

小学科学教科书“科学探究”设计的微观发生法比较

——以中美日三国“磁”内容为例

首新¹, 胡卫平¹, 林长春², 万东升³

(1. 陕西师范大学 现代教学技术教育部重点实验室, 陕西 西安 710062; 2. 重庆师范大学 初等教育学院, 重庆 400700;
3. 江苏第二师范学院 教育科学学院, 江苏 南京 210013)

摘要: 以往教科书比较研究多是宏观视角的内容分析, 本研究采用微观发生法比较中美日三国小学科学教科书“科学探究”设计差异。结果表明: 在变化路径上, 制定计划、结论呈现、迁移延伸等方面差异较大; 在变化速率上, 随着年级增长, 我国教科书探究水平变化幅度较大, 日本低水平探究活动稳定, 高水平有较大幅度增加, 而美国渐进过程稳定; 在变化广度上, 中日两国教科书的探究活动重视科学与数学的整合, 美国从科学、技术、工程体现 STEM 本质。上述差异也是各国小学科学教科书之特色, 启示我们设计活动时关注探究活动的可持续性、开放性、广度等方面。

关键词: 小学科学; 教科书; 科学探究; 微观发生法

中图分类号: G423.3

文献标识码: A

文章编号: 1671-6124(2017)05-0035-08

一、问题的提出

自施瓦布在《作为探究的科学教学》中提出“探究学习”(Enquiry Learning)这一概念以来, 科学探究作为一种教学方式和学习方式, 在建构主义、人本主义和科学哲学等跨学科视野下不断发展。而从教育学本身来看, 学者们也提出了科学探究教学的小型模式(如引导发现教学模式、学习环、5E教学模式)。当今科学探究教学已形成内容丰富、形式多样的范式集合体, 即在吸收建构主义学习理论、观念转变学习理论, 从多元文化和科学哲学的视角发展自身的大背景下, 科学探究更加专注个人与社会的发展、个人与环境的关系、个人创造性思维的培养。可以说, 科学探究已成为一种范式。

科学探究已融入到了小学科学教科书之中。科学教科书从属于科学课程, 是其课程链必不可少的

一环, 是需求课程(needed curriculum)和期望课程(desired curriculum)共同发挥作用, 并折中后具体展现的结果。有研究指出, 与美国相比, 我国科学教科书科学探究和科学情境的比例偏低^[1]; 但随着各学科新科学课程标准的修订, 旨在体现新课标思想的科学教科书较之传统教科书更加关注学生对科学探究过程的体验^[2]。当然, 新科学教科书在探究设计方面仍存在一些误区, 如简单地理解探究设计就是问题设计或者活动设计, 只注重探究设计的示范性而忽视了探究设计的可操作性, 等等^[3]。目前, 教科书科学探究设计最大的问题是处理不好探究与知识的关系。彭征等人的比较分析显示^[4], 我国初中科学教科书的科学探究设计加深了某些主题知识的深度, 形成了“窄而深”的形态, 对学生的科学研究能力要求较高。这导致了科学探究还是科学产品(科学内容)导向, 对科学过程(科学探究的方法)重视不足^[5]。

收稿日期: 2017-05-10

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“基于项目的 STEM 学习国际比较研究”[2016CBY017]; 北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心自主课题[2016-05-002-BZK03; SXSP-2016A2-15001]

作者简介: 首新, 陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室博士研究生; 胡卫平, 陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室教授, 博士生导师;
林长春, 重庆师范大学初等教育学院教授;
万东升, 江苏第二师范学院教育科学学院副教授。

科学探究到底应该如何设计呢?我们拟分别选取中美日三个国家新近的小学科学教科书进行比较研究,采用微观发生法,从科学探究设计的变化路径、变化速率、变化广度、变化来源等角度进行分析,以期借鉴国外科学教科书中的科学探究设计理念,为完善我国新一轮小学科学教科书编写提供有益建议。

二、研究方法

本文拟采用微观发生法进行教科书比较,那么,何为微观发生法?可以从一个简单的概念“发生法”说起。朱智贤认为,发生法就是对儿童心理发展进行纵向研究的方法,也就是发展心理学常说的阶段追踪法^[6]。张春兴将这一概念从心理学推广至其他学科,认为发生法是指对事象变化采取追溯根源及发生经过的取向去研究探索的方法^[7]。生物遗传学领域的“发生法”,是指一种研究基因对某种功能或结构造成影响的方法^[8]。简言之,发生法就是探索现象背后的原因及产生该现象发生发展过程的方法。

