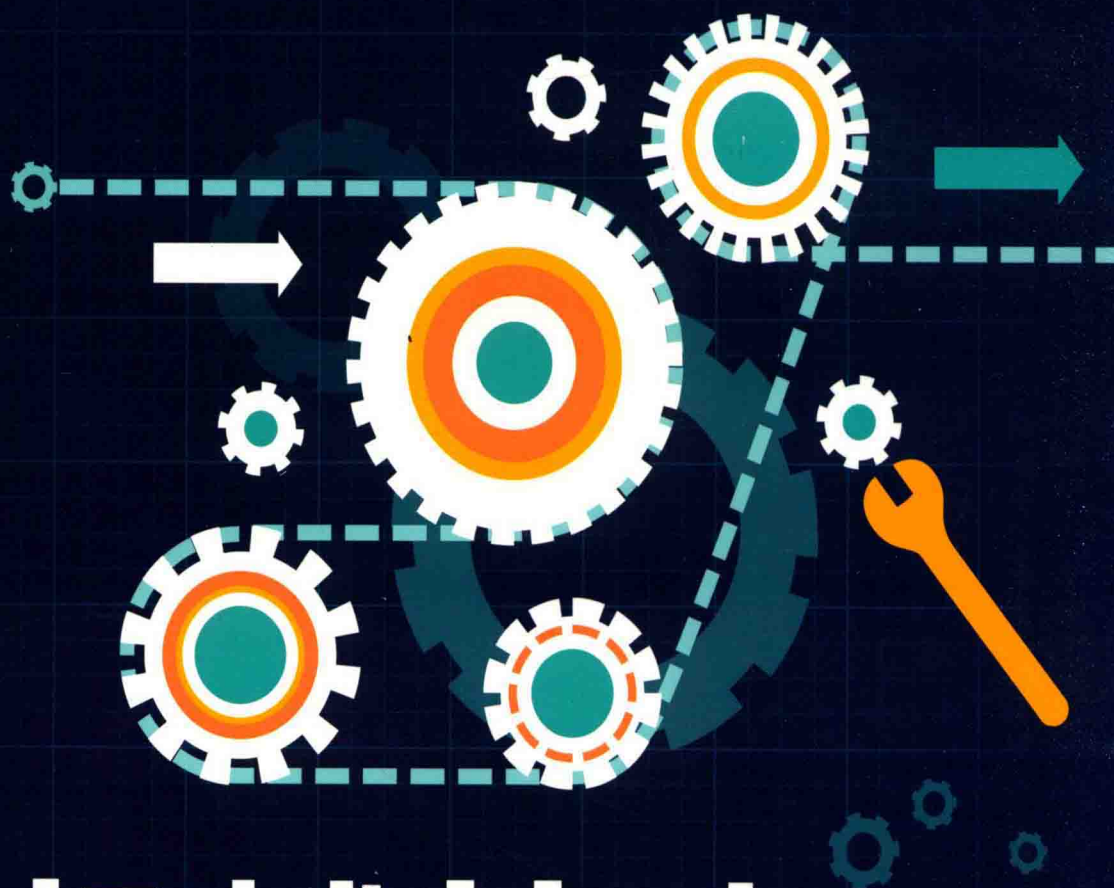


机械与机电精品图书



# 机械基础

JIXIE JICHU

主编 余萍

航空工业出版社



## 内 容 提 要

本书共分为六个模块, 主要内容包括机械基础概论、金属材料的性能及热处理、工程构件的受力与变形、机械传动机构、连接与轴系部零件、液压传动与气压传动等。

本书可作为机电专业和其他相关专业的教学用书, 也可作为相关行业人员的培训用书。

# 机械基础

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 余萍主编. — 北京: 航空工业出版社,  
2017.8 (2017.10重印)  
ISBN 978-7-5165-1299-9

I. ①机… II. ①余… III. ①机械学—高等职业教育—教材 IV. ①TH11

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第205695号

## 机械基础 Jixie Jichu

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行电话: 010-84936597 010-84936343

