

国外机器人的发展及我们的对策研究

蒋新松

(中国科学院沈阳自动化研究所)

“机器人”将是人类进入二十世纪后，具有代表性的高技术。机器人的出现及其进一步完善将使人类由传统的生产模式，即人-机器-自然界，逐步过渡到人-机器人-机器-自然界这一新模式；将把工人由从属于直接生产的岗位中解放出来，成为生产的组织者与指挥者。它也是当今各类生产过程进一步实现自动化的有力工具。毫无疑问，它将对传统的生产方式以至整个社会带来极大的影响。因此，目前几乎世界各国政府，在国家一级对机器人的发展都给予了极大的关注，拨出巨款支持它的发展。

本文着重就机器人技术本身探讨它的过去、现状及未来，并在此基础上，探讨在我国应如何发展的对策。

1 概述

“机器人”首先是机器，一种机械与电子相结合的高级机器。实用的机器人，一般说都不具有人的形状。“机器人”一词起源于捷克语“ROBOTA”，原意是人的奴隶，目前已成为世界各国通用的术语，除我国外几乎都采用音译。

什么是机器人？美国国家标准局于1981年下的定义(NBS TR81-2340)为

“一种通过编程可以自动完成一定操作或移动作业的机械装置。”

“工业机器人”一词首先是美国金属市场报于1980年提出的。经美国机器人协会定义为：“用来进行搬运机械部件或工具的、可编程程序的多功能操作器，或通过改变程序可以完成各种工作的特殊机械装置。”

这一定义现已被联合国标准化组织所采

纳。从美国给出的定义有两点值得我们注意：一是强调在编程条件下的自动工作，一是强调这种机械装置具有高度的灵活性，通过改变程序可以完成不同的工作。

日本关于工业机器人的分类和定义(JIS BO134-1979)为

- **手动操作器** 人操纵的机械手。
- **固定程序机器人** 按照预先设定的固定顺序、条件与位置逐个进行动作的操作器。
- **可变程序机器人** 程序可以任意改变的操作器。
- **示教-再现机器人** 编程采用示教方式的可变程序机器人。
- **数控机器人** 把作业顺序、位置及其他信息，按离线编程方式进行编程的可变程序机器人。
- **智能机器人** 可自行编程的机器人。

按日本的定义，一般简单的操作器及上、下料装置都包括在内。定义不同，统计数字也不同。号称机器人王国的日本，1984年的统计达二十多万台，而按西方定义仅为二万多台。这反映了早期以至目前在日本大量应用的机器人是简易、经济型的操作器这一事实。

进入八十年代后，机器人大致可分为两大类，即工业机器人和遥控作业机器人。这两类机器人的发展大致又可分为三代：第一代指示教再现工业机器人及遥控作业机器人；第二代指基于传感器信息的离线编程工业机器人及监控作业机器人；第三代指装有多种传感器，接受作业命令后，能根据客观环境自行编程的自治式机器人，又称智能机器人。三代机器人的自动化程度及接收环境信息的能力，大致可用

图1表示。

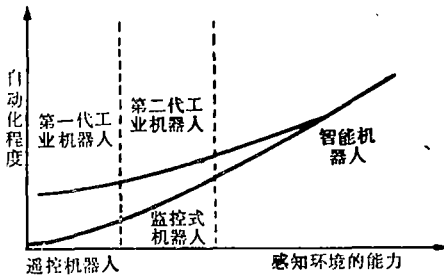


图1

机器人的应用领域越来越广。在传统的应用领域机器制造业中，机器人已从原来主要用作上、下料的万能传送装置，扩展到能进行各种作业，诸如弧焊、点焊、喷漆、刷胶、清理铸件以及各种各样的简单装配工作。一般说，任务及工作环境事先是确定的，因此可以采用示教再现编程方式，作业时则可实现全自动化。使用这一类机器人，必须有精确定位的工件传送装置及相应的辅助机械。随着大量机器人的应用，示教型编程变得越来越不适应了。目前正在开发第二代机器人，由于第二代工业机器人对工件不再需要严格定位，其应用范围将越来越广泛。

