

关于基础学科结构问题

——苏、美两类学科结构的比较

赵红州* 蒋国华* 郑文艺*

摘要 80年代,世界各国基础学科结构开始出现明显的分化。一些国家(如美国、西欧、日本等国),其学科结构变成以生命科学为主的“偏振型”学科结构,另一些国家(如苏联、东欧等国)则变成以“生、理、化”为三足的鼎式结构。这两种结构反映了两种科研体制的特点,反映了不同经济结构和产业结构的政策影响。这使中国的学科发展战略重新面临一种选择。

一、学科权模

为了描述某一特定学科在整个基础学科结构中的地位和影响,我们必须引入一系列科学指标参量。

定义1 定义 a 为某学科在国际中的权重

$$a = w_i / w_a \quad (1)$$

其中 w_i 是某国、某学科在特定时期的科学产量(如论文数或成果数),而 w_a 则为某学科在世界各国的总产量。

定义2 定义 b 为某学科在某国诸学科中的权重

$$b = w_i / w_b \quad (2)$$

其中 w_i 定义同上, w_b 则为某国所有学科总产量。

定义3 定义 p 为某学科的学科权模

$$p = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{\left(\frac{w_i}{w_a}\right)^2 + \left(\frac{w_i}{w_b}\right)^2} \quad (3)$$

显然,利用 p 即可描述在特定时期具体的学科在世界范围内学科结构中的权重大小。

利用匈牙利科学家 A. Schuber, W. Glanzei 和 T. Braun 等人发表的“科学资料汇编”所提供的 44 个国家的数学、物理科学、化学、工程科学和生命科学的统计数据,可以求出美、英、西德、法、意、加、日等西方国家,以及苏联、东欧各国的各学科的学科权模,见表 1 和表 2。表中的物理科学包括了除化学外的所有非生命的物质的科学(如天文学、地学等)。生命科学则包括一切以生命为研究对象的科学(如生物学、生物医学等)。

由表 1 和表 2 可见,美国的学科结构是以生命科学为重点的“偏振型”结构,这和 60 年代

* 中国管理科学院科学学研究所

以天、理、化为重点的“三足鼎立”结构相比,形成明显的对照。从60年代到80年代,美国的物理学权模由原来的0.49下降到现在的0.39,化学由原来的0.51下降到现在的0.24^[1]。因此,美国生命科学的兴起,是以非生命科学的衰落为代价的。换句话说,美国基础学科的结构正在进入一个由非生命科学“奔向”生命科学的新时期。

表1 美国与西欧各国基础学科的结构参数(%)
(1981—1985)

国别 \ 学科	权模	数学	物理科学	化学	工程科学	生命科学
美国	a	41.5	34.8	22.5	39.1	40.8
	b	2.8	18.0	8.0	10.8	60.4
	p	41.6	39.2	23.8	40.6	72.9
英国	a	7.2	7.1	6.5	7.1	10.6
	b	2.0	14.6	9.5	8.4	65.4
	p	7.5	16.2	11.5	11.0	66.3
法国	a	6.3	5.3	4.9	3.3	4.3
	b	3.6	22.4	14.3	7.3	52.4
	p	7.3	23.0	15.1	8.0	52.6
西德	a	6.5	6.3	7.2	6.3	5.5
	b	2.8	20.2	16.0	10.7	50.3
	p	7.0	21.2	17.5	12.4	50.4
意大利	a	1.9	2.4	3.1	1.7	2.3
	b	2.1	20.7	17.1	7.4	52.8
	p	2.8	20.8	17.3	7.6	52.9
加拿大	a	5.2	3.9	3.2	4.4	4.6
	b	3.1	17.4	9.9	10.6	59.1
	p	6.1	17.8	10.4	11.5	59.3
日本	a	4.9	7.0	11.3	9.2	5.3
	b	1.8	18.9	20.9	13.2	45.2
	p	5.2	20.2	23.7	16.1	45.6
合计	a	11.4	10.5	9.3	11.1	11.5
	b	2.5	19.1	14.4	9.6	54.4
	p	11.7	21.3	17.4	14.7	55.6

