

# 科学探究参与度对青少年科学学业成就 与态度影响的实证研究

——基于 PISA2015 新加坡数据的倾向性分析

占小红<sup>1</sup>, 马银坡<sup>2</sup>, 陈体标<sup>3</sup>

(1. 华东师范大学教育学部, 上海 200062; 2. 华东师范大学经济学院, 上海 200062)

[摘要] 利用 PISA2015 新加坡数据, 运用分层加权的倾向性分析方法有效控制样本选择偏差, 考察科学探究参与度对学生科学学业成就与科学态度的影响效应。研究发现, PISA 数据中人口统计信息、社会经济地位、学校特点、科学学习投入、科学课堂体验等因素对被试在各探究参与度水平的倾向有较强的解释力。同时, 匹配加权后的研究结果表明, 科学探究参与度对学生科学学业成就与科学态度具有显著影响, 并揭示了影响效应的复杂性。

[关键词] 科学探究参与度; 科学学业成就; 科学态度; 倾向性分析; PISA2015 新加坡

[中图分类号] G455 [文献标识码] A [文章编号] 1672-5905(2017)02-0092-09

DOI:10.13445/j.cnki.t.e.r.2017.02.015

## An Empirical Research on the Effects of Scientific Inquiry Engagement on Achievement and Attitude of Adolescents

——Propensity Score Analysis of PISA2015 Data of Singapore

ZHAN Xiao-hong<sup>1</sup>, MA Yin-po<sup>2</sup>, CHEN Ti-biao<sup>3</sup>

(1. Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062;

2. Institute of Economics, East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract:** Based on the PISA2015 data of Singapore, this paper evaluated the effects of scientific inquiry engagement on achievement and attitude. Sample selection bias was controlled by using propensity score analysis method performing within the marginal mean weighting through stratification. The study found that factors as social economic status, school characteristics, scientific learning input, science classroom experiences and so on made a strong explanation in the tendency of the inquiry engagement. The significant effects were identified on both cognitive and attitudinal outcomes, but also revealed the complexity of the effects.

**Key Words:** scientific inquiry engagement; scientific achievement; scientific attitude; propensity score analysis; PISA2015 Singapore

[收稿日期] 2017-02-20

[基金项目] 2016 年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“整合工程设计的初中科学课堂结构研究”(项目编号 16YJC880097) 阶段性成果。

[作者简介] 占小红(1979-)女,汉族,海南海口人,华东师范大学教育学部教师教育学院副教授,学科教育博士,研究方向科学课程与教学评价、教师教育发展研究。马银坡(1991-)男,汉族,河南郑州人,华东师范大学经济与管理学部经济学院硕士研究生,研究方向宏观经济学、国际经济学、劳动经济学。陈体标(1973-)男,汉族,浙江温州人,华东师范大学经济学院副教授,研究方向宏观经济、经济增长和产业结构等。

## 一、引言

国际学生评估项目 ( Programme for International Student Assessment ,简称 PISA ) ,是由经济合作与发展组织 ( OECD ) 领导的一项政策驱动的国际教育测试项目。它不仅测试 15 岁学生在即将结束义务教育阶段时的阅读、数学和科学能力 , 还通过问卷收集涵盖与学生学习背景、学习过程相关联的社会、经济、政策、家庭、学校、教师以及学生个体的多种环境因素信息 , 从而多角度、全过程、多层次地了解教育质量的特征和状况 , 在分析教育过程“实际发生了什么”的基础上 , 为探讨“因为什么而发生”、“怎么发生”的问题提供支撑。PISA2015 测试了大约 72 个国家和经济体共 540000 名 15 岁学生 , 与往年不同 , 时隔十年 , PISA 又一次将焦点投注于科学素养上。2016 年 12 月 OECD 公布了 PISA2015 测试的最新结果 , 新加坡无论是总分还是科学、阅读和数学分项均取得第一。测评结果告诉我们 , 新加坡表现十分突出 , 在科学学业成就、科学探究方法的认知、科学学习的动机水平 , 乃至对科学相关职业的期望 , 新加坡的测评结果都明显高于 OECD 的平均水平<sup>[1]</sup>。在新加坡每五个学生中就有一个能够解决最高级的科学问题 , 并且表现出像科学家一样的思维方式。因此 , 新加坡学校科学教育成为世界瞩目的焦点。

