

硕士学位论文

（工程硕士）

基于机器视觉的生活垃圾智能分拣
系统的设计与实现

**DESIGN AND IMPLEMENTATION OF
VISIONBASED SORTING SYSTEM FOR
SOLID WASTE**

周滢慙

哈尔滨工业大学

2018 年 6 月

国内图书分类号：TP249

学校代码：10213

国际图书分类号：681.5

密级：公开

硕士学位论文

(工程硕士)

基于机器视觉的生活垃圾智能分拣
系统的设计与实现

硕士研究生：周滢慙

导师：李清华副教授

申请学位：工程硕士

学科：控制工程

所在单位：中国运载火箭技术研究院

答辩日期：2018年6月

授予学位单位：哈尔滨工业大学

Classified Index: TP249

U.D.C.: 681.5

Dissertation for the Master Degree in Engineering

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF VISION BASED SORTING SYSTEM FOR SOLID WASTE

Candidate:	Zhou Yingmin
Supervisor:	Associate Prof. Li Qinghua
Academic Degree Applied for:	Master of Engineering
Speciality:	Control Engineering
Affiliation:	China Academy of Launch Vehicle Technology
Date of Defence:	June, 2018
Degree-Confering-Institution:	Harbin Institute of Technology

摘要

在环保领域中，针对生活垃圾的有效处理和相关高价值废品的回收再利用，已逐步成为社会发展日益关注的焦点，其中针对垃圾的分类过程是生活垃圾处理的关键。在我国当前国情条件下，垃圾处理厂中垃圾分类处理多采用人工流水线分拣的方式进行，该方式存在环境恶劣、劳动强度大、分拣效率低和自动化程度弱的弊端，远不能满足我国环保资源回收利用的发展和社会进步需要。

随着我国工业自动化水平的不断提升，自动化生产模式已多行业得到了良好的应用，但在环保行业中受到起步晚、投入少、分拣难度大等因素制约，适用于我国国情的自动化分拣设备匮乏，因此针对环保行业的垃圾分拣需求，以自动化工业设备替代人工分拣的方案势在必行，研发生活垃圾智能分拣系统有重要意义。

首先，本文介绍了生活垃圾智能分拣系统设计的总体方案，采用机器视觉作为信息输入，采用分类识别算法提取目标物体角度、位置信息，使用工业机器人代替人工完成分拣工作，其系统主要由目标识别单元和分拣控制单元两部分构成，为后文的设计和介绍确定了技术路线。

其次，在目标识别单元方面，针对我国垃圾分类率低，流水线上目标具有复杂背景环境的特点，以矿泉水瓶作为分拣目标，设计了一种基于 **Faster-RCNN** 目标检测模型的改进算法，同时针对小尺寸目标使用了基于 **Hyper-Column** 的方案，对原始 **VGG16** 分类网络做出了改进，结合人机交互纠错机制提高对目标分类识别的正确性和有效性，并对目标识别单元的硬件进行设计。

然后，在分拣控制单元方面，依据系统方案设计进行了机械臂运动学分析，介绍了工业机器人的选型，构建了坐标系对机械臂的协同控制逻辑进行了设计，并针对复杂环境分拣要求，为确保分拣过程的稳定性设计了机械臂末端执行器。

最后，在实验室环境中对系统进行了验证，一方面通过实地拍摄照片输入系统运行目标识别算法的方式对目标识别 **Faster-RCNN** 模型算法进行了验证，另一方面通过在实验室中连接搭建真实测试环境模拟实际运行工况对系统设计的正确性和可行性进行了验证。

关键词：目标识别；机器视觉；分拣；工业机器人；协同控制

Abstract

Under the present conditions of our country, manual sorting is still the major means for garbage sorting which is of many shortcomings, such as poor working environment, large labor intensity, low sorting efficiency and low automation degree, cannot meet the recycling of environmental resources and social progress in our country.

With the improvement of industrialization in our country, automatic systems are widely applied in many industries. However, lacking of automatic sorting is the current situation due to started late, less investment, and technical difficult. Therefore, it is of great significance to improve the intelligent sorting system of solid waste.

Firstly, the design of the sorting system for solid waste is presented. The sorting system is consisted of the unit of target recognition and the unit of sorting, which lay the foundation for the following designs. The angle and location information of the target object are calculated by recognition algorithm, and manual works are replaced by industrial robots.

