

工程实践 和创新教学

改革与发展

主编 李双寿 李生录
主审 严绍华

工程实践 和创新教学

改革与发展

主编 李双寿 李生录



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是华北地区高校从事工程教育实践教学的教师、实验技术人员和管理人员近两年来开展工程教育实践教学改革创新实践的经验总结,以论文的形式发表。本书涉及的内容包括工程训练教学理念与基地建设、教学研究与课程建设、师资队伍建设和教材建设、教学方法改革与创新等,论文中所涉及的实践教学改革创新理念、观点及方法,都是作者本人结合实践育人工作中的体验提出的。本书由年会组委会和论文学术评审委员会及清华大学出版社的老师审阅和定稿,入选论文集的论文均为作者首次发表的教学研究论文,具有较高的学术交流价值。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

工程实践和创新教学:改革与发展/李双寿,李生录主编.--北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-44367-4

I. ①工… II. ①李… ②李… III. ①高等教育—工科(教育)—教学研究—中国 IV. ①G649.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 167539 号

责任编辑:赵 斌
封面设计:傅瑞学
责任校对:王淑云
责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:24.75 字 数:574 千字

版 次:2016 年 7 月第 1 版 印 次:2016 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~1000

定 价:88.00 元

产品编号:071293-01

华北金工研究会第八届理事会暨第十二届学术年会

组 委 会

主 任 李双寿（清华大学）

委 员 （按姓氏笔画排列）

丁洪生（北京理工大学）

于 辉（燕山大学）

马廉洁（东北大学秦皇岛分校）

车建明（天津大学）

刘群山（河北科技大学）

李 理（内蒙古民族大学）

李生录（清华大学）

李金良（燕山大学）

严绍华（清华大学）

张文建 [华北电力大学（河北保定）]

张玉洲（天津职业技术师范大学）

姚宪华（太原理工大学）

郝兴明（太原理工大学）

赵卫国（内蒙古工业大学）

华北金工研究会第八届理事会暨第十二届学术年会

学术评审委员会

主 任 李双寿（清华大学）

严绍华（清华大学）

委 员 （按姓氏笔画排列）

丁洪生（北京理工大学）

于 辉（燕山大学）

马廉洁（东北大学秦皇岛分校）

车建明（天津大学）

卢胜利（天津职业技术师范大学）

刘群山（河北科技大学）

李生录（清华大学）

赵华阳（内蒙古民族大学）

郝兴明（太原理工大学）

郭连考（内蒙古工业大学）

前 言

2016年8月,华北金工研究会将在河北省秦皇岛市召开5省(区、市)高校第十二届金工教学及工程训练学术年会。年会组委会收到华北地区高校提交的论文124篇,经年会学术评审委员会隐名、回避评审,其中88篇论文入选本论文集,31篇论文由研究会汇编成册,作为学术年会书面交流资料,5篇论文与会议主题不符或无交流价值。论文集和论文汇编以工程训练教学理念与基地建设、教学研究与课程建设、师资队伍建设、教材建设、教学方法改革与创新为主题,力求比较全面、真实地反映近年来华北地区高校工程教育实践教学改革的主要进展,同时为广大同仁,也为我国高等工程教育提供一份有价值 and 可供借鉴的教学改革经验交流资料。值得一提的是,2015年李克强总理的《政府工作报告》中首次提到“创客”和“互联网+”的概念,在此届学术会议的论文中也有将这些理念引入工程训练实践教学中的实践与探索的经验与体会。

从我国的国情出发,在理工科高校中大力加强工程训练中心和实践教学基地建设,推进工程教育实践教学改革,加强实践能力和创新能力培养是近十多年来国内高等教育改革与发展中受人们密切关注的一件大事。全国许多高校在这方面都非常重视,进行了卓有成效的改革和深入的研究与实践。其投入之多、规模之大、学生受益面之广,都是前所未有的。但是,我们必须清醒地意识到,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,与培养高素质创新型人才的要求还有差距。工程教育实践教学作为我国高等教育的重要组成部分,是增强学生的工程实践能力,提高综合素质,培养创新精神和创新能力的有效途径,也是学生在本科学习期间不可或缺的重要教学环节,进一步加强工程教育实践教学是体现我国高校实践育人特色的重要举措。

