

论 软 科 学*

一、软科学的定义

“软科学”是借用电子计算机“软件”的名称而来的。众所周知，电子计算机是由硬件和软件两大部分组成的，硬件是指计算机的贮存器、运算机、控制器、输出输入等设备；软件是指程序系统。软件的重要作用表现在它能有效地提高计算机的使用效率，扩大计算机的功能。

事实上，世界上许多事物都是由“硬件”和“软件”所组成的。譬如，算盘是硬件，而口诀就是软件，如果没有加、减、乘、除一套完整的口诀，算盘的功能就无法发挥。又如，在音乐领域中，交响乐队的音乐指挥并不从事任何乐器的演奏，即不搞任何“硬件”，而是专门研究乐曲的结构、乐队的组成与层次、乐器的配合、协调、功能，即专门搞“软件”。导演就是搞“软件”的人。同样，在军事领域中，参谋也是搞“软件”的人，他们专门研究分析作战技术、装备运用、组织指挥和后勤保障等方面的问题，提出可供选择的作战方案，供军事决策机构参考。

科学也是如此。本世纪以来，现代自然科学突飞猛进，

* 本文原载《科学管理》1981年第 2期

一日千里，并以空前的规模和速度应用于生产。因而，必然需要有一门研究“软件”的学科，这门科学不具体去研究一些“有形”的课题（如半导体、激光、物理、化学等），而是把科学技术作为一个整体，对科学研究工作进行规划、组织、安排、管理、监督以及预测，以提高科研工作的效率和效能，加速科学技术的发展进程。

生产也不例外，由于工业产品的复杂化、大型化和精密化，生产规模的日益扩大，在生产过程中，必然要重视规划、组织、安排、管理、监督、评估和预测等工作，才能保证产品的数量和质量持续上升。

广而言之，对于整个社会的开发工作来说，由于科学、技术、生产的高度发展、整个社会愈来愈科学化了，大量的社会问题也随之而来，诸如环境、生态、交通、城市建设、能源、人口……等，对它们必须要从整体的观点来加以研究，从而寻求较为满意的解决办法。

在这种情况下，软科学作为一门崭新的科学就破土而出、应运而生了。

。七十年代初，日本已经展开软科学（Soft Science）的研究。在日本科学技术厅举办的“软科学讨论会”上提出：软科学是在计算机中软件的重要性不断增加，科学技术发生质的变化，以及社会经济对科学技术提出新的要求等的背景下诞生的一门新的综合性科学。他们所给的定义是：“软科学是一门新的综合性科学技术，它以阐明现代社会复杂的政策课题为目的，应用信息科学、行为科学、系统工程、社会工程、经营工程等正在急速发展的与决策科学化有关的各个领域的理论或方法，对包括人和社会现象在内的广泛范围的对象进行跨学科的研究工作”。

因此，他们认为软科学有三个特点：

1. 它不只是以自然现象和科学技术作为研究对象，而是把包括以人和社会因素在内的各种问题作为研究对象；

2. 对上述各种问题从信息和系统方面去把握并研究其解决方法，即它是以软的智能性的技术为主；

3. 它是将宽广领域的知识有机地结合起来使其为不同目的服务的理论、方法和总和。

美国有“政策科学”(Policy Science) 它的含义同日本学者所说的软科学基本上是一致的。

根据现有情况的分析，我们认为：软科学是一门高度综合性的新兴科学，也可以说是一类学科的总称，它们综合运用自然科学、社会科学和哲学的理论和方法，去解决由于现代科学、技术、生产的发展而带来的各种复杂的社会现象和问题，研究经济、科学、技术、管理、教育等社会环节之间的内在联系及其发展规律，从而为它们的发展提供最优化的方案和决策。

因此，软科学是一门着重研究生产力诸因素的科学，这些因素包括科学、技术、管理、教育、人才、技术经济等。因此，软科学的研究范围可以划定为：管理学、系统分析，科学学、预测研究和科学技术论等几个领域。