另外，各国科学家正设想把机器人用到各种非制造领域，诸如采掘、水下、空间、核工业、土木施工、救灾、作战、战地后勤及各种服务等。这些应用领域的特点是总任务确定，但完成工作的环境以及每一步应完成的子任务，往往不是事先能确定的。因此目前大都采用人一机遥控作业方式，机器人每一步动作都是由人发出的，要求机器人能及时地将环境信息送给操作者，这就大大限制了应用范围。正在开发的第二代监控式机器人，则一般简单的作业及作业顺序就不必再由人给出，而由机器人根据环境信息自行确定。

随着机器人技术的进一步发展，可以预见其应用领域将涉及到人工作的每一个领域，并开创很多以前由于人无法进入而没有开发的新产业。

综上所述，现有机器人的定义，无论从技术的发展角度来说，还是从应用领域的扩展来看，已越来越不能概括迅猛发展的机器人本身。从动态的、科学技术不断发展的观点，我建议把机器人定义为一种具有拟人功能的机械电子装置（ROBOT is a mechanronic device to imitate some human functions）。

2 国外机器人的发展

“机器人”的发展，可以说源远流长。中世纪以来，很多中、外的能工巧匠都致力于做各种精巧的人形机器玩具，精巧的钟，他们大大丰富了人们对发展机器人的幻想。近代第一台机器人的发明者是美国人 G. 戴伏尔（G. DEVOL），他于1954年研制成了世界上第一台可程序机器人，其具有记忆功能，能实现示教再现编程方式，实行点到点的控制。1960年联合控制公司买下了他的专利，成立了 UNIMATION 公司，生产了第一批商用工业机器人，称为 UNIMATE。不久，H. 约翰逊等人为美国机床铸造公司设计出另一种可程序的工业机器人，称为 VERSATRAN。这是世界上最早、最有名的，至今仍在应用中的两种机器人。接着美国很多大学相继成立了机器人和人工智能研究室，至六十年代末达到了一个高潮。

这一高潮的到来也有其深刻的社会背景。除了当时资本主义正处于一次新的上升发展时期外，还有下列几方面原因，一是随着国际竞争的加剧，产品更新换代的速度越来越快。这样，过去从三十年代至五十年代逐步建立起来的适应大规模生产的流水生产线，由于改变周期长，已越来越不适应新的要求，柔性生产线的概念及试验性的设计就诞生了。机器人成了实现这种生产线的一种重要手段，受到很多学者以至工业企业家的关注。二是社会福利的增涨。年轻人再不愿在高温或有毒的环境下干那些单调、重复性的工作。

进入七十年代后，美国经济进入了新的萧条时期，工业装备更新速度变慢了。美国政府受当时经济萧条及工会的影响，担心机器人技

术的发展有可能加重本来已经严重的失业问题。自1972年后,国家基金会中断了对大部分研究计划的财政支持。再加早期机器人本身性能差,可靠性低,售价及适用范围窄等因素,造成市场难于开拓,工业家投资的兴趣很快就大大减弱了。因此,在美国直至1978年前,机器人的发展较为缓慢。

日本在六十年代末处于经济高度发展时期,年增长率高达12%,高速发展结果带来了劳动力严重不足。当时美国机器人正进入宣传的高潮阶段,日本产业界接过来把机器人作为解决劳动力不足的一项革命性措施,报刊杂志不遗余力地宣传。1968年川崎重工业公司从美国UNIMATION公司引进机器人技术,建立起生产体系。1970年试制出第一台川崎的UNIMATE。与此同时大小工厂竞相研制机器人,一时总数达八十六家之多,形成了日本机器人发展的第一次高潮。这次高潮与其说起源于工业高速发展的需要,不如说起源于企业家的一种多少脱离实际的愿望及宣传更为确切些,带有一定的盲目性及戏剧性。

随着第一批工业机器人商品的出现以及投入使用,结果事与愿违。当时生产出的机器人性能差,可靠性和精度低,动作速度也不及人,一般仅能适应做搬运工作,使用结果往往并不能提高生产率。由于机器人本体重,占地面积大,采用机器人往往要改变设备布局及设计专用的辅机等,并且单台价格昂贵,一台UNIMATE机器人售价差不多等于十多个人年工资。基于上述原因,生产出的机器人竟很难找到市场及用户。随着第一次高潮的到来,很快地进入了低潮。低潮的到来,使日本机器人的研制者及制造厂深刻地认识到,机器人技术的发展很大程度上取决于用户,而机器人的真正市场还有待于开拓。也就是说,只有有了用户的配合才能生产出实用上有价值的机器人。为了使机器人产业建筑在稳步、现实的基础上,共同的愿望推动了产业界的联合,进行了有组织、有步骤、有计划地研究,逐步建立起从基