向本届年会投稿的论文作者,既有在工程教育实践教学岗位上辛勤耕耘几十年的教授、副教授、高级工程师和高级实验师,又有从事工程教育实践教学资历虽然不长,但富有进取精神和热心实践育人事业的年轻讲师、工程师和实验师;既有在第一线承担工程教育实践教学的教师、实验技术人员、工程技术人员和实习指导人员,又有主要承担工程教育实践教学管理的教学管理人员。论文中涉及的实践教学改革理念与观点,都是作者本人结合实践育人工作中的体验提出的。这种结合育人实践深入思考与研究的精神值得提倡,不少经验有借鉴和推广价值,其中有些观点可能值得商榷和进一步完善。

本论文集由华北金工研究会本届年会组委会和论文学术评审委员会以及清华大学出版社的老师审阅和定稿,由清华大学李双寿、李生录任主编,严绍华任主审。若有不妥之处,诚盼批评指正。

华北金工研究会

2016年6月

目 录

第 1 部分 工程训练教学理念与基地建设

工程训练育人的传承与创新	李双寿	3
工程训练中心智能化网络信息系统建设的探索	马树奇, 付 铁, 靳 松, 卜晓洋	9
创新创业教育融合模式的探索与实践	张文建, 房 静	16
机械工程训练中人文素养培养的教学实践	姚巨坤, 巴国召, 刘 谦	20
工程技术训练课程过程性考核改革研究	许宝才, 潘传增, 张翼飞, 刘 亮	25
开放模式下实践教学质量监控方法探索	马玉琼, 张艳蕊, 毕海霞, 王 伟	29
完全学分制下工程训练教学管理信息化的研究	李卫国, 王利利	35
浅谈工程训练学生成绩考核办法	臧 琛, 李景平	39
高校工程实践信息化式的构建与实施	许旺蓓	43
积极开展教学改革 努力提升工程训练教学质量	付 铁, 郑 艺, 丁洪生, 马树奇	47
新校区大学生工程实践基地和创新平台建设的思考	付俊杰, 李方俊, 王永涛, 康敬欣	50
基础与创新结合的工程实践研究与探索	刘 亮, 李淑华, 唐香琚, 潘传增, 韩 凯	55
工程训练教学中的质量意识与培养	李景平, 臧 琛	58
强化传统制造在工程素养与创新能力培养中的基础性作用	王景磊, 王凤坤	61
浅谈新形势下工程训练中心建设 ——以太原工业学院为例	张 娟	65
如何在实习中培养工匠精神 ——“5S”理论的实施	毕 胜, 刘 健, 贾文军	71
工程训练中心在培养实用型人才方面的改革与探索	邢玉龙	74

第 2 部分 教学研究与课程建设

基于 OBE 模式的“金工实习”课程改革	徐伟国, 李双寿, 李生录, 姚启明, 左 晶, 梁志芳, 陈 震	79
探索工程实践的认知过程与认知规律	傅水根, 孙康宁	87
体现专业特色的模块化工程训练设想	李方俊, 付俊杰, 于 源, 雷 文, 汪晓男	91
浅谈快速成型自主设计的创新教学	徐天华, 范丽荣	95

