

美国工程硕士研究生教育 历史、现状与反思*

——兼论工程硕士研究生教育的学术性与专业性之争

陈兴德 王翠娥 王 晟

摘要:分析了美国工程硕士研究生教育的发展,发现其历程充满着学术性倾向与专业性倾向之间的较量。究其根源,工业的需要以及市场的力量发挥重要作用。但是,学术性与专业性两者之间并非不可调和,决然对立。通过社会、企业与学生的选择与参与功能的发挥,搭建工程硕士与工学硕士之间的桥梁是突出工程硕士特色的关键。

关键词:美国;工程硕士;研究生教育

作者简介:陈兴德,厦门大学教育研究院副教授,厦门 361005;王翠娥,厦门大学教育研究院硕士研究生,厦门 361005;王晟,厦门大学研究生院助理研究员,厦门 361005。

工程硕士研究生教育在中国方兴未艾,但在发展过程中争议不断,尤其是政策上对于“专业性”(“应用性”)的肯定与实践对于“学术性”的坚持是其中突出的矛盾和问题,这必然影响中国工程硕士研究生培养的质量与方向。美国工程硕士研究生教育已经走过了半个世纪,是当今世界工程硕士研究生教育最发达的国家。他山之石,可以攻玉。考察美国工程硕士研究生教育的历史演变与基本问题,对于反思中国工程硕士研究生教育的发展走向有着重要的意义。

一、美国工程硕士研究生教育的兴起与发展

美国工程硕士(M.Eng.)研究生教育发轫于康乃尔大学(Cornell University)。1964年,康乃尔大学在5年制本科计划的基础上,制定了工程硕士计划,学生毕业时授与理学学士(B.S.)和工程硕士两个学位。康乃尔大学工程硕士计划的实施标志着美国工

程硕士计划的正式启动。

事实上,美国工程硕士教育的产生,与其四年制本科课程变化及当时的社会背景有着密切的联系。第二次世界大战后,工程活动领域日益拓宽,工程复杂性不断加深,美国四年制本科工程课程也随之变革。包括:①压缩甚至取消低年级和高年级的设计课程;②减少实验课时,课程内容偏重于科学理论;③提高人文、社会科学方面的课程量^[1];④增加更多的数学、科学课程^[2];⑤增设计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助加工(CAM)科目等。这些改革虽然保证了科学与工程科学内容的持续增强,但是却弱化了工程的实践性,而且使得在四年固定的时间内已经难以安排更多的课程以保持科学和实践之间的平衡。在此背景下,康乃尔大学、达特茅斯学院(Dartmouth College)、俄亥俄州立大学(Ohio State University)、明尼苏达大学(University of Minnesota)等开始尝试把本科计划延长一年。五年制本科教学计划既

* 本文是全国工程硕士专业学位教育指导委员会课题“质量监督与保障:工程硕士教育中学术性与专业性的冲突及其解决”(编号:2009-ZX-037);中国学位与研究生教育学会课题“全日制专业学位研究生教育政策研究”(编号:2010W09-5)的成果之一。

可以使专业化的某些领域增加深度,又能使非工程领域方面的教育内容更为丰富。但是,五年制教学计划相对于四年课程计划也有一些不利之处。一是增加教育成本。从学生及其家庭的角度,五年制教学计划增加了他们的学费与时间投入;从工业界的角度,五年制教学计划增加了学生的学习时间及学习费用支出,因此,工业界不得不考虑增加教育投资,提高这些学生的就业起点工资。二是缺乏市场认同。工业界认为,任何一个学生在竞争的引导下所自学的文学课程比现在大部分住校学生在文学院所习得的文学课程更加有价值^[3]。尽管五年制毕业生多接受一年的教育,但工程界并没有相应地变更其起点工资,他们仍然和四年制毕业生领取相同的报酬。三是竞争力不足。在五年制试点的同时,工程研究生教育迅速发展。比起科学硕士(M.S.)学位,五年制学士学位明显缺乏竞争力。综合多方面因素,虽然五年制本科教学计划既能满足宽广的教育要求又能提高学生的专业化水平,但最终因不被工业界认同,在60年代初期就被宣告流产。

