

普通高等教育“十二五”规划教材

工程导论

主 编 姚立根 王学文

副主编 陈希军 李继勇 李少波 方 兴

电子工业出版社版权所有
盗版必究

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书系统、综合地介绍了工程知识体系,注重理论联系实际,吸收前沿理论,注意运用案例分析方法激发兴趣、拓展视野。本书共10章,包括四大类知识体系:第一,介绍了土木工程、水利水电工程、矿业工程等属于第一产业、第二产业的“硬工程”;第二,介绍了工业工程、可靠性工程、标准化工程、系统工程、价值工程、质量工程等“软工程”;第三,介绍了工程建设与管理中必需的工程管理、工程经济分析等经济管理知识;第四,介绍了工程的利益相关者、工程共同体、工程理念与工程思维、工程教育的目标,大学工程教育对知识、能力、素质的基本要求等工程建设与管理有关的人文社会科学知识体系。

本书每章章首配有学习目标,章后附有本章小结、复习思考题、案例简介供读者参考,提高学习效果。本书可作为高等学校文科、理科类学生培养工程素养、实施素质教育的教科书;同时,本书的大工程、工程思维和工程经济管理等内容也为工科类学生实施“卓越工程师”培养计划提供了优秀的教材。此外,本书也可作为工程技术人员和社会相关人员进行工程知识培训的教材。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容
版权所有,侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工程导论/姚立根,王学文主编. —北京:电子工业出版社,2012.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-121-17506-0

I. ①工… II. ①姚… ②王… III. ①工程技术—高等学校—教材 IV. ①TB

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第147464号

策划编辑:王志宇

责任编辑:王志宇

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:17.75 字数:431千字

印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:3000册 定价:35.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

PREFACE

高等教育专业类型按学科可划分为十三大门类,授予相应的十三类学位,人们通常将其概括为文科、理科和工科三大类。工程是现代社会的重要标志,工程活动也是现代社会的主要活动。工程强调的是系统、集成、整体,是安全、经济,还要与环境和社会相协调。为适应教育部启动实施“本科教学工程”“专业综合改革试点”项目和“卓越工程师”培养计划的要求,作者从工程的社会性和大工程的视角,编写了《工程导论》教材,以满足文科、理科类学生培养工程素养、实施素质教育的要求;同时,本书的大工程、社会工程和工程思维等内容也为工科类学生实施“专业综合改革试点”教育和“卓越工程师”培养计划提供了优异的教材。

从人类发展和工程活动的历史来看,工程是直接和现实的生产力,工程活动是人类最古老的、最重要的活动和生存方式,也是人类社会存在和发展的物质基础。工程是人类以利用和改造客观世界为目标的实践活动,也是人类利用各种要素的人工造物活动。人类的吃、穿、住、行等日常生活无一例外依赖于工程的成果——人工造物。人类几千年来就是通过不断地工程造物来实现和满足自身的发展要求,工程实践也成为了人类最主要的实践活动。三峡大坝、高速公路、青藏铁路等现代大工程投资巨大、建设和运行周期长,专业技术水平和合作要求高,社会效应和社会影响巨大,对环境和人类的影响深远,产生了工程的社会性问题。工程的社会性,首先表现为实施工程的主体(设计师、决策者、协调者、各种层次的执行者、使用者、供应商、社区居民等众多的利益相关者)的社会性;其次,表现为工程对社会的经济、政治和文化的发展不仅具有直接的、显著的影响和作用,而且具有间接的、潜在的经济效果、社会效果和生态效果。简而言之,文科、理科类学生在今后的生活、工作和学习中必然要与工程打交道,是工程的利益相关者。因此,文科、理科类学生需要在大学期间学习工程知识,培养工程素养,实施必要的工程教育。

本书内容包括四大类知识体系:第一,介绍了土木工程、水利水电工程、矿业工程等属于第一产业、第二产业的“硬工程”;第二,介绍了工业工程、可靠性工程、标准化工程、系统工程、价值工程、质量工程等“软工程”;第三,介绍了工程建设与管理中必需的工程管理、工程经济分析等经济管理知识;第四,介绍了工程的利益相关者、工程共同体、工程理念与工程思维、工程教育的目标,大学工程教育对知识、能力、素质的基本要求等工程建设与管理有关的人文社会科学知识体系。常言道,“磨刀不误砍柴工”,通过学习这四大类知识,可以使学习者在学习和工作中起到“事半功倍”的效果。因此,本书也是工科类学生实施“卓越工程师”培养计划首选的优秀教材。

本书系统、综合地介绍了工程知识体系,注重理论联系实际,吸收前沿理论,注意运用案例

分析方法激发兴趣、拓展视野。每章章首配有学习目标,章后附有本章小结、复习思考题、案例简介供读者参考,提高学习效果。本书是一本提供给高等学校学生进行工程教育的优秀教材,此外,本书也可作为工程技术人员和社会相关人员进行工程知识培训的教材。读者可登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册下载本书配套教学资源。

本书由姚立根教授和王学文教授提出编写意图和编写大纲,听取校内外专家学者意见后,对编写框架几次修改。初稿编写和总纂工作主要由姚立根教授和王学文教授负责。参加本书编写的人员有陈希军、李继勇、李少波、方兴、王英臣、卢红卫。

编写过程中参考了国内外专家学者的著作和文献,在参考文献中未能一一列举,在此向作者和同仁致以衷心的感谢;编写工作中,一些专家教授也对本书的编写提出了宝贵意见,在此一并感谢;学校教务处及相关学院的有关领导对本书的编写工作给予了大力支持,电子工业出版社的王志宇编辑为本书的出版付出了辛勤劳动,在此一并致谢。

由于时间紧迫和作者水平有限,本书内容难免有不够成熟之处,希望同行专家和广大读者多提建议,不吝赐教,您的建议和意见是对我们最大的鼓励和支持。咨询、意见和建议可反馈至本书责任编辑邮箱:wangzy@phei.com.cn。