“发生法”一词前加上“微观”二字,也就是更加深入、精细、反复、高密度、定量地考察现象背后的原因及其发展过程。微观发生法只不过是一种更精细的或特殊的发生法而已^[9]。微观发生法如何做到精细呢?根据 Siegler、辛自强等人的观点,它可以从变化的路线、速率、广度、来源等方面提供关于变化过程的精密信息。以往的发生法只关注了现象发生前和发生后的状况,就像是在事件开始和结束前做了“快照”记录和对比,难以对中间发生发展的变化过程做出有效回应。而微观发生法可以从上述四个方面捕捉更精细的信息,就像电影胶片一样,呈现变化的“流动”过程。

微观发生法的重要特征就是能从变化的路线、速率、广度、来源等角度,对事物的发展过程进行详细描述,观察跨越从变化开始到相对稳定的整个期间。以往教科书的比较大多是基于宏观视角的,其优点是能比较诸如主题知识、特定内容(如科学史)、编写理念(如 STEM 思想)等差异,为教科书编写者增加哪部分知识、平衡哪部分内容、树立哪方面理念等提供建议,但并不知晓其他教科书到底是如何进行科学探究活动设计的,是如何将知识与活动有机结合起来的。

微观发生法为揭示教科书中探究活动设计差异提供了新的方法论视角。借助其变化的路线、速率、广度、来源等四个方面精细分析维度,我们拟比较中美日三国小学科学教科书中科学探究设计的探究变化路径、探究变化速率、探究变化广度和探究变

化来源:

第一,考察探究变化路径,指比较中美日三国教科书中的科学探究设计是否经历了本质上不同的阶段,阶段之间有哪些共性和差异,如提出问题、过程设计、结果呈现、迁移延伸等。

第二,考察探究变化速率,指以年级为纵向坐标,以主题为横向坐标,在参考 Callison(2015)制定的探究水平分类体系的基础上^[10],比较、分析探究设计从低水平到高水平到底是如何发展的。

第三,考察探究变化的广度,指比较、分析教科书探究设计中含有其他学科内容的多少、与其他学科内容结合的紧密程度,即是否及怎样体现 STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics 四学科首字母的缩写)学科融合思想。

第四,考察探究变化的来源,指基于变化路径、速率、广度的分析结果,从教育文化、科学教育研究水平、教科书编写范式等宏观到微观水平解释产生差异和变化的来源。

三、研究材料

本文选取的教科书分别是我国教育科学出版社2004年出版的小学科学教科书,美国教育出版公司“McGraw Hill”2008年出版的“加利福尼亚科学”,日本东京书籍株式会社2007年出版发行的“新编新理科”。为了区别于教科书宏观研究视角,而从微观发生维度比较三国的科学探究设计,分析单元主要选取与“磁”相关的内容,包括纵向的年级跨度、横向主题跨度的“磁”内容,其分布如表1所示。

四、结果与分析

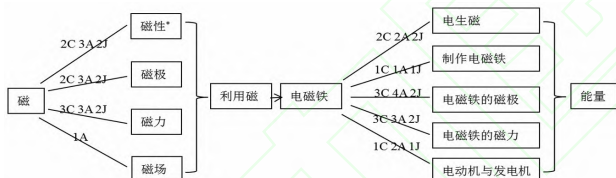
1. “磁铁”到“电磁铁”的整体路线

整体来看,三套教科书中“磁”内容的设计路径基本相似。首先在引入磁概念之后探究磁铁的性质,之后落脚于生活中的磁运用,然后从磁过渡到电磁铁的性质,最后从能量的角度归纳电与磁的关系。值得注意的是,“加利福尼亚科学”很强调“磁场”这一概念,在二年级、四年级都对条形磁铁磁场、地磁场有专门的介绍,这可能是为了让学生理解“磁场是磁铁和电磁铁具有磁力的本质原因”。其他两国教科书对该概念介绍较少。从连贯性来讲,引入“磁场”概念有助于学生明白指南针的原理,但从儿童认知发展水平来看,“磁场”概念较为抽象,不适宜在小学低年级段呈现,其处理方式依赖于整个教科书结构体系,因此不能盲目模仿。该部分的探究活动设计路线如图1所示(C表示“教科版小学科学”、A表示“加利

表1 中美日三国科学教科书中“磁”相关内容的分布情况

教科版小学科学	加利福尼亚科学	新编新理科
二年级	力的作用 磁铁的吸引力和排斥力 (1) 磁铁能吸铁; (2) 磁极; (3) 磁铁间的力作用	
三年级 磁铁 (1) 我们知道的磁铁; (2) 磁铁有磁性; (3) 磁铁的磁极; (4) 磁极的相互作用; (5) 磁力大小会变化吗; (6) 指南针; (7) 做一个指南针		我们来吸铁吧 (1) 磁铁能吸引什么; (2) 吸过磁铁的铁钉也变成磁铁了吗; (3) 磁铁的两端有怎样的性质; (4) 利用磁铁的性质
四年级	磁 (1) 磁极; (2) 磁场; (3) 指南针 电磁铁 (1) 电能产生磁场; (2) 扬声器利用电磁铁产生声音; (3) 电磁铁在玩具和电器中运用广泛 电动机与发电机 (1) 电动机将电能转化成动能; (2) 发电机将动能转化成电能; (3) 交流电与直流电	
五年级	元素与分类 (1) 磁性可以用于分离混合物	
六年级 能量 (1) 电和磁; (2) 电磁铁; (3) 电磁铁的磁力①; (4) 电磁铁的磁力②; (5) 神奇的小电动机; (6) 电能和能量……		电流的作用 (1) 电磁铁的性质; (2) 改变电磁铁的磁性; (3) 做一个利用电磁铁的玩具