但是,宽广教育与实践教育之间的矛盾并没有因五年制本科教学计划的流产而消失,应该制定何种方案以满足工业界对实践人才的需求呢?1964年,康乃尔大学对原来的5年制本科计划作了相应的调整,提出了4+1培养计划。本科计划仍为4年制,着重强调基础科学和数学;第5年作为一个灵活的备选组成部分,着重强调某个专业工程领域的实践和设计;学生学完前4年课程被授予学士学位,继续完成第5年学业则被授予工程硕士学位。随后一年,闰斯利尔理工学院(RPI)也正式提出了3+2教学计划,即三年工程预科课程,2年专业教育,学业完成后直接获得硕士学位。这个计划的独特之处在于它认识到:首先,宽广的工程预科经历必须先于工程专业教育;其次,学士后教育是现代工程师的基本条件^[4]。1965年,“全美工程检查员协会”(NCEE)通过一项决议,督促高等院校发展工程硕士计划。据《工程教育》(Journal of Engineering Education)统计,截至1969年2月,美国已有9个工程硕士学位计

划。这种新的5年制工程硕士计划因强调实践特色且最终授予硕士学位,一时受到欢迎,吸引了大批优秀学生。在随后的20余年中,尽管困难重重,但对此计划的需求并没有减少。事实上,到20世纪80年代,大部分工程学院本科阶段工程课程学时数已减少至130学时^[4],而工程师必须了解的课程数又不断增加,这两者的矛盾使得延伸4年学士教育越来越迫切。在此背景下,越来越多的院校乐于提供5年制工程硕士计划,到1989年,在统计的218所工科院校中,提供工程硕士或相当学位计划的达54所,占25%^[5]。

这一时期,由于工业界对年轻工程学士提供丰厚的薪资和优越的待遇,工业界繁荣的就业景象使得年轻人对工程硕士计划提不起多大的兴趣。此外,工程哲学博士(Ph.D.)人数的持续下降,造成工程院校师资出现严重匮乏,“师资短缺使得工程院校很难在保持工程系统适应性的同时,提供高学位的专业化训练”^[6],加上大部分工科教师自身的知识结构偏向于学术型,缺乏工程实践方面的知识和经验,这无疑也是工程硕士计划发展缓慢的因素之一。另一方面,联邦研究资助严重倾向于科学研究,对工程实践研究资助甚少。在多方面的压力下,一些院校转而暂停工程硕士计划,或渐渐使之趋同于M.S.计划。总体上说,20世纪70年代到80年代初期,美国工程硕士教育几乎处于停滞状态。

美国工程硕士研究生教育蓬勃发展始于20世纪80年代中后期。这时,美国工程教育的外部环境发生了重大变化,国际竞争由国家安全转向经济竞争,使得美国的工程教育范式越来越不适应时代的需要和挑战。各界重新反思工程教育,提出“回归工程”的口号,开始重构工程教育结构和教育计划,工程教育再次回归到工程实践上来。工程硕士学位计划也因此重新得到各院校青睐。麻省理工学院(MIT)在酝酿8年之后于1993年正式加盟该专业学位计划。1994~1995年度麻省理工学院工程硕士计划注册学生就有150人左右,1995~1996年度注册学生增至约200人^[7],工程硕士学位授予人数从1999~

2000 年度的 257 人增加到 2002~2003 年度的 295 人,最近几年仍保持在 250 人左右,达到每年科学硕士学位授予人数的 1/2 左右;康乃尔大学工程硕士计划年注册人数从 20 世纪 80 年代的 200 余人增加到 2007~2008 年度的 499 人,目前已远远超过科学硕士的注册数。康乃尔大学共设有 15 个工程硕士专业,涉及航天工程、农业工程、生物医学、化学工程、土木工程、计算机科学、电气工程、工程力学、工程物理学、地质工程、工业工程、材料科学、机械工程、运筹学、系统工程,比科学硕士专业还多 1 个。此外,闰斯利尔理工学院(RPI)和德雷克塞尔大学(Drexel)等院校也重新恢复和改进了工程硕士计划。到 2002 年,该专业学位计划已经发展到 39 个^[4]。工程硕士学位计划覆盖众多的领域,授予的工程硕士专业学位数占工程类硕士学位数的 84%^[8]。

