

信息技术对中学生科学自我效能的促进成效

陈奕桦¹ 赵可云²

(1. 曲阜师范大学 中国教育大数据研究院, 山东曲阜 273165;
2. 曲阜师范大学 传媒学院, 山东日照 276826)

[摘要] 科学自我效能对中学生科学学科的学习投入与长期生涯规划影响极为关键。为了厘清提升该变量的途径,本研究基于信息技术的生活学习途径理论视角,建立中国15岁中学生的科学自我效能形成路径模型,藉以探讨ICT对促进学生科学自我效能的成效,并比较男女生的路径差异。本研究以北京、上海、江苏与广东四省市参与PISA 2015的学生为研究对象,数据加权后的总数为790611人(男生为415066人,女生为375545人),然后通过结构方程模型的整体拟合度考验、路径系数以及多群组分析。研究结果显示:1)模型的整体拟合度良好,路径系数显示学生校外ICT的科学学习行为越频繁,其科学自我效能越有效;运用ICT自主能力越高,其越容易开展ICT科学学习行为;校外ICT娱乐活动有助于提高学生运用ICT的自主能力;校外ICT娱乐活动经过ICT自主能力与校外ICT科学学习行为变量的中介,对科学自我效能产生远程积极影响。教师的科学探究式教学具有调节模型路径的效果。2)女生在校外ICT娱乐活动对ICT自主能力、校外开展ICT科学学习行为对科学自我效能的积极影响系数以及校外ICT娱乐活动对科学自我效能的远程积极影响效果都高于男生。基于上述研究结果,研究建议教师除了在科学课堂中多使用探究式教学策略,也应鼓励学生在校外自主应用ICT的科学学习行为,这对女生尤为重要。

[关键词] 科学自我效能;ICT;PISA 2015;结构方程模型

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2017)06-0060-11

一、研究背景与目的

自我效能是指个体对于自己能否完成特定任务的胜任感评估(Bandura, 1997),教育心理学将该变量视为学生投入特定学科活动的一种学习动机类型(Wigfield et al., 1998),且不同学科有各自对应的自我效能种类,如科学自我效能、数学自我效能、英语自我效能。近年来,世界各国对于科学教育的重视,带动许多学者对科学自我效能的探讨,很多研究发现:科学自我效能不仅决定学生在科学学科上的

学习投入程度(Grabau & Ma, 2017; Jansen et al., 2015; Velayutham et al., 2012),对于他们日后在科学相关专业的学位以及工作职业选择也有长远影响(Schiepe et al., 2016; Webb, 2017)。拉森等人(Larson et al., 2014)对STEM相关专业大学一年级学生进行纵向追踪研究结果显示,在控制高中科学学业表现与科学性向(aptitude)的初始影响后,科学自我效能可显著预测学生最终取得学士学位的情况;拉罗斯等人(Larose et al., 2006)以即将进入科学相关专业就读的高中生进行高三至大二的追踪研

[收稿日期] 2017-09-07

[修回日期] 2017-10-23

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2017.06.007

[基金项目] 国家社会科学基金项目“农村留守儿童学习社会化的影响因素及新媒体干预机制研究”(15CSH054)。

[作者简介] 陈奕桦,博士,教授,硕士生导师,曲阜师范大学中国教育大数据研究院,研究方向:心理计量在教育技术中的应用(aholechen@gmail.com);赵可云,博士,副教授,硕士生导师,曲阜师范大学传媒学院,研究方向:区域教育信息化、儿童学习能力发展。

究结果表明,学生的科学自我效能改变幅度,与其未来从事科学相关职业的倾向密切关联,科学自我效能持平及呈上升趋势的学生,将来较愿意继续从事科学相关职业。

未来社会需要更多科学技术人才(Haworth et al., 2010; Schiepe et al., 2016),因此教育工作者应重视学生的科学自我效能,以求通过该变量提高学生日后就读科学相关专业,以及投入科学相关职业的意愿,其中最为关键的问题在于:如何有效培养学生的科学自我效能? 尽管自我效能概念的创始者班杜拉(Bandura, 1997)已经提出影响自我效能的四种因素来源:直接成败经验、观察他人经验、重要他人言语、身心状态,对教师如何培养学生的科学自我效能,提供了参考。然而,这四种因素如何落实到教学管理活动,仍不够具体。此外,最新研究发现,影响自我效能的因素会因不同环境而发生变化(Ahn et al., 2016),这说明针对中国学生开展科学自我效能的形成路径研究仍有必要,可累积专属我国的相关实证证据,作为中国推动科学教育的参考依据。特别是我国中学生在填报高考志愿时,科学专业的抉择一向存在明显性别差异,男生偏好理工科专业,女生倾向选择人文专业,导致女生在就业时,受限自身专业,只能选择技术含量较低的工作,加剧其在劳动市场的弱势地位(马莉萍等, 2016)。既然中学生未来是否选择就读科学相关专业,受科学自我效能影响甚深(Scott & Mallinckrodt, 2005),那么尽快厘清两性的科学自我效能形成路径差异,将是消弭男女生科学专业发展不均衡现象的基础工作。

过去国内有一些针对学生科学自我效能的培养途径研究,不过文章提及的培养方式多为作者自身的经验总结,或是对班杜拉理论加以引伸的观点(郝卫平, 2011; 熊士荣, 2005),这些论述仍需要实质证据才能确认培养途径的可行性与有效性。一些硕士学位论文虽然针对生物、化学与物理等领域,开展学生的科学自我效能培养工作(梁倩, 2013; 梁巧红, 2009; 史小红, 2002),但是在审核较为严格的学术期刊中,仍相当少见关于此主题的实证研究成果,可见中国学生的科学自我效能研究仍存在较大的发展空间。

综合上述,基于科学自我效能的重要性以及维

护两性教育平等的教育宗旨,本研究首先建立科学自我效能的形成路径模型,其次检验男女生在模型中的路径差异,以期提出具体的科学自我效能培养途径。鉴于已有研究发现,学生从中学开始,逐渐形成对于大学专业抉择的倾向差异(Haworth et al., 2010),故本研究对 PISA 2015 的 15 岁中国学生数据进行分析。此次跨国评比,中国有四省市学生参与,数据的数量与质量都适合进行定量分析。

