

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.03.004

欢迎按以下格式引用:谭志,曹红玉.多伦多大学电气电子信息技术人才培养途径及对新工科建设的启示[J].高等建筑教育,2020,29(3):24-32.

# 多伦多大学电气电子信息技术人才培养途径及对新工科建设的启示

谭志<sup>1</sup>,曹红玉<sup>2</sup>

(1.北京建筑大学电信学院,北京 102616; 2.北京交通运输职业学院,北京 102618)

**摘要:**培养面向产业、面向世界、面向未来,符合新工科要求的一流电气电子信息技术人才,是中国高校新工科建设过程中面临的紧迫任务,向教育发达国家学习和借鉴成功经验是一条有效途径。多伦多大学信息技术人才培养以提高学生的工程与人文素养为特色,以强化多学科交叉融合、丰富学习体验、加强多方协同育人体系为途径,全面贯彻以学生为中心和核心能力培养等教育理念,对新工科建设及卓越工程师培养具有重要启示。

**关键词:**世界一流大学;多伦多大学;新工科;协同育人

**中图分类号:**G642.0;TN-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)03-0024-09

实现高等教育内涵式发展,建设高等教育强国,全面提升人才培养能力,加快建设高水平本科教育,是高水平人才培养体系的基本落脚点<sup>[1]</sup>。2016年以来,中国工程教育基于“新工科”发展需求,针对人才培养质量提出改革新方向。人工智能、物联网、云计算、大数据、区块链、虚拟现实等新技术研发,以及“互联网+”“中国制造2025”“工业4.0”“一带一路”的建设急需高层次高素质的创新型电气电子信息技术人才。电气电子信息技术是经济全球化的重要推动力量,代表当今先进生产力的发展方向。培养面向产业、面向世界、面向未来,符合新工科要求的一流电气电子信息技术人才,是高校新工科建设过程中面临的紧迫任务。从国际形势看,世界一流大学普遍将本科教育列入学校优先发展战略,将培养具有全球竞争力的一流本科生作为学校发展的坚定目标和不懈追求,以创新拔尖人才培育作为核心使命,始终对既有人才培养模式进行变革创新以实现既定目标<sup>[2]</sup>。

修回日期:2019-10-14

**基金项目:**教育部人文社会科学研究专项任务项目(工程科技人才培养研究)(17JGJC015);2019年自动化类专业教指委教育教学改革研究课题项目(2019A28);2019年北京市社会科学基金项目(19JYB003);2019年度中国建设教育协会教育教学科研课题(2019063)

**作者简介:**谭志(1970—),男,北京建筑大学自动化系主任,副教授,博士,主要从事工程教育、人工智能、机器人研究,(E-mail)tanzi@bucea.edu.cn。

多伦多大学电气与计算机工程系在教学与科研中对电气电子信息技术领域一流人才的培养积累了丰富的经验,以设置跨学科专业和体验式专业课程学习、创建体验式特色研究社区与创新创业集群为途径,提升学生工程领导能力、跨学科专业技能及创新创业能力。借鉴和学习这些经验,对推动和促进中国高校新工科建设和发展具有重要意义。

多伦多大学始建于1827年,有悠久的办学历史,现已发展为加拿大首屈一指的学习、发现和知识创造机构。学生有机会通过多学科的教学和研究网络、校友和合作伙伴向杰出的思想领袖学习,50多万名毕业生的创意、创新行动持续对世界产生积极影响<sup>[3]</sup>。爱德华·罗杰斯电气与计算机工程系(The Edward S. Rogers Sr. Department of Electrical & Computer Engineering, ECE)属于应用科学与工程学院,包含电气工程和计算机工程两个专业,始建于1909年,一直跻身北美顶级行列,是培养电气电子信息技术人才的摇篮<sup>[4]</sup>。1951年后,控制工程、通信工程、电子设备和电路工程专业相继加入,1962年成立了生物医学电子学研究所,1965年计算机工程专业并入<sup>[5]</sup>。ECE拥有一流的研究和教学设施,超过75名教授,研究领域分布于生物医学、计算机、通信、电磁学、电子、能源系统、光子学和系统控制等领域<sup>[6]</sup>,体现了电气电子信息技术领域多学科交叉融合的特点。

