

DOI: 10.16750/j.adge.2022.05.009

综合性大学专业学位研究生教育发展的困惑、困境与出路

李术才 蒋红光 朱太锐 郑彬 郎剑锋 刘国亮

摘要: 基于山东大学专业学位研究生培养现状的情况调研和问卷调查结果,分析了目前对专业学位重要性、培养定位和政策落实等认识方面存在的困惑,以及研究生培养中反映出的“双师型”导师队伍、课程教学和专业实践等方面条件的不足。结合国家层面政策和山东大学的改革举措,提出推进综合性大学专业学位研究生教育高质量发展的对策建议。首先是消除专业学位研究生教育发展中的困惑,更新专业学位研究生教育发展理念,深入认识和探究专业学位研究生教育规律,不断优化教育管理理念。同时,为实现专业学位研究生教育从认识层面的“应然”到具体实践的“实然”,综合性大学应扬长补短,以知识生产模式转型引领人才培养模式创新,探索多元协同的专业学位研究生教育改革路径。

关键词: 专业学位;综合性大学;多元协同;研究生教育;山东大学

作者简介: 李术才,中国工程院院士,山东大学副校长,研究生院院长,济南 250100;蒋红光,山东大学齐鲁交通学院副教授,研究生院挂职副院长,济南 250100;朱太锐(通讯作者),山东大学研究生院,党委研究生工作部助理研究员,济南 250100;郑彬,山东大学研究生院专业学位教育办公室主任,助理研究员,济南 250100;郎剑锋,山东大学研究生院副院长,党委研究生工作部副部长,教授,济南 250100;刘国亮,山东大学研究生院常务副院长,党委研究生工作部部长,教授,济南 250100。

专业学位研究生教育是我国研究生教育体系的重要组成部分,作为培养高层次应用型专门人才的主渠道,在适应经济社会发展需求,完善人才培养体系,服务教育强国战略等方面发挥着重要作用^[1]。《专业学位研究生教育发展方案(2020—2025)》(以下简称“《方案》”)指出,发展专业学位是我国学位与研究生教育改革发展的战略重点。面对新时代的新要求,进一步深化专业学位研究生培养模式改革,提升专业学位研究生教育水平,是推进我国研究生教育内涵式发展的重要举措,也是中国特色世界一流大学建设的内在要求和重要支撑。

《方案》也指出,现阶段专业学位研究生教育中“重学术学位、轻专业学位的观念仍需扭转”,还存在“简单套用学术学位发展理念、思路、措施的现象”^[2]。高校是专业学位研究生培养的主体,而其中综合性大学长期以培养教学和科研人才为主,专业学位研究生培养的特色和优势尚未充分凸显,

在专业学位研究生教育发展新阶段面临新的机遇和挑战。本文基于山东大学专业学位研究生教育现状的情况调研和问卷调查结果,对综合性大学专业学位研究生教育认识与实践层面的困惑和困境开展实证研究,并提出抓住机遇推进专业学位研究生教育高质量发展的对策建议。

一、专业学位研究生教育现状调研和问卷调查开展情况

山东大学是中国目前学科门类最齐全的大学之一,在综合性大学中具有代表性。目前,专业学位研究生和学术学位研究生规模总体持平,硕士生中专业学位硕士生占比为60.2%。近年来,通过实施产教融合人才培养专项、加强创新创业教育、推进联合培养基地建设等改革举措,山东大学研究生教育基本形成了专业学位研究生与学术学位研究生分类培养的格局。然而,鉴于目前在专业学位研究生

基金项目:山东省研究生教育教学改革研究重点项目“综合性大学发展专业学位研究生教育的实践与探索”(编号:SDYJG21005)

教育理念和办学条件等方面还有许多不足,继续加大专业学位研究生培养力度,突出高层次应用型人才培养特征,遵循教育规律和人才培养规律,构建相对独立的专业学位研究生教育模式^[3],成为当前学校研究生教育改革与发展的当务之急。

根据《山东大学关于推进专业学位研究生教育发展的实施方案》中提出的“建设示范性联合培养基地”和“建强双导师队伍”的工作思路,学校开展了对相关学院聘任行业产业导师和专业学位研究生联合培养基地建设情况的专项梳理工作。同时,借鉴中国农业科学院已有调查问卷,结合学校学位与研究生教育改革现状,围绕对专业学位研究生教育的了解和认识、实践层面的做法和效果、体制机制保障等内容,改进并编制了“山东大学专业学位研究生培养模式调查问卷”。问卷分为4类,分别面向在学专业学位研究生、校内导师、行业产业导师和研究生教育管理人员。

研究者通过问卷星数据收集平台创建在线问卷,采用二维码和链接分享方式发放问卷。调查采用无记名的方式,答案没有对错之分,所有答卷自愿独立完成。本次问卷调查共回收有效问卷2055份,涵盖24个专业学位类别。其中,研究生有效问卷1572份,含全日制专业学位研究生问卷1410份、非全日制专业学位研究生151份、在职申请学位人员11份;校内导师问卷324份,行业产业导师问卷112份,研究生教育管理人员问卷47份。

二、现状调研和问卷调查结果

1. 摸索中前进的专业学位研究生教育——认识层面的困惑

近年来,综合性大学贯彻落实教育部关于深化专业学位研究生教育综合改革精神,积极推进研究生分类培养模式改革,不断积累经验并摸索规律。导师、教育管理人员和研究生等对专业学位研究生教育的认识,主要来自研究生教育的具体实践以及各级教育行政主管部门出台的政策文件。这种认识往往停留于感性经验层面,与理论层面专业学位研究生教育的内在逻辑和客观规律或有出入,表现为对专业学位研究生教育重要性、人才培养定位和政

策落实的认识依然存在困惑。

(1)对专业学位研究生教育重要性的认识。问卷调查了导师、教育管理人员对专业学位研究生教育重要性的认识,并探析其影响因素。结果显示,基于对不同类型研究生社会需求的认识,68.75%的行业导师、62.65%的校内导师和61.70%的研究生教育管理人员认为社会更需要的是专业学位研究生,明显高于选择“学术学位研究生”的比例(不足30%),如图1所示。然而,从学院对不同类型研究生需求的角度看,该现象发生了逆转,55.56%的校内导师和63.83%的研究生教育管理人员认为,所在学院更需要的是学术学位研究生,选择“专业学位研究生”的比例下降到40.43%和27.66%。可见,作为培养主体的高校导师和管理人员,确实存在比较严重的“重学术学位、轻专业学位”的观念,并进一步影响到培养过程各环节。由此导致的培养质量问题,也给专业学位研究生教育带来了不好的社会影响。

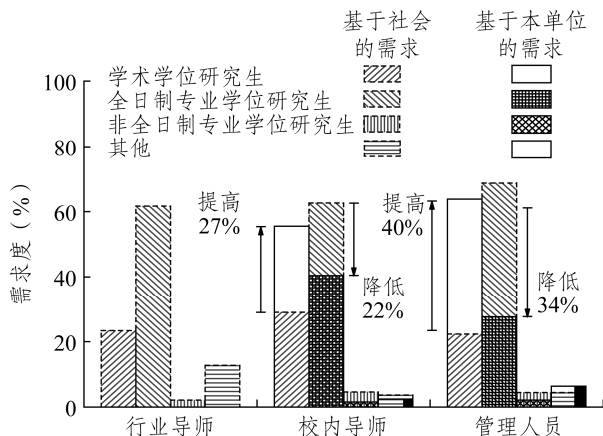


图1 导师、教育管理人员对专业学位研究生教育的需求度

从研究生问卷调查结果看,“所学知识具有很强的应用性”“就业方向明确”等是学生主动选择专业学位的主要原因,占比为59.35%。但仍有13.04%的学生表示是“因为调剂,不想放弃学习机会”而被动选择专业学位,35.12%的学生表示在报考之前对专业学位“一般了解”“比较不了解”或“完全不了解”,29.64%的学生认为专业学位的地位更低,36.26%的学生表示在毕业后“一般愿意”“比较不愿意”或“完全不愿意”到本行业的一线岗位工作。以上数据反映出,现阶段专业学位研究生对所学专

业认知度不够、角色定位不清晰、专业认同度不高及相关职业领域就业意向不强等问题依然存在^[4]。

对于培养单位而言,很多学院的专业学位研究生教育受重视程度不够,甚至是处于被误解和被忽视的境地。由于2009年之前的专业学位研究生教育是面向在职人员的“单证”教育,目前非全日制硕士生也多为攻读专业学位者,容易让人产生专业学位地位不如学术学位的印象。一些培养单位甚至把招收专业学位研究生当作创收手段,特别是对非全日制研究生和同等学力申请学位者的管理不够用心,质量保障措施不到位。同时,培养单位对于发展专业学位研究生教育的必要性认识不充分,固守以学术为导向的人才培养观念,没有把专业学位研究生教育真正纳入整个研究生教育体系中进行统筹安排,对专业学位研究生教育的资源投入也明显不够。比如,有学生在问卷调查的开放式问题中指出“目前的奖助体系主要针对于学术学位研究生,专业学位研究生往往处于弱势地位”等。

从导师的角度来看,学术型研究生往往更受器重。目前高校各类考核评价都重视高水平学术论文和科研成果,课题组中学术型研究生特别是博士生的参与,对于导师完成课题研究,取得科研成果以及提高自身学术影响力关系重大,故而导师对学术学位研究生往往更为关注,会投入更多精力。相比之下,专业学位研究生通常难以获得导师的足够重视和精力投入,招收专业学位研究生甚至成为学院硬性指派给导师的任务。在一些学术学位研究生招生指标紧缺的学院,还存在有的导师把专业学位研究生按照学术型人才培养的情况。在问卷调查中,有学生提到“导师不支持我去企业实习”,希望“导师加强对专业学位研究生的负责和指导”等。

(2)对人才培养定位的认识。经过实践经验的积累和总结,专业学位研究生教育逐渐形成不同于学术学位研究生的培养模式,包括根据不同类别专业学位研究生培养目标确定人才培养规格,构建与之相适应的课程体系、培养方式和质量评价体系等。从本次问卷调查可以看出,对专业学位研究生的培养过程,校内导师、行业企业导师、教育管理人员

和研究生有着高度认同的方面,具有对专业学位研究生的知识传授、实践训练等方面“应然”做法的共识。然而,对于“专业学位硕士生在校期间是否有必要公开发表至少一篇学术论文”,接受调查的校内导师中,有37.35%的人认为“有必要发表一篇论文”,36.42%的人认为“没有必要”,还有23.15%的导师认为“有必要,且必须要发表高质量的文章”。这一点反映出目前导师们尚未形成对专业学位人才培养定位的普遍共识。也有专家指出,专业学位从早期的发展开始,便挣扎于模仿科学学位和摆脱科学学位影响的矛盾之中^[5]。

我国专业学位的设立晚于学术学位,尤其是综合性大学长期以学术学位研究生教育为主,专业学位研究生教育尚未形成相对独立的教育模式,常常与学术学位研究生教育发生混淆,或者被视为降低了“标准”的学术学位研究生教育^[6]。在专业学位研究生培养过程中,惯性沿袭学术学位人才培养理念,培养目标与行业产业需求结合不够紧密,培养方案与经济社会发展的契合度不够高,课程设置与职业资格考试和资格认证有效衔接不够,结合自身办学条件和地域特色的发展定位不清晰等问题普遍存在,使得专业学位研究生教育落入了学术学位研究生教育的窠臼。

同时,也存在把专业学位研究生教育混同于职业教育与培训的情况,忽视其属于研究生教育层次的学术性特征,也影响了专业学位研究生教育目标的实现^[7]。由于临床医学类、工程类专业学位研究生教育本身与实践有着紧密联系,在人才培养中自然更注重经验传递,在突出实践性的同时,也存在过于弱化学术能力培养的问题。问卷调查中,关于“目前学校专业学位研究生教育的优势与不足”,有导师提出“过多安排临床实践,没有科研培训”。一旦专业学位研究生教育陷于一种“只重经验传递”而“不重理论提升”的状态,同样偏离了提高研究生实践创新能力的培养目标^[8]。

(3)对专业学位研究生教育政策及落实的认识。专业学位研究生教育政策是专业学位研究生教育的行动准则,由政府或政府授权的国家教育主管

部门及相关部委制定和出台。一般来说,公共教育政策本身具有一定的模糊性,需要经过各级教育管理部门和培养单位逐层解读与细化^[9]。由于当前对专业学位研究生教育的复杂性与规律性认识不够,导致各方面对相关教育政策及其落实理解上的模糊性。根据问卷调查结果,在对国家、学校和国外专业学位研究生教育了解程度上,导师、教育管理人员和研究生表现出一致的倾向,即更多的人选择“了解一些”(如图2)。这在某种程度上反映出,对于国家层面专业学位研究生教育方针和学校提供的相关政策指导,学院层面认识不透彻不全面,对相关政策落实缺少主动的研究与探讨。

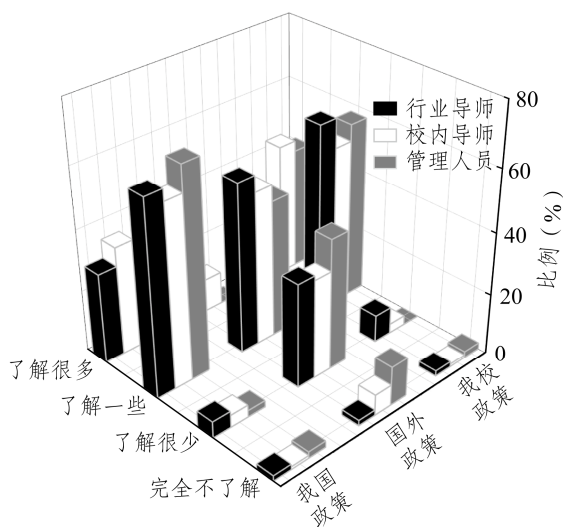


图2 导师、教育管理人员对专业学位研究生教育的了解程度

对专业学位研究生教育政策认识的模糊性,首先来自政策本身的不完全性。如在教育主管部门的政策文本中提到:“聘请企(行)业专家参与培养方案修(制)订和培养过程的各环节”,但对企(行)业专家参与培养过程具体职责和相关约束、奖惩等,缺乏相应的制度支持。如“鼓励培养单位吸纳社会资源共建若干校内外创新实践基地”,也仅仅停留在提倡和鼓励层面。校企合作培养人才过程中,企业和高校的责权利以及相关的程序规范等基本是缺失的状态。本次问卷调查中,关于“大力发展专业学位研究生教育面临的主要问题”,接受问卷调查的行

业产业导师、校内导师和教育管理人员倾向于认为,主要是“校企合作开展专业学位研究生教育的体制机制还不完善”。

对专业学位研究生教育政策认识的模糊性,还在于没有充分结合本专业学位特点和培养单位特色进行适用性解读。综合性大学开展研究生教育主要实行学校职能部门、学院分权式管理模式,并日益强调学院主体作用的充分发挥。然而,与学院办学地位不相符的是,在相关政策实施细则的制定中,学校及其职能部门是主导,而学院的角色是服从与执行,导致学院开展研究生教育管理工作时缺少主观能动性。比如,在专业学位研究生优质生源选拔、课程体系建设、专业实践管理、优秀成果评价、学位授予把关等方面,一些学院简单套用各级主管部门的相关文件,往往是含含糊糊地解读和执行,也欠缺与行业企业的协同联动。因此,影响了培养单位基于自身办学条件对政策框架的适用性解读和落实,培养单位也没有主动去适应专业学位研究生教育的内在要求。

2. 专业学位研究生教育发展现状调查与分析——实践层面的困境

自2009年专业学位研究生被纳入全日制硕士研究生招生渠道,专业学位类别快速增加,制度不断完善,招生规模迅速扩大,培养模式改革不断深入,质量不断提高,社会认可度不断增强^[10]。在教育主管部门的大力推动和政策激励下,综合性大学专业学位研究生教育也得到了迅速发展,对专业学位研究生培养规律的认识不断深入。然而,对专业学位研究生教育的认识困惑也深刻影响着专业学位研究生教育的实施和发展。根据专业学位研究生培养模式和培养机制的要素构成,一些综合性大学在“双师型”导师队伍、课程教学和专业实践等方面准备不足,专业学位研究生教育陷于总体质量不高的困境,未能打造出特色鲜明的专业学位研究生教育品牌。

(1)“双师型”导师队伍现状与问题。专业学位研究生教育以提高研究生的实践创新能力为目标,需要一支综合素质优良、实践能力过硬的“双

师型”导师队伍，从而有效保证全日制专业学位研究生培养目标的实现，满足社会经济发展对研究生职业能力的需求^[11]。然而，目前综合性大学“双师型”导师队伍建设成效不足，具有实务经历和丰富实践经验的校内导师比重偏低，校外导师数量和质量尚未充分满足研究生实践培养环节需求，校企合作人才培养机制还不完善等问题普遍存在。

首先，在导师队伍结构上，实践型导师较为缺乏，无法对专业学位研究生的职业实践进行专业指导。如图3所示，本次接受问卷调查的校内导师中，33.33%的导师无相关从业经历，仅有39.51%的导师拥有相关类别专业学位所对应的职业或执业资格证书。同时，行业产业导师队伍目前的规模与专业学位研究生培养规模严重不匹配。很多高校在师资引进、职称评定和导师选聘工作中，规定了学历学位、科研论文、承担项目等方面的条件，在职业经历方面却少有具体要求。此外，教师到行业企业挂职锻炼渠道不通畅、效果不能保证，也制约了其实践能力的提升。因而，校内导师相关行业工作经历、实践技术经验总体不足，指导实践教学的能力较弱。

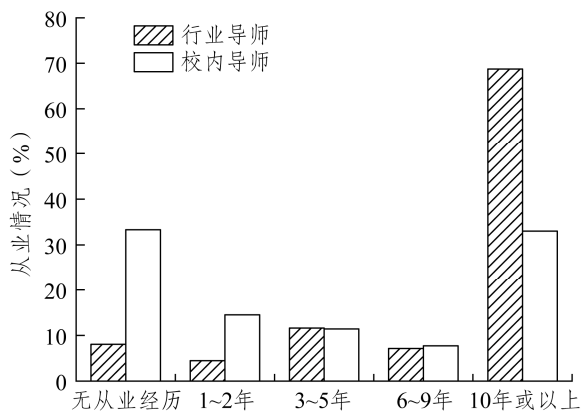


图3 专业学位研究生校内外导师的从业经历

其次，“双导师”制落实不到位，校企合作责权机制不健全。调查结果显示，本次调查问卷显示，有45.8%的专业学位研究生还没有分配校外导师。接受问卷调查的校外导师中，参与所在类别专业学位研究生课程教学的比例仅为50%。总体而言，在研究生专业实践环节，校外导师一般能够给予相应

的指导和建议。但是，在专业学位研究生教育相关政策制定和落实过程中，在研究生培养方案制定、课程教学和讲座、学位论文指导等培养环节，校外导师参与度明显不够。而且，在行业产业导师问卷调查中，担任校外导师且“和校内教师有长期合作的人员”超过66%。这反映出，校企合作培养研究生的实现更多依赖于导师的个人资源。究其原因，重要的一点便是校企合作责权机制不健全。而要建立校企合作双方责权明确、互利双赢、人才培养密切互动的运行机制，需要学校转变观念并提供制度保障，更需要政府和教育部门的保障支持。

(2) 课程教学的现状与问题。多年以来，我国专业学位研究生课程体系独立性和实践性不足的问题突出，包括简单套用学术学位研究生课程体系，实验实践类、技术发展前沿类课程建设力度不够，教学案例使用和推广未得到应有重视，融合实践能力考查的课程考核方式改革和创新不够，没有根据社会需求变化情况及时调整课程内容等。为加强研究生课程建设，提高研究生培养质量，国务院学位委员会办公室公开出版了《专业学位研究生核心课程指南（试行）》，对建设专业学位研究生独立课程体系提供了有针对性的指导。该指南明确提出，要“以研究生成长成才为中心，结合各专业学位类别课程教学和人才培养特点，注重思维方法和能力培养，既考虑课程的前沿性，又考虑课程的实践性”^[12]。

从山东大学研究生课程建设相关数据来看，专门面向专业学位研究生开设的课程仅占16.6%，“课程教学”为主的占33.7%，67%的课程采用了“考试”的考核方式。本次问卷调查中，关于“目前学校专业学位研究生教育的优势与不足”，不少研究生作答时提出“专业学位与学术学位课程内容相差不大”“理论课程较多，希望多开设实用性较强的专业实践课”“课程设置跟企业和生产实际脱钩”等。从研究生的反馈可以看出，专业学位不同于学术学位的实践性和应用性特色以及职业指向性等，在课程教学中并未得到应有的体现。

本次问卷调查中，关于“专业学位研究生教学内容和教学方法如何安排更为合理”，比较多的回答

是希望更多“实用性前沿技术”的教学内容和“案例式教学”（如图4所示），这也印证了当前学校专业学位研究生课程教学存在教学内容陈旧和教学方法单一的问题；其次，学生对企业现场教学也表现出较强的意愿，亟须改变以教师讲授为主导的“灌输式”教学方式，增加学生将所学理论知识与生产实践相结合的机会；最后，学生对职业认知教育的兴趣要远远低于教学一方，行业导师对此的认可比例并不低，需要尝试改进理论知识的教与学等。

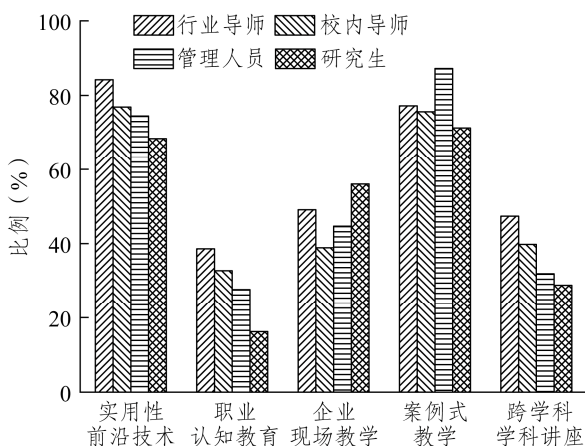


图4 导师、教育管理人员、研究生对课程教学内容的认识现状

（3）专业实践的现状与问题。专业实践是专业学位研究生培养的重要环节，对研究生学习和掌握理论知识、提升实践创新能力、涵养职业伦理和职业道德等起着重要作用。问卷调查结果显示，研究生专业实践主要通过以下方式：①由学院统一安排到联合培养基地，占16.76%；②由导师或者其他教师推荐到相关企业，或者跟随导师完成校企合作课题，占58.79%；③研究生自己联系企业实习，占17%。可以看出，研究生的专业实践环节落实多是导师或研究生的个人行为。相比之下，校企合作联合培养基地没有起到应有的实践教学支撑作用，有的实践基地只有“挂牌”而无“建设”，也没有实际发挥培养研究生的功能。

研究生专业实践内容以参与科研或工程项目（占41.21%）和技术岗位锻炼（占25.61%）为主。然而，即便是到了企业进行专业实践，这部分研究

生的参与度和成长度也不尽如意。从本次问卷调查可知，“实践单位的条件有限”“实践的时间有限”“实践形式单一”等，是研究生反映在校外专业实践环节遇到的突出问题，有29.1%的学生认为实践期间的收获“一般”“较小”或“很小”。这在很大程度上是因为，研究生、导师与企业之间的关系没有理顺，小企业不符合研究生要求，高端企业与学校合作关系不深入、不密切，研究生实质性参与的机会少且较难接触核心领域。而且，不同学院专业实践阶段性和整体性考核执行程度不一，研究生专业实践效果总体上参差不齐，部分专业学位研究生的实践环节就是走过场。

三、从消除困惑到改革提升——专业学位研究生教育高质量发展的现实路径

对山东大学专业学位研究生培养情况调查数据的分析，反映出当前我国专业学位研究生教育普遍存在的问题，尤其是综合性大学在专业学位研究生教育发展观念、制度和条件等方面存在困惑与困境。为推进综合性大学专业学位研究生教育高质量发展并进一步彰显其特色，首先需要不断深化对专业学位研究生教育的认识以消除发展中的困惑。同时，为实现专业学位研究生教育从认识、制度层面的“应然”到具体教育实践的“实然”，综合性大学需扬长补短，以知识生产模式转型引领人才培养模式创新，探索多元协同的专业学位研究生教育改革路径。

1. 进一步深化认识，消除专业学位研究生教育发展之困惑

为消除对专业学位研究生教育重要性、人才培养定位和相关政策落实的认识困惑，综合性大学要勇担时代使命，切实扭转人才培养理念，探究专业学位研究生教育规律，并不断优化教育管理理念。包括充分认识加快发展专业学位研究生教育的重要性和迫切性，加强教育科学研究以探索专业学位研究生教育发展要遵循的规律，以分类细化管理理念推进专业学位研究生教育优质高效发展。

（1）践行新时代大学使命，更新专业学位研究生教育发展理念。我国高校长期以来把培养高水平

学术型人才和开展高水平科学研究作为大学的最高使命,在教育理念上有着重学术、轻技能的传统。在知识生产模式发生深刻变革的背景下,知识生产以应用和解决社会问题为基础和前提。“为知识而知识”的知识生产方式,已经不能完全满足当代知识生产的内在复杂性及大学科学研究自身发展的需要^[13]。

首先,经济社会发展对科技应用和转化的需求不断增长,需要大量的创新型、复合型、应用型人才,倒逼大学变革人才培养模式。在高等教育普及化背景下,已经走向了社会服务中心的大学要实现自身的发展,就必须改变“为学术而学术”的传统观念,在培养新时代需要的实践创新人才方面发挥应有的作用。在服务创新型国家建设、促进经济社会高质量发展、应对日益激烈的国际科技竞争等方面发挥重要服务和引领作用,为国家和区域经济社会发展提供人才支撑,已经成为对新时代一流大学建设的内在要求。综合性大学尤其要及时转轨,与知识生产模式转型相适应,致力于知识的传播、生产和应用,培养高层次应用型人才。

其次,作为研究生教育重要组成部分,专业学位研究生教育提高了学位类型结构的社会适应性和实用性,推动了知识的良性持续发展。“专业学位研究生教育主要针对社会特定职业领域需要,培养具有较强专业能力和职业素养、能够创造性地从事实际工作的高层次应用型专门人才。”^[2]对于专业学位研究生教育而言,对知识的应用比知识的获得更重要,理论联系实际解决问题的能力相比科学研究能力更重要,职业能力的提升相比学术水平提高更重要。而在知识生产模式转型背景下,知识生产更多源于实际情境中的问题,工作现场成为重要的知识生产场所。因此,专业学位研究生教育的“实践性”“应用性”“职业性”内在规定与新知识生产模式的应用情境性、跨学科和问题导向特征之间有着内在逻辑上的契合度和一致性^[14],发展专业学位研究生教育是高校实现社会服务功能的重要途径,也是综合性大学以一流的研究生教育支撑“双一流”建设的必由之路。

(2) 加强教育科学研究,探索专业学位研究生

教育发展的规律。正是我国研究生教育事业的蓬勃发展和现实困境,为研究生教育研究提供了广阔的问题域,激发了研究生教育研究的产生与发展。通过对研究生教育实践经验的不断总结和研究生教育研究的长期积累,研究生教育学逐渐发展成为教育研究的新领域。相关研究成果对于深入、系统地认识研究生教育问题,指导研究生教育实践发挥了积极作用^[15]。

学者们不断回应专业学位研究生教育的实践,致力于揭示专业学位研究生教育的本质和规律,澄清公众和教育参与者对专业学位的错误认识,并在政策制定和政策咨询中发挥智库功能。随着专业学位研究生教育迈入新的发展阶段,学位管理与研究生教育司司长洪大用指出,要“加大对研究生教育研究的支持力度”,这是因为“在未来相当长的一段时期内,我国研究生教育的主题就是由大到强、由强到优。为此,迫切需要更加科学、更加系统的教育研究成果,来支撑、引导研究生教育事业的发展”^[16]。

对专业学位研究生教育本质和规律全面准确的认识,是专业学位研究生教育实践的逻辑起点和基本遵循,也是实现专业学位研究生教育健康持续发展的保障。因此,高校也越来越重视并加大对研究生教育研究的支持。以山东大学为例,2018年以来学校启动研究生教育教学优秀成果培育计划项目,设立重点支持项目和自由探索项目,面向特定主题开展研究生教育教学研究,培育优秀成果并推广应用。通过激励广大导师和教育管理人员结合研究生培养实践开展研究和探索,为学校研究生教育决策提供建议,增强了相关政策制定的系统性、战略性和前瞻性。

(3) 确立分类细化管理理念,提升多元参与的主观能动性。目前,我国研究生教育管理体系包括国家、地方和培养单位三个层次,针对专业学位还设置有全国专业学位研究生教育指导委员会(以下简称“教指委”),作为专业组织从事教育指导评估、交流合作和研究咨询等^[17]。随着对专业学位研究生教育本质和规律的认识不断深入,专业学位研究生教育进入新的发展阶段,需要不断创新管理机制和

优化发展环境,推进专业学位研究生教育优质高效发展。

一方面,在相关政策制定和专业学位研究生教育审核评估工作中,需要不断加强国家层面宏观政策的指导、引领、监督和推动作用。包括明确专业学位研究生教育发展的指导思想和原则,确定专业学位研究生教育目标,提出对创新人才培养模式、提高培养质量的总体构想和具体规划,创造专业学位研究生教育健康、快速、规范发展的宏观环境。如2020年国务院教育督导委员会印发了《全国专业学位水平评估实施方案》,同时启动了全国专业学位水平评估。此次评估明确突出了人才培养质量评价,以研究生实践创新能力和职业胜任能力为核心,强化行业需求导向,重视用人单位反馈评价等评估要求。专业学位研究生教育督导评估作用的发挥,能够推动高校落实立德树人根本任务,遵循专业学位研究生教育发展规律,促进人才培养与行业需求衔接,推进专业学位研究生培养模式改革,健全专业学位研究生教育评价体系,提升我国专业学位研究生教育水平和质量^[18]。

另一方面,从国家、地方到学校,再到各基层研究生培养单位,应不断细化分类管理,突出特色发展。细化分类管理不是简单地下放权限,而是根据专业学位研究生教育发展规律和单位办学特色,重新调整管理细节。从而,政策执行的主体可以有针对性和解读已有政策,在执行中也可以根据实际情况协调落实,以确保制度的完善和执行的高效^[19]。例如山东大学实施的“强院兴校”战略,旨在发挥学院办学主体作用,精简不必要的环节,减少由多头管理导致的行政干扰。具体到专业学位研究生培养,根据不同专业类别特点,从产教融合、行业标准、国际化认证等角度厘清改革发展的重点路径,充分发挥学院的积极主动性,分类别推进改革方案落地实施。

最后,应调动行业企业积极参与相关政策制定和人才培养过程,促进高校人才培养与社会职业需求的紧密衔接,避免专业学位研究生教育政策制定的滞后。高校应成立有行业专家参与的专业学位

