

交叉科学导论

JIAOCHAKEXUEDAOLUN

李光 任定成主编

湖北人民出版社

交叉科学导论

李 光 任定成主编

湖北人民出版社

交叉科学导论

李光 任定成 主编

湖北人民出版社出版、发行 新华书店湖北发行所经销

湖北人民出版社蒲圻印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 8 印张 1插页 17万字

1989年3月第1版 1989年3月第1次印刷

印数：1—5 100

ISBN 7—216—00295—4

B·43定价： 2.80元

前 言

近年来，交叉科学引起了人们的普遍兴趣，不少刊物发表了有关译文和论文，并有论文集出版，但系统研究的专著尚未见到。应湖北人民出版社有识之士相约，我们组织几位同志编著了本书，目的是对交叉科学进行一些一般性的系统讨论，以期引起人们对交叉科学更深入、更系统的探索。

尽管我们绝无创立交叉科学学的奢望，也无意构造什么交叉科学的思想体系，但我们希望读者不要忽视本书各部分内容之间的内在联系。本书的各章节是我们提出编著指导思想，拟出全书提纲之后，约请各位作者分别撰写的，文责自负。各章节顺序以及撰稿人是：

1 交叉科学兴起的历史背景 刘 钢（中国科学院武汉分院）

2 交叉科学的形态及其元研究 任定成（华中师范大学）

3 交叉科学在科学体系中的地位 and 作用 郑立建（中南民族学院）

4 交叉科学的社会功能 刘孟奇（湖北青年杂志社）

5 交叉科学的形成机制和发展模式 吴 青（武汉大学）

God 1/14

6 交叉科学研究的基本方法 李 光 (武汉大学)

7 交叉科学的发展趋势 刘 峰 (武汉大学)

本书初稿完成后,我们向各位撰稿人提出了深化内容的具体建议。收到修改稿后,我们在体例和文字上做了些统一的处理。为了尽量反映撰稿人的思想,我们对各章的论点和撰写风格没有做严格划一的要求。

各位撰稿人在本书中力图陈述自己对于交叉科学的一些思考,采用他人成说或材料之处,均尽量注明参考文献,但少数为学术界所熟谙而又说不清是谁先提出的观点,则难以列出文献。我们深感是憾。

坦率地说,由于目前尚无系统、深入的研究成果可供参考,又囿于我们的水平和精力,本书在思想深度方面尚不理想,在表述的准确性方面也不尽人意。一方面,我们恳请同行和隔行学者不吝指教;另一方面,我们将在今后组织的论著译说中弥补本书的缺陷,以偿读者所失。当然,倘若本书能引起学术讨论,作者将深感是幸,编著本书之目的也就达到了。

李 光

任定成

1987年10月1日于 珞珈山
桂子山

目 录

1 交叉科学兴起的历史背景	1
1.1 交叉科学是社会经济发展的客观需要	1
1.2 交叉科学是科学发展的必然产物	16
1.3 交叉科学在中国	31
2 交叉科学的形态及其元研究	36
2.1 科学与学科	37
2.2 交叉科学的形态	50
2.3 交叉科学的元研究	61
3 交叉科学在科学体系中的地位和作用	69
3.1 交叉科学在科学共时结构中的地位	69
3.2 交叉科学在科学历时结构中的地位	80
3.3 交叉科学在科学体系中的作用	93
4 交叉科学的社会功能	101
4.1 交叉科学促进人类科学认识深入发展	102
4.2 交叉科学促进人类社会经济的发展	115

5	交叉科学的形成机制和发展模式	130
5.1	交叉科学形成发展的社会环境	130
5.2	交叉科学形成发展的文化背景	137
5.3	交叉科学形成发展的内在动力	149
6	交叉科学研究的基本方法	163
6.1	交叉科学研究的移植方法	163
6.2	交叉科学研究的系统方法	188
7	交叉科学的发展趋势	213
7.1	交叉科学的交叉跨度不断增大	213
7.2	交叉科学的交叉方式日趋复杂	225
7.3	交叉科学的综合和分化同步进行	236
7.4	交叉科学更加接近于客观真理	244

