

学校代码: 11078



学 号: 1112015005

广州大学

博士学位论文

题目: 初中数学教师DM-TPACK能力发展研究

学 生 类 型: ☒ 学术学位博士
☐ 专业学位博士

学位论文作者: 陈如仙

导师姓名及职称: 张景中 教授

学 院: 数学与信息科学学院

学 科 专 业: 基础数学

论文提交日期: 二〇二四 年 五 月

学校代码：11078

学 号：1112015005

广州大学博士学位论文

初中数学教师DM-TPACK能力发展研究

Research on Development of DM-TPACK for Middle School Mathematics Teachers

陈如仙

学 科 专 业： 基础数学

研 究 方 向： 数学教育技术

论 文 答 辩 日 期： 2024年5月25日

指 导 教 师（签 名）：

答辩委员会主席（签名）：

答辩委员会委员（签名）：

摘 要

经过多年发展，我国教育信息化实现了跨越式发展，并取得诸多重大成果，目前已进入教育数字化转型时期，也是数字技术与教育教学融合创新的关键时期。整合技术的学科教学知识（TPACK）是教师必备的数字能力之一，是教师专业发展的重要部分。大量研究表明，动态数学技术有利于激发学习兴趣和促进知识理解。但在实际教学中，大多数数学教师仅能够掌握动态数学系统的基本操作，从而不能形成常态化整合动态数学技术的教学能力，导致动态数学技术与数学教学的融合深度不足，更难以实现融合创新。

本研究面向初中数学学科教学，基于动态数学技术动态可视化、学科性和交互性等特点，提出整合动态数学技术的数学学科教学知识（Technological Pedagogical Content Knowledge with Dynamic Mathematics, DM-TPACK），主要探讨三个问题：

（1）初中数学教师 DM-TPACK 是什么？应包括哪些构成因素以及因素之间有什么关联？各构成因素的内涵分别是什么及其组成要素有什么？

（2）如何测量初中数学教师 DM-TPACK 能力水平？测量方法应尽可能系统地、科学地和合理地评估初中数学教师 DM-TPACK 能力水平。

（3）如何构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式？如何根据“境脉”因素，构建区域特色的初中数学教师 DM-TPACK 实施路径？

针对以上问题，本研究围绕“文献综述—理论构建—实践验证”开展研究，主要有以下研究成果：

第一，通过文献综述发现，在数学学科 TPACK 研究中，更多关注数学学科特点的 TPACK 研究，缺少针对动态数学技术的 TPACK 研究。另外，TPACK 大多停留在框架研究，有待进一步加强 TPACK 测量和发展实证研究。

第二，构建初中数学教师 DM-TPACK 结构模型，明晰了 DM-TPACK 的构成因素，包括整合动态数学技术的观念与运用、课程和资源知识、理解学生知识、教学策略与管理知识、教学评价知识；厘清了这五个构成因素之间的结构关系，体现为观念与运用起着统领作用，评价知识贯穿整个过程，课程和资源知识、理解学生知识、教学策略和管理知识形成“教什么”、“教谁”和“怎么教”的关系。

第三，构建初中数学教师 DM-TPACK 测量方法，设计并开发了 DM-TPACK 访谈问卷、DM-TPACK 量表和 DM-TPACK 表现性评价方法，综合运用各测量方法在教师培训

各个环节,以及时反馈教师 DM-TPACK 能力水平。特别是初中数学教师 DM-TPACK 量表,通过信效度检验,结果表明该量表具有较好的稳定性和内部一致性,能有效测量初中数学教师 DM-TPACK 能力水平。

第四,构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式和实施路径,该模式以提高教师 DM-TPACK 能力为目标,强调根据“境脉”因素,灵活结合 SECI 理论、教研活动、共同体和保障机制设计实施路径。以成都市武侯区、广州市番禺区北片进行“境脉”分析,分别构建区域特色的“基于 SECI 的知识转化”实施路径和“双师制”实施路径。

第五,基于上述对应实施路径,成都市武侯区和广州市番禺区北片分别开展教师 DM-TPACK 能力培训。网络画板平台数据显示,武侯区教师应用动态数学技术进行教学的次数约是培训前的 5.5 倍,活跃度稳居在 460 多个全国县级区中前 3 名;武侯区建设资源总数为 26848 个,在全国 460 多个全国县级区排第一,超出第二名区域 6 千多个资源。番禺区北片教师应用动态数学技术进行教学的次数月平均 8600 多次,活跃度稳居全国 460 多个全国县级区前 3 名,特别是培训的第二阶段“需求+服务”,其中一个月高达 4.2 万次,教师之间资源分享也比较活跃,月平均 200 次;番禺区北片建设资源总数 13191 个,目前在全国 460 多个全国县级区排第三。实践表明,武侯区“基于 SECI 的知识转化”实施路径有利于 DM-TPACK 知识逐渐内化成能力,教师 DM-TPACK 能力稳步提高并得到可持续发展;番禺区北片“双师制”实施路径通过降低整合动态数学技术进行教学的入门门槛,继而减轻教师负担,并且促进教师共同体知识构建,更多教师积极参与其中。总体上,两区域教师 DM-TPACK 能力得到有效提高并且可持续发展,创设示范性教师培训,形成有活力的可持续的教育生态。

本研究创新性地将动态数学技术与数学知识、教学方法进行整合,提出初中数学教师 DM-TPACK,并对此进行系统研究,丰富了 TPACK 框架研究、测量方法研究和培养模式研究。未来,将进一步完善 DM-TPACK 理论框架和 DM-TPACK 能力培训实施路径,并在更多区域进行实践,提升数学教师数字能力,促进数字技术与教育教学融合创新。

关键字: 教育数字化; TPACK; 教师专业发展; 数学 TPACK; 动态几何

ABSTRACT

After years of development, China's education informatization has achieved leapfrog development and many significant achievements, and has now entered the period of digital transformation of education, which is also a critical period for the integration and innovation of digital technology and education teaching. Subject Teaching Knowledge for Integrating Technology is one of the essential digital competencies for teachers and an important part of their professional development. Numerous studies have shown that dynamic mathematical technology is beneficial to stimulate learning interest and promote knowledge understanding. However, in actual teaching, most mathematics teachers are only able to master the basic operation of dynamic mathematical systems, thus failing to form the teaching ability of integrating dynamic mathematical technology on a regular basis, resulting in insufficient depth of integration of dynamic mathematical technology and mathematics teaching, and making it more difficult to realize integration innovation.

This study introduces the concept of Technological Pedagogical Content Knowledge with Dynamic Mathematics (DM-TPACK), specifically tailored for the teaching of middle school mathematics. Three key questions guide our exploration:

(1) What comprises DM-TPACK for middle school mathematics teachers? How do its various components interact, and what are the underlying meanings and sub-elements of these constituent factors?

(2) How can we accurately gauge the DM-TPACK proficiency of middle school mathematics teachers? It is imperative that our assessment method is not only systematic and scientific but also rational, ensuring a reliable evaluation of their DM-TPACK capabilities.

(3) How can we craft a tailored DM-TPACK training model for middle school mathematics teachers? Furthermore, how can we develop a context-specific and locally relevant implementation path for DM-TPACK within this educator cohort?

In addressing these inquiries, our study adheres to a rigorous methodology that encompasses literature review, theory construction, and practical validation, yielding insightful research outcomes.

Firstly, our literature review has revealed a significant gap in TPACK research specific to dynamic mathematical technology in mathematics education. While existing research on TPACK often focuses on the unique characteristics of the mathematics discipline, there is a dire need for more exploration into the integration of dynamic mathematical technology within this framework. Additionally, while TPACK research has made strides in theoretical frameworks, there is still a pressing need for empirical studies that delve into the measurement and development of this competency.

Secondly, we have formulated a comprehensive "Structural Model of DM-TPACK for Middle School Mathematics Teachers." This model elucidates the various components of DM-TPACK, encompassing the conception and utilization of dynamic mathematical technology, knowledge of curriculum and resources pertaining to its integration, understanding of students' needs in this context, mastery of teaching strategies and management techniques, and evaluation methods for teaching incorporating dynamic mathematical technology. The intricate relationships between these five components are clearly delineated, with the conception and utilization serving as the cornerstone, evaluation knowledge serving as a thread throughout the entire process, and the remaining components forming a cohesive triad of "what to teach," "who to teach," and "how to teach."

Thirdly, we have developed a comprehensive "DM-TPACK Measurement Method for Middle School Mathematics Teachers," encompassing a DM-TPACK Interview Questionnaire, a DM-TPACK Scale, and DM-TPACK Performance Evaluation Methods. This approach comprehensively utilizes various measurement techniques to provide timely feedback on teachers' DM-TPACK competence levels, encompassing all aspects of teacher training. Notably, the DM-TPACK Scale specifically designed for middle school mathematics teachers underwent rigorous testing for reliability and validity. The results reveal that the scale exhibits excellent stability and internal consistency, effectively gauging the DM-TPACK level of middle school mathematics teachers.

Subsequently, we have formulated the "DM-TPACK Training Model and Implementation Path for Middle School Mathematics Teachers," with the primary objective of enhancing DM-TPACK capabilities. This model emphasizes the design of an implementation

path tailored to specific "contexts" and the agile integration of SECI theories, activities, communities, and a robust guarantee mechanism. Drawing from the unique "contexts" of Wuhou District in Chengdu City and Panyu District in Guangzhou City, we have constructed tailored implementation pathways for "SECI-Based knowledge transformation" and the "Dual-Teacher system." This approach ensures that the training model is not only responsive to local needs but also effective in fostering the development of DM-TPACK competencies among teachers.

Finally, DM-TPACK training for teachers has been carried out in Wuhou District of Chengdu City and Beipian of Panyu District of Guangzhou City. According to statistics from the NetPad, the number of teachers in Wuhou District using dynamic mathematics technology in teaching is about 5.5 times that before the training, and the activity ranks among the top 3 of more than 460 county-level districts nationwide; the total number of construction resources in Wuhou District is 26848 ranking first among more than 460 county-level districts across the country, surpassing the second-placed region by more than 6000 resources. Teachers in Beipian, Panyu District apply dynamic mathematics technology to teach an average of 86000 times a month, ranking among the top 3 of more than 460 county-level districts in the country in terms of activity. Especially in the second phase of the training "demand + service", in March total Up to 42000 times. Resource sharing among teachers is also more active, with an average of 200 times per month. The total number of construction resources in the northern part of Panyu District is 13191 currently ranking third among more than 460 national county-level districts in the country. Practice has shown that the "SECI-Based knowledge transformation" implementation path in Wuhou District is conducive to the gradual internalization of DM-TPACK knowledge into abilities, and teachers' DM-TPACK abilities have been steadily improved; the "Dual-Teacher system" implementation path in the north area of Panyu District has integrated dynamics. The entry threshold for teaching mathematics technology reduces the burden on teachers and promotes the knowledge construction of the teacher community, with more teachers actively participating in it. In general, the DM-TPACK abilities of teachers in the two regions have been effectively improved and can be used to form a dynamic and spiritual educational ecology and create exemplary teacher

training.

This study innovatively integrates dynamic mathematical technology with mathematical knowledge and teaching methods, proposes DM-TPACK for junior high school mathematics teachers, and conducts a systematic research on it, enriching the research on TPACK framework, measurement method and training mode. In the future, the theoretical framework of DM-TPACK and the implementation path of DM-TPACK competence training will be further improved and practiced in more regions to enhance the digital competence of mathematics teachers and promote the integration and innovation of digital technology and education and teaching.

Keywords: Education Digitization, TPACK, Teacher Professional Development, TPACK in The Mathematics, Dynamic Mathematical Technology

目 录

第 1 章 绪论.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.1.1 教育契机:教育数字化更注重教育本身需求	1
1.1.2 转型关键:教师是教育数字化转型的关键执行者	2
1.1.3 转型需求:加强信息技术与教学融合创新是教师重要的数字能力	2
1.1.4 教学困境:数学教师不知如何整合动态数学技术进行教学 ...	3
1.2 研究问题.....	4
1.3 研究思路与方法.....	5
1.3.1 研究思路.....	5
1.3.2 研究方法.....	6
1.4 研究意义.....	8
1.4.1 理论意义.....	8
1.4.2 实践意义.....	9
1.5 论文结构安排.....	9
第 2 章 文献综述	11
2.1 TPACK 框架.....	11
2.1.1 TPACK 的起源及其概念发展	11
2.1.2 典型的 TPACK 框架.....	13
2.1.3 典型的数学 TPACK 框架.....	16
2.1.4 国内 TPACK 研究现状.....	21
2.1.5 本节研究启示.....	21
2.2 TPACK 测量方法.....	21
2.2.1 量表测量法.....	22
2.2.2 绩效评价法.....	23
2.2.3 访谈法、观察法及开放式问卷调查法	23
2.2.4 混合评价方法.....	24
2.2.5 本节研究启示.....	25
2.3 TPACK 培养方式.....	25
2.3.1 国外 TPACK 培养方式.....	26
2.3.2 国内 TPACK 培养方式.....	27
2.3.3 本节研究启示.....	28
2.4 动态数学技术.....	29
2.4.1 动态数学技术概念及其特征.....	29

2.4.2 动态数学技术的教学价值.....	30
2.4.3 国内动态数学软件应用现状.....	31
2.4.4 本节研究启示.....	32
2.5 本章小结.....	33
第3章 初中数学教师 DM-TPACK 结构模型.....	34
3.1 动态数学技术与数学学科教学融合的基点分析	35
3.1.1 动态数学技术与数学知识融合的基点	35
3.1.2 动态数学技术与数学教学融合的基点	38
3.2 构建初中数学教师 DM-TPACK 结构模型.....	39
3.3 完善初中数学教师 DM-TPACK 结构模型.....	44
3.4 本章小结.....	50
第4章 初中数学教师 DM-TPACK 测量方法.....	52
4.1 教师 TPACK 测量的设计原则.....	52
4.2 初中教师 TPACK 测量模型.....	54
4.3 初中数学教师 DM-TPACK 访谈问卷.....	55
4.4 初中数学教师 DM-TPACK 量表.....	56
4.4.1 量表来源及题项确定.....	56
4.4.2 调查问卷修订.....	57
4.4.3 调查问卷信效度检验.....	58
4.5 初中数学教师 DM-TPACK 表现性评价	65
4.6 本章小结.....	69
第5章 初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径.....	70
5.1 TPACK 培养方式的设计原则.....	70
5.2 “技术融入”的初中数学教师 DM-TPACK 培养模式	72
5.3 “基于 SECI 的知识转化”实施路径——以成都市武侯区为例 ..	74
5.3.1 成都市武侯区“境脉”分析	74
5.3.2 “基于 SECI 的知识转化”实施路径设计	75
5.4 “双师制”实施路径——以广州市番禺区北片为例.....	79
5.4.1 番禺区北片“境脉”分析	79
5.4.2 “双师制”实施路径设计	79
5.5 本章小结.....	82
第6章 初中数学教师 DM-TPACK 实践成效.....	84
6.1 武侯区“基于 SECI 的知识转化”实施路径成效分析	84
6.1.1 武侯区实践过程.....	84
6.1.2 访谈问卷分析.....	85
6.1.3 表现性评价分析.....	86
6.1.4 本节小结.....	90
6.2 番禺区北片“双师制”实施路径成效分析.....	90

6.2.1 番禺区北片实践过程.....	90
6.2.2 访谈问卷分析.....	91
6.2.3 表现性评价分析.....	92
6.2.4 本节小结.....	97
6.3 武侯区和番禺区北片初中数学教师 DM-TPACK 量表分析....	98
6.4 本章小结.....	103
第 7 章 结论与展望	104
7.1 研究结论.....	104
7.1.1 问题 1 的研究总结.....	104
7.1.2 问题 2 的研究总结.....	104
7.1.3 问题 3 的研究总结.....	105
7.2 研究创新.....	106
7.3 研究展望.....	107
参考文献.....	108
附录 1 初中数学教师 DM-TPACK 结构模型访谈问卷.....	119
附录 2 初中数学教师 DM-TPACK 量表(第一修订稿).....	121
附录 3 初中数学教师 DM-TPACK 量表(第二修订稿).....	124

第1章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 教育契机：教育数字化更注重教育本身需求

党的二十大，习近平总书记对教育作出重要部署，明确推进教育数字化，强调了建设全民终身学习的学习型社会和学习型大国的重要性，并提出了进一步加强教育信息化建设的任务。

何为教育数字化？教育数字化是以数字技术为主的信息时代。在界定教育数字化这个概念时，学者从不同的角度进行解读，经过一定的辩证，逐渐得到统一的认识：教育数字化仍是教育信息化一个时期，并且是一个关键时期^[1]。随着技术的持续进步，教育信息化的发展正逐渐推进教育教学的深刻变革，旨在培养出能够适应数字化时代需求的创新型人才。教育信息化的发展至今可分为四个阶段，第一阶段是前教育信息化阶段，教育信息化的概念开始被引入我国，并开始进行一些初步的尝试和探索；第二阶段是以多媒体计算机为主的计算机辅助教学，应用信息技术提高教学便利性；第三阶段是以互联网为主的远程学习，教学与信息技术融合；第四阶段是以人工智能、大数据为主的教育数字化。在第一，第二及第三阶段的发展进程中，已经初步搭建起“三通两平台”和“三全两高一大”信息化教育的基本框架。在这一过程中，信息技术与教学经历了从建设起步到应用普及、再到深度融合，最终迈向创新发展的渐进式变革。而教育数字化转型，作为教育信息化发展中的一个特殊且关键阶段，正是基于多年信息技术对教育发展的量变积累，迈向实现质变的决定性时期^[2]。

教育数字化有何不同？教育数字化更加关注教育本身的需求，更关注以自身需求为驱动力促进教育改革。怀进鹏部长部署教育数字化战略行动，其正在按照“需求牵引、应用为王、服务至上”的原则加速推进^[3]。“需求牵引”就是更加关注教育本身内在的驱动力。教育改革是内在驱动力与外在驱动力共同作用下得以不断深化的。以往新的技术出现促进教学改革，但往往由于这种外在驱动力的动力不足和持久性不够，甚至有时会加大教师与学生的负担。因此，更应关注教育本身真正的需求。“应用为王”就是要以应用技术为目的，而不是为了技术而技术。过往改革存在技术形式化的现象，浪费财力、人力和资源，因此，现在更加关注技术真正地应用起来。“服务至上”就是围绕教

师与学生需求，打造数字教育资源，提供个性化服务教育，满足人民对教育的高质量要求。

因此，在教育数字化就是需要回归到教育本身需求，教育本身需要什么样的技术？怎么发挥技术最大的优势？以及提供什么样的优质服务？

1.1.2 转型关键：教师是教育数字化转型的关键执行者

国际上，教科文组织的《教师信息和通信技术能力框架》（教科文组织 2018 年）强调了技术培训对发展教师的专业能力，从而优化他们在课堂上的专业表现的重要性。

近些年，我国也出台相关政策。2022 年，教育部发布的《新时代基础教育强师计划》通知中，着重指出了教师是教育数字化转型的实践者与推动者，并强调教师数字能力的提升是转型过程中不可或缺的重要组成部分。2019 年 9 月，教育部正式发布了《关于实施第二批人工智能助推教师队伍建设行动试点工作的通知》。通知中明确强调，应进一步深化人工智能等前沿技术与教师队伍建设的融合，并激励广大教师积极推动信息化和人工智能等新技术的发展，以更有效地开展教育教学活动。这一举措旨在推动教师队伍的现代化，提升教育教学质量，为培养新时代的创新人才提供有力支持。2018 年 1 月，中共中央、国务院《关于全面深化新时代教师队伍建设改革的意见》，其中强调教师应积极适应教育信息化和人工智能等新技术的发展，要求推动教师队伍与时俱进，充分利用新技术手段提升教育教学质量，为新时代的教育事业发展贡献力量。

从政策导向中不难发现，人们越来越关注到教师是教育数字化转型的关键执行者。分析其原因，主要有：一是教育数字化对教师提出更高要求。教师要培育具有核心素养的人才，那么教师也应是全面发展的人。教师需要做到主动适应人工智能等新技术，并具有数字意识、数字能力及数字素养，继而才能教会学生在人工智能时代学习。二是现阶段教师培训方式比较传统，学校对教师数字素养培训力度不够、培训内容过于结构化和培训方式单一，这都是阻碍教师数字素养水平提升的重要影响因素之一^[4]。

1.1.3 转型需求：加强信息技术与教学融合创新是教师重要的数字能力

教育数字化对教师提出更高的信息技术应用要求，信息技术不仅仅是辅助教学，而是应用信息技术创新教学范式^[5]。然而，研究表明，在信息化发展中，教师严重缺乏使用技术进行学科教学的能力^[6]。武加霞通过分析教育数字化提出的背景及变化，指出教

师在日常教学中,应将信息化手段与专业规律和本专业学生特点相结合,实现数字教学效果的最优化^[7]。尤佳鑫强调,在教师信息化专业发展的道路上,一个亟待解决的问题是教师对于利用技术进行学科教学的知识掌握不足。这种知识匮乏的状况,阻碍了教学与数字教材技术的深度融合与创新,所以需要加强教师在这一方面的培训和学习,以推动教育的数字化转型和升级^[8]。因此,教师数字能力的提升需要具体化,即在实施数字化教学过程中,教师应深入了解和熟练掌握与学科紧密相关的专用型工具及资源,并将其有效运用于教学实践中,以进一步提升教学效果和学生的学习体验。

TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge, 简称为 TPACK) 是指导信息技术与学科内容及教学融合创新的框架,在国内外具有较广的影响力。有学者将其归为概念型数字化能力框架,指出其有效指导信息技术与学科融合创新研究与实践,并可持续发展教师数字化能力^[9]。经过多年研究,虽然在一定程度上明确教师应具备 TPACK 能力,但是培养 TPACK 能力的途径有所欠缺,其未能很好地应用在教师专业发展实践中,因此,TPACK 能力在我国的效果有待提高^[10]。于是,有学者提出要发挥 TPACK 深入整合学科知识、技术知识与教学知识的优势,应将 TPACK 框架本土化、具体化,以适合我国教师 TPACK 能力发展^[11]。

1.1.4 教学困境: 数学教师不知如何整合动态数学技术进行教学

动态数学教育软件是一款数学学科教学专用的教育软件,具有代数、几何和统计等数学功能。动态数学技术知识则是依托动态数学教育软件使得静态数学知识动态化和抽象数学知识可视化等的技术知识。经过研究与实践,应用动态数学技术促进教学的效果显著,可以提高学生学习内在兴趣和发展学生数学思维等^[12]。因此,动态数学技术与数学教学融合创新不仅成为教育数字化转型的必然趋势,更是数学教师必备的数字化教学能力。

在教育信息化 2.0 阶段,为加强教学和学科信息技术融合,动态数学教育软件被广泛应用到中小学课堂教学中,并取得了显著的教学效果。这些研究与实践成效得到多方政府和学校的认可和支持。目前,国内主要流行有三款动态数学教育软件,几何画板、Geogebra 和网络画板。几何画板,作为创新几何教学工具,因其直观互动性被应用于课堂教学。为普及几何画板在数学教学中应用,人民教育出版社与全国中小学计算机教育研究中心联手推广,通过培训、编写教材等方式,帮助教师掌握其使用技巧,推动数学

教育现代化^[13]。因此，其在国内受众人数较多。Geogebra 由曹一鸣教授团队引入国内，主要在北京和南京等地区进行推广和使用^[14]。网络画板是张景中院士团队自主研发的我国第一款动态数学智能教育平台，主要在四川、广州、海南、浙江等南方地区进行推广和使用^[15]。

在动态数学技术推广过程中逐渐呈现出一些问题。一是推广偏向单纯的“技术”输出，教师仅仅把动态数学软件当成工具进行学习，主要掌握动态数学软件的功能，但却不知道怎么整合动态数学技术进行创新教学，导致教学效果没有达到预期；二是推广存在“快餐式”形式，教师参加培训时积极性比较高，但是培训方式单一、缺少专家团队指导和没有维持长期、有效的运行机制，导致后期教师整合动态数学技术进行教学能力可持续发展不够。

1.2 研究问题

面对教育数字化背景下教师数字素养培养的迫切性，以及我国初中数学教师整合动态数学技术进行教学中存在的观念传统化、技术表面化及内容形式化等现实问题，亟需开展初中数学教师整合动态数学技术进行学科教学的研究。

整合动态数学技术的数学教学知识（Technological Technological Pedagogical Content Knowledge with Dynamic Mathematics，简称 DM-TPACK）是数学教师运用学科化信息技术开展教学的知识基础，深描教师有机融合动态数学技术知识、数学知识和教学方法知识画像。本研究试图从 TPACK 内涵、TPACK 测量方法、TPACK 发展策略与路径等相关研究进行回顾与反思，以厘清有机整合动态数学技术与数学知识、数学教学的内涵、测量方法与发展路径，并依托成都市武侯区和广州市番禺区北片区进行初中数学教师培训实践，以发展初中数学教师 DM-TPACK 能力。因此，主要研究的问题包括以下三个方面。

问题 1：初中数学教师 DM-TPACK 是什么？应包括哪些构成因素以及因素之间有什么关联？各构成因素的内涵分别是什么及其组成要素有什么？

问题 2：如何测量初中数学教师 DM-TPACK 能力水平？测量方法应尽可能系统地、科学地和合理地评估初中数学教师 DM-TPACK 能力水平。

问题 3：如何构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式？如何根据“境脉”因素，构建区域特色的初中数学教师 DM-TPACK 实施路径？

1.3 研究思路与方法

本研究遵循理论分析到理论模型构建,再到实证应用层层递进的研究思路开展研究,综合文献研究法、德尔菲法和出声思维法等多种研究方法构建合理的、科学的理论模型,并进行实证应用,通过量表测试和实证研究等研究方法来验证理论模型的有效性,具体研究思路和研究方法如图 1-1 所示。

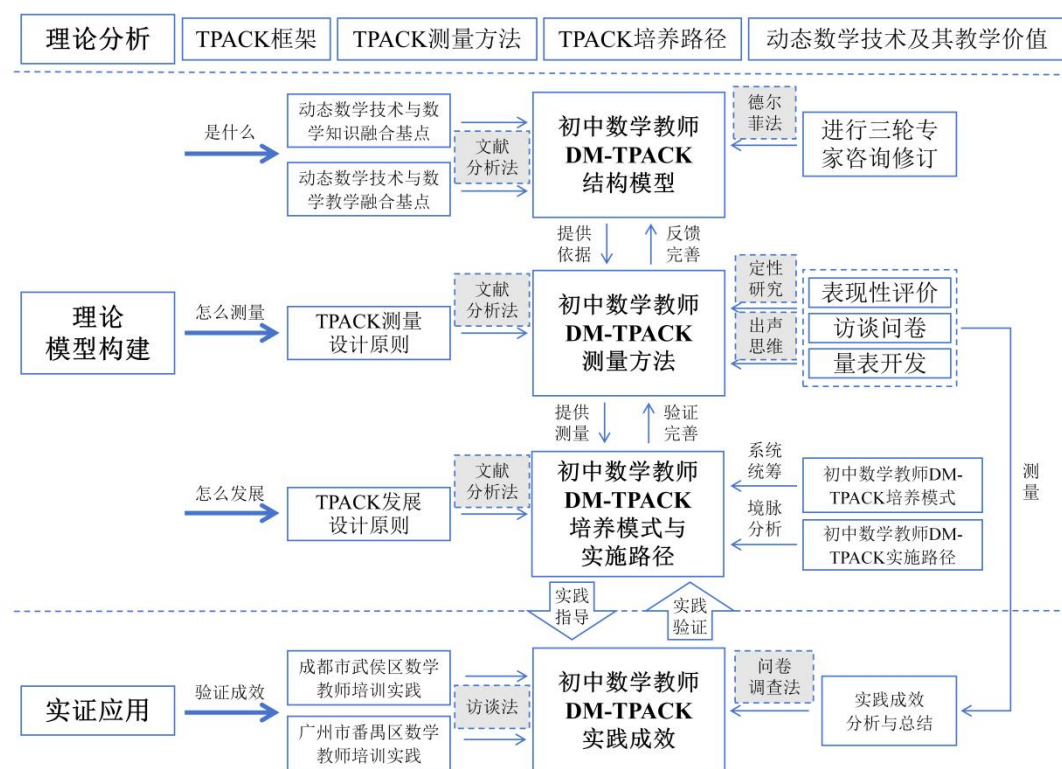


图 1-1 初中数学教师 DM-TPACK 发展研究思路与方法

1.3.1 研究思路

首先,大量阅读 TPACK 框架、TPACK 测量方法、TPACK 培养路径和动态数学及其教学价值,从理论分析教师整合信息技术进行教学已有的研究成果和研究趋势,探索数学教师整合动态数学技术教学能力的培养方式。

基于以上理论分析,可知研究初中数学教师 DM-TPACK 能力发展是一项系统的、复杂的工作。理论模型构建紧紧围绕着“是什么”,“怎么测量”和“怎么发展”进行。一是解决“是什么”问题,通过文献分析动态数学技术与数学知识、数学教学融合的基点,表明整合动态数学技术进行数学教学的必要性和可行性;并构建“初中数学教师 DM-TPACK 结构模型”;最后通过专家咨询进行三轮修订,明确 DM-TPACK 结构模型

的内涵及逻辑关系，以提高初中数学教师 DM-TPACK 结构模型合理性；二是解决“怎么测量”问题，通过文献分析，总结 TPACK 测量的设计原则，结合动态数学技术特点和教师培训需求，构建“初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法”，应综合考虑测量目的和测量场景，综合发挥各测量方法优势，尽可能全面地、科学地测量教师 DM-TPACK 发展水平，以调整教师发展策略；三是解决“怎么发展”问题，通过文献分析 TPACK 发展路径特点，构建“初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径”，教师 DM-TPACK 培养模式起到导向作用，致力于不同“境脉”下发展教师 DM-TPACK 能力。

基于以上理论构建，在成都市武侯区和广州市番禺区北片进行初中数学教师 DM-TPACK 培训，通过访谈、量表测试和表现性评价来验证理论构建模型的可操作性和有效性，以完善理论模型。

1.3.2 研究方法

（1）文献研究法

文献研究法是一种科学的研究方法，帮助研究者深入了解研究主题，提高研究的科学性和可靠性。其核心在于系统地收集、整理与反思文献。通过对这些文献的深入研究与分析，形成对某一事实的科学认知^[16]。文献研究法包含五个基本步骤，分别是确立研究主题或假设，制定研究计划，搜集相关文献，对文献进行整理和分析，最终进行综合评述。文献研究法被广泛应用于各个科学研究中，学者根据具体的研究需求和研究领域进行适当的调整和扩展。

本文通过文献研究，对国内外关于 TPACK 框架、TPACKC 测量、TPACK 培养方式和动态数学技术及其教学价值等相关研究进行整合与归类。全面地阐述 TPACK 研究的理论成果和实证成果，并系统地分析整合动态数学技术进行数学教学的价值和困境，进一步归纳出当前数学教师整合动态数学技术进行教学的特点，以期为该领域的研究提供更为清晰和深入的视角。

（2）德尔菲法

德尔菲法又称专家调查法，是一种集结专家智慧的高效方法，通过选定专家团队、深入征询和多轮反馈，使专家意见逐渐集中并形成共识，为决策提供全面客观的支持。

在本研究中，借助德尔菲法整合 TPACK 发展特点、中学数学学科特点、数学教学

特点和动态数学技术特点，继而形成“初中数学教师 DM-TPACK 结构模型”，并进行三轮的专家意见征询与修订。在这个过程中，第一轮讨论并修订 DM-TPACK 结构模型的构成因素及因素之间关系的合理性，第二轮讨论并修订构成因素的内涵及其组成要素，第三轮讨论并修订构成因素的组成要素。经过三轮反复讨论与修订，最终确定更加合理和科学的 DM-TPACK 结构模型。

（3）出声思维法

出声思维法是一种言语报告法，通过给参与者提供问题，并要求参与者在尝试解决问题过程中同时口头表达自己的思考路径，以直观了解参与者的认知过程及内部思维。该研究方法被广泛应用到问卷设计的过程中。

本研究中，通过出声思维方式确定初中数学教师 DM-TPACK 量表，该方法分为两个阶段，第一阶段分析题目描述的流畅性和准确性，参与者独读出每道题目并说出自己的理解，第二阶段归纳项目的维度，参与者大声读出题目并说出每个项目应归纳到哪个维度及其归纳的原因。

（4）问卷调查法

问卷调查法是通过设问方式呈现问题的表格形式，即问卷，来进行数据的收集和度量。该方式具有较高的效率性、统一性和广泛性等，被普遍应用在社会科学和教育学等领域研究中^[17]。

本研究通过问卷调查法研究初中数学教师 DM-TPACK 能力现状，该方法分为三个阶段，第一阶段是问卷设计，通过出声思维法进行第一次问卷修订，通过问卷预测进行第二次修订，该过程为发放问卷、收集问卷和分析问卷，通过分析信度、结构效度、探索因子分析和验证性因子分析来删除无效题目；第二阶段是问卷发放，主要调查成都市武侯区和广州市番禺北片区；第三阶段通过统计与分析问卷数据，了解两个区域的数学教师 DM-TPACK 能力现状以及存在问题等。

（5）访谈法

访谈法是通过面对面交流的方式进行，被访谈者针对某个问题发表自己的看法和态度。该方法有利于深入了解被访谈者的思想、感受、经验和观点，该方法被广泛应用在教育学等多个领域。

本研究在教师培训前对有代表性的教师进行访谈，主要了解该区域教师对整合动态

数学技术进行教学的看法和存在问题。首先，为了问题具有情境性，向教师展示一段教学案例；然后，通过开放式问题访谈教师，教师根据自身的认知和经验进行回答；最后，对教师的回答进行质性分析，继而了解教师 DM-TPACK 实际情况。

1.4 研究意义

通过分析 TPACK 框架体系相关研究，结合初中数学特点与动态数学技术特征，构建了初中数学教师 DM-TPACK 结构模型；通过总结与反思文献提出 TPACK 测量方法的设计原则，构建初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法；通过文献分析，提出 TPACK 发展策略，构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径；最后，以成都武侯区和广州市番禺区北片开展初中数学教师 DM-TPACK 培训，建设示范性教师培训。因此，本研究具有以下理论意义和实践意义。

1.4.1 理论意义

总的来说，丰富与拓展了数学教师整合动态数学技术的教学能力发展的理论体系，具体表现如下。

（1）构建 DM-TPACK 结构模型。首先，早期研究的 TPACK 框架是通用性的研究框架，通用性主要体现在任何学科及普适信息技术。本研究整合数学学科、动态数学技术与教学知识三者知识，并使得该知识结构具有动态性平衡；其次，DM-TPACK 结构模型是一种指导实践的模型，打破以往 TPACK 框架停留在概念型研究的局限性。因此，重构了数学教师知识结构，使得其更具有学科性和专业性，为发展教师整合动态数学技术的教学提供借鉴。

（2）丰富 TPACK 测量方法，构建 DM-TPACK 测量模型与方法。通过文献综述，国外已有比较典型的测量方法，反思总结出 TPACK 测量方法更应具有学科性和本土性。本研究采取定量研究与定性研究的混合式方法，提出了贯穿整个培训过程的多元测量方法，该测量模型针对整合动态数学技术的数学学科教学进行测量，有利于完善 DM-TPACK 结构模型和促进教师 DM-TPACK 的发展。

（3）丰富 TPACK 培养方式，构建 DM-TPACK 培养模式与实施路径。通过文献分析，大多数研究停留在提出 TPACK 发展策略，缺少实证性研究。本研究构建 DM-TPACK 的培养模式，以发展教师 DM-TPACK 为目标，并根据政策、文化等“境脉”因素，灵

活综合 SECI 理论、活动与机制等，提出区域特色的实施路径，为发展初中数学教师整合动态数学技术的教学提供有力的参考，丰富了教师发展 TPACK 能力的理论体系。

1.4.2 实践意义

总的来说，丰富与拓展了数学教师整合动态数学技术的教学能力发展的实证研究，具体表现如下。

(1) 有利于全面了解教师 DM-TPACK 能力水平。TPACK 测量已获得显著的成效，但是针对动态数学技术的测量方法还有待研究。本研究综合各种测量方法，在整个教师培训中有针对性地测量教师 DM-TPACK 发展水平，并对成都市武侯区、广州市番禺区北片进行实践调查，为 TPACK 测量提供实践参考。

(2) 有利于推广动态数学技术的应用。动态数学技术已应用在我国数学课堂二十多年，虽然其教学价值得到各方的肯定，但是教师常态化应用动态数学技术融合教学课堂的现象比较少。本研究以成都市武侯区、广州市番禺区北片为例，培训后，整体上区域数学教师 TPACK 的能力得到提升并可持续发展，培训成效辐射面广，有利于在全国各地推广动态数学新技术的应用。

(2) 有利于建设示范性的教师培训模式。2019 年教育部提出总体目标：“通过示范项目带动各地开展教师信息技术应用能力培训，基本实现校长信息化领导力、教师信息化教学能力、培训团队信息化指导能力显著提升，全面促进信息技术与教育教学融合创新发展”。本研究以“技术融入”思想，打破单纯的技术培养方式，由教科研牵头、学校引领、企业支持和教师参与合力形成有灵气的培育生态，对创设示范性教师培训模式研究有一定借鉴意义。

1.5 论文结构安排

本研究注重理论与实践的相互结合，综合量化与质性研究方法，展现出严谨而紧密的逻辑结构。各个章节相互关联，层层递进，各章节的具体内容如下。

第一章是“绪论”，主要从教育数字化、教师专业发展的重要性、教师对学科信息技术的需求和动态数学技术应用现状这四个方面阐述研究背景，突出了研究发展数学教师整合动态数学技术教学能力的必要性和迫切性，并提出了数学教师整合动态数学技术教学能力“是什么”、“怎么测量”和“怎么发展”三个研究问题，阐述该研究的思路

与方法、研究理论意义与实践意义。

第二章是“国内外研究综述”，通过文献分析 TPACK 框架及学科化 TPACK 框架、TPACK 测量方法与工具、TPACK 发展水平和 TPACK 培养路径等相关 TPACK 研究。阐述相关研究成果与发展趋势，为整合学科信息技术的教学能力发展研究提供借鉴，并反思 TPACK 发展的困境，体现研究学科化教师 TPACK 能力发展的意义。

第三章是“初中数学教师 DM-TPACK 结构模型”，分析动态数学技术与数学知识及数学教学融合的基点，构建初中数学教师 DM-TPACK 结构模型。该模型表明 DM-TPACK 由哪些因素构成及各因素之间有什么关系，并明确每个构成因素内涵及其组成要素。通过专家咨询法，进行三轮反复修订，最终形成科学的、合理的初中数学教师 DM-TPACK 结构模型，以指导发展初中数学教师 DM-TPACK 能力。

第四章是“初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法”，分析国内外 TPACK 测量方法特点和发展趋势，提出 TPACK 测量的设计原则，构建初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法。该测量模型贯穿整个教师 DM-TPACK 发展过程，并综合运用定性研究和定量研究的混合研究测量方法，科学地测量初中数学教师 DM-TPACK 发展水平，以完善初中数学教师 DM-TPACK 结构模型和指导初中数学教师 DM-TPACK 发展。

第五章是“初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径”，分析国内外 TPACK 培养方式及启示，提出 TPACK 发展的设计原则，构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式和实施路径，以发展教师 DM-TPACK 为目标，具体分析成都市武侯区和广州市番禺区北片教育背景、政策文化等“境脉”因素，灵活综合实践层中的理论、活动与机制等，提出区域特色的实施路径，以指导区域初中数学教师 DM-TPACK 培训。

第六章是“初中数学教师 DM-TPACK 实践成效”，在实施路径的指导下，对成都市武侯区和广州市番禺区北片进行教师 DM-TPACK 培训，通过访谈法和量表来了解和测试教师 DM-TPACK 发展水平，并对区域教师的教学资源建设、教师共同体协作、赛课成果和教科研成果等进行表现性评价。最后，总结与反思两种实施路径的特点及实践成效，以完善初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径。

第七章是“研究结论、创新点和展望”，对以上初中数学教师 DM-TPACK 结构模型、初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法、初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径从研究内容、研究方法和实践成效等进行讨论与总结，概述本研究的创新点，并反思本研究的不足，作进一步的展望，以完善初中数学教师 DM-TPACK 发展研究。