北京市科星印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经售

2017年8月第1版

2017年10月第2次印刷

开本: 787×1092

1/16

印张: 21.25

字数: 530千字

印数: 3301—4800

定价: 68.00元

# 前 言

人类的生活离不开机械，从小小的楔子和螺钉，到计算机控制的大型机械设备，都在现代化建设中起着重要作用。因此，掌握机械的基础知识和相关原理，是对从事机械、机电相关行业人员的基本要求。

本书立足于职业教育的特点及机械、机电类企业对相关人才的需求，结合机械的发展现状，主要介绍金属材料的性能及热处理、工程构件的受力与变形、机械传动机构、连接与轴系部零件、液压传动与气压传动等知识，使读者全面了解机械基础。

本书编写时本着“深浅适当、层次分明、贴合实际、便于教学”的思想，具体编写特点如下。

## 1. 结构合理，易教易学

本书分为 6 个模块，每个模块又包含若干个教学单元，每个教学单元中采用“案例导入”→“知识讲解”的知识结构。首先用“案例导入”举出实际生活中的相关例子，激发读者的学习兴趣，引出需要讲解的具体知识；然后通过“知识讲解”针对案例讲解具体的相关知识，使读者通过案例加深对知识点的理解和掌握。

## 2. 内容翔实，案例丰富

本书内容覆盖了常用的机械基础知识，列举了大量的案例，并重视理论知识的应用和实践技能的培养。

## 3. 图文结合，版式生动

本书配有大量的解说图片，生动形象，有助理解，并避免了乏味的解说和分析。本书还穿插了大量的提示和注意事项，有助于读者梳理相关知识。

本书由余萍担任主编，陈希韩、王雪梅担任副主编，印波、谢珊、吴志海、徐俊蓉、毛继忠、张棋宣、杨家林、胡建红参与编写，全书由吴小武主审。本书在编写过程中参考了大量有价值的文献，在此对文献作者和资料提供者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限和时间紧迫，本书难免有欠缺和不妥之处，热忱欢迎广大读者不吝赐教，以备改正。

另外，本书配有丰富的教学资源包，读者可登录北京金企鹅联合出版中心的网站（[www.bjjqe.com](http://www.bjjqe.com)）下载。

编者

2017年9月



本书可作为机电专业和其他相关专业的基础课程，也可作为相关行业人员的培训用书。

# 本书编委会

**主 编：**余 萍

**副主编：**陈希韩 王雪梅

**参 编：**印 波 谢 珊 吴志海 徐俊蓉

毛继忠 张棋宣 杨家林 胡建红

**主 审：**吴小武

香 港  
2017年9月

航空工业出版社  
100070  
01-64512000

# 目 录

## 模块一 机械基础概论

第一单元 认识机械	2
案例导入	2
第一节 机械概述	2
第二节 机器与机构	4
一、机器	4
二、机构	6
第三节 构件与零件	7
第四节 本课程的内容、性质及任务	7
一、本课程的内容	7
二、本课程的性质及任务	8
第五节 本课程的学习方法	8

本单元小结	8
思考与练习	9
第二单元 机械零件的设计与制造	10
案例导入	10
第一节 机械零件对材料的要求	10
第二节 机械零件的结构工艺性要求	11
第三节 摩擦、磨损和润滑	12
第四节 机械零件的承载能力	14
本单元小结	16
思考与练习	16

## 模块二 金属材料的性能及热处理

第三单元 金属材料的性能	20
案例导入	20
第一节 金属材料的力学性能	21
一、强度	21
二、塑性	23
三、硬度	25
四、冲击韧性	26
五、疲劳强度	26
第二节 金属材料的工艺性能	27
一、铸造性能	27
二、压力加工性能	28
三、焊接性能	28
四、切削加工性能	29
本单元小结	29
思考与练习	30

第四单元 金属材料及应用	32
案例导入	32
第一节 金属材料的晶体结构	32
第二节 铁碳合金	34
一、铁碳合金的基本组织	34
二、铁碳合金相图分析	36
三、工业用钢	37
四、铸铁	41
本单元小结	42
思考与练习	43
第五单元 金属材料的热处理	44
案例导入	44
第一节 金属材料热处理概述	45
第二节 钢的整体热处理	47



