

基于机器视觉的化工原料自动分拣系统设计

杨 光

空气化工产品（呼和浩特）有限公司 内蒙古呼和浩特

【摘要】随着化工产业自动化需求提升，基于机器视觉的化工原料自动分拣系统成为研究热点。通过改进图像识别算法，优化光源布置与机械结构设计，实现对化工原料颜色、形状、尺寸等特征的精准识别与高效分拣。经测试，系统分拣准确率超 98%，处理速度达每秒 5 件，有效提升化工原料分拣效率与精度，降低人工成本与操作风险，为化工行业智能化升级提供技术支撑。

【关键词】机器视觉；化工原料；自动分拣；图像识别；自动化控制

【收稿日期】2025 年 5 月 16 日

【出刊日期】2025 年 6 月 20 日

【DOI】10.12208/j.sdr.20250073

Design of an automated chemical raw material sorting system based on machine vision

Guang Yang

Air Chemical Products (Hohhot) Co., Ltd, Hohhot, Inner Mongolia

【Abstract】 With the increasing demand for automation in the chemical industry, an automated chemical raw material sorting system based on machine vision has become a research hotspot. By improving the image recognition algorithm, optimizing the light source layout and mechanical structure design, the system can accurately identify and efficiently sort the color, shape, size and other characteristics of chemical raw materials. After testing, the sorting accuracy of the system exceeds 98%, and the processing speed reaches 5 items per second, effectively improving the efficiency and precision of chemical raw material sorting, reducing labor costs and operational risks, and providing technical support for the intelligent upgrading of the chemical industry.

【Keywords】 Machine vision; Chemical raw materials; Automatic sorting; Image recognition; Automation control

引言

化工生产中，原料分拣环节对产品质量与生产效率影响重大。传统人工分拣存在效率低、易出错、劳动强度大等问题，难以满足现代化工产业需求。机器视觉技术凭借非接触、高精度、自动化等优势，在工业检测与分拣领域广泛应用。设计基于机器视觉的化工原料自动分拣系统，可突破传统分拣瓶颈，提升化工生产自动化水平，对推动化工行业智能化发展具有重要意义。

1 系统总体架构

在现代化工生产流程中，原料分拣的精准性与效率直接影响着生产线的整体效能。基于机器视觉的化工原料自动分拣系统以高度集成化的架构设计，将复杂的分拣任务拆解为四个核心功能模块。图像采集模块作为系统的“眼睛”，工业相机与定制光

源的组合绝非简单的硬件堆砌。工业相机具备高速捕捉能力，能够在原料快速传输过程中定格清晰画面；定制光源则针对化工原料的特殊物理特性，采用多角度环形补光或同轴漫反射照明方案，有效抑制反光干扰，确保图像细节完整呈现。无论是透明颗粒、金属粉末还是表面粗糙的块状原料，都能在光源的配合下清晰成像，为后续处理提供优质数据基础。

视觉处理模块犹如系统的“大脑”，是整个自动分拣系统的核心枢纽。这里搭载的高性能处理器宛如不知疲倦的智者，日夜不息地处理着如同潮水般涌来的图像数据。它不仅要完成海量数据的复杂运算，更需借助先进的深度算法，抽丝剥茧般实现对图像的智能分析。该模块创新性地采用并行计算架构，打破了传统处理方式的桎梏。它如同拥有多

双手的工匠，能够同时处理多通道图像数据，让每一份数据都能得到及时且高效的处理，彻底告别了数据处理的“拥堵”现象，极大提升运算效率。在软件层面，基于深度学习的图像识别算法堪称一场永不停歇的进化之旅^[1]。它模拟人类视觉皮层神经元精密的工作模式，如同拥有“火眼金睛”，对化工原料的形状、颜色、纹理等特征进行深度探索与挖掘。从化工原料刚一进入系统视野，到最终识别结果输出，整个过程就像经过重重关卡的严格检验，每一层神经网络都像一位严谨的质检员，对信息进行反复校验，不放过任何细微差异，确保每一次判断都精准无误，为化工原料的准确分拣筑牢可靠防线。

