



生活垃圾智能分类 设计方案

2020 年 12 月

目录

一、体系设计整体方案.....	1
1.1 命题背景.....	1
1.2 方案设计简介.....	1
1.3 设计特点.....	1
二、控制设计.....	1
2.1 控制架构.....	2
2.2 上位机控制.....	2
2.2.1 垃圾图像识别.....	2
2.2.2 显示屏控制.....	3
2.2.3 ROS 框架.....	3
2.3 下位机控制.....	3
2.3.1 步进电机控制.....	3
2.3.2 其他外设的控制.....	4
三、机构设计.....	4
3.1 总体架构.....	5
3.2 分类垃圾桶存储部分.....	5
3.3 垃圾投放平台.....	6
3.4 主控平台.....	6
四、开发进度安排.....	6
五、参赛队员能力与分工.....	7

一、体系设计整体方案

1.1 命题背景

目前，我国各地正开展垃圾分类试点工作。垃圾分类包括可回收物、有害垃圾、厨余垃圾、其他垃圾四大类。但大众垃圾分类意识淡薄、垃圾分类本身工序比较繁琐、垃圾种类多成为工作继续推进的阻力。如何结合现有技术，高效地处理城市生活垃圾，降低垃圾处理成本成为当今迫切需要解决的问题。

1.2 方案设计简介

本项目采用深度学习技术对采集到的垃圾图像进行图像识别，并将识别结果返回至下位机后对步进电机进行控制，最后将垃圾传入对应类别的垃圾桶。同时，下位机可通过读取各传感器数据，以获取项目状态并传输至上位机。为了满足四个类别的垃圾分类需求，本项目采用四个垃圾桶对称环绕中心轴的方案，将控制部分核心套件置于项目中心。同时综合考虑到垃圾实际大小，对有害垃圾类的垃圾桶尺寸进行调整。对项目进一步进行封装，形成实用性与可靠性强的生活垃圾智能分类系统。

1.3 设计特点

1、采用 YOLOv5 神经网络模型进行垃圾分类识别，允许在树莓派等上位机中运行，提高了运算速度和精确度；

2、采用上位机树莓派 4b 和下位机 STM32 的方案，分离驱动层与控制层，提高控制层可靠性与运行效率；

3、采用分体式结构设计，不同类别垃圾桶可单独取出清空、清洗，简单方便。

4、采用一键式操作，只需将垃圾投放到投放平台内，按下分类按钮，自动完成分类投放。

5、功能全面，显示屏具有显示垃圾分类结果、播放垃圾分类宣传视频及图片、显示满载提醒等功能。

二、控制设计

2.1 控制架构

控制系统由树莓派 4b 或英伟达 Jetson TX2 作为上位机，通过串口通信与下位机 STM32F407 进行信息交流。各模块均使用电驱动，锂电池经由稳压模块后向各控制器与外设供电。上位机主要负责控制显示屏显示采集到的图像以及实时识别结果，同时控制摄像头进行图像采集，在保证足够算力的同时能进行更清晰的程序设计。下位机负责控制电机驱动板从而控制步进电机进行闭环的精确转动。同时下位机也负责控制其他简单外设，如蜂鸣器、LED、电压检测模块、压力传感器等，收集设备的各种状态并发送至上位机。由此可以将驱动层与控制层分离，使得整体设计尽可能的解耦和模块化，便于后续的调试以及相关模块更换，保证控制层的鲁棒性。

