**整合人工智能技术的学科教学知识（AI-TPACK）：内涵、教学实践与未来议题\***

闫志明1 付加留2 朱友良2 段元美2

（1.鲁东大学 教育科学学院；2.鲁东大学 教师教育学院，山东烟台 264011）

[摘 要]随着人工智能与教育融合的不断深入，人工智能对教育教学正带来越来越大的挑战。人工智能技术不同于以往的信息技术，它不仅全方位渗透与影响教与学，而且还催变教师原有的认知结构与教学方式。以往整合技术的学科教学知识模型（Technological Pedagogical Content Knowledge，简称TPACK）需要注入新的内涵，即需要与时俱进，才能使教师更好地适应AI 时代的需要。因此，构建整合人工智能技术的学科教学知识模型（AI-TPACK），已然成为一个重要的课题。AI-TPACK 超越了TPACK 从工具层面来看待技术，其内涵是人机协同思维下人工智能技术、学科内容、教学方法之间的交互关系，其发展途径主要有从PCK 到AI-TPACK、从AI-TPK 到AI-TPACK以及AI-TPACK 与PCK 的同步发展。教学实践新形态，表现在“AI+教师”的协同教学、数据驱动的精准教学、按需定制的个性化教学以及虚实共生的沉浸式教学。AI-TPACK 理论框架的提出，对教师人工智能技术应用能力发展、人工智能技术与课程整合教学实践、智能化学习环境的开发等，均有一定的借鉴意义。

[关键词]整合人工智能技术的学科教学知识；AI-TPACK；教育人工智能；人工智能思维；AI 教师；人机协同；技术映射；沉浸式教学

**一、引言**

人工智能技术正从本质上改变着技术与人的关系，重塑着教育生态系统，成为世界各国政府、教育部门、互联网企业等争先关注的焦点[1]。在国内，2017年7月，国务院颁发的《新一代人工智能发展规划》要求“实施全民智能教育项目，在中小学阶段设置人工智能相关课程”；2018年4月，教育部颁发《教育信息化2.0 行动计划》，提出要以人工智能、大数据、物联网等新兴技术为基础，积极开展智慧教育创新研究和示范，推动新技术支持下的教育模式变革和生态重构。在国外，为抓住人工智能发展的战略机遇，美国在2016 至2018年先后发布《为人工智能的未来做好准备》《美国人工智能研发战略规划》和《美国机器智能国家战略》 三份国家级人工智能战略报告，均强调教育是人工智能技术应用最重要的领域之一[2]。英国开放大学2019年在《创新教学报告》中，提出了“机器人陪伴学习”的概念，在2020 版中继续关注人工智能主题，将“人工智能教育应用”作为开篇，并对人工智能教育应用作了详细的论述，认为其未来发展前景广阔[3]。2019年5月，联合国教科文组织在中国北京召开了主题为“规划人工智能时代的教育：引领与跨越”的人工智能与教育大会，会议发布的文件围绕政策制定、教育管理、教学与教师、学习与评价等10 个议题，对人工智能时代的教育做出了全面规划 [4]。这些均标志着人工智能促进教育变革，已经成为一种国际性共识与行动路径。

近年来，从智能导师系统，到智能化学习环境，再到人工智能教师，随着人工智能技术为教育变革不断注入活力，在重塑新的教育生态的同时，也对教师的知识能力结构提出了新的要求。智能代理、专家系统、虚拟化与网络化的智能学习环境等人工智能技术在教育中的广泛应用，要求教师不断提高自己的技术与信息素养，提升人工智能教育应用水平；人工智能技术改变了教学环境和教学模式，要求教师不断探究适合智能化学习环境的教学模式、策略和方法，提升个性化教学的设计、实施与评价水平；人工智能技术改造了人类知识的理念，要求教师根据教学需求重构教学内容，把硬知识、软知识、通过AI获取的“灰知识”、人机合作的“黑知识”[5]以及人工智能知识融合在一起，构建新的教学内容知识体系。

早在2006年，美国密西根州立大学米什拉和科勒（Mishra & Koehler）在舒尔曼（Shulman）学科教学知识（Pedagogical Content Knowledge，简称PCK）的基础上，构建了教师知识理论模型。认为在信息时代，教师的专业知识包含技术知识（Technological Knowledge，简称TK）、教学知识（Pedagogical Knowledge，简称PK）和学科知识（Content Knowledge，简称CK）三种基本形式。三者两两结合分别构成了整合技术的教学知识（Technological Pedagogical Knowledge，简称TPK）、整合技术的学科知识（Technological Content Knowledge，简称TCK）和学科教学知识（Pedagogical Content Knowledge，简称PCK）。而三种知识结合在一起，就形成了整合技术的学科教学知识（Technological Pedagogical Content Knowledge，简称TPACK）。

TPACK 理论框架的提出已经10 多年，而这10多年来，信息技术的发展可谓迅猛，尤其是新一代人工智能技术的兴起，使人类从信息时代开始转向一个全新的智能时代，整个社会结构、生产生活方式甚至思维方式都因人工智能技术而发生巨变，正如软银首席执行官孙正义所言，“一切都将被重新定义”。随着人工智能技术与教育教学融合的加深，原有的TPACK 是否还适应当下的教学需求与教师专业发展需要，就成为了一个需要思考的现实问题。我们需要审视与探讨的是：在人工智能时代，TPACK 是否需要注入新的内涵?融入人工智能技术后的TPACK又会对教学形态、学习环境等方面带来什么新的改变？总之，重新探索技术、教学法、学科内容三者之间的关系，构建基于人工智能技术的TPACK 新框架，已经成为当前一个亟待解决的课题。

**二、AI-TPACK 的提出与内涵解读**

按照现有的TPACK 理论框架，教师只有充分认识到学科内容、教学法和技术三个要素之间的交互关系，才能实现技术与教学的有效整合[6]。在TPACK框架中，技术知识相对于教学知识和学科知识而言，总是处于一种变化不定的状态[7]，属于TPACK 框架中最活跃的因素。我们认为，当人工智能技术知识与思维进入到教师专业知识体系中，与其相关的其他知识要素也会发生相应的变化，即TPK 就转变为AI-TPK、TCK 就转变为AI-TCK，而TPACK 则转变为AI-TPACK。基于此，我们提出了AI-TPACK 新理论框架（见图1）。

