



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107621628 A

(43)申请公布日 2018.01.23

(21)申请号 201710614994.X

(22)申请日 2017.07.25

(71)申请人 河南省科学院地理研究所

地址 450052 河南省郑州市二七区陇海中  
路64号

申请人 河南四维远见信息技术有限公司

(72)发明人 李军杰 王超 王丽媛 杨春  
邱士可 张鹏飞 杨保 杜军  
马玉凤 郝利民 宋立生

(74)专利代理机构 北京市广友专利事务所有限

责任公司 11237

代理人 祁献民

(51)Int.Cl.

G01S 7/497(2006.01)

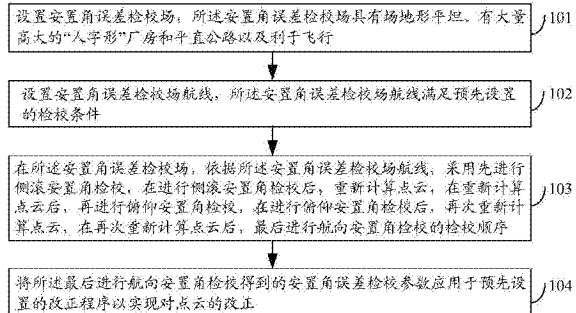
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种安置角误差检校方法

(57)摘要

本发明的实施例公开一种安置角误差检校方法，涉及检校技术，能够提升机载激光雷达系统的精度。包括：设置安置角误差检校场，安置角误差检校场具有场地形平坦、有大量高大的“人字形”厂房和平直公路以及利于飞行；设置满足预先设置的检校条件的安置角误差检校场航线；在安置角误差检校场，依据安置角误差检校场航线，采用先进行侧滚安置角检校后，重新计算点云，在重新计算点云后，再进行俯仰安置角检校，在进行俯仰安置角检校后，再次重新计算点云，在再次重新计算点云后，最后进行航向安置角检校的检校顺序；将最后进行航向安置角检校得到的安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序以实现对点云的改正。本发明适用于检校安置角误差。



1. 一种安置角误差检校方法,其特征在于,包括:

设置安置角误差检校场,所述安置角误差检校场具有场地形平坦、有大量高大的“人字形”厂房和平直公路以及利于飞行;

设置安置角误差检校场航线,所述安置角误差检校场航线满足预先设置的检校条件;

在所述安置角误差检校场,依据所述安置角误差检校场航线,采用先进行侧滚安置角检校,在进行侧滚安置角检校后,重新计算点云,在重新计算点云后,再进行俯仰安置角检校,在进行俯仰安置角检校后,再次重新计算点云,在再次重新计算点云后,最后进行航向安置角检校的检校顺序;

将所述最后进行航向安置角检校得到的安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序以实现对点云的改正。

2. 根据权利要求1所述的安置角误差检校方法,其特征在于,所述检校条件包括:

I、进行侧滚安置角检校时,设计垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线;

II、进行俯仰安置角检校时,设计方向相反的两条重叠航线,航线方向垂直于“人字形”房屋屋脊线,穿过房屋上方;

III、进行侧滚安置角检校与进行俯仰安置角检校均是往返飞行,尽量选择平直公路的走向平行于屋脊线的检校场,合并在一起飞行;

IV、两条平行的航线,一条穿过尖顶房屋,垂直于屋脊线,另外一条航线平行于穿过尖顶房屋的航线,且扫描的点云能完全覆盖该尖顶房屋。

3. 根据权利要求2所述的安置角误差检校方法,其特征在于,所述检校条件还包括:

设计较高的航线高度。

4. 根据权利要求1至3任一项所述的安置角误差检校方法,其特征在于,所述安置角误差检校包括:侧滚安置角检校、俯仰安置角检校以及航向安置角检校。

5. 根据权利要求4所述的安置角误差检校方法,其特征在于,所述侧滚安置角检校包括:

将垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线得到的点云数据导入预先设置的检校软件;

切取一断面,切取断面的方向要求沿着平直公路的走向,切取的断面均为两条相交的直线,侧滚安置角安置角为两条直线夹角的一半;

拟合出两条直线,直接量取两条直线的夹角;

根据量取的夹角参数对点云数据进行改正,根据改正的效果确定侧滚安置角参数的正负;

进行多次切取,获得一组侧滚安置角参数,依据最小二乘原理,最终求得侧滚安置角检校值。

6. 根据权利要求5所述的安置角误差检校方法,其特征在于,利用下式计算所述侧滚安置角:

$$\Delta r = \frac{z_L - z_R}{2H\tan\theta_{max}}$$

式中,

$\Delta r$ 为侧滚安置角;