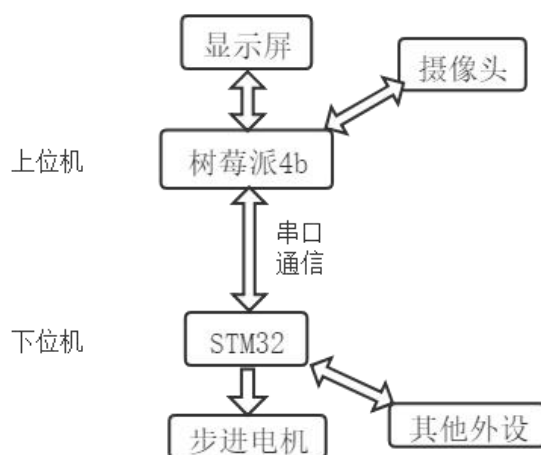


图 1 控制层组成示意图

2.2 上位机控制

2.2.1 垃圾图像识别

本次比赛需要识别的垃圾为四大类：可回收物、有害垃圾、厨余垃圾、其他垃圾。可进一步划分为 6 小类：电池（1 号、2 号、5 号）、易拉罐、小号矿泉水瓶、完整或切割过的水果与蔬菜、砖瓦陶瓷、烟头。因而可以利用神经网络机器学习等技术，对采集到的垃圾图像进行识别。本项目采用 YOLOv5 作为框架，对目标垃圾进行准确的分类与识别。选择此框架的原因是由于此框架体积较小、运算量相对较少而能获得高准确率，擅长解决多分类的图像识别问题，并能在树莓派等小型移动组件上运行。



图2 图像识别效果示例

因而，需先收集这六类垃圾的图像并进行人工标注，然后利用本地机进行神经网络训练，生成训练效果最好的权重文件后导入上位机。在实际运行时，上位机先控制摄像头进行自动对焦，摄像头向上位机传入 JPEG 图像流，上位机取得图像数据并进行图像识别。识别结束后，将图像文件与识别结果、时间等数据存入数据库，同时将结果发送至下位机。

2.2.2 显示屏控制

本项目采用 7 寸显示屏通过 HDMI 接口与上位机进行连接。显示屏主要功能为赛前播放宣传视频以及显示上一次识别的垃圾，同时支持历史识别记录查询与查看。每一项数据包括：采集到的源图像、处理后的图像、投放顺序与识别时间、垃圾类别名称。同时，显示屏支持显示当前垃圾数量、任务完成情况、各分类垃圾桶满载情况、电池电量等数据。

2.2.3 ROS 框架

为了方便上位机各功能模块之间的调试与交互，在上位机系统为 Ubuntu18.04 的基础上采用 ROS 框架对各功能进行控制和管理。通过创建垃圾图像采集、垃圾图像识别、显示屏数据传输与显示、与下位机的通信等 ROS 节点，将上位机功能模块化，提高运行效率。

