

专题研究报告 Y 8401

新技术革命与机械工业

综合情报研究室

机械工业部科学技术情报研究所

一九八四年十月

中国航空工业集团有限公司

新技术革命与机械工业

张以谟 编著

机械工业出版社（北京）

（1980年12月）

目 录

前言.....	1
一. 新兴技术八大领域——新技术革命的主要标志.....	3
二. 机械工业在新技术革命浪潮中的地位和作用.....	13
三. 新技术革命对机器装备的需要以及对机械产品的主要影响.....	19
四. 制造技术在新技术革命中的特殊意义.....	45
五. 研究开发对新技术革命的促进.....	86
六. 适应新技术革命需要的经营管理科学.....	110
七. 在新技术革命中怎样保证企业人员力量.....	124

前 言

自十八世纪后半期以来，科学技术的发展已经历几次大的飞跃。每一次大的飞跃都对经济和社会的各方面产生深刻的影响。蒸汽机和纺织机的发明带来了第一次技术革命，并随之引发第一次产业革命，形成机械制造、煤炭、纺织、铁路等一系列工业部门。从十九世纪四十年代起，电力、内燃机等发明和应用，则是第二次技术革命的标志。这一次技术革命形成了电力、汽车、化学、新型冶炼等工业部门，使社会的产业结构又发生一次大的变化。第二次世界大战以后，开始出现一场新的技术革命。这次革命首先是以电子计算机、原子能、喷气推进技术等领域的突破为标志；继之是半导体技术、激光技术等的发展，尤其是进入七十年代以来，在许多重大科学技术领域相继取得新的突破和发展，使现代技术革命进入一个新的阶段。

对于这场新技术革命，各国专家学者的评价、看法和提法并不一致。有的认为这次技术革命即是产业革命，称为“新产业革命”或“第四次产业革命”；有的称之为人类文明的“第三次浪潮”；苏联的学者则称之为“科学技术革命”。许多西方学者认为，这次技术革命已使人类社会进入“后工业化社会”、“信息社会”、“知识社会”，等等。尽管众说纷纭，但普遍的看法是，这次新技术革命不仅仅是科技领域中的革命，而已广泛涉及社会的各个方面，引起产业结构、劳动结构、

生产方式、管理方式乃至生活方式的巨大变化。推动这次新技术革命的动力，主要是以微电子技术为首的一群新技术的迅速发展，主要包括新能源、新材料、生物工程、激光、光纤技术、海洋开发和空间开发等。由于人类科学知识的积累速度越来越快，新技术革命对当代社会的影响将超过以往历史上任何一次技术革命或产业革命。因此，以美、日为首的工业发达国家十分重视这次技术革命，研究对策，采取措施，积极调整产业结构，大力发展尖端技术，力图成为这次技术革命的中心。许多发展中国家也纷纷行动起来，尽力缩小与发达国家的技术差距，避免被技术革命的浪潮抛在后面。

新技术革命浪潮的冲击，使国民经济的各个部门都受到严峻的考验，也为之提供了新的发展机会。重要的问题是认清形势，抓准时机，采取正确对策。作为向国民经济各部门提供技术装备的机械工业来说，首先需要搞清楚，在这场新技术革命中机械工业处于什么战略地位？肩负什么重担？机械工业本身在加工技术、产品结构、研究开发、管理体制和人才培养等方面面临哪些影响和要求？只有在此基础上，结合我们的实际情况，才能制订出正确的对策。

