



教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材
中国机械工程学学科教程配套系列教材

机械工程简史

张策 著

中国机械工程学学科教程
China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学学科教程

清华大学出版社

清华大学出版社



教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材
中国机械工程学学科教程配套系列教材

机械工程简史

张 策 著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书讲述机械工程的发展历史,是为本、专科生和研究生的选修课(或讲座)编写的学生用书。本书以介绍机械发明、机械科学与技术的发展为主线,也涉及到机械工业的发展。本书将机械的发展分为三个时代介绍:古代(远古至欧洲文艺复兴)、近代(主要包括两次工业革命)和当代(第二次世界大战以后)。本书既注意讲清科技本身的发展,也要揭示出科技背后的推动力:经济的发展、国防事业和人类科学探索活动的需求;揭示出科技与社会、科技与自然的关系。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械工程简史/张策著.--北京:清华大学出版社,2015

教育部高等学校机械类专业教学指导委员会推荐教材

中国机械工程学科教程配套系列教材

ISBN 978-7-302-40394-4

I. ①机… II. ①张… III. ①机械工程—技术史—高等学校—教材 IV. ①TH-091

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 113251 号



责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:王淑云

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:15

字 数:365 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:32.00 元

产品编号:064872-01

前言

FOREWORD

我的专著《机械工程史》刚刚由清华大学出版社出版。如果有学校开设“机械工程简史”这门选修课,它应该是一本可用的教师参考书。这本《机械工程简史》的篇幅小了一半,是作为学生用书而编写的。

多年来,学界同人普遍认为,应对学生加强科技史方面的教育,加强人文素质方面的培养。我很赞同这种意见。学习一些科技发展史,有利于培养文理渗透、理工结合的人才。我主张为机械类专业的本科生开设“机械工程史”的选修课(学时 8~16)或讲座(学时 4~8)。这件事目前做起来的难度主要是没有教材。现在,只有个别学校开设了机械史的选修课或讲座。我期望本书的出版能有助于把机械史的教育在稍大的规模上开展起来。

本书编写的宗旨和思路已经在绪论中表达清楚。我特别注意不能就科技论科技,而要把机械工程的发展放到社会的发展、经济的发展和整个科技进步的大背景下加以论述。

和专著《机械工程史》比较,本书删去了两章(毛坯生产、机械工程教育);并在各章中都删减了一些内容,所涉及的事件、人物也都减少了一些。《机械工程史》当然是支撑这本教材的最重要的参考书。本书只在后面列出了最重要的参考文献。读者要对一些史实做进一步了解,则可阅读《机械工程史》,并进一步查阅文献。

书后附录 A 给出了书中所出现的人物的列表,尽可能地列出了其生卒年、国籍。人物依其姓(family name)的字母顺序排列。政治界、宗教界、文学艺术界人士不出现在这几个人名表中,而直接在正文中列出其姓的原文(对俄文的姓给出其对应的英文)。

本书一般是依照时间顺序分成几个阶段来叙述史实的,但个别地方为出于叙述的完整性等原因,并不严格地遵照这一原则。

机械工程史选修课教材的撰写在中国还是首次尝试,错误和不当之处肯定不少,欢迎大家提出宝贵的修改意见(zhuang_hq@163.com 庄红权, cezhang41@163.com 张策)。

