**一种面向单目三维重建煤堆体积测量的水平面确定方法**

**技术领域**

本发明涉及三维重建领域，尤其涉及到面向单目三维重建煤堆体积测量的水平面确定方法。

**背景技术**

在现代工业中，传统的测量设备如卡尺、测距仪等，因其测量效率低，数据精度难以保证早已不能适应现代制造技术发展的需要。而依托于计算机视觉的检测技术凭借其非接触、快速、高精度、自动化程度高等诸多优点，在工业生产中得到了越来越广泛的应用。其中计算机视觉中的三维重建技术就是一种典型的测量技术，可以基于三维重建的点云结果进行多种测量，但在实际的煤堆场景中，由于煤堆水平底面往往被完全遮挡，难以进行视觉重建，导致整体重建结果缺少一个水平面，无法进行面积或者体积测量。以往，只能够通过人为手动的方式添加缺失的水平面信息，但这样的传统方法精度难以保证，且整个过程会是十分繁琐，难以形成一种自动化的工程方法。

**发明内容**

为了解决三维重建的煤堆水平面缺失导致的体积测量失效问题，本发明提出在场景中引入二维码，因为二维码自身携带坐标系统，每个二维码都带有唯一的ID值，并且其还具备较为容易检出的角点坐标，可以通过这些角点信息来解析出待求的水平面方程，随后结合点云信息就可以进一步计算三维场景的体积，这个过程可以完全自动化的执行。本发明为解决其技术问题而采用的技术方案是：

首先检测2D角点的坐标信息。

进一步的，寻找三维重建中对应的3D坐标信息。

进一步的，根据多个3D点坐标解析水平面方程。

最终对煤堆水平面方程按照离散点进行采样，将最终的结果添加至缺少水平面的三维重建煤堆场景中。

**附图说明**

图1：二维码示意图。

图2：二维码检测示意图。

图3：三维重建输入视频序列图。

图4：三维重建点云结果示意图。

图5：补充水平面后的三维重建点云结果示意图

表1：2D坐标和3D坐标关系对应表。

图6：确定水平面方程流程图

**具体实施方式**

为了解决三维重建中难以自动化补充水平面的问题，本发明提出了一种通过在煤堆场景中添加二维码的方式来自动生成水平面的方法。

1. 场景布置：在待测场景中需要布置多个不同的二维码，该二维码如图1所示，一方面可以提高煤堆场景三维重建的稳定性和准确性，另外进一步为后续水平面方程的解析提供数据。在布置场景时，需要注意两个问题：1）若所布置的所有二维码的所有下边沿都位于同一条直线上，那么这样就无法获取准确的水平面方程，因为经过同一直线的平面并不唯一，因此在布置坐标的过程中需要注意将所有二维码尽可能对立放置。2）应该尽可能将所有的二维码的下边沿都与待求水平面贴合，以保证水平面方程求解的准确性，若无法实现水平面的贴合要求，则需要进一步保证所有下边沿都位于同一水平面上，那么对计算得到的水平面进行空间变换即可得到真实水平面方程。
2. 数据收集：可以通过单目相机对场景进行连续采集，在采集视频的过程中需要保证大部分视频帧中都能够采集到完成的二维码，所有的采集结果如图2所示。
3. 检测2D点坐标：如图3所示，可以检测出场景中二维码的ID值，坐标系统，所在位置，大小，角点坐标等信息，因为在场景中，所有的二维码的布置都会有下侧两个角点直接落在水平面上，因此可以认为所有二维码的下侧角点所构成的平面即是场景的水平面。那么接下来即可将水平面的求解转化为二维码角点所在平面的求解。在检测的过程中，需要将所有2D图片的索引和角点的位置记录下即可。
4. 三维重建：同样的，可以直接将这些包含二维码的视频帧序列作为三维重建的输入以获取场景的点云，重建的结果如图4所示。考虑到二维码的角点被作为特征点时极易被检出，因此只需要通过稀疏点云，即可获取角点在二维图像中的坐标和三维重建点云中的三维坐标之间的对应关系。
5. 寻找对应3D坐标：在三维重建的过程中，可以获取到每一帧图像中所有特征点所对应的三维重建点云中的三维坐标，无论是稠密点云或者稀疏点云，都可以得到一个对应关系，但是考虑到遍历的效率问题，则选择稀疏点云中的点击作为遍历对象。在寻找对应关系的实际过程中，会遇到二维坐标无法映射到三维坐标点的情况，那么则会优先选择距离二维点坐标欧氏距离最近的点作为替代对象。对应关系如表1所示，其中最近的2D坐标代表通过三维重建获进行特征点提取时的最近坐标，当3D坐标值为-1时，则代表三维重建中的点云没有和该2D图像相对应的3D点。
6. 解析平面方程：根据上述两个步骤，可以将待求的水平面方程问题转化成求解N个三维点所在水平面方程的非线性优化问题。本发明Ceres Solver库作为解决该非线性问题的工具，Ceres可以解决边界约束鲁棒非线性最小二乘法优化的问题，表达式如下：

