

日本的新技術革命

中国社会科学院日本研究所  
《日本的新技術革命》

# 日本的新技术革命

中国社会科学院日本研究所

《日本的新技术革命》课题组

湖南科学技术出版社

# 日本的新技术革命

中国社会科学院日本研究所

《日本的新技术革命》课题组

责任编辑：张玉纲

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 长沙印刷一厂印

1985年11月第1版第1次印刷

开本,787×1092毫米 1/32 印张:9.875 插页:5 字数 17,000

印数: 1—3,800

统一书号: 17204·67 定价: 1.85元

征订期号: 湖南新书目85—11 (22)

## 序 言

当前，新技术革命正在世界范围内蓬勃兴起。在新技术革命中，日本是走在最前列的国家之一。在开发各种新技术方面，日本已取得了显著的成果。新技术的应用和普及也有了较大的进展。在新技术革命影响下，日本的产业结构、就业结构、劳动方式、企业经营、家庭生活等经济社会的许多方面都在发生重大的变化。此外，日本的科研机构、民间企业、大学以及有关政府机构在新技术的开发、应用和普及等方面已经积累了一定的经验。

虽然我国的经济发展阶段与日本不同，在技术水平上与日本相比尚存在较大差距，但是，为了尽快把我国的经济搞上去，也必须注意新技术的开发和应用，认真对待新技术革命的挑战。“他山之石，可以攻玉”。日本在新技术革命中走在我们前面，他们发展新技术的过程及其经验和教训，对我们有一定的借鉴意义。

为了帮助读者了解日本的新技术革命的情况，我们组织了部分研究人员做了一些调查研究，编写了这本文集。由于受资料的限制，尤其是受研究水平的限制，本书不一定能反映日本的新技术革命的全貌，而且可能存在许多不妥之处，望广大读者批评指正。

在编写过程中，许多日本朋友向我们提供了宝贵的资料，谨致衷心的感谢。

中国社会科学院日本研究所

《日本的新技术革命》课题组

1985年4月1日

## 目 录

日本在计算机领域的挑战·····	冯昭奎 (1)
日本开发超大规模集成电路的若干经验·····	冯昭奎 (15)
信息化时代的新媒介·····	彭晋璋 (25)
日本的光纤通信技术·····	冯昭奎 (35)
日本新技术材料的发展·····	冯昭奎 (46)
机器人与工厂自动化·····	朱 真 (61)
日本的办公室自动化·····	彭晋璋 (71)
日本的航天技术产业·····	冯昭奎 (79)
日本的海洋开发·····	杨金森 (95)
“阳光计划”与“月光计划” ——日本的新能源战略·····	朱 真 (106)
日本新技术革命对经济增长的影响·····	周 见 (116)

日本新技术革命对产业结构的影响·····	彭晋璋 (126)
日本新技术革命对劳动就业的影响·····	王 立 (135)
日本新技术革命对企业经营管理的影响·····	彭晋璋 (141)
信息化对日本金融业的影响·····	张淑英 (151)
信息化对日本流通业的影响·····	黄晓勇 (166)
日本新技术革命对中小企业的影晌·····	李玉潭 (176)
日本新技术革命对国民生活的影晌·····	朱 真 (186)
日本的新技术革命与教育·····	陈 晖 (197)
电子计算机在日本政府机关中的应用·····	韩铁英 (211)
日本的尖端技术工业区域·····	李龙云 (222)
深入研究日本的新技术革命·····	冯昭奎 (231)

### 参考资料

#### “资源小国”的压力与活力

——赴日考察观感·····	冯昭奎 (247)
硅岛考察报告·····	冯昭奎 (274)
日本首相中曾根康弘的私人咨询机构关于高度信 息化对策的报告摘要·····	(297)