张 策

2015 年 4 月于天津大学新园村

目 录

CONTENTS

第1章 概论	1
1.1 机械发展的历史分期	1
1.1.1 古代(公元前 5000 年左右至欧洲文艺复兴)	1
1.1.2 近代(文艺复兴至第二次工业革命结束)	2
1.1.3 当代(19 世纪末的新物理学革命以来)	2
1.1.4 科学革命、技术革命和工业革命	3
1.2 自然、社会、科学和技术间的几个重要关系	4
1.2.1 社会、科技和自然	4
1.2.2 科技发展背后的推动力	4
1.2.3 经济、科技的发展和整个社会的发展、变革密不可分	5
1.2.4 自然科学基础与相关科技领域的作用	6
1.3 为什么要学习一些科技发展史?	6
1.3.1 扩大知识面要从横向和纵向两个方向进行	7
1.3.2 回溯历史,了解社会,理工结合,文理渗透	7
1.3.3 回溯历史,激发创新精神	8
第2章 古代机械的发展	9
2.1 概述	9
2.1.1 古代人类使用工具的三个时代	9
2.1.2 古代机械发展的三个主要区域	9
2.1.3 中国的辉煌与落伍	10
2.1.4 欧洲发展中的曲折	11
2.2 各种古代机械发展简介	12
2.2.1 简单机械	12
2.2.2 鼓风器	13
2.2.3 舟与车	14
2.2.4 农业机械	14
2.2.5 纺织机械	15
2.2.6 计时器与天文仪器	15
2.2.7 起重机械	17

2.2.8	兵器	18
2.2.9	礼仪与娱乐性机械	18
2.2.10	各种机构与传动	19
2.3	古代的机械制造技术	19
2.3.1	铸造技术	19
2.3.2	锻造和其他压力加工技术	20
2.3.3	焊接技术	21
2.3.4	切削加工技术	21
2.4	关于古代机械的几个问题	22
2.4.1	古代机械的动力	22
2.4.2	依靠直觉和灵感的巧妙创造	22
2.4.3	古代与现代相通	23
2.4.4	关于中国古代科技的两个深层次问题	23
第3章	工业革命前欧洲社会和科技的进步	25
3.1	文艺复兴至工业革命期间的社会发展	25
3.1.1	资本主义生产方式的出现	25
3.1.2	地理大发现	25
3.1.3	文艺复兴运动	26
3.1.4	宗教改革运动	26
3.1.5	启蒙运动	26
3.1.6	资产阶级革命	27
3.2	文艺复兴至工业革命前欧洲的机械科学技术	27
3.2.1	列奥纳多·达·芬奇	27
3.2.2	力学和机械理论的若干进展	28
3.2.3	工业革命前的机械技术	28
3.3	经典力学的创立和发展	30
3.3.1	天文学的突破和科学精神的解放	30
3.3.2	经典力学创立之前的理论准备	31
3.3.3	经典力学的创立	32
3.3.4	经典力学的局限性	33
3.4	微积分理论与微分方程理论的建立	34
3.4.1	微积分理论的建立	34
3.4.2	微分方程理论的建立和发展	35
第4章	第一次工业革命	36
4.1	第一次工业革命发展概况	36
4.1.1	英国发生工业革命的背景	36
4.1.2	第一次工业革命概述	37

4.2	蒸汽机的发明和交通运输革命	38
4.2.1	瓦特改进和发明蒸汽机	38
4.2.2	蒸汽机发明的划时代意义	39
4.3	第一次工业革命中的机械发明	40
4.3.1	蒸汽动力的广泛应用	41
4.3.2	纺织和缝纫机械	42
4.3.3	工程机械与矿山机械	42
4.3.4	农业机械	43
4.3.5	流体机械	44
4.3.6	武器	44
4.3.7	信息机械	45
4.4	近代机械制造业的诞生和早期发展	46
4.4.1	瓦特时代机械加工的状况	46
4.4.2	机床的改进和发明	47
4.4.3	互换性生产的出现	49
4.4.4	标准化的开端	50
4.5	永动机问题的理论解决	50
第5章	第二次工业革命	52
5.1	第二次工业革命发展概况	52
5.1.1	第二次工业革命的历史背景	52
5.1.2	电气时代	53
5.1.3	钢铁时代	54
5.1.4	第二次工业革命期间机械发展概况	55
5.1.5	第二次工业革命的特点	55
5.2	内燃机的发明和新的交通运输革命	56
5.2.1	内燃机的发明和进步	56
5.2.2	汽车的发明和早期发展	58
5.2.3	飞机的发明和早期发展	59
5.2.4	交通工具方面的其他变革	61
5.3	第二次工业革命期间的机械发明	62
5.3.1	动力机械	62
5.3.2	矿山机械	64
5.3.3	工程机械	66
5.3.4	泵和压缩机	67
5.3.5	信息机械	68
5.3.6	武器	69
5.3.7	其他机械	70
5.4	第二次工业革命期间的机械制造业	70