1 交叉科学兴起的历史背景

如果从19世纪中叶物理化学的产生算起,交叉科学实际上已有100余年的历史了,而“交叉科学”(Interdisciplinary science)这一术语迟至本世纪上叶才开始出现,足见以交叉科学为对象的研究历史短暂。如果直接对交叉科学的各个剖面进行概括性研究想必困难。所以,我们从“纵”的研究开始,在本章中考察交叉科学兴起的历史背景。在历史考察的基础上,再做“横”的研究,在以后各章中分别讨论交叉科学的形态、结构、功能、演化模式、研究方法以及发展趋势诸问题,也许比较方便和有效。

1.1 交叉科学是社会经济发展的客观需要

要想比较清楚地了解交叉科学兴起的历史背景,首先就要考察一下近代科学的历史进程,也就是说,有必要对近代科学的产生与发展作出历时性分析。然后,再结合当今人类社会的现实,从共时性的平面考察当代科学的现状及前景。尤其是本世纪下半叶以来,人类社会发生了前所未有的大变革,而科学技术在这一大变革的过程中,发挥了巨大的推进作用。正如J.D.贝尔纳所说:“科学既是我们时代的物质

和经济生活的不可分割的一部分，又是指引和推动这种生活前进的思想的不可分割的一部分。科学为我们提供了满足我们物质需要的手段。它也向我们提供了种种思想，使我们能够在社会领域理解、协调并且满足我们的需要。”^①

近代自然科学的兴起始于伟大的文艺复兴运动。这场以反对封建主义思想禁锢的思想解放运动，其发源地是当时工商业最发达的意大利，后来又蔓延到西欧各国。1492年，航海家哥伦布发现了美洲大陆，使西欧各国工商业得以迅猛发展。在“自由贸易”的口号下，资本主义的生产方式得到了巩固与发展。为了扩大市场以增加原始积累，资本家之间展开了激烈的竞争。这就要求尽最大可能地扩大生产能力来制造出更多更好的产品。

在当时生产技术的发展中，应用技术的研究和发明直接服务于生产，并显示出它的社会功能。围绕着蒸汽机应用的第一次工业革命就是很好的说明。自18世纪60年代初开始至19世纪40年代末结束的第一次工业革命是一场技术上的本质变革的运动，它对社会生产和人类生活产生了意义深远的影响。它发端于英国，继而向欧洲及美国扩展，最后波及全世界。

1649年英国资产阶级革命胜利，使纺织工业走上大型手工业工场的发展道路。到了18世纪中叶，强大的英帝国获得了海上霸权及大片海外殖民地，一跃成为不可一世的“国旗不落之国”。这种不平等贸易、掠夺等手段，使英国积累了足够的工业革命的资本。从1730年开始至1840年结束的英国

① J.D.贝尔纳：《科学的社会功能》，商务印书馆1982年版，第542页。

工业革命，是以纺织工业机械化为中心、以蒸汽机的广泛应用为主要标志的技术革命。它彻底改变了传统的生产面貌，代之以大型的工厂和经济上的繁荣。

1730~1760年，在英国发明了使纺纱效率提高18倍以上的“珍妮机”。后来又出现了水驱动的纺织和冶金机械，大大提高了生产效率和产品质量。在江河湖边出现了纺织厂和炼铁厂。但是，以水为动力的各种机械要受种种自然环境的限制，而且那些远离水域的原材料的运输很不方便，加之矿井抽水和农田灌溉等，都促使人们设法用蒸汽为动力而取代以水为动力的各种机械。具有很大实用价值及经济效益的双冲程蒸汽机就是在这种生产发展的需要和人、财、物等条件已具备的情况下，首先在英国发明的。