科学探究教学 ( Inquiry-oriented Science Teaching ) 是当前国际科学教学改革中被各国政府和科学教育界大力倡导的一种主流的科学教学方式。科学探究教学要求师生在教学中运用科学过程与方法做科学——做类似于科学家们在科学研究中所进行的那种真实的科学探究 , 由此“获取知识、领悟科学思想以及理解科学家们是如何研究自然界的”<sup>[2]</sup>。以这种方式进行的科学教育与科学素养三个层面的培养目标是相一致的 , 即学科学 ( learning science ) 、学习做科学 ( learning to do science ) 和理解科学 ( learning about science )<sup>[3]</sup>。对待科学探究教学 , 人们往往采取非此即彼的态度 , 要么是科学探究教学 , 要么是传统的授受式教学。实际上 , 科学探究教学既有基于不同哲学理念或教育思想的区别 , 并因此而呈现出不同的类型 , 同时探究水平上也存在很大差异。

根据国际科学教育界对科学探究教学理论与实践的长期研究 , 在区分科学探究水平的问题上 , 主要以学生自主参与科学探究过程的情况作为水平区分的依据 , 即“科学探究参与度”。具有不同科学探究参与度的科学探究教学活动对于学生科学学习的影响一直备受关注 , 近几年相继有研究利用 PISA 和 TIMSS 等大型评估项目的结果对科学探究与学生科学成就的关系进行考察 , 但存在明显的变量设计、混杂偏倚控制等研究方法问题 , 在一定程度上影响了研究结果的可靠性。为此 , 本文利用 PISA2015 新加坡的评估数据 , 应用当前在医学和经济学领域逐渐兴起的能有效控制混杂偏倚的倾向性分析方法 , 在完善相关变量设计的基础上 , 对科学探究参与度对学生科学学业成就与科学态度的影响效应进行实证考察 , 既可以透视新加坡学校科学教育教学活动的主要特征 , 又能为科学探究教学进一步的理论和实践探讨提供依据。

## 二、文献分析

随着基础教育改革的不断深入 , 人们的科学教育观念也发生了很大转变。科学教育的目的不再是为了把少数人培养成科学家 , 而是要把所有的学生都培养成具有科学素养的人。但要真正实现这一目标 , 就必须对现有的科学教育模式进行改革 , “科学探究”正是这种新型的科学教育模式的核心。

从 20 世纪下半叶开始 , 科学教育者呼吁学校教育提供“理解和应对生活的基础科学 , 以促进通用的个性和智力发展” , 学校科学的重要目的是发展学生 ( 和社会 ) 的科学素养 , 包括学生在科学情境中的质疑能力 , 参与科学探究 , 使用科学的思维习惯等 ( NRC , 2012 )<sup>[4]</sup> , 因此促进和实施以探究为导向的学校科学教育很快成为了焦点。有关科学探究教学对学生科学成就的影响研究也随之兴起 , 支持探究导向的研究较为一致地指出 , 科学探究教学比传统的以教材为基础的说教式授课更为有效。如美国国家科学教育标准 ( NRC , 2012 )<sup>[5]</sup> 明确强调探究在保障学生广泛而深入地进行“描述对象 , 提问问题 , 建立解释和利用已有科学知识进行解释”等活动中的核心作用 ; 英国教育标准局 ( Ofsted , 2011 ) 在一系列的研究报告

中也指出“学校科学课程有了明显改善,关键在于通过实践性的科学课堂和发展科学探究的技能促进了学生的参与、学习和进步”<sup>[6]</sup>。

随着新兴的教育教学理论的引入,科学探究教学方法不断发展演化,建构主义的教与学的方法对科学探究教学产生了深刻影响,科学探究教学更加强调在学习者的活动、个人知识构建中体现建构主义的原则,并将科学探究教学定义为“以学生为中心的,尽量减少教师逐步引导的学习经历”<sup>[7]</sup>。美国国家科学教育标准也指出探究教学“在科学教育中存在多种解释”,但是以学生中心的方式是明确清晰的(NRC 2012)<sup>[8]</sup>。学生的主体参与成为讨论科学探究教学分类及其教学效能的一个重要视角。由验证性探究、结构化探究、指导性探究和开放化探究等类型构成的科学探究教学系列[班齐(Banchi) 2008;萨利赫(Sadeh) 2009]<sup>[9][10]</sup>在诸多科学探究教学的实证研究中被广泛借鉴,研究普遍肯定教师提供关于学生积极思考、通过数据得出结论等方面指导的意义;其中,亚伯拉罕斯(Abrahams 2008)认为“教师提供学习支架更利于学生实践技能的学习”<sup>[11]</sup>;富尔塔克(Furtak, 2012)通过相关领域研究的元分析指出教师引导的探究比学生主导的课堂以及传统课堂在促进学生学习方面更有成效<sup>[12]</sup>。当然,也有一些研究结果表明探究教学或者不同学生参与度的探究教学与学生科学学业成就之间存在负相关。如卡希尔(Chall, 2000)的研究发现,与学生主导的学习过程比较,教师指导的探究教学产生更积极的影响<sup>[13]</sup>;沙疆(Shaljan, 2012)根据PISA数据分析发现,卡塔尔学生在经历探究教学之后,科学兴趣水平高于OECD平均水平,但科学成就却不及OECD的平均值<sup>[14]</sup>。

