



# “三维一体”产教融合协同育人实践教学模式在智能医学工程专业建设中的实践

王庆宇<sup>1,2</sup>, 王俊杰<sup>1,2</sup>, 万程<sup>1,2</sup>, 郁芸<sup>1,2</sup>

1. 南京医科大学生物医学工程与信息学院, 2. 医学信息学与管理研究所, 江苏 南京 211166

**摘要:** 在新医科建设与新一代人工智能深度融合的战略背景下, 智能医学工程作为一门新兴交叉专业, 其人才培养面临知识结构离散化、实践教学情境脱域化、教学主体单一化等矛盾。文章深入剖析并理论化地阐述了“三维一体”产教融合协同育人实践教学模式在智能医学工程专业建设中的应用。该模式通过对课程体系、实践平台和师资队伍三个维度进行解构与重构, 实现高等教育机构、临床实践场域与前沿产业生态之间的资源深度耦合与价值共创, 为同类院校在应对交叉学科人才培养问题方面提供了理论与实践参考。

**关键词:** 智能医学工程; 三维一体; 产教融合; 协同育人; 实践教学模式

中图分类号: R-05; G642.0

文献标志码: A

文章编号: 1671-0479(2026)03-269-006

doi: 10.7655/NYDXBSS250521

## 一、智能医学工程人才培养的系统性挑战与理论回应

在全球新一轮科技革命与产业变革浪潮中, 人工智能、大数据等前沿技术正以前所未有的深度与广度重塑医学健康领域<sup>[1]</sup>。“健康中国2030”战略与“新一代人工智能发展规划”的并行推进, 为中国医学教育中“新医科”建设的范式革新指明了方向。在此交汇点上, 智能医学工程专业应运而生, 其专业建设的本质是回应社会对兼具医学人文关怀、工程技术创新能力与信息科学素养的复合型人才的需求。然而, 作为一个典型的“后设学科”, 智能医学工程专业的发展从一开始便嵌入多重张力之中, 如传统学科壁垒与新交叉学科知识整合需求之间的张力, 前沿学术知识理论逻辑与当前产业实践逻辑之间的张力, 以及高等院校标准化人才培养模式与快速迭代的技术市场之间的张力。针对该问题, 目前国内部分高校已率先开展了智能医学工程专业建设的实践。其中, 以工科见长的院校多侧

重于依托其强大的工程学科基础, 构建以智能算法、医学仪器研发为核心的人才培养路径<sup>[2-3]</sup>; 而以医学为主导的院校, 则尝试深度融合其临床资源, 探索以医疗大数据分析、智慧医院解决方案为特色的培养方向<sup>[4]</sup>。这些探索虽具开创性, 但普遍暴露出一些传统专业人才培养模式中中共性的、深层次的问题。首先, 在课程体系层面, 传统模式课程体系常表现为医学、工学、信息学等课程的“机械拼接”而非“化学反应”, 知识模块间缺乏有机联系与层级递进的设计, 导致学生难以形成系统性、可迁移的交叉学科认知框架<sup>[5-7]</sup>。其次, 在实践教学层面, 传统模式下校内实验室的验证性实验与模拟项目占据实践课程主导, 其与真实的临床工作流程、产业研发环境存在显著“鸿沟”, 对学生解决复杂真实世界问题的能力培养不足<sup>[8-10]</sup>。最后, 在师资层面, 传统专业人才培养模式中具备跨学科知识背景并能贯通理论与产业实践的“双师型”乃至“多师型”教师严重匮乏, 成为制约新专业高质量发展的关键瓶颈<sup>[11-13]</sup>。这些问题共同指向一个核心命题: 如何构建一个

**基金项目:** 南京医科大学教育研究课题“智能医学工程专业实践教学建设研究”(2023ZC025), “医产教协同的智能医学工程专业课程体系重构研究”(2025ZD001), “医学人工智能微专业人才培养模式研究”(2025YBZC002); 江苏省教育科学规划课题“多模态大数据驱动的智能医学工程本科专业教学质量标准研究”(B/2022/01/126)

**收稿日期:** 2025-12-11

**作者简介:** 王庆宇(1992—), 男, 安徽滁州人, 博士, 讲师, 研究方向为智能医学工程, 通信作者, wangqy@njmu.edu.cn

能够有效弥合知识、实践与多主体间鸿沟的协同育人生态系统?

