

**第 1 部分**  
**工程训练中心与实践教学**  
**基地建设**



# 工程训练中心建设发展展望

李双寿

(清华大学基础工业训练中心)

**摘要:** 我国经济转型升级和“四化同步”发展等一系列战略部署,对工程教育提出了新要求。清华大学基础工业训练中心结合学校发展规划以及人才培养目标的转变,明确中心建设发展定位为:工程基础训练基地,为卓越工程师培养服务;工程创新活动支撑平台,为拔尖创新人才培养服务;工程文化素质教育基地,为复合型人才培养服务;拓展工程训练特色的科研方向,成为高水平科研转化和服务的平台。在学校 985 三期建设项目支持下,训练中心紧密结合我国经济转型升级和制造业发展现状,挖掘内涵、拓展外延,探索并实施了融传授制造工程知识、培养工程实践能力与提高工程素质和创新意识为一体的工程训练教学体系,建设成效显著。

**关键词:** 工程训练;建设定位;复合型、创新性人才培养;卓越工程师培养

## 1 建设背景

工程训练是高等工程实践教育的重要组成部分。工程教育的核心特征就在于其实践性。金融危机后,奥巴马于 2010 年签署《美国制造业促进法案》,引发新世纪的“再工业化”和“回归制造”。世界各国都根据自己的国情采取各种模式强化工程实践教育,以培养出高质量的工程师。西方发达国家高等教育与产业界有着良好的产学合作传统,因而在高等工程教育的教学计划和培养过程中,校内的工程实践教学和校外的工程实践培训已经成为一个有机的整体。中国正处于工业化过程中,企业和社会还难以接受大规模的学生工程训练。

2010 年,《国家中长期教育改革和发展规划纲要》指出,战略主题的重点是面向全体学生、促进学生全面发展,着力提高学生服务国家人民的社会责任感、勇于探索的创新精神和善于解决问题的实践能力。2012 年,“教育部等部门关于进一步加强高校实践育人工作的若干意见”指出,“实践育人特别是实践教学依然是高校人才培养中的薄弱环节,与培养拔尖创新人才的要求还有差距。要切实改变重理论轻实践、重知识传授轻能力培养的观念,注重学思结合,注重知行统一,注重因材施教,以强化实践教学有关要求为重点,以创新实践育人方法途径为基础,以加强实践育人基地建设为依托,以加大实践育人经费投入为保障,积极调动整合社会各方面资源,形成实践育人合力,着力构建长效机制,努力推动高校实践育人工作取得新成效、开创新局面。”教育部等部门《关于进一步加强高校实践育人工作的若干意见》指出:“实践教学方法改革是推动实践教学改革和人才培养模式改革的关键。”

我国高校工程训练起源于传统的工科机械类专业的金工实习和电子工艺实习,是随

随着我国高等工程教育改革发展起来的新型工程实践教学模式,符合教育发展规律,具有中国特色,已成为本科培养过程中不可或缺的重要的实践教学环节。世界银行贷款、211工程、985工程和质量工程的实施对我国高校工程训练中心的规模发展和内涵建设都给予了强有力的引导和推动,从国家、地方到各学校,对工程训练中心建设的重视程度和经费投入力度都有显著提高。在全国高校中,已评出35个国家级综合性工程训练实验教学示范中心,100多个省级工程训练实验教学示范中心。教育部关于示范中心评审的文件中提出,在高校建设工程训练示范中心的目的是“根据国家经济社会发展、走新型工业化道路对现代工程技术人才的需求,引导学校加强学生实践能力和创新能力的培养,营造突出综合性、实践性、设计性、研究性、创新性为特点的工程实践和创新环境。训练学生的动手能力、工程应用能力和工程管理能力等,使学生了解工程环境,建立工程意识,得到现代工业生产、工艺、技术、管理等工业方面的基本知识和基本训练,掌握操作和实验技能,激发创新精神,提高综合素质。”工程训练中心已经成为我国高等工程实践教育的重要优质教育资源。工程训练中心的设备、场地等硬件条件有了很大的改善,教学体系、内容及方法的改革提升显得更为迫切。

