

上海交通大学的工程教育

谢绳武

上海交通大学

上海交通大学始建于1896年。早在20世纪二、三十年代，交通大学为实业救国，即开始兴办工程专业。三十年代后期逐步形成理、工、管三个学院鼎立的局面。1952年和1956年由于院系调整和西迁，交通大学的上海部分只剩下机电、造船等工程专业。七十年代后期，上海交通大学恢复理科和管理学科，新建人文学科。九十年代以来向着综合性大学目标发展。但是从目前来看还是以工程学科为主：在我校现有19个学院中有7个为工程学院，现有16个国家重点学科中有13个为工程学科，现有57个博士点中有41个为工程学科点，现有16个博士后流动站中有13个为工程学科。目前我校在校全日制学生近25000名（包括14000名本科生，9400名研究生，1200名留学生），其中工程专业学生约占50%。

上海交通大学的工程教育作为学校人才培养的重要组成部分，一方面集中体现了上海交通大学优良的办学传统，另一方面也直接反映了我校近年来在人才培养方面取得一系列的重要成果。

一、继承和发扬交大办学传统，形成明确的人才培养目标

在百余年的办学历程中，上海交通大学逐步形成了自己鲜明的办学理念和办学特色。“饮水思源、爱国荣校”是我校的校训，“努力拼搏，敢为人先，与日俱进”是我校的精神品格，“起点高、基础厚、要求严、重实践、求创新”是我校的教学传统。这些办学理念和办学特色为我校人才培养奠定了坚实的基础。以“基础厚”为例，我校强调，本科生在校期间主要是打基础，为今后攻读研究生和工作做好知识结构、学习能力和思维能力等各方面准备。交大历来重视数理基础，数学课、物理课被称为“霸王课”，学时多、要求严。最近学校又提出要进一步加强对数理基础，增加全校学生数学分析和固体物理知识。有些专业如材料、电子等，按物理系学生要求。再以“要求严”为例，我校于1999年提出了“提高博士生论文质量八项制度”，包括：开题报告查新制度，中期考核制度，预答辩制度，创新性一票否决制度，高水平论文发表制度，学位申请一次不通过率制度，优秀论文评选制度，学位论文抽查制度等。

近年来，为了适应高等教育面临的机遇和挑战，通过学习和实践，我校进一步明确了教育观念的“三个基点”，即素质教育、终身教育和创新教育。其中素质教育的核心是加强德育，终身教育的核心是优化基础，创新教育的核心是因材施教，尊重个性。同时，提出要推动人才培养的“三个转变”，即专才向通才、教学向教育、传授向学习的转变，分别体现人才培养目标、模式、过程的转变。在此基础上，我校提出了人才培养的总体目标：通过几年大力度的投

入、改革和建设，逐步形成科学、系统、高效的创新人才培养体系，成为我国培养德、智、体、美全面发展，知识、能力、素质协调统一，具有创新精神和实践能力的“宽厚型、复合型、开放型、创新型”高级人才的重要基地，在人才培养的总体水平上名列国内前茅、亚洲先进，并在若干方面达到或接近世界一流水平。

二、拓展教学平台，为培养复合型人才创造条件

构筑教学平台是实现“基础厚”的主要措施，为此，我们进行了以下改革：

首先是修订培养计划。学校分别于1998年和2001年进行了两次全校范围内的培养计划的修订工作。1998年是国家本科专业目录调整后的一次修订，重点是拓宽和整合，专业数从原来的50个减至34个，调减幅度为32%，其中工学类专业调减幅度为44%。2001年是按照推进和完善学分制的要求而进行的修订，新的培养计划要求选修课的学分数占总学分的30%以上。在按理、工、文、管、农等学科门类构建基础教学平台的同时，还分机类(包括机械、动力、材料、船舶、土木等)、电类(包括电子、电气、信息、通信、控制等)、综合类(包括生、化、药、农、环境等)和文管类等类别构建了若干大学科教学平台。

第二是学科和专业的整合。2001年，管理学院将工商管理、会计学、人力资源管理、旅游管理等整合为工商管理，农业与生物学院将原8个专业整合为5个专业。今年年初，学校将原电子信息学院和电力学院合并，成立电子信息与电气工程学院，将原机械工程学院和动力与能源工程学院合并，成立机械与动力工程学院。这种学科和院系体制的调整今后还将继续进行，目的是按更宽的学科平台进行招生和培养。此外，我校每年增设若干新专业，先后增设了环境工程、生物工程、日语、行政管理、电子科学与技术、光信息科学和技术、信息安全工程、软件工程、药学、临床医学等。今年，经教育部批准，我校成为具有自主设置本科专业权的全国六所高校之一，这为我校进一步调整专业结构，更快适应市场需求，形成自主办学、自我约束的良性机制，创造了更为有利的条件。

第三，允许学有余力的学生选学第二学位。现代社会由于科技发展迅速，学科交叉融合，仅有一个专业的知识和能力已经难于适应社会的需求。目前大约有2/3的学生选学第二学位，其中50%可获双学士学位。跨学科选学课程的现象也十分普遍，全校几乎全部学生选学“现代生物学导论”，工科学生也可选学文、管、经贸等方面的课程。在研究生阶段，鼓励学生到研究院、中心等交叉基地中开展科研工作。最近学校成立了设计与媒体学院，鼓励培养文科—工科(信息)交叉的学生。

三、重视实践能力的培养，启迪学生创造性思维。

“重实践”是我校的教学传统之一。在国家“211工程”和“985工程”的支持下，我校建成了一批基础课教学基地、实验中心和现代教育技术设施。七个基础实验室首先通过了教育部委托上海市教委主持的“双基评估”，工科物理、数学两个基地通过了国家教育部组织的中期评估，文化素质基地正在接受评估。最近，教育部又批准我校建立“国家生命科学与技术人才培养基地”。

在这些实验基地和中心的建设中，我校特别注意提高综合性、设计性实验的比例。目前综合性、设计性的实验比例已从原先的17%左右提高到40%以上。其中物理实验室引进的PASSCO和LAYBOLD系列实验，可由学生自由设计组合成各种实验，如23套PASSCO可组合成150种左右实验，从而大大提高了学生进行实验的兴趣。目前物理、电工电子、机械、化学化工等实验室实行或部分实行了学生自由选择实验科目和时间，实验室全天候开放的制度。

我校新修建的“工程训练中心”，建筑面积超过9000平方米，可同时接待800名学生实习，形成机械制造、电工电子、先进制造技术、智能控制、创新实践五大模块。交大每个二年级的学生都必须在工程训练中心受训。除传统的车、钳、刨、铣、磨、铸、锻、焊、热处理，还有CAD、线切割、电子与电工训练。2001年工程训练中心完成的训练任务达到35万学时。

学校安排工科学生在三年级进行生产实习，四年级结合科研或生产实际做毕业论文或毕业设计。为了启迪学生创造性思维，我们给工科学生开设科技史课程，建立物理开放演示实验室，筹建航运史、造船史博物馆，还广泛开展学生科技活动，实施PRP和PEP项目，鼓励本科学生特别是低年级学生早期进入科学研究和实验研究，培养动手能力和创新精神。

四、提倡个性教育，正式启动新一轮学分制改革

我校从2001级学生开始实行完整意义上的学分制改革。允许学生自由地选科、选课、选师、选时。这一改革推动了教学改革的深入和“以学生为中心”思想的树立。3400多名同学上学期和本学期的选课，一次成功。管理软件的开发也取得了很大进展。情况表明，学分制有利于激发学生主动学习的热情，推动学生个性的发展，使教育主体有更多的自主权和选择权。

推行和完善学分制改革以来，得到了绝大多数师生的拥护、支持和配合，这些是学分制取得进展的基本因素。推行和完善学分制的主要目的是：一是尊重学生的选择权，让学生自主学习，自我发展，使个性和潜能得以充分发挥，培养创新人才；二是调动教师教书育人、教学改革的积极性；三是提高管理水平、管理效率和信息化程度，建立教学管理新体系；四是实行教学资源在更大范围内的优化、合理配置；五是推进国际化进程。我们认识到，实行完整意义上的学分制，是教学管理领域的一场革命，不少管理人员和教师的观念有待更新，管理软件的开发任务还很重，这些都有待我们在今后的工作中进一步努力和完善。

五、开展与世界一流大学的实质性合作，推进国际化进程

开展与世界一流大学的合作和交流，特别是人才培养方面的实质性合作，积极推进国际化进程，是我校创新人才培养体系的重要内容，也是学校发展的一大战略。2000年8月，我校与美国密歇根大学签署了共建上海交通大学机械学院的协议，并经教育部正式批准。参照密歇根大学的培养方案和课程体系，实行机械工程学科“4+2+3”的人才培养模式。目前已有三届212名学生参加本项目，先后已有12门课程用外语讲授，其中8门由密歇根大学教授讲授。派往密歇根大学进修的前二批9名青年教师已经回国，每人带回了1—

2门课程，目前第三批4名教师仍在密歇根大学进修。该项目实施两年来，受到教育部领导和各高校

的广泛关注以及学生的热烈欢迎，大大提升了我校机械工程学科的地位、人才培养的水平和国际化的进程，并因此获得了PACE项目总价值2.2亿美元的设备和软件的支持。由倪军教授和李杰教授倡导，机械学院建立了跨国工业创新中心(IIC)，已有美国GM、RA、JC，日本TOSHIBA，中国海尔等10家国际著名大公司加盟该中心。美国通用汽车(GM)还在我校机械学院建立了中国也是亚洲第一个汽车卫星实验室。

学校要求和鼓励每个二级学院与国外著名大学合作办学，联合培养创新人才，加强师资队伍建设，推进双语教学和国际化进程。目前，我校管理学院与加拿大UBC、香港科技大学、新加坡南洋理工大学，材料学院与英国伦敦大学玛丽女王学院，电信学院计算机系与澳大利亚悉尼大学，网络学院与日本庆应大学、韩国延世大学以及我校与法国四所中央理工大学等都正式签订了人才培养的协议，开展学分相互认可、联合授予学位的实质性合作。

同时，学校在“985”项目中设立专项，支持教师使用外文教材、用外语授课的改革，目前已有包括高等数学、大学物理在内的约80门课程用外语授课，明年为100门左右。我校留学生也明显增多，2001年底在校生已超过1200人，留学生规模进入全国高校前六名。

六、提倡全面素质教育，提升学生的人文素养

为了培养德、智、体全面发展，知识、能力、素质协调统一的高层次人才，学校注意实行科学教育、工程教育与人文教育的融合。在人文教育方面，除开设德育课外，还开设了文学、艺术、音乐、科技史等选修课程，建立“程及美术馆”，积极支持学生组织交响乐团(代表上海大学生)、管乐团(去年获世界音乐比赛业余一等奖)和各种社团，邀请高雅艺术团进校演出，举办名人、名流讲座等，以此陶冶学生情操，提高其人文素质。同时还在每年暑假组织学生赴偏远地区进行社会实践，让学生在投身社会的过程中得到锻炼和成长。

上海交通大学的工程教育以我校优良的办学传统为基础，在正确的办学方略的指导下，通过采取一系列积极有效的措施，形成了自己的办学特色，取得了丰硕的成果。2000年11月，教育部组织了对我校本科教学优秀评估，给予高度评价。2001年1月，教育部明确上海交通大学为“本科教学工作优秀学校”。继2000年和2001年我校分别有2篇和3篇博士论文入选为全国百篇优秀博士论文之后，2002年又有4篇博士论文被评选为全国百篇优秀博士论文。我校学生在一系列国际、国内大学生重大比赛中取得了优异成绩：2001年7月，在荷兰举行的“第14届世界管乐大赛”上，我校大学生管乐团以优异的成绩获得一等奖；2001年8月，在FIRA2001机器人世界杯比赛中，我校机器人足球队获得中型全自主项目(RoboSot)的冠军；2001年9月，在“全国大学生数学建模竞赛”上，我校获得一等奖2项、二等奖2项，名列全国高校前茅；2001年9月，在第21届世界大学生运动会上，我校乒乓球队获男子团体冠军、男子单打冠军、男子双打冠军、男女混合双打冠军等3.5块金牌；2002年4月，在美国西雅图举行的“第四届全球商务挑战赛”上，我校管理学院代表我国高校商学院第一次应邀参加该项赛事，即以优异的成绩夺得亚

军；2002年3月，我校大学生参加在美国夏威夷举行的“第26届ACM国际大学生程序设计竞赛”，这是国际计算机领域面对全球大学生的最高水平竞赛，在全球67个国家、3082个团队预赛的基础上，27个国家的64个团队进入总决赛，我校大学生以优异的成绩一举夺得全球总冠军。

虽然我校在工程教育的实践和探索中取得了一些进展，但与国家的要求相比，与我校人才培养的总目标相比，与国内其它兄弟院校相比，特别是与世界一流大学相比，还有很多差距。上海交通大学愿与国内各兄弟院校和全球教育界的同行一起，不断探索，与时俱进，为我国高等教育事业的发展和科教兴国战略的实施，为高等教育的全球化和优质教育资源在全球范围内的共享做出应有的贡献。

工程教育中的网络教学:技术与教学法的相互作用

杰克·M· 威尔逊

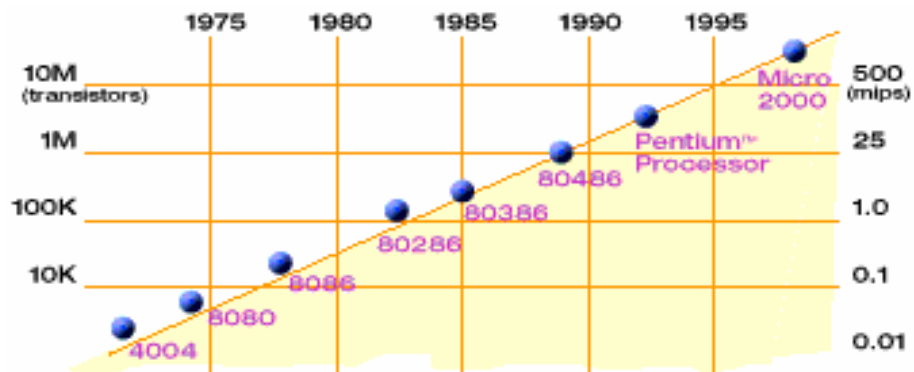
麻省网络大学首席执行官

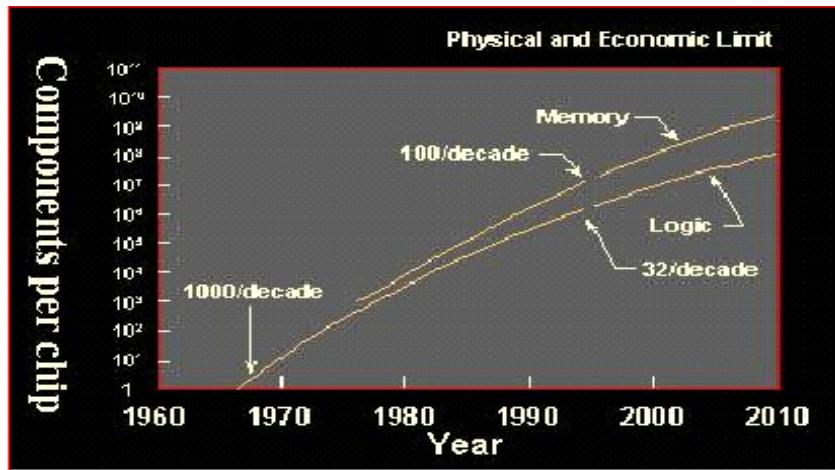
计算、通信与认知

过去的二十年中，在计算、通信和认知领域中，人们领略了许多非凡的进步。有三条主要的法则可以概括前两个领域中的进展。

莫尔法则

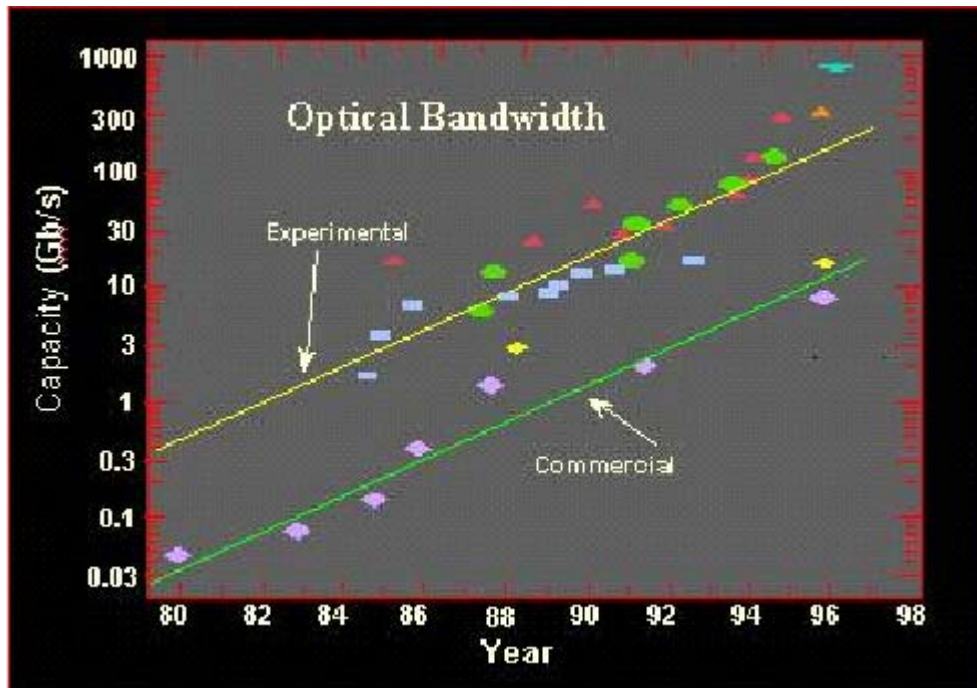
CPU的性能每十八个月翻一番，这就意味着同一时期内消耗的计算资源只是原来的一半。





带宽法则

带宽成倍增长速度越来越快。值得注意的是：商用带宽与实验带宽相比要滞后6年的发展时间。这说明在可预知的将来，我们可以看见带宽继续成倍增长，因为至今实验带宽仍在持续成倍增长。

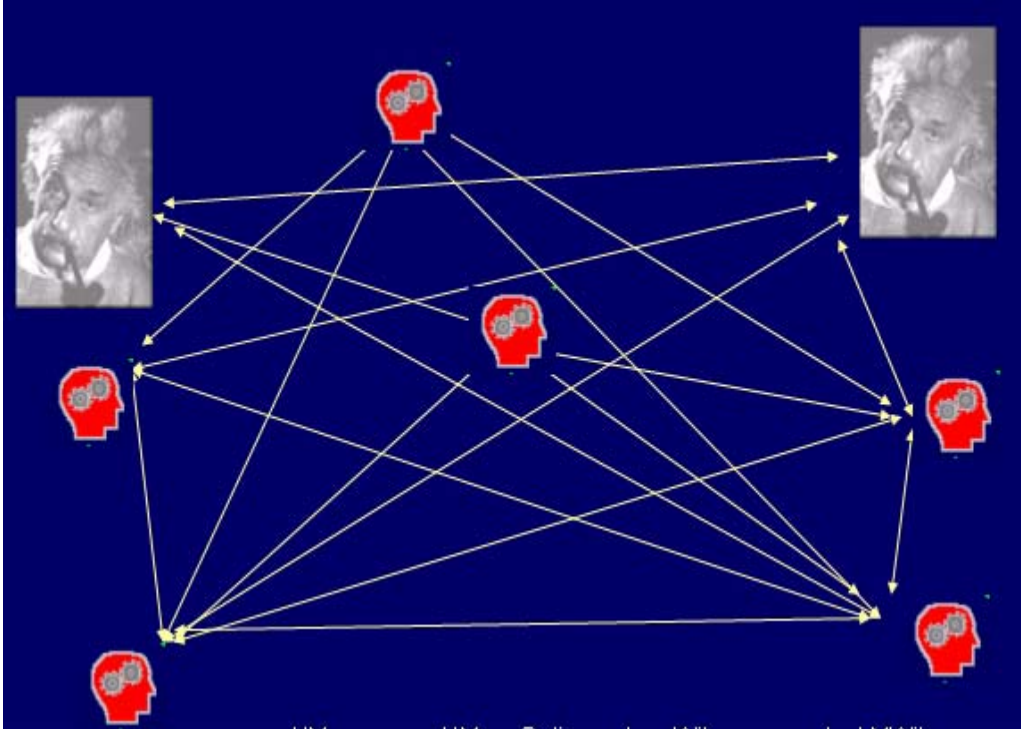


麦特卡福 (Metcalf) 法则

网络的规模等于 n^2 。这里 n 等于与网络相连接的人（计算机）的数量。该表达式源于数学表达式 $y=n(n-1)$ ，即 n 个相互关联的物体之间的相互作用次数为 y 。由于 n 在大多数的情况下都很大，所以 y 可以约等于 n^2 。该法则以鲍勃·麦特卡福（Bob Metcalf）的名字命名的。他原是麻省理工大学的科学家和以太网和3

Com公司的创始人。他重视计算机的网络价值，但是麦特卡福法则似乎适用于各种不同价值，如经济上的、社会的、计算上的等等。

麦特卡福法则令最近电子商务中的某些最愚蠢的行为变得疯狂。有人解释说这就是意味着，公司应该仅仅着重于创建多用户网络而不是只强调如何从网络中榨取经济价值。从美国Netscape公司Amazon.com公司等许多公司发现麦特卡福法则不足以克服拙劣的商业策略所固有的弱点。



认知科学领域中关于人如何学习的研究是：20世纪最后二十年中人们对计算领域兴趣不断增加的直接结果。因此许多高校不得不重新考虑他们的教育改革方向。Rensselaer就是最著名的例子之一。计算、通信、认知所引发的改革不可避免地走上创建网络大学之路。麻省网络大学就是其中最成功的例子之一。其他的还有宾西法尼亚世界大学，伊利诺斯大学，马里兰大学等。

