

非传统科学课程教学模式对学生科学成绩的影响

——近二十年实验研究的元分析

张宗芳¹, 董艳², 杨洋^{3*}

¹青岛大学, 师范学院, 山东 青岛

²北京师范大学, 教育学部教育技术学院, 北京

³北京师范大学, 人文和社会科学高等研究院教育科技中心, 广东 珠海

收稿日期: 2021年11月20日; 录用日期: 2021年12月16日; 发布日期: 2021年12月23日

摘要

非传统的科学课程教学模式, 包括5E教学模式、HPS教学模式、基于项目的学习教学模式和基于问题的学习教学模式, 对我国学生科学成绩的影响究竟是怎样的? 这一问题值得深入探究。本研究对过去二十年科学课程教学模式效果的实验研究进行了元分析(符合筛选标准的研究45篇, 包含4743名被试), 研究发现: 1) 纳入研究合并效应量ES = 0.48, 表明这四种非传统科学课程教学模式对学生的科学成绩产生了中等程度的正向影响; 2) 在学段学科方面, 非传统科学课程教学模式对高中生科学成绩的影响大于其对初中生的影响; 不同学科的教学效果差异小; 3) 研究主要集中在高中学段以及生物和化学学科。基于研究发现, 我们提出以下建议: 1) 增加教学模式有效性的实证研究; 2) 加强对小学科学和物理工程学科的研究投入; 3) 推进合理的教学模式在科学课程教学中的应用; 4) 倡导教育领域的文献合成研究, 促进基于证据的政策制定。

关键词

5E教学模式, HPS教学模式, 基于项目的学习教学模式, 基于问题的学习教学模式, 科学成绩, 元分析

The Effects of Non-Traditional Science Instruction on Students' Science Achievement

—A Meta-Analysis of Experimental Studies from the Past 20 Years

Zongfang Zhang¹, Yan Dong², Yang Yang^{3*}

*通讯作者。

¹Teachers College of Qingdao University, Qingdao Shandong

²School of Educational Technology, Faculty of Education, Beijing Normal University, Beijing

³Center of Educational Technology, Institute of Advanced Studies in Humanities and Social Sciences, Beijing Normal University, Zhuhai Guangdong

Received: Nov. 20th, 2021; accepted: Dec. 16th, 2021; published: Dec. 23rd, 2021

Abstract

Different from traditional science instruction, how did 5E, HPS, project-based learning and problem-based learning affect Chinese students' science achievement was worth thorough examination. The current study applied meta-analysis to synthesize the effect size of aforementioned instruction modes on students' science achievement from experimental studies in the past 20 years in China. We found: 1) the overall effect size of the four instruction modes was 0.48, indicating the above instruction modes had medium and positive influence on students' science achievement; 2) the effects of these instruction modes were stronger for high school students compared with middle school students, and the difference of effects among science subjects was tiny; 3) studies focused on high school students and science subjects in terms of chemistry and biology. Based on the findings, suggestions included: 1) increase the number of empirical studies to verify the effects of the four instruction modes; 2) increase the studies towards physics and engineering; 3) promote the implication of such instruction modes in science education; and 4) advocate systematic reviews in educational policy making.

Keywords

5E Teaching Mode, HPS Teaching Mode, Project-Based Learning, Problem-Based Learning, Science Achievement, Meta-Analysis

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

科学教育是培养公民科学素质, 提高社会科技创新能力的重要途径[1]。我国的科学教育贯穿中小学各个阶段, 包括小学科学, 初、高中的物理、化学、生物课程。教育部编制的《义务教育小学科学课程标准(2017年)》提出科学教育是立德树人工作的重要组成部分, 是提升全民科学素质、建设创新型国家的基础[2]。2017版普通高中物理、化学、生物课程标准明确指出高中科学类课程是落实立德树人根本任务、发展素质教育、弘扬科学精神、提升学生核心素养的重要载体[3][4][5]。相较之前的2003年版高中科学课程(物理、化学、生物)标准, 2017年版课程标准突出了核心素养的理念, 将核心素养的理念融入课程、教学与评价之中[6]。与2001版《小学科学课程标准(实验稿)》相比, 2017年版的《小学科学课程标准》在学段上加入一、二年级科学学习; 在内容上增加了技术与工程; 在课程目标上加了入科学、技术、社会与环境; 在课程实施上提出了大概念教学。由此可见, 中小学科学教育越来越受到重视[7]。

科学教育功能的实现要落脚到科学课程的课堂教学实践, 而课堂教学实践离不开教学模式的指引。

教学模式是一定教育思想指导下,为完成规定的教学目标和内容,对构成教学的诸要素所设计的比较稳定的简化组合方式及其活动程序[8]。目前,科学课程的创新教学模式主要包括 5E 教学模式([Engagement]参与、[Exploration]探索、[Explanation]解释、[Elaboration]迁移、[Evaluation]评价),科学历史、哲学与社会(History, Philosophy and Sociology of Science [HPS])教学模式,基于项目的学习(Project-based Learning, [PBL])教学模式和基于问题的学习(Problem-based Learning, [PBL])教学模式。这四种教学模式均以人本主义和建构主义教学理论为基础,强调教学过程的情境性,师生的双向互动性,以及学生的在学习过程中的中心地位。5E 教学模式主要侧重对概念的理解和辨别,HPS 教学模式主要侧重科学和历史、哲学和社会的关系,基于项目的学习教学模式主要侧重对一个具体的项目的探究和实施,而基于问题的学习教学模式主要侧重对问题的探究和解决。研究普遍认为这些教学模式,能够提高学生的学习兴趣、自主学习能力、沟通表达能力、合作学习能力和问题解决能力等[9] [10] [11] [12]。

科学成绩作为学生科学素养的重要组成部分,一直以来都备受关注。研究教学模式与提升学生科学成绩之间的关系同时具有理论和实践意义。首先,此类研究可以检验科学课程教学模式的实际教学效果,并促进科学课程教学模式理论的完善和发展;其次,可以通过研究了解教学实践主体,如一线教师与学生,对教学模式的认识,促进教学主体水平的提升[13]。与传统的思辨式教育研究不同,实证研究坚持以确凿的事实和证据为基础,努力获得对事物特征和变化的“度”的把握,而非笼统的、模糊的经验性判断或主观看法,并且研究结果可检验[14]。因此,科学课程教学模式与学生科学成绩的实证研究具有更高的价值。我国近二十年开始出现科学课程教学模式与教学效果的实证研究,且研究数量逐年增多,从 2004 年的年均发文量 4 篇增长到 2019 年的 83 篇。随着实证研究数量的不断积累,需要对过去的研究结果进行系统性的梳理、分析与总结。