新时期工程训练中心教学模式研究与探索	高志强, 陈 晔, 薛慧锋	98
“单片机工业控制课程”工程项目教学改革探索与实践	郝 飞, 陈庆华	102
工程文化素质教育课程的建设和探索	汤 彬, 李双寿, 梁志芳, 徐伟国, 李生录	107
金工实习教学内容改革的思考和建议	于 源, 张亚军, 李方俊, 张 娅	113
简析“机械制造基础”精品课建设	高振莉, 袁美霞, 吴海燕	117
以学科竞赛促进课程建设 提高学生创新能力	郑 娇, 化凤芳	121
基于工程教育专业认证的电工电子实习内容改革与探索	赵 晶, 黄艳芳, 郭立群, 吴 波, 单希林, 冯升同	124
工程训练教学中关于创新的一点思考	刘嫚丽, 肖 刚	128
适应新形势, 创设新环境, 落实新实践——谈弧焊机器人实践教学设计探索	高党寻, 姚启明, 周冰科, 王龙兵, 徐江波, 黄吉才	132
通过实验室科研探究课引导学生生活学活用	高 炬, 王健美, 高党寻, 左 晶	137
数控线切割创意工艺品的设计与制作	刘 怡	142
推陈出新, 在激光实习中培养学生创新能力	王 群, 高 炬, 左 晶	147
数字化技术在工业机器人教学单元中的应用	王健美, 左 晶, 刘 怡	150
“创客”背景下的工程训练		
——浅谈铸造实践教学	王姣姣, 姚启明, 汤 彬, 张子光	155
工程训练中铸造教学的创新实践探索	邢小颖, 汤 彬, 马 运, 张子光	160
创意产品项目多工种工程训练课程设计	张余益, 王德宇, 左 晶	164
基于创新能力培养的机械工程训练课程设置		
——3D 打印技术	陈 雨, 税 勇, 吴江东, 门 彤, 任梦馨, 张 宾	168
研究生“先进制造技术实践”课程教学探索	张文强, 张 宾, 李海涛	173
军校“机械工程训练”课程教学改革研究	巴国召, 刘 谦, 姚巨坤	178
工程基础训练教学改革的实践与探索	翟改华, 张文建, 崔伟清	181
军校机械工程训练课程如何为部队专工人才服务初探	巴国召, 姚巨坤, 吴志远	186
基于先进制造技术的创新型工程训练实践教学研究	张翼飞, 韩 凯, 赵 冉, 张 治, 潘传增	189
适应岗位需求, 深化合训专业“工程技术训练”课程教学改革	潘传增, 张 治, 尹玉军, 韩 凯, 刘 亮	194
突出工程训练课程军事特色的几点举措	张 治, 潘传增, 唐香珺, 韩 凯	199
信息化条件下“工程技术训练”课程教学设计探析	韩 凯, 张翼飞, 赵 冉, 潘传增, 刘 亮	203
电工电子实习的改革与发展	巴特尔, 李文军, 寇志伟, 徐明娜, 马德志	207
电工电子实习课程考核体系的研究与构建	李文军, 寇志伟, 赵卫国, 郭连考, 徐明娜, 马德智, 巴特尔	211
电工电子实习课程研究与建设	寇志伟, 马德智, 徐明娜, 巴特尔, 李文军, 赵卫国, 郭连考	215

富士 G11S 变频器在电工实习教学中的应用	春 兰, 臧 琛, 韩文颖	221
完全学分制下工程训练实行模块化教学改革的研究	王利利, 李卫国	225
“特种加工”在金工实习中的教学实践		
.....	范丽荣, 任 翀, 邱晓云, 丁思远, 范丽媛	229
浅谈数控铣床的系统教学实践	李艳茹, 侯学元, 范丽荣, 武 伟	232
普通车床金工实习教学改革探索	王燕兰	235
浅谈金工系列课程“综合型”实验课	陈园园	239
双创背景下的工程实训中心教改模式研究	陈 晔, 严绍进, 薛慧锋	242
金属工艺学专业核心课程群的建设探究	刘邱祖, 吉党生	248
浅谈工程材料与机械制造基础课程体系建设	杜素梅, 朱 征, 黄丽明, 郑连义	251
机械工程训练的教学改革	赵鹏飞, 张 朝, 温 阳	255
面向卓越工程师培养的精密测量与快速成型技术实践教学的研究与探讨		
.....	蔡 军	258
面向工科学生先进制造技术实习项目的开发与实践	郭 玲, 张彦春	262
面向工科类专业的工程与创新能力培养模式初探		
.....	田腾飞, 李红凤, 贾文军, 刘 健	266
工程训练传统工艺教学改革与创新实践	王晓亮, 张江亭, 贾文军	270
基于工程训练中心实践教学工作坊的卓越工程师培养初探	周坤涛	274