$z_L - z_R$ 为同一条扫描线最左侧和最右侧的高程差；  
H为飞行高度；  
 $\theta_{max}$ 为最大扫描角。

7. 根据权利要求4所述的安置角误差检校方法，其特征在于，所述进行俯仰安置角检校包括：

提取进行过侧滚安置角改正的点云数据；

在检校软件中按航线显示点云，只显示垂直于屋脊线往返飞行的两条重叠航线的点云进行分析；

沿垂直于屋脊线方向切取多个断面(考虑到屋顶斜面的深度，断面深度一般为1~2m)，如果发现两个屋顶顶点沿飞行方向有偏移，将该水平位移作为屋脊线的位移，即尖顶房上同名点的水平偏移量，直接在TerraScan上量取偏移量；

将量取的偏移量应用于预先设置的俯仰安置角计算公式，得到俯仰安置角；

截取多个断面，同样依据最小二乘原理，最终求得俯仰安置角参数。

8. 根据权利要求7所述的安置角误差检校方法，其特征在于，利用下式计算所述俯仰安置角：

$$\Delta p = D_1 / (2H)$$

式中，

$\Delta p$ 为俯仰安置角；

$D_1$ 为尖顶房上同名点的水平偏移量；

H为平均航高。

9. 根据权利要求4所述的安置角误差检校方法，其特征在于，所述进行航向安置角检校包括：

在检校完侧滚安置角和俯仰安置角的基础上，只显示两条平行航线(AB和DC)的点云数据；

垂直屋脊线方向在屋脊中间处切取多个断面(深度也为1~2m)；

查找屋脊线顶点在水平方向存在的明显位移，将该位移作为屋顶特征点在两条平行航线中的沿屋脊线垂直方向的水平位移；

通过检校软件直接量取两条平行航线间的平均距离；

将所述水平位移和所述平均距离应用于预先设置的航向安置角计算公式，得出一组航向安置角并确定正负，再次利用最小二乘原理求得航向安置角。

10. 根据权利要求9所述的安置角误差检校方法，其特征在于，在所述得出一组航向安置角并确定正负之后，再次利用最小二乘原理求得航向安置角之前，所述方法还包括：

依据确定正负的航向安置角对点云坐标进行改正，若重叠度较好，无需进行再次检校；否则需要继续检校，直到重叠航带点云完全重叠为止，然后执行再次利用最小二乘原理求得航向安置角的步骤。

## 一种安置角误差检校方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及校验技术,尤其涉及一种安置角误差检校方法。

### 背景技术

[0002] 机载激光雷达系统由于具有外形简单、质量轻便,可以搭载的飞行平台众多,而且具有70°的有效扫描视场和每秒最多200K个脉冲的高扫描密度,可以有效提高航空测绘扫描效率,能够很好地适应我国多山地貌和高效航测作业的需求,得到了广泛的应用,例如,电力巡线三维数据采集、城市三维信息化建模、地籍测量及监视、水利勘测、林木和植被考察等各种高效、高精度三维测量领域。

[0003] 机载激光雷达系统中的机载激光扫描测量仪(三维成像)以脉冲激光器作为主动探测光源,利用激光单色性好、方向性强、能量高、光束窄的特点进行测距扫描,通过接收目标对激光信号的反射及散射回波来测量目标的方位和距离,即由激光器发送连续脉冲信号,经转台连续旋转形成扫描视场,再经过一定距离范围内的目标反射后被光学接收系统收集,记录每个脉冲的收发时间及转台角度,从而确定目标的空间方位,形成点云数据,依据点云数据得到高精度的三维目标测量信息,实现计量和检测。

[0004] 机载激光雷达系统的精度不仅受激光扫描仪、相机、POS与惯性稳定平台等核心部件精度的影响,更取决于集成系统中多传感器时空参数和动态变化模型的准确性。因而,在使用机载激光雷达系统之前,对机载激光雷达系统进行校验,使之满足预先设置的参数,是提升机载激光雷达系统的精度的有效方式之一。

[0005] 机载激光雷达系统的检校包括各部件的检校以及系统集成后的检校,其中,即使对组成机载激光雷达系统的每个部件都进行过检校并达到了符合的精度要求,在整个系统集成之后,由于各部件(传感器)在集成为系统后会产生新的误差,主要包括偏心距误差、安置角误差、坐标转换误差、时间同步误差等,其中,激光扫描参考坐标系与IMU惯性测量单元之间的安置角误差是最大的系统误差源,安置角误差将导致相邻两航带中的建筑物的点云并不重合,若不进行安置角误差检校,在对点云进行分类提取后,安置角误差会引入到最终点云数据中,因而,对于机载激光雷达测量系统而言,如果不进行系统集成后的检校也不能得到令人满意的测量精度。