第2章 文献综述

本章立足国内外研究，主要在“知网”、“Web of Science”平台进行“TPACK 概念”、“TPACK 发展”、“TPACK 测量”和“动态几何”等为标题词或关键字检索，通过回顾与梳理相关文献，具体有：（1）从 TPACK 理论框架、测量方法和培养路径，综述 TPACK 相关发展现状，揭示其研究趋势和研究必要性；（2）从概念、特点和教育价值概述动态数学技术，明晰整合动态数学技术进行教学的意义。本章系统性地梳理了理论知识，并通过创新性的视角进行了深入探索，为研究方法和研究价值提供重要参考，并为后续的实践研究提供了重要的理论支撑。

2.1 TPACK 框架

2.1.1 TPACK 的起源及其概念发展

20 世纪 80 年代，学科教学知识（Pedagogical Content Knowledge，简称 PCK）被 Shulman 首次提出。其中，Pedagogical Knowledge（简称 PK）是教学知识，Content Knowledge（简称 CK）是学科知识。Shulman 认为学科教学知识主要关注教学内容的表征形式和学生思维发展。PCK 概念的提出打破学科知识和教学法知识互相孤立的局面，形成新的教师专业知识框架^{[18][19]}。在 PCK 的框架下，众多研究者纷纷投入到了对其内涵的深入探索中，力求进一步扩展和细化教师的学科教学知识。其中，Grossman 认为 PCK 应包含观念、学生知识、课程知识、教学表征和策略知识这四个核心要素，共同构成了教师学科教学知识的完整体系^{[20][21]}。

21 世纪的信息技术浪潮席卷而来，不仅为人们的生活带来了前所未有的便捷，更使得教育领域开始深刻反思并积极探索信息技术在教学中的关键作用，以期实现教育的现代化和高效化。显然，PCK 的结构已不能满足当下的教学需求，2005 年 Koehler 和 Mishra 在 PCK 的结构中加入“Technological Knowledge”（简称 TK），即技术知识，正式提出整合技术的学科教学知识（Technological Pedagogical Content Knowledge，简称 TPACK）^[22]。这一概念的提出，凸显了信息技术知识在教学过程中的核心地位，强调了其不可或缺的重要作用。

许多学者对 TPACK 概念作出解释，逐渐形成三种主流的观点流派^[23]，分别是“延伸”观点、“整合”观点和“核心成分”观点，每个流派的观点主要争议在技术在教学

所起的作用是关键的还是辅助的、TPACK 是整体作用更大还是各构成因素更为重要，虽然各流派的侧重点不一，但具有各自优势，继而进一步推进 TPACK 的研究。

第一个流派是“延伸”观点，以 Cox 和 Graham 为代表，认为 TPACK 框架只是一个暂时的、动态的框架。Cox 和 Graham 对 TPACK 与 PCK 之间的紧密关系进行了深入的探讨，进而对 Koehler 和 Mishra 提出的 TPACK 框架提出了质疑，表达了他们对于该框架的不同看法和考量^[24]。Cox 和 Graham 主张信息技术是 Shulman 提出的 PCK 概念的一部分，首先，他们认为信息技术只是辅助教学的一种工具，学科教学知识才是教学中核心关键内容，也即强调学科领域知识的重要性；其次，在 PCK 概念中，技术知识一直存在，但在学科教学知识理论创立之初，由于教学知识是教师必需的掌握核心知识及信息技术水平不断变化等原因，技术知识对于教师教学效果的影响并不显著，因此基本可以被忽视不计；最后，他们认为许多新技术是无处不在的且是动态变化的，一旦新技术转化为常态化技术，比如 PPT、计算器和几何教具等，那么这些技术便会自然而然地融入学科教学知识（PCK）之中。基于此，Cox 和 Graham 等人将 TPACK 视为一个灵活变化的框架，形象地称之为“滑动框架”。

第二个流派是“整合”的观点，以 Koehler 与 Mishra 为代表，认为 TPACK 概念中 TK 和 CK 同等重要，强调信息技术不只是辅助工具，而是有效教学的核心关键要素^[25]。该观点关注 TK、CK、PK、TCK、PCK、TPK、TPCK 各构成因素研究及其之间相互作用，使得教学最优化发展。该观点主要强调“整合”和“境脉”。“整合”是指不能把 TPACK 简单地理解成 PCK 的拓展，而应是整合技术的学科教学知识的形成属于整合的模式。Koehler 与 Mishra 认为整合技术的学科教学知识是既要注重知识个体，又要理解知识之间的融合关系，也就是无论是技术知识，学科知识，教学知识这些单一知识，还是技术学科知识，学科教学知识，技术教学知识这些复合知识，其发展都会对整合技术的学科教学知识产生影响。随即一些学者研究其构成因素并进行实证研究，但发现其构成因素没有达到 7 个，主要原因没有结合“境脉”来进行研究。“境脉”是指学生、学校制度、文化氛围、教学环境等。应当注意的是，研究 TPACK 需结合特定教学情境，包括环境、学生、目标及资源等，以深入理解和有效发展教师的 TPACK。通过紧密结合教学实践，研究者可以探究教师 TPACK 的形成与发展，为提升教师教育质量提供理论支持和实践指导^[22]。

第三种观点是“核心成分”的观点，以 Niess 为代表的一派。Niess 认为 TPACK 应被视为一种独立形态的概念，不是把 TPACK 作为目标，而是把 TK、PK 和 CK 融合过

程看成在教学中整合信息技术教学的手段，即是将其界定为学科知识、技术知识和教与学知识独立发展的综合体知识^[26]。实际上，这也是 Niess 提出的 MTPCK 概念，其提出时间与 TPACK 提出的时间相近。Angeli 和 Valanides 同样倾向于支持这一框架，认为 TPACK 知识结构本身是一个自成一体的知识体系，其存在和发展并不需要依赖于技术知识、教学知识或学科知识的某一个知识的独立进步，从认识论的视角批判以 Koehler 与 Mishra 为代表“整合”观的 TPACK，即某一知识（技术知识、教学法知识或内容知识）并不与 TPACK 相关^[27]。

2.1.2 典型的 TPACK 框架

（1）Koehler 与 Mishra 的 TPACK 概念

整合技术的学科教学知识（Technological Pedagogical Content Knowledge，简称 TPACK）是内容知识、教学知识和技术知识这三者知识个体，以及个体之间有机融合组成的综合体系^[25]，如图 2-1 所示。三个基本知识即技术知识（Technological Knowledge，简称 TK）、教学知识（Pedagogical Knowledge，简称 PK）、学科知识（Content Knowledge，简称 CK）。这三个基本知识两两交叉融合形成学科教学知识（Pedagogical Content Knowledge，简称 PCK）、整合技术的学科内容知识（Technological Content Knowledge，简称 TCK）、整合技术的教学法知识（Technological Pedagogical Knowledge，简称 TPK）。以下简要阐述每个知识的含义。

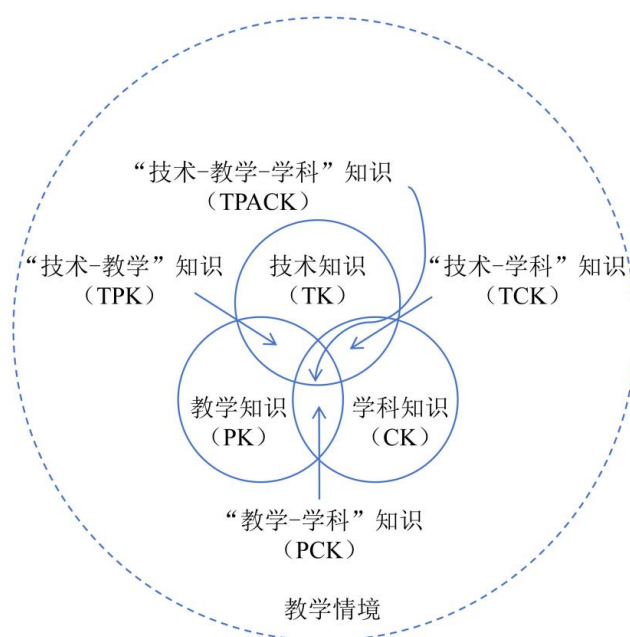


图 2-1 TPACK 的组成结构

1) 学科内容知识 (CK) 构成了学科知识发展的基石, 涵盖了学科的基本概念、系统的理论体系以及实践应用的多种方法。

2) 教学法知识 (PK) 是普遍适用于各类教学活动的通用知识, 包括教学策略的运用以及课堂教学活动的组织等, 对于提升教学质量和效果具有重要意义。

3) 技术知识 (TK) 是指开展教学所需的信息技术知识, 包括常见的多媒体技术、移动互联网技术等。其具有动态性, 技术不断更新换代, 比如现有比较流行的人工智能技术等。

4) 学科教学知识 (PCK) 是运用教学法将具体学科内容进行有效转化和表达的知识, 包括表征学科内容知识、调整和优化教学材料等。

5) 整合技术的学科内容知识 (TCK) 聚焦于探索如何将技术手段与特定的学科内容相结合, 通过优化学科内容的表现方式, 从而更有效地促进学生对学科知识的深入理解和掌握。

6) 整合技术的教学法知识 (TPK) 是技术与教学法相互融合的知识。教师深入了解技术工具在教学中的应用方式, 并创新教学模式, 以优化教学流程, 继而提高教学质量。

7) 整合技术的学科教学知识 (TPACK) 突破了知识个体间的界限, 既重视每个知识个体的重要性, 又深入探究知识间的内在联系, 从而构建了一种新颖且全面的知识形态。TPACK 强调将技术知识巧妙地融入学科教学和教学法中, 以实现学科知识的高效传授和学生学习效果的最大化。

8) “境脉” (Contexts) 指教学与学习的教育环境, 涵盖课堂物理条件、师生特征、教师专业素养等多元复杂因素及其互动。“境脉”描述信息技术在教学场景中的应用场景, 明晰教学流程^[28]。因此, “境脉”是 TPACK 重要组成部分。

(2) Cox 的“滑动性”TPACK 概念

美国杨百翰大学的 Cox 指出, 虽然多位学者对 TPACK 各元素进行了界定, 但并未阐述清楚其复合元素内涵及它们之间的关联, 导致概念上存在模糊性。Cox 为了解决关于 TPACK 概念的问题, 借鉴 Magnusson 等人在学科教学知识 (PCK) 中的教学策略分类方式, 对教学法知识做出更为详细的剖析, 严格界定整合技术的学科教学知识中的各个组成要素, 进一步明确了 TPACK 的体系结构, 为研究 TPACK 概念提供了新的视角和思路^[24], 如图 2-2 所示。

在该模型中, 各组成要素的含义如下, (1) PK 是教学活动知识, 涵盖教师、学生

和家长为达成教学目的和要求的多方协调与合作；（2）CK 是指学科的代表知识，例如地理教学中的地球模型、数学教学中的几何图形等；（3）TK 是技术知识，接纳与学习新兴技术；（4）PCK 深入融合了针对特定学科和主题的教学活动知识，同时也探索了如何以更为生动和有效的方式展现这些特定主题的教学表征知识；（5）TCK 是指利用技术对学科内容主题进行表征的知识；（6）TPK 是指技术与教学活动融合的知识；（7）TPACK 指的是将技术与具体学科内容教学的教学法知识进行融合。

在该模型中，强调技术知识不再是孤立的，而是与学科内容知识和教学法知识紧密相连、相互渗透，共同构成教学的多维知识体系。同时，强调了技术具有“滑动”性，当教师熟悉掌握信息技术进行教学时，会出现“技术透明性(Transparency of Technology)”的情况，教师所运用的 TPK 逐渐转化为 PK、TCK 知识，再进一步转化为 CK、TPACK，最终转化为 PCK。

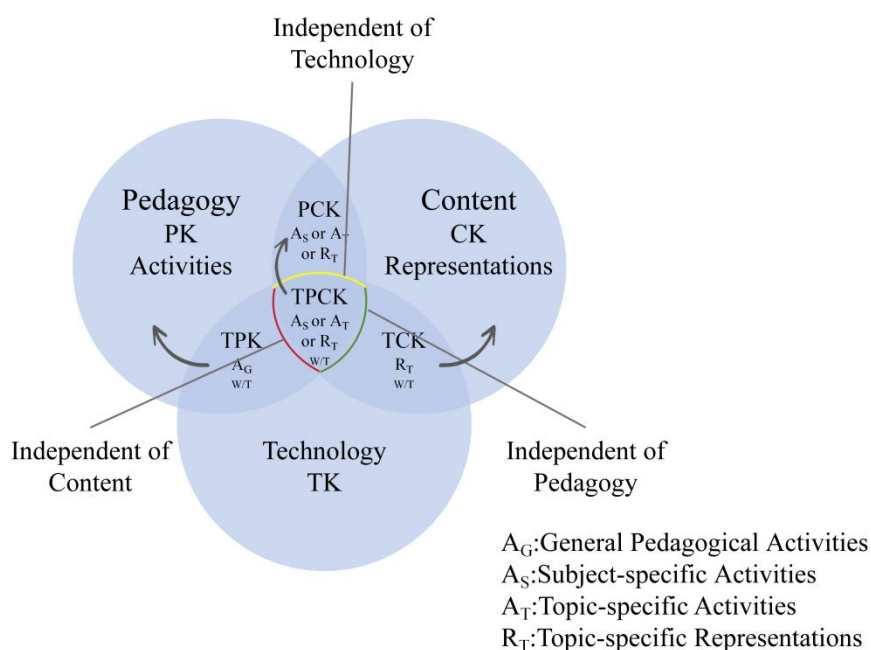


图 2-2 TPACK 理论框架的“滑动性”

（3）Niess 的“核心成分”TPACK 概念

2005 年，美国俄勒冈州立大学的 Niess 在《教学与教师教育》杂志上发表了题为“为教师用技术教科学和数学做准备：发展一种整合技术的学科教学知识”的文章。该研究在统领性观念、学生知识、课程知识、特定主题的教学策略和教学表征的知识四个核心要素的基础上，进一步提出了利用技术提升教学效果的学科教学法，即技术增强的 PCK

(Technology-enhanced PCK)。他认为 Technology-enhanced PCK 并不是一个全新的概念,而是技术、课程和教学融合形成独立形态的知识概念^[26]。因此,在研究 TPACK 框架时,不需关注其构成部分的各个元素,而只是注重其最核心知识成分 TPACK。

接着,深入解读并剖析了 TPACK,从教师的教育理念以及教师在课程规划、教学实践和学生学习三个维度运用技术的关键知识为出发点,(1)关于学科教学中将技术与学习整合的统领观念。该要素强调整合技术的目的和观念,有助于教师做出明智的决策,选择合适的技术工具和教学策略;(2)关于技术用于特定主题的教学策略和呈现形式的策略。该要素关注教学策略选择与表征知识方式等,包括如何有效运用技术展示内容、设计活动及评估学习,同时,强调教师应积极探索技术与多种教学方法的融合,以创造更丰富、互动的学习环境,从而提升教学质量和学生学习效果;(3)关于学生运用技术学习、理解和思考的知识。该要素强调教师需理解学生如何使用技术学习,通过关注学生的技术使用过程,教师能更好地设计教学活动,满足需求并促进深度学习;(4)关于整合了技术学习部分的课程和课程资料中的知识。该要素强调对课程及其材料的认知,教师需学会将技术融入课程,选择或开发与技术适配的教学资源,同时兼顾数字工具的限制性及教与学的实际需求。随着深入地研究,后续加入教学评价内容,进一步丰富该模型。

该模型凸显了教师在技术教学观念与学科本质理解上的核心地位,对提升信息化教学质量具有重要意义,需结合二者以优化教学策略,实现教学质量持续提升。由于这一观点与传统数学教育研究中关于三角形三个顶点(课程、教学和学习)的理念相吻合,因此吸引了众多学者的关注和研究,尤其是那些专注于具体学科领域 TPACK 研究的学者^[29]。

2.1.3 典型的数学 TPACK 框架

众多学者在探究学科化 TPACK 时,主要依据米什拉(Mishra)与 Koehler 所构建的“TAPCK 理论框架”或 Niess 所提出的“以四个核心要素为基础的 TPACK 理论框架”进行深入研究。因许多文献对早期数学 TPACK 框架进行总结与思考,因此,本节主要对近些年数学 TPACK 框架进行综述。

(1) 国外的数学 TPACK 框架

2015 年,Guerrero 结合数学学科特点提出了数学 TPACK 模型^[30],如图 2-3 所示,

包括技术的观念和运用（conception & use of technology）、基于技术的数学教学（technology-based mathematics instruction）、基于技术的课堂管理（technology-based classroom management）、内容的深度和宽度（depth & breadth of content）。技术的观念和运用是指教师树立正确的信息技术观念，主动了解各种信息技术及其所发挥的作用，并能根据自身教学情况选择合适的技术；基于技术的数学教学是指信息技术无缝整合到课程和教学内容体系中以促进教学目标的达成，提高教学质量和教学效率；基于技术的课堂管理是指应用技术组织课堂教学，保证教学顺利展开以及维持学生的专注度和学习热情；内容的深度和宽度是指在教学过程中促进教师能力提升，能把握学生的“可教时刻”，灵活调整教学方法、教学内容等。

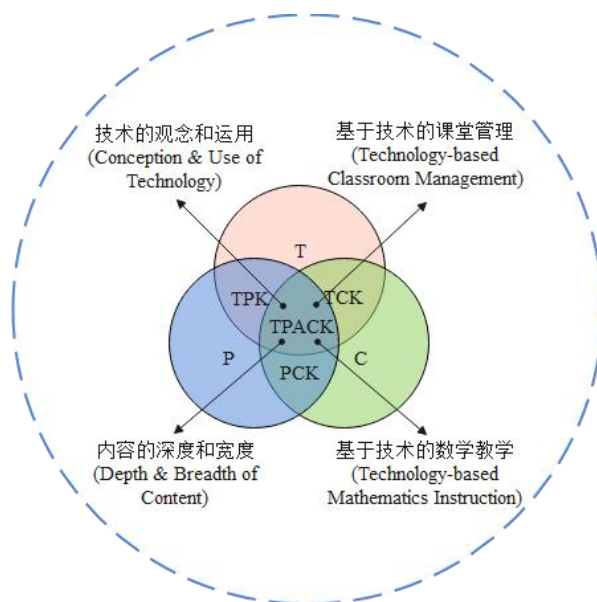


图 2-3 Guerrero 的数学 TPACK

2017 年，Getenet 将 TPACK 框架与 Ball 等人的数学教学知识结合起来^[31]，重新定义在数学学科领域的 TPACK 框架，即 STAMPK 概念^[32]，如图 2-4 所示。该概念在重新整合中强调 TPACK 框架中技术知识的重要性与 Ball 等人的数学知识和教学知识的专业化属性，STAMPK 是由技术知识（TK）、专业数学知识（SMK）和专业教学知识（SPK）互相作用影响产生复合知识支持学生理解能力发展的教学法中使用技术所需的知识（STPK）、适当的专门教学技术表述和表述概念的相关知识（SPMK）、数学教师所需的知识（STMK），继而产生 STMPK，正是这三种知识的整合，使教师能够有效地将技术融入数学教学中，从而帮助学生理解数学思想的意义。最后，该 STAMPK 框架有效用于分析特定数学教学情境的知识需求，例如：使用 GeoGebra 教矩形面积和使用 Microsoft 数学绘制一元二次方程图。总体上，STAMPK 框架在数学学科领域清晰界定，

具有一定创新性，一是为其他学科领域与 TPACK 框架的整合提供借鉴，二是教师在课堂教学中对该框架的实际运用，促进了技术整合数学课程的系统设计，三是该框架使教师对技术与教学法和具体数学内容的整合有了更深地理解，从而取得更好地学习效果。

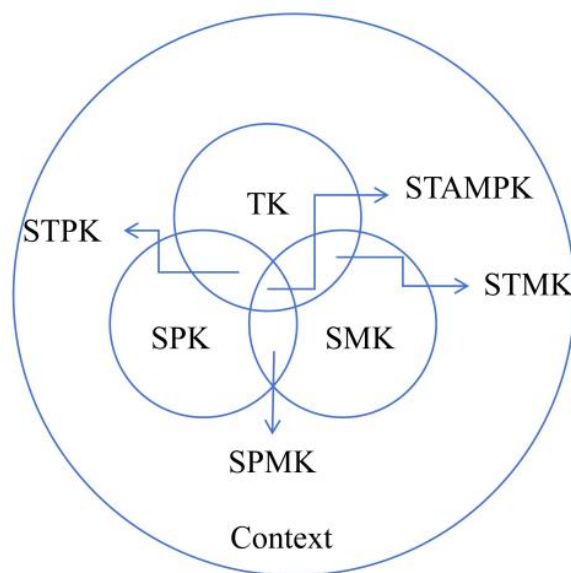


图 2-4 Getenet 的 STAMPK 概念

(2) 国内的数学 TPACK 框架

2015 年，段元美基于我国信息技术与学科整合的应用背景，探讨了初中数学教师的 TPACK 构成元素，并进一步剖析了这些构成成分之间的紧密联系与相互影响^[33]。首先，设计初中数学教师 TPACK 量表，结合数学学科和 Niess 的 TPACK 四个构成要素将初中数学教师 TPACK 细化成五个构成因素，分别是数学的统领性观念、整合技术教授数学的学生理解知识、整合技术教授数学的课程和课程资源知识、整合技术教授数学的教学评价知识、整合技术教授数学的教学策略知识，其次，通过问卷调查并 SPSS 抽取因素的方法分析各构成因素之间的关系，证实初中数学教师 TPACK 的五个构成成分之间是系统的、互动的正相关关系，具体体现在数学的统领性观念作为上位概念起到了核心作用，而其余四个因素之间也展现出显著的互相影响。该研究在探索我国初中数学教师 TPACK 构成框架中取得了实证研究的创新，不仅为提升教师的 TPACK 能力提供了有效的策略支持，还开辟了新的思考维度和视角。

在 2016 年，张新颜根据当前我国初中数学教学的状况，设计了一份初中数学教师的整合技术学科教学知识调查问卷。该问卷涵盖了 TPACK 的七个关键因素，并将其细化为 22 个具体问题。经过调查与分析，构建了由五个核心因素组成的数学教师 TPACK 结构模型^[34]，如图 2-5 所示。该模型层次分明，条理清晰。首先，聚焦于教师“教什么”

的问题,涵盖了数学专题知识和如何将技术整合进课程内容的知识;其次,致力于解答“教谁”的问题,充分了解学习者学习风格、学习特点和学习情况等;最后,探讨“如何教”的问题,即如何利用技术进行教学表征与设计,以及进行教学的组织与实施。值得一提的是,该模型强调了教师的教学信念。教学信念贯穿于整个模型,并在整个教学过程中发挥着至关重要的作用。这项研究突破了TPACK以思辨理论研究为主的基本范式,为我国数学教师教学能力的发展注入了新的活力。

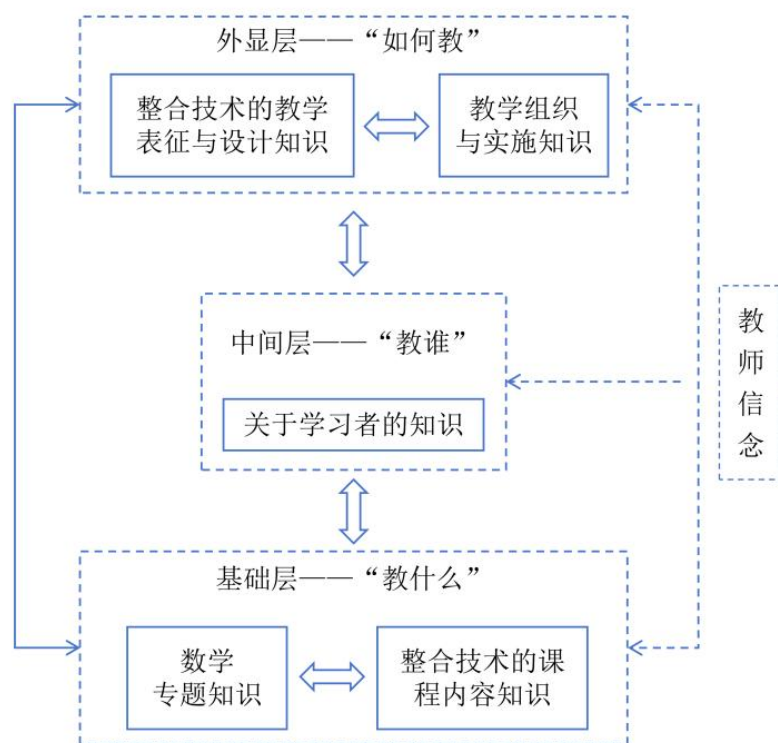


图 2-5 数学教师 TPACK 结构模型

在 2017 年,数学师范生的专业能力被孙成成从 TPACK 视角进行深入剖析。专业能力被细化为 F、M、D 三个层次,其中,F 层面是师范生在教学实践中关于沟通和教学组织等基础能力;M 层面则凸显了数学师范生特有的数学思维和数学方法等学科知识与教学技能;而 D 层面则强调了移动终端和微课视频等信息技术在教学中的应用能力。对师范生专业能力的划分不仅丰富了数学师范生专业能力的内涵,也为培养和发展提供了更加明确的方向。这三层能力既要延伸层次间广度和深度,又要融合层次间的关系,还要保持层次间动态平衡关系。在广度和深度角度来看,如图 2-6 所示,这三层以金字塔的形式整合,F 层为基础层,其难度相对小,但运用及教学范围广,M 为中间层,难度适中,知识运用和教学范围较广,D 层为顶层,其难度大,需要不断积累经验和学习才能到达,其知识运用和教学范围最小。从融合角度来看,如图 2-7 所示,致力于深化层

次间的知识与技能等多种元素的融合程度，形成了两种主要的融合关系：二维融合和三维融合。通过这两种融合方式有效地提升各层次间的相互渗透与协同作用，实现更高效的资源整合与利用。从平衡角度来看，如图 2-8 所示，这三大层次之间的元素是融会贯通的，并会始终保持一种平衡的状态。

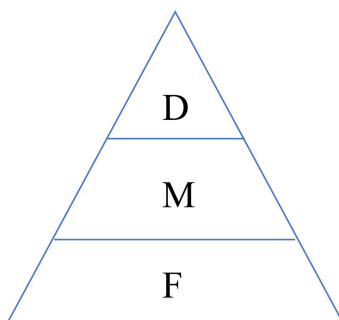


图 2-6 广度和深度的关系图

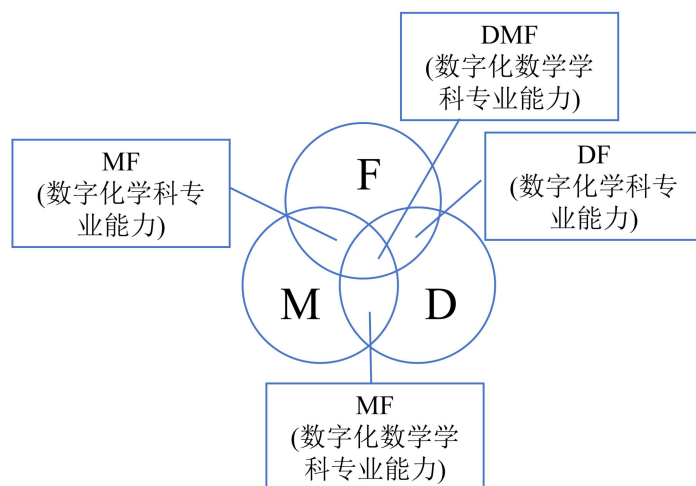


图 2-7 融合关系图

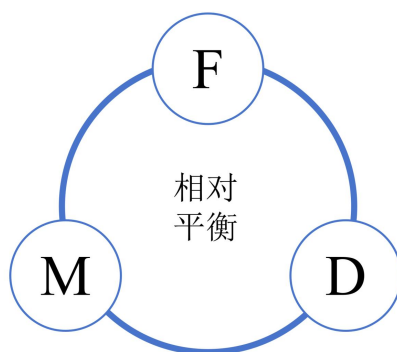


图 2-8 相对平衡关系图

2.1.4 国内 TPACK 研究现状

2008 年,TPACK 概念引入国内,经过 15 年的发展,TPACK 的研究趋势是依然是上升的,其研究向纵向、横向发展,即研究深度更深、研究范围更广,并显示出 TPACK 是动态变化的、具有较强的适应性,其技术、教学方法、教学内容能与时俱进,适应当下时代背景的教学,继而不断迭代更新教学改革。

2015 年,蔡敬新学者通过文献研究分析国内外理论研究及实证研究,包括对 TPACK 概念探讨研究、七因子的结构测量与模型研究、TPACK 个案研究、增强 TPACK 的策略研究以及 TPACK 的通适性与专属性研究等,强调未来研究要考虑情境性,TPACK 在不同学科的具体应用^[35];2019 年,周莹学者对 154 篇硕博学位论文进行了分析,发现当前研究存在一些不足。首先,TPACK 理论的“本土化”研究相对欠缺,缺乏与我国教育实际相结合的 TPACK 框架;其次,TPACK 测评工具和方法的研究较为薄弱,缺乏有效且适用的评估手段;再者,TPACK 学科化研究领域显得较为狭隘,未能充分探讨各个学科的特点和需求;最后,TPACK 的“境脉”研究相对被忽略,未能充分考虑到不同环境和背景对 TPACK 应用的影响。这些不足之处为未来的研究提供了重要的方向和挑战^[36]。

2.1.5 本节研究启示

综上,对于本文研究相关度出发,具有三点研究启示,(1)大多数学者停留在 TPACK 框架研究,因此,TPACK 测量方法与 TPACK 发展模式的实证研究较少,(2)从数学 TPACK 概念研究来看,大多数学者研究框架型 TPACK,主要界定每个组成要素的内涵,张新颜进行 TPACK 结构模型,指出结构模型有利于指导如何培养教师 TPACK 能力。

(3)大多数学者研究学科 TPACK 概念时,有学者偏向学科知识的 TPACK 研究,有学者偏向教学活动的 TPACK 研究,比较少学者偏向技术知识的 TPACK 研究,特别是数学学科,目前是技术型 TPACK 研究是空白的,因此,难以整合动态数学技术知识进行教学。

2.2 TPACK 测量方法

国内外不少学者对 TPACK 测评进行研究综述,如 Koehler 等(2014)在研究中综述了广泛用于 TPACK 测量的各种方法^[37]。2020 年,经综述后,Kristin 发现对于教师

TPACK 自我评估,比较普遍使用的方法是混合方法或实证研究^[38]。谭雪梅等人对 TPACK 框架的要素构成、内涵及理论发展进行了剖析,并以此为出发点,介绍了多种 TPACK 测评方法,并比较不同方法的优点和不足^[39]。顾艳霞等介绍了国内外 TPACK 主流测评方法的研究现状,包括测评方法的特点、使用范围、优劣性等^[40]。黄斌等采用内容分析法,对 495 篇有关教师 TPACK 的文献进行梳理分析,并提出要重视 TPACK 的评价研究,开发具有本土化和学科化的 TPAACK 测评工具,建立健全评价机制^[41]。美国学者 Graham 研究了教师 TPACK 知识与其在教学实践中整合应用之间的关系,发现两者之间的联系并不如预期般明确。这意味着,尽管教师可能拥有丰富的 TPACK 知识,但他们未必能够在实际教学中有效地整合这些知识。所以,提升教师的 TPACK 素养的关键步骤就是能够准确地评估他们的 TPACK 水平^[42]。

综上所述,当前对于 TPACK 的评估手段丰富多样,有量表测量法、绩效评价法、访谈法、观察法、混合评价方法等。接下来,对每种方法的研究现状做具体介绍。

2.2.1 量表测量法

量表测量法是参与者对自我认知与知识评估的重要途径。在这个过程中,参与者根据量表设定的问题主观地评定自身所掌握的知识水平。在 TPACK 各种测评方法中,量表测量法是应用最广泛、最直观的教师 TPACK 水平测试方法。在国内,研究者普遍倾向于参照国际上已有的量表作为评估工具,其中,美国学者 Schmidt 开发的量表是国内研究者常参考的一种。该量表在评估过程中,教师先根据自己的实际情况对每个项目进行评分。随后,研究者对量表进行分析,继而较为全面地了解教师在各个维度上的 TPACK 水平。最后,该量表对职前教师的 TPACK 水平进行测试,通过信效度检验表明该量表具有较好的内部一致性^[43]。Archambault 等人基于 TPACK 的七维度框架,开发了针对 K-12 远程教育的教师 TPACK 量表^[44]。该量表采用了李克特五点式量表的形式,旨在衡量参加 K-12 学校在线培训课程的教师们的 TPACK 水平。Archambault 等人成功地收集了 596 名教师的数据,并对其 TPACK 水平进行了科学、客观的评估。因此,这一研究为后续的 TPACK 测评研究提供了重要的参考。

少部分研究者自编量表调查教师 TPACK 水平,如段元美(2015)以核心成分 TPACK 为基础,参考美国学者 Niess 对 TPACK 构成的四个要素基础上将 TPACK 水平划分为五个维度开展测量^[33]。以 TPACK 核心成分为基础开展测评研究的还有少量硕士论文,如钟洪蕊在借鉴 Magnusson 和 Niess 成果的基础上对科学课程教师 TPACK 水平进行调查,

结果显示编制的调查问卷具有较好的信度和效度^[45]。张育桂在参考钟洪蕊研究的基础上,针对小学数学学科教师修订了 TPACK 水平测评问卷。修订后的问卷更加贴合小学数学教师实际,比较全面评估教师整合技术、内容、教学知识的情况。通过调查和数据分析,反映了小学数学教师在 TPACK 水平上的整体状况,为后续研究和教育改革提供了有力支持^[46]。

尽管有众多学者采用量表测量法开展测评,但使用该方法一方面难以把握测评的深度,另一方面容易受到较多其他因素的干扰,难以界定准确性,如被试者对题项的敏感度、自我知识水平的评估能力、完成量表时心态及环境等,所以具备较强的主观性^[43]。

2.2.2 绩效评价法

绩效评价法旨在衡量教师在教学实践过程中的表现与成果。它主要关注教师在教学工作中所创造的一系列人工制品,如课程教案、课程计划以及记录教学细节的日志等。通过分析这些教学材料来了解教师的教学思路、教学方法以及教学效果。此外,绩效评价法还注重对教师教学行为的观察和测量,包括教师在课堂上的表现、与学生的互动方式、对课堂管理的把控能力等方面。通过观察和记录这些教学行为,客观评估教师的教学能力、教学态度以及对学生的影响。2007年,Koehler 和 Mishra 等人基于对 TPACK 的概念化框架,将教学过程的人工制品进行记录且使用话语分析法开展测评,分析在职教师的 TPACK 水平^[47]。2009年,格罗斯(Groth)等人利用课程周期中产生的定性数据来源,包括教师的书面教案、课程评价数据、课程视频和汇报记录等来评估教师的 TPACK 水平发展情况^[48]。2010年,Harris 等人在技术整合评估工具(TIAI)^[49]的基础上,结合教师教案,经过多次修正,设计了一套“技术整合评价量规”,从课程计划角度评估教师 TPACK 水平^[50]。Graham 等人为了了解职前教师 TPACK 水平,采用了绩效评价法进行该项目研究^[51]。虽然绩效评价法对于 TPACK 水平测评而言,能够提供多角度的测评,测评较为全面深入,但其编码仍可能存在较强的主观性。

2.2.3 访谈法、观察法及开放式问卷调查法

目前,国内的研究者在测量教师的 TPACK 水平时,主要依赖于自我报告法。虽然该方法简便易行,但也可能因为教师的主观因素或认知偏差,导致评估结果存在一定的局限性。相比之下,国外研究者在 TPACK 测评方式上更为多样化。除了已知的绩效评价法,还广泛运用访谈法、观察法以及开放式问卷调查法等多种手段。这些方法可以从

不同角度揭示教师的 TPACK 能力,继而反映教师在教学实践中的真实表现。2015 年, Stoilescu 通过对三位经验丰富的中学数学教师进行案例研究,采用访谈和课堂观察的方式对 TPACK 水平开展测评^[52]。同年, Jaipal-Jamani 和 Figg 在基于博客教学模式,记录三名中学科学教师在为期四周的时间里在教学计划和实施教学活动时如何发展教师 TPACK,此外,还采用访谈法进一步对教师 TPACK 水平进行测评^[53]。开放式问卷调查法作为一种定性研究方法,在教师 TPACK 研究中发挥着不可或缺的作用。为了更全面地评估教师的 TPACK 水平,研究者通常会将开放式问卷调查法与量表法相结合的方式来进行测评。国外学者 Oz H 结合了开放式问卷调查法和量表法,收集职前英语教师对于技术在教学中的应用和看法^[54]。该研究在 Schmidt 量表的基础上来制定英语学科量表并通过检验得出信度良好,研究对象为 76 名英语教学本科生,通过让被试者匿名填写量表及开放式问题开展测评。

以上三种方法各有其优缺点。首先,访谈法能够弥补量表法难以测评出来的一些维度,如教师运用 TPACK 时的心理状态、教师对 TPACK 的态度等。但其测评结果容易受到被试者自身主观因素的影响,如经验、知识、阅历、喜好等,仍具有较强的主观性。其次,开放式问卷调查法能有效克服访谈法与量表法的不足,采用定性与定量研究相结合的方式有效提高了测评结果的科学性,但该工具基于静态测评,缺乏动态考察教师在真实教学情境中对 TPACK 的理解和运用能力^[55]。最后,尽管观察法能够动态、直观地描述教师在教学中如何应用知识指导实践,从而有效评估其 TPACK 水平及教学效果。但其局限性亦不容忽视。一般地,观察通常局限于特定时间段内,只能窥见教师对于部分知识的应用情况,难以避免片面性的存在。同时,观察法往往需要长时间的投入,在一定程度上也增加了实践的困难性^[39]。

2.2.4 混合评价方法

自 21 世纪初以来,TPACK 测评研究呈现出不同的研究重点。具体而言,在 2005 年到 2007 年期间,TPACK 测评研究的主要方向集中在质性研究上;然而,自 2008 年开始,关于 TPACK 的量化研究逐渐增多。近年来,TPACK 研究则转向了以混合研究为主流,更多地强调了量化研究与质性研究之间的互补与融合。单一的测评方法难以全面、深入、准确地测评教师的 TPACK 水平。国内外不少学者提出且采用多层次、多角度的测评工具开展测评,教师 TPACK 测评应走向多元化。Niess 表示测评教师 TPACK 发展水平的比较科学方法就是将定性与定量研究方法两者结合起来。徐鹏明确指出,未来研

究的焦点将集中在混合式 TPACK 测量方法上,此种方法将被多种手段所融合,包括主客观、定性与定量,以及观察法和间接测量法^[56]。2017 年,皇甫倩对美国新推出的教师 TPACK 交互式测评工具进行了评述。这一工具创新地将定性研究与定量研究融为一体,通过临床报告、纸笔测试以及课堂行为分析等多种方式。特别值得一提的是,该工具强调 TPACK 测评的情境性,开发了相应的学科化 TPACK 测评手册和测评标准,充分关注测评结果的真实性和全面性。这一实践对我国教师 TPACK 评价研究具有重要的启示作用,提供了新的思路和方法^[55]。

2.2.5 本节研究启示

综上,从本研究相关度出发,具有两点研究启示,(1)如何全面测量教师 DM-TPACK 发展水平?教师 DM-TPACK 发展具有动态性,基于已有的研究工具分析,立足于动态数学技术与数学学科教学融合创新,应采用定性研究和定量研究相混合的方式进行测评,发挥各种研究方法优势,互相弥补各方法的不足。(2)如何有效测量教师 DM-TPACK 发展水平?鉴于 TPACK 测评的复杂性和学科“境脉”的重要性,应关注教师在真实教学情境中 DM-TPACK 的发展水平。

2.3 TPACK 培养方式

传统教师的能力发展存在技术、教学知识与学科知识互相孤立的弊端。自 2005 年提出以来,TPACK 已在教育、教师培训和教育技术领域引起了广泛关注。最初,TPACK 的研究侧重于探讨其结构理解以及教师如何在教学实践中运用这一框架。然而,随着更多人接受了这一理论框架,研究者开始专注于评估和发展教师的 TPACK 水平。从 TPACK 的视角来看,教师的能力发展并不仅限于掌握系统的知识、教学法和技术,而是如何使教师深入理解并平衡技术、教学法与学科内容之间的动态关系。这种关系要求教师能够灵活地将技术、教学法与学科内容进行有效整合,进而提升教学效果,实现教育教学的创新与发展^[57]。国内外各学者通过不同方式干预教师教育,有工具干预、方法干预和技术干预等,丰富了 TPACK 能力发展的研究^[58]。在我国,职前教师和职后教师教育是教师专业能力发展的主要形式,本次综述对在职教师教育关于 TPACK 的策略、路径及方法进行综述。