显而易见,探究教学对学生科学学习的影响是复杂的。冯江等人(Feng Jiang 2015)在刻画不同水平的科学探究基础上,基于PISA评估数据的二次分析对上述复杂关系作了验证性的探讨<sup>[15]</sup>。本研究借鉴冯江等人的研究工作,利用倾向性分析方法,选取PISA2015中表现最优异的新加坡的评估数据进行二次分析,旨在揭示科学探究教学与科学学业成就,尤其是与先前较少关注的科学态度的因果效应。

### 三、研究方法

倾向性分析法(propensity score method)是由Rosenbaum和Rubin于20世纪80年代提出的一个可在缺乏随机化处理分配的情况下,通过对实验组和对照组中特征相似个体的比较,进而对非随机化的研究数据进行分析 and 因果推断的创新性统计方法。本研究中,PISA评估项目被试的初始条件不完全相同,样本选择性偏差是客观存在的,在进行因果效应评估时必须考虑选择偏差。如果采用传统的OLS回归进行的统计控制并不是最佳的选择,而倾向性分析法可以有效解决干预分配不可忽略条件下的数据平衡问题,它将多个混杂变量综合为一个变量即倾向评分(P propensity Score, PS)通过平衡两对比组的倾向评分而有效地均衡混杂变量的分布,从而达到控制混杂偏倚的目的<sup>[16]</sup>。本研究采用倾向性分析法可以有效控制PISA抽样产生的混杂偏倚,从而更好地解释科学课堂中的科学探究参与度与学生科学学业成就及科学态度的因果效应。

倾向性分析法的实施过程分倾向值打分、匹配以及匹配后的分析三个步骤。研究者根据实际需要和以往文献研究等设置解释变量、被解释变量和混杂变量,构建logistic(或probit)回归模型,预测倾向值后选择合适的匹配方法,最后对因果效应进行评估<sup>[17]</sup>。本研究中,由于解释变量——科学探究参与度是一个有序变量,因此倾向得分估计采用有序logistic回归模型,而在样本匹配环节选取更为科学的匹配分层加权法。

### 四、变量设计

本研究涉及三组变量,分别是被解释变量——学生的科学学业成就和科学态度,解释变量——科学探究参与度,以及混杂变量——PISA数据中的人口统计信息、社会经济地位、学校特点、科学学习投入、科学课堂体验等。

(一)被解释变量——科学学业成就与科学态度

PISA测试学生科学素养主要关注科学认知能力和科学态度两个因素。有关变量设计说明如下:

#### 1. 科学学业成就

2013年3月,OECD发布了《PISA2015科学框架草案》(PISA 2015 Draft Science Framework)。在PISA2015测试框架中,科学素养被界定是作为一个有反思意识的公民能够参与讨论与科学有关的问题,提出科学见解的能力,并进一步解读为以下三种主要的科学能力:(1)科学地解释现象,即认识、提供和评价对一系列自然现象和技术产品的解释;(2)评价和设计科学探究,即科学地描述、评价科学研究,提供问题解决的方法;(3)科学地解释数据和证据,即分析评价数据和各种不同方式表示的参数,并能得出恰当的科学结论<sup>[18]</sup>。与PISA2006的能力标准相比较,要求不断提升,既要利用证据得出结论,又要学会解释有所偏差的数据和证据;既要识别可以研究的科学问题,又要能够自己设计和评价他人的科学探究活动。

PISA2015采用项目反应理论评估模型处理得到被试的科学、数学与阅读成绩,并且每个被试的科学、数学与阅读成绩均有10个合理值(plausible value)<sup>[19]</sup>。本研究采用被试的第1个合理值(PV1SCI)作为分析变量,而数学(PV1MATH)、阅读(PV1READ)成绩将被纳入混杂变量中。

## 2. 科学态度

在PISA2015科学素养测试中使用的科学态度结构主要参考了美国匹兹堡大学克洛普弗(LE. Klopfer, 1976)教授提出的科学教育情感领域结构,包括以下关于学生对科学的态度的三个维度:对科学的兴趣、评价科学探究方法的价值和环境意识<sup>[20]</sup>。由于“环境意识”与本研究的关联不大,因此未被纳入被解释变量之中。

PISA为了更好地了解被试的科学态度及其科学能力的发展情况,除了要求被试参与认知测试以外,还需要完成学生问卷。PISA2015学生问卷中包括被试的家庭、社会、文化背景以及一套广泛的情感变量(自我概念、自我效能感,享受科学,对科学的兴趣,科学评估,科学学习动机等等)。本研究中被试“科学兴趣”、“评价科学探究方法价值”两个变量的数据主要来源于学生问卷的调查结果。

