

国外工业机器人的发展与应用动态

周锡驹

(中国科学院自动化所)

摘 要

本文着重从应用的角度分析近年来主要工业化国家工业机器人的发展动态、市场和应用情况。

工业机器人从六十年代投入应用至今已有二十年左右的历史，目前在许多领域已得到广泛的应用。随着机器人传感技术和人工智能科学的发展，它们除了继续在简单重复的大批量生产中广泛得到应用外，将向高难度领域扩大它们的应用范围。本文着重从应用角度介绍一些工业化国家工业机器人在发展、市场和应用三个方面的动态。

一、发展动态

工业机器人是从简单的应用场合推广开来的。二十多年来由于劳动力市场的变化及产品竞争的压力，促使机器人在理论、技术和生产销售等方面都有了极大的发展。早期的机器人只能完成材料搬运、装卸等任务，进入八十年代，进行喷漆、弧焊、机械电器装配等工作的机器人投入了应用。在控制方式上，它们实现了从点位控制到连续轨迹控制的过渡，伺服电机成了主要的驱动手段。目前大部分出售的机器人都具有点位和轨迹控制两种方式^[1]。

要完成复杂的任务，机器人就要有适当的传感功能，以实现与环境的实时交互，并调节它的执行过程。下面列出了机器人所用到的传感器或传感方法^[2]：

视觉：光电探测器

一维阵列传感器

二维阵列传感器

电视摄象机

激光(三角法)

激光(时间间隔法)

光学纤维

触觉：探针式

应力计式

压电式

压阻式(碳材料)

分立阵列式

集成阵列式

听觉: 超声波发射/接收器

超声波阵列

麦克风(语音控制)

另外还有红外、雷达、磁性接近式传感器和离子辐射式传感器等。在机器人的视觉、触觉、听觉等感知功能中,视觉功能发展最快和比较成熟。两维视觉系统已得到比较广泛的应用,市场上已有上百种产品,价格从几百美元到几万美元。触觉和力传感是执行复杂任务(如机械零部件装配)时要求具有的功能。一些试验室和公司在发展这些技术方面花了很大的力量,但进展缓慢。目前市场上只有少量的样品出售,如美国的 Lord 公司的 LTS-200A 10 × 16 探针式阵列触觉传感器和 ASTEK 公司的 FS6-120A 六轴力传感器。这类传感器在稳定性、均匀性、滞后和耐用等方面还有许多问题需要解决,离实用还有一些距离。机器人的听觉在工业应用方面的研究不大为人们所重视,它的应用偏重在娱乐或福利机器人方面。目前市场上有少量价格在两千美元左右,能识别一百至二百词汇的语音命令输入装置出售。

示教法是机器人传统的编程方式,目前仍然是主要的编程方法。其优点是直观、简单,但占用生产线的生产时间,同时在狭小的工作空间内,程序的调试无论对设备或操作员都是不安全的。因此许多国家大力发展离线编程技术。离线编程是以计算机辅助设计和仿真为基础的一门新技术。机器人执行某一任务的规划、编程、输入数据、仿真执行和程序调试都在计算机仿真系统上进行,因此这是十分安全、经济和有效的方法。经调试后的任务程序装入实际机器人的控制器,就可以直接运行。西德 1980 年前后就开始了这方面的研究^[3]。他们通过设计标准的接口实现了多种不同结构机器人的离线编程技术,并推出了实用产品。

软件是机器人系统的重要组成部分,它经历了从硬件逻辑、汇编语言到高级语言的发展过程。目前存在的四十多种语言,如 AL、VAL、LM 等,都是在各种产品的开发过程中形成的,因而互不兼容。因此语言标准化要求已得到各方面的理解,但进展并不顺利。目前已开始的工作是与装配用机器人设计一种语言。这种语言的指令可以由不同硬件结构的机器人执行。这样,用这种语言写成的程序就具有通用性。在现存的语言中,Unimation 公司的 VAL 语言功能较强。它除了具有常规的编辑、控制功能外,还能直接处理传感器的信息、支持离线编程和较强的自诊断能力。当系统出现故障时,它能给出相应的故障信息。