尽管 30 年后,Walker 报告提出的“工程硕士成为一基本学位”预言并未完全实现,目前唯有路易斯维尔大学(University of Louisville)承认工程硕士学位为第一专业学位,并取得 ABET 的认证^[4],但是较之工程硕士设立之初,当前美国工程硕士研究生教育已经取得非常大的发展。

二、当前美国工程硕士研究生教育的主要类型

美国工程硕士研究生教育发展的历史轨迹表明,工程硕士计划实质是四年本科计划的拓展,其宗旨是为工业界培养高水平的实践型专业人才。相对于工学硕士(M.S.)研究生教育,工程硕士研究生教育是强调实践的学士后教育,它注重工程设计,看重学生在工程实践中提出问题、发现问题的能力;工学硕士研究生教育则是以研究为中心的教育,为博士生教育做准备,培养学生分析问题、解决问题的科学研究能力。一般来说,工程硕士项目要求工程硕士生完成一个设计项目,而工学硕士生则需要完成一篇以研究为中心的论文。由于美国高校拥有高度的自主性,其工程硕士研究生教育呈现出多样性,具体包括“五年本硕贯通制”、“单独设置一年制”、“远程教育二至三年制”、“M.Eng./MBA 双学位制”等四种

人才培养模式。

麻省理工学院(MIT)的工程硕士研究生培养模式主要为“五年本硕贯通制”。该培养计划面向本校学生,要求学生在五年内完成本科四年及硕士两年的课程学习。申请者如果第 3 个本科学年结束时学习成绩平均分为“B”,专业 GPA(本科阶段课程平均成绩)在 4.25(5 分制)以上,则可以在大学三年级未递交申请,进入研究生阶段学习,毕业时同时获得“学士”和“工程硕士”学位。MIT 工程硕士计划的特别之处在于学生毕业时既要完成研究项目,又要提交学位论文,要求很高(一般工程硕士计划都不要求提交学位论文)。以 MIT 电气工程和计算机科学系(EECS)的工程硕士计划为例,学生同时获得 M.Eng.和 B.S.学位需要在 10 个学期内完成的学分数量为 465,平均每学期为 46 学分,学生每周约合投入 46 学时进行学习。尽管 MIT 的工程硕士计划要求相当严格,但是,该计划在学生中仍非常流行,每级中约有 2/3 的学生准备申请 M.Eng.学位^[9]。

康乃尔大学工程硕士研究生计划是“单独设置一年制”的典型。该培养计划并不囿于本校本专业生源,但要求学生具有工程本科专业背景,且对本科阶段所学课程也有硬性规定。学生须在一年的时间内完成 30 学分的课程,其中,项目设计课程与工程实践课程占 9~13 学分。项目通常由工业企业提出,学生可以在教师指导下独立承接项目,也可选择加入小组,做学校导师和工厂导师的助手。课程之外既要求有书面技术报告也要有口头技术报告。“单独设置一年制”因其强调工程项目设计和实践课程而受到应届毕业生和在职人员的青睐。

威斯康星大学麦迪逊分校(University of Wisconsin-Madison)在提供远程工程硕士研究生教育中具有独特之处。成立于 1999 年的 MEPP(Master of Engineering in Professional Practice)工程硕士计划,通过 Internet 为在职人员提供远程的工程硕士研究生教育。美国采用“远程教育二至三年制”模式的工程硕士计划入学条件并不完全相同。一般情况下,要求申请者必须拥有 ABET 认证的工学学士学位,至