第三节 钢的表面热处理	52
本单元小结	55

思考与练习	56
-------	----

## 模块三 工程构件的受力与变形

第六单元 工程构件的静力分析	58
案例导入	58
第一节 静力学基本概念及其公理	59
一、静力学的基本概念	59
二、静力学公理	60
第二节 力矩和力偶	63
一、力矩的定义	63
二、合力矩定理	63
三、力偶的概念和基本性质	64
四、力的平移定理	66
第三节 受力分析	66
一、约束和约束反力	66
二、工程中常见的约束类型	67
三、受力图	69
第四节 平面任意力系	70
一、平面力系的分类	70
二、平面任意力系的平衡方程	71
本单元小结	73
思考与练习	74

一、拉伸和压缩的基本概念	77
二、杆件拉压时的轴力和轴力图	78
三、轴向拉压时横截面上的应力	81
四、杆件的变形与胡克定律	82
五、杆件拉压时的强度计算	84
第二节 剪切与挤压	86
一、剪切与挤压的概念	86
二、剪切与挤压的强度计算	89
第三节 圆轴扭转	90
一、扭转的基本概念	91
二、扭矩和扭矩图	91
三、扭转时横截面上的应力	94
四、扭转时的强度计算	95
五、扭转变形的刚度条件	96
第四节 平面弯曲	98
一、平面弯曲的概念	99
二、平面弯曲的内力——剪力和弯矩	100
三、绘制剪力图和弯矩图	101
四、平面弯曲时的强度条件	104
五、平面弯曲的变形	107
本单元小结	109
思考与练习	110

第七单元 构件的基本变形	76
案例导入	76
第一节 拉伸与压缩	77

## 模块四 机械传动机构

第八单元 平面连杆机构	114
案例导入	114
第一节 概述	114
第二节 铰链四杆机构的分类	115
一、曲柄摇杆机构	115
二、双曲柄机构	116

三、双摇杆机构	117
第三节 铰链四杆机构类型的判别	118
一、曲柄存在的条件	118
二、铰链四杆机构基本类型的判别方法	119
第四节 铰链四杆机构的演化	121
一、曲柄滑块机构	121

二、曲柄导杆机构 .....	121	881 一、凸轮轮廓曲线的绘制方法 .....	142
三、曲柄摇块机构 .....	122	二、常见凸轮轮廓曲线的绘制 .....	142
第五节 平面四杆机构的工作特性 .....	123	第六节 凸轮及从动件材料的选择 .....	145
一、运动特性 .....	123	本单元小结 .....	145
二、传力特性 .....	124	思考与练习 .....	145
三、死点 .....	125	第十一单元 带传动 .....	147
本单元小结 .....	126	案例导入 .....	147
思考与练习 .....	126	第一节 带传动概述 .....	147
第九单元 间歇机构 .....	128	一、带传动的组成和工作原理 .....	147
案例导入 .....	128	二、带传动的类型 .....	148
第一节 棘轮机构 .....	128	三、带传动的特点及应用 .....	149
一、棘轮机构的工作原理和分类 .....	129	第二节 V带和V带轮 .....	150
二、棘轮机构的特点及应用 .....	131	一、V带的构造和标准 .....	150
第二节 槽轮机构 .....	132	二、V带轮的材料和结构 .....	152
一、槽轮机构的工作原理和分类 .....	132	第三节 带传动的工作情况分析 .....	153
二、槽轮机构的特点及应用 .....	133	一、带传动中带的受力分析 .....	153
第三节 不完全齿轮机构 .....	133	二、带传动中带的应力分析 .....	154
一、不完全齿轮机构的工作原理 .....	134	三、带的弹性滑动和打滑 .....	156
二、不完全齿轮机构的特点及应用 .....	134	第四节 带传动的安装、张紧和	
本单元小结 .....	134	维护 .....	157
思考与练习 .....	135	一、带传动的张紧与调整 .....	157
第十单元 凸轮机构 .....	136	二、带传动的安装与维护 .....	159
案例导入 .....	136	本单元小结 .....	160
第一节 概述 .....	136	思考与练习 .....	160
第二节 凸轮机构的特点及分类 .....	137	第十二单元 链传动 .....	162
一、凸轮机构的特点 .....	137	案例导入 .....	162
二、凸轮机构的分类 .....	138	第一节 链传动概述 .....	162
第三节 凸轮机构的运动过程 .....	139	第二节 链条和链轮 .....	163
第四节 从动件常用的运动规律 .....	140	一、链传动的类型 .....	163
一、等速运动规律 .....	140	二、链条 .....	164
二、等加速等减速运动规律 .....	141	三、链轮 .....	166
三、余弦加速运动规律 .....	141	四、链传动的失效形式 .....	167
第五节 图解法绘制盘形凸轮轮廓		第三节 链传动的布置、张紧和	
曲线 .....	142	润滑 .....	168