麻省网络大学即马萨诸塞州在线大学是一个包括马萨诸塞州的所有大学的系，科，院以及师资和资源的一个联合性的大学。该大学为不能进入实际大学的专职工作人员提供本科和硕士学位课程，特殊认证课程和其他非学分课程。2001-2002年度的总入学人数是9164人，其中仅仅包括新入校的学生，还有数以万计的在校学生也参加了在线课程学习。麻省网络大学创造了694万美元的学费税收，这些钱可以用来资助大学的研究和教育项目。目前，它仍在以每年56.3%的速度增长。麻省网络大学还吸引了243万的助学金。目前，麻省网络大学拥有17个本科生项目和12个研究生项目。

在采用新技术改善学习环境方面，90年代美国最活跃的大学是RPI。1990-1999年由RPI引出的重组策略包括：

- 变大型讲座为录音室授课
- 创建每学期四种学科的4 X 4课程
- 通过分散式学习扩展新的市场
- 学生移动计算机：即要求每个学生有一台手提电脑
- 设立技术创业课程

教育改革进程中固有的困难就是：课程重组不能中断学生的学习过程，这就如造一架正在飞行的飞机一样困难。不论是形成性的还是累积性的系统评估都势在必行。

录音室教室

录音室课程理念是把教师作为主角的教室变成学生承担主要工作的地方。学生们在报告厅中一般做什么(至少在美国)?好学生注意听讲,记笔记,或许还会提几个问题。其他多数的学生还没有这么勤奋。他们可能会作白日梦,看其他书,甚至根本不去听课。录音室有什么不同呢?在录音室中,学生们成为“主角”,他们自己“表演”而不是让教师们表演。这就是虽然简单但却是重大的区别。

在工程和自然科学方面,

“表演”指的是学生研究解决问题,分组讨论,做实验和参加其他一些活动,而不是仅听讲座。工程录音室里包括分析、模拟和实验研究。录音室不强调(不是消灭)讲座。录音室把讲座、复述和实验经历融合到一起。他们经常在,如圆形教室剧场,中使用构成主义者的方法,还会结合多媒体教学课件。这些课程的远程版本多使用多点视频、音响和组合设备。

通过类比计算机系统,有人也许会把传统的教学方法描述成大型机方法。这个大型机方法可以看作拥有所有能量,学生相当于计算机设备的终端,从大型机中获取能量。讲座和其他的面对面的课程也大多如此。许多远程学习课程也是采用同样的方法,就相当于把报告厅的后墙向后推出几千公里。

我们现在知道有更好的方法创建学习环境,不论是面对面还是远程的。根据麦特卡福法则建成的分散式协作模型是要在相互学习的学习者或学习社区之间建立的学习网络。

当有人听见关于在线教学环境中教授学生如何困难的故事时,这往往是因为说话者使用陈旧的方法组织他(她)的课程。高等教育年鉴中叙述了好几个像“24小时教授”之类的例子(高等教育年鉴2002年3月31日),这些是用来说明不该组织什么样子的在线学习环境的非常好的例子。精心设计的教学环境能更好地利用合作学习,同龄人学习,并尽力创造学生之间的相互促进,而不是学生与教师之间相互促进。

Rensselaer的录音室教室策略,分散式学习以及其他改革得到了国家的多项赞誉,其中包括:

- 1995年,海斯伯格(Theodore Hesburgh)本科教育创新奖
- 1995年,波音公司杰出教育家奖
- 1996年,Verizon通信公司奖
- 1997年,Pew公司杰出教育奖
- Pew中心的学术转型奖金880万美元

为了给学生的学习经历造成巨大影响,RPI着眼于大班的入门课程,这包括:

- 微积分 (1100学生)
- 物理 (750人)
- 化学 (650人)
- 工程分析入门 (650人)
- 经济学 (300人)

后来，录音室教育模式也应用到许多其他本科生与研究生课程，尤其是电子，计算机，系统工程方面。

最初的大课包含2个讲座，25到30个详述式指导和30到40个实验。录音室模式预想要用12到15个录音期(每次用48到64个学生)来代替上面的讲座，指导等等。每个录音期长达两个小时，用以下方式组织：

- 20分钟，问题讨论
- 40分钟，小组动手活动
- 10分钟，讨论
- 15分钟，分组活动
- 15分钟，小讲座:形式主义
- 5分钟，总结

1. 将传统教室与录音教室对比，我们可以看到录音教室实际上缩短了课堂上花费的时间，却提高了交互学习水平。

传统教室	录音教室
学时:4小时	学时:4小时
交流时间:6小时	交流时间:4小时
2小时讲座	4小时录音学习
2小时详述	(包括实验，解决问题等等)
2小时实验	

90年代末，电子，计算机和工程系决定把所有大班课程(大于50人的班)改成录音室教室教学模式。时间安排由设备可利用率决定。这虽然会减少传统的实验课程，但不会削减实验经验本身，相反却能把实践经验融入到录音教室中。因此，理论课程和实验相就会合并。更重要的是，这一改变会给本没有实验课的教学内容中增加动手实践。根据电子、计算机、系统工程学会前任主席威廉·詹宁斯(William Jennings)所说，这些需要转型的课程包括：

- 循环录音室—1500英尺 2-42名学生
- 检测仪表录音室—1200英尺 2-36名学生
- 计算机录音室—1200英尺 2-36名学生
- LITEC录音室—1500英尺 2-44名学生
- 控制录音室—3600英尺 2-72名学生
- 十二个原教室
- 计划更多

其他的一些例子包括：

计算机部件与操作

计算机结构、网络和操作系统

嵌入控制实验入门

电路

模拟电子学

微电子技术

数字电子学

电子监测仪表

场和波

信号与系统

离散时间系统

控制系统工程

更多.....

和物理学一样，电子，计算机科学和系统工程也要每周两到三次课，每次两个小时的录音室教学。课堂活动包括：

小讲座

发现练习

模拟练习

交互讨论

动手实验

分析问题

物理录音教室是最早、最大的录音教室计划之一，它利用的特殊软件工具包括：

微型计算机实验室

非模拟！数据获取

摄影工具

交互讲座演示

模拟器

解决问题

据作者介绍，物理录音室课程的第一天就是以学生们在计算机前跑来跑去开始的！他们使用微型计算机实验室的硬件和软件(MBL)来测量他们的距离，速度，加速度和时间等。学生被要求绘出并且预测出距离、速度、加速度相对于时间的曲线图，并能够根据变量不同将曲线图的一种形式转化成另一种形式。

机械学摄影工具是最受欢迎的工具之一。人拿摄像机拍下运动物体，直接输入到学生的计算机中，将资料数字化，并用摄影工具测量、分析。他们也可以用该工具追踪测量物体在二维坐标中的运动。事实上，可以在课堂上现场完成这些活动，这极大地刺激了学生的学习积极性。

我们还可以使用模拟器，但是使用中要小心不能让模拟代替了真实物理现象的测量。我们常常实验和模拟器同时进行，两者都说明了理论和近似的力量，说明了任何的数学模型都有其局限性。

有兴趣的读者会希望从网上看两个模拟实验的例子。

量子井: <http://www.jackmwilson.com/JavaJackPrograms/SquareWell.html>

钟摆运动波形: <http://www.jackmwilson.com/JavaJackPrograms/Pendulum.html>

许多人认为录音教室的高额费用是高校中的推广使用录音室的障碍。实际上，录音教室的费用相对于学校中的许多传统项目的花费相当或者甚至更低。典型的费用对比显示：

1. 台式电脑室:100000美元
2. 手提电脑室:25000美元
3. 预计寿命:5年(十个学期加暑假)
4. 分期偿还费用:每门课10000或者2500美元
5. 每学期可供500名学生使用
6. 每名学生的费用:20美元或者5美元

传统的每门课程每个学生要花费1000到3000美元，因此对于整个项目开支的少量增加是合理的。事实上，这比教科书的费用要少得多。

最后，很明显最好的方法是每个学生都有一台随时可以使用的手提电脑，我们称之为学生移动计算机初始。它包括：

- 手提电脑
- 4年的试用期
- 费用交叉
- 4年的采用周期
- 学生的反应
- 教师就绪
- 可支付能力和渗透力的关键

对于每一门课，我们采用一定的评估标准。例如：

- 传统考试中学生的成绩
- 学生出勤率
- 认知测试中的学生成绩
- 解决问题上的学生成绩
- 学生对于课程的态度
- 学生的记忆力
- 教员对课程的态度
- 学生在以后课堂中的成功

评估结果令人振奋：

- 重大提高：学生的满意程度
- 重大提高：教师的满意程度
- 同样或更好的常规考试成绩

- 评估周期一年
- 出勤率显著提高
- 支出费用得到控制
- 不断进行的纵向研究

ECSE具体结果表明在其他课程中包括:

- 出勤率更高
- 课程评价提高
- 教师评估提高
- 有些学习上的改善
- 计算机能力和实践能力提高
- 学生和教师都喜欢它。

很多机构都采用了录音教室教育模式, 这包括(但不限于):

阿姆斯特丹大学(<http://www.science.uva.nl/research/amstel/>)

宾夕法尼亚州立大学(<http://www.science.psu.edu/facaffairs/strategic.htm>)

(<http://www.psu.edu/ur/archives/news/GE.html>) (<http://dps.phys.psu.edu/about.htm>)

亚里桑那州立大学(<http://www4.eas.asu.edu/phy132/>)

印第安纳州立大学(<http://physicsstudio.indstate.edu/>)

加州理工大学(圣路易斯欧比斯普) (<http://www.cob.calpoly.edu/Evan/polyplan/polyplan.htm>)

(<http://chemweb.calpoly.edu/phys/>)

俄亥俄州立大学(http://www.physics.ohio-state.edu/~ntg/26x/2064_pictures.html)

阿姆斯特丹大学(<http://www.wins.uva.nl/research/amstel/>)

新安普敦大学(<http://einstein.unh.edu/academics/courses/>)

澳大利亚Curtin理工大学 (Australia) (<http://www.physics.curtin.edu.au/teaching/studio/>)

达特默思大众大学(<http://www.aps.org/meet/CENT99/BAPS/abs/S3455002.html>)

科罗拉多矿业学院(<http://einstein.mines.edu/physics100/frontend/main.htm>)

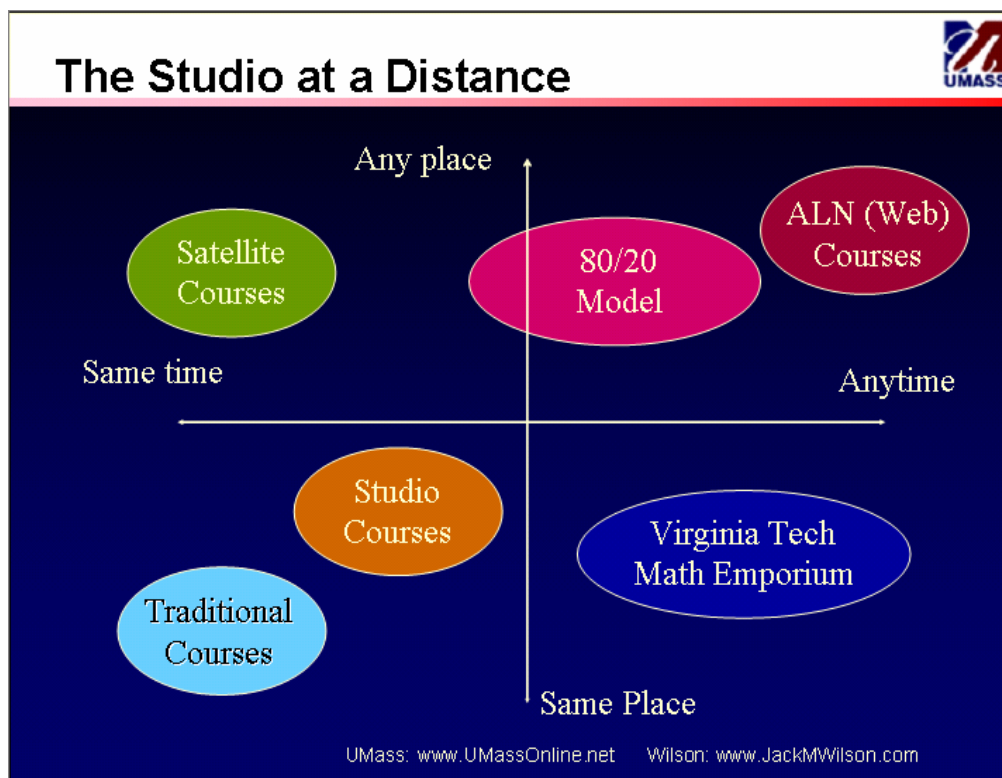
加拿大亚凯迪亚大学 (<http://ace.acadiau.ca/math/boutilie/>)

桑塔巴巴拉城市大学(http://www.cs.sbcc.net/physics/redesign/final_report/reportb.html)

分散式、远程、在线和终身学习

在美国工程学会举办的国际工程学院院长会议上, 作者(威尔逊)与摩托罗拉总裁克里斯托福·凯尔文在一起时, 总裁说:“我们不再雇佣仅有四年学历的毕业生, 我们想要有四十年学历的雇员”。这句话说明公司领导人是多么看重员工的继续教育, 将其看作最为重要的因素。这便是在许多工科大学中发展远程教育, 分散式教育和在线教育计划的主要动机之一。公司变成了学习的公司, 而大学也随时准备提供帮助。

作者花费入多年精力通过多所高校和多家公司来发展以远程录音教室为基础的新的学习环境。



远程录音教室是90年代发展起来的最有影响力的模式之一。以上的图表比较了各种学习模式在时间和空间上的灵活程度。传统的课程最不灵活，它要求学生要在特定的时间和地点(同时同地)学习。完全非同时性的在线课程是最灵活的模式，学生允许在任何时间，任意地点学习。卫星或视频讨论课程虽然可以打破距离的局限，但必须满足同时活动的需要。另外，佛吉尼亚科技公司（Virginia Tech）开发的数学商业中心或Rutgers开发的物理商业中心，能够允许学生在任意时间到一个类似的录音室的设备前学习，因此这是一个不限时间，但要在相同地点的学习模式。

笔者最终开发了一个结合网上现场交流和ALN课程典型异步交流的混合课程模式。在AT&T公司的支持下，他实现了被称作80/20模型的学习模式。该种模式包含80%的异步活动和20%的在线同步活动。实际数字决不是固定不变的，这只是说明该模式主要是异步的，同时也包含一小部分同步或者在线活动。

笔者在此领域的研究加上他在IBM公司和AT&T公司作的咨询顾问的经验，最终使他投入到发展为网上合作学习提供服务的强大软件。他把这些资产分派组成一个商务公司，他在其中任创始总裁和唯一董事长。90年代，该公司发展成为此类软件的主要供应商。他虽然于2000年离开该公司，但该公司继续在纳斯达克股票交易所注册为上市的企业运作，注册名称：蒙特利公司。

该种合作学习环境的设想包括：

- 通过标准的装有利于现场视听交互学习的多媒体工具的电脑传输信息，这些电脑与强大的IP广域网络相联接
- 同步活动和异步活动相结合

- 载有多媒体材料的网络和光盘的使用
- 为计算机辅助设计、符号数学、电子表格、文字处理等提供支持的专业软件工具的使用

- 现场学生与教师的视听交流
- 教师与学生的电子邮件交流
- 小组讨论
- 网上共享的应用合作软件
- 网上丰富的资源的获得
- 学生“pass the floor”的能力允许他们在活动中起到班级带头作用
- 课程管理软件跟踪学生的进步过程
- 在传统环境和工作场所中的学生课堂
- 具有全球视点和全球观众的课堂

为了实施这一教学计划，我们需要制定一个部署策略。本质就是在我们合作伙伴的全球化进程中跟上他们的发展脚步。例如，我们跟随通用汽车公司开到了墨西哥，卢森堡或者其他地方。我们决定把重点放在工程学、管理技术、计算机科学和信息技术上，为之提供新的，旧的和领先的边缘技术。

我们能够在已经运行十年的RSVP计划的成功上添砖加瓦。1993年，该计划被Telecon公司命名为美国“杰出的远程教育方案”；1996年，USDLA公司嘉奖该计划为杰出工业与大学的合作。该计划拥有参加学分/学位课程的研究生水平的学生944人，短期培训班更多的学生。我们正致力于将这种教育方式带到工场里，我们也确实在如下公司应用了，通用汽车公司、IBM公司、Lockheed Martin公司、AT&T公司、Lucent公司、Con ED公司、GE公司、UTC公司、Pratt&Whitney公司、福特汽车公司、Intel公司、Applied Materials公司、Matsushita公司、Bugle Boy公司、Albany国际公司、Key Bank公司和其他一些公司。

在Umass公司，我们还有个类似的项目叫做VIP，我们是国家科技大学的创建人之一。VIP提供的课程有：

- 工程与应用科学职业教育
- 电子与计算机工程硕士和博士
- 工程管理硕士
- 计算机科学硕士

麻省网络大学公司正式建立于2000年。威尔逊任首席执行官。它是在现有大学的成功基础之上建立的，因此很快成了新英格兰最大的在线大学。

- 2001到2002学年招生9164人
- 端口：www.UMassOnline.net
- 2001年春天开办
- 基本可与普通大学并驾齐驱
- 通过MITI (Massachusetts Information Turnpike Initiative) 运营
- 获得225万美元的IT债券基金与MITI建立合作伙伴关系共创全州教育平台

- 最终向所有州立教育机构开放
- 25个学位和认证授予课程
- 学士学位、硕士学位和认证课程
- 今年秋天又增加12个新课程方案
- 3个方案被2001年10月15日发布的美国新闻和世界报道评为全优在线教育方案
- 工商管理硕士—麻省网络大学阿姆赫斯特分校
- 教育管理硕士—麻省网络大学罗尼尔分校—教育管理理学
- 公众健康硕士—麻省网络大学阿姆赫斯特分校—公众健康学

我们的教育方案旨在服务于社区，重点放在特殊领域工场的发展并且这些地方迫切需要专业继续教育。例如：

- 信息技术学士
- 信息技术硕士
- 护理
- 工商管理硕士
- 大众健康硕士
- 文学硕士
- 学位完成者及其他

硕士学位设置包括：

1. 理科教师教育学硕士
2. 计算机科学与工程硕士
3. 咨询教育学硕士：学校指南
4. 理科(护理)硕士：社会/学校健康
5. 教育管理理学硕士
6. 工商管理硕士专业教育方案
7. 大众健康实践领域的公众健康学硕士
8. 认证：适应所有学习者的课程框架
9. 临床病理认证
10. 商业基础认证
11. 教育法设计认证
12. 光电子学认证

本科学位设置包括：

1. 文学学士
2. 饭店、餐馆和旅游管理理学学士
3. 信息技术理学学士
4. 信息技术理学学士：商业辅助专业
5. 理学学士：护理专业
6. 理科在信息技术中的辅助作用
7. 通信研究认证

8. 当代通信认证
9. 数据与电信认证
10. 信息技术基础认证
11. 网络开发认证
12. 在线通信技能认证
13. 多媒体应用认证
14. 社区媒体与技术认证
15. 刑事公正学
16. UNIX认证
17. 管理艺术基础认证
18. 塑料技术认证
19. 专业写作认证

RPI和麻省网络大学都采用技术包括：

1. 卫星摄像机
2. ISDN视频会议讨论
3. 光盘刻录
4. 邮寄材料(包括录像带和/或光盘)
5. 万维网材料
6. 异步工具：Prometheus and IntraLearn
7. 图像媒体流
8. 现场在线学习
9. 台式摄像机（多维）
10. 材料管理网络
11. 课堂管理

远程或分散式教育的各种技术的花费比较：

1. 卫星摄像机(500000美元)
2. ISDN视频会议讨论(50000美元)
3. 个人电脑集成（2000美元）
4. 异步网络（2000美元）

以上可以看出如今的在线分散式教育与早些年NTU、RSVP或VIP相比有多么容易。现在将教育推广到工场、家庭和社区的实践几乎没有任何经济障碍了。

这里让我举一个具有以上所有功能的例子。即笔者所教授的电子商务入门课程。过去三年中，我们主要使用蒙特利公司的ILINC LearnLinc集成软件工具。该课程提供：

1. 现场互联网音响(任选台式录像)
2. 材料管理网络
3. 课堂管理
4. 2000年秋：每周二下午六点半到八点半
 - 五十个在校生

• 七十五个非在校生

● IBM, Ford, GE, Lockheed Martin, Pratt and Whitney, Ford, Consolidated Edison, NY Power, J. P. Morgan, Carrier, Otis等公司参加

● 网站: <http://www.jackwilson.com/eBusiness/Syllabus-Spring2001/>

● 工商管理硕士、信息技术硕士、理学硕士

● 小讲座、讨论、学生演示、异步交流

● 2001年春, 七十五名学生(五十个在校生和七十五个非在校生)

ILINC LearnLinc分散式学习系统提供:

● 摄像—听音—合作—同步—异步

● 1994年由一名教职工威尔逊和两名校友伯恩斯坦和尤斯鲁埃尔创建

● 与AT&T和贝尔实验室联合的RPI研究中心

● 开始使用研究基地

● 移进科技园

● 创业公司和包括英特尔公司的两股风险投资

我们还请大学教师和学生给高中生教授远程物理课程:

● 微积分物理入门

● 现场在线

● 通过ILINC LearnLinc软件传授

● 在纽约州边远农村的Cobleskill高级中学

● Cobleskill高级中学物理教师与Rensselaer教师和硕士生进行合作

我们最大的努力之一是与国家技术大学合作项目。1998年2月10日和17日, 在500多个网址上传授给8000名参与者实践万维网课程。据国家技术大学校长莱昂内尔·鲍德温(Lionel Baldwin)讲, 这是该校有史以来最成功的课程。它称之为“卫星教育的未来”。它包括:

● 卫星广播

● 实践练习

● 通过ILINC LearnLinc软件同步在线指导

● 异步支持

我们还请梁春明教授给天体物理学学生讲授由Rensselaer和香港城市大学合作的课程“天体物理学的幸存技巧”, 用到了:

● 录像/录音/ILINC网络数据

● ISDN和互联网

● 复活节晚7点(香港时间六点)开始

● 学生合作演示

● 为期一学期

化学机械平面化远程教育课程说明了领先的边缘研究成果如何被立刻应用于远程教育课程并被传送的世界各地的。参与的组织包括: RPI公司、Intel公司、Applied

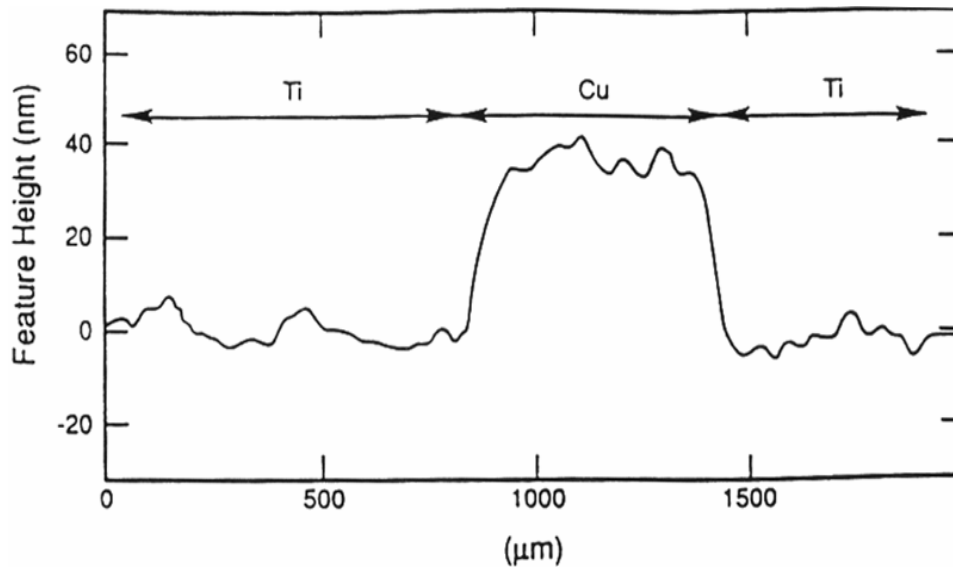
Materials公司、Matsushita公司和IBM公司。课程是由世界领先的科研队伍夏亚姆·穆拉尔卡(Shyam Murarka)教授、利奥·肖瓦尔特(Leo Schowalter)教授和大卫·杜凯特(David

Duquette) 教授讲解的。华尔街日报的一篇文章描述了铜金属化入门课程的讲解过程。该为期一个月的课程对于工场工程师和科学家来说是一个令人兴奋的机会。该课程使用的技术与上述其他课程相似：

录像/录音/ ILINC网络数据

ISDN和互联网

ProShare、PictureTel、Panasonic多点摄像机



The Profilometer trace above comes from the class and shows dishing of the titanium liner relative to the adjacent recessed copper metal. An electrochemical interaction between the copper metal and the titanium accelerated the normally low polish rate of titanium to produce the negative dishing.