由于历史上的原因,机器人和它的传感器基本上是两个独立的部分,这给用户在设计、安装和调试上带来了困难。为了推广应用,生产带传感器的专用机器人已成为一种要求。进入八十年代,有些大公司把机器人和传感器组装成一个专用系统出售,如美国的 Cybervision 装配用视觉机器人系统就是一例。这不仅方便了用户,而且实现了计算机的一机多用,减少硬件层次,既降低了成本又提高了处理速度,这是十分值得注意的动向。

从应用的角度看,目前工业机器人面临着能力、技术和系统规划等三个方面的问题^[4,5]。为了完成复杂的任务,要求机器人具有较强的传感功能或智能以及控制器能直接处理传感器信息,实现真正的实时控制。对所有应用而言,都要求语言和接口的标准化及离线编程技术,这样机器人就可以方便地与其它设备连接,以构成一个更大的系统。但这些要求离实现还有很大的距离。在技术方面要求提高速度、加速度、精度和重复性,以提高生产率和质量。但这些涉及到机器人的力学模型和控制模型等问题。近年来一些研究人员在这方面进行了不少工作,但尚没有重大的突破。由于机器人是多个关节串联,活动范围大,精度不高,因此规划一个包含机器人在内的制造系统是关键而又困难的工作。这就要求有一种系统的方法及相应的软件工具,以确定这个系统的结构、布局、加工过程以至经济分析等。工程技术人员迫切期望这样一种工具的出现。

总的说工业机器人近七八年来有了惊人的发展,目前仍有不少问题。随着这些问题的逐步解决,机器人的智能水平将提到一个新的高度,并在生产中得到应用和普及。

二、机器人的市场情况

机器人在生产中的应用,使产品成本降低,质量提高,在市场上有竞争能力,其经济效益十分显著,因此应用领域越来越广。进入八十年代,使用机器人的企业不仅是大公司,而且中小企业也进入了应用机器人的行列。目前机器人制造业已成为一门新的工业,在日本和西方发达国家每年以 20—30% 的速度增长。下面以英国机器人协会 1985 年 5 月发表的统计材料对机器人市场作一简要的介绍^[6]。

截至 1984 年 12 月止,日本和西方国家已安装了约十万台机器人,其中 60% 在日本。表 1 列出了五国已安装的机器人台数、1984 年新安装数及在职工中的机器人密度。从表 1 可以看出,日本在机器人总数、新安装台数及机器人密度等三个方面都占有领先的地位。日本的汽车、家用电器等产品的质量和价格在西方市场中均处于优势,这与它广泛采用机器人有极大的关系。在 1984 年增长率方面,英国和西德以年增长率 37% 占领先地位。美国 1984 年上半年出售了 2,300 台机器人,这等于 1983 年全年的销售总额。1983 年和 1984 年共销售的台数比以往二十年的销售总和还要多。

表 1 西方五国工业机器人的分布情况

国 家	机器人总数	1984年安装数	机器人密度(1/万人)
日 本	64,000	18,000	32.0
西 德	6,600	1,800	5.7
英 国	2,623	800	4.8
法 国	3,380	—	4.3
美 国	13,000	3 亿美元	4.3

图 1 以西德为例,说明近年来机器人在各种应用中的增长情况。1983 年和 1984 年,西德新安装台数以年 37.5% 的速度增加。点焊技术要求低,目前仍是机器人应用最多的

