

美国高等工程教育情况和动向

张 光 斗

(学部委员,技术科学部副主任)

1986 年 4 月,我访问了美国工程科学院、美国国家科学基金会和美国工程教育学会,与研究美国高等工程教育的负责人座谈;又访问了康奈尔大学、明尼苏达大学和加州大学(伯克利),与工学院院长座谈。此外,我还阅览了有关美国高等工程教育的研究报告,了解了美国高等工程教育的一些情况和动向。

一、美国十分重视工程教育

美国认为,要树立它在世界上的地位,保持国防力量,保持国内的经济繁荣,工程的作用是不可缺少的。工程还在很大程度上负有改善生活质量的任务,包括交通、通讯、电力、水资源、垃圾处理等。由于近代科学技术发展迅速,工程在国际上竞争非常激烈,所以美国十分重视工程教育^①。

美国国家科学理事会在 1983 年政策文件中指出,美国的工程和工程教育能否保持工业上的领导地位,遇到国际竞争的挑战^②。这种挑战包括工程知识的所有方面。近代计算机的迅速进步是工程方面最重要的发展,其尺寸减小,价格降低,过去不能解决的复杂或非线性的问题,现在用计算机都能解决。实验仪器和方法急剧改变,运用微处理机收集和处理数据。实验研究或数学模拟共同发展,互相促进。

在电机工程方面,特别是固体电子学和超大规模集成电路、计算机辅助设计、机器人、人工智能和其它有关计算机的专业,大学难于跟上发展的步伐,因为设备昂贵和难于找到新的教授。

在土木工程方面,交通、水资源和垃圾处理等有许多科技问题需要解决。在设计中有防地震、防风、防雨问题要进一步解决。还要处理有害污染废料,发展新建筑材料等。

在材料科学方面,要发展陶瓷和纤维,以及生物材料。

在化学工程方面,分析技术、数学模型、材料、生物催化等得到发展。在生产技术中,节能和减少消耗是重要目的。DNA 技术应用于新药和农业化学是重要的发展方向。

在机械工程方面,燃烧、传热、湍流和计算流体动力学需要继续研究。要研究新材料的大

① Engineering Education and Practice in the United States, Foundations of Our Techno-Economic Future, Committee on the Education and Utilization of the Engineer (CEUE), Commission on Engineering and Technical Systems (CETS), National Research Council (NRC), 1985.

② Statement on the Engineering Mission of the NSF over the Next Decade as adopted by the National Science Board at the 246th Meeting on August 18-19, 1983.

变形特性和破坏机理。

在核工程方面,大系统模拟成为重要的工具,用复杂的数学统计方法来研究危险的可能性。

在农业工程方面,迫切需要用计算机处理大量数据,如气象磁带、土壤数据库、地下水地质图等。整体农业系统设计是一个新挑战,因为微处理机得到运用。

在采矿方面,发展计算机辅助试验工作和空中遥感技术。

还要发展跨学科和科学技术,如生物工程、材料工程、环境工程和制造工程等。

以上是一些科技挑战例子。美国认为,必须十分重视工程教育,特别是研究生教育,来培养人才,发展工程科学技术,迎接挑战。

二、美国高等工程教育结构

美国高等工程教育有以下层次^①: (1)二年制学院;(2)四年制学院;(3)授予硕士学位的大学;(4)授予博士学位的大学。授予硕士和博士学位的大学一般都有四年制本科,授予博士学位的大学也授予硕士学位。二年制大学可授予协士学位,多数不授予学位。四年制本科授予学士学位,也有少数不授予学位的。每一层次的大学有各种规格,各有侧重。所以美国高等工程教育是多层次、多规格的,培养多种人才,来满足工业各方面的需要。

1982年,美国高等学校共有3253所,其中四年制的2039所,二年制的1214所。四年制学校中,授予学士学位的797所,授予硕士学位的365所,授予博士学位的295所,不授予学位的582所。在3253所学校中,有2700所开设理科和工科课程。

1983年,美国高等学校在校学生共12,425,000人。其中公立学校9,683,000人,私立学校2,782,000人;四年制学校7,739,000人,二年制学校4,726,000人;本科以下的10,846,000人,研究生1,339,000人,职业的279,000人。

在1983年,授予各科学士学位的人数为:工科72,954人,计算机科学24,678人,物理学23,497人,数学12,557人,生物44,067人,社会科学69,477人。