础元件到辅机在内的日本机器人工业生产体系。研究课题也由过去盲目追求高性能、高指标的所谓通用性多功能机器人,转向研制开发廉价的、简易的机器人。与此同时,各制造厂在原有的基础上着手开发各具特色的作业型机器人,如弧焊、点焊、喷漆等机器人。通过各种努力,逐步实现了系列化、标准化、专业化分工,使精度、可靠性进一步提高,价格逐年下降。特别是微机出现后,机器人的控制系统出现了质的飞跃。目前机器人单台平均价格为七百万日元,回收期约为1.3年,平均无故障时间已达一万小时,而且价格正以年15%的速率下降,这样就为机器人的普及奠定了极为坚实的社会经济基础。至七十年代末,日本机器人产业进入了新的高潮。目前生产厂近三百家,年产千台以上的近十家。如果说前一次高潮是建筑在舆论基础上的,则这一次高潮是以其广泛的、成功的应用为前提的。

在世界范围内,对机器人的发展有较大影响的国家还有瑞典。瑞典政府在七十年代中期,开始着手研究开发机器人的政策,认为机器人技术是一项新技术,它的推广和应用将是一个长期的过程。首先选择六家条件比较好的公司作为前沿公司,政府从工程基金中拨专款作为风险投资。其中最有名的为ASEA公司,一九七四年首先推出了全电动多关节型机器人,称为IRB系列,目前这一结构已被世界各国所采用。又如ATLAS公司推出的喷漆机器人成了世界上著名的产品之一,等等。与此同时组织了很多机器人发展中心,培训用户的操作及维修人员,协助用户开发机器人的应用,以及设计相应的辅机。此外,推动机器人制造厂与各种专业厂合作,如ASEA和ESAB合作,开发各种类型的弧焊机器人及自动弧焊设备,这方面几乎垄断了世界市场的百分之二十多。目前按每千个劳动力所占有的机器人台数来看,瑞典已超过日、美而遥遥领先。

至七十年代末,受日本应用成功的影响,机器人的发展在世界范围内得到了各国的重

视,开始进入第二次高潮,每年递增率高达25%以上。很多企业家预言,至本世纪末将会成为继汽车工业、电子计算机工业后的又一大产业。

目前世界各国对机器人的发展都极为重视。日本当前在工业机器人方面的研究开发工作集中在工业界本身,此外还有将近七十所大学相互竞争地进行研究,其课题集中在改进精度,提高可靠性及速度、视觉及触觉、移动功能、学习功能等。同时正在大力开展极限条件下作业的机器人研究,主要研究开发的为核电站内用的机器人、进行水下操作的机器人、救火及救灾机器人。

美国重新评价了机器人的作用,通用汽车公司、福特汽车公司及通用电机公司等重新制订了雄心勃勃的计划。另外美国军方对军用机器人的发展给予了特别的关注,对一百多种可能应用的项目,进行了探讨和概念设计。可以预见,军用机器人的开发将大大推动机器人技术的发展,从而也为机器人的应用开辟更广阔的前景。

西德将机器人技术列为八十年代十大技术之一,预计到1992年仅装配作业准备装备一万台,并对机器人的研究与开发制订了专门计划。工业机器人的重点放在增加机器人的灵活性,进一步发展机器人的传感器,研究交互式编程及离线编程。同时积极开展国际合作,研究用于大部件制造、采掘工业、宇宙空间、水下、超净环境中的特种机器人和移动式机器人。

法国政府对机器人技术也极为重视,制定了著名的高级自动化及机器人发展规划(ARA)(1980~1985),以高级遥控机器人、机械手设计及制造技术、通用机器人(装配用)及柔性生产线为目标。1983年在七国协作总计划ARP下,又制定了RAM计划,以开发核工业、采矿、农业及超净环境下用的机器人为目标。去