福尼亚科学”、J表示“新编新理科”)。



* 字母前面的数字表示探究活动个数,如2C表示在“教科版小学科学”中,有两个该主题的探究活动。

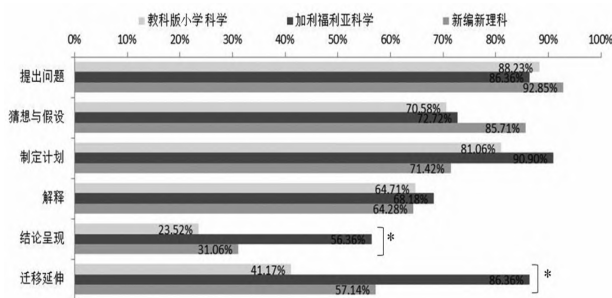
图1 中美日三国科学教科书中探究设计的整体路线——以磁内容为例

2. 科学探究设计变化的路径

依据科学探究过程的八个要素,同时考虑教科书自身科学探究设计的呈现方式,将科学探究设计划分为提出问题、猜想与假设、制定计划、解释、结论呈现、迁移延伸等六个要素。以上述科学探究活动为分析单位,归纳每一个探究活动是否体现探究设计的六个要素,结果如图2所示。

中美日三国教科书的科学探究设计在提出问题、猜想与假设、解释等方面差异不大,在制定计划、结论呈现、迁移延伸等方面差异较大。卡方检验显示,三国教科书在结论呈现、迁移延伸方面的差异已达到统计检验显著水平($\chi^2=2.109, p=0.047$;

$\chi^2=3.628, p=0.031$)。进一步对探究活动进行文本分析,发现“加利福尼亚科学”将探究活动的大部分结论、概念、原理隐藏在“科学阅读”文本中,学生可以通过科学阅读对探究结果进行互证;“新编新理科”对实验探究结论有明确的陈述,而对大部分观察探究活动缺乏结果展示;“教科版科学”将大部分探究结论的话语权赋予给了教师,只对概念、原理等陈述性知识有所归纳。结论呈现上的差异实际上是学习调控、自我管理、教师卷入等共同作用的结果。在提倡自主学习的环境下,明确的探究结果有助于学生自我监控和反思,但当考虑教师的支架作用时,不明确的探究结果能让教师掌控整个探究活动,触发创造性探究过程。



* 代表卡方检验的显著性水平为 $p < 0.05$

图2 中美日三国科学教科书中“磁”相关内容的探究设计变化路径

“加利福尼亚科学”在“迁移延伸”方面显著高于中日两国的教科书，这主要源于其围绕探究活动而设计了众多小栏目。如在图片底面提示“学看图解”(reading diagrams)，在探究活动主体范围内进一步设计“拓展实验”(inquiry guided, inquiry open)、“快速测试”(quick check)，将探究结论运用到数学、音乐、健康生活中，等等。“教科版小学科学”主要是采用提问的方式引导方法、态度、技能等方面的迁移，将具体操作程序权同样赋予给了教师；“新编新理科”较之有所完善，除了以提问的形式引发进一步探究的兴趣外，教科书还通过引用图片、展示流程、结合社会科学问题(如磁悬浮列车的利弊)等手段引发教育行动。“迁移延伸”的目的是将知识和方法运用到真实情境或其他领域，解决实际问题；或将科学探究过程中形成的行为规范和价值观以不同形式迁移到日常生活中，以形成学生良好的同伴关系。从这一目的来看，仅仅提问的形式远不能实现迁移延伸的功能。

3. 科学探究设计变化的速率

根据上述对探究活动的分类，考察每个探究活动的探究水平。探究水平依据 Callison(2015)所制定的标准^[10]，将探究划分为提出问题、设计方案、得出结论三个要素。同时考虑教科书(或教师)和学生在探究活动中的地位，若教科书(或教师)在上述三要素中主导程度越高，说明学生主体地位越低，自主探究方式越缺乏，探究水平越低。据此共提出了控制性探究、引导性探究、模拟性探究、自主性探究从低到高共四种探究水平(见表 2)。