2.3.1 国外 TPACK 培养方式

国外比较重视教师专业能力发展，其培养方式多元和研究成果丰富。具体有（1）基于游戏进行整合技术的教学，2006 年，Koehler 等学者提出通过游戏的方式提升教师整合技术的学科教学的策略，教师分别从三个箱子里随机抽取学科内容、教学技术与教学方法，然后通过头脑风暴的形式创新地整合技术的学科教学知识。该方式较好地调动教师的积极性，促进教师创造性地提出适合不同情境下的教学策略。（2）基于研讨进行整合技术的教学，2008 年，Jimoyiannis 把课程研讨贯穿于培训过程中，课程研讨共持续 350 学时，教师在研讨中充分交流设计思路、技术的有效运用和实践成果（自己编写的教材、课堂教学）的反思^[59]。该模式提供充分的研讨机会，其能促进教师们参与感，有利于促进其经验与理论知识相结合。（3）基于学习活动类型进行整合技术的教学，Harris 和 Hofer 认为学习活动是教学最基本单元，其整合的思路是具体化到某门课程，根据不同的学习活动类型提供不同的技术^[60]。此范式聚焦于内容导向的学习活动，旨在突破技术的既有功能与局限，使技术真正为学科内容和教学情境所服务。为此，教师需要搜集各学科相关的学习活动，剖析不同类型活动所适用的技术范畴，依据教学活动的功能特性进行分类组织，最终形成条理清晰、易于应用的活动体系。（4）基于理论和模型进行整合技术的教学，Angelina 和 Valanides 基于技术映射理论构建 ICT-TPACK 模型，其核心思想是将技术功效映射到内容和教学法，首先教师先明确教学内容与教学目标，然后进入迭代决策阶段，如何利用技术有效表征内容，如何根据学生需求修正表征，如何根据内容和教学法采用不同策略^[61]；Trautmann 基于弹性适应模型设计相关教师培训，该模式发展周期为两年，分阶段进行培训，其核心思想是为教师提供弹性适应机会使得教师根据自身需要对课程进行修订以满足所处环境的需要^[62]；Annetta 等展开了一项长达三年的理科教师培训项目，通过博客广泛收集教师的反馈意见，并进行数据分析，验证了该培训项目在提升教师技术融合教学能力方面的显著成效^[63]。Peeraer 等基于 TPACK 框架实施了为期三年的越南语教师培训计划，共有 1191 名教师踊跃参与。实践发现，相较于未学习 TPACK 框架的控制组，参与实验组学习的教师在教学中更有效整合技术进行教学，证明了 TPACK 框架在提升越南语教师技术应用能力方面的有效性^[63]。（5）基于教学法进行整合技术，Yang 结合 WebQuest 方式与混合学习的建设教育技术课程，该过程有提供 TPACK 学习支架、自主学习、形成性评估与交易、强化 TPACK 能力和呈现与反思，经实践，证实了该教学方法有效^[64]；2020 年，Özgür 的一项研究调

查了数学教师在混合学习环境中教学时如何调整他们的 TPACK 框架。该研究的结论是，在混合环境下的教学需要 TPACK 策略的转变，特别是在平衡教学和技术方面，突出了 TPACK 在数学教育中的动态性质^[65]。2023 年，为了促进教师有效整合互联网技术于教学之中，Mohamed 设计自适应学习环境，为在职的数学、科学和英语教师提供大量的和持续的每个 TPACK 组件端口，经实验对比，所有教师都认为适应性学习培训有助于设计与技术相结合的教案^[66]。

2.3.2 国内 TPACK 培养方式

在我国，学者结合国家政策、教师需求及技术环境等具体“境脉”探讨 TPACK 理论下的教师 TPACK 发展模式。在知网检索主题为“TPACK 培养方式”，选择中学教师及在职教师相关的论文，发现我国这方面的研究起步比较晚，相对于职前教师 TPACK 培养方式研究，论文数量比较少，2012 年，郭桂周在论文中总结了 TPACK 的提升策略^[58]。2014 年，吴焕庆系统地梳理了不同国家在提升教师 TPACK 能力方面的探索与实践，包括各国在 TPACK 理念推广、教师培训模式创新以及技术与学科整合等方面的具体举措^[63]。近些年来，我国相关研究逐渐增多。2016 年，周玲针对韶关市中小学教师的信息技术能力现状进行了深入剖析，随即基于教学过程设计了乡村教师 TPACK 发展模式，并在实践中取得了初步成效^[67]。该模式教学过程包括教学准备、案例教学、任务驱动和诊断与反馈，整个过程中注重教师共同体的建设，共同体包括同科教师和技术指导教师，其中技术指导教师担任关键的角色，主要促进技术的学习。但在实践效果来看，该模式因人力、物力和资源要求高等原因，难以大规模开展，所以还需进一步验证其有效性。2019 年，李念平紧扣新课程标准，提出了 TPACK 框架下的教师培训新模式，旨在全面提升教师在 TPACK 框架下的专业素养和实践能力。该培训采用分阶段实施的方式，确保每个阶段的目标明确、内容模块化、方式多元化^[68]。该模式的核心在于三个要素的凸显：通过专题化重构深化学科内容知识（CK）的培训，借助项目式设计提升教学法知识（PK）的实践应用，并依托数字资源和工具的开发与运用强化技术知识（TK）的掌握。2019 年，董艳结合《中小学教师专业发展标准及指导》文件设计结构化问卷，《中小学教师专业发展标准及指导》是指导教师培训的重要文件，通过问卷调查在职教师的技术应用能动性，研究表明能动性促进教师 TPACK 的提升，并从学校角度提出对应策略，有建设合理管理制度、加强内部文化交流学习和增加教师价值感^[69]。2020 年，张嘉参照《中小学教师专业发展标准及指导》，对 TPACK 理论下的教师培训架构进行

了探讨,创造性地提出了必修奠基、差异深化和选修拓展的培训模式,旨在全方位提升综合实践活动师资队伍의 TPACK 能力^[70]。其中,综合实践活动教师培训课程体系从三个维度设计,一是课程类型,包括必修课程、差异课程和选修课程,二是教师类型,包括新上岗教师、种子教师、骨干教师和兼职教师,三是组织方式,包括线下、线上及线上线下混合式培训。该体系的菜单式设计体现针对性、模块式设计体现系统性和进阶式设计体现持续性,该研究已经取得课程内容设计与开发、向教师渗透技术融合到课程中观念等阶段性成果,但是如何将该模式落实到实践中,仍需进一步验证。另外,数学学科教师的 TPACK 能力发展同样备受瞩目,2016 年左敬亮等通过分析美国“数学教师 TPACK 标准和培养模式”,描述了数学教师 TPAC 内涵及教师如何达到这些标准^[71]。

2.3.3 本节研究启示

国外对在职教师 TPACK 培养方式研究提供新的思路与新视角,总而言之,其研究路径多元、周期较长,并且更偏向于实证研究。近些年,我国学者逐渐重视这方面的研究,也从不同角度探索培养方式,对我国在职教师 TPACK 培养方式作进一步思考:

(1) 大多数研究只停留在策略研究,缺少实证研究。学者提出提升教师 TPACK 的模式、策略等,这些发展策略为教师 TPACK 培训提供了理论指导。在实际教师培训中,要注重相关政策、理论与实践相结合,从各学者研究可知,因教师培训需要大量人力、物力及财力支持,所以难以进一步进行实证研究^[67],国外大多数进行实证研究,通过数据验证发展教师 TPACK 模式、策略等的有效性,有利于对模式进行迭代更新,继而进一步推广教师 TPACK 发展模式,因此,如何将模式、策略落实在教师专业发展实践中是亟须解决的问题。

(2) 大多数教师培训是“快餐式”形式,缺少可持续发展的研究。国外研究注重培训的周期,关注教师 TPACK 能力的长期发展。Polly 等人在为期一年的专业发展项目中考察了在职数学教师的 TPACK 发展,结果表明,持续的专业发展和指导对于有效地将技术融入数学教学中是至关重要^[72]。反思我国教师 TPACK 能力培训存在“快餐式”形式,体现在周期一般偏短、内容单一、培养方式单一和没有长期、有效的运行机制等^{[73][74]},不足以教师将知识内化成为 TPACK 能力^[75],因此,培训效果得不到保证。

(3) 大多数研究的模型缺少针对性。“境脉”是 TPACK 的重要因素,TPACK 能力发展旨在不同“境脉”下教师的教学知识、技术知识和学科内容知识能达到平衡的动态变化状态^[65]。因此,教师培训中也要注重“境脉”,包括政策、教师需求和教学环境

等,才能提供更为针对性的 TPACK 培养方式。在我国研究中,学者能关注相关政策和相关指导文件下的教师 TPACK 能力发展,但是缺少深入理解教师需求,培训内容“一刀切”、过于技术化或理论化,其中大多数为普适技术,忽略了学科性的信息技术,导致教师不了解或不能深入应用学科信息技术^[76]。

2.4 动态数学技术

2.4.1 动态数学技术概念及其特征

动态数学技术(Dynamic Mathematical Technology, 简称 DM 技术)是指在计算机上进行动态几何图形绘制、动态计算、动态推理等,使得数学知识直观化、动态化等的技术。动态数学技术是在动态几何技术上发展过来的。动态几何技术是指在计算机屏幕上作出的几何图形,能在变化和运动中能保持其几何关系(如线段的长度相等,相互垂直、平行等)不变^[77]。随着动态几何技术的发展,不仅是几何图形,还包含数与代数、统计与概念等,逐渐丰富发展为动态数学技术。

基于动态数学技术开发的软件为动态数学软件,是一款专业的数学学科教育软件。动态数学软件提供数学学习的支持工具和资源,具有动态性、专业性、直观性的特征。

(1) 专业性:数学教育软件为满足数学学习和教学需求提供专业工具支持,许多文献分析和总结了各动态数学软件的功能,包括写、画、测、变、编、演、推、算等^[78],“写”就是写数学公式、文本,“画”就是绘制图形、函数曲线等,“测”就是数值测量等,“变”就是图形变换等,“编”就是编程,“演”就是演示资源,“推”就是自动推理,“算”就是符号运算和数值运算等,另外,软件所得结果具有准确性,比如运算准确、作图准确、推理结果准确等,大大提高数学学习效率。

(2) 动态性:动态数学软件的本质特征就是动态性,比如以点、线、面为基本元素的几何约束关系的动态变化,通过简单地移动鼠标或者控制参数的变化,就可以轻松地观察动态几何关系的数学规律,使得数学学习过程化静为动,化抽象为形象。这为数学的学习创造了良好的情境、提供可视化学习工具,不仅提高学生学习兴趣,还开拓了学生们的思路,继而促进学生思考^[79]。

(3) 直观性:在基础数学教学中,根据学生身心发展规律,直观性教学为学生提供感性认识材料,有利于学生直观及全面理解学习内容,逐渐将感性的观察上升到理性的认识,继而培养学生抽象逻辑思维,比如,几何直观教学是数学新课改的关注热点,

教师通过动态数学软件来展示直观的数学过程,将“无形”的知识“有形”化,将静态概念、定理等知识过程化,引导学生直接感知事物规律。

2.4.2 动态数学技术的教学价值

本节主要在知网平台进行“几何画板”、“Geogebra”、“网络画板”、“动态几何”关键字搜索,在 Web of Science 平台“the Sketchpad”、“Geogebra”、“NetPad”、“Dynamic geometric system”搜索进行主题词搜索,学者从不同角度探讨动态数学技术的教学价值,经梳理文献研究主题后,发现大多数学者从教学策略、学生表现等多种角度进行理论研究或实证研究,本节以学生学习表现为导向,对相关文献进行整理与归纳,发现动态数学技术的教学价值在于提高学习兴趣、促进知识理解、提高数学探究能力、发展数学思维和提高数学文化素养等。

(1) 提高学习兴趣。高媛基于心理学中的注意理论,探讨了动态几何对学生选择性注意力的影响,发现通过改变形状、缩放大小和变化颜色等视觉方式,能有效吸引学生的注意力。因此,构建动态几何软件与注意力引导策略,促进学生从感性认识到理性理解的转变,激发学生较大的学习兴趣^[80]。

(2) 促进数学知识理解。Bulent Guven 以范希尔几何思维理论框架为指导,探讨动态几何软件对八年级学生几何图形变换学习的影响,研究结果表明动态数学软件能显著增强了学生对相关数学概念的理解深度^[81]。Erbas 探讨动态数学软件对多边形教学的影响,并进行实验班与对照班的实验对比,结果显示实验班的同学更能理解多边形内涵^[82]。Oi-Lam Ng 认为,学生以“拖动”几何图形方式不断地尝试、验证猜想,这有利于促进概念连续化和可视化,推进几何理解水平向高级水平迁移^[83]。

(3) 提高数学解决问题能力。Gilbert Greefrath 通过量化研究显示,动态几何软件对学生数学问题解决建模有显著影响,但并不一定意味着数学建模能力的全面发展,另外,自我效能感高的学生更倾向于积极使用该软件^[84]。赵治国基于动态数学技术进行数学实验教学,学生从被动接受知识转变为主动探索知识,继而提高数学问题解决能力^[85]。陈咸存指出基于动态数学技术的数学实验有助于学生从多个角度观察数学对象、多维度分析和思考数学对象的特性及其关系和多方面有效地组合信息。这种方式极大地提高学习者的探究能力^[86]。

(4) 提高数学文化素养。石树伟借助动态数学技术融合数学史进行课堂教学,技术有利于挖掘教学内容中数学史的融合点、深度融入数学史感悟原始思想和创造^[87]。基

于动态数学技术的《动态几何》课程，十多年实践表明动态数学技术对学生创新意识发挥积极的作用^{[88][89][90]}。

2.4.3 国内动态数学软件应用现状

(1) 国内流行的三款动态数学软件

目前我国比较流行的动态数学软件有几何画板、Geogebra 和网络画板。

几何画板是美国 Key Curriculum Press 公司设计并开发的，是世界上第一款动态数学教育软件^[91]。其教育价值得到教育者的肯定，并迅速地向世界其他国家发展。1996 年，几何画板经过汉化后正式投入使用，该软件得到了全国中小学计算机教育研究中心的全力推广，并迅速覆盖了全国的中小学。与此同时，多个师范院校也积极跟进，建设了与几何画板相关的课程，以培养学生的实践能力和数学素养。因此，几何画板在我国受众范围广泛。随着信息化发展，几何画板不断丰富几何作图功能，能绘制三维的图形，使得图形更加立体、更加形象和更具有交互性^[92]。

GeoGebra 是由美国佛罗里达州亚特兰大大学数学系教授 Markus Hohenwarter 设计的^[93]。该软件的优势在于（1）功能强大且易用，功能覆盖几何、代数与微积分、统计学与 3D 数学等数学分支；（2）不断更新迭代，由全世界各地动态数学软件研究者进行迭代更新；（3）共享资源丰富，包括教学示例、课程材料等。因此，GeoGebra 受到广大师生的喜爱。

网络画板是张院士团队倾力打造的智能动态数学技术平台，赋能数学教育数字化创新。与前两款软件相比，网络画板是针对国内数学教育需求打造的，充分考虑到师生教学需求和特点，使用更为便捷和高效^[94]。该智能平台具有以下优势（1）功能丰富且操作便捷，集图形、计算、几何、代数、统计等知识为一体，能高效处理几何与代数方面的问题；（2）“共建共享”资源库，资源全面覆盖小学、初中、高中和大学知识，形成丰富的资源广场，另外，用户即资源的使用者，也是资源的创建者；（2）开放的协作交流平台，可以构建教师团队共同体，以便共同体进行协作交流；另外，提供开放的数学教学论坛，可以分享教学案例、课题研究和相关论文成果等；（3）知识产权保护，资源有“私有”、“只读”和“共享”产权形式，并且有明确的产权来源。

(2) 国内整合动态数学技术教学的应用现状

在知网上进行“应用现状”主题和“几何画板”关键字组合搜索，一共有 17 篇硕

士论文, 其中, 有 13 篇是 2015 年后发表的, 可见社会越来越关注数学教师信息技术应用现状。本节选择初中学段的应用现状进行分析, 具体如下。

2016 年, 陈苗苗通过问卷调查开封市部分中学数学教师, 发现教师在课堂整合动态数学技术教学过程中存在缺少技术辅助教学的意识、操作软件不熟悉、未能考虑学生实际情况等问题, 从而限制了几何画板在中学课堂教学中的普及和应用^[95]。

2019 年, 李慧婕调查人教版初中数学教科书“信息技术应用”栏目教学现状, 其结果显示, 超过 64% 的教师和超过 50% 的学生均认为这一栏目至关重要, 有利于发展数学核心素养。然而, 在实际教学中, 仅有大约 30% 的教师会应用技术辅助课堂教学, 而真正在机房指导学生学习的教师比例不到 8%。另一方面, 超过 70% 的学生期望在课堂上接受教师讲解或在机房得到教师指导^[96]。

2019 年, 施美霞通过问卷调查和访谈法分析几何画板动态数学软件在农村初中数学课堂教学中的应用研究, 调查发现, 对于教师而言, 存在观念落后、应用意识不足和客观障碍; 对于学生而言, 存在学习兴趣不足问题。这些问题均制约了动态数学软件在农村初中数学课堂的有效应用^[97]。

2021 年, 王玉环通过问卷调查并分析农村地区初中数学教师信息技术应用现状, 其中发现只有部分教师使用几何画板进行教学, 并且教学效果良好。另外, 教师希望能在不占用寒暑假时间以脱产的方式进行动态数学技术学习^[98]。

2023 年, 常亮通过问卷方式调查动态数学软件在初中数学教学中的应用现状, 结果显示约 74% 的数学教师对动态数学软件不够熟悉, 近半教师不清楚传统教学与整合动态数学技术的教学的区别, 多数教师支持将动态数学技术纳入培训, 并希望提高整合动态数学技术进行教学能力^[99]。

2.4.4 本节研究启示

综上, 从本研究相关度出发, 具有两点研究启示, (1) 教师在学习动态数学技术时, 不仅希望掌握功能的使用, 更多的是如何整合动态数学技术进行教学, 即动态数学技术、数学知识和教学知识形成动态平衡局面, 并且希望该能力可持续发展。(3) 教师教学任务比较繁重和负担比较大, 在进行技术学习时, 应降低入门门槛, 尽可能帮助教师先用起来, 并建立良好的运行机制, 再循序渐进推进整合动态数学技术的教学。

2.5 本章小结

本章对 TPACK 框架研究、TPACK 测量研究、TPACK 培养研究和动态数学技术及应用现状这四个方面进行系统综述，旨在（1）系统展示 TPACK 框架、TPACK 测量和 TPACK 培养的研究现状，归纳每个方面存在不足，为后续理论构建及实证研究奠定重要的研究基础；综述可知，在 TPACK 框架研究中，对于数学学科，缺少整合动态数学技术的学科教学知识；在 TPACK 测量研究中，混合研究方法是 TPACK 测量趋势，更有利于客观地全面地了解教师 TPACK 发展水平；在培育方法时，“境脉”是影响培养效果的重要因素，并要关注 TPACK 可持续发展。（2）全面了解动态数学技术推广应用现状，综述可知，基于动态数学技术的教学可优化教学过程和加强学习效果。在实际推广和使用过程中，大多数教师和学生认可动态数学技术进行教学的价值，但是，教师存在观念不足、功能不熟悉和整合方式生硬等问题。因此，大部分教师希望提高整合动态数学技术进行教学能力，并且该能力可持续发展

第3章 初中数学教师 DM-TPACK 结构模型

研究 TPACK 的构成有两个主要的问题需要明确,一是什么观念下的 TPACK?是整合的 TPACK,是核心成分的 TPACK,还是延伸的 PCK?二是 TPACK 当下的“境脉”是什么?经过文献研究发现,TPACK 的构成多样化的,需落实到具体学科中,最主要的是分析其“境脉”^[22]。

对于 TPACK 的构成,实际上,这三“派”的观念并不冲突,并且各有优势^[35]。整合观念的 TPACK,其强调了“境脉”的重要性,并能清晰地定义各个构成因素。转化观的 TPACK,其能整合 7 个构成因素转化成一个独立形态知识。学者只需独立分析其核心成分 TPACK,因此,简化了各构成因素之间的复杂度,使得其构成研究更加容易分析和更具操作性。延伸的 PCK,实际上就是当技术运用到常态化的时候,技术已融入教学过程和学科知识中,这就是信息技术与教学整合的最终目标。本章更加关注具体学科下的 TPACK 的构成,从可行性和操作性角度出发,本研究更适合以核心成分的观念来研究数学学科的 TPACK 构成。

动态数学软件是我国数学教师使用最广泛的数学学科软件^[100]。经研究发现,在动态数学软件教学下,其能有效提高课堂效率、表征数学知识和提高学生的数学思维等作用^[101]。许多研究 TPACK 构成的学者指出,要进一步研究符合本土化的和学科化的 TPACK 构成,才能促进信息技术与学科深度融合。我国学者研究数学 TPACK 的构成,进一步细化到信息技术整合到数学学科知识和数学教学过程中,对数学 TPACK 构成研究具有一定的指导意义,但是缺少从学科信息技术的角度出发。因此,本研究的“境脉”是动态数学技术与初中数学教学整合的 DM-TPACK 模型。

本章研究思路,首先,结合动态数学技术、初中数学知识、初中教师和学生认知特点和数学教学活动等来深度分析动态数学技术与数学知识和数学教学融合的基点,然后,借鉴典型的 TPACK 概念框架与 TPACK 结构框架的优点,初步构建基于初中数学教师 DM-TPACK 结构模型,最后,通过专家咨询方法,提高 DM-TPACK 模型合理性和客观性,为发展初中数学教师 DM-TPACK 能力提供指导。

3.1 动态数学技术与数学学科教学融合的基点分析

3.1.1 动态数学技术与数学知识融合的基点

(1) 动态数学技术有效表征数学知识

数学 TPACK 构成研究表明,技术与数学知识有着相辅相成的关系,数学知识的发展推动技术的更新与创造,技术的发展又推进数学知识的广度延伸和深度进阶。

动态数学技术的涌现革新了数学知识的展现方式,使之更为直观和动态,继而有助于学生构建稳固而平衡的数学知识架构。这一变革不仅增强了学生对数学知识的深入理解,还提升了在实际情境中的灵活应用能力。作为指导中小学数学教学的纲领性文件——《义务教育数学课程标准(2022年版)》,将初中数学内容概括为四大板块:“数与代数”、“图形与几何”、“统计与概率”以及“综合与实践”。综合与实践板块侧重于跨学科的融合及数学方法与思想的渗透,是其他三大板块知识的综合应用与实践,因此,本节将专注于探究动态数学技术与“数与代数”、“图形与几何”及“统计与概率”三大初中数学知识板块的融合点,以期揭示技术如何有效表征数学知识,从而优化教学效果。

“数与代数”领域的知识,其核心在于揭示数量之间的关联与变化的数学模型。通过对数量关系的细致观察,学生得以洞察生活中蕴含的数学奥秘。在初中阶段,“数与代数”模块涵盖了“数与式”、“方程与不等式”以及“函数”等核心内容,旨在通过系统学习,逐步培养学生的数学抽象能力、逻辑推理能力以及数学运算的核心素养,为其未来的数学学习与应用奠定坚实的基础。在2022年课标里,强调要启发学生感知新概念和新方法产生的必要性和合理性,有利于促进数学抽象核心素养的形成与发展。同时,增加代数推理内容,引导学生能在现实生活中的等量的等量相等推理,形成推理意识。

函数是中学代数领域的核心概念,在处理方程与不等式等问题时具有重要的指导作用,并且在代数与几何等其他领域之间扮演着桥梁的角色。函数不仅是代数推理的重要载体,其图像也为推理过程提供了直观的视觉形象。动态数学技术在函数学习中发挥重要的作用,其能形成生动的、形象的函数图像,帮助学生理解图像与变量之间的关系。整个解决问题的过程由“数”到“形”、以“形”助“数”是思维的自然流露,数与形的结合促进了代数推理能力的发展,提高数学思维品质^[102]。

“图形与几何”是数学的重要知识领域，旨在帮助学生理解和描述日常生活中的空间概念，并使他们掌握现实世界中存在的各种图形，能够理解这些图形的变化和性质。

“图形与几何”一直是义务教育占比较多的领域，初中阶段主要学习“图形的性质”、“图形的变化”和“图形与坐标”三大主题，培养学生空间观念、几何直观、推理意识核心素养。初中生具有一定的抽象能力，处于思维从具象到抽象的过渡期，侧重于基于概念的理解。一般地，教学中通过特征抽象出几何图形、感知图形的运动和变化规律等培养学生空间观念，通过感知图形的组成元素进行图形分类、建立形与数的联系等培养学生几何直观，通过简单归纳、类比发现结论等培养学生推理意识。在新课标中，强调尺规作图，特别是学生在“做”中领悟图形的性质，在“变”中掌握“不变”的关系。但在实际教学中，传统方式作图会浪费大量课堂时间，而且图形是静态的，几何对象之间的约束关系则比较抽象，学生难以把握图形的性质及其变化的规律等，因此，需要借助学习工具帮助学生直观感知几何知识的特性和基本规律^[103]。大量研究表明，基于动态数学技术支持下的几何学习，能显著提高几何概念的理解水平、几何对象间约束关系的掌握水平和几何空间观念的意识水平^[104]。

“统计与概率”领域的知识主要是探究现实生活中的数据和计算，特别是描述客观世界中广泛存在的随机现象，致力于教导学生如何基于这些数据和现象，做出合理、科学的推断与预测。初中数学该部分领域包括“抽样与数据分析”和“随机事件的概率”。随着大数据时代的到来，越来越凸显“统计与概率”的学习意义^[105]，教育者也越来越注重“统计与概率”的教学。在新课标中，强调要发展学生数据素养，数据素养包括数据意识和数据观念，数据意识则是指学生感性地认识数据的意义及价值，数据观念则是理性地体会数据背后的信息，并能以此做出合理的决策与推断等。初中阶段的学生已有一定的数据意识，在加强学生了解频数、频率和概率的基础上，逐渐形成数据观念。整个过程从数学的本质出发，在认识数的过程中认识数量之间的关系^[106]。但是在实际教学中，概率部分的教学往往需要大量的数据支持与多次实验的反复验证，才能越来越接近理论概率，这无疑加大了实践的难度，因此，有些教师通过语言进行口头描述^[107]，虽然该方法比较便捷及省事，但是学生减少了统计过程的参与，缺少了感性认识到理性认识的过程，不利于建立数据观念。动态数学技术支持下的统计与概率，在虚拟环境下模拟随机结果，学生通过操作、观察和反思，能更好理解随机事件和领悟概率的意义^[108]。

综上，动态数学技术能有效表征数学知识，通过多元表征形式丰富数学知识原来的形态，初中生能感悟知识从抽象到具象、再到抽象的过程，继而促进知识本质的理解和

知识之间的联系建构；反之，动态数学技术也能丰富数学知识的发展，使得数学知识与时俱进。有一些新的研究成果知识转化为数学教育形态知识，渗透到数学教学内容中，如迭代和分形等非线性知识进入学生课堂，例如，利用动态数学技术的迭代功能绘制有趣的分形图形，学生通过参与绘制的过程来理解其中数学原理、感受数学思想与方法和感悟数学的魅力。

（2）动态数学技术与数学知识融合的路径

动态数学技术与数学知识融合的路径是指运用动态数学技术实现数学过程可视化、动态化和直观化。在该过程中，教师能深刻理解动态数学技术对数学教学的积极影响，并会运用动态数学技术实现数学知识。徐章韬教授提出了运用动态数学技术实现数学知识的路径，这并不是简单地操作技术的过程，实则是一个思考的过程，即“技术思考-数学思考-技术实现思考”路径^[109]。借鉴该思考路径，动态数学技术与数学知识融合的路径可为“技术能动-数学分析-整合技术数学知识”，如图 3-1 所示，以“三角形内角和为 180 度”为例，具体分析路径实施过程。

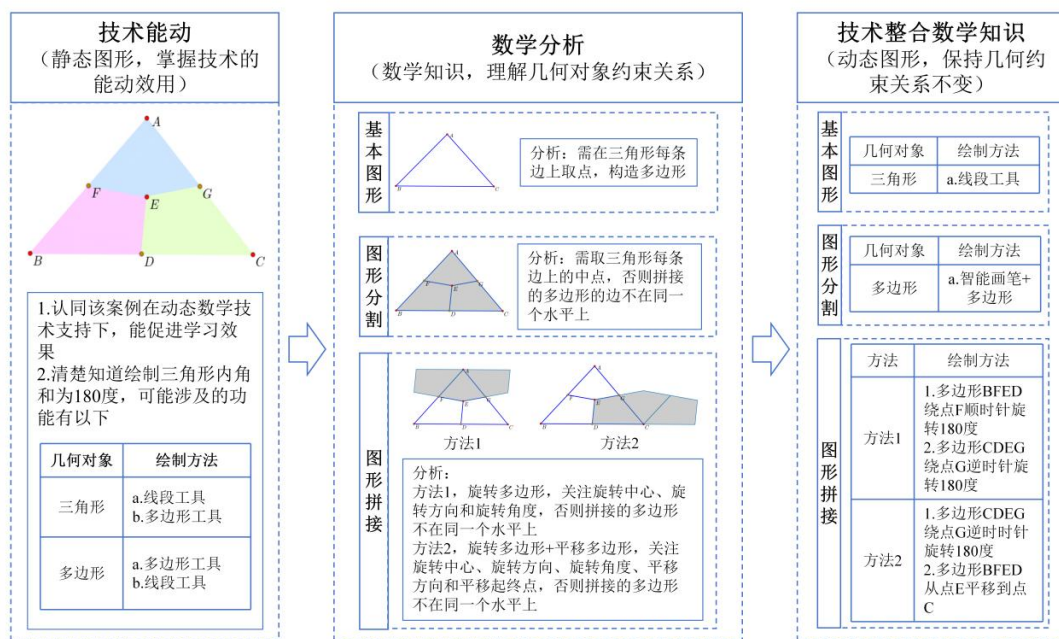


图 3-1 动态数学技术与数学知识融合的路径

技术能动阶段，即清楚地知道动态数学软件有哪些功能可以帮助我们实现数学知识。教师不仅深刻理解动态数学技术对数学教学的能动作用，不是为了技术而技术，还需十分熟悉动态数学软件有哪些功能及如何使用。在制作“三角形内角和为 180 度”时，需要绘制的图形有三角形和多边形，绘制三角形工具有多边形工具、线段工具、三点构造

三角形等, 绘制多边形工具有多边形工具和点与线工具等, 并能正确使用这些功能。该阶段仅仅是考虑绘制静态的图形, 并不关注几何对象之间的约束关系。

数学分析阶段, 即分析其背后的数学本质知识。在制作“三角形内角和为 180° ”时, 分析得到该过程包括基本图形、图形分割和图形拼接。该阶段关心几何对象之间的约束关系, 比如基本图形分割的方法, 不能将三角形随意分割成三个任意多边形, 最好以三角形三边的中点进行分割, 否则拼接的多边形的边不能保证在同一个水平上; 基本图形拼接则要关注图形变换时旋转中心、旋转方向、旋转角度、平移方向和平移起终点, 否则拼接的多边形不在同一个水平上。

整合技术数学知识阶段, 即需要把数学问题转化为在动态数学软件上可执行的操作。这个阶段涉及如何利用软件功能来实际解决数学问题。在制作“三角形内角和为 180° ”时, 绘制三角形时, 可由多边形工具或线段工具等绘制, 但是因为下一步要构造多边形, 所以选择线段工具绘制三角形; 分割多边形时, 可由三角形内的自由点与各边中点连线分割, 再构造多边形, 也可以直接用多边形工具进行分割等, 但是要保证下一步图形拼接时边能在同一个水平上, 所以选择由三角形内的自由点与各边中点连线分割, 再构造多边形; 拼接多边形时, 可两个多边形进行旋转拼接, 也可多边形旋转和多边形平移进行拼接等。该阶段关心技术实现动态几何图形的方法, 并能选择合适的技术方法实现数学知识动态化。

通过“技术能动-数学分析-整合技术数学知识”融合路径, 教师可以更加有系统地利用动态数学技术进行教学, 使数学过程更直观地呈现给学生, 激发学生的兴趣, 促进对数学知识的深度理解。

3.1.2 动态数学技术与数学教学融合的基点

许多 TPACK 模型表明动态数学技术与数学教学知识有着显著的联系。动态数学技术与数学教学的深度融合是国内外数学改革的重中之重。通过文献研究, 许多学者探究动态数学技术与数学教学融合路径。动态数学技术在各种教学模式中起着关键的作用, 主要表现如下。

基于动态数学技术的问题解决教学。问题解决是寻找有效解决方案或潜在结果的过程。学生对相关信息进行重新整合形成切实可行的方法, 致力于探索多种可能的解决路径, 以找到满意解决方案^[110]。在问题解决过程中, 存在普遍的“浅层”教学现象, 教师只是单纯强调学生动手, 却没有重视在“动手”中促进学生思考, 最终学生只会应试

般写出结果，知识得不到灵活运用和创新^[111]。谭奇基于工具化理论和经典的问题解决框架上提出了整合技术的问题解决框架，该框架包含 3 阶段 9 环节^[112]。在整个教学过程中，学生重新组合数学知识与动态数学技术知识，创新问题解决方法，充分展示了学生整合技术的数学流畅性；同时，学生运用数学知识和动态数学技术知识解决问题的过程就是动态数学技术进行工具外化的过程，学生感悟数形结合的思想，并对问题进行思考、猜想和验证，从而塑造学生的思维，教师也可以通过学生绘制的动态图像了解学生心理活动与数学意义。

基于动态数学技术的深度教学。数学学科的深度教学主要指是理解数学本质、能贯通知识的横向与纵向联系、对数学学习抱有激情，并能学会数学地思考。罗建宇探究基于动态数学技术的数学深度教学^[113]。研究指出动态数学技术支持下的深度学习可以创设数学学习情境，激发数学问题的提出，启发学生思考；可以对知识点进行适当的表征，揭示数学本质，促进深刻理解；可以实验探究，学生在探究过程中，知识经历由具象到抽象，推动学生自主发现其中蕴含的数学思想与方法。

基于动态数学技术的可视化教学。在数学教学中，由于数学知识具有高度抽象概括性，教师通过语言表达、传统方式画图等方式传统数学概念、定理等，学生难以理解。动态数学具有强大的知识表征优势。张志勇依据动态数学技术优势提出可视化教学原则、可视化教学实施路径及可视化教学实施策略^[114]。在实施教学时，进行概念可视化、命题可视化和问题解决可视化，整个教学过程依托动态数学技术可视化的优势，增强视觉体验，使得抽象的数学知识直观化、生动化，继而降低学生认知负荷。

综上，动态数学技术与数学教学深度融合是数学教学改革的美好愿景。教师教学方式发生了变化，运用动态数学技术使得数学教学过程可视化，也更好通过学生整合动态数学技术的数学资源来了解学生内心活动及知识创造过程。学生学习方式发生变化，学生不再单纯听教师讲课，而是成为课堂真正的主人。学生参与探究数学知识过程，主动提出问题、分析问题及解决问题，可以进行长时间思考。因此，数学学习不再仅仅是知识与技能的掌握，更加注重数学核心素养的整体性提升与学会数学地思考。

3.2 构建初中数学教师 DM-TPACK 结构模型

从构成的因素来看，Niess 把 TPACK 看成独立形态的知识，从观念、学生知识、课程知识和教学知识四个维度细化为关于技术与学科教学整合目的的统领性观念，关于学生利用技术来理解、思考和学习学科主题的知识，关于技术与学科教学整合的课程和课

程材料的知识,关于技术与学科教学整合的教学策略和教学表征的知识。该研究表明了 TPACK 两大重要影响因素是教师对信息技术的观念及对学科本质的理解^[115]。随即,该构成研究被广泛运用到学科 TPACK 研究中。我国段元美学者在此基础上扩展整合技术的教学评价,设计初中数学教师 TPACK 量表^[33]。Guerrero 结合信息技术有效运用与数学学科特点,把 TPACK 细化为四个因素,分别是技术的观念与运用、基于技术的数学教学,基于技术的课堂管理和内容的深度与广度^[30]。该研究构成强调信息技术对教师、知识的能动作用,充分体现在技术支持下数学学科的教学过程与知识理解。我国徐章韬教授肯定该模型的价值并分析其内涵,推进面向数学教育的 TPACK 研究。本研究借鉴 Niess 的 TPACK 构成研究和 Guerrero 的数学学科的 TPACK 模型,将整合动态数学技术与数学学科特点、初中学生认知特点和数学教学方法,并进一步细化其中内容,使得更适合我国数学教师发展的 TPACK 模型。

从构成的形式来看,仇晓春指出 TPACK 广泛运用在学科教学研究中,但是大多数学者停留在概念框架研究中,不利于进一步实践的指导^[9],因此,更应该分析其要素之间的相互联系。张新颖做了新的尝试,从教学系统结构理论的角度出发提出数学 TPACK 结构模型,系统地要考虑设计好“教什么”、“教给谁”、“怎么教”。结构模型表明了 TPACK 不是因素之间的简单叠加,而是各因素之间有层次和有逻辑的。该研究思想与本研究比较符合,由于评价也是教学的重要环节,因此,本研究在该思想加上评价,紧紧围绕“教什么”、“教给谁”、“怎么教”和“教得怎么样”思路构建理论模型,以发展初中数学教师 DM-TPACK 能力,对实践研究具有一定指导意义。

综上,本研究提出初中数学教师整合动态数学技术的数学教学知识(Technological Pedagogical Content Knowledge with Dynamic Mathematics,简称 DM-TPACK)模型,如图 3-2 所示。本模型将 TPACK 看成一种独立形态的知识,旨在动态数学技术与数学学科有效地整合。其中,技术是指动态数学技术(Dynamic Mathematics Technology,简称 DM 技术)。DM-TPACK 结构模型由五个因素构成,分别是整合 DM 技术教授数学的观念与运用、整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识、整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识、整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识和整合 DM 技术教授数学的评价知识。五个因素之间具有以下联系,(1)整合 DM 技术教授数学的观念与运用指导整个教学过程,包括“教什么”、“教谁”和“怎么教”;(2)整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识是基础层,因为数学教学内容是教学的基础;整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识是中间层,在其中起着承上启下作用;

整合 DM 技术教授数学的教学策略与管理知识是外显层,表现在动态数学技术与数学学科融合教学促进深度教学。(3) 整合 DM 技术教授数学的评价知识贯穿在整个教学过程中,评价“内容”、“学”与“教”。