研究生教育指导委员会,在国家相应专业学位研究生教指委的指导下,在研究生培养方案制定、实践创新成果评价等方面发挥应有作用,结合各专项任务开展专业学位研究生教育研究和咨询、服务工作。如山东大学分别设立各类别专业学位研究生教育指导委员会,负责指导、规范专业学位研究生培养工作,委员会中有一定比例的行(企)业专家。另外,为更好地吸收社会资源、打开大门办教育,山东大学在交通运输领域先行先试,与齐鲁交通发展集团共建齐鲁交通学院,让行业专家深度参与人才培养,开启了国内大学校企共建学院的先河。

2.改革完善培养模式及评价机制,构建多元协同育人体系

根据西方学者关于知识生产模式转型的相关研究,知识的生产正在经历着深刻变革,意味着大学不再仅仅是知识生产的唯一主体,而是依赖于大学、产业、政府和社会实体形成“四重螺旋”紧密连接,在竞争合作中共同协同创新^[20]。综合性大学在专业学位研究生教育改革的实践探索过程中,应以新知识生产模式理念为引领,以人才培养目标和质量评价为最初和最终导向,发挥自身优势并彰显特色,弥补在引入企业行业资源方面的不足,推动构建专业学位研究生教育多元协同育人体系,提升研究生教育对经济社会发展的支撑和引领能力。

(1)确立面向需求的复合型应用人才培养目标。综合性大学既要适应学术语境的需要,还要满足应用语境的要求,在人才培养中更多地融入实用的特性,从而更好地发挥其服务社会的职能^[21]。基于面向需求的应用复合型人才培养目标要求,专业学位研究生培养应与职业对接,加强实践环节培养,注重职业道德和职业精神养成,满足企业行业对高层次专业人才在知识、能力、素养方面的要求。以山东大学为例,为加强对国家重大需求和行业产业发展的快速响应能力,近年来实施了专业学位研究生培养专项计划,如瞄准国家突发公共卫生事件应急与管理战略需求,公共卫生学院与政治学与公共管理学院、控制科学与工程学院合作组建学科交叉创新团队,聚焦“突发公共卫生事件应急管理”领

域,充分整合医科、理科、工科、文科的学科交叉优势资源,广泛联合并吸纳国内与“一带一路”沿线国家的突发公共卫生事件应急与管理相关教育教学资源,建设跨专业、跨学院、跨单位课程体系,共同培养公共卫生应急管理方面的急需人才。

(2)开展基于多学科优势的实践性课程体系建设。区别于学术研究型人才的培养,专业学位研究生教育目标的达成需要以实践性课程体系为载体。以知识生产的跨学科性、情境性理论为指导,综合性大学应充分发挥多学科优势,从多学科交叉解决重大实际问题和学生职业能力提升的需要出发,设计专业学位课程内容及其结构体系。包括加强实用性、跨学科课程设置,加强前沿知识引领、学科交叉融合、应用能力和职业能力培养的课程内容设计,以及邀请校外专家实际参与课程讲授等。依据国家专业学位研究生教指委指导性培养方案和山东大学关于专业学位研究生培养方案修订工作要求,一些学院基于多学科优势的实践性课程体系建设特色明显,呼应了本专业学位复合型应用人才的培养目标。例如,经济学院在金融硕士研究生培养中,依托学校多学科资源和文史学科见长的优势,注重与数学、计算机、医学等学科的交叉融合,设置人文素养类、经济金融理论、信息科技技术、数据科学算法、科学研究方法等交叉类课程,赋能学生多元思维和创新精神,助力高端复合型金融人才培养。

(3)形成多方合作的实践创新共同体。以项目为牵引凝聚校内导师、校外导师和研究生形成实践创新共同体,有助于加快“双导师”制的推进与落实,提升综合性大学实践创新人才的培养能力。首先,基于校企合作科技攻关项目,校内和校外导师自发形成一支跨学科、跨单位、跨领域、跨区域的团队,可以实现导师间的优势互补,显著提高人才培养和科研创新效率。其次,以师生合作构建良好的导学关系,能够促进导师和研究生形成科研和实践的共同体,彼此教学相长、共同提升,从而践行立德树人的根本使命^[22]。最后,完善相关责权机制,将实践、服务成果纳入校内导师考核、评聘体系,健全行业产业导师选聘和培训制度等,推进人才培

养过程中校内导师和行业产业导师之间的合作、交流和共享,保障导师队伍整体达到“双师型”素质和能力标准。在2021年山东省研究生优秀导师团队评选中,山东大学有5个团队得到表扬。相关研究生导师团队建立了和谐发展的导学关系,导师组全面落实立德树人职责,提升研究生知识创新和实践创新能力。

(4)构建校内外协同创新实践平台。为确保专业学位研究生充分、高质量的专业实践,综合性大学应积极探索人才培养的供需互动机制,结合用人单位实际需求为专业学位研究生提供实践场所和条件。如山东大学主动对接山东省“八大战略布局”和“十强”产业发展需求,打造专业学位研究生联合培养基地,加强与相关企业行业在人才培养、科学研究、成果转化、社会服务等方面的资源共享和合作,建立产教有机融合的协同育人模式。同时,为及时弥补研究生校外实践条件的不足,综合性大学可以推进内部不同学院之间的资源共享,积极整合校内科研基地和实验室等,建设开放实验平台和创新创业实践平台,为专业学位研究生校内实践实训提供条件。如山东大学推进实践教学基地建设,专业学位研究生参与重大工程项目、重大科研项目 and 重大试验装备的建设与研发工作。尤其是土木水利、交通运输等专业类别,在工程所在地建立实践教学基地,以解决实际工程问题为导向,引领研究生不断攻克国家重大工程中的技术难题,提升其运用所学理论解决实际工程问题的能力。

(5)构建多元化评价机制。随着现代知识生产模式呈现出的主体多元性特点,大学应转变传统的以同行评价为主的质量评价方式。专业学位应该是“职业性与学术性高度统一”的,实际上也指明了专业学位研究生教育须满足利益相关者的实际需求。在人才培养的“学术性”评价方面,专业学位作为学位类型的一种,对学位获得者的知识获取能力和科学研究能力有着明确的要求和标准,坚持这个标准可以消除社会公众对专业学位研究生教育学术水平不足的偏见和误会,并体现大学专业学位研究生教育的学术价值^[23]。在人才培养“职业性”方

面,应加强毕业生职业发展质量评价反馈,促进专业学位研究生培养与行业产业发展需求的衔接,满足各行各业专门化人才需求的同时,提高专业学位研究生教育的社会认同度。基于学术性和职业性相统一的要求,应突出专业学位研究生产出应用性成果,制定体现实践创新性和行业应用价值的学位论文标准。如山东大学出台的相关文件中,将学术论文、发明专利、科技奖励、创新创业成效等多元化代表性成果纳入专业学位研究生毕业、评奖的评价体系;分类制定专业学位论文基本要求及评价指标体系,鼓励各专业学位类别积极探索符合本类别实际的学位论文规范;同时规定了专业学位论文答辩委员会成员中,必须包含一定比例的行业、产业专家等。

专业学位研究生教育的发展目标是,到2025年“建成灵活规范、产教融合、优质高效、符合规律的专业学位研究生教育体系”。作为专业学位研究生教育的主体,高校应充分认识到发展专业学位研究生教育是我国当前学位与研究生教育改革发展的战略重点,也是勇担“强校兴国”时代使命,建设世界一流大学的内在要求和必由之路。综合性大学应发挥多学科交叉融合优势,加强与行业企业、区域发展的对接联动,不断探索符合专业学位研究生教育规律的人才培养模式、质量保障和管理体制,促进专业学位研究生教育水平和人才培养质量的明显提高。同时,创造具有推广价值的好经验、好做法,为建设中国特色研究生教育强国做出应有贡献。

参考文献

- [1] 中华人民共和国教育部. 国务院教育督导委员会办公室负责人就全国专业学位水平评估工作答记者问[EB/OL]. (2020-11-27). http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s271/202011/t20201127_501984.html.
- [2] 国务院学位委员会教育部关于印发《专业学位研究生教育发展方案(2020—2025)》的通知[EB/OL]. (2020-09-25). http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_826/202009/t20200930_492590.html.
- [3] 优化研究生培养结构 发展专业学位教育——国务院学位委员会办公室(教育部学位管理与研究生教育司)负责人就《专业学位研究生教育发展方案(2020—2025)》答记者问[EB/OL]. (2020-09-30). http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s271/202009/t20200930_492588.html.
- [4] 罗英姿,张艳梅. 专业学位硕士研究生专业认同研究——基于N大学的实证分析[J]. 中国农业教育, 2018(3): 48-54,94-95.
- [5] 翟亚军. 去魅与回归:专业学位研究生教育的本质与特征[J]. 学位与研究生教育, 2014(2): 48-51.
- [6] 杨斌. 专业学位教育的再认识与再进军[J]. 中国高等教育, 2017(2): 25-28.
- [7] 刘国瑜. 论专业学位研究生教育的基本特征及其体现[J]. 中国高教研究, 2005(11): 31-32.
- [8] 马健生,陈玥. 专业学位教育中学术能力培养的错位问题检视[J]. 教育研究, 2015, 36(7): 40-48.
- [9] 王莉. 我国专业学位研究生教育政策的演进与发展趋势[J]. 高等教育研究, 2021, 42(7): 78-84.
- [10] 黄宝印,唐继卫,郝彤亮. 我国专业学位研究生教育的发展历程[J]. 中国高等教育, 2017, 4(2): 18-24.
- [11] 蒋凯利. 全日制专业学位研究生“双师型”导师队伍建设研究[D]. 湘潭:湘潭大学, 2017.
- [12] 关于委托国务院学位委员会学科评议组和全国专业学位研究生教育指导委员会编写《研究生核心课程指南》的通知[EB/OL]. (2018-05-04). http://www.moe.gov.cn/s78/A22/tongzhi/201805/t20180510_335548.html.
- [13] 卓泽林. 大学知识生产范式的转向[J]. 教育学报, 2016, 12(2): 9-17.
- [14] 杨超,徐天伟. 知识生产模式转变背景下全日制专业学位研究生教育模式创新思考[J]. 黑龙江高教研究, 2018, 36(4): 104-108.
- [15] 王战军,杨旭婷,乔刚. 研究生教育学:教育研究新领域[J]. 中国高教研究, 2019(8): 94-101.
- [16] 洪大用. 为新时代研究生教育发展提供更好的智力支撑[J]. 学位与研究生教育, 2020(1): 1-5.
- [17] 陈静. 我国专业学位研究生教育发展问题研究[D]. 重庆:西南大学, 2013.
- [18] 中国教育新闻网. 以学生实践创新能力和职业胜任能力为核心,重视用人单位反馈评价——《全国专业学位水平评估实施方案》出台[EB/OL]. (2020-11-28). http://www.jyb.cn/rmtzgjyb/202011/t20201128_377374.html.
- [19] 王莉,陈秋苹. 我国专业学位研究生教育政策:挑战、调整与走向[J]. 江苏高教, 2020, 4(10): 88-92.
- [20] 武学超. 模式3知识生产的理论阐释——内涵、情境、特质与大学向度[J]. 科学学研究, 2014, 32(9): 1297-1305.
- [21] 杜燕锋,于小艳. 大学知识生产模式转型与人才培养模式变革[J]. 高教探索, 2019, {4}(8): 21-25,31.
- [22] 朱太锐,刘国亮. 以立德树人职责落实为核心的高水平导师队伍建设任务与路径——以山东大学为例[J]. 山东高等教育, 2021, 9(1): 30-35.
- [23] 万淼. 专业学位研究生教育社会认同问题及其对策[D]. 开封:河南大学, 2018.

(责任编辑 周玉清)

案例式教学法与BOPPPS模型的融合实践

——以路基路面工程为例

蒋红光,葛智,姚占勇

(山东大学 齐鲁交通学院,山东 济南 250002)

[摘要]针对高等学校工科本科生基础理论知识相对薄弱而不具备完全案例式教学的特点,提出了案例式教学与BOPPPS模型融合实践的教学方法,基于BOPPPS教学模型的六个环节,以实际工程案例作为导入和后测环节的设计内容,贯穿基础理论知识学习的全过程,以培养学生扎实掌握基础理论知识并解决实际问题的思维和能力,实现工科学生理论知识和工程实践的统一。同时,将课程思政融入工程案例教学中,提升学生的职业素养,塑造学生的社会责任感。

[关键词]案例式教学;BOPPPS模型;课程思政;路基路面工程

[基金项目]2019年度山东大学校级教育教学改革研究课题“基于BIM-4D情景融入的交通基础设施专业卓越人才教学模式探索——以‘路基路面工程’为例”(2019Y179);2019年度山东大学校级教育教学改革研究课题“基于BIM-5D技术的道路交通专业教学体系研究与实践”(2019P07);2019年度山东大学校级教育教学改革研究课题“基于BIM技术的道路工程多课程联合教学研究”(2019Y178)

[作者简介]蒋红光(1985—),男,山东兰陵人,工学博士,山东大学齐鲁交通学院副教授,主要从事交通岩土工程研究;葛智(1977—),男,山东即墨人,工学博士,山东大学齐鲁交通学院教授,主要从事交通工程研究;姚占勇(1966—),男,山东临沂人,工学博士,山东大学齐鲁交通学院教授(通信作者),主要从事道路交通研究。

[中图分类号] G642.0 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-9324(2021)15-0133-04 **[收稿日期]** 2020-11-16

一、引言

工科课程大多具有很强的实践性,其基本理论、设计方法和工程技术源自实践,又为工程实践服务,这就决定了该类课程在教学过程中的理论教学与实践教学密不可分。然而,传统的教学模式理论与实践是分割的,以“灌输式”的基础知识传授为主,即使目前创新了类似于“翻转课堂”“MOOC”短视频等教学手段,但这对于学生学习而言,其信息和知识的获取仍主要来自教师、教材和网络资料,是一种间接的获取方式,缺乏对工程实物的直接认识,不利于学生对知识的掌握和应用,使得学生解决实际工程问题的能力下降。

1890年哈佛大学Keener教授首次将案例式教学法(Case Teaching Method)应用到美国法学教育中,并迅速拓展到管理学、经济学和医学教育教学中。案例式教学亦称案例教学,是指教师根据课堂教学目标和教学内容的需要,选择和利用一个具体案例,引导学生参与分析、讨论、表达等活动,让

学生在具体的问题情境中积极思考、主动探索,以提高教学质量和效果,培养学生提出问题、分析问题和解决问题等综合能力的一种教学方法^[1]。案例式教学法实施的关键前提在于对与教学知识点相对应的案例库建设,而案例库的来源大多基于大量的文献搜集和实践案例提炼^[2]。在案例式教学环节中,教师首先要将教学案例提供给学生,学生利用课余时间查阅相关资料文献,自主或分组进行问题分析,运用基本理论知识建立实际问题的解决方案。教师会对学生提出的案例方案进行讲解点评,并对理论知识点进行嵌入和深化。由此可见,案例式教学法需要学生具备一定的理论知识基础,拥有较高的文献搜索和整合能力,这与大部分高等院校本科生的实际水平有较大的差距,因此案例式教学法多应用于研究生教学中。但是,随着研究型大学越来越注重学术性和理论联系实际,更加重视学生的思维启发性和学习参与性,因此实践案例将不可避免地引入教学实践中。

针对高等学校工科本科生基础理论知识相对薄弱,以及不具备完全案例式教学的特点,本文基于BOPPPS教学模式设计教学过程,以实际工程案例作为导入和后测,贯穿基础理论知识的全过程,以培养学生扎实掌握基础理论知识,并解决实际问题的思维和能力。

二、课程现状

以交通土建方向的专业必修课程“路基路面工程”为例,该课程包含路基工程、交通荷载和路面工程三大部分,其理论性和工程性相互交叉。“路基路面工程”课程依托的教材是国家级规划教材、国家级精品课程建设核心教材和专业规划教材,配套在线慕课资源和“爱课堂”资源,方便学生课前预习和课后复习。在基础理论方面,“路基路面工程”课程的学习必须有“土木工程材料”“土力学”“材料力学”等课程的基础;在实践教学方面,其与道路工程认识实习、基础课程实习(如土木工程材料实习、材料力学实习)互成体系。结合国内外路基路面的最新趋势和规范,以及最新研究成果,使学生既掌握路基路面工程的基础理论和基本知识,又熟悉最新学术和工程前沿,达到具有分析与解决路基路面工程实际问题能力的目的。同时,培养塑造学生作为未来工程师的社会主义核心价值观,实现专业课程思政育人的目标。

从学情分析来看,“路基路面工程”课程在大三开设,此时的学生已修读过所需的基础课程,具备了土木工程材料、土力学、材料力学等基础知识,也经历了工程认识实习,为案例式教学法的融入提供了一定的学习基础。同时,大三的学生对专业归属感已逐渐加强,对实际工程问题有浓厚的兴趣,期待基础理论知识与实际工程问题的结合,实现学以致用。另外,专业课程一般采用小班教学,人数在30人左右,因此可以展开互动式的讨论,充分调动学生的积极性。上述的主、客观因素为案例式教学法与BOPPPS模型的融合实践提供了有利条件。

三、基于BOPPPS模型的案例式教学设计

BOPPPS 教学模式包含六个环节:导入(Bridge-in)、目标(Objective)、前测(Pre-assessment)、参与式学习(Participatory Learning)、后测

(Post-assessment)和总结(Summary)^[3]。每个环节都具有针对性,主题清晰,有助于学生厘清思路,把握重点。BOPPPS教学模式突出了学生在课堂教学中的主体性地位,强调了参与式学习,通过丰富的课堂互动充分调动学生的学习积极性,提升学生的学习兴趣^[4]。基于BOPPPS模型的六个教学环节,设计“边坡稳定性分析”的教学过程(见表1)。此教学过程包括边坡失稳的原因、边坡稳定性分析计算参数的选取、直线滑动面的稳定计算和折线滑动面的稳定计算4个知识点,其重点在于直线滑动面的稳定计算和折线滑动面的稳定计算,难点在于计算参数的选取和滑动面稳定计算公式的理解。

1.引入。通过情境导入的学习展示“××填埋场滑坡事故”的视频片段和国务院的调查分析报告,让学生了解边坡失稳的巨大危害,并让学生试着定性地分析“为什么会发生失稳”“如何定量地判断边坡的稳定性”。同时,以此作为专业课程思政案例,让学生认识到工程结构物稳定性评价的重要意义,意识到工程设计和施工人员的社会责任,培养学生未来从事工程师的职业素养。

2.目标。以问题为导向,从定性分析和定量计算两个方向明确学生的学习目标。定性分析方面:理解边坡失稳的原因、熟悉边坡稳定性分析计算参数的选取;定量计算方面:掌握直线滑动面的稳定计算和折线滑动面的稳定计算。

3.前测。通过前测的方式,让学生回忆土体抗剪强度指标。结合“雨课堂”在线模式向学生发送测试题目——“土体抗剪强度指标的类型”“影响抗剪强度大小的因素”,了解学生前期基础知识的掌握程度,并灵活掌握参与式学习中相关知识点的用时比重。

4.参与式学习。以随机提问的形式,让学生分析边坡失稳的原因,并以板书的形式记录学生的回答,同时梳理内因和外因;让学生了解哪些因素会降低内因提供的抵抗力,哪些因素会提高外因导致的荷载,而边坡失稳即发生在内因小于外因的条件下。在此基础上,分别讲解内因中的抗剪强度指标的选取和外因中的荷载水平计算,并结合测评评估结果,适当增减该部分的用时。上述内容以

表1 “边坡稳定性分析”教学设计

	时间/分钟	教学者活动	学生活动	教材设备
<p> 引言</p> <p> Bridge-in</p>	2	展示实际工程检测结果和照片,以及“××填埋场滑坡事故”的视频,以问题为导向,引导学生认识边坡失稳的巨大灾害	观看视频和工程破坏照片,提问与回答	电脑、投影机、激光笔
<p> 学习目标</p> <p> Objectives</p>	1	1.理解边坡失稳的原因 2.熟悉边坡稳定性分析计算参数的选取 3.掌握直线滑动面的稳定计算 4.掌握折线滑动面的稳定计算	观看 PPT,并简要记录	电脑、投影机、激光笔
<p> 前测</p> <p> Pre-assessment</p>	3	1.土体抗剪强度指标的类型 2.影响抗剪强度大小的因素	观看 PPT,提问与回答	电脑、投影机、激光笔、板书
<p> 参与式学习</p> <p> Participatory Learning</p>	20	1.边坡失稳的原因(3分钟) 2.边坡稳定性分析计算参数(4分钟) 3.直线滑动面的稳定计算(5分钟) 4.折线滑动面的稳定计算(8分钟)	听讲,提问与回答,写笔记	电脑、投影机、激光笔、板书
<p> 后测与讨论(结合实际工程案例)</p> <p> Post-assessment</p>	20	××填埋场工程案例的稳定性计算及影响因素分析	学生动手解答,挑选2人板书	电脑、投影机、激光笔、板书
<p> 总结与拓展</p> <p> Summary</p>	4	1.边坡稳定性分析计算参数的选取 2.直线滑动面的稳定计算 3.折线滑动面的稳定计算 4.结合社会问题,引起学生的责任感和情感共鸣 5.布置课后预习任务和作业	集体回答	电脑、投影机、激光笔

定性分析为主,让学生懂得在面对工程问题时,首先要提问:“为什么会产生这种工程现象?”这需从机理上做定性分析,从而揭示工程问题背后蕴含的基本理论知识,锻炼学生分析问题的能力。接下来是解决问题能力的锻炼,即量化该工程问题发生的临界条件。在直线滑动面的稳定计算方面,以斜坡上的滑块产生滑动为例,建立滑动力与抗滑力平衡状态方程,通过板书推导相应的公式,并对公式结果中各个参数的影响程度进行说明。在折线滑动面的稳定计算方面,首先,阐述该类型滑

动面的产生条件及如何根据折线对滑动体进行切分;其次,单独选取某一切分滑动体,通过板书的形式,让学生一起参与推导滑动面上的力学平衡方程,加深对折线滑动面稳定计算的理解;最后,根据课本上的典型算例,讲解如何运用折线滑动面稳定方程评估某给定折线滑动面的稳定程度。

5.后测。将导入环节中的××填埋场滑坡事故作为后测的案例,开展案例式教学。首先,介绍该工程的基本结构形式和参数来源,由于任课教师参与了该工程的事故原因调查,因此会有很强

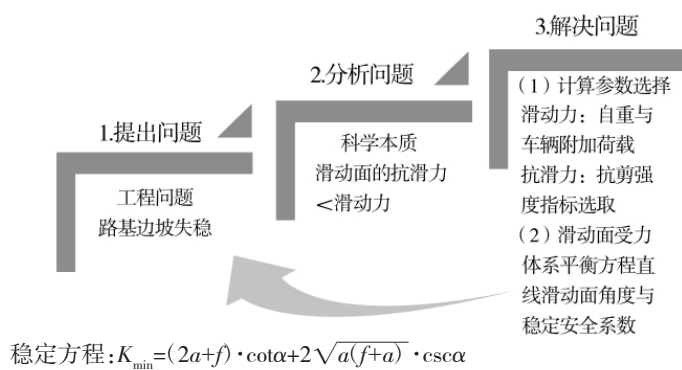


图1 工程思维模式总结

的代入感。其次,根据知识点的任务目标,设计两处相应的后测内容:一是参数取值,采用“雨课堂”手机答题的形式测试;二是稳定计算,采用随机抽取学生进行板书的形式,其他学生分组研讨计算。最后,先让学生先自己点评板书结果的对错,然后再根据实际答题情况,由教师对难题和易错点进行强化讲解。

6.总结。在实际工程问题的基础上,开展学生工程思维模式和知识点掌握程度的总结(见图1),让学生回顾“提出问题、分析问题和解决问题”的全过程,并将各个知识点嵌入这三个过程中,达到“授人以鱼不如授人以渔”的目的。只有这样,学生在未来遇到复杂多变的工程问题时,才能具备独立解决问题的能力。最后,结合当前的社会问题,再一次引起学生的责任感和情感共鸣,并布置课后作业和预习任务。

四、结语

1.在专业课程教学中,案例式教学法与BOPPPS模型的融合实践,既满足了学生对基础理论知识的学习掌握,又以实际工程案例的导入和后测形式实

现了工科学生理论知识和工程实践的统一。

2.在教学过程中,充分发挥以学生的主动学习为主体、以教师的引导和解惑为辅助的教学理念,培养学生提出问题、分析问题和解决问题的能力,注重学术和思维方式的熏陶。

3.将课程思政融入案例教学中,从工程事导致的人员伤亡和财产损失引起学生的情感共鸣,从工程问题的界定和解决过程提升学生的职业素养,塑造学生的社会责任感。

参考文献

- [1]龙景超,徐华,常舒婕.科技文献研究案例在“统计天气预报”课程设计中的应用——以广东海洋大学为例[J].教育教学论坛,2020(44):254-256.
- [2]赵景伟,任雪凤.“城市地下空间规划理论”案例式教学研究[J].教育教学论坛,2020(33):12-15.
- [3]黄亮,於雪琴.BOPPPS教学模式结合雨课堂在测绘技术及专业介绍课程中的实践[J].教育教学论坛,2019(13):139-141.
- [4]王雯鹤.基于BOPPPS教学模式的高校第二外国语课程教学设计探索与实践——以清华大学德语课程为例[J].高等教育研究学报,2020,43(2):115-120.

Combination and Practice of the Integration of Case Teaching Method and BOPPPS Model: Taking the Course of Subgrade and Pavement Engineering as an Example

JIANG Hong-guang, GE Zhi, YAO Zhan-yong

(Cheeloo College of Transportation, Shandong University, Ji'nan, Shandong 250002, China)

Abstract: In view of the fact that engineering undergraduates in colleges and universities have weak basic theoretical knowledge foundation, it is not suitable for them to completely use case teaching method. This paper provides the teaching method of combing case teaching method with BOPPPS model. Based on the six stages in the BOPPPS model, we take the actual engineering cases as the designed content of bridge-in and post-assessment stages, which runs through the whole process of basic theoretical knowledge learning, so as to cultivate students' thinking and ability to master basic theoretical knowledge and solve practical problems and realize the unification of theoretical knowledge and engineering practice for engineering students. Moreover, the "curriculum ideological and political education" is integrated into the teaching of engineering cases, which helps to improve students' professional literacy and shape their sense of social responsibility.

Key words: case teaching; BOPPPS model; curriculum ideological and political education; Subgrade and Pavement Engineering

AC 2011-2146: USING TOP METHOD TO ENHANCE THE CONSTRUCTION ENGINEERING STUDENT LEARNING

Zhili (Jerry) Gao, North Dakota State University

Assistant Professor, Dept. of Const. Mgmt. & Eng., North Dakota State University, Dept 2475, P.O. Box 6050/Fargo, ND 58108 Jerry.Gao@ndsu.edu

Charles McIntyre, North Dakota State University

Zhi GE, Shandong University

Zhi Ge Associate professor 17923 Jingshi Road School of Civil Engineering Shandong University Jinan, China 250061

Using TOP Method to Enhance the Construction Engineering Student Learning

Abstract

This paper discusses a pedagogical method of TOP and its implementation in the classroom to provide construction engineering students an opportunity to develop communication skills in order to better prepare them for future employment in the construction industry. While this discussion is based on the feedback from construction professionals, detailed course works are presented to illustrate the idea in order to make it suitable to other typical construction engineering classes. In this paper, communication practices, needs, and methodologies are written in detail as well as the implementation in a course from both instructor and student perspectives. The impact of learning and teaching is also discussed. The discussion and course practice results showed that these are effective methods to enhance student learning in the area of construction engineering.

Introduction

In the construction industry, professionals require new hires to have solid fundamentals of engineering knowledge along with limited professional skills, and strong oral and written communication capabilities developed when they were in school. Construction engineering students, therefore, need an opportunity in the classroom to develop these skills and to find ways to keep their motivation toward their construction engineering career. However, students often comment that they don't have many chances to obtain these skills in the classroom. How can this gap be covered? This paper addresses a TOP method – “TOP” is an acronym for Teamwork (T), Oral Interaction (O) and Professional (P) - based on the needs from the construction industry, to address the gap between academic knowledge and professional experience.

Communication in Construction

Industry professionals as documented in the literature suggest that communication is the key to the success of construction projects. Better communication allows for projects to be completed within budget with reduced amount of rework.¹ The primary function of communication is to transfer information.² Quality communication has to include successful transmission and accurate understanding of the message. Many factors can affect the transmission and understanding, including information, interpretation, and feedback. In the context of construction engineering, communication occurs not only among project team members, but also among all parties involved in the project including the public.

The communication initializer provides the ideas, needs, instructions, and information; some of these may have multiple purposes that are being communicated. For example in a scheduled disruption caused by road construction was provided to all parties involved in the project as well as to the public.² This serves as the specific purpose of communicating schedule information and

also as the general purpose of communicating to those who will be affected by the disruption. In this communication process, relationships are also developed accordingly.

According to Mubarak,³ good communication should have the following features:

- Clarity – The message provider and listener or reader must make sure the information or instruction is understood exactly as what is meant.
- Simplicity – A construction engineer should use simple language as much as possible in their daily communication but the documents must contain exact description.
- Accuracy – As a construction engineer, professional communication means the information is accurate, objective, and always updated.
- Preciseness and relevance to the subject – Having so much information regarding construction drawings, specifications, and field operation can make communication complicated and confusing among any parties that can mislead the project.
- Legibility – If the communication form is written, it must be with good readability. It shouldn't leave any room for guessing.
- Proper support tools – When providing construction instruction, sometimes “a picture is worth more than a thousand words.” Pictures, tables, charts, and videos should be used wherever possible. A follow-up should occur to check how much information is correctly understood.
- Good organization – Construction information should always be organized due to its teamwork nature. A certain format should be followed, especially for a large-scale project.
- Industry standards – It is very important for construction professionals to use common languages for communication. However, it has to follow certain industry standards to avoid confusion.

However, previous research^{4, 5, 6} showed that usually engineering students often don't develop high level communication skills before they graduate. This was further analyzed by Mieke Schuurman, et al.⁷ Moreover, “Unfortunately, a large number of undergraduate engineering programs are not sufficiently providing students the skills necessary to succeed in the workplace of the future.”⁴ This is most likely because “with the building of the analytic emphasis over the decades, the undergraduate engineering educational experience became increasingly fragmented into what appeared to the student as independent parts.”⁵ However, it has been recognized that a direct relationship exists “between the amount of technical communication instruction and career advancement.”⁶ This is especially true for construction engineering students based on the feedbacks that authors of this paper have documented from construction companies who attended recent engineering job fairs.

Statement of Needs

Based on the above discussion, the construction industry is involved in intensive communication. Therefore, having good communication skills is a basic requirement for construction professionals. Construction Engineering programs primarily prepare students for employment in the construction industry. This industry requires intensive communication skills at the

professional level within the realm of the team environment. Employers are emphatic that students must develop strong oral and written communication skills along with a body of knowledge of the construction/engineering disciplines. An opportunity must be provided to develop communication skills in order to better prepare the students for future employment. A significant gap exists between the industry's requirements and the students' capabilities in both communication and teamwork skills.

