



清华大学  
Tsinghua University



中国科学院  
CHINESE ACADEMY OF ENGINEERING



ICEE

United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization  
International Centre for  
Engineering Education  
under the auspices of UNESCO  
联合国教育、  
科学及文化组织  
国际工程教育中心

2018国际工程教育论坛  
2018 International Engineering Education Forum

Innovation and  
Development of  
Engineering Education

工程教育创新发展

UNESCO国际工程教育中心 编

高等教育出版社



全体与会人员合影

Group Photo



会议现场

Forum Scene



中国工程院院士、中国工程院院长 李晓红  
**LI Xiaohong ( Member of CAE, President  
of Chinese Academy of Engineering )**



中国科学院院士、清华大学校长 邱勇  
**QIU Yong ( Member of CAS, President of  
Tsinghua University )**



清华大学党委书记 陈旭  
**CHEN Xu ( Chairperson of University  
Council , Tsinghua University )**



联合国教科文组织北京办公室主任 欧敏行  
**Marielza Oliveira ( Director of UNESCO Beijing  
Office and Representative to China )**



麻省理工学院副教务长 **Richard Lester**  
**Richard Lester ( Vice Provost of Massachusetts  
Institute of Technology)**



全球工学院院长理事会主席、美国伊利诺伊  
理工大学工学院院长 **Natacha DePaola**  
**Natacha DePaola ( Chair of GEDC, Dean of  
Engineering, Illinois Institute of Technology)**



联合国教科文组织国际工程教育中心主任 吴启迪  
**WU Qidi (Director of ICEE under the auspices  
of UNESCO)**



世界工程组织联合会当选主席 龚克  
**GONG Ke ( President-elect of WFEO)**



中国工程院院士、清华大学副校长 尤政  
**YOU Zheng ( Member of CAE, Vice President  
of Tsinghua University )**



中国航天科技集团有限公司副总经理 杨保华  
**YANG Baohua ( Vice President of China  
Aerospace Science and Technology Corporation )**



中国工程院院士、中国机械工程学会理事长 李培根  
**LI Peigen ( Member of CAE, President of Chinese  
Mechanical Engineering Society )**



戴姆勒大中华区投资有限公司高级执行副总裁、  
梅赛德斯-奔驰乘用车中国研发中心负责人  
**Hans Georg Engel**  
**Hans Georg Engel ( Senior Executive Vice  
President, Head of RD, PM and MP,  
Daimler China, Daimler AG )**



中国工程院院士、上海交通大学校长 林忠钦  
**LIN Zhongqin ( Member of CAE, President  
of Shanghai Jiaotong University )**



德国慕尼黑工大副校长 **Gerhard Müller**  
**Gerhard Müller ( Vice President of Technical  
University of Munich)**



日本东京大学副校长 **Naoto Sekimura**  
**Naoto Sekimura ( Vice-president of University  
of Tokyo)**



中国工程院院士、北京航空航天大学校长 **徐惠彬**  
**XU Huibin ( Member of CAE, President of  
Beihang University)**



中国工程院院士、哈尔滨工业大学校长 **周玉**  
**ZHOU Yu ( Member of CAE, President of  
Harbin Institute of Technology)**



新竹清华大学校长 **贺陈弘**  
**Hocheng Hong ( President of Hsinchu Tsing  
Hua University)**



西安交通大学校长 王树国  
**WANG Shuguo ( President of Xi' an Jiaotong  
University )**



日本东京工业大学校长 Kazuya Masu  
**Kazuya Masu ( President of Tokyo Institute  
of Technology )**



中国工程院院士、大连理工大学校长 郭东明  
**GUO Dongming ( Member of CAE, President  
of Dalian University of Technology )**



意大利都灵理工大学校长 Guido Saracco  
**Guido Saracco ( Rector of Turin Polytechnic  
University )**

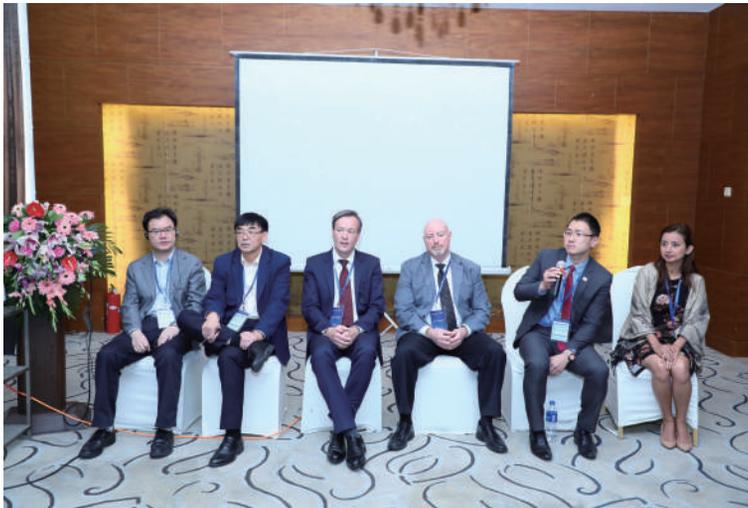


东北大学校长 赵继  
**ZHAO Ji ( President of Northeastern University )**

论坛部分场景  
Forum Scenes









以上照片为李派、常志东、曹文鹏拍摄

Photos by: LI Pai, CHANG Zhidong, CAO Wenpeng

第一届国际工程教育论坛

The 1st International Forum on Engineering Education

工程教育创新发展

Innovation and Development of  
Engineering Education

UNESCO 国际工程教育中心 编

高等教育出版社·北京

## 内容提要

工程科技人才是中国实现创新发展依靠的中坚力量,工程教育是国家创新的重要引擎。我国未来社会发展的速度与质量在很大程度上取决于工程科技创新能力,取决于工程科技人才这一创新主体的质量。因此,工程教育必须适应社会、经济、科技变化的趋势,不断变革创新,才能更好地承担起“创新引擎”这一崭新角色。2018年9月24—25日,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织共同举办了第一届高端国际工程教育论坛。来自美国麻省理工学院、加拿大多伦多大学、瑞典皇家理工学院、英国帝国理工学院、意大利都灵理工大学、德国慕尼黑工业大学、日本东京工业大学、日本东京大学、北京大学、浙江大学、上海交通大学、北京航空航天大学、北京理工大学、哈尔滨工业大学、武汉大学、西北工业大学、华南理工大学、西安交通大学、大连理工大学、东北大学、新竹清华大学等国内外知名大学校长、专家学者、研究机构和企业代表参加了此论坛。校长们围绕“工程教育的挑战和一流工科建设”和“面向可持续发展的工程教育”做主旨报告。同时,论坛还举办了八个分论坛进行报告和讨论,主题分别为产学合作新模式、工科实践能力培养、人工智能与工程教育创新、国际合作与工程教育创新、工程教育创新实践、创新创业教育、工程伦理教育、工程教育的多样性。

本书的主要阅读对象为教育主管部门及相关企事业单位管理人员、从事工程教育的科研人员、教师以及在校研究生和大学生。

## 图书在版编目(CIP)数据

工程教育创新发展:汉文、英文/UNESCO国际工程  
教育中心编.--北京:高等教育出版社,2019.9  
ISBN 978-7-04-052746-9

I. ①工… II. ①U中… III. ①工科(教育)-教育研究-中国-汉、英 IV. ①G649.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第207495号

## GONGCHENG JIAOYU CHUANGXIN FAZHAN

总策划 吴启迪

策划编辑 黄慧靖 张冉

责任编辑 张冉

封面设计 顾斌

版式设计

责任校对

责任印制

出版发行 高等教育出版社

社址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100120

印刷

开本 850 mm × 1168 mm 1/16

印张

字数 380千字

插页 5

购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>

<http://www.hepmall.com>

<http://www.hepmall.cn>

版 次 2019年10月第1版

印 次 2019年10月第1次印刷

定 价 89.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 52746-00

## 编辑委员会

主 任

李晓红 邱 勇

委 员

尤 政 袁 驹 雒建斌 王孙禺 姚 强  
王 晶 赵海燕

## 编辑人员

张 满 徐立辉 乔伟峰 雷 环 闫春竹  
翁默斯 李晶晶 杨 茗 贾美姣

# 序

工程技术人才是“造福人类、开拓创新”的践行者。是否拥有足够的合格工程技术人才,影响着国家的经济和科技发展水平。没有优秀的工程技术人才,就没有国家和民族的强盛。当前,世界各国对工程技术人才的需求一直在持续增长。

高校,特别是理工院校,是培养工程技术人才的主力军。中国是名副其实的工程教育大国,工程教育规模居世界第一,工程教育在校生占普通高校在校生的三分之一,对于中国的创新发展与经济社会建设具有关键作用。因此,加强工程教育和一流学科建设,在推进建设中国特色的世界一流大学和一流学科建设中,具有举足轻重的地位。中国的工程教育面临着全球化发展、科技快速变革、可持续发展目标的推进等外部环境带来的挑战;在工程教育内部,也存在诸如工程创新能力缺乏、工科人才实践能力不足、学科结构不合理、跨学科融合发展不够、工程伦理意识不强等问题。因此,我们应深刻认识到时代的变化、环境的变化和人类所面临的挑战,持续不断地在人才培养理念、人才培养模式、学科交叉体制、产学研合作机制等方面不遗余力进行改革创新。

2018年9月24日至25日,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织共同举办了第一届高端国际工程教育论坛。论坛围绕全球化背景下工程教育面临的机遇与挑战、工程教育的实践与探索、一流学科建设、工程教育创新发展、工程教育可持续发展等问题进行了广泛交流和深入讨论。来自全球不同国家及相关领域的68位知名大学校长、工学院院长、专家学者、研究机构和企业代表作了大会报告,在国内外产生了广泛的积极影响。

我们真诚地希望,国际工程教育系列论坛能成为国内外工程教育专家学者相互学习、分享经验、探讨未来合作的盛会。本书是基于这次论坛60多位专家的主题发言编辑的演讲集,凝聚了这次论坛交流成果的精华,展现了全世界顶级专家学者的工程教育思想与经验,反映了全球包括非洲等发展中国家工程教育的概况,对于我国的工程教育改革与创新发展具有重要的参考价值。

我们期待在社会各界的共同努力下,瞄准世界一流,加强国际工程教育合作交流与学习,共同推动中国的工程教育创新和发展,为中国乃至世界发展培养出高素质的工程技术人才,为创造人类美好未来做出应有的贡献!



UNESCO 国际工程教育中心副理事长、主任

2019年7月

# 目 录

## 欢迎致辞

工程改变世界,教育改变人类 .....	李晓红	3
可持续发展与工程教育的责任 .....	欧敏行	5

## 主旨演讲

工程教育:为了人类更美好的家园 .....	邱 勇	11
工程教育的创新 .....	Richard K. Lester	17
发挥协同效应的最大化影响——基于全球视角 .....	Natacha Depaola	22

## 嘉宾致辞

推进面向可持续发展的工程教育 .....	龚 克	27
未来工程教育畅想 .....	李培根	29
中国工程科技人才培养——基于中国航天视角 .....	杨保华	32
汽车行业的未来发展 .....	Hans Georg Engel	35

## 校长论坛 A:工程教育的挑战和一流工科建设

对我国工程教育发展的思考 .....	林忠钦	39
工程教育的挑战——进化还是破坏? .....	Gerhard Muller	43
变革与创新——工程教育的理念、实践与思考 .....	徐惠彬	46
面向创新校园的全球知识合作 .....	Naoto Sekimura	50
工程教育的挑战与应对 .....	周 玉	53
从教育与工业 1.0 到 4.0 看工程教育的新目标 .....	贺陈弘	56

## 校长论坛 B:面向可持续发展的工程教育

大学与社会的融合发展 .....	王树国	61
从东京工业大学的视角看工程教育 .....	Kazuya Masu	65
培养未来的卓越工程师和工程科学家 .....	郭东明	68
面向可持续发展的工程教育 .....	Guido Saracco	73
交叉 跨界 融合 推动工程教育再开放、再创新 .....	赵 继	75

## 专题 A1:产学合作新模式

多伦多大学的产业合作伙伴关系 .....	Cristina H. Amon	81
----------------------	------------------	----

从企业角度看产学研合作 .....	Norbert Luetke-Entrup	83
产学合作模式 .....	Chua Kee Chaing	86
如何更好地开展产学合作? .....	Leif Kari	88
从学术界到产业界 .....	赖志煌	91
“全程覆盖、多层联动与跨域协同”育人体系下的校企合作模式 .....	姜 澜	93
<b>专题 A2:工科实践能力培养</b>		
面向现代工业的技能培养 .....	杨威迦	99
如何成为合格的工程师? ——大学工程课程发展的 CDIO 模式 .....	Sören Östlund	101
全球创新学院:全球创新交流		
——培养创新精神的领军人才 .....	Blake Hannaford	103
3D 打印助力工程教育 .....	李 涛	105
面向现代工业的技能开发 .....	Thomas Lee	109
机械类学生工程实践能力协同培养探索与实践 .....	张宪民	111
<b>专题 B1:人工智能与工程教育创新</b>		
机械产品设计创新能力建设的路线图与教学实践 .....	杨华勇	117
人工智能在 MOOC 中的运用 .....	唐 杰	119
在工程教育、研究和实践中学习及应用人工智能 .....	Ken Dunstan	121
帝国理工学院博士人才培养与人工智能研究 .....	Omar Matar	123
培养卓越的工程技术人才 .....	蒋建军	125
人才培养与学术合作——京东 AI 的思考与实践 .....	何晓冬	127
<b>专题 B2:国际合作与工程教育创新</b>		
科技成果转化模式探索——协同创新机制与实践 .....	何永勇	131
工程教育创新与国际合作 .....	Manfred Wirsum	134
植根中国,努力建设世界一流大学 .....	徐政和	137
国际合作的有效模式 .....	Fabricio Guevara Viejó	139
工程教育创新与国际合作 .....	Richard Schoephoerster	141
国际合作与工程教育创新的思考 .....	林明锦	143
<b>专题 C1:工程教育创新实践</b>		
学术最佳实践小组——在线实验室 .....	Timothy Drysdale	147
从研究到实践的工程教育 .....	Vinod Kumar Lohani	149
机电一体化和机器人技术:跨学科、体验式工程教育平台 .....	Vikram Kapila	152
未来的工程课程:现代教学法与最新技术相结合 .....	JIANG Zhaoshuo	155

## 专题 C2:创新创业教育

清华大学跨学科技术创新创业教育 .....	李双寿	163
创新与教育一体化的理念 .....	R. Scott Evans	166
培养未来的工程师 .....	Sanjeev Bedi	168
创新与企业家精神——以北京大学工学院实践为例 .....	张东晓	170
吉林大学机械工程专业创新实践能力培养工作进展 .....	赵宏伟	172

## 专题 D1:工程伦理教育

化工伦理教育 .....	赵劲松	177
和平工程对你意味着什么? .....	Ramiro Jordan	179
改变我们的世界——可持续发展 2030 计划 .....	Gudrun Kammasch	181
新时代的工程伦理 .....	Sharon Lee	182
新时代的新工程:职业伦理有感 .....	刘 胜	185

## 专题 D2:工程教育的多样性:我们是否取得了进步?

努力为快速变化的世界培养可持续发展的高素质人才 .....	刘晓君	191
为未来准备多样化的工程劳动力 .....	Norman Fortenberry	195
多样化:我们正在取得进展吗? .....	Theresa Mkandawire	197
如何实现工程教育的多样性? .....	Alex Czekanski	200
女性在工程领域适应的多样化 .....	王 玲	202

## 论坛综述

引领工程教育创新发展 培养一流工程科技人才 .....	张满 乔伟峰 王孙禹	207
-----------------------------	------------	-----

后记 .....		311
----------	--	-----

# CONTENTS

## **Welcome Address**

- Engineering Changes the World, Education Changes Mankind \_\_\_\_\_ LI Xiaohong 215
- Sustainable Development and Responsibility of Engineering  
Education \_\_\_\_\_ Marielza Oliveira 216

## **Plenary Speech**

- Engineering Education: For a Better World of Humankind \_\_\_\_\_ QIU Yong 219
- Innovations in Engineering Education \_\_\_\_\_ Richard K. Lester 220
- Maximizing Impact through Synergy: A Global Perspective \_\_\_\_\_ Natacha Depaola 221

## **Invited Guest Speeches**

- Transforming Engineering Education for Sustainable Future \_\_\_\_\_ GONG Ke 225
- Imagination of Future Engineering Education \_\_\_\_\_ LI Peigen 226
- Cultivating Chinese Engineering and Technology Talents: Based on the Perspective of  
Chinese Aerospace \_\_\_\_\_ YANG Baohua 227
- Future Development of Automobile Industry \_\_\_\_\_ Hans Georg Engel 228

## **University President Forum A: Challenges for Engineering Education and World Class Engineering Education**

- Reflections on the Development of Engineering Education in China \_\_\_\_\_ LIN Zhongqin 231
- Challenges for Engineering Education: Evolution or Disruption? \_\_\_\_\_ Gerhard Müller 232
- Reform and Innovation: Philosophy, Practice and Reflections on Engineering  
Education \_\_\_\_\_ XU Huibin 233
- Global Base for Knowledge Collaboration toward Innovation Campus \_\_\_\_\_ Naoto Sekimura 234
- The Challenge and Strategy of Engineering Education \_\_\_\_\_ ZHOU Yu 235
- New Objectives of Engineering Education from Education and

Industry 1.0 to 4.0 _____	Hocheng Hong	236
<b>University President Forum B: Engineering Education for Sustainable Development</b>		
Integrated Development of University & Society _____	WANG Shuguo	239
Engineering Education from the Perspective of Tokyo Tech _____	Kazuya Masu	240
Engineering Education for Sustainable Development; Cultivate Future Excellent Engineers and Engineering Scientists _____	GUO Dongming	241
Engineering Education for Sustainable Development _____	Guido Saracco	242
Intercrossing Interconnection Integration; Promoting the Re-opening and Re-innovation of the Engineering Education _____	ZHAO Ji	243
<b>Panel A1: Models of Industry–Academia Cooperation</b>		
Industry Partnerships at the University of Toronto _____	Cristina H. Amon	247
Industry–University–Research Cooperation from the Perspective of Enterprises _____	Norbert Luetke–Entrup	248
Models of Industry–Academia Cooperation _____	Chua Kee Chaing	249
How to Develop Industry–Academia Cooperation? _____	Leif Kari	250
From Academia to Industry _____	Lai Chih–Huang	251
University–Industry Collaboration for Full-cycle Multi-level-interaction Cross-region Higher Education _____	JIANG Lan	252
<b>Panel A2: Skills Development for Modern Industry</b>		
Skills Development for Modern Industry _____	Vigor Yang	255
Engineers Who Can Engineer; The CDIO-model for Development of University Engineering Programmes _____	Sören Östlund	256
GIX: Global Innovation Exchange _____	Blake Hannaford	257
3D Printing Provides Help for Engineering Education _____	LI Tao	258
Skills Development for Modern Industry _____	Thomas Lee	259
Cooperative Training of Engineering Practice Ability of Mechanical Students _____	ZHANG Xianmin	260

## **Panel B1: Innovation of Engineering Education in the AI Era**

Roadmap and Teaching Practice for Innovation Capability Building in Mechanical

Products Design \_\_\_\_\_ YANG Huayong 263

Application of Artificial Intelligence in MOOC \_\_\_\_\_ TANG Jie 264

Learning and Applying AI in Engineering Education, Research, and

Practice \_\_\_\_\_ Ken Dunstan 265

Research on Doctoral Training and Artificial Intelligence of Imperial

College \_\_\_\_\_ Omar K. Matar 266

Hatching New Engineers: Actions Taken and Rewards Gained in

NPU-ME \_\_\_\_\_ JIANG Jianjun 267

Talent Education & Academic Cooperation: JD AI's Thinking &

Practice \_\_\_\_\_ HE Xiaodong 268

## **Panel B2: Engineering Innovation and International Cooperation**

Collaborative Innovation and Practice for Science & Technology Achievement

Transfer \_\_\_\_\_ HE Yongyong 271

Engineering Innovation and International Cooperation \_\_\_\_\_ Manfred Wirsum 272

Rooted in China, Striving for a World-class University \_\_\_\_\_ XU Zhenghe 273

International Cooperation \_\_\_\_\_ Fabricio Guevara Viejó 274

Engineering Innovation and International Cooperation \_\_\_\_\_ Richard T. Schoephoerster 275

Thoughts on International Collaboration & Innovation in Engineering

Education \_\_\_\_\_ Lim Ming Kim 276

## **Panel C1: Academic Best Practice**

Academic Best Practice Panel: Online Laboratories \_\_\_\_\_ Timothy Drysdale 279

Engineering Education Research to Practice \_\_\_\_\_ Vinod K. Lohani 280

Mechatronics and Robotics: A Platform for Interdisciplinary, Experiential

Eng. Education \_\_\_\_\_ Vikram Kapila 281

The Future of Engineering Courses: Modern Pedagogy Meets the Latest

Technology \_\_\_\_\_ JIANG Zhaoshuo 282

## **Panel C2: Innovation and Entrepreneurship Education**

Technology Interdisciplinary Innovation & Entrepreneurship Education at Tsinghua University _____	LI Shuangshou	285
Ideas to Integrate Innovation and Education _____	R. Scott Evans	286
Educating the Engineer of the Future _____	Sanjeev Bedi	287
Innovation and Entrepreneurship: The Practice in the College of Engineering, Peking University _____	ZHANG Dongxiao	288
Progress in Innovation & Practice Ability Training of Mechanical Engineering in JLU _____	ZHAO Hongwei	289

## **Panel D1: Engineering Ethics in the Modern Era**

Chemical Engineering Ethics Education _____	ZHAO Jinsong	293
What does Peace Engineering Mean to You? _____	Ramiro Jordan	294
Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development _____	Gudrun Kammasch Beuth	295
Engineering Ethics in the Modern Era _____	Sharon Lee	296
New Engineering in New Time: Some Comments on Professional Ethics _____	LIU Sheng	297

## **Panel D2: Diversity: Are We Making Progress?**

Cultivating High-quality Talents with Sustainable Development Capacity for the Rapidly Changing World _____	LIU Xiaojun	301
Preparing a Diverse Engineering Workforce _____	Norman Fortenberry	302
Diversity: Are We Making Progress? _____	Theresa Mkandawire	303
How to Realize the Diversity of Engineering Education? _____	Alex Czekanski	304
Diversity of Women's Adaptability in Engineering _____	WANG Ling	305

## **Summary of the Forum**

Lead the Innovation Development of Education Engineering, Cultivate First-class Talents of Engineering and Technology _____	ZHANG Man, QIAO Weifeng, WANG Sunyu	309
--	-------------------------------------	-----

# 欢迎致辞



# 工程改变世界，教育改变人类

李晓红

中国工程院院士，中国工程院院长

尊敬的各位专家、海内外来宾，女士们、先生们：

大家上午好！首先我代表本次论坛的主办方之一——中国工程院向海内外专家的到来表示热烈欢迎！特别要对联合国教科文组织<sup>①</sup>对这次论坛的支持和清华大学对会议的精心安排表示衷心感谢！

金秋九月，秋风习习，但往事并未随风远去。2018年是改革开放40周年，作为伴随改革开放长大的一代人，我心里感慨万千。1978年，也是这样一个秋高气爽的日子，踏着中国改革开放的铿锵鼓点，我考入位于中国西南的重庆大学，自此与工程教育事业结下了不解之缘。多年来，我先后在重庆大学、武汉大学、教育部、中国工程院工作，弹指一挥间，已在教育战线上工作了40年。40年春去秋来，我将大部分时间奉献给了工程教育事业；将最为深沉的情感倾注给了我的学生们；更在中国工程教育一个个里程碑式的成就中，亲身感受到改革开放推动教育事业发展的磅礴力量。在今天的会场上，我看到了很多工程教育界的老朋友，我想，你们应该也和我一样，热爱着工程教育事业，感叹着工程教育日新月异的发展，期待着工程教育有着更加广阔的未来。我在教育部工作时间虽短，但分管过职业教育和继续教育，对推进职业教育现代化有过深入的思考。天行有常，致知穷理，但求以有涯我生，行填海移山之功——这不仅是中国工程教育工作者的精神追求，更是新中国通向教育强国、科技强国征途上的滚滚车轮。

在漫长的历史长河中，工程科技向来是标注人类社会进步的重要尺度。20世纪60年代，日本学者汤浅光朝研究发现，自16世纪中叶以来，世界科学中心从意大利开始，经英国、法国、德国至美国，经历了5次转移，转移周期为60~80年左右。这就是著名的“汤浅现象”。影响世界科学中心转移的因素有很多，教育

<sup>①</sup> 联合国教育、科学及文化组织的简称，英文全称 United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization，缩写为 UNESCO。

正是其中一个重要因素。事实上,世界教育中心同样走过了意大利—英国—法国—德国—美国的转移路径。甚至,在每一个转移周期中,教育中心的出现比科学中心还要提前 50 年左右。再把目光投向经济领域,我们可以毫不意外地看到,教育中心是科学中心的先驱,一个地方往往总是率先成为教育中心,之后形成科学中心,其后才进一步形成经济中心。如果说工程改变了世界,教育则改变着人类。在“改变世界”和“改变人类”之间,是工程教育联结了人文社会与科技创新,搭建了一座从教育到经济、从此岸到彼岸、从今天到明天的桥梁。

时至新千年,随着世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行,工程教育也步入了新的发展阶段。UNESCO 提出了“工程倡议计划”(Engineering Initiative),以推动会员国的工程科技发展。而中国作为人类命运共同体的一分子,也在奏响工程教育的时代强音。从数量上看,中国普通高校工科专业招生数、在校生数、毕业生数都已稳居世界首位,是名副其实的“工程教育大国”。从内涵上看,教育部、中国工程院等多家部门积极推动“卓越工程师教育培养计划”,加快建设发展新工科,强化工程伦理意识,呼唤回归工匠精神;从国际责任上看,我们正在积极推动形成中国工程教育质量标准体系,为世界工程教育贡献中国智慧和经验。

中国工程院作为国家高端智库,既孕育工程科技思想,也凝聚工程科技人才。2015 年,中国工程院和清华大学向联合国教科文组织提出申请设立国际工程教育中心(International Center for Engineering Education, ICEE),并于 2015 年 11 月获得批准。自成立以来,ICEE 在推动国际工程教育交流与合作方面取得了可喜成果。这次,UNESCO、中国工程院、清华大学共同主办本次“国际工程教育论坛”,就面向第四次工业革命的未来工程教育开展研讨。我很高兴地看到多位工科名校的校长们和近 10 位中国工程院院士参加校长论坛和各个分论坛,相信一定能为未来全球工程教育带来全新的思考。

来宾们,朋友们,今天是中国传统节日——中秋节。我们团聚在这里,观一叶落,知天下秋。我不禁想到这样一句诗:

*When the gorgeous leaves fell,  
in the context of life takes visible.*

比起英文原文,我其实更欣赏这句诗的中文译本:“当华美的叶片落尽,生命的脉络才历历可寻。”工程教育,正是在推进人类历史的同时,回溯着科技的本源,寻找着生命的脉络,而这,正是每一位工程教育工作者用一生去践行的真谛。

最后,预祝论坛圆满成功!谢谢大家!

# 可持续发展与工程教育的责任

欧敏行

联合国教科文组织北京办公室主任

尊敬的来宾们,

大家好!我非常高兴能够在中秋节和大家齐聚一堂,我也非常高兴能够参加第一届国际工程教育论坛。对我来说,很荣幸能够来到清华大学和各位嘉宾在一起共同探讨工程教育发展的前沿问题。

众所周知,现在全球面临着可持续发展的问题和挑战。2015年9月,联合国教科文组织通过了2030可持续发展目标。我们希望能够把经济、社会和环境的发展共同融入全球的发展当中,因此我们设定了17个希望在2030年实现的发展目标。可持续发展目标反映了我们对于实现有效、平等、持久发展的共同期望,但要想实现这些目标,唯有通过创新。

我们处在一个不断变化的世界中。人口加速增长,到2050年将会新增20亿人口,其中70%将会居住在城市。我们目前拥有历史上最多的青年人,15~24岁之间的青年人有12亿,但与此同时,社会老龄化问题也越来越严重。全球经济增速放缓,失业或就业不足的现象增多,不平等现象加剧。石油、矿产甚至是水和食物都变成了稀缺资源,气候变化对各个国家都产生了不同的负面影响。人们不断消耗更多的资源,这已超过了地球生态系统自我修复的承载能力。

但是,我们也看到了各国做出的承诺。创新浪潮正在涌起,这让我们有充分的理由相信,我们能够成功地克服目前所面临的困境和挑战。各国正在大力投资和发展包括清洁能源在内的绿色技术。例如,中国目前拥有的环境友好型专利技术是全球数量最多的。信息通信技术改变了我们生活的方方面面,使人们之间的沟通变得越来越便捷,也使生产率得到了极大的提高。共享经济的发展,减少了全球能源的消耗。新的合作平台正在崛起,比如“一带一路”倡议已经使超过65个国家实现了双赢合作。科学技术的发展给人类带来了巨大福祉和希望,但它们并不是没有风险的,有些技术可能会引发焦虑甚至恐慌。

可持续发展的目标中包括减贫、基础设施建设、教育、性别平等、卫生清洁的能源等,这些发展目标在某种程度上都与工程科技有关。工程科技人才对于可持续发展目标的实现将起到决定性的作用。为了实现全球的可持续发展,我们不仅要参与到创新的实践中,同时还要确保这种发展是遵循伦理和价值观要求的。简单举个例子,自动化、人工智能以及机器人的出现推动了经济的快速发展,但是与此同时也加剧了国家和地区内部及之间的不平等,带来了大量的失业人口。我们必须在发掘这些科学技术给人类带来的正面价值的同时减少其负面影响。

世界的发展变化也必然要求大学教育体系的变化和转型,使我们培养的工程师能够具备应对快速变化的世界的素质能力和前瞻性。工程科技在联合国教科文组织实现全球使命当中一直都发挥着非常重要的作用,但工程教育的价值和作用从来都没有像现在这样凸显——实现人民的赋权,支持经济发展,促进平等,促进科技转型,提高劳动生产率,推进绿色可持续的经济和社会发展,促进国际合作,实现全球的和平与可持续发展。

今天的工程教育有责任为全人类描绘一个更加包容、公平、可持续和共享的未来蓝图。科学家和创新者决定了技术的研发及部署,但是我们的社会和普通民众将承担这些决定产生的后果,比如我们现在正在承担着过去燃料燃烧技术产生的负面影响。因此,工程教育要培养对于经济、社会、环境和国际化背景下的职业活动有着深刻理解的工程师,他们对于其专业行为能够清晰预见可能产生的积极和消极影响,并基于自己的职业工作来增进技术和知识带给全人类的福祉。

为此,我们需要从基础教育入手。中小学的 STEM<sup>①</sup> 教育奠定了大学工程教育的基础。我们要给予基础教育工作者以帮助,使学生能尽早接触工程概念的信息和资源,包括对结果进行反思的必要性,使更多的学生从小产生对工程的兴趣。

我们需要新的工程教育方面的愿景,其中包括终身学习,加强教育以及更广泛的发展框架之间的联系,团队合作,可持续性、包容性、社会责任以及生产力、和平共处,以及非常强的对于社会的弹性。

除了专业技术之外,我们还需要讨论如何为学习者提供必要的全球能力,因为工程师是非常独特的人才群体,他们的专业知识和工作可以面向全球市场。因此,他们需要非常重要的跨文化技能,以便与来自不同背景的同事进行高效和富有成效的合作。这些同事来自不同的国家,有着不同的文化,讲着不同的语言,对问题的看法和做事的方式各不相同。因此,我们培养的工程师需要有这样的能力与不同背景和各行各业的人有效进行合作。我们需要工程师除了能够说专业语

① STEM 是科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering)、数学 (Mathematics) 四门学科英文首字母的缩写。

言之外,还能给像我这样的普通人去解释这些知识,帮助大家来理解新的技术发展。

我们还需要解决工程教育当中的包容性问题。例如,我们需要讨论如何确保工程领域中的性别平等问题,不要让女性在教育当中落后。我们也需要更多的国际合作,来减少在一些欠发达国家的人才流失,因为全球范围内的工程科技人才竞争日益激烈,可能有很多欠发达国家的人才流失到其他的国家去,而其中有些甚至是关系到其所在国家经济命脉的人才。我们需要讨论工程教育方面的可获得性和无障碍问题,特别是对于残疾人,例如像霍金这样的人才。

工程教育体系需要不断完善。我相信大家在自己的领域当中都属于翘楚,我也相信你们一定能够提出新的想法,使我提到的这些成为现实,我也期待着富有成效的讨论结果。预祝会议取得圆满成功!祝大家中秋愉快,谢谢!



# 主旨演讲



# 工程教育：为了人类更美好的家园

邱 勇

中国科学院院士,清华大学校长

今天是中国传统节日中秋节,这是一个亲朋团聚的日子。“海上生明月,天涯共此时。”在这样一个特殊的日子,相聚在一起的人一定是亲人或朋友,讨论的话题也一定与家有关。今天,全球工程教育界和产业界的朋友们欢聚清华园,我们共同讨论的事关系到人类共同的家园。我们希望通过推动工程教育的创新发展,让地球这个人类的家园变得更加美好!在这里,我代表主办方之一——清华大学向各位嘉宾的到来表示热烈欢迎!

## 一、工程推动社会进步,工程教育决定人类未来

工程的历史是一部人类文明进化史。工程是人类生产生活的伟大创造,为人类的生存与发展奠定了坚实的基础,为人类文明的存续与繁荣创造了广阔的空间。工程也是人类探索世界的伟大实践,工程与科学技术的结合为文明的进步提供了不竭动力。无论是埃及金字塔、古希腊帕特农神庙、古罗马斗兽场、印第安人神庙、柬埔寨吴哥窟、印度泰姬陵等古代建筑奇迹,还是中国的万里长城、京杭大运河、都江堰等重大工程,都因为造福人类社会发展而被载入人类文明史册。

工程师是工程技术创新的核心力量。著名的航天工程学家冯·卡门曾说,“A scientist discovers that which exists, an engineer creates that which never was.”(科学家发现已有的世界,工程师创造从未有过的世界。)工程师以无与伦比的创造力,设计和完成了各种卓越工程,解决了社会发展中遇到的突出问题,创造了更好的生活环境,提高了人类的生活质量,为增进全人类的福祉发挥了不可替代的作用。一项伟大的工程往往不仅影响人类生活,甚至影响到人类历史进程。

地球上的工程都是人类建造的。工程教育承担着培养工程人才的使命。历史上,学校形态的工程教育开始于18世纪初。1702年,德国在弗莱贝格成立了采矿与冶金学院。1747年,法国建立了路桥学校。1794年巴黎综合理工大学的

建立,开创了基础科学和工程技术结合的理工学院模式。虽然路径不同,大部分工业化国家都在19世纪末建立起了工程教育体系。1889年技术教育法案颁布后,英国大学从传统的以文理为主的教育扩展到工程技术教育。19世纪,德国的很多工业学校升格为工科大学。1826年,俄罗斯成立莫斯科理工学校,逐渐形成了生产技术与实践教学紧密结合的工程师培养模式。美国工程教育在起步阶段深受法国和英国的影响,1819年建立的西点军校、1823年创立的伦斯勒理工学院和1828年设立的俄亥俄州机械学院是美国的第一批技术学院。第二次世界大战前,美国基本形成了本国特色的工程教育体系。工程教育的发展为世界各国培养了大批高水平、专业化的工程技术人才,显著促进了各国工业化进程。

中国古代的工程教育在长期发展中形成了师徒相授的传统。中国近代工程教育肇始于19世纪60年代的洋务运动。“西学东渐”为中国带来了近代工程学知识与工程技术,促进了包括工业专门学校在内的各种西式学堂的兴建。晚清留美幼童中产生了中国第一批近代工程师。1912年,中国共有专门学校111所,其中工业专门学校10所。第一批近代工程师和西式学堂培养的工程人才在推进中国工程建设中起到了举足轻重的作用。1949年之后,中国工程教育快速发展,逐步建立了完备的工程教育体系,教育层次结构逐步趋于合理,教育水平显著提升,走出了一条符合中国国情的工程教育发展道路,取得了举世瞩目的成就。

2018年是中国改革开放40周年。40年来,中国的工程建设取得了巨大的成就。“南水北调”工程成效显著,天宫二号空间实验室发射升空,世界上最大的射电望远镜FAST投入运行,C919大型客机圆满首飞,世界最长的跨海大桥港珠澳大桥主体工程全线贯通,复兴号高速列车领跑世界速度,首艘国产航母顺利海试。一系列的重大工程为中国的现代化建设提供了强有力的可靠支撑。

截至2017年,中国各类高等教育在学总规模达到3779万人,高等教育毛入学率达到45.7%。全国共有普通高等学校2631所。今天的中国已成为工程教育大国,工科学生占普通高等教育在校生总数的比例超过30%。中国工程教育为国家培养了大批优秀的创新人才,对中国的现代化建设发挥了重要的推动作用。中国国家主席习近平在2014年国际工程科技大会上的主旨演讲中强调,“中国拥有4200多万人的工程科技人才队伍,这是中国开创未来最可宝贵的资源。”

## 二、清华大学长期致力于卓越工程教育

一所好的学校往往因为她拥有的大师和培养的优秀人才而受到世人的尊敬。清华大学在工程领域拥有一批学术大师,为国家和社会培养了一大批杰出的工程科技人才。

清华的工程教育历史悠久。1909—1929年,清华赴美留学的1290人中,有404人学习工程,建筑学家梁思成、化工专家侯德榜就是其中的杰出代表。1932年,清华大学正式成立工学院,设立了土木工程、机械工程和电机工程三个系,分别由施嘉炆、庄前鼎、顾毓琇三位麻省理工学院(MIT)毕业生担任系主任。20世纪50年代,清华大学转变为一所多科性工业大学,创办了一批新技术专业,倡导“又红又专,全面发展”的教育理念,开创“真刀真枪做毕业设计”的实践教学模式,被誉为“红色工程师的摇篮”。从设计密云水库到研制出中国首台数控机床,从参与“两弹一星”研制到建成屏蔽试验原子反应堆,清华大学培养了一批又一批杰出的工程科技人才,为国家工业化建设做出了重要贡献。

改革开放以来,清华逐步完成了由多科性工业大学向综合性研究型大学的转变。与此同时,清华的工科科研实力不断增强,人才培养水平不断提升,取得5 MW 低温核供热试验堆、高温气冷堆核电站示范工程、辐射成像检测技术、国家应急平台体系关键技术、大跨建筑钢-混凝土组合结构新技术、大型结构与土体接触面力学试验系统研制及应用、600 MW 超临界循环流化床锅炉技术等一系列重大工程技术成果。重大工程技术成果代表了一个学校的工科水平,我们更看重一大批年轻人在参与这些重大工程项目的过程中得到了充分的训练和培养。

### 三、工程教育面临新的转折,机遇与挑战并存

进入21世纪以来,全球科技创新空前活跃,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。信息、生命、制造、能源、空间、海洋等领域的原创突破为前沿技术、颠覆性技术提供了更多创新源泉。学科之间、科学和技术之间、技术之间、自然科学和人文社会科学之间日益呈现交叉融合的趋势。迅速变化的世界为工程与工程教育的发展提供了难得的发展机遇,同时也提出了更多、更大的挑战。我们需要认真思考工程的未来,我们更需要思考工程教育的未来,因为这关乎人类的未来。

当前,工程教育存在弱化的趋势。在全球范围内,工程教育不同程度存在着以理科教育的方式培养工程师的现象。工科教师缺乏工程背景、工科学生的实践动手能力不强、行业企业对人才培养过程的参与度不够等问题广泛存在。此外,随着技术进步的加速,工程师的专业技能需要不断更新,然而由于成本和机会等原因,很多工程师难以得到充分的继续教育,工程师的终身学习面临巨大挑战。在很多发达国家和发展中国家,工程师的经济收入与商业、管理、法律等职业相比差距越来越大。工程师这一职业对青年一代的吸引力持续减弱。优秀青年对工科专业的兴趣降低甚至出现“逃离工科”的现象。这些问题不是一所学校的问

题,也不是一个国家的问题,而是我们全体工程教育界共同面临的问题。

当前,工程创新人才严重缺乏。全球科技进步日新月异,新发现、新技术、新产品、新材料更新换代周期越来越短。创新型人才的缺乏已经成为工程科技领域十分突出的问题。同时,在全球化深入发展的背景下,越来越复杂的现代工程经常需要跨学科、跨领域、跨文化的解决方案,这对工程师的专业技能、胜任素质和创新能力提出了更高的要求。

当前,工程教育资源分布存在不均衡的现象。很多发展中国家和地区迫切需以工程支撑可持续发展,但是大量的工程技术、经济资源、人力资源和信息资源集中在发达国家。发展中国家工程科技人力资源严重匮乏。联合国教科文组织在2010年的报告中指出,“在发达国家,每万人中有20~50个科学家和工程师;而发展中国家平均每万人中仅有5名工程师和科学家。”在一些发展中国家和地区,工科院校数量相对较少,工程教育的投入严重不足,师资、课程、实验设施极度匮乏。工程教育资源越缺乏,越是难以培养出充足的合格工程师,通过工程科技来推动发展的目标就愈加难以实现。

工程教育还存在其他许多问题,比如,在工程职业中女性的参与机会较少。在一些国家和地区,工程领域仍然存在着性别歧视,学习工科和从事工程职业的女性比例远远低于其所占人口比例。

为了面对这些挑战,国际工程教育界一直在思考并积极采取相应措施。麻省理工学院在2017年8月启动了“新工程教育转型”(New Engineering Education Transformation)计划,面向未来新机器和新工程体系,开设以项目为中心的跨学科专业,强调学生思维方式和综合能力的培养。面对工程教育的变革发展,2017年全球工学院院长理事会(Global Engineering Deans Council,GEDC)强调工程教育的适应性、多样性和对学生创新意识和社会责任的培养。截至2017年,美国有40多所大学开展了工程卓越人才培养新战略——大挑战学者计划(Grand Challenge Scholar Program),提出了“延续地球上的生命,让我们的世界更加可持续、安全、健康和快乐”的愿景,致力于培养学生跨文化、跨学科的创新能力。2016年6月6日,清华大学与中国工程院共同设立了联合国教科文组织国际工程教育中心,该中心旨在打造一个高水平的人才培养基地、智库型的研究咨询中心和国际化的交流平台,推动建立以平等、包容、发展、共赢为基础的全球工程教育共同体。

为了进一步深入思考和应对工程及工程教育面临的挑战,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织联合发起国际工程教育论坛,邀请全球工程教育界和产业界的重量级代表共聚一堂,深入探讨新的工程教育理念,谋划工程教育的未来。我相信通过大家的共同努力,工程教育的声音一定会在世界范围内更加响亮,工

程教育发展的目标一定会变得更加清晰,我们致力于培养卓越工程人才的行动方案一定会变得更加协调一致。

#### 四、面向未来的工程教育要服务于构建人类更美好的家园

工程之本,唯在得人。高质量的工程教育是提升工程建设水平的重要基础。工程教育的历史是一部分化史,更是一部融合史。工科不同学科之间、工科与其他学科之间、工程教育与产业界之间的融合发展已经成为新的发展趋势,21 世纪的工程教育正在向跨学科交叉、跨领域、跨国家、跨文化合作转变。未来的工程教育要超越“工程”本身。我们要致力于培养具有全面素质的工程人才。未来的工程教育要着力推动工程知识、工程技术、工程人才的交流,推动社会各界之间、不同地区之间的合作交流。

工程教育要更加强化责任意识的教育。现代工程越来越深刻地影响和改变了我们所生活的世界,工程师所肩负的社会责任越来越大。随着工程科技和工程应用的发展,环境污染、生态破坏、能源危机、网络安全、生物工程等问题日益突出,工程活动越来越密切地关系到各种伦理、道德和价值问题。工程师不应该仅仅关注技术,还应该学会关注人、关注社会、关注自然。我们要培养有强烈社会责任感的工程师,有高尚道德的工程师,有灵魂的工程师。因此,工程教育必须更加重视培养学生的社会责任感。大学应当强化对学生的价值塑造,加强工程伦理教育,在启发学生认识到工程能造福人类的同时,也要引导学生思考工程可能带来的不利后果,培养学生具备健全人格、宽厚基础和社会责任感,为他们未来的工程师职业生涯奠定坚实的基础。

工程教育要更加强化创新能力培养。工程不是单一学科知识的运用,而是复杂而综合的实践过程。21 世纪是一个创新的时代,工程对创新的需要比以往任何时候都更为迫切。工程师不仅要具备纵观全局的能力,能够与不同学科的人并肩合作,更需要具备哲学思维、人文知识和企业家精神,能够提出创新性的解决方案。学科交叉融合是培养拔尖创新人才的重要途径。大学要完善促进学科交叉的体制机制,构建学科交叉人才培养体系,建立具有创新性的学科交叉培养项目,努力培育工程科技领域的创新人才。大学要在工程教育中加强创意、创新、创业的“三创”教育,强化实践教学,让学生在解决实际问题的过程中提升创新能力。2014 年,清华大学与深圳市人民政府、加州伯克利大学联合成立清华-伯克利深圳学院,通过设立“环境科学与新能源技术”“数据科学与信息技术”“精准医学与公共健康”三个交叉方向来培养全球科技创新人才。2015 年,清华大学与美国华盛顿大学和微软公司在西雅图联合创立全球创新学院,突出强调三个“1”——

International(国际合作办学)、Interdisciplinary(跨学科交叉)、Integration(跨界融合)。2018年4月,清华大学与意大利米兰理工大学在米兰合作建设的中意设计创新基地正式启用,该项目旨在促进教育、科研、文化和产业的融合,致力于打造具有全球影响力的设计创新中心。

工程教育要更加强化交流合作。工程为人类文明进步做出了巨大贡献,但是工程和工程师的重要作用远未被人们充分认识与理解。国际工程界和工程教育界应该加强彼此的了解和沟通,充分交换意见,强化产学研共同体建设。要加强与公众的沟通交流,及时准确地向社会传递工程的信息和价值,促进工程师参与公共政策制定,全面提升工程和工程教育在社会上的影响力,凝聚更多的国际共识和社会共识,用工程的无穷魅力激励年轻人,鼓励更多的年轻人投身工程事业。要促进不同国家之间、发展中国家之间、发展中国家与发达国家之间在工程教育上的交流合作,努力消除工程教育发展不平衡的问题。

未来的工程教育将呈现出“工程+”的模式,这种模式将突出工程与责任(Engineering+Responsibility)、工程与创新(Engineering+Innovation)、工程与交流(Engineering+Exchange)。

朋友们,工程创造了我们当下生活的世界,工程教育决定了我们未来的世界。今天,我们相聚在北京美丽的秋季,总结以往,展望未来。英国诗人济慈(John Keats)曾写过一首“秋颂”(To Autumn):Season of mists and mellow fruitfulness / Close bosom-friend of the maturing sun(雾气洋溢、果实圆熟的秋/你和成熟的太阳成为友伴)。我相信,首届国际工程教育论坛也一定会在北京的秋天结出丰硕的成果。800多年前,中国宋代的大词人辛弃疾在中秋之夜写了一首词送给友人,其中有这样的话“乘风好去,长空万里,直下看山河。斫去桂婆娑,人道是、清光更多。”我们要以胸怀世界的豪情、眺望未来的视野、关怀人类的情怀推动工程教育创新发展。让我们共同努力,让我们共同行动起来,共同培养卓越的工程科技人才,共同构筑人类更美好的家园!

# 工程教育的创新

**Richard K. Lester**

麻省理工学院副教务长

我非常荣幸能够有这样一个机会站在这里,就“工程教育”这个主题在全世界最知名的工科院校——清华大学做演讲,清华大学在工程教育方面的领导力享誉全球。我代表麻省理工学院(MIT)感谢与清华大学多年来非常有价值的合作伙伴关系。

众所周知,MIT和清华大学的合作已超过了百年,实际上MIT与中国的渊源可以追溯到更远。在MIT成立16年后的1877年,MIT就迎来了第一个中国学生,在接下来的半个世纪中,约有400名中国学生被MIT录取,其中很多是中国政府派来的。这些早期的中国留学生开始学习铁路工程、矿业工程、建筑和海事等学科,在学习的同时,他们也深度参与了MIT整体的发展,为MIT校园140多年来的发展做出了很多贡献。今天我们回顾历史,展望未来,期待着与中国开展更具创造性、更具活力的互动。

请允许我从一些历史性的思考开始讲起,因为这个问题一直是MIT教育工作者最关心的问题。我们的创始人兼第一任校长威廉·巴顿·罗杰斯(William Barton Rogers)坚信有用知识的教育价值,他还相信通过“做”来学习——也就是说,教育可以而且应该通过亲身体验真实情况来传授,同时,他也非常肯定将专业教育与本科基础文科教育相结合的价值。这样的一些想法和原则持续地引领着MIT一直发展到今天。

在罗杰斯之后,MIT在工程教育方面取得了很多第一:1882年开设世界上第一个电气工程课程,1888年开设世界上第一个4年制化学工程课程。后来我们认识到,如果没有科学上的领先,MIT就不可能发展成为一个伟大的工程学院。第二次世界大战后,MIT工程科学先锋地位的确立彻底改变了工程教育。

MIT历史上的另一个关键时间点在1949年,被誉为现代化学工程之父的沃伦·刘易斯(Warren K. Lewis)指出,我们必须在人文科学和社会科学方面发展强

有力的项目。然后,在 20 世纪 70 年代,MIT 设立本科生研究机会计划(Undergraduate Research Opportunities Program, UROP),提倡将本科生(甚至是新生)带到教师实验室,以获得实际的研究经验。当然,从现在 MIT 和许多工科院校来看,工程教育方面的这些特点是显而易见的,我们不再认为它们是创新的。但在当时,这确实是一个里程碑式的事件。

接下来我想简单介绍一下工程实践以及工程教育的趋势,然后简单介绍一下 MIT 为了适应这些趋势所采取的行动。

关于新世纪的需求和趋势方面,我主要借鉴了今年早些时候在 MIT 进行的一项研究,当然还有其他研究,包括乔治亚理工学院未来教育委员会最近发表的一份优秀报告。关于这个问题,我想讲三点。

第一,对于行业来讲,未来的行业可能与过去的行业存在很大的差异。现在的毕业生很可能在 20~30 年之后达到职业生涯的巅峰,那时,他们将综合运用在 21 世纪中叶得到广泛使用的发明、建造、操作和管理技术等。这就意味着我们的课程应该是为 21 世纪中叶的机器、系统和设备而设计的,但实际上,我们的课程中有太多的内容仍然是面向 20 世纪 50 年代的机器制造。我在 MIT 的同事爱德华·克劳利(Edward Crawley)教授喜欢并排展示两张照片——一架 20 世纪 60 年代的喷气式飞机和一架可远程加油的无人驾驶飞机。然后他问:我们准备让学生造哪一架飞机?

我们可以合理地预期,现在的工科毕业生在职业生涯中期(从现在起的 20~30 年)所设计制造的新一代机器将包括很多方面,例如智能机器人系统、物联网、材料制造系统、智能城市和城市基础设施、可持续材料和能源系统、生物医学诊断和治疗、大型数据系统等。所以,我们需要把机械系统之间的集成、生物、信息、能源等各方面的元素结合在一起让学生进行学习。我们要搭建一种知识架构,既作为一种通识,又能够面向更高层的系统,既有自主性和独立性,同时又能支持可持续的环境发展。当然,这不只是用来描述我们的学生应该能够做到的。我们要认识到,朝这个方向发展确实存在着真实的障碍,那就是所谓的惯性。很多教学组织比较习惯运用过去在机械、电力、化学、生物等各方面老旧的知识。例如在美国,现在的认证系统进一步加强了单一学科的结构,认证过程规定了某种类型的工程师应该学习研究什么。换句话来讲,现在的工程教育系统仍由一些传统的院系主导,而很多的科学设计没有办法来适应和推行,这一点是较难改变的。

第二,我想谈谈不同思维方式的重要性。工程教育的第二个趋势与不同思维方式的重要性有关。首先,我们的教育需要更多地强调学习不同的思维方式,更少地强调获取知识。之所以这样强调,是因为现在的学生可以在线获取知识,并

且可以实现内容自学,但是却不能够在网上学到如何思考。之前在 MIT 做过一个关于思维方式的研究,调查对象包括我们的同事和很多的校友,结果发现“制造”和“发现”之间存在非常巨大的区别。“制造者”是指那些将从事创造发明、构思、设计、实施和运营具有价值的产品、系统与服务的人,“发现者”是那些将进行研究工作并揭示自然和世界真相的人。当他们是学生的时候,通常不太肯定自己要朝哪一个职业方向去发展。工程科学是这两个职业方向的基础,因此,我们必须以工程科学的理论、模型和方法为基础,为创造和发现奠定基础。

还有很多思维方式,例如参与,能够聆听他人的谈话,并与之沟通,进行情商方面的对话,做到更好地理解他人,在此基础上进行领导、合作和社交,倡导或者引领一些创新,这都是与人际技巧、个人发展相关的,我们有时称之为“人际交往技巧”。还有个人发展思维,这与个人职业发展和社会个体的成长有关,要培养积极主动的行为态度,具有良好的判断和做出正确决定的能力,以及在必要时承担责任的能力。当出现紧急情况的时候,能够展现出足够的灵活性。有足够的自信,致力于终身学习,行为符合伦理道德。

还有创造性思维、系统性思维、批判性思维、计算性思维、分析性思维、实验性思维以及人文主义思维等。要去发展广泛地对于人类社会的理解,包括传统历史、政治、经济、社会、艺术等方面,我们的工科学生应该学习在这些不同的角度如何进行思维。我在 MIT 做核工程方面的教学工作已有 40 多年,我的学生需要在不同的世界(如科学世界、系统世界以及社会世界)当中自如地穿行,而且我们觉得应该把最优秀的人才吸引到工科学生队伍当中,对此我们是非常自信的。

第三,我要强调的第三个趋势是全球工程教育领导力在地理位置上的重心转移,全球领导轴的倾斜,远离美国和北欧传统的卓越支柱。我希望 MIT 以及其他美国院校能够保持在这个领域中的领导地位,并为此做出最大的努力,但是我们会不可避免地发现,一些新兴领袖将会在接下来的几十年里出现在如亚洲、南美以及非洲等地区。我们确实可以看到这些区域的政治领袖在工程教育方面进行了巨大的投资。

下面简单给大家介绍一些 MIT 在面向这三大趋势上所做的一些努力。我们开展了一个新工程教育转型项目,称为“NEET”(New Engineering Educational Transformation)<sup>①</sup>。这个项目的重点是让我们的学生为 21 世纪中叶开发新机器、新材料和系统做准备,以满足未来的社会需求。这个项目中包括不同院系之间的正式合作,以及一些以项目为中心而不是课题为中心的学科设计。当前我们学校

<sup>①</sup> 对于 NEET 项目更具体的介绍可以参见 Edward F. Crawley:MIT 的新工程教育变革[A]. 面向未来的工程教育与工程能力建设[C]. 北京:高等教育出版社,2018:59-63.

