



普通高等教育机械类“十二五”规划系列教材

# 机械工程概论

JIXIE GONGCHENG GAILUN

主 编 仝劭峰

副主编 常建涛 马洪波

主 审 黄 进



中国工信出版集团



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY  
<http://www.phei.com.cn>

普通高等教育机械类“十二五”规划教材

# 机械工程概论

仝勛峰 主编

常建涛 马洪波 副主编

黄 进 主审

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是根据机械工程技术的基础性、入门性、全面性、前瞻性的要求编写的,共分为4篇。第一篇为绪论,主要介绍机械工程学习的意义以及发展历史和概况;第二篇主要介绍机械基础知识,内容涉及工程力学、工程材料学、机械原理、机械零件、机械设计方法及现代设计技术;第三篇主要介绍工程制造技术,内容包括机械制造的方法及设备,电子制造技术的方法和设备、特种制造技术以及先进制造技术;第四篇主要介绍工程管理技术,内容包括生产方式和生产过程的管理内容、管理技术以及先进管理理念等。

本教材可作为非机械类专业学生普及机械工程基本知识的用书,还可以作为机械类专业学生了解机械工程基本内容的入门教科书。

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

机械工程概论/全勛峰主编. —北京:电子工业出版社,2015.6

ISBN 978-7-121-26433-7

I. ①机… II. ①全… III. ①机械工程—高等学校—教材 IV. ①TH

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第134015号

策划编辑:陈晓莉

责任编辑:陈晓莉

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

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:787×1 092 1/16 印张:17.5 字数:494千字

版 次:2015年6月第1版

印 次:2015年6月第1次印刷

定 价:39.00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 zltz@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

机械工业是国民经济的基础性产业,机械工业的发展对整个国民经济的发展和民族振兴具有举足轻重的作用。机械工程概论是普及机械和机械工程的基础知识、基本概念和基本内容的课程。对综合性大学的非机械类专业,具有开拓学生视野、增加知识面、拓宽专业、提高学生工程能力的作用;其任务是培养学生认识机械和机械工程的能力,使工科类非机械类专业具有工程特色,适应高新科学技术和社会发展的需要。

2002—2012年是我国机械工业快速发展的10年,机械工业的产业规模已超过美、日、德,居世界各国之首。党的十八大提出要“确保到2020年实现全面建成小康社会宏伟目标”,机械工业面临着艰巨的任务。机械工业虽已取得了很大成绩,但与先进工业国家相比,我国机械设备的制造技术水平仍有不小的差距,一是自主创新能力不强,基础研究开发仍较薄弱,一些行业的高档装备仍需依赖进口。二是经济发展方式、生产效率、管理水平、经营理念与先进工业国家同行业相比仍有较大差距。因此,从人才培养角度上看,不仅需要培养机械专业的人才,努力提高机械工业自主创新能力,提升核心竞争力,更需要培养行业配套辅助人才,进一步优化产业结构和产品结构,提高对外开放水平,积极开展国际化经营。

本教材编写内容不仅涉及传统的机械工程基础知识,还重点介绍了现代工程技术的发展现状;同时结合工程实例,介绍相关知识在工程中如何去应用,提高学生的感性认识和学习兴趣。主要特点包括:

(1) 紧扣基础知识,增加工程应用实例。

除了基本知识的介绍外,本教材在每个知识点后,增加“工程应用介绍”小节,给出国内外对该项技术实际应用的场合和应用示例。让学生了解该知识在实际生活中如何应用,能够起到哪些作用,带来什么好处。不仅能够提高学生的学习兴趣,还能帮助学生理解各个知识点的内涵,进一步明确学习的目的。

(2) 增加现代工程技术的内容,拓展知识体系的前瞻性。

本教材在每个知识点后,举例介绍该知识在国内外最新的发展情况,作为学生拓展知识体系的素材。同时增加现代工业技术的章节,从设计、制造、管理等方面介绍现代工程技术的发展情况,使教学过程与时俱进,具有一定的前瞻性。

(3) 增加机械工程管理技术的内容,保证了机械工程技术的全局性。

我国机械工业的发展过程中,除了需要大量的自主设计、制造人才外,还需要大量的工程管理人员,本教材增加了机械工程管理技术,从生产的管理模式入手,介绍机械工程管理的内容和常用的管理技术,丰富了教学的内容,并保证了教学的全局性。

(4) 融入了电子制造技术,体现时代特色。

由于电子制造技术的飞速发展,教材在介绍传统机械制造技术的基础上,适应时代发展的需求,增加了现代电子装联技术的基本原理和实现技术,使学生具备本专业领域的基础理论和技术开发技能,以及在生产实际中分析问题与解决问题的能力,为提高我国电子组装行业的技术水平准备人才。

本教材共4篇,分14章系统地讲解了机械工程发展历程、基础知识、制造技术和管理技术等内容。本教材可作为综合大学工科非机械类专业学生普及机械工程基本知识的用书,还可

以作为机械类专业学生了解机械工程基本内容入门的教科书。

参加本教材编写的有:仝勛峰(第1章,第4章,第5章,第10章,第13章),常建涛(第8章,第11章,第12章),殷磊(第6章,第7章,第9章,第14章),马洪波(第2章,第3章,第9章)。全书由仝勳峰主编,常建涛、殷磊副主编,黄进主审。

本教材的编写得到西安电子科技大学教材基金资助,特别提出感谢。

本教材的编写过程中,编者借鉴、参考了其他书刊和资料的部分内容,在此对相关作者表示衷心的感谢。徐萌萌和黄芬,她们在教材的整理和图文处理方面付出了细致、艰辛的劳动,在此表示诚挚的谢意。还要特别感谢电子工业出版社陈晓莉编审,本书能够出版离不开她的指导和帮助。