### (1) 科学兴趣

根据PISA2015科学素养测试框架对“科学兴趣”的阐释(对科学以及有关科学的问题具有

好奇心;愿意使用各种资源和方法获得更多的科学知识和技能;对科学有持续的兴趣)<sup>[21]</sup>,找到学生问卷中与“科学兴趣”相关的问题为94、95、113、146题,并进一步确定其中具有直接关联的23个调查项目<sup>[22]</sup>,相关项目的内在一致性系数 $\alpha$ 为0.703。被试的23个调查项目结果的算数平均即为“科学兴趣”变量的数值。

### (2) 评价科学探究方法价值

“评价科学探究方法价值”是一种更高层次的要求,要求学生从本质上去理解科学探究过程,评价科学探究方法的价值,具体包括:愿意运用科学探究去研究科学问题,并保证在适当的时候使用科学方法进行探究;保证把证据作为物质世界解释的信仰基础;将批判的评价方式作为验证猜想正确性的方法<sup>[23]</sup>。根据上述内容规定分析学生问卷,确定了与“评价科学探究方法价值”相关的调查问题为129和131题,所涉及的调查项目共10个<sup>[24]</sup>,相关项目的内在一致性系数 $\alpha$ 为0.825。被试的10个调查项目结果的算数平均即为“评价科学探究方法价值”变量的数值。

## (二) 解释变量——科学探究参与度

教育活动中的科学探究可以存在多种形式,如何区分科学探究的形式或类型是一个热议的话题。舒尔曼(Shulman, 1973)根据科学探究四个基本环节(提出问题、设计探究、开展活动、形成结论)中教师和学生参与的情况定义了科学探究教学参与度的五个水平。具体而言,水平0中四个环节均由教师主导;水平1中仅有“开展活动”环节学生自主参与;水平2出现“开展活动”和“形成结论”两个学生自主环节;水平3仅有“提出问题”环节是由教师主导;水平4四个环节均由学生主导。可见,学生的自主性越强,教师干预越少,科学探究参与度越高;此外,该水平体系还反映了四个探究基本环节的重要性差异,其重要性按照“开展活动、形成结论、设计探究、提出问题”渐次降低(见表1)<sup>[25]</sup>。

为了确定被试的科学探究参与度,本研究重点分析了PISA2015学生问卷98题中有关被试参与科学课堂中各类教学活动频率的调查项目。98题的9个调查项目中与科学探究四个基本环节有关的共6项,其中项目1、2均对应“提出问题”环节,项目3对应“设计探究”环节,项目4对应“开

展活动”环节,项目 5、6 对应“形成结论”环节,具体见表 2<sup>[26]</sup>。

表 1 科学探究参与度水平划分与基本环节的关系

水平	提出问题	设计探究	开展活动	形成结论
水平 0	T	T	T	T
水平 1	T	T	S	T
水平 2	T	T	S	S
水平 3	T	S	S	S
水平 4	S	S	S	S

注:T 代表教师主导,S 代表学生自主。

被试在四个探究环节中的参与度由所对应调查项目的结果来刻画。需要指出的是,其中“提出问题”和“形成结论”环节的结果分别是项目 1、2 和项目 5、6 结果的算术平均,其他环节的结果为其所对应项目的选择结果,由此得到了每一位被试四个探究环节的参与度分值。再在 Shulman 等定义的科学探究五水平(表 1)基础上,依据四环节参与度分值构建了新的科学探究五水平体系(表 3),并以此为依据,水平 0-4 依次赋值“0-4”,以确定被试科学探究参与度变量的数值。

表 2 PISA2015 学生问卷中与四个探究环节参与情况对应的调查问题及项目

题目	项目	内容	探究环节	选项及赋值
ST098 在学校学习科学时,以下活动发生的频率如何?	1. ST098Q10NA	要求学生通过探究证明自己的想法。	提出问题	四选项“每节课都有、大多数课有、有些课有、几乎没有”依次标记“1-4”分。
	2. ST098Q03NA	要求学生探讨科学问题。	设计探究	
	3. ST098Q07TA	允许学生自己设计实验。	开展活动	
	4. ST098Q02TA	学生花时间在实验室动手做实验。	形成结论	
	5. ST098Q05TA	要求学生从已完成的实验中得出结论。		
	6. ST098Q08NA	课堂上组织关于探究活动的辩论。		