表 2 Gallison(2015)探究水平分类体系

要素	水平*			
	水平 0	水平 1	水平 2**	水平 3
提出问题	教材/教师	教材/教师	教材/教师	学生
设计方案	教材/教师	学生	学生/教师	学生
得出结论	教材/教师	教材/教师	学生/教师	学生

*0 即控制性探究,1 即引导性探究,2 即模拟性探究,3 即自主性探究

** Callison(2015)认为,水平 2 中的“提出问题”应该也是“学生”,为便于进行阶梯性归类,将“学生”改为“教材/教师”。

基于 Callison 标准得出三套教科书探究活动水平情况,详见表 3。以“教科版小学科学”为参照标准,从横向主题比较来看,在磁铁内容中,“教科版小学科学”在水平 0 的探究活动占 57.14%,高于“加利福尼亚科学”(40%)和“新编新理科”(33.33%);在水平 1(28.5%)低于“加利福尼亚科学”(40%)和“新编新理科”(66.67%);在水平 2(14.29%)略高于“加利福尼亚科学”(10%),而“新编新理科”没有水平 2 的

探究活动。这说明三国教科书在小学低年级段更倾向于设计低水平的控制性探究和引导性探究,中美两国教科书涉及少量的模拟性探究。

表 3 中美日三国科学教科书中“磁”相关内容的探究水平分类

主题内容	教科书								
	“教科版小学科学”			“加利福尼亚科学”			“新编新理科”		
磁性	C ₁ *	C ₂		A ₁	A ₂	A ₃	J ₁	J ₂	
	1**	0		0	1	1	1	0	
磁极	C ₁	C ₂		A ₁	A ₂	A ₃	J ₁	J ₂	
	0	0		1	0	1	0	1	
磁力	C ₁	C ₂	C ₃	A ₁	A ₂	A ₃	J ₁	J ₂	
	1	2	0	3	2	0	1	1	
磁场				A ₁					
				0					
电生磁	C ₁	C ₂		A ₁	A ₂		J ₁	J ₂	
	1	1		1	2		1	1	
制作电磁铁	C ₁			A ₁			J ₁		
	0			0			0		
电磁铁的磁极	C ₁	C ₂	C ₃	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	J ₁	J ₂
	2	2	1	1	2	1	1	2	1
电磁铁的磁力	C ₁	C ₂	C ₃	A ₁	A ₂	A ₃		J ₁	J ₂
	1	3	2	1	2	3		2	3
电动机与发电机	C ₁			A ₁	A ₂		J ₁		
	1			2,3	1		1		

*C、A、J 含义同前,下标数字表示探究活动,如 C2 表示“教科版小学科学”第 2 个探究活动。

** 数字表示探究活动的水平。

在电磁铁内容中,三国教科书在水平 0 的探究活动都有所减少,高水平的探究活动有所增加,水平 1 的探究活动几乎占到 1/2。相比而言,“教科版小学科学”水平 2 及以上的探究活动占 40.00%，“加利福尼亚科学”占 46.15%，“新编新理科”占 37.50%。可见,随着知识的深入,探究活动的水平也有所提高。从具体数量来看,“加利福尼亚科学”增长最多,其次是“教科版小学科学”,最后是“新编新理科”。

从纵向年级比较来看,曼-惠特尼 U 检验发现,“教科版小学科学”在年级间的探究水平差异边缘显著($Z_c=1.909, p=0.056$),而“加利福尼亚科学”和“新编新理科”都不显著($Z_c=1.418, p=0.156; Z_j=1.589, p=0.113$),说明“教科版小学科学”探究水平差异变化较大。分析发现,这主要源于随着年级的增加,“教科版小学科学”水平 0 的探究活动骤降(下降 75%),而水平 2 的探究活动骤增(增加 66.66%)。其他两国教科书的探究活动水平变化相对较为稳定,变化趋势基本相同:水平 0 和水平 1 的探究活动整体数量基本没变,主要增加了水平 2 的探究活动(分别增长

75%、50%)。

结合横向主题比较、纵向年级比较的结果发现：随着年级增加，虽然整体趋势是低水平(水平0、水平1)探究活动减少，高水平(水平2、水平3)探究活动增加，但是从数量来看，低水平探究占有绝对优势，水平1探究活动最多。从低水平到高水平探究活动，Kruskal-Wallis 检验发现，三国教科书并无显著差异($\chi^2=0.933, df=2, p=0.627$)，但是独立样本分析发现，“教科版小学科学”探究水平差异变化较大。也就是说“教科版小学科学”教科书内部从低水平到高水平探究活动的发展较为激进，具体表现在“磁铁”和“电磁铁”的内容之中。总之，从主题内部、主题之间、年级间、探究水平间的比较发现，探究水平的变化率在低水平变化较小，在高水平变化较大。其中“教科版小学科学”变化幅度最大；“新编新理科”低水平探究活动较为稳定，高水平探究活动有较大幅度的增加；“加利福尼亚科学”虽然高水平探究活动数量最多，但是其过程渐进、稳定。