Secondly, an improved algorithm based on Faster-RCNN is put forward to predict the position and posture of objects in the complex solid waste environment. An improved design of VGG16 network is showed in the paper to adapt to recognize targets like bottles based on Hyper-Column with human-computer interaction error correction to improve the correctness and effectiveness. By analyzing the algorithm principle and improved algorithm, hardware of the unit of target recognition is designed.

Then, kinematics analysis of robots' manipulators and hardware of the unit of sorting are described. The coordinated control of multi robots is designed. Especially to ensure the high reliability of sorting system the end effectors of manipulator is designed in complex environment using.

Finally, to verify the performance of improved algorithm based on Faster-RCNN is test through pictures taken by lab and field, and a sorting experiment system is set up to test by simulating actual situation.

Keywords: target recognition, machine vision, sorting, industrial robot, cooperative control

目录

摘要.....	I
Abstract	II
目录.....	IV
第 1 章 绪论	1
1.1 课题来源及目的和意义	1
1.1.1 课题来源	1
1.1.2 课题目的及意义	1
1.2 国内外研究情况.....	2
1.2.1 国内研究情况.....	2
1.2.2 国外研究情况.....	3
1.3 基于深度学习技术的国内外研究情况	5
1.3.1 国内研究情况.....	5
1.3.2 国外研究情况.....	5
1.4 本文的主要研究内容	6
1.4.1 研究内容与方案	6
1.4.2 章节安排	7
第 2 章 生活垃圾智能分拣系统总体方案设计	9
2.1 引言	9
2.2 研究目标	9
2.3 功能描述	10
2.4 总体方案设计	11
2.5 性能指标	13
2.5.1 总体性能指标要求	13
2.5.2 目标识别单元性能指标要求	13
2.5.3 分拣控制单元性能指标要求	13
2.6 系统布局	14
2.7 本章小结	14
第 3 章 目标识别单元设计	15
3.1 引言	15
3.2 目标识别单元软件设计	15
3.3 形态学识别模块.....	16
3.4 基于深度学习的目标检测技术	19

3.4.1 区域卷积神经网络 R-CNN	20
3.4.2 Fast R-CNN	20
3.5 目标分类识别算法设计及改进	21
3.5.1 Faster-RCNN 模型	21
3.5.2 Hyper-Column 方案	24
3.6 深度学习网络	25
3.6.1 对输入的图像分层卷积和池化	26
3.6.2 分类器操作	26
3.7 人工辅助模块	27
3.7.1 人机纠错接口	27
3.7.2 人工辅助处理模块	28
3.8 中间结果综合处理单元	30
3.8.1 剔除错误目标的方法	30
3.8.2 人工选择目标的方法	32
3.9 目标识别单元系统构成	33
3.9.1 采样相机的选型	33
3.9.2 工业计算机选型	35
3.10 本章小结	35
第 4 章 分拣控制单元设计	36
4.1 引言	36
4.2 分拣机器人运动学分析	36
4.2.1 机械臂正运动学模型分析	36
4.2.2 机械臂逆运动学模型分析	40
4.3 多机械手控制设计	43
4.3.1 建立坐标系	43
4.3.2 多机械手协同控制逻辑	44
4.4 硬件设计选型	50
4.4.1 工业机器人的选型	50
4.4.2 工业机器人控制器选型	51
4.4.3 综合控制器的选型	52
4.4.4 末端执行器的设计介绍	53
4.5 本章小结	54
第 5 章 实验验证	55
5.1 引言	55
5.2 目标识别算法验证	55

5.2.1 Faster RCNN 算法验证	55
5.2.2 Hyper-Column 算法验证	57
5.3 分拣系统测试实验	58
5.3.1 系统测试环境搭建	58
5.3.2 分拣系统测试	60
5.4 本章小结	61
结论	62
参考文献	63
攻读学位期间发表的学术论文	67
哈尔滨工业大学学位论文原创性声明和使用权限	68
致谢	69
个人简历	70

第1章 绪论

1.1 课题来源及目的和意义

1.1.1 课题来源

本文来源于北京精密机电控制设备研究所的民用项目——生活垃圾智能分拣及搬运移动机器人项目，其目标是针对现有垃圾处理厂流水线上的人工垃圾分拣任务工作环境差、劳动强度大、人力不足和自动化程度低等缺点，尝试通过工业机器人实现对真实垃圾处理厂环境中的瓶子进行自动分拣，以提高垃圾的处理质量和工作效率。

