

物理教科书中 STSE 教育内容对科学素养的贡献研究

贺向向 熊建文

(华南师范大学物理与电信工程学院; 广东 广州 510006)

摘要 STSE 教育内容是科学素养的重要组成部分,是塑造具有科学素养人才的重要方法,也是 2017 年版普通高中理科课程标准所确立的重点课程目标。教科书作为学生获取知识的主要素材和教学的重要资源,其在一定程度上影响着教师和学生 STSE 教育内容的认识与理解,也影响着学生科学素养的达成。为了探究教科书对科学素养的贡献,建立了“科学素养导向的 STSE 教育模型”,基于该模型建构了 STSE 教育内容的文本分析框架(包括 5 个一级维度和 17 个二级指标)。以人教版高中物理教科书(共六册)作为研究对象,对教科书中 STSE 教育内容进行了定量与定性相结合的研究,共确定了 179 个与 STSE 教育内容相关的陈述。结果表明,该教科书高度强调科学、技术、社会、环境的相互关系,为科学素养的达成提供了重要素材,但也发现五个维度的表征不均衡且部分二级指标有缺失,也存在技术作为应用科学知识论层面的认识。最后,针对研究结果提出了一些建议。

关键词 教科书分析;STSE 教育内容;科学素养;高中物理

THE CONTRIBUTION OF STSE EDUCATION CONTENT TO SCIENTIFIC LITERACY IN PHYSICS TEXTBOOK

HE Xiangxiang XIONG Jianwen

(Department of Physics, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract The content of STSE education is an important part of scientific literacy, an important method for shaping talents with scientific literacy, and a key curriculum goal established by the 2017 edition of the general high school science curriculum standards. As the main material for students to acquire knowledge and an important resource for teaching, textbooks, to a certain extent, influence teachers' and students' knowledge and understanding of STSE educational contents and the achievement of students' scientific literacy. In order to explore the contribution of textbooks to scientific literacy, a "Science Literacy Oriented STSE Education Model" was established, based on which a textual analysis framework of STSE education content (including 5 primary dimensions and 17 secondary indicators) was constructed. Taking the high school physics textbook of the People's Education Publishing House (six volumes in total) as the research object, a total of 179 statements related to STSE education content were

收稿日期: 2022-10-13

基金项目: 协同创新视域下粤港澳大湾区中学生科学素养的现状和发展研究;项目批准号:GD19CJY15。

作者简介: 熊建文,男,教授,主要研究方向为科学教育研究和物理课程与教学论研究,jwxiong@scnu.edu.cn。

引文格式: 贺向向,熊建文. 物理教科书中 STSE 教育内容对科学素养的贡献研究[J]. 物理与工程,2023,33(2):36-44.

Cite this article: HE X X, XIONG J W. The contribution of STSE education content to scientific literacy in physics textbook[J]. Physics and Engineering, 2023, 33(2): 36-44. (in Chinese)

identified by combining quantitative and qualitative research on STSE education content in high school physics textbooks. The results showed that the textbooks highly emphasize the interrelationship of science, technology, society, and the environment, which provides important material for the achievement of scientific literacy. However, it also found that the representation of the 5 primary dimensions is not balanced and some of the secondary indicators are missing, as well as the perception of technology as a level of applied scientific epistemology. Finally, some suggestions are made in response to the findings.

Key words textbook analysis; STSE educational content; scientific literacy; high school physics

科学教育的中心目标之一是培养具有科学素养的人。一个有科学素养的人通常被描述为:一个能够理解科学的基本概念、科学的本质、约束科学工作者的伦理道德、科学、技术、社会和环境之间复杂的相互作用、科学与人类的相互关系的人^[1]。可见,STSE 教育内容是科学素养的重要内容之一^[2]。

科学和技术是现代社会进步的兴奋剂。一直以来,科学、技术、社会(STS)教育备受科学教育界的关注,其迎合了科学素养强调“科学技能发展”的愿景,也为学生提供了在科学背景下构思和处理情境的方式。随着科技的发展与社会的进步,不可避免地带来了资源和环境问题,在生态文明关系到人民福祉的今天,科学、技术、社会、环境的教育显得尤为重要。研究表明,通过 STSE 教育,学生可获得理解科学本质、做出社会决策和解决技术问题的技能^[3],有助于培养学生的情感态度与价值观^[4],对学生科学素养的形成有重要贡献。因此,STSE 教育内容成为了各国课程文件和政策的一部分^[5-6]。在我国,STSE 教育是物理、化学等理科学科核心素养中科学态度与责任的重要内容之一^[7]。

教科书是教学内容的具体化呈现,也是实施教学计划的重要工具与学生学习的重要资源。通过探究高中物理教科书中 STSE 教育内容对科学素养的贡献,为教师对 STSE 教育功能的理解、开展科学素养的教学实践以及后续教科书的修订提供参考。

