3C行业中SCARA运用实践及未来展望

■ 东莞技研新阳电子有限公司 （广东东莞 523533） 华 伟
■ 东莞新友智能科技有限公司 （广东东莞 523533） 刘 焱 张英军

摘要：通过对手机、家电、PC机、笔记本电脑、服务器等EMS企业和工厂实际业务进行总结，从业务需求出发，得出了一些以SCARA为基础的智能制造生产线的标准化、智能化、通用化以及应用技术人才培养等方面的经验，以期让更多有志者加入到提升中国智能制造事业中来。

关键词：SCARA；固化Cycle time；机构标准化；软件智能化；人才培育

自2017年，在中国制造2025政策趋动下，各地政府陆续推出机器换人的鼓励政策。3C行业各类工厂智能制造演进过程中，也积极采用机械手臂取代人手，来应对制造行业劳动力价格上涨和员工难招聘的情况。笔者团队经过近5年的各种尝试和实践，与机器人制造、机器人集成运用、使用单位团队逐步形成一个共同认识：SCARA四辆机械手更加适合3C制造业。而且其在许多知名企业的手机、家电、PC机、笔记本电脑和服务器等生产线大量成功实践，取得较好效益，并引起同行的注意。

本文从3C行业制造特点、SCARA适应3C行业制造特点的演进及未来发展趋势、民间资本参与等三方面来综合阐述SCARA在3C行业智能制造发展趋势。

1. 3C行业制造特点

3C产品特点是每一两年进行一次产品更新换代。一年迭代周期已经是基本无限接近制造周期、产品研发、制造投入与销售回收成本、取得利润的平衡点了。也正是这样高效的更新换代，让中国的3C行业充满无限活力，成为中国机电产品出口生力军。近些年来，工业级产品更新速度也出现类似3C类产品的趋势。下面以手机制造流程来说明3C行业制造特点，这些特点正是3C行业众多EMS工厂选择大批量采用SCARA的技术原因。

（1）固化节拍时间 手机制造流程如图1所示。对于手机总装EMS工厂来说，最大设备投资是SMT设备，因此要最大化提高SMT生产线使用效率，而SMT生产线以瓶颈工位锡膏印刷机最快生产速度15s/pcs为基准来设定

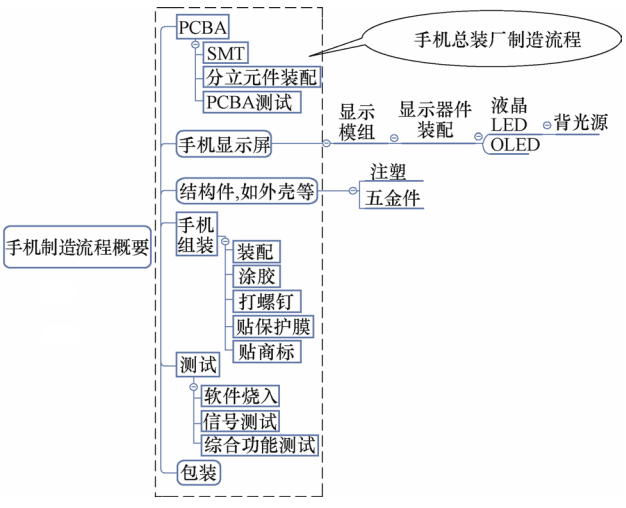


图1 手机制造流程

SMT生产线产能及设备配置。随着精益制造的理念深入运用，EMS工厂最大化追求工程中半成品或者在制品数量最少化（俗称零WIP在制品），装配工厂形成以15s或15s的倍数作为每个工站节拍（Cycle time）的模式。

（2）频繁换线　消费者对3C行业产品选择多样化的需求，直接给EMS厂家的课题是：同一代的同一系列产品有多种配置和型号，造成生产线一天之内需要数次更换生产机种。这种频繁换线是EMS制造效率低下、浪费成本的主要因素。如何在实现随心所欲满足市场多样化需求的同时，又能在最短时间实现换线成为机器换人推广过程中的重要课题。

