doi:10. 11835/j. issn. 1005-2909. 2024. 05. 008

欢迎按以下格式引用:仉文岗,陈志雄,丁选明,等. 研究生岩土工程大数据和机器学习课程混合课程建设探索[J]. 高等建筑教育,2024,33(5):64-69.

研究生岩土工程大数据和机器学习课程混合课程建设探索

仉文岗, 陈志雄, 丁选明, 周　航, 肖　杨

(重庆大学 a.山地城镇建设与新技术教育部重点实验室; b.土木工程学院;
c.库区环境地质灾害防治国家地方联合工程研究中心,重庆　400045)

摘要:高等教育发展任务包括适应信息化时代教育教学形态的改变,促进信息技术与教育教学的深度融合。重庆大学土木工程学院以岩土工程大数据和机器学习线上线下混合课程建设为契机,开展了以研究生培养质量提升为目标的改革与探索。针对岩土工程研究生群体新兴学科素养和信息化水平不足、高水平科研论文产出较难、科研产出单一、国际重要学术会议上学术获奖较少等问题,课程着重开展了培养模式、培养途径、培养方式、培养成果多样化四个方面的创新。课程采用国外知名教授全英文线上授课和线下授课结合的形式,结合科研项目、实践项目等加强研究生的科学创新精神和国际交流合作能力,并引入"过程测验"重点关注研究生的能力提升情况。实践证明,通过混合课程的建设,研究生科研素质与分析能力得到了明显的提升,课程建设获得了多方面的培养成果,有效推动了信息化技术在高等教育中的实施。

关键词:混合课程;岩土工程;大数据;机器学习方法;研究生培养

中图分类号:G642;TU43　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2024)05-0064-06

混合课程指使用不同形式教授同一门课程,如在线课程和面授课程,这种模式的优势是学生可以灵活学习课程内容,与教师和其他学生面对面交流。适应信息化时代教育教学形态的改变,促进信息技术与教育教学的深度融合是高等教育发展的关键,是提升我国在世界高等教育体系中竞争力与吸引力的重要举措。"互联网+"背景为混合课程带来了机遇,混合课程既配备丰富的线上教育资源,又具备线下教学优势,打破了空间的隔阂和场所的限制。本文介绍了重庆大学土木工程学院以岩土工程大数据和机器学习课程建设为契机,打造高品质混合课程的实践,总结了培养模式创新、培养途径创新、培养方式创新、培养成果多样化四个方面的探索经验。

修回日期:2023-02-17

基金项目:重庆市级研究生教改项目(yjg223004);重庆大学研究生教改项目(cquyjg21205);重庆大学教学案例项目(20210329);重庆大学教学改革研究项目(2017Y60)

作者简介:仉文岗(1983—),男,国家青年千人,重庆大学土木工程学院副院长,教授,博士,主要从事岩土工程可靠度和风险控制研究,(E-mail)zhangwg@cqu.edu.cn。

一、岩土工程大数据和机器学习混合课程的建设目的

岩土工程专业是土木工程的分支，主要运用工程地质学、土力学、岩石力学解决各类工程中关于岩石、土体的技术问题。岩土工程的建设材料和介质的力学参数和物理特性具有天然的不均匀性，导致其在建模中表现出高度不确定性。近三十年来，大数据和机器学习方法在岩土工程领域得到了日益广泛的运用，解决了传统方法预测高度复杂系统时精度较低的问题。目前岩土工程专业研究生的培养存在以下问题。

（一）研究生群体的新兴学科素养和信息化水平不足

研究生阶段是学习和开展科研的关键时期，在这个阶段，学生不仅要学习和掌握专业知识，而且要培养自己的创新思维和研究能力。随着信息技术的发展，许多新兴学科已经成为研究生教育的重要组成部分，如信息科学、计算机科学和电子工程等。但是，岩土工程作为传统的基础学科，研究生课程内容很大程度侧重于传统的力学分析，较少涉及新兴学科及其交叉应用的学习。

（二）研究生群体中高水平科研论文产出较难

高水平学术论文的发表是研究生培养质量的重要评价指标。由于课题经验不足，科研阅历欠缺，研究生尚不具备成熟的科研素养，撰写高水平科研论文难度较大。研究结果表明[1]，阻碍研究生发表高水平科研论文的原因主要有五点：（1）研究方法不当和选题缺陷，占总数的31.7%，在统计中占比最高；（2）分析论证能力欠缺，占总数的18.8%；（3）论文结构设计未能达到高水平学术论文的刊发标准，占总数的17.4%；（4）语言组织能力差，逻辑不清晰，占总数的14.2%；（5）序言和结论不能较好地总结工作创新性，占总数的12%。第一点主要由研究生科研思想不成熟造成，后四点主要由缺乏论文写作锻炼导致。