相比之下,80年代苏联的学科结构仍然保存着60年代世界各国通行的“三足鼎立”型的结构,其非生命科学仍然占据主导地位,物理科学权模高达0.36,化学权模高达0.33,而生命科学的权模只有0.26左右。但是,必须看到,苏联非生命科学中诸科权模也在迅速增长着,同60年代相比,非生命科学各科平均权模大约增加50%。

二、学科结构偏振度

研究表明,一个国家的学科结构质量不仅取决于学科权模的大小,同时也取决于结构的协调程度。一般,当一个国家的科学处于世界科学中心的地位时期,它的基础学科结构都是协调发展的,都是健全的。表现在极坐标图上,由诸学科权模矢径长度所决定的多边形面积最大,而且趋向于“圆偏振”。如果不是处于科学大国地位的国家,其学科结构图上的面积一般较小,

而且趋向于个别学科的“线偏振”方向。如图 1 中的美国和苏联两国情况就是例子。

表 2 苏联与东欧各国基础学科的结构参数(%)
(1981—1985)

国别	学科	权模	数学	物理科学	化学	工程科学	生命科学
苏联	a		2.1	11.5	14.8	6.7	3.1
	b		6.8	33.8	29.8	10.2	25.5
	p		7.1	35.7	33.3	12.2	25.7
匈牙利	a		1.2	0.3	0.9	0.4	0.4
	b		6.1	13.4	25.5	8.4	46.6
	p		6.2	13.4	25.5	8.4	46.6
捷克	a		0.5	0.6	1.8	0.7	0.6
	b		1.5	15.9	29.2	8.9	44.5
	p		1.6	15.9	29.2	8.9	44.5
东德	a		1.0	0.9	1.4	1.2	0.7
	b		2.8	19.3	21.4	13.3	43.3
	p		2.9	19.3	21.4	13.4	43.3
罗马尼亚	a		0.5	0.3	0.4	0.2	0.1
	b		7.6	30.9	30.8	11.4	19.3
	p		7.7	30.9	30.8	11.4	19.3
波兰	a		1.2	1.3	1.8	1.5	0.5
	b		3.4	27.0	25.4	16.1	28.0
	p		3.6	27.0	25.5	16.2	28.0
保加利亚	a		0.2	0.3	0.4	0.2	0.1
	b		3.2	29.1	26.6	13.0	28.0
	p		3.2	29.1	26.6	13.0	28.0
合计	a		0.9	2.2	3.1	1.6	0.8
	b		3.6	24.2	30.0	11.6	33.6
	p		3.7	24.3	30.2	11.7	33.6

为了描述基础学科结构的总权重,我们定义极坐标上的诸学科权模围成的面积为总权重 S

$$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n p_i p_{i+1} \sin \theta_i \quad (p_i = p_{n+1}) \quad (4)$$

定义 a 为结构偏振度

$$a = 1 - p_{\min} / p_{\max} \quad (5)$$

利用表 1 和表 2 的数据可以求出不同国家的学科结构的偏振度。

由表 3 和图 1 可以看出,美国的学科结构是比较健全的。学科总权重($S=1.0 \times 10^3$)是世界诸科学大国中最高的,而结构偏振度则是最低的($a=0.67$)。虽然生命科学的权模高达 0.73,但是其它各学科也不落后,最弱的化学权模也在 0.24 以上,足见其学科发展是协调的。

上述事实说明,美国仍不失其世界科学中心的重要地位。但是,如果把 80 年代的学科结构同 60 年代的学科结构相比较,也会发现美国的学科结构正在退化,即偏振度由 60 年代的 $a=0.47$ 提高到 80 年代的 $a=0.67$ 。这与美国科学总体上的衰落趋势是一致的。