2. 软科学重点研究各个系统、层次的战略性问题，诸如国家，地区经济开发规划，科学技术发展的社会后果，科学技术政策，学科的发展方向，企业的长远经营规划……等。

在研究中，要考虑到自然规律、科学技术发展规律和经济规律的作用，力求符合这些规律的要求。

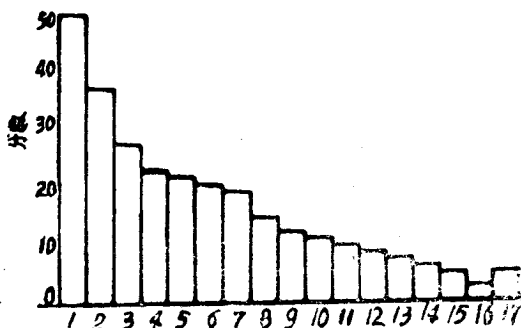
3. 软科学的研究需要发挥高度的智能。对于每一问题的研究，应集合有关领域的专家，开发智力，共同探讨，从而

提出可供选择的若干方案，提供领导部门进行决策。

4. 软科学的研究主要采用系统分析方法，首先建立解决问题的物理模型，进行定性分析；在必要和可能的情况下建立数学模型，进行定量的分析。在整个研究过程中，不是进行对个别事物的分析 而是对整个系统的分析 不是单值的分析 而是多值的分析 不是单一测度的分析 而是多种测度的分析；不仅有纵向分析，而且有横向分析，也就是网络分析。

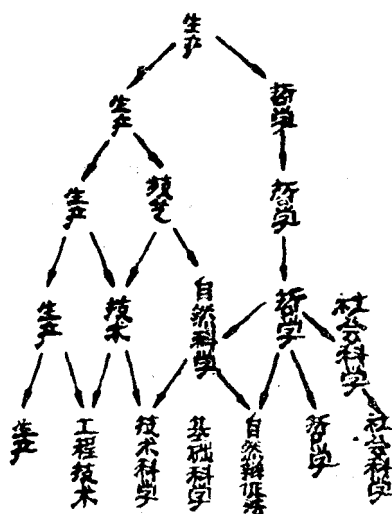
鉴于软科学是一门新兴的科学，尚未定型，它的内涵和外延必然会随着社会需要的变化和研究工作的发展而发展。因此，对其定义的给定，不可能一蹴而就，而只能在其自身发展过程中不断完善和精确化，这也是每一门科学的发展的共同特点。

日本曾经对软科学的认识作过测定，其回答经过归纳可以用图 1 表示。



从图 1 可见，在日本对软科学的看法也是多种多样的。我们在目前不必花过多的精力去议论软科学的定义、研究对象和研究范围，各种不同看法都可以并存，重要的倒是切实实地把各方面的研究工作开展起来，为今后较圆满地解决软科学的定义、研究对象、研究范围诸问题创造必要的条件。

从图 2 可见，科学、技术、生产的发展已经经历了四个阶段。在公元五世纪以前的古代，科学处于幼年时期，它被包含在哲学之中，没有一门学科可以离开哲学的母体，独立出来；技术也十分落后，它依附于生产，处于萌芽状态，农业生产广种薄收，手工业的劳动生产率极为低下。总的来说，科学技术生产的发展是相当缓慢的。



从五世纪到十五世纪的中世纪，在欧洲，科学成为神学的婢女，生产技术基本上处于停滞状态。但是中国在这段时间中，科学技术却是处于上升阶段，造纸、火药、罗盘针、印刷术这四大发明，震惊世界，并且陆续输入欧洲，对欧洲的社会变革发生很大的影响。于是，欧洲开始了“最伟大的、进步的变革”的文艺复兴运动，为科学的大发展创造了有利条件。

