

普通高等教育“十二五”规划教材

现代制造 工程基础实习

XIANDAI ZHIZAO

GONGCHENG JICHU SHIXI

主 编 徐建成 申小平



国防工业出版社

National Defense Industry Press

内 容 简 介

本书是根据教育部“普通高校工程材料及机械制造基础”课程教学指导组最新审定的“普通高校工程材料及机械制造基础系列课程教学基本要求”,顺应国际高等工程教育发展趋势,结合南京理工大学工程训练改革与发展成果编写而成。

全书共分19章,主要介绍工程文化,机械制造基础知识,铸造,锻压,焊接与切割,非金属材料成形,车削、铣削、刨削与磨削,钳工与装配,现代产品设计,数控加工技术,特种加工,快速原型制造,绿色制造,现代制造自动化,现代制造企业模型与企业管理,创新设计与实例等。所有实训项目都有典型案例,每章都有复习思考题,内容力求精简,讲求实用。

本书是普通高等学校各专业的基本教材,也可供高职高专、广播电视大学、成人教育学院选用及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代制造工程基础实习 / 徐建成,申小平主编. —北京:
国防工业出版社,2011.8
ISBN 978-7-118-07596-0

I. ①现… II. ①徐… ②申… III. ①机械制造
工艺-实习-高等学校-教材 IV. ①TH16-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第155450号

※

国防工业出版社出版

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 字数 592 千字
2011年8月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 39.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

《现代制造工程基础实习》(原《金工实习》)是一门实践性很强的工程训练基础课,是高等工科院校学生学习机械制造工艺知识、增强动手实践能力、提高综合素质、培养创新意识和创新能力的必修课程。

新世纪高等工程人才培养规格侧重点是工程实践能力、多学科背景及整体性思维方式、职业道德以及社会责任感。为此,本教材编写注重体现由传统《金工实习》向《现代制造工程基础实习》转型,主要特色有以下几点:

1. 践行大工程观。工程不再是狭窄的科学技术的涵义,而是建立在科学与技术之上的包括社会、经济、文化、道德、环境等因素的大工程涵义。全书内容由工程文化、产品设计、制造技术、企业管理、创新与案例五个部分组成,涉及学科领域广,信息量大。

2. 运用交叉学科方法提升工程教学能力。工程创新具有复杂、综合、交叉的特征。以培养创新人才为本的工程教育必然具有复合性。这种复合,其知识形态是学科综合与学科的交叉,其实践形态是工程创新中的知识整合与知识跨越。精编常规机械制造技术内容,侧重现代制造技术内容,注重新材料、新技术和新工艺内容,特别是多学科知识交叉融合方面具有一定的创新和突破。教材内容体现先进性、丰富性。

3. 加强工程文化建设,传承工程人文精神。教材增加了工程文化篇,内容包括:全球危机与工程师责任传达可持续发展理念,国际工程师认证认知工程能力标准,大工程体现大工程观,著名企业反映全球竞争与合作,技术演进史展现文化传承与创新,安全生产与安全教育强化安全管理。

本书共 19 章,第 1 章由居里镭、黄韦、刘东升、荆琴、张巨香、张林编写;第 2 章由张巨香、周晖编写;第 3 章由晓伟编写;第 4 章由周晖编写;第 5 章由黄韦编写;第 6 章由石雯、荆琴、申小平编写;第 7 章由荆琴编写;第 8、15 章由张巨香编写;第 9 章由皮永江编写;第 10 章由缪莹莹、周成编写;第 11 章由尚宇编写;第 12 章由侯春霞编写;第 13 章由刘东升编写;第 14 章由谢丽华编写;第 16 章由申小平编写;第 17 章由孙亚星编写;第 18 章由刘东升、荆琴、王霞编写;第 19 章由徐建成、吴欣、鞠晨鸣编写。

本教材是工程训练中心 2009 年江苏省高等学校教育教学改革重中之重课题“改革工程训练教学内容,提高大学生工程素质”的研究成果之一。限于编者水平,书中难免有不足之处,恳请批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