在1983年,授予各科硕士学位的人数为:工科19,721人,计算机科学5,321人,物理学5,288人,数学2,839人,生物6,041人,社会科学7,540人。

在1983年,授予各种博士学位的人数为:工科2,845人,计算机科学262人,物理、化学3,270人,数学698人,生物3,368人,社会科学2,507人。

据另一报告^②,在1983年,高校一年级学生共2,444,000人,其中四年制学校的1,006,000人,授予学士学位970,000人,硕士学位295,000人,博士学位32,700人;工科四年制一年级学生109,638人,授予学士学位72,471人,硕士学位19,673人,博士3,023人。统计数字与前面的稍有不同,可能因统计标准不同。

在1983年,工科中各种学位在各领域的分布如下

① Report of the NSB Task Committee on Undergraduate Science and Engineering Education to the National Science Board, Committee Chairman H. A. Neal, 1986.

② Engineering Infrastructure Diagramming and Modeling, Panel on Engineering Infrastructure Diagramming and Modeling, CEUE, CETS, NRC, 1986.

工科领域	学 士	硕 士	博 士
航天	2207	496	97
农业	704	146	51
建筑	568	30	0
生物医学	577	178	50
陶瓷	294	55	18
化工	7499	1500	379
土木	10484	3285	390
计算机	2643	1419	102
电机、电子	18590	4645	628
工程科学	1298	408	170
环境	292	456	68
一般工程	1923	669	76
工业制造	3808	1400	108
海洋、造船	698	144	18
机械	16484	2964	399
采矿	1019	280	54
材料和冶金	1085	561	174
石油	1420	225	14
核	420	301	114
系统、运行	310	418	56
其它	247	93	3
总 计	72,471	19673	3023

美国 1985—1986 年的教育经费为 2,600 亿美元^①。其中高等教育经费 1,010 亿美元,在此数中,本科教育经费为 420 亿美元,其中 124 亿美元在私立学校,295 亿美元在公立学校。高等教育经费中有一半是给工科和理科教育的。

以上高等工程教育结构与美国的政治、社会、经济的制度有关,但与工业发展的需要有很大关系。

三、美国高等工程教育的教育计划和学制

1. 四年制本科 这是美国高等工程教育的主要部分,大部分工程科技人才是四年制本科毕业生,所以提高四年制本科的教学质量是十分重要的^②。

美国四年制工程本科的目的为^③:(1)学习工程技术,为工程实践做出贡献作准备;(2)准备进行工程研究生学习;(3)为终身学习和职业发展提供基础。工程师将担任各种职业,或在工程领域,或在管理领域,都需要继续教育。一般说来,工程本科教学计划不是为了某一工业的某一职务准备学士学位。得到某一公司的工程实践技能需要通过职业实习的在职经验。工

① Report of the NSB Task Committee on Undergraduate Science and Engineering Education to the National Science Board, Committee Chairman H. A. Neal, 1986.

② 同上。

③ Undergraduate Engineering Education, Panel on Undergraduate Engineering Education, CEUE, CETS, NRC, 1986.

程本科教学计划应该为终身学习提供基础,而不可能为一个工程师终身工作需要掌握的各方面知识提供基础。

为此,工程本科教学计划的目的是:(1)理解基本科学原理,并掌握某一领域的基本知识;(2)理解工程方法,如分析、计算、模拟、设计和试验验证,以及用这些方法于实际工程问题的经验;(3)理解社会和经济力量及其与工程系统的关系,包括最佳技术答案必须在社会、政治或法律方面是可行的,从道德、品质和哲学等方面培养一种职业责任感,掌握文字和语言的有逻辑和说服力的表达能力。这些目的通过本科教学计划,包括设计和实验课来达到,并学习应用计算机。还有通过暑期工作、参加工业合作计划及教授指导下项目的研究以获得经验,这能使培养学生养成集体工作的能力。

