

Research on Engineering Geology Teaching

—Take Hong Kong-Zhuhai-Macau Bridge and Tunnel Engineering As a Case

Xiaobo Xiong^{1, #}, Yazhou Qin², Xiaojun Sheng¹, Yunping Liu¹, Qian Xu¹

1. School of Architecture & Civil Engineering, Nantong University, Nantong, Jiangsu Province, China, 226019

2. School of Transportation Engineering, Nantong University, Nantong, Jiangsu Province, China, 226019

#Email: thongtao2006@163.com

Abstract

Engineering Geology is a compulsory civil engineering specialty courses. In connection with the relatively weak of geological basis for ordinary college students, but geological conditions of the project is very complicated, the engineering safety of national economic construction is very importance. The author has more than ten years of teaching experience, combined with several courses such as soil mechanics, foundation engineering, engineering geology, subgrade engineering and tunnel engineering, and with the process of quality courses and practice teaching material construction during the past ten years. Through improving the teaching measures and teaching methods of engineering geology, and make full use of modern science and technology methods, combined with hot and examples of major national construction projects, to carry out complex analysis and heuristic teaching cases. The author carried out such studies of teaching reform, this is a firmer foundation for culture, has played a larger role for the study of cultured solid basic skills, a sense of innovation and the ability of modern engineering and technical personnel.

Keywords: *Geology Engineering; Engineering Case; Complexity; Research on Teaching; Inspired Case*

工程地质教学研究*

——以港珠澳桥隧工程为案例

熊孝波¹, 钦亚洲², 盛晓军¹, 刘云平¹, 许茜¹

1. 南通大学建筑工程学院, 江苏南通 226019

2. 南通大学交通学院, 江苏南通 226019

摘 要: 工程地质是土建类专业的一门必修专业基础课程。针对普通地方高校学生地质基础比较弱、而工程中的地质条件非常复杂, 国民经济建设对工程安全的重要意义非常大等特点。笔者结合自己十余年的教学经历, 依托土力学、基础工程、工程地质、路基工程和隧道工程等精品课程和教材建设的实践, 通过改善工程地质教学措施和授课方式, 充分运用现代科学技术方法、结合国家重大工程建设的热点与实例, 开展案例的复杂性分析和启发式教学, 对培养基本功扎实、具有创新意识和能力的现代工程技术人才起得了较大的推动作用。

关键词: 工程地质; 工程案例; 复杂性; 教学研究; 案例启发

引言

工程地质学是研究和解决与工程建筑有关的地质问题的一门学科, 是土木工程专业的一门重要的专业技术基础课, 主要介绍土木工程所涉及的工程地质学基本理论和基本知识。是在学习了高等数学、理论力学、材料力学和土木工程材料等课程的基础上开设的一门专业基础课, 同时为后续的诸如土力学、地基基础、路基工程、隧道工程、桥梁工程、轨道工程等课程提供了工程方面应有的地质知识和工作方法。

该课程建设是一项系统工程, 涉及到教材、教学方法、教学条件的各个环节。同时, 课程建设本身也

*基金资助: 南通大学 2013 年课程资源建设项目 (JP13029); 南通大学 2013 年教材建设项目 (201319)

是一个动态过程,必须与本研究领域的理论进展和技术进步相适应。土木工程专业开设工程地质专业课程,对学生打好专业基础,培养分析和解决问题的能力,特别是解决在建筑基础设计和施工中遇到的工程地质问题起着重要的作用。

本文主要结合十年来笔者从事工程地质学课程建设的实践,就以下几个方面的问题谈谈体会。

1 工程地质学课程的特点

根据高等学校土木工程专业指导委员会的要求,本课程的主要目的是使学生了解工程建设中的常见工程地质问题,以及这些现象和问题对工程建筑设计,这些涉及到矿物、岩石和地质构造、地貌、不良地质现象等多方面,信息量很大。

(1) 内容多,知识面广。仅就土木工程专业而言,工程地质学主要讲授的内容包括工程地质学基本原理和勘察、测试技术,岩土的物质组成及其工程特性与工程地质分类;地质构造及工程地质评价;地下水、河流、岩溶、边坡、风化等地质作用的基本规律与灾害防治以及勘察、现场原位测试、工程地质报告和图件的编制。这些内容涉及普通地质学、岩石学、矿物学、构造地质学、水文地质学、工程岩土学、工程地质问题和工程勘察技术等方面,涉及的知识面很广。

