

# 机器人技术在仪器仪表制造过程中的研究及实践

南京优倍电气有限公司 董健 邓衍朋

**摘要：**讨论了机器人技术在仪器仪表制造业应用必要性，以及在信息化及实际生产应用中的要点，并对案例做了简要介绍，对该技术在行业的应用前景做了分析。

**关键字：**机器人 仪器仪表制造 应用

**Abstract:** This paper discusses the necessity of applying robot technology in manufacturing industry of instrumentation and the essentials in both information technology and practical application of manufacturing, along with brief introduction on a specific sample. It also analyzes the prospect of robot technology in the manufacturing industry.

**Keywords:** Robot Instrument manufacturing Application

早在数十年前，机器人技术在诸多行业，如焊接、搬运、装配等制造过程中得以广泛应用，而在我国仪器仪表行业的应用案例却鲜为少见。我公司自 2011 年开始关注机器人技术，并成立专职部门，在研究过程中充分结合仪器仪表制造业的工艺特点，并融合了信息化及测试、通信、机械、传动、传感器等多项技术，自 2013 年开始，我们开始将研究成果转换为生产力，将机器人技术逐步应用到我公司各个生产工艺环节，取得了较好的成效。

以下就我们目前的研究做出以下论述：

## 一、机器人技术的需求及发展背景

在过去，甚至直至目前的认知中，电子产品制造工艺水平基本取决于制造装备的能力，如 SMT，AOI 光学检测、回流焊设备等，而在以富士康为代表的产量庞大的电子产品制造线，又普遍投用了为某一种产品批量生产而定制的工装装备或流水线，以达到高效、连续、大批量生产的目的，而这样生产线的设计必须与产品研发同步进行，并产品技术在很大程度上需服从于产线技术，实现将产品在短的时间内以倾销的方式投放市场，如此投入之大、规模之巨的自动化产线是我们仪器仪表行业难以想象的。然而，随着电子产品更新换代的加速、加工行业单件绝对利润的大幅下滑，这类大型电子加工企业也逐步意识到专业定制产线所带来的一系列问题，近年也开始逐步投用智能化程度高、适应性强、可重复使用、转型灵活的工业机器人系统。富士康号称近年将投入百万台机器人，我们相信此举不仅仅只是为了节省人工成本，其更为深远的战略目的是实现生产模式的变革，大幅提高产线的自动化和智能化水平。

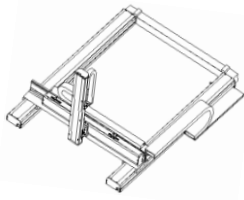
我们仪器仪表行业与这类企业相比既有相同、又有不同点，相同之处在于都是在采用同类工艺装备情况下进行电子器件的装配、整机测试等工序，不同之处在于仪器仪表产业的产线不可能因产品品种的频繁更新而不断变化，必须适应多品种、小批量、技术指标复杂多样的生产模式，同时，产品定型工作的难度因标准、认证、客求、竞争等因素的不断变化而日益加大，这就要求仪器仪表产线必须具有很强的工艺适应性，也可以称为“柔性”，在此要求之下，机器人的优势可以得到很好的体现和发挥，因此，在仪器仪表行业更需加速引入工业机器人技术，以适应我们产业更新和发展的需要。

## 二、适用于仪器仪表行业的机器人：

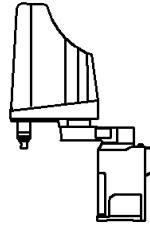
从广泛的应用角度而言，机器人划分为两大类：特殊机器人和工业机器人。我们认为，

其中工业机器人更适用于仪器仪表制造业。

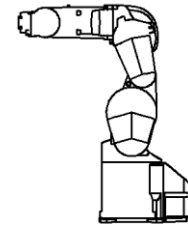
该类机器人主要有三种形式：支撑龙门式（图一）、水平多关节（图二）和垂直多关节（图三）：



