

国外自然科学发展动向

(资料汇编)

中国科学技术情报研究所

一九七二年五月

毛主席語录

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

前 言

本汇编是由中国科学院数学所、物理所、化学所、微生物所、动物所、植物所、生物物理所、遗传所、地质所、地理所、地球物理所、力学所、自动化所、电工所、化冶所、大气所、北京天文台和科学仪器厂，以及上海有机化学所、大连化学物理所、中央气象局等单位的一些同志共同编写的。目的是介绍近年来国外自然科学各领域的发展水平、动向与趋势，为发展我国科学技术事业提供一些参考资料。

由于人力、时间的限制，本汇编所涉及的领域是很有限的，对这些领域的发展情况也调研得很不够，甚至有一些重要的领域没有来得及进行调研。因此，希望各有关的生产与科研部门的同志们，对我们的工作提出宝贵意见，并且和我们一起来做好这项工作，为我国科学技术迅速赶上和超过世界先进水平而共同努力。

编 者

1972年5月

目 录

一、数 学..... (1)

概况..... (1)

计算方法..... (2)

附: 计算物理..... (4)

软件..... (5)

信息加工..... (8)

工业生产过程控制的数学模型..... (10)

最优化..... (12)

附: 最优控制理论..... (15)

概率论..... (17)

信息论..... (18)

运筹学..... (20)

微分方程..... (28)

泛函分析..... (31)

二、物理学..... (37)

引 言..... (37)

光学: 激光器及其应用..... (38)

声学..... (46)

低温技术与低温物理..... (51)

高压物理..... (55)

晶体学..... (56)

磁学..... (61)

等离子体物理与受控热核反应..... (63)

理论物理..... (65)

三、化 学..... (73)

无机化学..... (73)

有机化学..... (87)

高分子化学..... (99)

物理化学和化学物理..... (106)

无机分析化学..... (110)

四、天文学..... (117)

天体物理学..... (117)

太阳物理和太阳活动预报..... (120)

行星和月球..... (122)

地球自转和时间频率标准..... (124)

人造卫星跟踪观测及其应用..... (127)

五、气象学..... (129)

七十年代展望及研究计划..... (129)

气象卫星的发展及其应用..... (131)

气象火箭探测的进展..... (137)

新技术在气象探测中的应用..... (139)

数值天气预报的进展..... (142)

概率统计天气预报的发展..... (143)

热带气象学与台风研究..... (147)

人工影响天气的进展..... (149)

空气污染的气象问题..... (151)

晴空湍流研究的进展..... (153)

六、生物学..... (157)

生命起源和细胞起源问题..... (157)

细胞学研究的现状与发展..... (163)

分子生物学发展概况..... (165)

遗传学研究动态..... (175)

放射生物学现状..... (184)

生物生长发育调节剂研究概况..... (190)

光合作用的研究概况..... (195)

生物固氮..... (199)

生物资源利用以及分类学与生态

学..... (201)

环境污染与生物学的迫切问题..... (206)

仿生学研究概况..... (208)

新技术在生物学领域的应用..... (216)

七、地 学..... (223)

海洋地质..... (223)

海洋地球物理..... (225)

板块构造学说..... (226)

地震学的某些进展..... (227)

遙測技术·····	(231)
国际地球科学协作計劃·····	(233)
高温高压实验研究·····	(237)
矿物物理和岩石物理·····	(239)
同位素地質·····	(244)
数学地質·····	(246)
宇宙地質·····	(247)
古地球物理学·····	(249)
地热学·····	(250)
古地磁学·····	(252)
岩体力学·····	(253)
地理学发展趋势·····	(253)
八、技术科学 ·····	(265)
材料科学及工程发展簡况·····	(265)

金属材料·····	(267)
半导体材料·····	(269)
高分子材料·····	(279)
射流技术·····	(287)
工程磁流体力学·····	(293)
大功率大能量气体激光器·····	(296)
生产控制计算机国外动态·····	(300)
小型计算机·····	(306)
随动系統簡况·····	(308)
图象识别技术·····	(311)
可控硅应用簡况·····	(312)
磁流体发电研究概况·····	(316)
超导应用研究概况·····	(317)
电子束、离子束技术·····	(320)

一、数 学

概 况

数学是古老的科学分支。恩格斯說，“純数学的对象是现实世界的空間形式和数量关系，所以是非常现实的材料。”在历史上，推动数学发展的主要是人类在天文学、物理学和力学方面的实践活动，数学思想和問題主要来自天文学、物理学和力学，而数学方法在它們的发展中也起着重要的作用。在近代，数学思想和問題除仍来自天文学、物理学和力学之外，还直接来自工程技术(特别是尖端技术)，也来自化学、生物科学以及国民經济中的生产、組織与計劃問題。因此，数学的应用范围扩大了，发展的速度加快了，发展的規模也扩大了。

为了說明方便起見，我們把数学的一些分支学科分为三組：

一、基础学科

包括数理邏輯及数学基础、数論、代数、几何、拓扑学、函数論、泛函分析、微分方程、概率論及数理統計。

二、计算机科学

包括計算方法(包括計算物理)、数据处理、邏輯設計、自动机理論、信息加工、控制过程的数学模型、軟件。

三、应用数学

包括数学物理、最优化(包括最优控制)、組合方法、信息的数学理論、控制論、运筹学、系統科学。

必須指出，这种分法并不是学科分类，只是为了便于說明問題。

基础学科研究的是数学中比較基础的一些問題。近代国外数学的各基础学科的发展有一种傾向，就是內容日益庞杂，分支愈分愈細。一般都分到四级或五级学科。每一个四级或五级学科都有相当多的人在工作，有些人甚至专做某一四级或五级学科中的一个問題或某一类問題，彼此不相往来。这种內容日益庞杂、分工日益細微的傾向，看来是国外各基础学科(物理学、化学、生物学等)发展的一种普遍傾向在数学里的縮影。有人統計过，从1700年起，科学研究的論文、人員、經費均以指数函数增长，平均每10至15年增加一倍。相对地，数学似乎更快，自1940年起，平均論文数目每8至10年增加一倍，而博士学位每5至8年增加一倍。以至有人感歎，数学家們分成許多小集团，彼此之間缺乏共同語言。国外基础学科的这种发展傾向是否可以看作一种病态？

