

AI 驱动下智慧课程赋能智能建造人才敏捷胜任力培养范式研究

杨斌¹, 田雨泽^{1*}, 李嘉奇¹, 王妍¹, 赵昕², 周俊¹

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

2. 辽宁科技大学, 马克思主义学院, 辽宁 鞍山, 114051

摘要: 随着“新基建”战略的深入与数智化底层技术的快速迭代, 传统《岩土工程测试技术》教学中存在的实践高危受限、知识体系碎片化以及评价相对滞后等痛点, 已难以满足行业对具备人机协同能力的数智化新型“十”字型复合人才的迫切需求。本文提出从传统静态成果导向(OBE)向AI驱动的敏捷胜任力跃迁的教育新理念。在具体实践路径上, 构建由底层技术驱动的四位一体教改新范式: 依托知识图谱为学生提供千人千面的个性化自适应学习导航; 利用数字孪生技术打造虚实融通的工程场景, 破解高危实验的空间枷锁; 引入CDIO工程全生命周期范式机制锻造学生的实战硬核能力; 通过采集多模态学习行为数据, 构建伴随式数字实现精准无感评价。以期理论与实践、虚拟与现实、校园与行业相互结合, 实现学生向复杂工程问题解决者的跨越, 为新工科背景下智能建造精英人才的培养提供了极具前瞻性与可复制性的创新范式。

关键词: 智慧课程; 敏捷胜任力; 知识图谱; 岩土工程测试技术; 数字孪生

Research on the training paradigm of agile competency for intelligent construction talents empowered by AI-driven smart courses

Bin Yang¹, Yuze Tian^{1*}, Jiaqi Li¹, Yan Wang¹, Xin Zhao², Jun Zhou¹

1. School of Civil Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, 114051, China

2. School of Marxism, University of Science and Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, 114051, China

Abstract: With the deepening of the "new infrastructure" strategy and the rapid iteration of digital and intelligent underlying technologies, the pain points existing in the traditional teaching of "Geotechnical Engineering Testing Technology", such as high-risk and restricted practice, fragmented knowledge system, and relatively lagging evaluation, have become difficult to meet the industry's urgent demand for new digital and intelligent "cross-shaped" compound talents with "human-machine collaboration" capabilities. In response to the above issues, this paper innovatively proposes a new educational concept that shifts from the traditional static outcome-based (OBE) approach to "AI-driven agile competence". In terms of specific practical paths, a new model of educational reform driven by underlying technologies, known as the "four-in-one" model, has been constructed: relying on the "knowledge graph" to provide students with personalized and adaptive learning navigation tailored to each individual. By leveraging "digital twin" technology, a virtual and real integrated engineering shooting range is created to break the spatial shackles of high-risk experiments. Comprehensively introduce the CDIO engineering full life

cycle paradigm and the "enterprise micro-certification" mechanism to forge students' practical and core capabilities. By collecting multimodal learning behavior data, an "accompanying digital portrait" is constructed to achieve precise and imperceptible evaluation. Effectively breaking through the current barriers between theory and practice, virtual and reality, campus and industry, it has enabled students to make a leap to become "complex engineering problem solvers", providing a highly forward-looking and replicable innovative model for the cultivation of elite talents in intelligent construction under the background of new engineering.

Keywords: Intelligent curriculum; Agile competence; Knowledge graph; Geotechnical engineering testing technology; Digital twin

随着“新基建”战略向纵深推进，以及生成式人工智能（AI）、物联网、大数据等底层技术的不断更新，传统的土木工程与岩土行业正经历着从粗放式建造向全生命周期智能建造的历史性跨越。这种产业形态变迁，将我国高等工程教育推向了一个全新的历史拐点。面对瞬息万变的技术迭代，传统的静态知识传授型教育已显疲态。新时代背景需高校工程教育主动改变打破学科壁垒，全面向数字化转型，构建教学空间与育人新范式，以期在智能建造时代为社会培养工程科技人才。