教师经验

教师们通常担心新的技术，他们会问“网络或者光盘会不会取代讲师呢?”。多么愚蠢的问题啊!教师决不会被一个网址所代替。我通常会对他们说，如果能够网络代替的应该是越早被代替越好。教师能被某种技术所代替的可能性几乎没有。

尽管如此，教师们对此仍然非常担心。某些立法者认为这个说法有些道理。棱镜杂志 (Prism Magazine) 甚至问：“如果一个学生能在他(她)的起居室里调焦找到最好的教授，那么这个国内其他教授应该怎么办呢?” (大型机模式)

总之，这是无稽之谈! 陈述并不等于教课!

总结

我们努力说明技术如何改革高等教育，如何结论如何为成人的继续教育提供优秀的大学和优秀的学习方式。我们以讨论录音室课程的发展为起点，然后顺着智力线过渡到现场在先课程

和80/20模式的发展。该过程很难完成，因为每天都有新的和更好的模式出现。这就是对一个全美最大最兴奋的再线大学的首席执行官来说最为刺激的。

附录

TEEE十大法则(戒律)

1. 以学习者为中心结构重组。既不要过分强调也不要忽视技术力量。
2. 以研究成果为指导创建，不要试图做重新发明车轮的无用功。
3. 记住技术除了可以帮助学生学得更好，还有其本身固有的教育价值。
4. 一定要进行系统重新设计，而不是只有少量的增加。总有一种对任何东西都只是加上一些计算机经验的趋势。无疑这会花费更多，给教师带来更大的工作量并加重学生的学习负担，改革是改变而不是增加拙劣的练习。
5. 基准你的计划和在系统重新设计的基础上重新构建模型。讲座不要闭门造车，找些优秀的例子参考。
6. 牢记莫尔法则（今天很困难的事情明天就会变得容易）。例如，CPU性能和带宽在不断提高。
7. 花费是保证质量上的重要方面。如果对花费毫不注意，就没有耐久的质量。高费用、高质量的解决方案的例子实在太多。我们需要更多的例子要既物美价廉。
8. 不要犹豫不前。设计一个大规模的实验计划，仅仅把它当作是成比例增加的前奏。为小组人数设计改革教育模式很简单，但是为满足一所大型研究大学中1000名微积分专业的学生的需要就困难得多了。
9. 在同步和异步分散式学习中间找到平衡点。
10. 没有技术就没有办法获得好的学业成绩，没有技术就没有办法教出具有优秀的成绩的学生。

有用的连接:

1. UMassOnline: [www. UMassOnline.net](http://www.UMassOnline.net)
2. Pew Center for Academic Transformation: center.rpi.edu
3. Pkal; www.pkal.org
4. Hesburgh awards - faculty dev. Focus
5. Pew Prizes - institutional focus
6. EDUCAUSE- www.educause.org
7. Technology focus
8. Syllabus - www.syllabus.com
9. EdMedia -
10. TLTR and Flashlight

ELEARNING IN ENGINEERING: THE INTERPLAY OF TECHNOLOGY AND PEDAGOGY

Jack M. Wilson
CEO, UMassOnline

Abstract

Over the last decade in the United States and throughout the world, the progress in computing, telecommunications, and the cognitive sciences has led to major changes in engineering education at all levels. It has changed undergraduate education through the introduction of new formats such as the Studio Courses or Computer based courses in Engineering and Science that have been adopted at so many schools. Even when the format of undergraduate courses has not changed, the courses now incorporate the use of sophisticated computing tools that had only been available to the research engineer or the practicing engineer working at the leading edge during the 1980's. The change in technology also led many universities to make changes in curriculum as they experimented with far more integrated programs that introduced engineering students to engineering early in their course of study and thereby provided a tangible justification of the study of the sciences, mathematics, and computer science courses that provide the tools for the engineer.

The most profound changes may be occurring in the continuing education of engineers. The rapid change in technology epitomized by Moore's Law and Gilder's Law makes continuous learning an imperative for all practicing engineers. Paradoxically, the rapid pace of change both makes continuous learning more necessary and far more difficult.

The author will review how computing, communication, and cognitive science advances have driven change in engineering education from his perspective as a faculty member for 33 years, as well as his service as Director of a Research Center, Dean, and Provost at Rensselaer Polytechnic Institute as well as his new position creating a fully online university for the Commonwealth of Massachusetts.

适应21世纪发展中的中国的工程教育

柯俊

北京科技大学

为了适应21世纪中国发展的需要，对工程教育必须重新认识。培养学生并使他们在未来几十年能够成功地工作，对于所有的工科院校及其全体教职工来说，将会是一个巨大的挑战。随着科学、技术、经济、管理的发展，世界形势的变化将会日益加快，与旧的经济体制相适应的教育已经走到了尽头。

为了适应发展中的经济的需要，课程的设置要把重点放在学生自身素质、能力、适应力的提高上，这对于终生学习、新知识的获取、创造力的提高以及在飞速发展的知识经济时代获得成功是必不可少的。为此，作为尝试，建立了一套新的课程体系，虽然以材料工程专业作为一个试点，但最终的目标是探索整个工程技术教育如何在目前全球大致相同的高等教育体制中，适应人的一生或是不远的未来期间内发展的需要。近些年来，在中国每年有大约7000学生在材料物理化学与材料工程专业获得理学或工学学士学位，但是他们大多数都是从第二甚至是第三志愿调剂过来的，其中大约70%的毕业生被分配从事与材料相关的工作或读材料专业的研究生，但他们当中至少有30%

的人在随后几年里离开这个专业。目前设置的课程，曾经能够满足30~50年前工业发展的要求：例如，在新中国建立时每年还只能生产8万吨钢的时候，教师培养的学生就是要能够在某个狭窄专门的领域进行某种生产工作，也就是说培养高等“技工”和技师。对于相当一部分的学生来说，他们上课学习被动，在课下也只能顺从地从事着一些复习背诵。但是，这对于当前的大学教育来说已经完全过时，科学技术已经发生了重大的革命性变化，社会经济体制也已经从旧的模式“计划经济”转向社会主义的市场经济。

材料工程教育课程的重组于1996年首先在北京科技大学*展开，其主要目标是致力于以下几个方面，这不仅针对材料工程教育，取得的经验也适于整个工程教育。天津大学、北京航空航天大学、中南工业大学（现重组为中南大学）的材料工程专业也进行了类似的改革。

*

被称为中国的“钢铁摇篮”，在中国特定的历史条件下，培养出了一大批的市长和高层管理人员，如北京市市长兼2008年奥运会的主要组织者，上海市原市长现为中国工程院院长，都是该校的毕业生。

1. 从狭窄的专业教育转向全面的素质教育，包括智育（课堂、实验、课外研究活动），基本美德（毅力、自控、勤俭、敬业等）和道德行为，这些目前在大学中由不同的行政部门所管理。

2. 从钻研狭窄的单科教育转向建立工程意识教育，包括自然科学和工程科学基础，社会科学和管理科学基础，足够的通过自学进一步学习和研究的能力；从技术上狭窄和狭隘于技术的教育向宽泛的工程教育转变。

3. 在高等教育的早期阶段，开展设计和研究活动，重点放在真实生产过程中实际问题的解决上，建立自信、锻炼独立学习能力、培养在材料及任何其他学科上的创造力和学习兴趣。这对于团队合作精神的培养、领导组织能力的培养以及处理问题能力的提高都是大有裨益的，当然还有必要的服从指挥的个性。

4. 教师从中心地位（传授者、灌输者）向主导地位（指导者、促进者）转变；学生从从属地位（接受者、被动者）向主体地位（探究者、参与者）转变，从被动的听众向最终的学习者转变，从消极的接受向积极主动的学习转变。

5. 为了提高学生的外语能力，部分或全部使用最好的英文原版教材，即使需要减少讲课的学时、内容，甚至是删去不是绝对必要的课程作为代价。

为了实现这些目标，现在课程安排上的四年中2700—3000课时缩减为2000学时，包括120个学时的体育课，给学生留出足够的时间，让他们去自学、自由阅读、准备讨论以及在教师的指导下在课堂上讲解课程内容。整个课程被重组为5大模块：人文社会科学和管理（总学时的10%）；外语（10%）；体育（7%）；数学、计算科学和自然科学（25%）；工程基础（16%）；整体组合的科学、探索性的实验研究、试验和工程设计（16%）；专业课程（2门主要课程，3门补充课程）（13%）；选修课。

三届试点班（1996~1998）的学生（每班30人，从每3名新生中随机抽取1名）分别在一或二、三年级暑假，五六人一组分组参加了宝钢等现代化钢铁厂和中科院金属所及半导体所、航空材料、钢铁、有色金属等国家级科研院所正在进行的科研工作，进行了为期6—8周的科研、生产及社会实践，他们中大多数将研究内容扩展在他们的工程学士学位论文中，部分同学跟从原先的导师继续研究生的学习。较早地参与研究，增强了学生在自身能力方面的自信，激发了学生对民族复兴的强大责任感，提高了学生在所学课程和专业方面的兴趣，在整个大学教育中起到十分重要的作用。这在其他的一些大学也取得了相同的效果，比如上海复旦大学的文学院**。

试点班学生最后一个学期进行毕业论文（设计）。作为对改革可行性和有效性的检查，以及测试学生对未知专业或课题的适应能力和学习能力，试点班学生的研究题目涉及的课程很宽，而且在不同的地方从事课题研究。这些课题包括了关于环保、冶金、973超级钢、连铸技术

**

这和一个故事形成了强烈的对比。一个只有15岁天资聪明的小女孩参加少年班，然后进入中国一个知名大学的建筑学院，三年内完成学业后在一个美国大学获得了建筑学博士学位，现在在建筑行业工作。然而，她深感彷徨，因为她厌倦她现在的专业（当她只有15岁的时候，父母和学校为她作出的决定），一个满怀希望的天才埋没了。相反，一些来自中国一流大学并在美国著名大学获得博士的物理系的学生在美国纽约的股票市场开心地从事着他们的工作。

、钛合金铸造、无机非金属、半导体、高Tc超导体、准晶结构、科技考古、化工厂污水处理、腐蚀科学等专业面分散的研究课题。在具体专业知识掌握很少的情况下，进行专题自学和研究，完成了毕业设计（论文）。学生的专业适应性、有闯劲、勇于接受任务、自学能力、动手能力、团队精神、文字及口头表达能力，得到了校内外导师（其中科学院、工程院院士八人，其他大部分为博士导师）的认同和肯定。全体试点班学生中，大约有1/4到1/3的学生被有关研究单位和著名高等学府接受硕士研究生，比如中国科学院的物理所、金属所、清华大学、北京大学，其余学生分布中国各地，从事着从电子到汽车生产不同行业的生产研究工作。

从这些结果来看，现在的改革至少在一定程度上取得一定的成果，虽然最终的定论还需要看5到10年内学生的发展状况，以及他们在职业、学术、工程、管理等方面的成败。为了使我们的改革努力有效并最终取得成功，以下几个方面至关重要：

1. 教师、学生以及家长和管理者的教育观念和目标必须进行根本性的转变或调整。大学的基本功能教育和研究，同时也是教育的载体，不是单纯地为了某一特定的职业和职位而教书、读书；学校必须从技术上狭窄和狭窄于技术的教育向能够教育和培养出终生服务于现代文明社会的有用人才的教育转变。也就是说，课程、教和学的内容以及教育过程中的行为和实践，要适应不断发展着的社会、人才市场和学生未来的需要。

2. 我们要认识到在市场经济和人性教化中，学生是任务的承担者，同时也是学习的眷顾者和委托人；教师只是指导者和模范带头人。

3. 一个忠于教育事业、志愿成为班主任老师的学术带头人对于教育改革的成败起到重要的作用。要热衷于教育改原则的带头人，在教学、研究、理论试验和实践方面具有丰富经验，最好具有基础科学课或基础工程教学及科研经验，帮助学生组织起来，进行学习、研究、讨论以及从事社会活动。

由国家教育部赞助，在同一时间进行的同一个项目，而由天津大学、北京航空航天大学、中南大学材料工程学院组织的试点班得出了同样的结论。该项目获得2001年国家级教学成果一等奖。

致谢：参与这项课题的北京科技大学的60多名教职工、管理者和90名同学，14家中国科学院、部级研究机构、大学、钢铁企业，他们的领导、院士、教授、研究和实验室人员，工程技术和生产工人等，对课题提供了方向性的指导和人员支持。没有他们的支持，这样的成果是很难实现的。

国际工程教育认证

理查德·O·安德森

底特律SOMAT工程有限公司

对工程教育质量的要求现在已成为一种国际意识。而工程师职业的全球化和与之相关的国际流动性使这种要求日益强烈。通常工程教育的质量保证要经认证过程才具法律效力。全世界目前有多种认证体系。本文将对其中一些体系及这些体系如何评价全球化，如何适应这一行业的全球化进行论述。此外，在中国致力于实施自己的认证体系过程中，我们将探讨这些体系中一些内容是否有益于中国这一进程的发展。

全球化

全球化一词广泛应用于日常生活的各个方面，如消费品，音乐，快餐及职业体育运动等诸多领域。现在肯德基已经遍布北京和上海，姚明最近与美国职业篮球的高额合约，这些都是全球化的体现。而我们在美国使用的许多电子消费产品都产自中国，这同样也是全球化的结果。世界日渐缩小，而工程学也处于这一活动领域之中。

香港理工大学现任副校长，原香港工程学院校长的T. P. Leung教授是这样评价全球化及其变化的重要性的：

“随着工程及制造活动的全球化趋势，为了适应不断变化的世界，几乎所有国家都要面临如何进一步发展工程学教育的问题，以便能适应这个变化的世界。任何在培养未来工程师和工程技术领导者方面滞后的国家和地区都将因为缺乏竞争优势而承担经济落后的风险。”

工程学是以人为本的行业，因此工程学全球化就是从事工程学人员活动的国际化。高等教育认证委员会主席Judith

Eaton确定了高等教育教育全球化的三个特征：普遍化、新型商业化、国际化。普遍化将使工程学教育趋向一致，会使某些特殊性将消失。高等教育的商业化也会随名牌大学国际分支机构的建立而开始。

Dirk Van Damme提供了下列与高等教育相关的国际化例证：学生在外国的学习，两国机构间的人员交换，从他国单方面聘任人员，及高等教育机构在国外建立分校、授权或其他商业安排。为了使工程学教育开始国际化，必须出台某种方法用以双向评估这种商业安排，以使双方都清楚其质量。

这种对相距甚远的双方进行评估的需要，使质量保证成为必须。一个教育机构树立起声望是一个缓慢的过程，而通过毕业生或海外分支机构来传播声望更需要谨慎对待。这就需要有一个独立的第三方来证实分支学校和母校的教育具有同等质量水平。

同样，生源国际化的灵活性也要求有一种质量保证体系，以让学生能判断他们将要申报的院校的质量，并且也使有研究生课程的院校能够来评估申报本校研究生院学生的素质。而认证体系正是为这些评估提供了支持。然而该认证体系必须是足够独立、公正、公平、严格的，这样认证评估的结果才是有意义的。如果评估目的是为了服务于自己的商业或政治目标，那么认证评估是毫无意义的。

目前，全世界有许多工程教育认证体系正在使用，并且数量仍在增长。如果中国采取这些体系中的一些做法或者甚至与其中的一种或多种体系合作，是否会受益呢？答案是肯定的。如果中国继续发展自己的体系是否会受益呢？答案仍是肯定的。通过对目前使用的一些体系的简单审视，我们希望中国实施自己的认证体系会对实现工程教育全球化起到帮助作用。

美国体系

美国工程课程认证体系是由工程技术认证委员会（ABET）执行的。ABET是美国工程项目的唯一认证机构，并且是世界上最著名、并被广泛模仿的。ABET是在1932年由五个专业工程协会发起的，当时是作为一个独立的工科课程评估者。ABET从未纳入美国政府机构，尽管被美国教育部承认。它一直隶属于职业工程技术协会联盟，这些协会代表美国工程学及联合职业，目前包含有31家协会。

ABET通过国际活动委员会进行国际合作。ABET正在进行的国际项目包括：相互认可协议，理解备忘录，实质对等评估，咨询活动和信度评估。此次研讨会上将有该论文的姊妹篇对ABET的这些活动进行了更深的探讨，读者可从ABET网址获得更多信息。

ABET和美国土木工程师协会（简称ASCE）于2001年6月联合参与了对中国的一次报告咨询访问。国家土木工程认证委员会（NBCEA）邀请我们参加了这次活动。NBCEA是建筑部教育局下属的一个政府机构，此次访问旨在于不同组织间开展对话以便在工程认证领域中合作开发互惠的项目。

也许ABET体系最重要的方面就是新出现的对“以结果为依据”的评估方法的信赖。这种对原有的说明性标准的转变约8年前就开始了，目前ABET的工程认证部分已完成这一转变。其他三个（计算委员会、技术委员会应用科学委员会）正处向“以记过为依据”的标准上转变。INTAC已经对德国和土耳其的大学进行了实验性的等额访问，并取得了很好的程序效果，还计划在不久的将来用新的标准对不同国家进行更多的试验性访问。

此外，2002年5月，一个研究“以结果为依据”的评估方法的教员研讨会在土耳其的伊斯坦布尔召开，研讨会的结果表明“以结果为依据”的评估方法几乎不受文化差异的影响。来自19个国家的将近100个教员参加了研讨会，会后的调查表明他们对这次经历和获得的信息非常满意。基于这次研讨会的成功，一个类似的研讨会计划于2003年春在新加坡举行。

ABET以及它所服务的大学与成员协会对采用“以结果为依据”的标准及其取得的成果表示满意。“以结果为依据”的评估方法本身具有极大的灵活性，因此我们相信ABET这一模式同样

可以用于中国。在上海、北京及其它大城市具有世界一流水平的工程学课程的带动下，中国大学出现了极大的多样性。通过采用ABET以结果为依据的评估过程中的一些方法学，每个大学都能根据项目委托人的需要制定与可利用资源相符合的单个行动方案，而且最后每个工程项目都会实现效力最大化。

欧洲模式

今天正是欧洲教育发生重大变化的时期。一些改革运动正遍布欧洲国家。Bologna协定及其所预想的变化在高等教育社会中受到了很大的重视。国内及国际评估体系正在发展或加强。欧洲传统的五年制学位制度正让位于学士、硕士学位制或“3+2”体制。也许最为重要的是，欧洲的大学正在适应并尽力利用工程学教育全球化这一机遇。

在历史上，欧洲国家高等教育的认证受各国政府的指导或控制。此外，大学和个别课程的资金与他们的认证地位紧密相关，这一模式也在变化中。

1998年，法、英、德、意的教育部长在巴黎会晤，发表了Sorbonne宣言。宣言的主题是欧洲国家必须联合起来建立“欧洲高等教育区”。宣言和补充文件中使用的一些关键词包括“灵活性”、“透明性”、“兼容性”和“可比性”。这些词表明了教育部长们努力的方向。

这次集体宣言的推动力是一种共同的感觉“…除英国和爱尔兰外，欧洲似乎在全球已丧失其作为海外学生留学目标的地位”。意识到这一变化趋势会给经济造成影响时，欧洲高等教育产业开始不安。Sorbonne宣言导致了1999年7月来自29个欧洲国家的教育部长在Bologna会晤，签订了Bologna协定，该协定的中心思想为以下六点：

1. 采用容易读并可比的等级体系。
2. 采用以本科生和研究生两个主要阶段为基础的体制。至少用三年时间出色完成本科阶段学习的学生才能继续研究生学习。
3. 建立学分制，如欧洲学分换算体制，来获得最广泛的生源。
4. 提高灵活性(包括学生的和教师的)
5. 推进质量保证体系在欧洲的合作，以发展可比的标准和方法
6. 促进欧洲特色的高等教育发展。