1543年，哥白尼发表了《天体运行论》，奠定了“日心

说”，这标志着近代的开始。神学的威力日显衰落；从此自然科学便开始从神学中解放出来（恩格斯《自然辩证法》）并且取得了长足的进步。在近代，科学研究的手段和方法，主要依靠观察、实验、计算、模拟、……等，但研究的规模甚小，主要是小手工业的研究方式。在资本主义的生产方式下，科学和技术克服了脱节现象而结合在一起，自然科学第一次为直接的生产过程服务，科学—技术—生产体系开始形成了。

十九世纪末，进入了现代。在物理学上出现了一系列的重大发现，X射线、柏克勒克射线、电子、镭相继被发现，到二十世纪初本来被人们认为构成物质最小“砖石”的原子也被打碎了。科研的规模愈来愈大，成果愈来愈多，科学物化为技术、转化为生产力的速度也不断加快。科学、技术、生产相互作用，形成技术科学和工程技术，出现由基础科学、技术科学、工程技术、生产四者组成的一个完整的体系。在这一体系中每一环节既是相对独立的、自成系统的，又是整个体系中不可缺少的一部分。

就一个国家而言，如何协调这几者的关系，在不同的时期、不同的条件、不同的经济实力的情况下，建立适合其本国特点的科学技术和工农业生产的体系，对于加速国民经济的发展具有重要的意义。

另外，就一门科学技术而言，它的发展也需要对四个环节进行通盘合理的安排。如激光科学技术，在基础科学方面，主要是物理学上的受激发射原理的研究；在技术方面，包括激光光谱学、非线性光学、集成光学等研究；工程技术就包含了各种激光器的试制、激光材料的应用、以及激光器的新工艺、新用途的研究等等；最后，通过生产环节制造大

批的激光器件，应用于国防、医疗、通讯、农业……等各个领域。非常明显，这四个环节已经形成了一个有机的整体，就象接力赛一样，任何一棒接得不好，都会影响激光科学技术发展的速度。

要协调这四者的关系，确定它们之间的合理的比例，并在不同时期、不同条件下有所侧重，就需要对科学、技术、生产作整体、系统、全面的研究。这项工作单靠从事各门专业研究的科学家来做是不够的，因为他们往往立足于自己的研究部门，不了解全面情况，缺乏全局观点；只有将软科学家和硬科学家配合起来，才能把这项工作做好。

2. 从科学研究和生产的规模来看。早期的科研工作，都以个人研究为主，十九世纪下半叶开始，由于学科门类的增多以及由电力工业产生所带来的科技的发展，重大科学技术问题的解决，单依靠科学家个人研究已无能为力了。于是出现了一些为一定科研目的把科学家组织起来的集体研究方式。1871年，英国剑桥大学建立了卡文迪什实验室，它是世界上基础科学领域中的第一个集体研究机构。同时期，电话发明人贝尔在美国波士顿创立了一个研究所，后来发展成为规模巨大的贝尔研究系统。

本世纪三十年代以来，出现了高度综合性的科研项目，如高能加速器技术、原子能技术、空间技术……等，这些课题跨专业、规模大，决不是一、二家集体规模的研究所所能承担的，因此，出现了国家规模的研究形式。这种规模的科研活动在资本主义国家首创于德国，1937年，希特勒花了3亿马克，建立了军事科研中心，制造出V—1、V—2飞弹。1961年，美国组织了为期十年的阿波罗登月计划，动员了42万人，2万家公司，120所大学，耗费了300亿美元，其规模

超过了历史上任何一项科研课题。

随着科学技术向纵深发展，有的研究项目牵涉面广、信息量大，单凭一个国家的力量难以完成，因而需要加强国与国之间的联合研究，跨出国界，进入国际规模的研究方式。如1957年7月到1958年底，有66个国家组织了“国际地球物理年”的考察活动。不久前，世界气象组织又发起了有一百多个国家和地区参加的“全球大气研究计划第一次全球实验”，我国也参加了这次规模巨大的国际性科研项目。

