

科技工作者参与中小学科学教育的 价值向度与实践路径

张正严^{1,2}, 陈霞玲³

(1. 西南大学 科学教育研究中心, 重庆 400715; 2. 西南大学 教师教育学院, 重庆 400715;
3. 国家教育行政学院 教研部, 北京 102617)

摘要:党的二十大报告指出,教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。科技创新人才的培养是科技创新的关键,也是高等教育与基础教育共同的使命。科技工作者参与中小学科学教育是培养科技创新人才的时代诉求、国家创新体系建设的组成部分、促进科学教育高质量发展的重要抓手。科技工作者参与中小学科学教育,旨在改善青少年心目中的科学家形象、增强青少年的科学从业意愿、弘扬科学家精神、培养青少年的跨学科实践能力。科技工作者参与中小学科学教育的实践路径主要包括:参与中小学科学教育政策制定、科学教育实践活动以及科学教师培训等。科技工作者要积极投入中小学科学教育,坚持走一条“科教融合”之路,让科学教育更好地服务科技创新。

关键词:科技工作者;科学教育;科学家形象;科学家精神;科学从业意愿;跨学科实践能力;科教融合

中图分类号:G521 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-8129(2023)06-0056-12

基金项目:国家社会科学基金教育学一般项目“科学家精神融入中小学科学教育的策略创新研究”(BHA230126),项目负责人:张正严;重庆市高等教育教学改革研究项目“理工科大学生科学家精神教育及教材建设研究”(233096),项目负责人:张正严。

作者简介:张正严,理学博士,西南大学科学教育研究中心、教师教育学院教授,硕士研究生导师;陈霞玲,管理学博士,国家教育行政学院教研部副研究员。

创新强则国运昌,创新弱则国运殆;青年兴则国家兴,青年强则国家强。党的二十大报告明确指出教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。面对加快建设教育强国、科技强国、人才强国的目标要求,我国中小学科学教育还存在着科学教育资源尚未有效整合、师资力量薄弱等问题,亟待加强和改进^[1]。

2023年5月,《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》明确指出,“鼓励和支持高校、科研院所建立激励机制,引导科学家(科技工作者)研究和参与中小学科学教育”^[2]。2023年7月,习近平总书记在给“科学与中国”院士专家代表回信中强调,

科学普及是实现创新发展的重要基础性工作,要带动更多科技工作者支持和参与科普事业,激发青少年崇尚科学、探索未知的兴趣,促进全民科学素质的提高^[3]。科技工作者参与中小学科学教育,已然是一个时代命题。本文将深入分析、探讨科技工作者参与中小学科学教育的价值向度与实践路径。

一、科技工作者参与中小学科学教育的时代价值

(一)科技工作者参与中小学科学教育是培养科技创新人才的时代诉求

党的二十大报告指出,必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,

深入实施科教兴国战略、人才强国战略,完善科技创新体系,弘扬科学家精神,培养造就大批德才兼备的高素质人才。在百年未有之大变局下,国际竞争日益激烈,而国际竞争的的决定性因素是人才竞争,特别是科技人才竞争。当前,我们比历史上任何时期都更接近实现中华民族伟大复兴的宏伟目标,党和国家事业发展对科技人才的需要比以往任何时候都更为迫切。培养源源不断的科技人才,基础教育至关重要。因为唯有培养学生对科学的好奇心和热爱,才能为科技创新人才的长远发展打下坚实基础。科技创新人才的培养是科技创新的关键,这是教育界和科技界共同的责任,也是高等教育与基础教育共同的使命。高等教育阶段是创新人才培养的关键时期,而基础教育阶段则是人才培养的“摇篮期”,因此基础教育阶段的重要性不容忽视。

2019年12月,经济合作与发展组织(OECD)公布的2018年国际学生能力测试(PISA)结果显示,“将来期望进入科学相关行业”的美国学生比例为45%,而中国学生比例只有25%,还不及OECD国家32%的均值^[4]。我国未来科技创新人才的储备令人担忧。习近平总书记在两院院士大会上指出,“要让科技工作成为富有吸引力的工作、成为孩子们尊崇向往的职业”^[5]。新时代,基础教育如何服务于科技创新人才的培养,从而推动科技创新和经济发展?这一问题值得深入探讨。面对时代的诉求,科技工作者不仅要积极投入科技事业,而且还要参与中小学科学教育。科技创新、经济发展需要科技创新人才,而科技创新人才的培养则需要科技工作者的参与。受科学发展观、教育价值观和国家政治导向的影响,科学教育目标在不同历史时期是发展变化的。当前,我国正处于加快推进创新型国家建设、世界科技强国建设的历史进程,培养科技创新人才是我国当前面临的紧迫任务。在这个特殊的时期,我国应该旗帜鲜明地提出科技后备人才培养目标,即科学教育不仅要培养具有科学素养的公民,而且还要培养具有科学创

造力的科学家,要实现学生科学素养和科学探究能力“双提升”。科技工作者参与中小学科学教育是新时代发展的需要。随着新时代中小学科学教育目标的调整,中小学科学教育应当走一条“科教融合”之路,让科学教育回归科学生活、服务科技创新^[6]。

(二)科技工作者参与中小学科学教育是国家创新体系建设的组成部分

党的二十大报告指出,要完善科技创新体系,提升国家创新体系整体效能。国家创新体系是由知识创新和技术创新相关的机构和组织组成的网络系统,从本质上讲是一个国家科学技术力量和人文社会科学力量相互影响、共同促进的综合体系^[7]。建设国家创新体系,需要科技界与教育界的力量相互影响、共同促进。建设国家创新体系要加强构建统筹科技与教育的融合,推动“科教融合体制”的自我完善^[8]。

科技工作者参与中小学科学教育,有助于挖掘基础教育阶段的科技创新人才培养潜力,在更为广阔的开放格局下拓展科技创新人才培养路径,更好地培育青少年科技创新能力,进一步推动国家科技创新体系建设。

