# 基于校企合作探究卓越工程师培养路径——以宁波大学土木工程专业为例

邓岳保，朱颖娜

（宁波大学 土木工程与地理环境学院，浙江 宁波 315211）

[摘 要] 教育部“卓越工程师教育培养计划”的启动，对我国工程教育人才培养提出了新的要求。作为地方研究型大学，响应国家高水平人才培育需求、探索并践行卓越工程师培养路径具有重要意义。本文首先从当前国内外形式和研究现状出发，围绕校企合作和卓越工程师培育展开广泛的调研，分析土木工程专业人才培养不足之处和校企合作的重要性。在此基础上，以宁波大学土木工程专业为例，从调整培养目标、建立保障机制、突出专业特色、形成工程教学团队、建设校企合作实习基地与资源共享平台以及协同育人和技术攻关六个方面，探讨工科专业与区域特色重点企业协同培育卓越工程人才的路径。研究成果可供相关院校参考。

[关键词] 卓越工程师；校企合作；培养路径；土木工程专业

[基金项目] 2020年度浙江省产学融合育人项目“岩土力学与工程”(202029)；2022年度宁波大学专业学位特色课程项目“高等土力学”(202201)

[作者简介]邓岳保（1983—），男，湖南岳阳人，博士，宁波大学土木工程与地理环境学院教授，土木工程系副主任，主要从事土木工程教学与岩土工程问题研究；朱颖娜（1992—），女，浙江宁波人，硕士，宁波大学滨海城市轨道交通协同创新中心，科研助理，研究方向为滨海地区的土木工程。

[中图分类号] G642.0 [文献标识码]A

2010年6月，教育部启动“卓越工程师教育培养计划”，其目的是培养一大批工程实践能力强、具有创新创造精神的工程技术人才，为我国经济社会发展服务。该计划的实施遵循“行业指导、校企合作、分类实施、形式多样、追求卓越”的原则，并将行业、企业的参与作为实施的前提条件。2022年3月，教育部启动卓越工程师产教联合培养行动，进一步推进卓越工程师培养。此外在新时代“双一流”建设重点任务中提到，要大力培养卓越工程师，有针对性地把科学教育、工程教育的基础打扎实。由此可见，卓越工程师培养是当前高校人才培养的一个重要课题。

国内方面，清华大学针对校企全程合作是“卓越计划”成功的关键、校企全程合作的主要环节和合作内容、校企合作的主要模式、校企全程合作培养卓越工程师机制的建立、校企合作教育需要的政策法规支持五方面梳理了通过校企合作培养卓越工程师的途径[1]。浙江大学与浙江省委省政府共创浙大工程师学院，致力打造引领我国工科专业教育改革的示范样板[2]。湖北工业大学开展了基于土木工程具有的“社会性、综合性、实践性、技术经济和艺术统一性”四大属性开展的校企合作模式[3]。西北工业大学构建了“一个格局，三链通融，四维支持”的“一三四”卓越工程师产教融合培养体系[4]。江苏科技大学以海洋工程专业为例，阐述了沿海地域特点和工程市场需求行情相结合的卓越工程师培养模式[5]。北京理工大学以卓越计划为背景，探索了电子封装技术专业校企协同育人的人才培养模式，以解决人才培养与产业实际脱节问题[6]。石河子大学构建了适应其农业水利工程卓越工程班的“六环节见习技术员工学交替实训”教学模式和“八环节见习工程师工学交替实训”教学模式[7]。西安邮电大学基于通信工程专业开展校企合作，形成了“校内+企业”的实践教学模式[8]。

国际方面，不同国家对校企合作方式培养工程人才进行了探索与实践。法国工程师大学首创“企业教席”机制来推动产教融合，该育人模式涵盖了教学师资、科学研究、实习就业和国际网络等环节[9]。德国提出“双元制”的职业教育模式，即由企业和相应的学校共同完成学生培养的职业教育；学校主要负责传授与职业有关的专业知识，企业主要负责学生职业技能方面的专门培训；该模式为现代化企业培养人才起到了有力保障作用。英国“三明治”模式是通过学校或培训机构自制教学计划，以“学习——实践——学习”的产学结合模式实施教学的制度。在该模式下，学生一段时间在校学习，一段时间在企业实习或采用工读交替模式进行学习。澳大利亚采用的“ＴＡＦＥ”模式，强调学生在岗学习与在校学习的紧密结合，企业参与人才培养全过程，且每个学院都建有实力雄厚的实践教育基地[10]。

