

科學交叉論

徐飛
編著



科學交叉論

徐飛編著

安徽教育出版社

责任编辑：王宏金
封面设计：张啸谷

科学交叉论

安徽教育出版社出版

(合肥市金寨路283号)

安徽省新华书店发行 六安新华印刷厂印刷

*

开本：787×1093 1/36 印张：6 $\frac{2}{3}$ 字数：130,000

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数：2,000

ISBN7-5336-0867-4/G·1319

定价：2.70元

序 言

钱 三 强

在1985年我国首届交叉科学学术讨论会上，关于交叉科学，我曾简单谈过以下两点：一是对当代交叉科学发展的估计；二是我国发展交叉学科的重点选择。

大家知道，进入本世纪以来，现代科学发生了伟大的革命。但是，自本世纪中期以来，这场革命显现出了明显的“饱和现象”。比如核层次的研究、核裂变的应用，后来发展是比较缓慢了；还有受控热核反应、粒子物理研究等，虽然都有新的进展，没有停顿，但是发展速度确与本世纪中叶不同了。在这种情况下，人类强大的科学能力又不能弃置不用，于是就产生了一系列的交叉学科（边缘学科、综合学科、横断学科）。可以预料，在某种意义上

说，本世纪末到下一个世纪初，将是一个交叉科学时代。

我觉得，和30年代核物理形势一样，现在交叉科学也许同样正面临着一场突破。各门自然科学之间、自然科学与社会科学之间的交叉地带，一贯是新兴学科的生长点。到本世纪末，还将产生一系列的新兴交叉学科。和当初元素周期表上的空白元素一样，目前这些学科之间的空白位置上，很可能涌现出许许多多新的交叉学科，诸如社会数学、社会化学、社会物理学、社会生物学、社会医学、社会心理学、生产力经济学、科学社会史学、科学能力学、地震社会学、医学社会学、核社会学、核生物学、人体科学、思维科学等等。随着上述这许许多多的新兴交叉学科的纷至沓来，必将使存在于自然科学与社会科学之间的宽阔鸿沟渐渐缩小，并最终形成列宁所预言的自然科学奔向社会科学强大潮流。

科学学上有一个著名的原理，意思是说，科学的突破点，往往发生在社会需要和科学内在逻辑的交叉点上。如上所述，就是从科学发展内在逻辑上说的，即由于物理学前锋受阻，必然智力横向转移，或“回采”老的学科领域。这样便激发出一个又一个的交叉学科群。那么，什么是社会需要呢？显然，到本世纪末和下世纪初，我们的社会需要即社会主义现代化建设的需要。从交叉科学来说，为了实现现代化，一方面需要发展大交叉的综合学科，诸如

城市科学、海洋科学、能源科学、空间科学、生物技术与营养科学、农业系统工程科学等；另一方面，尤其需要发展与现代化的战略、规划、管理和领导等有关的各交叉学科，诸如科学学、管理学、系统工程学、优选法、决策科学、思维科学、事理学、领导科学等等。

国际科学学界有一本权威性杂志，叫做《科学计量学》。这家杂志曾宣布，自1984年度开始颁发国际普赖斯科学学奖。普赖斯科学学奖的设立，表明了学术界对交叉科学发展的重视。近年来，我国的交叉科学研究也逐步得到发展，徐飞同志所著的这本《科学交叉论》，便是把这一研究推向深入的一个积极的尝试。值得强调的是，在开拓交叉学科的过程中，要特别注意结合我国的实际——即建设具有中国特色的社会主义的需要。机械搬用外国的经验，往往会产生与愿望相违背的结果。毛泽东同志的《实践论》和《矛盾论》，就是马列主义与中国实际相结合的光辉典范。

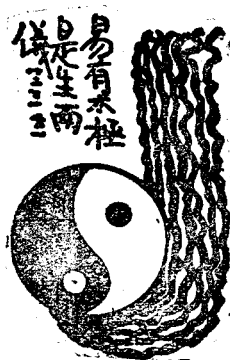
希望我国的青年科学工作者们，在交叉学科的理论 and 结合我国实际方面，作出优异的成绩，迎接交叉科学的新时代。