本文的目标是采用计算机视觉技术，通过摄像头获取目标及其周围环境的信息，从中识别出所要进行回收处理的高价值瓶子目标，并将其位置信息通过数字总线传递给运动控制子系统，从而引导工业机器人完成对回收目标的抓取和放置，实现对目标瓶子的高效回收。

1.1.2 课题目的及意义

在新一轮的工业革命“智能制造”的大背景下，中国机器人产业近年来发展迅猛，市场前景优，需求旺盛。通过调研多方数据表明，在我国工业机器人保有量方面，在 2000 年仅为 3500 多台，而通过 10 年的发展后，于 2011 年我国工业机器人数据量已增长了近 20 倍，已达到了 7 万余台，此外，在 2012 年我国机器人的总计销量已达到了 2.3 万台，同比增长了近 51%^[1]。根据国际机器人联合会（IFR）的统计报告显示，工业机器人在中国销售达 3.7 万台，销售量位居全球第一，毋庸置疑中国已成为全球机器人最大市场，庞大的市场需求正在推动中国机器人产业进入黄金发展时期^[2]。

在政府政策支持方面，回顾我国“十二五”规划，已将智能机器人和智能制造设备的研制、生产和使用上升为国家战略规划朝阳产业，得到了国家的政策扶持，国家各大主管机关和部门有针对性的补充了政策倾斜性的文件支撑，为智能制造业的蓬勃发展奠定了基础、同时提供了动力。

城市生活垃圾的资源回收处理方式是解决目前我国城市生活垃圾堆积、填埋、焚烧等对环境造成破坏的有效解决方案，符合我国可持续发展、构建环境

友好型社会的发展需求，对解决北京等特大型城市的发展与环境破坏的矛盾意义尤为重要^[3, 4]。垃圾分拣是实现城市生活垃圾资源回收处理的前提，而垃圾的自动分拣技术是垃圾分拣的必然发展趋势。

在垃圾回收处理系统中，垃圾分拣是关键环节，其速率制约整个生产线的效率，是整个系统的关键过程。目前，生活垃圾分拣线主要采用人工分拣的方式，以传送带将生活垃圾持续平铺传送，其两侧站立多名工人以手抓取的方式对垃圾进行分拣。传送带不间断运行，工人长期在垃圾旁边进行重复性的垃圾分拣工作，手工分拣工作不仅量大、长期工作容易疲劳、自动化程度差因而分拣效率低，且具有工作环境恶劣等弊端^[5]。因此，生活垃圾处理生产线急需采用自动化机器人系统替代人工分拣，将垃圾处理厂打造成无人化、智能化的智慧工厂。复杂环境下的目标分类识别是当前机器视觉检测技术的关键难题，目前为止，针对具有粘连和遮掩的目标对象的分类，尚未有成熟的视觉处理产品可以满足此需求。特别是与工业机械臂实时配合的视觉辨识技术也没有成熟的解决方案。



图 1-1 人工垃圾分选现状图

本文以国内当前急需发展的环保产业为切入点，开展垃圾分拣智能机器人系统相关技术的研究，以实现垃圾分拣生产线智能化、无人化为目标，最终还可将相关技术推广运用到物料智能辨识及分类等相关行业领域，应用面广泛。

1.2 国内外研究情况

1.2.1 国内研究情况

通过调研和查阅相关文献显示，智能机器人系统研发和应用案例在稀土磁材零件行业中运用较为广泛；在部分食品行业、化工行业开展了基于视觉的机器人物料分拣系统研制，例如由昆船自动化物流工程公司研制的视觉识别移动

式机器人系统已在红河卷烟厂自动化物流系统中得以应用，通过视觉识别与定位，获得物品类型及位置信息并选择夹具抓取，同时机器人垛码、拆垛以及机器人数控行走，从而实现对物品的分拣装盘^[6]；又如北京领邦仪器公司研发出了一款采用机器视觉技术和光学检测技术的工业零件检测机器人，该机器人可实现对高精度零件进行检测分拣^[7]；但针对生活垃圾分拣、回收这类多物种混合式对象的智能分拣系统，国内暂时没有厂家开展类似用于生活垃圾分拣智能机器人系统的研发，分析其原因一方面是由于我国环保行业的成熟度不高，且利润有限，当前人工成本可控，针对工业化系统分拣市场需求尚未开发；另一方面是由于我国垃圾分类基础条件差，多种物体混杂，智能分拣难度大，人工分拣虽然工作环境较为恶劣，但是人工分拣识别率高，能够满足要求。因此提出复杂背景下垃圾检测识别和垃圾抓取分拣等关键技术要点，属国内前沿技术。