（3）两年换一代　3C行业产品是创新创意集中地，各大品牌厂家为保持市场竞争力，形成两年换一代，有些小家电达到一年换一代产品。这给EMS工厂带来的课题是：投入到生产线上的机器换人的设备如何做到最大化适用各种产品功能和形态上的创意以及制造工艺上的进化，确保企业能以低成本、高品质制造优势，来满足多样化市场需求和可持续发展。

2. SCARA在3C行业运用演进

面对庞大的市场需求，经过近10年来，中国各大EMS工厂技术人员和机器人公司、机器人集成商、各相关专业厂商的努力，逐步开发出适应3C行业制造需求的技术方案，并在实践过程中取得良好效果。下面以笔者团队参与过的一些项目中的几个典型案例，集中说明SCARA在3C行业内技术演进和完善过程。SCARA相关技术路线演进趋势，如图2所示。

（1）Cycle time最短化趋势　目前市场占有率比较高的品牌SCARA标称的标准Cycle time大约在0.37～0.50s。但是这个数值在实际活动中仅能作为参考，很少有工程师将厂商提供的标准Cycle time作为设计输入的依据。在实践活动中，SCARA以最高速度进行启动、停止过程中，SCARA的负载给SCARA本体带来颤动，需要大约0.5～0.8s才能稳定在±0.02mm之内。对于3C行业，精度是必须要充分考虑的因素。在这种条件下，SCARA完成一个重复精度在±0.02mm运动时，工程师必须要考虑给1.5～2.0s的时间。因此生产线Cycle time为15s时，一个SCARA工站大约可以完成五六个动作（减去产品进出工站的移动时间3s）。而一位熟练的作业员完成一个500mm范围动作时间大约需要1.5s。二者从时间来比较，SCARA略胜一筹。但是1s左右的时间用来消除颤动，很大程度上影响SCARA能效最大化发挥，还需进一步压缩Cycle time。SCARA颤动图如图3所示。

很多SCARA机器人厂商采取各种方法来压缩SCARA的实际Cycle time时间，比如：①提高伺服电动机转速：同等功率情况下，将伺服电动机的最高转速调整到7 000r/min以上，或者部分关节轴直接采购直驱电动机。②提高SCARA本体刚性而采用更大直径的减速机和丝杠，更小减速比。如SCARA更多采用ϕ20mm、ϕ25mm，减速比30、

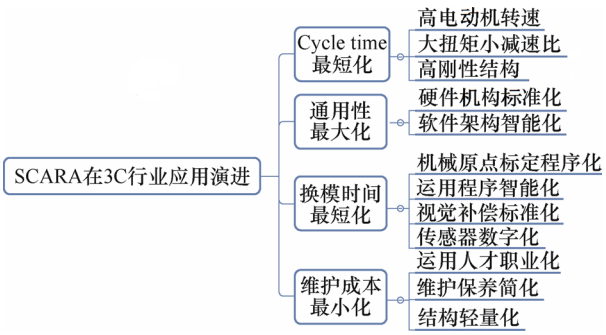


图2　SCARA相关技术路线演进趋势

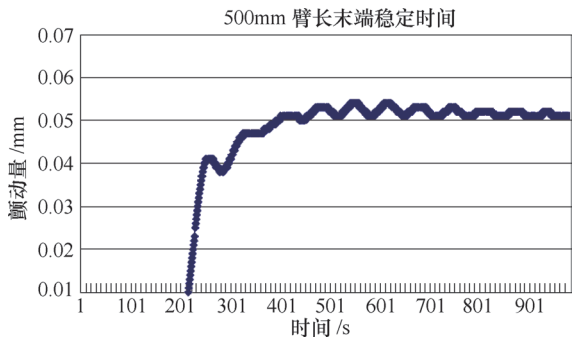


图3　SCARA颤动

50的减速机，ϕ20mm花键丝杠作为第三、第四轴的配置等。③采用特殊的驱动器算法，让驱动电流能随负载和位置变化做出跟随响应，让SCARA停得更稳，以消除颤动。

（2）通用性最大化的解决方案　通用性一定要从使用者、系统集成运用的维度来入手化解3C行业产品快速迭代与产线投资最少化冲突。笔者团队采取硬件机构标准化、软件架构智能化两个措施来解决。