32个国家现已签署了Bologna协定，并采取了与以上六点相关的行动。

SEFI，即设在比利时的欧洲工程教育协会，是欧洲工程教育改革的跨国领导组织。在上述第五点中，SEFI的认证及工程教育主力军于2001年3月10日出版了表明其立场的文章，以下是出自该文件的一些相关看法：

- “建立一个类似于ABET的欧洲认证委员会既不可行又非人所望；
- 欧洲认证应尊重欧洲高等教育机构丰富的文化差异；
- 欧洲(院校)评审体系应基于与各国现行评审机构的合作和互相承认；在此方面，华盛顿协议与巴黎协议都可以作为一个可能的模式。

目前仍没有评审机构的国家或多国组织应鼓励其创办这样的机构。

相对于工程教育的全球化而言，这些意见的重要性在于欧洲各国仍会处于分散状态，不会以“同一声音”出现在世界面前。在SEFI的立场书里，他们指出：“对透明度的需求以及对生

源与工程师的国际灵活性的需求正日益增长。因此，欧洲最低标准的界定将极有价值。”如果欧洲工程教育想在国际上争得一席之地，那么就必须实现质量认证方面的标准化。

即使类似于执行通用的学分转移体系(欧洲学分转换体系ECTS)等其他阻碍流动的壁垒得以消除，通用评估体系的缺乏仍然是限制流动和全面参与工程教育全球化的一个障碍。像华盛顿协议那样欧洲内部的互相承认协议一定会对该进程大有帮助。

IDEA联盟的成立在此方面迈出了一步。它是由皇家学院(Imperial College)、代尔夫特科技大学(Delft University of Technology)、苏黎世高等工业大学(ETH Zurich)以及亚琛工业大学(RWTH Aachen)四所欧洲一流大学组成的战略联盟。该联盟已经“同意将他们的教育质量认证体系建立在一套由这四所大学共同研究后提出的通用标准和方法的基础上”一旦IDEA联盟的成员对他们建立的这些指导方针和程序步骤感到满意时，他们就会邀请其他大学加入到该联盟，共同参与发展(教育)质量认证体系。

在改制以适应席卷欧洲的新教育模式的尝试中，德国是其中一只领头羊，也是其中最激进的一个。1999年，德国工程师联合会成立了工程学与信息学学程认证代理处(ASII)。ASII的成立(从某种意义上说)是起反作用的，因为德国工程学教育人员曾意识到他们正日益被挡在国际生源的市场之外。ASII的成立是超前的，因为他们现在又重新使自己能够全面利用国际市场以及德国工程教育的巨大价值和优良传统。

Fuches阐述了德国工程教育新方针的目标，包括：

- “将德国各大学和各应用科学院校所提供的教育国际化并提高其灵活性。
- 增加德国毕业生在国际市场上的就业机会。
- 使在德国读大学对外国留学生具有更强的吸引力。”

“现在德国只有不到10%的学生是外国留学生，尽管德国是世界上为数不多的免费教育国家之一。政府、各所大学以及所有主要科研机构的既定目标是将这个数字翻一番。”

德国希望这样主动出击将会助他们一臂之力，使德国和其世界一流的工程院校成为世界各国在读和毕业大学生的首选。中国是德国增加留学生数目的目标之一，在促进国际流动的努力下，中国和德国都将获益。

发展中国家 / 发展中体系

情况在世界发展中国家截然不同。这些国家基本上都是高等教育服务的进口国，在高等教育方面，他们的目标和目的与作为高等教育出口国的发达国家并不相同。高等教育的出口是一项很大的产业，三大出口巨头分别是美国、英国和澳大利亚。1995年世界贸易组织(WTO)评估全球高等教育及培训市场为270亿美元。由于牵扯到如此巨额的资金，(高等教育的)提供商们在扩大服务和市场时背负着巨大的压力，同时，接受方在向外商开放市场时也承受着相同的压力。

这个巨大的国际市场也引起了WTO的关注。高等教育服务有望被纳入下一轮WTO草案和协议的讨论中，并将可能成为WTO服务贸易总协定(GATS)的一部分。

这些协议如果运用得当，可以让各方面受益。反之，如果处理不当，发展中国家教育体制将受到相当大的创伤。在高等教育方面的活动与按ASTM公司公布的技术标准进行的活动相类似

。哥伦比亚认证实体ICONTEC的执行董事法比奥托宾说过的一些话可以直接应用在工程课程的国际认证方面：

“发展中国家加大标准化(工程教育认证)上的积极性是一个双向的责任。一方面，发展中国家应该更积极地参与标准化，从而让本国的经济受益。另一方面，国际标准(认证)实体也应该更多更好地设立一些‘按习俗打造’的项目，从而满足发展中国家的需求。”

同进口那些提供产品制造或服务的技术标准相比，进口高等教育服务甚至需要对文化更加敏感。如果国家公开认可高等教育服务的国外提供者，那么该国特有的文化特色会受到什么影响呢？南非高等教育委员会的马拉辛格博士这样说道：

“为了让国家及其公民在全球化环境下顺利发展，国家高等教育体制必须促进知识和技能的进步。在这种情况下，高等教育体制又如何保持其原有的价值观、原则和在社会中形成的教育成果呢？”

辛格博士继续说道：

“国际高等教育交流各参与方之间，尤其是出口国与进口国之间的政治经济关系，发展中国家有能力一方面确保本国高等教育的优先权和质量保证，同时避免地方范围化和保护主义。”

“令人痛心的是，很明显，全球化(‘私有化’、‘非正常化’、‘自由主义化’)带来的价值观并不一定与特定国家的发展规划相一致。同样，这些价值观给发展中国家和发达国家带来的收益也不相同。”

发展中国家现在不得不走上一条危险的钢丝绳。有的国家很开放地邀请高等教育提供者进入国内。还有的国家要求其邀请机构提供的课程符合东道国文化。马来西亚就是一个这样的例子，该国规定：“……国外高等教育提供者必须开设的必修课包括马来西亚语、伊斯兰教研究、道德研究以及马来西亚研究等课程。”

但是，即使对课程内容要求这么严格，还是会有一些问题。马来西亚总理玛哈蒂尔穆哈墨德博士最近制定了以下目标：“……从小学开始(直到高中)数学和科学课程都用英语讲授……”为了让马来西亚学生能更好地与西方学生进行竞争，玛哈蒂尔博士说道：“……我们的学生必须掌握英语这种当前国际性和学术性的语言。”这位前教育部长进一步说道：“如果科学和数学都使用母语，不会说英语的人可能就无法就读于一些大学了。”(马来西亚的官方语言是马来语。马来西亚人口中，马来人占58%，华人占27%，印度人占8%。)

解决上面这些问题的途径在于安排一次对双方有利的合作。马来西亚政府希望其公民能获得最高质量的高等教育，但政府也想要保持该国的文化特色。ABET去检查外国工程课程时，要求所有呈给ABET检查团的文件都用英语书写。这样做是不是对文化不敏感呢？也许是这样，但是，实际上，英语越来越成为技术和工程方面的国际语言，这一点马来西亚总理已经提过。因此，想要积极参与工程国际化，各国还需要做出一些让步。

结论

很明显，工程课程认证全球化正持上升趋势，活动的增长率同时也在提高。这种国际变化的显著特点在于：

- 作为国际技术交流的官方语言，英语更广泛地被人们使用；
- 评估程序更强调以结果为基础，而不是说明性的标准和程序；
- 高等教育由传统的欧洲模式转变成以美国为模式；
- 高等教育出口方对东道国或进口方的文化日益敏感；
- 欧洲大学的态度有所转变，其角色从高等教育的被动提供者变成主动提供者，针对欧洲以外，尤其是亚洲的高等教育市场；人们日渐意识到：国际高等教育服务是一个规模很大的行业，其潜在的增长势头良好。同时，该行业可能由WTO等组织施加一些规则和程序进行调节。

中国在以上6个方面处于一个令人羡慕的位置。对国际高等教育的机构来说，中国有十亿多的人口，是一个令人瞩目的市场。但是，中国要制定教育机构管理制度，从而确保中国独一无二的文化特色，甚至是在实施与外国教育机构签署的合作协议时也应该如此。目前正在运行的密歇根大学和上海交通大学在机械工程方面的项目就是双方都受益的最好例子，它确保了中方文化的独特性。该项目的运行结构将会在中国的其他高校与全世界大学开展合作项目时被效仿采用。

中国的另一个应该开发的方面是采用工程师认证的评估模式的结果。这种评估模式的内在灵活性要与我国工科高校目前的绝对多样性恰到好处地吻合。中国东部沿海大城市的高校的工程教育课程与中国西部内陆省份的高校相比确实具有不同的任务和不同的资金支持者，但这种评估模式的结果的灵活性是完全可以适应这些差异的。

对于ABET委员会来到中国，与不同的认证机构合作给每一个工程学科进行认证来说，这是非常困难的。同样，这对于中国为其不同的工程学科发展众多的认证机构也是不利的。对于中国刚刚开始认证的程序来说，我们作为外国观察者的角度看我们相信中国急需一个非政府管理的认证机构，从而它能够代表中国的所有工程学科说话和行动。这不仅会给中国的认证程序带来一致性和高效性，同时也有利于外国的认证机构为中国工程专业提供建议和服务。中国工程院和中国科技协会最适合率先开展此项工作。

对于这样一个集中的工程认证机构来说，必须要做出该认证体系是仅仅严格服务于占中国工科学校10%的名牌高校还是服务于中国所有的工科学校的决定。目前，该认证体系参与大体上都是名牌学校。因而其他90%的学校就没有必要参加的原因。在美国，专业许可证是认证程序的主要动力之一。如果中央政府的相关部门颁布所有的工程教育课程不许经过认证的声明的话，与美国相似的动力就有了。这绝不是一个轻描淡写的决定，而是为了全中国全面参与工程教育全球化，因而这样的声明是非常必要的。

许多认证机构将会来敲中国的大门，并提供相互认可协定或类似的安排，这些协定和安排将会表面上促进你们的学生、教师和职业工程师的国际间的流动。作为中国工程教育体系的带头人，你们应该决定在你们的工程教育文化中，哪些因素是不能侵犯的，哪些是可以做出让步或更改，以适应国际间的流动性和进一步融入全球经济之中。

REFERENCES

1. Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) website for International Activities: <http://www.ABET.org/international.html>
2. Aglionby, John, "English in Schools Divides Malaysia". The Guardian, <http://education.guardian.co.uk/print/0,3858,4508741,00.html>, September 26, 2002.
3. "The Bologna Declaration on the European Space for Higher Education: An Explanation", Confederation of Rectors' Conferences and the Association of European Universities, Danish Rectors' Conference website: <http://www.rks.dk/trends1.html>
4. Eaton, J. S., "Taking a Look at Ourselves, Accreditation". Presentation to the CHEA Enhancing Usefulness Conference, Chicago, Illinois, June 28 and 29, 2001.
5. "Ensuring High Standards with the IDEA League", Press release from Delft University of Technology, November 2000.
6. Fuchs, Willi, "The German Accreditation System and the Specific Role of the Accreditation Agency for Study Programs in Engineering and Informatics – a Change of Paradigm in German Higher Education". 2001 ABET Annual Meeting Proceedings, The 2nd ABET International Congress on Education, Accreditation and Practice, Lake Tahoe, Nevada, 2001.
7. Haug, Guy, "Trends and Issues in Learning Structures in Higher Education in Europe". Project Report: Trends in Learning Structures in Higher Education in Europe: <http://www.rks.dk/trends3.html>
8. Hedberg, Torbjorn, "The Bologna Declaration and its Consequences for European Engineering Education". 2001 ABET Annual Meeting Proceedings, The 2nd ABET International Congress on Education, Accreditation and Practice, Lake Tahoe, Nevada, 2001.
9. "Joint Letter to Ministers of Education Meeting in Prague on May 17", Conference of European Schools for Advanced Engineering Education and Research (CESAER): <http://www.cesaer.eu.org>
10. Leung, T.P., "The Challenges Facing Engineering Education and Hong Kong's Endeavours". <http://www.ems.uwa.edu.au/review/leungpaper.html>
11. "SEFI's Position on Engineering Accreditation in Europe", Conference of European Schools for Advanced Engineering Education and Research (CESAER): <http://www.cesaer.eu.org>
12. Singh, Mala, "International Quality Assurance, Ethics and the Market: A View From a Developing Country". Presentation to the CHEA 2002 International Seminar; CHEA Occasional Paper, Council for Higher Education Accreditation, Washington D.C., August 2002.
13. Tobon, Fabio, "Developing Countries & International Standardization". ASTM Standardization News, ASTM International, West Conshohocken, PA, July, 2002.
14. Van Damme, Dirk, "Quality Assurance in an International Environment: National and International Interests and Tensions". Presentation to the CHEA 2002 International Seminar; CHEA Occasional Paper, Council for Higher Education Accreditation, Washington D.C., August 2002.

INTERNATIONAL ENGINEERING EDUCATION ACCREDITATION

Richard O. Anderson
SOMAT Engineering, Inc.
Detroit, Michigan

Abstract:

The Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) is the sole agency in the United States authorized to accredit engineering education programs. ABET has extensive

international experience on six continents, primarily based in Substantial Equivalency visits (SE), Mutual Recognition Agreements (MRA's) and Memorandums of Understanding (MOU's). It is ABET's goal to assist agencies around the world in developing their own accreditation systems in order to improve the worldwide practice of engineering.

There are many different models, distinct from the ABET model, in use for accrediting engineering education programs, and this paper will describe and compare some of those models. These vary from accreditation systems that operate within one country to systems and agreements that are multi-national, regional systems. Accreditation systems that are adaptable and exportable to other countries will ultimately increase the professional mobility of the engineers who graduate under these systems.

What might the future hold for those countries that have yet to develop or fully implement their own accreditation systems? ABET has numerous requests from countries around the world to assist in the development of accreditation systems in those countries, and to recognize the fledgling accreditation systems with MOU's and MRA's. How can ABET assist in these efforts? ABET has had limited contact with accrediting agencies in the PRC, and it is hoped that our contacts will increase to our mutual benefit and to the benefit of the engineering profession.

工科学生的创业教育

弗兰克·L·休本德

美国工程教育学会

中国在创业教育方面具有丰富的传统，但是当前中国对大学和学院的创业教育方面的重视不足。我想就美国在创业教育和为大学生提供机会参加创业课程等方面的一些经验作一个概括性的介绍。本文将集中讲述工科学校的创业课程。

工程师因为他们熟悉技术的发展情况，因而他们具有绝好的优势创建以技术为基础的新企业。但是，如果工程师没有接受相关领域的启发和教育，他们将不能很好地利用这一优势。

美国现有125多所大学开设能够培养和激发学生创业的教育课程。这些课程深受广大学生的欢迎。很明显，给学生们提供成为企业家的机会的课程吸引和激励着学生们。调查表明：美国三分之二高中生对创业感兴趣，即使是对创业没兴趣的学生也由于学习创业课程开设的如市场营销学、金融学等相关领域的课程而有所收获。

参与到创业教育中也给工科教员们提供了新的机会，教员们发现给充满激情、情绪高涨的学生上课是件很令人兴奋的事，而且与学生一起参与创业也给教员的科研活动增添了一个新的思维空间。

开设创业课程给高等学校成功创立新企业提供了可行性和潜在的收入。例如，亚利桑那·伯格夫大学的创业课程就使该大学获得的商业赞助增加了超过三分之一。许多创业课程都包扩附加的由大学提供支持的培养项目，这些项目可以增强大学与企业的联系。

社会也从这些新企业和他们的经营活动所产生人员需求和收入中受益。纵观历史，加利福尼亚的硅谷和波士顿的128号公路就是很好的例子，这两个地方都是由科研院所创立的公司的主要活动地区。

另外，成功的创业教育有潜力派生出是整个世界受益的新产业。尽管互联网的破灭使信息科技和远距离通讯行业的许多方面黯然失色，它们的迅速发展最终仍是那些由学院发起的活动所带来的出人意料的结果。加强学生对利用不断涌现出来的新技术的准备既可以巩固工程师在创新过程中的角色，也能加速把技术推向市场的过程。

但是，参加创业课程让人顾虑重重。教员们在企业活动中的参与可能会分散他们在传统科研创作中的重要成果中的精力。尽管在创业课程中，诸如对工科学生的指导等不算是分散精力的工作，但参与到紧张费时的创业过程却会大大缩减科研创作的时间，而科研创作却是科研性大学教员们的主要任务。当然，在主要的本科院校，这样在科研成果方面的潜在削减会更易接受点儿。

新创立的公司雇佣教员或学生时经常会产生利益冲突——教育和企业利益，谁具有更高的优先权的冲突很难调和。约翰斯·霍普金斯大学目前就严格限制学生对教员或教员对学生的雇佣关系，因为该大学过去在这方面有过几次失败的教训。当新创立的公司资助教员研究或得到学校资金赞助时也会产生利益冲突。早期创立的公司从学术研究中得到资金赞助非常普遍。然而，诸如知识产权的归属以及相关的问题已经让很多大学在对待这样的资金转移问题上非常谨慎，甚至禁止发生类似事件。

未来的企业家会从创业教育课程中学到什么教训，得到什么启示呢？

1、如何从新技术中提取出具有市场价值的产品概念来。新公司的经验表明要克服规模小，资金有限的缺点，就必须使自己的新产品相对于市场上的产品具有绝对高的价值。这就意味着学生们必须学会找到消费者的价值观。

2、如何写商业计划。没有产品资金如何运转、如何配置、如何打向市场的清晰明了的计划，仅靠伟大的技术本身是不可能创造出伟大的企业。当今，新企业的资金来源急剧下滑，所以要创建公司甚至很可能要依靠家庭和个人的积蓄。某些新创企业曾通过创造地使用信用卡赢得运营资金。

3、如何进行市场营销。没有把眼光放在消费者会从新产品中得到什么受益的市场战略，再伟大的创新也不会成功。营销过程中所涉及的能力不仅仅是工科学生所熟悉的数据分析能力，总的来说，在工科学生的创业课程中对市场营销的有效指导比其它课题都要困难。一个解决这个挑战的方法就是保证创业团队中至少有一个人具备强有力的市场营销技巧。

4、对相关法律问题的理解。早期的法律要求新企业中关于如何分配股权及相关公司控制权和如何决策等问题必须具体规定。把股票作为现金支付给会计、法律以及其他咨询服务的尝试会导致创始人失去对公司的控制权。如果创始人对企业的投入不同，就很必要在股权分配上适当的表现出来。另一个重要的问题是合同，尤其是在合同中的一条或多条条款未得以履行时，合同所涉及各方当事人具有什么样的索赔权的问题。有一点可能还未被大多数企业家完全理解，那就是诉讼的代价是非常昂贵的，不仅耗费金钱也耗费企业家宝贵的时间，所以无论何方获胜，严重的诉讼都可能导致新企业的失败。

5、知识产权的重要性。由于新企业在资金等各种资源上都比较短缺，在缺少有效的知识产权保护措施下，大公司就很可能仿制新企业的创新产品。学生们必须理解保护知识产权的重要性和过程。除非新企业创新的核心部分被有效保护，否则要得到风险资本家的投资是难上加难的。

6、如何管理资金、项目和雇员。美国传统的工科教育一向倾向于让学生独立工作。而最近，团队活动也已经被引入到大多数学校的工程教育中。成功的企业家必须知道如何与同事协作、如何管理员工；他们必须清楚如何管理资金和各种经营活动，从而确保这些商业活动能够按商业计划顺利地进行。

7、种族问题。近几年，在美国的许多公司——尤其是高速发展的公司，总裁们对经济目标的敏感程度远远超出他们对种族观的敏感度。尽管这样带来的短期效益很成功，但长期的影响却是负面的。我认为，对工科学生来说，理解种族观的本质及其合理性非常重要。

创业教育中还包含一些其它要素，比如：

- 1、与成功企业家的互动交流。许多课程都采取了和成功企业家校友面对面交流的活动。
- 2、让有经验的商业人士对有潜力的新创公司进行评估。利用成功校友资源再次被证明是有效的工具。
- 3、在学生身上培养企业家的思维方式。案例教学、成功人士的演讲非常有效。
- 4、和拥有资金资源人士接触的机会。当今的美国资金是很难获得的，但是在互联网盛行时，像由麻省理工大学和斯坦福大学等学院创立的公司就能够获得许多项目的风险投资，即使是一些并不引人注目的项目也能获得投资。可是现在却截然不同了。
- 5、创业培养基地的支持。培养基地提供办公室和科研场所，还提供包括法律、会计和其它专业服务的资讯。许多大学的培养基地的收费比实际花费要少，公司股票利益最终给这些培育基地带来了很好的收入。但这种方法成功的变数很大，互联网的低落就给很多这样的基地带来过负面影响。

2. 美国许多大学里都能找到企业活动的成功例子。莱斯大学最近获得批准建立生物环境纳米工程技术研究中心（Engineering Research Center in Biological and Environmental Nanotechnology），该中心的一部分会作为创业教育的一门课程。莱斯联盟科技企业发展中心（Rice Alliance for Technology and Entrepreneurship）的总裁史蒂夫·卡尔指出，给予该中心的创业教育部分相对很小的支持，就很快会带来将研究中心的创新推向市场的巨大潜力。

麻省理工大学有一个非常出名的商业计划竞赛，叫做\$50K。它吸引了很多未来的企业家们来争夺这个奖项，因而也有机会获得每年春季来麻省理工大学的风险投资家们的青睐。这个由学生运作的\$50K竞赛已经有12年历史了，也有一批引人注目的校友名家参与。参加该竞赛的已经有超过75个队伍创办了自己的公司。组织者估计这些公司已经创造了大约1100个工作岗位，市场价值约100亿美元。很多很成功的新企业（如 Firefly, Lexicus, Flash Communications）已经被一些大公司如微软和摩托罗拉收购。\$50K竞赛能够预示一个趋势或者发现一个新的热门领域已经不是什么不寻常的事了。三年前，\$50K竞赛的获胜者是一个生物信息公司（生物和信息技术的结合），并且过去的三个赢家都是生物科技领域的，这是一个新时代的预兆。最近获奖的一个创业公司发明了一种物质，当它被放进断裂的骨头时，骨头能够在其中生长，从而愈合。风险投资家已经开始和这家创业者接触。

