

当前国内外电子工业 和技术发展水平

电子工业部科技情报研究所

一九八三年五月

目 录

1. 从电子工业的发展特点看电子工业在国民经济中的
 作用和地位.....叶钟灵 (1)
2. 主要资本主义国家发展电子工业的政策和措施.....贺万鸣 (29)
3. 苏联及东欧国家的工业管理体制.....廖汉成 (63)
4. 国内外电子工业的一些综合指标的 比较.....黄北雁 (94)
5. 国内外半导体器件和集成电路发展概况.....吴新仁等 (109)
6. 国外电子管发展概况.....杨治安 (127)
7. 国外阻容元件发展概况.....陆国权 (138)
8. 雷达技术发展概况.....沈登瀛 (152)
9. 电子对抗技术发展概况与展望.....林 峰 (162)
10. 电子计算机发展概况及预测.....陈 松等 (169)
11. 通信技术现状和发展.....陈亚兰等 (188)
12. 电子测量仪器发展水平及趋势.....赵玉惠等 (198)
13. 如何发展消费类电子产品.....周华清等 (211)

从电子工业的发展特点看 电子工业在国民经济中的作用和地位

叶钟灵

内 容 提 要

电子工业历史不长，但发展很快，这是由它的发展特点及其在国民经济中产生的作用所决定的。本文论述了电子工业的五项特点：

1. 电子工业在西方主要国家已从新兴工业发展为国民经济中的骨干工业，并正在成为带领其它各工业部门一起前进的先导工业。

2. 电子工业是知识密集、资本密集和劳动密集的“三密”工业，它从劳动密集向着资本密集、知识密集发展。集成电路需要巨大的投资，被称为“食金虫”工业，同时它的附加价值很高，故又有“现代炼金术”之称。

3. 电子工业是一门综合性工业，它的发展有赖于其他工业部门的技术发展。电子工业有向着国民经济一切方面渗透的特性，渗透性最能反映电子工业在国民经济中的作用和地位，电子工业将随着渗透的不断深入而日益扩大。电子工业是国防的基石之一，是现代技术改造的方向。

4. 电子工业是一门国际性很强的工业，一门有前途的出口工业。它不仅是工业发达国家中的重要出口工业，而且也是发展中国家和地区大力发展，并已取得显著成果的出口工业。

5. 电子工业是一门具有代表性的省资源、省能源工业，且在其它工业部门节省资源、能源方面发挥重要的作用。

一、电子工业将发展成为先导工业

电子工业在工业国家中发展很快。电子工业萌芽于二十世纪初，二次大战后形成一门新兴工业，七十年代已成长为国民经济中的骨干工业，八十年代以后将渐次成为先导工业。

1906年，美国德福雷斯特发明了电真空三极管，至今不过77年。这种三极电子管通过对电子流的不同控制，实现了检波、放大和振荡，发挥了所谓“能动”（active）的作用，成为电子设备的核心，电子工业的基础，揭开了电子时代的帷幕。

电子工业的历史较浅，但它随着科学技术的进步，社会的近代化而迅速发展。从通信开始，经过收音机、电视机、雷达等不同阶段，由1947年晶体管的发明而进入固体时代。现在以集成电路为基础，电子计算机为中心的电子工业正不断渗入人类生活的各个领域，使社会产生深刻的变化。

（一）二次世界大战以前还不能称作电子工业，只能称作无线电工业

这时期人们主要从事的是无线电波的研究和应用，产品不多，应用有限。原先只有电报、电话等少数通信手段，二十年代一些国家相继开始了广播，出现了一度成为重要产品的收音机，三十年代虽然英、美实施了电视的试播，不久就因二次世界大战发生而被迫中止。

那时的工业规模也很小，以走在最前面的美国而言，无线电工业产值曾在3亿美元上下徘徊十年之久。1941年美国生产电子管1.35亿个，收音机1,400万部，全国共使用收音机2,900万部，使用的电话约

2,350万部,无线电工业产值3.7亿美元,仅占电机(包括家用电器)工业产值的15%左右。

(二) 第二次世界大战大大刺激了电子工业的发展

科学史家贝尔纳说过:“战争本身一开始就产生科学。”第二次世界大战中,不仅通信获得了迅速的发展,出现了保密通信等新型通信,而且还有雷达、声纳、远程导航系统、测高计、盲目着陆系统、夜视仪、自动操纵仪等一系列崭新电子设备问世,出现了所谓“电波武器”,第二次世界大战也常常被称作“电波战争”。