Methodology

Within recent years, skills related to teamwork and communication training had been addressed in the classroom, but the adaption of the TOP strategy may take this approach to a higher level. To address the issues of communication, teamwork, and professional perspectives, the TOP strategy was applied to a senior-level construction class. The purpose of this application was to allow students to gain communication and teamwork skills in a professional manner, and to learn these skills more thoroughly within an applied environment.

The scope of the work consisted of the following components:

- Two-way exposure to construction professionals: professionals came to students and students went to professionals.
- Continuous oral communication training.
- Contractor office simulation focusing on teamwork.

Course Details – Instructors

The TOP method was applied to the Construction Scheduling and Project Control course. In order to understand the suitability of TOP for this course, the course description is provided below:

Construction Scheduling and Project Control “*provides a discussion on the theories, principles, and techniques of construction planning and scheduling with an emphasis on time management, costs, and resources through the preparation and analysis of network schedules.*”

The objectives of student learning for this course include: (1) understanding and describing the process of construction project planning, scheduling and control, and ethical issues involved in the construction scheduling process, (2) developing a Gantt chart for a construction project, (3) manually creating and calculating a project schedule using network scheduling techniques for a construction project using critical path method (CPM), (4) updating schedules and monitoring the progress of work, and (5) performing the project schedule calculation and analysis using computer software.

First, focus group meetings with several construction professionals were held to gather and review details of the industry requirements for new hires, especially a scheduler and a plan was developed to apply these requirements to the classroom using the TOP method.

Second, the TOP strategy was implemented into the course preparation, using:

- Two-way exposure to construction professionals – the instructor planned frequent visits by construction professionals to the classroom and student were required to interview professionals.
- Continuous oral communication training – the instructor planned to require students to practice their oral communications in several ways, including: site visit/interview report, formal oral presentations, instant observations, and required in-class discussion for almost every class periods. The goal of the preparation was to have every student speak at least twice per week for the entire semester.
- Contractor office simulation focusing on teamwork - the course was modified from a traditional classroom setting to a “contractor’s office” by rearranging the tables and dividing students into groups. Students acted as engineers during class time – but always within the “construction team” environment.

Third, in order to provide students both scheduling theory and practice in a way that students can learn conveniently, the projects used in class were actual commercial projects but with some assumptions to address drawing deficiency and to simplify the students’ work. Companies, who were willing and were selected to support this project, were typical representatives of the construction industry. The instructor traveled to these companies, conducted interviews and meetings with related professionals, visited appropriate projects, and made agreements for providing current construction data and long-term collaboration. A typical meeting agenda consisted of the following:

- Meet and greet.
- Review of Construction Engineering program.
- Why is the program is seeking industry collaboration and what is the vision (i.e., why expend the effort and what is the exact nature of the revised program)?
- Industry observations on education and skills of graduates entering the industry.
- Brain storm ways the industry might provide involvement.
- Action items and follow-up schedule.
- Project site visit and project data.

These companies and their projects covered different types of construction – commercial, residential, transportation, and utility projects. Different perspectives of a project were also discussed – design, construction, engineering, and consulting.

Finally, the instructor was able to tie all these items together to fully implement the TOP method into the classroom. At the end of the semester, in order to assess and evaluate the implementation as related to the students’ learning, all students were surveyed on how well they met the course objectives.

Course Details – Students

Processes described on the instructor's perspective was of course implying on students' perspectives as well. The two items that deserve a detailed description are provided below.

Student interviews with professionals.

Interviews and hands-on tasks were used in class to help students understand the scope of the work and the responsibilities of a construction scheduler. This process allows students to recognize the knowledge, skills, and experience that a successful scheduler must have and to explore the scheduling software currently used in the construction industry. Students worked in a group and based on the student's experience and personal interest, each group interviewed a contractor either from the contractors described in the previous section or from their own contacts. Each group had obtained a set of project documents and scheduled the project accordingly to the instructor's requirements. A local contractor was preferred as it is more convenient to get the information, however, contractors, who are not local were acceptable. Typically, the students needed to gather three things from this interview:

- Scheduling practice including the people, process, skills, and the software that was used.
- An example project including the project's drawings and specifications, estimate, and the construction schedule – this was very important since students used this project for other assignments.
- Quality and safety plans for developing the schedule.

Before the interview, students developed a set of questions to collect this information.

The projects that students collected and used for the remainder of semester were in the area of commercial, residential, transportation, or utility construction. For a residential project, students were aware that they might not be able to get their formal scheduling documents but informal scheduling work was used. If the project was expansive, only sections of the project were needed.

After the interview, each group developed a written report to describe:

1. The interview process and information obtained.
2. Project objectives, including:
 - A brief description of the project.
 - The method or type of construction.
 - The project start and completion dates.
 - Project milestones.
 - Total project costs.

Using the project obtained, students had to act the role of a construction professional by preparing a Work Breakdown Structure (WBS), making an activity list and determining the project “logic.” At this stage, the groups of students:

1. Developed a WBS including:
 - a. Identifying the major CSI divisions and code numbers.
 - b. Having no less than 50 activities in the schedule.
 - c. Calculating the duration for each activity by using the estimate information obtained.
 - d. Listing any assumptions.
2. Decided the logical relationships between activities and made a summary table including following items:
 - a. Relationships among activities - meaning the construction operations based on a constructability review.
 - b. WBS code numbers, durations, predecessors or successors, concurrent activities, responsible party, resources that included labor, equipment and materials.
 - c. Costs for each activity.

Each group then entered the data into Microsoft Project or Primavera P6 and printed the required outputs: cost reports, Gantt chart, calendar view and a PDM network. Each group conducted an analysis of their schedule.

Finally, each group wrote a final report, which included:

- A letter of transmittal.
- Standard format (title, table of contents, tables and figures, etc.).
- A project narrative (divided into sections or subheadings).
- Analysis summary or conclusions.
- Appendices.

Student Formal Presentation

Each student group made a final presentation of their projects. They were evaluated by instructors, students, and invited professionals based on the following criteria:

1. Organization — Is the presentation organized? Is the methodology and approach of the presentation well crafted? Is the subject relevant to construction? Is there a logical structure to the presentation?
2. Confidence/Enthusiasm/Interest — Is the presenter knowledgeable? Relaxed? Does the presenter have a good stage presence and do they seem positive? Is there frequent eye contact? Does the presenter look only at one person, or make eye contact with several people? Is their voice stable? Are they caught up in any distractions? Do they convey an interest for the subject?
3. Clarity — Is the material explained in a coherent fashion? Does the presenter use proper terminology? Is the presentation straight forward or confusing? Does the presenter do a

- reasonable job of making the material understandable?
4. Visual Aids — Are the visual aids understandable and are they appropriate? Does the presenter explain the visual aids? Is the presenter creative in their use of the visual aids? Are there not enough or too many visual aids (slides)? Are the visual aids visible long enough for the audience to read and understand them?
 5. Technical Content — Is the presentation accurate? Is the selection of the supporting references for the presentation appropriate? Is the overall presentation too broad or too narrow in its content?
 6. Personal Appearance / Timing — Does the presenter look professional? Was their appearance appropriate? Is the introduction, body, and closing summary the proper length with regard to time?
 7. Summary — Does the presenter review key points? Does the presenter end with a strong statement? Does it seem the presentation came to an end in a proper way? Does it close in a way that didn't leave the audience hanging?
 8. Answering Questions — Does the presenter answer questions directly? Do they try to give the best answer to the questions?

Impacts on Learning and Teaching

The Student Rating of Instruction (SROI, i.e., course assessment survey) indicated that the students were able to fully accomplish the objectives. More than 85% of students reported that they were 90% confident that after the semester that they were able to:

- Understand and describe the process of construction project planning, scheduling and control, and ethical issues involved in the construction scheduling process.
- Develop a Gantt chart for a construction project.
- Manually create and calculate a project schedule using network scheduling techniques for a construction project using CPM.
- Update schedules and monitor the progress of work.
- Perform the project schedule calculation and analysis using computer software.

They were also 70% confident related to explaining and performing resource leveling.

Conclusions

This paper reports the implementation of a TOP strategy to help student learning in terms of teamwork, professional skills, and communication capacity. Based on the results of student performances and responses, this method is effective. In general, by implementing the TOP method, students and the instructor were able to obtain the following:

- Created an innovative and positive learning environment – the exposure to

construction professionals allowed students to experience actual construction challenges. Students can develop fundamental skills needed for successful project implementation and delivery.

- High quality of learning – the TOP method intuitively increased student interest and comprehension which could ultimately lead to higher quality in the students' work.
- Faculty learning – the instructor has promoted their professional development and gained an opportunity to “reform” their teaching style that is suitable to a new generation of student learners.

In a summary, TOP help students develop skills of teamwork and communication in a professional manner. The instructor has also learned from this process and gained significant insight into the student mindset related to student perspectives. Industry professionals, who were also involved in this process, really liked this method and are willing to review other construction courses in the near future.

Bibliography

1. Thomas, Tucker & Kelly, “Critical communication variables.” *Journal of Construction Engineering and Management* 124:58-66, 1998.
2. Done, “Improving Construction Communication.” Final report 560, Arizona Department of Transportation, June 2004.
3. Mubarak, *Construction Project Scheduling and Control*, 2nd edition, Wiley, 2010.
4. Downing, “Essential Non-Technical Skills for Teaming.” *Journal of Engineering Education*, 90, 1, 113-117, 2001.
5. Fromm, “The Changing Engineering Education Paradigm.” *Journal of Engineering Education*, 92, 2, 113-121, 2003.
6. Sageev and Romanowski, “A Message from Recent Engineering Graduates in the Workplace: Results of a Survey on Technical Communication.” *Journal of Engineering Education*, 90, 4, 685-693, 2001.
7. Shuurman, Gouran and Pauley, “Assessing Students’ Oral Communication Skills.” *Proceedings of American Society for Engineering Education 2007 Annual Conference*, AC 2007-2514.

智能交通类通识教育课程混合式教学探索

——以“智能交通系统”课程为例

王旭,葛智,石伟华,张汝华

(山东大学 齐鲁交通学院,山东 济南 250002)

[摘要] 针对交通强国战略下智能交通人才培养需求和通识教育课程建设要求,为解决“智能交通系统”通识教育选修课程教学过程中遇到的问题,优化提升课程内容,深化教学设计,改善教学手段,凝练课程特色,强化教学团队建设,开展混合式教学探索。应用信息化手段创建“智能交通系统”线上教学资源,结合智能交通行业发展热点和案例总结线下专题教学内容,提出线上自主学习基础知识、线下课堂面授专题教学的混合式教学模式,为建设满足创新型人才培养需求的通识教育课程体系提供参考。

[关键词] 智能交通;通识教育;混合式教学

[基金项目] 2021年度山东大学精品在线开放课程建设项目“智能交通系统”(2021Y112);2021年度山东大学教育教学改革研究项目“稷下创新讲堂课程建设专项”

[作者简介] 王旭(1987—),女,山东济南人,工学博士,山东大学齐鲁交通学院副教授,硕士生导师(通信作者),主要从事智能交通系统研究;葛智(1977—),男,山东即墨人,工学博士,山东大学齐鲁交通学院副院长,教授,博士生导师,主要从事交通工程研究;石伟华(1971—),女,山东济南人,学士,山东大学齐鲁交通学院教学秘书,主要从事教育教学管理研究。

[中图分类号] G642.0

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-9324(2022)30-0096-04

[收稿日期] 2021-08-28

一、课程建设背景

(一) 通识教育建设现状

通识教育出现于西方发达国家高等教育发展后期,是以培养具有较宽厚专业基础人才为目标的大众教育^[1]。通识教育可以培养学生跨学科思维和多角度思考问题的能力,削弱专业细分带来的知识割裂问题^[2]。20世纪90年代,我国高等教育逐渐学习世界一流大学成功的办学理念和以往的改革经验,开始关注通识教育,针对通识教育课程进行改革创新,在教育理念、指导思想、建设重点和教学实践上都获得了极大的提升^[3]。在现行的人才培养体系中,高等院校日益重视通识教育,社会也逐渐认可通识教育对拓展学生知识结构和提升综合能力等方面的作用。

(二) 混合式教学课程建设趋势

2019年,中共中央、国务院印发《中国教育现代化2035》提出,教育现代化是对接2035的主题^[4]。近年来,教育信息化不断推动教育现代化,尤其随着特殊时期线上教学需求不断增加,混合式教学成为促进教育信息化的有力措施之一。混

合式教学课程打破了传统课堂教学的限制,融合了线上自主学习与线下面授,日益彰显着学生的学习自主性,成为一种全新的教学模式。

(三) 交通强国发展战略

《交通强国建设纲要》明确提出,大力发展智慧交通。推动大数据、互联网、人工智能、区块链、超级计算等新技术与交通行业深度融合。推进数据资源赋能交通发展,加速交通基础设施网、运输服务网、能源网与信息网络融合发展,构建泛在先进的交通信息基础设施^[5]。智能交通以智能化为核心,旨在提供安全、快速、便捷的交通运输服务,是交通、控制、计算机等多学科的交叉融合。近年来,我国智能交通市场规模呈现出高速增长的态势^[6],国家、社会 and 行业对于智慧交通方面创新人才的需求日益增长^[7]。

(四) 通识教育课程“智能交通系统”开设情况

为推动通识教育的发展,培养学生在交叉学科领域的学习能力,打造高素质创新人才,山东大学建立了通识教育课程体系,对拓宽学生知识视

野,完善学生能力结构,引导学生树立正确世界观、人生观和价值观,提高学生国际视野、人文情怀、科学素养、审美情趣、逻辑思维和创新能力等发挥了重要作用。在智能交通发展浪潮下,山东大学齐鲁交通学院开设了智慧交通与智能建造微专业,其中通识教育选修课“智能交通系统”开课至今学生评价较好,其相关课程“智慧城市与未来交通”开课六年以来,参与课程学习的学生普遍反映该课程对其专业发展、个人成长提供了积极有益的支持。

二、混合式教学探索的必要性和意义

(一)课程教学过程中遇到的问题

针对智慧交通与智能建造微专业学生开设“智能交通系统”课程对学生培养有重要意义。然而,“智能交通系统”课程内容涉及多学科知识,所需先导知识较多,涉及较多抽象理论^[8];智能交通行业迅猛发展,教材内容无法随行业发展及时更新,且应用分析案例较少,学生认知理解困难^[9];通识教育课程学生专业背景多元,而课程课时有限,难以对每个知识点溯源并进行充分讲解,短暂的课堂教学对于未掌握交通运输类专业先导课程知识的学生难度较大。另外,山东大学“一校三地”跨校区办学特点,导致难以组织线下集中教学。

(二)混合式教学探索意义

针对教学过程中遇到的问题,“智能交通系统”教研组从培养智能交通创新人才需求入手,面向专业背景多元、基础知识各异的学生,设计合

理的线上线下混合式教学模式,提出与之兼容的教学目标、课程内容、授课方法和课程考核等方面的教学改革建议和措施,建设“智能交通系统”混合式教学课程。学生在线上通过教学视频学习课程基础知识,并阅读推荐的学习资料,变“被动学”为“主动学”;在线下课堂教师针对学生线上学习遇到的问题和困难进行有针对性的讲解,并结合智能交通发展前沿动态开展专题讲座,以全面提高学生在智能交通领域的理论知识储备和创新应用能力。通过混合式教学课程建设的教学改革研究,深化理论思考,提升教学能力,在教学设计、教学实施、教学评价、教学反思等诸多方面进行深入研究,对教学质量和水平的整体提升、扩大课程影响力具有重要意义。

三、课程建设内容

(一)教学内容

“智能交通系统”课程涉及当前国际交通运输研究的前沿领域。作为智慧交通与智能建造微专业的必修课,“智能交通系统”的课程性质为通识教育选修课,总共32学时,记2学分,课程教研组由3名授课教师组成。教研组利用混合式教学模式开展教学设计,以解决不同校区学生的学习需求。给学生赋予更多自主选择和学习的权力,激发自身内驱力,从而提升学生学习效果。

如表1所示,结合课程知识体系与行业前沿,首先将课程分为线上自主学习与线下面授两部分。其中线上部分24学时,线下部分8学时。线

表1 基本教学内容

教学环节	知识单元	教学要求
线上自主学习 (基础知识)	绪论	了解智能交通系统的概念、发展历史与趋势,以及智能交通系统的研究内容
	智能交通系统技术基础	掌握智能交通系统不同信息采集技术的优缺点、适用范围
	城市交通信号控制系统	掌握城市交通信号控制系统控制机理
	智能交通管理系统	了解先进的交通管理系统,掌握各子系统业务流程
	智能交通信息服务系统	掌握交通信息服务系统的含义与发展,了解服务内容、组成与工作原理,掌握关键技术及发展
	智能车辆系统	掌握自动驾驶系统、安全辅助系统构成
	货运管理系统	掌握危化品、货运车辆管理系统相关技术
线下面授 (专题讲座)	信息采集技术与应用前沿专题	了解信息采集技术前沿
	交通地理信息系统技术专题	了解地理信息系统的作用、特点,掌握其基本操作和使用
	车联网系统技术专题	了解车联网系统相关前沿技术
	大数据技术与交通规划专题	了解大数据技术在交通规划中的基本应用

上部分包含绪论、智能交通系统技术基础、城市交通信号控制系统、智能交通管理系统、智能交通信息服务系统、智能车辆系统及货运管理系统等知识单元,每个知识单元占2~6学时,旨在让学生更好地掌握课程基础知识,并且线上资源可重复多次学习的特点可以适应不同基础和专业背景学生的不同学习需求。另外,智能交通行业不断发展,相关技术与应用层出不穷,仅掌握相对固化的基础知识无法满足学生对行业前沿技术及热点应用的需求;因此,授课教师结合行业热点与所承担的科研项目,设置了8学时的专题讲座,以线下面授的形式授课。线下课程引导学生关注最新行业动态和方向,以行业热点点燃学生学习兴趣,启迪学生思维,激发学生对智能交通行业的热爱。另外,线下面授课程设置答疑环节,授课教师针对学生线上学习过程中遇到的问题,进行答疑解惑,形成教与学自我反馈、优化的闭环。

(二) 线上教学资源建设

线上教学资源是信息技术与教育融合发展的产物,呈现开放、共享的特点,可助力优质教育资源的传播。在校级精品在线课程建设项目的支持下,“智能交通系统”课程进行了线上教学资源建设,供学生按照教学日历安排的周次自由选择学习时间和地点,灵活自由的教学形式可培养学生自主学习和时间管理的能力。本课程的线上教学资源建设采用专业摄像机录制教学短视频,借助视频剪辑软件将教学视频与相关图片、视频资料有机结合,生动形象地向学生讲述智能交通基础知识,演示智能交通相关设备装备,展示相关应用场景。另外,线上教学资源库还整合了智能交通前沿科技文章、学术论文、纪录片链接,向学有余力的学生推荐学习资源。数字化教学资源可实现理论知识的形象讲授、技术原理的灵活展示及应用场景的真实再现,帮助学生自主开展探索学习和创造发现。

在每次线上教学内容学习任务完成后,结合通识教育课程性质,设置案例分析、话题讨论等开放式课堂作业,例如从技术、教育、法律等多层次、多角度探讨交通事故致因等。根据课堂作业完成情况,形成学生在线学习完成情况、基础知识掌握情况的有效反馈,还可以培养学生的资料查找、发散思维等能力。

(三) 线下专题教学

在相关教材知识体系的基础上,线下专题教学结合智能交通行业发展热点和案例持续更新丰富教学内容,启发学生的思维,激发学生的学习兴趣,使学生了解最新智能交通发展动态和方向。线下教学内容可根据行业发展动态灵活调整授课内容,现阶段专题教学包括信息采集技术与应用、交通地理信息系统技术、车联网系统技术及大数据、技术与交通规划等四个专题,内容涉及激光雷达信息采集及处理、地理信息系统应用、车联网技术应用及大数据处理等当前智能交通领域热点技术。另外,线下教学有利于教师梳理线上学习重点难点,便于学生向授课教师反馈学习中遇到的问题,利用线下教学面对面讲授的优势,与线上教学优势互补,使学生更好地参与课堂教学,主动探索和解决问题,敢于提问、勤于思考、勇于实践,通过师生、生生思维交流产生更多的创新火花,进而提高学生的创新实践能力。

(四) 考核方式

针对“智能交通系统”课程实践性强的特点,探索新的考核方式,增加小组实践大作业环节,让学生体验实践与学习的关系及区别。除了传统的期末考核以外,注重平时和实践环节的得分,以衡量学生应用所学知识解决身边交通问题的思维能力,使学生可以学以致用,多方位掌握知识体系,以达到通识教育课程培养目标。课程考核成绩为平时成绩、小组实践大作业与期末考核的成绩累加。

四、课程建设特色

(一) 课程目标与人才培养目标紧密结合

紧紧围绕国家教育发展战略,遵循人才成长内在规律,深入理解通识课程教学理念,以优化人才培养模式为导向,探索学术视野开阔的通识教育课程建设路径。课程教学利用适宜的教学手段,培养学生深度解读交通现象的思维能力。通过教学活动的开展,培养学生对社会问题、专业问题的多角度关注与思考的能力,培养学生对社会发展的责任感,实现拓宽视野、拓展素质、丰富知识、启发思维的通识教育目标。

(二) 体现微专业特色

微专业建设是山东大学基于学科综合优势,加快布局未来战略必争领域的人才培养举措,是

为构建新型跨学科专业组织模式、促进学科专业交叉融合和产学研用协同发展而实施的多样化办学模式探索^[10]。微专业课程“智能交通系统”主动适应智能交通新技术、新业态、新模式、新产业的需求,是促进学科交叉融合和产学研用协同发展的教学实践,体现了微专业特色。

(三)体现教育教学管理新模式

山东大学目前正在贯彻落实本科教育教学一体发展战略,积极探索“一校三地”跨校区资源共享、优势互补的本科教育教学管理模式。本课程建设成熟可以丰富跨校区教学资源,为“一校三地”学生成长发展提供更多选择。

结语

为深化本科教育改革,提升教学水平和人才培养质量,形成更高水平人才培养体系,进行通识教育教学课程改革研究十分必要。本文以“智能交通系统”为例,结合多年教学实践、理论思考及教学反思,针对交通强国战略下智能交通类通识教育课程教学实践问题进行了深入的研究,在此基础上开展了混合式课程建设,开展线上线下混合式教学模式设计,构建针对通识教育的课程目标体系,设置结合智能交通行业发展热点的专题教学内容,并探索考核方式,希望为智能交通类通识教育课程的教学改革和人才培养提供参考。

参考文献

- [1] 陈向明.对通识教育有关概念的辨析[J].高等教育研究,2006(3):64-68.
- [2] 高丽.教育公平概念辨析[J].教育教学论坛,2012(35):198-200.
- [3] 杨晓燕,肖文.试论建设中国特色的高校通识教育[J].西部学刊,2020(19):120-124.
- [4] 中共中央、国务院印发《中国教育现代化2035》[EB/OL].[2021-07-25].http://www.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s6052/moe_838/201902/t20190223_370857.html.
- [5] 中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》[EB/OL].(2019-09-19)[2021-07-25].http://www.gov.cn/gongbao/content/2019/content_5437132.htm.
- [6] 杨博文.智能交通系统的研究现状及发展趋势分析[J].中国设备工程,2019(2):121-122.
- [7] 彭理群,徐睿,秦鸣.面向“交通强国”建设需求的智能交通创新型人才培养研究[J].教育现代化,2019,6(24):3-5.
- [8] 唐克双,杨晓光,马万经,等.新形势下智能交通运输系统工程本科专业方向人才培养模式探讨[J].教育教学论坛,2016(39):41-44.
- [9] 周旦,赵红专.基于混合式教学模式的《智能交通运输系统》课程改革与探索[J].大众科技,2020,22(3):101-103.
- [10] 王延斌.划分专业还不够,山东大学推出17个“微专业”[N].科技日报,2020-04-24.

Exploration of the Mixed Teaching Mode of Intelligent Transportation General Education Course:

A Case Study of Intelligent Transportation System Course

WANG Xu, GE Zhi, SHI Wei-hua, ZHANG Ru-hua

(School of Qilu Transportation, Shandong University, Jinan, Shandong 250002, China)

Abstract: In view of the requirements of intelligent transportation talent cultivation and general education curriculum construction under the background of building China into a country with strong transportation network, this paper takes the general education course of “Intelligent Transportation System” as an example to optimize and upgrade course content, deepen teaching design, improve teaching methods, refine course features, strengthen teaching team construction, and carry out mixed teaching exploration. It can provide a reference for the construction of general education curriculum system to meet the needs of cultivating innovative talents.

Key words: intelligent transportation; general education course; mixed teaching mode

公路施工组织与概预算课程思政设计与教学

曹卫东,刘树堂,葛智,梁明,王磊

(山东大学齐鲁交通学院,山东济南 250002)

摘要:围绕立德树人的根本任务,探讨在公路施工组织与概预算课程中融入思政教育。通过深入挖掘课程典型章节内容蕴含的思政道理,确定四个思政要素,设计相应的教学案例,实现育人与育才的有机结合。

关键词:公路施工组织与概预算;课程思政;设计;教学案例

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:2096-000X(2022)15-0115-04

Abstract: This paper, focusing on the fundamental task of moral education, discusses how to integrate ideological and political education into the course of Construction Organization and Budget Estimate of Highway. Through in-depth exploration of ideological and political principles contained in typical chapters of the course, this paper determines four ideological and political elements, designs corresponding teaching cases, and realizes the organic combination of education and talent cultivation.

Keywords: Construction Organization and Budget Estimate of Highway; ideological and political education in courses; design; teaching cases

当今世界正经历百年未有之大变局,国际形势复杂多变,西方国家从未停止对我国政治文化等意识形态渗透,企图颠覆我国的政治制度和社会制度,以实现其“和平演变”的目的。大学生作为实现中华民族伟大复兴的生力军,肩负着民族的希望和祖国的未来,必须具有坚定而正确的理想、信念和社会主义核心价值观。因此,加强大学生的思想政治教育是新时代高等教育面临的一项十分必要、重要和迫切的工作。长期以来,高校由于学科专业划分与教师分工不同等原因,思想政治教育主要是思想政治理论课教师与思政系列教师来承担,似乎与其他理论课、专业课教师的关系不大,从而导致学校思想政治教育在其他课程中出现关注不充分和不自觉的现象,个别甚至起到了反作用^[1]。2016年12月,习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上发表重要讲话,“要坚持把立德树人作为中心环节,把思想政治工作贯穿教育教学全过程,实现全程育人、全方位育人”,提出“使各类课程与思想政治理论课同向同行”。这次讲话对推进思政课程与课程思政有机结合做了再次强调,凸显了课程思政在思政教育中的重要作用与地位,为课程思政的实施指明了方向与目标。

本文结合笔者多年的公路施工组织与概预算教学

经验及总结,通过深入学习习近平“把思想政治工作贯穿教育教学全过程,开创我国高等教育教学发展新局面”重要讲话精神,依据教育部2020年5月印发的《高等学校课程思政建设指导纲要》^[2],并在参阅有关课程思政研究的文献基础上^[3-7],挖掘公路施工组织与概预算课程中隐含的思政要素,策划设计了课程思政教学案例,可为相关及类似专业的课程思政设计与教学提供一些有益的参考。

一、课程内容与教学目标

公路施工组织与概预算高等院校土木类与交通运输类专业(如土木工程,道路桥梁与渡河工程,水利与交通工程等专业方向),为培养既懂技术又懂经济的现代土木工程师而开设的必修课,更是管理类(工程专业)的核心必修课^[8]。

本课程的主要内容包括:(1)绪论;(2)施工过程组织原理;(3)公路工程施工组织设计;(4)网络计划技术;(5)基于BIM技术的施工组织设计;(6)公路工程定额;(7)公路工程概预算。

教学目标:通过该课程的学习,目的是使学生熟练掌握公路施工组织设计文件与概预算文件的编制原理与方法,为将来从事交通基础设施与土木工程的设计、

基金项目:山东大学教改项目“基于协同教育与问题引导的实习教学模式改革及实践”(2020Y096);山东大学教改项目“新工科背景下基于学科融合视角的课程培养模式探究与实践”(2021Y120)

作者简介:曹卫东(1972-),男,汉族,山东嘉祥人,博士,副教授,研究方向为道路工程材料与路面结构。

施工管理与工程造价咨询等工作及相关研究奠定坚实的理论基础。

二、课程思政设计原则与要素挖掘

(一)思政设计与教学原则

1. 思政内容与理论及专业内容有机融合

教案准备过程中首先要研究透彻理论教学内容与其背后隐含的思政要素,通过提炼加工形成思政内容与教学案例,然后在结构上巧妙构思,务必做到二者浑然一体,逻辑自然,不突兀、不僵硬,同时还不能压缩专业内容。

2. 课程思政教学恰当得体

课程思政教学要遵循教学教育的基本规律,不能将相关的思政内容生搬硬套,更不要一味说教与宣传,而

是在讲解相关理论及专业内容时自然流露,思路顺畅自然,让学生感觉到其中蕴含的人文素养、家国情怀、理想与信念、社会责任与职业道德等都是顺理成章、水到渠成,做到教学育人“润物细无声”。

(二)思政要素挖掘

依据上述思政设计与教学原则,结合本课程相关章节的理论教学内容与隐含的思政内容,挖掘并确定了“增强学生民族自豪感,培养学生攻坚克难、自主创新的新时代奋斗精神”“学习大国工匠精髓,培养学生的社会责任感及职业精神”“加强学生工程管理制度学习,培养学生树立心清气正的工作作风”“加强职业道德修养,弘扬勤俭节约的优良传统”四个思政要素,课程理论教学内容与思政要素融合设计见表1。

表1 课程教学理论内容与思政要素融合设计

理论教学	章节内容	思政要素
课程研究对象与问题	第一章 绪论	增强学生民族自豪感,培养学生攻坚克难、自主创新的新时代奋斗精神
施工组织	第二章 施工过程组织原理	学习大国工匠精髓,培养学生的社会责任感及职业精神
	第三章 公路工程施工组织设计	
	第四章 网络计划技术	
工程概预算	第五章 基于BIM技术的施工组织设计	加强学生工程管理制度学习,培养学生树立心清气正的工作作风
	第六章 公路工程定额	加强职业道德修养,弘扬勤俭节约的优良传统
	第七章 公路工程概预算	

三、课程思政教学案例

根据表1给出的课程理论教学内容与思政要素内容,设计了四个思政教学案例,具体内容如下。

(一)绪论中的思政案例

绪论中要求学生掌握公路工程基本建设程序,其中,可行性研究是基本建设程序中首要的环节,是基本建设中最重要的前期工作。首先讲解可行性研究的概念与内涵。可行性研究的内容之一是工程项目的技术可行性分析,它包含两层意思:一是研究某一项目采用现代化技术是否可能办到;二是研究完成某一项目需要采用什么技术。这与一个国家及地区经济水平、技术水平相关。由此导入我国的一些超级工程与创造奇迹的工程,如港珠澳大桥、京沪高铁、青藏铁路,同时展望我国未来的超级工程规划,如渤海湾通道、台湾海峡通道等,重点介绍这些工程的技术难度、可行性研究过程与奇迹背后的艰辛历程。