在新时代背景下，行业对高端人才的能力需求发生了较大改变^[1]。现代重大建设工程（深部地下空间开发、大型尾矿库安全监测等）具有极高的复杂性与不确定性，传统的单一技能型人才已无法完全胜任。行业不仅需要兼具纵向扎实专业底盘与横向跨界协同能力的传统“十”字型复合人才，更对这一复合模型提出了“数智化”的时代新要求^[2]。新时代的工程精英，须具备敏锐的数据洞察力、利用大模型辅助解决未知工程难题的人机协同能力，在技术快速迭代中始终保持终身学习的敏捷胜任力。

《岩土工程测试技术》作为土木与岩土工程专业研究生的学位专业课，承载着连接经典力学理论与现代监测技术的桥梁作用^[3]。审视该课程当前的教学现实，仍存在难以攻克的痛点：实践场景高危且试错成本高昂，真实的岩土监测往往伴随高陡边坡滑坡、隧道突水等极端危险工况，学生在校园内根本无法进行真实演练，纸上谈兵现象严重；知识体系呈现碎片化，课程涵盖声波探测、光纤传感、电磁波物探等众多底层逻辑迥异的技术，学生难以在头脑中建立起系统化的工程监测全局观；评价体系滞后且主观，传统的期末试卷或简单的报告评分，根本无法动态、客观地刻画学生在面对非结构化复杂工程问题时的真实解决能力和工程思维轨迹。

本文以传统静态成果导向（OBE）为框架，提出一套“数智化”教改革目标^[4,5]。引入知识图谱体系，以工程案例为载体的情境化教学能有效吸引学生注意力、提升学生兴趣度，为学生提供千人千面的个性化自适应学习导航；利用数字孪生技术在云端 1:1 构建虚拟岩土场景，实现高危复杂实验的虚实融通；以国际前沿的 CDIO（构思-设计-实现-运作）全生命周期工程范式取代传统的局部探究，推动全真项目落地^[6,7]；最终，依托对海量学习行为数据的无感抓取，构建多模态数据驱动的伴随式数字画像，实现对学生工程能力的精准评价。本文旨在通过这一由底层技术驱动的框架，为新工科背景下培养“懂岩土、精测试、通数智”的高质量智能建造精英人才，提供一套符合时代要求、可实操的教学改革理念。

1 静态成果到 AI 驱动的敏捷胜任力

1.1 传统 OBE 理念在数智时代的静态化局限

过去以学生为中心的成果导向教育（OBE）理念在工程教育界占据了主导地位^[8]。随着大模型技术和新一代物联网传感器的迭代，传统 OBE 的局限性日益凸显。OBE 强调反向设计，其预设的学习成果往往是静态的、基于当下行业标准的。但在“新基建”时代，岩土工程测试技术的软硬件更新周期被大量压缩（例如分布式光纤解调算法的迭代），静态预设的教学目标极易在学生毕业前就面临技术折旧甚至淘汰。因此，如果依然将人才培养锚定在原有的技术标准上，可能无法培养未来时代更迭所需的高质量人才需求。

1.2 AI 驱动的敏捷胜任力

基于目前教学中的难点，将教学底层逻辑从“静态成果导向”转变为 AI 驱动的敏捷胜任力。在岩土工程测试领域，敏捷胜任力是指学生在面对复杂未知、且无标准答案的工程地质条件时，能够快速学习新型传感设备、敏捷调度跨学科知识，并熟练运用 AI 辅助进行海量监测数据处理与决策的综合能力。这种理念不再纠结于学生是否死记硬背了某一种特定型号地质雷达的操作手册，而是关注学生是否具备了在“人机协同”环境下快速适应技术迭代的动态演化能力。

