



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105627938 A

(43) 申请公布日 2016. 06. 01

(21) 申请号 201610008802. 6

(22) 申请日 2016. 01. 07

(71) 申请人 厦门大学

地址 361000 福建省厦门市思明南路 422 号

(72) 发明人 贾宏 李军 贾福凯

(74) 专利代理机构 深圳市合道英联专利事务所

(普通合伙) 44309

代理人 刘辉 廉红果

(51) Int. Cl.

G01B 11/06(2006. 01)

G06T 7/00(2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,包括以下步骤:S1、点云数据的获取;S2、通过选取不动目标进行数据粗配准;S3、利用基于路肩的路面提取算法分别检测两组点云数据的路面点;S4、利用路肩点对块内数据进行精配准;S5、对网格内的路面进行平面结构拟合;S6、检测沥青厚度。本发明能够快速、准确地检测改造道路路面沥青的厚度,大大降低了处理时间和劳动成本,有效保证了道路的改造质量,对城市的交通安全提供了重要的数据支撑。



1. 一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,其特征在于:包括以下步骤:

S1、利用搭载有移动激光扫描系统的采集车获取市政改造道路铺沥青前的裸路面和铺沥青后的沥青路面的两组三维点云数据;

S2、在两组数据中选取相同的、具有明显拐点特征的路边广告牌、建筑等不动目标,用以粗配准两组点云数据到同一坐标系下;

S3、利用基于路肩的路面提取算法分别检测两组点云数据的路面点;

S4、对于两组点云数据中对应的路面数据块,利用提取的路肩点及拟合的路肩线对其进行精配准;

S5、对融合后的路面数据块,利用随机采样一致性算法拟合每一分块内两个路面的平面特征;

S6、计算每一路面分块的沥青厚度和土方用量,进而获得整段改造道路沥青厚度的分布情况和土方总量。

2. 如权利要求1所述的一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,其特征在于:所述步骤S2具体包括以下分步骤:

S21、在两组点云数据中选取4组不动目标对应的点对作为转换基点;

S22、利用该4组转换基点,计算坐标转换方程中的七参数;

S23、通过转换方程将两组点云数据粗配准在同一坐标系下。

3. 如权利要求2所述的一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,其特征在于:所述步骤S3具体包括以下分步骤:

S31、将原始点云数据沿行车轨迹的方向均匀分割成一组点云块;

S32、对于每个点云块,沿垂直于行车轨迹的方向切分出一个点云剖片,并从点云剖片上提取路肩点;

S33、对所有路沿点进行拟合,得到路肩线;

S34、对原始点云数据沿路肩线进行分割,得到路面点云数据。

4. 如权利要求3所述的一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,其特征在于:所述步骤S5具体包括以下分步骤:

S51、将融合后精配准的两组点云数据块,分割成4X4的网格,对每一网格内的路面点云数据做如下处理。

S52、在初始点云中随机选择三个点,直接计算其对应平面方程 $ax+by+z=d$ ,然后计算点云中所有点到该平面的距离, $d_i = |ax_i+by_i+zi-d|$ ;

S53、选取阈值 $t$ ,若某点到该平面的距离 $d_i \leq t$ 则被认为是内点,否则为无效数据,并统计得出此平面内点的个数 $N$ ;

S54、重复以上步骤,迭代 $k$ 次,比较并选取含有内点最多平面;

S55、根据特征值法以最多的内点重新进行平面拟合,得出最终拟合平面方程。

5. 如权利要求4所述的一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,其特征在于,所述步骤S6具体包括以下子步骤:

S61、利用拟合后两个平面结构的平面方程,计算每一网格内路面的沥青厚度;

S62、计算每一分块中网格内两个平面结构之间的夹角,公式如下:

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{\|F_1 F_2\|}{\|F_1\| \|F_2\|} \right)$$

其中,  $F_1$ 和 $F_2$ 是两个平面的法向量;

S63、设定一个夹角阈值 $\theta_t = 5^\circ$ , 如果 $\theta < \theta_t$ , 认为两个平面结构平行, 则该路面网格的土方计算公式如下:

$$v = lwh$$

其中,  $v$ 为该路面网格的土方,  $l$ 为该网格的长度,  $w$ 为该网格的宽度,  $h$ 为该路面网格沥青的厚度;