从理论视角审视,上述挑战实则触及了高等教育,特别是应用型交叉学科教育中的几个经典理论议题。一是教育生态平衡问题。单一院校作为育人“生态位”,其资源具有局限性,在应对智能医学工程这类高度复杂、不断更新的领域时尤为凸显,需要引入医院、企业等异质性主体,构建开放、共生的“教育生态群落”来应对知识快速更迭的挑战<sup>[14]</sup>。二是协同创新机制问题。高校、医院、企业等分属不同的社会系统,拥有差异化的目标函数、运行逻辑与知识资产,如何设计有效的制度接口与动力机制来促使三方围绕共同的人才培养目标产生“1+1+1>3”的协同效应,考验的是协同创新理论在教育领域的具体应用<sup>[15]</sup>。三是高校、医院、企业三方的实践共同体建构问题。学生有效的学习常发生在其参与社会性实践的过程中,将学生从传统课堂的“边缘性参与者”转化为由高校教师、临床专家、企业工程师共同构成的“实践共同体”中的核心成员,是实现学生专业身份认同与能力发展的关键举措<sup>[16]</sup>。

智能医学工程等新兴交叉专业的建设在本质上是一次以实践教学体系重构为突破口的多学科融合,是在“新医科”背景下对上述理论命题进行的系统性应答与实证性探索。本文旨在超越单一的高校实践经验介绍,着力对当前智能医学工程专业建设过程中构建的“三维一体”产教融合协同育人实践教学模式进行理论化提炼与深度剖析。本文将详细阐述如何通过对课程体系、实践平台、师资队伍三个维度的解构与一体化设计,来应对知识整合、情境嵌入与主体协同的挑战,分析其背后的理论依据与运行逻辑;并初步评估其成效与可持续性。本研究期望能为智能医学工程乃至更广泛的新兴交叉应用学科的人才培养模式创新贡献一个兼具理论解释力与实践启发性的分析框架与案例参考。

## 二、“三维一体”产教融合模式的理论内核与整体架构

### (一) 理论内核:一个整合性的分析框架

“三维一体”产教融合模式在智能医学工程专业建设中的应用蕴含着对新兴交叉学科专业人才培养复杂性的深刻理论洞察。智能医学工程专业的“三维一体”产教融合模式以“培养契合临床及产业复杂需求的高素质复合型人才”为一体目标导向(即“一体”),这一导向本身是对传统学科本位教育的超越,体现了成果导向的教育理念与复杂自适应系统理论在人才培养目标设定上的融合。它明确医疗健康产业是一个复杂自适应系统,智能医学

工程专业培养的人才必须能够理解并应对其中的不确定性、多主体互动及快速演化等情况。

为实现这一目标,智能医学工程专业建设过程中,其“三维一体”产教融合模式系统性地聚焦于“课程体系”“实践平台”与“师资队伍”三个核心维度(即“三维”)。这三个维度的选择,分别对应了知识建构、情境创设与引导主体这三个教育学中的核心要素。更重要的是,该模式强调这三个维度不是孤立或线性叠加的,而是构成一个相互依存、相互强化、动态联动的有机整体。这种整体观深受教育生态系统理论的影响,将人才培养视为一个由多个子系统(课程、平台、师资)及其与外部环境(医院、企业)互动构成的生态过程。

