

## 筑起土木工程人才培养和学科建设高地

## “需求驱动、政校企协同、虚实结合”培养本科人才

章子华 贺智敏 张振文

习近平总书记在2018年全国教育大会上的讲话，重申了党在新时代的教育方针，提出了“德智体美劳”五育并举的育人理念，全面定义了新时代中国特色社会主义建设者和接班人应有的基本素养，同时强调了劳动和实践的重要性。

实践教学是土木工程专业人才培养的重要内容，也是当前高校教育教学改革的热点和难点。

在当前建筑业向工业化和数字化转型的大背景下，土木工程创新人才的实践能力培养面临诸多挑战，主要包括：专业课程的知识更新速度与产业迭代速度不匹配，专业知识体系相对落后，高校人才培养与产业需求脱节；实践教学“重知识、轻能力”的教学习惯与“以学生为中心”的理念相悖，导致学生创新意识和实践能力不足；各实践教学环节相对独立，学生综合实践能力培养缺乏；受场地、经费和招生规模影响，专业实践教学资源不足，无法满足实践教学需求。

宁波大学土木工程专业在深入分析人才实践能力培养构成要素及其逻辑关系的基础上，经过十余年的方案论证、理论构建和改革实践，探索建立了土木工程创新人才实践能力培养模式，走出了一条地方高校土木工程创新人才特色培养之路。该培养模式促进了实践教学与理论教学、科学研究、创新教育、产业发展的有效融合，构建了融合递进的实践教学课程体系和以培养学生实践能力提高为目标的实践教学评价体系，打造了融入地方和行业的实践教学生态系统。

构建“顶层设计+模块研究”的实践教学理论体系。围绕实践教学的组织、实施和评价开展顶层设计，先后出台10个系列文件，形成了“3+N”的制度框架体系，据此建立了土木工程创新人才实践能力培养的组织架构、课程体系 and 评价机制。结合“平台+模块”的人才培养模式，分模块、分层次开展教学理论研究，立项各级教研课题30余项，其中省部级以上18项，在《高等工程教育研究》《中国

建设教育》等国家级学术刊物上发表教科研论文30余篇。

构建“需求驱动+科教融汇”的实践教学课程体系。以土木建筑行业需求为导向，发挥行业资源优势和专业学科优势，通过校外实践基地、校企研究院、协同创新中心等渠道对接相关产业和企业，将行业新需求、学科新发展融入培养方案和教学大纲，形成具有地方综合性研究型高校特色、“新工科”属性明显的课程体系和知识图谱。面向国家重大战略和行业需求，重构专业实践教学内容，引入新型土木工程材料、装配式建筑、智能化设计、新型地下结构、智能施工、建筑碳排放等内容。

打造“虚实结合+内外互补”的实践教学实训模式。土木工程国家级实验教学示范中心和国家级虚拟仿真实验教学中心“双擎”驱动，遵循“能实不虚、虚实结合”原则，引进、开发了《土木工程材料》等虚拟仿真实验项目，极大地丰富了实践教学内容；研发了高阶性和创新性实践教学内容，如大体积混凝土内部温度监测、深基坑围护结构设计等。通过校企双导师团队实现“全过程工学结合”的实践教学，采用“集中+分散”的组织方式提升实习有效性。

搭建“协同育人+产教融合”的实践教学育人平台。整合政校企资源，打造“高校为主体、行业管理部门为指导、行业协会为纽带、企业需求为导向”的“政校企协同育人”新模式。全面对接人才培养资源和需求，以项目制和企生互选的形式组织学生开展工程项目一线暑期顶岗实习。开设校企合作课程，提高课程工程案例和实践教学比重。以学生实践能力提升为导向设计实践教学项目和内容，改善学生实习体验。依托协同创新中心、校企研究院、校外实践基地、“博士教授进企业”、校外建筑类企业等平台打造“专兼结合”的实践教学师资队伍。

构建“教学相长+目标导向”的实践教学评价体系。以科学合理的考核评价机制调动师生参与实践教学的积极性。建立本科教学评价、年度考核、聘期考核和评奖评优“四位一体”的教师评价考核机

制，将实践教学参与度和效果作为考评的重要依据。将实践教学环节表现和成果纳入学生评奖评优指标体系，并逐步提高其权重，突出“五育并重”理念。建立以学生实践能力提高为核心、专任教师和校外导师共同参与的实践教学效果评价体系，形成“定量评价+定性评价”的达成评价方法。

