

现代工程教育丛书

通向现代工程师的桥梁

主编 张君安 马保吉
编者 张君安 马保吉 宁生科

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是“现代工程教育丛书”之一。书中全面展示了西安工业大学工业中心的建设理念、训练体系、训练环境与设施,详细介绍了训练目的设计与项目内容以及教育教学改革成果,较全面地反映了西安工业大学以工业中心的创建为载体,开展高等工程教育改革的全过程。

本书可供高等教育管理者,高校中从事工程训练管理、组织和实施的人员参考,也可供理工科专业学生开展工程训练时使用。

图书在版编目(CIP)数据

通向现代工程师的桥梁/张君安,马保吉主编.—西安:西北工业大学出版社,2008.7

(现代工程教育丛书)

ISBN 978-7-5612-2427-4

I. 通… II. ①张…②马… III. 高等教育—工科(教育)—教学研究—文集 IV. G642.0-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第106024号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印 刷 者:陕西向阳印务有限公司

开 本:787 mm×960 mm 1/16

印 张:6.25

字 数:108千字 彩插12

版 次:2008年7月第1版 2008年7月第1次印刷

定 价:20.00元

丛书编委会

主 任 刘江南

副主任 张君安

委 员 (按姓氏笔画)

马保吉 范新会 宁生科 齐 华

李 蔚 王小翠 张中林 何博雄

祁立军 郭宝亿

前言

21 世纪初,我国确定了“以工业化带动现代化,以信息化带动工业化”的新型工业化道路,这样的发展道路迫切需要大量的应用型工程技术人才。同时随着经济全球化、科学技术综合化的发展,“工程”和“工程师”的概念和内涵正在发生变化,仅仅从研究、开发、设计、工艺、管理等狭窄的分工角度来区分和培养工程师,已经不能适应现代工程的性质和内涵及其对工程师的要求。现代工程师的内涵已经超出 20 世纪五六十年代设计工程师、工艺工程师的狭窄内容,已经向着“大工程”“系统工程”的方向发展。这就要求工程教育培养的现代工程师应具备适应能力、发展能力和竞争能力;具备扎实的理论基础、广博的知识和合理的知识结构以及较强的工程实践能力;具备大工程意识、创新意识及运用规范的工程语言和各種技术信息资源解决工程实际问题的能力;具有一定的计划、决策、组织、协调和市场预测及应变能力;具有科学、务实的思想作风和工作作风;具有善于发现、占据现代科技发展前沿领域的意识和能力。开放型、现代化的工程训练基地是实现现代工程师培养的不可或缺的重要场所。

西安工业大学工业中心正是在此背景下建设和发展起来的。工业中心以我国社会经济发展和工业化进程对现代工程师提出的要求为目标,以工程和系统中研究、开发、设计、制造、运行、营销、管理、咨询这一工程链为背景,以培养学生获取新知识的能力,分析和解决工程实际问题的能力,收集处理信息的能力,不断创新和实践的能力,参与现代工程的领导、决策、协调、控制的初步能力和管理素质为核心。针对现行大学工程教育中普遍存在并亟待解决的问题,结合西安工业大学“面向企业,立足一线,为区域和国防工业培养具有扎实的理论基础、宽厚的专业知识和娴熟的动手能力”的人才培养目标和“注重工程实践,突出制造技术,为企业培养留得住、用得上的工程技术人才”的人才培养特色,以“创建工业中心,探索现代工程师培养途径”这一陕西省教学改革重点项目研究为基础,构建了现代工程师培养的理念和框架,搭建了培养现代工程师的实践教学平台,改革了实践教学体系、内容、方法与手段,探索出了一条培养现代工程师的新途径,架起了一座从大学生通向企业工程师的桥梁。

本书为“现代工程教育丛书”之一,全面展示了西安工业大学工业中心的建设理念、训练体系、训练环境与设施、实验实习与工程训练项目、教育教学改革成果等。本书由张君安、马保吉、宁生科等共同编写。在撰写过程中承蒙西安工业大学工业中心、机电工程学





