



中等职业学校立体化精品教材·机电系列

Zhongdeng Zhiye Xuexiao Litihua Jingpin Jiaocai · Jidian Xilie

# 机械基础

陈霖 甘露萍 编著

- 机械设计的基本概念
- 常用机构的特点和用途
- 机械传动的基础知识



精品系列

 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



中等职业学校立体化精品教材·机电系列

Zhongdeng Zhiye Xuexiao Litihua Jingpin Jiaocai · Jidian Xilie

# 机械基础

陈霖 甘露萍 编著



精品系列

人民邮电出版社

北京

## 图书在版编目(CIP)数据

机械基础 / 陈霖, 甘露萍编著, —北京: 人民邮电出版社, 2008.5  
中等职业学校立体化精品教材·机电系列  
ISBN 978-7-115-17106-1

I. 机… II. ①陈…②甘… III. 机械学—专业学校—教材 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 023701 号

## 内 容 提 要

本书针对中职学校的特点, 将工程力学、机械原理及机械零件的相关内容有机地整合在一起。全书分为 8 章, 内容包括物体的受力分析与平衡, 杆件的基本变形与强度计算, 常用机械传动机构(平面四杆机构、凸轮机构、螺旋机构、间隙机构和变速变向机构、齿轮传动、带传动和链传动、轮系传动), 通用零部件(联接、轴、轴承、联轴器与离合器), 以及液压传动和气压传动。

本书适合作为中等职业学校“机械基础”课程的教材, 也可供有关技术工人自学使用。

中等职业学校立体化精品教材·机电系列

## 机 械 基 础

- 
- ◆ 编 著 陈 霖 甘露萍  
责任编辑 郭 晶
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京铭成印刷有限公司印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本: 700×1000 1/16  
印张: 14.75  
字数: 294 千字  
印数: 1—5 000 册
  - 2008 年 5 月第 1 版  
2008 年 5 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-115-17106-1/TN

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223  
反盗版热线: (010)67171154

# 前 言

“机械基础”是研究常用机械零件的受力分析、结构分析、设计计算，并同时进行材料选择的一门综合性技术基础课，是中等职业学校机械类专业和近机类专业必修的基础课。通过本课程的教学，可以使学生获得常用工程力学、机械零件的结构分析、常用零件的设计基础等知识，为学习其他相关课程奠定基础。本书是参照《国家职业标准》的要求，结合中等职业学校的教学实际，在大量教学实践经验和教学调研的基础上编写而成的。

在写作风格上，本书有如下特点。

- ❖ 内容全面：本书所选内容均为机械类学生应掌握的必备知识，是中等职业学校学生在进一步学习之前必须掌握的基础知识。
- ❖ 重点突出：结合中职学生“重实践”的特点，本书所选知识点主要为能够指导实际生产的基本经验和技巧，淡化繁冗的理论分析，减轻学生学习的负担，同时也便于学生快速构建知识体系。
- ❖ 吸收新技术。本书在介绍传统知识体系的同时，适当穿插与之关联的新技术，帮助学生领会现代制造的特点和发展方向。
- ❖ 图文并茂的叙述风格。为了减轻学生阅读本书的压力，书中内容主要通过图形、表格等易于阅读的形式给出，一目了然，避免冗长的文字叙述。同时，对于相近和相似的知识点，通过对比的方式加以区分。
- ❖ 丰富的实训环节。本书章节中穿插大量的思考和练习题目，这些题目紧扣主题，学生在思考这些题目时可以迅速掌握前面的基础知识。在章末还安排专门的实训项目，学生可以在老师的带领下完成这些训练内容。
- ❖ 完善的教学辅助环节。本书配套提供了丰富的教学辅助资源，书中所有难以用语言以及静态图表来表达的知识点，将通过二维动画、三维动画以及视频等动态资源来表示，直观明了。书中的原理性知识以及完整的实训操作也将使用上述方式进行展示，让学生可以轻松方便地掌握这些学习要点。

