

# “智能科学和技术”引领工程教育发展新动向

——中国工程院李德毅院士访谈录

张 炜 吕正则 吴蓝迪 李 恒

【访谈人物简介】李德毅,生于1944年,江苏省泰州市人。中国工程院院士、欧亚科学院院士,指挥自动化和人工智能专家。荣获国家和省部级二等奖以上奖励9项,获得10项发明专利,发表论文130多篇,出版中文专著5本,英文专著3本。现任北京邮电大学计算机学院院长,中国电子系统工程研究所副所长,国家自然科学基金委员会信息科学部主任。

## “中国制造2025”背景下工程教育变革新趋势

问:在工业4.0、工业互联网和“中国制造2025”战略背景下,将为工程教育带来哪些新的机遇与挑战?

李德毅院士(以下简称“李”):在农耕社会和工业社会,人类的生产工具主要是基于物质和能量的动力工具,得到了极大的发展;今天,劳动工具转向了基于数据、信息、价值和智能的智力工具。随着工业4.0、“中国制造2025”等概念的提出,机器人和人工智能将成为人类认知自然与社会、扩展智力、走向智慧生活的重要伴侣,将引发人人联网、物联网的崭新形态,也将改变人类的生产活动、经济活动和社会生活。人工智能的发展改变了人类的认知方式和生活方式,人工智能延伸了人类的体力和脑力,将会让人类更加有尊严、更加优雅、更加智慧地生活。人工智能给人类带来的影响将远远超过计算机、互联网在过去几十年对世界的改变,也为教育带来了前所未有的机遇和挑战。我认为应当将“智能科学与技术”列入新增的一级学科。同时,提出确立一级学科的思想原则包括:不可或缺性原则、独立性原则、不可替代性原则和普遍性原则。因此,“智能科学与技术”需要回答智能科学与创新驱动发展、智能学科的资源汇聚、智能学科的课程体系和智能学科与

人才培养四个方面的问题。

当前德国工业制造快速发展,例如西门子洗衣机,性能高端、质量可靠,我国工业制造与德国制造的差距仍然很大,需要不断向德国学习。目前中国工程人才大多缺少工匠精神,某种程度上来说,中国的工程教育在这方面做得不够到位。在我上大学的阶段,大二学习建筑工艺学,要求学生制作铁榔头,这与现在的金工实习类似;大三下学期学习制作电子管收音机,大四下学期制作黑白收音(电视)机,作为本科毕业设计。近年来,高校培养实践环节越来越少,中国工程教育的许多优良传统并没有能够传承下来。因此,我提倡工程学科“本硕”连读学生的数量应远大于“硕博”连读学生的数量;目前本科四年要求学习的知识过多,时间紧任务重,保质保量地完成教学存在困难,“硕博”连读模式培养的主要是工程科学家,更多地强调研究能力的提升,而当今社会需要的更多是能够解决实际问题的工程人才,因此应加大“本硕”连读培养的比例。

问:为什么“智能科学和技术”将成为我国工程学科发展的新动向?

李:智能学科是社会发展到智能时代的必然结果,有高度的综合性和交叉性特征,有区别于动力工具的智力工具特征,是逻辑学、物理学、数学、语言学、计算机科学、心理学、自动化、生命科学、

中国工程院院士咨询项目(2016—XY—45)和中国高教学会“十三五”规划课题(16ZG002)。

张炜,浙江大学科教发展战略研究中心副主任、研究员、博士生导师;吕正则、吴蓝迪、李恒,浙江大学中国科教战略研究院博士研究生。

管理学、教育学等多学科交叉渗透产生的,有独立的课程体系和明确具体的研究内容与方向。它以多个一级学科为基础,但任何已有的一级学科都不能替代高度交叉的智能学科。当前,智能学科与我国国家战略布局息息相关。“中国制造2025”战略规划明确把智能制造列为主攻方向之一。2015年,国务院发布了关于积极推进“互联网+”行动的指导意见,明确将“‘互联网+’人工智能”列为重点行动。2016年,国家发改委、科技部、工信部、中央网信办联合印发的《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》,明确要求完善高校人工智能相关专业、课程设置,要求形成千亿级的人工智能市场应用规模。“中国人工智能2030”将会作为国家“科技创新2030”的重大专项来实施,而且势在必行。

#### “新工科”的产生方式与必要条件

问:“智能科学与技术”对“新工科”未来形成和发展会带来什么重要影响?它对我国工程科技人才的培养会产生什么新要求或新标准?