一、链传动的布置	168	第五节 直齿锥齿轮传动	190
二、链传动的张紧	168	一、直齿锥齿轮的基本参数和几何尺寸	190
三、链传动的润滑	169	二、直齿锥齿轮传动的正确啮合条件及最少齿数	191
本单元小结	169	第六节 齿轮的结构与润滑	192
思考与练习	170	一、齿轮的结构形式	192
第十三单元 螺旋传动	171	二、齿轮传动的润滑	193
案例导入	171	第七节 齿轮的失效形式及选材	194
第一节 螺纹的基础知识	171	一、齿轮轮齿的失效形式	194
第二节 螺旋传动	174	二、齿轮的常用材料	195
一、螺旋传动的类型及应用	174	第八节 蜗轮蜗杆传动	195
二、滚动螺旋传动简介	175	一、蜗杆传动特点	196
本单元小结	176	二、蜗杆传动的类型	196
思考与练习	176	三、普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	197
第十四单元 齿轮传动	178	四、阿基米德蜗杆传动的几何尺寸	199
案例导入	178	五、普通圆柱蜗杆传动的正确啮合条件及传动比	199
第一节 齿轮传动的特点和类型	178	六、蜗轮和蜗杆的转向关系	200
一、齿轮传动的特点及应用	179	七、蜗轮蜗杆材料及失效形式	201
二、齿轮传动的类型	179	本单元小结	202
第二节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和尺寸	181	思考与练习	203
一、渐开线齿廓的基础知识	181	第十五单元 轮系	205
二、渐开线直齿圆柱齿轮各部分的名称和基本参数	183	案例导入	205
三、渐开线标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸	185	第一节 轮系的类型和功能	205
第三节 渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	186	一、轮系的类型	205
一、正确啮合的条件	186	二、轮系的功能	207
二、齿轮传动的中心距	187	第二节 轮系传动比的计算	209
三、连续传动的条件	187	一、定轴轮系的传动比计算	209
第四节 斜齿圆柱齿轮传动	188	二、周转轮系传动比的计算	211
一、斜齿圆柱齿轮齿廓面的形成和啮合特点	188	本单元小结	212
二、斜齿圆柱齿轮的基本参数及尺寸	188	思考与练习	213

