

DOI:10.13718/j.cnki.jsjy.2017.05.003

我国中小学教师科学素养状况与变迁的元分析

首新¹, 胡卫平¹, 刘念², 郑洁³

(1. 陕西师范大学 现代教学技术教育部重点实验室, 陕西 西安 710062; 2. 重庆市中山外国语学校, 重庆 404500;
3. 江苏第二师范学院 教育科学学院, 江苏 南京 210013)

摘要:运用元分析法对国内(2002—2016年)中小学教师科学素养调查研究进行探讨,共有36项研究满足元分析标准($N=10182$)。元分析结果表明:(1)中小学教师科学素养的达标率为64.90%,高于学生的科学素养水平(48.61%);(2)调节效应分析发现,中学教师的科学素养水平普遍高于小学教师,东部沿海地区教师的科学素养水平优于中西部地区;(3)从总体来看,过去十余年间,我国中小学教师科学素养水平逐渐提升;(4)从分维度来看,科学知识、STS(科学、技术与社会)等方面的素养有显著增长,但科学本质观有显著下滑,这一现象值得关注。

关键词:科学素养;科学教师;中小学;科学本质观;教师;问卷调查;元分析

中图分类号:G645 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-8129(2017)05-0016-10

对教师科学素养的关注主要源于“科学课程以培养学生科学素养为宗旨”这一目标的确立。教育界普遍认同的逻辑是:要提高学生的科学素养,首先教师应当具备基本的科学素养。教师科学素养内涵经历了从单一形态到多元化形态的发展历程。具体而言,主要表现为4个方面。第一,提倡以学科知识为主导的科学素养。强调对学科知识的掌握,注重事实性知识的灌输与记忆。这种忽视方法论学习的做法会使学生形成狭隘的科学世界观,导致机械唯物主义的产生^[1]。第二,强调融合科学信息辨识的科学素养。重点培养学生正确理解和批判式评价科学问题的能力^[2]。对科学信息辨识的关注源于网络信息的纷繁复杂、正误难辨。学生需要自发和批判性地运用合适的科学标准来评价信息,准确把握信息来源及产生过程^[3]。教师要培养学生建立正确评价信息的标准,这是培养科学素养的重要方面。第三,突出社会科学视角下的科学素养。强调将学科知识与社会性科学问题结合起来,在批判性的推理和论证过程中培养学生的社会责任感以及作为一个合格公民所应具备的有关社会性科学问题的正确立场^[4]。与此相对应,教师科学素养随之也要融入科学态度、STS(科学、技术与社会)、HPS(科学史、科学哲学、科学社会学)等要素。第四,培养功用性科学素养。Shamos和Bybee提出的功用性科学素养仅包含科学写作与阅读能力,后来向社会性科学问题和科学信息等主题方向发展,其中涉及分析资源、证据的可信度以及培养论证技能^[5]。功用性科学

收稿日期:2017-03-31

作者简介:首新,陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室博士生。

胡卫平,心理学博士,陕西师范大学现代教学技术教育部重点实验室教授,博士生导师。

刘念,重庆中山外国语学校科学教师。

郑洁,教育学硕士,江苏第二师范学院教育科学学院副教授。

基金项目:北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心研究生自主课题资助(SXSP-2016A2-15001),项目负责人:首新;江苏省高校哲学社会科学研究一般项目“基于双导师制的卓越小学教师培养模式探究”(2014SJB262),项目负责人:郑洁。

素养关注学生在面临“两难问题”时正确使用科学知识的可能性。这涉及两种趋势,即与科学一致或相反的行为^[6]。与科学共识一致的行为会改善或逆转不良的趋势,功利性科学素养倡导与科学一致的行为。功利性科学素养的提出与发展促使教师科学素养的重点转向功能附着和教学行为,表现为关注教师科学素养与教学效果的关系问题(如教师科学素养对教学行为的影响^[7],教师科学素养与学生学习效果的关系^[8]),以及它在教师专业发展中的作用,如 PCK(学科教学知识)^[9]、教学信念^[10]、教学能力^[11]等。

可见,教师科学素养内涵是动态发展的,受科学水平、信息传播、教育研究、国际潮流等众多因素的影响。我们认为,教师科学素养是指教师在具备公民基本素质的基础上形成的促进教学行为和专业发展的各种思维、品质和能力。其中包括:专与博相统一的学科知识,一般化的和学科化的科学方法,正确的科学本质观,质疑、探索、开放、合作、批判、实事求是的科学精神,对当前科学技术及有关社会问题正确判断与决策的能力,在教研工作中形成的终身学习行为和习惯等。在实证调查层面,研究者们一方面参考公民科学素质调查问卷,另一方面结合教师的学科背景来设计题目评价教师的科学素养。

一、有关教师科学素养状况的争论

我国学者对中小学教师科学素养的调查始于本世纪初。研究者宋天乐于 2002 年率先进行了小学教师科学素养调查。随后,研究者根据科学素养内涵不断修订调查项目的内容和维度,并由此对中小学教师科学素养展开了一系列调查。