图一  
支撑龙门式



图二  
水平多关节（四轴）



图三  
垂直多关节（六轴）

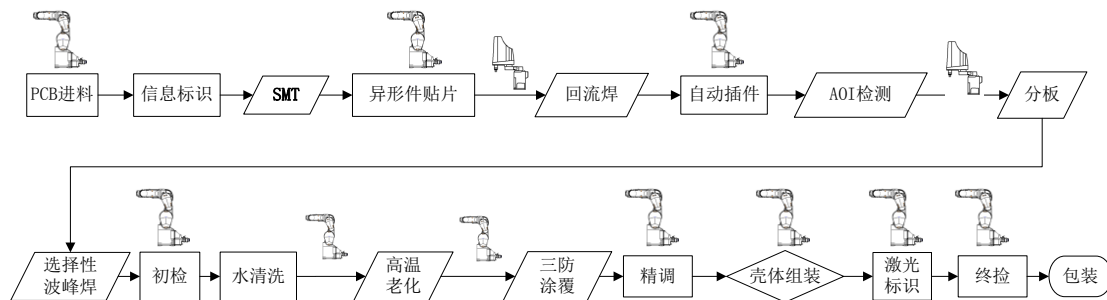
所有机器人主要构成为机械、传动、伺服、控制等几大系统。各类机器人的应用领域各有不同，而适应于仪器仪表制造工艺特点的机器人须具备快速灵活、高精度、高稳定度、轻量化、小型化等特性，指标上的共性要求为：

应用实例 \ 参数	承载重量 (Kg)	动作范围 (mm)	重复精度 (mm)
以电子线路板为主的仪表（如接口表、数显表等）	3~8	350~650	±0.01-0.02
体积大、重量较重的仪表（如流量计、执行机构等）	3~20	350~1200	

以上指标要求基本可以满足本行业需求。同时在机器人系统中还需加入各类传感器及配套装备，例如：视觉、力觉、测距、接近开关、多功能复合抓手等。

### 三、 机器人技术在仪器仪表制造过程的必要性研究

我们的产品以安全栅、隔离器等信号接口仪表为主，主要生产过程为电子线路板的制造与测试，需满足多达 1000 多个规格品种、年产量约 30 万台件、**合同约 5000 余份**的生产要求，是典型的多品种、小批量的生产模式，在仪器仪表行业中具有相当的代表性。从工艺流程而言，我们也与绝大多数同行企业一样，产品的制造过程以器件焊接、装配为主，并以电性能测试检验作为最终检验手段，工艺流程为：



图四  
嵌入机器人的工艺流程

通过我们的认识和实践,我们认为在上述图中有图示机器人的部分可完全由机器人独立完成、或可由机器人配合完成,这包括智能装备或工艺连接点。由此可见,即便在以现代先进装备为主的仪器仪表制造工艺中,经过二次开发的机器人(含配套装置)既可作为独立的智能装备,以弥补专用生产装备的不足,也可将生产工艺的各个环节精准、高效地连接,使断续的产线变成无隙的整体,大幅提高生产效能,进而确保产品最终品质,在现代全息化的生产过程中发挥重要作用。

#### 四、机器人在仪器仪表制造过程中的应用

首先,在工艺流程中必须尽可能地充分利用并发挥好如 SMT 等专用的、技术成熟的装备效能,这些专用装备是机器人系统所无法替代的,至少在类似于我公司的电子线路板为主的仪器仪表生产线,我们认为最适用机器人的主要有以下两种应用:

##### (1) 针对工艺需要开发专用机器人

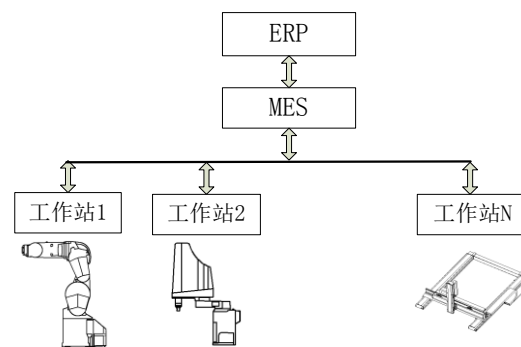
图四所示的机器人实际上就是智能装备,他可以以机器人或以机器人为核心的智能装备系统实现,并需要根据需要设计配置辅助装置,这将涉及机械、传动、精密加工、PLC 控制、信息传递、测量,以及视觉、压力等传感器等多种技术,可涉及到搬运、测试、组装等工艺点,并可根据工艺的实际需求及难度,同时考虑到经济实用性去选择不同结构的机器人。我公司在 PCB 上料、异形件安装等系统采用了四轴机器人,而在较为复杂的刻标、调试等系统采用了六轴机器人;

