

· 国外教育 ·

# 技术素养视角下中英高中物理教材的分析与比较

侯新杰 丁 欢

(河南师范大学物理学院, 河南 新乡 453007)

**摘 要:** 重视学生技术素养的培养是国际基础教育课程改革的新趋势. 本文运用内容分析法对中英高中物理教材中技术素养内容的数量分布及呈现形式进行了分析与定量统计, 比较了中英高中物理教材中技术素养的体现特点及其异同. 然后结合英国高中物理教材对技术素养体现的可借鉴之处, 提出我国高中物理教材编写应增加技术素养内容的数量, 适当提高正文、实验和习题中技术素养内容的分布比重, 注重技术教育内容的整体编排, 增加技术与社会方面的课题研究.

**关键词:** 技术素养; 高中物理教材; 内容分析; 中英比较

## 1 问题的提出

国际技术教育协会编著的《美国国家技术教育标准: 技术学习的内容》一书指出: 技术素养指的是使用、管理、评价和理解技术的能力.<sup>[1]</sup> 具备技术素养将有助于个体理解技术、理解技术与社会的关系、明智地评价技术.<sup>[2]</sup> 随着多种新兴技术迅速发展并日益广泛地应用于人们的日常生活, 技术素养已经成为公民的必备素养. 加强技术教育, 重视学生技术素养的培养也成为国际基础教育课程改革的新趋势.

2013 年美国的《新一代科学教育标准》提出要在科学教育中渗透 STSE (Science, Technology, Society and Environment 的缩写) 教育和科学本质教育, 并指出 STSE 教育包括两个核心概念, 分别是“科学、工程 and 技术的相互依存”和“科学、工程和技术对社会和自然世界的影响”, 阐明了一些科学教育内容与 STSE 教育中的核心概念的联系, 对 STSE 教育中的两个核心概念在不同阶段的发展水平提出了具体要求.<sup>[3]</sup> 英国 2014 年发布的《英国科学课程标准》中明确提到学生应能够“解释科学的日常应用和技术应用”; “运用一系列技术、仪器和材料的知识, 在户外工作和实验中做出合适选择”; “评估个人、社会、经济 and 环境的相互影响”.<sup>[4]</sup>

我国教育部颁布的《普通高中物理课程标准》(2020 年修订版) 也明确指出: “高中物理课程在内容上注重与生产生活、现代社会及科技发展的联系, 反映当代科学技术发展的重要成果和科学思想, 同时关注物理学的应用带来的社会问题”.<sup>[5]</sup>

《普通高中物理课程标准》是高中物理教材编写的依据, 高中物理教材编写应充分体现课程标准的要求, 能够帮助学生理解、发展技术素养. 2019 年人民教育出版社依据《普通高中物理课程标准》编写出版了普通高中教科书《物理》的必修系列和选择性必修系列, 共 6 本新教材. 新版高中物理教材对技术素养的体现情况如何? 与国外教材相比又有哪些优势和不足? 针对这些问题, 本文将对我国和英国高中物理教材中技术素养内容的数量分布和呈现形式进行分析和定量统计, 比较两国教材在体现技术素养方面的差异, 为我国高中物理教材的编写提供参考.

## 2 研究设计

### 2.1 研究对象

我国教材选取的是国内广泛使用的人民教育出版社出版的普通高中教科书《物理》必修和选择性必修系列, 共 6 册.<sup>[6]</sup> 英国教材选取的是英国剑桥大学出版社于 2014 年出版的第 2 版 A-Level 物理学教材——《Cambridge International AS and A Level Physics Coursebook》, 共 1 册.<sup>[7]</sup> 该教材广泛适用于国际上参加剑桥国际 A-Level 物理学考试的高中生.