5.4.1	机床的发展	71
5.4.2	刀具材料的进步和切削速度的提高	73
5.4.3	测量水平的提高	74
5.4.4	泰勒的科学管理制度	74
5.4.5	福特首创的大批量生产模式	75
5.4.6	标准化、系列化的发展	76
5.5	机械产品发展的若干趋势	77
5.5.1	机械和运载工具的高速化和大功率化	77
5.5.2	机械的精密化	77
5.5.3	机械的轻量化	78
5.5.4	机械的半自动化	79
第6章	工业革命期间力学的进一步发展	80
6.1	分析力学	80
6.2	连续介质力学	81
6.2.1	固体力学	81
6.2.2	流体力学	85
第7章	近代机械工程学科的诞生和发展	87
7.1	机械工程学科的诞生	87
7.1.1	机构学的诞生	87
7.1.2	机械工程师学会的成立	88
7.2	近代机构学学科的发展	89
7.2.1	机构学的德国学派和俄苏学派	89
7.2.2	连杆机构的应用和理论	91
7.2.3	凸轮机构的演进、分析与设计	92
7.3	机械振动理论与应用的发展	94
7.4	近代的机械动力学	95
7.4.1	机械动力学分析方法的形成	95
7.4.2	转子动力学研究的起步	96
7.4.3	关于机构动力平衡的研究	98
7.5	机械传动与液压传动的演进	98
7.5.1	机械传动的演进	98
7.5.2	流体传动的出现和发展	100
7.6	近代的机械设计学科	102
7.6.1	机械设计发展的几个阶段	102
7.6.2	画法几何学诞生	103
7.6.3	机械设计从应用力学中独立出来	104
7.6.4	近代的机械结构强度学	104

7.6.5 主要机械零件设计方法的形成	105
7.7 近代的机械制造学科	107
7.7.1 概述	107
7.7.2 关于金属切削理论的研究	108
7.7.3 提高机械加工精度的理论与技术	109
第8章 第三次技术革命概貌	111
8.1 第三次技术革命的科学基础	111
8.1.1 新的物理学革命	111
8.1.2 信息论、控制论和系统论的诞生	112
8.1.3 非线性科学的诞生和发展	114
8.2 第三次技术革命的背景和概貌	115
8.2.1 第三次技术革命的背景	115
8.2.2 第三次技术革命的概貌	116
8.2.3 第三次技术革命的特点	117
8.3 第三次技术革命的主要内容	118
8.3.1 概述	118
8.3.2 信息技术	122
8.3.3 新材料技术	126
8.4 与机械工程相关的数学、力学的新进步	128
8.4.1 数值计算方法的巨大进步	128
8.4.2 振动理论的新进展	130
8.4.3 多体动力学的诞生	131
第9章 第三次技术革命中的机械工程概述	133
9.1 新时期的机械工程概述	133
9.1.1 新时期推动机械工程发展的四大因素	133
9.1.2 新时期机械工程的全面大发展	134
9.2 新时期机械产品发展的总趋向	136
9.2.1 机械和运载工具进一步的高速化和大功率化	136
9.2.2 对机械的精密化要求提高到更高的水平	137
9.2.3 对机械的可靠性要求提高到更高的水平	137
9.2.4 对机械和运载工具轻量化的要求更为迫切	138
9.2.5 追求产品的性能价格比	138
9.2.6 降低机器对环境的不良影响	139
9.2.7 机器应安全、舒适、宜人	139
9.2.8 产品的多样化与个性化	139
9.3 新时期机械的重大发明与改进	140
9.3.1 机电一体化产品	140