然后重点讲解港珠澳大桥攻克了哪些世界级技术难题,取得了哪些开创性的成果,随后引入习近平总书记出席港珠澳大桥开通仪式的讲话。习近平总书记强调,港珠澳大桥的建设创下多项世界之最,非常了不起,体现了一个国家逢山开路、遇水架桥的奋斗精神,体现了我国综合国力、自主创新能力,体现了勇创世界一流的民族志气。这是一座圆梦桥、同心桥、自信桥、复兴桥。

大桥建成通车,进一步坚定了我们对中国特色的社会主义的道路自信、理论自信、制度自信、文化自信,充分说明社会主义是干出来的,新时代也是干出来的!这些话语振奋人心,激励学子奋发向上,永攀科技高峰。

接下来再介绍京沪高铁与青藏铁路的技术可行性研究历程。京沪高速铁路是世界上一次建成线路最长、标准最高的高速铁路,也是中国建国以来投资规模最大的建设项目,它构建了中国高铁标准体系与技术体系,支撑了中国高速铁路的快速发展,打造了技术先进、安全可靠、性价比高的中国高铁品牌。京沪高速铁路工程从1994年12月开展预可行性研究,到2006年2月国务院第126次常务会议批准立项,其可行性研究工作开展了12年之久,其中的技术研究焦点是关于高速轮轨与高速磁悬浮技术的论证。选择磁悬浮就意味着技术垄断,世界上主要是德国与日本搞磁悬浮,而且两者还完全不兼容。这点不像高速轮轨技术,可以选择多家公司。实际上我国通过自主研发及引进吸收,最终采取了具有自主知识产权的中国高速轮轨技术。实践证明,我国开创的高速轮轨技术完全达到了快速、安全、舒适的目标,且比磁悬浮技术节约了近2000亿元人民币。

青藏铁路被誉为“天路”,是中国新世纪四大工程之一,是通往西藏腹地的第一条铁路,也是世界上海拔最高、线路最长的高原铁路。青藏线大部分线路处于高海

拔地区和“生命禁区”,青藏铁路建设面临着三大世界铁路建设难题:千里多年冻土的地质构造、高寒缺氧的环境和脆弱的生态。经过八年的可行性研究及十几年的科研与试验,青藏铁路建设团队攻坚克难,2006年全线开通运营。

最后给学生做一个简要的总结与分析。这些超级工程与创造奇迹的工程是我国综合国力、科技实力的集中体现,充分反映了中国人民的智慧与团结奋进的力量,是新时代大学生值得自豪与学习的奋斗精神。通过相关工程图片展示、技术剖析与技术可行性研究历程的讲解,可极大增强学生民族自豪感,培养学生攻坚克难、自主创新的新时代奋斗精神。

(二)施工组织设计工程质量控制中的思政案例

公路工程施工组织设计的重要内容之一是如何保证工程质量,即质量的保证体系与控制措施等。以工程质量为切入点,引入公路工程质量的重要性与先决性。公路作为国家的基础设施,它服务于国家的政治、经济及文化建设,对国家发展具有战略地位,尤其当前正在推进交通强国建设,工程建设已进入高品质化阶段。顺接教导学生必须从思想意识上、工作行为上高度重视,控制工程质量,学习大国工匠精神,精工细作,树立“精品工程”意识,培养学生的社会责任感与职业精神。

首先通过图片、数字等形式向学生展示由于工程质量问题带来的重大人员伤亡及财产损失事故,这里仅列举几个例子:如2007年凤凰沱江大桥在拆脚手架时轰然倒塌,造成64人遇难,直接经济损失4000多万元;同年的广东九江大桥遭运沙船撞击垮塌,造成9死2伤;2009年湖南株洲某高架桥坍塌,事故导致9人死亡,16人受伤,24辆汽车损毁的惨剧;2018年意大利西北部海滨城市热那亚莫兰蒂大桥一截长200m的桥身在暴风雨中发生垮塌,事故共导致43人死亡,多人重伤,当地600余人被迫转移安置;今年5月墨西哥首都墨西哥城12号地铁线的一段高架轨道发生坍塌,多节车厢从坍塌处坠落,已造成至少25人死亡80人受伤。这些中外的重大工程事故除了设计、施工管理及外部环境等因素外,工程质量应是不可避免的主要原因,它们给公众造成巨大的生命与财产损失,需要同学们反思、警醒,提醒学生将来作为科技人员、工程人员要高度重视工程质量,树立“百年大计,质量第一”的工程质量意识。

然后讲解如何保证与做到工程的质量,如何打造精品工程。引入“大国工匠精神”,向大师与工匠学习,培养学生的社会责任感与职业精神。首先给学生介绍工匠精神是什么。它的内涵包括一是不忘初心,无愧天地。好的

工匠作品不只是在于发挥技艺,更是淬炼心性和人品;二是用心秉承,砥砺前行,不敢有一丝一毫的懈怠。指出当前社会存在人心浮躁的不良现象,告诫学生要克服心浮气躁,静心学习,刻苦钻研理论与专业知识,维护工匠精神。

最后,给学生历数我国一些著名的能工巧匠及作品,比如善于解牛的“庖丁”,木匠的“祖师爷”鲁班,隋朝工匠李春,新中国桥梁大师茅以升等,重点介绍我国的赵州桥、钱塘江大桥等享誉世界的高品质、巧工艺的伟大工程作品,它们都曾达到了辉煌的世界高度。自然而然地引导学生继承与发扬工匠精神,把将来参与及自己承担的工程做精、做美、做到极致,“品质从99%提高到99.99%”。

(三)施工组织设计现场管理中的思政案例

现场管理是公路工程施工组织设计的内容之一,它是保证工程按照计划保质保量、按期完工,而且工程费用较省的重要手段。现场管理涉及到建设方、施工方、投资方、设计方与社会监督,同学们将来无论作为现场管理的任何一方,都有可能手中掌握或多或少的权力,如何在工程现场管理中做到心清气正,有效管理呢?以此引入公路建设四项制度,培养学生处理好制度与权力的关系,引领学生在将来的工作中做到清正、廉洁、自律。

首先给学生介绍公路建设四项制度,加强学生的工程管理制度学习,用制度来管理约束从事工程建设的各方人员。《公路建设四项制度实施办法》(交通部令[2000]第7号)已于2000年7月17日经第5次部务会议通过,自2000年10月1日起施行。公路建设四项制度是指建设项目法人责任制度、招标投标制度、工程监理制度和合同管理制度,它是为加强公路建设管理,确保工程质量和投资效益而制定的,在现场管理工作中要学好制度、贯彻执行好制度。

然后讲解如何处理好制度与权力之间的关系。这里很自然的引入2013年1月习近平总书记在十八届中央纪委二次全会上发表的重要讲话。讲话强调要加强对权力运行的制约和监督,把权力关进制度的笼子里,形成不敢腐的惩戒机制、不能腐的防范机制、不易腐的保障机制。习近平总书记把制度比喻成“笼子”,意在强调制度之“笼”对权力,尤其是对一切滥用的权力的约束和监督。把权力关进笼子之后呢?权力关进制度的笼子以后,还要解决一个谁来监督权力、看管笼子的问题。在权力监督这个问题上,历来就有“上级监督太远、同级监督太软、下级监督太难”的困境。所以,要想管住权力、看好笼子,最好还是把笼子的“钥匙”交给群众来管,充分发挥群众监督权力的优势,充分释放群众监督以及舆论监督

的威力,让笼子里的权力不敢出来甚至出不来,让笼子外的人不敢、也不能放权力出来。

根据上述有关权利与制度的论述,启发同学们如何在工程管理中进一步建立与完善相关制度,如何处理好建设方、施工方、投资方与社会监督(代表群众)的关系,如何充分发挥群众监督的作用等。最后,结合《中国共产党廉洁自律准则》,适当其时地向同学们灌输、培育清正廉洁的工作作风,以春风化雨、润物无声的方式引导他们树立正确的人生观与价值观,一身正气、两袖清风,清清白白做人,干干净净做事,拒腐蚀、永不沾,做一个堂堂正正的中国人。

(四)公路工程概预算中的思政案例

公路工程概预算是本课程学习的核心内容之一,通过该部分的学习,使学生熟练掌握公路工程概预算文件的编制原理与方法,能够准确地测算各阶段的工程造价。一部分学生将来作为造价工程师主要从事造价的编制、管理、审计、投资等工作,他们在确保建设工程造价工作的质量,维护国家和社会的公共利益方面将起到重要的作用。高速公路作为国家交通基础设施的重要组成,投资巨大,影响因素众多。如何有效地控制造价则直接关系到国家的利益、人民的利益,用好国家的每一分钱是造价工程师的基本准则。基于此,在课堂上给同学们引入造价工程师的职业道德与素养,引领学生在将来的工作中树立高尚的品德,弘扬我国勤俭节约的优良作风。

首先,给同学们谈谈造价工程师应具备的职业道德与素养,包括造价工程师及素质的含义、造价工程师应具备的职业道德和品行、造价工程师应具备的知识水平和业务技能等。造价工程师就是既懂工程技术、又懂工程经济和管理,并具有实践经验,为建设项目提供全过程造价确定、控制和管理,使工程技术与经济管理密切结合,达到人力、物力和建设资金最有效地利用,使既定的工程造价限额得到控制,并取得最大投资效益的人。造价工程师应有高度的政治觉悟和思想水平,就是爱国爱民、爱岗敬业,坚持以国家和人民的利益优先;造价工程师应有强烈的事业心和责任感,有了强烈的事业心,才会产生认真负责、恪尽职守的高度责任感。

其次,由造价联系到金钱,由金钱引出一句俗语“家大业大,浪费点没啥”,告诫学生们这是非常错误的意识。当前我们国家仍处于基础设施大规模建设过程,需

要大力提倡勤俭节约,开源节流,人人都要为中华民族的伟大复兴添砖加瓦。

最后,引用晚唐诗人李商隐《咏史》的名句“历览前贤国与家,成由勤俭败由奢”,生动形象地阐述勤俭节约与奢侈浪费为家国兴亡之关键。中华民族自古以来就有勤俭节约的传统美德,勤俭节约是一个永恒的话题。借此课堂内容,教导同学们将来立足本职工作,加强职业道德修养,对于国家的工程建设款项要精打细算,用好每一分钱,爱惜国家财产,反对一切浪费。

四、结束语

课程思政是实现全员全程全方位育人的重要途径,几乎每门课程里面都蕴含着思想政治教育资源。公路施工组织与概预算是交通运输工程、土木工程等学科的一门重要的专业必修课,具有理论性、实践性与综合性于一体的特点,教学过程中要注重培养学生攻坚克难与自主创新的新时代奋斗精神、社会责任感及职业精神,强化工程质量意识与工程管理制度,引导学生加强职业道德修养,树立心清气正的工作作风,弘扬勤俭节约的优良传统。本文仅是笔者根据多年的教学经验及近几年的课程思政要求作了一些思政融合的探索,相信还有不少思政要素与教学方式尚待挖掘与分析,期待同行共同探讨与分享。

参考文献:

- [1]王学俭,石岩.新时代课程思政的内涵、特点、难点及应对策略[J].新疆师范大学学报(哲学社会科学版),2020,41(2):50-58.
- [2]教育部关于印发《高等学校课程思政建设指导纲要》的通知[EB/OL].(2020-06-05).http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202006/t20200603_462437.html.
- [3]李红梅,鹿存礼.新时代“课程思政”研究:综述与展望[J].福建教育学院学报,2020,21(1):10-14+129.
- [4]刘丽莉,邹择芬,汪露,等.“分子生物学”课程开展思政教育的策略探索[J].当代教育理论与实践,2020,12(3):6-11.
- [5]杜春安,王志朴,张海兵.《化工健康、安全与环境(HSE)》课程思政教学探索与研究[J].高教学刊,2021(11):181-184.
- [6]张树永.高校化学类专业课程思政建设目标与实现途径刍议——以物理化学课程教学为例[J].大学化学,2019,34(11):4-9.
- [7]唐仁华,雷鸣,谭寅寅.《基础工程》课程思政元素双向挖掘与实践[J].长沙大学学报,2021,35(2):104-108.
- [8]王首绪,李晶晶,杨玉胜,等.公路施工组织及概预算(第4版)[M].北京:人民交通出版社股份有限公司,2020.

AC 2012-4868: INTEGRATING BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN TEACHING PROJECT SCHEDULING AND CONTROL

Dr. Zhili (Jerry) Gao, North Dakota State University

Zhili (Jerry) Gao is Assistant Professor, Department of Construction Management and Engineering, North Dakota State University, Dept 2475, P.O. Box 6050/Fargo, ND 58108; Email: Jerry.Gao@ndsu.edu.

Dr. Charles McIntyre, North Dakota State University

Charles McIntyre is an Associate Professor and Graduate Program Coordinator in the Department of Construction Management and Engineering at North Dakota State University. He received his Ph.D. from Penn State and is an active member of ASEE at the national and sectional levels. As an ASEE Campus Rep., he has received numerous awards. He is the recipient of the Robert Odney Excellence in Teaching Award and the Peltier Award for Innovative Teaching at NDSU.

Dr. Zhi Ge, Shandong University

17923 Jingshi Road, Jinan, Shandong 250061, China

Integrating Building Information Modeling (BIM) in Teaching Project Scheduling and Control

Abstract

In order to determine how to integrate Building Information Modeling (BIM) with current construction engineering education, this paper reports a suggested approach of integrating BIM in project scheduling and control in various courses within the current construction engineering curriculum. The methods used are to find (1) how, when, and how much BIM knowledge should be introduced, and (2) how a course framework should be set up. It was found possible to use an existing construction curriculum to fully teach and apply BIM tools. Although the proposed approach still needs a full assessment with more rounds of teaching practice and modification depending on feedback being obtained from students and the construction industry, this pilot study can provide some insight and generate further discussion to teaching similar contents in other construction engineering programs,

Introduction

Technology and new tools always play an important role in the construction process. Usually, employers in the construction industry expect new employees to have a better capacity on new technologies. It is crucial that students in construction engineering programs have an opportunity to learn about the most current technologies that are used in the construction industry. Building Information Modeling (BIM) is one of such technologies and has obviously been used by the construction industry. With BIM, the traditionally used two-dimensional (2D) drawings in the construction industry is replaced with a data-embedded three-dimensional (3D) model that can directly generate lists of materials, quantity take-offs, preliminary schedules and of course the 2D drawings if necessary, working together with other computer software¹. Local construction companies and the Industry Advisory Council for construction programs provide intensive feedback and suggestions regarding the needs and uses of BIM technology. More and more construction companies are integrating BIM in their construction project design and management process, especially for project scheduling and control. Accordingly, more and more design firms and contractors who regularly hire our construction engineering students are asking for an expertise of BIM from students and are expecting BIM knowledge and capability from new graduates of construction engineering programs. More calls from those companies are asking the programs for recommendations of “BIM” students. Obviously, having BIM skills will provide construction students a positive element when they enter the construction industry and for their future construction career. Therefore, adopting BIM to construction curriculum is necessary and beneficial. However, a change of technology contents in courses requires significant updates on an instructor’s knowledge and much time and effort are required. This paper reports a suggested approach of integrating BIM in training construction engineering students to obtain knowledge and skills of project scheduling and control in various courses within current construction engineering curriculum, with a layout of course framework.

Background of BIM Technology

As discussed in the literature², many definitions of BIM are available in research and practice depending on how people use it. Probably the most popular definition is that BIM is “a model-based technology linked with a database of project information” (American Institute of Architects)³. One can easily understand and relate BIM to a once popular technology of Object-oriented CAD⁴, which provided much project information with 3D models and allowed users to visualize the project before it is actually built. A new industry standard called National Standard for Building Information Modeling (NBIMS), developed by the National Institute of Building Sciences (NIBS), “allows all the users of building information models to be able to easily utilize the information⁵” by standardizing the data formatting of BIM. However, the construction industry does not only treat BIM as a technology tool, but rather defines it as a process. It is true that BIM is a tool that allows viewing project data and information directly on a 3D model. It does not stop here though. Information carried by BIM models are reused over and over throughout the entire design and construction process among different project parties. Additionally, these models may be updated each time they are used and these updates are shared among all users instantly with proper levels of authorization. Moreover, BIM is integrated with many existing computer programs in the construction industry such as software for construction estimating, scheduling, and project management. These functions of a BIM ultimately allow updates on construction documentation done directly on BIM models⁶ and therefore provide much better project scheduling and control – a key component of managing a construction project.

Statement of Needs

Currently, it is very typical for an architecture program to have BIM courses in its curriculum. In a construction engineering undergraduate program, however, it is not likely to have a BIM course that covers all the details that fit the industry need. Actually, an independent BIM course requires many components from other courses; therefore, it might not be too hard to establish such a course but is hard, if not impossible, to make students realize BIM is a process that has many applications involved from other courses as well. Also adding or deleting courses might be a challenge under the current accreditation system of construction engineering. In our construction programs, within recent years, concepts, functions and techniques of BIM, have been briefly introduced to students in many different ways but in pieces here and there. However, it is desired by the student and their potential employers to set up a systematic approach to adopt BIM technology and process into the construction engineering curriculum.

Instead of establishing an independent BIM course, this paper proposes an alternative approach to integrate BIM within a current construction engineering curriculum, regarding project scheduling and control, by providing BIM components in various courses gradually. Discussions in the paper are to find how, when, how much and at what levels BIM knowledge and applications should be introduced and taught. The authors believe that a method of gradually introducing undergraduates to BIM and its applications through several sequenced courses should be one of the best approaches for students to fully understand project scheduling and control with BIM skills.

Methodology

The approach of integrating BIM in several classes is proposed below. This approach integrates BIM technology in a systematic way that helps student learn the knowledge and skills of project scheduling and control in many different perspectives. It can be forecasted that students can gain BIM knowledge and skills more thoroughly within a current curriculum. The steps are listed below:

- Determine the goals to be achieved by applying BIM into teaching.
- Choose method(s) to apply BIM into courses. At this step, it was determined to use several existing courses.
- Employ different teaching styles. The selection of teaching style depends on various stages of BIM knowledge and applications, the nature of courses, and the teaching expertise of course instructors.
- Set up a course framework that integrates BIM concepts and determine changes to be made to the current construction courses.
- Determine assessment and evaluation methods of student learning and teaching effectiveness.
- Report the results to program constituents.

Outcomes and Course Framework

After talking to many construction professionals, it was determined that two major BIM concepts and skills must be learned in order for students to provide benefits to the construction companies quicker. The first one is BIM software operations. The second one is, more importantly, about changes of construction engineering processes due to BIM implementation. In the classroom, these two skills can be gained by not only relating students' basic training along with construction activity requirements but also with a focus toward skills of project scheduling and project control.

Course layout and components can be established similarly to the one in the literature^{7,8}. BIM has to be learned while students are learning typical construction knowledge with a concentration on skills of project scheduling and project control along with other aspects such as field layout and management. As discussed above several related courses in the existing curriculum of a construction engineering program are used. Courses selected based on the nature of courses are Graphic Communication (CAD), Construction Planning and Scheduling, Construction Contract, Field Management, and Construction Information Technologies and/or Senior Design (Capstone). The development of instructional materials is critical, and is different at each level of teaching depending on teaching style. It was determined that formal lecture, hands-on laboratory, guest speakers, and comprehensive/intern projects are employed in order to achieve active and cooperative learning, along with the nature of each course and instructor's preference.

First, students must know the BIM basics before they can use BIM for project applications. Similar to many construction curricula, our construction engineering and management programs

have a course of Graphic Communication (CAD). In the past, the focus of this course was using AutoCAD to produce 2D drawings with basic sketching skills and graphic theories. Now the course is reshaped with BIM components and provides a basis for BIM applications in other courses later. Also the classroom is equipped with various BIM programs (Autodesk's Revit⁹, Bentley's Architecture¹⁰, and Graphisoft's ArchiCAD¹¹). Some professional tutorial materials or instructional materials from professional workshops are used to speed up the class progress without deleting too much of the original content of the course. Although in-class work focuses on the basic operations of software, a final class project is used without requiring students to understand the project in this stage. The final project is based on an actual construction BIM project obtained from a local engineering/construction firm. Typical components covered during this process are outlined as:

- Define common BIM terminology and learn basic operation commands.
- Obtain BIM modeling skills.
- Compare BIM with existing 2D CAD.
- Discuss how BIM is used in the industry and benefits that can be provided.

Secondly, in later courses, students can apply what they learned from CAD class to detailed construction applications. Courses selected are Construction Surveying, Construction Planning and Scheduling, Construction Contracts and specifications, and Construction Management. Typical components covered during this process are outlined as:

- Apply BIM in visualization.
- Practice using BIM for spatial coordination.
- With a real project, simulate using BIM for scheduling and project control as well as resource management.

BIM technology can be used for subcontractor coordination. Subcontractor selection is important for a general contractor and will become an important parameter in the project scheduling and control process. Subcontractors' qualifications and coordination can be enhanced by applying BIM models. The models with different levels of authority provide better coordination and updates among subcontractors. In the classroom, instructors can simulate different parts of the models based on the work scope of a subcontractor. They can then ask students analyze the impact among subcontractors within models. Reflected on a scheduling chart, some adjustments will be automatically generated due to changes on models.

The construction site layout is a very important aspect of project scheduling and control. Traditionally, site planning is done by checking various documents such as drawings, specifications, area regulations, and waste control along with construction systems. BIM models can automatically and virtually layout the site in its best way and generate scheduling for material delivery and others in a more accurate way. In the classroom, in order to make models work, industry inputs must be used. A set of real project data is preferred for students working as a group. Ideas from different groups can be exchanged as to practice the construction change

orders.

Of course the most critical component in the project control process is construction estimating and scheduling². The detailed dimensions, specifications, and product information embedded in BIM models allow a detailed and accurate takes-off generation. A cost estimate can then be produced by considering the waste factors and the overhead margin that is applicable to certain contractors by either on BIM models, or by exporting takes-off to specific estimating software such as Timberline or just a spreadsheet. The former requires working together with other estimating programs¹² such as Timeline via Innovaya Visual Estimating¹³ and Vico Software Estimator¹⁴ via a plug-in tool. Then, similar information can be exported to scheduling programs such as Microsoft Project or Primavera P6 generating a construction schedule. Now BIM models contain project components, specifications, quantities, cost and schedule information, in addition to the typical design information that can be found in 2D drawings¹⁵. Obviously and excitingly, now every project team member has this model during the entire construction process and all updates will be shared¹⁶. With actual progress measurements an optimal project control can be easily and accurately achieved. Overall, the project can be scheduled and controlled more efficiently. In the classroom, this process is simulated by deploying a real past project with real project information provided by a local contractor.

Lastly, in the Construction Information Technologies or Senior Design course, after students have learned the BIM basics and applications, they have an opportunity to work with a local firm to apply their knowledge and skills to a real construction project. During this process they will get familiar with:

- Identifying challenges of applying BIM for project scheduling and control.
- Developing an action plan in the future for a typical construction firm.

The class project mentioned above requires students to generate the following project scheduling and control components:

- Overview of the project
- Project start and finish dates,
- Project milestones
- Project cost
- Assumptions or results of the Request for Information
- Work Breakdown Structure (WBS) and the code numbering system as well as BIM model components
- General project specifications contained in the model
- Project resources including labor, material, equipment, and subcontractors
- Construction sequence and initial schedules
- Construction crush analysis

- Mobilization
- Site layouts including project waste removal and disposal, on-site material storage, material delivery checks, and utility connections
- Safety and quality plans
- Temporary structures
- Cost estimates and cost reports
- Project progress schedules
- Controlling methods between schedule and field progresses
- Explain any discrepancies in the schedules or changes
- Establish a typical BIM action plan for an average contractor

After this entire learning process, students should be able to:

- Realize the importance of BIM and potential benefits BIM provides.
- Understand the terminology of BIM and its capability to meet the needs of the construction industry.
- Recognize the scope of construction activities for BIM that are applicable and potential impacts by BIM to the existing construction process regarding project scheduling and control.
- Select appropriate software and hardware for an action plan of using BIM to improve construction performance.
- Locate future study directions to reshape project scheduling and project control process.

Conclusion

An integrating approach was proposed to bring BIM to construction engineering education. The paper has addressed needs, methodology, and course framework to help students learning BIM in order to meet the construction industry's requirements. The framework of integrating BIM in project scheduling and control in various courses defines how, when, and how much BIM knowledge should be introduced. It was found possible to use the existing construction curriculum (instead of establishing a new independent course) to fully teach and apply BIM tools. Integrating the BIM technology and its applications in the existing courses prevents a program from frequent modifications of its curriculum. Students will gain the knowledge and skills in an effective and efficient way. Real projects used in the classroom will help students better understand how to plan, schedule and control the construction project. It is believed that gaining BIM technology will benefit the students' future career, while meeting the ABET accreditation objectives of (j) a knowledge of contemporary issues, and (k) an ability to use techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.

Bibliography

1. Rundell, R., Building Information Modeling in Action. *Cadalyst*, May 17, 2004. <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=99884>.
2. Gao, Z., Mahalingam, G. and Nguyen, T., “Applications of BIM in the design and construction,” ICCCBE-XII & INCITE 2008, October 16-18, 2008, Beijing, China.
3. Lee, G., Sacks, R., and Eastman, C. M., Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system. *Automation in Construction*, 2006, 15(6), 758-776.
4. Howell, I., and Batcheler, B., Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations. http://www.laiserin.com/features/bim/newforma_bim.pdf.
5. Wikipedia, Building Information Modeling. http://en.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling.
6. Nguyen, T. H., Shehab T., and Gao, Z., “Evaluating Sustainability of Architectural Designs Using Building Information Modeling,” *The Open Construction and Building Technology Journal*, 2010, 4, 1-8.
7. Walters R. C., and Gao, Z., “A New Sketch of an Advanced Course in Computer Graphic Applications in Construction,” *Proceeding of 2003 ASEE Annual Conference and Exposition*, Nashville, Tennessee, June 22-25, 2003.
8. Walters R. C., and Gao, Z., “Strategy to Incorporate GIS and GPS Applications into Construction Education,” *Proceeding of 2006 ASEE Annual Conference and Exposition*, Chicago, Illinois, June 18-21, 2006.
9. Autodesk, Building Information Modeling – The power of BIM. <http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?id=3781831&siteID=123112>.
10. Bentley, Building Information Modeling – Change is good. <http://www.bentley.com/en-US/promo/flash/what.htm>.
11. Graphisoft, Value Proposition for ArchiCAD. <http://www.graphisoft.com/products/archicad/>.
12. Goldberg, H. E., AEC Estimating Tools, <http://aec.cadalyst.com/aec/article/articleDetail.jsp?id=99863>.
13. Innovaya, Innovaya Visual Estimating 9.4, http://www.innovaya.com/prod_ve.htm.
14. Vico Softwar, Vico Software Estimator 2008, <http://www.vicosoftware.com/Products/Estimator/tabid/46259/Default.aspx>.
15. Dean, R. P., Specifying and Cost Estimating with BIM, <http://www.architechmag.com/articles/detail.aspx?contentID=3624>.
16. Turner, B., Integrate Design with Construction and Operating Costs Using BIM, http://www.aia.org/print_template.cfm?pagename=k_a_200612_ftr.

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2017.02.011

欢迎按以下格式引用: 蒋金洋, 刘志勇, 余伟. 多尺度分析方法在土木工程材料教学中的探索与实践[J]. 高等建筑教育, 2017, 26(2): 044-046.

