

中国工程教育面临的挑战与对策

Thoughts on China's Engineering Education

路甬祥

(中国科学院副院长,浙江大学校长,中国科学院、中国工程院院士 北京 100864)

工程和技术在当代经济社会发展中起着日益重要的作用。由于科学技术迅速发展,经济竞争日趋激烈,自然资源过度消耗,生态环境不断恶化,加之工程实践自身也正在发生巨大变化,这一切都对工程教育提出了严峻的挑战。80年代以来,许多国家的大学、工业、工程界和政府深知这种挑战的紧迫性、严重性和复杂性,纷纷寻求工程教育改革与发展的对策。

中国是一个发展中国家,地区间、行业间发展很不平衡,产业与技术结构错综复杂,工程教育面临的要求和问题更纷繁、更复杂。此外,工程教育还面临着经济结构调整和经济体制改革中提出的种种难题和挑战。能否抓住这些机遇和挑战,及时地深化工程教育改革,能否有效地扩大规模,优化结构,提高质量,增进效益,将会直接影响90年代乃至下个世纪初中国现代化建设的进程。

工程教育面临的需求变化

当前中国工程教育面对的外部环境正在发生急促而又深刻的变化。这些变化主要来自经济结构的重大调整,经济体制的根本转换和科学技术的突飞猛进。这些变化对工程专门人才的数量、质量和结构提出了新的要求、新的任务,将直接影响工程教育今后的改革方向、发展方向和进程。

产业结构是经济结构的主要内核。从三次产业的产值结构来看,近40年来中国产业结构的变化巨大。其中第二产业发展迅速,到60年代末超过第一产业而居第一位。但第三产业在国民生产总值(GNP)中的比重变化甚微,始终在20%上下,大大低于发达国家和许多发展中国家。这表明中国现有产业结构是由于工业发展迅速,尤其是重工业优先畸形发展的结果,也预示着今后产业结构调整的方向将是着力发展第三产业。实际上大力发展商业、金融、旅游、信息、法律、会计等第三产业,不仅是建立和发展市场经济的需要,也是进一步发展第一、

第二产业的需要。据中国国家信息中心预测,今后30年中国产业结构还将有重大变化。第一产业的产值比重继续递降,第二产业由升转降,第三产业迅速递增。很显然产业结构的转型和技术构成的提高,尤其是第三产业的兴起,对工程教育特别是工科院校的学科专业结构调整将会有不可低估的影响。

中国曾长期实行高度集中的计划经济体制,1978年以后,开始经济体制改革,至1992年,则进一步提出了建立社会主义市场经济体制的目标。经济体制的根本转换必然要求教育体制与之相适应。中国工科毕业生的最大用户——国有企业经营机制的转换,对工程教育也将产生重大影响。随着改革的深化,企业将从政府的保护伞下解脱出来,一方面具有经营自主权,另一方面也面临市场竞争带来的生存与发展问题。市场竞争说到底就是科技竞争、人才竞争。今后国有企业对工程专门人才势必会有更大的需求、更高的要求,在专门人才聘用上也将与其他经济成分一样更注重效益。

现时代科学技术正以前所未有的速度突飞猛进,主要表现在:学科迅速分化,同时综合性的边缘、交叉学科和新兴学科不断涌现,新技术、新材料和新工艺不断问世;研究成果转化为新生产力的速度越来越快,市场对科学技术的需求反馈到实验室的速度也越来越快。相比之下目前后者对中国来说更具挑战性。全世界121个国家中,中国的科技水平至少在20位以前,而人均国民收入却排到100位,即倒数21位。这种反差的一个重要原因是,中国科技成果的经济转化率比较低。据统计,中国大约有80%以上的科技成果没有在生产中充分发挥作用;得到应用的科技成果,其推广面占适用面的比例也显著偏小,工业一般低于20%,农业甚至低于10%。因此,加速知识“物化”和科技“转化”应是目前中国科技体制改革的关键目标。提高科技成果转化率,一方面需要依靠科技知识的持有者自身的“活化”来实现,另一方面要求工程教育注重培养科技