目 录

序 言	1
第一章 科学交叉源流	1
1.1 学科间的待揭之秘	2
1.2 交叉思想演义	5
1.3 笛卡尔妙算的示范	16
1.4 物理化学：黑马闯入圣殿	22
1.5 从契机到时尚	28
1.6 IDR管窥	38
第二章 科学交叉机制探微	48
2.1 来自BOND的启示	49
2.2 画龙与点睛：跨学科问题的发现	52
2.3 问题·课题·生长点	56

2.4 概念的移植与再生	61
2.5 理论渗透是科学交叉的主旋律	63
2.6 动力: T型人才的观念碰撞	78
第三章 科学交叉方法运作	89
3.1 学科与方法的互动	90
3.2 攻玉之石: 酒桶、甲骨、火神星	98
3.3 科学灵感的诱发	112
3.4 科学与技术混凝	121
3.5 综合、模仿、联动	132
第四章 科学交叉结构解析	141
4.1 学科结构中的断层	142
4.2 断层的修复: 旋转坐标与塔式构造	154
4.3 交叉形态的嬗变	163
4.4 特征矩阵的构建和解析	168
4.5 模糊聚类初探	181
第五章 科学交叉背景透视	185
5.1 自然基础: 猫与三色堇及杂交优势	186
5.2 辩证思维的理论背景	193
5.3 科学交叉的社会环境	199
5.4 交替发展律和相关生长律	207
5.5 优美的均衡	219
后 记	226
参考文献	228

第一章 科学交叉源流



一阴一阳之谓道。

——《易·系辞上》

“衡地”则合交。

——《孙子兵法》

1.1 学科间的待揭之秘

大千世界，变幻莫测，其间有两类秘密，吸引着人们世代求索不已。

面对古埃及的金字塔，面对复活节岛上的石雕群像，我们至今仍然疑窦丛生。达·芬奇（L·da·Vinci, 1452—1519）笔下的蒙娜丽莎，也仿佛用她永恒的微笑，注视着我们能否解开这些谜团，包括弄清楚，为什么涂绘在她脸上身上的颜料百年不变，艳丽如新？

然而，要揭开这些凝固的自然之谜，就不能不涉及另一类更加令人费解的秘密——隐藏在种种表象背后的某种机制。它仿佛是一个若隐若现的幽灵，徘徊在天地之间；古人称之为“道”，今人称之为“规律性”；当它被用某种语言表达出来时，便成为“定律”。无论叫做什么，只要这种机制一旦被揭示，就会焕发出无尽的福祉回报人类。我们不是

至今仍在享用着牛顿 (I. Newton, 1643—1727) 从苹果落地现象背后找出的那个奇妙定律么?

交叉, 就是古往今来的贤人智者们一直在孜孜求索的待揭奥秘之一, 甚至连交叉以及科学交叉的概念, 也很值得反思与回味。

笼统而言, 科学交叉是对各种跨领域科学活动与科学联系的概括, 在对科学交叉缺乏直观感受之前, 抽象的定义往往很难把握。好比宇宙中的黑洞一样, 在其奥秘尚未揭示之前, 谁也无法给予更多的描述。当今的天文学家们一直在努力搜寻着这个由于引力场极强, 连光线也不能射出的“黑”色星体。由于孤立的黑洞难以观测, 人们便通过密近双星间的交叉效应, 间接去探测。宇宙中, 天鹅座X—1、天琴座 β 和御夫座 ϵ 等天体, 都有可能是这样的黑洞。

有趣的是, 在现代科学的版图上, 也存在着类似的“黑洞”。它对周围的学科发出强大的引力, 人们一时又不能尽识这些学科间交叉地带的真实面目。

2000多年前, 东方的孔夫子 (前551—前479) 将天下学术分成6门——礼、乐、射、御、书、数; 无独有偶, 西方的亚里士多德 (Aristotle, 前384—前322年) 也有七艺之说——语法、辩证法、修辞、乐音、天文、算术、几何。但他俩恐怕谁也不会料到, 时至今日, 仅自然科学中, 可以叫出名称的分支学科就有4000余种。能单立门户的, 都

