

# 基于机器人技术自动采样成套装备的研究

芦建文<sup>1</sup>, 桑晓云<sup>2</sup>, 吴海峰<sup>1</sup>

- (1. 内蒙古新联信息产业有限公司, 内蒙古 包头 014010;  
2. 中国北方稀土(集团)高科技股份有限公司, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 针对传统酸液罐车取样作业存在安全隐患、低效及质量难以控制的问题, 设计了一套基于机器人、机器视觉和自动化控制技术, 可应用于工业领域硫酸、盐酸、氨水等腐蚀性液体的自动采样机器人系统及配套自动化生产装备。系统集成了车牌识别、自动开盖、精准取样、自动关盖、样品输送、样品储存与信息化管理等功能, 实现了罐车液体取样智能化、无人化操作, 显著提高了取样效率与安全性, 确保了产品质量的精确控制。文章详细论述了系统设计原理、实施步骤与预期效益, 为化工行业的酸碱物质自动取样提供了新范例。

**关键词:** 智能化; 酸液罐车; 自动取样; 机器视觉; 机器人技术

中图分类号: TP242.2

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2024)06-0088-04

## Research on Whole Set Equipment of Automatic Sampling Based on Robot Technology

Lu Jian-wen<sup>1</sup>, Sang Xiao-yun<sup>2</sup>, Wu Hai-feng<sup>1</sup>

- (1. Inner Mongolia Xinlian Information Industry Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;  
2. China Northern Rare Earth (Group) High-tech Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

**Abstract:** The robot system of automatic sampling and supporting automatic production equipment based on such technologies as robot, machine vision and automation control which can be applied for such corrosive liquid in industrial field as the sulfuric acid, hydrochloric acid and ammonium hydroxide are designed aiming at the problems of hidden dangers, low efficiency and uncontrollable quality in sampling operations of traditional tank truck of acid fluid. The intelligent and unmanned operations for sampling of liquid in tank truck are realized through integrating such functions as vehicle license plate recognition, automatic lid opening, precise sampling, automatic lid closing, sample delivery, sample storage and informatization management so that the efficiency and safety of sampling are significantly improved as well as precise control of product quality is ensured. In the paper, the design principle, implementation steps and anticipated benefits of the system are elaborated in detail, which provides new example for automatic sampling of acid and base in chemical industry.

**Key words:** intelligent; tank truck of acid fluid; automatic sampling; machine vision; robot technology

在工业化进程加速推进的背景下, 智能化与自动化技术的广泛应用已成为推动产业升级和效率提

高的重要引擎。尤其是在化工领域,酸液作为基础原料之一,其运输与品质控制环节的自动化水平直接影响到生产安全、成本控制和产品质量。然而,传统酸液罐车取样检测作业仍普遍依赖人工操作,不仅效率低下,且因涉及高危操作环境,对人员健康及安全构成较大威胁。人工取样过程中的不稳定性、潜在作弊行为以及取样质量的不确定性更制约了企业的生产效率和产品质量的严格把控。鉴于此,研发一套智能化、高效率且安全的酸液罐车自动取样系统显得尤为迫切。

## 1 工况现状

目前在进行罐车内硫酸溶液取样时,取样员(多数情况下是司机)爬至罐车顶部,打开顶部凸十字型盖子,将盖子放至车体上方,用绳索系取样瓶放入罐车内部进行取样,分别在上、中、下三层各取200 mL样,混合后共计600 mL,分成两部分,一部分送去在线检测,一部分存样,取样完毕,取样员再把盖子盖回去。

人工取样方式取样员在罐车顶部作业,车顶一般高4 m左右,属于高空作业,存在安全风险;罐内酸液浓度大且具有强腐蚀性,取样员开盖后,罐内溶液会大量挥发出来,防护不当存在吸入体内的危险。人工取样难以把控质量。