## 一、ECE 专业人才培养特色——注重工程与人文素养

计算机工程专业与电气工程专业在第一年和第二年学习内容完全相同,学习基础科学和数学、电气和计算机工程概念等,奠定专业基础。在第三年和第四年,根据个人优势和兴趣,课程选择灵活性增大,有6个领域课程可供选择,培养学生的综合素质。在第四年完成一篇论文或设计项目,为学生在其研究领域进行原创工作提供机会,并且在本科阶段要求至少600小时的实际工作经历<sup>[7]</sup>。

为达到学位要求,需满足核心课和选修课两大类学分要求。核心课是列入学校培养方案里的任何一门课程。选修课分为三类:技术选修课、自由选修课和辅助课程。技术选修课用来增强学生在特殊领域的技术知识,自由选修课限制比较少,任何学分课程只要列在应用科学与工程学院、文理学院和研究生院目录里都可以作为自由选修课,只要这些课程内容没有重复即可,辅助课程定义比较宽泛,作为技术选修课的补充。学院要求学生建立坚实的工程伦理学基础,熟悉工程伦理的传统、历史,以及其在社会运行情境下的敏感性。为达此目的,除培养学生数学、物理科学和设计方面的能力外,还必须获得工程人文方面的理解能力。

## 二、途径一——强化理论课程的多学科交叉融合

ECE 致力于工程和应用科学领域的知识传播——从具有特殊光学特性的原子级结构到彻底改变世界的技术,如微电子学、计算机系统、软件和网络。理论课程设置既有横跨6个学科领域的广度,又要在某一领域深度学习,并对工程经济、辅助课程等提出了明确要求<sup>[8]</sup>。

### (一) 广度要求

不同领域的模块化课程设置实现了工程专业学科之间的交叉与融合,要求学生在6个不同领域至少选修4门核心课程,涵盖信息技术的各个方面。领域1:光子学和半导体物理;领域2:电磁学与能源系统;领域3:模拟与数字电子;领域4:控制、通信与信号处理;领域5:计算机硬件与计算机网络;领域6:软件。不难看出,这些领域涵盖了电气电子类的大部分学科,跨度非常大。

## (二) 深度要求

在已选择的核心课程中选择两个领域,每一个领域必须选择2门附加的技术课程,至少从数学/科学领域里选择1门课程。

## (三) 个性化的选修课要求

技术选修课要求从6个研究领域里至少选择3门附加的ECE技术课程,自由选修课要求选择至少1门技术或非技术课程,辅助课程包括人文科学和社会科学的方法论和思维过程导论、工程经济学的基本知识、口头表达和写作交流能力、技术的社会影响意识四部分<sup>[9]</sup>。ECE要求学生根据职业规划选择辅助课程。学生在三、四年级每个学期选修1门辅助课程学习,在4门辅助课程里,至少选修2门人文学科和社会科学课程,如表1所示。

表1 第三、四年课程选课例子

学期		课程			
第三年秋季	领域核心课	领域核心课	科学/数学	技术选修课	辅修研究选修课
第三年春季	领域核心课	领域核心课	深度	工程经济分析与创业	辅修研究选修课
第四年秋季	深度	深度	技术选修课	顶点课程	人文与社会研究选修课
第四年秋季	自由选修课	深度	技术选修课	设计	人文与社会研究选修课

(1)人文与社会科学。工程师通常要有人文和社会科学背景,而不仅是物理、数学和专业背景,学生需要了解这些学科中使用的思维模式,培养工程和人文素养。不同专业对选修人文和社会科学课程有不同的要求和限制。