(2) 理论系统,概念广。工程地质学目前已形成了不同的分支学科,包括岩土工程学、工程地质分析、工程地质勘察等三个基本部分。各个学科都有其区域的专业概念作为支撑,在工程地质学这门浓缩的课程中都会充分地得到展现。

体现了对工程地质学课程教学的高度重视。教师和学生都很重视这门课程。而工程地质学在土木工程专业中往往作为专业基础理论课程,且考核方式上为考查。教学中往往不易引起师生的高度重视。主要表现为对工程地质学在土木工程中的重要性认识不足。

2 加强多媒体辅助教学环节,采用灵活多样的授课方式

工程地质学是一门理论和应用技术结合很强的学科。在教学大纲规定的教学内容中,关于岩土工程地质方面的实践内容占有较大比例。较长时间内,实验、实习教学一直是工程地质学课程教学的薄弱环节,有关工程地质现场认识实践和原位测试相关的一些实验、实习项目因不具备条件而只能作一般介绍或采取演示的方式进行。实验条件的不足,一定程度上制约了工程地质学教学质量的进一步提高。由于实验和实习教学环节的薄弱,学生毕业后往往需要一定的时间熟悉和适应生产现场的实用技术及其实际运用。实际教学效果表明,多媒体教学具有形象的规范化演示效果,可在一定程度上演示各种矿物、岩石、地质构造和各种工程地质灾害等方面的教学内容。加强多媒体辅助教学,也有效解决了以往课堂讲授存在的抽象化问题。如工程地质学课程中关于岩体结构、边坡工程、地下隧道工程及支护、地基处理、深基坑开挖及支护等方面的教学内容,结合幻灯、图片等进行讲解,使学生得到了直观形象的感性认识,收到了事半功倍的教学效果。

在工程地质学授课中,笔者结合自己的科研实践,向学生介绍科研工作及研究成果,针对具体生产问题,介绍研究思路和研究方法。这种教学方式使工程地质教学更生动、更切合于实际,并且能使学生博采众长,利于科学分析思维的培养。

针对我校学生的地质基础比较弱的实际情况,我在教学实践中注意以讲述与土木工程建设有密切关系的地质基础理论为主。比如,在讲述矿物和岩石时,抓住与工民建、道桥隧、矿山工程、水利水电工程中的一些与土木工程建设有关的造岩矿物和工程岩石进行讲授。工程地质的知识点、原理、概念非常多,但核心内容是非常有限的,这样可以使学生能够在短时内把握工程建设的主要岩土体类型。在讲述各种地质构造时,结合一些典型的工程案例,深入地阐述工程生产中的地质结构与工程建设之间的各种关系,使学生摆脱学习地质构造的枯燥境地,要让学生通晓工程建筑与地质环境互相协调,既要保证工程建筑安全可

靠、经济合理、运行正常，又要保证地质环境不会因工程的兴建而恶化，造成对工程建筑本身以及周围环境的危害。

3 注重培养学生的思维方法和创新能力

中国工程地质学经历了半个多世纪的研究实践，构造了科学的理论、方法和学科体系,以其适应自然过程的惊人成就而赢得国际地位。正是这种大量的实践与丰厚的科学积累，使中国工程地质学具备解决现代大型复杂工程建设问题和持续创新的能力。学者们勤于实践、传承文明，始终坚持理论研究与工程实践的紧密结合，成功地服务于工程建设。发展了 SEM、CT 技术、发射定位测试等岩土力学试验与微观研究。另一方面数值分析表现在多种模型的建立和多种计算方法的开发，将非线性理论与工程地质学相结合，深入研究各种失稳过程的本质及其规律，系统论和控制论的引入，进一步发展综合集成方法。

作为地质学的一门分支学科，工程地质学研究的对象是地壳表层的地质体，在物质成分、结构、构造、形态特征、分布规律，决定了工程地质问题的不确定性、未可知性、灰色性和模糊性，及对其认识过程的复杂性和系统性等。因此，工程地质及形成演化的动力学过程具备高度的非线性特征。熊孝波 (2011-2014) 结合自己的教学与科研实践，运用系统工程方法、灰色理论、模糊数学、神经网络等方法，结合自己的国家自然科学基金项目 (40962005) 和 (2011-k3-36) 等省部级课题进行了个人经验式的人才培养，使得受到培养的学生具备了一定的分析复杂工程地质问题的能力。指导学生先后写作发表了 10 余篇科研论文，有 10 余人进入 985 和 211 等高校进入研究生阶段的学习。

