

基于SCARA四轴机器人在智能楼宇建筑中电表模块测试及组装设备的研究与应用

彭桦¹ 于玺² 王洋²

1. 广州铁路职业技术学院 运输物流学院 广东广州 511300;

2. 广州视源创新科技有限公司 广东广州 510530

【摘要】针对智能楼宇建筑中智能电表模块生产线人力需求大且工作效率不高的现状，我们研发了基于SCARA机器人的测试与组装自动化设备。该设备主要由上料系统、测试系统、组装系统和打标机码垛系统四部分构成，并配合工业相机，利用视觉定位技术和SCARA机器人应用技术的结合，实现了电表模块的智能制造。采用基于SCARA四轴机器人的自动化设备，有效地提高了智能电表模块生产线的产线效率，降低了工人的体力劳动强度。此技术应用可为自动化产线的开发和技术改造提供有益的参考。

【关键词】SCARA机器人；视觉定位；智能制造；智能楼宇建筑

在建筑行业内，智能电表目前有广泛的应用，尤其在智能楼宇建设中必不可少，智能电表主要可以实现能耗监测和管理、用电行为分析、故障检测和预警、分时电价管理、远程监测和控制。总的来说，智能电表在建筑行业中的应用主要是为了提高能源管理效率、节约能源成本，同时保障建筑物的电力安全和可靠性。

在中国制造2025和工业4.0的大背景下，我国制造业正面临着提高生产效率和实现自动化的重要挑战^[1]。在生产制造企业中，装配工艺是至关重要的环节，其中包括焊接、测试和组装等工艺。为了提升我国企业的核心竞争力并解决自动化装配的难题，政府高度重视装备制造业并致力于提升产品生产加工的自动化程度，这也推动了智能非标自动化设备的发展。

随着劳动力成本不断上升以及产品种类日益复杂化，如何实现高效、快速且精准的生产测试装配变得越来越困难。因此，研发一套具备高适应性、快速、高效和精度高的智能制造自动化系统变得至关重要。随着自动化技术的进步，我们可以期待这样的系统在未来的制造行业中发挥更大的作用，提升企业的生产效率和竞争力^[2-4]。

通过对工厂的调研发现智能电表模块由于测试组装工艺复杂，基本依赖人工，为了提高生产的自动化水平，本文介绍了基于SCARA四轴机器人的测试及组装环节的主要功能及其在实际生产中的应用。

1 项目实施方案

该系统由SCARA机器人、环形运动机构、工控机、PLC、触摸屏、工业相机、工业镜头、定制的工装治具、测试系

统、组装机构、上位机软件等组成，实现智能电表模块自动测试以及组装。其中设备功能模块如图1所示。

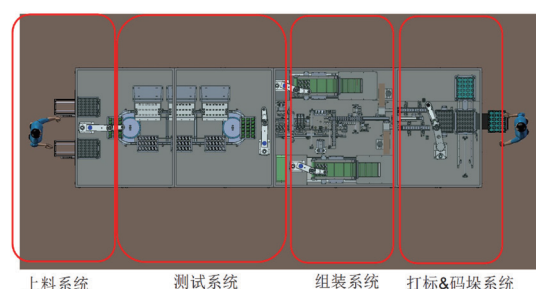


图1 设备功能模块图

1.1 上料系统

通过人工将电表模块料盘放置在上料机构中，由气缸将料盘推送至设备内部，定位相机拍照并精确定位每一块电路板卡，SCARA机器人通过视觉定位，从上料托盘中逐个抓取电路板卡放在循环线上的测试工装上，机器人取完上料托盘中的所有电路板卡后，气缸退回，将空上料托盘送回操作员位置，操作员取下空托盘，人工更换新料盘时机器人同步在另一组供料机构中抓取电路板卡进行上料，两组供料机构交替工作，保证供料持续，避免上料盘时设备发生停机情况。

1.2 测试系统

测试系统是由环形轨道、耐压测试工装、2台功能测试工装构成，测试工装固定在环形轨道上，且等间距安装，环形轨道运动一次，上方的测试工装就移动一个工位，环形轨道的目的在于自动回收空的测试工装，提高速度。

测试工作流程是机器人放满一个测试工装，节拍控制在

取的特征与预定义的形状模板进行相似度比较。3. 匹配评估：根据匹配结果评估形状的相似程度或匹配度。评估方式可以是简单的阈值比较，或者更复杂的模型或规则^[5-7]。通过上述算法完成电表模块的视觉定位，输出准确的产品坐标给到机器人进行抓取。