通过比较我们发现:(1)在科学知识方面,中学教师的科学知识优于小学教师;(2)在科学本质观方面,不管中学教师还是小学教师,对科学本质观的理解大多处于朴素水平,认为理解科学就是认识知识,“知识是什么”“知识有什么用”等问题是他们的关注点;(3)在科学态度和科学方法方面,大部分调查显示教师缺乏对科学态度、科学方法的深入理解,如对常用科学方法了解不足、对科学研究的基本特征不清楚、对开展身边教育科研的具体方法一知半解、不能厘清学生的幻想与科学假说之间的关系等,但个别调查持相反观点^[12],如蔡志凌等人的调查显示,中学教师对科学方法的认识是科学的^[13]; (4)在 STS 方面,一些调查发现教师不能区别科学与技术不同^[14-15],另一些调查发现教师基本了解科学与社会之间的关系(57.24%)^[16],还有一些调查发现多数教师具有较正确的科学技术观念^[17]; (5)在科学精神方面,主要对教师是否具备质疑精神、探究精神、批判精神、理性精神和实事求是精神存在争议^[18-19]。

出现上述差异可能是由于样本的来源地域不同、教师类别不同、发表时间不同、问卷内容不同、科学素养指标不同等原因导致的。因此,有必要对 21 世纪以来我国教师科学素养的调查研究进行系统梳理,分析出现上述差异的因素到底有哪些。另外,根据以往研究,我们也不能判别中小学教师科学素养整体处于何种水平,其变化趋势是什么。为了解决上述问题,本文拟用元分析方法探讨中小学教师科学素养的水平及其影响因素,同时建立科学素养维度与年份的回归方程,考察教师科学素养随时间的变化趋势,回答以下问题:(1)我国中小学教师科学素养处于何种水平?(2)从中观、宏观层面来看,造成研究结果不一致的因素有哪些?(3)教师的科学素养随年代如何变化,变化趋势又是什么?

二、研究方法

(一)文献搜集

首先在中国学术期刊网络出版总库(CNKI)、中国博士学位论文全文数据库、中国优秀硕士学位论文全文数据库、万方数据检索系统、维普期刊网进行文献检索。检索条件为:篇名/主题/关键词分别是科技素养/科学素养/科学素质、教师、调查;检索时间为:2002—2016 年;检索来源类别为:全部文献。最初共检索到 200 多篇文献。

随后建立纳入元分析文献标准,进一步筛选文献。建立的纳入元分析文献标准为:研究对象是我国中小学教师;科学素养调查具有明确的分维度指标;对教师科学素养采取实证调查;研究报告了样本数以及各维度得分或正确率情况,可进一步进行单个率的 Meta 分析;文献出版年限为 2002—2016 年。对文献题目、摘要以及全文阅读后,去除文献综述、重复发表、思辨类文献以及没有明确数据的研究文献后,共计 36 篇中文文献符合入选标准。

(二) 变量编码

对搜集到的 36 篇文献进行特征编码,包括作者信息、样本特征、样本量、科学素养维度、学校类别(小学、中学)、地域^①(东部、中部、西部、北上广深、全国)、教师类型^②、发表年份等。在效应值的提取过程中,每个独立样本只编码一次。如果分维度下只给出了每个题的正确率,则依据题目的正确率和样本数得到答对该题的人数,再合并计算出分维度的正确率。

(三) 统计分析

先采用 CMA3.0 元分析软件进行数据处理和分析。元分析将合并计算出的分维度得分正确率(r)进行 logit 转换后的值作为效果量(R),计算公式为: $R = \ln \left[\frac{r}{1-r} \right]$ 。随后,运用 CMA3.0 进行异质性检验,以区分使用固定模型还是随机模型。如果异质性检验显著,说明纳入元分析的文献是异质的,可采用随机模型;反之,则说明文献是同质的,可采用固定模型。

此外,为确保元分析结论的稳定性,需要对元分析结果进行发表性偏倚分析。普遍采用两种方式:一是运用漏斗图,其优点是形象、直观;二是计算失安全系数,使有显著意义的结论发生逆转,计算公式为: $Nfs0.05 = \left[\sum (Z/1.645) \right] - K$ 。其中, K 为研究数目, Z 为各研究的 Z 值,在本研究中由科学素养各维度正确率转化而来, $Nfs0.05$ 越大,元分析结论的可靠性越强,偏倚的影响相对也越小。一般情况下,如果 $Nfs0.05$ 大于 $5K + 10$ 则认为发表性偏倚得到有效控制。

三、研究结果

(一) 中小学教师科学素养的结构

借助元分析工具 CMA3.0,可以分析出 21 世纪以来我国研究者对科学素养结构的划分情况,如图 1 所示。由图 1 可以看出,科学知识、科学方法、科学态度、科学本质观、STS、科学精神等构成了研究者们普遍认同的科学素养维度。后续的元分析也将主要从这 6 个维度进行探讨。