## 模块五 连接与轴系零部件

第十六单元 连接	216	第一节 滚动轴承	240
案例导入	216	一、滚动轴承的结构	240
第一节 键连接	217	二、滚动轴承的类型	241
一、松键连接	217	三、滚动轴承的代号	243
二、紧键连接	220	四、滚动轴承的固定方法	246
第二节 销连接	221	五、滚动轴承的润滑及密封	246
第三节 螺纹连接	223	六、滚动轴承类型的选择	248
一、连接用螺纹的分类	223	第二节 滑动轴承	248
二、螺纹的连接类型	223	一、滑动轴承的类型和结构	249
三、螺纹连接的预紧与防松	225	二、轴瓦的结构及滑动轴承的材料	250
第四节 不可拆连接	227	三、滑动轴承的润滑	252
本单元小结	228	本单元小结	253
思考与练习	228	练习与思考	254
第十七单元 轴	230	第十九单元 联轴器与离合器	255
案例导入	230	案例导入	255
第一节 轴概述	230	第一节 联轴器	256
一、轴的分类和作用	230	一、固定式刚性联轴器	257
二、轴的材料及毛坯	232	二、移动式刚性联轴器	258
第二节 轴的结构及工艺	234	三、弹性联轴器	259
一、轴的组成部分	234	第二节 离合器	260
二、轴上零件的定位及固定	234	一、牙嵌式离合器	260
三、轴的结构工艺性	236	二、摩擦式离合器	260
本单元小结	237	本单元小结	261
思考与练习	238	练习与思考	261
第十八单元 轴承	239		
案例导入	239		

## 模块六 液压传动与气压传动

第二十单元 液压传动的基本概念	264	二、液压传动系统的图形符号及其特点	266
案例导入	264	第二节 液压传动的几个基本概念	268
第一节 液压传动基础知识	265	一、压力与静压传递原理	268
一、液压传动的工作原理及组成	265	二、流量与流速	269



本单元小结 .....	269	一、流量控制阀 .....	301
思考与练习 .....	270	二、速度控制回路 .....	302
第二十一单元 液压元件 .....	271	第四节 汽车典型液压传动应用 .....	
案例导入 .....	271	实例 .....	304
第一节 液压泵的结构及原理 .....	271	一、汽车起重机液压系统 .....	305
一、液压泵的工作原理及分类 .....	271	二、自卸车液压系统 .....	308
二、液压泵的结构 .....	273	三、液动力转向系统 .....	310
第二节 液压缸与液压马达 .....	275	四、液压制动系统 .....	311
一、液压缸 .....	276	本单元小结 .....	312
二、液压马达 .....	281	思考与练习 .....	312
第三节 液压辅助元件 .....	282	第二十三单元 气压传动 .....	314
一、滤油器 .....	282	案例导入 .....	314
二、油箱 .....	284	第一节 气压传动系统初步认识 .....	315
三、蓄能器 .....	284	一、气压传动系统的工作原理 .....	315
四、油管 and 管接头 .....	286	二、气压传动系统的组成与特点 .....	316
本单元小结 .....	287	三、气压传动的系统简图 .....	316
思考与练习 .....	287	第二节 气压传动的主要元件 .....	317
第二十二单元 液压控制回路与 .....		一、动力元件 .....	317
液压控制阀 .....	289	二、执行元件 .....	318
案例导入 .....	289	三、控制元件 .....	319
第一节 方向控制回路及主要元件 .....	290	四、辅助元件 .....	323
一、方向控制阀 .....	290	第三节 气动系统回路 with 实例 .....	325
二、方向控制回路 .....	294	一、气动系统基本回路 .....	325
第二节 压力控制回路及其主要 .....		二、气动系统实例 .....	327
元件 .....	296	本单元小结 .....	328
一、压力控制阀 .....	296	思考与练习 .....	328
二、压力控制回路 .....	298	参考文献 .....	329
第三节 速度控制回路及其主要 .....			
元件 .....	301		

# 机械基础

学习目标

1. 了解机械的发展历史及分类。

2. 了解机械的组成及各部分的名称。

重点难点

1. 机械的组成及各部分的名称。

## 模块一

# 机械基础概论

机械是人类利用自然规律改造自然、生产物质产品的工具。机械是人类文明进步的标志，也是人类社会生产力的重要组成部分。机械的发展水平是一个国家综合国力的重要标志。机械是人类利用自然规律改造自然、生产物质产品的工具。机械是人类文明进步的标志，也是人类社会生产力的重要组成部分。机械的发展水平是一个国家综合国力的重要标志。

机械是人类利用自然规律改造自然、生产物质产品的工具。机械是人类文明进步的标志，也是人类社会生产力的重要组成部分。机械的发展水平是一个国家综合国力的重要标志。机械是人类利用自然规律改造自然、生产物质产品的工具。机械是人类文明进步的标志，也是人类社会生产力的重要组成部分。机械的发展水平是一个国家综合国力的重要标志。