图1 AI-TPACK 新理论框架

**（一）AI-TK**

人工智能技术知识（AI-TK）是教师对教学中可用的人工智能技术的认识与理解，它包括对教育领域中看得见、摸得着的人工智能平台、工具、产品、资源的了解与熟悉，也包括人工智能技术教育应用的思维方式，如，人工智能思维、计算思维、数据思维等。众所周知，进入人工智能时代，数据就是生产资料[8]。数据思维是人类利用数据创造价值的一种思维能力，是以人们获得的数据为基础，通过对数据进行分析、比较、综合、抽象和概括，进而形成概念、推理和判断，使之对客观事物的认识从感性上升到理性的一种思维过程[9]。数据思维可以看作是一种生产资料视角的思维方式。计算思维则是运用计算机科学的基础概念，来进行问题求解、系统设计、人类行为理解等涵盖计算机科学之广度的一系列思维活动[10]。

相比于计算思维，人工智能思维超越了逻辑和算法的视角，如，问题解决时对知识库和案例库的应用，对常识的捕获和推理，对语义和语境处理的支持，以及对非结构化数据处理等，还涵盖深度学习和认知计算背后的基本思想[11]。我们认为，人工智能思维与计算思维、数据思维相互交叉和重叠，它们都是AI-TK 的重要内容，从思维层面指导着教育中人工智能技术的应用。因此，对于教育中的人工智能技术，从TPACK 视角可以划分为：面向学与教过程的人工智能技术、面向教学内容的人工智能技术以及整合性的人工智能技术。

1.面向学与教过程的人工智能技术

面向学与教过程的人工智能技术主要是与教学过程、学习过程相关的人工智能技术，比如，智能识别技术、学习分析技术等。智能识别技术是通过计算机用数学技术方法来进行图像、语言、语义等方面的自动处理和研读，它包括面部识别技术、语音识别技术、语义识别技术、眼部追踪技术等。面部识别技术通过提取生物特征，来判断是否存在面像并分离出面像（见图2）。图像识别、语音识别等技术，可以在情绪感知领域做到即时诊断与评价，通过对视、听、触多种元素的合理搭配，通过表情变化了解学生的学习状况。

近年来，嵌入面部识别技术的智能化教学系统，不但可以将教师从点名等课堂管理活动中解放出来，而且可以通过对学生面部表情的识别，记录学生的课堂或在线学习表现，并及时反馈给教师和家长。语义识别技术可以对图片信息进行语义识别并提供反馈。例如，拍照搜题软件就是通过对图片内容进行提取，然后依托语义识别技术进行语义判断，来给出反馈答案和解决方案。这类软件对手写信息的识别准确率已经达到70%以上，逐渐成为学生自主学习不可缺少的工具。

学习分析技术是通过分析学习过程中产生的海量数据，来评估学生的学习进展，预测未来的表现，并发现潜在问题的一类技术。我们可以把学习分析技术看作是人工智能领域的机器学习、深度学习、社会网络分析、话语分析、内容分析等一组技术的集合。学习分析技术可分析学生的知识水平、认知能力、学习风格，对学生的学习行为习惯、情感交流倾向、情绪兴趣等信息，进行实时记录和追踪服务，并辨识出小组活动中具有明显差异行为的学生，从而为教师提供预警与反馈[12]。

2.面向教学内容的人工智能技术

图2 面部识别技术

面向教学内容的人工智能技术，主要是与教学内容相关的人工智能技术，典型的如知识图谱技术、扩展现实技术等。知识图谱是一种体量巨大、在知识点之间和知识点与教学资源之间建立连接的语义网络。知识图谱基于课程标准与学科教学规律进行构建，能够有效地组织学科知识体系，帮助学习者更好地进行知识关联和联想，为精准化教学、个性化学习等提供支持。例如，edukg.org 就是清华大学的研究人员构造出的一种表示基础教育领域知识的知识图谱，该图谱可应用到知识搜索、知识快照、知识问答、知识链接等方面（见图3）。

图3 知识图谱中的知识快照

扩展现实技术（XR）旨在将物理世界与虚拟世界进行融合，为学生提供完全沉浸式的学习体验，它包括增强现实（AR）、虚拟现实（VR）、混合现实（MR）等技术[13]。扩展现实技术可以有效扩大实践学习的范围，提升高触感的学习体验[14]。例如，芦鹏飞教授依托“5G+4K+全息投影”为学生搭建的虚实融合的全息教室（见图4），将教学内容生成3D 图形与影像，再配以4K 的超高清视频，使学生获得了“栩栩如生”的教学内容；Salvetti 等[15]为STEM 学习设计的增强现实实验室（见图5），将现实世界中的事物、工具和对象集成到一个多感官的场景中，使学习者完全沉浸在一个3D 或全息的拟真场景中，并可以通过自然的手势与内容互动，而不受穿戴设备的限制。

3.整合性的人工智能技术

整合性的人工智能技术是指同时对学与教过程和教学内容进行处理的人工智能技术，当前整合性的人工智能技术教育产品，在一定程度上可以替代人类教师开展教学，典型的如智能教学系统、智慧学伴等。

智能教学系统（ITS）是一个能够模拟人类教师来帮助、辅导学习者进行学习的智能系统，它同时能够管理学生的学习数据，帮助教师完成对学生的自动评价等工作。例如，逻辑导师（Deep Thought）可以根据学生对知识的熟练程度进行智能问题选择，按需自动生成提示，并基于对学生的聚类，确定问题解决策略[16]；编程智能教学助理（Intelligent Teaching Assistant for Programming）可以通过状态抽象、路径构造和状态具体化等方式，为编程过程中出现错误的学生提供个性化的提示[17]；Knewton 系统[18]会基于对学生初始评估结果来确定学生的水平，然后搜寻库存内容，以找到最合适学生的视频、作业、游戏或其他内容。

图4 全息教室

图5 增强现实实验室

智慧学伴是一类可以直接讲授并及时回答学生提出的问题，感知并调整学生情绪的教育机器人。这类机器人主要用作对学生的智能陪伴和陪学，能够实时解决学生的问题[19]。比如，美国加州Embodied公司研发的社交机器人Moxie，它具有情感意识，可以通过有感染力的言语、生动的脸部表情与结合手势的肢体动作来理解与表达情绪，从而与儿童进行良好互动。新加坡南洋理工大学Thalmann 研发的Nadine,也可以学习人类的表情、手势及说话方式，并运用这些“知识”与人沟通交流。

**（二）AI-TPK、AI-TCK 与AI-TPACK**

1.AI-TPK

基于人工智能技术的教学活动，对当今的教师提出了更高的要求。在人工智能技术丰富的课堂环境中，教师需要深入理解人工智能技术在延展人类感官功能和满足学生个性化学习等方面的强大张力；需要具备更加精细和复杂的教学设计知识和能力，并熟悉人工智能的使用条件和使用时机；需要对人工智能教学系统反馈的 “学生学情报告” 进行解读，并制定精准的个性化学习策略方案；需要根据教学需求，设计需要人工智能教学系统完成的教学任务，并在教学中适时发送请求给人工智能教学系统；需要在人工智能教学系统的协同下，完成对学生学习内容和资源的推送，以及对学生学习的个性化指导和帮助。上述活动的顺利开展，均需要教师具有丰富的AI-TPK 知识。