由于业务水平和学科知识的局限,书中不妥之处在所难免,恳请使用本书的读者批评并提出宝贵意见。

编者

2015年5月

# 目 录

## 绪 论 篇

第 1 章 机械与机械工程 .....	1	2.2 中国机械发展史简介 .....	6
1.1 机械工程概论的基本内容 .....	1	2.3 世界机械发展史简介 .....	10
1.2 机械工程与国民经济 .....	2	2.4 机械工程展望 .....	11
1.3 “机械工程概论”课程的学习目的与方法 .....	3	2.4.1 现代机械文明存在的问题 .....	12
第 2 章 机械工程简史及发展概况 .....	5	2.4.2 机械工程展望 .....	13
2.1 概述 .....	5	2.5 举例:第一次世界大战中的机械工程 .....	14

## 基 础 篇

第 3 章 工程力学 .....	16	4.4 常见的金属材料 .....	51
3.1 工程力学的主要内容 .....	16	4.4.1 碳素钢 .....	51
3.1.1 工程力学的基本概念 .....	16	4.4.2 合金钢 .....	56
3.1.2 静力学公理 .....	17	4.4.3 铸铁 .....	59
3.1.3 约束与约束反力 .....	18	4.4.4 有色金属及其合金 .....	61
3.1.4 分离体与受力图 .....	20	4.5 常见的非金属材料 .....	66
3.2 材料力学基础知识 .....	21	4.5.1 高分子材料 .....	66
3.2.1 材料力学的研究对象 .....	21	4.5.2 工业陶瓷 .....	68
3.2.2 外力与内力 .....	26	4.5.3 复合材料 .....	70
3.2.3 应力和应变 .....	27	4.6 金属材料的改性处理 .....	71
3.3 材料力学在工程中的应用 .....	30	4.6.1 金属材料改性的一般途径 .....	71
3.4 举例:汽车传动轴为什么是空心的? .....	31	4.6.2 钢的整体热处理 .....	71
思考与练习 .....	32	4.6.3 钢的表面强化处理 .....	73
第 4 章 工程材料学 .....	34	4.7 非金属材料的成型 .....	75
4.1 工程材料的分类 .....	34	4.7.1 工程塑料成型 .....	75
4.2 工程材料的性能 .....	35	4.7.2 橡胶的成型 .....	76
4.2.1 材料的力学性能 .....	35	4.7.3 陶瓷的成型 .....	76
4.2.2 材料的物理性能 .....	41	4.7.4 复合材料的成型 .....	77
4.2.3 材料的化学性能 .....	42	4.8 航天材料的发展 .....	78
4.2.4 材料的工艺性能 .....	42	思考与练习 .....	79
4.2.5 含碳量对铁碳合金性能的影响 .....	43	第 5 章 互换性技术 .....	80
4.3 金属材料的相结构 .....	43	5.1 互换性技术及标准化 .....	80
4.3.1 金属晶体的实际结构 .....	43	5.1.1 互换性的含义 .....	80
4.3.2 金属的结晶过程 .....	46	5.1.2 标准化以及标准化的引入 .....	80
4.3.3 合金及其相结构 .....	49	5.2 公差与配合 .....	81
4.3.4 铁碳合金及其相结构 .....	51	5.2.1 公差 .....	82

5.2.2	配合	82	7.4.1	液压与气动的基本概念及 应用	121
5.2.3	配合公差	83	7.4.2	液压与气动的主要优缺点	122
5.2.4	公差与配合的选用	84	7.4.3	液压与气动的工作原理	123
5.3	形位公差	85	7.5	举例:火控系统 中的伺服机构	124
5.3.1	形位公差的类型	85	思考与练习		125
5.3.2	形位公差的基本概念	89	<b>第8章 常规机械设计</b>		126
5.3.3	形位公差项目的选择	90	8.1	机械设计的主要内容	126
5.3.4	形位公差基准的选择	91	8.1.1	机械设计的概念	126
5.3.5	形位公差等级(或公差值)的 选择	91	8.1.2	机械设计分类	126
5.4	举例:秦代兵器制造的互换性	95	8.1.3	常规机械设计方法	126
思考与练习		95	8.2	机械设计的过程	127
<b>第6章 机器及其组成原理</b>		97	8.2.1	机械设计的主要程序	127
6.1	机器的组成	97	8.2.2	机械设计阶段	127
6.2	机构的运动简图	98	8.2.3	机械设计步骤	131
6.2.1	零件与构件	99	8.3	机械设计准则	133
6.2.2	运动副	99	8.4	机械设计技术展望	133
6.2.3	运动链	99	8.5	举例:机械设计手册的作用	134
6.2.4	平面机构运动简图的绘制	99	思考与练习		135
6.2.5	平面机构的自由度	100	<b>第9章 现代设计方法及其应用</b>		136
6.3	机构的基本类型及其组合	101	9.1	现代设计方法的内涵	136
6.3.1	机构的基本型	101	9.1.1	现代设计方法学的研究内容	136
6.3.2	机构的组合	103	9.1.2	典型的现代设计方法	137
6.4	机构在机器中的应用	105	9.1.3	现代设计方法的意义与任务	141
6.5	举例:机器人技术	108	9.2	CAD技术及应用	141
6.5.1	机器人简介	108	9.2.1	CAD技术简介	141
6.5.2	工业机器人	108	9.2.2	CAD技术的应用	146
思考与练习		111	9.3	创新设计	147
<b>第7章 常见的机械零件</b>		112	9.3.1	机械创新设计的实质	147
7.1	螺纹	112	9.3.2	创新设计的原则	147
7.1.1	螺纹的特点和应用	112	9.3.3	创新设计过程中的创新思维 方法	149
7.1.2	螺纹联接的类型	113	9.3.4	创新方法简介	149
7.2	轴系零件	113	9.4	虚拟技术	150
7.2.1	轴	113	9.4.1	虚拟技术的基本概念	150
7.2.2	轴承	114	9.4.2	虚拟设计系统的构成	151
7.2.3	联轴器	117	9.4.3	虚拟设计的特点	152
7.3	齿轮	118	9.4.4	虚拟设计的关键技术	154
7.3.1	齿轮机构的类型及特点	118	9.4.5	虚拟技术的发展趋势	154
7.3.2	齿轮传动的失效分析	119	9.5	优化设计	154
7.4	液压与气动	121			