美国工程本科教学计划在过去 30 年内有很大的变化。过去 30 年某一工程专业的教科书,在性质和内容上有了很大的变化,趋向是更深入、更基本地理解课题,更多地依靠数学分析和模拟。回顾过去 30 年工科大学的目录,发现有增加自然科学和工程科学的内容的趋势,而相应减少了与工程实践有关的课程。这些目录还表明教学计划弹性更大了,包含有学习人文和社会科学的时间。本科工程教育的三个目的——准备参加工程工作,准备参加研究生学习和准备终身学习——是教学计划变化的原因。对于第一个目的,工程实践变化了,教育基础必须变化。二次世界大战后,大多数工程实践变化速度是很快的,造成教学计划的被动。对于第二个目的,要增加教学计划的幅度,往往与准备工程职业有矛盾,不仅在课程的设置上,而且还在于时间过于紧张。对于第三个目的,要求未来的工程师能担任领导责任,有管理能力和经济观念。

第二次世界大战结束后,美国不但认识到技术是这场战争的决定性因素,而且认识到技术发展依赖科学基础。在过去几十年内,基础科学对工程领域的变化和开发新的技术发挥了作用。变化的动力是经济发展或改进生活质量的要求。

这些发展引起教学计划的变化。例如,取消了原来一年级课程,接着取消了制图课程。然而近年来这些课程又重新出现了。计算机辅助设计和制造等课程在近代工程教学计划中是常见的。

五十年代和六十年代研究生教育的扩大,给本科教学计划增加压力,有些研究生课程挤到本科来了。实验工作被压缩了,有一段时期实验工作很少,甚至被取消了。同时,增加了计算机辅助设计和制造课程。另外,还压缩或取消了三、四年级的设计课程。在传统教学计划中,这些课程是基石,因为在这些课程中所有的基础理论都结合到工程实际,给学生一个创造实际设备、系统或流程的经验。不重视设计引起了激烈的争论,最后由工程和技术评议委员会规定了设计课程的最低要求。目前科学和工程课程暂时稳定着。大家认为变化科学、工程、设计和技术课程之间的平衡,必然损害四者之一。但是变化的压力仍存在着。例如,如何在教学计划中增加计算机和信息教学课程?如何结合生物工程?如何加强工程本科教学的第三个目的?

目前工程本科的学制是四年,虽然实际上平均需要四年半到五年才能完成^①。有些人认为四年制约束是不合理的,特别是考虑到西欧至少五年。也有些人认为四年制约束是合适的,可以强迫优先设置课程。工业界也希望保持四年制,因为工业职务的要求差异太大,而且学制

^① Undergraduate Engineering Education, Panel on Undergraduate Engineering Education, CEUE, CETS, NRC, 1986.

增加一年会增加工业的费用负担。

但是,试图在四年内增加愈来愈多的教学内容总是个问题,有人主张把本科延长到五年。二次世界大战后,康奈尔大学曾把工程本科学制延长到五年,还有五、六所大学也这样改。然而缺少联合行动,这些大学的学制又改回四年。最近又有建议3+2学制,头三年学习物理、化学、数学和工程科学课程,后二年学习工程课程,学生得理学士和工学士双学位。有些工程学会建议至少五年,更好是六年的学制,认为只有这样才能解决工程本科学制的矛盾。看来延长工程本科的学制是总的趋势。

根据我的体会,美国工程本科教学计划的指导思想是知识面要宽,要有扎实的基础理论,包括自然科学和工程科学,要有本专业的知识,还要有相邻专业的知识,还要有人文和社会科学知识。要应用高技术,如计算机、集成电路、自动化等。要理论联系实际,有一定的工程技术知识,能用理论解决实际工程问题。要培养能力,要有创新精神。四年制的三种大学教学计划的具体要求有所不同,给博士学位的大学更侧重于科学和工程科学,给学士学位的大学更侧重于工程技术。看来要完成教学计划四年是有困难的,实际上需要加长时间,特别是给博士学位的大学。

教学计划中有三种课程,基础课、工程科学课和专业课,其中工程科学课是骨干。给博士学位的大学专业课比重较小,给学士学位的大学专业课比重较大,给硕士学位的大学介乎二者之间。此外,还有人文和社会科学课程,约占15—20%。

我访问的康奈尔大学、明尼苏达大学和加州大学(伯克利)都是给博士学位的大学。据他们的工学院院长讲,工程本科四年制是名义上的,实际上四年完成不了,只有少部分学生四年半毕业,大部分学生五年毕业。如去工厂实习半年,需要六年才毕业。