姚立根 王学文

目 录

CONTENTS

▶ 第1章 大学工程教育的培养目标 1

1.1 培养目标概述 1

1.1.1 培养目标的概述 1

1.1.2 培养目标的作用 2

1.2 大学工程教育培养目标的 基本要求 3

1.2.1 高等工程教育培养目标的 基本要求 3

1.2.2 我国高等工程教育培养 目标的反思 4

1.2.3 我国高等工程教育培养 目标的界定 5

1.3 工程的概念和大学工程教育对 知识的基本要求 7

1.3.1 工程的概念 7

1.3.2 大学工程教育对知识的 基本要求 9

1.4 能力的概念和大学工程教育对 能力的基本要求 9

1.4.1 能力的概念 9

1.4.2 大学工程教育对能力的 基本要求 10

1.5 素质的概念和大学工程教育对 素质的基本要求 10

1.5.1 素质的概念 10

1.5.2 大学工程教育对素质的 基本要求 11

1.5.3 现代工程师的素质结构 及其要素分析 12

1.6 基于“以人为本”理念的高等工程 教育目标分析 14

1.6.1 高等工程教育要与社会发展 相适应 14

1.6.2 高等工程教育要与人的全面 发展相适应 14

1.6.3 高等工程教育要与人与社会 和谐发展相适应 15

1.6.4 高等工程教育应分层次确定 培养目标 15

本章小结 16

复习思考题 16

案例简介 17

▶ 第2章 工程概述 20

2.1 工程的特点 20

2.1.1 “工程”一词的产生与演变 20

2.1.2 工程的内涵 23

2.2 工程理念与工程思维 24

2.2.1 工程理念 24

2.2.2 工程思维 25

2.3 工程的社会性与工程利益 相关者 27

2.3.1 利益相关者理论的提出 27

2.3.2 工程的社会性 28

2.3.3 工程的利益相关者 30

2.4 第一产业涉及的工程	35	3.4.1 信息技术的发展趋势	58
2.4.1 农业工程	35	3.4.2 信息产业的发展趋势	60
2.4.2 林业工程	36	本章小结	61
2.4.3 畜牧工程	37	复习思考题	61
2.4.4 渔业工程	38	案例简介	61
2.5 第二产业涉及的工程	38	▶ 第4章 土木工程	63
2.5.1 制造工程	38	4.1 土木工程的性质和特点	63
2.5.2 电力工程	40	4.1.1 土木工程的概念	63
2.5.3 燃气工程及自来水工程	41	4.1.2 土木工程的基本属性	63
2.6 第三产业涉及的工程	41	4.1.3 土木工程的培养目标	64
2.6.1 电子商务工程	41	4.2 土木工程的发展历史及其展望	64
2.6.2 金融工程	43	4.2.1 土木工程发展历史概述	64
2.6.3 医学工程	44	4.2.2 古代土木工程	65
2.7 大科学工程	44	4.2.3 近代土木工程	66
2.7.1 概述	44	4.2.4 现代土木工程	67
2.7.2 分类	44	4.2.5 土木工程的未来展望	69
2.7.3 我国的大科学工程	45	4.3 土木工程分类	71
2.7.4 国际大科学工程	47	4.3.1 建筑工程	71
本章小结	49	4.3.2 地下工程	73
复习思考题	50	4.3.3 道路与铁道工程	74
案例简介	50	4.3.4 桥梁与隧道工程	77
第3章 信息技术和信息产业	52	4.4 土木工程施工	80
3.1 信息产业及其行业概述	52	4.4.1 基础工程施工	80
3.1.1 信息与信息技术	52	4.4.2 结构工程施工	82
3.1.2 信息产业及其行业	53	4.4.3 施工组织	86
3.2 电子信息工程	54	4.5 土木工程项目管理	87
3.2.1 电子信息工程概述	54	4.5.1 项目管理的发展历史及 基本概念	87
3.2.2 电子信息工程相关 技术简介	54	4.5.2 项目的知识体系和 项目管理过程	88
3.3 信息技术和信息产业在社会 发展中的作用	56	4.5.3 项目组织管理与项目经理	89
3.3.1 加快全球信息化的进程	56	本章小结	90
3.3.2 促进社会文明进步	56	复习思考题	90
3.4 信息技术和信息产业的 发展趋势	58	案例简介	90

▶ 第5章 水利水电工程	92	6.1.3 矿产资源定义与分类	108
5.1 水利水电工程概述	92	6.2 矿山企业设计	109
5.1.1 我国水资源的现状和基本特点	92	6.2.1 矿山企业设计的基本内容	110
5.1.2 水利工程概述	93	6.2.2 评价矿山企业设计的主要技术经济指标	114
5.1.3 水资源开发与利用的基本原则	94	6.3 矿山生产系统	117
5.2 水利水电工程规划、设计和施工	95	6.3.1 井田开拓与井巷掘进	117
5.2.1 水利水电工程建设项目的划分	95	6.3.2 矿山地面生产系统	120
5.2.2 水利水电工程建设程序	96	6.3.3 矿山地下生产系统	122
5.2.3 水利枢纽布置设计的原则	97	6.4 矿山安全与环境保护	126
5.2.4 水利水电工程施工	97	6.4.1 矿山自然灾害及其防治	126
5.3 水利水电工程对环境的影响	99	6.4.2 矿山环境保护	129
5.3.1 水利水电开发对环境的影响	99	本章小结	131
5.3.2 水利水电开发保护环境的措施	100	复习思考题	131
5.4 中国的水利水电工程建设	100	案例简介	132
5.4.1 当今世界水利水电建设的发展特点	100	▶ 第7章 工业工程	133
5.4.2 中国水利水电建设的工程展望	102	7.1 工业工程概述	133
5.4.3 积极开发水电, 实现人与自然的和谐发展	103	7.1.1 工业工程的产生和发展	133
本章小结	103	7.1.2 工业工程的概念	134
复习思考题	104	7.1.3 工业工程的内容体系	136
案例简介	104	7.1.4 工业工程人才的素质结构	138
▶ 第6章 矿业工程	106	7.2 工业工程基础应用技术	140
6.1 矿业工程基本知识	106	7.2.1 生产率管理	140
6.1.1 矿业工程概述	106	7.2.2 工作研究	142
6.1.2 矿业工程在我国国民经济中的地位 and 作用	107	7.2.3 程序分析	144
		7.2.4 操作分析	148
		7.2.5 动作分析	149
		7.2.6 作业测定	151
		7.3 人因工程	152
		7.3.1 人因工程概述	152
		7.3.2 人体测量	155
		7.3.3 作业能力与作业疲劳	156
		7.3.4 作业空间设计	158
		7.3.5 人机系统	159
		7.4 物流工程	160

7.4.1	物流工程概述	160	8.4.1	价值工程的产生与发展	205
7.4.2	设施规划与设计	163	8.4.2	价值工程的概念	207
7.4.3	企业物流系统设计与仿真	165	8.4.3	价值工程的工作程序	209
7.4.4	物料搬运系统设计	167	8.4.4	改进方案的制定	212
7.4.5	库存控制与仓库规划	169	8.5	质量工程	213
7.4.6	物流运输管理	171	8.5.1	质量与质量工程概述	213
7.5	现代制造系统	172	8.5.2	质量工程的基本工具	215
7.5.1	制造系统概述	172	8.5.3	质量工程管理	217
7.5.2	典型的现代制造系统	173	本章小结		219
7.5.3	先进制造装备及技术	177	复习思考题		220
本章小结		178	案例简介		221
复习思考题		179	第9章 工程管理		223
案例简介		179	9.1	工程项目管理	223
第8章 现代工程的拓展		182	9.1.1	项目	223
8.1	可靠性工程	182	9.1.2	项目管理	224
8.1.1	可靠性工程的产生和发展	182	9.1.3	项目管理知识体系	225
8.1.2	可靠性的概念	183	9.1.4	项目范围管理	229
8.1.3	可靠性的常用指标	185	9.1.5	项目时间管理	231
8.1.4	可靠性设计	188	9.1.6	项目成本管理	235
8.1.5	可靠性模型	188	9.2	工程监理与审计	241
8.1.6	可靠性预测	188	9.2.1	工程监理	241
8.1.7	可靠性分配	189	9.2.2	工程审计	244
8.1.8	可靠性试验	190	本章小结		245
8.2	标准化工程	190	复习思考题		246
8.2.1	标准化工程概述	190	案例简介		246
8.2.2	标准种类及标准体系	192	第10章 工程经济分析		247
8.2.3	标准化的形式	195	10.1	工程经济概述	247
8.2.4	标准化的制定与实施	196	10.1.1	工程与工程经济分析	247
8.2.5	标准化的经济效果评价	197	10.1.2	工程经济分析的作用和意义	248
8.3	系统工程	198	10.1.3	工程经济分析的原则	248
8.3.1	系统工程科学的提出	198	10.2	资金时间价值与等值计算	249
8.3.2	系统工程学的界定	200	10.2.1	资金时间价值的 基本概念	249
8.3.3	系统工程科学与系统科学	200	10.2.2	现金流量图	251
8.3.4	系统工程科学的体系结构	201			
8.4	价值工程	205			

10.2.3	资金的等值计算	252	10.4.2	投资方案的评价和 选择	263
10.3	工程经济分析的基本要素	255	10.4.3	投资方案的不确定性 分析	266
10.3.1	投资	255	本章小结		268
10.3.2	费用和成本	256	复习思考题		268
10.3.3	固定资产折旧	258	案例简介		269
10.3.4	销售收入、利润和税金	258	▶ 参考文献		271
10.4	经济效果评价方法	260			
10.4.1	经济效果的评价指标	260			

电子工业出版社版权所有
盗版必究

第 1 章

大学工程教育的培养目标

【学习目标】

通过本章的学习，掌握培养目标的概念，了解大学工程教育培养目标的基本要求，理解工程的概念和大学工程教育对知识的基本要求，掌握能力的概念和大学工程教育对能力的基本要求，理解素质的概念和大学工程教育对素质的基本要求，了解基于“以人为本理念”的高等工程教育目标。

1.1 培养目标概述

1.1.1 培养目标的概念

目标泛指“到达的境地和标准”。培养目标是依据国家的教育目的和各级各类学校的性质、任务提出的具体培养要求。我国普通高等教育分为研究生教育、本科教育和专科教育等层次，其中研究生教育又分为博士和硕士两个层次。不同层次的高等教育对人才培养的要求是不一样的。例如，本科教育的培养目标是较好地掌握本专业的基础理论、专业知识和基本技能，具有从事本专业工作的能力和初步的科学研究能力；对硕士研究生的要求是掌握本专业坚实的理论基础和系统的专门知识，具有从事科学研究和独立担负专门技术工作的能力；而博士研究生则要掌握本学科坚实宽广的理论基础和系统深入的专门知识，具有独立从事科学研究的能力，在科学或专门技术上做出创造性成果。上述培养目标还是基于精英教育的理念提出的，对受教育者在学术水平和专业知识方面的要求比较高。

我国高等工程教育的培养目标可以概括为培养适应社会主义现代化建设需要，德、智、体全面发展，获得必要的工程师训练的高级工程科技人才。学生毕业后主要去工业、工程第一线，从事设计、制造、施工、营销、运行、研究和管理等工作，有的也可以去科研、教育部门从事研究、教学工作。这个培养目标的特点是突出了“工”，强调为工业、工程第一线培养人才，学生要获得必要的工程训练，这是高等工程教育的核心。工程人才培养就是未来工程师的培养，20 世纪八九十年代的工科院系、高校都把自己看做“工程师的摇篮”。既然是工程师，不仅要有扎实的理工科基础知识，又要有很强的实践动手能力；最重要的是要有较高的工程素养和相当的人文素养，同时创新力也是不可或缺的。