清华大学“十二五规划”指出,“以大力提升人才培养水平为核心,以教育创新为动力,全面实施优势转化战略,引导学生把文化知识学习和思想品德修养紧密结合起来,把全面发展和个性发展紧密结合起来,着力提高实践能力、创新能力和综合素质,努力造就高素质、高层次、多样化、创新型人才”。为期一年的清华大学第24次教育工作讨论会主题为“创新教育模式,激发学术志趣,提高培养质量”。训练中心根据学校十二五建设发展规划纲要以及建设世界一流大学的总体目标,以国家级综合性工程训练实验教学示范中心建设和精品课程建设为核心,整合优化基础训练,提升强化创新训练,努力将多方面的实践教学资源优势转化为人才培养的资源,服务于对学生的创新性的工程实践教学要求。训练中心建设发展定位为:

- (1) 工程基础训练基地,为卓越工程师培养服务;
- (2) 工程创新活动支撑平台,为拔尖创新人才培养服务;
- (3) 工程文化素质教育基地,为复合型人才培养服务;
- (4) 拓展工程训练特色的科研方向,成为高水平科研转化和服务平台。

近年来,训练中心建设成效显著,通过国家级综合性工程训练实验教学示范中心、教育部全国职业教育师资培养培训重点建设基地验收,获评北京市高校示范性校内创新实践基地,北京市高校定点实习基地,首都科技条件平台开放实验室。

## 2 建设工程基础训练基地,为卓越工程师培养服务

我国经济转型升级和“四化同步”发展等一系列战略部署,对工程教育提出了新要求。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》将“卓越工程师教育培养计划”作为改革试点项目,引领工程教育改革。2013年,《华盛顿协议》全会一致通过接纳我国为第21个成员该协议签约成员。工程学位的互认是通过工程教育认证体系和工程教育标准的互认实现的。我国的工程教育认证由中国工程教育认证协会组织实施,

对外由中国科协代表中国加入《华盛顿协议》。清华大学已决定申请 ABET 国际工程专业认证，促进规范的教学质量管理体系的建立，提升本科人才培养的制度化、科学化和国际化。

训练中心每年承担全校 2600 余名学生的认识实习、机械制造实习、电子工艺实习等工程实践课程；此外，中心积极配合相关院系的实践教学改革，为专业实验课程开放实践教学资源，让设计变成为产品，目前已经承担了机械学院、信息学院、电机系等部分院系专业课程设计实验中 CDIO 项目的实施。这些工程实践教学课程和环节，传授制造工程知识，培养工程实践能力，提高综合素质（包括工程素质），进而培养创新精神与创新能力。

训练中心紧密结合现代制造业的发展趋势，在 985 三期建设经费支持下全面更新机械制造实习基地和电子制造实习基地的教学设备，正在将虚拟化、物联网、计算机仿真与现代制造技术相结合，建设开放的数字制造信息化平台，将实习基地提升为集工程基础训练、先进制造技术训练和创新实践训练为一体的工程实践教学基地。

(1) 机械制造实习基地更新并优化了铸造、锻压、焊接、车削、铣削、磨削、钳工等常规实训室，升级和建设包括数控车削、数控铣削、独立制造岛、加工中心、数控线切割、激光加工、3D 打印、机器人焊接、柔性制造单元、汽车车身自动化装配线、立体仓储、CAD/CAM/CAPP 集成等先进制造设施；电子制造实习基地建设全面更新了学生用教学仪器和工具，更新升级了 SMT 教学生产线的核心设备多功能贴片机。

(2) 结合 985 三期建设，中心接受企业约 1000 万元的先进制造设备和软件的捐赠，校企合作共建现代化数字制造车间，以适应工程训练和创新训练的教学发展需要。数字制造车间涵盖机、电、控、管等多学科训练内容，能够覆盖绝大部分专业，是培养学生创新意识、创造性思维、系统思维和综合能力的先进实验教学平台。数字制造车间建设全面反映了真实数字化制造水平的综合教学系统，使学生学习机电一体化知识，认识现代企业的运行过程，掌握解决综合系统问题的能力。

(3) 全方位完善教学环境：①训练环境安全防护，各种设备维修保养，重点实验场所的安全监控，消除教学安全隐患，建设安全教学环境；②购买典型工程系统模型、电子展示屏幕，设计制作挂图、标语等，完善工程实践教学环境；③解决教学环境中的噪声和污染等问题，建设绿色教学环境；④教学信息化建设，完善网络信息环境。