## 2 系统总体设计

### 2.1 系统架构

本系统设计了一套高度集成的自动化酸液罐车取样解决方案,其核心结构围绕三大关键模块进行设计。主要包括机器视觉模块、机器人单元以及样品处理系统。这三大模块通过智能互联,共同协作,无缝衔接,自动完成从车辆识别、精准定位、安全取样到样品处理的全流程。

(1)机器视觉模块。融合了先进的计算机视觉技术和深度学习算法,部署在罐车上方的分辨率成像系统能精确辨认出车辆轮廓、车头位置、罐盖位置以及罐车盖子的尺寸、坐标和姿态,并将识别数据传递给机器人取样系统,确保机器人行动轨迹精确无误<sup>[1]</sup>。

(2)机器人单元。在智能化酸液罐车自动取样系统中,机器人单元是实现自动取样的核心之一。该单元主要由高性能的六轴机器人组成,它具备强大的承载能力和广泛的作业范围,能够适应各种复

杂的罐车结构。在机器人的末端,集成了自主研发的拧盖装置和升降式取样装置,这些装置的设计充分考虑了酸液的特殊性质,确保取样过程的安全性和准确性。

当罐车停靠到指定位置后,机器视觉系统会自动识别罐车的具体位置以及罐盖的精确坐标、姿态。随后,六轴机器人根据这些数据精准定位,移动到罐盖上方。为了保证罐盖顺利开启,机器人末端的拧盖装置采用了特殊设计,可以匹配不同规格的罐盖。该装置通过精确的力量控制和旋转角度调节,能够有效地打开罐盖,避免了由于力量过大或过小导致的罐盖损坏或者无法打开的情况<sup>[2]</sup>。

在罐盖打开后,为了避免酸液挥发造成的环境污染和安全风险,系统会立即启动吸风机,吸取取样过程中产生的酸雾,从而保障操作环境的安全。紧接着,机器人末端的升降式取样装置开始动作。这个装置设计独特,能够深入罐体内,精准地抽取上、中、下三层液样,每层取200 mL,确保所取样品具有代表性。取样过程中,装置依靠内部的压力差来实现液体的吸取,这种方式不仅能够快速完成取样,还能防止酸液泄漏。机器人单元整合了机械臂与拧盖装置、取样枪等,实现了从识别到取样操作的自动执行。所设计的机器人末端拧盖及取样装置如图1所示。

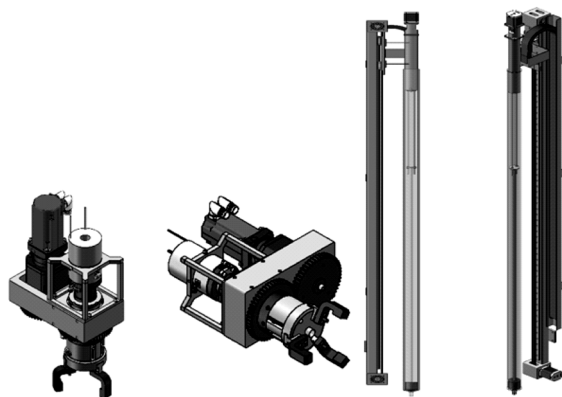


图1 机器人末端开关盖及升降式取样装置

(3)样品处理系统。样品处理系统是智能化酸液罐车自动取样系统的一个重要组成部分,旨在确保取样后的样品能够得到妥善保存,及时处理,并通过信息化手段实现样品的全程追踪与管理。该系统包括取样后的样品临时存放、封口处理、分类存储以及信息化管理等多个环节,每个环节都精心设计以

保证样品的质量和可追溯性。

样品由机器人单元采集完成后,会被注入到专门设计的双层样品瓶中。样品瓶为双层设计,内部为有机玻璃材质以保证化学兼容性,外部使用树脂材料防止损坏,内置 RFID 标签便于样品信息的追踪。样品瓶的设计使得即使在搬运过程中出现意外碰撞,也能最大程度保护样品瓶免受损害。