第1章 工程文化	1
1.1 概述	1
1.1.1 工程的概念及其特征	1
1.1.2 工程文化的概念	2
1.1.3 工程文化的内涵	3
1.2 技术演进概要	4
1.2.1 起源:技术、科学与工程	4
1.2.2 突破:信息、能源与材料	5
1.2.3 起飞:发明、专利与技术革命	6
1.2.4 技术演进史案例介绍	10
1.3 大工程观	15
1.3.1 大工程观的提出背景及发展历程	15
1.3.2 大工程观的内涵与本质	15
1.3.3 “大工程观”特征	16
1.3.4 大工程观与大企业、大工程的关系	17
1.3.5 沼气工程示例	17
1.4 全球危机与工程师责任	20
1.4.1 灾难:环境、气候与生态	21
1.4.2 危机:资源、人口与食品安全	22
1.4.3 责任:关注、自律与科学应对	23
1.5 国际工程师认证	24
1.5.1 国际上工程技术人员的培养简介	24
1.5.2 工程教育或从业资格认证的国际性协议简介	26
1.5.3 美国、英国、中国的认证体系简介	28
1.6 安全生产与安全教育	30
复习思考题	33
第2章 机械制造工程的基本知识	34
2.1 机械产品一般制造过程	34
2.1.1 毛坯制造	34
2.1.2 切削加工	35
2.1.3 装配与调试	35
2.2 工程材料及钢的热处理	35
2.2.1 概述	35

2.2.2	金属材料	35
2.2.3	金属材料的性能	37
2.2.4	钢的热处理	38
2.3	切削加工基本知识	43
2.3.1	概述	43
2.3.2	切削运动分析及切削用量	43
2.3.3	机械零件的加工质量	45
2.3.4	机械加工工艺装备	47
	复习思考题	56
第3章	铸造成形	58
3.1	概述	58
3.2	砂型铸造	59
3.2.1	造型材料	59
3.2.2	铸造工艺	60
3.2.3	造型与制芯	62
3.3	金属的熔炼与浇注	66
3.3.1	铸铁的熔炼	66
3.3.2	铸钢的熔炼	67
3.3.3	有色金属的熔炼	67
3.3.4	浇注	68
3.4	铸件质量分析	69
3.5	特种铸造	70
3.5.1	熔模铸造	70
3.5.2	压力铸造	71
3.5.3	低压铸造	72
3.5.4	金属型铸造	73
3.5.5	离心铸造	73
3.6	铸造技术的发展	74
3.6.1	新材料与新技术的开发与应用	74
3.6.2	计算机技术在铸造工程中的应用	74
3.6.3	绿色铸造	75
	复习思考题	75
第4章	锻压成形	77
4.1	概述	77
4.1.1	锻压成型的主要方法	77
4.1.2	锻压成形加工的特点	78
4.2	锻造成形	79
4.2.1	坯料的加热和锻件的冷却	79
4.2.2	自由锻造	80

4.2.3	模锻	85
4.2.4	特种锻造	86
4.3	冲压成形	87
4.3.1	冲压成形设备	87
4.3.2	冲压成形的基本工序	87
4.3.3	冲压成形模具	89
4.3.4	典型零件的冲压工艺过程	90
4.3.5	特种冲压	91
4.4	几种锻压成形方法的经济性比较	91
	复习思考题	92
第5章	焊接成形与热切割	93
5.1	概述	93
5.1.1	焊接	93
5.1.2	热切割	94
5.2	手工电弧焊	94
5.2.1	焊接电弧与弧焊过程	95
5.2.2	焊接设备与工具	95
5.2.3	焊条	96
5.2.4	焊接工艺	97
5.3	气焊与气割	99
5.3.1	气焊	99
5.3.2	气割	101
5.4	焊接缺陷与检验	103
5.4.1	焊接缺陷	103
5.4.2	焊接检验	103
5.5	其他焊接与热切割方法简介	104
5.5.1	埋弧自动焊	104
5.5.2	二氧化碳气体保护焊	105
5.5.3	氩弧焊	106
5.5.4	电阻焊	107
5.5.5	电渣焊	108
5.5.6	钎焊	108
5.5.7	真空电子束焊	109
5.5.8	激光焊接与切割	109
5.5.9	等离子弧焊接和切割	110
	复习思考题	111
第6章	非金属材料成形	112
6.1	概述	112
6.2	陶艺制作	112