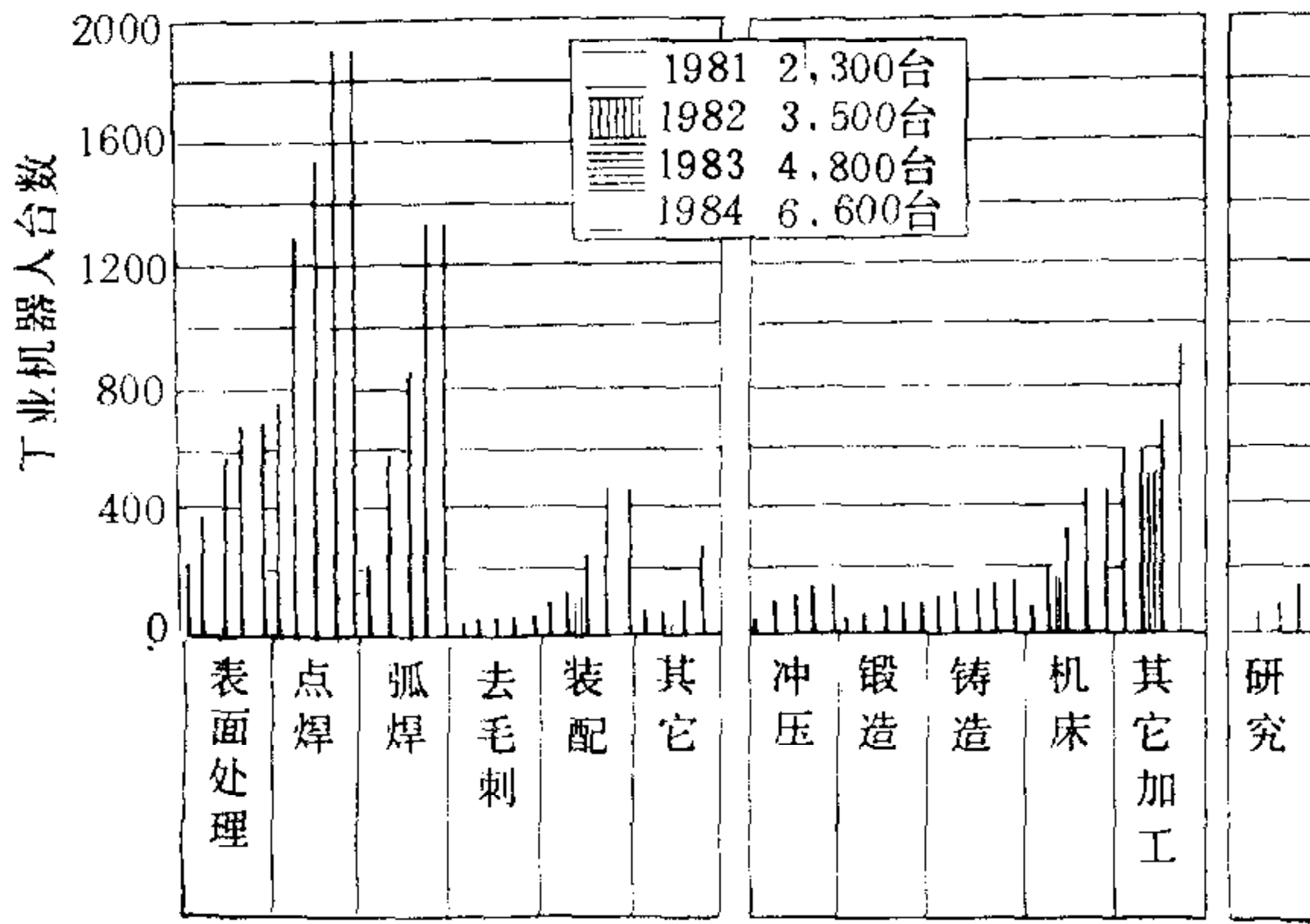


图1 西德近年来工业机器人增长情况

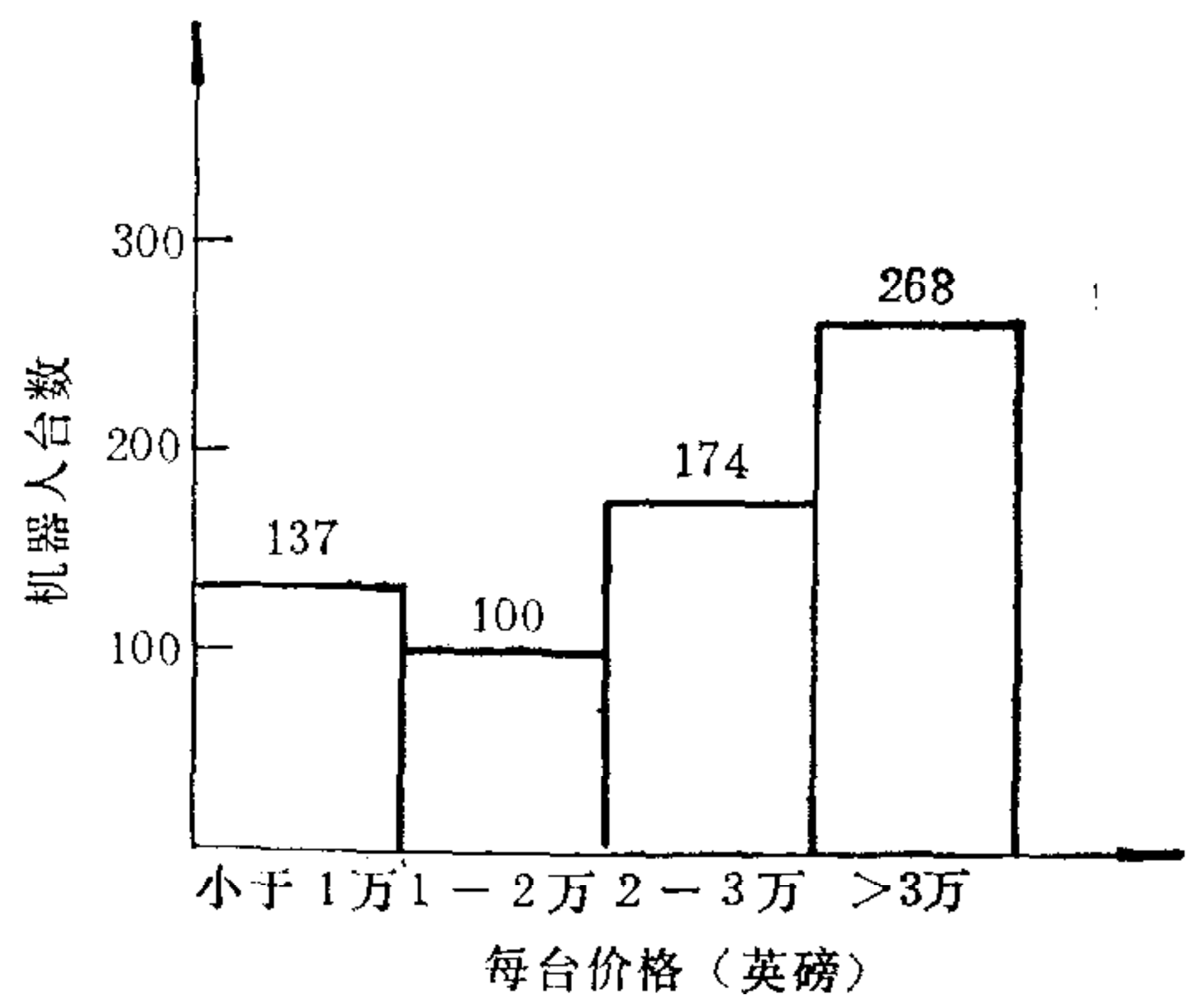


图2 英国1984年新安装机器人的价格分布情况

领域。弧焊和装配技术难度大，要求有较多的传感信息和完善的控制模型，如焊缝的自动跟踪和质量控制、在装配中力和力矩的闭环校正等。1984年安装了弧焊机器人478台，增长率为56%；装配机器人204台，增长率为82%。以上这些数字表明，八十年代由于传感技术和控制方法日趋成熟，机器人已进入了技术难度大的应用领域，其经济效益已得到工业界的承认。

随着技术的发展，微电子产品价格下降及机器人产量的增加，机器人的价格已出现逐年下跌的趋势，价格较低的中、低档机器人销售量增长较快。图2分析了英国1984年新安装机器人的价格情况。高于三万五千英镑的机器人占268台，低于这价格的共411台。从应用情况看，前者主要用于表面处理、点焊、弧焊等三个领域，以满足技术难度高的要求。由此可以看出，根据不同要求合理地选用机器人是减少投资的一个重要途径。