科研规模的不断扩大还表现在投入经费和科学家人数的增长上。

早期，科研费用消耗不多，如美国从1776年至1925年这150年间，科研费用仅为10亿美元，而1979年的预算高达525亿美元。各工业发展国家的科研经费，平均每年增加15%，每五年增长一倍。

同样，从事科研工作的人数也猛增不已，十九世纪末，全世界科学家约五万人，到了二十世纪六十年代，增加到300万人，占历史上科学家总数的90%。目前，全世界科技人员的总数已超过500万，并且还在不断增加。

与此同时，工业产品也逐步复杂化和大型化，如自行车、缝纫机、照相机等产品的零件是一百到一千的数量级；而宇宙飞船、导弹等已经超过百万数量级的水平。

由于科学研究和生产的规模越来越庞大，规划、协调、管理和预测就显得更重要，譬如，研究什么？发展什么？如何研究？如何推广？……这一系列问题，就需要用到软科学。如果运用得好，那就可以做到事半功倍，带来可观的经济效益。如1973年，美国综合研究了空间技术的发展方向，发射了第一颗地球资源技术卫星(ERTS—1)仅花费了2.7亿

美元，而当年就收益 14 亿美元；反之，如果运用不当，那就会事倍功半或者一事无成。如七十年代初的美国攻克癌症计划，由于科学预测不准而损失了 15 亿美元。

3. 从科学、技术、生产高度综合化来看。大家知道，现代科学技术发展的一个重要特征就是学科的高度分化和高度综合。加之，学科之间相互渗透，相互交叉，产生了许多边缘学科。目前，学科门类已经超过二千门。

然而，自然界是统一的整体，是一个多层次、多结构、多序列的完整网络，需要人们以“立体作战”的形式对自然界作综合的探索。

综合探索的趋势，首先表现在各门自然科学的发展过程之中。在每门自然科学高度分化的同时，就伴随有综合探索的趋势，如在数学领域中，十九世纪与二十世纪之交，出现的公理化运动。

在现代物理学的研究领域，从三十年代起开始，探索对自然界的四种相互作用力统一起来的理论和方法。

综合化趋势还表现在综合科学和横向科学的出现，综合科学以特定的自然界的客体为对象，采用多学科的理论和方法，进行“立体作战”。综合科学主要有环境科学、能源科学、海洋科学、生态科学、材料科学、空间科学等等。

横向科学不是以特定的物质形态和运动形式为研究对象，而是撇开各种事物、现象、过程的具体特征，用抽象的方法研究它们所共有的某一方面的规定性及其规律。数学可以说是最早产生的横向科学，它是专门研究各种事物的空间形式和数量关系的。新产生的横向科学则有信息论、控制论、系统论等。例如信息论，就是从各种截然不同的事物、现象、过程中间抽象出信息这个普遍的规定性，对其进行计

量、传输、处理、变换、储存的科学。这些学科产生了许多新的特有的概念和方法，为科学的综合化提供了新的途径。

综合化趋势又表现在技术领域之中。七十年代以来科学技术很少有重大的突破，而主要是沿着综合和转移的途径前进。综合化的趋势，导致技术领域中的“种子”型技术，指的是直接来源于科学发现与发明的技术，如原子能、半导体激光等。

所谓“需求”型技术，指的是从社会市场需要出发，将已知的科学原理和老的技术系统地综合起来，从而形成与原有技术完全不同的新技术。美国阿波罗登月计划总指挥韦伯指出，阿波罗飞船计划中没有一项新技术而都是现成的技术，关键在于综合；同时指出，重大技术的突破现在极少，而各项技术的组合系列化则是发展趋势。日本学者更明确地指出：“综合就是创造”。

