

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.02.008

欢迎按以下格式引用:张建伟,曹万林,董宏英,等.基于大工程观的土木工程研究生创新能力培养体系构建与实践[J].高等建筑教育,2022,31(2):53-58.

# 基于大工程观的土木工程研究生创新能力培养体系构建与实践

张建伟,曹万林,董宏英,乔崎云

(北京工业大学 城市建设学部,北京 100124)

**摘要:**为提高土木工程专业研究生的创新能力培养水平,分析了影响研究生创新能力培养质量的生源、学位论文、导师、培养环境、培养模式、培养体系、大工程7个关键因素,揭示了7个关键因素间互动发展的内在规律,进行了较系统的教育理念、教学方法、教学手段改革,建设了强化研究生工程创新能力培养的四大实训平台,即校内综合实验实训平台、校内外共享实训平台、创新联盟实训平台、大工程产业基地实训平台,提出了提升研究生创新能力的三种培养模式,即大工程下实践化研发模式、群体型研讨模式、开放式培养模式,创建了产学研用相融合的立体化研究生创新能力培养体系,并进行了教学实践,取得了显著成效,研究生的团队意识、工程实践能力和创新能力明显提升。

**关键词:**大工程;土木工程;研究生;创新能力;培养体系

**中图分类号:**G643.0;TU-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2022)02-0053-06

2014年,中国学位与研究生教育发展年度报告课题组、全国学位与研究生教育数据中心发布的《中国学位与研究生教育发展年度报告(2013)》<sup>[1]</sup>系统分析了我国学位与研究生教育发展所面临的国际国内环境、形势与任务,总结归纳了我国学位与研究生教育事业发展概况和改革重点,阐述了研究生培养质量保障体系,分析了国际研究生教育发展趋势及国外研究生教育发展的动态,强调在研究生招生规模扩大的情况下,应重视研究生实践能力和创新能力的培养,确保研究生的培养质量。

现代工程都是大而复杂的系统,工程活动中除了技术内容,还必须考虑到非技术因素,包括社会、经济、文化、生态、伦理等,这些必须融入工程师的教育培养体系。为此,20世纪末美国发起了高等工程教育改革运动,掀起了“回归工程”的浪潮,提出“大工程观”的工程教育理念<sup>[2]</sup>。这是一个建立在科学与技术之上,包括社会经济、文化、道德、环境等多因素的大工程观理念<sup>[3]</sup>,克服了传统

修回日期:2021-02-01

基金项目:北京工业大学研究生课程群建设项目(CGR201903)

作者简介:张建伟(1971—),男,北京工业大学城市建设学部教授,博士,主要从事结构工程研究,(E-mail)zhangjw@bjut.edu.cn.

工程教育过分强调专业化、科学化从而割裂工程本身的弊端,凸显工程本身的系统性和完整性。我国目前许多重大工程建设亟需具有较强工程实践与创新能力的高素质复合型创新人才,为适应这一社会需求,需要构建土木工程研究生创新能力培养体系。

## 一、土木工程专业研究生培养现状分析

研究生教育是集知识、智慧、人格、能力为一体的人才培养活动,其目的是为国家发展培养创新能力强的高级专门人才。研究生教育的最大特点是理论与实践的紧密结合,工科研究生创新能力的培养应强化与大工程的结合,突出研究生的理论修养、创新能力和工程能力培养。土木工程专业是一个典型的工科专业,目前的研究生教育还不能完全满足大工程观教育理念下培养具有较强创新能力和工程能力的高素质人才的要求<sup>[4-6]</sup>,存在如下问题:

(1)生源质量下降。目前,我国高等教育入学率接近50%,即将由大众化阶段进入普及化阶段,本科毕业生就业压力较大,大多数一般高校的学生为提升就业竞争力,积极考研。高校为提升本科生就业率,大力支持本科生考研,甚至一些学校出现了教学计划安排为学生考研让路、教学活动以考研为中心的现象,导致本科人才培养偏离了应注重学生专业综合能力训练与提升的目标,再加上研究生招生数量不断增加,研究生生源质量与以前相比有所下降,入学成绩高但综合专业能力低的学生数量增多,为今后研究生培养目标的实现增加了难度。