9.3.2	机器人	141
9.3.3	高速铁路车辆	144
9.3.4	盾构隧道掘进机	145
9.4	机械制造业几个重点领域的迅速发展	146
9.4.1	汽车工业	146
9.4.2	航空航天工业	147
9.4.3	大型发电设备制造业	148
9.4.4	IC 制造业	149
9.4.5	机床制造业	149
9.5	关于复杂机电系统	150
第 10 章	新时期机械学理论的发展	152
10.1	机构学	152
10.1.1	新时期机构学发展概况	152
10.1.2	机构运动学	153
10.1.3	新的机构类型	154
10.1.4	机构动力学	154
10.2	机械传动学	156
10.2.1	齿轮强度计算标准的建立	156
10.2.2	齿轮动力学与减振降噪的研究	157
10.2.3	新型啮合传动的发展	157
10.2.4	其他机械传动	158
10.3	机器人学	159
10.3.1	机器人机构学	159
10.3.2	机器人动力学	160
10.4	机械动力学	162
10.4.1	概述	162
10.4.2	机械动力学分析模型	162
10.4.3	动力学建模的精细化	163
10.4.4	动力学分析与仿真的发展	163
10.4.5	机械动力学在横向形成几个分支领域	164
10.5	机械强度学	165
10.5.1	疲劳设计方法的建立	165
10.5.2	断裂力学的发展	166
10.5.3	智能结构与健康监测	167
10.6	摩擦学	167
10.6.1	近代关于摩擦、磨损和润滑的研究	167
10.6.2	当代的摩擦学研究	168
10.7	微机械学	169

10.7.1 MEMS 的技术革命历程	169
10.7.2 MEMS 的应用前景	170
10.7.3 关于微机械系统的研究	170
10.8 流体传动与控制	171
第 11 章 新时期机械设计的全新面貌	172
11.1 新时期机械设计概述	172
11.1.1 新时期机械设计的全面大发展	172
11.1.2 设计理论和方法学	174
11.2 机械创新设计的理论和方法	175
11.2.1 创造学在美国的诞生和发展	175
11.2.2 苏联的 TRIZ 理论和方法	176
11.2.3 机械创新设计	177
11.2.4 反求设计	177
11.2.5 仿生设计	178
11.3 计算机图形学和计算机辅助设计	178
11.3.1 计算机图形学	178
11.3.2 计算机辅助设计	180
11.4 保证产品主要性能的现代设计方法	181
11.4.1 优化设计	181
11.4.2 可靠性设计	181
11.4.3 保值设计	182
11.5 动态设计与振动控制	183
11.5.1 静态设计与动态设计	183
11.5.2 动态设计方法的发展	184
11.5.3 振动控制技术的发展	185
第 12 章 新时期机械制造的全新面貌	187
12.1 新时期机械制造概述	187
12.1.1 新时期对机械制造技术提出的新挑战	187
12.1.2 新时期机械制造技术发展的总趋向	188
12.2 自动化——先进制造技术发展的主线	189
12.2.1 数控加工和数控机床的诞生和发展	189
12.2.2 工艺编制技术的进步	190
12.2.3 CAD/CAPP/CAM 的集成	191
12.2.4 柔性制造系统	191
12.2.5 机器人在制造中的应用	192
12.3 切削加工技术的进步	193
12.3.1 刀具材料的新进步	193

