

关于“第五代计算机”的问题*

钱学森

目前大家在讨论所谓第五代计算机,国内外议论很多。我认为要解决的核心问题是:什么叫“第五代计算机”?下面只是讲讲我对这个问题的认识,并讲点开展这方面工作的初步意见。我的思路也许同大家有点不同,我想从思维科学的角度来谈这个问题,对不对头,请同志们评议。

巨型计算机

我想先易后难,从第四代计算机讲起,也就是从如何充分发挥现有的巨型机①(如“银河”号计算机)的功能说起,目的是开发计算机的科学应用。

现在的巨型机已经打破了冯·诺伊曼的格局,引入了并行运算。但是,如何充分运用它,还有问题。也就是说,我们还不会使用这种运算结构,计算机的潜力尚未得到充分发挥。国外类似的计算机,象Cray-1、Cyber-205,用户都不大会使用,多数不能充分发挥作用。这是个带共性的问题。我想这有四个方面的问题。

(一)关于非线性偏微分方程

我们知道,当偏微分方程是线性的时,它的解的性质是明确的。而对非线性偏微分方程来说有很多问题尚未解决。在这个问题上,我个人有点体会。在四十年代已经发现,因为非粘性气体的气动力学微分方程是非线性的,这种微分方程的解不是在所有的情况下都是存在的。有时虽然物体运动的速度是亚音速的,但当速度增大到一定的马赫数时,理想气体连续的解就好象不存在了^[1]。这是因为我们算不出解来,而形成的一种猜想。据我所知这个理论问题至今还没有解决。非线性偏微分方程的解是比较复杂的,而我们现在实际应用中,许多工程技术问题都涉及到非线性偏微分方程问题。下面就这一点谈三个问题。

关于非线性有限元的计算方法。我们知道,目前计算机解偏微分方程都是用有限元的方法。有限元分析方法用到解非线性偏微分方程上到底应该怎么办?这是目前正在研究的一个问题。比如,据我所知,北京工业学院的张相麟教授在研究这个问题^[2,3]。这是个重要问题,应该很好地研究。

关于多阶摄动的计算方法。即如果不用有限元分析方法,而用多阶摄动方法解非线性偏微分方程,在计算机上是用符号计算而不是用数字计算。在空气动力学中,这个方法是很有价值的,因为它得出的解不是某一个来流马赫数,即 M 数的解,而是其他 M 数的解也有了。这一方面也包括奇异摄动法。即摄动法中出现个小参数,是与最高阶偏微分方程结合的,这就有点麻烦。我们国家也有人研究这个问题^[4]。这个方面的工作从数学分析上已经有了,问题是如何将这种方法用到计算机上,用符号计算而不是数字计算。这个问题在我们国家还没有人研究。我曾经和中国空气动力研究与发展中心的张涵信同志交换过意见。他认为应该做这个工作,但这个问题相当大,要有一个计划,组织力量才能搞起来。

关于偏微分方程的性质。线性偏微分方程的解比较规矩,不大会出乱子,我们对此不必担心。在非线性的偏微分方程的解中,就如上面举的非粘性理想气体动力学的例子,常常会出乱子。在这种情况下,如果对解的性质事先没理解,就去算的话,算出的结果很可能不是真的。因此,在计算以前,我们对非线性偏微分方程的解的性质有所了解,即在什么情况下可能有特殊表现,从而我们要有所警惕,算的时候采取措施。这个问题涉及到微分几何、微分拓扑、微分流型这样一些数学领域。比如说,要解决前面我所提到的那个高临界 M 数问题,就要从研究解的性质入手。看来,这个问题在数学上已经有了准备,我知道的,核工业部的周毓麟同志从实际工作中注意到了这个问题^[5]。我觉得,不但要从数学的理论上去肯定有办法回答这个问题,而且要具体地把这个问题回答出来。这就是说,对非线性微分方程解的性质的分析也要用上计算机,由计算机来做出回答,就象用计算机来证明四色定理一样,因为由人来做这项工作可能太麻烦了。

*1984年8月3日在“国防科工委第五代计算机专家讨论会”上的发言

① 现在承担大运算量的计算机,每秒在千万次左右,中小型计算机,每秒在100万次以下,再小的是微机。这里讲的巨型机是比正常大运算量的计算机大得多的计算机,可以称mega-computer。

总的说来,从计算数学或者计算科学的角度出发,要用好现在的巨型机,特别是有并行运算的巨型机。也就是说人要学会聪明地用巨型机,就得人和机器结合好才行;不然的话,发挥不了机器的潜力,甚至得到错误的结果。为此,首先要解决并行计算的问题。此外还要研究三个问题:(1)非线性有限元的分析;(2)多阶摄动法;(3)对非线性偏微分方程解的性质,即对解存不存在,什么时候会出现特殊情况,要有预见性,而对预见性的分析也要上电子计算机。当然,还有机器软件、算题软件等问题也要研究。