国家创新体系是一种有关科技知识创新和应用的制度安排,科技知识的传播是通过国家创新体系各个组成部分之间的相互作用实现的^[9]。科技知识不仅需要应用于科技界和产业界,而且还需要在教育界传播,更需要在中小学生中传承,不断丰富与创新。科技工作者,又称科学技术工作者,是指在自然科学领域掌握相关专业的系统知识,从事科学技术的研究、传播、推广、应用以及专门从事科技工作管理等方面的人员,主要包括科学技术研究人员、工程技术人员、农业技术人员、卫生技术人员和自然科学教学人员^[10]。科技工作者参与中小学科学教育工作,其主要任务是促进知识的传承与创新。

(三)科技工作者参与中小学科学教育是促进科学教育高质量发展的重要抓手

党的二十大报告指出,要办好人民满意的教育,加快建设高质量教育体系,推进科教融

合。建设高质量科学教育体系,要以科教融合育人为主导,提高多主体协同效能。

从历史而言,科技工作者参与中小学科学教育由来已久。早在1939年,贝尔纳在其《科学的社会功能》一书中就用“科学教育”“培训科学家”两章内容探讨了科学家与教育之间的相关问题。他指出,“我们需要建立一个积极从事科研的青年科学家和有经验的科学教师组成的一个常设委员会,以便经常检查科学教学,并且对教学不断提出改进意见并予以实行”^[11]。

就学理来说,科技工作者参与中小学科学教育,有利于中小学科学教育的改革与创新。教育系统是一个独立而又开放的系统,教育必然受到科技发展的制约,同时又直接或间接影响科技发展。因此,教育系统的独立性是相对的,越是完善的教育系统越是与科技系统联系紧密,教育系统必须与科技系统进行物质和能量交换。中小学科学教育是基础教育的重要组成部分。中小学科学教育系统的良性发展,特别需要与科技系统进行物质和能量的交换。科技工作者参与中小学科学教育,有利于教师终身学习、青少年创造性学习体系的构建。培养科技创新人才要从早期开始着手,既要重视创造性思维的培养,也要注重促进创造性人格的形成^[12]。中小学科学教育不仅需要夯实学生的知识基础,还应激发学生对科学的崇尚之情和对未知世界的探索兴趣,培养他们的创造性思维能力。这些工作的开展,需要科技工作者的参与,科技工作者也大有可为。

总而言之,科技工作者参与中小学科学教育,是围绕“创新型国家建设”“科技强国建设”和“科教兴国战略”任务,强化基础教育阶段的“科教融合”,拓展中小学科学教育途径,促进基础教育高质量服务科技创新人才培养,夯实科技创新的根基,推动教育、科技、人才三位一体协同发展的重要举措。

二、科技工作者参与中小学科学教育的基本取向

中小学科学教育是一项系统工作,需要多

方力量共同推进。科技工作者参与中小学科学教育,可以为中小学科学教育内容、培养模式、发展方向提供指导性建议。

科技工作者作为参与科学教育的重要利益相关者,与其他利益相关者(中学科学教师、科学教育专家、中学生)相比,具有以下优势:首先,科技工作者对科学的本质有着更加深刻的理解;其次,科技工作者对某一自然科学领域的理解,拥有知识面广、创新性强的明显优势^[13]。科技工作者参与中小学生学习科学教育实践,是为了让中小学生学习更真实地了解某一科学领域的发展现状,增强学生对科学本质的理解。

科学教育作为科学知识传承以及科学素养提升的重要途径,无法回避对文化的深入探究^[14]。马林洛夫斯基认为文化包括物质的、精神的和社会的三个层面^[15]。科技工作者参与中小学科学教育,不仅要传播科学知识,而且还要培养科学精神。

科技工作者参与中小学科学教育,着眼于基础教育阶段科技创新人才培养,旨在增强中小学生的科学技术从业意愿,营造热爱科学、崇尚科学的社会氛围,提升青少年的科技创新能力;推动科教融合,促进基础教育高质量发展,服务科技创新,夯实科技创新的根基。因此,新时代科技工作者参与中小学教育的价值追求应当主要体现在以下几个方面:

(一)改善青少年心目中的科学家形象

科学家形象是社会公众对科学家这一职业群体的集体画像,主要包括刻板印象和认知期待。科学家形象既可指科学家的姿态、外貌等外在特征,也可以指科学家的性格等内在特征。青少年心目中的科学家形象是指:青少年根据自己的认识与评价尺度,对科学家群体形成的印象、评价和态度^[16]。

青少年对科学家存在刻板印象。由于人们缺乏对某一特定群体的了解,很少直接接触该群体从而导致刻板印象^[17]。1957年,Mead等研究者最早开展科学家形象研究。在他们的研究中,典型的科学家被描述为聪明、有耐

心、有献身精神的中年男子,具有超越常人的能力,把自己的生命献给了公众利益,放弃了金钱和名誉^[18]。

与国外类似,我国青少年心目中的科学家也存在着刻板印象,不少学生认为:科学家一般为男性,他们发型怪异,佩戴眼镜,不修边幅,穿实验室制服,从事室内工作等^[19]。从认知、情感特征看,青少年认为科学家智商高、情商一般,与对科学家的评价相比,青少年肯定自己的情商,却对智商不够自信^[16]。流行文化中塑造的关于科学家“书呆子”式的刻板印象普遍存在于中国公众头脑中,其刻板化程度明显高于美国等发达国家^[20]。

Daniel 认为,刻板印象可能是由于外部来源的信息形成的,该信息可以通过直接接触获得,也可以从政治、文化、教育等渠道获得,还可以从其他外群体中获得^[21]。青少年很少有机会能够直接接触到科学家,主要靠媒体宣传等方式获取信息,这可能是造成青少年对科技工作者产生刻板印象的原因之一。在网络发达的现代,青少年往往是通过间接媒介如教科书、影视、科幻作品等的影响来构建一个符合自己认知的科技工作者的形象。他们很少有机会真正接触实际从事科学技术研究的科学家、科技工作者,缺乏对其认知、情感、工作和生活状态的了解,因此会形成单一、刻板的印象,但这样的形象与其真实性往往大打折扣。要减少“传声筒”对信息的损耗,最好的办法就是省去“传声筒”。科技工作者参与中小学科学教育便是省去“传声筒”的最佳方式之一,让青少年通过与科技工作者的实际接触,对科学家的真实形象的认知不再局限于以往间接媒体所塑造的方面,而是从多方面增进对科学家的了解,最终在心中建立一个更加立体化的科学家形象。

