

海克斯康项目说明书

题目：三维红外激光雷达

项目负责人 云泽霖

项目成员 王云翔，何嘉敏，张尹，林沐阳

摘 要

随着科技发展，测试测量仪器也需要新的思路新的想法。三坐标测量仪一直在测量仪器中占据重要地位，再者市场上的激光雷达价格昂贵，低成本、性价比高的三维雷达具有很大潜力。本文对一字线状激光照射成像和图像处理进行了研究，并设计出低成本的三维激光雷达系统，使得空间三坐标重建模成本低廉，简单有效，并且具备自主开发的上位机软件，拥有很方便的人机交互界面，提高工作效率，降低使用难度。此项作品的技术关键为上位机内部的图像处理解算部分。主要技术指标为三维空间重建模的直观相似度，空间坐标解算精确度。

关键词：三维激光雷达；低成本；一字线激光；图像处理；
MFC 界面软件；三维重建模；VGA 摄像头

ABSTRACT

With advances in technology, test and measurement equipment also need new ideas. Three coordinate measuring machine (CMM) has been occupying an important position in the measuring instrument, laser radar. Moreover expensive on the market price, cost, cost-effective three-dimensional radar has great potential. In this paper, the word linear laser irradiation imaging and image processing were studied and designed a low-cost 3D laser radar system, making the space coordinate low-cost re-modeling, simple and effective, and have self-developed PC software, with very convenient interactive interface, improve work efficiency, reduce the difficulty. This key technology for the PC works at understanding the internal image calculating section. Visual similarity main technical indicators heavy three-dimensional modeling, spatial coordinates solver accuracy.

Key words: Three-dimensional laser radar; low cost; word line laser;
image processing; Three-dimensional re-modeling;
MFC interface software; VGA camera

目 录

第一章.....	1
1.1 环境背景.....	1
1.2 项目基础.....	1
1.3 市场背景及科研需求.....	2
第二章.....	3
2.1 硬件方案.....	3
2.2 软件方案.....	4
第三章.....	6
1.1 硬件设计.....	6
1.2 软件设计.....	9
参考文献	12
致谢	

第一章 项目背景

1.1 环境背景

1.1.1 学科背景

身为精仪学院，测控专业的学生，本着实事求是的原则，将理论与实践结合起来，用理论指导实践，用实践印证理论。

测试测量仪器乃是我院的专长，光机电算综合使用制作测试测量仪器也是我院培养学生的目的之一。

1.1.2 实验室背景

身为海克斯康创新实验室的一员，本项目旨在为测试测量带来新的思路，希望为测试测量带来新的思路 and 想法，体现创新实验室价值与成果。

1.2 项目基础

1.2.1 串口通信基础

实现本项目的-一个基础问题是上位机与下位机的通信，而 USB 通信之一的端口通信很好的解决了问题。VC 库自带的端口操作函数为本项目提供了很大帮助。通过整合需要的串口通信功能，本项目实现了上位机的串口通信，在对话框内打印串口通信内容，并且将该部分集成到上位机用户界面内部，成为上位机软件的一个重要部分。主要功能是在软件运行时通过串口发送指令给下位机，使下位机配合上位机，二者协调工作。

1.2.2 OpenCV 图像处理库

OpenCV 是一个开源的集成图像处理函数库，内部包含丰富的图像处理函数。本项目使用改库内部函数完成图像的采集，矫正，二值化，解算，显示、保存等工作，是本项目的核心内容。

1.2.3 Matlab 摄像头图像畸变矫正

OpenCV 由于本项目使用了低成本的 VGA 摄像头，因为摄像头为鱼镜头，随之带来摄像头拍摄图像具有枕形畸变的问题。Matlab 内部集成了图像畸变校正工具，通过拍摄国际象棋棋盘的图像来获取畸变数据，最终生成畸变数据文件提供给 OpenCV 在采集图像时矫正图像畸变。

1.2.4 MFC 集成界面开发环境

MFC 是微软 VisualStudio 内部集成的界面软件开发工具，具有集成的控件，方便添加各种响应函数和操作函数，可以调用 C++库和 OpenCV 库，具有较高的开发效率。