蒸汽机的产生可以说完全是出于社会经济发展的需要。1784年，英国工匠瓦特（J. Watt, 1736~1819）经过多年不懈的努力，终于研制出转速可调节的双冲程蒸汽机。瓦特的蒸汽机问世之后，立即得到迅速的推广。1785年，出现了第一台蒸汽动力的纺纱机，后来又有了蒸汽动力的织布机和整布机等。纺织工业得到了空前的大发展。仅以英国为例，在1780~1870年这90年间，用棉量增加200倍，达107500磅。英国煤矿工人斯蒂芬森（G. Stephenson, 1781~1848）于1814年制成第一台有实用价值的蒸汽机车。至1848年，英国铁路已达4646公里，成了陆路运输的大动脉。还有汽船和汽车也带来了水路及公路运输的繁荣。以蒸汽机的改进和推广使用为主要标志的第一次技术革命，使欧美一些主要资本主义国家的生产力迅猛发展，同时也使人们进一步认识到科学技术在发展生产中的作用。

我们从蒸汽机的发明这一案例中，不难看出这项近代工业发展史中占主导地位的技术成果完全出自工业发展的需要。诚然，瓦特在1764年发明分离式冷凝器时运用了“潜热”这一科学概念，这恐怕是理论在这一发明中唯一重大的贡献了。然而，从科学的角度看，直到18世纪末以前，对于热效率、热传导、热膨胀、热平衡、热容量以及热功转换等理论问题还没有进行认真的研究。当时的蒸汽发动机的发明和改进都是一些数学或物理上毫无素养而有实际经验的发明家完成的。据说斯蒂芬森等人还几乎是文盲^①。正是由于没有理论指导，当时的蒸汽机效率仍然很低。只是到了后来，利用了热力学理论才有了改进。可以说，在19世纪中叶以前，蒸汽机对于纯科学的贡献比科学对于这项动力工程技术所作的贡献要大得多^②。总而言之，是生产的发展和需要推动了技术发展，而技术发展和需要再推动科学发展。

蒸汽机发明所引起的第一次技术革命后的短短20年时间里，大大促进了自然科学的发展。与此同时，随着蒸汽机的广泛使用，其固有的一些缺陷，如热效率低、结构笨重、启动关停的准备过程较长等弱点，都进一步暴露出来。因此人们的注意力便集中到新的能量转换形式和新的动力机械方面。电力技术和内燃机就是在这种情况下出现的，第二次技术革命也正是在更进一步满足经济发展的历史条件下开始的。

然而，同第一次技术革命相比，第二次技术革命有着本

① J.齐曼：《知识的力量——科学的社会范畴》，许立达等译，上海科学技术出版社1985年版，第22页。

② 同上书，第24页。

质的区别。前者主要是依靠工匠们的技艺和经验积累，科学理论在其中所做的贡献甚小。而后者则是以科学理论为指导，经过应用研究与开发利用，使科学理论物化，加速了科技成果在生产中的应用。

从19世纪70年代开始的以电力应用为标志的第二次技术革命，并不是直接源于生产实践，而是来自科学实验，来自对电磁现象的研究。1831年，出身卑微的英国科学家法拉第(M. Farady, 1791~1867)发现了电磁感应定律(磁铁同导线相对运动时，导线中有电流产生)。这一定律是发电机的理论基础，从而打开了电力时代的大门，为人类开辟了利用一种新形式的能的道路。1864年，英国青年理论物理学家麦克斯韦(J.C. Maxwell, 1831~1879)接受了法拉第有关“场”这一当时离经叛道的概念，并用数学语言将其表述出来。麦氏将全部电磁现象概括为一组数学方程(麦克斯韦方程)，从中可以推论出自然界存在着电磁波。1888年，德国物理学家赫兹(H. R. Hertz, 1857~1894)证明了电磁波的存在，预示了无线电通讯的可能。

但是，有实用价值的发电机和电动机的问世，与法拉第发现电磁感应现象，相隔50年之久，而无线电通讯技术也是在赫兹死后才逐渐开始发展起来的。就电磁学而论，理论始终远远跑在实践前面，科学似乎没有受到社会需要或实用技术的推动^①。有趣的是，在法拉第发现电磁感应不久，英国首相看了他的实验，问他：“这有什么用处呢？”法拉第答