同样，在生产领域中也表现出综合化趋势。这是由于生产企业的专业化程度愈来愈高，势必要求生产企业之间的协作更趋紧密，一些大型企业，需要很多中小企业为它们生产零部件，提供原材料或进行工艺处理。例如，美国围绕通用汽车公司，为其提供零部件、原材料和进行工艺处理的企业多达45,000家，其中有二万家左右，仅仅为一百人规模的小厂。

不但如此，一些更大规模的科学——工业综合体，在六十年代以后也陆续出现，在综合体内有大学、科研机构以及不同规模的工厂。如美国马萨诸塞州的大型科学——工业综合体，共有780个工业企业、100所大学和20个政府实验室，工作人员达五万人。

这些科学——工业综合体完全不同于“大而全”而是一

种工业“群落”，是依据经济规律，运用经济手段，自然形成动态稳定的有机系统。

科学、技术和生产的综合化发展趋势，要求科学劳动结构进行必要的改革，使之适应立体作战需要。多学科如何协同作战？各项技术如何组成系列化？生产企业之间产品如何配套？……这些就需要发挥软科学的规划、组织、管理的作用。

4.从科学技术的广泛渗透性来看。现代科学技术的社会功能和地位日益重要，已经成为提高社会劳动生产率关键因素。不但影响一个国家的工业、农业、国防建设，而且影响到政治、经济、文化、教育、道德伦理……。国外有人宣称：现在已开始了一个科学向社会机体的全部毛孔进行全面扩张的纪元，提出了当代的科学，犹如中世纪的上帝一样，任何人都要受其影响的口号，并认为科学实验已成为一个产业的部门，称之为“研究业”这些议论是否恰当，可以讨论，然而，它也说明了科学在现代社会中的功能与地位，是历史上任何时代所不能比拟的。

以电子计算技术为例，它是二十世纪科学技术的卓越成就之一。从第一台电子计算机（ENIAC）问世到现在的三十多年中，它对社会生产和生活等方面，犹如毛细现象一样，进行广泛的渗透。目前，电子计算机的应用已达到三千多种，并且还在不断发展。电子计算机在经济和生产管理方面的渗透作用尤为显著，国外许多大型企业都建立了电子计算机网生产管理系统，总公司设立计算中心，各分公司、工厂、仓库、营业所都设立终端设备，组成完整的有机的通讯网络。

既然科学技术的渗透作用如此广泛，它对整个社会的影

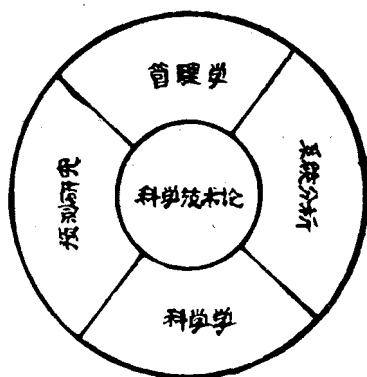
响又如此巨大，如何趋利避害，迫使人们要把科学作为社会现象，作全面的、系统的、综合的研究，这就是软科学的主要任务之一。

软科学就是在这种前提下应运而生的一门新兴科学，它实际上就是一门“科学的指挥学”并且已经不是一、二个精于指挥的科学家力所能及的，而必须有一大批从事软科学研究的专业队伍，才能当此重任。

三、软科学的研究对象及层次

软科学的研究对象可以包括以下几个分支学科：管理学、系统分析、科学学、预测研究和科学技术论。这些学科既是建立在不同层次上的相对独立的科学，又是具有内在联系的一个有机的整体。