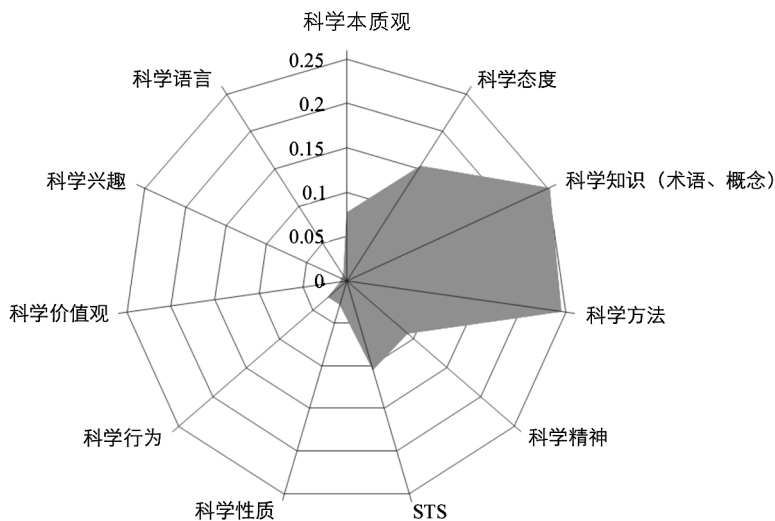


图 1 中小学教师科学素养结构雷达

① 由于北上广深优越的政治经济优势,单列为一个区域。

② 样本研究对象(教师类型)包括小学教师、中学理科教师、小学科学教师、中学文科教师、中学生物教师、中学化学教师、中学物理教师。中学文科教师只有一项研究,故不纳入元分析。

(二)同质性检验

纳入元分析的 36 篇文献共统计出 132 项科学素养分维度^①,涉及被试 10 182 人,每项研究从 15 人到 1 737 人不等。对教师科学素养各维度得分率进行 logit 转换,再利用 metaprop 函数进行率的合并,整体同质性检验结果如表 1 所示。Q 值显示各效应值为 1 404.421($p < 0.001$),说明文献间存在异质性,随即采用随机模型分析。另外,效应值异质还意味着存在影响科学素养的调节变量,随后将进行分析。

表 1 总体效应和同质性检验

| 研究数 | 异质性 | | | | Tau-squared | | | |
|-----|-----------|-------|--------|-----------|-------------|-------|--------|-------|
| | Q 值 | df(Q) | p 值 | I-squared | Tau-squared | SE | 方差 | Tau |
| 36 | 1 404.421 | 35 | <0.001 | 97.508 | 0.170 | 0.072 | <0.001 | 0.412 |

(三)效应值检验

以 36 篇文献各自划分的科学素养分维度为分析单位,采用随机模型进行 132 项分维度(重复包括)的效应值检验,结果见表 2。由表 2 可以发现,虽然研究者对科学素养各维度的划分有差异,但合并 Meta 率 $R = 0.617$,算出 $r = 0.649$ 后,说明中小学教师科学素养达标率为 64.90%,参考许佳军等人的研究结果^[20],可以看出这一比例高于学生科学素养达标率(48.61%)。

表 2 科学素养分维度与总体科学素养关系的随机模型分析

| 模型 | 科学素养分维度数 | N | 效应值及 95%置信区间 | | | 双尾检验 | |
|------|----------|--------|--------------|-------|-------|-------|--------|
| | | | 点估计 | 下限 | 上限 | Z 值 | p 值 |
| 随机效应 | 132 | 10 182 | 0.617 | 0.478 | 0.756 | 8.676 | <0.001 |

进一步进行亚组的差异比较,考察各个样本分维度内部之间是否有显著差异,以及分维度对科学素养的预测作用。由表 3 可以发现:科学本质观、科学知识、科学精神对科学素养贡献较大;教师科学素养各分维度之间有显著差异。

表 3 科学素养分维度之间的随机模型分析

| 同质性分析 | | | 不同维度 | 独立样本 | 效应值及 95%置信区间 | | | 双尾检验 | |
|--------|----|--------|-------|------|--------------|--------|-------|--------|--------|
| Q 组间 | df | p | | | 点估计 | 下限 | 上限 | Z 值 | p 值 |
| 24.105 | 5 | <0.001 | 科学本质观 | 11 | 0.605 | 0.296 | 0.915 | 3.836 | <0.001 |
| | | | 科学态度 | 22 | 0.409 | 0.198 | 0.719 | 2.582 | <0.05 |
| | | | 科学知识 | 36 | 0.944 | 0.765 | 1.123 | 10.324 | <0.001 |
| | | | 科学方法 | 35 | 0.464 | 0.199 | 0.729 | 0.283 | <0.01 |
| | | | 科学精神 | 13 | 0.899 | 0.424 | 0.989 | 3.708 | <0.001 |
| | | | STS | 15 | 0.165 | -0.163 | 0.493 | -0.349 | 0.324 |

(四)调节因素检验

同质性检验结果表明,36 项研究之间存在异质性。那么,究竟是哪些因素影响了教师的科学素养呢?通过梳理文献发现,学校类别可能是其中一个因素。大部分调查研究认为中学教师在知识结构、教学能力等方面优于小学教师,为此,依据调查对象本身所在的学校划分中学、小学、中小学 3 种类别作为调节变量加以分析。从表 4 可以看出,中学和小学的调查样本数量基本持平,仅 2 项进行了全国性的大样本调查。另外,地域也可能是一个潜在的影响因素,如农村与城市、东部与西部等。梳理 36 篇文献提供的这些变量,发现约一半的研究文献没有提供农村或城市取向的地域特征,因此,我们划分出东、中、西部作为地域变量进行分析,寻求教师科学素养的地域差异。