在科学领地里开出了自己的户头，留下的只是那些不同学科的交叉地带。这些学科间的“黑洞”，吸引着当代的科学家和哲学家前去查勘、开发。近年来一直热心于交叉科学研究的钱伟长（1912— ）先生，将这些交叉地带形象地比喻为谱线空白区。他说：“科学乃是探索客观世界奥秘的人类活动。自然界、人类社会和人脑的思维活动是非常复杂的，实际上可以看作是一个广泛而又普遍联系的连续体。这就决定了对这个连续体进行探索的科学认识也应该是连续的……人类为了研究方便，其中又分辟成许许多多的不同学科，每一个学科在整个连续体认识过程中都只占有一个具体的部分。所谓老学科新学科，只不过是早期发展了的部分和现在刚刚新上的部分而已。今天所论的交叉学科，是在连续体中的一段谱线，一个位置。现在这些位置有许多还是空白的，发展交叉科学，正是为了填补这些空白。”^①英国著名科学学家贝尔纳（J·D·Bernal，1901—1971）也指出：“在不少地方，不同学科之间有交互作用，而且它们和人类活动之间也有交互作用，不过把科学划分为若干部门，它们彼此之间的横的联系就大部分看不见了。”^②这些学科间的“黑洞”，或者更确切地说，不同学科领域之间相

^① 钱伟长：“交叉科学与科学家的社会责任”，《光明日报》1985年5月17日。

^② 贝尔纳：《科学的社会功能》，第461页，商务印书馆1982年版。

互联系与作用的科学交叉规律性，已成为当今科学的又一个待揭之秘。

1.2 交叉思想演义

当高度发达的现代科技将其哲学背影投射到古代文明中时，人们惊讶地发现，它们和古代文明中的许多玄奥思想，竟有着惊人的平行之处。深谙现代科技精髓，被称为原子弹之父的奥本海默（J·R·Oppenheimer, 1904—1967），曾有过这样的感叹：“我们所要作的发现，只是古代智慧的一个例证，一种促进和精细化。”

纵观古今的交叉思想，彼此之间也存在着这种神秘的平行。

科学交叉作为一种科学认识的方式，到本世纪初才逐步确立，但与交叉有关的思想，却可以一直追溯到古代的早期文明之中。阴阳五行以及太极八卦学说，就是一个典型的例证。

发端于春秋战国之际的阴阳五行说，把阴阳五行的交叉作用看作宇宙间的根本规律，《黄帝内经》则用阴阳的交感作用来探索疾病的根源。中国古代哲学的高明之处，不仅仅在于指出了阴与阳的交叉，而且还在于深入揭示了阴阳中仍可再分阴阳的复杂变化，各种交叉的思想也由此而繁衍化生，比如《素问·金匱真言论》中就有这样一段精辟的阐释：

“阴中有阴，阳中有阳。平旦至日中，天之阳，阳中之阳也；日中至黄昏，天之阳，阳中之阴也；合夜至鸡鸣，天之阴，阴中之阴也；鸡鸣至平旦，天之阴，阴中之阳也。”这是运用阴阳的交叉进行研究的一个典型代表。

被西方人视为东方神秘主义核心的太极八卦学说，实际上是阴阳交叉思想繁衍出的一个最高形式，它通过引入多种交叉机制，构建出一整套精密解释天地起源和万物化生的理论，《易经》详细阐述了这个博大精深的系统。在西方，《易经》被看成是中国文化的核心，只有《吠陀》^①以及《圣经》这样的典籍才能与之媲美。太极八卦说的基本思想是：天为阳，地为阴，天地交感，产生出雷、火、风、泽、水、山；这八种自然物统称为八卦，构成了认识世界的基元；人世间一切现象的最初根源，都可以从八卦中觅得踪迹，八卦向诸事物演化的具体操作就是交叉，彼此交叉便可产生出世间万物，正如《易传·系辞上》所云：“易有太极，是生两仪，两仪生四象，四象生八卦……”所有这些，构成了人类最早以交叉思想认识自然的尝试。难怪有位西方学者读后拍手称道：“中国的圣贤在最高层次上，已达到了和宇宙的神秘统一。”