### 2.2 研究方法

本文用内容分析法对中英高中物理教材中技术素养内容的数量及呈现形式进行分析与定量的统计. 首先根据本文编制的技术素养内容分析量表, 对中英高中物理教材中技术素养内容的数量进行分析与统计. 统计时以处为单位, 一个技术素

基金项目: 本文系河南省教师教育课程改革研究立项重点项目“基于‘课例研究’培养师范生教学技能的理论与实践” (项目编号: 2020-JSJYZD-024) 研究成果之一.

养维度界定为一处技术素养。如果某处教材内容体现了技术素养的多个维度,统计时在所有能体现的维度下均按一处处理。只要在教材中不同位置出现的,即使是相同的技术素养内容也记作两处。其次,对中英高中物理教材中每处技术素养内容的呈现形式进行分类统计。根据教材的构成要素,本文将技术素养的呈现形式分为导入、正文、实验、拓展栏目和习题。导入指教材的序言部分和各章节的导入部分。实验指教材中供学生操作或观察的实践类活动,如人教版教材的“实验”、“演示”“做一做”和“课题研究”栏目;英国版教材中的“实验”栏目。拓展栏目指的是教材中独立于正文部分的选学内容,如人教版教材中的“科学方法”、“拓展学习”、“STSE”、“科学漫步”等栏目。

### 2.3 研究工具的制定

美国技术素养协会、国家工程协会和国家研究委员会所做的报告《从技术角度讲:为什么美国人需要对技术有更深入的了解》中将技术素养分为知识、能力、思维与行为方式三个维度。<sup>[8]</sup>王秀红将技术作为知识、行为、方法和文化的意义引申到技术素养结构中,认为技术素养的要素应包括技术知识、技术行为能力、技术思想和方法以及技术态度和情感。<sup>[9]</sup>

刘德智认为,科学课程中的技术素养应包含核心知识、技术过程、技术意识和情感态度与价值观这 4 个层面,并对各层面进行了更加具体的划分。<sup>[10]</sup>姜奕林认为技术意识与技术情感态度价值观的分类存在重叠,因此将技术素养分为技术知识、技术实践、技术情意这三个层面。<sup>[11]</sup>史峰综合多位学者提出的技术素养内涵分类,从技术知识、技术能力、技术情意 3 个层面分析了人教版高中物理教材中的技术素养内容。<sup>[12]</sup>依据技术素养的概念及国内外学者对于技术素养内涵的分析,我们以史峰提出的技术素养内涵分析量表为框架,将技术素养分为技术知识(A)、技术能力(B)和技术情意(C)3 个层面,其中技术知识层面包含技术本体知识(A1)、技术原理知识(A2)、技术操作规范知识(A3)、技术情意知识(A4);技术能力包含技术操作与管理(B1)、技术设计(B2)、技术评价(B3);技术情意包含技术意识(C1)、技术情感态度(C2)、技术价值观(C3)。在此基础上,对各层面的各维度予以合适的操作性定义,形成了本研究中的技术素养内容分析量表。由于篇幅限制,本文仅列举技术素养每层面中各两个维度的具体操作定义,如表 1 所示。

表 1 技术素养内容分析量表

层面	维度	具体操作定义
A 技术知识	A1 技术本体知识	关于某些技术、技术产品、技术系统、技术名词或技术流程的概念定义或整体描述
	A2 技术原理知识	对技术产品或系统设计时所运用的科学原理的描述
B 技术能力	B1 技术操作与管理	对技术产品或技术系统进行使用、运作和维护的实践类要求,如故障检修、数字化实验操作
	B2 技术设计	要求根据一定目标对产品或技术过程进行设计的描述;要求利用技术进行实验设计的描述
C 技术情意	C1 技术意识	关于技术及其产品的设计或应用要进行成本、资源、利弊权衡、环保、风险效益等方面的考虑的描述
	C2 技术情感态度	关于技术革新历程、技术工作者艰辛工作过程、对技术工作者应有的情感态度等的描述