[0006] 目前,还没有提出一种有效的安置角误差检校方法以提升机载激光雷达系统的精度。

### 发明内容

[0007] 有鉴于此,本发明实施例提供一种安置角误差检校方法,能够提升机载激光雷达系统的精度。

[0008] 第一方面,本发明实施例提供一种安置角误差检校方法,包括:

[0009] 设置安置角误差检校场,所述安置角误差检校场具有场地形平坦、有大量高大的“人字形”厂房和平直公路以及利于飞行;

[0010] 设置安置角误差检校场航线,所述安置角误差检校场航线满足预先设置的检校条件;

[0011] 在所述安置角误差检校场,依据所述安置角误差检校场航线,采用先进行侧滚安置角检校,在进行侧滚安置角检校后,重新计算点云,在重新计算点云后,再进行俯仰安置角检校,在进行俯仰安置角检校后,再次重新计算点云,在再次重新计算点云后,最后进行航向安置角检校的检校顺序;

[0012] 将所述最后进行航向安置角检校得到的安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序以实现对点云的改正。

[0013] 结合第一方面,在第一方面的第一种实施方式中,所述检校条件包括:

[0014] I、进行侧滚安置角检校时,设计垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线;

[0015] II、进行俯仰安置角检校时,设计方向相反的两条重叠航线,航线方向垂直于“人字形”房屋屋脊线,穿过房屋上方;

[0016] III、进行侧滚安置角检校与进行俯仰安置角检校均是往返飞行,尽量选择平直公路的走向平行于屋脊线的检校场,合并在一起飞行;

[0017] IV、两条平行的航线,一条穿过尖顶房屋,垂直于屋脊线,另外一条航线平行于穿过尖顶房屋的航线,且扫描的点云能完全覆盖该尖顶房屋。

[0018] 结合第一方面的第一种实施方式,在第一方面的第二种实施方式中,所述检校条件还包括:

[0019] 设计较高的航线高度。

[0020] 结合第一方面、第一方面的第一种至第三种中任一种实施方式,在第一方面的第三种实施方式中,所述安置角误差检校包括:侧滚安置角检校、俯仰安置角检校以及航向安置角检校。

[0021] 结合第一方面的第三种实施方式,在第一方面的第四种实施方式中,所述侧滚安置角检校包括:

[0022] 将垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线得到的点云数据导入预先设置的检校软件;

[0023] 切取一断面,切取断面的方向要求沿着平直公路的走向,切取的断面均为两条相交的直线,侧滚安置角安置角为两条直线夹角的一半;

[0024] 拟合出两条直线,直接量取两条直线的夹角;

[0025] 根据量取的夹角参数对点云数据进行改正,根据改正的效果确定侧滚安置角参数的正负;

[0026] 进行多次切取,获得一组侧滚安置角参数,依据最小二乘原理,最终求得侧滚安置角检校值。

[0027] 结合第一方面的第四种实施方式,在第一方面的第五种实施方式中,利用下式计算所述侧滚安置角:

$$[0028] \Delta r = \frac{z_L - z_R}{2H\tan\theta_{max}}$$

[0029] 式中,

[0030]  $\Delta r$ 为侧滚安置角;

- [0031]  $z_L-z_R$ 为同一条扫描线最左侧和最右侧的高程差；  
[0032] H为飞行高度；  
[0033]  $\theta_{\max}$ 为最大扫描角。
- [0034] 结合第一方面的第三种实施方式，在第一方面的第六种实施方式中，所述进行俯仰安置角检校包括：
- [0035] 提取进行过侧滚安置角改正的点云数据；  
[0036] 在检校软件中按航线显示点云，只显示垂直于屋脊线往返飞行的两条重叠航线的点云进行分析；  
[0037] 沿垂直于屋脊线方向切取多个断面(考虑到屋顶斜面的深度，断面深度一般为1~2m)，如果发现两个屋顶顶点沿飞行方向有偏移，将该水平位移作为屋脊线的位移，即尖顶房上同名点的水平偏移量，直接在TerraScan上量取偏移量；  
[0038] 将量取的偏移量应用于预先设置的俯仰安置角计算公式，得到俯仰安置角；  
[0039] 截取多个断面，同样依据最小二乘原理，最终求得俯仰安置角参数。
- [0040] 结合第一方面的第六种实施方式，在第一方面的第七种实施方式中，利用下式计算所述俯仰安置角：
- [0041]  $\Delta p = D_1 / (2H)$   
[0042] 式中，  
[0043]  $\Delta p$ 为俯仰安置角；  
[0044]  $D_1$ 为尖顶房上同名点的水平偏移量；  
[0045] H为平均航高。
- [0046] 结合第一方面的第三种实施方式，在第一方面的第八种实施方式中，所述进行航向安置角检校包括：
- [0047] 在检校完侧滚安置角和俯仰安置角的基础上，只显示两条平行航线(AB和DC)的点云数据；  
[0048] 垂直屋脊线方向在屋脊中间处切取多个断面(深度也为1~2m)；  
[0049] 查找屋脊线顶点在水平方向存在的明显位移，将该位移作为屋顶特征点在两条平行航线中的沿屋脊线垂直方向的水平位移；  
[0050] 通过检校软件直接量取两条平行航线间的平均距离；  
[0051] 将所述水平位移和所述平均距离应用于预先设置的航向安置角计算公式，得出一组航向安置角并确定正负，再次利用最小二乘原理求得航向安置角。
- [0052] 结合第一方面的第八种实施方式，在第一方面的第九种实施方式中，在所述得出一组航向安置角并确定正负之后，再次利用最小二乘原理求得航向安置角之前，所述方法还包括：
- [0053] 依据确定正负的航向安置角对点云坐标进行改正，若重叠度较好，无需进行再次检校；否则需要继续检校，直到重叠航带点云完全重叠为止，然后执行再次利用最小二乘原理求得航向安置角的步骤。
- [0054] 本发明实施例提供的一种安置角误差检校方法，通过设置安置角误差检校场，所述安置角误差检校场具有场地形平坦、有大量高大的“人字形”厂房和平直公路以及利于飞行；设置安置角误差检校场航线，所述安置角误差检校场航线满足预先设置的检校条件；在

