

# 中外高等工程教育工程训练模式的比较及启示

樊泽恒, 张辉, 孔垂谦

(南京航空航天大学 高等教育研究所, 江苏 南京 210016)

**摘要:**世界各国都将“工程训练”作为高等工程教育的一个重要组织部分,西方发达国家根据本国的实际情况选择工程教育工程训练模式,充分利用社会资源,大多提供一年以上时间的工程训练。我国很多工科院校相继成立了工程训练中心,并根据本校实际进行功能定位、选择模式、形成特色。应从广泛利用社会资源,根据本国本地区和本校实际选择适合自身特点的训练模式,以学生训练为核心功能,以生为本、强化中心文化建设、实施全面质量管理等方面入手推进工科高校工程训练中心不断发展。

**关键词:**高等工程教育;工程训练;模式分析;启示

**中图分类号:**G424.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-2129(2006)01-0076-05

从上世纪80年代开始,以美国为代表的西方发达国家开展了一场以“大工程背景下的工程教育”为主要内容的工程教育改革,目的是实现高等工程教育由科学向工程的“回归”。我国对工程教育改革也十分重视,各高校(特别是工科性高校)都在推行工程教育改革,探索建立适合自身特色的工程训练的模式,培养学生的工程意识、创新精神和综合素质。

## 一、国外高等工程教育工程训练模式分析<sup>[1]5-70</sup>

世界各国都将“工程训练”作为高等工程教育的一个重要组织部分。工程教育的核心特征就在于其实践性。英国著名工程教育专家齐斯霍姆教授形象生动地说:“只有由具有外科医生资格的教师,在外科手术室里才能培养出真正的外科医生。培养工程师亦然,只有由具有工程师资格的教师,在一个充满活力的工业环境中才能培养出真正的工程师”。世界各国都根据自己的国情采取各种模式将工程训练

纳入工程教育过程中,以培养出高质量的工程师。

德国是一个工业发达的国家,非常重视技术,尊重技术人才。德国高等工程教育在对学生的工程训练方面充分地利用社会资源。一方面,工科大学要求学生入学前要有不少于12个月的在工业训练经历;另一方面,在校学习期间,有一半时间是在社会上的企业进行工业训练。德国工程教育中工业训练是直接真实的企业中进行,具有更强实践性。

英国大学教育的工业训练是从对其社会和教育的反思为转折点的。英国获诺贝尔奖的人数众多,但近代英国的经济和在市场上的竞争力却及不上日本、德国和美国。其原因正如英国一些知名工程教育专家通过对国内外广泛考察后得出的结论所述:“英国社会经济的发展,最需要的不是科学家,而是有开发能力的工程师”。并认为“只有在充满活力的工业环境中,才能培养出真正的工程师”。基于这样认识,英国一些大学,特别是一些不受传统观念禁锢的工科性大学开始进行了改革探索。其中重要的一项就是在大学内设立工业中心。工业中心的主要功能是学生的工业训练。同时硕士和博士研究生也常

收稿日期:2005-12-20

作者简介:樊泽恒(1963-),男,安徽桐城人,南京航空航天大学副研究员,主要研究方向为高等教育管理学与教育技术学。

利用工业中心的设备等物质条件,在中心工程师的参与下进行应用技术开发研究活动。

日本工程教育非常注重实践训练,日本产品制造工艺水平就是佐证。日本的工科院校设有工业训练教学环节,他们称之为“机械工作”。“机械工作”训练的内容包括:机械加工、装配、铸造、锻造、焊接等。“机械工作”训练有两种方式:一是按机械工作法所包含的内容,按计划逐一进行;二是根据一个工业项目的制造过程,按生产顺序进行。日本的“机械工作”训练主要是培养学生工业意识、纪律、情感等基本的工程意识。而更高层次的训练是放在进入工厂的第一年。日本企业特别是大型企业通常都会用一年以上的对进入本企业的大学毕业生进行专门的专业训练。

俄罗斯的工程训练也是以下厂实习的形式来实现的。中国工程教育中的下厂实习环节就是模仿前苏联的模式。但随着科学技术迅速的发展,俄罗斯也开始认为认识到他们的这种模式已不能满足时代发展对工程教育的需要。俄罗斯根据自身实际情况,一些地区也开始建设地区性“实习中心”开展工业训练。这类中心的设备都是地些投资费用较高的、涉及高新技术的先进技术,以满足现代技术发展的训练需要。