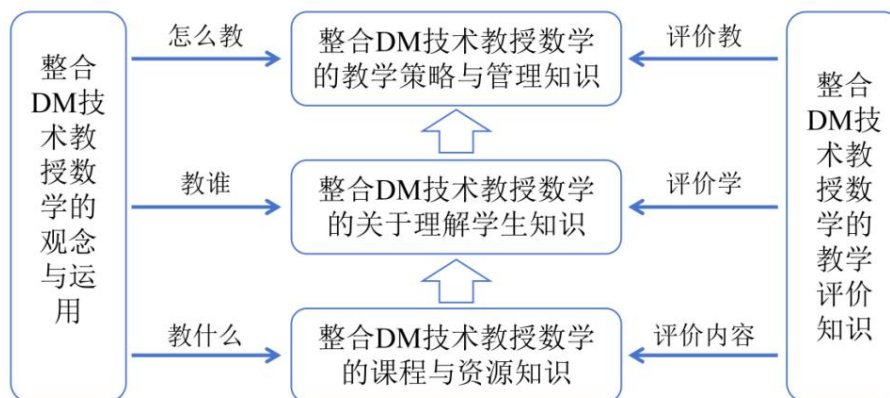


图 3-2 初中数学教师 DM-TPACK 结构模型

(1) 整合 DM 技术的观念与运用

整合 DM 技术的观念与运用是指教师在动态数学技术环境中开展数学教与学的整体思想与自我效能,对运用动态数学技术支持数学的学与教有全面的认识,认为在技术支持下应如何教授数学,学生应学习什么样的数学。TPACK 在教学中运用的成效如何,其关键在于教师。整体思想在动态地形成 TPACK 的过程中起着统领的作用,包括教师对动态数学技术在教学中的地位理解、动态数学技术在课程内容组织上的作用、动态数学技术促进学生理解知识的作用等。《义务教育数学课程标准》(2022 年版)指出要促进信息技术与数学课程融合,推动教学方式的改革。信息技术不应只是展示内容的辅助工具,而是真正地支持整个教学和学习的过程,使得教学内容在动态数学技术支持下更加容易理解、数学思维方法更易渗透等。自我效能感是指教师对自我整合动态数学技术的数学流畅性的信心。在数字时代下,整合技术的数学流畅性是教师必备数字能力之一,成为大家关注的焦点^[116]。整合技术的数学流畅性在“信息技术流畅性”的基础上进一步发展而来,涵盖了将数学和技术这两种不同类型的背景知识与技能结合起来的能力。教师自我效能感是提升教师 TPACK 能力的关键因素^[112]。动态数学软件的便捷性、交互性和专业性可让教师在短时间内掌握相关技术技能并适当运用在教学中,继而促进教师自我效能感提高^[113]。首先,教师应主动掌握动态数学技术相关知识,理解基于动态数学技术资源的底层逻辑原理和操作对象之间关系等,掌握动态数学软件的基本功能(函数功能、几何功能和统计功能等)和操作功能(写、画、测、变、编、演、推、算)等。

其次,但也最重要的是,在此基础上,动态数学技术与学科知识、教学方法重新整合来建设合理的教学情境,以适应学习者学习风格和认知特点。

(2) 整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识

整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识指在教师对数学内容的理解与掌握基础上整合动态数学技术进行知识的设计和组织的,使得数学知识更易理解、更加丰富和灵活运用^[117]。根据《义务教育数学课程标准》(2022 年版),初中课程知识包括一般数学知识和专业数学知识,一般数学知识指数学观、数学文化和数学思想与方法等,专业化知识包括数学概念、定理等。在设计“教什么”这个层面,教师应考虑以下问题:

(1) 如何借助动态数学技术组织课程内容和资源,优化知识表征的方式,使得学生更好地理解、更好体验探究数学的过程。(2) 课程内容如何借助动态数学技术扩展其广度和延伸其深度。比如,在学习 π 的时候,在动态数学软件上演示刘辉割圆术,在加深理解 π 的概念下,还传播了古人的数学思想,增强文化自信。(3) 课程资源如何获取、设计资源、评价资源和保护资源的知识产权,知识产权保护意识是教育数字化背景下教师必备的技能之一,基于动态数学技术的教学资源数量巨大,教师能否获取适合课程知识的资源,并能对资源根据需求进行拓展或改进等。

(3) 整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识

整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识指的是以学生为中心,关注学生在动态数学技术支持下如何“学”数学的问题,也即是否关注到学生的认知特征、学习风格、思维特点和动态数学技术素养等。整合 DM 技术教授数学的理解学生知识介于“教什么”和“怎么教”的中间,起着承上启下的作用,即在设计“教什么”和“怎么教”的时候,都要充分考虑学生的学习情况。在实际教学中,新教师在进行教学时容易犯的错误是为了技术而技术,教师应充分认识学生思维特点和学习特征等,并能适当运用动态数学技术解决教学的问题。具体部分表现如下:(1) 运用动态数学技术,激发学生的兴趣点。有不少研究者发现,数学学习情绪出现“初二现象”,初二容易产生数学焦虑等消极情绪,对数学学习影响较大^[118]。而基于交互式的数学学习体验能有效触发学生的情境兴趣^[104]。(2) 运用动态数学技术,理解学生的学习难点和培养学生数学思维。初中生是思维发展由“初等数学思维”到“高层次数学思维”的关键阶段,教会学生“学会数学地思维”上升到“通过数学学会思维”。(3) 关注学生整合动态数学技术的数学流畅性,学生在重组动态数学技术知识与数学知识时,教师要清楚知道阻碍学生整合动态数

学技术的数学流畅性的原因。因此，在动态数学技术支持下的教学，更应强调数学知识形成的过程和渗透数学思想等，突破思维的惯性、单一性等局限。

（4）整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识

整合 DM 技术教授数学的教学表征和策略知识是旨在动态数学技术环境下如何开展教学的知识。为达到高阶教学目标，不仅要学生掌握知识与技能，更要注重核心素养的培养，需综合考虑教学方法的灵活整合、教学活动的有序开展和课堂的规范管理等。这一层是基于学生理解知识和课程资源知识上进行“如何教”，包括“整合 DM 技术的教学设计与策略知识”和“整合技术的课堂组织与管理知识”两部分知识。“整合 DM 技术的教学设计与策略知识”强调在动态数学技术支持的课程教学的一般性理解，主要包括清晰明白动态数学技术运用于教学的合理性和创造性，继而恰当与问题启发法、探究法等教学方法融合，使用动态数学技术呈现数学内容、创设合理化的教学情境和创设有效的探究环境等，让学生在沉浸于数学学习中，敢于提出疑问和勇于探索知识。“整合 DM 技术的课堂组织与管理知识”指灵活地把握学生的“可教时刻”，表现在能处理好学生内在兴趣与外在兴趣之间关系、能处理好学生运用动态数学技术学习的态度与行为和清楚地知道学生的技术难点，并给予适当的指导等。在日常教学中，教师激发学生兴趣容易停留在表面，仅仅是资源动起来或色彩优美来吸引学生，如果不推进外在兴趣向内在兴趣转化，学生容易产生疲倦感；或是教师在引导学生探究知识时容易停留在表层，当学生提出问题时，教师不能及时掌握学生的探究思路，而是一味地引导到教师认为正确的解决方法上，则容易打击学生自信心。因此，整合 DM 技术的课堂组织与管理知识是课堂教学的关键因素。

（5）整合 DM 技术教授数学的教学评价知识

整合 DM 技术教授数学的教学评价知识是指教师在动态数学技术支持下开展教学活动的认识与反思。《义务教育数学课程标准》（2022 年版）指出评价不仅关注学生学习效果，还要关注学生的学习过程，应采用多元的评价主体和多元的评价方式，激励学生学习和改进学习。因此，在该模型中，建立全过程的多维度的教学评价，评价贯穿于整个教学过程中，包括评价“内容”、评价“学”和评价“教”。因此，教师应具备多元化的教学评价能力，包括以下内容：（1）评价教学内容选择与内容组织的合理性，一般教师应具备自我反思能力、同行备课能力和日记记录能力等；（2）评价学生学习效果，传统的评价方式能大概测试学生掌握知识情况，而学生的数学思维和数学能力是

比较隐式的和复杂的，传统的评价方式不利于全面评价学生的数学思维及数学能力发展。因此，教师应设计多种基于动态数学技术的方式对学生的学习结果进行评价，比如学生基于动态数学技术解决问题的过程性评价、学生制作动态数学技术资源评价（包括动态数学技术与数学知识运用）等。（3）评价教学指在评价在动态数学技术支持下的教学活动，评价动态数学技术是否发挥有效作用？包括是否解决教学难点、突出教学重点；评价动态数学技术支持下课堂组织能力？包括是否适当引导学生的注意力及注意力的保持？

3.3 完善初中数学教师 DM-TPACK 结构模型

为了保证初中数学教师 DM-TPACK 结构模型的客观性和合理性，主要运用德尔菲法开展专家论证与模型修正。参与本次咨询的专家一共 10 名，其中，有 3 名专家来自高校，主要从事数学教育及数学教育技术方面相关研究；有 2 名专家是教研员，主要从事数学学科信息技术培训及应用相关研究；有 2 名专家是中学一线数学教师，主要研究数学与网络画板融合教学；有 3 名研究生来自研究团队，主要研究数学教育技术。基本信息如表 3-1 所示。本次研究一共开展三次专家咨询，咨询的设计的问题是循序渐进的，先从宏观方面咨询 DM-TPACK 模型构成因素的合理性，再从微观角度咨询五个构成因素的内涵及其组合要素的合理性。

表 3-1 专家信息表

专家	任教学段	职称	教龄	研究方向
专家 A	大学	教授	50	数学教育技术
专家 B	大学	副教授	21	数学课程论
专家 C	大学	讲师	4	动态数学技术开发与应用
专家 D	教研员	高级教师	13	教师培训
专家 E	教研员	高级教师	8	网络画板推广
专家 F	初中	高级教师	18	数学与网络画板融合教学
专家 G	初中	中级教师	16	数学与网络画板融合教学
研究生 F	无	无	0	网络画板与深度学习
研究生 I	无	无	0	网络画板与数学理解
研究生 J	无	无	0	网络画板与范希尔理论

(1) 第一轮专家指导与修订

在第一次专家咨询,采用开放式咨询的方式,通过录制视频说明本次咨询的背景及目的、解释 DM-TPACK 模型的意义及含义,最后提出咨询问题。一共设计 3 个咨询问题,1) DM-TPACK 模型五个构成因素是否合适? 2) DM-TPACK 模型五个构成因素之间的联系是否合适? 3) DM-TPACK 模型每个构成因素内涵是否准确?

一共向以上 10 位专家发出咨询邀请,有效回收 10 份答卷,回收率为 100%,对这 10 份答卷进行整理和分析,得到以下结论。

第一个问题,DM-TPACK 模型五个构成因素是否合适? 大部分专家认为该模型能比较全面体现初中数学教师 TPACK 能力,从教学观念、教学内容、教学设计和教学反思来考量初中数学教师整合动态数学技术的教学效果;大部分专家认为该模型五个构成要素具有较好的可行性,有利于推进适合我国数学教师整合学科信息技术的数学教学,其中一名专家建议要充分发挥动态数学技术的教学优势进行数学课程改革,模型要重点突出动态数学技术的教学价值。

第二个问题,DM-TPACK 模型五个构成因素之间的联系是否合适? 大部分专家认为该模型构建从教学系统角度出发能较好系统地体现教学过程,能比较明确教师在使用动态数学技术时应具备的能力素质;各构成因素作用明确及构成因素之间相辅相成,可加强发展初中数学教师 TPACK 能力指导性。

第三个问题,DM-TPACK 模型每个构成因素内涵是否准确? 大部分专家认为构成因素内涵恰当,能体现出与其他构成因素的区别。有部分专家对整合 DM 技术的观念与运用提出修改意见,根据专家意见,对此进行修改,如表 3-2 所示。

表 3-2 第一轮专家指导与修订表

构成要素	内涵	修改意见	修改后的内涵
整合 DM 技术的观念与运用	教师在动态数学技术环境中开展数学教与学的整体思想与自我效能,对运用动态数学技术支持数学的学与教有全面的认识,认为在技术支持下应如何教授数学,学生应学习什么样的数学	应强调教师应用动态数学技术的信心	教师在动态数学技术环境中开展数学教与学的整体思想与自我效能感,对运用动态数学技术支持数学的学与教有全面的认识,并有信心运用动态数学技术创新教学

综上,肯定了 DM-TPACK 模型构成因素及其间关系,并对整合 DM 技术的观念与运用和整合 DM 技术教授数学的理解学生知识进行内涵修改,使得概念指向更加适当。

(2) 第二轮专家指导与修订

第二次专家咨询目的是确定构成因素的内涵和明确每个构成要素的组成要素。首先,通过评议式方式再次评定构成因素的内涵。然后,通过问卷调查方式确定构成因素的组成要素。问卷分为两部分,第一部分向专家说明本次调查主题及目的、评定方法和保密说明及致谢,第二部分是问卷内容,专家根据自己的经验对每个构成因素里的组成要素进行对应的选择。问卷采用李克特量表法,分别选择是“非常同意”、“同意”、“不确定”、“不同意”和“非常不同意”,计分为“5”,“4”,“3”,“2”,“1”。问卷详情可见附录 1。

在研讨会上,首先反馈第一次咨询成果,并进行评议式讨论,专家对每个构成因素内涵再次评定,最后,专家们一致赞同整合 DM 技术的观念与运用的修改。

在问卷调查部分,一共向以上 10 位专家发放问卷调查,有效回收 10 份答卷,回收率为 100%。对这 10 份答卷进行整理和分析。

根据此规则,统计出了 DM 技术教授数学的观念与运用的组成要素的分平均数和标准差,并汇总了各专家的修改意见,如表 3-3 所示。

表 3-3 专家评定 DM-TPACK 的意见汇总表

整合 DM 技术教授数学的观念与运用				
序号	组成要素	平均分	标准差	修改意见
1-1	对动态数学技术在教学中的地位理解	4.2	0.60	无
1-2	动态数学技术在课程内容组织上的作用	3.8	0.60	课程内容组织范围太小了,对课程内容选择、组织、创新等都有影响
1-3	动态数学技术促进学生理解知识的作用	4.3	0.78	无
1-4	自我整合动态数学技术的数学教学流畅性的信心	4.1	0.70	无
建议	教师能理解《义务教育数学课程标准》(2022 年版)中学科信息技术对教学的能动作用			

整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识

序号	组成要素	平均分	标准差	修改意见
2-1	对数学内容的表征与组织：如何借助动态数学技术组织课程内容、资源和优化知识表征的方式	3.9	0.54	还应注意数学内容之间的衔接
2-2	对数学内容的延伸与丰富：如何借助动态数学技术扩展内容广度和延伸内容深度	4.4	0.49	可根据学生即时反馈，改进教学内容
2-3	资源获取与评价：课程资源如何获取、设计资源、评价资源和保护资源的知识产权。教师能否获取适合课程知识的资源，并能对资源根据需求进行拓展或改进等	4.3	0.46	无
建议	无			

整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识

序号	组成要素	平均分	标准差	修改意见
3-1	激发学生的兴趣点	3.8	0.60	与教学比较相近，建设是可以通过动态数学技术了解学生的兴趣点，需从外部兴趣转化为内部兴趣
3-2	理解学生的学习难点、培养学生数学思维	4.3	0.46	无
3-3	关注学生整合 DM 技术的数学流畅性	4.3	0.64	无
建议	这里需要考虑的是从学生角度出发，一是学生使用动态数学技术流畅性，二通过技术理解学生的兴趣和思维特点			

整合 DM 技术教授数学的教学策略与管理知识

序号	组成要素	平均分	标准差	修改意见
4-1	整合 DM 技术的教学设计与策略知识强调在动态数学技术支持的课程教学的一般性理解，主要包括清晰明白动态数学技术运用于教学的合理性和创造性	3.9	0.70	还需知道动态数学的限制性，什么数学知识性适合应用动态数学技术教学

4-2	整合 DM 技术的课堂组织与管理知识指灵活地把握学生的可教时刻，表现在能处理好学生内在兴趣与外在兴趣之间关系、能处理好学生运用动态数学技术学习的态度与行为和清楚知道学生的技术难点，并给予适当指导等	4.2	0.75	无
建议	无			

整合 DM 技术教授数学的教学评价知识

序号	组成要素	平均分	标准差	修改意见
5-1	评价教学内容选择与内容组织的合理性，一般教师应具备自我反思能力、同行备课能力和日记记录能力等	3.9	0.54	需要表述体现在哪些方面，指向应该要清楚点，自我反思能力等方法
5-2	评价学生学习效果，教师应设计多种基于动态数学技术的方式对学生的学习结果进行评价，比如学生基于动态数学技术解决问题的过程性评价、学生制作动态数学技术资源评价（包括动态数学技术与数学知识运用）等	4.4	0.66	无
5-3	评价教学指在评价在动态数学技术支持下的教学活动，评价动态数学技术是否发挥有效作用？包括是否解决教学难点、突出教学重点；评价动态数学技术支持下课堂组织能力？包括是否适当引导学生的注意力及注意力的保持？	3.8	0.40	评价可教时刻实际教学与设计时是否一致，可教时刻是否能灵活把握
建议	无			

(3) 第三轮专家指导与修订

第三次专家咨询采用讨论方式, 首先反馈第二次咨询成果, 再次通过讨论方式, 发表对有争议问题的看法, 直到达成一致性, 确定 DM-TPACK 模型构成因素内涵及其组成要素, 如表 3-4 所示。

表 3-4 DM-TPACK 模型构成因素内涵及其组成要素

整合 DM 技术教授数学的观念与运用	
内涵	组成要素
在动态数学技术环境中开展数学教与学的整体思想与自我效能感, 对运用动态数学技术支持数学的学与教有全面的认识, 并有信心运用动态数学技术创新教学	理解《义务教育数学课程标准》(2022 年版) 中学科信息技术对教学的能动作用
	对动态数学技术在教学中的地位理解
	动态数学技术在课程内容上的作用
	动态数学技术促进学生理解知识的作用
	整合动态数学技术的数学教学流畅性的信心
整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识	
内涵	组成要素
在教师对数学内容的理解与掌握基础上整合动态数学技术进行知识的设计和组织的, 使得数学知识更易理解、更加丰富和灵活运用	优化知识表征方式
	组织课程内容知识之间衔接
	丰富数学知识案例 (数学文化、学生的作品)
	延伸数学知识深度 (学生有效提问、数学知识变式)
	获取资源的途径
	评价资源优点与限制点, 选择合适资源
	资源二次开发或创作
	资源知识产权保护意识
整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	
内涵	组成要素
以学生为中心, 关注学生在动态数学技术支持下如何“学”数学的问题	清楚学生整合动态数学技术的学习的流畅性
	了解学生学习兴趣, 包括外部兴趣与内部兴趣
	理解学生的数学思维特点
整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识	
内涵	组成要素
在动态数学技术环境下如何开展教学的知识	清楚动态数学技术整合数学教学的合理性和限制性
	创设动态数学技术下的教学, 包括创设合理的教学情境、轻松、愉悦的课堂氛围和丰富的教学活动

	有序开展整合动态数学技术的课堂教学
	灵活把握学生的可教时刻
整合 DM 技术教授数学的教学评价知识	
内涵	组成要素
在动态数学技术支持下开展教学活动的认识与反思	掌握教学评价和教学反思方法
	评价教学内容选择与内容组织的合理性
	评价学生学习效果（解决问题过程评价、作品评价）
	评价动态数学技术支持下的教学活动

3.4 本章小结

首先，本章分析了动态数学技术与数学知识、数学教学融合的基点。研究发现，动态数学技术能有效地表征数学知识，使得抽象数学知识有趣化、可视化和动态化，激发对数学知识的兴趣、加深对数学知识深度理解和促进对数学思维的高阶发展。在“数与代数”中，动态数学技术支持下的学习能领悟数形结合的过程，提高数学思维品质；在“几何与图形”中，动态数学技术支持下的学习能动态地演示几何对象的约束关系，感悟在“变”中掌握“不变”的关系。在“统计与概率”中，动态数学技术支持下的学习能提高参与感，从感性经验到理性经验再到感性经验，感悟生活中的概率。另外，实现动态数学技术知识与数学知识整合的路径，该路径为“技术能动-数学分析-整合技术数学知识”，为进行动态数学资源创作提供整合思路。研究发现，动态数学技术创新数学教学模式，改革教师教学方式和学生学习方式，有基于动态数学技术的问题解决教学、基于动态数学技术的深度教学和基于动态数学技术的可视化教学等教学模式，为数学教学创设合理情境和提供动态的、严谨的实验环境等。

其次，基于教学系统理论，系统地提出了初中数学教师 DM-TPACK 结构模型。DM-TPACK 结构模型构成因素有整合 DM 技术教授数学的观念与运用、整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识、整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识、整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识和整合 DM 技术教授数学的教学评价知识。与概念型 TPACK 框架不一样的是，这五个构成因素之间并不是简单地叠加，而是有一定的结构联系的。整合 DM 技术教授数学的观念与运用是统领作用，引领老师运用动态数学技术的能动观念和自我效能感。整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识是“教什么”，对数学内容进行设计与组织，选择合适的教学资源。整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识是“教谁”，起着承上启下的作用，表现出整合动态数学技术的数学

教学要以学生为中心，关注动态数学技术下学生的认知规律、学习风格和动态数学技术素养等。整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识是“怎么教”，整合动态数学技术的教学具体要落实在课堂实践中，形成常态化应用。整合 DM 技术教授数学的教学评价知识贯穿整个过程，能及时反馈在教学过程中存在的问题，教师能及时进行调整，使得 DM-TPACK 保持动态平衡。

最后，经过三轮专家咨询来验证初中数学教师 DM-TPACK 模型的合理性。首先，肯定了初中数学教师 DM-TPACK 模型的合理性，五个构成因素能比较全面地体现教师 DM-TPACK 能力，符合当下数字背景下的教师数字能力发展要求。然后，通过讨论方式确定构成因素内涵；通过问卷的方式调查每个因素的组成要素合理性，经问卷分析，平均分为 4.1，较高地肯定了这些组成要素的合理性，并对个别组成要素提供修改意见。最后，通过专家们讨论，明确了每个构成因素的组成要素，为发展数学教师 DM-TPACK 能力提供指导方向。

第4章 初中数学教师 DM-TPACK 测量方法

教师 TPACK 测量是教师 TPACK 研究的重要研究。教师 TPACK 研究一直备受教育相关研究者的关注,其研究逐渐从定量研究过渡到定性研究,一直推进教师整合技术的学科教学,继而改革教学方式。一开始,学者们关注教师 TPACK 框架研究,逐渐地,学者们关注教师 TPACK 测量和发展研究。而 TPACK 测量相关研究对于整个 TPACK 研究具有承上启下的作用,通过对 TPACK 水平的评估,不仅可以进一步完善和调整 TPACK 理论框架,还可以为教师 TPACK 水平发展策略和路径提供重要的参考依据。

在第二章 2.2 节中,可知,近些年国内外开展许多教师 TPACK 测量相关研究,测量方法有量表测试法、绩效评价法、开放式问卷调查法、访谈法和观察法。随着研究的深入和实践需求,国外教师 TPACK 测量研究相对成熟,更加关注测量工具信效度检验和 TPACK 混合测量方法。而国内本土化测量工具中,对于数学学科而言,针对动态数学技术的 TPACK 测量工具是欠缺的。因此,在构建整合动态数学技术的数学教学测量工具时,应考虑以下方面,第一是测量工具设计应遵循什么原则?设计原则是构建测量工具的导向,遵循一定的设计原则,有利于加强测量工具的合理性。第二是采取什么样的方法?测量方法各有优缺点,应采用混合式测量方法,综合发挥各个测量方法的优势,以更加全面测量初中数学教师 DM-TPACK。

本章研究思路如下,首先,借鉴国内外教师 TPACK 测量的研究启示,提出教师 TPACK 测量的设计原则;然后,为实时跟进教师 DM-TPACK 发展水平,构建初中数学教师 DM-TPACK 测量模型,测量模型统筹整个教师培训过程,根据每个阶段的测量目的采用合适的测量方法,测量方法主要采用访谈法、量表测试和表现性评价法,以指导初中数学教师 DM-TPACK 结构模型完善和改进初中教师 DM-TPACK 培养方式。

4.1 教师 TPACK 测量的设计原则

本节从联合小组历时七年所开发的“美国新型教师 TPACK 测评工具”、TPACK 评价相关理论与研究和 TPACK 测量方法与工具的研究启示等进行综合考虑,结合数学学科知识特点、教学方法特点和技术型 TPACK 特征出发,提出了初中数学教师 TPACK 测量的设计原则,需具有系统性原则、科学性原则、发展性原则、情境性原则和全面性原则。

系统性原则是指在测评过程中,评价模型能反映教师在整合技术的数学教学过程中

各构成因素、各个阶段和各个层次的发展水平。系统性主要体现在两个方面，一是统筹地设计测量教师 TPACK 模型，因长期的、可持续发展的教师培训模式是教师专业能力发展的主要途径，所以测量模型应“阶段式”掌握教师 TPACK 发展水平和“全面性”反映教师 TPACK 发展水平。比如，Graham 等学者为“SciencePlus”的教师发展制定了量表，包括两道开放式问题和 31 道李克特量表测试题目，并对培训前、培训后教师 TPACK 水平进行测量；二是测量方法能系统地测量教师整合技术的观念与意识、整合技术的教学设计与实践和整合技术教学的反思。在典型测量方法中，测量题目全覆盖教师 TPACK 发展构成因素，因此，测量维度较多，经典的量表有 7 个维度或是 5 个维度，另外，测量题目数量较多，一般数量达到 30-50 之间。

科学性原则是指在测评过程中，要合理运用多种方法全面地测量学科教师 TPACK 的发展水平。科学性主要体现在两个方面，一是要进行“分科”测量，典型的 Schmidt 的五点式里克特量表 TPACK 测量工具^[119]、Archambault 的五点式里克特量表 TPACK 测量工具^[44]和 KohHwee 的七点式里克特量表 TPACK 测量工具等^[120]，这些通用的测量方法能科学地测量教师整合普适技术的教学发展水平，但是难以测量学科技术整合到学科教学中的水平，而“美国新型教师 TPACK 测评工具”的“新”则体现在进行化学、科学和物理等 6 门分科测量，其能更针对、更客观地测量特点学科的 TPACK 水平。近些年来，越来越多学者关注学科化的 TPACK 测量工具；二是要关注测量方法的信度和结构效度。在早期研究中，具有代表性的测量工具（Schmidt 的五点式里克特量表 TPACK 测量工具、Archambault 的五点式里克特量表 TPACK 测量工具）只关注测量工具的信度检验。随着研究的深入，学者们逐渐关注 TPACK 测量工具的结构信度，比如，KohHwee 制定的七点式里克特量表 TPACK 测量工具和蔡清生制定的七点式里克特量表 TPACK 测量工具，都同时进行信度和结构效度的检验，提高测量工具的科学性^[120]。

发展性原则是指在测量教师 TPACK 过程中，反映教师整个发展过程中 TPACK 的动态变化。具有发展性的测量工具能在培训前了解教师 TPACK 现状，以明确培训目的、内容及方法，能在培训时反馈教师掌握 TPACK 的情况，以及时调整培训策略来指导教师；能在培训后，测量教师应用及创新 TPACK 的情况，以总结实践经验及为下一次改进作参考。联合小组制定的“美国新型教师 TPACK 测评工具”打破测量工具只针对限定时期（职前教师、职后教师）的桎梏^[121]，构建了包含着“教师记录报告模型（Teacher-Reported Model，简称 TRM）”、“测试项目评价模型（Evaluative Assessment Model，简称 EAM）”和“教师行为分析模型（Teacher-Action Model，简称 TAM）”

的新型交互式教师 TPACK 测评模型。该模型是“渐进式”测评工具，贯穿于教师 TPACK 发展过程中，具有实用性、发展性和创新性。

情境性原则是指融入真实的教学环境中，测量教师在具体教学情境中表现出的 TPACK 发展水平。“境脉”是 TPACK 的关键因素，整合技术的教学情境是多变的和动态的，因此，测量方法要关注教学情境。对于不同测量方法，情境性具有不同的表现。对于量表测试等方法，测试题目应融入一定教学情境（具体问题、具体应用场景等），教师可以根据自身观念、经验和思考进行选择符合自己的选项，有助于提高测量方法的真实性。对于课堂观察等方法，教师进行真实情境的教学，测量方法应尽可能从多方面客观挖掘教师在运用技术进行教学的能动意识、行为意识与表现和创作思维等因素，有助于测量教师 TPACK 真实的发展水平。

全面性原则是指综合运用多种测量方法与工具，尽可能全面测量教师 TPACK 发展水平。TPACK 量表测试是较早应用和最为普遍使用的测量工具，具有较好的可操作性和便捷性，能较好反映教师主观上 TPACK 发展的水平，但不利于真实反映教师 TPACK 发展的水平。逐渐的，学者研究开放式调查问卷、访谈法和课堂观察法等方法，这些定性研究方法在一定程度上能客观反映教师 TPACK 发展水平。为了更加全面地测量教师 TPACK 发展水平，测量方法不再是单一的，学者逐渐采取主客观相结合、定量和定性研究相结合的混合测量方法。例如，美国明尼苏达大学 Doering 开发了“GeoThentic”的在线地理教学平台，并且设计了地理教学评价模块和教师评价模块。在教师评价模块中，采用了混合式测量方法，结合主观定性的问卷调查和客观定量的在线教学行为观察，以全面评估教师的 TPACK 水平^[122]。

4.2 初中教师 TPACK 测量模型

遵循 4.1 节提出的 TPACK 测量的设计原则，本研究提出了初中数学教师 DM-TPACK 测评模型，如图 4-1 所示。该测评模型贯穿教师培训整个过程，采用混合测量方法来评估教师 DM-TPACK 发展水平。在培训前，通过开放式问题的问答来了解教师需求和教师 DM-TPACK 发展情况，访谈问卷设计教学案例和访谈问题，以明确培训起点、内容和方式等；在培训过程中，运用初中数学教师 DM-TPACK 量表评估教师对 DM-TPACK 的掌握、理解、应用和创新水平，以及时调整培训内容和方式等；在培训后，表现性评价主要基于客观的数据分析教师在整合动态数学技术的教学过程中的表现和结果，具体表现在资源建设、共同体建设和教研成果等，以评估教师 DM-TPACK 可持续发展情况。

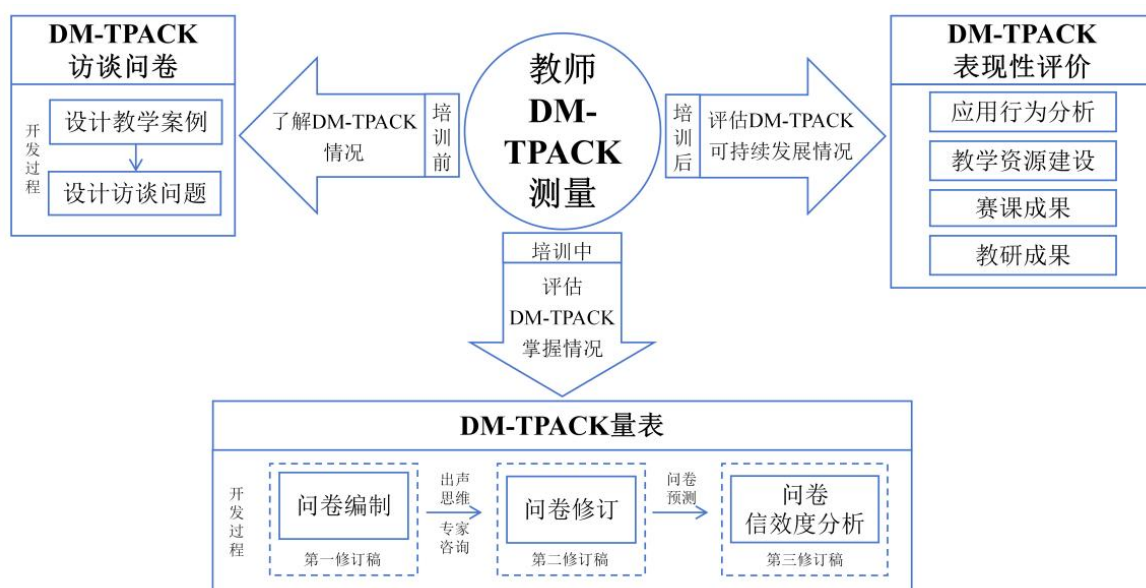


图 4-1 初中教师 DM-TPACK 测量模型

4.3 初中数学教师 DM-TPACK 访谈问卷

初中数学教师 DM-TPACK 访谈问卷旨在评估参与培训教师的 DM-TPACK 水平,以及了解教师在日常教学中应用 DM-TPACK 知识时可能存在的认知障碍。访谈法是一种定性的测量方法,其能打破规定答案的界限,被访问者根据自身观念、行为和经验进行自由回答。

为了使得访谈具有情境性,先展示教学案例,教师再根据自身认知和经验进行回答。在“平行四边形的面积”案例中,(1)教师展示平行四边形,提出疑问:怎么求平行四边形的面积?(2)学生在网络画板上进行探究,有学生提出先切割三角形,后平移到另一边,得到长方形。(3)教师引导学生思考,长方形的长对应平行四边形的什么量?长方形的宽对应平行四边形的什么量?(4)学生进行思考,并回答长方形的长对应平行四边形的底,长方形的宽对应平行四边形的高,所以得到平行四边形的面积等于底乘高。

围绕该教学案例提出四个访谈问题(1)该案例中,是否需要整合动态数学技术教学?以及在多大程度上运用技术辅助教学呢?(2)该案例中,整合动态数学技术教学的优势与不足在哪里?(3)该案例中,动态数学技术是否能促进学生对数学知识兴趣、理解与应用?(4)你认为在日常整合动态数学技术进行教学的难点在哪里?

4.4 初中数学教师 DM-TPACK 量表

4.4.1 量表来源及题项确定

2015年,我国学者段元美编制了初中数学教师 TPACK 量表,该量表具有较好的科学性、学科性和本土性,体现在(1)该量表以核心成分 TPACK 研究为基础分五个维度编制的,并在统计学意义上验证五个构成因素之间的关系;(2)该量表经过多次严谨且反复的验证,最终筛选出 22 个题项,确保了量表的高信效度;(3)该量表针对我国数学教师的 TPACK 发展情况进行设计,符合我国数学教学情况。因此,本研究参考该量表,并融合入动态数学技术知识,建构适用于本研究的自评量表——初中数学教师 DM-TPACK 量表。该量表主要围绕 DM-TPACK 结构模型的五个构成因素开展,通过量化手段了解初中数学教师的 TPACK 水平,初中数学教师 DM-TPACK 测量(第一修订稿)详情见附录 2。

(1) 整合 DM 技术教授数学的观念与运用

本维度强调在技术支持下应如何教授数学,学生应学习什么样的数学。首先,对新课标理念的理解是教师进行教学改革的重要引领,因此,保留原量表中设计新课标理念的第 1, 2, 3 题;其次,TPACK 在教学中运用的成效如何,其关键在于教师整合技术教学的整体思想,因此,设计了第 4, 5, 6, 7, 8, 9 题,主要考察教师对动态数学技术整合到教学中的态度与认知;最后,自我效能感是影响教师整合技术教学的重要因素之一,因此,设计了第 10, 11 题。本维度共计 11 道题目。

(2) 整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识

本维度关注教师整合动态数学技术进行内容设计和知识组织,旨在使得数学知识更易理解、更加丰富和灵活运用。因此,参考原量表中第 27, 28, 29, 30, 35 题,并融入动态数学技术进行修改,从内容设计、内容延伸、内容获取和评价三个方面初步设计了第 11-22 题。本维度共计 11 道题目。

(3) 整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识

本维度关注学生的认知特征、学习风格、思维特点和动态数学技术素养等。因此参考原量表中的第 20 题,融入动态数学技术知识进行修改,此外从学生学习情绪、学生学习难点与思维发展、学生技术流畅性三个方面初步设计第 23-31 题。本维度共计 9 道题目。

（4）整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识

本维度关注高阶教学目标的达成，不仅要学生掌握知识与技能，更要注重核心素养的培养，综合考虑教学方法的灵活整合、教学活动的有序开展和课堂的规范管理等。参考原量表中第 43、44、45、46、48 题，整合动态数学技术进行修改，并从教学设计与策略知识、课堂组织与管理知识两个方面初步设计第 32-42 题。本维度共计 11 道题目。

（5）整合 DM 技术教授数学的评价知识

本维度关注教师应具备的评价能力，包括评价教学内容、教学对象和教学方法，不仅对自己的教学进行反思，还关注学生的学习效果和学习过程。因此，参考原量表中的第 38 题，并从评价教学内容选择与知识点组织的合理性、评价学生学习效果的表现性、评价技术支持下教学活动的有效性三个方面初步设计第 43-56 题。本维度共计 14 道题目。

4.4.2 调查问卷修订

调查问卷第一部分为调查对象的基本信息、第二部分以 DM-TPACK 自评量表的形式呈现，量表的量尺采用 likert 五点计分形式，即：非常不符合、不符合、一般、比较符合、非常符合，自左到右依次记作 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分。本研究采用出声思维的方法对调查问卷进行修订，以进一步提高调查问卷的可读性和可靠性。出声思维法通过让参与者在阅读问卷中每道问题的同时思考并口头表达出自己的想法。该方法了解不同参与者对问卷题目的认知，为问卷完善与修订提供有力支持。

选取 3 名有基于动态数学技术教学经验的研究生作为参与者，分两个阶段实施出声思维过程。第一阶段目标是增强题目清晰度和可读性。首先，汇集参与者们的意见，其次，通过对这些建议的仔细梳理，对问卷中的每个问题描述进行针对性的优化。其中，主要对比了不同参与者对同一问题的解读和阐释，检查是否存在歧义或理解上的差异。一旦发现有歧义的问题，则立即进行剖析和修订，确保每个问题都能准确无误地传达其意图。第二阶段是确定问卷中每道题目所属的维度。首先，向参与者阐述 DM-TPACK 五个维度的意义及其内涵，并解答参与者提出的相关的问题，确保参与者对各个维度有清晰的认识。然后，要求参与者逐一朗读问卷中的每个项目，并思考这些题目应归属于哪一个维度。结果表明，参与者们对问卷中的绝大多数题目都能进行准确且有效的维度划分。

最后，向 3 位研究数学基础教育的专家咨询意见，听取专家的评议及建议后合并了

一些意义相近的题目，删除或修订了某些不易理解或会产生歧义的题目。经反复讨论，最终问卷共有 54 个题项，包括基本信息和 DM-TPACK 量表两大部分内容，基本信息共 4 个题目，分别是性别、任教年级、教龄、最高学历。量表部分共 50 个题项，初中数学教师 DM-TPACK 测量（第二修订稿）详情见附录 3。

4.4.3 调查问卷信效度检验

（1）实验对象的选择

由于条件限制，实验对象为国内接受过“网络画板”教师培训的 93 名初中数学教师。其中男教师 37 名，女教师 56 名；任教七年级 38 名，任教八年级 32 名，任教九年级 23 名；大专学历教师 5 名，本科学历教师 72 名，硕士研究生学历教师 14 名，博士研究生学历教师 2 名。教龄 1~2 年 11 名，2~3 年 5 名，3~5 年 6 名，5~8 年 11 名。8~15 年 18 名，15 年以上 42 名。

（2）调查问卷的发放

调查问卷借助问卷星工具以线上形式发放，为了尽量保证每份答卷都具有较高的质量，在发放问卷之前，通过腾讯会议软件，以线上会议形式组织同步填写和答疑，本次研究共发放问卷 93 份，实际回收问卷 93 份，剔除所有题目填写同一选项及填写时间较短的问卷后，得到有效问卷为 79 份，有效率达 84%。

（3）DM-TPACK 量表检验

1) 信度分析

信度通常指所测量出结果的内部稳定性程度，是评估测量工具质量的重要标准。一般地，重测信度法、复本信度法、折半信度法、 α 信度系数法等是常用的信度检测方法。在本研究中，选取了可靠性分析中的 Cronbach's Alpha 系数作为工具来验证问卷的 TPACK 量表部分，评估量表内部各题目之间的一致性，从而确保问卷在测量 TPACK 水平时具备较高的信度。

分量表与总量表的 Cronbach's Alpha 系数反映了整个量表的内部稳定程度。对于此类量表，通常 Cronbach's Alpha 系数在 0.8 以上表明信度极好，在 0.7 到 0.8 之间表明量表信度较好，在 0.6-0.7 之间属于还可以接受，而低于 0.6 则说明量表信度较差，研究者需要考虑修改量表问卷。本研究的分量表与总量表 Cronbach's Alpha 系数具体数值如表 4-1 所示。

表 4-1 DM-TPACK 问卷维度系数表

维度	Cronbach's Alpha	题目数量
整合 DM 技术教授数学的观念与运用	0.896	10
整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识	0.952	11
整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	0.936	9
整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识	0.955	9
整合 DM 技术教授数学的评价知识	0.961	11
总体	0.980	50

由上表可知,DM-TPACK 量表中各维度的 Cronbach's Alpha 系数范围是 0.896~0.961,量表整体的 Cronbach's Alpha 系数为 0.980,均超过 0.8 的标准阈值,说明了该量表在各维度及整体层面上均展现出内部一致性。