所述安置角误差检校场，依据所述安置角误差检校场航线，采用先进行侧滚安置角检校，在进行侧滚安置角检校后，重新计算点云，在重新计算点云后，再进行俯仰安置角检校，在进行俯仰安置角检校后，再次重新计算点云，在再次重新计算点云后，最后进行航向安置角检校的检校顺序；将所述最后进行航向安置角检校得到的安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序以实现对点云的改正，能够提升机载激光雷达系统的精度。

## 附图说明

[0055] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

- [0056] 图1为本发明的实施例一安置角误差检校方法流程示意图；
- [0057] 图2为本发明的实施例二飞行航线示意图；
- [0058] 图3为本发明的实施例三侧滚安置角对激光脚点的影响示意图；
- [0059] 图4为本发明的实施例四俯仰安置角对激光脚点位置的影响示意图；
- [0060] 图5为本发明的实施例五航向安置角点云示意图。

## 具体实施方式

[0061] 下面结合附图对本发明实施例进行详细描述。

[0062] 应当明确，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

[0063] 图1为本发明的实施例一安置角误差检校方法流程示意图，如图1所示，本实施例的方法可以包括：

[0064] 步骤101，设置安置角误差检校场，所述安置角误差检校场具有场地形平坦、有大量高大的“人字形”厂房和平直公路以及利于飞行；

[0065] 本实施例中，作为一可选实施例，安置角误差检校场选择在平顶山市新城区工业园区，该检校场地形平坦，海拔在90m左右，工业园区有大量的“人字形”厂房和平直公路。工业园区内的厂房均比较高大，能提高安置角误差检校精度。此外，工业园区无大片水域，无强磁场，天气条件良好，有利于检校飞行。

[0066] 步骤102，设置安置角误差检校场航线，所述安置角误差检校场航线满足预先设置的检校条件；

[0067] 本实施例中，作为一可选实施例，检校条件包括：

[0068] I、进行侧滚安置角检校时，设计垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线；

[0069] II、进行俯仰安置角检校时，设计方向相反的两条重叠航线，航线方向垂直于“人字形”房屋屋脊线，穿过房屋上方；

[0070] III、进行侧滚安置角检校与进行俯仰安置角检校均是往返飞行，尽量选择平直公路的走向平行于屋脊线的检校场，合并在一起飞行；

[0071] IV、两条平行的航线，一条穿过尖顶房屋，垂直于屋脊线，另外一条航线平行于穿

过尖顶房屋的航线，且扫描的点云能完全覆盖该尖顶房屋。

[0072] 本实施例中，作为一可选实施例，所述安置角误差检校场航线还满足：

[0073] 设计较高的航线高度。

[0074] 本实施例中，航线高度理论上是越高，检校精度越好，设计时应尽量提高航线高度，例如，设计的航线高度高于一预先设置的航线高度阈值。

[0075] 本实施例中，根据设计要求并结合实地考察，有道路与房屋屋脊线平行，平直公路的走向和“人字形”房屋的屋脊线平行，因而，在设计航线时，可以减少航线，将侧滚安置角和俯仰安置角一并飞行，只需要另外一条平行航线，大大提高了检校效率，节约飞行成本。