12.3.2	高速切削技术	194
12.3.3	精密与超精密加工技术	194
12.3.4	难加工材料的加工技术	195
12.3.5	干式加工技术	196
12.3.6	关于加工振动控制的理论与实践	196
12.3.7	与切削加工的进步相适应的机床技术	197
12.4	特种加工技术的出现和发展	198
12.5	增量制造技术	199
12.6	绿色制造技术	202
12.6.1	绿色制造——从认识到行动	202
12.6.2	绿色制造技术的内容	202
12.6.3	再制造技术	203
12.7	企业活动的信息化、智能化和网络化	204
12.7.1	计算机集成制造系统	204
12.7.2	制造活动的网络化	205
第 13 章	近当代中国的机械工程	207
13.1	洋务运动中的机械工程	207
13.1.1	鸦片战争以前西方机械技术的传入	207
13.1.2	洋务运动概况	207
13.1.3	中国近代机械工业的诞生	208
13.1.4	中国近代高等工程教育的诞生	209
13.1.5	洋务运动的失败	210
13.2	民国时期的机械工程	211
13.2.1	民国时期的机械工业	211
13.2.2	民国时期的机械工程教育与研究	212
13.2.3	中国机械工程学会的成立	213
13.3	当代中国的机械工程(改革开放以前)	213
13.3.1	新中国成立后的机械工业与机械科技	213
13.3.2	新中国成立后的高等机械工程教育	214
13.3.3	文化大革命中的机械工业和教育	215
13.4	当代中国的机械工程(改革开放以来)	216
13.4.1	改革开放以来中国机械工业的跨越式发展	216
13.4.2	改革开放以来中国的机械科学与技术	217
13.4.3	改革开放以来中国的高等机械工程教育	219
附录 A	人名表	221
参考文献		227

概 论

以铜为鉴,可正衣冠;以古为鉴,可知兴替;以人为鉴,可明得失。

——李世民(唐太宗)

追求科学与艺术、科技与人文之间的关联和均衡,是人的创造力的本能。如何将青年学生的这种潜在的本能发掘出来,是现代大学的重要任务。

——李政道(诺贝尔物理学奖获得者)

机械广泛应用于国民经济、国防和人们的日常生活等一切领域。一个中学生就可以说出很多机械的名称。

全世界在学的机械类专业的学生人数应以数百万计。全世界在机械工业、机械科技和机械工程教育领域工作的人数应以亿计。全世界使用机械的人的数目还要大得多,仅全世界各种汽车的拥有量即已突破 12 亿。机械工业占国家 GDP 的比重,在中国已达到 9%。

本书介绍机械工程的发展历史。机械工程(mechanical engineering, ME)是一个应用学科,它以有关的自然科学和技术科学为理论基础,结合生产实践中的技术经验,研究和解决在开发、设计、制造、安装、运用和修理各种机械中的全部理论和实际问题。

虽然人类自远古就使用了工具和机械,但机械工程学科是在机械工业出现之后才诞生的。讲述机械工程学科的历史,离不开机械发明的历史、机械工业的历史。

在绪论中,我们将介绍如下内容:

- (1) 机械发展的历史如何进行分期?
- (2) 科学革命、技术革命和工业革命之间有什么关联和区别?
- (3) 机械科技发展背后的推动力来自哪里? 机械科技与社会的发展和变革有着怎样的关系? 机械科技、相关技术领域、自然科学基础之间有着怎样的关系?
- (4) 机械科技和教育工作者、青年学生为什么要学习一些科技发展史?

1.1 机械发展的历史分期

在人类的历史上,机械的发展可以粗略地划分为三个时代:古代、近代和当代。

1.1.1 古代(公元前 5000 年左右至欧洲文艺复兴)

本书中所称的“古代”,是指从铜器时代开始直到公元 14—16 世纪的欧洲文艺复兴运动之间 6000 余年的历史时代。

根据制造工具的材料,古代人类使用工具的历史可以分为石器时代、铜器时代和铁器时代。人类使用石器的时间长达上百万年。公元前 5000 年左右,埃及人开始冶炼铜,并用铜制造工具和武器。公元前 1400 年左右,冶铁技术在小亚细亚半岛发展起来。在铜器时代,世界上的铜铸造业集中在埃及和西亚、中国、南部欧洲(主要指古希腊和古罗马)三个地区,这些地区就成为人类古代文明发展的中心,也是古代机械发展的中心。