2.3 下位机控制

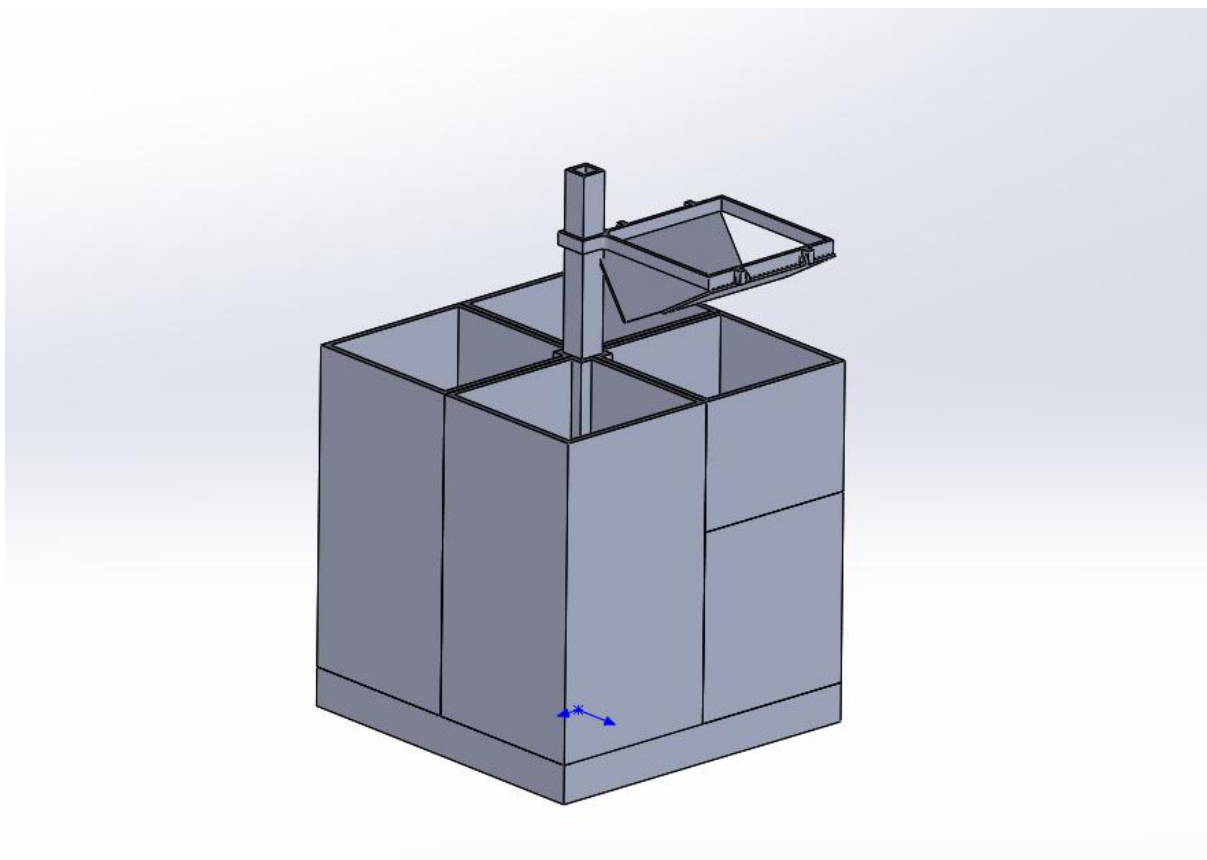
2.3.1 步进电机控制

下位机 STM32F407 连接电机驱动器 LV8726 闭环控制两路步进电机，进而带动转盘精确地根据上位机传输分类数据转动相应方向，并将垃圾送入对应的垃圾桶中。步进电机主要为两个自由度的运动，分别为绕两个坐标轴进行一定角度的旋转。一路步进电机用于旋转一定角度，选择目标垃圾桶。另一路电机则用于将平台以一定角度倾斜，确保平台上的垃圾完全进入垃圾桶中。

2.3.2 其他外设的控制

其他外设包括光敏传感器、电量测量模块、提醒警告模块等。主要用于对各垃圾桶的满载程度与目前电池电压的测量，结合 STM32 的定时器定期向上位机发送数据。同时可以通过控制蜂鸣器或 LED 来对相关操作或识别结果，如成功识别、垃圾桶满载等进行提醒与警示。

三、机构设计



3.1 总体架构

图3 组装示意图（省略主控平台）

本项目机构设计总体上采取竖直方向三段式分布，由下到上依次是分类垃圾桶存储部分、垃圾投放平台以及主控平台。

如图所示，整体设计以中轴为中心，下部四个垃圾桶以“田”字形围绕中轴排列，设计为分体式可取出形式，由于有害垃圾只需存放废旧电池，所需空间较小，有害垃圾垃圾桶下部空间可以用来安装电池组件及下位机。中部为垃圾投放平台，平台一角固定在中轴上，通过步进电机的控制可以自由准确地旋转到四个垃圾桶上方进行垃圾投放。上部为主控平台，这部分主要安装上位机、摄像头以及显示屏，通过摄像头对投放平台中垃圾进行识别，将图像数据传输给上位机处理后将结果反馈到显示屏及下位机上。

