

论文完成后, 经过院长指定的、由各系教授组成的委员会口试通过后, 就完成博士学位。由进研究院到完成博士的时间, 有长有短, 要看专业、教授、机会及学生努力而定。快的三、四年, 慢的八、九年, 甚至不能结束而离去的。全国平均, 物理系由进研究院到完成博士, 是五、六年。

另外还有一点是, 大家对书报讨论很重视。从大一到研究院, 学生每学期都选一门书报讨论。前几年是一般性的, 有的由教授讲, 多半由学生讲, 对书报专题作一小时的演讲和讨论。通过鉴定考试以后, 通常有各专业的讨论会, 由校内、校外的教员或学生, 轮流专题报告、讨论。专业中的师生, 都一定出席。另外还有全系的讨论会, 每周一次。全系各专业的教师、研究生, 甚至大学生, 都去参加。

美国各大学, 各自为政, 教务各系自理。加上二十年来潮流的演变, 使得各系都不一样。但是这里所谈的精神, 还是有相当的代表性。由这里看出, 和国内比较不同的是:

一、多元性: 各校行政自理, 各系教务自定, 很有百花齐放的现象。好处在各系做自己认为对的事, 比较卖力。各种做法可以在各地分开做小规模试验, 有自然选择的弹性。不至于有一着不慎, 全盘皆输的现象。坏处是在各校、各系毕业生质量不一, 对外国学生, 更是眼花缭乱。

二、通才教育: 分科晚, 分专业更晚, 研究生选课多。好处在有深厚的理论基础, 比较有全面观。为以后继续的发展创造较好的条件, 处理新问题的能力较强, 可以担负更广的责任。并且专业决定得

晚, 学生有较多的时间选择。坏处是在学制长, 不能满足发展中国家急切的需要, 并且对于大学毕业不念研究院直接工作的学生, 离校后, 短期内专业工作能力较弱。

三、促使学生独立: 强调讨论课程, 鼓励学生自己选择, 规定学生自己申请入学, 找奖学金, 找导师, 找论文题目等, 都养成学生的独立性。所以大学毕业后, 都去他校升学, 完成研究所后去他校继续研究, 过几年又去他校任教等等。好处在年青人独立性强, 能力可以充分的发挥。坏处在流动性大, 心理负担也大。并且由于一向注重讨论发挥, 有深知的人固然可以出口成章; 一知半解的人, 有时也能口若悬河。这和东方人谦虚的习惯, 很不适应。 卞

美国工程教育的新趋势

NEW TRENDS IN U.S. ENGINEERING

陈 干

一九七八年秋, 笔者随美国工程教育代表团到中国访问。在北京、成都、上海、合肥、南京和沈阳六个城市, 参观了二三十个大学、研究所和工厂, 并与教育部及各省市教育局工作人员交换意见。对中国文革前后大专学校的工程教育概况 (特别是电子工程方面), 稍有了解。中国工程界的教师们, 不少是一九五〇年代前留学回国的。他们常问起美国工程教育过去数十年的转变和最近的趋向。尤其是中国拟派往美国去学工程的留学生及进修的研究人员, 都想知道美国和中国工程教育不相同的地方。因此笔者

想在这篇短文中, 把美国工程教育的新趋势, 稍作介绍。不过中美两国社会制度不同, 美国大学的工程教育, 没有全国的统一规划。笔者只能就自己所知道所感受的, 简略报告。

主要的演变

差不多十年前, 有一篇工程教育报告书¹, 把美国工程教育在本世纪内的主要演变, 作了一个明澈中肯的描述。该报告书把美国教育分为三个时期: 第一个时期是一九〇〇至三〇年代, 注重工程的职业特性 (professionalism)。这个时期

的工程课程, 设计的比重较大, 讲究工程成品功能和功效。第二个时期是一九四〇至五〇年代, 工程教育受了军事和空间科技的影响, 注重工程科学 (engineering science)。这个时期的工程课程, 基本科学的比重较大, 讲究利用深奥的数理化, 推进工程上发明的成果。许多学校在这时期设立了像应用科学、工程物理、计算机科学 (与计算机工程并立) 等新院系。第三个时期是一九六〇年代以后, 美国社会问题日益严重。先是一九六〇年代后期的城市问题。一九七〇年左右, 保护环境运动风起云涌。

一九七三年后,能源恐慌,致使美元贬值,生产力停滞。工程教育,一方面适应各校师生的要求,一方面受了美国政府的鼓励(尤其是透过美国国家科学基金会的资助),注重工程对社会的服务(social orientation)。许多学校在这时期设立了新的课程、学科和研究项目,包括利用工程知识帮助解决都市问题、保护环境、发展能源等。同时因为目的在解决民生问题,工程教育和社会科学及人文学科建立起以往从来没有过的密切的联系,引致许多新的边缘学科(interdisciplinary programs)。美国工程科学院也正式表示:各级工程学生不但要知道怎样利用和运用自然科学知识,而且必须在工程设计里,考虑到社会和人类行为的因素²。由于全国上下一致的鼓吹,许多学校便根据自己校内的情况,采取各种不同的具体方法,改进工程教育,适应社会的需求³。

