

谈大学材料科学的专业体制与课程结构

HOW TO SET UP MATERIAL SCIENCE COURSES IN A UNIVERSITY

冯钧

超导已成为世界性的热门课题。作为全美最高理工学府的麻省理工学院(MIT)当然不会落后。MIT在超导材料的应用研究上首先打开突破口的是材料系冶金专业几位教授组成的科研组。当我与一位刚来MIT进修物理的中国学者谈起此事时,他异常吃惊。按中国学术界的传统看法是:超导研究是物理界的事,隔行如隔山,搞冶金的人怎能插手呢?岂不是外行顶内行吗?其实这是一种早已陈旧的观点,它渊源于50年代的苏联模式,但至今在国内学术界仍甚有影响。

先从对“专业”的理解谈起。一次,听说一位同事的儿子在二次落榜后终于在第三次考上了大学。特赶去祝贺,不料,他家中却是一片冷冰冰的气氛,毫无喜庆之意。原来,他儿子虽考上了大学,却是铸造专业,所以心中极不痛快。此类事也常见于新大学生中。在我赴美前夕,遇到某重点大学材料系一批新录取的大学生,但兴高采烈的年轻人中,也有垂头丧气者,那就是铸造专业的学生们。他们认为“铸造”就是和砂子,铁水打交道,又黑又脏。其实这是对铸

造专业的一种过时的理解,在美国,稍有名望的大学都已不设单独的铸造专业。他们认为“铸造”是材料制备(material process)这个大家庭中最基本的一员,铸造过程与快速冷凝、金属玻璃、微晶材料、单晶与定向凝固技术、复合材料、陶瓷材料、半导体单晶拉制,甚至超导材料制备等高技术领域都是材料制备这个大家庭中的孪生兄弟,它们之间没有本质区别,都是基于材料凝固成型理论,学通铸造原理与铸造工艺的大学生们去搞这些高技术研究,就象开车床的去学开铣床一样,应当是轻车熟路,不会有太大困难,无非再多啃几个星期资料,或者多蹲几个星期实验室罢了!材料制备研究在美国十分热门,在材料领域中,它是专利最多,利润最高,找工作最容易的部门。相比之下,国内对该类专业的概念实在是太陈旧了。上面仅仅是举一个典型的例子,类似的落伍观念,时时可见。

再有,国内常常会听到所谓“专业不对口”的问题。“专业对口”这个名词可能是中国特有的。文革中广大知识分子备受摧残。文革后在落实知识分子政策时,

“专业对口”这一名词就处处可闻。但是细细考究起来,似有不尽清楚之处。比如,什么是“专业”?有一位朋友曾对我说:“专业嘛!就是在大学中所学的业务专业。”但这位朋友在大学四年中,二年学基础,二年学专业(机械),毕业后干了十余年的企业管理工作。很显然,他的二年机械知识大部分已还给老师了,但是他的企业管理知识却是十分丰富。那末,什么是他的专业呢?是那已忘得差不多的二年大学机械专业课程,还是那实实在在的十余年的实践知识呢?

在美国“专业对口”的提法很少听见。我所在的几个研究组都是搞材料制备与材料力学性能的,当然学生们毕业时拿到的学位是材料学博士。与这些学生混熟后,发现他们之中至少三分之一并不热衷于搞技术,他们更有兴趣的是毕业后搞管理、开公司。他们的技术学位仅仅是通向最终目标的一个预备阶段罢了。有一位得焊接博士学位的朋友,毕业后找工作奔走无门,于是投奔一家电脑公司,其基础仅仅是在学校学的一门“电脑操纵系统”课,据说还搞得很出色,颇受老板赏识。象这种在社会

冯钧 (Feng jun) 美国麻省理工学院材料系博士后研究员。

需要与个人兴趣的激流中奔走跳跃,不断自我调整专业的例子,在美国社会中随处可见。实际上,大部分美国公司在招聘雇员时,更看重的是招聘对象的工作潜力,而不是仅仅现有的一点专业知识。

与美国大学相比,国内大学的专业体制显得十分僵硬,系与系之间,系内各专业之间,“鸡犬之声相闻,老死不相往来”。各系各专业之间缺乏知识的交叉、相融,学生要变更专业更是难于上青天。国内在讨论研究课题时,常常可以听到的是:“弄不到科研经费。”中国现在还很穷,科研经费当然不能与美国相比,但联系到某些具体情况,又不尽如此。比如,某校材料系一名金相专业的老教师因缺乏研究资金,数年来没有研究论文,只能从事单纯的教学,而复合材料、陶瓷、微晶、超导等领域正急需有人投入,但他却摇着头叹气说:“唉!人老了,不想改专业了。”专业设置的狭隘性是50年代学苏联留下来的苦果。在大学学了二年焊接专业知识的人就一辈子只能搞焊接,学了二年锻压专业知识的人就一辈子只能搞锻压,稍改一点就要被讥为不务正业,这种情况实在是与现代科技发展的要求相差太远了。