1.3 市场背景及科研需求

激光雷达产品目前在各类实验室、工业应用场景中出现的比较多，近些年随着 3D 打印的普及，物件三维重建模也随之被重视起来。但对于个人爱好者或者家用设备来说，价格偏高。故小组将制作较低成本的三维红外激光雷达作为本组项目。

第二章 项目方案

2.1 硬件方案

2.1.1 下位机

本项目下位机采用 STM32F103 系列单片机，自主设计最小系统。该最小系统具有高集成度，充分发挥 STM32 最小系统的优点。在边长 33mm 的正方形系统板上集成了一个独立按键，三个 led，两位拨码开关选择下载方式，microUSB 插口，TPS7333Q 稳压芯片，独立时钟供电电池。

32 位单片机较 8 位单片机反应速度更快，产生 PWM 精度更高，高精度的 PWM 波才能满足项目要求，一辩控制舵机产生足够高精度的角度。

本下位机设计小巧可靠，具有发展潜力与空间，可以作为核心部件使用在其他项目中，其性能足以满足大部分下位机控制要求。

2.1.2 电源

本项目采用的红外激光功率大，激光供电需要恒流源，所以项目中使用的电源很重要。本项目采用 12V、2A 的大功率电源适配器，采用 2.0v，0.5A 的可调恒流源。单片机和舵机供电采用 5V 逻辑电源，由 LM2596-5.0 开关电源供电，输出 5V 电源，最大电流 3A 可满足舵机电源和单片机电源使用。单片机电源由 5V 逻辑电源输入，最小系统板集成的 TPS7333 供电。

2.1.1 红外激光成像系统

本项目核心之一为一字线激光照射成像，为了防止可见光对成像的干扰，使用 850nm 的红外激光，可避免大部分自然光的干扰。并且使用 1000mw 的大功率激光器，照射距离远，成像清晰。并且在 VGA 摄像头上配合使用 850nm 的滤光镜片，使空间成像效果达到最佳。

2.1.1 散热系统

本项目供电使用的恒流源功率大，产热速度快，需要主动散热。项目中使用 PWM 调速轴流风机为恒流源散热。红外激光管用继电器控制通断工作，工作时下位机控制继电器打开，红外激光管工作，散热风机转速提高到 50%；不工作时断开继电器，将风机转速降低到 5%，以节省能源，降低噪声。

2.2 软件方案

2.2.1 Matlab 畸变校正

Matlab 内部集成的工具箱 Camera Calibration Toolbox 具有利用棋盘校正的功能。使用项目使用的摄像头从各种角度拍摄打印好的棋盘图，将这些图片输入工具箱，手动选点之后可以自动校准摄像头的枕形畸变，生成 xml 矫正参数文件，可供 OpenCV 处理图像使用。

2.2.2 OpenCV 图像处理

本项目使用 OpenCV 捕捉摄像头图像，首先可根据环境光强亮度手动调节二值化阈值，调整到合适的阈值，使图像清晰，提高处理精度。然后进一步使用三角算法，根据摄像头参数和制作参数，依据三角形相似计算出反光点到摄像头的距离，以摄像头为原点建立笛卡尔坐标系，生成 xyz 三坐标点云数据并存入 txt 文件。