第 3 部分 师资队伍建设、教材建设、教学方法改革

平凡而神圣的教师职业	傅水根	279
机电类专业大学生工程实践能力及创新能力培养方法研究		
.....	化凤芳, 郑 娇, 许东晖	283
在工程实践教学中融合创新方法教育的探索与实践		
.....	王浩程, 王晓敏, 贾文军, 刘 健	287
“一体化教学”校本实训教材编写探讨	杨宗强	293
如何充分发挥教师在金工实习教学中的主导作用	尹晓春, 尹玉军, 毛志俊	299
加强工程实践师资队伍建设打造优秀专业教学团队	范 斌, 范丽荣	302
工程训练“双师”型教学团队的建设与培养	薛慧锋, 陈 晔, 曹兰平	305
世界技能大赛视角下的大学生工程能力培养研究	郝立果, 马前帅	308
合作学习在工程训练课程中的应用模式研究		
.....	梅 梅, 姬宜朋, 李合增, 丁 杰, 殷业财	315
用“思维导图”的方式进行“产品化”的金工教学	杨 帆, 刘 彬	320
数控加工技术实训教学方法的探索与实践	李春阳, 付 铁, 靳 松	324
项目式教学在技术培训中的应用	洪 亮, 梁志芳, 初 晓, 董宝光	328

“项目驱动式”教学法在工程训练课程中的应用	王 佐, 张秀海, 左 晶	331
创意任务驱动, 培养创客功夫——焊接实践教学中的创客元素	周冰科, 高党寻, 王龙兵, 姚启明	337
基于兴趣培养的大学生科技创新能力培养模式研究与实践	王 旭, 王建武	341
“工程技术训练”课程“翻转课堂”的建设	赵 冉, 尹玉军, 付 佳, 韩 凯	345
激发学习兴趣要从“头”开始——浅谈如何上好“工程材料”课的绪论	赵 芳, 赵忠民, 李淑华, 唐香璐, 付 佳	350
浅谈“翻转课堂”在机器人实践教学中的应用	贾翠玲, 葛素霞, 徐明娜, 王利利	354
项目驱动教学法对培养学生工程实践能力的探讨	纪刚强, 侯英杰	357
“三维六步五五”模式在金工教学中的探索与实践	鲁辉虎, 凌爱林	362
基于深层学习的金工教学方法改革探索	王玉果, 车建明, 李 清, 阮宏慧, 万淑敏	366
以科技竞赛为导向的创新实践课程开展与实施	淮旭国, 张彦春, 刘 健, 贾文军	370
基于个性化实例教学的材料加工课程教学创新	李 楠	375
基于虚拟仿真技术的五轴加工实训教学模式研究	李 杰	378

第 1 部分

工程训练教学理念与基地建设

工程训练育人的传承与创新

李双寿

(清华大学基础工业训练中心, 北京 100084)

摘要: 本文以不同历史时期清华大学校内工程实践基地、实践课程和教学目标的演变为例, 分析了如何正确处理工程训练育人的传承与创新, 提出: 工程训练应该继续传承行胜于言、真刀真枪的工匠精神, 同时融入创客文化的价值塑造、能力培养、知识传授三位一体的培养目标; 在当前工程界倡导回归工程实践, 工程教育呈现前沿性、系统性、交融性等重要标志的“大工程”特征下, 工程训练应该不断创新, 探索融工程教育、通识教育和创新创业教育于一体的工程训练功能定位。

关键词: 工程训练; 实践育人; 传承与创新

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, 二者之间既有广泛的内在联系, 又有深刻的内涵变化。工程训练的核心特征就在于其实践性, 是高等工程实践教育的重要组成部分。随着我国高等工程教育改革的发展, 工程训练的教育理念、教育功能以及训练模式、内容和体系等方面也在发生深刻的变化。在工程训练领域, 如何正确处理工程实践育人的传承与创新, 日益引起关注。

1 工程实践教育的发展现状

顾秉林认为^[1], 院校工程教育广义而言指培养工程人才的社会活动, 狭义而言指培养工程人才的学校教育; 工程教育的基本特点是工程性(包括专业性、系统性、实践性和综合性), 重要特点是创新性; 创新性是以工程性为基础, 既强调工程技术在解决实际問題上的基础性, 又要求在实践的基础上培养学生的创新能力。