### 2.4 研究工具的信度

由笔者担任主评分员 D,并邀两名学科教学(物理)专业研究生 Z 和 L 作为评分员,对研究工具进行信度检验。首先对评分员进行培训,然后随机抽取中英教材各两章内容,由 3 名评分员用此研究工具对抽取章节进行独立分析。各评分员间相互同意度如表 2 所示。经计算,上述研究工具的信度为 0.936,高于 0.8,说明该研究工具信度达标。

表 2 各评分员间相互同意度

评分员	D	L
Z	0.8175	0.7857
L	0.8889	

## 3 研究结果

根据分析及统计,中英高中物理教材对技术素养 3 个层面及各维度的呈现数量和比例如表 3 所示,技术素养呈现形式的分布比重如表 4 所示。

表 3 中英教材中技术素养各维度呈现数量及比例

层面	维度	人教版		英国版	
		处数	比例/%	处数	比例/%
技术知识	A1	108	43.55	53	30.46
	A2	77	31.05	55	31.61
	A3	20	8.06	22	12.64
	A4	43	17.34	44	25.29

续表

层面	维度	人教版		英国版	
		处数	比例/%	处数	比例/%
小计		248	69.86	174	60.42
技术能力	B1	16	50.00	12	35.29
	B2	11	34.38	5	14.71
	B3	5	15.63	17	50.00
小计		32	9.01	34	11.81
技术情意	C1	22	29.33	19	23.75
	C2	13	17.33	8	10.00
	C3	40	53.33	53	66.25
小计		75	21.13	80	27.78

表 4 中英教材中技术素养呈现形式的分布比重

版本	层面	呈现形式				
		导入	正文	实验	拓展栏目	习题
人教版 (%)	技术知识	5.65	47.58	4.84	29.84	12.10
	技术能力	0	21.88	31.25	6.25	40.63
	技术情意	4.00	41.33	0	49.33	5.33
小计		4.79	43.94	6.20	31.83	13.24
英国版 (%)	技术知识	22.99	54.02	8.05	0	14.94
	技术能力	5.88	26.47	26.47	0	41.18
	技术情意	22.50	62.50	1.25	0	13.75
小计		20.83	53.13	8.33	0	17.71

## 3.1 技术知识层面呈现情况的分析及比较

由表 3 可知,中英高中物理教材中技术知识的呈现比重均为最高,且超过 50%,说明两国教材都注重强调技术知识对技术素养整体培养的基础性和重要性。从技术知识层面各维度的呈现数量及比例来看,我国高中物理教材中技术本体知识和技术原理知识的数量多于英国教材,分布比例上仅技术本体知识的体现高于英国教材。中英教材均对技术本体知识、技术原理知识和技术情意知识体现较多,对技术规范知识体现较少。

从两国教材中技术知识的呈现形式来看,我国人教版教材在正文、拓展栏目、习题、导入、实验中呈现的技术知识所占比重分别为 47.58%、29.84%、12.10%、5.65%、4.84%,以正文和拓展栏目形式呈现的技术知识内容较多。英国教材在正文、习题、导入、实验部分呈现的技术知识所占

比重分别为 54.02%、14.94%、22.99%、8.05%,均高于我国教材。中英高中物理教材以实验和习题形式呈现的技术知识比重相对较低。通过教材分析还发现,利用“电子学”“通讯系统”“医学成像系统”等独立技术章节综合呈现技术知识是英国教材的一大特色。英国教材在这 3 个章节中呈现的技术知识有 49 处,占技术知识总数量的 28.16%,各章内容以技术系统为主线,探讨系统组成部分、工作过程及具体应用,并且设计了一系列实践活动,培养学生对技术产品进行选择、解释、设计的能力。