在利用Ceres来解决非线性问题时，通常分为以下三个步骤：

1)构建代价函数，也就是具体问题所对应的目标式，本发明具体解决N个三维点所在水平面的方程；

2）通过代价函数构建待求解的优化问题；

3）配置求解器参数并求解问题，在这一过程主要是设定求解方程的方式。

1. 添加方程：根据上述步骤即可求解出方程参数，即在原本缺失水平面的煤堆点云中按照解析方程添加点云即可，结果如图5所示。

**专利点**

1）在煤堆三维重建场景中认为添加二维码标志；

2）煤堆体积测量的水平面确定方法。

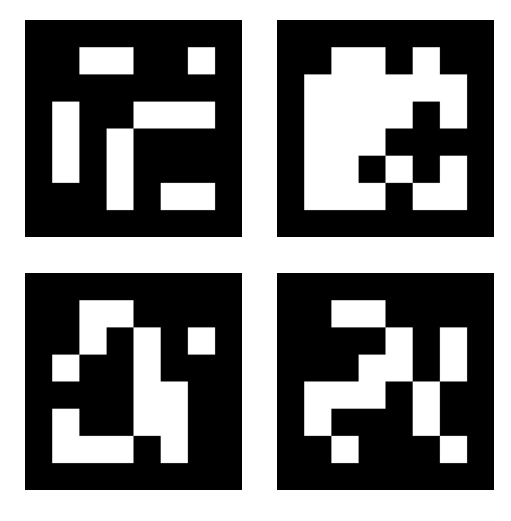


图1：Aruco二维码示意图

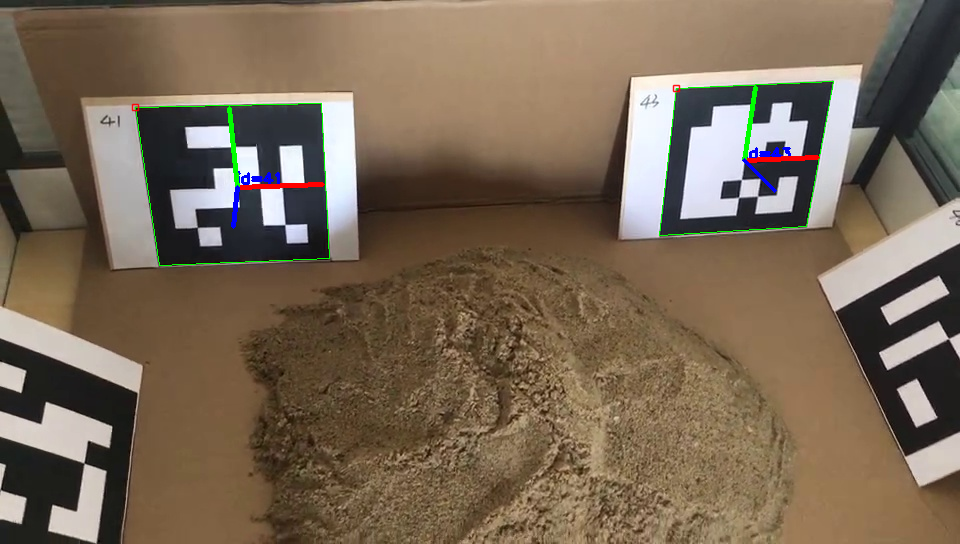


图2：Aruco二维码检测示意图



图3：三维重建输入视频序列图

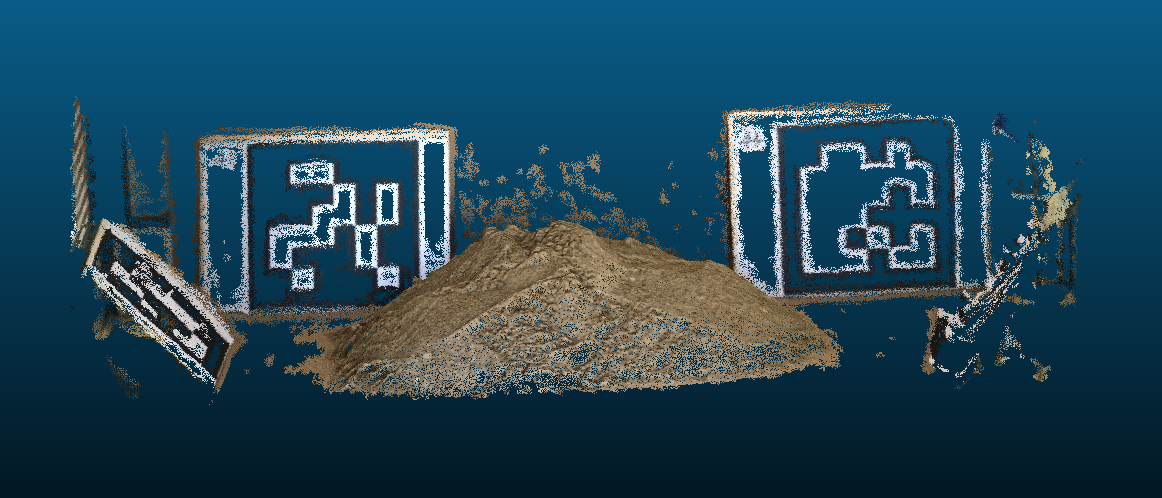