本书共 8 章，每章主要介绍以下内容。

- ❖ 第 1 章：初识机械。介绍与机械相关的基本知识。
- ❖ 第 2 章：工程力学基础。简要介绍理论力学和材料力学中必须要学习的知识。
- ❖ 第 3 章：常用机构。介绍常用机构的类型及其用途。
- ❖ 第 4 章：带传动和链传动。介绍带传动和链传动在设计中的应用及其设计





方法。

❖ 第5章：齿轮传动和蜗杆蜗轮传动。介绍齿轮传动和蜗杆蜗轮传动在设计中的应用及其设计方法。

❖ 第6章：轮系。介绍轮系在设计中的应用及其设计方法。

❖ 第7章：常用机械零件。介绍各种常用机械零件在设计中的应用。

❖ 第8章：液压和气压传动。介绍液压传动和气压传动在设计中的应用。

每章包含以下经过特殊设计的结构要素。

❖ 学习目标：总结学生学完本章后应该达到的目标。

❖ 观察与思考：利用日常生活中常见的事例，引导学生思考和分析，一方面让学生对本章所学知识有所了解，另一方面提高学生的兴趣和主动性。

❖ 重要提示：及时提醒在学习的过程中应该注意的问题。

❖ 例题：讲解完一个知识点后，用相应的例题进行加深理解。

❖ 知识拓展：引入新的知识与技术，开阔学生视野。

❖ 小结：在每章的最后对本章所涉及的基本知识点进行简要总结。

❖ 习题：在每章的最后都准备了一组习题，用以检验学生的学习效果。

本书配有大量辅助教学资源，包括教学课件、相关知识点的动画演示等，提供了全新的立体化教学手段。

对于本书，教师一般可用60课时来讲解教材内容，再配以32课时的实践教学，即可较好地完成教学任务。总的讲课时间约为92课时。教师可根据实际需要进行调整。

本书在编写过程中，得到了不同地区很多学校的大力支持，在此谨衷心地表示感谢。

参加编写工作的还有沈精虎、黄业清、宋一兵、谭雪松、向先波、冯辉、郭英文、计晓明、尹志超、董彩霞、郝庆文、滕玲。由于作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，敬请各位老师和同学指正。

编者

2008年2月



# 目 录

第 1 章 初识机械	1
1.1 理解机械的概念	2
1.2 认识机械中的力学	3
1.3 认识机械的组成	5
1.4 初步了解现代机械设计	8
1.5 学习本课程的基本方法与目的	9
小结	10
习题	10
第 2 章 工程力学基础	11
2.1 静力学基础	13
2.1.1 力的基本概念	14
2.1.2 约束和约束反力	15
2.1.3 力矩与力偶	17
2.1.4 物体的受力和受力图	20
2.2 材料力学基础	23
2.2.1 材料力学概论	23
2.2.2 拉伸与压缩	24
2.2.3 剪切与挤压	27
2.2.4 圆轴扭转	29
2.2.5 直梁弯曲	34
2.2.6 物体组合变形	38
2.2.7 压杆稳定	39
小结	40
习题	41
第 3 章 常用机构	43
3.1 运动副及平面机构运动简图	44





3.1.1	运动副及其分类	44
3.1.2	平面机构运动简图	46
3.2	平面连杆机构	46
3.2.1	铰链四杆机构的基本形式	47
3.2.2	铰链四杆机构的演化形式	52
3.3	凸轮机构	56
3.3.1	认识凸轮机构	56
3.3.2	凸轮机构的类型	57
3.3.3	凸轮的材料	60
3.3.4	凸轮的结构	60
3.3.5	凸轮机构的应用	62
3.4	螺旋机构	62
3.4.1	螺旋机构的分类	63
3.4.2	滑动螺旋机构	64
3.4.3	滚动螺旋机构	66
3.5	间歇运动机构	67
3.5.1	棘轮机构	67
3.5.2	槽轮机构	71
3.6	变速变向机构	73
3.6.1	变速机构	74
3.6.2	变向机构	75
	小结	76
	习题	76
<b>第4章 带传动和链传动</b>		<b>78</b>
4.1	带传动	80
4.1.1	认识带传动	80
4.1.2	带传动的工作原理	81
4.1.3	V带的型号及选用	83
4.1.4	带轮的材料与结构	85
4.1.5	带传动的张紧装置	85
4.1.6	带传动的安装与维护	86
4.2	链传动	87
4.2.1	链传动的特点和分类	87
4.2.2	链轮的结构	88
4.2.3	链轮的材料	89