在计算数学方面,我想到有这些问题必须解决。如果是这样的话,将来是不是要开专门讨论会研究这些问题?这要动员比现在多得多的科技人员来做这方面的工作。我们需要数学家的帮助。当然这也会开拓数学科学,促进数学科学的发展。关于这个问题,上海复旦大学谷超豪同志有篇文章^[6],他指出,数学科学的发展与计算机密切相关,我赞成这个观点。这个问题现在应该引起我们的重视。过去我们只是忙于制造机器,认为机器制造出来总是有用的,至于怎么用,是不大重视的。因此,机器虽然造出来了,但是还不会用。这个问题必须提到议事日程上来,这样才能充分发挥巨型机的作用。

(二)巨型机在新技术革命中的意义

以上讲的是现在已有的计算机如何充分发挥作用的问题,下面我要讲的是,现在的机器仅仅是打破了冯·诺伊曼的流水线单线运算,加上了并行运算。再发展下去,就是更大一些的巨型机。这个发展的意义也是很大的。美国现在是三家公司搞巨型机,公司的规模都很小,一家是 Cray Research 公司,出的机器叫 Cray-1,现在搞 Cray-XMP;另一家原是做 Cyber-205机器的CDC,从这家又分出个专做巨型机的ETA Systems 公司;第三家是新起来的,叫 Denelcor 公司,出的机器叫 HEP-1。总起来说,这些机器的运算速度是每秒几十兆浮点运算(M flops),这是现在的巨型机达到的水平。把它们用到工程技术上,如进行空气动力学的计算来代替风洞试验,用于进行涡轮叶片分析,代替涡轮叶片试验,等等。要完成这样的任务,现在的运算速度还偏低,上面讲的两种计算要有效的话,一次求解时间不得超过1分钟。这是指高技术(high technology)和尖端技术(hyper-technology)要用巨型机的计算分析来代替复杂而又昂贵的试验问题。美国《航空周刊》杂志1984年5月28日和6月4日两期上有文章专门讲这个问题。该刊分析认为,现在的巨型机销路不大,是因为目前这种机器的运算速度还不适应它所解决的问题,即速度还不够快。因此像 IBM 这样比较大的计算机公司不搞巨型机,认为利

润不大。上述三家公司都是比较小的,Cray-1到目前为止只卖了65台,ETA Systems 公司搞的 Cyber-205只销售25台,而 Denelcor 公司的 HEP-1只卖出4台。这就是说,美国现在的巨型机只卖了一百台左右。他们认为,如果在技术上没有重大突破的话,到1990年大概只能卖出400台。

要突破,就是要把现在的运算速度再大大提高。这可以是一种对第五代计算机的理解,即只是在并行运算上突破了冯·诺伊曼格局,这种理解实质上是对第四代计算机的进一步发展。这种计算机要真正能代替工程技术上耗费巨大的试验,其运算速度不是几十兆浮点运算,而是几千兆浮点运算。即把现在的运算速度提高几十倍至一百倍。我们可以接受对第五代计算机的这种理解,因为这样的计算机用于工程技术,总是比进行大型试验要省时、省钱。

这种对第五代计算机的认识,虽然仅仅是第四代计算机的发展,但问题也很大。除了上面讲的计算数学方面的问题以外,还有机器上的问题。我们的目的是要比现在的计算机运算速度快几十倍至一百倍,但是,从现在半导体器件的发展来看,运算的基频再提高恐怕有限。可以用砷化镓器件,但提高也只是几倍而已,不可能几十倍、上百倍地提高。虽然如此,我们也不能放弃这方面的努力,还要在这上面下功夫。但是,看起来更为可行的办法是增加并行运算器,现在的巨型机是2~4个并行运算器,美国人认为到八十年代后期会增加到8~16个,九十年代后期进一步加到60个或者更多。可是,我们现在连2~4个并行运算器的机器都还不大会用,将来要进一步增加那么多并行运算器,这个数学问题就更大。但是,又必须这样做,不这样做,运算速度不可能提高到实际应用所要求的那个量级。

(三)巨型计算机设计研究

另外还有一个专门设计的运算器,配备这种运算器的机器叫数据流计算机,适于搞矩阵运算。我最近看到美国有一家 FPS 公司(Floating Point Systems)搞了个广告说,它有一架机器,叫 FPS-164/MAX,这个机器实际上是专门搞矩阵运算的。据说找 1000×1000 的矩阵的因子,用这种机器大概只要一秒钟。假设是乘两个 10000×10000 矩阵要两个小时,已经做到300兆浮点运算。它宣传的这个机器虽然是300兆浮点运算,只卖100万美元,很便宜。但是你再往下看就明白,它是专长于干一件事的,即作矩阵运算。那么如果这样来考虑问题的话,我们认为还有另外的途径,就是用光学透镜的矩阵运算,这是大家都知道的,以前用过的;但以前光学透镜是用来进行模拟计算的,因而精度不高,有局限性。但现在我看到美国一刊物