样品瓶在机器人单元的操作下,被放置到临时存放区。此时,封盖机自动启动,对样品瓶进行密封处理,以确保样品在后续的存储和传输过程中不会受到外界污染。封盖过程完全自动化,不仅提高了工作效率,同时也杜绝了因人为失误导致的样品泄漏。

封盖后的样品瓶通过自动化轨道系统被输送到不同的功能区域,例如化验区或存样区。轨道系统的设计使得样品瓶能够在不同工作站之间快速移动,无需人为干预。每个功能区域都配备了相应的小型机械臂,这些机械臂接收到系统指令后,会将样品瓶准确地移至指定位置,同时将空瓶回收原位,整个过程高效有序。双层样品瓶如图 2 所示。

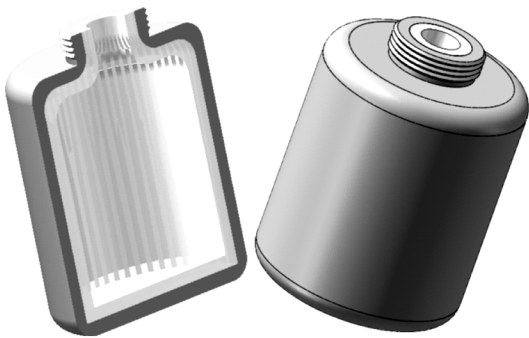


图 2 双层样品瓶装装置图

## 2.2 取样工艺流程

本系统所设计的取样工艺流程如下:

(1) 车辆预报阶段。供应商或司机通过移动端应用程序预报即将到达的货运车辆信息,包括车牌号、货物详情及拉运合同,数据通过移动互联网实时上传至云计算服务器。

(2) 信息审核。采购部门在协同办公平台上接收预报信息,审核车辆信息,审核通过后,数据自动推送至门禁系统、自动称重系统及自动取样系统,为车辆进厂做好准备。

(3) 智能门禁识别。车辆到达门禁时,系统自

动识别车牌号,比对车辆信息,确认无误后抬杆放行,并记录进厂时间。

(4) 自动采样。车辆进入采样区,机器视觉系统自动识别车辆并精确定位罐盖位置;六轴机械臂移动至罐盖上方,进行精确定位,通过特制开盖装置自动开启罐盖;启动吸风机,吸取取样过程产生的酸雾,保障安全;机械臂携带升降式取样装置深入罐内,抽取上、中、下三层液样,每层 200 mL,总计 600 mL,确保样品代表性;取样完毕,机器人移至取样瓶放置台,将样品注入特制双层样品瓶;封盖机自动封盖,确保样品完整性;通过 RFID 读取样瓶标签,与车牌号数据绑定,确保样品的可追溯性与保密性;存样房小机械臂接收到指令,将样品瓶移至相应区域,同时取空瓶放回原位;平台确认 RFID 读取的样品瓶信息,确保数据准确,完成一个取样流程。