AI-TPK 是指教师对教学和学习如何因人工智能技术的使用而改变的一种动态理解，它包括教师要理解人工智能技术同教与学之间的互相支持、给养和限制，并且能够据此设计出合适的教学策略、教学活动的知识[20]。AI-TPK 知识是人工智能技术知识（AITK）与教学法知识（PK）的结合。教师如果只是对各种人工智能技术工具有所了解，如，各种教学机器人、学习分析工具等，但不知道怎么利用这些工具支持教学活动，那教师只是拥有了AI-TK 知识。

图6 基于学习分析技术的ALEKS 导师评估报告

教师的AI-TPK 知识，集中体现在教师将人工智能技术应用于教学活动方面。例如，有学者基于edX平台上的MOOC 课程数据，利用RNN 深度学习技术，开发了学生“学习仪表盘”，当MOOC 教师能够利用学习仪表盘完成学情分析、预测学习走向，并通过仪表盘提供的交叉过滤视图，为学生提供有针对性的指导时[21]，教师的AI-TK 知识就转变为了AI-TPK 知识。再如，ALEKS（见图6）是麦格劳-希尔（Mc Graw-Hill）设计的一款智能教学与评估系统，对系统功能的了解只是AI-TK 知识，当教师知道怎么使用该系统来管理学生数据、监督学习进度，并根据不同学生的情况，定义学习内容和形式以进行针对性指导时[22]，教师才形成了AI-TPK 知识。

2.AI-TCK

整合人工智能技术的学科知识（AI-TCK）是关于人工智能技术与学科内容相互影响和相互限制方面的知识。使用人工智能技术工具，对学科内容进行转变的方法是这类知识的主要内容。例如，教师通过智能信息感知与识别引擎、智能推理引擎、多模态反应生成器等，把难度较大的不同种类知识，以图形、视频、游戏、虚拟仿真实验等形式传递给学习者，将概念与形象信息进行整合，使概念的学习从单纯的文字或视觉、听觉信息，扩展到味觉、触觉等富感官或全感官信息，以促进学生思维与感知的紧密联系。教师借助人工智能技术，根据学习者的知识水平、认知状态、学习偏好等，为学习者提供高沉浸、高交互、高构想的学习内容[23]。

人工智能技术在改变着学科内容的表达形式同时，也在改变着对学科内容的访问方式。一方面，知识的边界在不断延伸，学科知识的收集、存储、分析和使用越来越便利，学科知识越来越倾向于被放在云端之上，以实现知识的服务共享、协作创新[24]。在人工智能、大数据、传感系统等技术支持下，学习内容可实现动态的迭代优化，在满足教学和学习活动需要的同时，依发展所需不断实现更新换代。教师只有了解人工智能技术给学科内容呈现所带来的种种变化，并充分利用各种人工智能技术来有效地表征、转化、总结、呈现学科知识，才能拓展学科知识的深度与广度。

3.AI-TPACK

AI-TPACK 是一种由学科知识、教学知识和人工智能技术知识三种知识交织而产生的一种知识。这种知识不同于学科专家和人工智能技术专家拥有的知识，也不同于那种与学科无关的一般教学法知识，而是一种利用人工智能技术、针对特定学科内容开展教学的知识。具体来说，AI-TPACK 知识包括以下内容：使用人工智能技术表达学科概念的知识；以创造性的方式使用人工智能技术来教学的教法技巧；使用人工智能技术矫正学生在概念学习的过程中面临难题的知识；怎样利用人工智能技术，在现有基础上发展学生的新认识论或强化已有认识论方面的知识。需要特别注意的是，相对于电子白板、Excel等传统的非智能性信息技术工具，很多人工智能教育产品本身就是学科内容、教学方法与智能技术的融合体。也就是说作为产品，它们拥有与人类教师类似的AI-TPACK 知识，可以独自或与人类教师协同完成教学任务。

因此，人工智能时代还需要超越仅仅把人工智能技术作为教学与学习工具的看法，应该把人类教师与AI 教师怎样协同工作的知识，纳入AI-TPACK的范畴，甚至可以说人机协同思维下人工智能技术、学科内容、教学方法之间的交互关系，均成为AITPACK 的核心内涵。例如，教学机器人Pepper（见图7），能够以助教的身份从事授课、讨论、训练、测试、考试以及管理等相关工作；而具有AI-TPACK 的人类教师，应该知道什么时候在课堂上应用教学机器人，如何与教学机器人协同工作等。

图7 日本小学中教学机器人Pepper 与学生互动

另外，AI-TPACK 知识还包括教师对人工智能技术在教学中应用有可能会带来的风险和挑战的了解。如,人工智能与教育主体的权利嬗变、算法推荐与学生个性的发展异化、人工情感与人机互动的情感危机、智能感知与教育数据的价值困境等[25]。教师只有熟知AI 技术的功效与缺陷，做到人机优势互补，才能共建高效课堂。

**三、AI-TPACK 的三个发展途径**

上述我们提出的AI-TPACK 框架中，虽然有七种知识，但已往的相关研究和经验都证明，孤立的AITK、PK、CK 都不足以支持教师将人工智能技术有效应用到教学中，只有将三者相结合形成的AI-TPACK知识，才是教师开展人工智能技术与课堂教学整合最有效的知识基础。因此，教师AI-TPACK 的发展路径主要有三个[26]：从PCK 到AI-TPACK、从AI-TPK 到AI-TPACK 以及AI-TPACK 与PCK 同步发展。

**（一）从PCK 到AI-TPACK**

在教师原有PCK 的基础上，通过引入人工智能技术实现二者整合，是教师AI-TPACK 的发展途径之一。对有教学经验的教师来说，他们不但对学科内容有着深刻的理解，对课堂中采用的教与学方法也有了比较多的积累。更重要的是，他们能够迅速在具体教学内容和教与学方法之间建立关系，也就是他们已经拥有了比较丰富的PCK 知识。对于这样的教师而言，他们需要了解各种人工智能技术的教学功能，并思考与尝试把人工智能技术整合到与具体学科内容相关的教学活动中，就可以实现AI-TPACK的发展。可见，从PCK 到AI-TPACK 发展是循序渐进的，我们把这过程分为五个阶段：认识、接受、适应、探索和进阶（见图8）[27]。