(2)培养过程中,偏重知识的传授,与工程实际结合不够紧密,忽视大工程观与创新能力的培养。土木工程专业是经验工学,大量专业知识和技术原理是从工程实践中归纳总结而来的。目前,研究生教育中存在“注重专业知识讲授,轻视学生工程实践与创新能力培养”问题。论文选题不能面向工程实际,学生不了解现代工程需求和工程技术核心理念与优势,缺少对工程现场和工程整体的感性认知,创新意识与内驱动力不足,工程实践与创新能力得不到系统训练。对不同学科间的交叉融合、学生团队合作精神培养及工程伦理教育等方面重视不足,使研究生综合人文素养提升、国际化视野拓展、大工程观培养受到制约。

(3)培养模式单一,“闭门造车”现象普遍,产学研用缺少系统联系。现阶段,我国研究生的培养模式主要是“教学+科研”的形式,以导师指导为主,产学研用协同育人机制没有广泛建立,导师本人的专业特长、工程经验、指导研究生数量、承担课题情况将对研究生培养质量产生直接影响。大部分年轻导师博士毕业后直接进入教师角色,虽然有较强的科研能力,但接触的工程实际较少,自身的工程经验和实践能力不足,课题与工程实际脱节,在研究生指导过程中很难对研究生的工程实践能力进行提升。学生缺乏充分调研和深入研讨,自主选题不广泛,学生的创新思维训练受到制约,独立思考、解决复杂工程问题能力不强,综合人文素养不高。

## 二、影响研究生培养质量的关键因素分析

为主动应对新一轮科技革命与产业变革,有效提升土木工程研究生培养质量,研究生培养过程中应及时转变教学理念,分析影响研究生培养质量的关键因素及其相互关系,改革教育教学方法与手段,创新培养模式,创建基于大工程观的研究生创新能力培养体系。

影响研究生培养质量的关键因素可归为7个方面:生源、学位论文、导师、培养环境、培养模式、培养体系、大工程。其中的“大工程”,包含广义“大工程”和技术层面“大工程”。广义“大工程”是指社会、经济、资源、环境、文化大系统,在信息化和国际化大背景下,各子系统间相互交融、快速发展,引申出的大工程、大社会、大资源、大产业、大文化含有统一协调发展的概念;技术研发层面的“大工程”,包括“量大面广的工程”和“大型标志性工程”。7个关键因素之间的相互关系如下:

(1)生源。可随着培养质量的提高和社会影响而逐步得到改善。

(2)学位论文。在生源不变情况下,学位论文的质量与导师水平、培养环境、是否结合大工程关系密切。

(3)导师。在生源不变情况下,学位论文质量与导师培养理念和学术水平密切相关。采用团队式指导模式,导师团队必须构建创新环境,创新培养模式,创建培养体系,结合大工程实施研究生创新教育。

(4)培养环境、培养模式、培养体系。在生源不变情况下,学位论文质量受培养环境的影响,培养环境、培养模式、培养体系是综合的,但最基本的是在解决大工程问题中的学术氛围及所建设的研发平台。

(5)大工程。结合大工程进行关键科学技术问题的研究,在一线“真刀真枪”地解决实际问题,是培养研究生创新意识和创新能力的关键环节,是保证工科研究生学位论文质量的根基。