1 问题提出

科学课程教育的主要目的是培养学生的科学素养。实现科学素养培养的一种方法是通过科学、

技术、社会和环境(STSE)教育^[8]。科学教育中科学、技术、社会和环境运动由科学、技术、社会运动演变而来,这标志着环境问题纳入了科学教育领域^[9]。STSE 教育为学生学习科学提供了一个广泛的学习背景,这些背景来自社会生活、政治历史、科技发展、伦理哲学等。在这一大背景下,学生能更好地学习科学知识,发展个人职业规划,参与科学决策和树立公民责任等。

过去几十年,国内外学者对 STS 教育内容在教科书中的体现进行了大量研究^[10-11]。近年来,随着 STSE 教育浪潮的兴起,国外学者逐步转向 STSE 教育内容的文本研究。例如,Waddington 利用 Chiappetta 等人(1991a)的分析框架,对魁北克科学教材中的 STSE 内容进行了分析,结果表明,虽然 STSE 内容在文本中被合理地整合,但 STSE 内容的批判性观点在某种程度上被边缘化(例如:有关科学技术影响的负面信息很少),伦理问题没有得到深入探讨,有关科学技术对经济、社会和环境的影响的问题没有得到深入的讨论^[12]。其中比较典型的是 Calado 等人的研究。Calado (2015)分析了来自两个不同出版商的两本德国 11 年级生物学教科书(A&B)中的 STSE 问题,并以遗传学与基因技术作为研究主题^[13]。研究结果显示:尽管两部教科书(但主要是教科书 A)都与 STSE 教育的“历史潮流”保持一致^[14],但两本教科书的 STSE 问题的呈现各不相同。具体而言,虽然这两本教科书均涉及科学和技术的关系,但 A 教科书更注重社会层面,B 教科书更注重环境层面。同时他们认为教科书中科学的去文本化和社会中立的观点是扭曲的观点,这可能会对学生科学素养的形成造成阻碍。Calado 等人 2016 年进行了同样的研究,但使用了四种葡萄牙自然科学和生物教科书(其中两种是 9 年级的教科书,两种是 12 年级的教科书)^[15]。结果表明:12 年级教

科书比9年级教科书包含更多的STSE问题,且12年级的教科书更强调社会影响,但所有的教科书几乎没有提到环境的影响或作用。基于此,Fernandes分析了12本葡萄牙和西班牙科学教科书中的STSE教育内容^[16]。结果表明:两个国家科学教科书中均有STSE教育思想的体现,但体现程度均较低,教科书通常论述科学与技术的积极方面以及对人类生活的积极作用,但缺乏科学技术所带来的弊端与局限性。同时教科书中的STSE教育内容多以隐性方式出现。因此研究者建议教师深入挖掘教材中的STSE教育内容。

在我国,STSE教育刚刚兴起,当前研究主要集中于教学理念的渗透、教学实践的探索。关于STSE教育内容的文本分析通常以“研究学科与科学、技术、社会、环境的关系”作为研究框架^[17-18],忽视了四者之间的相互联系,不利于教育者很好地理解STSE教育内容对科学素养的贡献。基于此,本研究结合以往研究重新修订STSE分析标准,并以高中物理教科书为例,探究教科书中STSE教育内容对科学素养的贡献。

2 研究设计

2.1 理论模型

为构建一个连贯且能反映科学素养的STSE教育内容文本分析框架,该研究结合科学素养的定义与Pedretti(1996)^[19]开发的STSE教育模型,构建了“科学素养导向的STSE教育模型”,以指导STSE教育内容分析框架的建立,见图1。该模型被描述为:在理解科学、技术、社会、环境动态互动关系(双向箭头形成了四者之间的动态互动关系)的基础上,形成待解决的科学问题(例,科学技术相关的社会与环境问题),围绕待解决问题,在考虑伦理道德制约性(四棱锥边缘的实线表示伦理道德界限)的基础上,采取个人行动,最终指引个人的职业发展。

2.2 研究工具

基于上述理论模型,结合国内外的多项研究^[20-22]和中国理科课程标准的要求,对以往STSE的分析标准进行了适当的调整。最终确定了五个主要维度:科学、技术、社会、环境的相互作用、科学与技术相关的社会和环境问题、以价值为导向的伦理道德、行动、职业。其次,通过文献梳理初