图4：三维重建点云结果示意图

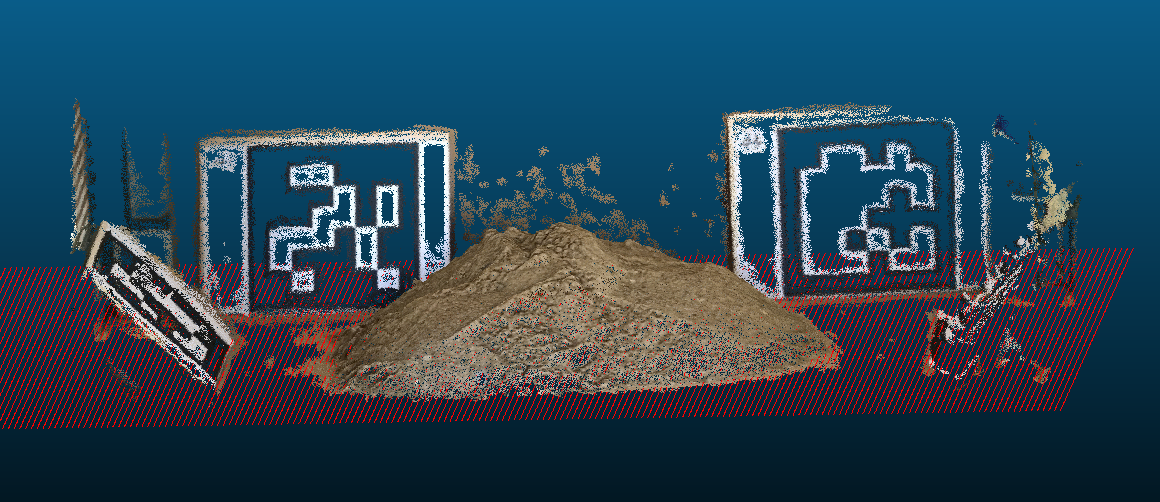
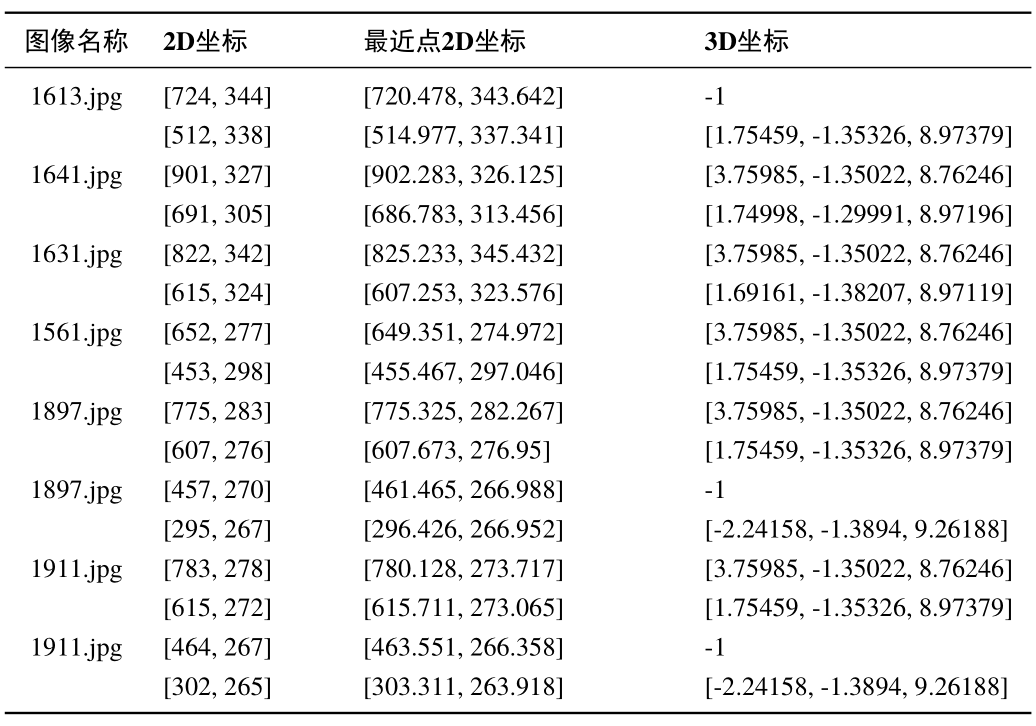


图5：补充水平面后的三维重建点云结果示意图

表1：2D坐标和3D坐标关系对应表。



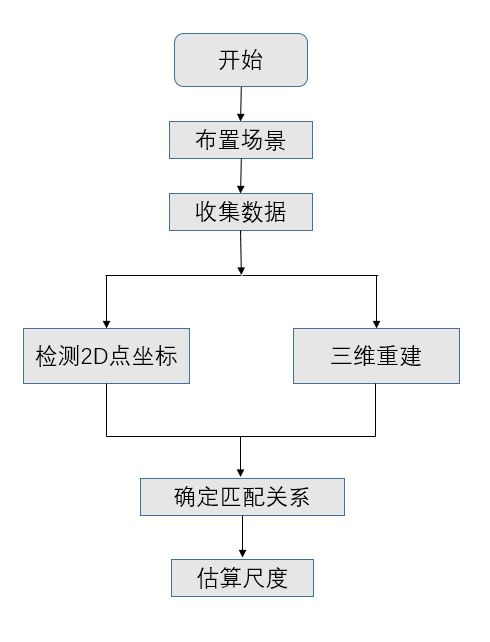


图6：确定水平面方程流程图