美国高等教育采用通才教育,学生毕业后的择

业面很广,专业性较弱,再加上经济上的考虑,美国工科大学中一般没有成立专门的工业训练机构。主要是根据需要,可以个别地在有关实验室或工厂内进行。但从上世纪 80 年代推行“回归”工程教育以来,美国开始重视工程教育的应用性、实践性和创新性,并从课程设置、教学体系和教学过程等方面都进行改革,强调产学研的合作教育。美国高等院校开始加强了工程训练的内容,有的延长 1 年学制以加强工程实践。一系列政策和标准促使学生积极开展工程训练。美国的工程训练是多样化的,学生根据自己需求可以自由决定到有关产所或实验室进行。甚至利用其它国家的资源开展有针对性的训练。如,1990 年曾有一批计划到发展中国家工作的大学生到中国南京理工大学等高校的实习工厂进行实习。

法国的高等工程教育实施精英教育。学生在两年预科之后,经筛选入校。在此后的三年培养中,第一年在企业(国内或跨国公司)一个月;第二年在企业两个月;第三年在企业三个月。总共有半年的工业实践时间。学生毕业时所获得的是工程师称号,而不是学士学位。构成了国家、学校、社会、教师和学生五位一体的工程教育培养体系,确保了培养质量。

表 1 部分国家工业训练模式

国家	工程训练形式	工程训练的时间	培训资源模式
德国	大学前训练和大学中训练	在校期间一半时间	社会企业资源
日本	课程训练和毕业后教育结合	1 门课程的时间和毕业后一年	校实习工厂和企业资源
英国	大学学习阶段	校内课程形式训练,毕业后在企业培训 2 年	校工业中心和企业资源
美国	大学学习阶段	延长 1 年学制训练	社会资源和国外资源
俄罗斯	大学学习阶段		工厂和地区性工业中心
法国	大学学习阶段	半年(分散)	社会企业资源

二、我国高校工程培训模式分析

我国高等工程教育脱离工程实际、工程实践教学环节薄弱的弊端更为突出。由于工程教育理论脱离实际,学生接触工程实践的机会会有减无增,工程教育的特色逐渐淡化,我国高等工程教育毕业生大多缺乏实践能力和创新精神,缺乏解决工程实际问题特别是综合性较强的复杂的工程技术问题的能力,缺乏许多工程知识,也不善于与人合作和沟通。这

是导致我国工程技术人才虽数量众多而对国民生产总值的贡献率却低的重要原因。据统计,我国高等工程教育毕业生每年约 30 多万人,约是美国的 4 倍、德国的 10 倍,但我国工程师平均每年参与创造的国民生产总值却比美国、德国工程师差 10 至 20 倍。对中国来说,改革高等工程教育人才培养模式,强化工程实践教学环节,构建现代工程实践教学内容及体系,对学生进行现代工程训练的要求更为迫切。

由于我国国情决定了我国高等工程教育有别于其它国家的高等工程教育模式,作为高等工程教育的重要组成部分的工程训练无疑也有别于其它国家。近些年来,由于受各方面因素的影响,传统的下厂实习的工程教学模式其作用在一定程度上有所削弱,因此,作为工程实践教学重要基地——校内工程训练中心的建设与发展十分迅猛。国内已有很多工科院校相继成立了工程训练中心,因此,只要深入分析工程训练中心的发展模式就可以有效了解我国高校工程训练模式。

考察我国工程训练中心发展,发现具有以下几方面的共性:训练中心大多是从原来的校办工厂中分离出来,实现了从工厂教学向教学工厂的转换。

功能定位中,几乎所有训练中心都将教学功能作为其存在的核心要素,只是各校在训练内容体系上根据各自环境所有差异,训练内容体系上,在认知基础上,强调了动手能力和现代制造技术的训练。训练内容实现从“金工实习”模式向现代工程实践训练模式转变,目标是培养学生大工程意识,提高学生工程综合素质。大都重视大学生工程创新训练。创建创新实验室,开展创新实践活动。这符合高等工程教育改革的突破口在于实施创新教育的精神,适应工程教育改革的发展方向。不同之处在于:功能定位各具自己特点,有纯教学单位,有教学、科研并重,还有的是教学、科研和生产一体化的。训练内容在体系和结构上有差异。有的主要针对一、二年及,有的针对整个本科阶段,有的除了本科学生不针对硕士和博士研究生。体制不同,有完全直属学校,有行政上隶属学校业务归属教务处,有隶属

相关学院的。工程训练中心思路不同。有的是直接将“实习工厂”转变为“工程训练中心”,利用工厂的设备条件,改革“金工实习”内容,以此向现代工程训练方向转变;有的整合学校部分实验资源,建立包容面更广的“工程技术培训中心”;有的仿照香港理工大学模式,重新建设。

