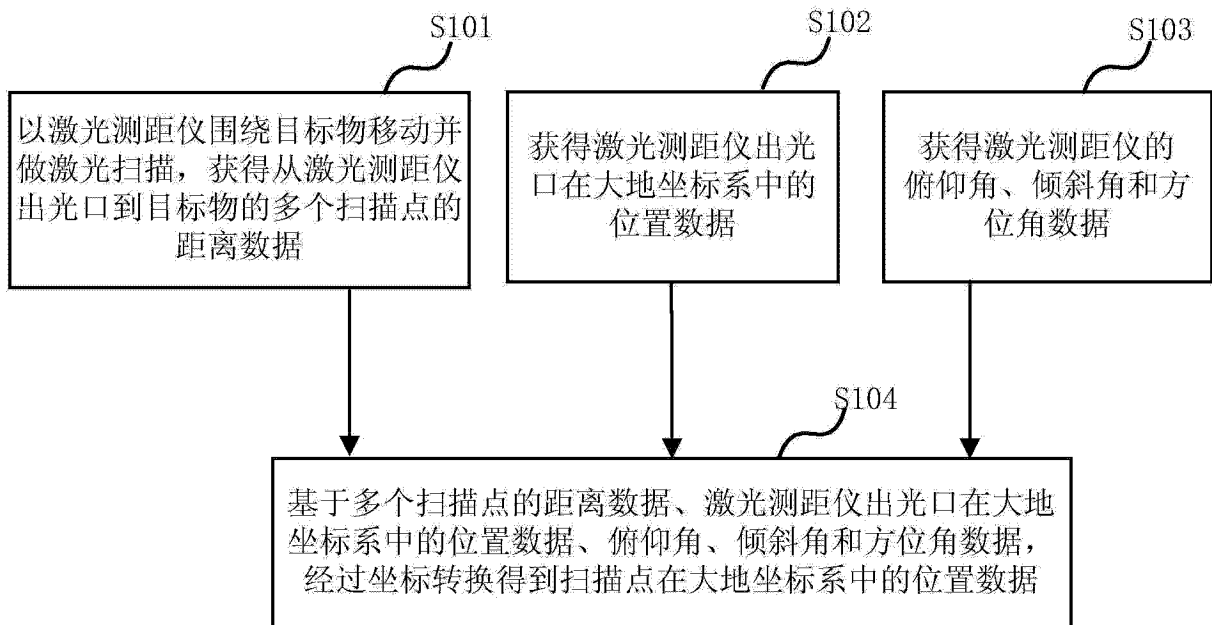


图 2

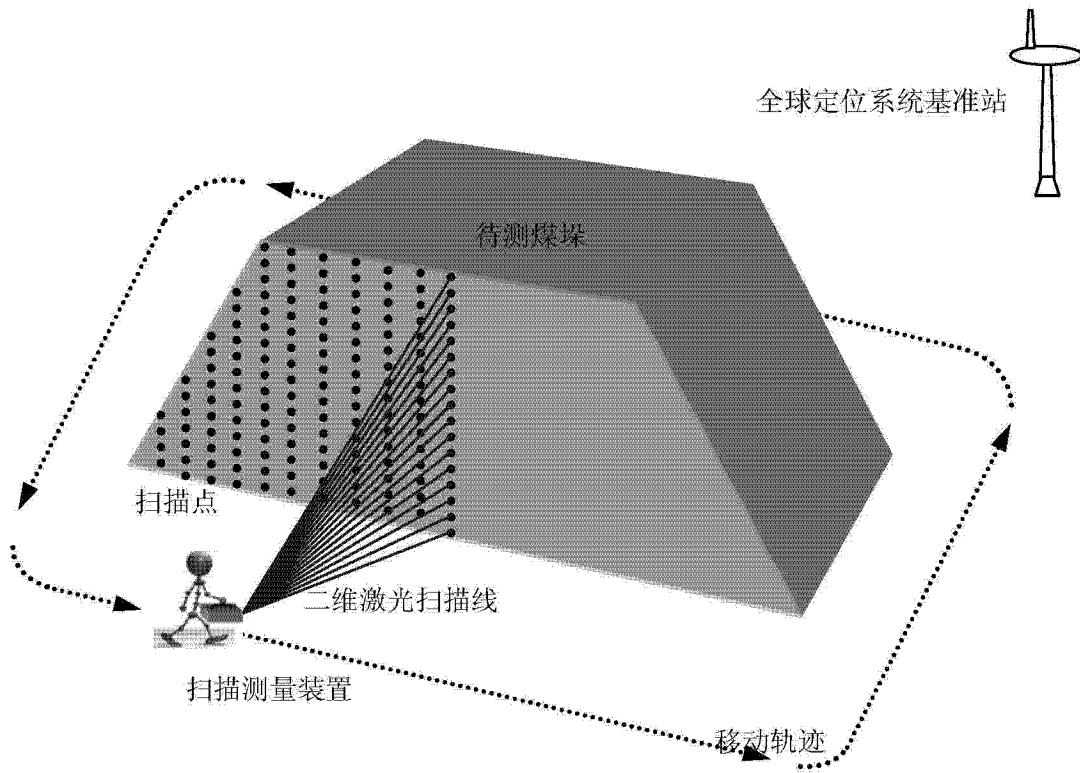


图 3

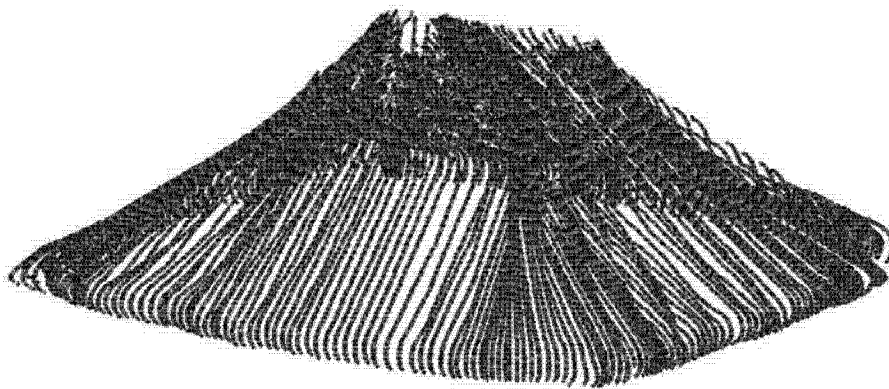