因此，在教学工作中，我们应站在开放的、复杂的、巨系统的角度，并全面深入地认识这些联系，对学生深入地了解各种工程地质结构、现象和发展规律，为正确对待和解决工程实践中的各种工程地质问题提供科学的世界观和方法论。

工程地质学教学的两项基本任务，一是使学生掌握工程地质基本理论，二是培养学生掌握科学的思维方法和分析能力。

自然界各类土木工程的地质条件是极其复杂的，而对于工程建设来讲，不管工程场地的工程地质条件如何复杂，只要对其予以充分的认识，对存在的工程地质问题作出正确的评价，就可以避免工程事故，能够提出科学合理的解决方案，所以，工程地质学课程的教学方法应着眼于基本原理和科学研究方法的有机结合。

在以往的工程地质学教学过程中，任课教师根据课程建设的基本思路，一方面在课堂教学中除讲授基本地质理论外，也有针对性地介绍国内外重大工程地质事故实例，对其发生的原因、条件及过程进行理论分析，使学生对工程地质问题获得系统全面的认识；另一方面，通过课程设计和毕业设计（论文）等教学环节，有针对性地将结合生产、科研实际提出工程地质研究课题，让学生对工程地质条件进行分析，对存在的工程地质问题作出评价，并独立地提出施工设计和解决方案。多年的教学实践表明，这对于提高学生实际工作能力、培养科学的思维方法，效果十分明显。

4 加强当前工程建设热点和实例对教学内容的充实

关于工程案例的教学方法，从历史上看，案例法在专业教育中的应用已有很长的历史，这一历史至少可上溯到 19 世纪末。王少非 (2000) 和郑金洲 (2002) 阐述了教学案例开发的启示，指出，案例教学是未来教师专业发展的新途径。在 100 多年的实践中，人们在运用案例法过程中积累了大量的经验。1870 年，哈佛大学的兰德尔 (C. C. Langdell) 在法律教育中引进了案例法；1893 年，约翰·霍普金斯大学的奥斯勒 (William Osler) 在医学教育中引进了案例法；1908 年，哈佛大学的洛厄尔 (Lawrence Lowell) 在商业教育中引进了案例法；1920 年，哈佛大学的霍尔姆斯 (Henry W. Holmes) 在教师教育中引进了案例法。

在我国古代，韩愈在《师说》中认为，“师者，传道授业解惑也。”所谓“传道、授业、解惑”，在

案例课堂讨论中,教师扮演的角色是要激发学生广泛参与讨论,引导学生对案例进行理论提升,使学生对案例中所包含的问题获得更透彻的理解,促进学生之间的积极的人际交往,从而构建一个具有合作性的“学习共同体”。近年来,我国一些学者在应用案例进行教学方法进行了有益的探索,例如严宁珍,等(2011)在多年教学实践的基础上,总结了案例教学法在地质地貌学教学中的意义、案例选择和设计中应该注意的问题、案例教学法的组织实施,以期探索出适宜环境生态类专业地质与地貌学课程的有效教学方法。

随着我国工程建设的广度、深度和难度的日益增加,特别是随着一批国家重点工程的上马,诸如南水北调、西电东送、西气东输、港珠澳桥隧工程、上海中心大厦、北京地铁等各类工程的兴建。其工程地质条件越来越复杂,由此产生的工程地质问题也越来越具有高度的复杂性。因此,需要不断补充近年来在工程实践中的科研成果来充实工程地质学的教学内容。

就是理论与生产实践的密切结合,这些重大工程的科研成果往往反映了相关领域的最新学术动态,有的研究成果可能反映国内外领先的学术水平。因此,可以不断充实于理论教学之中,对加深学生对有些理论问题的理解,扩展学生的学术视野和思路,提高学生分析和解决实际问题的能力等诸多方面均有帮助。笔者收集整理了丰富的实际研究资料,并结合课程的教学内容适当地介绍给学生。这样,大大丰富了工程地质学课程的教学内容,提升了教学效果。