年法国将机器人列入了尤里卡计划。此外法国积极推动国际间的协作,成为西方七国联合开发极限条件下作业机器人的盟主。

英国、意大利、加拿大等国都相应有自己发展机器人的计划。除研究工业机器人外,集中在极限环境条件下及非结构性工作(核电站维修、水下、空间、建筑及农业)用的机器人,救灾用机器人,医用及家用机器人。

苏联也把大力推广和应用机器人列入五年计划,部长会议和国家科委曾做出过发展机器人的决定,希望通过发展机器人来解决所面临的劳动力严重不足。一些发展中国家也相继开始重视发展自己的机器人技术。诸如保加利亚、南斯拉夫,甚至新加坡等国都设有专门的研究机构。

3 机器人技术的现状及发展

机器人涉及的相关技术及其结构可用图2表示。

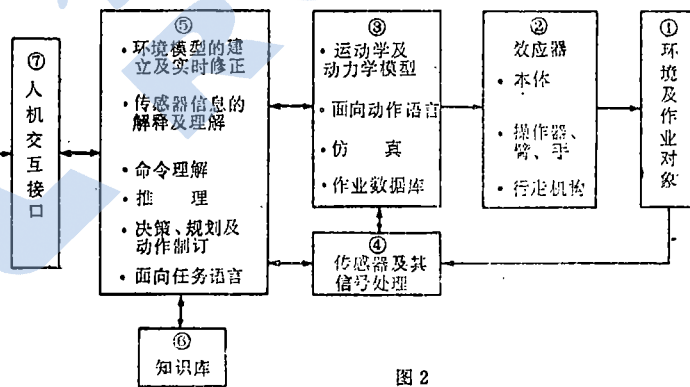


图 2

第一代机器人指图2中①+②+③+⑦所具有的基本功能,第二代指由图2中①+②+③+④+⑦功能块组成的机器人,第三代指由全部功能块组成的机器人。分别讨论如下。

3.1 环境模型

任何一个与外界环境交互作用的智能系统,必须有关于描述环境的知识——环境模型。它是智能机器人的核心,因所有对传感器信息的解释、推理求解及动作计划制订等都需

要利用环境模型提供的知识,其中包括

- 周围是什么物体或可能是什么物体,例如:树、岩石、河、湖、人、车等等。
- 这些物体实际的特性或可能有的特性是什么,例如:大小、形状、颜色及纹理。
- 与其他物体之间的关系。
- 可能产生变化及影响,等等。

应用领域不同,所需的环境模型也不同。这涉及人工智能最基本的问题,即如何在计算机系统内获取知识、表示知识及解释知识。但对机器人来说较一般问题稍容易些,因环境模型涉及的都是“具体”知识。目前已提出了建模的可行结构,即从几何模型上升到拓扑模型,再上升到语义模型,这一过程如采用交互方式进行,则要容易得多,而完全排除人参与,从目前来看将是遥远的。

3.2 传感器信息的解释与理解

对信息的解释与理解是智能机器人了解周围环境的重要手段。信息可以来自传感器或其他(如文本、数据库),最重要的是图象信息及自然语言信息。

图象信息的解释包括:物体检出、识别、定位、运动目标的检测、场景分析等。当前研究集中于如何更好地获取图象,从图象中提取信息,利用已有物体的知识来分析图象等。在机器人应用中最困难的是实时性要求。

自然语言理解主要是进一步改进人-机交互功能,以及使机器人能理解文本知识。对机器人来说,采用某种约定的规范式语句作为人-机交互手段,主要是用来处理命令,这在近期内是较现实的。

3.3 推理机构

抽象地说,一个智能系统的推理技术指如何处理不完全的、不确定的、甚至是互相矛盾的信息以达到某种目的。当前研究大致有下列方面的推理机构。

- 协助传感器信息的解释。
- 协助动作的规划及执行监控。
- 问题求解。

• 新信息的采集。

- 情况判定及识别,等等。

3.4 动作规划

动作规划分两大部分,直接动作与间接动作。直接动作指规划用手和臂完成各种操作,或引导机器人回避障碍,规划途径等。由于机器人是多自由度机构,冗余度很大,因此协调控制多个自由度来完成某一作业,纯建筑在计算基础上是困难的。目前研究工作一部分集中在宏操作指令集的确定,另一部分集中在规划机制的研究。