表 3 科学探究五水平及其各环节对应的分值

水平及赋值	提出问题	设计探究	开展活动	形成结论
水平 0 0 分	≥3	≥3	≥3	≥3
水平 1 1 分	<3	≥3	≥3	≥3
	≥3	<3	≥3	≥3
	≥3	≥3	≥3	<3
	≥3	≥3	<3	≥3
水平 2 2 分	<3	<3	≥3	≥3
	<3	≥3	≥3	<3
	≥3	<3	≥3	<3
	<3	≥3	<3	≥3
	≥3	<3	<3	≥3
	≥3	≥3	<3	<3
水平 3 3 分	<3	<3	≥3	<3
	<3	<3	<3	≥3
	<3	≥3	<3	<3
	≥3	<3	<3	<3
水平 4 4 分	<3	<3	<3	<3

注:表中水平 1、水平 2、水平 3 中自主探究环节依次从 1 个增加到 3 个,这些水平中的自主环节有多种组合。

### (三) 混杂变量

混杂变量的选择是倾向性分析的关键。一般情况下,混杂变量的选择主要依据相关领域理论和实证研究的结果,而不是通过考察当前所掌握数据的相关性。本研究参考法恩(Fan, 2011)<sup>[27]</sup>

对 PISA 学生问卷的研究选取了 26 个变量,包括 12 个分类变量(如年龄、性别、科学学习时间、有资质科学教师比例等)和 14 个连续变量(如家庭教育资源、家庭财富、教育资源质量、数学成绩、阅

读成绩等)<sup>[28]</sup>,并进行有序 logistic 回归分析以确定被试在混杂变量条件下在不同探究参与度水平的分布概率。

## 五、结果与讨论

### (一) 估计倾向得分及匹配分层

PISA2015 新加坡被试共 6116 名,由于变量数据缺失或不符合要求等原因最终确定研究被试为 5696 名。我们采用有序 logistic 回归模型估计

了每一位被试在既定的混杂变量条件下,接受五个科学探究参与度水平的预测概率,即获得5个倾向得分。数据表明 logistic 回归结果拟合较好 (Wald  $\chi^2 = 1489.75$ ,  $p = 0.000$ , Pseudo  $R^2 = 0.1328$ ) 通过了 ROC 检验,表示我们选择的混杂变量对被试在各探究参与度水平的倾向有较强的解释力。

基于估计的倾向得分我们来进一步匹配五个科学探究参与度水平的被试。图 1(a) - (e) 依次

表示水平 0 至水平 4 的共同支持域 (common support region), 两条红线分别标示上下界 (upper/lower bound), 倾向得分在界外的被试将被排除; 图中还呈现了与 5 个不同探究水平被试相对应的倾向得分个体在共同支持域中的分布比例, 据此我们形成匹配后的各科学探究参与度水平的样本, 可以用来做处理效应分析, 共计 5687 人 (见表 4)。