在美国,情况则截然不同。MIT有一位颇有名气的青年企业管理教授,在大学学的是机械,硕士读的是核工,读博士时才转搞管理;另一位很有才华的青年教授,攻读硕士时念物理,博士时搞机械,当了教授转搞核工,现在使他成名的却是陶瓷。MIT材料系共有40余名教授,每个教授的研究领域都涉及两个或两个以上的不同专业。该系有研究生250多名,分布在金属、陶瓷、电子材料、塑料材料、科学与材料工程共六个专业领域,这些研究生在入学前除一部分原来就学材料专业的外,其他的则来自化学、数学、物理、生物、宇航、建筑、地球物理、电机、机械、海

洋工程、核工等30个不同领域。该系还鼓励学生进行跨系跨专业的学习与研究。MIT材料研究中心虽以材料系为主。但同时涉及到电机系、机械系、宇航系、化工系、核工系、海洋工程系等,并与50余个公司经常保持密切的联系。各系的教学与研究互相联合、交叉,非材料专业的各系也从不同的角度研究材料。有关研究组又经常集中交流讨论、集思广益、各抒己见。这种多方位的立体型人才与研究结构是美国大学里科研的特点。

美国与中国在专业观念与专业体制上的不同有其复杂的原因。美国科技发展十分迅猛,社会需求操纵着整个科技流向。美国的教授们在社会竞争中为求自身的生存必须不断调整自己的航向以适应社会的需求,否则就要被淘汰。这种压力在中国科技教育界显然是不大感觉到的。其二,现代科学的发展促进了多学科间的交叉、渗透、融合,新的学科不断地在数个老学科的交会点萌生,多学科的内在联系,相互间的反馈与感应,在科技潮流中越益鲜明、强烈。这种发展趋势迫使科技人员放弃单打一,而注意学习多方位的知识,开展多方位的研究。很多难题往往本专业人员苦思冥想,仍不得要领,但经邻近专业一番旁敲侧击,则豁然开朗,迎刃而解了。其三,美国各大学专业与专业课程设置的科学性,为学生向多方位立体型人才结构发展提供了可能性。下面笔者试图以MIT材料系为例来说明美国大学专业与专业课程的设置是如何适应当代科技发展潮流的。

MIT材料系的大学生课程分三大部分。第一大部分是学校通用课程(占40%),其中数理化基础占41.7%,人文社会科学占50%,实验课占8.3%。第二大部分是系内通用专业理论基础课(占30.8%)。第三部分是专业课程

(占29.2%)。专业课程又分电子材料、陶瓷、金属与塑料四大方面。大学阶段,学生的专业方向不是十分明确,但是进入研究院后,专业方向通过硕士与博士论文逐步明确起来。硕士阶段,科研约占一半时间,但课程要求仍十分重。学校规定材料热力学与材料动力学为系内所有专业的共同理论基础课。在博士研究生阶段,大部分时间用于科研,但学校同时规定必须选修至少二门第二专业课程,用行政法规迫使学生获得较广泛的专业知识。由上可见,美国理工科教育体制有四大特点:1.人文社会科学课比例很重;2.重视专业理论基础;3.专业方向具有灵活性;4.确保专业课程的先进性。下面拟就这四个方作一论述。

人文社会课程比重大

人文社会科学课占大学通用课程50%,占全部课程20%。人文社会科学课程包括:美国史、世界史、人类学、经济学、哲学、英语文学、外国文学、音乐、政治学、心理学、宗教学、社会学、市政学、建筑学、妇女学、艺术史、科学史、电影史等。人文社会科学课程主要目的是帮助学生了解社会,善于与社会交流,向社会学习,将来毕业后能适应高度发展的现代社会的要求。现代科学技术发展的本身就要求科学工作者善于与社会相互协同、相互感应;既要善于融合渗透到社会潮流中去,又要能从中吸取营养,获得动力。钻在象牙塔中的个体作坊式的古典研究格局已不能适应现代科技社会的要求。