但是，近年来数学基础学科的发展还出現了另外一个傾向，这就是綜合和統一的傾向，即不把代数、几何、拓扑、函数論、泛函分析等方法分开，而是綜合运用各种方法去研究一些数学問題，从而解决了一些經典問題和一些帶根本性的問題。这种工作在外国数学界得到較好的評价。四年一度的国际数学家大会上得奖的工作絕大部分是这种工作。

上述外国数学基础学科发展的两个傾向，有一个共同的特点，就是一般都不強調与实际的联系，甚至沒有人敢預言当前的研究在将来与实际有什么联系。是否因为基础学科研究的

是数学中比較基础的問題，不易看出它与生产实际的联系？如何認識这个特点，还有待討論。

但是另一方面，在数学的基础学科的发展中也出現了另一特点，就是基础学科的某些旧有的成果在某些科学技术部門中得到了重要的应用。这是数学工作者深入到这些領域以及这些領域中熟悉数学方法的工作者的功績。举代数为例，1832年发现的有限域，过去在数学中一直是主要作为举例而用的，但在1960年左右被引用到信息論的編碼理論中，因而发展了代数編碼理論，成为无綫电通訊的編碼中的主要工具。这是数学的基础学科对尖端技术的应用之一例。上世紀末和本世紀初发展起来的群表示論，六十年代被引用到基本粒子对称性的研究中（从坂田模型开始），成为这方面的重要数学工具。这是数学的基础学科应用于基本研究的又一例。当然，还可以从数学的其它基础学科中举出类似的例子来。这种情况，是近代国外数学基础学科发展中极值得注意的一个特点。

计算机科学是国外六十年代出現的一个新名詞，其中大部分內容，特別是計算方法、軟件，过去叫做計算数学。计算机科学是研究計算机的学科（不包括計算机的制造），主要是研究計算机的原理和使用。計算机是1946年出現的，二十五年来有了飞速的发展。计算机科学的历史虽短，但伴随着計算机的飞速发展，它的发展也是异常迅速的。

应用数学与边缘学科的发展，是国外近代

数学发展的一个极重要的动向。数学成果的主要表現形式是发表在刊物上的論文和內部工作报告。內部工作报告在国外主要是应用数学方面的。拿公开发表的論文來說，1953年美国数学会出四种刊物，1971年仍出四种刊物，只是每一种刊物的篇幅增加了两倍至三倍。1953年美国工业与应用数学会出一种刊物，1971年增至六种刊物，1972年增至七种刊物。由此可見，美国应用数学的发展規模越来越大。国际数学家大会过去可以說是一个純粹数学家大会。但最近几次大会上，特邀报告中应用数学的报告也占有一定的比重。这也說明应用数学发展的深度已受到純粹数学家的重視，因国际数学家大会的組織者基本上都是純粹数学家。

数学物理是应用数学中历史最久的分支。四十年代以前，数学物理可以說应用数学的同义語。五十年代以后，应用数学的面貌大为改观。这有两方面的原因，一方面是电子計算机的出現，数学家有了强有力的工具，扩大了数学的应用范围；二是近代工程技术（特别是尖端技术）、化学、生物科学和国民經济的发展，提出了大量的新的数学問題。这就产生了数学物理后面的这些应用数学的新分支和边缘学科。这也是极值得注意的国外数学发展的一个动向。

近年来，国外数学专科性的学术刊物不断創刊，学术活动（专科性的及綜合性的）日益頻繁，說明学术交流的工作日益受到重視。这也是值得注意的一种現象。

计 算 方 法

計算方法是很古老的数学分支。可以說，自有数学以来，就有关于数学問題的計算方法的探討。計算方法大体包括这样一些內容：綫性代数的計算方法，代数方程和超越方程的数值解法，逼近論和插值法，数值微分与数值积分，微分方程的数值解法，边界值問題等。由

于过去缺乏有效的快速計算的工具，在电子数字計算机产生以前，計算方法这門学科的发展基本上已长期处于停滞状况。电子計算机产生以后，計算方法这一古老的数学分支获得了新生。这是因为，近代許多科学技术中的数学問題，如核反应堆設計中的数学問題，原子彈、

氢弹设计中的数学问题，导弹及人造卫星设计中的数学问题等，都需要进行大量的数值计算，而其计算量则是人用手算或借助于电子计算机成年累月都不能完成的。电子计算机的出现，使这类问题的计算成为可能。又如短期数值天气预报的数学模型，在电子计算机出现以前早已建立，但如用电子计算机计算至少要用两周时间，而短期数值天气预报则是要求预报24小时内(或更短时间内)的天气情况。电子计算机出现后，也使得短期数值天气预报成为可能。因此，电子计算机的出现，重新唤起人们对计算方法的注意与研究。实际上，用电子计算机来解一个科学技术问题，首先要建立这个科学技术问题的数学模型(一般说来，这是应用数学的工作)，其次就是要研究这个数学模型的计算方法，然后再根据这个计算方法列出解题步骤，并根据解题步骤编成程序(这是程序设计的工作)，最后才由机器根据所编程序进行计算。可见计算方法在用电子计算机解科学技术问题里起着多么重要的作用。电子计算机对计算方法的推动与影响有两方面：一方面是使计算方法的研究重点移到了用电子计算机解题的计算方法上；另一方面是产生了计算方法的一些新分支，如计算物理、最优化技术等，大大丰富了计算方法的内容。