少4年工程领域的工作经历,GPA(本科阶段课程平均成绩)不低于3.0(4分制),母语不是英语的学生必须具备580分以上的TOEFL成绩^[9]。除了满足上述条件外,申请威斯康星大学麦迪逊分校的MEPP工程硕士计划的学员还必须使招生委员会确信他们具备良好的学习动机^[11]。MEPP计划每年招收30名学员,学制2年,须修10门课程,共26学分,不要求提交论文。为确保远程教育的质量,要求学员每周至少投入20小时参加课程学习和小组活动。此外,相关负责部门通过E-mail、论坛、问卷调查等形式了解师生对各门课程的评价和对网络教学的满意度,分析存在的问题,及时调整和改进每门课程的教材设计、编写和制作。由于美国工程硕士远程教育计划的学分是互通的,因此,各院校的远程工程硕士教育计划的学员可以在其他院校选修课程。目前,提供“远程教育二至三年制”的院校有闰斯利尔理工学院(RPI)、伊利诺伊大学芝加哥分校(University of Illinois at Chicago, UIC)、北卡罗莱纳州大学(University of North Carolina, UNC)、密苏里大学(University of Missouri)、得克萨斯农工大学(Texas A&M University)等。

“M.Eng./MBA双学位制”工程硕士计划旨在培养既专长于工程技术又通晓工商管理的高层次跨学科复合型人才,学生毕业时同时获得工程硕士和工商管理硕士两种学位。赖斯大学(Rice University)的“M.Eng./MBA双学位制”计划由其工学院和管理学院联合实施。该计划学制两年,共计76学分的课程,其中工科课程24学分,工商管理课程52学分。第一学年,学生根据个人兴趣从11个工科专业中任选一个专业,在工学院所委派的导师的指导下选修课程,攻读工程硕士学位。修完一年的工科课程后,学生直接参加暑期实习计划,时间大约6个月。实习结束后,学生必须提交书面及口头报告,无需论文。第二学年开始学习工商管理课程。在此期间,改由管理学院委派导师负责指导学生选课,所选核心课程必须与两年制MBA相同。康乃尔大学的“M.Eng./MBA双学位制”工程硕士计划则需要五个学期的时

间。该计划共要求学生修满75个学分的课程,其中包括两学期30学分的工科课程。学生修完工程硕士课程后若想继续攻读MBA学位则最迟必须在工程硕士计划的第二个学期提交申请。管理学院将把符合条件者的M.Eng.学分转入MBA计划,这样就可以比分开加入M.Eng.和MBA计划节省一个学期的时间。

三、美国工程硕士研究生教育面临的基本问题与反思

从某种程度而言,美国工程硕士研究生教育发展的历程是工程硕士研究生教育倾向于学术还是倾向于实用(职业)的较量过程。工程硕士诞生之时正值美国工程教育范式由强调工程实践价值向强调工程科学原理转变。苏联成功发射世界上第一颗人造卫星的事实使美国政府更加坚定了对基础科学研究的大力扶持。接下来的美苏空间竞赛及冷战,进一步强化了美国的工程科学运动。许多大学及其工学院纷纷朝“研究型”大学的模式发展,强调在科学和工程领域内开展研究工作。在这样的时代背景下,对实践价值取向的工程硕士研究生教育的需求受到抑制,工程专业学位研究生教育的发展速度远远落后于科学价值取向的学术性学位研究生教育。随后受美国政府政策与资金的支持,带有再就业培训项目的工程教育计划获得了大发展,但随着项目与资助计划的结束,很多大学虽然继续工程硕士研究生的培养,但是却渐渐趋于以学术为中心的工程教育。可以说,工程硕士研究生教育发展的初期是以学术型压倒实践型、职业型为特征的。但社会的需要与市场的需求使得工程硕士研究生教育逐渐获得了优势,在参与学生人数、社会认可以及参与学校方面都获得了与学术性学位并驾齐驱的地位,从而也使得美国的学位体系更加清晰地分化成“学术型”与“专业型”的结构,确立了专业学位的价值与地位。其中有几个关键性问题值得反思与探讨。