下面以港珠澳大桥工程为例进行阐述。港珠澳大桥是我国在建的一个特大工程,工程的重要性不言而喻,是百年大计,至少要 100 年保持工程的稳定、安全和正常使用。通过结合课堂工程实例视频讲解,在上课过程中引导学生认识清楚该工程的地质条件,需要根据实际情况采用什么样的勘察手段与方法,对勘察资料如何进行岩土工程条件评价,提出因地制宜的地基处理措施和采取合理的工程结构措施等等。

港珠澳大桥工程地质条件:桥址区地质条件复杂。自上而下分别为:海相沉积层的高程为-25.52~-41.10 m,主要为淤泥和淤泥质黏土;陆相沉积层,局部有粉质黏土夹层,海陆过渡相沉积层,层底高程为-40.60~-52.0 m,主要粉质黏土夹砂、粉质黏土和黏土;陆相沉积层,层底高程为-76.90~-91.90 m,为粉细砂、中砂和粗砾砂。基岩为全风化片麻状混合花岗岩、强风化片麻状混合花岗岩、中风化片麻状混合花岗岩。

基岩孔隙水以承压水为主,主要赋存于第四系的细砂、中砂、粗砂和砾砂等孔隙介质中。

工程岩土条件评价:勘察结果表明,港珠澳大桥桥址区存在软土、风化岩等不良地质条件,岩土层非常软弱,具有高压缩性等特点。在更新世晚期土层的厚度变化为 37m-102m,超固结状态,主要由粘土夹松散到中等密实的砂层组成;粘性土的下面为砂层和碎石层。更新世晚期土层下面就是花岗岩岩层,中-风化花岗岩岩体坚硬结构完整,为好的基础持力层。说明勘察成果为该阶段设计方案提供了地质支持。

岩土工程勘察方法:针对工程区基岩埋深变化大,地质地层复杂,桥址区构筑物多样等特点,提出了一些专门勘察技术要求。将孔压静力触探试验结果与地质钻孔所揭示的工程地质条件进行了对比分析,进一步确认了采用孔压静力触探试验技术对于工程中地质进行分层的可靠性和优点。

地基处理措施:对海上挤密砂桩这一新型软基加固工法,依托港珠澳大桥岛隧工程对海上挤密砂桩的设计原理、计算方法以及布置方案原理和特点进行了介绍。总结了现场挤密砂桩载荷板试验的相关成果,为此工法的推广及应用提供依据。

岩土结构方案:拟建的港珠澳大桥,为了实现桥隧的平顺过渡,在设计中设置了东、西两座海中隧道人工岛。人工岛地基土上部为深厚淤泥及粉质黏土夹砂层,下部为承压水中砂层。该工程基坑最大开挖深度达 15.5 m。根据人工岛筑岛工程需要,开展了海上抽水试验,综合考虑人工岛支护结构、地基处理方案等因素,对西人工岛暗埋段基坑防渗降水的保留粉质黏土防渗层方案和设置升浆混凝土封底方案进行了研究。推荐采用保留粉质黏土防渗层方案。

笔者通过在建的重大工程实践,让学生对工程地质条件及工程问题分析,并独立地提出地基处理方案、设计措施和施工设计,以及解决问题的各种工程方案。多年的教学实践表明,这对于提高学生的认知能力、培养科学的思维方法,能够收到很好的效果。

5 结语

工程地质是土建类专业的一门重要的必修专业基础课程。笔者结合自身十余年的教学经历, 结合自己进行精品课程和教材建设的实践, 通过改善工程地质教学措施和授课方式, 加强多媒体辅助教学环节, 采用灵活多样的授课方式。结合自己的教学与科研实践, 运用现代科学技术方法, 结合自己的教学和科研实践, 进行了个人经验式的人才培养, 使得受到培养的学生具备了一定的分析复杂工程地质问题的能力。

土木工程是与实践结合紧密的一门学科, 学生要培养几个方面的能力: 一是分析问题的能力, 即面对工程实际, 如何确定合理的工程方案, 解决工程问题; 二是评估和管理能力, 即能够从技术、经济和施工角度对项目进行评价, 并能协调各工种配合。结合国家重大工程建设的热点与实例, 开展案例的复杂性分析和启发式教学, 对培养基本功扎实、具有创新意识和能力的现代工程技术人才起得了较大的推动作用。

