机器人技术在机械加工中的应用

徐 敏

(洪都航空工业集团)

摘 要 机器人取代机床从事机械加工已成为自动化加工发展的一大趋向。本文在分析工业机器人应用现状的基础上，提出了机器人加工系统存在的一些问题，还对并联机床的发展作了展望。
关键词 机器人 自动化加工 并联机床

Application of Robotics in Machining

Xu Min
(Hongdu Aviation Industry Group)

Abstract Robots taking the place of machine tools in machining has become a trend of the development of automatic machining. Based on the analysis of current application status of the industrial robots, this paper puts forward some existing problems of robot machining system and perspects for the development of PKM.
Keywords Robot Automatic machining PKM (Parallel Kinematic Machine)

1 引 言

从机器人诞生到上世纪80年代初，机器人技术经历了一个长期缓慢的发展过程。今天，机器人对我们来说已经不再陌生。到了20世纪90年代，随着计算机技术、微电子技术、网络技术等的快速发展，机器人技术也得到了飞速发展。目前,机器人已广泛地应用于汽车、机械加工、电子、军事、采矿、核能、石油、航空航天、医药、服务、娱乐等领域。可以说，当今世界，机器人的应用已无所不在。机器人的分类方法有多种,按其应用可分为：工业机器人、军用机器人、农业机器人、服务机器人、水下机器人、空间机器人和娱乐机器人。

2 工业机器人的应用

被国际上普遍接受的工业机器人的定义只有一个，是由美国机器人工业协会的一批工业科学家于 1979 年提出的。他们把工业机器人定义为：“一种可编程序的多功能操作机构，用以按照预先编制的能完成多种作业的动作程序运送材料、零件、工具或专用设备。”传统的工业机器人常用于搬运、喷漆、焊接和装配工作。

就 2005 年几大应用领域的工业机器人类型来看，机械手的产量遥遥领先于其他类型的工业机器人，约达到 43500 台。其中，亚洲地区机械手的产量比 2004 年增加了 27%；美洲地区机械手的产量幅度更是高达 53%；虽然欧洲地区 2005 年机械手的产量比上年略有下降，但其产量仍接近 14000 台。接下来依次是：点焊接机器人、弧焊机器人、装配机器人和分配机器人，其产量分别约为 20500 台、17500 台、13000 台和 4500 台。附表反映了 2005 年亚、欧、美三大地区各类型工业机器人的产量增幅情况。

我国已在“七五”计划中把机器人列入国家重点科研规划内容，拨巨款在沈阳建立了全国第一个机器人研究示范工程，全面展开了机器人基础理论与基础元器件研究。几十年来，相继研制出示教再现型的搬运、点焊、弧焊、喷漆、装配等门类齐全的工业机器人及水下作业、军用和特种机器人。我国自行生产的机器人喷漆流水线在长春第一汽车厂及东风汽车厂投入运行。

附表 2005 年亚、欧、美三大地区各类型工业机器人产量增幅情况

增幅 类型 / 地区	机械手 (%)	点焊接机器人 (%)	弧焊机器人 (%)	装配机器人 (%)	分配机器人 (%)
亚洲地区	27	64	82	101	23
美洲地区	53	22	33	36	121
欧洲地区	-6	-27	6	1	-23

2.1 工业机器人在机床上的应用

20 世纪 90 年代机床创新的最大成就是发明并联机床，那么当今工业机器人在机床上的应用已成为发展的一大趋向，机器人取代机床从事机械加工已初露锋芒。

传统的金属切削加工都是由机械工人完成的：换刀、取料、装夹工件、对刀、切削加工、下料、去毛刺。过去，机械加工操作与油污、噪音是分不开的，数控技术的发展大大降低了工人的劳动强度。在加工应用中，机器人常常使用力和扭矩传感器以便于它们 “感知”表面的不一致性和不完整性，并切除最小量的材料来纠正它们。机器人的控制器和传感器结合在一起使用户可以规定机器人施加力的方向和大小。像机床那样工作，操作员可以启动或关闭机器人的转轴，改变每分钟转数，以及决定速度和进给量。

2.2 应用实例

CADCAM 开发商 Delcam 与工业机器人制造商 KUKA 联手开发用机器人进行机加工。这两家公司相信机器人能够取代机械工具完成对软材料的许多大规模加工作业。到目前为止，用机器人所做的机加工只限于小批量的特种作业。但是最近 Delcam 开发的 Power MILL 机加工软件及 KUKA 的控制系统已使机器人操纵大规模生产变为很简易的事了。

