第 一 章

机 器 人 的 诞 生

省力化革命
工业机器人
省力化系统
自动控制
反馈装置
控制工程学
数控机床(NC)
机械加工中心（MC）
自动刀具变换装置（ATC）
工厂自动化(FA)
柔性制造系统（FMS）

1. 从幻想到现实

——省力化的承担者

“人类用双手创造了许多的模拟劳动者，称它们为什么好呢？叫它苦役吧（*Labor*），总觉得有点儿不大自然”，那末，就称它为机器人（*Robot*）吧。”

以上这段话是戏曲“罗莎姆万能机器人制造公司 R.U.R”的编剧K.查培克（K. Čapek）[①]（1890～1938）在“机器人一词的起源”这篇短文里，就机器人一词的语源问题时所说的。“*Robot*”一词在K. 查培克以前捷克语中是没有的，但捷克语中曾有 *Robota* 一词。*Robota* 的语源与“奴隶”（*Rob*）是同义词。因此，在捷克也称它为 *Rob*。

在斯洛伐克语中，*Robit* 这个动词单纯是指“劳动”（英语的 *work*）之意；而在捷克语中，与此相近的动词“*Robotit*”还有“*Robota*”（苦役）”的含义。

自从1920年K. 查培克创造“机器人”一词以来， 60多年过去了。今天，机器人正在以各种姿态登上时代的舞台。

机器人有工业机器人、开发机器人、福利机器人和智能机器人等。目前，随着产业界的“省力化革命”而最引人注目的则是工业机器人。

作为省力化承担者的机器人，把它与自动化系统结合起来，在生产过程中，担负起代替人的劳动力，能无偿地完成工作任务。

① 卡·查培克——捷克作家。1920年编写的剧本《罗莎姆万能机器人公司R.U.R》在布拉格上演之后，在捷克剧坛哄动一时，成为二十世纪上半叶最受欢迎的剧目之一。中译本《万能机器人》载于《世界文学》 1980年第一期——译者注。

2.省力化的发展Ⅰ ——人的形态和机器人

■历史上的机器人

在飞騨高原[①]，至今还流传着象木偶那样的机器人，这种机器人过去也制造过好几个。这说明：自古以来，人们就希望有机器人。而且“无论哪种机器人”总是把它做成人的模样。

例如，美国匹兹堡市西屋（Westing house)总公司的工程师R．J．温兹利在1927年研究出一种叫做 Televox的看守电话机器人，也是做成人的样子。在日本为了招揽顾客也制造了各种各样模仿人形的机器人，其中儿童文化研究所1959年开始精心制作的人形机器人是最受人喜爱的。

但是，现代的机器人却是一种不限于人形的自动控制装置。

从这个意义上讲，工业机器人的诞生，是以1962年美国尤尼美逊（Unimation）公司和AMF公司（美国机床与铸造公司）各自研制的“尤尼美特（Unimate）”和“巴莎特兰（Versatran)”为标志的。

从那时到现在，仅20年的时间，目前工业机器人已经进入了新的时期。Unimation 公司和日本企业合作，对机器人生产进行了国际分工。此外，AMF公司的动向也值得重视。正如下面所要详述的那样，许多研究机构正在认真地进行智能机器人的研制工作，机器人即将成为人类生活不可缺少的得力助手。

但是，在迎接这个时代的到来之前，还要经历一个漫长的研究开发的阶段。从省力化的角度来回顾这段时期是有极

① 飞騨高原位于日本岐阜县境——译者注。

为深远意义的。因此，下面我们就来回顾一下省力化的发展史吧。

3.省力化的发展 Ⅱ——从自控机械到机器人

■瓦特的调速器

省力化有着悠久的历史渊源。在一个重物下面垫上一根圆木棒或管子,便容易移动(图 1-1)，这大概就是省力化的起源了。滚子之类的木棒究竟是什么时候出现的，现已无从考证，相传在中国的商代（公元前1500年）就已经有了。那个时代，木制二轮车已经非常盛行。