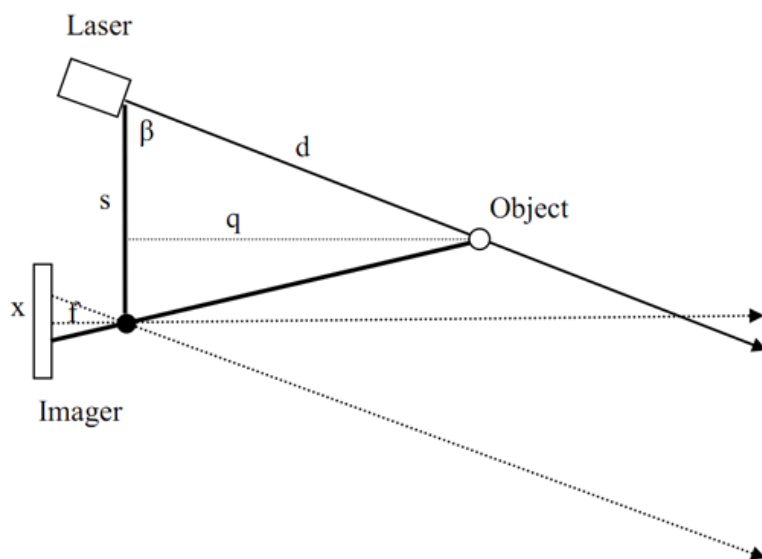


图 1 三角测距原理图

在计算同时显示摄像头拍摄图像和初步处理图像，将整理后的点标示出来同时显示。

2.2.3 MFC 界面设计

本项目所使用软件为方便，使用 MFC 集成界面设计。集成串口调试部分，使用串口完成上位机和下位机的自主通信，但是也保留了串口助手原来的大部分功能。通过集成界面可以方便地控制下位机，比如开启或关闭红外激光，调节二值化阈值，测试串口通信是否正常，控制舵机转向、复位等。界面美观大气，使用方便。

2.2.1 “鬼火”引擎三维重建模

在三维重建模方面本项目使用以 OpenGL 为基础的“鬼火”开源游戏引擎，可以直接读取点云图像，生成三维立体图像，通过鼠标按键和拖动，可以三维图像进行放大、缩小、平移、全方位旋转等。