# 日本在计算机领域的挑战

冯昭奎

---

当今技术文明面临着一些急待解决的课题：

随着电子计算机应用的扩大，编制软件的工作量急剧增加，以至出现了所谓“软件危机”（据有的专家估计，至2025年，即使全世界的人都来搞软件也将赶不上需要）；

同时，软件和复杂的计算机终端作业又象是一道鸿沟，使亿万不掌握计算机专业知识的人只好望“机”兴叹；

从社会信息化的形势来说，人们一方面受到“信息爆炸”（信息量忽剧膨胀）的冲击，一方面又苦于不能及时得到所需的信息；

在生产和服务领域，尽管有一些产业部门达到了很高的效率，却仍有许多产业部门的效率低得可怜（例如医疗、教育、农、渔业等）；

随着国际交流的日益扩大，语言不同的障碍远远超过了高山大海的地理障碍；

即使在工业发达国家，知识上的两极分化，也在人与人之间形成鸿沟。

以上这些课题都是世界性的课题。为了解决这些课题，少数发达国家围绕开发超级计算机正在展开激烈竞争。

## 向“第五代”计算机迈进

日本在超级计算机领域制订了两项重大的开发计划，一项是开发具有人工智能（AI）的第五代计算机计划，一项是开发比目前速度最快的巨型计算机快一、两个数量级的“科学计算用超高速计算机”计划。

以上两项计算机开发计划的侧重面有所不同。第五代计算机计划在目标上侧重于开发一种更近乎“人”的人工智能计算机，在方向上侧重于开发知识信息处理功能（也可以说是计算机的“非计算化”、“知识化”），在内容上侧重于研究新的计算机原理结构和逻辑语言（也可以说是侧重于“软件”），在应用上侧重于加强计算机的大众化、普及化方面的效能。科学计算用计算机计划在目标上侧重于开发一种运算速度特别快的计算机，在方向上侧重于进一步加强目前计算机所具有的数字计算功能，在内容上侧重于研究化合物半导体集成电路等高速器件和有利于发挥高速性能的计算机硬件结构（也可以说侧重于“硬件”），在应用上侧重于加强计算机在尖端科技研究方面的作用。

对于第五代计算机的开发，日本表现得十分积极。早在1979年日本就成立了第五代计算机调查研究委员会，1981年11月在东京举行的第一次第五代计算机国际会议上提出了研制第五代计算机的设想。1982年4月，正式开始推行为期十年的研制第五代计算机的国家计划，在通产省主持下，八家计算机公司参加，政府拨款1000亿日元。具体实施研究计划的是随后不久成立的“新一代计算机技术研究所”，由40名研究人员和10名行



政人员组成，在研究人员中软件研究人员约占2/3。

在实施上述国家计划的同时，日本的官（政府）、学（大学）、民（企业）各方面的研究机构，例如日本电信电话公社武藏野电气通信研究所、东京大学工学部、通产省电子技术综合研究所等，也积极开展第五代计算机的研究活动。

1984年11月，在东京召开的第二次第五代计算机国际会议上，日本的新一代计算机技术研究所展出了该所在研制第五代机方面的初步成果，其中有语言分析程序——向机器输入一个句子，它会给出分析结果（表明机器理解自然语言的能力）；有音乐合成演示——向机器输入曲调旋律，它会自动配上伴奏（表明机器的“思考”能力）；有医疗专家系统——可用于诊断青光眼（表明机器记忆和检索被存入的知识信息的能力）。这些成果体现了科学家们所设想的新一代计算机的某些雏型。但是，也有人评论说，日本并未取得有科学意义的进展。这反映了在完成第五代计算机所需的复杂软件工作上，日本人的经验似仍不够。

如今，第五代计算机正象母腹中的胎儿。一方面谁也说不清它在出世后将是何等模样，一方面又有许多人热心地就这种未来的计算机进行推测和预想。如果把各国科学家对第五代机的描述“翻译”成浅显易懂的语言，那么，第五代机也可看作是一种机器人，是机器人中的“脑力劳动者”。一般所说的机器人则是机器“体力劳动者”。

具体地说，第五代计算机是“懂话的计算机”，它仿佛有耳、目、口，能理解人的语言、文字和图形，人们无需编排程序，仅仅靠讲话就可以对它下命令，驱使它工作。它又是“有知识的计算机”，对信息的记忆，它不象现在的计算机只能作

机械、呆板的记忆,而是将信息作为“知识”来记,能将一种知识信息与有关的知识信息连贯起来。这样,第五代计算机可以作为对某一领域具有渊博知识的“专家系统”,或称“机器专家”,成为人们从事某方面业务的得力“参谋”和助手。第五代计算机还是“能思考的计算机”,它虽然也可以用于进行高速度的数值计算,但它的中心功能是帮助人们进行推论、判断、解决问题。例如,“如果A是B,B是C,则A就是C”,对形式逻辑中的这个最基本的判断,第五代计算机在一秒钟内将可能处理上百万次。因此,即使是极复杂的问题,它也可以在短时间内加以解决。