上有一篇文章^[7]，讲光学透镜的数值式矩阵运算器，这已经在开始做了，那么，将来这个技术发展下去，那就是把光学透镜的矩阵运算，超高的速度跟数值计算的精度结合起来了，我觉得这也是一个方向。所以在并行运算里头，大概常常碰到的是大量的矩阵运算。矩阵的计算可以有专门的矩阵运算器。从更长远的发展来看，就是光学透镜的数值矩阵运算器，速度可以更高。

另外我觉得还要提一下，1977年在北京友谊宾馆讨论现在银河号机器的那个会上，我提过几个问题。在那个时候，大家都想着要搞银河号机，忙着搞机器，长远的问题来不及考虑，我提那几个问题可能太早了，但是现在我觉得我们要考虑这些问题。我们要认识到：现在电子计算机的发展比之于在五十年代电子计算机的发展有一个很大的不同，形象地说，可以是这么两句话，就是在以前是元件很贵，而导线是便宜的。现在呢？反过来了，元件很便宜，而“导线”是贵的了，导线怎么贵呢？因为导线长了以后，运算的速度就上不去，所以导线是件麻烦的事。我记得还看过一份材料，这个材料讲的不是象现在的银河号巨型机，是一般的大型计算机。它说它的元件到底占它的成本多少呢？很少的一部分，大量的成本是花在“导线”上，也就是机器的结构方面。这就提出一个很值得我们考虑的问题，即我们现在的设计思想是不是还沿袭了过去元件贵、导线便宜的那个时代的思想？而现在反过来了，是元件便宜“导线”贵。那就值得我们考虑，现在我们搞的结构设计，指导思想是不是有错误？

这就给我们提出了一个问题，就是机器的结构，几何布局是非常重要的。不久以前，我也看到一篇东西^[8]说，由于大规模集成电路的发展，一个片子上元件可以很多了。这样一来，其机器的结构就变了，缩短了信号传递的途径，因而加快了它的速度。那么，这就是说我们设计机器时也要考虑的拓扑结构和几何结构。这是一个很有意义的问题，是一个根本的改革，这问题很值得我们研究。

记得1977年我还提了一个问题，就是既然元件便宜了，那是不是可以考虑多用一些元件来提高计算机的速度，这可能不可能？因为过去是为了节省元件，我们设计了一套逻辑、运算结构，现在元件便宜了，能不能改呀？后来我知道电子工业部的罗沛霖同志做过一些这方面的工作，证明这是可以的。多用一点元件，速度可以增加。我听说中国科学院半导体研究所的王守觉同志也很重视这个问题，我觉得这个问题值得研究。象这样的一些问题，我提的还不全，都是属于我们进一步发展电子计算机方面的问题，也就是进一步提高运算的能力。在这方面，应该打破一些旧的

框框。

以上这些意见我曾经在1977年说过，今天我们的第一代巨型机已经做出来了，现在要考虑我们国家在第一代巨型机的基础上怎样再提高速度。我们必须从科学道理上来探讨这些问题，而不是盲目地向前跑。如果应该研究的话，我们是不是也应该开一个专门的讨论会？请各家都来，就机器本身的问题，充分讨论一下。

（四）巨型计算机的前途是进一步开发

现在，同志们是不是会提这样一个问题，说我怎么一股劲地要把计算的运算速度提高，说现在的机器还不行，还要提高几十倍到一百倍，今后是不是还会说一百倍也不够，还要提高呢？这到底有没有完？

这个概念有什么意义呢？一个意义，我刚才已经讲了，就是在高技术，或者尖端技术上，它是有意义的。今天在座的有些同志是搞核技术的，对核技术来讲，那是完全有意义的。核爆的技术要进一步发展，就需要更快的计算速度。

另外，这个概念还涉及到一个更广的领域，就是自然科学的研究领域。同志们都知道，现在的电子计算机已经用在自然科学研究领域里了。譬如说量子化学，用计算机计算分子结构，这就是所谓计算化学。再发展下去，有一种说法，就是很多化学反应不要做实验，而是用计算机算就行了，或者是实验很难做出来的那些东西，计算机可以算出来。再进一步发展，变成用计算机来设计具有一定性质的化学分子。要实现这一些，计算量当然是很大的。在天文研究上，大家都知道，过程一般是很慢的。人要等这个变化，几代人也看不见。怎么办呢？可以把这些过程在电子计算机上模拟，看看对不对。如果模拟出来了，那个理论就有根据了。现在已经把这个方法用来研究宇宙学。譬如说，在大爆炸理论中，爆炸以后，怎么会形成现在这样的不大均匀的宇宙，有的地方星、星系多一些，有的地方空一些？这是怎么形成的？等等。这样的问题也可以用电子计算机模拟，而且模拟的结果是很清楚的。

现在，其他方面的自然科学研究，象生态学的研究，也用电子计算机算。

这一些例子虽然说明电子计算机促进了自然科学的发展，但是不能说自然科学的发展离不开电子计算机。最近有一个戏剧性的例子^[9]，现在物理学上的一个根本问题，就是重力问题，也就是强作用力到底怎么理解？同志们可能都知道，物理学家已搞出一个理论的框架，就是所谓量子色动力学。不幸，量子色动力学非常复杂，比量子电动力学要复杂得多。所以，虽然理论框架有了，但是怎么用理论的框架来得出一