[0076] 图2为本发明的实施例二飞行航线示意图。如图2所示，其中，I和II共用一条航线AB，II和III可共用一条航线CD。

[0077] 步骤103，在所述安置角误差检校场，依据所述安置角误差检校场航线，采用先进行侧滚安置角检校，在进行侧滚安置角检校后，重新计算点云，在重新计算点云后，再进行俯仰安置角检校，在进行俯仰安置角检校后，再次重新计算点云，在再次重新计算点云后，最后进行航向安置角检校的检校顺序；

[0078] 本实施例中，理想情况下，机载激光雷达系统(LiDAR)的激光扫描参考坐标系与载体坐标系应该是相互平行，但由于加工手艺和安装工艺等原因，不能保证两者对应的坐标轴完全平行。激光扫描参考坐标系与载体坐标系之间存在的夹角为偏心角(misalignment angle)，按照坐标系进行划分，可分为三个角度偏移，分别为x轴角度偏移(ex)、y轴角度偏移(ey)以及z轴角度偏移(ez)，分别对应侧滚安置角、俯仰安置角以及航向安置角。

[0079] 本实施例中，作为一可选实施例，安置角误差检校包括：侧滚安置角检校、俯仰安置角检校以及航向安置角检校。其中，

[0080] 三个安置角误差对激光点云的影响是非线性的。一般安置角误差是个微小量，可近似成线性关系。

[0081] 本实施例中，为了提高检校精度，设置先检校侧滚安置角，然后重新计算点云，在重新计算点云后，只剩下俯仰安置角和航向安置角误差。而俯仰安置角误差和航向安置角误差都会使激光点云产生平面位置的偏移。其中，航向安置角误差在往返相同航线上产生的位置偏移会抵消，因而，提供了俯仰安置角优先检校的条件。俯仰安置角检校之后，重新计算点云。最后检校航向安置角。

[0082] 本实施例中，作为一可选实施例，检校顺序采用侧滚安置角→俯仰安置角→航向安置角的检校顺序。

[0083] 本实施例中，作为一可选实施例，在飞行试验完成后，处理原始数据，计算出目标坐标系下的点云数据。然后将点云数据导入预先设置的TerraScan软件进行安置角误差检校。

[0084] 本实施例中，安置角误差检校采用几何模型法，几何模型法是根据机载激光雷达系统飞行特征地物或者控制点获取重叠航带的点云，依据点云建立几何关系求解安置角误差的一种方法。

[0085] 本实施例中，作为一可选实施例，侧滚安置角检校包括：

[0086] A11，将垂直于平直公路往返重叠飞行的两条航线得到的点云数据导入预先设置的检校软件；

- [0087] 本实施例中,作为一可选实施例,检校软件为TerraScan软件。
- [0088] A12,切取一断面,切取断面的方向要求沿着平直公路的走向,切取的断面均为两条相交的直线,侧滚安置角安置角为两条直线夹角的一半;
- [0089] 本实施例中,作为一可选实施例,断面深度一般为0.2~0.5m。由于侧滚安置角的原因,切取的断面均为两条相交的直线,侧滚安置角安置角为两条直线夹角的一半。
- [0090] A13,拟合出两条直线,直接量取两条直线的夹角;
- [0091] A14,根据量取的夹角参数对点云数据进行改正,根据改正的效果确定侧滚安置角参数的正负;
- [0092] 本实施例中,通过将求得的夹角参数输入侧滚安置角改正程序,对点云数据进行计算,若改正效果较好,就停止检校,否则需要继续检校。
- [0093] A15,进行多次切取,获得一组侧滚安置角参数,依据最小二乘原理,最终求得侧滚安置角检校值。
- [0094] 本实施例中,侧滚安置角对点云的影响类似于飞机左右轻微翻滚时对点云位置的影响,又叫横滚角。作为一可选实施例,如果系统存在侧滚安置角,获得的点云左右高度偏离真实高度,表现为一侧高出地面真实高度,另一侧低于真实高度。
- [0095] 图3为本发明的实施例三侧滚安置角对激光脚点的影响示意图。如图3所示, $\Delta r$ 为侧滚安置角。
- [0096] 由于存在 $\Delta r$ ,完全相反方向飞行的获取的点云不在一个水平面上,往返点云组成的线之间存在一定夹角,即侧滚安置角。本实施例中,利用下式计算侧滚安置角:
- [0097] 
$$\Delta r = \frac{z_L - z_R}{2H \tan \theta_{max}}$$
- [0098] 式中,
- [0099]  $\Delta r$ 为侧滚安置角;
- [0100]  $z_L - z_R$ 为同一条扫描线最左侧和最右侧的高程差;
- [0101] H为飞行高度;
- [0102]  $\theta_{max}$ 为最大扫描角。
- [0103] 本实施例中,作为一可选实施例,进行俯仰安置角检校包括:
- [0104] A21,提取进行过侧滚安置角改正的点云数据;
- [0105] A22,在检校软件中按航线显示点云,只显示垂直于屋脊线往返飞行的两条重叠航线的点云进行分析;
- [0106] A23,沿垂直于屋脊线方向切取多个断面(考虑到屋顶斜面的深度,断面深度一般为1~2m),如果发现两个屋顶顶点沿飞行方向有偏移,将该水平位移作为屋脊线的位移,即尖顶房上同名点的水平偏移量,直接在TerraScan上量取偏移量;
- [0107] A24,将量取的偏移量应用于预先设置的俯仰安置角计算公式,得到俯仰安置角;
- [0108] 本实施例中,在线扫描模式下,俯仰安置角会使点云的真实位置沿飞行方向产生位置偏差。俯仰安置角在平坦地区对点云高程无影响,但是在倾斜地物处表现明显。在平坦地区飞行方向相反的两条航线上的点云在同一位置不会有高程差异,而倾斜地物有明显的高程差异。
- [0109] 图4为本发明的实施例四俯仰安置角对激光脚点位置的影响示意图。如图4所示,