6.2.1	陶艺的原料	112
6.2.2	陶艺常用制作工具	113
6.2.3	陶艺的造型方法	114
6.2.4	陶艺品的烧成	115
6.2.5	陶艺作品制作实例	116
6.3	塑料制品成形	116
6.3.1	塑料的组成及特点	117
6.3.2	塑料的分类及应用	117
6.3.3	塑料的注射成形	118
6.3.4	塑料的其他成形方法	120
6.4	橡胶制品成形	122
6.4.1	橡胶的分类及应用	122
6.4.2	橡胶制品的成形方法	122
6.5	复合材料成形	123
6.5.1	复合材料的分类与应用	123
6.5.2	复合材料的成形方法	124
	复习思考题	125
第7章	车削加工	126
7.1	概述	126
7.2	普通卧式车床及其基本操作	126
7.2.1	卧式车床	126
7.2.2	其他类型车床及应用	128
7.3	车刀及其安装	129
7.3.1	常见的车刀类型及其加工范围	129
7.3.2	车刀的安装	129
7.4	车床的夹具	130
7.4.1	三爪卡盘	130
7.4.2	顶尖	131
7.5	车削的基本工作	132
7.5.1	车削操作要点	132
7.5.2	各种表面的车削加工	134
7.6	先进车削加工技术简介	139
	复习思考题	140
第8章	铣削、刨削、磨削和精密加工	141
8.1	铣削加工	141
8.1.1	概述	141
8.1.2	常用铣床	142
8.1.3	铣刀及其装夹	143
8.1.4	工件的装夹	145

8.1.5	铣削加工的基本工作	146
8.2	刨削加工	150
8.2.1	概述	150
8.2.2	牛头刨床	150
8.2.3	刨刀及其装夹	152
8.2.4	刨削各种表面	153
8.2.5	龙门刨削、插削、拉削	155
8.3	磨削加工	157
8.3.1	概述	157
8.3.2	磨床与砂轮	158
8.3.3	磨削各种表面	160
8.4	精密加工	161
8.4.1	概述	161
8.4.2	传统的精密加工方法	162
8.4.3	精密、超精密加工的现状与发展	162
	复习思考题	164
第9章	钳工与装配	166
9.1	概述	166
9.2	划线	166
9.2.1	划线的作用与分类	166
9.2.2	划线工具及用途	167
9.2.3	划线基准	169
9.2.4	划线前的准备及划线步骤	169
9.3	锯削	169
9.3.1	手锯	169
9.3.2	锯削的基本操作	171
9.3.3	常用材料的锯削方法	172
9.4	铰削	173
9.4.1	铰削工具	173
9.4.2	铰削的基本操作	173
9.4.3	铰削方法	174
9.5	锉削	175
9.5.1	锉刀	176
9.5.2	锉削步骤	177
9.6	孔加工	179
9.6.1	钻床	179
9.6.2	孔加工用夹具	179
9.6.3	钻孔	180
9.6.4	扩孔和铰孔	181
9.6.5	攻丝与套扣	182

9.7 装配与拆卸	184
9.7.1 装配的工艺流程	184
9.7.2 常用装配方法	185
9.7.3 零件装配的连接方式	186
9.7.4 典型零件的装配	186
9.7.5 组件装配示例	189
9.7.6 机器的拆卸	190
复习思考题	191
第10章 现代产品设计	192
10.1 现代产品设计概述	192
10.2 工业设计	193
10.2.1 工业设计定义	193
10.2.2 产品开发设计程序	193
10.2.3 产品设计方法	199
10.2.4 设计理念	203
10.3 CAD/CAE 技术	205
10.3.1 现代产品虚拟开发技术	205
10.3.2 CAD 技术的概念与应用	206
10.3.3 CAE 技术的概念与应用	208
10.3.4 常见的 CAD/CAE 软件系统	209
10.3.5 SolidWorks 软件介绍	210
10.3.6 ABAQUS 软件介绍	211
10.3.7 应用 CAD/CAE 技术实现圆柱套筒的过盈装配过程模拟	212
复习思考题	215
第11章 数控加工基础知识	216
11.1 数控加工概述	216
11.1.1 数控加工原理	216
11.1.2 轨迹插补基本原理	217
11.1.3 数控加工特点	218
11.2 数控机床	218
11.2.1 数控机床的组成	218
11.2.2 数控机床的分类	220
11.2.3 数控机床的发展历程、现状与趋势	222
11.3 数控机床编程	222
11.3.1 数控机床编程步骤	222
11.3.2 数控机床编程方法	223
11.3.3 数控机床坐标系和运动方向的确定	224
11.3.4 数控机床特征点	226
11.3.5 程序结构	226