系统综述(Systematic Literature Review)属于二次研究,在复习、分析、整理和综合原始文献的基础上进行[15]。对科学课程教学模式的实证研究进行筛选,结合筛选的文献开展系统性文献综述。系统性文献综述可以摆脱传统的描述性文献研究所带来的主观偏见,提高综述的客观性;此外,系统性文献综述在选择文献、抽取数据和分析整合数据中具有清晰明确的标准,提升了综述的系统性和标准性。我国关于课程教学模式的综述性研究很少,而系统性综述研究数量极少。以上述四种课程教学模式为例,近二十年的综述性研究只有 12 篇(5 篇来自核心期刊,7 篇来自普通期刊)。其中 9 篇采用了描述性综述的方法,1 篇使用文献计量法对文献的收录时间、来源机构、被引频次、研究领域等基础性信息进行了分析,2 篇使用了元分析方法分别对基于项目的学习和基于问题的学习教学效果进行探究。研究内容主要包括教学模式的起源、研究现状、实施步骤、问题挑战等。

基于上述情况,本研究通过对近二十年科学课程教学模式的实证研究的元分析,客观总结,比较与呈现这些教学模式下的学生科学成绩。能够比较全面、规范、准确的呈现研究结果,揭示科学课程教学模式和学生科学成绩之间的关系,为其他研究者后续的研究提供参考建议。引导本研究的具体研究问题如下:

与传统科学课程教学模式相比,采用上述教学模式是否会提升学生的科学成绩?

2. 研究方法

本研究采用元分析(Meta-analysis),对近二十年(2000~2019)我国科学课程教学模式的实证研究进行总结与分析。元分析是系统综述中的定量方法,也称为 meta 分析、荟萃分析、整合分析,是以综合已有的发现为目的,对单个研究结果进行综合的统计学分析方法。Glass 最早提出使用“效应量(Effect Size, [ES])”作为元分析的基本单位,使不同研究之间具有可比性。效应量有不同的形式,常用的指标有标准化平均差、相关系数、回归系数等[16]。元分析的操作流程一般可以分为以下几个步骤:1) 文献检索 2) 文献编码 3) 构建分析数据集 4) 统计分析。

2.1. 文献检索与筛选标准

本研究的文献来源为“中国知网 CNKI”数据库，第一轮文献检索的关键词包括“5E 教学模式”、“HPS 教学模式”、“基于项目的学习教学模式”和“基于项目的学习教学模式”及其同义表述。对检索出的文献进行筛选的标准如下：

- 1) 发表日期为 2000 年 1 月 1 日至 2019 年 12 月 31 日；
- 2) 论文来自核心期刊，C 刊，以及硕博学位论文；
- 3) 论文属于教育领域；
- 4) 研究对象是从小学到高中(6~18)的学生；
- 5) 依据上述四种科学课程教学模式设计并实施课程；
- 6) 研究包括教学模式与科学成绩，并且提供了计算效应值的数据；
- 7) 使用了规范的(准)实验设计(即包括实验组和对照组的前后测设计，且实验组和对照组前测无显著差异)。

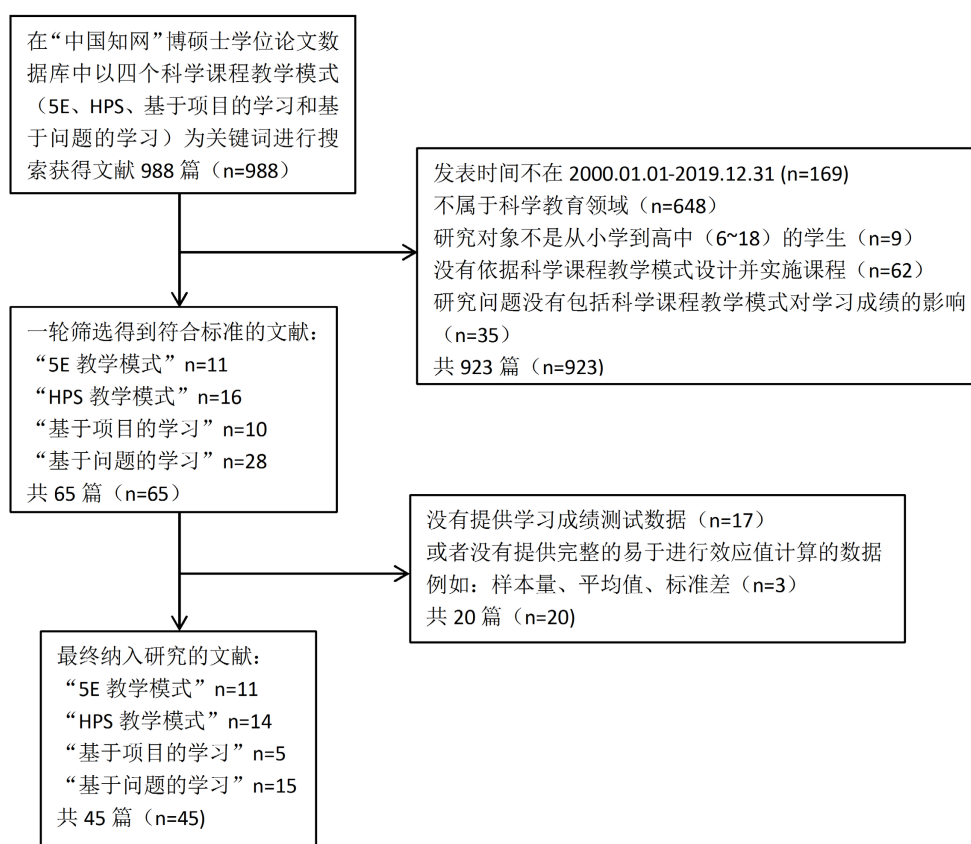


Figure 1. Article screening flow chart
图 1. 文献筛选流程图

由于满足筛选条件的期刊文献只有两篇(基于问题学习的教学模式对五年级科学成绩的影响, $ES = 4.87$ [17]; 基于问题学习的教学模式对高二物理成绩的影响, $ES = 0.67$ [18]), 因此元分析的主要研究对象成为博硕士学位论文, 上述两篇文献未包括在内, 具体筛选过程见图 1。首先, 在“中国知网”博硕士学位论文数据库以四个科学课程教学模式作为关键词(及同义词)进行搜索共得到 988 篇论文, 通过阅读