些结果,这个计算量大得受不了,没办法算。在1974年,那还是量子色动力学早期的时代,美国科学家肯尼斯·威尔逊(Kenneth Wilson)(他在1982年获得诺贝尔奖金)建议用四维点格法解决强相互作用的理论问题。也就是有限元化,把连续的场变成网格,然后就可以用蒙特卡罗法计算。

他的这个建议,在当时物理学界也不那么引起重视。到了前年,用别的方法实在不行了。我记得那时,在广州召开的基本粒子会议上很热烈地讨论了所谓网格法,到去年就实施了,但发现这个问题计算量很大,一般的计算机不行,所以物理学家变成了计算机的热心家,到处找大容量的计算机。那么,现在有一些初步的结果,觉得用电子计算机算,按威尔逊建议的四维空间网格法,很有希望。这对量子色动力学的一些特殊问题,例如,夸克的禁闭,都可以解释,以至于基本粒子方面的理论,如能不能把各种重子的质量都预见地算出来?现在认为可以,但是他们用Cray-1计算机,速度还不够大。现在,美国的理论物理学家联合研究这个问题,要求政府支持做一个计算机器(computer engine)的方案,用来解决量子色动力学问题。他们把计算机提到了解决物理学中基本问题的关键性的高度,没有计算机就无法进行下去了。

国防科工委科技委的程开甲同志认为,现在做高能加速器,已经到了做不下去的地步,问题是花费太大了。要做到更高的能量,一条途径,就是计算,不做实验了。我觉得这很有意义,就是说,不但是工程技术,就是自然科学、基础科学要进一步发展,超大型的电子计算机也是一个关键的项目。那么,这样就把工程技术、自然科学、科学技术综合起来了。结论就是在第四代计算机的基础上,不搞什么原则性的突破,只是把计算的能力再提高几十倍,一百倍,或者几百倍,这对于工程技术、自然科学、基础科学,都是有重大意义的,而且可能是关键性的。

我们要认真对待这个问题。假如是这样的话,那么,这方面的问题再加上计算数学方面、机器方面以及其他方面的问题,我们都应该认真地研究一下,来奠定我们国家今后巨型计算机的基本方针政策。这项工作显然是国家规模的。现在已经有了巨型计算机。是不是可以把所谓第五代计算机认做是第二代巨型计算机,是第四代计算机的进一步发展?这是对于什么是第五代计算机问题的一种答案。第五代计算机是什么?是第二代巨型计算机,它不包括其他电子计算机的工作,单抓巨型机和与巨型机有关的工作。

智能机

第五代计算机还有另外一种答案,就是我下面要

讲的。这另一种说法是爱德华·费根鲍姆(Edward A. Feigenbaum)和美国女作家帕梅拉·麦科达克(Pamela McCorduck)在他们合写的《第五代:人工智能和日本计算机对世界的挑战》一书中提出的。他们认为日本人说的第五代计算机是一次重要的计算机革命。这种计算机的功能、概念,都与前四代不一样。后来美国《商业周刊》说,如果日本人的机器搞出来了,那么,产生知识的重担,将从人的头脑转到机器。这句话当然不太确切。总而言之,这种第五代计算机的概念,跟我前面所描述的第五代计算机的概念是完全不一样的。

(一)新的内容:形象(直感)思维

日本人考虑的第五代计算机,有一些什么新的内容呢?一般说要在计算机上加图象信息处理系统,能够认识图象。还有知识信息处理系统、专家系统和知识库,最后,是把这些和机器的逻辑运算组织起来,成为一个体系。那么,我们从思维科学的角度来看这个问题,包括图象处理系统,知识信息处理系统,专家系统,都有一个特点,即这些东西实际上突破了单纯的逻辑思维,也就是抽象思维的框框,已经包含有形象(直感)思维的因素。我认为,从思维科学来看,形象(直感)思维是不同于逻辑思维的。它们要从逻辑思维、抽象思维中突破出来,这是一个很大的突破。从前的计算机,冯·诺伊曼格局,第一条就是逻辑运算。后来,到第四代,再到我们说的将来的第二代巨型计算机。那就把并行运算充分发展了,但是还没有突破以逻辑思维、逻辑推理为基础的这个原则。现在,日本人讲的图象处理系统、知识信息处理系统、专家系统。这些东西不一样了,不限于逻辑推理,而是更广阔了。广阔在哪里?就在于加入了人的经验的因素,我现在来讲一讲这个问题。

(二)模式识别

在过去十多年中研究得非常热烈的一个项目,是所谓模式识别。它是说识别一个图形,比如认字。人认字的本事是很大的,写得很潦草的字,“龙飞凤舞”的字,人也可以认出来。那么,用机器呢?就不行了。比如,外国图书馆有认字的机器,为盲人用的,认印刷字可以,能读出书来,盲人读我们看的书,就用这种机器。但是它只能认印刷体,书写体不行,或规定的几种印刷体之外的也不行。还有语音识别,比如两个人对话,尽管有不同的口音,又有文法错误。或加进了其他东西,但没有关系,两个人都可以听懂。但是用机器对话,简单的语言,如口令还可以,谈话这种语言要让机器去听,就不行,那会乱套的。国外的模式识别已经搞了十多年了,问题在哪里,我觉得就是原来研究模式识别,完全是用逻辑推理,就是用抽