2006 年 9 月，在汉诺威机床展览会（EMO2005）上，工业机器人在机床上的应用非常抢眼，而且应用的领域也在扩大。德国 DMG 公司的数控多轴自动车床，就是配置 FMB 公司的 6 轴机器人，进行上下料搬运工作。DMG 公司的另一台新品 DMC635V 立式加工中心，也是配

了两台 FANUC 工业机器人，一台机器人负责工件的上下料，另一台则负责工件在机床主轴上的装取。

德国 OPS 公司的创新思路是高速切削与电加工技术相结合。他们展出的两台机床，一台是 OPS600 高速加工中心，主轴转速 40000r/min，负责对零件进行粗加工，另一台 GANTRY-500 电火花机床，完成对零件的精加工。这两台机床之间，就是由工业机器人自动搬运零件的。

瑞士 KUMMER 公司的 k250 车床，是一台设计独特的新颖机床。车头箱可在顶梁导轨上纵向运动，也可作 Z 向进出运动。正面刀架设于机床正前方，可以上下运动。而 ABB 公司的工业机器人就起到自动上下料的作用，它把毛坯放进主轴的弹簧夹头内，加工完又将其取回。

意大利意沃乐公司的一台修边、倒角 DC-5 机器人装置可以对主轴上的零件修边和去毛刺，甚至机器人可以加装动力头，用刀具对零件进行加工。

类似这些例子，实在不胜枚举。工业机器人的工作范围扩展到了金属切削及抛光领域。

3　机器人自动化加工中存在的问题

3.1　信息交换问题

机器人作为机器人自动化加工系统的成员,不可能独立存在。机器人自动化加工系统的硬件为加工机器人和以加工机器人为中心的辅助机器人群,包括换刀机器人、上下料机器人、测量机器人等以及对机器人群实行集中控制的主控计算机。机器人之间、机器人与计算机之间、加工系统与管理系统之间存在着诸多信息交换问题。

在机械工厂内存在一种典型的沟通障碍。机器人运行它们各自的特定品牌语言，而传统的 CNC 计算机数控机床则读取通过 CAM 软件生成的 G 代码经编译成机器指令来控制机床的运动。Programming Plus 公司已经实现了对机器人的控制器编程，使其直接从 CAD/CAM 程序中读取 G 代码。但是，由于目前机器人生产厂家繁多,机器人的编程语言也五花八门,这种将 CAM 生成的准备用于数控机床的 G 代码平滑地转换成 6 轴机器人可用的代码的软件只是针对某一厂家的机器人专门开发的。人类通过语言来互相交流，机器人群之间的通讯现在缺乏统一标准。机器人语言如何象计算机语言一样规范化是世界各国机器人生产厂商需要解决的难点之一。

3.2　刚度和精度问题

关键零部件的设计与制造对机器的操作性能非常重要。传统机床结构的发展已日臻成熟，一些重要零部件的设计和制造技术已很完善，例如大行程的直线导轨、多自由度的数控转台、多自由度的主轴头等。现在高精度的数控机床已经完全可以进行高精密的加工作业。

加工机器人与一般的搬运、抓取机器人不同，它的功能与机床相同，是用来进行机械切削加工的，其运动原则应同时考虑刚度和精度。传统机器人手臂常常细长且为悬臂梁结构，这就大大降低了机器人的整体刚性，尤其是承载垂直于手臂载荷的能力很差。机器人在进行大型零件的加工上就显得困难重重。由于串联机器人刚度的限制,机器人的加工对象只限于软材质材

料。此外，机器人的精度也不能满足复杂零件机械加工精度的要求。例如，机器人关节中常用的多自由度铰链自身的精度就是影响整个机器人精度的因素之一。机器人自身刚度和机器人精度是加工机器人面临的主要问题。

