

地质工程智能监测课程教学改革与实践

席超强, 白泽, 鲁海峰

安徽理工大学 地球与环境学院, 安徽 淮南 232001

DOI: 10.61369/ETR.2026260020

摘 要 : 地质工程监测正由传统人工巡查、单点观测和经验判断, 逐步转向多源感知、实时传输、智能分析和协同预警, 对地质工程类人才培养提出了新的能力要求。针对《地质工程智能监测技术》课程中存在的体系分散、工程案例不足、智能化融入不深、实践训练等问题, 本文围绕“感-传-智-用”全业务链智能监测逻辑, 对课程目标、教学内容、教学方法、实践环节和考核评价体系进行改革。课程内容被重构为安全监测基础、智能感知、数据传输、智能分析和预警应用五个模块, 教学实施上形成问题导向、案例牵引、项目驱动、数据实践相结合的路径, 评价方式上建立过程性评价、综合项目评价和目标达成评价相结合的机制。该改革有助于学生由单一仪器认知转向系统工程理解, 可为地质工程类课程数智化建设提供参考。

关 键 词 : 地质工程; 智能监测; 教学改革; 安全预警; 感-传-智-用; 新工科

Teaching Reform and Practice of the Course "Intelligent Monitoring Technology for Geological Engineering"

Xi Chaoqiang, Bai Ze, Lu Haifeng

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001

Abstract : Geological engineering monitoring is gradually shifting from traditional manual inspection, single-point observation, and empirical judgment to multi-source perception, real-time transmission, intelligent analysis, and collaborative early warning, which puts forward new capability requirements for the cultivation of geological engineering talents. Aiming at the problems existing in the course "Intelligent Monitoring Technology for Geological Engineering"—such as scattered content system, insufficient engineering cases, inadequate integration of intelligence, and inadequate practical training—this paper carries out reforms on the course objectives, teaching content, teaching methods, practical links, and assessment and evaluation system around the intelligent monitoring logic of the entire business chain of "Perception-Transmission-Intelligence-Application". The course content is reconstructed into five modules: fundamentals of safety monitoring, intelligent perception, data transmission, intelligent analysis, and early warning application. In teaching implementation, a path combining problem-oriented, case-driven, project-based, and data-based practice is formed. In terms of evaluation methods, a mechanism integrating process evaluation, comprehensive project evaluation, and objective achievement evaluation is established. This reform helps students shift from a single instrument cognition to a systematic engineering understanding, and can provide reference for the digital and intelligent construction of geological engineering-related courses.

Keywords : geological engineering; intelligent monitoring; teaching reform; safety early warning; perception-transmission-intelligence-application; emerging engineering education

引言

地质工程广泛服务于矿山建设、水利水电、交通基础设施、地质灾害防治和城市地下空间开发等领域。由于工程对象隐蔽、介质复杂、参数不确定, 且易受地下水、降雨、地震、采动、开挖和工程荷载等因素影响, 仅依靠前期勘察和设计成果, 难以完全掌握工程全寿命周期内的安全状态。施工期和运行期监测因此成为认识工程性态、修正设计参数、识别异常变化和实施安全预警的重要手段。

近年来, 传感器、光纤传感、北斗/GNSS 定位、InSAR 遥感、物联网通信、云计算、大数据和人工智能等技术快速发展, 推动地质工程监测从“能否测到、测得准不准”转向“连续感知、实时传输、智能分析和辅助决策”。地质灾害监测预警体系也逐渐从单一仪器监测转向多源数据融合、风险动态评估和智能化预警发布^[1]。

项目信息:

安徽理工大学教育教学改革研究重点项目“基于 CDIO-OBE 的地质类专业实践课程建设与持续改进研究”(1064424071);

煤炭行业高等教育研究重大课题“‘双碳’目标下地质类专业人才培养模式探索改革”(2021MXJG0005);

安徽省地质学拔尖人才培养基地项目“地质学”(2021jcxkpy007);