这些学科在软科学中的地位以及它们之间的相互关系，可以用图 3 表示。



科学技术论是其他四门学科的理论基础，也是软科学的核心。科学技术论以马克思主义为指导，探索科学技术发展

的一般规律，研究科学技术与经济、管理、教育等的内在联系，为管理学、系统分析、科学学、预测研究等软科学的研究提供基本原理。

管理学是最早出现的一门软科学，它是随着近代资本主义工业的发展而逐步形成的。

五十年代以后，企业管理的研究迅速发展。在二次大战中发展起来的运筹学的基础上又发展了新的数学分析和计算技术，如线性规划、排队论，对策论、模拟方法、系统分析等。这些成果应用于企业管理，就产生了现代的管理科学。

与此同时，随着科学研究规模的扩大，科研管理也逐步发展起来了。到五十年代末，诸如导弹、卫星等大型科学研究项目兴起，科研管理更加受到人们的重视。英国科学家贝尔纳六十年代初在《科学的科学对话》中说：“目前，科学的发展、组织和利用以及科学人员训练等工作的水平，都低于科学实际工作所要求的水平，这说明在研究如何使科学发展中却没有应用科学，结果科学进展缓慢，研究速度不正常。这就看出，需要一个‘科学的科学，’”。这段话充分说明了科研管理的重要性，同时也说明科学学为什么在六十年代得到蓬勃发展的原因。

在今天，科学本身已经成为一个错综复杂的大系统，科学学就是专门研究这个大系统的学问。

科学学将科学作为一种重要的社会现象和社会建制来研究，考察科学的社会功能与地位，揭示科学技术的发展规律，分析它的体制结构，为制定科学技术政策，改进科研体制，搞好科技管理，提高科研工作效率提供客观依据。

人们在从事企业管理和科研管理时，对于产品种类和工艺过程的发展、工业部门的发展、科学技术以及各种类型的

规划的制定……等问题，都需要用科学的方法进行预测，因此，预测研究作为一门软科学就产生了。

预测研究这门学科的诞生，为现代科学管理提供决策的依据，提供合乎经济规律和科学发展规律的经营思想和规划。法国学者皮格尼奥说，预测研究的公式是“现在—未来—现在”，即从现在出发，考虑到未来，又恢复到对现在的注意，以便采取各种措施，应付未来的发展和演变。因此，预测研究不单纯是为了预测未来发展情况，而更重要的是在选择、控制、改变未来。不搞预测造成不良后果的例子是很多的，如当美国、日本预测到半导体大有可为，并决定把力量部署到半导体研究时，苏联未作这方面的预测，还在发展电子管，并把电子管的微型化作为研究重点，结果在电子技术上落后了。可见，预测研究可以带来巨大的经济收益，有人估计在预测研究上投资一元，往往会收益五十元。

系统分析是管理学、科学学、预测研究中不可缺少的理论和方法，因此，也是一门非常重要的软科学。系统分析从系统的观点出发研究问题，它能使复杂的企业管理、科研管理条理化，使它们简化为一些表示不同因素相互联系和作用关系的方框图，给我提供解决问题的途径和方法，以便实现计划、方案、设计的最优化选择。

总之，软科学的重心是管理，因为它直接体现软科学的社会功能和作用。管理学包括各种类型的管理，如企业管理、科研管理、教育管理、行政管理等，但重点是企业管理；科学学重点是科研管理提供科学依据；预测研究的目的是为管理提供决策的依据；管理学、科学学和预测研究的方法，主要是系统分析；而科学技术论则是上述四者的理论基础。这样，就构成一个有机的软科学体系。

四、软科学研究的发展

当前，软科学的作用和功能越来越明显，它能为社会、经济、军事、科学技术的组织管理提供客观依据，提出最优化理论、策略和方法，并能预测未来的发展方向，因而受到世界各国的普遍重视。

对于软科学的研究曾经历了三个阶段。第一阶段是个体研究。例如美国工程师泰罗在企业管理方面的“动作研究”、“时间研究”等，梅奥的“疲劳研究”、“智能研究”等；在科学学研究的初期，也仅由波兰学者奥索夫斯基夫妇，英国科学家贝尔纳和美国默顿等人进行开创性的个体研究。但总的说来，软科学并没有得到整个社会的重视。