9.5.1 优化设计的基本概念 .....	154	9.6.2 绿的产品和绿色设计 .....	158
9.5.2 优化设计的数学模型 .....	155	9.6.3 绿色设计的主要内容及关键技术 .....	159
9.5.3 数学模型的一般形式 .....	156	9.6.4 绿色设计的发展趋势 .....	161
9.5.4 优化设计数学模型实例 .....	157	9.7 举例:虚拟工厂技术 .....	161
9.6 绿色设计 .....	158	思考与练习 .....	167
9.6.1 绿色设计的背景及概念 .....	158		

## 制 造 篇

<b>第 10 章 机械制造技术</b> .....	168	11.2.2 集成电路制造技术发展 历程 .....	201
10.1 机械制造的概念及其组织 过程 .....	168	11.2.3 集成电路制造技术特点 .....	202
10.2 铸造技术及其应用 .....	169	11.3 印制电路板的制造 .....	203
10.2.1 合金的铸造性能 .....	169	11.3.1 印制电路板的概念 .....	203
10.2.2 铸造工艺和方法 .....	171	11.3.2 印制电路板制造过程的基本 环节 .....	204
10.2.3 铸件的结构工艺性 .....	175	11.3.3 柔性印制电路板 .....	204
10.3 压力加工及其应用 .....	178	11.3.4 多层印制电路板 .....	205
10.3.1 压力加工的原理 .....	179	11.4 印制电路板装配 .....	206
10.3.2 常见的压力加工方法 .....	181	11.4.1 印制电路板的安装和 装配 .....	206
10.3.3 锻件的结构工艺性 .....	182	11.4.2 印制电路板组装工艺的基本 要求 .....	207
10.4 焊接加工及其应用 .....	183	11.4.3 印制电路板装配工艺 .....	207
10.4.1 焊接的基本原理和常用的 焊接方法 .....	184	11.5 举例:CPU 引脚制造 .....	209
10.4.2 熔焊的工艺基础 .....	184	思考与练习 .....	211
10.4.3 金属材料的焊接性和常用 金属材料的焊接 .....	188	<b>第 12 章 先进制造技术</b> .....	212
10.4.4 焊接结构的特点及结构 工艺性 .....	189	12.1 先进制造技术的内涵 .....	212
10.5 常规机械加工方法及其应用 .....	193	12.1.1 先进制造技术的内涵和 特点 .....	212
10.5.1 切削加工 .....	193	12.1.2 先进制造技术的体系结 构及其分类 .....	213
10.5.2 磨削加工 .....	195	12.2 数控加工技术 .....	214
10.6 特种制造技术及其应用 .....	196	12.2.1 数控加工、数控编程的工作 过程 .....	214
10.7 举例:齿轮的加工方法 .....	197	12.2.2 数控编程的方法及 CAD/CAM 系统自动编程 .....	215
思考与练习 .....	198	12.2.3 数控机床的特点及相关 应用 .....	216
<b>第 11 章 电子制造技术</b> .....	199	12.3 CAPP 技术 .....	217
11.1 电子制造技术的概念 .....	199	12.3.1 CAPP 的作用和构成 .....	217
11.1.1 制造与电子制造 .....	199	12.3.2 CAPP 的基础技术和发展 .....	218
11.1.2 电子制造技术概念汇总 .....	199		
11.1.3 电子制造技术回顾 .....	200		
11.2 集成电路制造技术 .....	200		
11.2.1 何为集成电路工艺 .....	200		

12.4 成组技术 .....	220	发展 .....	227
12.4.1 成组技术的基本概念和 基本原理 .....	220	12.6 柔性制造系统 .....	227
12.4.2 零件分类编码系统 .....	222	12.6.1 柔性制造系统的发展历程及 特点 .....	227
12.4.3 零件的分类组成 .....	222	12.6.2 柔性制造系统含义及其组成、 分类 .....	229
12.4.4 成组技术的应用 .....	224	12.6.3 柔性制造系统的应用与发展 趋势 .....	230
12.5 快速成型技术 .....	225	12.7 3C集成技术在生产中的应用 .....	231
12.5.1 快速成型技术简介 .....	225	思考与练习 .....	231
12.5.2 RP工艺方法简介 .....	225		
12.5.3 快速成型技术的应用与			