### (二) 整体架构:协同共生生态系统的构建

“三维一体”产教融合模式的架构核心在于打破了以高校为单一中心的传统“辐射状”育人结构,转而构建一个以人才培养目标为共同引力核心,以高校、附属医院、企业等多主体深度嵌入、资源互补、功能耦合的“协同共生系统”。在这一系统中,高校的课程体系是知识流动与转化的“设计图”和“脉络”,它定义了需要整合的知识内容与序列,并为医院和企业的人才培养提供理论支架与项目载体。医院和企业的实践平台是知识应用与能力生成的“情境场”和“反应器”,它将抽象知识置于真实或高度仿真的临床与产业情境中,促进学生进行隐性知识的习得与复杂问题的解决。“校一院一企”多元化师资队伍是知识传递和实践引导的“催化者”和“连接器”,多元化的师资队伍是连接课程内容与实践情境、学术世界与产业世界的关键人力资本。“课程体系”“实践平台”与“师资队伍”三个维度之间的互动是双向乃至多向的。实践平台的需求反馈驱动课程体系内容的迭代更新(如将医院真实的信息化难题转化为教学案例),课程体系的进阶设计指导着实践平台的分层建设(如从基础实验到综合创新项目的平台配置),而多元化的师资队伍则是实现课程体系与实践平台有效衔接的执行保障。这种架构本质上是在创建一个稳定的“校一院一企”多元化实践教学共同体,使得显性知识与隐性知识、理论认知与动手能力、学术探索与产业应用能够在其中持续地对话、碰撞与融合。

## 三、“三维一体”模式的维度解构与一体化实施路径

### (一) 课程体系维度:从线性叠加到动态交织的“知识生态系统”构建

针对课程“拼盘化”问题,智能医学工程专业的课程体系改革超越了“三段递进”的形式描述,其深层理念是构建一个动态交织的“知识生态系统”。

智能医学工程专业的课程体系遵循“厚基础、强交叉、重应用”的原则,但其创新之处在于引入了“项目链”作为贯穿始终、整合各知识模块的“脊柱”。课程体系在低年级基础课程教学中,并未简单并列开设医学与工科课程,而是通过设计“问题导入模块”,例如在“人体解剖学”中引入医学影像三维重建的工程问题,在“Python 程序设计”中嵌入简单的生理信号处理任务。这种设计在早期即建立多学科间的意义关联,激发学生的交叉思维。在专业核心课程中采用“模块化集成”与“团队教学”形式。例如,“医院信息系统”课程,由计算机学科背景的学校专任教师负责讲解信息系统基本原理,临床教师阐释临床架构需求,企业工程师进行临床医院信息系统的编程应用培训。课程体系的高年级专业应用课程中完全采用“基于真实项目的学习”模式。课程内容本身来源于近期附属医院或合作企业提出的真实挑战,如“基于电子病历的住院患者风险预测模型构建”“可穿戴设备心电信号的房颤筛查算法优化”,课程大纲随项目变化而动态调整,确保课程的前沿性和实用性,学生以小组形式,在学校、医院、企业三方的联合导师团队指导下,完成从需求分析、文献调研、方案设计、系统实现到评价验证的全过程学习。这实质上将传统的课堂教学空间拓展为一个微型的、导师指导下的研发实践平台。

(二) 实践平台维度:从单一场景到多层嵌套的“情境学习网络”搭建

实践平台的构建理念是为学生搭建一个从“模拟”到“仿真”再到“全真”的多层嵌套的“情境学习网络”,以实现认知过程的逐步外化与身份认同的渐进转变。在智能医学工程新专业建设过程中,其校内基础平台是理论实践的“模拟层”,重点在于支撑专业基本原理的验证与基础技能的训练。学校利用虚拟仿真教学实验系统,使学生可以在无风险环境下进行实验操作模拟、医疗信息系统流程演练等。学校和医院构建的创新平台是实践应用的“仿真层”,是产教融合模式的关键枢纽。如创建省级“智慧医疗”大学生创新创业实践教育中心,其环境布置、项目管理制度高度模拟真实研发机构或医院信息科,学生团队在此可以承接来自医院或企业的“简化版”或“子模块”的真实任务,这一“仿真层”是连接校园与社会的“过渡空间”,学生在相对受保护的环境中体验近乎真实的项目压力与合作模式。医院和企业的实践基地是专业实践的“全真层”,是学生完全嵌入真实工作环境的实践平台。学生可以在国家健康医疗大数据中心、省级卫生信息中心等平台参与真实数据治理项目,也可以在医院信息科跟随企业工程师进行日常数据系统运维与小型