成果转化方面的人才,他们将不仅是工程专门人才,而且也要具有企业家的某些重要素质。

工程教育规模应有适度发展

1952年院系调整以后,中国工程教育集中在工科院校。近十年来,虽然对学科专业结构作了较大的调整,这种格局已经有所变化,但工科院校仍然是中国工程教育的主力军。1991年全国工科院校286所,其中大学、专门学院213所,专科学校73所。大学、专门学院中,151所院校有硕士学位授予权、71所院校有博士学位授予权。无论从工科学生数还是占高校在校生数的比例来看,中国工程教育规模都是相当可观的。高校在校生中工科学生的比例,欧洲为1/10,日本为1/5,中国则为1/3。此外,中国还有近30万人在接受工科成人高等教育。

但是,中国是一个有12亿人口的大国。不论从每万人口拥有研究开发(R&D)科技人员数来看,还是从工程技术人员或专业技术人员占职工总数的比例来看,现有工程教育规模不是大了,而是小了,远远不能适应社会需求。目前中国每万人口拥有R&D科技人员数约为20人,不到日本的1/3。1991年全民所有制企事业单位共有工程技术人员502.4万人,平均每万名职工有工程技术人员471.1人,专职比仅为4.71%。乡镇企业的专职比则更低。1991年全国乡、村两级企业中具有大专以上学历的人才20多万,专业技术人员155万,分别占职工总数的0.42%和3.2%。专业技术人员总量严重不足,专职比低,学历层次低,已成为国有企业转换经营机制和乡镇企业再上台阶的主要障碍。

近年来,中国经济再次进入高速增长时期。1992年经济增长为12.8%,1993年增长13.8%,以后还将保持在10%左右的水平。但是,现今中国经济增长来自技术进步的因素仅占30%左右,大大低于发达国家的60~80%的水平。中国R&D经费占GNP的比例仅为0.7%左右,大大低于日本的2.8%和韩国的1.8%。更成问题的是,中国R&D主要集中在科研院所和高等学校,R&D经费支出中企业只占44%(日韩为70~80%),R&D人员中企业只占37%(日韩为60%以上)。所有这些均表明,目前中国产业技术水平落后,生产效率和经济效益低下,经济增长主要依靠资金和劳动力数量的投入,还没有真正转到依靠科技进步和提高劳动者素质的轨道上来。随着经济体制改革深入,国内外经济竞争加剧以及交通、能源等“瓶颈”制约增强,企业若再不依靠科学技术和提高劳动者素质,就难以在市场竞争中生存和发展,经济高速增长也难以持续下去。这一点正逐渐成为企业的共识。因而,企业对工程技术人员的需求日渐旺盛。高校毕业生分配开

始出现供不应求,如,1992年浙江大学毕业生分配的供需比高达1:5.5以上。

高等教育规模如何发展,有多大的发展,在这方面中国曾有过沉痛的教训。过去一提发展,就只讲需求,不讲可能,只求数量,忽视质量与效益,盲目地增设高等学校。这种外延式发展方式,导致相当一部分高校长期陷于规模小、条件差、效益低的困境。1992年中国高等学校共有1054所,在校生平均规模2161人,约有1/3的高校不足1000人。1991年工科院校在校生平均规模2764人,虽然高于全国高等学校平均规模,但仍明显低于3000~4000人的国际水平。

鉴于历史经验,今后中国工程教育规模发展将走内涵发展为主的道路,即通过多渠道筹措经费,在现有高校基础上增加投入,充实条件,拓宽职能,扩大规模,提高效益。应争取本科院校的平均规模由现有的2500人发展到3500人,专科学校由1000人发展到2000人。相应地,现有工科院校的平均规模也要有较大发展。

至于工科院校总体规模问题,客观上存在着推动和制约规模发展的两种因素。尽管今后一段时间社会对工程专门人才的需求是大量的、迫切的,但由于工程教育规模发展既要与经济发展相适应,又要与国情和国力相适应,与整个教育和高等教育发展相协调,所以工程教育规模可能会比多数其他科类高等教育发展得更快一些,但这种发展仅能适度发展,而不是超常规发展。据有关部门对人力需求的预测,2000年中国高等教育(包括普通和成人高等教育)在校生规模如果达到600~650万左右(也即年均增长6~7%),就能够基本适应经济发展对具有高等教育程度的人力的需求。如果取600万人低限(其中普通高校在校生350万人,成人高校250万人),那么,普通高校工科在校生应达到120万左右,年均增长率6%强,成人高校工科在校生应达到50万左右,年均增长率约10%。