从以上描述的第五代计算机的“形象”,人们或许已经感觉到它与前面四代计算机在工作原理上有着根本的不同。正如东京大学工学部元冈达教授所指出的那样:“第五代计算机系统将是一种以崭新理论和技术为基础的知识处理系统,它能提供九十年代所需的各种先进功能,从而摆脱常规计算机所固有的一些技术限制”。这里所说的常规计算机就是指以美国人冯·诺依曼所提出的原理作为基础的前四代计算机。冯·诺依曼由于提出当今计算机的基本原理而被誉为“计算机之父”。因此,前四代计算机均属“一父所生”,可以统统归结为一个世代,只是到了第五代计算机,由于是建立在脱离冯·诺依曼理论体系的崭新理论和技术的基础之上,才算是真正进入了计算机的新世代,换句话说,从第一到第四代计算机的三次换代均不可与从第四到第五的这次换代同日而语。在这个意义上,日本“新一代(不称“第五代”)计算机技术研究所”这个名称是意味深长的。

冯·诺依曼的理论之所以要被突破,一个重要原因在于计算机硬件技术、特别是超大规模集成电路技术的发展。冯·诺

依曼理论可说是适应于硬件高价时代的计算机设计原理，为了避免过多使用价格昂贵的计算机硬件，人们宁肯在软件方面多花心血，结果把软件搞得越来越复杂。然而，随着以集成电路为中心的硬件技术的发展，硬件价格急剧下降，加之计算机应用日趋扩大和高级化，导致软件负担迅速加重，人们越来越感到必须对产生于硬件高价时代的那种设计原理加以变革。

另一方面，随着计算机的推广普及，原来用于数值计算的计算机日益进入非数值计算用途（例如，知识信息处理）的广阔天地，因此，人们也迫切需要对专门用于数值计算的那种计算机的设计概念加以变革。总之，所谓“崭新的理论和技术”就是适应于硬件高度发达、对知识信息处理等非数值计算应用的需求迅速增长的时代的计算机理论和技术。

这种计算机将“能提供九十年代所需的各种先进功能”，这或许正是意味着它将能解决本文开头所列举的一系列世界性课题，即解决“软件危机”，消除一般人与计算机之间的隔阂，帮助人们驾驭和筛选洪水一般的信息，缩小不同产业部门之间的生产率的差距，克服不同语言之间的障碍，促进社会在知识上平等化等等。预计在九十年代诞生的第五代计算机首先将被用作自动翻译机和知识渊博的专家系统；但是，最初的第五代计算机将会是十分庞大的机器而且价格昂贵，必须逐步实现小型化、廉价化，才能推广于社会，成为大众化的智能工具。而要达到这一步，将可能是二十一世纪的事情了。

### 攀登新的高峰

由微型、小型机直至大型、巨型机组成的计算机家族，好比是一座雄伟的金字塔。微型、小型机性能较低，但应用广泛，

它们构成金字塔的底部；大型、巨型机性能较高，但其应用范围不如大众化的微、小型机广泛；巨型机则用于高级科学计算，它们构成金字塔的上身和尖顶。

在目前，运算速度超过每秒一亿次（浮点运算）的计算机被称为巨型机。根据截至1984年8月的公开统计，在世界各国运行的巨型机共有122台，其中美国75台，欧洲36台，日本10台，我国也研制成功亿次巨型机并投入运行。整个世界的巨型机，按公布的数字来说就是可数的这么多台，而且每台的性能、用途、工作单位也被统计得一清二楚，可见巨型机在整个计算机家族中确是“鹤立鸡群”的佼佼者了。

前面提到，日本在计算机领域的挑战，除去研制第五代计算机以外，还要研制其速度比目前的巨型机快一、二个数量级的“科学计算用超高速计算机”。为了理解日本这一挑战的意义，首先要解释一下研制速度高达每秒几亿、几十亿甚至上百亿次的计算机究竟要作什么用？

在当今科技研究的前沿，有许多领域需要利用极高速度的计算机来作为研究手段。例如，在核聚变反应的研究中，一个关键问题是对等离子体进行仿真试验，如果使用最先进的通用大型机（例如富士通的“M—380”），需要连续工作280小时，而使用巨型机（例如富士通的“VP—100”）只要工作10小时就够了。由于过长时间占用计算机无论在成本上还是在试验方法上都有问题，因此，研究者往往不得不放弃过于庞大的计算课题或者设法简化数据，这就不免要影响研究的深度和水平。通过采用巨型机以至将来的超级计算机，就可以使研究者从计算速度的限制中解放出来。