# 第一单元 认识机械

## 一、目标和要求

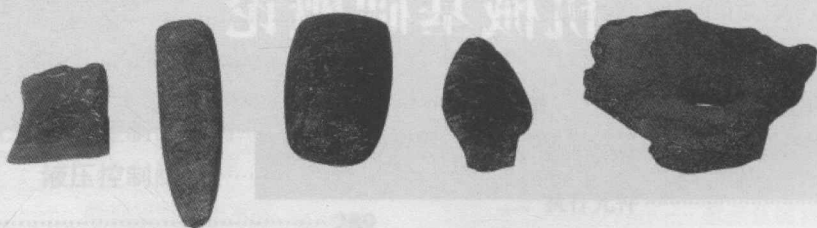
- (1) 明确学习本课程的意义和本课程的性质、任务及学习方法。
- (2) 掌握机器、机构、构件和零件的概念。

## 二、重点和难点

机器、机构、构件和零件的区别与联系。

## 案例导入

数千年前，我们的祖先就知道利用石斧、石锯、石镰、弓箭等作为生产和狩猎的工具，利用独木舟作为水上交通工具。这些工具的使用就含有简单机械的原理。



## 第一节 机械概述

机械是人们在长期的生活实践中创造并不断发展的，用来降低工作难度、减轻工作强度或提高工作效率的工具或装置。人们日常生活的各个方面都离不开机械，如剪刀、缝纫机、洗衣机、电风扇、自行车、汽车、飞机等。机械工业是国民经济的重要支柱产业之一，其发展程度不仅是一个国家综合实力的重要体现，而且是居民物质生活水平高低的重要标志。

中国古代在机械方面有许多的发明创造，在动力的利用和机械结构的设计上有着不少精妙之处，如世界上第一台地震仪——候风地动仪（见图 1-1）、利用齿轮和轮系传动原理制造的指南车（见图 1-2）和能连续发射的诸葛连弩（见图 1-3）等。

机械是人类文明的产物，它的每一次革新都伴随着人类社会生产力的飞速发展。18 世纪，蒸汽机（见图 1-4）的发明促进了欧洲机械工业的快速发展，从而产生了第一次工业革命。其后，各种以蒸汽机作为原动机的机械开始出现，如纺织机、蒸汽火车（见图 1-5）和蒸汽轮船（见图 1-6）等。