1.社会的需要而不是政策的支持是工程硕士教育发展的根本动力

美国工程硕士研究生教育从诞生之初的备受争议,到20世纪80年代初期的踌躇不前,再到80年代中后期的大发展,道路可谓曲折艰辛。但推动工程硕士教育发展的根本力量在于社会的需要。尽管,20世纪90年代政府通过提供资金来鼓励各大学开展工程硕士教育带来了工程硕士研究生教育的短暂繁荣,但随后不久,工程硕士研究生教育回归学术有力证明了政策力量的暂时性。美国工程硕士研究生教育诞生的根本诱因是当时工业发展的需要。随着新知识、新技术的不断涌现,工业界要求工程人才具有更加宽泛的教育结构和更加专业化的实践知识,然而固定的四年本科教学计划在保证提高学生通识教育的同时已经无力确保学生实践能力的提升。学术型硕士计划也无法满足这一发展要求。为解决这一矛盾,工程硕士计划应运而生。20世纪后期,日本、德国、亚洲“四小龙”夺取了被美国长期霸占的许多生产领域。为了实现美国经济的高速发展,美国各大院校开始反思工程教育上的得失,并从中认识到美国工程研究生计划偏重工程科学,而对工程实践重视不足,工程研究生教育计划需要更贴近工程实践需要。同时,工商业人士也深切地认识到,要加强美国的国际竞争力,就必须提升工程人才的创新能力。工程师不能简单地应用已有的技术解决现有的问题,或是仅仅把成果转化为基础研究作为工程实践创新的主要动力。工程师所应把工程方法和专业技能、创造力、专业知识、判断力、解决现实问题的领导力整合起来,创造、发明和改进技术,通过创新设计满足人们的各种希望和需求。这就需要工程师接受更进一层的教育,对复杂现象有更深入的理解。由于经济竞争的驱动,大学和工业界在 market 需求的指引下,积极参与到高层次工程实践型人才的培养计划中。因此,可以说,在工程硕士研究生教育过程中,政策的引导固然重要,但挖掘企业与社会的需求,引导企业创新能力与竞争力的突破与发展,进而寻求企业与大学的合作才是工程硕士研究生发展的根本动力。

2. 重视用市场的力量解决工程硕士研究生教育

中的关键问题

学术性与专业性的较量同样是美国工程硕士研究生教育不可回避的问题。工程硕士教育计划最初受到冷遇与社会的认可度、学生的选择不无关系。费用的增加、时间的延长能否带来就业市场的更多机会与更多回馈,是学生是否选择工程硕士教育的重要标准,而就业市场的反馈则代表着企业与社会对于工程硕士研究生教育的认可度。如果说政府、大学和工业界的要求是工程硕士研究生教育繁荣发展的强心剂,那么,学生的收益则是工程硕士研究生教育持续发展的稳定保障。在新的工程实践范式下,工程硕士毕业生的薪资待遇已今非昔比。20世纪90年代,硕士工程师的起始工资高于学士工程师,两者年工资差约为5000美金。据此推算,5年左右硕士工程师就可补偿多读一年的收入损失^[12]。此外,硕士工程师在职业晋升中也比学士学历的工程师拥有更多机会。种种收益吸引了越来越多的优秀学生攻读工程专业硕士学位。康乃尔大学在网站显眼位置直接从薪酬上标榜了工程硕士的意义,工程硕士学位获得者的平均薪酬为63154美元,高出学士学位获得者55746美元的平均薪酬7408美元。而康乃尔大学工程硕士学位获得者的平均薪酬高达73638美元^[13]。市场的力量最终融合了社会与企业的需要以及学生的认同,最终促使工程硕士研究生教育以“实用型”与专业性突破了学术性的束缚,也因此成为工程硕士研究生教育发展的重要力量。

3. 沟通学术性与专业性研究生学位之间的桥梁

由于各校的办学理念以及对于培养质量的认识不一样,至今美国大学对于工程硕士研究生的培养仍存在不同的观念,如加利福尼亚大学伯克利分校的工学院和研究生院都认为伯克利是全美学术上最强的,对工程硕士不感兴趣,认为其质量不如科学硕士,将它作为未能取得博士学位的学生的候选方案,加利福尼亚大学洛杉矶分校也大体相同。《美国工程硕士情况调查》一文指出所有被访问的学校都认为工程硕士研究生教育与科学硕士研究生教育没有本质的区别,两者教学内容一致,用人单位认同一致。