二、科学自我效能的形成路径推导

本研究借鉴艾斯泰德(Erstad, 2012)信息技术的生活学习途径(learning lives approach)理论视角,建立 ICT 娱乐活动对科学自我效能影响的路径模型。生活学习途径理论希望破除学生校外 ICT 娱乐行为与学校课业学习的壁垒,为数字媒体环境下的青少年学习模式提出新的解释。该理论的核心概念“生活学习”,指学习发生在日常生活的诸多活动之间,而不是局限在学校教室里。从该理论提到的生活轨迹概念看,个体的日常生活是在多个地点之间移动流转,在空间转移过程中,通过 ICT 的辅助建立自身的整体学习认同(learning identity)。举例而言,基于该理论,学生在校接触到一个新的学科概念,利用手机及时拍下教师讲授的内容;待学校放学后在上补习班时,该生可提取手机照片与其朋友讨论;晚上回家,学生可将该照片传给网友,作为休闲聊天的话题,或利用互联网查询照片的学科内容,进行更深层次学习。学校、补习班与家中的多地点转移,反映整体学习的统合认同。

虽然生活学习途径理论提出新的学习观点,但是该理论的概念较为抽象。艾斯泰德(2012)曾指出:关于 ICT 娱乐活动如何对学校课业学习产生影响,两个变量之间的路径演进,仍需要清晰化。针对这部分不足,研究者基于其他研究以及通过逻辑推论予以填补。图 1 是由 ICT 娱乐活动至科学自我效能的完整演进路径模型。

(一)路径 H_1 :校外 ICT 的科学学习行为对科学自我效能的影响

学生在校外利用 ICT 进行科学学习的行为有助于增加自己的科学自我效能,此为 H_1 的路径设定。由于科学存在许多抽象的原理,学生学习时容易有挫败体验,因此越来越多的研究应用 ICT 帮助学生

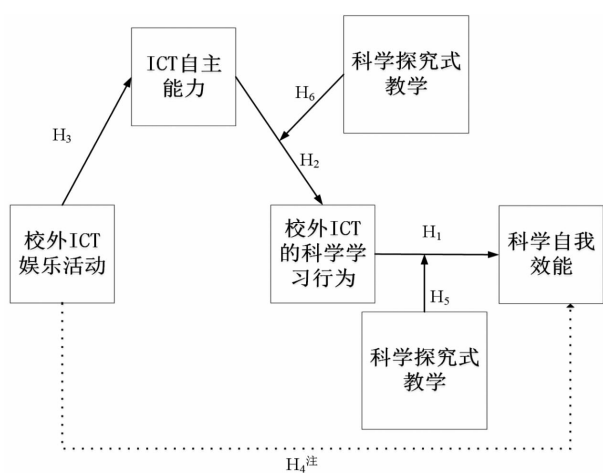


图1 科学自我效能的形成路径模型

注: H4 的路径为校外 ICT 娱乐活动通过 ICT 自主能力与校外 ICT 科学学习行为的串连式中介, 对科学自我效能产生的远程间接影响

学习科学知识。韦伯 (Webb, 2005) 曾归纳 ICT 对科学学习的帮助, 包括促进科学知识的理解、连结科学概念与真实的生活世界、培养自我调节学习能力、训练资料搜集与表达沟通能力。根据韦伯的论点, 学生使用 ICT 进行科学学习, 能更好地理解与实践科学知识, 符合班杜拉提出的“熟练” (mastery experience) 原则。进一步而言, 班杜拉认为最能影响自我效能的因素是直接成败经验, 而直接成败经验与从事任务的熟练度有关 (Bandura, 1997)。由于学生在校外应用 ICT 进行科学学习, 可能会受益于科学概念的熟练度增加, 累积更多的成功学习经验, 从而对科学自我效能产生积极效果。实证研究方面, 穆尔索等人 (Meluso et al., 2012) 针对小学五年级学生进行数字游戏式教学 (game-based learning), 发现学生开展科学相关数字游戏, 不仅可以学到知识, 还能在游戏的虚幻世界中反复实践这些知识, 提高自身的科学自我效能感; 陈等人 (Chen et al., 2016) 认为虚拟生态环境系统 (ecosystems multi-user virtual environment) 可让学生自行设计科学实验与进行实验观察, 帮助学生更好地学习科学。为此, 该研究团队建立多使用者的虚拟生态环境系统, 并检验中学生通过此系统学习科学知识的效果。该研究发现学生对虚拟生态环境系统的参与程度越高, 能拥有更高的科学自我效能。

(二) 路径 H_2 : ICT 自主能力对校外 ICT 的科学

学习行为影响

ICT 自主能力指当需要使用 ICT 解决问题或达成特定目标时, 个体认为自己可以通过 ICT 规划与执行特定行为的媒体掌控能力 (Huldtgren, 2015)。根据弗里德曼与尼森鲍姆的观点 (Friedman & Nissenbaum, 1997), ICT 自主能力会影响个体使用 ICT 进行特定行为的意愿, 当自觉的 ICT 自主能力较低时, 个体会认为该媒体的操作复杂度较高, 因而降低使用意愿。此外, 技术接受模型 (Technology Acceptance Model) 的研究结果表明: 个体的认知易用性 (perceived ease of use) 较高, 会有较高使用该技术的意愿 (陈奕桦等, 2015)。由于越觉得媒体容易操作, 代表有较高的媒体自主能力, 因此基于技术接受模型的结果, 可推测 ICT 自主能力与使用 ICT 行为存在显著关联。综合而言, 学生的 ICT 自主能力应是将 ICT 使用于科学学习行为的关键, 对于缺乏 ICT 自主能力的学生, 不容易出现将 ICT 应用于科学学习的行为。

据此, 本研究提出的 H_2 路径是学生的 ICT 自主能力与校外 ICT 的科学学习行为之间存在显著关联, 当学生觉得自己的 ICT 自主能力越高, 越可能在校外开展应用 ICT 的科学学习行为。