通过多年的研究和实践探索，土木工程专业实践教学成效显著，人才培养模式形成了鲜明的特色。

打造了政校企协同的实践育人新平台。针对人才培养与企业需求脱节的问题，组建了“政校企协同育人平台”，充分发挥行业管理部门、行业协会、企业和高校的各自优势，面向行业最新发展动态和企业最新发展需求，各方主体全方位、全过程参与土木工程创新人才的实践能力培养，将传统的“点对点”校企合作模式转变为“面对面”新模式，有效拓展实践教学资源，显著提升人才培养的深度和广度，同时提高了政府和企业参与人才培养的积极性。

构建了虚实结合的实践教学新体系。针对实践教学形式单一、效果不佳的问题，依托土木工程国家级实验教学示范中心和国家级虚拟仿真实验教学中心构建了虚实结合的实践教学新体系，有效拓展了实践教学边界。引入VR/AR/MR等先进设备，改善了学生实践教学环节的学习体验，激发其学习兴趣。通过虚实互补的实验项目，有效解决了实践教学设备台套不足、部分学生参与度不高、个别实验存在安全隐患、实验成本过高等问题，并在省内内外多所高校成果共享，形成了良好的示范效应。

塑造了融合递进的实践教学新模式。针对专业实践教学不成体系、各环节相互割裂的问题，实施了实践教学“融合递进计划”：低年级学生在校内完成实验和实习，辅以实际工程和建造方式认知，培养学生初步的工程实践能力；高年级学生参加工程一线实践，提升实践教学难度和复杂度，增加项目式实践教学内容，锻炼学生综合实践能力和团队协作能力；依托大学生创新训练计划、新苗人才计划等项目，发动学生参加科研训练和创新创业训练，实现创新创业能力与工程实践能力培养的齐头并进。

## 土木工程学科助力现代化滨海大都市建设

邓岳保 陈冠年 章子华

习近平总书记在二十届中央政治局第五次集体学习时指出，要把服务高质量发展作为建设教育强国的重要任务。高校要勇担历史使命，紧扣时代脉搏，把加快建设中国特色、世界一流的大学和优势学科作为重中之重，推动教育强国建设，为中国式现代化提供有力的科技支撑和人才支撑。宁波大学土木工程学科联合国家地方骨干企业与单项冠军企业，服务国家和地方重大工程；同时与行业管理部门深化合作，开展地方规划、标准和政策制定，服务区域经济社会发展。

典型案例：滨海城市轨道交通协同创新中心团队。城市轨道交通具有节能、省地、运量大等特点，是城市交通的重要组成部分。城市轨道交通的建设对于缓解城市交通拥堵、引导优化城市空间结构布局、改善城市环境具有重要意义。宁波滨海城市轨道交通协同创新中心，立足滨海地质条件，整合土木工程、力学与机械等学科，同时联合宁波市轨道交通集团有限公司、浙江华展设计院股份有限公司、宁波中淳高科股份有限公司、宁波用船科技有限公司等，开展轨道交通与地下空间开发领域的科技攻关。中心先后被认定为浙江省2011协同创新中心和宁波市高校协同创新中心。近年来，中心获批国家级、省级和市级科技计划项目15个，项目经费超2000万元。中心研究成果获浙江省科技进步二等奖、宁波市科技进步一等奖、城市轨道交通科技进步一等奖等科技奖。相关研究成果已在宁波、杭州、上海、青岛等地的轨道交通工程中得到成功示范及应用推广，近五年新增产值28.5亿元。

典型案例：水利与海洋工程研究院团队。《宁波市加快发展新质生产力建设全球海洋中心城市行动纲要(2021—2025)》提出，到2025年宁波全球海洋中心城市格局地位初步确立，海洋经济实力迈入全国第一方阵。为全面助力宁波海洋中心城市发展战略，宁波大学整合土木工程、环境工程、力学等学科组建水利与海洋工程研究院，聚集了加拿大工程院院士、国家级人才、浙江省特聘专家等科技领军和高端人才。研究院围绕滨海海水环境、海洋流体力学、海洋地质工程、海洋结构工程等领域开展研究；主持完成了国家863、国家水专项、国家重点研发计划项目以及加拿大自然科学与工程研究基金会研究计划项目等，获大禹水利科学技术奖、美国土木工程学会水工结构奖、加拿大土木工程学会水工领域杰出贡献奖、德国洪堡学者等诸多奖项。团队在滨海城市水环境全过程治理与水质维持等多个领域取得标志性成果和成功应用示范，有力支撑了区域海洋经济建设和可持续发展。