这幅《八卦小成图》（见图1—1）选自清代陈梦雷（1650—1741）的《周易浅述》一书，它形

^① 吠陀是梵文“知识”的音译，收集了古印度无名氏圣贤写下的宗教文献和文学作品。

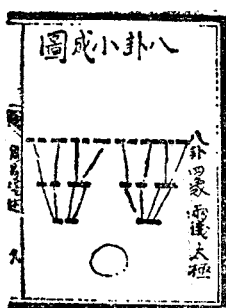


图 1-1

思想用了一幅更复杂的图
象加以描述，提出了中国
历史上最为著名的万物生
成模式图——《太极图
说》。

如图（见图 1-2）
所示，最上方的一个圆表
示太极。《太极图说》曰：
“无极而太极，太极动
而生阳，动极而静，静而
生阴，静极复动。一动一
静，互为其根。分阴分阳，
两仪玄焉。阳变阴合而生
水火木金土，五气顺布、
四时行焉。五行一阴阳
也，阴阳一太极也，太极
本无极也。五行之生也，

象地表现了阴阳交叉衍生
八卦的具体过程。从图上
可见，两仪生四象，四象生
八卦都是按阳中有阳，阳
中有阴，阴中有阳，阴中
有阴的交叉规律形成的。

宋代的理学大师周敦
颐（1017—1073）更是别
出心裁，他将类似的交叉

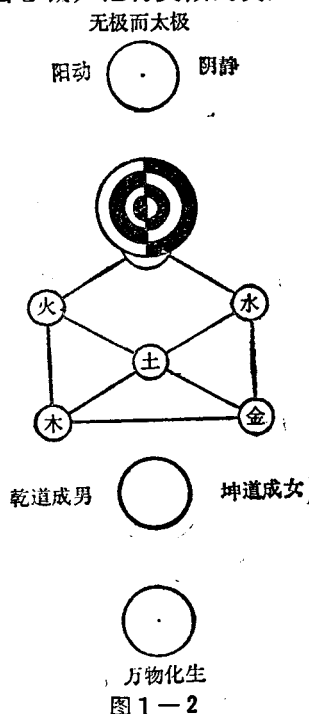


图 1-2

各一其性。无极之真，二（两仪）五（五行）之精、妙合而二凝。‘乾道成男，坤道成女’。二气交感、化生万物，万物生生而变化无穷。”

在古代，类似交叉的思想几乎随处可见。从“天人合一”、“天人感应”理论中我们可以看到生理学与天文学、气象学交叉的影子；占星术则至少反映了人类将社会问题与天文学相交叉的最原始的企图；右面这片甲骨上（见图1—3）整齐刻划出的干支表则表明，早在殷商时代，中国人就已创造出干支纪年法了。这种古代历法的成功编制，与数学和天文学的交叉是分不开的。至于从西汉一直延用至今的二十四节气，就更透散着天文学、气象学、物候学以及农学等多学科交叉的气息。



图1—3

阴阳五行、太极八卦乃至占星纪年等，都表现了古人对宇宙运存的一种体验，与今人注重理性相比，古人更注重直觉。面对同一个世界，各自的内省应该是平行的。我们不厌其烦地比较古今交叉思想，并不是奢望去诠释古代文化，而是企图与读者

一道，重新尝试凭直觉去体验古代智慧，找出激励新思维的兴奋点。

当我们一任思维奔泄，超越时空的鸿蜚，仔细审视那幅神秘莫测的太极图时，还会发现什么？

太极图，它犹如一颗玄机无尽的珍珠，深藏在一个抽象形式的坚硬外壳背后，默默闪烁着光芒。哥本哈根学派的尊师玻尔（N·Bohr, 1885—1962）从太极图中看到了量子力学的互补原理；李约瑟（J·Needham, 1900—）则认为太极图显示了宇宙力场正极和负极的作用；科学家们从太极八卦说中演绎出了计算机的二进制和生物遗传密码；甚至就连莱布尼兹（G·W·Leibniz, 1646—1716），爱因斯坦（A·Einstein, 1879—1955），这些科学大师们的研究，也与太极八卦说不无关联。

一个从未见过小鸡的人，面对一枚鸡蛋，该要发挥多大的想象与思辨，才能透视出鸡蛋中小鸡的内涵？现代系统论已经昭示，整体的东西，只能由原始的整体发展而来，鸡蛋也如此，以其混沌，尚未展开的形式，诉说着未来。小鸡的所有结构发育，都决定于这只潜含小鸡结构密码的鸡蛋。那么我们能找到现代科学之蛋呢？

蓦然回首，太极图或许正是这样一个携带了所有知识密码的胚卵。

现在，我们给出对太极图的另一种破译。

目前，学科的分类尚无定论，人们多数同意按“哲学、社会科学”和“数学、自然科学”这两大