人类从使用工具进化到使用机械的时间,大体与进入铜器时代的时间相近。因而,本书中所说的“古代”的起点便从埃及在公元前 5000 年左右进入铜器时代算起。

几千年前,人类已创制了用于谷物脱壳和粉碎的臼和磨,用来提水的桔槔和辘轳,以及车船、武器。所用的动力,从人自身的体力,发展到利用畜力、水力和风力。

古代机械发展的时期对应着原始社会、奴隶制社会和封建社会。古代机械中有很多巧妙的构思和辉煌的创造,至今仍令人赞叹并给人以启迪。但总体上看,古代机械发展速度缓慢。从纯技术角度讲,没有更先进的动力是原因之一。

1.1.2 近代(文艺复兴至第二次工业革命结束)

社会演进的加速、生产力发展的加速,也包括机械发展的加速,发生在资本主义生产方式出现以后。在资本主义生产方式的萌芽已经产生的基础上,公元 14—16 世纪发生了欧洲的文艺复兴运动。这是一场伟大的思想解放运动,是后来一系列伟大社会变革的序幕。

文艺复兴运动以后,科学和艺术获得了解放。17 世纪,出现了以经典力学的建立为代表的近代第一次科学革命。思想解放运动的发展带来了资产阶级革命。革命为资本主义的发展扫清了道路。

在这种背景下,欧洲在 18—19 世纪发生了两次工业(技术)革命。工业革命要解决的核心问题首先是动力。第一次工业革命使世界进入了蒸汽时代;强大的新动力极大地推动了机器的广泛使用和新机器的发明;铁路和轮船开始把世界连成一个整体。机械发明如火山喷发;机械制造业诞生,并蓬勃地发展起来。第二次工业革命使世界进入了电气时代;汽车和飞机极大地改变了人类的生活。机械是促成两次工业革命的主要技术因素。机械工程,从分散性的、主要依赖匠师们个人才智的一种技艺,逐渐发展成为有理论指导的、系统的和独立的近代机械工程学科。

按照历史的发展,也考虑到叙述的方便,我们将“近代”划分为三个时期:从文艺复兴到第一次工业革命之前,这是为工业革命的发生准备条件的时期;第一次工业革命时期,并下延到第二次工业革命之前;第二次工业革命时期,并下延到第二次世界大战。

1.1.3 当代(19 世纪末的新物理学革命以来)

新的物理学革命发生在 19 世纪和 20 世纪之交,史学界将此作为划分近代和当代的分界线。新的物理学革命为第三次技术革命奠定了科学基础。“二战”以后,由计算机的发明和广泛应用激发起第三次技术革命。与前两次技术革命不同,这是一次信息化革命。随着人们生活水平的提高,对机械产品性能的需求更高、更全面,世界市场上的竞争也越发激烈。人类探索未知世界的活动以更大的规模开展起来。社会需求推动机械科技和机械工业以空

前的速度进一步发展。计算机的发明和相关科技领域的进步则对这一发展给予了强有力的支撑。当代机械工程学科,其内容的广度和深度都远非近代机械工程学科所能比拟。

科学革命和技术革命既依次而出现,又在交错中进行。新的物理学革命发生之际,第二次工业革命还没有结束。20 世纪上半叶,在物理学革命引导下,新的技术革命已经在准备和酝酿;而与此同时,第二次工业革命尚在进行中。例如,20 世纪初叶飞机的发明、汽车技术的发展、汽车工业大批量生产方式的出现等,均属于内燃机的发明带来的技术进步和工业进步,属于第二次工业革命的内容。所以,本书在处理 20 世纪的技术进步时,不绝对地依时间顺序进行论述。

机械工程学科是随着机械的发明和改进,随着机械工业的兴起和发展而诞生和发展的。因此,论述机械工程学科的发展,必须回溯和论述自远古至当代机械的发明和改进的过程;还必须回溯和论述世界机械工业的发展过程。但是,在本书中,对机械工业发展的论述主要是为讲述学科的发展服务,而较少地介绍机械工业作为一个经济部门发展中的各种细节和相关的数据和资料。因此这是一本论述机械学科的发展史,而不是完整的机械工业发展史的图书。