S64、如果 $\theta \geq \theta_t$ , 认为网格内的两个路面具有不平行的平面拟合结构, 用如下公式计算该路面网格的土方:

$$v = \frac{lw}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4).$$

其中,  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 分别为网格内四条侧边对应的边长;

S65、改造路段所用沥青的土方总量的计算公式为:  $V = \sum_{i,j} v$ 。

## 一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及智能交通系统以及市政道路改造工程领域,尤其涉及一种基于车载激光扫描点云的道路改造工程中路面沥青厚度检测方法。

### 背景技术

[0002] 路面沥青厚度是进行路面结构设计和施工质量检验的一个重要指标。道路路面沥青厚度的差异会带来路面的不平整现象,最常见的就是沥青路面产生裂缝、车辙、波浪、坑凹等现象。车辆在平整度差的道路上行驶,不仅耗油量大、舒适度差,还会给车辆带来一定的损害,增加车辆的维护费用、缩短车辆使用寿命,甚至带来一定的安全隐患。另外,高速沥青路面的不平整性还会缩短道路的使用寿命,影响经济和社会效益。因此准确测量道路路面沥青厚度,定期检测道路质量情况,为将来高速道路设计和维护做准备,是值得引起市政部门极大关注的问题。

[0003] 目前,传统的沥青厚度检测算法主要有钻芯法和短脉冲雷达法两种。钻芯法通过直接在路面中钻取样本并直接测量的方法检测沥青的厚度,但是这种方法不仅无法获得整段道路的完整沥青厚度的分布情况,而且其对道路的伤害巨大,费时费力,是效率最低的方法。短脉冲雷达法利用雷达脉冲的方法检测沥青厚度,虽然该方法较快速的获取一段完整道路的沥青厚度分布情况,但是受限于道路结构的不同以及脉冲回波的检测方法,其检测精度仍无法很好的满足工程的需要。

[0004] 近几年,随着激光扫描技术的快速发展,在多传感器同步集成与控制的基础上构建的车载激光扫描系统,已成为空间数据的一种快速获取手段。一方面,车载移动激光扫描系统可以实现直接地理定位,并且能够快速获取 大范围场景的高密度、高精度、细节丰富的三维点云数据;另一方面,与其他平台激光扫描系统相比,车载移动激光扫描系统能够以较小的开销快速地获取更高点密度、更高数据精度、细节更加丰富的大范围场景的三维点云数据。

[0005] 然而,其获取的海量数据对后续的存储和智能化处理带来了严重的挑战,同时,数据中存在的噪声和遮挡也对算法的鲁棒性提出了更高的要求。

### 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种基于车载激光扫描点云的道路改造工程中路面沥青厚度检测方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种基于车载激光扫描点云的路面沥青厚度检测方法,包括以下步骤:

[0009] S1、利用搭载有移动激光扫描系统的采集车获取市政改造道路铺沥青前的裸路面和铺沥青后的沥青路面的两组三维点云数据;

[0010] S2、在两组数据中选取相同的、具有明显拐点特征的路边广告牌、建筑等不动目标,用以粗配准两组点云数据到同一坐标系下;