1.3 数智化的新型“十”字型人才

在敏捷胜任力的引导下，对传统的“十”字型智能建造人才需求进行了数智化方面的提升。传统的“十”字型人才强调纵向的岩土力学硬核底盘与横向的跨界协同软实力；而在新基建时代背景下，须在此坐标系中楔入一个“Z 轴”，即数智化素养与人机协同能力。升级后的新型复合型人才，不仅熟练掌握“如何测”的实操技能，更能运用数字孪生平台开展模拟推演与预测分析，并借助大模型对测量数据进行深度挖掘与智能研判。将学生从被动的数据采集者提升为主动的智能决策者，为后续的教学空间与实践范式构建奠定了坚实的思想基石。

2 知识图谱导航与虚实融通生态

2.1 知识图谱驱动的个性化自适应学习

《岩土工程测试技术》课程包含了高密度电法、地质雷达、声波探测、分布式光纤传感等数十种底层逻辑各异的技术。传统的讲授易导致学生在大量公式与仪器参数中迷失，造成知识碎片化。本课程以智慧课程建设为依托，采用 AI 自动生成与人工手动构建相结合的方式，高效实现课程知识图谱的搭建。相较于传统人工手动梳理大纲的模式，本课程借助 AI 技术，从教材、国家工程监测规范、真实地勘报告等多源异构数据中，精准自动抽取岩土工程测试领域的核心内容（含振弦式渗压计、GNSS、测斜仪等）及关联关系（涵盖适用条件、注意事项、前置知识等）。通过 AI 算法的深度处理，将这些庞杂零散的知识点，系统转化为包含“先决关系”、“包含关系”与“等价关系”的网状全息课程知识图谱。这种知识工程技术的底层架构搭建，为后续课程智能导航功能的实现，提供精准、可靠的坐标支撑。

在课前探究阶段，传统教学多以统一预习为主，难以精准定位每位学生的个体薄弱点。而 AI 助教可依托算法智能推送针对性的诊断性前测试题，学生作答过程中，系统实时记录答题数据，并在后台开展认知诊断分析。通过综合研判答题正确率、作答时长及选项特征，算法可精准测算学生对知识图谱各核心知识点的掌握概率，并将其映射至可视化知识图谱中，以热力图形式自动标识知识盲区与薄弱环节，把抽象模糊的认知状态转化为直观可量化的数据指标，实现学情诊断从经验化主观判断向数据化客观透视的升级。

当 AI 检测到学生对某一知识点掌握不足时，会自动向上追溯知识图谱中的前置关联知识点，并

从微课、三维动画等优质资源库中,精准匹配适配该生认知水平的学习资源,最终为每位学生动态生成“千人千面”的个性化学习路径。学生不再被动跟随统一教学进度,而是在AI精准导航下,以最高效方式查缺补漏、夯实基础。这种“测评-诊断-推送”一体化的智慧课程自适应学习模式,能够在新工科背景下真正落实因材施教,实现精准育人。

2.2 数字孪生构建高危工况虚拟场景

岩土工程监测具有高危、隐蔽、不可逆等特点,尾矿库溃坝预警、深埋长隧洞突水突泥监测等关键场景难以在校园内开展实地教学演练。借助云端场景构建,融合高精度BIM与GIS技术可1:1全景还原真实复杂高危工况;依托物联网底层接口,虚拟模型能够接入现场GNSS、测斜仪、浸润线等多类型异构监测数据,形成动态数字孪生体。学生在虚拟环境中沉浸式学习时,可直面与真实工程物理属性、数据维度高度一致的工业级孪生底座,有效突破传统教学在时空与安全上的限制。