总的来说，国内外对采用校企合作模式培育工程人才已进行了大量探索和实践。但相对来说，地方型高校和地方产业校企融合方面的研究还较少。在土木建筑领域，当前行业对高校人才需求旺盛。依照我国“十四五”规划，我国市政基础设施、公路、高速铁路、地铁、城际轨道交通等投资将超20万亿元。但目前土木工程专业毕业生的技能水平与卓越工程师要求还有一定差距。对此，本文以宁波大学土木工程专业与区域龙头企业就卓越工程师培养路径进行探索，供相关院校参考。

## 二、存在的问题

土木工程专业是一个理论与实践并重且实践性很强的专业。随着高等工程教育改革的推进，高等教育在继续强调理论基础的同时，也越来越把提升工程实践能力作为培养学生的重点。但即便土木工程专业毕业生具备了扎实的理论知识基础，目前高校生源无法精准对接企业、满足行业动态用人需求已呈现常态化。由此来看，在培养卓越土木工程人才方面目前确存在一些亟待解决的问题。

### （一）特色不明显

地方型高校的专业人才培养特色应兼顾专业特色和区域支柱产业特色。人才培养特色可以表现在学校层面，即为学校所有专业所共享；也可以表现在专业层面，即为该专业所独有，最终反映在学生的知识、能力、技能、素质等诸方面的培养成果。土木工程专业是宁波大学自建校来就有的老牌专业，经过三十多年的发展，已建成为宁波大学、宁波市、浙江省重点专业，省“十三五”优势建设专业。但同大多数地方高校一样在人才培养上方面潜在的或显现的特色还不够突显，人才培养定位存在同质化。毕业生较难在就业市场脱颖而出。

### （二）实践教学偏弱

土木工程是一个综合性强、与工程实际联系密切的专业，实验实践教学在整个土木工程学生能力培养中占有重要地位。但传统的教学过程过于重视理论，任课老师通常以课本教材内容为工作任务，没有全面阐述本课程各知识点在整个知识体系和工程实践中的作用。学生被动接收专业知识，缺乏独立思考，难以主动地参与到教学活动中。例如，在土力学课程中学习土的压缩试验时，测试了土的变形性质。学生却不太清楚土的变形性质在实际盖房、修路中的作用。如果学生清楚自己设计建造的房子，需要确定其沉降变形时，就会主动思考房屋、道路的沉降——变形计算方法——土性参数——土工试验，因而可以调动其学习的积极性。

此外，实践课程的开展受地区建筑规模和项目体量限制，学生实习时长远远短于实际单体工程施工期，只能简单参与到几个分项工程的施工过程，无法了解整个工程并具备妥善解决施工中可能出现的复杂工程问题的能力。

### （三）教师队伍工程能力需提升

基于传统办学理念影响，教师考评偏重论文和奖项，这一现象不同程度的存在于各地方性综合院校中。宁波大学土木工程专业教师队伍主要由近些年来引进的优秀博士构成，理论基础扎实，但工程实际经验相对不充足。二来行业的生产技术革新日新月异，教师的实践水平难免无法完全满足土木工程实践能力培育的要求。另外，由于土木工程实际问题的复杂性以及学校实验设备的限制，常规的实验室模型实验很难达到真实的生产作业环境，无法满足实际工程应用需要。所以，仅依靠学校教师队伍和硬件条件，难以满足当前行业发展对卓越工程师的要求。

## 三、校企合作的必要性

卓越工程师培养工作是一项系统工程。2017年12月，国务院发布《关于深化产教融合的若干意见》构建了“四位一体”的产教融合发展大格局，为地方本科高校人才培养模式创新指明了方向。高校作为科研单位，与企业的深度联合是培养卓越工程师的有效路径。建立校企合作，协同育人，走产学研相结合之路，惠泽学校和企业双方，既能提高毕业生解决实际工程问题的能力，解决就业问题，又能为企业输送卓越工程技术人才，利于企业的进一步发展。