一．新兴技术八大领域—— 新技术革命的主要标志

吴 柏 青

1. 微电子技术是当今发展最快、影响最大的领头技术

自1958年发明集成电路以来，微电子技术进入飞速发展时期。二十多年来，经过中规模集成电路、大规模集成电路，已进入超大规模集成电路阶段。产品的技术经济水平迅速提高，主要表现是：（1）集成电路的集成度平均每年翻一番。目前超大规模集成电路的集成度一般为每片10万个元件以上，现已制成每片60万个元件的集成电路。预计到2000年，集成度可达每片100万个元件。（2）产品成本不断下降。五十年代末，一个数字逻辑门价值几美元，而今只要几十分之一美分，降低几千倍。（3）可靠性显著提高，平均无故障时间二十多年来约提高10万倍。由于集成电路具有如此卓越的优点，应用范围迅速扩大，工业规模急速膨胀。1982年资本主义世界集成电路的市场规模为112亿美元，1985年可达200亿美元，1990年将达400亿美元。微电子技术发展的意义并不仅在于其本身工业规模的扩大，更主要的表现为对其他领域的广泛渗透和影响，特别是对计算机领域的渗透和影响。它使计算机的体积不断缩小，功能越来越高，而成本显著下降。尤其是1971年出现微处理机后，使计算机更快地向着小型化、微型化和廉价化发展。从而大大扩大了计算机的应用范围，使它不再仅仅是政府部

门、大企业、大系统所专用的工具，而是广泛深入到工厂、商店、办公室和家庭中，使整个社会迅速信息化。建立在微电子技术基础上的电子工业，按美、日、西欧三地区统计，已成为仅次于化工、汽车的第三大工业部门，与钢铁、纺织工业相近。另据联合国工发组织1983年的估计，全世界国民生产总值的65%都与微电子技术有关。

微电子技术对机械工业的影响是多方面的。除了要求机械工业不断提供先进的生产手段，如各种曝光机和超净环境设备等，主要表现在两个方面。一是在管理、设计和生产中将广泛采用计算机化的自动管理、计算机辅助设计、辅助制造和计算机辅助试验等先进技术；二是微电子技术将向机械产品各个领域广泛渗透，从而产生传统机械技术与微电子技术相结合的一代新产品，即机电一体化产品，或叫智能化机械。国外认为，传统机械化向智能机械化发展，是这次新技术革命的显著特征之一

2.改变能源结构的新能源技术

目前全世界消耗的能源约有65%来自石油和天然气，30%来自煤。能源消耗每年以5%的速度增长。而据各方面的测算，由于石油和天然气贮量的渐趋枯竭，本世纪内能源供应将出现越来越大的缺口。因此，各发达国家在发展节能技术的同时，都在积极寻找各种替代能源，大力发展新能源技术。主要的新能源有核能、太阳能、地热能、风能、潮汐能、波能、海洋热能、生物质能、沥青砂等。据国外预测，到2000年，全球能源结构中石油和天然气将降到45~50%，煤保持30~33%的水平，其余部分将由上述新能源来填补，从而初步实现能源结构的转变，由单一的矿物能源转向能源多样化。从目前的技术水平和发展趋势看，这一转变将大致分三个阶段：（1）油、气比例减少，煤产量上升；（2）形成以核能和烧煤为主的能源体系；（3）逐步建

立以太阳能等其他新能源为主体的多能源体系。

近期内，石油和天然气仍占主要地位，绝对产量继续增加，海底油气将占总产量的一半。八十年代西方世界开发油、气的投资累计可达8500亿美元。

近期内，最有希望补充油、气短缺的是煤。煤产量预计从1980年的29亿吨将增加到1990年的41亿吨。随着煤耗量的增加，运输和防污染设备投资将相应增加。据日本估计，八十年代日本防治烧煤发电公害装置的市场规模累计可达7000亿日元。煤的燃烧与转化技术，近期可实用化的主要有煤和石油的混合燃烧、沸腾燃烧、低热值煤的气化等。

新能源中最重要的是核能发电。截至1984年6月底，全世界共有311座核电站投产，装机容量约2.09亿千瓦，正在计划和兴建中的还有三百余座。1985年可达2.7亿千瓦，1990年可达4.35亿千瓦，约占当年总能耗的6%。但也有人认为，核能发电因建设周期长、投资大、运行费用高等原因，其发展可能受影响

其次是太阳能。太阳能热水器已大量商业应用。一万千瓦以下的小型太阳热电站已达实用阶段，到九十年代中期，5万千瓦以上的太阳热电站将实用。太阳光发电的前景广阔。由于微电子技术和新材料技术的发展，近年来太阳能电池的效率大幅度提高，最高已达22%；成本以每年20%的速度递减，八十年代内可望降到0.7美元/峰瓦的水平，从而可广泛应用。

