

# 优质课物理教师 TPACK 生成路径研究

——基于组态视角的 fsQCA 方法

范兵 张帅

**【摘要】**近年来,以 ChatGPT 等为代表的人工智能通用大模型的诞生引发了强烈的技术变革需求,整合技术的学科教学知识 (TPACK) 因被视为是教师适应数字时代专业发展的重要指标而备受关注。研究以 TPACK“整合观”为理论视角,采用模糊集定性比较分析 (fsQCA) 方法来探索 65 名优质课高中物理教师高水平 TPACK 的生成路径。基于 fsQCA 的组态分析结果表明,物理教师 TPACK 呈现出“策略课程优势型”“知识教评卓越型”和“策略教学全能型”三类组态构型。根据研究结果,提出“明晰殊途同归,内化概率组态”“夯实基础知识,显化教学特色”“内化技术整合,优化评价方式”的研究建议,以推动物理教师 TPACK 的优质拓展,提升教师数字化教学能力。

**【关键词】**TPACK;物理教师;fsQCA;组态分析;生成路径

随着信息技术的不断更迭,教师在教学中对信息技术的整合能力成为人们关注的焦点。

如何表征教师信息技术与学科教学深度融合能力呢?整合技术的学科教学知识 (Technological Pedagogical and Content Knowledge, TPACK) 提供了一种处理技术与学科教学关系的新视角,它是教师创造性地将学科内容知识 (CK)、教学法知识 (PK) 和技术知识 (TK) 整合而又超越三者的一种新型知识结构<sup>[1]</sup>。教师拥有高水平的 TPACK,意味着教师对教学对象、学科内容和技术使用有着更深刻的理解,更能合适地选择教学策略、技术手段进行高效教学。如何理解 TPACK,研究者一般有两种视角:一是要素观,认为 TPACK 是由 CK、TK 和 PK 三个子要素交互而形成 TPACK,着重强调 TPACK 的七类构成要素;二是以 Niess 等为代表的整合观,强调 TPACK 是 PCK 的拓展延伸,认为 TPACK 由整合技术的学科课程知识、整合技术的学科统领性概念、整合技术的学生学科理解知识和整合技术的学科教学策略与教学表征知识四类组成<sup>[2]</sup>。现有研究视角多从要素观分析教师的 TPACK 表现,较少从整合观视角研究教师的 TPACK,尤其是物理教师的 TPACK 研究则更少。此外,少有研究关注物理教师数字化教学能力的生成路径,且关键因素的条件组合样态有待澄清。鉴于此,本研究基于 fsQCA 深入探究优质课物理教师数字化教学能力的生成路径,以为理解教师数字

化教学能力的生成机理提供参考。

## 一、研究设计

### (一) 研究方法

模糊集定性比较分析 (fuzzy - set Qualitative Comparative Analysis, fsQCA) 是一种基于布尔代数和集合论逻辑,通过探究不同原因变量作用于结果变量的充分性和必要性条件,进而考查多种原因变量组合与结果之间逻辑关系的方法。与其他定量方法的区别在于,fsQCA 能够克服自变量之间的多重共线性,其组态思维具有等效性,并不追求结果的最优解,而重在充分考虑条件变量间的内在关联,适用于解释产生同一结果的不同组合路径<sup>[3]</sup>。换言之,fsQCA 能够研究由多个原因联合导致同一结果的“多重并发因果关系”,恰好适用于探索构成教师高水平 TPACK 的核心因素究竟是哪些。

### (二) 研究样本及研究工具

选取在中国物理学会物理教学委员会举办的第 13 届 (2018 年) 和第 14 届 (2021 年) 全国中学物理青年教师教学大赛高中组中获得一二等奖教师的 65 个教学视频作为研究样本。该比赛代表着高中物理课堂教学的优质水平,其授课主题内容广泛,有着极高的学习价值和研究价值,该比赛的录课视频可视为优质课 (优质课的具体信息详见参考文献 [4])。为测量优质课物理教师的 TPACK 水平,我们选取先前研究中开发的《高中物理教师 TPACK 课堂观察

表》(以下简称观察表,详见表1)作为评测工具。该观察表由整合技术教授物理的学生理解知识(以下简称学生知识)、整合技术教授物理的课程与课程资源知识(以下简称课程知识)、整合技术教授物理的教学策略知识(以下简称策略知识)和整合技术教授物理的教学评价知识(以下简称评价知识)四个核心元素构成。多面多维Rasch模型(Many-Facet Multidimensional Rasch Model, MFMRM)检验了该观察表的信效度,来自MFMRM的结果显示各子维度的信度值在0.60至0.84之间<sup>[4]</sup>,这表明观察表能够较好地测量教师的TPACK水平。