以上分析表明，机器人这门新兴工业，进入八十年代以来正以惊人的速度在发展，市场不断扩大，同时促进了其它工业部门生产能力和效率的提高，这已是有目共睹的事实。

三、工业机器人的应用情况

目前机器人在生产中已是一支不可忽视的力量，对几个主要的西方国家的研究表明，它们主要用在四个领域^[3]：① 工件或材料的搬运、装卸或堆码；② 机械零件的加工制造，包括材料切割、挤压成型和表面处理等；③ 机械和电器装配，包括焊接、粘接和机械、电器零件的装配；④ 生产过程中的或成品的质量检查。早年的工业机器人主要应用在机械加工行业，从事简单的装卸、传送材料等工作。目前点焊、弧焊和表面处理已上升为主要的应用领域。这种状况和汽车工业的迅速发展有直接的关系。在世界范围内，汽车工业中使用的机器人最多，其次是电子电器工业、机械加工装配工业和橡胶塑料工业。就国家而言，日本拥有的机器人最多，在汽车和电子电器行业应用最广。但就技术水平而言，美国处于领先的地位。

这里以英国为例剖析一下工业机器人在不同领域和工业部门中的应用情况。图3是截至1984年12月止英国机器人在各个领域里的分布情况。点焊机器人最多，拥有471

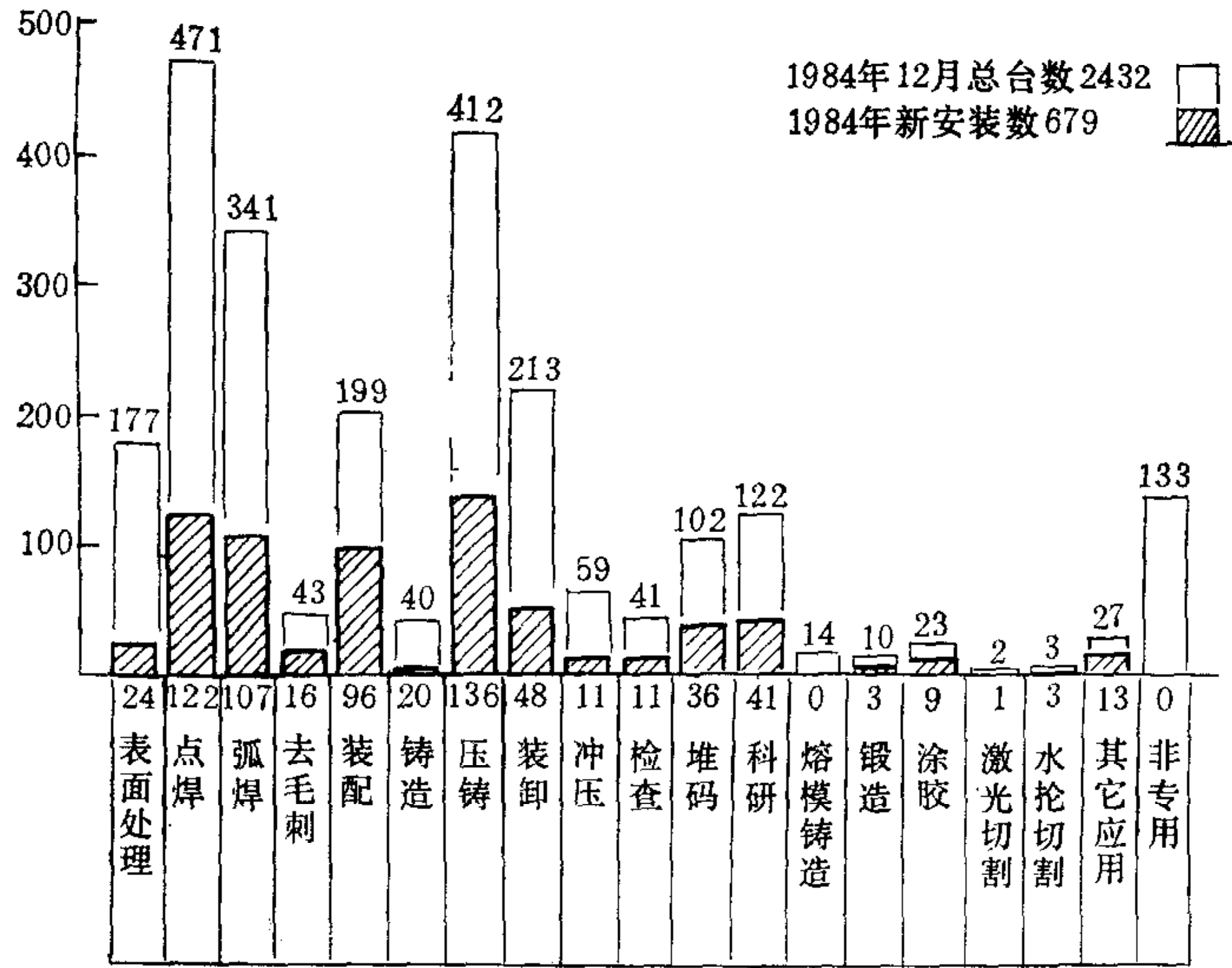


图3 1984年英国工业机器人在各领域的分布情况

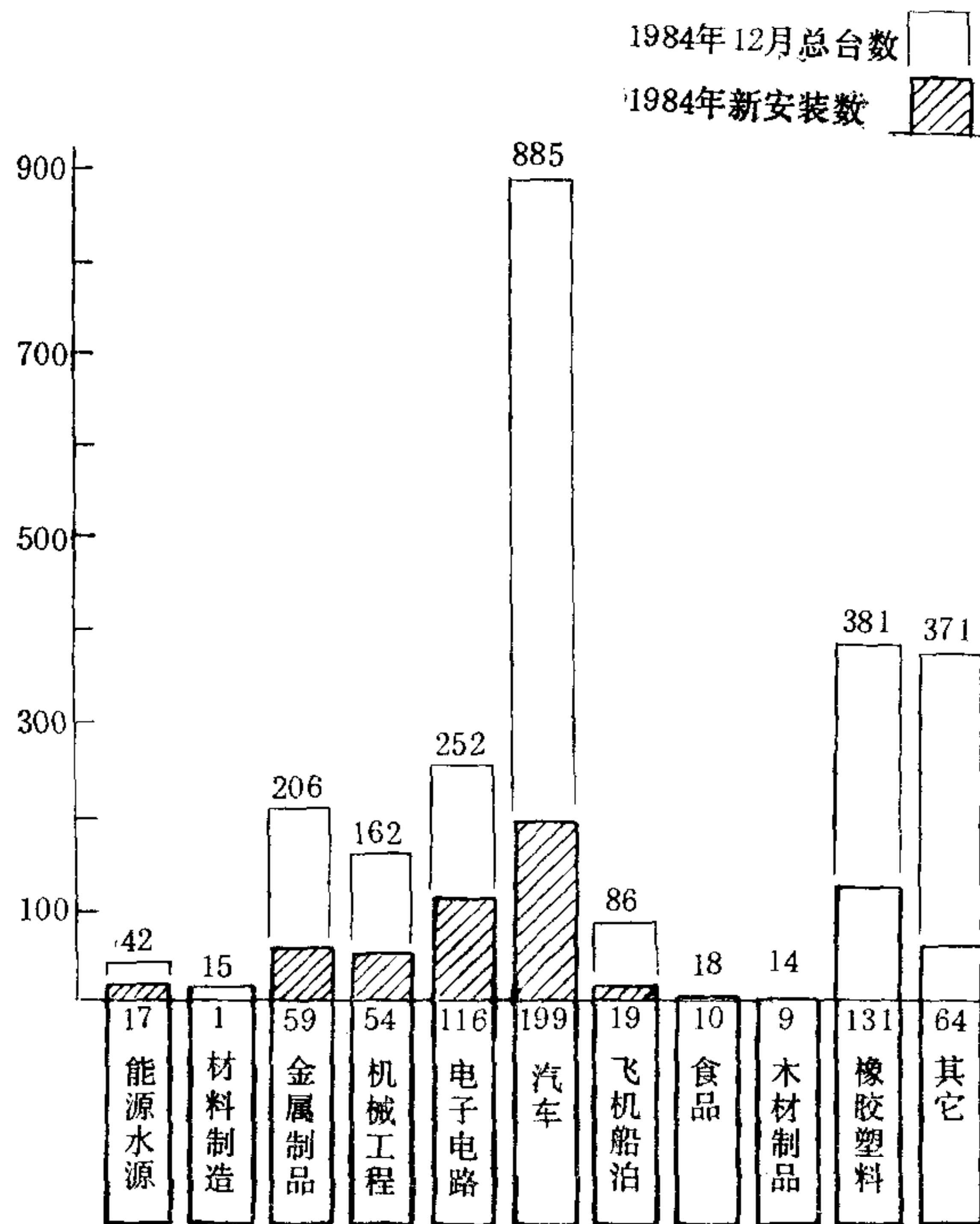


图4 1984年英国工业机器人在各工业部门的分布情况

台,其中1984年安装了122台,增长率为35%。弧焊机器人的增长率比点焊的要快,为46%,拥有341台。西德弧焊机器人增长更快,为56%,拥有1334台。在装配方面机器人的应用出现了迅速增长的苗头。英国在1984年安装了96台,增长率为93%,而西德为82%。图4是英国机器人在各工业部门的分布情况。从图可以看到,汽车工业遥遥领先,有855台,占总数的36%。在一些技术密集部门已出现了大量采用机器人的趋势,如

电子工业, 1984 年增长率为 85%, 共占有 252 台, 在英国居第三位。占第二位的是橡胶塑料工业, 这个行业使用的机器人多数是低技术水平的装置, 价格多数在一万英镑以下。从以上分析可以看出, 工业机器人仍主要用于批量大、简单重复劳动的场合, 而技术难度大的工作仍以人为主。

在日本和美国, 汽车车体的装配主要是由机器人完成的, 车壳的喷漆也主要是由机器人完成的。图 5 是 1983 年在底特律第七届机器人会议上首次展出的喷漆机器人^[7], 它被认为是近年来机器人领域最惊人的成就。它有七个自由度, 工作半径为四米。由于它有类似脊柱的独特结构, 因此能完成百分之百的车壳喷漆任务。最近一两年, 用于装配汽车挡风玻璃和轮胎的带视觉的机器人已在现场进行试验, 可望近期投入实际应用。在电子电器等部门, 机器人已在印制板的元器件装配、机械零部件装配以及质量检查等方面获得广泛的应用, 并已在超静车间取代部分操作工人, 以减少人对环境的污染及对产品质量的影响。总之, 机器人的应用范围已十分广泛, 这里就不一一介绍了。

