

高等学校教材

# 机械原理与零件

哈尔滨工业大学机械原理教研室

王世彤 主编

高等教育出版社

高等学校教材

# 机械原理与零件

哈尔滨工业大学机械原理教研室

王世彤 主编

418603

高等教育出版社

## 前 言

根据国家教委 1987 年批准的《机械原理与零件课程教学基本要求》，我们于 1987 年编写了《机械原理与零件》教材的试用本，经几届教学实践，并征求多方意见后对试用本作了修订编写出本教材。

本教材适用于高等工业学校中要求以机械原理为主的一些非机械类专业的学生使用。总学时为 55~60 学时。

在编写中，编者总结了多年（特别是近几年）来教研室对我校一些非机械类专业所开该课程的教学经验，并力求使该教材体系合理，内容简明实用，叙述深入浅出，便于教与学。

考虑到各学校情况的不同以及不同专业的需要，有些章节的内容较“基本要求”稍多，如螺纹副中力的分析、螺栓联接的计算、导轨、连杆机构的结构、组合机构等，但所占篇幅很少，有的可让学生自学。

书中采用了最新国家标准。每章后附有思考题和习题可供选用。

参加本书编写的有：王世彤（第一、二、三、四、五、八、九章）、韩元莹（第六、十一章）、杨桂茂（第七章）、何俊声（第十章）、安永辰（第十二章）。全书由王世彤负责主编。

本书承高等工业学校机械原理课程教学指导小组委员杨元山教授审阅，提出了宝贵意见，我们表示衷心感谢。

在本书编写中曾得到李华敏教授的指导，龚桂义教授、陈明教授也曾提出不少建议，陈荣增教授曾审阅了第三、四、五章书稿并提出修改意见，也在此致谢。

由于我们水平有限，书中误漏及不妥之处在所难免，敬希读者不吝指正。

编者

于哈尔滨工业大学

一九九一年九月

# 目 录

## 第一章 绪 论

- § 1-1 基本概念和定义..... 1
- § 1-2 机械原理与零件课程的研究对象及内容..... 6
- § 1-3 机械原理与零件课程的性质和任务..... 7

## 第二章 机构运动简图及平面机构的自由度

- § 2-1 机构的组成..... 9
- § 2-2 机构运动简图..... 14
- § 2-3 平面机构的自由度及机构具有确定运动的条件..... 19
- § 2-4 计算平面机构自由度时的注意事项..... 23

## 第三章 螺纹联接与键联接

- § 3-1 螺纹联接及螺旋机构..... 29
- § 3-2 键联接..... 56

## 第四章 轴承、导轨、轴、联轴器与离合器

- § 4-1 滑动轴承..... 67
- § 4-2 滚动轴承..... 76
- § 4-3 导轨..... 99
- § 4-4 轴..... 101
- § 4-5 联轴器及离合器..... 111

## 第五章 挠性传动机构

- § 5-1 带传动..... 126
- § 5-2 链传动..... 149

## 第六章 齿轮传动机构

§ 6-1	齿轮传动的特点和分类 .....	167
§ 6-2	渐开线和渐开线齿廓的啮合特点 .....	169
§ 6-3	渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸 .....	173
§ 6-4	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动 .....	178
§ 6-5	齿轮的加工原理、根切现象、最少齿数及变位齿轮简介 .....	183
§ 6-6	齿轮的失效形式 .....	187
§ 6-7	齿轮的材料 .....	189
§ 6-8	直齿圆柱齿轮的强度计算 .....	191
§ 6-9	圆柱齿轮的结构 .....	200
§ 6-10	斜齿圆柱齿轮传动 .....	202
§ 6-11	圆锥齿轮传动 .....	207
§ 6-12	蜗杆传动 .....	211

## 第七章 轮系及减速器

§ 7-1	轮系的分类及其应用 .....	224
§ 7-2	定轴轮系的传动比计算 .....	227
§ 7-3	周转轮系的传动比计算 .....	230
§ 7-4	少齿差行星齿轮传动简介 .....	235
§ 7-5	减速器 .....	237

## 第八章 平面连杆机构

§ 8-1	平面连杆机构的特点及应用 .....	244
§ 8-2	平面四杆机构的类型及演化 .....	249
§ 8-3	平面四杆机构的性质 .....	260
§ 8-4	平面四杆机构的设计 .....	269

## 第九章 凸轮机构

§ 9-1	凸轮机构的特点、应用及其分类 .....	282
§ 9-2	从动件的常用运动规律及其选择 .....	287

§ 9-3	盘形凸轮轮廓曲线的设计 .....	294
§ 9-4	凸轮机构的压力角和凸轮基圆半径 .....	302
§ 9-5	凸轮和滚子的材料及其强度校验 .....	305

## 第十章 间歇运动机构及组合机构

§ 10-1	槽轮机构 .....	309
§ 10-2	棘轮机构 .....	313
§ 10-3	不完全齿轮机构 .....	318
§ 10-4	凸轮式间歇运动机构简介 .....	320
§ 10-5	组合机构 .....	322

## 第十一章 机械的调速与平衡

§ 11-1	机械速度波动的调节 .....	328
§ 11-2	机械运转的平均速度和不均匀系数 .....	330
§ 11-3	飞轮设计的基本原理 .....	332
§ 11-4	机械平衡的意义 .....	333
§ 11-5	回转构件的静平衡 .....	334
§ 11-6	回转构件的动平衡 .....	335