1.1.4 科学革命、技术革命和工业革命

科学革命、技术革命、工业革命,三者既有区别又相联系。

科学革命(scientific revolution)是指人类对客观世界认识上的重大飞跃,它以科学理论突破的形式表现出来。技术革命(technical revolution)是指人类改造客观世界的手段的重大变革,它以科学革命作为基础,又成为工业革命的先导。工业革命(industrial revolution)是指人类在工业生产领域里所产生的飞跃,工业的产业结构发生了根本变革,致使经济、社会等方面出现了崭新的面貌。

牛顿建立经典力学是第一次科学革命的主体内容。瓦特发明蒸汽机是近代第一次技术革命的主体内容。动力的巨大变革、机器的普遍使用、手工业工场被机器生产的工厂所取代、人类开始从农业社会进入工业社会,这是第一次工业革命。

法拉第的发现和麦克斯韦的理论属于第二次科学革命的内容。电机的发明是第二次技术革命开始的标志。世界进入电气时代,电力工业、钢铁工业、汽车工业崛起,工业结构发生了巨大的变化,这是第二次工业革命。

第一次技术革命和第一次工业革命,第二次技术革命和第二次工业革命都是紧密相连、密不可分的。在本书中,因袭传统,只采用第一次工业革命和第二次工业革命的提法。

新的物理学革命开启了一次新的科学革命。“二战”以后,发生了以航天技术、原子能技术、计算机技术、新材料技术、生物技术和新能源技术等为主要内容的第三次技术革命。

第三次技术革命也引发了第三次工业革命。计算机发明在先,但很快就在机械制造业中应用起来,不但引起了制造技术的进步,而且影响到制造业的组织和管理全面变化。新能源、新材料已不仅是技术,也已经成为工业。因此,我们已经处身于第三次工业革命之中。

第三次技术革命尽管还在进行中,但它的整体面貌已清晰地展现出来。第三次工业革命也已经开始,但它的基本面貌毕竟还没有展现得十分充分。因此,本书中暂不采用第三次

工业革命的提法,而顺从目前多数文献的说法,仅称之为第三次技术革命。

1.2 自然、社会、科学和技术间的几个重要关系

科技史有两种撰写模式:内史和外史。所谓“内史”,就是撰写科学技术本身的发展史;所谓“外史”,就是在撰写科学技术发展的同时,还要写出该项科技与当时社会发展的关系。本书采用后一种模式。

学习机械工程的发展史,要注意了解四个重要关系:

- (1) 社会、科技和自然间的关系;
- (2) 科技发展背后的推动力:经济发展、国防建设和对未知世界的科学探索;
- (3) 科技发展与社会的发展和变革之间的关系;
- (4) 机械科技与自然科学基础和相关科技领域之间的关系。

认识这些关系,可以提高我们的自觉性,而这种自觉性,在教学工作和科技工作中都不无裨益。

1.2.1 社会、科技和自然

人类社会在自然中生存,就要避害趋利——既要开发、利用自然以获得和改善人类的生存条件;又要躲避、抵御自然之害,保护人类的生存条件。用自然之利、避自然之害,都首先要认识自然。在认识自然中建立了科学,又靠科学去进一步认识自然。利用自然和抵御自然靠技术,而引领和支撑技术的,还是科学。科学技术首先是在认识自然、利用自然和抵御自然的历程中获得发展的。在与自然长期相处的过程中,人们终于也认识到:为了人类社会的长期生存,还应该保护自然。保护自然也要靠科学技术(图 1-1)。

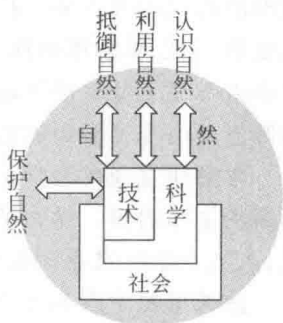


图 1-1 社会、科技与自然

1.2.2 科技发展背后的推动力

在科技发展的背后有三个推动力:社会的经济发展、国家的国防建设,以及人类对未知世界的科学探索。

在遥远的古代,社会的经济发展很直接地与人们的衣食住行相连接。人们制造工具,制造简单的织布机、破碎和粉磨谷物的臼和磨盘,建造房屋、车船,都和衣食住行紧密相连。武器的制造则是为了保卫自己族群的衣食住行。