(三) 路径 H_3 与 H_4 : 校外 ICT 娱乐活动与 ICT 自主能力对科学自我效能的影响

从逻辑经验推论, 个体较常从事 ICT 相关行为, 自然会增进对于 ICT 的自主能力, 这两个变量之间的关联相当明显, 同时也在过去实证研究中获得支持 (Hosein et al., 2010), 此为本研究 H_3 的路径设定。此外, 本研究另外假定校外 ICT 娱乐活动会通过 ICT 自主能力与校外 ICT 科学学习行为的串连式中介 (serial mediate), 间接与科学自我效能产生关联, 此中介的路径设定为 H_4 。 H_4 的串连式中介路径假定是研究者综合上述提及的校外 ICT 娱乐活动、ICT 自主能力、校外 ICT 科学学习行为等变量之间的关联后, 尝试性提出的形成路径, 用以弥补艾斯泰德 (2012) 生活学习途径理论的不足。

(四) 路径 H_5 与 H_6 : 科学探究式教学的调节效果

探究式教学是科学领域的有效教学方法, 我国教育部公布的《全日制义务教育科学 (7~9 年级) 课程标准 (实验稿)》明确指出: 科学探究是让学生

理解科学知识的重要策略(中华人民共和国, 2001)。科学探究式教学有多种定义,根据美国国家科学教育标准(National Science Education Standards)的界定,此种教学需包括教师引导学生从事如下教学活动:科学问题导引、以科学实验搜集证据、针对证据回答与解释问题、评价自己的解释以及展示自己的发现。探究式教学的过程符合科学知识发现的本质,且能具像化科学的抽象原理,因此有利于提高学生的科学自我效能,且得到许多实证研究的支持(Cairns & Areepattamannil, 2017; Kukkonen et al., 2013; Park, 2015)。

本研究有别于过去着重于研究科学探究式教学对于科学自我效能的直接影响效果,改为检验该变量对于路径 H_1 与 H_2 的调节作用,所依据的论点如下:首先,针对科学探究式教学在路径 H_1 的调节作用假设(即路径 H_3),即校外 ICT 科学学习行为可提高学生科学自我效能,此路径成立时,若再加上教师在学校课堂实施科学探究式教学有助于提高学生科学自我效能的结果(Cairns & Areepattamannil, 2017; Kukkonen et al., 2013; Park, 2015),就达成校外与校内活动都有助于培养学生科学自我效能的情况,或许因此能产生对于科学自我效能提升的交互作用效益。其次,科学探究式教学在路径 H_2 的调节假定(即路径 H_6),即 ICT 自主能力正向影响校外 ICT 的科学学习行为,研究者推测该路径成立的前提,还需要学生对于科学学习有较高的自主学习能力(self-regulated learning),即校外 ICT 的科学学习行为发生,需要 ICT 自主能力与对科学的自主学习能力,此时学生将会更具自信且较愿意在科学学习中应用 ICT。由于过去研究已经发现探究式教学能促进学生的自主学习(Loyens et al., 2008; Schraw et al., 2006),因此可合理假定,此类校内课堂教学方式,或许会催化 ICT 自主能力对于与校外 ICT 科学学习行为的积极影响,使得原来的积极效果可以得到更好的提升。

三、研究方法

本研究使用的方法为次级资料分析(secondary data analysis),即使用 PISA 2015 公布的原始数据,进行二次分析。被试背景、所使用数据对应的测量及资料分析方式说明如下。

(一)被试背景

本研究使用 PISA 2015 中国学生的数据进行分析。PISA 是经济合作与发展组织举行的跨国性 15 岁中学生素养评比项目,2015 年中国有北京、上海、广东和江苏四省市的 15 岁中学生参与评估。排除出现未作答以及作答有遗漏的样本后,总计有 5465 笔数据纳入分析,其中,男生 2773 人,女生 2692 人;34.4% 来自城市,54.4% 来自城镇,11.2% 来自农村。根据 PISA 技术手册,利用 PISA 数据进行统计推估时,需要使用权重变量(W-fstwt)(OECD, 2016)。数据加权后,分析的数目为 790611 人,男生为 415066 人,女生为 375545 人。

(二)使用数据所对应的测量

本研究模型变量所使用的 PISA 2015 数据,包括变量的测量指标与对应的原始题目两个部分。变量测量指标是代表本研究模型的外在测量变量,该指标通过对应的原始题目估算。在本研究中,除了校外 ICT 的科学学习行为是研究者自行计算原始题目的分数外,其余的变量测量指标都是 PISA 项目组以项目反应理论(item response theory)处理所得,又称为衍生变量(derived variables)(OECD, 2016),这些衍生变量与原始题目数据都公布在 PISA 官方网站,供人自由下载。

1) 科学自我效能

在 PISA 2015 的测量题目中,科学自我效能是测量学生针对一些自然科学任务的胜任感,例如,能否解释为何有些地区地震频繁,针对报纸所报导的健康议题能否辨识出潜藏的科学问题。科学自我效能在 PISA 2015 的数据中被命名为“SCIEEFF”,该数值越高,说明学生的科学自我效能程度越高。经研究者计算,中国学生在科学自我效能原始题目的 Cronbachs' α 为 0.877。

2) 校外 ICT 娱乐活动

依据 PISA 2015 的测量内容,校外 ICT 娱乐活动指学生在校外使用 ICT 进行社交聊天、玩游戏、观看影片、下载档案等与学校课业无直接关联的休闲娱乐活动。原始数据档案中,校外 ICT 娱乐活动被命名为“ENTUSE”。该数值越高,表示学生在校外从事 ICT 娱乐活动越频繁。经研究者计算,中国学生在校外 ICT 娱乐活动原始题目的 Cronbachs' α 为 0.878。