4. 科学探究设计变化的广度

以科学探究活动为分析单位，将教科书中“磁”内容按照 STEM 学科视角进行分析。我们的假设是，探究活动或许涉及到不止一种学科知识和技能，因此至少可从两方面进行广度分析：一是分学科视角下 S、T、E、M 内容；二是 STEM 学科的整合情况，如 ST 整合探究活动。

借鉴周鹏琴等人设计的 STEM 分析编码条^[11]，从上述两方面对探究活动中的 STEM 内容进行统计，其结果如表 4 所示。可以发现，随着年级的增长(“磁铁”和“电磁铁”内容在不同的年级)，不管是分学科还是整合视角，STEM 内容都有所增加，中美日三国教科书整体增长率分别是 30%、42.31%、27.78%。然而卡方检验显示，三国教科书内部 STEM 内容间无显著性差异($\chi^2_c=0.885, p_c=0.971; \chi^2_a=4.204, p_a=0.520; \chi^2_j=1.705, p_j=0.888$)，三国之间 STEM 内容也无显著性差异($\chi^2=0.885, p=0.991$)。这就是说，STEM 内容的增长趋势并非突发性的，而是渐进的。尤其是“加利福尼亚科学”，由于其 STEM 内容基数较大，增长率高，能做到渐进地增加 STEM 内容，得益于其教科书所设计的逐渐开放的探究活动，即从限定的探究活动到指导性的探究活动，再到独立、开放的探究。在限定性探究活动中主要是 S 主导，随着探究活动逐渐开放，研究设计变得更加自主和复杂，T、E、M 内容逐渐融入探究过程之中。中日两国教科书也有相似的设计，但总体而言，“加利福尼亚科学”探究活动梯度更为明显，这也使得 STE、SM、ST、TE

等整合性的内容能有机地融入其中。

表 4 中美日三国科学教科书中“磁”相关内容的探究活动的 STEM 分布

维度	“教科版小学科学”		“加利福尼亚科学”		“新编新理科”	
	磁铁	电磁铁	磁铁	电磁铁	磁铁	电磁铁
S	7	9	10	9	6	6
T	1	3	1	5	1	4
E	1	2	1	2	1	2
M	2	2	1	2	2	2
STE	1	1	1	2	1	0
SM	3	2	1	3	2	2
ST	--	--	--	1	--	1
TE	--	--	1	2	--	1
χ^2 检验	0.885		4.204		1.705	
			1.576			

进一步进行内容分析，“教科版小学科学”探究活动中 S 内容最多，其次是 T 和 SM。也就是说，探究活动与 M 联系较为紧密，主要表现为对数据进行基本数学运算处理。其他研究也得到类似的结论^[12]。T 内容主要表现为一些制作活动，它与 S 内容构成了“教科版小学科学”STEM 内容的主体。

“加利福尼亚科学”探究活动中 S 内容与其他内容之比为 1:1.16，其次是 T 和 STE。STE 比重较大，说明其跨学科整合程度高。其 STE 探究活动的特色在于“系列性”，即紧扣一个主题从多个视角设计 STE 内容。如在“电磁铁运用”活动中，教科书呈现了扬声器、耳机、手机中的电磁铁，然后具体分析门铃的工作原理，最后学习电动机、发电机等 STE 内容，并在实践中制作简易产品。

“新编新理科”探究活动中，S 内容占比 38.71%，低于中美两国教科书。S 内容较少意味着其他内容增加，T、SM 占比相当，高于中国教科书。也就是说，“新编新理科”相当重视 S 与 M 的整合，这与“教科版小学科学”较为一致，但二者的差异在于探究活动目的不同。“教科版小学科学”希望学生在活动中体验科学探究的过程，“新编新理科”希望学生在体验和调查之后理解自然事物与现象。探究本身被认为是一种亲自然行为，因此，反映到 STEM 理念上，“教科版小学科学”基本无 ST、SE 内容，因为探究过程的主体是 S、T、SM 内容；而“新编新理科”却有所涉及，因为 ST、SE 更能发掘自然和人类、自然和生物的共生关系。

5. 科学探究设计变化的来源

科学探究设计变化的路线、速率和广度实质上都是其变化的具体表现，那么，这些路线、速率和广度上差异的原因是什么呢？这就涉及科学探究设计

变化的来源问题。其影响因素较为繁杂,我们主要从宏观到微观选取教育文化、研究水平、课程理念三方面进行分析,希望捕捉这些微观差异的历史原因。

(1)教育文化因素

从地域来看,教育文化因素是一个重要原因。20世纪初,“实用主义”成为美国的主流思潮,促成了进步主义教育的发展与实施。正如亨利·斯蒂尔·康马杰所说,美国人的文化是实用性的,他们喜欢实实在在的财富^[13]。无论是教育、民主还是战争,他们倾向于以数量来评价几乎所有的事情^[14]。实用性是其文化特征之一,这也反映在了教科书之中,如重视探究技能、体现 STEM 广度、关注科学方法等。多种探究技能适用于解决具体的问题,从学生的未来职业和适应社会考虑,解决问题比理解概念更重要^[15]。因此,重视探究技能和方法是美国实用主义在教育领域的表现,其目的是让学生以后顺利地选择职业或适应社会生活。