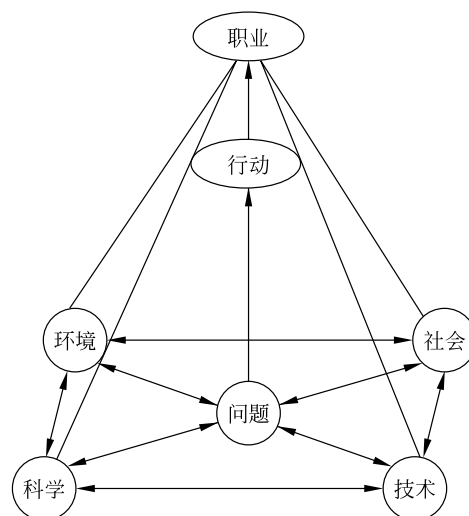


图1 科学素养导向的STSE教育模型

步形成了相应的二级指标,随机选取3本教科书中的前30%的内容进行文本分析,提取了我们认为在教科书中可以观察到的观点,排除了不太可能出现在教科书中的观点,最终确定了17个二级指标。整个分析框架蕴含了知识层面、能力层面、情感态度层面及职业导向层面(见表1)。

2.3 研究材料与程序

研究选取了国内最广泛使用的最新修订的人教版高中物理教科书(共6本,分别用WU101、WU102、WU103、WU104、WU105、WU106标记)作为分析材料。为合理呈现STSE教育内容在教科书中的呈现形式以及STSE教育内容对科学素养的贡献,采用文本分析法对教科书中STSE教育内容进行了定量与定性分析。内容选择主要包括前言、正文、栏目、习题等。正文指教科书中以文字形式呈现的内容,栏目指拓展学生视野的材料,如“科学漫步”“STSE栏目”。

为熟悉分析框架,两位主要研究人员使用分析框架对WU101进行了试验分析。为确保研究者的分析信度,在试验研究中,两位主要研究人员独立逐页阅读教材并标记教科书中涉及的STSE教育内容。随后,收集两位研究人员的材料,每块材料都被编码(SC1-SC17:表示STSE的每个二级指标)。两位研究人员间的任何编码差异都通过反思性讨论和重新编码来解决,直至对所选材料中代表的17个二级指标层面的STSE内容达成共识。试验研究结束后,三位研究人员再次讨论了分析框架。最终,两位主要研究人员逐页阅读

表 1 STSE 教育内容分析框架

一级维度	二级维度	内涵(操作性定义)
科学、技术、社会、 环境的相互作用	科学与技术的区别	科学与技术是不同的
	科学与技术的 相互关系	技术被广泛视为应用科学的观点,即人类的技术能力取决于事先获得的科学知识
		科学对技术
	科学对技术 技术对科学	科学知识被用于或者对于技术进步不可或缺
		一种技术装置或过程对获得科学知识是有用的
	科学技术的应用与对 人类、社会的贡献	科学技术通过应用于人类生产生活和社会,建立与人类和社会的联系,改善人类生活,推动社会发展
	科学技术对环境的 贡献	科学与技术改善生态环境并促进可持续发展
	科学技术与 社会 and 环境的 相互作用	科学与技术的局限
		科学与技术本身具有局限性
		科学技术对社会的负 面影响
科学与技术相关的 社会和环境问题	科学技术对环境的负 面影响	科学与技术本身存在风险并对人类生产生活、社会 发展等产生负面影响
	社会环境对科学技术 的影响	科学技术对生态环境带来的负面影响
以价值为导向的 伦理道德	科学技术相关的社会问题	社会环境反过来也会影响科学技术的发展
	科学技术相关的社会问题	科学与技术本身存在风险并对人类生产生活、社会 发展等产生负面影响
	科学技术相关的社会问题	科学与技术本身存在风险并对人类生产生活、社会 发展等产生负面影响
	科学技术相关的社会问题	科学与技术本身存在风险并对人类生产生活、社会 发展等产生负面影响
行动	价值伦理	对科学技术在社会中所发挥的作用的判断,例从经济、环保等方面出发
	环境伦理	从人与自然的伦理关系出发,体现珍爱生命,保护环境的道德情感,引导学生形成正确的环境价值观
	责任伦理	为社会发展、人类的持续发展负责的责任伦理
职业	就社会和环境问题采取行动	通过提供解决社会环境问题的一些策略间接引导学生在日后采取行动或直接要求学生采取个人行动以解决问题
	科技领域的职业	介绍科技相关的职业或工作