两者主要区别在于工程硕士研究生教育强调实践经验而不强调学术水平。而且工程硕士研究生的教学计划与教材与科学硕士研究生完全一致^[14]。对国外部分大学工程硕士研究生的培养方案的调查也印证了同样的结论。这样的调查结果似乎暗示美国工程硕士研究生的培养很难与科学硕士真正实现有效的区分,也使得研究者在解释美国工程硕士研究生教育时面临一个自我冲突的困境:如果说美国工程硕士学位缺乏特色,却必须承认这样的学位受到美国社会的认同,而且其地位与学术性学位不相上下;如果说美国工程硕士计划与科学硕士计划区别明显,但却无法解释为什么这两者的教学内容、教学计划甚至教材都几乎相同,那么两者的本质区别又在哪儿呢?事实上,在美国专业学位与学术学位之间并没有难以逾越的界限,部分学校的工程师学位实际上已蜕变为学术性学位,成为攻读学术性博士学位的一个台阶。科学硕士学位获得者随后攻读高一级专业性学位的,大有人在;反之,工程硕士学位获得者之后攻读高一级学术性学位的,也并非少见^[14]。对此,笔者认为,学术性学位与专业性学位之间的互通大大降低了社会对专业学位的偏见,使得学生在选择工程硕士计划还是科学硕士计划时,更遵循个人的兴趣与条件而不是社会传统的观念,这样的结果也促使工程硕士与科学硕士的差别更倾向于学生职业的选择和培养目标的差别而不是其他,这也可能是我国工程硕士研究生教育在发展过程中最需要关注的问题。当我们关注工程硕士与工学硕士的区别时,也应该关注两者之间的融合与沟通,无须将两者绝对对立起来,通过社会、企业与学生的选择与参与功能的发挥,构建工程硕士的特色,并建立起沟通工程硕士与工学硕士之间的桥梁。

参考文献

- [1] BURNELL. General education in engineering[J]. Journal of Engineering Education, 1956, 46(8): 619-735.
 [2] GRINTER L E. Report on evaluation of engineering education

- [J]. Journal of Engineering Education, 1955, 46(1): 25-63.
 [3] DISQUE R C. Extension of the engineering curriculum and its relation to cooperative work[J]. Journal of Engineering Education, 1941, 31(9): 695-699.
 [4] DORATO P, LYONS W. Master of engineering: past, present, future[EB/OL]. //Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference. <http://soa.asee.org/paper/conference/paper-view.cfm?id=17823>.
 [5] Engineering colleges research and graduate study[J]. Engineering Education, 1990(5).
 [6] Committee on the Education and Utilization of the Engineer, Commission on Engineering and Technical Systems, National Research Council. Engineering education and practice in the United States: engineering in society [M]. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985: 73.
 [7] 顾建民. 美国工程硕士计划的由来及其发展[J]. 学位与研究生教育, 1997(1): 62-66.
 [8] 王承, 齐欢, 李华燊, 等. 工程硕士教育: 培养优秀工程师的成功之路[J]. 高等工程教育研究, 2003(3): 44-53.
 [9] 于歆杰, 王树民, 陆文娟. 麻省理工学院教育教学考察报告(二)——培养方案与课程设置篇[J]. 电气电子教学学报, 2004(5): 1-5.
 [10] College of Engineering, the University of Wisconsin. Master of engineering in professional practice[EB/OL]. http://epdfiles.engr.wisc.edu/pdf_web_files/mepp/mepp_bulletin.pdf.
 [11] College of Engineering, the University of Wisconsin. How to apply master of engineering in professional practice[EB/OL]. http://mepp.engr.wisc.edu/Prospective_Students/How_to_Apply_Lasso.
 [12] Cranch E T. The next frontier in engineering education: the master's degree[J]. Journal of Engineering Education, 1994(1): 67.
 [13] Cornell University, School of Electrical and Computer Engineering. 2007 ECE engineering salaries, Cornell exceeds national average M.Eng. reaps rewards[EB/OL]. <http://www.ece.cornell.edu/meng/careers.cfm>.
 [14] 顾建民. 美国工程专业学位的现状分析与前景展望[J]. 机械工业高教研究, 1999(3): 92-96.

(责任编辑 刘俊起)

① <http://www.chuguo78.com/liuxue/1080.htm>.