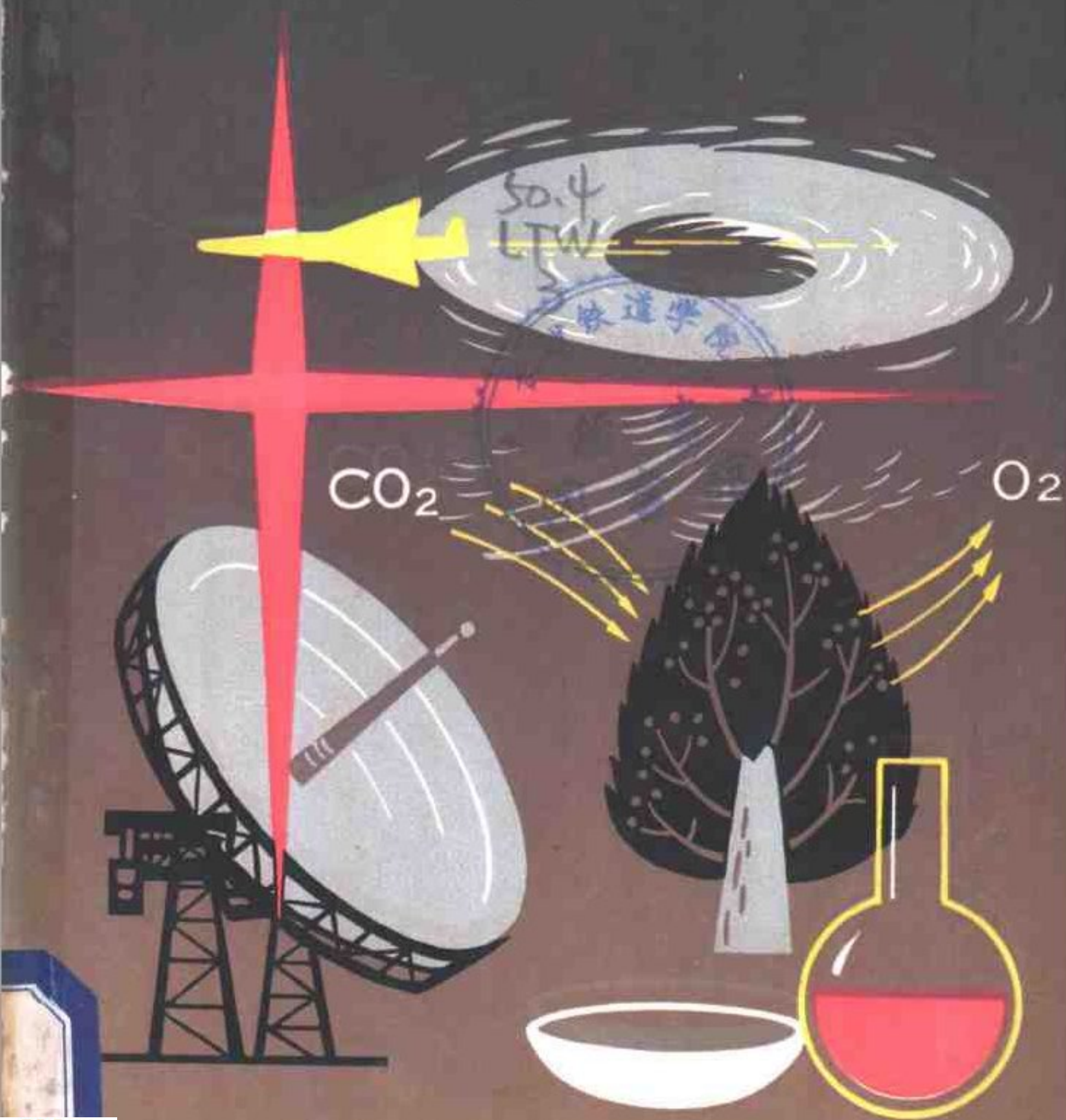


科学的探索

3

(物理学、化学、地学)

274443



科学的探索

(第三辑：物理学、化学、地学)

黄有斐 周邦新等译

上海科学技术出版社

出版说明

本书选译自苏联陆续出版的《Будущее науки》丛刊,其内容反映各科学学科的发展动态和方向。撰稿人包括苏联和其他国家的学者和专家。

现选择其中一部份,分三辑出版,译时略有删节。

科学的探索

(第三辑:物理学、化学、地学)