相比之下,苏联基础学科结构发育水平远不如美国,80年代苏联学科总权重($S=3.3 \times 10^2$)仅为美国的30%,结构偏振度仍高达0.80。但是,也应当看到,苏联的科学结构是日趋健全的,其偏振度是逐步下降的。这反映了苏联的科学发展与美国相反,是日趋向上的。

表3 各国学科结构的偏振度(a)

美国	0.67	苏联	0.80
英国	0.83	匈牙利	0.80
法国	0.86	捷克	0.96
西德	0.86	东德	0.93
意大利	0.94	罗马尼亚	0.75
加拿大	0.89	波兰	0.87
日本	0.88	保加利亚	0.89

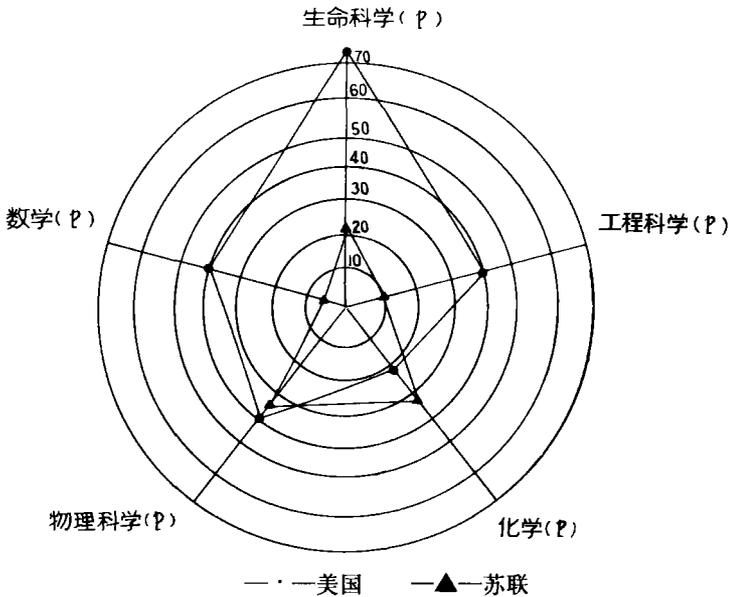


图1 80年代苏美两国基础学科结构的比较

三、两种结构类型的比较

实际上,美国和苏联分别代表着80年代两种典型的学科结构。第一种是以生命科学为主体的“偏振型”结构,平均偏振度为0.79,生命科学的学科权模比全部非生命科学(包括物理科学、化学和数学)的权模的总和还要大。因此,它是一种“非常结构”。第二种是以物理科学-化学-生命科学三大学科鼎立而形成的“自然型”结构。三大学科的权模相差不大(0.24, 0.30, 0.34),最大的权模(0.34)只是工程科学(0.12)的两倍多,因此,它是一种生命科学、非生命科学和工程学相互协调的常规结构。两种结构类型的比较见图2。

问题在于,为什么在欧美各国80年代会形成这种以生命科学为主体的“非常结构”?研究表明,造成这种结构的主要原因,是科学政策的影响,而不是(或主要的不是)科学自身发展的结果。

按照“当采学科”理论,自然科学的主采方向一直是以物理科学为代表,它是沿物质层次由浅到深、沿结合能由弱到强的方向发展的。本世纪末的当采单科是以核层次为研究对象的科学。但是,由于核层次的采掘受阻,于是人类的智力发生“回采”,回采的第一个目标,就是原子层次的科学(如凝聚态物理);回采的第二个目标,乃是以生物科学和生物医学为代表的生命科学,加上原来就很发达的化学学科,这是科学自身逻辑所形成的三个“富矿区”。苏联和东欧各国所具备的学科结构主要是这种以科学自身逻辑形成的自然结构,政策的因素和产生结构的选择对其影响不大。因此,这种学科结构为科学发展提供的动力是稳恒的、持续的。