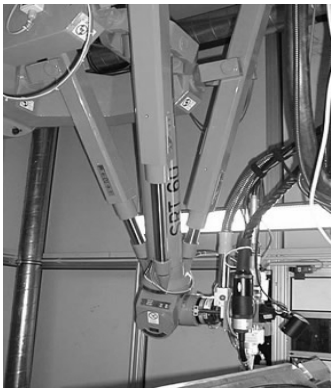
3.3 工作范围问题

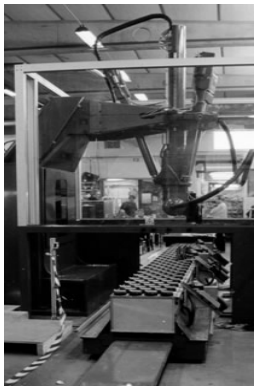
工作范围是指机器人手臂末端或手腕中心所能到达的所有点的集合。工作范围的形状和大小是十分重要的，机器人在执行任务时可能会因为存在手部不能到达的作业死区而不能完成任务。由于机器人的移动能力和姿态能力互相耦合，因此计算其作业空间比较困难。在机器人进行机械加工时，要注意死区和与工件发生干涉、碰撞的问题。

4 机器人机床展望

目前，世界先进制造技术不断兴起，超高速切削、超精密加工等技术的应用，柔性制造系统的迅速发展和计算机集成系统的不断成熟，当今的机床已经是集光、机、电为一体的先进机电设备。采用并联机构，利用机器人技术，实现高精度测量及加工，这是机器人技术向数控技术的拓展，为将来实现机器人和数控技术一体化奠定了基础。

并联机床是一种基于并联机构原理并结合现代机器人技术和机床技术而产生的一种新型数控机床，其基本的结构特征是并联,即:由床身—刀具(动平台)—工件这一运动链中包含多条独立的主动支链。并联机床在国内也称作虚拟轴机床、六条腿机床、六杆机床、六足虫机床等等,在国际上一般称为 Parallel Kinematic Machine(PKM)。这种机构真正引起轰动是在 1994 年芝加哥国际机床展览会上，Giddings & Lewis 公司和 Ingersoll 公司分别推出了基于并联机构的六足机床，被媒体誉为“机床结构的重大革命”、“21 世纪的数控加工装备”，从此并联机器成为制造业的研究热点。天津大学与天津市第一机床厂联合研制的我国第一台商业化并联机器人机床，已通过了专家鉴定,据权威人士评价,该机床达国际领先水平，现已走出实验室,实现了商业化制造。





附图 瑞典 NEOS 公司的 Tricept 并联机器人在工作

并联机床有如下优点：

1. 刚度重量比大。因采用并联闭环静定或非静定杆系结构，且在准静态情况下，传动构件理论上为仅受拉压载荷的二力杆，故传动机构的单位重量具有很高的承载能力。

2. 响应速度快。运动部件惯性的大幅度降低有效地改善了伺服控制器的动态品质，允许动平台获得很高的进给速度和加速度，因而特别适于各种高速数控作业。

3. 环境适应性强。便于可重组和模块化设计，且可构成形式多样的布局和自由度组合。在动平台上安装刀具可进行多坐标铣、钻、磨、抛光，以及异型刀具刃磨等加工。装备机械手腕、高能束源或 CCD 摄像机等末端执行器，还可完成精密装配、特种加工与测量等作业。

4. 技术附加值高。并联机床具有“硬件”简单，“软件”复杂的特点，是一种技术附加值很高的机电一体化产品，因此可望获得高额的经济回报。

5　结 束 语

近几年，工业机器人技术有了长足的进步，把机器人应用于机械加工具有许多传统机床无法替代的优点，我们完全可以预见，在不远的将来并联机床将会在一些专业领域成为传统机床的强有力的补充者。

参　考　文　献

1　机器人漫话[J] http://www.hsxx.edu.sh.cn

2　World Robotics 2006

3　XS-01 译. 机器人取代机械工具[J] British Plastics & Rubber 2003（6）：43

4　工业机器人在机床上应用渐成发展趋势[J] http://www.mmsonline.com.cn

5　机器人取代机床[J] http://www.hotmold.com/

6　段广洪，李铁民. 并联机器的起源和发展[J]. 世界制造技术与装备市场，2006.1

7　赵宏林，盛伯浩等. 机器人化加工平台的研制[J]. 制造技术与机床，2000.10

8　谢存禧，张铁. 机器人技术及其应用[M]. 北京:机械工业出版社，2005.7

9　杨建新，郁鼎文等.并联机床研究现状与展望[J]. 机械设计与制造工程，2002.5

10　郭继红. 工业机器人技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社，2006.3

（收稿日期：2007-05-10）

作者简介　徐敏，男，1975 年出生，工程师。主要从事环境可靠性测试工作。