3.5 面向任务语言

指正在发展中的第二代语言。这种语言提供用户如何指挥高级机器人工作,语言的解释系统应包括前面介绍的几种功能。

3.6 传感器

当前机器人用的传感器大致可分为下列四大类:

- 固体电视摄像机。
- 测距传感器。
- 触觉、力觉。
- 内部传感器。

视觉是各类机器人感知环境最重要的信息来源,目前用的大多为固体摄像相机,有可见光的与红外的,最大分辨率 1800×1800 ,每秒可达2000帧,彩色的尚待开发。视觉信息当前主要问题是处理远远落后于获取,这一问题有待于新一代非冯结构的计算机出现,才可能获得根本的解决。

触觉有两类。一类是直接装在手上的触觉,大都是比较简单的二位式开关,近年来正在发展含碳橡胶做成的人工皮肤,以及利用触觉推断与识别物体的形状。另一大类是力觉,测量手接触物体后各个方向的力及力矩,目前已有同时可测多个方向的力及力矩的传感器出售,测力范围在50磅,精度1盎司。其缺点是测小力时,精度太差,笨重且昂贵。

测距传感器,是测定物体相对于机器人位置的重要传感器。目前在用的有超声测距仪,测

量几米范围，精度可达几毫米；漫反射激光测距，测量几千米范围精度可达几米；带有协作靶的精度可达几毫米。最重要的缺点是扫描速度太慢。随着 p秒技术过关，利用光电器件可以发展周围环境测距仪。

内部传感器，指测量机器人内部参数的各种传感器，进一步研究的是小型化、高可靠性问题，以及开发各种小型的测速仪及加速计。

3.7 效应器（指臂、手及行走机构）

臂：目前世界上有上千家公司制造各式各样的臂，从装配集成电路的微型臂到搬运几百公斤的大型臂，但目前臂自重/抓取重比过大，价格高，通用性差，适用于这种状况下工作，就不适于那种状态下的工作。

正在研究的有把驱动器、角编码器及测速计与臂设计成一整体的计划，另一种是采用高强度轻质材料，例如碳纤维复合材料，以及各种结构，例如象象鼻一样可以在狭窄空间内工作的机械臂等。

手：手的研究是目前工业机器人中最活跃的领域。如何设计一个能抓握各种不同形状物体的手是追逐的主要目标。如目前设计的有三指的手，每一个手指上有三个自由度，总共用十个电机驱动，可以用来拧螺钉这一类复杂作

业。此外在手上装上摄象机及触觉，以满足多种用途。复杂结构手的控制是十分困难的问题。

行走机构：行走机构不仅指腿，还包括各种常用的行走方法，如轮、履带、翼及船。腿在某种道路情况下将是非常有用的，但至今尚未见到商品。实验室正在研究的有双腿、四腿、六腿及八腿的行走机构。日本还研究蛇形行走机构，爬树及爬墙的机构。核心问题是如何提高效率以及有效地在各种情况下的控制。

3.8 机器人的控制

综上所述，机器人的控制可分为上、下两级。上级指动作规划级，下一级指动作执行级。这一节讨论的控制是指下一级机器人本体的控制。由于机器人动力学模型非常复杂，因此以前机器人商品的控制器都是基于运动学模型的控制。目前对它的研究已成为自动控制理论界所关注的热门，除了研究高速、高精度轨迹控制外，各种基于传感器信息的依从控制也是大家所关注的。

上述讨论是有关机器人的一般性讨论，机器人用于各种特种用途时，还有各种特殊的技术问题。随着这些技术问题的逐步解决，必将大大推动各种用途机器人的发展。

我们将一九八一年日本对今后二十年的科

课 题 名 称	实现时间（年）
• 程序可以变换的通用低成本作业机器人	1992
• 故障自诊断、自排除的机器人	2001
• 具有听、视及其他感觉功能，能判断环境状况，自行作出决策及行动的智能机器人	1999
• 具有一秒钟能处理100帧象素为1000×1000图象的视觉装置	1995
• 实现有毒气体、放射线、粉尘等危险和恶劣环境工作的无人化	1992
• 矿山采掘机器人	1996~1997
• 在宇宙、海洋、原子能等领域代替人进行操作的机器人达到实用化	1993
• 在水深几百米进行观察、检测、作业等应用的各种海洋机器人得到普及	1993
• 隧道、水中作业、高空作业机器人	1994
• 造林、采伐、搬运机器人系统实用化	1998
• 建筑用机器人	1998
• 养鱼场、鱼礁管理实用化和收集作业机器人系统	1998
• 水深6000米用海洋机器人实用化	1997
• 家庭病院用服务机器人实用化	1997
• 象人肌肉那样的纤维状抓行机构	1998
• 医用机器人普及	1999
• 给身残者辅助感觉功能、盲人导行等机器人实用化	2002