2.2 SCARA机器人应用

SCARA机器人有两种运动方式：关节运动以及空间运动。关节运动指直接操作机械臂各关节变量，使机器人到达指定坐标或姿态；空间运动指在笛卡尔坐标系下，以X、Y、Z三个维度为运动基准，使机器人到达指定坐标^[8-9]。

设备在使用过程中，需要用户熟记坐标系，在设备换线过程中的板卡示教、测试盒示教、吸爪示教均需要使用坐标系坐标来移动机器人。

在进行产品示教时，软件将把机器人当前坐标值写入所选中点位，点击保存后生效。

GoCv、GoCv Z安全点和GoCvL：这是机器人的三种点到点运动模式。所谓点到点，即机器人从一个坐标点运动到另一个坐标点。机器人运动模式示意图如下图5所示^[10-11]。

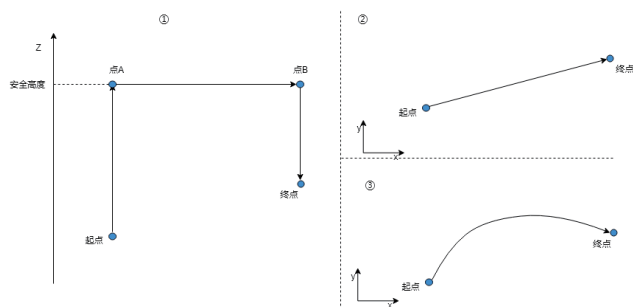


图5 机器人运动模式示意图

图中虚线左侧①号区域是在Z轴方向上，机器人工具中心点按照GoCv模式从起点到终点的运动轨迹。机器人从起点首先上升到安全高度，到达点A；点B是终点正上方安全高度的点，机器人从点A到点B运动时，保持Z安全高度不变，只在XY平面上运动，到达B点后再降低Z轴到达终点。而点A到点B过程中，有两种运动模式：直线运动模式是指如图中区域②所示，沿点A到点B的直线连接线进行运动；轴运动模式是指如图中区域③所示，以关节运动的形式从点A运动到点B，运动轨迹可能为曲线。

GoCv是指以轴运动模式，完整实现起点到终点的运动；GoCvL是指以直线运动模式，完整实现起点到终点的运动；GoCv安全点是指，以轴运动方式，实现从起点到图中

点B的运动，并最终停在点B（即终点之上的Z安全高度点）

3 结语

本文通过介绍SCARA四轴机器人与视觉系统构成的智能电表的测试及组装设备，详细分析设备主要构成模块、工作流程、上下位机的配合以及机器人技术在其中的应用，实现了工厂的智能制造水平和自动化率，可以大幅减少人工和大幅提升生产效率和生产质量，在未来的制造业中基于机器人应用的设备会越来越普及，对于机器人应用和视觉相关的技术也会越来越重要，相关生产出来的产品也会大幅有在建筑行业中，尤其智能建筑行业

参考文献：

- [1] 周济. 智能制造：“中国制造2025”的主攻方向[J]. 中国机械工程, 2015(9): 2273-2284.
- [2] 尹洪英, 李闯. 智能制造赋能企业创新了吗: 基于中国智能制造试点项目的准自然试验[J]. 金融研究, 2022(8): 98-99.
- [3] 李廉水, 张梦娜, 程中华. 不同所有制的智能制造企业创新效率及其决定—基于智能制造示范试点企业的研究[J]. 科学与科学技术管理, 2023(2): 108-109.
- [4] 王海军, 于佳文, 田晓冉, 等. 智能制造对企业颠覆性创新的作用机理: 来自扎根理论的海尔案例研究[J]. 科技进步与对策, 2023(1): 102-103.
- [5] 许顺. 机器视觉高性能模板匹配算法的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
- [6] 马颂德, 张正友. 计算机视觉——计算理论与算法基础[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [7] 刘金保. 形状匹配算法研究及应用[D]. 广州: 广东工业大学, 2011.
- [8] 唐尧, 张恩政, 陈本永, 等. 基于运动学分析的工业机器人轨迹精度补偿方法[J]. 仪器仪表学报, 2020, 41(3): 175-183.
- [9] 韩基伟, 孟钢钳. Delta机构的装箱机器人的工作空间及轨迹规划[J]. 食品工业, 2021, 42(3): 216-219.
- [10] 张涛, 吕庆海. 车轮生产线中基于视觉引导机械手定位抓取系统设计[J]. 电子测量技术, 2019, 42(16): 56-61.
- [11] 李玉齐. 六自由度机械臂轨迹规划与协调仿真研究[J]. 电子测量技术, 2018, 41(2): 50-54.