中心组织队伍对新购教学设备消化吸收，开展教学研究与开发，用教学研究促进教学改革，用研究成果转化实现实验技术与实验方法的升级。在教学内容上，将机电常规实习转变为在现代制造大工程背景下，包括机械、电子、控制和管理等综合性的现代工程实践教学。教学方法和模式上，实训环节全面引入 CDIO 教学模式，推行基于项目的教学方法，设计创新报告、创新小设计、课内竞赛等创新型实验教学环节，加强综合性实践科目设计和应用，开发出防爆排雷机器人、3D 打印机等挑战性训练项目，支持学生开展研究性学习、创新性实验和创业模拟活动。

此外，相关院系的 PROTEL 电路设计、数字逻辑电路设计、机械创新设计实践、生物医学测量、高频电路系统设计、集成电路设计实践等教改课程的项目训练，以及 SRT

等各种创新实践项目的学生也在基地开展设计开发工作。训练中心把学生的“学有所用”和训练中心的“教有所践”紧密地结合起来，将“知识—能力—素质”的教学链条，与“学—做—思”的目标链条结合在一起，形成了一个完整的教学提升的“链条体系”。

### 3 建设工程创新活动支撑服务平台，为拔尖创新人才培养服务

自20世纪90年代以来，世界各国的高等教育都非常重视创新人才的培养。美国率先开展创新人才的培养，英国、德国、日本等国的培养目标在相互效仿中也形成了各自的特色。我国“十七大”提出“提高自主创新能力，建设创新型国家”和“促进以创业带动就业”的发展战略。教育部关于大力推进高等学校创新创业教育和大学生自主创业工作的意见指出，“在高等学校开展创新创业教育，积极鼓励高校学生自主创业，是教育系统深入学习实践科学发展观，服务于创新型国家建设的重大战略举措；是深化高等教育教学改革，培养学生创新精神和实践能力的重要途径；是落实以创业带动就业，促进高校毕业生充分就业的重要措施。”注重创新人才的培养已成为世界各国高等教育发展的共同目标。

清华大学以训练中心为主体建设校内工程创新实践基地。校内工程创新实践基地打造开放的“三创（创意、创新、创业）”活动支撑服务平台，于2014年获评北京市高校示范性校内创新实践基地。创新基地通过整合学校相关创新实践资源，完善创新实践教学体系，以志趣为导引，以创新实践活动为手段，理工、人文、社会学科相融合，知识传授、能力培养和价值塑造协调发展，为拔尖创新人才培养服务。

基地围绕新型创新实践教学体系的实施，多途径、全方位完善创新实践条件和环境，为创新实践活动的开展做好保障。

（1）建设创新工作坊。整合内部的创新实践场地，建成了由机电工程创新实验室和创新开放室组成的创新工作坊，使用面积近1200m<sup>2</sup>，满足学生课内外创新活动的需求。同时，实践教学场地全方位面向学生创新实践活动开放，建成了开放的学生课外科技创新活动支撑和服务平台。创新活动支撑服务平台既是学生开展创新实践项目时的设计、制造、安装、调试平台，也是学生最终完成不同学科项目的数据采集和分析处理全过程的试验平台。此外，正在建设学生创新实践平台管理系统，可为训练教室和创新实验室的开放管理发挥作用。

（2）构建创客交叉融合空间。联合美术学院、工业工程系以及团委、科协等，着力构建创客交叉融合空间。开设创新创业课程，服务创新创业赛事，吸引创新团队入驻，营造浓郁的以学生为主体的创新实践环境，取得了良好的教学效益和社会影响。

（3）整合创新教学资源，通过以下途径全面升级了学生开展创新活动所需的设备条件：①学校专项建设，更新设备，并适量补充3D打印、双面电路板制作等前沿性高端创新制作设备；②校企合作共建，广泛开展与国内外知名企业合作，吸引高新技术设备与软件落户；③内部资源整合，将分散放置的先进创新制作设备集中规划。

（4）吸引创客团队入驻。在广泛调研国内外高水平大学创新实践教学情况的基础上，基地提炼出了“开设创新创业课程、开展创新创业赛事、吸引创新团队入驻”的全面带

动学生创新实践活动的运行方式。创客团队、创新社、天空工场等学生社团，X-Lab、校团委 13 个创业项目等入驻中心创新实践基地，营造浓郁的以学生为主体的创新实践环境。

(5) 建设信息开放平台。利用我校“数字校园”建设学生自主式学习环境和网络信息平台，使广大师生了解基地的创新实践资源、创新实践服务和创新实践活动安排，有利于基地创新实践教学成果的动态刷新和对外交流，进一步发挥好示范辐射作用。