3.2 分类垃圾桶存储部分

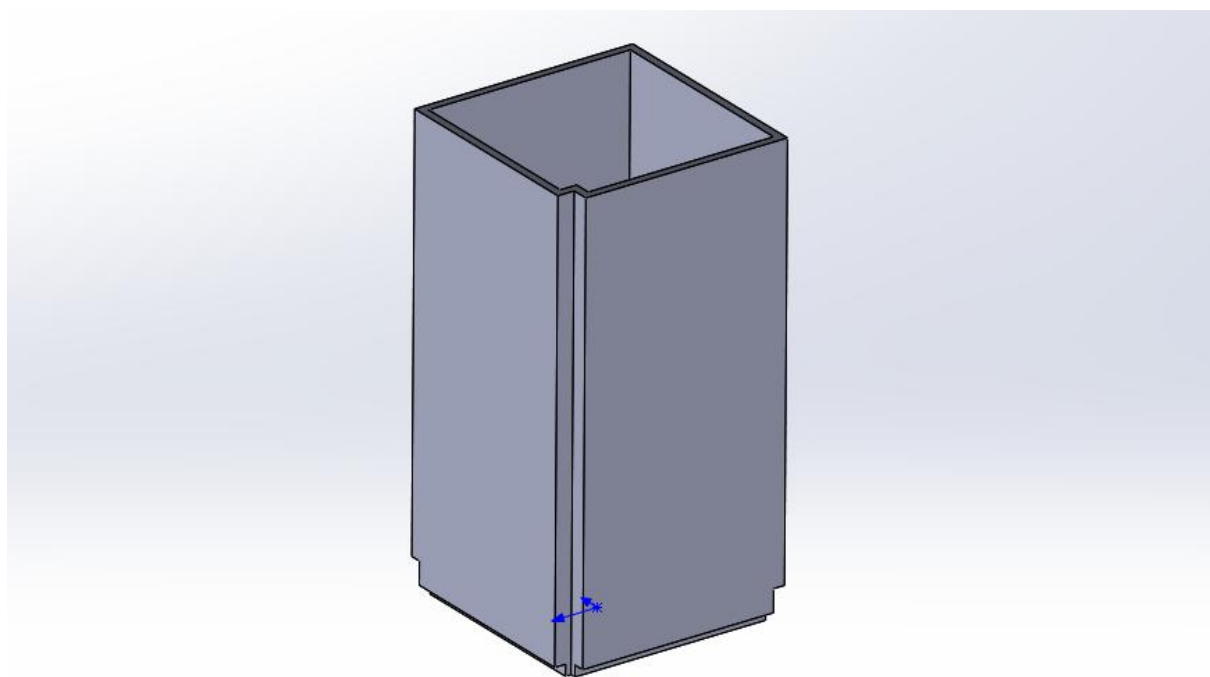
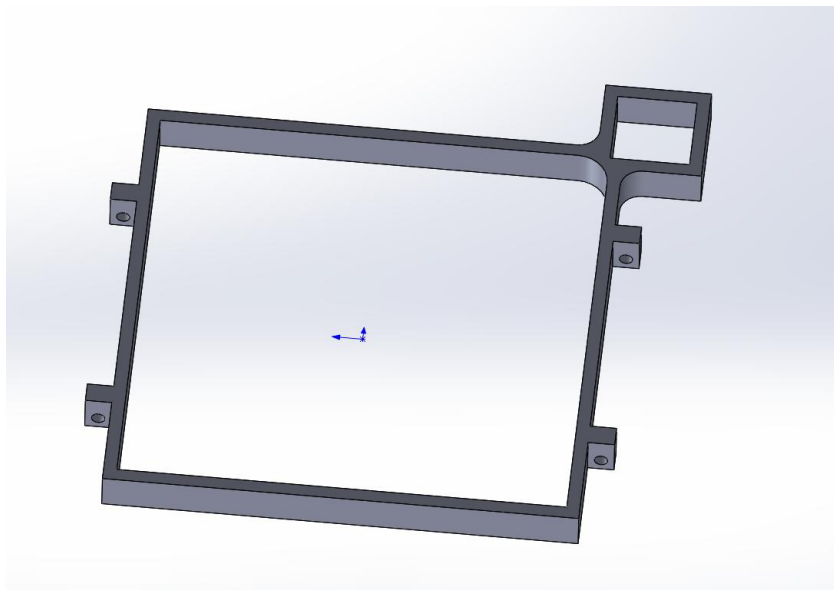


图4 可回收物、厨余垃圾、其他垃圾垃圾桶示意图

本部分中，四个分体可取出垃圾桶围绕中轴放置安装在整体外壳内，四个垃圾桶分别对应可回收物、有害垃圾、厨余垃圾、其他垃圾四个类别，其中有害垃圾由于只有废旧电池一种垃圾因此所需容积较小，故有害垃圾垃圾桶高度小于其余三个垃圾桶，有害垃圾垃圾桶下方可产生空余空间，可以用来放置电源以及下位机。