二次大战以后软科学的研究进入第二阶段——集体研究。世界各国纷纷建立起软科学研究机构，并被誉为“思想库”、“智囊团”或“头脑公司”其中颇有声望的有国际应用系统分析研究所、兰德公司、斯坦福研究所、伦敦战略研究所、巴特尔研究所、赫德森研究所、利德尔研究所、工业设备企业公司、小阿瑟公司……等。

在这同时，大批原来从事硬科学的专家转到了软科学研究的行列。如英国的贝尔纳，美国的库恩、福莱斯特、道赛德、沃特斯，加拿大的捷玲斯·开，苏联的道沃劳夫，罗马尼亚的马里赛，日本的武谷三男等都是从专攻硬科学而转入研究软科学的著名学者。

在软科学研究的方法上，也从定性研究向定量研究发展，进入了计量化研究的新阶段，如管理学中运用图论、投入产出法、计算机技术、模糊数学等；在科学学中运用统计学、计算机技术等；在预测研究中运用决策论、概率论等。

最近一、二十年软科学获得广泛的重视，软科学的研究几乎渗透到社会的各个角落，这是软科学发展的第三阶段。

在国外，一些大型的企业都相继设立企业咨询机构。如美国通用电气公司等七、八十家公司建立的厂内咨询机构，其目的是为了降低生产费用，增加产量，改善服务质量，提高竞争能力，以及进行企业内部众多问题的解析处理。厂内咨询机构人员不多，但收益不小，宾夕法尼亚公司认为，厂内咨询小组花费一美元，至少可以使公司生产费用减少三美元。

企业咨询机构越来越深入人心，连原来在这一方面并不引起重视的美国福特汽车公司，也在近年来有了改变，在1979年10月开始设立咨询机构，福特公司的总裁卡勒德威尔向他的高级主管们宣布此项行动时说：“我们再不创新的话，就无法活下去了”。

各种类型的“头脑公司”为一个国家、一个地区发展工农业、科学技术提供了“望远镜”和“显微镜”，使人们看得远、看得清，更能按科学规律办事，因此，在国外基本上已形成一种制度、一个企业、一个地区、甚至于一个国家的领导，如果没有通过咨询机构的工作，是不会轻易对重大问题作出决策的。

软科学研究在我国起步较晚，目前正处在方兴未艾的阶段。为了探索中国式的社会主义现代化道路，给制定政策和国民经济计划提供科学依据，替各级领导的决策准备切实可行的方案和建议，组织软科学的研究队伍，建立各种软科学的研究机构，加强软科学的研究，实在是一件刻不容缓的事情。

科学学在中国的兴起*

——发表在《科学学与科技管理》
创刊五周年纪念日

一、亲切的回忆

1973年10月，应天津市科学技术协会及何钟秀的邀请，中国科技情报所杨沛霖、中科院物理所赵红洲、机械工业部上海内燃机所刘吉、中科院政策研究室贾新民到天津来作学术报告。他们白天相互听报告、参加讨论，晚上聚首畅谈。他们谈到十年浩劫中中国的科技事业和知识分子遭遇到的种种灾难，谈到粉碎“四人帮”之后“科学的春天”，谈到四个现代化的关键是发展科学技术和培养人才，他们还谈到，我们的科技管理工作太落后，我们的各级领导和管理人员还不熟悉科学技术的发展规律，还不能遵循这些规律进行有效的管理，就连科学技术对经济和社会发展的意义这样一个重要的问题，也还远远没有得到社会的广泛承认……。他们虽是初交，但志同道合，终于，他们认准了：当今中国迫切需要一门研究科学发展规律、科学技术政策与科学技术管理的学问，这无疑就是科学学。

这件事在中国科学学事业的发展中是一个很小的插曲，

* 本文原载《科学学与科学技术管理》1985年第5期，与杨沛霖合写