象思维的方法。而实际上,人的模式识别,有形象思维,不光是逻辑推理。这里有经验的因素,就是人从经验上知道,哪些是不可能的,哪些是可能的,这样,就大大地简化了推理过程。当然,人的本事也是有一定范围的,在你的经验基础之上,是可以的。超出了经验的范围是不行的。比如认字,我常常收到别人一些来信,大致都可以念出来,但有的也认不出来,有些年轻人的字特别怪,把我难住了,怎么也认不出来,从上下文看,半天也不知道什么意思,这超出了我的经验范围之外,我没有办法了。又比如人听话,小孩学听话需要很长一段时间才能听懂。开始只能听懂简单的话,复杂的话就听不懂,这也是一个经验的积累过程。

我还听说国外研究模式识别的专家们,经过多年的努力,也碰壁了,模式识别搞不下去了。现在他们中有人对专家系统很感兴趣。那末,什么是专家系统呢?专家系统就是包括经验的因素。另外,最近对于语言学的研究有突破,提出了一些概念,说语言是以知识为基础的。我想,什么叫知识基础呢?就是人的经验。这两个信息,说明形象思维的重要性,因为在形象思维中,实践经验是一个要素。除上述事例外,还可以再举一个欣赏艺术作品的例子:没有学习、领会的过程,那是欣赏不了艺术的。所谓学习,是要有经验基础的,如果没有经验基础,那末形象思维也是空的。从前鲁迅说过,不同经历的人,是不会有同样的美的感觉的。所以,所谓形象(直感)思维,就是有经验的基础,不完全是个推理过程。

现在,日本人说的所谓第五代计算机包括的这些东西,都是包括了形象(直感)思维的,而且现在看起来,就是突破了纯粹的逻辑推理,要包括经验的因素。当然,所谓经验的因素,并不光是经验就行了,经验还必须跟推理结合起来,这才能起作用。这可以举一个例子,外国有一位心理学家,见到了一位边远干旱地区的农民。这个农民在这里种地已经好多年了,种了一辈子吧。他对于正常的年景,在干旱、高温的情况下,一亩地一年收成多少知道得很清楚,比如说百、八十斤吧。这是他根据经验知道的。那位心理学家去问他这个问题,他的回答很肯定。心理学家又问,“在外国有一个地方,也和这里一样的干旱,气温也差不多,假如在那里种地,一年亩产多少?”这农民说:“不知道,我没有在你那个地方种过地,我没有办法回答。”一再问,都回说“不知道”。这说明这位农民有种他那块地的经验,但是他不能推理,形不成形象思维。这一点在马希文同志的文章^[10]中也已指明。

(三)专家系统

什么叫突破了逻辑思维的框架?就是把经验的因

索引进去,这是非常重要的。所谓专家系统,就是专家的意见,只能告诉你这样做就对,你问它为什么,它说不清楚。这种事多得很。我从前在中国科技大学教书时,同学们问我,你在黑板上算积分题,怎么算得那么利索,你有什么诀窍?我说,这没法说,就是多练习嘛。说不出道理来,这就叫经验的因素。前面说过,这种经验必须和推理结合起来,才能起作用。

那末,怎么使经验的因素和逻辑推理结合起来?这是思维科学研究的大课题。现在,思维科学里头最大的一个问题,就是形象思维,好象一直说不清楚。现在觉得这同日本所谓的第五代计算机的一些发展联系起来,有启发。什么叫形象思维呢?就是突破了单纯的逻辑,把经验和推理结合起来了,突出的例子当然就是专家系统。专家系统就是专家根据他的经验,如果有一、二、三,那么就有九。你说为什么有一、二、三,就有九呢?它说这是根据经验得来的。你就照着办好啦,只要它在专家的经验范围之内,那就是对的。

北京有个老中医,肝病专家关幼波大夫。他的经验已经上了专家系统,做过测试,就是关大夫看病,计算机也看病,计算机开的处方让关大夫看,他说开得好,应该这样开。大概这个误差很小。那就是说,这个专家系统是成功的。

我们常常说,人才难得,找出伯乐更难。伯乐就是认识人才的人。可我说,真正懂行的人认识人才并不难。假设是搞我这行,我跟他谈15分钟,就摸到他的底了。用不着费多大劲,也不要考试,问一问就清楚了。这就是说,我在那个行业是认识人才的专家,另外一个行业我就不行了。这样的东西,是可以让计算机学会的。外国所谓的专家系统,就是搞这个东西的。

最近看到一篇文章^[11],介绍模态逻辑,这对我有启发。我认为模态逻辑就是把们常说的逻辑扩大一点,给它加入另外的因素,可以加进经验和判断。如果这些认识是对的话,那么我觉得好象有希望了。就是专家系统看来很神秘,现在不神秘,它就是人的实践经验加推理的结果。如果这个问题解决了,那就是解决了把计算机的使用扩大到模拟人的思维的范围,扩大到形象思维。