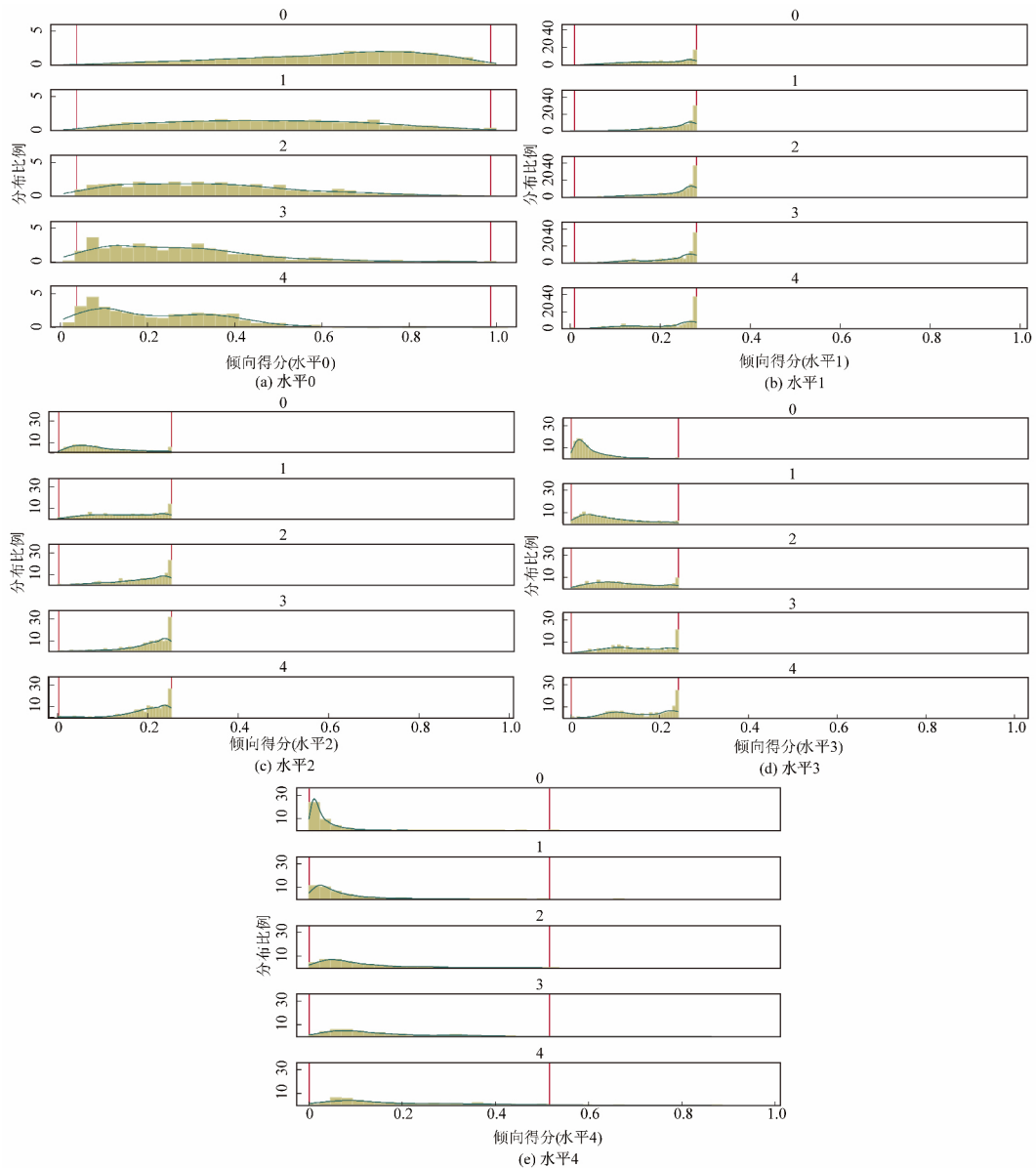


图 1 五个科学探究参与度水平的共同支持域图示

在匹配之后,基于倾向得分进行分层并进行层内比较和整体样本分析是常见的分析策略。我

们按照倾向得分升序排列样本,使用估计的倾向得分的六分位刻度将样本分为 6 个层。在分层基

基础上,计算各探究参与度水平中每个分层的边际权重 MMW-S<sup>[29]</sup> 作为样本权重(见表 4),这为后

续分析中进一步平衡样本差异,科学准确地估计科学探究参与度的影响效应奠定基础。

表 4 五个科学探究参与度水平中各分层的 MMW-S 权重及样本数量

分层	水平 0		水平 1		水平 2		水平 3		水平 4	
	N	权重	N	权重	N	权重	N	权重	N	权重
1	659	1.379862	110	0.5733136	55	0.427387	45	0.57559	79	1.102132
2	577	1.208165	154	0.8026391	86	0.668277	65	0.831408	66	0.920769
3	533	1.116034	187	0.9746332	115	0.893627	63	0.805826	50	0.697552
4	424	0.887802	241	1.2560781	145	1.126747	86	1.100017	52	0.725454
5	348	0.728668	240	1.2508662	184	1.429802	100	1.27909	76	1.060279
6	324	0.679131	219	1.1426207	187	1.454649	110	1.408484	107	1.494338
总计	2865		1151		772		469		430	

### (二) 匹配平衡性检验

我们采用比较加权前后五个科学探究参与度水平组的倾向得分分布的组间差异的方式,检验

样本平衡是否实现。通过单因素方差分析的结果表明,加权前后 F 值明显减小,组间差异得到了有效控制(见表 5)。

表 5 加权前后倾向得分的组间差异分析结果

接受不同探究参与度水平的倾向(倾向得分)	加权前		加权后	
	F	Prob	F	Prob
水平 0	647.51	<0.01	0.35	0.8420
水平 1	106.86	<0.01	5.57	0.0002
水平 2	563.19	<0.01	0.23	0.9202
水平 3	644.78	<0.01	1.70	0.1468
水平 4	526.05	<0.01	8.71	0.0000

### (三) 匹配后的因果效应分析

通过单因素方差分析,考察科学探究参与度对学生科学学业成就和科学态度的影响,结果表明,科学探究参与度水平对学生科学学业成就、科学兴趣以及评价科学探究方法价值具有显著影响(见表 6)。

进一步考察不同科学探究参与度水平的学生科学学业成就、科学兴趣以及评价科学探究方法价值的变化特征。可以发现,科学学业成绩按照探究参与度水平“43021”依次增大,在探究参与