学技术预测中有关机器人部分列于下表, 作为这一部分的结尾。

4 我们的对策

我国的机器人技术起步较晚, 但将机器人技术作为一个专门学科介绍到国内来并不晚。大致是在七十年代初, 世界范围内第一次机器人高潮的末尾。

十年动乱结束后, 人们开始重新评价对机器人技术重要性的认识, 一些科研单位和大专院校开始建立机器人学的研究体制。原机械工业部指定了专门的行业归口单位, 推动各省、市发展和推广机器人技术。试制和生产过机械手的单位有几百家, 生产各种机械手近二千台。拥有机械手数量最多的是上海市, 其次是辽宁、江苏、天津、北京等地。

今天, 我国应该发展机器人这一问题, 可以说基本上解决了。“七五”期间, 七十六项科技攻关中包括了机器人技术。经中国科学院、国家计委批准, 拟于在“七五”期间在沈阳建设可供对国内外开放的机器人研究发展基地。一个类似于国外六十年代末那种“机器人热”已经形成, 几百家争着要上。面对这样一种形势, 我们应如何吸取国外在发展机器人所走过的曲折路道的经验, 认清对外开放政策对我国科技界所提供的环境, 研究我国经济发展的特点, 脚踏实地地探索在我国发展机器人的道路, 已成为刻不容缓的事情了。在第二部分中, 我们详细地介绍了国外发展的过程, 机器人特别是高档的工业机器人的应用与推广离不开经济效益这一最基本的杠杆。日本机器人产业所以能有今天的规模, 制造厂约二百三十家, 很重要的有两点: 一是使用机器人从经济上回收已达到或越过了匹配点 (*matching point*), 平均回收期为1.3年; 二是工业装备更新快, 其定位精度、部件的公差已经可以适应目前的工业机器人。两条归纳成一句话就是已经开拓出了广阔的市场。目前我国的情况还差得很远, 就第一条而言, 目前从日本引进的机器人价格平均为日本国内价格的2.5倍(这

是很不合理的), 高达一千五百万日元, 按目前外汇牌价近30万元。自行试制的, 估且不论其能否长期应用, 价值也在15~20万元, 而一个工人的平均月工资仅100元, 加上各种附加消耗按500元算, 回收期至少十年左右。中国的合理匹配点应是多少, 一时还研究不清。但这样遥遥无期的回收期, 企业显然是不可能有兴趣的。第二条也很重要, 我们在几个汽车厂都探讨过这个问题, 实际上要象国外那样大量应用机器人来组装, 必须将整套设备, 包括冲压以至板材生产设备都更新, 才有可能。这是我们探讨如何在中国发展机器人最重要的一条市场环境问题。

当前适用于制造业的工业机器人从机械结构来说已日趋成熟。柔性生产加工线用的大都采用圆柱型坐标结构, 换算及重复精度都容易保证, 比较适于采用离线直接由CAD/CAM系统编程。点焊、弧焊、喷漆都主张采用套轴式多关节型, 因为这种结构活动范围大。装配采用多关节型及平面多关节型, 后者精度高。目前很多商用装配机器人的重复精度已达0.05~0.1mm。重型搬运、上下料, 采用极坐标或直角坐标型。部件已标准化, 其生产在日本已专业化。除了象不二越、富士通等这样少数大企业外, 大都是总设计与总装厂。

在开放政策下, 总的来说可以大大推动我国科学技术的进步, 但对我国科学技术界来说面临极严重的挑战。不管我们自身当前是什么水平, 客观上都要求我们用世界水平来衡量, 特别是作为产品来说, 价格性能比, 你达不到世界水平, 企业可以进口, 你就不可能有市场。