图8 从PCK 到AI-TPACK 的五个发展阶段

（1）在认识阶段，教师开始了解和使用一些教育中常见的人工智能教学工具，并能够意识到这些工具与所教的学科内容、教学活动是适配的，如，英语教师认识到批改网可以应用到英语写作教学中。（2）在接受阶段，教师会分析应用人工智能技术对学科教学产生的影响，从而决定是否在课上采用人工智能技术。（3）在适应阶段，教师开始采取行动，即教师开始尝试依据所开展的教学活动，来选择适宜的人工智能技术以支持学科教学。（4）在探索阶段，教师会积极、主动地将人工智能技术整合到学科教学中，详细设计人工智能技术支持的教与学过程，创造性地发挥人工智能技术对教与学的促进作用。（5）在进阶阶段，教师会对人工智能技术支持下的教与学进行综合评估，通过分析教与学过程中的数据信息和学生反馈，来判断人工智能技术与课堂教学整合的成效，人工智能技术也逐渐成为日常教学活动不可分割的一个部分。

我们认为，通过上述五个发展阶段，教师的PCK知识就会逐步转化成为AI-TPACK 知识。

**（二）从AI-TPK 到AI-TPACK**

在已有AI-TPK 的基础上，通过所谓 “技术映射”（Technology Mapping）方法来发展教师的AITPACK，则是另一条可行路径。随着人工智能技术在教育领域的不断渗透，教师在职前教育阶段学习“人工智能技术教育应用类”课程的机会越来越多。这类课程一般由师范院校的教育技术专业教师开设，但这些教师通常并不太熟悉基础教育中所有科目的课程内容。所以，尽可能涵盖教育中可能用到的人工智能技术，关注人工智能技术如何支持跨学科的一般性教学方法，是此类课程的定位与实施重点。例如，人工智能技术如何来支持学生开展探究性学习，如何使用人工智能技术对学生进行学习诊断等。在这类课程学习中，教师获得的主要是AI-TPK 知识，而“技术映射”方法可以帮助教师在后继课程中，实现从AI-TPK 知识到AI-TPACK 知识的发展。

所谓“技术映射”是一种把技术功效映射到教学内容表达和教学活动中的方法，它使得教师在技术知识和学科内容知识之间，形成复杂且相互关联的想法[28]。在开展技术映射时，教师首先被要求思考一个具体的内容领域，并基于他们的经验，指出这一内容领域在教师教和学生学的过程中可能存在的困难。随后，教师需要通过迭代的决策过程，以确定将每个主题转化成可以教授给学生的内容。在这一过程中，教师需要确定如何使用人工智能技术来转化课程内容的表征形式，如何调整表征形式以适应学生的需求，并确定教学活动中所需要使用的具体教学策略。通过上述过程，教师就可以实现将技术功效映射到学科内容之中，教师的AI-TPACK 知识也由此得到了发展。

**（三）AI-TPACK 与PCK 同步发展**

在教师教育课程中，如果不是把人工智能技术的教育应用集中到一门课程中进行学习，而是将之系统地整合到特定学科教学的相关课程中，如，数学课程教学、英语课程教学等，那么就该要求这些课程内容涵盖基于人工智能技术的教学，从而实现教师AI-TPACK 与PCK 的同步发展[29]。面对同步发展可能会导致的认知负荷问题[30]，基于设计的学习（DBL）是一个有效的解决方法。基于设计的学习是一种将设计与知识学习紧密结合的学习方式[31]，这种学习方式要求教师以团队合作的形式，来设计真实性的、劣构的教学问题解决方案，以发展教师的TPACK 知识。在这一过程中，教师教育者一般不需要直接向教师学习者传授人工智能技术知识，教师学习者会在问题的驱动下自行寻找基于人工智能技术的解决方案，从而实现学科内容、人工智能技术、教学法等相关知识的有效整合。

我们认为，采用基于设计的学习促进教师AITPACK 与PCK 同步发展时，可采用以下八种策略[32]：（1）用头脑风暴法来讨论人工智能技术与课程整合问题的解决方法，而非专注于单一和通用的解决方案；（2）设计整合人工智能技术的人工制品，如，人工智能技术支持的教案、学习资源等，以帮助学习者在设计过程中理解人工智能技术与课堂教学整合的复杂性；（3）批判性地分析人工智能技术与课堂教学整合的设计案例，促进学习者深入思考人工智能技术、教学方法和课程内容之间的关系，以及它们的混合如何导致有效的教学；（4）基于设计的学习与理论学习相结合，为实现人工智能技术与课堂教学整合奠定理论基础；（5）研究人工智能技术工具可能的教学功能（Affordances），熟悉其优势与不足；（6）反思设计经验，反思可以帮助学习者进一步精炼设计过程中所获得的经验，确定遇到的困难，并进行AITPACK 的自我评估；（7）将设计结果应用到真实环境中，以帮助教师进一步升华AI-TPACK 是如何付诸实施的以及哪些情境因素会影响实施效果等方面的认识；（8）加强设计过程中团队内的协作，团队协作为学习者提供了一个集体讨论人工智能技术与课堂教学有效整合的机会。

**四、基于AI-TPACK 的教学实践新形态**

**（一）“AI+教师”的协同教学**

“AI+教师”的协同教学要求在教学过程中，充分发挥教师与人工智能各自的优势，它是教师与人工智能机器或设备各司其职又协同合作的一种教学形态，具体有四种形式（见图9）[33][34]：

（1）“AI 代理+教师”，此时教师主要利用AI 的计算智能（如，神经计算、模糊计算、进化计算等）代替自身完成一些程序化、机械性、重复性的工作，教师则主要承担教学设计、情感交流等创造性工作；（2）“AI 助手+教师”，此时教师主要利用AI 的感知智能（如，语音识别、人脸识别、体态识别等），将学生的言语、表情、身心状态等不易观察的信息以报告的形式呈现出来，以辅助自身的教学决策；（3）“AI 导师+教师”，AI 导师兼具计算智能、感知智能和高阶的认知智能，能通过设置好的工作规则和海量数据，学习教师的思维模式和处理问题的方式，进而给学生提供可媲美特级教师的智能辅导，而教师则主要负责设计、更新工作规则；（4）“AI 伙伴+教师”，AI 伙伴拥有社会智能，具备与人类教师同等的智能性、自主性和创造性，可以在与人类教师、学生甚至是其他AI 伙伴的交互与协作中，形成“人机”或“机机”共同体，不断习得新的规则、更新与完善既有的知识库，为学生提供更适切的指导。