论文题目、摘要和简略阅读论文内容，按照筛选标准进行第一轮筛选，排除 923 篇论文；然后通过对照筛选出来的 65 篇论文的精读，排除没有提供数据和提供数据不完整的共 20 篇，最终得到 45 篇论文[19]-[63]。这 45 篇学位论文均为硕士论文，其中关于 5E 教学模式 11 篇[19]-[29]，HPS 教学模式的 14 篇[30]-[43]，基于项目的学习教学模式 5 篇[44] [45] [46] [47] [48]，基于问题的学习教学模式 15 篇[49]-[63]。

2.2. 文献编码、数据提取与数据集建构

接下来，对符合条件的 45 篇论文的内容进行编码。编码包括文献作者、发表年份、样本量、学段、学科和教学效果。其中样本量指参与实验研究的实验班和对照班的学生数；学段指参与研究的学习者的年级学段，包括“小学、初中、高中(年级)”；学科是指科学课程教学模式的应用情境，包括“小学科学、(初高中)物理、化学、生物”；教学效果特指实验组和对照组学生在后测时的科学测试成绩。编码完成后，在论文中提取与编码对应的数据。本研究的编码与数据校对由两位研究人员共同完成。首先由一位研究者进行独立编码和数据提取；完成后由另一位研究者逐一对编码与数据核查校对。其中不一致的编码与数据由两位研究人员共同商量后进行检查和纠正，以确保数据的客观性与准确性。同时本研究利用 Excel 2010 进行前期的文献管理和文献特征编码供 Revman5.3 软件使用。

2.3. 统计分析 - 效应量计算

本研究使用实验组与对照组成绩的标准化均差(Standardized Mean Difference, [SMD])，即效应量(Cohen's d)，作为衡量教学效果的指标。标准化均差的计算公式(Revman 分析软件)为：

$$SMD = \frac{MD}{SD_{pooled}}$$

$$MD = M_E - M_C$$

$$SD_{pooled} = \sqrt{\frac{SD_E^2 + SD_C^2}{2}}$$

其中 M_E 是指实验班的成绩平均值， M_C 是指对照班的成绩平均值。 SD_E 是指实验班成绩的标准差， SD_C 是指对照班成绩的标准差。

Cohen 的 d 有两种解释。一是实验组均值位于控制组的相对位置(百分等级)，二是两组分布不重叠的程度。本文采用科恩(Cohen)等研究者的效应量分类： $0 \leq$ 效应值 ≤ 0.20 ，代表低水平效应量，影响较小； $0.20 <$ 效应值 ≤ 0.50 ，代表中等水平效应量，中度影响； $0.50 <$ 效应值 ≤ 0.8 ，代表高水平效应量，有较强影响；效应值 > 0.80 ，代表有很强的影响[64]。本研究中科恩的效应量分类对结果进行解释。

2.4. 数据分析方式

本研究采用 RevMan5.3 软件对提取的文献数据进行统计分析。该软件的主要功能是对录入的数据进行元分析并用元分析可视化将分析结果以图表的形式呈现[65]。本研究使用 RevMan5.3 软件得到森林图(forest plot)和漏斗图(funnel plot)、并进行异质性检验、出版偏倚检测。森林图的绘制是以实验组和对照组的标准化均差(Standardized Mean Difference, [SMD])统计指标的数值运算结果为基础，在平面直角坐标系中，以一条垂直的无效线(横坐标刻度为 1 或 0)为中心，用平行于横轴的多条横向线段描述被纳入研究的效应量和可信区间(95%CI)，用一个棱形(或其他图形)描述多个研究合并的总效应及可信区间[66]。异质性检验 I^2 反映异质性部分在效应量总的变异中所占的比重，异质性的低、中、高程度分别用 25%、50%、75% 表示[67]。元分析有两种效应模型可以选择，分别是随机效应模型(Random Effect Model)和固定效应模型(Fixed Effect Model)，当异质性系数 $I^2 > 50\%$ 时，通常选择随机效应模型，反之则选择固定效

应模型。

漏斗图是用来识别和控制 Meta 分析中最常见的偏倚“发表偏倚(publication bias)”的一种方法。偏倚是指在资料收集、分析、解释和发表时任何可能导致结论系统地偏离真实结果的情况[68]。因为通常来说有统计学意义的研究结果比无统计学意义的研究更容易投稿和被发表[69]。发表偏倚意味着元分析的样本缺乏代表性,特别是缺乏结果不显著的原始研究,如果研究对象是未发表的学位论文,也会影响元分析结果的可靠性[70]。尽管硕士学位论文不存在发表问题,但是也存在类似的有统计意义的结果更容易通过答辩的可能,因此,对硕士学位论文进行偏倚分析是必要的。本研究采用标准化均数差的标准误差与标准化均数差(SMD)绘制漏斗图。通常小样本研究所估计的效应量变异程度较大,因而其效应量点估计分散在漏斗图的底部;随着样本含量的增加,大样本研究所估计的效应量的变异程度逐渐降低,因而其效应量点估计逐渐趋于密集在一个较窄的范围内[71]。理论上讲若被纳入的各独立研究无发表偏倚,漏斗图上的点是围绕各独立研究效应点估计真实值对称地散开分布的,即图形呈现倒置对称的漏斗形;若漏斗图不对称或不完整,则可能存在发表偏倚[72]。