安徽省“四新”研究与改革实践项目(2024sx058)。

新工科建设强调面向新技术、新产业、新业态和新模式，推动工程教育理念、课程体系、教学方法和评价方式改革。成果导向教育理念强调以学生学习产出为核心，课程教学应围绕学生能力形成进行反向设计，并通过持续评价不断改进教学过程^[2]。对于《地质工程智能监测技术》课程而言，课程目标不应仅是让学生掌握若干监测仪器的工作原理，而应使学生能够面向具体地质工程场景，分析工程风险，选择监测指标，设计监测系统，处理监测数据，并提出合理的预警建议。因此，开展课程教学改革，既是课程内容更新的需要，也是培养适应智慧矿山、智能建造、地质灾害防治的复合型工程技术人才的必然要求。

一、课程教学现状与问题

《地质工程智能监测技术》课程具有明显的交叉性和应用性，既涉及工程地质、岩土力学、地球物理和地质灾害防治等专业知识，又涉及传感器、通信技术、数据处理、智能算法和信息平台等新兴技术内容。由于课程知识面广、工程场景复杂，教学中主要存在以下问题。

第一，课程内容体系相对分散。传统教学通常按照监测参数或仪器类型组织内容，如位移监测、应力监测、地下水监测、测斜仪、土压力盒、光纤传感器、GNSS 和遥感监测等。这种方式有助于学生认识不同监测手段，却容易造成知识割裂。学生能够记住仪器原理和特点，却不一定理解其在完整监测预警系统中的作用，也难以说明监测数据如何服务工程安全评价。

第二，工程案例融入不足。地质工程监测具有强烈的场景依赖性，不同工程对象的破坏模式、关键控制因素和监测指标存在明显差异。例如，滑坡监测需要关注地表位移、深部位移、裂缝扩展、地下水位和降雨等因素；基坑工程需要关注围护结构水平位移、支撑轴力、地表沉降、邻近建筑物变形和地下水变化；隧道和矿山工程则更强调围岩变形、应力调整、微震活动和采动影响等。远程实时监测预报技术在滑坡灾害防治中的应用表明，只有将监测指标、传输方式和预警模型与具体灾害演化过程结合起来，才能提高监测预报的有效性^[3]。

第三，智能化内容融入不够深入。自动化监测系统和物联网技术使工程现场能够连续获取大量数据，数据清洗、异常识别、趋势分析、多源融合和智能预警已成为地质工程监测的重要内容。相关研究表明，通信网络、数据平台和智能分析方法正在成为地质灾害监测预警系统的重要组成部分^[4]。但在课程教学中，智能化内容有时仅作为发展趋势介绍，缺少数据实践和工程解释训练，学生对数据质量控制、预警阈值设定、模型适用条件和误报漏报问题认识不足。

第四，实践训练和评价方式较为单一。课程考核往往以期末考试为主，重点考查基本概念和仪器原理，对学生综合解决复杂工程问题的能力评价不足。产出导向课程教学强调教学设计、实施和评价之间的一致性^[5]，因此有必要围绕课程目标重构教学内容、组织方式和评价体系。

二、课程改革思路与内容重构

课程改革的总体思路是以新工科建设和成果导向教育理念为指导，以地质工程安全预警需求为牵引，以“感－传－智－用”

全业务链智能监测逻辑为主线，对课程内容进行系统重构。其中，“感”是指通过传感器、地球物理方法、遥感测量和现场观测等手段，对工程体状态和外部诱发因素进行实时或准实时感知；“传”是指通过有线通信、无线网络、北斗、LoRa、NB-IoT、5G 等方式，实现监测数据稳定传输和远程汇聚；“智”是指利用数据处理、模型分析、智能算法和风险评价方法，从监测数据中提取安全状态信息；“用”是指将分析结果服务于工程安全评价、预警发布、应急指挥、治理方案优化和管理决策。

围绕这一主线，课程目标可分为三个层次。知识目标是掌握地质工程安全监测目的、基本流程、监测指标、常用传感器原理、数据传输方式和预警分级方法；能力目标是能够面向边坡、基坑、隧道、矿山等典型工程场景，进行监测指标选择、监测方案设计、数据曲线分析、异常状态识别和初步预警判断；素养目标是形成工程安全意识、数据质量意识、系统思维和责任意识，理解监测预警对公共安全和防灾减灾的重要意义。