度为水平 1、水平 2 时科学学业成就较高,其中水平 1(涉及 1 个学生自主探究环节)时学业成就达到最大值,水平 4 时最低[图 2(a)]。科学兴趣则按照探究参与度水平“04123”依次增大,整体上呈现随着参与度水平升高而增大的趋势,其中在探究参与度为水平 3 时达最大值,但水平 4 时科学兴趣陡降[图 2(b)]。相应地,评价科学探究方法价值变量按照探究参与度水平“34012”依次增大,在探究参与度为水平 2 时达最大值,而水平 3 时最低[图 2(c)]。

表 6 科学探究参与度对科学学业成就和科学态度的影响

变量	水平 0		水平 1		水平 2		水平 2		水平 4		F	R <sup>2</sup>
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD		
科学学业成就												
加权前	547.33	94.64	569.97	93.85	572.68	89.56	568.04	100.89	513.79	106.99	40.72	.0278
加权后	551.65	95.43	569.86	93.91	560.07	92.81	545.31	110.78	534.39	105.41	14.18*	.0099
科学兴趣												
加权前	2.31	.47	2.44	.45	2.54	.49	2.64	.50	2.59	.59	86.63	.0574
加权后	2.37	.47	2.43	.45	2.47	.50	2.51	.66	2.38	.64	12.75*	.0089
评价科学探究方法价值												
加权前	3.17	.61	3.29	.57	3.33	.57	3.28	.69	3.14	.77	17.85*	0.0124
加权后	3.21	.63	3.29	.57	3.30	.57	3.02	.93	3.19	.86	18.56*	0.0129

\*  $P < 0.01$

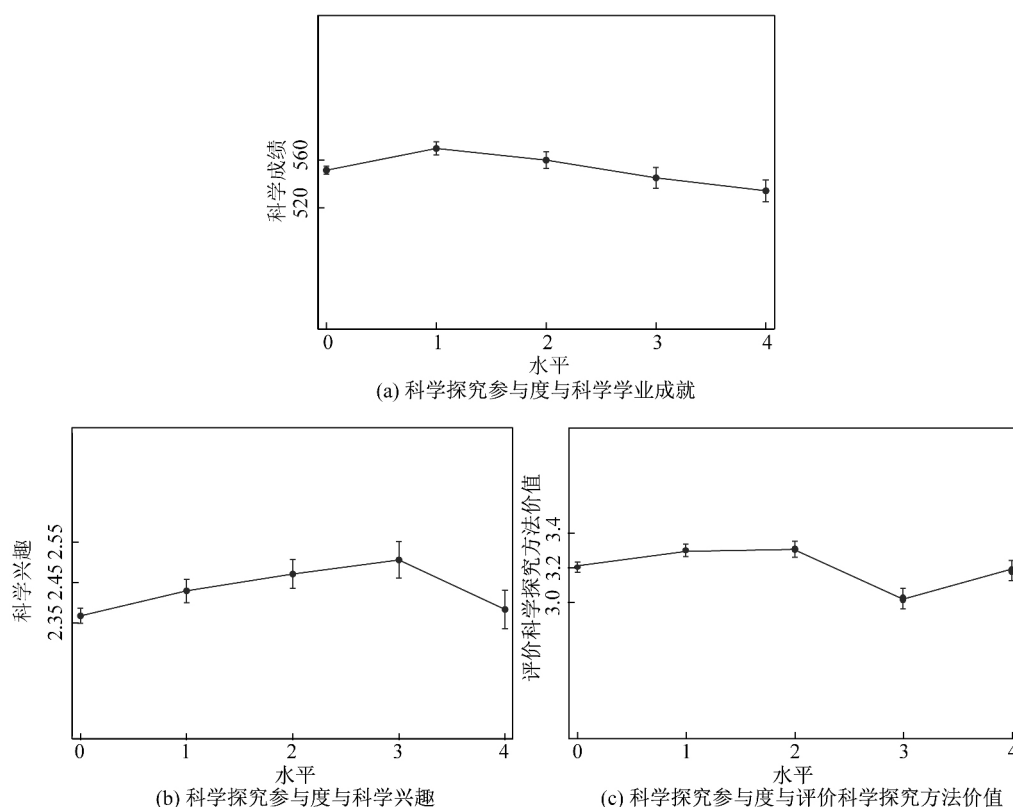


图 2 科学探究参与度对学生科学学业成就和科学态度的影响

## 六、结论与启示

本研究利用 PISA2015 的新加坡数据,采用倾向性分析法考察了科学探究参与度对学生科学学业成就与科学态度的影响。研究发现,我们选取的 PISA 数据中人口统计信息、社会经济地位、学校特点、科学学习投入、科学课堂体验等因素对被试在各探究参与度水平的倾向有较强的解释力。

