

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.03.011

欢迎按以下格式引用:薛亚东,黄宏伟,李元白,等.以需求为导向的研究生教学改革探索——以高等岩石力学课程为例[J].高等建筑教育,2022,31(3):81-88.

以需求为导向的研究生 教学改革探索 ——以高等岩石力学课程为例

薛亚东,黄宏伟,李元白,张 森

(同济大学 土木工程学院,上海 200092)

摘要:研究生专业课教学是研究生阶段能力培养的重要环节,如何提升教学质量,满足社会快速发展的用人需求,是需要探索解决的重要课题。随着隧道工程、桥梁工程、港口水利工程和地质工程等行业的飞速发展,工程建设趋向于深地层与大规模,对从业者应用岩石力学理论知识解决实际工程问题提出了新挑战,同时对研究生教育提出了更高的要求。高等岩石力学课程作为一门理论与实践紧密结合的专业基础课程,在研究生专业素养的培养过程中占有举足轻重的位置。通过分析高等岩石力学课程的教学特点与现存问题,考虑工程实践、研究生培养及教育改革等实际需求,提出针对课程教学改革的指导思路与实际举措。在同济大学建筑与土木工程专业研究生高等岩石力学课程中进行教改实践,取得了较好的效果,可为今后研究生课程教学改革提供借鉴。

关键词:需求导向;教学改革;高等岩石力学;研究生教育

中图分类号:G643.2

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2022)03-0081-08

随着地下工程的飞速发展,对深埋地层的探索逐渐成为一种发展趋势。由于复杂的岩体工程条件,深埋地下工程的建设面临更为严峻的挑战。如何有效开挖地层,计算分析地下岩体结构的稳定性,保障地下工程的安全性与经济性,实现项目工程的全寿命周期管理,抵抗自然灾害(地震)等,解决问题需要相关建设者扎实的专业素养与丰富的工程建设经验。已有研究通过理论与实践相结合的方式,对深埋地下工程的施工进行了探索。例如,陈炳瑞等^[1]通过实验研究了西南地区某深埋隧道花岗岩的破坏模式、机制及前兆特征,研究结果对于西南地区花岗岩岩爆发生机制的认知、预警以及防治具有重要意义。薛翊国等^[2]指出川藏铁路沿线地质复杂,在高地应力、高地温、高渗压及动载荷多场耦

修回日期:2021-07-31

作者简介:薛亚东(1971—),男,同济大学土木工程学院地下建筑与工程系教授,博士,主要从事隧道、采矿、地质等研究,(E-mail) yadongxue@126.com。

合作用下,隧道内软岩大变形和岩爆灾害机制具有特殊性和复杂性。任洋等^[3]通过研究川藏铁路雅安至新都桥段地应力特征,发现隧道在围岩条件较好时易发生岩爆,围岩较差时会发生大变形。周建等^[4]研究了深埋隧道复合式衬砌荷载的分布规律及其形成原因,为山岭深埋隧道支护设计提供了一定参考。谢和平等^[5]探究不同赋存深度原位环境对岩石物理力学行为影响的差异性规律。

高等岩石力学是隧道、桥梁、水利、采矿等工程专业研究生的重要专业基础课^[6],该课程内容涉及建筑施工、隧道开挖、桥梁建造、防灾减灾、环境治理、矿物开采等基础设施建设领域^[7]。目前,高等岩石力学课程教学仅停留在传统教学模式上,“填鸭式”灌输知识,导致学生在学习过程中缺乏主观能动性,很难达到理想的教学培养目标。

随着“一带一路”政策持续推进,一大批基础设施建设项目即将开展,对岩土工程专业人才的需求将进一步增加,对人才的要求将进一步提高^[8-9],而高等岩石力学课程在教学上的局限性与实际工程建设人才需求的矛盾也将愈演愈烈。