的一些实践还有很多其他学校可能都有这样的传统——以课题为中心,很多专业分类都是根据结构性来划分的。评价的主要方法是封闭式问题解决,而且项目往往被视为补充。但在以项目为中心的教育方式中,学生在他们的四年中选择一个明确的跨院系项目的“线索”,而基础课程继续在院系提供的科目中学习。在这种方法中,项目成为工程教育的支柱和主干,而不是学科。这些明确的跨院系项目以 21 世纪的新机器和新系统的开发为中心。这些“线索”跨越了院系的界限,有时甚至跨越了学校的界限。这些在不同“线索”牵引下的学生组成一个个团队,在项目中开展沟通交流。这些团队是非常多样化的群体,从 25 到 40 名学生不等,这比通常的学生设计团队要大得多。很多雇主对我们反馈说,他们非常喜欢我们的学生能够有这样的体验,能够更多地与多样化的人进行互动,因为这更接近于他们在行业中实际拥有的经验。学生还会接受人际交往技能方面的培训,并且通过数字教育等自学方式不断发展和挑战自己的能力。我们的学生说,他们在使用越来越多的多样化策略组合进行学习和能力的发展。作为教师,我们要更好地理解他们学习的方式,并在课堂学习、网上学习以及经验学习之间找到一个有效的平衡点。

总的来说,有四大原则在推动我们不断进行改革。第一个原则,我们应该以一种前瞻性的眼光来看待所发明的技术、看待 21 世纪、看待未来。我们的教育要能够让学生具备在新世纪发明新机器、研发新系统的知识和能力。第二个原则,我们应该帮助学生把自己培养成制造者、发现者以及两种角色之间的一切可能性的准备,应该把工程作为从事研究和实践工作的基础。第三个原则,我们应该学习教育学原理,以更好地支持学生进行学习。要采用最适合的学习方式让学生开展学习,倡导数字化教学,因为信息化是未来教育的发展趋势。第四个原则,在科技发展日新月异的时代,我们要教会学生如何以不同的方式更有效地思考,如何更好地自主学习。另外,可能大家面临的最大挑战之一就是如何找到一些方法来实现以学生为中心的积极学习,同时面向更广泛的学生群体。从长期来看,最好是通过个性化的在线学习与校内实践体验式学习相结合。

最后,我想简单谈一下 MIT 对于工程教育全球化的回应,这个问题对我们来说至关重要。和所有大学一样,MIT 的使命是提高知识水平和教育我们的学生。但我们的使命宣言中也明确地提到了与他人合作的重要性,即要更好地推动知识在世界范围内的传播,以及为了人类的利益而明智、创造性和有效地开展工作。换言之,就是在教学和研究中与他人合作,以达到实用和有益的目的。世界各地的影响对我们的使命达成至关重要。今天,我们有 42%的教职员工、43%的研究生和 65%的博士后来自 150 余个国家。有了数字化教育平台之后,又扩大了教师

的教学范围,从 2003 年推出网上课程起,现在 MIT 的开放式课程网站已经有来自世界各国近 2.5 亿的访问量。EDX 平台自 2012 年推出至今,已经有 350 万用户进行注册学习,其中 75% 来自美国以外。此外,自 2013 年以来,MIT 开设的面向专业人士的数字课程已经从 110 多个国家邀请了 15 000 多名专家进行讲授。在过去的 20 年里,我们还参与了世界各地的许多机构建设项目,如新加坡科技设计大学和智能研究中心、俄罗斯的斯科尔科沃科技学院等。

与中国的合作,也是 MIT 整个国际合作中很重要的一部分。在过去的 10 年里,MIT 的中国研究生人数翻了一番,博士后人数也翻了一番。此外,在过去的 10 年中,MIT 的研究人员接受的同行评审的文章,有很多来自于中国顶尖的高校和研究机构,这些文章的数量在 10 年间翻了十番。在 MIT 的全球战略中,与中国之间的关系将会不断地扩大和加强。尽管目前中美双边经济和地缘政治关系处在历史上比较困难的时期,但我们也有机会在对人类所共同面临的全球性问题上开展合作,例如减缓气候变化、清洁能源、环境可持续性、城市化、食品和水安全等。事实上,对于 MIT 和清华这样的大学来说,现在可能是一个特别重要的时刻,因为双方都将注意力集中在如何开展合作应用科学技术来解决全球重大挑战的问题上。

世界的注意力经常集中在明天、下周或下个月将要发生的事情上。但作为教育机构,我们必须要有长远的眼光。如前所述,我们今天正在为学生在 21 世纪中叶达到职业生涯的高峰而努力。在实现这个目标的过程中,大学有很多东西要互相学习,正如我们每个人都有各自的优势,我们要在合作和沟通交流中取长补短。特别像今天这样的论坛,可以使我们相互学习,共同进步。我们也希望能够和清华大学,和中国其他的大学,世界其他的大学一起推动工程教育的发展。谢谢大家!

# 发挥协同效应的最大化影响 ——基于全球视角

**Natacha Depaola**

全球工学院院长理事会主席,伊利诺伊理工学院工程系主任

我今天的发言主要是谈谈在工程教育方面如何通过协作,利用我们的资源和知识来开展面向 21 世纪的工程教育。我的发言分为三部分:工业 4.0 和工程教育;全球的协同效应;全球工学院院长理事会(Global Engineering Deans Council, GEDC)的任务。

工程是全球工业 4.0 发展的核心,物联网、云计算、机器智能、人工智能等都是和工程相关的。我们现在的生活中,智能电网、医疗监控、机器人、过程控制、自动驾驶、无人机等这些都越来越流行。我们需要考虑这些技术或设备在未来将如何进一步发展?我们该如何对未来的工程师进行教育,使他们在快速的技术发展和社会发展过程中能够迎接未来的挑战?另外包括课程设置、教材建设方面也需要调整和合作,要鼓励在全球范围之内创新创业。谈到全球化,这也是我非常感兴趣的领域,但是我今天的发言集中在建立高级的数字工具上,因为先进的数字工具会极大地促进全球的协作。我们在不断研发很多新的工具,我们也有非常复杂的通信方式和工具,我们需要充分利用这样的技术或工具,才能够在其基础之上实现真正的全球协作。

除了所谓的硬件外,我们也需要一种涵盖数字工具和实验室的整体解决方案,包括整个软硬件和集成系统的平台。另外我们也需要对教学方法进行改革,使我们的学生能够实现基于项目的学习,真正地通过项目把所学的知识联系在一起。在这样的平台上,我们可以实现设计、建模、仿真、控制、数字制造、远程机器人等功能。同时,这种数字能力,往往也应该被包括在工程教育课程设置当中。

我们还需要与不同机构合作,这样我们才能够通过产学合作进行创新。我们的目标其实是一样的,都是为了培养面向未来的工程师。我们希望培养的工程师在走上工作岗位后,还能不断进行创新。我们还必须要记住一点,世界变化日新

月异,这种变化的速度要求我们优势互补,避免重复的投入并提高效率。因此,就需要通过与行业不断地进行对话和合作来实现共同的创新发展,让学生在毕业时能够适应这个世界变化的速度。在这个过程中,并不是说学术界仅仅是简单的追着产业发展、告诉学生现在市场上出现哪些最新的技术需要学习,要让他们研发的技术或产品不是面向过去的,而是面向未来发展的。只有这样,我们才能够实现教育的目标,才能实现双方的共同创新。同时我们可以看到,行业中有很多的企业,如 MathWorks、Quanser、National Instruments 等,他们不仅在自己的领域中处于领先的位置,还积极与大学进行合作,共同推进教育的创新和转型,以更好地培养未来的工程师。

我们必须通过合作和协作来实现全球的协同发展。给大家举一个协作的例子。英国皇家工程院、美国国家工程院和中国工程院自 2013 年开始就共同组织召开全球重大挑战论坛,每隔两年一次,在英国、美国和中国三国循环举办。我们在这个论坛上讨论工程领域所面临的挑战,同时讨论如何实现能够惠及全人类的技术和发明。在全球重大挑战论坛中,至少有一天会举办工程教育的学生竞赛,学生们有着全球不同的背景,他们共同讨论并进行各种创新,他们的表现非常优秀,未来我们也将会继续组织。

在培养面向 21 世纪的全球工程科技人才时,我们提出能力培养的五大方面,包括研究/创意能力、多学科的知识背景、创新创业能力、跨文化能力、服务和社会责任意识。我特别强调跨文化的协作,鼓励学生们在全球范围之内进行合作。因为我们生活在一个星球上,面临的巨大挑战是全球性的,我们要培养学生能够胜任在世界任何地方解决全球问题的工作能力,目前我们的教育在学生的全球意识培养方面还比较薄弱。现在又增加了一个能力,叫作“数字能力”,对于工科学生来说,就是可以使用各种数字工具参与到项目的开发过程当中。

我们要把工程创新和教育的影响最大化,实现我们共同的愿景:“延续地球上的生命,让我们的世界更加可持续、安全、健康和快乐”(美国国家工程院,2008)。联合国在 2015 年制定了 17 个全球可持续发展目标,涉及社会 and 经济发展问题,包括贫穷、饥饿、健康、教育、全球变暖、性别平等、水、卫生等。这些目标是全球、全人类共同的目标。因此,我们需要进行更多的合作,让所有目标能够实现。值得一提的是,中国工程院与清华大学共同成立的国际工程教育中心(ICEE),作为联合国教科文组织的分支,在推动全球工程教育的发展、促进可持续发展目标的实现中将扮演非常重要的角色。还有很多的组织都有相似的目标,因此,我们现在要进行更多的互动,在全球领域开展通力合作,以未来工程师应具备的能力为指导,开展科学研究、教育教学、学生交流等项目。

最后介绍一下 GEDC 的任务。今年是 GEDC 成立 10 周年,我们的首要任务主要有 4 个:一是搭建更好的交流平台,实现不同的机构、学生、教师等的沟通交流;二是促进机构间开展研究合作;三是促进产学互动;四是扩大我们的成员组织网络。

关于任务一,为了支持全球项目的开展,学生和教师线上、线下的交流,我们正在与 Quanser 合作,研发一个易于访问的数字平台,可以实现会议服务和信息交流等功能,还包括学生项目/竞赛列表、寻找合作伙伴进行在线或现场合作、实验室平台、学生交流项目、线上教学等。

关于任务二,其目标是促进机构间国际研究合作的建立,我们的优势在于拥有一支独特的专业互补的团队。我们会组织研讨会,将 GEDC 成员聚集在一起,以确定共同感兴趣的研究主题,并组建研究团队。我们的官网也将作为一个平台,为各合作伙伴提供研讨交流机会。我们也会在有限的时间内(2~3 年)协助每个团队组织推广研讨会。我们将协助各成员团队能够充分发展,并获得独立的资金支持以推进他们的研究任务。

关于任务三,我们希望能够多组织一些全球性或区域性的会议,搭建产学对话交流平台,让双方了解如何帮助彼此、如何来更好地理解当前行业的需求以及如何搭建能够实现 21 世纪工程师教育的平台。

谢谢!

## 嘉 宾 致 辞



# 推进面向可持续发展的工程教育

龚 克

世界工程组织联合会(WFEO)当选主席

女士们、先生们,

早上好!请允许我代表WFEO对本次论坛的召开表达祝贺!

首先,我想从可持续发展目标讲起。众所周知,工程是实现可持续性——可持续发展目标的一个关键支撑因素,但是对于工程本身而言,必须进行转型才能满足可持续发展对未来世界的要求。因此,必须首先通过工程教育的转型来引领工程的转型。

现在,可持续发展已经不是一个具体的某个专业的技术问题,而是所有工程领域和工程师们必须面对的战略性问题。可持续发展应纳入所有的工程实践中,以社会责任为根本,负责任地应对社会、经济、环境等条件的不断变化。工程的关注重点必须从生产产品,如供水系统、桥梁、建筑物等,转移到为增进人民群众福祉所做出的努力。这是整个工程范式的转变,不只是一个单独学科的转变,是对于如何更好地面向未来的转变。这也给工程教育提出了很多新的要求。这些要求是多方面的,这里跟大家分享几个比较基本的但十分重要的要求。

第一,可持续发展的知识、方法以及原则必须要纳入工程师所应具备的知识能力中。这就意味着工程师的知识和能力必须超越当前广为接受的专业要求以及技术标准,这是第一项要求。例如,碳排放对于地球上人类的可持续发展非常关键,但是在当前的工程教育中,碳排放问题从未作为大多数工程学科中的重点问题去解决。举个例子,我是一名电子工程师,我一直相信信息通信技术(Information Communications Technology, ICT)是一个绿色的学科、绿色的项目、绿色的行业,但是现在ICT已经消耗了非常多的能源。根据2012年的数据显示,少数几个数据中心的能耗就超过了当年全球民用航空业的能耗。现在ICT行业的能源消耗已经变成了非常巨大的问题,但是对于电子工程师来讲,我们尚未付出足够的努力去提高能效,降低能耗。

第二,工程师必须有足够的信心拓展自身能力去识别、理解、平衡和管理新的风险以及不确定性。所以,在工程教育中,不能将学生限制在狭隘的“学科”内,而应该帮助他们来实现有效的跨学科合作和创新,这是非常重要的。但很遗憾的是,当今在工程教育中的专业和学科的限制是广泛存在的,不同的学科之间存在着壁垒。

第三,未来的工程师要掌握关于 ICT 方面的知识技能。在信息化时代,ICT 不仅是专业的 ICT 工程师应有的知识技能,所有工程师都必须掌握必要的关于互联网、人工智能、大数据、区块链等方面的知识能力。随着未来人工智能的广泛应用,工程师将不再需要去记忆许多知识内容和进行繁复的解算,而需要更强的能力去发现和提出问题,进行概念和知识框架的构建,经常且有效地与利益相关者进行沟通。

第四,工程师必须具有人文关怀,这是对工科人才培养的高标准要求。因为工程科技已经非常强大,如何使这些强大的技术工具更好地为人类服务,而不是带来灾难性的影响,这就要求工科学生必须具备相关知识以便更好地理解社会和人文方面的问题,从而更好肩负起可持续发展的社会责任。

第五,要建立并应用全球统一的工程能力标准,以便更好地开展工程领域的国际合作。为此,需要相应的国际工程教育认证来满足以上这些要求以及可持续发展目标。

WFEO 成立于 1968 年,是在联合国教科文组织的倡议和支持下成立的世界最大的非政府工程组织,以工程进步促进全球可持续发展为使命。WFEO 目前有约百个国家会员、10 多个国际工程组织会员,代表着全球数千万工程师。WFEO 制定了可持续发展战略,“WFEO 工程 2030 计划”,其中能力建设是其中的重点。

WFEO 非常希望能够和大家一起来协作,共同为实现工程教育的转型以及工程师的转型,实现可持续发展目标做出我们的贡献。最后,祝本次论坛取得圆满成功。谢谢大家!

# 未来工程教育畅想

李培根

中国工程院院士,中国机械工程学会理事长

女士们、先生们,

上午好!谈谈我对未来工程教育的一点思考。

哈佛大学校长福斯特在2007年就职典礼上的讲话中指出,“大学的本质是对过去和未来负有独一无二的责任——而不是完全或哪怕是主要对当下负责。”对此,我非常赞同和欣赏。这方面也恰恰是中国大学比较欠缺的。在科技发展日新月异的时代,工程教育对未来又有何特殊的责任?

要理解工程教育对未来的责任,需深究技术的本质。敖德嘉·加塞特说过,“两种完全不同的实在——人和世界——以这样一种方式共存,即二者之一(人)要在另一者(恰恰是‘世界’)中建立‘超世界’的存在。如何实现这一点的问题——类似于工程师的问题——正是‘人的生存’的主题。”弗里德里希·德绍尔也指出,“技术的本质呈现为某种特殊的东西,它使我们瞥见紧闭的存在深处。”什么意思?存在深处是我们人类目前看不见的,但是技术使这些东西未来有可能存在。所以,工程教育旨在培养学生更好地具备想象和洞见“存在深处”的能力。现在科技的发展使得人类的存在形式都在改变。2017年10月25日,机器人索菲亚在沙特阿拉伯被授予公民身份,索菲亚在其微博的认证信息栏中自称:“联合国开发计划署创新大使,第一个获得人类公民身份的机器人”。索菲亚机器人来到中国,成为中央电视台《对话》栏目某一期的主角,这是很令人吃惊的事情。“数字员工”悄悄地进入人类社会,数字客服、数字销售代表、数字银行家等已经在少数公司开始工作。这是不是意味着人类存在形式正在发生某种变化?本来是体现人类存在的某些方式未来将转移到某些机器或智能系统中。有的专家预言,在未来20年,70%的职业会消失,是否是20年和70%其实并不重要,但是有一点可以肯定的是,未来某些职业的形式一定会发生很大的变化。

既然如此,工程教育就应该预见某些变化而进行改革,而不能等到变化之后

再去考虑。

如果要面向未来,一个很重要的问题就是需要边界再设计。首先是专业的边界、课程的边界,这些都需要非常大的改变。很多正在或即将过时的技术应该从教材或课堂中清除。另外,技术的发展使学科之间的界限变得模糊。智能制造就涉及诸多学科,如机械、电子、计算机、控制、管理……有些问题很难说属于哪个专业的。从某一个学科讲,所涉及的知识边界与传统已经大不一样了。例如对于机械制造专业的学生而言,粗浅地了解一点关于物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等领域的知识则是大有裨益的。鉴于学科融合的趋势越来越明显,这就需要专业教育的边界再设计。

虚拟时空和现实时空的边界正在变得模糊。例如,AR(Augmented Reality,增强现实)、MR(Mixed Reality,混合现实)技术让人置身的空间是完全虚拟的还是现实的,或者部分现实的?今天AR、MR技术已经开始应用于装配、维修、操作培训等很多工业场景中,也用于医疗手术,而且即将走进人们的生活。工程教育中显然需要重视培养学生融合虚拟和现实空间的能力,未来大量的创新将发生在其中。

人和工具的边界,或者说机器是人的工具还是人是机器的工具?这也是工程学科教育与研究都需要思考的问题。最近有一位企业的人问我,他说未来人会不会被机器指挥?我觉得这个问题问得非常好,完全有可能。实际上现在已经开始出现这种情况了。例如,在应用AR技术的装配现场,工人按照智能系统的指挥,一步一步地工作。这种情形中看起来是智能系统在指挥人,某种意义上人成了智能系统的工具。请大家注意,本来机器是人的工具,但是形式上人却成了机器的工具或者智能系统的工具,人和工具的边界在哪里?上述情况中,工人愿意成为智能系统的“工具”,在智能系统的帮助下工人干活更方便了,这是他们愿意的。所以从人的角度看,此情此景下的智能系统本质上还是还原成提升人的能力的一个工具。一个很严肃的问题是,未来会不会出现一种情况:人机系统中的人无法有“能力提升”的感觉,反而是受智能系统役使的感觉?如果是这种情况,显然非工人所愿,当然人机系统的设计者也不该如此所为。前一种情形,智能系统还原成提升人的能力的工具,如果说人看起来像“工具”的话,我们不妨称之为“形式工具”。后一种情形的人机系统中,如果人真正地被智能系统所役使,人似乎就成了“本质工具”。因此,人和工具的边界在哪里?我们在什么程度下能够容忍人作为系统里的一个“工具”?简单的回答似乎是,我们能容忍“形式工具”,要避免“本质工具”,这是工程教育今后要面对的问题。

未来的工程教育需要培养学生的超越意识。我们现在都强调培养学生的创

新能力,其实超越本身就是一种创新能力。当然,谈论未来的工程教育,本身就是超越一些传统的教育内容和方式。工科学生最基本的超越意识应该是超越自然现实,这是哲学家们谈论的话题,就是人的生存要超越自然现实,这也是人类的本性。

超越需要想象力,教育首先是要教授学生想象的能力,这是非常重要的。实际上工程比科学更需要发挥想象力,想象力是创新能力的重要表现。最伟大的创新不是看市场中存在什么需求,最伟大的创新来源于我们对需求的想象,这个世界上还根本不知道有这样的需求。因此,需要有想象的需求、想象的技术、想象的模式以及想象的职业。未来有一些职业会消失,有一些新的职业会产生。这都是需要我们去想象的。

对工程教育来讲,还有一个很重要的问题是需要超越传统的学习方式。超越传统的学习方式,比如说“非正式学习”。传统的教育中教师关注的基本都是“正式学习”,即上课、做作业、做实验、课题设计、考试等,这都是“正式学习”。但是我认为将来“非正式学习”是非常重要的。对于一个人职业生涯的发展来讲,“非正式学习”的能力可能比“正式学习”能力更重要。“非正式学习”是什么呢?比如说,吸取碎片知识,碎片知识其实也是很有用的,互联网中就有大量的碎片知识;向智能系统学习,人甚至可以向智能系统学到书本中没有的东西;从朋友那里学习;等等。如何引导学生养成一个良好的“非正式学习”的习惯,提高他们“非正式学习”的能力,这是很重要的。对于教师来讲,就要超越传统的教育方式。智能系统使未来很多职业形式要改变,难道教师的形式就不会改变?我相信会有一些程度的改变。教师的哪些工作有可能被人工智能系统取代?还有教材如何适应互联网的影响?如何增加补充读物、延伸阅读的比重?教师工作形式的改变就是对传统教育方式的超越。这都是需要教师去思考和探索的。

当然,还有一个超越就是要超越工程和技术本身。现在科学技术发展迅猛,但不是说只要技术上能实现,现实中就一定可以做。对于某些技术应用,需要进行人文拷问。未来的工程教育需要培养学生具备对某些技术说“不”的能力,换句话说,要培养学生的科技伦理意识,此处不再赘述。

谢谢!

# 中国工程科技人才培养 ——基于中国航天视角

杨保华

中国航天科技集团有限公司副总经理

各位嘉宾，

大家上午好！今天，受集团公司董事长、党组书记吴燕生委托，前来参加首届国际工程教育论坛，并作为中国工程科技企业代表致辞，在此，我谨代表中国航天科技集团有限公司向论坛的召开表示热烈的祝贺！向出席本次论坛的各位嘉宾致以诚挚的问候。同时，今天恰逢我国传统佳节——中秋，在这样一个象征团圆的日子里，我们集聚一堂，共商“工程教育创新发展”，在此向各位致以节日的问候，并祝愿我国早日实现由工程教育大国向工程教育强国的转变。

近年来，中国工程教育的快速发展释放了巨大的人力资源“红利”，培养了数以千万计的各级各类工程科技人才，有力地支撑了中国工业的快速发展，特别是在载人航天、探月工程、三峡工程、深海勘探等国家重大工程项目和基础设施建设中发挥了非常重要的作用。这些工程教育成果的取得，与清华大学、中国工程院长期以来在推动中国工程教育发展变革方面做出的不懈努力和积极探索是分不开的，与今天在座的各位对中国工程教育领域持续关注和大力支持是分不开的。中国航天科技集团有限公司的发展，同样也离不开优秀的工程科技人才，离不开各位对中国工程教育创新发展的锐意探索和执着推动，在此，我谨代表中国航天科技集团有限公司，向论坛的主办方、向出席论坛的嘉宾表示衷心的感谢。此次论坛以“工程教育创新发展”为主题，围绕工程教育的挑战与机遇、产学研合作、可持续发展、工程教育创新实践等多个议题将展开充满创新活力的全球性对话，必将达成诸多共识。

航天技术是战略性、尖端性高科技，是衡量一个国家高技术水平和综合国力的重要标志。航天工程是复杂的系统工程，其技术密集度高、跨越诸多学科和专业领域。60多年来，中国航天始终坚持自力更生、自主创新，坚持重大工程实践，

取得了以“两弹一星”、载人航天工程、探月工程三大里程碑为代表的辉煌成就,更为重要的是,培养和造就了一支特别能吃苦、特别能战斗、特别能攻关、特别能奉献,并且能够站在世界航天科技前沿、勇于开拓创新的高素质人才队伍。我国航天事业的发展实践证明:正是立足于自主创新,刻苦攻关和艰苦努力,才攻克和掌握了一项又一项航天领域的核心关键技术,形成了一大批具有自主知识产权的创新成果,才有了航天事业的辉煌。航天工程的特点,决定了航天科技人才不仅需要具备系统、坚实的专业理论知识、专业技术知识,还需要具有较强的系统管理能力、组织协调能力,特别是型号领军人才,更加需要具有坚定正确的政治方向,为国家、为民族、为航天事业献身的坚定信念,识大体、顾大局,有无私奉献的精神。

进入 21 世纪以来,全球科技创新进入空前密集活跃的时期,新一轮科技革命和产业变革正在重构全球创新版图、重塑全球经济结构。太空、海洋、信息、制造、生命、能源等领域原创突破为前沿技术、颠覆性技术提供了更多创新源泉,科学技术从来没有像今天这样深刻影响着国家前途命运。

党的十九大报告中将航天强国作为创新型国家的重要标志,提出要建设科技强国、质量强国、航天强国、网络强国、交通强国,并对全面推进国防和军队现代化建设提出了明确要求。作为中国航天科技工业的主导力量,中国航天科技集团有限公司现正承担着以全球卫星导航系统、高分辨率对地观测系统、新一代运载火箭等为代表的国家重大科技专项和重大工程任务。半个月前,集团公司召开了第七次工作会议,明确了未来三年改革的重点任务,明确了推动建设航天强国建设的路线图:到 2030 年,将集团公司建设成为世界一流航天企业集团,推动我国跻身世界航天强国前列;到 2045 年,在全面建成高质量发展的世界一流航天企业集团基础上,推动我国全面建成世界航天强国。在此基础上也提出了集团公司未来发展的重点方向,等等。功以才成,业由才广。要完成好上述任务,关键在于要打造一支技术精、作风硬、肯钻研、善攻关的航天科技人才队伍,对广大的航天科技工作者来说,更要把握大势、抢占先机,直面挑战、迎难而上,瞄准航天科技前沿,肩负起历史赋予的重任,勇做新时代科技创新的排头兵。

为更好地应对新形势、新问题、新挑战,必须培养更多具有扎实的专业理论知识,较强的创新意识、创新能力和国际视野的高素质工程科技人才,满足包括航天在内的各类产业对工程科技人才的需求,有力支撑我国科技领域实现创新发展,现结合中国航天科技集团有限公司人才队伍建设实践,提出如下建议。

一是要进一步优化学科设置,强化人才实践锻炼。结合“中国制造 2025”确定的重点领域和优先发展方向,敏锐把握行业发展趋势和人才需求特点,大力推

动人才培养与产业发展的对接、学科设置与工程实际的对接,进一步优化学科、专业设置,强化工程科技人才的培养,积极建设高校教学实践平台,推动学生筑牢专业知识、掌握实践技能,丰富实践经验,不断强化学生工程实践能力。

二是要进一步深化教学改革、提升人才创新能力。习近平总书记指出:创新是第一动力。目前我国科技发展正处于由“跟跑”向“并行”甚至是“领跑”转变的历史关头,在新一轮科技革命和产业变革同我国加快转变经济发展方式的历史性交汇期,广大工程教育工作者应充分认识到创新人才培育的重要性和紧迫性,落实立德树人根本任务,推动教学模式改革,把创新意识和创新能力的培养融入学生培养全周期,增强学生的创新意识和创新能力。

三是要进一步强化校企合作、完善协同育人机制。建立人才培养与产业需求的协调机制,主动适应产业变革发展,做好人才培养工作的顶层设计和前瞻性规划,建立校企资源共享机制,积极推进企业优秀工程技术人员到高校担任兼职教师、高校教师到企业进行挂职锻炼等,鼓励企业将先进技术、企业培训课程等转化为教学内容,提升人才培养的针对性有效性。

此外,应进一步加强国际交流与合作、创新工程人才培养机制,借鉴国外先进的教育理念和教育方法,引进和吸收国外优质的教育资源,以创新的机制实现教育资源的高效配置,进一步优化人才培养过程,提升人才培养质量。

我们相信,此次国际工程教育论坛通过全球性对话必将取得诸多成果,将有力地促进国际工程教育的快速发展,培养更多适应新一轮科技革命和产业变革需要的工程科技人才,并为建设世界一流大学和一流学科方面提供更加有力地支撑与保障。

谢谢!

# 汽车行业的未来发展

**Hans Georg Engel**

戴姆勒大中华区投资有限公司高级执行副总裁

德国奔驰汽车公司的创始人卡尔·本茨(Karl Benz)发明了世界上第一辆汽车后,整个世界的交通发生了巨大的变化,马车突然消失了,在非常短的时间内汽车就作为主要的交通工具行驶在路上,从那个时候开始奔驰就一直是业内的先驱,而且在这一百多年里我们一直在寻找和吸引一些能够实现创新的工程师加入我们。在奔驰,作为一名工程师,拥有想象力比拥有知识更加重要。创造力很多是关于想象力的,可能这些不是能够在大学里面学到的东西。我成为工程师已有30多年,我感觉有一些能力技巧是天生的,又有很多是教育而来的,接下来我会讲到对于学生来讲到底作为一个工程先驱应该是怎样的。

可能有些人是不了解的,我们公司仍然把重点放在所谓的核心业务上,涉及汽车动力集成、汽车安全等方面,在这些业务上我们还是在不断盈利并不断加大投资。但是当前来看,整个汽车行业已经出现颠覆,我相信这可能是比100多年前更加重要的颠覆。CASE这4个字母标志着当前行业经历的一个巨大的趋势,C代表智能互联,A代表自动驾驶,S代表的是共享出行,E代表的是电力驱动。这四大趋势非常重要,不仅是对我们公司,对于整个行业亦是如此。因此,我们需要有一个全面的解决方案,我们把它叫作“CASE解决方案”。我们把它嵌入到整个集团的战略里,希望能够去解决这样的问题。

我相信奔驰会继续往前推进未来世界交通解决方案的创造,我也相信我们将会从一个纯汽车制造商转变成为出行方案的提供商。我觉得中间整个过渡就是希望能够连点成线。在制造业,传统的方式是销售告诉工程师,市场营销的人他们需要什么,让生产来去制造,最后销售卖出去。但是现在出行解决方案方面已经不太一样了,这是我们未来的发展方向。CASE解决方案就像技术战略一样,同时它也是关于人的。我们之所以在中国已经有12年的研发经验,就是因为我们从产品的本地化开始。如果想在世界上最大的市场取得成功,这个市场同时也是

全世界发展速度最快的一个市场,所有的大趋势在这里会发生得更快,就必须理解我们的客户想要的是什么。但这其实是不容易的,尤其从一个德国公司的角度考虑,中国的消费者需要的东西可能是完全不一样的,首先我们要了解中国的文化,了解中国的政策、法律法规要求,同时还要重视人才的积累。我们还引入了很多本地的员工和领导,这方面也是非常重要的,我们也需要中国的领导力。

除此之外,从大学的角度出发,现在的学生可能有的只是学一个领域的知识,但是现在我们需要转变教育方式,让学生能够把所有的点连在一起可以开展一个骨架式的项目,让他们更好地理解如何实现跨学科的合作。这也是我们希望能够在中国,在我们的公司内部建立的,从原来的以线为功能性的发展方式转向跨部门的合作。我们设立的“领导力 2020 项目”就是跨所有的功能部门的。

还有一点我想强调的就是不同思维方式的重要性。对于汽车制造商来讲,一直有关于以客户为中心的方向。对于学生来讲,如果仅从技术的角度理解研发,是不够开发出一个具备非常好的特征或者非常好的引擎的,尤其其他如果不能满足客户需求,所以客户需求才是最重要的一点。

讲到创新,讲到工程和创造,我们需要很多的想象力,就像我刚才说过的,知识是一方面,想象力是更主要的,它也是关于学习的。我在中国已经待了三年的时间,我还在不断地学习,当然可能没有特别多的技术方面的内容,但是我在了解中国的市场以及中国人如何思考、中国政府如何进行政策导向的等,所以这是终生的学习。我们不断地跟大家说走出学校不代表学习结束了,我们要持续地学习,并要更加快速地学习,比过去速度更快地去适应新的技术趋势。

还有一个问题,现在很多人尤其年轻的工程师可能思考得不是特别多,就是每个人活着的价值和人生目标。我们在公司里解决的总是一些我们认为非常重要的目标,就像我们在口号里面讲到的我们作为世界上第一个行动者,将推动交通和出行的向前发展。工程师必须思考自己的人生目的,并且还需要不断往前驱动取得成功。我相信这种成功驱动对每个人都很重要。

非常感谢大家的聆听,谢谢大家!

**校长论坛 A:**

**工程教育的挑战和一流  
工科建设**



# 对我国工程教育发展的思考

林忠钦

中国工程院院士,上海交通大学校长

20世纪以来,工程教育在我国的不同发展阶段都做出了重要贡献。中国人过去不会造汽车,不会修铁路,不会造大桥,现在在这些领域都成为世界第一,这些成绩都要归功于中国工程教育。但是面对世界科技形势的发展,在中国建设世界强国和提升国家创新能力的迫切需要下,中国工程教育的模式也需要直面问题,不断推动改革,创造属于自己的模式。我从以下三个方面来谈谈我的观点。

第一,我国工程教育的发展历程。

我国的工程教育从20世纪初期开始,那个时候主要以学习欧美为主。我们建立了中国的高等公立学堂,也模仿美国和欧洲新的学制,采用西方模式的教科书和教学方法,请外国教授担任总教习和课程主讲。当时到欧美的留学生中学习工科的很多,但是国内的工科生比例不高。从表1中可以看出,1912—1916年间,我国招收工科的学校不多,招收工科的比例也比较低。

表1 20世纪初中国工程教育基本规模情况

年份	工业专科学校数	工科学生人数	工科学生占学生总数的比例/%
1912	10	2312	5.8
1913	10	2394	6.5
1914	13	2488	7.7
1915	13	2588	10.6
1916	11	1807	8.9

1952年以后,以学习苏联经验为主,中国大学的设置和学校内部结构都发生了很多改变,特别是按产品、工艺、设备、岗位等来设置一些专业。例如我们学校的机械专业就按照工艺、刀具、机床来设置,非常狭窄。

1978年以后,中国的高等教育开始全面学习欧美。1978年建立工科学位制

度,1998年建立工程硕士学位,培养工程应用型人才。20世纪90年代以后实现专业的宽口径设置,这种培养模式有利于学生就业和人才培养。当时的社会有个较大的改变,从原来的计划经济转向市场经济,从国家分配转向供求方的双向选择。

21世纪以来,中国的高等教育从精英教育转向了大众教育,2017年毕业的工科学生有300多万。在我国,工科在整个高等教育专业中占据了较大的比例。2017年教育部公布的465个双一流的建设学科中,工科约有188个,占40%。在这样的培养过程中,为我国的航空航天领域、汽车领域、桥梁领域,还有高铁、新能源等工业领域输送了大量人才,我国在工业方面取得的巨大成就是主要依靠自己培养的人才进行建设和完成的。

从学科排名的角度来讲,我国现在有5个学科进入了ESI(essential science indicators,基本科学指标数据库)万分之一,包括3个工程学科和2个材料学科。在软科世界一流学科排名中,我国有8个学科世界排名第一,全部是工科,说明工科在我国占有举足轻重的地位。

第二,我国工程教育当前的问题。

国家工程建设的成就得益于工程教育培养的成功,但是工程教育人才培养的成效往往有很大的滞后性,因此为了满足我国2035建设科技强国的需要,要从现在开始考虑工程教育模式的改变。随着现代技术的发展,从人才培养的视角来看,工程教育在很多方面还存在短板,包括三个方面:情怀、素养、视野。从情怀来讲,工科已不再是国内优秀学子第一选择;从素养来讲,缺乏专业教育,工程教育缺少实践的机会;从视野来讲,教育的内容跟不上工程技术的发展。下面做一些深入分析。

从情怀方面来讲,现在选择财经类专业的学生高考分数高于工科,全国平均分高出几十分。过去大家都讲“学好数理化,走遍天下都不怕”,这个时代已经成为过去。现在有很多最优秀的工科毕业生往往到金融领域就业,或者以薪酬的高低作为就业选择的重要导向。当社会包括学校和家长仅仅通过谋生的待遇来评价青年的成功的时候,青年学子很难对工程领域产生向往的情怀。因此,人才培养应该把选拔优秀生源、在校知识学习、就业引导工作这三个环节作为一个整体来考虑,就业引导应该比学校的知识教育更加重要。从事工程教育就要努力改变社会的认识,要引导青年学生认同工程教育对我们国家发展的重要作用,并且深刻认识到,在我国当前的发展阶段,从事工程领域的工作仍然是投身祖国建设事业最主要的平台,激发学生投身工程领域的荣誉感和使命感,在这方面我们还做得不够。举个我在法国巴黎综合理工大学访问的例子。虽然法国是一个市场经

济占主流的社会,但是在综合理工大学工程教育过程中,他们特别重视培养学生的自信心,我与很多穿上制服的工科学生交流时,深切地感受到他们对能够从事工程工作都非常自豪。我仔细分析,他们将工程师的职业培养作为教学过程的重要组成部分,把学生对工程师的身份认同感融入到教学计划当中,培养学生对工程师的尊敬和情怀。但是,我们国内的许多大学对此重视不够,仅仅是一味地抱怨现在的社会和学生对工程不重视。

从素养方面来讲,工程教育在不断地发展与变化,在科学范式与工程范式之间不断地转变,我国的工程教育现在停留在科学范式阶段。从范式转变来讲,我觉得最主要的特征是实现学校教育与工程的融合,特别是我国现在对高校教师的评价,过分重视论文的发表,使工科教师大多数从校门到校门,导致高校教师缺乏实际工作经验,具备10年以上一线工程经验的专家无法适应高校当前的评价体系,严重阻碍了学校教育与工程实践的深度融合。因此我们亟待培养拥有一批懂教育规律的工程师和懂工程实践的教育者。

从视野角度来讲,21世纪以来工程的发展远远大于过去,因此出现所学的知识落后于工程的发展成为一种常态,好像所有领域都是这样,包括我自己原来从事的汽车行业,汽车行业在这方面非常明显。因此,在这个过程中如何让学生能够看得更新、看得更实,我觉得专业教育要在立足于基础教育和通识教育的基础上才能够扎实进行。所以,我认为要直面的问题应该是在努力打造有情怀、有素养、有视野,能够进行相互交流,相辅相成的工程教育。

第三,介绍一下我们学校的具体实践,主要有以下五个举措:

(1) 强化价值引领,包括推动一些杰出典型人物的宣讲、与重点企业开展合作、编制就业引导目录、组织青年校友的座谈等。

(2) 推动教师多元评价制度,鼓励科研团队与企业开展实质性的、融合性的项目合作。为具有丰富工程经验的技术专家担任教师开设专门的渠道,不唯论文来评价他们。

(3) 推动工科大平台的宽口径教育,使不同的专业能够实现专业融合、课程融合、教师融合和学生融合,特别是推动工科和理科学院之间实现很好的融合。

(4) 建设学生创新中心,使学生更有兴趣地学习,有更多的实践机会,使他们不仅仅满足于课本的学习,能够花更多的时间投入到实践当中去,把想象的东西变成一个实际的物体,这样会大大增加学生的学习兴趣。

(5) 把企业的实际项目融入到课程设计当中去。在课程考核中,一部分题目由企业来出,让学生做出来后再让企业的专家进行评价。通过这样的方式,使学生能够把学习的知识运用起来,同时更有成就感,让他觉得能够把事情做好。

自起步伊始,我国的工程教育就以育实业兴邦之才为己任,为中华民族实现站起来、富起来做出了突出贡献,面向新时代,更需承担起培养建设者与接班人的历史重任。上海交通大学愿与各兄弟高校一起,直面问题与挑战,在深化教育改革创新中不断探索实践契合时代发展与国家需求的工程教育模式,为培养更多有担当、有作为的卓越工程人才共同努力奋斗。

# 工程教育的挑战——进化还是破坏？

Gerhard Muller

德国慕尼黑工业大学副校长

我今天的演讲分三部分：第一部分介绍一下我们现在面对的一些问题，以及在工程教育方面一些任务的转型；第二部分介绍一些个性化教学的内容；第三部分介绍一些实际的启示，比如说我们如何实现创新性的课程设计。

在工程过程中，通常都是从一个问题开始，首先界定问题，然后创建解决方案，可能会建立一个模型，把模型还原到现实中进行应用，进行评估，最后形成一个解决方案并进行优化，接着实现解决方案，最后进行测试和反馈。但是如果面对未来，这个方法是非常不一样的。我们可能是定制化的系统，这样的一个新的方法将会要求工程专业以及所有学科的共同结合。我们必须意识到传统学科分类的方法是把整个社会分成了几个系统，例如建筑/基础设施、机器、信息系统等，这种分类有着悠久的历史，这个历史反映在一些工程学会的认证系统中。但是这其中正在呼唤一种变化，在行业里面已经有一些方法，希望面对未来的工程学科进行重新设计。

我们如何实现教学的个性化需求呢？实现个性化可以由以下几个方面驱动。

第一，由与每个学科相关的新主题驱动，如大数据。大数据已经对医学、社会科学、工程科学以及政治科学方面产生了巨大影响，因此，我们可以把大数据与不同的学科进行结合。

第二，建立综合研究中心，如计算机科学和工程、生物工程等，通过跨学科的选择进行驱动，这就需要跨越传统学科，打破教师界限。在慕尼黑工业大学，有一些来自人文学科或者其他学科的教职工可以共同开展合作，有的教授同时会担任几个学院的教职工作。我们希望能够克服不同学科之间的障碍，例如我们推出了一些本科的跨学科项目，非常有吸引力，一些优秀的学生愿意参加到这样的项目当中。我们要考虑如何使不同的院系共同合作，共同建立一系列的联合学习项目，能够实现一种综合性的解决方案。很多人才，除了具备自身学科的知识能力

外,可能还具有创业精神、创新精神、工程精神等,因此,我们可以建立一种叠加式的项目,让不同学科的人才在一起合作。

第三,建立由人才驱动的研究项目,如游戏工程、工程科学等。我们建立了数字技术与管理中心(Center for Digital Technology and Management),很多教职员工刚开始也非常怀疑新引入的这方面人才,但是时间长了会发现他们是做得非常好的。我们举办了相关的趋势发展研讨会,对未来发展趋势和驱动因素进行分析,并出版了相关的研究成果。我们还开展了一些管理的活动和项目,建立了企业实验室,与高科技初创企业合作,关注具有战略重要性的项目,积累了创业和管理企业方面的实践经验。

这样的跨学科可以鼓励创新,同时也可以打破人们的刻板印象,大家可以相互借鉴、相互学习,同时把大学里的研究成果和企业结合在一起。我们可以看到每年有很多创新的项目实施,还有100多个小的企业注册成立。这样的项目也可以放到国际背景下来完成。对于一些学生,他们不知道自己是否适合,就是想简单地尝试一下。我们有一个10天的创业营项目,比如说1天进行启发式的思维,1天做活动,剩下8天来创作,10天之后大家来进行讨论,然后看看这个点子是不是能够应用在市场,应用在社会生活当中。我们希望能够帮助这些创新创业的学生,为他们提供了个人导师、团队导师、创业导师的辅导,在这三个层面帮助学生进行创新。我们在这方面做得非常好,也非常受欢迎。我们希望能够支持更多的人才,即使他自身并不是一个创业者,或者说他不想注册新的公司,因为还有一些学生,可能参与到社会、政治的对话当中。我们还有一个“年轻学者项目”,这个项目里有不同背景、不同专业的年轻人,来自艺术学院、理工科学院、人文学院等,大家在一起共同把一些比较模糊的想法转化成为现实,把它建成一个项目。在这里,学生可以学习到科学技术领域的方法论知识,并可以邀请来自于大学各个学科的教授给他们提一些建议,包括对他们的创造力给予指导,看看他们实施的项目或做出来的产品是否对社会有影响。

自2014年以来,我们每年开展的项目名称为:未来的校园、过程转换、做决定的过程、真理与谎言、多种方式的科学交流。通过这种方式我们可以给学生提供不同的形式进行参与,充分地发挥多元化和个人的优势,并支持他们进行思考。

在课程的设置过程中,我们在德国教育部组织了一个讨论,有100多个成员参与其中,主要讨论如何进行课程设置的转型。另外,我们希望能够与大学教授就一些术语达成一致,比如数字化等词,我们要对这些词的定义进行讨论并达成一致意见,因为术语的一致给我们建立了一个比较统一、完整的平台,也便于我们在整个教学过程中推行。在定义统一了之后,还要看在能力开发的过程中,首先

学生需要什么样的能力,其次我们要研究如何把一些模型融入到课程设置的过程中并进行优化。另外,其中很重要的一点是,哪些能力是真正可以在大学期间推动的,哪些能力可能是在未来的工作中进行培训的。与此同时,我们建立了每一个项目中的学习能力模块,一般用“T”形表达,代表学习的深度和广度。我们也与大学教授进行讨论,比如数字化过程中模块式的学习,在哪一个主题中我们希望学生学得更加深刻,以及中间有哪些模块可以跳过。在工程教育中,我们可以显示不同模块之间的相互联系,还有包括每一个模块学生所学习的能力。

希望未来每一个学生都可以实现定制化的、个性化的教育。

# 变革与创新

## ——工程教育的理念、实践与思考

徐惠彬

中国工程院院士,北京航空航天大学校长

众所周知,自工业革命以来,人类经济社会的飞速发展与工业化进程密不可分。工程教育与人类社会的工业和科技发展相伴相生、互相促进。工业和科技的发展进程影响着工程教育的理念与实践,工业和科技的进步也越来越需要大量创新型人才来支撑。可以说,工业发展的动力来源于强大的工程教育以及工程教育培养出来的大量创新型工程技术人才。

北京航空航天大学(以下简称北航)是新中国为振兴航空工业而成立的第一所航空航天高等学府,由当时国内顶尖的八所大学航空系合并组建而成。建校60多年来,北航始终牢记立德树人的根本使命,坚持围绕国家重大需求培养人才的传统,为中国航空航天事业和国防科技工业培养了一大批领军人物和奠基人才。在飞机、发动机、火箭、导弹、卫星、飞船等各类重大重点型号工程中,北航人充分发挥了中流砥柱的核心骨干作用。据统计,中航工业、中国商飞、中国航发等航空工业领域知名央企的负责人和重要型号的总师、总指挥等,60%以上是北航校友;载人航天工程总指挥、副总指挥、总设计师、副总设计师等高级技术和管理人员中,超1/3是北航校友;中国长征系列运载火箭的总设计师基本都是北航校友。可以说,北航培养的杰出人才,为中国航空航天事业的发展做出了不可替代的贡献。

进入新时代,如何培养适应未来工业与技术发展所需要的人才,成为全球工程教育共同面临的重大挑战。北航也在积极探索,深入思考如何在坚守使命继续保持航空航天领域杰出人才培养能力的同时,做到开拓创新培养满足时代发展需要的一流人才,进而构建中国一流的人才培养体系。

### 一、时代变革的挑战

当今时代,全球新一轮科技革命、产业变革和军事变革正在加速演进,知识的

广度和深度不断扩展,重要的科技发明和颠覆性技术不断涌现,世界主要强国都在制定和实施新的工业化和科技发展战略。中国正处在“两个一百年”奋斗目标的历史交汇期,经济进入转型升级的新常态,创新驱动正成为经济社会发展的新动能;中国政府围绕新型工业化发展道路、建设创新型国家的目标,正在大力实施“中国制造 2025”、军民融合发展战略、“互联网+”等一系列行动计划。此外更不能忽视的是,传统的教育模式正在经受互联网的巨大冲击。在这个人手一部智能手机、随时随地任意上网的时代,在这个网络资源丰盛、开放共享流行的时代,接受、获取知识的方式发生了很大变化,没有人能够成为知识的垄断者;在这个受教育群体特征往往高度分化、个性需求多样化呈现的时代,也很难用相似的知识供给和路径选择去满足每位学生的需要。因此,新的经济技术发展和国家社会需要、新的教育发展形势和受教育群体特征,都对工程教育的模式提出了新要求。

## 二、北航的实践改革

### (一) 提升人才培养体系面向未来的适应性

在新的时代发展形势下,北航不断思考并大力推动工程教育的改革与创新。2002年,北航开始工程教育改革试点,成立高等工程学院(2016年更名为高等理工学院),每年招收200人,允许学生任选专业,强化数理基础,探索拔尖创新人才培养模式与路径;2005年与法国中央理工大学集团合作,共同创建中法工程师学院,每年招收120人,借鉴法国工程师学历教育体系和培养模式,探索实施本科—硕士与预科—工程师融合的本硕连贯培养;2015年成立国际通用工程学院,每年招收50人,采取全英文授课,探索培养具有“国际视野、通专融合、创新开放、知行合一”的国际化工程领导领军人才。2017年,学校总结凝练工程教育10多年改革成果,把小范围的改革探索,在全校推广普及,努力让更多学生受益。学校成立北航学院,每年招收3000余人,占北航招生人数的80%,实施大类招生、大类培养、书院管理的新培养模式,主要包括以下三个方面。

#### 1. 自主选择专业

学校将全部44个工科专业划分为航空航天与信息两个大类,北航学院大类培养本科生一年级结束后自主选择专业。为提升学生专业认知,学校大力推进专业学院与北航学院协同,形成了专业宣讲、行业了解、多位协同的专业认知教育模式,建立起志愿摸底、方案认识、系统试用、专业选择的操作流程,让学生充分了解将来所学习的专业,全面激发了学生的学习兴趣。

#### 2. 通专融合体系

学校以优化知识结构、强化科学精神、培养自我认知为核心,全面研究形成了

大类培养方案,修订各专业培养方案,强化通识与专业教育的有机融合。大力推进课程质量建设,成立 10 个大类核心课程群,推进团队化教学和“同行评议”,课程教学效果得到显著提升。

### 3. 书院育人模式

北航学院下辖六大书院,全面实施本科生导师制,2017 级本科生配备 414 名导师,每位导师带不超过 8 个学生,同时开展学业支持、社区与社会实践,营造书院“家”文化等项目,促进学生全面发展。

为确保人才培养改革的顺利实施,学校以“学生是财富、课程是资源”为理念,在机制体制上进行深化改革。在财务制度方面,教学经费将以往的统筹方式改革为按照每个学院吸收的学生、承担的教学任务进行量化后的“定额拨款+竞争配置”方式;在职称评审方面,强化教学质量与效果,完善教学型晋升通道,教学成果纳入准聘长聘考核;在课堂教学方面,强化教学准入、考核、激励和退出机制等。

大类培养实施以来,学生对课堂学习的热情和积极性显著提高,数学物理化学等基础课程平均分和优秀率均创近年最高。专业学院对本科生的重视程度大幅提升,学生的专业自主选择权得到充分尊重,2017 级本科生专业选择实现“0”调剂、“0”申诉。

### (二) 强化知识运用和实践能力的培养模式

同时,为把一流的学生培养成一流的人才,北航注重在人才培养中强化知识运用和实践能力的培养,着力在实践活动中培育学生创新精神、锤炼学生创新能力。学校积极打造学生课外创新实践平台——“冯如杯”学生学术科技作品竞赛。通过这个平台,积极引导广大学生开展创新实践与科学研究活动,培养学生自主创新能力,大力营造有利于学生健康成长和科技创新的良好氛围。自 1990 年创办以来,“冯如杯”竞赛已连续举办 28 届,是北航声誉最高、参与面最广、学生积极性最高的赛事活动。通过“冯如杯”竞赛选拔并培育出的优秀项目,在历届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛中都取得了优异的成绩,并使北航成为全国唯一一所连续 15 届在“挑战杯”竞赛中捧杯的高校。良好的校园科技文化氛围也培育出一大批优秀的学生科技骨干和高质量科技创新成果。其中涌现出包括获得首届全国“互联网+”大学生创新创业大赛总冠军的“Unicorn 无人机系统”、全国“挑战杯”大学生学术科技竞赛一等奖“Cell-robot/细胞机器人”等学生科技创新作品。

与此同时,学校积极探索在国家重大工程项目实践中培育人才的科教融合模式,不断推动将学校科技创新优势转化为人才培养能力。在北航“月宫 365 计划”

中,8位学生志愿者深度参与,在实验装置中持续驻留370天,创造了新的世界纪录。这一系列科技创新活动的开展,进一步提高学生的科技创新能力和意识,完善了学校的科技创新教育体系,为学校培养在国民经济、国防建设等领域具有领军和领导潜质的优秀人才做出了积极贡献。

### 三、面向未来的思考

世界是变化的,创新是永恒的。面对席卷而来的未来浪潮,我们在思考,产业和技术革命对工程领域人才提出了更高的技术创新能力要求,未来的大学教什么?学生学什么?能适应未来的知识结构、内容和学习方式是什么?其次,跨界越来越普遍,现有的专业划分越来越无法适应未来需求,像人工智能、量子科技等前沿技术和学科方向如何进课堂、成专业?新工科能否代替旧工科?适应未来的交叉融合又该如何深化?未来划分专业的界限在哪里?最后,单一专业人才已不能满足社会经济需要,简单模仿,缺乏个性和想象力、创造力的培养方式也无法造就未来需要的创新型人才,如何把美学、艺术和社会伦理教育融入工程教育?如此能否应对充满不确定性的未来挑战?