黄有斐 周邦新等译

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 无锡县人民印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 5 字数 106,000

1960年8月第1版 1960年8月第1次印刷

印数 1—10,000

书号: 13119·853 定价: (科三) 0.43元

目 录

一、人和电子计算机的联系问题.....	1
二、信息科学的未来.....	21
三、固体电子学.....	35
四、宏观和微观对称宇宙.....	51
五、生物催化作用的今天和明天.....	63
六、未来化学发展的若干方面.....	79
七、人类生态学——解决“人与自然”问题的新途径.....	102
八、天气预报与气候改造.....	124
九、外大气层研究.....	144

人和电子计算机的联系问题

尼·潘·布斯连科*

弗·尼·布斯连科**

我们正在经历一个科学技术革命的时代，它的重要特点之一就是电子计算技术发展异常迅猛和实际运用电子计算机范围飞速扩大。最近二十年中计算技术走过了从五十年代的那种笨重的原始的电子计算机(第一代电子计算机)到现代功能强大的第三和第四代计算机的道路。

第一代电子计算机是用电子管制造的，每秒钟只能运算几千次。它们的存贮装置容量也不很大；在电子计算机存贮器中存贮课题的原始数据和解题的中间结果，要花很多劳动和有相当的技能。电子计算机的可靠性、连续性和计算过程的稳定性均不能完全满足实际的需要。为了安装这种电子计算机，需要好几座数百平方米面积的专用大厅，并配有强大的动力装置、电缆管道和冷却设备。

现代电子计算机是用小巧细致的半导体微型电路(集成电路)制造的，每秒钟能运算几百万次。多处理机计算系统的运算速度可达到每秒1~2亿次以上。存贮器可存贮相当于几

-
- 数学家，苏联科学院通讯院士，复杂系统和机器模拟理论专家，莫斯科物理技术学院大型系统教研室主任。
 - • 工程经济学家，电子计算机和自动化控制系统软件专家。

百万页印刷文字的大量信息（比如苏联大百科全书全集约计五万页）。在提高电子计算机工作可靠性和稳定性方面，以及在减低所需能量和缩小设备体积方面已取得重大的效果。

电子计算机在实际应用上也有了很大的发展。最初电子计算机仅作为一种快速计算器出现，它的主要优点被认为能在短时间内解算出需要大量算术运算的课题。在进行现代飞机的空气动力计算、测定建筑物的强度、计算人造地球卫星和星际飞船的轨道时，电子计算机一小时进行的计算工作可顶替几千个有经验的计算员用电动四则运算器或键盘自动机很多个月的劳动。

虽然工作的速度是电子计算机最重要的特点，并且提高运算速度是发展计算技术的主要方向之一，但是电子计算机的另一些性能已被逐渐提到首要地位：具备大容量的记忆存贮系统，用程序控制计算过程。为了着重说明后一种情况的重要性，我们将发现，用人工计算复杂的题目存在一个很难克服的主要困难，这就是，如何组织许多计算员协同行动，使他们按照程序来执行统一“指挥者”的指示，即按照“指挥者”在其存贮系统中所要求的计算程序来协同行动。

进行程序控制可“教会”电子计算机解决技术和国民经济、实验物理学和理论物理学、数学经济学等各个领域中非常复杂的课题，即找出某一工作参数最适宜的配合、进行这一工作的最佳条件，从而保证设备的最大生产率或人力和物力最低的消耗。

但是即使是电子计算机完全掌握形式逻辑运算，并开始表现出最简单的智能（例如从许多解答方案中按某种标准选择最优方案），对实践来说它只不过是一种大功率的计算器而

已,而计算中心则是一种高生产率的计算工厂。

在许多其他学者深刻的控制论和数学思想影响下,开始了对电子计算机的“非算术”应用的研究,看来,这是认识电子计算机对现代科学技术的意义及其对人类社会影响的转折点。正是非算术的方向发展成独立学科——机器数学,其方法渗透到人类活动的一切领域并促进电子计算机在工业和医学、星际航行学和建筑学、经济学和音乐、商业和农业上的应用。现在电子计算机能预报天气和调度街道交通,驾驶地下铁道的列车和航空运输轧票,下棋和控制化学反应器。电子计算机从事的“职业”在不断增加。