工程教育结构需调整优化

面对科技、经济和社会发展的多重挑战,中国工程教育还必须大力调整和优化结构。否则,将不能适应经济与社会发展的需要,也不利于使有限的教育资源发挥高效益。调整应主要包括三个方面,即层次结构、专业结构和课程结构。

1. 层次结构调整

中国现行工程教育由专科、本科、硕士研究生和博士研究生等四个层次组成。过去几十年,专科教育和研究生教育曾几经起落甚至中断。1978年以后相继恢复招生,开始走上正常的发展轨道。经过近十多年的努力,专科教育和研究生教育得到发

展,各院校的工程教育结构也趋向合理。这四个层次毕业生数的比例关系(以本科毕业生为100),由1983年的13.4:100:1.45:0.004到1991年已调整为54.9:100:9.8:0.8。同期美国、德国后三个层次毕业生数的比例分别为100:30:5.9和100:51:5.95。

显然,中国工程教育层次结构调整的成绩是巨大的,但不难发现,这种比例关系还很不协调,专科教育和研究生教育在整个工程教育体系中所占的比例尚过小,高才低用、低才高用的现象仍十分严重,极不适应今后一段时期企业多种技术与生产形式多元结构共存的需要,也不适应高校解决师资队伍断层和国家发展高技术产业的需要。所以,工程教育层次结构调整的重点仍应是发展专科教育和研究生教育。这种发展意图已在1992年层次结构调整中得到体现。1992年普通高校专科招生数比上年增长62.2%,本科招生数仅增长2.5%。1992年普通高校专科招生占招生总数比例比上年净增11.4个百分点,达到53.6%,首次超过本科招生比例。其中工科专科招生数有较多增加,比例上升幅度较大。1992年研究生招生规模发展也比较快,比上年增长12.7%,其中工科研究生招生增长高达16.3%。可以预见,今后一段时间工程教育层次结构调整工作将按《中国教育改革和发展纲要》要求的“要大力加强和发展地区性的专科教育,特别注重发展面向广大农村、中小企业、乡镇企业和第三产业和专科教育,努力扩大研究生的培养数量”这一方向发展。

2. 专业结构调整

1952年起中国工程教育开始实行国家统一制订专业目录、专业教学计划,由国家统一招生、培养和分配。这种专业教育模式在国家建设的头几个五年计划中曾起过作用,但存在一些突出的缺点,主要是过分集中统一,专业划分过细,专业口径过窄,专业设置缺乏弹性。在新的形势下,这种统得过死的专业教育模式难以适应科技发展、社会需求快速变化和人才频繁流动的需求。

近十几年来,上述专业教育模式有了很大的变化,专业种类减少了,专业口径拓宽了,专业设置与调整的余地扩大了。工科本科专业已由1982年的664种调整为1984年的225种,1993年的181种。

随着高等学校自主权的扩大,高校通过更新改造旧专业,设置建设新专业,努力使专业结构适应市场经济建设和科学技术发展的需要。例如浙江大学是一所有近百年历史的重点理工科大学,近年来陆续撤并改造了一些不合社会需求的旧专业,加强、增设、新建了通讯、计算机、材料科学与工程、生物科学与工程、生命科学与医学工程、光电子技术、生物化工、机械电子工程、工业造型设计,以及外