图 4

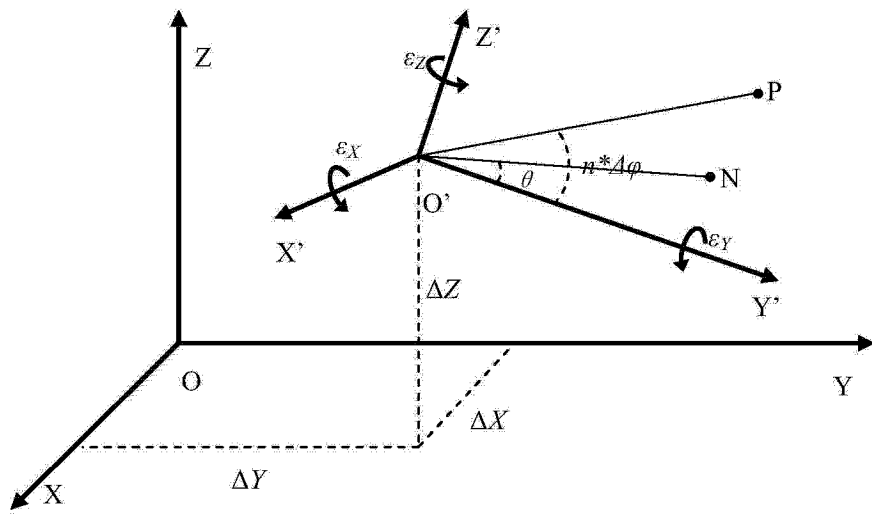


图 5

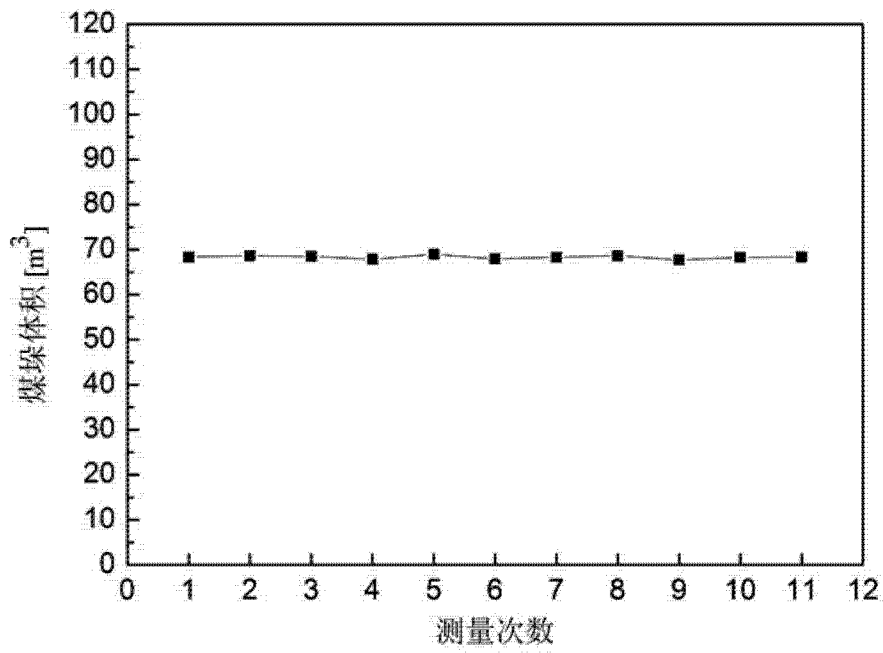


图 6