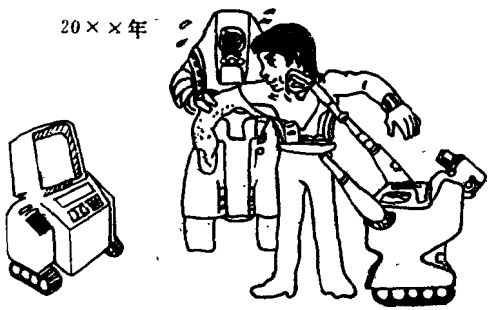


图 1-1

人们利用棍棒（即杠杆）在所搬运的重物下面自由地转动来减轻劳动强度，这种办法古代就有，并且大约在公元前100年就被广泛应用了。滚子也好，杠杆也好，都是具有人力少，能量大，做功多的特点，从这些方面来说是省力的，然而所谓省力化系统的想法还是最近才出现的。

在考虑省力化系统的发展时，首先应该提到的是自动控制。自动控制是怎样发展的呢？要讲清这个全过程是很困难的。

一般在讲到自动控制时，都是从瓦特设计的蒸气机中的调速器谈起。

这种调速器是利用转速和离心力关系的反馈装置。它控制因蒸气机的负荷变化引起的转速变化，从而起到调速的作用。这种装置制作得非常巧妙，在原理上可称为现代调速器的楷模。

瓦特的调速器在控制工程学中具有划时代的意义。而分析这个机构，指导调节机构一般理论的是J．C．麦克斯韦(Maxwall，1831～1879)。他在1868年发表题为「调速器的原理」（*Theory of Governors*）的备忘录。另外，与此备忘录有关，1877年，麦克斯韦在剑桥大学的演说中还强调了跨学科（*Interdisplinary*）的必要性。

控制工程学的诞生

我们还可以另外举一个恒温器的例子。当恒温器的温度超出一定范围时，其电路会自动地开闭，与其连接的开关就可以控制恒温器，或切断或接通，以保证恒温。这种装置有许多种类，其中双金属式恒温器多用于暖炉的温度调节，而水银接点式恒温器则常用于实验室。利用恒温器可以实现20±0.001℃的温度控制。

在第二次世界大战以前，调速器属于机械工程学的动力机械部门；而恒温器则分别属于电气、电子和通信工程学的各部门。也就是说，作为控制工程学，在没有形成一个专门学科之前还得不到充分的发展。然而，以第二次世界大战为转机，由于牵涉到防空袭武器等问题，自动控制已迫在眉捷，各国竟相研究，于是把控制工程学推到了首位（图1-2)。

数控（NC）机的开发

控制工程学把电子技术与机械（机械装置学或机械工程

学）结合起来，开创了一个崭新的局面。数控机（数控机床）的研制成功就是一个范例。数控机床是由美国空军提供研究费用，在美国 MIT （麻省理工学院）伺服机构研究所研制成功的，并于1952年公诸于世。



图 1-2

公布的研究成果是，首先根据产业界的需要研究它的适用性，然后进一步开发，最后将研究成果用在飞机零件加工中。1955年美国空军生产约100台数控铣床，耗资约 3,500万美元。当时折合126亿日元(平均每台约为 1亿八千万日元)。

吉丁——路易斯公司制成的称为 “ NUMERICORD ” 的商品数控装置刚刚研制出来，1952 年铣床的工业化便获得了成功。1956年巴古玛斯塔公司的数控钻床成为第一台商品化的产品。但是在五十年代，主要是以军用铣床为中心的连续切削控制，当时民用企业尚未使用数控机床。

日本最早介绍数控机床是在1952 年秋季，那是在第47届自动控制研究会上。随后日本也着手开发，并逐步从样机产品(1958)、工业化产品（1959年，牧野铣床制作所生产了第一台工业用数控机床）到商品化产品（1959年，日立精机与富士通合作制成了第一台商品数控铣床）顺利达到成批生产

的阶段。

此外，1958年，在最引人注意的机械加工中心（MC）卡尼．特雷克公司首次公开了称为“MILWAUKEE—MATIC”的，带有自动刀具变换装置（ATC：*automatic tools changer*）的数控机床。