## 3.2 技术能力层面呈现情况的分析及比较

由表 3 可知,中英高中物理教材对技术能力的呈现比例都较低,分别为 9.01% 和 11.81%。从技术能力层面各维度的呈现情况来看,我国教材中技术操作与管理内容的数量最多,呈现比重高于英国教材,且多为物理实验中的相关操作;其次是技术设计内容,呈现比重也高于英国教材;技术评价内容数量最少,所占比重低于英国教材。英国教材对技术设计体现最少,对技术评价体现最多,经常在习题中要求学生生活中相关技术或实验提出改进建议、进行最优化选择。例如:说明实验“探究手指温度升高与其覆盖的灯泡面积之间关系”的操作困难以及如何改进;解释为什么超声不能轻易用于检查大脑,建议一种或多种可用于此目的的扫描技术。

从两国教材中技术能力的呈现形式来看,中英高中物理教材中的技术能力内容都主要通过习题形式呈现,占比分别为 40.63% 和 41.18%;其次是以实验形式和正文形式呈现;通过拓展栏目和导入形式呈现的比例最低。总体来看,两国教材都注重技术能力呈现形式的多样性和协调性。

## 3.3 技术情意层面呈现情况的分析及比较

从技术情意层面各维度呈现比例来看,我国高中物理教材中技术意识和技术情感态度的呈现比例高于英国教材,技术价值观的呈现比例低于英国教材,中英高中物理教材均对技术情感态度体现较少。

从该层面的呈现形式来看,我国高中物理教材以拓展栏目形式呈现的技术情意内容最多,占比为 49.33%,以习题和导入形式呈现的技术情意内容较少,占比分别为 5.33% 和 4%,而英国教材的技术情意内容多以正文和导入形式呈现。例如,对于技术情感态度维度,我国教材有 76.92% 的内容是在科学漫步和 STSE 栏目中体现,技术价值

观维度也有 45% 的内容体现在拓展栏目中;而英国教材中技术情感态度和技术价值观内容在正文的呈现比重分别为 50% 和 62.26%, 还有 50% 的技术情感态度内容和 16.98% 的技术价值观内容在导入部分呈现。如第 31 章《核物理》的导入部分, 直接介绍核武器和核发电技术, 并指出“我们对核物理的理解被证明是喜忧参半。在 20 世纪的大部分时间里, 核武器主导着全球政治。”

### 3.4 技术素养总体呈现情况的分析及比较

总体来看, 我国高中物理教材中技术知识的呈现比例高于英国教材, 技术能力和技术情意的呈现比例低于英国教材, 在技术素养 3 个层面的均衡性和协调性方面不如英国教材处理得好, 涉及技术能力层面各维度和技术情感态度维度的内容数量也较少, 有待增加。

中英高中物理教材在技术素养呈现形式上都以正文呈现为主, 但我国教材中技术素养呈现形式的分布比重不如英国教材合理。我国教材在正文部分呈现的技术素养比例为 43.94%, 而英国教材为 53.13%。除正文以外, 我国高中物理教材中的技术素养内容主要在拓展栏目中呈现, 英国教材主要在导入和习题中呈现, 导入、习题中的呈现比例均高于我国教材。另外, 中英高中物理教材以实验形式呈现技术素养的比例都较低, 实验中技术素养的分布比重有待提高。

## 4 对改进我国高中物理教材编写的建议

### 4.1 增加技术素养内容的数量

教材中技术素养内容越完善, 越有利于教师创造性地使用教材, 在教学中潜移默化地提高学生的技术素养。由上面对技术素养数量的分析与比较可知, 我国高中物理教材对技术素养的 3 个层面及其各个维度均有体现, 但部分维度在数量上仍有不足。教材编写时应从以下两个方面增加技术素养内容的数量。

(1) 适当增加技术情感态度内容。在技术情意层面, 我国高中物理教材对技术情感态度内容体现较少, 仅有 13 处。因此, 建议教材编写时适当增加技术情感态度内容。如在学完《电磁振荡与电磁波》一章后, 将“移动通信技术的发展历程”在科学漫步栏目中呈现, 介绍从第一代通信技术到第五代通信技术是如何发展的, 它们的具体变化有哪些以及各自的优缺点, 让学生了解最新移动通信技术的成果, 理解移动通信技术的革新历程, 体会通信技术与社会的相互影响; 又如学完《交变电流》一章后, 将“巨龙在野”作为科学漫步栏目呈