软件系统开发,还可以在科技企业参与产品测试与算法优化。学生在“全真层”通过“见习一轮岗一顶岗实习”的渐进式实践安排,从观察者逐步变为有贡献的行业参与者。尤其是学校可以结合大四第二学期的专业实习与毕业设计合一制度,要求学生的毕业设计选题必须来源于实习基地的真实问题,成果需接受基地导师的实用性评价。这可以打破毕业论文(设计)与专业实践的隔阂,使学生最终完成从理论“学习者”到行业“初级实践者”的身份转换。

(三) 师资队伍维度:从个体集合到结构化“跨界教学共同体”的形成

师资队伍建设的目标是打造一个结构化的“跨界教学共同体”,而非三类教师的简单汇集,其核心机制是“角色互补、责任共担、知识共享”。学校专任教师是知识系统化与学术深度的守护者,负责构建学科基础理论框架,引导学生掌握严谨的科研方法,并担任学生学术生涯的主要导师<sup>[17]</sup>。医院教师(临床工程师/信息科专家)是临床需求与伦理规范的传导者,他们确保教学活动不脱离临床实际,传授医疗流程、数据伦理、医疗安全等关键情境知识,并提供第一手的、未经“加工”的临床问题源。企业教师是技术前沿与工程范式的引入者,他们将最新的技术工具、产品思维、项目管理流程及行业标准带入课堂,帮助学生理解技术的产业实现路径与市场价值。为实现共同体效应,制度设计至关重要。高校可以通过出台“非校聘行业教师聘任与管理办法”“产业教授选聘及管理办法”等制度进行校外人员的聘任与激励,明确产业/医院教师的聘任标准、职责权利、课酬计算(与校内教授接轨)及绩效评价方式,赋予其合法的教学身份与尊严。对核心交叉课程及实践项目进行协同教学机制化,强制实行“双师”或“多师”协同授课与指导。通过集体备课统一目标,定期举行医、工、信融合教学研讨会,促进三类教师间的知识交流与理解。同时,高校为校内专任教师提供到医院和企业挂职锻炼的渠道,为企业/医院教师提供学校教学培训通道,使师资队伍从单一的个体师资集合逐渐形成“跨界教学共同体”。

#### 四、产教融合模式的保障机制、理论成效与可持续性分析

(一) 系统化的保障机制设计

“三维一体”产教融合模式的稳定运行依赖于一套环环相扣的保障机制,这些机制体现了将协同育人从“活动”层面提升到“制度”与“文化”层面的努力。学校需要通过顶层设计进行战略锚定,将产教融合作为智能医学工程等新专业建设的发展战



略,在专业规划、资源分配上给予持续倾斜。建立“多元评价—动态反馈—持续改进”的质量闭环。“校—院—企”联合教学课程的学生成绩由校内导师(重过程与方法)、院企导师(重应用与创新)共同评定。学校定期收集学生、教师(包括企业和医院教师)、用人单位三方的反馈意见。同时,智能医学工程专业等需要成立由校、院、企代表组成的专业建设指导委员会,每年审议反馈数据,动态调整课程项目、实践基地合作深度和师资队伍配置。此外,除了常规教学经费,学校需要设立产教融合专项基金,用于支付医院和企业教师课酬、支持学生进入基地实习的补贴、资助基于真实项目的毕业设计等,从经济资源上润滑学校—医院—企业的合作流程。

(二)基于理论视角的成效分析

“三维一体”产教融合模式的成效可从多个理论维度得到印证。在知识建构维度,智能医学工程

专业建立了分层式课程体系(图1)。在低年级完成理论知识和基础实践环节,在高年级进行仿真实践和应用升华,结合实践平台和多元化师资队伍建设,学生具有更强的系统性思维和知识整合能力。学生在完成跨学科项目的过程中,必须自主寻找并结合不同学科的知识点来解决复杂问题,这促进了其个人知识管理网络的形成。在能力发展维度,智能医学工程专业建立了多层嵌套的“情境学习网络”分层实践平台(表1)。通过不同层次的实践平台训练,学生的实践创新能力显著提升。在“挑战杯”“互联网+”“全国大学生生物医学工程创新设计大赛”等赛事中获奖层次和数量稳步提高。更重要的是,实习单位普遍反馈学生“上手快、理解深、沟通畅”,能较快融入团队并做出实质性贡献,这体现了其在真实情境中解决问题的能力已得到初步发展。在共同体融入维度,通过“双导师制”和长期浸润式实习,学生早期即被纳入一个由高校学者、医