这一系列巨大的挑战,将对未来社会的生产方式、生活方式等带来颠覆性改变,也将彻底重塑未来的教育方式和学习方式,我们只有坚持以变革和创新的姿态积极谋划应对,才能决胜未来。

## 面向创新校园的全球知识合作

**Naoto Sekimura**

日本东京大学副校长

非常荣幸与在座各位一起参加这个论坛,同时也想借此机会祝贺清华大学所取得的巨大成就。在2018年7月23日,东京大学与清华大学在东京签署了两校战略合作协议并续签了学生交换协议。根据签署的协议,双方将共同开展短期教学项目、教师和学生互访交换、共同组织研讨会等事宜。清华大学前校长顾秉林院士、东京大学五神真(Gonokami Makoto)校长以及其他一些董事会成员,还有两校的部分管理者和教师等都参加了签约仪式。7月19—25日,两校还联合举行了第三届东京大学-清华大学学术研讨会,200多位来自双方大学的参会嘉宾参加了这个论坛,并围绕12个专题展开了深入研讨,特别是进行了很多跨学科领域的学术交流。

简单介绍一下东京大学。作为日本第一所国立大学,我校诞生于1877年。东京大学是一所综合性大学,共有10个学部,15个研究生院,25个研究中心,我们在1886年开始设立工科。目前我校有28000多名在校生,其中超过一半都是研究生。约4000名外国留学生中,有一半来自于中国大陆。东京大学年度预算约在2600亿日元;校园面积约326 km<sup>2</sup>,约占日本国土面积的0.1%。现任的五神真校长是在2015年4月就职的,他的团队在当年10月发布了东京大学“2020愿景计划”,“卓越与多样化的协同”是其中的关键词。“2020愿景计划”包括:①研究,开展努力创造新价值的战略发展学习;②教育,把基本能力的培养与知识型专业人才的培养相结合;③与社会合作,在21世纪全球社会中担当起大学的公共角色责任;④学校运行,加强和提升大学的多维发展空间。东京大学希望在全世界实现更多的知识合作,同时加强和改善管理以实现大学的卓越发展,以此加快进行积极的创新。我们也建立了世界级的教学和研究中心,来自世界各地的学生和研究人员来到东京大学,交流并参与前沿研究,东京大学已成为世界教育和研究的基地。我们建立了多个国际联合实验室,多名教授获得过诺贝尔奖。我们

的大学生交流计划,吸引了来自全球 70 多个国家合作大学的学生前来学习。我们还有很多研究与教育方面的国际合作,特别是跨学科合作。我们希望能够将这种合作拓展到各个领域,比如工程科技领域,通过与行业界的合作以及国际社区的合作来培养更多的面向未来社会的高素质人才。

联合国在 2015 年通过了可持续发展目标(Sustainable Development Goals, SDGs)。SDGs 是普遍的,适用于所有国家。为了致力于经济成长、社会包容、环境保护等相互关联的各个要素,SDGs 覆盖了广泛的范围,尤其主要集中在与社会性相关的问题上。在研究、教育和与社会合作方面取得的成就对 SDGs 的实现具有明显的价值。SDGs 的核心概念是包容,SDGs 旨在创造一个由科学、技术和创新驱动的包容性社会。我们应该鼓励那些有志向为解决社会问题做出贡献的年轻学生。例如,在日本,老龄化社会的到来是个非常严重的问题,可能中国未来也会面临同样的问题。在不远的未来,医疗、社会保障、教育、工程科技以及其他各领域都需要对此做出回应,为人们有一个更加健康的寿命的发展和高质量的生活质量等提供保障。所以说,数字革命、互联网、智能化对于学校以及社会都是非常重要的挑战。研发支持老年人生活的机器人,感应技术的开发,通过大数据进行养老的估测等,都可以提高养老的效率。

为了对未来社会的发展做出自己的贡献,东京大学非常重视产学合作。2016 年日立公司和东京大学共同成立实验室,讨论大学和企业如何一起来解决社会问题,并开展了多个创新项目的合作研究。为了更好地促进产学合作,我们对大学与企业的合作架构进行了重建。希望能够充分地把大学的资源、企业的市场以及日本商业联合会联合起来,并借此合作来进一步支持和推进创新。我们还和日本的企业建立了整个创新网络,创新过程当中不同的部门之间产生了巨大的集群效应。我们还投入资金支持了一些创业型企业。

我们的工科院系一共有 18 个,但很多新兴领域如人工智能等不仅需要传统的学科知识为基础,还需要跨学科的知识来支持。因此,我们鼓励不同的院系之间进行跨学科的合作,并与产业界进行合作开展学生的联合培养。尽管我们现在仍然维持了原来的 18 个院系的组织架构,但是这种架构是非常灵活的,特别是在理工科院系中。

关于东京大学全球化的战略,我们现在已经建立了全球领先的教育体系,我们也和一些全球顶尖的大学建立了战略合作关系。战略伙伴关系是与少数海外大学建立的全面的、互利的特殊关系,这种战略合作协议超越了通常的学术交流协议。与海外大学建立战略伙伴关系的目的主要有三个:一是扩大东京大学与合作大学之间开展合作的领域数量;二是加强教职工、管理人员和学生的流动性;三

是与合作伙伴以及外部资金的支持建立可持续的关系。东京大学目前已与麻省理工学院、普林斯顿大学、伯克利大学、剑桥大学、清华大学等著名高校建立了战略伙伴关系。同时我们还对教育体系进行全球布局,在全球不同的地方建立了东京大学的分校区。

东京大学的“构建全球校园模式”是其全球顶尖大学计划的一部分,如图1所示。该模式有三个支柱:一是通过全面的教育改革,建立和完善一个新的、有效的教育体系;二是通过与部分世界领先的大学建立战略伙伴关系,来改善东京大学全球教育和研究活动的外部联系;三是建立一个促进全球校园规划和实施的核心平台。

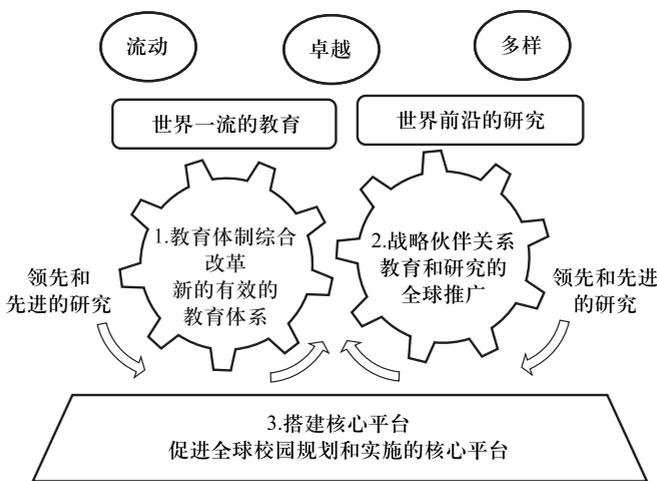


图1 东京大学全球化校园模式

东京大学与清华大学拥有非常悠久的历史,我们希望在此基础之上进一步推动双方的深入合作,共同解决社会问题。

# 工程教育的挑战与应对

周 玉

中国工程院院士,哈尔滨工业大学校长

## 一、时代发展对工程教育的挑战

时代发展的要求这个因素是非常重要的,这是工程教育改革的引擎和动力。实际上,现在的工程教育面临的不仅仅是工程问题本身,还与学科交叉密切相关,理工、文工、医工融合都是工科的发展机遇和面临的挑战。例如基因组工程,理论上应该是医学本身的事情,但现在恰恰是工学的生物信息技术在起主导作用,当然也要同步与医学进行密切的合作,我国于2017年10月28日启动的十万人基因组计划项目,是由我校计算机学院承担着主要的基因组计划工作。另外一个典型实例是在《自然》杂志上发表解决艾滋病结构分子生物学这方面的高水平论文,实际上也是充分利用了工学的先进设备和分析手段。所以我觉得在时代发展的大背景下,工科与其他学科的交叉融合,对工程教育的推动是非常重要的。

下面再从哈尔滨工业大学(以下简称哈工大)的发展历程及不同时代需求的变化来看看工程教育的发展。1920年,为满足中东铁路的建设需要,国家要培养工程师、培养工程技术人员,哈工大应运而生。当时的学科设置包括土木、铁路、建筑、机电。新中国成立后,从1950年开始,从原来的中外合作办学转为中国政府接管,这个时候,新中国的工业体系建设需要这样一所工科见长的高等学校,特别是学习苏联的工程教育的模式,包括单科性的学校与工厂车间相对应的一些专业设置和实践环节,此时哈工大建立了一些如热加工、冷加工、机床刀具等的专业,要求哈工大为新中国工业体系的发展建设培养相应的专业技术人才,这实际上就是时代发展的需求。到了1956年,高等学校在专业设置等各个方面都是根据我国航天事业的发展需要,哈工大再次做出调整,建立相应的新专业。1987年,哈工大建立了中国第一个航天学院,这就是为了满足航天事业发展的人才需求和解决科研攻关问题而设立的,我们不断产生了大量的科研成果,解决了航天

发展的若干关键技术问题,同时也培养了一大批航天工程技术领军人才,现在有的已成为了省委书记、省长和航天领域企业及科研院所的负责人。

我们都知道工业的发展经历了从手工业到创新创业等几个阶段,不同阶段是不同发展需求牵引的结果。我们可以举一些例子来分析这一问题,与这些发展阶段相对应的,刚开始中国、古希腊和埃及都产生了手工业,那时候是师傅带徒弟的方式;在工业发展萌芽阶段,法国在 1747 年建立了第一所综合性工程学院;在工程技术快速发展阶段,德国在 1910 年建立了柏林洪堡大学,这也是世界上第一所科教融合的工程大学;在工程专业化阶段,苏联建立的莫斯科鲍曼大学(Moscow Baumann University),就是工程专业技术大学的典范;在创新创业阶段,美国的斯坦福大学,通过校企合作、创新创业带动了美国硅谷的崛起和发展。我们可以看出,时代发展的要求与工程教育的改革是相伴而行的。我们要通过第一次、第二次、第三次和第四次工业革命的发展变化,来深刻理解工程教育内涵的变化,同时对学生的培养提出新的要求,这是非常重要的。所以说,时代发展的要求是工程教育改革的引擎和动力。

## 二、科学技术进步对工程教育的挑战

高等学校的发展,与社会及行业的发展、工程技术进步有着明显的对应关系。例如,在高校做航天领域的教学和研究,对航天领域的需求就必须要了解 and 适应,要去主动解决社会、行业企业发展中遇到的技术问题,并起到引领和牵引作用。迄今为止,我校已经发射了 9 次共 14 颗卫星,近期还将有 10 颗卫星准备发射。未来卫星的发展不再仅仅是实现单个大卫星平台的多功能,而更多的是向微小卫星的空间组网发展,每一个星点出了问题,不影响大卫星网络的运行,未来卫星发展的趋势是多星组网。

在 U.S.News 发布的全球工科院校排名中,哈工大的排名在近几年不断攀升,今年是全球排名第六。哈工大如何保持工程强的特色,更需要把“工”字的功夫做透,工学、工科、工程、工匠、功夫,办大学就是要办特色。曾担任过清华大学校长的陈吉宁说过“大学的根本不在‘大’,而在‘学’”,我认为学科不在全,而在精、在优、在特。在教育过程中,要建立科教一体化的教育培养体系,研究成果要进入课堂、进入教学文件、进入教材、进入实验,强调科研与教学的结合,把课程、科研、实践、创新等都融入到学生的培养中去。

另外,基于现代教育技术的 MOOC(massive open online courses,大型开放式网络课程),我们学校已有 39 门入选国家精品课程,在全国排名第三,这些优质的资源如果也能在边远地区得到很好的利用,那么将通过优质资源共享促进教育的平

衡发展。所以说,科学技术进步是提升工程教育内涵的强大驱动力。

### 三、创新驱动社会对工程教育的挑战

我国要建设创新型国家,创新型国家以技术创新为经济社会发展核心驱动力,自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来是重要途径,因此培养具有创新意识和创新能力的引领未来发展的创新人才是高等学校的重任。

我们主张学生要尽早参与到老师的科研课题研究中去。我校9次发射的卫星任务都有学生参与,其中有2颗卫星完全是学生团队完成的,这是学生尽早参与教师的科学研究、尽早成为教师课题组的初级成员的结果。学生们还建立了关于卫星测控的国际大学生研究联盟。哈工大紫丁香卫星团队是包含本、硕、博士生大概40多人的一个课题组,每年夏天还组织国际小卫星设计竞赛夏令营。另外还有机器人竞赛、智能车竞赛等,以及很多的科技俱乐部,这些参与过各类竞赛、经历过科技俱乐部培养锻炼的学生,在毕业前就被一些大企业预订一空。在平昌冬奥会闭幕式上,“北京八分钟”里出现了由哈工大博士生带领的研究小组研发的Aelos机器人,惊艳世界,经过这种训练,学生的实践能力得到了大幅提升,这是一种非常好的锻炼方式。为了提高学生的创新实践能力,学校建立了较为完善的创新实践培养体系,对学生创新创业能力的锻炼贯穿于其大学四年的完整培养过程,创新实践能力的培养是工程教育的本质特征。

工程教育发展必须跟上时代步伐,高等院校要从专业建设、课程体系、培养手段等方面加大改革力度。一流的工程教育必须适应时代发展需求,满足社会发展需要,并有超前的预期;一流的工程教育必须与科学技术进步紧密结合,实现科学与工程的同频共振,实现科研与教学的一体化;创新实践能力培养是当代社会一流工程教育的主旋律,工程教育必须与时代发展相适应,与科技进步相匹配,这是工程教育最本质的特征,也是当今对工程教育的最高要求。

# 从教育与工业 1.0 到 4.0 看工程教育的新目标

贺陈弘

新竹清华大学校长

首先给大家介绍一下工业和教育 4.0 给工程教育带来的挑战。众所周知,产学之间是相互促进的关系,作为教育者,我们在培养人才的同时希望引领行业的发展。工业 1.0 开始于 18 世纪,1776 年左右,机器动力取代人力。工业 2.0 在大约 19 世纪到 20 世纪,第一条流水线出现于 1913 年,标志着生产开始变成大众化。工业 3.0 出现于 20 世纪下半叶,得益于电子工程学的发展,实现了生产的自动化。工业 4.0 实现了所有生产当中的上下游之间的互联,通过云计算、大数据等进行互联,4.0 革命的核心就是希望能够进行个人产品,实现个人需求的客制化,这是工业 4.0 的精神所在。

再看教育的发展历史。教育 1.0 几千年前就出现了,刚开始人们使用的是结绳或者图形和楔形文字进行经验的传播。教育 2.0 是一个大众教育的发展,读写成为大众的方式,这个时期开始建立学校,这是最主要的知识传播方式。造纸、印刷等技术的发明进一步推动了教育的发展。目前的教育 3.0,得益于教育科技的发展,传统的课堂开始出现课堂内外的学习方式反转,这是教育方面一个巨大的转变。教育 4.0 又发生了什么变化呢? 这里的关键词是跨学科的学习。通过这种方式 and 所有东西进行互联,例如数据源、教育网站、学生群体等,任何人只要想相连就都可以互联,这是通过物联网以及大数据来实现的。教育 4.0 的目标是为了能够实现个人学习的客制化,从标准化的、团队的或集体的操作方式开始实现客制化。

我对工业、教育分别从 1.0 到 4.0 做了一个简单的关联性分析。在 1.0 时代,主要是进行一种协助,工业中是能够协助生产,教育中是能够进行知识转移方面的协助。在 2.0 时代,工业中实现了流水线的大量生产,教育中通过学校以及教学资料实现大众教育。在 3.0 时代,是一种自控型的,在生产方面以及在学习方

面的自控,而且实现了课堂的反转以及生产的自动化。4.0 时代是一种互联的方式,工业 4.0 的目标是为了能够实现客制化产品,教育 4.0 的目标是为了能够实现面向个人的客制化教育。虽然我们来自于不同的地区、不同的大学,但是我认为在教学和学习以及在工程教育中,大多数还停留在从 2.0 到 3.0 的转变中,我们仍然还在使用标准化的学习方式,仍在进行单向的知识传播。现在新技术的发展速度是非常快的,而且与我们密切相关,例如虚拟现实技术使学习变得非常有意思且非常高效;还有 MOOC,通过这种方式使没有机会接受高等教育的人群可以按照自己的步骤进行自主学习,选择自己的学习材料,创建自己的学习里程碑。

今天我还想稍微提一下关于未来工程教育的挑战,可能听起来有些叛逆,有些批判。我们把它叫做工程教育 5.0,是超越 4.0 的,之所以要讲这个主要是因为人工智能对于知识的赋权,带来的挑战是人工智能正在替代人类,那么,我的问题是:到底传统的工程师是否已经作为一种濒危物种,就像世界上其他濒临灭绝的物种一样?对于工程师,我们的自豪感何在?未来可能很多东西由人工智能、大数据、虚拟现实等技术手段或产品替代,所以我们将进入到一个工程师要与即将到来的新的机器人参与者共同合作的时代,这些新的参与者非常智能,有的时候比人类都强,我们应该怎样对未来工程师进行教育呢?我们势必要增加更多的创造性,增加更多的自主性,加入更多的多样化的团队项目,增加更多的战略性思维。

我们的一天只有 24 小时,所以必须牺牲或者去掉一些东西。对于一些很容易被人工智能替代的,我们应该减少统一化的、重复的工作,减少重复性的解决方案。未来的工程师与当前的工程师的差异在哪儿?在我的观点来看,首先,工科是给其他的学科增值的,比如医学上可以帮助一些如基因组工程以及个人化医疗服务等,在农业上能够促进农业发展,在工业上可以帮助进行工厂的改造,还能够促进文化产业如奥林匹克运动会或者电子竞技行业的发展,这些全都是崭新的机遇。为了能够实现这些目标,对于未来的工程师而言,不仅要掌握多领域的知识,同时还应该通过工具把这些知识进行应用,成功进行多知识的组合。这将会是未来工程教育新的目标。

其次,未来的工程师需要考虑一些战略性的问题,除了常规问题的解决,未来的工程师需要去考虑一些社会方面的问题,人类需不需要我们未来在工程中发明一些什么?为什么我们要开发这个?除了工程技术的“How”以外,关于“What”以及“Why”的问题都要得到回答。同时在人类的需求方面,不仅要从事市场调研的角度,还要从对于人类的理解的角度,并要考虑到环保方面的内容,比如说如何进行不同能源的选择,如何制定优先级别。为了实现这些,我们需要更多的人文以

及通识教育进入到工科教育当中,使学生进行价值的选择,这是未来工程教育的终极价值方向。

接下来我想简单给大家介绍一下我校在这方面的实践。我们有一个概念叫作“增值性工程”,它的意思就是大规模的、跨学科的教育系统。现在双学位已经不是什么新概念了,在大多数的学校里面学生还是需要去拿额外的学分来完成双学位。但是由于学位的课程过多,那么学生就难以完成双学位项目。我们使用了双学科的学分系统,有23%的工科学生能够拿到双专长的学位毕业,这方面在台湾我们位于第一名。例如2015年、2016年、2017年连续三年获得学位的工科毕业生中,几乎有近1/4的学生毕业都取得了双专长的学位,这就是我们所谓的“工程+X”,X可以是任何一个学科,可以分为三类:工程与其他理科以及工科的结合,比如机械工程与电子工程相结合、工业工程与化学工程相结合等,这些是第一组,差不多有一半的双专长学位毕业生是属于这一类,这不难理解,因为我们必须掌握一个复杂系统,包括像信息通信技术、物联网等比较复杂的技术,我们需要将不同的工程学科结合在一起;我们还有10%的工科学生选了生物医药,完成了生物医药的专长学习;大概有1/3的工科专业学生选择了人文学科还有艺术作为他们的第二专长。

我们现在开展了一些新的学科或者说新的项目融合,例如量化的金融等,这些实际上都是跨学科的,都是可以进行融合的。这也是为什么我们现在大概有100多个新的项目提出,我们希望能够把不同的专业进行组合。学生比老师要更加敏感,他们知道自己想要学什么,同时他们也知道工程与包括人文科学等之间的互联实际上是很有帮助的,可以帮助他们实现更加美好的未来。

最后,我想借一位非常有名的科学家费曼(R. Feinman)博士的话来结束我的发言,“There is plenty of room at borders.”(在领域的交界之处我们还有很多可以探索的潜力。)对于工程的课程,将来可能会被人工智能所替代,但是在交界处、在跨学科领域当中我们还有很多的可以探索发挥的潜力。

**校长论坛 B:**

**面向可持续发展的工程教育**



# 大学与社会的融合发展

王树国

西安交通大学校长

我的发言分三部分：第一部分是对全球形势的分析，第二部分阐述面对新的形势，高等教育应该承担的历史使命，第三部分结合西安交通大学的实践，谈一谈未来高等教育的改革。

第一，关于形势的分析。

从全球范围来看，首先，第四次科技革命迅猛发展，给经济社会所带来的巨大影响远远超出我们的想象，新技术、新产业和新业态等层出不穷，更新很快，经济社会的变革对大学的发展带来了很大的机遇和挑战。

从国家层面来说，首先，国家提出创新驱动发展战略，旨在通过科技创新引领国家发展和社会进步；提出构建人类命运共同体的新理念，与其他国家携手共进，共同繁荣。其次，国家推行“一带一路”倡议，践行人类命运共同体的理念，中国在发展自身的同时也在积极推进其他各国的进步。这样的理念，特别符合大学引领社会发展、推动人类文明进步的宗旨，大学要思考在这样的背景下该如何前行。

第二，高等教育的历史使命。

高等教育的历史使命是引领社会的进步和发展，未来高等教育必须要开放办学，与社会深度融合发展。因为在 21 世纪随着互联网和人工智能为代表的第四次工业革命的到来，社会有很多方面已经走在大学的前面，很多颠覆性的技术，以及新的观念、理念，都不是出自大学，而是出自大学校园外，第一个捅破窗户纸的往往不是大学。这让我感到很担忧，如果大学还不解放思想，主动变革，就要被社会边缘化。

大学的社会定位是什么？社会为什么要办大学？大学应该在思想、在知识、在技术，在方方面面去引领社会的发展，这是社会给大学的定位。但是在 21 世纪，大学的存在价值受到了挑战。所以大学如何进行变革？我认为大学必须要开放办学，要和社会融为一体，大学要了解社会，把握社会的规律，进而去引领社会

的发展。大学如果不能引领社会发展就不具备培养未来人才的价值。当前,很多跨国公司尤其那些以新技术为代表的跨国公司,在人才培养和技术研发方面所投入的人力、物力、财力以及取得的成果远远超出大学,我们感到自惭形秽,大学有些感到跟不上社会发展之步伐,我们培养的人才如何能够满足社会发展之需求?因此,大学必须要站在引领社会发展的高度去进行深化改革,主动融入社会,而不是游离于社会之外。

我总体感觉,大学有些过于封闭,过多关注论文、排行榜等指标。但是随着时代的进步,社会对高等教育提出了新的需求,对高等教育有些不满意。大学应该有危机感,我们应该开放办学,主动的把大学融入社会之中,我们应该站在引领社会发展的角度,站在社会前沿的角度去和社会深度融合,进而创造新的知识,创造新的理念,去引领社会之发展。

下面我向为大家介绍西安交通大学的改革举措。

第一,我们发起成立了“丝绸之路大学联盟”。截至目前,来自38个国家和地区的151所大学加入了这个联盟。当时成立这个联盟时,很多同行有不同的看法,他们觉得西安交通大学应该和牛津剑桥等世界著名的大学合作,凸显自身的价值。我觉得世界知名的大学肯定做得很好,我们应该向他们学习,但是每个国家,每个区域的大学都有自身的特点和价值。所以我希望所有的大学在人类未来教育这个问题上是平等的,正因为他弱小才需要我们的帮助,因为我们是命运共同体,教育是为人类文明的进步而做贡献的。如果教育自身存在着嫌贫爱富观念,就背离了教育的宗旨。从这个角度我们成立了丝路大学联盟,联盟中有很多大学来自于非常弱小的国家,但是我觉得让他们走到国际舞台上,感受人类社会发展的变化,融入当前社会发展的主流,是教育宗旨的体现。在联盟的大框架下,我们成立了独具特色的子联盟,有丝路能源联盟、先进制造联盟等子联盟,建立交流机制,促进实质合作。我觉得这些合作和交流使得大家真正感受到人类命运共同体在知识共享、资源共享方面所做的努力,凸显了高等教育对于社会发展进步的推动作用。

为了联盟更好地发挥作用,我们通过互联网把所有的大学都联系起来,教育资源共享,而且文化背景互相交融,对各国的青年们益处多多。我们与中国工程院、教育部等联合建设“丝路国际学院”,与联合国教科文组织、中国工程院等共建“国际工程科技知识中心(IKCEST)”丝路分中心,为“一带一路”国家的人才进行培训。各国参加培训的学员都是工程师或者企业高管,他们特别希望能够融入主流社会,了解当今科学技术发展最前沿,而且我们邀请的教师都是各个领域知名的企业家和专家学者,讲授技术创新对社会发展之影响。现在仅参加过线下培

训的有 3000 多名学生,线上有 900 多万用户,目前线上有 1500 余门课程,报名之踊跃和需求之迫切超出了我的想象。通过实践,我觉得大学的人才培养模式应该有所调整,不应该仅仅局限于校园内,而且要着眼于所有愿意接受教育的人,包括社会上各行各业,特别希望终身学习,希望获取知识的群体,这也是大学的职责所在。所以随着技术的发展,我们有很方便的条件,借助于互联网等技术,很便捷的向公众提供教育服务。

第二,我们创建了中国西部科技创新港。面对当前的形势,我们构建了一个新校区,叫作中国西部科技创新港,因为我希望大学没有边界,完全开放的,和社会融为一体的,不希望用一个界限把自我封闭起来,所以把它叫作“港”,港是有进有出,我希望它和社会互通。创新港的核心区域有 5000 亩(1 亩 $\approx$ 666.67 m<sup>2</sup>)左右,整个辐射区域面积有 20 km<sup>2</sup>,我们希望创新港的建设能够把整个西部的经济带动起来,进而为“一带一路”沿线国家提供服务。

创新港建设的目标与定位就是开放办学,促进大学与社会的深度融合,不断提升大学自身的办学质量,探索建立一所伟大的大学。它的伟大体现在它对社会的关心,对社会命运的把握,以及对社会的贡献,所以我觉得大学应该是一个有灵魂的大学,只有这样才能成为一所伟大的大学。我们不要太过在乎一时一地的利益得失,更不应在乎一时一地的排名先后,因为大学是为人类社会服务的,是一个长周期的过程,不能急功近利。

创新港的建设坚持总书记提出的“三个面向”,面向世界科技前沿,面向国家重大需求,面向国民经济主战场。我们要努力打造几个“高地”:打造一流集聚的高地,打造创新人才培养的高地,打造科技成果研发的高地,打造国际交流合作的高地,还要构建自主创新成果供给源头,打造经济社会发展的技术引擎。

为了实现以上目标,我们首先创新体制机制,打造科技创新示范。学校在理工文医四大版块组建了 25 个研究院,100 多个研究所,面向社会开放、促进学科的交叉融合。现在大学内各学科之间的壁垒很严重,对人才培养和科学研究都有不利的影 响,所以我们的研究院不是按现有的学科来划分的,而是按领域划分的,打破现有学科之间的界限,瞄准 21 世纪事关经济社会发展的主要领域,比如新能源技术、新材料、装备制造、信息技术、生态环保、生物制药等。新组建的研究院,也有文科的、医学的,希望通过相互交流推动人才培养和社会进步。

二是汇聚一流人才,打造人才集聚高地。我们设立了科学家工作室,实施“领军人才”“青年拔尖人才”计划,面向全球广揽人才。我们与国家人力资源和社会保障部共建了中国西部博士后创新示范中心,面向海内外招聘优秀的青年人才,希望更多的青年人才能够借助这个平台,发展自身,报效国家。

三是打造一流研究平台。我们现在已经建立国家级的科研平台 27 个,省部级的平台 120 个,我们希望借助这样的平台的研究,产出一流的原创成果,在基础研究和关键核心技术方面有所突破,为国家的发展做出实质贡献。

四是打造面向社会开放的自主创新成果供给源头。我们与地方政府尤其是中西部省份加强合作。另外与世界 500 强企业及国家主要行业的重点单位加强合作。我特别关注如何把社会最先进的力量,来自于企业行业的人才和技术引入到校园内,所以我们建立了很多校企联合实验室,让学生走出校园之前就了解行业未来发展的技术需求,了解企业的文化,一旦走向社会,他很快会成为社会的引领力量。

五是打造一流的人才培养高地,提升人才培养质量。我们坚持因材施教,为孩子成长提供了一流的硬件和软件环境,旨在培养更多创新人才。在创新港,潜心于学术研究的孩子们,可以提前进入国际领先的研究平台,主要有国际联合实验室和国家重点实验室,与国际顶尖的学者一起开展研究,为今后的学术生涯奠定坚实基础;有志于走向社会、进入企业、干实业孩子们,可以提前进入校企、校地联合研发中心,深入了解社会、行业的需求,便于今后更好融入社会;希望自己创业,凭借自己的聪明才智引领一个行业的孩子们,可以提前进入创客空间,与各位企业大咖和商界精英交流学习,积累原始的创业资本和经验。

最后,诚邀各位到西安去看中国最古老的城市,体验传统的中华文明。西安交通大学不仅仅属于中国,也是属于世界的,我愿意和其他兄弟院校的同仁们携手并进,共同为人类社会的进步做出应有的贡献。谢谢大家!

# 从东京工业大学的视角看工程教育

**Kazuya Masu**

东京工业大学校长

很高兴来到东京工业大学的亲密合作伙伴之一——清华大学就工程教育这一主题发表演讲。作为日本理工科大学之首,东京工业大学拥有 140 多年的科技教育历史,全校有大约 2/3 的理工科学生。

今天我要跟大家讲的是日本的工程教育体系,以及东京工业大学的工程教育,最后简单介绍一项即将到来的倡议,一个工程科技领域的研究所如何为未来社会做出贡献。

首先简单介绍一下日本的工程教育体系。在日本,几乎所有初中毕业生都会升入高中,这其中有大约一半的学生继续上大学。日本的大多数高中都是综合性高中,有全面的、综合的教育课程。我们也有专注于技术或职业培训的高中,这些学校通常培训学生毕业后立即工作或成为学徒。进入东京工业大学的高中毕业生几乎都是从普通课程的高中毕业的。作为日本工程教育的一个独特的特点,我想专门解释一下高专(KOSEN)或叫科技学院。高专提供从初中开始的高等教育学习,重点提供 5 年制工程教育。日本最早的高专成立于 1961 年,是为了响应工业部门对培养工程师的强烈需求,工程师在当时维持了日本经济的高速增长。目前整个日本大约有 50 所高专。高专毕业生可以成为工程师、研究人员或管理人员,或继续接受高等教育。我也从高专毕业,然后到东京工业大学继续深造。每年大约有 40 名高专毕业生会到东京工业大学继续学习。到目前为止,大约有 30 万学生从高专毕业,不仅在工业界,而且在学术界,都为日本的经济社会发展做出了积极贡献。作为日本高等教育的一部分,高专得到了国际认可,它特别强调实践和动手能力。日本的教育部也非常强调高专的教育,也将它推广到了越南、蒙古、泰国等国家。

接下来给大家介绍一下东京工业大学的工程教育情况。东京工业大学的前身是日本政府于 1881 年创办的东京职业学校。1929 年,学校被提升拥有了国立

大学的资质。今天的东京工业大学是一所综合性科技大学,在东京南部和横滨地区有3个校区,有大约10000名学生,其中一半是研究生。留学生人数占研究生总数的20%左右。我们的师生比大约是9:1,教员人数约1090人,大约2/3的研究人员从事化学、材料、电气和电子工程、计算机科学、机械和土木工程以及建筑领域,所有这些领域都可以被视为东京理工的研究优势。东京工业大学不断为日本以及世界培养出优秀的工程师、研究者以及工商界人士,如2000年诺贝尔化学奖得主白川英树和2016年诺贝尔生理学或医学奖得主大隅良典等。

东京工业大学的整个教育体系在2016年进行了较大的变革,把原来的院系进行整合或建立了新的学院,这就让我们的教育系统可以很好地实现学士到硕士再到博士的无缝衔接。因此,学生能够更好地设计他们的学习目标,并从各种课程和挑战中进行选择,以实现这些目标。学生如果有余力,可以参加一些高阶课程,这样能更快实现学业的发展。例如在一定条件下,本科生可以参加硕士学位课程和研究项目,合格的硕士生也可以参与博士学位课程的学习和研究。以此实现学位课程之间更加顺畅和无缝的过渡。在我校的改革中,也非常重视通识教育和文科教育,我们要让学生具备一些软实力或者软技巧,让他们能够应对新的需求和全球未来新的变革。尤其是领导力教育,在新的教育体系下,学生将通过在专业、研究和文科课程上的广泛培训,获得至关重要的领导技能。我们的文科学院为学生提供与各院系提供的专业科学知识相结合的教育,有效地为他们的未来道路奠定基础。

我们的专业课程围绕讲座、实验和实践进行组织,以螺旋上升的方式为学生提供专业知识和技能教育。此外,我们将研究机构的研究成果应用到课程中,让学生了解其所在领域的前沿研究。东京工业大学也非常重视让所有学生尽早体验研究和开展研究。通过让学生接触人文教育,使他们深入思考自己的身份和周围的世界,思考个体在社会中的定位、是扮演什么样的角色以及如何利用自己的知识和专长使社会变得更好。我们的目标是培养工程科技领域的领导者,他们可以与世界各地的同行合作并发挥作用,一起让世界变得更好。

因此,我们认为,工程教育很重要,它可以搭建与国外合作伙伴或行业合作的平台。我们在不同的大学联盟中扮演着积极的角色,并鼓励学生流动,例如参加全球科学家和工程师课程。此外,我们还经常邀请国外研究人员或行业人士参加我们的工作坊,以及为新入学的本科生举办科技前沿系列的讲座。当然,我们的教师以及他们的博士生也积极参与到与其他大学和行业的研究合作中。

我们成立了全球网络社会创新设计实验室(Laboratory for Design of Social Innovation in Global Networks, DLab),我们希望能够在全球推广这样的项目。因

为社会发展得非常快,预测未来将发生什么是不容易甚至不可能的。所以,我觉得这样的一个 DLab 会带来很好的机会,让东京工业大学的专家和其他地方的专家一起进行广泛的讨论,从科学和技术的角度来了解我们未来的世界将是什么样子,以及科技该如何为这样一个未来做出贡献。我们希望把这些讨论的成果发展成为未来至关重要的新学科,并培养年轻的研究人员成为这些学科的领导者。同时,东京工业大学也在思考并筹划新的举措,培养优秀的学生,并在高等教育和整个社会中进一步发挥领导作用。

综上所述,日本有一个发达的工程教育系统。在漫长的历史和最近的教育改革中,东京工业大学在日本工程教育体系的形成过程中发挥了重要作用。通过 DLab 等新举措,东京工业大学将开创科技新纪元,培养新一代全球工程和工程教育领导者。

# 培养未来的卓越工程师和工程科学家

郭东明

中国工程院院士,大连理工大学校长

教育是社会进步的基石,可持续发展理念是国际普遍共识。现代工程教育自诞生以来,源源不断地提供人才和智力以支撑工业文明,服务经济社会可持续发展;持续为教育创新注入新内涵,推动工程教育与时俱进;帮助学生终生学习,促进人的全面发展。中国工程师人数占世界总数的 1/4,中国工科在校生占高等教育在校生数的 1/3,面对科技革命、产业变革,面对经济社会需求新的、快速的变化,推动工程教育更好地支撑、服务可持续发展,意义十分重大。

## 一、面向可持续发展的趋势,工程教育的三大变革

工程教育与经济社会发展始终处于紧密互动之中。把握工程教育变革趋势,必须把准经济社会变化的脉搏。

### (一) 内涵变化

进入 21 世纪,以信息技术、生命科学、新能源、新材料等新兴科技为标志的科技革命和产业变革方兴未艾,大数据、物联网、人工智能、网络安全、大健康等新兴科技领域人才需求旺盛。产业技术“代际”更新周期大为缩短(产品更新换代周期缩短),工程教育加快“版本”更新周期(如中国提出卓越工程师培养 2.0 版)。工程教育需要与时俱进,引入前沿科技知识,加快教学内容更新。

### (二) 范式转换

科学技术高度分化和高度整合并存,形成巨大的内在发展张力。基于人类原有知识分类能力所做的学科划分体系,由于学科交叉、学科融合,学科边界变得日益模糊。解决当代及未来复杂工程问题越来越需要综合科学、技术、市场、文化等多方面的知识。工程教育要根据学科体系的变化,调适并确立工程教育新范式。

### （三）价值重塑

现代工程科技给人类带来极大便捷的同时,也带来诸多困惑,对人类可持续发展形成挑战。解决复杂工程问题,除了工程科技本身,必须更多地考虑社会问题、经济问题、环境问题、人的全面发展问题等。可持续发展理念应该是一条贯穿工程教育全过程的价值主线。

## 二、面向可持续发展的需求,未来培养什么样的工程师?

创新是引领发展的第一动力,需求则是社会进步的根本动因。我们要面向社会需求,培养未来工程师。

### （一）价值判断能力

科技是一把双刃剑,既能给人类带来福祉,也能带来危害。未来的工程师,要把有益于国家乃至人类社会可持续发展作为至高追求,不仅要有技术本身的判断能力,也需要有价值的判断能力,富有人文情怀,富有批判和反思精神。

### （二）综合创造能力

科学家的工作是发现新的知识,工程师则要把新知识转化成可用的方案、技术或产品。未来的工程师,重在突破核心共性技术,重在方案或技术集成整合,其创新、创造、创业能力都有更高要求。这不仅需要知识和技术,想象力也变得更为重要,团队精神(包括领导力)也不可或缺。

### （三）国际竞争能力

尽管当今世界出现一股“逆全球化”的潮流,但是全球化的大趋势是必然的,未来更需要有国际视野和国际竞争力的工程人才。中国是开放的,中国的大学也是开放的,学生在互相公平竞争、互相学习借鉴、互相合作支持中将会获得更多的成长。

### （四）终生学习能力

人类知识的不断累积和快速增长,学生要学习继承的知识越来越多,单靠延长学生的学校教育年限,是无法从根本上解决这一矛盾。工程教育要强化“授人以渔”,学生要学会终生学习。

## 三、面向可持续发展的要求,把握工程教育变革的关键

面对环境的变化和需求的变化,工程教育要借鉴《周易》哲学,变易、简易、不易,在把握本质、坚持传统、融合创新中推动变革。

### （一）把握工程教育的创新本质

工程技术的基础是科学知识。工程教育需适应新经济发展和新一轮科技产

业革命的需要,把最新的知识和技术引入课堂,优化学科结构、专业设置、课程体系。中国提出加强“新工科”建设,新工科之“新”,本质上是知识之新、教育之新,是新学科(含新方向)、新专业、新课程、新教材、新教法各个方面的融汇。

## (二) 秉持工程教育的实践传统

工程教育需要坚持和传承工科的实践属性,针对工科学生解决实际问题 and 动手实践能力偏弱的不足,给学生创设真实的工程训练环境。一方面,大学要加强实践教学,科研实验室要向本科生开放,教学实验室要升级,专业理论课要适当开展工程实践案例教学,鼓励工科教师到企业进行工程实践;另一方面,政府、企业和社会要支持大学对学生进行工程实习实训,企业要向学生更开放,政府政策支持更有力。

## (三) 推进工程教育融合创新

学科交叉融合打通了知识体系内在的、固有的、复杂的、普遍的联系。工科要树立“大工程观”,工程教育要树立“大工程教育理念”。在具体教育实践中,通识教育多一点还是专业教育多一点,理论教学多一点还是实践教学多一点,面向国内的多一点还是面向国际的多一点,始终是富有挑战性的平衡。

# 四、面向可持续发展的未来,大连理工大学的探索实践

大连理工大学作为一所理工特色鲜明、工科优势突出的大学(“211”工程、“985”工程、一流大学 A 类建设高校),工程教育是学校的主干,工程学、化学、材料学为 ESI 前 1% 学科,70% 的学生在工科(工程教育领域)学习。

## (一) 更新工程教育理念

升级培养目标和定位。根据一流大学建设目标,我们坚持价值塑造、知识建构、能力培养三位一体,“宽口径、厚基础、重实践、促创新”,开展一流工程教育,着力培养具有扎实的理论基础知识,突出的实践能力和创新能力,具有终生学习能力,开阔的国际视野,能够综合运用现代科学知识和技术手段解决工程技术问题的卓越工程师、工程科学家。

坚持“大工程教育”理念。工程人才专业培养方案的制定坚持:处理 2 个关系(科学理论与技术、工程的关系);搭建 3 个平台(通识教育、学科大类教育、专业教育);加强 2 个结合(理论教学与实践相结合、基本实验与工程训练结合);坚持 3 个不断线(工程教育不断线、创新实践不断线、企业合作不断线);着力复合型专业人才培养。重视培养学生道德品质和责任担当意识,重视工程伦理教育;实施“专业知识与技能+”模式,从原来只关注学生“会不会做”,拓展到“该不该做、可不可做、值不值做”。

## (二) 完善工程教育体系

加强工科专业建设。巩固传统工科专业优势,建成 23 个国家特色示范专业,19 门国家级精品课程、19 门国家级精品资源共享课、9 门国家级精品视频公开课、41 门省级精品课。加快新工科专业建设,在化学与化工、能源与环境、装备制造与新材料、信息技术等领域,培育新的学科增长点,建设新工科课程和专业。今年学校获批 6 个国家级新工科研究与实践项目,位列全国高校第五名。

强化工程实践训练。在校内加大投入,建成 8 个国家实验教学示范中心,3 个国家虚拟仿真实验教学中心;对外深化与企业的合作,已建成 15 个卓越工程师培养实习、实训、实践基地和创新平台。实施校企协同的卓越工程师培养,设立“大工-中广核”“大工-米其林班”“大工-三一重工”等“卓越计划班”,与企业联合培养学生。

加强创新创业教育。设立创新创业教育学院,打造学生创新创业之家;建立 4 个“一”制度(每一名教师每一年至少提出一项适合大学生科研训练的研究项目,至少指导一名以上大学生开展创新性实验研究项目——纳入教师履职考评,纳入学生培养方案);2007 年开始实施大规模的大学生创新创业训练计划,学生受益率达 50%。以竞赛为载体促进创新创业活动,为此学校设立大学生科技竞赛专项经费,近 5 年竞赛获国际二等奖以上 720 余人次、国家奖 1650 余人次、省级奖 3530 余人次;近 5 年获 1859 项专利授权。

## (三) 培养国际视野的工程人才

实施“国际化提升战略”。学校主动融入国际工程教育主流推进积极变革,把“学生中心、产出导向、持续改进”的国际工程教育理念落到实处。学校与 30 个国家和地区的 200 多所高校、科研机构、大型企业等签署了校际合作协议。

推进学生培养国际化。学校建设有大连理工大学-日本立命馆大学国际软件学院、大连理工大学-莱斯特学院、中国-白俄罗斯国际学院,是全国拥有最多实体国际合作办学机构的大学;学校按照国际工程教育标准,在化工、机械、土木 3 个工程教育专业设立国际班(全英文授课),另外还设立 3 个工科日语强化班和 4 个工科英语强化班。我们正在进一步推进与美国、英国、日本相关大学的合作,与加州大学欧文分校的机械工程联合培养项目获得教育部批准;以与东京工业大学合作为基础,提出“中日同窗友情计划”新模式,使学生在互学互鉴互助互促中成长。

推进国际工程教育标准认证。化学工程、电气工程与技术专业被中国工程教育专业认证协会选定,代表中国高水平大学接受国际观察员认证考查,为中国成

为《华盛顿协议》正式会员做出重要贡献。目前,学校 19 个专业通过国际工程教育认证,总数居全国高校第一。

面向未来,大连理工大学主要教育定位是坚持开展中国特色、世界一流的工程教育,目标是培养能够引领未来的卓越工程师和工程科学家。我们将和国内外的同仁一道,秉持工程教育传统,加大教育创力度,立足办好可持续发展的一流工程教育,争取为中国和世界可持续发展做出卓越贡献。

# 面向可持续发展的工程教育

**Guido Saracco**

意大利都灵理工大学校长

都灵理工大学是意大利历史最为悠久的理工大学,始建于 1859 年,比麻省理工学院还要早一点,学生总数约为 34000 人。都灵理工大学在意大利理工技术领域占绝对优势,尤其在建筑设计、机械制造、电子通信等工程技术领域享有国际声誉。

20 年来,可持续发展在工程教育中发挥了越来越重要的作用。工程和工程师处于科学与社会的交界处。今天,技术比历史上任何时候都要进步,并且正在改变语言和工具。但是,工程的作用和责任是什么?工程对我们来说到底有什么样的含义?整个世界也在发生变化,整个世界变化的速度要比我们想象的要快,将来大概有 35% 的学生所从事的工作都是现在不存在的,我们甚至不知道这些工作的名字。因此,尤其是大学,需要加快更新我们的教育才能够满足这些不同的需求。我们要让大学、社会 and 行业进行更加紧密的合作,大家一起才能够为社会培养更多的高素质人才。

我们经常会邀请一些行业精英在我们大学授课,同时让不同学科的学生和他们共同开展一些研究项目,我觉得这是让大学能够充分扩大自己内涵的一个路径。这些行业精英不仅在行业中有巨大的影响力,而且能够推动整个行业的发展。他们也更加清楚在行业中发展需要具备哪些知识和技能。现在行业本身已成为一个巨大的平台,我们需要更新颖的车型、需要互联互通、需要自动驾驶技术等,但仅凭一个人是无法实现这样的目标的,需要新的公司,需要新的合作伙伴。整个行业的发展趋势需要我们更好地融合,需要跨界发展。更重要的是,要将可持续发展的目标融入到学校的课程设计当中。实现可持续发展目标需要我们超越原有的职业舒适区,进入一个自我拓展和创新的空间,我们对此深信不疑。

但最主要的问题是学校的部分教授不想变化,他们不想做出太多改变,因为他们太忙了。我所在的大学每年培养 3 万名工程师,所以教授们是非常忙碌的,

而且学生数量也在不断增加。所以,教室被征用得越来越多,教室里上课的学生也越来越多,导致教师有时候提供的只是信息,就像是海绵吸收水一样,然后就是考试,没有任何批判性的思维和创新性的思考。我这个校长的职位不是由政府所指定的,我是选举出来的,所以我的工作也很难做,我要让教授们做出改变也是很难的。

但是,为了推进可持续发展目标,都灵理工大学在过去的几年里也在不断尝试进行改革。首先,为了使大学活动与可持续发展目标保持一致,我们提出的口号是“加入、分享和传播可持续发展目标”,并根据联合国 2030 年议程提出的 17 个目标和相关 169 个目标,对学校的教学、研究目标进行了重新解读。学校致力于从各个方面来认识和落实可持续发展目标,并将其传达给整个社会。在研究方面,基于跨学科教育的需求,我们成立了多个跨学科跨部门的中心,其中不仅包括理工科,还包括人文艺术等,因为许多可持续发展研究问题需要将人文科学和工程科学结合在一起。大家共同开展大规模的项目,联合解决问题,通过这种途径,培养学生创新、打破思维疆界的能力。这些中心都比较靠近市场,靠近应用,接近实践,并重点关注社会挑战。在教育教学方面,基于挑战驱动和问题导向等方法开展创新教学。我们还建立了面向互联网与社会可持续发展的孵化中心,成立了可持续发展绿色团队。我们希望所有的研究、所有的教育能够与可持续发展目标一致,并匹配社会发展的需求。我们也希望学生们一起做一些校园的项目,让他们能够通过这样的项目,在校园生活中实现可持续发展。我们提倡和鼓励节约能源,例如在城市里推广骑自行车去上班。我们还有一些剧院的项目,也提供了一种新的教育方式。

今年我们的学生参加了国际太阳能十项全能竞赛,这里也采用了新的教育形式。在这个项目中,我们与中国华南理工大学的学生组队联合参赛,我们的建筑师、工程师和学生们一起合作,团队成员包括城市设计、绿色建筑、节能技术运用等方面的顶尖指导教师,以及来自两所大学建筑学院、土木与交通学院、电力学院、环境与能源学院等十几个院系的本科生及研究生。最终,完成了作品“长屋计划”,完美呈现了一栋技术创新的零能耗住宅。我们还开展了很多社区的项目,教授、学生和企业共同合作建立并完成项目,也产生了很好的社会效应。

# 交叉 跨界 融合

## 推动工程教育再开放、再创新

赵 继

东北大学校长

### 一、当代工程教育面临的挑战

当代工程教育面临的主要挑战,一是知识增长的速度越来越快,知识更新的周期越来越短。二是产业变革的速度不断加快。从蒸汽火车到高速列车,从柯达相机到数码相机再到手机,从软盘到光盘再到闪存,一个产业、一个行业有时面临的<sub>最大挑战</sub>往往是颠覆性变革。三是产业越来越开放并趋向于全球布局。随着经济一体化的不断深入发展,越来越多的产业需要全球范围内的协同供应。四是大量的工作岗位日趋走向智能化。这是非常值得关注的方面,智能工厂、智能汽车、智能交通、智能交易、智能助手、智能医疗等,智能无处不在,它的影响已经越来越明显。美国咨询公司 Opimas 发布报告称,到 2025 年,金融业中的 23 万个工作岗位将会消失。五是未来将会出现越来越多的现有学科未能覆盖的领域。欧洲人力资源服务商德科集团(瑞士)在 2016 年中欧大学校长论坛上发布的研究数据显示,全球现在有 7300 万年轻人处于失业状态,全球仍有 800 万个工作岗位找不到合适的人选,预计到 2025 年有一半以上的年轻人将从事当今社会并不存在的全新工作。这些数据是否特别准确并不是最重要的,但是可以肯定地说,目前教育供给与产业对人才的需求之间存在错位。将来有大量新的领域和岗位是现在大学里的学科专业不能覆盖的。这会带来什么问题呢?将来很多领域充当主导、主力带头人和骨干的人才,目前是我们已经在校的本科生或者研究生。所以不光是远虑的问题,也是近忧的问题。六是技术创新和产业发展更加需要多学科融合。例如,机器人科技及其产业涉及诸多学科的深度融合,包括机械、脑科学、电子、材料、计算机、控制、设计、管理等,但一个工程师掌握全部领域知识是十分困难的,我们该如何进行教育?现在流行的理念中“加法”比较多,但是我们更需

要理性的冷静思考,路径怎么办?“减法”在哪儿做?因为毕竟学习时间是有限的。七是工程教育的人文内涵更加突出。工程师作为人文属性的要求比任何一个时候都更加迫切。我们需要对工程教育的未来进行思考,也就是工程教育要为人类的明天,要为受教育者的发展、为其幸福人生奠基。八是大学基本职能对工程教育提出了更高的要求。例如无限制的工作流动性,超越特定的学科专业的工作能力,个人自由发展的综合学习能力和可跨界的职业生涯的培养等方面。九是工程教育需要引领产业发展的方向。新工程教育不应只服务于现有产业,而要引领未来产业转型升级和创新发展,为新的产业甚至行业的诞生提供智力支撑。虽然这个提法有点高,但至少好的大学应当如此,好的工程教育应当如此。

## 二、工程教育再开放、再创新的路径

第一,工程教育的理念需要再开放,要推动工程教育的交叉、跨界和融合。工程学科的使命是使用人类知识集合中的一切有用的知识,寻求解决人类现实和未来可能遇到的问题,为人类生存发展和生活幸福服务。但由于人类的需求是复杂的、多样的、交叉的、变化的,因此工程教育要拥抱未来的一切可能。我同意这个观点,科学家主要是发现和解释世界,工程师特别是卓越工程师在于创造未知的世界。对人才培养来说,无论是哪一类,都有共性问题,比如人文主义精神、价值取向、基础能力等。我认为作为工程师最重要的特质有两点:一是基于想象力的创新能力,二是基于实践能力的建构能力,或者叫建造能力。这是卓越工程师区别于会计师、律师和其他高层次人才的最本质区别。因此,工程教育改革,无论怎么变化,这两个着力点一定要牢牢把握。

第二,工程教育应当加大国际开放的力度,推动全球范围内工程教育的协同共进。工程教育不能闭门造车,必须更加积极地融入各类全球性机构、专业机构、区域性机构推动的共同进程中。对于这一点,大家共识度也越来越高。

第三,工程教育应当扩大向产业开放,推动产学深度融合和协同育人。工程教育需要引入更多产业的力量,使学生更早、更多接触产业实际,弥合工程教育与产业发展需求之间不断扩大的剪刀差。它不仅仅是了解社会,了解实践的问题,它是工程教育的临床,是工程教育最重要的方面。一个比较理想的安排是混合式,但是模式和道路有各种方式供选择。

第四,工程教育应当扩大学科开放,推动学科间的交叉和融合。有两点需要强调一下,我认为在基础知识方面,工程教育要重构通识教育或者整合和改革现有的通识教育,其中除了价值塑造外,在基础知识方面,要注意知识的深度和广度,数据科学、人工智能、生命科学领域的新知识要进入工程教育的通识教育体

系。在人文素质方面有很多能力需要培养,但是我认为以下能力最为重要,在大学阶段要打好基础:思辨能力,哲学上的反思或者批判精神,还有方法论、价值判断、跨文化的理解,审美能力等。对工程师的建构力和想象力的培养来说,审美能力特别重要。由于普通教育阶段的某些特殊因素,使得我国的大学在这方面可能要补课。

第五,工程教育应扩大课程开放,建立多元的知识获取体系。工程教育需要整合更丰富的教育资源,更多样的形式,更多元的课程。这个课程不仅仅是课堂教学,也不仅仅是理论教学,这里面包括教师的来源、课程形式、虚拟现实、人工智能、增强现实这些手段,包括多元教材、立体教材,还包括做中学。比较理想的情况是学生如果能够具有像天天看手机一样来获取知识的兴趣,能够具有像创新创业的学生废寝忘食的那种劲头,那么工程教育的主动性、参与性和互动性会更好。

第六,工程教育应当加强知识体系创新开放,推动教学和研究深度融合。也就是要确保最新的科技和工程前沿知识进入教学,通过建立课程和教材的更新机制和模式,使教学内容具有新颖性和时代性,推动知识体系创新。我认为近些年,虽然我们做了许多工作,但在知识转移和知识再创新方面还做得远远不够,未来的空间还很大。

第七,工程教育应实现向教育管理开放,推动工程教育和社会发展的协同。终身学习将成为未来社会的基本特征之一,工程教育的方式需要更加开放:推动培养过程的开放,允许弹性学习甚至随时学习,建立学习档案;将碎片化学习、非正式学习等纳入学习的全部范畴;扩大学分认证的规模和范围。

在工程教育开放创新方面,东北大学也做了一些探索。例如,在产学研方面,学校发挥已有优势,和东软、宝马等企业深度推进产学研合作,联合培养高素质人才;创办机器人科学与工程学院,进一步推动学科交叉;深化“做中学”理念,成立“双创”学院;推动国际合作,与法国合作开设材料专业;推动本科教育的卓越进程,成立了试点班;推动信息化与教学的深度融合,推动研究成果向教学的转化;等等。总的来说,东北大学要走自己的创新型、特色化和开放式发展道路,向下扎根,汲取营养,服务需求,向上发展。未来,经济、社会、文化、科技和教育的发展面临着更多的挑战与更多的机遇,将呈现更加多元、更加开放的发展景象。大学必须以前瞻的眼界、开放的胸怀和务实的行动,进一步扩大交叉、跨界和融合,推动工程教育的再开放、再创新,迎接更美好的明天。