典型案例：宁波大学岩石力学所研究团队。为助力宁波“361”万亿级产业集群发展和“双一流”学科建设，宁波大学引进杜时贵教授团队，成立岩石力学研究所。杜时贵教授为我国工程地质专家，主要从事矿山工程地质、边坡稳定性研究，于2023年入选中国科学院院士。项目团队创立本性抗剪强度理论，实现抗剪强度精确获取“从0到1”的突破，制定了国内外首部规范露天矿山边坡岩体结构面抗剪强度获取方法的标准；研制成功世界第一套多尺寸抗剪强度试验装备，使我国成为全球第一个荷载达千吨级国家；发明抗剪强度精确获取技术，在国内外率先实现了抗剪强度精确获取；获国家技术发明二等奖、省部级特等奖等重要奖项。项目成果成功应用于我国多座废弃露天矿山和重大基础设施工程，节省工程投资21.23亿元。

典型案例：能源地下结构与工程研究团队。在我国节能减碳和绿色可持续发展战略目标指引下，宁波大学土木工程学科积极开展能源地下工程领域研究，并于2023年3月获批宁波市重点实验室(A类)。团队通过应用低能耗技术、清洁能源利用技术和储能技术，实现地下空间开发与节能减碳、绿色可持续发展相结合；近五年承担国家级项目20个、省部级项目27个；发表重要论文232篇；授权发明专利22项。中心研发推广了多项重大标志性科研成果，包括压缩空气储能技术、低碳特种隧道建设技术、滨海地区能源桩技术等，取得了显著的社会效益与经济效益。其中，压缩空气储能专利技术作价750万元投入入股浙江某科技型企业，并获得500万元科研经费，成果在阿拉善液气耦合储能示范项目等推广应用。

此外，土木工程复合材料与结构创新团队，围绕土木工程多材料界面及基体损伤机理展开研究，在土木工程新型复合材料、组合结构等领域取得系列创新性成果。团队还探索出火灾后型钢混凝土梁、柱、节点残余承载力计算方法及灾后型钢混凝土结构抗震性能评估与修复方法，在火灾事故结构损伤鉴定中得到应用，获中冶集团科学技术一等奖和浙江省科学技术三等奖。道桥安全与性能提升创新团队，在全国率先将预应力碳纤维索、超大吨位预应力碳纤维板桥梁加固技术和桥梁伸缩缝免维护技术在桥梁工程领域实现规模化应用。其中，“预应力碳纤维索加固桥梁技术”入选2022年浙江省交通运输厅重点科技成果推广目录，并作为浙江交通行业的代表性技术受邀对全省各地交通主管部门进行技术培训。

未来，宁波大学土木工程学科将继续秉持“领跑示范”的使命自觉，激扬“向东是大海”的豪情干劲，进一步开展基础理论研究、技术攻关和成果转化，助力现代化滨海大都市建设。

## “产教融合、协同育人”培养卓越研究生人才

丁勇 汪炳 邓岳保

2024年1月，习近平总书记在中央人才工作会议和首届“国家工程师奖”表彰大会上指出，要坚持“面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康”培养人才，“工程师是推动工程科技造福人类、创造未来的重要力量，是国家战略人才力量的重要组成部分”。

在工程类研究生的培养中，如何面向科技前沿，培养“勇于突破关键核心技术、锻造精品工程、推动发展新质生产力”的高水平人才，是当前我国研究生教育必须面对和解决的问题。

作为工程领域的一个重要分支，土木工程是建造各类建筑、交通、水利工程等的科学技术的统称。改革开放以来，我国土木工程领域的大规模建设，奠定了基建大国的世界地位。但也应该看到，我国自主研发、引领土木工程行业发展的前沿科技较少，跟随着技术开发较多。从高校土木工程的人才培养情况来看，在产教融合、培养具备“突破关键核心技术、发展新质生产力”能力的卓越工程师方面尤为不足。

宁波大学土木工程学科是省一流学科和宁波市重点学科，拥有土木工程一级硕士点、土木水利专业硕士点、结构工程与岩土工程二级博士点。学位点依托“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教学中心”、滨海城市轨道交通浙江省协同创新中心等校内平台，联合宁波市住建局、宁波市交通运输局、国家地方骨干与单项冠军企业，构建了“宁波市建筑业政校企协同育人平台”，开展系列教学改革，探索形成了“工程前沿引领的全过程产教融合研究生培养体系”。该体系践行工程前沿引领的教学理念，在研究生培养的“课堂教学、生产实践、学位论文”三个阶段，全过程突出产教融合、协同育人，实现了人才培养与前沿工程进步的双赢，并获得宁波大学教学成果一等奖。