如果说蒸汽机给人体力劳动的机械化打下了基础,那么电子计算机正在为自动化进入属于人们智力活动的传统领域开辟道路。

我们将发现,体力劳动机械化所引起的技术进步不仅涉及技术专业,或者与之相近专业的人们,而且也涉及同技术关系不大的行业(如艺术工作者),即使在这些行业也很少有人不会使用或操纵如无线电收音机、电视机、冰箱、电梯、汽车等等那样结构复杂的技术进步的产物。所以能达到这种结果,不仅仅是由于人们的技术文化水平的提高,而且也由于采取了专门措施,使电视机、电梯以及冰箱操作简便,这样即使没有受过电子、电动机或冷却技术专门训练的人,也易于使用。

随着电子计算机的改进,它的计算和逻辑能力的扩大以及新的机器数学方法的研究,电子计算机(第一和第二代)逐渐担负起人最简单的智力功能——常规的计算工作。在这一时期,用电子计算机解题的程序由下列基本步骤组成:

- 1) 提出问题;

- 2) 形式化;
- 3) 制定数学模型;
- 4) 准确地列出题目图框;
- 5) 选择(或制订新的)解题方法;
- 6) 列出解题算法;
- 7) 编制程序(算法语言转换成电子计算机运算的内部语言);
- 8) 程序和原始数据输入电子计算机;
- 9) 解题;
- 10) 解题结果的得出;
- 11) 所得结果的分析;
- 12) 解题结果的应用解释。

第1~7项以及第11和12项工作由人用手工完成。第1和12项属于使用者,即直接需要解题结果者的工作职责。第2~6和第11项由机器数学专家来完成(第2项通常与使用者共同完成),而第7项工作则须有了解该电子计算机程序设计的程序员参加。

使用电子计算机的人(程序设计员)备有一叠穿孔卡片或一卷穿孔纸带,带内有解题程序和一切必需的原始数据。电子计算机用以解题的工作时间(机器时间)由两部分组成,1)解题本身所需的时间(电子计算机的主要部分,即通常所包括的运算器、存贮器、控制器用来完成计算程序的时间),2)信息的输入输出时间。

运用电子计算机的实际情况没有给人造成完全和谐的印象,亦未能令人感到特别乐观。它存在很多矛盾和漏洞。事实上电子计算机每秒钟能进行几千次甚至几百万次运算,而

解题过程,从提出问题到取得结果,要持续几个月,而有时要拖延几年。最不愉快的情况是,这种状态不能用提高电子计算机工作的速度来改善。机器时间所占的份额不多于几小时(几十小时是不常有的)。时间消耗的主要部分是花在手工作业上,即用于电子计算机解题的准备工作上(第2~7项)。

我们还发现,机器时间分配不合理。信息输入输出的电力机械装置工作缓慢,因此高速的(贵重的)电子运算系统有一半以上时间处于停工状态(有时运算系统的有效工作时间只有百分之几)。

上面提到的状况使得运用电子计算机来解决实际问题不一定总是充分有效和经济上合适的。如果在研究过程中或设计方案时突然出现紧急问题,而对这些问题又没有事先准备好的程序,这时就很难用电子计算机来解决。

有效地利用电子计算机的快速运算能力只能对那些任务才适用,即输入原始数据和得出解答结果耗用时间少而又要求进行大量运算的任务。实际上运用电子计算机的范围,要比起初想象的明显地狭窄得多。

必须承认,在这一时期从事电子计算机领域研究及其实际运用的科学工作者和工程师中间,产生了明显的怀疑,从一个极端摇摆到另一个极端。对计算机发展的方向和前途,对某些研究方向的现实性等不时发生激烈的争论。这些问题并不是那些传统的问题,亦非现有的数学和电子学发展水平所能自然而然解决的。要使计算机进一步发展,势必要打破已形成的概念和克服各种心理障碍。