图1 南京医科大学智能医学工程专业课程体系拓扑图

表1 南京医科大学智能医学工程专业“情境学习网络”分层实践平台

| 平台层次 | 功能定位        | 学习理论对应               | 代表性平台                                               | 学生角色       |
|------|-------------|----------------------|-----------------------------------------------------|------------|
| 模拟层  | 原理验证、技能初训   | 认知学徒制(初期)            | 智能医学工程实验室、虚拟仿真实验中心                                  | 模仿者、练习者    |
| 仿真层  | 综合应用、创新孵化   | 情境学习、实践共同体(边缘参与)     | 江苏省“智慧医疗”大学生创新创业实践教育中心、江苏省慢病大数据应用与智慧健康服务工程研究中心      | 项目成员、协作者   |
| 全真层  | 真实问题解决、职业认同 | 实践共同体(核心参与)、合法的边缘性参与 | 国家健康医疗大数据(东部)中心(江北数据中心)、南京医科大学第一附属医院信息科/设备科、合作企业研发部 | 实习生、初级专业人员 |

院临床专家、企业工程师组成的多元专业网络。这不仅提升了他们的专业技能,也加速了其职业身份与社会化进程。部分优秀学生在本科阶段即与实习单位达成就业或联合培养意向。在系统协同维度,“三维一体”产教融合模式促进了校、院、企之间的深度资源依赖与互利共赢。高校获得了优质实践教学资源和前沿课题,医院获得了技术支持与流程优化思路,企业获得了人才储备、研发合作机会以及潜在的市场洞察。这种正反馈循环是协同育人生态系统健康可持续的关键标志。

### (三)可持续性分析

尽管取得初步成效,但“三维一体”产教融合协同育人实践教学模式的深化仍面临挑战,需从理论高度寻求突破。

师资共同体的深度融合。当前三类教师的合作多在项目执行层面,在共同进行课程设计、开发系统化教学资源方面的合作深度仍有不足。未来需探索建立更紧密的“联合工作室”和“联合聘任”机制,促进教学理念的深度融合。

评价体系的科学化重构。如何科学量化评估学生在复杂项目实践、跨学科思维、职业伦理等方面的成长仍是一个难题。高校需引入学习档案袋、表现性评价等多元化评价工具,构建更能反映交叉学科人才特质的评价体系。

长效追踪与价值验证。高校需要建立毕业生长期追踪数据库,运用生涯发展理论,研究该模式下培养的学生在职业适应力、创新能力、领导力等方面的长期表现,以及与产业发展的互动关系,为模式优化提供更坚实的实证依据。

理论模型的泛化与调适。“三维一体”模式虽基于医科院校情境提炼,但其内核“通过解构核心维度并促进其一体化协同以构建育人生态系统”具有跨学科的参考价值。未来研究可探讨该模式在工科、文科等其他交叉学科中的应用条件与调适策略,丰富其理论外延。

## 五、结 论

智能医学工程专业的教育实践,归根结底是一场对传统学科边界、教学组织形态与知识生产方式的深刻变革。“三维一体”产教融合协同育人实践教学模式的,不仅提供了一套行之有效的实操方案,更重要的是,它以一种系统化、结构化的方式,回应了交叉应用学科人才培养中的核心理论问题。交叉应用学科育人目标的重新锚定必须基于对产业复杂系统需求的深刻理解;交叉应用学科实现路径在于对课程体系(知识流)、实践平台(情境场)、师资队伍(引导者)这三个教育核心要素进行一体化设计与协同干预;交叉应用学科成功的关键在于构建

一个多方主体深度参与、资源互补、价值共创的协同共生教育生态系统。未来的新兴交叉专业研究与实践,应当在此基础上,进一步深化对协同机制、科学评价、长期效能的探索,共同推动新专业实践教育走向成熟、自觉的新范式,从而为“健康中国”战略等智慧化转型奠定坚实的人才基石。