**专题 A1:**

**产学合作新模式**



# 多伦多大学的产业合作伙伴关系

**Cristina H. Amon**

加拿大多伦多大学工学院院长

多伦多大学 (University of Toronto, UT), 始建于 1827 年, 坐落在加拿大第一大城市多伦多, 是加拿大一流的公立研究型大学, 也是一所享誉北美乃至全球的顶尖高等学府, 多伦多大学共分圣乔治、士嘉堡、密西沙加三个校区。UT 有近 9 万名学生, 大约 1.9 万名研究生, 教师 14200 人, 行政管理人员 6700 人, 全球有 56 万多名校友。工学院起源于 1873 年的实用科学学院, 目前有 261 名教员, 5298 名本科生, 2415 名研究生, 行政技术人员 322 人, 超过 5 万名毕业生。

关于大学与产业的合作, 有一点我们可以肯定的是, 产业界比较感兴趣与我们的学生进行互动性的发展合作, 因为他们是行业企业未来的员工。正因为如此, 我们在经验学习方面要创造更多的机会给学生。例如, 学生在学习的最后一年可以参与企业提出的项目, 一般这样的项目至少涉及 3 种不同的学科。通过项目把产业和教师联系在一起进行合作。

我们要提供校企合作的机会, 让学生未来有可能进入企业工作。我们要对产业发展保持前瞻性的眼光, 不见得是这个产业立即需要的, 但可能是新的发展方向, 这对产业来讲是非常具有战略性的, 对教职员工也是这样。从这个方面讲, 我们可以看到最大的价值所在。因为我们现在很多研究都是基于产业界目前的需求, 我们还需要通过研究给我们产业的未来带来更多的机会, 这样才是真正地去发现新的技术、新的方法, 并在新的实践中进行应用。

当来自全球不同背景的教师和产业里开展合作时, 才能建立最全面的合作伙伴关系。我这里还想提一下, 这里还有另外一种教育项目的产业合作方式, 就是为学生提供一些实习机会。在多伦多大学, 我们的实习时间通常持续一年, 还可以到 15 个月, 70% 的学生都是在大三或者大四的时候, 用一年的时间开展实习实践活动。现在我们每年有 1000 多名学生参加实习, 我们有 300 多个产业合作伙伴, 学生通过实习获得实际的工作和项目经验。

下面列举一个非常全面的产业合作伙伴关系。加拿大刚刚成立了一个合作研究中心,在这个中心里,大学作为研究枢纽来加快一些研究的产业化应用。这里主要有三大应用项目:智能城市、先进医学以及金融工程。这个产业合作项目,是在多伦多大学新建立的工程创新创业中心开展。

另外,完整的生态系统也是非常重要的,它实际上是一种实现产业发展的方法。在多伦多市,我们可以更好地与一些企业来开展合作,也能够获得更多联邦政府的支持。我这里还想提一下,在15~20年前,加拿大联邦政府进行了一个研究基金项目,是关于产业投资的,不仅仅只是来自于产业的投资,还有各种类型的其他的支持。对于一个全面的综合性大学,这些都是给我们提供的机会。一些比较重大的课题,我们也会和产业界进行深度合作,例如可以通过成果转换的方式实现非常有效的产学合作。对于年轻一代,他们有更多的机会进行有效的产学合作。多伦多大学有三类校企合作伙伴,图1展示了多伦多大学的合作伙伴战略。

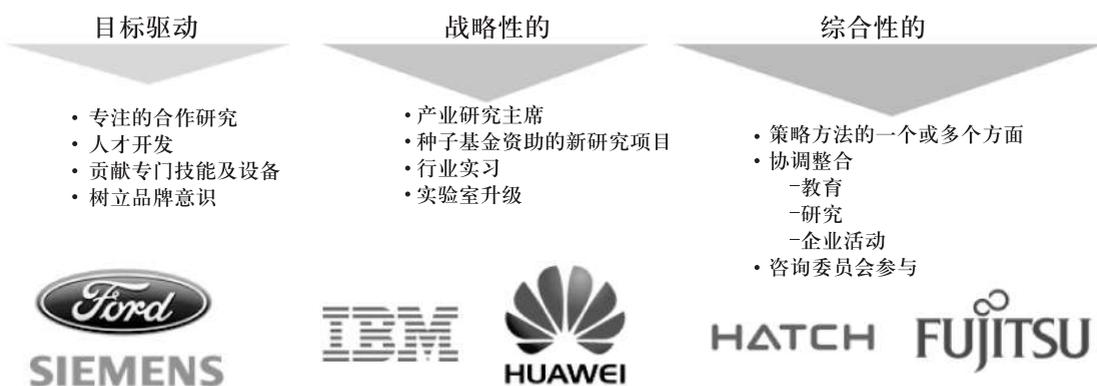


图1 多伦多大学合作伙伴战略示意图

另外,多伦多大学与医疗系统也有非常密切的合作,我们有非常多的研究项目应用在医疗工程教育当中,这些都需要进行具体的实践。所以,我们在同样的生态系统当中有最新的平台,也包括像金融行业的创新等。

# 从企业角度看产学研合作

**Norbert Luetke-Entrup**

西门子全球技术管理创新总裁

首先说明一下,我不是教授,20多年前我也是个博士生,今天我从公司的角度给大家进行演讲。如果我们看一下科学历史的话,发现是从一些比较知名的公司开始的,比如说博世(Bosch)、戴姆勒(Daimler)等。这些公司是技术创造财富、白手起家的典范。对于创新,一些公司在其发展的过程中成立了很多的实验室,比如说贝尔实验室、西门子技术实验室等,这些实验室驱动着公司的发展,尤其是在应用研究方面,甚至还有得过诺贝尔奖的。今天我们所看到的发展模式,已经开始驱动创新发展了,这方面的出现是有原因的。

第一,从研发投入的角度,在专利数量以及研发投入方面出现了爆炸式的增长。西门子有4万多名工程师,我们希望有足够的人才进行研发工作。

第二,从投资者的角度,包括股东,他们不想让西门子投入太多到研发当中,投资者只希望能够将一个好的技术拿来从中挣钱,所以这是一个非常大的区别。

第三,也是最基本的原因,就是我们谈到的领域。创新领域,它的复杂性在增长,不是一个公司就能处理的。西门子足够大,能够驱动电气化甚至自动化这些领域。但是,现在我们更多的研究是在IT以及网络安全、区块链、人工智能等领域。所以,需要将更多的工业技术进行集成。就像现在,开始出现“工业4.0”、智能电网等新领域,都是非常复杂的。显而易见,只有真正能够利用创新生态系统,才能进一步推动它创新发展。

对于一个好的大学,为了实现好的产学研合作,有许多方面都需要进行改变,我们应该很早就有这种共识。大学具有科研、教育方面的功能,还有科研成果转化为实际应用方面的能力。今天大家能够看到,有很多企业家、很多公司、企业的研发中心在大学里展开合作。同时,在这些公司内部也有同样的趋势。

20年前,西门子与大学开展的合作中,我们都是主要的研发工程师。我们采用一种自下而上的方式,这会带来非常分散化的、碎片化的上千个小项目,但是没

有真正是有战略性的。现在我们有独立的大学关系部,12个工作人员负责公司与大学的合作。我们还定义了核心合作伙伴,包括如清华大学在内的多个世界知名学府。我们对与合作伙伴共同开展的研发项目基本上每年要投入几十万欧元,所有这些都给我们带来非常实际性的绩效增长。但这样的合作不是一两天就能实现的,需要与大学进行长期的合作。

在产学研合作的伙伴关系中,注意合作各方要有非常清晰的高层战略和智慧。我们知道,一般是自下而上进行合作的,因此需要这种合作伙伴关系属于战略性的一部分。要实现与大学之间的合作伙伴关系,就要得到双方高层的重视。另外非常重要的一点就是自上而下的合作。我记得公司曾经做过一些商业方面的投资,甚至给过一些补贴。但最终合作成功的,都是真正愿意花钱与我们合作的大学。同时,这也契合今天会议的主题——产学研合作新模式,我们也是针对下一代创新者和工程师来进行合作的。

然而,并不是简单地把合作的工作交给大学去做。我认为要想成为一名合格的工程师,除了学校的教育之外,还需要毕业后在工程领域和工作中的实践锻炼。所以在此就回答了这样一个问题——我们如何能够真正培养出一个双方都想要的工程师。

现在大家也在讨论,未来的工程师到底是什么样的?总的来说,大家进行争论的是我们培养工程师的课程设置是什么样的?我并不太喜欢这种讨论。如果说我们的课程设置固定下来,好像就代表了未来能够培育出超级工程师一样,或者说我们希望这个学生能够了解如数字技术、人工智能等最基本的一些商业技能一样。当然,这些也很重要。但是我想说的是,现在很多毕业生实际上并没有比我们当时聪明多少,所以不必把课程设置太多的内容。

简单来说,我们欢迎多样化的课程设置,希望培养的工程师能够告诉我们,为什么机械设备出现故障,为什么有的时候机器没有达到我们预想的效果。我希望大学培养的工程师是有能力与一个跨学科背景的团队进行协作并把所学的知识 and 能力运用在团队协作过程中的,这对企业来说是很重要的。这是我们企业的要求,我们希望大学能够帮助我们实现这样的目标。

大学也要重视学习的方法。大学所教的一些学习方法,应该发生了很大的变化。我们知道,现在一部分同学学到的最好的课程不是来自于最喜欢的老师,而是来自于互联网。这也是为什么现在可以通过互联网来重新定义大学的概念,重新和我们社会当中所有的利益相关方进行协作。但是我认为,在大学里所掌握的知识,在公司里面也适用,这就是我们所说的要具有终生学习的能力。让学生获得终身学习的能力,将会对学生产生巨大的影响,这也同样会影响到他们未来在

企业的创新能力。所以,这也是我们希望能够得到大学的合作与协作,来实现这样的变化。

我们说需要多元化、多样化的工科学生,当学生毕业之后,我们不是把他们直接放到西门子传统的研发中心去教他们怎么去做。对于刚刚毕业的学生来说,他们希望参与到创新的过程当中,能够提出自己的想法,而不仅仅是简单地在执行层面开展工作。在西门子,我们希望帮助他们实现自己的梦想。其中一个方法就是,我们的研究人员会教给他们关键的技术,给他们经费。我们每个同事都会拿到一部分小的预算或者资金,可以用这个资金提出一个创新的想法,在平台上和其他同事进行讨论,最后根据可执行性来申请更多的资金支持。能够吸引到来自各方支持的想法就有可能变成现实,这个过程不需要管理层的参与,它是一种自下而上的、对市场创新有资金预算支持的分配。西门子在这方面的历史是非常悠久的,当然还有其他方式,比如说可以对不同的项目提出自己的异议。我们的目的非常清楚,希望给工程师更多的空间,让他们能够真正发挥出自己的想象力。另外,我们在职业发展方面也会给予他们充分的支持。

在过去,对工程师来说,如果工作做得好,人力资源部门可能就会给出一个职业生涯发展的路径,但是这样的概念现在已经消亡了。现在因为市场非常复杂,人力资源部门已没有办法真正为上千个工程师做出个人职业发展路径。所以,现在在西门子就将新的工作机会、招聘的职位,尽可能的公开、透明,同时鼓励员工不要指望人力资源部门对自己进行职业规划,员工可以给自己规划。

现在很多学生如果在大学里学会了如何自主进行课程选择学习,他们会有一种如鱼得水的感觉。他们不再只是坐在那儿听教授按照统一的课程设置讲课,而是拥有主观能动性,通过这样的方式可以拥有多元化的工程师背景。同时,他们也知道什么对于自己最合适,可以在某一个领域深入的发展,甚至可以发展跨领域的学习。

最后,我觉得对于产学研合作来说,并不简单地只是指学生,还需要在学校和企业的层面来进行合作。很多时候大家觉得这种合作是单向的,就是学生毕业以后进入企业。那为什么西门子的员工不能够到大学里面去上课呢?或者说学校可以给一些教师两到三年的学术假,让他们在企业中进行实践,等等。我们可以把这种合作变成一个双向的人员交流、人才流通。通过这样的方式才能够真正实现未来的进步。

# 产学合作模式

**Chua Kee Chaing**

新加坡国立大学工学院院长

首先,介绍一下新加坡国立大学。新加坡国立大学是新加坡历史最为悠久的大学,同时也是新加坡最大的、唯一的一所综合性大学。我校采用英式的教育模式,可以说我校是新加坡科研能力的代表。大概在 2000 年左右,我校开始转型,更多地转向美式的教育模式,同时鼓励和强调开展科学研究。

新加坡国立大学工学院有 60 年的发展历史,现有约 9000 名学生,7 个系,16 个硕士学位点,9 个博士学位点,360 名教职员工,900 名研究型教师,300 多个支持型员工。员工中有很多临时性的员工,他们并不是大学的全职员工,他们在别的地方工作,但来到大学里做一些教学,也就是我们所说的兼职教授。

为什么产学研合作非常重要?作为学术界,我们觉得产学研合作可以让我们在一些重要的课题上开展研究。我强调“重要”这个词,是因为有时候学者们可能会研究一些有意思的问题,但是有意思并不代表它很重要。所以,对于学者来说,我们需要研究的是重要的问题,这样可以把我们的研究成果转化为真正对社会有用的成果。

刚才西门子的 Norbert 谈到,对于大学来讲,现在有一个特殊的使命,就是如何能够对社会产生影响。现在对学生的联合培养,无论是来自产业界还是学术界方面的合作,都能够帮助学生更好地适应现实世界,并为面向未来的社会做好准备。

我觉得这里面还有一个风险的问题。我们很多年轻的教师是从学校毕业直接来到教师岗位的,之前并没有任何的行业经验。只有很少的教师是有行业经验的。如果让这些老师教学生的话,我们可以想象一下,这可能与行业的要求有一定差距。

实际上,我们的教育方式也需要被重新定义。本科生花 4 年的时间在大学毕业,但这 4 年是不够的。在当前社会快速发展的形势下,学生毕业之后去工作,必

须持续不断地学习。由于在职业生涯方面或者选择方面发生变化,他们可能还要重新回到学校里来。在当前可持续发展的时代,我们必须与行业密切合作,持续地与企业开展一些教育培训项目。

从某种程度上讲,无论是个人的研究,还是战略性的、全面性的合作,最好是在我们都比较熟悉的领域。而合作模式主要包括实习、合作项目等,这些都非常受欢迎。对于我们的实习项目来讲,它属于必修课。所有的工科学生必须花6个月的时间在公司工作,我们也希望能时间长一些,比如说1年。

另外一种合作模式是,企业参与到我们的课程设计开发中,由此成为项目的咨询委员会成员。还有客座教授的模式,一些公司的专家到大学进行教学,和我们的学生进行互动,这样可以共同开展一些研究和教学。

在产学合作的挑战方面,产学合作中,对于学术界是在不同的时间轴上的,必须进行很好的管理才行,并且还有技术成熟度的问题。关于学生的培训方面,我相信学校里的很多研究是基础性的,对于学生的教育可能是比较全面的,但对于企业来说,企业仍然希望学生能够从开始工作的第一天就能进行更多的实用性研究。

像西门子这样的大公司,他们愿意进行这样的培训。但对于中小型企业来说,他们没有时间对刚毕业的学生进行培训,因此希望毕业生一上班就能够工作。但作为大学,不能只和大公司进行合作。在新加坡,很多工作都是一些中小型企业去完成的。所以,政府也要从管理支持的角度来考虑,使大学更好地帮助这些中小企业。

## 如何更好地开展产学合作?

**Leif Kari**

瑞典皇家理工学院工程科学学院院长

瑞典皇家理工学院(KTH Royal Institute of Technology, KTH)是瑞典国内规模最大、历史最悠久、国际化程度最高的理工院校,瑞典全国约1/3的工程师都出自这所大学。KTH 1827年建校,1917年完成主校区建设,主校区是由三个比较大的学校整合在一起。学校在校本科生及硕士生约16000名,博士以上研究生约2000名,还有近5490名教职员工,在斯德哥尔摩有5个校区。

瑞典是非常小的一个国家,只有1000万人口,比北京的人口还少,但是有很多国际公司,如宜家、ABB等。那么我们如何发展起来的呢?首先,我们认为,创造力、创新和创业精神是所有学习课程不可或缺的一部分。在教学中,我们采用小规模授课和研讨会,鼓励学生分组解决问题,注重培养学生们的创新思维和创业精神,并采用最先进的教学手段和技术设备。

我们面临的挑战驱动着工程教育的发展,而教育中需要注意与行业企业进行合作。在校企合作方面,我们强调和企业进行战略合作,我们每年会举办关于未来挑战的管理对话和所有合作伙伴的高层会议。我们和很多企业建立了合作伙伴关系,这种合作关系是建立在双方长期发展的基础上的。校企双方可以在流动性、联合研究项目、教育、终身学习、研究基础设施等多方面开展合作。

合作促进了KTH和业界之间的互动。从合作方来看,KTH聘请业界的专家担任兼职教授,这些教授提供了来自业界的专业知识,并搭建了与业界沟通的桥梁。不管是产业内的专家来学校授课,还是我们的教授到产业界进行实践,双方有共同的基础设施。我们还有一些实验室,是由产业界资助的,并与产业界合作进行研究。还有一类KTH聘请的联合教授来自其他机构,他们每周有一天要做一些和联合项目相关的工作。这是一种双赢的模式,因为我们不需要付他们工资,但是却能够得到技术信息,当然这些信息有些来自于学校,有些来自于业内。第三类是那些具有博士学位或同等学历的人,可以参与到相关研究或教育中来。

第四类是在行业就业的博士生,他们在行业工作,也是 KTH 的博士生,并在工作岗位上开展至少 50% 的研究学习。从 KTH 可以参与合作的人员来看,第一类是在 KTH 就读的在职博士生;第二类是 KTH 的专家可以到业界去兼职,我们学院就有很多人进入了行业里,在企业工作 3 个月,学习行业里的专业知识,这对我们来讲是一个非常好的经验;第三类是 KTH 可以提供一些学位项目和实习学生到企业工作。

另外,我们还有和行业合作的工程文凭和硕士学位项目(图 1)。在瑞典,我们有一个 5 年的长期项目,前 3 年是学士学位课程,后 2 年是硕士学位课程。对大多数学生来说,至少对于瑞典的学生来讲,可能选择 3 年的学士项目或者选择 2 年的硕士项目。这个项目有很多来自世界其他国家的留学生,尤其是来自中国和巴基斯坦的学生,他们都是比较聪明的学生。当然还有一些继续攻读博士学位的学生。

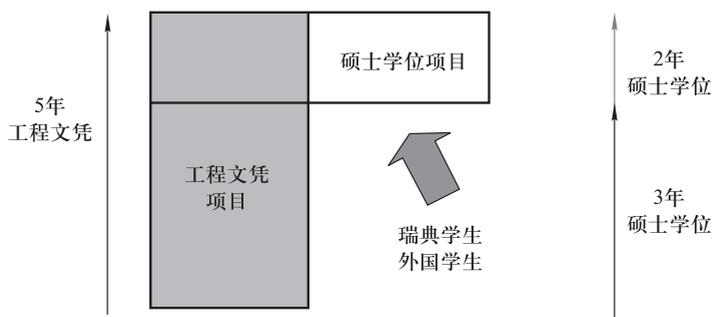


图 1 工程文凭和硕士学位项目

作为工科学校,KTH 不只有工科,还有建筑学、生物学、城市规划等学科。我们设置了广泛的项目,大约有 40 个项目,如建筑与土木工程、计算机科学与电气工程、工程物理与数学、能源与可持续发展、产业管理与创新、信息技术、生命科学技术、材料科学与工程、机械工程等,学生可以选择参与。

我们还有项目课程,从行业引入一些相关的课程。对于学生来讲,要求他们在限定时间内完成一些工作,同时给他们提供一些不全面的信息让他们去做判断,这些都和业内的现实情况比较相似。许多项目都来自行业,通过基于项目的任务,学生们获得了与团队中其他人合作的实践经验,包括从计划、组织到按照时间要求完成任务和展示结果一系列环节。课程结束后,学员应该能够做到:从系统的角度分析技术问题;处理不完整、多条件约束的技术问题;制定系统选择和使用现有工程方法和工具的策略;估计成果的价值并指出局限性;根据获得的知识做出决策;追求自己的想法并切实实现;评估自己和他人的工作质量;在真正的项

目环境中工作,有效地利用可用资源;解释在现实情境下取得进步和面临困境背后的机制;在工程中通过口头、书面和图形进行沟通。

另外,对于中小企业,我们有什么样的机会呢?一方面就像前面所说的,比如说你找到一个行业项目,可以是很小的一个行业,没有问题,可以来学校招聘项目助手。同时行业可以到大学做一些讲座等。几周前,我们刚刚邀请了一个研发机器人的小公司到学校作介绍。同时我们还有一些短期项目、长期项目,如欧盟范围内的项目。我们还有基础架构,比如我们和一家瑞典公司一起建立了一个实验室,就是做硬件方面的建设。我们还进行了一些创新标准评估的工作,如果一些创新能够顺利进行的话,学校会授予证书,等等。图 2 展示了与中小企业合作的路径步骤。学位项目通常是第一步。

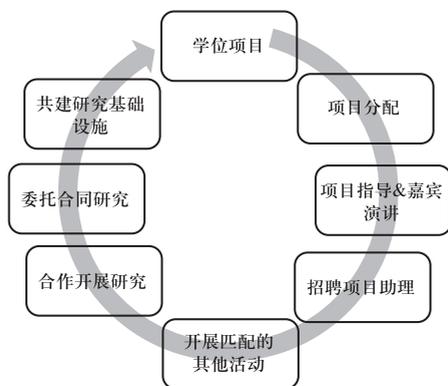


图 2 与中小企业合作的路径步骤

当谈论创新和新技术的时候,人们的大脑通常会飘荡到硅谷,这是世界其他创新生态系统衡量自己的标准。瑞典,斯德哥尔摩,尤其是 KTH 如何达到这个标准?我们今天在哪里,我们要去哪里?我们必须面对哪些挑战才能变得更好?这些都需要我们进一步去思考。

# 从学术界到产业界

赖志煌

新竹清华大学工学院院长

很高兴有这样一个机会向大家介绍一下新竹清华大学产学结合的经验。大家知道台湾有非常强的高科技企业,大部分高科技企业都在新竹,所以新竹被称为台湾的“硅谷”。除了这个特别的地方以外,我校与台湾工业界有多年的密切联系。在学校里面,除了一般意义上的办公室以外,我们还有一个非常特别的办公室,称为 OCIC (operations center for industry collaboration,行业协作运营中心)。这个办公室的首要工作,就是把产业聚集到校园来,其另外一个重要任务就是 IP (intellectual property,知识产权) 方面的工作,包括 IP 申请等都由这个办公室完成。合作对象包括联发科技 (MTK)、台积电 (TSMC)、上银 (HIWIN)、光宝电子 (Lite ON)、欣兴电子 (Unimicron) 等台湾非常大的做光电和电子元件的公司。

我校有两栋非常独特的建筑,中间有一个天桥把它连接起来(图 1)。我们的想法是如何把实验室所开发的技术成果直接应用到孵化中心来。在孵化中心,我们为学生创业者提供了各式各样的课程。我们也邀请业界到学校与我们的老师



图 1 实验室到初创公司

和学生组成一个科研团队。与业界合开的课程还包括到企业参观实习。比较成功的是我们邀请了相当多的业界导师,通过合作开展项目让我们的学生与业界专家有非常紧密的联系。

接下来用三个合作模式向大家说明一下我校是如何与企业合作的。第一,我们有5个校级的研究中心。第二,我们有一个微型产学联盟(mini league)(图2),这个微型联盟主要涵盖台湾的某些关键产业,使这些产业直接到学校里来,这是企业持续成长的动力。第三,我们还有一个相当特别的产学大联盟(major industry-academic alliance),产学大联盟的运营经费来自企业和政府的支持,所以规模是比较大的。

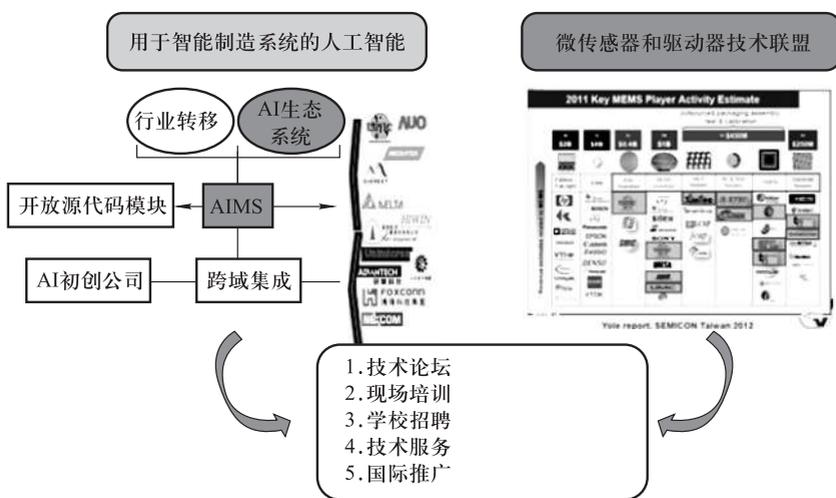


图2 微型产学联盟

我们协助产业发展,组织各式各样的创新大赛,来促进我们的学生真正拥有实际的产业经验。我们与业界一起开课,所以我校有一半的授课老师都是企业高管。学生们有机会同时从学术界和企业界学习。我们也鼓励老师们到行业企业去,这样彼此就有更好的交流和合作。我们认为这样的产学联盟事实上是非常好的。

# “全程覆盖、多层联动与跨域协同”育人体系下的校企合作模式

姜 澜

北京理工大学机械与车辆学院院长

非常荣幸介绍一下我们学院产学研合作教学方面的情况。首先介绍一下我们学院简况,学院有 314 名教职工,其中教师有 212 人,正教授 61 名,副教授 124 名。学院在校生有大约 3700 人,本科生差不多 1900 人,研究生差不多 1800 人,其中博士生大约 500 人。北京理工大学是中国共产党创立的第一所理工大学,主要面向国防军工领域,所以大家可能以前了解得较少。我们机械工程专业的 QS 排名大概是 100~150 位,ESI 排名是 118 位,U.S.News 世界大学排名是 70 位。我们学院年科研经费大概是每人 180 万人民币,总经费 3.8 亿元。学院有 4 个国家级重点实验室,包括国防重点实验室、国家工程中心等,还有 2 个国家级实验教学示范中心,本科生教学非常依赖这两个中心。

下面介绍一下校企深度协同的背景和必要性。我们学院近几年做的综合改革就是针对人才培养的,提出了整体 OBE(outcome based education,成果导向教育)体系改革,其中有 12 项指标,这 12 项指标都需要校企协同的支撑。传统的校企合作有很多缺点,最大的缺点是合作基本上是割裂的,耦合弱,模式少。比如说,我们 3 年前对 520 名大四毕业生进行调研,调研发现学生认为我们教育中最不足的方面基本都与实习和经验相关,70%认为校外实习不行,60%认为科创项目不够,50%以上认为实习时间不够,其他还包括毕业设计、实践的配套设施等。我们应该怎么做呢?我们的模式和举措是什么呢?我们希望获得一个强耦合、多模式的大学与企业在教学方面的合作。

我们学院提出了一个全程覆盖、多层联动与跨域协调体系下的校企合作模式,在整个概念中要进行强耦合、多模式的合作。什么叫全程覆盖呢?针对一年级设立的体系就是树立基础实践及科学基础类的创新,二年级是认知实践,三年级是考虑设计过程的创新,四年级是考虑产品多约束下的设计与创新。这些分别

对应着的多层联动的实验体系,当然这不严格与年级对应,但是有一定的相关性。首先是学科基础类的实践,然后是专业知识的实践、创新类的实践、综合运用的实践。为了做好这些实践,我们分别建立了课内外、校内外、国内外的实践基地。

我们还有一些举措来丰富和支撑上述理念。与校企合作相关的主要有学生的科技创新、认知实习、生产实习、企业兼职导师授课等,还有依托企业课题的综合设计、毕业设计等,以及学生的自主创业实践等,这些分别支撑了毕业达成度的12项指标。

举个例子,我们的全员、全过程导师制(图1)。首先强化导师职能,原来的导师是学业指导,现在要求他们参加科技创新的工作。原来只是一个专业的老师在做,现在要求学院所有老师,上至院士、下至讲师都要做这个事情。全过程是从一年级到四年级,都有这样的导师指导。题目选择非常广泛,工学的都可以。还规范了管理过程,一般都有选题、开题、展示和答辩环节。在这个基础上,我们希望企业能够全程参与,如认知实习、生产实习、企业毕业设计和企业兼职导师授课等。

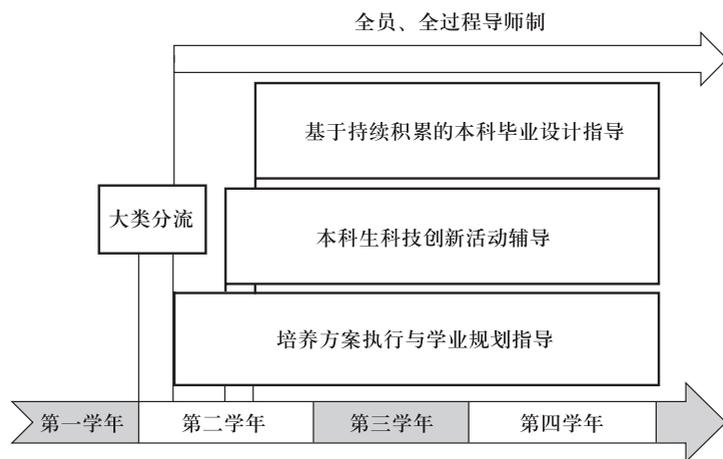


图1 全员、全过程导师制示意图

此外学院还有企业支撑下的学生科技创新活动,学生主导,老师指导,企业支撑。企业从技术、资金、材料、设备等各个方面给予我们巨大的支持。学院成立了很多俱乐部。学院参加了各种机械类的创新项目的国内比赛,车类的各类创新比赛,包括国际比赛。近5年,学院学生科技创新项目获得了143项国家级或国际级奖项。例如,2012年学院推出了中国首台电动赛车;2013年创造了中国圈赛纪录;2014年获得中国赛电动车总冠军;2015年代表中国参加国际汽车方程式锦标赛获得世界赛的总冠军,对于学生这是一个非常不简单的成绩;2016年推出世界首台无人驾驶赛车;2017年学院获得中国赛燃油车总冠军;2017年推出世界首辆

线控的重型无人车;2017年在中国赛区无人车大赛中,不仅获得总冠军,而且囊括了所有的四个奖项。

学生在原来俱乐部的基础上、在科创基础上进行创业,成立了自己的公司。例如,我们的大四学生在俱乐部的基础上、在原来的车团队基础上打造出了中云智车——无人车的通用底盘的项目,他们已经融资超过1000万元,非常不简单。第四届中国互联网大学生创新创业大赛中,我们获得北京赛区冠军,在4000多个项目中排名第一。

学院形成了一批校内外、国内外人才培养合作基地,2个校内国家级示范中心,4个校外国家级实验基地,20个非常稳定的企业基地,还有20个与国外知名大学合作建立的人才基地。我们除了依托企业做一些毕业设计项目之外,也赴海外进行毕业设计。特别是德国,派了很多人,到德国的9所顶级工科大学交换学习一年以上,主要是因为他们在企业方面的经验非常丰富。

我们学院连续3年在全校20个学院KPI考评中名列第一,本科教学的单项指标也连续3年排名第一,我们69%的本科生毕业后都继续攻读研究生,80%的学生在毕业5年内得到升迁。



**专题 A2:**

**工科实践能力培养**



# 面向现代工业的技能培养

杨威迦

美国国家工程院院士,美国佐治亚理工学院航空航天工程学院教授

我今天谈论的都是未来,我认为有三件事情可以决定未来:一是需求,未来哪些地方需要我们去准备;二是人的好奇心,人的好奇心始终存在;三是愿景,到底要拥有什么样的未来,我们的愿景是什么。在我们探讨未来的时候,这三件事情必须要好好讨论。

美国国家工程院提出 21 世纪工程领域面临的十四大挑战,美国白宫科学政策办公室也定义了 9 个重要挑战。总的来讲,未来重要的挑战有 4 项:一是可持续性发展;二是生活质量,如何让未来变得更好;三是好奇心,人本身就有好奇心,我们对宇宙的存在也有强烈的好奇心;四是社会进步,经济、政治上种种制度的可延伸性。

现在以工程教育为例,探讨我们该如何培养学生,使他们可以更好地应对未来更多的挑战。首先,要进行课程与教学的创新。使学生具有广泛的基础知识和专业知识,有了扎实的知识基础,还要把知识融合起来,就是所谓的知识整合。还要培养学生的沟通和领导力,所有的工程师都需要跟其他人进行沟通。除此之外,还有伦理道德和人文素养的培养。其次,要为学生提供多方面的咨询和指导。再次,要为学生提供获得全球经验、开阔全球视野的机会,以及专业的实习实践活动的机会。最后,在促进教育创新的新途径方面,总的来讲,有三个 E:教育(educate)、激励(energize)、提升(elevate)。第一个 E 是教育学生;第二个 E 是激励学生,使他们朝气蓬勃、对未来充满活力;第三个 E 是要提升学生。在宏观层面上,21 世纪的工程教育具有四个特点:第一,技术的快速变化和增长;第二,跨学科发展;第三,对社会承担责任的增加,如改变空气质量等;第四,财政模式的改变(国家政府支持的减少等)。在因此,我们需要对工程教育做出改进。

接下来我们谈一下思维冲击。学生未来将迎接许多挑战,我们要让学生在创新时代无所畏惧,具有勇敢精神,对未来不会产生恐惧感,希望所有学生能非常勇

敢地承担科研项目,勇敢地承担社会责任;希望他们能行动大胆、迅速;希望所有学生思维能够更宽广,具有合作精神,我们要让他们知道合作是很重要的事情。

最后,讲一下庆祝成功。获得了很多优秀的成果,怎样来庆祝成功?作为一名工程师,很多事情一定要让别人知道,在地区、国家甚至国际层面起到引领社会的作用。庆祝成功的目的并不是宣传我们有多么成功,更重要的作用是作为社会的表率,引领社会往前走。

教育者及学生的社会参与度必须越来越高。

总结一下,我想和各位分享几件事情。第一件事情,怎样谈未来,谁能够定义未来?是我们还是别人,这是必须想到的事情。第二件事情,工程教育。在我们讨论未来许许多多行动时,要准备好如何接受未来的挑战。第三件事情,作为工程师,要让好的成果分享出去,引领社会前进。

如果可以做到上述三件事情,我相信未来就是灿烂的。

# 如何成为合格的工程师？

## ——大学工程课程发展的 CDIO 模式

Sören Östlund

瑞典皇家理工学院固体力学系主任

工程教育最重要的问题是“工程教育的最终目标是什么？”“工科毕业生的期待是什么？”我们只有四五年实践去教育和影响这些学生，因此，我们要知道工程师到底在做什么？工程是什么？我们对于“工程”有很多的界定和界限，我相信未来 15 年工程师会有非常好的发展前景。工科学生毕业的时候，如果觉得工程师职业前景不好，那么就是一个巨大的问题。

大家都在谈论工程和科学之间的差别是什么？美国导弹之父西奥多曾经说过：“科学家发现了存在的世界，工程师创造了前所未有的世界。”现在我们需要打破科学界和工程界二者之间的界限。毕业的工程师应该在现代团队环境中，考虑到商业和社会需求，构思 (conceive)、设计 (design)、实施 (implement) 和操作 (operate) 复杂的增值工程系统。“考虑社会的需求”这一点极为重要，我们需要鼓励未来将成为工程师的学生们做到这一点。工程教育应该为学生未来可能的职业生涯做好准备。当我还是学生的时候，每个人都是设备工程师，因为学生只清楚理论，只会用工具，只懂某一个学科。有些人是系统工程师，能做系统化的设计；有些人是设计和研究人员，或者叫作产品支持工程师，他们既清楚产品又清楚客户；有些人是创业/创新工程师；当然还有其他类型的工程师。我承认至少我毕业时不是一个好的工程师。

工程师需要什么？威尔伯·赖特认为“主要需要的是技能而不是机械”，托马斯·爱迪生说“你需要发明的是想象力和一堆垃圾”。我们需要一种技能，关于这一点赖特和爱迪生已经提到过“我们需要的不是工程师本身，而是技能”。我们需要有综合详细的工程教育目标：教育学生要了解 CDIO 的实施过程；在产品技术层面，要懂得复杂的增值工程系统；对于个体，要学会在团队化的现代工程环境中如何工作；同时还要让自己在团队合作中成为成熟、体贴的人。这是工程

教育的学习目标,要以此来编制工程教育教学大纲。

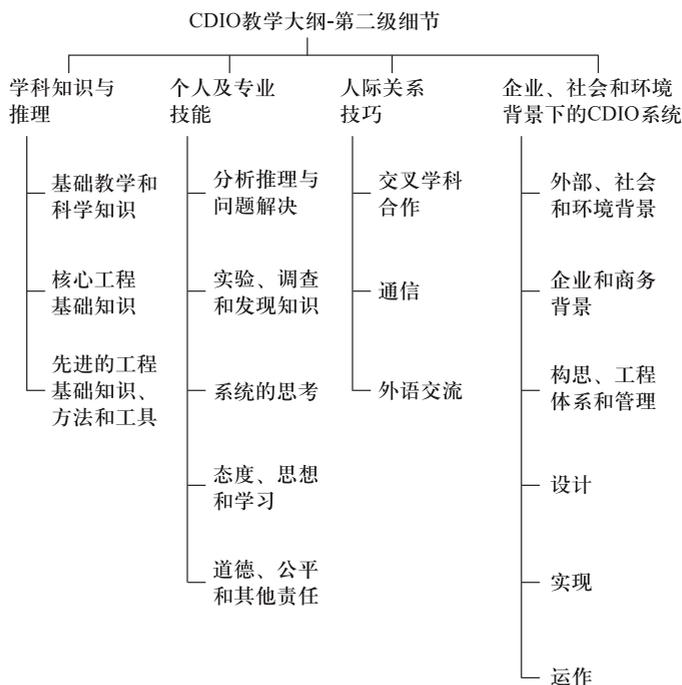


图1 CDIO 教学大纲-第二级细节展示图

图1给大家展示了CDIO教学大纲的第二级内容。我的一些同事认为此大纲描述得过于细节,但问题不在于过于细节,而在于这仅仅是一个指导方针。这是特别重要的教学大纲,这也是一套清晰、完整、前后连贯的本科工程教育目标。在设定这套工程教育目标时,首先要基于理性,根据工程实践中规范合理化的知识、技能和态度要求设定,还要对利益相关者进行广泛的调查,以确定优先级和完成程度。同行评审时,需要注意到要与整个行业进行充分的互动和沟通。

现代大学工程教育如何适应这种情况?第一,需要充分利用时间。第二,发展通用工程技能的教学。大部分的工程教育都会从工程技能开始。第三,采用新型高效的教学方法。第四,采用合适的新评估方法。还有,我们需要懂得工程学的教师。

行业如何为工程教育做出贡献呢?在瑞典,我们做得是非常好的。在瑞典,80%的学生都是在工作中完成教育和培训的。这些教育和培训是由教职员工进行监督、行业中的专业人士进行指导来完成的。相信在很多国家早期教育时都没有融合行业的发展。不仅仅是学生需要在行业企业里学习并了解工作,老师也需要在行业企业里进行学习,来了解行业的实际需求并转化到实际的教学当中。因此,这是综合的,不仅仅是学术的,这就需要业界的支持和帮助来完成。

# 全球创新学院：全球创新交流

## ——培养创新精神的领军人才

**Blake Hannaford**

美国华盛顿大学教授,全球创新学院技术主任

全球创新学院(Global Innovation Exchange, GIX)坐落在美国华盛顿州大西雅图地区贝尔维尤市,是华盛顿大学、清华大学和微软公司于2015年6月18日联合创建。我在2018年夏天加入这个项目。我想提及四个人,GIX的联合执行董事 Mary Lidstrom 教授和 Vikram Jandhyala 教授,总监 Shwetak Patel 教授,学术项目主管 Linda Wagner 教授。这四位是这个项目的创始人和奠基人,在过去的几年中他们非常努力,深度参与了筹建 GIX 的工作。

全球创新学院的建筑是非常漂亮的,是基于课程的不同阶段进行的建筑设计。GIX 的愿景是非常宏大的,包括在线教育、教育与培训、实习训练营、竞赛、硕士学位等内容。

首先,介绍一下技术创新理学硕士学位(Master of Science In Technology Innovation, MSTI)项目。我们的目标是培养具有以下素质能力的人才,包括创新思维、移情共鸣、创造性解决问题、敏捷度,要有多样化的想法以及团队合作等。技术创新是设计思维、企业家精神、技术发展三个方面的集合。

MSTI 分为三个阶段:第一阶段——准备,了解设备技术、产品设计和商业潜力,完成作业,编写代码和提出最初的产品设计理念;第二阶段——练习,掌握各行业领域的创新工具并明晰流程,在实验室迭代并开发设计原型;第三阶段——发布,开展团队合作,为初创企业提供产品,或者与一些领域内优秀的公司和非营利组织合作。可以看到,企业家精神的建立是长期的合作。课程主要包括硬件、软件、物联网、机器学习、会计、财务等,大多是商学院、法学院的课程。我们还提供互动的实验室。一般来说,学生除了该学期的课程和工作之外,其余的时间都在做项目。

接下来,介绍一下双学位项目。双学位项目是和清华大学合作的项目,2016

年9月首届学生入学,学生在贝尔维尤接受 MSTI 项目,之后去清华大学进行继续教育,完成课程学习、毕业论文等。课程主要包括营销、数据科学、设计、技术以及全球业务的发展等。

这个项目得到了非常多的支持,其中包括习近平主席对全球创新学院的支持,还有微软相关领导对项目的支持。全球创新学院做了很多努力,希望这个项目能够不断地发展。我们希望学生成长为敏捷、适应改变的人才。

GIX 大楼是基于课程设计的建筑,该建筑还获得了安全类的奖项。大楼里有一些有趣的设施设备,都是美国最好的。我们在主动学习方面也做了很多工作。建筑共三层,学生的第一阶段(准备阶段)在一层完成,第二阶段(练习阶段)上升到二层完成,项目需要孵化的话,学生将升入三层完成第三阶段(发布阶段)。

MSTI 是一个持续发展的项目。我们和社区以及企业家沟通,让企业家走进课堂成为老师,将更多资源引入课堂提供给学生。目前,我们也在和多所大学积极沟通,整个项目仍在进行中。同时,我们从企业也获得了很多的支持。MSTI 项目 10 年的发展愿景是希望培养 3000 名学习者,包括管理人员和研究生等,开展至少 100 个项目,与至少 15 个学术机构开展合作,搭建至少 500 个导师网络。

# 3D 打印助力工程教育

李 涛

先临三维集团总经理

先临三维公司专注于 3D(3 dimensions, 三维)数字技术 14 年,我们认为 3D 数字技术是以 3D 打印为中心又不局限于 3D 打印的一种技术。

3D 打印技术作为一种增材制造技术被大家所熟悉。增材制造技术本身是一种输出技术,是通过 3D 数据编程制造实物,该技术可以通过以 3D 扫描为核心的建模技术来提供打印所需要的素材。除此之外,我们还做了云制造平台来联通这项技术。

我认为数字化制造技术变革正在发生。多年前,制造业从大规模制造逐渐走向柔性制造。现在,在“工业 4.0”的背景下,大家提出规模化、个性化定制。一系列制造模式的变化首先是由消费趋势变化引起的,现在越来越多的产品需要个性化定制,这是一个发展趋势。个性化消费的趋势,必然会带来整个设计制造模式的变化。在规模化、定制化制造的背景下,制造体系中的各个环节将会彼此融合,这对整个技术应用条件提出了非常大的挑战。3D 数字技术的应用恰恰可以应对这样的挑战。

首先,我们来谈一下 3D 数字设计制造流程。3D 数字技术通过对 3D 扫描技术、3D 设计、3D 打印技术的融合应用,能够以准确、完整的 3D 数字模型为基础,进行数字化设计、数字化制造、数字化检测。未来的社会是智能化社会,而智能化的基础就是数字化。数字化可以帮助我们在设计、沟通、生产的过程中突破时间与空间的限制,促进远程协作以及自动化作业。

3D 模型的生成有两种途径:3D 数据通过概念构想、二维制图成为 3D 模型;通过 3D 扫描实物对其进行再设计生成 3D 模型。3D 模型通过制造技术做成产品,最终交付到用户手中。整个过程,用户与供应商之间的沟通可以通过数字化手段实现。

3D 数字技术在大学里面的应用也是非常多的。公司从 2014 年开始支持学

生的创新实践工作,使用 3D 打印技术,把学生设计的产品快速变成实物,并进行验证和产品制造。2014 年,公司第一次支持大学生参加赛车比赛,通过 3D 打印制造关键零部件。第一次支持的东南大学获得比赛一等奖。随后,公司陆续与天津大学、湖南大学、吉林大学、大连理工大学等 50 余所院校开展合作,支持其参加大学方程式赛车比赛,通过 3D 打印技术制造零部件,快速把其设计概念变成现实,取得了很好的效果。

但是,3D 打印技术并没有在教育过程中被学生广泛应用。在实际应用中,增材制造和 3D 打印技术与成熟的数控切割技术相比,在成本、效率方面并没有太大的优势。这就对设计提出了新的挑战——如何能够使某些产品只能通过增材制造技术来制造,并且通过该项技术制造出的产品在性能上可以得到更大程度的提升。

给大家列举一个老师带着学生做汽车改装的案例。由于受传统焊接技术限制,传统排气管在空气对流设计上比较简单,能显著改善气体流动的设计较难实现加工。我们给福特野马汽车直接打印定制化排气管,通过改装,设计了金属打印的零件,内部做了非常多的异形结构,优化性能的同时达到了减重的目的。3D 打印的排气管优点:第一,结构的优化使声浪更浑厚有力;第二,重量减轻了 67%,强度完全达到要求,兼具美感;第三,使汽车排气系统在高速行驶时具有良好的导流率,保证动力。这一应用充分体现了这样的制造工艺只能由增材制造技术来实现,而增材制造技术的优势也通过设计的创新发挥了出来。

先临三维在工程创新领域积极与大学合作,培养学生的工程创新能力。先临三维与清华大学有很多创客合作历程:2013 年,先临三维与清华大学基础工业训练中心(iCenter)共建“清华-先临 3D 打印应用实验室”,开展基于创客教育的校企合作共建;2015 年,创客教育基地联盟在清华大学 iCenter 的支持下成立,先临三维成为联盟理事单位;2016 年,先临三维协助清华 iCenter 引入金属 3D 打印机用于教学和科研;2017 年,在清华大学 iCenter 中心的推介下,先临三维为金砖五国创客大赛提供了赛事技术保障;2018 年,先临三维与清华大学合作开展“3D 造型师师资培训班”,在全国范围内开展教育培训工作。iCenter 利用 3D 数字相关技术开展了一系列课程,从最基本的理论性课程《3D 个性化设计与实践》到实践性的课程,再到探究类课程、辅助类课程,形成课程的逐步升级。让我们感触的一句话是“把题目给学生,学生们的想象力会大大超出你的预期和想象。”

除了清华大学之外,我们还与浙江大学、上海交通大学、华南理工大学等高校进行合作,推动国内多所高校引进 3D 数字化技术,用于学生的培训和创新工作。

结合多年与高校合作开展学生创客教育培训工作的经历,我与大家分享几点

感悟：

第一,新技术的应用能够促进学生开展创新工作,并把他们的想法付诸实践。但是,我们常会发现,很多学生在使用工具时会陷入到工具的应用中。我们更希望他们在开展创新工作时,能够对相关技术有一个系统性的认知。3D 打印只是一个输出装备,最重要的是输入什么?这是很多学生在创新过程中最需要思考的一个问题。学生需要系统性地去思考为什么使用工具,而不是沉浸于对工具的学习和掌握当中。对 3D 技术的应用,不仅仅要考虑制造端和工艺,还要更多地考虑前端数据的来源以及数据是不是为性能而生的设计。建模方面,学生需要考虑除了使用常规的 CAD 工具做简单结构的设计,是否还可以做集成化设计或者仿真结构的产品。可以通过 3D 扫描技术把自然界的一些优秀结构拿来作参照,并以参照物为基础进行再设计,创造出新性能的产品。学生可以在做好复杂产品之后,研究如何进行全尺寸的检测,并验证品质是否符合最新的要求。在创新过程中,需要学生认识到新工具的重要性,并且让学生知道技术是一个系统工程,多项技术的复合使用才能实现目标。

第二,学生需要从用户利益的角度考虑开展创新工作。技术永远是工具,工程师创造技术的目的在于为人服务,创造对人类有益的服务和产品。用户永远是一切技术和创新的中心。如何实用技术,如何用创新思想为用户创造价值,这才是最重要的,也是一切基本思考的起点。这里有一个难点,学生该如何具有用户思维?我们基于实践工作,搭建了 3D 打印平台,通过平台连接装备,并联系设计师。建立 3D 打印平台的初衷是普及 3D 打印技术的应用。因为很多人对 3D 打印技术有偏见,认为很贵、很复杂。所以当时我们做了造价系统,大家只要把数据上传到网站,选择所需材料,就可以计算出成本。大家可以看到并不像想象中那么贵,并且交付时间非常短,让客户消除对技术的恐惧感和理解上的障碍。学生有了设计理念,但是连接不到客户,学生就可以将想法通过 3D 打印技术做成产品在网上展示,让更多人具有直观的感受,这样可以收到很多客户的反馈意见。平台从最基础的报价功能和产品销售功能,逐步进化到企业在平台上提出设计需求,而学生直接对接客户,达成合作意向。这样学生可以不需要走出校门,打破时间和空间的限制,与客户建立联系。之后,越来越多的人聚集到平台上,形成彼此的社群,大家在平台分享经验、交流成果、在线学习。目前,这个平台已经运行两年,拥有 35 万注册用户。

对于新技术的应用,很多人有需求,需要一个平台让彼此连接起来。这个时候,创新自然而然就发生了。除了跨学科的合作和融合,还有很多跨背景的融合。通过平台可以把更多的人连接起来,思想相互碰撞,就能产生出很多创新。随之

而来的是很多大学比赛开始在平台上出现,比赛的报名、成果的在线投票以及比赛结果的公示等。最终,平台的基本功能确定为在线 3D 打印、3D 课程分享、体验式创客教育素材、设计撮合平台、海量 3D 数据、校内竞赛载体等。

Chris Anderson 是我非常喜欢的一位作家,也是《创客》这本书的作者。他有一句话很吸引我:“3D 打印机赋予了每一个普通人创新的能力。3D 打印机不是一场技术革命,而是一场社会革命,它赋予个人制造产品的能力,这确实是一场革命。”基于此,我们认为人人都是创新中心,但是需要一个平台把他们连接起来,把用户和创新的头脑连接起来。最终,我们希望通过 3D 数字技术,打造 3D 打印的生态圈,让个性化产品走进亿万家庭,让每一个工程师在这个过程中贡献出自己的力量和头脑。

# 面向现代工业的技能开发

Thomas Lee

Quanser 首席教育官

之前我们听到了非常多的挑战,那么未来的工程师需要哪些技能来应对新出现的挑战呢? Quanser 可以提供全球领先的机械工程、结构工程、机器人和机电一体化控制实验室解决方案。大家在资源方面都是有限的,Quanser 已经和很多教育机构开展了合作,特别是在较为复杂的智能领域。我们想构建一些项目,并把这些项目引入课程当中。例如,我们和约克大学合作,对他们的测量和仪器课程进行了改革优化。

我认为,设计的分类包括:直观的系统(Intuitive systems)、描述的系统(Described systems)、仪表化系统(Instrumented systems)、连接的系统(Instrumented systems)(如图1)。最开始,是基于直觉本能的设计,像最初开始教授学生一样,后面依次变得越来越复杂,设计就是这样不断进阶的过程。对于机器来讲,未来30年,也必然是越发展越复杂。

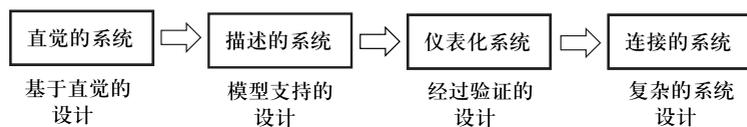


图1 设计的分类图

请问大家,本科生可以设计出高保真、复杂、互联、智能的系统吗?例如无人机。很多大学说这个太复杂无法实现。这是对我们的一个挑战,我们设计了一个课程,通过这个课程在四年时间里把本科生培养成为一个复杂系统的设计者。我们跟很多大学的合作伙伴共同实施了这个项目。

我们来分析一下复杂技能的培养发展过程,见图2。首先要提供一个供学生探索用的,智能化、开放的实验室。其次要界定并快速培养需要的能力,特别是注意如何科学地把这些能力要求设计到培训课程当中。在不同发展阶段需要培养

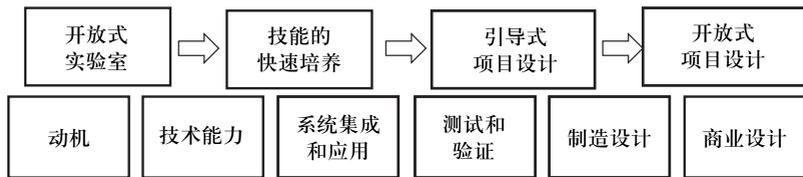


图2 复杂技能的发展进程

不同的技能,学生需要这样的技能,才能设计出无人机。他们需要有扎实良好的根基,有指导的设计和研究,自动化应用和生产,商业化,所有这些都相应的技能。我们的项目是要求学生能够完成一个自动化、仿真的无人机项目。我们采用非常先进的设计,也提供了很多资源,在课程当中给学生提供支持,我们把这称为“指导性设计项目脚手架”。这样,有助于学生做得更好。