院、材料与化工学院、光电工程学院、电工电子实验中心、物理实验室、力学实验室等相关单位、老师和同学提供了大量详实的资料,西安工业大学教务处和西北工业大学出版社给予了许多支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于笔者学识所限,谬误之处恳请读者指正。

编者

2008年6月于西安工业大学



树立现代工程观 培养现代工程师

——“现代工程教育丛书”代序

传统的“工程”概念是“数学和自然科学的原理、知识在工农业生产中的应用”。由此得出高等工程教育的培养目标是“培养适应社会主义现代化建设需要的、德智体全面发展、获得工程师基本训练的高等工程技术人才。毕业生主要到工业部门,从事设计、制造、运行施工、科技开发、应用研究和管理等方面的工作。”这是 20 世纪 90 年代初对我国各工科院校培养目标的统一要求。

21 世纪的工程已是充分体现学科的综合、交叉的“大工程”系统,仅仅从研究与开发、设计、工艺、施工、管理等分工角度来区分和培养工程师已经不能反映现代工程的性质和内涵及其对工程师的要求。现代工程是综合性立体工程,狭义的内涵是科学、技术在经济、人文、社会等条件制约下的、综合的、系统的应用;广义的内涵是在特定目的下,融科学、技术、经济、人文、社会等因素于一体的、综合的、系统的应用。这就要求现代工程师要有对全人类负责的高度责任心;要有足够的人文社会科学素质;要有把工程问题置于整个社会系统中进行综合考虑的能力;要有求真、求善、创新的素质与精神;要有在开放式大系统下全面协调、可持续的整体思维方式与能力。

传统工程教育的体系以数、理、化、生为工程的自然科学基础,以工学,农学、医学为具体应用学科,进一步开展学科基础和专业教育。这种传统体系在面向小系统、小工程和简单研究对象的情况下是成功的。现代工程的研究对象是以现代科学技术为基础的大系统、大工程或复杂系统,它要求有相应的现代工程教育体系与之对应。因此,系统科学、信息科学、控制科学应与数理化一起成为工学的科学基础,后续专业基础课、专业课的内容体系应是系统工程、信息工程、控制工程的具体应用,最终使毕业生成为掌握本专业的信息技术、控制技术以及系统方法论的高级工程技术人才。

据统计,我国本科生中接受工程教育的学生数占总量的 33%,而我校工科学生占学生总数的 45%。我国全面建设小康社会,全面发展工业化是对目前在校接受工程教育的大学生赋予的历史重任,而各类从事工程教育的高等院校如何成为培养现代工程师的摇篮,则成为这些学校能否快速发展的基本条件。

中国作为一个朝气蓬勃的发展中国家已经成为世界的制造中心,如何使中国下一步成为世界的设计中心、工程研发中心,是中国工程教育发展的千载难逢的机遇。我国高校





还没有建立大量培养满足现代工业需求的人才体系。这些社会发展的需求、挑战和机遇为西安工业大学本科教育的发展指出了方向。

既然我们以系统工程、信息工程、控制工程作为各类工程专业的**基础、核心、主线**,就首先应该为学生提供一个现实的大工程系统,供学生在学习的各个阶段亲身经历这个大工程系统的运行,实现理论与实践的密切结合。为此,我校秉承“**忠诚进取,精工博艺**”的办学传统,发扬“**注重工程实践,突出制造技术**”的人才培养特色,于2005年5月创建了“**西安工业大学工业中心**”,它由金工实习实践教学中心、机械制造基础实验室、电子工艺训练中心、机械制造基础教研室等优化组合而成。西安工业大学工业中心创建3年多来取得了丰硕的成果,主要体现在:树立了现代工程观,以人为本,遵循教育规律和人才培养规律的现代工程师培养理念;构建了由自然科学基础实验、工业系统认知训练、基础工程训练、现代工程系统训练和创新训练组成的五层次训练体系;先后出版了具有自身特色的现代工程教育丛书7部,其中2部教材获省部级优秀教材;形成了一套反映现代工程技术和训练体系的教学大纲、教学指导书、实习实验报告等;于2006年被授予陕西省综合性工程训练示范中心;“**创建工业中心,探索现代工程师培养新途径**”项目获得省级教学成果一等奖;先后发表了一批教学研究论文。