宁波位于中国东南沿海地区，经济发达，工程建设活跃。沿海地区的地质条件给区域土木工程建设带来了巨大机遇与挑战。这一地域背景孕育出了一批优秀的地下工程产品和设计、施工单位。例如，宁波有东南沿海地区规模最大的预制桩企业和多家区域知名的地下工程产业集团公司，熟知宁波地区工程条件，配备了先进的设备，且掌握了丰富的设计与施工经验。在当前数字化、智能化和绿色低碳发展理念下，上述企业转型升级意愿强烈，亟需掌握前沿知识的卓越工程师人才。宁波大学土木工程专业是国家级一流专业建设点、浙江省优势建设专业。作为地方性综合大学，承担着为宁波地区土木工程行业培养和输送工程人才的艰巨任务。

 在此背景下，结合沿海地区工程建设的条件，开展校企合作培养卓越工程师，提升工程人才培养层次，具有重要的意义。

## 四、校企合作路径

### （一）调整培养目标

国家 “卓越计划”的提出对高等院校土木工程人才在知识结构、实践能力、职业素养等方面的培养提出了新的要求。现代工程人才不仅需要专业理论知识的储备，更需要较强的实践能力和应变能力。作为地方型综合高校，应基于学校的服务面向范围，联合企业分析本地区沿海地域特性以及当前或未来土建行业的市场需求，以培养学生解决所在地级市复杂工程问题的能力为出发点，在传统的土木工程人才培养目标基础之上，主动布局、设置和建设服务国家战略、满足地方产业需求、面向未来发展的工程专业，共同制定符合学校实际和社会需求的人才培养目标，培养造就具有创新创业能力、动态适应能力、高素质的卓越型土木工程科技人才，探索人才培养与科技创新的有机结合。

### （二）建立保障机制

为确保校企双方深层次合作关系持续发展，全力发挥协同力量，有必要健全完善有效的保障机制。首先，明确校企双方合作动因。要想建立长期稳定的良性合作，必须要有清晰的、持续不断的源动力，树立“教育共同体、发展共同体、命运共同体”的合作理念。其中，企业加入育人过程，不仅有利于高校相关教师积累工程经验，有利于学生开拓视野、提高实践创新能力、提升就业率，还有利于学习教学改革的进一步推进。同时企业可以利用高校的科研平台和力量，实现技术上的创新与突破、获得技术对口的毕业生生源，并在合作中提升企业知名度。然后，建立校企合作规章制度。为强化过程管理，出台校企合作的管理办法与制度，明确校、企双方的职责分工、经费使用管理、合作目标达成情况评价成果的共享机制。并设定专项资金和激励政策，鼓励学校教师、学生、企业人员积极参与基于校企合作下的各项目、任务与活动。

### （三）突出专业特色

从三方面突出本专业特色。① 课程体系。通过与行业专家和技术人员的协同合作，学院老师紧跟行业创新技术潮流，重构本专业实验实践课程体系，更新了材料力学、土力学、结构力学、土木工程材料、混凝土结构设计、基础工程等核心课程教学内容，并利用互联网技术构建了一个免费沟通和协同的多端平台，整合岩土工程领域理论和实践案例，融入行业前沿技术，建设具有行业和领域特色的产学合作协同的学习环境，形成了桩基工程力学和材料学课程体系。② 特色课程。学校积极开展校企合作联动，按照“优势互补、互利共赢”的原则推进校企双方合作共建特色课程，探索校企合作的工程人才培养模式，加强学生实践环节和技术能力培养。在新工科建设背景下，学院老师基于《土力学》、《土木工程材料》和《混凝土结构设计》课程已展开了一系列教学改革和人才培养项目。积极打造既具有地域特色又紧跟行业风潮的土木工程专业课程和土木工程专业实验实践教学课程群。其中《土力学》课程已先后获批院级示范课程、校级课程思政建设项目和浙江省一流课程。③ 教学方法。在卓越计划背景下，宁波大学积极开展校企合作，发挥与行业、企业良好的产学研合作关系，通过“校内+企业”的实践教学模式，深化实践教学方式方法改革，培养学生的工程实践能力。一来聘请行业专家参与教学与人才培养指导，开展形式多样的学术活动。在教学过程中，通过理论、试验和工程案例教学，培养学生运用土木工程基本理论解决工程实际问题的能力。二来通过引进共建单位高水平管理人员或技术人员进行工程案例授课，将真实工程问题和最新技术成果融入到教学内容，形成了分析问题解决问题的教学方法，培养了学生分析问题和解决实际工程问题的能力。此外，将智慧化平台融入土木工程专业教学，通过管理工程项目各数据、报表、检测各项数值指标等功能，拓宽了学生视野，不断增强学生的工程实践能力，激发学生的开拓创新意识。