分析了其余 5 本教科书(WU102、WU103、WU104、WU105、WU106),并记录了 STSE 教育内容的 17 个二级指标在教科书中的频数。

为保证统计结果的一致性,利用 SPSS 计算出两位分析者一致性系数为 0.884,表明两位研究者的统计结果具有很好的内部一致性。

3 研究结果

将 17 个二级指标应用于 6 本高中物理教科书,通过逐页分析,确定了 179 个符合标准的陈述

(重复陈述记 1 处),各表征维度频次见表 2。

宏观方面(见图 2),六本物理教科书中 STSE 教育内容的五个一级维度的表征不均衡。其中,科学、技术、社会、环境相互关系占比最多(74.86%),说明教科书非常注重科学、技术、社会、环境相互作用的描述。而其他四个维度(科学技术相关的社会和环境问题、价值导向的科技伦理、行动、职业)仅占 STSE 教育内容总数的 1/4。尤其职业和行动维度在教科书中很少被提及,且教科书中仅提到科学家、物理学家等名词,职业类型比较单一。

表 2 STSE 教育内容的表征频数

二级指标	WU101	WU102	WU103	WU104	WU105	WU106	总频数
SC1	0	0	0	0	0	0	0
SC2	5	0	1	1	0	0	7
SC3	4	3	12	6	0	4	29
SC4	6	1	1	5	1	5	14
SC5	6	2	14	8	11	9	50
SC6	0	0	2	1	1	0	4
SC7	0	2	1	0	1	3	7
SC8	1	0	3	2	2	2	10
SC9	1	0	2	0	0	3	6
SC10	1	0	1	0	0	0	2
SC11	3	0	1	0	0	0	4
SC12	1	0	5	1	0	3	10
SC13	1	2	0	1	2	0	6
SC14	0	0	3	0	1	1	5
SC15	0	0	2	0	1	1	4
SC16	1	0	2	2	0	0	5
SC17	2	3	2	1	1	2	11

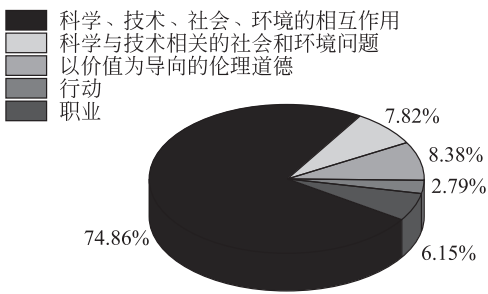


图 2 STSE 教育内容一级维度在教科书中的相对比例

为进一步说明 STSE 教育内容的五个维度在每本教科书中的分布,其表征频数被记录在图 3 中。结果表明,六本教科书中 STSE 教育内容五个维度的分布存在差异。具体而言,五个维度均涉及的教科书为 WU101、WU103 和 WU104,其中 WU103 对每个维度的表现相对较好。其次, WU102、WU105 和 WU106 三本教科书关于 STSE 教育内容的表征都有缺失的维度,分别表现在科学与技术相关的社会环境问题和行动两个维度。其中,科学与技术相关的社会环境问题在 WU102 与 WU105 教科书中也有缺失;行动维度在 WU102、WU105、WU106 中都没有被描述。虽然有不足,但每本教科书都体现了科学、技术、

社会、环境的相互作用。另外,五个维度的整体发展趋势呈现为波浪形,即五个维度没有呈现出规律性发展趋势的特征。

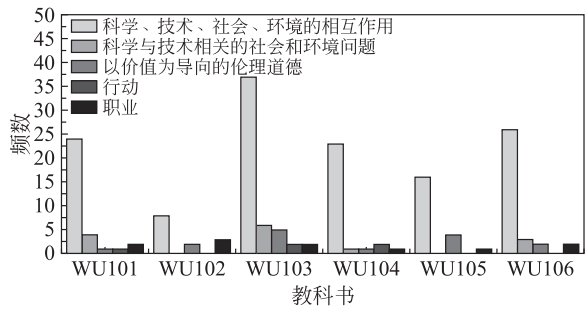


图 3 教科书中 STSE 教育内容一级维度的表征频数

微观层面,17 个二级指标在教科书中的总表征频数见图 4。结果揭示了,每个二级维度在教科书中的分布存在差异。总的来说,科学与技术对社会、环境的贡献呈现最多,其次是科学对技术和技术对科学。其余维度在教科书中均较少被描述,但环境层面的描述多于社会层面。特别值得注意的是,我们发现教科书中存在将技术作为应用科学的描述,且这些描述多集中于 WU101 的前言中。此外,教科书未提及科学与技术