不同时代工程知识的形态发生了多次变化, 工程实践教育的内容和形式也不尽相同。古代工程知识带有经验属性, 主要是指手工操作、技艺和实践等主体性直接体验, 因此早期的工程实践重视现场操作和工作组织的实际问题, 即以学徒制为平台在工科院校内普遍推开。这种技术导向的工程教育一开始便以培养学生的工程实践能力、满足经济社会发展对实用型人才和应用技术的大量需求为教育指向。19 世纪下半叶, 工程科学作为“应用科学”一种新的理论形态, 同时也是作为工程知识的一种工具形态而出现, 继而在传统的、普遍的“重学轻术”思想下, 科学主义大行其道, 工程学科不得不“偏向”科学, 依仗科学和基础研究提升学科的社会地位、构筑工程实践的理论原则。20 世纪 70 年代以后, 工程知识多元化演变, 一是工程知识能够跨越各个工程领域传播, 二是无论在什么地方都能被使用。而新的工程形象则凸显任务的复杂性, 包括项目的组织和沟通交流、专业咨询的角色、处理全新设计的能力、社会问题的需要。

贯穿工程教育史的一对主要矛盾是理论和实践之间的关系问题,侧重理论抑或突出实践便构成了工程教育演化的两端。20世纪80年代后,工程范式占据主流,注重工程综合,科学与技术、技术与非技术融为一体,还工程以本来面目,强调工程教育的实践性、整体性和创造性。经过多年的发展,形成了现代工程教育的两种模式:一是以美国主导的《华盛顿协议》为代表的工程教育互认体系,其成员主要来自英语国家,旨在形成完全统一的教育模式,偏重于培养工程学学位;二是以德国和法国为代表的欧洲大陆工程教育互认体系,受其传统的文化多样性的影响,采取了灵活的态度,包容了多种教育模式,偏重于培养工程师学位^[2,3]。

现代工程教育以“大工程”的概念为特征,以前沿性、系统性、交融性为重要标志。随着现代工程问题的日趋复杂化,工程师在拥有良好的科学技术知识与数学能力的基础上,还必须拥有必要的政治、经济、文化、法律等学科的知识与实践经验。现代工程的这种发展态势,使得大学按单一学科分类组织教学的传统受到挑战,现代工程教育必须打破传统上以单一学科为架构的人才培养模式,走一种内涵交叉发展的道路,以保证培养的人才具备跨学科与知识融合的能力。

当前工程界倡导回归工程实践,是工程真正走向属于自己的学科特征和教育属性的发展范式转型,因而有着鲜明的时代特色和学科背景。国外高等工程教育回归工程实践的本义包括如下三个方面^[3]:①从学生的角度来看,回归工程实践就是回归全面发展,从单纯的工程应用、工程科学知识的传授转向实际动手能力的提高、工程意识和工程素养的培养;②从院校立场来看,回归工程实践就是回归教学;③从高等教育系统来看,回归工程实践就是重构工程教育体系。但这种回归不是复原式的回归,而是螺旋式上升到“整体工程观”指导下的当代工程实践。

我国现代高等工程教育发轫于清末实业学堂,这些机构同时也是我国现代高等教育的源头。如北洋公学,秉承“经世致用”的办学理念,以培养律例、矿务、制造、铁路等实科应用型人才为己任^[4]。新中国成立后很长一段时间,我国本科阶段高等工程教育期间要进行三次校外实习(即认识实习、生产实习和毕业实习)和一次校内实习(金工实习)。这4次实习就是除课程实验、课程设计、毕业设计之外的实践性教学环节。而自1977年以来,由于多种原因,三次校外实习已不再完整,并基本简化为一次,校内实习内容和质量很难得到保证。

进入21世纪以来,随着我国高等工程教育改革发展,在传统的工科机械类专业的金工实习基础上形成了综合性工程训练这种新型工程实践教学模式。世界银行贷款、“211”工程、“985”工程和“质量工程”的实施对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。经过十余年的快速发展,工程训练符合教育发展规律,具有中国特色,已成为我国高校本科培养过程中不可或缺的重要的工程实践教学环节。综合性工程训练系列课程已经成为我国高等工程实践教育的重要内容,综合性工程训练中心已经成为我国高等工程实践教育的重要教育资源。近年来工程训练中心的设