同时,在战争过程中政府组织、培训了许多无线电科技人员,开拓了微波技术和脉冲技术,为战后电子工业的繁荣兴盛创造了前提。世界第一台电子计算机“埃尼阿克”的发明人之一埃克特也说过:“战争对计算提出了强烈的要求”,电子计算机就是在这基础上于二次大战后不久诞生的。

美国电子工业经过几年战争时期到1944年,产值就达到46亿美元,职工近40万人,分别比1939年增长了13倍和7倍。

(三) 第二次世界大战后电子工业形成一门新兴工业, 並已成长为国民经济中的基干工业之一

经过二次世界大战,无线电设备概念发展成了电子设备的概念。战后电视机的发展,特别是电子计算机、晶体管、集成电路的相继发明,不断使电子产品发生革命性的变化。小型化,多功能化,可靠耐用,省电廉价的电子新产品,推动着电子工业迅速前进。二十世纪被称为电子技术、原子能技术、火箭技术三大技术时代。

美国在冷战和美苏竞争政策的影响下,电子工业走着以军品开路,以军带民的道路,发展迅速。战后美国电子工业丧失了战争的刺

激力，产值一度跌到20亿美元，但在侵朝战争二、三年后便又突破了60亿美元大关。苏联1957年发射人造卫星，刺激了美国集成电路的加速发展。

1981年美国电子工业产值1,138亿美元（投资类：消费类：元器件为69:10:21），6,000家企业，3万多种产品，共雇用157万人。美国电子工业协会近年一再指出，到八十年代末，美国电子工业将和汽车、钢铁和化学工业相匹敌。

表1 美国主要工业部门的产值及人员
(1976年)

工 业 门 类	产 值	雇 用 人 数
	(百万美元)	(万 人)
电子工业	51,117	106.4
办公设备和计算机	13,723	22.9
收音机、电视机等	5,823	9.0
通信设备	19,138	42.2
电子元器件	12,433	32.3
一般机械工业	91,802	173.1
化学工业	104,139	85.1
汽车工业	95,381	79.7
冶金工业	93,002	110.6
石油工业	82,347	14.5
飞机工业	23,463	40.8
造船工业	7,517	20.7

资料来源：《Statistical Abstract of the United States》1979—P806~811.

日本电子工业的发展则是以日用电子产品为中心的发展模式。它自五十年代初从美国引进晶体管技术，生产便携式晶体管收音机开

始，成为收音机生产王国。日本就是接连依靠收音机、黑白电视机、彩色电视机、录音机、录象机等一代代产品作为领头产品带领整个电子工业前进，这便是日本所谓的“雁行式”发展模式。经过五十年代、六十年代的急剧发展，今天已成为拥有3,700多个工厂，80万人，473亿美元（1981年）产值的大工业，在西方世界仅次于美国，投资类设备、消费类产品、元器件大约各占1/3。

表2 1979年日本主要工业部门的比较

（单位：10亿日元，1975年价格）

工 业 部 门	产 值
化 学 工 业	15,526
石油、煤炭	10,419
冶 金	26,712
一 般 机 械	18,353
电 气 机 械 (其中电子)	18,636 (11,182)
交 通 工 具	18,733
纺 织	10,223

资料来源：日《电子工业年鉴》1982, p53.

据日本《电子机械工业会》1978年出版的《电子工业的发展及未来展望》一书中说，日本电子工业在产值和就业人员方面已是足和汽车工业、钢铁工业相匹敌的一个基干工业部门。由于电子工业是核心产业，它受到国家政策的保护。

英国著名电子咨询公司马金托什公司董事长马金托什，1981年5月在伦敦举行的金融时报讨论会上指出，从美、日、西欧三地区的统计看，1980/81年电子工业规模已和钢铁、纺织相等，比造船大4倍，等于化学工业或汽车工业的60%。他并认为这些工业部门除电子工业

外，都只能作有限度的增长，电子工业到1991年将增长到6,000亿美元，成为最大的工业部门之一。

表3 1980年美、日、西欧主要工业部门的比较

工 业 部 门	产 值 (亿美元)
化学工业*1	5250
汽车工业	4470
电子工业*2	3020
钢铁工业	2800
纺织衣着工业	2670
造船工业	590

*1 不包括石油工业

*2 1981年产值

资料来源：《World Electronics》p29.