我国的传统教育思想博大精深,从《大学》《学记》到《师说》,展示了丰富多彩的教育思想。但是,由于传统教育与政治交织紧密,逐渐失去了育人本色,导致我国近代的传统教育已经偏离了其最初的思想本质。难怪有学者认为,从春秋到清末,我国教育一直处于“古老而又漫长”的萌芽时期^[16]。日本文化具有“吸纳性”,它有着善于吸收外来先进文化的特质。这种“吸纳性”在明治维新时期达到顶峰,江户时代奉为神圣的“儒家朱子学”在明治维新时期却受到批判^[17]。也就是在这一时期,日本文化转向西方化进程,教育发展也全面西化。中日文化在19世纪末同样经历了西方洗礼,但中国采取的是“闭关锁国”政策,日本则“主动吸纳”。在不得不改变的形势下,近代中国才从日本间接吸纳了西方先进的教育文化思想。反映在教科书上,中日有诸多相似之处,如探究主要为理解概念服务、探究过程强调阶段性等。

中华人民共和国成立之后,我国教育思想又深受苏联凯洛夫教育学影响,它强调的是学科中心、课堂中心、教师中心,与杜威实用主义教育思想相对^[18]。反映在教科书上,探究还是以限定性探究活动居多;虽然强调自主探究,但引导意味过重;展现 STEM 思想的探究活动以 S、M 融合居多,而体现 STEM 本质的 STE 内容较少。

(2)科学教育研究水平差异

从发展来看,源于科学教育研究水平的差异。以科学课程标准为例,美国1996年版的科学教育标准提出了“统一概念和过程”、“作为探究的科学”等内容标准;我国2001年版的《小学科学课程标准》强调

“科学学习要以探究为核心”,而“统一概念和过程”被忽视。根本上讲,这还是源于我国科学教育研究水平不足,没有概念发展、学习进阶等方面的研究,不能摸清到底如何形成发展的核心概念。同一时期,日本在1989年修订了《小学理科学习指导要领》,削减了教学内容和时间,提倡科学探究与跨学科综合性体验学习相结合,也没有提及“统一概念和过程”,但是强调理解概念、共同的概念以及概念间的联系。

在我国迟迟未颁布新的小学科学课程标准时,日本于2008年又修订了《小学理科学习指导要领》,强调伴有实感的理解自然事物和现象,注重观察、实验和表达技能。美国也于2013年颁布了革命性的《新一代科学教育标准》,为科学实践、共通概念、学科核心概念、科学本质和 STSE 教育等五个方面内容分别构建了各自的进阶矩阵,为工程设计构建了进阶关系图^[19]。据了解,我国最新修订并颁布的小学科学课程标准强调核心概念、工程和技术,这与国际科学教育研究主题基本一致。希望其与时俱进的课程理念可以推进我国科学教科书发展。

(3)教科书指导思想不同

从课程理念来看,指导思想也是一个重要原因。加州《公立学校科学课程标准》强调科学课程应发挥培养社会人力资源的优势,为学生能获得他们将来成功必需的知识和技能作准备。反映在教科书中,探究内容整合了科学与阅读、健康、STEM 等内容,探究方式也随着学科整合度的增加而变得更为开放。日本新修订的《学习指导要领(2008)》认为,科学课程旨在亲近自然,通过全面观察和实验,培养解决问题的能力与热爱自然的情怀。依据这一目标,教科书在低年级设置了内容递进的观察活动,在高年级设置了逐渐开放的实验活动,观察和实验为主的探究活动融入 ST、SE 内容,体现了理解概念、亲近自然的教学目的。我国《小学科学课程标准(2001)》指出,小学科学是全面提高每一个学生的科学素养,是以科学探究为过程和方法,以 STS 教育为协调的科学入门教育。为体现这一理念,教科书更关注学生在活动中体验科学探究的过程,如在研究电磁铁磁力影响因素时,教科书对“磁力与线圈圈数关系”有详细的探究过程陈述,但探究其他因素时,教科书要求学生模仿性地设计实验方案和过程。