不同的模式也各有优劣:纯教学型模式。优势在于一心一意搞教学,基本的教学活动能得到保障。但没有科研的支持,新的实验难以开发,教学内容难以创新。同时作为一个大型的实践教学基地,很重要的一个功能就是造血功能,纯教学型中心造血功能较弱影响其持续发展。教学科研型模式。此模式有利于新实验开发和实验内容不断更新,有利于创新活动的深入有效的开展。但是如何两者关系处理不好会冲击教学这一核心功能的发挥,同时科研与教学结合点不准,会出现负面影响从而制约整体功能的发挥。教学生产型模式。优势在于工程实践环境更加真实,更加有利于工程实践能力的培养。但生产功能其追逐经济效益的本性会削弱这种优势,甚至会产生本末倒置,影响了工程训练的初衷。但生产功能会产生较好的造血功能,可在一定程度上对中心发展提供物质支持,有效促进工程训练的开展。教学科研生产一体化模式。从理论上讲此模式具有综合优势,但相应条件要求也很高,一是师资队伍水平,二是规模层次,三是生产条件。这对于刚起步的工程训练机构来说,条件限制较多,难度较大,建设不好会得不偿失。一般来看,这一模式是工程训练中心建设发展成熟后选择的目标,如香港理工大学工程训练中心。

表 2 我国部分高校工程培训中心功能、模式及特色<sup>[2]</sup>

学校名称	功能定位	训练内容	体 制	特 色
香港理工大学	教学、科研(科技开发)、社会服务(生产和社会培训,提供咨询服务)	传统制造工艺;现代制造工艺;电工电子;特种加工;创新制作	独立运作	功能多元化;训练项目覆盖面广、多层次、注重现代制造技术;与企业联系紧密;形成独特的中心文化;社会认可程度高。
江苏大学	教学(面向本科)、科研(制造类课题、技术开发)、社会服务(面向社会继续教育、提供咨询和制造服务)	基础工程训练;现代工程训练;综合与创新	直属学校;业务归属教务处	工程训练、科学研究、产品开发一体化体系;中心建设与学科结合形成机、电、管综合实训;项目起点高,项目组合柔性大;
清华大学	教学、科研	基础、现代制造技术和创新实践	隶属机电学院;中心与工厂是两块牌子一个实体。	项目涵盖面宽,可开展大多现代制造技术的训练

学校名称	功能定位	训练内容	体 制	特 色
上海大学	教学(面向本科生、研究生,外校实习,全市大学生职业资格鉴定)、科研(应用型研究)、生产(承接外协加工,某些企业的加工基地)	普通制造工艺;现代制造工艺; 特种加工;电工电子;创新	机电学院	教学、科研生产基地; 工程训练基地和科研教研室基地有机结合; 与机电学院和自动化学院结合紧密
东南大学	教学	基础工程训练、工艺综合训练、创新思维训练三个教学层次、38 个教学模式、62 个工程训练项目	挂靠教务处	校内资源(机械、金工、电子、计算机)整合形成一个资源大平台; 学生自主设计与制造
北京航空航天大学	教学	普通制造技术(主体)、现代制造技术,创新活动	条块结合模式。行政上隶属学校,业务上相关学院共管	创新模式上是课题带动创新,创新计划纳入相关院系; 中心与相关院系结合紧密;中心重点是制造;设计等有关项目在相应院

三、几点启示

启示一:广泛利用社会资源

从上述分析我们可以看出,西方发达国家高等工程教育工程训练在发展校本训练中心的同时,更为注重的是致力于利用社会资源来开展工程训练。采取了与企业联盟、建立地区性训练中心、两阶段教育模式(一半时间在学校学习,一半时间在企业受训)等模式开展工程训练。再加上,一些西方发达国家高等教育与产业界有着良好的产学合作传统,工业企业也有极高的员工在岗培训热情、成熟的工程实践训练经验和很强的工程研究开发能力,因而,在高等工程教育的教学计划和培养过程中,校内的工程实践教学和校外的工程实践培训已经成为一个有机的整体。西欧大陆国家高等工程教育本科与工业企业联系较密切,教授是工程师,来自工厂,学校的研究和开发实验室与工业企业的研究、开发实验室和工厂紧密合作,工程科学教育与工程实践训练高度融合,无论是工程教学实验、课程设计、专题研究、生产实习还是毕业设计,都紧密结合工程实际,实践特色鲜明:英国的本科教学计划虽只包括基础科学课程和技术科学课程两阶段,教授不是工程师。但学生本科毕业后还要在工业企业技术培训 2 年,经验培训 2 年,高等工程教育才算完成。美国高等工程教育本科毕业生成为学士,但还要经过工业企业的“教育医院”培训工程技术,高等工程教育才算完成。