其他新能源，如风能、地热能、生物质能和海洋热能等的利用技术均有显著进展，但利用规模较小。

新能源的开发需要大量的投资，其中机械设备投资占相当大的比例。以核电站为例，全部建设费中机械设备约占50%，设备安装费占20%。新能源的开发不仅为机械工业提供一个巨大的发展机会，而

且将改变一系列机械产品（如电站设备等）的构成。

3. 新材料是开发各种新技术的物质基础

任何重大新技术的发展都要求以相应的新材料为物质基础，例如集成电路的发展就是建立在半导体材料的基础上的。因此，新材料技术在新技术革命中处于十分重要的地位。近年国际上开发的新材料主要有新型复合材料、新金属材料、高分子材料和精细陶瓷等。

复合材料的突出特点是，其性能可根据需要加以设计和调整。第一代复合材料是玻璃钢。目前开发的第二代复合材料主要是碳纤维复合材料。这种材料重量极轻而又有金属性能，可代替金属作为结构材料。这种材料七十年代初最先用于宇航产品，后来扩展到飞机、汽车等许多民用产品。近年，世界碳纤维材料的年产量以40%的速度增长，1985年产量可达5000吨。碳纤维复合材料的广泛使用，对降低机械产品的重量将产生重要影响。

新金属材料主要包括非晶态金属、形状记忆金属和超微粒金属等。传统的金属材料都是结晶状态的。非晶态金属与一般金属相比，有许多特殊的性质，它不仅具有高强度和高硬度，同时又有极高的韧性和延性；它的耐磨性是一般金属的十倍，并具有优良的导磁性和极高的耐腐蚀性；制造它所需的能耗也大大降低。因而被认为是一种非常理想的金属材料。从七十年代开始正式研究以来，进展很快，现已开始实用。目前主要是大批量制造细丝和薄带，应用于利用磁特性的产品。

形状记忆合金具有形状记忆特性，如用这种合金制造汽车车身，即使被撞瘪，只要加热到某一温度，车体就能恢复如初。这种材料可以广泛用于飞机零部件、液压管路接头、卫星天线、自动开关装置、舰船和汽车车身等。

超微粒金属是由直径为百万分之一到万分之一毫米的超微金属粒集合而成的。其化学成分与普通金属没有区别，但在电磁特性、光特性、化学反应等方面具有许多特异的性质，将给电子、催化、超低温和医疗等领域带来革命性的技术影响。美、日等国都在大力开展超微粒技术研究，并已开始形成独立的技术体系。

高分子材料主要包括工程塑料、功能高分子材料和功能膜材料。工程塑料将大量代替钢铁材料，并对机械产品的轻型化作出贡献。据日本估计，对工程塑料的需要量将每年以10~15%的速度增长。功能性高分子材料具有各种不同的特性，如导电性、感光性、温度感应性等，有十分广泛的用途，可以用作导体的粘结剂、感光材料和集成电路材料、复印机磁鼓以及太阳电池等。功能膜材料具有极强的分离能力，它能分离用传统方法难以分离的物质，而且所需能量少得多，因而将对工业分离技术产生广泛而深远的影响。化工流程采用膜分离技术，将大大改变化工流程设备，降低能耗；用功能膜材料过滤空气可使氧的浓度提高50%，从而可使锅炉和内燃机的燃烧效率提高好几倍。

精细陶瓷大致可分为发动机和燃气轮机等用的结构材料，电子元器件和工具用的功能材料以及用于人体组织的材料三大类。由于精细陶瓷具有极高的耐热、耐蚀性质和优异的光电特性、磁特性和硬度，用途广泛。国外认为它是继金属、塑料之后的第三代材料，是新技术革命中最有前途的原材料，发展很快。八十年代初，它的市场规模为2000亿日元，每年以15%的速度增长，估计九十年代将达12万亿日元。对精细陶瓷需求增大的主要因素之一是可以制造发动机。这种发动机不需要冷却系统，重量可减轻三分之一，燃料费降低20%。目前，美国、联邦德国、日本等不少国家都在积极开展这方面的研究，已制成样机，1983年在东京召开了首届国际陶瓷发动机会议。