多尺度分析方法在土木工程材料教学中的探索与实践

蒋金洋¹, 刘志勇², 余伟¹

(1. 东南大学 材料科学与工程学院, 江苏 南京 211189; 2. 中国矿业大学 力学与建筑工程学院, 江苏 徐州 221116)

摘要: 土木工程材料课程是一门重要的专业基础课, 其内容庞杂、知识体系更新速度快、知识点相互联系紧密且每章节独立性较强, 学生对学科的感性认识差, 理论与实践差异大。探索了一种基于多尺度理论的教学方法, 从改革理论教学和实验教学出发, 力求使土木工程材料课程教学更加形象具体化, 使学生从科学思维的角度去理解众多土木工程材料的内在联系。

关键词: 土木工程材料; 专业基础; 理论; 实验; 多尺度教学

中图分类号: G642.0; TU50-4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-2909(2017)02-0044-03

土木工程材料科学是土建类专业开设的一门专业基础课, 其教学目标一方面体现在为后续专业课的学习提供相关的基础知识, 使学生掌握从事实际工作所必须的基本知识和技能; 另一方面还要为培养具有将新材料应用到土木工程中的工程创新型人才奠定基础^[1]。但在土木工程材料课程教学实践中, 学生普遍反映课程知识点庞杂, 学习吃力。

文章从课程教学出发, 以改善教学方法, 提高教学效率为目的, 探索出一种多尺度教学方法, 尝试用多尺度分析方法论从一个全新的角度去分析课程, 优化课堂教学内容, 使整个教学内容更加具有层次性和条理性。

一、多尺度理论

多尺度科学是一门研究不同长度尺度或时间尺度相互耦合现象的跨学科科学, 是复杂系统重要分支之一, 具有丰富的科学内涵和研究价值^[2]。多尺度现象是存在于客观世界所固有的普遍现象, 受助于数学、物理学、化学、材料科学等各领域科学家的共同努力, 多尺度现象越来越多地受到关注与重视, 已涵盖介观、微观和宏观等多个物理、力学及其耦合领域, 其具体的研究方法是考虑空间和时间跨尺度和跨层次特征, 将相关尺度耦合, 过滤出有用的微观信息。多尺度研究方法也是理解各种复杂的材料科学和工程问题的重要方法和技术。

在自然界和工程实践中, 许多现象和过程都具有多尺度特征或多尺度效应。目前多尺度理论及研究方法主要应用于数学、物理学、化学、生物学等理

收稿日期: 2016-11-07

作者简介: 蒋金洋(1974-), 男, 东南大学材料与工程学院研究员, 博士, 主要从事土木工程材料研究, (E-mail) jinyangjiang@163.com。

工科研究领域,为认识事物本质提供了良好的方法。比如郑晓霞等人运用多尺度方法研究了纤维在增强复合材料弹性、黏弹性、塑性、失效退化、热力学等力学性能中的进展^[3]。对比在自然科学方面的成熟运用,多尺度理论在教学方面鲜有研究。

二、土木工程材料课程中的多尺度理论

土木工程材料属于材料课程。材料按照尺度从小到大依次为量子尺度、原子和分子尺度、微米尺度和毫米尺度。每个尺度所需要的知识组成体系不相同,如量子尺度需要用到量子力学的知识,原子和分子尺度需要分子动力学的知识,微米尺度的材料结构需要涉及缺陷动力学和结构动力学的知识,毫米尺度的宏观性能尺度需要连续介质力学的知识。由此可见,整个材料课程的体系是非常复杂的,从小到大大包含不同的学科,它们依次为量子化学、固体物理、材料科学和材料工程(图1)。

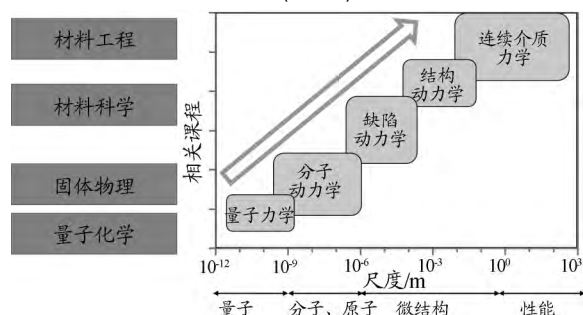


图1 材料课程的多尺度划分

土木工程材料课程内容多以叙述为主,课程涵盖的材料种类繁多。课程中教材内容涉及的概念多,专业术语多,各章节介绍的不同材料之间逻辑性较差,对学生的机械记忆能力要求较高^[4],多数学生会感到土木工程材料课程具有无条理、无重点、不系统的特点。在教学过程中,如何使学生理清课程中相关内容之间的联系,使其能够准确把握课程中的重点难点,是教师在教学中工作的重点,也是决定教学质量的关键因素。

在认识到土木工程材料课程所具有的特点后,基于多尺度理论的观点分析土木工程材料课程。首先,应该认识到所有材料的物理、化学及力学性能,都是由组成其整体的各材料性能的综合表现,而各种组成成分的物理、化学及力学性能又是由其内部微观性能所决定的。其次,作为一门基础专业课,土木工程材料课程关系到后续课程的学习,因此在教学过程中须注意与其它学科的关联。最后,教师在课程授课时,建立完整的多尺度授课内容,形成“小步子”教学,循循善诱,将多尺度分析方法的思维传授给学生,使其能够在以后的学习生活中运用多尺度分析方法思考科学难题,解决工程实际问题。

三、多尺度分析方法在教学中的应用

土木工程材料课程的学习分为以课堂学习为主的理论知识学习和以培养学生实践动手能力为主的

实践能力训练。做好理论教学和实验教学是提高土木工程材料课程教学的主要任务。依据多尺度理论,从改革理论教学和实验教学两方面出发,力求使土木工程材料课程教学更加形象具体化,使学生更容易理解。

(一) 多尺度方法在理论教学中的应用

土木工程材料课程概念和经验性内容多,传统的授课方式偏重于课程内容的叙述,多数从宏观的角度灌输给学生,并未从介观、纵观、微观等多个角度去认识材料,导致学生只是模糊地掌握了一些概念,对材料的认识只停留在浅显的表面,不能真正由表及里,探其究竟,更无法激起学生的学习兴趣。

人类对新事物的认识要经历从点到面、由小到大的多尺度过程。对于新材料的认知我们应该从多尺度出发,多角度、多方面、多层次研究各种材料的性能及影响因素,架构新的教学理念与方式,使这门学科更加具有探究性,知识体系更具层次性和条理性,因此在学习该课程时不能只从宏观角度去感知,还应从材料内部入手,逐渐拓展至宏观结构。

如:在进行水泥基材料相关章节的授课时,要从材料各组分内部微结构出发,按照多尺度研究方法,将水泥基复合材料划分为四种尺度水平(图2),在此基础上,分别在各个尺度上分析其所具有的物理化学及力学性能,最后演绎至水泥基材料的性能研究。在讲课过程中可以从宏观角度介绍工程实例,给学生形象直观的认识,引发学生思考,再从微观角度剖析讲解其本质。认识宏观结构之后,再从其实体上取微观单元研究,可以从实际环境因素和外部荷载等因素共同作用下细化材料的微结构及多尺度,建立每一尺度下的理想模型,图2将混凝土划分为4个尺度:(1)由集料、水泥浆体和钢筋组成的钢筋混凝土微单元;(2)由未水化水泥颗粒、水化产物以及ITZ组成的水泥浆体微单元;(3)由C-S-H凝胶、CH晶体、孔等组成的水化产物单元;(4)C-S-H凝胶晶粒和凝胶孔。让学生思考材料的微观状态与宏观状态的关系,混凝土细观上的组成是如何影响其结构性能的,这样也更能激发学生的兴趣和创造性思维,有利于培养学生良好的学习习惯。

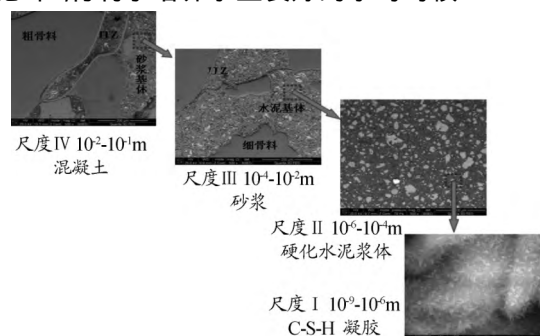


图2 水泥材料微结构划分

从多尺度研究角度可以发现,水泥基材料是由多相组成的,是一种相当复杂的复合材料,为了让学

生更好地从微观角度理解材料的宏观性能,可以采用多尺度方法研究材料性能,利用这些方法从微观角度讲解水泥浆体中毛细孔和凝胶孔在饱和和非饱和状态下的传输性能,介绍C-S-H在微观尺度上的几何形态以及具有的各种性能,在此基础上推断水泥净浆材料应该具有的性能,然后对比材料性能找出差距,分析其实际性能与推断结果的差异。以此类推,逐渐扩展至混凝土材料,层层递进,最后演绎为水泥基材料的性能探讨。

(二) 多尺度教学方法在实验教学中应用

传统实验教学按指导书照本宣科,学生被动接受,扼杀了学习积极性,同时受课时的影响,实验课只做到了解基本实验过程和操作方法,无法深入探究材料具有的性能,进行探究创新性实验。运用多尺度教学分析理论,在进行实验教学中要注意优化实验课内容,在大纲要求的实验基础之上可适当展开拓展性实验,还可以基于多尺度的教学方法进行自主设计创新性实验,使用各种先进设备,对实验进行改革和创新。探索创新性实验是结合土木工程材料教材内容和大学生的学习能力,精心进行实验教学设计,营造出特定的实验条件和环境,供大学生学习的一种实际操作。将多尺度教学方法融入到探索性实验教学中有助于培养学生深刻思考问题的能力,及创新意识。大学生在实验中观察材料形态、理解概念,有效开发了智力,培养了学生探索、分析、归纳的综合能力。

例如:工程中混凝土强度的设计以其抗弯强度为依据,让学生观察已测得抗弯强度的失效混凝土试件,寻找试件失效位置,引导学生从微观角度考虑水泥石强度、集料性质,以及水泥石与集料接触层的粘结力是如何影响混凝土的抗弯强度。水泥石是水泥加水后水化的产物,它与水泥本身的强度、水灰比有关,而水灰比影响净浆试件的内部微结构,在实验保持其他条件不变的情况下,用不同水灰比来比较

其内部密度和孔隙率的变化,从而观察混凝土强度的变化。混凝土的强度和耐久性与集料的种类、形状、大小和性质有关,在实验时确保其他条件不变,观察不同的集料对混凝土抗弯强度的影响,通过让学生添加不同的添加物来改变骨料颗粒的大小,进而观察强度的变化。水泥石与集料周围的粘结力是混凝土中强度最薄弱区域,这与水泥水化后凝胶浓度、粘度以及结晶后粒径大小、形状和晶体的排列有关,可以通过观察这些晶体和凝胶层包裹集料的厚度对裂缝的影响来观察裂缝内部的变化。

四、结语

针对传统教学在土木工程材料课程授课时存在的弊端,结合多尺度理论及方法,利用多尺度研究方法在材料和实验方面已经取得的研究成果,建立了一种多尺度教学方法,旨在加强大学生对理论知识的学习,强化该课程的重点,同时兼顾教学的深度和广度,力求使学生从本质上了解材料的性能,培养学生主动学习的习惯及创新意识,养成独立解决问题的能力,从而提高教学质量,为社会建设培养高素质工程技术人才。鉴于土木材料课程改革的难度,考虑相关教学软硬件的不断更新,文章提出的多尺度教学方法为其提供了一种新的改革思路,拓展了土木工程材料课程的教学体系。

参考文献:

- [1]张利,刘永,苏胜,等. 素质教育背景下的土木工程材料教学体系的构建[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(1): 61-3.
- [2] GLIMM J, SHARP D H. MULTISCALE SCIENCE: A CHALLENGE FOR THE TWENTY - FIRST CENTURY [J]. *Advances in Mechanics*, 1998.
- [3]郑晓霞,郑锡涛,缙林虎. 多尺度方法在复合材料力学分析中的研究进展 [J]. *力学进展*, 2010, 40(1): 41-56.
- [4]谢振国. 土木工程材料课程课堂教学方法探讨 [J]. 高等建筑教育, 2009(03): 78-80.

Exploration and practice of multi-scale analysis of civil engineering materials teaching

JIANG Jinyang¹, LIU Zhiyong², SHE Wei¹

(1. School of Materials Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 211189, P. R. China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China)

Abstract: The course of civil engineering materials is an important professional basic course and has the content of complex as well as fast update of knowledge system. The knowledge points are closely linked and the independent of each chapter is strong. However, the perceptual knowledge of students is poor, theory and practice have a big difference. This paper explores a teaching method based on multi-scale theory. From the aspects of reforming theory teaching and experiment teaching, we try to make the teaching for civil engineering materials more visualization, so that students can understand the internal relations of many civil engineering materials from the view of scientific thinking.

Keywords: civil engineering materials; professional basis; theory; experiment; multi-scale teaching

(编辑 梁远华)

纳米科学技术在土木工程材料专业教学中的探索

蒋金洋¹ 张宇¹ 王凤娟¹ 睦世玉²

1. 东南大学, 江苏 南京 211189

2. 青岛理工大学, 山东 青岛 266520

摘要: 土木工程材料领域的材料优化和开发工作发展缓慢, 无法突破已有的设计理念和技术依赖, 难以突进和质变。广泛引入纳米科学技术是解决这一问题的途径, 而在承担国家科学进步发展的研究生群体中深入学习纳米科学技术则是解决这一问题的捷径。本文首先讨论了纳米科学技术和土木工程材料学科的专业特点, 针对其特点提出了有效的课改方案, 即在课堂教学中强化纳米科学, 使学生从本质上了解材料的属性, 养成“追本溯源”的科研思维, 成为高素质创新科研群体, 从源头上提升土木工程材料科学发展的动力。

关键词: 纳米科学技术; 土木工程材料; 课程改革; 原子模拟

中图分类号: G642 **文献标识码:** A

土木工程材料是土木工程一级学科下的分支, 同时与材料科学学科之间有密切的关系, 成为推动土木工程与材料等学科进步及发展的基石。在工科土木建筑类专业的本科和研究生教学中, 土木工程材料是一门十分重要的专业基础课程, 也是入门级课程之一。它不仅可以为学生提供各类建筑材料的基本理论知识, 还可以为今后从事相关专业工作准备好工程应用的相关技术知识。但随着科学技术的迅猛发展, 传统土木工程材料的授课内容逐渐与时代脱节, 无法满足课堂教学与时俱进的要求。

本文以研究生课程教学先进化为出发点, 以开拓学生视野、深化课程教学意义、培养新型专业人才为目的, 将纳米科学技术融入到土木工程材料课程中来, 使专业课程的教学更加贴合实际需求。

1 纳米科学技术

纳米科学技术是研究于纳米尺寸(1~100nm)时, 物质和设备的设计方法、组成、特性以及应用的应用科学。目前纳米科学对材料产业结构具有颠覆性影响的潜力, 是本世纪最前沿的科学之一, 逐渐成为提升国家未来核心竞争力的重要手段和推动世界各国经济发展的主要驱动力。这是因为纳米颗粒在进入纳米尺度后呈现出一些宏观物质不具备或在宏观物质中可忽略的物理效应, 包括表面效应、量子尺寸效应、小尺寸效应、宏观量子隧道效应等。纳米材料的研究包括了纳米颗粒材料和由纳米颗粒组成的纳米相块体材料, 纳米材料学主要研究纳米材料的制备、结构、性能及

其应用等, 充分发挥其独特的效应, 解决人类面临的一系列大尺度无法解决的问题, 它属于纳米科技与材料学交叉而成的前沿学科。我国自“八五”期间的“纳米材料科学”国家攀登计划项目, 到现在大规模建设国家级纳米科技基地, 始终都将纳米科技作为国家发展的重大战略^[1]。

纳米科学的基本内涵是在纳米尺度上研究和利用物质的特性(相互作用和纳米效应), 并实现原子和分子的操作, 其涉及诸多学科领域, 包括化学、先进制造科学、材料科学等。

2 土木工程材料学科特点

土木工程材料学科是一个多学科混合的综合学科, 简单来说就是材料科学和土木工程前沿研究领域相互交叉而形成的一门新的基础理论和应用研究学科, 致力于在材料科学、计算机学、数学、力学、化学、物理学等等基础研究领域与土木工程、水利水电工程、交通工程等应用领域之间, 架设相互促进发展的桥梁, 形成以应用为导向的跨学科研究, 随着学科逐步的发展, 其涵盖的内容也逐渐扩大, 甚至还可能会包含生物学的知识。

多尺度是一门跨越几个量级长度尺度和时间尺度互相耦合的跨学科科学, 其受助于物理学、化学、数学、材料科学等各个领域科学家的共同努力, 具有丰富的科学价值和科学内涵, 是当今公认的复杂学科之一。所谓多尺度, 在材料领域实际上就是对不同粒度的样品采样分析, 在不同的尺度下可以观察到不同的

特征,从而得到不同的材料信息。通常来说粒度更小/更密集的采样可以看到更多的细节,粒度更大/更稀疏的采样可以看到整体的趋势。多尺度理论及研究方法为认识物质本质提供了有效的途径。

多尺度是土木工程材料学科的典型特征。该学科所研究材料以混凝土材料为主体,从原子尺度的水化硅酸钙分子结构出发,到微纳尺度的水化产物堆积,再到细观尺度的集料与水化产物的界面过渡区,都与混凝土材料的宏观性能有着紧密的联系。分子是保持物质属性的最小单元,也是决定物质宏观属性的关键因素。每个尺度的性能都与分子结构及其堆积密切相关,分子间的相互作用决定了水化堆积界面和堆积速率和形态,最终控制宏观力学、耐久性等各项属性。而分子结构的研究就属于纳米科学技术的范畴,因此,基于纳米尺度对材料性能的学习,不仅可以为繁杂的多尺度性能知识点找到“为什么”,还能起到不同尺度知识点串联的重要作用。

基于纳米科学的多尺度理论及方法在科学研究方面已经广泛推广并使用,但在土木工程材料专业教学方面的结合应用还较少,现阶段亟需推广纳米科学技术与传统材料的深度交叉。土木工程材料学科知识点众多、理论交叉、工程试验复杂,形成理论框架且融会贯通并非易事,而对其根本机理的剖析更是难上加难。对纳米科学技术的学习,可以为学生打造一把理解和探索的钥匙,更有助于养成“追本溯源”的科研思维,为国家和社会土木工程材料的研究和应用提供更多可能。

3 将纳米科学技术渗入教学

建立完整的纳米科学知识体系是实现其在学科中灵活应用的前提条件,对新事物的认识通常要经历由点到面,从小到大的过程。因此有必要从课程教学做起,将纳米科学渗入日常课程教学。对于新知识的学习,我们应该做到从多尺度出发,基于纳观尺度探究物质本源,并从本源出发进一步了解物质形成规律和功能形态,构建新的教学方法和理念,提升学科的科学性、探索性,也使知识体系更具有条理性和逻辑性,将传统经验性的教学方式向科学性转变。

在土木工程材料专业授课时,可以先从宏观角度介绍工程实例、结构特性以及材料性能,给学生直观的认识,引发思考,再从更深入的尺度去讲解并剖析

其内在本质。在传统针对混凝土材料的授课中,往往将其分为以下几个代表单元:1)由集料和水泥浆体组成的混凝土;2)由未水化颗粒、水化产物及界面过渡区组成的水泥浆体;3)由水化硅酸钙凝胶、氢氧化钙晶体和孔隙组成的水化产物;4)水化硅酸钙凝胶晶体和凝胶孔。上述授课思路一般主要针对不同的代表单元进行概念化的描述和介绍,缺少相互之间的深入联系,并且当体系改变时往往难以实现知识的灵活迁移,对学生的机械记忆能力要求较高。因此,若能将纳米科学技术的多尺度理论和方法引入到授课中,将会有效改善这一状况。

例如,对于上述水泥基材料微结构,可以先介绍其微观形貌和结构特征,再在尺度上自下而上地讲解。从水化硅酸钙分子出发,从晶体形成能的角度阐述其晶体的生长取向,通过界面能预测水化硅酸钙微晶间的堆叠方式,在微细尺度上的生长演变规律可从分子扩散及势能最小化的角度解释,由此可将各个知识点由点到线的串联。当环境改变时,例如由水泥一元体系增加到粉煤灰/矿渣多元体系或者改变水化温度等,其在微观的改变亦可追本溯源,在纳观尺度找到答案。如此授课过程,能够让学生思考材料的纳观本源与宏观观状态的关系,以及混凝土结构是如何形成的,且其形成方式对宏观状态的影响机制,如此以来,能够更大程度地激发学生的学习兴趣和创新性思维,逐渐建立完整的纳米科学知识体系。

4 培养学生纳米科学思维

授人以鱼不如授人以渔。传授科学知识是教学工作的任务之一,而教授科学思维则是教育工作者更加重要的使命。

在课堂中概念和理论方面的学习能够逐步完善学生在纳米科学领域的知识体系,但是若学生只是被动地上课接受知识,没有自主的动手和思考,很难真正实现纳米科学思维的养成,难以完成学生“追本溯源”科研创新思维的培养。因此,从高校教学的角度,可以进一步加设分子动力学等原子模拟课程,尤其是研究生,他们对很多基础课程已有充分的储备,通过加强分子模型的自主构建和对计算结果的分析表征能力,可以使学生从原子尺度出发考虑并解决问题,为学生增加了观察和思考事物本源的视角,养成从纳米尺度上考虑问题的思维模式,使纳米科学思维方式不仅成

为材料性能研究和设计工作的基本需求,更能成为一名材料科研工作者的基本涵养。

当今世界公认并普遍使用的原子模拟方法分别是第一性原理和分子动力学^[6]。第一性原理不使用经验参数,通过计算电子在空间上的分布,计算并调整原子间的相互作用、结构形式及光电特性等一系列性能;分子动力学基于经典牛顿力学,计算原子的动力学特性,可以对分子结构、界面、溶液体系做出准确地计算和预测。两种计算方法可在计算精度和计算尺度方面相互弥补,从而实现尺度从埃米至几百个纳米的准确计算。

原子模拟的第一步,是将复杂的现实问题抽象化为简单的分子模型,这个过程训练学生对问题的统筹理解、核心把握能力。例如:在水泥基体系中经常引入矿渣、粉煤灰等富铝相矿物掺合料,其对水化产物有不同程度的影响,导致宏观性能明显改变,实验结果表明,有一部分铝相参与了水化硅酸钙等水化产物的形成。通过使用原子模拟,首先需建立符合晶体化学理论和实验结果的分子模型:掺有铝相的水化硅酸钙的分子结构。这个建立过程既需要充分的实验结果调研,又需要一定的晶体化学理论知识学习。具体来讲,以下问题都需要考虑:铝相将以何种方式掺入水化硅酸钙分子结构;存在位点是否势能最小化;其掺入对原有结构造成哪些影响等等。经过上述训练,学生将对该材料结构及其性能有更深入了解。再如,水泥基体系中的水和离子传输,其简化模型为水化产物孔道中的物质传输,但其模型的构建较为复杂,需要抓住实际情况的关键影响因素,进行一定程度的简化,这缺少不了对实际问题的理解和大量相关理论的掌握。

模型建立之后则是模拟计算和分析工作。原子尺度计算的准则直接反应了原子间的相互作用准则,以及该相互作用对分子结构和动力学的影响机制。在计算过程中,结构演变使体系势能趋于最小化,对计算结果的自主分析更能加深对问题的认识。

5 教学分工

上述教学要求显然给教学工作者提出了极高的挑战。这要求教学工作者不仅要熟悉相关学科的课本知识,更要具有相关纳米科学的知识储备和科学思维;相应的,备课过程也需要付出更多的时间和精力。因此,本研究提出“教学分工”的解决策略。

第一,培养专职教学队伍,进行基础课和专业课

教学。当前国内很多高校已开始普遍做出教学岗和科研岗的区分,正所谓术业有专攻,“专攻”的不仅仅是知识,更是经验,即工作的方式方法。而当前,国家对本科教学工作的重视度也日益提升,这从相关人才称号、奖励评定的政策倾斜能够看出。因此,有必要培养一批专职的教学队伍,定期组织培训学习,研读教材,交流教学经验。

其实,上述培养专职教学队伍的建议本就亟待实施,而不仅仅因为新教学模式的提出。国内的小、初、高中的教学,教师以传道授业为全部工作内容,为我国高层次人的早期培养奠定了坚实的基础,这也是为什么我国素质教育质量远高于西方(公立学校)的原因之一;但是值得警惕的是,我国大学的教育工作者的主要精力似乎很难完全放到教学工作上,需同时兼顾科研和教学。因此,亟需培养专职教学队伍,以教学工作为全部,方能极大提升基础课和专业课的教学质量。

第二,开展讲座式课堂,进行拓展类和前沿类教学。上述意见将科研工作者和教学工作者分开,但并不意味着科研工作者完全远离教学课堂。在教学方面,科研工作者和教学工作者分工不同,教学工作者承担基础课和专业课的教学,其量大任重,因此需要专职;而科研工作者仅需承担拓展类和前沿类教学,培养学生探索和科研意识,拓宽视野,了解国际科学发展前沿。

6 结束语

针对土木工程新材料研发的后力不足的现状,有必要针对研究生群体加强纳米科学教育,建立纳米科学知识体系,培养纳米科学科研思维,从分子尺度剖析材料本质,培养高素质创新科研群体,从源头上提升土木工程材料科学发展的动力,从本质上推动原有材料的优化和新材料新功能的研发。

参考文献

[1] 博洋. 国家出巨资支持纳米科技[J]. 化工中间体, 2003(7): 36-37.

作者简介: 蒋金洋(1974—),男,东南大学研究员教授,博士生导师,主要从事土木工程材料研究,受国家杰出青年科学基金(51925903)资助。

土木工程专业 BIM 课程的教学思考

刘梅 武科 衣振华

(山东大学 山东·济南 250061)

摘要 BIM作为一种新兴技术,彻底改变了传统的土建设计、施工方法。土木工程教学引入BIM技术是高校土木工程专业教学的需要,将大大促进土木工程行业的与时俱进,培养更多优秀的适应社会发展需求的高级应用型人才。了解现阶段BIM技术融入土木工程专业的国内外现状,从教学的角度进行研究并采取有效的措施,为土木工程专业融入BIM技术提供教学参考。

关键词 BIM技术融入 土木工程专业 教学思考

中图分类号:G642

文献标识码:A

1 国内外现状

随着BIM技术的迅速发展,学生已然成为BIM技术人才培养的后备军,许多高校都已跟上时代潮流,开设BIM课程,实现BIM技术的大规模发展和推广。美国是BIM技术的发起国家,在学术界取得较好的科研成果。BIM课程已成为美国部分大学本科土木工程专业的重要部分,如斯坦福大学、宾夕法尼亚州立大学、加州理工大学等。新加坡高校的BIM人才培养在教育部门的大力支持下取得了一定的成就。截至2018年,新加坡三分之二的大学在本科和硕士课程中设置了BIM课程教学,主要是以BIM的基本概念和理论为教学研究内容。新加坡南洋理工大学和新加坡国立大学也成立了BIM中心,致力于提升BIM方向的教学与科研能力。

国内高校的BIM技术融入也在如火如荼地进行中,华南理工大学成立了我国第一个BIM实验室;清华大学与广联达公司共同成立了BIM研发中心,重庆大学、哈尔滨工业大学等高校开设了“BIM概论”、“BIM技术应用”等BIM相关的课程。

BIM在我国的发展已经进入了学校BIM人才培养阶段,BIM的应用现状使得社会、行业、企业对学校人才培养提出了新的需求,在国内高校土木工程专业类院系中设置信息模型技术BIM课程,以及对BIM课程教学内容的开发与建设势在必行。让学生跟进建筑行业的前进步伐,与时俱进,培养优秀的建筑技术人员,是高校土木工程专业需要完成的使命。

2 BIM课程教学方法

2.1 建立完善的BIM课程教学体系

BIM技术具有很好的交互性,与土木工程专业的课程有很大的交叉协作性,BIM课程教学方法可根据不同的教学目标和不同的课程特点分为以下两种。一是独立开设BIM课程,比如《建筑信息模型BIM》。二是在现有的专业课程的教学内容上植入BIM技术及相关的BIM知识和实践。BIM技术植入不同的课程中尽可能地发挥BIM技术对课程教学的潜在优势,在课程教学中最大程度教授BIM技术知识,将其融入到土木工程专业教学的方方面面。在既有课程中植入BIM知识与技能有多种方法:将BIM知识模块嵌入课堂教学中;把BIM的技能模块纳入到课程设计、毕业设计等教学环节。具体可植入的课程可以包括《工程制图》、《工程概预算》、《工程施工》等。

课堂是最基础的教学方式,能够直接向学生传授BIM知识。BIM课程教学内容应符合培养综合性相关专业人才的

培养目标,遵循理论与实践并重的原则。BIM课程教学主要以教为主,系统地教授BIM技术的知识,对BIM相关软件进行实例讲解。BIM专业应用课程的BIM知识与技能植入方式如下:

年级	土木工程专业课程	课程组织形式	BIM技术应用	开设方式	实践教学平台
一	初级BIM技术	课堂授课、实践教学	BIM建模技术的基础学习	开设新课	Autodesk Revit等
二	工程制图	课堂教学、实践教学	BIM建模的基本应用技能:模型的创建与修改;标注与注释;图纸输出	植入	Autodesk Revit, Autodesk CAD等
三	工程概预算	课堂教学、实践教学	基于BIM的工程量自动统计;工程造价	植入	广联达算量与造价软件
三	工程施工	课堂教学、实践教学	基于BIM的进度流水施工定制;5D施工模拟,多专业协调	植入	Autodesk Navisworks,广联达5D软件等
四	BIM毕业设计	实践教学	BIM模型创建、多专业模型集成、模型优化、图纸输出及图纸检查	单独开课	Autodesk Revit; Autodesk Navisworks; Sketchup; Primavera 6等

2.2 与企业及软件公司共建BIM课程实践教学平台

高校应该注重教学的多样性和时效性,注重与企业及软件公司的交流合作,与时俱进。BIM技术融入教学中不仅要重视知识体系的教学,更应强调实践教学的重要性。高校通过与企业及软件公司的合作,根据专业特色和学院资源条件,选择适合土木工程专业发展的BIM实训案例库和BIM实训教学平台。高校还可以利用合作的软件公司开发的软件在实现教学、资源共享等操作,大大促进教育教学信息化发展的建设,增加学生学习的趣味性,达到高校与企业间资源共享和互利共赢的目标。与企业公司建立合作关系不仅能提高BIM专业教师的教学水平,更有益于培养前沿的BIM技术专业人才,并且能对BIM技术的应用现状和发展趋势有更深入的了解,可

以围绕建筑企业的用人需求来培养 BIM 人才。例如,清华大学与广联达公司合作建立了 BIM 联合研究中心。

2.3 加强 BIM 专业教师的培养

BIM 技术的教学人才是 BIM 技术应用人才培养的重要力量,师资水平是教学质量的关键。随着 BIM 技术逐步推广,社会对 BIM 人才的需求不断增加,提高 BIM 专业教师的教学水平刻不容缓,高校可以通过组织专业培训、专家讲座及与企业或高校合作交流等方式提高专业教师对 BIM 技术的应用能力和教学能力,密切了解行业的人才需求和发展形势,参与企业 BIM 项目,从实践中不断反思和探索,更有效地开展 BIM 技术的相关教学,提高 BIM 技术的教学质量。BIM 专业教师更应该在教学过程中不断进行教学反思,研究并推广适合学生的教育教学方法,实现 BIM 技术融入教学中的效果的提升。高校要注重 BIM 人才引进,注重教学团队的合理性、长期性和可持续性建设,加强培养 BIM 师资力量。BIM 专业教师不仅要积累 BIM 专业知识,更要注重 BIM 专业的实践能力,教学过程中也不能单纯为实践教学而教学,注重课程教学和实践教学相统一。

2.4 选择、编写优秀的教材

在 BIM 专业教师的交流探讨下选择符合 BIM 技术理论教学的优秀教材,如 BIM 总论、BIM 应用基础等,或者组织专业教师与 BIM 软件公司进行合作编写更适合 BIM 软件教学并且符合土木工程专业特色的优秀教材。

2.5 鼓励学生参加各类 BIM 技能竞赛

BIM 技能竞赛能够将学生带入真实的工程案例中,脱离枯燥乏味的理论教学,生动形象地展示 BIM 技术,能有效提高学生的 BIM 实际应用能力,增强学生学习的自信心和积极性。同时,技能竞赛也能督促教师主动进行教育教学改革,以适应 BIM 技术融入教学的需要,是课堂教学的延伸和扩展。

3 BIM 融入教学目标

本课程体系建设应紧密结合学科前沿及 BIM 技术热点问题,在教学与专业建设方面,着力进行课程教学内容的建设,通过课程讲解、上机实验、案例操作、理论与实践考核等环节,旨在实现以下目标:

(1)全面涵盖 BIM 在建筑领域的前沿理论知识。通过该课程体系的学习,使学生能够了解并掌握 BIM 的概念理论和技术应用,探讨 BIM 在当前和未来土木工程行业的重要作用。

(2)推广普及 BIM 相关软件在土木工程专业领域各方面的应用。熟练掌握 BIM 通用软件如 Revit、Navisworks 等的使用方法,使用 BIM 软件工具建立、分析、设计、建立通用的建筑、结构的 BIM 模型,通过使用行业公认的 BIM 设计、规划、施工、管理软件,用于工程建设规划设计、施工现场、造价控制等方面。

(3)与实际工程相结合的 BIM 实践教学。与校内外工程企业及 BIM 软件公司的合作关系共建 BIM 实训课程内容,使学生具备组织实施和管理项目应用 BIM 的能力,实现 BIM 价值点的应用。在 BIM 模型中,实现专业建模、翻模、整合模型、4D、5D 等多个应用点的价值,掌握 BIM 软件中施工组织设计的理论与方法,达到工程项目施工过程模型管理与虚拟建造应用的目的。

4 结语

BIM 技术是建筑领域的未来重要方向,可以在工程中提高建设的生产效率、增加经济效益,是未来土木工程行业的从业人员必须熟练掌握的一项新技能。在当今 BIM 技术大力推广的背景下,BIM 技术融入土木工程专业不仅迎合社会的发展需求,更能促进学生的全面发展,为 BIM 技术发展和创新培养了高知识高技能人才。

★基金项目:山东大学教育教学改革研究项目,2020Y063。

作者简介:刘梅(1978.01-),女,汉族,山东淄博人,博士,副教授,研究方向:BIM 技术在土木工程中的应用。

参考文献

- [1] 曾文海,付伟明.BIM 技术在高校教学中的应用研究[J].黑龙江生态工程职业学院学报,2014(11):85-86.
- [2] 邱兰.BIM 大背景下高职院校土木类专业教学改革探析[J].教育教学论坛,2016(28):135-137.
- [3] 郝丽.BIM 技术融入高校工程类专业教学的应用研究[J].土木建筑工程信息技术,2015(04):108-111.
- [4] 李艳伟.BIM 技术融入高校建筑类专业教学的思考[J].湖北开放职业学院学报,2020(11):151-152.
- [5] 邢栋,柳长江,李瑞民,白志强.BIM 时代下的土木工程专业本科教学改革的思考[J].潍坊学院学报,2019(06):71-75.