在思维科学领域还有一个叫做灵感思维。关于灵感思维。这实际上是人的潜意识,吸取了人脑子里所储存的其他的一些知识来处理问题。我们自己处在显意识,有意识的状态,但是不知道潜意识同时在一声不响地工作着,而忽然有了结果之后,它又以潜意识告诉我们的显意识,这个问题解决了,这是所谓灵感。但是,从我们刚才讲的经验与推理结合来看,这没有

什么神秘。它是说，我不是在一个专家系统，而是在很多个专家系统里，或是在更大的人知识库里面搜寻我们的结果。要紧的是经验和推理怎样结合。

我觉得，如果我们从所谓第五代计算机是象日本人所说的那样来理解的话，这就是一个根本问题。这才真正把冯·诺伊曼格局的两条都打破了，不光是打破一条“流水线单行运算”，而是把逻辑运算、推理运算这一条也打破了，就到了形象思维。把人的经验因素都加进去，那么这是一个大问题，决不是一天、两天能解决的。它不是追求什么高速度的问题，而是整个机器的结构还是搞不大清楚，机器结构还不清楚就不能去做机器。

(四) 知识库、知识工程

日本人的概念里还有一个知识库。知识库就是各个情报系统。人类的知识，现在都可以用各种方式储存起来，进行检索、存取，这也很了不起。我们从前学东西靠脑子记，要是记不住内容，至少也得记住线索，好去查找。如果你一点概念都没有，那知识的存在跟你没关系。现在有一个知识库，一个情报体系，这就不一样了，所有的知识都可以存起来，受你的指挥，给你接通，供你使用。这是前几年讲过的问题，这可了不起。我们从前，学者一辈子是靠记的，头发都白了，还在那啃书呢！叫做“皓首穷经”。书之多是“汗牛充栋”。这是形容知识之多，而人去吸取这些知识的能力是有限的。但是现在不一样了，有情报的检索体系、情报的传递体系，在一个地点，你要查任何情报都可以查到。

把那些图象、信息处理系统、知识信息处理系统、专家系统，再加上知识库都结合起来，这样一个体系的前途是很使人振奋的，就是人的脑子一下子扩大到这么大的范围，不光是我个人的经验，而且其他人的经验，都可以吸收进来。不光是脑子记得住的东西，脑子记不住的东西，所有的知识都可以进入到这个体系。这使人的智力，不知道要提高多少倍。我认为这就是所谓知识工程，知识的运用成了一种应用工程技术了。我觉得这样一个概念是非常重要的，我认为再把这个概念叫做第五代计算机，或者第六代计算机，就不那么合适了，因为它不是一个计算机了，而是一个智能机，所以我建议为了不要混淆起见，就干脆叫做第一代智能机。这项工作当然不同于其他人工智能的工作，如机器人等方面。

这样，我就提出了两个概念，所谓的第五代计算机就分成两个叉，一个是第二代巨型计算机，一个是第一代智能机。这是两个不同的概念。

(五) 智能机的研究

如果刚才我说的第一代智能机的概念可以考虑的

话，就要进一步地研究这样一些问题：第一个是知识库问题。知识库问题在我们国家也有些单位在研究，比如说国防科工委的情报资料所，就做了一些初步的工作。但是我觉得这里的问题还不少，比如说现在知识库怎么联成网检索，这在我们国家还是个问题。还有汉字的输入问题，现在争议也很多，有各种方案。这需要统一，如果这么乱下去，将来就要误事了，都不能通用。我觉得这个问题不能再拖了，得由国家来定。将来智能机要和知识库连接起来，检索的速度要求非常高，现在的检索速度太低了，不适应。整个人类的知识，要扫描一遍，把我提取出来，所要求的速度比现在的检索速度高得多。知识库问题就这样说一下，将来要有专门的会议来讨论。第二个问题是文字、语言的识别系统，这要认真的做。第三个问题是专家系统，这是我们组成智能机的根本东西。

以上这两个方面同志们已经注意了，我就不在此多说。当然，做智能机最主要的核心问题，还是怎么样把上面说的这些部件，跟计算机的逻辑推理运算结合起来，成为一个完整的体系，比如说专家系统，不是一个专家，而是好多专家共同的经验的汇总，怎样使用的问题也要研究。所以这里至少有四个方面的问题：知识库问题，文字语言问题，专家系统问题，最后一个是怎么把这几方面的问题结合成一个系统、一个整体的问题。这个问题当然很大，所以有人说日本人的这个计划，十年也不见得能实现。但是我认为，这是一件大事，如果说电子计算机的出现是一项技术革命，那么智能机的出现也将是一次技术革命，所以我们要第一，看到它的意义，一定要把第一代智能机搞出来，这是了不起的事情。但第二，又切不可鲁莽从事，犯欲速不达的错误。