表一 模型变量与对应的测量指标

模型的变量名称		PISA 2015 数据	
		变量测量指标	原始题目
因变量	科学自我效能	SCIEEFF	ST129Q01 – ST129Q08
自变量	校外 ICT 娱乐活动	ENTUSE	IC008Q01 – IC008Q13
	ICT 自主能力	AUTICT	IC015Q02 IC015Q03 IC015Q05 IC015Q07 IC015Q09
	校外 ICT 的科学学习行为	取右侧原始题目的均值	ST146Q01TA ST146Q03TA ST146Q06NA ST146Q07NA ST146Q08NA ST146Q09NA
	科学探究式教学	IBTEACH	ST098Q01 – ST098Q010
控制变量	学校的 ICT 设备资源	ICTSCH	IC01Q01 – IC01Q11
	家庭的 ICT 设备资源	ICTHOME	IC02Q01 – IC02Q07
	家庭社会经济地位	ESCS	透过 HOMEPOS、HISEI 与 PARED 所进行的加权处理

注:本表为研究者从 PISA 2015 技术手册中自行整理(OECD, 2016)。

3) ICT 自主能力

根据 PISA 2015 的测量题目,ICT 自主能力指学生在需要使用 ICT 时,自我认为的媒体掌控程度,相关的测量题目如“当我需要特定软件时,我能自己安装;在操作数字仪器遇到问题时,我能自己解决”。ICT 自主能力在档案中被命名为“AUTICT”,该数值越高说明学生自觉使用 ICT 的自主能力越高。经研究者计算,中国学生在 ICT 自主能力的原始题目 Cronbachs' α 为 0.873。

4) 校外 ICT 的科学学习行为

PISA 2015 将校外 ICT 的科学学习行为界定为学生校外应用 ICT 从事科学学习的行为,使用的媒体类型包括电视、互联网、虚拟科学实验室以及博客等,相应的题目如“观看科学相关主题的电视节目、浏览互联网中与科学相关的主题网站”。由于 PISA 项目组并未计算校外 ICT 的科学学习行为变量,故研究者自行将隶属于该变量的六个原始题目分数取均值作为该变量的测量指标,该数值越高表示学生校外应用 ICT 学习科学的行为越频繁。经计算,中国学生在校外 ICT 的科学学习行为原始题目 Cronbachs' α . 865。

5) 科学探究式教学

科学探究式教学指学生在科学课堂学习时,教师进行科学探究式教学的频率,在 PISA 2015 测量

的题目包括:“是否有给予学生机会解释自己的想法;学生有机会在实验室进行科学实验;学生需要通过自己执行的科学实验,提出自己的解释结论”。科学探究式教学在档案中被命名为“IBTEACH”,数值越高说明学生认为教师在科学课堂中使用越多的探究式教学。经过计算,隶属于科学探究式教学变量的原始题目 Cronbachs' α 为 .875。

(三) 资料分析

由于 PISA 项目是先抽取学校,再让被选中的学校学生接受施测,造成被试取样具有一定的相依性。考虑到数据非独立取样,可能会产生分析结果偏差,研究者先计算因变量(科学自我效能)的组内相关系数(Intraclass correlation coefficient,简称 ICC),藉以确认该问题的严重度。结果显示,ICC 为 0.002,低于一般认为超过 0.059 需要使用多层次分析(hierarchical linear modeling)的标准,故可使用传统的线性模型分析。

本研究首先以结构方程模型检验科学自我效能的形成路径模型与实证数据的拟合程度。在模型的检验中,除了校外 ICT 的科学学习行为测量指标以原始题目的均值为代表,其余皆使用 PISA 2015 的衍生变量。根据 PISA 技术手册(OECD, 2016),衍生变量界定为潜在变量(latent variable),故本模型不设定对应的外在测量误差。此外,为了尽可能得

到精确的路径系数结果,本模型纳入学校及家庭的 ICT 设备资源以及家庭社会经济地位等作为控制变量。其次,待检验路径模型在全体被试者与男女生群体的整体及各自拟合后,本研究进一步检视科学自我效能的形成路径系数,并通过多群组分析的方式,考察男女生在各路径的差异。上述模型拟合度检验、路径系数检验与多群组分析,除了路径 H_4 涉及串联式中介的效果,无法采用 Lisrel 软件的 Sobel Test 方式,其余都采 Lisrel 8.80 进行分析。 H_4 的串联式中介检验是利用 SPSS 22.0 执行海因斯的“process macro”宏指令(Hayes, 2012)。

四、研究结果

(一)描述统计结果

表二为描述统计结果,摘录出变量的均值、标准差以及变量之间的相关系数。首先,从变量均值与标准差看,除研究者自行计算得出的校外 ICT 科学学习行为变量为正值外,其余衍生变量的值皆为负值。根据 PISA 2015 技术手册,当被试的这些衍生变量分数为负值时,表示该变量的程度低于 OECD 学生(OECD, 2016),说明中国参与此次评估的被试,在科学自我效能、校外 ICT 娱乐活动、ICT 自主能力与教师科学课堂的探究式教学等变量的程度低于 OECD 学生。其次,变量之间的零阶相关(Zero-order correlations)结果显示,除了校外 ICT 娱乐活动与科学自我效能的相关值为负值,科学自我效能与其他自变量之间均达显著的正相关。

(二)科学自我效能的形成路径模型拟合结果

表三为控制学校与家庭的 ICT 设备资源及家庭

社会经济地位等变量的影响后,科学自我效能的形成路径模型拟合情况,分成全体被试与男生及女生群体的结果。根据表三,卡方检验部分,因为加权后被试数量超过万名,造成卡方值扩大,三个群体的模型都无法符合标准。就模型拟合指标与替代指标部分,在几个常见的评估项目中,全体被试以及男女生的模型大致都有良好拟合结果,说明本研究建立的科学自我效能形成路径模型获得实证证据支持。