北卡罗来纳州立大学的一位科技管理教授迈克尔·拉帕在<http://digitalenterprise.org> 网上免费为工程和管理系学生开设了一门电子商务课程——如何管理数字化企业（Managing the Digital Enterprise）。他和诸如思科、AT&T、IBM、Eastman、柯达这样有着大的电子商业组织的公司都有合作关系，这些公司的职员很欢迎这样的免费课程。反过来，这些公司也向北卡罗来纳州立大学捐助了成千上万美元来资助学生开发项目和网络教育资源。

斯坦福大学的科技风险投资项目已经有很多年的历史了，也是美国这样的项目中比较成功的一个。90年代，网络公司风靡一时，斯坦福大学的学生创立了Yahoo和Google。该项目的执行董事蒂娜·希利格博士指出高科技的破灭和因此而产生的对这些高科技公司关注的下降实际上是有益的。她说尽管这些新创立公司所获得的资助减少了，但这些公司的投资质量却有了很大的提高。

马里兰大学的“希恩曼 (Hinman) 校园企业家机会”课程是由马里兰工科毕业生布莱恩·希恩曼资助的，他已经成功的创办了高科技公司。这个课程给本科生中未来的企业家们提供了机会，让他们在一个专门设计的，拥有会议桌、无线联网和能够同时连接手机和家庭电话的通讯系统的宿舍里来来感受运营企业所带来的兴奋和压力。这个项目是威廉·戴斯勒、玛丽兰德·普洛沃斯特和前任工学院院长发明的，他们希望这个项目能够在马里兰大学中培养出一种企业家文化，就像在硅谷和麻省一样。参加这个项目的学生几乎一半学的是工程学和计算机科学，另外40%的专业是商学。希恩曼的 CEO 项目最近被华盛顿邮报的商业版重点介绍，详细文章请登陆下面网页：<http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A37974-2002Oct29.html>

除了以上这些，我还提到其它无数由大学提供的创业课程。埃维·玛利亚·霍夫曼基金会是一家创业课程的主要支持者，总共赞助了全国的125个这样的项目。霍夫曼基金关注所有不同层次的创业成功——

从小学到大学的学生，从雄心耿耿的创业者到成功的企业家。想了解霍夫曼基金对这些未来企业家们提供的详细信息，请登陆霍夫曼基金的网站：<http://entreworld.org>

在美国工程教育学会中，我们最新的办公部门就是创业教育处。这个处的任务就是培养和推广教育方法，激励教员和学生参与到创业教育中来，包括建立与商校和商业科技企业团体的伙伴合作关系。该处拥有自己的网址，欢迎你们访问：http://www.nciia.org/asee_ent/

非常感谢今天能够有机会和你们交流。能够将美国学校成功地向学生提供创业教育课程的情况给您做一个简单的介绍我感到很高兴。

ENTREPRENEURSHIP EDUCATION FOR ENGINEERING STUDENTS

Frank L. Huband, Executive Director
American Society for Engineering Education

Abstract:

Engineers have often been considered the implementers of the ideas of others. The role of the engineer has been considered to be to "design under constraint," where others have established the products to be designed and the constraints. Engineers can do more. With effective training and experience, engineers can identify social needs and creatively develop products and services to meet these needs.

Throughout the world, a number of innovative engineering faculty members are grappling with the issue of how best to motivate and prepare engineering students to play this more creative and socially valuable role. Dr. Huband will discuss some results from these efforts.

本科生参加科研实践，培养工程师素质

沈士团 袁礼

北京航空航天大学

早在五十年前，中国为了恢复和发展国民经济的需要，曾对高等教育作了重大的改革，即“院系调整”，建立了一批工科大学，中国的高等工程教育开始了历史性的发展。例如在北京成立了“八大学院”，专业范围涉及石油、地质、矿业、冶金、农业机械、林业、电信和航空航天等。北京航空航天大学就是八大学院之一，它是为了建立和发展中国自己的航空航天工业，培养这一领域的工程师而于1952成立的。几十年来，正是这些工科大学为中国培养了大批工程师，在计划经济的年代，他们被分配到全国各地，分配到各个工业部门，正是他们为中国发展了钢铁、石油、煤炭、铁道、电子、航空航天等工业，中国的工科大学为中国的国民经济发展作出了自己的贡献。但是，在计划经济体制下，专业人才的培养是有计划的，工科大学的专业划分得很细，大学毕业生按照需要由政府分配工作，一旦工作确定以后，往往终身就在这一专业领域工作。因此在计划经济体制下的高等工程教育实际上是一种“专业教育”，也可以说是一种“狭窄的工程教育”（technically narrow）。进入八十年代以来，中国执行改革开放政策，经济体制从计划经济转为市场经济体制。市场经济是一种通过市场机制配置资源的经济，人才是一种重要的资源，其中流动性将是它的重要特征，这对人才的适应性和竞争力提出了全新的要求。而且这种竞争力和适应性将逐步走向国际化，因此未来需要培养的人才应当是“世界通用的人”。市场经济需要不受专业、学科界限、语言界限和文化界限限制的具有全面素质的人才。为了培养出这种人才，必须改革中国现有的高等工程教育，以适应21世纪经济发展和社会进步对工程技术人才的需要。

1. 对21世纪工程师的素质要求

分析世界经济、科技发展的形势和中国经济发展的规划，参照世界著名企业、大学和学者的共识，我们把对21世纪工程师的素质要求概括为以下几点：

- 1) 具有对社会、人类的高度责任感，具有建设强大社会主义中国、发扬华夏文化、艰苦奋斗、勤奋努力的献身精神。
- 2) 能以历史唯物主义和辩证唯物主义观点认识科学技术和社会发展的关系。具有高尚的职业道德，端正的学风、作风，良好的心理素质和健康体魄。
- 3) 具有宽广扎实的基础科学（数理化）工程科学知识和工程意识，能综合各学科的理论，联系实际，分析问题和解决问题，能运用系统工程的理论，综合科技、经济、社会、文化获得工程的最优效益。

- 4) 能运用现代信息技术，获取和处理信息。具有动手能力、革新和创新能力，并能继续学习，不断提高工程技术和其他知识水平。适应变化的工程建设需要，必要时转移专业方向。
- 5) 能客观严格地评估自己和他人，具有与他人合作的团队精神，具有组织领导能力，与人交流和谈判能力。
- 6) 具有环境意识和经济观念。懂得国家的法律和法规。
- 7) 具有较强的文化素质和中文、外文的口头、书面表达能力。

上述素质要求是比较高的，要在四年的大学本科学习期间达到这些要求是困难的，因此我们说，学校所培养的本科毕业生是工程师的“毛坯”。在制订教学计划和培养计划时，要把上述素质要求贯串于整个教学和培养过程。

2. 改革教学计划，减少学时，给学生以学习主动权

长期以来，工科大学对本科生的教学计划安排课程过多，造成学生负担过重，课堂外自学时间不足，基本概念不清，运用知识和动手能力较差。北京航空航天大学新的教学计划已把课程的总学时数降到了2400学时，把更多的时间还给学生，使他们能有更多的课外时间，主动学习。

美国MIT航空航天系引用有关统计资料，对学生在不同的教学方法下掌握知识的效果作了很有意思的表述：

教学法	学生掌握情况
• 讲授 Lecturing	5%
• 阅读 Reading	10%
• 视听 Audio-Visual	20%
• 演示 Demonstration	30%
• 集体讨论 Discussion Group	50%
• 自己动手做 Practice by doing	75%
• 教别人或学了就用 Teaching Others/ Immediate Use of Learnin	90%

从这里可以看到，“自己动手做”和“教别人或学了就用”的教学方法学生掌握知识的情况最好。要改革教学方法，改变以课堂教学为主，教师和学生都局限于教学大纲规定的一本讲义教材的内容，“满堂灌”“当堂讲懂”的传统教学方法。

3. 本科生参加科研实践，培养工程师素质

在现代工程教育中面临着两个难于处理的问题。一是学生必须要学习的科技知识的范围和内容空前增多；二是作为未来年轻一代的工程师，他们必须应具备前面所提到的素质，也就是：应具备独立工作能力和与人合作的能力，要具有系统的知识结构和技能，能在实际的工程团队中

起作用，生产出真正的产品和系统。这就要求大学对本科工程教育提出新的思路和概念。我们认为关键的问题是要对学生加强科学和技术的基础教学，加强工程师的基本训练，加强能力的培养。

北京航空航天大学按这些要求制订了新的本科教学计划，其中安排本科生参加科研和工程实践是重要的内容。从1990年开始，我们就在全校本科生二、三年级中开展课外科技活动，举办学生科技作品展览，进行竞赛。为纪念中国航空事业的先驱冯如先生，鼓励学生立志成才，以“冯如杯”命名展览竞赛，于每年五月进行。每年参加展览竞赛的学生科技作品都有600项左右，近3000人参加，这样四年下来全校就有近一半数量的本科生在大学学习期间参加过科技活动。一般由各院系选派指导教师，学生可以自选题目，也可自己选择导师；由各院系提供项目的部分研制经费，同时也要求学生自己筹集经费；校学术委员会选派教授组成评比专家组，优胜的院系获得“冯如杯”，获前三名的学生可免试攻读硕士学位，对特别优秀者可直接攻读博士学位。在获奖的优秀项目中选取若干项参加全国大学生“挑战杯”竞赛。北航的学生已连续六届获得“挑战杯”优胜奖，这在全国工科大学中是唯一的。

多年来的实践证明，本科生参加科技实践活动，使他们开动脑筋，自主学习，自己动手，有利于培养学生的全面素质。我们的体会是：

(1)

培养了学生的创新思维。青年学生往往具有丰富的想象力，科技设计制作活动，为他们提供了展示才能和变想象为现实的舞台，激发他们创造的欲望。

例如，在2000年的“冯如杯”展览竞赛中，来自机械学院的三年级学生梁宏建同学，他上大学以来，一直在观察鱼在水中的运动，他想象如果船和潜艇也能象鱼一样在水中游那该多好。他和其他同学组成研制小组，阅读了大量资料，自学流体力学，从选用材料，设计控制方案，到解决动力问题，最后设计制作成了一条0.8米长的“机器鱼”，能在水中游动，真假难分。这个项目分别获得了“冯如杯”和“挑战杯”竞赛的第一名，梁宏建同学得到了免试连续攻读硕士和博士学位的奖励，现在他导师的指导下继续研究仿生机器鱼，并已获得百万元国家基金的资助。

(2)

培养了学习知识和运用知识的能力。参加科技设计制作活动的学生都深刻地体会到掌握科学基础知识的重要，这使他们“做中学”“学了就用”有了基础。二年级学生张冶在INTERNET网上看到一条关于一种新型汽油发动机的报导，得到了启发，她和她的同学组成三人研究小组，查阅国内外资料，自学《理论力学》、《材料力学》、《机械设计》等，最后设计并加工装配出了“凸盘活塞发动机原理模型”，在“冯如杯”展览竞赛会上作了操作表演，得到了教授们的高度评价。同学们深有体会地说，参加科技实践，应用了所学的基础知识，加深了理解，特别是根据研究项目的需要学习，在“做中学”“学了就用”，理解得深，对所学的知识掌握得牢固，这和在课堂上听老师讲大不一样。

(3)培养了学生实际动手能力。参加科技设计制作竞赛的学生完成一个项目或产品的从构思、设计、制作到运行这样一种工程实践的全过程，使学生得到了全面的锻炼。我们要所有参展竞赛

的项目都能实际操作表演。在2000年的“冯如杯”展览竞赛中，在展台上我看到一个既象飞机又象船舰的模型，问参展的学生，这是什么？学生回答说是飞机，问他们它能不能飞，学生随即放了录像，飞机在平坦的水泥地上飞行，离地一厘米，原来这是一种地效飞行器。

(4)

锻炼了学生的社会活动能力，与人交往的能力，培养了团队工作能力。学生进行科技制作必须要有必要的经费，我们规定学生可提出项目论证报告，向院系申请，也可向导师申请获得资助，但更重要的是我们要求学生从社会上得到赞助，这也是一种能力的锻炼。有一位三年级学生，他打算设计制作一枚小型探空火箭，射程定为六公里。显然这个项目需要比较多的经费，不可能从校内得到，于是他向社会上的工厂企业公司包括中外合资公司和外国公司的在北京的办事处写了近100封信，最后他从飞利浦公司获得了6万元人民币的资助。他聘请北京卫星研究院的火箭专家作为他的导师。他不仅设计了探空火箭，还组织不同专业的同学制造了一枚完整的火箭。学生参加科技制作活动往往几个人组成小组共同搞一个项目，是在团队的环境中工作的，在实践中培养了学生的团队工作能力，使他们懂得，在科学技术高速发展的今天，一个工程项目或一种工程产品都是需要与人共同合作才会取得成功。

(5)

培养了学生不怕困难、积极进取的精神。科技制作活动以其丰富的内容吸引了大学生，使他们对科学技术产生了浓厚的兴趣，也使他们精神振奋，积极进取，树立了勇于创新，勇于攀登科学高峰的信念。由于学校的条件有限，经费不足，学生的基础理论欠缺，又缺乏工程实践经验，在参加科技制作活动中，自然会有这样那样的困难，但他们团结合作，联合攻关，克服困难，最后都取得了成功。

结束语

现阶段工程教育改革是一项具有深远意义的、迫切而艰巨的重大历史任务，需要进行深入的研究和长期反复实践。我们不可能期待人们会给我们一个标准答案，必须要通过自己的努力，根据中国的国情和学校自己的特点，积极探索，开拓自己的道路。但有一点是可以肯定的，这就是对未来工程师的素质要求应当说取得了共识，这为我们工程教育改革提供了方向和目标。

参考资料：

- ① 《工业创新和高等工程教育》，路甬祥，王沛民。高等教育出版，1996年7月。
- ② 《冶金及材料工程教育的改革》，柯俊。高等教育出版，1996年7月。
- ③ 《MIT CDIO Report #1, The CDIO Syllabus, A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education》Edward F. Crawley, Dept. of Aero. and Astro., MIT, Jan. 2001

远程教育和终身学习中的研究课题：中美合作机遇

埃里克·R·汉密尔顿

美国国家科学基金会研究、评估、交流处

终身学习作为政策和研究的焦点

终生学习，尤其是工场学习，在过去十年里已逐渐成为国际政策和研究的重要领域。通过延长工作周期和调整职业的结构来提高和保持生产力对于增强全球竞争来说是至关重要的，并且至少包含了各国家政府对其日益重视和增加投入的部分基本逻辑。另外，国际研究和政策界得出一个重要结论，由于本科生对继续学习提出了更高的期望，需要对大学预科教育有一个更为灵活的认识。2002年10月中美工程教育政策双边研讨会的重要主题之一就是大学层次的工程教育，例如，对工程教育进行重大改革及加强，在课题活动和合作机会上投入更多的时间和精力，以及更新核心课程设置。传统的本科教育结构没有足够的时间提供重要的学习与合作机会以培养全面发展的就业者，更不用说让已从业者跟上其所在领域的变化了。工场和继续教育一直被认为是此类学习经历的自然场所。“先学习后获得”这一模式已经过时了。

信息和通信技术与网络学习

信息和通信技术 (ICT) 在对终身学习的政策和研究中显现出日益重要的作用。无论是正学历培训还是工场继续教育，通常称为网络学习的ICT远程教育，(比如说，通过运用互联网和内部网，卫星，有线或广播视频传送，和/或单站平台来协调)，为灵活传送授课内容和实现“随时随地”学习提供了可能。以前(如在传统教室环境中运用ICT技术)，对ICT在网络学习中的应用的大量报道和种种假设，已经超出了其实际运用，至少缺少研究和评论合作。大量的评论文献将网络与传统环境中学习者的表现加以比较。普遍发现人们对网络学习的积极作用持中立态度。

基本问题

但是下一代远程教育系统该如何设计呢?为实现大学和工场网络教育的前景而必须面对的最具有长远意义的教学和设计问题又是什么呢?在网络学习方面中美合作研究的机遇有哪些呢?这些合作是否及时呢?

中美合作的适时性

先从最后一个问题说起。在有些领域，中美合作已经开始，尤其是，如研讨会上所展示的，在工程教育和发展中文软件平台方面。但是，这对于国家基金会来说或许是尤为及时，使其得以支持更多的网络学习研究和评估合作。另外，在诸如工程教育的许多其它领域，在全球范围内优化课程设置并组建国际课题组显得日益重要，教育研究和评估合作的理论基础也得到了加强。

2002年初，中国的远程教育系统涉及了大约45所授权大学，其中包括中国广播电视大学（全部是远程教育）和设有远程教育课程的其它44所常规大学，共有约50万学生。根据双边研讨会上的报告，中国绝大部分的远程教育，是采用卫星同步传送的讲座形式。一般来说，这种形式可以使更多的学生听到讲座，但这也仅仅是传输式教育模式的复制，并不能证明它比传统的面对面的讲座更加有效。尽管如此，以中文为基础的更加全面的远程学习系统的市场开创和产品研发还是取得了长足发展。这种远程学习系统利用了多媒体以及互动和异步通信的诸多优势。

在美国，远程学习发展极其迅速，尤其当它与网络接轨之后。如今，传统大学至少在网上提供了部分课程，还有几十所大学准备将全部或绝大多数的课程搬到网上。在为网络学习提供的商业设施中英语的要比中文的多很多。尽管网络学习有许多积极作用，但它只有非常有限的可靠文件来证明它对大学和工场的价值，以便吸引更多的投资来加强网络学习的建设。在美国，远程教育基础设施建设已经遭到冷落，甚至无人问津了。

总体说来，中国目前对某些方式的网络学习投资不少，但相对总人口来说仍然比较有限，因此国家正准备在大学和工场加大网络学习的开展。同样，美国相关机构也对网络学习做了大量工作并取得了一些成果。下面的几个部分将回顾一下网络学习领域以及网络体系技术领域内取得的发展。由于两国在未来十年里都将加大对网络学习的投入，所以这些发展也就意味着中美两国合作研究的绝好机遇。

教学法和课程设置的战略问题

在改进网络学习体系方面有三个互相联系的元变量应作为任何合作研究方案的考虑因素。

1. 内容：网络学习包括哪些内容呢，特别是在工场或是继续教育的条件下？仅仅传送学科知识就足够了吗？或者说，我们想要达到一个更高的目标吗？

2. 学习者：我们对网络学习的学习者了解多少？我们对网上和工场的学习又知道多少呢？

3. 技术：在技术上如何处理网络学习中的变化？怎样最充分的利用技术以更多的了解学习者的特点和网络学习的目的？

本文并没有全面的回答这些问题，而是认为每个问题都影响着其它问题，而且所有的问题都应该或含蓄或明确的包括在网络学习的研究理论框架中。一方面的发展会从根本上改变其它方面的研究和发展。

1. 我们想在大学和工场里的网络学习方面实现什么目标？

关于终身学习的世界文献中经常将功利的或经济的参考范围（提高生产力并通过让工人以最快的速度生产最大净利润来打破陈旧）与一个更广泛的参考范围加以比较。后者从更全面的角度来考虑学习者，而且不仅注意到了即时生产力问题，还看到了“社会和文化的滋养”。美国商业-高等教育论坛主任，杰里迈亚·墨菲(Jeremiah Murphy)，认为终身学习的目的应该是“使一个人的情感、智力和精神上的偏好和兴趣融为一体。终身教育应该是关于人的整体素质”。Murphy举了一个工场学习的例子，工人远离了技术环境，而将自己融入到其它文化当中（引用了这种灵活性如何加强某公司与中国的商务关系的具体事例）。这与双边研讨会上关于改进工程教育目标的许多报告是一致的。柯俊博士娓娓的说道，例如，工程教育必须全面认识学习者，必须加强智力与“基本美德和道德规范”相结合的教育，并要将重点放在培养学习者解决实际工程问题的能力的合作努力上。这些观点得到了其他人的补充，他们肯定了在大学和工场里培养创造力和才能的目标。同样，爱德华·奥尔顿·帕里什在其论文中指出，国际社会日益达成共识，工程教育的目标不仅是要巩固学科基本知识，还要培养完善的个体（对文学、领导风范以及沟通技巧有深刻的认识，并了解技术知识）及其终身学习的能力与期望。

中美工程教育领域的合作事例就是对这些观点的阐释。也就是说，在处理基于课题的以及实际生活中的国际工程和设计问题方面，学生们在掌握基本工程技能的同时提高了文化意识和社会欣赏能力。获得并应用设计复杂工程及解决重大问题的能力与较广泛意义上的团队工作效率和创造力并不相悖。

通过网络学习得以提高的价值和目标不一定是可行的研究课题，但是任何研究和评估合作方案都应该明确它们的价值和目标，因为它们是研究合作的主题。

对学习者的认识

这些研究还应该包括基于网络学习和老龄化过程中的学习的不断研究。史密斯(Smith)对工场学习进行了研究与分析，并研究了程序式学习（培养使用新工具或制造设计方法的能力）与战略式学习的区别，其中包括对何时及如何应用新知识的把握。该论文综合分析了工场网络学习中日益表现出来的认知能力。认知性科学领域为研究学习者的记忆、后认识、情感以及动机提供了新的思路。认知神经学为一个极其重要的领域带来了希望，这便是在老龄化过程中保持认知能力的可能性。员工教育的基本前提是成人的可培养性。对成人神经可塑性的研究表明，除了可培养性之外，随着大脑结构的变化，成人学习者可能会更加灵活地学习和调整。学习和理解能力会持续一生，这比传统想象中的要长。如何为工场学习者快速获得知识创造条件还是一个相对落后的研究领域。

另外，研究文献现在尚处于划分工场教育中学习的不同类型的阶段，网络社区的知识生成研究还是相对较新的课题。也就是说，工场教育和网络学习文献主要是针对逐步复杂的学习形式（从程序式学习到战略式学习），但是并为把知识生成作为正式工场教育体系的目标，也没有广泛建立起知识分布理论。

对于中美在网络学习研究和评估合作的几点建议

老龄化过程中的学习与网络社团的知识获得与创造力方面的新研究视角的会合，再加上计算机与网络技术的进步，为研究和评估开辟了新的关键领域。因此，潜在的广泛合作领域就在于为下一代网络学习系统制定研究与评估日程，尤其是工程教育方面。

在制定研究合作日程方面，其中有具体的一步涉及到国家自然科学基金委员会与美国海军研究部门的合作，他们正准备在2003年2月共同组建专题工作组来确定远程教育中最管关键的问题，以帮助各代理机构为网络学习制定最有战略意义的研究方法。由于双边研讨会的关系，我们也邀请了中国国家自然科学基金委员会参加。这支由波拿迪诺加州州立大学肯尼斯lane组织的工作组的研究重点就是下一代远程学习系统的教学法。中国的参与将成为任何网络学习研究合作方案的先驱。它将有有助于确定工场与大学工程教育中可以纳入中国国家自然科学基金委员会与美国自然科学基金委员会的任何长期合作框架内的诸多事项。

在评估方面的相关领域：相对于其它模式或相对于传统教育体系，网络学习模式的有效性如何能够准确地得到评估？张彦通教授认为某些远程学习模式不如面对面的指导有益，但是随着远程学习变得更加交互，它的益处也随之增加。杰克·维尔逊阐述了Rensslear远程学习项目价值不断增长的有利证据。合作项目能够为学习和增加将来研究的投资提供非常有价值的参考依据。这样的项目能够为目前存在的以及将来会出现的许多以ICT媒介的工程教育合作计划总结归纳出标准的程式化的评估框架。

非常偶然，2002年10月双边研讨会召开同一周内，中美两国政府签署了关于在大学预科期间通过网络学习推动外语习得的发展的协议。应时的双边协议使两国在建立双赢机制的利益更大。实际上，双边研讨会对继续合作以推动以项目为基础的大学兼交流计划具有很大意义，例如，华盛顿大学—四川大学合作项目、上海交通大学—密歇根大学合作项目。潜在合作机会的相关领域是考察计划的本质和考察目前评价其有效性的方法。如此的考察也应该包括工场方案潜能的分析，因为这种分析包含了国际产品设计项目的特点，例如由惠普公司，宝钢公司，和通用汽车公司阐述或参加的交流方案。考察结果能够为大学、企业和国家组织的单位在将来发展和资助交流项目时提供必要的基准和数据库。

参考文献：

- Colella, V. (2000). Participatory simulations: building collaborative understanding through immersive dynamic modeling. *Journal of the Learning Sciences*, 9(4), 471-500.
- Cornford, I.R. 2002. Learning-to-learn strategies as a basis for effective lifelong learning. *International Journal of Lifelong Education* 21(4), pp. 357-368.
- De La Harpe, B. & Radloff, A. 2000. *Informed Teachers and Learners: the importance of assessing the characteristics needed for lifelong learning*. *Studies in Continuing Education* 22(2), pp. 169-182.
- Director, S.W. 2002. *Globalization and Engineering Education*. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 1-3.