4.2.4	链传动的主要参数	89
4.2.5	链传动的布置	91
4.2.6	链传动的张紧	91
	小结	92
	习题	92

## 第5章 齿轮传动和蜗杆蜗轮传动 93

5.1	齿轮传动的分类	94
5.2	渐开线齿廓的啮合性质	96
5.2.1	齿轮啮合基本定律	96
5.2.2	渐开线的形成及其特性	97
5.2.3	渐开线齿轮齿廓的啮合特性	98
5.3	渐开线标准直齿圆柱齿轮的结构	99
5.3.1	渐开线直齿圆柱齿轮各部分名称	99
5.3.2	渐开线直齿圆柱齿轮的基本参数	101
5.3.3	渐开线直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	103
5.4	渐开线齿轮正确啮合和连续传动条件	105
5.4.1	渐开线齿轮的正确啮合条件	105
5.4.2	渐开线齿轮连续传动的条件	106
5.4.3	齿轮的安装	108
5.5	齿轮的切削加工	109
5.5.1	成形法	109
5.5.2	范成法	110
5.6	其他常用齿轮传动	112
5.6.1	齿轮齿条传动	112
5.6.2	斜齿圆柱齿轮传动	113
5.6.3	直齿圆锥齿轮传动	117
5.7	齿轮传动的失效形式	118
5.7.1	齿轮的失效形式	118
5.7.2	齿轮的材料	121
5.7.3	齿轮结构	122
5.7.4	齿轮的精度和标注	122
5.7.5	齿轮的润滑	123
5.8	蜗杆传动	124
5.8.1	初识蜗杆传动	124
5.8.2	普通圆柱蜗杆传动的主要参数	125







5.8.3	蜗杆传动回转方向的判别	125
5.8.4	蜗杆传动的正确啮合条件	125
	小结	126
	习题	126
<b>第6章</b>	<b>轮系</b>	<b>128</b>
6.1	认识轮系	130
6.2	分析定轴轮系的运动	131
6.3	分析周转轮系的运动	136
6.4	了解轮系的功用	139
	小结	142
	习题	142
<b>第7章</b>	<b>常用机械零件</b>	<b>144</b>
7.1	键与销联接	145
7.1.1	键联接	145
7.1.2	销联接	150
7.2	螺纹联接	151
7.2.1	认识螺纹	152
7.2.2	螺纹联接的类型	154
7.2.3	标准螺纹联接件	154
7.2.4	螺纹联接的防松	157
7.3	轴	159
7.3.1	轴的功用与分类	160
7.3.2	轴的材料	160
7.3.3	轴的结构设计	162
7.4	轴承	165
7.4.1	滑动轴承	165
7.4.2	滚动轴承	167
7.5	联轴器和离合器	173
7.5.1	联轴器	174
7.5.2	离合器	176
7.6	制动器	178
	小结	179
	习题	179



<b>第 8 章 液压和气压传动</b> .....	181
8.1 液压传动综述 .....	182
8.1.1 认识液压系统 .....	182
8.1.2 液体压力 .....	183
8.2 液压元件 .....	188
8.2.1 液压泵 .....	188
8.2.2 液压缸 .....	191
8.2.3 液压马达 .....	193
8.2.4 液压控制阀 .....	195
8.2.5 液压辅助元件 .....	208
8.3 典型液压传动系统分析 .....	211
8.4 气压传动简介 .....	213
8.4.1 气压传动概述 .....	213
8.4.2 气源装置 .....	215
8.4.3 气动执行元件 .....	218
8.4.4 气动控制元件 .....	221
8.4.5 气压传动系统实例分析 .....	223
小结 .....	224
习题 .....	225