3. 研究结果

3.1. 描述性统计结果

在 988 篇文献中,属于科学课程教学模式领域的研究有 182 篇,其中有 174 篇文献属于科学课程教学模式的实证研究,占比 94.5%。在 174 篇实证研究中,有 138 篇研究使用了实验设计,占比 79.3%;其余 36 篇(21.7%)研究选择了文本分析法,行动研究等其他研究方法。本研究选择的 45 篇文献关注学生的科学测试成绩,其它文献还关注了科学本质观、探究能力、图像信息处理能力等教学效果。

在学段方面,45 篇研究中有 34 篇关注的学段为高中,占比 75.6%;9 篇关注的学段为初中,占比 20%;2 篇关注小学,占比 4.44%。在学科方面,21 篇研究的科目是生物,占比 46.7%,16 篇研究的科目为化学,占比 35.6%,6 篇研究的科目为物理,占比 13.3%,2 篇研究科目为小学科学,占比 4.4%。教学内容涉及领域广泛,包括生物学领域的遗传与进化、分子和细胞等内容,例如《DNA 是主要的遗传物质》;化学领域的金属、元素和物质反应等内容,例如《苯》;物理领域的物体导电性和力学等内容,例如《浮力》;小学科学领域则以一些简单的科学现象为教学内容,例如《点亮小灯泡》。高中课程内容覆盖了物理、化学、生物领域课程的大部分内容,而小学和初中只涉及了一小部分。

研究者均使用便利取样的方法选择对照班和实验班,研究工具多为测试题,如研究者自编的测试卷或者为月考、期中、期末考试试卷。数据分析的内容包括数据正态性检验,独立样本 t 检验,配对样本 t 检验,非参数检验等方法。

3.2. 效应量分布

四种教学模式及合并后总的教学效果的元分析结果见表 1。其中 5E、HPS、基于项目和基于问题的教学模式的教学效果效应量显著,平均效应量分别为 0.47 (SMD = 0.47, 95%CI = [0.35, 0.59]), 0.51 (SMD = 0.51, 95%CI = [0.40, 0.61]), 0.52 (SMD = 0.52, 95%CI = [0.34, 0.71]), 0.44 (SMD = 0.44, 95%CI = [0.34, 0.54])这说明总体来说,使用上述四种教学模式对提升学生学习成绩具有中等程度的效果。由于四种教学模式的效果的效应量差异不大,在下面的分析中使用合并分析。合并后,45 篇文献的异质性系数 $I^2 = 31%$,样本异质性较小,采用固定效应模型。

森林图展示了全部研究的效应量分布(如图 2 所示),绝大多数研究的效应量的 95%置信区间落在无效线(ES = 0)右侧,且分布范围较广,表明教学模式能够提升学生科学成绩的研究占据主导地位,仅有 12 篇(26.7%)研究的教学效果效应量在 95%置信区间中存在小于 0 的部分。

Table 1. The Differences in the Influence of the science instruction modes on students' science achievement
表 1. 科学课程教学模式对学生学习成绩的影响差异

教学模式	研究数量	效应量 (SMD)	95%置信区间		异质性 I ²	Z	效应量显著性
			上限	下限			
5E	12	0.47	0.35	0.59	17%	7.89	<i>p</i> < 0.001
HPS	14	0.51	0.40	0.61	58%	9.41	<i>p</i> < 0.001
基于项目的学习	5	0.52	0.34	0.71	0%	5.59	<i>p</i> < 0.001
基于问题的学习	15	0.44	0.34	0.54	26%	8.63	<i>p</i> < 0.001
总计	46	0.48	0.42	0.54	31%	15.99	<i>p</i> < 0.001