11.3.6	数控机床编程常用指令	227
11.4	数控加工工艺基础	229
11.4.1	数控加工内容	229
11.4.2	明确数控加工的表面	229
11.4.3	数控加工的工艺分析	229
11.4.4	工序的划分及确定原则	230
11.4.5	数控加工的工序设计	230
11.5	零件加工步骤	231
	复习思考题	232
第 12 章	数控车削	233
12.1	概述	233
12.1.1	数控车削加工的特点	233
12.1.2	数控车削加工的加工范围	233
12.2	常用数控车床及工艺装备	234
12.2.1	常用数控车床	234
12.2.2	常用数控车刀	234
12.2.3	常用数控车床夹具	235
12.3	数控车削编程	235
12.3.1	快速定位指令 G00	235
12.3.2	直线插补指令 G01	235
12.3.3	圆弧插补指令 G02、G03	236
12.3.4	内/外圆柱面固定循环指令 G90	236
12.3.5	单调轮廓粗车复合循环指令 G71	237
12.3.6	仿形粗车复合循环指令 G73	237
12.3.7	精车循环指令 G70	238
12.4	数控车削的典型加工零件	238
12.4.1	基本指令编程加工实例	238
12.4.2	复合循环指令编程加工实例	241
12.5	车削中心概述	242
12.5.1	复合加工技术	242
12.5.2	CH7520C 车削中心简介	243
	复习思考题	246
第 13 章	数控铣削	247
13.1	概述	247
13.1.1	数控铣削运动	247
13.1.2	数控铣削的加工范围及特点	248
13.2	常用数控铣床及工艺装备	248
13.2.1	常用数控铣床	248

13.2.2	常用数控铣刀及其装夹	248
13.2.3	工件的装夹	251
13.3	FANUC Oi - MC 系统的编程实例	252
13.3.1	数控铣床刀具补偿	252
13.5.2	编程实例	254
13.4	加工中心概述	255
13.4.1	加工中心的类型	256
13.4.2	加工中心的结构特点及工艺特点	256
13.4.3	高速加工简介	259
	复习思考题	260
第 14 章	特种加工	261
14.1	概述	261
14.1.1	特种加工	261
14.1.2	特种加工的主要特点	261
14.1.3	特种加工的分类和主要适用范围	262
14.2	电火花成形加工	262
14.2.1	概述	262
14.2.2	电火花加工的基本原理	262
14.2.3	电火花加工的特点	263
14.2.4	电火花加工的适用范围	264
14.2.5	电火花成形加工机床的组成	264
14.3	电火花线切割加工	265
14.3.1	电火花线切割的基本原理	265
14.3.2	电火花线切割的特点	265
14.3.3	电火花线切割机床的组成	266
14.3.4	电火花线切割加工的主要工艺指标及影响因素	267
14.3.5	电火花线切割加工的基本编程方法	268
14.3.6	电火花线切割加工工艺与加工技巧	270
14.3.7	电火花线切割 DK7725e - BKDC 机床操作	273
14.4	电火花高速小孔加工	274
14.4.1	电火花高速小孔加工的基本原理	274
14.4.2	电火花高速小孔加工的特点	274
14.4.3	电火花高速小孔加工机床的组成	274
14.4.4	D703 型高速电火花小孔机操作	275
14.5	超声波加工	277
14.5.1	超声波加工的基本原理	277
14.5.2	超声波的特性	277
14.5.3	超声波加工的特点	278
14.5.4	超声波加工的应用	279
14.5.5	WY—50 型电火花超声波模具抛光机操作	280