线性代数的计算方法在这二十年间的进展是非常迅速的。拿计算矩阵的特征根(物理学家常称为固有值)这一问题来说，1950年所能处理的矩阵大致说来只是六阶的及六阶以下的，而今天可以在几分钟内用电子计算机算出100阶的稠密矩阵(即元素中很少是零的矩阵)的特征根，并给出误差的估计。这一方面固然是由于电子计算机的计算速度愈来愈快，另一方面也是由于计算方法本身有了重大的改进。举例来说，1950年苏联出版的线性代数计算方法一书中所介绍的当时计算矩阵特征根的主要方法目前均已不用，1957年举行的一次著名的矩阵会议上提出的计算非厄米矩阵特征根的方法现在也都不用了。而上面提到的在几分钟内用电子计算机算出100阶的稠密矩阵的特征根，

则是用的近代发展起来的所谓QR算法。

线性代数计算方法的重大进展还表现在误差分析上。用电子计算机来解题，由于计算机容纳一个数的位数有限，不可避免的要产生舍入误差。即如一个电子计算机只能容纳八位数，那么把一个十位数放在机器上运算，就要舍去最后两位。同时电子计算机每运算一次，特别是乘除运算，所得结果都有舍入误差。用电子计算机来解题，常要进行上亿次甚至更多的运算，这样舍入误差的积累就异常可观，甚至会影响计算结果。因此，对舍入误差的分析与估计，就是一个很突出的问题。英国人在线性代数的误差分析方面作出了贡献，从而用电子计算机计算100阶稠密矩阵的特征根和特征向量(物理学家叫固有向量)时，能给出严格的误差界限。至于线性代数的计算方法以外的其它问题的计算方法的误差分析的研究，还处在较幼稚的阶段，是目前国外极受重视的一个课题。

此外，在线性代数计算方法方面，高阶(通常是1,000阶，甚至是10,000阶)稀疏矩阵(即很多元素是零的矩阵)的计算方法，是近年来很受重视的一个课题。这是因为在线性规划、结构分析和偏微分方程的边界值问题里，都要出现这类矩阵。

最近二十年，逼近论的发展也是异常迅速的。这种发展的标志就是这方面大量论文和专书的出现，以及专门杂志的创刊和学术会议的频繁。在历史上，苏、美在逼近论方面都有重要的贡献。近年来，研究逼近论的动机是很明显的：被逼近的函数可能复杂得难以用机器处理，因而希望把它换成一个较简单的、更易处理的函数，而这个新函数同原来函数只有“轻微”的区别。这样在用机器处理它时，可以达到省时间、省存储和精确度高等优点。最常用来逼近较复杂的函数的两类函数是多项式和三角多项式。近年来，用齿状函数(Spline function)来作为逼近函数受到很大的注意。这类函数可以比多项式更好地逼近一个被逼近的函数，而且用计算机处理起来并不比多项式复

杂。关于是否有在某种意义上，“好”的逼近或“最好”的逼近的問題，有很多理論研究工作。从电子計算机的需要这一角度来考虑，怎样实际得到已知函数的“好”的逼近这个問題受到极大的注意，有很多实际构造逼近函数的方法和算法，其中多数在計算机上使用时編程序都很方便。如果用 $p(x)$ 来逼近 $f(x)$ ，那么为了得到 $\int_a^b f(x)dx$ 的值，計算 $\int_a^b p(x)dx$ 的值，并把后一积分看作前一积分的逼近。又如需要計算 $f(x)$ 在 $x=x_0$ 点的导数 $f'(x_0)$ ，在某些情况下我們可以用 $p'(x_0)$ 这个数来代替。基于这样的想法，大量的內插公式、数值微分和数值积分的公式构造了出来。随着这些公式的建立，对誤差分析也提出了要求，即估計用 $p(x_0)$ 来代替 $f(x_0)$ ，用 $\int_a^b p(x)dx$ 来代替 $\int_a^b f(x)dx$ ，以及用 $p'(x_0)$ 来代替 $f'(x_0)$ 所得的誤差。近年来，国外在这方面也取得了一些进展。

逼近論的理論研究中，除了古典分析方法以外，泛函分析方法也起着重要的作用。应该指出的是，国外逼近論的某些理論研究固然对計算方法的发展有所促进，但相当大量的理論工作对計算方法的影响目前看来却是不明显

的。

近年来国外在数值积分和微分方程的数值解法方面也进行了很多研究，但进展远不如前述的綫性代数計算方法和逼近論。拿数值积分來說，虽然进行了不少理論和計算方法的研究，但象三重或三重以上的积分的数值計算目前还没有切实有效的方法。已有的方法不是速度慢就是精确度差。应该指出，象綫性代数計算方法和逼近論在計算方法里是比較初步的，許多計算問題往往化为或首先考虑这两个分支里的問題，它們首先得到迅速的发展是理所当然的。估計随着人們对計算方法的深入研究，那么計算方法的其它分支的重大进展将是預期的。

最后还应该指出，近年来国外在計算机的設計与制造方面有了新的革新，出現了多个累加器或运算器的計算机，特別今年美国还出現了并行計算机 Illiac IV。这自然給計算方法带来了新的課題，即研究如何将一个題目分在几个运算器或計算机上同时进行計算的計算方法。关于这方面的研究，国外的研究刚刚开始，所获結果也是极初步的，但却是值得重視的課題。

附：計 算 物 理

自然科学和工程技术中的大量实际問題，在必要时可以化成数学問題来考虑。在过去和現在，人們都利用分析数学的工具进行了广泛的研究。照古典的說法，这一部門叫做数学物理。这种研究工作，在历史上对自然科学的发展起了很大的作用。例如天体力学、电磁場、相对論等重要領域的发展，在很大程度上依赖于数学的应用。但由于数学方法过去只能靠人的脑和手来进行，所以遇到一些复杂的問題就无法下手，大大地限制了某些領域的发展