其中,实线的激光点云有俯仰安置角误差,虚线的激光点云无俯仰安置角误差,俯仰安置角计算公式如下:

[0110]  $\Delta p = D_1 / (2H)$

[0111] 式中,

[0112]  $\Delta p$ 为俯仰安置角;

[0113]  $D_1$ 为尖顶房上同名点的水平偏移量;

[0114]  $H$ 为平均航高。

[0115] 本实施例中,由于航向安置角误差的存在,地物的中心点位置会产生偏移,但是如何往返飞行正好重合在检校场地物的正上方,可以不用考虑航向安置角误差对中心位置的影响。

[0116] 本实施例中,在设计航线时已经得知平均航高 $H$ ,通过确定尖顶房上同名点的水平偏移量,可以计算得俯仰安置角。

[0117] A25,截取多个断面,同样依据最小二乘原理,最终求得俯仰安置角参数。

[0118] 本实施例中,将得到的参数对点云坐标进行改正,根据检校前后点云重叠情况判断是否需再次检校。

[0119] 本实施例中,作为一可选实施例,进行航向安置角检校包括:

[0120] A31,在检校完侧滚安置角和俯仰安置角的基础上,只显示两条平行航线(AB和DC)的点云数据;

[0121] A32,垂直屋脊线方向在屋脊中间处切取多个断面(深度也为1~2m);

[0122] A33,查找屋脊线顶点在水平方向存在的明显位移,将该位移作为屋顶特征点在两条平行航线中的沿屋脊线垂直方向的水平位移;

[0123] A34,通过检校软件直接量取两条平行航线间的平均距离;

[0124] A35,将所述水平位移和所述平均距离应用于预先设置的航向安置角计算公式,得出一组航向安置角并确定正负,再次利用最小二乘原理求得航向安置角。

[0125] 本实施例中,作为一可选实施例,在所述得出一组航向安置角并确定正负之后,再次利用最小二乘原理求得航向安置角之前,该方法还包括:

[0126] 依据确定正负的航向安置角对点云坐标进行改正,若重叠度较好,无需进行再次检校;否则需要继续检校,直到重叠航带点云完全重叠为止,然后执行再次利用最小二乘原理求得航向安置角的步骤。

[0127] 本实施例中,航向安置角会不仅会改变被扫描物体中心的位置,还会使物体产生变形,航向安置角检校相对较为困难,主要是由于航向安置角一般较小,检校基线(特征点相对飞行天底间的距离)也就较短,物体的位移量相应较小,从而使航向安置角的检校出现较大偏差。为了避免基线过短,通常采用沿屋脊线垂直方向飞行两条平行航线的方法,则两次飞行得到的地物中心是单向飞行的两倍,更有利于准确的解求航向安置角。

[0128] 图5为本发明的实施例五航向安置角点云示意图。如图5所示,图中,  $\Delta H$ 为航偏角偏移。通常都是利用地物点与飞行天底点(飞机正下方的点)间的距离解求航偏角。这里选取房脊线的中点作为特征点,在两条平行航线中的得到的该点坐标沿屋脊线垂直方向会有水平位移,设为 $D_2$ 。

[0129] 本实施例中,航向安置角计算公式如下:

- [0130]  $\tan \Delta H = D_2 / (L_1 L_2)$
- [0131] 本实施例中,由于 $\Delta H$ 很小,可近似为:
- [0132]  $\Delta H = D_2 / (L_1 L_2)$
- [0133] 式中,
- [0134]  $D_2$ 为屋顶特征点在两条平行航线中的沿屋脊线垂直方向的水平位移;
- [0135]  $L_1 L_2$ 为两条平行航线间的平均距离。
- [0136] 步骤104,将所述最后进行航向安置角检校得到的安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序以实现对点云的改正。
- [0137] 本实施例中,通过将求出的三个安置角误差检校参数应用于预先设置的改正程序,可以实现对点云的改正。
- [0138] 根据求解步骤得到两次飞行试验的结果,见表1。
- [0139] 表1安置角误差检校结果(单位: $^{\circ}$ )
- [0140]