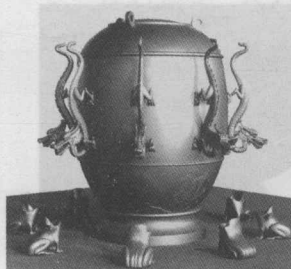


图 1-1 候风地动仪（模型）

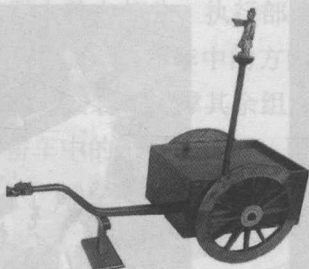


图 1-2 指南车

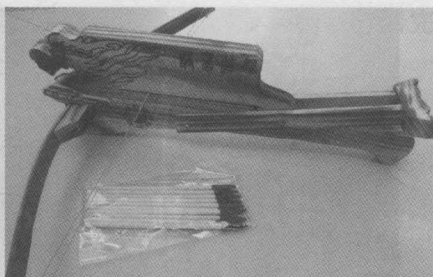


图 1-3 诸葛连弩

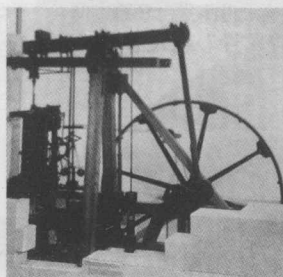


图 1-4 瓦特发明的蒸汽机

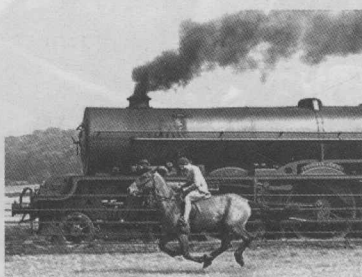


图 1-5 蒸汽火车

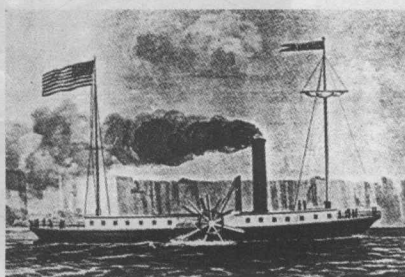


图 1-6 蒸汽轮船

19 世纪末 20 世纪初，在第二次工业技术革命的浪潮中，内燃机的出现促进了交通工具的发展与革新。世界上第一辆汽车（见图 1-7）和第一架飞机（见图 1-8）相继问世。经过不断革新，各式各样的交通工具使人类的出行变得简单和快捷。

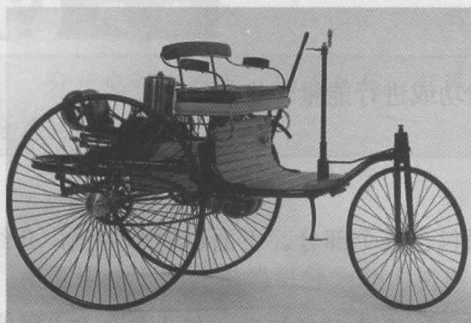


图 1-7 世界上第一辆汽车

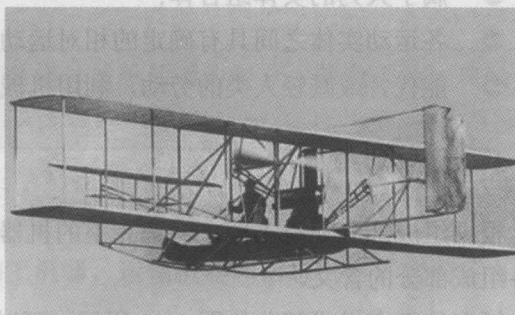


图 1-8 世界上第一架飞机

20 世纪中期，以电子计算机为代表的第三次工业技术革命逐步兴起，机电一体化技术和计算机控制技术在机械工业中得到应用，人们在航空探索、深海探测、机器人等领域研制了一系列的高新机械产品，如火箭、航天飞机、航空母舰、仿生机器人等。我国自主研发的“长征”系列运载火箭（见图 1-9），截至 2017 年 7 月 2 日已成功发射 250 余次；我国自行设计、自主集成研制的“蛟龙号”深海载人潜水器（见图 1-10），其最大下潜深度可达 7 000 m，可在占世界海洋面积 99.8% 的广阔海域进行作业。

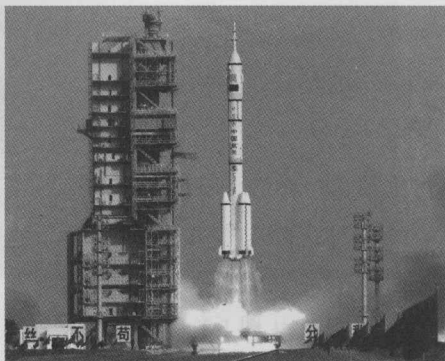


图 1-9 “长征”系列运载火箭



图 1-10 “蛟龙号”载人潜水器

## 第二节 机器与机构

### 一、机器

机器是人们根据使用要求而设计制造的一种执行机械运动的装置，它可以用来变换或传递能量、物料与信息，从而代替或减轻人类的体力和脑力劳动。随着社会的不断进步，各种机器在人们的日常生活和生产活动中扮演着重要的角色，如洗衣机、汽车、起重机、数控机床等。虽然这些机器的形状、结构和用途各不相同，但它们一般具有以下共同特征：