##### (2) 工序连接机器人

在上下工序连接时,一般尽可能地可采用较为经济、稳定的皮带或链条传动运输方式,但如果在产线上物料进出的横向、纵向方向不固定,或对物料需要变向抓举、放置,或需要与物料运动状态(含方向、速度等)进行同步联动等情况下,就需采用机器人执行该工序连接。

#### 五、机器人在实际生产应用中的重要问题——“工作站”的概念

通过对工厂信息化、装备自动化技术的深入研究,并结合我们多年来在工业控制系统的认识和经验,我们提出了“工作站”的概念,即:在以 ERP 或 MES (生产制造执行系统)管理下的自动化生产线,应在每个主要工艺点建立工作站,每个工作站有一台独立的、或嵌入主装备的可以直接与生产信息系统连接的计算机为核心构成,该工作站的主要工作流程为:信息获取、过程执行、信息反馈,这相当于兵团作战中独立的战斗群,它接受司令部的命令,自行指挥调动本战斗群的各个兵种执行一系列连贯的战斗过程,并将战斗过程及结果的信息实时反馈给司令部。



图五

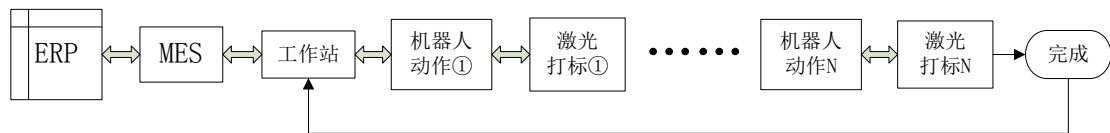
工作站在自动化生产中的作用

在以机器人为核心的工作站中，机器人并不是全部，它只是在工作站内重要的执行部件，因此，机器人的设计应用不应是孤立的，除需对机器人本体及配套装置的开发外，还必须充分重视相关的 ERP、MES 系统、机器人周边辅助装备及配套仪器的配套研发，更为重要的是，工作站计算机可将该机器人及其配套装置融入信息化生产体系之中，可以接受来自上层管理系统的指令，执行需要做的工作，同时需要将执行过程中的数据及结果信息反馈给上层管理信息系统，只有这样，机器人才能在信息化生产过程中发挥应有的作用。

## 六、 机器人的应用案例——外壳自动激光刻标系统

我公司针对我们的工艺需求，自行开发了一系列以机器人为核心的智能装备，并应用在我公司生产线中，包括 PCB 自动上料、自动点膏、自动调校、自动刻标等装备，下面就全自动激光刻标工作站中机器人的应用作出设计示例：

由于该工艺流程未涉及信号测试、调校等流程，因此较为简单，该流程分为：



图六  
自动打标流程

通过这套独立的智能装备，完全实现了信息获取、动作执行、信息反馈全过程的无人参与，大大提高了该工艺的执行速度，彻底消除人为错误。

## 七、 战略意义及前景

为推进我国智能制造装备产业的发展，提高装备制造业自动化和智能化水平，国务院颁布了《“十二五”国家战略性新兴产业发展规划》，工信部等也相应编制了《智能制造装备工程实施方案》，而其中所重点提及的智能装备的相当重要组成部分就是以机器人为核心构成的自动化制造系统。

我们仪器仪表行业近年来大力推动两化融合工作，该工作目前现已到了深入推进的阶段，我们在该项工作不断推进的过程中，逐渐认识到智能装备的必要性和重要性，从而开始研究并逐步应用了机器人技术，随着研究、应用的不断深入，我们发现机器人技术不仅可以大幅提高仪器仪表产业的生产制造水平、提高产品品质，以及提高能源效率和节约人工成本，还会促进所涉及的上层管理系统，即应用于生产制造业 ERP、MES 等信息技术的进步，并将促进机器人周边配套的传感器、传动、仪器仪表的应用技术向着更深的方向发展。

综上所述，机器人技术的推广应用，已经不仅仅仪器仪表行业制造企业的需要，更对我国制造业的变革与发展具有深远的战略意义。