表1 TPACK观察表的一级指标、二级指标及元素说明

一级指标	二级指标	一级指标描述说明
学生知识	A1 理解重难点	学生知识:教师在信息技术背景下进行物理教学时对学生学情展开合理分析的知识,是对学生如何学习物理的理解和认识
	A2 获取学情	
课程知识	B1 技术表征	信息化教学环境下物理教师对课程内容的理解和把握;课程内容是学生要学习的知识,课程资源是指物理教学特定的内容、图片、视频和实验室等
	B2 讲授无误	
策略知识	C1 创设环境	教师在信息技术环境下关于如何开展物理教学的手段和策略,如教学中如何合理使用信息技术、管理课堂等
	C2 课堂管理	
评价知识	D1 师生评价	信息技术环境下教师对物理教学评价的认识和理解,包含评价的内容、形式和工具等
	D2 技教相宜	

### (三) 数据收集与变量处理

与先前的研究过程类似,首先选取两名研究者对TPACK观察表进行熟悉与试评,然后再收集观察数据<sup>[4]</sup>。由表1可知,由于一级指标较少,难以满足fsQCA组态分析的前因变量处理,故将一级指标细分为8个二级指标,并将二级指标视为前因变量,其赋值为两名研究者在各二级指标上的评分均值;同时将由MFMRM拟合生成的优质课物理教师四个维度Rasch能力值的总和作为表征教师TPACK水平高低的指标,并将该能力值作为结果变量以进行后续分析。

## 二、研究结果

### (一) 数据校准与必要性条件检验

数据校准(Calibrate)是计算前因变量集合隶属度的重要环节。本研究采用fsQCA 4.1软件、基于主流的百分位点方式(即95%、50%与5%)进行校准。

必要性条件检验是评估子集条件与结果条件关系的关键步骤,一致性(Consistency)和覆盖度(Coverage)是判断条件组合隶属于结果子集程度的两个关键指标。其中,一致性主要衡量前因变量对于结果的必要程度,即结果在多大程度上源于前因变量的影响,当一致性 $\geq 0.9$ 时,即可判定该前因变量为结果的必要条件;覆盖度用来判断前因变量对于结果变量的解释力度,覆盖率越大,表明前因变量对结果变量的解释力度越大<sup>[5-6]</sup>。表2中仅“课堂管理”和“技教相宜”的一致性大于0.9,表明两者是生成教师高水平TPACK的必要条件。即便如此,必要条件只能保证其必要性而无法保证充分性,当必要条件不止一个时,无法准确判断在具体路径中是一个还是多个必要条件在起作用。因此需要在后续分析中进一步验证二者的必要性。

表2 前因变量的必要性分析

前因变量	高TPACK水平		低TPACK水平	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
A1 理解重难点	0.826584	0.794011	0.522738	0.548348
~A1 理解重难点	0.529820	0.504110	0.803632	0.834999
A2 获取学情	0.593298	0.768884	0.400081	0.566198
~A2 获取学情	0.665263	0.503839	0.836691	0.691983
B1 技术表征	0.898775	0.708530	0.612285	0.527100
~B1 技术表征	0.400124	0.485872	0.661425	0.877082
B2 讲授无误	0.788719	0.592700	0.717881	0.589111
~B2 讲授无误	0.453223	0.595325	0.503672	0.722474
C1 创设环境	0.865258	0.736444	0.533702	0.496050
~C1 创设环境	0.407903	0.444769	0.716439	0.853079
C2 课堂管理	0.924571	0.664972	0.685042	0.538037
~C2 课堂管理	0.357691	0.509798	0.573434	0.892495
D1 师生评价	0.65417	0.650264	0.608021	0.660009
~D1 师生评价	0.657967	0.605853	0.677812	0.681561
D2 技教相宜	0.932103	0.656931	0.679389	0.522885
~D2 技教相宜	0.323034	0.479886	0.554247	0.899135

注:~为逻辑“非”,表示该前因变量不出现;下同。

### (二) 高水平TPACK生成路径分析

研究进一步展开条件组态分析,以检验与判断不同前因变量组合对结果变量的解释程度。根据杜运周等人的建议,将一致性阈值设为0.85,PRI一致性阈值设为0.80,频数阈值设为1<sup>[3]</sup>。通过嵌套对比软件输出的中间解和简约解,我们得到了下页表3

的条件组态结果,其中每一列表示有可能出现的条件组态。由表3可知,解的一致性为0.676,表示在满足这四类条件组态的视频案例中有67.6%的案例具有高水平TPACK;解的覆盖度为0.970,表示四类条件组态覆盖了97%的高水平TPACK生成路径。