- ① 属于人为的实体组合体；
- ② 各运动实体之间具有确定的相对运动；
- ③ 能代替或减轻人类的劳动，利用机械能做功或进行能量转换。

#### 1. 机器的组成

根据组成部分功能不同，一部完整的机器一般包含五个部分。下面以轿车为例，介绍机器各组成部分的含义。

轿车的五个组成部分如图 1-11 所示，可以看出，一台完整的机器一般由动力部分、执行部分、传动部分、控制部分、支撑及辅助部分组成。

- ① 动力部分：将其他形式的能量转换为机械能，是整个机器的动力源，如轿车中的发动机。各种机器常用的动力源有电动机、内燃机等。
- ② 执行部分：直接完成机器预定工作任务的部分，如轿车中的车轮。执行部分的运动形式有直线运动、回转运动或间歇运动等。
- ③ 传动部分：连接动力部分和执行部分，用来传递运动和动力，如轿车中的离合器、变速箱、传动轴、差速器等。传动部分可以改变动力部分的运动形式或转矩的大小，从而满足执行部分的各种要求。

- ③ 控制部分：控制机器中动力部分、执行部分和传动部分协调工作，以实现机器完成预定动作或实现预定功能，如轿车中的方向盘、油门、刹车等。
- ④ 支撑及辅助部分：用来安装和支撑其余组成部分，通常包括基础件、支撑构件、润滑及照明部分，如轿车中的车身、车灯、雨刮器等。



图 1-11 轿车的五个组成部分

## 思考

分析电动自行车、普通车床、电风扇、电梯机器等的动力部分、执行部分、传动部分及控制部分。

## 2. 机器的类型

根据用途不同，机器可分为动力机器、加工机器、运输机器和信息机器，它们各自的用途及应用如表 1-1 所示。

表 1-1 机器的类型及应用

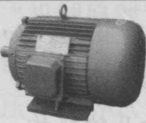

类型	用途	应用举例
动力机器	实现其他能量与机械能之间的转换	  电动机                      内燃机



表 1-1 (续)

类型	用途	应用举例
加工机器	用来改变加工对象的尺寸、形状、性质和状态	  车床                  钻床
运输机器	用来运输人员或物品	  客车                  叉车
信息机器	用来获取或变换信息	  传真机                  手机

需要指出的是，现代机器的种类和功能越来越丰富，因此机器按功能的分类逐渐变得模糊。例如，对于工业机器人来说，进行焊接和装配时，它属于加工机器；用来搬运物品时，它属于运输机器。

## 二、机构

机构是具有确定相对运动的构件的组合，它是用来传递运动和动力的构件系统。机器可以看做是一个或若干个机构的组合。如果从结构和运动的观点来看，机器和机构二者之间没有明显区别，故通常将机器和机构统称为机械。常用的机构类型有连杆机构、带传动机构、齿轮机构和凸轮机构等。



### 注意

机器与机构之间的联系：二者都是人为的实体组合，各个运动实体之间都具有确定的相对运动关系；区别：机器能利用机械能做功或进行能量转换，而单个机构往往不具备这一功能。例如，如图 1-12 所示的内燃机主要包括三个机构：带传动机构、曲柄连杆机构和凸轮机构。内燃机可以将燃料的内能转换为机械能，显然单个机构无法完成能量转换的功能。

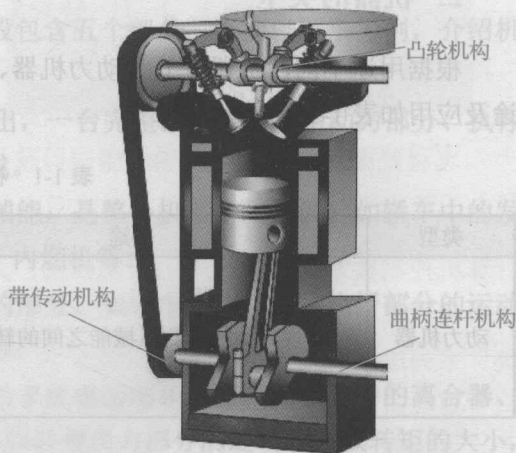


图 1-12 内燃机示意图