(2)口头和书面的工程交流。沟通和语言课程旨在培养学生建立专业级的交流技能,使学生在毕业前获得技术交流经验。工程师必须能与同行、其他专业和大多数公众有效沟通,成为高效沟通者。技术上合理的方案需要工程师与公众和政府机构充分沟通才能被接受,对于工程师来说技术交流是基本的技能。

(3)工程经济学。培养方案至少包括1门工程经济学的必修课程。这些课程为学生提供了接触工程经济领域的机会,让他们熟悉评估工程项目经济可行性的基本工具。必须选择ECE 472H工程经济分析与创业(Engineering Economic Analysis & Entrepreneurship)课程,在第三或第四年选修。

(4)技术对社会的影响。所有工程学生必须选修工程策略与实践I和II(Engineering Strategies & Practices I and II)或工程科学实践(Engineering Science Praxis I and II)课程,了解工程技术对社会产生的重大影响。

(5)专业工程师认证和许可。加拿大工程认证协会(Canadian Engineering Accreditation Board, CEAB)要求学生在四年时间里必须学习数学、自然科学、工程科学、工程设计等基本课程。成为专业工程师必须满足授权机构的要求,培养方案定期由加拿大工程认证协会认证和评估。

## (四) 跨专业学位或证书辅修

ECE学生能选择跨专业的9个学位辅修课程和10个结业辅修课程,可定制自己的学位,目的是提高个人兴趣领域内的技术水平和专业能力。任何工程学科的本科生都可以申请辅修课程,当学生围绕共同的兴趣走到一起时,就会激发创意,推动创新。学生完成6门课程才能获得辅修学

位,3门课程才能获得辅修结业证书。工程专业的学生也可以通过文理学院完成辅修课程,如经济学、数学、社会学、哲学和历史等。可获得学位和结业证书的辅修课程如表2所示<sup>[10]</sup>。

表2 学位与证书辅修课程

Minors	辅修课程	Certificates	证书
Advanced Manufacturing	高级制造	Engineering Business	工程商业
Bioengineering	生物工程	Communication	交流
Biomedical Engineering	生物医疗工程	Engineering Leadership	工程领导力
Engineering Business	工程商业	Entrepreneurship	创业
Environmental Engineering	环境工程	Forensic Engineering	法医工程
Music Performance	音乐表演	Music Technology	音乐技术
Nano Engineering	纳米工程	Mineral Resources	矿产资源
Robotics & Mechatronics	机器人学与机电一体化	Global Engineering	全球工程
Sustainable Energy	可持续能源	Nuclear Engineering	原子工程
Artificial Intelligence	人工智能	Renewable Resources	可再生资源

### 三、途径二——提供丰富的实践课程学习体验

丰富本科学习体验是多伦多大学本科教育质量卓越的原因之一,强调以政府资源、社会资源、学校和学院资源等开展课外实践活动,植入学生的能力和技能培养,将“全过程实践”内化于项目之中。学生的教育从不限于教室、实验室或工作室,甚至不限于校园或所在城市。多伦多大学顶点课程设计与中国高校大四下学期的毕业设计(论文)不同,时间跨度为整个第四年,除此之外学生还必须具有600小时的实践经历。

#### (一) 顶点课程设计

顶点课程设计(Capstone Design Project)是一门重要客户驱动的开放式设计项目,为工程专业学生提供多学科工程实践经验<sup>[11]</sup>。全学年的设计课程必须在第四年选择,可以选择某一学科的顶点课程设计,也可以选择多学科顶点课程设计(Multidisciplinary Capstone Design Project, MCDP)。MCDP由多伦多大学多学科设计与创新研究所提供,所有项目起源于工业客户,代表真实的企业需求。这些项目事实上都是多学科项目,使用创造性的迭代设计来满足利益相关方的需求,成功完成这些项目需要横跨多学科的综合能力和知识。设计展是四年级学生的最后一次成果展示,每个小组在设计展上演示自己的作品,与人分享自己的想法,将团队在设计项目上的成果传达给学生、教师和业界代表。