又如飞机设计的传统方法是先制作模型，然后进行风洞试

验（即模拟在空中的飞行），利用计算机进行流体力学计算，发现问题再对模型加以改造，如此反复进行，直至改制成较理想的模型。这种方法由于需要多次改制模型，计算也费时间，因而费用很高。如果改用计算机仿真的设计方法，可不用风洞与模型，完全靠计算机来进行计算，既省工又省钱，但这对计算机的速度提出了很高的要求。若想用适当的计算机使用时间（几十小时）对机翼进行（三维）仿真，至少需要2000万次的大型计算机。若要对机体和机翼一起进行仿真，则需要2亿次以上的巨型机。

在军事方面，巨型机的用途就更显得重要。例如，为了迎击敌方发射的洲际核导弹的攻击，必须在30分钟以内，计算出同时飞向多数目标的敌方导弹的飞行路线、速度和方向，并根据其威胁大小的等级依次以迎击导弹将它击落。这就必须使用能在一瞬之间完成庞大数据量计算的超高速计算机。

鉴于巨型机对科学技术研究的重要作用，一个国家拥有多少台巨型机，已成为反映该国科学技术研究最高水平的一个重要标志。在新技术革命时代的国际科技竞赛中，巨型机或比巨型机性能更高的超高速计算机的开发，已日益引起世界各大国的重视。

世界上最有名的巨型机企业是美国的克雷研究公司。该公司于七十年代前半期研制成功了世界上第一台巨型机“克雷—1号”，其后又陆续推出性能更高的新机种。迄今，世界各国使用的巨型机有一半以上是由克雷公司制造的。

据说在“克雷—1号”研制成功以后，美国政府以“国防上的理由”禁止该机两年内向任何国家输出。现在，该公司的产品虽然被允许向“西方盟国”输出，但为防止巨型机技术流往“共

产圈国家”而对输出严格加以控制和检查。

日本对巨型机的开发始于1975年，即刚好是“克雷—1号”发表的那一年。由于科研人员感到“从美国购买巨型机技术很困难”，而为了提高日本的科学技术研究水平又“必须要有能与克雷相匹敌的高速计算机”，这种担心技术封锁和惟恐科研落后的危机感刺激几家计算机大公司狠抓巨型机的开发。

此后经过8年，日立、富士通、日本电气先后开发成功不同型号的巨型机，已在运行中的日本国产巨型机达7台。1984年美国研究人员通过测试证明，日本制造的巨型机的部分性能已经超过克雷。

为了满足科技研究对于计算速度的几乎是无止境的要求，由日本通产省主持、六家计算机公司参加的“科学计算用超高速计算机”国家计划已从1982年开始实行，其目标是要在1989年研制成计算速度达每秒运算100亿次（即比目前的巨型机的速度还要快一、二个数量级）的超高速计算机。通产省和合伙公司为该计划提供2亿美元的研究经费。

俗话说“兵马未动，粮草先行”。在计算机技术中，元件是基础，元件要先行。迄今为止，计算机的换代都以元件的换代作为标志（例如真空管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机等），也说明了元件技术的进步是计算机技术进步的一个重要前提。现在，开发超高速计算机的关键，仍然在于开发超高速的元件，即通过采用新材料和新原理，研制在工作速度上大大超过目前的硅集成电路的新型集成电路。

作为新型高速集成电路的最有力的候补“选手”目前主要有三个。首先是约瑟夫逊结器件，它将可能达到极高的速度、极小的功耗。但是，由于是一种完全基于新材料、新原理的器件，很

难开发。(1983年底,对约瑟夫逊结技术已研究了将近20年、已耗资一亿美元的IBM公司,由于遇到设计困难等原因而决定大大缩减该项科研计划,实际上是撤退。)同时,约瑟夫逊结计算机即使研制成功,在使用上也较麻烦,需要浸泡在液态氮中,即在接近绝对零度的低温条件下工作。

其次,以砷化镓等化合物半导体为基本材料的高电子迁移率器件(HEMT),在速度方面可望接近约瑟夫逊结器件的水平,但其缺点是消耗电力较大。这种HEMT器件需要浸泡在液态氮中工作,比使用液态氮方便多了。

另一种器件也以砷化镓为材料,就称为砷化镓器件,它可以在通常温度下工作,但速度性能要比前两种器件差得多。由于其原理与目前的硅集成电路很相近,开发较顺利,将是实现实用化最早的一种高速集成电路。