我校工业中心的长远发展目标是以实践论、认识论为理论基础,以现代工业大工程为背景,采用系统化的方法,将信息技术、控制技术贯穿于科学主导工程、理论回归到工程的全过程,全面体现工程科学、工程技术、工程管理的实际应用,使之成为现代工程师的工程科学认识基地、工程技术与管理训练基地、工程创新综合实验基地。

“现代工程教育丛书”由《通向现代工程师的桥梁》《工业系统认识》《机械制造基础工程训练》《现代制造技术工程训练》《电子产品制造工程训练》《工程训练指导与报告》和《机械制造基础》等组成。该套丛书从工业中心建立的理念,工程训练体系的构建到训练内容、训练项目的设计以及教学过程的组织,较全面地反映了我校以工业中心的创建为载体,开展高等工程教育改革的全过程。

参加编写本套丛书的既有长期从事工程训练教学的一线指导教师,也有相关领导、教学管理人员,从而大大提高了本套丛书指导实际工程实践教学的可操作性。作为这项工程教育改革的参与者,希冀本套丛书的出版能为我国工程教育改革带来一丝启发。

在本套丛书出版之际特写下这些感想,是为序。

西安工业大学副校长 **张君安**

2008年6月于西安工业大学未央校区



目录

1. 工业中心概况.....	1
1.1 历史沿革	1
1.2 教学环境	2
1.3 面向专业与训练能力	2
1.4 组织机构	5
2. 工业中心的建立	6
2.1 国内外工程训练现状	6
2.2 工业中心的建立背景	9
2.3 工业中心的建设理念与指导思想	11
2.4 工业中心的建设目标	13
3. 训练体系与内容	16
3.1 训练体系	16
3.2 自然科学基础实验	17
3.3 工业系统认知训练	25
3.4 基础工程训练	32
3.5 现代系统工程训练	52
3.6 创新训练	66
4. 训练方法与手段	68
4.1 多元化、多层次训练方法	68





4.2 多媒体技术与网络信息平台	73
5. 教学成果与实践效果	78
5.1 教学成果	78
5.2 实践效果	79
5.3 进一步发展需要解决的问题	86
6. 沟通与交流	88



1.

工业中心概况

1.1 历史沿革

西安工业大学工业中心的前身是始建于 1980 年的原西安工业学院附属工厂教学分厂。2002 年为了加强工程实践教学,在教学分厂的基础上,成立了金工实习实践教学中心。为了适应社会对工程教育的需求,在对国内外工程教育经验与趋势调查研究的基础上,结合我校办学指导思想、教学定位和学科特色,2005 年将金工实习实践教学中心、机械制造基础实验室、电子工艺训练中心、机械制造基础教研室等优化组合,成立了西安工业大学工业中心。工业中心直属于学校,建筑面积近 50 000m²。2006 年被评为陕西省综合性工程训练示范中心。

按照学校培养“面向企业,立足一线,为区域经济和国防工业服务的复合型高级专门人才”的目标,工业中心旨在培养学生娴熟的动手能力和适应现代工程师要求的工程素质。在工业系统与工程的背景下培养学生的工程实践能力、创新意识、创业精神及综合素养,建立和培养学生会系统、质量、效益、环境、市场和管理的意识与能力。

西安工业大学工业中心是本科生进行工程素质教育和技能培训重要的、必不可少的实践性教学基地,是学校整个实践性教学体系的重要组成部分,同时也是全校大学生科技创新制作、课外活动的基地。