2) 效度分析

效度是评估实证测量在多大程度上准确反映所需测量内容的重要指标。为确保量表的效度,研究者通常会采用多种检验方法,其中,内容效度和结构效度是检验效度的重要手段。内容效度主要关注量表是否充分涵盖了所需测量的内容领域,以及题项是否恰当、全面地反映了这些内容。结构效度则侧重于评估量表内部各维度之间的逻辑关系是否符合理论预期。因此,本文选用了内容效度和结构效度作为检验方法。

a) 内容效度

内容效度是衡量量表中各个题目对整体测量内容范围的代表性和覆盖程度的重要指标。量表初稿的题目参考国内较为成熟的初中数学教师 TPACK 测量量表,该量表经过科学的测量与分析,信效度都达到很高的程度。其次,邀请了一些有初中数学教学实习经历的研究生通过出声思维法对各个维度和题目内容的表达是否通畅进行了审查和修改。最后,还请教了 3 位数学基础教育的专家,合并了一些意义相近的题项,删除或者修订了某些不易理解或会产生歧义的题项。经反复讨论,最后确定 54 个题目组成的调查问卷,并得到了专家们的一致认可。因此,该量表具有较好的内容效度。

b) 探索性因子分析

结构效度又称构想效度,指能够测量出理论的特质或概念的程度,用于研究所测量因子与题项之间的对应关系是否符合预期假设。有学者认为,利用探索性因子分析(EFA)进行测量是效度分析最为理想的测量方法。本研究采用主成分分析法对 DM-TPACK 量

表中的 50 个题项进行探索性因子分析，其中 KMO 值、Bartlett's 球状检验、累积贡献率、因子载荷等是评价结构效度的主要指标。

KMO 值和 Bartlett's 球状检验是评估量表效度的关键指标。KMO 值能够全面反映变量或量表的整体综合概念情况，而 Bartlett's 球状检验则用于检验各变量之间的独立性。具体而言，KMO 值的解读是理解数据特性的关键所在。当 KMO 值超过 0.8 时，意味着数据的效度非常出色，非常适合进行进一步的分析。若其值落在 0.7 至 0.8 的区间内，则表明效度良好，足以支持后续的分析工作。而当 KMO 值介于 0.6 至 0.7 时，虽然效度稍逊，但仍处于可接受范围内，仍可进行相应分析。然而，一旦 KMO 值低于 0.6，则提示我们数据的效度可能存在问题，不适合直接进行后续分析。此外，Bartlett's 球状检验的结果也是衡量效度的重要参考。若检验后的 P 值小于 0.05，则表明变量和题项之间存在显著的对应关系，进一步证实了量表的效度。除此之外，本研究还综合考量了共同值、因子载荷系数值、方差解释率等多项指标。

表 4-2 KMO 值和 Bartlett 球形检验

维度	KMO	Bartlett 球形检验
整合 DM 技术教授数学的观念与运用	0.841	<0.001
整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识	0.926	<0.001
整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	0.887	<0.001
整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识	0.928	<0.001
整合 DM 技术教授数学的评价知识	0.878	<0.001
总体	0.879	<0.001

由表 4-2 可知，DM-TPACK 量表中各维度及其整体的 KMO 值均大于 0.6，其中，量表整体 KMO 值达 0.879，Bartlett 的球形度检验 p 值<0.05，达到显著性水平。数据结果表明量表适合作因子分析，可以开展下一步的研究。

表 4-3 DM-TPACK 量表各题项的共同性

题目	初始	提取	题目	初始	提取
q1	1.000	0.433	q26	1.000	0.804
q2	1.000	0.547	q27	1.000	0.741
q3	1.000	0.607	q28	1.000	0.844
q4	1.000	0.666	q29	1.000	0.835
q5	1.000	0.747	q30	1.000	0.826
q6	1.000	0.836	q31	1.000	0.752

q7	1.000	0.819	q32	1.000	0.796
q8	1.000	0.703	q33	1.000	0.724
q9	1.000	0.744	q34	1.000	0.768
q10	1.000	0.656	q35	1.000	0.617
q11	1.000	0.759	q36	1.000	0.747
q12	1.000	0.780	q37	1.000	0.743
q13	1.000	0.715	q38	1.000	0.727
q14	1.000	0.742	q39	1.000	0.653
q15	1.000	0.815	q40	1.000	0.758
q16	1.000	0.867	q41	1.000	0.769
q17	1.000	0.788	q42	1.000	0.704
q18	1.000	0.589	q43	1.000	0.783
q19	1.000	0.655	q44	1.000	0.857
q20	1.000	0.650	q45	1.000	0.833
q21	1.000	0.551	q46	1.000	0.800
q22	1.000	0.588	q47	1.000	0.806
q23	1.000	0.596	q48	1.000	0.801
q24	1.000	0.726	q49	1.000	0.846
q25	1.000	0.672	q50	1.000	0.617

提取方法：主成分分析法

表 4-4 总方差解释

成分	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和		
	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%	总计	方差百分比	累积%
1	25.957	51.913	51.913	25.957	51.913	51.913	10.089	20.178	20.178
2	3.900	7.800	59.714	3.900	7.800	59.714	8.220	16.441	36.619
3	3.087	6.174	65.887	3.087	6.174	65.887	6.339	12.679	49.297
4	1.945	3.890	69.777	1.945	3.890	69.777	6.143	12.285	61.583
5	1.513	3.027	72.804	1.513	3.027	72.804	5.611	11.221	72.804

提取方法：主成分分析法

由表 4-3、表 4-4 可知，一共抽取了 5 个主成分因子，且累积方差值达 72.804%，远大于 50%。此外，采用最大方差法进行旋转，数据经过 11 次迭代计算后达到收敛状态。观察旋转矩阵发现，5 个因子上都均匀显示题项，删除因子载荷系数值小于 0.45 及与预期归属特定维度不符的题项，一共删除了 14 个题项（q1、q9、q10、q22、q23、q24、q31、q32、q34、q37、q38、q43、q44、q45），最后因子 1（整合 DM 技术教授数学的观念与运用）包含 7 个题项（q1-q8），因子 2（整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识）包含 11 个题项（q11-q21），因子 3（整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识）包含 6 个题项（q25-q30），因子 4（整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识）包含 4

个题项（q33、q35、q36、q39），因子1（整合DM技术教授数学的评价知识）包含8个题项（q40-q42、q46-q50），整理后的旋转成分矩阵如表4-5所示。

表4-5 整理后的旋转成分矩阵

旋转后的成分矩阵 ^a					
	成分				
	1	2	3	4	5
q2			.652		
q3			.688		
q4			.734		
q5			.820		
q6			.870		
q7			.846		
q8			.785		
q11	.784				
q12	.707				
q13	.697				
q14	.766				
q15	.796				
q16	.826				
q17	.821				
q18	.512				
q19	.688				
q20	.581				
q21	.519				
q25				.494	
q26				.774	
q27				.653	
q28				.809	
q29				.754	
q30				.736	
q33					.594
q35					.600
q36					.630
q39					.544
q40		.672			
q41		.642			
q42		.602			
q46		.765			
q47		.771			
q48		.737			

q49		.730			
q50		.652			

提取方法：主成分分析法 旋转方法：凯撒正态化最大方差法 a. 旋转在 11 次迭代后已收敛

对于删除题项后得到的 DM-TPACK 量表, 通过 KMO 和 Bartlett 检验再进行效度分析, 结果如表 4-6 所示。KMO 值为 0.877, p 值<0.001.

表 4-6 删除题项后的 DM-TPACK 量表 KMO 值和 Bartlett 球形检验

KMO 和巴特利特检验			
KMO 取样适切性量数。			.877
巴特利特球形度检验	近似卡方		3102.280
	自由度		630
	显著性		<0.001

经过信效度检验, 结果表明该量表具有较好的稳定性和内部一致性, 最终量表如表 4-7 所示, 可以作为测量初中数学教师整合动态数学技术的 TPACK 的有效工具, 为测评初中数学教师整合动态数学技术的 TPACK 水平提供依据。

表 4-7 初中数学教师 DM-TPACK 测量 (第三修订稿)

组成要素	题目
整合 DM 技术教授数学的观念与运用	
新课 标理念	1、数学课堂是活动 (观察、探索、实验调查等) 的课堂
	2、数学课堂是讨论、合作、交流的课堂
整体 思想	3、我认为动态数学技术能帮我更好地获取课程资源
	4、我认为动态数学技术能帮我更好地组织和呈现教学内容
	5、我认为借助动态数学技术开展教学能够帮助学生理解数学知识
	6、我认为借助动态数学技术开展教学能够激发学生对数学的学习热情
	7、我认为借助动态数学技术开展教学能够提高学生对数学的思维能力
整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识	
内容 设计	8、我能借助动态数学技术实现新旧知识的联系和合理过渡。(如教学平行四边形面积时, 切割并拼接成长方形来进行教学)
	9、在动态数学技术的支持下, 我能根据学生的认知特点合理安排教学内容。(如制作教学课件时知识点层层递进)
	10、我能借助动态数学技术把枯燥抽象的数学内容变得直观有趣

	11、我能借助动态数学技术把数学知识的学习与学生的生活经验联系起来。（如制作或选取有关“桥”的资源来教学三角形的性质）
内容 延伸	12、我能借助动态数学技术扩展教学内容的广度。（如教学三角形的性质时能通过变换图形拓展教学其他图形的特点和性质）
	13、我能借助动态数学技术延伸教学内容的深度。（如教学三角形性质的同时能通过图形变换的功能延伸“全等”“相似”等知识）
	14、我能借助动态数学技术根据学生学习反馈动态调整教学内容，（如我能应对在教学“圆”的相关知识时学生提问椭圆、同心圆的情况）
内容获取 和评价	15、我经常使用动态数学技术获取课程资源。（如直接使用资源库的资源进行教学）
	16、我经常使用动态数学技术设计课程资源。（如自己制作教学课件）
	17、我经常使用动态数学技术在现有课程资源的基础上根据教学过程需要进行拓展或改进资源。如参考资源库的教学资源改进后进行教学）
	18、我在使用动态数学技术时具有较强的知识产权保护知识和意识
整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	
学习难点 和思维	19、我能使用动态数学技术了解学生已有的数学知识和生活经验。（如借助动态数学技术教学某一知识点时学生的即时反馈）
	20、我能使用动态数学技术了解到学生对特定课题的理解程度。（如以学生制作资源的形式来了解学生解决数学问题的能力）
	21、我能利用动态数学技术了解学生哪些数学思维（逻辑思维、抽象思维、模型思维）处于弱势
学生技术 流畅性	22、我了解学生能否使用动态数学技术完成设定的学习任务
	23、我知道学生在使用动态数学技术时可能会出现的问题或困难
	24、我了解学生在使用动态数学技术时出现问题的原因
整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识	
整合 DM 技 术的教学 设计与策 略知识	25、针对同一内容的教学，我能使用动态数学技术支持的多种教学表达方式。（如进行图形教学时，能根据需求选择 2D 或 3D 形式进行图形变换）

整合 DM 技术的课堂组织与管理知识	26、我经常鼓励学生使用动态数学技术进行观察探究和实验
	27、我能使用动态数学技术构建丰富的动态教学环境，以使學生乐意地投入到数学课堂中
	28、当学生运用动态数学技术学习时出现困难，我能有效进行指导
整合 DM 技术教授数学的评价知识	
评价教学内容	29、我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否使得教学知识直观化
	30、我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否使得教学知识趣味化
	31、我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否促进教学知识的衔接
评价技术教学活动	32、我能评价自己在教学过程中是否有运用动态数学技术解决教学难点
	33、我能评价在教学过程中是否有运用动态数学技术突出教学重点
	34、我能评价自己在教学过程中是否能利用动态数学技术引导学生的注意力
	35、我能评价自己在教学过程中是否能利用动态数学技术保持学生的注意力
	36、我能评价自己是否充分应用动态数学技术把握教学过程中的“可教时刻”。（如我能评价当学生在被圆变换出的图形所吸引时，我是否能充分拓展知识）

4.5 初中数学教师 DM-TPACK 表现性评价

表现性评价是一种针对教师教学行为的评价形式，建立在真实的教学情境之上，并运用评分量规对教师的过程表现或结果进行反馈，是一种客观且有效的评价方法^[123]。在本研究中，教师表现性评价主要考察教师在应用动态数学软件过程中的表现或结果。教师表现性评价是提升教师 DM-TPACK 的重要策略，能有效评估教师 DM-TPACK 可持续发展情况。因本研究依托“网络画板”平台开展提高初中数学教师 DM-TPACK 培训，所以，一方面主要观察教师在网络画板平台上的应用行为和资源建设表现，另一方面考察教师基于动态数学技术知识的教学比赛成果和教研成果。

应用行为是指应用动态数学技术进行资源制作或教学的一种行为，在网络画板平台中，实时统计教师应用行为，有浏览、分享、另存、新建和修改等。统计 2023 年 1 月到 2023 年 12 月，浏览行为是教师浏览资源进行搜索或演示资源进行教学等表现，如图 4-2 所示，教师浏览资源的每月总次数；分享行为是教师之间通过链接、二维码等方式进行资源分享的一种表现，另存、新建和修改行为是教师进行制作资源的一种表现，如图 4-3 所示，教师另存、新建和修改资源的每月总次数。

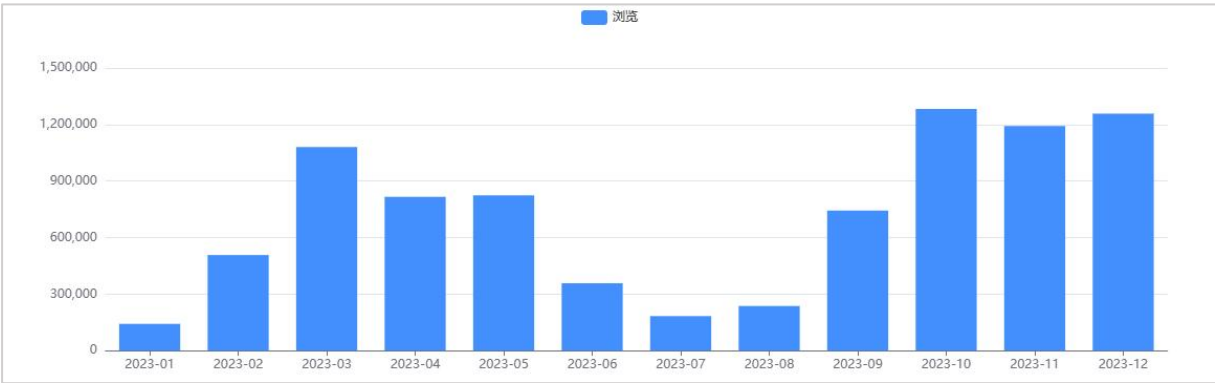


图 4-2 2023 年 1 月到 2023 年 12 月，教师浏览资源的每月总次数

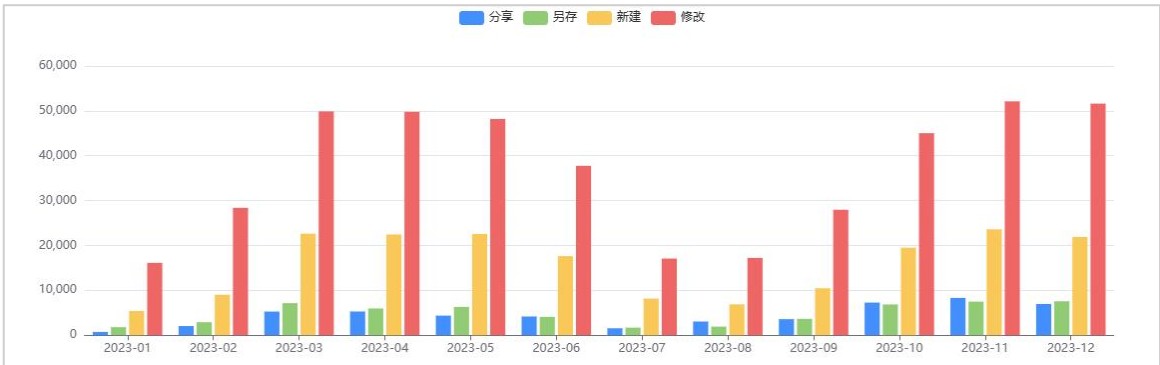


图 4-3 2023 年 1 月到 2023 年 12 月，教师另存、新建和修改资源的每月总次数

资源建设是指教师应用动态数学技术知识进行资源制作的表现，在网络画板，实时统计建设资源情况，有区域空间、学校空间、团队空间和个人空间统计，有利于了解每个群体的资源建设情况，广东省资源建设总数如图 4-4 所示，广州大学资源建设总数如图 4-5 所示，邛崃市网络画板课题组资源总数如图 4-6 所示，教师资源总数如图 4-7 所示。



图 4-4 广东省资源建设总数



图 4-5 广州大学资源建设总数



图 4-6 邛崃市网络画板课题组资源总数



图 4-7 教师资源总数

教学比赛成果和教研成果是教师基于动态数学技术知识进行教学比赛、论文发表和项目申报的表现，该表现反映教师深入融合动态数学技术进行教学的思考与实践。其中，部分优秀教学案例分享在网络画板平台，如图 4-8 所示。部分课题分享在网络画板平台，如图 4-9 所示。

Q 搜索Ctrl + J

🏠 首页

📖 目录

网络画板优秀论文

超级画板优秀论文

网络画板优秀课例

广州市番禺北片区应用情况

教研、教学活动

网络画板微课与教学案例

“教学片断设计及配套课件”大赛

码书

2 初中

学校	授课教师	课题	完整视频	教学课件	精选片段
广州奥林匹克中学	樊继珍	八年级《全等三角形》	查看		
成都市棕北中学	陈立蓉	多边形的外角和与内角和	上课 说课	课件	
成都市石室锦城外国语学校	黄征	二次函数中的平行四边形存在性问题	上课 说课	课件	
成都市棕北中学	陆兴华	三角形“边角边”面积公式	查看	三角形边角边面积公式	
成都市棕北中学	陆兴华	全等三角形复习课	查看		
陕西汉中405中学	樊广顺	反比例函数的图象和性质	查看		
陕西汉中405中学	樊广顺	动态复习二次函数的图像与性质	查看	动态复习二次函数的图象与性质	查看
成都市棕北中学	阮明雄	正弦和角公式与特殊角的正弦值	查看		
陕西汉中405中学	樊广顺	北师大版数学九年级上5.2 视图（1）	查看		
成都市青白江区祥福中学	薛小容	一次函数的图象	查看		

图 4-8 部分优秀教学案例

教育部课题 Q 搜索 Ctrl + J 🏠 首页 📖 目录 - 总课题组动态 - 网络画板参研单位动态 - 课题资料汇总 - 课题总结会 - 区域数学教师信息化教学应用能力显著... - 机制创新是应用研究的活力之源-马绍萍 - 小学数学多有趣 网络画板来添彩-陈秀娟 - 网络画板助力学生思维提升-吕晓琳 - 基于网络画板提升教师信息化水平的桐... - 网络画板在初中数学课堂中的有效应用... - 技术支撑精准教学 区域推进减负增效-济... - 网络画板与初中数学分享学习型课堂深... - 网络画板子课题结题相关工作介绍 - 广州市番禺区北片网络画板应用介绍 - 网络画板推进教育数学创新实验的IT峰... - 画板聚力赋能 课堂协同智享-刘英英 - 四川区域系列交流研讨活动 - 中期交流会视频与资料 - 网络画板课题指导专家名单		教育部课题 20 文档 11748 字 ☆ 收藏 总课题组动态 网络画板参研单位动态 课题资料汇总 课题总结会 - 区域数学教师信息化教学应用能力显著提升研究-王芸 - 机制创新是应用研究的活力之源-马绍萍 - 小学数学多有趣 网络画板来添彩-陈秀娟 - 网络画板助力学生思维提升-吕晓琳 - 基于网络画板提升教师信息化水平的桐乡经验-吴冠男 - 网络画板在初中数学课堂中的有效应用-欧春龙 - 技术支撑精准教学 区域推进减负增效-济南槐荫区 - 网络画板与初中数学分享学习型课堂深度融合研究实践-成都石室锦城 - 网络画板子课题结题相关工作介绍 - 广州市番禺区北片网络画板应用介绍 - 网络画板推进教育数学创新实验的IT峰模式 (张永胜) - 画板聚力赋能 课堂协同智享-刘英英 四川区域系列交流研讨活动 2020-12-11 17:54 2021-05-08 11:15 2020-08-24 13:50 2022-01-13 11:10 2022-01-13 11:09 2022-01-12 17:09 2022-01-12 17:02 2022-01-12 17:01 2022-01-12 17:00 2022-01-12 16:58 2022-01-12 16:59 2022-01-12 14:04 2022-01-12 14:06 2022-01-12 14:02 2022-01-12 14:03 2021-04-20 14:32	
---	--	--	--

图 4-9 部分课题

4.6 本章小结

首先,提出了教师 TPACK 测量的设计应遵循系统性、科学性、发展性、情境性和全面性原则。系统性原则强调全过程反映教师在整合技术的数学教学中的观念和行为等表现;科学性原则强调测量方法有效及有说服力,确保准确地衡量学科教师 TPACK 的发展水平。发展性原则强调在测量教师 TPACK 时,应关注其整个发展过程中的动态变化。情境性原则强调需结合真实的教学环境,以考察教师在实际教学情境中展现出的 TPACK 发展水平。全面性原则强调综合采用多种测量方法与工具,以力求全面、客观地反映教师的整体 TPACK 能力。

其次,基于 TPACK 测量的设计原则,构建了初中数学教师 DM-TPACK 测量模型,该模型测量能在培训前了解教师对 DM-TPACK 的需求,能反映教师在培训过程中掌握 DM-TPACK 的情况,还能评估教师在日常应用中持续发展 DM-TPACK 能力。该测量模型具有较好的系统性、科学性、发展性、情境性和全面性,指导教师培训过程中测评工作的开展。

最后,设计并开发各种测量方法。第一是初中数学教师 DM-TPACK 访谈问卷,围绕教学案例进行访谈,以了解教师 DM-TPACK 需求;第二是初中数学教师 DM-TPACK 量表基于段元美编制的初中数学教师 TPACK 量表,并整合动态数学技术知识,设计并开发初中数学教师 DM-TPACK 量表,经信效度分析,该量表具有较好的稳定性和内部一致性,为测评初中数学教师整合动态数学技术的 TPACK 水平提供依据。第三是初中数学教师 DM-TPACK 表现性评价,具体表现在应用行为、资源建设、赛课成果和教研成果。

第5章 初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径

TPACK 理论自引入我国以来,在教育研究领域引起了广泛关注和深入讨论,为教师提供了整合技术于教学实践的新视角和为教育技术的进一步发展提供了理论支撑。尽管 TPACK 理论受到如此重视,但在促进教师 TPACK 能力发展方面的研究却仍显不足,缺乏深入的探讨与丰富的实践经验。大多研究在理解教师作为技术学习者的角色时缺乏充分的关注和审视,往往聚焦于教师应该或可能采取何种教学方法,以将技术有效融入课堂。然而,却忽略了另一个重要方面:教师如何通过新的学习途径来提升自己的 TPACK 能力^[75]。因此,教师 TPACK 发展研究的最终落脚点就是提高教师 TPACK 能力,以促进信息技术与学科教学深度融合。

在 2.3 节 TPACK 培养方式综述中,可知,学者不断探索培养教师发展 TPACK 的策略与路径。其中,美国亚利桑那州立大学开展“技术融入”教学改革,以提高职前教师信息能力教学,该“技术融入”打破单一的信息技术课程,信息技术直接融合到整个课程体系中。随即“技术融入”的思想与方法也逐渐受到我国教育者的关注^[124]。在一些地区,直接由教科院牵头引领教师整合技术进行学科教学,并给以一定政策及资金支持。动态数学技术是深入数学学科的信息技术,具有一定专业性、精确性和动态性。研究发现,虽然动态数学技术功能强大,给数学教学带来一定便捷性,但是,对于部分老师来说,整合动态数学技术进行教学还是有一定的难度^[125]。因此,在构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式路径中,应充分考虑“境脉”下的政策支持、资源支持、活动支持和机制支持等。

本章研究思路,首先,借鉴国内外教师 TPACK 培养策略与实践的研究启示,提出教师 TPACK 发展的设计原则;然后,基于教师 TPACK 发展的设计原则,构建初中数学教师 DM-TPACK 的培养模式;最后,对成都市武侯区和广州市番禺区北片进行“境脉”分析,结合政策支持、教育环境和教师特点等因素,提出区域特色的初中数学教师 DM-TPACK 实施路径。

5.1 TPACK 培养方式的设计原则

通过文献研读,我国学者通过分析我国教师 TPACK 发展现状、TPACK 实验研究或国外 TPACK 研究新进展等,总结出了发展教师 TPACK 相关策略。本节对这些文献进行总结与反思,提出 TPACK 培养方式的设计原则,如下。

（1）TPACK 发展应具有整合技术性

TPACK 发展容易陷入偏向“技术化”，即把技术与教学知识、学科知识独立发展，但是单纯地学习技术内容，教师难以整合技术在教学中^[128]。TPACK 发展应通过“技术融入”整个教师培训过程中。Niess 强调教师不应仅限于学习纯粹的技术知识，而应在掌握特定技术的同时，对特定学科内容的概念和过程进行再思考^[128]。美国亚利桑那州立大学玛丽·卢·富尔顿教师学院提出“技术融入”师范生培养方案，突破教师信息化教学能力的培养仅依靠单一教育技术课程的思路^[124]。赵磊磊认为 TPACK 发展要积极创设技术感知环境，增强技术的情景化体验^[125]。Wang 等人^[129]、Graham^[42]以及 Hofer^[130]认为，将技术以有教学意义的方式整合到学科课程中是让教师准备好使用技术进行教学和学习的最有益方式，这表明技术应该融入整个教师培训课程。

（2）TPACK 发展应具有系统性

TPACK 发展应具有系统性，主要体现在两个方面，首先，TPACK 是在“境脉”下发展的，“境脉”是影响 TPACK 发展的重要因素，设计 TPACK 实施路径时要系统考虑政策背景、教师需求和技术环境等。然后，TPACK 结构是由七种知识成分转化而成的知识，具有复杂性和动态平衡性，TPACK 系统地以一种整体的方式影响着教师开展信息技术与课程融合的教学行动，也就是教师对 TPACK 系统的理解程度是提高整合能力的关键，尤其是教师对整合技术教学的观念，赵磊磊通过分析江浙沪七所高等院校，发现教学信念、技术感影响教师 TPACK 发展，应推进技术的观念熏陶及案例示范，以增强教师 TPACK 发展信念^[126]。Valtonen 研究发现教师在精心设计的培训课程中获得真实的 ICT 学习经验，能加强在教育中应用 ICT 技能的信心^[127]。

（3）TPACK 发展应具有可持续性

TPACK 发展是通过持续不断地实践和逐渐积累经验发展的，应具有可持续性。为了推进 TPACK 的可持续性发展，以满足教师学习需求，应提供可行的保障机制，具体表现在学习资源、评价机制和及时反馈等。王帆通过分析全国首届教育硕士（现代教育技术）教学技能大赛，提出要提供大量优质的具有交互性和情境性的教学资源，有利于加深理解理论知识与提高实践能力^[131]。戴伟芬^[124]、徐鹏^[132]、王正青^[133]、聂晓颖^[134]和白鑫刚等^[135]学者通过文献研究或实践研究，研究表明构建评价机制是保障教师 TPACK 可持续发展的要素之一，多维度评价体系有利于保障培训的质量。

（4）TPACK 发展应具有社会性

TPACK 发展是教师与校园文化、技术环境和教学理念等社会活动交互中构建的，

具有鲜明的“社会性”色彩。共同体是构建群体认知结构最有效的途径。徐鹏指出共同体应是多元化的,应建立包括教师、学校领导、家长和领域专家等人员的教育教学实践共同体,提高教师与教学相关人员的沟通和管理能力、教学反思和职业规划能力^[132]。Tondeur 等人基于 SQD 框架提出了六个核心策略,强调了 TPACK 的发展与同伴合作的重要性^[136]。此外,共同体协同育人也是一种重要方式。马晓玲提出教育部门与企业协同育人,强调企业的重要角色,加强校内外一体化培养^[137]。戴伟芬提出教师培训中应是“双师”制,有课程教师进行教学指导,也有技术教师进行技术指导^[124]。

(5) TPACK 发展应具有周期性

TPACK 的复杂动态特征决定了要长期投入 TPACK 实践中,以维护整合技术知识、学科知识和教学知识的动态平衡。因此,TPACK 发展培训不应是一次性培训,应是分阶段有序进行的。Niess 将此过程具体凝练为获知、接纳、适应、探索和提升五个 TPACK 发展阶段^[138]。张静提出了多维度视角 TPACK 发展框架,认为 TPACK 发展是一个迭代的过程,教师在现有信念与经验基础上进行技术整合教学,TPACK 发展是不断进行迭代优化^[139]。教师 TPACK 教学实践能力培养要区分不同阶段的培养对象^[138],从新手教师逐渐成长为专家型老师要经过螺旋上升 TPACK 发展过程。

5.2 “技术融入”的初中数学教师 DM-TPACK 培养模式

基于“技术融入”思想,构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式,该发展体系由教科院牵头推动区域初中数学教师 DM-TPACK 能力提高,如图 5-1 所示。该模型核心部分以金字塔形式展示,处于最顶端是该模型的目标,以发展教师 DM-TPACK 为导向,处于底端是以动态数学环境、政策与文化为“境脉”因素,为实施路径提供基本依据。该模型由 SECI 理论、活动、共同体和保障机制形成的实践层,依据“境脉”因素,灵活地提出区域特色的实施路径。

初中数学教师 DM-TPACK 培养模式是以发展 DM-TPACK 为目标,力求教师把 DM-TPACK 知识内化成 DM-TPACK 能力,达到 DM-TPACK 深度融合、灵活应用和创新教学。目标层起着导向作用,指导不同层次的教师能达到不同层次的目标,具体体现在 DM-TPACK 五个方面:(1)整合 DM 技术教授数学的观念与运用是教师能与时俱进了解最新政策,理解信息技术与教学融合的重要性,能认同动态数学技术在教学中价值和清楚动态数学技术使用的限制性,能对使用动态数学技术进行内容设计与课堂管理的有信心;(2)整合 DM 技术教授数学的课程和资源知识是教师能在数学内容表征设计、

数学内容延伸和数学内容获取与评价方面整合动态数学技术,使得数学内容动态化、丰富有趣和个性化;(3)整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识,教师能以学生为中心,运用动态数学技术了解学生学习兴趣和学习困难点,发展学生数学思维和整合数学技术学习的流畅性;(4)整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识,教师能基于动态数学技术进行教学设计和课堂组织,创新灵活的教学模式,能把握学生可教时刻,使得数学教学高效进行;(5)整合 DM 技术教授数学的教学评知识是教师具有评价能力,包括对整合动态数学技术的内容表征性、内容组织合理性和教学效果有效性等。

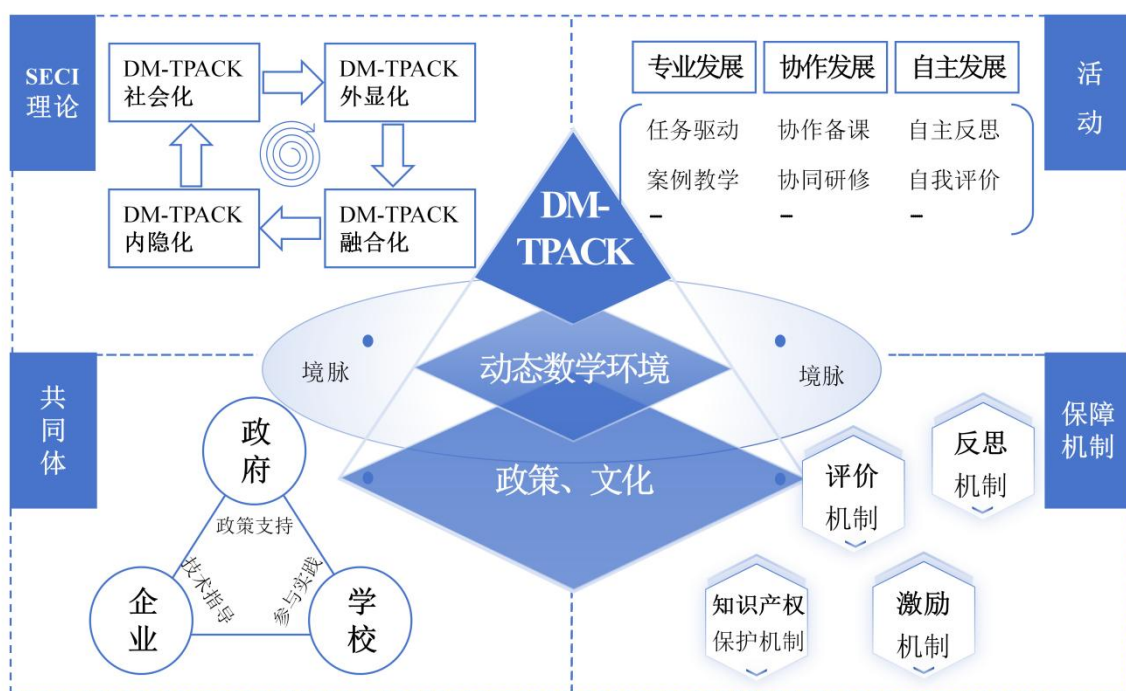


图 5-1 “技术融入”的初中数学教师 DM-TPACK 培养模式

初中数学教师 DM-TPACK 培养模式的“境脉”层是关注当下教育环境,“境脉”是教师 TPACK 发展的重要因素,目标层和实践层都需要基于“境脉”上进行设计与实践,主要综合考虑政策文化与动态数学环境。近些年,我国为发展教师能力,发布相关政策支持,有《中国教育现代化 2035》强调现代技术加快推动人才培养模式改革,实现规模化教育与个性化培养有机结合;国家《“十四五”数字经济发展规划》强调进一步完善优质数字教育资源公共服务体系;《“十四五”国家信息化规划》提出提升全民数字素养与技能。同时,建设动态数学环境,根据学校数字化教学环境、教师需求等选择适合的动态数学软件进行教学,综合考虑动态数学软件是否功能强大?以满足师生日常教学需求;动态数学软件是否具有丰富资源?以减轻教师负担和满足自主发展;动态数学软件是否便于交互和交流?以促进共同体知识构建等。

TPACK 培养模式实践层包括 SECI 理论^[140]、共同体协作、活动和保障机制。SECI 理论驱动的 DM-TPACK 实施路径是 DM-TPACK 经过社会化、外显化、融合化和内隐化四个阶段螺旋上升发展,教师逐渐将 DM-TPACK 知识内化到 DM-TPACK 能力,有效地基于动态数学技术组织教学内容、创设教学情境和评价教学效果等。共同体驱动的 DM-TPACK 实施路径是构建政府、学校与企业协作的共同体,三个主体从自身优势出发给以支持,三者都是不可或缺的一员。政府是导向者,提供政策、财力和物力支持等;企业是支持者,能根据教师需求设计与开发师生真正需要的动态数学技术,提供技术指导和优质服务;学校是发展 DM-TPACK 能力实践场地,教师是教育数字化转型的关键角色,建立教师共同体。活动是教师进行基于 SECI 的知识转化的重要场所,丰富的活动形成各种专业实施路径、协作实施路径和自主实施路径,有利于教师在形式多样的实践中提升 DM-TPACK 能力。保障机制是落实 DM-TPACK 能力培养模式的重要保障,为了可持续发展 DM-TPACK 能力,提供多元化评价机制、反思机制、知识产权保护机制和激励机制,教师能获得及时反馈以改进教学,同时,能不断加强获得感和自信心。

5.3 “基于 SECI 的知识转化”实施路径——以成都市武侯区为例

5.3.1 成都市武侯区“境脉”分析

《教育现代化 2035》指出要夯实教师专业发展体系,推动教师终身学习和专业自主发展;《教育部关于实施全国中小学教师信息技术应用能力提升工程 2.0 的意见》提出通过示范项目带动各地开展教师信息技术应用能力,探索基于“互联网+”的教研组织形式,指导提高学科教师信息化教学的能力。

成都市武侯区一直重视教育均衡发展、教学资源建设和教学形式创新等,以满足师生的个性化发展和终身学习的需求。武侯区的教育一直处于四川省领先地位,在全国影响力广泛,早在 2010 年,武侯区获“全国社区教育示范区”。其中,武侯区教育重视教师专业发展,紧随国家教育信息化、教师信息技术能力和数学课程改革等相关政策,鼓励教师参加继续教育,提高自身专业发展和建立终身学习观念。长期以来,电教馆组织相关的教师培训,有讲座和培训班等形式,教师信息技术能力有较大地提高,信息技术的应用给教学带来了便利,在一定程度上提高了教学便利性和质量。但是,本研究通过问卷调查武侯区 275 名数学教师信息技术能力,发现数学教师不再满足于普适的信息技术,仅仅是通过 PPT 展示教学内容,没能深入融合数学知识来促进学生思维发展。为

提升教师 DM-TPACK 能力发展,不仅需要学习动态数学技术,更重要的是整合动态数学技术的数学教学能力,因此,由教科院负责推动此项工作,组织一批优秀的专家数学教师开展引领性培训,打造动态数学教学的创新团队,从一线教师角度出发,将“动态数学技术”融入数学相关教师培训中。

综上,政策驱动数学教师 DM-TPACK 发展,武侯区重视教师学科信息技术的专业发展,由教科院组织相关学科信息技术培训,推进教师 TPACK 发展;需求驱动数学教师 DM-TPACK 发展,数学教师对提高动态数学技术与课堂教学融合能力的积极性较大,但是缺少专业的、有效的和长期的指导。

5.3.2 “基于 SECI 的知识转化”实施路径设计

对武侯区“境脉”进行总结与反思,在初中数学教师 DM-TPACK 发展体系指导下,构建了“基于 SECI 的知识转化”实施路径。该模式核心是基于 SECI 理论设计的,SECI 理论有效促进基于 SECI 的知识转化,具有清晰、有序的知识转化路径、丰富的活动和知识螺旋式上升^[141]。该模式逐步开展知识社会化、外显化、融合化和内隐化四个阶段,知识在这个过程中被不断转化和创造,在理解 CK、PK 和 DM-TK 基础上,逐步融合成 DM-TPK、DM-TCK 与 PCK,整体转化成 DM-TPACK 知识,再进一步内化成 DM-TPACK 能力。接着,经过一个完整的知识转化过程,则进入到下一个知识转化的过程,因此,DM-TPACK 知识得到迭代积累。此外,初级教师不断成长,考核优秀的教师可纳入为专家团队,成为下一个循环的专家型教师,教师共同体构建的群体知识也不断螺旋上升。因此,该实施路径清晰地突出 DM-TPACK 转化路径,故称为“基于 SECI 的知识转化”实施路径,如图 5-2 所示。

该模式自底向顶可分为“境脉”层、支持层、活动层和知识转化层。“境脉”层是基于武侯区的数学教师将动态数学技术整合到数学教学中的需求出发,在政策的推动下,教科院组织优秀骨干教师团队,继而推进相关的教师 DM-TPACK 培训。支持层是该实施路径的保障,包括教学环境、路径支持和激励机制支持;活动层为实施路径提供了丰富的 DM-TPACK 转化场,依次分为构建教师共同体、课例教学、学科教研融合和教学常态化应用四个阶段;知识转化层是实施路径的导向,引领该模式的方向。