综上所述，可总结如下：

(1)学校教育的培养目标指的是“通过学校的教育活动,学生在毕业时应该具有的知识 and 能力(含技能)水平、思想和行为特征、体魄和心理状态”。

(2)培养目标的依据是教育目的,也是教育目的的具体化。教育目的是为社会发展的需要培养人才;培养目标则指社会对教育所要培养人才的质量标准和规格要求的总设想。确定学校教育的培养目标就是回答学校教育要培养“什么样的人”这个根本问题。

(3)培养目标既反映了学校同社会发展之间的关系(即社会发展对人才的需求),又体现了学校同学生个人发展之间的关系(即学生提高自身素质的需求)。

(4)培养目标是学校价值的体现:它既有反映社会需要的政治、经济、文化、科技价值;也有反映学生需要的谋生求职和个性发展价值;还有反映学校自身发展需要的教育价值。

目前,我国部分高等工科院校的实践教学环节大幅度减少,对学生的工程训练被严重削弱。除了办学条件方面的原因,主要问题出在认识上,有些学校单纯强调加强基础、拓宽专业,而忽视培养学生的基本职业技能和工程实践能力。

需要指出的是,高等学校是具体实施高等教育的机构,各高校由于在办学条件、师资结构和水平、服务面向、生源等方面存在差异,决定了它们的培养目标也各不相同。

1.1.2 培养目标的作用

在高等教育管理实践中,专业培养目标又被看做培养规格。高等学校培养人才不仅划分层次和科类(如工学博士、文学硕士、理学学士),每一层次的人才又分为不同类型(如学术型、应用型),每一科类的人才再细分为不同专业。因此,需要将培养目标进一步细化,形成每一个专业更加具体的人才培养标准和规范。虽然国家教育行政部门在制定学科专业目录的同时,就规定了各学科专业的培养规格,但仍是非常原则的规定。所以,各学校必须根据自己的实际情况,提出各层次和各学科专业明确、具体的培养规格。学校教育目标的各层面均由多个要素构成。我国学者在传统上把教育目标分为德育、智育和体育三个方面,称为“三要素说”。后来又有文献分别增加了美育和劳动教育,形成“四要素说”和“五要素说”。简单分析即可发现,德育、智育、体育、美育和劳动教育等概念都比较宽泛,而且相互间还有不少交叉、重复,它们更适于描述较高层面的教育目标。实际上,“使受教育者在德育、智育、体育几方面都得到发展”最早就是毛泽东同志作为教育方针,即国家总的教育目的提出来的。近年来,有的学者提出,培养目标的基本构成要素包括知识、技能和素质三方面。这些教育目标的构成要素比较具体,并有较好的操作性,适合用来描述专业培养目标和教学目标。

专业的培养目标规定毕业生在知识、技能、个人品质等方面应达到的水平,它是制定专业教育计划、设置课程、安排各种教学环节的基本依据,也是评价专业人才培养质量的重要标准。所以,制定科学、规范的培养目标,对于办好专业非常关键。

(1)培养目标反映向社会输出人才产品的质量,因而培养目标是学校与社会发生关系的连接点,也是社会现实对学校教育制约作用的集中体现。

(2)培养目标是学校各项教育活动的基本出发点和归宿。学校的各项教育活动都是为了使学生达到培养目标而组织的(出发点);培养目标决定着学校所有教育活动的广度、深度和最终评价教育质量的依据(归宿)。

(3)培养目标是学生在校全部学习活动的动力和期望;如果能在学生入学之初就使他们了解学校对他们的培养目标,就能在很大程度上调动他们自主学习的自觉性、主动性和积极性。

我国社会正在高速发展中,社会对工程人才的需要十分迫切,且这种需求的数量越来越大,品种越来越多,要求越来越具体,这就需要各类学校的培养目标更具有针对性。工程教育是一个长期过程,大学工程教育只是它的一个重要阶段。这意味着大学工程教育不可能“闭门造车”,它关注自己的“接口”,必须与它所培养人才的“用户”一起来做接口设计,包括对人才规格和质量标准的共同制定。因此,高等院校制定准确的培养目标十分迫切。

1.2 大学工程教育培养目标的基本要求

培养目标指社会对教育所要培养人才的质量标准和规格要求的总设想。培养目标既反映了学校同社会发展之间的关系,即社会发展对人才的需求,又体现了学校同学生个人发展之间的关系,即学生提高自身素质的需求。因此,确定学校教育的培养目标就是回答学校教育要培养“什么样的人”这个根本问题。从宏观上讲,高等工程教育主要是围绕人才培养目标和人才培养模式,即需要培养什么样的人的问题和如何培养所需人才的问题而展开的。高等工程教育培养目标的提出,一方面需要深刻把握新世纪的发展趋势,洞察国外高等工程教育人才培养的变化;另一方面,要求我们对传统的高等工程教育培养目标进行反思,从而确立一种新的人才培养观念。

“工程”与“科学”和“技术”不同,它强调的是系统、集成、整体,是安全、经济,还要与环境和社会相协调。作为未来的工程师,不仅要掌握必要的工程基础知识以及本专业的基本理论、基本知识,还要具有从事工程工作所需要的相关数学、自然科学知识和一定的经济管理知识;了解本专业的前沿发展现状和趋势;了解相关的职业和行业的生产、设计、研究与开发的法律、法规,熟悉环境保护和可持续发展方面的方针、政策和法律、法规;要具有较好的人文社会科学素养、较强的社会责任感和良好的工程职业道德。

作为未来的工程师,要具有创新意识,具有研究、开发和设计新产品、新工艺、新设备和推出新技术的能力,即集成创新的能力。比如,石油化工行业的许多工程问题都属于过程控制。作为现代过程控制的工程师,必须懂得流体的化学反应过程、流体在流动中的热力学与动力学原理,才能针对不同流体实施不同的温度、压力等方面的控制,还要在计算机软、硬件技术上是行家里手。

1.2.1 高等工程教育培养目标的基本要求

培养目标简单讲是培养什么样的人的问题,即人才的规格和质量标准。以大学本科教育为例,它的培养目标可以表述为:“工科本科教育要培养适应社会主义现代化建设需要的、‘有理想、有道德、有文化、有纪律’的、德智体美全面发展的、获得工程师基本训练的高级工程人才;学生毕业后可以去工业生产第一线,从事设计、制造、运行、研究、开发、营销和管理等工作;也可以攻读工程专业的高级学位或其他专业的学位,继续深造。”在培养目标的下面应附有基本规格,也就是学生毕业时在政治思想、知识、能力、素质方面的质量标准和基本要求,这些基本要求是学生经过努力应该能够达到的。

因此,一般要求可表述为:

(1)要符合党和国家的教育方针(为现代化建设服务,人的全面发展,教育与生产相结合,侧重实践能力和创新能力的培养)。

(2)要符合社会、科技和工程发展的需求和趋势。

(3)要体现多层次工程教育的不同需要。

(4)能对学校开展的各种教育活动起指导作用;具有可操作性和可衡量性。

(5)培养目标的表述要落实以下四个方面:

① 正确的政治方向和人的全面发展。

② 本教育层次、本专业领域相对应的工程人才职称。

③ 学生毕业后的主要服务面向和工作范围。

④ 相对应工程人才在校学习时应该掌握的知识、具有的能力和具备素质的程度。

本科工程人才按照培养规格主要可归纳为六种类型:科学研究型、工程设计型、技术应用型、复合应用型、服务应用型和职业应用型。而按照培养模式来划分,高等工程教育的培养目标通常有两种类型:通才型目标和专才应用型目标。通才型目标以普通本科为典型。比如,某大学土木工程专业的培养目标是:本专业努力将学生培养成为具备健全人格、社会责任、国际视野,具有坚实的理论基础、实践技能和其他学科知识,创新意识强、团队协作好、综合素质高,能在建筑工程、市政工程、地下工程、隧道工程、道路与桥梁工程等土木工程相关部门的设计、规划、研究及管理工作的的高素质、多样化人才。土木工程专业人才培养目标应该注重人才的知识、能力、创新意识,以及随之而必需的协调能力和工程能力。通才型土木工程专业的人才培养定位在培养研究型人才的规格上,该定位具有两个层面的含义:其一为具有持续学习以及研究能力,能够进一步学习深造的专业人才;其二为具有扎实基础理论和实践能力,可以在土木工程以及相关领域从事设计、规划、研究及管理的专业背景人才。