传统虚拟仿真的最大软肋在于其灾害现象往往是预先设定的固定脚本,缺乏科学的力学推演,这背离了工科探究的严谨性。因此,若将有限元正反演计算所支撑的复杂地质灾害动态推演方法与数字孪生体系深度融合,可进一步赋予虚拟工程场景实时推演、动态预测与智能预警能力,实现从“数据可视化”向“机理可计算、灾害可预判、过程可复现”的高阶数字孪生升级,为岩土工程高危场景教学与应急演练提供完整的智能化模拟平台。学生可以在场景中自由扮演工程师角色,自主进行传感器的选型与三维空间布设,模拟注入极端暴雨、强地震或过度开挖卸荷等极端边界条件。系统会调用有限元模型,实时计算并渲染出岩土体内部的渗流场变化、应力场重分布以及塑性区的贯通演化过程。传感器在虚拟环境中所“采集”到的数据异动,遵从真实的岩土力学规律,从而赋予学生在无安全风险的环境下无限次试错的权力。

2.3 打造打破时空壁垒的无边界教学生态

数字孪生场景与线下物理实验室的真实地质沙盘还可实现深度的虚实互控。学生在虚拟空间中完成试错成本极低的虚拟组网与预警阈值参数调试后,通过物联网协议直接下发至实验室的实体数据采集仪中;线下物理沙盘在加载受力后产生的真实传感电信号,能够实时映射回云端孪生体,直接驱动虚拟三维模型发生相应的变形甚至破坏。这种“虚拟演练方案-控制真实设备-真实数据驱动虚拟映射”的虚实双向闭环,可为学生提供一个极具真实工程压迫感的实战环境。

3 基于CDIO生命周期的全真项目驱动

3.1 CDIO全生命周期工程范式

为了让学生具备解决非结构化复杂工程问题的能力,在传统的实验验证法与局部的“5E探究法”^[9],引入国际工程教育界的CDIO(Conceive构思-Design设计-Implement实现-Operate运作)全生命周期工程范式^[10]。CDIO的核心在于,它要求学生不是去做实验,而是以工程师的身份去完成一个真实的工程项目,从而实现工程能力的闭环训练。

3.2 《岩土工程测试技术》CDIO内容拆解

如果仅在CDIO的理论框架上,学生实操时使用的依然是传统老旧的电阻应变片与机械式百分表,“新基建”的效果将不能较好的体现出来。因此,在全真项目落地时,抛弃了落后的验证性实验,将全学期的实践任务整合为来自合作企业的真实工程痛点(大型尾矿库联合监测网设计),并在各个环节植入行业前沿技术。

构思(C):学生团队对接企业技术专家工程师,获取真实尾矿库地质勘探、水文资料及库区周

边环境参数。在构思阶段,学生须破除传统“单点、断续”的常规监测思维,结合尾矿库溃坝风险防控核心需求,构思一套包含坝体三维位移、坝体沉降、渗流量、孔隙水压力、浸润线等多参数融合的“连续、实时、智能”综合监测预警理念,并明确工程伦理与安全底线,坚守尾矿库安全监测的核心准则,杜绝因监测疏漏引发的安全隐患。

设计(D):在仪器选型设计上,课程严禁学生照搬陈旧教材,而是让学生上网查找最新的专利技术。学生在设计监测方案时,结合大型尾矿库坝体范围广、监测点位分散、环境复杂的特点,直接引入行业前沿的“分布式光纤多场耦合监测”系统或“高频微震智能监测”等新型物探硬件设备,适配尾矿库长距离、大范围的监测需求。团队需根据传感器技术参数,对比不同解调仪的分辨率与量程,结合尾矿库地形地貌,绘制高精度的监测点位平面图与剖面图,重点覆盖坝顶、坝坡、坝脚及库区周边敏感区域,并规划基于5G/LoRa物联网协议的无线数据传输拓扑架构,确保监测数据在复杂库区环境下稳定传输。这种设计提高了学生的工程视野,使其从一开始就站在了行业技术的最前沿,深刻理解尾矿库安全监测的技术要点与行业需求。