据他们说,美国大工业有强大的研究和开发实验室,与生产密切联系。过去大学本科专业课较少,毕业后在大工业办的训练班学习工程技术,这种训练班称为“教育医院”。现在工厂反映这些毕业生工程技术知识太少,不易衔接,要求大学增加工程技术训练,作为过渡。另外,大量中小型工业没有教育医院,需要本科毕业生有较多的工程技术知识。加州大学(伯克利)工学院院长讲,要增加设计课,最近他曾发备忘录给教授们,建议工程本科改为五年制,征求意见。这样大学本科要五年半到六年毕业。康奈尔大学和明尼苏达大学工学学院院长也有同样意见。这与麻省理工学院院长鲍尔·格雷(Paul Gray)的意见是一致的。美国国家科学理事会的调查报告中也有同样的看法^①。

2. 硕士研究生 获得硕士学位要求有比学士更强的工程基础理论和设计实践,因此增加了课程学习和实践。通常要完成一篇论文,但不像做博士论文一样完全进行独立研究。

美国研究生院会议描述硕士学位如下^②:硕士学位的持有者已掌握某一领域的足够知识,能进行创造性的研究项目。硕士研究生要完成一个教学计划,能保证掌握规定的知识和技能,而不是任意积累若干课程学分。硕士计划应有规定的课程,要进行考试。还应有一篇论文,要有创见。所有硕士计划应包括学习文字和语言表达的机会。工程研究生学习手册中规定:硕

① Report of the NSB Task Committee on Undergraduate Science and Engineering Education to the National Science Board, Committee Chairman H. A. Neal, 1986.

② Engineering Graduate Education and Research, Panel on Engineering Graduate Education and Research, Subcommittee on Engineering Education Systems, (SEES) CEUE, CETS, NRC, 1985.

士论文主要是对技术训练有贡献,而不是对知识有贡献。

在 196 所给硕士学位的大学中,150 所大学有不要论文的方案。斯坦福大学规定硕士不需要论文,而麻省理工学院规定硕士需要论文。赞成取消硕士论文的人感到,每年硕士论文数目太多,难以进行适当的指导,特别是导师们还有较重的指导博士生的负担。

工程本科毕业生已有适当的数学、自然科学、工程科学和工程设计的知识,还有相当的人文和社会科学知识。硕士计划主要加强数学和科学知识,还要增加专业知识。硕士研究生的学制约一年至一年半。

工程专业有一定的困难,一方面工程问题日益复杂和困难,需要更深入的工程科学;在另一方面,解决问题需要多学科知识,所以需要较宽的知识面,同时还需要工程技术经验。硕士学位只能侧重于某一领域,相应于子学科或子专业。

美国授予科学硕士学位的工科大学,一般侧重于扩宽加深某一领域的科学和工程科学知识,并培养用理论解决实际工程问题的能力;也有要求学习规定的工程科学课程,并做有开发性的工程设计,一般请工业中的工程师指导,或到工业中去做设计。

实践证明,攻读硕士学位获得的知识和经验,在工业中是很需要的,因此受到工业的欢迎。

3. 博士研究生 大学需要工科的哲学博士当教师;所有工业也需要工科的哲学博士进行研究或开发。

美国研究生院会议规定博士计划的性质和目的如下^①:博士计划是培养学生将来成为有创造性的学者和研究人员,常在社会、政府、商业和工业组织中干事业,更常在大学中当教授。博士计划强调自由探索和发展学生的能力,以对知识发展作出贡献。主要是发展能力来理解和评论本领域的文献,应用适当的原理和方法,来识别、评价、解释和理解知识前沿的问题。

获得博士学位需要论文,其目的是:(1)发展博士生的独立能力来进行高水平的具有挑战性的学术研究;(2)为本领域知识发展做出新贡献。博士生要在最后考试中对论文进行答辩。在博士生开始论文工作前,有资格考试,包括书面的和口头的。资格考试的目的是表明博士生对本领域有足够知识,并有能力利用学术资源。许多大学还有入学考试,决定是否适合做博士生工作。博士生一般是全时的,在职博士生需要住校二年,以便导师指导论文研究。从学士到博士学位至少三年,但经验表明平均需要 5.8 年,在职博士生时间更长。

根据《美国工科大学研究和研究生学习》一文^②,1983 年有 149 所美国大学给工科的博士学位;其中 137 所在 1982—1983 年授予一个以上博士学位,有一半大学少于 10 个博士学位,四分之一大学少于 5 个博士学位。30 所最大的给博士学位的工科学院在 1982—1983 年授予 1871 个博士学位,约为全国总数的 62%。在这 30 所学院中,有 5786 位教授,每位教授分摊的授予博士学位数为 0.12~0.75,平均 0.32。