侧滚安置角(Roll)	俯仰安置角(Pitch)	航向安置角 (Heading)
0.27	0.19	-0.23

- [0141] 将安置角检校结果代入改正程序中计算点云,经过安置角改正后的“人字形”房屋顶部点云重合较好。
- [0142] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0143] 本说明书中的各个实施例均采用相关的方式描述,各个实施例之间相同相似的部分互相参见即可,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处。

[0144] 尤其,对于装置实施例而言,由于其基本相似于方法实施例,所以描述的比较简单,相关之处参见方法实施例的部分说明即可。

[0145] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为是用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器

(ROM), 可擦除可编辑只读存储器 (EPROM或闪速存储器), 光纤装置, 以及便携式光盘只读存储器 (CDROM)。另外, 计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质, 因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描, 接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序, 然后将其存储在计算机存储器中。

[0146] 应当理解, 本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。

[0147] 在上述实施方式中, 多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如, 如果用硬件来实现, 和在另一实施方式中一样, 可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现: 具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路, 具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路, 可编程门阵列 (PGA), 现场可编程门阵列 (FPGA) 等。

[0148] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件完成, 所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中, 该程序在执行时, 包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0149] 为了描述的方便, 描述以上装置是以功能分为各种单元/模块分别描述。当然, 在实施本发明时可以把各单元/模块的功能在同一个或多个软件和/或硬件中实现。

[0150] 通过以上的实施方式的描述可知, 本领域的技术人员可以清楚地了解到本发明可借助软件加必需的通用硬件平台的方式来实现。基于这样的理解, 本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分可以以软件产品的形式体现出来, 该计算机软件产品可以存储在存储介质中, 如ROM/RAM、磁碟、光盘等, 包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机, 服务器, 或者网络设备等) 执行本发明各个实施例或者实施例的某些部分所述的方法。

[0151] 以上所述, 仅为本发明的具体实施方式, 但本发明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揭露的技术范围内, 可轻易想到的变化或替换, 都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此, 本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