# 第1章 初识机械

在日常生活和工业生产中，机械产品无处不在。我们骑的自行车、手腕上佩戴的机械手表、工厂里面工作得热火朝天的机床设备、在马路上奔跑的各式各样的汽车，这些都是典型的机械产品。随着现代科技的发展，机械被赋予了越来越多的智能因素，其中，在当代制造业中大显身手的智能机器人就是最典型的代表。



## 学习目标

- ★ 了解机械的概念。
- ★ 了解机械中的力学知识。
- ★ 了解机械的组成。
- ★ 初步了解机械设计方法。

在学习本课程之前，我们先来看几个生活中的例子。



## 观察与思考

(1) 我们日常生活中常用的钟表是一种典型的机械产品，如图 1-1 至图 1-3 所示。其工作过程和原理就是一台机器工作运行的缩影，具有典型代表性。家中如果有废弃的闹钟，可以尝试将其拆开，查看其内部结构，并思考其中的零件各有什么特点。

(2) 手机是我们常见的生活用品，如图 1-4 和图 1-5 所示。与钟表不同的是，其部件以电子产品为主。可以查看一款废弃手机的内部结构，总结其特点，然后对比一下机械产品和电子产品的主要区别是什么。

(3) 汽车的内部结构更加复杂，如图 1-6 所示。与前面提到的钟表和手机相比，汽车产品在构成上有什么特点？在设计这类产品的各个零部件时应该注意哪些主要问题？

(4) 图 1-7 所示为具有人工智能的焊接机器人；图 1-8 所示为具有灵活关节的仿生机器人，其能随着音乐的节奏翩翩起舞。思考这类机械产品的主要特点是什么，同时想想现代机械的发展方向是什么。