研究生培养的导师团队必须综合考虑影响研究生创新能力培养的7个关键因素,解决基于大工程的培养环境、培养模式、培养体系问题,才能培养创新能力强的高素质研究生。

### 三、大工程观下研究生创新能力立体化培养体系构建

北京工业大学土木工程学科拥有8个完整的二级学科体系,其中结构工程二级学科为国家重点学科。土木工程学科2017年进入世界一流学科建设行列,拥有8个省部级重点实验室、国际合作研究基地、协同创新中心及工程技术中心,拥有土木工程国家级实验教学示范中心、土木工程国家级虚拟仿真实验中心和土木工程北京市创新实践基地。“十一五”以来,土木工程学科承担了国家自然科学基金重大研究计划集成课题、重点研发计划项目等国家级重大项目5项,国家自然科学基金重点项目、重点研发计划项目、国家级重点课题48项,面上项目与青年基金项目229项,竞争性科研到校经费超过10亿元,相关科研成果获得国家科技进步二等奖11项,出版著作40余部,主编国家、行业或地方标准10余部,获国家发明专利900多项。师生积极参与国家及北京市重大工程建设,包括北京奥运鸟巢、中国尊大厦、天津117大厦、大连国际会议中心等重大建筑工程结构建设,京—雄高速装配式高架桥、北京新首钢大桥、强震区地铁工程建设等交通基础设施建设,2022北京冬奥会延庆赛区基础设施建设及智慧管理、南海岛礁低能耗建筑落地示范等。土木工程学科人才培养的资源优势为研究生创新能力培养环境、培养模式、培养体系建设奠定了良好基础。

#### 1. 培养环境建设

以学科现有科研与人才培养平台资源为依托,积极进行整合、创新发展,建设了大工程观下研究生创新能力培养的四大实训平台。

(1)校内综合实验实训平台。整合校内学科优势,构建多学科综合性实验实训平台。

(2)校内外共享实训平台。整合学校和校外设计、研究、施工单位优势资源,构建共享实训平台,拓展研究生实训空间。

(3)创新联盟实训平台。学校牵头与校外大型企业联合成立建筑工程产学研联合会,研究生在大工程中实训。

(4)大工程产业基地实训平台。以大产业为动力,推进基于大工程、大研发、大资源的集成创新与产业化技术发展,实现研究生创新能力培养与“产学研用”的一体化。这里“大产业”指“系统规划下大工程与大社会、大研发、大资源、大产业相统一”和“可持续发展的研究成果与社会效益、经济效益、环境效益、文化效益相统一”。

## 2. 培养模式创建

以学科参与的大工程项目为依托,创建了大工程观下研究生创新能力培养的三种模式。

(1)实践化研发模式。结合大工程实验研发,包括工程模型实验和工程原位实验研发,师生共同面对来自工程一线的挑战,在解决大工程关键技术问题的过程中,实现师生创新思维的碰撞与沟通,激发研究生创新灵感,解决研究生培养脱离工程实践的问题。

(2)群体型研讨模式。改变研究生培养“一人一题”模式,发挥研究生群体创新与团队作用,师生群策群力、共同研讨、触类旁通,发现问题、解决问题,推进个体创新与群体创新互动发展。

(3)开放式培养模式。结合大工程和产业化集成技术研发,丰富工程案例、引领工程方向、开拓创新视野,提升研究生解决实际工程问题的创新能力。

## 3. 培养体系构建

以内涵、特色、差异化发展为宗旨,构建大工程观下研究生创新能力立体化培养体系。基于构建的研究生创新能力培养“四大平台”,实践了研究生创新能力培养的“三种模式”,形成了以培养创新精神和实践能力为核心,以创新性、发展性、互动性、多样性创新能力培养为特点,创新意识、创新思维、创新能力、创新人格协同发展,产学研用一体的立体化培养体系。

按照系统论原理,研究生创新能力立体化培养体系由多个子系统构成。

(1)从系统构成的角度,研究生创新能力培养全过程中,由影响培养质量的各子系统、子系统各要素构成的开放性、立体化的互动系统是一个多要素、多层次、多维度的有机整体。

(2)从培养目标的角度,创建以培养创新精神和实践能力为核心,以创新性、发展性、互动性、多样性创新能力培养为特点,创新意识、创新思维、创新能力、创新人格协同发展,产学研用一体的培养体系。

# 四、大工程观下研究生创新能力立体化培养体系实践

基于大工程观的土木工程研究生培养体系,笔者所在导师团队提出了研究生学位论文“四个一”的质量要求,即“研究内容必须面对一项工程”“研究成果必须凝练成一项工程设计关键技术”“创新成果至少申报一项国家发明专利”“关键技术至少在一项工程中应用”。在教学与培养实践中成效显著,导师团队指导的研究生获国家发明专利 300 多项,研究成果在“鸟巢”“中国尊”“117 大