（三）土木工程专业研究生科研产出单一

研究生的科研成果集中在单一领域或单一类型的论文上，这可能会错过一些新的、有前途的研究方向，导致学术知识储备不足和能力欠缺。例如，一位岩土工程研究生一直致力于计算方法的研究，忽略新型岩土工程材料方面的研究，若工作涉及新型岩土工程材料，则可能面临工作难以开展的情况。此外，如果针对土木工程其他领域和类型的研究较少，就可能出现研究热点的集中，造成学科发展的偏向性。

（四）研究生在国际重要学术会议上获奖较少

由于研究生的科研能力不强，对科研前沿和热点的追踪不够，难以产出影响力强、有较好创新性、有建树的观点。同时，研究生较少参加国际重要学术会议，缺少在国际重要学术会议上的获奖。

针对以上岩土工程专业研究生培养的不足[2-4]，重庆大学岩土工程大数据和机器学习混合课程通过课程项目建设，进行了培养模式创新、培养途径创新、培养方式创新、培养成果多样化四个方面的创新探索。

二、岩土工程大数据和机器学习研究生混合课程的建设实践

研究生混合课程的优势在于课程能够更好地满足学生的需求。首先，研究生混合课程中的在线课程部分可以提供丰富的学习材料，如视频讲解、电子书籍和在线测验等，这些资源可以帮助学生更好地理解课程内容，并为他们提供更多的学习机会。其次，研究生混合课程能够促使学生自主学习。在线课程中，学生可以自己控制学习进度，根据自己的时间安排和学习进度完成课程任务，这有助于培养学生的独立学习能力和自我管理能力。最后，研究生混合课程还能够提高学生的参

与度。通过参与小组合作、项目和论文选题，自主选择材料生成学习内容，自主把控学习进度等方式有助于激发学生的学习兴趣，提升学习效果。

虽然研究生混合课程具有许多优势，但是也存在一些缺陷。首先，研究生混合课程需要学生具备较强的自主学习能力和自我管理能力，学生必须合理规划学习流程和控制学习进度，对于缺乏这些能力的学生而言，可能很难适应在线学习的环境。其次，研究生混合课程的教学质量可能受到教师的影响，由于在线课程的教学方式与传统的实体课程不同，教师可能面临更大挑战，比如如何吸引学生的注意力和如何保证学生的学习效果。最后，由于缺乏面对面的交流，教师难以了解学生的学习情况，学生遇到困难时缺乏相应的帮助。

为了发挥混合课程的优势，提升岩土工程专业研究生的培养质量，重庆大学岩土工程大数据和机器学习混合课程建设基于Geotechnical Big Data and Reliability、Excavation and earth retaining systems、Application of Machine Learning & Optimization Algorithm in Civil Engineering三门研究生课程，就人工智能、大数据、数据挖掘和数据驱动、深基坑支护设计等与海外专家合作开展教学改革。混合课程的合作外国专家包括挪威岩土工程研究所Suzanne Lacasse院士、Liu Zhongqiang研究员，南洋理工大学Goh ATC教授，香港理工大学Andy Leung教授，新加坡国立大学Wang Zezhou研究员，印度理工学院Samui Pijush教授。在线上线下混合课程的建设过程中，通过补充与更新课程教学内容，不断将岩土大数据与可靠度、深基坑支护开挖、机器学习、深度学习等作为土木工程学院研究生基本科研素养的培养内容。例如，Wang Zezhou研究员在线讲授和研讨的课程为Machine learning algorithms and applications，而Samui Pijush教授主要讲授各种具体的机器学习算法。

本课程选用了课程负责人重庆大学土木工程学院仉文岗教授编写的复杂建筑环境下深基坑支护与挡土系统设计（Design of Deep Braced Excavation and Earth Retaining Systems Under Complex Built Environment）作为主要教材。通过将岩土工程大数据和机器学习与传统岩土工程问题的结合，使学生掌握决策树、集成学习、启发式算法、代理优化算法、神经网络、随机森林、贝叶斯分类器、聚类、降维等技术，了解人工智能的发展过程和机器学习的应用方法。课程涉及深基坑开挖的变形预测、深基坑开挖的支护内力分析、岩土参数估计、边坡稳定性预测、降水对开挖的影响分析等方面的岩土工程应用，培养研究生多视角看待、分析、解决问题的能力。班级以微信为主要工具，设立班级群组，学生可在群内完成考勤，实时联系交流。同时，利用网上学习平台共享电子教材、课件和文献资源；利用VooV Meetin、ZOOM等软件进行跨国在线授课；利用网络教育系统布置任务，进行效果检查，使混合课程教学得以圆满完成。该项目旨在提升研究生的科学素养和合作能力，丰富研究生的学术成果，确保培养质量，从而充分践行“立德树人”根本任务。