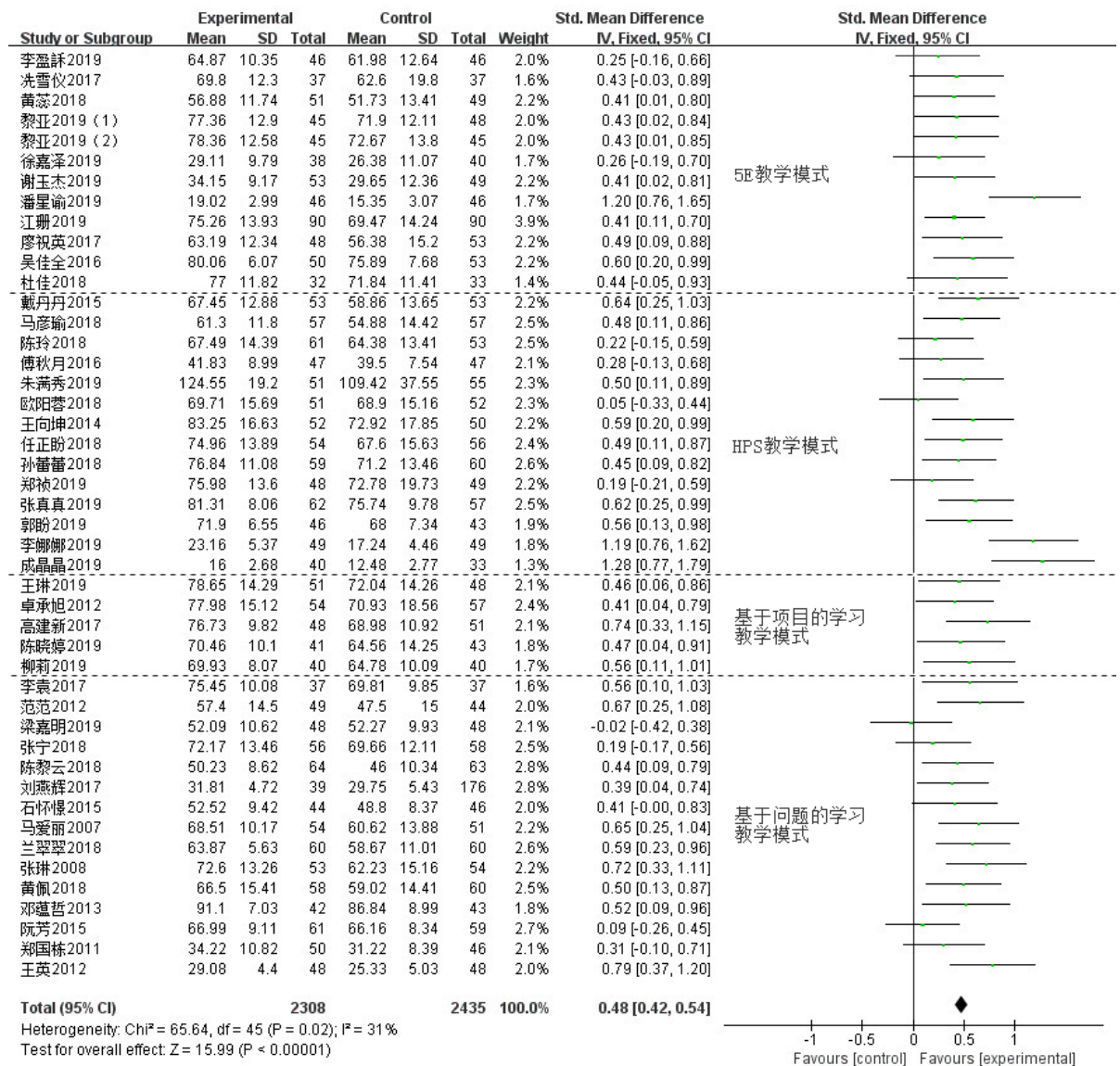


Figure 2. The forest plot of effects of science instruction modes
图 2. 科学课程教学模式森林图

3.3. 学段、学科效应量分布

教学效果在学段上的分布如图 3 所示。针对高中科学课程教学模式的研究共有 35 组, 34 组(97.1%)研究的效应量大于 0 (5E 教学模式 6 组, HPS 教学模式 11 组, 基于项目的学习 3 组, 基于问题的学习 14 组), 整体成绩效应量分布在 -0.02 与 1.20 之间。其中处于小效应量的研究两组(5.9%), 中等效应量的研究 18 组(52.9%), 大效应量的研究 12 组(35.3%), 强效应量的研究两组(5.9%), 这说明在上述四种教学模式对高中生科学成绩具有中等至较大程度的正向影响。初中科学课程教学模式的研究共 9 组(5E 教学模式 4 组, HPS 教学模式 2 组, 基于项目的学习 2 组, 基于问题的学习 1 组), 学生科学成绩的效应量分布在 0.05 与 0.74 之间。其中处于小效应量的研究两组(22.2%), 中等效应量的研究 5 组(55.6%), 大效应量的研究两组(22.2%), 超过半数的研究证明这四种教学模式能够在中等程度上提升初中学生的科学成绩。小学科学课程教学模式的研究共有两组(5E 教学模式 1 组, HPS 教学模式 1 组), 学生科学成绩的效应量分别处于中等($ES = 0.43$)和强效应量($ES = 1.28$)水平。因为小学阶段研究数量过少, 无法得到可靠的结论。从目前结果来看, 高中阶段的教学模式的应用比初中阶段对学生科学成绩的影响更大。

不同学科的教学效果差异很小(见图 3)。21 组研究关注生物教学, 成绩效应量分布在 -0.02 与 1.19 之间。其中处于小效应量的研究两组(10%), 中等效应量的研究 12 组(60%), 大效应量的研究 5 组(25%), 强效应量的研究 1 组(5%)。17 组关注化学教学, 整体成绩效应量分布在 0.19 与 0.74 之间。其中处于小效应量的研究两组(11.8%), 中等效应量的研究 8 组(47.1%), 大效应量的研究 7 组(41.2%)。6 组研究关注物理教学, 整体成绩效应量分布在 0.31 与 1.20 之间。其中处于中等效应量的研究有 3 组(50%), 处于大效应量的研究有 2 组(33.3%), 强效应量的研究 1 组(16.7%)。

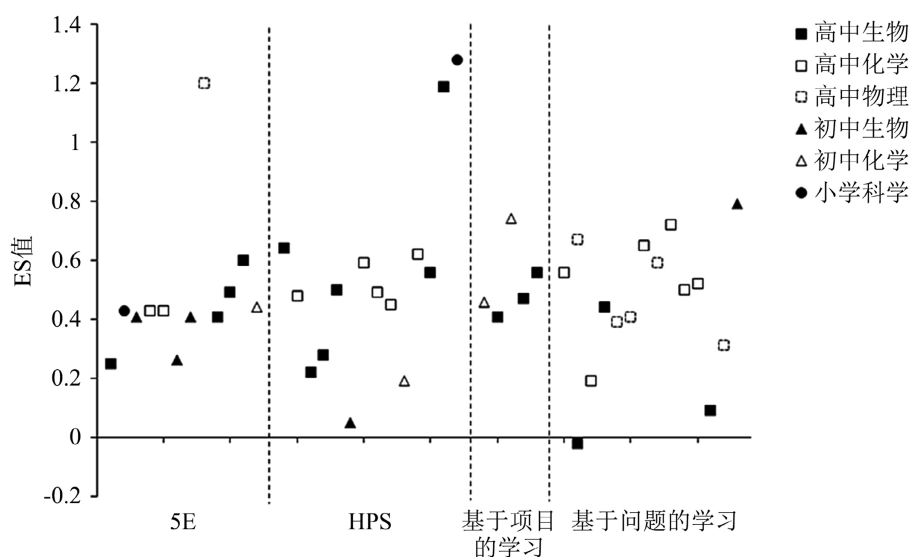


Figure 3. The distribution diagram of the academic section and subject effects of the science instruction modes

图 3. 科学课程教学模式学段、学科效应量分布图

3.4. 出版偏倚(Publication Bias)检查

如图 4 所示, 元分析所选取的文献大都集中在漏斗图中上方, 并且文献均匀地分布在两侧, 基本呈对称趋势, 表明元分析存在发表偏倚的可能性较小。尽管如此, 几乎不存在无显著效应的研究结果, 也是值得警惕与进一步研究的。