基于 BIM 的土木工程课程体系改革研究

刘梅,王彦明,衣振华

(山东大学 土建与水利学院,山东 济南 250061)

[摘要]高校是培养与输送行业后备人才的基地,随着 BIM 技术逐步推广和深入建筑行业各个领域步伐的加快,社会和建筑类专业对 BIM 人才需求量不断增加。基于国内外 BIM 教学经验,针对在土木工程专业建立完善的建筑信息模型技术 BIM 课程教学体系和企业及软件公司共建 BIM 课程实践教学平台等关键问题,提出了一系列 BIM 教学改革建议。

[关键词] BIM 技术;教学改革;建筑行业

[基金项目] 2020 年山东大学教育教学改革研究项目、土建与水利学院教育体系“创新驱动发展”规划项目“基于 BIM 的土木工程课程体系改革研究”(2020Y063)

[作者简介] 刘梅(1978—),女,山东淄博人,博士,山东大学土建与水利学院副教授,研究方向为 BIM 技术在土木工程中的应用;王彦明(1968—),男,山东临沂人,博士,山东大学土建与水利学院教授,研究方向为防灾减灾先进技术;衣振华(1972—),女,山东济南人,博士,山东大学土建与水利学院讲师,研究方向为钢结构结构设计与疲劳损伤。

[中图分类号] G642

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-9324(2020)46-0184-03

[收稿日期] 2020-09-30

一、研究意义

BIM 作为一项新技术,创新了传统土木工程行业的设计和施工方法,带来了新的思路。实践证明,在工程中应用 BIM 技术,可创造极大的经济效益,并促使土木工程行业符合建筑业信息化、自动化发展的要求。将 BIM 技术引入土木工程教学,推广 BIM 技术的应用,这对于提高专业教学质量和专业课程的教学效果有很大的帮助,可以培养更多的高端应用型人才,以适应社会发展的需要。土木工程专业 BIM 教学改革已在国内部分高校开展,但多数仍处于探索阶段^[1]。

建筑业采用 BIM 最大的限制因素是缺乏足够专业的 BIM 技术人才,因此在高校开展基于 BIM 的教学改革符合行业发展大背景,具有重要的现实意义。

(一) 紧跟行业发展,利于学生就业

一名合格的 BIM 人员,首先要具有丰富的建筑专业背景知识,对 BIM 技术有良好的理解和社会实践应用能力,能够与不同的专业工程师进行沟通和协调。开展 BIM 教学改革是为紧跟行业发展趋势,可以适当添加教学内容和实践内容,有利于优化扩展学生的知识面,激发学生的实践创新能力,培养出适应社会需求的高端人才,同时促进学生就业。从学生角度出发,学好 BIM 技术有利于提高就业竞争力和职业发展前景^[2]。有利于优化学生的知识结构,扩大知识范围,增强学生的实践能力和创新能力,培养符合社会需求的高端人才,促进学生就业。从个体学生的角度看,学好 BIM 技术有利于提高就业竞争力和职业适应性。

(二) 教学促进作用明显,利于学校优化培养方案

BIM 作为目前土木工程行业最为流行的多维虚拟现实技术,具有较强的视觉渲染和空间表现能力,

可以帮助空间想象力较弱的学生理解和使用。

土木工程专业社会实践是教学环节中不可缺少的内容,但工地现场实习也面临困难,或路途遥远,或受气候条件影响,或保证学生安全仅在安全区域观察,而且现场实习所观察的仅是项目某个阶段的建造过程,不能全面体验设计施工运营的完整流程。BIM 技术可以对施工现场进行直观、方便的模拟,将施工过程生动形象地展示出来,同时实现成本和工期的可视化控制。另外 AR 和 VR 技术的应用,使施工过程中的施工误差等更直观清晰,BIM 技术弥补了现场实习的不足^[3]。

(三) 校企合作顺畅,利于企业选拔人才

BIM 技术方便校企共建培训平台,校企联合可以为企业的可持续发展提供高质量的后备人才,缩短企业新员工的适应期,实现企业内训的校园化,节省人力资源的管理成本。目前,根据 BIM 行业发展需求,BIM 的人才主要分为 BIM 建模人员、BIM 管理人员、BIM 专业人员。根据行业需求,在高校培养模式中增加校企合作共建 BIM 技术培训,有针对性的培养不同类型的 BIM 技术人才。

二、国内外的研究现状

美国是 BIM 技术和虚拟设计与施工 VDC 的国家。近十年来,学术界和工业界进行了许多探索和应用,并取得了很好的研究成果。斯坦福大学、佐治亚理工大学等知名高校都设置了 BIM 课程体系,在 BIM 课程的开设、教学内容的设置和 BIM 实践教学实验室的建设几个方面不断进行探索与创新,有较为突出的表现与成果^[4]。斯坦福大学分别开设了 BIM 和 VDC 的本科和研究生课程体系,以土木与环境系为主导,与建筑系和计算机系合作开设了 BIM 与 VDC 的相

关课程,通过研讨会、比赛、实践等方式,为学生提供 BIM 和 VDC 的实践学习机会。

新加坡高校的 BIM 课程推进工作得到了教育部门的大力支持,在 BIM 人才的教育培养方面也取得了一定的成绩。根据《2016 年全球 BIM 教育报告》,新加坡有 8 所高等院校一共开设了 30 个全日制 BIM 课程,均以 BIM 的基本概念与理论,以及模型创建为课程核心内容;14 个以实训为主的 BIM 课程。这类课程以实际工程项目的规划、设计、施工、运营以及项目管理过程中的 BIM 技术为核心内容。截至 2018 年,新加坡三分之二的大学在本科和硕士课程中设置了 BIM 课程教学,以 BIM 的基本概念和理论为教学研究内容。南洋理工大学和新加坡国立大学也成立各自的 BIM 中心,致力于提升有关 BIM 方向的教学与科研能力。

国内部分高校对实施 BIM 的教育体系的响应也十分热烈,尤其是在 2010 年以后,很多高校都相继成立了与 BIM 教育教学相关的研究组织与团队,致力于 BIM 课程的学习与课程体系的研究。目前全国各地很多高校成立了 BIM 技术及 BIM 教学研究中心,例如同济大学和上海交通大学的 BIM 研究中心、重庆大学的 BIM 教学研究中心和 BIM 工程中心、华中科技大学的 BIM 工程中心,等等。此类研究型组织一般是由具备学术研究能力的 BIM 专家或教授发起成立,兼具教学和科研的功能。

目前国内部分高校已经开设 BIM 相关课程,本科阶段土建类专业的 BIM 教学主要有以下模式:新开设一门有关 BIM 的课程;在现有的课程体系中融入 BIM 的内容。如重庆大学开设的 BIM 概论课程;哈尔滨

工业大学开设的 BIM 技术应用课程;同济大学在工程管理专业单独开设的虚拟设计与施工课程,还在工程管理专业的其他专业课程中嵌入 BIM 模块,结合多种 BIM 软件就工程造价电算化教学及 BIM 技术进行研究;中南大学、四川大学、湖南大学等开展了 BIM 技术与虚拟仿真实验教学;大连理工大学开设了 BIM 软件课程等。

三、研究内容和目标

(一) 研究内容

本文研究内容主要是建筑信息模型技术 BIM 课程教学内容的建设和 BIM 相关课程体系的建设和 BIM 相关课程体系建设可以分为两种方式,一种是独立的 BIM 课程,比如山东大学土建与水利学院土木工程专业在大三下学期开设的 BIM 建模基础、大四上学期开设的 BIM 与 5D 施工课程等。另一种是在既有的专业基础课或专业选修课等课程中植入 BIM 知识和技能模块。在既有课程中植入 BIM 知识与技能有多种方法,如将 BIM 知识模块嵌入课堂教学中;把 BIM 的技能模块纳入到课程大作业、课程设计、毕业论文或毕业设计等教学环节。具体可植入的课程包括工程制图、工程概预算、工程施工等课程。

BIM 课程教学内容应符合培养综合性相关专业人才的培养目标,遵循理论与实践并重的原则。课程内容方面,除了融入 BIM 的基础应用课程内容和相应的专业应用课程的内容之外,对于综合性较强的课程^[5],还应在综合性较强的专业培养方案中融入 BIM 的综合应用知识与技能模块;课程组织形式应以课程教学与实践教学为主。BIM 专业应用课程的 BIM 知识与技能植入方式建议如表 1。

表 1 BIM 知识与技能植入方式

年级	土木工程专业课程	课程组织形式	BIM 技术应用	开设方式	实践教学平台
二	工程制图	课堂教学、实践教学	BIM 建模的基本应用技能;模型的创建与修改;标注与注释;图纸输出	植入	Autodesk Revit, ArchiCAD 等
三	工程概预算	课堂教学、实践教学	基于 BIM 的工程量自动统计;工程造价	植入	广联达算量与造价软件
三	工程施工	课堂教学、实践教学	基于 BIM 的进度流水施工定制;4D 施工模拟	植入	Autodesk Navisworks, 广联达 5D 软件等
四	BIM 毕业设计	实践教学	BIM 模型创建、多专业协同、施工组织设计、算量与工程造价、场地布置、5D 施工流程动态模拟	单独开设	Autodesk Revit; Autodesk Navisworks; Sketchup; Primavera 6 等

(二) 研究目标

本课程体系建设应紧密结合学科前沿及 BIM 技术热点问题,在教学与专业建设方面,着力进行课程教学内容的建设,通过课程讲解、上机实验、案例操作、理论与实践考核等环节,旨在实现以下目标。

1. 全面涵盖 BIM 在建筑领域的前沿理论知识。通过该课程体系的学习,使学生能够探讨 BIM 在当前和未来建筑施工企业的作用,掌握 BIM 的相关技术及管理理论。

2. 推广普及 BIM 相关软件在土木工程专业领域各方面的应用。使用 BIM 软件工具建立、分析、设计,

建立通用的建筑、结构的 BIM 模型,通过使用行业公认的 BIM 设计、规划、施工、管理软件,用于工程建设规划设计、施工现场、造价控制等方面。

3. 与实际工程相结合的 BIM 实践教学。与校内外工程企业及 BIM 软件公司合作共建 BIM 实训课程内容,使学生具备组织实施和管理项目应用 BIM 的能力,实现 BIM 价值点的应用。在 BIM 模型中,实现专业建模、翻模、整合模型、4D 和 5D 等多个应用点的价值,掌握 BIM 软件中施工组织设计的理论与方法,达到工程项目施工过程模型管理与虚拟建造应用的目的。

四、基于 BIM 的土木工程课程体系的改革建议

(一) 在土木工程专业建立完善的建筑信息模型技术 BIM 课程教学体系

由于 BIM 具有很好的交互性和更高的绘图效率, 以及与各专业的相互协作性, 所以 BIM 课程体系以独立开设的 BIM 课程和现有的专业课程中植入 BIM 技术两种方式建立^[6]。BIM 课程体系根据不同的教学目标、不同的课程特点进行设置。

(二) 与企业及软件公司共建 BIM 课程实践教学平台

BIM 拥有一项强大的模块就是协同工作, 通过与建筑工程设计和施工过程中涉及的不同主体, 如建造设计师、结构设计师、施工方、机械工程师、监理工程师等协作, 才能真正理解实际工程的构建过程。通过企业提供的实际案例工程, 结合软件公司提供的技术支持进行 BIM 实践工程项目教学, 提高学生 BIM 技术的操作技能。例如, 广联达公司的施工模拟软件可以实现教学、资源共享、作业提交、作业批改等操作, 增加了学习的趣味性。

五、结束语

土木工程是一门应用性极强的学科, 需要丰富的实践经验与科学理论有机结合。基于 BIM 的土木工

程课程体系改革旨在为在校学生搭建一个好的应用实践型创新平台, 使其充分掌握和熟练应用所学知识, 在技术、经济、管理等专业基础课的基础上, 掌握信息模型 BIM 技术, 培养学生有效地从事 BIM 技术应用的能力。BIM 的发展和应用对学校人才培养提出了新的需求, 创建信息模型技术 BIM 课程体系及课程实训教学体系有利于学校人才培养, 具有较高的推广意义。

参考文献

- [1] 田莉梅, 尹欢欢, 张景华. BIM 技术在土建专业的课程改革研究[J]. 土木建筑工程信息技术, 2020(4):114-118.
- [2] 史靖源. 建筑类专业 BIM 教学实践创新基地建设思路探索[J]. 高教学刊, 2020(24):30-33.
- [3] 张启照, 张景威, 焦艳菲. BIM 技术在建筑类专业教学改革中的应用研究[J]. 四川建材, 2020(7):233-234+236.
- [4] 尹素仙. BIM 技术融入建筑工程技术专业课程的教学改革与实践[J]. 居舍, 2020(20):193-194.
- [5] 井珉, 刘阳冰. 基于 BIM 的实践教学体系研究[J]. 教育教学论坛, 2020(10):279-280.
- [6] 张尚, 任宏, Albert P.C.Chan. BIM 的工程管理教学改革问题研究(二)——BIM 教学改革的作用、规划与建议[J]. 建筑经济, 2015(2):92-96.

Research on Curriculum System Reform of Civil Engineering Based on BIM

LIU Mei, WANG Yan-ming, YI Zhen-hua

(School of Civil Engineering, Shandong University, Jinan, Shandong 250061, China)

Abstract: As BIM technology is gradually recognized by domestic and foreign construction markets, the BIM era needs more talents to master BIM technology. Colleges and universities are the bases for training talents in the industry. With the gradual promotion and deepening of BIM technology in various fields of construction industry, the demand for BIM talents by society and construction industry is increasing. The reform of training high-quality professional BIM talents in colleges and universities has become the development trend. Based on BIM teaching experience at home and abroad, this article puts forward a series of BIM teaching reform suggestions for key issues such as establishing BIM course teaching system for building information modeling technology in civil engineering and building BIM course practice teaching platform with enterprises and software companies.

Key words: BIM technology; teaching reform; construction industry

大学的课堂何以精彩

——一位教授的经验分享

冯维明¹ 张会杰²

(1. 山东大学土建与水利学院, 山东济南 250061;

2. 华东师范大学考试与评价研究院, 上海 200062)

[摘要]教学尤其是课堂教学是影响人才培养质量的基础要素和关键环节。大学的课堂如何才能更加精彩,一位教授三十余年的教学经验表明:触类旁通,拉近理论知识与学生经验的距离;察言观色,增进教师与学生有效的沟通互动;深入浅出,搭建难点与学生身边案例的桥梁;引人入胜,营造激发好奇与兴趣的探究环境;幽默风趣,创设令学生心悦诚服的课堂氛围;妙留漏洞,激活学生在课堂学习中的兴奋点;恰如其分,遵循多媒体课件辅助教学的规律等是使大学课堂精彩的必要保证。

[关键词]大学课堂;精彩;经验分享

[中图分类号]G642.421 [文献标识码]A [文章编号] 1672-5905(2015)05-0029-05

DOI:10.13445/j.cnki.t.e.r.2015.05.005

How Wonderful the University Classroom Teaching: An Empirical Study of One Teaching Professor

FENG Wei-ming¹ ZHANF Hui-jie²

(1. School of Civil Engineering, Shandong University, Jinan 250100, China;

2. Institute of Testing and Assessment, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Classroom teaching is the basis elements and key phrase which affects the quality of talent cultivating. How to make the university classroom more exciting, a teaching-oriented professors more than thirty years of teaching experience shows: analogy, theoretical knowledge with students closer experience; wind blows, promote effective communication between teachers and students interact; easy to understand, and difficult to build and students around the case of the bridge; fascinating, inspire curiosity and create interest in exploring the environment; humorous, create atmosphere in the classroom so that students willingly; wonderful stay loopholes activate students' excitement in the classroom learning; appropriately, follow the multimedia courseware aided teaching the law is to make the university classroom and other wonderful necessary guarantees.

Key Words: university classroom; wonderful; empirical research

人才培养是大学的根本任务,也是大学内涵式发展的重要基础。作为人才培养的主渠道,教学尤其是课堂教学在培养质量诸多影响要素中最为关键。然而,调查显示^[1],目前仅有约1/3的大

学生感到“教师讲课有吸引力”。笔者冯维明作为高考恢复后的首批大学生,毕业后即留校任教,教过的学生数和课堂教学学时数已双双过万。大学力学课程是理工科各专业的技术基础课,概念多、

[收稿日期]2015-02-28

[作者简介]冯维明(1957-),男,山东大学土建与水利学院工程力学系主任,教授,工学博士,研究方向为动力学与控制、非线性振动、机械强度等;张会杰(1979-),女,华东师范大学考试与评价研究院讲师,教育管理学历,研究方向为教育评价与教育考试。

公式多、计算多、作业多,很多学生都怕它。但上过笔者课的同学普遍反映:“您讲课的风格很特别,特别能吸引人,还不感觉累”、“您讲的课简洁易懂,条理清楚,很喜欢您的这种教学方法”。课堂教学质量评价(2005—2014年)中,在不同学期针对不同学院和年级开设的41门课次中,37课次纵向排名第一,因教学成绩突出,2007年笔者顺利通过山东大学首批教学型教授的评审,2009年获宝钢优秀教师奖,2013年获全国徐芝纶力学优秀教师奖,同年获山东大学首届“我最喜爱的老师”荣誉称号。

每位关心教学的大学教师都希望自己的课堂精彩一些,能让学生的学习兴趣 and 效果倍增。大学的课堂何以精彩,本论文基于经验研究,即通过“参与式观察—解释”的研究方式与诸位同仁分享交流关于课堂教学的一些方法及技巧,并尝试着对其一般原则进行归纳提炼。经验研究是指基于经验材料建构关于事物发展机理的理论解释,并将理论诉诸实践检验的研究活动。^[2]经验研究与“纯思辨”研究相比,其特征是它建构的理论解释是基于经验的并可以接受经验的检验。开展经验研究是推进教育科学理论建设的重要手段。^[3]希望这一结合三十多年教学经历和切身体会的经验研究和分享能帮助大学教师们从不同角度理解课堂教学,并为课堂教学的改进提供参考。

一、触类旁通,拉近学科知识与学生经验的距离

课堂授课最忌单调和枯燥乏味。作为本科阶段的技术基础课,力学知识抽象,课程内容本身谈不上生动活泼,掌握起来也不容易,如果教师照本宣科、平铺直叙地授课,学生听起来难免味同嚼蜡,几无兴味可言。要把这类课程上得意蕴盎然,关键在于教学设计要善于触类旁通,尽量拉近学科知识与学生生活经验之间的距离。力学现象无处不在,听起来玄妙高深的理论知识一旦落实到学生熟悉的衣食住行生活体验当中立刻变得平易近人,学生也会觉得自己所学的东西有意义(有用)。要想借此使课堂教学增色生辉,除了要精通本学科的核心概念及知识图谱,还需要教师具备宽广的知识面尤其是相应的工程背景知识,比如机械中收扭轴为什么常是空心而不是实心的;土

建中混凝土梁中主钢筋为什么布置在梁下方等等。精彩的课堂授课需要丰富案例的旁征和博引,需要其它相关知识的辅佐和点缀,宽广的知识面是成为一名优秀大学教师的核心素养之一。笔者在讲授材料力学时,配合大量实例详细引述了工程中构件要有足够的强度、必要的刚度和足够的稳定性,随后话锋一转,工程中某些构件却不能有足够的强度或必要的刚度,学生们愕然,怎么会呢?紧接着关于防冲击保险栓、保险丝、席梦思中的弹簧、汽车的轮胎等工程实例娓娓道来,让同学们释然。

无论是生活常识、工程背景还是典型案例,都是帮助学生在课堂上对课程内容记忆和理解的媒介。多年实践表明,当学生切实体会到工程现象与力学知识之间的紧密关联,他们就不觉得乏味。在面对不同专业的学习者时,即便是同一知识点,任课教师最好能根据学习者的专业灵活选择不同的案例。要做到这一点,教师必须有意识地学习、观察和积累与所授课程相关的背景知识和案例信息。

二、察言观色,增进教师与学生有效的沟通互动

精彩课堂的重要特征之一在于沟通互动的默契,在讲课过程中必须和学生不断交流。交流的方式有两种,一种是无声的主要是眼神的交流,眼睛是心灵的窗户,学生的眼神蕴含着的信息非常丰富:我明白了、我还有点疑问、我理解不了……,授课教师可以根据这些信息来把握授课的进度与深度,某段内容有无重复的必要、是否需要换个角度解释、是否需要进一步细化等等。这个环节有个普遍的误区,授课教师常常情不自禁地喜欢和反应快、学习比较好的学生进行类似交流,这些学生会让教师有成就感,但是,局限于此的交流会使授课教师不由自主地加快授课速度、加大深度,而这必然导致多数学生的思路难以跟进,一旦跟不上课程的授课节奏,部分学生必将渐渐关闭“心灵的窗户”,闭眼睡觉或低头玩手机。因此,察言观色要具有广泛的代表性,尽可能照顾到各层次的学生。

课堂交流的另一种重要形式是有声的即语言的交流。语言的交流除了有针对性地对学生进行

提问,请学生在课堂上发表自己的见解,还包括学生们根据授课教师的讲解思路随口而出的、只言片语的话语表达——“接话巴”,“接话巴”的交流形式可以鲜明地提示出学生们的理解是否正在随着教师的思路行进,它能帮助授课教师对学情状况做出准确的判断。如果接话的学生少,声音小,甚至出现非常安静的场面,一般可以做出判断,即多数学生在理解上出现了障碍,此时对教学内容进行调整或重复强调是很有必要的,如果接话的学生比较多,声音比较嘈杂,说明大多数学生的思路都能跟得上,能随着教师的思路较好地理解授课内容。笔者非常鼓励学生在课堂上的这种自发的、直接的行为表现,在授课过程或推理演绎时时常会有意稍作停顿或故作若有所思状,为学生提供接话的机会,时间长了就与学生产生了某种默契,有了这种默契就可以把握课堂的节奏。学生的接话常常会有许多,虽然正确的答案往往只有一种,此时教师不要轻易表态,最好能再多反问一句“对吗?”促使学生对自认为正确的答案进行再次验证,答对的同学经由后续的思考会更确信自己结论的正确,答错的同学或许也改变看法,从而消解学生基于浅层次思维进行猜测的行为。有时也要注意“另类”的回答,“另类”的回答能有效引发学生在课堂上的学习注意力。

大学教师在授课时不能只沉浸在教材的内容体系中,还应该时刻关注学生的学习反应,只有保证大多数学生的思路跟上了,听懂大部分信息,才能使学生对授课内容产生兴趣。从这个意义上看,教学的过程其实就是师生沟通互动的过程,教师讲课时要善于察言观色,面对学生时要“眼观六路”,背对学生时要“耳听八方”,学会读懂学生的眼神和表情,然后随机应变,让学生的思路与授课进程同步,这对提高课堂教学有效性是十分重要的。

三、深入浅出,搭建难点与学生身边案例的桥梁

高深的知识如同一座座山峰,有些山峰比较险峻,难以攀登。优秀的领航者总能化难为易,指引出相对近便和平坦的道路。大学课程一般都有难以理解的知识点,教师在引导学生攀登知识高峰的过程中也需要深入浅出。力学课程是工科类

本科生公认的相对艰深难懂的专业基础课,概念多、公式繁、计算量大,许多学生初学时都比较畏惧。针对这一普遍的畏难情绪,我们经常对学生讲,请同学们放心,老师会帮助大家轻松地掌握力学知识。力学还是原来的力学,所谓“轻松掌握”关键在于两点,一是学生要有一个良好的学习态度;二是把高深的内容讲得简单易懂。千万不可把原本就比较艰难的内容讲晦涩,学生听不懂难免会烦躁,进而失去持续学习的兴趣和信心。

如何把难点讲得简单易懂,这就需要教师学会搭建桥梁,把难点与学生已理解的知识连接起来,这种连接桥常常不止一座,桥这边是前期已经学会的知识点、身边的案例、已经熟悉的工程实例、形象生动的比喻、直观清晰的辅助图形等,桥的另一端则通向所要讲授的知识难点。通过这些不同的桥梁,学生一般都能较为轻松地接受和理解难点,这样的教学方法符合维果茨基“最近发展区”的学习理论^[4]。对各类难点,教师不适宜直接切入,最好能迂回包抄,首先让学生了解与所谓难点有关的已经学会的知识点、身边的案例、工程实例,学生的状态会比较轻松,更容易接受,再辅以形象的比喻和直观的图形去讲解难点,此时难点已不再是“难点”。总结起来就是要依据学生的最近发展区,搭建各种桥梁或“脚手架”,这对大学生的认知与心理发展都是颇有效果的。

能否把所谓难的知识讲得简单易懂,反映了教师授课技能及其艺术水平的高低。需要说明的是,对课堂讲授内容不必要求学生百分之百地理解或融会贯通,一般能有百分之六十至八十就可以,学生还需课下自己看书消化与理解巩固。

四、引人入胜,营造激发好奇与兴趣的探究环境

大学的课堂重要的不是教会学生某个概念、某个公式甚至某个原理,而是激发学生对这门课程和学科的兴趣和热爱。激发学生的学习兴趣也是创建精彩课堂的发端。引人入胜的课堂氛围是在相互感染浸润出来的,是所有课堂参与者共同努力的结果。但在本科阶段,力学课程的教学多以学生接受式学习为主,教师讲学生听是效率最高的学习形式之一。要营造激发好奇与兴趣的探究环境,每一个新知识点的引出语和开场白异常

重要,设计好的开场白是课堂精彩的开始。笔者在介绍材料力学疲劳问题的开场白是这样的:

在第一次世界大战中,首次用于战争的飞机非战斗减员非常严重,究其原因是机翼突然折断,设计中强度足够啊,为什么?设计师和工程师们一筹莫展……

学生们入迷地听着,他们的探究兴趣很快就被激发起来了,带着急切想知道答案的心情进入到课堂教学的进程中。开场白是否富有吸引力,能否激起学生们的求知欲望,在很大程度上决定着整堂课学生的注意力能否集中,求知欲望是否高涨。如何把它设计得精彩且富有情趣,设计得有悬念使学生耳目一新是教师在教学设计时需要着重考虑的重要内容。

五、幽默风趣,创设令学生心悦诚服的课堂氛围

课堂氛围非常重要,沉闷的课堂气氛会让人感到乏味疲劳,课堂上学生无精打采、漫不经心、左顾右盼,这是糟糕的教学状态,授课教师哪还有把课讲好的心情,精彩课堂更是无从谈起。能否在课堂上营造出热烈而凝重、和谐而温馨、活跃而有序的课堂气氛,应该是检验教师是否能驾驭课堂的一杆标尺。西谚有云:“诙谐乃智慧之母”。同一知识点,不同的表达方式制造不同的接受效果,妙趣横生的讲授方式能给人酣畅淋漓的感觉,颇为美妙。课堂教学中,教师要注重迎合和调动学生的兴趣,运用幽默的语言和诙谐的比喻吸引学生的注意力。超静定问题是材料力学中的重点同时也是难点,学生的理解和学习要上一个台阶,一般都会感到吃力和精神上的倦怠,于是笔者调侃到:

一个和尚挑水吃,两个和尚抬水吃,三个和尚没水吃,为什么三个和尚不能用一根扁担挑水呢?