第三章 项目设计

3.1 硬件设计

3.1.1 下位机核心设计

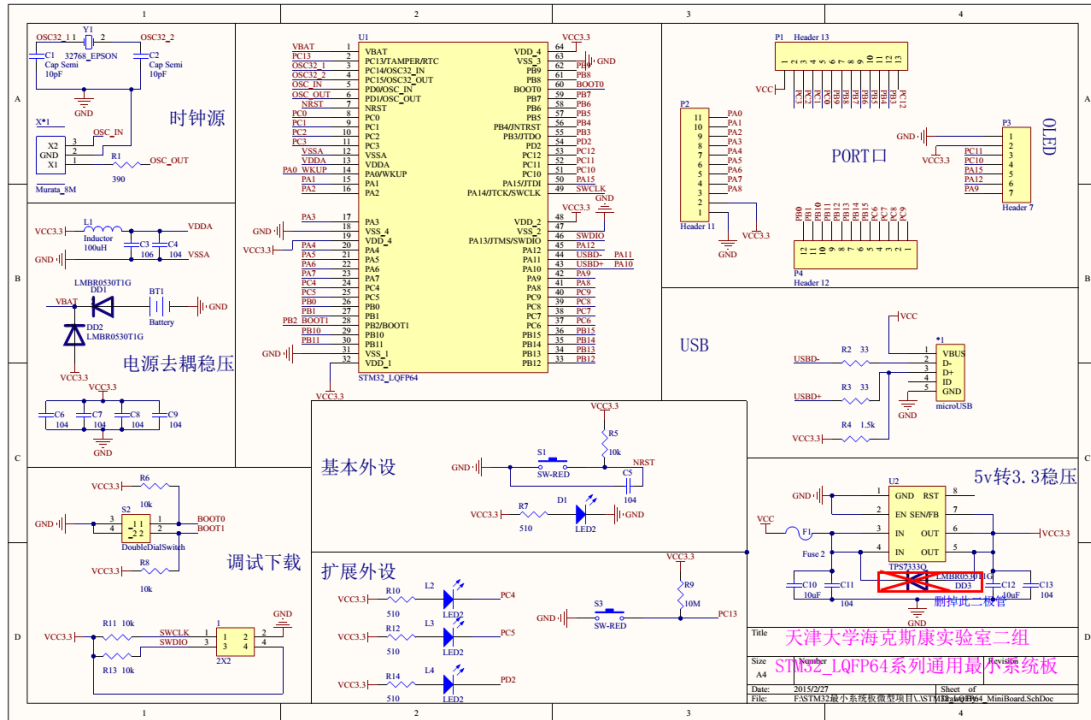


图2 下位机 STM32 最小系统原理图

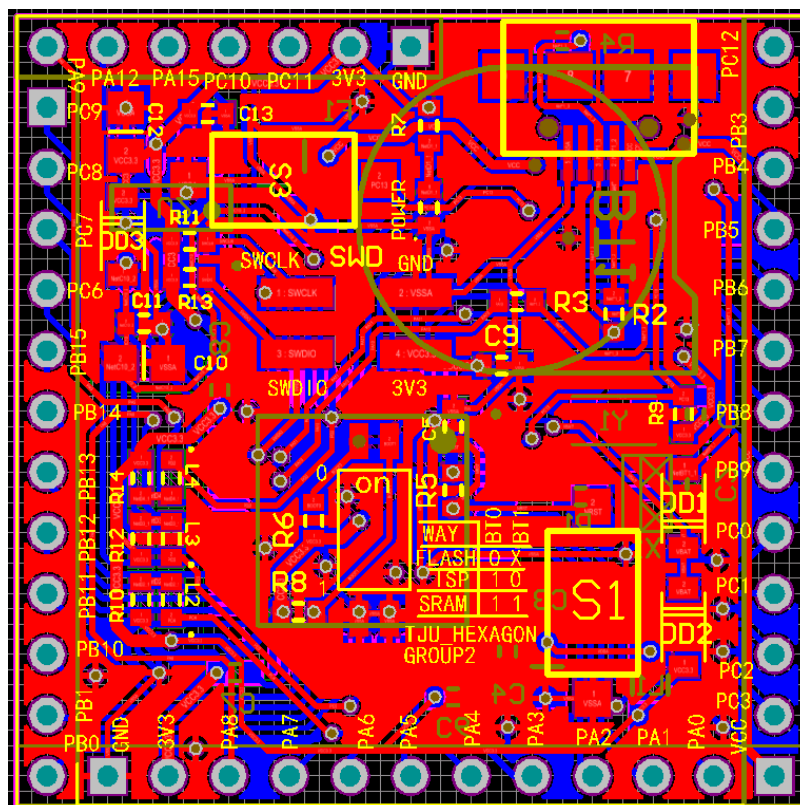


图 3 下位机 STM32 最小系统 PCB 正面

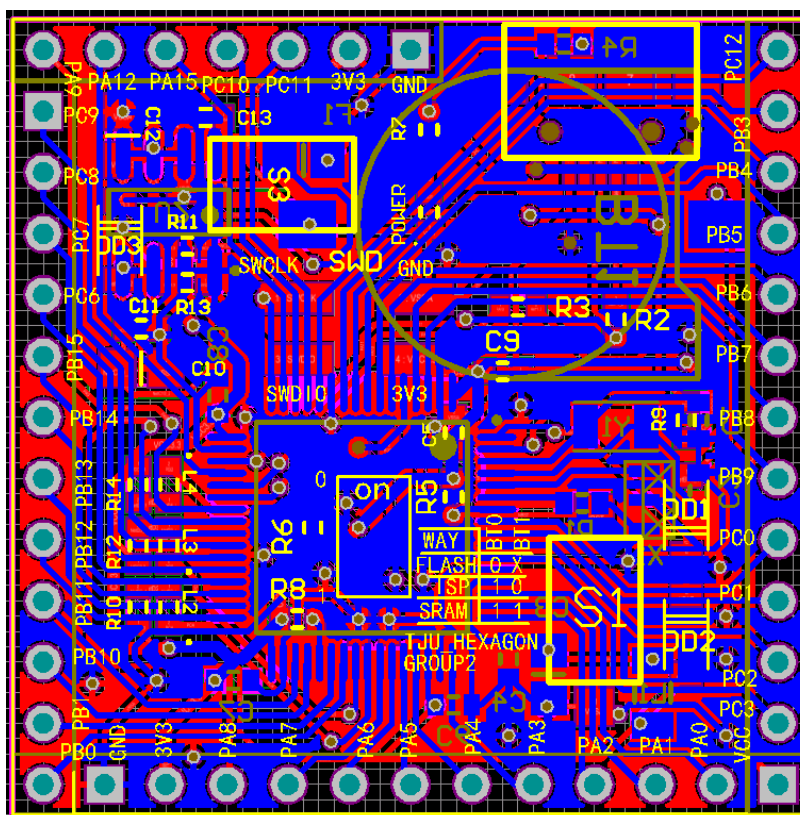


图 4 下位机 STM32 最小系统 PCB 背面

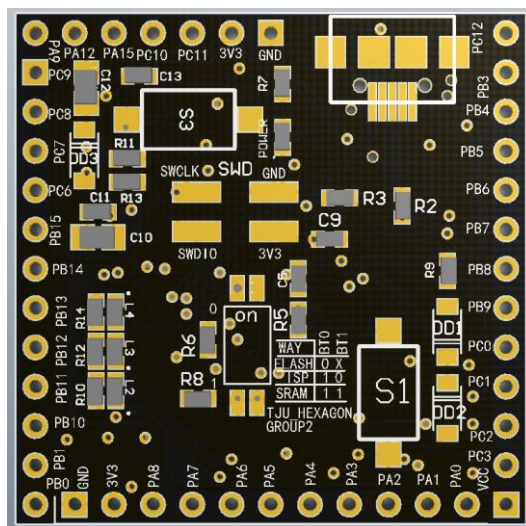