机器人作为高技术的跟踪来说, 显然我们应该切实作出安排, 按照中央意见集中一定的精兵, 制订切实目标, 以免重蹈大规模集成电路的教训。

以上几点, 我认为在探讨我国如何发展机器人时应给予充分注意。我想发展我国机器人应该是多层次的。下面几点是粗浅的想法:

4.1 重视发展廉价的简易机器人

大力发展廉价的简易机器人（操作器），我认为应是相当长一个时期内发展我国机器人的国策。应按当前企业财力及技术能力自己能制造、维修、用得起三条原则，逐步发展。组织一定的工程设计队伍，研究标准化，模块化、组合化的设计，加强通用部件研制生产。

4.2 重视基础件的配套与生产

“重整机、轻部件”是我国工业生产中长期以来最为有害的主导思想。各种政策往往使得搞部件无利可图。当前工业机器人的主要部件大都是数控机床所通用的，而只要这些基础件真正过关，整机发展相对就比较简单。当前高档机器人在国内还难于推广的情况下，重点投资扶植基础件，有计划地布点，对今后机器人产业的形成才能打下基础。我们认为重点投资不应放在整机或组织表演性的示范应用上。

4.3 重视能适应环境变化的第二代工业机器人的基础技术及相关技术的开发

前面已介绍过各国的经验，应用面不打开，机器人是不会得到真正的发展的。我国当前工业装备落后，定位精度差，公差大，不适应应用目前的工业机器人。因此开发带有简单传感器，能在小范围自行修改程序的示教再现机器人，将是可能打开市场的一种产品。

4.4 重视特种机器人的研制

我国人口多，劳动力丰富，但我们应该看到，我国的劳动力市场虽然丰富，却并不是对所有的行业都是如此。举例来说，采矿行业，

现在劳动力问题就已经很突出，主要是采矿工作条件恶劣，伤亡率高。随着人民生活水平的提高，特别是独生子女进入劳动力市场以后，这个问题将变得更尖锐。要想根本解决上述问题，主要要减少井下人员数量，甚至实现井下无人化生产。类似这种危险、有害的工作还有很多，诸如：粉尘、毒气、噪音、振动、高温、低温、强放射性等。涉及到玻璃、陶瓷、耐火材料、建筑材料、喷漆、喷砂、电镀、核工业、水下等，对我国来说市场潜力很大，我认为结合中国的“国情”开发特殊环境下工作的机器人技术，将是中国发展机器人技术的突破口。

4.5 注意技术引进，广泛开展国际合作

国外发展机器人技术几乎都从引进技术开始，就连机器人技术先进的美国、日本，至今仍注意引进他们需要的机器人技术，与国外许多公司保持技术协作关系。我们也应该考虑引进，提高我们的起点，并争取良好的国际协作环境。

4.6 建立研究和发展工程中心

国外的经验表明，机器人的研究和应用是需要一个过程的，做好先导研究和发展工作至关重要。另外作为高技术跟踪研究，如何更有效多层次的组织、协调全国有关力量，也需要有一个实体的抓总的工程中心。这样：从横的来说，才能将各层次（基础、应用、开发、示范应用）有机地组织好；从纵的来说，才能远近结合，有总的布署。这样的工程中心的领导，特别是学术领导集团可从全国挑选。

中国第一届国际机器人展览会及报告会

中国第一届国际机器人展览会及报告会将于1987年6月16日至22日在北京展览馆举行。

该展览会是在我国政府支持下，由经贸部中国仪器进出口总公司、北京科技协作中心、机械工业部、中国科学院、航天工业部、航空工业部、核工业部、兵器工业部、电子工业部、冶金工业部、中国船舶工业总公司、中国汽车工业公司、北京航空学院、中国科学院机器人示范工程、香港新鸿基国际服务有限公司、香港美国国际贸易促进有限公司等十六个部门和单位联合举办的。展览面积为一万多平方米，邀请全世界几百个机器人、机器人生产设备、机器人配套设备及其零部件生产厂家和仪器仪表生产厂家参加。在展览会期间，还将同时举办技术报告和中外专家技术交流座谈会、用户座谈会以及探讨技术合作、技术转让等问题。

建国以来，我国第一次举行这样盛大的专业展览会，它将在推动我国机器人技术的生产和应用的国际化中，起到穿针引线和铺路搭桥的作用。

（刘海波）