现, 介绍滇西北至深圳特区高压输电工程的建设过程, 讲述建设者们在运输换流变压器、检查仪器毛刺、架设高空电线等过程中是如何克服困难的, 从多个角度呈现技术工作者们的艰难工作历程, 以及勇于担当、甘于奉献的精神, 增加学生的情感体验。

(2) 增加技术能力内容。技术素养中的技术能力是指在从事技术活动过程中体现的设计、使用、维护、评价能力, 其中设计和评价能力是高中物理课程对学生技术能力培养的重心。从上文的分析与比较可知, 我国高中物理教材中对技术能力层面的体现较少, 内容数量仅有 32 处, 显然不能满足技术素养培养的要求。因此, 教材应以学生熟知的技术产品或问题为基础, 增加体现技术能力的实践类内容。比如学习力学知识后, 讨论如何改良运动中使用的器材或自行车等常用交通工具; 学习动量知识后, 要求学生设计制作“水火箭”; 学过热学知识后, 讨论设计可以调控温度的水杯等。另外, 在技术能力层面, 我国人教版高中物理教材对技术评价的体现很少, 仅有 5 处。技术评价主要表现为个体对技术的认识与鉴别能力, 有利于培养学生从正反面看待技术。<sup>[13]</sup> 因此, 在增加技术能力内容时, 要特别注意设置完善的评价环节, 引导学生综合考虑自己或他人的技术设计或技术优化是否能够满足需求、是否合理、是否经济等, 为学生技术评价能力的发展创造条件。

### 4.2 适当提高正文、实验和习题中技术素养内容的分布比重

研究发现, 虽然我国人教版教材中技术素养以正文呈现为主, 但仍有 31.83% 的技术素养内容以拓展栏目形式呈现, 正文、实验和习题中技术素养内容所占比例也均低于英国教材。拓展栏目是教材中的选学内容, 其中的技术素养内容很少能被教师和学生注意到, 因此我国教材要引起教师和学生对于技术素养的关注, 就要增大正文和习题中技术素养内容的分布比重, 多设置技术评价类习题和以技术应用为背景、引导学生形成技术情意的问题。

另一方面, 物理实验本身就包含技术设计和技术实践, 还可以与多种信息技术相结合, 体现技术在实际生活和生产中的操作与应用, 在技术素养的培养中具有独特功能。我国教材中以实验形式呈现的技术素养内容偏少, 因此教材应通过结合先进信息技术、增加必做实验中的数字化实验数量等方式来提高实验中技术素养内容的分布比

重.如英国教材中设置“运用显微镜观察布朗运动”“运用运动传感器测速度和加速度”“用温度传感器确定材料的比热容”“使用数据记录器研究分压电路中热敏电阻的特性”等众多实验,充分体现了信息技术在实验中的作用,并在实践中发展学生的技术素养.

#### 4.3 注重技术教育内容的整体编排

我国高中物理教材中各个章节的编排一直是以物理知识为逻辑线索,期望在物理知识的学习中渗透技术素养.这种编排模式有利于学生循序渐进地理解、使用技术,但对技术素养的整体培养不够高效.高中物理教材对于技术教育内容的编排应该注重整体性,使学生形成对技术的整体认识,在整章内容中对技术知识、能力、情意进行深入思考.如英国教材在第32章《医学成像系统》中,整体以X射线成像、CT扫描成像、超声波成像和磁共振成像等医学成像技术为主线,探讨各成像技术的工作过程、内在原理及具体应用;并通过一系列具体的医学检查情境和问题设计,让学生了解医学检查中各种技术适用的部位、优缺点以及对人体的危害,学会对成像技术进行最优化选择等,有利于学生技术知识、技术能力、技术情意的共同发展.我国教材可以借鉴英国教材的章节编排方式,在选择性必修部分尝试以技术系统为主线,或者以技术设计目的—设计构想及过程—最终设计成果—发展前景为主线,或者以社会问题为主线来组织物理知识和技术内容,既能让学生对已经学习的物理和技术知识进行综合应用,又能在整体内容中实现对技术素养的有效渗透.