学生们似乎被这不着边际的典故搞得莫名其妙,面面相觑,有的说这是社会问题,还有的评论为道德问题,此时笔者话锋一转:“因为三个和尚挑水是超静定问题”,同学们恍然大悟,哄堂大笑。鲜活风趣的典故,加之惟妙惟肖的叙述,学生们在会意的笑声中理解了超静定问题的相关概念和原理。

教师的教学幽默能把教学内容具体化、形象

化,有助于学生理解知识,不仅使优秀的学生因成功而愉悦,也能使后进生在和谐的氛围中受到感染和触动。恰到好处的幽默还可以活跃课堂气氛,拉近教师和学生的距离,使师生之间的交流和互动畅通无阻,进而达到事半功倍的教学效果。教学是一项身心高度紧张的活动,课堂中偶尔出现视听疲劳是正常现象。教师一个故弄玄虚的姿势动作,一个网络流行语的借用能有效消除疲劳,既达到使学生会心一笑的效果,也能缓解教学过程中因知识难度诱发的内在紧张,使课堂保持振奋的精神状态。教学幽默是教师智慧和自信心的表现,富于启发性的双关、反语、夸张和比喻等,可促进学生积极地思考和想象,继而加深学生对教材内容的理解。教学幽默作为教师高雅情致的流露,得力于教师豁达的胸怀与乐观的态度。教师在教学中的幽默具有不容忽视的教育功能,即有助于创设令学生心悦诚服的课堂氛围,也会潜移默化地影响学生的性格,使学生具有乐观豁达的态度和积极进取的精神,使之正确面对困难和挫折。

六、妙留漏洞,激活学生在课堂学习中的兴奋点

人们普遍认为一点也不出错,无懈可击的课堂才是精彩的课堂,为保证不出现丝毫的闪失,有些不太好讲或不太成熟的理论一些教师干脆绕过去不讲,避重就轻以防学生提出质疑,解释不清楚而尴尬。然而,我们发现,无懈可击、滴水不漏的教学未必是一堂精彩的课堂教学,反倒常常造成学生被动聆听、被动记录、被动地接受。大学的课堂教学越是滴水不漏,越容易归于沉闷。因为确信授课教师不会有错,偶有思维活跃者,也很容易轻易放弃自己的不同见解。缺乏热点和兴奋点,很难把学生的思维调到活跃状态。

相反,在讲课过程中适时设置漏洞,引发学生质疑甚至是争论,鼓励学生把自己的不同想法和观点讲出来,然后逐一辨析,这种方法有助于增进认识、强化记忆、加深理解。我们的课堂会不时穿插学生的讨论、不理解者的疑问、不同见解者的反问,积极发动学生跟进教学。受到鼓励的学生常常意犹未尽,在后续的学习过程中会更加专注和倾情。创新始于问题,以问题为着眼点,巧设“陷阱”,妙留漏洞,抓准时机,甚至对一些当前存有争

议的知识点也加以呈现,引发讨论,激活学生在课堂学习中的兴奋点,因势利导对于调动学生学习积极性,促进学生的联想、深度思考以及创新成效非常显著。

七、恰如其分,遵循多媒体辅助教学的学习规律

多媒体课件集图、文、声为一体,信息量大,形象直观,在使课堂教学表现形式更加丰富方面有着“黑板+粉笔”难以企及的功效,多媒体辅助教学在一定程度上提高了教学质量。但是,过犹不及,过渡使用媒体的课堂效果并不尽如人意。越来越多的例子表明^[5],多媒体的过度使用有其不可忽视的负面效应,极个别教师过分依赖 PPT,教学效果差到让学生愤而要砸多媒体教室的程度。即便是设计精美的多媒体课件,完美的空间图像和动画展示同样存在破坏学生的空间想象力以及扩展性思维的风险,同时还会弱化学生的主动思考意识。如果仅仅利用多媒体花哨的界面、炫目的动画,就很容易虚化课程教学过程中的根本目的,有喧宾夺主之嫌。只有遵循多媒体课件辅助教学的学习规律,恰如其分地使用^[6],课件的优势才能得以发挥。依我们的经验,应根据教学设计搭配使用板书和多媒体,可以借助多媒体显示工程实际中的结构构件和实际场景,不必有过多的文字描述和大篇幅的公式推导,从而避免多

媒体课件的持续播放带来的负面效应。

提高人才培养质量是建设高等教育强国的基本要求,也是高等教育发展的核心任务。教学尤其是课堂教学是影响人才培养质量的基础要素和关键环节。精彩的大学课堂有着丰富的内涵,除了上述经反复验证的关于教学内容设置、教学方法选择等方面的原则及技巧,更需要大学的教育工作者有如履薄冰的庄严感和舍我其谁的责任感,以及时间精力的持续投入与无私奉献。

[参考文献]

- [1] 蒋楠,珊丹,金颖. 我们的课堂出了什么问题? ——大学课堂调查启示录[J]. 现代大学教育,2011(1): 84—89.
- [2] 冯向东. 高等教育研究中的“思辨”与“实证”方法辨析[J]. 北京大学教育评论,2010(1):172—178.
- [3] 冯向东. 关于教育的经验研究:实证与事后解释[J]. 教育研究,2012(4):18—21.
- [4] 维果茨基教育论著选[M]. 余震球,选译. 北京:人民教育出版社,1994.
- [5] 杨凤梅. 高校教师“PPT 依赖症”的归因分析及对策探讨[J]. 电化教育研究,2011(3):54—57.
- [6] 闫志明. 多媒体学习生成理论及其定律[J]. 电化教育研究,2008,(6):11—15.

(本文责任编辑:王 俭)



力学教学中的宽与窄、深与浅

冯维明¹⁾

(山东大学土建与水利学院工程力学系, 济南 250061)

摘要 “宽口径、厚基础”是基础力学教学基本原则, 如何在课堂教学细节中体现这个原则, 本文通过力学教学中两个常见例题的讲解过程, 说明在正常解读之后的“三言两语”可有效拓宽相关知识面, 并对其深一层内容有进一步的了解, 既培养了学生分析问题的能力和探索意识, 也使课堂教学更引人入胜.

关键词 静力学, 材料力学, 起重机械, 综合性问题

中图分类号: O312, O341 **文献标识码**: A

doi: 10.6052/1000-0879-16-255

引言

对于理工科高校的教育, 早有专家就从力学的角度探讨航空、航天、机械、土木类研究工程师培养时提出, 其知识结构既要宽、又要厚^[1]. 但与20世纪90年代相比, 力学课程课堂实际教学学时缩减了1/3甚至更多, 主要源于目前高校适应现代科技的飞速发展, 新的知识、新的课程不断涌入, 在本科4年总学分不增加(有些高校甚至减低)的情况下, 原有课程学时的压缩也就在所难免. 毫无疑问, 教学课时减少势必影响到课堂教学效果. 实现力学教学中知识结构的宽与厚, 增加教学课时是不现实的想法, 笔者认为在课堂教学的细节中可以对某些知识点加深加厚, 而未必花费过多的课时. 我们常把力学比喻为建立在工程实际与数学理论之间的桥梁, 课堂教学中少不了对工程问题进行理论分析的过程, 当认为问题分析结束时, 常停留在一个较窄的范围内或较浅的层面上, 其实只要适当拓展一下, 有时仅是三言两语, 该问题更宽和更深一层的知识就可以展现在学生面前, 引发学生的思考和进一步的讨论, 本文下面就两个实例来进行分析.

1 关于起重机械倾覆的问题

起重机械倾覆是工程实际中最常见的问题, 其

本文于2016-08-04收到.

1) 冯维明, 教授, 博士生导师, 长期从事理论力学、材料力学教学, 主要研究方向为航天动力学与最优控制. E-mail: fwm@sdu.edu.cn

引用格式: 冯维明. 力学教学中的宽与窄、深与浅. 力学与实践, 2016, 38(6): 670-673

Feng Weiming. Breadth and depth in the teaching of mechanics. *Mechanics in Engineering*, 2016, 38(6): 670-673

属于理论力学静力学中平面任意(或平行)力系平衡问题, 众多力学教材引用此范例^[2-5], 大多数教材作为例题在课堂讲解, 也有作为课后习题.

如图1所示, 起重机的自重(不包括平衡锤的重量) $W_1 = 500 \text{ kN}$, 其重心在点 O , 距右轮 $e = 1.5 \text{ m}$, 悬臂最大长度为 $l = 10 \text{ m}$, 最大起重量 $W_2 = 250 \text{ kN}$, 设平衡锤放置的位置距左轮 $a = 6 \text{ m}$, 两轮间距为 $b = 3 \text{ m}$. 为了使起重机在满载和空载时都不致倾覆, 试确定平衡锤的重量 W_3 .

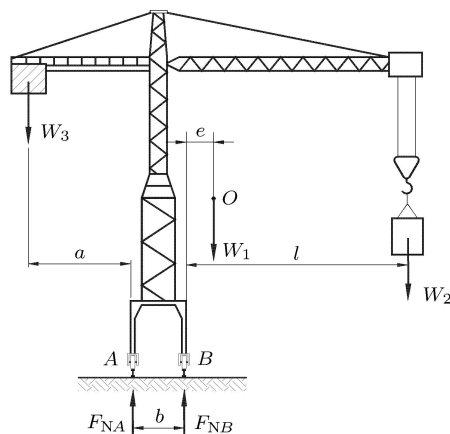


图1 起重机受力示意图

在其他教材中尽管已知条件不尽相同, 但内容都大同小异. 此例题常常会让学生眼前一亮, 尤其是“满载和空载时都不致倾覆”这个要求让问题充满“悬念”. 这不是一道太难的例题, 其解如下.

取整体为研究对象. 主动力有: W_1 , W_2 和 W_3 . 轮子 A , B 两处的约束可看作光滑接触面, 约束反力为 F_{NA} 和 F_{NB} , 组成一个平面平行力系, 如图1所示.

首先考虑满载时的情形. 此时起重机有绕 B 轮

翻倒的趋势, 则有

$$\begin{aligned} \sum M_B(F) &= 0, \\ W_3(a+b) - W_1e - W_2l - F_{NA}b &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

解得

$$F_{NA} = \frac{W_3(a+b) - W_1e - W_2l}{b} \quad (2)$$

起重机满载时不致倾倒的条件是 $F_{NA} \geq 0$, 从而解得

$$W_3 \geq \frac{W_2l + W_1e}{a+b} \quad (3)$$

代入已知条件可得

$$W_3 \geq 361 \text{ kN}$$

其次考虑空载时的情形. 若假设起重机有绕 A 轮翻倒的趋势, 则有

$$\begin{aligned} \sum M_A(F) &= 0, \\ W_3a + F_{NB}b - W_1(b+e) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

解得

$$F_{NB} = \frac{W_1(b+e) - W_3a}{b} \quad (5)$$

起重机空载时不致倾倒的条件是 $F_{NB} \geq 0$, 从而解得

$$W_3 \leq \frac{b+e}{a} W_1 \quad (6)$$

代入已知条件可得

$$W_3 \leq 375 \text{ kN}$$

结合上述两种情况, 为使起重机满载和空载时都不致倾倒, 平衡锤的重量必须满足的条件是

$$361 \text{ kN} \leq W_3 \leq 375 \text{ kN}$$

例题解到此似乎已经完成任务, 其实笔者认为还有最关键的问题没有解释, 这个关键问题就是起重机两轮间距 b , 之所以能实现“满载和空载时都不致倾倒”, 主要是 b 的存在使满载和空载两种工况下欲倾覆的支点是两个而不是同一个, 因此平衡方程是两个, 从而决定了平衡锤的重量可控制在某一范围内. 若将已知条件中的两轮间距增加 0.5 m 即 $b = 3.5$ m, 并代入式 (3) 和式 (6) 可得平衡锤的重量满足的条件为

$$342.1 \text{ kN} \leq W_3 \leq 416.7 \text{ kN}$$

显见, 平衡锤的重量满足的条件放宽了, 事实上出于安全条件考虑, 也应适当放宽. 反之, 若将两轮间距减少 0.5 m 即 $b = 2.5$ m, 并代入式 (3) 和式 (6) 可得平衡锤的重量满足的条件为

$$382.3 \text{ kN} \leq W_3 \leq 333.3 \text{ kN}$$

我们发现, 这个不等式是不成立的, 即无论平衡锤的重量为何值都不能满足“满载和空载时都不致倾倒”的要求. 能不能通过改变平衡锤距左轨距离 a 的值来改变平衡锤的重量呢? 由式 (3) 和式 (6) 发现增大或减小 a 值使平衡锤满足条件的重量的上限和下限同时减小或增大, 显然不合理. 而 b 值的增大可使平衡锤的满足条件的重量的上限更高而下限更低. 上述问题只需 5 分钟即可让学生眼界大开.

2 关于材料力学综合性问题的讨论

材料力学教材的章节往往按知识点顺序安排, 如组合变形、压杆稳定、能量法、超静定结构、动载荷等, 因而讨论大多局限在某一专题上, 但工程中出现的往往是几种情况的并存, 解决此类问题需要一定的综合分析能力, 而我们课堂上也应注重这方面的提升和培养. 鲜有教材涉及综合性问题的讨论^[6-7], 类似习题也是罕见.

抗冲击结构简图如图 2(a) 所示, 铝合金筒支梁的截面尺寸为 $b \times h = 75 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}$ 的矩形, 跨中增加一刚度系数 $k = 18 \text{ kN/m}$ 的弹簧. 重量 $W = 250 \text{ N}$ 的重物从高 $H = 50 \text{ mm}$ 处自由落下. 若铝合金的弹性模量 $E = 70 \text{ GPa}$, 跨长 $l = 3 \text{ m}$, 求: (1) 冲击时梁内的最大正应力; (2) 弹簧若按图 2(b) 的方式放置, 冲击时梁内的最大正应力又为何值? 并做比较.

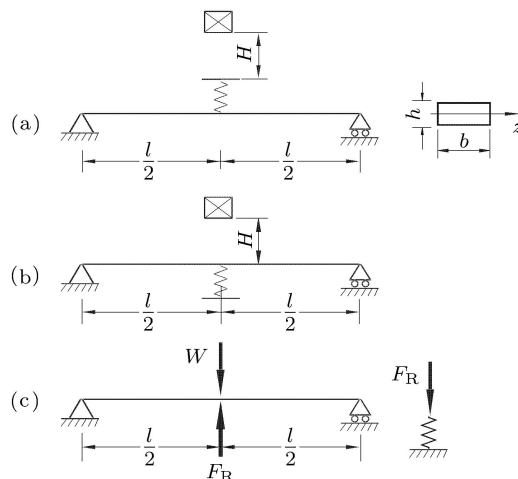


图 2 抗冲击结构受力示意图

该题第一种工况属于动载荷中比较一般的问题,解得过程并不复杂.受冲点的静变形为弹簧压缩变形与梁中点挠度的叠加,即

$$\Delta_{st} = \frac{Wl^3}{48EI} + \frac{W}{k} = 34.5 \text{ mm} \quad (7)$$

动荷因数为

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta_{st}}} = 2.975 \quad (8)$$

静载下梁中点所在横截面上有最大弯矩,其值为 $Wl/4$, 梁内最大静应力为

$$\sigma_{st} = \frac{M_{\max}}{W_z} = \frac{Wl}{4W_z} = 24 \text{ MPa} \quad (9)$$

则冲击时梁内最大正应力为

$$\sigma_d = K_d \cdot \sigma_{st} = 71.4 \text{ MPa} \quad (10)$$

现考虑第2种工况,此时弹簧已成为弹性约束,而结构变成超静定结构,本题则成为超静定与动载荷的综合性问题.解题的步骤为,先解决静载下的超静定问题,求出约束反力(或弹簧所受到的轴向压力),再求出受冲点的静变形,从而得到结构的动荷因数,最后求得梁内最大动应力.对于超静定与动载荷相结合的综合性问题,基本都是上述解题过程.

解除弹簧约束,得到图2(c)所示相当系统,由梁中点挠度与弹簧压缩变形的一致性得

$$\frac{(W - F_R)l^3}{48EI} = \frac{F_R}{k}$$

解得约束反力 F_R 为

$$F_R = \frac{Wkl^3}{48EI + kl^3} = 149.2 \text{ N} \quad (11)$$

由图2(c)计算静载下梁中点挠度为

$$\Delta_{st} = \frac{F_R}{k} = 8.29 \text{ mm} \quad (12)$$

则结构动荷因数为

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\Delta_{st}}} = 4.61 \quad (13)$$

静载下梁内最大静应力为

$$\sigma_{st} = \frac{(W - F_R)l}{4W_z} = 9.68 \text{ MPa} \quad (14)$$

系统内最大动应力为

$$\sigma_d = K_d \cdot \sigma_{st} = 44.6 \text{ MPa} \quad (15)$$

从上述两个结果来看,第2种情形中结构内的最大动应力比第一种情形降低37.5%,其原因就是弹簧的不同安置.图2(a)和图2(b)就是机械隔振问题的简化图,简支梁即为原机械系统,而弹簧代表隔振器.该问题第二种情形中,不仅提高了系统的强度,而且提高了系统的刚度.

题目解到此,相信许多学生基本相信,将隔振器作为结构的弹性约束(第2种工况)比仅作为缓冲装置(第1种工况)更为合理.我们再花5分钟的时间讨论一下发现并非是这样.设弹簧刚度系数降低为 $k = 4 \text{ kN/m}$,其他条件不变,对第1种工况,由式(7)冲击点的静变形为

$$\Delta_{st} = 83.11 \text{ mm}$$

将静变形代入式(8)可得动荷因数为

$$K_d = 2.48$$

梁内最大静应力不变,则冲击时梁内最大正应力为

$$\sigma_d = K_d \cdot \sigma_{st} = 59.52 \text{ MPa} \quad (16)$$

对第2种工况,先解超静定问题,由式(11)解得约束反力

$$F_R = 61.91 \text{ N}$$

由图2(c)及式(12)计算静载下梁中点挠度为

$$\Delta_{st} = \frac{F_R}{k} = 15.48 \text{ mm}$$

将静变形代入式(8)可得动荷因数为

$$K_d = 3.73$$

由相当系统可得第2种工况下梁中最大静应力为

$$\sigma_{st} = 18.06 \text{ MPa}$$

系统内最大动应力为

$$\sigma_d = K_d \cdot \sigma_{st} = 67.36 \text{ MPa} \quad (17)$$

显见,当弹簧刚度从 18 kN/m 降低到 4 kN/m ,第1种工况反而优于第2种工况.因此究竟哪种情况能提高结构的强度,不仅与结构形式有关,还与弹簧的刚度系数有关.我们比较两种弹簧刚度系数在两种结构情形下的结果知道,弹簧刚度较大时降低

了缓冲效果却增大了约束效果,所以就强度而言,第 2 种工况比第 1 种工况好,而弹簧刚度较小时增大了缓冲效果却降低了约束效果,所以第 1 种工况好于第 2 种工况.

3 结束语

在上述两个例题后面进一步的探讨中,有前面的铺垫不会花费多少时间(5 分钟即可),但却让学生们拓宽了眼界,了解了更深一层的東西,同时培养了学生分析问题的能力和探索意识,也使课堂教学更吸引人.事实上,在力学教学中类似的实例并不在少数,在正常的解读之后跟进三言两语的探讨,或可达到意想不到的效果.因此,在每一个工程实例的探讨中,作为老师要留意,不要轻易下结论,看看是否还有反例;作为学生要分析,不要轻易止步结论,

结论后面或许有更多精彩.

参 考 文 献

- 1 胡海岩. 对力学问题的若干思考. 力学与实践, 2009, 31(1): 70-72
- 2 哈工大理论力学教研室. 理论力学. 北京: 高等教育出版社, 2009. 66-107
- 3 冯维明主编. 理论力学. 北京: 国防工业出版社, 2005. 95-137
- 4 范钦珊主编. 工程力学教程 (I). 北京: 高等教育出版社, 1998. 67-84
- 5 蔡泰信, 和兴锁. 理论力学教与学. 北京: 高等教育出版社, 2007. 30-52
- 6 苟文选. 材料力学教与学. 北京: 高等教育出版社, 2007. 345-377
- 7 冯维明, 宋娟, 赵俊峰. 材料力学 (第 2 版). 北京: 国防工业出版社, 2010. 238-259

(责任编辑: 胡 漫)

同伴教学法在基础力学教学的应用

吴艾辉¹⁾

(同济大学航空航天与力学学院, 上海 200092)

摘要 基础力学是工程类专业的基础必修课, 在大学工科类专业学习中举足轻重. 由于教学工作量的繁重和学时紧张, 很多高校的基础力学课程不得不采用教师全课堂讲述式的大班制. 因此, 学生对力学概念理解不够准确、记忆不够深是基础力学学习较为普遍的问题. 同伴教学法变传统单一的讲授为基于剖析概念的自主学习和合作探究, 在大班课堂教学中构建了一种学生自主学习、合作学习、学生互动、师生互动的创新教学模式. 本文介绍了同伴教学法的具体内容, 并从必要性、可行性及应用实例等方面分析其在基础力学教学中的应用.

关键词 同伴教学法, 基础力学, 大班课, 自主学习

中图分类号: N41 **文献标识码:** A

doi: 10.6052/1000-0879-16-289

基础力学是大学课程中几乎所有工程类专业的基础必修课, 对学生后续专业课的学习和职业发展

至关重要^[1]. 其一, 从内容上讲, 后续其他高等力学和专业课的知识是基础力学课程所讲授的概念和原理的延续和发展; 其二, 基础力学是工程学科大学生首次接触工程观点和工程知识, 是工程教育的启蒙, 基础力学课程的学习能直接影响学生对专业学习的兴趣; 其三, 力学源于工程问题, 也服务于工程问题, 基础力学的概念、思路和方法贯穿于工程问题的解决和学科发展. 因此, 好的基础力学课程教学, 在传授基础力学知识的同时, 应该注重学生概念理解的严谨深入和解决问题思路的系统化, 要能激发学生对工程和力学的兴趣, 培养学生养成自主学习和合作探究的习惯.

由于基础力学教学工作量的繁重, 很多高校的基础力学课程不得不采用大班制, 这为上述目标的实现进一步增加了难度. 源于大学物理课堂教学的

本文于 2016-09-05 收到.

1) E-mail: a.wu@tongji.edu.cn

引用格式: 吴艾辉. 同伴教学法在基础力学教学的应用. 力学与实践, 2016, 38(6): 673-675

Wu Aihui. Application of Peer Instruction in the teaching of fundamental mechanics. *Mechanics in Engineering*, 2016, 38(6): 673-675

试论“课堂实时反馈系统”在力学课堂教学中的应用¹⁾

宋娟²⁾ 冯维明 王少伟 刘广荣

(山东大学土建与水利学院, 济南 250061)

摘要 课堂实时反馈系统是通过移动网络将教师电脑终端和学生智能设备有效联通, 使授课者实时掌握每位学生的学习情况, 实现学生个体与教师间的交互为目的的教学系统。本文借助课堂实时反馈系统, 对力学课程课堂教学开展教学实践。教师根据实时反馈的教学数据, 优化课堂教学策略, 跟踪学生的学习进程和学习效果, 为学生构建互动、合作的课堂环境, 赋予学生更完整、深入的学习体验。

关键词 力学课堂教学, 课堂实时反馈, 交互式教学

中图分类号: G642, O31 **文献标识码:** A

doi: 10.6052/1000-0879-18-037

随着互联网、移动设备、电子教材等技术的发展和 Learning Management System 等技术的逐渐成熟, 高科技产物引发的工作环境和学习环境的变化日益显著。年轻一代对新生事物具有高度的接纳性, 已习惯在学习和工作场所自带便携式设备。学生或者利用设备来获取学习内容、做笔记、收集数据并与其他同学共享文档, 或者利用设备聊微信、刷微博、玩游戏。“水可载舟亦可覆舟”, 任何事物都是把双刃剑, 前者可拓宽获取知识途径, 提高学习效率; 后者却严重影响到课堂教学效果, 这在高校课堂上显得尤其突出。为此, 有管理者制定课堂手机管理规定, 上课前要将手机“对袋入座”, 或者屏蔽信号。相比于“堵”的方式, 作为教育者的我们更应该重新思考如何应用新技术为学习者构建灵活、个性化的学习环境。

课堂实时反馈系统的概念最早由斯坦福大学于 1966 年提出。近年来, 得益于计算机网络的迅猛发展, 此类系统被越来越广泛地应用于教学中^[1-2]。通

过移动网络将教师电脑终端和学生智能设备(智能手机, 平板电脑或笔记本电脑等)有效联通, 为教师提供真实可靠的教学反馈信息, 使授课者能够实时关注课堂上每位学生对授课内容的掌握情况, 实现学生个体与教师间的交互目的。

课题组以工科专业基础课程理论力学课堂教学为研究对象, 通过优化课堂教学设计, 借助课堂实时反馈系统, 辅助教师跟踪学生的学习进程和学习效果, 构建合作、互动的课堂环境, 有效达到了完善知识构建和提高能力培养的教学目标。

1 出题优平台基本框架

出题优系统是由台湾大学教育集团开发的基于云服务的交互式教学系统^[3-4], 笔者所在的高校教学管理部门已引进该系统并应用于教学实践。该系统有教师和学生两种用户客户端, 设计了友好的交互界面, 登录简单, 可实时追踪学生学习数据, 便于教育者开展各类教学测试、互动交流和成绩管理等, 工作流程如图 1 所示。系统功能包括课程及学生管理、课程题库、评分统计、同侪互评等。管理课程学习数据(如考勤记录, 个人作答状况, 题目作答状况, 学生反馈记录等)。题目类型包括单选题、

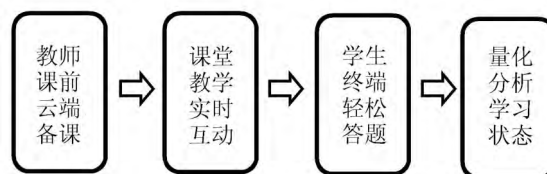


图 1 工作流程

本文于 2018-01-18 收到。

1) 2016 年度山东省本科高校教学改革研究项目。

2) 宋娟, 讲师, 硕士, 长期从事基础力学课程教学。E-mail: songjuan@sdu.edu.cn

引用格式: 宋娟, 冯维明, 王少伟等. 试论“课堂实时反馈系统”在力学课堂教学中的应用. 力学与实践, 2018, 40(3): 329-331

Song Juan, Feng Weiming, Wang Shaowei, et al. The applications of “the classroom real time feedback system” to teaching of mechanics. *Mechanics in Engineering*, 2018, 40(3): 329-331

多选题、开放式问题、计分考卷、不计分考卷或题组等; 设定倒数计时开放答题; 支持个人回答或分组回答, 允许根据情境灵活设置作答形式。

同时, 平台开发了各种扩展功能, 例如“点名签到”可手动点名及学生自动签到, 记录学生出勤情况, 取代传统纸版点名册, 节省课堂宝贵时间; “随机抽点”可增加课堂活络度, 引发学生关注, 如图2所示; “反馈讨论”可让学生随时于课中或课后主动发问、发表评论; “公告信息”自动推播至学生客户端, 所有课堂信息完整传递; 小组讨论、分组作答或同侪互评等特殊功能, 可增加学生课堂参与度并落实合作学习, 提升学习效率。平台还提供 PowerPoint 插件, 可直接与教师课件关联。



图2 随机点名界面

2 基于出题优系统的课堂教学实践

课堂教学是学生学习获得知识的主要渠道。根据注意力曲线研究结果表明^[4], 人的注意力在开始时达到最高, 随着时间的推移注意力开始分散, 至结束时再次趋高, 注意力变化呈现两头高中间低的特点。将这一理论运用到教学上, 我们会发现以讲授为主的传统课堂, 长时间的教师讲授后, 大部分学生可能出现精神疲劳、注意力分散的现象。同时由于教师课堂提问多以无目标的问答为主, 只有少部分学生可以与教师形成有效的互动交流, 其他学生则是沉默的大多数。面对复杂的课堂环境, 即便教师“察言观色”, 也难以全面、实时地掌握学生的学习状态。

理论力学是工科专业基础课程, 涉及土木、材料、机械、航空航天、水利等多个专业, 课题组承担的该课程教学多为容量 100 人左右的大班课堂。课题组基于课堂实时反馈系统, 开展了多个学期的教学实践, 主要体现在以下两方面:

(1) 优化课堂教学设计, 调整课堂教学策略

首先, 依据每节课的教学目标优化每节课的课堂教学设计, 将每节课的内容划分为多个教学单元, 每一单元包含讲授、测试及讨论等环节。授课前教师需要提前规划好每个环节所需时间。在讲授环

节把握重点, 讲清难点, 突出基本概念、基本理论和基本方法, 给学生留有思考余地; 测试环节围绕该单元内容设计容易引起错误理解的测试题目, 题目设置应强调对概念的剖析与深层次理解, 注重培养学生拓展分析、解决问题的能力。借助课堂实时反馈系统, 学生可以利用智能终端扫码登录后看到教师设置的相关问题, 通过学生独立思考分析后在网络上实时作答, 教师及学生可在大屏幕实时看到答题情况。根据课堂测评的实时反馈数据, 教师能够及时掌握全体学生的具体答题情况, 了解每个学生的作答情况。根据答题情况判断学生学习掌握课程内容情况, 判断学生学习盲点, 照顾多数, 兼顾少数, 采取不同的教学策略, 组织课堂讨论。

根据哈佛大学教授 Eric Mazur 创立的 Peer-Instruction (PI) 教学方法研究结果表明^[5], 30% 和 70% 可作为教学策略调整的两个临界值。图3所示为点的合成运动理论中某题目的答题情况, 考核学生对牵连运动和牵连速度的理解程度。课堂答题正确率达到 75.44%, 说明大部分学生掌握了该知识点。教师可随机要求某位同学阐述其分析过程, 在此基础上引导学生探究更为深入的问题或导出下一教学内容。如某题目的答题正确率少于 30%, 教师则应阐述错误分析原因, 并在下次课堂测试时引入另一测试题目重新评价学生理解程度。

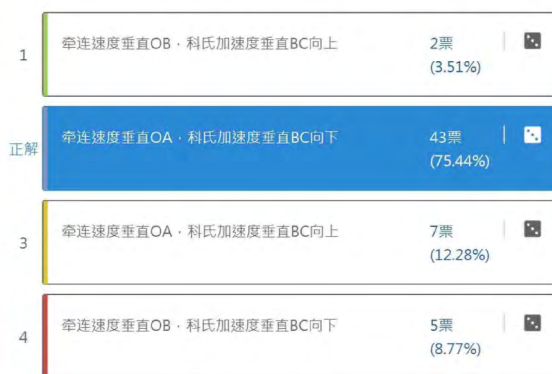


图3 学生答题情况界面

如某题目的回答正确率介于 30% ~ 70% 之间, 教师可要求学生互相讨论几分钟, 分享彼此观点, 重新提交答案。学生讨论时, 教师可到学生中间, 倾听交流内容, 对未答对题的学生给予更多的关注与引导。下课前教师可利用 5 分钟左右时间对本堂知识点及问题进行整理论述, 加深理解。

看过听过容易忘记, 做过说过才会理解。站在学

生的角度设计“讲解—测试—讨论”的课堂教学环节,注意把握学生的心理和注意力变化,可以准确地获取全体学生的学习信息,以方便教师调整教学策略。每位学生也能理解自己与其他同学在知识建构上的差异,原来已答对的学生可借此获得更深刻的理解,未答对的学生也获得了修正的机会。

(2) 挖掘学习数据,评价过程学习效果

所有课堂测评的信息数据都可长期保存,出勤记录、作答率、答对率、答错率、成绩分值及反馈记录等可分别按个人作答状态和课程作答状态要求输出。教师据此信息回顾、反思教学过程,追踪每位学生的学习成绩与出勤状况,并将之作为学习过程的考核依据。课题组教师将一学期学生的随堂答题成绩作为平时成绩的判定依据之一,并与期末成绩进行分析对比,两者间存在明显的相关性。课堂答题成绩高的学生期末考试成绩也相应较高,反之亦然,说明此平时成绩的赋值可信度及可操作性较强。

课题组针对基于课堂实时反馈系统的教学实践,开展了问卷调查。结果显示:大多数学生认为该系统操作十分方便,有益于课堂主动思考,有较多的机会参与到教学互动中。本系统使得那些以前很少发言的学生也得到了有效的关注,进一步优化了课堂教学效果。虽然该方式引导学生必须答题,但由于使用手机等便携式设备,学生的逆反心理并不强烈。此教学设计因为增加了课堂测试与讨论的环节,势必占用一定的课堂讲授时间,因此如果能与混合教学或翻转课堂等教学方法有机融合,提前让学生通过教学视频等资源了解课堂内容,笔者认为一定可以取得更满意的课堂教学效果。

3 结束语

作为一种课堂教学辅助技术,课堂实时反馈系统为枯燥的教学活动创造了一个互动、轻松、个性的学习氛围。教师设计教学环节,引导学生思考,学生主动参与教学,引发学习兴趣,实现双向沟通的教学活动。对于教师而言,课堂实时反馈系统为教师教学提供了可靠、实时的学习数据,能够帮助教师全面掌握学生的学习状况、优化课堂教学设计、调整课堂教学策略、为学生提供更有针对性的和个性化地指导、提高课堂教学效率。当然,无论是教育理念还是教育技术,在实际应用中都需要根据教师水平、学生特质、课程性质、章节内容等进行灵活调整。

参 考 文 献

- 1 Herreid CFHB. “Clicker” cases: introducing case study teaching into large classrooms. *Journal of College Science Teaching*, 2006, 36(2): 43-47
- 2 Bachman L, Bachman C. A study of classroom response system clickers: increasing student engagement and performance in a large undergraduate lecture class on architectural research. *Journal of Interactive Learning Research*, 2011, 22(1): 5-21
- 3 Lee JW, Shih M. Teaching practices for the student response system at national taiwan university. *International Journal of Automation and Smart Technology*, 2015, 5(3): 145-150
- 4 Chang TC, Tsai YF, Wu FG. Interaction design of digital teaching improves teaching and learning effectiveness. The 9th International Conference of Access to Learning, Health and Well-being, Los Angeles, 2015
- 5 张萍, Eric Mazur. Peer-Instruction——哈佛大学物理课程教学新方法. *中国大学教学*, 2010(8): 69-71

(责任编辑: 胡 漫)

Statistic analysis of the reasons and factors influencing transportation-majored students to change their majors based on chi-square test and p-value test

Jianqing Wu

School of Qilu Transportation, Suzhou Research Institute
Shandong University, Shandong University
Jinan, Shandong, 250061, China, Suzhou, Jiangsu, 215123, China
jianqingwusdu@sdu.edu.cn

Shijie Liu

Sch Microelect
Shandong University
Jinan 250101, Peoples R China
13210441585@163.com

Zhouyuan Li

School of Qilu Transportation
Shandong University
Jinan, Shandong, 250061, China 202115396@mail.sdu.edu.cn

Ziliang Yang*

School of Qilu Transportation
Shandong University
Jinan, Shandong, 250061, China
*qljtky@sdu.edu.cn

Abstract—In recent years, with the development of transportation, many talents want to enter the transportation industry, especially for those undergraduates who want to learn related knowledge for future career planning by switching their majors at school. To help students to solve the problem of switching majors to transportation, a self-administered questionnaire was released to 64 undergraduate and graduate students in Shandong University, to investigate the reasons and their influential factors for switching majors. The collected data were processed by questionnaire star, EXCEL and SPSS, descriptive statistical analysis and significance analysis were conducted by chi-square test and p-value test. It was found that the main reasons for switching majors were good employment prospects and wide development space in the transportation industry. The influencing factors for switching majors were mainly found in the weak basics of related professional knowledge and the decline of teaching quality due to the online teaching mode under the influence of the COVID-19 epidemic.

