

美国科学建模教育研究三十年 概述及启示*

翟小铭 郭玉英

摘要 科学建模教育是美国科学教育实验的典范,在理论和实践多方面取得了显著成果,已有三十年研究历史。通过介绍其理论产生背景,结合273篇文献以教育学的理论视角、学科学、教科学、公民身份为内容分析框架,分三个阶段沿国际科学教育变革线索分析其研究发展历程,得出对科学教育研究发展范式、科学教育核心素养体系构建、学科专家引领的教学改革等方面启示。

关键词 模型; 建模; 科学建模; 建模教学; 建模教育; 建模素养; 建模理论; 核心素养

作者简介 翟小铭/北京师范大学物理学系博士研究生 (北京 100875)

郭玉英/北京师范大学物理学系教授 (北京 100875)

科学建模教育的研究是美国近三十年科学教育研究的缩影,导致了美国历史上最成功的教学实验改革。^[1]它先后受到科学教育中几次大的思潮影响,如建构主义(概念转变)、综合课程改革、“科学素养”运动及“整合与发展”等,研究的内容和方式都在发生相应变化,越来越受到科学教育界学者的重视。研究显示,建模是近十年国际物理教育最热门的研究主题,相比较,我国的物理建模教育研究只占到0.56%,且缺乏实证研究。^[2]系统梳理美国科学建模教育(主要关注物理教育中的科学建模)研究三十年来的发展历程,将对我国本土的科学教育改革研究以启发和借鉴。

一、背景

1984年,科学建模教育理论主要的创立者,美国亚利桑那州立大学教授海斯特斯(Hestenes)指导他的学生哈伦(Halloun)完成了博士论文^[3]《牛顿运动定律教学中模型的应用》,结合理论和实践提出了科学建模教学的概念,标志着建

* 本文系教育部人文社会科学研究规划基金项目“基于科学概念学习进阶的教学设计模型研究”(项目批准号:13YJA880022)阶段成果;本研究第一作者受国家留学基金委建设高水平大学公派研究生项目(项目编号:201506040139)资助。

模教育理论的萌芽。1987年,他将这一理论及其首次实践结果发表在《美国物理杂志》上,^[4-5]并主持了美国著名的“建模教学项目(简称MIP,1989,NSF资助)”。2000年,美国教育部从134个教育技术项目中挑选了七个推荐为样板项目;第二年,教育部专家委员会从27个科学项目中推荐了其中的两个作为样板项目——MIP都名列其中。^[6]时至今日,NSF已经连续资助MIP近二十年,建立了许多建模教学工作坊,^[7]开发了建模教学的教材,并成立了“美国建模教师协会”,^[8]超过10%的美国物理教师(截止2008年)接受了建模教学的培训,^[9]使数以万计的学生因此受益。反思科学建模教育从理论到实践的研究发展历程可以发现,其理论是当时特定教育文化背景下,科学理论受其它理论发展影响及科学教学需求的产物;同时也是创立者团队特殊的人员构成、经历及智慧的体现。

(一)“科学理论”的丰满与“教学理论”的呼唤

海斯特斯学习和工作的时期,正是第三次工业革命以后各种新理论形成和发展的重要时期,这些新理论影响着人们对科学研究本身的认识,促使人们反思科学建模的本质,进一步丰富了对它的认识。海斯特斯是这一时期的典型代表:他大学期间专门修过哲学、数学、物理学,受其父亲(美国著名数学家)的影响,他最早接触了计算机及其系统理论、人工智能理论等,并最终成为一名物理学家,^[10]因此海斯特斯对建模理论的认识融合了当时各种学术成果、多维度的视角。1956年,海斯特斯在哲学系学习时便试图寻找认知和学习相关问题的答案,一直到他从事物理教学,这期间受到Giere和Barwise等关于模型、基于图表推理演绎等研究的影响。广博的学识使他能够从历史社会学、认知心理学、认知神经学等借鉴相关的研究方法,其中以认知语言学对其影响最大。^[11]模型作为表征科学的语言,是通向科学的窗户,海斯特斯从认知语言学中找到了解释“建模意义”的答案:科学即通过模型语言(特别是数学)表征物理规律的过程,科学的追求即不断提高模型的解释能力。对“科学理论”认识的深入,为科学建模教育理论的产生奠定了基础。

同一时期,受第二次科学课程改革浪潮的影响,人们普遍认识到“缩短计划课程与实施课程之间的差异”成为科学教育面临的迫切问题,^[12]产生了一种解决“课程”与“实施”之间矛盾的需求、迫切要求一种有效“教学理论”的诞生。于是,在建构主义、人脑机能、人工智能等相关研究发展的背景下,作为“科学理论”的“科学建模”找到了形成系统教学理论的有力支撑,其作为“教学理论”的指向进一步明确:科学教育的过程即帮助学生构建和优化心智模型的过程。信息技术、概念转变、探究教学等的发展,又为其实践内容的丰富与发展提供了可能,使科学建模理论迅速与实践结合,受到科学教育界广泛关注。(上述相关的理论、思想等见表1)