(四) 电子工业将发展为先导工业

美国“世界观察”研究所的科林·诺曼在一份研究报告中指出，到八十年代末，电子工业产值将和汽车、石油、钢铁、化学等工业部门相等。他还举出有人说过：“迄今为止，铁和石油是近代工业社会的两大要素，但在本世纪最后20年内是不是工业国，要看各国电子工业的情况而定。”

发展电子工业是法国现政府的重要政策之一，1982年法国政府宣布了电子工业五年计划。法国总统密特朗前不久说：“工业投资将优先考虑，而最优先考虑的将是电子工业。电子工业是我们未来的武器。”法国工业和研究部长谢弗内芒说：“如果我们必须挑出一个工业部门来集中发展的话，那只有电子工业。”

日本著名咨询公司三菱综合研究所专务牧野升指出，改变日本的五大技术革命包括：情报革命、机电革命、材料革命、光革命和生物

革命。日本东京工业大学院长斋藤进六1980年在日本科技立国讨论会上说，以往的关键技术是晶体管、集成电路、不锈钢和合成橡胶等，八十年代后将逐渐变成生物工程、新材料和新功能器件。现时的基于工业为钢铁、汽车、电机（包括电子）、化学工业等，它们的生产合计占国民生产总值的15~20%，到九十年代中叶，这些基于工业仍将维持原有比重，而所谓先导工业的宇航工业、信息处理工业、电子器件工业、新能源工业、生物工业、新材料工业等的产值也将扩展到占国民生产总值的15~20%。由此可见，电子工业确将日益发挥先导工业的作用，它不仅本身在继续发展，而且带动着别的工业部门一起前进，甚至可以说，其它先导工业部门的发展也离不开电子工业。

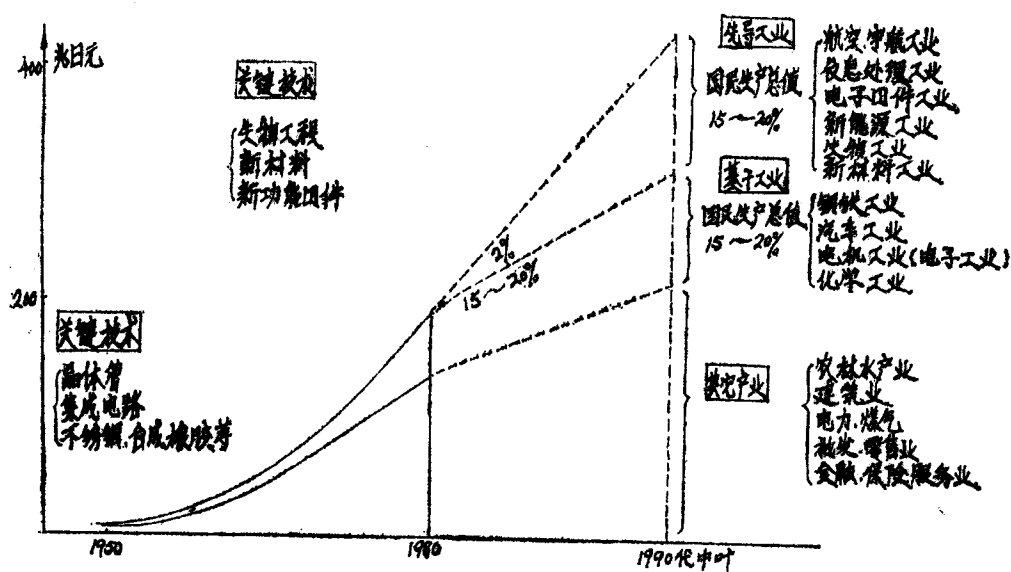


图1 日本工业结构的变革

资料来源：日《情报管理》1981.7.P304.

