

# 机器人的历史发展及社会影响评价

蒋 新 松

(沈阳自动化研究所)

机器人的定义很多,照笔者的看法是指具有拟人功能的机械电子装置。通常把机器人技术的发展分为三代。第一代系指只有操作器(手)的机器人,以可编程序或示教再现方式工作,不具有对外界信息的反馈能力。第二代指装备了各种传感器(诸如力觉、触觉、视觉等)的机器人,在一定程度上能感知客观环境的变化及动作的结果,即具有对外部信息的反馈能力,能适应客观环境的变化。第三代系指智能机器人。智能机器人装有丰富的传感器,并将人工智能技术与机器人相结合,使机器人非但能感知环境,而且能建立并适时修正环境模型,然后根据确定的任务,以实时模型为基础,进行问题求解,作出决策及制订规划,并且具有一定学习功能。它具有高度的自适应性及自治功能。

机器人的应用领域越来越广泛。在传统的应用领域—制造业中,机器人已从原来主要作为上、下料的万能传送器,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十分复杂的装配工作。但此类工作、通常任务及工作环境是事先确定的,因此大都可以采用各种方式编好程序,作业时则可实现全自动,无人化,这一类可统称为工业机器人。

另外,科学家们正设想把机器人用到各种非制造领域,例如:采掘、水下、空间、核工业、土木施工、救灾、作战及服务。这些应用领域的总任务是规定的,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,目前大都采用主-从遥控方式,由人来进行判断、决策及控制。这一类统称为遥控作业机器人。

—

“机器人”的发展史,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和精巧的钟,因而大大丰富了人们对发明机器人的幻想。对机器人的发展最有影响的事件可以追溯到本世纪四十年代。一是,当时随着核技术的发展,为了处理、搬运及装载放射性材料出现了各种各样的遥控机械手、或称操作器,能象人手一样灵活地进行各种作业,它为近代机器人的出现奠定了机构设计的基础。第二,是电子计算机及磁性存储控制器的出现,为机器人的控制打下了基础。1951年美国麻省理工学院开发出了第一代数控铣床,从而开辟了机械电子相结合的新纪元,可见四十年代、五十年代初的技术进步已为机器人的出现准备了必要的技术基础。1954年,最早发明磁性存储控制器的美国人 G. 第伏尔研制成功了世界上第一台可编程序机器人,它具有记忆功能,能实现示教再现的编程方式,实行点到点的反馈控制,这是世界上首次获得专利的第一台机器人。1960年美国联合内燃机公司买下了 G. 第伏尔的专利,成立了 Unimation 公司,生产出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编程序的工业机器人,称为 Versatran。这

是世界上两种最早、最有名的机器人,也是至今仍在应用中的工业机器人。接着美国麻省理工学院,斯坦福国际研究所,斯坦福大学等相继成立了机器人和人工智能研究室,开展了有关机器人领域各分支的极为广泛的研究。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。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,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,由于改变的周期长,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。机器人成为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。二是社会福利的增长使得一方面在产品成本中工资所占的比例越来越大,另一方面年青人已不愿在高温或有毒的环境下干那些单调、重复性的工作。随着机器人的出现能否用机器人来替代此类工作,不能不说是很多企业家以及各种基金会考虑支持机器人研究的另一个很重要的因素。