大型快速电子計算机的出現，給自然科学研究提供了新的有力的工具。許多过去由于計算量太大而无法問津的問題，現在都有了可能

去进行研究。例如力学、物理学、天文学、化学等各方面都是如此。所有这类問題，都是依靠大型快速电子计算机才能解决的实际問題。它們形成了一个新的学科，叫做計算物理。

計算物理所牵涉的范围很广。概言之，有两方面的問題。一种是通过客观事物固有的力学物理規律，把实际問題化成数学問題（大部分情形是化成各种类型的方程），然后对所形成的数学問題在計算机上求数字近似解。例如气体力学方面的問題就是这样。一种是直接按照实际問題的性質，在計算机上进行模拟，通过計算得出实际問題的解。例如等离子体的一种計算方法就是这样。

一、計算物理的內容

計算物理的文獻散布很廣。在各種計算數學、力學、物理學、天文學、工程技術等雜誌中，都包含大量計算物理的文章。除此以外，從1963年起，在美國專門出了一套計算物理叢書，到現在已經出了九卷，其標題為：統計物理，量子力學，空氣動力學基本方法，在空氣動力學上的應用，核子運動學，核子物理，天體物理，固體物理和等離子體物理。除此以外，還有一種專門以計算物理為名的雜誌，從1966年起開始刊行，到現在已經出版了7卷，每卷4期。而且有關計算物理的文獻正在與日俱增。此外，1969年在英國還曾舉行過以計算物理為專題的學術會議，並出了論文專集。至於各個力學和物理部門所分別舉行的類似會議，那就更多，難以細說了。

應用計算機在自然科學上所獲得的進展是很多的，而且是在許多互不相同的領域內獲得的。現在把美國在這方面的主要成果敘述一下。

(1) 在統計物理和量子力學方面，對於多粒子的 Schrödinger 方程的數字近似解獲得了結果。在核子物理中建立了複雜的逼近于粒子的能譜及初始短時間內的密度分布的模型。

(2) 在天體物理學上對人造衛星軌道計算和星體模型研究作出了貢獻。對於高溫下的原子分子內結構，輻射流影響下的流體動力學，進行核反應的介質中的流體運動問題，相對論流體動力學，衝擊波流體動力學，強引力場出現時流動的效應等，均獲得了成就。

(3) 在極其複雜的固體物理問題中，提出了有意義的簡化模型，在計算機上加以解

決。

(4) 在與受控核聚變反應及近地磁場的研究緊密聯系的等離子體物理，在計算機上獲得了兩種新結果。一是建立了一維或二維的粒子模擬方法，一是建立了有碰撞或無碰撞的連續方程。

(5) 在空氣動力學上，對於過去從未嘗試過的求偏微分方程組數值解，現在在快速電子計算機上大量進行計算。對於非線性可壓縮流體運動的一維問題獲得了較完備的結果，對於二維問題也提出了不少方法。

在蘇聯，同樣非常重視計算物理的工作，例如在科學院的計算中心，就曾對各種空氣動力學問題提出了新的計算方法，如積分關係式法、各種新的差分格式等。

二、發展趨勢和問題

在計算物理中，對各種實際問題提出了許多適用於快速電子計算機的計算方法，以計算結果直接和實際觀測相比較。一般言之，對線性問題實際計算和理論分析都解決得比較好，而非線性問題就還遠未完善。在非線性問題中，就計算方法來說，一維問題基本上可行了。現在主要問題是在研究高維的計算方法。如對二維還提出了一些方法，但對三維空間來說，就極少結果。至於計算方法的理論分析，例如收斂性、穩定性、誤差估計等，即使在一維情形，也結果很少。只對極個別的一些特例，得到了一些個別的结果。因此，高維非線性問題的計算方法和理論分析的研究，就是當今國際上計算物理研究中的主要趨向和問題之一。

以外，如何把統計方法和數值分析方法結合起來研究計算物理中的問題，則是其另一個重要問題。

軟 件

軟件是相對於電子數字計算機的硬件而言的。硬件是指由電子元件和線路構成的運算器、存儲器、控制器、輸入輸出裝置。而軟件是一

組組的用機器語言寫成的程序，目的不是為了直接解題，而是為了提高機器的使用效率。

軟件方面的理論工作，美國居于領先地位，

西欧次之，苏联、日本比較落后。但日本学习运用別国的成果則是相当快的。

軟件大体分为两类：

一、程序語言的編譯程序

用电子計算机来解題，需要先按計算方法列出解題步驟，再将解題步驟用机器語言編成程序。这个工作叫做程序設計。然后，机器按照所編程序进行解題。随着电子計算机的大型化、高速化，以及解題規模的扩大，一方面程序設計需要耗費大量的人力与時間，另一方面程序設計极易出錯，且不易检查，检查錯誤所費時間往往比机器解題所需時間多数百倍，甚至数千倍。为了解决这个問題，設計了种种便于編制程序的程序語言。程序語言（除汇编語言外）比較接近数学語言。只要对一个人稍加訓練，就可以用程序語言来編解題程序，不但大大节省了編程序的時間，而且不易出錯。因此从1958年起，西方各主要国家用机器語言編程序的时期已經結束，而改用程序語言来編程序。

用程序語言編出来的程序，机器并不能直接执行，而要由机器利用事先用机器語言編好的編譯程序将它譯成机器語言的程序以后，再由机器执行。这种事先編好的編譯程序就叫軟件。軟件对于提高机器的使用效率是有很大作用的，甚至过去一个人使用机器語言終身都不能完成的編解題程序的工作，采用較高级的程序語言和編譯程序后，很短時間內即可完成。为了給机器配备这种軟件，首先要設計或选用某种程序語言，其次要給机器編出編譯程序。