(五) 小结

新兴工业也可称为成长工业，它是随着技术革新的进展、需求结

构的变化、新产品新市场的开拓而可能有显著增长的工业部门。另一方面，新兴工业又具有幼稚性，因而为了培育，国家须从多方面加以支持和保护。我国常将电子工业称作新兴工业，它的确还具有新兴工业的一些特性，虽发展速度较快，可并不成熟，仍需国家的培育和保护的。

基干工业是指一国工业活动中已不可缺少的工业部门，在工业结构中已占有相当比重。它强调在国民经济中的地位，而并不突出速度。工业发达国家中的电子工业都已属于基干工业，以日本为例，电子工业生产在五十年代的年平均增长率为36%，六十年代为20.8%，七十年代为8.5%，速度的下降，说明工业正在成熟。同时，日本电子工业在国民生产总值中的比重1957年仅占1%，1981年已增长到4%。在进入八十年代前后，日本电子工业产值在机械工业中占20.6%，在制造业中占6.7%，人员也占制造业的7.1%。相对地，我国电子工业产值仅占机械工业的9%，工农业生产总值的1.4%，是比较低的。

先导工业从国家政策意义上讲也称战略工业。一门工业是否称得上先导工业，可从三方面衡量：规模、增长速度和对其它工业部门的带动作用。上面讲过，国外不少人包括国家领导人和著名学者都把电子工业看作是未来的先导工业。

赵紫阳总理在《关于第六个五年计划的报告》中指出：“电子工业在现代化建设中具有特别重大的作用，我们应该非常重视它的发展，并把电子技术逐步应用于国民经济各部门。”

我国也将电子工业放在了战略工业的重要地位，为使电子工业更好地为四化建设服务，理应加速步伐，沿着新兴工业、基干工业、先导工业的发展道路前进。

二、电子工业是三密工业

电子工业是知识密集、资本密集、劳动密集的复杂工业部门，同时又是附加价值很高的工业部门。

知识密集工业是指研制、设计等知识性活动很高的工业，如飞机、原子能、电子计算机、集成电路等部门。资本密集工业即需要大量投资的工业，如钢铁、石油化工等部门。劳动密集工业是需要大量劳动力的工业部门如纺织、医药等。电子工业恰恰是包括着知识密集、资本密集、劳动密集的“三密”复杂工业部门。

(一) 日本早在五十年代末就指出，研究投资和设备投资是电子工业发展的两大原动力。电子工业是建立在科研基础上的一门工业。电子工业由电子管、晶体管、集成电路的发明而发生划时代的变革，由新产品，如收音机、电视机、雷达、电子计算机等的发明而加速前进。西方工业发达国家电子工业在科研工作方面，无论从科研人员和科研费用讲，都居各重要工业部门（包括食品、纺织、木材、造纸、钢铁、汽车、飞机、精密机械等）的前列。

电子公司经营好坏和对科研工作重视与否有莫大关系。世界最大的电子计算机公司国际商业机器（IBM）公司1981年的科研费用达16亿美元，相当于一个中等国家的国防开支，或者一家大型企业的营业额（1981年美国《幸福》杂志统计的美国500家大工业公司中，第226家康宁玻璃公司的营业额即约16亿美元）。有人分析，IBM公司成功的秘密，简单说来就是两条：一是销售搞得好，二是对科研工作下的力量大。

世界最大的集成电路生产公司得克萨斯仪器公司（TI）1955年统计时根本不在美国最大500家公司之列，由于公司积极从事科研工作，

认为“创造发明是公司的生命血液”，从二次世界大战后的1945年到1974年的30年间，营业额年平均增长率高达16.5%，1981年已上升到500家公司中的第91位。

表4 西方工业发达国家科研人员及费用最多的三个工业部门

(1975)

	序号	美 国	日 本	西 德	法 国	英 国
科 研 人 员	1	电 子*	化 学	电 子*	电 子	电 子
	2	飞机、火箭	电 子	机 械	飞 机	飞 机
	3	化 学	机 械	化 学	化 学	化 学
科 研 费 用	1	飞机、火箭	化 学	化 学	电 子	飞 机
	2	电 子*	电 子	电 子*	飞 机	电 子
	3	化 学	汽 车	机 械	汽 车	化 学