在本世纪内，钢铁等常规材料仍将占主导地位。但是，随着科学技术的进步和新兴产业的发展，对新材料的需求必将大大增加。日本估计，上述新材料的市场规模，平均每隔五年翻一番。日本通产省制订的“下世纪产业基础技术开发规划”，总预算1040亿日元，其中新材料开发预算为530亿日元，占一半以上。由此可见材料革新的重要性。

4. 将引起产业结构发生又一次战略转移的生物工程

七十年代以来，古老的生物技术由于取得一系列重大突破，主要是基因重组技术、固定化酶技术、细胞融合技术等，而再次崛起为举世瞩目的新兴技术。各工业发达国家都把生物工程与微电子、新能源、新材料作为当代重点开发的前沿技术，投入大量人力物力，并展开剧烈的技术竞争。

生物工程主要包括基因工程、酶工程、发酵工程和细胞工程等领域，其应用范围十分广泛。它可以取代许多耗能大、污染严重的化学反应，使建立在石油和天然气基础上的化工工业转变为耗能低、污染小的生物化工。通过基因重组和细胞融合等技术，可以培育出各种“超级细菌”，来分解重金属、吸收重油、净化工业废水和城市污水，保护环境；可以高效地培育具有各种特性的作物新品种，并可能解决生物固氮和提高光合作用效率的问题，从而将使农业进入工业化生产时代。通过生物技术还可以直接利用细菌高效而廉价地生产目前难以获得的胰岛素、干扰素等药品，生产单细胞蛋白，从而将大大改变传统的制药和食品工业的面貌。可以利用细菌提高石油采收率，直接从低品位矿石中浸出铜、铀以及镍、锌、金等有色金属。还可培育出能源作物，利用细菌产氢，制造微生物电池等，为解决能源问题作出贡献。

目前生物工程的应用主要还限于医药、食品和农业，估计大规模

的工业应用要到本世纪末或下世纪初。有些学者认为，农业社会是建立在生物学的基础上的，迄今的工业社会则是建立在物理学的基础上。而由于现代生物技术的发展，工业社会将再次由物理学转到生物学的基础上，整个社会的产业结构将发生又一次战略转移。许多学者认为，到二十一世纪，生物工程将取代微电子技术而成为技术革命的主角，有些工业如化工、食品、医药等，将成为“生物工业”。

目前生物工程产品已形成一定的市场规模，并出现一些生物工程公司，如美国1981年约有150家这类公司。据美国技术发展中心预测，1990年全世界生物工程产品市场规模将达270亿美元，其中农业、食品和医药占45%，能源占35%，塑料和化工产品各占9%。

目前看来，生物技术不大可能直接应用于机械工业的生产过程，但将对机械工业产生巨大影响。主要是将对机械工业提出新的设备要求，如各种生物反应器、控制设备和分离设备等，以及其他部门采用生物技术后提出的新设备。

5. 进入成熟阶段的激光技术

激光是六十年代发展起来的新兴技术，是二十世纪继原子能、计算机、半导体之后的又一大发明。目前激光技术已进入成熟阶段，在材料加工、信息处理、测量、控制、医疗、军事和核能等领域表现出巨大的应用潜力。利用激光对各种金属和非金属材料进行切割、焊接、打孔、光刻、热处理等，为机械工业提供了新的加工手段，不仅质量好、效率高，而且在不少情况下几乎是唯一的加工方法。激光微细加工技术是大规模集成电路的工艺基础。目前材料加工用激光器约占民用激光器销售额的26%，居首位。激光测量与控制在一些国家的机械厂中已广泛用于检查机床的精度和对零件进行高精度定位，以及对整机工况和污染的监视等。这类激光设备今后会有大幅度增长。信息处理

用激光装置如激光复印机、录象机、数据存贮器和激光唱片等，是近年来发展最快的激光产品，1983年资本主义国家的销售额约8300万美元，较1982年增加40%。这类装置可能成为激光技术最主要的应用领域。

在工业发达国家现已形成独立的激光工业。1982年资本主义国家激光工业销售额约20亿美元。激光技术的发展比计算机晚十几年，按销售额数字统计，激光工业的增长速度与计算机工业最初二十年的增长水平相近，而且预计这种趋势将继续保持。到1992年，资本主义世界激光工业销售额可达100亿美元，年平均增长20%，与计算机工业第三个十年期间的增长速度相仿。许多科学家预言，八十年代将是激光与计算机技术相结合取得重大突破的时期；九十年代激光技术可能与微电子和计算机技术相结合，而开创光电子时代。