综上所述，在国内方面，针对机器视觉的生活垃圾分拣系统，行业内相关公司鲜有涉足。

1.2.2 国外研究情况

国外发达国家环保产业起步早，对垃圾分拣的相关技术的研发投入也优于国内。芬兰 ZenRobotics 公司 2011 年研制出了一款机器人，如图 1-2 所示，它能在众多的建筑垃圾中识别出可回收利用的物品，并实现将其分类的目标，同年九月其获得了来自 Invus 的 1300 万欧元的投资，用于支持该公司的发展。



图 1-2 ZenRobotics 的典型分拣生产线图

ZenRobotics 公司设计将视觉传感器、金属探测器和重量测量仪安装在机

机器人的手臂上，通过传感器、探测器所采集的综合数据作为反馈，从成堆的垃圾中分拣出可以回收利用的材料，如金属、混凝土、木材和塑料等，并进行分类^[8]。日本垃圾处理公司 Shitara Kosan 引进 ZenRobotics 的机器人分拣系统并进行升级，将可循环再利用的垃圾分拣出来使用到其他地方，达到循环利用的目的。4 台人工智能机器人平均每分钟合计可以对垃圾进行 50 次分拣，一天的垃圾处理量可达 2000t 左右，既节省了人工费，又提高工作效率，据有关数据表明，使用人工智能的分拣系统所创造的盈利高达以前的三倍^[9]。但针对建筑垃圾研发的分拣机器技术是无法实现对我国国内物料复杂的生活垃圾的分拣。

英国最大的垃圾管理公司-威立雅环境服务公司研发了啄木鸟垃圾分拣机器人即 magpie，啄木鸟垃圾分拣机器人采用红外线扫描垃圾的方法辨识垃圾物类，对处理器分辨出垃圾种类后采用喷高压气的方式对垃圾进行分类。该方法的分拣功能较为简单，分类较为混乱。仍然处于单机的研发优化阶段，还没实现产业化推广及运用。

德国 TITECH 公司研发的 TITECH autosort 多功能分选系统，如图 1-3 所示。该系统的优势在于其利用 DUOLINE 扫描技术为抓手，一方面保证了系统以探测目标物体的材质和颜色两方面重要信息，达到将目标物料从混合、单一等复杂环境中识别的目的；另一方面通过使用双线扫描技术，在保证高分辨率的基础上，增加了探测识别距离，使系统的环境条件苛刻程度得到了降低，同时也为其他辅助系统逐步扩展提供了可能^[10]。

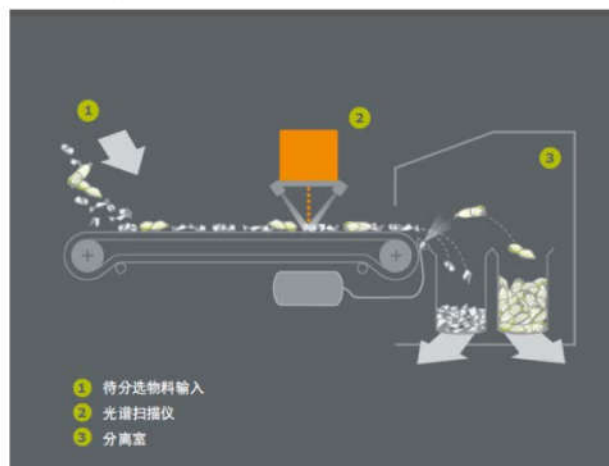


图 1-3 Autosort 设备原理图

1.3 基于深度学习技术的国内外研究情况

1.3.1 国内研究情况

深度学习是机器学习领域一个新的研究方向，深度学习一词来自神经网络研究，国内针对深度学习的研究起步较晚，但近年来在机器视觉应用中也取得了一定进展。

深度学习通过对原始图像信号进行逐层特征变换，其动机是建立模型模拟人类大脑的神经连接结构，将样本在原空间的特征表示变换到新的特征空间，通过多个变换阶段分层对数据特征进行描述，进而给出数据的分类或特征的可视化^[11]。

在智能视频监控技术领域，中国科学院自动化研究所黄凯奇教授和谭铁牛院士等对目标检测、目标跟踪、分类识别进行基于深度学习的研究，分别进行分析对比；并对典型算法的优缺点进行分析^[12]。