研究生培养模式创新的目的是使研究生教育更加符合时代发展的需要，提高教学质量，培养具有创新精神和实践能力的高级人才。重庆大学岩土工程大数据和机器学习混合课程研究生培养模式的创新围绕四个方面展开。（1）强化研究生的科学精神和创新能力。科学精神是研究生教育的基本精神，也是创新的基础，本课程通过课程任务和论文课题结合的方式让研究生养成独立思考、勇于探索、敢于创新的习惯。学生可以根据个人兴趣或论文方向选择课题，完成机器学习的课程任务，包括用机器学习法对指定的基坑进行安全系数预测、地震液化位移预测、岩土工程领域的大数据技术应用等，如表1所示。（2）提高研究生的实践能力。研究生教育不仅要培养研究生的理论知识，还要培养他们的实践能力，本课程通过科研项目、实践项目等，让研究生能够在接近实际的工作和研究中积累经验和能力。科研项目、实践项目包括重庆市某桥梁锚碇基坑、南京市某区中心区地下空间二期项目基坑群等。（3）注重研究生的职业发展。研究生培养模式的创新不仅要提高研究生的学术水平，还要注重他们的职业发展，本课程借助和中国建筑西南勘察设计研究院有限公司建立

的重庆市研究生联合培养基地，为研究生提供职业规划和就业指导，以帮助他们在毕业后找到适合自己的工作和发展道路。(4)加强研究生的国际交流与合作。通过结合外籍教授全英文授课和研讨的途径，加强对研究生的国际交流与合作能力的培养，让他们能够在国际化的环境中学习和工作。

表1　课程任务的案例

题目	内容	要求
任务1	用机器学习法对指定的基坑进行安全系数预测	根据已有基坑安全系数数据库，进行数据选择和处理，选择合适的机器学习方法，建立最优预测模型；计算模型的可决系数，开展参数敏感分析，阐明各个参数对于预测结果的影响重要程度
任务2	地震液化位移预测	根据历史案例和已有数据库，建立地震液化位移预测的数据集；选择合适的机器学习模型，开展地震液化位移预测，计算模型的评价指标如R^2、RMSE、WMPAE、VAF、AdjR^2、PI等
任务3	岩土工程领域的大数据技术应用	收集数据库，包括边坡稳定性、场地土层参数的预测、场地类比划分、桩基础的变形等问题；使用大数据技术建立模型进行训练和预测，并整理结果撰写学术论文

为了满足日益增长的科技创新和人才需求，研究生培养途径和方式需要不断创新。传统的研究生培养途径和方式是让学生在导师的指导下开展学习和研究，然而，这种方法的局限在于学生往往缺乏运用知识的实践机会。为了解决这个问题，本课程尝试推行“实践型研究生”的培养途径。结合研究生联合培养基地，模拟工作环境，让学生在实际项目中运用所学知识。学生既可在实践中加深对知识的理解，又有机会与行业内的企业和专家进行交流，为他们的职业发展打下基础。此外，本课程还尝试“跨界研究生培养”模式，让学生在不同学科和领域之间进行学习和研究，以便受到多方面的指导，培养跨界思维和创新能力。

本课程还致力于研究生培养成果的多样化，着力培养学生的一系列技能、知识和能力，例如，竞赛技能、统筹策划和推进项目的能力、英语学术论文的写作能力、汇报展示成果的能力等。通过提供各种学习机会并支持学生发展个人优势，可以帮助学生发挥其潜能，为未来的职业做好准备。例如，基于项目的学习，使学生积累了解决问题的经验，能够在实际环境中运用知识和技能，提升创造力和沟通能力。

传统的考核主要通过试题测验的成绩来衡量学生具体知识点的掌握情况，然而，此评价方式无法反映学生的科学研究水平和整体能力的培养情况。针对上述缺陷，本课程采用“过程测验”的方法，着重追踪研究生的能力提升情况。例如，针对每部分教授的知识，请学生从文献分析中查找理论的来源和演化历史；在科研或实践性项目中，请学生按照论文撰写需求整理相关资料，相关工作计入最终的评定。与此同时，按照小组中成员的职责分配工作，并根据参与程度和成果评定工作情况。通过多种方式强化学生之间的合作与交流，培养学生探究与思考的能力，促进学生之间科学思想的相互激化。通过项目与课题的互补，学生能够清楚地认识其工作目标，做到理论与实践相结合。

三、课程建设和探索的成果

重庆大学项目岩土工程大数据和机器学习混合课程通过培养模式创新、培养途径创新、培养方式创新、培养成果多样化四个方面的创新探索，提升了研究生融合信息化新兴学科与土木传统学科