博士计划必须有很强的研究经费作基础。根据上述 30 所学院的统计,在 1982—1983 年,每个博士学位分摊的研究经费,公立大学平均为 241,000 美元,私立大学平均为 317,000 美元。这些研究经费主要是美国科学基金会资助的。

还要指出的是,培养研究生还需要办公室、实验室、仪器设备、计算机和各种车间,这都需

① Engineering Graduate Education and Research, Panel on Engineering Graduate Education and Research, Subcommittee on Engineering Education Systems, (SEES) CEUE, CETS, NRC, 1985.

② 同上。

要投资。

4. 非传统的研究生计划 有意见认为,工科研究生太重理论、太倾向于研究,而设计则重视不足,所以不适于工业的需要。批评可归纳为两点:(1)博士过于分析,过于抽象,过于相信一个解答是没有价值的,除非教学上是漂亮的;(2)通过漫长的艰苦工作获得某一方面的专长,因此不愿意在不同方面工作,而可能这方面工作却是工业所需要的。为了接受这些批评,有人建议:(1)要求强调设计;(2)取消研究论文。前一计划称为工程博士,后一计划称为工程师。

(1) 工程博士: 根据 1983 年“美国工程科学院研究和研究生学习”文章^①, 有 16 所大学授予工程博士学位。其论文是更应用或侧重于设计的,而不像哲学博士论文侧重于发展基础知识。工程博士的论文应是创造性地应用工程工具来解决一个有意义的专门问题。

工程博士生需要请工程师来指导或协同教授来指导,中间还需要到工业去实际工作一段时间,头尾在学校工作和学习。迄今为止,工程博士为数很少,因为学生宁愿攻读哲学博士学位,化时间相同,而哲学博士学位为工业界所熟知。工业界也认为工科哲学博士适用于工业部门,因为工作富有弹性,可调整其工作方面。

(2) 工程师学位: 有 21 所学院授予工程师学位,包括麻省理工学院、斯坦福大学、南加州大学等。工程师学位是针对获得硕士学位以后希望继续前进,但对哲学博士的研究倾向又不感兴趣的人。攻读工程师学位学习比硕士更高深,但又不如博士研究生深入。有人认为是得不到博士学位的安慰奖。必须指出工程师学位并不侧重于工程和设计。

5. 二年制学院 一般称为社区大学,其中搞工程的又称为技术学院。技术学院有三种教学计划,都是二年制的^②:(1)工程技术;(2)工程本科的头二年,准备转本科;(3)工业技术。关于工程技术、工业技术和工程的定义如下,但是很不一致。

工程技术是用科学和工程知识来解决实验室、设计室和现场中的专门问题,来支持工程活动的。工程技术毕业生的职务介乎技工和工程师之间,而接近工程师。

工业技术是与工业有关的较广的技术和管理知识,以用来解决实验室、设计室、特别是现场中的管理问题。工业技术毕业生的职务介乎技工和技术师之间,而接近工程师。

工程是由学习、经验和实践得来的数学、自然科学和工程科学知识,应用这些知识加上判断,来发展利用天然材料和力量为人类造福的方法。

工程师对研究、开发和高级设计更有兴趣,而技术师对制造、试验、检查、质量控制、工厂经营等更有兴趣。工程师发展新方法,技术师用以经营、生产和维护。二者没有严格界限,但各个领域都有工程师和技术师,虽然比例不同。

二年制技术学院授予协士学位。其教学计划中很少有正规数学和科学课程,有的协士计划很少有人文和社会科学课程,主要是技术课程。有的技术学院专门面向当地工业的需要,有的面向全国。各种教学计划很不一致。然而由美国工程和技术评议委员会评议的教学计划,规定了数学、科学、技术、人文和社会科学的课程。

据统计^③,在 1983 年,美国有 142 所二年制技术学院,一年级全时学生 23,995 人,二年级

① Engineering Graduate Education and Research, Panel on Engineering Graduate Education and Research, Subcommittee on Engineering Education Systems, (SEES) CEUE, CETS, NRC, 1985.

② Engineering Technology Education, Panel on Technology Education, SEES, CEUE, CETS, NRC, 1985.

③ Undergraduate Engineering Education, Panel on Undergraduate Engineering Education, CEUE, CETS, NRC, 1986.