经、外贸、金融、商检等一批科技发展和经济建设急需的专业,下一步将增设财会、新闻传播、建筑经营管理等新专业。

在调整专业结构的同时,许多高校陆续开始按系招生,淡化专业界线,前2~3年统一基础教学,后1~2年按专业或专业方向教学,以增强工科学生适应技术和社会变化的能力。

3. 课程结构调整

中国传统的工程教育主要着眼于培养技术型人才。教师的任务只限于教学生如何解决技术问题。加之专业划分过细、专业口径过窄,所授技术往往囿于某种设计和工艺。1978年改革开放以后,面对新的形势和挑战,这种狭窄的专业性、技术型工程教育难以为继。于是,基础宽厚、学有专长的T型人才、跨学科的复合型人才等新的人才培养观应运而生,课程结构调整势在必行。经过十几年的努力,工科本科课程结构调整取得了明显的进展。举要而言:一是普遍加强了自然科学和技术科学教学,使数学、计算机和外语课程基本上做到了四年“不断线”。二是开始重视实验、设计、工业实习等工程训练和经济、企业管理类课程,变革了实验依附课程的传统做法,单独设置实验课,增加课程设计项目和毕业设计时间,推行预分配——厂校联合培养试验等。三是注意工科学生的个性和品质培养,恢复选修制、学分制,加强人文与社会科学教学,包括工科学生选修若干学分的人文与社会科学课程。

目前本科课程结构新的调整的动向是:

- 专业基础教学上尝试课程模块式结构,加强各课程纵向上和横向上的内在联系,也可为课程更新和转系转学创造便利。

- 允许学生在主修的专业外修读另一个专业,以拓宽知识面,培养复合型人才,增强适应能力。

- 继续实行“双学位制”,努力创造条件,更多地培养理科与工科、工科与管理、工科与文科以及不同大类工科间学科交叉的复合型人才。

- 进一步完善学分制,鼓励并引导学生根据市场需求调整知识结构,加强、充实经济、管理、大众传播、心理学、公共关系学、社会学等人文与社会科学教学。

- 积极采用现代化教学手段,引入CAI等,以提高课堂教学效果与效率。

专科课程结构调整,着力于改造过去那种“本科压缩型课程”,办出专科特色。课程规划要有利于学生掌握、运用现有技术手段以解决工程实践问题,并掌握继续学习新技术的能力。对于自然科学、技术科学知识不求全求深,只需宽而基本,淡化理论的推导,突出实际应用,同时积极而又恰当地增设非技术类课程。

由于中国教育传统中一直存在着重文史轻理

工,重理论轻技艺倾向,加之中国只有近 3.7%的同龄人可以进入高等学校深造,所以片面追求升学率的现象较为突出,造成了对学生全面训练的减弱。因此,要加强实验、实习,实行研究生助教、助研制度,重视与企业联合培养,以切实加强工程实践训练。

研究生教育要扩大和调整培养目标,在继续培养攀登世界科技高峰的研究型、学术型人才的同时,要面向国民经济主战场大力培养善于解决工业生产和工程项目中实际问题的开发型、复合型人才。要加强科学研究能力和创新精神的培养,更多地让他们在科学实验和工程实践中接受锻炼,积极推行和完善博士生兼任的助教、助研制度,以提高他们解决实际问题的能力。

不论哪个层次的人才培养,都要切实加强思想品德教育,工程科技人才首先应是社会的合格公民。思想品德教育应遵循因材施教原则,既要针对学生的实际,分层次提出不同的要求,又要积极引导他们向更高的道德境界迈进。搞好思想品德教育,要动员各方面的力量,把思想品德教育与学校各项工作有机地结合起来,充分发挥广大教师既教书又育人的作用。在教学和教育过程中,既要发扬光大中华民族的传统美德,又要积极吸收世界各国的现代文明,引导学生养成爱国主义、集体主义、社会主义的基本道德价值观,使他们在 21 世纪成为既崇尚民主、恪守法纪、乐于奉献、团结协作,又实事求是、勇于开拓创新的新一代社会栋梁。

工程教育体制必须改革

以“国家集中计划、政府直接管理”为特征的中国传统高等教育体制,是高度集中的计划经济体制的产物。随着以社会主义市场经济体制为取向的经济体制改革的铺开,高等教育体制必须进行根本性的变革。工程教育是中国高等教育的主要科类,与其它科类高等教育一样,正在进行重大的体制改革。工程教育体制改革不仅是经济体制改革的必然要求,而且也是工程教育改革与发展成败的关键所在。工程教育规模扩大、结构优化、质量与效益提高,在很大程度上有赖于工程教育体制改革的广度和深度。