6. 迅速发展的光纤技术

光纤技术是七十年代发展起来的一项新兴技术，进展极快。目前最主要的是在通信方面的应用。光纤的通信容量比电通信大得多，它的中继距离长、体积小、重量轻、抗电磁干扰、保密性好、易于施工，而且光纤的原料是取之不尽的硅酸盐，代替电缆可以节省大量有色金属。因此光纤通信自问世以来发展极为迅速，八十年代初已形成产业。日本自1978年形成光纤通信产业以来，产业规模以年均40~50%的速度增长。光纤销售量1978年为2千公里，1980年为5千公里，1982年为4~5万公里，预计1985年可达10万公里。1982年资本主义国家光纤工业的市场规模为4.4亿美元，1990年预计可达65亿美元，2000年可达400亿美元。

目前光纤通信技术已经成熟。光纤通信系统的成本与电缆系统相比，市内电话系统约低10~15%，长途系统约低25~35%。因此，光纤系统全面代替同轴电缆已不存在技术困难，主要是考虑更新投资问

题。国外预测，1990年约10%的铜缆要被光纤取代；到2000年，所有长度超过几米的信息传输系统都要使用光纤。

光纤除用于一般通信外，还可制成各种光纤传感器，广泛用于各种物理量的检测；工厂、铁路、公路等的控制系统、电力安全保护系统、电视监视系统等；也可用于舰船、飞机内部的通信系统、仪表控制系统以及测试、遥感、医疗等方面。最近国外报道，在汽车、机器人、燃气轮机等产品上也开始用光纤代替电线。光纤在非通信领域的应用，目前规模尚不大，但发展潜力很大。美国估计1992年它的光纤传感器销售额可达4.5亿美元。据预测，2000年资本主义世界光纤工业在非通信领域的销售额，将占总销售额的三分之一。

7. 具有战略意义的海洋开发

海洋面积占地球总面积的71%，是地球上尚未被开发的空間。随着世界人口的剧增，资源、能源的日趋枯竭，各国对海洋开发问题日益重视。从六十年代起，海洋开发活动逐渐活跃。进入八十年代，海洋开发技术逐渐成熟，开发的范围和规模日渐扩大，成为新技术革命的一个重要领域。

海洋开发大致包括三个方面：一是资源和能源开发。主要是海底油气、滨海砂矿、深海矿物、海底热液的开采；海洋生物的捕捞和养殖；海洋能的利用；海水化学元素提取等。二是海洋空间的利用，包括海上空港、海上城市、旅游设施以及各种支援系统等。三是海岸带的开发，如海港建设、围海造田、能源设施建设及娱乐场所建设等。

海洋开发的前景诱人。目前海洋石油产量占石油总产量的20%，到本世纪末可能占到35%。海水中蕴藏着几十亿吨铀，将是未来核能时代的支柱。大洋深处的锰结核含有多种金属元素，储量达几万亿吨，足够人类使用几百几千年。海水含有80余种化学元素，是人类丰富

的资源宝库。随着海洋开发事业的发展，除了海洋运输、海洋捕捞等事业外，将形成一批新兴的海洋产业。事实上，各发达国家为争夺海洋资源正展开激烈的竞争。

海洋开发是一项综合性技术，涉及广泛的技术领域，需要大量的投资和较长的时间，需要解决一系列复杂的技术问题，特别是需要机械部门提供多种复杂的机械设备，主要有：（1）海洋调查船、潜水调查船等海洋调查用装备；（2）海洋资源开发设备，如石油钻采平台、海底采矿机械、海洋能利用设备、海洋生物采集和养殖设备等；（3）海洋空间利用方面所需机械设备，包括各种船舶、海洋施工机械等；（4）潜水装备、海中通信和海洋环境保护设备等其他机械。