## 管 理 篇

<b>第 13 章 生产管理模式</b> .....	232	14.3.4 并行工程的优点 .....	252
13.1 生产过程概述 .....	232	14.3.5 实施并行工程效益的体现 .....	253
13.1.1 生产过程的概​​念 .....	232	14.4 敏捷制造 .....	253
13.1.2 工艺过程的组成 .....	232	14.4.1 敏捷制造产生的背景 .....	253
13.1.3 合理组织生产过程的基本 要求 .....	232	14.4.2 敏捷制造的内涵及概念 .....	254
13.2 制造业生产模式的发展 .....	233	14.4.3 敏捷制造的组成 .....	255
13.3 生产模式的核心问题 .....	234	14.4.4 敏捷制造的关键要素 .....	257
13.3.1 生产纲领与生产类型 .....	234	14.4.5 敏捷制造系统的战略体系 及特性 .....	259
13.3.2 机械加工工艺规程制定 .....	236	14.4.6 实施敏捷制造的技术 .....	259
13.4 航空工业中的生产管理模​​式 .....	237	14.5 精益生产 .....	260
思考与练习 .....	238	14.5.1 精益生产产生的背景 .....	260
<b>第 14 章 先进生产管理模​​式</b> .....	239	14.5.2 精益生产的内涵和特征 .....	261
14.1 先进生产管理模式的内涵 .....	239	14.6 产品数据管理 .....	263
14.1.1 生产管理模式的发​​展 .....	239	14.6.1 PDM技术简介 .....	263
14.1.2 先进生产管理模式的内涵 .....	240	14.6.2 支持 PDM 系统的主要 技术 .....	264
14.1.3 先进生产管理模式的核​​心 问题 .....	241	14.6.3 PDM 系统的基本功能 .....	265
14.2 MRP/MRP II/ERP .....	244	14.6.4 PDM 的发展趋势 .....	267
14.2.1 物料需求计划 .....	244	14.7 举例:丰田制造模式分析 .....	268
14.2.2 制造资源计划 .....	246	14.7.1 丰田生产制造方式 .....	268
14.2.3 企业资源计划 .....	248	14.7.2 丰田制造模式与精益 生产 .....	270
14.3 并行工程 .....	249	思考与练习 .....	271
14.3.1 并行工程产生的背景 .....	249	<b>参考文献</b> .....	272
14.3.2 并行工程的内涵 .....	250		
14.3.3 并行工程的特点 .....	250		

# 绪 论 篇

## 第 1 章 机械与机械工程

### 1.1 机械工程概论的基本内容

机械是一切能够完成机械运动的装置,用来实现力和能量的传递和转换。人类在发展的进程中,都会借助不同种类的机械来满足工作和生活的需求。无论是原始社会的石器、杠杆,农耕社会的风车、水车等简单工具,还是工业革命后的蒸汽机、内燃机、纺织机、机床等复杂机械,以及现代社会的计算机、航天飞机等各种先进的机械系统,都在人类文明的发展中起到了重要的作用。

机械可以突破人类的生理极限,实现人类无法直接完成的工作,而且完成得更快、更好。现代机械工程创造出越来越精巧和越来越复杂的机械和机械装置,使过去的许多幻想成为现实。人类已能上游天空和宇宙,下潜大洋深层,远窥百亿光年,近察细胞和分子。借助于电子信息技术,机械产品的发展前景将更加广阔,在未来年代它还将不断地创造出人们无法想象的奇迹。

机械工程是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、运用和维修各种机械中的全部理论和实际问题的应用学科。自 18 世纪 60 年代英国工业革命以后,以蒸汽机、内燃机、电动机作为动力源的机械促进了制造业、运输业的快速发展,人类开始进入现代化的文明社会。20 世纪电子计算机的发明,自控技术、信息技术、传感技术的有机结合,使机械进入完全现代化阶段。机器人、数控机床、高速运载工具、重型机械及其他大量先进机械设备加速了人类社会的进步,机械已经成为现代社会生产和服务的五大要素(人、资金、能量、材料、机械)之一。

机械工程的学科内容按工作性质可分为:

(1) 建立和发展可实际和直接应用于机械工程的工程理论基础。如工程力学、流体力学、工程材料学、材料力学、燃烧学、传热学、热力学、摩擦学、机构学、机械原理、机械零件、金属工艺学和非金属工艺学等。

(2) 研究、设计和发展新机械产品,改进现有机械产品和生产新一代机械产品,以适应当前和未来的需要。

(3) 机械产品的生产,如生产设施的规划和实现、生产计划的制订和生产调度、编制和贯彻制造工艺、设计和制造工艺装备、确定劳动定额和材料定额以及加工、装配、包装和检验等。

(4) 机械制造企业的经营和管理,如确定生产方式、产品销售以及生产运行管理等。

(5) 机械产品的应用,如选择、订购、验收、安装、调整、操作、维修和改造各产业所使用的机械产品和成套机械设备。

(6) 研究机械产品在制造和使用过程中所产生的环境污染和自然资源过度耗费问题及处理措施。

机械工程概论是普及机械和机械工程的基础知识、基本概念和基本内容的课程。具有开拓学生视野、增加知识面、拓宽专业、提高学生工程能力的作用；其任务是培养学生认识机械和机械工程的能力，使工科类非机械专业具有工程特色，适应高新科学技术和社会发展的需要。本课程的主要内容如下：

第一篇为绪论篇，主要介绍机械工程学科的内容，以及机械工程发展历史和发展趋势，其目的是让学生建立对机械和机械工程的基本认识。

第二篇为基础篇，主要讲解了机械工程中涉及的基础技术，内容包括：工程力学、工程材料学、公差与互换性技术、机械原理、机械零件、机械设计方法及现代设计技术等。要求学生理解和掌握机械工程涉及的基础知识和技术，了解各种技术在机械工程中的应用范围。