研究生教育是国家培养科技人才的重要环节,承担为实际工程输送大量优秀人才的责任。土木工程专业的研究生一方面需要掌握扎实的理论基础,一方面需要将理论与实践相结合,培养应用理论知识解决实际工程问题的能力。现代工程建设的快速发展,对高等岩石力学课程提出了新的教学要求,传统的教学方式难以满足“教”与“学”的时代要求,难以达到对研究生的培养要求。因此,作为岩土及地下工程专业研究生的重点专业基础课,高等岩石力学课程的教学改革势在必行^[10]。

重大地下工程的建设亟需高精尖岩土工程专业人才,应用高等岩石力学理论知识分析解决实际地下工程问题的能力逐渐成为一种用人标准。结合笔者多年来高等岩石力学教学经验,分析目前高等岩石力学教学中存在的问题,以需求为导向提出具体的教学改革建议与措施,并进行初步的教学改革尝试,取得了良好的教学改革效果,可为相关课程的教学改革提供参考。

一、分析教学问题——深入浅出

(一) 课堂教学课时紧张

研究生的基础课程学习时间较短,课堂所学的知识有限。在同济大学建筑与土木工程专业研究生的培养计划中,高等岩石力学课程约36节。在这么短的教学时间内,却有着繁重的教学任务。这种矛盾导致教师为完成既定的教学目标,只能在课堂上快速讲授晦涩难懂的知识点,不关心学生是否理解。这种教学方式忽略了学习本身应遵循“循序渐进、主次分明”的特点,最终演变成“填鸭式、灌输式”的教学模式,导致教师教得累、学生学得累,难以形成“教与学”的良性互动。少量教学课时和大量繁杂知识的矛盾只是该问题的表象,其根源在于传统培养理念与社会人才需求之间的矛盾。在土木工程专业教学中,教学培养的理念依然传统陈旧,课程设置的方式依然固化呆板,课堂教学的方法依然老套单调。学生通过有限课堂时间学习的知识繁杂而晦涩,难以与实际工程相结合,当面对具体的工程问题时,难以给出合理的解决措施。上述提及的问题只是教学实践中的冰山一角,传统教学理念与现代人才需求之间的矛盾将愈演愈烈。

重大深埋工程在建设过程中会遇到很多棘手的工程问题,扎实的高等岩石力学理论知识是分析解决这类难题的基础,这是现代地下工程对从业者能力的新需求。黄宏伟等^[11]研究认为,土木工程项目综合协调和组织管理能力、在土木工程设计/施工/管理中的沟通及协作能力、应对工程突发事件和工程风险管理能力和相关专业的的基本常识四项专业能力培养急需加强。

针对课堂教学课时紧张的问题,从现代工程建设的实际需求出发,合理优化培养方案与课堂教学模式,提高课堂趣味性与教学质量,让学生真正融入教学过程中。

(二) 实验教学方法落后

高等岩石力学课程仍以课本为核心教学材料,以课堂讲授为主要教学形式。高等岩石力学是一门理论与实践高度结合的课程,脱离实验教学会导致纸上谈兵、闭门造车,且传统实验教学亦存在多种限制与不足,实验教学改革也是大家关注的改革重点之一^[12-13]。

目前,实验教学主要有两种形式:一是室内力学实验,这是一种间接的工程实践,以教师演示、学生观察为主,而学生亲自动手参与的机会较少;二是工程现场参观,这是更为直接的工程实践,但过程中却存在走马观花、浮于表面的现象。总体而言,前者易于开展,但实践效果不理想,实验报告流于形式,学生难以对实际工程有整体认识;后者可给学生直观的工程体验,但存在时间安排、安全管理、现场讲解等各方面的实际问题。一言以蔽之,这两项实验教学方式都存在局限性。对于重大地下工程项目,无论是前期勘探钻孔,还是施工阶段钻芯取样,都需要专业人员对操作流程的整体把握,根据掌握的理论知识分析结果,以此判断围岩特性,及时调整掘进方案,避免工程事故的发生,降低施工风险和成本,提高施工效率。现代地下工程中的一些难题甚至需要根据实际情况自行设计解决方案,对高精尖工程技术人才提出了更高的要求。