人们的知识第一是从实践中来(对自然科学者来讲,就是与大自然打交道);第二从书本中来(基本上与课堂上灌输的理论知识)。笔者认为,知识还有第三个来源,那就是社会中人与人之间的思维交流,思维之间的相互感应,相互作用。其具体表现为学术上的争

论、批评与反批评,课堂上的提问与反提问,论文答辩,学术交流与学术讨论等等。人们的知识在这种思维交流中得到印证,反驳,肯定、否定,校正,补充,延伸、提高……。错误的东西在这过程中消亡,正确的知识在这过程中发展,崭新的观点在这一过程中诞生。这种知识源泉在美国这个高度发达的工业社会中越来越突出。

大多数中国学生在美国给人的印象是学习成绩好,但动手能力较差。笔者认为,中国学生还有一个很大弱点,那就是社会交际能力差,不善于从人与人的思维交流这条途径获取知识。中国学生这种弱点不仅反映了从小学,中学到大学教育体制方面的缺陷,也反映了中国家庭与学校传统教育方面的弊病。不仅当前在校的理工科大学生缺乏人文社会科学方面的系统教育与实践,现在有些中学早早就分出什么“理工科班”,吃理工偏食,忽视全面教育,使青少年过早患上知识营养不良症。“唯有读书高”的中国传统思想使家长们与老师们自动联合起来,从小学开始就给学生“加食”、“填食”苦啃书本,只啃书本,似乎参与社交活动都是不务正业,浪费时间,都是不求上进,斜门歪道。以上种种片面的教育思想、教育方式只能制造出缺乏活跃思维能力的大批书呆子。

重视专业理论基础

美国理工大学不仅重视数理化基础而且十分强调专业理论基础课。大学阶段专业理论基础课学分占通用课程的30.8%,占全部理工类课程的38.5%,硕士阶段几乎全部课程都是专业理论基础。专业理论基础课不仅在数理化基础知识与实际应用专业知识之间架起了一座桥梁,而且给学生以后的多方位专业学习打下了牢固的根底。

国内大学也讲狠抓基础,但这基础主要是指数理化基础。重视

数理化基础固然完全正确,但忽视专业理论基础学习,却是完全错误。当我在清华时,国家正值困难时期,很多专业理论课都以“少而精”为由精简掉了,使我在以后的工作中碰了不少困难。后来进上海交大当研究生时,也缺乏扎实的专业理论基础学习。因此来美后,在研究工作中走了不少弯路。总之,不重视专业理论基础会造成数理化基础与专业实践脱节,在科研工作中难以广泛开拓思路和挖掘理论深度。某些材料领域的中国访问学者,在美国工作一段时期后,往往感觉到做实验得心应手,但钻研理论却很吃力,写出的论文就象实验报告一样,缺乏理论分析深度。这实际上就是专业理论基础薄弱的“临床症候”。

专业设置的灵活性

美国材料专业的大学生在四年中并没有明确的专业划分,只是重点培养学生适应材料科学与工程领域的有关知识与技能。但是,在课程安排中,有专业选修课,学生可以根据个人爱好来选修,其中不少课程是相当实际的(如具体的工艺与设备问题)。有些学生对工业界与科研界的实际工作饶有兴趣,学校就协助他们与公司联系并提供各种类型的半工半读的机会。研究生阶段虽然专业方向比较明确,但是学生仍然有充分的机会与时间去选择和变换专业。

相比之下,国内的专业划分似乎过早过死,这不利于学生个人才华与兴趣的充分发挥。一个高中毕业生刚走出中学门,进入大学门,对社会需求毫无概念,对专业内容也茫然无知,很难说会作出正确的专业选择。在学习过程中,他们的专业爱好往往会随着认识的加深而变化。用行政命令的办法,凭个别教师或领导的主观意见,大笔一挥,就定下学生的终身专业(职业),这种封建式的专断,极易摧残学生的个人才能,显然对四化

人才的培养极为不利。

课程内容的先进性

到目前为止,美国的科技发展一直在世界上保持着领先地位,作为科技发展巨大支柱的各教育系统总是紧紧追随着科技发展的洪流,不断地调整自己,以增强自己的竞争地位。MIT历年来不断淘汰旧的系、旧的专业,不断建立与扩展新系新专业。在MIT历史上具有悠久历史的营养系被解散了,而代之以新兴的应用生物系,不少老教授被迫转入其它院校。原冶金系被改造成材料科学与工程系,系里原金属专业逐年缩小,但电子,陶瓷等新兴专业不断扩大、发展。教授们的讲课内容不断用最新科技成果更新补充。