香港中文大学汤晓鸥和王晓刚教授等提出了一系列图像物体检测和分类算法改进，研发了一套准确度极高的自动人脸识别系统，并带领项目小组自2014年参赛国际计算机视觉与模式识别会议，在允许利用有标签外部数据且非限定的测试条件下，采用深度学习技术，在LFW（Labeled Face in the Wild）数据库上的人脸识别平均分类度达97.45%，达到人类视觉识别的正确率^[13]，在取得突破性成果之后，该研究团队继续采用深度学习技术卷积神经网络进行研究，最终将人脸识别率提高到了99.15%。

在车辆目标检测领域，韩凯、张红英等人针对传统的车辆检测算法无法满足复杂背景环境下提取目标特征的现象，提出了一种基于深度学习的车辆检测算法。该算法以Faster RCNN模型算法为基础，同时采用LocNet网络算法，避免了传统检测时采用人工设计车辆目标特征而识别精度不高、鲁棒性差等缺陷，克服了汽车不同角度下检测不准确的问题，提升了车辆目标检测和定位的准确性。但针对小目标没有获得良好的检测和定位^[14]。

1.3.2 国外研究情况

国外针对深度学习的研究起步较早，理论发展较为成熟。加拿大多伦多大学Geoffery Hinton教授等人于2006年首先提出将深度学习概念应用于机器学习领域，指出通过训练模型所提取的特征对原始输入数据具有更抽象和更本质的表述，从而有利于解决特征分类问题，并通过引入“逐层初始化”的无监督学

习的方法对深度神经网络进行训练，实现对输入数据信息进行分级表达，有效地降低训练难度^[15]，使获得的特征更有利于数据的分类、回归分析及可视化。勒尼德·米勒研究小组于2012年率先将深度学习用于LFW数据库的人脸识别，采用无监督的特征学习方法，人脸识别率达87%，但与当时最好的人脸识别算法相比还有一定差距^[16]。

随后，第一个真正的深层结构网络——卷积神经网络（CNN）由Lecun等人提出，卷积神经网络是监督式学习网络，CNN的权值共享和局部连接大幅减少了参数的数据处理量，降低了模型的训练复杂度，同时卷积操作保留了图像的原始信息，具有平移不变性和一定的旋转、尺度不变性^[17]。

1.4 本文的主要研究内容

1.4.1 研究内容与方案

针对国内外相关技术研究的现状分析可知：国内外对垃圾分拣智能机器人的相关研发工作处于起步阶段，还没有形成相关技术的成熟研发和产品的大量推广。

尤其是针对国内目前而言，生活垃圾分选线主要采用人工分拣的方式，具有工作环境差、工作强度大、工作效率低等诸多弊端；因此构建针对生活垃圾分拣的智能机器人系统，将是未来我国环保行业打造基于智能制造的智慧工厂的重要抓手，对国内环保产业也具有积极的意义。

本文提出了一种智能垃圾分拣系统的设计理论及方法，重点针对复杂环境下的目标分类识别技术和视觉辨识技术与工业机械臂实时配合的控制技术进行了研究。

（1）设计了智能垃圾分拣机器人的系统构建方法，依靠视觉检测单元，垃圾传送单元以及分拣执行机构的协同智能控制，实现对生活垃圾的自动分类。

（2）设计提出了将机器视觉理论用于垃圾分类识别，改进了针对复杂背景下的目标物辨识机器视觉算法。

（3）针对多目标在移动生产线上的垃圾分拣需求，应用现场总线实时时钟同步技术，对多台机械手进行协同控制，即多臂协同控制，实现以单个检测单元控制多个执行单元协同作业，达到对分拣目标最大效率的分拣。