工业中心是一个多学科、多层次、模块化、开放性、综合性工程实践教学和工程训练平台。训练体系由五个平台组成,即自然科学实验平台、工业系统认知平台、基础工程训练平台、现代工程系统训练平台和大学生科技创新平台。其训练对象面向全校所有学生,覆盖全校几乎所有专业,训练过程贯穿本科生培养的全过程。

中心教学设施完备,实习工种齐全。除配有较完善的传统金工实习设备外,还装备有数控车床、数控铣床和加工中心、数控雕刻机、电火花、线切割机床、压铸机、激光切割机、激光内雕机等现代制造技术设备,以及与此相配套的软件、多媒体教室及电化教学设备,通过 80 台计算机组成的局域网形成了设计、编程和加工的自动化、一体化。同时装备有



由小型工业制板、数控雕刻制板、短插件波峰焊和 SMT 贴片回流焊组成的西安地区唯一的电子生产过程和生产工艺训练系统。

秉承“忠诚进取 精工博艺”的办学传统,工业中心将不断探索工程实践教育的理论、方法和手段,跟踪国际工程教育发展趋势,把西安工业大学工业中心建成特色明显的国内一流的大学生工程教育基地。

1.2 教学环境

工业中心位于西安市风景秀丽的未央湖畔的西安工业大学未央校区,由三座实验教学大楼组成,建筑面积近 50 000m²。其空间分布如图 1.1 所示。整个区域划分为自然科学实验区、工业系统认知训练区、基础工程训练区、计算机技术基础公共机房区、系统工程训练区和大学生科技创新创业区。