14.6	激光加工	280
14.6.1	概述	280
14.6.2	激光加工原理	281
14.6.3	激光加工的特性	281
14.6.4	激光加工的特点	282
14.6.5	激光加工的应用	282
14.6.6	YAG - M50 激光打标机操作	283
	复习思考题	286
第15章	快速原型制造	287
15.1	概述	287
15.2	典型的快速原型制造方法	289
15.3	快速原型制造技术的应用实例	294
	复习思考题	296
第16章	绿色制造	297
16.1	概述	297
16.2	绿色制造技术组成	297
16.3	绿色制造应用技术	299
16.3.1	粉末冶金技术	299
16.3.2	干切削技术	302
16.3.3	高压水射流切割	304
16.4	绿色制造发展趋势	304
	复习思考题	306
第17章	现代制造自动化	307
17.1	概述	307
17.1.1	基本概念与定义	307
17.1.2	技术发展	307
17.2	制造自动化基础技术	308
17.2.1	装备数字控制技术	308
17.2.2	机器人化制造技术	310
17.2.3	并联机床	311
17.3	制造自动化系统技术	313
17.3.1	柔性制造自动化系统	313
17.3.2	计算机集成制造系统	315
17.3.3	智能制造系统	318
	复习思考题	320
第18章	现代制造企业管理	321
18.1	现代制造企业模型	321
18.1.1	现代制造企业概述	321
18.1.2	现代制造企业的运作过程	323

18.1.3	现代制造企业人员角色	323
18.1.4	现代制造企业模型	325
18.1.5	现代制造企业产品开发及产品全生命周期模型	327
18.2	现代企业管理	329
18.2.1	质量学与质量管理概述	329
18.2.2	全面质量管理(TQM)	330
18.2.3	ISO 9000 系列标准	332
18.3	ERP 软件	333
18.3.1	ERP 软件概述	333
18.3.2	ERP 管理软件的功能	333
18.3.3	ERP 系统的管理对象	334
18.3.4	利用 ERP 软件模拟一个企业的资源计划的制订	334
18.3.5	基本原理	334
18.3.6	操作步骤	335
	复习思考题	342
第 19 章	创新设计与实例	343
19.1	创新设计的基础知识	343
19.1.1	创新思维及其特点	343
19.1.2	创新原理(思维方法)	344
19.1.3	常用创新技法	345
19.1.4	发明问题解决理论(TRIZ)	347
19.2	创新训练的实施	350
19.2.1	创新训练的教学安排	350
19.2.2	创新训练的典型示例	350
19.3	综合应用举例	354
19.3.1	第二届全国大学生工程训练综合技能竞赛的命题内容	354
19.3.2	某参赛小组作品举例	356
	复习思考题	369
	参考文献	370

第1章 工程文化

主要教学基本要求:

- (1) 了解工程的概念及其特征,工程文化的概念及其内涵。
- (2) 了解技术演进历程,站在文明发展的高度认识工程、激发创新。
- (3) 了解工程的社会影响,关注未来问题,树立正确的工程价值观。
- (4) 了解国际工程师认证体系,以全球化视野迎接未来的竞争与挑战。
- (5) 了解安全生产文化,进一步强化安全教育。

1.1 概 述

1.1.1 工程的概念及其特征

1. 什么是工程

在人类进化的过程中,人们为了自身的生存而不断地劳作和探索。在这一漫长的实践过程中,人类对自然的认识不断深化,劳动技能逐步提高,物质收获日益丰富,于是文明进步了、社会发展了。渐渐的人们可以建造出比单一产品更大、更复杂的产品,这些产品必须由群体合作完成,并促使劳动者形成一个分工细致、组织严密的运作系统,于是“工程”的概念就产生了。随着人类社会的发展,科学技术的进步,工程已经成为一门庞大的、系统繁杂的独立学科,形成了对社会影响深刻的特色文化。

所谓工程就是人类有意识应用当代科学技术成果谋划并实施的群体活动,是人类以造福社会为核心目标,有目的、有计划、有组织、大规模地进行物质和精神财富的创造、环境的改造以及探索实验的社会实践。