8. 空间开发技术已进入实用阶段

1957年苏联第一颗人造地球卫星的发射标志着人类进入航天时代。1981年美国航天飞机试飞成功，使空间开发从探索阶段进入实用阶段。空间开发的范围大致包括六个方面：（1）卫星通信、卫星广播；（2）地球观测，包括资源勘探、气象观测、陆地观测等；（3）科学观测；（4）建立宇宙工厂；（5）空间发电；（6）建立宇宙居民点。

对制造业来说，最有兴趣的可能是宇宙工厂。太空环境的特点是真空、无重力、低温，是生产新型材料最理想的环境。宇宙工厂可以生产高纯度、大晶粒的半导体材料；超低损失的光导纤维；质量均匀的超导电合金；真正球体的轴承；超微粒磁性粉末；润滑性合金等。美国准备在太空制造润滑性合金、新型半导体合金等材料。日本和联邦德国也有这样的计划。苏联在六十年代就开始进行太空材料制造实验。随着航天技术的发展，特别是航天飞机问世以后，把物体发射到太空所需费用大幅度下降。据估计，当每吨发射费用降到50万美元左右的时候，许多产品都可送到太空去制造。

二、机械工业在新技术革命浪潮中的地位和作用

陆 振 海

历史证明，随着新技术革命的兴起和发展，一批建立在新技术基础上的新兴工业群必将迅速崛起，蓬勃发展。这一次新技术革命也不例外，随着新技术革命的发展，已经或正在形成许多新兴工业部门，如上节所述。

新兴工业的发生和发展过程大体上是，从实验室产生的新技术成果，应用于工矿企业，投入商品化生产，建成一个新兴工业部门。在实验和生产的各个阶段都需要机械工业和其他工业部门提供大量的装备。新兴工业部门建立之后，虽然有它的相对独立性，但这些新技术和新产品如不与传统产品相结合，不与传统工业的技术改造相结合，新技术就将失去它赖以发展的强大动力，进一步发展就会遇到困难。因此可以说，机械工业虽然是传统工业，但它却是基础工业，没有哪一种新兴技术是与机械技术和机械工业是无关的。

现代机械工业是需要高度脑力劳动的知识密集型、技术密集型工业。机械工业的发展水平是衡量一个国家整个工业结构先进程度的重要标志之一。为此，工业发达国家无一不将机械工业作为基础工业予以大力扶植和发展。如日本、美国、联邦德国和苏联等国，都拥有强大的机械工业和强大的工业生产能力。美国制造业的职工人数1960年

为1670万人，1981年为2180万人；生产资料的生产，1984年为6%，1985年预计为8%。

新兴工业的产值在工业总产值中所占比例，目前还很小，大部分产值仍然是靠传统工业创造的，而机械工业在其中占有举足轻重的地位。机械工业又是发达国家赚取外汇的主要手段。机电产品出口额在这些国家的出口总额中所占比重，美国和联邦德国为40%以上，日本为60%以上。

进入八十年代以后，以美国、日本为代表的工业发达国家，微电子技术、光纤通信、机电一体化等技术获得迅速发展，以研究开发尖端技术为主要宗旨的风险企业，象雨后春笋一般大量涌现。有人称此现象为“尖端技术”或“轻薄短小”时代的到来。在这个所谓的“轻薄短小”的时代，机械工业和重工业等“重厚长大”的传统工业的地位和作用如何？是不是所谓的“夕阳工业”？目前下此结论恐怕为时过早，让我们还是看一看以下事实吧。

现以日本为例。日本一向以大量出口钢铁、船舶和汽车三大出口产品引进为豪。1981年这三类产品的出口额为504亿美元，占出口总额的33%。同一年进口石油533亿美元，占进口商品的首位，第二位为食品进口159亿美元。可以看出，把三大出口产品换来的外汇全部用于进口石油还不够，而必须用第四位以下的出口产品，即成套设备和机械产品，所赚外汇才能进口食品。而石油和食品是日本赖以生存、必不可少的重要资源，获取这些资源所需外汇全是靠出口机械工业的直接产品或间接产品（如钢铁）换来的。据日本预测，“轻薄短小”产品今后无疑会高速增长，但其出口额仍不会太大，远不及“重厚长大”产品。日本认为，为了日本的生存，日本今后必须继续大力加强机械工业和“重厚长大”产品的国际竞争能力。因此可以说，机械工