让我们以数学中的计算方法为例,几百年来为了适合手工计算发展了一些方法和理论,这些方法和理论都是尽量减

少解题的运算次数，如用较复杂的运算来代替加法和乘法，使用专门函数表（如对数函数、三角函数等等）。然而突然发现，电子计算机“不喜欢”加法和乘法以外的运算，它宁愿多乘几次也不愿以乘方来代替，对表格尤其厌恶。电子计算机宁可每次进行大量运算来计算正弦或正切值（如把函数分解成幂级数），也不愿在自己的存贮器里保存这些函数表格以便在计算过程中使用，哪怕要运算的次数非常大也无妨。现代电子计算机每秒钟能完成数百万次运算，但不是随便什么样的运算都能进行，而只是计算机指令系统所规定的那些运算。而如何把可能在实践中产生的课题排成可运算的数列，这不是电子计算机的事。这件事让数学家去思考吧！诚然，电子计算机指令系统不光只有数字加法和乘法运算，它还拥有颇大的逻辑运算的能力（比较、条件转移、析取和合取等等），以及专门的“纯机器的”运算：鉴别数值部分、将其转存到另一个存贮单元中去、周期循环、控制某些数位、处理数组等。然而这不意味着问题已经解决了。数学家不是随时对任何产生的问题都立即给予回答的。

类似的情况也在形式化和制定数学模型中出现。如果有实际问题要解答，首先必须列出包括已知值与未知值的方程。这个规则从中学生到院士都知道。即使方程式不是很简单，那也不一定应是代数方程。谁也不会反对比较复杂的方程：如三角方程、指数方程或对数方程、微分方程、积分方程和一般任何函数方程！解这些方程的方法虽然复杂，但数学科学能解算。万不得已时总是可以求得一种近似的方程解（如逐次逼近法）并具有任何给定的准确度。要知道电子计算机能迅速完成大量运算！

这里所谈的一切表面上是正确的，并且不会引起不同的意见。然而实际上……既然我们拥有象电子计算机那样强有力的计算手段，就不希望在实践中局限于约略的计算。技术的发展要求大大提高工程方案的精确性！为了设计现代飞机，需要的不是线性计算，甚至也不是平面计算，而是空间空气动力学计算，并考虑到运动、湍流的多变条件和环流界限内产生的其他特点。用静力学方法计算水利工程建筑物是不够的，运用这种方法将使我们规定过高的安全系数，这造成建筑材料和时间的浪费。应当采用新的动力学方法，它可以保证建筑工程达到所要求的经济和质量指标。

用数学方法来计划国民经济已经不能满足实践的需要，因为这种方法只能解决小范围的问题。国民经济的相互关系越来越复杂了（企业和工业各部门的专业化、协作化），使计划保持平衡的要求提高了，问题所涉及的因素大大增加了。

然而，电子计算机尚不适应解决这些新条件下的问题。多维动态课题要求极大的存贮能力来存贮原始数据和计算的中间结果，且快速运算实际上也没有足够的能力做到这些。电子计算机快速运算和存贮容量的增加与实际课题的日益复杂化之间的竞赛，正在形成不利于电子计算机的局面。

而原子反应堆的情况如何呢？现代的基本粒子加速器、功率强大的星际火箭飞船、测定行星和跟踪地球人造卫星雷达站的命运怎样呢？如何对付化学动力学、生物物理学、数学地质学和大量其他新的学科方向和技术领域的课题。要知道到目前为止在这些方面远非所有方程都已列出。古典科学使我们懂得，对一些复杂现象的数学描述即使由著名专家进行也要持续几十年。当然，生活在前进。数学方法正在渗透到人

类越来越广阔的活动范围中去，许多学科正在数学化。现在由几十个乃至几百个合作者组成的有才能的科学家集体在进行工作，而不是天才的个人。但是即使考虑到这些变化，要编制数学模型，以使用电子计算机解答现代科学技术的问题，也要求很多月甚至数年的时间。

程序设计领域的情况也没有好多少。这种看来似乎是简单的循规蹈矩的操作也需要大量时间。解决复杂课题的程序包含有几千甚至几万个指令，而有经验的程序设计员一个工作日只能“制作”若干条指令。把复杂课题的程序设计交给一个由程序设计员组成的大班子，实际上是不可能的——谁也不能作到把由不同的程序设计员准备好的程序的各个部分统一在一起。如果是只由几个人组成的小班子，那倒是可能的。为某个电子计算机准备好的程序，一般地说，不仅对其他型号的计算机不适用，而且对同一型号的其他机子也不适用，如果设备、标准程序和软件等不符合配套的相应条件的話。