厦”等数十项重大工程及量大面广的工程中应用,社会经济环境效益显著,研究生培养质量得到了社会较高评价,为北京工业大学土木工程学科入选“世界一流学科”建设名单作出重要贡献,大力推进了研究生核心竞争力——发明创造能力的培养,显著提升了研究生团队意识和协作创新能力,产学研用一体的研究生创新能力培养优势明显。

2000年以来,以逐步创建的“大工程观下研究生创新能力培养四大实训平台”为依托,着力实践“三种培养模式”,实现了“四大实训平台”与“三种培养模式”的有机融合。结合大工程和产业化集成技术研发,邀请工程专家和知名教授到工程现场,校外专家、校内导师和研究生互动探究科学与技术问题(图1),提升了研究生解决实际工程问题的能力,取得了良好的实践效果。



(a)大工程模型试验现场师生研讨

(b)地下结构原位试验现场师生研讨

(c)工程专家与师生互动探究技术问题

图1 工程专家、知名教授、校内导师和研究生互动探究科学与技术问题

## 五、结语

适应大工程观下创新型研究生教育需求,提出“面向工程,推动创新”的培养理念,建设研究生工程创新能力培养的四大实训平台,即校内综合实验实训平台、校内外共享实训平台、创新联盟实训平台、大工程产业基地实训平台,提出研究生创新能力的三种培养模式,即大工程下实践化研发模式、群体型研讨模式、开放式培养模式,提出土木工程研究生学位论文“四个一”的质量要求,构建大工程观下研究生创新能力立体化培养体系,形成了土木工程研究生创新能力培养“四大实训平台”与“三种培养模式”有机融合、协同发展的长效机制。

### 参考文献:

- [1]中国学位与研究生教育发展年度报告课题组.中国学位与研究生教育发展年度报告(2013)[M].北京:中国人民大学出版社,2014.
- [2]李培根.工程教育需要大工程观[J].高等工程教育研究,2011(3):1-3.
- [3]熊玲,李忠,赵伟.基于大工程观的工程研究生培养目标及相关思考[J].学位与研究生教育,2010(4):60-65.
- [4]李安萍,陈若愚,胡秀英.大工程观教育理念下的研究生教育探讨[J].现代教育论丛,2011(3):38-41.
- [5]赵志方,章斌,王立成,等.基于“大工程观”的专业型硕士研究生产学研培养模式探索与实践[J].高等建筑教育,2018,27(2):23-27.
- [6]郭增伟,周建庭,梁波.土木工程专业研究生创新思维和科研自信的培养方法[J].高等建筑教育,2020,29(5):55-60.

# The construction and practice of graduates' innovative ability cultivation system of civil engineering specialty based on the idea of large-scale engineering

ZHANG Jianwei, CAO Wanlin, DONG Hongying, QIAO Qiyun

(*Faculty of Architecture, Civil and Transportation Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, P. R. China*)

**Abstract:** In order to improve the innovation ability training level of civil engineering graduate students, the following seven factors affecting the cultivation of innovation ability of graduate students were analyzed: source of students, academic dissertations, supervisors, training environment, training mode, training system and large-scale engineering. And the inner law of the interactive development between the seven key factors was revealed. The reform of educational idea, teaching method and mean were carried out. Four training platforms were established, including the comprehensive experiment and training platform inside school, the sharing training platform inside and outside school, the innovation alliance training platform and the large-scale engineering industrial base training platform. Three training modes were proposed based on large-scale engineering, including the practical research and development mode, the group discussion mode and the open training mode. Finally an innovative three-dimensional training system integrating “production, study, research and application” was created and put into practice and achieved remarkable effects. The teamwork-oriented, engineering practice and innovation ability of graduate students were greatly improved.

**Key words:** large-scale engineering; civil engineering; graduate student; innovation ability; cultivation system

(责任编辑 周沫)