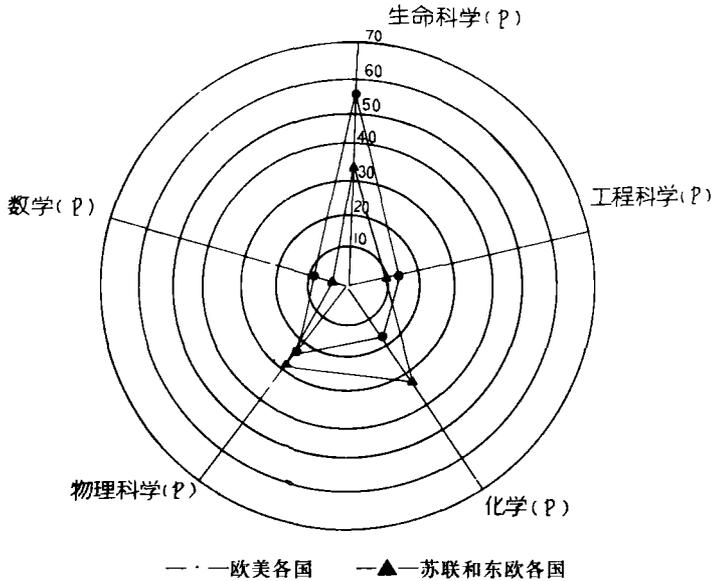


图 2 80 年代东、西方国家的基础学科结构的比较

相反,欧美各国的科学结构,除了科学自身逻辑的影响外,主要是人为的政策影响的结果。

1. 经济利益造成的政策压力

据美国国会的技术评估办公室的一份报告表明:“过去十年中发展起来的新型遗传技术,将对制药工业、化学工业和食品工业等产生巨大的商业影响”。这个报告估计:“在 10 年内可以利用遗传工程生产出价值 2200 万美元的有机化学产品。在 20 年内,这个数字可能上升到 71 亿美元。由于遗传工程而形成的化学产品和药物两大市场总的潜力约为 146 亿美元,并且能使 3 至 7.5 万人获得就业机会”。

因此,这种巨大的经济利益吸引了许多资助者,同时,也促进了某些生物技术“公司”的纷纷成立。这种公司在 1979 年还不能发行股票,但是到了 1981 年 4 月,公众投入的资金股份额已达到 11 亿美元。美国第一家基因技术公司在开始股票交易时,20 分钟内就使每股价值由 35 美元猛增到 89 美元。这种迅速增长的利益刺激,不仅促进了生物技术的开发和应用,同时也大大促进了生命科学的基础研究。在美国,不少的大学教授,还在基础研究阶段就把生物技术转让给新开办的公司,从中大发横财。

所以,欧美各国生命科学的突飞猛进,与西方市场经济的利润原则关系甚大。正因如此,生命科学及其技术开发的风险性也比其它非生命学科要高得多。

2. 国际竞争造成的政策压力

欧美诸国生命科学的迅速发展与世界范围内生物技术的市场竞争环境有很大关系。美国对生物技术的急进态度,强烈地影响着西欧各国。1980年英国发布了几份报告,阐明英国政府对生物技术的鼓励态度,并且坚持认为,生物技术的开发应由私人企业承担,国家在政策上给予优惠。法国政府为了保持在技术市场上的竞争能力,积极地支持生物技术的开发和生命科学的研究工作,并且制定了一个未来5年、10年和20年的生物技术“计划”。

日本是生物技术的主要竞争对手。日本政府明确地把生物技术看做未来20年中一个关键性“大技术”,1981年8月,专门成立了一个开发生物技术的协会,并为发展生物技术和生命科学集资11000万美元。

显然,国际技术市场的竞争,加强了人们对生命科学和生物技术的研究与发展。

3. 环境问题所造成的政策压力

进入80年代后,国际范围(主要是西方世界)内形成了一股“环境政策”思潮。

正如H.勃洛克斯所说:“从二次大战到70年代这段空前和连续的经济的发展,使人们不再象以前那样为满足物质需要而付出全部精力,他们变得更加关心其它事情,例如从清洁的环境到人际关系的和谐,这样一些无形的、令人身心舒畅的事情”。人们面对着全球性的环境问题,愈来愈把环境问题当成重要的政治问题来向政府施加压力,向专门研究生命科学和生物技术的科研部门和大学施加舆论影响,促进决策部门对有关环境科学和技术项目(如发酵和酶技术、细菌除油技术等)的资助。这也是西欧各国生命科学论文和成果猛增的原因之一。

与此相反,苏联和东欧各国学科结构比较“自然”。一方面这是因为苏联计划经济体制很少给生命科学提供刺激力,另一方面也由于苏联的科研体制使科技政策很少听取社会经济的呼声。M.考克斯曾指出:“苏联的科学和工业,长期以来,一直是两个基本上互不关联的领域,更多的是独立共存,而不是彼此协作,齐头并进”。这在一定程度上反映了苏联的科学不能从工业技术经济市场提供巨大的刺激力。故而苏联、东欧各国在生物技术的开发和利用上,显然没有西方那样灵敏。

其次,苏联的科学体制是“大科学”体制。这是一种建立在“规划科学”思想基础上的科研体制。它的科技规划和政策制定,都是由国家科学技术最高当局制定的,而影响这个决策机构的科学家,大都属于常规科学的权威和要人。再加上生物技术的风险,这使苏联政府绝不会象美国政府那样,允许人们把上亿计的资金投到这个风险性极大的研究领域中去。

其三,苏联的科学研究受军事技术开发影响甚大。大宗的科研经费都流向与国防有关的研究领域或开发项目,很少有资金投向生命科学研究与开发。这也是苏联生命科学不发达的原因之一。

综上所述,80年代出现的生命科学“偏振型”学科结构,乃是世界范围内市场经济影响的结果。科学研究开始更多地倾听经济利益的呼声,而不再理会科学自身逻辑的力量。这种状况对现代科学技术的发展,究竟是福还是祸?还要认真研究。不过有一点是必须警惕的:那就是当人们利用物质科学的手段向“大自然”进行掠夺性索取并已招来“大自然”巨大报复的今天,人们又开始用生命科学的手段,去对“小自然”进行“无私性”的开发,这将可能招致“小自

然”更加可怕的报复。这一点,在军事科学的“生物技术武器”实验室已经向人们亮出了红灯!

三、我国生命科学的战略对策

应当承认,我国对生命科学研究是相当落后的。80年代以来,我国生命科学在世界权威性杂志上发表的论文数量只占世界总量的0.1%左右(见图3)。这个水平比我国物理科学(0.9%)还低9倍。足见我国生命科学在世界舞台的形象。

我国基础学科的结构一直是不健全的“三足鼎立”结构。物理科学-化学-生命(或生物)科学是比较发达的三个“足”,其学科权模分别为:0.39,0.25,0.18。数学的学科权模最小,只有0.04,这样便使我国学科结构的偏振度大大增加(0.90),极大程度地影响了我国基础学科的协调发展。

鉴于目前中国学科结构的状况,今后的战略发展到底朝着哪一个目标前进?是瞄着美国的结构,畸形地发展生命科学,还是瞄着苏联的结构,而忽视发展生命科学呢?