在现代社会中,“工程”有广义和狭义之分。狭义的工程是指将自然科学的理论应用到具体工农业生产部门中形成的各学科,例如,机械制造工程、电子工程、信息工程、控制工程、水利工程、化学工程、土木建筑工程、遗传工程、系统工程、生物工程、海洋工程、环境微生物工程,等等。有时工程也用来特指一些庞大项目,例如,三峡工程、大京九工程、大飞机工程、载人航天工程、西气东输工程等。这些项目突出体现了工程的技术集成和社会合作,对现实社会产生重大影响。广义的工程则是指为达到某种目的在一个较长时间周期内进行的协作活动或运动,例如,夏商周编年工程、希望工程、菜篮子工程等。广义的工程是工程概念的延伸,体现了工程已成为现代社会公认的综合系统的科学方法。应该说工程是人类文明发展的产物。

2. 工程的特征

工程具有显著的特征,认识工程必须首先全面了解其特征,才能建立端正的感性认识基础。现代工程的特征主要体现在以下几个方面。

- (1) 实践性。首先,工程是科学技术的实际应用过程,是进行财富创造和环境改造的劳作

活动,是解决具体问题的实验探索工作。其次,工程师是从事这一活动的主要力量,必须亲自参与和动手实践,才能在工程进程中解决问题、更新知识、提高技能、积累经验。

(2) 科学性。工程是自然科学和社会科学成果的应用,是当代技术与文明的综合体现。任何工程都必须遵从科学规律,在科学的指导下进行组织与实施。

(3) 综合性。工程是多学科技术的综合应用,是当代社会资源的综合集成,是参与群体的知识背景、技术能力、创造智慧和文明特点的综合表现。

(4) 创造性。工程是对当代科技最新成果的验证与应用,是对原有世界的突破与改进,是对人类社会愿望不断扩大的满足与更新。工程是创新的主要载体,创造性是工程不断发展和进步的动力。

(5) 社会性。一方面,工程是群体的活动,甚至是社会运动,每个参与者都各司其职、发挥专长、相互协作,所以,团队意识和协作精神是工程师必备的素质;另一方面,工程不是孤立的,它与社会生活发展息息相关、紧密相连。在当代经济全球化的信息社会里,工程更具有全球性特点,要具有全球性的视野,博采众长、与时俱进,才能够参与国际竞争。

(6) 伦理性。工程的目的是造福全社会,这是工程的核心价值。工程方案的科学性、安全性,以及工程的质量保证和工程对环境的影响,都必须进行严密的论证,并在工程实施的过程中严格监控,否则,就会给社会造成严重的灾害。工程师的职业行为关系到人类的前途和命运。

1.1.2 工程文化的概念

从广义上讲,文化是人类作用于自然界和社会的成果的总和,包括一切物质财富和精神财富;从狭义上讲,指意识形态所创造的精神财富,包括宗教、信仰、风俗习惯、道德情操、学术思想、文学艺术、科学技术、各种制度等。1982年墨西哥世界文化大会的《宣言》指出:“文化是体现一个社会或一个群体特点的那些精神的、物质的、理智和情感特征的完整复合体。文化不仅包括艺术和文学,而且还包括生活方式、基本人权、价值体系、传统和信仰”;“文化赋予我们自我反思的能力,文化赋予我们判断力和道义感,从而使成为有特别人性的理性的生物”。

从对文化的诠释中我们可以看出,文化是人类在自然界生活中的反映,是人们对生活的需要和要求、理想和愿望,是人们的高级精神生活;文化来源于实践,来源于大脑对实践的反映,来源于大脑对实践反映的加工;文化既要反映客观世界,又要反映精神世界。因此工程与文化是紧密相关的,工程的各个环节都是文化的展现,工程本身就是一种特殊的文化活动,甚至可以说工程本身就是一种文化。例如,中国的长城,它是中国古代人民智慧的结晶,是中华民族的象征,这个古代工程的本身就具有其自身的文化内涵:反映中华民族的勤劳勇敢、吃苦耐劳、反侵略、爱和平,反映古代中国人的创造力。