实现(I):在项目实现环节,学生在数字孪生靶场中搭建虚拟尾矿库模型,进行监测设备虚拟组网与抗干扰排雷,模拟库区复杂地形、恶劣天气下的监测场景,提前排除设计漏洞。转入物理实验室或产教融合实训基地进行真实的设备部署,模拟尾矿库不同区域的监测点位安装规范,重点演练坝坡、渗流监测点的设备调试与安装流程。在此过程中,学生不仅学会传统的理论计算,还要直接面对新设备的操作规范,掌握尾矿库监测设备的校准、维护及故障排查技巧。这种真正的实操赋能,让学生在校期间就能熟练驾驭行业中先进的监测利器,大大地缩短了从校园课堂到工程现场的技术时差,适配尾矿库安全监测岗位的实操需求。

运作(O):先进的传感网络一旦启动,将产生传统测试无法比拟的海量、多源异构数据,涵盖坝体变形、渗流、水文等多维度监测信息。在运作环节,学生需运用Python、MATLAB等工具或专业数据平台,对这些海量数据进行滤波降噪与三维可视化处理,清晰呈现尾矿库坝体运行状态。基于岩土力学本构模型及尾矿库稳定性评价标准,对坝体稳定性进行反演分析,及时识别坝体沉降、渗流异常等风险隐患,出具一份具备真实工程参考价值的智能监测报告,为尾矿库安全运维提供数据支撑与决策依据。至此,学生完整跑通了从前沿硬件设计到海量数据分析的全生命周期,全面掌握大型尾矿库联合监测的核心技术与实操流程。

3.3 专项微认证机制

在CDIO项目的答辩评估环节,可引入“专项技能微认证”机制。邀请行业一线高工与校内专家组成联合答辩委员会。对于顺利跑通CDIO全流程、且方案具备一定落地价值的学生团队,由合作企业与高校联合颁发“智能监测方案设计与实施”专项微认证证书。这种打破传统学分禁锢、直通企业人才标准的微认证,可极大激发学生的内驱力,实现从“为了及格而学”到“为了解决行业痛点而战”的根本转变。

4 多模态数据驱动的伴随式数字基础

评价体系是引导人才培养的标杆。传统的《岩土工程测试技术》考核往往依赖期末卷面考试与主观性质的实验报告评分。这种终结性评价具有较大的滞后性,且只能衡量学生对理论概念的静态记忆与低阶理解能力,根本无法触及敏捷胜任力、跨界协同思维、试错反思等高阶工程素养。此外,常规的过程性评价(如教师打分、生生互评)极易受主观情感干扰,导致高分低能现象,难以精准

刻画学生在面对非结构化复杂工程问题时的真实能力边界。

AI助教不再局限于采集显性的文本结果数据（作业得分、CDIO项目最终报告），而是将其延伸至庞大且真实的隐性过程行为模态。在实施过程中，AI助教会无感知地了解学生的多源异构数据：包括学生在知识图谱导航中的节点停留时长与反复跳转轨迹；在数字孪生靶场进行仪器布设时触发的警报次数、试错路径及纠错反应时间；以及在CDIO团队协作平台上的代码提交频率、讨论区发帖的语义情感倾向等。这种伴随式的多模态无感采集，将学生隐性的工程思维与探究过程，转化为了一组组可被机器读取的客观高维特征向量。

获取大量多模态数据后，AI助教会将各项繁杂的数据映射到新工科设定的多维能力指标矩阵中。会为每一位学生动态生成一张专属的“十”字型能力雷达数字画像（包含岩土专业厚度、数智化敏捷度、工程伦理意识、跨界协同能力等维度）。这种画像是伴随整个学期实时生长的，教师不仅可以通过群体画像实现教学进度的动态校准与精准干预；学生也可以随时查看自身的能力短板，明确迭代方向。这种客观、精准、隐形的伴随式评价，实现了工程教育评价从事后评判向精准诊断与赋能引导的历史性跨越。