- [0011] S3、利用基于路肩的路面提取算法分别检测两组点云数据的路面点；
- [0012] S4、对于两组点云数据中对应的路面数据块，利用提取的路肩点及拟合的路肩线对其进行精配准；
- [0013] S5、对融合后的路面数据块，利用随机采样一致性算法拟合每一分块内两个路面的平面特征；
- [0014] S6、计算每一路面分块的沥青厚度和土方用量，进而获得整段改造道路沥青厚度的分布情况和土方总量。
- [0015] 优选地，所述步骤S2具体包括以下分步骤：
- [0016] S21、选取4组两组点云中不动目标对应的点对作为准换基点；
- [0017] S22、利用该4组转换基点，计算坐标转换方程中的七参数；
- [0018] S23、通过转换方程将两组点云数据粗配准在同一坐标系下。
- [0019] 优选地，所述步骤S3具体包括以下分步骤：
- [0020] S31、将原始点云数据沿行车轨迹的方向均匀分割成一组点云块；
- [0021] S32、对于每个点云块，沿垂直于行车轨迹的方向切分出一个点云剖片，并从点云剖片上提取路肩点；
- [0022] S33、对所有路沿点进行拟合，得到路肩线；
- [0023] S34、对原始点云数据沿路肩线进行分割，得到路面点云数据。
- [0024] 优选地，所述步骤S5具体包括以下分步骤：
- [0025] S51、将融合后精配准的两组点云数据块，分割成4X4的网格，对每一网格内的路面点云数据做如下处理。
- [0026] S52、在初始点云中随机选择三个点，直接计算其对应平面方程 $ax+by+z=d$ ，然后计算点云中所有点到该平面的距离， $d_i = |ax_i+by_i+zi-d|$ ；
- [0027] S53、选取阈值 $t$ ，若某点到该平面的距离 $d_i \leq t$ 则被认为是内点，否则为无效数据，并统计得出此平面内点的个数 $N$ ；
- [0028] S54、重复以上步骤，迭代 $k$ 次，比较并选取含有内点最多平面；
- [0029] S55、根据特征值法以最多的内点重新进行平面拟合，得出最终拟合平面方程。
- [0030] 优选地，所述步骤S6具体包括以下子步骤：
- [0031] S61、利用拟合后两个平面结构的平面方程，计算每一网格内路面的沥青厚度。
- [0032] S62、计算每一分块中网格内两个平面结构之间的夹角，公式如下：

$$[0033] \quad \theta = \cos^{-1}\left(\frac{\|F_1 F_2\|}{\|F_1\| \|F_2\|}\right)$$

[0034] 其中， $F_1$ 和 $F_2$ 是两个平面的法向量。

[0035] S63、设定一个夹角阈值 $\theta_t = 5^\circ$ ，如果 $\theta < \theta_t$ ，认为两个平面结构平行，则该路面网格的土方计算公式如下：

$$[0036] \quad v = lwh$$

[0037] 其中， $v$ 为该路面网格的土方， $l$ 为该网格的长度， $w$ 为该网格的宽度， $h$ 为该路面网格沥青的厚度。

[0038] S64、如果 $\theta \geq \theta_t$ ，认为网格内的两个路面具有不平行的平面拟合结构，用如下公式

计算该路面网格的土方：

$$[0039] \quad v = \frac{lw}{4}(h_1 + h_2 + h_3 + h_4).$$

[0040] 其中,  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 分别为网格内四条侧边对应的边长。

[0041] S65、改造路段所用沥青的土方总量的计算公式为： $V = \sum_{i,j} v$ 。

[0042] 采用上述技术方案后,本发明与背景技术相比,具有如下优点：

[0043] 1、本发明能够快速、准确、无害地检测改造道路路面沥青的厚度,大大提高了检测时间和成本,有效保证了道路施工安全与质量。

[0044] 2、通过结合对两组点云数据的粗配准以及单块路面数据块的精配准,极大的提高了沥青厚度的检测精度。

[0045] 3、提出一种新颖的利用平面拟合的方法来估算沥青道路改造工程的土方用量。

### 附图说明

[0046] 图1为本发明的工作流程示意图。

[0047] 图2为4对转换基点的选取示意图。

[0048] 图3为粗配准后的结果示意图。

[0049] 图4为路肩点的提取和拟合结果示意图。

[0050] 图5为精配准后的结果示意图。

[0051] 图6为两平行平面结构示意图。

[0052] 图7为两非平行平面结构示意图。

### 具体实施方式

[0053] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0054] 实施例

[0055] 请参阅图1,本发明公开了一种基于车载激光扫描点云的道路改造工程中路面沥青厚度检测方法,其包括以下步骤：

[0056] S1、两组点云数据的获取

[0057] 利用车载激光扫描系统分两次扫描获取点云数据集。第一次扫描获取道路改造工程铺设沥青前的裸露面的道路点云数据集,第二次扫描获取道路改造工程铺设沥青后的沥青路面的道路点云数据集。

[0058] S2、数据粗配准

[0059] 采集于不同的时间、不同的扫描工程的两组点云数据集在处理之前需要将两者配准到同一坐标系下。两组点云数据具有不同的路面点,但是对于路边的交通标识牌、路灯杆、建筑以及马路路肩等,他们属于两组点云数据中的不动目标。为了检测两个路面间的距离进而求解沥青的厚度,我们通过选择并匹配点云数据中的不动目标来达到粗配准整个点云数据的目的。该步骤具体通过以下步骤实现：