五、建议与思考

从四个方面对中美日三国科学教科书的科学探究设计进行比较,可以看出,虽然整体来看,科学探究的内容基本相同,设计路径基本依据从易到难的

内容水平,但是,科学探究变化路径显示,三国教科书在制定计划、结论呈现、迁移延伸等方面有所不同。科学探究变化速率显示,随着年级增长,“教科版小学科学”探究水平变化幅度较大;“新编新理科”低水平探究活动稳定,高水平探究活动有较大幅度增加;“加利福尼亚科学”虽然高水平探究活动数量最多,但是其过程渐进、稳定。科学探究变化广度显示,“教科版小学科学”和“新编新理科”对 STEM 内容的重视主要体现在 S 与 M 的整合,但其目的有所不同;而“加利福尼亚科学”表现为 STE 整合,且形成系列性。

上述差异也是其教科书特色。形成这些特色的原因,源于教育文化和历史进程、指导思想、科学教育研究水平等的差异。深度剖析这些原因,系统梳理各教科书特色,可以为我国教科书的编写提供以下启示。

1. 考虑科学探究活动的可持续性

探究活动的可持续性是指以内容、探究技能等固定的或发展性的媒介为基础,循序渐进地发展学生的科学探究能力。通过比较三国教科书科学探究变化路径,建议从三个方面体现探究活动的可持续性:

首先,考虑年级间的探究活动的可持续性。可寻找一种客观的、可持续性的媒介作用于探究活动设计,体现探究活动的可持续性。如根据一年四季的时间变化来学习植物生长规律,利用动物的生活习性实施具体的观察活动等。

其次,考虑一学年间的探究活动的可持续性。一学年的主题内容大多数是并列的,即主题之间的知识缺乏联系,但是可以利用探究技能来体现不同主题下探究活动的可持续性。因为探究技能可以跨越知识并且依赖知识来构建不同程度的探究活动。应当指出的是,这时的探究活动以注重训练探究技能为主。

最后,考虑章和节之间探究活动的可持续性。章和节之间的知识往往是连续性的,一般依据知识的难度和深度创建不同开放程度的探究活动,形成理解概念、掌握方法为目的的单元内部序列。“教科版小学科学”主题式的编写方式普遍采用了此种方式,不必赘述。

2. 考虑科学探究活动的逐渐开放性

探究活动的开放性是指在某些相关主题内容中,教科书或教师的主导作用减弱而学生自主探究的权限增加;或随着年级的增长,学生自主控制探究环节的权限扩大,探究的问题和结果更具未知性。通过对三国教科书科学探究变化速率的比较分析,可

以发现,开放程度不同的探究活动都有所体现。相对而言,“教科版小学科学”随年级变化其探究水平变化较快。

探究活动的构成要素包括教师/教材,内容/年级,以及探究活动的完整度。如图 3 所示,随着年级增长或内容变化,探究活动中教师的指导力度减弱,而探究活动愈发完整,训练的探究技能也越来越复杂。这里的“探究活动完整度”有两层含义:一是指教科书陈述的探究步骤愈发简洁,而学生经历的探究过程愈发复杂,如自主设计实验方案、分析实验数据、解释实验现象等;二是指教科书陈述的探究内容愈发复杂,难度逐渐增加,学生处理变量之间的关系愈发困难,数据与现象之间的关系愈发隐秘。教师的指导实质上起着调节作用,通过对不同能力的学生进行异步指导,使探究过程被所有学生理解。这也体现了小学科学课程是以探究为主的科学启蒙课程。

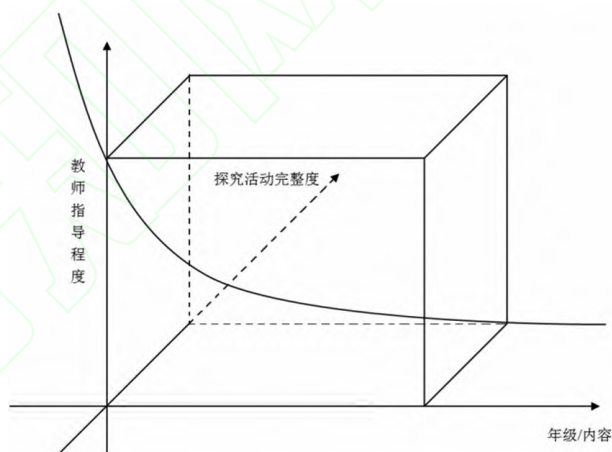


图3 探究活动的开放性模型

3. 考虑探究活动的广度

探究活动的广度包含三层含义:一是指探究活动与艺术、写作、数学、阅读等结合起来,扩充学生对科学的认识。如教科书基本将“种子萌发的影响因素”设计成实验探究,其实这也是科学写作的经典案例。通过详细描述种子萌发的过程,不仅可以培养学生的观察能力,还训练了写作表达能力。二是指探究活动中的 STSE 成分。虽然本文并未比较三国教科书中的 STSE 内容,但我们另外的研究显示,三国的 STSE 内容以“技术与生活”“技术与工业”居多,让学生关注生活中的技术、了解工业是三国教科书 STSE 内容的共识^[20]。同时,随着技术应用导致的环境问题越来越受到人们的重视,渗透保护环境意识也是三国教科书 STSE 设计的重点。三是指探究活动中的 STEM 内容。研究发现,“加利福尼亚科学”已形成了系列性的 STE 内容,SM 也占有较大比重。STEM 探究活动最能体现跨学科整合需求,尤其是