5 结语

在“新基建”战略全面铺展、国家工程版图持续构建的背景下，智能建造不仅是一场技术层面的迭代更新，更是一次人才素质培养的深刻变革。《岩土工程测试技术》课程的教学改革，不应局限于对旧有教学框架的局部修补，而需主动融入数智化发展浪潮，寻求突破性的培养路径。本文基于“AI驱动的敏捷胜任力”核心理念，提出一种土木工程、岩土工程研究生培养范式的构建设想，为课程教学改革提供思路与方向。该设想具体包括四大核心模块：通过智慧课程构建知识图谱，探索因材施教的自适应学习模式；依托数字孪生靶场，尝试打破高危工程实践的空间限制与安全壁垒；全面引入CDIO全生命周期范式与企业微认证体系，着力锻造学生的实战硬核能力；最终通过多模态数据伴随式评价，探索对研究生人才画像的精准刻画方法。这一由底层技术驱动的“四位一体”培养设想，旨在突破当前教学中理论与实践脱节、虚拟与现实割裂、校园与行业脱节的现存壁垒，推动学生从被动的知识接收者，向具备人机协同能力、能够解决复杂工程问题的复合型人才转变。目前，该教学改革处于探索阶段，尚未进入全面落地实施环节，后续将结合教学实际进一步完善优化。

参考文献

- [1] 刘吉臻, 翟亚军, 荀振芳. 新工科和新工科建设的内涵解析—兼论行业特色型大学的新工科建设[J]. 高等工程教育研究, 2019, (3): 21-28.
- [2] 董淑华, 社会敏. “十”字型人才培养研究[J]. 现代经济信息, 2016, (20): 118.
- [3] 黄震, 赵奎, 钟文. 一流学科建设下的“岩土工程测试技术”课程教学模式探讨——以江西理工大学为例[J]. 中国地质教育, 2022, 31(2): 48-51.
- [4] 陈芳芳. 数智化时代开放大学美育工作的实践路径与发展策略[J]. 中国科学与技术学报, 2026, 2(2): 194-200.
- [5] 周安, 尚怡琳. 智能技术赋能下大学英语听力教学改革与实践——基于OBE与O-AMAS的融合模式研究[J]. 中国科学与技术学报, 2025, 2(1): 69-77.
- [6] 王莹. PBL+5E 创新教学模式在大学计算机应用基础教学中的探索[J]. 信息与电脑(理论版), 2024, 36(19): 215-217.
- [7] 史欣鑫, 杨斌, 王静, 等. OBE-CDIO 理念下智能建造专业混凝土结构设计原理课程教改探究[J]. 中国科学与技

- 术学报, 2026, 2(1): 254-258.
- [8] 胡桃英, 甘丽. CDIO-OBE 理念下 Java 面向对象程序设计课程项目驱动教学改革研究[J]. 太原城市职业技术学院学报, 2026, (1): 79-81.
- [9] 杨斌, 史欣鑫, 田雨泽, 等. “1+3+2” 理念驱动下新工科课程思政教学改革探索[J]. 中国科学与技术学报, 2026, 2(2): 215-223.
- [10] 彭军芬, 程佩, 肖欢, 等. 基于 OBE+CDIO 理念的工程训练综合项目实践教学[J]. 实验室科学, 2026, 29(1): 224-228.

基金项目: 新基建背景下“十”字型智能建造人才的培养与实践——以《岩土工程测试技术》课程为例(LNYJG2024094); 新基建背景下“PBL+5E”教学模式助力智能建造专业应用型人才培养——以《流体力学》为例(2025YBXM0216, XJGKC202410)。

¹ 第1作者简介: 杨斌(1989-), 男, 博士研究生, 副教授, 研究方向: 多源信息融合与深度学习的尾矿库灾变智能预警研究, 矿山采动岩体突冒突涌防治及边坡工程稳定性研究。 E-mail: yangbin673039297@126.com。

*** 通讯作者简介:** 田雨泽(1970-), 男, 硕士研究生, 教授, 研究方向: 新型建筑材料, 现代施工技术, 集成装配式轻钢结构应用等。 E-mail: 319933700033@ustl.edu.cn。