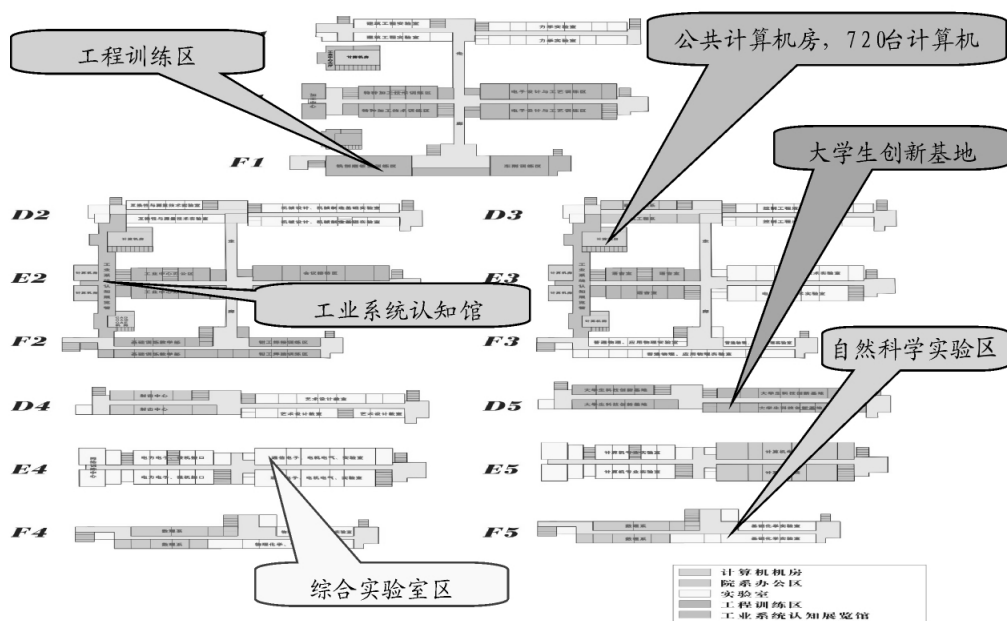


图 1.1 工业中心空间分布

1.3 面向专业与训练能力

工业中心是一个综合的工程训练基地,其训练模块覆盖的专业如图 1.2 和 1.3 所示,接纳学生训练的能力如表 1.1 所示。



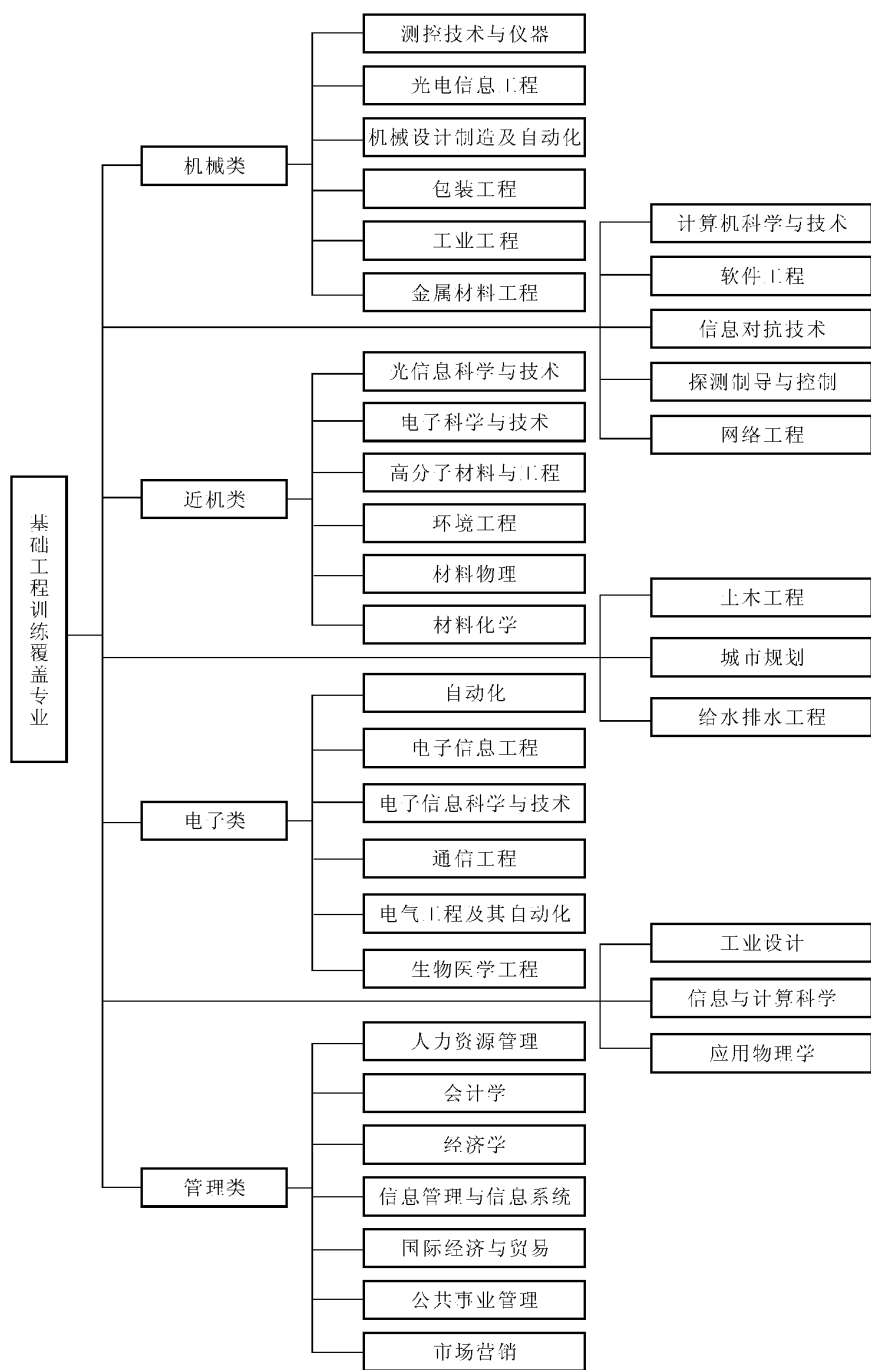


图 1.2 基础工程训练覆盖专业





图 1.3 现代工程系统训练覆盖专业

表 1.1 工业中心训练能力

实训项目	面向专业数	接纳能力	备注
工业认知	45	20 000 人次/年	面向全校所有专业,全天候开放
金工实习	36	10 000 人周/年	面向所有理工科专业,部分艺术与管理专业
电装实习	29	5 000 人周/年	面向所有理工科专业
现代工程训练	14	3 000 人周/年	面向制造类专业