图 5 下位机 STM32 最小系统 PCB 仿真图

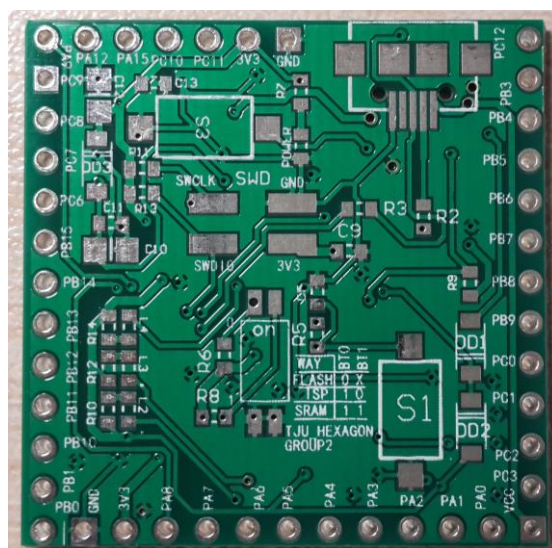


图 6 下位机 STM32 最小系统 PCB 实物图正面

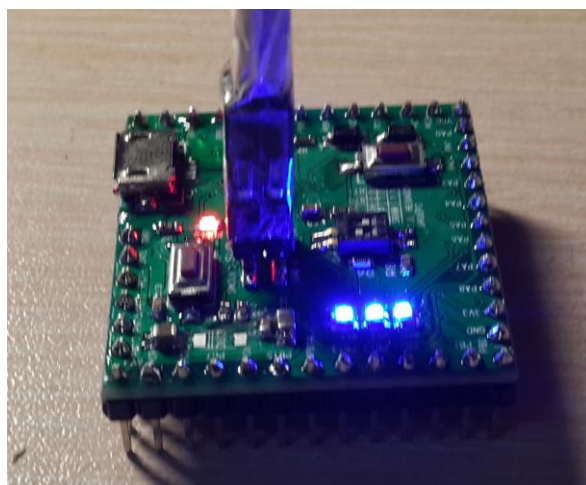


图 7 下位机 STM32 最小系统实物图

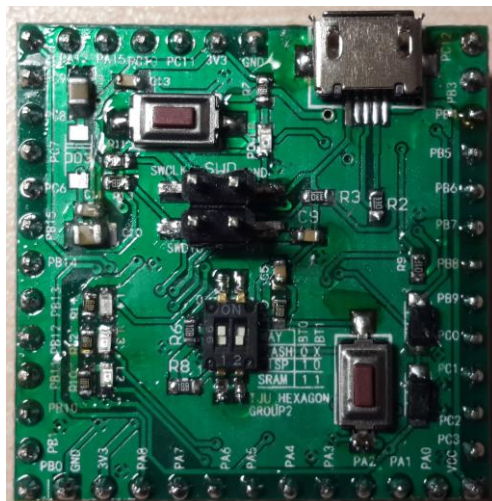


图8 下位机 STM32 最小系统实物图

3.1.2 下位机总体设计