(三)科学自我效能的形成路径系数与男女生差异

在确认科学自我效能的形成路径模型有良好拟合结果后,本研究进一步分析细部的形成路径系数,并且比较各路径系数的性别差异,相关结果参见图 2。图 2 为纳入控制变量后,全体被试以及男女生在各路径系数上的结果。可以看出,针对全体被试部分,研究者提出的科学自我效能形成路径获得支持:路径 H_1 结果显示,校外 ICT 的科学学习行为越频繁,学生的科学自我效能越有效($\beta = 0.285, t = 261.731, p < 0.05$);路径 H_2 部分,ICT 自主能力越高,越容易从事 ICT 科学学习行为($\beta = 0.119, t = 108.417, p < 0.05$);路径 H_3 部分,校外 ICT 娱乐活动有助于提高学生的 ICT 自主能力($\beta = 0.275, t = 254.860, p < 0.05$);路径 H_4 部分^①,校外 ICT 娱乐活动对科学自我效能的影响,依次经历 ICT 自主能力、校外 ICT 科学学习行为的中介,路径的间接效果量为 0.010($SE = 0.002, 95\%$ 信赖区间为 0.007 至 0.013),达到统计显著水平。

路径 H_5 与 H_6 部分,教师课堂的科学探究式教学在科学自我效能的形成路径中起调节作用,科学探究式教学 $\times$ 校外 ICT 科学学习行为的交乘变量 β

表二 描述统计摘录

变量	描述统计		变量相关系数			
	均值	标准差	校外 ICT 娱乐活动	ICT 自主能力	校外 ICT 的科学学习行为	科学探究式教学
因变量						
科学自我效能	-0.109	1.064	-0.047 *	0.171 *	0.336 *	0.212 *
自变量						
校外 ICT 娱乐活动	-0.555	1.025	1.000			
ICT 自主能力	-0.038	0.860	0.317 *	1.000		
校外 ICT 的科学学习行为	1.765	0.583	0.110 *	0.149 *	1.000	
科学探究式教学	-0.387	1.014	0.020 *	0.047 *	0.295 *	1.000

注: * 表示达到 $p < .05$ 的显著水平相关。

表三 科学自我效能的形成路径模型拟合指数

卡方考验			模型拟合指标			替代指标		
χ^2	自由度	卡方/自由度	NFI	IFI	GFI	CFI	RMSEA	SRMR
全体被试								
结果	36114.60	8	4514.325	0.963	0.963	0.991	0.964	0.076
判定			不符合	符合	符合	符合	符合	符合
男生								
结果	20979.33	8	2622.416	0.964	0.962	0.993	0.965	0.079
判定			不符合	符合	符合	符合	符合	符合
女生								
结果	22625.80	8	2828.225	0.966	0.965	0.992	0.962	0.086
判定			不符合	符合	符合	符合	不符合	符合

注1:模型已经纳入学校与家庭的ICT设备资源以及家庭社会经济地位作为控制变量。

注2:模型拟合指标包括NFI、IFI与GFI;替代指标包括CFI、RMSEA及SRMR。

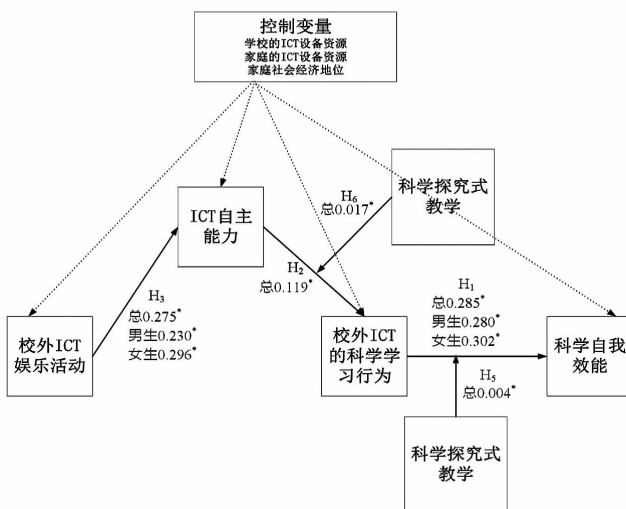


图2 模型路径系数结果

注:1)实线为本研究主要探讨的路径;虚线代表控制变量对所有变量的控制作用,因为不是本研究关心的焦点,故不呈现虚线路径的系数。2)为了更精简表达调节变量的检验结果,本图的呈现方式与实际资料分析方式有所出入。实际检验是在模型中加入科学探究式教学与校外ICT的科学学习行为(及ICT自主能力)的交乘项,并同时检验科学探究式教学、校外ICT的科学学习行为(及ICT自主能力)与交乘项对因变量影响的系数,当交乘项的系数达到显著水平时,说明调节作用成立。3)图中若同时呈现总体与男女生系数,表示在该路径中,男女生达到显著差异;若仅呈现总体的系数,表示男女生在该路径未达到显著差异。

$=0.004, t=3.981, p<0.05$, 科学探究式教学 $\times$ ICT自主能力的交乘变量 $\beta=0.017, t=16.386, p<0.05$, 两个交乘变量系数皆达显著,需进一步进行事后比较。通过单纯斜率检定计算,本研究将科学探究式教学分为高低程度两组,高程度科学探究式教

学组的校外ICT科学学习行为对科学自我效能的积极影响系数要高于低程度科学探究式教学组(高科学探究式教学组的系数为0.549, $t=225.188, p<0.05$;低程度科学探究式教学组的系数为0.543, $t=204.789, p<0.05$)。高程度科学探究式教学组的ICT自主能力对校外ICT科学学习行为的积极影响系数要高于低程度科学探究式教学组(高程度科学探究式教学组的系数为0.103, $t=104.332, p<0.05$;低程度科学探究式教学组的系数为0.083, $t=89.017, p<0.05$)。

对男女生在科学自我效能的形成路径系数差异,因被试的数量庞大,造成卡方差异检定不适合使用,改为根据张氏与睿斯德(Cheung & Rensvold, 2002)提出的 ΔCFI 作为男女生多群组差异检定的判断标准。以原模型与限制模型的 ΔCFI 超过0.01为标准,本研究得出在科学自我效能形成路径中,男女生的主要差异体现在:路径 H_1 —校外ICT的科学学习行为对于科学自我效能的影响(ΔCFI 为0.032)与路径 H_3 —校外ICT娱乐活动对ICT自主能力的影响(ΔCFI 为0.022)。女生在路径 H_1 与路径 H_3 的系数都高于男生。