专才应用型目标以高职学校为典型。比如,某大学建筑工程专业的培养目标是:培养掌握工程力学、土力学、测量学、房屋建筑学和结构工程学科的基础理论和基本知识,具备从事土木工程的项目规划、设计、研究开发、施工及管理的能力,能在房屋建筑、地下建筑、隧道、路桥、矿井等的设计、研究、施工、教育、管理、投资、开发部门从事技术或管理工作的高级工程技术人才。



1.2.2 我国高等工程教育培养目标的反思

我国高等工程教育存在的主要问题是:部分工科院校培养目标定位不明确;个别工科院校培养模式更新速度慢;少数工科院校实践性课程安排少;某些工程专业与社会缺乏联系;工科院校学生还缺乏必要的人文知识;工程技术人员理论水平较高,但缺乏创新意识与创造能力。1997年中国工程院朱高峰、张维院士等向国家提交了《我国工程教育改革与发展》的报告。该报告着眼于21世纪科技发展和经济全球化的挑战,在广泛深入进行企业和高等院校调研的基础上,从培养目标、体制、专业划分、工程教学等方面分析了我国高等工程教育目前存在的主要问题。特别指出在培养目标上,学校的工程教育主要是为了培养未来工程师

的目标不够明确,突出工程的特色不够,基本上是按照学科体系来组织教学,与经济、产业的实际需要结合不够紧密。时至今日,这些问题还不同程度地存在,尤其在以下两方面表现突出。

1. 人才培养规格过于单一

目前,我国的高等教育是国家主导型的高等教育体系,实行的是高度集中的统一办学体制。我国高等教育的专业设置是20世纪50年代院系调整中学习前苏联高等教育的产物,工科基本是按照工艺、装备、产品、行业设立的,学生毕业后能较快对口、适应当时工业建设的需要。这种专业教育模式突出的特点是人才培养规格的单一性。由于专业划分过细,口径过窄,使得人才知识面偏窄,技术单一,这种过细、过精、过深的偏窄规格,使学生只懂一种技术,不懂相关技术,无法与相关专业融合,社会应变能力差,更难以适应创造性的工作。

随着科学技术与社会经济的发展,新兴、边缘学科越来越多,厚基础、宽口径的改革思路已经成为综合性或多科性高等学校的共识。同时,强化课程、淡化专业的改革思想也正在探索之中。

2. 培养目标的专业性和功利性

长期以来,我国大学的本科教育追求的是一种单一而狭窄的“专业教育模式”,这种模式的培养目标是在计划经济体制下沿袭前苏联模式建立起来的,定位囿于一种“专业——行业对口”的十分狭窄的意识,把培养“处方式的专家”作为培养目标,带有强烈的专业性和功利导向。具体表现为专业设置较多地强调与应用对口,致使专业划分越来越细,专业数越来越多。在社会经济迅速发展,当代科学技术在高度分化的基础上、日益高度综合化的形势下,这种人才培养目标定位的弊端日益呈现,如不少工科大学重专业教育、轻通识教育,重科学教育、轻人文教育等。在这种培养目标引导下,一些工科院校专业单一,学科结构不合理、专业口径过窄、课程体系综合化程度不高、课程结构缺乏整体优化,使学生的理论基础不扎实、知识结构单一、视野不够开阔、人文底子不足、创造力不强,呈现出过弱的文化陶冶、过窄的专业教育、过重的功利导向、过强的共性制约的局面,使普通高等教育特别是高等工程教育带有较强的职业教育的特征。这就从根本上暴露出教育思想和人才培养模式的缺陷。

1.2.3 我国高等工程教育培养目标的界定

从国外的经验和国内教育现状反思看,我国工程教育的培养目标应该是具有现代工程教育理念和创新精神的工程师。

1. 具有现代工程教育理念

现代工程教育理念的核心是在教育工作中坚持人文精神、科学素养、创新能力的统一,这是现代人的基本特征。人文,不是指一般的人文知识,而指的是人文精神,泛指人对自然、社会、他人和自己的基本态度。现代工程师要具有这样的人文精神,即心系祖国、自觉奉献的爱国精神;求真务实、勇于实践的科学精神;不畏艰险、勇于创新的探索精神;团结合作、

淡泊名利的团队精神。科学素养的基本要求有四个方面：一是全面掌握人文、社会科学和现代自然科学技术的基本理论、基本知识、基本技能；二是具有分析解决专门实际问题的能力；三是养成实事求是、追求真理、独立思考、勇于创新的科学精神；四是要有良好的心理素质。创新能力是一种综合能力，主要包括创新意识、坚实基础、综合智能、创造能力。人文精神、科学素养、创新能力融合统一的教育理念，体现了人才培养要注重素质教育，注重创新能力的培养，注重个性发展的要求，也表达了现代工程教育应该把传授知识、培养能力、提高素质三者结合起来融为一体。

2. 具备完整知识结构和知识层次

作为21世纪的工程师，一个完整的知识结构至少应在实践、理论和计算三个方面都有很好的训练。这三个方面包括：第一，要有足够的工程实践知识，不仅在工科教育方面，还应包括人文教育方面；第二，要有扎实的理论训练，学会一种严格的思维方式，夯实基础理论知识；第三，强化在理论和实践之间的计算，计算是理论与实践之间一个很重要的联系。这种三角形的结构关系，构成了工程师完整的知识结构。就知识层次来说，完整的知识层次是由分析、系统和高技术三个层次组成：分析是指定量分析与定性分析的结合，用适当牺牲定量分析的精度来保证定性分析的完整，这是第一个层次；做好定量分析与定性分析的接口要靠系统工程，在工程中加入系统的思想十分重要，这是第二个层次；第三个层次是在传统的设计中，与高技术相结合，用计算机进行辅助设计(CAD)，充分利用现有的软件包来提高工程设计的质量和效益。

3. 突出创新能力的培养，形成自身特色

在全球经济一体化和国际制造业产业结构调整的局面下，随着我国从“世界制造中心”向“世界设计中心”、“世界创造中心”的转变，以及生产模式从OEM(Original Equipment Manufacturer, 原始设备生产商)向ODM(Original Design Manufacturer, 原始设计制造商)和OBM(Own Branding & Manufacturing, 自有品牌制造商)的转移，多元化的国际市场不仅对产品的T(时间或速度)、Q(质量)、C(成本)、S(服务)提出了更加苛刻的要求，更对产品的内在科技含量、外在功能、性能和设计理念提出了要求。因此，提高学生的“创新能力”应该是高等工科院校(本科)工程教育的首要目标。只有这些未来的工程师们具备了创新思维 and 创新能力，才能从根本上解决问题。

当前，我国高等教育办学模式趋同、特色不明显、办学定位模糊。在这种情况下，高等工程院校必须对自己的自身实力和优势进行分析评估，在正确的人才培养目标引导下，追求自身办学特色。也就是要求在新形势下根据社会要求和市场要求，准确定位，确定特定的服务对象，凭借自身的优势和条件，加强特色建设，努力追求办学的个性化，以满足特定需求并服务于社会主义现代化建设。在整个办学过程中，要时刻注意围绕培养目标选择特色、设计特色、创造特色、保持特色、强化特色，以发展特色学科为突破口，带动学校整体实力的提升。

1.3 工程的概念和大学工程教育对知识的基本要求



1.3.1 工程的概念

要懂得工程教育,首先要对工程有一个正确的概念。工程,对于我们并不陌生,比如我国的都江堰、万里长城、京杭大运河、埃及的金字塔、罗马的凯旋门等都是古人留下的伟大工程。20世纪40年代的曼哈顿工程、60年代的阿波罗登月工程,以及90年代的人类基因组计划工程,堪称现代世界三大工程。我国20世纪60—70年代完成的“两弹一星”工程、改革开放后建设的大亚湾核电工程、宝钢二期工程、铁路5次大提速工程,以及当下正在进行的三峡工程、探月工程、南水北调、西气东输、青藏铁路工程等,创造了中国历史发展进程的神话。可以说工程活动塑造了现代文明,并深刻地影响着人类社会生活的各个方面。现代工程构成了现代社会存在和发展的基础,构成了现代社会实践活动的主要形式。

什么是工程?怎样来理解和把握工程?李伯聪教授提出的“科学—技术—工程三元论”已被越来越多的专家、学者所接受。李伯聪把工程定义为“人类改造物质自然界的完整的、全部的实践活动和过程的总和”;而《2020年中国科学和技术发展研究》给出的定义则为“人类为满足自身需求有目的地改造、适应并顺应自然和环境的活动”。我们把工程定义为“有目的、有组织地改造世界的活动”。这一定义中的限制词“有目的”把无意识的自发改变世界的活动排除在外。例如人们污染环境的行动虽然也改变世界,但不能称为工程。而环境工程是有目的地改善环境的活动,所以是工程的一种。其次,定义中的限制词“有组织”则把分散的个体活动排除在外。因此,原始人把野生稻改造为栽培稻不算工程,但“大禹治水”是组织很多人进行的,应是一种早期的工程活动。朱京强调“工程的社会性”,这一社会性与本定义中“有组织活动”应当是同义词。到目前为止,工程都是按照被改造的对象而命名的。世界分为自然界和人类社会,所以工程也可分为自然工程和社会工程,前者不妨称为“硬工程”,后者不妨称为“软工程”。虽然工程的名称起源于硬工程,但把它推广到社会改造也是顺理成章之事。例如当前频繁出现的“希望工程”、“五个一工程”、“知识创新工程”等。按出现的次序,工程也可分为传统工程与现代工程。前者如土木、水利、建筑、机电、能源等,后者如材料工程、环境工程、生物工程、生态工程等。