沙迦美国大学(American University of Sharjah)是与 Quanser 合作第一个推出无人机设计课程的学校。学生会多支付一笔费用在晚上或者周末时间学习无人机课程。Quanser 的员工大概用3个小时就可以制造一架无人机。那么本科生是否可以用72小时制造无人机?我们的答案是肯定的。好学生投入多长时间就可以制造无人机?一般的学生或者初级学生要投入多长时间?非在校学生或者在职人员是否可以通过学习也能设计这样的无人机?这都是我们需要解决的问题。

我想请大家去思考如何能让这些实现,使用什么样的方法去实现?我们是否可以采用一些背离传统的方法。第一,所实施的设计项目能反映现代工业的先进性,但与学术传统相一致。第二,即使是最复杂的当代工程概念,任何学生都可以做到系统化的理解。第三,用先进的研究级设备激励大学生。你可能会觉得本科生还没有做好使用这些先进设备的准备,但我建议大家,首先让他们尝试使用这种先进技术和设备,也许通过这种方法能吸引更好的学生加入到项目中,让学生一开始就进行复杂的系统思考。第四,对全球工程运动和发展进行直接教育和回应,包括物联网、自主系统、现代能源等。

# 机械类学生工程实践能力协同培养 探索与实践

张宪民

华南理工大学机械与汽车工程学院院长

目前,在工科人才培养过程中存在的突出问题包括:重视知识的传播,缺乏综合实践能力的培养;学生的协同能力和国际视野相对欠缺;不同专业群存在一定的壁垒,缺乏必要的交叉和融合。

针对存在的问题,华南理工大学机械与汽车工程学院创新了新的人才培养模式:依托机械工程、机械电子工程、车辆工程等机械类专业,提出以创意、创新、创业、创造“四创型”人才培养为抓手,实施了机械类创新人才工程实践能力协同培养的新模式。该模式在学院机械类相关专业 2009—2015 级本科生的 47 个班级进行了实践,取得了良好效果。

工程实践能力协同培养模式的总体指导思想是:与境外著名大学协同赋予学生宽广的国际视野,与国内著名大学协同培养学生团队协作能力;与特色企业协同培养学生工程实践能力;与相关学科协同培养学生综合知识能力。在这样的指导思想下,我们进行了一系列教学改革和创新。

在课程方面,学院也进行了一些改革,通过重基础、宽口径的课程体系建设,提升学生在设计、制造等方面的综合能力;通过探索性课程实验、开拓性工程实践、自主性各类竞赛、创新性项目研究等强化创新、创造能力的培养;与企业协同强化学生工程能力,培养学生创业意识;通过建立创意工作室培养学生的创意能力。工作室的成立资金来源于一位百岁校友,他捐助了 200 万元,专门为大学生实践创新活动提供经费支持。创意工作室成立后由学生自主管理,学生在工作室里可以一边喝咖啡一边讨论工程创意,收到了很好的效果。

我们希望在机械类人才培养过程中,以创业、创造为点,创意、创新实践活动为线,能力培养为面,组成“点、线、面”结合的立体化培养方案,支撑机械类“四创型”综合人才的培养。

在强化国际合作方面,努力推进学生培养的国际化进程,与发达国家多所著名大学建立了密切的合作关系,形成了“2+2”“3+1+1”等培养形式,有效拓展了学生的国际视野。同时,学院每年会安排一部分学生参加由韩国教育部资助、韩国岭南大学承办的国际工程设计营;创新班及部分普通学班学生每年到英国参加为期3周的暑期实践活动。

学院与企业合作建立了多个校企合作实习基地,例如重点建设了广州汽车集团股份有限公司、广东明珞汽车装备有限公司等大学生校外实践教育基地,还搭建了“课程实验—课程设计—科学研究—工程应用”的四年一贯制大学生研究实践平台。目前,校企合作实习基地运行良好,企业积极主动性较强。

在跨学科方面,学院面向全校成立了本科生创新实践团队,包括机器人创新实践团队和汽车方程式竞赛创新实践团队。机器人创新实践团队成立于2001年,近4年在各类国家级竞赛中获特等奖3项、一等奖22项、二等奖20项。我院组建的机器人战队于2017年和2018年连续两年获得Robomasters全国大学生机器人大赛总冠军。同时,在实践中,机器人战队已经孵化了多家公司,多家媒体都对此进行了报道。目前已经孵化出的公司有:广州程氏信息科技有限公司、广州翔天智能科技有限公司、广州博泰机电科技有限公司、广州极臻智能科技有限公司、萝博客科技有限公司、广州联维物联网科技有限公司等7家创业公司。汽车方程式竞赛创新实践团队成立于2009年,隶属于华南理工大学大学生创新创业实践基地,车队队员以机械与汽车工程学院为主,同时吸纳自动化、电力、电信、工商管理学院的优秀学生参加,队员数量过百人,是校内最大的学生科研实践团队之一,自建队以来,已经研发了八代燃油方程式赛车。自2014年起,开始研发纯电动方程式赛车,至今已经研发了四代电动方程式赛车。方程式赛车队成绩优异,共获得九项全国第一、十项全国第二、六项全国第三的好成绩。同时,学院每年组织机械结构大赛,目前已开展了17届,在学生中获得了很好的反响。

学院的创新创业工作与学生的创新创业活动相结合。学生自己也创立了4.0工作室,打造阅读、科研、学术一体化分享平台,立体阅读、学术沙龙、分享展示等形式穿插其中。目前,学院的创新实践活动已经形成了良好的氛围。学院配置了丰富的数字化课程资源,很多课程在网上学习,便于学生理解和查找。网上除了课程,还有众多知识点、仿真结果等内容。根据目前的评估分析,网上课程的运营效果很好。

学院部分成果获2017年广东省教学成果奖,例如“机械类人才协同培养模式的探索与实践”“机械设计类课程多维度教学创新与实践”获一等奖,“设计任务驱动的机械基础系列课程改革与实践”项目获二等奖。

我们希望进一步强化“以学生为中心”的教育理念,营造创新氛围,提供良好的创新实践环境,处理好个性发展与团队精神的关系。并结合新工科建设致力于培养知识结构合理、具有创新思维和国际视野、具有责任感和团队精神的“四创型”综合人才。



**专题 B1:**

**人工智能与工程教育创新**



# 机械产品设计创新能力建设的路线图 与教学实践

杨华勇

中国工程院院士,浙江大学机械工程学院院长

浙江大学机械工程学院起源于1911年浙江中等工业学堂机械科,1932年开始创办工程学院;1953年院系调整,机械系是浙江大学保留的四个系之一;1999年四校合并,浙江大学成为一所综合性大学,机械系与能源系、力学系一起合并成为机械能源工程学院,几年之后更名为机械工程学院。

学院有教职工180余人,专任教师107人,教授60余人、副教授50余人。学院的本科专业设置是机械工程。研究生专业包括机械制造、自动化、机械电子、机械设计与工业工程等。在校生中,有研究生1191人(博士研究生468人,硕士研究生723人,在职研究生340人),本科生862人。通常一年有200多位研究生毕业。我们从政府部门、行业伙伴那里获得不同的研究经费。2013—2017年,每位教师年均有300万元左右的研究经费,目前大约已出版25本书籍,发表了1500篇论文,其中1100多篇SCI收录论文,获得了700多项发明专利授权,200多项软件著作权。

在国际合作开展方面,我们与美国伊利诺伊大学香槟分校合作的“3+2”联合培养项目,与美国西北大学“4+1”联合培养项目,与英国帝国理工学院的“4+1”联合培养项目,与荷兰埃因霍温理工大学“3+2”联合培养项目。我们也有一些暑期项目及一些常规项目,如与新加坡一些大学的合作。

麻省理工学院的教授曾经提到,做中学是很重要的学习方式。所以在工程教育中,应倡导以项目为导向的学习方法。我们在课程中也采取了类似的方法,如应对相应挑战和新需求,我们会在课程设计中融入创新设计,这对于中国制造业是非常重要的。

美国有这样的说法,在产品设计中,投资1美元,输出会增加到2500美元。在日立公司,如果销售增加1000亿元的话,那么51%归因于在设计方面的创新。

在中国企业,创新设计仍需加强,所以我们需要教育学生增强创新设计的能力,在机械产品领域中加大创新设计人才的培养,这样才能够增强核心能力,并进一步加强品牌的建设。

我们需要推动本科教育实现跨学科学习。在课程设计过程中,还需要行业伙伴的参与。这些课程也需要融入大数据与人工智能。我们现在与阿里巴巴开展云计算等方面的合作。

给大家举一个例子,我们想更新一些课程,实现以项目为中心的教育(图1)。我们需要重新思考课程架构设计,使之能够综合培养学生设计和工程方面的能力,更多学科,教学方法多样化,同时在学分认可方面关注实践能力。我们将实践项目加入到传统机械工程课程中,现在加入了机械设计一和机械设计二方面的课程,也把长期实习跟设计结合起来。学生可以从做中不断学习,而且可以引入到现实工作环境中。我们将计算、设计放到教程大纲当中,大学阶段最后一年是在实际项目中进行的。

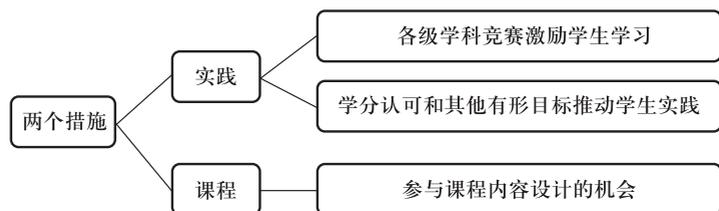


图1 机械产品设计创新能力培养的主要思路图

我们邀请了新加坡国立大学、新加坡技术大学参与课程设计。同时还举办学生设计大赛,将不同实践活动联系在一起,包括与全球500强企业的合作。我们一个学生得到了工业界20多个优秀公司的面试,该生还获得了第42届日内瓦国际发明展的金奖。另有机电专业学生荣获“全球大挑战峰会”唯一金奖。

# 人工智能在 MOOC 中的运用

唐 杰

清华大学计算机科学与技术系教授

在当今的信息化时代,知识传授的方式发生了巨大的变化。借助互联网和信息化的发展,在线教育蓬勃兴起,并随着其价值的不断完善,社会认可度也在慢慢提高,人气越来越兴旺。全球最大的中文 MOOC 平台——学堂在线,迄今为止已经提供了 1000 多门课程,主站注册用户数量也已超过 1000 万,覆盖全球 200 多个国家和地区。

清华大学计算机科学与技术系与学堂在线有着长期的紧密合作,双方共同致力于通过信息化、人工智能等新技术变革,积极有效地开展和促进教育教学。孙茂松教授和我带领团队在基于大数据的教育教学工具开发、人工智能机器人助教、VR/AR 虚拟现实与教学合一、虚拟仿真试验等一系列新技术的研发方面开展了大量的研究工作。

在人工智能与 MOOC 结合的方面,我们首先要考虑几个问题。第一个问题,MOOC 的用户是谁?他们仅仅是学生吗?我们可以看到,MOOC 的用户除了学生,还有企事业单位等的在职人员。第二个问题,那些课程到底是什么?MOOC 平台上有不同的课程,但不显示课程之间的关系存在。所以我们要做的是使用知识图表或者一种内部知识图谱来更好地了解它们之间的逻辑关系,告诉学生哪门课程应该先上、哪门后上、哪门课程与其他课程有联系等信息。第三个问题,如何能够提升学习者的积极性?在学堂在线平台上,只有 3%~5% 的用户真正完成了 MOOC 课程,课程结课的认可数量不到 15%。如何能够鼓励更多学生了解或者学习,是我们需要不断探索研究的。

所以我们研发了一个智能学习助手“小木”。我们把“小木”定位于个性化的“学习伴侣”,不仅可以为学习者答疑解惑,还可以与学习者进行主动交互,帮助学习者提高学习效率和积极性,同时也减轻教师和助教的负担,打破 MOOC 学习缺乏有效师生沟通的瓶颈。“小木”不同于常见的聊天机器人,“小木”是基于先

进的人工智能和自然语言处理技术,利用学堂在线海量的优质内容资源,结合互联网上专业知识库,构建了庞大的知识图谱体系,并以此为基础,提供答疑、导航、推荐、提问、社交等服务。

“小木”可以理解用户关于课程的疑难知识点的问题,并以文字、图片以及视频等形式进行解答;从课程体系结构中抽取知识概念以及知识概念之间的相互关系,为用户可视化地展示知识点的先修/后继关系;用户可以点击感兴趣的知识点让“小木”进行答疑解惑;同时在用户观看课程视频的时候,会主动提问相关知识点,及时地让用户在学习中巩固易错、易混淆的知识点。“小木”类似于中国古代读书人身边的书童,可以帮忙“找资料”,贴心地理解用户,还能进行用户行为的建模、标签分析、自动识别并挖掘课堂的重要知识点等。学习之余,“小木”还能与用户进行闲聊、作诗等娱乐性交互,真正成为学习者亦师亦友的学习伙伴。

同时,我们还在尝试将积极心理学引入“小木”,提高学习者的学习效率和积极性。积极心理学有相关的研究,如积极暗示,可以帮助学生把学习兴趣、学习时长和学习效率大大提高。当学习者选择一门课的时候,“小木”会提示是否需要做一个学习计划,紧接着在不同阶段做不同提示,还有日常的加油鼓励、进度落后时进行提醒,甚至在用户学习一门课程结束后可以根据用户的喜好为用户定制化地推荐一些课程和学习材料,帮助学习者高效学习。

# 在工程教育、研究和实践中学习及应用人工智能

**Ken Dunstan**

MathWorks 亚太地区教育经理

MathWorks 是世界领先的技术计算和基于模型设计的软件开发商与供应商。MathWorks 已与 1100 多所大学开展合作,除此之外,我们还拥有几千家工业客户。

人工智能(Artificial Intelligence, AI)是什么呢? Gartner 说过,“人工智能几乎是炒作的定义。”关于 AI 的应用想必大家已经了解很多,包括深度学习、机器学习、机器人、自动驾驶、文本分析、计算机视觉、信号/音频处理等领域都可以用到 AI。AI 包括许多技术。从工程的角度来看,有些技术显得不那么重要,如用户交互界面和增强现实。对于 MathWorks 来说,我们在这个领域花了很多时间,研发了很多工具帮助大家。现在 MathWorks 也专注于深度学习领域,我们有一个深度学习的工具箱,所有大学都可以使用,可以用来授课。

在行业中,我们也面临着不同压力,一些行业企业也希望可以应用 AI 技术,例如飞机制造商希望应用在质量控制和测量、过热检测等方面,农业设备制造商希望应用在智能杂草检测方面,医疗器械公司希望能应用在临床研究阶段的烧伤诊断(医学成像)方面,无人机制造商希望能应用在卫星图像中的目标检测方面,等等。

行业需要我们有怎样的表现呢? 他们希望使用起来能够更方便,性能更高,同时他们还希望能看到大量的应用实例,并且需要我们能够为复杂系统开发提供强大的工作流支持。对于大学来说,我们会提供培训课程。另外,针对互用性框架,现在有一些很通用的方法,我们也希望把它们整合到 MathWorks 的框架中。我们也希望能与更多平台进行整个网络的互用和互通。

我们在做什么? 我们希望能帮助工程师和科学家获得使用 AI 的技能。自动化对于我们来说很重要,对于我们的工业客户而言也很重要,所以我们在很多方

面都有创新。我们也利用自动化做出很多辅助的教学工具。对于深度学习来说,需要训练自由空间的检测网络。还可以生成 CUDA? 代码以在 NVIDIA 图形处理器(GPU)上执行定向非循环图形的网络。我们通过部署 GPU 的方法改善推理性能。GPU 编码器通过以下方式提高推理性能:支持 NVIDIA 库;添加优化,包括自动调整、层融合和缓冲区最小化。我们可以把 AI 看作是工具箱中的一个工具,用不同的方式解决问题或解决新问题的另一种技术。这也有助于大家理解为什么 MathWorks 在谈论 AI——我们一直在努力让工程师和科学家在工作流程中更轻松、更便捷地使用 AI。

列举一个 AI 应用在铜加工中的实例。铜矿的产铜率为 0.8%~2.0%,因此,必须将 99% 的开采材料作为废弃物清除。通过算法开发人员、冶金学家、数据科学家的共同努力,将 AI 技术应用于铜加工系统中,最终提高了铜的回收率。再举一个非常有意思的 AI 超过人类能力的例子。有一位名叫 Jason Barnes 的绅士鼓手,网上有很多他的视频,他在一次事故中失去了右小臂。Jason 戴着一只佐治亚理工学院的研究人员为他设计的假肢鼓手,这只右手假肢可以拿着两个鼓棒,较长的一根是他的主要鼓棒,Jason 通过弯曲肌肉直接控制它,就好像他用自己手腕和手指控制着一样。较短的鼓棒是自主自动的,它根据 Jason 发送的信号或其他音乐家的乐曲自己演奏。视频中,Jason 控制着右边较长的鼓棒,而自主鼓棒则在自己写笔记。这使 Jason 相比其他鼓手能够演奏更复杂和更快的节奏。

他们是怎么做到的呢? 我们可以将应用程序看作一个控制系统,Jason 和假肢一起工作来创作音乐。当 Jason 根据他听到的乐曲演奏时,会有一个反馈循环。该假体由肌电传感器输入,测量 Jason 手臂的肌肉运动,然后输入到笔记本电脑进行处理,再输入到主机上运行 Simulink 控制器。控制器参数决定了鼓棒的反应——Jason 可以简单地通过向前或向后摆动手腕,同时将鼓棒从鼓上拿开,以收紧或放松来调整它们。此外,麦克风还可以收听 Jason 或其他音乐家正在演奏的音乐。这将通过相同的系统输入在同一个 Simulink 模型中运行 AI 算法,以控制自主鼓棒。研究人员不仅成功地恢复了 Jason 的艺术性,而且赋予了他作为一个鼓手更加健全的能力。

AI 是未来的大趋势,因此,更多的人需要学习 AI 以及如何应用它。我们可以通过工具进行模拟和实际操作,并与其他方法进行比较。同时,工程师、科学家和 AI 专家们要一起合作。

# 帝国理工学院博士人才培养 与人工智能研究

**Omar Matar**

英国帝国理工学院工学院院长

第一,介绍一下帝国理工学院。帝国理工学院 1907 年建立于英国伦敦,专注于科学、工学、医学、商学领域,这在英国独一无二的。我们也发展核心学科力量和强大的跨学科合作能力,是英国大学前十名,在全球排名中也是前十名。我们是国际化的大学,有大约 17000 名学生,10000 多名本科生,3000 多名硕士生,3700 多名博士生,学生来自 120 多个国家。我们有大约 8000 名员工,来自于 100 多个国家。我们一共有 19 万全球校友。我们有四大学院:工程学院、医学院、自然科学学院和商学院。除了这四大学院,我们还有很多研究中心、研究所,如全球健康创新研究所、未来能源实验室、气候变化和环境相关的实验室,还有分子科学和工程方面的研究所,等等。我们的研究领域众多,包括医药研究、神经科学以及机器人研究、机器学习等。

帝国理工学院与中国在科学、工程和医药领域合作非常紧密。在过去 5 年中,帝国理工学院的研究人员与中国的研究人员共同发布学术论文 3000 多篇。我们有大约 2600 名中国学生,除了英国学生之外,中国学生是最多的。我们有 225 名中国员工,包括非常知名的郭毅可教授、林建国教授和杨广中教授。我们在中国有 7000 多名校友,包括北京市市长陈吉宁。习近平主席 2015 年访问帝国理工学院,参观了数据科学研究所、哈姆林研究中心等地,他对此也很有兴趣,并鼓励中外学生为中英科研合作和两国共同繁荣做出贡献。

第二,介绍一下我们的研究中心,比如博士培养研究中心。首先须通过考试才能进行博士研究。在博士培养研究方面,帝国理工学院的研究领域包括神经科学、可持续发展、分布式系统、化学和材料等。博士培训中心还加入了机器学习,有一个“1+3”项目,最开始是 1 年的正式学习,会有很多研究项目在第一年开展,之后是 3 年的 PHD 项目。该项目由英国工程与物理研究委员会通过英国政府支

持给予资金,目标是最终能把研究成果应用到工业、商业、医疗等领域。项目是多学科的,并与企业进行合作。实习项目也在研究中心进行,学生能够参与其中。这些环节让他们更加成熟,而且能够了解行业,比其他学生对于工业的了解要深一些。

第三,介绍一下我们在 AI 和机器学习方面的探索。我们与图灵研究所有很好的合作,因为他们也有机器人和 AI 方面的研究所。在英国, AI 是一个战略方向,我们希望学生能够对 AI 有足够的了解,从工程问题开始,从运算方面着手,解决现有问题。我们对于数字经济及其他技术都很关注,要确保我们的方法是正确的方法。医疗、信息技术等很多领域都非常重要,不仅对于英国,对于任何其他国家也是非常重要的前沿话题。我们要从工程的角度推动机器的发展。

我们与图灵研究所共同合作建立了一个新的中心,共 70 位员工,包括工程师、数学专家等,这样的组合非常好。这些合作伙伴都有不同背景,包括能源、医疗等。未来所涉及的项目会有 15 个博士学生。

表 1 展示了我们以数据为核心的工程博士生培养模式。第一年,核心模块。这些核心模块都可以有效地通过我们的课程在机器学习当中得到优化。可以通过不同的模块,在未来一年中进行加强,在第二年、第三年、第四年可以开展自己的研究项目,同时可以有更多模块。在这个过程中,学生可以在整个行业中进行很多的实习。

表 1 帝国理工学院以数据为核心的工程博士生培养模式

第一年	第二年	第三年	第四年
核心模块		选择性模块	
研究项目		博士项目	
	开放日	开放日	开放日
	工业-学术日	工业-学术日	工业-学术日
博士项目选择	暑期学校	暑期学校	暑期学校
	学生协会	学生协会	学生协会
	硕士→博士	实习	论文

# 培养卓越的工程技术人才

蒋建军

西北工业大学机电学院副院长

首先简单介绍一下我们学院。追根求源,西北工业大学机电学院可追溯到1928年,汇集了中国南北两大工科血脉,一直是中国重点建设的工科大学和学院。学院现设有5个专业教学系,拥有3个国家级实验中心与基地,1个国家级国际科技合作基地,7个省部级重点实验室,2个省级实验示范中心,4个省部级工程技术研究中心。一直以来,学院始终将高质量人才培养放在工作首位,始终坚持创办一流教育、开展一流研究、培养一流人才。我们学院先后为国家输送了1万余名毕业生,先后培养了80余位航空航天总师级人才,为著名的“西工大现象”做出了重要贡献。我们部分院士校友,他们在高温合金、大飞机工程、农机工程和探月工程中做出了重要贡献,也是这些方面的先驱。我们也培养了总师级歼-10、蛟龙、歼轰7、直-10等总工程师级别的人物。学院现设有6个本科专业,其中飞行器制造工程和微机电系统工程排名全国第一。

下边言归正传,和各位专家探讨一下新工科和人工智能下的工程教育,个人不成熟的心得,请大家批评指正。新工科背景下工程技术人才应具备的能力可以概括为:扎实的知识基础和使用工具的能力。但说实在的,10年后甚至20年后到底需要什么样的工程师,或者需不需要工程师,我也说不清楚。对于知识,大致可以分为两个部分:一部分是有模型的、线性的、光滑的、定常的经典知识,这些知识只占所有知识的一小部分;另一部分是没有模型的、非线性的、冲击/整数的、非定常的知识,这些知识占大部分。而传统工程教育从经典知识出发,沿一条很窄的而且越来越窄的路到达前沿。那面对其他问题该怎样解决?那就只能自学或者协调。但效率和成本都是问题,这构成了新工科情况下人才培养的重点。另一个要素是使用工具的问题,在具备相应知识和能力的基础上,提高使用工具的能力。我们认为只要有知识,并具备相应的能力,再提供足够多的数据(含经验数据),经过训练,就可以解决任何问题,这也是AI关注的重点。因此,面向未来,我

们培养的卓越型工程技术人才需要具备宽口径的知识、强大的动手能力、丰富的实践经历和较高的工具使用能力。

我们怎么做的呢？可以概括为集中优势资源，培养卓越工程技术人才。具体来说，就是围绕高素质拔尖创新人才的培养要素，以工程能力教育为主线，以管理素质和艺术思维为两翼的人才培养模式，利用学院优势的教学资源、科研资源和实践资源，开展卓越型工程技术人才培养。我们改革后的人才培养体系的核心思想是：拓展课堂知识并与实验实践结合，拓展科训知识并与科研活动结合，拓展实训知识并与创新实践活动结合，通过三个梯度的课堂建设，完成各环节的人才培养要素。下面举一个具体的例子，我们正在申报的虚拟仿真实验项目。该项目中，我们增加了虚实结合的手段，将基于智能手机和教材的自主学习、基于计算机和课堂的工业设计仿真学习与基于 AR (augmented reality, 增强现实) 眼镜和物理设备的现场操作相结合，显著提高了学习效果。这个体系支持三种学习：一是使用智能手机自主学习；二是使用计算机进行工艺仿真；三是使用增强现实进行实际操作。

简单介绍一下保障这个体系的教育资源。在教育教学方面，我们拥有 2 个国家级教学团队，6 个国家级精品课程，2 个国家级教学名师，6 个省部级教学名师，8 门国家级优秀教材。这为学生对综合知识能力的学习提供了良好的支撑。在实验教学方面，我们构建了学研一体化大平台，将优质的科研资源融入教学具体环节。在创新实践方面，建有 8 个大学生创新竞赛基地，每年支持超过 1000 名本科生参与 20 项竞赛，近 4 年获国家级竞赛奖 100 项以上。在实践教学方面，建有国家级工程实践教育中心 1 个，实习和实践基地 20 个，联合实验室、研究中心 10 个。在学科交叉方面，我想谈一个具体的例子，甘肃马家塬发现了一个战国时代义渠国的马车，毁损严重。我们机电学院承担了它的修复工作，成功地复现了两千多年前义渠国王的座驾。在国际合作方面，我们建立了 10 个国际联合研究机构，聘请了 14 名国际知名学者开设本科生课程，并与亚琛工业大学、马德里理工大学、法国国立应用科学学院等有 7 项本科生交换项目。

我们以开放、共享、融合、创新为理念，确定了模糊专业、共享资源、建设创新基地的路线，通过本科生导师、本科生参与科研、学科竞赛和创新实验的方式，取得了一定的育人成效。比如，本科生参与了天宫一号的内部环境和航天服某个部件的具体设计，我们获得的 3 项国家技术发明奖二等奖也有本科学生的身影。

# 人才培养与学术合作

## ——京东 AI 的思考与实践

何晓冬

京东集团人工智能研究院常务副院长、深度学习和  
语音及语言实验室主任

京东一直致力于用 AI 等高新科技助力公司成长,我们一直在努力打造一站式综合购物平台,目前覆盖国内 10 亿多用户,努力满足消费者多元化需求。2017 年,京东的交易额超过万亿元。

京东 AI 的发展为:AI 的基础研究—AI 在京东场景下的应用落地—AI 的商业模式创新。我们在 2018 年 4 月对外发布了京东 NeuHub 人工智能开放平台,通过平台,我们将京东研究的最先进的 AI 技术封装成可调用的 AI 接口和行业解决方案,助力 AI 在电商零售、金融、物流等场景的发展和应用。在 AI 技术发展和应用落地的背后,离不开学术界与产业界的密切合作。一方面,我们希望能够扩大自己的人才库;另一方面,我们也希望通过产学研的合作,助力国内顶尖人工智能人才的培养。

第一,介绍一下在京东对 AI 的理解——在产业当中 AI 的应用是什么?我们为什么要做这些研究呢?首先我们依托京东 NeuHub 人工智能开放平台沉淀了需要目前京东 AI 研究院研发的最先进的人工智能技术,业务专家可以结合这些新进的人工智能技术在他们熟悉的商务场景进行全新的结合落地;此外基于新商业应用和场景创新,我们能够搜集很多的训练数据,同时我们的产品也有更多机会同新用户产生接触。这些能够帮助我们不断打磨技术能力,做更多研究,孵化更多产品。这就是我们对于新的 AI 的理解,虽然现在还在研究当中,但是在探索中我们更加坚信能够超越很多研究界限,能够产生新的场景应用。

第二点,我们还有一个全球愿景。我们的总部在北京,并在国内陆续建立了许多实验室,除了中国之外,我们还在美国硅谷、英国剑桥设立了研究中心。虽然我们来自于不同地点,不同国家,但是我们有相同想法:推动 AI 技术发展,AI 改

变世界,我们改变 AI。

第三点,我们还有一些具体步骤,助推 AI 研究的发展,培养创新人才。京东有一个非常综合的 AI 人才培养计划。面向不同人才、不同发展需求,制定不同的培训规划,并以不同形式的 AI 教育模式帮助人才快速成长。讲到 AI 的智能化水平,我们还有一些世界领先的研究,包括自然语言处理、语言构成和认知识别等。当然我们也会有不同形式的考试或评估手段,确保人才在京东 AI 实验室中能够获得足够的成长。

此外,我们还在同学术界开展合作。目前,京东人工智能研究院打造了系列产学研合作项目,吸引到学术界很多人才发挥自身才能,与京东一同探索 AI 的创新应用。例如京东人工智能研究院奖学金计划,国内外高校的教授或副教授如果有正在开始研究的人工智能创新项目,我们都会同这些学者或教授进行合作,提供多个维度的支持,一同推动人工智能的研究发展。还有我们的 AI 创新计划,这是面向研究生的一个项目,从人工智能领域研究或对人工智能感兴趣的同学可以加入京东,成为实习生,并有机会亲自参与京东人工智能探索 and 实际落地项目过程。我们的 AI 之星计划也与此类似,这个项目主要针对的是本科学生,即便他们目前还属于本科阶段,无法从事很多高精尖的人工智能研究,我们也在帮助这些学生,使他们对于 AI 的兴趣逐步放大,发展相应技能。目前我们也在同许多海内外高校合作,搭建联合实验室,比如我们同斯坦福大学的联合研究计划、2018 年 6 月我们同香港中文大学(深圳)建立联合实验室等。我们还有其他的合作模式,比如为南京大学人工智能学院提供实训基地。

我们还建立完善的 AI 课程体系,通过前期调研,我们能够充分了解新型人工智能人才的需求,并进行有针对性的课程设置。我们也与教育部门合作,共同研究课程内容,让 AI 教育更加有效。

最后,我们也通过数据脱敏开放和赛事项目来帮助人才接触真实的商业场景,将学术研究真正同产业结合起来,比如全球首届任务导向式多轮对话系统挑战赛——JDDC 大赛和 JDFC 时装挑战赛,也许未必是完全应用了 AI 技术和能力,但是同样为现实生活中的场景、数据提供有效的解决方案。有时,AI 研究领域之外的这些人才,他们有很多有趣的想法,可以引发 AI 研究者更多的思考。

**专题 B2:**

**国际合作与工程教育创新**



# 科技成果转化模式探索 ——协同创新机制与实践

何永勇

清华大学天津高端装备研究院常务副院长、研究员

## 一、科技创新的战略意义

依据《国家中长期科学和技术发展规划纲要》，中国分三步实现从制造大国向制造强国的转变，要实现这个目标，科技成果转化是重要途径和关键环节。因为中国科技创新要素主要集中于高校和科研机构，而企业的科技创新和科技研发能力相对薄弱，所以需要通过科技成果转化，将高校和科研机构的创新要素转嫁或者移植到企业，以此支撑企业的发展和转型升级。科技创新是科技成果转化的根本源泉，只有通过科技创新才能获得核心技术，才能解决目前我国面临的“卡脖子”问题，所以国家提出了创新驱动发展战略，把创新作为中国目前发展的新动力。

## 二、世界主流协同创新模式

近年来，世界各国都在探索科技创新模式。协同创新是科技创新的重要模式，这已是共识。目前，世界上三大主流协同创新模式，包括英国的制造技术中心模式（MTC—Manufacturing Technology Center, UK Model），美国的制造业创新模式（America Model）以及德国的弗朗霍夫模式（German Model）。英国近年来已在全面实施制造业创新发展的“抛石机”计划，并在全国成立了7个中心，中心由政府和企业共同出资创建，采用会员制，英国的大公司、著名的高校都是中心的成员。中心采用定制化研发，定向输出技术，专注于国际TRL（technology readiness level, 技术成熟度）4~7级的技术研发，其目标是“与工业界、学术界和其他研发机构共同合作，建立协同研发平台，输出创新的制造技术”。

英国模式是以企业为主导，而美国模式则有所不同。在美国的产学研协同创

新的组织模式中,大学处于关键地位。政府通过资金的支持和引导,在大学设立相应的工程研发中心。企业也与大学深度合作,建立联合研发中心。研发中心的资金投入方式是多样的,有政府的支持资金、企业的支持资金,也有来自于社会团体的基金或者捐赠。在这个过程中,政府、大学、企业以及民间组织都积极参与。近几年,美国建立了多个创新中心。其中,数字化制造与设计创新中心(Digital Manufacturing and Design Innovation Institute, DMDII)是非常有名的中心。它的总部位于芝加哥,由 UI 实验室主导,由 70 多个企业、大学、非营利组织和实验室组成,构成了一个庞大的协同创新平台。它的主要任务是定义协同创新的问题和课题,同时设计协同创新模式,并进一步输出解决方案。

德国弗朗霍夫模式是全世界很有名的模式。德国弗朗霍夫应用研究促进协会(Fraunhofer-Gesellschaft, FhG)是欧洲乃至全球著名的应用科学研究与转化机构,下设 57 个研究所和 80 多个研究中心。相关的研究人员超过 2 万人,分布在德国的 40 多个地区,年经费预算接近 19 亿欧元。它的特色是研发主体、研发人员主要来自于德国高校的研发机构和教授,1/3 为大学的研究生,使中心始终保持科技创新活力,非营利性质使得大学和政府资金组合可获得合法地位,主要基于合同定制化科技服务,实施专利战略和依托知识产权的科技创新机制,采用政府、企业、研发机构三位一体的投资主体结构。通过与大学和产业之间的纽带连接,使 FhG 能够从全球获得基础研究的成果,并且实施高效的科技成果转化。

从这三大协同创新模式中,我们可以发现一个具有创造活力的协同创新平台应该具备三个要素。第一,需要有稳定、实体化的产学研合作平台,有利于支撑由基础研究到应用研究的长期稳定、可持续协同创新的开展。第二,创新人才在创新平台的工作模式灵活多样,通过培养优秀的工程人才,支撑企业自主创新能力的提升,同时促进高校和科研院所的学科建设。第三,多样且稳定的科研投入机制与灵活的知识产权共享机制,有利于激发企业、高校和科研院所、创新团队的创新激情。

### 三、科技协同创新的思路与途径

相对于国外的三大主流创新机制和模式,中国面临着一些问题,尤其在制造业领域。长期以来,中国一直遵循“重速度、轻效益,重产量、轻质量,重实用、轻创新,重引进、轻自主”的发展模式。主要问题包括:缺乏稳定、完整链条的产学研实体创新平台;人才管理机制不适应协同创新的发展;知识产权不够明晰,相应知识产权转移收益分配机制不确定、不明晰,激励作用无法体现;缺乏由基础研究到共性技术的转化途径与平台。基础研究主要在高校进行,应用研究主要依靠中国科

学院的科研院所,这两者缺乏协同机制。针对这一问题,中国政府、高校、中国科学院一直在探索如何更好地在中国实现科技协同创新和科技成果转化。总体的途径是需要构建一个科技协同创新和转化的平台,通过这个平台将科研机构、政府和产业的资源聚集,从而实现研发协同、产业协同、科技协同,最终实现科技的协同创新和转化。协同途径包括通过学校和企业合作建立校企协同,通过建立区域产业联盟实现跨区域的协同,通过建立国际联合实验室实现国内与国外的协同。还有科技与金融的协同以及基础创新与应用创新的协同,总体目标是希望通过这些协同,实现由基础创新向应用创新的突破、由单一产品创新向系统制造创新的突破、由传统单体创新向协同创新的突破。协同创新的手段包括通过建立适合协同创新的人事管理制度,释放和激发人才的创新潜力;通过整合科技资源实现更好的协同创新;建立相应的知识产权的专业管理与共享体系,最后建立以纵向为牵引,以横向为支撑的长效协同创新机制。对人才的培养也可以采用国际化的人才培养、跨机构的联合培养,以及分层次的人才培养。

#### 四、科技协同创新的实践

清华大学在协同创新上也一直在进行探索,建立外派专业研究院就是一种模式。清华大学高端装备研究院是清华大学建立的第三个外派专业研究院,通过这种研究院将来自于清华和国内外的科研成果进行有效转化,最后形成产业化的输出。通过构建协同创新体系,研究院负责科技资源的优化配置和协同任务的制定,通过协同研发和产业协同,输出创新人才和创新技术,形成创新产业。到2018年,研究院建院4年,目前已成立34个专业研究所、6个联合研究中心、8个联合研发室,申请了140余项专利,孵化出10余个科技成果转化企业,员工超过420余人,建立了院士工作站和专家服务基地和清华大学工程硕士培养基地。研究院的发展目标是成为科技协议创新平台、科技成果转化平台、工程人才培养平台,最后建设成为全球有影响力的制造业创新中心。

# 工程教育创新与国际合作

**Manfred Wirsum**

德国亚琛工业大学发电技术研究所所长

先介绍一下亚琛工业大学。亚琛工业大学 (RWTH Aachen University, RWTH) 成立于 1870 年, 是德国著名理工类大学之一, 也是世界顶尖理工类大学之一, 长久以来被誉为“欧洲的麻省理工学院”。它位于德国北莱茵-威斯特法伦州的亚琛市, 该市人口约 25 万, 其中大概 1/4 是学生, 所以它也是一个大学城。RWTH 的工程专业学生占很大比重。2017 年, 全校共有 45377 名学生, 其中有 61% 是工科学生、20% 为自然科学学生、12% 为人文社会科学和经济学学生、7% 为医学学生。男生数量为 30703, 占全校学生总量的 68%; 女生数量为 14674, 占 32%。学校资金来源方面, 2017 年有 50% 的资金来自于政府支持, 另外 50% 来自于项目资金, 总额达 9 亿欧元。像其他大学一样, RWTH 也设定了发展目标, 包括应对全球挑战、吸引世界上最优秀的人才、各级推广和资助、提高教学质量、领导跨学科的顶尖研究项目、获取外部资金等。在这些发展目标中, 有两个最主要的目标: 一是对时代的重要问题进行研究, 以应对全球挑战; 二是在跨学科研究方面, 希望能成为顶尖的研究型大学。

RWTH 出台了一系列措施来鼓励创新。例如建立了探索性的研究空间, 希望能真正地使一些创新想法得到推广, 同时真正地做一些具体内容的研究。我们认为, 跨学科研究与合作会极大促进工程创新。因此, 我们在不同学科之间进行合作, 和企业进行合作, 还进行国际合作。在合作基础之上, 要进行项目落地, 做一些实际研究。在整个创新过程中, 需要有实际成果的产出, 也会有很多项目的协调工作。

下面通过实例介绍下我们这种模式所面临的一些问题和它的优势。在国际合作方面, 如 RWTH 和清华大学的合作, 已经有 20 年历史, 它是一种多维模式。因此, 这种合作不是单一战略, 在合作当中有很多不同的目标。双方合作开展双学位合作项目, 共建联合实验室进行创新研发, 还鼓励学生融入到跨学科的国际

研究合作项目当中。

首先介绍一下双学位项目。我们都知道现在的学生比较忙,没有时间去学习不同的学位课程,所以要给学生们一个机会,让他们能在完成自己课程的同时拥有国际学习的体验。该项目的毕业生可以同时获得两个大学的学位,这是非常好的一点。难点是双学位项目只面向工程科学领域开设,我们有一些可以补充的课程,但仍面临一些挑战。从2001年的生产工程学开始,我们花了很长时间把它拓展到其他领域,现在还没有完全开发出来,联合课程的开发本身也是比较难的,但是它的益处也是显而易见的。通过参加这个项目,学生们可以接受清华大学和RWTH优秀互补的教育,提高了自身的跨文化能力和语言能力,结识更多的优秀毕业生,建立与行业的联系,同时,毕业生对各自领域的学术和行业文化也有更深入的了解。因此,该项目促进了中德在教育、研究和产业关系方面的合作。图1所示为接受双学位项目的中德双方学生人数。

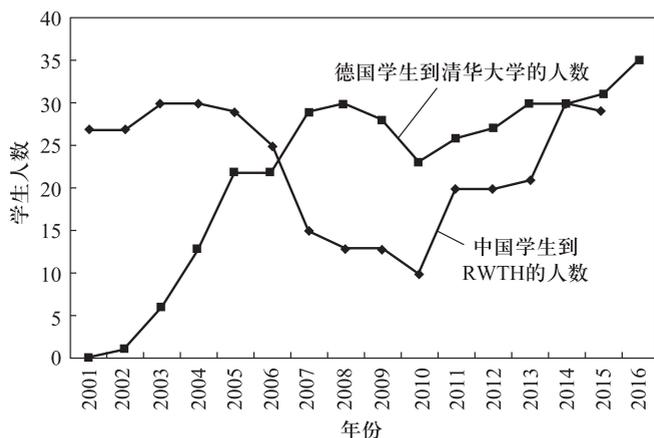


图1 接受双学位项目的中德双方学生人数

其次,我们还与清华大学共建联合实验室。这个联合实验室的目标:一是促进重点工程领域的良好发展,不仅是在学生的工程教育方面;二是从政府、产业界创造一些新的融资来源,以保证持续发展。但也面临着一些挑战,例如需要找到双方共同关心的话题,项目和实验室运营所需的资金来源应是可持续的,否则也难以维持。

最后,我们也在考虑如何为学生提供做毕业论文的机会。这里有个挑战性问题:学生们必须满足产业界的要求或者达到毕业生的要求才行。因此就需要进行一些选择,找到双方比较感兴趣的领域。例如,能源转换脱碳是一个全球性的挑战,根据《巴黎协定》,全球发电部门必须为减少二氧化碳排放做出重大贡献。中国和德国的能源市场都是以煤炭为基础的。“煤炭高峰”标志着能源革命的全球

开端。不同的世界经济将经历相同的过程,但时间不同。因此,我们有充分的理由让双方进行更好的合作。我们设立了清洁能源联合研究计划,它是一种特殊的合作方式,目标介于学生教育和纯学术研究中间,所以我们希望能对学生进行教育,提供跨学科和跨文化的体验。

在合作中,最好在一些关键环节上是基于双方优势互补开展的,双方也可以联合出版研究成果,合作申请公办项目,与行业伙伴进行合作。在清洁能源研究计划中,RWTH 和清华大学做了很多工作,如双方共同建立了虚拟实验室以执行联合研究项目,在网站上公开展示了双方的合作情况,组织召开了开发新研究项目和产学合作的研讨会,同时双方交换了研究人员以加强彼此之间的关系。对于我们来讲,最核心的是什么?我们需要有合适的项目,建立新的合作架构,需要好的工作环境,还要有足够的检查和评估。希望能通过这种模式促进清华大学和 RWTH 更多的合作。

# 植根中国,努力建设世界一流大学

徐政和

加拿大工程院院士,南方科技大学工学院院长

南方科技大学(以下简称南方科大)是在2012年由教育部批准建立、深圳市政府创办和资助的一所研究型、国际化、创新性大学。到2017年秋季,南方科大在校学生有3546名本科学学生,778名硕士、博士研究生,还有来自于不同国家的24名国际生。截至2018年8月,学校有350多名教研序列独立PI(Principal Investigator,首席研究员),预计在2020年,教研序列独立PI数超过500名,这还需要进一步的发展。南方科大主要是基于创新和创业的基础研究,因为它坐落于深圳这样的高科技城市。

接下来简单介绍一下工学院。工学院现有8个系(院),包括生物医学工程系、计算机科学与工程系、电子与电气工程系、环境科学与工程学院、材料科学与工程系、机械与能源工程系、力学与航空航天工程系、海洋科学与工程系。从中我们可以看出工学院希望能够覆盖很多的地方行业领域以及未来行业需求,工学院把重点放在符合地方产业需求的高科技上面。

南方科大主要的特色之一是拥有创新型的招生系统。相对于中国其他的大学而言,我们的招生制度比较有创意,可以参考其他方面的技能选择学生,而不一定只按照高考分数来招收学生。学校使用学分系统,学生来到我们大学之后,一开始不需要报专业,可在来校两年之内再选专业,这样学生就可以选择学习更多、更合适自己特长和爱好的领域。学校采取英语作为官方教学语言,这样便于学生出国之后进行交流,外国大学生来到我们学校以后,也比较容易与中国学生进行交流。我们建立了很多国际合作关系,便于让所有的学生至少有一次出国学习或交流的经历,使我们的学生能够拥有国际视野,这是我们的使命和愿景。

再介绍一下国际合作方面的细节。我们目前开展合作的高校很多,例如麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)、约翰·霍普金斯大学、哥伦比亚大学、加州大学、密歇根大学、不列颠哥伦比亚大学(University of British

Columbia, UBC) 等, 还和英国的一些大学以及欧洲、亚洲、太平洋地区的一些大学(如香港科技大学、新加坡国立大学等)有紧密合作, 与非洲的大学也进行交流。合作模式方面, 包括学生交流、访问学生、交换生, 还包括一些课程项目、学位学生, 还有联合培养的博士学位项目、研究交流, 也包括教职员工培训、建立联合研究机构, 以及举办国际会议和咨询等。南方科大建立了医学院, 这是与约翰·霍布金斯大学和伦敦大学进行合作的成果。

我觉得很多部分都是和研究密切相关, 如果没有项目, 这种合作自然不会很成功。例如与 MIT 的合作, 首先通过组织研讨会来探讨双赢的合作领域。所以在 2017 年 1 月在深圳组织了一个联合研讨会, 有 12 位来自于 MIT 的顶级科学家参加为期两天的讨论, 就 10 个具有合作潜力的领域达成共识, 而这些领域都是 MIT 比较有实力的机械工程领域, 以促进双方年轻科学家进行更密切的合作。在主要的合作领域方面, 联合研究项目共有 10 个课题。在本科生教育的部分, 每年都会派 6 名本科生去 MIT 参加一些以项目为牵引的课程学习。另外派 6 名研究生或博士后去 MIT 参与合作科研, 有 2 名老师到 MIT 参与教学, 并邀请 2 名 MIT 教职员工来南方科大进行短期授课或教学休假。

第二个例子是与 UBC 的合作。UBC 是加拿大的一个世界著名大学, 目前主要通过合作科研联合培养博士生, 此合作建立了密切合作关系, 并由此推广到诸如“3+1”“3+2”“3+1”的本科-硕士联培项目, 大大提高了南方科大的国际化层次。

最后一个例子是建立联合中心, 南方科技大学与悉尼科技大学(UTS)在计算机和人工智能方面进行紧密合作。计算机和人工智能是 UTS 的优势学科, 通过建立联合中心, 落实了一些合作科研项目, 共同组织专题研讨会, 联合培养博士生, 促进和 UTS 科研人员交流, 包括双方教授在两校兼职授课。

我们觉得这种国际合作可以充分利用和共享彼此的优势资源, 还可以交叉孵化。同时, 可以拥有比较好的研发条件, 这对于学生很重要。另外, 还可以就一些国际重点领域、话题进行研究, 这样学生毕业之后可以在全球进行就业。

# 国际合作的有效模式

**Fabricio Guevara Viejó**

厄瓜多尔米拉格罗大学校长

米拉格罗大学(Milagro State University, UNEMI)是比较年轻的一所大学,只有16年的历史,目前有大约7000名学生、326名教师,校园占地19公顷,学校主要研究农业领域的相关问题。我们位于农业生产区域,该区域最主要的农产品是甘蔗。

在工程教育背景下,对厄瓜多尔这样的国家,国际合作到底有多重要?首先,交流的学生可以从不同于他们国家面临的环境和问题中学习,这一点非常重要。他们可以将在国内获得的知识与在国外机构提供的知识进行比较,然后根据自己的情况接受教育。对学生来说,扩大他们的文化理解和科学性也是非常重要的。交流也是学生向他人展示自己文化和知识的机会。我要强调的是,特别是地区性大学提供了一个独特的机会,让学生在拉丁美洲的环境下更具创新性地去解决问题,因为他们往往更扎根于当地文化。厄瓜多尔有50多所大学,其中只有3所大学开展了国际合作。今年在厄瓜多尔召开的全球工学院院长理事会(Global Engineering Deans Council, GEDC)上就提出为了加快国际合作,要搭建一个GEDC的平台,这个平台具有很多功能,例如召开研讨会、开展研究、整合和共享资源、大会邀请注册等。我们要把我们的学生和老师连接到世界的平台上,只有这样,才能促进学生、教师、研究人员的流动,才能促进学生与不同文化、历史、语言和其他内容的接触,才能使他们的智力得到发展,并激发新的能力。

教育国际化的途径有很多,这些路径会交叉融合在一起,使国际化的进程变得更加坚实和可行。在国际化过程中,第一步是要在学校内部达成全球化的共识,在这一点上,学校管理层的每个成员都要确信这是一条共同努力就可以实现目标的道路。从学校的其他方面来看,不管是校园布局,还是教师的交流和培训等,重要的是要让组织中的所有参与者都可以并能够为学校的国际化建设做出一些贡献,这是一个贯穿大学所有职能(如教学、研究)的横向过程。其中的重点是

培养学生的能力,使学生能够适应新的社会和文化环境。

在国际化过程中,我们面临的最大挑战是什么?拉丁美洲国家面临的挑战在于拉丁美洲本身——教育资源缺乏,加之资金有限,学生学习的积极态度受到限制,这严重阻碍了该地区的发展和所面临问题的解决。所以,我希望大家能和拉丁美洲的大学进行合作。厄瓜多尔是一个文化多样性的国家,可以为研究和创新提供很多独特的机会。我们也需要利用这样的创新机会实现本地区的发展。我们需要共同应对全球挑战,因此需要与更多的机构和领域开展合作。我们也愿意接收来自中国的学生,不仅仅是到我们课堂上来学习,也可以和行业进行交流,与产学研结合。我们希望能够实现双赢,学生充分利用各个大学的资源,促进彼此之间的合作。

哪些是有效的国际合作模式呢?对于每个工科学生来说,挑战之一是在他们完成学业之前获得足够的实践教育,以便在就业市场上具有竞争力。在这种情况下,国际交流往往被视为是一种多方面的交流而被忽视。因此,UNEMI 试图通过向国际学生提供区域工业实习来解决这一问题。为了激励学生来 UNEMI 交流,我们会提供部分奖学金,并为交换生提供免费的食宿。

介绍一下 UNEMI 实施的硕士学位项目。为了解决厄瓜多尔缺乏硕士课程的问题(这是当地每一所大学共同面临的问题),UNEMI 采用了与国家以及国际合作大学联合培养硕士的方式。大学 A 可以提供适合的教师,大学 B 可以提供实验室,大学 N 可以提供硬件设备,等等。也就是说,每个合作伙伴都为该项目的顺利开展做出贡献,这有助于增加人员的交流,优化实验室。最重要的是,它有助于增加厄瓜多尔全国和所有大学都能享受到的专业人才的数量。

UNEMI 希望从这个国际化模式中得到什么呢?我们的目标是加强区域高等教育机构、研究中心和社会经济环境实体之间的有效国际合作。通过这样的合作,可以增加科学出版物和专利申请的数量,可以提高专业教育的水平,以获得更高质量的人力资源,还可以作为成功的投资,建立更成功的企业。

接下来,介绍一下我们的一些合作项目。我们的学生在第一年时就曾经做了很多研究,有很多研究成果。例如,因为学校周围有很多甘蔗产业,所以造成的空气污染比较严重,学生们在城市里设置感应器,通过采集到的大气数据来研究如何减少二氧化碳的排放;一些学生开展机器人、电池方面的研究;有的学生还和当地农民进行农作物的培育,如可可豆,在研究过程中,学生们发现可可豆受到了污染,所以学生们正在调研污染源。

最后,我希望大家能和拉丁美洲的大学进行合作。

# 工程教育创新与国际合作

**Richard Schoephoerster**

阿联酋沙迦美国大学工学院院长

沙迦美国大学(American University of Sharjah, AUS)采用的是美国教育模式,大学各门课程成绩和学历不仅仅被阿联酋的高等教育和科学研究部认可,同时也被美国高等教育委员会承认。AUS 是美国大学体系当中的一个,现在已有 20 年的历史,发展速度非常快,同时也非常国际化。AUS 80%的学生来自于其他国家,如美洲、欧洲、亚洲国家。现在我们正处在世界的快速变化中,所以大学的发展也很快。

首先,给大家介绍一下背景情况。第四次工业革命以融合物理、数字和生物世界的新技术为特点,将影响所有学科、经济和工业。第四次工业革命在人类历史上给我们带来的变化非常大。这种变化直接影响了大学人才培养方面的变化。美国国家人才委员会曾做过一个有关美国毕业生就业的研究项目,其中在工科毕业生就业领域方面,一半人从事数学、工程、理科等职业工作,另一半人从事的是非工程、非标准化的职业领域,如商业、社会服务、教育、法律、艺术等,在中东也可以看到这样的情况,这是一个全球性的情况。所以,我们要为毕业生未来从事各个职业领域做准备,他们需要了解技术、社会、文化、商业等多方面的知识。在 20 世纪 90 年代我刚开始进行学术研究时,我所在学院的院长就说过“工程是 21 世纪的文科”,现在也证实了这一点。有很多来自于不同职业的人,他们需要理解在技术层面如何与不同文化进行交流。这是在美国大学层面的一些发展变化,实际上也与全球情况密切相关。

AUS 正在进行三个方面的变革。第一,正在努力成为综合研究型大学。美国大学发展的历程对全球产生影响,在全世界每个国家都有研究型大学的概念,大家很愿意为大学的科研进行投资。第二,教育实践上面向个性化学习的核心四要素:① 集成数字内容,数字内容可以允许不同的路径和速度;② 目标指向,教学与学生的具体需求和学习目标相一致;③ 学生反思,持续的学生反思促进了学习的

自主性;④数据驱动的决策,教学决策基于大量不间断的数据收集。第三,对于工程教育方面的转变,更多地把重点放在以项目和实践为中心的推进上,这是全球性的趋势。

在研究层面,我校现在处于转型过程中,新引入了环境、材料、智能城市、生物科学、工程等方面的项目。在生物科学研究方面,我们开展全球合作,现在与爱丁堡大学进行合作,在该领域的研究进展顺利,以此可以更好地推进双方的深入合作,这是非常好的合作模式。在学生交换方面,有博士的项目以及为期一年的交流学习项目等。