工程教育体制改革的目标是要改变国家集中计划、政府直接管理的格局,进一步理顺政府、社会与高校之间的关系,强化学校和社会的直接联系,逐步建立中央、地方两级政府办学为主,社会各界参与办学的教育管理体制,以及政府宏观管理、社会积极引导与高校自主办学的运行机制。为此,首先要政府转变职能,由过去对高校的直接行政管理,转变为以运用立法、拨款、规划、信息服务、政策

指导为主,同时辅以必要的行政手段进行宏观管理。其次要简政放权,政事分开,扩大高校自主权,使高校真正成为面向社会自主办学的法人实体。第三要培育劳务市场、科技服务市场等与高等教育密切有关的市场,借助市场的竞争机制使教育资源得到优化配置,进而使高校办学主动适应经济建设和社会发展需要。

与工程教育体制改革相适应,高等学校内部的体制改革也是重要的基础与关键。以浙江大学为例,近年来为适应社会主义市场经济建设与世界科技革命的挑战,在教学、科研、管理等方面进行了综合改革。除了在办学层次结构、专业结构、课程结构等方面作出较大幅度的调整改革以外,在教学体制上,实行了按系办学;在科研体制上,建立了二级学科研究所、室;在业绩考核和相关的分配制度上,建立了职务评聘制度;在财务体制上,建立了校系所三级基金,从而增强了办学的动力与活力,促进了学校办学水平的提高。

中国工程教育体制改革将是一个长期的、渐进的过程。从目前看,已有了一个良好的开端,取得了多方面的进展。概言之,主要有以下几方面:

在计划与市场关系上,工程教育已由单一的计划管理转向计划指导与市场调节相结合,市场作用逐步增强。从教育投资体制上看,已由单一的财政拨款体制逐步转变为以政府财政拨款为主,辅之以教育收费、学生学杂费、校办产业收入、社会捐资与集资及设立教育基金等多渠道筹措教育经费的体制。目前委属工科院校的预算外经费都已超过预算内经费。其他工科院校的预算外经费大体占总经费的 1/3 以上。教育经费构成的多元化和财政拨款比例的下降,意味着市场调节作用增强了,高校的科研与服务职能加强了,高校与社会联系的广度和深度扩展了。再从招生和毕业生就业制度上看,招生制度已由单一按国家指令性计划统一招生,改革为国家任务性计划招生和需求调节性计划招生。用人单位委托培养和自费生比例正逐年增加,1992 年委托培养和自费生占招生总数比例已由 1991 年的 11.2% 增至 26.6%,1993 年仅自费生比例已达 30% 左右。与此相应,以往“统一分配”、“包当干部”的毕业生就业制度有了重大突破,目前委托培养的学生按合同就业,自费生自主择业,国家任务计划招收的学生也逐步实行“供需见面、双向选择”的办法。由于部分企业和学生必须缴费方能获得人才或教育,他们对专业和质量的要求更高了,也促使高校了解并适应市场的需要。双向选择的就业制度大大调动了学生的学习主动性与积极性。

在公平与效率上,工程教育已由重公平轻效率转变为公平与效率兼顾,优先考虑效率。过去中国

(下转第 18 页)

1. 如果把大脑的当前兴奋中心比作计算机的CPU(中央处理器),那么人的长时记忆网络就相当于计算机的存储器;人的感受器就相当于计算机的输入设备;人的效应器就相当于计算机的输出设备。当人在处理一件事情时,当前兴奋中心处于某个部位,这时如果遇到了新情况,感受器输入的信息就会使当前兴奋中心转移到一个新的位置,原来位置就处于短时记忆区。这种情况就相当于计算机的“中断”。在计算机的运行过程中,如果有新的信号输入,计算机就可能中断原来的运行转而去执行新的程序;原来的有关数据就作为一种中断向量暂时存储起来。这种存储就是计算机的“短时记忆”,它也有一定的容量限制,当超过一定限度时,就会发生数据的“溢出”现象。这就象人经常发生的那样,最早记着要干的一件事,后来因为被遇到的一连串新情况所打断而忘记。对于计算机来说,中断有一个级别高低问题,计算机只对于那些更紧急的中断请求才做出反应;而对于人来说,当他正在做一件事情时,也不是对所有的新信号都做出反应,他只对那些比较强烈的信号才做出反应,中断原来的工作。