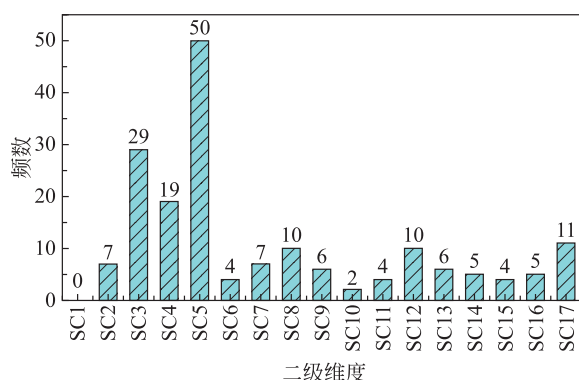


图4 STSE教育内容的二级维度的表征频次

4 讨论与结论

4.1 STSE教育内容五个维度的质性分析

4.1.1 STSE的相互关系维度

STSE的相互作用主要包括科学与技术的关系和科学技术与社会、环境的相互作用两个方面。最新出版的高中物理教科书新增了STSE教育内容栏目,主要目的是通过STSE教育内容增强学生对科学知识的理解与应用,培养学生的科学态度与社会责任。通过上述分析发现这一维度在教科书中的表征频数最多,说明教科书非常重视STSE的相互关系,这为培养学生的科学素养提供了重要资源。其次,关于STSE相互关系的表征多数来源于教科书中13个STSE栏目,以WU101教科书中“交通工具与社会发展”主题(见图5)为例进行讨论。

从某种意义上说…交通工具改变了我们的生活…
从世界各国的城市发展史来看,大城市规模的大小与车速的提高有关…城市中的车速不能无限提高,城市规模不能无限扩大…可能带来以交通问题为主的主要矛盾…合理发展模式。
运兵工具和武器运载工具的发展改变了战争的面貌…
交通网络的形成大大缩短了不同地域的时空距离,促进了国与国、民族与民族之间的物资交流和人员往来。贸易的互补,可以优化物质资源和人力资源的配置,促进世界经济的发展。不同文化的交通进一步促进了社会的进步。
然而,大量汽车带来了交通堵塞、频繁的事故、能源的过度消耗、尾气和噪声污染一系列社会问题。这些不仅妨碍了人们的工作和生活,而且制约着社会经济的进一步发展。
如何处理这些矛盾…人们采取了许多措施…
讨论:交通工具的速度是不是越来越好?

图5 “交通工具与社会发展”主题

这一内容不仅描述了科学技术对社会、环境的贡献,而且描述了科学技术对社会、环境的负面影响(包括科学技术的局限和风险)。同时,指出了一些社会和环境问题,并为学生提供了就社会

和环境问题采取行动的措施,以及要求学生科学技术做出社会价值观判断。这一内容体现了对学生辩证思维、科学态度与社会责任的培养,为学生理解科学、技术、社会、环境的相互关系以及科学素养的形成提供了有力的帮助。

然而,我们也发现多数STSE栏目对STSE教育内容的描述存在不足。首先,STSE教育栏目的主题多数为技术与社会或环境的作用。例如,主动降噪技术、输电技术的发展、指南针与郑和下西洋等主题。而科学与社会或环境关系的描述(例如“量子力学和相对论的创立,是20世纪物理学的两个主要进展,给人类科学、技术和社会形态带来了极其深刻的影响”)似乎在教科书中很少被呈现。其次,STSE的相互关系描述较为简单,类似“交通工具与社会发展”主题的详细描述甚少,也很少描述导致科学和技术成就的过程。这一结果可能传递了科学和/或技术问题已经毫无困难地得到克服^[23]的观点。另外,教科书更多论述了科学技术的积极因素,很少提及科学技术的消极因素(科学技术的局限、科学技术的风险及其对社会环境的影响),这可能会影响学生对科学技术本质的认识,也可能向学生传达科学技术很少有消极因素的观点。教科书几乎没有描述社会、环境对科学技术的影响,这可能会阻碍学生对STSE动态关系的理解。因此,我们提议教师在教学应深入挖掘STSE栏目的教育功能,且有必要在教学中对教科书不足之处进行补充,发挥其对科学素养促进的功能。

4.1.2 科学技术相关的社会和环境问题

教科书对科学技术相关的社会和环境问题的描述较少,这可能会给学生传达科学技术更多为人类社会或环境造福,很少引起一些需要解决的问题的片面观点。但教科书所呈现的环境问题比社会问题乐观,这可能与物理课程标准提出关注STSE问题有关,即要求学生理解人类活动对自然环境的影响,形成热爱自然、保护环境、促进可持续发展的责任感。

问题的呈现是学生做出决策与采取行动的基础。基于上述不足,我们认为可以通过增加有争议的社会性科学问题,促进学生理解科学、技术、社会、环境之间的关系,并提升学生的问题解决能力,实现对学生科学素养的提升。