最后,就 H_4 路径—校外ICT娱乐活动对于科学自我效能的串联式中介影响,女生 H_4 路径的间接效果量为0.012($SE=0.003$, 95%信赖区间为0.007至0.018,达统计显著水平),男生 H_4 路径的间接效果量为0.005($SE=0.002$, 95%信赖区间为0.002至0.009,达统计显著水平),表示女生在该路径的

系数高于男生。

四、讨论

本研究基于艾斯泰德(2012)信息技术的生活学习途径理论视角,建立中国15岁中学生的科学自我效能形成路径模型。该模型与PISA 2015的实证数据拟合良好,模型结果表明:路径中与信息技术相关的变量都扮演了关键角色,不论是直接的ICT科学学习行为,还是间接的ICT娱乐活动,都能对科学自我效能的促进起积极作用。同时,本研究还考察了教师在科学课堂中使用探究式教学策略的调节作用,发现此策略的实施会提高学生应用信息技术带来的积极作用。上述关于科学自我效能形成的路径结果,是结合学生信息技术的应用与教师探究式教学所带来影响的全盘分析,有别于过去单独探讨其中一个变量作用的研究(Cairns & Areepattamannil, 2017; Chen et al., 2016; Kukkonen et al., 2013; Meluso et al., 2012; Park, 2015)。

在考虑较为全面的情况下,本研究提供了培养中学生科学自我效能的参考途径。第一,教育工作者除了持续在课堂使用探究式教学外,也应该提倡学生在校外自主应用ICT的科学学习行为,因为学生在校外从事越多的ICT科学学习行为,将使自己有更高的科学自我效能,该变量对于科学自我效能的直接积极影响,已经接近科恩(Cohen, 1988)界定的中度效果量。更重要的是,教师校内教学与学生校外学习活动应尽可能紧密结合,因为在校内实施科学探究式教学以及学生在校外自主进行ICT科学学习时,这两个变量对于科学自我效能的积极效益,将因彼此的出现而达到加倍的成效。由于科学探究式教学有助于提高学生在科学领域的自主学习态度(Loyens et al., 2008; Schraw et al., 2006),故可合理推测:科学探究式教学的出现,将催化更多校外自主使用ICT的科学学习行为,而较多的校外ICT科学学习能延伸课堂科学探究式教学对科学自我效能的积极影响。第二,模型路径显示,ICT自主能力是学生校外从事ICT科学学习的关键,说明科学教育的推动应考虑学生的ICT素养。金松与巴里(Kanematsu & Barry, 2016)指出:ICT与STEM教育关联密切,因为STEM教育的两个重要因素——独立思考(independent minded)学习与享受学习(en-

joyable learning),都需要通过ICT的辅助才能较好地实现,该论点与本研究模型的结论不谋而合。最后,根据本研究结果,教育工作者不应完全禁止学生从事ICT娱乐活动,反倒可以鼓励学生适当进行ICT娱乐活动,因为这些活动能提高学生ICT自主能力,而且能间接对科学自我效能产生积极影响。从艾斯泰德(2012)生活学习途径理论的整体学习认同视角来看,教室以外的娱乐活动与学业学习都属于生活的一部分,二者并非完全分离,娱乐与学习活动之间可以通过ICT而得到良好的串接,本研究模型路径实质上印证了该理论观点。

五、信息技术演进带来的教师角色转变与男女学生干预对策

本研究所揭示的科学自我效能形成路径模型,主要关注学生自主使用信息技术对促进科学自我效能的效果,教师课堂实施的教学策略只是作为调节主要路径的“催化剂”。从隐喻的角度看,“催化剂”加速化学反应,不涉及化学反应的本体,说明对于科学自我效能的提升,教师课堂的教学策略只是起辅助作用,关键仍在于学生课后主动应用信息技术进行深层次科学学习的行为。教师课堂教学作为辅助,学生课后的学习行为作为核心的认识,符合周晓清等(2014)认为的近年来信息技术演进所带来的变革趋势。该研究通过对比中外教育信息化政策,发现国际上关于教与学的新措施都围绕“以学为主”而不是我国传统“以教为主”的理念。更进一步而言,帕尔多(Pardo, 2014)认为,随着信息技术的发展,学习方式不再限于教师传授,学生可直接从互联网抓取材料,进行个人化学习。这说明在科技媒体的支持下,学生被赋予更多学习的责任,就如同本研究结论,学生课后通过ICT辅助,自主从事科学知识学习。相对的,教师作为促进者,其职责是在课堂中点燃学生对科学探究的学习动机。对此,王正青等人(2017)与李岩等人(2016)也持相同看法。前者认为现代信息技术与教学深度融合的关键,在于教师能激起学生学习的内部动力;后者将信息技术环境中的教师比拟成乐队指挥,作用是通过自身对教材的理解,感染与提高学生的学习兴趣。

此外,虽然本研究结果显示,科学探究式教学的积极调节效果同时存在于男女生,两个群体之间没

有显著差异,但是两性校外的信息技术使用对其科学自我效能的助益却有明显区别,此结果值得注意。事实上,男女生科学学习的差异一直是学者关心的主题,早期许多学者从两性天生的视觉空间能力、科学学习使用的学习策略与学习动机、性别角色刻板印象(gender stereo type)以及校外参与社会经验等维度做分析,通过探讨男女生在这些变量的均值差异,间接推论造成科学学习差异的原因(Haworth et al., 2010; Meece & Jones, 1996; Ridley & Novak, 1983)。不过,由于这些研究结论不一致,近年来一些研究改为进行两性的科学学习动机形成路径比较,发现男女生科学学习动机形成路径的确存在差异(Velayutham et al., 2012; Webb-Williams, 2017)。呼应国外研究的趋势,本研究同样采取此种分析取向,根据研究结果,提出以下男女生科学学习的干预对策:

(一)有计划地引导女生利用 ICT 进行科学学习的行为

本研究发现,ICT 科学学习行为对于科学自我效能的积极影响,是女生高于男生,说明教师如果希望有效提高女生的科学自我效能,有计划引导女生利用 ICT 开展科学学习是可行的干预对策。例如,教师可以先提供互联网的若干虚拟实验室资源,再安排相关的课后作业,让女生利用这些资源规划科学实验与进行实验观察,最终完成作业报告,这也是目前国外常见的教学活动型式(Chen et al., 2016)。