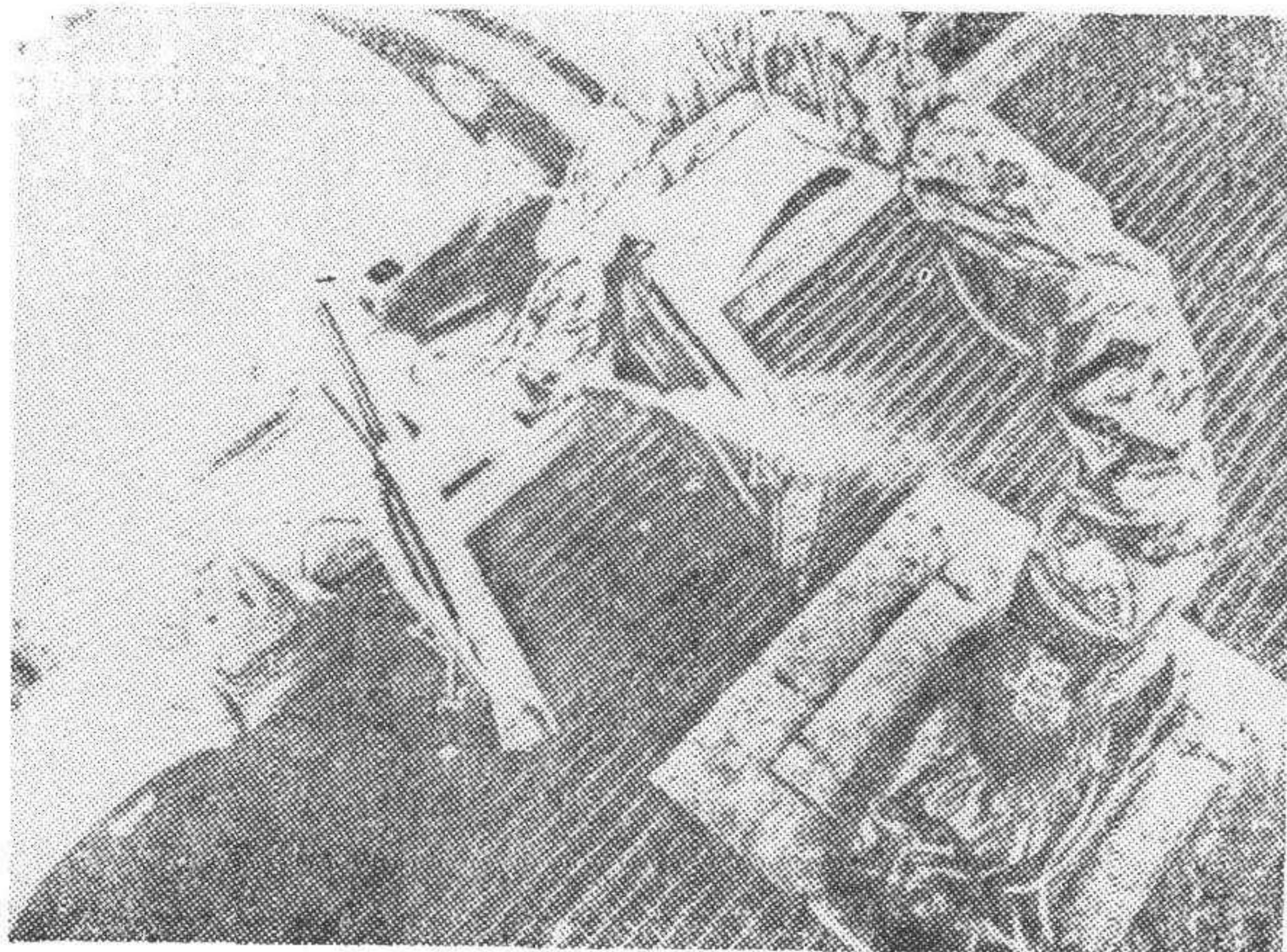


图 5 七自由度喷漆用机器人

四、结 束 语

从上面的分析可以看到, 机器人是一门蓬勃发展的新技术, 它具有广泛的实用价值。机器人的使用, 可以取得极大的经济效益和社会效益。随着时间的推移, 它们的智能水平将会不断提高, 并开拓更多的应用领域。目前西方国家投入了很大的力量来发展这门技术。我国是个发展中的国家, 技术水平和西方发达国家相比有较大的差距。要提高我国的工业水平, 使产品进入世界市场, 就必须对诸如机器人之类新技术的研究和开发给予应有的重视和支持, 以尽快缩小我国与发达国家在这些方面的差距。

参 考 文 献

- [1] Soska Geary V., Third-Generation Robots, Robotics Age, March 1985, 14—16.
- [2] Pugh Alan, Second Generation Robotics, Presented at The 12th International Symposium On Industrial Robots, 1982, France.
- [3] Weck Ing M. et al., Off-line Robot Programming Via Standardised Interfaces, Industrial Robot, Sept.

1984, 177—179.

- [4] Spur G. et al., How And Where Industry Uses Its Robots, the Industrial Robot, March 1985, 45—51.
- [5] Coleman Authur, Robotics Research, Robotics Age, Feb. 1985, 14—19.
- [6] Steady Growth For Robots In 1984, the Industrial Robot, March 1985, 30—35.
- [7] Going Where Others Have Not Gone Before, the Industrial Robot, March 1985, 36—37.

TREND OF DEVELOPMENTS AND APPLICATIONS OF INDUSTRIAL ROBOTS IN FOREIGN COUNTRIES

ZHOU XIJU

(Institute of Automation, Academia Sinica)

ABSTRACT

In this paper, The recent developments, market and applications of industrial robots in foreign countries are analyzed from application point of view.