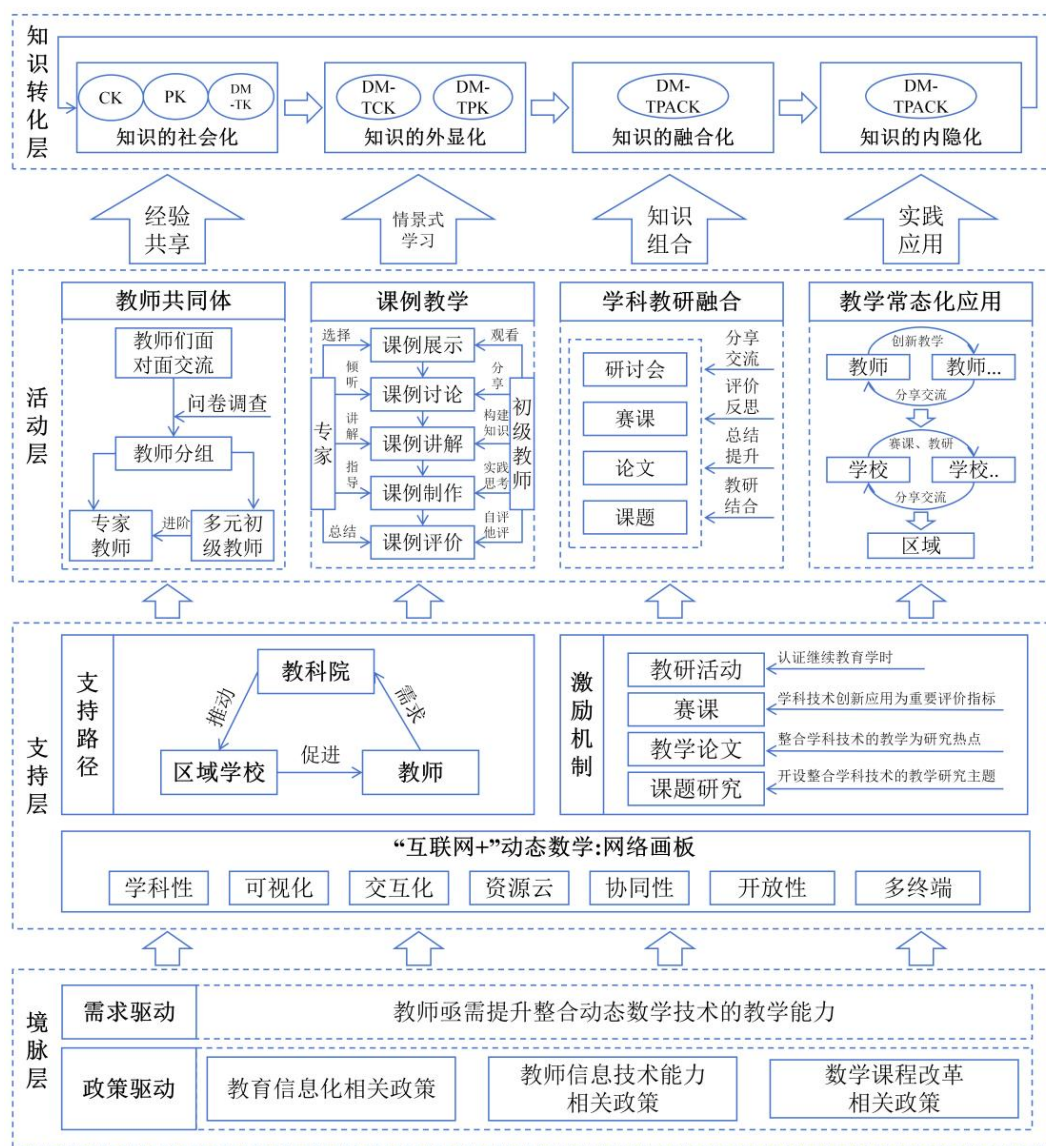


图 5-2 “基于 SECI 的知识转化”实施路径

(1) “基于 SECI 的知识转化”发展实施路径

活动层为基于 SECI 的知识转化提供丰富的场，知识转化层分为知识的社会化、知识的外显化、知识的融合化和知识的内隐化，该模式实施路径清晰地展示了在每个活动中如何促进 DM-TPACK 的知识转化。

1) 教师共同体——知识的社会化

培训专家团队主要由网络画板应用能力强、数学教学成果优秀的专家型教师组成，新手教师作为被培训者。在知识社会化阶段，专家型教师与新手教师通过面对面交流的方式，彼此轻松地、愉悦地分享与交流 CK、PK、DM-TK。网络画板发挥互联网互动优势，提供交流学习空间，教师可通过浏览并分享资源、自主学习教培模块内容和参与论坛等方式来全面了解学科信息技术及其特点，树立正确信息技术观念，整个阶段完成隐

性知识向隐性知识的转化。

培训过程中,首先,专家型教师通过访谈等方式了解新手教师的基本情况和信息技术态度及能力水平。其次,将新手教师根据不同地区、不同教学风格划分为若干个教师共同体,确保教师共同体包含多元类型的新手教师和专家型教师。最后,在该阶段,专家型教师抛出一个任务或者问题(如:在数学教学中可以使用何种信息技术资源),专家型教师与新手教师之间、新手教师与新手教师之间进行头脑风暴、经验交流分享,各自的实践性知识、教学思想和观念得到了有效的碰撞,形成了经验性知识,实现了隐性知识向隐性知识的转化过程。

2) 课例教学——知识的外显化

专家型教师展示网络画板优秀课例或应用课件创设真实教学情境,新手教师形成信息技术融合教学内容及教学方法的概念性知识。网络画板具有基于互联网的丰富资源云,资源可共建共享,专家型教师通过课例教学的方式来演示优质资源,将隐性的 DM-TPK、DM-TCK 和 PCK 外显化,在这个过程中新手教师形成概念性知识,形成信息技术与课堂教学的整合能力,完成隐性知识向显性知识的转化。

培训过程中,首先,专家型教师对上一阶段提出的教学问题进行归纳和总结,与新手教师建立有效的教学对话^[142]。其次,专家型教师根据情况进行引导并推送学习资源,比如向新手教师提供在网络画板支持下教学的经典课例,并以视频形式展示一节优秀课例,创设真实的教学情境来启发新手教师。然后,新手教师在观看后,分析该课例并分享自己的见解(如:教学优缺点、教学设计思想、网络画板对促进数学教学的作用等)。紧接着,专家型教师分析其设计思想,并现场制作资源。新手教师在专家型教师的指导下,不断熟悉网络画板工具并掌握制作动态数学资源的方法,体会网络画板与教学融合的过程。最后,新手教师在共同体内进行心得分享和课件展示,随后开展自评、同伴互评和专家评定的多元化评价活动,使新手教师得到全面的反馈,同时,专家型教师也能根据评价反馈及时调整培训进程和内容。

3) 学科教研结合——知识的融合化

学科教研结合主要包括组织各阶段研讨会、组织新手教师参加各级比赛等活动新手教师将已形成的显性 DM-TPACK 通过研讨会、微课、论文等形式,协同建构显性知识。网络画板发挥超越时空优势,提供学习协作空间,教师通过对资源进行协作学习、协同建构等方式加深对信息技术、教学内容及教学方法深度与广度的理解,逐渐建构显性知识体系并提高 DM-TPACK 能力,实现知识的融合化,即显性知识向显性知识的转化。

在培训过程中,可分阶段举办形式多样的教学研讨。教学研讨为专家型教师与新手教师提供知识分享、交流探讨和学习成果展示的平台,让新手教师的知识体系得以完善、发展和推广。另外,组织新手教师参加各级微课、论文、教学设计比赛等活动,教师不断巩固前序阶段的学习内容,梳理在教师共同体中与同伴、专家型教师交流所得的显性知识,并将其整合在微课、论文、教学设计等形式中。

4) 教学常态化应用——知识的内隐化

教师培训学习还需将理论应用于实践,课堂实践才是检验教师学习效果的试验场^[143]。教师应用网络画板进行教学的过程中,会引发教师对网络画板应用、教学方法以及教学内容的新思考,在思考中内化形成新一轮的隐性知识,实现显性知识向隐性知识的转化。网络画板已辐射推广到全国各个社区,教师可在社区中交流教学体会及协作探究资源,进一步提高整个社区数学教师 DM-TPACK 能力。

在培训过程中,为有效地促进教学常态化应用,可开展教师校级和区级示范课,营造真实的教学场景。在这个过程中,教师进行教学设计、现场教学、多维度评价,不仅能够实现显性知识向隐性知识的转化,还能在与同伴分享、探讨、修改等方式中提 DM-TPACK 能力。

(2) “基于 SECI 的知识转化”发展保障路径

该实施路径的支持层包括支持路径、激励机制和教学环境。

支持路径是推动路径实践的重要支持,整个支持路径是循环的,首先,教师提出动态数学技术整合教学的需求,再次由教科研牵头推动培训活动进行,组织区域学校进行相关的活动,最后,区域学校开展相关活动,促进教师 DM-TPACK 能力提升。整个过程形成一个循环系统,促进武侯区整个区域教师 DM-TPACK 能力可持续发展。

该模式有知识产权保护机制、反思机制和激励机制,知识产权保护机制和反思机制贯穿于整个活动过程,其中,激励机制是保障教师 DM-TPACK 能力发展的活力,激励机制是提升教师成就感的有效途径,该模式对各活动设计不同的激励方法,比如,进行教研活动能认证继续教育学时,这是由外部刺激提高教师参与培训的积极性;举办相关教学比赛时,动态数学技术的创新应用是作为重要的评价指标,这是鼓励教师尝试应用动态数学技术;进行课题申请时,设有动态数学技术相关方向,促进教师在日常教学中多用、多思考和多反思动态数学技术的优势与限制等。

“互联网+”动态数学环境——网络画板是教师进行学习、交流与教研智能教育平台,一方面,网络画板是一款出色的动态数学软件,教师可以掌握其功能,在“学”和

“做”的过程中创作教学资源,另一方面,网络画板提供网络学习环境,提供丰富的学习资源,有课例、手册和课题资料等,教师可自主提升 DM-TPACK 能力,还可以构建教师共同体,还能在与同伴分享、探讨、修改等方式中提升 TPACK 能力,教师共同体通过在平台共建共享教学资源,形成团队特色教学资源,进一步形成区域特色教学资源。

5.4 “双师制”实施路径——以广州市番禺区北片为例

5.4.1 番禺区北片“境脉”分析

番禺区北片教育“境脉”从政策和问题进行分析,在政策上,国家出台许多信息技术深度融合到学科教学中的相关支持政策,《中国教育现代化 2035》建设一体化智能化教学,信息技术丰富并创新教学形式。《义务教育数学课程标准(2022 年版)》提出信息技术要与课程融合,以培育学生几何直观、空间观念等核心素养。广州市番禺区北片紧随国家政策,根据区域教育需求构建融乐课堂的课程改革,其中通过在教学中融合信息技术实现乐研、乐学、乐教、乐动、乐思和乐创。番禺区北片教育响应号召,打造灵气教育,其中灵气课堂是核心关键,营造轻松愉悦的课程氛围,引导学生通过自己观察、探索 and 经历去构建知识体系。

本区域有中小学校 30 多所,数学教师约 400 名,学校数量与师资规模不小。经过调查发现,在中小学数学课堂上信息化应用一直是 PPT 课件占据绝对地位,只有极少数老师偶尔使用几何画板或超级画板辅助教学,导致课堂上信息技术与数学学科的融合长期处于停滞的状态。

综上,政策驱动教师 DM-TPACK 能力发展,番禺区北片教育重视信息技术对课堂教育的能动作用,出台相关政策以支持学校开展相关的教学研究与教学实践。问题驱动教师 DM-TPACK 能力发展,现亟须提高教师 DM-TPACK 能力,促进动态数学技术有效应用在数学课堂,提高教学质量与效率,打造灵气课堂。

5.4.2 “双师制”实施路径设计

对番禺区北片教育情况进行分析和反思,在初中数学教师 DM-TPACK 培养模式指导下,构建了“双师制”实施路径。在该模式中,其设计核心思想是构建多元化共同体,即是由教科院推动、学科带头人带领、技术指导人员助力和教师实践形成共同体,形成有人推、有人领和有人助的可持续发展的模式。因此,“双师制”体现在学科带头人提

供教学支持和企业技术指导员提供技术支持。如图 5-3 所示,“境脉”层是该路径的出发点,在深度剖析番禺区北片教育现状后,在 5.4.1 节中分析得出番禺区北片教育局对信息技术与课堂教学深度融合有较大关注与支持,教师也是积极参与到课程改革中,但是缺少专业指导,工作难以开展,选择适当的设计策略设计实施路径。该模式设有支持层、活动层和目标层。支持层是该实施路径的基本保障,包括构建共同体和激励机制,提供政策支持、技术支持、策略支持、评价支持和机制支持;活动层是发展教师 DM-TPACK 的路径实施,活动层分三个阶段进行,构建丰富多元的活动,循序渐进培养教师 DM-TPACK;目标层是整个路径的导向,提升教师 DM-TPACK 知识、DM-TPACK 能力和 DM-TPACK 素养,达到在课堂中灵活应用动态数学技术。

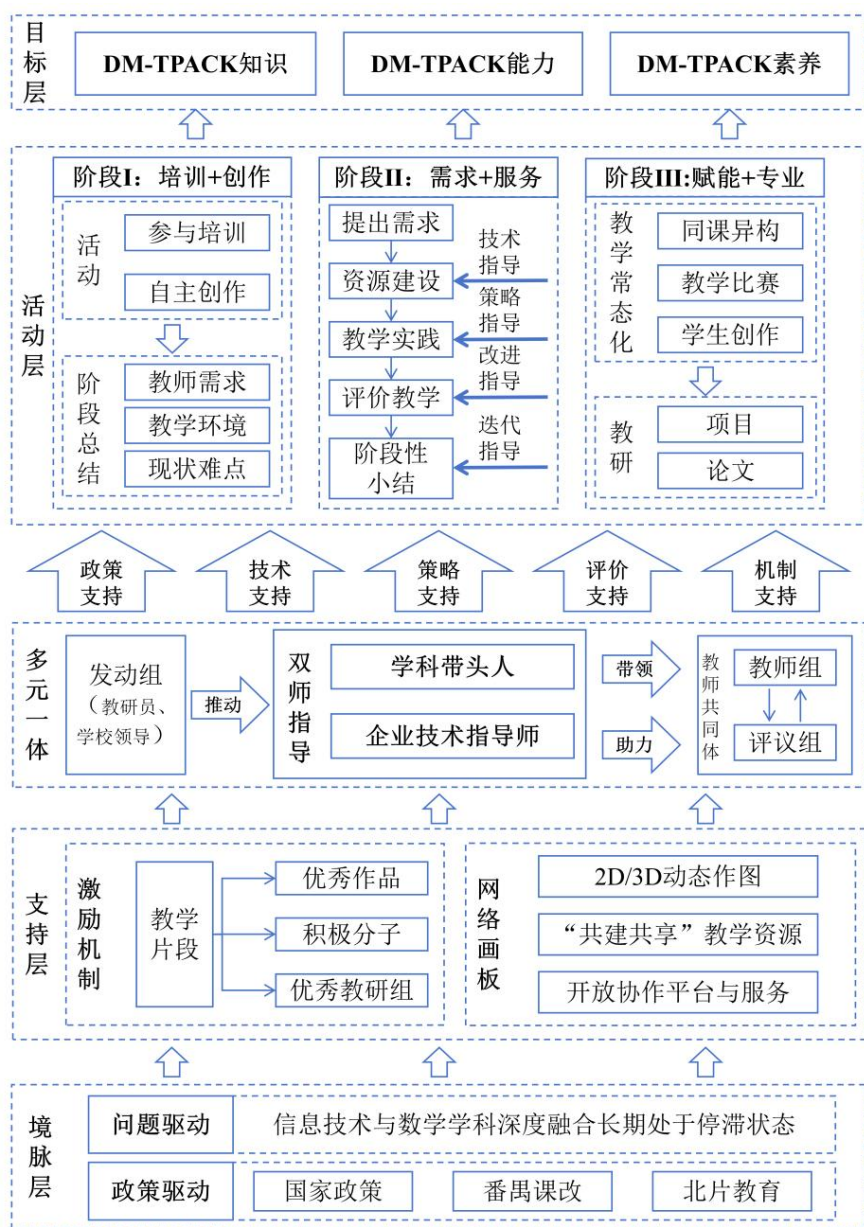


图 5-3 “双师制”实施路径

（1）目标层是实施路径的导向

目标是循序渐进、螺旋上升的，从 DM-TPACK 知识到 DM-TPACK 能力，再到 DM-TPACK 素养。DM-TPACK 知识指教师能理解 DM-TPACK 促进教学的作用及限制性、掌握 DM-TPACK 基本知识和能制作基于动态数学技术的教学资源；DM-TPACK 能力指教师能整合动态数学技术进行数学教学，创新基于动态数学技术的教学模式；DM-TPACK 素养指教师从内心出发，在观念上认同 DM-TPACK 教学价值、能灵活基于动态数学技术的教学和对整合动态数学技术的教学有信心。以 DM-TPACK 知识、DM-TPACK 能力和 DM-TPACK 素养为实施路径目标，每个阶段活动对应着明确的目标，目标依次递进，逐步加深 DM-TPACK 知识和提升教师 DM-TPACK 能力，最终达到 DM-TPACK 素养。

（2）活动层是实施路径的路径

为了循序渐进培养教师 DM-TPACK，活动分三个阶段进行，第一阶段是培训与创作方式，第二阶段是需求和服务的方式，第三阶段是赋能和专业的方式。

在第一阶段，建立 DM-TPACK 知识结构。首先，专家以讲座的方式开展，教师建立动态数学技术的教学价值观念；再以教学案例的方式，讲解如何制作基于动态数学技术的教学资源及其如何在课堂中进行教学，教师深入感受动态数学技术促进教学的能动作用；最后以自主创作的方式进行，教师自主创作教学资源，在“做”的过程中掌握学习动态数学技术。培训完后，对该阶段做反思性总结，深入分析教师在教学中使用动态数学技术的难点，总体上，教师对 DM-TPACK 知识有一定了解，掌握动态数学技术基本功能，但是大多数教师还不能做到整合动态数学技术的灵活教学。

第二阶段，DM-TPACK 知识逐渐转化为 DM-TPACK 能力。在这个过程中，共同体充分协作，发挥各自的优势。课前，教师对教学内容提出技术需求，技术组则根据教师需求提供技术支持，建设好整合动态数学技术的教学资源，教师组对动态数学技术融入教学中的策略进行研讨，提供策略支持，教师依据动态数学技术资源和教学策略制作教学资源；课中，教师进行课堂教学，并录制视频；课后，教师上传教学片段到网络平台并对本次教学实践进行自我反思，评议组对教学片段做出发展性评价。在该实施路径下，进行阶段性小结，为下一次教学实践提供迭代指导。

第三阶段，DM-TPACK 能力逐渐转化为 DM-TPACK 素养，教师能运用动态数学技术进行常态化教学，做到理论知识指导实践活动，比如，有教师组开展同课异构，在同课异构中进行互评，反思技术在教学中的作用及整合技术的数学教学的有效性，有教学

比赛,以赛促进整合技术的数学教学,有指导学生进行作品创作,在指导中,发散学生数学思维以促进技术实现数学知识,反之,学生的有效提问也反哺教师 DM-TPACK 能力提升。另外,教师能在实践中反思理论知识,在教学中自主发现教学问题,并能承担相关课题的研究和进行教研论文研究,教师在该过程中深入思考动态数学技术的能动作用和深入理解动态数学技术促进数学教学的意义,对教师科研能力有一定的提升。

(3) “多元一体”共同体是可持续发展动力

构建“多元一体”共同体为 DM-TPACK 可持续发展提供政策支持、技术支持、策略支持、评价支持和机制支持。构建“多元一体”共同体,形成有人推、有人领、有人帮和有人评的共同体,包括发动组、区域数学学科带头人、企业技术指导、教师共同体(教师组和评议组)。其中,发动组是由区域教研员和学校领导组成,主要是推动政策的顺利进行,起着决策和推动的作用;区域数学学科带头人主要是由各年级的数学组长组成,带领年级数学教师进行 DM-TPACK 的提升,起着组织的作用;企业技术指导是指由企业提供技术指导,帮助教师解决技术问题,起着指导作用;教师组是由校内教师分组形成各个教研组,老师之间互相学习和帮助;评议组是由教研员、区域学科带头人和老师组成,主要对教师的教师实践进行发展性评价,指导教师进行教学改进和技术改进。

(4) 支持层是实施路径的基本保障

建立激励机制有利于加强教师对信息技术使用的信心,使得整个实践得以持续发展。在该实施路径中,一是建立发展性评价,教师在课堂中使用动态数学技术进行教学,把教学片段上传到网络平台,进行自我反思和他人评价。首先,老师自身总结实践中技术解决教学问题的看法、实践的收获和实践存在的不足点;其次评议组对教学片段进行发展性点评,总结实践的优点和提出可行性改进建议,其中老师也是评议组的一员,在评价中也提升 DM-TPACK;二是建立可持续性机制,阶段性对区域的实践情况进行奖励,有评积极分子,主要评价依据是教学片段的数量,有评优秀作品,主要评价依据是教学片段的质量,有评优秀教研组,主要评价依据是教学片段的数量与质量。

5.5 本章小结

首先,通过分析国内外教师 TPACK 的发展状况、实验性研究等研究,提出 TPACK 培养方式应具有系统性、整合技术性、可持续性和社会性原则,旨在帮助教师更好地掌握和应用 TPACK 框架,以提高教学质量和效果。TPACK 发展的系统性要求考虑“境脉”

因素、理解 TPACK 结构的整体性。TPACK 发展的整合技术性要求避免单纯学习技术，应把技术融入整个教师培训各个环节，并强调技术与学科内容的整合，同时创设技术感知环境，实现技术的有意义整合。TPACK 发展的可持续性需进行持续的实践和经验积累，保障机制是确保 TPACK 可持续发展的关键要素，如优质教学资源、多维度的评价体系 and 及时反馈等。TPACK 发展的社会性要求构建多元化共同体，强调同伴合作和校企协同育人，以促进教育研究者与教师之间的有效交互。TPACK 发展是周期性的，教师在不同发展阶段需螺旋上升地提升 TPACK 实践能力，以适应数字化背景下整合技术的教学。

其次，本文提出了基于“技术融入”思想的初中数学教师 DM-TPACK 能力培养模式。该模型在教科院的引导和支持下，打破单一纯粹信息技术的培训的界限，以发展教师 DM-TPACK 能力为核心目标，强调根据动态数学环境、政策与文化等构成的“境脉”因素，灵活结合实践层 SECI 理论、活动、共同体和保障机制，为设计区域特色的实施路径提供指导。

最后，在初中数学教师 DM-TPACK 发展体系指导下，以武侯区数学教师整合学科信息技术的需求为出发点，构建了“基于 SECI 的知识转化”实施路径，该模式自底向上分为“境脉”层、支持层、活动层和知识转化层。知识转化层作为导向，展示了知识转化的四个阶段：社会化、外显化、融合化和内隐化。支持层提供教学环境、路径和激励机制等保障；活动层为知识转化提供丰富场景，实现 DM-TPACK 知识的螺旋式上升。基于对番禺区北片教育情况的分析和反思，在初中数学教师 DM-TPACK 培养模式指导下，构建了“双师制”实施路径。该模式构建教科院的推动、学科带头人的引领、技术人员的助力以及教师的参与的“双师制”实施路径，旨在实现教师 DM-TPACK 能力可持续发展。该模式目标循序渐进，从知识理解到能力提升再到素养培育，分三个阶段进行：培训创作、需求服务与赋能专业。通过发展性评价和可持续性机制，激励教师参与实践，提升个人 DM-TPACK 能力，促进区域教学质量提升。

第6章 初中数学教师 DM-TPACK 实践成效

本文第三章构建了初中数学教师 DM-TPACK 结构模型,解决了 DM-TPACK 是什么及构成要素之间有什么联系的问题,第四章提出了初中数学教师 DM-TPACK 测量方法,解决了怎么测量教师 DM-TPACK 发展水平的问题,第五章提出了初中数学教师 DM-TPACK 培养方式与实施路径,解决了怎么在具体“境脉”中提高教师 DM-TPACK 水平的问题。

实践是检验真理的唯一标准。在本章,对成都市武侯区、广州市番禺区北片进行初中教师培训,通过访谈问卷分析、量表测试分析和表现性评价分析来验证实践成效,进一步反思与总结初中数学教师 DM-TPACK 培养方式和实施路径。

6.1 武侯区“基于 SECI 的知识转化”实施路径成效分析

6.1.1 武侯区实践过程

本次培训开始时间为 2021 年 6 月,培训对象为武侯区初中数学教师,共 275 名。在“基于 SECI 的知识转化”实施路径主导下,每个阶段紧紧相扣,教师们积极参与其中。总体上,培训过程比较顺利,具体如下。

活动一:构建教师共同体。根据教师动态数学技术应用能力和教学经验,将 275 名教师分为组内多元、组间同质的教师共同体,并且每组有一名专家型教师。

活动二:进行课例教学。专家教师向新手教师展示优秀的课例,包括在网络画板中制作可视化、动态化的课件和示范如何在教学中融合运用资源的过程。在该次培训中,培训组织人员专门编写了信息技术教材——《动态数学+互联网》。一方面,教材以教学课例的形式呈现,实现了信息技术与教学紧密结合;另一方面,教材内容选取新手教师的优秀作品,以学科教学体系为线索,删去以往繁、难、偏、旧的内容,具有较强的借鉴意义。这种课例形式的教材不仅符合数学学科的特点和教学方式,还为新手教师提供新的教学方案,提供了显性知识书面表达的参考依据。

活动三:学科教研结合。在该次培训中,教学研讨会分为 3 个阶段进行,第一阶段组织召开一次主题为“互联网环境下信息技术与数学课程深度融合”的信息技术应用教学研讨会,第二阶段召开两次主题为“信息技术环境下概念课课型教学策略研讨”研讨会,第三阶段召开两次主题为“信息技术环境下复习课课型教学研讨”研讨会。通过 3

次研讨,逐步提高了教师对信息技术在数学各类型课程的应用能力。

活动四:教学常态化应用。首先,教师从《义务教育七~九年级数学课程标准》和北师大版初中数学教材中自主选题,运用相关教育理念及网络画板技术撰写教学设计,并将该教学设计分享到教师共同体内,进行同伴互评及修改。其次,专家对示范课进行评价,评价指标分为技术手段与教育理念两方面,验证示范课是否有效深入融合信息技术与数学学科并促进教学效果。评价分为4个等级:优秀、良好、合格和不合格,对考核合格的教师发放网络画板培训合格证书,对考核优秀的教师聘为“网络画板培训讲师”以扩大培训师资队伍。

6.1.2 访谈问卷分析

在进行培训前,本次选择一名教师进行访谈,该教师是从本科毕业后一直在该校从教,有5年的教龄,教学能力比较优秀,多次在赛课比赛获得奖项,具体访谈回答如下。

(1) 该案例中,是否需要整合动态数学技术教学?以及在多大程度上运用技术辅助教学呢?

答:这个案例使用网络画板是很有必要,平时,我们都是自己用粉笔在黑板上画图,一来有点浪费时间,还需要口头描述一下,二来有些同学就觉得有点抽象,这样一用,整个过程很直观,学生就很清楚整个过程了。

(2) 该案例中,整合动态数学技术教学的优势与不足在哪里?

答:我觉得优势很明显,整个图形变换过程就直观了,而且还可以让学生自己尝试自己的想法,提供一个探索问题的平台,如果说不足的话,就是这位老师在引导平行四边形面积时,引导学生那里要自然一点,让学生自己探索的时间久点,当然,这也是我们平时教学时容易犯的错误。

(3) 该案例中,动态数学技术是否能促进学生对数学知识兴趣、理解与应用?

答:对,能很好促进学生兴趣,很多同学都能回答老师的问题,学习热情很高,学生能自己说出面积,对整个过程还是理解得比较清晰的。

(4) 你认为在日常整合动态数学技术进行教学的难点在哪里?

答:其实我们老师都很想用好网络画板的,这次听说有培训,还有学时可以加,我们很多老师都报名了,我们之前学过几何画板,后面接触网络画板,很适合我们教学,我就自己跟着视频学,操作还算比较熟悉,就是教学时,有时候教起来怎么组织好过程,或是,有时候忘记功能在哪里了,课堂上就会比较紧张。

通过这次访谈,可知老师比较认同网络画板的教学价值,认为可以使得知识直观化,学生能进行自主探究,继而加深对知识的理解,同时,希望通过这次培训,提高自己利用网络画板进行教学的能力。

6.1.3 表现性评价分析

(1) 应用次数及行为分析

网络画板平台数据显示有一定用户数量的全国县级区共 460 多个。据统计,截至 2023 年 12 月,武侯区用户活跃度较高,一直以来,稳定在 460 多全国县级区中活跃度排名前三,目前显示排名第三,如图 6-1 所示。

全国 (3082)								
筛选:	不限	省级	地市级	区县级	搜索区域			
空间名称	区域名称	类型	学校数 ↓	非空学校 ↓	用户数 ↓	资源数 ↓	应用次数 ↓	权限
四川省成都市青白江区	青白江区	区县级	115	29	1060	20083	241731	展示
广东省广州市番禺区	番禺区	区县级	573	53	586	13191	228226	展示
四川省成都市武侯区	武侯区	区县级	262	19	557	26809	174388	展示
内蒙古鄂尔多斯市乌审旗	乌审旗	区县级	51	3	9	8184	137731	展示

图 6-1 网络画板平台应用次数排名

在应用次数,从 2020 年 8 月到 2021 年 5 月,培训前月均应用次数为 819.5 次,从 2021 年 6 月到 2023 年 12 月,培训后月均应用次数为 4545.7 次,约是培训前的 5.5 倍,如图 6-2 所示。数据表明,在培训后,教师主观上接受网络画板,认同网络画板在教学中发挥的作用,并积极将网络画板与学科知识、教学方法深度融合。

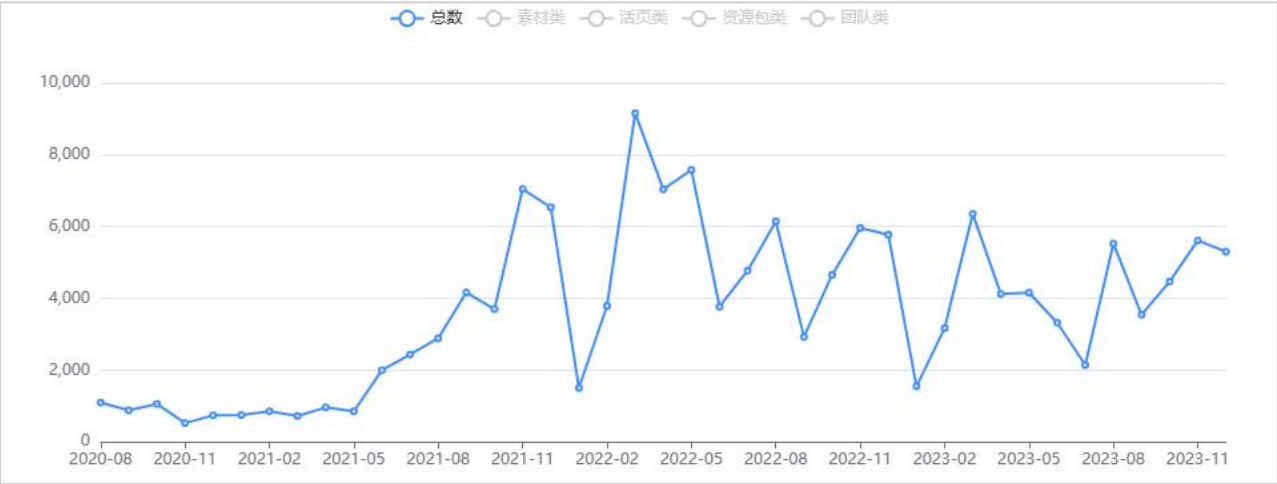


图 6-2 2020 年 8 月到 2023 年 12 月武侯区每月总应用次数

在应用行为主要分析浏览、分享、新建和修改行为，浏览和分享一般是观看（搜索）和演示资源行为，新建和修改一般是制作资源行为。如图 6-3 所示，每种行为的趋势比较一致，并基本是每个学期从低到高，再从高到低，符合教学情况，以下行为按学期为单位进行分析。

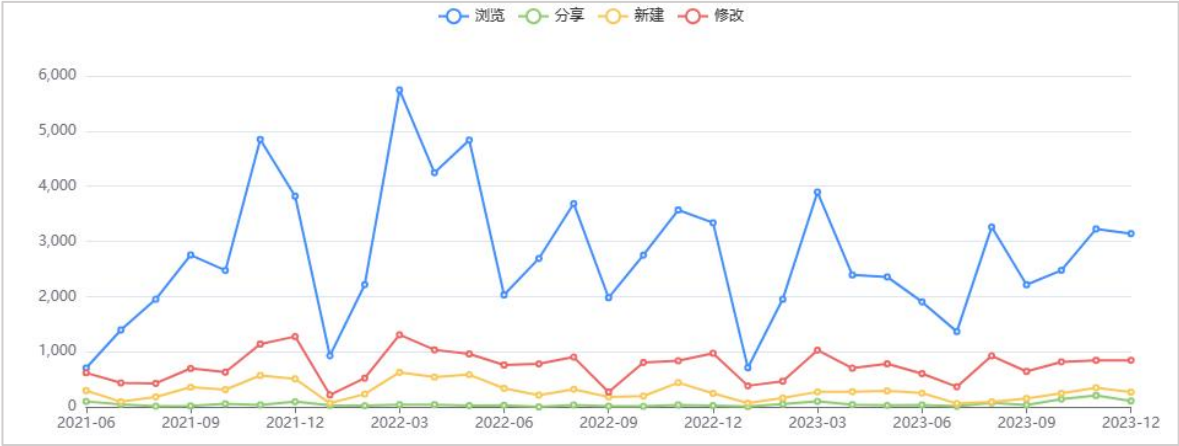


图 6-3 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区浏览、分享、新建和修改应用次数

浏览行为，如表 6-1 所示，培训前月平均浏览次数为 203.9 次，培训后，每个学期浏览次数比较稳定，月平均浏览次数为 2738.5 次。较培训前，培训后浏览次数提高了 12 倍。分享行为，如表 6-2 所示，培训前后，分享行为都是月均约为 50 次，数据说明，分享行为没有明显的变化。

表 6-1 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区浏览次数

学期	2021.06- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	培训后 总计	培训前 总计
总浏览次数	21104.0	23236.0	14311.0	15179.0	11063.0	84893.0	2039
月平均 浏览次数	2344.9	3872.7	2385.2	2529.8	2765.8	2738.5	203.9

表 6-2 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区分享次数

学期	2021.06- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	培训后 总计	培训前 总计
总分享次数	439.0	197.0	157.0	305.0	504.0	1602.0	567.0
月平均 分享次数	48.8	32.8	26.2	50.8	126.0	51.7	56.7

教学资源制作方式有新建新资源或修改他人资源，如图 6-4 所示，在培训前，两种方式相差不多，培训后，修改方式逐渐高于新建方式。新建行为，如表 6-3 所示，培训前月平均次数为 267 次，培训后月平均次数为 286.6 次，没有明显的变化。修改行为，如表 6-4 所示，培训前月平均次数为 301.8 次，培训后月平均次数为 744.6 次，约提高了 1.5 倍次数。数据说明，培训后，教师更愿意在原有的资源进行修改，并且也长期保持着该方式制作资源。



图 6-4 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区新建与修改次数

表 6-3 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区新建次数

学期	2021.06- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	培训后 总计	培训前 总计
总新建次数	2647.0	2640.0	1311.0	1259.0	1028.0	8885.0	2670.0
月平均 新建次数	294.1	440.0	218.5	209.8	257.0	286.6	267.0

表 6-4 2021 年 6 月到 2023 年 12 月武侯区修改次数

学期	2021.06- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	培训后 总计	培训前 总计
总修改次数	5987.0	5761.0	3751.0	4423.0	3161.0	23083.0	3018.0
月平均 修改次数	665.2	960.2	625.2	737.2	790.3	744.6	301.8

（2）资源建设分析

通过这次培训，形成了丰富的资源共享社区。网络画板平台数据显示，武侯区的资源总数达到 26848 个，如图 6-5 所示，当前武侯区的资源总数在 460 多个全国县级区中排名第二。如图 6-6 所示，素材原创有 20267 个，其占资源总数的 75.49%，可见用户积极性非常高，能够较为熟练使用网络画板，并能根据教学需求进行创作；另外，素材再创有 4591 个，其占资源总数的 17.1%，可见教师能较好地进行知识组合化，有效提高素材利用率；活页原创 1846 个，占资源总数 6.88%；活页再创 143 个，占资源总数 0.53%，可见有部分教师用活页进行教学资源演示。

全国 (3082)								
筛选:		不限	省级	地市级	区县级	搜索区域		
空间名称	区域名称	类型	学校数 ↓	非空学校 ↓	用户数 ↓	资源数 ↓	应用次数 ↓	权限
四川省成都市武侯区	武侯区	区县级	262	19	557	26809	174388	展示
四川省成都市青白江区	青白江区	区县级	115	29	1060	20083	241731	展示
广东省广州市番禺区	番禺区	区县级	573	53	586	13191	228226	展示
贵州省遵义市仁怀市	仁怀市	区县级	421	5	36	8931	60394	展示
浙江省温州市经济开发区	经济开发区	区县级	56	3	7	8276	66274	展示

图 6-5 网络画板平台资源总数排名

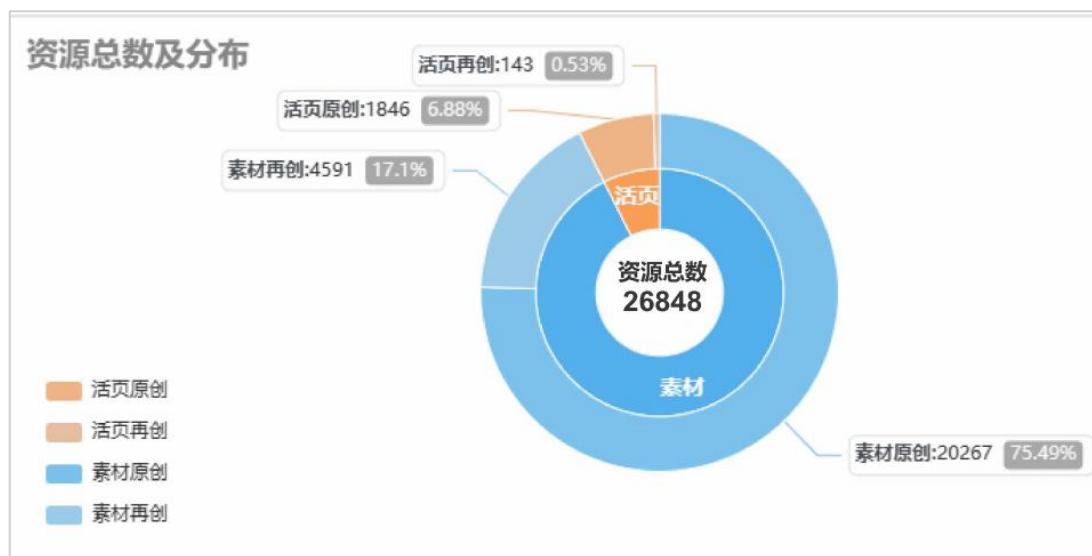


图 6-6 武侯区资源总数及其分布

（3）其他方面成效

成都市棕北中学形成了一支优秀的数学教师团队，在本次培训中起着领头的作用，其团队获得武侯区第四届优秀教学成果奖。其中，L 教师作为专家型教师，多次成功申报项目和获得奖项，比如，立项经教育部教师工作司专项委托课题《中小学数学教师信

息化教学能力显著提升的研究与实践》子课题——《基于网络画板的初中数学实验教学实践研究》，获第十七届全国初中信息技术与教学融合创新课例一等奖，执教的《全等三角形回顾与思考》课例为“2020年新媒体新技术教学应用研讨会暨第十三届全国中小学创新课堂教学实践观摩活动”网络视频“入围课例”等。同时，其他教师也收获许多，Z主持成都市“十三五”教育信息技术及教育装备研究课题《基于网络画板的初中数学教学区域实践研究》；M老师的课例《频率的稳定性》在2022年武侯区智慧教学新生态项目学校优质课展评活动中获得特等奖。综上，通过这次教师培训活动，教师不仅获得教学能力的提升，而且科研能力也有较大的提升。

6.1.4 本节小结

武侯区“基于SECI的知识转化”实施路径基于SECI知识转化模型，整个过程DM-TPACK知识从外显知识逐渐内化为能力，教师DM-TPACK稳步提高，教师整合DM技术的教学能力更持续。虽然从培训到现在已经持续31个月，但是仍然活跃度非常高；而且资源制作总数遥遥领先，超出第二名6千个资源；同时，形成了优秀的专家型教师团队，该模式对新手教师进行考核，考核优秀的老师可转为专家型教师，不断向专家型教师团队输入新鲜力量，继而推动整个区域的发展。

总之，武侯区数学教师经过“基于SECI的知识转化”教师培训，表明区域数学教师DM-TPACK能力得到有效提高并可持续发展，形成一个有活力的教研生态，创设示范性教师培训项目。

6.2 番禺区北片“双师制”实施路径成效分析

6.2.1 番禺区北片实践过程

本次教师培训于2021年10月开始，主要是番禺区北片初中教师参与，共有83名。

第一阶段是“培训+创作”，时间从2021年10月到2022年2月，主要是由企业技术指导员线上培训教师关于网络画板操作，教师通过资源制作认识网络画板及其教学价值，并掌握基本功能。经过该阶段的培训，发现教师虽然掌握了基本功能，但是未能将网络画板融入整个课堂中，只是偶尔使用来演示数学动态的过程，并且大部分老师表示，虽然功能会用，但是对于复杂问题的，难以做到理想效果的资源。

第二阶段是“需求+服务”，时间从2022年3月到2023年2月，基于第一阶段的

总结,该阶段进行培训方法改进,在学科带头人引领下,首先,带头人组织数学教师每周在线上提出教学需求的资源,并鼓励教师与技术指导员进行沟通,技术指导员依据教师需求进行教学资源制作;然后,任课教师整合资源进行教学,并录制教学片段;课后,教师将视频上传到线上平台,并作自我反思,主要由学科带头人进行发展性评价,其他教师共同体也可以进行评价。

第三阶段是“专业+赋能”,时间从2023年至今,教师已经能常态化运用网络画板进行教学,为了进一步提高自己整合技术教学的能力,教科研院鼓励教师进行省级规划课题、市级教育信息化研究课题申报,组织教师进行课例研讨、沙龙教研和名师讲座等系列活动。

6.2.2 访谈问卷分析

在进行培训前,选择两名教师进行访谈,第一位教师是从本科毕业后一直在该校从教,有21年的教龄,教学经验丰富和教学能力出色,并且获得课题项目;第二位教师是硕士研究生毕业,有3年教龄,教学能力比较好,具体访谈回答如下。

(1) 该案例中,是否需要整合动态数学技术教学?以及在多大程度上运用技术辅助教学呢?