针对教学方法落后的问题,对实验方式进行改革,以达到实验教学目的:1) 深入理解岩土工程的机理与本质,由于岩土体物理、力学性质的复杂性,不通过细致的实验,难以理解岩土体的本构关系及屈服准则;2) 提高学生的实践水平,避免学生只懂理论而不懂实践,理论应为实践服务。通过实验教学让学生把课本上学到的知识转变为可用于工程实践的能力;3) 培养学生解决问题的能力。现代工程的极限不断突破,大量的工程问题亟待解决,对工程师解决问题的能力也提出了更高的要求,因此,高等岩石力学课程实验教学也需要进行相应改革。

(三) 被动灌输的传统教学方式

即使各高校正积极推动课程教学从“被动学习”向“主动学习”转变,但“被动学习”的情况依然普遍存在。这与想要达到的教学目标相悖,也难以达到为实际工程输送优秀人才的目的。

对于重大地下工程项目而言,地层条件极其复杂,各种工程问题层出不穷。只有掌握丰富的岩石力学理论知识,才能及时分析问题内在原因,给出解决措施。现代地下工程亟需拥有扎实岩石力学理论知识和理论技术基础的人才,而被动灌输的传统教学方式与工程实际需求背道而驰,主要体现在以下方面:教师遵循传统的教学方法与教学内容,学生在课堂上被动接受教师灌输的知识,课后不花时间复习、巩固、深化、提高;学生对课程的意义不了解,对课程的框架不清楚,对课程的内容不感兴趣;学生学习的主观能动性无法得到充分发挥,无法将所学知识由点及面形成体系,也无法形成长久的知识记忆。

针对被动灌输的问题,师生都需要做出一定的改变。对于教师而言,教学方式应由教师主导型向学生主导型转变,教师的角色应从传导者向指导者转变。同时,教师应努力通过各种生动有趣的教学方法,如知识竞赛、演讲汇报、座谈等形式,增加课堂的趣味性,提高学生的参与度,提高教学质量。对于学生而言,应从接收者向研究者转变,并充分发挥主观能动性。不仅在专业知识方面,更在发现、提出、思考、解决、总结问题,以及协作、分工、管理、表达等多方面多维度综合提升学生素质,而这些正是一个成熟、专业的工程人员必须具备的素质。

(四) 课外教学力度不足

课外教学力度不足主要体现在两个方面:一是课外教学方式相对匮乏,没有有效利用现有的网络资源。二是课外教学推广力度不够,教师没有足够的时间和精力有效组织课外教学。

目前,针对高等岩石力学的线上教学平台相对匮乏,形式、资源、内容也不够丰富,应充分利用新媒体平台开展高等岩石力学课外教学。通过线上教学平台,将工程问题以文字、视频等方式整合传播,学生不需到工程现场就能了解实际工程存在的难题,学习工程技术人员利用高等岩石力学理论知识和工程经验解决问题的逻辑思维。

课外教学是学生拓宽视野、提升专业素养的重要途径。无论是专业知识的竞赛答题,还是对工程某具体问题的讨论,又或是对某个结论的辩论,都能提高学生的专业素养。因此,有必要定时组织一些有意义的线下活动,既有趣味性,又不失专业性,对于学生大有裨益。

针对课外教学力度不足的问题,教学平台不应局限于传统的课堂教学、面对面教学,还应充分利用各种网络资源,发挥线上教学直接、直观、即时的优点,为教学实践添加新的活力与能量。同时,积极组织线下活动,培养学生兴趣,提高学生能力。