### 参考文献

- [1] 国务院. 新一代人工智能发展规划[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2017(22): 7-20
- [2] 何峰, 万亮, 明东. 智能医学工程: 新医科的探索与实践[J]. 中国高等教育, 2021(3): 15-17
- [3] 谢建明, 冷玥, 周光泉, 等. 发挥一流学科支撑优势, 建设智能医学工程专业[J]. 交通医学, 2022, 36(5): 458-462
- [4] 魏德健, 张梦秋, 刘静, 等. 中医院校智能医学工程专业建设路径探索[J]. 中国医药导报, 2023, 20(7): 73-76
- [5] 李建周, 汪丽燕. 新医科背景下智能医学工程专业人才培养现状与问题分析[J]. 医学信息学杂志, 2025, 46(5): 98-102
- [6] 郭金磊, 曹璐莹, 陈继超, 等. 新工科视域下基于医工跨界融合的智能医学工程专业人才培养体系探索[J]. 科技风, 2021(26): 60-62
- [7] SPELT E J H, BIEMANS H J A, TOBI H, et al. Teaching and learning in interdisciplinary higher education: a systematic review[J]. Educ Psychol Rev, 2009, 21(4): 365-378
- [8] 孙立元, 韩标, 汪丽燕, 等. 新医科理念下的智能医学工程专业人才培养模式探究[J]. 华夏医学, 2024, 37(4): 213-217
- [9] LATTUCA L R, VOIGT L J, FATH K Q. Does interdisciplinarity promote learning? theoretical support and researchable questions[J]. RHE, 2004, 28(1): 23-48
- [10] KOLB D A. Experiential learning: experience as the source of learning and development [M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1984: 131-141
- [11] 陈录赐. 医学技术专业“双师型”教师成长探讨[J]. 中国高等医学教育, 2015(7): 18-20
- [12] 胡树煜, 耿彧. 智能医学工程专业“一体四翼”人才培养模式探索[J]. 中国医学教育技术, 2024, 38(2): 235-239
- [13] BRANSFORD J D, BROWN A L, COCKING R R. How people learn: brain, mind, experience, and school [M]. Washington, DC: National Academy Press, 2000: 36-42
- [14] 范国睿. 教育生态学[M]. 北京: 人民教育出版社, 2000: 17-20
- [15] 陈劲, 阳银娟. 协同创新的理论基础与内涵[J]. 科学学

- 研究, 2012, 30(2): 161-164
- [16] LAVE J, WENGER E. Situated learning: legitimate peripheral participation[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1991: 45-58
- [17] 周文斌, 丁泽全, 黄华兴. 科学构建本科生导师制的实践与创新[J]. 南京医科大学学报(社会科学版), 2020, 20(4): 393-396
- (本文编辑: 姜 鑫)

## The practice of the three-dimensional integration collaborative education model in the construction of intelligent medical engineering

WANG Qingyu<sup>1,2</sup>, WANG Junjie<sup>1,2</sup>, WAN Cheng<sup>1,2</sup>, YU Yun<sup>1,2</sup>

1. School of Biomedical Engineering and Informatics,

2. Institute of Medical Informatics and Management, Nanjing Medical University, Nanjing 211166, China

**Abstract:** Under the strategic background of the in-depth integration of new medical science construction and the new generation of artificial intelligence, intelligent medical engineering, as an emerging interdisciplinary major, faces several challenges in talent development, such as the fragmentation of knowledge structures, the disembodiment of practical teaching scenarios, and the lack of diversity in teaching approaches. This study provides a theoretical framework for the application of the three-dimensional integration industry-education integration and collaborative education practice teaching model. This model aims to cultivate high-quality, compound and innovative talents that meet the demands of the healthcare industry. By deconstructing and reconstructing the curriculum system, practical platforms and teaching staff, it enables the deep coupling of resources and value co-creation among higher education institutions, clinical practice settings and cutting-edge industrial ecosystems. Thereby, it provides theoretical and practical references for similar institutions in addressing the challenges of interdisciplinary talents cultivation.

**Key words:** intelligent medical engineering; three-dimensional integration; industry-education integration; collaborative talent cultivation; practical teaching model