与工程有关的边缘学科

和工程有关的边缘学科,并不限于针对美国突出的社会问题而设。例如在我服务的密执安大学(University of Michigan),便有生物工程(bioengineering),由工学院和医学院合作,交电机系管理;有遥感学科(remote sensing),由工程、地理、生物、自然资源等院系合作,由后者管理;和美国突出的社会问题(城市、环境、能源)有关的,在我校有公共系统工程(public systems engineering),由工程、政治、经济三院系合作,由一行政独立的公共政策学院(Institute for Public Policy Studies)管理,该学科的教学水平,注重硕士级。另有一博士级的城市与区域计划学科(Ph. D. Program in Urban and Regional Planning),由全校各院系(包括工程)合作,直属于教务长管理。

笔者在上面提过,美国的教育制度没有全国的统一规划。因此针对美国突出的社会问题的学科,各校有不同的课程和管理办法。有的

大学没有工学院,但仍设立与科技社会有关的边缘学科。这是由于社会科学及人文学科的院系,亦有讲授社会与技术之关系的课程。数年前笔者参加了一个调查工作,把美国各大学有关“科技社会价值”边缘学科的教学目标分为五大类:(1)了解有关科技的社会态度和演变;(2)分析未来科技及社会的趋向;(3)培养解决社会问题的能力;(4)教授有关科技应用的分析与综合方法;(5)了解社会价值与培养学生对科技的态度。目标如此分歧的原因,是美国科技和社会经济在某些方面有过度的发展,造成浪费资源、环境污染等恶劣现象,致使一部分人对科技,甚至对美国社会的基本价值,怀疑和反感。但多数工学院在这方面的教学目标,侧重于科技应用的分析与综合方法(即上述第四类目标)。

设立边缘学科的难度和对策

上述美国工程教育演变的三个时期,各有各的困难。职业特性的流弊,是工程分科过分专业化,失去了应变的灵活性,于是有恢复着重基本科学的要求。工程科学的偏激,一方面是把工程人员训练成二流的科学家,另一方面是工程和社会需求脱了节,于是有呼吁工程应对社会的失调作出纠偏的作用。但是要设立新的边缘学科,使工程对社会问题起积极作用,亦有它的困难处。下面就笔者所感受到的困难和意图解决这些困难的对策,向读者简单介绍一下。

顾名思义,边缘学科没有它自己深远的历史基础。因此往往其范畴定义不清楚。各校就其本身情况,斟定新学科之范围和重点。例如环境学科的情况,各校不同。外界人士,须将该学科的全部课程,仔细察阅,才能知道其真正的性质。

边缘学科的另一困难,是宽度与深度的平衡。如果太宽,所学便过于肤浅。但如对有关基础学科,都要求深度,又为时间所不允许。一般对策,是边缘学科,设于研究院内。师生均在某传统的学术领

域,在大学部内有了深度,才在研究院时求博,和其他领域合作。

维持素质,也是边缘学科的一个实际困难。这也是和深度有关的一个问题。比较有效的对策,是教学与研究并重。边缘学科既是新的学科,要它增加深度,提高素质,便需要研究。和工程有关的边缘学科,更要着重实验和实践,由实际的经验中求进步。

在行政方面,边缘学科也是一个难题。美国社会问题很多,其严重性和流行性,此上彼下。某一边缘学科的学生人数,及外来的研究经费,很不稳定。加以美国大学学龄青年人数减少,一般民意对大学教育的支持也降低,因此近年来美国高等教育经费愈来愈紧张。校内经济收缩时,边缘学科的经费便先受打击。许多学校对边缘学科的支持,大部分靠外来的“软性款项”

(soft money)。其结果是利弊参半。好处是迫使边缘学科的发展与社会需求维持密切的关系。坏处是边缘学科缺乏稳定性和增加深度的机会。

结 语

美国工程教育的新趋向,着重工程对社会问题作出实际的贡献。中国正在努力实现四个现代化,也着重工程教育能培养四个现代化的基本部队。因此中美两国的工程教育新趋向,有些不谋而合。中国派留学生赴美学工程,除传统的专业外,应考虑包括派学生学习和四个现代化有关的边缘学科,作出一个全盘计划。可是,中美两国的工程教育,也有许多不同的地方。中国派留学生赴美学习,宜取长补短,对这些不同之处,加以注意。笔者在美国教学,偏重研究,尤其对密执安大学以外的工程教育,没有详尽的了解,尚盼其他在美有经验的工程教授及行政人员,著文纠正及补充拙见。