6 致谢

近 10 年来, 本人的教学与科研得到了省级课题 [2006] 182 号, [2008], Jxjg-07-14-11; 开放基金课题 KLE-TJGE-0802, GZ2007-09; 国家自然科学基金基金项目 (40962005); 住房和城乡建设部研究开发项目 (2011-k3-36) 等的资助。这些课题对培养人才起得了较大的作用。同时, 本人也对关心、支持和帮助过的老师、朋友、同事和学生等表示衷心的感谢。

REFERENCES

- [1] Wang Sijing. Mission and future of engineering geology [J]. Journal of Engineering Geology, 1999, 13 (4): 195-199.
- [2] Zhang Xiangong (editor), Chinese engineering geology [M], Beijing: Science Press, 2000.
- [3] Huang Dingcheng. Future of engineering geology in China [J] Journal of Engineering Geology, 2004, 12 (4): 337-342.
- [4] Shi Bin. Consideration of engineering geology Development Strategy [J] Journal of Engineering Geology, 2005, 13 (4): 433-437
- [5] Yan Ningzhen, Gao Ming, Li Zhenlun. Case teaching method used in geology and geomorphology Teaching [J] Southwest China Normal University (Natural Science), 2011, 36 (3): 297-300.
- [6] Wang Shaofei. History of case law and its enlightenment and the development of teaching cases [J]. Educational Development, 2000, (10): 42-45.
- [7] Zheng Jinzhou. Case Teaching: New Approach to Teacher Professional Development [J] educational theory and practice, 2002, 22 (7): 36-41.
- [8] Bai Mingzhou, Wang Meng. Teaching reform of engineering geology [J]. Higher Architectural Education, 2006, 6 (2): 93-96.
- [9] Zhu Fangcai. Engineering geology teaching based on ability of Engineering [J] Higher Architectural Education, 2007, 16 (1): 42-45.
- [10] Pan Wensheng. Teaching problems of engineering geology and its teaching reform [M], education and occupation, 2008, (9): 87-88.
- [11] Zhang Ping, Wu Hao. Engineering geology teaching situation and reform strategy [J] Shenyang College of Education, 2011, 13 (4): 45-47.
- [12] Civil Engineering Professional Steering Committee of Universities in China. Goals of Undergraduate Education and training programs and course syllabus for Civil Engineering [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2002.
- [13] Compiled by the civil engineering professional guidance Commission of Universities in China. Civil Engineering undergraduate colleges guidance of professional norms [M]. Beijing: China Building Industry Press, 2011.10, First Edition.
- [14] Zhang Zhongmiao. Engineering Geology [M], Chongqing University Press, 2011.10, First Edition.
- [15] Cai Hua, et al. Engineering Geology [M]. China Building Materials Industry Press, 2012.11, the first edition.
- [16] Li Heng, Ni Jinchu, Du zejin. Study on seepage control scheme of foundation excavation of artificial island for tunnel of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge [J]. People Yangtze River, 2011, 42 (16): 1-4.

- [17] Li Deji, Yang Guanghua, Zhang Yucheng, et al. Pore Pressure Static Cone Penetration Test for instance Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge engineering division of soil analysis [J] Guangdong Water Resources and Hydropower, 2012 (7): 1-2.
- [18] Huang Jin. The teaching effect to improve engineering geology and soil Mechanics and its teaching reform [J] Journal of science and education compilation, 2013, (33): 62-63.

【作者简介】



¹ 熊孝波（1972- ），男，汉族，博士研究生，南通大学建筑工程学院副教授，硕士研究生导师。研究方向，岩土与结构工程，智能方法应用。
Email: thongtao2006@163.com

² 钦亚洲（1973- ），男，汉族，博士研究生，南通大学交通学院讲师。研究方向，土木工程。 Email: yazhouqin2008@163.com

³ 盛晓军（1980- ），男，汉族，博士研究生，南通大学建筑工程学院讲师。研究方向，土木工程。
Email: shengxiaojun@msn.com

⁴ 刘云平（1979- ），男，汉族，硕士研究生，南通大学建筑工程学院讲师。研究方向，土木工程。
Email: lupXL2005@ntu.edu.cn

⁵ 许茜（1986- ），女，汉族，硕士研究生，南通大学建筑工程学院助教。研究方向，土木工程。
Email: SiSiSi_Xuqian@hotmail.com