第三篇为制造篇，主要介绍了常见的工程制造技术，包括机械制造的基本方法、设备，电子制造技术的方法和设备、特种制造技术和先进制造技术；要求学生掌握各种机械制造方法的原理和过程，理解现代制造技术的需求和解决方式。

第四篇为管理篇，主要从生产管理方面介绍了传统工业的组织方法和现代工作管理的新理念，内容包括生产方式、生产过程的管理内容、管理技术以及先进管理理念等。要求学生掌握工业生产的组织方式，理解现代工业发展的趋势和应对策略。

## 1.2 机械工程与国民经济

近代世界技术、经济的发展历史证明，每一次重大的技术、经济变革，无不是从新机器的发明开始的。而每一项重要新机器的发明，从蒸汽机、电动机到原子能设备、电子计算机，都把生产力向前推进了一大步，都把社会生产提高到了一个新水平。

机械工业是国民经济的主导，在国民经济中占有日益重要的地位和作用。没有好的机械制造技术，就没有好的工业，没有巩固的国防，何谈人民的便利、国家的富强。所以，提高机械工程技术，实现国家工业化，并进而实现工业、农业、科学技术和国防的现代化，乃是世界各国发展本国经济，改变落后面貌，建设独立国富民强国家的普遍道路。机械工程的服务领域很广，凡使用机械、工具，以至能源和材料生产的部门，无不需要机械工程的服务。现代机械工程有6大服务领域：

(1) 研制和提供能量转换机械，包括将热能、化学能、原子能、电能、流体压力能和天然机械能转换为适合于应用的机械能的各种动力机械，以及将机械能转换为所需要的其他能量的能量转换机械。

(2) 研制和提供用以生产各种产品的机械，包括农、林、牧、渔业机械和矿山机械以及各种重工业机械和轻工业机械等。

(3) 研制和提供从事各种服务的机械，如物料搬运机械，交通运输机械，医疗机械，办公机械，通风、采暖和空调设备以及除尘、净化、消声等环境保护设备等。

(4) 研制和提供家庭和个人生活用的机械，如洗衣机、电冰箱、钟表、照相机、运动器械和娱乐器械等。

(5) 研制和提供各种机械武器，我国在新型导弹、战斗机，航空母舰等先进武器研究方面已经取得一定进步，但和军事强国还存在很大差距。提高国防能力是人民安居乐业的保证，也是现代工业重点服务的对象。

(6) 改善人类生存环境，工程技术的发展在提高人类物质文明和生活水平的同时，也对自

然环境起破坏作用。20世纪中期以来,最突出的问题是资源,尤其是能源的大量消耗和对环境的污染。未来,机械新产品的研制将以降低资源耗费,发展纯净的再生能源,治理、减轻以至消除环境污染作为重要任务。

从机械工程的服务领域看以看出,机械工业作为一个生产机器设备、生产工具的工业部门,在国民经济的发展中担负着十分重要的任务,起着非常重要的作用。首先机械工业是国民经济的装备部。无论农业、重工业、轻工业、交通运输业、邮电业、商业以及国防建设和科学文教卫生事业的发展,都需要机械工业提供多样的、符合需要的装备。其次,机械工业是国民经济的“改造部”。一个国家要使整个国民经济建立在现代化的基础上,就需要依靠技术进步,不断地对国民经济各个部门进行技术改造。这就要求机械工业不断向国民经济各个部门提供先进的现代化技术装备,以保证国民经济技术改造的需要。第三,机械工业是国民经济的服务部。它不仅要为重工业服务,而且要为农业、轻工业和国民经济其他部门服务;不仅要为基本建设服务,而且要为现有企业的挖潜、革新、改造服务;不仅要为满足国内需要服务,而且要为扩大出口服务;不仅要为生产建设提供劳动手段,而且要为满足人民生活的需要向市场提供坚固耐用、物美价廉的消费品。

因此,机械工程是国民经济赖以发展的基础,在国民经济的发展中占有很重要的地位,在社会经济发展中有很大的作用。

在全球化市场竞争日益激烈的情况下,中国机械工程的整体水平与发达国家尚有差距,竞争力还比较弱。在迈向机械制造强国的征途中,发展的形势将更严峻、面临的挑战将更大。这就要求我们必须能够科学、准确地预测未来、适应形势、不断探索,开创新路,努力向“制造大国”和“制造强国”迈进,为我国国民经济的全面发展做出贡献。

### 1.3 “机械工程概论”课程的学习目的与方法

机械工业是国民经济的基础性产业,机械工业的发展对整个国民经济的发展和民族振兴具有举足轻重的作用。近些年,我国机械工业快速发展,机械工业的产业规模已超过美、日、德,居世界各国之首。从人才培养角度看,机械工程师在社会中扮演的角色越来越重要。这就要求工科院校培养的学生不再是传统意义上的工程师“毛坯”,而是掌握最新工程知识和技术,勇于创新,适应现代工程环境的高质量、高水平、有大工程意识的卓越工程师。教育部2010年6月开始实施的卓越工程师培养计划,是一项为造就适应新环境的工程人才,建设创新型国家,增强国家核心竞争力而进行的重要举措。

卓越工程师培养计划(以下简称“卓越计划”)的目标宗旨是:培养卓越工程后备人才,要坚持面向工业界、面向世界、面向未来。21世纪的工业界是一个没有国界的工业界,工程师没有国界限制。现代工程需要大量科学理论基础扎实、工程技术高超、富于创造力、兼具组织管理能力和人文情怀的高水平、高素质的杰出的工程人才。虽然我国目前已经是一个工程教育大国,但不是工程强国,人数多而不精,缺乏工程实践能力和创新能力强的杰出人才,无法满足新世界新环境下现代工程的需要。加紧培养一批具有较强的实践能力和创新意识,能够满足社会发展需要的工程技术人才已经刻不容缓。未来10年是我国创新工程科技人才培养的重大战略机遇期,“卓越计划”的实施对于提高我国核心竞争力,实现经济的持续健康快速发展具有重要意义。

