**基于双目视觉线结构光测量三维数据系统设计**

**测控192 张正阳 41827166**

1. **设计背景：**

在工业生产中，需要对各种体积大小的物体进行测量，以判断生产计划的执行程度或库存货物的量的多少。传统的体积测量方法存在诸多局限，无法提供高效率、高精确度的解决方案。针对这一问题，提出了对三维物体进行三维重建的解决方案。

在物体的三维重建过程中，常用的立体视觉测量和激光三角测量都存在着一定的局限性，适用性不强。为了快速获取点云数据更为丰富、精度较高的三维模型，结合两种方法构建了一套扫描式三维测量系统。在传送带上通过测量入库物体体积的累加，实现对仓库物体总体积的实时测量监控。

**2.测量原理：**

**2.1立体视觉测量原理**

双目立体视觉系统的测量原理是根据光学三角法原理进行三维信息的获取。如图所示，和分别为左右摄像机的光心：和为两个摄像机的光轴，且相交于某点。世界坐标系中一点在左右摄像机的成像面上的像点分别为和。这两个像点是世界坐标系中同一个对象点的像，分别作这两个像点与各自摄像机的光心 和 的连线，即投影线和，它们的交点即为世界坐标系中的对象点。

图表, 图示, 示意图

描述已自动生成

**2.2激光三角测量原理**

激光三角测量作为非接触式测量中的主要方法之一，在工业测量领域应用

广泛。在测量过程中，物镜的光轴、激光器的轴线和 CCD 线阵三者位于同一

平面内。使用激光光源作为指示光源，待测物体表面被投上一个理想的光束，摄像机获取目标的反射光线，在检测器上成像。当物体表面的位置发生改变时，其所成的像在检测器上也发生相应的位移 [29] 。通过像移和实际位移之间的关系式，真实的物体位移可以由对像移的检测和计算得到。

如图所示，由由激光二极管发射出一束激光，激光束照射在待测物体表面的点，在反射后经过接受透镜在检测器上成像，当待测表面位置移动到位置时，待测物体在成像器上也从移动到的位置。通过待测物体位置发生改变和像移之间的关系式，可以得知物体的实际位移。

形状

低可信度描述已自动生成

式中,是检测器到激光二极管的距离,是焦距,为激光头与基准线的夹角，为摄像头和激光头所形成的平面与基准面的夹角。

图示

描述已自动生成

**3.系统组成**

本系统的系统组成如图所示。系统的主要部件包括激光器、传送带、CCD相机和计算机。其中，激光器主要是产生多条线结构光，并且产生的光条亮度是可调的，结构光条之间的间隔距离需要一致。传送带需要速度可调且能保持匀速传送，保证堆积物在运输过程中的稳定性，且可由计算机控制。相机需要能连续拍照或者录像功能，且能实时保存传输图像，并具有色度、曝光、RGB可调等功能。传送带控制和图像处理等程序都通过计算机来执行。计算机是整个系统的核心部分，需要有快速处理数据的能力。根据系统的工作原理图，确定了本系统的结构组成，并搭建了系统。

图示

描述已自动生成

**3.1激光器**

激光器是用于测量的主要仪器，具有精度高、体积小、稳定性好、安装方便等特点。其主要参数为：输出功率为100mW,工作电流小于500mA,供电电压为(2.8~5.2)V直流电。激光线的线宽直接影响测量结果的精确度，线宽越窄、亮度越高，在图像处理中受到的干扰越少，测量结果的精确度越高。该激光器具有高亮度具有可调焦功能，工作范围在0~5m范围内，波长656.7nm，光线清晰明亮，稳定性高且超高亮度在室内、外均可使用，满足本系统需求。

**3.2CCD相机**

CCD传感器在分辨率、灵敏度、噪声控制等方面都优于CMOS传感器，而CMOS传感器则具有低功耗、低成本、以及高整合度的特点。其中，工业相机分辨率为1 280×1 024，130 万像素。左右相机分别与线激光器构成三角测量系统，左右相机则构成立体视觉测量系统。

**3.3计算机**

计算机采用64位 Windows10版本，处理器为 Intela Core(TM)i7-6700HQ,CPU:2.6GHZ,内存：8GB。本系统的开发平台是 Visual Studio2019,使用C++语言并且安装了 Opencv和PCL库。 Opencv是开源的跨平台计算机视觉库，有非常丰富的图像处理计算机视觉通用算法；PCL是用于2D/3D图像和独立的点云处理大型开源点云库，有高效数据结构和大量点云通用算法，包括点云获取、点云滤波、点云配准、曲面重建、可视化等。本系统米用 Opencv和PCL开源库，大大降低了计算的复杂程度，实现了高效、快速、准确的图像处理和三维重构算法。

**4.实验及数据处理**

**4.1实验设计**

本系统设置CCD相机为连续拍照模式，连续拍照的时间间隔为1s。激光器安装位置相对于传送带的高度为1000mm处，光线边长460mm,边宽460mm,线距19.3mm,对角线长66mm。根据速度计算公式，得出传送带的平均速度。通过速度计算，传送带匀速运动为4.58mm/s。