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。工程训练起源于金工实习,二者之间既有广泛的内在联系,又有深刻的内涵变化,主要体现在教育理念、教学规模和专业覆盖面,以及训练内容和体系等方面。工程训练的发展,也面临如何正确处理传承与创新的问题。

2 清华大学工程训练育人的演变

清华大学基础工业训练中心(以下简称训练中心)一直是清华大学校内最重要的工程实践教学基地。训练中心的稳步发展见证了我校对学生工程实践能力培养的一贯重视,以及在国内工程实践教育的引领作用。作为清华大学最重要的公共性实践教学平台,承载着各院系不同层次教育项目对工程实践创新育人的期待,也寄托着大家对严谨训练真刀真枪实践的清华风格传承的期待。

传承是对旧事物或是传统事物中的优良事物进行继承。表1梳理了不同历史时期清华大学校内工程实践基地名称及其承担实践课程和教学目标的演变。可见,工程训练的内涵有一个发展的过程,从注重技能的培养到重视动手解决问题的能力提升以及扎实肯干吃苦耐劳的精神养成。但是,无论随着时代变迁课程名称、教学内容如何变化,都一直传承着“行胜于言”“真刀真枪”的工匠精神,一直遵循着具融入创客文化的“价值塑造、能力培养、知识传授”三位一体的育人理念。

表1 清华大学校内工程实践基地时间简史^[5]

年份	基地名称	课程名称	教学目标
1922	土木工程馆的手工教室(手工厂房,后改称工艺馆)	手工课	系专为教授工程学学生,以备教授实习之用
1925	先后称为手工工场、木工厂、金木工厂(下设金工场、锻工场、铸工场和木工场)。1932年归机械工程系领导	机械技艺课	在使学者习知机器作用之原理,除课堂研究外,并有各种工厂之参观,使之确知近代机器之运作,实际工作略分木工、泥工、电工等。使学生具有将来研究各种工程之相当准备
1936	金木工厂,设金、铸、锻、木4个工厂	金木工实习	以造就各项专门人才为目的。注意各类机械之制造及装卸、试验及比较等,均施与充分的训练
1937	南迁,改称机械实习厂		
1946	迁回,改称金工厂		
1952	院系合并,改称实习工厂	金工实习	通过实习学习机械制造过程的基本知识,为学生学习金属工艺学课程打下感性认识的基础,培训一定的操作能力。木模、铸、锻、焊、车、铣刨、磨、钳等工种
1956	金工实习结合水泵零件等实际产品生产		
1958	综合机械厂	生产劳动	“长工班”。参加劳动锻炼,在干中学习
1961	综合机械厂划归科学生产处	金工实习	教学实习要尽可能结合实际产品生产来进行。基本要求为转变思想,学习知识,培训技能
1968	与设备制造厂合并改称机械设备厂		

续表

年份	基地名称	课程名称	教学目标
1970	与冶金系、精仪系机制专业、动农系(部分)合并改称汽车厂	学工劳动	让学生参加生产实践，进行劳动锻炼
1972	机械厂		
1975	与机械系、精仪系机制专业合并改称机械系厂		
1977	厂系分开，恢复机械厂，分出设备仪器厂	金工实习	学习知识，培养能力，培养思想作风
1978	在全国高校率先恢复金属工艺学教研组		
1985	在全国率先成立电子工艺实习教研组，创建电子实践教学基地	金工实习，电子工艺实习，工程操作技术选修课，工业系统概论	通过教学实习，在教师和工人的传授和辅导下，使学生学习基本工艺知识，掌握基本操作技能，接受基本的思想作风教育
1996	组建基础工业训练中心，归产业集团管理		理工与人文社会学科相贯通，知识、素质、能力协调发展，着重培养学生的工程实践能力、综合素质和创新精神
2009	基础工业训练中心实体化，统筹规划、具体实施全校工程实践教学和相关科研工作	金工实习，电子工艺实习，实验室科研探究，工业系统概论	以制造工程和技术为载体，着重培养学生的工程实践能力、工程文化素质、创新思维和首创精神
2014	i.Center 支撑平台	融工程能力、工程素质、创新创业能力训练于一体的课程体系	学生主体、创客驱动、跨界融合，知识传授、能力培养和价值塑造协调发展