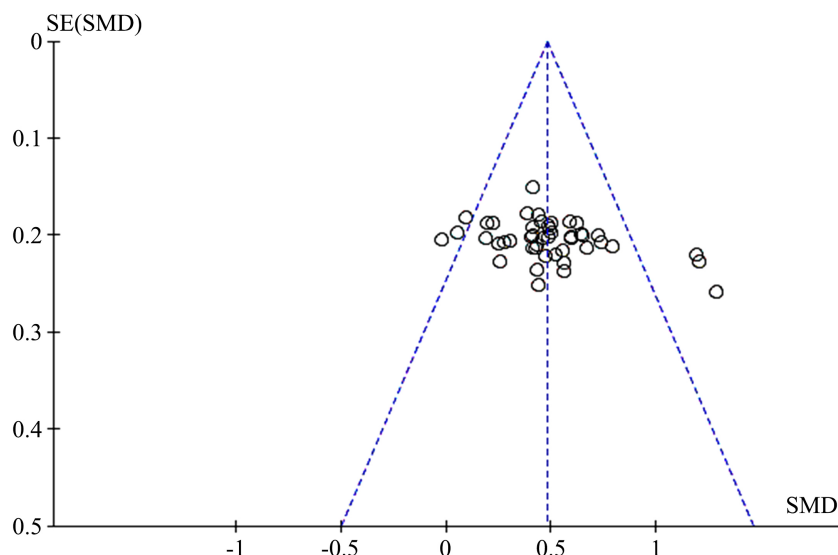


Figure 4. The funnel plot of research related to science instruction modes
图 4. 科学课程教学模式相关研究发表偏倚图

4. 研究结果讨论

4.1. 描述性统计结果

科学课程教学模式的硕博论文中，实证研究占比较大，其中绝大多数的实验研究符合基本规范和标准。但期刊论文中使用实验设计的研究数量很少。刘选对 2010~2017 年《现代远程教育研究》中的 195 篇实证研究进行分析，发现实验研究只占研究总量的 5.64% [73]；张霄发现近十年的六种教育期刊中，实验研究只占总研究数量的 7.97% [74]。实验研究数量较少的原因包括实验研究需要通过一段时间的观察、记录、分析、比较，获得数据，通过严格的分析方式得出结论，总体研究周期相对较长，情境相对复杂，对研究者自身的理论功底要求较高[74]。本研究分析的硕博论文，研究情境、数据收集与分析相对简单，研究者大都利用学校实习的机会开展实验，实验研究的可靠性并未得到充分论证，因此研究结果的可靠性值得注意。

4.2. 效应量分布

本研究中的四种科学课程教学模式对学生科学成绩能够产生中等程度的影响($ES = 0.48$)。这与之前的类似研究结果基本一致，例如 Chen 通过元分析发现基于项目的学习教学模式对学生学业成就影响的平均效应量为 0.71 [75]；张文兰的元分析发现的同样的教学模式对学生成绩影响的平均效应量为 0.59 [76]。尽管对于其他三种教学模式目前并未出现元分析，学者普遍认为它们能够提升学生的学业成绩。例如，陈淑瑜认为灵活应用 5E 实验教学模式，在初中生物实验教学中能激发学生的学习兴趣，发展学生科学探究核心素养，有助于提高学生学业成绩[77]。王红军认为基于问题的学习教学模式有助于促进学生发展解决实际问题、批判性思维、与自主学习能力，将有助于提高学生的工程素养和竞争力，有利于提高教学质量[78]。本研究为上述结果提供了实证研究的综合证据。

4.3. 研究学科学段分析

教学模式对高中生科学成绩的影响大于其对初中生的影响。原因可能是高中生自我意识较强，心智更加成熟，也具备了一定独立思考和解决问题的能力。例如，孙程远发现中学生的书面语言表达能力随

年级增长有所提高[79];郭建清发现中学生的自我监控能力随着年龄的增长有显著提高[80];邓阳发现高中学生的书面科学论证得分与初三学生相比有显著性提升[81];上述能力的提升有助于学生更好的适应本研究中的科学课程教学模式,也有利于学生科学成绩的提高。

科学课程教学模式在不同学科对学生科学成绩的影响差异不大,但研究更多关注生物与化学,对物理和小学科学关注较少。之前的元分析也发现基于项目的学习教学模式对不同科学学科的成绩影响差异较小,因此经常采用合并科学学科进行研究[75][76]。除此之外,以往关于科学课程教学模式的研究也较多关注生物和化学这两个学科[82][83][84]。出现上述现象的原因可能是上述科学课程教学模式最初适用的领域为生物和化学学科,例如5E教学模式就是由美国生物学课程研究(BSCS)在上世纪八十年代末为促进学生的概念转变和概念建构而提出的教学模式。同时相对于物理学科,化学和生物学科更容易切近学生的生活,立足于实际,在课程内容的扩展度、适配度更加全面、灵活。

5. 建议

5.1. 增加教学模式有效性的实证研究

实证研究可以为教育研究的发展提供更可靠的证据,提倡实证研究,尤其是符合规范的(准)实验研究不仅可以验证长久以来积累的丰硕教育成果与实践经验,也能够让我国的教育研究尽快与世界接轨。与此同时,研究者应当提升使用实证方法完成研究的意识与能力,同时教育期刊应当提升实证研究的比例,促进我国实证研究数量与质量的双重提升[74]。因此,借助实证研究的规范性与标准化,也能逐步提升我国年轻学者的专业水准和研究能力。

5.2. 加强对小学科学和物理工程学科的研究投入

目前小学科学和物理工程学科的教学实践研究投入较少,同时也缺乏研究的深入性和系统性。我国小学科学教学过程中存在对课程重要性认识不足、专业教师资源缺乏、重任务轻创造、教学方法陈旧等问题[20],而解决这些问题,需要增加对上述问题的研究投入,并鼓励研究者开展针对小学科学及物理工程学科教学模式的基础性、战略性和支撑性研究,设置合理的奖励政策,促进形成高质量的学术研究[85]。

5.3. 推进合理的教学模式在科学课程教学中的应用

实证研究结果表明本文中的四种常见教学模式与传统教学模式相比,对学生科学成绩有促进作用。传统教学模式通常被认为有利于学生的应试学习,对提升成绩帮助更大,但学生往往缺少对学习的真正理解,对需要灵活运用理论知识解决实际问题,以及在不同情境下应用所学表现欠佳。而本文中的教学模式通过师生之间、生生之间的多向互动、平等对话和学生的自主探究思考等形式,提高学习者面对复杂情境的决策能力和行为能力,但教师往往由于教学任务、课时时长等因素更倾向于首先保障学生的考试成绩。综合之前的研究结果,使用文中的教学模式,在相同的实验条件下,学生的学习成绩更佳。因此,在科学课程中积极推动教学模式改革,让学生成为学习的主体,是全面提升学生科学素养的必由之路。