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,例如:斯坦福国际研究所有名的“夏克”(SHAKY)计划,就中断了近七年。再加上早期机器人本身性能差,可靠性低,售价高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,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加以鼓吹。报章杂志进行不遗余力的宣传,1968年川崎重工业公司从美国Unimation公司引进机器人技术,1970年试制出第一台川崎的机器人。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度发展的需要,不如确切地说是起源于企业家的某种多少脱离实际的愿望及宣传,它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投入使用,结果发现事与愿违。当时生产出的机器人性能差、可靠性低、精度低、动作速度也远不及人,一般仅能适应做搬运工作,使用结果往往不能提高生产率;由于机器人本体重量大、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等;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,因此生产出的机器人竟难以找到市场及用户。此时,一些资金雄厚的大公司错误地竞相开发多功能高级机器人,如川崎的八自由度机器人,三菱电机的九自由度机器人,日立的看图装配机器人及装配吸尘器的机器人等。限于当时的技术条件及水平,开发出的这些机器人远不能适应复杂作业的要求,灵活性、可靠性及精度也达不到实用的要求,因此根本无法进入市场。所以在高潮之后,很快就进入了低潮。这使得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。为了使机器人产业稳步发展,1973年以米本完二为首的一批有识之士发起成立了日本产业用机器人协会。协会的宗旨是在制造厂与用户之间起到组织协调的纽带作用。协会除加强国内应用调查外,还着手组织“海外技术考察团”,每年派出高水平的专家到欧美各地进行调研,通过各种办法搞清国外的先进技术,准确地预测现在和将来的需求与可能,以此为据制定各个时期的发展课题,有组织、有步骤、有计划地进行研究,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的多功能机器人,转向廉价的、简易机器人的研制。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,例如,川崎重工业公司与丰田汽车厂合作开发点焊机器人。安川电机开发弧焊机器人,经历了更为艰苦的过程,开发出来后没有订货,不得不以赠送形式或合作方式给小企业试用,逐步改进,逐步建立信誉,逐步开发市场。目前他们生产的“莫特门”已畅销世界。为了开拓市场,各大制造商都在自己的工厂内组织示范性应用,规模最大的是“法那克”。通过各种努力逐步实现了系列化、标准化、专业化分工等,使精度、可靠性进一步提高,价格逐年下降。特别是微处理机出现后,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按日本资料约为七百万日元,如一台机器人按每天两班计算,回收期为 1.3 人年,目前价格大约以年 15% 的速率下降。可靠性方面,平均无故障时间已达一万小时,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,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。任何一种新技术的推广与应用,受社会、经济因素影响极大,或者说往往是决定性的。尽管第一台机器人的专利出现至今已整整三十年,但它的普及还是近几年刚开始。因为只有从目前西方经济社会发展的水平来看,应用机器人才真正达到了匹配点。这些是我们综观其他各国机器人发展过程,及探讨我国机器人发展时值得注意的。

## 二

机器人的发展,与正蓬勃发展中的电子计算机技术及自动化技术相结合,对整个人类未来的生产及生活方式将带来深远的影响。

机器人的出现,正在从根本上改变原来的生产体系,使原有的人-机器-自然界组成的生产体系,逐步向人-智能机器(机器人)-机器-自然界过渡,将工人在生产中从属于机器的“奴隶”地位,变成机器的主人地位。将人从直接生产的地位中解放出来,使生产体系向集成自动化过渡。这无疑将极大地提高劳动生产率。

近代工业大规模生产线是从汽车工业开始的。泰勒和福特二人对组成这种大规模生产线作出过“杰出的贡献”。产品的部件化,标准化及基于这样基础上的一套管理方法,即将每一个工人要做的动作分解到最基本的几个,从而提高熟练程度,迫使工人跟着无情的传送带的节奏运动,是这种生产线的最基本特征。这种生产方式至今仍是大规模工业生产中的一种主要方式。无疑这种生产方式的出现大大地提高了劳动生产率。例如,这种生产线投产后,美国汽车价格三年内下跌了近十倍。但也反映了近代工业极为残酷的一面,即将人变成了机器或机器节奏的奴隶。当年福特曾写过一本书,残酷地描写过他的生产线需要有双手的工人多少(指只用双手的),只需一只手的工人多少,不需要手和腿而只需眼睛的工人多少,完全把人变成了一架架活的机器。随着机器人的出现,这些岗位正逐渐被机器人所替代,如汽车车身组装、喷漆已接近实现完全机器人化。各种部件组装虽比较复杂,也正在逐步实现中。

机器人诞生三十年来,从外国到我国的社会经济学家一直争论不休的一个主要问题,是机器人和人的关系问题,担心机器人替代了人,能否带来失业或造成更大的就业压力。实际上



并不存在这一问题,就以号称机器人王国的日本来说,一亿多人口,只有二万多台机器人;英国四千万人口,机器人不足一千台。区区之数显然不会影响就业。还有一个有趣的数字:日本机器人最多,失业率最低;而英国机器人在西方发达国家中是较少的,失业率却最高。日本的经验已雄辩地证明了机器人不会带来失业。当然,人们往往会进一步问:再继续发展下去怎么办?因此要回答这一问题必须站在社会发展更高层次来研究,才能给出令人满意的回答。