[0060] S21、在两组点云数据中选取4组不动目标对应的点对作为转换基点(如图2所示),

该4组转换基点的选取应满足:1)选取路边拐点特征明显的不动目标的角点;2)按矩形分布,道路两侧分别对应选取两对;3)道路同一侧的两个点间隔要足够长。

[0061] S22、将4组转换基点分别带入坐标转换模型 $X_T = T + \lambda R X_S$ 中计算转换七参数。

[0062] S23、利用坐标转换七参数将两组点云数据粗配准在同一坐标系下(如图3所示,图3中的(a)、(b)图为原始场景a和b,图3中的(c)图是(a)图和(b)图配准的结果。(d)图中的1#、2#、3#是三个控制点,对应路肩、树和交通标志牌)。

[0063] S3、路面点数据提取

[0064] 基于行车轨迹数据对原始点云数据进行路面分割,得到路面点云数据,这里提到的行车轨迹数据是通过集成在车载激光扫描系统上的惯性导航系统进行采集的。该步骤具体通过以下步骤实现:

[0065] S31、将原始点云数据沿行车轨迹的方向均匀分割成一组点云块,在本实施例中,点云块的分割间隔为8m。

[0066] S32、对于每个点云块,沿垂直于行车轨迹的方向切分出一个点云剖面,并从点云剖面上提取路肩点。根据先知经验,道路的路沿通常是垂直于路面设置且高于路面,因此只要找到高度突变的点云即找到了路肩点。本实施例中提取路沿点的方法具体为,自点云剖面与行车轨迹的相交位置向两侧搜索,找到高度突变的点云,将其作为路肩点。

[0067] S33、对所有路肩点进行拟合,得到路沿线(参考图4所示)。

[0068] S34、对原始点云数据沿路沿线进行分割,得到路面点云数据。

[0069] S4、数据精配准

[0070] 经过路面点数据的提取,粗配准后的两组点云数据被分割成一系列包含路肩点的对应块。利用块中的路肩点,基于七参数求解发计算准换矩阵,最终将两个对应块按照不动目标-路肩精确配准在一起(如图5所示)。

[0071] S5、平面结构拟合

[0072] 对精配准后融合的每一路面点云数据块,将其平均分割成4X4的网格块。随后,每一网格块,利用随机采样一致性算法拟合网格内的两个路面为平面结构。该步骤具体通过以下步骤实现:

[0073] S51、对精配准后融合的每一路面点云数据块,将其平均分割成4X4的网格块;

[0074] S52、在每一网格内的初始点云中随机选择三个点,直接计算其对应平面方程 $ax+by+z=d$ ,然后计算点云中所有点到该平面的距离, $d_i = |ax_i+by_i+zi-d|$ ;

[0075] S53、选取阈值 $t$ ,若某点到该平面的距离 $d_i \leq t$ 则被认为是内点,否则为无效数据,并统计得出此平面内点的个数 $N$ ;

[0076] S54、重复以上步骤,迭代 $k$ 次,比较并选取含有内点最多平面;

[0077] S55、根据特征值法以最多的内点重新进行平面拟合,得出最终拟合平面方程。

[0078] S6、沥青厚度检测

[0079] 通过计算每一网格内拟合后的两个平面结构间的距离检测该网格路面的沥青厚度,进而利用平面结构间的关系计算该网格沥青的土方用量。该步骤具体通过以下步骤实现:

[0080] S61、利用拟合后两个平面结构的平面方程,计算每一网格内路面的沥青厚度。

[0081] S62、计算每一分块中网格内两个平面结构之间的夹角,公式如下:

$$[0082] \quad \theta = \cos^{-1} \left( \frac{\|F_1 F_2\|}{\|F_1\| \|F_2\|} \right)$$