二、提出教改思路——具体实践

(一) 理论与工程相结合,经典与前沿相结合

为解决高等岩石力学课时紧张问题,应着眼于基础理论与工程实践相结合,经典知识与前沿知识相结合两方面,提炼教学内容。

基础理论包括经典理论与前沿理论。在有限的时间内最大化文献阅读收益,教师需在大量文献资料中审慎地挑选高水平的经典论文与最新发表的研究成果,引导学生阅读,及时给学生解惑,让学生了解基础的研究方法和前沿技术。同时,在课程中引导学生查阅文献,指导学生管理文献,教授学生正确、高效阅读文献的方法,在文献学习实践中不断提高学生的科研素养。鼓励学生深入钻研相关理论,例如,用新兴技术验证经典理论,或用相关理论解释工程现象,从而激发学生的学习兴趣与创造力。

工程实践包括经典工程案例分析和主流研究方向介绍。教师挑选经典工程案例,通过讲解,建立学生的工程概念,形成早期的工程经验,为学生日后从事工程实践打下扎实的基础。通过对前沿研究方向的介绍,使学生充分把握研究热点,在热点研究中了解最新的工程资讯。

通过“理论与实践相结合,经典与前沿相结合”,不仅可拓展学生的知识面,还让学生对专业知识与工程实践之间的联系有更深入的理解和认识,使学生在课堂上的收益最大化,寓学于乐,让有限的课堂时间发挥最大的效益。

(二) 参观与实践相结合,认识与思考相结合

针对目前高等岩石力学课程存在的实验教学资源受限问题,应着眼于参观与实践相结合,认识与思考相结合两方面,在实验教学中提高学生的创新能力和思维能力。

在实验教学中学生的学习步骤一般为:初步了解实验、细致掌握实验、全面理解实验、深入思考实验。对应这四个步骤分别设置四个紧密相关的教学流程:教师讲解、讲义资料、动手参与、实验报告。具体内容包括:1)通过教师讲解让学生对实验有初步了解,对学生学习讲义起到预指导作用,明确后续学习方向,降低后续学习难度。2)学生通过学习讲义资料,掌握实验基本内容。鼓励学生自主思考、自主创新。3)在动手参与部分,摒弃以往固定式、被动式的实验内容,鼓励学生自主设计、完成实验,验证

或解决前一步提出的想法或疑问。4)实验完成后,要求学生反思实验中存在的问题、总结心得与体会,形成具有鲜明个人特色的实验报告。实验报告的评判标准应以学生思维活跃程度、参与程度以及是否亲自设计实施实验、是否解决问题、是否有完善的整理总结等为主要评判标准,而非以传统的实验结果为实验效果评判标准。

四个教学流程与四个学习步骤环环相扣,在引导鼓励学生思考问题,到最后解决整理成报告的过程中,不仅学生各方面能力得到了提高,同时学生对于实验的兴趣也会愈加浓厚(高质量的实验报告带给自身的成就感)。可以预见,通过这样一种实验教学方法,师生间将会更加轻松,同时收获最大化。

(三)个人与团队相结合,书面与口头相结合

针对目前高等岩石力学课程教学的被动灌输问题,应着眼于个人与团队相结合,书面与口头相结合两方面,充分发挥学生学习中的主观能动性。

“教师引导,学生主导”的教学形式:1)由教师提供一个具有广泛内涵的主题,学生可在该主题范围内自主思考。2)学生自由组队并推选组长,通过小组调研、集体讨论等形式确定题目,深入研究。3)组长根据研究内容合理安排组员分工,形成研究分工表与进度规划表,组长需实时对项目进度负责,确保项目如期推进。4)以团队形式完成书面报告,并由小组代表作口头报告。

在查阅资料阶段,学生应掌握该主题所涉及的基本概念,对该主题形成初步的认识;在深入研究阶段,学生对问题进行深入细致的思考,并尝试各种行之有效的方式解决问题;在书面报告形成前,学生通过集体讨论确定报告的内容、形式、分工等,进一步深化学生对问题的认识,培养学生合作、沟通、表达等方面的能力;在形成书面报告后,小组代表需将团队研究成果作课堂公开汇报,如图1所示。