香港理工大学工程训练中心开创性的成功就是得到企业界大量的多种形式的资助,中心设备和仪

器总值在 1997 年就达到 1.4 亿港币,其中来自企业界的资助为 8915.6 万港币,非大学正常拨款等为 4570.6 万港币。企业界的巨大资助使工业中心设备的总体技术水平在香港的工业和科技界处于领先地位,为大学生工业训练技术上的先进性提供了物质和技术上的保证。相对西方发达国家和我国香港地区而言,我国内地高等工程教育工程训练仍处在发展初期。大多数是一种传统金工实习的拓展或称它为后金工实习的阶段,加上传统计划经济条件下的指令性下厂实习渐渐淡出,因此,形成我国工程教育工程训练的现实状况与现代高等工程教育工程训练的要求差距很大,高等工程教育的“工程”性较薄弱。目前,我国大多数仍是以高校校内工程训练基地为主要训练场所,其工程真实性情景相对较弱。要改变这种状况,最佳的方法应是研究和探索与社会企业各界合作机制,利用社会资源来发展工程训练水平。

启示二:根据本国、本地区和本校实际,选择适合自身特点的训练模式

考察国内外工程训练模式,不难发现不同国家,不同的地区和学校所采用的工程训练模式是不尽相同。从表 1 中可以看出,在工业发达的国家,由于各国高等工程教育本身的差异性,加上各国经济模式和政府控制的模式不同,形成了高校与社会间的联系方式的差异,从而导致了工程训练模式差别。从我国高校中程训练模式也可以看出,不同层次的学校,以及学校的自身定位不同,加上所处地区的需求的影响,所选择的模式也不同的。关键在于模式的

选择要切合自身的特点,形成自己的特色。

启示三:以学生训练为核心功能

以学生工程训练为本是中心存在的核心价值所在,围绕人才培养,带动其它功能的发挥。工程训练的根本是培养学生工程实践能力和技能,培养学生的工程意识。高校工程训练中心必须要恪守这一理念,不可因一时利益而丢失。实际上,高校工程训练在由单一性向多元化拓展过程中,受经济利益驱动不少训练中心淡化了以学生训练为核心这一功能,而强化了对外服务的功能,使中心在一定程度上演化成了一个来料加工的生产性企业。由于定位偏离,导致工程训练中心逐渐削弱了训练学生素质的本质,最终丢失了自己。因此,高校工程训练中心无论采用何种模式,都必须抓住训练人、培养人这根主线,工程训练中心其它功能都必须为训练人这个核心功能服务。

启示四:以生为本,强化中心文化建设,实施全面质量管理

大学生工程训练既有别于学校“第一课堂”教学,又有别于工厂“生产实习”。它是以真实的工厂生产过程为基础,通过“真刀真枪”来训练学生工程实践能力的过程。因此,这就要求中心的管理既要有工厂管理模式,又要营造育人的氛围。通过前文考察分析,我们认为训练中心的管理应坚持“以生为本,强化文化建设,实施全面质量管理”的核心理念。香港理工大学工程训练中心发展取得了巨大成

就,其训练模式已经成为国际上广泛认可,特别是它的训练方法被世界各国和地区广为关注,其训练课程为英国工程学会、香港工程师学会所认可。中国内地不少高校工程训练中心也是以它作为发展的标杆。在一定程度说是与中心现代管理理念分不开的。它强调以人为本,实施生产过程的全面质量管理,把建设现代化的、先进性的中心文化放在了重要的位置。

香港理工大学工程训练中心在管理上充分尊重每位员工,给他们以适当的空间,为他们提供必要的条件和平等的机会,最大限度地调动每位员工的积极性,使员工全身心地去发挥自己的才能。“工业中心文化”倡导的行为哲理可概括为:以5C为方法,以三合作精神和三公原则激发全体员工的2C表现,最终达到共创1C的目的。5C是指沟通(Communication)、协调(Coordination)、互让(Compromise)、共识(Consensus)和合作(Cooperation);三合精神是合情、合理、合法;在公原则是指公平、公正、公开;2C表现是工作认真投入(Commitment)和胜任(Competence);1C就是指工业中心的特色(Character)。

[1]73-75

#### 参考文献:

- [1] 严岱年. 现代工业训练楷模[M]. 南京: 东南大学出版社, 1997.
- [2] 华东高校金工实习研究会. 华东高校金工实习第六届年会论文集[C], [出版者不详], 2002.

## Comparison and Enlightenment: Chinese and Foreign Engineering Training Patterns in Higher Engineering Education

FAN Ze-heng, ZHANG Hui, KONG Xiang-qian

(Institute of Higher Education, NUA, Nanjing, Jiangsu 210016, China)

**Abstract:** Every country in the world take “engineering training” as an important part of higher engineering education. Western developed countries select the proper engineering training pattern in engineering education according to their specific situations. They make full use of social resources and more often provide engineering training over one year. Many Chinese universities and colleges of technology have successively set up engineering training center and are positioning their functions, selecting patterns, and forming uniqueness based on their factual situations. Engineering training center should be continuously developed through taking full advantage of social resources, selecting proper training pattern in accordance with the reality of a school, a region, and a country, setting its central function as training students, taking students as the center, strengthening core culture construction, and performing general quality management.

**Key words:** higher engineering education; engineering training; pattern analysis; enlightenment