这种机床是在箱内装有许多刀具，可根据穿孔纸带选择刀具，并把它安装在主轴上，作铣、钻、镗之用。这种机器非常畅销，其它厂家也争相研制。日本第一台这样的机床是在1960年由日立制作所研制出来的。

美国开始正式普及数控机床大约在1962年，当时已经由军用部门大量地渗透到民用企业中去了。

数控机床的优点是：可以提高产品质量，减少熟练工人，不需安装夹具，避免操作失误，提高生产效率并缩短生产周期等。

■对工业机器人的正确理解

数控机床作为省力化的有效工具固然占有重要的地位，但为了进一步节省劳力，又研制了工业机器人。

现在，为了加强省力化，对工业机器人寄予很大的希望，机器人作为省力化装置登上了历史舞台。目前的工业机器人虽然只能从事单一动作的操作，但它在恶劣环境下和单一劳动中却发挥了无比的威力。当前人们正在研制由单一动作到多种动作的机器人。通用的工业机器人也正在研制之中。将来人工智能机器人作为省力化的中心也会活跃起来，这些已经都不是幻想了。

对工业机器人使用面的要求，涉及范围非常广泛。从会操作的简单单能专用机开始，直到会讲话、能思考、有各种形象，会进行复杂操作的机器人，多种多样，名目繁多。常

言说，“需要乃发明之母”。这些需要将成为工业机器人开发的动力。

然而我们不要忘记这样一个现实的观点，即对工业机器人的正确理解，在省力化发展中仍是最重要的关键问题。

4. 对工厂自动化的要求

随着工业机器人的广泛应用，将导致实现FA (*factory automation*)。FA的直译是工厂自动化之意。过去的自动化指的是生产自动化，而FA的宗旨则是指工厂的全盘自动化。

要实现工厂自动化需要有各种各样的机种。

最简单的有数控机床(NC)和多工序数控机床(MC)，它们通常都是由柔性制造系统（FMS—*flexible manufacturing system*）、计算机辅助设计(CAD）和计算机辅助制造（CAM）所构成的。

目前，少品种大批量生产的工厂自动化可以说发展很快；中品种中批量生产，多品种小批量生产的工厂自动化也已经提到议事日程上了。

工厂自动化主要是柔性制造系统。对于这种系统很难用几句话说得清楚。概括地说，“它是把工业机器人与自动传送装置组合起来，再用计算机控制的系统。”

1982年，日本使用的柔性制造系统约为50套，相比之下，美国约为40套，西德约为35套。因此，当前日本的FMS占世界首位。

今后，世界上FMS的竞争更加激烈。在工业部的资助下，日本正在进行“超高性能激光器应用复合生产系统”以及与此有关的多种开发，从这些方面来看，目前日本正走在世界的前列。

如上所述，工厂自动化的承担者将是FMS。预计今后日本的工厂自动化在国际竞争中会处于领先地位，如果戒骄戒躁，这个地位还可能进一步得到巩固。

第 二 章

机器人操作及其产生的背景

质量和生产率的提高
材料搬运
计量控制系统
省力化、标准化、机械化

1. 漫谈省力化

▂ 省力化的意义

应该怎样正确理解省力化呢？一般，人们赞同它，却出于一个很大的误解。即认为省力化的发展是为了解决人手不足的问题。

那么，真正的省力化又意味着什么呢？不久的将来，当工厂面目全非时，现场管理人员又将起什么作用呢？下面我们就来探讨一下这个问题吧。

省力化的产生背景，可分为二大方面。第一：是为了提高产品质量和生产率；第二：是代替人在危险的环境中工作。

第一方面，我们举下例：以前采煤作业主要是靠人的体力劳动，自从实现机械化以后，生产率就大大提高了；再如农业生产，只凭人体力提高产量是有限的，采用了拖拉机等机械后，就大大提高了农作物的收益。这些都是靠机械化和改进操作方法提高生产率的有力证明。