表3 高水平TPACK生成路径

前因变量	高TPACK水平			
	路径1	路径2	路径3	路径4
A1 理解重难点	●		●	●
A2 获取学情		●	◎	●
B1 技术表征	●	●	◎	●
B2 讲授无误		◎	⊗	◎
C1 创设环境	●	●	◎	●
C2 课堂管理	●	●		●
D1 师生评价			●	⊗
D2 技教相宜	◎	◎	◎	
一致性	0.969	0.988	0.998	0.987
原始覆盖度	0.626	0.399	0.138	0.315
唯一覆盖度	0.248	0.023	0.014	0.009
解的一致性	0.676			
解的覆盖度	0.970			

注:●点表示前因变量存在的核心条件,◎表示前因变量存在的边缘条件;◎表示此核心条件不存在,⊗表示此边缘条件不存在;空白表示该前因变量存在与否对结果无显著影响。

### 1. 策略课程优势型

表3中路径1和路径2均包含“技术表征”“创设环境”和“课堂管理”作为教师形成高水平TPACK的核心条件。“技术表征”需要教师采用信息技术将物理内容进行多重表征,提升学生知识的易接受度;“创设环境”强调教师需要创设一个探究性学习的环境,使得学生将所学知识与生活实践联系起来,而“课堂管理”则强调教师对教学环境的掌控程度。路径1(理解重难点\*技术表征\*创设环境\*课堂管理\*技教相宜)和路径2(获取学情\*技术表征\*讲授无误\*创设环境\*课堂管理\*技教相宜)中的3个前因变量(B1、C1和C2)均强调策略知识与课程知识对教师形成高水平TPACK的重要性,这意味着路径1与路径2是通过“策略课程优势型”特征达到形成教师高水平TPACK的“殊途同归”目的。但路径1更多强调“理解重难点”的重要性,这意味着教师需要在技术环境下帮助学生理解重点内容,突破难点知识;而路径2表明教师会更加关注并了解学

生的学习情况,同时保证自己讲授的知识正确无误。此外路径1和路径2均强调“技教相宜”的適切性,教师需要处理好技术与物理教学之间的关系,避免本末倒置,避免技术成为教学的炫技而使得教学效果浮于表面。路径1和路径2反映的是TPACK具有“策略课程优势型”特征的物理教师组态构型,此特征揭示出教师需要重视策略知识与课程知识的学习与训练,强化“技术表征”“创设环境”和“课堂管理”等指标的实践应用,根据教学环境灵活地运用学生知识或评价知识,来提升数字化教学效果。

### 2. 知识教评卓越型

路径3(理解重难点\*获取学情\*技术表征\*~讲授无误\*创设环境\*师生评价\*~技教相宜)表明“理解重难点”和“师生评价”是形成教师高水平TPACK的核心必要条件,即使缺乏“技教相宜”也不影响教师高水平TPACK的生成。路径3可解释13.8%的优质课案例,而1.4%的案例仅能够被该路径所解释。路径3反映出只需要拥有“理解重难点”和“师生评价”也能够形成高水平TPACK,而“获取学情”“技术表征”和“创设环境”能够起到锦上添花的效果,即使教师没有正确处理技术与教学的关系也不太影响教学效果。这一路径反映出“知识教评卓越型”教师的TPACK组态,这类教师对于课程内容的重难点知识把握程度十分严谨,同时注重“师生评价”,即教师在授课中能够适当并适时地评价学生对某一主题的掌握情况,并能鼓励学生开展自我评价,使得评价成为促进学生学习的的教学手段。

### 3. 策略教学全能型

路径4(理解重难点\*获取学情\*技术表征\*讲授无误\*创设环境\*课堂管理\*~师生评价)表明“理解重难点”“获取学情”“技术表征”“创设环境”和“课堂管理”是促成教师高水平TPACK的必要条件,这类教师在学生知识、课程知识和策略知识上均表现良好。即使缺乏“师生评价”也不太影响教学效果。这类教师对于课堂有着很强的掌控能力,可归属于“策略教学全能型”教师。路径4可解释31.5%的优质课案例,而0.9%的案例仅能够被该路径所解释,说明该类教师更难以形成,此路径有着更高的门槛阈值。

## 三、结论与启示

基于上述分析可知,“技术表征”“创设环境”和“课堂管理”等关键变量在不同程度上影响着优质课教师TPACK的生成与发展,在优质课教师个体差异与优质特征共存的背景下,其高水平TPACK生成有着多样化路径。通过对65个优质课案例进行分析,fsQCA揭示出“策略课程优势型”“知识教评卓