从教师学科背景来看,梳理纳入元分析的所有文献,约 30.56%的研究对象是小学科学教师,19.44%的研究对象混合了中学各门理科教师,25%的研究对象是分科的物理、化学、生物教师,另有 25%的研究对象没有明示教师的学科背景。由于从这 25%的研究文献中不能抽离出某一学科

① 科学本质观 11 项,科学态度 22 项,科学知识 36 项,科学方法 35 项,科学精神 13 项,STS 15 项。

背景的调查统计量,因此在分析“教师类型”这一调节变量时,样本数少于36。另外还发现,对小学科学教师科学素养的调查占有较大比例,这还是源于前述“科学课程目标”的影响,在此不再赘述。这里我们关注的是“小学科学教师的科学素养水平如何”的问题。大部分调查研究显示小学教师科学素养水平低于中学教师。若小学科学教师这一群体的科学素养同样较低,那么对于我国小学科学课程培养目标——“提高学生科学素养”——无疑是一项巨大的挑战。因此,在分析“教师类型”这一调节变量时,我们更关注小学科学教师的科学素养。

对上述所划分的3种调节变量(学校类别、地域、教师类型)分别重新编码以考察其对教师科学素养的影响,结果见表4。通过表4可以发现:学校类别对教师科学素养的调节作用显著($Q=28.057, p<0.001$),中学教师科学素养水平高于小学教师。这与以往调查结果基本一致。同样,地域的调节作用也显著($Q=10.451, p<0.05$),不同地域的教师科学素养显著不同,从西部到东部教师科学素养水平逐渐提高。另外,元分析显示中学理科教师之间科学素养差异不显著($Q=3.201, p>0.05$),加入小学科学教师作为变量后,也无显著差异($Q=4.494, p>0.05$)。这说明小学科学教师的科学素养已脱离了小学教师群体的低水平,其科学素养水平与中学理科教师相当。

表4 相关因素对科学素养调节效应的随机模型分析

| 调节变量 | 同质性分析 | | | 名称类别 | 独立样本 | 效应值及95%置信区间 | | | 双尾检验 | |
|------|--------|----|--------|--------|------|-------------|--------|-------|-------|--------|
| | Q组间 | df | p | | | 点估计 | 下限 | 上限 | Z值 | p值 |
| 学校类别 | 28.057 | 2 | <0.001 | 小学 | 16 | 0.552 | 0.354 | 0.751 | 5.448 | <0.001 |
| | | | | 中学 | 18 | 0.708 | 0.474 | 0.942 | 5.925 | <0.001 |
| | | | | 中小学 | 2 | 0.168 | 0.093 | 0.244 | 4.388 | <0.001 |
| 地域 | 10.451 | 4 | 0.033 | 东部 | 8 | 0.491 | 0.144 | 0.838 | 2.776 | 0.006 |
| | | | | 中部 | 12 | 0.458 | 0.195 | 0.721 | 3.415 | 0.001 |
| | | | | 西部 | 9 | 0.381 | 0.195 | 0.768 | 3.978 | <0.001 |
| | | | | 北上广深 | 5 | 0.917 | 0.690 | 1.125 | 6.177 | <0.001 |
| | | | | 全国 | 2 | 0.619 | -0.467 | 1.304 | 1.300 | 0.194 |
| | | | | 中学理科教师 | 7 | 0.470 | 0.189 | 0.850 | 2.421 | 0.015 |
| 教师类型 | 3.201 | 3 | 0.362 | 中学生物教师 | 2 | 0.846 | 0.673 | 1.020 | 5.553 | <0.001 |
| | | | | 中学化学教师 | 5 | 0.832 | 0.424 | 1.041 | 3.994 | <0.001 |
| | | | | 中学物理教师 | 2 | 0.904 | -0.493 | 2.301 | 1.268 | 0.205 |
| | | | | 小学科学教师 | 11 | 0.585 | 0.264 | 0.906 | 3.572 | <0.001 |
| | | | | 中学理科教师 | 7 | 0.470 | 0.189 | 0.850 | 2.421 | 0.015 |
| | 4.494 | 4 | 0.343 | 中学生物教师 | 2 | 0.846 | 0.673 | 1.020 | 5.553 | <0.001 |
| | | | | 中学化学教师 | 5 | 0.832 | 0.424 | 1.041 | 3.994 | <0.001 |
| | | | | 中学物理教师 | 2 | 0.904 | -0.493 | 2.301 | 1.268 | 0.205 |

(五)教师科学素养的变化趋势

以年份为自变量、科学素养各分维度为因变量,建立回归方程,即 $y=Bx+C$ 。其中, B 代表未标准化的回归系数, x 为年份, y 为各维度logit值,结果如表5所示。通过表5可以发现:科学态度、科学精神、科学本质观与年份呈负相关,且科学本质观与年份呈显著负相关($-0.1056, p<0.05$);科学知识、STS、科学方法与年份呈正相关,且科学知识($0.0543, p<0.05$)、STS($0.1821, p<0.05$)与年份呈显著正相关。这说明2002—2016年间,教师在科学知识、STS方面有显著增长,而在科学本质观方面有显著减弱。