全时学生 16,828 人,其他全时学生 709 人,共 41,532 人。还有部分时间学生 24,134 人。这些数字是不精确的,因为标准不一致。

美国授予协士学位的数目,1971 年有 30,172 人,到 1979 年有 71,288 人,平均每年授予 4,570 人。

必须指出,美国有四年制技术学院,授予学士学位,包括在大学本科内。在 1983 年,美国有 91 所四年制技术学院,三、四年级全时学生 18,719 人。1971 年共有学士学位的数目为 5,148 人,1979 年 9,355 人,平均每年授予学士 470 人。

四、美国高等工程教育中工科和理科的关系

据康奈尔大学、明尼苏达大学和伯克利加州大学工学院院长和教授们的意见,工科没有理科支持是不好的。首先工科系的基础课需要理科系的教授来教,另外,研究和开发工作也需要工科系和理科系合作。特别是近代科技发展迅速,在很大程度上依靠自然科学和工程科学的进步,而学科交叉是十分重要的。只有这样,工科系的教学和科研水平才能够提高。而理科系也因联系实际而得到发展,提高教学和科研水平。

他们都认为与工科系紧密联系的是应用理科,所以往往应用理科设在工学院,如明尼苏达大学设立理工学院,把工科系和理科系放在一个学院。有的大学中工学院和理学院是分开的,在理学院各系中有搞应用理科的教授。当然应用理科与纯理科没有明确的界限,不过与工科系密切联系的是应用理科。所以理科系应先把应用理科发展起来,然后再搞纯理科,麻省理工学院就是一个例子。但是一般理科教授喜欢搞纯理科,所以校院领导和工科教授要尽力在教学和科研上把理科教授吸引过来。

五、美国高等工程教育中教学和科研

美国工程学院和大学的教授们、美国国家科学基金会、美国工程科学院、美国工程教育学会等都认为,工程学院和大学必须成为教学和科研两个中心。大学是培养人才的,教学是基本任务。为了提高教学质量和水平,大学必须搞科研。大学有教授,又有朝气蓬勃的青年,可以发展科学技术。所以大学既是教学基地,又是科研基地。

工程学院和大学中从事科研的主要是教授和研究生,教授从事科研工作,同时又指导研究生。研究生思想敏捷而开阔,框框较少,富于创造性,是科研工作中的雄厚力量。研究生从事研究工作,既培养了研究能力,又对科技发展作出贡献。此外,研究生还可帮助教授做一些教学工作,既减轻了教授的教学负担,自己又在学术上得到提高。当然研究生的教学工作比重是不大的。因此美国在五十年代以后大力加强研究生教育。美国政府通过国家科学基金会和直接拨款,还有科技合同,给工程院校科研经费,并资助研究生。地方政府也拨款支持工程院校的科研工作,签订科技合同;工业界也支持工程院校,签订科技合同,资助经费,捐赠仪器设备。搞科研需要实验室、仪器设备、计算机和支持车间、消耗品等,是很化钱的,所以美国把科研工作和研究生教育集中在一批学校。在 1983 年,授予硕士学位的工科学校有 196 所,授予博士学位的工科学校有 149 所。30 所最大的研究生培养学校授予 62% 的全国工科博士,其余分散

在某些学科和专业较强的工科院校。所以严格地讲,教学和科研两个中心是指有研究生的院校和学科专业。

授予博士学位和硕士学位的工科院校,教授必须既做教学,又搞科研。没有科研成果的教授没有声誉,在学校站不住脚。教学效果不好的教授得不到学生欢迎,在学校也站不稳。为了保证教学质量,基础课、技术基础课和主要专业课必须由有经验的学术水平高的教授讲授。有时教授们热心于科研工作,而忽视教学。此事引起学校领导的重视,要求教授们重视教学工作。他们采取的措施是,安排教授们讲授主要课程,检查执行情况,评议教材和讲课,请学生评议教授。学生评议书中规定若干项目,如教学内容的先进性、系统性、教学方法的启发性,备课是否认真,是否关心学生等。当然对学生的意见也要进行分析。如果教学质量不好,则不给提升待遇,甚至解聘。