那么什么是工程文化?就是人们在自然界中通过认识与应用客观存在的规律,并将这个规律具体化或者叫物化,形成了科学技术,应用到实际工程中去,来实现和满足社会的物质与精神的需要,它是人类从事工程活动的记录,是工程历史发展的积淀。

工程文化是“工程”与“文化”的融合,它是文化的一种表现形式,是在工程活动中所形成、反映、传承的文化现象。工程文化通过工程这个载体不断进行着新陈代谢和演变,我们可以将其分为三个层次来理解:工程文化的核心价值层、生态环境层、实践物质层。

(1) 核心价值层的价值观是工程文化中最核心的部分,是工程文化的本质,是人们辨别美与丑的镜子,就像不同的土壤能够培育出不同的富有特色的农作物一样,不同的文化对世界有着不同的看法与理解,价值观影响着人的思维方式和行为规范。核心价值观同样存在着共同

性与差异性,它的共同性决定着人类社会的生存和发展,它的差异性决定了工程文化的丰富多彩。

(2) 生态环境层就是工程文化生存、发展的生态环境或空间,也就是在核心价值观的牵引下,形成和培育适合核心价值观成长的良好文化生态环境,就像不同的植物生长需要合适的阳光、空气、土壤一样,当然不同的国家、不同的民族的文化生态环境具有多样性和差异性。

(3) 实践物质层就是通过实践形成人们可以看得见、摸得着的具体事物,如服饰、电子产品的造型与功能、建筑物的外在构成、特色和布局等,正是由于中间平台层的差异,使我们看到物质层所表现出来的实体具有差异,通过实体也体现了核心价值观的共同性与差异性。

1.1.3 工程文化的内涵

工程文化的内涵主要包含以下几个方面的内容:

知识。知识是工程文化发展的基础,没有知识就谈不上工程文化,没有知识更谈不上创新。知识包罗万象,因此在知识的传授上要形成相对完整的知识体系,这种体系不是原有狭隘的专业知识体系,而是以工为主,文、理、经、管相汇通的教学体系。这种体系注重知识之间的关联性,层次性,融合性,尤其是注重学科知识的交叉融合。因此我们在工程训练课程中加入工程文化、工程管理、工业设计的内容,就是让学生了解现代工程是一个学科交叉融合的体系,只有在知识上形成相对完整的体系,才有实现创新的基础。

思维。思维是开启工程文化发展的钥匙,是创新之源。人区别其他动物,在于人可以思考;人与人之间也有所差异,是在于人的思维方式、品质有所不同,有些人拘泥于某些框框,而有些人就可以“夫神思方运,万涂竞萌,规矩虚位,刻镂无形”。《论语》中的“为政篇”有一句话说得很好:“学而不思则罔,思而不学则殆”,说的就是思维的作用。学了知识不去思考,知识就是死的;有了思维的知识,知识才是活的,才能发展、创新。恩格斯在《自然辩证法》中也说过一句话:“地球上最美丽的花朵,是人类的智慧,是独立思考着的精神”。这里讲了不仅要思考,还要“独立思考”,如果我们思考的东西是已有的规律、程序、方法,就不会产生批判性的思维,没有批判性的思维是不可能产生原始创新与突破的。当然,只思考而不善于学习,思维就没有了根基。我们在工程训练中增加了工业设计及制作、陶艺制作,就是培养学生的发散性思维,我们开设了综合工艺实践训练开放性课程,就是注重对学生独立思考能力的培养。

方法。方法是工程文化发展的重要手段。何谓方法,即为达到某种目的而采取的途径、步骤、手段等,是人们观察事物和处理问题的方式。方法的作用十分重要,墨子的《法仪》篇中对此有比较好的解释:“虽至百工从事者,亦皆有法。百工为方以矩,为圆以规,直以绳,正以县,平以水。无巧工不巧工,皆以此五者为法。巧者能中之,不巧者虽不能中,仍依以从事,犹逾己。故百工从事,皆有法所度。”也就是不管做什么,都有一定的规律可循,掌握方法,不巧者也能为之,可见方法的重要性。知识、思维最后都要付诸于实践,因此方法是通向实践的桥梁,一切都是通过方法来实现的。因此,在我们的工程训练中重视方法的研究与设计,注重技能、操作和交流,让学生以主动的、实践的、课程有机联系的方式学习工程,注重彼此方法的联系。