表 5 分维度科学素养随年份的回归分析

| 科学素养维度 | 系数 | 标准误 | 95%置信区间 | | 双尾检验 | |
|--------|----------|---------|----------|----------|-------|---------|
| | | | 下限 | 上限 | Z 值 | p 值 |
| 科学态度 | -0.0 277 | 0.0 414 | -0.1 087 | 0.0 533 | -0.67 | 0.5 030 |
| 科学知识 | 0.0 543 | 0.0 234 | 0.0 085 | 0.1 002 | 2.32 | 0.0 202 |
| 科学方法 | 0.0 438 | 0.0 381 | -0.0 308 | 0.1 185 | 1.15 | 0.2 495 |
| 科学精神 | -0.0 164 | 0.0 783 | -0.1 700 | 0.1 371 | -0.21 | 0.834 |
| STS | 0.1 821 | 0.0 638 | 0.0 572 | 0.3 071 | 2.86 | 0.0 043 |
| 科学本质观 | -0.1 056 | 0.0 478 | -0.1 993 | -0.0 119 | -2.21 | 0.0 272 |

进一步以单样本为单位进行回归分析,得出 $B=0.0346(p=0.08>0.05)$ 。说明总体而言,教师的科学素养水平随时间有所提高,但不显著,其增长趋势如图 2 所示。也就是说,科学知识、科学方法和 STS 方面的增长掩盖了科学态度、科学精神、科学本质观方面的下滑,教师应该注重加强科学态度、科学精神、科学本质观方面的培训和学习。

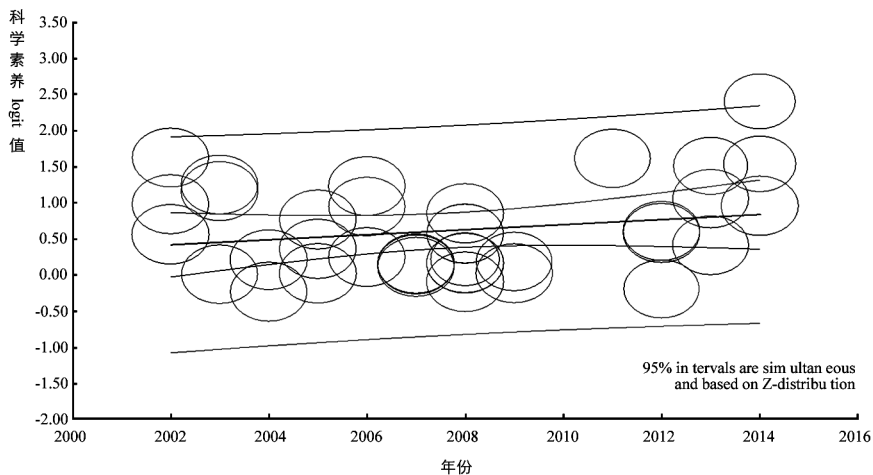


图 2 中小学教师科学素养变化趋势(随机模型)

(六)发表性偏倚检验

采用漏斗图、失安全系数来检验发表性偏倚。图 3 反映了效应值分布情况,横轴是率的 logit 值,纵轴是率的 logit 值的标准差。可以看到,大部分研究处于漏斗图的顶部,聚集于平均效应值两侧,而较离散的、大的效应值较少(漏斗右下方),说明元分析存在发表性偏倚的可能性很小。另外,计算出的失安全系数为 1 063,远大于 $5K+10$,也说明元分析存在发表性偏倚的可能性很小。

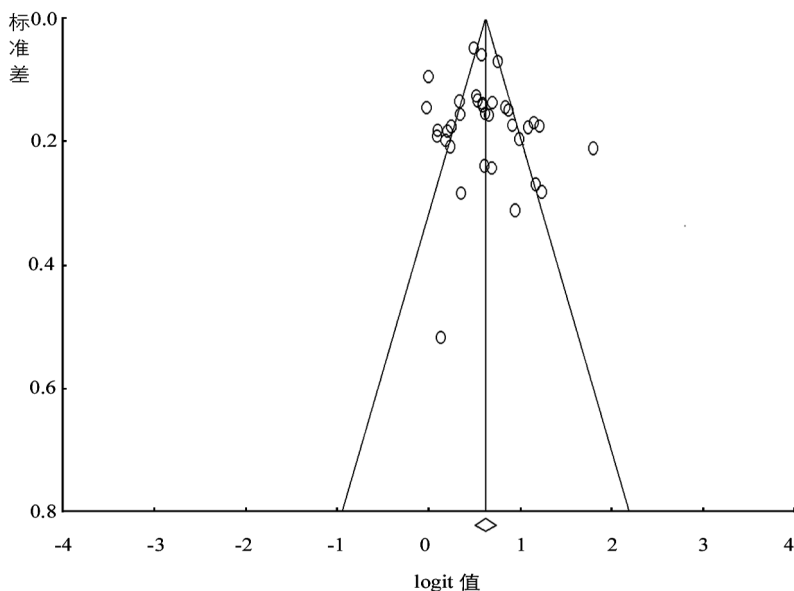


图 3 元分析漏斗

四、讨论与总结

(一)中小学教师科学素养的结构与水平

目前研究者们对科学素养维度的划分存在分歧,如科学行为与科学本质观和科学方法之间的关系问题。一般认为,影响科学行为的首要因素是对科学本质观的理解,其次是对科学方法的掌握;科学方法具体反映并体现科学本质观,因此科学行为一般包括科学本质观和科学方法。但有些研究者将三者归入科学素养结构的同一水平。这些差异造成了教师科学素养调查维度的不一致。针对这种分歧,通过雷达图可以寻找到研究者们普遍认同的维度,即科学知识、科学方法、科学态度、科学本质观、STS、科学精神等6个方面,它们构成了教师科学素养的基本结构。