关于以项目为基础的研究,课程设计当中很大一部分内容朝着机器学习的方向发展。通过专业合作方式,如与波士顿科技大学合作,与一些获得国际大奖的专家合作,依托一些项目为基础的学习,积极参加实验室的工作。建立全球项目研发中心,与一些专家、学生合作开展可持续性发展的研究。

在教育方面,通过硕士、学士项目等,创新的微证书认证方式,学生可以积累一些经验。我们现在有非常强的研究实力和自动化系统,完全有能力开展无人机的研究。第一个合作项目是与迪拜的一家公司合作,帮助他们获得执照,在阿联酋进行无人机的推广使用。我们在无人机的很多方面开展技术创新工作,与他们合作进行无人机设计方面的研究。这些项目都是联合设计,希望学生能通过学习得以胜任。

# 国际合作与工程教育创新的思考

林明锦

重庆大学机械工程学院院长

先简单跟大家谈一下我的背景。我在马来西亚出生,后来到英国读书,获得英国利物浦大学制造工程学士学位,埃克塞特大学制造系统与管理博士学位。然后工作,在英国阿斯顿大学、德比大学、考文垂大学都工作过,在英国前后待了21年,2017年到重庆大学任职。我本人是两份国际期刊的主编,一份是SSCI《International Journal of Logistics Research and Applications》杂志,另一份是《International Journal of Supply Chain and Operations Resilience》杂志。

我是重庆大学第一个外籍执行院长,可见学校对国际化的重视。当我们讲到成功的国际合作伙伴关系时,它到底是什么意思呢?我觉得能理解文化是最重要的。很多情况我们在思考做了什么,但是能不能理解到底做什么?例如,中国的高考是一种国家级的入学考试,它对学生显得非常重要,中国学生的高考压力非常大。但在马来西亚,学生没有这种压力。所以,我觉得这种文化差异是非常重要的,可以让我们更好地去理解到底人们在思考什么。有时候西方学校的老师可能会说,亚洲学生在课堂上很少主动发言,并不是他们不知道答案,有的时候就是文化问题,他们不想在这么多人面前挑战老师。我有很多学生很聪明,有的时候在课堂上问他们,他们不愿意回答,事后我跟他们交流的时候,发现他们的想法和观点都非常值得肯定。所以,文化非常重要,可以帮助我们去了解 and 建立更好的关系。以前的英国大学,本科生是有国家补助的,现在没有了,完全靠学生学费收入,所以招生更重要了,尤其是海外学生(不管是本科或是硕士)。招收本土学生是有名额限制的,但是对于国际生的招生数量就可能宽松很多,而且学费也可以由自己学校定。

开展国际合作是要进行知识的加强、能力的互补、视野的开阔等,学生们想要在世界不同的地方进行学习。对于一些国家来讲,他们非常渴望在新的知识和技术创新方面得到发展。但是也不能一概而论。例如在中国,使用微信、支付宝支

付非常便捷,根本不需要信用卡或现金支付,在英国当然也可以做到,但是他们不想做,他们觉得自己现在过得挺好的。所以这就会让我们去思考,到底想要的是什么?对于一些学生来讲,他们想要的东西是新的、不一样的,希望能到海外去看一看。当然,不一定每个学生都能够得到这样的机会,有时候首要问题是有没有足够的资金支持。有时需要牺牲或者做出让步,因为这需要考虑到回报率的问题,即使在教育当中也是一样,有时候可能花了很多钱,但最终收获不大。

在合作当中,必须要考虑整体的合作,包括现场的访问、实习、研究等,这都要考虑全面。很多时候不能只看到表面上的“2+2”“3+1”“3+3”学制就行了,我们要超越这个,让学生在那里实习,让他们可以听到想听的讲座,彼此之间可以联合做出成果或者建立联合实验室等。

我在重庆大学工作期间,也看到一些国际合作当中的挑战和遇到的问题。首先是认可的问题。中国很多大学正在发展国际合作,在国际平台上,双方的背景信息等都是一样的。例如在中国经常讲“双一流”,国外学校可能就没有听说过,我们就要给他们介绍中国的教育系统、我们所处的地位等。作为西方合作伙伴来讲,有的时候在国际合作当中,还是有一些挣扎。例如国际合作中大学所获得的支持、所处的环境和模式是否一致,是否适合国际学生等。我们有的时候会接到国际学生的投诉,说本应该是英语的授课模块,为什么中文英文不断变换,还有是否有伊斯兰餐厅等,这些都是所有大学面临的问题。

希望我们的努力能解决这方面的问题。

**专题 C1:**

**工程教育创新实践**



# 学术最佳实践小组——在线实验室

**Timothy Drysdale**

英国爱丁堡大学工学院技术和科学教育主任

当前,教育方式逐渐趋向多样化发展。除线下的大学外,线上教育以及线上实验室也是非常重要的形式。线上实验室是信息化、网络化的产物,与信息技术密切相关。当前社会正经历着一场革命性变化,信息技术的发展对生活方式产生深远影响,也影响着信息获取方式。手机、计算机等产品更迭日新月异,学生获取信息的方式也跟以前大不相同。借助信息网络,学生可以快速查阅到所需信息。这种信息获取方式逐渐取代了查阅纸质书籍等。而这种变化是潜移默化的,老师很难及时掌握这种变化给学生带来的影响。信息技术的发展也影响了消费方式。由于信息技术在传统生活上的便捷与优势,消费者对实体经济的需求下降。所淘汰的市场部分由其他的网页或者是浏览器所替代。利用网络可以购物、订外卖,或者是进行网上社交、订机票等。显而易见,当今世界与几十年前的世界相比,已经发生了翻天覆地的变化。信息技术也影响了教学方式的改变,传统上课方式是黑板和粉笔,现在已由 PPT 取代。现代学生对于未来的愿景不同于其他时代的人们,其潜力也有所变化和有待挖掘。

信息技术为解决工程教育部分挑战提供了可能性。当前工程教育面临着诸多挑战,而与工程相关的实验室也面临着以下问题。第一,学生数量的增加。随着教育的普及,学生数量也有所增加。实验室的设计应与学生情况相适应,保障当时实验室资源的合理使用。但当前学生数量的增加对实验室资源造成了明显的负担。第二,传统实验室的成本和空间。传统实验室需要占用一定的空间,研究者需要支付实验室的空间成本,线上实验室则避免了这笔费用,节约了成本。第三,传统实验室的时间限制。传统实验室可能是多个课程共同使用,因此对使用时间有所限制,而学生使用在线实验室不受时间和地点限制,大大增加了学生使用实验室的灵活性。第四,学生的外部投入。第五,“基于项目学习”的推广普及。在“基于项目学习”的工程教育实践推广下,项目式学习对实验室的需求增

加,而传统实验室难以满足快速增长的使用需求。第六,对在线访问所有课程的期望。传统实验室不能满足多个课程实验展示的需求。

在线实验室的优势诸多,部分学者对在线实验室对于学生的益处进行了详细研究。第一,提供了多样化的管理途径。由于实验室是在线形式,所以能够以不同的方式进行管理。第二,拓展了多样化的使用方式。在线实验室可以向学生展示出不同的实验室风貌,帮助学生加深了解,拓展更多的使用途径。第三,有效缓解了紧张的实验室资源。工科生在学习需要做大量的实验,实验室资源紧张,滋生了在线实验室的需求。虽然在线实验室有着诸多优势,但并不意味着可以随意使用。在在线实验室的使用过程中,需要关注在线实验的实时项目、实时设备等,以保证在线实验室的正常使用。

基于在线实验室的背景与优势,在线实验室已得到推广使用。接下来我以一个在线实验室项目为例,具体说明在线实验室在工程教育实践中的应用。

这个项目的资金来源于英国教育学会和一个开放性大学。学生通过使用在线实验室的设备可以实现类似在真实场地中的使用感觉。在线实验室可以放置众多设备,在这个虚拟的空间中,容纳了灯光、设备还有其他技术。在线实验室的密码和功能不是固定的,可以根据实验需求不断改变,以保证学生在正确的时间使用,达到理想的实验效果。

在线实验室不受时间和空间限制,学生在在线实验室的另一端可以看到实验室的所有设备。与此同时,在线实验室生成一个在线记录,即视频记录。学生可以控制不同的界面,根据不同的需求进行差异化分析,以此产生非常好的学习结果。以英国在线实验室效果进行说明。英国的在线实验室可在世界其他地方使用,如东京。对于学生来说,在家里就可以完成类似于在实体实验室的相关实验。在线实验室受到学生的广泛好评,同时这一成果也获得诸多奖项,例如凭借卓越的数字创新能力,在2017年获得时代高等教育领导与管理奖,2018年获得全球在线实验室的奖项。

从整体上看,在线实验室在工程教育实践中发挥着独特的作用,其点对点的性质适合师生互动。在线实验室以其灵活性、便捷性吸引着学生进行工程实践活动。

# 从研究到实践的工程教育

**Vinod Kumar Lohani**

美国弗吉尼亚理工大学关键技术与应用科学研究所主任，  
LEWAS 实验室创始主任

弗吉尼亚理工大学位于美国弗吉尼亚州，学校现有 60 个学士学位点、140 个硕士和博士点，30000 多名全日制学生。其中弗吉尼亚理工大学工科院系主要包括航空航天与海洋工程、生物系统工程、化学工程、土木与环境工程、计算机科学、建筑工程和管理、电子与计算机工程、工程教育、生物医学工程与力学、工业系统工程、材料科学与工程、机械工程等，培养了一批优秀工程人才。

我们一直认为学术的最佳实践是动手和用心。实践方式多种多样，如何让学生参与到实践过程中、遇到哪些挑战以及如何将研究转化为应用成果是值得关注的问题。以下将以弗吉尼亚理工大学工学院的具体案例为切入点，进行研究到实践过程的具体说明。

首先介绍一下学习强化流域评估系统 ( Learning Enhanced Watershed Assessment System, LEWAS) 实验室。2008 年，学习强化流域评估系统实验室项目正式启动，该项目旨在为学生提供关于水质问题的实践学习经验。对于新生而言，课堂知识是低年级学习的基础。但是要获取更多的知识、更深的理解，需对研究问题进行具体的观察实验。为了让学生能够在课堂了解实时出现的流域问题，学生尝试设计了感应器以了解整个流域的情况。选择的流域属于较小的流域，约  $2 \text{ km}^2$ ，夏天大量水汇集在这个区域。基于学校土木工程优势，学院在流域旁建立一个户外实验室。通过感应器可以将实时数据与课程教学相结合。此外，学生在学校就能看到该流域，比如可以对洪水的积涨进行很好的观察。在这个过程中，不同的学科也会有交叉，比如土木工程和电力工程相交叉。不同学院的学生在实验室一起共同工作，将感应器获得的数据根据不同专业进行分析处理。实验室人员 24 h 全天候监测这个流域的水温、pH 值等情况。流域中的化学物排放等不寻常的情况可随时被监测，学生可根据学院专业不同进行案例分析。类似的实验室

数量逐渐增多,有效实现了学生解决实际生活问题的目的。

在线分水岭学习系统(Online Watershed Learning System, OWLS)是一个使用 LEWAS 数据的开放式指导学习环境,通过编程 OWLS 在任何时间、任何地点实现互联网端的实时或历史数据的访问。这些数据和案例在手机端可以随时查阅,并进行个性化学习。基于在线的水域数据,学生可以结合案例解决一些环境相关的问题。当前项目成果已经应用到包括农业在内的更多领域。

该项目在校内外得到了推广应用。首先,LEWAS/OWLS 在学校教育课程中得到了广泛应用,如理学院、农业与生命科学学院、建筑与城市研究学院、森林资源与环境保护部等部分课程内容。其次,该项目在公民科学、K-12 阶段学习中也得到了认可,呈现向公民层面、低教育年龄人群逐渐推广的特点,以便让高中生更加了解水域管理。从国际上看,在印度、澳大利亚等国家的部分高校建立了类似的流域监测项目。项目参与学生主要是水文科学与工程的学生。

学生利用实验室的监测数据,根据专业和需求进行针对性分析,实现个性化学习。因此,在该项目中,个性化学习研究是需要关注的问题,主要通过评估学生在 OWLS 环境监测中的学习和参与。以 OWLS 的课堂水质项目为例,该项目是对一门课程内容的学习效果检测,该课程学生人数为 59 人,主要评估内容分以下三部分:

- (1) 描述 Webb 分支流域(5 分);
- (2) 在 LEWAS 现场进行连续环境监测有什么好处(5 分);
- (3) 分析 LEWAS 现场的溶解氧(dissolved oxygen, DO)和水温数据(10 分)。

通过评估可以了解到学生如何使用在线学习系统资源以及学生之间解决问题的方案有何不同。进行正式调查前,首先告诉受访学生研究问题与研究目的,然后给受访学生一个相应的时间来解决这个问题;其次对受访学生进行追踪,了解学生是如何解决问题的;最后基于教学专家的意见,了解学生学习情况和学习方法。参与此次调研的共 52 名学生,从跟踪数据了解学生的学习。

个性化学习项目主要通过学生的参与了解学生对在线学习的想法。而我们则通过流域实验室及实时数据来了解学生对在线学习的想法。首先对 52 名学生的追踪数据进行收集,然后对数据进行详细分析。图 1 是某位学生的学习数据。为解决之前提出来的问题,这位学生开始学习一门课程,并查阅了相关数据,其中 80%的时间是实践。最后该学生以案例学习结束这门课程。从图中可以看出,用追踪系统能了解到自这个学生登录到系统开始的一切学习过程,进而分析出学生个人的学习曲线。

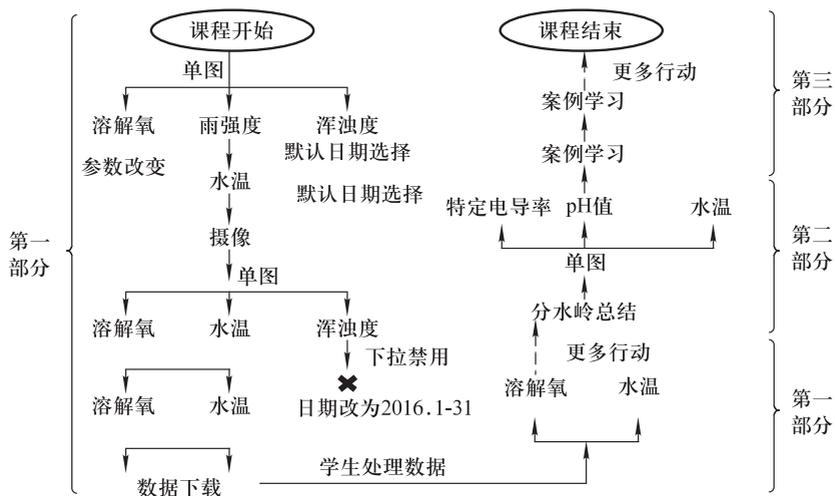


图 1 某位学生的学习过程

由于学生个体的差异性,学生的学习方法也有所不同。所以,工程教育需要全球合作,以便进行信息分享,并观察不同学生的学习方法。此外,还可以将相应的结果应用到实际教学中,实现个性化学习的目的。

# 机电一体化和机器人技术:跨学科、体验式工程教育平台

**Vikram Kapila**

美国纽约大学工学院机械与航空工程系教授

机器自动化与教育相结合,可以为工科学生提供更好的教育与培训。随着科学技术的进步,社会各领域出现了颠覆性技术,这些技术改变了现有的生活方式。同样教育领域前沿技术的出现与应用极大地影响了教育方式的变化,其中工程技术不同程度上影响着工程教育的创新与实践。如何将机器人与机械工业应用于实验室,在线实验室等前沿科技如何与工程教育相融合,针对这些问题我将进行具体说明。

当前,一些前沿技术被广泛应用于各行业领域,包括人工智能(artificial intelligence, AI)、机器人、虚拟现实(virtual reality, VR)技术以及区块链技术等。随着劳动力成本的不断攀升,企业经营负担加重,越来越多的企业选择以技术解放劳动力,以保持企业在行业中的竞争力。那些难以用人力来填补工作岗位的行业正在越来越多地使用机器人来保持竞争力。AI被应用于警务工作、抵押申请处理、社交媒体活动、自动驾驶等领域。AR(augmented reality, 增强现实)和VR重塑了人们的生活方式,在在线购物、娱乐和房地产购买方面带来愉悦的体验。区块链技术具有广泛的应用,可用作分布式、分散式安全合同,而无需昂贵的中间商。可以说,这些颠覆性技术的出现极大地影响了经济活动、居民生活等不同领域,其优势毋庸置疑,因此在出现后的短短几年间迅速得到推广和使用。

在这种背景下,前沿技术基于自身的优势,得到包括硬件、软件等各种力量的支持。越来越多的企业投入到创新、发明或研发的活动中,这种趋势有力地推动了技术的创新发展。在这种技术创新发展的背景下,对工程的需求又是什么样的?首先对劳动力提出了一定需求,这也体现在工程教育上,即对工程师或工程研发人员的要求:

(1) 合作意识与终身学习精神。在经济、文化、创新的驱动下,工程师和研发

人员需要与不同背景的团队成員合作,并且进行不断地学习。因此,工程师需要具备团队合作精神,并拥有可持续性学习精神,即终身学习能力。

(2) 跨学科的工程教育背景。工程问题愈加复杂化,跨学科背景的工程师能更快适应未来工程学发展的需要。

(3) 具有实际项目经验或实践培训。

(4) 创业经验。通过创业经验,进行项目和实践性的训练,并将教育和职业联合起来,拓展更广阔的未来发展前景。因此我们需要扩展毕业生的视野,使创新经验与行业中的职业经验联系在一起,夯实毕业生的就业求职基础。

与此同时,工程领域也出现了一些新兴趋势:一是越来越多的通才和专才相融合;二是工程师既能在小团队中工作,也可以独当一面;三是团队结构灵活,团队结构可以根据产品和项目的需求进行灵活的调整,既可以不断增加工程师,也可以重构这个团队。

为什么选择“机电一体化和机器人”主题作为工程教育实践创新的切入点?首先,机器人是当前比较热门的领域,而一个理想的技术平台,可以构建新业务和创业企业。其次,机器人作为新兴技术,能够激发学生的好奇心,激发学生参与到工程教育、工程研究创新和创业的探索过程中。最后,这些技术使课程更加现代化,通过广泛的跨学科知识和实践经验解决市场对毕业生的劳动力技能需求。同时,教师通过调整教学大纲,为学生提供各种各样的体验,包括工程设计、计算机设计等。

在技术发展过程中,出现了一些新兴技术和商业趋势,物联网、自动驾驶汽车、智能家居、无人机等,尤其是机器人的发展。我将通过一个机器人案例来说明机器人是如何影响工程教育的。在研发工程机器人过程中,需要机电一体化、机器人力学、仿真工具、软件和硬件、虚拟工具等不同工科背景的人员。该过程可以培养参与人员的创新能力,同时也能够培养良好的创业思维。因此工程师是在教育过程中获得系统化的知识,在体验培养中成长。通过系统化的体验,学生既可以做项目,也可进行论文撰写,或者进行其他的选择。

针对硕士层次和机电一体化,我们开展了一个由不同的行业合作伙伴共同设计的项目。学生通过由业界设计的项目,完成硕士学位,同时可以得到企业的实习机会。通过这一项目,参与学生既可以毕业,同时也可以行业中寻找合适的工作岗位。行业企业项目的针对性培训,其意义已经超过了硕士教育本身。合作企业包括公共事业单位、制造业企业等,项目覆盖医疗、牙医培训等领域,如针对医疗行业做一些原型设计、利用计算机视觉技术来完成图书馆助手的工作、应用于牙医拔牙培训等。

AI、VR、AR、机器人等技术不断在发展,而且趋于融合。所以,AI并不是单一的学科和单一的领域,而是一个交融性的学科。我们团队实验室也在不断扩展,期望能够将VR、AI、计算机、机器人融合在一起,实现人机互动。例如利用区块链技术管理账户,提高账户信息的安全性与可靠性。除学校可以提供机器人相关教育外,可以建立学校和当地行业的合作渠道。通过对当地小型的计算机公司推广机器人研究,使其了解在中小型企业转型中使用机器人的作用。此外,基于对机器人工作流程的了解,实验室可以对自身业务与流程进行评估,从而进行优化和效益改进。

# 未来的工程课程：现代教学法与最新技术相结合

JIANG Zhaoshuo

美国旧金山州立大学土木工程助理教授

当前,工程教育面临着诸多挑战,其中技术手段是解决这些挑战的方式之一。接下来我将结合旧金山州立大学具体项目做具体说明。

首先介绍一下项目的背景。工程学是理论与动手实验相结合的应用科学,实验室是工科学生实践操作的重要途径。但是受限于众多因素,比如缺乏实验设备、安全原因、有限的实验室空间等,实验室的使用受到一定的限制。所以,如何更好地利用实验室是值得思考的问题。

在展示我们的解决方案前,首先做一个小型民意调查:

问题一:您是否拥有智能手机或平板电脑等智能便携设备?

问题二:如果您的智能手机电量耗尽,您会感到坐立不安吗?

根据调查,99%的人拥有智能手机或平板电脑。80%的人认为当智能手机电量耗尽时感觉不舒服。智能手机或平板电脑已经对生活方式产生潜移默化的影响。但是这些产品在用于娱乐的同时,也可用于学习。下面将介绍具体的解决方案。

方案一:Quanser Qdex™ 平台

为解决工程学面临的实验室挑战,基于移动端产品的普及,提出开发移动端实验室应用程序——Qdex。Qdex 是 Quanser 提供的移动开发平台,旨在通过使用交互式应用程序来改变传统的学习环境。该应用程序可以兼容 IOS 和 Android 设备。从使用经验看,该平台在开发应用程序方面具有快速的学习曲线。

方案二:远程实验室

通过 Qdex,将移动技术和物联网相结合形成远程实验室。学生可以通过移动设备随时随地进行物理实验。这种方式可以通过手机或平板电脑在任何时间、任何地点得以实现。要开始实验,访问者首先进入一个预定系统预约实验时间。

预约完成后,系统自动发送邮件提供给访问者一个特定的访问代码,以便访问者通过控制面板完成整个实验。实验数据通过移动设备实时反馈给访问者。同时,实验的数据也可以以邮件的形式发送给访问者。为了增加远程实验的真实感,学生可以利用移动机器人从不同角度查看实验。同时可以根据周围的环境进行实验的调整。最新技术的应用大大提高了实验室使用的便捷性。

### 方案三:移动学习模块

在远程实验室的基础上,我们设计了一个整合的学习模组。在不同的学习阶段,这个模组提供不同的模块。这些模块由三个互联互通的 APP(应用程序)构成,即分析、模拟、实验,分别代表理论、实例模拟和物理实验。分析模拟能够让理论在模拟实验当中实现。这样的模拟让学生在使用虚拟实验室的同时,也可以对自身的知识积累、探索新方法和新理念有所帮助。模拟实验需要对实验做出假设,在某些情况下无法真实地复原实际实验,为此,学生通过物理实验 APP 做一些实际的实验,应对及体验实际实验研究中所出现的一些挑战。

接下来介绍一下这个物理实验模块的具体使用方法。第一,APP 下载。下载及登陆 APP 进行设备检测,检查该设备是否可以实现现场动画模拟,同时检查是否可以观看播放数据。第二,实验预定。做实验前需要预定一个实验时间,根据预定系统中的空闲时间选定自己期望进行实验的时间。第三,进入系统。将预定系统邮件中提供的特定代码输入 APP 进入控制系统。第四,使用控制面板。从系统中进入控制面板,访问者可以设置控制时长、时间频率、震动幅度等参数,同时可以通过可移动机器人设置个性化观看。第五,数据测量结果。实验开始时,传感器实测的数据会被自动反馈到使用设备中。实验设备的状态会同时显示在控制面板中。实验结束后,设备会自动进行校正,完毕后使用者可以发出新的指令。第六,数据的发送。数据除了可以在移动设备上实时进行例如快速傅里叶变换之类的后处理外,也可以通过邮件发给使用者进行后期处理。

最后是项目的实施与结果。为了能够有效地测评这些模块,我们在三所大学的不同课程中评估了该模块的适应性和可扩展性,以及在不同背景和知识水平的学生学习方面的有效性(表 1)。

表 1 三所大学参与测评的学生

大学 A(课程 1)	大学 B(课程 2)	大学 C(课程 3)
建筑工程和土木工程专业的初级必修课程	高级土木工程核心课程	初级机械课程
72 名学生	33 名学生	49 名学生

## 1. 评估方法与内容

(1) 智能平板电脑就绪测量(SmartTRM):自我报告测量,用于收集学生使用智能移动设备进行学习的偏好。

(2) 工程概念学习自信度测试(ECSET):五点李克特式量表测试,用于评估学生对于有效学习概念和执行任务的自信度。

(3) 工程概念掌握度测试(ECAT):四点量表知识测试,用于评估学生在对于重要工程概念的学习掌握程度。

## 2. 评估结果

图1展示了参与测评的学生在不同活动中的移动设备使用频率。显而易见,99%的学生(参与测评的学生)利用设备进行娱乐活动。每周使用多次设备的学生中,94%是为获得信息,74%是作为学习工具。由此可见,移动设备作为学习工具较为普遍。

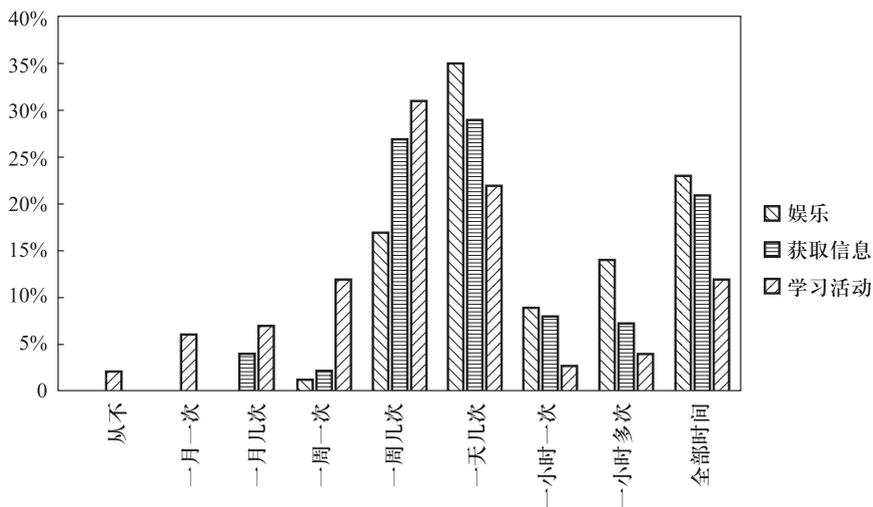


图1 不同活动中移动设备使用频率

图2展示了大学A、B、C学生对设备的使用频率。大学A、C有59%的学生使用移动设备进行课程学习。而B大学的比例高达86%。这进一步证明了移动设备在学习活动中的使用情况。

我们设置了5个问题对学生对于重要工程概念的学习掌握程度及其对于有效学习概念和执行任务的自信度进行评估。以A大学为例,我们评估了学生在频率响应、阻尼和共振方面的自信度(表2、表3)以及对概念的掌握程度(表4)。由表2、表3可见,在所有工程概念学习自信度测试问题中,结果都具有统计学意义。表4中两个问题具有统计显著性的差异,说明学生通过使用我们创建的模块对概念的掌握程度得到了提高,以及对向更高级知识学习的信心。

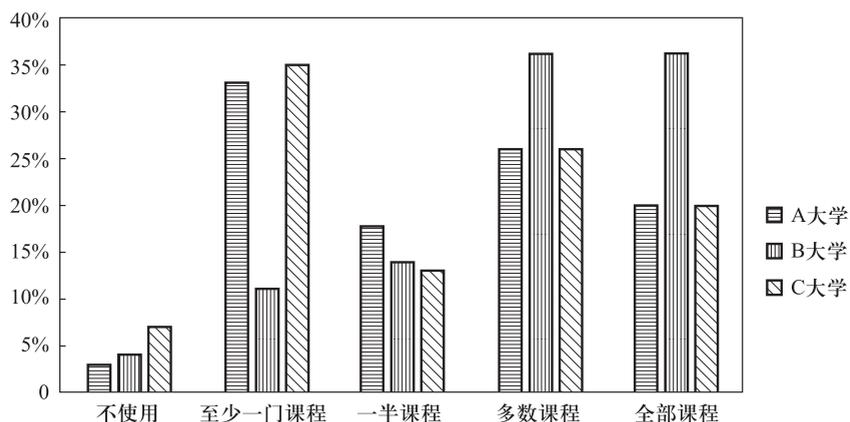


图 2 A、B、C 大学使用移动设备进行学习情况

表 2 A 大学自我效能——频率响应

问题	平均值(前/后 <sup>#</sup> )	变化值	<i>p</i>
Q1	1.85/1.64	-0.18	0.006*
Q2	2.31/1.87	-0.44	0.000*
Q3	2.66/2.02	-0.64	0.000*
Q4	2.16/1.93	-0.23	0.030*
Q5	2.16/1.85	-0.31	0.001*

注: #代表数值介于 1~5 之间, 越小越好; \* 代表具有统计学意义, 下同。

表 3 A 大学自我效能——阻尼和共振

问题	平均值(前/后 <sup>#</sup> )	变化值	<i>p</i>
Q1	1.98/1.66	-0.32	0.001*
Q2	2.33/1.98	-0.35	0.000*
Q3	2.67/2.10	-0.57	0.000*
Q4	2.25/1.92	-0.33	0.000*
Q5	2.20/1.93	-0.27	0.017*

表 4 A 大学 ECAT(知识能力)

问题	平均值(前/后 <sup>#</sup> )	变化值	<i>p</i>
Q1	0.77/0.79	0.02	0.784
Q2	0.43/0.66	0.23	0.040*
Q3	0.44/0.39	-0.05	0.471
Q4	0.46/0.56	0.10	0.135
Q5	0.49/0.67	0.18	0.002*

除了上述的三项指标之外,我们对用户(三所大学的所有140名参与者)在应用程序的体验方面进行了调查(表5),结果也是非常令人满意的。

表5 三所大学用户体验

问题	非常同意/同意的占比/%
我发现这些应用程序易于使用	76
我可以轻松使用应用程序	74
使用这些应用程序是一种愉快和令人满意的学习体验	72
应用程序运行良好,我成功完成了我的实验	73
应用程序的说明文件清晰明了	72
在需要时能够得到及时帮助	83
这些应用程序有助于提高我对自然频率、运动方程和不同频率激励下的结构响应等概念的理解	89
我会向朋友推荐学习模组	81

我们非常感谢评估过程中学校的支持,同时也希望进一步分享这种模型,充分进行资源和信息共享。



**专题 C2:**  
**创新创业教育**

---



# 清华大学跨学科技术创新创业教育

李双寿

清华大学基础工业训练中心主任

清华大学形成并大力推进“三位一体、三创融合、开放共享”的创新创业教育模式,将创新创业教育全面融入人才培养体系,已成为学校综合教育改革的抓手和重要举措。清华大学跨学科技术创新创业教育也是工程教育的最大推动力。

清华大学创新创业教育(图1)全面践行价值塑造、能力培养、知识传授“三位一体”的培养理念,即以独立、首创、勇气、包容和责任为核心的价值塑造,以创新力、执行力和领导力为核心的能力培养,以及以跨界学习为核心的知识传授,并将这一理念贯彻落实到从本科生到研究生(本研协同)创新创业教育实践的每一个环节中。提出了创意、创新、创业“三创融合”的创新创业教育模式,即在双创教育全过程中统筹兼顾创意激发、产品实现和创业指导3个环节,打造“创意、创新、创业”融合的创新创业教育平台,努力培养学生的首创精神、企业家精神和创新能

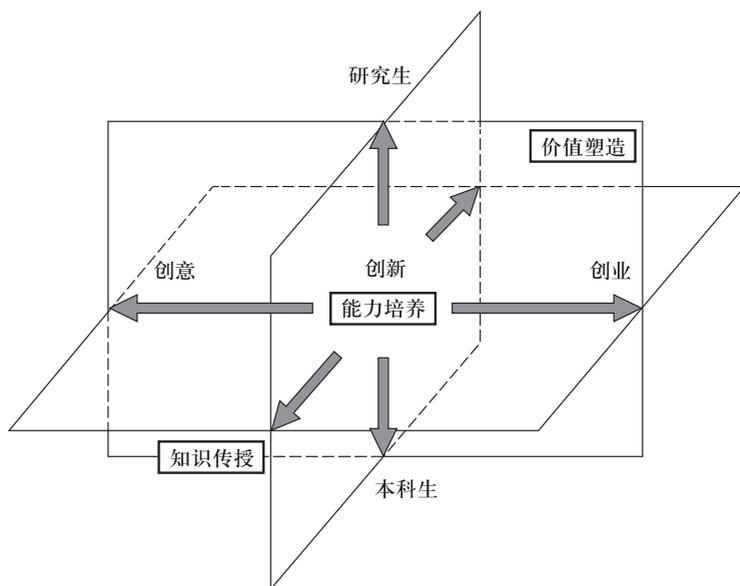


图1 清华大学创新创业教育模式

力,提升人才培养质量。倡导面向社会大众“开放共享”优质教育资源,完善创新创业支撑和服务,构建多元合作、开放共享的创新创业生态系统;发起成立中国高校创新创业教育联盟,产生了重大的社会效益和影响,具有较强的示范性。

清华大学创新创业教育的特色:一是跨界学习,建设挑战性学习示范课、创业名家面对面、实验室科研探究等,提高学业挑战度,促进学科交叉,通过跨界学习进行知识传授的同时,注重创新力、执行力、领导力等能力的培养,力图培养学生独立、勇气、首创、包容、责任等良好素质;二是体验挑战,建设百项科技赛事,搭建了能够体现学科交叉、特色鲜明、覆盖整个创新价值链的平台,支持和协同校内创意、创新、创业等三创平台,包括清华创客空间(iCenter)、清华南山协同创业中心(i-Space)、清华x-空间(x-lab)、清华“创+”以及多支兴趣团队;三是深入社会,建设校外三级实习基地,落实校企联合培养,提升工程实践能力;四是培养学生的国际视野,包括与华盛顿大学共建全球创新学院(GIX)、设立GIX技术创新双硕士学位,与加州伯克利大学共建清华-伯克利深圳学院(TBSI)、设立TBSI交叉创新研究生学位,以此培养具有全球视野和创新精神的全球创业领军人才。

清华大学于2014年开始,以清华iCenter为支撑平台,聚集相关院系跨学科创新创业教育资源,建设技术创新创业辅修专业(图2)。该辅修专业基于国家创新驱动发展战略,融合科技、设计、商业这3个领域,面向全球共性的前沿问题,聚焦人工智能的多维度创新应用,开设智能硬件、未来机器人、智能交通、智慧医疗、智慧城市等多个专业方向。通过“跨界”导师团(30多位教授+产业导师)全程指

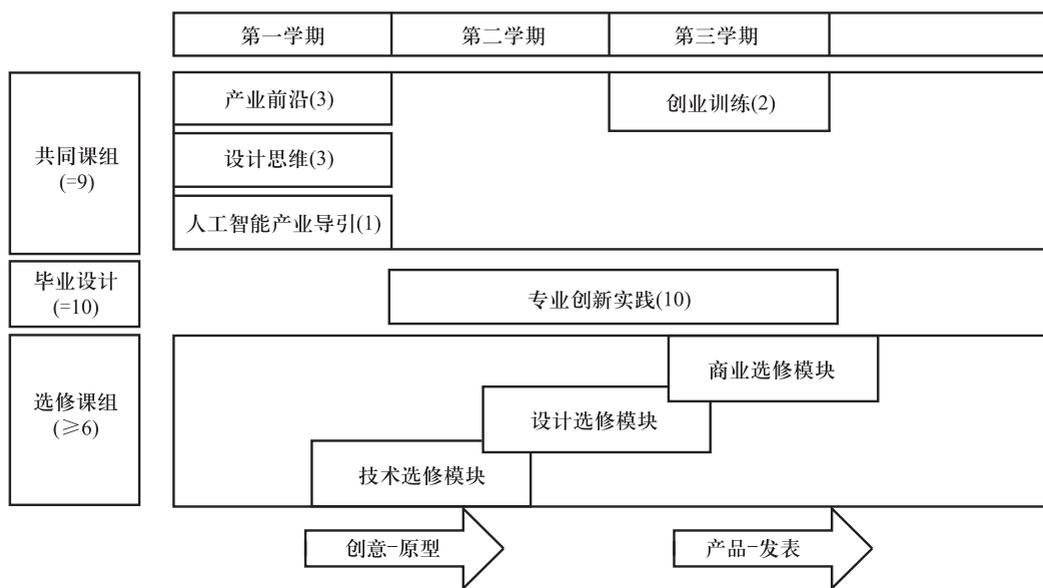


图2 清华大学人工智能创新创业辅修专业教学体系

导,“跨院系”学生团队并肩战斗,“跨学科”领域创新实践,使学生掌握全球化背景下的创新创业理论、方法和工具,以创新产品开发为核心,最终做出适应市场需求的作品,并完成初步的初创企业策划,以此拓展学生的创新力和领导力,培养学生的创业意识、创新精神和创造能力。

该辅修专业由信息学院、机械学院、土木水利学院、车辆与运载学院、建筑学院、环境学院、医学院、航空航天学院、美术学院、经管学院、电机系、工程物理系等院系联合共建。还融入了多个先进的教学和实践平台,用以支撑同学们的沉浸式学习、创新实践以及个人发展,包括:产品设计与加工平台、AI 创新实验室、产业平台、直通全球创新学院等学业发展平台等。通过科技、设计、商业相融合构建共同课组,培养学生核心素养,为多学科交叉建立对话语言和沟通方法,为学科交叉融合打下基础。目标驱动模式的专业创新实践贯通交叉学科学习,激发学生主动学习,并在实践中融会贯通,转化为个人能力提升。

清华 iCenter 建筑面积为 16500 平方米,在高校率先将创客活动融入教学实践,是全球最大的校园创客空间。清华 iCenter 基于以学生为主体(I)、工业级(industry)、学科交叉(interdisciplinary)、创新型(innovation)和国际化(international)等“i”的内涵,聚合学校相关创新教育资源,目标建成为国际化、集成化和跨学科的大学生“众创空间”。

清华 iCenter 以基于“智能制造+互联网”的产业前沿级创客空间建设为核心,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,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,建设开放的创客实践平台。建设包含课程、项目和活动等创客教育体系,探索从创意实现、创新实践到创业项目孵化的一站式服务模式,通过开放、共享的机制,让学生参与符合创客精神的正式学习活动,激发学生的内在创新动力。以学生志趣为引导,通过一系列常态性的创新创业教育活动,在校园里营造良好的创意、创新、创业氛围,充分释放师生巨大的创新潜力,激活校园成为一个更具创造力的学习空间。

## 创新与教育一体化的理念

**R. Scott Evans**

美国得克萨斯大学奥斯汀分校创客实验室主任

12岁的时候,我父亲给我买了一张机票,可以让我在天空中飞一圈。我记得当时风很大、噪声也很大,飞得很颠簸。我戴上耳机,听到驾驶员说:现在这就是你的飞机。虽然只有12岁,但是我记得非常清楚,那时我把脚放在脚踏上,手里握着驾驶杆。我想,飞机会不会翻过来,发动机为什么发出这么大的声音。在教育过程中,学生就是处于这样的一种位置,一个可以自己做出决策的位置,同时他们在自己的决策中进行学习,指导自己在所处的环境中像工程师一样去面对这个世界。

在得克萨斯大学奥斯汀分校的创客实验室里,大家进行着各式各样的创意活动。2014年,创客实验室成立,占地158 m<sup>2</sup>,每学期可以接纳2500名学生。实验室3年后扩建到3000 m<sup>2</sup>。为什么要做创客实验室? ① 指导学生设计和制造技能的发展;② 支持和加速发明或创新过程;③ 使设计和问题解决成为工程教育的中坚力量;④ 解决现实问题;⑤ 创造全国最好的项目。

很多时候,当学生不知道如何去创新的时候,可能他们需要先参与到一个全方位的动手环境之中。其次是课程的整合。在我们的课程设置中,我们尝试与现代艺术、医学等方面的课程相结合,让多个学院的同学坐在同一间教室里上课,学生要在5周之内推出一个新产品。我们的课程安排对于学生的时间限制非常严格,要求他们在很短的时间内进行技术创新,将他们的想法转变成为现实,此时就可以感受到在实际操作中,真正的设计师、工程师是如何进行工作的。在我们新建立的实验室中,主要就是把各领域的教师聚集到一起,使不同学科的实践进行交流,让所有人参与到课程的讨论中来。另外,还要考虑到如何更好地实现协同效应。我们的实践教育计划需要五个方面的融合,即:领导力培养和社区参与,课程试验室,创新加速器,设计、建造和测试设备,实验室和研究辅助设施。例如,在进行设施的建设方面,从开始设计创客空间的时候就要考虑到未来的许多用途。

在进行课程开发的同时,需要很多的资源来进行创新,并在课程设置中有所体现。总的来说,我们从课程、设施、研究以及创造等方面着手,开展具有挑战性的课题项目,培养学生的竞争力和企业家精神。在实验室实践中,支持电子产品、3D 打印、器械等测试,并将创新与工程实践融入到全方位的课程中,促进课程设置的优化。核心教材要覆盖到实验室的使用、设计和项目管理。

在进行教学的同时,我们还要聆听来自校友和企业合作伙伴的意见,注重培养学生的沟通交流能力、团队合作的精神(特别是跨学科合作),还有围绕产品的生态系统的学习,包括伦理道德、社交礼仪、商业、如何应对不确定性和变化等。所有这些都是设计和创新活动的产物。

# 培养未来的工程师

**Sanjeev Bedi**

加拿大滑铁卢大学工程创意诊所主任

富兰克林曾说：“给我讲过，我很快就忘记；给我讲解，我会记住；让我参与，我真正学会。”他强调学习中最重要的是参与和实践，而不是知识性的灌输。

首先，我想先给“创业”下一个定义。我不认为创业就是创建自己的公司，而是需要了解一个行业是如何运行，公司是如何运作，我们需要把创业提升到一个新高度。从创新的角度来说，以材料工程为例，创造出一些新的材料、新的解决方法，这些都是非常有帮助的，也就是所说的创新概念。此外，还有属于社会创业的部分。从小规模的创造到创新，再到公司的创建，它们存在共同之处，那就是存在一个相同的循环周期：发现需求—设计—实施—评估。五六十年前，早期的工程教育中很多都是按照需求进行生产，设计是在制造的过程中逐步实现的。然而，现在随着工程师的数量不断增加，没有数量足够多的前辈教导他们，很多的工程师只能在学校里面进行学习。未来的工程教育必须将需求、设计、实施、评估这四个步骤全部涵盖，这样才能保证目标的实现。创新也是不可或缺的部分，这是企业家精神的核心。创新是解决问题，提供解决方案，同时也是建立在这四个方面的基础之上。

以滑铁卢大学为例。实践性教育是滑铁卢大学的教育基础，我们采用合作式教学，学校与行业企业同时发挥作用。大学更多是提供知识的地方，行业企业在树立创业精神、创业理念方面贡献更多。这些都需要在教育体系中有所体现。滑铁卢大学工学院是加拿大最大的学院，现拥有 8 个系，14 个本科工程专业，7200 多名本科生，300 多名教职员工。

滑铁卢大学拥有世界上最大的合作办学项目，有 3500 多家合作企业，涵盖卫星制造、机器人开发等多个领域，可以提供 18000 个职位，每个月会进行超过 15000 次面试。滑铁卢大学的学生们每年在合作企业获得的报酬超过 1 亿美元。我们为学生们提供去企业工作的机会，两年时间内可以在 6 个不同的企业锻炼，

接触到6位老板、6种不同的企业文化,这样就可以让学生充分体验感受在企业工作的过程。

学校有着非常浓厚的创新创业文化。滑铁卢大学培养的工程师创立了650多家公司。我校在培养企业家方面的声誉较好,排世界前25位。工学院还拥有自己的创业孵化中心,所有知识产权都属于创作者,包括学生或教师,这样使得孵化中心具有强大的生产力。同时,滑铁卢大学也吸引了最优秀的生源,学生愿意选择我们,就是因为看到了活跃的创新环境。尽管我们距离硅谷有3000多公里的路程,但是我们的创新文化十分具有吸引力。

我们创设了工程创意诊所(Engineering Ideas Clinic),因为很多学生有设计或者创业的想法和愿望,但他们缺乏一些指导、经验和机会等。这样就可以从传统的课堂上的教师讲解变为在工程创意诊所里一对一的针对性指导。在工程创意诊所里,我们把现实世界带进教室,学生们可以进行各种各样的设计,在这个过程中,也可以使他们的团队合作能力、沟通能力和领导力得到锻炼与提升。

# 创新与企业家精神

## ——以北京大学工学院实践为例

张东晓

美国工程院院士,北京大学工学院院长

“大学”——university 一词源自拉丁文 *universitas*,有“一个整体”的意思。人们常说大学是象牙塔,意指身在此处,人能够不受日常琐碎之累,醉心于对知识的追寻。大学是以知识为基础的组织,教育的重点是教授和学习知识,研究则有助于生产知识,同时作为知识转化的基地,大学也服务社会。

新世纪的大学范式正在发生变化:教学型大学重点在于传播知识;研究型大学将研究置于同等重要地位;创新型大学探索基础科学,发明新技术,推动经济发展。目前的顶尖创新型大学有斯坦福大学、麻省理工学院、哈佛大学等。我个人认为,创新型大学应该超越创新创业,还要包括人文、社会学研究,有先进的创新与教学相长,同时融入大学的现代化,即拥有卓越的创造力,前沿的基础与应用科学,创新的教学与学习模式,现代化的大学设施以及对于创新与企业家精神矢志不渝的追求。

如何定义创新与企业家精神? 创新最初是指原始发明以及创造性地运用;宽泛地说,指新的想法、产品、服务以及流程的提出、准入以及实现。思想创新、流程创新、文化创新、机构创新等,都是非常具有影响力的创新。在当今世界极具影响力的几家公司中,苹果公司是设计和集成创新,阿里巴巴公司是商业模式创新,乔治·米歇尔先生所主导的页岩气革命是技术创新。现代的企业家精神应该是有能力和意愿去发展、组织、管理一个以盈利为目的的商业项目,同时也承担风险。

在创业与企业家培养中,大学是连接研究、人才与社会的桥梁;是社会与经济发展的推动力;也是原始技术的成长摇篮;更是培养拥有创新技术和企业家精神人才的大本营。这也是北京大学工学院在重建和发展的过程中所追求的一个目标。北京大学工学院有着百年历史渊源。京师大学堂建立后不久,于1910年成立工学部;1952年,工学院并入清华大学;现在新的北京大学工学院于2005年重

新建立。新建的工学院侧重于工科科学,与清华大学、上海交通大学、浙江大学等有着不一样的模式。要成为世界一流的工学院,为国家与世界的可持续发展做出贡献,我们将重点放在研究工程科学领域的应用基础研究,发展关键核心技术,培养未来的工程行业领导人与企业家,以及引领中国乃至世界的科技创新。

目前北京大学工学院拥有六个院系,分别是材料科学与工程系、工业工程与管理系、航空航天工程系、力学与工程科学系、能源与资源工程系和生物医学工程系。“工之道,实为本,新为上。”实践为首,创新为佳。我们于2011年建立了创新教育中心,尝试将技术、管理、创新和实践技术结合在一起。目前正在进行的项目有工程管理硕士、工业设计硕士等,与斯坦福大学、密歇根大学等院校都有合作。此外,我们还建立了创客实验室,设立创客大赛。同时配套设置了创新创业教育基金。针对工程专业学生创业,我们的合作企业专门创设了风投,约40亿元人民币。在技术转让方面,建立了创新研究院。目前我们的学生正在进行的有创壹通航、Seer Robotics、空气净化器等项目。

# 吉林大学机械工程专业创新实践能力 培养工作进展

赵宏伟

吉林大学机械与航空航天工程学院院长

## 一、基本情况

吉林大学地处中国长春,是国家双一流 A 类建设大学,同时也是“985 工程”“211 工程”重点建设的高校。作为中国共产党创建的第一所综合性大学,吉林大学是教育部直属的综合性全国重点大学,入选了“珠峰计划”“2011 计划”“111 计划”等,也是亚太国际教育学会和 21 世纪学术联盟的重要成员。

吉林大学机械与航空航天工程学院的前身——原吉林工业大学机械系始建于 1955 年,由当时的交通大学、华中工学院和山东工学院相关专业组建而成,同年招收硕士研究生;1996 年被批准建设国家级工科机械基础教学基地;1997 年原吉林工业大学进行院系合并,构成了新的机械科学与工程学院;2000 年原吉林大学、吉林工业大学等 6 所大学合并,进一步组建了新的机械科学与工程学院;2018 年 6 月,吉林大学总体规划在机械科学与工程学院的基础上,成立了机械与航空航天工程学院。

学院的机械工程学科于 2007 年被遴选为首批一级学科国家重点学科。2017 年,机械电子工程学科被遴选为国家级国防特色学科。在国家“双一流”建设中,由机械与航空航天工程学院作为责任单位,以机械工程学科作为牵头学科的机械与仿生工程学科群,被教育部批准为吉林大学重点建设的一流学科群。在全国第四轮学科评估中,机械工程学科评估结果为 A-。所在的工程学 ESI 全球排名进入前 1%。

学院下设机械工程、力学两个一级学科博士学位授权点。2011 年获全国首批“先进制造领域”工程博士学位授权点,建有机械工程和力学两个博士后科研流动站。拥有国家工科机械基础课程教学基地、国家级机械基础实验教学示范中

心、国家级工程实践教育中心、国家级机械虚拟仿真教学中心和全国工程专业学位研究生联合培养示范基地。机械工程专业入选国家首批“卓越工程师”教育培养计划,获批国家首批专业综合改革试点专业,2012年、2018年两次通过有效期为6年的全国工程教育专业认证。

## 二、创新实践

对于学生的创新实践,我学院整体的建设思路是以工程设计制造为主线,从基础实验、工程设计制造、网络互动教学平台、创新型实验和教学质量等方面切入,尝试以此拓宽学生的知识范围、增强实践能力和适应能力、提高学生综合素质。在创新实践能力培养方面,以提升综合素质为核心,以创新实践能力培养为主线,采用多途径、全方位方式推进学生的创新实践能力培养。以培养学生综合素质为核心,重点提升创新实践能力,多途径、全方位地推进学生创新实践能力培养。建设校内外创新基地、创客空间,实践类课程占到48%。

创新实践体系涵盖四个层面,分别为基础性实验,即各类课程实验与开放性试验;集成型实验,包括独立设课综合性实验与CAD/CAE/CAM系列实验等;实践能力培养,包括工程实训、生产实习、企业实训实习等;大学生创新,即大学生创新实验计划、机械创新竞赛引导项目等。通过上述实践环节交互融合、协同并举,促进了传统知识与现代方法相结合、课上教学与线上教辅相结合、现场实验与虚拟现实相结合。

主要实践环节包括基础实验、工程设计制造和网络互动教育平台的建设,在此基础上,推进了创新型实践,特别是近两年围绕工程训练中心建设持续推进了大学生创新创业能力培养。学院还开展了教学质量的自评估和持续改进。

在平台基地建设方面,学院建设了大学生创新实践基地,旨在实现课内外结合、校内外结合、科教结合和产教结合,提升学生解决实际工程问题的创新实践能力。课内实践有代表性的如齿轮综合实验,这个实验主要结合教师的科研成果,培养学生齿轮知识综合应用能力,此外还包括数控装备和工程机械等工程背景显著的机电产品构造实习和虚拟仿真拆装实验。课外实践方面,通过建设的大学生创新实践基地和依托工程训练中心建设的大学生双创基地,进一步强化了软硬件条件建设和师生的智能化管理服务,以教师-项目-团队的形式,着力培养学生创新实践能力。校外实践方面,与一汽集团合作建设了国家级企业工程实践中心,结合校内建设的生产实习基地,有效保障了学生实训和生产实习的质量;同时,我们还在中汽中心(天津)、沈阳机床集团、徐工集团和中机试验装备股份有限公司等装备制造与检测领域的龙头企业建设了实习实践基地。

近年来,学院教师自主开发实验项目 20 余项,研制开发教学仪器设备 50 多台套,更新了实践教学内容,提升了学生创新实践能力与知识综合运用的培养能力。所取得的教学研究成果,先后获国家级教学成果奖 2 项,还获得了一批省级和校级教学成果奖;学生参与研发的多项创新成果得到了推广应用。

### 三、工科建设

围绕新工科建设以及国内国际对于未来人才培养的定位和需求,学院建立了人才培养战略咨询委员会,强化了对新工科的建设和传统工科的改革,同时成立了人才培养改革的工作小组,推进了工科人才培养模式改革与创新,实现内外兼修,软硬结合。特别是在学校大力支持下,我们推进了工程训练中心的建设。2017 年开始得到学校和企业捐赠的总投资达到 8000 万元,建成了的新工程训练中心大楼。在新增仪器设备投资的支持下,将稳步把工程训练中心建成现代化实践教学平台、智能化实习实训基地、科教融合化服务平台、高层次人才培养基地。实践教学体系涵盖七大板块,从机电产品设计、分析、制造到检测形成了全流程的智能化管理与实践教学体系,也是基于信息物理融合的智能制造实践教学平台。

**专题 D1:**  
**工程伦理教育**

---



# 化工伦理教育

赵劲松

清华大学化学工程系主任

首先,简单介绍一下什么是化学工程。化学工程在现代社会中扮演着非常重要的作用,它不是化学,而是工程的一个分支,它利用化学、物理、数学和经济学原理高效并安全地大规模使用、生产、转化和运输化学品、材料和能源,如像纤维、橡胶、医药药品等。全球 500 强公司排名前十的公司中有 5 家都是与石化相关,如中石油、中石化、壳牌、BP 等。在其他的比较大的公司中,像沃尔玛也会卖很多的化工产品,如洗涤剂、洗发水、护理液等。汽车行业也会使用大量的化工产品。大家都知道中国在全球 GDP 排名第二,其中化工行业的营业收入在所有的工业领域中是排在第一位的,大约是 12 万亿元人民币,占中国整个 GDP 的 10% 以上。

虽然化工在社会中扮演着重要的角色,但是有的时候也会产生一些负面的影响,例如化学工业排放的二氧化碳约占整个工业总二氧化碳排放量的 15%,废水排放量约占工业废水排放总量的 20%,中国每年有数百人死于化工事故,等等。为了预防大规模事故的发生,保护环境,中国政府已经颁布了几十项相关法律,制定了数以千计的标准,50% 的化工企业已经搬迁到了化工园区。很多化工企业实行自动控制系统,每年开展国家安全检查活动,数千家化工企业因安全和环保业绩不佳而被关闭,行业中有数百人受到惩罚或入狱。