图9 “AI+教师”的协同教学四种形态

**（二）数据驱动的精准教学**

数据驱动是被数据所推动的过程与活动，即所有的活动流程都依赖于数据、所有决策都基于确凿证据[35]。数据驱动的精准教学是教师使用人工智能技术，对教学数据进行深入挖掘与分析，并以此为依据实现自身精准的教和学生精准的学这样一种教学形态。它包括教学目标的精确定位、教学内容的准确选择、教学过程的有效调控等方面[36]。

在定位教学目标时，教师可以运用数据挖掘（如，预测、聚类、关联挖掘等）、建模、学习分析等技术，对学生个人的学业与能力发展数据（如，学习状况、学习动机、认知能力等）、班级特征数据（如，对课程的整体接受度、班级学习态度等）进行分析；同时，发现学生学习结果与教学行为、教学资源之间的相关性，以预测学生通过教学活动可能达到的水平，进而把教学目标精确定位到学生的最近发展区[37]。

在选择教学内容时，教师可以基于知识计算引擎与知识服务技术，通过知识加工、深度搜索、可视化交互等技术路径，从大量无序化、碎片化的知识中筛选出有利于学生发展的教学内容，并生成完整的、跨学科的知识地图，以帮助学生建构动态的知识体系[38][39]。在调控教学的过程时，教师可以使用行为建模、经历建模等技术，跟进学生的学习过程、分析学生的学习表现并实时监测学生行为，以制定科学决策来及时调整并有效干预教学[40]。

**（三）按需定制的个性化教学**

按需定制的个性化教学是教师基于人工智能技术，在分析学生个性特征、掌握学生学习需求的基础上，为学生定制个性化的学习内容、提供个性化的学习提示的一种教学形态[41]。前文提到，教师可以通过数据挖掘、学习分析等技术，掌握学生的学习状况与认知能力等，这为把握每个学生的个性特征与学习需求提供了依据。在此基础上，教师需要借助人工智能推送技术，为不同个性特征与学习需求的学生量身定制不同的学习内容，教师还需要考虑学习内容的难度是否适中、数量是否适度、呈现方式是否适切[42]等问题。教师还可以利用智能导学、智能助理等，为学生提供个性化的学习提示，帮助其厘清学习思路、调整学习方式、降低学习难度。

**（四）虚实共生的沉浸式教学**

虚实共生是指使学生在感官上实现虚拟世界与现实世界的无缝融合。当前，虚实共生的沉浸式教学是教师依托5G、全息投影、增强现实（AR）、扩展现实（XR）、数字孪生（DT）等相关新技术，为学生搭建虚实融合的学习空间，进而使学生获得沉浸式（全身心投入）学习体验的一种教学形态[43]。虚实共生的沉浸式教学，不仅可以将现实世界中的事物融合在一起，启发学生在质疑、批判、交互与反思的过程中获得身临其境般的学习体验，还能锻炼学生开展探究式学习与自主学习的能力，加深学生对知识与技能的理解与应用，进而实现“知行合一”[44]。

**五、基于AI-TPACK 的学习环境**

根据以往的研究成果，比如，有学者在TPACK框架下来研究在线学习环境[45]、教学系统[46]和学习工具[47]的开发等，研究结果发现：基于TPACK 的学习环境在实践应用中均取得了良好的成效，不但能够提高学生学习的积极性和学习效率；同时，也减轻了教师的设计压力和工作负担。为此，我们在分析基于AI-TPACK 的学习环境特征基础上，初步构建了基于AI-TPACK 的学习环境模型。

**（一）AI-TPACK 的学习环境特征**

1.整合性

整合性是AI-TPACK 学习环境的核心特征。AITPACK 学习环境的整合性，不仅仅体现在智能设备通过统一的接口来提供系统、流畅的服务[48]，也不仅仅体现在对跨学科、多来源教学内容的整合，以及对合作、探究、自主等多种学习方式的支持。最重要的是体现在人工智能技术、教学法和学科内容的整合上。在AI-TPACK 学习环境中，人工智能技术与教学内容的组织、表征整合，形成了智能化的学习资源，人工智能技术与教学法整合，形成了精准化、智适应、个性化的学习方法与学习支持服务等，且它们之间又紧密联系，形成一个紧密结合的有机整体。

2.智能性

AI-TPACK 学习环境的智能性特征，主要体现在学习情境智能感知、学习过程智能记录和智能化学习支持三个方面。学习情境智能感知借助环境感知与情境识别技术，在自然状态下捕获学习者所处的学习环境以及学习者的面部表情、肢体动作、语言交流等方面的信息，全面感知学习者的学习状态，精准识别学习情境，以提供适切的资源与服务；学习过程智能记录，在于利用大数据技术对学习过程进行跟踪，以了解学习者的知识水平、认知特点以及在学习中存在的优势和不足[49]；智能化学习支持是以学习者为中心，提供智能化学习工具、智适应学习资源、智能学习助手、智能学习诊断、联结学习社群等学习支持服务[50]。由此，学习环境的智能性成为实现个性化学习的基础。

3.个性化

个性化是世界范围内未来教育发展的基本趋势[51]，AI-TPACK 学习环境可以打破传统固化的学习模式和以班级学习为主的组织形式，为学生提供灵活的、个性化的学习路径，满足不同学生的个性化或自适应学习要求，让每个学生的潜能得到发展[52]。例如，人工智能技术能够通过对学习者先前的学习表现进行分析，判定学习者的层次，将学习者分成不同的群组，开展混班分层次教学。即使在同一年级的同一门课程中，基于人工智能技术的教学方案定制，也将打破传统的教学形态，不同学生在同一课程中的学习方案、学习进度、学习内容等可能大相径庭[53]，甚至“一人一课表”也可以实现。

4.高阶性

未来社会的发展需要大批具有高阶思维的创新性人才，AI-TPACK 学习环境可以为高阶学习提供有力支持，通过创设条件，促进学习者高阶思维、高阶能力和高阶知识的发展。高阶思维是发生在较高认知水平层次上的心智活动或较高层次的认知能力，高阶能力是以高阶思维能力为核心的、解决劣构问题或复杂任务的心理特征（如，创新能力、问题解决能力、信息沟通与合作能力、自我反思能力等），高阶知识则是由学习者在解决问题过程中建构的、灵活的、隐性的知识。AI-TPACK 学习环境可以通过智能感知学生状态，创设真实、有意义的学习情境，提供精准的学习服务，从而促进高阶人才的培养。