4.1.3 价值导向的伦理道德

本研究将价值为导向的伦理道德分为三个维度:价值伦理、环境伦理、社会责任伦理。研究发现,价值伦理关注潜在的利益或价值判断。例如教材中描述到:“讨论交通工具的速度是不是越快越好;面对科技进步,人类应该衡量和思考,该如何运用这些技术才会对社会更有益,使世界变得更加美好。”其次,环境伦理的描述较为简单,例如教科书描述到:“为了人类的可持续发展,需要我们保护环境;要防止放射性物质对空气、水源、用具等的污染。”而很少指出人类哪些不正当行为会破坏环境,以及应该如何限制这些不正当行为以实现生态文明。这可能不利于学生环境价值观的形成。责任伦理在教科书中的表征虽然少,但明确指出了学生应树立一定的责任观。例如,生活在地球上的人们应该更加爱护自己的地球母亲。这体现了物理课程标准中强调的注重学生的社会责任感的培养。

Sadler 指出道德伦理是社会决策的核心,要具有科学素养,需要课程关注社会科学问题的道德和伦理层面^[24]。因此,我们建议教科书应该更多提及价值导向的道德伦理,以更好地帮助学生对社会和环境问题采取合理的行动,最终形成正确的价值观。

4.1.4 行动

教科书间接为学生提供一些解决问题的措施。例如,汽车厂家可以改进车辆结构设计,增加乘员保护装置,使我们乘坐的汽车越来越安全。然而,几乎没有明确要求学生就社会环境问题主动采取行动。一个具有科学素养的人应该在一定程度上具备就社会和环境问题做出明智决策或采取行动的能力^[25]。

4.1.5 职业

教科书提到的科学与技术相关的职业主要有科学家(如物理学家)、教师等,很少为学生提供其他与科学技术相关的职业类型。在科学素养的发展中要求学生具有一定的职业素养。为此,我们建议教科书可适当增加一些与物理学相关的工程类职业。例如,可以在电学的章节中提到电子设备维修员、焊工;在力学章节提到工程师;在核衰变一章描述放射技术专家的工作等,其目的是为学生未来的职业规划指明可能的道路的同时塑造学生的职业素养,进而促进学生科学素养的形成。

4.2 技术与应用科学

教科书中存在技术被视为应用科学的观点,且该观点主要出现在物理教科书必修一的序言中。例如教材中描述到:“电磁学的发展直接导致发电机和无线通信的诞生;对原子、分子物理和光学的深入研究,引发了原子钟、激光和光纤通信等技术的诞生;固体中电子运动的研究导致了晶体管、集成电路和大容量电子存储技术的发明”。这似乎暗示了一种单向关系,即认为科学的发展是新技术发明的基础。如果技术是应用科学,可能暗示了科学可以离开技术独立发展,而技术却离不开科学。这种传统理解表面上是对的,但并不深刻。从更为本质的本体论层面出发,科学的发展在宏观和微观层面是以技术发展为逻辑前提的。例如,李约瑟认为,中国古代在科学的概念表述体系上远不如同时代的欧洲成熟,但中国古代的技术却领先于欧洲,在漫长的交流史中,欧洲吸收了中国的先进技术,获得了技术与科学的“强强组合”,导致了近现代科学技术的崛起^[25]。首先,W. C. 丹皮尔指出:“哥白尼体系的胜利是姗姗来迟的,直到伽利略把他发明的望远镜指向天空,发现木星及其卫星好像是一个缩小了的太阳系时,哥白尼的理论才名声大噪,揭示了科学在得不到证实之前只能算是假说,没有技术上的成熟就没有科学^[25]”。由此可见,技术在存在论上先于科学且技术对于近现代科学的诞生应该更具有逻辑先在性。此外,一些例子也说明了技术的发明在一定程度上促进了科学的进步。例如,蒸汽机的出现说明了“技术”引领了“科学”的观点;伽利略为了研究自由落体而发明的测量技术^[26];工匠对望远镜的发展远早于我们对光学现象的理解。其次,一些技术史的例子也可以说明技术不一定依赖于科学。例如,石头和金属的加工技术、纺织工业等可以先于任何系统的科学活动,并因此独立于任何系统的科学活动而发生^[27-28]。Gander^[29]在一些著作中论述到:从科学发现到技术应用的转变很少是简单的,发明的过程几乎从来不是从物理概念到应用的直接一步。通常技术问题的解决方案是通过许多方式进行的。例如,基于个人经验的熟练方法、用于其他目的的设计方案的修改或有条不紊的试错,现代光球的设计就是从爱迪生最初的试错努力演变而来的。即使技术人工制品确实涉及科学原理的应用,但实际技术的许

多设计特征也无法从科学原理中推导出来,需要熟练工程师的投入。换句话说,当教科书把一个物理原理和一个技术人工制品并列在一起,好像两者之间有一个简单而明显的关系时,使学生对科学和技术之间的复杂关系的理解不够深刻。因此,为了促进学生对科学和技术本质的认识,我们建议教科书应该谨慎处理科学与技术的关系。