教师1: 这里技术运用得很恰当,从新的平行四边形过渡到学过的长方形,新旧知识很好连接,学生一看就明白,这位老师完全是让学生去发现,学生可以随意移动图形做探索,这样知识也学得比较牢固。

教师2: 我一般直接用教具模拟这个过程,这个比教具好,学生都可以看得到,辅助了图形变换的过程。

(2) 该案例中,整合动态数学技术教学的优势与不足在哪里?

教师1: 能体现一个图形变化过程,色彩也很明显,这位老师也教得很好,但是如果整个过程再流畅一点就比较好,比如让不同学生提出不同猜想,再一一去验证,启发性就更强一些。

教师2: 技术辅助下能比较直观呈现内容,整个过程比较能体现以学生为中心,没看出有什么不足。

(3) 该案例中,动态数学技术是否能促进学生对数学知识兴趣、理解与应用?

教师1: 会比较感兴趣,这个案例里,老师先进行提问,网络画板可以进行图形移动,学生就会觉得好玩,对于上讲台的这位学生,自己动手参与整个过程,就更有体会,

其他同学虽然是观看的角度，但是也在这个过程中进行观察和思考。

教师 2：我看学生都很有活力，虽然只由一个学生操作，但是其他同学也能很快回答问题，教师和同学之间互动很好。

（3）你认为在日常整合动态数学技术进行教学的难点在哪里？

教师 1：主要自己平时工作比较忙，比较少去这些技术，我希望能比较容易上手一点，遇到问题也可以有人帮忙解决。

教师 2：我很乐意去学这个技术，这样就很方便作图，讲课就更加高效，我不是很清楚哪些知识点用比较好，用的时候怎么引导学生去思考问题。

通过这次访谈，可知教师们觉得整合动态数学技术的教学是有利于促进学生兴趣和理解的，能针对教学案例评价 DM 技术的优势与不足；总结教师们的难点，可知教师希望技术入门门槛低，并有一起交流的教师，新手教师更希望学会技术与课堂的整合方法。

6.2.3 表现性评价分析

番禺区北片数学教师在该模式培训下，经过多次培训和实践，教师们在教学和教研上收获了许多成果，培训模式被逐渐推广。

（1）应用次数及行为分析

网络画板平台数据显示，截至日期为 2023 年 12 月，自培训后，番禺区北片用户活跃度得到提高，活跃度排名一直稳居 460 多个全国县级区前 3 名，目前数据显示排名第二，如图 6-1 所示。

在应用次数方面，如图 6-7 所示，如表 6-5 所示，自培训后，总应用次数为 22 万多，从阶段周期看，第一个阶段月平均应用次数是 4.2 千多次，第二阶段月平均应用次数是 9.6 千多次，第三阶段月平均应用次数是 8.4 千多次，第二阶段培训是第一阶段培训的 2 倍多，数据表明，在企业技术导师技术支持下和学科带头人引领下，教师积极性非常高，特别是 2022 年 3 月，月总高达 4.2 万次，第三个阶段月平均应用次数是 8433 次，是第一阶段培训的 2 倍，数据表明，即使培训时间已经持续 2 年多，教师依然保持着较高的应用次数。

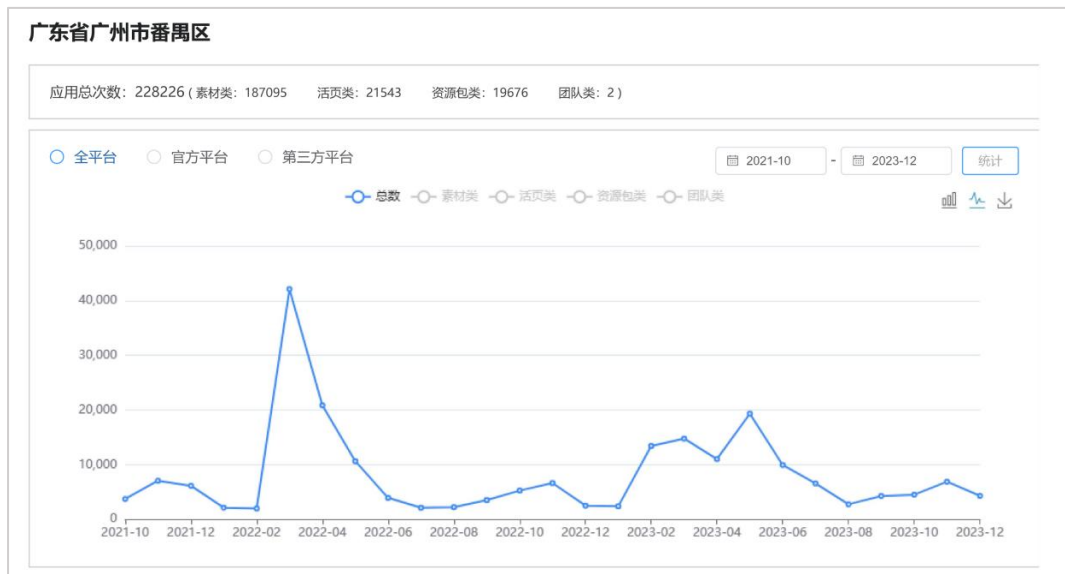


图 6-7 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片每月总应用次数

表 6-5 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片应用次数

阶段	第一阶段	第二阶段		第三阶段		总计
学期	2021.10- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	2021.10- 2023.12
学期应用 总次数	21031.0	81892.0	33714.0	64357.0	19973.0	220967.0
学期月平均 应用次数	4206.2	13648.7	5619.0	10726.2	4993.3	8498.7
阶段应用 总次数	21031.0	115606.0		84330.0		220967.0
阶段月平均 应用次数	4206.2	9633.8		8433.0		8498.7

在应用行为主要分析浏览、分享、新建和修改行为，浏览和分享一般是观看（搜索）和演示资源行为，新建和修改一般是制作资源行为。如图 6-8 所示，每种行为的趋势是比较一致的，因其他行为过程中伴随着浏览行为，所以浏览行为是领先其他行为，具体分析如下。



图 6-8 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片浏览、分享、新建和修改应用次数

在浏览行为中，教师在搜索资源和演示资源等会被标记为浏览行为，如表 6-6 所示，总的来说，浏览次数非常高，说明用户活跃度很好，其中，第一阶段月均次数为 3 千多次，第二阶段月均次数为 5.6 千多次，第三阶段是 5.5 千次，总体下来，总月均浏览次数约为 5 千次，数据表明，教师经常进行资源搜索以找到满足教学需求的资源和在课堂进行资源演示等活动。

表 6-6 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片浏览次数

阶段	第一阶段	第二阶段		第三阶段		总计
学期	2021.10- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	2021.10- 2023.12
学期浏览 总次数	15425.0	47092.0	20719.0	43046.0	12113.0	138395.0
学期月平均 浏览次数	3085.0	7848.7	3453.2	7174.3	2422.6	5125.7
阶段浏览 总次数	15425.0	67811.0		55159.0		138395.0
阶段月平均 浏览次数	3085.0	5650.9		5515.9		5125.7

分享资源是教师共同体进行知识分享的重要途径，虽然分享行为是这四个行为中最低的曲线，但是其数据可以反映教师之间的交流活动等，如表 6-7 所示，第一阶段是月平均分享次数是 130 次，第二阶段月平均分享次数是 305.6 次，第三阶段月平均分享次

数是 112.2 次,数据表明,在第二阶段中“需求+服务”形式,教师互相学习积极性很高,教师乐于分享资源进行学习。

表 6-7 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片分享次数

阶段	第一阶段	第二阶段		第三阶段		总计
学期	2021.10- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	2021.10- 2023.12
学期分享 总次数	650.0	3000.0	667.0	698.0	424.0	5439.0
学期月平均 分享次数	130.0	500.0	111.2	116.3	106.0	201.4
阶段分享 总次数	650.0	3667.0		1122.0		5439.0
阶段月平均 分享次数	130.0	305.6		112.2		201.4

在资源制作方面,总体上,教师直接修改资源的次数比新建资源次数高,说明修改资源的方式比较受老师们的欢迎,如图 6-9 所示。在新建资源方面,如表 6-8 所示,第一阶段月平均约 100 次,第二阶段约为 600 次,第三阶段约为 250 次,相较于第一阶段,第二阶段提高了 5 倍,后续第三阶段提高了 2 倍多。数据说明,经过培训后,教师更加熟悉网络画板功能,能进行资源自主创作。在修改资源方面,如表 6-9 所示,第一阶段月平均是 528 次,第二阶段月平均是 4130.07 次,第三阶段是 1329.5 次,总阶段能达月平均 2426 次,第二阶段是第一阶段的 7 倍,第三阶段是第一阶段的 2 倍,数据表明,资源再次创作的月平均次数越来越多,教师更愿意修改已有的资源,以满足教学的需求。



图 6-9 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片新建和修改次数

表 6-8 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片新建次数

阶段	第一阶段	第二阶段		第三阶段		总计
学期	2021.10- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	2021.10- 2023.12
学期新建 总次数	503.0	6095.0	1079.0	2258.0	403.0	10338.0
学期月平均 新建次数	100.6	1015.8	179.8	376.3	100.8	382.9
阶段新建 总次数	503.0	7174.0		2661.0		10338.0
阶段月平均 新建次数	100.6	597.8		266.1		382.9

表 6-9 2021 年 10 月到 2023 年 12 月番禺区北片修改次数

阶段	第一阶段	第二阶段		第三阶段		总计
学期	2021.10- 2022.02	2022.03- 2022.08	2022.09- 2023.02	2023.03- 2023.08	2023.09- 2023.12	2021.10- 2023.12
学期修改 总次数	2640.0	43239.0	6329.0	9032.0	4263.0	65503.0
学期月平均 修改次数	528.0	7206.5	1054.8	1505.3	1065.8	2426.0
阶段修改 总次数	2640.0	49568.0		13295.0		65503.0
阶段月平均 修改次数	528.0	4130.7		1329.5		2426.0

(2) 资源建设分析

通过这次培训,形成了丰富的资源共享社区。网络画板平台数据显示,番禺区北片的资源总数达到 13191 个,如图 6-5 所示,番禺区北片在 460 多全国县级区中资源总数排名第三。如图 6-10 所示,素材原创有 9450 个,其占资源总数的 72.05%,素材再创有 2216 个,其占资源总数的 16.89%,活页原创有 1373 个,占资源总数 10.47%,活页再

创 77 个, 占资源 0.59%。数据表明, 教师能够熟练地操作网络画板, 还能根据教学需求灵活地进行资源创作, 同时, 有些老师能将素材整合成活页进行教学。

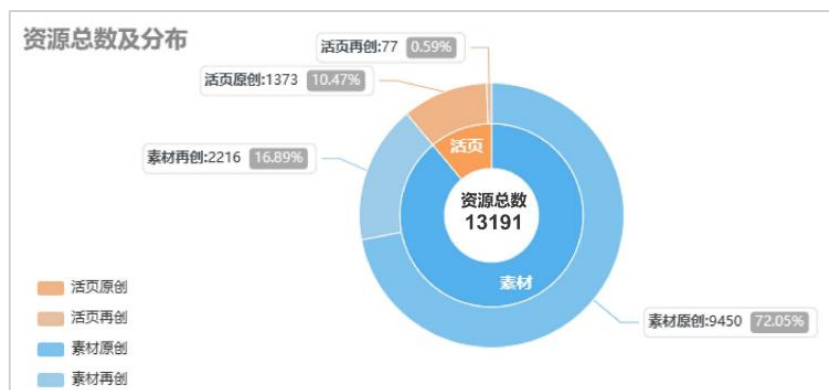


图 6-10 番禺区北片资源总数

（3）其他方面成效

教师整合动态数学技术进行教学能力得到很大提高, 多次获得教学相关奖项, 有 C 教师《融合信息技术, 创新数学课题——以年、月、日为例》获教育部创新应用教学案, 徐玲教师《17.1.1 勾股定理》(网络画板赋能) 课例获省级精品课程, S 教师《动态几何中的相似三角形问题》获市微课比赛一等奖。同时, 提高教师教研能力, 有 S 教师主持省级规划课题(重点)——《基于网络画板的初中数学实验课程的开发与应用研究》。区域教师培训成效辐射面广, 负责人多次被邀请到各地作经验分享, 总体上, 整个区域教师 DM-TPACK 能力得到有效提高, 并且教师还在不断探索新的整合 DM 技术的教学方式, 具有一定的社会影响力。

6.2.4 本节小结

番禺区北片“双师”制实施路径突出“双师制”的优势, 由学科带头人引领和技术指导教师帮助教师, 有利于降低教师负担, 降低教师整合 DM-TPACK 技术教学的门槛, 吸引更多教师参与其中。同时, 该模式注重共同体发展, 教师们之间更乐于分享, 更为亮点的是教师上传其教学视频, 共同体的成员(学科带头人、其他教师)对其进行发展性评价, 鼓励教师有所成长。综上, 虽然网络画板在该区域推广比较晚, 2021 年 10 月前, 教师几乎没有接触过网络画板, 但在短时间内, 教师能较快认可网络画板的教学价值, 并持续整合 DM 技术进行教学, 整个区域的应用次数飞跃前进, 目前排名第二。

总之, 番禺区北片经过长期的、有反馈的和螺旋上升的教师培训, 区域数学教师

DM-TPACK 能力得到有效提高并且可持续发展,数学教师在日常教学中常态化应用网络画板,继而形成一个灵活的、持续发展的生态,创设示范性教师培训项目。

6.3 武侯区和番禺区北片初中数学教师 DM-TPACK 量表分析

依据设计与开发的初中数学教师 DM-TPACK 量表,在广州市番禺区北片和成都市武侯区的初中数学教师交流群发放量表,并向被调查者说明调查目的和用途,请求被调查者根据自己认知与教学经验如实作答。在五天时间内,收集完毕问卷。经问卷统计与处理,武侯区共收回 91 份问卷,有效问卷有 84 份,番禺区北片共收回 83 份问卷,有效问卷有 79 份。

在整体数据上,统计武侯区和番禺区北片数学教师对 DM-TPACK 五个维度下选择非常不符合、不符合、一般符合、比较符合和非常符合的频数,如图 6-11 所示,W 代表武侯区,P 代表番禺区北片,现对整合 DM 技术教授数学的观念与运用、整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识维度、整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识、整合 DM 技术教授数学的表征和策略知识和整合 DM 技术教授数学的评价知识这五个维度作具体分析,以下教师皆指初中数学教师。

(1) 整合 DM 技术教授数学的观念与运用

整合 DM 技术的观念与运用是指教师在动态数学技术环境下,全面把握数学教与学的整体思想与自我效能感,体现在对新课标理论的理解和认识到 DM 技术在数学教学中的重要作用。数据统计,86.2%武侯区教师和 95.7%番禺区北片教师选择比较符合及以上,如图 6-12 所示,武侯区维度均值为 4.2,番禺区北片维度均值为 4.4。数据说明,(1)两区教师能深刻意识到新课标里技术促进教学的能动作用,并比较认可动态数学技术在数学教学中发挥的重要作用。(2)番禺区北片教师比武侯区认可度更高。

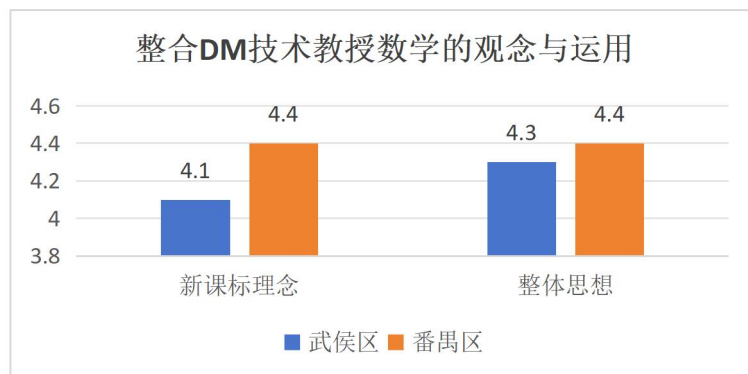


图 6-12 整合 DM 技术教授数学的观念与运用 (武侯区和番禺区北片均值)

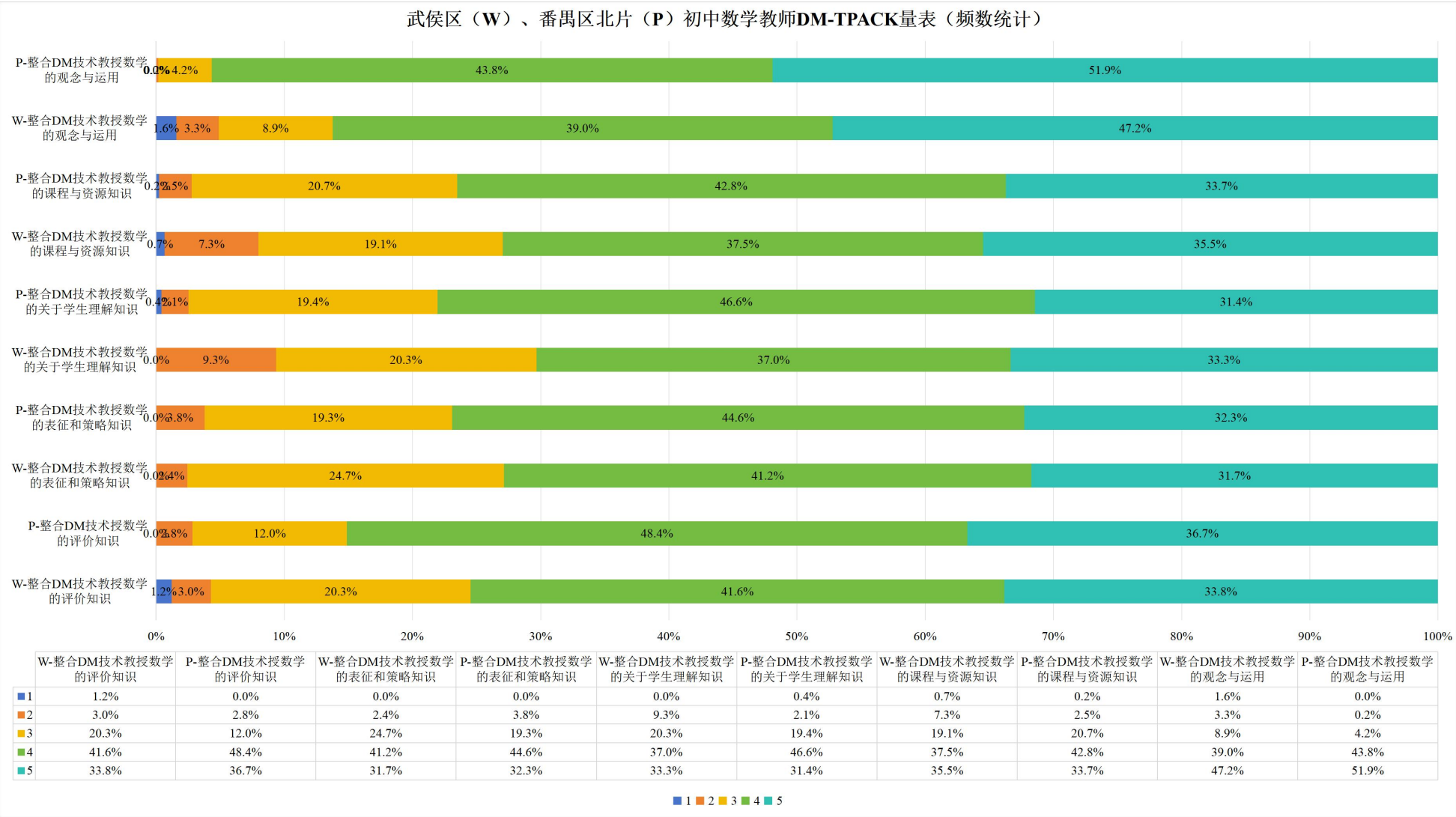


图 6-11 武侯区（W）、番禺区北片（P）初中数学教师 DM-TPACK 量表（频数统计）

（2）整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识

整合 DM 技术教授数学的课程和资源知识指教师在深入理解与掌握数学内容的基础上，运用动态数学技术对数学知识进行设计与组织。数据统计，72.9%武侯区教师和76.5%番禺区北片教师选择比较符合及以上；如图 6-13 所示，武侯区维度均值为 3.9，番禺区北片维度均值为 4.0；在内容延伸方面，番禺区北片教师均值为 4.2，武侯区教师均值为 3.9；在内容获取和评价方面，两区均值都为 3.9。数据说明，（1）两区教师比较能运用动态数学技术组织教学内容，包括表征数学知识和促进知识间的衔接等。（3）两区教师在内容获取和评价方面分数较低，没有完全达到比较符合，说明教师对资源获取和评价有待进一步加强；（2）番禺区北片教师更加注重丰富数学知识，从不同角度加深学生对数学的理解。

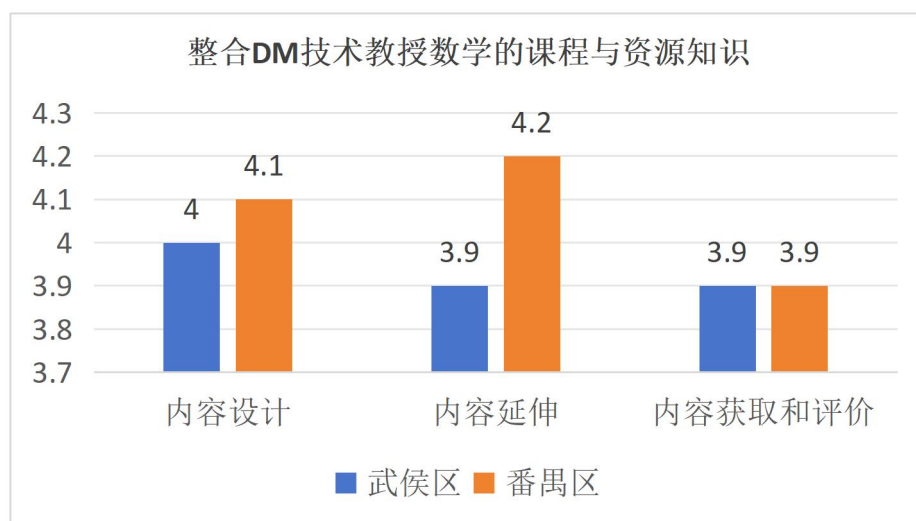


图 6-13 整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识（武侯区和番禺区北片均值）

（3）整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识

整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识强调以学生为中心的教学理念，要求关注学生在动态数学技术支持下的认知特征、思维特点和动态数学技术素养等方面。数据统计，70.3%武侯区教师和 78.1%番禺区北片教师选择比较符合及以上；如图 6-14 所示，武侯区维度均值为 4，番禺区北片维度均值为 3.9；番禺区北片在学习难点与思维发展和学生技术流畅性两方面都低于武侯区。数据说明，两区大部分教师能以学生为中心开展基于动态数学技术下的教学。

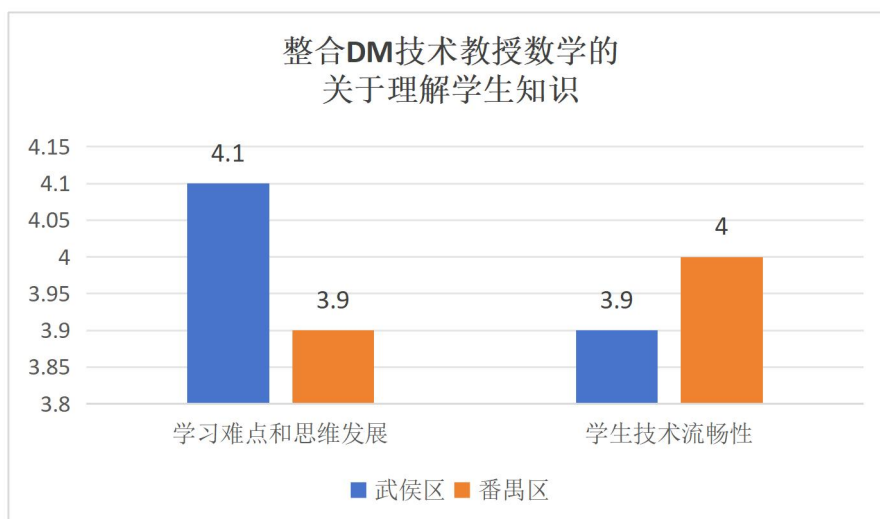


图 6-14 整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识（武侯区和番禺区北片均值）

（4）整合 DM 技术教授数学的表征和策略知识

整合 DM 技术教授数学的教学表征和策略知识旨在动态数学技术环境下如何开展教学的知识。数据统计，72.9%武侯区教师和 76.9%番禺区北片教师选择比较符合及以上；如图 6-15 所示，武侯区和番禺区北片均值都为 4；在教学设计与策略知识，番禺区北片教师稍微高于武侯区教师，均值为 4.1。数据说明，两区大部分教师比较好整合动态数学技术进行教学，能使用动态技术多种方式表征知识，并鼓励学生进行科学探究。

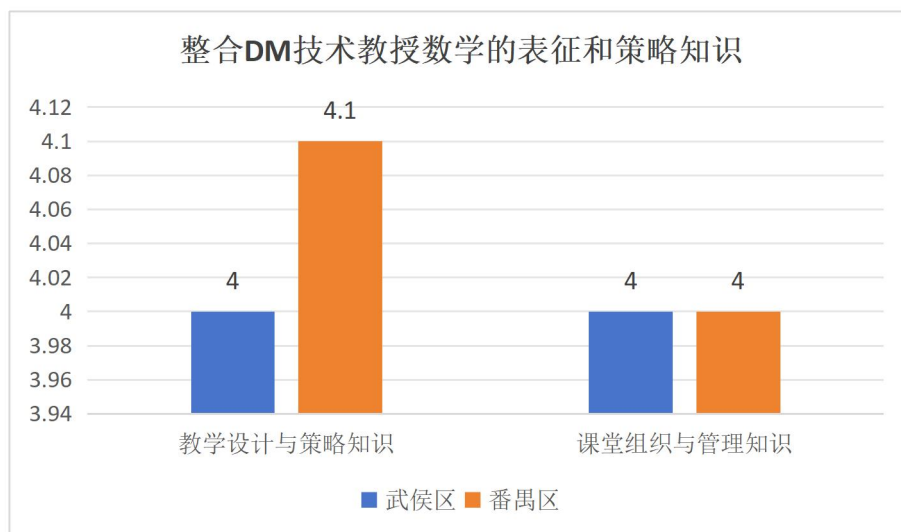


图 6-15 整合 DM 技术教授数学的表征和策略知识（武侯区和番禺区北片均值）

（5）整合 DM 技术教授数学的评价知识

整合 DM 技术教授数学的教学评价知识是指教师在动态数学技术支持下开展教学活动的认识与反思。数据统计，75.5%武侯区教师和 85.1%番禺区北片教师选择比较符合及以上；如图 6-16 所示，武侯区维度均值为 4，番禺区北片维度均值都为 4.2。数据说

明, (1) 两区很大部分教师比较好地自我反思, 包括教学内容组织和教学过程流程性等; (2) 番禺区北片教师评价知识得分整体偏高, 因在培训过程中更加注重评价。

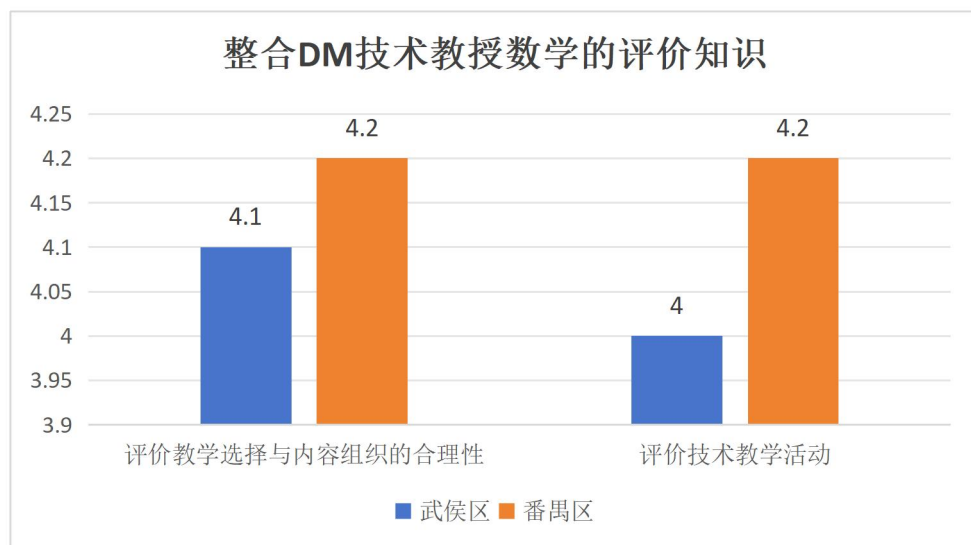


图 6-16 整合 DM 技术教授数学的评价知识 (武侯区和番禺区北片均值)

总的来说, 通过这次培训活动, 两区教师 DM-TPACK 能力得到有效提高, 特别是在整合 DM 技术的观念与运用上, 85%以上教师觉得整合动态数学技术进行教学是十分重要的, 并认识到动态数学技术对教与学发挥的作用。其次, 整合 DM 技术教授数学的教学评价知识的选择 4 及以上占比达 75%以上, 两个地区教学培训都注重对 DM-TPACK 能力的评价, 武侯区教师通过观看课例教学进行教学评价, 番禺区北片教师通过上传自己教学视频进行自评和他评, 因此, 整个培训过程, 教师 DM-TPACK 能力得到有效的反馈, 继而评价知识也随之提高。其他三方面高分比例占 70%以上, 说明大部分知识得到有效提高, 但还需加强个别方面的培训, 因此, 在后续培训中, 可以对以下方面进行优化。

1) 在课程与资源知识方面, 加强对资源获取方式的讲解和资源质量的评价, 鼓励教师使用网络画板中的优质资源, 优质资源是收费资源, 由企业技术与一线教师打造的与教材配套的资源。

2) 在关于理解学生知识方面, 教师应深入观察学生在课堂表现, 在案例教学中, 不应只关注教学教得怎么样, 还需增强对学生表现的观察与讨论, 继而提高理解学生知识。

3) 在表征和策略知识方面, 虽然两区均值都为 4 以上, 但是该知识是 DM-TPACK 能力最直接的体现, 对教学效果影响较大。实践表明“以赛促教”和“教研结合”都是提高教学能力的有效途径, 因此, 鼓励教师在后续多参加教学比赛或申报教研项目。

6.4 本章小结

本章通过专家访谈、量表测试和表现性评价来分析武侯区“基于 SECI 的知识转化”和番禺区北片“双师制”实施路径的实践成效。

专家访谈主要是在培训前，了解到教师整体上认可网络画板的教学价值，但是存在不知道如何整合 DM 技术进行教学的问题。

量表测试主要在培训中了解教师掌握 DM-TPACK 的情况，从定量上分析教师整合 DM 技术的观念与运用、整合 DM 技术教授数学的课程和资源知识、整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识、整合 DM 技术教授数学的教学策略和管理知识和整合 DM 技术教授数学的教学评价知识。数据表明大部分教师 DM-TPACK 能力得到有效提高，在观念与运用知识和评价知识方面，教师选择比较符合及以上的频数占比例 75%以上，说明十分认可动态数学技术促进教学的作用，并且能对 DM-TPACK 进行自评和他评。其他三个维度，教师选择比较符合及以上的频数占比例 70%以上，说明教师较好地整合 DM 技术进行以学生为中心的教学内容设计和教学方式创新，但还需进一步加强这三方面的知识。

表现性评价主要在培训后，评估教师持续发展 DM-TPACK 情况，分析应用网络画板次数及行为、建设教学资源的情况和教学研究成果等，从定性上分析可知武侯区番禺区北片的数学教师 DM-TPACK 得到可持续发展，并对社会产生一定影响，成果辐射范围广，创设示范性教师培训。

第7章 结论与展望

本章主要从研究结论、研究创新点与研究展望这三个方面展开论述,首先,针对本文所提出的三个研究问题,概述研究发现,总结研究结论;其次,从研究内容、研究方法和实践应用等方面论述本研究的创新点。最后,指出本研究的不足,并作进一步的研究展望,以期为未来相关研究提供有价值的参考与启示。

7.1 研究结论

7.1.1 问题1的研究总结

问题1:初中数学教师DM-TPACK是什么?应包括哪些构成因素以及因素之间有什么关联?各构成因素的内涵分别是什么及其组成要素有什么?

本文结合动态数学技术动态可视化、学科性和交互性特点与数学TPACK框架,构建了初中数学教师DM-TPACK结构模型。研究发现,该DM-TPACK结构模型明确了初中数学教师整合动态数学技术进行教学的知识框架,具有融合性和指导性。

(1) 该模型具有融合性,表示技术知识、数学知识和教学知识三者并不是简单的叠加,而是由这三种知识融合形成整合DM技术的相关知识,包括整合DM技术的观念与运用、整合DM技术教授数学的课程和资源知识、整合DM技术教授数学的关于理解学生知识、整合DM技术教授数学的教学策略和管理知识和整合DM技术教授数学的教学评价知识。通过专家咨询法确定各构成因素的内涵和组成要素,如表3-4所示。

(2) 该模型具有指导性,打破传统的概念式框架,从教学系统论出发,各构成因素形成“教什么”、“教谁”、“怎么教”和“教得怎么样”的结构模型,厘清了这五个构成因素之间的结构关系,体现为观念与运用起着统领作用,评价知识贯穿整个过程,课程和资源知识、理解学生知识、教学策略和管理知识形成“教什么”、“教谁”和“怎么教”的关系,有利于进一步指导测量研究和发展研究。

7.1.2 问题2的研究总结

问题2:如何测量初中数学教师DM-TPACK能力水平?测量方法应尽可能系统地、科学地和合理地评估初中数学教师DM-TPACK能力水平。

本文基于TPACK测量的设计原则,提出了初中数学教师DM-TPACK方法。研究

发现,该测量方法能科学合理地评价初中数学教师 DM-TPACK 发展水平,具有系统性和针对性。

(3) 该模型具有系统性,采用了定量研究和定性研究的混合研究方法,该评价贯穿整个教师培训过程,体现在采用访谈问卷在培训前深入了解教师需求、采用量表在培训中反馈教师 DM-TPACK 发展情况和采用表现性评价在培训后反映整个区域教师 DM-TPACK 水平。

(4) 该模型具有针对性,各种测量方法针对动态数学技术进行设计与开发。(1) 访谈问卷设有应用动态数学技术教学情境,被访问者能根据自身经验回答问题,继而深入了解教师 DM-TPACK 发展情况。(2) 针对动态数学技术开发了初中数学教师 DM-TPACK 量表,通过问卷预测,表明该量表具有较高的信效度,能有效测量初中数学教师 DM-TPACK 发展水平。(3) 表现性评价基于数据对教师应用动态数学技术情况进行分析,客观反映区域教师 DM-TPACK 可持续发展水平。

7.1.3 问题 3 的研究总结

问题 3: 如何构建初中数学教师 DM-TPACK 培养模式? 如何根据“境脉”因素,构建区域特色的初中数学教师 DM-TPACK 实施路径?