**（二）AI-TPACK 的学习环境模型**

根据上述特征，我们提出了基于AI-TPACK 的学习环境模型，主要分为三层，分别是基础设施层、智能服务层和交互应用层（见图10）。

图10 基于AI-TPACK 的学习环境模型

1.基础设施层

基础设施层主要提供智能硬件、网络、存储和高性能计算等基础能力服务[54]。智能感知系统包括智能传感器、智能视频终端、可穿戴设备等智能感知设备，实现对学习情境的自动感知，为学习者画像和精准资源推送提供大数据支持。智能学习终端为学习者的学习活动提供交互式工具支持，包括电子书包、智能书写笔、智能黑板、无线交互投屏等。智能云服务系统采用虚拟化等技术，实现云资源服务的高集成、高效率和智能化，实现高性能计算与云服务。大数据是AI-TPACK 学习环境的驱动器，在于构建大数据基础设施，采用数据挖掘和学习分析等方法实现基于数据的分类、预测和决策，以实现对学习的智能化、精准化支持。

2.智能服务层

智能服务层是AI-TPACK 学习环境的核心部分，主要通过智能教育云平台将各应用软件、接口进行集成贯通，促进教育云端、教师端、学生端以及管理端的互通互联，形成统一化数据环境的智能信息平台[55]。其核心功能包括：学习过程智能记录、学习资源智能推送、智能学习工具提供、知识图谱构建、学习者画像、智能评测、智能学习诊断、智能助手支持等。智能学习工具、学习资源、知识图谱的设计和建构，需要教学内容与智能技术的整合，它是AITCK 的物化表现；而学习者画像、学习资源智能推送、智能诊断等，则表现出智能技术与教学法知识的整合，它是AI-TPK 在学习环境上的体现。

3.交互应用层

交互应用层是AI-TPACK 环境中的教与学实施部分。师生借助智能教育平台提供的学习支持服务，达成人与设备、工具、环境、资源之间流畅、自然、高效的互动，以实现个性化学习、合作学习、探究学习等。在AI-TPACK 的学习环境中，教师需要具备AITPACK 知识，学生同样也需要掌握利用人工智能技术促进学习的能力和知识[56]，即AI-TLCK 知识。

**六、AI-TPACK 研究与实践的未来论题**

**（一）在AI-TPACK 框架下进一步开发学习平台、资源与工具**

近年来，智能在线学习平台的开发已上升为一项国家战略[57]。虽然有学者对智能化学习平台特征和系统架构[58]、智能化学习资源[59]提出了自己的独特见解，但多数研究立足于人工智能技术来分析，较少从人工智能技术、学科内容、教学活动整合的视角来开展研究。基于AI-TPACK 框架来研发学习平台、学习资源和学习工具，不但能够在最大程度上确保人工智能技术与教学活动、教学内容之间的契合；而且可大大降低实践中教师的设计压力和工作负担，从产品层面助力教师克服人工智能技术与课程整合的第三重障碍，即设计能力障碍[60]。

**（二）深入挖掘可推广的人工智能教学应用的典型案例**

教育典型案例是在特定教育情境下对教育事件的重现，它不但呈现了教育事件的具体发展过程，还能够从中体现参与者的思想、行为以及情感等状况。而典型案例是教师从理论学习向实践能力转化的有效途径[61]。在人工智能技术教学应用推广的起始阶段，深入挖掘人工智能技术教育应用的典型案例，可为教师开展教学实践提供参考，为其专业发展提供支撑，也是对AI-TPACK 框架的一种实践验证。

**（三）更新教师教育中技术应用的相关课程**

目前，教师教育类课程中涉及到人工智能技术教育应用的内容还相对较少，为促进教师AITPACK 知识发展，确保他们今后能将人工智能技术有效应用到课堂教学中，应该不断更新教师教育中的技术类课程。为此，需要全面收集教育中可用的人工智能技术工具，分析对比不同技术工具的教育功能，将与之相关的技能、应用等内容融入现有课程中，并加强人工智能技术教育应用能力的训练，实现课程更新。在课程更新中，应着重考虑以下两方面：一是如何实现人工智能技术与学科知识、教学法的贯通与耦合，避免各种模块或课程的简单叠加；二是如何设计阶梯式推进的人工智能技术整合课程结构，结合专业知识的不同学习阶段，有针对性地推进人工智能技术与课程整合的深度和广度，为不同学习阶段的教师，创设更为适切的学习与实践机会[62]。

**（四）探索不同类型教师的AI-TPACK 提升策略**

前文已经提到，针对不同类型的教师，AITPACK 提升策略也应该有所不同。今后的研究，不仅要继续关注不同知识经验教师AI-TPACK 的发展路径，还要探索不同认知结构、不同学科背景、不同教学信念（如，秉持建构主义教学与秉持传统教学信念）、不同思维方式（如，强设计思维与弱设计思维、强创新思维与弱创新思维）教师AI-TPACK 的提升策略[63][64]。

**（五）开发适合教师AI-TPACK 的评价工具**

开发AI-TPACK 测评工具无论对于评估教师知识状况，还是设计有针对性的专业发展活动，都显得非常重要。教师AI-TPACK 知识可采用观察法、访谈法、问卷调查法等多种方法进行评价。在开发上述评价工具时，可参考已有TPACK 评价相关研究，如，Chai[65]等编写的“面向有意义学习的TPACK 调查问卷”，Archambault 等[66]编制的“TPACK 知识调查问卷”，Schmidt 等[67]编制的“职前教师教学和技术知识调查问卷”，Harris 等编制的 “技术整合评价量规”，Graham 等[68]编制的“科学课程TPACK 调查问卷”以及Hofer[69]等开发的基于TPACK 的技术整合观察量表和Harris[70]等开发的面向TPACK 的教师访谈协议与评估量规。在开展评价活动时，应关注多种评估方法的融合，重视评价方法之间的互补[71]。

**（六）关注学生整合技术的学科学习知识（AITLCK）情况**

有研究认为[72]，信息技术与课程有效整合，不仅教师要具备TPACK 知识，而且学生也要对应用技术学习学科内容有一定的认知，也就是具备“整合技术的学科学习知识（TLCK）”。因此，后继研究可对学生AI-TLCK 知识做深入的调研，充分了解学生对利用人工智能技术进行学习的认知，一方面，可作为教师设计与开展人工智能技术支持的教学活动之基础；另一方面，也是对教师自身AI-TPACK 在教学实践中的效果进行检验。

（致谢：在本文撰写过程中，鲁东大学教育科学学院硕士研究生张铭锐、白琼以及教师教育学院硕士研究生陈效玉、王洪鑫，提供了资料整理方面的帮助，特致感谢。）

[参考文献]

[1]柳晨晨，宛平，王佑镁，杨刚．智能机器人及其教学应用：创新意蕴与现实挑战[J]．远程教育杂志，2020（2）：27-36．

[2]袁利平，陈川南．美国人工智能战略中的教育蓝图——基于三份国家级人工智能战略的文本分析[J]．比较教育研究，2020（2）：9-15．

[3]李青，郜晖，李晟．以技术引领跨界创新和社会发展——英国开放大学《创新教学报告》（2020 版）解析[J]．远程教育杂志，2020（2）：17-26．

[4]张慧，黄荣怀，李冀红，尹霞雨．规划人工智能时代的教育：引领与跨越——解读国际人工智能与教育大会成果文件 《北京共识》[J]．现代远程教育研究，2019（3）：3-11．

[5]王竹立.新知识观:重塑面向智能时代的教与学[J].华东师范大学学报（教育科学版），2019（5）：39-55.