1.4 组织机构

工业中心是直属于学校的教学单位,下设三个委员会,包括学术委员会、教学指导委员会以及工作委员会,以此保证这一教学改革的顺利进行。其中,学术委员会主要研究、审议工业中心科研、教学、社会服务中长期发展方向和规划,由校长任学术委员会主任;教学指导委员会主要对工业中心教育教学改革与发展的重要问题进行理论与实践研讨,审议大学生工程实践能力培养的规划和方案,由主管教学的副校长任教学指导委员会主任;工作委员会负责工业中心的行政管理工作,制订工业中心的中长期发展规划、年度工作方案和计划,具体组织与实施实践教学内容 and 大学生科技创新活动。中心主任、副主任由学校聘任,实行中心主任负责制。工业中心的组织机构如图 1.4 所示。

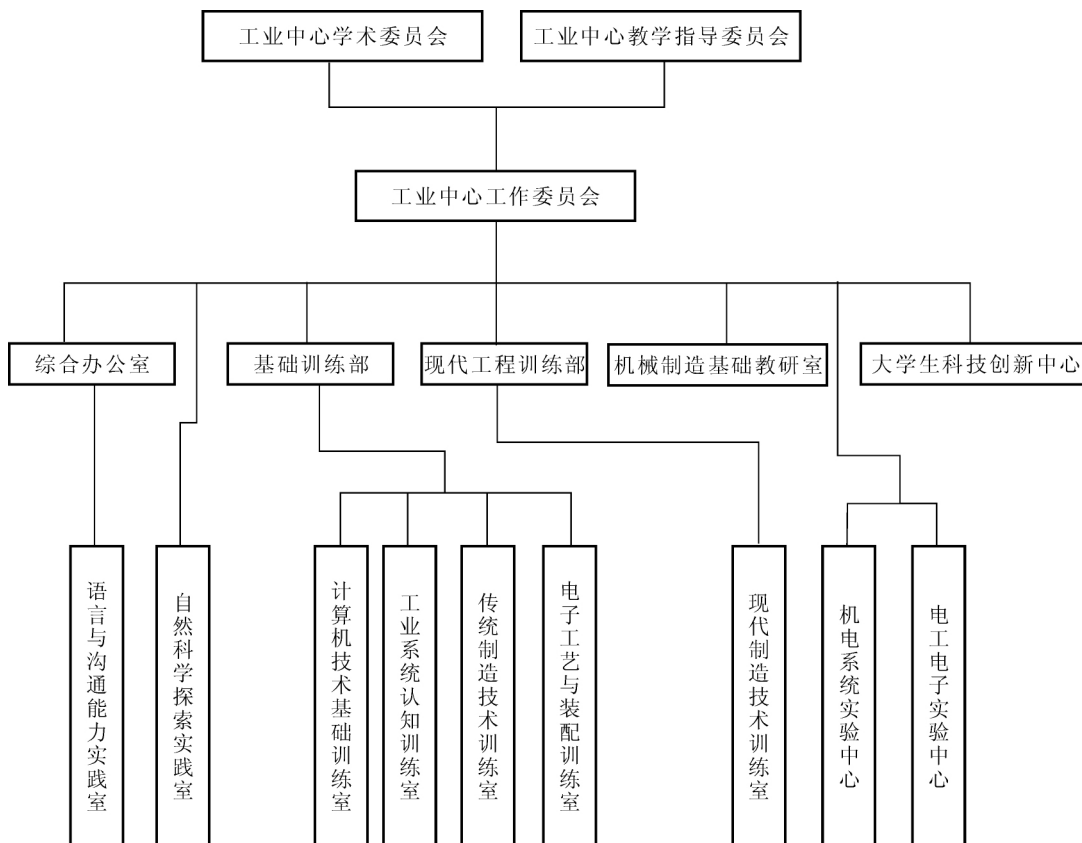


图 1.4 工业中心组织机构



2.