因此,通过机械工程概论课程的学习,可以培养学生对机械工程的学习兴趣和学习积极

性,掌握机械工程方面的基础知识和基本技能,帮助学生建立机械工程师的思维方式和实践能力。为进一步将学生培养成为能够从事机械工程领域设计、制造、科技开发、应用研究、运行管理和经营等方面的工作的卓越工程师奠定基础。

机械工程概论课程内容广泛,涉及工程力学、材料学、机械原理、机械零件、公差与互换性技术、机械设计技术、机械制造技术等多种专业技术的基础知识。虽然从总体上这些知识具有一定的内在联系,但对于初学者来说,很难建立知识点的关联性。另外,由于篇幅限制和课时限制,每种专业知识都无法深入讲解,这就对学生的理解和学习过程带来了很大的困难。因此,必须掌握科学教学方法和正确学习方法,才能达到课程的培养目的。

在课程的学习过程中,除了基本的学习方法外,还需要做到以下几点:

(1) 改革教学方法与手段,建立以学生自主学习为主的教学方式。

传统的教学方法和手段基本上是在以知识传授为中心的人才培养模式上的。它表现在课堂教学上强调书本知识的传授,其教学方法多为知识灌输的传授方法。这样的教学方式所培养的学生其基础知识扎实,但知识面窄,自我获取知识的能力差,缺乏个性。因此,教学方法的改革就是要既重视知识传授又重视能力的培养,首先是获取新知识能力的培养。这就要求教师由“教会”学生的教学方式,向引导学生自己“学会”从而达到学生“会学”的教学方式转变,培养学生自主学习的能力。课堂教学就要求教师讲授要着重启发学生的思维,调动学生学习的主动性和引导学生学习,并充分利用现代多媒体的教学手段来提高课堂教学效果和信息量,以扩展学生的知识面。

(2) 结合企业活动和金工实习,突出工程实践和创新能力培养。

工程实践能力和创新设计能力是新世纪具有竞争力的高素质工程技术人才的重要素质。为了有效地培养学生的工程实践能力和创新设计能力,可以通过应用现有的金工实习中心、机械基础相关实验室,突破和改变传统教学中纯机械、单一机构和单一零件的展示教学,增强学生对真实机械系统的认知。同时结合企业中存在的实际问题,分析各种技术在企业实际生产活动中的应用情况和应用方法,建立知识与工程应用的关联性,从多种角度提高学生对知识的认知能力,进而建立一定的工程实践能力和创新能力。

(3) 鼓励学生积极参与机械学科竞赛以及各种企业实践活动。

依托实际的竞赛项目或者企业实践项目,直面真实世界的挑战。学生在真实的工程实践中真正学会发现问题、应用所学理论知识分析问题、尝试去解决问题。在这个实地学习过程中,学生个人的动手能力、分析问题以及寻找解决问题的能力都得到提高。另外,在竞赛和企业活动过程中,专职教师和企业工程师所具备的企业经营管理的理念、企业文化氛围以及工程师言行举止的潜移默化,使得学生可以掌握教学过程中很难学到的书本之外的知识和工作技能。并学会与同学沟通与协作,共同进步,形成团队的力量,齐心协力应对现代工程实践的种种挑战。

## 第 2 章 机械工程简史及发展概况

### 2.1 概述

#### 1. 推动人类历史的 5 次大变革

在人类历史的发展中,发生了几次决定人类命运与发展的大转折,被史学界誉为大革命。

第一次革命发生在大约 200 万年前。由于自然条件的突然变化,生活在树上的类人猿被迫到陆地上觅食,它们学会了用木棍和石块这些天然工具。天然工具的使用,锻炼了他们的大脑和手指。

第二次革命发生在大约 50 万年前。人类学会了制造和使用简单的木制和石制工具从事劳动,继而发现可以利用火获得熟食,并学会了钻木取火。食用熟食使人类更加聪明,而且延长了人类的寿命。

第三次革命发生在大约 15000 年前。人类学会了制作和使用简单的机械,开始了农耕与畜牧,提高了生产率,促进了人类社会的快速发展。

第四次革命发生在 1750 年到 1850 年之间。1760 年,瓦特经过 10 余年的努力和不断改进,在爱丁堡制造出第一台真正近现代意义上的改良蒸汽机。1804 年,英国人特莱维茨克发明并制造出第一台蒸汽机车。1830 年,在法国修筑了从圣亚田到里昂的铁路。蒸汽机与铁路的普及,革命性地促进了西方工业生产的发展,奠定了现代工业的基础。

第五次革命是计算机技术导致的一场现代工业革命。进入 20 世纪,计算机的发明与广泛应用,改变了人类传统的生活方式和工作方式。

进入 21 世纪,计算机技术、信息技术、网络技术以及由其带动的相关科学的发展,推动了科学迅速前进,机械工程学也发生了极大变化,制造业发展的重要特性是向全球化、网络化、虚拟化方向发展,出现了又一次工业革命的态势。