有研究生的院校由于科研任务重,设有属于学校的大实验室或科研中心。其研究人员主要从事科研工作,不讲课,有时也参加指导研究生。

授予博士学位的院校主要从事基础研究、应用研究和高水平的开发工作,其中基础研究约占一半以上,而应用研究占有较大的比重。授予硕士学位的院校,研究项目稍少,开发工作较多,水平也较低,授予学士学位的院校主要从事开发工作和教学研究与提高工作。二年制院校主要从事技术开发工作和教学研究与提高。

工科院校筹集经费途径为学费、申请科学基金、订科技合同、募捐款等。也有一些院校经营工商业来补充经费,但另成立专门机构。大学所有师生专心从事教学和科研,学术空气浓厚,不经营工商业。教授是学者而不是企业家。教授与工业联系,限于科技咨询和合同科研工作。

六、美国工程院校与工业的联系

美国工程院校与工业联系是较多的。各方面认为,要办好工程院校必须加强与工业的联系。目前工程院校与工业的联系主要是教授的咨询和科技合同,工业还吸收学生去生产实习。工业还资助院校科研经费和赠送仪器设备。由于大型工业企业都有很大的设备完善、人才众多的实验室,与生产密切联系,而工业有国内外的竞争性,所以大工业企业交给院校的咨询和科研任务,往往是理论性较强的,任务较难的,与生产核心部分不密切联系的内容。在这个意义上讲,美国工程院校与工业生产联系是不够密切的。中小型工业企业没有强大的实验室,所以工科院校教授能得到科技合同。这有利有弊。利是中小型工业企业易于发展新技术、新产品、新材料等,促进科技的发展。弊是中小型工业企业的科研任务往往是小的、短期能生效的、科技水平不高的。对于两个中心的工程院校来说,如果为了经费,多订这些科研合同,将挤掉长远的、重大的、水平较高的基础研究、应用研究和开发工作。

美国各方面都要求加强工程院校与工业的联系和合作,包括工业提出对学生的培养要求、教授与工程师的交流与合作、委托咨询和科研合同、工业资助科研经费和捐赠仪器设备、安排师生在工厂工作等。但是由于资本主义国家工业企业竞争十分激烈,生产、科技需要互相保密,另外工业企业投资必须有效益,所以工程院校与工业的联系和合作是有限度的。

七、美国高等教育目前存在的问题

美国教育界、科技界、工业界认为,目前工程院校遇到教授不足和仪器设备陈旧等困难,教学质量有所下降,或将要下降。为了使美国科技在国际上保持优势和竞争能力,必须解决这些问题。

1. 教授待遇较工业中工程师为低,许多学者不愿到学校教书,现有教师不安心,全国有几千名教授缺额。青年学生不愿攻读博士学位,而去工厂工作,特别是美国出生的公民攻读博士学位的人数减少。将来教授来源减少,不利于大学的教学和科研,也不利于美国科技的发展。近年来进入工程院校的学生人数在增加,而教授人数少,还在老化,学生教授比上升,增加了教授的教学负担,使问题更加严重。

2. 仪器设备不足而且陈旧,不利于教学和科研水平的提高,也不能吸引学者到工程院校工作。此外,近三十年来,美国大力加强授予博士和硕士学位的工程院校,对授予学士学位的院校和二年制院校投资不足,影响了这些院校的教学质量和水平,也影响了这些院校的科研工作。由于大部分工程技术人员来自这些院校,所以对国家也是不利的。

据美国科学理事会等机构估计^①,到 2000 年,理工科大学增添仪器设备和实验室约需 500 亿至 2000 亿美元。此数确实惊人,但是考虑到目前美国高等教育经费每年 1011 亿美元,其中一半是工科和理科的,增加仪器设备的投资还是可能的。

3. 工程院校与工业联系不够密切,在上面已经讲过。

最后值得指出的是,美国的国家科学院、国家工程科学院、国家科学理事会、国家科学基金会、工程教育学会、各工程学会、各工业企业等都关心高等工程教育,进行调查研究,提出报告,有的还资助高等工程教育,因为这是培养工程人才、发展工程科技的大事。

以上对美国高等工程教育的情况和动向作了简要的介绍,未加评论。由于时间短促,未作全面深入的调查了解,有些只是从文献中查阅到,难免有片面性,甚至不确切,请加指正。美国高等工程教育适应于美国的政治、社会、经济制度的条件,其经验只能供参考。

^① Report of the NSB Task Committee on Undergraduate Science and Engineering Education to the National Science Board, Committee Chairman H. A. Neal, 1986.