#### 4.4 增加技术与社会方面的课题研究

随着技术的高速发展与广泛应用,其带来的社会问题日益凸显.对技术与社会相关问题有自己的观点和决策是学生技术素养发展的核心目标之一.中英高中物理教材中虽然对技术应用带来的社会问题均有体现,但技术与社会方面需要学生研究的课题或讨论的问题都不多,在学生亲自参与体验的方面均有不足.我国高中物理教材中应多增加关于技术与社会问题的课题研究和调查活动,引导学生主动参与,对技术与社会相关问题进行深入思考和分析,使学生拥有对技术问题的判断和决策能力,形成正确看待技术及其应用的态度和价值观.例如,可以在教材相应章节的“练习与应用”或“复习与提高”栏目中增加下列的课题研究或调查研究:(1)查阅资料,了解无线电广

播、电脑、电视等技术发展造成的电磁辐射污染,以及其对人体健康和通信系统的影响,分析电磁辐射的危害机理及相应的防护措施,写出一篇小论文.(2)上网查找关于城市光污染形成原因及危害的相关知识,设计一份问卷向闹市区居民调查市区夜晚的大型商场LED屏和发光广告牌对居民生活的影响,根据调查结果,向政府和广告管理部门提出防治光污染的建议.(3)查阅资料,了解核电的优势、我国核电站的安全保障措施和核废料的具体处理方法,了解日常生活中的核辐射基本知识和防护措施,写一篇有关核电安全性的科普小论文.

#### 参考文献:

- 1 国际技术教育协会. 美国国家技术教育标准:技术学习的内容[M]. 黄军英等译. 北京:科学出版社, 2003.
- 2 曹之友. 技术素养初探[J]. 东南大学学报(哲学社会科学版), 2006(S2):50-52.
- 3 郭玉英, 姚建欣, 彭征. 美国《新一代科学教育标准》述评[J]. 课程·教材·教法, 2013(08):118-127.
- 4 Department for Education. National curriculum in England: science programmes of study[EB/OL]. (2015-05-06)[2021-01-27]. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-science-programmes-of-study>.
- 5 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2020年修订)[M]. 北京:人民教育出版社, 2020.
- 6 人民教育出版社课程教材研究所物理课程教材研究开发中心. 普通高中教科书:物理(必修1-3册和选择性必修1-3册)[M]. 北京:人民教育出版社, 2019.
- 7 D Sang, G Jones, G Chadha, et al. Cambridge International AS and A Level Physics Coursebook[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
- 8 Committee on Technological Literacy, National Academy of Engineering, National Research Council. Technically Speaking: Why All Americans Need to Know More About Technology [EB/OL]. (2002-01)[2021-01-27]. <https://www.nap.edu/read/10250/chapter/2>.
- 9 王秀红. 普通高中学生技术素养现状调查及教育对策研究[D]. 南京:南京师范大学, 2005.
- 10 刘德智. 基于技术素养的高中化学教材研究[D]. 上海:华东师范大学, 2005.
- 11 姜奕林. 中学化学课程中技术素养的培养研究[D]. 济南:山东师范大学, 2014.
- 12 史峰. 高中物理课程中技术素养培养的研究[D]. 新乡:河南师范大学, 2016.
- 13 叶宝生. 小学科学课程中的技术教育因素及教学策略[J]. 课程·教材·教法, 2015(10):79-83.

(收稿日期:2021-04-05)