- Fischer, G., H. Eden, E. Arias, and M. Eisenberg (2001). ROLE: Social Creativity and Meta-Design in Learning Communities. NSF Grant 0106976.
- Fuwa, Kazuhiko. 2001. Lifelong education in Japan, a highly school-centered society: educational opportunities and practical educational activities for adults. *International Journal of Lifelong Education* 20(1), pp. 127-136
- Gaofeng, Z. 2002. New Century Reform and Development of Engineering Education in China. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 67-84.
- Gouthro, P.A. 2002. Education for sale: at what cost? Lifelong learning and the marketplace. *International Journal of Lifelong Education* 21(4), pp. 20-35
- Grace, A.P. 2002. Lifelong Learning: International Perspectives on Policy and Practice. 21 Annual Conference (May 30 to June 1, 2002) Canadian Association for the Study of Adult Education (CASAE) Proceedings, pp. 128-133.
- Gustavsson, B. 2002. What do we mean by lifelong learning and knowledge? *International Journal of Lifelong Education* 21(1), pp. 13-23.
- Huang, J. 2002. Elearning and software engineering education. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*.
- Huband, F.L. 2002. Preparing Engineers for Creativity. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 132-135.
- Kalonji, G. 2002. Multinational Project-Based Approaches to Integrating Engineering Education and Research. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 177-180.
- Lane, K. (2003). Technology Assessment of Distance Learning Workshop. NSF Grant 0307027.
- Maguire, E.A., Gadian, D.S., Johnsrude, I.S., Good, C.D., Ashburner, J., Frackowiak, R.S. & Frith, C.D. (2000). Navigation related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 97(8): 4398-403.
- Mullane, L. 2001. *Innovations: Educating the Whole: An Interview with Jeremiah Murphy, Director of the Business-Higher Education Forum.* *CenterPoint*. [On line]. Available: <http://www.acenet.edu/calec/centerpoint/index.cfm?articleID=47>
- Park, S. 2002. The change of South Korean adult education in globalization. *International Journal of Lifelong Education* 21(3), pp. 285-294.
- Parrish, E. 2002. Issues in Engineering Education. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 228-232.
- PITAC (President's Information Technology Advisory Committee) (2001). *Using Information Technology to Transform the Way We Learn*. Washington DC: Office of Science and Technology Policy, Executive Office of the President.
- Qihua, X. 2002. Continuing Engineering Education Facilitates Enterprise's Technological Innovation. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 41-53.
- Ratchford, J.T. 2002. Globalizing Engineering Education: Public Policy Impacts. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 142-166.
- Saba, F., (2002). Connecting the dots: Cost of education, reduced resources and distance education. *Distance-Educator.com*. Retrieved January 2003 from <http://www.distance-educator.com/dnews.php4?action=detail&id=6082>.
- Selwyn, N., Gorard, S. & Williams, S. 2001. The role of the 'technical fix' in UK lifelong education policy. *International Journal of Lifelong Education* 20(4), pp. 255-271.
- Shilie, W. 2002. The Concept of Talents and the Concept of Education. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 54-66.
- Smith, P. (2003, in press). Flexible Delivery and Workplace Learning. *Review of Education Research* 73(1).
- Street, G. 2000. An overview of the development of biochemical engineering education. *European Journal of Engineering Education* 25(3), pp. 181-187.
- Taylor, E.W. 2001. Transformative learning theory: a neurobiological perspective of the role of emotions and unconscious ways of knowing. *International Journal of Lifelong Education* 20(3), pp. 218-236.
- Tung, K.H. 2002. General Motors China Engineering Education. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 216-218.

- U.S. Department of Education (2002). U.S. Calls for Strengthening E-Learning Efforts in APEC Region. Available at <http://www.ed.gov/PressReleases/11-2002/11062002.html>.
- Wilson, J. 2002. eLearning in Engineering: The Interplay of Technology and Pedagogy. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 97-100.
- Wilson, J.D. 2001. Lifelong learning in Japan – a lifeline for a ‘maturing’ society? *International Journal of Lifelong Education* 20(4), pp. 297-313.
- Xie, Y. 2002. How to Educate Students with the Ability of Innovation and Creation. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 181-190.
- Yang, E. 2002. Reinventing the Partnership with Higher Educational Institutes in the Globalization Age. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 39-40.
- Zhang, Weiyuan , Niu, Jian & Jiang, Guozhen (2002). Web-Based Education at Conventional Universities in China: A Case Study. *International Review of Research in Open and Distance Learning: 2, 2*.
<http://www.irrodl.org/content/v2.2/zhang.html#b19>
- Zhang, Y. Promoting Student-Centered Learning. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 255-258.
- Zhewei, Z. 2002. Innovation and Creation in Engineering Education. *Proceedings of China-US Bilateral Seminar on Engineering Education*, pp. 126-128.

3. RESEARCH ISSUES IN DISTANCE EDUCATION AND LIFELONG LEARNING: OPPORTUNITIES FOR CHINA-US COLLABORATION

Dr. Eric R. Hamilton
Director, Division of Research, Evaluation and Communication
National Science Foundation

Abstract:

Life-long learning, and especially workplace learning, is an increasingly prominent domain of national policy and research attention in the past several years. This paper considers the focus that a small sample of national governments (China, USA, Korea, Japan and the United Kingdom) and international organizations (OECD) has applied to workplace learning. Issues of maintaining the productivity of the workforce through longer work life cycles and through a succession of structural changes in various professions are critical to the global economy and comprise the fundamental logic behind the increased attention and resources by national governments. E-learning assumes an increasingly ascendant role in the future of workplace learning.

Three frontiers in e-learning include a) technological change, b) research in learning in distributed settings, and c) pedagogical developments at the intersection of a) and b). The primary developments at the technological frontier include bandwidth increases and synchronous communication and collaboration technologies. At the next frontier, workplace learning through collaborative online settings creates new opportunities for social creativity and problem solving. Research on self-

regulated learning, metacognition, and procedural and strategic learning are contributing to a view of workplace learning as not only an opportunity for imparting new information and knowledge bases to workers, but to generating new knowledge and collective intellectual capital in a workplace setting. These developments in bandwidth, synchronicity, and knowledge about learning and knowledge generation in collaborative online settings are creating new frontiers in online pedagogies and development of instructional tools.

远程教育和国家数字化图书馆

简·褚·普雷

国家自然科学基金会本科教学部

数字化图书馆：“一种可管理的数字化多媒体学习材料环境，专门为使用者提供便利而设计，其结构有利于获得其中内容信息，其装置有利于打通全球网络...其使用者和拥有者完全是分布各地，但可以作为连贯的整体来管理。”

——梅尔·柯利尔 (Mel Collier) ， 1997数字化图书馆的研究、发展和实践国际讨论会

随着全球化和互联网的持续快速发展，世界变的越来越小，联系变得越来越紧密；信息可以在任何地区即时共享。这给我们带来一种全新的教育模式。互联网可使更多的个人获得并使用信息，也可使更多人应用全新的、不同的方式从中学习。这迫使我们从一种全新的角度来看待学习。

我们不须要再考虑怎样让学生去学习；我们须要考虑的是怎样使学习走近学生。讲课的形式，甚至是班级结构都可能和大众教育开始之初就使用的传统教室模式有很大不同。在信息大爆炸的时代，我们不能期待老师知道所有事情，或发掘所有重要的资料，或理解并使用最新教学技术。我们需要一种方式能够分享那些有不同人所提供的教育信息。在传统图书馆里，人们可以欣赏同一本书，但一次只有一本。与此不同，互联网能够使最新(工程)教育资料同时为我们大家所使用。我们要重新考虑大众教育的传统模式和发展的水平。

在美国，国家科学、技术、工程和数学教育数字化图书馆曾被构想、现在正向着支持那些在科学、技术、工程和数学教育方面的优秀者工作的方向而发展。基于多个数字化创始机构支持下的研究，该项目正在创造一座国家数字化图书馆，它将形成一种在线的网络学习环境，并为所有程度的科学、技术、工程和数学(STEM)教育——大学前、本科、研究生和终身学习——提供学习资料。该中虚拟机构的设置最终是为了促进和支持正式和非正式的科学、技术、工程和数学教育的持续进步。

当前，有60多个NSF

NSDL项目将于十月初公布。其中的几个主题，全世界的工程教育家们都会感兴趣。例如，其中一个项目就是创造微观结构的数字化图书馆为制陶业服务，重点在用于构造设备、电子设备和

温度设备等材料的应用上。该数据库和软件现在正被测试，即将投入使用。再比如，用于科学和工程教育的高质量数字化软件的集合项目，该项目可支持丰富而高效的互动和以询问为基础的学习环境，可以使不同程度的学习者掌握数字化方法和软件图书馆的使用。

通过互联网，任何人都可以在网上上传任何东西给大家看。泛滥的信息让人很难找到有用的教育材料，或确定是否有用。我们需要某种方法来组织、共享和搜索信息和想法。我们如何将已经完全在课堂上测试过的高质量材料和那些未检测的“有待完善的材料”区别出来呢？如何更新这些信息？NSDL每一步的合理发展是不是国际项目的内涵？

在过去的两年中，有亚洲、南美、欧洲等地区的来访者曾对NSDL感到极大的兴趣。目前有几项国际合作已在进展之中。最近，一个JISC(英国)NSF复查小组评估了合作计划，这一计划中的参与机构之一是在英国，另一个是在美国。当前还有和NSF / DFG(德国)、NSF / 欧盟(www.dli2.nsf.gov/intl.html)的合作计划的申请。在NSF的ITR创始者(www.itr.nsf.gov)资助下的多国“百万图书计划”正在研究创造一个数字化在线记录，它至少包括一百万本图书和手稿，它将随时随地为任何人所使用。目前，已经有几所中国大学和美国的伙伴学校也参与了远程教育计划。这些新生事物会走向何方呢？

NSDL的国际拓展自然是一个要寻求的问题。很多问题来自于国际合作和对国际数字化图书馆的贡献上。NSDL能否成为促成教育信息全球化的基础？数字化图书馆的想法如何才能帮助合作并促成工程教育的全球化？在关于远程教育模式方面该想法将怎样影响工程教育？我们能否创造和建造出一个教育环境，使其向全世界的人们提供高质量的工程教育？

4. DISTANCE LEARNING AND THE NATIONAL DIGITAL LIBRARY

5.

Dr. Jane Chu Prey

Division of Undergraduate Education

6. National Science Foundation

7.

8. Abstract:

9. Continuing the work of the Digital Library Initiative, the National Science Foundation is supporting projects that cover the Science, Mathematics, Engineering and Technology Education content areas. The National Science, Mathematics, Engineering and Technology Education Library (NSDL) offers, via the Internet, high-quality proven materials for science, mathematics, engineering and technology education.

10. This effort is designed to provide and support excellent educational materials for any and all students, teachers and the general public. The NSDL is expected to support education at all levels

“including preK-12, undergraduate, graduate, and life-long learning by providing anytime, anywhere access to a rich array of authoritative and reliable interactive materials and learning environments.”

11. One of the next major questions that needs to be addressed for the Digital Library Initiative and NSDL in particular relates to the inclusion and participation by the international community.

12. This presentation will provide a current and historic overview of the NSDL with examples of engineering education projects. The serious questions of particular interest to the international community will also be presented.

基于互联网的“做中学”探究式学习

韦钰 院士

中国工程院、中国教育部

13. 大家都承认世界正在发生一场革命性的变化，其推动力是一连串相继发生的重要的技术革新。从运输部门到通讯领域，从近年来的信息技术到可以预见的生物技术革命，使我们生存的世界具有了至少如下三个新的特征：变化越来越快；越来越复杂和不定；越来越联系紧密并相互依存。人类社会和人类赖以生存的自然环境变得更脆弱，不确定性增加，或者说风险增加了。这种增加不仅反映在数量上，而且在它们影响的深度和广度上。

14. 这是无法逆转的社会发展方向，教育必须适应这种变化，为这种变化准备人才。我们也许应该问问我们自己，在学校给予的教育中，对我们一生来说哪些是最宝贵的？再面对现实和预测未来，认真考虑这样一些问题：什么是学者？什么是学问？什么对学生未来一生的发展最为重要？我们是否可以列出以下的方面：终身学习的能力、对变化的适应能力、应对挑战（压力）的能力、融入社会（合作和交往）的能力等。而不是只是学科所包含的具体内容才是最重要的，甚至如在中国社会里一度流行的话说“学好数理化，走遍天下都不怕”。这句话正确的时代已经过去了

15. 另一个必须考虑的重要变化是科学技术不再是关在象牙塔里科学家专有的事业了，它进入了社会生活的各个方面。比如对一个学机械的学生来说，他当然不仅要学机械工程、机械设计和工艺，还要学电子工程、学计算机、学材料……。当然材料不止是金属材料，应该包括非金属材料、纳米材料、生物材料……。谁知道今后还会有什么材料要用到，或者会再出现，而这些材料所涉及的学科基础及技术不尽相同。只学自然科学和技术当然不够，还要学经济，管理、市场；所在国的历史、文化；其他有关国家的语言、历史、文化等等。这个单子还可以罗列下去。显然，只学会知识还不行，你得教会学生融会贯通，学以致用；学会对可能出现的风险的预估和驾驭等等。这样，要求开出的课程越来越多，在有限的学时里，广度和深度显然会产生矛盾。单纯以学科为中心来组织课程，会变得越来越困难，至少在专业基础课和专业学习阶段会是这样。

16. 同时，当接受高等教育的学生占人口的比例越来越高时，即通常认为的高等教育大众化的时代到来时，学生毕业以后的择业方向不再主要限于从事学术研究和工程技术工作，就业的多元化对大学教育也提出了新的挑战。

17.

少幼儿“做中学”科学教育改革给我们什么启示？

“做中学”幼儿和小学科学教育改革（以下简称“做中学”），是在世纪之交，国际上一些科学家主动采取的联合行动。这场改革的兴起有其鲜明的时代背景和重大的实际意义。

大约在十五年前，美国诺贝尔物理奖获得者利昂·莱德曼（Leon Lederman）提出了“Hands On”的学习模式。他说：这样做的目的是为美国准备20年后合格的公民。在参观了美国芝加哥的实验以后，这句话给我留下了深刻的印象。五年前，由法国的诺贝尔物理奖获得者乔治·查帕克（Georges Charpak）将其引入法国，称为“La Main à La Pâte”，直译为“动手和面吧”，意即“动手做”。

夏帕克教授曾说过，“实施这项科学教育改革不仅改变了孩子学习的方法，也改变着他们生活的方式”。这些教学改革已经取得了公认的成功，被有关国家列为教育改革的主要内容。2000年11月，20多个国家的科学家、教育家、政府官员和教师在国际科学联盟（ICSU）主持下，汇聚北京对小学科学与数学教育进行研讨，利昂·莱德曼亲自起草了《北京宣言》。

我们经过认真地考虑和准备之后，由教育部和中国科协共同发动，培训了一部分教师，从今年开始在中国正式启动了类似的科学教育计划。我们称它为“做中学”。这项改革进行的时间不长，涉及的学校很少，但是成效是明显的。最明显的成效有三点：

1. 快速地、有效地改变了长期以来以教师为中心的教育方法，激发了学生学习的主动性。
2. 较好地解决了培养学生“举一反三”，“触类旁通”学习能力的问题。
3. 在科学实验的实践中培养学生的社会行为，如互助合作、相互尊重、尊重事实等。

这么多年来，大家都在说我们需要落实素质教育，据说有关素质教育的定义已有了几百种，研究宏观问题的文章很多，研究具体方法的就较少。从国际和我国的实践看，我认为“做中学”也许不是唯一的方法，但确实是一个非常好的可行的方法。这项实验也给我一个启示，研究一些实现我们变革目标的方法是很重要的，没有合适的方法，我们的改革愿望不能落实。方法的改变比具体课程内容的改变要重要的多。

基于互联网的“做中学”探究式学习的设想

18. 我们认为将“做中学”探究式学习加以改造，可以用到大学的教育里来。在这种学习方法改革中，提倡教学者和实践者紧密结合，共同实施教育改革；强调重点概念和典型案例结合；强调学习过程中教师与学生的互动；强调学科的综合等，这些都是目前大学教学改革中需要的。如果能够把目前在中小学中进行的“做中学”教育改革观念引入到大学工科教育改革中来，并加以改造，如：

1. 扩展到利用互联网；
2. 根据大学生的认识特点，引入科学实践和理性思维的结合，不把实践看成是为了验证理论，而是一种重要的学习过程；
3. 根据课程内容的需要，引入自然科学和社会科学的结合；

19. 相信将会为高等教育的改革提供一条新的出路。

20. 我们设想，大致可以在本科一、二年级实施以学科为中心的分析模式的教育；在三、四年级和技术教育中，以问题为中心，用“做中学”的方法来整合式地进行专业基础和专业教育。在“做中学”的过程中，可以依据学生兴趣和未来的职业取向的不同，设计具有不同特点的课件和教案。比如，科研性较强的、侧重技术流程的、注重技术转移和创立企业的等等。

21. 设想容易，要付诸实践

从师资培训、教案设计、到组织教学会有大量的探索工作要做。法国的“LMALP”的实施中确立了十项原则，我们在“做中学”的实践中，根据中国的情况提出了九条原则，以便做起来可以保证一定的质量。看来，在大学里如要实施，也要确立一些原则。虽然有困难，但这是一条有希望的出路，希望在中国高教界有“勇于吃螃蟹的”人来实践这件事。

工程教育全球化与公共政策的影响

J·托马斯·拉奇福德

国家技术法律中心

乔治·梅森大学法学院

引言

我个人对参加这次预定的“面向全球经济的工程教育”双边研讨会感到非常荣幸。担任本届会议主席的上海交通大学翁史烈教授，北京航空航天大学沈士团校长和伍斯特理工大学埃德华·帕里什校长为邀集各界有识之士，增强会议发言内容等方面做出了很大的贡献。另外，我们美方还要特别感谢北京航空航天大学的张彦通教授，中国国家自然科学基金会陈淮博士及其他工作人员为上海和北京分会的协调工作所付出的才智和专业技术服务。

多年来我始终将中国的工程师和科学家们视作我的良师益友。自从二十多年前我首次访问中国以来，中国的科学和工程在数量和质量上发展都极为迅速。中国的工程和科学教育所取得的成就也非常引人注目，美国一直是这些成就的主要受益者。在美国的重点大学里，最前沿的研究生工程科学研究项目中有很多中国培养的学生。这就导致我们的科研和教育体系及构成该体系的个体间的相互依赖性增强。这种依赖在未来的几年中还将继续增强。作为教师，学生和决策人，我们有责任让这种依赖性向有助于加强两国技术力量，促进世界稳定和全球经济持续增长的方向发展。

国家政策会对工程教育产生重大影响。这些政策大致可以分为两类：一类是教育政策，它可以影响大的社会经济政策；另一类是大政方针，它同时也会影响工程教育。两类政策相互影响，就会出现积极或消极的反馈。作为工程师和科学家，我们必须尽最大努力保证工程教育政策的正确性。我们需要在各自国家不同的政治环境中积极工作，并确保大的政策对工程教育的发展是支持的，至少是有利的。