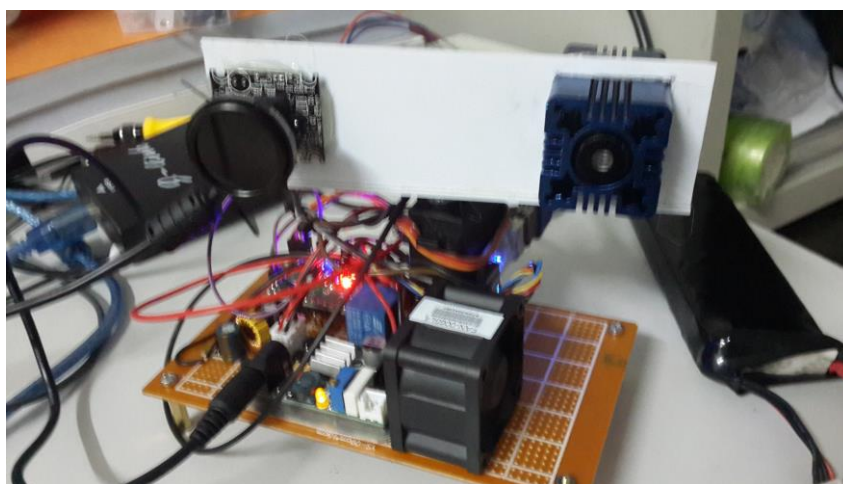


图9 下位机实物图

3.2 软件设计

3.2.1 OpenCV 图像处理

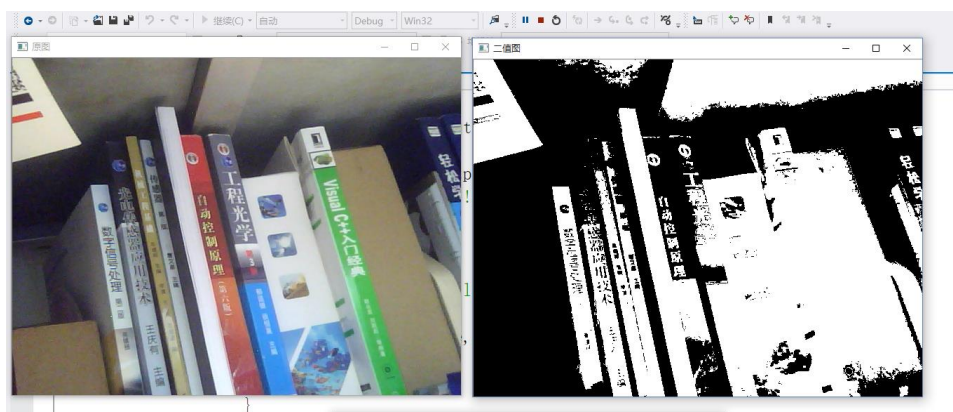


图10 Opencv 采集摄像头图像并二值化处理

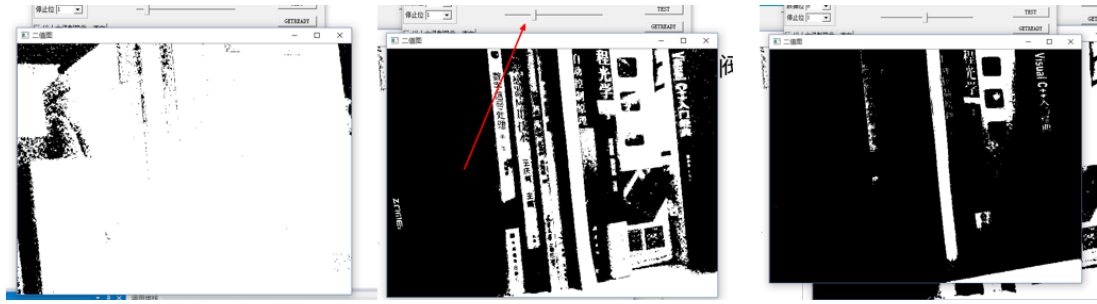


图 11 通过 MFC 集成控件进行二值化阈值调节

3.2.2 Matlab 摄像头畸变校正

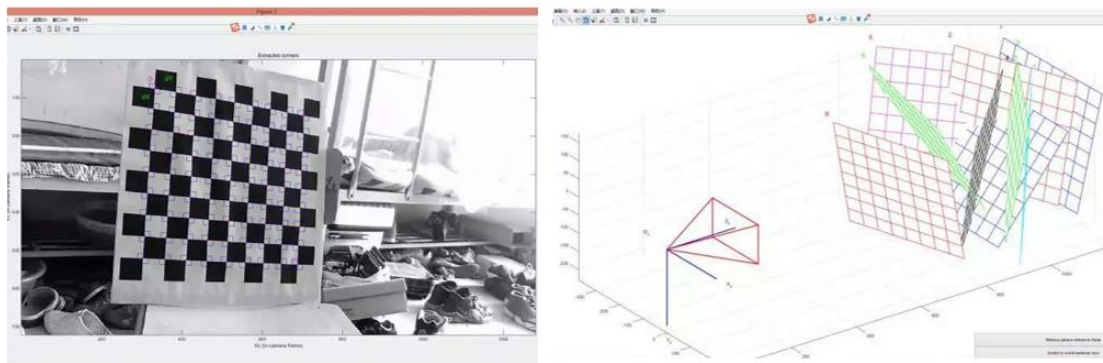