工业中心的建立

2.1 国内外工程训练现状

2.1.1 国外工程训练现状

在社会经济和科学技术飞速发展的今天,先进制造工艺对一个国家的发展起到十分重要的作用。哪个国家拥有数量众多的优秀工程技术人才,哪个国家就具备了经济和工业调整发展的优势,这已成为世界各国的共识。国外的大学,尤其是工科类大学,历来十分重视复合型高级人才培养的工程实践环节,强调工程素质和创新能力的培养。无论是硬件条件、社会环境的保障,还是教育模式、赋予的时间都能充分说明这一点。

日本自 20 世纪 80 年代起便把许多精力投入到优秀工程技术人才的培养和先进制造工艺的开发与应用上。因此,当别国出现许多技术发明时,日本凭借先进的工艺最先生产出了产品,投入市场,取得了巨大的经济效益,在国际竞争中占了上风。

德国则要求工科大学的学生在入学前要有不少于 1 年的工程训练经历。技术师范大学对此则要求不少于 1 年半。在应用型工科大学的 6 年内,有一半时间是在企业里进行工程训练和 1 年以上的时间进行毕业设计和论文撰写,而毕业设计和撰写毕业论文的过程实际上也包含工业培训的成分。

美国实行通才教育,学生毕业后就业的选择很广。近年来,美国高等院校开始加强了工程培训的内容,有的学校延长 1 年学制以加强工程实践。美国伍士德(简称 WPI)理工学院与工业界有着广泛的联系,WPI 的本科学生在学习期间至少要做 3 个项目,每个项目 10 周时间,项目主要来源于工业界。大学生的参与,特别是他们对细节问题的关注,为美国生产的产品日臻完善做出了贡献。

法国的高等工程教育实施精英教育。学生在 2 年预科之后,经筛选入校。在此后的 3 年培养中,第 1 年在企业(国内或跨国企业)1 个月;第 2 年在企业 2 个月;第 3 年在企业 3





个月,总共有半年的工业实践时间。学生毕业时获得的是工程师称号,而不是学士学位。法国由此构成了国家、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。

尽管各国的国情不同,面临的问题也不同,各自在工业培训的体制和运作上互有差异,但在对工业培训的认识、做法和发展方向上却有很多共同点和相似之处。

2.1.2 国内工程训练现状

我国的高等工程教育受欧美的影响较大,1949年以前建立的20余所工科大学或者工学院,主要采用美国与欧洲的学制和教学内容。中华人民共和国成立后,我国在20世纪50年代主要学习苏联的高等工程教育模式,建立了大批专科性学院。50余年来,我国的高等工程教育培养了数以千万计的工程技术人才,为经济建设和工业发展做出了重要贡献,初步形成了高等工程教育体系,但并未形成适合我国国情的独立工程教育模式。

由于当前我国高等院校的基本生源仍主要直接来自于高中,因此,他们在很大程度上脱离社会、脱离工业实际和工程大背景。我国高校工程类毕业生的薄弱环节仍主要是在工程能力方面,知识与能力培养脱节的现象并未有太大改观,相反,有些实践环节徒具形式。如,计划经济体制下定点的一些国有大中型企业肩负高等学校认识性、生产性实习的任务,但目前几乎不能发挥这样的功能。有的因经济困难,设备陈旧、老化而关、停、并、转;有的因转制已无接纳学生实习的积极性;少量的管理现代化、设备现代化的企业,大多实现“封闭式”的生产作业管理,实习效果不尽如人意。总之,现行的工程实践教学难以满足教育事业的发展需要。