除上述三个“选手”之外,还有光电子集成电路(它可说是向未来的光集成电路、光计算机发展的中间过渡阶段的产物)等等。总之,在集成电路领域,硅集成电路“一花独放”的局面将被多种集成电路争芳斗妍的局面所代替。

为开发超高速计算机,还需要进一步改进计算机的结构,尽量缩短元件之间和电路之间的距离,以利于提高工作速度。现在常见的巨型机的外形有的呈圆筒状,有的呈三角形,简直象抽象派大师的造型艺术作品,其缘故就是变着法儿要叫电子少跑路,少“受累”,好把工作效率提高上去。

正如人头脑发热宜睡冰袋,超高速计算机,由于“脑筋”转得飞快,“脑细胞”又挤得十分密集,这就必然产生一个如何把电路发生的热量散发出去的问题。因此,冷却技术也是实现超高速计算机的一项重要技术。

总之，由量变到质变，这是一切事物的客观规律。计算机的速度要从目前的巨型机每秒几亿次的水平进一步向每秒几十亿、几百亿次飞跃，这就不能不要求在以集成电路为核心的硬件技术方面实现“质变”性的新的突破，当然也要求在软件技术方面作出相应的改进。

在计算机技术包括的各领域中，日本人比较擅长的是硬件技术，特别是元器件技术，加之日本搞巨型机的企业都是实力雄厚的综合大企业，不象美国的巨型机企业均为中小型的风险企业，这些综合大企业再由日本政府加以协调、组织，搞联合开发，就更是“如虎添翼”，使美国人感到很大的威胁。但是，日本的弱点在于软件和应用技术比较落后，日本制造的巨型机虽然在某种性能上超过了美国克雷公司的产品，但其整机结构却完全是仿造“克雷—1号”的。1983年10月日本电电公社决定买克雷公司的“克雷XM—P”（“克雷—1号”的改良型）而不买日本的国产机，除考虑日美贸易摩擦问题以外，更重要的原因就在于考虑到如果买了克雷公司的机器，就可以自由使用该公司的软件。

## 在国际竞争中经受考验

日本在计算机领域的挑战，在美国、西欧等发达国家引起了强烈反响。1981年，当日本人在国际会议上提出开发第五代计算机的设想后，美国一些人工智能专家惊慌地说，日本人抄袭了美国人的研究计划。

原来，日本人在提出第五代机设想之前，曾化费了两年多时间对这个问题进行调查研究。由于日本人在作为第五代机的基础的人工智能研究方面缺少经验，于是邀请美国著名的人工智



能专家到日本来讲课。例如，麻省理工学院的萨门教授于1979年11月被邀请赴日访问，他热情满怀地为日本人介绍人工智能的研究情况，每天讲八、九个小时。事后，他得知听他演讲的正是制订日本第五代计算机规划的科学家。在日本人正式提出规划之后，萨门感到自己的意见几乎是逐字逐句地被写入日本人的规划中，惊呼“日本人的规划报告简直是萨门主义的翻版”！

另一位美国人工智能专家、斯坦福大学的非根堡教授说，1979年他对日本的三个星期的访问导致了日本人把规划重点放在知识工程和专家系统方面。

日本人似乎并不讳言他们从美国“借用”规划。“新一代计算机技术研究所”所长富知和广曾对非根堡教授说：“在人工智能方面，美国好比是成年人，日本好比已接近少年时代，而少年人必须向成年人学习，听取并尊重成年人的意见。”

日本吸取了美国这个成年人的意见，并抢在成年人的前面，果断地提出了大胆而冒险的第五代计算机开发计划，这使美国人大为震惊。在学术界的紧急呼吁和推动下，美国的官方、大学和民间企业互相结合，兵分几路，迅速开始了向新一代计算机的进军。

1983年，美国国防部开始实施“战略计算机生存计划”，该计划由国防部高等研究计划局主持，有企业界和大学参加，总投资额为10亿美元。其研究内容以军用超高智能计算机为中心，包括高性能器件、多处理机结构、人工智能、砷化镓晶片计算机、5000至10000单词连续发声识别、图象识别、超大规模知识库等。该计划的特点是，怀有在军事上对抗苏联，在经济上对抗日本的强烈意识，同时注意与其它开发计划避免重复。

同是在1983年，美国13家半导体、计算机公司出资出人组成