## 立地顶天的课堂教学

在研究生培养的首个环节——课堂教学阶段，多措并举引入土木工程前沿教学，帮助学生立足产业现状，面对技术难题、关注发展趋势，

激发研究生远大的工程报国的职业理想。

打造产教融合课程。校企共建宁波大学专业学位特色课程《高等土力学》等，聘请实践经验丰富的正高级设计、施工专家来校授课。通过优化教学内容，引进优质案例，共建教学资源，使课程适应土木工程行业发展需求与技术更新。

引入工程前沿内容。新增《土木工程工业化与信息化》等产业前沿课程；省研究生优秀课程《高等土力学》中引入“智慧岩土工程”“滨海隧道工程”等前沿技术；《组合结构桥梁设计理论》课程的“低碳、延寿设计”内容获评省优秀研究生教学案例；校研究生优秀示范课程《弹塑性力学》《先进材料与耐久性》中，分别增加太空望远镜太阳能帆板热力学、超高性能材料等最新科技，紧跟土木工程前沿。

开设建论坛讲座。近年来邀请中国工程院院士、长江学者、工程设计大师、企业高等等行业知名校外专家，为研究生开设建论坛讲座36次。通过学术交流、工程科技交流等研究生培养必修环节，使土木工程研究生掌握最新的科技进展。

## 产教融合的生产实践

在研究生培养的重要环节——生产实践阶段，引入政企技术人才、实验平台和工程项目，提供技术联系实践的场景，切实提高研究生分析实际问题的能力。

政校企协同育才。土木工程专业联合宁波市住建局、宁波市交通运输局、国家地方骨干与单项冠军企业，牵头构建了“宁波市建筑业政校企协同育人平台”，通过土木类人才联合培养、科技联合攻关，促进行业转型升级。

创建研究生实践基地。先后建立了10余个不同级别的土木工程研究生实践基地。结合基地的工程前沿项目，指导研究生获得中国大学生创业计划竞赛银奖、浙江省大学生创新创业大赛金奖、“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛一等奖、浙江省国际“互联网+”大学生创新创业大赛银奖等多个奖项。

校内外导师指导。全面推行校内校外双导师制，先后聘请160位校外行业专家担任兼职硕导。学术型研究生安排实践环节，专业型研究生必须在校外导师指导下，完成1年的专业实践。

## 工程前沿的学位论文

在研究生培养的关键环节——学位论文阶段，鼓励和要求反映土木工程前沿，结合前沿科技和实际工程，解决核心问题，发展新质生产力。

工程前沿选题。把学位论文开题，明确要求论文结合“前沿理论、先进技术、学科交叉”，具备工程创新性，例如“压缩空气隧道储能”“面向金融保险的公路风险评估”等前沿选题；对于专业型研究生学位论文，则要求必须结合实际工程或具备明确的应用潜力。

理论技术研发。通过中期考核改进论文走向，学位论文内容须结合土木工程实际需要，修正不切实际的研究内容，通过理论探索或技术研发，解决核心工程问题。

生产实践应用。依托实际工程应用、创新创业大赛等平台，将学位论文成果应用于生产实践。例如研究生学位论文成果“预应力碳纤维索加固桥梁技术”已成功用于100多座桥梁，并入选2022年浙江省交通运输厅重点科技成果推广目录，发展了土木工程新质生产力。

宁波大学土木工程学科的研究生培养体系，在工程前沿引领和产教融合培养方面，形成了鲜明特色。

多角度的工程前沿引领。从“前沿理论、先进技术、学科交叉”等多角度提炼研究生培养的项目主题，切实提高研究生“突破关键核心技术、发展新质生产力”的能力。其中，前沿理论引领的实例为能源隧道理论，指导研究生以隧道压缩空气储能的理论，开辟工程新领域；先进技术引领的实例为碳纤维加固桥梁技术，指导研究生利用碳纤维抗耐久性的优势，开拓旧桥体外预应力加固的庞大市场；学科交叉融合的实例为公路保险研究，指导研究生研发防灾减灾与公路保险交叉技术，开辟公路巨灾保险的新兴市场。上述工程引领方法还应用于结构防火、环境岩土、先进材料、海洋结构等方向，为土木工程的研究培养提供了广阔天地。

全过程的产教融合培养。在“课堂教学、生产实践、学位论文”的全过程，产教融合培养研究生。通过构建市、校、院各级协同育人平台，充分利用政府、企业、高校三方的师资力量、科技平台、工程项目，引进行业专家讲授校企合作课程，借助龙头企业建立研究生实践基地，聘请行业专家担任兼职硕导，结合重大工程、前沿科技、学科交叉项目提炼学位论文，指导研究生解决关键核心问题，发展了以能源隧道、碳纤维桥梁加固、公路财产保险技术服务为代表的新的新质生产力，开拓了土木工程的产业蓝海。