基于上述目标，课程内容重构为四个模块。第一，安全监测基础模块，主要讲授地质工程安全监测的目的、意义、基本流程、评价准则和预警分级，使学生理解监测是连接工程勘察、设计、施工、运行和安全管理的重要环节。第二，智能感知模块，对应“感”，重点讲授位移、应变、应力、裂缝、地下水位、温度、振动和地球物理场等监测指标，以及电阻式、振弦式、光纤式、GNSS、InSAR、无人机摄影测量、三维激光扫描等感知技术。光纤传感技术在岩溶地面塌陷等地质灾害监测中的应用表明，其在连续感知、长距离传输和隐蔽空间监测方面具有较好适应性^[6]。第三，数据传输模块，对应“传”，重点讲授自动化采集、现场组网、通信传输、数据汇聚和监测平台架构，使学生认识到智能监测系统不仅要“测得准”，还要“传得稳、传得及时”。物联网信息技术在地质灾害监测预警中的应用研究表明，传感终端、通信网络 and 平台管理共同构成了智能监测系统稳定运行的重要基础^[7]。

第四，智能分析模块，对应“智”，主要包括数据质量控制、缺失值处理、异常识别、时序曲线分析、多源融合、阈值模型、趋势预测和风险评价等。考虑到学生编程和算法基础差异较大，教学中宜采用“少公式、多流程、重解释”的方式，突出智能分析方法与工程机理之间的联系。大数据技术在地质灾害防治中的应用综述表明，多源监测数据融合、灾害识别和风险预测是智能化防灾减灾的重要方向^[8]。第五，预警应用模块，对应“用”，重点讲授监测数据如何服务工程安全评价、预警发布和应急处置，强调预警不是简单阈值报警，而是对数据、工程背景、历史状态、诱发因素和灾害演化趋势的综合判断。

三、教学实施路径

课程教学实施应围绕“学生能力形成”展开，将课堂讲授、案例研讨、项目式学习、数据实践有机结合。

首先，采用问题导向式课堂导入。在讲授每一类知识前，从真实工程问题出发设置导入问题。例如，讲授安全监测目的时，提出“为什么工程完成勘察设计后仍需监测”；讲授传感器选型时，提出“同样监测边坡变形，何时选择 GNSS、测斜仪或分布式光纤”；讲授智能预警时，提出“监测值超过阈值是否一定意味着灾害即将发生”。这类问题能够促使学生从工程需求出发理解课程内容。

其次，加强案例教学。课程可建设滑坡监测、深基坑监测、隧道围岩监测、矿山边坡监测、尾矿库监测、大坝安全监测和城市地下空间监测等案例库。每个案例包括工程背景、地质条件、主要风险、监测指标、仪器布设、数据样例和预警处置要求。重大地质灾害隐患早期识别中的综合遥感应用研究表明，地质灾害识别与监测往往需要多源信息综合分析，单一技术难以满足复杂场景需求^[9]。因此，在案例教学中应引导学生比较不同技术方法的优势和局限，形成多源协同监测思维。

再次，开展项目式学习。课程可设置“某滑坡智能监测系统设计”或“某深基坑安全监测方案设计”等综合任务。学生以小组为单位，完成工程风险识别、监测指标选择、传感器布设、数据采集与传输方案、数据分析流程、预警分级标准和应急处置建议。项目成果以报告和答辩形式提交。教师评价时重点考查其工程逻辑是否清晰、监测指标是否对应主要风险、技术方案是否可行、数据分析是否合理、预警建议是否具有操作性。成果导向的教学设计强调课程目标、教学活动和评价方式之间要保持一致^[10]，项目式学习正是实现知识、能力和素养综合评价的重要方式。

第四，强化数据实践。教师可提供小规模数据集，组织学生完成曲线绘制、异常点识别、趋势分析、多参数对比和预警判断。例如，针对边坡数据分析降雨、地下水位和位移加速之间的关系，针对基坑数据判断围护结构位移和支撑轴力是否达到预警状态。数据实践应从简单绘图逐步扩展到质量控制、趋势分析和预警表达。