对今后工作的几点认识

在前面我们已经讲了智能机的出现将是一次技术革命，我还认为智能机或叫智能机的体系，才是现在说的所谓信息社会，或者用我的话说是第五次产业革命的核心问题。因为我们要是没有这个机器，在信息社会，我们的工作量大到使我们无法工作的地步。我们领导决策，都要有一个庞大的智囊团，将来它会庞大到光靠人力难以工作的程度，没有一个智能机来代劳，恐怕不行。那么，智能机发展下去也会有第一代、第二代、第三代、第四代智能机，那会变成国家智力的一个重要组成部分。领导要靠这样的智能机体系，作为他的工具、他的参谋。当然这样的机器不是代替人，它不可能代替领导的决策作用，机器仅仅是个参谋，这也是明确的，但是没有这个好参谋，再高明的领导也难以工作。

最近一期《哲学研究》有一篇讲领导决策的文章^[12]，它描述了现代化决策的进程，说各级领导都要有决策的参谋机构。所以，如果从这样一个角度来看问题的话，智能机就是一个非同小可的问题，这是一件国家大事。

(一)智能机和巨型机是尖端科学技术

前面我讲的这些问题，无论是第二代巨型计算机，还是第一代智能机，看起来都是国家的大事。这么大的科学技术任务，的确是尖端科学技术，是两大项尖端科学技术。国家要组织攻关，不但要打好有关科学技术的基础，要研制出机器，而且一旦研制成功，必定有需求，得投入小量生产。现在，在我们实行对外开放的条件下，我们要充分开展国际交流和协作活动，比如说我们是否参加一些外国搞的第五代计算机的工作？他们现在搞国际性的协作，他们会欢迎我们去参加，中国人聪明，能干嘛！我们也可以从国际交流和协作当中吸取一切可以利用的东西。但也要清醒地认识到：既然是尖端科学技术，它就象原子弹、氢弹、洲际导弹，我们一定要独立自主，下苦功夫建立必要的基础。

(二)规划、计划问题

当然，我们自己内部也要大力协同。以前我们国家搞尖端科学技术是周恩来同志直接领导的，成功的经验就是大力协同。因为这是国家规模的事情，所以要动员数学家、心理学家、物理学家、电子学家、光学家、计算机科学家，电子计算机的技术专家，以及思维科学家，结成一个很广泛的集体，严密的集体，说干就真干，无论是第二代巨型计算机或者第一代智能机，都能搞出来。但既然是尖端科学技术，那就要按我们国家近三十年来搞尖端科学技术的成功经验来办事：统一规划计划，分预先研究、型号研制和定型生产三个阶段来安排全部工作。具体到我们的工作那就要硬件和软件工作结合再也不能分家去搞了。巨型计算机，即第二代巨型计算机比较成熟，可以通过论证，在一段时间后立即开始研制，但同时一定要突击解决并行运算的科学技术。也要安排前面讲到的数学或者计算数学问题，硬件和机系结构问题的研究。至于第一代智能机，根据前面讲的情况，现在还不成熟，只能是预研，但因为很重要，要认真安排课题。我想这些都需要安排专门的会议讨论。

(三)哲学问题

最后，还有一个问题，就是我们这样说，是不是

又会引起哲学家们的担心，说是什么智能机呀，什么代替人的劳动呀，是不是在搞机械唯物论，搞唯心论啦？

我觉得这种担心是不必要的。机器不可能完全代替人。所谓智能机，顶多是干那些它叫它干的事，它只能够代替人脑的一部分工作，只不过是一个好的“参谋”。最后的决策还在人。

从认识论的角度来看，那更是如此。第一代、第二代、第三代、第四代计算机，现在是第五代，将来第六代，再发展下去，计算机无非是应用科学的规律而已。要是没有科学规律，人也没有办法。而人认识到的科学规律仅仅是自然界的一小部分，还有大部分是不认识的。而这一大部分不认识的，还是靠人不断的实践去认识，还要靠专家系统才能把它们吸收到智能机里来。再经过若干年，这一些经验的东西上升到科学的理论，那又可以进入到计算机的领域里去了。但是，还有许多人还没有取得的经验，机器是无法吸收进去的。所以，人不会被机器所代替，人还是人，人还是机器的主人。

我认为这里提到的哲学问题是重要的，值得搞清楚。我们以前搞工程技术，大概很少涉及到人的精神的问题，涉及的对象都是物质的。但是，刚才说的第二代、第三代巨型计算机，第一代、第二代智能机等，这些东西都跟人的思维有关系，都涉及到精神与物质的问题。所以，我们搞这些工作的同志，也要对哲学问题下些功夫。我们对马克思主义哲学的基本原理，辩证唯物主义，历史唯物主义，还得有一些基本的知识。这样，我们在工作当中可以避免出差错。

[1] 郭永怀,《郭永怀文集》,科学出版社(1982) 22

[2] 张相麟,杨楚泉,《兵工学报》,1(1982) 33

[3] 张相麟,《对待新的技术革命》,国防工业出版社(1984)