李:新技术和新趋势要求学科之间的融合甚至聚合,工程教育顺应这一趋势,强调不同学科、学部之间的交叉和融合,形成“新工科”的发展模式。我国曾经依靠资源、资本、劳动力等要素投入,支撑中国经济的快速增长和规模扩展,但这已经成为历史。加快从要素驱动发展向创新驱动发展的转变,人工智能是一种解决方案。无论是人类智能还是人工智能,无论是个体智能还是群体智能,无论是集中智能还是网络智能,都是在提升创新驱动发展源头的供给能力,是创新的原始驱动力,是生产力中的核心生产力。

智能学科是社会发展到智能时代的必然结果,具有高度的综合性和交叉性特色,在学科基础课、专业基础课、专业课和选修课等不同层次上,应该有独立的课程体系。这也要求培养系统掌握智能方法和智能信息处理技术,能够实施信息获取、传输、处理、优化、控制工程,具备在相应领域从事智能技术与工程的科研、开发、管理工作的能力,具有宽口径知识和较强适应能力及现代科学创新意识的高级技术人才。智能学科具有前沿性、探索性和交叉性的特点,且需要长远的研究努力,其研究的发展里程碑难以预先明确地确定和精确量化,智能科学与技术常常相互依赖,并不总是先有智能科学后有智能技术。智能作为新的一

级学科的定位,是人类认知发展的必然结果,能够独立支撑,有明确的课程体系和丰富的教材积累。

问:随着科学技术的发展和社会的进步,在原有学科门类 and 一级学科基础上,对新学科的涌现提出了必然要求。那么“新工科”是如何产生的,它的产生有哪些方式和必要条件?

李:本科生课程体系是研究生教育的基础,根据国家《授予博士、硕士学位和培养研究生的学科、专业目录》,我国目前有13个学科门类和111个一级学科,国家不设二级学科,大学可自主设置,但需要报教育部备案。需要明确的是,所有学科都是为了直接或间接地扩展人类认识世界和改造世界的能力,设置一级学科和二级学科有助于对科学体系的认知,但学科自身并无高低贵贱之分。

根据已有研究,诞生一级学科的方式有三种,一是从原有的一级学科中分离出来(比如从物理学中分离出电子学、从电子学中分离出计算机科学);二是从现有多个学科交叉渗透出来;三是从科学技术自身发展催生出来。回顾增添一级学科的历史,1997年经王大珩等人建议,光学工程成为工学门类下的一级学科;2011年软件工程成为工学门类下的一级学科;2015年网络空间安全成为工学门类下的一级学科。这些一级学科的增添都遵循四项原则,即不可或缺性原则、独立性原则、不可替代性原则和普遍性原则。从创新驱动发展、资源汇聚、课程体系和人才培养四个方面来看,智能学科具有作为一级学科的重要地位。

问:随着移动互联网和人工智能作为新一代信息技术的生态环境成为常态,我国工程教育改革有哪些实践正在推动和促进“新工科”的产生和发展?

李:北京联合大学机器人学院的成立就是在信息技术高速发展背景下工程教育改革的实践探索。为加快建设我国机器人教育体系,适应国家创新驱动发展战略视野下京津冀地区高精尖产业发展要求,北京联合大学顺应潮流、抓住机遇、教育先行,与保千里视像科技集团、哈工大机器人集团等国内著名机器人研发企业合作,在北京联合大学2015年“德毅”机器人校级实验班的基础上,率先在中国高校成立机器人学院。