近年来,工程实践教学已引起国内高等教育界的广泛重视,教育部“新世纪高等教育教学改革工程”中,工程教育有670个项目,而2000年首先启动的便是“高等学校基础课程实验教学示范中心建设标准”。清华大学、华南理工大学等著名大学将香港理工大学工业中心及其工程训练作为学习的楷模,耗巨资建设工程训练中心,充分体现了对工程实践和对实践性课程的高度重视。而正是工程实践教学,为学生在通往工程和社会的成功道路上架起了一座宽广的桥梁。

香港理工大学工业中心首创工程培训的新模式,工业中心提供门类齐全且内容广泛的培训课程。从机械到电子、电机,从材料成形到建筑,从制造工程到计算机辅助设计、管理运筹等,有20多个车间配合多个专业,提供多方面的选择,满足各种不同的需要,各学科可视其特点及办学宗旨从中选择,以成就未来的工程师。打破专业界限的培训课程设置,使毕业生不仅有极强的工程实践能力,而且能适应当今科技飞速发展的需要。

许多院校都非常重视香港理工大学工业中心的经验,以致把香港理工大学工业中心及其工业训练当做改革的参照物。归纳起来,有以下几种情况:





(1)将“金属工艺教研室”及“实习工厂”合并,成立诸如“工程技术培训中心”之类的独立机构。其用意是利用实习工厂的设备等物质条件和借助教师的参与来改革“金工实习”的内容和方法,逐步向“现代工程训练”的方向发展。

(2)建立包容面更广的“工程技术培训中心”。如重庆大学,其中心不仅包括原来的金工实习,还包括机械制图、电工、电子技术培训和一个面向社会的“模具加工与技术培训部”。

(3)另立体系,参照香港理工大学工业中心的模式建立全新的工程训练机构。如原国家教委投资的东南大学“工业发展与培训中心”;再如西南交通大学筹建的“工业中心”。

2.1.3 发展趋势

经济全球化进程的加快和我国新型工业化道路的确立,客观上要求树立大系统、大工程的观念来重构高等工程教育的模式,强化实践锻炼和工程创新,培养出新型的工程技术人才。同时我国基础工业落后,企业工程教育意识淡薄和培养能力弱的国情,也要求对现有的工程教育实行制度创新,探索有中国特色的高等工程教育模式。

20世纪末,美国康奈尔、斯坦福、加州伯克利等8所大学联合进行了工程教育改革,其重要内容即是加强与工程实际的联系,重视工程实践,促进人才培养模式从科学型向工程型转变。高等工程教育“工程化”或“回归工程”的趋势已经成为国际高等工程教育的共同选择。

随着经济全球化、科学技术综合化的发展,工程正在向着“大工程”变化,仅仅从研究、开发、设计、工艺、管理等狭窄的分工角度来区分和培养工程师,已经不能适应现代工程的性质和内涵及其对工程师的要求。未来的工程活动将是一个融科学、技术、经济、人文、社会等因素于一体的综合性立体工程,除对国家经济建设和科技发展的作用外,对社会进步的贡献将愈来愈成为人们评价工程的重要指标。因而,“工程”概念也正在从“数学和自然科学的原理、知识在工农业生产中的应用”的经典定义向社会领域延伸,从而增强了工程教育的人文性和社会性。这就要求现代工程师要有对全人类负责的高度责任心;要有足够的人文社会科学素质;要有把问题置于整个社会系统中进行政治、经济、法律、生态、心理、伦理等的综合考虑能力;要有科学理性、技术理性与人文理性的求真、求善、探索、创新的素质与精神,要有在开放式大系统下全面、协调、可持续的整体思维方式与能力。

现代工程师的内涵已经超出20世纪五六十年代设计工程师、工艺工程师的狭窄内容,向着“大工程”“系统工程”方向发展。今天的工程不仅包含设计、制造,同时还有关于网络、环境、法律、经济、销售、进出口、质量控制、市场、安全等方面的内容。

建立现代化工业中心,超越传统的,针对局部工程领域或工种的,相互割裂、各自为政的实践教学和技能培训模式,实现跨学科、跨专业、多学科交融的工程教育实践和创新平