**4.2相机标定**

通过相机模型的建立，可以知道世界坐标的三维几何位置与其在像素坐标系中对应点之间的关系。由于相机棱镜产生的畸变，需要通过相机标定来消除。所以，标定在整个三维重建的几何和深度计算过程占有核心的地位，将直接影响重建结果的精确度。本文利用张正友标定方法确定了相机内参、外参和畸变参数。该方法具有对设备要求不高、操作简便等特点，比自标定方法精度更高，符合本系统的标定要求。其操作过程如下：首先，打印一张标定专用的黑白格子并贴在一个平面上，用待标定的CCD相机从不同角度拍摄若干张靶标图像，如图3.10所示。然后，使用 Matlab的 toolbox calib相机标定库，运行 calib\_gui指令，导入采集的靶标图像，检测每张图像中的特征点，从而求出相机的内、外参数和畸变参数。

双目相机标定与单目相机类似，都是通过相机在不同位置拍摄同一个棋盘格，根据棋盘格内角点在图像中的坐标和世界坐标系中的坐标，计算得到需要标定的参数，不同之处在于双目相机需要的是两个相机拍摄的图像，并且两个相机需要同一时间拍摄图像。

房间的摆设布局

低可信度描述已自动生成

**4.3像素中心提取**

由CCD相机采集到的激光图片中包含的颜色信息都是RGB值，但是在RCGB颜色空间中提取图片的特定颜色区域并不方便，因此将图像从RGB空间转换到HSV空间中进行处理，从而消去背景信息的干扰提取出激光区域。

不同颜色的色调(H)、饱和度(S)及明度(V)都不同，因此只需给出目标区域的H,S,V分量值，再遍历图像，保留满足条件的像素即可提取出目标区域。为了获得激光区域的H,S,V分量，采用统计颜色直方图的方法，截取目标区域并统计区域中各个像素的颜色直方图，之后根据统计得到的信息划定H,S,V分量的阅值范围并求解激光区域。通常，由于激光投射到物体表面会产生一定程度的漫反射，因此在完成HSV空间初步提取之后还需对结果进行阈值分割处理，以除去周边漫反射作用造成的影响。结果如下。

电脑屏幕的照片上有字

低可信度描述已自动生成 卡通人物

低可信度描述已自动生成 图片包含 游戏机, 房间, 男人, 站

描述已自动生成

（a）原图 （b）激光线区域分割 （c）激光中心提取结果

**4.4数据拼接与数据融合**

在使用立体视觉原理和激光三角原理分别对采集的序列图像进行处理后，得到了每一帧系统坐标系下的激光数据。为了得到完整的三维模型，需要借助立体视觉获得每一帧图像中的标志点，用以计算旋转矩阵R和平移向量T以完成数据拼接。在进行数据拼接时，所采用是全局模式下的数据拼接，即以第一帧系统坐标系为全局基准坐标系，在处理序列图像时，将每一帧左右图像提取到的网格点与全局坐标系中的网格板标志点匹配，获取当前帧系统坐标系到全局基准坐标系的旋转平移矩阵。

为了得到点云数据更为丰富的三维模型，将立体视觉测量系统和激光三角测量系统各自所得的物体空间三维数据进行了融合统一。处理时，在物方以背景网格板建立一个全局的世界坐标系，以网格板左侧顶点为原点，左倾的网格线方向为X轴，右倾的网格线方向为y轴，垂直于网格板向上的方向为Z轴。由于网格板在设计时相连网格点间距为20mm,因此在全局坐标系下各个网格点的数据均可得到。

**4.5实验数据验证**

如图所示是使用本系统对某一鼠标进行扫描重建时拍摄的某一帧左右相机图像，首先对图像进行预处理激光中心提取算法来提取激光线的中心。之后分别借助立体视觉测量原理和激光三角测量原理，即可得到该帧系统坐标系下激光的三维坐标。

图片包含 照片, 男人, 游戏机

描述已自动生成

扫描重建时左右相机获取的图像

在激光三角系统中，由于左右相机扫描的点云数据是建立在同一个世界坐标系中，故可综合左右相机的点云图。最终得到的立体视觉系统点云图和激光三角测量系统点云图如下图所示

玩滑板的人

低可信度描述已自动生成 玩滑板的人

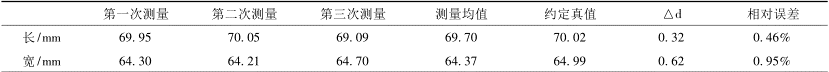
描述已自动生成

(a)立体视觉系统点云图 (b)激光三角系统综合点云图

下图为待测工件及其点云图，实验时用系统扫描得到物体的三维点云模型，通过在点云上选点的方式来计算测量结果，之后将测量结果与精度为0.01mm的数显卡尺测得的约定真值相对比，表中记录了工件的长宽测量值与约定真值的对比情况。

图片包含 游戏机, 木, 长凳, 吉他

描述已自动生成



**5总结**

在物体三维重建中，为了解决传统的立体视觉测量方法和激光三角测量方法所存在的局限性，实现物体表面三维信息的快速获取，建立点云数据更为丰富，精度较高的三维模型，设计了一套扫描式三维测量系统。测量时系统利用激光线上的数据来进行精确的匹配计算，解决了立体视觉系统在测量弱纹理区域时容易出现误匹配的问题；借助立体视觉系统获取特征点对，完成了数据的匹配拼接，省去了激光三角系统需要外加移动平台的问题；通过建立全局坐标系的方式将立体视觉系统和激光三角系统数据融合统一，得到了点云数据更为丰富、精度较高的三维模型。与传统的测量系统相比，该系统具有便携性高、测量方便且不受物体表面纹理特性影响的特点。实验结果证明，系统测量误差在1mm以内，对于三维重建工作具有一定的应用价值。