参考文献

- [1] 江鸿彬. 初论地质灾害监测预警体系建设 [J]. 资源环境与工程, 2021, 35(4): 526–529.
- [2] 李志义, 朱泓, 刘志军, 夏远景. 用成果导向教育理念引导高等工程教育教学改革 [J]. 高等工程教育研究, 2014(2): 29–34+70.
- [3] 何满潮, 韩雪, 张斌, 等. 滑坡地质灾害远程实时监测预报技术与工程应用 [J]. 黑龙江科技学院学报, 2012, 22(4): 337–342.
- [4] 黄健, 巨能攀, 何朝阳, 肖洋. 基于新一代信息技术的地质灾害监测预警系统建设 [J]. 工程地质学报, 2015, 23(1): 140–147.
- [5] 王永泉, 胡改玲, 段玉岗, 等. 产出导向的课程教学: 设计、实施与评价 [J]. 高等工程教育研究, 2019(3): 62–68+75.
- [6] 王甫强, 张占彪, 李虎, 柯洋. 光纤传感技术在岩溶地面塌陷地质灾害监测中的应用 [J]. 城市勘测, 2021(4): 174–178.
- [7] 李鹏. 基于物联网的信息技术在地质灾害监测预警中的应用研究 [J]. 价值工程, 2022(16): 159–162.
- [8] 刘汉龙, 马彦彬, 仇文岗. 大数据技术在地质灾害防治中的应用综述 [J]. 防灾减灾工程学报, 2021, 41(4): 710–722.
- [9] 葛大庆, 戴可人, 郭兆成, 李振洪. 重大地质灾害隐患早期识别中综合遥感应用的思考与建议 [J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2019, 44(7): 949–956.
- [10] 李志义. 成果导向的教学设计 [J]. 中国大学教学, 2015(3): 32–39.
- [11] 张男星, 张炼, 王新凤, 孙继红. 理解 OBE: 起源、核心与实践边界——兼议专业教育的范式转变 [J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 109–115.

四、考核评价与改革成效

课程考核应从单一闭卷考试转向过程性评价与结果性评价相结合，突出学生知识、能力和素养的综合达成。理解 OBE 理念的关键在于把握其起源、核心与实践边界，避免将成果导向简单理解为指标化或形式化评价^[11]。建议总成绩由平时学习、案例研讨、数据实践、综合项目和期末考核组成。平时学习评价出勤、线上学习、小测验和课堂参与；案例研讨评价工程问题分析、监测指标选择和表达能力；数据实践评价数据处理、图表表达、异常识别和工程解释能力；综合项目评价监测系统设计、预警方案构建和团队协作能力；期末考核检验基本概念、基本原理和基本方法。

在具体评价指标上，可将课程目标分为知识目标、能力目标和素养目标。知识目标通过课堂测验和期末考试评价，能力目标通过案例作业、数据实践和综合项目评价，素养目标通过课堂讨论、项目答辩和反思报告评价。遵循专业认证 OBE 理念的课程教学设计要求课程目标、教学活动、评价方法和持续改进之间形成闭环，因此本课程在评价中应重视学生学习证据的积累与反馈。综合项目可进一步拆分为工程问题分析、监测系统设计、数据分析与预警判断、成果表达四个维度，分别对应风险识别能力、方案设计能力、数据分析能力和工程表达能力。

五、结论

面向新工科建设和地质工程智能化发展需求，《地质工程智能监测技术》课程需要从传统监测知识讲授转向面向复杂工程问题的系统能力培养。本文围绕“感－传－智－用”全业务链智能监测逻辑，对课程内容进行重构，将安全监测基础、智能感知、数据传输、智能分析和预警应用有机融合，形成了“基础认知－工程感知－数据处理－智能预警－综合应用”的课程教学体系。

课程改革以工程风险为牵引组织教学内容，以案例教学和项目式学习增强课堂参与，以数据实践提升学生智能分析能力，以多元评价支撑课程目标达成。实践表明，该改革有助于提高学生对地质工程监测预警全过程的理解，增强学生监测方案设计、数据分析、风险判断和工程表达能力。后续课程建设应进一步推动地质工程类课程向数智化、工程化和综合化方向持续发展。