Keywords—transportation; reasons for switching majors; influential factors of switching majors

I. INTRODUCTION

In recent years, due to the national policy of building a strong transportation country, the transportation industry in China has become an emerging industry, attracting a large number of talents to participate in this field [1]. To solve the difficulties of entering the industry and attract more potential practitioners, a relevant survey is needed to be launched.

Comparing the professional settings in China and abroad, it can be found that foreign countries seemed more flexible in professional settings, without limiting the number of times and simple procedures. Oppositely, China only began to allow the transfer of majors in 2005 after the Ministry of Education promulgated the Regulations on the Management of Students in General Higher Education Institutions[2]. With the fact that fast developing transportation industry has a broad space for development, it has attracted a large number of students,

The Natural Science Foundation of Jiangsu Province

especially graduate students, who switched their majors into the transportation field, for specific, the transportation design and planning to achieve economic and social benefits[3, 4].

In this paper, undergraduate and graduate students are investigated, the reasons why they would like to transfer majors, along with the difficulties they may encounter are investigated by using questionnaires, to find out the current problems of transferring majors to transportation and analyze the factors affecting the learning difficulties of major-transferred students[5, 6]. In addition, by finding relevant literature to target countermeasures and suggestions, the school's policy on changing majors is prompted to be improved so that students can carry out their studies and works better[7].

II. STUDY DESIGN

A. Selection of the study population

Considering the availability and reliability of the data, along with the disciplinary discipline of the researcher, this research was limited to undergraduate and graduate students who may be interested in transferring to a transportation program.

B. Data sources and research methodology

The survey was conducted using a self-administered questionnaire, "Survey on the Reasons and Influencing Factors of Interprofessionals in Transportation". The questionnaire covers three sections, including "basic information", "reasons for interprofessionalism" and "influencing factors" of the respondents. The main questions were documented in table 1. To effectively analyze and reasonably categorize the results of the survey, this study distinguishes the four reasons for changing majors into three categories, which are: growth reasons, i.e. reasons for changing majors based on professional development and individual growth needs, mainly reflecting whether the respondents think that the employment prospect of

transportation majors is good and has a broad development space; external reasons, i.e. motivation under external pressure or The objective factors of force majeure, including the initial application to accept the transfer to study a major

they do not like, and the request to change majors at home; the intrinsic reasons, i.e. the reasons for changing majors based on subjective will, mainly reflected in the academic interest in transportation[8].

TABLE I. INDICATOR SYSTEM FOR INFLUENCING FACTORS AFFECTING THOSE WHO CHANGE PROFESSIONS

Statistical Indicators At The First Level	Secondary Statistical Indicators	Account For
Basic information	Sex	Male; Female
	Grade	Freshman; Sophomore; Junior; Senior; Graduate
	Specialty	Arts; Science; Engineering; Agriculture; Medicine; Other
	Engineering specific majors	Civil engineering; Other
	Intention to change majors	Transferred successfully; Not transferred
Interprofessional reasons	Why do you want to change your major?	Good job prospects and room for growth; Initial major accepted a transfer and did not like it; Greater interest in transportation; Family requested a change of major.
Influencing factors	Was it difficult for you to change your major?	1 = A large number of courses to be made up; 2 = A weak basic in related professional knowledge; 3 = Difficulty in gathering information; 4 = Teachers sometimes overlook students who change majors.
	How the epidemic affects interdisciplinary students?	1 = No learning atmosphere in the online mode of instruction; 2 = No face-to-face interaction and untimely communication; 3 = No access to laboratory courses; 4 = No rapid integration into learning life.

This questionnaire was published using Questionnaire Star throughout and the period of data collection was from October 4 to October 12 in 2021. To ensure the validity of the survey, the respondents of this survey should be current students who have transferred or wish to transfer to transportation-related majors, so other populations were excluded.

A total of 64 questionnaires were distributed. After sorting and screening, 64 valid questionnaires were recovered, which could meet the requirements of sample recovery quantity and efficiency. All data were processed using SPSS software, and statistical analysis methods such as frequency, cross tabulation and chi-square test were mainly used[9].

III. EMPIRICAL ANALYSIS

A. Analysis of the basic characteristics of the research population

The basic information of the samples was given in Table 2. From which it is obvious that the sample structure of the research respondents is relatively reasonable. In terms of gender structure, there were 33 males, accounting for 51.56%, and 31 females, accounting for 48.44%. From the grade structure, postgraduate students are the main ones, accounting for 65.63%. In terms of major structure, the highest proportion of the students was engineering students, accounting for 84.38%, with students who are majoring in civil engineering-related fields accounting for 61.11% among all engineering students[10]. In terms of the structure of transfer out results, the percentage of students who successfully transferred out was 54.69% and the percentage of students who did not transfer out was 45.31%.

TABLE II. TABLE OF BASIC INFORMATION ON THE SAMPLE DATA

Basic Information	Account For	Frequency	Percentage (%)
Sex	Male	33	51.56
	Female	31	48.44
Grade	First-year university student	2	3.13
	Second-year university student	0	0
	Third-year university student	14	21.88
	Fourth-year university student	6	9.38
	Postgraduates	42	65.63
Specialty	Literature	3	4.69
	School of principle	4	6.25
	Industrial science	54	84.38
	Agronomy	1	1.56
	Medical science	1	1.56
	Other	1	1.56
Engineering specific majors	Civil engineering	33	61.11
	Other	21	38.89
Change of major results	Successful transfer out	35	54.69
	Not transferred out	29	45.31

B. Analysis of reasons for changing professions

The survey results showed that among the four reasons given in the questionnaire for changing majors, the highest percentage of students decided to change majors based on employment prospects and future development (46.88%), followed by those who were not interested in their original majors (37.50%) and those who were more interested in transportation (35.94%), and some of the reasons for changing majors were due to family requests to change majors (15.63%).

1) Grade level and reasons for changing majors

As shown in Table 3, students showed consistency ($p > 0.05$) for both good job prospects, wide scope for development and

greater interest in transportation, while they have significant differences ($p < 0.05$) on both majors disliked by accepting transfer studies and family requests to change majors. Among the samples, freshmen students mostly considered changing majors due to their interest in transportation and family request to change majors, juniors mostly considered changing majors

based on accepting transfers to study majors they did not like, seniors mostly considered changing majors based on good job prospects, wide development space and family request to change majors. Graduate students mostly considered changing majors based on good job prospects, wide development space and greater interest in transportation.

TABLE III. CROSS TABULATION BETWEEN GRADE LEVEL AND REASONS FOR CHANGING MAJORS

Reason For Change Of Major	Your Grade					Aggregate	χ^2	p
	First-year university student	Second-year university student	Third-year university student	Fourth-year university student	Postgraduates			
Good job prospects and plenty of room for growth	0	0	4 (28.57)	3 (50.00)	23 (54.76)	30 (46.88)	4.721	0.193
Initial major accepted a transfer and didn't like it	0	0	10 (71.43)	2 (33.33)	12 (28.57)	24 (37.50)	9.549	0.023
Greater interest in transportation	1 (50.00)	0	4 (28.57)	0	18 (42.86)	23 (35.94)	4.741	0.192
The family asked to change majors.	1 (50.00)	0	2 (14.29)	3 (50.00)	4 (9.52)	10 (15.63)	8.375	0.039

C. Analysis of difficulties in changing professions

The results of the survey showed that among the eight influencing factors given for changing majors, the highest percentage of weak basics of relevant professional knowledge (65.63%), followed by the reason that a large number of courses need to be made up (43.75%) and difficulties in gathering information (32.81%), and a relatively low percentage of students who changed majors out of teacher neglect (6.25%). The online teaching mode without learning atmosphere (67.19%) and the inability to meet face to face and communicate on time (59.38%) became the most influential factors with the highest percentage under the influence of the epidemic, followed by the inability to perform laboratory courses (43.75%) and the inability to integrate quickly into academic life (31.25%).

1) Grade level and transfer factors

As shown in Table 4, students' age showed no significant difference ($p > 0.05$) for the large number of courses to be made up, weak basics of relevant expertise, difficulties in information gathering and the influencing factors brought about by the epidemic, while there was a significant difference ($p < 0.05$) for students whose teachers sometimes ignore major switched-students. Among the factors of difficulty in changing majors, juniors had a significantly higher percentage of students whose teachers ignore students who change majors than other grades; seniors also had the highest percentage of factors influenced by the epidemic for not being able to communicate face to face and not communicating in time.

TABLE IV. CROSS TABULATION OF FACTORS INFLUENCING GRADE LEVEL AND CHANGE OF MAJOR

Secondary Statistical Indicators	Account For	Grade					Aggregate	χ^2	p
		First-year university student	Second-year university student	Third-year university student	Fourth-year university student	Postgraduates			
Was it difficult for you to change your major?	1	1 (50.00)	0	6 (28.57)	4 (30.77)	17 (28.81)	28 (29.47)	1.500	0.682
	2	1 (50.00)	0	6 (28.57)	5 (38.46)	30 (50.85)	42 (44.21)	4.895	0.180
	3	0	0	6 (28.57)	3 (23.08)	12 (20.34)	21 (22.11)	2.764	0.429
	4	0	0	3 (14.29)	1 (7.69)	0	4 (4.21)	9.549	0.023
How the epidemic affects interdisciplinary students?	1	2 (100.00)	0	9 (29.03)	3(20.00)	29 (35.80)	43 (33.33)	1.900	0.593
	2	0	0	9 (29.03)	6(40.00)	23 (28.40)	38 (29.46)	7.539	0.057
	3	0	0	7 (22.58)	2 (13.33)	19 (23.46)	28 (21.71)	2.080	0.556
	4	0	0	6 (19.35)	4 (26.67)	10 (12.35)	20 (15.50)	6.372	0.095

2) *Factors influencing original major and change of major*

As shown in Table 5, students' original majors did not show significant differences ($p>0.05$) for the factors of inferior learning atmosphere in online teaching mode, unable to perform laboratory courses, hard to quickly adjust newly academic life and difficulties in changing majors. However, there were significant differences ($p<0.05$) for the inability to communicate face to face and untimely communication.

Among the factors caused by the COVID-19 epidemic, engineering majors accounted for a significantly higher percentage in the inability to communicate face to face and untimely communication than other disciplines. Science and other disciplines were more influenced by the epidemic compared to the prevalent influencing factors of changing majors.

TABLE V. CROSS TABULATION OF FACTORS INFLUENCING ORIGINAL MAJOR AND CHANGE OF MAJOR

Secondary Statistical Indicators	Account For	Original Professional						Aggregate	x ²	p
		Literature	School of Principle	Industrial science	Agronomy	Medical science	Other			
Was it difficult for you to change your major?	1	0	2(50.00)	25 (29.41)	1 (100.00)	0	0	28 (29.47)	5.380	0.371
	2	2 (66.7)	2 (50.00)	36 (42.35)	0	1 (100.00)	1 (100.00)	42 (44.21)	3.417	0.636
	3	1 (33.33)	0	20 (23.53)	0	0	0	21 (22.11)	3.856	0.570
	4	0	0	4 (4.71)	0	0	0	4 (4.21)	0.790	0.978
How the epidemic affects interdisciplinary students?	1	2 (66.67)	3 (42.86)	35 (30.70)	1 (100.00)	1 (100.00)	1 (33.33)	43 (33.33)	1.714	0.887
	2	0	1 (14.29)	37 (32.46)	0	0	0	38 (29.46)	12.600	0.027
	3	1 (33.33)	1 (14.29)	25 (21.93)	0	0	1 (33.33)	28 (21.71)	3.687	0.595
	4	0	2 (28.57)	17 (14.91)	0	0	1 (33.33)	20 (15.50)	5.129	0.400

IV. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

A. *Problems with changing professions*

1) *Growth-oriented reasons are the most important reasons for changing majors.* The trend is that "the higher the grade level, the more diverse the reasons for changing majors". Freshmen and juniors are more easily influenced by external factors. A possible explanation for the phenomenon that

freshmen and juniors are more likely to be influenced by external factors than other grades was that they have more opportunities to change majors or enter graduate school.

2) *The trend of factors influencing the change of major is diversified.* Among all the grades, graduate students are most influenced by weak basic in related professional knowledge. The possible explanation is that most of them achieved the change of major through cross-examination and worry whether their professional knowledge can support the subsequent

research work. And among all the original majors, a higher percentage of students whole did not enroll in an engineering major were easily affected by this factor. The possible reason for this is that non-engineering students know less about transportation and are unsure of their suitability to participate in a transportation program.

B. methods to solve existing problems

1) *Showing professional related videos* can help students become more intuitive and quickly to develop knowledge of their new major, thus the measure can be integrated into students' study life.

2) *Professional-related lectures* are conducted to get close to professors and scholars in the field, and the content usually involves new knowledge and the latest development trends in the discipline and related disciplines.

3) *Recording lessons for repeated viewing* makes it easier for students to review and study on their own after class to keep track of their learning progress and catch up on their knowledge more quickly.

4) *Conduct group discussions* to increase communication between transfer students and students in transportation majors, thus could better integrate the class, and enhance friendship between students through intra-group communication.

ACKNOWLEDGEMENT

Research supported by the Natural Science Foundation of Jiangsu Province under grant number BK20200226, part by the Program of Science and Technology of Suzhou under grant number SYG202033.

REFERENCES

- [1] R. H. Ballou and J. E. Piercy, "SURVEY OF CURRENT STATUS AND TRENDS IN TRANSPORTATION AND LOGISTICS EDUCATION," *Transportation Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 27-36, 1974.
- [2] Ministry of Education of the People's Republic of China. (2017) the Management of Students in General Higher Education Institutions. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A02/s5911/moe_621/201702/t20170216_296385.html.
- [3] Y. H. Zhang and Y. J. Min, "Research on Innovation and Connotation of Traffic and Transportation Major," in 4th International Symposium on Education Management and Knowledge Innovation Engineering, Vols 1 and 2, Jiaozuo, PEOPLES R CHINA, 2011, 2011, pp. 306-309.
- [4] W. W. Shang and Z. Z. Liu, "Research on Excellent Students' Changing Major in Colleges and Universities-Taking One University in Jilin Province as an Example," in International Symposium on Reform and Innovation of Higher Engineering, Chengdu, PEOPLES R CHINA, 2016, 2016, pp. 105-111.
- [5] L. Fu, J. Du, X. Li, and S. Zhou, "Adaptation and Its Influencing Factors of Major-changed Undergraduates," *Chinese Journal of Clinical Psychology*, vol. 20, no. 6, p. 882, 2012, Art no. 1005-3611(2012)20:6<882:Gxzx bk>2.0.Tx;2-3.
- [6] G. L. Kramer, H. B. Higley, and D. Olsen, "CHANGES IN ACADEMIC MAJOR AMONG UNDERGRADUATE STUDENTS," *College and University*, vol. 69, no. 2, pp. 88-&, Win 1994.
- [7] K. Hyeoung and D. Lee, "Exploring the Reasons and Difficulties of College Students' Major Changes," *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, vol. 20, no. 24, pp. 857-885, 2020.
- [8] H. M. Matusovich, R. A. Streveler, and R. L. Miller, "Why Do Students Choose Engineering? A Qualitative, Longitudinal Investigation of Students' Motivational Values," *Journal of Engineering Education*, vol. 99, no. 4, pp. 289-303, Oct 2010.
- [9] M. E. I. Elagra, A. I. A. Alhayek, B. F. M. Al-Mutairi, N. A. Aljohar, and R. A. Aladwani, "Changing trends of prosthetic rehabilitation of partially edentulous patients visiting a tertiary care dental hospital," *Journal of Family Medicine and Primary Care*, vol. 8, no. 6, pp. 1914-1918, Jun 2019.
- [10] J. L. Paulson, R. L. Kajfez, K. M. Kecskemety, and Ieee, "Examining Engineering Students' Major Selection Developing Baseline Quantitative Results to Investigate Major Selection and Change," in *IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Gannon Univ, Erie, PA, 2016, 2016.

力学和数学中的“调和”释义¹⁾

王少伟²⁾ 赵茉莉 冯维明

(山东大学工程力学系, 济南 250061)

摘要 力学的教学过程中经常涉及“调和”这个概念, 其与数学基础理论和力学应用紧密联系, 了解该概念的本义与延伸, 可以帮助学生更恰当准确地理解和掌握相关知识点。本文将力学学习过程中经常遇到的多个与“调和”有关的名词联系起来, 给出了详细的解释, 并示例应用, 有助于相关知识点的教学活动。

关键词 调和方程, 调和级数, 简谐振动

中图分类号: O35 **文献标识码:** A

doi: 10.6052/1000-0879-18-067

但凡与数学、物理或者力学相关专业领域的学习者或者研究者, 都会经常接触到“调和”这个概念。比如, “调和级数”、“调和函数”、“调和平均”、“调和方程”, 以及“调和振动(谐振动)”等等。很自然地, 会(被)提出这样的问题: 什么是调和? 为什么要如此定义?

在真实世界中, 单调的美一般是存在于理想中。所以混沌状态下的协调(Harmony, 也称为和谐)是哲学家追求的一种美。一个整体的各部分能相互调和的时候(Harmonious), 也是现实中的一种美。单调的铁锤落在铁砧上的声音听久了让人烦躁, 两千五百年前, 当冥思苦想的毕达哥拉斯偶然拐入打铁铺的时候, 此起彼伏的不同频率的打铁声宛如优美的交响乐, 他觉的这就是真实世界中的协调。事实上, 在毕达哥拉斯时代没有控制方程和振动叠加概念和认识, 但是毕达哥拉斯却利用观测到的声音与发声器物的物理特征的关系, 借用小整数之间的比值来表述音程, 从而为西方早期的音准体系和调音体系做出了贡献。毕达哥拉斯也是最早将“调和(Harmonic)”一词引入到科学研究中来的科学家^[1]。

2018-02-06 收到第 1 稿, 2018-04-05 收到修改稿。

1) 山东大学教学研究改革项目和山东省教改重点项目资助。

2) 王少伟, 副教授, 主要从事非牛顿流体力学、应用数学的教学与研究。E-mail: shaoweiwang@sdu.edu.cn

引用格式: 王少伟, 赵茉莉, 冯维明. 力学和数学中的“调和”释义. 力学与实践, 2018, 40(5): 560-562

Wang Shaowei, Zhao Moli, Feng Weiming. The meanings of the word “harmonic” in mechanics and mathematics. *Mechanics in Engineering*, 2018, 40(5): 560-562

1 音乐中的调和问题

我们先从“调和”的本义谈起。“调和”一词来源于音乐领域, 本指以某种方式激发乐器的固有频率, 以达到最佳音质效果。物体之所以会发声, 是因为振动所导致。这种振动一般说来是复合振动, 既有物体整体的振动, 也有各个局部所产生的振动。这种复合振动所产生的声音称为复合音。这其中, 由于物体的整体振动所产生的声音称为基音, 各个局部振动所产生的声音称为泛音。基音与泛音统称为分音, 也即是复合音的其中之一。

我们知道, 只要提到振动, 就一定需要频率或波长来描述。我们把复合振动中的所有分音(泛音)按照频率从低到高排列, 这个过程叫分音列(泛音列)。基音的频率最低, 称为一分音, 二分音(一泛音), 三分音(二泛音)……以此类推。当基音和基音频率的整数倍的泛音在一起叠加的时候, 所听到的复合音被视为调和的, 这也是调和一词的本义^[2]。

以弦乐器为例。假设一根长度为 1 的弹性弦拉紧, 两端固定。将弦稍拉离平衡位置后松开, 让其开始自由振动, 声音即可由此激发产生, 如图 1 中所示。该过程的力学模型即为波动方程^[3]

$$\frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2}$$

由图 1 可以注意到, 自二阶模态开始, 在弦的内部会有节点。比如, 对四阶模态而言, 在弦的 1/4、1/2、3/4 处, 弦偏离平衡位置的位移为零。但对于其他不是 4 的整数倍的模态而言, 这些节点处都是会产生振动的。所以弦上任意一点处都会有众多不同阶数振动模态的叠加, 当在以上四阶振动模态的驻点处加以固定, 则这些节点处所有非 4n 阶模态振动

的叠加会被消除，从而 4 阶模态对应的频率和与之对应的音色显现出来，如图 2 所示。

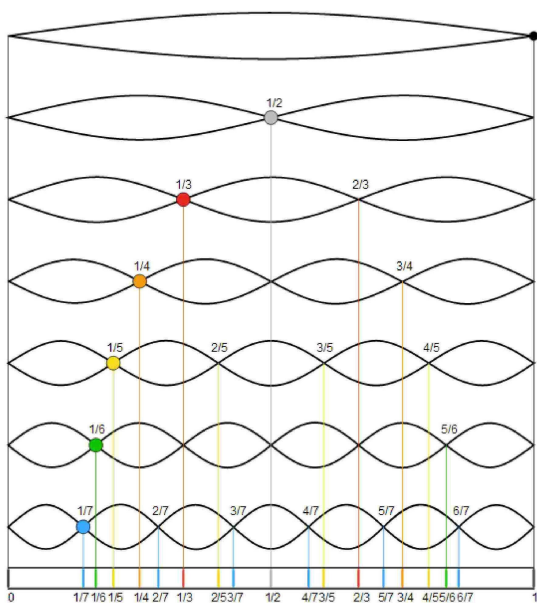


图 1 各不同频率的振动示意图 [4]

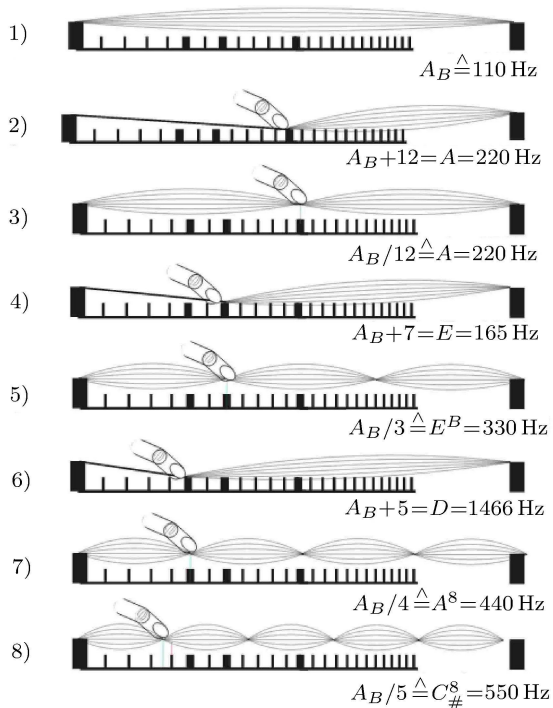


图 2 指定阶数音色显现示意图 [4]

2 数学中的调和释义

协调的音乐是由于各个不同频率的振动波的叠加产生，利用频率和波长的关系，对应于从低到高的分音阶，其波长分别为 $2L, L, \frac{2L}{3}, \frac{2L}{4}, \frac{2L}{5}, \dots, \frac{2L}{n}$

...，所以与其对应的如下数学叠加

$$H_n = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$$

被称为调和级数 (Harmonic series)，前 n 项之和 H_n 被称为调和数 (Harmonic number)。在该调和级数中， $\frac{1}{n}$ 可视为 $\frac{1}{n-1}$ 和 $\frac{1}{n+1}$ 的某种均值，则有如下关系式

$$a_n = 2 \frac{a_{n-1} \cdot a_{n+1}}{a_{n-1} + a_{n+1}} = \frac{2}{\frac{1}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_{n+1}}}$$

于是称 a_n 为其二者的调和平均 (Harmonic mean)，满足如上关系的 a_{n-1}, a_n 和 a_{n+1} 被称为调和数列。调和平均是毕达哥拉斯均值的一种 (其他两种即为算术平均和几何平均)，这 3 种不同类型的均值紧密联系，有如下两个关系式

$$\frac{a}{(a+b)/2} = \frac{2ab/(a+b)}{b} \quad \text{和} \quad H = \frac{G^2}{A}$$

这里的 H, G 和 A 分别为调和平均值、几何平均值和算术平均值。值得指出的是，上面第一个等式中包含了黄金分割点的定义。将两个数的调和均值推广伸到多个数 $x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 的情形，即为一般意义上的调和平均值定义，如下

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{x_i}$$

音乐中的调和是描述声音组成部分中各分音之间的协调，是物理表象；物理上的调和则被抽象为振动或振荡频率的叠加与复合，是科学本质。简谐振动也被称为简单调和振动 (在日本的教科书中一般称作如此)，是因为简谐振动是最简洁的振动，只有一个特征频率。

那为什么拉普拉斯方程又被称为调和方程呢？对于如下方程 [3]

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = 0$$

若考虑其齐次边界条件，可引入分离变量法，将 $\varphi(x, y, z) = A(x)B(y)C(z)$ 代入上式

$$\frac{1}{A(x)} \frac{d^2 A(x)}{dx^2} + \frac{1}{B(y)} \frac{d^2 B(y)}{dy^2} + \frac{1}{C(z)} \frac{d^2 C(z)}{dz^2} = 0$$

$$\text{令} \quad \frac{1}{A(x)} \frac{d^2 A(x)}{dx^2} = \alpha^2, \quad \frac{1}{B(y)} \frac{d^2 B(y)}{dy^2} = \beta^2,$$

$\frac{1}{C(z)} \frac{d^2 C(z)}{dz^2} = \gamma^2$, 则上述方程可表述为一般形式

$$\frac{d^2 A(x)}{dx^2} - \alpha^2 A(x) = 0$$

这恰为描述简谐振动的控制方程。也正是由此, 拉普拉斯方程也被称为调和方程。满足拉普拉斯方程的解自然就被定义为调和函数。曲线坐标系下的调和方程与调和函数亦是来源于此。

3 力学中的调和案例

调和级数在力学上的最著名应用应该是 19 世纪中期提出的骨牌堆叠最远延伸问题^[5-8]: 假设有足够数量的完全相同的均匀骨牌, 逐层堆叠, 每层只放置一块, 每一层骨牌都单一指定方向突出一定长度, 在保持系统稳定的前提下, 最终可使最上层的骨牌完全超出最底层骨牌, 甚至更远。

假设单个骨牌的长度为 1, 考虑到均匀性, 此处可以忽略纵坐标的变化, 也即可简化为一维问题。为方便起见, 采用从上往下堆叠的办法, 如图 3。对于一个共有 n 层骨牌并且达到平衡状态的系统, 易知其重心位置横坐标为: $\frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \frac{1}{k}$ 。这是一个调和级数, 是发散的。随着 n 的增加, 重心的极限位置在最底层骨牌的最左端, 但最顶层与最底层骨牌同侧端点的距离会延伸至无穷远。图 3 给出了 50 层骨

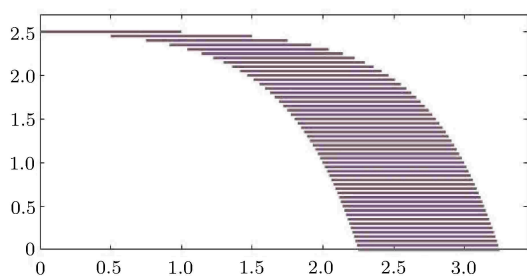


图 3 五十层骨牌堆叠最远延伸模拟结果

牌堆叠最远延伸的结果。事实上, 当 $n = 5$ 时, 调和数 $H_5 = \frac{25}{12}$, 意味着顶层骨牌已经整体超出了底层骨牌。

4 结语

力学与数学紧密联系^[8], 诸多数学中的方程和定义直接来自于物理或力学问题的定性分析, 甚至于在某些问题中界定是(纯)数学问题还是(纯)力学问题已变得没有意义了。“调和”的概念在力学教学体系中的多个力学类和数学类课程中出现, 是一个重要的知识点, 贯穿并联系了数学基础理论和力学应用研究。本文通过对调和这一概念的深度解释, 有助于力学、数学以及物理等学科的学生更好地理解并联系相关知识点, 也为相关专业的授课教师提供有价值的参考。

参考文献

- 1 Crocker RL. Pythagorean mathematics and music. *Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 1963, 22: 189-198
- 2 Webster N. Webster's Third New International Dictionary of the English Language Unabridged. Chicago: Merriam, 1961
- 3 梁昆森. 数学物理方法 (第 4 版). 北京: 高等教育出版社, 2010
- 4 <https://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic>
- 5 Walton W. A Collection of Problems in Illustration of the Principles of Theoretical Mechanics (2nd ed). Cambridge: Deighton, Bell, 1855
- 6 Phear JB. Elementary Mechanics. Cambridge: MacMillan, 1850
- 7 Paterson M, Peres Y, Thorup M. Maximum overhan. *The American Mathematical Monthly*, 2007, 116(9): 763-787
- 8 Arnold VI. On Teaching Mathematics.1997. <http://pauli-uni-muester.de/~munsteg/arnold.html>

(责任编辑: 胡漫)