现有的研究表明:让科技工作者参与到青少年的科学教育中,可以帮助学生改善对科学家的刻板印象。例如 Flick 利用夏令营、学校演讲等形式,让学生与科学家进行全方位的接触,从而了解科学家以及他们的日常工作。他

们的研究结果都表明,科学家的学校访问和他们在学校的讲座积极地影响着青少年对科学和科学家的看法^[22]。Scherz 等人在研究中设计了一个名为“科学技术调查”(Investigation Of Science and Technology,简称 IST)的活动项目。在参与 IST 活动之前,学生对科学的认识是比较消极的,认为科学是表面的、不真实的,甚至是荒谬的、错误的。通过参与 IST 调查活动,学生对科学技术的认识和态度产生了积极的变化,对科学家的印象在 3 个维度上也发生了改变。在“认知维度”,学生眼中的科学家形象由肤浅、模糊变得准确;在“知觉维度”,由刻板变得理性、坦率;在“情感维度”,由消极印象变成积极印象。通过此次活动,学生对科学家的刻板印象发生了积极的改变,如“他们中的大部分为女性科学家,这跟电视里看到的不一样。我们看到了那些人也有家庭,其中一位还带着她的女儿,这完全改变了我的看法”^[23]。

科技工作者不仅在学术和技术方面具有专业知识和能力,还具有创新精神、团队合作能力和社会责任感等优秀品质。因此,科技工作者要注重与学生互动,引导和帮助学生了解科学家的工作和生活方式,认识到科学家是怀揣梦想、充满探索精神的人群,从而改变学生对科学家的刻板印象,激发学生对科学家的敬佩之情。

(二)增强青少年的科学从业意愿

青少年是未来科技事业持续发展的主力军,是科技劳动力市场的潜在供应者和国家科技人才储备的重要来源。他们对科学技术的兴趣和科学技术职业的从业意愿,直接影响到国家的科技人力资源储备,提升青少年的科学从业意愿具有重要的现实意义。石长慧等研究者发现,中小学生对科学职业给予了积极的评价,但其从事科学职业的意愿不强。小学生中想当科学家的比例为 14.7%,初中生中想当科学家的比例为 5.5%^[24]。随着年龄的增长,越来越多的中学生说他们不想成为科学家,想成为科学家的女生人数明显少于男生^[25]。青少年的科学从业意愿不强是一个需

要解决的复杂问题。

社会认知职业理论(Social Cognitive Career Theory, SCCT)强调,外界环境因素可以通过影响个体的自我效能感和结果预期进一步影响职业选择^[26]。“科学职业期望”是指学生想象自己在某种程度上扮演的角色和通过拥有的科学相关资源,来感知科学职业是否是可实现的^[27]。自我效能感会驱动兴趣发展,进而激发职业期望,学生更有可能对自己能力和表现较好的职业感兴趣,而不太可能被自己信心不足的职业所吸引。许多研究表明,科学自我效能感与科学职业期望呈正相关^[28-29],是影响青少年科学从业意愿的重要因素。

学生不愿选择科学专业的常见原因可能是认为自己没有能力去胜任科学家的角色,无法将自己想象成科学家,科学认同感不够强烈。学生对科学家的认识来源于家庭和学校教育以及社会层面的大众传媒。教科书和大众传媒中的科学家形象,往往是不计报酬、无私奉献、只求付出的形象,或者是废寝忘食、不眠不休工作的劳模。这对学生爱国主义情怀的培养来说必不可少,是养成学生良好态度和高尚品德的基础。但如果只是展现科学家辛苦付出的一面,在激发学生崇敬之情的同时,也许会给带来一种“高不可攀”的疏离感,甚至是“与我无关”的隔离感。学生仅靠少量的媒体报道和教科书提到的科学家事迹就形成了他们的“择业信息差”,导致部分学生不知道如何选择职业,或者有向往的职业但不知是否适合自己。Wyss 和 Heulskamp 等研究表明,如果未把技能、资格、要求和就业前景等相关信息明确地呈现给学生,学生可能对科学相关职业不感兴趣,科学自我效能感会大大降低^[30]。

科技工作者参与中小学科学教育,要注重拓宽学生对科学职业的认知途径,引导学生崇尚科学精神、树立科学理想,进而对科学职业产生向往。通过与科技工作者的互动,学生能够了解到科学工作的真实情况,包括创新性、挑战性和成就感。科技工作者的参与要注重向学生展示科学职业的多样性,包括科学研

究、工程设计、技术创新等不同领域。他们的亲身经历和故事能够帮助学生了解科学工作的不同领域,激发学生对不同科学领域的兴趣。他们通过分享自己的经验和成就,激发学生对科学事业的兴趣和热情,让学生意识到从事科学工作可以为社会作出重要贡献,进而增强学生的科学从业意愿。有研究表明,无论是短期还是长期研究,科技工作者参与教育实践,对增强学生科学从业意愿都有着积极作用^[31]。

科技工作者参与中小学科学教育,要注重为学生提供更多信息,减少在科学家的形象宣传过程中所形成的“择业信息差”,增加学生了解科学家和科学相关职业的机会。如:带领学生到中国科学院等科研院所实地参观,了解一线科研工作者真实的工作环境和工作状态;带领学生在公众开放日深入到国家重点实验室,和那些承担着国家重大科研任务的科学家们深入地沟通求教,帮助学生理解科学家们对科研工作的热爱和坚守在科研岗位的动力。