#### (二) 实践经历

ECE培养方案要求学生毕业前必须具备至少600小时的实际工作经验,通过专业实践年实习项目(Professional Experience Year Internship Program, PEY)或工程暑期实习项目(Engineering Summer Internship Program, ESIP)获得<sup>[12]</sup>。工程暑期实习项目或专业实践年实习项目可在入学后至毕业之间的任何时间开展,学生完成和提交必要的实践经历认证表格或专业实践年实习报告,由导师或雇主签字,在第四年冬季学期获得学分。

专业实践年实习项目需要有资格的学生加入公司从事12~16个月全职带薪连续工作,运用工

程知识,将学生与工业实践连接,也是由工程职业中心提供。实习的长度提供给学生充足的时间,使他们深入大型项目,在毕业之前,与雇主建立联系,获得有价值的职业技能和专业经历。

工程暑期实习项目由工程职业中心提供,向2~3年级在校生开放。4个月带薪的夏季项目具有职业发展的引导作用,通过正规化、交互式工作坊和个人单独辅导,为学生介绍实际工作概念和工具。大多数学生在第二学年开始申请,ESIP对就业准备具有特殊的价值。

#### 四、途径三——建设校内外多方协同育人体系

开展校内外多方的密切合作,包括举办特色讲座与演讲、搭建学习科研社区平台等途径,拓展工程实践教育教学资源,形成多方协同育人的有效机制。学生课外参与国际工程服务和实习,通过与同龄人、教师、导师和校友的联系,体验世界各地的教育。

##### (一) 开展特色讲座与演讲

举办工程创业系列讲座。工程学院每年都举办多次工程创业系列讲座,致力于培养创业文化,树立创业理念,让真正的企业家走进来,讲述成功故事,分享创业经验。

举行演讲活动。全球市场正以指数级的速度发展,需要超越竞争,引领可持续发展。ECE经常邀请世界一流的研究人员分享其研究发现,以开阔师生的国际视野,及时了解最新的科学技术成果。

##### (二) 搭建体验式研究社区与创新创业集群平台

学习社区是扩大和延伸原有教与学功能的平台,通过学术或非学术的方式,以各类学习和创新创业形式聚集有共同兴趣和期望的学生,搭建超越课堂的多学科综合平台。Myhal工程创新与创业中心(Myhal Centre for Engineering Innovation & Entrepreneurship)是研究社区与创新创业集群的体验式基础设施,入驻的有多伦多大学多学科设计与创新研究所、全球工程中心、创业孵化中心、跨学科工程教育与实践研究所、Troost工程领导力教育研究所等机构,最大限度促进多学科人员合作<sup>[13]</sup>。研究社区由独创性、卓越性和创造性驱动的先驱者组成,招募未来的全球技术领导者,与工业、政府和其他利益方一起迎接最复杂的挑战,解决技术问题,最大限度地影响商业、经济和社会。创新创业集群包括先进制造、数据分析与人工智能、人类健康、机器人学、可持续发展等,代表多学科先进的研究方向,以应对社会、经济和产业变革的挑战。学生、研究人员、校友、行业合作伙伴和员工共同努力,加速创新创业,鼓励工程师将他们的创新想法和产品推向市场,为今天的工科在校学生和明天的工科领袖创造完美的生态系统。

(1) 培养学生与行业的协同能力。建立多伦多大学多学科设计与创新研究所(University of Toronto Institute for Multidisciplinary Design & Innovation, UT-IMDI),与工业界合作,创造基于项目的学习环境。让本科生和研究生参与基于行业的项目,为他们提供培训机会<sup>[14]</sup>,主要提供多学科顶尖设计课程和行业赞助的项目。学生由工程学院、导师、公司高级技术人员共同指导,获得课程以外的实践经验。