最早出現的程序語言是汇编語言，这是最初级的一种程序語言。1956年美国IBM公司发表的用于IBM650机的汇编語言SOAP可能是最早的汇编語言。和机器語言一样，这一型号的机器的汇编語言并不适用于另一型号的机器，因而不便于程序的交流。同时用汇编語言来編程序，节省的人力和時間也是不很多的。于是1956年以后，美国、西欧就轉向較高级的算法語言的研究，即研究設計居于机器語言和数学語言之間的通用語言。由于这种語言接近于

数学語言，用这种語言編程序大大减少了編程序的時間和錯誤。而且用这种語言編的程序适用于各型机器，只要給这型机器配备了将这一語言譯成它的机器語言的編譯程序（軟件），因而便利了将一个問題分在几个机器上計算，也便利了程序的交流。目前算法語言已有数十种，最常用的是FORTRAN，ALGOL60和COBOL。FORTRAN是美国IBM公司設計的，发表于1957年，ALGOL60是西欧和美国共同設計的，发表于1960年。这两种語言是今天广泛被采用的科学計算的語言，前者美国用的多，后者西欧用的多。苏联采用的是ALGOL60的变形。COBOL是美国于1960年发表的，是今天广泛运用于数据处理的語言。

FORTRAN和ALGOL60这两种語言各有优点。后来人們就想綜合这两种語言的优点来設計新的更高级的通用語言。1964年美国IBM公司为IBM360系列計算机設計了算法語言PL/1。1968年西欧发表了算法語言ALGOL68。但PL/1更多地接近于FORTRAN，ALGOL68更多地接近于ALGOL60。

1970年美国伊利諾斯大学和布勞斯公司宣布为Illiac IV計算机設計了程序語言TRANSPUIL (Illiac IV是由64个大型高速計算机組成的一個并行計算机，将于今年交貨，計算速度达每秒一亿次运算)，估計这个語言会有一些新的特点，但全部材料未能見到。

近年来，国外还特別注意了設計面向某一特定类型的問題的程序語言。如用于符号处理的語言LISP，FORMAC等，用于模拟的語言GPSS，DYNAMO等，用于机翼設計的語言APT等。随着机器使用范围的扩大，这类語言会有更进一步的发展。

最近，为了綜合运用人的直观推断能力（这种能力是机器沒有的）和机器的高速运算能力进行科学計算及其它訊息加工的工作，还研究了会話式語言，如JOSS等。这是很值得重視的一个方向。

給机器設計或选定了程序語言之后，就要給机器配备編譯程序（軟件）。配备編譯程序

的工作往往需要数人或数十人进行成年累月的工作方能完成，而且編譯程序的質量影响到被它譯出的程序的質量，即被它譯出的程序是否短或存儲量是否节省。因此，对配备編譯程序的方法和技巧进行了大量的研究。为此需要对程序語言的語法和語义进行分析研究，当然这种分析研究也有助于检查用程序語言写出的程序的錯誤。最近十年，这种分析研究在国外进行了很多，有很丰富的成果，并推动了数理語言学的发展。另一方面，有关編譯程序的研究則是解决給机器配置編譯程序的另一途径。这方面国外虽进行了不少工作，但成效不大。

二、控制程序

另一类軟件是控制程序。计算机开始使用时，并没有控制程序。随着机器系統的发展。为謀求系統整体的有效运用才需要有一种管理程序的运用和管理外围設備的控制程序。1956年美国 IBM 公司为 IBM704机設計的管理程序可能是最早的控制程序。开始，管理程序仅用于輸入輸出裝置的管理，多道程序的管理，故障管理及分析解題程序的錯誤等。1965年以后，随着計算机系統更进一步复杂化，上述功能得到了扩充与强化，形成了具有多重任务的控制分时、遙控等功能的大規模的軟件系統，一般叫做操作系統。近年，計算机系統逐步往計算机網絡方面发展（例如，許多城市的計算机联成一个更大的計算机網絡），操作系統将会朝着網絡操作系統方向发展，以控制这种計算机網絡。

大致說来，軟件方面的理論工作有：程序語言的設計与改进，程序語言的語法和語义的研究，給机器配备程序語言的編譯程序以及配备控制程序的方法和技巧等。軟件方面的理論工作所用的数学工具主要是离散性的，或有限性的，即数理邏輯、代数、数理語言学、組合理論（特別是其中的图論）等分支学科所提供的工具，同时軟件方面的理論工作也推动了这

些分支学科的发展。

近年来，美国把为机器配备軟件的工作叫做軟件工程。有材料指出，目前美国軟件工程师异常缺乏，甚至比二十世紀初美国对电机工程师的缺乏程度还要严重。这是值得注意的一个現象。

苏联研究用机器来編程序的問題和美国、西欧差不多同时开始，即五十年代中期开始。但与美国和西欧不同。美国和西欧是从研究如何用机器将一个具体的数学式子譯成机器語言来开始工作的，因而很快取得了成效，創造出了种种程序語言及給机器配备程序語言的編譯程序的方法。苏联是从研究解題步驟的框图的整个結構出发来开始工作，結果沒有成效。等到六十年代，苏联看到美国和西欧运用 FORTRAN 和 ALGOL 60 等算法語言編程序取得显著效果后，才轉过头来学习美国和西欧的算法語言，結果就落后了。由于美国和西欧軟件方面的理論和实际工作发展一直非常迅速，苏联一直也就沒有追上。

日本在軟件方面一直很落后，但近年来受到极大的重視。日本在軟件的理論工作方面是空白，但近年来大力介紹西方这方面的新成果，例如 ALGOL 68 刚一发表，日本立即于1969年在《数理科学》这一杂志上連續对 ALGOL 68 进行通俗介紹。1966年以前，日本还没有专业的軟件工作单位，日本政府对軟件的进口是鼓励的。但到1969年，日本已有二十余家独立的专业的軟件組織，日本政府还对各軟件組織进行减稅、貸款等鼓励办法，并对軟件的进口进行一些限制。