[4] 苏煜城,《奇异摄动中的边界层校正方法》,上海科学技术出版社(1983)

[5] 周毓麟,符鸿源,《数学物理学报》,1,2(1981)156

[6] 谷超豪,《百科知识》,6(1984) 42

[7] Caulfield H. J. et al., *Laser Focus*, 11(1983) 100

[8] Blogett A. J. Jr., *Scientific American*, 249, 1(1983) 86

[9] Wallace D., *New Scientist*, 100(1983) 668

[10] 马希文,《自然杂志》,7(1984) 409

[11] 王元元,《自然杂志》,7(1984) 446

[12] 玄析,《哲学研究》,7(1984) 1

杨振宁-米尔斯场学术会议在北京举行

杨振宁-米尔斯场学术会议于1984年12月21日至23日在北京举行。杨振宁、米尔斯、严济慈、周培源、钱三强、王淦昌和彭桓武等200余人出席了开幕式，中国科学院副院长、会议组织委员会主席周光召主持了开幕式。

30年前，在 *Phys. Rev.* 上发表了一篇对今后粒子物理理论有深远影响的论文，这便是杨振宁和米尔斯(Mills, 现任美国俄亥俄州立大学教授)合作提出的非阿贝尔规范场理论，即现在通称的“杨-Mills场”理论。这理论是完美的数学形式与深刻的物理思想相结合的典范，它把电磁场这一阿贝尔规范场推广到了非阿贝尔的情况^①。30年来，在这一理论的基础上，又提出了弱电统一理论(已被实验证实)、强相互作用的QCD理论和引力的规范理论等，这充分表明了“杨-Mills场”理论的科学价值和巨大的生命力。

这次会议大的学术报告共有14个：侯伯宇的“规范场的对称与守恒——Noether与拓扑荷”；王佩的“自对偶场——米尔斯场——静轴对称情形与超对称情形”；高崇寿的“电磁统一理论及有关问题”；卞宇平的“QCD作为强作用理论的讨论”；黄涛的“微扰QCD和非微扰QCD的统一方法”；杜东生的“大统一和超

对称大统一”；郭硕鸿的“格点规范理论”；阎沐霖的“二维依辛希格斯系统”；汤拒非的“磁单极子及其对重子数不守恒过程的催化作用”；段一士的“引力规范理论”；汪容的“量子规范理论1_{PI}顶角生成泛函发散部分 $\tilde{T}^{\text{div}}_{11}(S^n)$ 的一般形式”；郭汉英的“关于规范理论的拓扑研究”；葛墨林的“杨-米尔斯方程、相关子方程和隐藏对称代数及其推广”；胡和生的“有质量规范场与调和映照的某些不存在性定理”。他们的报告为30年来“杨-Mills场”理论对粒子物理理论所产生的巨大影响，以及它本身的成就等等提供了一幅生动的画卷。

会议期间，记者拜访了老朋友杨振宁教授，又结识了新朋友米尔斯教授，他们对《自然杂志》表示了极大的关怀和支持。

会议中，杨振宁教授作了多次饶有风趣而富有哲理的讲话，还特地安排出时间和研究生们进行了座谈。

(本刊记者 李顺祺)

①有关内容，请阅本期《量子场论的建立和发展》一文。

编后

本刊曾在去年第7期上发表了介绍第五代计算机的文章。究竟什么是“第五代计算机”，钱学森同志在《关于“第五代计算机”的问题》一文中，从思维科学的角度提出了新的观点。文章论据充分，具有独到见解，值得科学工作者一读。

量子场论是描述无穷多自由度体系的物理理论，目前它已被广泛应用到近代物理诸领域中去。《量子场论的建立和发展》一文，对近三十年来量子场论的发展作了详述。

在低温、强磁场下发现量子霍尔效应和分数量子霍尔效应，还是近几年的事。这些发现不仅对于基础研究，而且在应用上也都具有相当的价值。因而近年来发展极快，每年都有实质性的进展。《量子霍尔效应》一文，对此作了介绍。

《聚合物中新的导电机理》一文，以聚乙炔为例，介绍了新颖有机聚合物的一种导电机理，孤子是其导

电的载流子。这种崭新概念的确立，展现了凝聚态物理发展之一斑。本文是上篇，下篇《聚合物中孤子的特性》将于下一期刊载，它将进一步阐发孤子的一些内禀属性。

计算机在系统结构方面的“并行化”发展趋势，必然引起数值分析算法的“并行化”，异步并行算法就是因此而发展起来的。《异步并行算法展望》一文对这类新的并行算法作了较详细的介绍。

现代科学技术的迅猛发展，各学科之间的相互交叉渗透，不断产生新的边缘科学。人-机-环境系统工程就是在这种情况下应运而生的。陈信教授等撰写的《人-机-环境系统工程概论》一文，对这一学科的提出、研究范围以及与其他学科之间的关系和区别作了概括的介绍，使读者对此能有一个概略的了解。

《多层递阶预报方法及其应用》一文，介绍了作者近年在系统预报方面所作出的重要科研成果。这种预报方法应用广泛，效果显著，值得推广。