5.4. 倡导教育领域的文献合成研究,促进基于证据的政策制定

提倡教育领域的文献合成研究(包括本研究的元分析,也包括质性的文献合成),可以帮助我们更加全面、多元、广泛的了解该领域的发展现状,有利于进一步揭示教育规律,促进教育研究与实践的发展和进步;同时也为诸多教育问题提供累积的、系统的实证证据。基于实证证据的教育政策制定符合在全社会营造“知证文化”氛围,增强决策者的“证据意识”的诉求,能够促进当下教育领域改革相关政策的

发展和完善[86]。

参考文献

- [1] 国务院办公厅关于印发全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016-2020年)的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content_5053247.htm, 2016-03-14.
- [2] 义务教育小学科学课程标准[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 中华人民共和国教育部, 2017.
- [3] 普通高中生物课程标准[M]. 北京: 人民教育出版社, 中华人民共和国教育部, 2017.
- [4] 普通高中化学课程标准[M]. 北京: 人民教育出版社, 中华人民共和国教育部, 2017.
- [5] 普通高中物理课程标准[M]. 北京: 人民教育出版社, 中华人民共和国教育部, 2017.
- [6] 孙闯, 桂维玲. 新旧高中物理课程标准的比较分析[J]. 教学与管理, 2018(27): 90-92.
- [7] 赵路露. 2017版小学科学课程标准与旧版课标的比较研究[J]. 科技经济导刊, 2017(24): 161.
- [8] 吴恒山. 教学模式的理论价值及其实践意义[J]. 辽宁师范大学学报, 1989(3): 16-20.
- [9] 刘欣颜, 麦纪青, 刘恩山. 运用5E教学模式发展学生的核心素养——聚焦生物学核心素养的教学取向[J]. 教育导刊, 2017(6): 48-53.
- [10] 帖步霞. HPS教学模式在高中生物课堂中的实践——以“生长素的发现”为例[J]. 中学生物学, 2019, 35(3): 5-7.
- [11] 胡庆芳, 程可拉. 美国项目研究模式的学习概论[J]. 外国教育研究, 2003, 30(8): 18-21.
- [12] 刘儒德. 基于问题学习对教学改革的启示[J]. 教育研究, 2002, 23(2): 73-77.
- [13] 王鉴, 姜振军. 论教学理论介入教学实践的路径与价值[J]. 教育理论与实践, 2014, 34(4): 53-56.
- [14] 袁振国. 中国教育需要实证研究[J]. 中国教育学刊, 2017(2): 3.
- [15] 詹思延. 如何做一个好的系统综述和Meta分析[J]. 北京大学学报(医学版), 2010, 42(6): 644-647.
- [16] Glass, G.V. (1976) Primary, Secondary and Meta-Analysis of Research. *Education Research*, 6, 3-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X005010003>
- [17] 张屹, 陈珍, 白清玉, 李晓艳, 朱映辉, 陈蓓蕾, 熊曳. 基于移动终端的PBL教学对小学生元认知能力的影响研究——以小学科学课程“地球的运动”为例[J]. 中国电化教育, 2017(7): 79-87.
- [18] 王较过, 范范. “基于问题的学习”对物理学习的影响[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2012, 25(4): 130-135.
- [19] 李盈詠. “5E”教学模式下高中生生命观念形成的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州师范大学, 2019.
- [20] 冼雪仪. “5E”教学模式在小学科学教学中的案例研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2017.
- [21] 黄蕊. “5E教学模式”在初中生物学教学中的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 四川师范大学, 2018.
- [22] 黎亚. “5E学习环”教学模式对提升高中化学学科核心素养的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 牡丹江: 牡丹江师范学院, 2019.
- [23] 徐嘉泽. 5E教学模式在初中生物教学的实践与应用[D]: [硕士学位论文]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2019.
- [24] 谢玉杰. 5E教学模式在初中生物学重要概念教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2019.
- [25] 潘星谕. 基于“5E”教学模式的高中力学典型迷思概念的转变研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南师范大学, 2019.
- [26] 江珊. 运用5E教学模式培养物质与能量观的教学设计研究[D]: [硕士学位论文]. 曲阜: 曲阜师范大学, 2019.
- [27] 廖祝英. 5E教学模式在高中生物教学中的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2017.
- [28] 吴佳全. 5E教学模式在贵阳市乌当中学高中生物教学中的应用初探[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.
- [29] 杜佳. 基于“5E教学模式”的初中化学概念教学实施策略研究[D]: [硕士学位论文]. 大连: 辽宁师范大学, 2018.
- [30] 戴丹丹. HPS教学模式在高中生物必修2科学史教育中的应用初探[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2015.
- [31] 马彦瑜. HPS教学模式在中学有机化学中应用的初步探究[D]: [硕士学位论文]. 延安: 延安大学, 2018.
- [32] 陈玲. HPS教育应用于高中生物学教学的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2018.
- [33] 傅秋月. HPS融入高中生物课堂教学的研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2016.