① J·齐曼：《知识的力量——科学的社会范畴》，第28页。

道：“一个初生的婴儿有什么用处呢？”^①可见，科学的发展固然基本上取决于生产经济的需要，可是，作为人类对于自然界的认识的体系的科学，有其自身相对独立的发展道路。当科学进入比较成熟的阶段，科学对生产的发展，不仅能起直接的推动作用，还能走在生产的前面，起着指导作用。这是科学同生产之间的一种新的关系的开端。

作为一种连续的统一体，我们将从造纸术这一案例中考察“生产——技术——科学”以及“科学——技术——生产”的相互关系。

作为古代记事的材料，在没有纸的时代，人们曾先后使用龟甲、兽骨、金石、竹简、木牍、丝帛等。随着社会经济、文化的发展，上述材料的缺点日益突出，无法满足迫切的需要。于是，寻求廉价、方便易得的新型书写材料便成为急待解决的问题。经过我国劳动人民长期的实践与探索，终于发明了用麻绳头、破布、旧渔网等废旧麻材料制成植物纤维纸的方法，引起了书写材料的革命，使之成为交流思想、传播文化、沟通情况、发展生产和科学技术的强有力的工具^②。成为我国古代劳动人民对世界文明的巨大贡献之一。

由于造纸术直接关系到科学文化的发展和交流，所以很快从我国传播出去。首先是经朝鲜传入日本，后来又传入阿拉伯，最后传入欧洲，从而“改变了全世界的表面和一切事

① 许良英：《十九世纪电磁学的辉煌成就》，《科学技术的发展》，科学普及出版社1982年版，第97页。

② 杜石然等：《中国科学技术史稿》（上册），科学出版社1983年版，第200页。

物的状态”。①大约在18世纪，欧洲已实现了造纸的机械化，有了大型的机械。这些机器的发明、设计、制造和良好的控制是机械工程学、水力学、化学工程学和电子学等多学科的奇迹。

纸的大量生产和使用是现代文明社会的一个重要标志。但是，是否有一种纸的“科学”呢？纸的主要成分是什么呢？这一问题仅仅依靠实用知识，如关于材料、方法、机器和加工是不够的。归根结底，应该从木材纤维的生物化学和植物生理学开始，然后再研究林业。当然，提取方法的化学和快速自动化机械的机械工程学是必不可少的。同时，纤维的物理学、光吸收、颜色、强度也不容忽视。这一庞大的工业，其分布和销售的经济学也要重视。由于纸是一种信息的载体，所以对印刷术也不应一无所知。

这一简单过程说明了高度专业化技术的普遍性质。不涉及许多“理论”科学以及许多重要的社会特征，我们不可能研究这种技术的根本特征。例如，造纸与环境生态学有关，从而也和废物的再循环有关。当我们把注意力局限于某些非常狭窄的技术问题比如提高纸的强度时，则需要从若干学科中收集专业知识。解决这个问题需要关于生化结构、纤维的生理学功能、树木生长期的微气象学条件等方面的知识。从造纸技术的发展来看，必须强调用科学的方法改进现有原料，应致力于发明能发挥同样作用的新材料，比如用聚乙烯代替纸作包装材料。这种发明可能来自与造纸无关的部

① F.培根：《新工具》，关琪桐译，商务印书馆1986年版，第114页。

门。因而，想要“为一门现有的技术建立科学基础的话，那么交叉学科的研究方法是绝对必需的。”^①

当今的世界模式是上个世纪的人无法想象的。科学技术与社会经济的关系是极其复杂的。正如贝尔纳所论述的那样：“尽管科学本身的初次滋长是经济和政治诸因素的结果，但是科学一旦被树立为巩固经济和政治力量的一种手段，科学的进步也就成为政治和社会生活的一个因素。没有科学，现代工业国家就一点也不能存在；这样一个国家若不充分利用自己的知识资源来推进科学，并推广科学的使用，它就不能长久继续存在。”^②易言之，科学技术的作用不仅在社会生产中日益增长，而且对包括社会管理在内的一切活动领域的影响，对人们生活方式的影响，也正在加强。始于19世纪最后30年和20世纪初期的生产力的高速发展，导致了生产的社会化，使小型的手工业作坊以及小的私有企业为大的工业、商业和金融公司以及国营经济部门所取代。生产力的广泛增长一方面引起技术性的生产职能越来越广泛地由人转交给机器，同时另一方面则引起生产的社会化。显然，这又为科学这一生产力的成分的空前增长创造了条件。经济的高度积累和集中决定了物质生产中要大规模运用科学。