工程活动是人类利用各种要素的人工造物活动。工程既不是单纯的科学应用,也不是相关技术的简单堆砌和剪贴拼凑,而是科学、技术、经济、管理、社会、文化、环境等众多要素的集成、选择和优化。一切工程都是人去建造的,是为了人而造的。因此,要建立顺应自然、经济和社会规律,遵循社会道德伦理、公正公平准则,坚持以人为本、资源节约、环境友好、循环经济、绿色生产、促进人与自然和人与社会协调可持续发展的工程理念。工程理念深刻地渗透到工程策划、规划、设计、论证和决策等各方面的各环节中,不但直接影响到工程活动的近期结果与效应,而且深刻地影响到工程活动的长远效应与后果。许多工程在正确的工程理念指导下,不仅成功而且青史留名。但也有不少工程由于工程理念

的落后甚至错误,酿成失误,甚至殃及后世。例如公元前 256 年李冰主持修建的都江堰水利枢纽,科学分水灌溉,与生态环境友好协调,造就了“天府之国”。而非洲建造的阿斯旺大坝,使富饶美丽的尼罗河下游变成了盐碱地,甚至荒漠化。造物就要造精品、造名牌,造福于人民。当代工程的规模越来越大,复杂性程度越来越高,与社会、经济、产业、环境的相互关系也越来越紧密,这就要求我们从“自然—科学—技术—工程—产业—经济—社会”知识价值链的综合高度,来全面认识工程的本质和把握工程的定位,在工程的实施和运行全过程中处理好科技、效益、资源、环境等方面的关系,促进国民经济和社会生活的全面、协调、持续发展。

在这里,我们可以把握工程这样几点内涵:首先,工程活动是从制定计划开始的,或者说计划是工程活动的起点;其次,实施(操作)是工程活动最核心的阶段,工程活动的本质是实践、是行动;最后,工程的决策理论和方法在工程的成败和工程哲学中具有特殊的重要意义。它涉及工程的自然要素、科学技术要素、环境要素、社会人文要素和价值要素等一系列要素,是工程伦理研究的核心问题。

工程不同于科学,科学属于知识范畴,工程则属于实践范畴。工程和科学在目的、对象、工作方法、评价标准以及对人才的才能要求、工作特征方面的区别见表 1-1。

表 1-1 科学和工程的区别

	科 学	工 程
范畴	知识	实践
目的	认识和探索自然;求得普遍真理	利用和改造自然;为人类谋福利
对象	研究已有世界(what&why)	创造尚无的世界(how&which)
方法	侧重于分析,探索规律	侧重于综合,受到多种约束
评价	标准是正确与准确与否	标准是有无效果与效益
特色	制约因素较少,科学活动自由度较大,个体性较强	制约因素较多,工程活动自由度较小,集体性较强
人才及工作特征	科学家:开展基础理论、应用科学或技术科学原理的研究	工程师:发展用于未来的新技术、新设计、新工艺、新材料、新方法 技术师:将已有的科技知识应用于日常生产、节约材料、节约能源、保护环境,进行技术革新
人才才能要求	探索者;开拓者;发现者;新概念创造者	工程师:设计者;开发者;新技术形成者;新标准制定者 能规划;能预见;能系统处理问题; 能评价 技术师:生产管理;标准执行者;技术处理者;革新推行者 能设计;能创造;能组织;能判断

(资料来源:罗福午.大学工程教学 16 讲.北京:清华大学出版社,2007.)

工程也不等于技术,因为工程除技术外还受到政治、经济、文化、法律、美学等方面的约束。工程是运用科学原理、技术手段,有效地发展对社会有用产品的实践过程。更可以说:“工程是关于科学的开发应用和关于技术的开发应用,在物质、经济、人力、政治、法律和文

化限制内满足社会需要的一种有创造力的专业(这个概念是20世纪90年代由美国麻省理工学院提出,这里的专业不是指在学校里学习的专业)”。

综上所述,工程是人类以利用和改造客观世界为目标的实践活动。它有两层基本含义:第一,它是将科学知识和技术成果转化为现实生产力的活动;第二,它是一种有计划、有组织的生产性活动,目的在于向社会提供有用的产品。工程是一种非常具有创造性和综合性的活动,担负着将科技成果转化为生产力,并为人类造福的重要使命。

1.3.2 大学工程教育对知识的基本要求

大学工程教育在知识方面的基本要求要注意以下四点:

(1)要求学生较为系统地掌握本专业所必需的数学、自然科学(物理、化学……)基础理论和技术科学理论知识,具有一定的专业知识、相关的工程技术知识(含材料技术、产品技术和生产技术等方面)和初步的管理和商务知识;对本专业范围内科学技术的新发展、新动向要有所了解。

(2)要求学生学习政治理论和人文社会科学知识的目的在于端正政治方向,提高文化、心理素质,教会学生做人、做事,懂得人生意义,从而建立完善的人格和正确的人生观。要探索建立文化素质教育的课程体系,设置必要的核心课程和广泛的选修课程。工科教师也需要提炼科技课程中的历史、文化、人文内容,使文化素质教育和工程思想教育相融合。

(3)在所有知识中,核心的数学、自然科学、技术科学和人文社会科学基础的理论知识“贵在稳”,专业工程技术和各类其他知识“贵在新”。一方面要看到学生具有扎实的基础理论知识和技能,是学校培养出能够适应时代发展的高质量人才的根本;另一方面也要看到以现代工程和现代社会动向为背景,才有可能进行生动、有效的大学工程教育。

(4)工程教育的教学内容并不是这些各自独立的自然科学知识、技术科学知识、工程技术知识和人文社会科学知识的简单相加,而是强调这些知识必须与工程和社会实践的需要紧密结合,能够反映学生在学习过程中和毕业以后自身发展的必然要求。

1.4 能力的概念和大学工程教育对能力的基本要求

1.4.1 能力的概念

关于什么是能力,存在两种观点。一种观点认为能力是潜在的、持久的个人特征,也就是“人是什么”,这种观点强调,能力是个体的潜在特征,是一个人个性中深层和持久的部分。根据这种观点,能力可以被形象地描绘成“冰山模型”。五个层次由低到高分别是:动机、个人特质、自我概念、价值观与态度、知识和技能。其中,知识和技能是可以看见的、相对表层个人特征,而动机、个人特质、自我概念和价值观与态度则是个性中较为隐蔽的、深层的部分;另一种观点则认为能力是个体相关的行为类别,也就是“人做什么”,英国的人力资源实践领域普遍认为能力是“保证一个人胜任工作的、外显的行为的维度”。

能力一般包括收集处理信息的能力、获取新知识的能力、分析和解决问题的能力、组织管理能力、综合协调能力、创新能力、表达沟通能力和社会活动能力。人们都认识到发展智力和培养能力的重要。人的智力(主要指观察力、记忆力、想象力、思维力)在少儿时就要打下基础;大学则是培养能力的一个重要阶段。学习的重要目的之一是通过获得知识和技能来取得进行一定活动所具有的本领,这种本领就是能力。智力、能力、素质相关,但它们并不相同,见表 1-2。

表 1-2 智力、能力和素质的关系

智 力	能 力	素 质
在认识某个事物过程中表现出来	在进行某项实际活动中表现出来	在认识事物、实际活动、为人处世的各个方面表现出来
与人的先天生理基础、知识、技能有关;在学习和认识事物过程中形成和发展	与人的先天生理基础、知识、技能、智力水平和实际经验有关;通过实践活动形成和发展	与人的先天生理基础和后天所处环境、所受教育有关;必须通过人自身的认识与实践才能形成相关发展
以思维为核心	以所表现的身心力量为核心	以人的内在身心品质(思想、感情、智慧、意志、体质等)为核心
形式上是内隐的	形式上是外显的	形式上是内在和整体的
智力是能力的基础,但不是能力本身; 智力是素质的某一方面,但不能概括全部素质	能力是智力的物化延伸,能力中包含有智力; 能力是素质的重要体现,但没有素质影响深远	素质不但是人当前智力和能力水平的基础,而且是人今后发展的重要基础

(资料来源:罗福午.大学工程教学 16 讲.北京:清华大学出版社,2007.)