#### 2. 机械工程与人类社会的发展

人类的生存、生活、工作与机械密切相关。现在许多人住上了水、电、气齐全的高楼大厦,使用微波炉、电磁炉、冰箱、彩电、音响、电话、手机、计算机等现代化设备,许多家庭还拥有了家庭轿车。我们身上的衣服是通过纺织机纺线、织布机织成布,再用缝纫机制成的;吃的粮食是用机械播种、收割、加工。这一切都离不开机械。机械给人类带来幸福,促进了人类社会的发展与进步。如果没有现代机械,现代人将回到一种什么样的生活方式,真是难以想象。为了更好地了解现代机械文明,了解机械发展史是极为必要的。

由于自然条件的突然变化,生活在树上的类人猿被迫到陆地上觅食,为了与各种野兽抗争,它们学会了用天然的木棍和石块保卫自己,并用之猎取食物。通过使用天然工具,锻炼了它们的大脑和手指,并逐步通过敲击石块和磨制,学会了制造、使用简单的木制和石制的工具,从事各种劳动。可以认为,这种发明与使用这些最简单工具的创举,是类人猿进化为人类的一个决定性因素。在以后漫长的岁月里,人类发现了火的价值并学会了钻木取火,使人类的生活质量有了很大的提高,加速了人类的进化过程。学会了把磨尖的石块安装在木棍上等更进一步的工具制造,推动了人类智慧的进一步提高。公元前 4000 年左右,人类又发现了金属,掌握

了冶炼技术,各类工具的使用因此有了迅速的发展。

在我们中华民族五千年的文明史中,我国古代劳动人民在机械工程领域中的发明、创造尤为突出。绝大部分的发明创造是出于生存、生活和生产的需要,一些发明创造是战争的需要,还有一些发明创造是探索科学技术的需要。根据我国古代发明创造的演变过程可以知道,任何一种机械的发明都经历了由粗到精、逐步完善与发展的过程。例如,加工穀粒的机械,最初是把穀粒放在一块大石上,用手拿一块较小的石块往复搓动,再吹去糠皮以得米;第二步发明了杵臼;第三步发明了脚踏碓,使用了人体的一部分重力工作;第四步发明了人力、畜力的石磨和石碾;第五步发明了使用风力、水力的石磨和石碾。不但实现了连续的工作,节省了人力,提高了效率,而且学会了使用自然力,完成了由工具到机械的演变过程。

在兵器领域中,由弹弓发展为弓箭,又发展为弩箭;发明火药后,由人力的弓箭发展为火箭,直到发展为雏形的飞弹和雏形的两级火箭。在我国的古代战争中,有大量的雏形火箭的实战记载。

从机械定义的角度看,我国是世界上最早给机械下定义的国家。公元前5世纪,春秋时代的子贡就给机械下了定义:机械是能使人用力寡而成功多的器械(庄子外篇天地第十二)。后来的韩非子也有类似的定义:舟车机械之利,用力少,做功大,则人多(韩非子卷第十五)。而最早给机械下定义的欧洲人是公元前一世纪的一个叫 Vitruvius 的古罗马建筑师,他的定义是:机械是由木材制造且具有相互联系的几部分所组成的一个系统,它具有强大的推动物体的力量。直到公元1724年,德国的一位叫 Leopold 的机械师给机械做了比较接近现代的定义:机械是一种人造的设备,用来产生有利的运动,在不能用其他方法节省时间和力量的地方,它能做到节省。Leopold 提出了机械的运动、时间与省力的概念。经过多年的完善与发展,现代机械的概念是:机械是机器与机构的总称,把执行机械运动、用来变换或传递能量、物料与信息的装置称为机器;把用来变换或传递运动与动力的、用运动副联接的、且有一个构件为机架的构件系统称为机构。这使机械的定义更加科学化。

我国古代的机械发明、使用与发展,远远领先于世界水平。但长期的封建统治,限制了生产力和科学技术的发展。在最近的四五百年,我国在机械工程领域的发展已落后于西方强国。自从新中国成立以后,在短短的几十年里,只能做少量的修理和装配工作的机械工业发展为能够生产汽车、火车、轮船、金属切削机床、大型发电机等许多机械设备的机械工业。特别是实行改革开放政策以来,我国机械工业的发展更为迅速,与发达国家的差距正在缩小,有些产品已处于世界先进水平。

## 2.2 中国机械发展史简介

中国是世界上机械发展最早的国家之一。中国古代在机械方面有许多发明创造,在动力的利用和机械结构的设计上都有自己的特色。许多专用机械的设计和应用,如指南车、地动仪(见图2.1)和被中香炉(见图2.2)等,均有独到之处。中国古代金属冶铸技术发明时间较早且技术精湛,如商周时期的青铜器,朴质雄浑;春秋时期的青铜器,纤细精巧,形成了中国古代青铜器的独特风格。

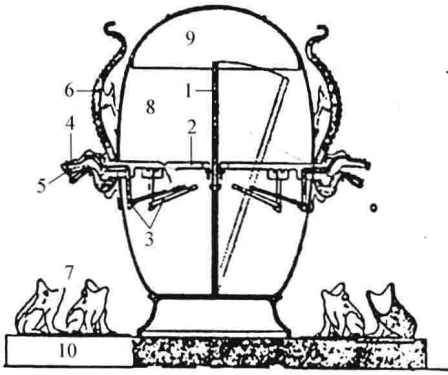


图 2.1 地动仪

1—都柱；2—八道；3—牙机；4—龙首；5—铜丸；  
6—龙体；7—蟾蜍；8—仪体；9—仪盖；10—地盘



图 2.2 被中香炉

但是,我国古代不重视对已发明器械的绘图工作,有不少的发明创造因为没有绘图的帮助,很难搞明白。而真正作出发明创造的人不会用文字记载,或由于社会的不重视而没有记载,这些都影响了我国古代科学技术的进步。以下简要说明我国在各时期的机械工程。