1）硬件机构标准化。图4是SCARA比较常见的运用示意图。由机架及传送机构、SCARA本体、SCARA工具端、控制系统四部分组成。

由于3C行业的工艺特点，我们将机架及传送机构的有效工作范围尺寸标准化为：L350mm×W400mm、L510mm×W590mm、L750mm×W610mm三种，分别对应SCARA臂长500mm、600mm、800mm。工具端的法兰也同样标准化为能满足工艺需求的尺寸，这样最大化提高SCARA设备的通用性。图5、图6是给出的一些实例。

2）软件架构智能化。笔者团队积累SCARA运用各种实践经验提出如图7所示的软件架构图，针对3C行业工艺特点，以SCARA应用为基础，从低层PLC代码到系统集成企业云，逐步构成面向智能制造的软件开发、应用平台，形成一个企业软件标准化、智能化平台，同时为企业技术积累沉淀、人才培育、技术升级提供一个统一沟通交流的平台。

构建这个软件平台最基本的工作之一就是做好软件功能模块的定义和划分，确保软件接口形式标准化、接口种类多样化、运用程序图形化。团队经过大量生产实践项目、工程师们耐心仔细分析和解析现实场景，逐渐打造出不同功能模块，可方便拼接成适合具体项目的软件，如图8所示。