·下接 92 页·

教育的质量。

第三：教育经费短绌。人们感到基本生活是迫切需要的，而高等教育的经费是次要的。对于没有子女的人们来说，也不愿负担太多的教育捐税。在这种趋势之下，有些学校会遭受淘汰或紧缩。

问：什么是美国高等院校研究院的特点？

答：第一 在欧洲，都是正教授教研究生，德国就是一例。在美国是研究院的教授包括正教授、副教授及助教授，大家协同教研究生。老教授经验丰富，但年轻的教授往往对新发展接触较多较勤，他们对新事物感受反应特别敏锐。在美国的研究生因此接触较广，可以活泼思想。

第二 综合性的学习方式。研究讨论与选习课程并重，必修课、选修课、专题讨论、实验、论文，综合起来构成一个学习过程。不像在英国，攻读博士学位的人注意力集中在论文上，而论文由一位正教授指导，没有什么旁的课程需要选习。

第三 美国的高等教育竞争性特强，大家争着要好学生，而学生之间的竞争性也很强。

问：请就美国的高等教育与西欧及苏联的高等教育作一比较。

答：苏联将研究与教学分了家。苏联的科学院等机构是专做研究的，苏联的大学则是偏重教学。因为教学的人不需注重研究，所以会影响到教学的品质。相反的，专重研究的人，不易得到新血轮的新问题与新刺激，在研究时就不易有活力与生气。苏联现在也在改向美国的方式。

另外一点：苏联实施计划分配，按需要训练物理学家，化学家，数学家，工程师，人文与社会科学家。美国是由聪敏的学生自己去选择工作与兴趣，苏联的办法比较呆板，硬性的人力计划，往往会有漏洞，新的发展与趋势不一定是计划人员能面面顾到的，等到别国有新发展时自己再计划追赶，不免迟了一步或几步。美国的高等教育能充分给予学生自由的发展，这样主动创新的机会便比较多。至于人才过剩的现象因此是难免的。学物理的过多时，就不一定每个人能找到物理方面如意的工作，但是真正好的物理学家一定能找到工作的。在竞争之下，一门学科的品质就提高了。至于生活问题总是可以解决的。年轻聪明的学生往往是开辟新学术领域的先锋，呆板的人力计划是会妨碍这样的发展的。西欧的英国、瑞典、德国、荷兰、法国，与美国的制度没有太大的差别，只是在西欧由正教授，往往是老教授来指导研究生；在美国由教授们各按专长协同教育研究生。指导教授不一定是正教授，更不见得是老教授。

问：克尔先生：您对中国的的教育印象如何？

答：我们的教育考察团到中国参观了三个星期，为期较短，难下断论。仅就初步观察，略述所见：

①我们的考察团和我自己都感到“文化大革命”给予中国极端的损害（extreme damage）。在人类历史上很少看见在短短期间内对高等教育能造成这样大的损害的。

②中国要想改正这些损害的努力予人以极深的印象。这需要一些时间。在公元2000年达到“四个现

代化”的目标下，中国的高等教育是否能够很快地充分地发挥它的任务还是问题。对教育的损害将是对“四个现代化”的重要障碍。

③教育的体系必须作很大的扩充。若与美国的高等教育比较，按照人口而论，中国需要把高等教育增加一百倍。但是美国的高等教育有许多是超过需要的，假若中国要想在公元2000年前有快速的发展，高等教育至少要比现在增加十倍以上。中国具有悠久的传统，对高等知识的成就令人钦佩。中国有极多的人才，只就小小的华裔人口在美国就做出非常多的贡献。尤其在学术，科学，工程界，中国人常常有尖端性的突出贡献。中国的人才实在很多，只是需要发展培养，而且应该大量培养。至于我所见的中国小学与中学的上课情形，老师的教导启发与学生的反应可以与美国比美。如果设备能够增加，当然更会有些帮助。

问：您认为中国高等教育面临的主要工作是些什么？您有何建议？

答：假若我能为中国教育进一言的话，大致可以归纳为下列几点：

①中国的教育应该从事很大的扩充；

②维护已有的基础并继续努力；

③与世界各地的教育资源，包括人力与物力，保持更多的联系；

④给予高等教育伸缩性；

⑤学术研究不必局限于目前的实用价值；

⑥自由的思维与探索才是创新的良好基础。□

·上接 96 页·

参考文献

1. Education of the Engineer, University of Minnesota, 1970.
2. "Report of Workshop on Social Directions for Technology", Commission on Education, Na-

- tional Academy of Engineering, 1970.
3. Chen Kan, "Exploring New Directions in Engineering Education", Technological Forecasting and Social Change, vol.3, 1972.

4. Mathes, J. C. and Chan Kan, "Educational Objectives for Science, Technology, Society, and Value Programs", IEEE Transactions on Education, Vol. E-21, 1978. □