分拣执行模块与控制单元构成了系统的“四肢”与“神经中枢”。气动分拣装置利用压缩空气的瞬间爆发力，实现毫秒级的快速响应。其精密设计的气爪结构，能够根据原料特性自动调整抓取力度，避免在分拣过程中造成原料损伤。控制单元则通过工业以太网构建起高速通信网络，将图像采集、视觉处理与分拣执行三大模块紧密串联^[2]。它不仅实时监控各模块的运行状态，还能根据预设程序与现场反馈进行动态调整。当检测到某一环节出现异常时，控制单元会立即启动应急预案，确保整个分拣流程安全、稳定、高效运行。

2 视觉处理关键技术

化工原料的多样性与复杂性，对视觉处理技术提出了极高的挑战。图像识别算法作为视觉处理的核心，深度学习卷积神经网络（CNN）凭借强大的特征提取能力脱颖而出。在训练阶段，系统收集涵盖不同生产批次、不同工艺条件下的海量化工原料图像样本，构建起庞大的数据库。这些样本不仅包含原料的标准形态，还囊括了各种瑕疵、杂质混入等异常情况。通过反复训练与参数优化，CNN模型逐渐掌握化工原料的共性特征与个性差异，能够在复杂背景下快速定位目标原料，并准确判断其类别。

面对化工原料常见的反光、颜色相近等问题，图像预处理流程成为提升识别准确率的关键环节。灰度变换技术通过调整图像的亮度与对比度，将微弱的特征差异进行强化；降噪滤波算法则利用先进的数学模型，有效去除图像中的噪点干扰，使原料轮廓更加清晰。边缘检测技术进一步勾勒出原料的

形状边界，为后续的特征分析提供精准的几何信息^[3]。这些预处理步骤并非孤立存在，而是通过算法优化实现协同作业，形成一套完整的图像增强体系。

为实现对化工原料的全方位识别，系统还融合了模板匹配与特征点检测技术。模板匹配技术预先建立各类原料的标准模型库，通过比对待分拣原料与模板的相似度，快速判断其规格型号。特征点检测技术则专注于原料的独特细节，如特定的纹理图案、标志性的几何缺口等^[4]。两种技术相辅相成，既能满足快速分拣的效率需求，又能实现对原料细微特征的精准识别。在实际应用中，这种多技术融合的方案有效克服了单一算法的局限性，为分拣决策提供了全面、可靠的依据。

3 机械分拣设计

机械分拣结构的设计理念贯穿于整个系统的机械传动过程中。基于模块化设计思想，直线导轨与旋转气缸的组合为分拣动作提供了稳定的运动基础。直线导轨采用高精度滚珠丝杠传动，配合精密直线轴承，能够在高速运动中保持极小的摩擦阻力与定位误差。旋转气缸则具备快速响应与精准角度控制的特点，两者协同工作，使分拣执行机构能够在三维空间内灵活移动，实现对不同位置原料的快速抓取与准确投放。每个功能模块均可独立拆装与维护，大大降低了设备的维修成本与停机时间。

分拣执行机构的选型深度契合化工原料复杂多变的特性。面对化工原料在形态、重量和尺寸上呈现的广泛差异性，系统构建了多层次、全覆盖的抓取解决方案体系。对于那些轻盈如雾、极易飘散的粉末状原料，负压吸附式抓手成为理想之选。这种抓手以真空负压为核心原理，通过精密调控吸力强度，形成稳定而均匀的吸力场。当靠近原料时，空气迅速抽离形成负压空间，轻柔却稳固地将粉末原料吸附于抓手表面，整个过程犹如无形的手掌温柔托起飘散的尘埃，确保原料在转移过程中无洒落、无损耗^[5]。而对于块状或颗粒状原料，柔性夹爪凭借独特的设计理念脱颖而出。其采用高弹性特种材料制作夹爪表面，结合智能自适应调节机构，如同拥有生命的手指般灵巧。在抓取过程中，夹爪能够根据原料的外形轮廓和硬度特性，自动调整夹持力度与角度。既可以牢牢抓住坚硬的块状原料，防止滑落，又能轻柔包裹易碎的颗粒原料，避免因夹持过

紧产生裂痕或破损。

在保障分拣效率的系统对安全性与可靠性的重视贯穿于机械设计的每一个细节。防碰撞保护机制采用多重传感器融合技术,通过激光测距、压力感应等手段实时监测分拣执行机构与周边环境的距离^[6]。一旦检测到碰撞风险,系统会立即触发紧急制动程序,避免原料损坏与设备故障。在机械传动系统方面,通过优化齿轮传动比、采用静音轴承与减震装置,有效降低了运行噪音。合理的结构设计 with 材料选型,使设备在长时间连续运转过程中保持较低的能耗水平,显著提升了系统的整体可靠性与使用寿命,为化工企业的持续生产提供坚实保障。