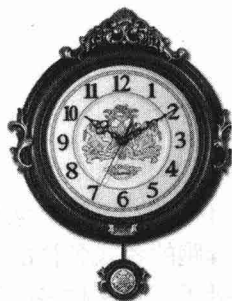


图1-1 挂钟



图1-2 手表

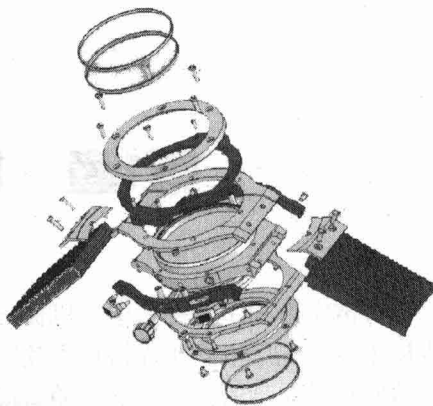


图1-3 手表的结构



图1-4 手机

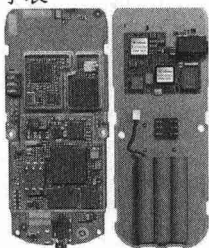


图1-5 手机的内部结构

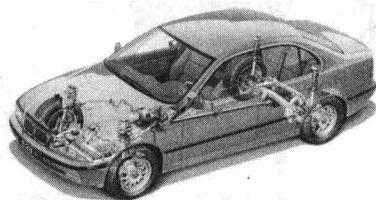


图1-6 汽车产品

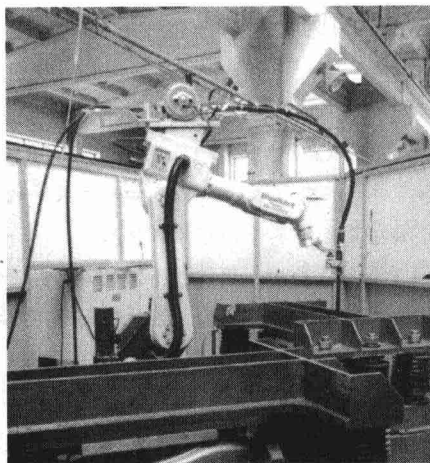


图1-7 工作中的焊接机器人

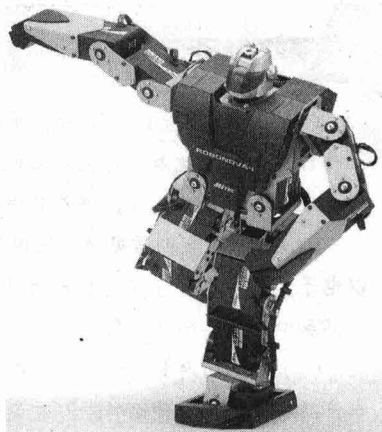


图1-8 会跳舞的仿生机器人

## 1.1 理解机械的概念

机械是各种机器和结构的统称，如钟表、汽车、起重机、机床及电风扇、洗衣机等，都是机械。机械的种类繁多，结构、性能和用途各有差别。但是，从宏观上

分析, 各类机械仍然具有以下共同特点。

① 机械由一定数量的零(部)件组合而成。

② 机械通常包括原动机、工作机构和传动机构, 其中各部分的用途如下。

❖ 原动机: 为整个机器提供动力。常用的原动机包括电动机和内燃机。原动机可以把其他形式的能源转换为机械能, 产生驱动动力。

❖ 工作机构: 是机械中直接产生工艺动作的部分, 例如机床上驱动刀具和工件产生相对切削运动的机构。

❖ 传动机构: 是将原动机中的运动和动力准确传递到工作机构上的部分, 在传递过程中还会根据需要对运动的性质和速度进行变换。

图 1-9 所示为一个内燃机的内部结构, 该内燃机由齿轮机构、凸轮机构和四杆机构等构成。请同学们通过课堂讨论的形式分析其结构特点, 并尝试分析该器的主要功能。

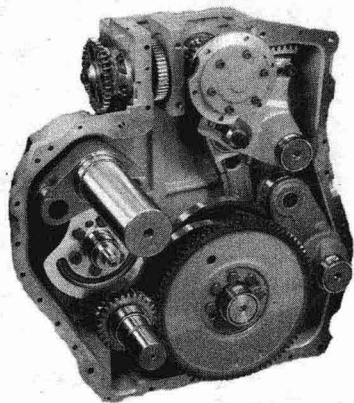


图 1-9 内燃机的内部结构

## 1.2 认识机械中的力学

在日常生活中, 力的作用无处不在。在机械中, 零件工作时都必须承受力的作用, 有些零件还处于非常复杂的受力环境中。思考图 1-10 所示斜拉桥中的钢丝绳主要承受什么性质的力的作用, 其主要破坏形式是什么?

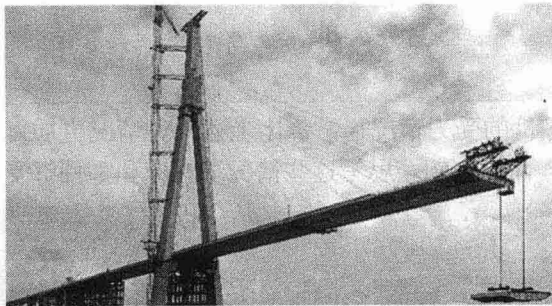


图 1-10 斜拉桥



**重要提示**

斜拉桥中的钢丝绳主要承受拉力; 当钢丝绳承受的拉应力超过其许用应力时, 钢丝绳被拉断。

思考图 1-11 中的起重臂主要承受什么力的作用, 其主要破坏形式是什么?