1. 中小学教师科学素养的基本结构

(1)科学知识维度

科学知识维度包括科学术语和科学概念两个主要内容。科学术语一般没有学科性,主要评价教师作为一个具有基本素质的公民所应了解的、与日常生活紧密联系的知识;而科学概念一般带有学科特色,主要评价教师的学科知识,二者共同构成了教师科学知识维度。

(2)科学方法维度

科学方法维度有一般科学方法和具体科学方法之分。一般科学方法是指教师所领悟的、适用于相关学科领域且带有共同特征的一般方法,而对教师一般方法的评价主要以日常事例情境为主。以控制变量为例:假设一种治疗高血压的药物被怀疑疗效不佳,你认为科学家会采用哪种方法进行研究?这时,教师的选择会反映出其所具备的一般方法。具体科学方法是指教师在特定学科背景下所持有的某一具体的方法,如化学中的质量守恒、物理中的能量守恒、生物中碱基配对等思维方法。

(3)科学态度维度

科学态度维度一般包括科学的态度、对科学的态度、对资源环境的态度以及教学信念。前三点是公民基本素质中对科学态度的要求,而将教学信念融入科学态度体现了教师的职业化和群体性特点,是教师科学态度的灵魂,也是教师区别于其他职业群体的本质所在,它作为教师内在品质的源泉,反映着科学态度的其他方面。

(4)科学本质观维度

科学本质观维度是教师科学素养结构中最重要的一环。国内外研究者也往往从教师科学素养中抽离出科学本质观进行单独研究,调查诸如科学知识观、科学理论及其发展的本质、科学创造的重要性、科学的主观性、社会和文化对科学发展的作用等内容。

(5)STS维度

STS理念融入教师科学素养结构主要是受上世纪末STS教育思潮的影响,中小学科学课程目标转向让学生认识科学与技术对社会产生的正负效应,培养学生正确的科学技术观及科学伦理观。课程目标取向的转变使教师科学素养结构发生改变,随即融入了STS维度方面的内容。

(6)科学精神维度

科学精神维度主要是评价教师是否具备质疑、探究、实事求是、尊重证据等精神。科学精神是教学实践与教学信念互通升华而形成的一种唯实求真的崇高精神力量,是教师科学素养结构中其他维度的最终归属,在教师科学素养结构中扮演着宏观调控的作用。

2. 中小学教师科学素养的水平

进一步对中小学教师科学素养构成的6个维度进行率的合并分析,发现中小学教师科学素养达标率为64.90%,高于学生的科学素养水平(48.61%),符合“要提高学生的科学素养,首先教师应当具备基本的科学素养”这一逻辑要求。教师的科学本质观、科学知识、科学精神对科学素养的影响较大。由于科学本质观在体现科学素养方面的主导作用,国外研究者倾向于对教师科学本质观

的情况进行测量。研究发现,教师良好的科学素养、科学本质观与科学教学效果并非呈正相关^[21],此种情况下,教师专业发展取向的 PCK(学科教学知识)对于调和二者的关系具有重要作用,教师可利用 PCK 搭建科学素养、科学本质观与有效课堂教学之间的桥梁^[22],促使其深刻理解科学素养在“科学的认知方式(scientific ways of knowing)”方面的重要意义^[23]。

回归分析显示,科学本质观有显著性下滑,说明教师的科学本质观严重缺失,其他一些研究也得到相似结论^[24-26]。Lederman 在一项综述研究中发现^[27],不管研究者如何定义、测量科学本质观,教师科学本质观都普遍缺失。目前普遍的方法是利用工作坊或培训项目开设相关课程培养教师的科学本质观。具体的教学法有明示教学法和暗示教学法^[28]。明示教学法是以 HPS(科学史、科学哲学、科学社会学)视角诠释并直接传达科学本质观;暗示教学法是在探究、合作式的学习中关注科学本质观,以间接的方式让教师体会科学发展的本质过程。很多研究都证明这两种方式真实有效。

(二)中小学教师科学素养的调节因素

为了解我国中小学教师科学素养的影响因素,同时考虑统计量、变量指标、样本量等可统计性指标,我们选取了 3 个变量(学校类别、地域、教师类型)进行调节因素分析。元分析显示:中小学教师科学素养差异显著,中学教师科学素养水平高于小学教师。这与大部分调查研究结果一致。另一个重要的发现是:小学科学教师的科学素养与中学理科教师无显著差异。说明小学科学教师的科学素养脱离了小学教师群体的低水平,这无疑给科学教育研究者带来极大的鼓舞。一直以来,人们对小学科学教师队伍结构的认识总带有“老弱病残偏”的刻板印象,小学科学教师的职业归属感较其他学科教师低,但从 21 世纪初开始,经过十余年的发展,我国已有 60 余所高校开设科学教育本科专业,每年有大量的毕业师范生加入小学科学教师队伍,中小学教师队伍结构正朝着优化的方向发展。另外,相关政府部门对“科技创新教育”的重视也间接推动了小学科学师资队伍力量的壮大。“五中全会”更是将“创新”提到前所未有的高度,反映在教育上,从小培养学生的科技创新意识成为小学科学教师的重要职责。科技创新教育理念下的校本科技课程开发、各级各类科技教学技能培训、教师科技创新大赛等活动都驱动小学科学教师科学素养水平不断提升,但城乡差异仍然较大,农村小学科学教师仍需要得到更多关注^[29]。