(5) 样品处理。化验室接收样品,化验完成后解码 RFID 信息,录入化验数据,包括样品编号、测试项目、时间、结果等,数据上传至化验信息系统(LIMS)。

(6) 数据传输。化验数据自动同步至 LIMS 系统,通过 LIMS 系统实时传送至 ERP 质量管理体系,形成报告,完成数据闭环。

(7) 数据安全。考虑保密性,采样数据仅限厂内服务器存留,不对外展示,除非授权,供查询。

(8) 反馈查询。供货商与客户可通过移动端查询货物状态、化验结果,实现信息透明化管理。

该流程采用高度自动化、智能化技术,有效替代人工操作,降低了风险,提高了取样效率,保证了样品的代表性和安全性。

## 3 系统实现

### 3.1 软硬件集成与系统部署

在物理层面,项目采用一台自动采样服务器以及云计算服务器作为业务服务器,确保运算资源充足。

软件层面,基于 MySQL 数据库构建,部署了包含多个应用软件模块的系统,从车辆预报、审核、自动门禁、取样到数据对接等,实现全链条管理。

### 3.2 机器人与机器视觉集成

六轴机器人安装在采样区域,通过程序与机器视觉系统协作,实现精确定位罐盖位置,精准开闭罐盖操作。同时机器人末端与取样装置集成,实现快速取样,确保样本无损。

### 3.3 安全机制与数据管理

机械围栏与门禁系统集成,确保作业区安全,人员进入取样作业区需通过安全门,门禁闭合后,系统确认无误触发电磁锁,确保安全。

数据经由司机录入,通过移动互联网传输到云端,审核后直接联动门禁、采样系统,采样后,数据实时上传,化验结果同步至 LIMS 及 ERP 系统,确保数据安全与高效<sup>[3]</sup>。

## 4 效果分析

### 4.1 取样效率

应用酸液罐车自动采样系统后,取样效率显著提高。人工取样平均耗时约 10 min,且需额外预留出时间供人员上下罐车及准备取样工具,综合考虑,整个过程耗时接近 15 min。而自动化系统平均取样时间缩短至 5 min 以内,包括车辆识别、自动开盖、取样、闭盖及数据记录等全过程,效率显著提高,不仅节省了时间,还提高了作业连续性与安全性。相比人工取样,每天处理相同数量的罐车,自动化系统可节省近一半的人力与时间,显著提高了取样作业的连续性和流畅性,见表 1。

表 1 取样效率分析

取样方式	平均耗时/min	备注
人工取样	15	传统方式,存在安全隐患,效率低,受人为因素影响大
自动化取样	<5	安全,精确度高,自动化程度高

### 4.2 经济效益

项目采用全天取样预设,罐车到位即可进行取

样工作,大大节约了人工成本。以门卫为例,货运通道采取智能门卫方式,将至少减少 3 人,按每人每月 5 000 元计算,每年减少人工成本支出 18 万元;硫酸车辆采用无人自动采样方式,将至少减少 2 名取样人员,按每人每月 5 000 元计算,每年至少减少人工成本支出 12 万元。仅仅门禁与无人自动采样采用智能方式,每年将减少人工成本支出 30 万元。

## 5 结束语

通过对智能化酸液罐车自动取样系统的总体设计、实现以及应用效果分析,展示了该系统在提高取样效率、降低人工成本、确保样品有效性和提高经济效益等方面的显著优势。通过集成机器人、机器视觉、自动化控制与数据管理等先进技术,该系统不仅实现了无人化、高效、安全的自动采样作业,还通过智能门禁、化验数据管理等技术形成了一个全方位的智慧化工厂化检验取样与质量管理体系,对于未来工业生产智能化的发展有重要意义。

### 参 考 文 献

- [1] 芦建文,郑淑霞,吴海峰. 复合机器人工业搬运系统的研究与应用[J]. 包钢科技,2023,49(4):73-76.
- [2] 田凯,郭文亮,芦建文,等. 稀土氧化物自动化装料技术的研究与应用[J]. 包钢科技,2023,49(1):85-88.
- [3] 芦建文,吴海峰. 虚拟仿真技术在工业领域的应用[J]. 包钢科技,2023,49(3):1-4.

(上接第 78 页)

### 参 考 文 献

- [1] 吴雄先,王飞龙,蒋仁贵. AT 道岔钢轨的开裂原因[J]. 理化检验(物理分册),2007,43(6):307-310.
- [2] 张倩,邹定强,杨其全. 道岔轨头内部损伤形貌及组织的研究分析[J]. 冶金分析,2019,39(2):23-28.
- [3] 谢道原,刘盛波,吴世强,等. 中频感应加热弯制 91 级弯头开裂分析[J]. 压力容器,2016,33(10):45-49.
- [4] 彭会霄,王国营. 汽车轮毂单元总成 65Mn 钢轴系工件断裂分析[J]. 河北冶金,2011(2):35-38.
- [5] 魏彩丽,张沈洁,杜冈峰,等. 驱动轮轴断裂原因[J]. 理化检验(物理分册),2023,59(4):29-30,61.