最后还应该补充說明的是，国外有人也把用机器語言編写的用于某些信息加工工作的专用程序以及用于控制机的专用程序叫做軟件，但也有人不把这种用机器語言写成的专用程序叫做軟件。

信 息 加 工

信息加工是研究如何把一种形式(或状态)的信息转换为另一种形式(或状态)的信息。电子数字计算机就是近代最重要的信息加工机器。电子计算机所进行的科学计算就是一种信息加工的工作,它将原始数据(原始信息)转换成结果数据(结果信息)。

电子计算机不但具有算术运算(如加、减、乘、除)的功能,而且具有一些逻辑运算(如比较、逻辑和、转移等)的功能。实际上,在进行科学计算时,这些逻辑运算也是不可少的。这样,人们就尝试运用电子计算机的逻辑运算的功能(当然也运用它的算术运算的功能)来进行科学计算以外的其它信息加工的工作。

最早在信息加工方面的尝试可能是机器翻译,亦称语言翻译,即将一种自然语言(中、英、俄文等)的文章由机器将它译成另一种自然语言的文章。这是1947年英国人提出的,在英、苏、美等国都进行了很多研究。要实现这一任务,首先要将自然语言的词汇编码,然后重要的是为机器设计两套语言——对应的字典(词汇均用所编代码写出)并存入机器的存储器,还需要给机器设计一个翻译程序(包括进行语法上的加工)。这就需要数学方法对自然语言的语法结构进行分析研究(从而推动了数理语言学的发展),也需要对设计翻译程序的方法与技巧进行研究。二十年来,这方面的理论与实验工作不断在进行,机器也译出了不少文章。但翻译质量是不高的,译出来的东西一般都需要语言学家进行加工。因此,近年来国外有人认为机器翻译不会做得比人工翻译好。这方面的主要困难,一方面是自然语言的语法结构复杂而且往往很多地方没有规律,另一方面是在各种自然语言的词汇间建立一一对应比较困难。

国外还研究了用机器来进行除数值计算以外的其它数学工作。这主要有符号演算和机器证明。到目前为止,这方面的工作仍处在试验阶段。符号演算是指用机器来进行一些代数式子的演算,如多项式的因式分解,提取公因式,求多项式的泰勒展开,数学证明中一些繁琐形式的代数推导(这在理论物理的研究工作中最常见)以及解析微分和形式积分等等。这些工作均可用机器来做。要进行这些工作,当然要给机器设计一套进行符号演算的程序。为了设计这类程序,还设计了种种便于符号演算的程序语言,如 LISP, FORMAC 等。

机器证明是指用机器来证明数学定理。1960年美国有人发表了一个程序,用来证明《数学原理》一书中谓词演算部分的350条定理,只用了几分钟的时间。为了编写机器证明已知定理的程序,当然要对已知的数学证明进行分析研究,看证明中究竟用到了那些假设,然后再将这些证明加以总结使之易于用机器来做。对于用简单的逻辑技巧证明的最容易的定理(如上述谓词演算中的定理)这个工作是比较容易的。但对于证明中所用的直观推断能力,则是较难用机器来进行的。也许是这个原因,平面几何定理的机器证明并不很成功。这方面最好的结果是美国人于1964年发表的程序。但有人怀疑,他们编的证明平面几何定理的程序,甚至都不能通过美国大学的入学考试。因此近年来有人指出,如果用计算机来证明较难的定理,或者甚至将已知定理的证明加以系统化以便于机器证明,那么在编程序时需要有水平较高的数学家合作,并在程序中编进一些有特殊价值和重要性的较深刻的已知定理。

机器证明被认为是机器智能的一部分,所谓机器智能是指用机器来模拟人脑的智能活

动，在机器智能方面，国外研究得比較多的还有机器下棋、机器作曲等。为了用机器来模拟人脑的直观推断能力，研究了試探法的技巧和程序。在这方面的研究中，組合方法（特别是图論）起着重要的作用。

国外在信息加工方面最有成效的工作是用机器帮助設計，亦称設計自动化，即把需要設計的要求輸送給机器，由事先为机器編好的一个程序进行設計。这不但可以大大提高設計的效率，而且可以提高精度，同时机器在进行設計时还可以一并考虑最优化問題。目前，用计算机帮助設計已发展成一門学科。近来国外发展較快而且效果明显的，有用机器帮助設計光学系統和电路。今以电子计算机的設計自动化为主，介紹一下国外在用机器帮助設計电路方面的进展情况。

随着电子计算机的飞速发展，机器結構愈来愈复杂，設計精度也愈来愈高，光靠人工設計计算机已越来越感到困难，这不但会大大拖延研制時間，而且設計精度也远不能滿足要求。特別在集成电路中，修改組件和印刷电路板是很困难的，甚至有时为了修改邏輯和电路，組件和印刷电路还要报废。这就要求一定要保証設計得合理和无錯誤。据国外报导，用人工設計集成电路计算机需要半年至一年的時間，如果用计算机帮助設計，則可縮短到几个星期，而且能保証精度。因此，用机器来帮助設計计算机可以說已必不可少。

最早用计算机帮助設計计算机的是美国。从五十年代开始，首先使用计算机列出布綫表。到1968年，美国已編成91种用计算机帮助設計计算机的程序。美国IBM公司在IBM360系列的计算机設計中，一般都采用计算机帮助設計，西欧和日本计算机設計的自动化工作开始稍晚，但目前均已有用计算机帮助設計的计算机制成。