学院以面向未来先进机器人、智能汽车、无人机系统等智能制造应用领域培养具有全球视野、创新能力和高度社会责任感的高素质、高层次、应

用型人才为使命,以至2020年成为智能机器人领域“国内领先、国际一流”的学院为目标,定位于“服务区域、辐射全国、面向世界”,以中国智能机器人产业发展趋势和需求为背景,以发展智能机器人技术为基础,以培育自主知识产权智能机器人产业为核心,以为国家经济建设培养高端智能机器人产业人才为目标,引领全球科技未来发展的战略制高点。

学院目前正将各方面的办学优势转化为提高人才培养质量的优势,汇聚一流师资力量,营造浓厚学术氛围,创造良好成才环境,激励学生潜心应用研究,争当拔尖创新人才成长征程上的“领跑者”。在人才培养过程中突出科研任务完成和科研问题解决导向,采用全新的知识学习、能力导向、科研训练、应用创新的递进式培养,多专业交叉融合、产学研深度结合、全程科研任务驱动的教学模式,以及国际视野下的创新创业教育等手段,培养卓越人工智能工程师、机器人行业应用创新人才。

#### 智能学科的前景与课程体系构建

问:在工程教育范式面临重大变革和挑战的背景下,智能科学与技术未来在工程教育体系中会占据着怎样的地位?新一轮科技革命对工程学科的发展提出了哪些新的要求?

李:强调智能就是强调创新,创新就是智能。智能这个词是后来拓展的,所谓智能就是发展创新和学习能力,智力就是创新和学习能力。智能时代的到来表明软件定义机器时代的逝去。比如以前的洗衣机是程序定义的,通过设定程序周而复始地进行工作,而智能洗衣机具有交互、反馈和迁移的能力,能够根据衣服的数量、材料等维度自动设定洗衣参数。再比如傅里叶变化,时域上解决不了的问题可以放到频域上来解决,这就是一种迁移能力。由此可见培养深层智慧能力的重要性,这也是我呼吁把智能作为一级学科的原因。

设置“智能科学与技术”一级学科,可以聚焦智力人才培养的规范化、专业化、系统化,更好地满足社会对创新驱动发展的强烈需求,这是任何其他学科难以企及的。智能作为一级学科,在中国特色的科学和教育体系中,具有聚焦智力培养、呼应创新驱动发展的社会需求,发展智力工具的特殊意义。同时,智能科学在“中国制造2025”背景下也是具有普遍性的。智能科学覆盖面广、包

容性强、应用前景广阔、需求空间巨大,智能学科培养人才的就业方向几乎覆盖全社会所有的领域,任何一个成功的企业都将是人工智能公司。我国智能学科的人才培养,已经由下而上形成了较为完整的培养体系,秉持高起点、重基础、求交叉、重实践,以重大科研平台为支撑和载体,已经成功培养一批实用型人才。目前,我国强调“双一流”建设,即要求建设特色学科。我认为建设一流的大学短时期很难,而一流的学科建设相对容易,应当优先强调发展特色学科。

问:将智能学科作为一级学科应当如何设计其学科课程体系?

李:智能学科致力于研究人类的思维、意识和智能活动,构造具有一定智能的人工系统(智力工具),研究方向包括智能理论、智能方法和智能系统与工程,其培养目标是培养系统掌握智能方法和智能信息处理技术,能够实施信息获取、传输、处理、优化、控制工程,具备在相应领域从事智能技术与工程的科研、开发、管理工作的能力,具有宽口径知识和较强适应能力及现代科学创新意识的高级技术人才。智能学科是社会发展到现代的必然结果,具有高度的综合性和交叉性特色,在学科基础课、专业基础课、专业课和选修课等不同层次上,应该有独立的课程体系。在基础课程中学习脑与认识、交互智能、神经网络等关于智能学科的基本知识,在专业基础课程中主要学习认知物理学、数理逻辑与机器证明、数据挖掘与价值发现等数学、物理和计算机基础知识和技能,在专业课程中则在已有的基础上进一步学习知识工程、模式识别等专业性、综合性课程。

问:北京联合大学率先在中国高校成立机器人学院,对当前促进我国智能学科的发展有何重要意义和作用?