5 结语

综上所述,该教科书共涉及了 STSE 教育内容的 5 个一级维度以及 16 个二级指标,为学生科学素养的达成提供了材料。但 5 个一级维度表征不均衡且部分二级维度出现缺失,此外也存在技术作为应用科学的知识论层面的认识。这些可能会阻碍学生对 STSE 教育内容的理解,进而影响科学素养的形成。为了更好地提升学生的科学素养,未来的物理教科书可以适当调整 STSE 教育内容的五个维度,使其表征更平衡;还可以适当更新 STSE 内容,使其跟随社会的发展趋势。此外,也应拓展教师的专业发展和加强教师的专业培训,促进教师理解 STSE 教育内容的功能,使其有意识地在课堂中传达 STSE 内容的各个维度,实现学生科学素养的培养目标。需要注意的是,STSE 教育内容的分析框架的建构更多考虑了科学素养层面,因此主要目的是为学生科学素养的培养提供参考。统编教科书编撰的真正出发点是基于课程标准。因此,该研究更多希望为促进学生科学素养的教学实践提供参考。

参考文献

- [1] ROBERTS D A. Scientific literacy. In *Handbook of Research on Science Education*; ABELL S K, LEDERMAN N G, Eds.; Lawrence Erlbaum Associates: Mahwah, NJ, USA, 2007; 729-780.
- [2] CALADO F M, SCHARFENBERG F J, BOGER F X. To what extent do biology textbooks contribute to scientific literacy? Criteria for analysing science-technology-society-environment issues[J]. *Education Sciences*, 2015, 5(4): 255-280.
- [3] ZAN YORUK N. Effects of science, technology, society and environment (STSE) approach teaching chemistry with using the 5E learning model[D]. Doctoral dissertation. Retrieved from YOK Theses Center database. (Thesis No. 269849) Turkish teachers' opinions about science-technology-society-environment acquisitions In science and technology course curriculum, 2008.
- [4] 陆真,林菲菲,魏雯. 加拿大科学教育中 STSE 理念及在化学教材中的体现[J]. *外国中小学教育*, 2007, (1): 56-59.
LU Z, LIN F F, WEI W. The STSE concept in Canadian science education and its reflection in chemistry textbooks [J]. *Primary & Secondary Schooling Abroad*, 2007, (1): 56-59. (in Chinese)
- [5] KUMAR D D, CHUBIN D E. (Eds.). *Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice*. Vol. 6. Springer Science & Business Media, 2000.
- [6] PEDRETTI E. Decision making and STS education: Exploring scientific knowledge and social responsibility in schools and science centers through an issues-based approach[J]. *School Science and Mathematics*, 1999, 99(4): 174-181.
- [7] 中华人民共和国教育部. 普通高中物理课程标准(2017 年版)[S]. 北京: 人民教育出版社, 2017.
- [8] AIKENHEAD G S. Research into STS science education [J]. *Educacion Quimica*, 2005, 16: 384-397.
- [9] STEELE A. The seventh current: A case for the environment in STSE education[J]. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2014, 14(3): 238-251.
- [10] CHANJAVANAKUL N. Comparative study of scientific literacy engagement in Chinese and Thai high school biology textbooks[C]//annual meeting of The American Association for the Advancement of Science. Vancouver, Canada. 2012.
- [11] CHIAPPETTA E L, FILLMAN D A, SETHNA G H A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks[J]. *Journal of research in science teaching*, 1991, 28(8): 713-725.
- [12] WADDINGTON D I, IMBRIGLIO A. Relegated to the margins? The place of STSE themes in Québec secondary cycle one science textbooks[J]. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2011, 11(2): 160-179.
- [13] CALADO F M, SCHARFENBERG F J, BOGNER F X. To what extent do biology textbooks contribute to scientific literacy? Criteria for analysing science-technology-society-environment issues[J]. *Education Sciences*, 2015, 5(4): 255-280.
- [14] PEDRETTI E, NAZIR J. Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on[J]. *Science education*, 2011, 95(4): 601-626.
- [15] CALADO F M, SCHARFENBERG F J, BOGNER F X. To what extent does genetic content in textbooks contribute to scientific literacy? Analysis of STSE issues in textbooks[J]. *Revista Portuguesa de Investigação Educacional*, 2016 (16): 253-287.
- [16] FERNANDES I M B, PIRES D M, DELGADO-IGLESIAS J.