(2) 培养学生解决跨学科复杂工程问题的能力,成立全球工程中心(Centre for Global Engineering, CGEN)和跨学科工程教育与实践研究所(Institute for Studies in Transdisciplinary Engineering Education and Practice, ISTEP),培养学生创造性思考一些重要问题,并确定工程和全球化之间的联系。CGEN是多伦多大学应用科学与工程学院成立的跨学科研究机构,拥有30多名合

作教师<sup>[15]</sup>。自2009年以来,CGEN一直动员教职工和学生参与具有变革性的项目,以解决最具挑战性的问题。CGEN专注于食品和营养、水和卫生、健康和住房问题,其范围跨越所有工程学科。该中心与多伦多大学及世界各地的其他学术机构和非营利组织建立了合作关系。ISTEP是与各院系合作的充满活力的师生社区,促进工程教育和工程实践方面的学术研究,为工程教育、课程设计领域的顶尖专家提供一个学术之家<sup>[16]</sup>。这些师生社区正在影响整个院系教学发展和教学创新,并能进一步提升学生综合素质与就业创业能力。ISTEP汇集工程项目的优点,旨在培养学生的领导能力、多学科设计和沟通能力,并进一步研究卓越工科师培养的最有效方法及如何促进所学知识转化为实际经验。

(3)培养学生的创新创业能力,创立创业孵化中心,提供空间、设备、指导,建立与资助者的联系,包括相关行业的知名企业家、法律顾问、会计和营销服务的导师制辅导和指导。孵化中心不仅是一个发展创业公司的地方,而是一个体验式的学习场所,在所有学生和教师中灌输、培养创业思维,学生在充满挑战又充满支持的环境中体验创业之旅。

(4)培养学生的工程领导力,依托工程领导力教育研究所(Troost Institute for Leadership Education in Engineering, Troost ILead),帮助ECE学生或其他专业学生成为卓越的新兴工程领导者<sup>[17]</sup>。研究所是应用科学与工程学院成立的加拿大第一家提供课内和课外活动的机构,与ISTEP一起在全校开设了18门领导力培训课程,提供基于团队的学习和领导力活动,如表3所示。两个机构提供的领导力教育和各类项目在工程专业学生培养方面起到关键和持久的作用,发展学生的领导技能也可提高学校的国际影响力。

表3 Troost ILead 开设课程表

英文课程	对应中文课程
APS100 Orientation to Engineering	APS100 工程方向
APS111/112 Engineering Strategies & Practice I&II	APS111/112 工程策略与实践 I&II
APS305 Energy Policy	APS305 能源政策
APS490 Multidisciplinary Capstone Design Project	APS490 多学科顶点设计项目
ESC101/102 Praxis I&II	ESC101/102 实践 I&II
ESC203 Engineering and Society	ESC203 工程与社会
CHE210 Heat and Mass Transfer	CHE210 热与物质转化
CHE222 Applied Differential Equations	CHE222 应用微分方程
CHE230 Environmental Chemistry	CHE230 环境化学
MIE191 Mechanical and Industrial Engineering Seminar	MIE191 机械与工业工程讲座
MIE240 Human-Centred Systems Design	MIE240 以人为本的系统设计
MIE243 Mechanical Engineering Design	MIE243 机械工程设计
MIE303 Mechanical and Thermal Energy Conversion Processes	MIE303 机械与热能转化过程
MIE315 Design for the Environment	MIE315 环境设计
MIE350 Design and Analysis of Information	MIE350 信息设计与分析
BME498 Biomedical Engineering Capstone Design	BME498 生物医疗工程顶点设计
Art of Ethical and Fair Decision	道德与公平决策的艺术

总之,ECE在整个教育经验和专业背景下,全方位多角度培养和提升学生掌握和运用信息技术的核心能力。第一,除培养学生数学、物理科学和设计方面能力外,还必须获得工程人文方面的理

解能力,包括人文科学、艺术、管理、工程经济学;第二,培养团队合作和解决问题能力、沟通能力和批判性创造思维能力等;第三,个人和社会责任意识,包括公民意识和参与意识(地方参与和全球参与)、跨文化知识和能力、终身学习的跨学科基础和技能;第四,培养学生的行业协同能力、解决跨学科复杂工程问题的能力、创新创业能力、工程领导能力。只有具备这些核心能力的一流人才,才能引领世界信息领域的发展,成为世界一流的工程领导者。