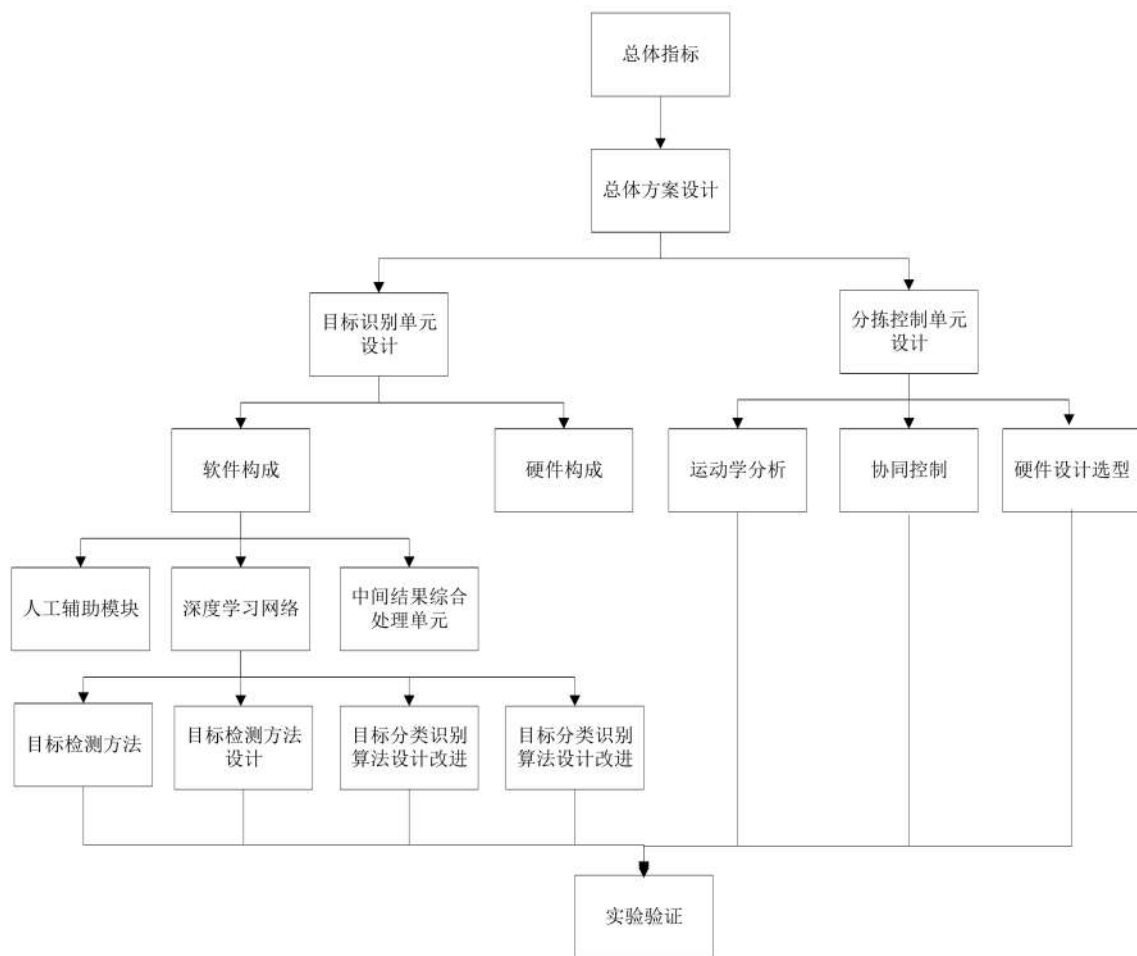


图 1-4 主要研究内容流程图

1.4.2 章节安排

第一章节主要阐述的生活垃圾智能分拣系统研究背景和研究意义，通过对生活垃圾智能分拣系统的现状分析，提出了本文在“中国智造”和环保产业的应用意义，此外本章节还介绍了生活垃圾智能分拣系统的国内外研究现状。

第二章节基于前期调研成果，对系统设计目标进行了需求分析，并结合目标的识别，设定系统的研究关键技术和性能指标；并针对垃圾分拣智能机器人系统进行总体设计，其中对总体方案、系统布局以及各相关子系统进行设计阐述。

第三章节依据总体设计方案要求，对目标识别单元进行设计，包括硬件设计选型、基于深度学习的目标检测方法设计，软件功能实现方面，包括垃圾目

标识单元中形态学识别模块、中间结果综合处理单元和人工辅助处理模块的数据逻辑和实现过程。介绍了基于深度学习的目标检测方法，重点详细介绍基于 Faster-RCNN 目标检测模型的改进算法设计，和针对小尺寸目标使用基于 Hyper-Column 方案，原始的 VGG16 分类网络做出改进。

第四章节依据总体设计方案要求，对分拣机器人动力学进行分析，对分拣控制单元进行设计，包括硬件设计选型、综合控制器选型和末端执行器设计，重点介绍多机械手协同控制设轨迹规划。