在活动内容设计时,能围绕一两个学科的知识构建真实问题情境下的探究活动,探究过程逐渐向问题解决过渡,让学生在实验设计和操作中理解跨学科知识。可见,STEM探究活动不仅可以拓宽学生的知识视野,还能影响知识的深度学习,在“窄而深”主题、“广而浅”内容中找到培养能力与提升知识之间的平衡点。

参考文献:

- [1]王健,张前进.中美科学教科书中科学史内容的比较研究——以高中“分子与细胞”主题为例[J].湖南师范大学教育科学学报,2016(2):45-50.
- [2]仲扣庄,郭玉英.基于科学素养主题的中美高中物理教科书定量分析——以“量子理论”为例[J].课程·教材·教法,2012(10):121-127.
- [3]王世光.探究设计的误区——反思新课程社会科教科书[J].教育学报,2007(2):50-54.
- [4]彭征,李晓梅,李春密.国际初中物理教科书中对不同知识主题的侧重——以中、俄、德、法四套教科书为例[J].课程·教材·教法,2014(3):119-124.
- [5]石鸥,赵长林.科学教科书的意识形态[J].教育研究,2004(6):72-76.
- [6]朱智贤.心理学大词典[M].北京:北京师范大学出版社,1989:151.
- [7]张春兴.张氏心理学辞典[M].台北:东华书局,1989:279.
- [8]百科辞典.发生法[EB/OL].[2016-11-05].<http://www.chinabaike.com/article/baike/1000/2008/200805111457316.html>.
- [9]辛自强,林崇德.微观发生法:聚焦认知变化[J].心理科学进展,2002(2):206-212.
- [10]Callison D. The Evolution of Inquiry:Controlled,Guided,Modeled,and Free[M].ABC-CLIO:Libraries Unlimited,2015.
- [11]周鹏琴,徐唱,张韵,等.STEM视角下的美国科学课程教材分析——以FOSSK-5年级科学教材为例[J].中国电化教育,2016(5):25-32.
- [12]唐小为,王唯真.整合STEM发展我国基础科学教育的有效路径分析[J].教育研究,2014(9):61-68.
- [13]亨利·斯蒂尔·康马杰.美国精神[M].杨静予,南木,译.北京:光明日报出版社,1988:7-10.
- [14]王飞.德国“教育学—教学论”范式与美国“教育科学—课程论”范式的比较研究[J].清华大学教育研究,2012(2):11-17.
- [15]国家科学研究理事会.科学探究与国家科学教育标准——教与学的指南[M].罗星凯,等译.北京:科学普及出版社,2004:35-36.
- [16]丁锦宏.教育学[M].南京:南京大学出版社,2002:136-138.
- [17]杨孔炽.论日本江户时代的教育思想及其近代意义[J].福建师范大学学报(哲学社会科学版),1998(3):110-115.
- [18]顾明远.论苏联教育理论对中国教育的影响[J].北京师范大学学报(社会科学版),2004(1):5-13.
- [19]郭玉英,姚建欣.美国《新一代科学教育标准》述评[J].课程·教材·教法,2013(8):118-127.
- [20]首新.中美日三国小学科学教科书的比较研究[D].重庆:重庆师范大学,2013:55-57.

A Comparison of the Micro-genetic Method about the Design of “Scientific Inquiry” in Primary Science Textbook

——Taking the Content of “Magnetic” in the Textbooks of China, America and Japan as the Example

SHOU Xin¹, HU Weiping¹, LIN Changchun², WAN Dongsheng³

(1. Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Shanxi Normal University, Xi'an, Shanxi 710062, China;

2. Department of Primary Education, Chongqing Normal University, Chongqing 400700, China;

3. School of Educational Science, Jiangsu Second Normal University, Nanjing, Jiangsu 210013, China)

Abstract: In this paper, we compare the differences of the design of “scientific inquiry” in primary science textbooks between China, America and Japan. The result shows that there are great differences in the path of change, the formulation of plan, the presentation of conclusions and the migration extension. In the rate of change, with the growth of grade, the change of the level of inquiry in China's textbook are relatively large, but the change of the other two country's textbooks are gradual. In the range of change, the inquiry activities of the Chinese and Japanese textbooks attach importance to the integration of science and mathematics, but the textbook of United States embodies the essence of STEM in science, technology and Engineering. The features of inquiry design tell us to consider sustainability, openness, and breadth in designing inquiry activities.

Key words: primary science; textbook; scientific inquiry; the micro-genetic method