李:在信息技术高速发展的环境下,云计算、物联网和大数据助推人工智能的大发展,如同电气时代、原子能时代一样,人工智能有望成为人类社会发展的一个时代印记。而机器人作为人工智能的实际载体,交叉融合多个学科,将成为人类社会走向智慧社会的重要发展要素,将给教育带来重大的机遇与挑战,主要体现在两个方面。

其一是机器人教育对制造业的贡献。我国将成为最大的机器人制造市场,机器人是制造业皇冠顶端的明珠,故机器人教育要先行。机器人学院的教育必须从多角度、多层次进行跨界合作,弥

补当前“教师奇缺、教材奇缺、教具奇缺”的短板,培养具有跨界创新能力的优秀人才。机器人学院教育应当有明确的载体,争取得到政府、企业或社会的稳定支持,设立系所合一的创新工程以提供跨学科研究的平台和基地。其二是机器人教育的改革问题。机器人革命的到来,要求原来各行各业的劳动者,升级转型成为机器人的创造者和使用者,成为懂得集成、维修、管理机器人的专业人才。成立机器人学院是一项使命感紧迫和目的性明确的事业,它不仅开创了一条探索我国科技人才培养的新途径,有利于提升我国高等工程科技人才的质量水平,促进用任务带动学科的教育改革,而且对于建设创新型国家,推动我国工业、农业、服务业等相关产业的跨越式发展,提高劳动生产率,提升产品技术水平和质量水平,实现经济结构转型具有重要战略意义,是中国教育改革的必然趋势。

#### 学科交叉与汇聚融合

问:当前出现了很多学科交叉和汇聚融合的新发展方向,形成了一种集成式的工程教育模式,您认为在这一背景下工程教育应当以什么为出发点?

李:我认为工程教育可以从交叉学科和边缘学科做起,而不要从传统学科做起。传统学科已经相对成熟,真正的创新点是交叉学科和边缘学科,因此应当加强边缘和交叉学科的实践活动。一个人和整个人类的认知能力是有限的,我们没有能力同时掌握跨学科所要求的各方面知识和能力,因此要求把边缘学科作为一个新的探究方向。智能学科的基础研究,通常是应用研究或者技术创新的先导。但另一方面,智能技术也可以成为智能科学的源泉。在某些情况下智能科学存在于智能技术当中,当前活跃的智能技术也可以成为智能科学的先导。智能学科继续向纵深方向发展,微观的更微观,宏观的更宏观,并展现出多尺度的丰富景象;同时,智能学科迅速向横向拓展,展现出多学科交叉、交织、胶着的状态。

科学整个发展史,本质上都是动力工程发展史,人类致力于延长体力,增强劳动功能。现在终于进入智能发展阶段,人类开始拓展智力,在这一阶段的重点开始转向对智力的认知。医学有眼科学而没有脑科学,但是现在抑郁症、自闭症、老年痴呆症等不亚于高血压等疾病,现在需要进一步

拓展人的认知,并且对自身智力进行进一步探索。同时,我认为不能仅仅偏重一方地强调工程教育或者科学教育,工程和基础研究同样重要,同时学得太多会产生没有突出重点的情况。学科交叉的关键之一是教师。现在的教师一毕业就上讲台,教师的工程实践经验不够,难以发现前沿问题。因此,要先强调教师的实践能力。

问:学科融合的趋势应当如何体现在工科教学当中?

李:实现学科之间融合和聚合的方法,正如教育部前部长袁贵仁所讲,是课程的革命。在教与学的过程中,学生是主体,教师是主导,应当注重教学的先进性、交互性、灵活性、多样性、数字性。比如有些课程可以以在线课程的形式进行,如慕课(MOOC)等,但很多课程必须要求以小课的形式开展。因为教学归根到底是教和学的交互认知,教育学是交互认知的方法论。举例而言,现在的深度学习与儿童的认知方式是不同的,儿童的学习模式是增量式学习,深度学习是大数据模式。因此课堂中交互的、相互讨论的学习很重要,尤其是在工程教育中,教师应当扮演教练的角色,体育界的教师都叫教练,工程界的教师都叫师傅。“慕课”模式注重大规模教学,翻转课堂强调交互式教学,传统授课形式正在逐渐转变,充分证明了学习是兴趣的发挥,而不是强硬地灌输知识,学习的目的主要是培养能力。

#### 工程伦理意识与实践能力的培养

问:目前国际上对工程伦理非常关注,您认为工程伦理对工程教育会产生哪些影响?