### （四）形成产研融合型师资团队

教师是人才培养的主体和核心。培育卓越工程人才必须组建一支教学能力与工程能力兼备的师资队伍。一方面，探索联合培养人才的新机制。通过产业教授、兼职教授、企业导师等方式，聘任企业实践能力突出的技术和管理人员作为兼职教师，打造一支专兼结合、资源共享、优势互补的校企联合教师队伍。企业导师能够在学科团队建设中，提出战略性、前瞻性的构想，整合校企、相关学科资源，将行业企业的“真实流程、真实场景、真实数据”搬进教室，开发行业特色鲜明的教材和实验实训教学资料，用以引领学科水平发展，实现土木工程教学环节与行业需求的高度匹配和融合。

另一方面，制订在校教师培训和轮训制度。学校制定了教师培训和轮训制度，使高校教师有更多的机会走入企业一线参与工程实践，增强工程实践能力。还定期选派优秀青年教师深入企业开展工程实践和技术服务，建立有机结合的新机制，培养“双师双能”型教师。在授课过程中充分利用企业的资源和条件，增加实际工程案例，融合教授知识和工程实际。

### （五）实习基地与资源共享平台

土木工程专业学生需要通过专业实践提升实践的能力，实践教学是卓越工程师工程实践能力培养质量得以保证的方式。宁波大学通过与区域多家龙头企业建立合作关系，搭建校企合作实践基地和实训平台，供学生实习和实训。在专业课程学习阶段就可以利用实践基地参观实习，加深学生的工程直观认识，强化课堂与实践的对接，由此提升分析问题和解决复杂工程问题的能力，也有利于企业的人才储备和学校人才培养目标的实现。此外，学校还联合企业搭建网络资源共享平台，将学校的教学资源和企业的项目资源整合起来，由校内外导师共同完成教学教案、网络课程与题库上传更新工作。另外，还将行业前沿知识、典型工程案例、施工技术方法等汇聚成网络资源共享，供师生在线学习，以拓展学生思维。

### （六）加强校企合作效能

通过教学改革项目和地方服务课题，加强校企之间的合作关系。首先，基于教学改革项目形成育人合力。在新工科建设背景下，按照“优势互补、互惠共赢”的原则，宁波大学联手宁波地区地下工程的重点企业开展了一系列以土力学、土木工程材料等课程为载体的教学改革项目，探索了“解决复杂工程问题导向的多元协同工科人才培养模式”，形成了教师、专业和企业全方位、多层次的协同育人合力，提升了学生解决复杂工程问题的能力。此外，学院老师与企业合作的省级协同育人项目，为校企协同育培育卓越工程师打下坚实合作基础。其次，基于校企联合开展技术攻关，推进成果转化，提升人才培养层次。中国工程院院士、中国航空发动机集团有限公司科技委主任尹泽勇谈了自己对卓越工程师培养的认识和体会。他认为，要给卓越工程师打下坚实的知识基础，学校需要充分考虑工程技术问题的系统性、复杂性及学科耦合性。此外，要针对产业急需来遴选课题，开展研究，加强产教融合[4]。目前，基于校企产学研项目，宁波大学岩土工程团队与多家区域行业龙头企业已达成长期的紧密合作，围绕地铁新型建造技术、低碳桩产品和绿色桩基施工技术和岩土工程勘察和软土地基治理技术方面不断达成设备升级和技术创新与突破。学生在项目参与过程中，突破课程屏障，应用先进设备，切实参与到设备研发生产一线，激发学生的学习兴趣和热情，不断增强工程创新意识和动手实践能力。