[6]Mishra P，Koehler M J.Technological Pedagogical Content Knowledge:A Framework for Teacher Knowledge[J].Teachers College Record，2006（6）:1017-1054.

[7]Koehler M J，Mishra P.What is Technological Pedagogical Content Knowledge?[J].Contemporary Issues in Technology and Teacher Education，2009（1）:60-70.

[8]马云：人工智能是一种思维方式[EB/OL]．[2020-08-14].https://baijiahao.baidu.com/s?id=1611834186803014133&wfr=spider&for=pc．

[9]李新，杨现民．教育数据思维的内涵、构成与培养路径[J]．现代远程教育研究，2019（6）：61-67．

[10]Wing J M.Computational Thinking[J].Communications of the ACM，2006（6）:33-35.

[11]Zeng D D.From Computational Thinking to AI Thinking [J].Intelligent Systems，IEEE，2013（6）:2-4.

[12]刘勉，张际平．未来课堂智能教学系统设计研究——以手势识别为技术支持[J]．中国电化教育，2019（7）：14-21．

[13]陈新亚，李艳.《2020年地平线报告：教与学版》解读及思考——疫情之下高等教育面临的挑战与变革[J].远程教育杂志，2013（2）：3-16.

[14]兰国帅，郭倩，张怡，孔雪柯，钟秋菊．影响未来高等教育教学的宏观趋势、技术实践和未来场景——《2020年EDUCAUSE 地平线报告（教学版）》要点与思考[J]．开放教育研究，2020（2）：27-39．

[15]Salvetti F，Bertagni B.Reimagining STEM Education and Training with e-REAL.3D and Holographic Visualization，Immersive and Interactive Learning for an Effective Flipped Classroom[J].International Journal of Advanced Corporate Learning，2017（2）:1-6.

[16]Mostafavi B，Barnes T.Evolution of an Intelligent Deductive Logic Tutor Using Data-Driven Elements[J].International Journal of Artificial Intelligence in Education，2016（1）:1-32.

[17]Rivers K，Koedinger K R.Data-Driven Hint Generation in Vast Solution Spaces:A Self-Improving Python Programming Tutor[J].International Journal of Artificial Intelligence in Education，2015（1）:1-28.

[18]陈凯泉，张春雪，吴玥玥，刘璐．教育人工智能（EAI）中的多模态学习分析、适应性反馈及人机协同[J]．远程教育杂志，2019（5）：24-34．

[19]陈凯泉，沙俊宏，何瑶，王晓芳．人工智能2.0 重塑学习的技术路径与实践探索——兼论智能教学系统的功能升级[J]．远程教育杂志，2017（5）：40-53．

[20]詹艺，任友群．整合技术的学科教学法知识的内涵及其研究现状简述[J]．远程教育杂志，2010（4）：78-87．

[21]吴刚．从工具性思维到人工智能思维——教育技术的危机与教育技术学的转型[J]．开放教育研究，2018（2）：51-59．

[22]刘欣怡，徐丽芳．数字教育出版自适应智能教学与评估系统研究——以麦格劳-希尔的ALEKS 为例[J]．出版参考，2020（6）：18-23+32．

[23][41]郭炯，荣乾，郝建江．国外人工智能教学应用研究综述[J]．电化教育研究，2020（2）：91-98+107．

[24]胡水星．教师TPACK 专业发展研究：基于教育大数据的视角[J]．教育研究，2016（5）：110-116．

[25]冯锐，孙佳晶，孙发勤．人工智能在教育应用中的伦理风险与理性抉择[J]．远程教育杂志，2020（3）：47-54．

[26]Koehler M J，Mishra P，Kereluik K，et al.The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework[M]//Handbook of Research on Educational Communications and Technology.New York:Springer，2014:101-111.

[27]Niess M L，Ronau R N，Shafer K G，Driskell S O，Harper S R，Johnston C，Browning C，魻zgün-Koca S A，Kersaint G.Mathematics Teacher TPACK Standards and Development Model[J].Contemporary Issues in Technology and Teacher Education，2009（1）:4-24.

[28][29]Angeli C，Valanides N.Technology Mapping:An Approach for Developing Technological Pedagogical Content Knowledge[J].Journal of Educational Computing Research，2013（2）:199-221.

[30]Brush T，Saye J.Strategies for Preparing Preservice Social Studies Teachers to Effectively Integrate Technology:Models and Practices[J].Contemporary Issues in Technology and Teacher Education，2009（1）:46-59.

[31][32]Ellefson M R，Brinker R A，Vernacchio V J，et al.Design-based Learning for Biology:Genetic Engineering Experience Improves Understanding of Gene Expression[J].Biochemistry and Molecular Biology Education，2008（4）:292-298.

[33]余胜泉，王琦．“AI+教师”的协作路径发展分析[J]．电化教育研究，2019（4）：14-22+29．

[34]周琴，文欣月．智能化时代“AI+教师”协同教学的实践形态[J]．远程教育杂志，2020（2）：37-45．

[35][43]郑思思，陈卫东，徐铷忆，等．数智融合：数据驱动下教与学的演进与未来趋向——兼论图形化数据智能赋能教育的新形态[J]．远程教育杂志，2020（4）：27-37．

[36][39]秦丹，张立新．问题与优化：课堂精准教学实践的现实审视与反思[J]．电化教育研究，2019（11）：63-69+77．

[37][38][40]辛继湘．当教学遇上人工智能：机遇、挑战与应对[J]．课程.教材.教法，2018（9）：62-67．

[42]周美云．机遇、挑战与对策：人工智能时代的教学变革[J]．现代教育管理，2020（3）：110-116．

[44]梁福春.以“沉浸式教学”为突破的高校传媒人才培养设计与实现[J].传媒，2019（16）:86-89.

[45]Wong L H，Chai C S，Zhang X，King R B.Employing the TPACK Framework for Researcher-teacher co-design of a Mobile-assisted Seamless Language Learning Environment [J].IEEE Transactions on Learning Technologies，2015（1）:31-42.