科学技术的应用大大加快了人类社会发展的步伐，同时也使当今社会越来越复杂。现代社会面临的一系列全球性问题或发展战略问题，都是高度综合的大课题。要想合理解决这些问题，需要自然科学、社会科学和人文科学的合作。而

① J.齐曼：《知识的力量——科学的社会范畴》，第164页。

② J.D.贝尔纳：《历史上的科学》，科学出版社1981年版，第685页。

那些涉及国计民生与人类发展密切相关的基本问题以及预测和规划人类发展未来的问题，显然不是以前所形成的那种缺乏相互联系的分析性科学体系所能胜任的。这就要求打破以往那种条块分割、互不通气的传统科学体系。

自本世纪下半叶以来，社会经济的高速发展向科学提出了“学科际研究的整合”（integration of interdisciplinary studies）的新方向。因为各种所谓交叉学科层出不穷。事实上，过去和自然科学联系紧密的某些学科，如数学，已日益渗透进入社会科学研究中，使社会科学也逐渐定量化、严密化。另外，发端于生物学的系统论，从研究通讯技术理论而形成的信息论，由研究自动控制系统而产生的控制论等，它们的基本思想已在社会科学研究中日益发生强烈的影响。还有一些从自然科学角度提出的问题，如空间、海洋、能源问题等，都不可避免地要涉及很多社会问题，甚至是全球性的问题；而一些从社会方面提出的问题，如人口预测与控制，城市规划等问题，也越来越需要借助于数学和自然科学方法去研究。近年来发展迅速的一些新学科，如环境科学、管理科学、思维科学、人体科学等，都是高度综合性的，体现了自然科学、社会科学和人文科学的汇流。我国著名科学家钱三强说：“本世纪末到下一个世纪初将是一个交叉科学时代。”^①这个交叉科学的时代就是以自然科学、社会科学与人文科学相结合为主要特点的时代。

所谓“交叉”并不是指人为地将两门不同的学科硬性搭

^① 钱三强：《迎接交叉科学的新时代》，《迎接交叉科学的新时代》，光明日报出版社1986年版，第6页。

配在一起就行了。一门交叉学科的诞生首先是来自社会经济发展的要求，另外科学自身发展的内在规律也是其诞生的必要条件。只有在解决某些特定的问题上，两门或更多知识领域才能相互联系起来。术语学这一交叉学科的诞生和发展，说明了社会经济发展的需要对新学科创立的重要性。

所谓术语，说通俗一点，就是某学科领域的专门用语。成书于我国汉代的《尔雅》中的后十六篇，可以说是百科名词的词典^①。这说明专门用语自古就已存在，并非什么新的现象。但是，现代术语的迅速传播及数量上的骤增，却是前所未有的。有人认为这是自本世纪30年代以来所出现的一种文化特征，具体表现在：“对任何一种具有某种特定语言的文化来说，其词汇中所包含的专门术语会比普通语词重要。这种现象在工业国或重大科学技术的起源国所使用的语言中是很普遍的。在全部词汇中，那些不久以前比专业词或术语在数量上还占优势的非专业语词迅速失去了这种优势。这是由于那些用来给迄今为止不为人知晓的事物命名的新术语，在数量增长方面，比非专业语词要快得多。”^②而造成这一“社会文化特征”的社会经济诸因素可以归结为八个方面*：

① 刘叶秋：《中国字典史略》，中华书局1983年版，第30页。

② G.隆多：《术语学概论》，刘钢、刘健译，科学出版社1985年版，第1页。

• 其中前两个方面并不完全是由于社会经济发展的要求，在某种意义上讲，科学技术自身发展的内在规律对于术语的要求更为强烈。然而，为了不破坏促使术语学产生和发展的社会文化背景的统一性，我们仍将科学技术的因素放在这里一起讨论。