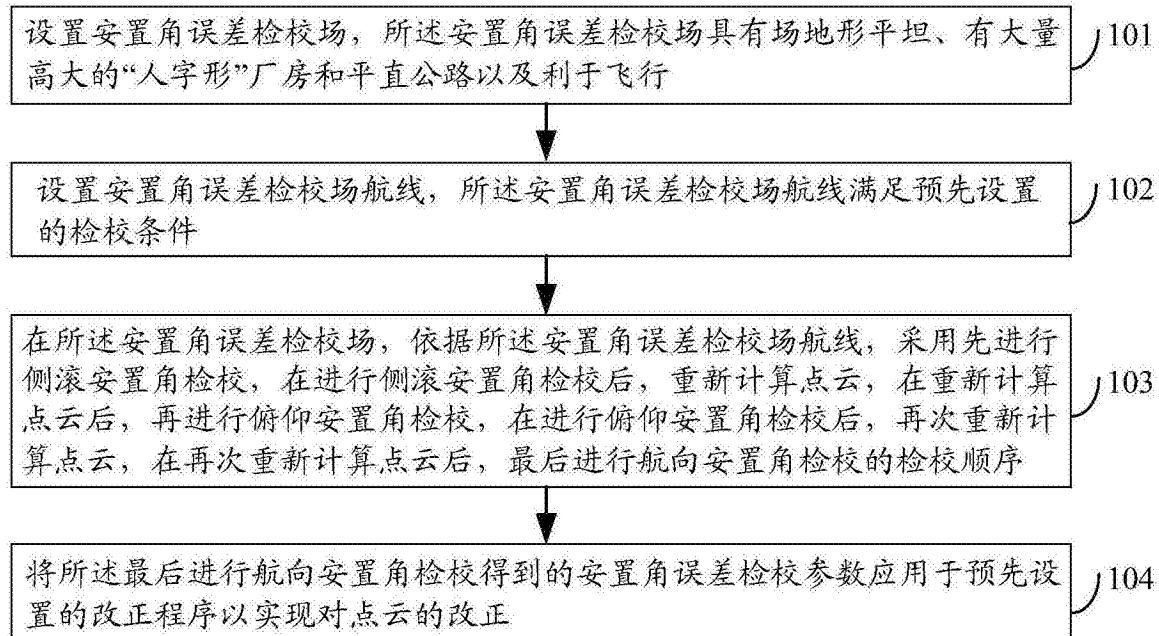


图1

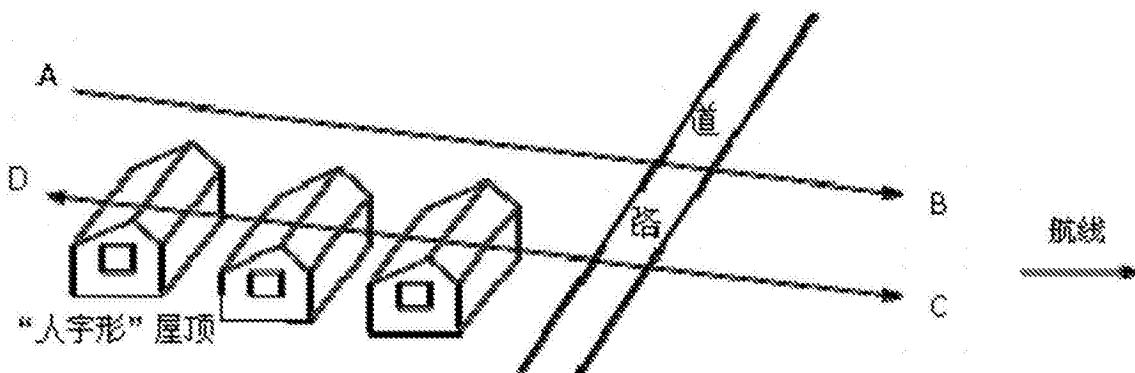


图2

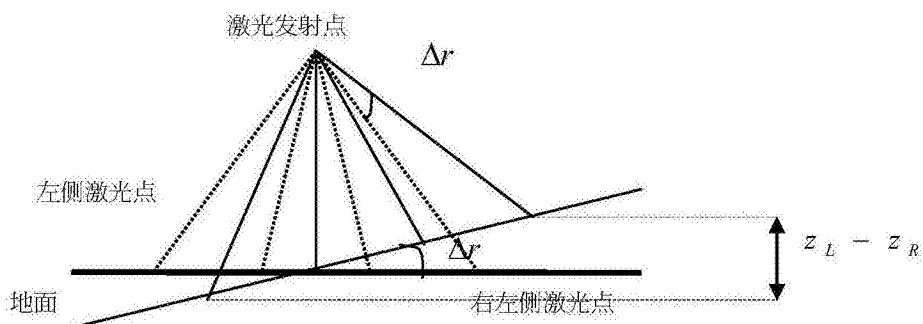


图3

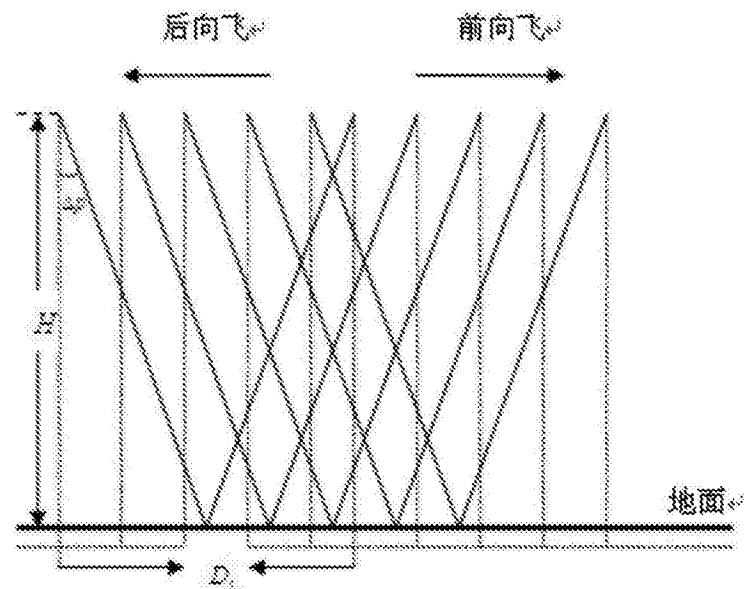


图4

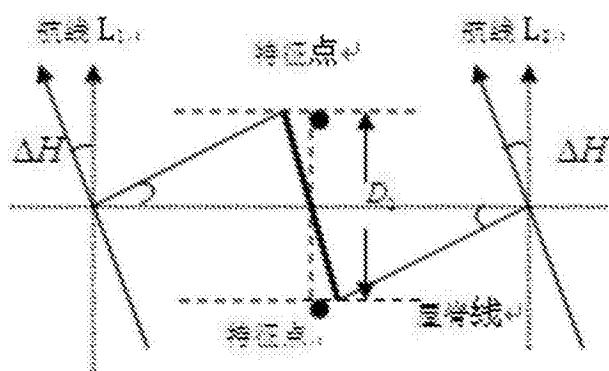


图5