一、技术的重要性

技术和支持技术的工程和科学在当今世界占据重要地位。技术前进一步，社会交往和人们的生活方式都会随之变化。技术进步对经济造成的影响也是十分深刻的。我们这几代人可以看到科技对人们生活的影响方式也发生了巨大的变化。通信技术的进步使得人们可以有较低廉的价格使用电话，数据，电视，互联网等工具；交通技术的发展给我们带来了价格合理的新鲜水果，蔬菜，鲜花，并使度假远游不再是一种奢侈的享受；生物技术的发展使得动植物以超乎

我们想象的速度繁殖；保健技术的发展如此迅速，以致于各国人民的需要已远远超出了他们的经济承受能力。

当然，所以这些科技进步的产生并非处于偶然。因为世界人民都在科技上进行了大量的投资，投资量同时呈增长趋势。而促使这些投资的是一个具有支持力度的政策环境，其中包括知识产权保护政策和科学工程教育资金公开筹集的办法。

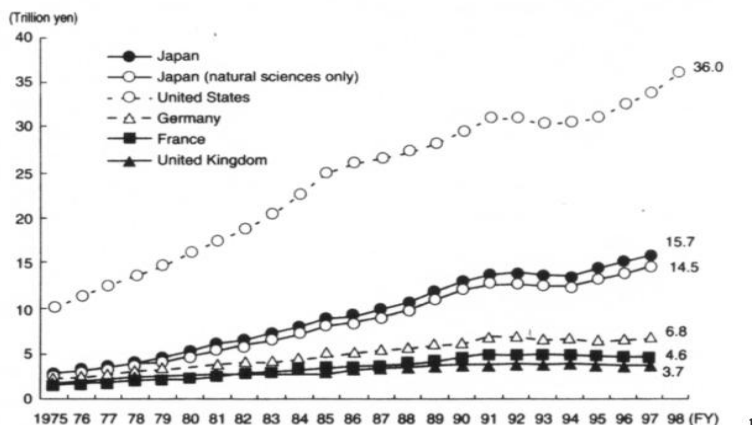
科学家们运用高能物理和空间天文学中截然不同的工具，开始探索并了解宇宙的起源。通过对生物系统，包括人类和水稻染色体组的研究，我们可以提供足够的信息来说明人类在节约利用资源问题上正陷入道德和环境两难顾全的困境。从凝聚体物理学和化学各领域研究中所取得的进展中，我们了解到各种不同材料中电子的特性，并能够规定工程材料的主要成分。这些材料必须坚固或者具有良好的电子特性或其他的良好性能。

科学是一道强有力的工具。它最终将应用于技术知识，并服务于人们的各种意图(它可以是善意的，也可以是恶意的)。科学方法无法提供如何应用这些终端知识的“用户手册”。自古以来，人们制造更新更尖端武器的愿望作为一股强大的力量推动着科技研究和技术开发：军队的预算促进了航空，太空技术的发展；核武器的出现也要比核电站的发明早得多。甚至一些民用技术也会对身体和社会产生危害：人们死于车祸的人数要多于死于疾病的人数；电视对社会以及儿童都会产生各种正面或负面的影响。正因为如此，我们会不断地卷入到对得失的权衡和计算之中，不可自拔。

生产开发技术仅仅是一部分，以明示或隐含的方法向年轻一代的工程学学生传授工程学知识也是同等重要的。莱斯利·罗伯逊 (Leslie Robertson) 的采访给我的印象非常深刻。这位杰出的结构工程师负责建造了世贸中心双塔。当这项工程开工时，他年仅34岁，他们吸收了许多在当时受到广泛好评并在前一年经过严格检验的工程新技术。罗伯逊说到，如果他再年长一些，这些革新就不会发生，因为许多资深工程师会重复早期他们觉得满意的方法。以此我要说明的不是这些具体的新技术在事后证明是对是错，而是我们需要有合适的工程教育系统，由此既保留以往的优秀实践成果，又鼓励今后的革新和创造。

1. 技术投资(投入)

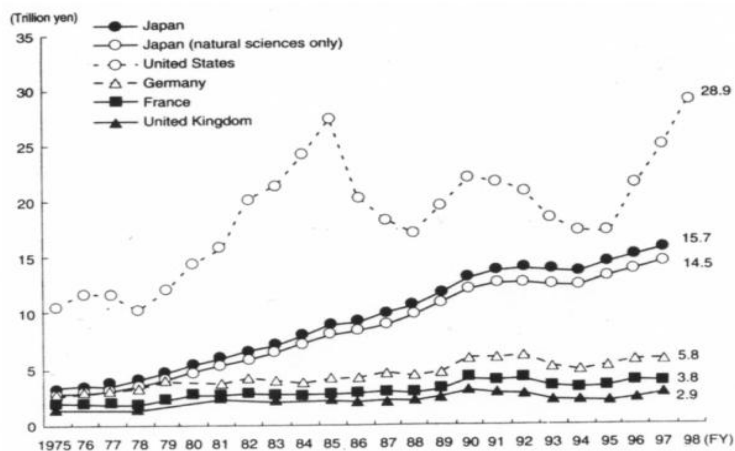
所选国家的研发支出趋势 经济合作发展组织购买力平价



幻灯片1

我们首先来看看技术的投入。多数国家都在加大对技术，特别是科研和开发(RAD)的投资力度。幻灯片1显示的是科研开发费用支出最多的五个经济合作组织成员国。请注意，这些费用都在1万亿日元以上。此幻灯片表示这些国家拔出大批资金用于科研和开发，而且这一趋势在过去二十年内持续上升。为便于比较，我们采用了经济合作组织的购买力平价方法(PPP)。

所选国家的研发支出趋势 —国际货币基金组织汇率转化

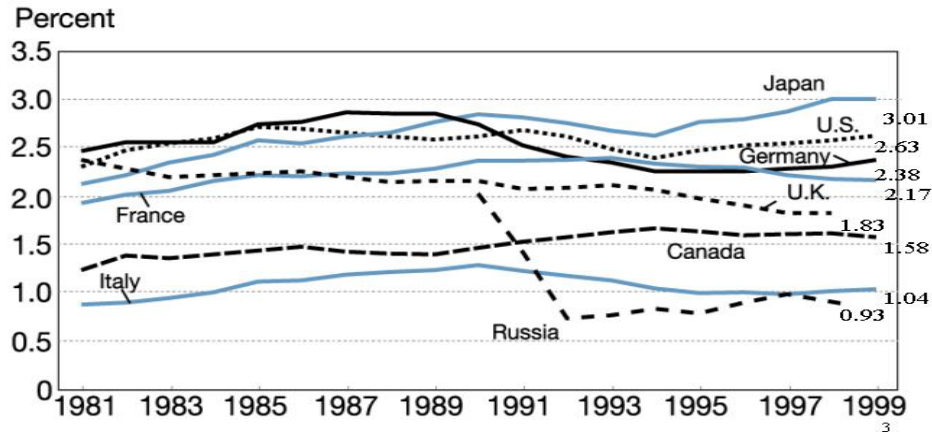


幻灯片2

我们应尽早知道的重要一点是，对各国科研开发情况作一精确的比较是非常困难的。同时我们也应该及时知道在这种比较过程中会出现的其他情况。如果你将幻灯片1和幻灯片2一比较，你就会明白这一点。幻灯片2采用的数据与幻灯片1完全一样，所不同的是前者用的是国际货

币基金组织的汇率来进行比较，而不是用经济合作组织的购买力平价方法。正是因为日元跟美元汇率的变化才使得人们对幻灯片2产生误解。

研发总支出所占国民生产总值的百分比



Source: Science & Engineering Indicators – 2002

幻灯片3

另一个比较国家技术开发投入多少的方法就是考察科研开发支出在国内生产总值中所占的比例。一些大国和其他国家的该项比例已在幻灯片3中表明。如果把所有经济合作组织成员国和较大的发展中国家作为考察对象，我们会发现，这些国家一般都可以分成以下三类，当然也会有一些例外：

富有的大国一般都支出国内生产总值的2%—3%用于科研开发；

富有的小国支出相对少一些，大致是国内生产总值的1.5%；

发展中国家支出更少，大约为国内生产总值的0.5%。当然其中也有教大的浮动。例如，中国近年来在科研开发上的支出约占国内生产总值的0.6%或0.7%。考虑到中国经济的快速增长，这一百分比能保持不变，已是一个非凡的成就。

22. 富有的小国在科研开发上所支出的国内生产总值不包括韩国，瑞士，芬兰和瑞典在内的对手国要多得多。

(二) 技术价值(产出)

技术的价值是什么?换句话说，不考虑上文提到的技术开发投入问题，它的产出有哪些呢?出于种种原因，科研技术成果对国家和公司都是十分有价值的。我们来讨论一些今天普遍感兴趣的成果。

国家安全

政府支持科研开发是有多种原因的。其中一直以来，首要的一点是为了维护国家安全。在武器设计研制过程中，技术优势至关重要，核武器研制显然如此。然而归结起来，其他各种各样的技术，不管它是侵略性技术还是防御性技术，也是如此。尽管冷战结束以后，各国政府对防御技术的支持力度有所减弱，但许多国家在这方面的支出仍较高，中美两国都包括在内。

国家职能

多数国家的政府机构支持科研技术开发，是因为一些规定的国家职能关键要靠它来实现。这些职能包括卫生，能源，规范，交通，环保和国家安全。在一些国家，政府将支持与工业发展和贸易相关的技术研究作为宏观工业政策的一部分。由专门职能机构来估算这些投入最终取得的成果是非常困难的，但是在多数国家，政府出面就能很好的完成这项工作。

基础研究

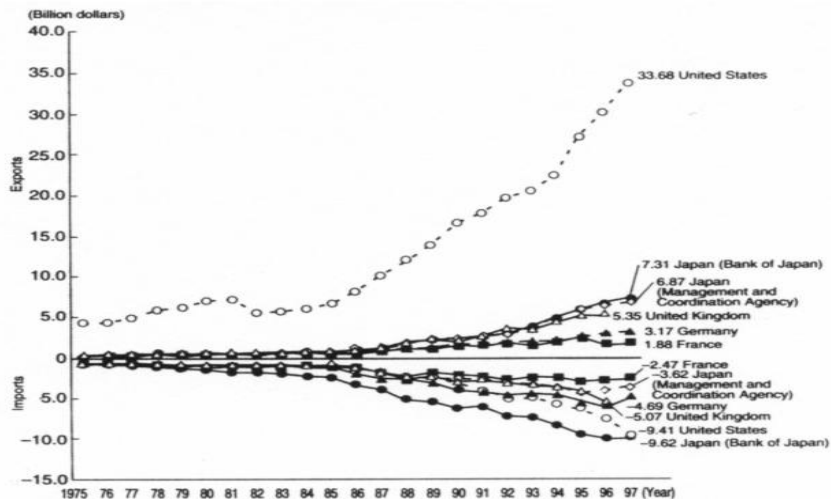
政府支持基础研究的理由是很容易理解的。私营部门很难给予基础研究过多支持，因为(1)通过知识产权系统，保存研究成果是十分困难的(“他人会从我们的发现中攫取商业利益”)

- ：
- (2)有技术失败的风险(“基础研究一旦失败，其损失要大于从成功研究中得到的利益”);
- (3)要把基础研究投入到以营利为目的的技术中去，需要较长时间(“高利息率足以使我们破产”)。然而基础研究已和高等教育紧密结合起来，其成果对于在职能机构支持下的技术开发是至关重要的。而且，学术研究已经表明，社会从基础研究中所获得的收益率总体上很高。计算科研成果的发表量是直接衡量技术成果的一种常用方法，尽管该方法并非十全十美。

经济成果

23. 要衡量国家从技术投资中获得的商业利润并不简单。人们有时采用高科技产品和服务作为衡量方法，然而当今世界技术转让速度如此之快，使得高科技生产可以在几乎不存在持续科学工程优势的地方进行。如上所述，用宏观经济尺度来衡量某些类型的科研投资成果，其回报率往往在零到大于一个百分点之间。另一种方法是国家专利活动，但各国对于专利往往有自己的惯例，因而此方法不太行得通。

所选国家技术贸易趋势



幻灯片4

该幻灯片将世界各主要国家的公司在技术开发和出口方面的成绩作一比较。我们同时也可以看到技术转让的比率在过去20多年来剧烈上升。注意，“技术贸易”跟“高科技产品和服务贸易”不能等同。事实上，前者要衡量的是知识产权如版

税，许可证等的支付。美国在技术贸易上持续保持贸易顺差，如，1997年，美国出口技术额约340亿美元，进口仅为90亿美元。我还要指出的是，许多技术贸易只是在相关公司之间进行，并非所有的知识产权都可以看成是“技术”；而且一般来说，跨国公司的存在使得我们要对各国作比较就显得比较复杂。但是，技术出口作为技术成果的一种衡量方式是非常有用的。

股票价值的影响

几十年来，人们对股票价格上涨的期望往往和该公司技术开发项目的质量挂钩。被像美国标准普尔指数公司（Standard and Poor）这样的投资服务公司普遍认可的解释是：一个公司的技术开发项目（科研开发预算）的能产性，是该公司利润增长率的关键决定因素之一，而利润增长反过来会促进期货价格的上涨。总的来看，投资者们都认为在科研开发支出和股票价格与利润比例之间存在着一种相互关系。

“科研开发资本”（代表知识产权和专有技术）跟“有形资本”（代表机器设备）一样，也是一项公认的投资费用。一家公司要在竞争中立于不败之地，它所需的科研开发资本数量根据工业集团规模，可以各不相同，这在下文会作一详述。与有形资本相比，科研开发资本一大特点就是它的不稳定性。技术和知识产权的优势伸手可得，但又转瞬即逝；相反，房屋和车辆的贬值却需要更长的时间。科研开发资产的不稳定性无疑导致世界主要交易所股票价格的上下浮动，其中也包括泡沫经济的出现。

二、其他主要的全球发展趋势

今天我主要的目的是要提出工程教育全球化对政策的影响。为了说明这一点，我们有必要找出影响工程学和工程教育的重要世界状况。其中一些已在上文论述，下文要讨论的是其他一些状况。

1. 经济一体化

Real gross domestic product per capita, for selected countries: 1960-96
(1996 U.S. dollars)

	United States	Canada	Japan	South Korea	Austria	Belgium	Denmark	France	Germany ^a	Italy	Netherlands	Norway	Sweden	United Kingdom
1960	13,797	9,738	4,508	1,468	7,890	8,568	9,890	8,380	9,928	7,128	8,839	8,356	9,508	9,791
1961	13,882	9,845	5,119	1,498	8,263	8,964	10,190	8,749	10,251	7,684	8,975	8,794	9,995	9,960
1962	14,500	10,348	5,429	1,487	8,410	9,393	10,871	9,167	10,604	8,094	9,231	8,958	10,363	10,000
1963	14,901	10,684	5,942	1,579	8,897	9,729	10,836	9,485	10,797	8,484	9,405	9,228	10,854	10,331
1964	15,553	11,183	6,658	1,687	9,160	10,309	11,498	10,000	11,401	8,634	10,078	9,817	11,508	10,819
1965	16,339	11,707	6,924	1,739	9,361	10,579	11,956	10,389	11,879	8,846	10,468	10,047	11,836	11,020
1966	17,206	12,271	7,588	1,902	9,820	10,840	12,136	10,841	12,101	9,305	10,621	10,342	11,989	11,168
1967	17,452	12,406	8,316	1,968	10,040	11,198	12,442	11,261	12,036	9,888	11,058	10,896	12,277	11,358
1968	18,084	12,870	9,271	2,141	10,435	11,622	12,862	11,654	12,646	10,459	11,679	11,046	12,650	11,766
1969	18,449	13,366	10,281	2,382	11,052	12,359	13,602	12,369	13,461	11,026	12,331	11,447	13,191	11,956
1970	18,258	13,523	11,137	2,535	11,798	13,139	13,777	12,961	14,003	11,524	12,880	11,596	13,917	12,191
1971	18,626	13,846	11,512	2,697	12,346	13,590	14,047	13,454	14,283	11,665	13,289	12,048	13,952	12,367
1972	19,438	14,470	12,312	2,774	13,036	14,254	14,702	13,928	14,796	11,922	13,561	12,574	14,229	12,762
1973	20,366	15,395	12,998	3,074	13,598	15,050	15,145	14,568	15,425	12,611	14,131	12,999	14,768	13,670
1974	20,050	15,852	12,864	3,266	14,110	15,619	14,936	14,923	15,436	13,080	14,590	13,590	15,195	13,435
1975	19,768	16,030	12,896	3,425	14,096	15,344	14,793	14,814	15,298	12,711	14,487	14,078	15,522	13,340
1976	20,634	16,794	13,260	3,767	14,787	16,173	15,710	15,382	16,190	13,462	15,053	14,967	15,630	13,713
1977	21,381	17,197	13,707	4,091	15,432	16,232	15,918	15,806	16,687	13,802	15,312	15,437	15,326	14,044
1978	22,292	17,804	14,299	4,408	15,454	16,662	16,102	16,265	17,207	14,270	15,579	16,077	15,549	14,532
1979	22,672	18,310	14,959	4,651	16,214	17,006	16,631	16,720	17,825	15,037	15,818	16,715	16,111	14,922
1980	22,335	18,343	15,259	4,466	16,687	17,721	16,538	16,905	18,040	15,553	15,880	17,487	16,347	14,576
1981	22,620	18,782	15,629	4,660	16,597	17,487	16,394	17,009	18,024	15,594	15,690	17,594	16,325	14,383
1982	21,928	17,961	15,998	4,936	16,758	17,731	16,899	17,342	17,867	15,603	15,437	17,560	16,479	14,640
1983	22,593	18,344	16,258	5,423	17,112	17,734	17,341	17,374	18,245	15,728	15,640	18,122	16,780	15,163
1984	23,964	19,314	16,788	5,822	17,337	18,174	18,110	17,521	18,834	16,099	16,092	19,132	17,423	15,479
1985	24,600	20,048	17,422	6,142	17,746	18,348	18,879	17,767	19,264	16,506	16,513	20,070	17,730	16,010
1986	25,129	20,506	17,817	6,784	17,833	18,613	19,540	18,128	19,702	16,951	16,876	20,715	18,094	16,647
1987	25,640	21,082	18,467	7,491	18,205	19,039	19,575	18,444	19,990	17,449	17,002	21,037	18,601	17,400
1988	26,378	21,847	19,527	8,255	18,901	19,833	19,791	19,173	20,609	18,093	17,333	20,900	18,933	18,223
1989	27,007	21,986	20,386	8,895	19,514	20,512	19,892	19,880	21,144	18,590	18,039	21,006	19,254	18,556
1990	27,057	21,609	21,350	9,428	20,157	21,073	20,144	20,267	21,930	18,959	18,653	21,346	19,366	18,564
1991	26,517	20,974	22,092	10,188	20,508	21,326	20,361	20,310	22,741	19,115	18,924	21,907	19,020	18,122
1992	26,843	20,823	22,249	10,594	20,659	21,559	20,340	20,433	22,860	19,199	19,162	22,493	18,640	17,964
1993	27,278	20,987	22,253	11,089	20,533	21,153	20,585	20,063	22,164	19,239	19,172	22,971	18,120	18,280
1994	27,947	21,611	22,345	11,920	21,264	21,575	21,410	20,220	22,788	19,815	19,757	23,006	18,472	18,601
1995	28,233	21,844	22,542	12,856	21,206	21,558	21,945	20,362	22,865	20,125	20,304	23,262	19,418	18,341
1996	28,752	21,905	23,289	13,635	21,375	21,829	22,401	20,583	23,059	20,227	20,881	24,364	19,293	18,715

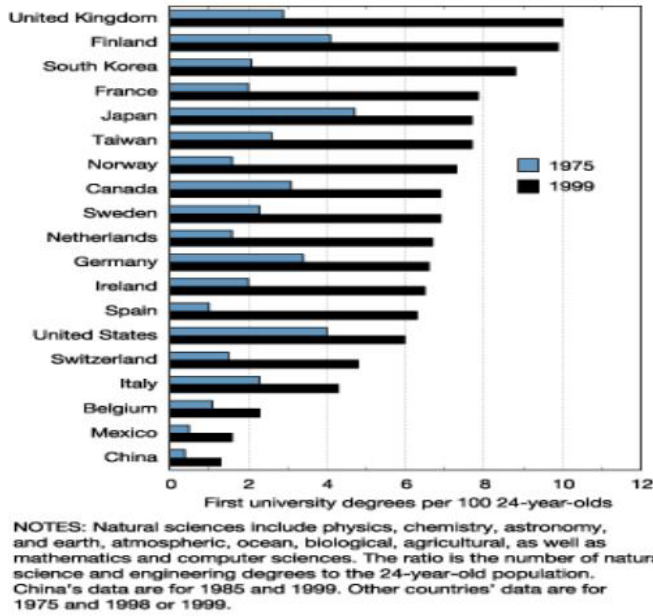
Source: Science & Engineering Indicators - 2000

幻灯片5

教育是一项昂贵的投资，而高等工程教育更为如此。富裕的国家过去在这方面占有较强优势，但是随着经济一体化出现，这种状况也有所改变。国家间经济一体化程度可以通过比较长一段时间内人均国内生产总值来衡量。幻灯片5比较的是1960年到1996年间，14个经济合作组织成员国的人均国内生产总值。尽管美国在此期间人均国内生产总值最高，但是其他各国的国内生产总值与美国的比都在增长。一般来讲，比率越小，其相对增加值就越大。也就是说，在参与比较的这些国家中，名次较后的国家其增长幅度要比名列前茅的国家大。