通过以上训练培养,全面锻炼了学生查阅文献、发现问题、提出问题、解决问题、总结问题、公众演讲等多方面能力,改变了学生被动学习的不足,形成教师与学生的良性互动。

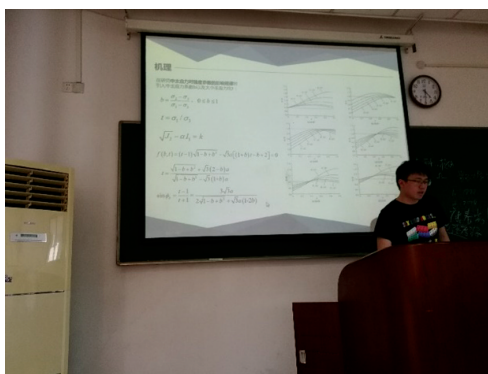


图1 小组代表作课堂学术报告

(四)线上与线下相结合,讲授与答疑相结合

针对目前高等岩石力学课外教学平台匮乏问题,应着眼于线上与线下相结合,讲授与答疑相结合两方面,充分利用网络信息平台开展高等岩石力学课后教学。

在线上开展网络课堂,作为线下课程的补充,供学有余力的学生自学,并以适当的比例作为加分项纳入最终课程成绩。建立的Canvas网上教学平台如图2所示,此外,还建立了AR/VR实验教学平台、学习通教学平台等。建立班级学习群,学生有任何问题都可在群里及时交流,教师及时解答学生的疑问,学生也可相互交流探讨,对勇于发言、热爱交流的学生给予一定加分鼓励,促进班级学习氛围的形成。

不仅开设线上的课后教学,线下的课后教学也同步进行。除每周固定时间地点的答疑外,对学习能力强、热爱科研的学生,教师应指导其按照规范格式撰写学术论文,这对于学生未来发展大有裨益。除此以外,积极组织各种座谈会、知识竞赛、辩论赛、数据处理比赛等,充分发挥课外线下活动的优势。



图2 Canvas 教学平台

三、提高教师要求——弃旧用新

基于工程人才需求导向,在教学理念和教学方式上,对专业教师提出了更高的要求。

首先,教师应摒弃传统教学理念,有意识地降低教学中的“主导”地位,从“讲授者”向“引导者”的身份转变,并将部分课堂交给学生主导,发挥学生的主观能动性。其次,教师应尽“引导者”的职责。例如,在文献学习方面,教师须对相关文献理解足够透彻,才能挑选出其中精华供课堂教学使用;在确定主题方面,主题在满足广度、深度的同时,还要在学生的能力范围内,并紧跟行业发展趋势,关注科研动态。最后,教师应针对不同特点的学生因材施教。例如,有的学生热衷于理论推导,有的学生热衷于建模计算,有的学生热衷于动手实验,教师应充分听取学生意见,考虑学生的兴趣、特长,根据学生特点制定相应的指导方案,并给出有针对性的建议。

虽然部分课堂让学生主导,但教师也要参与其中,与学生共同探讨问题,同时又要在某些关键性的问题上给出一些指导性的建议。教师并没有变轻松,反而责任更重,任务更艰巨,对于教师的要求更加严格。

四、评价实践效果——硕果累累

高等岩石力学课程作为同济大学隧道及地下建筑方向硕士研究生必修专业基础课,已开设多年,每年的选课学生人数在80人左右。以需求为导向,该课程坚持持续化更新和改革。考虑工程实践的需求,特别是深埋长大隧道工程建设的需求,课程增加了复杂环境岩石力学关键问题的专题讨论,学生在查阅文献、课堂听讲、工程专家研讨等多种形式有机结合的学习模式下,对相关工程的岩石力学问题有了更深入的理解。考虑到研究生培养的需求,高等岩石力学课一方面强调经典文献的阅读,一方面努力提高学生力学素养,通过线上线下多渠道,引入权威学者的专题讲座,取得了显著效果。