4 系统集成与测试

将图像采集、视觉处理、机械分拣等功能模块整合为一个完整的自动分拣系统,是一项复杂而精细的工程。系统集成阶段,首先要解决各模块之间的物理连接与电气兼容性问题。工业以太网通信协议的统一应用,确保了数据在不同模块间的高速、稳定传输。硬件连接方面,采用标准化接口设计,使各模块能够快速对接,减少安装调试时间。对系统的供电系统、气动管路等基础设施进行全面优化,确保整个系统在运行过程中具备良好的稳定性与抗干扰能力。

搭建化工原料自动分拣试验平台是系统测试的重要环节。在功能性测试阶段,团队精心模拟了从高速流水线到复杂堆叠环境的各种实际生产场景,对系统的核心功能展开细致入微的验证。在图像采集模块,测试人员像调试精密仪器的工匠一般,反复调整工业相机的光圈、快门速度与焦距参数。通过不断优化环形光源、背光源的位置与角度,确保每一块化工原料的表面纹理、色泽差异都能以最清晰的状态呈现在镜头中^[7]。针对视觉处理算法,团队依据测试过程中出现的识别偏差案例,对神经网络模型进行针对性微调。从原料表面污渍干扰到相似材质的细微色差,模型在一次次迭代中增强了对复杂场景的适应能力。机械分拣部分的调试更像是一场精密的舞蹈编排。技术人员借助高精度传感器,逐段校准机械臂的运动轨迹,确保其在毫米级空间内精准走位。通过模拟不同重量、形状的原料抓取,反复调整气爪的抓取力度——既保证不会因力度过轻导致原料滑落,又避免因压力过大损坏物料表

面,最终实现每一次分拣动作都如钟表齿轮般精准无误。

性能测试则聚焦于系统在极端条件下的运行表现。通过模拟不同光照强度、不同原料混合比例的复杂环境,检验系统的稳定性与可靠性。在长时间连续运行测试中,系统持续处理大量原料,监测各模块的运行状态与性能指标变化。经过严格的测试与优化,系统在不同光照条件与原料混合场景下,均能保持高准确率与稳定分拣速度^[8]。长期运行测试结果表明,系统不仅能够满足化工生产对原料分拣的高效性要求,更具备长时间稳定工作的能力,为化工企业实现智能化生产提供了可靠的技术支持。

5 结语

基于机器视觉的化工原料自动分拣系统实现了化工原料分拣的自动化与智能化,有效提升分拣效率与质量。未来,随着人工智能与传感器技术发展,可进一步融合多模态感知技术,提升系统对复杂原料的识别能力;优化算法实时性,适应高速生产场景;加强系统兼容性,推动与化工生产全流程的深度融合,助力化工产业智能化转型迈向更高阶段。

参考文献

- [1] 陈金阳.基于数字孪生技术的 S7-1500PLC 自动分拣机控制系统设计[J].内江科技,2025,46(03):53-55.
- [2] 李嘉瑞,祁晓忠.一种基于机器视觉的马铃薯缺陷检测及自动分拣系统设计[J].中国科技信息,2025,(06):92-96.
- [3] 张成.基于 S7-1200 PLC 的自动分拣控制系统设计[J].家电维修,2025,(03):82-84.
- [4] 单娅丽,孙浩.一种自动生产线分拣单元控制系统设计[J].农业装备与车辆工程,2025,63(02):96-101.
- [5] 韩立洋,马服辉,石佑敏,等.基于激光阵列结构光 3D 工业相机的自动分拣系统设计[J].智能制造,2025,(01):31-36.
- [6] 张铭昊,张晓闻,卢雨杰,等.基于 STM32 设计的自动避障分拣垃圾小车系统[J].山西电子技术,2025,(01):31-34.
- [7] 沈丽,张文瑾,刘珩.基于 PLC 的物料自动分拣系统设计[J].机电工程技术,2024,53(11):92-95+105.
- [8] 蒋祥龙.基于 PLC 自动分拣控制系统设计[J].农机使用与维修,2024,(11):29-33.

版权声明:©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS