

第

一

章

科学教育学： 一个正在崛起的教育研究领域

教育实践呼唤教育研究的开展和教育理论的指导。作为现代教育制度重要组成部分的科学教育，它除了接受一般教育理论和其他教育科学分支学科理论的影响外，也必须建立自己的研究园地，探索自身的教育和教学规律。科学教育学就是从这个园地产生的，它植根于科学教育实践，同时又超越科学教育实践，从而起到为科学教育实践服务，提升科学教育实践和改革科学教育的作用。这是当代科学教育发展的需要，也是当代科学教育发展的必然。

一、科学教育学的发展历程

在国际科学教育发展史上，制度化的科学教育实践是近200年来的事。从教育理论角度探讨科学教育则是从19世纪中期以后才开始的。尽管国内有的教育史学者认为，第一个较为系统地论述科学教育问题的是英国哲学家弗兰西斯·培根（Francis Bacon, 1561—1626），因为在西方教育史上，他被誉为“近代科学教育之倡导者”，但是，由于他的“科学教育思想带有空想的成分”^①，而且时隔两个多世纪后，科学教育制度才在西方工业化国家建立起来，所以他的科学教育思想不在本书探讨的范围内。19世纪中叶以后，随着现代教育制度的建立，西方国家学校普遍实施了科学教育，从此才有了对科学教育具有实际意义的理论探索。（参见本书第二章）

在探讨科学教育学的发展历程时，我们首先需要对科学教育学作为一个研究领域或一个学科的建立及其标准做一点分析。

按照传统的理解，“研究领域”与“学科”似乎有着严格的区别。凡是称作“学科”的都可以称之为研究领域，反之则不然。对于科学教育学是不是一个研究领域（field of

^① 单中惠（主编）：《西方教育思想史》，山西人民出版社1996年版，第135页、第131页。

study), 人们并无争论^①。因为一个研究领域似乎只要满足以下条件就行了: 1. 研究人员构成了一个研究团体; 2. 研究对象明确; 3. 研究工作得到社会支持, 研究成果得到社会承认; 4. 系统化的理论知识构成了大学课程中的一个教学科目 (subject)。按此标准, 科学教育学在某些发达国家毫无疑问早已成为一个研究领域。至于科学教育是不是一门学科, 在西方科学教育学界则有不同的看法。

科学教育学是不是一门学科, 关键在于确定“学科”的标准。美国得克萨斯大学的韦斯特迈耶 (Westmeyer, P.) 曾详细考察了“学科”的性质^②, 这对我们研究科学教育能否定位为一门学科富有启发意义。

在西方, “学科”是一个古老的概念。亚里士多德曾把学科分为三大类, 即理论学科 (theoretical disciplines)、实践学科 (practical disciplines) 和生产性学科 (productive disciplines)。理论学科以建立系统的、稳定的知识作为其主要目的。所谓稳定的知识系指较长时间内很少变化的知识, 因此, 这种知识是可以用理论 (或模式、概念、定律等) 描述的, 以说明各个部分知识之间的关系。属于这种理论学科的物质科学 (physical sciences) 和生物科学, 以及某些较为

^① 在英文里, science education 既可以指通常所说的科学教育, 也可以指作为教育科学一个分支学科的科学教育学。为了区别起见, 当 science education 作为一个学科使用时, 我把它译为“科学教育学”, 以示与科学教育相区别。

^② Westmeyer, P. (1983). The nature of disciplines. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, No. 3, p. 266.

“科学的”社会科学。

实践学科则以行动（action）作为其主要目的。它们关注的是改变事物的进程，做出深思熟虑的决定。因此，它们的题材不是固定的，而是可以变化的。就理论而言，这类题材只能用一些小的理论来描述；可以建立起许多小的理论，而主要的、大的理论是不可能有的。属于实践学科的有伦理学、政治学、医学等。此外，还有许多其他社会科学也属于这类学科。

生产性学科的主要目的在于生产产品。它们的题材具有延展性或可塑性。艺术家创造出艺术作品，工程师研制出结构，工商业人士制造出产品或服务，教师培养出学生，等等。从本质上看，这类学科本身不能产生理论。例如，与艺术家有关的调色理论实际上只是物理学的理论。建筑工程师也可能觉得物理学理论有用，化学工程师当然只用化学理论，如此等等。

总之，惟一适宜于提出主要的、总括性的理论的学科是那些题材相当稳定的学科。而在其他学科中，理论的作用或者限于描述较小的题材，或者从其他学科借鉴理论。

根据亚里士多德对学科的三分法，韦斯特迈耶从分类学的角度提出上述三类学科具有一定的理论意义。首先，这种分类打破了有些学者给“学科”涂上的神秘的光环，似乎只有“象牙塔”里的学问才称得上学科。其次，它说明了不同类型的学科具有不同的作用或功能，因此，不同的学科具有相对平等的地位。再次，它合理地解释了实践学科和生产性学科理论局限性的根源，即不是由于研究者水平或能力低下造成的，而是由于题材本身的限制。以教育学为例，韦斯特

迈耶指出：

无论怎样异想天开，教育学也不能说是一门新学科。然而，直到现在它还没有任何自己统一的主要理论。或许这个领域的知识尚未稳定。（或许教育学的许多知识不可能变得稳定，因为它与个体的行为有关。）在目前情况下，看来这个学科只能依靠借鉴的理论，或者它自己小型的（不是囊括一切的）理论。^①

最后，这一分类还拓宽了学科的范围。现代科学既高度综合又高度分化。大学科里面又有许许多多的分支学科。拓宽学科范围适应了当代科学发展的这一趋势。

学科的性质既然如此，那么接下来我要追问的一个问题是：确定学科的标准是什么呢？

国内许多学者对这个问题进行过研究，提出了各种不同的学科标准。瞿葆奎、唐莹对教育科学的分类标准以及学科是否成熟似乎偏重于学科的“理论”方面——对象、方法及理论体系，虽然他们也注意到学科的“实践”方面——是否有代表人物、著作、学术组织、学术刊物等。^②然而，主要依据学科的“理论”方面确定学科的标准就可能把当代产生的大量学科排除在外了。从我们上文所作的分析中可以看

① Westmeyer, P. (1983). 前引书, p. 269.

② 参见瞿葆奎、唐莹：《教育科学分类：问题与框架——〈教育科学分支学科丛书 代序〉》载于吴康宁：《教育社会学》人民教育出版社 1998 年版，第 12 页。

出，当代许多实践学科和生产性学科并不都具有自己的理论和研究方法，它们的理论和研究方法大多从有关理论学科借鉴而来。当代科学哲学的研究还表明，“科学方法”就其统一性和独特性而言只是一个现代神话。自然科学尚且如此，何况社会科学呢？

由此看来，确定一个学科的主要标准不能只看它的理论和方法，而应当首先依据其实际的存在状况。所以，韦斯特迈耶为学科确立的标准是：1. 它是一个研究领域或大学的一个教学科目；2. 在这个领域从事研究的人感到有互相交流的需要；3. 形成了一个正式的或非正式的组织——学会；4. 通过出版物使研究人员分享观念和信息。^①从这些“学科”的标准看，学科与研究领域也就无明显区别了。

按照上述四个标准，从国际上看，科学教育学毫无疑问已成为一门学科，或者准确地说成为教育科学中的一门子学科。但就学科性质而言，科学教育学不能算作一门理论学科，而是实践学科与生产性学科的结合。因此，它的理论活动局限于：1. 从其他学科借鉴，特别是从各门科学自身借鉴，以及向哲学、心理学和社会学借鉴；2. 提出小型的、目的有限的理论。^②

依据上述对学科标准的分析，结合对科学教育学的发展历史的实际考察，我认为作为一个学科的科学教育学迄今经历了两个主要时期，即“前范式”时期和“范式”确立时期。

① Westmeyer, P. (1983). 前引书, p. 267.

② Westmeyer, P. (1983). 前引书, p. 269.

（一）前范式”时期

按照美国科学史学家和科学哲学家托马斯·库恩的观点，范式是科学共同体遵守的理论规范，是在科学共同体中形成的，因此，没有科学共同体也就无所谓范式。据此，我认为，从 19 世纪中期至 20 世纪 70 年代是科学教育研究的“前范式”时期。在这 100 多年里，尽管各国的科学教育事业有了巨大发展，但科学教育思想的发展和理论的形成却很缓慢。从 20 世纪 20 年代开始，科学教育学作为一个学科首先在美国逐步建立起来，一些重要的科学教育理论也开始形成。但科学教育的范式则迟至 20 世纪 80 年代才开始出现。因此，在这一个多世纪中，科学教育学的发展似乎又可以分为以下两个时期。

1. 学科准备时期 1860—1927)

在学科准备时期，对科学教育思想或理论的探索只是少数教育家的兴趣和活动，他们还没有条件形成科学教育研究的共同体，因而也就不可能建立科学教育研究的范式。正如本书第二章中所论述的那样，19 世纪系统地研究科学教育问题的教育家主要是英国的斯宾塞（H. Spencer）。在古典教育仍然盛行于英国乃至整个欧美而科学教育正在艰难地跻身于学校课程的重要历史时期，他从理论上确立了科学教育在现代教育中的地位和作用。稍后，著名的进化论者赫胥黎（T. H. Huxley）从另一个视角，即从科学家的视角进一步推动了科学教育的发展。赫胥黎不仅继承和发扬了斯宾塞摧毁旧教育的批判精神，十分强调科学教育对于工商业发展、人

民物质生活水平的提高以及对儿童智慧的发展的重要性，而且还阐述了科学教育的方法和原则。这两个英国人可以说是现代科学教育思想的源头。

在美国，1860年以后形成了“实物教学”的科学教育模式，以后又相继出现了注重掌握知识的“小学科学”和强调儿童发展的“自然学习”两种科学教育模式。这三种科学教育模式都是依据一定的教育原理或社会发展对科学教育实践提出的客观要求而形成的，体现了不同的科学教育理想。直到20世纪60年代科学教育改革以前，这三种科学教育模式对各国的科学教育或多或少都产生了一定的影响。它们对科学教育学科的形成具有不可低估的促进作用。

2. 学科形成时期 1927—1980)

我们确定1927年为科学教育学学科形成时期的起点有以下几点理由。第一，1927年美国哥伦比亚大学师范学院培养了世界上第一个科学教育博士——克雷格（G. S. Craig）。^①他的博士学位论文题为《应用于为霍拉斯·曼小学科学课程发展的若干原理》^②。1983年，美国全国理科教师协会会长、衣阿华大学科学教育中心主任雅格（Robert E. Yager）在谈到美国科学教育学作为一个学科时说它有50多

^① 另据《国际学位论文综合索引》的记载，归入“科学教育”类的博士论文自1925年起开始出现。参见罗星凯：《国外科学教育博士生教育管窥》，《比较教育研究》1997年增刊。

^② Craig, G. S. (1927). Certain techniques used in developing a course study in science for the Horace Mann Elementary School. *In Contributions to Education* (No. 276). Bureau of Publications, Columbia University, New York: Teachers College Press.

年的历史，就是从 1927 年算起的。第二，大学既然有了科学教育的博士点，那么按照一般的推论，在中小学理科师资培训的课程中，科学教育便已成为一门教学科目。第三，在此之前的 1916 年，美国创办了《科学教育》杂志（最初刊名为《普通科学季刊》，1929 年改名为《科学教育》）该刊创刊号上第一篇论文出自实用主义教育学大师杜威的手笔，题为《论科学教学的方法》。^① 第四，至于科学教育的学术团体或组织，全国科学教学研究会（The National Association for Research in Science Teaching 缩写为 NARST）成立于 1929 年^② 此外，还有以小学、中学和大学理科教师为会员的全国理科教师协会，该协会于 1944 年由另外两个理科教师组织合并而成。

尽管科学教育学在 20 世纪 20 年代已踏上学科形成的道路，但在“二战”前，其发展是极为缓慢的。“二战”前各国大学很少设置科学教育系或科学教育研究所，只是到了 20 世纪 50 年代以后，随着高等教育的发展和科学教育改革的需要，科学教育系在欧美各国许多大学才悄然兴起。科学教育系招收的博士生也越来越多。根据《国际学位论文综合索引》的记载，从 1925 年到 1947 年的 22 年里，总共记载的

^① Klopfer, L. E. (1991). 75 years of science education. *Science Education*, 75 (6), p. 611.

^② 参见 Yager, R. E. (1979). Why should it not be so: the second fifty years. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 16, No. 2, pp. 177—183. 在这篇纪念全国科学教学研究会成立 50 周年的文章中，雅格论述了该研究会第二个 50 年的发展方向。

科学教育博士论文只有 22 篇。从 1948 年起，科学教育博士论文数量明显增加，到 20 世纪 70 年代初达到高峰。最多的 1972 年有 164 篇科学教育博士论文。

表 1-1 是 1960 年至 1980 年期间美国各大学科学教育专业的发展状况。这 20 年正是科学教育学发展最为迅速的时期。其中有两点值得注意：1. 科学教育专业在 1960 年已发展到可观的规模。2. 1975 年科学教育专业规模发展到顶点，到 1980 年开始下降。这与当时美国高等教育的发展走势和 20 世纪 60 年代科学教育课程改革对科学教育及其研究人才的需求基本一致。

表 1-1

美国 132 所大学科学教育专业设置和学生人数

学位	1960 年		1965 年		1970 年		1975 年		1980 年	
	学位点	学生数	学位点	学生数	学位点	学生数	学位点	学生数	学位点	学生数
学士	34	1204	84	1296	89	1340	94	1406	104	970
硕士	32	201	63	464	111	926	125	1047	126	885
博士	23	41	31	83	59	171	66	220	67	244

资料来源：Yager, R. E. & Zehr, E. (1985). 前引书, *Science education in US graduate institutions during two decades, 1960—1980*. *Science Education*, 69 (2), p. 164.

在上述 132 所大学中，有 35 所主要大学。它们的科学教育专业博士生培养情况如表 1-2 所示。

表 1-2

美国 35 所培养科学教育博士点及其学生数

	1960	1965	1970	1975	1980
博士点	11	21	31	34	33
博士生	34	75	197	204	162

资料来源：Yager, R. E. & Zehr, E. (1985). 前引书, p. 164.

综上所述，从 1860 年开始，随着科学教育在学校教育制度中确立下来，科学教育思想就开始缓慢地形成。但在 1927 年之前，科学教育研究主要是少数教育家的兴趣和关注的对象。在此期间，由于尚未有专门的研究人员，大学也没有建立起科学教育的教学和研究中心，而且只是在后期才创办了科学教育杂志，因此，这个时期只能说是科学教育学科的准备时期。然而，1927 年之后，尤其在“二战”以后，在制度层面上科学教育学科开始形成。在 1960 年至 1980 年期间，它获得了空前的发展。不过，我们也应看到，在此期间科学教育学作为一个学科尚未出现一个清晰可辨的研究范式。只是到了 20 世纪 80 年代以后，科学教育学科的研究范式似乎才建立起来。

（二）“范式”确立时期

从历史与逻辑的观点看，科学教育学范式的建立，首先要具备以下条件：

第一，必须形成科学教育研究的共同体。如前所述，范式形成的前提是研究者共同体的存在。前面我们已经探讨了美国在 1960 年至 1980 年期间科学教育专业研究生，尤其是博士生的培养情况。科学教育研究共同体的形成，无疑要以这些研究人才的培养为先决条件。到 1980 年，美国科学教育研究的共同体在规模、高级研究者比例、年龄以及获得学位的类型等方面都趋于成熟。表 1-3 反映了美国 1980 年的状况。

表 1-3

美国 35 所最大的科学教育研究中心教师的年龄、
职称和获得博士学位的类型

年龄分布	占调查人数的比例 (%)
30 岁以下至 39 岁	19.1
40—49 岁	44.6
50—59 岁	25.6
60 岁以上	10.7
职称	占调查人数的比例 (%)
教授	43.5
副教授	38.7
助理教授	14.3
讲师	2.4
访问教授	1.2

获得博士学位的类型	占调查人数的比例 (%)
科学教育学	66.6
普通教育学	17.9
自然科学	3.0
生物科学	8.3
其他学位或无学位	4.2

资料来源：Yager, R. E. & Zehr, E. (1985). 前引书，p. 166.

表 1-3 有两点很突出，一是科学教育学教师的年龄分布较合理。40 岁至 59 岁的教师占 70.2%；二是获得科学教育学博士学位或教育学博士学位的教师共占 84.5%。无论从年龄还是从学位来看，这个教学和研究的共同体是能够有所作为的。

第二，必须有为研究人员交流研究成果的出版物。作为当代任何一个学科的重要标志之一，学术性杂志是科学研究共同体形成以后的必然产物。科学教育学自产生之初就有了学术性杂志。前文提及的美国的《科学教育》创刊于 1916 年。但是由于科学教育学发展缓慢，过了将近 50 年以后，即到了科学教育改革狂飙时期的 1963 年，另一个主要的科学教育杂志——《科学教学研究杂志》才得以问世。在其他国家，科学教育杂志出现得更晚。英国的《科学教育研究》创刊于 1972 年，在英国出版的《国际科学教育杂志》（原名为《欧洲科学教育杂志》）于 1979 年创刊。其余的国际性科学教育杂志都是在 1980 年以后才创刊的。众多的科学教育杂志的问世，显示出科学教育研究的活力和大批研究成果的

出现。

第三，必须对学科自身的理论建设有自主意识和自觉的努力。任何学科的形成都是一个复杂的过程，科学教育学也不例外。在此过程中，从事这一学科的研究者要有进行学科理论建设的自主意识，并为此而付出努力。从科学教育学的发展过程来看，并非科学教育学界所有的人一开始就有这种自主意识和自觉的努力。尽管科学教育学在制度上已经建立，但长期以来许多科学教育专家忙于理科师资的培训而忽略了学科自身的理论建设。雅格（Robert E. Yager）在谈到美国大学里科学教育学者的工作状况时坦言道：

在这些中心里 1/3 的学者不是积极的研究者（发表的研究报告平均不足一篇），另外 1/3 的人主要只顾及培训和开发活动。在主要研究中心，将近 2/3 的科学教育学者认为他们的事业就是通过培训师资为中小学服务……

尽管如此，美国一些科学教育专家已开始注意到自身理论建设的重要性。著名科学教育学者保罗·赫德（Paul Hurd）说：“科学教育学的危机来自它所面临的压力，即建立学科的合法性（legitimacy）并提供证据表明其研究成果具

① Yager, R. E. (1983). Editorial: defining science education as a discipline. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, No. 3, p. 261.

有价值 and 效用。’^① 随后，雅格与其他科学教育学者就科学教育学是不是一门学科以及科学教育学的定义展开了热烈的讨论和辩论。

1982年，以色列科学教育学者霍夫斯坦（A. Hofstein）和雅格（Robert E. Yager）联名发表了一篇题为《以社会问题组织 80 年代的科学教育》的论文。他们在此文中明确提出科学教育学是一门学科。“科学教育学作为一门学科关注的是科学与社会之间的界面（interface）^②。”所谓“界面”当然只是一个比喻，即强调科学与社会的互动。随后在 1983 年，美国《科学教学杂志》第 20 卷第 3 期刊登了三篇争鸣文章。其中雅格的文章明确地说：“虽然科学教育学是一门年轻的学科——只有 50 多年的历史——但它作为一个高级研究领域在美国 65 所大学里确实存在着。”^③ 然而，哈佛大学荣誉教授沃森（Fletcher G. Watson）对雅格确认科学教育学是一门学科却表示怀疑。他认为，“把科学教育学有意识地界定为一门学科的努力很可能是徒劳地寻找圣杯”^④。沃森以法学为例与科学教育学进行了比较。法学是一门学科，

① Yager, R. E. (1983). 前引书, p. 261.

② Hofstein, S. & Yager, R. E. (1982). Social issues as organizers for science education in the 80s. *School Science and Mathematics*. 82 (7). p. 539. 转引自 R. W. Bybee (1987). Science education and the science - technology society (S-T-S) theme. *Science Education*. 71 (5) p. 669.

③ Yager, R. E. (1983). Vol. 20, No. 3, p. 261.

④ Watson, F. G. (1983). Science education: a discipline? *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 20, No. 3, p. 264. “圣杯” (Holy Grail) 是基督教的一个传说，意思是毫无希望找到的东西。

因为法学提供的证据、理由和法律上确立的先例都记录下来并公开出版为大家所用。在科学教育学里，很少存在这样的证据和结果。就是说，科学教育学缺乏与法学一样可靠的知识。

1984年，雅格在一篇题为《界定科学教育学学科》的论文中认为，当时美国“科学教育学（教育学的其他领域也一样）的一个主要问题是研究未能影响实践。理科教师和学校行政人员对教育研究普遍轻视”^①。人们一般认为，科学教育学关注的只是从幼儿园到高中以及大学所教的科学。为了摆脱这种较为狭隘的科学教育学视野，雅格提出了一个宽泛的科学教育学的定义，试图以此引导科学教育研究走向宽广的理论天地。他给科学教育学下的定义是：“科学教育学可以界定为致力于科学与社会互动研究的学科，即研究科学对社会的影响及社会对科学的影响。”^②这一“互动”定义与他 and 霍夫斯坦在1982年那篇论文中的观点是一致的。

这个定义立即引起其他科学教育学者的批评。在《科学教育》杂志1985年第2期上，古德（Ron Good）等四位学者对雅格的科学教育学定义提出了反驳。他们认为，雅格提出的“互动”定义过分强调了科学教育的社会学的和政治的层面，而似乎忽视了甚至贬低了科学教育心理学层面的重要性。他们承认科学与社会的互动值得研究，但不应把它与科学教育学相混淆。根据他们的观点，科学教育学主要应当关

^① Yager, R. E. (1984). Defining the discipline of science education. *Science Education*, 68 (1), p. 35.

^② 同上书, p. 36.

注更好地理解科学家和人们如何学会探索知识，以便帮助儿童学习。这种关注中包含着科学课程对学生的影响，因为科学课程强调科学对社会的影响以及社会对科学的影响。然而，科学教育研究者主要关心的应当是确定那些有助于人们学习科学的因素。为此，他们提出的科学教育学的定义是，“科学教育学是一门致力于发现、发展和评价更好的科学教学方法和材料的学科”^①。

除了古德等人的批评外，前文已经谈到哈佛大学的沃森不同意雅格把科学教育学确定为一门学科。他更不能接受雅格把科学教育学界定为致力于科学与社会互动研究的学科。他说：“如果我们接受这个定义作为我们的共同事业，那么，科学教育学倒变成了一门社会科学。”^②这一批评对雅格可以说是切中要害的。但沃森却没有像雅格与古德等人那样提出自己的科学教育学定义。

从上述关于科学教育学是不是一门学科以及科学教育学定义的争鸣中，我们似乎可以说，多数科学教育学者不怀疑科学教育学是一门学科，但人们还无法就科学教育学达成一致的定義。这是可以理解的。在科学研究中越是最基本的概念，人们往往越难以取得共识，对于不很成熟的学科及其基本概念尤其如此。然而，上述讨论毕竟是科学教育学对自己的学科身份所进行的第一次自觉的反省。其中有两点对我们

① Good, R., Herron, D., Lawson, A. E. & Renner, J. W. (1985). The domain of science education. *Science Education*, 69 (2), p. 140.

② Watson, F. G. (1983), 前引书, p. 263.