基于本课程的学习,通过教育教学方式改革,学生撰写的专业研究报告超过300份,发表的科技论文超过20篇(在本课程上课期间)。考虑国家教育改革需求,本课程采用了多元化教学体系,包括

Canvas 教学平台、ZOOM 直播课、微信交流群等,以及基于 VR/AR 的实验、工地现场的实践教学(图 3)。随着人工智能技术的发展,开拓了更广泛的学科交叉与融合,在本课程的未来发展专题部分,一方面指明岩石力学的研究热点与发展趋势,一方面与学生共同交流探索岩石力学与工程的研究方法与实践路线。

通过近几年的教学改革实践,高等岩石力学教学取得了一定效果,但“教”与“学”的关系,需要根据时代的发展,动态化、持续化、科学化改进,为培养高素质人才服务。

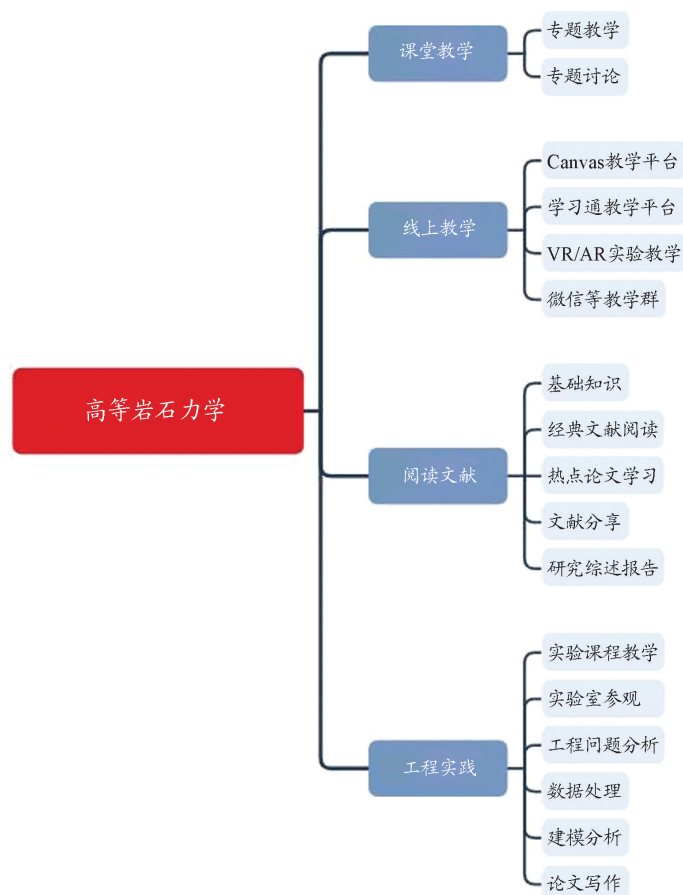


图3 高等岩石力学多元化教学体系

五、结语

以工程人才需求为导向,深入探究了研究生高等岩石力学课程教学现存的问题,并结合笔者的经验与学生的反馈,提出了针对此课程的教学改革方法:(1)课堂教学内容应遵循“理论与工程相结合、经典与前沿相结合”的原则,让学生在课堂的收益最大化;(2)实验教学安排应遵循“参观与实践相结合,认识与思考相结合”的原则,遵循学生进行实验研究时的客观学习规律;(3)教学理念应由传统的“教师主导、教学主导”转变为“教师引导、学生主导”,遵循“个人与团队相结合,书面与口头相结合”的原则,将传统课后作业替换为团队合作完成的书面报告与口头报告,不仅能缓解学生课业压力,还能培养学生的合作、交流等综合能力;(4)教学平台应从传统的课堂教学转变为“线上与线下相结合,讲授与答疑相结合”,利用网络平台开展丰富的课外教学活动,使学生充分利用碎片化时间学习。