匹配的分析结果证实了科学探究参与度对学生科学学业成就与科学态度具有显著影响。同时,也揭示了科学探究参与度对科学学业成就与科学态度的影响是复杂的。首先,并非科学探究参与度越高学生的科学学业成就越高,这与先前的研究结果<sup>[30][31]</sup>具有一致性。本研究中探究参与度为水平 1、水平 2 时学业成就较高,这两个水平依次涉及 1 和 2 个学生自主探究环节,尤其关注“开展活动”、“形成结论”环节的学生自主性,鼓励学生充分体验科学探究实践过程,并在证据和经历的基础之上自主建构结论和看法,从而保证了学生深刻理解科学知识与发展科学思维能力。其次,在科学态度维度上,有关科学兴趣的分

析结果表明,随着学生在科学探究活动中自主参与程度提高,科学兴趣增强,可见学生自主探究有利于激发学生探索科学世界的兴趣,但探究参与度水平 4 时科学兴趣明显下降,也说明完全地自主易导致活动开展受挫而影响科学探究的积极性。再次,对于“评价科学探究方法价值”,在探究参与度为水平 3、水平 4 和水平 0 时较低,表明教师主导和学生的开放化探究都不利于学生较好地认识科学方法的意义及应用,而适度的教师引领和示范下的学生自主能帮助学生较好地体验“做科学”的过程和“理解科学”。综合而言,简单地褒贬不同科学教学方式和盲目推崇科学探究教学的开放化会对科学课堂教学产生消极影响。鉴于科学探究参与度对科学学业成就与科学态度影响的复杂性,需要针对学生群体、教学内容以及教学目标的特殊性合理设计和组织科学探究教学活动。在初中阶段,应考虑学生的认知水平和科学探究技能水平,采用教师引导下的学生探究为宜。

本研究以 PISA2015 新加坡数据为依据,研究结果也勾勒了新加坡科学探究教学及学生科学学业成就与科学态度的图景。新加坡科学课堂中的



探究教学活动强调教师的指导作用,以低水平探究(结构化探究<sup>[32]</sup>)为主,水平 0、水平 1 和水平 2 的占比达 84.2%。课堂上一般都有教师耐心的解释、课堂辩论和学生的质疑过程,使学生能从结构清晰、信息量极大的科学课堂中受益。也正因为如此,新加坡的科学课堂学习很有效率,这使学生能够均衡地养成学术、社交和情感的各方面的技能。显然,上述研究结果为我们认识新加坡科学教育的特点提供了重要的参考,也为反观本土科学教育的发展奠定了基础。

最后需要指出,虽然本研究参考已有研究选择了一系列的混杂变量以控制样本选择的偏倚,但为了提高因果效应分析的可靠性,我们需要进一步考察被解释变量与解释变量的属性特征,提高对一些未能直接观察的混杂变量的关注度。

#### [参考文献]

- [1][19] OECD. PISA 2015 Results in Focus [EB/OL]. <http://www.oecd.org/pisa.pdf>. 2016-12-06.
- [2][3] 丁邦平. 探究式科学教学:类型与特征[J]. 教育研究, 2010,(10):81-85.
- [4][5][8] National Research Council. National Science Education Standards [S]. Washington, DC: National Academy Press, 2012:45, 74, 83.
- [6][7][13] Andrew M. Inquiry, Engagement, and Literacy in Science: A Retrospective, Cross-National Analysis Using PISA 2006. *Science Education*, 2014, 98(6): 963-980.
- [9][32] Banchi, H., & Bell, R. The many levels of inquiry. *Science and Children*, 2008, 46(2):26-29.
- [10] Sadeh J., & Zion, M. The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 2009, 46(10):1137-1160.
- [11] Abrahams, I., & Millar, R. Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 2008, 30(14):1945-1969.
- [12][30] Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching. A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 2012, 82(3):300-329.
- [14][31] Areepattamannil, S. Effects of inquiry-based science instruction on science achievement and interest in science: Evidence from Qatar. *The Journal of Educational Research*, 2012, 105(2):134-146.
- [15][25][27][29] Feng Jiang & William F. M. The Effects of Inquiry Teaching on Student Science Achievement and Attitudes: Evidence from Propensity Score Analysis of PISA Data. *International Journal of Science Education*, 2015, 37(3):554-576.
- [16][17] 郭申阳, 马克. W. 弗雷泽著. 郭志刚, 巫锡炜译. 倾向值分析:统计方法与应用[M]. 重庆:重庆大学出版社, 2012. 37.
- [18][20][21][23] OECD. PISA 2015 Draft Science Framework [EB/OL]. <http://www.oecd.org/pisa/pisa-products/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20>. 2014-03-10.
- [22][24][26][28] OECD. PISA 2015 Background Questionnaires [EB/OL]. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-en>. 2016-09-19.

(本文责任编辑:王 俭)