相比之下,中国的专业课程内容与世界科技发展前沿衔接很差,往往脱节;有的教科书还是50年代仿苏的老本子,有的讲课提纲数十年不变,这种情况显然难以培养第一流的科技人员。造成这种情况的原因之一是国内科研与教育脱节,大学缺乏科研经费,只搞以教学为主;而一些部委研究所,经费充足,只搞科研不搞教学。科研与教育的分离既不利于科研又贻误了教育。在美国,相当大部分的科研是由大学来完成的,而博士研究生与硕士研究生则是担负研究的生力军、主力军。研究成果多数以博士,硕士论文形式发表。大学的研究生们有坚实的理论知识作后盾,有各学科各专业作广阔的侧翼,研究生本人也都有明确的奋斗目标(学位论文),再加上年轻人特有的敏锐的思考、丰富的想象与无穷的精力,所以比起单打一的研究所来更易于在科研上作出突破。同时教授们在与学生的共同科研工作中,得到源源不断的知识反馈,有利于不断更新教学内容。一个普通而有趣的例子是:在国内,老师们发给学生的考卷事后总要收回,以备下次再用,(下转29页)

表2. 1985年部分国家和地区人均
能耗和单位产值能耗

	人均能耗 公斤油当量/人·年	单位产值能耗 吨油当量/百万美元国民生产总值
中 国	561	2216
中国台湾省	1798	521
南 朝 鲜	1212	531
新 加 坡	5792	871
印 度	267	1083
埃 及	609	871
阿尔及利亚	1056	405
科 威 特	6667	333
巴 西	1108	692
墨 西 哥	1243	509
加 拿 大	8589	633
美 国	7280	436
日 本	3079	279
联 邦 德 国	4477	434
法 国	3595	389
英 国	3659	462
挪 威	8289	600
苏 联	4750	
民 主 德 国	6157	
匈 牙 利	3046	

资料来源：英国经济学家情报组织《1986/87能源年鉴》

的5 000万亩扩大到8 500万亩。沼气池达到540万户。农村严重缺烧的状况正在逐步得到改善。

其次是农业生产用能。现代农业已成为高耗能产业。美国人工农业时期(1910年)，生产1卡路热的食物只需投入1卡商品能源，现在要投入10卡。

我国80年代以来，随着农业生产的大发展，耗能量急剧增长。据国家经委、中国科学院能源研究所专家的研究，目前我国粮食作物单位面积投入的能源，已经超过美国。这意味着我国已进入高耗能农业时代。因此，必须大力发展生态农业和农业节能技术，扭转这一趋势。

第三，近年迅猛发展的乡镇工业能源消费量直线上升，1980~1985年平均每年增长23.7%，1985年消费量达1.21亿吨标准煤。

1986年，乡镇企业产值首次超过农业产值。

与此同时，农村商品能源消费量首次超过非商品能源消费量。这一重大转变是农村商品经济发展的必然结果，它标志着农村经济和社会发展进入了一个新阶段，同时也产生了新的问题。乡镇工业企业大都采用老工艺、旧设备，平均单位产值能耗比国营企业高50%以上，各地区乡镇工业单位产值能耗相差悬殊，差额达30倍。

乡镇工业是建设有中国特色的社会主义的重要组成部分，有很强的生命力。其能耗和效益需要从经济、社会、环境等方面进行综合评价。在我国，卫星和牛车并存这种双重技术结构将长期存在。因此，乡镇工业较高的能耗是难以避免的，也不一定是“不合理”的。重要的是应该加强调控、引导和技术支持，帮助农民科学管理和使用能源。

顺应改革和开放的新形势，研究如何从以非商品能源为主的经济转向以商品能源为基础的经济，应是制订农村能源发展战略和政策的基本出发点。

我国现代化的“新长征”面临长期的能源问题。我们应该探索解决能源问题的更有效的途径，正确的战略选择要兼顾当前的需要和长远的目标，根本的出路在于进一步改革和开放，“六五”的实践给我们增添了信心。我们已经建立了比较完整的占世界第三位的能源系统，经过不懈的努力，中国会迎来一个光明的能源前景。

(上接59页)但是美国教授给学生的试卷从不收回，还给出标准答案，因为教授们在不断搞科研，科研中遇到的问题很快就变成了新的试题。考试题年年更新，当然就用不着保密了。

以上仅是初步研讨了美国大学与研究生院中材料科学专业设置的基本情况。以及和中国的对比。当然，我并不主张中国的教育体制改革要照抄照搬美国的模式，但是通过比较与思考，可能会得到一些有益的启发和借鉴。