制度。制度是工程文化形成过程中的内在规范,是工程文化的具体表现形式,也是解决什么能做,什么不能做的问题。《易经》中有一句话说的好:“天地节而四时成。节以制度,不伤

财,不害民。”有了制度,就可以形成工程活动中必须坚持的基本原则,这样的工程才能达到、满足社会的需求,不伤财,不害民。1907年在加拿大发生的正在兴建中的魁北克大桥(Quebec Bridge)的垮塌,被 Engineering news 称为“有史以来的最大工程灾难”,也被认为是悬臂结构的最大灾难,还被评为 20 世纪 10 大工程技术悲剧之首,其中主要原因之一就是组织制度的问题。因此,工程文化教育中,要重视制度的建设。例如,评价制度、安全制度、组织制度等。不仅要完善制度的内容,同时还要注意制度的执行力,否则制度就是“虚物”。

精神。精神是工程文化的灵魂。精神是指人的意识、思维活动和一般心理状态。人的精神来自于人对其对象的感觉、知觉和意识等的体验和考量;人的精神是人们通过学习如何做人的知识以及思考,并在实践中不断验证从而逐步内化为一种的德的素质,这种素质并非内生的,而是由外而内的。精神的产生也是一个认知与实践的过程。一方面,我们注重加强工程训练整体环境建设,在“求精、求实、求新”为主线的核心价值观的统领下,通过标识文化、技术演进史、合作文化、军工文化和安全文化等创建良好的工程训练氛围,打造现代工程训练平台。另一方面,在工程训练教学中,无论是在编写教学大纲、教材,还是教师在进行教学设计时,我们都想方设法去体现精神的教育和培养,强调责任观、价值观、全球观、和谐观、危机观等,同时引导学生通过实践去体会精神的魅力。如我们工程训练中心有 CCTV 机器人竞赛团队、工程训练综合能力竞赛团队、正泰工业设计团队等,通过搭建团队合作平台培养学生的团队协作精神,让学生在实践中感受到没有团队的合作就无法完成一个项目或课题;通过无碳小车的制作,引导学生关注节能环保、绿色制造等。

实践。实践是工程文化发展的推动力,是创新之根。孔子就是努力实践的倡导者,《论语》的开篇就是“学而时习之,不亦说乎”,从整个论语的孔子教育思想来看,这里的“习”就是指实践,我们做学问、做人、做事要经常加以实践,向实践学习,通过实践去理解、领悟,绝不简单的说是读了书要经常去温习。明末清初杰出的思想家王夫之对实践的认识也非常深刻:“躬行为启化之源”。躬行,就是亲身全力去实践;只有实践,才可能开启人类的人性 with 灵性;只有实践,学的东西、思的东西才能真正记住了、领悟了,行之而化,人性与灵性才可以升华,人就是在“实践”中成长的、改变和转化的。马克思在《共产党宣言》中也说过,实践是检验人们的思维是否是真理的标准。思考的东西不去实践,就是空想主义,就不知道它的真理性。没有得到实践检验的创新,不是真正的创新,是“假创新”。工程训练是大学生进行实践的重要途径,我们在进行课程设计时,对实践教学的要求、内容与方法,从低年级到高年级统一考虑、系统设计、前后衔接、相对独立、逐步提高,从基础性的现代工程制造基础实践逐步增加启发性的、综合性的、创意性的实践。例如,综合工艺实践训练、CCTV 机器人设计综合训练、工程训练综合能力实训等。

1.2 技术演进概要

1.2.1 起源:技术、科学与工程

技术、科学与工程三者之间既相互关联,又彼此区分、各有侧重。技术尝试与探求解决问题的方法,科学发现与揭示自然规律,工程组织并实施文明财富的创造。

1. 技术

技术通常指技能、技巧与方法。自从有了人类,技术就与每个人息息相关,一刻也没有离