李:工程伦理的问题并不是因为高技术才存在的,而是历来就有的。现在在很多的软件工程中,安全是一个技术问题,而可信是人的问题。工程伦理关乎大学培养人才的目标,我们这方面的教育较少,这和技术本身并没有太大关系,而是一个社会问题。同时,社会是有其体系和价值导向的,社会上存在人类的自我约束能力。工程伦理也会随着时代的发展而变化。应当结合具体工程实践案例与问题,有针对性地加强工程师伦理教育和社会责任意识的培养。

问:“中国制造2025”强调工程师的工程实践能力,美国国家工程院《将真实世界体验融入工程教育》报告中介绍了29个成功增强本科工程教育

(下转第132页)

## Application of Big Data in Undergraduate Teaching Evaluation

Xu Xiaodong, Zhao Xing, Xiao Hua, Bian Liang

Because the social evaluation mechanism is not fully developed, the undergraduate teaching evaluation is now faced with many challenges in our country. The development of big data provides opportunities for our universities to optimize the undergraduate teaching evaluation, as it helps universities grasp basic teaching state comprehensively, make full use of social evaluation, and improve the efficiency of undergraduate teaching evaluation. In order to do research on the application of big data in undergraduate teaching evaluation, we choose J University as the case and find that the diversity of judgments by different subjects on undergraduate teaching quality is influenced by policy guidance. Therefore, it is suggested to apply big data to undergraduate teaching evaluation from three aspects: searching the new trend of public demand, increasing social evaluation and developing data management so as to provide decision-making references for improving undergraduate teaching quality.

(上接第 126 页)

体验丰富性和连贯性的实践计划。目前国内高校本科层次的工程教育实践体系并不完善,产生了理论与实践脱节的现象,您认为应如何解决这一问题?与此同时,工程教育的专业化和知识体系的广泛性之间是否存在着矛盾,又应如何解决?

李:例如,全国大学生“飞思卡尔”杯智能汽车竞赛就是工程教育实践教学和真实体验结合很成功的例子。目前最好的一个实践机会就是“双创”教育,现在的投资家通过路演的方式提供创新创业的渠道,教师带领学生开展创新创业活动,为学生提供了展示的平台,也为教师提供了积累实践经验的机会。利用双创机制形成一个桥接器,将成果和产品桥接起来。随着人工智能时代的到来,简单重复劳动被机器人替代是必然的趋势。但是,单纯依赖模拟仿真也存在着很多的问题,比如存在“拟而不实”的现象,尽管仿真过程中数据拟合度很高,但是最终的实际操作结果并不能满足工程技术要求。因此,归根到底实践是检验真理的唯一标准。

在工程教育的专业化和增强知识的广泛性之

间确实存在矛盾。工程教育理科化,理科教育工程化,这两个方面同样重要。工程教育需要强调基础,目前的工程教育没有把数学和工程结合到位。比如卷积是一个数学概念,但是如何把卷积变成深度学习十分重要。因此,需要强调理工渗透、医工结合,但是目前采取的模式是按照学科来划分的,这要求所有课程体系进行改革,学科体系的树型结构需要变成网络结构,否则可能会产生高分低能的现象。

因此,我提出,中国的教育改革,包括工程教育在内的中国高等教育的改革,是全国人民的关注点。目前我国高校培养的学生进入企业不能立即有效地为企业创造价值,企业需要提供至少一年的培训,这在某种程度上来说是我们的教育没有做到位,中国在工程师培养的基础方面做得不够到位。当前,大学以论文为导向,实践环节缺失,工程教育、实践教育需要有一个平台和载体,这个平台不要求和经济效益挂钩,但是需要提供这样的一个试验和实践机会。因此,我们每个人需要从自己做起,高标准严要求,把工程师的工匠精神做到极致。