第五章节主要介绍了对目标识别系统算法的实验验证和分拣系统的测试实验，并在实验室环境下完成整个系统的功能测试。

第2章 生活垃圾智能分拣系统总体方案设计

2.1 引言

生活垃圾智能分拣系统由目标识别单元和分拣控制单元两部分构成，本章将介绍生活垃圾智能分拣系统的研究目标、系统设计、性能指标、功能特点及系统布局。

2.2 研究目标

本文作为“生活垃圾智能分拣及搬运移动机器人项目”的重要组成部分，具体目标是设计一套智能分拣机器人系统，完成对瓶子类目标的高效回收。

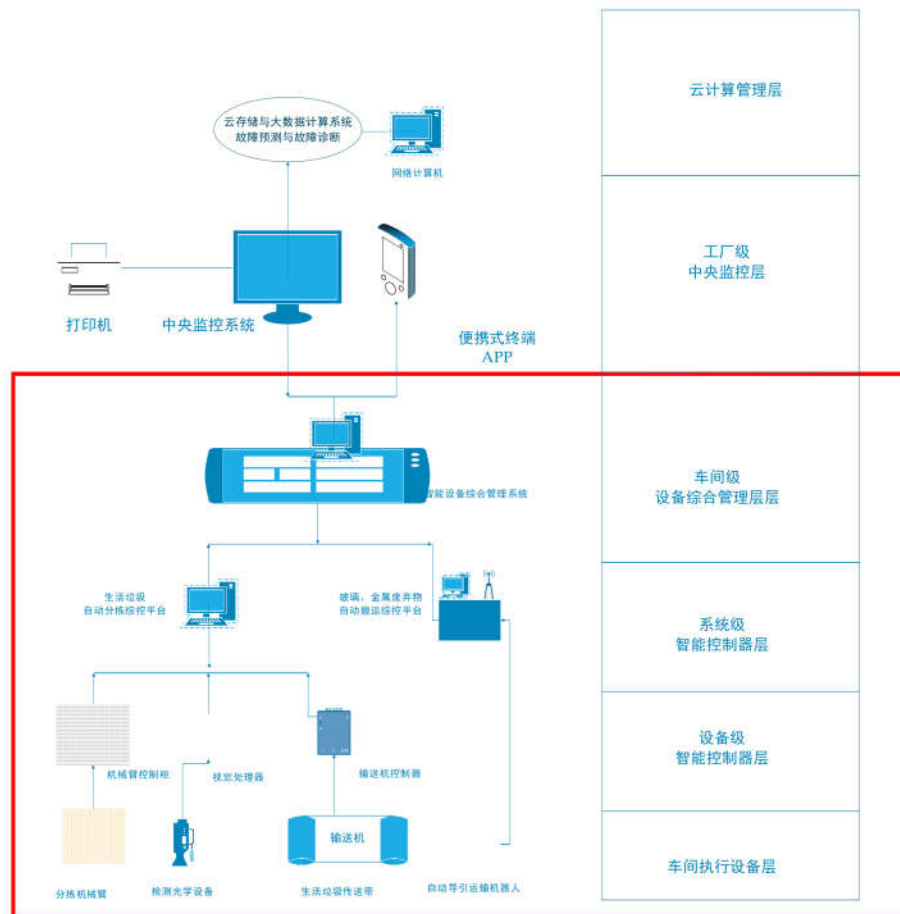


图 2-1 垃圾智能处理系统工业网络分层图

该系统的使用环境为智能化的生活垃圾分拣车间，垃圾传送带上进行对目标的识别、抓捕和分拣操作；同时根据环保行业相关政策和利润分析，玻璃瓶和塑料瓶一方面不利于自然分解，且难以利用磁吸、震动筛选等方法拣出，另一方面对瓶子破裂对后续分拣回收造成不利影响，因此以玻璃瓶和塑料瓶作为本文的抓捕目标进行系统设计。

结合“生活垃圾智能分拣及搬运移动机器人项目”整体解决方案，通过总体目标需求分析，可描绘出本系统的使用规划，参考工业 4.0 智慧工厂、云计算、智能车间等信息化厂房布局 and 规划，可将本系统总体分为云计算管理层、工厂级中央监控层、车间及设备综合管理层、系统及智能控制器层、设备级智能控制器层和车间执行设备层等六层结构，在生活垃圾智能分拣子系统部分，分别由自动分拣控制平台（网络 PC 机）、机械臂控制柜、工业机械臂、视觉处理器、光学检测设备、传送带控制器和传送带等设备组成，可画出本项目所属垃圾智能处理系统工业网络图，详见图 2-1。其中废弃物自动搬运综控平台本和自动导引运输机器人等系统及设备的设计另立文研究，不在本文研究范围。