元分析还发现,东部沿海地区教师科学素养水平高于中西部地区。由地域造成教师科学素养差异的原因是复杂的:第一,从发展路径而言,东部沿海地区经济发展较早、速度较快,当地经济发展推动了教育的发展和师资队伍完善,相比经济发展较晚的地区其教师整体科学素养水平较高;第二,从各级政府教育经费投入的角度而言,虽然教育投入占国内生产总值 4% 的目标在 2012 年得以实现,但是教育投入的地域均衡化远没有达到,偏远地区的当地政府对教育投入较少,造成教师专业发展路径狭小,从而影响教师科学素养水平的提升;第三,从教师自身发展的角度而言,完成学业的师范生为了自身发展挤向中东部地区,造成了大量优秀教师流向中东部地区,中东部地区的经济优势已是引发欠发达地区教师队伍不稳定、教师人员流失的首要因素^[30],这将会进一步拉大教师科学素养的地域差异;第四,从教师专业成长的角度而言,东部沿海地区各级各类教研、培训活动更为频繁和活跃,教师间的岗位、职称竞争也较为激烈,为了获取优势资源,教师会抓住每次机会促进自身的专业成长,这也会造成教师科学素养水平的地域差异。

(三)中小学教师科学素养的变迁

过去十余年间,我国中小学教师整体科学素养水平呈现上升趋势。从分维度看,在科学知识、STS、科学方法方面有较大提高,但科学态度、科学精神方面的素养有所下滑,特别是在科学本质观方面有显著下滑,因此,中小学教师应在科学态度、科学精神、科学本质观维度上加强专业化的培训。

首先,要厘清教师科学素养构成各维度之间的关系。在科学知识、科学方法、科学精神三者当中,科学知识是构建科学素养的“物质实体”,科学方法、科学精神是体现科学素养的“行为准则”,科

学本质观是核心,体现着个人对科学的根本看法,科学精神是体现在科学教学中一种唯实求真的崇高精神力量,无论是科学知识、科学方法的发展,还是科学理论、科学思想的发展,都离不开科学精神。

其次,要发展教师的学科知识。也就是说,教师培训的根本是使教师具备扎实的学科知识,但大量研究表明许多教师的知识陈旧,因此首要任务是更新教师的学科知识,然后基于学科知识开展科学素养构成中其他维度的培训。知识观的转化是改变知识陈旧的重要途径。只有让教师成为实践知识的主动构建者,生产并创造教育知识,才能形成创造知识、更新知识、维持竞争优势的专业成长体系。

最后,有了学科知识基础,还应将科学方法贯穿于知识学习过程中,使教师的学科知识更加系统化。理科教师的科学方法观往往主导着整个课堂教学过程,如:物理学科的公式、概念教学基本囊括了比值定义法,生物学科的实验设计教学主要涵盖控制变量法,化学学科的氧化还原反应、离子反应计算则体现了电子守恒的思想。可以说,如若教师科学方法缺失,课堂教学过程将会乱作一团,学生接受的也将是尚未理解的知识。知识和方法的协同发展形成了教师科学素养结构的雏形,明示教学法和暗示教学法(前文已述)的运用可以提高教师对科学本质观的认识水平,促使教师具备正确的科学态度,最终形成由科学知识和科学方法融合、升华而形成的科学精神。

仅用一次元分析要涵盖所有的潜在调节变量是很难的,比如性别、职称、受教育程度等也可能是科学素养的重要影响因素,因此需要进一步进行亚组分析,探讨更多的调节变量。调节变量分析中各研究样本差异较大,可能会导致分析出现误差,另外对单个率的合并还可能会出现较大的异质性。未来研究需要依据科学素养的理论定义来划分维度进行调查,并在此基础上形成具有代表性的量表。同时,还要增加样本代表性和样本容量,更多地分析影响教师科学素养的潜在调节因素,并基于此因素开展教师科学素养的纵向研究,考察教师科学素养的变化趋势。

参考文献:

- [1] ROBERTS D A. Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education[M]//Lederman N G, Abell S K. Handbook of research in science education. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Assoc Inc, 2007:720-780.
- [2] BRITT M A, RICHTER T, ROUET J F. Scientific Literacy: The Role of Goal-Directed Reading and Evaluation in Understanding Scientific Information[J]. Educational Psychologist, 2014, 49(2):104-122.
- [3] FEINSTEIN N. Salvaging Science Literacy[J]. Science Education, 2011, 95(1):168-185.
- [4] TOMAS L, RITCHIE S M. The Challenge of Evaluating Students' Scientific Literacy in a Writing-to-Learn Context[J]. Research in Science Education, 2015, 45(1):41-58.
- [5] ALLCHIN D. From Science Studies to Scientific Literacy: A View from the Classroom[J]. Science & Education, 2014, 23(9): 1911-1932.
- [6] CROWELL A, SCHUNN C. Unpacking the Relationship Between Science Education and Applied Scientific Literacy[J]. Research in Science Education, 2016, 46(1):129-140.
- [7] KATHLEEN V S, JOHN L, AMANDA B, et al. Developing Scientific Literacy in a Primary School[J]. International Journal of Science Education, 2012, 34(1):127-152.
- [8] SARKAR M, CORRIGAN D. Bangladeshi Science Teachers' Perspectives of Scientific Literacy and Teaching Practices[J]. International Journal of Science & Mathematics Education, 2014, 12(5):1117-1141.
- [9] VANESSA K. Pedagogical Content Knowledge in Science Education: Perspectives and Potential for Progress[J]. Studies in Science Education, 2009, 45(2):169-204.
- [10] ANDREW L, CHARLENE C, JODI H, et al. Beliefs about Teaching Science: The relationship between elementary teachers' participation in professional development and student achievement[J]. International Journal of Science Education, 2012, 34(2):153-166.
- [11] OU L L, LEE H S, LINN M C. An Investigation of Teacher Impact on Student Inquiry Science Performance Using a Hierarchical Linear Model[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2010, 47(7):807-819.
- [12] 蔡志凌. 中学物理教师科学素养的调查与分析[J]. 课程·教材·教法, 2004(6):81-85.
- [13] 蔡铁权. 浙江省小学科学教师科学素养与科学本质观现状调查及认识[J]. 全球教育展望, 2007(8):55-58.
- [14] 戚小丹. 杭州市小学科学教师的现状调查与研究[J]. 教师教育研究, 2008, 20(2):54-58.

- [15] 李维. 初中科学课程实验区师生科学素养的调查研究[J]. 教育理论与实践, 2005(10):26-28.
- [16] 张飒英. 农村中小学教师科学素养调查研究[J]. 教育探索, 2008(11):91-92.
- [17] 宋天乐. 小学教师科学素养有待提高-北京市小学教师科学素养现状调查报告[J]. 课程·教材·教法, 2002(12):58-63.
- [18] 张奇. 小学教师科学素养的调查研究[J]. 心理发展与教育, 2003, 19(4):66-69.
- [19] 张红霞. 小学科学教师科学素养调查研究[J]. 教育研究, 2004(11):68-73.
- [20] 许佳军, 马宗文, 董全超. 中国公民科学素质调查与研究[J]. 中国软科学, 2014(11):162-169.
- [21] BARTOS S A, LEDERMAN N G. Teachers' Knowledge Structures for Nature of Science and Scientific Inquiry: Conceptions and Classroom Practice[J]. Proquest Llc, 2013, 51(9):1150-1184.
- [22] DIJK E M V. Understanding the Heterogeneous Nature of Science: A Comprehensive Notion of PCK for Scientific Literacy[J]. Science Education, 2014, 98(3):397-411.
- [23] DANI D. Scientific Literacy and Purposes for Teaching Science: A Case Study of Lebanese Private School Teachers[J]. International Journal of Environmental & Science Education, 2009, 4(3):289-299.
- [24] 梁永平. 理科教师科学本质观调查研究[J]. 教育科学, 2005, 21(3):59-61.
- [25] BILLEH V Y, HASAN O E. Factors Affecting Teachers' Gain in Understanding the Nature of Science[J]. Journal of Research in Science Teaching, 1975, 12(3):209-219.
- [26] IREZ S. Are we prepared: An Assessment of Preservice Science Teacher Educators' Beliefs about Nature of Science[J]. Science Education, 2010, 90(6):1113-1143.
- [27] LEDERMAN N G, ABD-EL-KHALICH F, BELL R L, et al. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science[J]. Journal of Research in Science Teaching, 2002, 39(6):497-521.
- [28] 高满怡, 胡巧. 教师的科学本质观: 研究进展及趋势[J]. 外国教育研究, 2010(8):1-6.
- [29] 林静. 教师教学观念的干预与转化——以农村小学科学教师为例[J]. 教育科学, 2013, 29(2):46-52.
- [30] 杨建芳. 基础教育教师收入对师资供给的影响[J]. 教育学报, 2009(2):62-67.

A Meta-Analysis of Investigation on Scientific Literacy of Primary and Secondary Teachers

SHOU Xin¹, HU Weiping¹, LIU Nian²

(1. Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China;

2. Chongqing Yunyang Foreign Language Experimental School, Chongqing 404500, China)

Abstract: The method of meta-analysis is used to analyze teachers' scientific literacy in primary and secondary school from 2002 to 2016. Thirty-six cases that met the requirements of meta-analysis were selected with a total sample size of 10182 participants. The results are as follows. First, teachers that meet a "minimal standard" of scientific literacy are 64.9%, higher than students (48.61%). Second, teachers in secondary school are significantly better than those in primary school. Science teachers in the primary schools are relatively better than teachers of other subjects and teachers in the eastern and coastal areas are better than those in central or western China. Third, teachers' scientific literacy have been increasingly better in the past 10 years, and from the perspective of different dimensions, science knowledge, STS (Science Technology and Society) increase significantly but a downturn is seen in NOS.

Key words: scientific literacy; science teachers; primary and secondary school; views of scientific literacy; teachers; questionnaire survey; meta-analysis

责任编辑 邱香华