- [34] 朱满秀. 高中生物教学中 HPS 模式对学生科学本质观的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2019.
- [35] 欧阳蓉. 基于 HPS 的初中生物教学设计与实践研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2018.
- [36] 王向坤. 基于 HPS 的中学化学教学设计研究与实践[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2014.
- [37] 任正盼. 基于 HPS 教学模式与情境教学整合的高中化学教学设计研究[D]: [硕士学位论文]. 新乡: 河南师范大学, 2018.
- [38] 孙蕾蕾. 基于 HPS 教育的高中化学教学设计研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2018.
- [39] 郑祯. 融合 HPS 和 STS 教学模式的初中化学课堂教学模式研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2019.
- [40] 张真真. HPS 教育视域下的高中化学教学实践研究[D]: [硕士学位论文]. 信阳: 信阳师范学院, 2019.
- [41] 郭盼. 高中生物教学运用 HPS 提高学生探究能力的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2019.
- [42] 李娜娜. 基于 HPS 教学模式下学生生物核心素养之科学思维的培养[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东师范大学, 2019.
- [43] 成晶晶. 小学科学教科书中科学史的内容分析及其实践研究[D]: [硕士学位论文]. 石河子: 石河子大学, 2019.
- [44] 王琳. 基于项目学习的初中化学复习课设计研究[D]: [硕士学位论文]. 宁波: 宁波大学, 2019.
- [45] 卓承旭. 基于项目学习在高中生物课堂教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2012.
- [46] 高建新. 项目学习在初中化学中的教学设计与实践研究[D]: [硕士学位论文]. 贵阳: 贵州师范大学, 2017.
- [47] 陈晓婷. 项目学习在高中生物学教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 华中师范大学, 2019. 俸
- [48] 柳莉. 项目学习在高中生物学教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 烟台: 鲁东大学, 2019.
- [49] 李袁. “基于问题的学习”的化学教学实践研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南师范大学, 2017.
- [50] 范范. “基于问题的学习”在物理教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 陕西师范大学, 2012.
- [51] 梁嘉明. PBL 教学法在高中生物学的教学实践研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2019.
- [52] 张宁. PBL 教学模式在高中化学教学中培养学生问题意识的研究[D]: [硕士学位论文]. 桂林: 广西师范大学, 2018.
- [53] 陈黎云. PBL 教学模式在高中生物教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 昆明: 云南师范大学, 2018.
- [54] 刘燕辉. PBL 教学模式在高中物理教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2017.
- [55] 石怀憬. PBL 教学模式在民族中学物理教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 西北民族大学, 2015.
- [56] 马爱丽. 基于问题的学习在高中化学教学中的探索与实践[D]: [硕士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [57] 兰翠翠. 基于问题的学习在高中物理教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 开封: 河南大学, 2018.
- [58] 张琳. 基于问题式学习在高中化学新课程教学中应用的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2008.
- [59] 黄佩. 问题导向法在高中化学翻转课堂中的应用与分析[D]: [硕士学位论文]. 岳阳: 湖南理工学院, 2018.
- [60] 邓蕴哲. 问题导向学习法在高中化学教学中的研究与实践[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津师范大学, 2013.
- [61] 阮芳. 问题导向学应用于高中生物教学的行动研究[D]: [硕士学位论文]. 黄冈: 黄冈师范学院, 2015.
- [62] 郑国栋. PBL 模式在中学物理实验教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京师范大学, 2011.
- [63] 王英. 基于问题的学习模式在初中生命科学教学中的应用研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海师范大学, 2012.
- [64] Cohen, J. (1992) A Power Primer. *Psychological Bulletin*, **112**, 155-159. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- [65] 何俐. Cochrane 系统评价软件 RevMan 简介[J]. 中国循证医学, 2001, 1(3): 168-169.
- [66] 刘关键, 吴泰相. Meta-分析的森林图及临床意义[J]. 中国循证医学杂志, 2004, 4(3): 198-201.
- [67] Higgins, J.P.T., Thompson, S.G., Deeks, J.J., et al. (2003) Measuring Inconsistency in Meta-Analyses. *BMJ*, **327**, 557-560.
- [68] 周旭毓, 方积乾. Meta 分析的常见偏倚[J]. 循证医学, 2002, 2(4): 216-220.
- [69] 康德英, 洪旗, 刘关键, 王家良. Meta 分析中发表性偏倚的识别与处理[J]. 中国循证医学杂志, 2003, 3(1): 45-49.
- [70] 宋佳萌, 范会勇. 社会支持与主观幸福感关系的元分析[J]. 心理科学进展, 2013, 21(8): 1357-1370.
- [71] 方积乾, 陆盈. 现代医学统计学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002.

- [72] 李河, 麦劲壮, 方积乾, 刘小清, 饶栩栩. Meta 分析中漏斗图的绘制[J]. 循证医学, 2007, 7(2): 101-106.
- [73] 刘选, 田党瑞, 汪燕. 我们需要什么样的实证研究: 类型与应用模式——以《现代远程教育研究》2010-2017 年 195 篇实证研究论文为例[J]. 现代远程教育研究, 2018(4): 49-58.
- [74] 张霄, 王梦秦, 夏盼盼, 刘秀英, 卢青青, 李豆豆. 我国教育领域实证研究的现状与反思——基于近十年六种教育期刊 1029 篇论文的统计分析[J]. 上海教育科研, 2017(9): 5-11.
- [75] Chen, C. and Yang, Y. (2019) Revisiting the Effects of Project-Based Learning on Students' Academic Achievement: A Meta-Analysis Investigating Moderators. *Educational Research Review*, 26, 71-81.
<https://doi.org/10.1016/j.edurev.2018.11.001>
- [76] 张文兰, 胡姣. 项目式学习的学习作用发生了吗?——基于 46 项实验与准实验研究的元分析[J]. 电化教育研究, 2019, 40(2): 95-104.
- [77] 陈淑瑜. 基于 5E 模式的初中生物实验教学应用研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2020.
- [78] 王红军. 基于问题学习的教学模式在专业教学中的应用[J]. 教学研究, 2007(2): 136-139.
- [79] 孙程远. 中学生书面语言表达能力测评与分析[J]. 语言文字应用, 2010(4): 70-77.
- [80] 郭建清, 张军鹏. 中学生物理概念学习中自我监控能力的发展[J]. 企业家天地, 2009(11): 79-80.
- [81] 邓阳, 王后雄. 中学生书面科学论证能力发展水平研究[J]. 课程. 教材. 教法, 2016, 36(3): 114-121.
- [82] 陶文娟. HPS 教学模式在中学物理教学中运用的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2013.
- [83] 王娜. PBL 教学模式在小学科学教学中的实证研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2017.
- [84] 黄项宇. 项目式学习在初中科学教学发展科学素养的实践研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 杭州师范大学, 2019.
- [85] 完善研究生教育投入机制加快推进研究生教育改革发展[EB/OL].
http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2020/52461/sfcl/202009/t20200922_489538.html, 2020-09-22.
- [86] 张正严, 李侠. “基于证据”制定教育政策[J]. 教师教育学报, 2017, 4(1): 87-93.