2.3 功能描述

本系统负责对生活垃圾处理过程中的高价值目标，即玻璃瓶或塑料瓶，进行在线识别、跟踪、全自动抓取并定点释放，需要采用视觉识别和多机械臂协同控制策略保证高准确率无人化分拣作业，进一步分析机器人垃圾分拣系统中的核心研究内容主要分为以下三方面：第一是要“看得准”：要保证待分拣垃圾的高识别率，待分拣的目标物背景复杂且待识别物形状、颜色、材料等物理参数不确定，不能使用典型的检测或者视觉识别方法进行检测，在视觉识别方面是一个难点；第二是要“抓得住”：要保证待分拣垃圾快速抓取，考虑待分拣物出现的位置、出现几率呈随机状态，因此不能使用成熟的工业机器人示教方法对机器人进行控制，需要在控制方面进行优化设计，同时为保证有效抓取，需要对手爪进行优化设计；第三是要“用的稳”：要保证垃圾在线分拣系统的分拣效率和平稳运行；综合考虑抓取目标存在着密集出现的可能性，因此以多机械臂协同工作来提高分拣效率和准确程度，所以在多机械臂协同控制方面也带来了一定难度。

综上所述，为了实现总体目标确定了本文的主要研究关键技术如下：

- (1) 基于视觉识别的分类检测技术；
- (2) 垃圾物的抓取执行器的机构设计与控制技术；

(3) 垃圾抓取机械臂的在线轨迹规划技术;

(4) 多机械臂协同控制方法;

2.4 总体方案设计

根据项目需求和垃圾处理现场的输入条件, 已将分拣目标设定为玻璃瓶和塑料瓶等不利于自然分解, 且难以利用磁吸、震动筛选等方法拣出的高价值回收目标, 因此设计采用基于通用工业机械臂和视觉检测方法的自动化分拣方案。

生活垃圾智能分拣系统, 主要包括了两大组成部分, 即: 目标识别单元和分拣控制单元, 目标识别单元中由采样相机和网络计算机组成, 分拣控制单元中则包括了综合控制器、工业机器人、工业机器人控制器和机械臂末端执行器, 相关系统构成详见图 2-2。

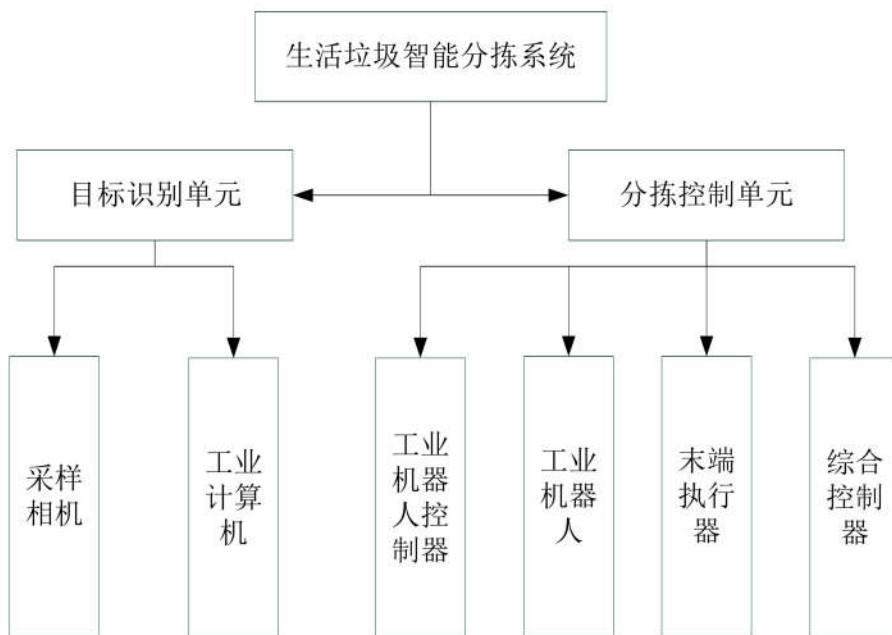


图 2-2 系统构成图

将采样相机固定在传输生活垃圾的传送带上方, 横跨在传送带上, 实时拍摄传送带上的生活垃圾, 采样相机(摄像头)和网络计算机是目标识别单元的“眼睛”, 负责采集传送带上的移动目标对象及不规则的背景图像信息, 将得到的光学图像和信息传输至目标识别单元; 目标识别单元实时接收上述光学图像并显示, 根据系统预分拣的目标垃圾的特点, 对光学图像进行处理, 对图像中的目标物进行识别, 得到目标坐标和角度信息帧, 并输入至垃圾分拣控制单元, 其针对图像采集和处理的过程也称为视觉识别, 是本文重要的研究内容。