实践表明,一线科研人员和科普志愿者通过线下实地开展科普活动等方式,向青少年讲述科研人员真实工作和心路历程,可以最大程度地激发孩子们对科学家职业的兴趣。比如中国科学院上海光学精密机械研究所的科普志愿者团队依托外场试验环境及条件,连续多年开展科普援青、援疆支部共建等系列活动。每年全国科普日期间,送科普大礼包到青海。实验室开放日也曾邀请青海省的藏族小朋友来研究所实地参观。在这一系列科普活动中,科技工作者作为重要参与者,为青少年提供真实的科学互动体验,从某种程度上也提高了这些孩子们未来从事科学家的意愿^[32]。

(三) 弘扬科学家精神

党的二十大报告指出:“培育创新文化,弘扬科学家精神,涵养优良学风,营造创新氛围。”^[33]科学家精神包括“胸怀祖国、服务人民的爱国精神,勇攀高峰、敢为人先的创新精神,追求真理、严谨治学的求实精神,淡泊名利、潜心研究的奉献精神,集智攻关、团结协作的协

同精神,甘为人梯、奖掖后学的育人精神”^[33]。

科技要发展,精神要传承。当前中小学生在流行的“追星文化”“饭圈文化”,使得在中小学生在弘扬科学家精神变得紧迫。在中小学,大力弘扬科学家精神,成为新时代赋予教育工作者乃至全社会的光荣而艰巨的历史使命。因此,推动“科学家精神进校园、进课堂、进头脑”^[34],实施“科学家(精神)进校园行动”^[2],培育一大批具备科学家潜质的青少年群体,在全社会倡导科学精神,已经成为建设高质量科学教育体系的重要组成部分。

社会学习理论把行为、个体和环境看作是相互影响而连接在一起的一个系统^[35],认为个人和环境是紧密相连的,进一步强调了环境对青少年自我发展的积极作用。通过观察学习,会发现榜样的力量是无穷的,尽管可能存在延迟匹配的现象。榜样力量的引领作用对培养青少年的科学精神具有积极作用。从我国中小学科学教育的发展来看,当前我国中小学科学教育需要科技工作者的参与,形成“榜样”示范。我国发展科学教育,有着不同于西方发达国家的历史背景。西方国家在“自然哲学”的洗礼下有着悠久的科学发展历史,科学思维发展较为充分。我国出现的“李约瑟难题”源于我国哲学、科学文化思想史上并没有发生一场从传统科学思维转向现代科学形态的深层次革命^[36]。在科技强国和创新型国家建设的背景下,当前需要科技工作者引领一场思想文化上的革命。因此,我国中小学科学教育,不仅要传播科学文化知识,而且还要弘扬科学家精神,促进“科学家精神进校园、进课堂、进头脑”。

科技工作者参与中小学科学教育,在弘扬科学家精神的过程中,要注重培养学生的科学精神。这将为他们的未来学习和职业发展打下坚实的基础,并促使他们成为有创造力和影响力的未来科学家和创新者。伍新春等人的研究表明,如果对科学家故事进行罗列与呈现,会让学生神圣化科学家,会让学生觉得科学事业遥不可及^[37]。因此,科技工作者在参与中小学科学教育过程中应注重真实还原科技

工作者的成长过程,特别是经历失败和挫折以后取得成功的过程以及经历了众多实验以后仍然未能有所发现的过程,在这个过程中凸显科技工作者的某些人格特征,如坚持不懈,胆大心细等。科技工作者可以通过自身经历和故事激励学生坚持不懈、克服困难。他们可以分享在研究过程中遇到的问题和挑战,以及如何寻找解决方案和克服困难的经验。这样的经历将培养学生坚持不懈的精神,让他们在面对学习难题和未来的挑战时不轻言放弃。

(四)培养青少年的跨学科实践能力

党和国家一直高度重视创新人才培养工作。2021年,习近平总书记在中央人才工作会议上提出“深入实施新时代人才强国战略,加快建设世界重要人才中心和创新高地”的战略目标^[38]。实践经验表明,科教融合对于创新人才培养具有重要作用。在理论与实践的演变历程中,科教融合的核心要义是:以培养高素质创新人才为目标,以基于研究的学习为抓手,充分发挥科研的育人功能,推动科研活动与教学活动相辅相成^[39]。

科技工作者基于其身份特殊性,从事着知识创新和技术发展的重要工作,拥有丰富且系统的知识。他们不仅在理论上拥有不同领域的知识,同时也在实践中综合运用这些知识。根据科教融合的核心要义,科技工作者应充分发挥“科研育人”功能,推动科研活动与教学活动相辅相成。因此,当科技工作者参与进中小学科学教育时,能够促进科研活动与教学活动紧密相连,能够为学生们提供一个直观的展示平台,能够切实向学生展示科学知识在不同领域的应用。比如,北京科技教育创新研究院物理名师工作室集聚了中国科学院院士、大学教授、中学名校长、教研员、种子教师等优秀人才,以北京科学中心为研发基地,开发了“设计蹦极绳索”“设计智能家居”等课例,引导学生像科学家一样解决问题、设计创造^[40]。通过不同科技工作者介绍他们在解决实际问题与改善人类生活方面的努力和成就,学生能够认识到科学的实用性和社会影响力,并认识到科学

研究的“综合性”和“跨学科”特点。

科技工作者与科学教师的明显不同之处在于中学阶段的科学教师主要教授物理、化学、生物等学科。一线中学科学老师擅长学科教学,但在跨学科实践方面存在不少困难。他们缺乏科学实践的经历,对科学本质的理解相对有限,其实验教学能力特别是跨学科教学、探究式教学方面的能力较弱,很难培养出具有较高科学素养和创新意识的学生^[37]。而科技工作者通常具备更为丰富的跨学科的知识背景和技能,他们的参与可以促进科学教育与其他学科的交叉融合,更有利于当前中小学科学教育中正在推动的“跨学科实践”教学的开展和实施。例如,美国卡耐基梅隆大学机器人研究所(The Robotics Institute, Carnegie Mellon University)研制的 Arts & Bots,这是一个基于工艺技术的机器人制作程序,旨在提高幼儿园到12年级(K-12)阶段学生的表达能力和创造能力^[41]。科技工作者的介入,不仅能够运用跨学科理念解决问题,同时也能结合多领域知识进行实践。在无形之中也会对中小学科学教师产生一定的影响,促使一线科学教师提升自我能力。因此,在中小学科学教育实践活动中,科技工作者要注重与中小学教师合作,开展跨学科的项目研究和探索,培养学生的综合素养。此外,科技工作者为教师提供实际科学研究的案例和经验,为课堂教学带来科学研究前沿信息。