要克服这些困难，首先必须在机器数学领域中取得实质性的突破，并要开辟计算技术的新道路。

对电子计算机非算术应用的研究表明，计算机可以做比一般算法更复杂的“智能”工作，只要这项工作能简化成可通过计算机运算表示的形式程序数列。在计算机其他非算术应用中间（从一种语言译成另一种语言的机器翻译、模式识别、复杂系统的模拟、实际项目和过程的控制等等）由机器编制课题程序占重要地位。

上面我们已经指出，可以把程序设计看作是将课题从算法语言翻译成电子计算机指令（操作）的内部语言。翻译的过程就是把计算机的全部操作过程用连续的算法程序表示出

来，因此完全是一种形式性质。由于各科研单位进行了多年的理论研究和实验，已经创造出专门的算法语言，可以用来表示要用计算机解答的题目，这对以后机器程序设计来说极为方便。现在广泛使用的通用算法语言有：ALGOL、PL-1、FORTRAN（主要用于工程计算），用于处理经济情报的语言——COBOL、ALGEC，用于机器模拟的语言——SIMSCRIPT、SLANG 等。

题目用算法语言记录下来后输入计算机，并且按专门程序（被叫作译码机）翻译（转换）成计算机运算的语言。结果我们可以得到（用穿孔卡片和穿孔带）准备好的程序，可以把它放入计算机用来解题。

算法语言的选择不在于打算用哪种机解题，而更多地取决于问题的种类（所谓面向问题的语言）。因此在某一领域工作的机器数学家，一般地说，只要精通一种本领域最广泛应用的算法语言就够了。算法语言比用于某种计算机的那些人工程序设计规则容易学会。用这种算法语言记录下的课题可以转换成用于任何计算机，要是有了相应的译码机的话（对各种型号的计算机每种语言需要用专用的译码机）。

使程序设计自动化的这些手段（算法语言、译码机等）可以大大减少计算机解题的准备时间——其主要意义就在于此。此外，广泛运用程序设计自动化手段，可使使用者与计算机之间的一个中间环节，即“程序设计员”，逐渐被淘汰。如果广大的使用者具有一般高等工科教育的数学知识，并且能独立掌握算法语言，那么第二个中间环节——“机器数学家”将来也可能淘汰。那时使用者将直接与计算机交往。学校的教学大纲应尽快增加用机器解答技术问题的最普及的方法，那

么人机直接联系将更快地变成现实，而机器解题的方法对大学生来说将是相当普通而容易掌握的。很自然，这要求进一步发展机器数学和完善专家的培养工作。但是今天已经有数千名这样的工程师，他们不仅能按自己范围比较窄的专业向计算机提出课题，而且能使它形式化，制作相应的数学模型，制订解答方法，能用算法语言记下课题，用计算机来解决并分析解答结果。

另一方面，对机器数学家来说始终存在相当广阔的活动领域。无论什么时候未必会发现不再需要创造新的、更完善的用计算机解题的方法，以及对有关计算机渗透到人活动的新领域中去的研究可以停止了。

我们也应看到，除了现在和最近几年中能够直接使用电子计算机的工程师外，还有大量需要应用计算机的使用者，要求后者掌握算法语言（至少是其现代的方式），特别是掌握课题的形式化和算法化的方法，未必是可行的和实际上适当的，而使用者的数量将随着计算机实际应用范围的扩大而增加。

第三代电子计算机的出现应当认为是计算技术发展的最重大事件。

自然，改用新元件（集成电路）有助于改进计算机装置的质量，提高其可靠性和快速运算能力，缩小体积，减少能量消耗等等。但是第三代计算机的意义不仅仅于此，它与第一和第二代机的主要区别在于，采用了原则上新的计算过程结构，大大地促进了人与计算机之间的直接联系。

第三代电子计算机不但可以处理数字信息，还能处理字母-数字信息。非常清楚，对字母、词、句子、文章进行加工处理，正在为人机间交流内容丰富的通信创造更广泛的条件。我

们将发现，处理文章的能力将能更好地组织和整理要进入计算机的文件，并借助计算机自动地编制出新的文件。

人与第三代电子计算机联系过程大大地简化了，这主要表现在下列三个方面。

第一方面与创造多路输入输出信息的技术手段有关。如果在第一和第二代机中我们主要由穿孔卡片输入信息，那么在第三代机中，除此以外，还可利用输入信息的一系列其他方法。直接从通讯通道把信息输入计算机是其中最重要的方法，通讯通道可以由远距离(几百和几千公里)的对象用普通电报电话通讯线路传送资料。