(二)正视 ICT 娱乐活动对女生的帮助

我国家长与教师常将 ICT 娱乐活动视若洪水猛兽,担心子女沉迷于其中。然而,当前学生所处环境已经脱离不了 ICT 产品,与其采取消极的禁止防堵,不如正视这类活动对学生的帮助。本研究结果发现,这类活动会通过提高学生的利用 ICT 自主能力,进而提高自己的科学自我效能。根据陈传锋等(2010)的调查,我国女中学生从事 ICT 娱乐活动的比例低于男生,表示女生从事 ICT 娱乐活动仍有更多成长空间,建议教师可与家长沟通,让家长能理解女生从事 ICT 娱乐活动所带来的帮助,给予其从事 ICT 休闲娱乐的空间。

六、研究限制

本研究建立的科学自我效能形成路径模型,虽

然与实证数据拟合良好,且所有的路径系数都达到显著水平,支持研究提出的假设。然而,校外 ICT 娱乐活动对科学自我效能的积极影响效果、ICT 自主能力对校外 ICT 的科学学习行为影响系数以及教师科学探究式教学的积极调节作用等路径的效果量都不高,说明应当还有其他的关键影响变量未纳入此次分析,因此在运用本模型解释时,需要较为谨慎。未来研究可以再利用 PISA 2015 公布的数据,探讨是否有其他可以纳入本研究模型的变量,进行后续的模型扩增,提高对科学自我效能变量的总体解释量,也期望能进一步丰富艾斯泰德(2012)生活学习途径理论的内涵。

[注释]

①H₄ 的路径结果无法从图中看出,相关结果得自海因斯的“process macro”宏指令。

[参考文献]

- [1] Ahn, H. S., Usher, E. L., Butz, A., & Bong, M. (2016). Cultural differences in the understanding of modelling and feedback as sources of self-efficacy information[J]. *British Journal of Educational Psychology*, 86(1): 112-136.
- [2] Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control [J]. *Journal of Cognitive Psychotherapy*, 604(2):158-166.
- [3] Cairns, D., & Areepattamannil, S. (2017). Exploring the relations of inquiry-based teaching to science achievement and dispositions in 54 Countries[J]. *Research in Science Education*, (7):1-23.
- [4] Chen, J. A., Tutwiler, M. S., Metcalf, S. J., Kamarainen, A., Grotzer, T., & Dede, C. (2016). A multi-user virtual environment to support students' self-efficacy and interest in science: A latent growth model analysis[J]. *Learning & Instruction*, 41(1):11-22.
- [5] 陈传锋, 杜梦石(2010). 中学生暑期休闲活动调研报告[J]. *教育研究*, (11): 60-65.
- [6] 陈奕桦, 杨雅婷(2015). 项目学习网络教学系统之教师使用意向研究[J]. *现代远距离教育*, (3):60-69.
- [7] Cheung, G. W., & Rensvold, R. B. (2002). Evaluating goodness-of-fit indexes for testing measurement invariance[J]. *Structural Equation Modeling*, 9(2):233-255.
- [8] Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* [M]. New Jersey: Lawrence Erlbaum:10-12.
- [9] Erstad, O. (2012). The learning lives of digital youth—beyond the formal and informal[J]. *Oxford Review of Education*, 38(1): 25-43.
- [10] Friedman, B., & Nissenbaum, H. (1997). Software agents and user autonomy[A]. *Proceedings of the first international conference on Autonomous agents* [C], New York, NY, USA, ACM:466-469.