科技工作者参与中小学科学教育,要让青少年直观地感受到科学家们在解决跨学科问题时对于不同学科知识整合和创新实践的能力。科技工作者要注重为青少年解决跨学科问题提供经验,激发青少年对跨学科问题的探索兴趣,直接或间接地指导青少年对跨学科实践问题的探讨,培养青少年在跨学科实践中的创新能力、知识整合能力、问题解决能力。同时,科技工作者要注重一线教学与科学前沿的对接,推动科学教育的质量提升和内容更新,助推中小学跨学科实践活动的开展,促进学生跨学科实践能力的提升。

三、科技工作者参与中小学科学教育的实践路径

从国内外实践经验来看,科技工作者参与中小学科学教育的实践路径包括:参与中小学科学教育政策制定、科学教材建设、科学教师培训、科学教育实践活动、科学教育评估等。我国科技工作者应积极参与中小学科学教育政策制定、中小学科学教育实践活动以及中小学科学教师培训。

(一)参与中小学科学教育政策制定

参与中小学科学教育政策制定,主要由科技工作者的杰出代表科学家来实现。科学家(科技工作者)具备高深的科学技术知识,在参与政策制定的过程中,扮演着重要的专家角色。科学家对科学教育政策制定有重要影响。科学教育的政策制定过程是一个艰难的过程。科学家往往对最高层次的决策和政策制定产生影响。科技工作者在科学教育政策制定中的贡献,主要是基于他们个人的观点和经验^[42]。科学家对科学教育的评价和批评具有相当大的权威性,从而引领改革的方向^[43]。科学家作为外援性力量的介入可以最大限度上打破僵化机构自身衍生出来的制度惰性。科学家的介入会让原有的教育政策制定共同体避免陷入同质的退化状态,并时刻处于一种有活力的状态。因此,应该尊重科学家,让科学家作为利益相关者参与科学教育政策的制定^[44]。

科学家参与科学教育政策制定在国内外都是一个既成事实。从20世纪60年代起,美国科技界人士就以多种模式参与美国的中小学科学教育改革^[45]。国外科技工作者在科学教育政策制定的过程中发挥了积极作用。美国科学家通过国家研究理事会(NRC)组成研究委员会,参与了《国家科学教育标准》的政策制定^[46]。英国皇家学会通过选派科技工作者代表参与政府的重大教育政策决策、应政府和议会的要求进行专题咨询、发表自主立项的政策研究报告3种方式参与科学教育政策制定^[47]。

我国科学家参与中小学科学教育政策的

制定由来已久。从1950年起,我国就有德高望重的科学家以校订、顾问等角色间接参与“中小学理科教学大纲(课程标准)”的制定。例如:1950年《物理精简纲要(草案)》,就是经时任中国科学院办公厅主任兼应用物理研究所所长严济慈先生校订的^[48];2007年4月,教育部再次启动义务教育各科课程标准修订工作,经中国科学技术协会推荐,科学家直接参与了数学、物理、化学、生物、科学等学科的课程标准修订^[49]。在历史上,我国科学家参与中小学理科课程标准制定的模式依次出现了借力模式、阀门模式、外压模式、内参模式^[50]。

(二)参与中小学科学教育实践活动

科学教育实践活动是丰富中小学科学教育形式、提升中小学科学教育质量的重要途径之一。同样,科技工作者也可以参与中小学科学教育实践活动。科技工作者能够利用自身科技资源联合中小学进行共同教研,实现中小学科学教育的创新和质量提升。具体而言,科技工作者可以通过科研项目、学生参访科研机构、科技工作者参访中小学、夏令营、科技节等形式,参与中小学科学教育实践。

带领中小学学生参加科研项目是科技工作者参与中小学科学教育实践活动的一种重要形式。近年来,Gibson^[51]、Scherz^[23]、Eijck^[52]等的实证研究表明:以项目的形式,将中小学学生带到大学、科研机构和工厂,与科技工作者面对面接触,进行课题研究后,学生对科学技术的认识和态度产生了积极的变化。周娜的研究发现,中小学学生去大学科研实验室的学习经历对他们心中科学家的刻板印象能够产生显著的改善,同时还可以增加学生对科学家本人及其工作环境的了解,对他们的科学从业意愿产生积极影响^[53]。

中小学学生参访科研机构是科技工作者参与中小学科学教育实践活动的常见形式。例如有研究者组织了一次参观一所土耳其大学自给自足的太阳房和大学物理博物馆的活动。这次活动使学生能够与不同性别和背景的科学家交流,并看到科学家真实的工作环

境。参观过程中,科学家鼓励学生提出问题,学生的问题内容多集中于科学家的职业发展和个人生活等方面。此次活动,给予了学生们近距离接触科技工作者的机会,使学生有机会了解科技工作者的科学研究方向和个人兴趣,并了解他们的日常生活,打破了科技工作者“高不可攀”的刻板印象^[54]。

当前,国内一些高校的科技工作者与中小学进行了合作,打造了丰富多彩的中小学科学项目化课程。如:南京理工大学实验小学的“钟山少年科学院”与南京理工大学深度合作,推出了“田园一号”卫星项目化课程,让科技工作者基于中小学生学习情智发展进行航天教育^[55];北京科技大学教师也在附小开设科学类课程,附小学生的科学课堂也“开进”了大学校园,两所学校的教师团队还会共同开发科学教学资源、制作科学教具,实现了“大手牵小手”,共享优质教育资源^[56]。又如在一次活动中,科技工作者被邀请进入学校和学生交流。被邀请的这位科技工作者向学生们展示了她与朋友和家人的照片,并描述了自己的职业生涯,回答了学生的问题。通过这次活动,学生不仅了解了这位科技工作者的科学研究,还了解了她的日常生活,并认识到科技工作者也有社会生活和爱好,比如像普通人一样做运动或去剧院^[54]。