1.4.2 大学工程教育对能力的基本要求

工科大学生应该具备的能力及其水平为:

(1)很强的自主学习能力,包括信息采集、处理和应用能力及具备本专业必需的制图、运算、实验、测试、计算机应用技能,以及必要的基本工艺操作技能。

(2)较强的提出、分析、解决本专业一般工程实际问题的能力,具有一定的工程经济和市场观点。

(3)较好的实践和创新能力,受到工程设计、课外科技活动和工业生产实践(工程实践)的初步训练,养成工程意识和实事求是的精神,具有开拓创新的思维和意志。

(4)一定的组织管理能力,包括具备较强的文字、口头、图形和听说的沟通能力,以及与他人合作共事的能力。

1.5 素质的概念和大学工程教育对素质的基本要求

1.5.1 素质的概念

素质是人在先天生理的基础上,受后天环境和教育的影响,通过个体自身的认识与社会实践,养成的比较稳定的身心发展的基本品质。它包括品德、学识、才能以及心理和体魄等

方面的内容,见表1-3;具有内在性、整体性、基本性的特征,见表1-4。工程素质是指人们在考虑工程问题、从事某项具体工程工作时所表现出的内在品质和作风,它是工程技术人员应该而且必须具备的素质。

表 1-3 素质的内涵

方 面	地 位	主要内涵
品德(政治、思想、道德)	方向	世界观、人生观、价值观; 人与自然、社会、他人的关系
学识(自然科学、技术科学、工程技术、人文社会科学)	根本	对知识的理解——学问; 对事物的洞察——见识
才能(信息、应用、心智、组织)	核心	获取信息(会学习);实践探索(敢探索); 勇于创新(务求新);团结合作(能协作)
身心	基础	体魄;心理;学风;意志;气质

(资料来源:罗福午.大学工程教学16讲.北京:清华大学出版社,2007.)

表 1-4 素质的特征

	先天素质	后天环境、教育对素质的影响
内在性	与生俱来,内在的,不是外加的	表现为内化了的身心品质
整体性	与人的感觉器官和神经系统有关,它对人生理、心理发展的影响是整体的	它具有包括思想、感情、认识、智慧、意识、心态、体质等多方面的整体性
基础性	为人的后天发展提供了可能与基础	它影响人吸取知识、掌握技能、发展智力、形成能力,更与人今后在这方面的发展有关联,因而具有基础性

(资料来源:罗福午.大学工程教学16讲.北京:清华大学出版社,2007.)

1.5.2 大学工程教育对素质的基本要求

我国当前大力开展的素质教育,不是一种教育模式,而是一种教育观念,它要求教育必须促进和提高学生在德、智、体、美、智力与非智力、情操与意志、生理与心理诸方面全面、和谐、均衡地发展。对一个工科大学生来说,以下几点对素质的基本要求更为重要:

(1)热爱社会主义祖国,拥护中国共产党的领导,坚持社会主义道路,支持改革开放的政策,有艰苦创业的精神和建设社会主义现代化的事业心、责任感、使命感;立志投身于建设国家的宏伟大业。

(2)树立科学的世界观、正确的人生观、价值观和荣辱观,走与工农群众相结合的道路。

(3)懂得社会主义民主与法制,遵纪守法,有良好的思想品德、社会公德和职业道德。

(4)具有良好的学术造诣,对相关事物和科技知识有深刻见解或理解。

(5)具有良好的学风和实干、创新的精神,能够理论联系实际、密切联系群众。

(6)具有良好的文化素质和心理素质,以及一定的美学修养。

(7)能健康工作50年,胜任未来繁重的工作。

1.5.3 现代工程师的素质结构及其要素分析

1. 现代工程活动对工程师综合素质的要求

工程活动是指利用自然资源,运用科学和技术造福人类的过程。随着科学技术的进步,工程活动产物——人工自然物的复杂程度也随之增加;因此,现代的工程活动一般都应该作为复杂的系统来对待,它不仅涉及科学、技术等工程过程自身的诸多因素,而且必然与人类社会、自然环境发生相互作用。所以,工程活动最根本的属性是它的系统性、实践性和创新性,这就决定了作为工程活动主体的工程师的素质必然具有系统性、实践性和创新性的特征,并且决定了工程师在从事工程活动过程中进行的“工程思维”也相应具有系统性、实践性和创新性的特征。

2. 现代工程师综合素质的结构及构成要素

按照一般心理学的理论分析,现代工程师的素质结构体系如图 1-1 所示,其中的才智支持系统(也可称为“工程素质”),在工程活动中的作用相对于非才智支持系统而言更加直接。“工程素质”是指工程技术人员为了能够胜任现代工业中某一专门的技术任务而在相关的知识、技能、能力等方面应达到的水准。它不是孤立知识的堆砌,而是在掌握了一定数量、质量的相关知识、技能基础上将其内化的一种自身的意识与思维习惯,在解决技术任务的过程中所表现出来的能力和积极的思维定势。

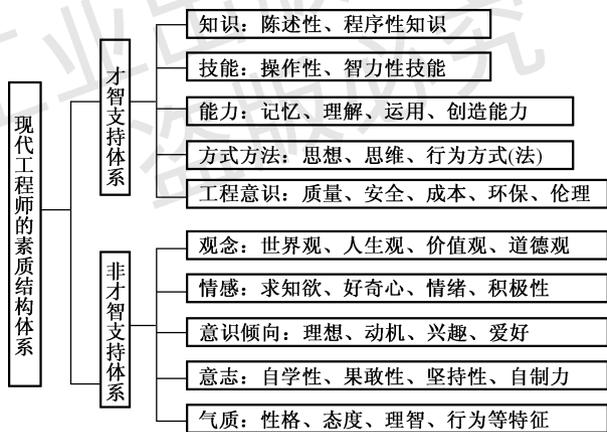


图 1-1 现代工程师综合素质要素及结构

为了抓住问题的关键,笔者认为,从工程的角度来讲,现代工程师综合素质的核心应该是“工程思维习惯”和“工程思维能力”。

(1) 工程思维习惯

人们在生产、生活中养成的习惯、技能以及方法、方式等,在生理机制上都是动力定型的建立。但是,习惯和技能有本质区别。技能(熟练技巧)是指人的一系列完善化和自动化了的随意运动系统,而习惯则是指一个人后天养成的一种在一定情况下自动进行某些动作的特殊倾向。所谓养成了某种习惯,是指人的某种随意运动已获得在一定情况下自动发生的倾向。

所谓工程思维习惯,概括地说,是指工程技术人员在处理工程技术问题时进行活动的心智模式,是提出问题的时机、工作的排序与调整、有效的思维模式和如何判断工作成果的优劣等关于从事工程活动的程序和方法。它是一种倾向性思维,是系统思维的体现,其最基本的特征就是思维的“整体性”,是方式方法和大工程意识等因素的综合作用。这也是科学的“辩证思维”的体现,即重视事物的普遍的联系与相互作用。具体地说,作为现代工程活动的主体,工程师必须全面把握人与自然、与其他成员乃至整个人类社会的互动关系,避免单纯从技术的角度考虑工程问题,避免仅仅着眼于工程对象本身而忽视工程“系统”与“环境”的相互作用。每当面对工程问题时,就非常“自然地”以系统论的视角,综合、全面地思考、处理工程问题,审视工程的价值问题;在考虑技术问题的同时,“附带地”统筹考虑其他一切相关方面的问题;从人类社会和自然界安全的角度,从短期利益与长期利益一致的角度,从局部利益与整体利益一致的角度,从追求性能与经济性价比最大化的角度,把相关事物联系在一起,综合考察并驾驭它们之间的相互作用。

可以说,工程思维习惯与以往所说的“大工程意识”有相通之处,但该提法更便于从心理学的层面得到理论解释。工程技术人员在经常、反复地从事工程活动的过程中,相关的客观刺激的系统(包括技术方面的、质量方面的、环境方面的、安全方面的、伦理方面的,等等)经常按照一定次序和强弱作用于工程技术人员,工程技术人员调动头脑中相关的因素产生相应的条件反射(工程问题的应对与解决)。由于大脑皮层有系统性活动的机能,把对这些刺激的条件反射有规律地协调成条件反射链索系统,这就是“工程思维习惯”的形成过程。工程思维习惯形成之后,工程技术人员再面对工程技术问题(有关刺激物再现并作用于有机体)时,条件反射链索系统就自动地启动,轻松、自如地完成该套条件反射。所以,工程思维习惯形成后可以大大节省脑力和体力上的消耗,减轻工程技术人员的负担而提高功效。