[0083] 其中,  $F_1$ 和 $F_2$ 是两个平面的法向量。

[0084] S63、设定一个夹角阈值 $\theta_t = 5^\circ$ , 如果 $\theta < \theta_t$ , 认为两个平面结构平行(如图6所示), 则该路面网格的土方计算公式如下:

$$[0085] \quad v = lwh$$

[0086] 其中,  $v$ 为该路面网格的土方,  $l$ 为该网格的长度,  $w$ 为该网格的宽度,  $h$ 为该路面网格沥青的厚度。

[0087] S64、如果 $\theta \geq \theta_t$ , 认为网格内的两个路面具有不平行的平面拟合结构(如图7所示), 用如下公式计算该路面网格的土方:

$$[0088] \quad v = \frac{lw}{4} (h_1 + h_2 + h_3 + h_4).$$

[0089] 其中,  $h_1$ 、 $h_2$ 、 $h_3$ 、 $h_4$ 分别为网格内四条侧边对应的边长。

[0090] S65、改造路段所用沥青的土方总量的计算公式为:  $V = \sum_{i,j} v$ 。

[0091] 以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 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该以权利要求的保护范围为准。



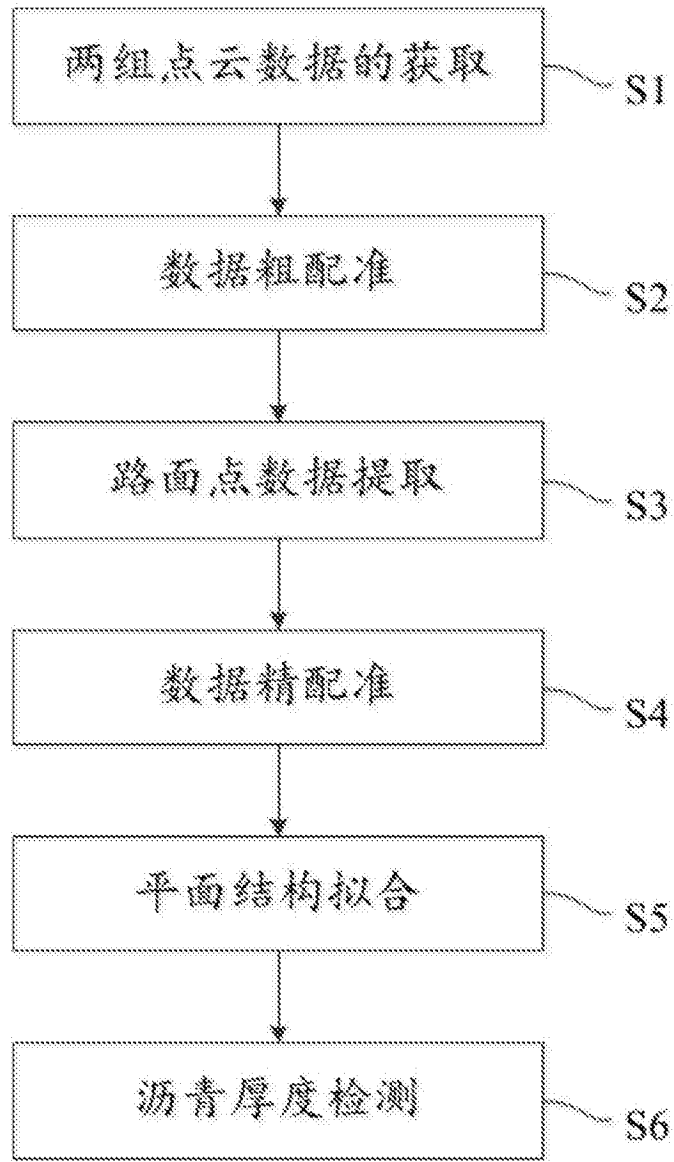


图1

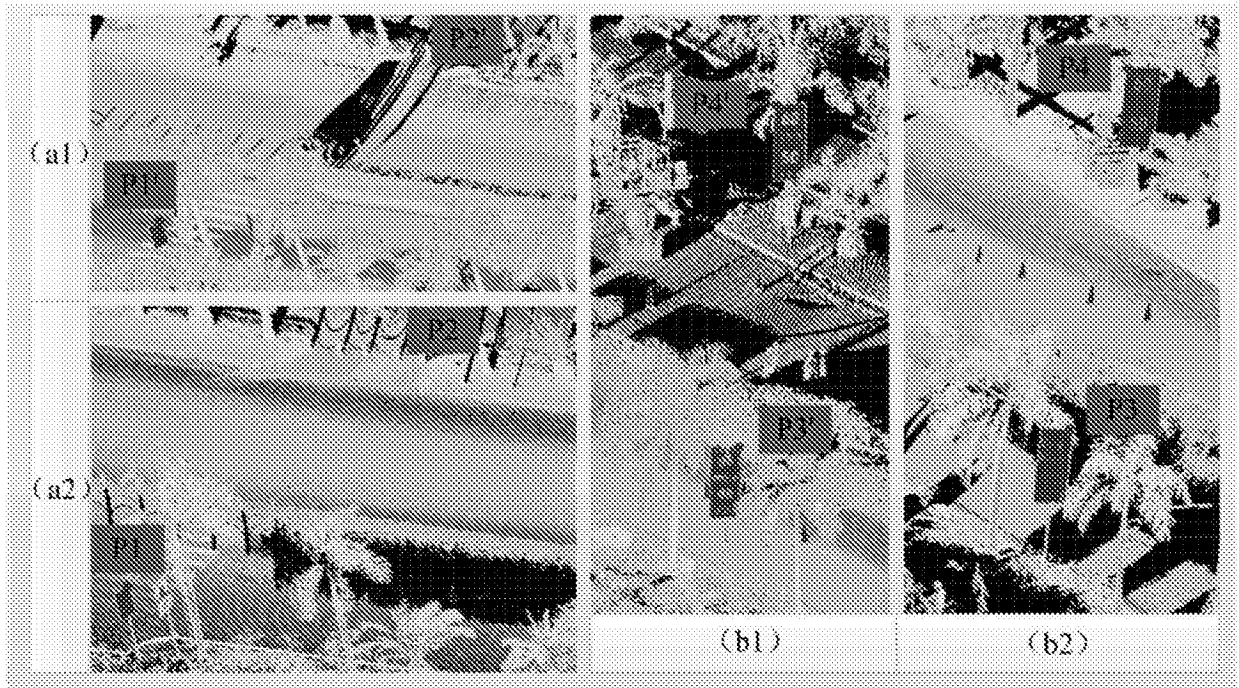


图2

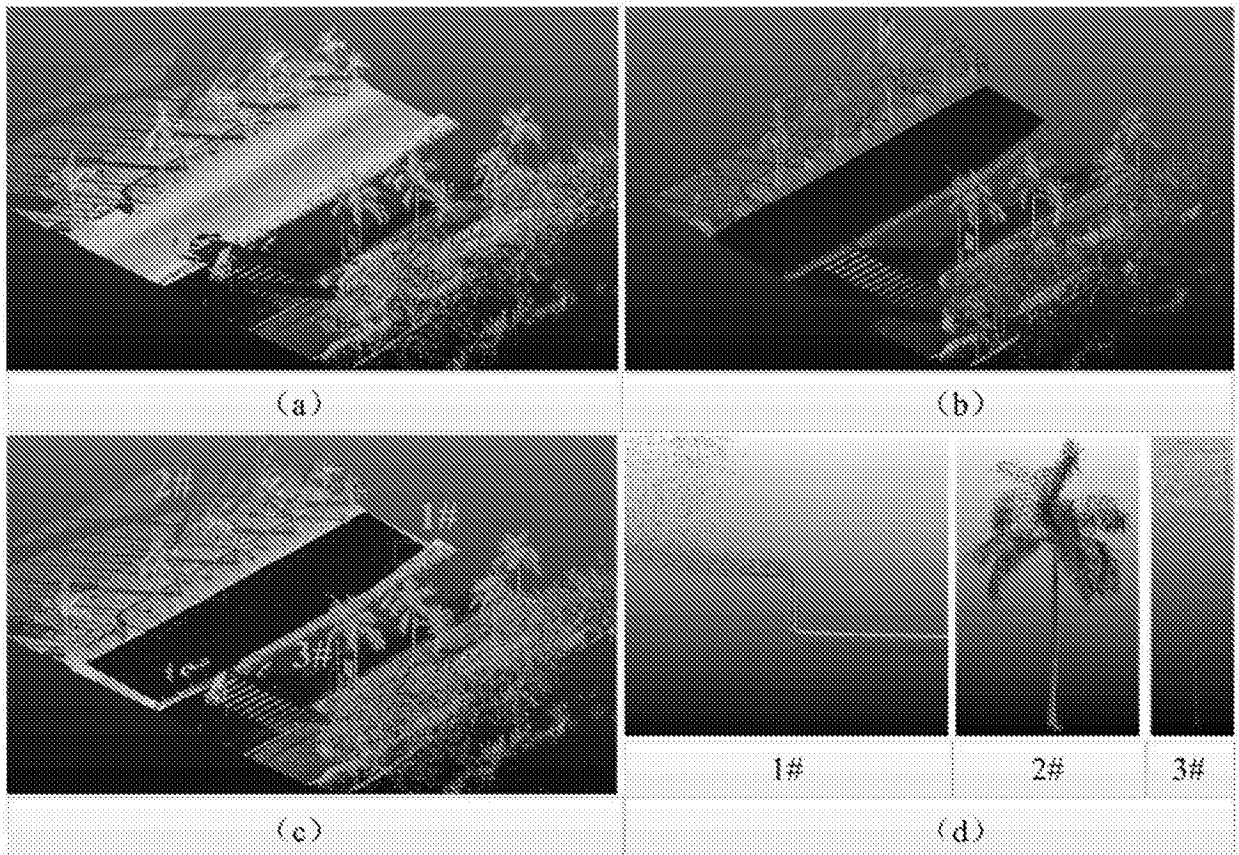


图3

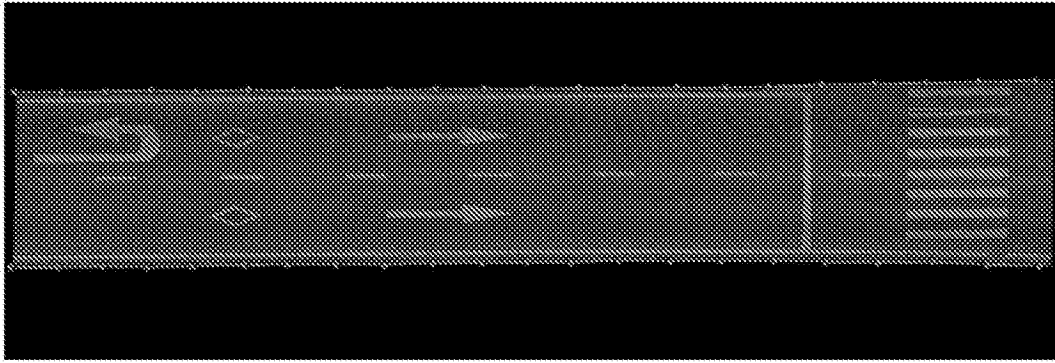


图4

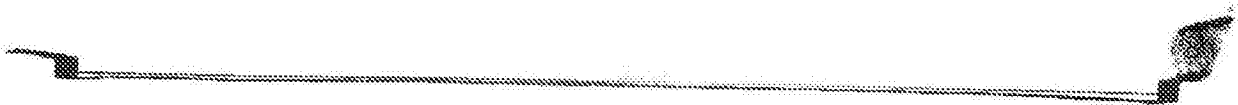


图5

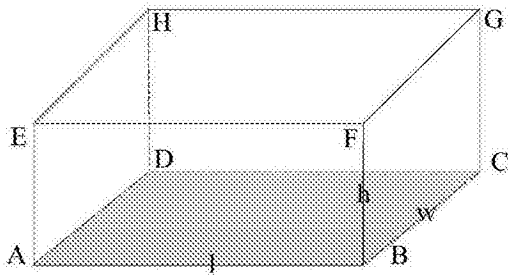


图6

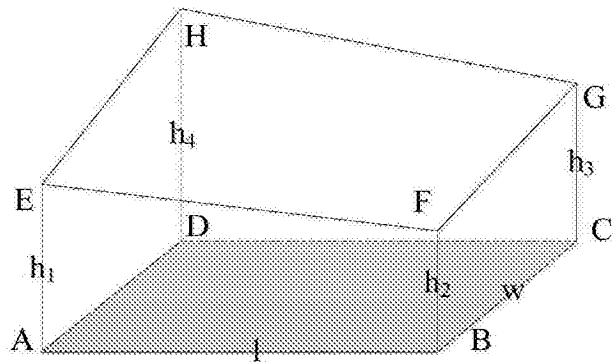


图7