此外，“自动阅读装置”得到推广，它能够阅读印刷的、打字的或手写的文本，并以很快速度(每秒500个字符以上)将其输入计算机。把数据输入计算机最普通的方法是由电传打字机输入——它可安装在计算机操纵台上，或邻近房间内或其他城市。某些计算机，如MIP-2型机，可以借助“光束铅笔”或“光束钢笔”输入信息。计算机操作存储器内的信息会在电视屏幕上显示出来。计算机操作者可以去掉电视屏上的部分信息，或增补新的数据，并将这些变更立刻输入操作存储器内。

语音信息输入计算机已试验成功。诚然，今天可能还没有特别必要实际使用这种输入方法，但使用这种方法技术上已有可能。

第三代机拥有多路信息输出装置系统。除了用穿孔卡片和穿孔纸带，还可直接用电报或电话通讯通道发出信息作远距离传送。

快速打印装置已造出来了，它能够将资料高速打印出来，

每分钟可打印几千个字符。

而且,为了直观显示第三代机解题过程或解算结果,人们已拥有信号盘和屏幕系统,在屏幕上可以显示出计算机输出的任何信息。信号盘通常用来显示预先规定好的特性,而屏幕可按人的愿望映出任何信息。

第二个方面是简化计算机的输入语言,并使它接近人的普通语言。现在已经创造了面向问题的输入语言,按其性质接近某些技术领域的技术行话。例如MIP电子计算机的输入语言,对描述各种工程计算时产生的课题非常方便。任何一个未受过程序设计专门训练的工程师也容易懂得它的使用。

现在已制定出一种程序,能对输入语言的句子作词汇和结构分析,并顺利地推广运用。有了这种程序可以不用算法语言,只要用一般的会话语言,几乎是非形式化的语言,就能向计算机发出指示。

第三个方面在于,现代电子计算机具有专用的工作制度,这不仅简化了人对计算机的使用,而且扩大了计算机本身的能力。这是因为第三代机的一切装置——处理机(它们可以是几台),输入输出装置,信息显示装置和外部存贮手段等等,都是按照独立和并行工作的原则安排的。

电子计算机可以由本身的运算器同时解几个题,并且并行地产生输入输出信息,按给定的符号或地址在外存贮器中寻找信息,也能把一个存贮区的信息登记到另一个存贮区去。

在“分时”工况下,计算机同时可供许多用户使用,不管距离多远,用户只要在“外设的”控制台旁即可使用。第三代机的特点是,这种机其本身工作需要专门的综合性程序——计算机内部软件。

所谓操作系统是内部软件的主要部分，这种程序系统协调机器所有装置的工作，分配它们之间的责职，执行调度功能，在各装置间进行联系等等。必须指出，第三代机没有操作系统就不可能工作——一般地说这不是机器，而只是把一些独立分散装置拼凑在一起。

第三代电子计算机具有外存贮器，用磁盘或磁带来保存大量信息和所谓外部软件的全部程序（译码机、解释系统、各种算题的解算程序等等）。

上面指出的这些特点能够使第三代机作为“信息系统”，用来自动收集、保存、处理和发出大量的信息。

使用信息系统的人没有必要每次用手工输入解这个或那个课题的原始数据。所有必需的数据都保存在巨大的外存贮器中，当计算机的某一用户产生数据时，这些数据便按照计算机规定的顺序自动进入存贮器。这些数据不断得到更新和补充，而不管用户什么时候要解题。

例如，在生产部门的自动化管理系统中，用电报或电话通讯通道通过配置在这一生产部门主要企业内的电传打字机，有条不紊地以预先规定好的次序向计算机输入各种资料：生产状况、原材料库存、生产量、部门内部和部门之间合作的情况、设备的负荷、出现的薄弱环节等等，以及其他生产、计划、财务和统计资料。计算机借助专门程序对输入的资料进行分析和分类，并把资料配置在存贮器的适当段内。积累资料的过程、新资料替代旧资料的过程、各种大量存贮更新的过程不断进行，而不管计算机在什么时候解答对部门管理的问题。存贮器中同时保存固定的（比较精确、很少变更的）信息：材料和劳动定额、国定全苏标准、备考、价格、标准工艺过程资料、季