工程思维习惯的形成、巩固、完善,需要长时间和多循环的训练,即必须经常地、大量地从事工程活动。工程思维习惯一旦形成之后,就具有较大的稳定性,但也具有一定的灵活性,在条件改变时,通过再学习能够使习惯更适合于工程发展的要求。

(2) 工程思维能力

工程思维能力指完成工程活动所需的工程知识、工程技能(工程制图技能、工程写作技能、沟通技能等)和工程能力(运用能力、创造能力、价值判断能力等)。

要成为高素质的工程技术人员,良好的工程思维习惯和较强的工程思维能力是必须兼而有之的。工程技术人员在面对要解决的工程技术问题时,良好的工程思维习惯可以保证工程技术人员在解决工程技术问题的过程中自动地进行一系列有关的活动,即启动应对工程活动的特定程序(或特定策略);进而由特定程序调动并综合运用相关的知识、技能、能力和价值观念等,从而达成工程问题的解决。良好的工程思维习惯是决定工程技术人员是否具备良好的工程素质的首要条件,而工程思维能力的强与弱决定了工程活动最终质量的高和低。形象地说,工程思维习惯和工程思维能力之间的关系就像解决工程问题的通用程序(套路)和具体程序中被调用的子程序一样。

1.6 基于“以人为本”理念的高等工程教育目标分析

教育目标“以社会为本位”还是“以个人为本位”一直以来是教育界乃至社会争论的一个话题，高等工程教育也不例外。过去，尊崇国家社会至上，个人要对国家指令绝对服从，“以人为本”无从谈起。现在，国家提出了“以人为本”的科学发展观，既是一种价值观，也是一种方法论。当前，对高等工程教育的目标进行准确定位在一定程度上就是“以社会为本位”还是“以个人为本位”的选择和均衡，它的意义非常重大。因为，培养目标定位关系到高等工程教育体系的整体性构建，在高等工程教育中具有全局性和先导性的作用和地位。这种定位必须以科学的价值取向为前提，而“以人为本”的价值观就是指导我们进行高等工程教育改革的活的灵魂。“以人为本”的价值观要求我们在高等工程教育的定位上，必须体现与社会需求相适应，与人的全面发展相适应、人与社会的和谐发展相适应。



1.6.1 高等工程教育要与社会发展相适应

教育是社会发展和人自身发展统一的中介，人是社会化的人，是教育的主体。教育应该适应和推进社会的发展。教育活动的目的是推动人类社会不断延续和发展，在教育过程中无时无刻不在体现社会对人的内在要求。高等工程教育培养目标的定位，首先要使工程教育的科类专业结构与国民经济产业结构相适应。尽管教育有着本身的内在规律，有一定的后续性，不是随产业的变化而变化，但工程教育必须关心产业结构的变化，特别要瞄准结构比重变化大的相关行业，及时调整专业设置和教学内容，更新改造老专业，发展社会急需专业，要彻底改变专业比例失调的局面，以满足人才市场的需求。

其次，高等工程教育的层次结构要与工业经济技术结构相适应。在一定程度上说，层次结构合理与否，是考察工程教育是否适应经济与社会发展需要的一个重要指标。工程教育层次的合理结构应该呈金字塔形，是低重心的，是适应我国国情的高等教育层次。



1.6.2 高等工程教育要与人的全面发展相适应

人的全面发展可以从两个方面来体现，一个是横向。既要有宽广的基础，又要有精深的专业，形成宽度合理，深度适宜，可持续不断地扩充的知识结构；同时要体现学科基础与专业核心的关系；既要掌握技术基础理论，强化工程意识，构筑基础理论与工程技术之间的桥梁，培养初步的工程技术能力，又要工程技术理论，强化工程训练，掌握工程实践的科学方法，全方位培养工程师的基本能力。另一个是纵向。人的发展是追求卓越、提升自我，不断向前迈进的过程。因此，在人的发展过程中，发展轨迹应该是动态可调的。也就是说，专科可以通过进一步的学习升入本科，本科可以考取硕士，硕士可以考取博士，使人的潜力获得最大限度的挖掘和发挥。而要获得这种学习和深造的机会，就必须加大继续教育的投入力度，让高等工程院校切实担当起继续教育的职责。



1.6.3 高等工程教育要与人与社会和谐发展相适应

计划经济已成为过去,市场经济正在逐步确立,教育作为协调人全面发展与社会发展的中介,决不能因高校办学的自主权不断扩大而丧失了宏观调控的职能。市场的多变性、需求层次的模糊性、教育的长期性与教育产品的滞后性等多种矛盾的交织,使人才需求预测极其困难。因此,我国从来没有根据人才真实的需求来确定招生人数,招生计划的确定仍带有明显的计划经济色彩。而与其相伴的是教育服务的承诺与广大人民群众对接受高等教育愿望之间的反差。这里潜伏的另一个问题就是国家资源有效配置问题。目前,我国教育经费占国民生产总值的比重还偏低,尚不能满足人民群众充分接受教育的需求。高等教育资源在我国还是属高消费层面,在高等教育内部,高等工程教育在各地域的分配,高等工程教育层次结构之间的分配,各专业类别结构之间的分配等都存在不和谐之音,这就要求高等工程教育要有一定的统筹规划,能够进行一定程度上的宏观调控,增强人才市场需求的前瞻预测,使我国有效的高等教育资源得到合理配置,并发挥最大效用,使我国的高等工程教育在满足社会需求和人们对教育需求的过程中更加和谐。



1.6.4 高等工程教育应分层次确定培养目标

工程教育的层次和培养规格多样化,有利于按照工程领域对不同层次工程技术人员的实际需求来培养人才,以避免高才低用和低才高用或职责不清;有利于稳定技术员队伍,加强我国工业技术水平,使各个系列的工程技术人员有各自明确的奋斗目标,按照合理的职称系列不断进取;有利于不同层次的学校各自办出特色。所以,我们通过舆论宣传,使各教育机构、用人单位、学生自身等社会各方面都能正确认识高等工程教育各个层次的地位和作用。

高校工程教育应根据社会需求,通过调整专业结构,发展社会今后急需和具有前瞻性的专业,以满足人才市场的需求。对社会需要量不大的专业,根据人才市场的需求进行调节,采取压缩与限制招生的办法,从根本上改变人才类型结构与人才市场需求脱节的局面。各院校要分出层次,在培养规格上要有区别,各有侧重,以适应经济多样化和不平衡的需求。

目前我国高等工程教育的层次,主要分为研究生、本科和专科三级。因此,我们认为专科(高职)生的培养目标应是完成技术员的基本训练;本科生的培养目标应是完成工程师的基本训练,即培养工程师的“毛坯”,而不是“现成的专家”;硕士研究生的培养目标则应比本科生的业务规格在深度和广度上有更高的要求,更接近工程师的终极目标;应当特别重视工程类硕士生的培养,其对象是厂矿企业有实践经验的业务骨干。博士研究生的培养目标更偏重于科学技术研究人员和教学人员,但也要为厂矿企业培养一部分工程类的博士生,为企业的领导层和学术带头人培养后备人才,如专业博士学位研究生。

从目前来看,高等工程教育的认证制度不但成为各国的通用制度,而且还有向全球化和国际化方向发展的趋势。例如,美国、加拿大、英国、爱尔兰、澳大利亚和新西兰6国的有关工程组织共同签署了1988华盛顿协议,互相承认彼此的工程学士学位。推行和完善高等工程教育的认证制度,对于整个高等工程教育的发展具有积极意义,有利于我国高等教育的国

际化进程,以及在与国际接轨过程中进一步明确工程教育的层次和培养目标。例如,一般工程教育协会在进行认证时会提供相关专业的入学标准、对有关教学原则的要求以及教学计划的简要范例等,并对教学人员、学生、行政管理、学校设施、学校义务提出明确的要求与趋势,从而对工程教育的教学起到重要的指导作用。



本章小结

高等院校的培养目标是依据国家的教育目的和各级各类学校的性质、任务提出的具体培养要求。它既反映了学校同社会发展之间的关系,即社会发展对人才的需求,又体现了学校同学生个人发展之间的关系。我国大学工程教育本科的培养目标可以表述为:“培养适应社会主义现代化建设需要的、‘有理想、有道德、有文化、有纪律’的、德智体美全面发展的、获得工程师基本训练的高级工程人才;学生毕业后可以去工业生产第一线,从事设计、制造、运行、研究、开发、营销和管理等工作;也可以攻读工程专业的高级学位或其他专业的学位,继续深造。”

大学工程教育在知识方面的基本要求有以下四点:

(1)较为系统地掌握本专业所必需的数学、自然科学基础理论和技术科学理论知识,具有一定的专业知识、相关的工程技术知识和初步的管理商务知识;对本专业范围内科学技术的新发展、新动向有所了解。