(6) 队伍建设。制定科学有效的激励机制，通过人才引进、择优招聘和内部培训等多途径，形成了结构合理的富有创新实践教学指导和服务经验的教学队伍。训练中心安排了工程技术骨干协助学生开展创新项目，在开发过程中为项目把好制造设计关和工艺关，使得创新科技作品在加工之前就具备了良好的工艺性，缩短了开发周期，提高了工作效率。

基地每年接纳学生科技创新活动 8000 多人次。创新实践指导和服务工作主要从以下三方面开展：①承担和参与机械、信息、能源等相关学科的科技竞赛的组织和加工服务工作，包括机械创新设计大赛、大学生工程训练综合能力竞赛、电子系统设计大赛等十余项科技竞赛；②承担机械、电子信息等类学生课外科技社团活动的指导和管理工作的；③承担和支持创新实践类课程的教学工作，训练中心开设了近 10 门面向全校学生的创新设计与制作课程，例如《先进制造技术与创新制作》、《创意设计与管理》、《电子系统设计综合实践》、《基于 Pro/ENGINEER 的 CAD/CAM》、《创业认识与实践》等。

## 4 建设工程素质教育基地，为复合型人才培养服务

复合型人才是具有宽阔的专业知识和广泛的文化教养，具有多种能力和发展潜力，以及和谐发展的个性和创造性的人才。科学和工程学的发展日益要求来自多门不同学科的学者之间的合作。当代任何重大的经济、社会和科技问题都是相当复杂的综合性问题，难以仅靠一门学科知识解决。开展跨学科通识素质教育，已成为世界各国高等教育的一种新趋势。2001—2006 年，美国国家科学院、国家工程院和国家研究理事会共 50 名院士联合完成了题名为“2020 年的工程师”项目研究，分别做出《新世纪工程学发展的远景》和《适应新世纪的工程教育》两个总结报告。报告认为，适应未来的教育必须确定综合化的思路，创建综合化的课程；呼吁和规划工程专业教育的改革。这些概念的提出一方面出自时代对工程应该提高人文性的呼唤，另一方面也是其他学科教育从工科教育的成功方面汲取营养以适应社会需要的结果。

近年来，训练中心致力于工程文化素质课程建设，成为我校理、工、人文社科与艺术等学科交叉融合的重要结合点。2012 年 12 月，清华大学国家大学生文化素质教育基地、基础工业训练中心和教务处联合主办“工程文化素质教育课程建设高级研讨会”，国内十余所高校参会代表就如何认识并推进工程文化素质教育进行了交流和讨论。袁骧副校长在致辞中指出，围绕“工程文化素质”的概念，进行理论、实践方面的探讨，是非常有意义的探索和有创新性的尝试。工程学科是清华的重要优势，目前清华大学正在实施“优势转化”战略，从工程学科中挖掘文化要素，使其转化为推动工程文化素质教

育的动力,旨在进一步提升提高全体大学生的文化素质和全体教师的文化素养,提高整个大学的学科文化品位。

训练中心组织开设的以下三门系列课程列入了我校文化素质核心课程。

(1) 国家级精品课程“实验室科研探究”。课程集成了我校高水平学科、高素质研究团队、具有学术背景和工程背景的科学研究前沿课题、先进的科研实验室等优势,整合全校理、工、人文、社科和艺术等学科科研资源,将科研优势转化为本科教学资源。在组织形式上,以科研实验室为依托,一线学术专家为师资,精选典型研究项目形成独立教学单元。各单元教师凝练学术思维,组织教学内容,创设教学环节,挖掘文化要素,强化科学素质教育和工程素质教育,深化通识教育。目前课程内容包含110个教学单元,依托32个院系、87个实验室,包括多名院士、国家教学名师、长江学者等100余名学术专家组成教学团队。近年来每年选课人数超过2000人,占每年本科招生人数的近60%,在面向大批量学生培养跨学科通识素质和创新意识方面取得明显成效。

(2) 北京市级精品课程“工业系统概论”。课程理念为“工程本位,整体思维,经济、人文视角”,以工业生产过程为载体,以系统科学的基本定律为线索展开内容,将主要工业部类和相关工程学科构建成一个体系,并与工业、经济、管理、社会、人文彼此交叉。通过理论与实践相结合,使学生在短时间内达到接触工程实际、获得工业体验、走向文理会通的效果,有助于在学习工业知识的同时升华思维和认识,提高哲学自觉;有助于学生在价值取向、思维方式、情感模式、行为范式和审美情趣等方面“高贵的个性”的确立。这门课程同时也是工业工程系本科生必修课、经管学院本科生推荐选修课。