此外,夏令营作为一项课外活动对于提升中小学生的科学兴趣至关重要。通过夏令营模式,学生可以参观当地高校实验室并与科学家面对面交流,加深其对科学家及其从事的科学研究的了解。一项研究表明,持续两周的工程科学夏令营,有利于培养中学生对于工程学的积极态度^[57]。夏令营的主要目的是让学生近距离接触科技工作者的生活和工作,深入了解科学研究的过程和科学家的工作环境,给学生带来积极的学习体验,提高学生学习兴趣。通过实地参观并与科学家进行互动,学生更深入地了解科学研究的过程和科学家的工作环境,改善对科学家的刻板印象,增加对科学家真实生活的认知。夏令营除了能改善学生对科学家的刻板印象外,对增强科学从业意愿也

有着积极意义。例如,有研究发现参加科技夏令营的初中生到了高中后选择科技相关职业的比例高于未参与的学生^[51]。

(三)参与中小学科学教师培训

在建设教育强国、科技强国和人才强国的新时代,为推动高质量科学育体系的建设,培养高质量拔尖创新人才,培养高质量科学教师队伍成为社会各界关注的热点。教育部积极建立协同创新机制,借助科技界的专业优势和资源优势提升教师科学素养^[58]。例如:2022年5月,《教育部办公厅关于加强小学科学教师培养的通知》提出“创新小学科学教师培养协同机制”,明确指出鼓励中国科学院、中国工程院下辖单位相关专家到师范院校兼职,加强师范院校之间的协同,合作培养小学科学教师^[59]。2022年10月,中国科学院与教育部共同合作,开展了“全国科学教育暑期学校”中小学教师培训,该培训有19位院士和200多位科技、教育专家参与其中,是一项培训规模大、层次高、示范性强的中小学教师培训活动,在拓宽科学视野、普及科学知识、培养科学兴趣、提高实践能力、提高教师科学素养方面发挥着重要的作用^[60]。

欧美先行国家科技工作者参与中小学科学教师培训的典型案例,对我国开展相关工作有一定的启示。例如:美国国家科学基金会(NSF)、美国科学促进会等政府和社会组织通过项目的形式促进科技工作者参与中小学教师培训。例如安排K-12科学教师到获得NSF资助的科学家的实验室中去学习,并鼓励教师直接接触当代科学研究方法和最新科技成就,有效地融合了科研与教育^[61]。值得注意的是,美国社会机构在促进科技工作者参与中小学科学教师培训也起到了积极作用。例如,由卡内基公司、安恩伯格基金会和福特基金会资助的新时代教师(TNE)项目,在一定程度上推动了大学研究机构(非正规科学教育)与中小学(正规科学教育)建立了良好的合作伙伴关系^[62]。

中小学科学教师的培训还可以采用与科学家等科技工作者合作学习的方式,提升中小学科学教师的专业素养。例如《科学教育研究

手册》一书中列举的两个合作项目。其一,“德雷顿(Drayton)和福尔克(Falk)(2006)与二十多个由美国生态学家(科学家)和教师组成的团队展开合作”^[63]。在一年的时间里,该团队的教师和科学家紧密合作,学习生态学研究 and 科学探究。他们收集了团队成员的问卷和档案,对整个项目的团队数据进行描述性和定性分析,发现部分的合作颇有成效。其二,“休斯、莫利纳(Molyneaux)和狄克逊(Dixon)对三名在美国教师研究体验项目(Research Experience for Teachers)中与科学家合作的教师展开了定性研究”^[63]。其中研究的数据来源包括教师访谈、在实验室对教师的观察、科学家对教师的书面学习评价、项目结束后的课堂观察和教师访谈,这些数据被编写成案例。该项研究发现,通过与科学家一年多的密切合作,教师提高了对探究的认识,感到自己是群体的一部分,并从科学家那里获得了有价值的信息^[63]。总的来说,在教师与科学家的合作学习中,科学家的指导对教师的学习方式和教师将获得信息传递给学生的方式能够产生积极影响。

诺贝尔物理学奖得主Lederman在《科学家与21世纪的科学教育》一文中提议:理工科博士在取得学位后职业生涯的头3年中,每周至少拿出3小时与STEM(科学、技术、工程、数学)教师一道工作^[64]。这种合作可以有效地将科研和教学相结合,促进科学教师与科技工作者之间的知识传递和实践交流。

四、结 语

科技工作者参与中小学科学教育,是顺应时代发展、回应时代诉求的“可行之举”。科技工作者参与中小学科学教育,需要科技界与教育界协同合作,共同促进科技创新人才的培养。在科技蓬勃发展的背景之下,科技工作者们积累了大量科技知识和科技成果,但这些知识很少转化为科学教育资源。科技工作者参与中小学科学教育,其主要使命就是要将这些科学知识转化为中小学科学教育课程内容,给

中小学教学内容带来“活水”，丰富中小学科学教育的内涵；同时给中小学教学方式带来“活力”，培育青少年的科学精神，提高青少年的跨学科实践能力，增强青少年科学从业意愿。科技工作者参与青少年科学教育应当深刻领会和正确把握科技强国建设和科技创新人才培养的时代诉求，从中小学科学教育政策制定、教师培训、学生课外活动等方面着手，促进中小学科学教育高质量发展，助力科技创新人才的培养。