- Las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, en los libros de texto de Educación Primaria: Un estudio comparativo entre Portugal y España, antes de las últimas reformas educativas[J]. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 2017, 14(1): 54-68.
- [17] 齐玉和,孔令鹏. 新旧鲁科版高中化学必修教材中 STSE 教育内容研究[J]. 化学教育(中英文), 2021, 42(15): 1-7.
- QI Y H, KONG L P. Content of STSE education in chemistry compulsory teaching materials of new and old Luke Edition[J] Chinese Journal of Chemical Education, 2021. (in Chinese)
- [18] 梁晓,王笑君. 对高中教材栏目中 STSE 内容呈现的研究——以人教版、粤教版和沪科版(必修一)教材为例[J]. 物理教学, 2019, 41(6): 17-20+56.
- LIANG X, WANG X J. A study of the presentation of STSE content in high school textbook sections[J]. Physics Teaching, 2019, 41(6): 17-20+56. (in Chinese)
- [19] PEDRETTI E. Learning about science, technology, and society (STS) through an action research project: Co-constructing an issues-based model for STS education[J]. School science and mathematics, 1996, 96(8): 432-440.
- [20] BOUJAOUDE S. Balance of scientific literacy themes in science curricula: The case of Lebanon[J]. International journal of science education, 2002, 24(2): 139-156.
- [21] YAGER R E. Science-Technology-Society and education: A focus on learning and how persons know[J]. Visions of STS: Counterpoints in science, technology, and society studies, 2001: 81-97.
- [22] 旋晓伟. 中学地理课程的科学素养功能体系的构建[D]. 华东师范大学, 2018.
- [23] GARDNER P. The technology-science Relationship: Some curriculum implications. RISE 1990, 20,124-133.
- [24] SADLER T D. Moral and ethical dimensions of socioscientific decision-making as integral components of scientific literacy[J]. 2004.
- [25] 易显飞. 论“技术先于科学”——一种对技术与科学关系的存在论解释[J]. 内蒙古社会科学(汉文版), 2012, 33(6): 47-51.
- YI X F. On “Technology Before Science”—An Existential Explanation of the Relationship between Technology and Science[J]. Inner Mongolia Social Sciences, 2012, 33(6): 47-51. (in Chinese)
- [26] DRAKE S. Newtons appleand Galileos dialogue[J]. Scientific American, 1980, 243(2): 150-157.
- [27] ARAGEORGIS A, BALTAS A. Demarcating technology from science: Problems and problem solving in technology [J]. Journal for General Philosophy of Science, 1989, 20(2): 212-229.
- [28] CARDWELL D. The Fontana history of technology[M]. London: Fontana Press, 1994.
- [29] GARDNER P L. The roots of technology and science: A philosophical and historical view[M]//Shaping Concepts of Technology. Springer, Dordrecht, 1997: 13-20.

(上接第 35 页)

- [6] 李玉春,张学刚. 夫琅禾费单缝衍射光强分布的探讨[J]. 大庆师范学院学报, 2007, 27(5): 85-87.
- LI Y C, ZHANG X G. Exploration of the light intensity distribution of Fraunhofer single-slit diffraction[J]. Journal of Daqing Normal University, 2007, 27(5): 85-87. (in Chinese)
- [7] 董鹏,张立红. 半波带法研究夫琅禾费单缝衍射的局限性分析[J]. 物理通报, 2018(9): 14-18.
- DONG P, ZHANG L H. Analysis on limitations of the half-wave-strip method in studying Fraunhofer single-slit diffraction[J]. Physics Bulletin, 2018(9): 14-18. (in Chinese)
- [8] 任振忠,刘云龙. 利用半波带法计算单缝夫琅禾费衍射的光强分布[J]. 物理通报, 2014(11): 24-25.
- REN Z Z, LIU Y L. Using the Fresnel's zone to calculate the intensity distribution of the single-slit Fraunhofer diffraction[J]. Physics Bulletin, 2014(11): 24-25. (in Chinese)
- [9] 张明霞,艾小刚. 夫琅禾费单缝衍射光强分析与探讨[J]. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 2009, 31(4): 17-20.
- ZHANG M X, AI X G. Analysis and discussion of the light intensity of Fraunhofer single-slit diffraction[J]. Journal of Xiangtan Normal University (Natural Science Edition), 2009, 31(4): 17-20. (in Chinese)
- [10] 时有明,孙艳琳. 菲涅耳-基尔霍夫积分与半波带法分析衍射光谱[J]. 光谱实验室, 2013, 30(6): 2806-2809.
- SHI Y M, SUN Y L. Analysis of diffraction spectrum by Fresnel-Kirchhoff integral and half-wave zone theorem[J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2013, 30(6): 2806-2809. (in Chinese)
- [11] 李志坚,原琰博,贾昱,等. 用半波带法推导单缝夫琅禾费衍射暗纹条件的相关讨论[J]. 物理通报, 2016(12): 51-53.
- LI Z J, YUAN Y B, JIA Y, et al. Discussion related to the derivation of the dark stripes condition for Fraunhofer single-slit diffraction by the half-wave band method[J]. Physics Bulletin, 2016(12): 51-53. (in Chinese)