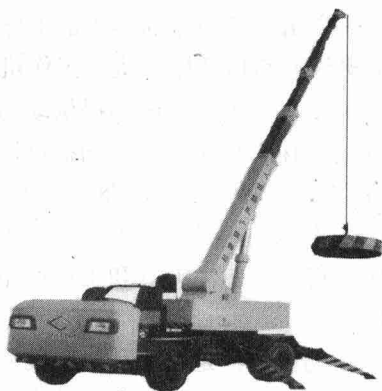
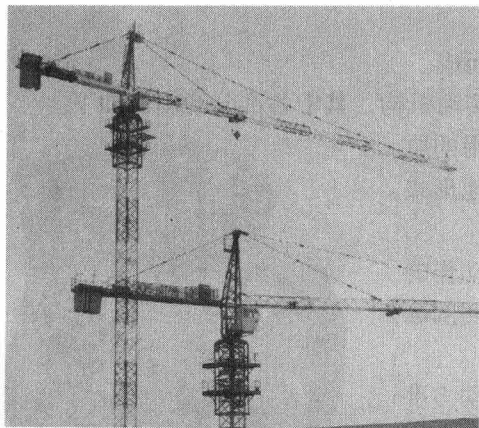


图1-11 工作中的起重设备



**重要提示**

起重臂主要承受拉(或压)变形、弯曲变形; 主要破坏形式是拉断或压溃。

在图 1-12 所示的齿轮传动机构中, 齿轮及安装齿轮的轴主要承受什么性质的力, 其主要破坏形式又是什么?

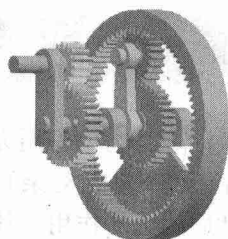
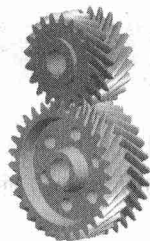


图1-12 齿轮传动机构



**重要提示**

齿轮的齿面主要承受压力; 安装齿轮的轴主要承受弯曲变形和扭转变形。

机械产品中, 零件的受力情况通常都比上述几种情况更加复杂。图 1-13 所示为使用机床加工机械零件的实例。思考这些情况下机床和零件都受哪些力的作用。

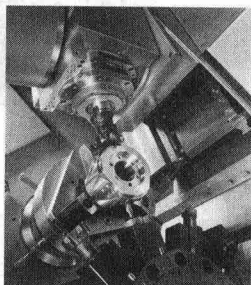
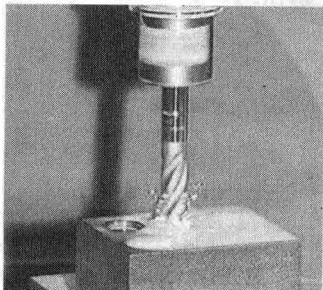


图1-13 使用机床加工机械零件





### 重要提示

钻头承受了压缩变形, 弯曲变形, 扭转变形等; 而零件则主要受到压力的作用。

通过以上实例, 我们认识到机械零件在工作过程中的受力情况是非常复杂的, 受力的类型也各不相同。图 1-10 中的钢丝绳主要承受拉力, 图 1-11 中的起重臂则主要承受弯矩, 而图 1-12 中的齿轮轴主要承受扭矩。至于图 1-13 中的机床系统则受力情况非常复杂, 力的性质、大小和方向都在不断变化。

在机械产品中, 当零件受力过大并且超出其本身的承受能力时, 零件将发生断裂等破坏, 轻者将导致其无法继续工作, 重者将引发严重的事故。因此, 对机械产品进行受力分析、发现潜在的设计隐患是机械设计中的重要技术环节。