借助机械化和改进操作方法干起活来缩短时间，又准确无误。机器能胜任的事，人就不必再费那个劲了，况且机械的效率比人要高，何乐而不为呢！

第二方面，我们也举一个例子。在原子能工业中，一般，不管什么作业都有受到放射线辐射的危险。体外照射对生命的巨大影响人皆知之。对这种工业，在危险性高的工作环境中用省力化机器来代替人的操作，是最理想的。

对钢铁厂的高炉作业也是这样考虑的，将危险、困难的操作都用机械设备来代替。采用省力化设备来提高质量和生产率，这才是省力化的最重要的目的。

省力化的意义不只是为了节省人力，还有它的这些产生条件。17世纪的哲学家　G．W．莱布尼兹曾经说过：“机器能干的事，人们偏要浪费宝贵时间苦心孤诣地去计算，这实在是愚蠢的”。在被称为省力化时代的今天，莱布尼兹的话正是恰逢其时的。以前也好，将来也好，这个说法都是正确的。

— 省力化和青年心理

省力化的产生条件，我们举了上面两个例子。在现实生活中，促使省力化发展的原因是因青工减少引起人手不足问题。工厂缺少劳力，特别是青工少，这已成为目前产业界的重大问题。

劳力不足有各种原因，其中一个原因是男子进大学的升学率比以往要高，虽然女子升学率也在逐年增长，但还是赶不上男子。

因此，近年来，只是为了维持生存的强体力劳动和单调工作，对青年人来说已经失去了吸引力，这加剧了青工不足的问题，这个因素也是不可忽视的。不管在口头上说如何重要，但年轻人看来这类工作决不是「理想的」职业(图2-1)。



图 2-1

怎样理解当代青年的心情？怎样给他们干更有意义的工作？现在，企业界必须从青年心理学的观点来重新认识这些问题。

对于企业来说，特别在两个方面劳力不足的问题比较大，一是有些工厂工资虽然高，但工作环境差，造成招工困难；另外一个是随着人事费上涨，不可避免地要提高成本。而降低成本的方法当然是机器能干的事，就不要再雇人干了。

上述这些条件，加速了人们对工业机器人的认识和期望，从而揭开了“机器人时代”的序幕。

2.工业机器人和“职工”

■机器人和劳动问题

工业机器人就其形状和性能来说都是最简单的机器人。目前大多数这类机器人都只是在机体上伸出一只机械手，而且只具有返复进行某个规定操作的能力。

这种工业机器人，在工业自动化过程中，可以解决材料搬运无人化这个重要的课题。它可以把半成品工件运送、安装在机器上，也可以把加工后的工件输送到下一道工序或传送带上。工业机器人就是这样一种在生产过程中实现“省力化”的机械设备。

如果所搬运的半成品形状一定，传送带的位置也固定，那么实现这种简单往返搬运的机械是不难的。当然也可以制造和应用一种针对某种特定工序进行材料搬运的专用机械。

随着产业界不断使用这类省力化设备，自然会出现各种新鲜事物，同时也会出现一些新的思想。工业机器人一应用，在就业问题上，就有些议论纷纷了。

关于工业机器人和就业问题，在第 8 章「机器人与就业

问题」中，将有详细叙述，这里想简单讲一下由于工业机器人而产生的省力化和劳动问题。

工业机器人可以起到改善操作环境的作用，把人从繁重的劳动中解放出来，不用做吃力的工作，不用在有污染的场所工作等等。同时在省力化方面给操作人员，特别是年轻的操作人员很大影响。

由于青年人的淡漠感和业余时间增多，如何使现场劳动的青年人朝气蓬勃是一个十分重要的问题。能使青年人热心企业活动，关心、参加企业活动的计划，这对企业来说更为重要。

上面从提高生产率和缺乏劳力两方面讨论了省力化的问题。我们还可以从其它方面再举些例子。即，随着产品的日趋高级、精密，经常要改变生产方式。可以这样说，现代技术越进步，就越能把“时间”变成金钱。

从前依靠手艺人的“直觉”制造物件，即只凭感觉来估计“软硬”、“刚柔”、“色彩”、“粘度”等。现在要求改为用测量仪器更加准确无误地测试系统测量出来（图 2-2），这也