越型”和“策略教学全能型”是三类形成高水平TPACK的组态路径,这对培养教师数字化教学能力、提升教师课堂教学质量有着重要启示。

### (一)明晰殊途同归,内化概率组态

四条路径揭示了不同前因变量组合对教师TPACK表现的影响,但殊途同归,高水平TPACK的形成拥有多重发展路径。在四条路径中,路径1和路径2有着更大的原始覆盖度(分别为0.626、0.399),表明这两条路径有着更强的解释力度,能解释更多的优质课案例;而且这两条路径均指向“策略课程优势型”教师TPACK的形成,这为新手教师和普通教师提升数字化教学能力提供了新见解。新手教师与普通教师在实现自身专业发展的过程中,可以选择“策略课程优势型”的普适性组态路径,此类路径有着更大的解释概率,使得个体在探索和学习过程中更有可能形成高水平TPACK。因此,教师可着重于“技术表征”“创设环境”和“课堂管理”等策略知识和课程知识的学习与运用,践行信息技术与教育深度融合的理念,从而实现发展自身教学水平、提升课堂教学质量的目的。

### (二)夯实基础知识,显化教学特色

在表3中四条TPACK的生成路径构成了三类物理教师高水平TPACK的组态样例,这些组态反映出优质课物理教师TPACK的共同特征,即强调学生知识、课程知识或策略知识的重要性。教师在课堂教学中需采取适当方式获取学生的学习情况,并使用技术手段表征物理内容,帮助学生理解并突破重难点知识,加深学生对于物理学科的理解。教学策略是教师在教学过程中为提升教学效果而采取的方法与手段,策略知识(即C1和C2)在三条路径中作为核心必要条件,表明教师在课堂教学中需重视课堂管理,通过科学有效的管理手段,为学生创设一个良好的探究学习环境,促使学生积极参与课堂讨论和实践活动,提升学生的学习投入,从而事半功倍地提升课堂教学质量。此外,不同组态路径表明教师的教学在拥有优质课堂特征共性时又存在个体差异。由于教师的教学对象、教学经历和教学观念等方面的不同,会形成教师自身的教学风格与特点。这些教学特色是教师对教书育人实践的总结升华,是教师自身专业发展的成长映射。教师既要汲取优质共性特征,也需要发挥自身教学特色,这些特色根植于特定的教学环境、成长于丰硕的教学经验,其对于提升课堂数字化教学效果,激发学生的学习兴趣与学习积极性,培养学生的物理核心素养有着重要作用。

### (三)内化技术整合,优化评价方式

四条生成路径中,有两条路径显示“技教相宜”是前因变量的核心必要条件;而在路径3中“技教相宜”以核心条件缺失而存在,这表明路径3所解释的案例在此指标上存在提升空间。信息技术对教学产生了深刻影响,其不仅能拓展课程内容、革新转变教学模式,还能提升教学效率、优化课堂氛围。尤其是当前通用大模型、增强现实等科学技术的诞生与发展,使得课堂AI助教、生成式探究学习成为可能,这为变革教学方式带来契机,教师需积极学习信息技术,提升整合能力,以赋能数字化教学。同时,路径4表明该类教师在“师生评价”上存在优化空间。因此,教师一方面可采取过程性评价、诊断性评价等多元评价方式,给予学生的学习效果及时反馈;另一方面也可引入诸如课堂质量检测系统、多模态学习分析系统等新质教学评价方式,为教学评价提供更多证据支持,为改进课堂教学提供方向指导。

### 参考文献:

- [1] Mishra P, Koehler M J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge[J]. Teachers College Record, 2006, 108(6): 1017-1054.
- [2] M. L. Niess. Preparing Teachers to Teach Science and Mathematics with Technology: Developing a Technology Pedagogical Content Knowledge[J]. Teaching and Teacher Education, 2005, 21(5): 509-523.
- [3] 伯努瓦·里豪克斯,查尔斯C拉金. QCA设计原理与应用:超越定性与定量研究的新方法[M]. 杜运周,李永发,译. 北京:机械工业出版社,2017.
- [4] 范兵,欧阳仪,黄艺彦. 优质课物理教师TPACK表现特征研究[J]. 中学物理, 2024, 42(11): 12-17.
- [5] 陶金虎,鄢海霞,王世斌. 工科本科生数字能力生成路径研究——基于研究型大学制造类专业的fsQCA组态分析[J]. 中国高教研究, 2024(02): 8-15.
- [6] 郭仕豪,余秀兰. 研究生为什么会“选题难”?——基于6个前因变量的模糊集定性比较分析[J]. 学位与研究生教育, 2021(4): 6-13.

**【作者简介】**范兵(1999-),华南师范大学物理学院,博士研究生,研究方向:物理课程与教学论、教育测量与评价(广东 广州 510006);张帅(1998-),陕西师范大学物理学与信息技术学院,硕士研究生,研究方向:STEM教育、教育神经科学(陕西 西安 710100)。

**【原文出处】**摘自《中学物理》(哈尔滨),2024. 13. 26~29