可以看到,化工行业其实是受到高度监管的,同时对国家的贡献也是非常大的,尤其是经济领域的贡献。但是我们知道社会还是非常害怕化工的,很多优秀的高中毕业生在高考择校时避免选择化工这个专业,所以我们很难招收到最优秀的学生,从长远角度讲,这又影响了化工行业的创新发展。那么,我们该如何扭转这种局势,如何让化学工业变得更可爱、更创新?我觉得这涉及伦理问题,因为这是一个人与人、人与社会之间的关系问题,事故的发生是因为他们不能真正理解这些关系,也不能很好地处理这些关系。

与其他的工科核心课程相比,工程伦理还是非常年轻的一门课程。它首次出

现在英国工程课程体系中是在近 10 年,而且教学仍然是非常零星的。Stephan (1999)通过对美国工科院系的调查发现,只有 27%的人选修与职业道德相关的课程。他所调查的工科毕业生中,80%的人所在的学校都不要求选修职业伦理课程。Shuman 等(2004)对工科本科生的调查发现,在 120 名学生中,只有 17 人学习了伦理学课程,但没有人学习过工程伦理课程。所以说无论东西方社会,工程伦理学的教学仍然是非常年轻的。

澳大利亚墨尔本大学的 Davis 教授(1999)指出,有 8 种不同的方法教授工程伦理学,这些方法大致可以归结为两类,分别是把工程伦理融入工科课程中或者独立开设工程伦理课程。其实,采用何种方法来教授工程伦理课程并没有一种普世的、得到大家一致同意的观点。我觉得最有效、直接的方法就是采用案例讨论法,但是使用真实或假设的案例也会存在一定的局限。使用历史的真实案例时,学生很难体验到在实际工程项目中决策的两难。使用假设案例的局限在于假设性案例通常缺乏细节和背景,比在工作中实际遇到的问题要简单得多。很多的时候,工程伦理是由哲学系教授来讲授,但学生不知道如何把他们自己所学的知识和自己的专业领域联系在一起。Minnich(1991)认为,道德困境的解决涉及伦理的判断,而工科学生需要学会在工程实践中解决道德问题,并发展这种判断力。因此,工程伦理的重点是做出伦理决策,而不是分析伦理理论,我们的最终目的是希望解决实际的工程伦理问题。

2015 年,我们开设了一门独立课程《化学工程伦理学》,课程中涉及 20 多个案例,主要是化工类的。从地域维度,这些案例国内外都有,大部分都是中国的现实案例;从时间维度,一个化工项目每个生命周期阶段至少有一个案例。在案例分析过程中,学生要阐明违反的工程原理,讨论案例与工程伦理规范的关系,分析事件中不同参与者的角色,并处理相关的责任问题。该课程中一般会邀请 3~5 位外部行业专家来讲授他们亲身经历的一些真实的工程伦理案例。还有一个实际的作业是鼓励或者要求我们的学生查询当地重点排污单位的环境信息发布情况,并采取行动推动信息公开,过程中他们会与地方环保局或企业沟通联系。每年约有 90 名的学生参与其中。这也是一种社会实践,使同学们不再坐而论道,利用所学的理论 and 知识,理解和处理复杂的人与人、人与社会的关系,同时,为家乡的环保尽一份微薄之力。

综上所述,在清华大学,工程伦理是以学科为中心,以工业问题为导向。但化学工程伦理学的教学,从全国来讲,还处于初期阶段,还缺乏合适的老师去教授这门课,化工伦理的案例也比较少,同时不够详细。值得庆幸的是,在过去的一年当中,有几百位来自全国高校的教师来到清华大学接受了工程伦理课程教学的培训。

# 和平工程对你意味着什么？

**Ramiro Jordan**

美国新墨西哥大学工学院副院长

什么叫作和平工程？我们将和平工程定义为通过科学和工程原理的系统性思想促进与支持和平应用的解决方案。和平工程直接面向一个繁荣的、可持续性的、社会公平的且有创业精神、透明度、社区声音和参与度的质量文化蓬勃发展的世界。工程师有能力在创造性的解决方案中发挥至关重要的作用，这些解决方案可以从根本上改变和改善人类的福祉。

我自己是教高级设计课程的，我们在高级设计课程当中已经嵌入了伦理内容的学习。在过去我们也有这样的课，我们讲伦理的时候，很多学生都会睡着。现在我们改变了教学方法，把案例进行改编，在高级设计课程中，把学生分成三组进行不断的辩论，包括原告、被告和法官，大家轮换进行角色扮演，每个人都要解释自己的立场。

我们所面临的挑战是什么？可能每个人都会讲到气候变化。我们在 20 世纪 90 年代成立了一个非营利性的组织，该组织在过去的 28 年都在支持和践行环保的理念，我们曾举办过主题为“一个地球，一个环境，一次机会”的论坛。我们共同居住在一个地球上，不能让这个地球变得非常混乱。目前人类面临的其中一个非常重要的问题就是气候变化和空气质量问题，这也与我们的伦理有关系。

还有隐私问题，也是我们现在面临的问题。别人对你的数据进行跟踪，个人的隐私如何保护？这其中是否有一些伦理的问题？还有一些新的技术或产品也可能涉及隐私的问题，例如飞行器，我不希望有人到我的后院，利用飞行器给我拍一些照片或者知道我当时在做什么。所以在这方面也是需要监管的。我们也需要在这方面做一些伦理方面的考虑——怎样保护隐私。还有在区块链中，个人信息数据在里面，别人可能会使用我的数据来进行交易，这里面是否也有伦理的问题呢？

另外一个挑战，全球的难民是不是带来了很多的难题？这其中有没有伦理的

问题？我们应该为他们做些什么？此外，还有多样性、性别、公平等问题。这里也想讲一下社会责任，谁要对空气污染、水污染负责？是那些驾车的人，还是说那些汽车公司呢？

我们要如何来面对这些挑战？我们要推动更好的合作来面对这些问题。有些时候我们忽略了合作，人们因为有了手机、有了互联网，可能对世界上其他地方发生的事情比周围的同事在做什么都更了解。

另外还有教育方面的挑战。我们教育的是未来的工程师。但我们在创造一些东西的同时也在破坏一些东西，然后再进行修理或改善。所以我们要考虑，当我们在设计工程解决方案的时候，我们真的也考虑到了未来可能会带来的冲突吗？

还有一点大家要注意，伦理是与文化相联系的。伦理蕴含着文化的要素，可能在这里是适用的，不一定在别的地方适用。

# 改变我们的世界——可持续发展 2030 计划

**Gudrun Kammasch**

柏林贝斯应用科学大学,德国工程科学协会

联合国可持续发展目标,又称 Sustainable Development Goals (SDGs),这是一系列新的发展目标,用于指导 2015—2030 年的全球发展工作。可持续发展目标一共包括 17 个具体的目标,都是要通过全球的合作伙伴关系来完成的。

我在清华大学的校园里与一些年轻的中国学生沟通,我有两个词想同大家分享,就是“自我发展或自我完善”,还有“社会美德”。我觉得就现在而言,社会美德包括所有的这些目标。社会美德不仅仅是为了我们现在生活在地球上的人,也为了我们的子孙后代能有更好的生活。

可持续发展的第 15 个目标是要保护、维护并且促进地球的生态系统可持续的运行,同时我们要持续地管理森林,也要防治管理沙漠化、荒漠化。还要制止或者扭转土地的退化,而且我们也要阻止生物多样性的缺失,这些都是我们面临的很严峻的一些问题。

工程师创造了新的世界,但是有的时候他们也要看一下我们现在生活的世界,看看对于下一代而言他们将会缺失什么。我们可以看到,一些缺失或是已经失去的东西是没有办法恢复的,因为我们对于生态有了太多的破坏,虽然我们可以做一些事情去改善,但是我们失去的这些生物的多样性是没有办法再恢复的。这也与可持续发展目标是相一致的,与我们的教学有关。对于我们的学生来说,我们怎样才能提高他们的可持续发展的意识呢?我们需要做些什么?很多年来我都是在教授相应的课程,给学生讲可持续性,讲生命可持续性的发展。其中非常重要的是要让他们拥有对世界的真实体验,这种体验是很重要的。在可持续性发展的课程中,在介绍可持续发展目标的同时,我也会让学生思考对于世界的想法是怎样的,每个人能做什么来改变世界?有时候我会感受到一种悲观的情绪。我觉得我们需要克服这些悲观的情绪,要告诉我们的学生,他们可以做一些事情去改变现状,使我们的世界变得更加美好。我会鼓励他们,作为有责任的公民,他们是可以奉献一己之力的,并让他们对自己的能力有信心。

# 新时代的工程伦理

Sharon Lee

Enable Education 首席教育官

我不是工程师,我的学科背景是哲学和伦理学,但我给很多工科学生教授伦理学课程,也教他们进行批判性思维。我非常高兴来到这里对以下问题发表自己的伦理见解。

第一个问题——在人工智能和复杂的自主系统时代,工程中的伦理挑战是什么?

正如每个人所强调的,人工智能和复杂的自主系统正在成为我们生活中普遍存在的特征,许多积极的结果正是来自于这些进步,例如提高效率,增强处理超出个人能力的复杂性的能力等。但这些进步也带来了一些重大挑战,可能需要更深入地思考这些新技术所带来的社会、政治和道德问题。

分享一个非常经典的实验——自动小车问题,它并不是一个真实的问题,但这个问题可以帮助我们做出更加复杂的选择。一辆失控的小车沿轨道朝着 5 个人移动,这些人被捆在轨道上,你是一个旁观者,可以拉动操纵杆来换轨,拉动操纵杆,这条轨道上的 5 个人将获救,但另一条轨道上有 1 个人。你有两种选择:①什么都不做,杀死 5 个人;② 拉动操纵杆,杀死 1 个人。最合乎道德的做法是什么?

如果你把这样的机会给一个服务机器人,你可以看到机器人不会像人类做这么艰难的抉择。现在这个问题增加了自动驾驶汽车的复杂性,这就需要对汽车的软件进行编程,以考虑多种行动方案。你可以想象在自动系统当中加入机器人会有很多的好处,一些选择在人看来是很难的,在机器人看来可能是非常简单的。

你可以想象,将服务机器人纳入医疗保健系统会带来很多好处。服务机器人不需要睡眠或食物,他们不可能像人类在治疗不同患者时有偏见,因此服务机器人提供的帮助在某种程度上看是一致的。但有一点,它们能被编程具有与人一样的同情心吗?

还有智能设备,智能家庭设备能在法庭上用来对付你吗?人们在购买此类设备时不会考虑这些问题,他们通常只考虑此类技术如何有效地改善他们的生活。因此,工程师的问题是考虑这些意想不到的后果还是由个人决定他们是否相信这些技术的优势可能会带来其他意想不到的后果?这是否是工程师的责任?我想大部分的人可能会说,对,工程师是有这样的责任。

如果这是工程师的责任,这就引出了第二个问题——传统的工程伦理教育该如何改变来应对这些新的挑战?

我首先研究了一下传统的工程伦理教育是什么样子的。我发现了行为准则、可靠性措施、法律义务和许可证等方面的标准参考,但要找到所有学生都必须学习的核心课程则困难得多。一种是向学生介绍这些标准和指南的课程,为学生提供充分的机会将这些标准应用于现实世界的复杂性,特别是包括人工智能和复杂自治系统的现实世界。如果一架飞机从空中坠落或一座桥倒塌,所能造成的伤害是显而易见的。但是,当涉及人工智能和软件时,其后果远不是那么具体。人工智能是无形的和分布式的,如果某个东西无处不在,那么责任如何划分呢?如何以更具体和可见的方式来理解与人工智能相关的潜在危害?

滑铁卢大学正在进行的一项研究,试图勾勒出一个以伦理为中心的框架,可以发现一种更现代的伦理工程设计方法。这个框架中包括:尊重人们选择如何使用产品或服务的权利;积极寻找和挑战可能反映在产品或服务设计中的偏见与价值观;以经济、环境和社会可持续设计为目标等。这样的指导方针确实很重要,但在决定要做什么时,我们经常面临不确定性和冲突,因为:我们可能不知道什么对我们最有利;我们可能无法确定优先顺序;我们可能倾向于简单地采纳别人的观点;我们可能只是选择按我们所知道的最好的方式行事。在这样一个高度复杂、综合的世界里,有这样一个以道德为中心的保障措施,是朝着正确的方向迈出的一步,但还需要什么来确保对保障措施的理解转化为以道德为导向的决策?

这就是更为正规化的工程伦理教育可以帮助的地方。如果某人的行为直接和实质上影响了他人,那么即使我们还不知道该行为是对还是错,也应该通过进一步的“哲学问题”来批判性地反思该行为。伦理推理和决策始于重大问题,例如什么是美好的生活?我们应该怎样生活?什么是值得重视的?我们对自己和他人的责任是什么?当然,这些问题没有答案,但是我们可以开发一个课程,让学生有机会批判性地思考这些问题,以获得非教条主义和对于公正的理解。

因此,归根结底,伦理学是关于提出批判性思考问题和做出合适选择的学问。规则和道德准则为我们决定采取何种行动提供了最有效的指导。但要做到这一点,我们需要问更多的“为什么”。那么为什么从“为什么”开始很重要呢?例如,

马丁·海德格尔(Martin Heidegger)在谈到“我们可以利用技术制造什么东西”之前,就强调了首先问“为什么要使用这种技术”的重要性。马歇尔·麦克鲁汉(Marshall McLuhan)进一步指出,技术对社会和人们的生活、文化和历史会产生深远的影响。因此,我们必须首先意识到为什么选择使用某种技术。

没有人会否认技术是推动每个领域进步的引擎,技术的发展改变了我们的生活方式和与世界的互动方式。但是,如果我们只关注技术的工具价值,就有可能忽视它的创造力。如果我们考虑到“技术”这个词的词源,我们就会意识到,技术不是孤立存在的,它是与艺术和工艺以及艺术家可以通过其艺术揭示的有关社会和人类存在的事物有关的。如果我们所做的技术确实揭示了我们作为一个社会成员的身份,那么我们需要将工具价值与它的内在价值重新联系起来,这才是一种更丰富立体的理解。在人工智能和高度智能化技术的时代,我们如何用这些伦理基础让我们的学生提出这些“为什么”的问题,也是在我们面对人工智能时我们需要回答的问题。

# 新时代的新工程：职业伦理有感

刘 胜

武汉大学动力与机械学院院长

武汉大学成立于 1893 年，校园坐拥风景秀美的珞珈山，作为中国历史最悠久的现代大学之一，被誉为“全中国最美的大学校园”。武汉大学在一百多年的发展历程中，培养了众多党政、商业、科学等领域的高级领袖人才。武汉大学还是一所红色大学，1921 年，中国共产党诞生，出席中共一大的 13 位代表中，陈潭秋、董必武、李汉俊、李达、周佛海 5 人先后在武汉大学学习、工作过，他们对中共一大的召开和党的建立做出了重要贡献。“珞珈之山，东湖之水，山高水长，流风甚美”，是董必武 1963 年给武汉大学校庆的题词，也是一代又一代仁人志士对武汉大学的普遍共识。

本人 1979 年进入南京航空航天大学学习飞机设计专业，实质上就是一个不断交叉融合的“跨学科”的开始，因为飞机设计专业是个“万金油”专业，要求学生不仅有力学基础，还要在材料加工、发动机、电子和控制方面均有所涉猎。后来我到斯坦福大学继续深造，1992 年获得博士学位，也是从事波音 777 和 F-16 飞机用复合材料的研究。在硅谷学习，很能体会发展微电子对现代工业的重要性，而且微电子一样与复合材料有类似的力学失效问题，因此，我在成为老师以后，率先提出这方面的研究，并参与孵化了几家高科技公司。另外，一些非常著名的微电子专家，他们很多是改了专业的，有些最早还是学机械专业的，比如台湾半导体之父张忠谋，中国有很多的在跨学科工程领域做出了突出贡献的杰出科技人才。

但是我们如何能够通过跨学科来进行研究或者学习呢？以电子制造业为例，电子制造业是全国信息产业的基石，电子制造水平关系到国民经济发展和国防安全，电子制造业的快速发展是国家的重大战略需要。电子制造是需要首先发展的技术和产业，目前我国的 CPU、存储设备、传感器和电力电子几乎完全依赖进口，90%的半导体设备是从美国、日本和欧盟进口的。与传统机械制造的特点相比，电子制造的精度达到亚纳米级，加工动态频率从 10 kHz 到 1 GHz，几乎包含所有

材料,工作母机国内几乎空白,信息量达到 1 TB,信息传递速度秒级,信息传递可靠性更高,学科交叉变得更广。因此,对电子制造的专业要求远高于传统机械制造,电子制造技术的发展将推动传统机械制造的跨越式发展,同时也将促进制造相关信息、控制和管理相关学科快速发展。

早在 20 世纪的二三十年代,民国时期著名的政治家、教育家、国立武汉大学首任校长王世杰就指出,大学的教育使命是个人诚信和伦理的教育;周鲠生校长首提学科交叉思想,指出“现在学科分得太窄”,也多次强调“大学应该是学术中心,要具有跨学科视野”。所以说,武汉大学是一所伟大的大学,很早就提出了跨专业的理念。在学术水平上,武汉大学的学术水平也得到了国内外学术界的认可。1943 年 9 月和 10 月《自然》刊登的文章中,李约瑟(Joseph Terence Montgomery Needham)称赞武汉大学的学术水平与西南联合大学相当,毫无疑问,武汉大学的科学水平很高,甚至可以与国立西南联合大学相媲美。

跨入新时代,更多的教育家、杰出学者对学科交叉融合、开放共享提出了更多的真知灼见。前教育部部长周济院士,在武汉推动智慧光谷建设,奠定了先进制造学科交融的基础;华中科技大学前校长李培根院士,首创跨学科招生,率先培养复合交叉型人才;武汉大学前校长刘经南院士,非常重视高校与企业的交叉战略合作,提倡高校要敢于交叉,与应用及硬件制造相结合;武汉大学资深院士李德仁,是国际著名地球空间信息专家,非常注重工学信息的交叉融合,在理论创新、集成创新和协同创新方面取得了杰出成就;武汉大学前校长李晓红院士,海纳百川,在全球公开招聘院长,开创了武汉大学同一时期共有 17 名外聘院长兼容并包的先河;武汉大学现校长窦贤康院士,唯才是举,广泛吸引海内外不同学科背景的优秀人才,使武汉大学高端交叉型人才名列国内高校前列。

对于中国的工程教育来说,面临着新的机遇和挑战。首先,面对科学革命和产业升级,新兴产业的不断涌现,对人才的需求量巨大。其次,制造业的升级,需要人才和伟大的工匠,目前我国先进制造技术人才严重不足。再次,人才培养与企业需求脱节。产学研结合不够深入,高校的老课程太多,人员也太多,并重复招聘人才,高校教师缺乏工程教育实践。因此,新工科是对新一轮科技革命和产业转型的积极回应。

科学技术的发展和重大科学技术的成就,越来越依赖于跨学科知识和应用的整合。在跨学科合作过程中,首先,要处理好职业伦理和团队合作的关系。前贝尔实验室主任、前美国光学学会主席 Tingye Li 说过:“如果你想成为优秀的人,你要努力工作;如果你想做一个出色的人,你就要合作。”合作时需要尊重他人的知识产权,Steve Chu 指出,要与合作伙伴分享 90% 的荣誉。其次,要处理好职业伦

理与知识产权的关系。对独立知识产权要充分尊重,目前只看重第一作者、通讯作者的评价方式值得商榷;此外,二级单位的单轨制和一定程度的本位主义,极大限制了交叉融合的顺利发展,需要不断从机制体制上完善与创新。

创新的关键在于拥有自主知识产权。我觉得创新还有工匠的精神,这些都是很重要的内容。创新需要得到保护、尊重和信任。



## **专题 D2:**

**工程教育的多样性:我们是  
否取得了进步?**



# 努力为快速变化的世界培养可持续发展的高素质人才

刘晓君

西安建筑科技大学校长

西安建筑科技大学地处中国西北,是一所中央和地方政府共建、以工科为主的多科性大学。这类高校在中国高校中占比非常高。非常荣幸今天有机会在此介绍本校工程人才培养的做法和取得的效果以及我对此的所思所想。我的报告分为以下五个方面。

## 一、新时代对人才的要求

经济全球化和知识爆发性增长、科技进步的快速发展,使得高等学校教育的发展不但要向前总结经验,还要向后应对未来。一方面要进行知识的传授,另一方面要面向未来快速发展的社会,思考怎样培养具有创新思维、创新意识、创新精神和创新能力的学生,这是新时代大学所共同面临的问题。

西安建筑科技大学早在 2007 年时就开始关注到这个问题,因而提出了培养具有可持续发展能力的高素质人才的理念,即面向迅速变化的未来,大学生应该会思考、会创新、会创造、会创意。具备这些能力要求学生具备较高的内在素质:第一,让大学生学会学习,不断学习,终身学习;第二,让大学生脚踏实地,能够有科学精神;第三,让大学生关注未来人类可持续发展。因此,大学应帮助大学生发现自己的潜能、认识自己的潜力和偏好,确定自己持久发展的志向,快乐并义无反顾地追求自己的梦想,同时更好地超越既定的目标,这一点非常重要。

## 二、需要解决的教学问题

根据以上理念和思路,审视当时的人才培养体系,我们发现了以下需要解决的两个教学问题,为我们西安建筑科技大学重构本科教学体系奠定了基础。

第一,人才培养模式与大学生可持续发展能力提升的要求不相适应。比如整

个教学模式不够灵活多样,未建立方便学生选择、有利于大学生自主学习的教学资源开放共享平台,也没有找到激发学生兴趣、发现学生潜能、引导学生可持续发展的有效教学方法。造成学生学习的主动性、积极性不高,学生盲目选择教学资源现象较为普遍,即使偶尔给学生选择的机会,他们的选择也非常盲目。因此,重构能激发大学生学习热情并因材施教的多元化教学模式,是大学生可持续发展能力培养亟须解决的问题。

第二,管理制度对培养学生可持续发展能力保障不力。在多元化的人才培养目标下,每一个二级单位都承担了一部分人才培养的责任,导致人才培养过程中,针对每一个学生时,目标不同向、不聚焦、不协同。这种管理方式方法也让学生感到无所适从。因此,大学生可持续发展能力培养中管理制度、评价体系的同频共振,也是迫切需要解决的问题。

### 三、解决教学问题的方法

围绕着大学生可持续发展的人才培养目标及人才培养模式和管理制度中存在的问题,西安建筑科技大学主要从以下四个方面对人才培养体系进行了重构。

第一,把人才培养的目标确定为多元、多维的五维度人才培养目标。一是家国情怀,即人文关怀。二是科学精神,即让学生有批判性思维和想象力。三是学习能力,即学生要学会学习,要不断学习,还要能够终身学习。四是专业技能,我们的学生 85%直接就业,所以工科的学生掌握一门专业技能非常重要。五是创新意识和创业能力,即创新精神的培养。创新对于未来非常重要,但没有前面四维,也不会有创新意识和创新精神。我们还通过知识能力矩阵将五个维度的人才培养目标细化为教学环节及教学的方式方法(表 1)。

表 1 采用能力实现矩阵将可持续发展能力细化为教学环节及教学方式方法

大学生可持续发展能力	通识核心教育		专业教育		综合素质教育	
	理论教学	实践教学	理论教学	实践教学	通识扩展教育	课外素质教育
家国情怀	理想信念 奉献精神	意志品质 服务意识	进取精神 职业道德	帮助他人 动手能力	多元文化知识 审美情趣	道德情操 扶贫帮困
科学精神	批判思维 表达能力	团队意识 身体素质	自信心 组织能力	自立能力 合作精神	接收不同文化 较宽的知识面	与人和谐相处 集体协作精神
学习能力和专业技能	学习兴趣 融会贯通能力	学以致用 鉴赏能力	专业知识 学习方法	观察能力 统计分析能力	跨文化交流能力 发现欲望	了解社会 调查研究能力
创新意识	探索精神 启迪创新思维	自我决策 创新实践	创新原理 创新规律	学会发现 追求卓越	开拓创新视野 储备创业知识	自我规划 自我指导

第二,明确共性+特性+个性的人才培养路径。现在有人疑惑创新创业时代,大学还要不要传统的知识传授。在明确共性+特性+个性培养的路径后,我的回答是“要的”,创新教育要和传统的教育相结合。共性+特性+个性的人才培养路径中,在通识教育阶段,用共性满足国家专业人才培养标准体系是解决学校的生存问题,因为评估不达标,学校可能会被亮红牌;特性是体现学校人才培养方案与同类高校的差异,解决学校发展问题;个性体现学校对学生个性化发展的尊重,解决学生可持续发展的自我成才目标完成的问题。该人才培养的路径尊重学生的选择权:在通识核心课程和通识拓展课学习时,学生选择教师;学生第一年学习结束后选择他喜欢的专业;专业选修课学习时,学生选择课程;实践类课程环节,学生选择时段;毕业设计毕业论文环节,学生选择课题和导师;课外综合素质教育中,学生选择书院。每一个学生都有学业导师指导下制定的职业发展规划。

第三,构建提高应用创新人才可持续发展能力的“3+3+3”的培养模式(图1)。第一个“3”是把整个教育分为三个阶段:通识核心教育、专业基础教育和专业方向教育。通识核心课横向打通,所有的专业学生都要学,同时可以选择老师。课外素质教育是纵向打通的,在四年当中每一个阶段,学生都可以在现代书院寻找他喜欢的教育资源。三个阶段的横向、纵向打通,也就建立了三个平台。比如通识核心教育阶段建立课程集群,专业基础教育和专业方向教育建立专业集群,这样帮助学生方便选择课程、老师和专业。综合素质教育体系也建立资源共享平台。因为最终目标是培养学生的创新情感和创新意识、创新能力和创新精神,所

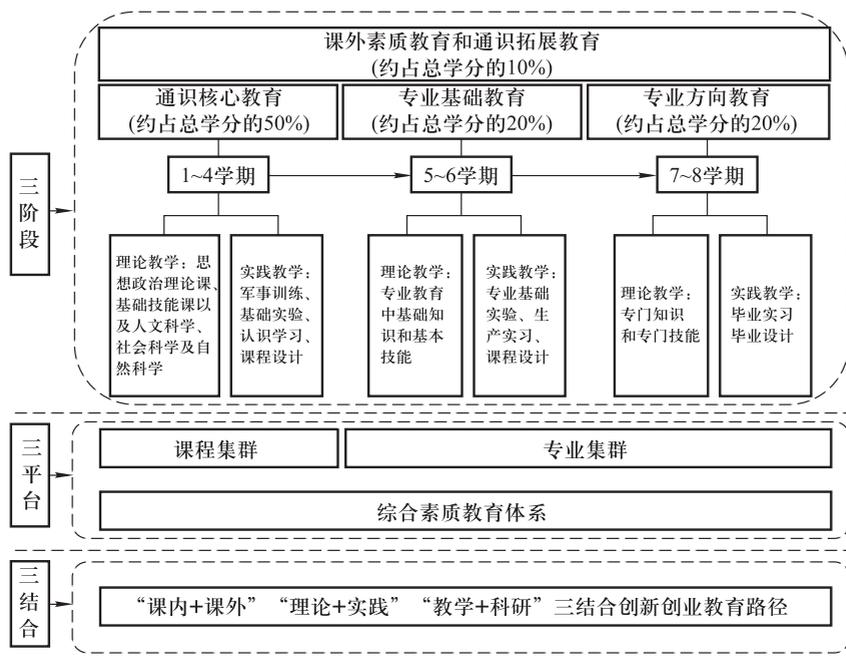


图1 “3+3+3”培养模式

以,双创教育是课内+课外、理论+实践、教学+科研三个结合。通识核心课程模块共凝练 11 个模块集群,包括思政类、数学类、物理类、化学类、力学类、制图类、机械设计与电工电子类、英语类、体育类、计算机类以及创新创业类。专业集群从三个维度建立了学校七个专业集群,也是为了方便学生选专业。比如建筑学、城乡规划、景观环境设计、历史环境保护、环境生态保护的专业集群,城市建设类的专业集群,高端建筑材料类的专业集群,建筑智能化的专业集群等。纵向打通的学生综合素质教育模块分为三大类,一共 12 个模块,可以供学生进行选择。里面也包括基本素质养成、社会实践、传统文化以及创新创业的一些实践活动。

第四,建立以培养学生可持续发展能力为目标的管理保障制度。我们的管理模式和最后的评价体系需打通、互联,让所有不同的目标结合起来,所以在多维目标协同、多主体协同、多阶段衔接、多手段运用当中,建立了包含服务学生工作、量化考核过程管理以及激励约束机制在内的人才培养质量保障体系。

#### 四、新人才培养体系的特点

简要说明十年以来本校建立新的人才培养体系的特点。

第一,扩充了原有的教育理念。原来的教育理念是国家提出的德智体美劳全面发展,现在在原有的基础上增加了时间维度——终身发展、可持续发展,使人才培养的理念有所提升。

第二,提出并实施了教书育人、管理育人、服务于人和文化育人的“互动”教学法。在培养过程中提出了双向的互动场教学法,在课堂、课外、实验室等所有的场所都能够营造学生转身就能见到老师的互动教学法。

第三,建立了聚焦、同向、协力、同频共振的工作机制。

第四,建立帮助全体学生提高可持续发展能力的培养体系。

十年以来,我们的学生能力在广泛参与创新创业竞赛当中得到明显提升,学生的可持续发展能力也受到社会普遍认可,我们的做法也得到业内评估专家的认可。在 2018 年国家级教学成果奖评选中,“西部地方高校应用型创新人才可持续发展能力培养体系的研究与实践”荣获国家教学成果奖二等奖。

# 为未来准备多样化的工程劳动力

**Norman Fortenberry**

美国工程教育学会执行主席

美国工程教育学会(American Society for Engineering Education, ASEE)的使命是能够从工程专业教育的各个层面推动创新和卓越。我们的愿景是成为工程专业人才教育的权威机构,我们的价值观是卓越、敬业、创新、诚信、多元和包容。作为工程教育者和利益相关者,我们的首要任务是通过工程教育使工科学生在毕业时成为最有潜力并且已经为职业生涯做好准备的工程劳动力。第一,希望通过工程教育能让学生在将来毕业时,可以进行富有创意、多元化的创新;第二,能够增强学生创新性解决当前社会、国家和世界上最具紧迫性和挑战性问题的能力,能够提供解决问题的有效方法;第三,希望学生了解这些解决方案对社会系统的影响;第四,希望工科毕业生能够具备两种能力——能够适应工业、学术界和社会迅速发展变化的技术环境,能够在推动科技进步与发展方面发挥重要的主导作用。

当前,全球对工程师的共同期待是:一个优秀的工程师,能够很好地跨越不确定性、学科、文化、技术发展等带来的障碍;能够定义并解决问题;能够创建、管理、引领技术,参与政策制定;能够推动经济增长,提高人民生活水平;能够融合理论与实践;能够具备技术能力和职业发展技能;具有全球意识和跨文化能力(如民族、宗教等)。成为这样的工程师需要比以往任何时候都更多样、更广泛的技能,此外,还应深刻意识到与他人合作的必要性。实际上,以上这些期待已经在很多国家变成了现实。随着技术的快速发展,世界越来越需要具有工程知识的人,即使他们毕业后没有当工程师,同样也需要培养这些优秀品质,比如说多元化。我们知道,多元化的思想促进了工程设计和生产的发展。还有服务人类,对于工程师来说,为了充分服务于人类,他们必须了解人类的需求。不了解人类的需求,就没有办法关爱人类。另外,平等问题,对于拒绝雇佣妇女、少数族裔、宗教人士一事,其实这对于经济和技术的发展方面是没有任何意义的。在加强工程教育的所

有努力中,应当把对多样性的关注,尤其是对于宗教和少数民族的关注纳入其中,因为多样性和多元化是加强整个工程教育的核心内容。

我们谈到,不论在任何一个国家,大的种族和少数民族,都应该同样得到重视。教职员工也应该成为这方面的榜样和典范。学生毕业以后,作为未来的专业人士,也应该成为他们所在领域中的典范。员工也应该成为他们工作领域中的榜样。同时,包括所有的利益相关方,不论是来自企业、政府,还是来自各利益相关方,都应该成为各自领域的典范。我们的战略是支持个人的发展,不仅仅是从财务方面,还包括社会等其他方面。我们希望创建一个友好的、受欢迎的环境,在招生、招聘、选拔、晋升、认证等方面的政策和程序上,在就业人员的职业发展等方面创造良好的环境。同时,在个人、部门、机构和同行中,倡导和鼓励他们重视个人与团队之间的协作。

ASEE 公开承认文化的多元化和包容性,包括 ASEE 董事会声明、ASEE 分部章程中的陈述、ASEE 工程院院长承诺、签署方承诺等都贯彻了这些原则。另外,工程学会分会成员部分是来自大学的工程师。在美国,几乎每一所学校的工科院系的系主任都会加入我们的分会,致力于实现共同的目标。同时,确保我们的机构能够提供具有包容性的教育经验,提供各种不同的项目,并防止由于明显或不可见的差异而使任何人群边缘化。不论是教职员工的平等性,还是会员的个人发展、教职申请、研究目标实现、奖项提名,还是个人问题,如照顾子女和老人、家庭疾病等,ASEE 都会进行追踪和报告。

ASEE 致力于帮助搭建各工科院校和机构之间强有力的合作伙伴关系,并为工科研究中的人员不足问题提供服务。同时,还致力于制定和实施积极主动的战略,以弥补教师队伍中少数群体的代表性不足等问题。

# 多样化：我们正在取得进展吗？

**Theresa Mkandawire**

马拉维大学工学院院长

马拉维是非洲东南部比较小的一个国家，马拉维大学成立于1964年，也是马拉维第一所大学。马拉维现在有4所公立大学、1所私立大学。今天我想从非洲的角度介绍下对于工程教育的看法。

## 一、背景

非洲对高等教育的需求是非常大的，但是也面临着很多问题，比如，真正入学的人数比较少，在马拉维15~25岁的人群中，平均接受高等教育的比例只有0.4%，远低于世界平均接受高等教育的比例（25%），同时也远远低于非洲南部发展共同体平均接受高等教育的人员比例。就入学率而言，非洲是最不发达的地区之一。非洲有54个国家，但是只有300所大学。就目前的情况来看，高等教育是实现非洲未来大发展的关键部分。

## 二、多元化和包容性

多元化意味着包容不同背景的人，即不同年龄、不同性别、不同文化、不同教育背景、不同宗教等，也就是说，我们希望能够有更多的人参与其中。

男女成员获得平等的就业机会的现状如何呢？首先，我们大学的录取政策中包括了不同的性别、文化、年龄、宗教和地理背景，例如男女生升学比例为50：50；研究生课程可以让获批的成年学生报名参加学习；在就业方面，男性和女性享有平等的就业机会。当然，在有些方面我们也面临着一些问题，比如说在工程领域女性本来就比较少，要想真正达到男女比例50：50，还有很长的一段路要走。同时，我们也希望有更多的学生毕业后继续攻读硕士和博士学位。

其次，在马拉维，来自其他国家的学生和工作人员所占的比例微不足道。不管是学生，还是教职员工，基本都可以忽略。在基础设施和其他学习辅助工具的

建设配备方面,马拉维大学仍然处于发展的初级阶段。我们希望在校园建设方面,能够营造一种校园氛围,能够支持不同背景的学生,能够满足人们更多的多元化需求。在马拉维也没有专门的办公室负责多样性问题。

### 三、面临的问题和挑战

在多样性方面,我们的进展速度非常缓慢,因为非洲还面临着很多的问题和挑战。首先,是机构缺乏带来的挑战。当然,导致因素有很多,包括人力、财力的不足。非洲最普遍的问题就是人力资源的缺乏,大部分学校人员不足。我来自于是一所公立大学,在资金方面需要靠政府支持,70%的资金来源于政府,现在来自政府的预算也逐渐减少,我们需要额外吸收资源,帮助学校扩大预算。但是,现在还有很多需要投资花钱的地方,基础设施和设备不足对大学的发展产生了影响。而且学校的学术排名较差,这些都对我们吸引国际留学生产生了影响。

其次,女性参与的人数比例仍然是比较低的,特别是在STEM教育中。尽管说机会是一样的,但是毕竟女性的入学率比较低。当然也有一些例外的情况,如毛里求斯、突尼斯和莱索托,他们男性和女性学生的数量是一样的。但是大部分非洲国家的受教育女性数量都是比较少的,比如在马拉维大学只有30%的女生。在学术领域当中,可用女性人力资源更加匮乏。非洲工程教育涉及40多个国家,但是在非洲只有3位女性担任工科院系的主任、院长。

再次,在马拉维,贫穷也是我们面临的困境之一。85%的学生都住在农村,主要接受的是教学质量不高的小学教育或中学教育。所以,这也影响到他们进入大学的门槛。实际上,来自农村的学生很少能够进入大学继续接受教育。

最后,语言是另外一个问题。我们有很多语言,南非荷兰语、阿拉伯语、英语、法语、意大利语、葡萄牙语和西班牙语等。所以,语言对于一些非洲学生来说,也是障碍。

### 四、如何应对挑战

面对以上挑战,我们也采取了一些实际行动。在产业界与高等教育机构之间建立了非常强的一些合作,这些强有力的合作伙伴关系对于解决多重挑战至关重要。高等教育急需政府从奖学金、设备、人力和研究上面进行资助。有时候,很多女孩所在家庭存在经济上的困难,因此增加了女孩的辍学率。产业支持和人力资源方面的支持,都可以提高女孩的升学比例。同时,在与产业合作当中,也有单独的资助项目,例如马拉维的电力公司曾经给我们学校提供了一些资助,帮助我们更好地发展。正因为有这样相应的项目,提高了工程教育方面的影响力。在这些

项目中,我们把重点放在中学,特别是高中。通过这种方式,很多女孩至少完成了小学教育,甚至有的时候,女孩完成小学教育的比例更高一些。但是到了中学以后,有一些女孩就慢慢辍学了。

我们非常重视与其他大学建立紧密的合作关系。目前马拉维大学和美国莱斯大学已经开展了相关合作,包括师生的互访项目等,不仅促进了文化的交流,还拓展了彼此的视野。希望日后能与更多的学校开展合作。

## 如何实现工程教育的多样性？

Alex Czekanski

加拿大约克大学工程创新设计主任

约克大学相对来讲是比较年轻的大学，成立于 1959 年，校园占地 635 公顷，目前是全加拿大综合规模第三大的一流综合类大学。Lassonde 工学院是 2011 年成立的，由安大略省和约克大学创始人 Pierre Lassonde 资助，学院以“文艺复兴工程”（Renaissance Engineering）理念而闻名，其重点是通过创建独特的课程来创造更多“全面”的工程师，激发创造性、巧妙的思维。学院的目标是培养所谓的“文艺复兴工程师”——具有社会良知和全球公民意识的创业工程师。学院并没有很多历史方面的积累，因此我们希望能有更多新项目来助力发展，融入新的概念内涵，以迎接新的挑战和发展。

在人才培养目标方面，我们希望培养的学生毕业以后掌握一定的知识技能，包括领导力、社交、商业、创业、法律、语言、技术等，不仅仅局限在找工作层面，而是真正对他们未来发展产生益处。通过“文艺复兴工程”项目可以逐渐达到这一点，也就是说让他们通过项目的学习并参与实践，最终使学生增加理性、激情、和信心，这是保证多样性的最基础的一部分。在教育教学方法上，可以通过翻转课堂这种方式，同时要求学生亲自参与实验室等实践中，来逐渐锻炼学生的实践技能，提高学生的综合能力。

为了促进包容性和多元化目标的实现，也为了实现性别平等，同时推进组织和文化的变革，学院设置了一个名为“50Lassonde50 Challenge”的项目。为什么要设置这个项目？我们认为多元化和多样性能真正驱动创新。在 50:50 的目标道路上，我们要实现文化的变革，女性参与率的提高，合作伙伴关系的建立，管理职能的优化。在我进入学术界之前，曾经在行业工作过，我认为有女性参与的团队环境更能激发团队成员思维的活跃性，从而有利于更多工程问题的解决。加拿大总理贾斯廷·特鲁多（Justin Trudeau）说过：“当你赋予女性权力时，当你教育女性时，这种对话的方式会改变，成功的类型可能都会让人意想不到。”还有组织文化

方面的变化,也会带来一定的影响。之前提到的路线图当中包括一点:良好的伙伴合作关系。为达到这一点,我们需要从小学就开始培养学生与他人合作,建立良好的合作伙伴关系。我们通过尝试开展一些夏令营的活动,从而提高参加工程项目女性的比例,这样从小学生的项目开始入手,以此为女性未来参与工程项目提供一个良好的基础平台。

2018年夏,项目组邀请了近100位高中女生,在8~10周的夏令营项目中学习关于工程、科学方面的知识及领导力培训。除此之外,我们还开发了一些特殊工具,以更好地实现这种包容性,例如活动管理工具,旨在帮助约克大学吸引更多人参与我们的活动。这个工具的设计灵感就来自Lassonde工程学院的“50Lassonde50 Challenge”项目以及人权、公平和包容性的承诺。

为进一步扩宽项目的包容性,我们还特别设置了一些特别的竞赛项目,如专门针对女性的竞赛项目,以提高女性参与的积极性。为达到这一点,导师的指引就显得非常重要。因女生参与比例本身就不高,她们的参与不会特别多地被同事或者教员注意到,而通过以上项目,可以使女生全身心的投入,从而获得一个全新的发展。

最后我想强调一点,就是为了能够推动这些项目的顺利进行,学校的一些高层领导也积极参与其中。全员参与项目,能够调动积极性。我们也希望使学生个体真正受益,进一步提高学生的覆盖率,来实现工程教育领域的多样性,当然其中也包括一些高中生的加入,这一点也是需要好好考虑的。

# 女性在工程领域适应的多样化

王 玲

中国机械工程学会继续教育处副处长

我来自于中国机械工程学会,学会的会员既有来自于高校的校长、院长、教授等,也有来自于企业界的工程技术人员,工作内容既有服务于高校的工程人才培养,也有为产业发展进行服务。从我们学会的工作性质来说,我们是服务于一个工程领域多样化和包容性的社团组织。

大会给我的命题是女性在工程领域适应的多样化,大概是看中我本人特殊的身份。我在工程界工作了将近 20 年,在此期间,我从未意识到自己有别于男性工程技术人员。拿到这个题目,我对自己的工作也进行了反思,这个命题在我工作中是不是很重要的?为此,我查阅了一些资料:我国 2017 年公布的杰出青年名单中,男性占绝大多数,女性所占比例微乎其微。作为全国最大的工程学会之一,中国机械工程学会有近 18 万会员,其中女性所占比例不超过 20%。我是负责工程教育认证工作的,大概做了一下统计:工学院的女学生比例绝对不会超过 30%。像前面几位嘉宾讲到的,世界各国可能工程领域的女性从业者比例偏低。因为以前我把自己定为女汉子,所以没有想到性别在工程领域是有如此大的差异。

这么短暂的时间,我想给大家分享两个命题:

第一,是不是工程领域不需要女性,或者说男性更适合工程领域呢?

我们从高中开始学哲学,听到非常多的一句话是:女性在人类社会发展史上起着重要的作用,她们与男子一样具有同等的地位、同等的人格和尊严。我高中参加文学比赛给自己起了一个笔名叫胜男,我并不觉得女生做的成就与男生相比略胜一筹。社会的哲学体系其实是基于马克思主义哲学,从我建立三观的时候,就一直认为女性和男性在社会上能发挥同样重要的作用。

放眼望去,在座各位可能多数来自于高校。在企业界也一样,我们身边有很多平凡的女性科技工作者,她们在胜任自己工作的同时,也为工程领域做出很多的贡献。很多优秀杰出的女性在领域中发挥了卓越的作用,获得了丰碑式的人

格、价值和尊严。

举个例子,我们在做科技部的数控创新工程时,非常有幸和中铁装备总公司的王杜娟高级工程师进行过合作,她对公司非常有贡献。习近平总书记也对她有过褒奖:“这是一个平凡的工程师,是万千女工程师的一员。她也有女汉子的个性,别看她很端庄、很淑女,工作起来就像男生一样,攻坚克难、带领团队。”通过个人努力,她已研究出我国第一台具有自主知识产权的复合式盾构机,且中铁装备盾构产品的市场占有率连续6年国内第一,在我国“一带一路”倡议的影响下,产品远销到沿线多个国家和地区。在向国际市场和世界第一大市场进军中,她做出了巨大的贡献。

从工程领域的角度来讲,创新是工程技术发展的原动力。工程领域里的创新特别需要多样化,前面一位嘉宾讲到,工程领域创新需要多样化,我也深有感触。男性和女性在解决复杂工程问题时采用的策略不同。女性参与到工程中,为工程领域的创新注入更多的活力,提供更多的可能。

女性在工程领域有哪些优势呢?我认为一个重要的特征是相对于男性来说,女性会更感性。其实工程领域的属性本身是理性的,做工程、做研究、做技术开发,理性是最主要的属性。女性的感性特征能够为女性在工程领域中带来优势吗?它是相悖的吗?举个例子,安吉拉·阿伦茨(Angela Ahrendts)是艾博(ABBO)公司2014年从一个高奢品牌挖去的工程师,八年前安吉拉受邀回母校做毕业典礼致辞时,就分享了她在30年职业生涯中的成功经验。她认为她的事业成功得益于自己的性格和核心价值观,就是同理心、谦虚、抱负和直觉。这几个词概括了女性工程科技人才或者是职业场上的优秀典型女性的特点,所以在工程领域里女性的感性特征反而是得天独厚的优势,可能是女性取得成功的秘诀。

我参加过很多的国际工程教育的会议,我知道在这种国际会议上讨论多元化,讨论女性的问题是很普遍的。这是我在会议上得到的一些信息,像Women Techmakers、Glassbreakers、Girls in Tech等众多全球性非营利组织都在致力于努力培训和拓展女性进入技术和创业领域的通道,关注企业创业者和创新人才,在技术领域的晋升发展和成功。我们国家也致力于这方面的发展,去年我做过人社部的一个课题,要遴选在工程领域各个行业优秀的科技工作者的成长经验,以及分享和吸引青年学子选择工程领域。今年我想再进一步研究、选择、发现一些女性科技工作者在这方面的成长经历,能够吸引更多的女性年轻学子加入到这个领域中来。

阿里巴巴集团作为中国互联网公司三巨头的领军企业,40%的员工是女性,34%的高管是女性,有近1/3的合伙人都是女性。马云在全球女性创业者大会上

就讲:没有她们这些女性员工和女高管,阿里巴巴的业务和文化将是干巴巴、不完整的。

女性工程师在工程领域具有独特的优势,女性在工程领域将扮演更重要的角色,有利于促进工程领域的多样化。随着更多女性融入到工程领域中,女性的职业和发展之路也将越来越开阔,也会为我们社会、为整个世界的工程领域发展,带来多样性和宽容性。

## 论坛综述



# 引领工程教育创新发展 培养一流工程科技人才\*

张 满 乔伟峰 王孙禺

**摘要:**2018年9月24—25日,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织共同举办了第一届国际工程教育论坛。论坛围绕全球化背景下工程教育面临的机遇与挑战、工程教育的实践与探索、一流工科建设、工程教育的创新发展、工程教育的可持续发展等问题进行了交流和讨论,来自全球不同领域的专家提出了各自的见解。近200位代表参加了本次论坛,论坛上共有来自中国、美国、德国、日本、英国、瑞典、加拿大、新加坡等国的68位知名大学校长、专家学者、研究机构和企业代表进行了发言。本文基于这些发言从工程教育面临的主要挑战、工程教育的创新实践和未来工程人才培养与工程教育发展趋势三个方面提出了相关观点。

**关键词:**工程教育;创新发展;一流工科建设;可持续发展

工程科技人才是中国实现创新发展的中坚力量。工程教育是国家创新的重要引擎和支柱,我国未来社会发展的速度与质量在很大程度上取决于工程科技的创新能力,取决于工程科技人才这一创新主体的质量。因此,工程教育必须适应社会、经济、科技变化的趋势,不断变革创新。

2018年9月24—25日,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织共同举办了第一届国际工程教育论坛。来自世界工程组织联合会、麻省理工学院、美国伊利诺伊理工大学、哈佛大学、意大利都灵理工大学、德国慕尼黑工业大学、日本东京工业大学、日本东京大学、英国帝国理工学院、英国爱丁堡大学、瑞典皇家理工学院、加拿大卡尔顿大学、美国工程教育学会、上海交通大学、北京航空航天大学、

\* ① 基金项目:国家自然科学基金委应急管理项目“中国工程教育2035:战略走向与政策选择”(71750003)。

② 作者简介:张满,北京信息科技大学经济管理学院讲师,清华大学教育研究院博士后;乔伟峰,清华大学教育研究院助理研究员;王孙禺,清华大学教育研究院教授,国际工程教育中心(ICEE)执行副主任兼秘书长。

③ 原文发表于《高等工程教育研究》2019年第2期,第117—123页,本文在原文基础上有所删减。

哈尔滨工业大学、西安交通大学、新竹清华大学、大连理工大学、东北大学等国内外知名大学的部分校长、工学院院长、专家学者、研究机构和企业代表围绕“工程教育的挑战和一流工科建设”和“面向可持续发展的工程教育”进行了主旨报告和发言。近 200 位与会代表围绕产学合作新模式、工科实践能力培养、人工智能与工程教育创新、国际合作与工程教育创新、工程教育创新实践、创新创业教育、工程伦理教育、工程教育的多样性等议题也展开了分组报告和讨论。下面从工程教育面临的主要挑战、工程教育的创新实践与未来发展三个方面进行概括与分析,以便为我国工程教育的改革与发展提供参考。

## 一、工程教育面临的主要挑战

整个论坛,大家谈论与关注最多的是工程教育面临的主要挑战。目前,工程教育主要面临以下几方面的挑战。

### 1. 社会需求的挑战

首先,工程教育面临来自面向全球化发展的挑战。长期以来,中国受到西方各国的经济封锁与技术封锁,除受到苏联的影响较大外,基本属于封闭自守,导致学校人才培养过于强调独立自主,教育设计主要针对中国的国情与内部需要,比较保守,缺乏面向世界的战略设计。随着中国的改革开放和经济贸易的全球化,随着中国在世界角色的多样化,现有工程教育的内容、方式与手段无疑会受到来自面向国际发展需求的挑战。其次,工程教育面临来自国家和社会发展战略需求的挑战。再次,单一型与专门型的人才培养模式目前也受到很大的挑战。

### 2. 技术发展变革的挑战

纳米技术、“互联网+”、云计算、人工智能等技术打破了现有与传统的产业流程与工艺,带来了工程技术与流程的变革,这种变革无疑对工程教育与专业的设置与划分、课程结构设计、教学内容选择与人才培养方式提出了新挑战。多位与会专家认为,未来科技的发展可能远远超出我们的预想,在很多方面可能产生颠覆性的影响和改变。

### 3. 学生兴趣与选择的挑战

工程科技人才的重要性不言而喻,工程教育的重要性日益凸显,越来越受到国家和社会的重视。可现实情况是,学生选择与学习工程技术专业的兴趣较之以前大大降低。究其原因,一方面与从事工程师职业的投入与产出之间的不均衡可能存在直接的关系。涉及工程技术的工作,不少在一线,工作比较辛苦,社会地位一般,工资收入不高,加上人工智能化后对于人才需求减少,选择面有限;另一方面,目前在校生大多数是独生子女,备受家庭关爱与关注,所在的家庭经济更加厚

实,更加追求个性化,向往自主、自由与独立,向往安逸舒适的工作与时髦工作方式,选择远离工科专业。

#### 4. 教学内容跨学科组合的挑战

目前工程教育专业教学内容,是经过长期的精选与提炼,具有各自的独特性与体系,注重教学方式的标准化与学科传承。然而,随着社会和新兴产业发展,出现了许多新技术、新材料、新工艺与新项目。未来围绕项目设计的教学与问题导向设计的教学,涉及多学科内容交叉的融合性,涉及新技术与新工艺交叉的多样性,因此,现有教学内容全面融合面临着与各学科独立性与传统性的冲突与挑战。

#### 5. 教学方式方法的挑战

工程教育各学科专业长期所形成教学方式的独特性,与未来要求各学科教学方式 and 手段相互进行融合产生了一定的冲突。现有工程教育与技术专业化的教学方式面临着现代教学手段和形式的挑战。一方面,随着信息时代的到来,各种现代教学手段和技术不断涌现,对传统的教学方式方法带来了较大的冲击,但也为实现教学现代化奠定了良好的基础。另一方面,各学科教学方式的独特性与多学科教学方式融合之间也存在一定的冲突。单一课程体系下,一门课程由一名教师独立完成,学科融合情况下,可能由来自不同院系的多名教师共同合作开展一个项目或讲授一门课程,在这种情况下,不仅仅是教学方式方法的转变,甚至涉及教学相关的组织管理方式的转变,这不得不说是一种巨大的挑战。

## 二、工程教育的创新实践

创新是引领发展的第一动力。面对上述工程教育实践中的各种挑战,创新发展势在必行。因此,在这次论坛中,国内外各位专家与学者就以上工程教育发展中遇到的挑战,介绍了各自高校的实践探索与应对措施。

### 1. 体制机制的创新实践

工程教育的体制机制有广义与狭义两种解释。狭义的工程教育体制,主要指高等学校内部有关工程教育教学及其管理机构的设置,职能、职权与职责的划分与空间布局等具体体系与组织制度的总称;工程教育的机制,主要指高等学校体制内相互关联的不同机构、不同部门、不同项目、不同任务之间的相互关系、运行过程与运行方式。广义的工程教育的体制机制是指服务于工程科技人才培养战略及其实现的所有工程教育要素体系与运行机制。工程教育的体制与机制相互促进。科学的工程教育体制机制改革,一方面体现在对于工程教育整体系统的改进与重塑,另一方面体现在从内在机制上对于工程教育要素的激活与发挥,弥补现有工程教育与管理的不足。因此,工程教育体制机制的改革一般表现为工程教

育系统的改革,推进高等工程教育深层次改革,就要在体制机制创新上下功夫。

### 2. 课程内容与培养体系的创新实践

如果说,工程教育的体制机制创新是服务于工程科技人才培养战略的宏观改革,那么课程体系的创新就属于其中的中观改革,教学手段与技术的创新则属于其中的微观改革。在这三种创新与改革中,体制机制创新是基础,课程内容创新是核心,教学手段与技术创新是关键。工程教育内容的创新,包括学习对象与范围的创新,从单一学科专业转向多学科交融;学习主体与意识的创新,引导学生从传统的知识接受者与传承者转向知识的发现者与创造者;学习目的与任务的创新,从知识能力的掌握要求转向项目研究与问题解决设计。

### 3. 教学手段与模式的创新实践

教学手段与模式的创新,在知识爆炸、各学科迅速发展与相互交叉的今天,是影响和决定工程科技人才培养战略实施的关键因素。教学手段与模式的创新,包括教学方式的创新、教学模式的创新与教学技术的创新等。

## 三、未来工程人才培养与工程教育发展趋势分析

面对工程教育的各种挑战,结合国内外工程教育的创新实践以及各位专家学者的发言,我们认为,未来工程人才培养与工程教育的改革,将出现以下几方面的发展趋势。

### 1. 价值引领与面向可持续发展

中国的工程教育应该培养德才兼备的高素质工程科技人才,不仅要让他们具备扎实的专业功底,而且要使之更具深厚的人文素养、良好的品德素质和社会责任感,形成正确、科学的人生观、价值观。大学生正值青年时期,是人生观、世界观、价值观形成的重要时期,因此,在人才培养过程中,要特别强调价值引领的作用。一技之长是生存之道,价值塑造是立身之本。要让中国的工程科技人才成为具有全球竞争力的世界一流的人才,应对社会需求变化的挑战,必须建立起面向世界的可持续发展的工程教育体系,这样,才能引领和应对社会经济不断发展带来的新需求和新变化,才能不断增进人民的福祉,推动社会的进步,进而以可持续发展的工程教育推动全球的可持续发展。

### 2. 创新能力培养与面向多学科融合

通过前面的挑战分析表明,未来科学技术的发展可能远远超出我们的想象,在很多方面可能出现一些颠覆性的变化。在科技进步日新月异、国际竞争日趋激烈的当下,创新能力的培养是我国工程教育关注的重要问题。创新能力的培养,从纯粹单一学科与专业的深化与分解,已经变得收效甚微且难以为继。多学科的

交叉与融合创新,将是未来工程教育改革与发展的必然趋势。因此,要立足于市场与工程项目的实际需要,打破各学科相互分割的壁垒,进行设计与融合。

### 3. 实践能力培养与面向产学研融合

实践能力与操作能力的培养,是工程教育的突出特点与重点,然而如何培养工程科技人才的实践能力呢?约翰·穆勒指出,“在人类活动的每一个领域,实践都长期领先于科学。”<sup>[1]</sup>曾担任麻省理工学院校长的康普顿指出,“思考能力、解决问题的能力,不能够通过过度教学来培养。要想真正学懂一个事物,必须通过‘做’。人的心智特性必须通过练习获得。”<sup>[2]</sup>学生的认识主要是在实践和活动中发展起来的。因此,工程教育的改革与发展,必须建立面向产学研融合的教育体系。我们要基于市场与工程项目设计与实施中的实践问题,进行产业发展、教育教学与科学研究的一体化设计。

### 4. 合作能力培养与面向全球化发展

随着市场经济的深入发展与科学技术的发展,个人很难独立承担与完成某一个工程项目与任务,越来越要求工程技术人员具备与人合作的能力;随着中国的对外开放与海外工程项目的发展,不但要求中国工程科技人才具备与外国人合作的能力,而且要求具有主导项目与引领国际工程技术发展的能力;随着可持续发展战略实施的深入推进,更需要全球范围内的工程科技人才开展合作共同解决人类共同面临的问题。因此,中国未来的工程教育必须面向全球发展,着力培养中国工程科技人才愿意合作、善于合作、勇于合作与引领合作的系列能力。要创造机会,让中国的工程教育走出国门,把先进的国际工程教育请进中国,了解与掌握世界各国工程教育发展的情况,知己知彼,找到合作共赢点,通过合作来实现全球的协同发展。

### 5. 发展能力培养与面向终身学习

发展能力,对于个体来说,有广义与狭义之分。广义的发展能力,是指个体从出生到生命终结,其身心诸方面所发生变化的能力,是促进个体的潜在素质变成现实行为水平与特征的相关能力;狭义的发展能力,在这里是那些能够促进工程科技人才从目前的发展现状变化到理想与更佳状态的相关条件与能力。影响工程科技人才发展能力的因素主要包括遗传、环境、教育和主观能动性四个方面。在促进工程科技人才的发展过程中,虽然四方面相互联系,交织一起共同发挥作用,但是其中工程教育具有主导与引领作用,通过工程教育,可以更好地建立与促进工程科技人才发展的主观能动性,弥补遗传与环境方面的不足。在发展能力培养过程中,关键在于发展理想、发展主动性、发展坚持性、学习能力与创新能力。发展能力的培养与发展,也是一个持续与终身的过程,因此需要我们为工程科技

人才的发展,构建一个终身学习的工程教育体系。

本次国际工程教育论坛是一次推动工程教育面向未来发展和前行的盛会,一场工程教育产学研思想碰撞和智慧交流的盛宴。本次论坛对于认清工程教育面临的主要问题和挑战、了解国内外高等工程教育改革创新实践,顺应未来工程人才培养与工程教育发展趋势,具有积极的理论和现实意义,特别是对于科技强国与实施创新性国家战略具有重要意义。此次国际工程教育论坛也更加坚定了与会代表在工程教育领域不断探索前行的信心和决心。

## 参 考 文 献

- [1] 约翰·穆勒. 政治经济学原理及其在社会哲学上的若干应用:上卷[M]. 赵荣潜,桑炳彦,朱泱,等,译. 北京:商务印书馆,1991:13.
- [2] 转引自:王孙禺,曾开富,陈丽萍,等. 20世纪上半叶 MIT 校长们的教育与人才培养观念[J]. 高等工程教育研究,2013(4):52-63,97.