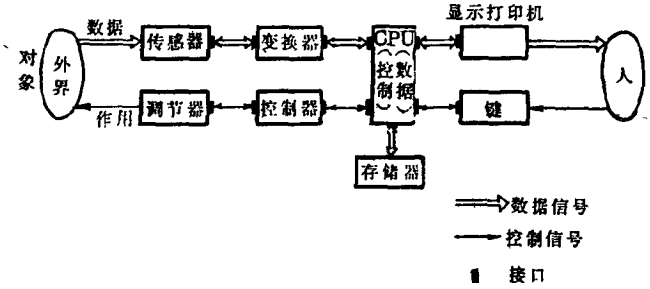


图 2-2 计测控制系统的结构

可以说开辟了一条省力化的道路，这就是测量系统的进步。

从质量管理、质量规格化方面来看，这些要求也是不可缺少的。这就是说手艺人的“拿手好戏”，如今不太时兴了。

因此，省力化设备不是靠人的感觉去吸收信息，它还有用工具直接传送信息，发出操作指令的装置的。这些自然会弥补劳力不足的问题。

随着工业机器人时代的发展，需要的不是像从前那样的“职工”，而是需要新型的“技术人员”了。但是在新时代生活优越的“职工们”觉得应当持有一种与以前不同的另外一种含义的生存态度。

3.机器人工厂和人的目的

■省力化时代和创造性

在机器人操作的工厂里，人工作的目的是什么呢？这是省力化时代给人们带来的有待解决的新课题。人类是具有创造性的动物。但是对于那些不牵涉到创造性的工作人员，和那些不甘心于束缚自己创造性的人们，企业应该怎样使之如愿以偿，这可以说是企业界面临的新任务。

可是省力化工厂的产品都是标准化的，它在某种意义上说是没有个性的。省力化时代的工厂应该制造什么样的产品，这也是一个重要问题。

机械化部分在整个生产过程中所占的比例越大，省力化的效果当然就越好。但由此产生了加工、包装、设计、商品性质的规范化问题，也就是说结果无论哪一个厂家都只能生产千篇一律的产品。

例如，电视接收机、超级市场中的方便面，各公司几乎都没有自己的个性差别了。这里举方便面为例，是因为方便面食品包装形态，直到“味道”恐怕都是规范化的。速溶咖啡也是一个很好的例子。

研究其原因是机械化在生产过程中所占的比例越高，省力化发展越快，产品就越标准化。省力化导致标准化，反之，标准化也促进机械化，也就是引起省力化，可以说标准化就是通过这种相互作用而发展起来的。

如果寻找像上述生产方便面这样的例子，那就多得惊人，从钟表、立体声设备、气体打火机、录音机直到汽车等等。由于标准化反而使产品本身都成为彼此类似而“没有个性”的东西，这是一个必须重视的问题。这样看来，各厂家的产品都基本相同，只是在表面装璜和外形设计上有所差异。

反过来说，不搞“省力化”，即不靠自动化的“手工商品”，作为有个性的商品，就物以稀为贵了。这类商品被称为“紧俏商品”，是消费者竞相购买的。

人们感兴趣和特别喜爱的“家俱”正在成为“紧俏”商品，这是一个很好的例子。手工家俱稀少，价值高，这是相对于省力化、机械化的一种反作用。

因此，怎样处理省力化与商品个性的平衡和因标准化带来的失去个性的商品生产，将是今后的一个重要问题。人们对民间艺术品的喜爱，也不是没有道理的吧。

“手工产品”好，但不能大量生产，不能标准化，对这些观点应重新评价。作为省力化对立面的能工巧匠的工艺品毕竟是不多的。但也可能在这技术革新的新时代中保留下来。

此外，省力化还会导致“简单化”和“专门化”。丰富多彩的生活只靠方便和物资富裕是不够的，还要创造一个有个性的物质环境，这才能使生活过得更加美满。

省力化产生的产品虽然是多种多样的，但是另一方面，作为社会的潜在能量，一些消费者要求生产少量非标准化的产品，这也是一个事实。