（3）换模时间最短化　在实际生产活动过程中，换模存在以下两种操作过程。

1）第一次在智能生产线生产，需要启动NPI流程，编制设备工艺程序，制作特定工冶模具等，再按流程作业。

2）已经完成NPI流程，已经有经过验证的设备工艺程序和特定工冶模具，按生产指令要求，

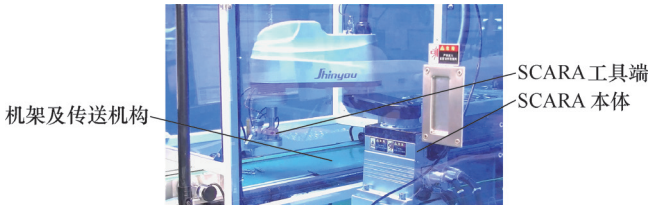


图4　SCARA运用示意之涂胶工站

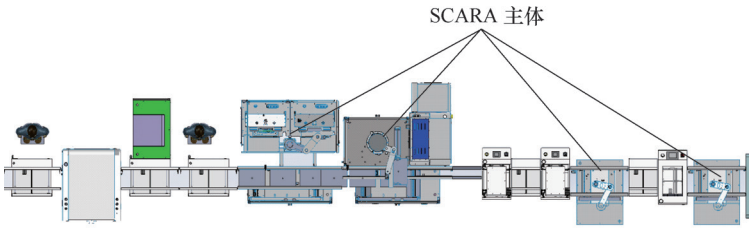


图5　SCARA运用示意之某品牌空调PCBA生产线

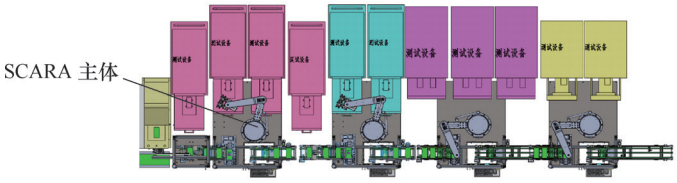


图6　SCARA运用示意之某品牌手机测试工站

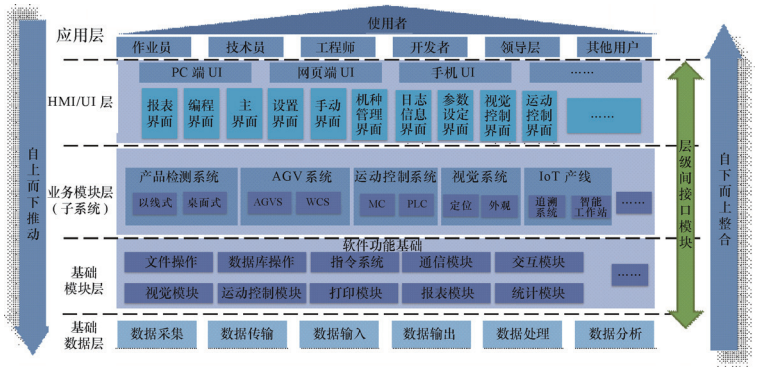


图7　SCARA运用软件架构

更换指定工艺程序和工冶模具，完成生产换型活动。

在实践过程中这两种情形都要充分进行考虑。1）的解决方案核心点就是建立成离线编程和仿真系统，这方面市场都有较成熟的软件平台，充分利用好这些成熟软件就能很好地解决这类问题。对于2），充分利用硬件标准化、软件智能化的优势，做到由MES系统引导智能生产线无缝换模。其动作流程是：通过产品ID扫码触发，扫码完成后，智能工站系统获取完整、准确的数据信息，再向企业的MES发送相关数据；企业MES将生产指令下发后，由智能工站系统解析，再将指令分类传输到各设备执行，如图9所示。如果在没有二维码、条码、RFID的情况下，采用CMOS相机从产品外观上识别型号也能取得很好的效果。



图8　SCARA运用软件模块示意

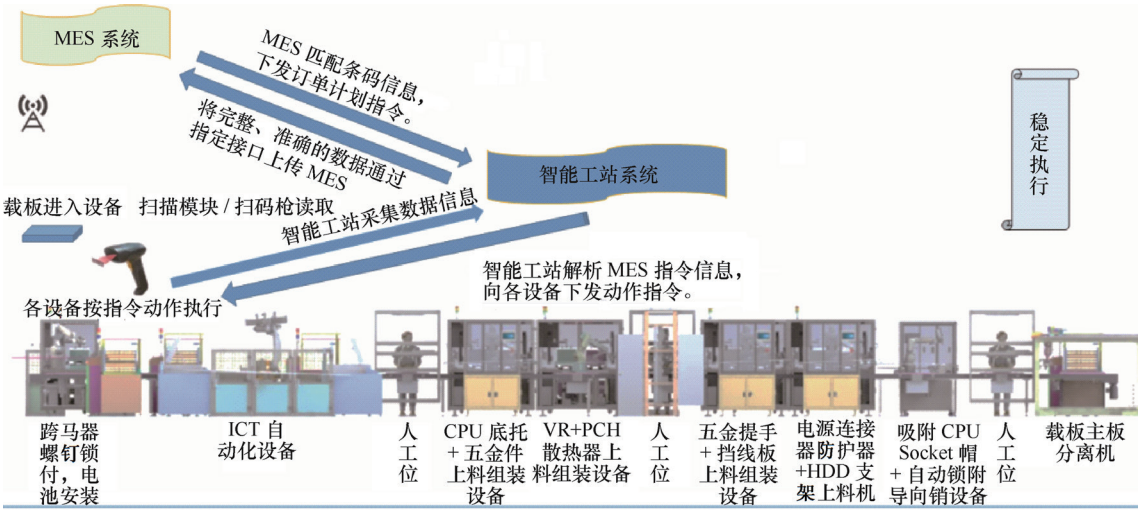


图9　智能工站系统快速换型示意

（4）维护成本最小化　综上所述，以SCARA工作站组成如此复杂的生产线，在使用单位来看需要较多高技能人员进行维护和支持。带来两个直接问题：一是这些人才从哪里获得；二是人力成本有无增加。

投入一个成本约16万元应用SCARA的智能工站替代两名作业员（薪酬6万元/年·人），同时配套一个智能设备技术员（薪酬9万元/年·人）确保智能设备正确使用。实践中呈现出来的数据如图10所示：随着智能设备台数增加，成本回收年数会控制在两年以内。