通过以上教学改革措施,促进学生长期、全面成长,培养锻炼学生查阅文献、发现问题、解决问题、

总结问题、规范写作、汇报演讲、团队协作等各方面素质。通过师生的共同努力,高等岩石力学课程教学不再局限于一本书、一门课、一学期,目标是培养学生的学术素质与专业素养,提高学生综合能力。

参考文献:

- [1] 陈炳瑞,魏凡博,王睿,等.西南地区某深埋隧道花岗岩破坏机制与前兆特征研究[J].岩石力学与工程学报,2020,39(3):469-479.
- [2] 薛翊国,孔凡猛,杨为民,等.川藏铁路沿线主要不良地质条件与工程地质问题[J].岩石力学与工程学报,2020,39(3):445-468.
- [3] 任洋,王栋,李天斌,等.川藏铁路雅安至新都桥段地应力特征及工程效应分析[J].岩石力学与工程学报,2021,40(1):65-76.
- [4] 周建,杨新安,蔡键,等.深埋隧道复合式衬砌承载规律及其力学解答[J].岩石力学与工程学报,2021,40(5):1009-1021.
- [5] 谢和平,李存宝,高明忠,等.深部原位岩石力学构想与初步探索[J].岩石力学与工程学报,2021,40(2):217-232.
- [6] 季明,曹安业,张益东.《高等岩石力学》课程教学改革探讨[J].课程教育研究,2017(3):5-7.
- [7] 勾攀峰,宋常胜.岩石力学课程的教学改革与实践[J].教书育人,2009(15):82-83.
- [8] 黄明奎.岩石力学课程教学改革与思考[J].高等建筑教育,2008,17(4):82-85.
- [9] 黄明奎.岩石力学课程数值实验教学探索[J].高等建筑教育,2009,18(4):129-132.
- [10] 刘开云,乔春生,刘保国.研究生岩石力学课程教学改革探讨[J].高等建筑教育,2010,19(3):79-82.
- [11] 黄宏伟,刘德军,王飞,等.基于模糊综合评判的土木工程专业教学调优研究[J].研究生教育研究,2014(4):39-43.
- [12] 吴姜.岩石力学实验教学改革探讨[J].长春教育学院学报,2012,28(8):102-103.
- [13] 马建兴,马强.岩石力学实验课的教学改革研究[J].实验室科学,2011,14(2):32-34.

Exploration of postgraduate teaching reform based on demand-oriented concept: taking advanced rock mechanics as an example

XUE Yadong, HUANG Hongwei, LI Yuanbai, ZHANG Sen

(College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

Abstract: Professional course teaching for graduate students plays an important role in the ability cultivation of graduate students. How to improve the quality of teaching, especially how to meet the rapid development of social employment needs, is a significant topic that needs to be explored and solved. With the rapid development of tunnel engineering, bridge engineering, port water conservancy engineering, geological engineering and other industries, the construction of projects tends to be more and more deep and large-scale, which poses a new challenge to the needs of practitioners for knowledge of rock mechanics and higher requirements for postgraduate education. Advanced rock mechanics course, as a professional basic course that closely integrates theory and practice, plays a pivotal role in the cultivation of graduate students' professional attainment. In this paper, the characteristics and existing problems of advanced rock mechanics course teaching are analyzed, the actual needs of engineering practice, postgraduate training and education reform are taken into consideration, and the guiding ideas and practical measures for the teaching reform of this course are put forward. The teaching reform practice is carried out in advanced rock mechanics course for postgraduates majoring in architecture and civil engineering of Tongji University, which has achieved good results, and provided a reference for the teaching reform of postgraduate courses in the future.

Key words: demand-oriented; teaching reform; advanced rock mechanics; postgraduate education

(责任编辑 周沫)