3 清华大学工程训练育人的发展

创新则是在对传统事物中的优良事物进行继承的基础上进行新的提高。工程训练的建设发展需要挖掘内涵、拓展外延，探索融传授知识与文化、培养能力与提高素质为一体的富有时代特征的训练模式。工程训练中心不仅是工程基础训练基地，为卓越工程师培养服务；应该成为工程创新活动支撑平台，为拔尖创新人才培养服务；应该成为工程文化素质教育基地，为复合型人才培养服务；应该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^[6]。

近年来清华大学基础工业训练中心着力打造清华 i.Center，基于“i”的内涵“工业级（industry）、学科交叉（interdisciplinary）、创新型（innovation）、国际化（international）和以学生为主体（I）”，开展相关教学活动。建设成效显著，已先后获评国家级工程训练实验教学示范中心、数字化制造系统虚拟仿真国家级实验教学示范中心、北京市高校示范性校内创新实践基地、中关村国家自主创新示范区创新型孵化器、教育部全国职业教育师资培养培训重点建设基地、首都科技条件平台开放实验室、北京市科普基地创新工作坊等。

3.1 探索融工程教育、通识教育和创新创业教育于一体的功能定位^[6]

(1) 工程能力训练基地,为卓越工程师培养服务。工程训练不仅是高等工程实践教育的重要组成部分,也是主要实施途径。清华 i.Center 近年来以制造全生命周期为教学内容载体,采用 OBE 理论,结合 ABET 认证中评价学生学习成效的 11 项能力指标,对工程训练系列课程教学大纲和教案进行了系统化改进。在课程中引入 CDIO 教学模式,重点推行“基于问题、基于项目、基于案例”的教学方法和学习方法,加强综合性实践项目设计和应用;在“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”的教学理念下,进一步从强调教学过程转变为强调学生学习成效,强调实现培养目标的持续改进。

(2) 工程文化素质教育基地,为复合型人才培养服务。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。清华 i.Center 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。制造工程体验课程采用项目导引训练教学模式,创业认识与实践课程让学生体验产品创意设计、创新制作和创业生产的全过程,实验室科研探究课程以真实的科研实验室为课堂。这些课程共同构建出多学科交叉融合的课程教学体系。

(3) 创新创业教育支撑平台,为拔尖创新人才培养服务。深化创新创业教育改革已成为推进我国高等教育综合改革的突破口。清华 i.Center 打造开放的“三创(创意、创新、创业)”活动支撑服务平台,通过优化整合相关资源,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。训练中心创建了面上普及、重点提高和综合创新、课内外结合、理论与实践结合、因材施教的分层次创新创业教育实践教学体系。

3.2 创客教育驱动工程训练发展^[7]

国内外创客空间运动逐渐兴起,也开始成为引领全球新工业革命的新助推器。创客精神也被归纳为首创与开源、协作与分享、注重企业家与团队精神,并强调将梦想变成现实。近年来,清华 i.Center 率先引入创客教育,聚合学校相关创新实践资源,建设创客交叉融合空间。i.Center 完善、先进的硬件设施为全校学生提供了一般创客空间无法比拟的制造加工场所。结合自身资源优势,开展了一系列融入创客文化、以创新方法结合项目实践的教学活动。

通过创客空间的建设,直接推动了清华 i.Center 的发展。在建设发展理念上,致力于“让学生做梦想的实现家”,以志趣为导引,以创新实践活动为手段,充分释放学生巨大的创新潜力;在体系上,建设开放的创客活动服务平台和教学体系,提供孵化场地、技术培训、产品开发、加工制作、管理咨询等方面的支撑条件;在模式上,以学生为主体,通过创客活动激发学生的内在动力,在校园里营造良好的创意、创新、创业氛围;在规模效益上,通过一系列常态性的“三创”活动,让全校超过三分之一的同学直接参与符合创客精神的正式学习活动;在机制上,形成开放的建设机制,通过学校相关院系、教师、学生、国内外企业以及全球创客社群等的主动参与,激活校园成为一个更具创造力的学习空间。