本文基于 TPACK 培养方式的设计原则,构建了初中数学教师 DM-TPACK 培养模式。该模式以提高 DM-TPACK 能力为目标,强调根据“境脉”因素,灵活结合实践层 SECI 理论、活动、共同体和保障机制。实证验证了,该模式指导下的实施路径,能有效提高教师 DM-TPACK 能力并可持续发展,培训效果得到社会认可,辐射面广,创设示范性教师培训。

(1) “技术融入”思想是培养教师整合技术教学的有效路径,“技术融入”思想打破单纯技术培训方式,该培养模式由各地教科院牵头组织,根据各地政策、文化背景等,提出区域特色的实施路径。实践表明,区域教师不仅能熟悉掌握动态数学技术,还掌握整合动态数学技术创新教学方法,甚至还提高基于动态数学技术的相关教研研究能力。

(2) “境脉”是培养教师整合技术教学的重要因素。(1) 根据武侯区重视教师专业发展等“境脉”,提出了“基于 SECI 的知识转化”实施路径,实践表明该路径清晰表明知识转化路径,教师循序渐进将基于 SECI 模型的 DM-TPACK 知识转化为 DM-TPACK 能力,据统计,武侯区教师应用动态数学技术进行教学的次数约是培训前的 5.5 倍,应用次数在全国 460 个区县级中排名第三;建设资源总数为 26848 个,在全国 460 多个全

国县级区中排名第一。(2)根据番禺区北片乐教等“境脉”,提出了“双师制”实践模型,实践表明该路径有效降低教师负担,降低整合DM技术进行教学的门槛,并形成“互帮互评”的教师共同体。据统计,番禺区北片教师应用动态数学技术进行教学的次数月平均8.6千次,应用次数在全国460个区县级中排名第二;建设资源总数13191个,资源制作总数在全国460个区县级中排名第三。

(3)实践层是培养教师整合技术教学的基础保障。实践表明,教科院、企业和学校合力形成共同体,提供政策支持、技术支持和实践支持,有利于推广动态数学技术;DM-TPACK是综合性知识,丰富的活动促进理论知识和实践知识融合,继而促进DM-TPACK知识内化成DM-TPACK能力。保障机制贯穿整个实践过程,有利于促进教师DM-TPACK可持续发展。

7.2 研究创新

TPACK早在2005年被提出,并得到学者广泛的关注。近些年,在教育数字化背景下,技术对教学改革的影响越来越大,继而学者更加关注信息技术与学科知识、教学知识的深度融合。“境脉”是TPACK的重要因素,有关注学科知识的TPACK,有关注教学活动的TPACK研究,有关注技术的TPACK研究。总体来看,技术型的TPACK研究数量比较少和研究方向比较单一,没有形成系统的研究,导致框架研究、测量研究和发展研究是割裂的。本研究将动态数学技术与数学知识、教学方法进行整合,提出初中数学教师DM-TPACK,并对此进行系统研究,具有较好的理论与实践创新价值。

(1)在TPACK框架研究中,本研究首次提出面向初中数学教师整合动态数学技术的数学教学知识——DM-TPACK结构模型。虽然有关于数学学科的TPACK研究,但是其技术知识仅仅是常用的信息技术,并没有对数学的学科技术(动态数学技术)进行研究,所以,整合动态数学技术的数学教学知识的研究是空白的。

(2)在TPACK测量研究中,本研究首次提出初中数学教师DM-TPACK测量方法。本研究的测量模型明确整个教师培训过程中采用何种方法进行阶段性测评,具有较强的指导性。更重要的是,本研究设计并开发的DM-TPACK量表,该测量方法强调了动态数学技术的能动作用,目前还没有整合动态数学技术的数学教学知识的相关量表,进一步丰富了技术型的TPACK测量方法。

(3)在TPACK培养方式研究中,本研究首次提出初中数学教师DM-TPACK培养模式与实施路径。国内TPACK发展研究大多停留在策略研究。本研究提出DM-TPACK

培养模式,系统明晰 DM-TPACK 培养方式,包括“境脉”分析、动态数学技术环境分析、发展场所和机制保障等。并且,该模型十分重视“境脉”因素,继而提出区域特色的实施路径。这种培养模式与实施路径相结合的方式进一步推动 TPACK 培养方式研究,从策略性指导到实践性指导,具有较强的创新性。

(4) 本研究在成都市武侯区和广州市番禺区北片进行区域教师培训,以加强教师整合动态数学技术进行教学能力。实践表明整个区域教师 DM-TACK 得到有效的提高并可持续发展,获得了丰富的实践成果,形成示范性教师发展模式,对教师发展研究具有一定参考性。

7.3 研究展望

本研究在初中数学教师 DM-TPACK 发展取得了一定成果,构建了理论模型和进行了实证研究,客观地对本研究理论应用、研究方法和研究过程进行评价,仍然存在一些不足和局限,需在未来研究中进行改进和完善。具体如下:

(1) 在初中数学教师 DM-TPACK 结构模型,虽然借鉴了国内外经典的 TPACK 模型,这些经典模型比较偏向普适的 TPACK 模型或偏向学科知识的 TPACK 模型,但是 DM-TPACK 结构模型是国内首次尝试关注动态数学技术知识的 TPACK 模型,有待进一步完善。另一方面,虽然通过专家咨询法验证该模型科学性和合理性,后续研究可以应用其他研究方法,进一步验证其科学性和合理性。

(2) 在初中数学教师 DM-TPACK 测量模型与方法,测量模型能客观反映教师在整个过程 DM-TPACK 发展情况,但是结合定性研究和定量研究的混合研究方法应更具有灵活性,因此,有待进一步丰富测量方法和丰富测量策略。另外,在设计与开发初中数学教师 DM-TPACK 量表时,虽然对量表进行信度、效度和探索性因子分析,并有良好的结果,但是缺少验证性因子分析,因此,后续可以加大样本进行验证性因素分析并做出相应修订,进一步增强其研究的可靠性和准确性。

(3) 在初中数学教师 DM-TPACK 培养模式与实施路径,一方面,DM-TPACK 培养模式能有效指导区域教师的教师培训,但随着时代的变化,后续研究可以根据教育政策、教育目标和教育要求等,需进一步完善该培养模式,加强模型可发展性和可操作性。另一方面,在 DM-TPACK 培养模式指导下,应在更多区域进行实践,建设更多有示范性有特色的教师培训,进一步在各地推广整合动态数学技术教学。

参考文献

- [1] 黄荣怀. 教育数字化转型的国际理解与核心关切[J]. 上海教育, 2022(36): 16-17.
- [2] 黄荣怀. 加快教育数字化转型推动学校高质量发展[J]. 人民教育, 2022(Z3): 28-32.
- [3] 教育部. 二十国集团教育部长会议举行[EB/OL].(2022-09-01)[2023-03-10].HTTP:www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/gzdt_gzdt/more_1485/202209/t20220901_657425.html.
- [4] 仝曼曼, 刘宝存. 数字素养:我国小学教师专业成长的“必修课”[J]. 中国教育学刊, 2023(08): 86-91.
- [5] 田小红, 季益龙, 周跃良. 教师能力结构再造:教育数字化转型的关键支撑[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(03): 91-100.
- [6] 周佳伟, 王祖浩. 信息技术与学科教学如何深度融合——基于 TPACK 的教学推理[J]. 电化教育研究, 2021, 42(09): 20-26+34.
- [7] 武加霞, 薛栋. 教师数字能力:提出背景,变化沿革与培育路径——基于三版联合国教科文组织《教师信息与通信技术能力框架》的比较研究[J]. 高等职业教育探索, 2023, 22(01): 62-69.
- [8] 尤佳鑫, 孙众, 宋伟. 数字教材的技术接受度与教师 TPACK 能力的相关分析——基于结构方程模型的实证研究[J]. 电化教育研究, 2014, 35(11): 102-108.
- [9] 仇晓春, 肖龙海. 教师数字胜任力框架研究述评[J]. 开放教育研究, 2021, 27(05): 110-120.
- [10] 刘世明, 陈惠红. 基于“互联网+”的 TPACK 教师培育模式研究[J]. 教学与管理, 2018(27): 53-55.
- [11] 周莹, 莫宗赵. 我国 TPACK 研究的回顾、反思与展望[J]. 黑龙江高教研究, 2019, 37(08): 59-64.
- [12] Bokosmaty S, Mavilidi M F, Paas F. Making versus observing manipulations of geometric properties of triangles to learn geometry using dynamic geometry software[J]. Computers & Education, 2017(113): 313-326.
- [13] 何克抗. 现代教育技术与创新人才培养(下)[J]. 电化教育研究, 2000(07): 17-21.
- [14] 左晓明, 田艳丽, 贡超. 基于 GeoGebra 的数学教学全过程优化研究[J]. 数学教育学报, 2010, 19(01): 99-102.
- [15] 管皓, 秦小林, 饶永生. 动态数学数字资源开放平台的研究与设计[J]. 哈尔滨工业

- 大学学报, 2019, 51(05): 14-22.
- [16] 孟庆茂. 教育科学研究方法[M]. 北京: 中央广播电视大学出版社, 2001: 80-81.
- [17] 刘军. 公共关系学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 32-34.
- [18] Shulman L S. Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching[J]. Educational Researcher, 1986, 15(02): 4-14.
- [19] Shulman L S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform[J]. Harvard Educational Review, 1987, 57(01): 1-22.
- [20] Grossman L. The Making of A Teacher: Teacher Knowledge and Teacher Education[M]. New York: Teacher College Press, 1990: 98-120.
- [21] Grossman L, Schoenfeld A, Lee C. Teaching Subject Matter[C]. San Francisco: JosseyBass, 2005: 201-231.
- [22] Mishra P, Koehler M J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge[J]. Teacher College Record, 2006, 108(08): 1017-1054.
- [23] Voogt J, Fisser P, Pareja Roblin N, et al. Technological Pedagogical Content Knowledge-A Review of the Literature[J]. Journal of Computer Assisted Learning, 2013, 29(02): 109-121.
- [24] Cox S, Graham C R. Diagramming TPACK in practice: using and elaborated model of the TPACK framework to analyze and depict teacher knowledge. Tech Trends, 2009, 53(05): 60-69.
- [25] Koehler M, Mishra P. Introducing TPCK. In Handbook of Technological Pedagogical Content Knowledge(TPCK) for educators(eds AACTE Committee on Innovation and Technology)[C], New York: Routledge, 2008: 3-29.
- [26] Niess M L, Investigating TPACK: Knowledge Growth in Teaching with Technology[J]. Journal of Educational Computing Research, 2011(44): 299-317.
- [27] Angeli C. Valanides N. Epistemological and Methodological Issues for the Conceptualization, Development and Assessment of ICT-TPCK: Advances In technological Pedagogical Content Knowledge(TPCK)[J]. Computers & Education, 2009(52): 154-168.
- [28] Kelly M. Culturally Sensitive Teaching with Technology: Implementing TPCK in Culturally Mixed Contexts[A]. Society for Information Technology & Teacher

- Education International Conference[C]. USA: AACE, 2007: 2199-2202.
- [29] 袁智强. 数学师范生整合技术的学科教学知识(TPACK)发展研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
- [30] Guerrero S. Technological pedagogical content knowledge in the mathematics classroom[J]. Journal of Digital Learning in Teacher Education, 2010, 26 (04): 132-139.
- [31] Ball D L, Thames M H, Phelps G. Content knowledge for teaching what makes it special?[J]. Journal of Teacher Education, 2008, 59(05): 389-407.
- [32] Getenet S T. Adapting technological pedagogical content knowledge framework to teach mathematics[J]. Education and Information Technologies, 2017(05): 2629-2644.
- [33] 段元美, 闫志明, 张克俊. 初中数学教师 TPACK 构成研究[J]. 电化教育研究, 2015, 36(04): 114-120.
- [34] 张新颜. 初中数学教师 TPACK 结构的探索研究[J]. 数学教育学报, 2016, 25(04): 79-83.
- [35] 蔡敬新, 邓峰. “技术-教学-学科知识”(TPACK)研究:最新进展与趋向[J]. 现代远程教育研究, 2015(03): 9-18.
- [36] 周莹, 莫宗赵. 我国 TPACK 研究的回顾、反思与展望[J]. 黑龙江高教研究, 2019, 37(08): 59-64.
- [37] Koehler M J, Mishra P, Akcaoglu M, et al. The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework for Teachers and Teacher Educators[M]. 2013: 23-25.
- [38] Scott K C. A Review of Faculty Self-Assessment TPACK Instruments (January 2006 - March 2020)[J]. International Journal of Information and Communication Technology Education, 2021, 17(02): 118-137.
- [39] 谭雪梅, 潘健. 整合技术的学科教学法知识(TPACK)测评及发展模式研究[J]. 教师教育学报, 2016, 3(06): 96-103.
- [40] 顾艳霞, 钱旭鸯. 国内外 TPACK 测量方法的研究现状及思考[J]. 远程教育杂志, 2016, 34(05): 97-104.
- [41] 黄斌, 吴成龙. 基于内容分析法的 TPACK 国内研究综述[J]. 贵州师范学院学报, 2019, 35(10): 65-73.
- [42] Graham C R. Theoretical considerations for understanding technological pedagogical content knowledge(TPACK)[J]. Computers & Education, 2011, 57(03): 1953-1960.

- [43] Schmidt D A, Baran E, Thompson A D, et al. Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)[J]. Journal of Research on Technology in Education, 2009, 42(02): 123-149.
- [44] Archambault L, Crippen K. Examining TPACK among K-12 Online Distance Educators in the United States[J]. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education (CITE Journal), 2009, 9(01): 71-88.
- [45] 钟洪蕊. 小学科学课教师的技术-教学法-内容知识(TPACK)研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2010.
- [46] 张育桂. 小学数学教师整合技术的学科教学知识(TPACK)研究[D]. 信阳: 信阳师范学院, 2011.
- [47] Koehler M J, Mishra P, Yahya K. Tracing the Development of Teacher Knowledge in a Design Seminar: Integrating Content, Pedagogy and Technology[J]. Computers & Education, 2007, 49(03): 740-762.
- [48] Groth R, Spickler D, Bergner J, et al. A Qualitative Approach to Assessing Technological Pedagogical Content Knowledge[J]. Contemporary Issues in Technology & Teacher Education, 2009, 9(04): 392-411.
- [49] Britten J S, Cassady J C. The Technology Integration Assessment Instrument: Understanding Planned Use of Technology by Classroom Teachers[J]. Computers in the Schools, 2006, 22: 49-61.
- [50] Harris J, Hofer M, Blanchard M, et al. “Grounded” Technology Integration: Instructional Planning Using Curriculum-Based Activity Type Taxonomies[J]. Journal of Technology & Teacher Education, 2010, 18(4): 573-605.
- [51] Graham C R, Burgoyne N, Borup J. The Decision-making Processes of Preservice Teachers as They Integrate Technology[C]. Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Chesapeake, VA: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2010.
- [52] Stoilescu D. A Critical Examination of the Technological Pedagogical Content Knowledge Framework: Secondary School Mathematics Teachers Integrating Technology[J]. Journal of Educational Computing Research, 2015, 52(04): 514-547.
- [53] Jaipaljamani K, Figg C. A Case Study of a TPACK-Based Approach to Teacher

- Professional Development: Teaching Science With Blogs[J]. Contemporary Issues in Technology & Teacher Education, 2015, 15(02): 161-200.
- [54] Oz H. Assessing Pre-Service English as a Foreign Language Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge[J]. International Education Studies, 2015, 8(05): 119-130.
- [55] 皇甫倩. 美国新型教师 TPACK 测评工具的研究述评及启示[J]. 外国教育研究, 2017, 44(08): 36-50.
- [56] 徐鹏, 张海, 王以宁, 等. TPACK 国外研究现状及启示[J]. 中国电化教育, 2013(09): 112-116.
- [57] 罗忻, 吴秀圆. 论 TPACK 视域下专家型教师培养模式的转变[J]. 现代教育技术, 2013, 23(07): 9-13.
- [58] 郭桂周, 于海波, 孟昭辉. 整合技术的科学教学法知识(TPASK): 基本内涵与提升策略[J]. 现代远距离教育, 2012(01): 69-75.
- [59] Jimoyiannis A. Designing and implementing an integrated technological pedagogical science knowledge framework for science teachers professional development[J]. Computer & Education, 2010, 55(03): 1259-1269.
- [60] Mark Hofer, Judi Harris. Differentiating TPACK Development: Using Learning Activity Types with Inservice and Pre-service Teachers[EB/OL]. 2011-9-23. <http://activity-types.Wmwikis.net/file/view/HoferHarris-DifferentiatingTPACK.pdf>
- [61] Angeli C, Valanides N. Epistemological and methodological issues for the conceptualization, development, and assessment of ICT-TPCK: Advances in technological pedagogical content knowledge(TPCK)[J]. Computers & Education, 2009, 52(01): 154-168.
- [62] Trautmann N M, James G, MaKinster. Flexible Adaptive Professional Development in Support of Teaching Science with Geospatial Technology[J]. Science Teacher Education, 2010, 21(03): 351-370.
- [63] 吴焕庆. 国外教师 TPACK 发展路径及启示[J]. 现代教育技术, 2014, 24(09): 51-57
- [64] Yang H H, Chen P. Building Teachers' TPACK through WebQuest Development and Blended Learning Process[C]. International Conference on Hybrid Learning. Springer-Verlag, 2010: 235-242.

- [65] Ozgur H. Relationships between teachers' technostress, technological pedagogical content knowledge (TPACK), school support and demographic variables: A structural equation modeling[J]. Computers in Human Behavior, 2020, 11: 112-121.
- [66] Elmaadaway M A N, Abouelenein Y A M. In-service teachers' TPACK development through an adaptive e-learning environment (ALE)[J]. Education and Information Technologies, 2022, 28: 8273-8298.
- [67] 周玲, 黄德群. 基于教学过程的乡村教师 TPACK(整合技术的学科教学知识)发展模式研究——以韶关市中小学教师信息技术能力培训为例[J]. 中小学教师培训, 2016(08): 9-13.
- [68] 李念平, 童永川, 何仕乾. TPACK 框架下教师新课程标准培训的设计与实施[J]. 教学与管理, 2019(24): 62-64.
- [69] 董艳, 静宇, 司刊的尔, 等. 促进 TPACK 知识提升的高中教师技术应用能动性研究[J]. 中国电化教育, 2019(10): 117-123.
- [70] 张嘉. TPACK 理论下综合实践活动教师培训课程体系的构建[J]. 教学与管理, 2020(27): 54-56.
- [71] 左敬亮, 方勤华, 程垚松. 美国“数学教师 TPACK 标准和发展模型”——数学教师有效使用技术的新焦点[J]. 数学教育学报, 2016, 25(02): 44-48.
- [72] Polly D, Martin C, Wang C, et al. The Influence of Professional Development on Primary Teachers' TPACK and Use of Formative Assessment[M]. 2018.
- [73] 吕世虎, 叶蓓蓓. 西部民族地区中小学数学教师培训的“现状”“问题”及“对策”[J]. 数学教育学报, 2013, 22(05): 78-81.
- [74] 李化侠. 后义务教育均衡时代中小学数学教师培训状况调查研究——以青岛市数学教师为例[J]. 数学教育学报, 2017, 26(05): 6-11.
- [75] R.基思·索耶主编, 徐晓东, 等译. 剑桥学习科学手册[M]. 北京: 教育科学出版社, 2010: 535.
- [76] 徐章韬, 陈矛. 指向深度融合: 基于标准发展教师 TPACK[J]. 教育发展研究, 2017, 37(10): 14-19.
- [77] 张景中, 江春莲, 彭翥成. 《动态几何》课程的开设在数学教与学中的价值[J]. 数学教育学报, 2007(03): 1-5.
- [78] 张景中, 彭翥成. 谈超级画板的设计理念[J]. 中学数学月刊, 2012(10): 1-6.

- [79] 翟珊. 动态几何软件在小学数学教学中的应用现状与对策研究[D]. 河南: 河南大学, 2019.
- [80] 高媛. CPFS 结构视角下高中数学概念教学的实践研究[D]. 宁夏: 宁夏大学, 2022.
- [81] Guven B. Using dynamic geometry software to improve eight grade students' understanding of transformation geometry[J]. Australasian Journal of Educational Technology, 2012, 28(02): 364-382.
- [82] Erbas A K, Yenmez A A. The effect of inquiry-based explorations in a dynamic geometry environment on sixth grade students' achievements in polygons[M]. Elsevier Science Ltd. 2011.
- [83] Ng O L, Shi L, Ting F. Exploring differences in primary students' geometry learning outcomes in two technology-enhanced environments: dynamic geometry and 3D printing[J]. International Journal of STEM Education, 2020, 7(01): 1-13.
- [84] Greefrath G, Hertleif C, Siller H S. Mathematical modelling with digital tools—a quantitative study on mathematising with dynamic geometry software[J]. ZDM, 2018(50): 233-244.
- [85] 赵治国, 刘丽. 利用信息技术深化数学实验教学[J]. 中国电化教育, 2011, 288(01): 110-112.
- [86] 陈咸存. 用几何画板探究、猜想与验证[J]. 数学通报, 2016(04): 26-28.
- [87] 石树伟. 借助技术操作体验: 数学史融入数学教学的新尝试——以“正多边形与圆”的教学为例[J]. 数学通报, 2018, 57(12): 25-29.
- [88] 张景中, 江春莲, 彭翥成. 基于《超级画板》开设《动态几何》课程的实践与思考[J]. 数学教育学报, 2008(05): 1-5.
- [89] 张景中, 江春莲, 彭翥成. 《动态几何》课程的开设在数学教与学中的价值[J]. 数学教育学报, 2007, 16(03): 1-5.
- [90] 彭翥成. 高师院校开设动态几何课程的实践与发展研究[D]. 武汉: 华中师范大学, 2012.
- [91] 黎加厚. 从课件到积件: 我国学校课堂计算机辅助教学的新发展(中)[J]. 电化教育研究, 1997(04): 50-53.
- [92] 赵丹丹. 教学软件在中学数学教学中的应用研究[D]. 延安: 延安大学, 2022.
- [93] 张妍. 初中数学几何教学中信息技术的应用研究[D]. 山东: 山东师范大学, 2023.

- [94] 王玉柳. 以中小学数学题为例探究网络画板的应用[J]. 教学方法, 2021, (19), 66-67.
- [95] 陈苗苗. 《几何画板》辅助中学数学教学的现状与应用研究[D]. 河南: 河南大学, 2016.
- [96] 李慧婕. 人教版初中数学教科书“信息技术应用”栏目的教学现状调查研究[D]. 内蒙古: 内蒙古师范大学, 2019.
- [97] 施美霞. 几何画板在农村初中数学课堂教学中的应用研究[D]. 杭州: 杭州师范大学, 2019.
- [98] 王玉环. 农村初中数学教师信息技术应用现状调查研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2021.
- [99] 常亮. 基于几何画板软件的平面几何数学建模教学设计研究[D]. 西藏: 西藏大学, 2018.
- [100] 蒋培杰, 牛伟强, 熊斌. 国内信息技术与数学教学融合研究述评[J]. 数学教育学报, 2020, 29(04): 96-102.
- [101] 吴华, 周鸣. GeoGebra 环境下基于 APOS 理论的数学概念教学研究——以导数概念为例[J]. 数学教育学报, 2013, 22(02): 87-90.
- [102] 丁银杰. 基于二次函数发展代数推理的教学实践与思考[J]. 数学通报, 2023, 62(08): 26-28+49.
- [103] 唐彩斌, 王罗那, 徐斌艳. 义务教育数学课程标准修订的新视角:指向小学图形与几何领域的素养及其达成[J]. 课程.教材.教法, 2022, 42(08): 33-38.
- [104] 莫尉, 张屹, 付郢华, 等. 基于图形化交互资源的体验学习对小学生几何学习的影响研究[J]. 电化教育研究, 2022, 43(06): 77-85.
- [105] 宋乃庆, 刘彩霞, 陈婷. 义务教育新课标“统计与概率”领域的发展变化——基于数据素养培养的视角[J]. 课程.教材.教法, 2022, 42(09): 27-34.
- [106] 史宁中, 孔凡哲, 李淑文. 课程难度模型: 我国义务教育几何课程难度的对比[J]. 东北师大学报(哲学社会科学版), 2005(6): 151-155.
- [107] 张春莉. 试论信息技术对数学课堂教学的影响[J]. 课程.教材.教法, 2010, 30(01): 75-79.
- [108] 张楠. 中美义务教育数学课程标准“统计与概率”领域的比较研究[J]. 数学教育学报, 2014, 23(01): 88-91.
- [109] 徐章韬, 张景中. 在超级画板营造的虚拟环境中学会思考[J]. 数学通报, 2014,

- 53(09): 58-59+63.
- [110] 鲍建生, 周超. 数学学习的心理基础与过程[M]. 上海: 上海教育出版社, 2009: 172.
- [111] 郑毓信. “数学深度教学”的理论与实践[J]. 数学教育学报, 2019, 28(05): 24-32.
- [112] 谭奇, 袁智强. 整合技术的数学问题解决框架及其应用[J]. 数学教育学报, 2021, 30(04): 48-54.
- [113] 罗建宇. 从融合到创新: 基于 GeoGebra 的数学深度教学[J]. 数学通报, 2020, 59(02): 23-26.
- [114] 张志勇. 高中数学可视化教学: 原则、途径与策略——基于 GeoGebra 平台[J]. 数学通报, 2018, 57(07): 21-24+28.
- [115] Niess M L. Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge[J]. Teaching and Teacher Education, 2005: 509-523.
- [116] Bartolini Bussing M G, Mariotti M A. Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artefacts and signs after a Vygotskian perspective[M]. New York: Routledge, 2008: 746-783.
- [117] 徐鹏. 教师整合技术的学科教学知识影响因素模型构建研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2014.
- [118] 林炜, 尹弘飏. 中学生数学学业情绪的特点及其与数学学业成就的关系[J]. 数学教育学报, 2022, 1(04): 21-27.
- [119] Schmidt D A, Baran E, Thompson A D, et al. Technological Pedagogical Content Knowledge(TPACK): The Development and Validation of An Assessment Instrument for Preservice Teachers[J]. Journal of Research on Technology in Education, 2009, 42: 123-149.
- [120] Koh J H L, Chai C S, Tsai C C. Examining the Technological Pedagogical Content Knowledge of Singapore Pre-Service Teachers with a Large-Scale Survey[J]. Journal of Computer Assisted Learning, 2010, 26(06): 563-573.
- [121] Chai C S, Koh J H L, Ho H N J, et al. Examining Preservice teachers' Perceived Knowledge of TPACK and Cyberwellness through Structural Equation Modeling[J]. Australasian Journal of Educational Technology, 2012, 28(06): 1000-1019.
- [122] Doering A, Scharber C, Miller C, et al. GeoThentic: Designing and Assessing with

- Technology, Pedagogy, and Content Knowledge[J]. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education(CITE Journal), 2009, 9(03): 316-336.
- [123] 周文叶, 宋词. 教师表现性评价: 为使教学成为真正的专业——访美国斯坦福大学琳达·达林·哈蒙德教授[J]. 全球教育展望, 2018, 47(12): 3-13.
- [124] 戴伟芬, 汪燕. 技术融入: 美国亚利桑那州立大学职前教师信息化教学能力培养的新路径[J]. 黑龙江高教研究, 2022, 40(09): 66-71.
- [125] 许如意, 陈清华. 关于数学教学有效使用信息技术的思考[J]. 数学通报, 2015, 54(05): 35-36+41.
- [126] 赵磊磊, 何灶. 教学信念、技术感知如何影响师范生 TPACK——基于江浙沪七所高等院校的调查研究[J]. 现代远距离教育, 2020(04): 43-50.
- [127] Valtonen T, Kukkonen J, Kontkanen S, et al. The impact of authentic learning experiences with ICT on pre-service teachers' intentions to use ICT for teaching and learning[J]. Computers & Education, 2015, 81(feb.): 49-58.
- [128] Uit Bijerse, R. P. Questions in Knowledge Management: Defining and Conceptualizing a Phenomenon[J]. Journal of Knowledge Management, 1999, 3(02): 94-110.
- [129] Wang W, Schmidt-Crawford D, Jin Y. Preservice teachers' TPACK development: A review of literature[J]. Journal of Digital Learning in Teacher Education, 2018, 34(04), 234-258.
- [130] Hofer M, Grandgenett N. TPACK development in teacher education: A longitudinal study of preservice teachers in a secondary MA Ed program[J]. Journal of Research on Technology in Education, 2012, 45(01), 83-106.
- [131] 王帆, 史贝贝, 王珣. 全国首届教育硕士(现代教育技术)教学技能大赛分析——兼论现代教育技术专业人才培养[J]. 电化教育研究, 2019, 40(07): 92-100.
- [132] 徐鹏, 王以宁. 整合技术的卓越教师知识能力结构研究[J]. 中国电化教育, 2020(02): 89-93+101.
- [133] 王正青, 唐晓玲. 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, 2017, 38(01): 94-100.
- [134] 聂晓颖. 职前教师 TPACK 能力培养的瀑布模型构建研究——以数学学科为例[J]. 电化教育研究, 2017, 38(04): 122-128.
- [135] 白鑫刚. 教师 TPACK 教学实践能力培养模式构建与路径选择[J]. 黑龙江高教研究,

- 2017(10): 108-112.
- [136] Tondeur J, Van Braak J, Sang G, et al. Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence[J]. Computers & Education, 2012, 59(01), 134–144.
- [137] 马晓玲, 李柱, 禹娟娟. 以教师整合性知识框架优化师范生培养改革[J]. 高教发展与评估, 2023, 39(01): 43-51+120.
- [138] Niess M L. Mathematics Teachers Developing Technology, Pedagogy and Content Knowledge(TPACK)[C]. In K.McFerrin et al. (Eds.), Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. Chesapeake, VA: AACE, 2008: 5297-5304.
- [139] 张静, 刘赣洪. 多维视角下教师 TPACK 发展机制与培养路径[J]. 远程教育杂志, 2015, 33(03): 95-102.
- [140] Nonaka I, Takeuchi H. The knowledge-creating company [M]. New York: Oxford University Press, 1995: 44-57.
- [141] 张景中, 陈如仙, 陆兴华, 等. “互联网+”数学教师 TPACK 能力培训模式研究——以武侯区初中数学教师网络画板培训为例[J]. 数学教育学报, 2022, 31(05): 1-8.
- [142] 蒋纪平, 胡金艳, 张义兵. 知识建构学习社区中“观点改进”的发展轨迹研究[J]. 电化教育研究, 2019, 40(02): 21-29.
- [143] 陈莉, 刘颖. 从教师培训到教师学习: 技术支持教师专业成长的途径与策略[J]. 中国电化教育, 2016(04): 113-119.

附录 1 初中数学教师 DM-TPACK 结构模型访谈问卷

尊敬的专家：

您好，感谢您在百忙之中抽空填写该问卷，该问卷是关于构建初中数学教师 DM-TPACK 结构模型的意见调查，本人承认仅用于课题研究使用，将对个人信息保密，请您放心填写。

1. 整合 DM 技术教授数学的观念与运用

- 1-1. 对动态数学技术在教学中的地位理解
- 1-2. 动态数学技术在课程内容组织上的作用
- 1-3. 动态数学技术促进学生理解知识的作用
- 1-4. 自我整合动态数学技术的数学教学流畅性的信心
- 1-5. 建议（简答题）

2. 整合 DM 技术教授数学的课程和课程资源知识

- 2-1. 对数学内容的表征与组织：如何借助动态数学技术组织课程内容、资源和优化知识表征的方式
- 2-2. 对数学内容的延伸与丰富：如何借助动态数学技术扩展内容广度和延伸内容深度
- 2-3. 资源获取与评价：课程资源如何获取、设计资源、评价资源和保护资源的知识产权。教师能否获取适合课程知识的资源，并能对资源根据需求进行拓展或改进等
- 2-4. 建议（简答题）

3. 整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识

- 3-1. 激发学生的兴趣点
- 3-2. 理解学生的学习难点和培养学生数学思维
- 3-3. 关注学生整合动态数学技术的数学流畅性
- 3-4. 建议（简答题）

4. 整合 DM 技术教授数学的教学策略与管理知识

- 4-1. 整合 DM 技术的教学设计与策略知识强调在动态数学技术支持的课程教学的一般性理解，主要包括清晰明白动态数学技术运用于教学的合理性和创造性
- 4-2. 整合 DM 技术的课堂组织与管理知识指灵活地把握学生的可教时刻，表现在能处理好学生内在兴趣与外在兴趣之间关系、能处理好学生运用动态数学技术学习的态度

与行为和清楚知道学生的技术难点，并给予适当指导等

4-3. 建议（简答题）

5. 整合 DM 技术教授数学的教学评价知识

5-1. 评价教学内容选择与内容组织的合理性，一般教师应具备自我反思能力、同行备课能力和日记记录能力等

5-2. 评价学生学习效果，教师应设计多种基于动态数学技术的方式对学生的学习结果进行评价，比如学生基于动态数学技术解决问题的过程性评价、学生制作动态数学技术资源评价（包括动态数学技术与数学知识运用）等

5-3. 评价教学指在评价在动态数学技术支持下的教学活动，评价动态数学技术是否发挥有效作用？包括是否解决教学难点、突出教学重点；评价动态数学技术支持下课堂组织能力？包括是否适当引导学生的注意力及注意力的保持？

5-4. 建议（简答题）

附录 2 初中数学教师 DM-TPACK 量表（第一修订稿）

分维度	题目
整合 DM 技术教授数学的观念与运用	
新课标理念	1.我能深刻领会义务教育数学课程标准（2022 版）的内容
	2.初中数学课堂是活动（观察、探索、实验调查等）的课堂
	3.初中数学课堂是讨论、合作、交流的课堂
整体思想	4.我认为动态数学技术能帮我更好地获取课程资源
	5.我认为动态数学技术能帮我更好地组织教学内容
	6.我认为动态数学技术能帮我更好地呈现教学内容
	7.我认为借助动态数学技术开展教学能够帮助学生理解数学知识
	8.我认为借助动态数学技术开展教学能够激发学生对数学的学习热情
	9.我认为借助动态数学技术开展教学能够提高学生对数学的思维能力
自我效能感	10.我认为我能借助动态数学技术应用于数学教学中
	11.我认为我能借助动态数学技术有效开展数学教学
整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识	
内容设计	12.我能借助 DM 技术（动画、图形等）实现新旧知识的联系和合理过渡
	13.在 DM 技术（动态数学课件、资源库等）的支持下，我能根据学生的认知特点合理安排教学内容
	14.我能借助 DM 技术（动态数学课件、教学平台等）把枯燥抽象的数学内容变得直观有趣
	15.我能借助 DM 技术（教学资源库、网络等）把数学知识的学习与学生的生活经验联系起来
内容延伸	16.我能借助动态数学技术扩展教学内容的广度
	17.我能借助动态数学技术延伸教学内容的深度
	18.我能借助动态数学技术根据学生学习反馈动态调整教学内容
内容获取和评价	19.我经常使用动态数学技术（网络画板、几何画板等）获取课程资源
	20.我经常使用 DM 技术（网络画板资源库等）设计课程资源
	21.我会使用 DM 技术（网络画板、资源库等）在现有课程资源的基础上根据教学过程需要进行拓展或改进资源
	22.我在使用 DM 技术时具有较强的知识产权保护知识和意识

整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	
学习情绪	23.我能借助动态数学技术了解学生是否喜欢数学
	24.我能感受学生在使用动态数学技术对学习数学兴趣的变化
	25.我能借助动态数学技术了解学生对哪些数学知识感兴趣
学习难点和思维	26.我能使用动态数学技术了解学生已有的数学知识和生活经验
	27.我能使用动态数学技术了解到学生对特定课题的理解程度
	28.我能利用动态数学技术了解学生哪些数学思维处于弱势
学生技术流畅性	29.我了解学生能否使用动态数学技术完成设定的学习任务
	30.我知道学生在使用动态数学技术时可能会出现的问题或困难
	31.我了解学生在使用动态数学技术时出现问题的原因
整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识	
整合 DM 技术的教学设计策略知识	32.根据教学需要,我能合理使用 DM 技术(电子白板、教学平台、网络等)开展多种教学活动(合作化学习、个别化学习等)
	33.为了有效表达教学内容,我能合理选择、使用恰当的 DM 技术和合适的教学方法
	34.针对同一内容的教学,我能使用 DM 技术支持的多种教学表达(语言、文字、符号、图形等)方式
	35.针对同一内容的教学,我能清楚 DM 技术支持的多种教学表达形式存在的优势和不足
整合 DM 技术的课堂组织与管理知识	36.我经常鼓励学生使用 DM 技术(网络画板、几何画板等)进行观察探究和实验
	37.我能使用 DM 技术构建丰富的动态教学环境,使学生乐意地投入到数学课堂中
	38.在开展动态数学教学的过程中我能进行有效的课堂管理
	39.我能利用 DM 技术呈现的动态效果导入新知,提高学生学习兴趣和专注度
	40.当教学过程中,学生被 DM 技术所呈现的效果所吸引时。我能及时引入知识增强学习有效性
	41.我能在教学过程中,把握教学的可教时刻,借助 DM 技术不断变换教学效果,帮助学生提高技术流畅性及提高学生的学习兴趣
	42.当学生运用 DM 技术学习时出现困难,我能有效进行指导
整合 DM 技术教授数学的评价知识	
	43.我能评价自己在教学中所使用的动态数学技术是否使得教学知识直观化

评价教学选择与内容组织的合理性	44.我能评价自己在教学中所使用的动态数学技术是否使得教学知识趣味化
	45.我能评价自己在教学中所使用的动态数学技术是否促进教学知识的衔接
	46.我能评价自己在教学中所使用的 DM 技术是否促进知识的理解
评价学生学习效果	47.我能评价学生运用动态数学技术制作资源的完成度
	48.我能评价学生运用动态数学技术制作资源的准确性
	49.我能评价学生运用动态数学技术制作资源的美观度
	50.我能综合利用各种评价方式对学生利用 DM 技术的学习作出全面评价
评价技术教学活动	51.我能评价自己在教学过程中是否运用动态数学技术解决学难点
	52.我能评价在教学过程中是否有运用动态数学技术突出学重点
	53.我能评价 DM 技术支持下的课堂组织能力
	54.我能评价在教学过程中是否能利用动态数学技术引导学生的注意力
	55.我能评价在教学过程中是否能利用动态数学技术保持学生的注意力
	56.我能评价自己是否充分应用动态数学技术把握教学过程中的“可教时刻”

附录 3 初中数学教师 DM-TPACK 量表（第二修订稿）

组成要素	题目
整合 DM 技术教授数学的观念与运用	
新课标理念	1.我能深刻领会义务教育数学课程标准（2022 版）中促进信息技术与数学课程融合的基本理念
	2.数学课堂是活动（观察、探索、实验调查等）的课堂
	3.数学课堂是讨论、合作、交流的课堂
整体思想	4.我认为动态数学技术能帮我更好地获取课程资源
	5.我认为动态数学技术能帮我更好地组织和呈现教学内容
	6.我认为借助动态数学技术开展教学能够帮助学生理解数学知识
	7.我认为借助动态数学技术开展教学能够激发学生对数学的学习热情
自我效能感	8.我认为借助动态数学技术开展教学能够提高学生对数学的思维能力
	9.我有信心借助动态数学技术有效开展数学教学
	10.使用动态数学技术教学时我有信心解决自己或学生突发的技术障碍
整合 DM 技术教授数学的课程与资源知识	
内容设计	11.我能借助动态数学技术实现新旧知识的联系和合理过渡。（如教学平行四边形面积时，切割并拼接成长方形来进行教学）
	12.在动态数学技术的支持下，我能根据学生的认知特点合理安排教学内容。（如制作教学课件时知识点层层递进）
	13.我能借助动态数学技术把枯燥抽象的数学内容变得直观有趣
	14.我能借助动态数学技术把数学知识的学习与学生的生活经验联系起来。（如制作或选取有关“桥”的资源来教学三角形的性质）
内容延伸	15.我能借助动态数学技术扩展教学内容的广度。（如教学三角形的性质时能通过变换图形拓展教学其他图形的特点和性质）
	16.我能借助动态数学技术延伸教学内容的深度。（如教学三角形性质的同时能通过图形变换的功能延伸“全等”“相似”等知识）
	17.我能借助动态数学技术根据学生学习反馈动态调整教学内容，（如我能应对在教学“圆”的相关知识时学生提问椭圆、同心圆的情况）
内容获取和评价	18.我经常使用动态数学技术获取课程资源。（如直接使用资源库的资源进行教学）
	19.我经常使用动态数学技术设计课程资源。（如自己制作教学课件）
	20.我经常使用动态数学技术在现有课程资源的基础上根据教学过程需要进行拓展或改进资源。如参考资源库的教学资源改进后进行教学）
	21.我在使用动态数学技术时具有较强的知识产权保护知识和意识

整合 DM 技术教授数学的关于理解学生知识	
学习情绪	22.我能借助动态数学技术了解学生是否喜欢数学。（如了解学生使用动态数学技术时的学习情绪）
	23.我能感受学生在使用动态数学技术环境下对学习数学兴趣的变化
	24.我能借助动态数学技术了解学生对哪些数学知识感兴趣。（如借助动态数学技术教学不同知识时学生的反馈）
学习难点和思维	25.我能使用动态数学技术了解学生已有的数学知识和生活经验。（如借助动态数学技术教学某一知识点时学生的即时反馈）
	26.我能使用动态数学技术了解到学生对特定课题的理解程度。（如以学生制作资源的形式来了解学生解决数学问题的能力）
	27.我能利用动态数学技术了解学生哪些数学思维（逻辑思维、抽象思维、模型思维）处于弱势
学生技术流畅性	28.我了解学生能否使用动态数学技术完成设定的学习任务
	29.我知道学生在使用动态数学技术时可能会出现的问题或困难
	30.我了解学生在使用动态数学技术时出现问题的原因
整合 DM 技术教授数学的表征与策略知识	
整合 DM 技术的教学设计与策略知识	31.为了有效表达教学内容我在使用动态数学技术时，能合理选择、使用恰当合适的教学方法
	32.根据教学需要，我能合理使用动态数学技术开展多种教学活动（合作化学习、个别化学习等）
	33.针对同一内容的教学，我能使用动态数学技术支持的多种教学表达方式。（如进行图形教学时，能根据需求选择 2D 或 3D 形式进行图形变换）
	34.针对同一内容的教学，我能清楚动态数学技术支持的多种教学表达形式存在的优势和不足
整合 DM 技术的课堂组织与管理知识	35.我经常鼓励学生使用动态数学技术进行观察探究和实验
	36.我能使用动态数学技术构建丰富的动态教学环境，以使学生乐意地投入到数学课堂中
	37.我能利用动态数学技术呈现的动态效果导入新知，提高学生学习的兴趣和专注度
	38.当教学过程中，学生被动态数学技术呈现的效果所吸引时。我能及时扩展知识增强学习有效性
	39.当学生运用动态数学技术学习时出现困难，我能有效进行指导
整合 DM 技术教授数学的评价知识	
	40.我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否使得教学知识直观化
	41.我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否使得教学知识趣味化

评价 教学内容	42.我能评价自己在教学中使用动态数学技术是否促进教学知识的衔接
评价学生 学习效果	43.我能评价学生运用动态数学技术制作资源的完成度
	44.我能评价学生运用动态数学技术制作资源表达知识的准确性
	45.我能评价学生运用动态数学技术制作资源的美观度
评价技术 教学活动	46.我能评价自己在教学过程中是否有运用动态数学技术解决教学难点
	47.我能评价在教学过程中是否有运用动态数学技术突出教学重点
	48.我能评价自己在教学过程中是否能利用动态数学技术引导学生的注意力
	49.我能评价自己在教学过程中是否能利用动态数学技术保持学生的注意力
	50.我能评价自己是否充分应用动态数学技术把握教学过程中的“可教时刻”。（如我能评价当学生在被圆变换出的图形所吸引时，我是否能充分拓展知识）