2. 计算机的程序储存在固定的存储器中,而人脑的“程序”体现在神经元的突触连接的不同模式中。计算机的CPU是固定的,而人脑的当前兴奋中心可以在整个意义和经历网络范围内移动,这种移动可以移向与该兴奋中心有突触联系的任何方向。计算机运行时所采取的方式则是把程序和数据传递给CPU,这就相当于CPU不动,而程序“移动”并经过CPU,这种移动是一种线性的移动。

3. 对于人脑来说,思维的结果取决于当前兴奋中心将向哪个方向移动,而这种移动将受多种因素的影响,包括:(1)网络的突触连接结构;(2)整个网络的当前兴奋状态;(3)来自身体内外的各种当前的刺激。如果没有后两种因素的影响,那么每次的

思维结果都将一样,这就象计算机程序运行时的情况一样,如果运行时的外界输入一样,运行结果就相同。但是由于第(2)种因素的存在,即使外界输入一样,人的思维也可能出现不同的结果,甚至有时会出现超出常规的结果,即出现了创造性的结果或“灵感”。另外人脑的当前兴奋中心在不断移动过程中,神经元的突触连接强度会因通过较大能流而发生改变,从而使相应区域存储的“程序”发生变化,而计算机在运行时程序是不变的。

总的说,计算机的工作原理在形式上确实和大脑的工作原理有相似之处。那么能不能说计算机也有“意识”呢?

如果把人的感知和计算机的输入相比较,我们就会发现现有计算机和人脑有一处很大的不同:现有计算机只能输入有限个符号以及它们的各种组合,而人的感知范围是整个世界上的万物。我们说这二者的“认识域”不同。一个人从小到大,各种刺激信号不断输入大脑,大脑的神经网络结构在不断发生着改变,从而逐渐记忆住了各种事物,了解了它们之间的关系,并在认识外界事物的同时,逐步认识了自我,有了自我意识。计算机在接受有限范围的符号输入过程中,也可以改变其程序结构,其“感知”范围是人为控制的,在这一过程中,可以输入各种程序,改变原来的程序结构。但是由于计算机的“感知”范围或“认识域”只限于有限的符号及其组合,因而它无法认识周围的世界,最终无法认识到它自身的存在,也就不可能具有独立的自我意识。计算机在形式上确实可以作某些思维工作,但是这种工作的意义它自身并不“理解”,它只是对一套符号进行逻辑的操作,其结果只能由人来理解。从这一意义上说,计算机仅仅是一个机器,一个可以代替人进行某些思维过程的机器。

(责任编辑 蔡德诚)

(上接第6页)

工程教育实际上是以低效率、低质量为代价追求公平目标,致使有限的教育资源不能发挥高效率。例如,各地方各部门盲目追求“小而全”的教育体系,结果摊子大、设点多、院校学生规模小、专业重复设置多、师生比高。又如,高校免收学费,无偿提供住宿,毕业生统分统包,用人单位无偿使用,高校内部人浮于事,多劳不能多得等等弊端丛生。凡此种种,导致一方面经费严重短缺,另一方面由于效率低而无形浪费惊人。国穷却需办大教育,这是中国当前的国情。基于此,解决效率低的问题是当前乃至今后的主要任务之一。近年来,在规模发展、结构调整、经费分配等方面均已经开始强调效率。上学收费制度正在不断完善,目前学生缴费一般每年

1500元左右。今后将逐步过渡到高校招生全部实行按实际培养费用一定比例收取学费的制度,同时进一步完善奖学金、贷学金、T. A. (助教)、R. A. (研究助手)、勤工俭学等制度。随着校内管理体制改革的不断深化和拓展,岗位责任制、检查考核制、奖惩制等的建立,公平、竞争、流动、择优的局面开始逐步形成,教学、科研质量稳步提高,学校整体实力正不断增强。

总而言之,工程教育体制改革和运行机制转变已给工程教育发展注入了新的动力与活力。可以相信,随着改革的不断深入,中国工程教育定将获得更快、更有效率的发展。(责任编辑 蔡德诚)