- [11] Grabau, L. J., & Ma, X. (2017). Science engagement and science achievement in the context of science instruction: a multilevel analysis of U. S. students and schools[J]. *International Journal of Science Education*, 39(162):1-24.
- [12] Haworth, C. M., Dale, P. S., & Plomin, R. (2010). Sex differences in school science performance from middle childhood to early adolescence[J]. *International Journal of Educational Research*, 49(2-3):92-101.
- [13] Hayes, A. F. (2012). PROCESS: A versatile computational tool for observed variable mediation, moderation, and conditional process modeling[EB/OL]. [2017-09-22]. <http://afhayes.com/index.html>.
- [14] 郝卫平(2011). 访谈在初中物理教学中培养学生的自我效能感[J]. *教育教学论坛*, (12):212.
- [15] Hosein, A., Ramanau, R., & Jones, C. (2010). Learning and living technologies: A longitudinal study of first-year students' frequency and competence in the use of ICT[J]. *Learning, Media and Technology*, 35(4): 403-418.
- [16] Hultgren, A. (2015). Design for values in ICT [M]. Dordrecht: Springer Netherlands:3-4.
- [17] Jansen, M., Scherer, R., & Schroeders, U. (2015). Students' self-concept and self-efficacy in the sciences: differential relations to antecedents and educational outcomes[J]. *Contemporary Educational Psychology*, (41):13-24.
- [18] Kanematsu, H., & Barry, D. M. (2016). Why is ICT important for STEM? [M]. Springer International Publishing:15-17.
- [19] Kukkonen, J., Kärkkäinen, S., Hartikainen-Ahja, A., & Keinonen, T. (2013). Scaffolding teacher students' inquiry learning in science education with ICT[J]. *International Journal of Science Mathematics & Technology Learning*, 19(3):131-145.
- [20] Larose, S., Ratelle, C. F., Guay, F., Senécal, C., & Harvey, M. (2006). Trajectories of science self-efficacy beliefs during the college transition and academic and vocational adjustment in science and technology programs[J]. *Educational Research and Evaluation*, 12(4): 373-393.
- [21] Larson, L. M., Pesch, K. M., Surapaneni, S., Bonitz, V. S., Wu, T.-F., & Werbel, J. D. (2014). Predicting graduation[J]. *Journal of Career Assessment*, 23(3): 399-409.
- [22] 李岩, 李芒, 蔡旻君(2016). 信息技术环境下课堂教学的“管弦乐”隐喻——CSCL研究的新进展[J]. *现代教育技术*, (2): 33-38.
- [23] 梁倩(2013). 培养高一学生化学学习自我效能感的实践研究[D]. 桂林:广西师范大学.
- [24] 梁巧红(2009). 普通高中学生物理学习自我效能感水平调查及其影响因素研究[D]. 上海:华东师范大学.
- [25] Loyens, S. M., Magda, J., & Rikers, R. M. (2008). Self-directed learning in problem-based learning and its relationships with self-regulated learning[J]. *Educational Psychology Review*, 20(4): 411-427.
- [26] 马莉萍, 由由, 熊煜, 董璐, 汪梦姍, 寇焜照(2016). 大学生专业选择的性别差异——基于全国85所高校的调查研究[J]. *高等教育研究*(5): 36-42.
- [27] Meece, J. L., & Jones, M. G. (1996). Gender differences in motivation and strategy use in science: Are girls rote learners? [J] *Journal of Research in Science Teaching*, 33(4): 393-406.
- [28] Meluso, A., Zheng, M., Spires, H. A., & Lester, J. (2012). Enhancing 5th graders' science content knowledge and self-efficacy through game-based learning[J]. *Computers & Education*, 59(2): 497-504.
- [29] OECD(2016). PISA 2015 assessment and analytical framework[M]. Paris: OECD Publishing:1-2.
- [30] Park, J. (2015). Effect of robotics-enhanced inquiry-based learning in elementary science education in South Korea[J]. *Journal of Computers in Mathematics & Science Teaching*, 34(1): 71-95.
- [31] Pardo, A. (2014). Designing learning analytics experiences. In J. A. Larusson & B. White B (Eds.), *Learning Analytics: From Research to Practice*. New York, NY: Springer New York: 15-38.
- [32] Ridley, D. R., & Novak, J. D. (1983). Sex-related differences in high school science and mathematics enrollments: Do they give males a critical headstart toward science- and math-related careers? [J] *Alberta Journal of Educational Research*, 29(4), 308-318.
- [33] Schiepe-Tiska, A., Roczen, N., Müller, K., Prenzel, M., & Osborne, J. (2016). Science-related outcomes: Attitudes, motivation, value beliefs, strategies [M]. Cham: Springer International Publishing:10-12.
- [34] Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning[J]. *Research in Science Education*, 36(1): 111-139.
- [35] Scott, A. B., & Mallinckrodt, B. (2005). Parental emotional support, science self-efficacy, and choice of science major in undergraduate women[J]. *The Career Development Quarterly*, 53(3): 263-273.
- [36] 史小红(2002). 物理教学中培养学生自我效能感的实验研究[D]. 陕西:陕西师范大学.
- [37] Velayutham, S., Aldridge, J. M., & Fraser, B. (2012). Gender differences in student motivation and self-regulation in science learning: A multi-group structural equation modeling analysis[J]. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 10(6): 1347-1368.
- [38] 王正青, 唐晓玲(2017). 信息技术与教学深度融合的动力逻辑与推进路径研究[J]. *电化教育研究*, (1): 94-100.
- [39] Webb-Williams, J. (2017). Science self-efficacy in the primary classroom: Using mixed methods to investigate sources of self-efficacy[J]. *Research in Science Education*, (1): 1-23.
- [40] Webb, M. E. (2005). Affordances of ICT in science learning: Implications for an integrated pedagogy[J]. *International Journal of Science Education*, 27(6): 705-735.
- [41] Wigfield, A., Eccles, J. S., & Rodriguez, D. (1998).

The development of children's motivation in school contexts[J]. *Review of Research in Education*, 23(1): 73-118.

[42] 熊士荣(2005). 论科学探究活动中中学生自我效能感的培养[J]. *湖南师范大学教育科学学报*, 4(2): 116-118.

[43] 中华人民共和国(2001). 全日制义务教育科学(7~9 年
级)课程标准(实验稿)[M]. 北京:北京师范大学出版社.

[44] 周晓清,汪晓东,刘鲜,李琼,焦建利(2014). 从“技术
导向”到“学习导向”——信息技术支持的学与教变革国际发展新动
向[J]. *远程教育杂志*, (3): 13-22.

(编辑:魏志慧)

ICT's Positive Influence on High School Students' Science Self-Efficacy

CHEN Yihua¹ & ZHAO Keyun²

- (1. *Chinese Academy of Education Big Data, Qufu Normal University, Qufu 273165, China;*
2. *School of Information Communication and Technology, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China*)

Abstract: *Given that the importance of “science self-efficacy” to science learning engagement and future career planning, this study developed a model to explain the formation of “science self-efficacy” based on the view of “learning lives approach” with information and communications technology (ICT) by 15 years old high school students in China. In this model, we analyzed ICT's effects on “science self-efficacy” and compared the differences between genders on the paths of the model. Using the empirical data released from PISA 2015, the participants were 790611 students from Beijing, Shanghai, Jiangsu Province and Guangdong Province with data weighted. 415066 participants were boys and 375545 were girls. Structural equation modeling, path analysis and multiple group analysis were used to analyze the data.*

The results include: 1) the model is well fit with the empirical data. Path analysis shows that the “application of ICT on learning science” is positively related to “science self-efficacy”; “ICT autonomy” is positively related to the “application of ICT on learning science”; “Leisure activities with ICT” is positively related to “ICT autonomy”; “Leisure activities with ICT” has an indirect positive effect on “science self-efficacy” mediated by “ICT autonomy” and the “application of ICT on learning science”; “Inquiry based teaching” is a moderator in the model. 2) Girls have higher coefficients of the effect from “leisure activities with ICT” on “ICT autonomy”, the effect from the “application of ICT on learning science” on “science self-efficacy” than boys. Girls have higher mediation effect of “leisure activities with ICT” on “science self-efficacy” than boys. Based on the above results, it is suggested that not only teachers should use more “inquiry-based teaching” in a science class, but also encourage students to apply ICT on learning science outside the school. The latter one is more important to girls than boys. Moreover, given that science education is closely related to students' ICT literacy, the positive effect from “leisure activities with ICT” need to be valued.

Key words: *science self-efficacy; ICT; PISA 2015; structural equation modeling*