参考文献：

- [1] 教育部校外教育培训监管司负责人就《教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见》答记者问[EB/OL]. (2023-05-29)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s271/202305/t20230529_1061836.html.
- [2] 教育部等十八部门关于加强新时代中小学科学教育工作的意见[EB/OL]. (2023-05-26)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A29/202305/t20230529_1061838.html.
- [3] 习近平给“科学与中国”院士专家代表的回信[EB/OL]. (2023-07-21)[2023-09-27]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202307/content_6893394.htm.
- [4] OECD. PISA 2018 Results (Volume II)[EB/OL]. (2019-12-2)[2023-10-13]. <https://doi.org/10.1787/888934038191>.
- [5] 习近平出席两院院士大会并发表重要讲话[EB/OL]. (2018-05-29)[2023-10-13]. http://military.cnr.cn/zgjq/20180529/t20180529_524250260.html.
- [6] 孟建伟. 走向“科教融合”的科学教育——关于中小学“研学旅行”的哲学思考[J]. 北京行政学院学报, 2020(1):113-118.
- [7] 惠鸣. 国家创新体系的新内涵[J]. 求知, 2017(1):41-45.
- [8] 陈劲, 王璐瑶. 新时代中国科教兴国战略论纲[J]. 改革, 2019(6):32-40.
- [9] 王春法. 国家创新体系理论的八个基本假定[J]. 科学学, 2003(5):533-538.
- [10] 何国祥. 科技工作者的界定及内涵[J]. 科技导报, 2008, (12):96-97.
- [11] J. D. 贝尔纳. 科学的社会功能[M]. 陈体芳, 译. 桂林: 广西师范大学出版社, 2003:343.
- [12] 林崇德. 创造性人才·创造性教育·创造性学习[J]. 中国教育学刊, 2000(1):5-8.
- [13] ŽÁK V, KOLÁŘP. Physics curriculum in upper secondary schools: what leading physicists want[J]. Science Education, 2023, 107(3):677-712.
- [14] 黄东民, 郭晓波. 科学教育的文化实践之路——兼论科学素养培育的文化反思与新文化图景[J]. 中国教育科学(中英文), 2022(4):41-50.
- [15] 马林诺夫斯基. 文化论[M]. 费孝通, 等译. 北京: 中国民间文艺出版社, 1987:2.
- [16] 张正严, 朱依娜, 何光喜. 中国青少年心目中的科学家内在形象调查研究[J]. 中国科技论坛, 2020(10):132-141.
- [17] CROIZET J C, LEYENS JP, YZERBYT V, et al. Stereotypes and social cognition[J]. Contemporary Sociology, 1996, 25(3):402.
- [18] MEAD M, METRAUX R. Image of the scientist among high-school students[J]. Science, 1957, 126(3270):384-390.
- [19] 张正严. 重庆市中小學生科学家形象调查研究[J]. 中国科技论坛, 2011(5):127-131.
- [20] 何光喜, 朱依娜. 城镇公众对科学家的刻板印象及其影响因素——基于五城市调查数据的分析[J]. 科学学研究, 2014(8):1121-1128.
- [21] DANIEL B. Formation and change of ethnic and national stereotypes: an integrative model[J]. International Journal of Intercultural Relations, 1997, 21(4):491-523.
- [22] FLICK L. Scientist in residence program improving children's image of science and scientists[J]. School Science and Mathematics, 1990, 90(3):204-214.
- [23] SCHERZ Z, OREN M. How to change students' images of science and technology[J]. Science Education, 2006, 90(6):965-985.
- [24] 石长慧, 赵延东. 我国青少年从事科学职业的意愿及其影响因素研究[J]. 全球科技经济瞭望, 2017(3):54-58.
- [25] 殷雅熙, 张正严, 梁雷. 重庆市中学生科学家形象测量研究——基于词汇联想的发现[J]. 现代中小学教育, 2021(9):83-89.
- [26] ROBERT W L, STEVEN DB, GAIL H. Toward a unifying social cognitive theory of career and academic interest, choice, and performance[J]. Journal of Vocational Behavior, 1994(1):79-122.
- [27] ASCHBACHER P R, LI E, ROTH E J. Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2010, 5(47):564-582.
- [28] NUGENT G, BARKER B, WELCH G, et al. A model of factors contributing to stem learning and career orientation[J]. International Journal of Science Education, 2015, 37(7):1067-1088.
- [29] WANG J, YANG M, LV B, et al. Influencing factors of 10th grade students' science career expectations: a structural equation model[J]. Journal of Baltic Science Education, 2020, 19(4):675-686.
- [30] WYSS V L, HEULSKAMP D, SIEBERT C J. Increasing middle school student interest in STEM careers with videos of scientists[J]. International Journal of Environmental and Science Education, 2012(4):501-522.
- [31] 李秀菊, 赵博, 朱家华. 课外科学教育的理论与实践[M].