的混合思维能力。学生综合能力得到明显提升，获得了丰富多样的培养成果，如表2所示。93.5%的学生反映通过该课程的学习，个人的科研能力有了明显提升，2020—2023年，研究生发表了相关高水平SCI论文30余篇，20余人次参加了相关国际重要学术会议，其中，崇智发表的《Prediction of undrained shear strength using extreme gradient boosting and random forest based on Bayesian optimization》入选2021年中国百篇最具影响国际学术论文，获得《Georisk：Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards》2021年度最高引用论文奖。

表2 学生的部分成果

序号	学生姓名	成果
1	刘松林	机器学习与地质灾害评估(MLRA2021)国际学生竞赛第一名
2	章润红	2019数据驱动计算和机器学习国际会议最佳报告奖
3	孙伟鑫	2021年全国工程地质年会优秀研究生报告奖
4	韩亮	2020年全国土木工程研究生学术论坛最佳表达奖
5	韩馥柽	第四届全国大学生岩土工程竞赛一等奖及最佳创意奖
6	巫崇智	Zhang W，Wu C，Zhong H，et al.Prediction of undrained shear strength using extreme gradient boosting and random forest based on Bayesian optimization[J].Geoscience Frontiers，2021，12(1)：469-477.(入选2021年中国百篇最具影响国际学术论文，获得《Georisk：Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards》2021年度最高引用论文奖)
7	李红蕊	2022年大学优秀硕士学位论文、2022年重庆市优秀硕士学位论文
8	巫崇智	2022年度中国公路学会优秀硕士学位论文
9	章润红	Zhang W，Zhang R，Wu C，et al.State-of-the-art review of soft computing applications in underground excavations[J].Geoscience Frontiers，2020，11(4)：1095-1106.(SCI高被引论文)
10	章润红	Zhang R，Wu C，T.C.Goh A，et al.Estimation of diaphragm wall deflections for deep braced excavation in anisotropic clays using ensemble learning[J].Geoscience Frontiers，2021，12(1)：365-373.(SCI高被引论文)

四、结语

重庆大学土木工程学院以岩土工程大数据和机器学习课程建设为契机，开展了以提升研究生培养为目标的线上线下研究生混合课程改革。实践证明，通过培养模式、培养途径、培养方式、培养成果多样化四个方面的创新探索，提升了研究生融合信息化新兴学科与岩土工程传统学科的能力，学生综合能力得到了明显提升，获得了多样化的培养成果。

参考文献：

[1] 谭红梅，曾勇，王小松，等. 研究生课程混合式教学模式研究——以桥梁结构体系课程为例[J]. 高等建筑教育，2022，31(4)：80-85.

[2] 高启杰，崔乾慧. “中级计量经济学”课程混合式教学设计与实践[J]. 黑龙江教育(高教研究与评估)，2022(5)：23-26.

[3] 余晓平，居发礼，刘丽莹. 普通院校工程硕士研究生实践能力培养途径探讨[J]. 高等建筑教育，2021，30(1)：62-69.

[4] 王菲，王聪聪，尹世平，等. 研究生创新能力培养关键因素的调查分析[J]. 高等建筑教育，2020，29(6)：102-109.

Exploration on geotechnical engineering big data and machine learning blended course construction for graduate students

ZHANG Wengang, CHEN Zhixiong, DING Xuanming, ZHOU Hang, XIAO Yang

(*a. Key Laboratory of New Technology for Construction of Cities in Mountain Area*; *b. School of Civil Engineering*; *c. National Joint Engineering Research Center of Geohazards Prevention in the Reservoir Areas, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China*)

Abstract: The development tasks of higher education include adapting to the change of teaching mode in the information age and promoting the deep integration of information technology and education. School of Civil Engineering of Chongqing University takes the opportunity of the construction of geotechnical engineering big data and machine learning online and offline mixed courses to carry out reform and exploration with the goal of improving the quality of postgraduate education. In view of the problems of insufficient emerging discipline literacy and information technology level among geotechnical engineering graduate students, the difficulty in output of high-level scientific research papers, the single output of scientific research, and the few academic awards in important international academic conferences, the curriculum focuses on four aspects of training mode, training approach, training methods and the diversification of training results. The course adopts a combination of online and offline teaching in English taught by famous foreign professors, strengthens the spirit of scientific innovation and international communication and cooperation ability of graduate students by combining research projects and practical projects, and focuses on the ability improvement of graduate students by means of process assessment. Practice has proved that through the construction of online and offline blended courses, graduate students have significantly improved their scientific research quality and analytical ability, and the course construction has obtained many achievements, which effectively promotes the implementation of informatization in higher education.

Key words: blended courses;geotechnical engineering; big data; machine learning;postgraduate training

（责任编辑　代小进）