## 五、总结

土木工程人才培养特色不明显、实践教学偏弱和师资队伍工程能力不足，是当前土木工程卓越工程师培养存在的主要问题。结合区域工程建设的特点，开展校企合作，培养卓越工程师，具有重要的意义。本文以宁波大学土木工程专业为例，探讨了校企合作培养路径。通过调整培养目标、建立保障机制、发展区域特色专业、组建“校+企”双师型教师团队、搭建科研实践平台等方式，深度融合区域产业链和教育链；同时，通过教学教改项目和地方服务课题，加强教学过程中的实践环节，提升毕业生解决工程实际问题的能力，最终培养出综合能力强的技能型、创新型卓越人才。相关研究成果可供相关兄弟院校参考。

参考文献

1. 林健.校企全程合作培养卓越工程师[J].高等工程教育研究，2012（3）：7-23.
2. 严建华，包刚，王家平，韦巍，薄拯，卜佳俊.浙江大学高水平产教融合培养卓越工程师的实践与探索[J].学位与研究生教育，2022（7）：13-18.
3. 范小平.土木工程卓越工程师培养的探索与研究[J].广西城镇建设，2021（10）：86-87.
4. 张渺.如何打通卓越工程师培养的“最后一公里”[N].中国青年报，2022-10-17（8）
5. 栗铭鑫，程勇，赵庆凯.海洋工程专业校企合作办学培养模式研究——基于“卓越工程师教育培养方案2.0”[J].教育教学论坛，2022（27）：165-168.
6. 石素君，赵修臣，李红，郑冰，赵永杰，许兴燕.面向卓越工程师人才培养的校企协同育人实践教学改革与探索[J].实验科学与技术，2022（6）：98-102.
7. 乔长录，王振华，陈伏龙，汤骅.校企合作卓越工程师“工学交替实训”教学模式研究

——以石河子大学农业水利工程专业卓越工程师班为例[J].高教学刊，2020（30）：23-26.

1. 孙爱晶，范九伦，赵小强.卓越背景下实践教学方法改革与学生工程实践能力培养[J].中国大学教学，2013（6）：79-81.
2. 李敏，征琪，张炜.高等工程教育产教融合实现路径探析——法国工程师大学校“企业教席”案例[J].高等工程教育研究，2022（4）：188-193.
3. 叶金鑫，韩钰，张江龙，刘科生. 新时代卓越工程师 教育培养的校企协同机制构建探究——以北京航空航天大学未来空天技术学院为例[J].中国高教研究，2022（6）：50-56.

**On the Path of School-Enterprise Cooperation for “Outstanding Engineers” Training: Taking Ningbo University as an example**

Deng Yue-bao, Zhu Ying-na

(School of Civil & Environmental Engineering and Geography Science,

Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

**Abstract:** “The Plan for Excellent Educating and Training Outstanding Engineers” of the Ministry of Education put forward new requirements and challenges for “Outstanding Engineers” training in China. As a local research university, it’s of great significance to actively explore the training path for “Outstanding Engineers” to meet national high-level talent cultivation needs. According to the background, this paper starts with extensive researches on school-enterprise cooperation and “Outstanding Engineers” training, and then analyzes the shortcomings of the training of civil engineering professionals. After that it is followed by the importance of school-enterprise cooperation. At last, taking the civil engineering discipline of Ningbo University as an example, the paper systematically discusses the path for “Outstanding Engineers” training in a collaborative way between universities and regional key enterprises from six aspects: adjusting training objectives, establishing guarantee mechanisms, highlighting major characteristics, forming engineering teaching staff, building school-enterprise cooperation practice bases and resource sharing platforms as well as carrying out collaborative educational and technical researches, in hope of providing suggestions and reference for relevant colleges and universities.

**Key words:** outstanding engineers; school-enterprise cooperation; training path; civil engineering discipline