## 1.3 认识机械的组成

假如你是一个机械设计师, 你打算怎样组装你的机械产品? 怎样使用最简单的方法使设计的机器能够实现你需要的功能? 试从宏观上进行规划。

### 1. 认识零件和整机

机器不论其结构是简单还是复杂, 都是由若干零件和部件组成。各个零件通过装配的方法组合成一个紧凑的产品, 就是整机。图 1-14 所示为内燃机的装配模型。

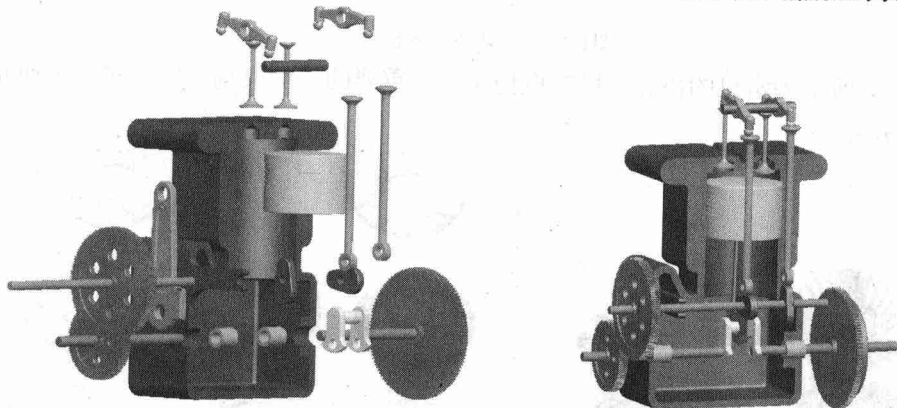


图1-14 内燃机装配模型

### 2. 认识常用机构

从运动上讲, 机器由若干机构组成, 机构可以把一个或几个物体的运动转换成其他物体所需的运动。机构的种类很多, 每类机构都具有特定的构成形式和功能。

下面是机器中常用的一些机构, 同学们知道它们的用途吗?