* 包括电气、电子工业。

资料来源：日本《科学技术要览》1979年有关各国统计

著名的微处理器公司英特尔公司是1968年才从仙童公司分出来的一家小公司，1970年的从业人员也才不过400人。公司领导人诺依斯（集成电路发明人之一）等都是出色的科学家和技术人员，对科研工作特别重视，1981年该公司的科研费用占营业额的14.8%，在美国10家科研费用比重最大的公司中占第9位。公司成立后的最初10年内，即在集成电路方面有20项创新，1971年推出了微处理器更使公司名扬天下。在进入八十年代以前，公司营业额每两年增加一倍，前几年的毛利润率都超过20%。英特尔公司10年即跨入美国最大500家公司之列，1978年居486位，1981年居363位。

（二）电子工业属于革新型工业，很自然就要求设备不断更新，设备投资较大，使用寿命较短。

电子产品的变革是十分迅速的，这从以下一些表格就足以证明这点。

表 5 新电子器件的出现

1906年	电真空三极管
1947年	晶体管
1958年	集成电路
1967年	大规模集成电路
1978年	超大规模集成电路

表 6 电子计算机的更新换代

通用电子计算机				微 处 理 器		
代	时 期	器 件	代表产品	发表年	代表型号	集成度*
第 1 代	1945~59	电子管	IBM 650	1971	Intel4004	2,200
第 2 代	1960~64	晶体管	IBM 7090	1973	Intel8080	4,800
第 3 代	1965~69	集成电路	IBM 360 370	1978	Intel8086	29,000
第 3.5 代	1970~79	LSI	303x, 4300	—	—	—
第 4 代	1980~	VLSI	3081	1981	IAPX 432	100,000

*每片上的晶体管数。

资料来源：①《电子工业的长期展望》1980，p20。

②《技术和经济》1982.1.p9。

半导体存储器的更新同样很快，在七十年代中大致是三年一变。在工业发达国家中1K存储器已从市场消失，4K的销售正在不断缩减，从1978年起16K存储器已成为主要销售品，但也已受到了64K的挑战。

表 7 各类金属氧化物半导体存储器开始生产的年份

1970年	256位存储器
1973	1 K
1975	4 K
1977	16K
1979	64K

资料来源：《日美半导体战争》p286。

电子工业资本密集这一特点，在集成电路部门表现得最为突出。集成电路投资的比例大，绝对值也大，而且随着技术的发展有增无减，故而日本把集成电路工业称为“食金虫”工业。

日本自1975年起，集成电路的科研费用每年约占销售额的15%，而设备投资则约占20%左右，绝对值近两年也大大超过了科研费。

表 8 日本集成电路的科研费和设备投资

(单位：百万日元)

年 度	销 售 额 (A)	科 研 费 (B)	B / A (%)	设备投资(C)	C / A (%)
1973	86,223	17,029	19.7	18,874	21.9
1975	108,158	21,524	19.9	11,379	10.5
1977	155,474	24,456	15.7	21,958	14.1
1979	374,910	54,774	14.6	84,103	22.4
1980	543,443	71,805	13.2	121,038	22.3

资料来源：《电子参考》1982年13期，14页。

据《商业周刊》1980年7月7日的典型调查报道，美国半导体部门的科研费用占销售额的5.7%，小于投资所占的相应比重。

表 9 美国集成电路的投资

(单位：百万美元)

年 度	销 售 额 (A)	设备投资(B)	B / A (%)
1975	1,600	120	7.0
1977	2,400	255	10.6
1979	4,300	600	14.0

资料来源：同表 8。

日本在集成电路领域紧追美国，且已在某些方面如存储器产量、质量、可靠性等方面超过了美国，关键因素之一就是推进自动化—生产和测试的自动化。据美国斯坦福大学的比较研究，在集成电路装配中的自动键合工序，日本都已使用第四代或第五代的最新设备，而美国却仍在使用的第一代或第二代老设备，速度落后三分之一。

自动化的效果是十分明显的，仍以键接为例，一条引线的手工键合约需 2 ~ 3 秒，全自动工具只要 0.3 秒。14 引线集成电路的键合手工操作每小时 100 个，全自动操作可达 600 个，所以日本现在有句话说：将和“晶体管姑娘分手了。”

表 10 引线键合的自动化效果

年	自动化程度	必要人员	产量 (个/人/月)
1974	半自动键合	1 台/1 人	10,000
1976	多种控制半自动化	3 台/1 人	25,000
1977	完全自动化	5 台/1 人	130,000

资料来源：《电子材料》1982.7.p5.