Welcome Address

---



# Engineering Changes the World, Education Changes Mankind

## **LI Xiaohong**

Member of CAE; President, Chinese Academy of Engineering

Engineering science and technology has always been an important yardstick to mark the progress of human society. Between “changing the world” and “changing mankind”, engineering education connects humanity and society and technological innovation, and builds a bridge from education to economy, from here to the other shore, and from today to tomorrow.

China is a real “big country of engineering education”. From the perspective of connotation, many organizations in china, such as the Ministry of Education, the Chinese Academy of Engineering etc., are actively promoting the Education and Training Plan for Excellent Engineers, accelerating the development of New Engineering Disciplines construction, strengthening the sense of engineering ethics and calling for the return of craftsman spirit. From the perspective of international responsibility, we are actively promoting the formation of Chinese quality standard system of engineering education, therefore contributing Chinese wisdom and experience to engineering education in the world.

As the country’s top think tank, Chinese Academy of Engineering not only nurtures ideas of engineering science and technology, but also agglomerates talents for engineering science and technology. Jointly built by Chinese Academy of Engineering and Tsinghua University, the International Centre for Engineering Education (ICEE) was approved by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) in November 2015. Since its establishment, ICEE has achieved gratifying achievements in promoting international engineering education exchanges and cooperation.

# Sustainable Development and Responsibility of Engineering Education

**Marielza Oliveira**

Director of UNESCO Beijing Office and Representative to China

The world faces urgent problems of change and sustainability. Sustainability development goals can only be achieved through innovation. Changes of such depth and scale require an equivalent, profound transformation in the education systems that equip engineers with the skills and competences needed for rapidly evolving societies and for emerging fields and occupations that we haven't completed yet. Science and engineering have always had an essential role in achieving the mandates and global priorities of UNESCO, but engineering education has never played such a crucial role as it plays now. Engineering education nowadays has a responsibility in charting a more inclusive, equitable, sustainable and shared future for all humanity. For that, we need to start with the basics. Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education in primary and secondary schools often serves as the foundation for engineering education at the university level. We need a new vision of engineering education. In addition, we need to discuss how to provide learners with essential global competencies and address inclusion in engineering education.

# Plenary Speech

---



# Engineering Education: For a Better World of Humankind

**QIU Yong**

Member of CAS: President, Tsinghua University

Engineering promotes social progress, and engineering education decides the future of mankind. Engineers are the core force of engineering technology innovation. Engineering education undertakes the mission of training engineering talents. Tsinghua University has long been committed to excellent engineering education, and has trained a large number of outstanding engineering talents for the country and society. At present, there is a weakening trend in engineering education, a serious shortage of innovative talents and unbalanced distribution of resources. Engineering education for the future should serve to build a better home for human beings. Engineering education should strengthen the education of responsibility consciousness, the cultivation of innovation ability and communication and cooperation. In the future, engineering education will present the mode of “Engineering +”, which will highlight engineering and responsibility, engineering and innovation, engineering and exchange (Engineering + Responsibility, Engineering + Innovation, Engineering + Exchange).

# Innovations in Engineering Education

## **Richard K. Lester**

Vice Provost, Massachusetts Institute of Technology

MIT's response to the world's challenge is a new pilot program in the School of Engineering, called the New Engineering Education Transformation initiative, or NEET. This new program is focused on preparing our students to develop the new machines, the new materials, and the systems they will be building in mid-century in order to address societal needs at that time. The globalization of engineering education is an issue of great importance to MIT. Collaborating with others in teaching and research to achieve practical and beneficial impact around the world is central to MIT's mission. Over the last two decades MIT have also been heavily involved in major institution-building projects around the world. The world's attention is so often focused on what will happen tomorrow, or next week, or next month. But as educational institutions, we must take a long view. As noted earlier, we are preparing students today for careers that will peak in the middle of the century. And in this task, our universities have much to learn from each other. Each of us has different strengths, and we can each learn from the strengths of our peers.

# Maximizing Impact through Synergy: A Global Perspective

## **Natacha Depaola**

Chair, Global Engineering Deans Council (GEDC);

Dean, Department of Engineering, Illinois Institute of Technology

Engineering is the core of global industrial 4.0 development. In order to achieve true global collaboration, we need to make full use of advanced technologies or tools, as well as a comprehensive solution covering digital tools and laboratories, including the entire hardware and software and integrated system platform. We must achieve global coordinated development through collaboration. The training of global engineering science and technology talents for the 21st century includes five aspects: research/creative ability, multi-disciplinary knowledge background, innovation and entrepreneurship ability, cross-cultural ability, service and social responsibility consciousness. We need to maximize the impact of engineering innovation and education, at the same time, we need to have more interaction, work together in the global field, and carry out scientific research, education and teaching, student exchanges and other projects under the guidance of future engineers' abilities. GEDC's global vision and strategic priorities is mobility, inter-institutional research, academia-industry interactions and growing membership.



## Invited Guest Speeches

---



# Transforming Engineering Education for Sustainable Future

**GONG Ke**

President, World Federation of Engineering Organizations (WFEO)

Engineering is a key to sustainability, but itself must be transformed for sustainability. Sustainability is not a specific technical issue addressing certain engineering fields such as water cleaning, but an strategic issue to whole engineering and all engineers. New requirements to engineering education: ① The knowledge, methods and the principles of sustainable development have to be integrated into engineers' knowledge and capacity. ② Engineers must gain confidence and expand their capacities to identify, understand, navigate, and manage the new risk and uncertainty adequately and appropriately. ③ Good skills of ICT, especially treating with Internet, AI, big data, block-chain, etc., should be grasped by all future engineers not only professional ICT engineers. ④ High requirements to responsible conduct of engineering, so that engineering students must have relevant knowledge for good understanding to social and humanity issues, in order to shoulder the social responsibilities for sustainable development. ⑤ Globally unified standards for engineering capacity have to be eventually established and applied.

# Imagination of Future Engineering Education

## **LI Peigen**

Member of CAE; President, Chinese Mechanical Engineering Society

Engineering education must serve the future, and more importantly, it should keep abreast with the change of human existence. Boundary redesign is required, which includes boundaries in terms of profession, course content, people and tools, and so on. People in the human-machine system should be “formal tools” rather than “essential tools.” To cultivate students’ sense of transcendence, we must first transcend the natural reality, and secondly, transcend the traditional learning methods, such as the habit of developing good “informal learning.” Being bold to change the teaching method means we should transcend the traditional education methods. Engineering education must also transcend engineering and technology itself; we should strive to cultivate students’ awareness of science and technology ethics, and retain their ability to say “no” to certain technologies.

# Cultivating Chinese Engineering and Technology Talents: Based on the Perspective of Chinese Aerospace

**YANG Baohua**

Deputy General Manager, China Aerospace Science and Technology Corporation

In order to build China into a world space power, the key lies in cultivating more high-quality engineering and scientific talents with solid professional theoretical knowledge, strong innovation consciousness, innovation ability and international vision. Based on the practice of talent team building of China aerospace science and technology corporation, the following suggestions are put forward. First, courses setting should be further optimized. Second, we should further deepen the teaching reform and enhance the innovative ability of talents. Third, we should further strengthen school-enterprise cooperation and improve the mechanism of collaborative education. In addition, international exchanges and cooperation should be further strengthened, engineering personnel training mechanism should be innovated, personnel training process should be optimized, and the quality of personnel training should be improved.

# Future Development of Automobile Industry

## **Hans Georg Engel**

Senior Executive Vice President, Daimler Greater China

The auto industry has been more overturned than it was a hundred years ago. CASE (connected, automated, shared, electrical) represents a huge trend experienced by the current industry. From a university perspective, we need to transform education so that students can collaborate across disciplines through skeletal projects. As an engineer, it is more important to have imagination than knowledge. In engineering innovation, different ways of thinking and lifelong learning are also very important. At the same time, engineers have to think about their own purpose in life, and they also need to drive forward to achieve success.

## University President Forum A:

Challenges for Engineering  
Education and World Class  
Engineering Education

---



# Reflections on the Development of Engineering Education in China

**LIN Zhongqin**

Member of CAE; President, Shanghai Jiaotong University

Engineering plays a pivotal role in China, but we still see some shortages in cultivating sentiment, literacy, and vision of students. The engineering education in the future should be firmly grounded on the basic education and liberal education and we must make efforts to make sure an inclusive engineering education can produce talents with great sentiment, literacy and vision. To that end, Shanghai Jiaotong University has made five concrete practices: strengthening value guidance, promoting teacher multi-evaluation system, promoting wide-caliber education for engineering platform, building student innovation center, and integrating practical projects of some pilot enterprises into curriculum design.

# Challenges for Engineering Education: Evolution or Disruption?

**Gerhard Müller**

Vice President, Technical University of Munich

The individualized needs of teaching can be realized by the following aspects. First, driven by new topics related to each discipline, such as big data. Second, the establishment of comprehensive research centers, driven by interdisciplinary choice, requires crossing traditional disciplines and breaking the boundaries of teachers. Thirdly, the establishment of talent-driven research projects. In the course of curriculum setting, the definition of terminology should be discussed and agreed upon. In the process of ability development, first of all, we should define what kind of abilities do students need. Secondly, we need to study how to integrate some models into the process of curriculum design and optimize them. At the same time, the learning ability module of each project is established.

# Reform and Innovation: Philosophy, Practice and Reflections on Engineering Education

**XU Huibin**

Member of CAE; President, Beihang University

Today's knowledge explosion and scientific and technical revolution have impelled our universities to keep up with the times and social development, to teach our students the way of thinking, to stimulate innovative thinking and to enhance their ability of practice. These new ideas and models are very important for engineering education. Beihang University has successively established the Advanced Engineering College, the China-France Engineering College, the International General Engineering College and the Beihang College in a bid to promote engineering education reform and implement student-centered measures to guide students to discover, enrich and surpass themselves. The university is committed to exploring the way of reforming engineering education so as to adapt to the future development of industry and technology.

# Global Base for Knowledge Collaboration toward Innovation Campus

**Naoto Sekimura**

Vice President, University of Tokyo

In order to contribute to the development of the future society, Tokyo University attaches great importance to the industry-university collaboration. At the same time, we encourage interdisciplinary cooperation between different departments and colleges, as well as joint training of students with industry cooperation. Tokyo University has established a world-leading education system and strategic partnerships with some of the world's top universities. Tokyo University's "Building a Global Campus Model" is part of its global top university plan, which has three pillars: first, to establish and improve a new and effective education system through comprehensive education reform; second, to improve Tokyo University by establishing strategic partnerships with some of the world's leading universities. The third is to establish a core platform for promoting global campus planning and implementation.

# The Challenge and Strategy of Engineering Education

**ZHOU Yu**

Member of CAE; President, Harbin Institute of Technology

Today's engineering education faces the challenges mainly brought by three aspects: the development requirements of the times, the development of science and technology and an innovation-driven society. The engineering education reform is driven by development of the times, the connotation of engineering education is uplifted by science and technology advancement, and the essential feature of engineering education features innovation and practice ability cultivation. Therefore, top engineering education must adapt to the development of the times calls to set up foresighted expectations; top engineering education should closely integrate with scientific and technological progress, resonance with the pulse of science and engineering, integrate scientific research and education; innovation and practice ability cultivation remain the key objective of the top engineering education, which must advance in the light of the development of the times and the progress of science and technology.

# New Objectives of Engineering Education from Education and Industry 1.0 to 4.0

**Hocheng Hong**

President, Hsinchu Tsing Hua University

Today's industry and education 4.0 could offer valuable references to engineering education. With the advent of the new era of artificial intelligence, engineering education should downplay the education of knowledge or ability that may be replaced by artificial intelligence in the future. Instead, engineering should add value to other disciplines. Future engineers should not only master multi-disciplinary knowledge, but also need to apply and combine this knowledge with the aid of tools. This should be the objective of future engineering education. What's more, future engineers need to care about major social issues, which requires engineering education incorporate more liberal arts and general education, so that students can better choose their value orientation. The "Value-added Engineering" project carried out by Hsinchu Tsing Hua University achieved good results.

**University President Forum B:**  
Engineering Education for  
Sustainable Development

---



# Integrated Development of University & Society

## **WANG Shuguo**

President, Xi'an Jiaotong University

The current situation at home and abroad has undergone profound changes, which brings historical opportunities and enormous challenges to tertiary education. Universities should bear in mind the historical mission of leading the society, adhere to open education, and deeply integrate with the society. Standing at the leading edge of the world's science and technology, Xi'an Jiaotong University answers the major calls of the country, serves the main battlefield of the national economy so as to continuously deepen reforms to innovate institutional mechanisms, initiate the establishment of the "Silk Road University Alliance", and create a technological innovation port in western China, with aim to promote university education quality, cultivate top talent, produce first class outcomes, and establish a great university.

# Engineering Education from the Perspective of Tokyo Tech

**Kazuya Masu**

President, Tokyo Institute of Technology

Japan has a developed engineering education system. In the long history and recent educational reform, Tokyo Institute of Technology has played an important role in the formation of Japanese engineering education system. The education system of Tokyo Institute of Technology can achieve a seamless link between bachelor's degree and master's degree and doctor's degree. Our professional courses are organized around lectures, experiments and practices to provide students with professional knowledge and skills education in a spiral way. Tokyo Institute of Technology also attaches great importance to making all students experience and carry out research as soon as possible. Our goal is to train leaders in the field of Engineering Science and technology. We have set up the Laboratory for Design of Social Innovation in Global Networks (DLab) in the hope of creating a new era of science and technology through these new initiatives and training a new generation of global engineering and engineering education leader.

# Engineering Education for Sustainable Development: Cultivate Future Excellent Engineers and Engineering Scientists

## **GUO Dongming**

Member of CAE; President, Dalian University of Technology

What kind of engineers should be cultivated for sustainable development? The ability of the engineer should be included: value judgment, comprehensive innovation, international competitiveness, lifelong learning. For sustainable development, we should hold the innovative nature, inheriting the practice tradition and promoting integration and innovation of engineering education. Facing sustainable future, Dalian University of Technology has explored and practiced a lot. First, Dalian University of Technology has upgrade the cultivation aims and orientation and insisted “the idea of pan-engineering”. Second, the university has strengthen construction of engineering subjects, engineering practice education and innovation and entrepreneurship education. Third, the university has cultivated engineering talents with international perspective, including the executive of “Internationalization Improving Strategy”, develop student internationalization and promote standard authentication of international engineering education. Facing the future, Dalian University of Technology is committed to developing world-class engineering education with Chinese characteristics and cultivating excellent engineers and engineering scientists leading the future.

# Engineering Education for Sustainable Development

**Guido Saracco**

President, Turin Polytechnic University

Engineering education should integrate the goal of sustainable development into the curriculum design. To achieve the goal of sustainable development, we need to go out of the original occupational comfort zone and enter a space of self-expansion and innovation. In order to promote the goal of sustainable development, the Turin Polytechnic University has been trying to reform in the past few years. In terms of research, a number of interdisciplinary and interdepartmental centers have been established based on the needs of interdisciplinary education. We jointly carry out large-scale projects to solve problems jointly. Through this way, we can cultivate students' ability to innovate and break the boundaries of thinking. In the aspect of education and teaching, innovative teaching is carried out based on the methods of challenge-driven and problem-oriented. We hope that all research and education will be consistent with the goal of sustainable development and meet the needs of social development.

# Intercrossing Interconnection Integration: Promoting the Re-opening and Re-innovation of the Engineering Education

**ZHAO Ji**

President, Northeastern University

Contemporary engineering education is confronted with various challenges brought by many aspects, such as knowledge growth, industrial transformation, intelligence and discipline integration. In the face of these challenges, engineering education calls for openness, innovation, cross-border and integration. The university should stick to openness in ideas, overseas exchanges, industries, disciplines, courses, knowledge systems innovation and education management.



**Panel A1 :**

Models of Industry – Academia  
Cooperation

---



# Industry Partnerships at the University of Toronto

## **Cristina H. Amon**

Dean, School of Applied Science & Engineering, University of Toronto

Industry is more interested in interactive development cooperation with students, because they are future employees of industry enterprises. Because of this, we should create more opportunities for students in experiential learning. We should provide opportunities for school-enterprise cooperation, so that students may enter the enterprise work in the future. We should keep a forward-looking view on industrial development, bring more opportunities to the future of the industry through research, truly discover new technologies and methods, and apply them in new practice. When teachers from different backgrounds around the world cooperate in the industry, the most comprehensive partnership can be established. In addition, a complete ecosystem is also very important, which is actually a way to achieve industrial development.

# Industry – University – Research Cooperation from the Perspective of Enterprises

**Norbert Luetke-Entrup**

Head of Technology and Innovation Management, Siemens

The report expounds how a company's laboratory drives innovation and how innovation ecosystem further pushes the innovative development. In addition to scientific research and education, the university also has the functions of transforming the scientific research results into practical applications. Today, many companies and companies' R&D centers chose to cooperate with universities. The report also explains what the future engineers are like. What is the curriculum for the engineer training? The company expects an education system with a diverse curriculum and engineering graduates equipped with multi-disciplinary knowledge. Finally, Industry-Academy-Research cooperation requires in-depth cooperation between the universities and the enterprises.

# Models of Industry–Academia Cooperation

## **Chua Kee Chaing**

Dean, School of Engineering, National University of Singapore

Why is industry–academia cooperation important? Industry-academia cooperation allows academia to work on important problems and translate its research outputs to useful societal outcomes, joint training of students prepare them better for the real world and rapid technological changes will drive demands for continual education and training. The presentation explained the models for cooperation in research, which includes corporate lab with major company, industry consortium, joint research project (shared IP) and contract research project (company owns IP). The presentation also explained the models for cooperation in education, which includes internship and co-op programs, industry participation in curriculum design and development, guest lectures and adjunct appointments and joint supervision of student research/projects. Last but not least, the presentation pointed out some Challenges to Surmount, they are industry and academia tend to operate on different timelines, academics are increasingly getting more removed from industry, there may still be a TRL gap to bridge and broad-based training vs being productive on day one.

## How to Develop Industry–Academia Cooperation?

### **Leif Kari**

Chair and Dean, School of Engineering Sciences, Royal Institute of Technology in Stockholm

Royal Institute of Technology (KTH) is a leading technical and international university creating knowledge and competence for a sustainable future. KTH has creativity, innovation and entrepreneurship integral to all study programmes, which includes classes and seminars in smaller groups, students are encouraged to solve problems together in groups, often in close collaboration with industry, encouraging innovative ideas and entrepreneurial spirit amongst students, and latest cutting edge teaching and technological equipment. Largest number of global companies (per capita) is very important for industry–academia cooperation. KTH also has established for long-term collaboration for mutual development, yearly management dialogue on future challenges and high level meetings all partners. Collaboration that creates mobility between KTH and industry comes from partner to KTH, such as adjunct professor, affiliated professor, affiliated faculty, industry-employed doctoral students. From KTH to partner, such as industry-employed doctoral students, affiliated experts, degree projects and student jobs.

# From Academia to Industry

## **Lai Chih-Huang**

Dean, College of Engineering, Hsinchu Tsing Hua University

Introduced the organization for university-industry collaboration and mainly introduced OCIC (Operations Center for Industry Collaboration). Three work scopes of OCIC are industrial joint research, IP life cycle management and innovative startup. Industrial joint research includes search for academy and industry collaboration, connect industry, alumni with campus, and spin-in & spin-off. IP life cycle management at OCIC includes IP management and tech transfer, develop self-sustain mechanism to support long term research. And innovative startup at OCIC means transform technology into product and nurture talent to make social impact. There are five big research centers are best practice in campus, MTK-NTHU Joint Research Center, TSMC-NTHU Joint Research Center, HIWIN-NTHU Joint Research Center, LiteOn-NTHU Joint Research Center and Unimicron-NTHU Joint Research Center. There are two buildings bridge Lab (Tsing Hua Lab) to Start-up (Incubation Center). The jobs of Innovative incubator include talent nurturing: continuing education, joint-research collaboration: Mini league of key technologies and innovation nurturing: angel funds, alumni fund and space. There is a Win-Win Strategy with a Mini Technology League and a Major Industry-Academic Alliance in Hsinchu Tsing Hua University.

# University-Industry Collaboration for Full-cycle Multi-level-interaction Cross-region Higher Education

**JIANG Lan**

Dean, School of Mechanical Engineering, Beijing Institute of Technology

Introduced the background and needs of close university–industry collaboration for higher education. Then explained in detail about University–Industry Collaboration for Full-cycle Multi-level-interaction Cross-region Higher Education. Introduced what is the structure of university-industry collaboration supporting education outcomes through its All-faculty full-cycle guided system. How its final evaluation and outcome display for full-cycle guided innovation design, including industry visiting, manufacturing, industry-based B.S. thesis, industry-provided lectures. As well as industry-supported student innovation activities: student-dominated innovations supported by advisors & industry-provided technology, funding, material, and equipment. Finally, demonstrated Outcomes of University-Industry Collaboration. For example, 143 awards in national/international student competitions in the past 5 years, forming a batch of exchange and cooperation bases domestically and overseas. According to KPI, the school was ranked 1st out of 20 schools at BIT in the past 3 years, among which teaching performance was also ranked 1st each year, right after graduation, 69% of undergraduates pursued M.S. or Ph.D. degrees within 5 years after graduation, 80% of graduates received significant promotions.

## **Panel A2:**

Skills Development for Modern  
Industry

---



# Skills Development for Modern Industry

## **Vigor Yang**

Professor, Guggenheim School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology

Needs, curiosity and vision will define the future development. There are four most important challenges that lie ahead of us: permanent sustainability, life quality, willingness to learn and social progress. In order to cultivate engineering students with the ability to deal with these challenges, we must first improve the education of students. Second, we must foster their spirit of courage and teamwork. Finally, to be an outstanding engineer, the student must play an active role in leading the society at the regional, national and international levels.

# Engineers Who Can Engineer: The CDIO-model for Development of University Engineering Programmes

**Sören Östlund**

Head, Department of Solid Mechanics, Royal Institute of Technology in Stockholm

Graduated engineers should be able to Conceive-Design-Implement and Operate complex value-added engineering systems in a modern team-based environment, considering business and societal requirements. This is what our graduated engineers should be able to do. Engineering education should also prepare students for possible career tracks. A set of clear, complete, consistent goals and objectives for undergraduate engineering education are very important. We must educate students who can understand how to conceive–design–implement–operate, complex value-added engineering systems, in a modern team-based engineering environment, and are mature and thoughtful individuals. This leads to the CDIO Syllabus. There are some considerations when we make the CDIO Syllabus: rational, comprehensive, stakeholder prioritized, peer-reviewed and appropriate.

# GIX: Global Innovation Exchange

## **Blake Hannaford**

Director, Global Innovation Exchange, University of Washington

The Global Innovation Exchange (GIX), established by Tsinghua University and the University of Washington, is an innovative education platform founded in the Greater Seattle area with the support of Microsoft. The GIX is equipped with advanced education resources, and adopts an innovative master's program training model featuring project-driven, team-based method to establish an innovative and diversified education platform. Exclusively built for the GIX education program, the GIX Teaching and Research Building is located in the beautiful Bellevue, offering a comfortable learning experience for students.

# 3D Printing Provides Help for Engineering Education

**LI Tao**

General Manager, Shining 3D

In recent years, digital manufacturing technology is undergoing dramatic changes. In the context of Industry 4.0, scale and personalized customization have begun to attract increasingly wide attention. The scale and personalized customization requires various links in the manufacturing system merge with each other, which poses a great challenge to the entire technical application conditions. The application of 3D digital technology can precisely resolve such issues. This article demonstrates a practical case of applying 3D digital technology in mass entrepreneurship and innovation projects carried out in the university.

# Skills Development for Modern Industry

## **Thomas Lee**

Chief Education Officer, Quanser; Adjunct Professor, University of Waterloo

As an emerging industry, unmanned aerial vehicle (UAV) manufacturing is also an industry that future engineers will closely follow up. We have worked with a number of university partners on UAV projects and incorporated them into the curriculum. The project enables the students to build an automated, simulated drone with the “scaffolding” method we provided. For students, the project is complicated and relatively expensive, but it can help them to develop complicated and systematic thinking from the first day.

# Cooperative Training of Engineering Practice Ability of Mechanical Students

**ZHANG Xianmin**

Dean, School of Mechanical & Automotive Engineering, South China University of Technology

South China University of Technology put forward the collaborative training mode of engineering talents in order to address the problems existing in the mechanical major undergraduate training program. The university set up classes for innovation and excellent engineers especially for mechanical majors, aiming to cultivating talents with competence in originality, innovation, entrepreneurship and creation. In this model, the university has cooperated with famous overseas universities to give students a broad international perspective, cooperated with famous domestic universities to cultivate students' team cooperation ability, cooperated with characteristic enterprises to cultivate students' engineering practice ability, and cooperated with relevant majors to cultivate students' comprehensive knowledge ability. This model has been adopted in mechanical related majors and achieved excellent results.

**Panel B1 :**

Innovation of Engineering Education in the AI Era

---



# Roadmap and Teaching Practice for Innovation Capability Building in Mechanical Products Design

**YANG Huayong**

Dean, School of Mechanical Engineering, Zhejiang University

Design is the foundation for the development of manufacturing. Innovative design is the soul of design and holds the key for China's manufacturing industry to grow from a follower to a leader and to transform and upgrade. Fast and sustained development of China's manufacturing industry has made in recent years. Yet compared with world-leading enterprises, it is weak in innovative design capability, lacking core technology and self-owned brands. The key is to nurture talents of innovative design in mechanical products. School of Mechanical Engineering has centering on innovative design capability in engineering and breaking through practice teaching enhancement, while utilizing "Synergy in Three Aspects" methods bring about "Roadmap for Building Innovation Capability in Designing Mechanical Products". There are two steps needed for innovative talent cultivation. Step 1: New system of series of courses, cooperative teaching of multiple courses. Step 2: Cooperative teaching combining theory courses and various links of practice.

# Application of Artificial Intelligence in MOOC

**TANG Jie**

Professor, Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University

Massive open online courses (MOOCs) boomed in recent years and have attracted millions of users worldwide. For example XuetangX.com, a platform similar to Coursera and edX, is offering thousands of courses to more than 10000000 registered users. However the completion ratio is always very low. In order to improve learning efficiency, we have developed an intelligent learning assistant Small MOOC, which can not only answer questions and solve puzzles for learners, but also interact actively with learners, thus breaking the bottleneck of lack of effective communication between teachers and students. Small MOOC can realize the functions of making learning plans, prompting learning progress, knowledge point analysis, providing learning materials, entertaining interaction and so on. It has truly become a learning partner for learners as well as teachers and friends.

# Learning and Applying AI in Engineering Education, Research, and Practice

**Ken Dunstan**

Education & Channel Business Manager, Asia Pacific, Mathworks

What is Industry Asking of Us? For examples, such as easy to use; high performance implementation; lots of application examples; supported by robust workflows for complex system development. Mathworks is a leading software developer and supplier with computing and model-based design in the world. Mathworks now also focuses on deep learning, with a deep learning kit which can be used and taught at all universities. Mathworks hopes to help engineers and scientists acquire the skills to use AI and has been working to make it easier and easier for engineers and scientists to use AI in their work processes. AI is a big trend in the future, so more people need to learn AI and how to use it. Engineers, scientists and AI experts should work together.

# Research on Doctoral Training and Artificial Intelligence of Imperial College

**Omar K. Matar**

Vice Dean ( Education ) , Faculty of Engineering ,Imperial College London

Imperial College is unique in the UK in its exclusive focus on science, engineering, medicine and business. This enables us to develop strength in core disciplines and strong cross-disciplinary collaborations. Imperial is the UK's top science, engineering and medicine research collaborator with China. Imperial researchers have co-authored more than 3000 publications with their Chinese peers over the past five years. Imperial has 2600 Chinese students—the largest group other than UK. Imperial College have the centres for doctoral training. It integrated 1+3 MRes and PhD programme lasting 4-year. The centres's aim is to champion world class research with an eye to applications in industry, commerce and healthcare. Students have multiple supervisors from multiple departments. Imperial College have the partners directly with industry, including co-supervision. We have the high interest to recruit international students. On Artificial Intelligence, Imperial College have good cooperation with the Turing Institute.

# Hatching New Engineers: Actions Taken and Rewards Gained in NPU-ME

## **JIANG Jianjun**

Deputy Dean, School of Mechanical Engineering, Northwestern Polytechnical University

Facing the future, outstanding engineers need to have a wide range of knowledge, strong hands-on ability, rich practical experience and high ability to use tools. Responding to new requirements of talents cultivation, school of mechanical engineering, northwestern polytechnical university focuses on elements of cultivating the top creative talents, regards education of engineering ability as the main line, adheres to the personnel training mode—the management quality and artistic thinking as the two wings, and makes full use of advantaged resources, teaching resources, scientific research and practical resources, to cultivate the outstanding engineering and technical talents.

## Talent Education & Academic Cooperation: JD AI's Thinking & Practice

### **HE Xiaodong**

Deputy Managing Director of JD AI Research, Technical Vice President, JD.com

The development of Jingdong artificial intelligence includes three elements: basic research of artificial intelligence, the application and implementation of artificial intelligence in Jingdong scenes, and the business model innovation of artificial intelligence. Behind the development and application of AI technology, close cooperation between academia and industry is indispensable. Jingdong is committed to promoting the development of artificial intelligence technology and cultivating innovative talents. Jingdong AI research institute has created a series of industry-university-research cooperation projects to attract the academic community to explore the innovative application of artificial intelligence with Jingdong. JD AI also establishes a perfect AI course system, which can fully understand the needs of new artificial intelligence talents and targetedly set courses.

**Panel B2:**

Engineering Innovation and  
International Cooperation

---



# Collaborative Innovation and Practice for Science & Technology Achievement Transfer

**HE Yongyong**

Executive Vice Dean, Tianjin Research Institute for Advanced Equipment,  
Tsinghua University

The transformation of Science & Technology achievement is an important way to realize national innovation and development. Collaborative innovation is the important method of S&T innovation. Based on the development of manufacturing industry in China, this paper expounds the strategic significance of scientific and technological innovation and transformation of achievements. On the basis of analyzing the main innovation mode in the world, it puts forward the ideas and ways of collaborative innovation. Finally, it introduces the development and construction of Tianjin Research Institute for Advanced Equipment of Tsinghua University and the practice of collaborative innovation.

# Engineering Innovation and International Cooperation

## **Manfred Wirsum**

Chair, Institute for Power Plant Technology, Steam and Gas Turbines, RWTH Aachen

Aachen is the former residence of Carl the Great and capital of Europe. Core goals of RWTH-Aachen University include meeting Global Challenges, working on the important research issues of our time and leading in interdisciplinary top research projects. Engineering innovation by fostering interdisciplinary research and cooperation, example for international cooperation: strategic partnership between Tsinghua University and RWTH Aachen. Clean Energy Research Initiative (CERI) aims are education of students by providing intercultural experience during their thesis, joint research based on complementary key aspects. Cooperation between the Institute of Power Plant Technologies, Steam and Gas Turbines (IKDG) and Tsinghua BP Clean Energy Research Center (BPCEC). The start of the “Clean Energy Research Initiative” in 2018 is the next step in the establishment of reliable long-term cooperation between IKDG and BPCEC.

# Rooted in China , Striving for a World-class University

## **XU Zhenghe**

Academician, Canadian Academy of Engineering; Dean, College of Engineering, Southern University of Science and Technology

Southern University of Science and Technology (SUSTech) is a research, international and innovative university approved by the Ministry of Education and founded and funded by the Shenzhen Municipal Government in 2012. One of the main features of SUSTech is its innovative enrollment system. We have established many international cooperation relations, which is our mission and vision. International cooperation models include student exchanges, curriculum projects, degree programs, research exchanges, staff training, the establishment of joint research institutions, and the organization of international conferences. Many international cooperation is based on research projects. In cooperation, we can study some international key areas and topics, so that students can find jobs globally after graduation.

## International Cooperation

### **Fabricio Guevara Viejó**

Rector, Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

International cooperation in engineering education is important for that students can learn from other contexts, extending their cultural understanding and scientific knowledge, and regional Universities in Latin America offer a unique opportunity to innovate and make students more creative to solve problems in these contexts. Place our students and teachers in the world for that promoting the mobility of students, professors, researchers, and staff. And for the development of joint programs, the generation of comparative content, facilitate students' contact with other cultures, histories, languages and other contents that feed their intellect and allow them to develop new competences. Some effective models of collaboration are receiving students and partner them with tutors so they can carry out internships in the regional industry. So the can learn by doing and get challenged by real problems which arise from within the industry.

# Engineering Innovation and International Cooperation

## **Richard T. Schoephoerster**

Dean, College of Engineering, American University of Sharjah

Characterized by new technologies fusing the physical, digital, and biological worlds, the Fourth Industrial Revolution will impact all disciplines, economies and industries. The changes are so profound that, from the perspective of human history, there has never been a time of greater promise or potential peril. Transformations at AUS are comprehensive research university, practice of education, educating engineers. Expansion of research and graduate programs are research infrastructure and global strategic partnerships for Bioscience and Bioengineering Research Institute (BBRI). The former are MYM500M investment, 100+ new faculty, four interdisciplinary research institutes. Project Based Learning is about curricular transformation of transitioning courses to active, and partnership with WPI. Professional Certifications of Micro-credentialing, Drone Academy and partnership with QUANSER.

# Thoughts on International Collaboration & Innovation in Engineering Education

**Lim Ming Kim**

Executive Dean, College of Mechanical Engineering, Chongqing University

Chongqing University attaches great importance to internationalization. I am the first foreign Dean employed by Chongqing University. In order to build a successful international partnership for universities, there are some thoughts and requirements should be considered, including understanding the study culture, mutual understanding of aims fulfilment, flexibility (e.g. course structure), never over-promise, open mind for multi-level collaboration (from field trip to internship, to joint program, to research, to mobility), keeping it warm, work-based learning (e.g. professional engineering, apprenticeship), making use of modern technologies (e.g. real-time teaching).

**Panel C1 :**

Academic Best Practice

---



# Academic Best Practice Panel: Online Laboratories

## **Timothy Drysdale**

Chair of Technology Enhanced Science Education, School of Engineering,  
University of Edinburgh

Nowadays, when engineering education is confronted with various challenges, a traditional laboratory also faces problems such as increasing student numbers, soaring cost, limited space and changing learning method, while online labs have broken the limitations of traditional laboratories. Thanks to the time and space liberation brought by online labs, students can learn based on different needs with satisfying learning results. Due to these advantages, online laboratories have been strongly promoted in engineering education practice.

# Engineering Education Research to Practice

## **Vinod K. Lohani**

Director of Education & Global Initiatives, Professor of Engineering Education, Virginia Tech

Practice is an important way to master engineering learning. With ways of practice in place, it is worth discussing about how to encourage students to get hands-on experience and transform the research to application achievements. The Virginia Tech Institute of Engineering has made many innovations in the practical learning of engineering students. Through the Learning Enhanced Watershed Assessment System (LEWAS) laboratory and the Online Watershed Learning System (OWLS), classroom learning and extracurricular practice are effectively combined. In this way, the objective of individualized learning could be met in line with the needs of major and research purpose.

# Mechatronics and Robotics: A Platform for Interdisciplinary, Experiential Eng. Education

## **Vikram Kapila**

Professor, School of Engineering, New York University

Along with the development of science and technology, more and more cutting-edge technologies have been applied in education, which has had a profound impact on teaching methods and learning methods. In the engineering sector, the emergence and application of cutting-edge technology has demanded new requirements for engineers or engineering R&D personnel. Therefore, the combination of new technology and engineering education will be conducive to innovative engineering talents cultivation. The New York University School of Engineering has made further innovative explorations, which leverages technological innovation engineering education practice methods, such as robotics, to build an interdisciplinary and experiential engineering education platform for students from different disciplinary backgrounds.

# The Future of Engineering Courses: Modern Pedagogy Meets the Latest Technology

**JIANG Zhaoshuo**

Assistant Professor of Civil Engineering, San Francisco State University

Engineering science is an applied science that combines theory, practice and hands-on experiment and the laboratory is a key utility where engineering students can practice. However, due to some factors, such as the lack of test equipment, safety reasons, limited time and space, etc., the use of laboratories is limited. The remote lab combining the mobile terminal with the Internet of Things effectively solves the drawbacks of the traditional laboratory. In our evaluation of implementation plan and the project results of the San Francisco State University remote laboratory project, we found that students with different academic backgrounds achieved positive results during the mobile learning.

## **Panel C2:**

Innovation and Entrepreneur-  
ship Education

---



# Technology Interdisciplinary Innovation & Entrepreneurship Education at Tsinghua University

## **LI Shuangshou**

Director, iCenter, Tsinghua University

Tsinghua university has built an interdisciplinary entrepreneurship education technology innovation platform with a fusion of “creativity, innovation, entrepreneurship”, to practice the trinity concept that is to fulfill the whole value model, cultivate the ability of doing things, impart the knowledge and culture, to make the innovation entrepreneurship education into the talent cultivation system, to perfect the innovation entrepreneurship support and service system, and build diverse cooperation, opening and sharing innovative entrepreneurial ecosystem, then, to improve the quality of personnel training. It has created significant social benefit and influence.

## Ideas to Integrate Innovation and Education

### **R. Scott Evans**

Director, Longhorn Maker Studios, University of Texas at Austin

When students don't know how to innovate, they may need to be involved in a comprehensive operating environment first. Secondly, the integration of courses can try to combine engineering courses with modern art, medicine and other courses. In addition, we should also consider how to better achieve synergies. Our practical education plan needs five aspects: leadership and community engagement, invention accelerator, lab and research affiliates, design, build and test facilities, the curriculum lab. We start with curriculum, facilities, research and creativity to develop challenging projects. We should listen from alumni and industrial partners and teach more about communications, work in teams (across disciplines), the Ecosystem around products (ethics, business case, etiquette, uncertainty and change, systems of systems).

# Educating the Engineer of the Future

## **Sanjeev Bedi**

NSERC Chair, Immersive Design Engineering Activities ( IDEAs ); Director, Engineering Ideas Clinic; Professor, Mechanical Engineering, University of Waterloo

All entrepreneurs innovate in multiple dimensions. Innovation is the core of entrepreneurship. Innovation means a creative solution to a problem. In order to promote innovation, the University of Waterloo has carried out experimental education, such as co-op, creating the culture of entrepreneurship, building the Engineering Ideas Clinic. Waterloo has the world's largest Co-op program, in which 3500+ employers and 18000 job postings and MYM117 million earned by students on co-op/year. Culture of Entrepreneurship has ranked top 25 in the world for producing. All Intellectual Property belongs to the creator ( students/professors ). Why do build the Engineering Ideas Clinic? Students have the desire to design but lack exposure, experience, and opportunity. Engineering Ideas Clinic can bring the real world into the classroom.

# Innovation and Entrepreneurship: The Practice in the College of Engineering, Peking University

**ZHANG Dongxiao**

Dean, College of Engineering, Peking University

As a base for knowledge transformation, the university should also serve the society. Innovative universities should go beyond innovation and entrepreneurship, merge humanities and sociology research, advanced innovation and teaching method, and integrate modernization. That means it should pursue excellent creativity, cutting-edge foundation and application science, innovative teaching and learning models, modern university facilities and an unwavering desire for innovation and entrepreneurship. In start-up business and entrepreneurship training, universities serves a bridge integrating research, talent and society, a driving force for social and economic development, a cradle for technology invention and the home base for talents with innovative technology and entrepreneurial spirit. This is also a goal pursued by the Peking University School of Engineering in the process of reconstruction and development: “To seek the way of engineering, one should master strong foundation and embrace innovation.”

# Progress in Innovation & Practice Ability Training of Mechanical Engineering in JLU

**ZHAO Hongwei**

Dean, School of Mechanical and Aerospace Engineering, Jilin University

The predecessor of the College of Mechanical and Aerospace Engineering of Jilin University is the Department of Mechanical Engineering of Jilin University of Technology, which was founded in 1955. The mechanical engineering discipline of the college was selected as the first top-level national key discipline in 2007. Responding to the national new engineering construction needs and the demand for future talent training at home and abroad, the college has established a talent training strategy advisory committee, strengthened the construction of new engineering and the reform of traditional engineering, and set up a workgroup to advance reform and innovation for engineering personnel training model, which emphasizes on self-improvement and external strength.



**Panel D1 :**

Engineering Ethics in the  
Modern Era

---



# Chemical Engineering Ethics Education

## **ZHAO Jinsong**

Chair, Department of Chemical Engineering, Tsinghua University

Chemical engineering plays a critical role in modern society, but it also has exerted certain negative impacts which results in the social concerns and repulsion towards chemical industry, especially the “escape” of excellent students from the chemical industry has dampened the future and innovation of the whole industry. In the teaching of chemical ethics, the most effective method is to use the case discussion. The course is taught by engineering teachers, who will combine the knowledge and the actual engineering practice. Tsinghua University opened an independent course of Chemical Engineering Ethics in 2015 and achieved good results.

## What does Peace Engineering Mean to You?

### **Ramiro Jordan**

Associate Dean, Engineering for International Programs, University of New Mexico

We define Peace Engineering as the intentional application of systemic-level thinking of science and engineering principles to directly promote and support conditions for peace. Peace Engineering works directly towards a world where prosperity, sustainability, social equity, entrepreneurship, transparency, community voice and engagement, and a culture of quality thrive. Engineers have the power to play a vital role in the creative solutions that can radically transform and improve the wellbeing of people and other living systems, day to day.

# Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development

## **Gudrun Kammasch**

Scientific Society for Engineering, Beuth University of Applied Sciences, Berlin

Sustainable Development Goals (SDG) can be achieved through global partnerships. Engineers create new worlds, but they also do some ecological damage. For our students, how can we raise their awareness of sustainability? It's very important that they have a real experience of the world. In the course of sustainable development, we guide students to think about the world, encourage them to do something to change the status quo, make the world a better place, and give students confidence for their own abilities.

# Engineering Ethics in the Modern Era

**Sharon Lee**

Chief Education Officer, Enable Education

Technology is the engine that drives progress in every domain. But there is a danger of overlooking the creative power of technology if we only look to its instrumental value. Technology is connected to art and craft, and to the things that an artist can reveal through his or her art about society and human existence. We need to reconnect the instrumental value with its intrinsic value. Virtue, duty, community, happiness is four ethical foundations which represent the big four foundational theories that all students of ethics study and that would be important concepts to include in engineering education too. In an age of AI and deeply intelligent technology perhaps what these ethical foundations offer is a more fulsome tool set to ask the important why questions that need to be asked when opting for artificial intelligence over human thinking.

# New Engineering in New Time: Some Comments on Professional Ethics

**LIU Sheng**

Dean, School of Power and Mechanical Engineering, Wuhan University

Information technology in the new era is advancing with each passing day, calling for the transformation from traditional engineering discipline to new engineering discipline. This paper aims to explore the ideas and measures of the development and extension of new engineering disciplines towards the electronic manufacturing discipline as well as their integration in the new era, and clarify the internal logic between engineering disciplines integration and professional ethics, thus promoting the innovation and integration of interdisciplinary interaction from the perspective of professional ethics.



**Panel D2:**

Diversity: Are We Making  
Progress?

---



# Cultivating High-quality Talents with Sustainable Development Capacity for the Rapidly Changing World

**LIU Xiaojun**

President, Xi'an University of Architecture and Technology

Xi'an University of Architecture and Technology has established a new strategy to cultivate students' sustainable development ability in order to solve the problem that the talent training mode is incompatible with the requirements of students' sustainable development ability improvement, and the management system is not effective in cultivating students' sustainable development ability. With such a training system in place, students' ability to innovate and run business has improved significantly, and their ability to develop sustainably has been widely recognized by society. This talent training model has also been unanimously recognized by industry experts.

# Preparing a Diverse Engineering Workforce

**Norman Fortenberry**

Executive Director, ASEE

ASEE tells us what it does and how to achieve diversity and inclusiveness for people and students in terms of the development of engineering education. The mission of ASEE is to advance innovation, excellence, and access at all levels of education for the engineering profession. The vision of ASEE is to be the pre-eminent authority on the education of engineering professionals. And the values of ASEE are excellence, engagement, innovation, integrity, diversity and inclusion. To prepare a Diverse Engineering Workforce, and achieve the goals of diversity and inclusiveness in innovation, The first priority of ASEE is to transform engineering education to graduate the highest potential, career-ready engineering workforce that is diverse, creative, and innovative, enhance our capacity to innovate solutions to most pressing challenges in our communities, nations, and world, understand the impacts of its solutions on both technical and social systems, and possess the abilities to cope with the challenges of globalization and technical problems.

# Diversity: Are We Making Progress?

**Theresa Mkandawire**

Dean of Engineering, University of Malawi

This report starts from the following aspects: the background of Africa, the diversity and inclusion, and some challenges and problems in engineering. Africa is one of the least developed regions, it has a high demand for higher education, but engineering education in Africa faces a lot of challenges and problems, and also, the development is very slow. The most challenging issues in Africa in general are institutional challenges and poverty. The infrastructure in Africa is in the early stages of development. Schools are understaffed and do not have adequate research capacity. And at universities, the sex ratio is skewed and the proportion of female is small, especially in the field of engineering. All these restrict the development of high education in Africa, particularly in the engineering education. So we put more emphasis on collaboration, mainly with other universities. And we hope to cooperate with more colleges and universities.

# How to Realize the Diversity of Engineering Education?

**Alex Czekanski**

NSERC/Quanser Chair in Design Engineering for Innovation

This article introduces the efforts made in engineering education from the perspective of York University's own development. The diversity of engineering education should be reflected in three aspects: the individual ability of graduate students; the motivation of project-driven learning; the establishment of 50:50 projects (50%male, 50%female). To that end, two concrete approaches should be taken: the university's shareholding system and organizational culture, which require cooperation of the whole crew to make it more inclusive.

# Diversity of Women's Adaptability in Engineering

**WANG Ling**

Deputy Director, Continuing Education, Chinese Mechanical Engineering Society

The adaptability of different genders in the field of engineering education has attracted more and more attention. Engineering education innovation demands diversity, and women's participation suits to this trend. The perceptual characteristics with women also have unique natural advantages in the field of engineering education dominated by reasoning.



## Summary of the Forum

---



# Lead the Innovation Development of Education Engineering, Cultivate First-class Talents of Engineering and Technology

**ZHANG Man, QIAO Weifeng, WANG Sunyu**

**Abstract:** From September 24 to 25, 2018, Tsinghua University, Chinese Academy of Engineering and UNESCO jointly held the first International Forum on Engineering Education. In the forum, the experts in different fields from all over the world discussed a variety of issues, such as the opportunities and challenges faced by engineering education under the background of globalization, the practice and exploration of engineering education, the construction of the first-class engineering education, the innovation development of engineering education and the sustainable development of engineering education. Nearly 200 representatives attended this forum, and 68 of them delivered a speech in the forum. There are presidents of the leading universities both at home and abroad, deans of the engineering college, experts, scholars, representatives of research institutions, and enterprises from different countries, including China, the United States, Germany, Japan, the United Kingdom, Sweden, Canada, and Singapore. Based on these statements, this paper puts forward some relevant views in terms of the main challenges in engineering education, the innovation of engineering education and the development trend of engineering education.

**Key words:** engineering education; innovative development; construction of the first-class engineering education; sustainable development



# 后 记

当今世界,科学技术发展与更新越来越快,工程技术对经济与社会的推动作用越来越重要,对人类社会生产生活的影响也越来越突出。高等工程教育作为工程科技人才培养过程中不可或缺的重要组成部分,一直备受国际社会关注。站在历史发展的新起点,中国的工程教育必须更好地适应社会、经济、科技变化的趋势,开展变革创新,承担起“创新引擎”这一崭新角色;必须更大范围地深化工程科技领域的国际交流合作,培养更多面向未来、面向可持续发展的工程科技人才。

为此,清华大学、中国工程院和联合国教科文组织于2018年9月共同举办了第一届国际工程教育论坛。来自世界各地的68位知名大学校长、工学院院长、专家学者、研究机构和企业代表在这次论坛上从理论和实践层面发表了对工程教育的所思所想、所问所寻。作为国际工程教育领域的智库型研究中心——联合国教科文组织国际工程教育中心(ICEE)将这些宝贵的演讲实录整理编辑,出版该本演讲集。这些演讲多是从实践中得来,字里行间折射出了演讲者对工程教育现状和未来发展、工程科技人才培养深入思考的真知灼见。

清华大学机械工程学院和教育研究院的师生为这次论坛的顺利召开付出了辛勤劳动,高等教育出版社为本书的出版做了大量工作,在此一并致谢!

因编辑时间仓促,难免有错误和不当之处,在此恳请读者、作者见谅!

联合国教科文组织国际工程教育中心(ICEE)

2019年7月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

# 工程教育创新发展

INNOVATION AND DEVELOPMENT OF ENGINEERING EDUCATION

UNESCO国际工程教育中心 编



定价 89.00 元