1983年作者有幸代表中国科学院参加了在瑞典召开的第四次世界工程科学院院长会议,这次会议有一个专题,即机器人及生产自动化。讨论中认为就业这个概念是一定历史时期的产物,严格地说资本主义时期以前,没有这一概念。资本主义初期每天工作十二小时,一周工作六天是满就业,现在多数发达国家一周工作四十小时为满就业。未来的满就业又是什么概念呢?不应囿于二十世纪八十年代观念来为二十一世纪的人担忧。

历史上很多事件往往会惊人的重现。重温一下历史,对认识今天发生的历史事件,也许不无益处。当第一次工业革命到来时,英国人发明了走锭纺纱机,一台机器最多可以替代三百多个劳动力,而纺纱质量还远远超过人。当时很多人从学者到手工业作坊的工人都在“机器”这怪物面前目瞪口呆,争论不休。手工业作坊的工人害怕机器会替代自己,集结起来捣毁机器。曾几何时,由于纺织机的出现,出现了机器制造业、钢铁工业、动力工业、及很多新的行业,结果劳动力越来越不足,促使远在中世纪建立起来的生产体系的崩溃,推动了产业革命。

计算机、自动化及机器人三者构成了提高劳动生产率的强大手段。今天站在推动历史发展的高度来看,我们应该遵循经济技术的客观发展规律,按可能获得的最大社会效益出发,而不是凭概念出发,采用一切可能的手段,最大限度的去提高全社会的劳动生产率,使社会物质财富丰富起来。

### 三

将机器人技术作为一个专门学科介绍到我们国内大致是在七十年代初期,但技术起步较晚。十年动乱结束后,人们开始重新认识机器人技术的重要性。一些科研单位和大专院校开始建立机器人学的研究体制。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,生产过的机械手近二千台。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,我国是否应该发展机器人这一问题,应该说基本解决了。七·五期间七十六项科技攻关中包括机器人。经国家计委批准中国科学院拟在七·五期间在沈阳建设可供对国内外开放的机器人研究开发基地。一个类似于国外六十年代末那种“机器人热”已经形成。面对这种形势,我们应吸取国外在发展机器人时所走过的曲折过程的经验教训,认清对外开放政策对我国科技界所造成的环境,研究我国经济发展的特点,脚踏实地探索在我国发展机器人的道路。

在第一部分中我们详细地介绍了国外发展机器人的历史。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(制造厂商约二百三十家),一是使用机器人从经济上回收已达到或越过了匹配点,二是工业装备更新从定位精度,部件的公差来看已经可以适合应用目前的工业机器人。这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,若使机器人得到发展还有

待解决市场环境和条件问题。

当前适用于制造业用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,比较适宜采用离线编程,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,装备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  $0.05 \sim 0.1\text{mm}$ 。

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。但对我国科技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。要求我们在价格性能比上有足够竞争能力的商品,而不是仅仅停留在搞原理性样机的展品、样品。

关于在我国如何发展机器人,我想从下面几个方面谈一些粗浅的想法。

#### (一) 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、用得起三条原则来发展。

#### (二) 重视基础技术,特别是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。经委的金龙奖,产品奖及其他部门与地区名目繁多的奖往往将部件排斥在外。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,相对来说整机发展就比较容易。当前高档机器人在国内还难于推广的情形下,重点投资扶植基础件,有计划的布点,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。

#### (三) 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应的控制器的开发。

前面已介绍过各国的经验:市场不打开,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,因此开发带有简单的传感器,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。

#### (四) 重视特种机器人的研制。

我国人口多,劳动力丰富,但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缺乏问题就已经很突出,因为采矿工作条件恶劣,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,甚至实现无人化生产。类似这种危险、有害的环境还有很多,诸如粉尘、有毒气氛、噪音、振动、高温、低温、强放射性等。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。

#### (五) 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是从引进技术开始,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。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。

#### (六) 建立研究和发展中心。

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。因此应加快“机器人示范工程”的建设,将它真正建成一个可供向国内外开放的、以特种机器人的研究和开发为主的研究和开发中心。