电子计算机的設計过程大体分为：体系設

計、邏輯設計、电路設計和安裝設計。由于体系設計和邏輯設計需要較高的直观推断能力，因此实现自动化比較困难，西方諸国也不够重視，所以这方面基本上还没有实现自动化。目前国外这方面的工作重点是：通过一种語言形式把系統功能說明自动轉換成邏輯式和邏輯图。国外实现自动化設計較好的是电路設計和安裝設計。电路設計自动化一方面是对电子电路的物理模型利用计算机进行分析，以此来減輕繁瑣的實驗工作，为設計电路提供可靠的依据；另一方面是利用计算机进行电路轉換的工作。安裝設計包括組件划分、組件布局、印刷电路板插件布綫設計、底板布綫設計以及印刷电路試測等环节。每一环节均可通过数学模型利用计算机进行数据加工，然后自动产生各种图表，或检查并指示出錯誤的地方。安裝設計的每一环节現在都已不同程度实现了自动化。目前国外重視的是建立一个实现安裝設計全过程的系統，这样可以避免各环节之間再由于人插手而容易产生的人为的錯誤。更进一步，是否在集成电路计算机的設計思想上来一个革新，以便为计算机設計的整个过程的自动化創造出有利的条件，这也是国外受到重視的一个問題。

此外，还应该指出，目前国外編制的计算机設計自动化的程序通用性較差，因而利用率很低，同时和其它大部分信息加工工作的程序一样，需要較大的存儲量（一般需要32,000以上的存儲量），这就需要使用較大容量的计算机。因此，研究适合于计算机設計自动化系統的理论及算法，使較易編出程序，而且要求程序簡單，少占用存儲单元，通行性也强，将是十分有意义的工作。

最后，还应该补充，国外在信息加工方面进行的工作还有情报检索、医疗診斷、机器画图、图式识别等。这些工作就不一一詳述了。

工业生产过程控制的数学模型

一个规模較大的生产过程，就是說，这个过程分許多部分，而各部分又受許多因素的影响，內部的和外界的，它們之間的关系以及它們与要求这个过程达到的生产指标之間的关系很复杂。对这样的过程要使它有效地进行，即使它完成各項生产指标，如产量高、功效大、能耗小、質量好、精度高等，并且当影响它的因素变化时，能及时地、准确地作出合理的处置。这些要求单凭經驗几乎是不能办到的。因此，必須把經驗提高到理論，采用科学的方法，其中用数学模型是当前比較流行的一种。

工业生产过程控制用数学模型，是与近代大型通用数字计算机，特別是六十年代出現的工业控制机的使用和推广以及数学理論的发展直接相关联的。而数学模型的研究与使用又为后者創造了发展条件和提供了新的課題。

数学模型的分类

数学模型，从不同的角度可以分成許多类，如：就运算方式說，分离散（或脉冲）型与連續型（或模拟型）；就模型中的变量是否是决定性的，分为决定型和随机型；就模型中的参数的性質，又分为时一变型与时一不变型和集中参数型与分布参数型；就计算机是直接参加控制还是用来提供信息由人控制，又分为在綫型与离綫型等。然而从数学研究的基本对象数与形來說，数学模型不外以下三类：

1. **数量关系的模型** 就是說，生产过程控制中的基本关系用数量的表达式或者說数学方程式，如代数方程、函数方程、微分方程等来描述。在炼鋼、軋鋼、石油加工、化工过程、热力学系統中多是这一类型。

應該特別提到的是，近几年来，最优控制的模型和应用有相当的发展。卡尔門滤波器模

型的出現和用于最优控制，对最优控制的实际应用有一定的作用。有人說，用卡尔門方法，蒸餾塔可以通过四到五个小计算机实现五十块塔板情况的最优控制。

2. **逻辑关系的模型** 一个工业过程控制模型，其中的基本关系是用邏輯表示式或用网络图描述的。控制机根据网络图或邏輯表示式，通过它的邏輯运算、邏輯判断和“記憶”的功能帮助人們实现为达到某种目的对过程进行控制。这种模型在机械加工、初軋、运输等方面应用較多。

3. **混合关系模型** 即模型的基本关系中既有邏輯关系又有数量关系。通常是下述情况：一个大的系統，其中分許多小的过程，每一个小过程用数量关系模型描述，这些过程之間用邏輯关系描述。这种模型，目前在文献中出現的尙少。但是，已經提出这方面的問題来了。看来，随着生产規模的扩大，技术水平的提高，这种問題的研究是有实际价值的。与这方面有关的，是出于簡化計算的需要，如将一个大过程的模型化成一些小的模型，这些小模型能在現有的计算机上实现，并用一个机器按应该的方式与各小模型联接，这样来解决大过程的控制問題。

数学模型的研究

对各种具体的系統具体研究，应用有关的科学成果导出数学模型，自然是基本的。如在热力系統中，用热力学中已有的研究成果；在化工系統中，用化学反应动力学的成果等导出数学模型。但是，因为客观实际的情况往往比理論研究的理想情况复杂得多，按理論得到的模型往往只能給出定性的結果，用来进行精确的控制是不成的。因而近几年来，对用科学实验的方法提炼数学模型的研究引起了許多人的

注意。这方面的工作提出典型的数学研究的课题有三个方面:

1. 模型的识别 中心问题是, 怎样从输出或输入测量数据中判断过程可以用的模型? 如果知道了模型的形式, 一般地由分析具体过程用有关的理论定性地推导得出或凭经验得出, 但是不知道其中的参数, 怎样从测量数据中, 估计出其中的参数? 这是概率论和信息科学中的一个典型的问题。1968年以来, 这方面的文章很多, 到底在解决实际问题中效果如何, 不清楚。然而, 这里提的问题却是很有实际意义的。

模型识别问题, 对于线性系统来说解决得较好。有各种求传输函数和脉冲响应的方法。但在实际中往往受具体生产情况的限制。

2. 模型的求解 怎样从识别出来的数学模型中求出需要的控制信号(或控制变量)? 自然, 应该因题而异。如最优控制的模型可以用变分法、动态规划等方法求解。通常形成的数学模型很复杂, 以致理论上本来已经解决的问题, 由于实际上受计算机的容量和计算速度的限制而遇到严重的问题。因此, 研究适用于现有控制机的解法是十分重要的。