### 1. 传统机械的形成和积累时期

石器的使用标志着这一时期的开始。这个漫长的时期,经历了三个发展阶段。

第一个阶段相当于旧石器时代。这一阶段的工具主要用石料和木料制作,同时也有一些骨制工具。在工艺方面以石器打制工艺为主,主要是经过敲击和初步修整使石块成石器。当时的石器工具的种类有砍砸器、刮削器、石锤、尖状器、石球、石矛和石链等。

第二个阶段是新石器时代。这一阶段在石器制造方面以磨制工艺为主,同时对石器的制造有了一套完整的工艺过程。这一阶段出现了大量的生产工具,如斧、铲、凿、磨盘、磨棒、柞臼、钻、网坠、纺轮、犁、刀、锄、耘田器等。工具的种类不但有所增加,而且出现了不少专用工具,反映了这一阶段机械的发展水平有了显著的提高。

第三个阶段大约从新石器时代晚期到西周时期。新石器时代晚期,人们已能用石范和泥范铸造简陋的工具和武器。夏代以前和夏代,先后出现了无辐条的轮和各种有辐条的车轮;殷商和西周时已有相当精致的两轮车。独木舟和筏等水上运输工具早就相继出现。殷商时期,随着手工业生产的发展和技术水平的提高,青铜冶铸技术得到高度发展,到西周时期,青铜冶铸技术达到了高潮。青铜器的出现标志着一种新的机械技术和制造工艺的诞生。

总的来看,这一时期在材料方面,由以石质材料为主发展为以木、铜质材料为主。在结构方面由简单工具发展为复合工具和较为复杂的机械。在制造工艺方面经历了由石器制造工艺向铜器和其他机械工艺的转变。这些情况说明在这一时期中国传统机械技术已经形成并有了一定的发展。

### 2. 传统机械的迅速发展和成熟时期

春秋时期铁器和生铁冶铸技术开始出现。黑心可锻铸铁、白心可锻铸铁和锻钢的出现,加速了由铜器向铁器时代的过渡。春秋中期以后发明了失蜡铸造法和低熔点合金铸焊技术,战国时期又有了叠铸和锚链铸造等工艺。西汉中期已炼出灰口铸铁,并出现了壁厚 3~5mm 的薄壁铸铁件。

这一时期的农业机械发展很快,出现了三脚耨这样的重要播种机械。还发明了高效粮食加工机械——风扇车。磨等谷物加工机械都已出现,并有了很大的发展。东汉时期还出现了用齿轮传动的连磨和用水力推动的槽车和水车。西汉时期已有犁壁出现,到东汉时期犁的结构已经基本定型。

陆上交通运输工具也有很大的发展。1980年出土的秦始皇陵铜车马代表了当时铸造技术、金属加工和组装工艺的水平。东汉以后出现了记里鼓车(见图2.3)和指南车(见图2.4)。记里鼓车有一套减速齿轮系,通过鼓镯的音响分段报知里程。三国马钧所造的指南车除用齿轮传动外,还有自动离合装置,在技术上又胜记里鼓车一筹。自动离合装置的发明,说明传动机构齿轮系已发展到相当的程度。



图 2.3 记里鼓车

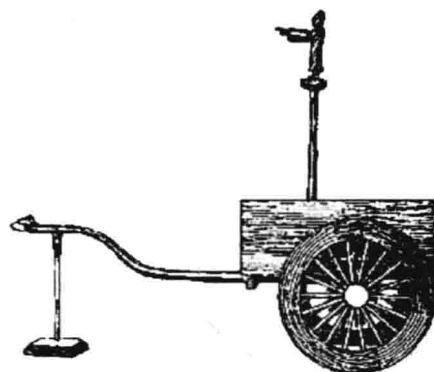


图 2.4 指南车

在动力方面,这一时期除使用前面的动力外,开始利用水力为机械的原动力,出现了一些水力机械。在结构原理方面也有新的突破。在不少机械上出现了齿轮机构、凸轮机构和曲柄连杆机构等复杂的传动机构。水排、水碓、指南车以及浑天仪、地动仪等机械的出现反映了这一时期的机械在结构原理方面已经达到了相当高的水平。

在纺织机械方面出现了手摇纺车、布机和提花机等重要机械。这一时期的造船技术已比较发达,格、舵、帆等部件逐渐完善了起来,并且能够制造大型的楼船和战船。

在这一时期,生产过程中的机械系统有了很大的变化。许多机械已用自然力代替人力作为原动力。对机械的操作开始由直接操作向间接操作转变。动力和运动的传输开始由机械本身来完成,对机械的控制开始由人的直接控制向间接控制发展。

### 3. 传统机械的全面发展和繁盛时期

从三国时期到元代中期是中国机械发展的第三个时期。与前两个时期相比,其主要特点是机械的总体技术水平有了极大的提高,古代机械得到了全面发展。这一时期经过了两个发展阶段。

第一阶段为三国到隋唐五代时期。这一时期我国传统机械持续发展。在工艺方面有较大进步,锻造农具开始在农具中占主导地位。铸造技术有了新的发展,出现了一些大型铸件。水力机械在这一阶段得到了进一步发展,两晋时期出现了自动磨车、舂车、水碾等水力机械。唐代出现了筒车(见图2.5),从人力提水发展为水力提水。唐代耕犁的结构有新的改进,出现了可以转动的犁梁装置。唐代末期机械制造已有较高水平,如西安出土的唐代银盒,其内孔与外圆的不同心度很小,子母口配合严紧,刀痕细密,这些都说明当时机械加工精度已达到新的水平。