## 五、结语

中国高校无论是本科专业设置还是学科建设方面,都有“窄”“实”“旧”的特点<sup>[18]</sup>。所谓“窄”,即专业/学科细分,固定在狭窄的专门领域内培养,缺乏学科交叉与融合。所谓“实”,即所有专业/学科都尽可能与现实社会中的某一行业或职业直接对应,根据某一行业或职业要求设定培养方案和教学内容,服务对象比较单一。所谓“旧”,强调传授已有的系统理论知识,多采用固定的实践教学模式,学生专业体验不够丰富,大部分学生参与国际交流机会偏少,更谈不上具有国际视野和工程领导力,对促进创新的跨学科合作教学与科学研究的支持力度不够等。

21世纪以来,世界各国尤其是发达国家进一步强化大学人才培养的本质职能,“回归本科教育”已成为国际高等教育的共识和趋势。越是世界一流的大学,越是重视本科教育,而不仅仅是本科教学,本科教育被这些大学视为保持卓越性的看家本领和成就核心竞争力的制胜法宝<sup>[1]</sup>。多伦多大学电气与计算机工程系除开设人文与社会科学、技术交流和工程实践课程并直接参与解决实际工程问题、加强学生的人文素养教育和工程实践能力训练外,还整合学校及学院既有教育资源(社区及创新创业集群),开展体验式学习的全新工程教育实践。ECE对本科生工程实践能力的培养,对教育质量的承诺,对学生核心能力的重视等诸多措施对中国高校新工科建设有一定的借鉴和参考价值。

第一,构建多学科交叉融合的新工科人才培养方案是新工科建设的重要内容。多学科交叉融合贯穿于专业建设和人才培养的全过程,是新工科专业的最主要特征,也是推进新工科建设和发展的重要因素。从多伦多大学电气与计算机工程系的经验来看,三四年级通过不同领域模块化的课程设置进行教学,是实现多学科交叉融合的有效途径。行业 and 产业发展对工程学科的高度期待和工程学科对经济社会发展承担的重大使命,使新工科建设和发展重点落脚在新工科专业建设及其人才培养上<sup>[19]</sup>。从多伦多大学创建的特色体验式研究社区与创新创业集群来看,全方位、多角度培养和提升学生的核心能力是本质任务,培养和提升学生的核心能力也是新工科建设的重中之重。

第二,新工科建设应致力于变革性教学,努力为学生提供优秀的学习体验,继续加强本科教育,成为教学发展和教学创新的领导者。加强卓越工程教育理论和实践课程,提供丰富的多学科合作和国际聚焦机会,培养21世纪有技术变革能力的工程师。根据新工科需求,实现从学科导向到以产业需求为导向的转变,从专业分割转向跨界交叉融合,从适应服务转向支撑引领,从而培养更多高质量的创新创业型人才<sup>[20]</sup>。

第三,新工科建设应提供严谨的工程原理基础,将多学科设计、沟通、商务、创业、领导力、全球工程等专业能力融入课程,丰富学生的学习体验。让学生参与类似国际体验及专业实践年(PEY)实习项目,把学到的技术知识应用于所从事的领域。致力于培养下一代的制造商、创新者和工程领导者,无论毕业生是否从事学术界、工业界或公共部门的工作,都需要具备多元化和全球化视野。

第四,新工科建设应增加对跨学科合作教学与科学研究的支持力度,推进多学科合作教育和研究,使其成为大学工科文化的重要组成部分。多机构联合培养工程领导人才,创造作为经济发展引擎的新技术,建立充满活力、合作和包容的教育生态系统,专注于建设有影响力的技术中心或研究所,反哺本科教育。