(二) 教育一体化

24岁人口中获得第一个大学自然科学和工程学学历的人数比较



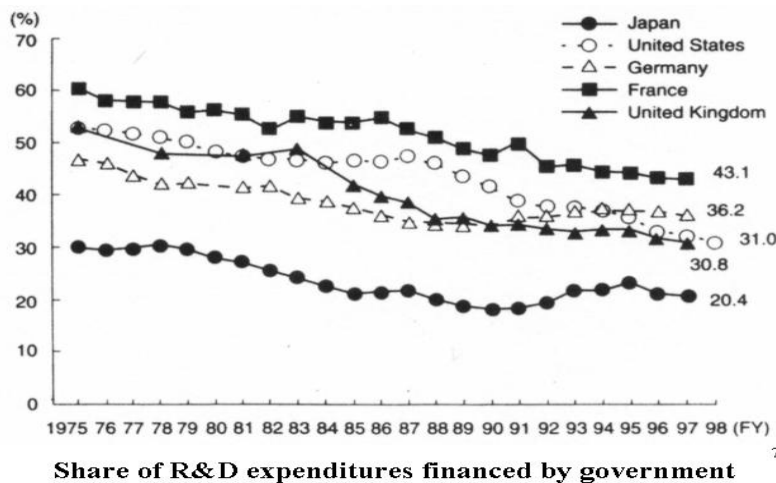
Source: Science & Engineering Indicators – 2002

幻灯片6

二次大战以来，多数国家在教育，包括科学与工程教育上取得的进步都大于美国。幻灯片6显示的是19个主要经济合作组织成员国中，获得自然科学与工程专业第一大学学士学位的人数与年龄为24岁的人口的比率。注意，在1975—1999年间，这些国家比值提升速度要比美国快。例如，美国的增长率为50%，而中国几乎增长了3倍。在此期间，教育一体化从质量上看，成绩喜人。美国知名大学授予国外学生科学工程博士学位的几率也大大提高。

2. 技术开发中政府角色的削弱

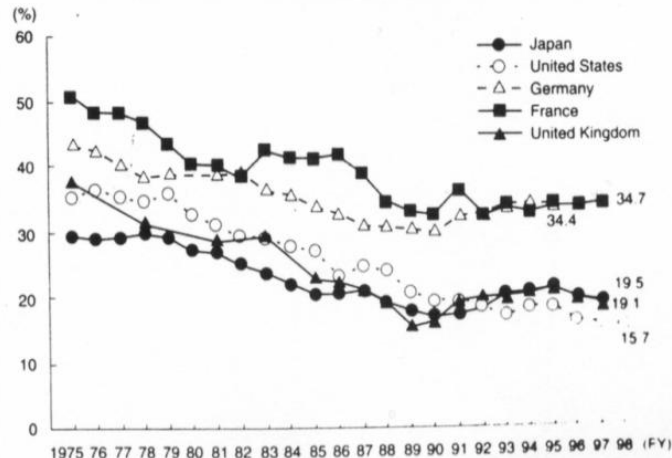
政府拨款的研发支出趋势



幻灯片7

政府资助科研开发的角色处处都在削弱。我们可以从幻灯片7中看到这一趋势。在过去20多年中，所有工业国家的政府对科研开发的支持较之于私营部门都有所下降。尽管在不同国家仍有很大区别。不管防御科研和技术开发是否包括在内，这一趋势仍保持不变。幻灯片8就说明了这一点。

政府拨款的研发支出趋势



与国防相关的研发支出所占政府拨款的研发支出的份额。

幻灯片8

下一张幻灯片(幻灯片9)清楚得说明美国资助下降的事实。1996年——2000年期间，公司对科研开发的资助额上涨40倍，而联邦对科研开发的资助仅上涨3倍之多。虽然在表中没有显示，但在此期间联邦科研开发资助总量在实际操作中仅上升了大约50个百分

美国1955年到2000年工业拨款的研发支出趋势

Billions of U.S. dollars

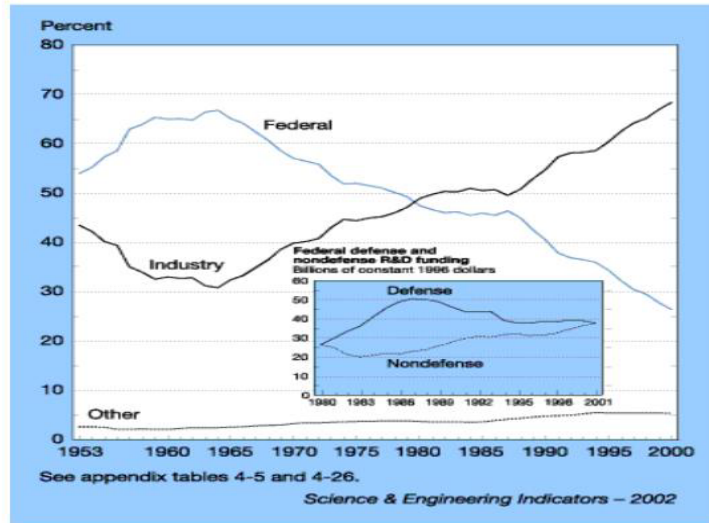
Year	55	60	65	70	75	80	85	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00
Federal	2.1	5.6	7.4	7.3	7.9	13	25	26	24	22	21	20	21	21	22	22	20	19
Company	2.4	4.4	6.4	10	15	30	57	81	90	94	94	97	109	121	133	145	160	178
Total	4.5	10	13	17	23	43	82	107	114	116	115	117	130	142	155	167	180	197

Source: NSF Science & Engineering Indicators 2002

幻灯片9

这些趋势可以以另一种方式体现在第十张幻灯片中，注意在60年代中期美国联邦政府资助了三分之二的研究和开发。大约在1980年，二战以来的一次联邦政府和私人行业的曲线相交叉。目前，私人行业的利润不仅很高而且正在飞速的发展。

通过资金来源比较看国家研发支出趋势

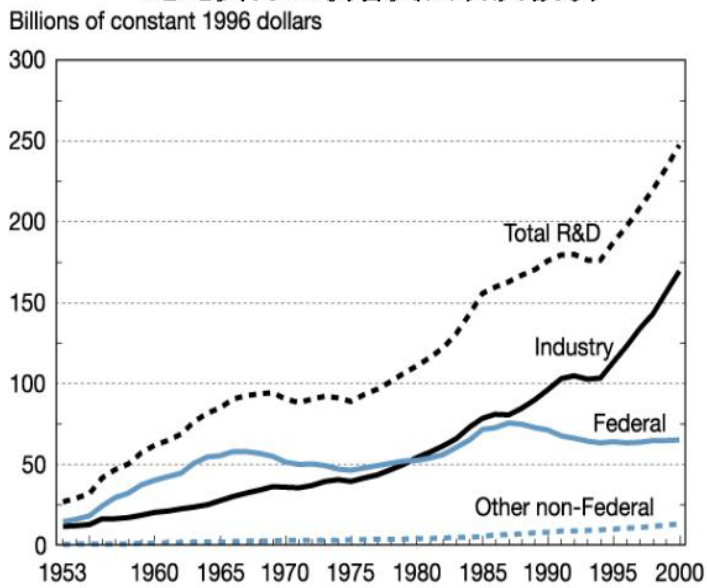


10

幻灯片10

幻灯片11展示了在不变的美元方面而不是在百分比方面的一种同样的现象。

通过资源比较看美国研发拨款



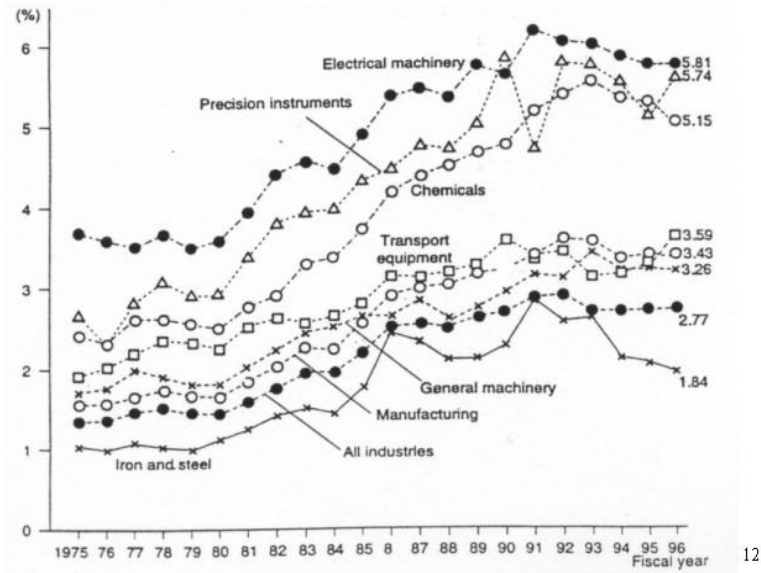
11

Source: Science & Engineering Indicators – 2002

幻灯片11

(四) 技术更为密集型的经济

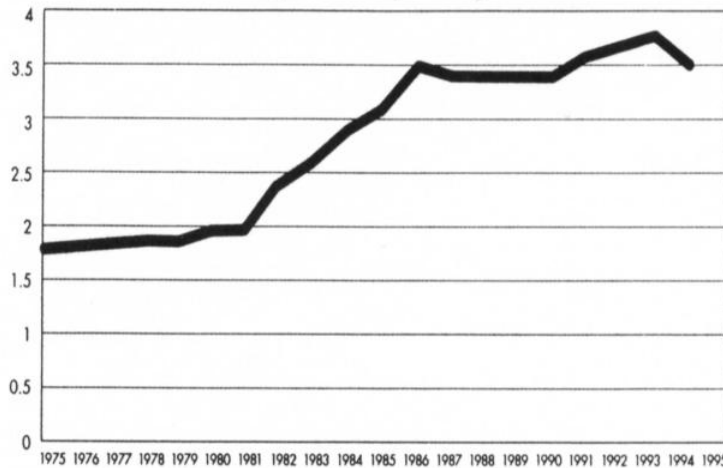
日本被选产业中研发支出和贸易额的比率



幻灯片12

公司不得不加大投资以使本公司的技术跟的上全球化标准。科研和开发的支出从销售额的百分比来看已比上一代增加了一倍。幻灯片12展示了日本几个工业群体在支出和销售额之间的比例。注意各个工业行业在科研和开发的深刻程度上发生的大的变化。如果知道了不同的工业行业在依靠技术和与技术配合方面的不同，你就不会感到惊讶。在上一代，日本的大部分工业行业以销售的百分比来看，研究和发展增加了一倍。

美国研发支出占贸易额的百分比



13

虽然我还没有分析在美国工业方面类似的数据，但是幻灯片13展示了从1975年到1994的比例在科研开发中的总体变化。这个百分比从1975年的1.8%增加到了1994年的3.5%，大约一倍。



很自然，公司热衷于最大利润，从短期来看，科研开发基金削减到了最低线。现在美国的研究和发展基金占利润的50%，这可以从幻灯片14中看到。

三、获取和利用知识的最佳实践

上个世纪，获取和利用知识的“最佳实践”在不断的变化。政府对其策略一次又一次的改革以支持基本的科研项目。防御技术购买及其他职能机构的体制不断的变化。一些工业企业寻求更加有效的方法获取知识来进行商业改革，相应的一些大学也进行了课程改革来宣传这些最佳实践。

(一) 基础研究

支持基础研究在某种程度是最容易的可是在另一种程度上是最困难的，他的资金大部分来源于政府，在过去年代的几十年，发展了相同的报告程序来确保这些决定的价值基础性。

在大部分国家这还只是一种理想并没有完全转化为实践。比如说，美国国会拨出一笔款项作为特殊项目的研究经费而不考虑他的科学价值，这一点很普遍，这被看作一种“猪肉桶”资助，从而降低了对科学研究的总体资助效率。

支持基础研究有一个行之有效的体制，该体制的另一个特征就是把研究和教育结合起来。这一方法在美国非常成功，并且现在越来越多的国家把他视为标准。

一般科学的全球化

最佳实践在科技的国际化合作方面发生的根本性的变化。一般的专门在大学，政府或实验室里搞基础研究的科学家们加强了和其他国家同行们的合作。他的发生就是因为解决相同的问题的过程得益与才能的汇集和对同一问题的不同看法。舒适廉价的空中旅行使扩大化的合作成为了可能，新的信息技术也带来了瞬间廉价的交流。因特网进入了今天的办公室。冷战的结束使有兴于国际合作的研究人员减少了繁文缛节的缺点，大部分的国际化合作不需要政府的支持和帮助，其发展使自然的。

扩大化的合作反映在科技文学方面。根据NSF的2002年科学和工程指示，在1999年，由美国科学家合编的科学论文中5篇中有1篇的作者至少有一个不是美国人，而在1998年使10篇中有1篇。工程方面大体合乎标准，5篇中有1篇。根据合作性刊物的估计，美国与中国的合作是大量的。30%的中国国际性刊物至少有一个美国作者，这一点反映了在全球化研究合作方面的显著增加。

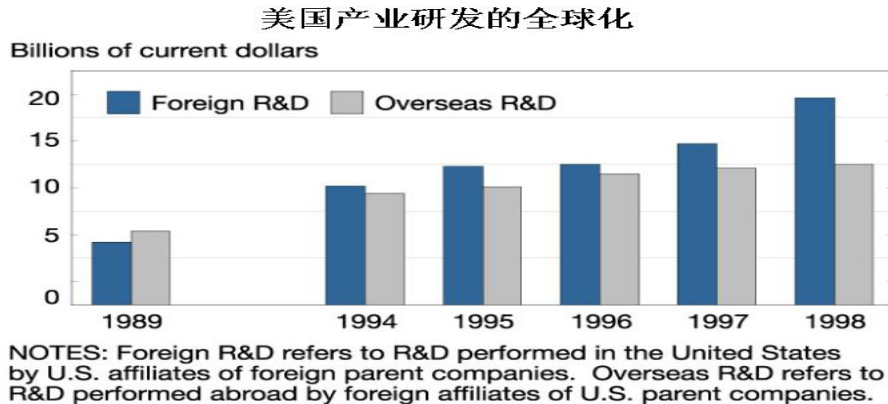
大型科学

虽然绝大多数数研究合作不需要政府的支持，但是大型科学是不同的，说大型科学，我的意思是说非常大的，主要是一些基础科研项目，有的需要非常昂贵的器械，比如说，粒子加速器和中子资源，有的一些分散的大型科研项目还和地理位置有关，比如说一些地球的变化研究项目。

一般来说，大型科研项目的投资对任何一个国家来说都是巨大的，他们需要政府和有组织的科学机关的参与以防愚蠢事情的发生(包括更多的合作性资金和管理)。大型科学研究项目在改进中美关系方面成为一个值得加强注意的领域。

(二)工业技术的发展

刚才我们已经指出，研究和发展在以销售额的百分比方面比上一代增加了一倍。迫于市场的变化大大影响了企业对科研开发的支持。由于在多变的市场中技术能够带来快速变化的资本价值，所以企业不得不解决对大量技术的需要之一问题。这一压力促进企业寻求高效率的管理和技术的发展。这就形成了工业性研究和发展的革命。这些变化的一个共同的特征就是集中在个体商业单位的短期目标和脱离中心研究实验室在影响和资源方面的大的转变。在科研开发中共同承担风险和支出是另一个趋势。这就需要来源于自己实验室之外和周边国家的帮助。幻灯片15展示了今天研究和发展的投资范围从国外到美国企业以及他的海外公司。



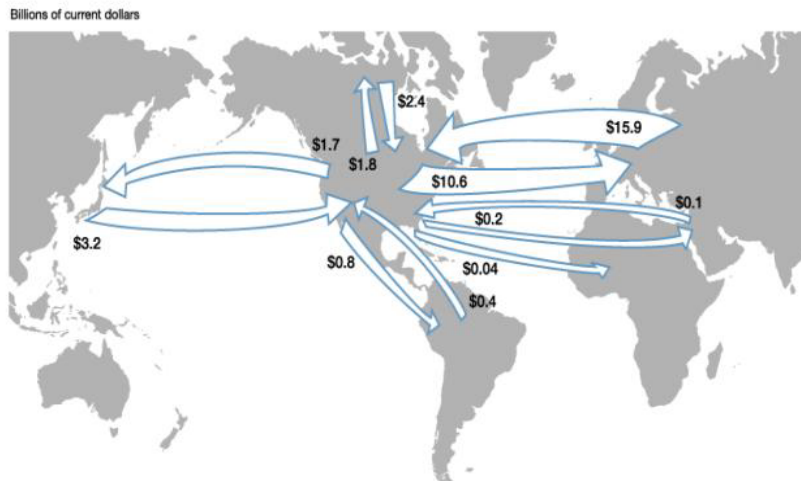
Source: Science & Engineering Indicators – 2002

15

幻灯片15

一般的研究和发展趋向于双行道。和商业不同，科研开发的资金趋向于寻求最好的，即使他的成本很高，幻灯片16展示了1998年他的投资在主要地区的流动。

1998年美国和外企的产业研发支出流程



Source: Science & Engineering Indicators - 2002

16

幻灯片16

也许你怀疑，双行道的流动受联盟的驱使，通过联盟企业以减少在获取所需技术方面的成本。

使用尖端的信息技术，企业的非技术性经理就能够决定和监控技术性策略，这一情况是前所未有的。利用好的组织机构，科研开发部门的中等水平的经理就可以同时看到他们的权威的上下变化。作为科研开发公司的工程师和科学家从研究人员变成了“知识的提供者”，他们需要更加努力的去寻找企业外知识。长期以来的工业研究传统正在消失，这些包括了对研究人员非正式的长期聘用的损失，增加了研究和发展经理和职员的焦虑。

挖掘外部人员和合作在有效获取知识方面尤其是在所谓的“策略性需要”方面是非常有效的工具。这是所有企业在某一特殊商业线上遭遇最小竞争水平的各种能力。联盟，公司联营，共担风险，技术买卖对科研开发组织的人员提供了更为廉价的可能性。当工业技术师们从全职的研究到边研究边寻求相关技术的时候，“寻求研究”的比例正在增加。

策略性区别是另一个问题，这是合作性属性尤其是技术性属性，他能够提供特别的竞争性优势，在这种技术性发展方面合作和共享非常勉强，至少在同一个市场区域。

对某种研究和发展的任务来说，职员的外部资源正在增长，雇佣临时性研究员以开展间断的研究活动或者避免于本企业内部人员相联系的高额经费。在国际上，外来人员的支持作用(惯例性测验，举例，或者抄写服务)是通过使用低工资国家的研究人员来减少成本的。

四、最佳实践在传播知识方面的进化

发现，发展，利用新知识是当今工程师的根本职责，必然产生的最佳实践正在不断的进化。工程教育学家面对的挑战就是有效的传播这些最佳实践。

政策环境

国内和国际的——

对有效教育体制的创造和营养非常重要，该政策是一条用有双行道：国家政策和国际协约岁者以体制提供了重要的边际条件，同时知识和教育技术的进步影响了该政策环境。我们需要好的政策指导工程教育：

“教育政策”，但是我们必须认识到工程教育在形成大的政策环境这一进程的作用和这一政策对教育的影响“”政策影响教育“。一些重要的问题同时集中于两个政策制度。

教育政策

定向于工程教育并且与想得到的输出以及有效利用资源一致的政策是什么呢？当然，一些或许绝大多数同于大的教育群体，而不仅仅是工程教育。我不能非常有把握的说正确的政策在大多数情况下是什么，而且去年或者十年正确的政策今天可能不正确，但是既然这次研讨会是针对中美两国面对寻求解决政策问题的答案，我还是非常有信心的提出这些问题以帮助在座的各位专家来分析这些重要的热点问题，我要把他留给你们去提供最好的答案。

下面是当今我们面临的一些政策问题，虽然以一种非传统的分组方式呈现出来，但是我希望他能够使你们作出反映。

1平衡传统和教育

在西方，我们沿袭中古协会祖先的一些传统做事方式并规范我们的专业实践，我相信中国在他的历史和公务方面也有类似的传统。面对工程团体的挑战就是如何最好的对传统加以取其精华，弃其糟粕。勒斯利，洛宾逊在设计世贸中心大厦的时候也曾遇到了这一问题。

今天在哪些问题上要求平衡呢？其中一些就是：

- 课程内容和阐述
- 官方许可程序和内容
- 专业性规则
- 技术
- 研究及其与教育的关系

2资助工程教育

- 资源来源
- 分配方法，教育和研究经费
- 成本控制 / 效率
- 技术

3全球化

- 国际教育
- 远距离学习，电话工作
- 移民及相关问题

4人才资源

- 多少工程师？

- 他们怎么样?
- 需要多大程度的流动性?

影响教育的政策

除了针对工程教育制定的政策之外，他还受更大的政策和国际协约的影响(有意的或无意的)。工程协会经常卷入这些大的政策的发展之中，依次，这些大的政策也受教育和研究进程的影响。这是一个双行道。

1国际条约和协定

- 竞争、反信任政策
- 许可和规则的互惠(自由贸易。世贸组织问题)
- IPR和教育技术。远距离学习
- 移民和相关问题
- 获得海外性专业服务

2科研开发环境

- 支持研究生科研和教育
- 劳动市场。科研开发资金的合作
- 研究和发展领域间的平衡

3多元国家的合作

- 支持教育
- 科研开发设备的位置

4技术。工业政策

几个例子

如果我要讨论很多这方面的问题，我们将在这儿带一天，而且如果将这个简短的不完整的表格扩展的更长，更现实一点，恐怕更长时间，所以我试图通过对一些问题的简短的扩展和更多的实例而不是一个综合的分析来开始我们的探讨。

就资助工程教育来说，我们知道资金的来源包括学生，政府，企业，慈善组织，个人，他们怀有各种动机来资助。我们没有听到的东西经常被议论，尤其是在学术团体，那就是高等教育大量的不断的成本增长。在美国，几十年来，这个增长至少是通货膨胀率的2倍，很显然，这不是稳定的，跟最近的股票市场的“泡沫”差不多。

大多数工业，成本包括对新的更有效的技术的应用的资金，我们拥有新的教育性技术，但是他们使成本增加而不是包括。教育方面的成本有效率，包括工程教育，可能使我们最大的挑战。

另一个挑战就是人才资源。我们需要多少工程师以及他们应该培训成什么样?似乎企业在使用工程师方面变的更有效了。同时正像上面所说的我们的全球经济也趋于技术密集，什么是正确的平衡呢?全球性的移民在供需平衡之间起了什女作用呢?

关于影响教育的政策，世贸组织及其他国际性条约对影响国内专业教育和官方许可、规则体制方面又很大的潜力。国家之间的互惠原则成为自由贸易条约的奠基石。随着大的多元化的

国家企业的增多，对这种资格的需求是否减小了呢？学术优点或者对公众健康与安全保护是不是一个问题呢？两者又是如何联系的呢？