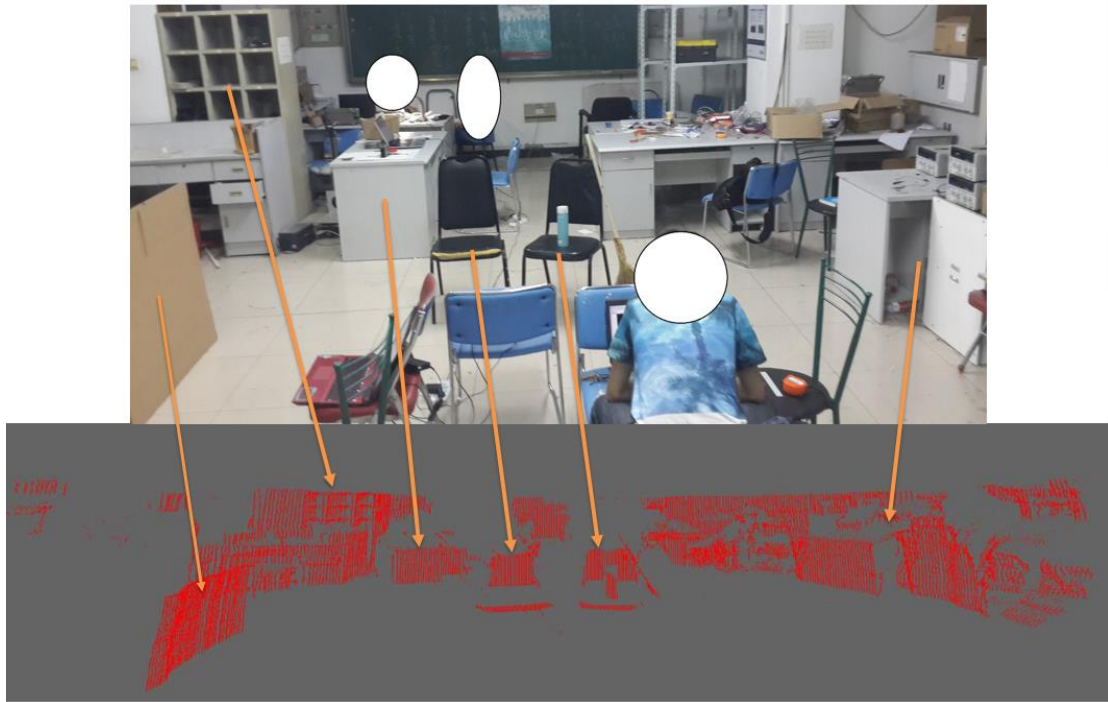


图 12 算法自动识别进行三维坐标处理

3.2.3 MFC 软件界面



3.2.4 三维重建模效果



参考文献

- [1]Gary Bradski & Adrian Kaebler.于仕琪,刘瑞祯.《学习 OpenCV》.清华大学出版社,2009,10
(1) .
- [2]胡超,徐守坤.《轻松学 Visual C++》.电子工业出版社,2013,6(1) .
- [3]刘火良,杨森.《STM32 库开发实战指南》.机械工业出版社.