- 北京:北京师范大学出版社,2021:131.
- [32] 金婉霞,许琦敏.“我也想当科学家!”一堂堂精彩又温暖的科普课,串起上海光机所与青海藏族小学的七年之缘[EB/OL]. (2018-05-21)[2023-10-13]. <http://www.whb.cn/zhuzhan/kjwz/20180521/198589.html>.
- [33] 习近平:高举中国特色社会主义伟大旗帜为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[EB/OL]. (2022-10-25)[2023-10-13]. http://www.qstheory.cn/yaowen/2022-10/25/c_1129079926.htm.
- [34] 中共中央办公厅国务院办公厅印发《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》[EB/OL]. (2019-06-11)[2023-10-13]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-06/11/content_5399239.htm.
- [35] 施良方. 学习论[M]. 2版. 北京:人民教育出版社,2001:360.
- [36] 何平,夏茜. 李约瑟难题再求解:中国科技创新乏力的历史反思[M]. 上海:上海书店出版社,2016:5.
- [37] 伍新春,季娇. 科学家刻板印象:研究与启示[J]. 北京师范大学学报(社会科学版),2012(6):5-12.
- [38] 习近平:深入实施新时代人才强国战略 加快建设世界重要人才中心和创新高地[EB/OL]. (2021-12-15)[2023-10-14]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2021-12/15/c_1128161060.htm.
- [39] 向小微,周建中. 科教融合培养创新人才的实践、问题与建议[J]. 中国教育学刊,2022(10):1-6,54.
- [40] 林焕新,高毅哲. 中小学科学教育开辟科教融合新路径——打造中小学科学教师“梦之队”[EB/OL]. (2022-12-23)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202212/t20221223_1035860.html.
- [41] 魏晓东,于冰,于海波. 美国 STEAM 教育的框架、特点及启示[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),2017(4):40-46,134.
- [42] PANWAR R, HODDINOTT J. The influence of academic scientists and technologists on Alberta's secondary science curriculum policy and programme[J]. International Journal of Science Education, 1995, 17(4):505-518.
- [43] TAYLOR A R, JONES M G, BROADWELL B, et al. Creativity, inquiry, or accountability? Scientists' and teachers' perceptions of science education[J]. Science Education, 2008, 92(6):1058-1075.
- [44] 张正严,李侠. 科学家参与中小学理科课程标准制定的作用机理[J]. 教师教育学报,2021(3):48-54.
- [45] 丁邦平,罗星凯. 美国基础科学教育改革及其主要特点——兼谈加强我国科学教育研究[J]. 首都师范大学学报(社会科学版),2005(4):98-103.
- [46] 万东升,张红霞. 美国国家科学教育新标准制订过程的政策透视[J]. 外国教育研究,2011(9):26-31.
- [47] 程东红. 科技团体介入中小学科技教育模式的比较研究[J]. 清华大学教育研究,2006(1):85-89.
- [48] 课程教材研究所. 新中国中小学教材建设史(1949—2000)研究丛书:物理卷[M]. 北京:人民教育出版社,2010:25.
- [49] 张正严. 中国中学物理课程政策演变研究(1949—2011)[D]. 上海:上海交通大学,2014.
- [50] 张正严,李侠,孙玉涛. 70年来我国科学家参与中小学理科课程标准制定的模式研究[J]. 自然辩证法通讯,2020(6):73-77.
- [51] GIBSON H L, CHASE C. Longitudinal Impact of an inquiry-based science program on middle school students' attitudes toward science[J]. Science Education, 2002, 86(5):693-705.
- [52] EIJCK M V, HSU P-L, ROTH W-M. Translations of scientific practice to students' image of science[J]. Science Education, 2009, 94(4):611-634.
- [53] 周娜. 青少年心目中科学家形象的调查及科研实验室科普活动经历对其影响的研究[D]. 杭州:浙江大学,2017.
- [54] CAKMAKCI G, TOSUN O, TURGUT S, et al. Promoting an inclusive image of scientists among students: towards research evidence-based practice[J]. International Journal of Science and Mathematics Education, 2011, 9(3):627-655.
- [55] 杨潇,陈思洋. 做好科学教育的“江苏加法”[EB/OL]. (2023-07-14)[2023-10-13]. http://www.jsnews.com/news/yw/202307/t20230714_8009549.shtml.
- [56] 科学教育新课标发布一年多来,多地积极探索——做好科学教育加法提升科学育人水平[EB/OL]. (2023-07-14)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5147/202307/t20230714_1068807.html.
- [57] ELAM M, DONHAM B, SOLOMON S. An Engineering Summer Program for Underrepresented Students from Rural School Districts[J]. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 2012, 13(2):35-44.
- [58] 任友群. 持续推进科学教师队伍建设的行动与思考[J]. 中国基础教育,2023(2):6-8.
- [59] 教育部办公厅关于加强小学科学教师培养的通知[EB/OL]. (2022-05-19)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A10/s7011/202205/t20220525_630368.html?from=timeline&isappinstalled=0.
- [60] 教育部、中科院总结 2022 年“全国科学教育暑期学校”中小学教师培训并启动“特色科学教师研修班”[EB/OL]. (2022-10-29)[2023-10-13]. http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/moe_1485/202210/t20221029_673184.html.
- [61] 刘立,田起宏,李红林,等. 美国国家科学基金资助科学教育与普及的政策与实践研究[J]. 科普研究,2007(6):62-70,80.
- [62] 张银平,周谊. 美国新时代教师教育改革(TNE)述评[J].

新课程研究,2007(9):5-8.

教学与研究出版社,2022:1280.

[63] 诺曼·莱德曼,桑德拉·埃布尔. 科学教育研究手册:下卷[M]. 扩增版. 李秀菊,刘晟,姚建欣,译. 北京:外语

[64] LEDERMAN L M. Scientists and 21st century science education[J]. *Technology in Society*,2008,30(3):397-400.

The Time Significance, Value Pursuit and Practical Pathways of Science and Technology Workers' Participation in Science Education at Primary and Secondary Schools

ZHANG Zhenyan^{1,2}, CHEN Xialing³

(1. *Research Institution of Science Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;*

2. *School of Teacher Education, Southwest University, Chongqing 400715, China;*

3. *National Academy of Education Administration, Beijing 102617, China)*

Abstract: The Report to the 20th National Congress of the Communist Party of China clearly states that education, technology, and talent are the fundamental and strategic support for the comprehensive construction of a modern socialist country. The cultivation of talents for scientific and technological innovation is crucial, serving as a shared mission of both higher education and basic education. The era significance of technology workers' involvement in primary and secondary science education can be summarized in three aspects. Firstly, it reflects the demands of the time for the cultivation of scientific and technological innovation talents, and reflects the shared responsibility of the education and technology sectors. Secondly, as a component of the national innovation system, it forms a foundational link to reduce the circulation of knowledge and accelerate knowledge innovation. Thirdly, it serves as a vital lever for promoting the high-quality development of science education in primary and secondary schools, contributing to driving reforms and innovations in primary and secondary science education. The participation of science and technology workers in primary and secondary school science education aims to improve the image of scientists in the minds of young people, guide their willingness to engage in scientific work, cultivate the spirit of young scientists, and enhance their interdisciplinary practical abilities. The key pathways for science and technology workers to participate in science education in primary and secondary schools include participation in policy formulation for primary and secondary science education, engagement in science education practical activities, and contributions to the training of science teachers. Science and technology workers should actively invest in science education in primary and secondary schools, adhere to the path of "integration of science and education", let science education improve technological innovation efficiently.

Key words: science and technology workers; science education; image of scientists; spirit of scientists; willingness to engage in scientific work; interdisciplinary practical ability; integration of science and education

责任编辑 秦 俭