[46]Lee L W，Mohamed A R，Altamimi A A.Design，Development，and Evaluation of an Automated e-Learning Tutorial System to Instruct Pre-service Special Educators in the Malay Braille Code [J].Asia-Pacific Education Researcher，2015（3，SI）:481-494.

[47]Yan Z M，Chai C S，So H-J.Creating Tools for Inquiry-based Mathematics Learning from Technological Pedagogical Content Knowledge Perspectives:Collaborative Design Approach[J].Australasian Journal of Educational Technology，2018（4）:57-71.

[48][53]许亚锋，高红英．面向人工智能时代的学习空间变革研究[J]．远程教育杂志，2018（1）：48-60．

[49]曹培杰．智慧教育：人工智能时代的教育变革[J]．教育研究，2018（8）：121-128．

[50]习海旭，廖宏建，黄纯国．智慧学习环境的架构设计与实施策略[J]．电化教育研究，2017（4）：72-76．

[51]余胜泉．“互联网+”时代发展个性的未来学校[N]．中国信息化周报，2016-06-13（7）．

[52]张生，曹榕，陈丹，韩盼盼，齐媛．“AI+”时代未来学校的建设框架与内容探究[J]．中国电化教育，2018（5）：38-43+52．

[54]刘邦奇，王亚飞．智能教育：体系框架、核心技术平台构建与实施策略[J]．中国电化教育，2019（10）：23-31．

[55]金智勇，张立龙．智慧教室“三位一体”模型构建及实践探索——以华中师范大学为例[J]．现代教育技术，2019（4）：75-81．

[56][72]Chai C S，Koh J H-L，Tsai C-C.A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge[J].Educational Technology & Society，2013（2）:31-51.

[57][58]卢文辉．AI+5G 视域下智适应学习平台的内涵、功能与实现路径——基于智能化无缝式学习环境理念的构建[J]． 远程教育杂志，2019（3）：38-46．

[59]余亮，魏华燕，弓潇然．论人工智能时代学习方式及其学习资源特征[J]．电化教育研究，2020，（4）：28-34．

[60]Tsai C-C，Chai C S.The “Third”-order Barrier for Technology Integration Instruction:Implications for Teacher Education[J].Australasian Journal of Educational Technology，2012:1057-1060.

[61]杨彦军，童慧，郭绍青．ICT 支持教师专业学习的典型案例、核心要素与关键措施[J]．开放教育研究，2014（3）：98-110．

[62]张静，杨文正．面向TPACK 发展的职前教师教育课程例析与重构[J]．教育理论与实践，2016（5）：41-44．

[63]徐春华，傅钢善，侯小菊．我国高校教师的TPACK 水平及发展策略[J]．现代教育技术，2018（1）：59-65．

[64]许如聪，董艳，鲁利娟．基于九因子模型的新手教师TPACK 知识结构分析[J]．现代远程教育研究，2015（1）：98-105．

[65]Chai C S，Koh J H L，Ho H N J，et al.Examining Preservice Teachers’ Perceived Knowledge of TPACK and Cyber Wellness through Structural Equation Modeling[J].Australasian Journal of Educational Technology，2012（6）:1000-1019.

[66]Archambault L，Crippen K.Examining TPACK among K-12 Online Distance Educators in the United States [J].Contemporary Issues in Technology and Teacher Education，2009（1）:71-88.

[67]Schmidt D A，Baran E，Thompson A D，Mishra P，Koehler M J，Shin T S.Technological Pedagogical Content Knowledge（TPACK）:The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers[J].JRTE，2009（2）:123-149.

[68]Graham C R，Burgoyne N，Cantrell P.TPACK Development in Science Teaching:Measuring the TPACK Confidence of Inservice Science Teachers[J].TechTrends，2009（5）:70-79.

[69]Hofer M，Grandgenett N，Harris J，Swan K.Testing a TPACK-Based Technology Integration Observation Instrument [C]// Koehler M，Mishra P.Proceedings of SITE 2011——Society for Information Technology & Teacher Education International Conference ，2011:4352-4359.

[70]Harris J，Grandgenett N，Hofer M.Testing an Instrument Using Structured Interviews to Assess Experienced Teachers’ TPACK[EB/OL].[2020-08-15].http://activitytypes.wm.edu/TestinganInstrument.doc.

[71]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（5）：97-104．

**AI-Technological Pedagogical Content Knowledge（AI-TPACK）:Connotation，Teaching and Learning Practice and Future Issues**

Yan Zhiming1，Fu Jialiu2，Zhu Youliang2& Duan Yuanmei2  
（1.College of Education Science，Ludong University；2.College of Teacher Education，Ludong University，Yantai Shandong 264011）

【Abstract】With the continuous deepening of the integration of artificial intelligence and education，artificial intelligence is bringing greater and greater challenges to education and teaching.Artificial intelligence technology is different from previous information technology.It not only penetrates and affects teaching and learning in all directions，but also promotes the change of teacher’s original cognitive structure and teaching methods.Technical Pedagogical Content Knowledge（TPACK）needs to be injected with new connotations，that is，it needs to be updated to enable teachers to better adapt to the needs of the AI era.Therefore，the construction of AI-Technical Pedagogical Content Knowledge（AI-TPACK）has become an important topic.AI-TPACK surpasses TPACK and views technology from a tool level.Its connotation is the interactive relationship between artificial intelligence technology，subject content，and teaching methods from the perspective of human-computer collaborative thinking.Its development paths mainly include PCK to AI-TPACK，and AI-TPK to AI-TPACK and the simultaneous development of AI-TPACK and PCK.The new form of teaching practice based on AI-TPACK is manifested in the collaborative teaching of “AI + teachers”，data-driven precision teaching，customized teaching on demand，and immersive teaching of virtual and real symbiosis.The proposed AI-TPACK theoretical framework has its significance for the development of teachers’ artificial intelligence technology application ability，the teaching practice of integration of artificial intelligence technology and curriculum，and the development of intelligent learning environment.

【Keywords】AI-Technological Pedagogical Content Knowledge；AI-TPACK；Educational Artificial Intelligence；Artificial Intelligence Thinking；AI Teacher；Human-Computer Collaboration；Technology Mapping；Immersive Teaching

[中图分类号]G434

[文献标识码]A

[文章编号]1672-0008（2020）05-0023-12

\* 基金项目：本文系山东省社会科学规划研究一般项目 “设计思维视野下教师信息技术能力发展：学习环境设计与影响因素分析”（项目编号：17CJYJ13）；教育部人文社会科学研究一般项目“中小学创客教师专业能力研究”（项目编号：18YJA880101）；山东省教育科学规划项目“小学生对人工智能课程学习内容的偏差认知研究”（项目编号：BYZN201919）的研究成果。