图 1-15 所示为常用的曲柄摇杆机构, 该机构被用于火车机车车轮上, 如图 1-16 所示。



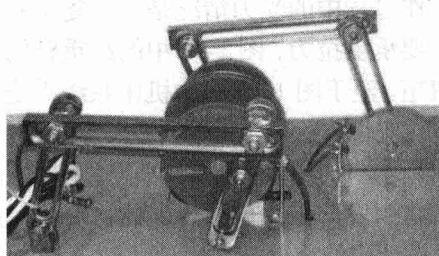


图1-15 曲柄摇杆机构

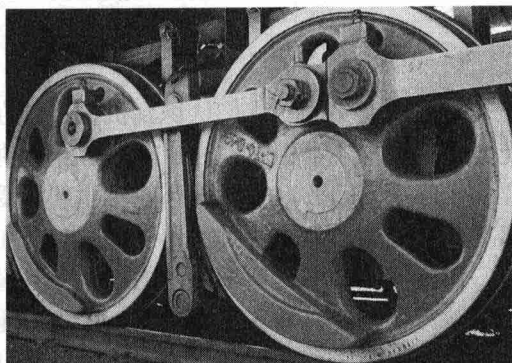


图1-16 火车机车车轮

图 1-17 所示为常见的各种凸轮零件。凸轮机构主要用于实现运动变换，将主动件的转动和移动转换为从动件的往复移动或摆动。

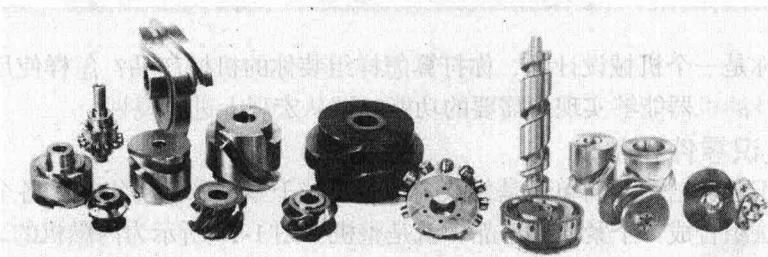


图1-17 常见凸轮零件

图 1-18 所示为常见的齿轮。齿轮机构是一种重要的传动机构，用于实现运动和速度的变换。

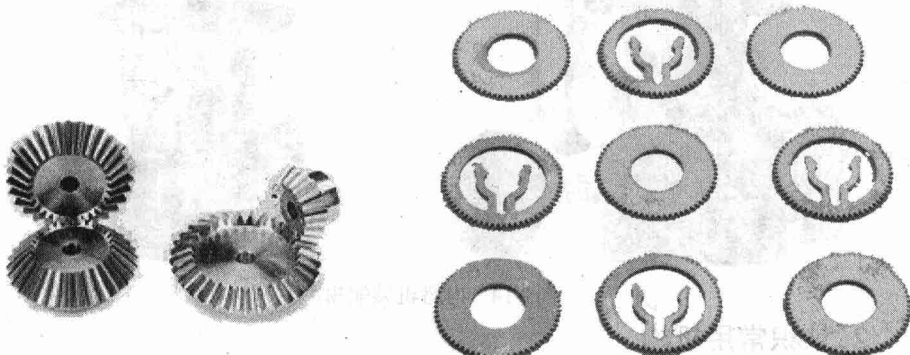


图1-18 常见齿轮零件

图 1-19 所示为以棘轮棘爪机构作为核心的手拉葫芦，用于吊起重物。棘轮棘爪机构可以将主动件的连续运动变换成从动件的间歇运动。

图 1-20 所示为以螺旋机构作为核心的千斤顶，螺旋机构可以将旋转运动变换为直线运动，同时具有增力作用，在主动件上施加较小的力即可获得较大的输出力。





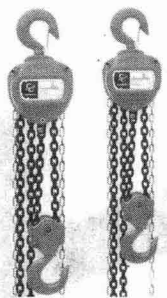


图1-19 手拉葫芦

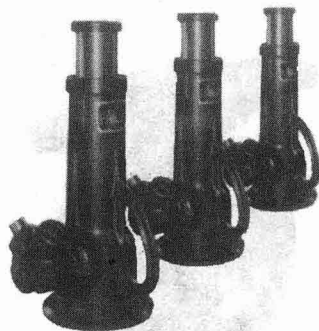


图1-20 螺旋千斤顶

### 3. 认识机械传动

机械中都有相对运动的零件，并且这些零件的运动有顺序关系；往往是某一个零件按照一定规律运动后带动别的零件运动，这就是机械传动。机械传动是由具体的传动部件来实现的，机械传动的设计是机械设计的重点之一。

图 1-21 ~ 图 1-26 所示为用于机械传动的常用机构，是否感觉这些机构在日常生活中似曾相识？试思考这些机构在传动过程中各有何特点，主要用于什么场合？并尝试在日常生活中寻找这些机构的应用。

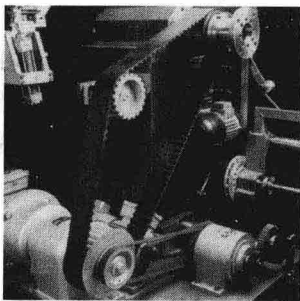


图1-21 带传动

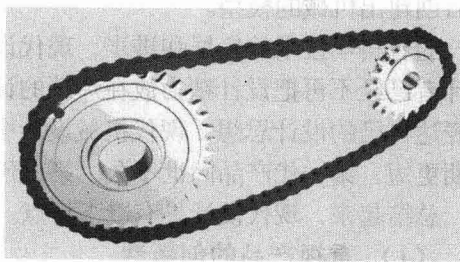


图1-22 链传动

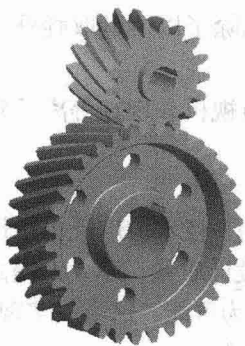


图1-23 斜齿轮传动

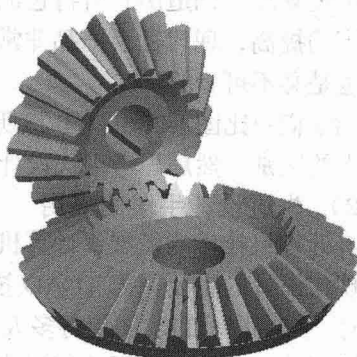


图1-24 锥齿轮传动