(3) 新开课程“制造工程体验”。课程主要面向我校人文社科类学生,不是要对文科普及专业的工学知识或工程技术,而是要将工程师素质中的方法、思想作为一种通识传播到其他专业人士的基本素质中去。课程设置工程基础训练、项目导引训练和制造系统训练等教学环节。工程基础训练环节让学生了解工程制造的基本方法,项目导引训练环节让学生深入体验工程制造过程,制造系统训练让学生体验工程要素和工程素养。课程的特色在于做中学的教学理念,以团队协作的形式展开课程的教学活动,让学生在项目过程中体验到团队文化、产品文化等工程文化,并让学生体验工程对文化的传承和创新作用。

## 5 结语

现代工程训练作为工程实践教学的重要组成部分,在增强学生工程实践能力、提高综合素质、培养创新能力等方面起着不可替代的作用。训练中心在新形势下,抓住发展机遇,转变发展观念和教学模式,重视队伍建设,整合优化资源,改革教学内容、体系和方法,探索并实施了融传授制造工程知识、培养工程实践能力与提高工程素质和创新意识为一体的工程训练模式。训练中心挖掘内涵,拓展外延,建设和实施新型工程实践教学体系和创新实践教学体系;建设工程基础训练基地,为卓越工程师培养服务;建设工程创新活动支撑平台,为拔尖创新人才培养服务;建设工程文化素质教育基地,为复合型人才培养服务。

## 参考文献

- [1] 李兴业. 美英法日高校跨学科教育与人才培养探究[J]. 现代大学教育, 2004(5).
- [2] 程如烟. 美国国家科学院协会报告《促进跨学科研究》述评[J]. 中国软科学, 2005(10).
- [3] 卢达溶, 汤彬, 李双寿, 傅水根. 基于广泛科研资源和人文资源的工程文化体验——清华大学“实验室科研探究”课程的教学实践与研究[J]. 清华大学教育研究, 2009(4).

# 校际实践教学资源共享的探索与实践

刘 华, 吴 波, 李合增, 隋金玲, 陈 琪

(北京石油化工学院工程教育中心)

**摘 要:** 针对北京石油化工学院与北京印刷学院等高校的实践教学课程进行校际合作、资源共享、互利共赢办学的运行机制进行了探索与实践。通过整合教学资源, 重构《工程训练》课程体系, 实现了合作高校课程的融合互补, 构建了实践教学共享平台, 实现了校际优势资源共享, 互利共赢的办学目的。

**关键词:** 校际合作; 资源共享; 实践教学; 工程训练; 金工实习

## 1 引言

在全球化大背景下, 高校培养创新人才需要有开放的合作体系, 开放办学, 合作共赢, 是现代高等学校发展的趋势所在。

在北京市委教工委的支持下, 2011年北京石油化工学院与北京印刷学院签署战略合作框架协议, 其主要内容是通过开展双方全方位的战略合作, 优势互补、资源共享, 实现资源优势向竞争优势和可持续发展优势转化的同时, 实现双方人才培养模式的创新和互动双赢……, 其中一项重要的内容是“两校共建北京石油化工学院工程教育中心”。

北京邮电大学世纪学院是一所三类本科院校, 地处大兴区, 与我校距离很近。该校每年有两个专业的学生需要上《金工实习》课程, 为了节约办学成本, 该校亦与工程教育中心签订了合作协议, 工程教育中心成为该校的实践教学基地。

根据三所高校的特点与需求, 工程教育中心对校际合作、资源共享、互利共赢办学进行了探索, 摸索出一条适合三校《工程训练》(金工实习)教学的运行机制, 实现了优势资源共享、互利共赢。

## 2 校际资源共享的基础

《工程训练》(金工实习)是工科院校本科生的技术基础课, 该课程为三校的工科学生的必修课。

### 2.1 工程教育中心的资源优势

工程教育中心是学校的实践教学单位, 下设工程训练基地、燕山实习管理基地、大学生创新教育基地, 面向全校学生开设工程训练和专业工程训练系列必修课程以及创新理论和创新实践选修课程。

“工程教育教学团队”为北京市优秀教学团队。工程教育中心拥有一支学历、职称和年龄结构合理, 以教授、副教授为学术带头人, 工程师、实验师、硕士研究生为实习指导骨干的综合素质高的工程教育教学团队, 成为校内外实践教学、科研和生产服务的骨干力量。