我们认为,中国应当走中国的路。任何正确的科学政策,都必须注意两个根据,一是本国的产业结构(或技术结构),二是科学自身的发展规律。

第一、我国产业结构(技术结构)基本上不同于美国的产业结构(技术结构)。美国的基础工业(能源、材料和交通等)经过二百多年的发展,已经具有雄厚的基础结构,它可以承载包括高技术产业在内的庞大的新生产业群,可以为生物技术这样的风险技术提供必要的经济条件。因此,美国目前形成的以生命科学为主导的偏振型结构,是与其强大的产业结构相适应的。中国的产业结构则不然,中国的基础工业尚且薄弱,还支撑不了庞大的新生产业群,也不能为生物技术这样的生命科学课题提供足够的风险投资。因此,提出“向美国学科看齐”的口号显然是欠妥的。

第二、我国目前的学科结构,除数学太弱外,其它学科尚属正常结构形态。物理和化学科学的发达对建立我国强大的基础工业结构完全是必要的。尤其到本世纪末下世纪初,核物理(作为当采学科)、凝聚态(作为回采学科)都是科学的富矿区,在这些领域布署科学力量乃是符合科学自身逻辑的。在这些领域的任何突破性进展,都会为能源和材料工业提供巨大的经济利益。因此,中国的学科结构既不能向美国看齐,也不能向苏联看齐。因为苏联的重点学科在化学、物理科学和生物科学,而对生命科学太不重视。

我国的生命科学的发展战略应当是,在物理科学-化学-生命科学协调发展的前题下,适当加强(包括生物学在内的)生命科学的战略投资。

目前,我国兴起的以微电子科学为中心的“高技术热”,应当适当导向。适当地引导有关部门走向生物技术,为我国农业实现真正的“绿色革命”、为我国治理环境污染、为从非粮食资源

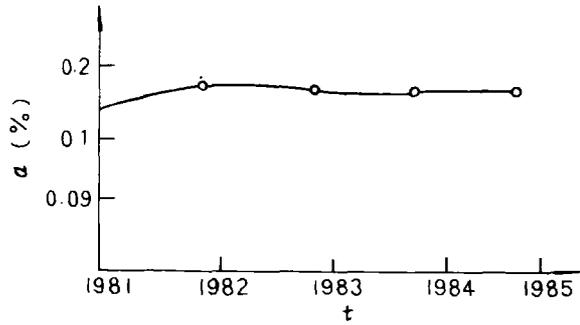


图3 中国生命科学论文总数
占世界生命科学总数的比例

(纤维和木质素)中和从人与动物废物中提取二次能源(乙醇或甲醇),为通过可控遗传的微生物来收集石油和改进石油钻探等研究方面做出贡献。

实际上,我国自然科学基金会这几年已经充分注意到生命科学的重要性。从1987年经费投资方向来看,既是符合中国的学科结构具体情况,又是具有国际战略眼光的,应当坚持下去。但是,切不可“热”到欧美诸国的程度。

参 考 文 献

- [1] 赵红州,蒋国华,郑文艺,论基础学科的结构问题,《科学学研究》,1989,第4期。
- [2] 中国科学院政策研究室,中、美两国科学院联合科技政策讨论会论文集,1985年,第289页。
- [3] H·勃洛克斯,技术评价与环境影响报告,第266页。
- [4] M·考克斯,苏联的科学政策,中国科学院政策研究室编译,《科学发展政策丛书》,第7册,第159页。

ON THE STRUCTURE OF BASIC SUBJECTS —THE COMPARE OF TWO KINDS OF STRUCTURES OF U.S.S.R. & U.S.A.

Zhao Hongzhou, Jiang Guohua and Zheng Wenyi

(China Institute for Science of Science, China Academy of Menegement Science, Beijing)

Abstract

Since 80', the structures of basic subject in nation have differentiated obviously. In some of them, for example, U.S.A., West Europe, Japan and etc., their structures of subject become "Polarized" ones, focusing life science; In other, for example, U.S.S.R., East Europe, and etc., there has been a "three-feet" structure, basing on biology, physics and chemistry. These two kinds of structures represent the characteristics of two research systems and influences of different economical and industrial structures upon science policy. It makes China's research strategy to face again a new choice.