总之,中国高等工程院校新工科建设要以最先进的教育理念和国际一流水准服务国家战略,适应未来需求,瞄准前沿技术领域,以培养影响世界的卓越工程师和下一代工程领导者为己任,致力于解决国家乃至世界发展面临的严峻工程问题。转换思路,充分发挥基础理论学科的支撑作用,真正促进大工程学科之间及工程学科之外的深度跨界融合,推动学科专业结构的调整与优化。

#### 参考文献:

- [1] 陈宝生. 全面把握新时代要求,全面振兴本科教育[EB/OL]. (2018-11-02)[2019-01-18]. <https://news.gsau.edu.cn/info/1075/41680.htm>.
- [2] 吴岩. 全面把握形势,全面振兴本科教育充分发挥教指委作用[EB/OL]. (2018-11-02)[2019-01-18]. <https://news.gsau.edu.cn/info/1075/41680.htm>.
- [3] About U of T [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.utoronto.ca/about-u-of-t>.
- [4] About the Department[EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/about/department/>.
- [5] Programs & Focus Areas [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/prospective-students/curriculum-streams/>.
- [6] Department History[EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/about/department-history/>.
- [7] Edward S. Rogers SR. Department of Electrical & Computer[EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca>.
- [8] Ensure that you are meeting all ECE program requirements [EB/OL]. [2019-01-18]. <http://undergrad.engineering.utoronto.ca/academics-registration/academic-calendar/>.
- [9] Humanities and Complementary Studies Courses [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/undergraduates/programs/complementary-studies/>.
- [10] Planning to Graduate in June? [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/wp-content/uploads/2017/11/Planning-to-graduate-in-June.pdf>.
- [11] Professional Experience Year Co-op Program (PEY Co-op) [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/prospective-students/pey/>.
- [12] 600 Hours Practical Experience [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.ece.utoronto.ca/undergraduates/programs/ug-600-hours/>.
- [13] Faculty of Applied Science & Engineering. Myhal Center for Engineering Innovation & Entrepreneurship [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://ceie.engineering.utoronto.ca/>.
- [14] Message from the Dean [EB/OL]. [2019-01-18]. <http://imdi.mie.utoronto.ca/about-imdi/>.
- [15] University of Toronto. Centre for Global Engineering [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://cgen.utoronto.ca/>.
- [16] Faculty of Applied Science & Engineering. Institute for Studies in Transdisciplinary Engineering Education & Practice (ISTEP) [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://www.engineering.utoronto.ca/istep/>.
- [17] Faculty of Applied Science & Engineering. The Troosts [EB/OL]. [2019-01-18]. <https://ilead.engineering.utoronto.ca/about-ilead/the-troosts/>.
- [18] 徐国兴,李梅. 一流本科如何建设—基于“双一流”高校本科课程综合改革的实证分析[J]. 教育发展研究,2018(17):28-35.

[19] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017(2):26-35.

[20] 陆国栋, 李拓宇. 新工科建设与发展的路径思考[J]. 高等工程教育研究, 2017(3):20-26.

## The path of training first-class electrical and electronic information technology talents in the University of Toronto and its enlightenment to emerging engineering education

TAN Zhi<sup>1</sup>, CAO Hongyu<sup>2</sup>

(1. School of Electrical and Information Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102616, P. R. China; 2. Beijing Vocational Transportation College, Beijing 102618, P. R. China)

**Abstract:** How to train first-class electrical and electronic information technology talents for the industry, the world and the future is an urgent task in emerging engineering education in universities in China. It is an effective way to learn from the successful experience of education-developed countries. Information technology personnel training in University of Toronto is characterized by emphasizing on training students' engineering and humanistic literacy, strengthening interdisciplinary integration, enriching students' learning experience, and strengthening the multi-disciplinary collaborative education system. It fully implements the educational concept of student-centered and core competence training, and has important enlightenment for the emerging engineering education and outstanding engineers training.

**Key words:** first-class universities; University of Toronto; emerging engineering education; cooperative education

(责任编辑 周沫)