工业革命从英国的纺织业开始;蒸汽机的发明首先是为了给矿井中的排水泵提供动力,它又带来了铁路交通;内燃机带来了汽车和飞机——机械发展的背后是经济的推动,是更高水平的衣食住行需求在推动。

“二战”以后,机械工业大发展的主要原因是全球市场形成,竞争空前激烈。竞争背后的动因是人们的需求更高、更苛刻、更全面。

人类自古以来就睁大眼睛观察着外部世界,探索着日月星辰的运行。“二战”以后,世界维持了大范围的和平,这使得人类有条件开展更多的科学探索活动。潜入深海、飞往外层空间,这当然需要科学技术的支撑。航天器属于最高端的机、电、液复合系统,其中集成了许多科技领域的尖端成果。多种特种机器人也是在科学探索活动中应运而生的。

即使在经济不发达的古代,也并不是在任何一项科技发展的背后都直接地和衣食住行挂钩。探索未知世界既是人类要维持生存并发展自身所必需的,也是人类求知的天性使然。探索未知世界的成果终将会造福于人类,但是也绝不一定能那么快地立竿见影(数论中的一些问题,天文学中的很多问题,都属于这种情况)。20世纪60年代,人们开始研究微型机械。人们是从集成电路的刻蚀制造工艺联想到,可以用同样的方法来制造微型的传感器和电动机。这是一种科学探索。微型机械出现以后,人们才畅想了它可能的广泛应用。与技术和经济的紧密关系相比,科学和经济发展拉开了一定的距离。科学有它自身的体系,有它自身的发展规律,并非在每一步的发展背后都能找到经济发展的直接推动作用。

社会的经济生产、国家的国防建设和人类的科学探索活动向科学技术提出了需求;反过来,科技的发展则对这三者的发展给予指导和支持,使之提高(图1-2)。

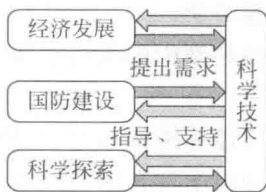


图 1-2 科学技术发展背后的推动力

1.2.3 经济、科技的发展和整个社会的发展、变革密不可分

那么,在经济生产、国防建设、科学探索活动和各领域科技发展的背后,又是什么?是整个社会的发展和变革。

导致机械制造业诞生的英国工业革命,还能发生得更早些吗?不能。1640年英国资产阶级革命爆发,1688年才建立了稳固的资产阶级政权,废除了封建制度。有了资本、劳动力和国内市场,资本主义经济才得到迅速发展,在这种背景下,才兴起了第一次工业革命。

资产阶级革命还能更早地发生吗?不能。在沉闷的中世纪,岂能突然爆发革命?革命发生的前提是资本主义生产方式的萌生、资产阶级力量的逐步强大、整个社会的精神解放和革命的舆论准备。

为什么在“二战”结束后,经济竞争和科学探索活动能如此蓬勃地发展起来?其背后是新时代的社会状况:世界大范围内的和平,经济的快速发展,人民生活水平的提高,也还应该包括冷战和竞争。

在一般情况下,社会的发展推动着科学技术的发展。在某些特定时期和特定地域,社会的状况也会导致科技发展的缓慢和停滞,例如欧洲的中世纪、明清以来的旧中国。

反过来,科学技术对社会也具有变革功能。马克思认为,科学是“最高意义上的革命力量”。科学技术促进了生产力的发展,就或迟或早地会引起生产关系和社会制度的变革。

因此,机械工程的发展史绝不是卓越发明家的传记和一堆发明专利的合订本。在机械工程历史的宏伟画卷背后,还有一个更加宏伟的社会发展史的画卷。