3. 非线性的问题 不管是识别还是求解都遇到非线性问题, 在数学上未得到满意的解决。实际上, 对非线性问题通常用线性化来近似, 用迭代法逐次逼近其解。在线性化方法中近年来还出现一种统计线性化法。

数学模型的应用

数学模型在生产过程控制中多用于两个方面: 一个是根据生产过程控制数学模型设计专用计算机; 另一个是现有的工业控制机用数学模型控制生产过程。其中以后者居多。

根据美国一家公司1971年8月份发表的有关控制应用的559篇文章和报告在各工业部门的分布情况是:

1. 农业、其他天然资源	5 篇
2. 采矿, 石油和天然气开发	3 篇
3. 材料处理	41篇
4. 建筑和土木工程	5 篇

5. 动力系统	161篇
其中: (1) 热力系统	46篇
(2) 水力系统	21篇
(3) 核系统	20篇
(4) 电力系统	69篇
(5) 其他动力系统	3 篇
6. 工业生产系统	122篇
其中: (1) 冶金工业	15篇
(2) 制造工业和机械加工	61篇
(3) 化学和石油精炼	21篇
(4) 纺织工业	4 篇
(5) 木材工业、纸浆和造纸	8 篇
(6) 出版和有关工业	2 篇
(7) 玻璃、陶瓷、砖和水泥工业	2 篇
7. 通讯	108篇
其中: (1) 电话	29篇
(2) 电报	4篇
(3) 雷达和无线电	17篇
(4) 电视	25篇
(5) 邮政	20篇
(6) 遥控和安全装置	6篇
(7) 照像、电影、录音、传声	11篇
8. 运输	114篇
其中: (1) 公路运输	12篇
(2) 铁路运输	20篇
(3) 升降机和空中悬索线系统	2 篇
(4) 海运	3 篇
(5) 航空	43篇
(6) 天文	22篇
(7) 其他	1 篇

应该特别说明, 数学模型是从客观实际的生产过程中抽象出来的, 必须通过生产过程的检验证实和发展, 一劳永逸的模型是没有的。因此, 在实际生产中部分地改变数学模型的事是常有的, 全部推翻建立新模型的事也是有的。

此时、此地适用的模型，到彼时、彼地就不一定适用或完全不适用了。所以，那种认为数学模型一旦建立起来就一劳永逸，或把数学模型

说得神乎其神，是不符合实际的，因而是错误的。

最 优 化

1. 定义和用途

在国民经济活动中，或者在工业设计中，在进行一项工作时，总是先要确定某种目的，为要达到这一目的，就要考虑工作过程中所将牵涉到的各种起决定性的因素，考虑这一目的和这些因素的关系，也就是说，当这些因素发生变动时对于要达到的目的将发生的影响。此外，还须考虑这些因素相互间的内在联系以及这些因素必然要遭受的某些限制，等等。除了这些问题之外，还必须考虑一个问题：如何在许可的条件之下，能够最好地完成任务？这样的问题可以算是一个最优化的问题。比如说，某工厂因缺少某种零件需要自己开工生产，这时往往需要投入一笔开工费用，因此就要考虑，是只生产当前所需要的数量，还是要多生产一些以备下次之用？假若决定多生产一些（工作目的），则所生产的数量就牵涉到当前所能动用的物资、以后的需要量（估计数字）、仓库的容纳量以及保管费用等等有关因素。在关于这些因素所许可的条件之下，决定一个最好的生产数量，这就是一个最优化的问题。

最优化问题是一个定量的问题，因此有些东西必须加以确切的说明。比如说，在提到“如何……能够最好地完成任务”时，对于“最好”一辞就必须有明确的含意，也就是说，对于好坏的判断必须有一个数字的衡量标准（例如费用、时间、重量等）。对于上面所提到的“因素”、“关系”等等，也必须要有个确切的数学表达形式。由于这种原因，最优化的问题主要就是一个数学问题。最优化的理论（有时也称之为最优化技术）主要就是研究解决最优化问题的方法。

最优化问题是大量存在的，最优化方法的

应用范围甚为广泛。目前比较集中研究的领域大致可分为两个系统：

（1）随机系统；

（2）决定性系统。

在随机系统中，主要包括最优控制、存储问题等，例如卫星的拦截与交会问题和激光通讯卫星之间的通讯联系问题，就涉及到最优控制的问题。为了发射一颗卫星与一个目标卫星交会，就有必要控制所发射的卫星或导弹使之不但能与目标会合，而且有必要使其所消耗的燃料或时间最省。在这类问题中，有些因素并不是完全确定的。例如飞行器的位置与速度要通过测量装置获得，而实际测量必然带有偶然性误差，飞行器发射时也同样会带有偶然性误差。由于这些偶然性误差，因此这类问题主要是属于随机系统的范畴。

复盖问题也可看成随机系统中的一个典型问题。假若对敌方的某一地区（其范围已完全确定）发射若干导弹，每一导弹的杀伤面积是已知的，弹着点一般都带有随机性误差，这种误差的概率分布可以通过实验获得。如何选取弹着目标，使得所规定发射的这几枚导弹能对目标地区造成最大的毁坏面积？假若希望将目标地区造成百分之七十的面积毁坏，至少需要多少弹头？等等。

决定性系统的研究是最优化理论中目前发展较为成熟的部分，这部分包含的内容异常广泛。绝大部分的运筹学问题都属于此类，工程设计中的最优化问题也属于此类。飞行器的飞行轨道的选取，在忽视随机因素的时候（目前很多文献都是以此为出发点）也属于此类。比如说，一个六级串联的化学反应器，若每一级有十种元件可供选择，要求一最优化方案，则