在5年以内投资回报率高达100%，这也引吸了民间小资本的关注，近一两年在华南地区陆续

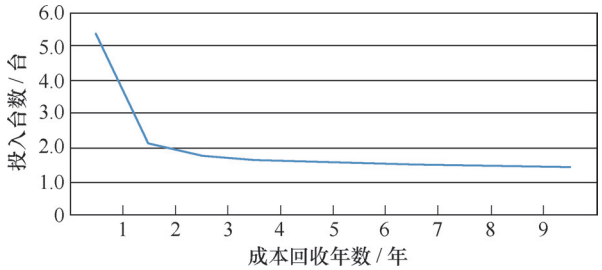


图10　智能工站投入与成本回收关系

（下转第16页）

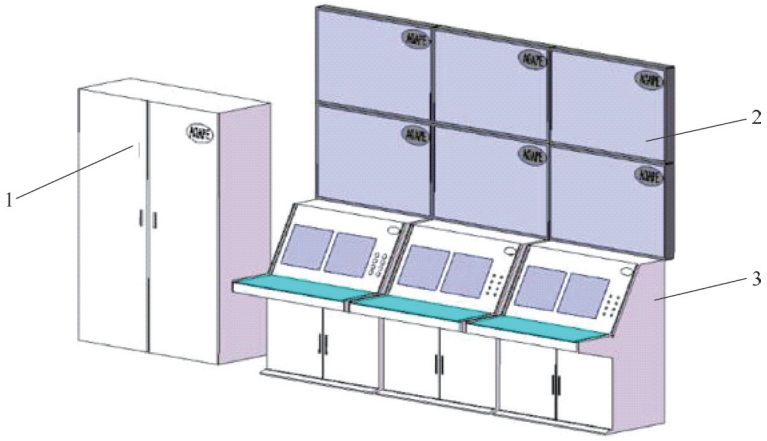


图16　系统总控模块

1—总控电柜　2—显示器　3—总控操作台

具有控制权，对其他模块的设备仅有监视权。

控制系统采用多用户管理的模式，不同的用户具有不同的权限。控制系统会记录各用户的登录时间、操作信息、当前操作人员生产线的产量和故障日志等。

系统总控单元对整线具有监控管理的权限。

限于篇幅，其余模块及功能不再介绍。

4. 结语

机器人控制器智能生产线及测试系统的建成，目前具有国内先进性，其技术性能包括了传感器技术、驱动技术（变频器、伺服、步进）、视觉检测技术、CNC数控系统、机器人技术、PLC编程技术、总线通信、立体仓库信息管理、可靠性检测和智能检测实验室信息管理系统等技术，具有跨学科、跨工种和跨领域的特性。

该生产线的搭建实现了管理与生产零距离的目标，能智能化搜集工厂关键的人员、设备和生产状况信息等，为企业的管理者或决策者提供指导性意见，更好的实现企业的智能化管理与决策。

参考文献：

[1] 王红林．电子产品生产工艺及管理[M]．北京：北京邮电大学出版社，2015.

MW（收稿日期：20201014）

（上接第9页）

出现智能设备租赁商业形态。

熟练智能设备应用人才是普及SCARA推广的关键因素，政府、高校、企业都非常重视这类人才的培育工作。笔者团队陆续与一两家职业技能、普通高等教育院校开展一些合作，派驻专业的技术人员编制实验教材、提供实验设备，协助院校老师开展学生的实践活动，引发学生兴趣，加快学生对智能制造设备的理解，快速掌握基本维护、调整技能，为SCARA推广应用准备人力资源，也为使用单位能够低成本使用起SCARA应用设备打下基础。

3. 结语

3C行业制造流程的特殊需求点与SCARA机器人天生具有的技术特性十分匹配，这是SCARA机器人在3C行业制造过程自动化、智能化中占有优势的关键因素。随着使用企业、机器人制造商、机器人运用集成及相关技术开发企业不断努力提高性能指标、降低成本，相信在不久的将来，3C行业将出现大批量机器人。

参考文献：

[1] [美]詹姆斯 P.沃麦克（James P.Womack），[美]丹尼尔 T.琼斯（Daniel T.Jones）．精益服务解决方案：公司与顾客共创价值与财富（白金版）[M]．陶建刚，罗伟，陆明明，译．北京：机械工业出版社，2016.

[2] 株式会社Haramonic Drive Systems．Haramonic Drive组合产品综合目录[Z]．2017.

[3] [德]斯蒂格（Steger,C.），[德]尤里奇（Ulrich,M.），[德]威德曼(Wiedemann,C.)．机器视觉算法与应用[M]．杨少荣，等，译．北京：清华大学出版社，2018.

MW（收稿日期：20201009）