(2)学习政治理论和人文社会科学知识的目的在于提高文化、心理素质,教会学生做人、做事,懂得人生意义,建立完善的人格和正确的人生观。

(3)在所有知识中,核心的数学、自然科学、技术科学和人文社会科学基础的理论知识“贵在稳”,专业工程技术和各类其他知识“贵在新”。

(4)工程教育的教学内容并不是这些各自独立的自然科学知识、技术科学知识、工程技术知识和人文社会科学知识的简单相加,而是强调这些知识必须与工程和社会实践的需要紧密结合,能够反映学生在学习过程中和毕业以后自身发展的必然要求。

能力一般包括收集处理信息的能力、获取新知识的能力、分析和解决问题的能力、组织管理能力、综合协调能力、创新能力、表达沟通能力和社会活动能力。工科大学生必须具备自主学习的能力,提出、分析、解决本专业工程实际问题的能力,实践、创新能力及组织管理能力。

素质是人在先天生理的基础上,受后天环境和教育的影响,通过个体自身的认识与社会实践,养成的比较稳定的身心发展的基本品质。对一个工科大学生来说,必须具备一定的综合素质,才能胜任将来的繁重工作。



复习思考题

1. 什么是培养目标?
2. 请简述大学工程教育培养目标的基本要求。

3. 试论述工程的概念和大学工程教育对知识的基本要求。
4. 试论述能力的概念和大学工程教育对能力的基本要求。
5. 什么是素质? 大学工程教育对素质的基本要求有哪些?
6. 试论述基于“以人为本理念”的高等工程教育目标。
7. 试分析未来大学工程教育培养目标的发展趋势。



案例简介

大桥雄起时 是否良心造

——网民关注的几座大桥现状实地调查记

浙江杭州钱塘江三桥突然塌了,江苏盐城通榆河桥瞬间垮了,福建武夷山公馆大桥轰然倒了……近期,各地频繁发生的桥梁安全事故刺痛了社会的神经,更在网络上引发持续关注和热议。“晒一晒我们身边的桥吧!”网民们不仅仅是议论,而是纷纷将目光投向身边的桥梁:有问题的、高质量的……网民们呼吁:大桥的建设者要时刻牢记许多人的生命把握在自己手中,不要去挣那些缺良心的人民币,应尽自己的最大努力控制工程质量,不要让悲剧重演。根据网民提供的线索,新华社“中国网事”记者分赴重庆、湖北等地,实地勘察了网民关注度高的几座桥梁的实际情况。

【聚焦一】武汉白沙洲长江大桥:10年修补24次

投资11亿元的武汉白沙洲长江大桥,于2000年建成通车,至2010年9月,10年间已维修“整容”24次,平均不到1年要修两次,陷入“屡坏屡修、屡修屡坏”的怪圈。

(网民声音)网络上对白沙洲长江大桥的置疑声一直不断。网民“朱古里蛋糕”说:“不是技术问题好不好,是偷工减料的问题,是豆腐渣工程!”网民“康斯”说:“桥坏了、路坏了就怪司机,本来就是用的,质量太次还不承

认,糊弄人呢!”网民“DICK”认为:“不是技术差啊,是人品差、素质差啊,解放初期修的武汉长江大桥,到今天怎么跟新的一样啊!”

(记者调查)自建成以来,武汉白沙洲长江大桥确实一直让武汉人耿耿于怀。10年来每次大桥维修动辄数十天几个月,封闭、打围,致使交通堵塞,有时长达几千米,运输货车司机叫苦连天。

武汉市有关方面曾强调两个原因,一是大桥维修突击抢工期、赶速度的结果;二是长江三桥被超载货车频繁碾压的结果。两者也许不无关系,但“屡坏屡修、屡修屡坏”的背后有深刻的腐败根源。

最明显的一个例子是:2008年5月7日,武汉市发改委批准立项,决定投资1.98亿元对此桥进行一次全面整容修复,通过大手术改变此前“屡坏屡修、屡修屡坏”局面。但是,在相关人员操纵下,此次维修项目工程3个施工标段中的2个发生了违法转包现象,转包后又进行分包,甚至没有建筑施工资质的施工单位承接有关工程。2009年10月恢复通车不到9个月,桥面又现坑坑洼洼如“牛皮癣”,无奈之下,2010年9月,武汉市又耗费巨资,对长江三桥开始为期40天的封闭维修。

白沙洲大桥是武汉长江第三桥，与1957年建成的武汉长江大桥（一桥）相隔3千米，令人汗颜的是：长江一桥健康运行50年后才大修过一次。

【聚焦二】重庆石门嘉陵江大桥：缝缝补补伤人心

在网络上搜索“重庆石门大桥”，网民炮轰这座桥的帖子可谓比比皆是。这座1988年竣工的大桥，由于在通车后不久就经常性地缝缝补补，不是换拉索就是补路面，被不少重庆人称为“伤心桥”。

（网民声音）在天涯社区等网站上，有关石门大桥的问题一直是不少网民质疑的话题，网民集中指出：经常性的封桥维修，不仅让大桥失去功能，更让人怀疑工程质量。网民“SQUALL”说：“石门大桥从很多年前起就没消停过，一直修，铺桥面，换钢索，修护栏，无限轮回，不如早点拆掉算了！”

（记者调查）重庆石门大桥的修补问题确实让重庆人很头疼，也一度是媒体监督报道的焦点。

最近的一个案例是：2008年1月底，该桥的左半幅桥面维修铺设完工，但当双向车流转换到这半幅“新”桥面行驶几天后，大家就发现新桥面的沥青混凝土上有纵向裂纹，在2008年春节后，这半幅桥面更是出现了坑洞，露出路基的钢筋。

针对群众反映的修补问题，石门嘉陵江大桥经营管理方重庆路桥股份有限公司曾公开给予的答复是：该桥1985年开工，1988年竣工，由于该桥斜拉索设计使用年限为20年，斜拉索达到设计年限以后，其性能已经有所退化，使用安全度有不同程度的下降。2005年，重庆市有关部门曾组织相关技术和施工单位更换了36根拉索。后经市政府批准，石门嘉陵江大桥换索工程于2008年10月

10日开工，到2010年上半年剩余180根拉索全部更换完毕，恢复正常通车。

而对于桥面的修补，大桥运营管理方面一直否认有重大质量问题，只是承认有赶工期的因素。记者最新从重庆有关方面得到的有关大桥安全问题的答复是：目前，石门大桥运行正常，符合安全标准。

【聚焦三】宜昌长江公路大桥：重载滚滚过，大桥存隐忧

位于三峡附近的湖北宜昌长江公路大桥，由于地处交通要道，一直是条重要的交通生命线。但是，由于没有对超重车辆采取足够的限制措施，大桥的安全还是多少存在一定的隐患的。

（网民声音）由于宜昌长江公路大桥的承建方是网民一直质疑的某省路桥公司，这家路桥公司据传是已经倒塌的广东九江大桥、湖南凤凰沱江大桥等的建设方，因此“天籁慧音”“职业电灯泡”等网民也将宜昌长江公路大桥列入“安全提醒”行列。

（记者调查）记者就宜昌长江公路大桥的质量问题采访发现，这座桥自建成以来并没有明显的质量问题，一直保持正常运行的状态。但是，记者在现场也发现由于放行过多的重型载重汽车过桥，给本有载荷限制的大桥安全造成了一定的安全隐患。

记者17日在宜昌长江公路大桥上看到，大桥横跨长江，左右两侧各一根拉索，比碗口粗，看起来强壮有力。桥梁外观较新，路面没有明显裂缝。大桥建设管理处办公室主任李毅表示，自2001年建成以来，大桥主管方每年组织有资质的检测单位对桥梁进行2次健康检测，最近的一次检测是在2010年8月，检测结果显示，大桥健康状况良好，大桥目前健康、安全、畅通。

由于这里是连接东、西地区的要道，大

桥上往来车辆通行繁忙，但记者发现10分钟内竟有10多辆挂有陕西、山东、重庆和湖北等地牌照的大型货车在桥上急驶而过，而在大桥两端均未设明显限重标示。据当地业内人士介绍，自今年年初，三峡翻坝高速公路运营后，原先通过水路进行翻坝转运的大型货车现在改走公路，大桥成为必经之路，

行驶车辆中有一些运输大型机械设备和不可拆卸物资的超重车，这些超重车辆在一定程度上会对桥梁安全造成威胁。但为了收回筑路成本，管理部门对超重车“睁一只眼闭一只眼”，有时只是罚款了事，没有采取限制通行的强制措施。

(资料来源：新华网，2011年7月18日)

案例思考

1. 试分析本例中大桥建设存在什么问题？
2. 为确保大桥建设的质量，请分析大学工程教育对素质的基本要求有哪些？
3. 为确保大桥建设的质量，工程教育对知识和能力的基本要求有哪些？

电子工业出版社版权所有
盗版必究