3.3 垃圾投放平台

图 5 投放平台边框示意

本部分中，投放平台为立方体无盖盒装，一角固定在中心轴上的步进电机上，通过步进电机可以使投放平台绕中心轴旋转，并且可以精准旋转到每个分类垃圾桶上。投放平台底板可以通过舵机控制打开，将平台上检测完毕的垃圾投放到垃圾桶内。四周没有挡板以免平台转动时阻碍运动，仅通过主轴连接上下部分。

3.4 主控平台

本部分位于整个作品的最上部，通过主轴与下部其他部分相连接。主控平台上安装有上位机控制板与显示屏，架设图像采集所使用的摄像头以及供暗光环境照明的 LED 照明灯。

四、开发进度安排

- 1、12 月 1 日参赛小组内就生活垃圾智能分类题目规则进行讨论，并初步拟定方案。
- 2、12 月 10 日小组与指导老师对比赛的相关细节进行交流，寻求老师的意见，修改比赛方案，并初步确定小组内部分工。
- 3、12 月 15 日-12 月 20 日，小组内同学共同撰写项目设计方案，确定各阶段进度安排。

4、12月10日-1月10日，小组内负责分类装置机构的同学进行机构设计，并与老师交流探讨装置的可行性，进一步联系工程训练中心或商家进行制作。计划于寒假之前完成相关机构的制作。

5、12月10日-12月30日，负责控制部分的同学采购主控板以及屏幕、摄像头、步进电机等外设，尝试将深度学习模型移植到主控板，测算相关性能指标，适时调整方案。

6、12月30日-1月10日，负责控制的同学实现主控板与各外设的通信及数据采集，并初步将其组合到一起。

7、1月10日-1月30日，小组内成员进行联合调试，生活垃圾智能分类装置初步成型。

8、寒假期间小组线上讨论，进一步提高垃圾分类的准确度，根据调试的结果改善机构设计。

9、寒假返校后，3月1日-3月15日将线上交流成果应用于分类装置，提高分类性能。与老师进行讨论，优化垃圾分类速度与准确率。

10、3月15日-3月26日，整理各部分设计细节及使用注意事项，总结设计与调试经验，为初赛做好准备。

五、参赛队员能力与分工

1、宋一恒：

共青团员，自动化科学与电气工程学院机器人工程专业2019级本科生。现任四星级社团自动控制协会部长，190331小班组织委员。作为队长参加第八届“驭远杯”机器人挑战赛，并带领队伍进入决赛。选修《走进机器人世界》通识课，并带领队伍取得第一的成绩。

负责队伍内整体的分工协作，包括各环节的设计调试以及机构和控制两部分的配合优化。

2、张靖运：

共青团员，自动化科学与电气工程学院自动化专业2019级本科生。现为190323小班学习委员与机器人队控制组成员，队内主要负责机器人底座的设计以及应力分析，具备足够的机械原理相关知识，有一定的SolidWorks和仿真使用经验。

负责队伍内机构的设计、有限元分析以及组装工作，包括各组件之间的传动和协同

工作时的优化。

3、韦小宝：

预备党员，自动化科学与电气工程学院机器人工程专业 2019 级本科生。曾获冯如杯学术科技竞赛三等奖一作、“蓝桥杯”单片机类省二等奖。现为五星级社团机器人协会会长和校机器人队控制组成员，主要负责利用深度学习来识别场上物品，具备充足 Linux 系统的使用经验。下位机方面，有一定的 STM32 开发经验。

主要负责队伍内控制层的设计、搭建以及调试，包括下位机的控制、各模块之间的通讯以及上位机算法设计。

4、方于晖：

共青团员，自动化科学与电气工程学院机器人工程专业 2019 级本科生。曾参加第八届“驭远杯”机器人挑战赛，负责队内的核心调试工作，最终队伍进入决赛。选修《走进机器人世界》课程，队伍取得第一的成绩。

主要负责队伍内各组件的选型以及组装，负责说明工程设计文档的整理以及撰写。