集成电路设备投资大而且增长快的理由主要有三：①规模经济的要求—根据集成电路生产总结出来的所谓“学习曲线”原则指明，累积生产量增加一倍，价格降低 20 ~ 30 %。所以一般有可能的厂商都在争取尽早大量生产以便降低售价，扩大市场。得克萨斯仪器公司就是坚信学习曲线原则的厂商之一。②技术进步快，设备更新也快。日本大集成电路厂商的设备平均使用 4 年（法定折旧期为 5 年）。据统计美国平均也从 1975 年的 5.5 年缩减到 1979 年的 4.5 年的样子。③设备高级化，价格相应提高。以掩模设备为例，就有如表 11 的变化。据报道，

表 11 掩模设备价格变化

(单位：美元)

设备名称	适用器件	每台价格
曝光机	集成电路	15,000
投影曝光机	中规模集成电路	120,000
投影曝光机	LSI	240,000
分步重复曝光机	LSI	600,000
电子束曝光设备	VLSI	1,500,000

资料来源：《1981 集积回路指南》34 页

集成电路每增加1美元销售额所需资金（包括流动资金），中规模集成电路为48美分，LSI73美分，VLSI估计为93美分，正急剧向着销售1美元需要1美元投资的阶段前进。

日本《电子材料》主编志村幸雄说，日本的集成电路工业还是“无利润”工业，但集成电路是门“必需”工业，所以日本企业正发挥其兼业企业的长处，仍在积极投资。另一方面如美国，集成电路的设备投资额占销售值的15%，其中10%是由每年的折旧费来解决的。

（三）电子工业还有劳动密集的一个方面。电子工业的特点之一是，当其发展之初不需要大型设备而需要大量劳动力，所需材料也不多。日本战后正是看中这一点，凭借其廉价劳动力的优势而使电子工业获得迅速发展，这已是众所周知的事实。嗣后，南朝鲜、台湾、香港、新加坡等地区在发展电子工业的过程中，同样以廉价劳动力为重要手段而起家，又走了一遍日本走过的道路。现在的情况是：我们从表12既可看到日本自动化的优势，也可看到南朝鲜廉价劳动力所具有的高度竞争力。

表12 每台彩色电视机生产成本的国际比较

（单位：英镑）

	日 本	南 朝 鲜	西 德	英 国
直 接 工 资	5.7	1.5	15.1	10.6
材 料 费	100.0	113.0	119.0	126.0
工厂经常费	11.0	2.0	17.0	20.0
生 产 成 本	116.7	116.5	151.0	156.6
生产一台的平均人小时	1.9	5.0	3.9	6.1
工资（英镑/小时）	3.0	0.3	3.85	1.74

1 美元=0.47英镑

资料来源：日《机械工业海外情报》1981.9.p14.

总而言之，电子工业从劳动密集开始，逐渐向着资本密集和知识

密集发展。日本如此，上述四个地区目前也正随着技术的升级，而向着资本密集、知识密集过渡。可以这样说，廉价劳动力现时还有一定竞争力，从长远看肯定是竞争不过自动化的。

顺便应当指出，体力劳动和脑力劳动都是基于人的劳动，都可以形成劳动密集。电子工业知识密集这一特点还反映在从业人员中教育程度高的人数比例较大这一点上。电子工业中如电子计算机的软件编制，又将是一个新型的劳动密集部门。据美国一位学者的估算，美国1980年的软件人员约100万人，今后大致以10年10倍的速度增长，这样惊人的增长实际是无法达到的，不过，它反映大量需要人员的一面倒或许是可信的。

表13 日本主要工业部门从业人员的教育程度比较

(1977)

(单位：%)

	初 等 教 育	中 等 教 育	高 等 教 育
制造业(全体平均)	48.0	40.7	11.3
纺织业	58.5	35.8	5.7
化学工业	30.5	48.4	21.1
钢铁工业	41.3	48.1	10.6
机械(武器)工业	40.1	44.1	15.8
电机(电子)工业	38.5	46.7	14.8
交通工具制造业	44.8	43.5	11.7
精密机械制造业	40.2	44.0	15.8

资料来源：日本《电子工业的长期展望》1980.P100.

日本电子工业的产值(1979年)在制造业中占6.7%，而其净产值(1980年)却相应地占12.3%，高于汽车工业和钢铁工业。