## 第十二章 机械传动系统方案的拟定

§ 12-1	机器的原始运动参数 .....	340
§ 12-2	工作循环图 .....	341
§ 12-3	常用机构的选择 .....	344
§ 12-4	机械传动系统方案的拟定 .....	348
<b>参考书目</b> .....		351

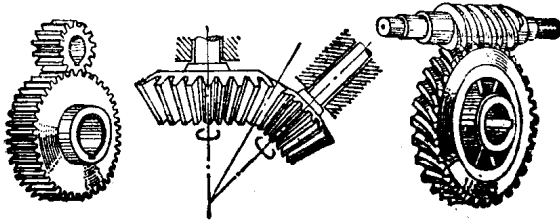
# 第一章 绪 论

## § 1-1 基本概念和定义

为了说明本课程的研究对象和内容，首先介绍有关名词的定义和基本概念。

凡是用来传递运动和力或改变运动形式的装置，称为机构。常用的有齿轮机构、凸轮机构、连杆机构、螺旋机构、带传动机构和链传动机构，另外还有槽轮机构和棘轮机构等（见图 1-1）。齿轮机构、带传动机构和链传动机构（图 1-1 a、b）能传递回转运动和转矩，并能改变转速；连杆机构（图 1-1 d）能传递运动和力，并能改变运动的形式，如曲柄滑块机构（图 1-1 d）和曲柄摇杆机构（图 1-1 d）可以将曲柄的连续转动变成滑块的往复移动和摇杆的往复摆动；凸轮机构（图 1-1 e）有的不但可以将凸轮的连续转动变成从动件的往复移动或往复摆动，而且还能使其在往复运动中的速度、加速度等按一定规律变化。

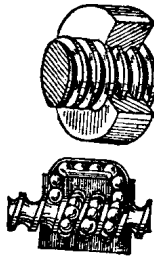
凡是用来作功（改变工件的形状、位置和性质等）或转化机械能（变其他能为机械能或将机械能变成其他能）的机构或机构的组合体就称为机器。如内燃机、发电机、洗衣机、缝纫机、织布机、印刷机、机床、机器人、起重机、运输机、车、船、飞机、导弹和宇宙飞船等等。它们都由一种或多种机构组合而成。图 1-2 a、b 所示为一种加工螺纹的机床，称为搓丝机。它由齿轮机构（2、3、3'、4、10）、凸轮机构（4'、5、10）以及连杆机构（4、8、9、10 和 6、7、10）组成。工作时电动机 1 通过齿轮 2、3、3'、4 使连杆 8 带动滑块 9 和活动搓丝板 11(9) 一起沿导轨（机架）10 相对固定搓丝板 12(10) 移动，工件上即可搓出螺纹，而后由凸轮 4' 控制的推杆 7 将工件送出。此为机构组合作功（改



a) 齿轮机构

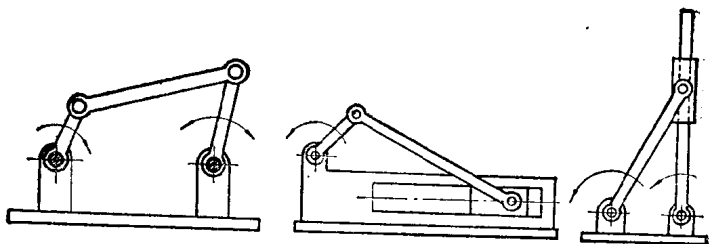


b) 带传动及链传动机构

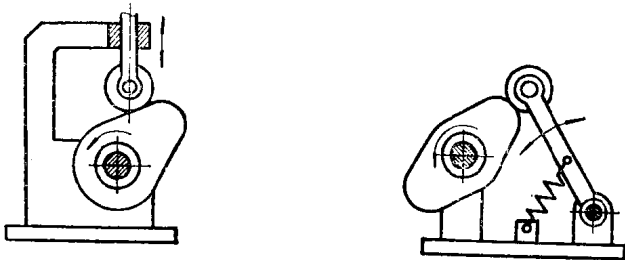


c) 螺旋机构

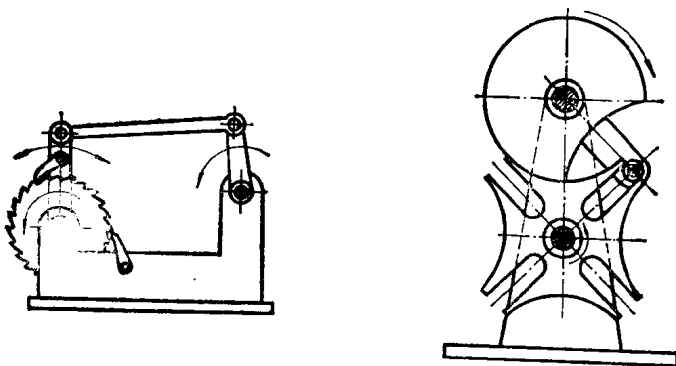




d) 平面连杆机构



e) 凸轮机构



f) 间歇运动机构 (棘轮机构及槽轮机构)

图1-1 常用机构

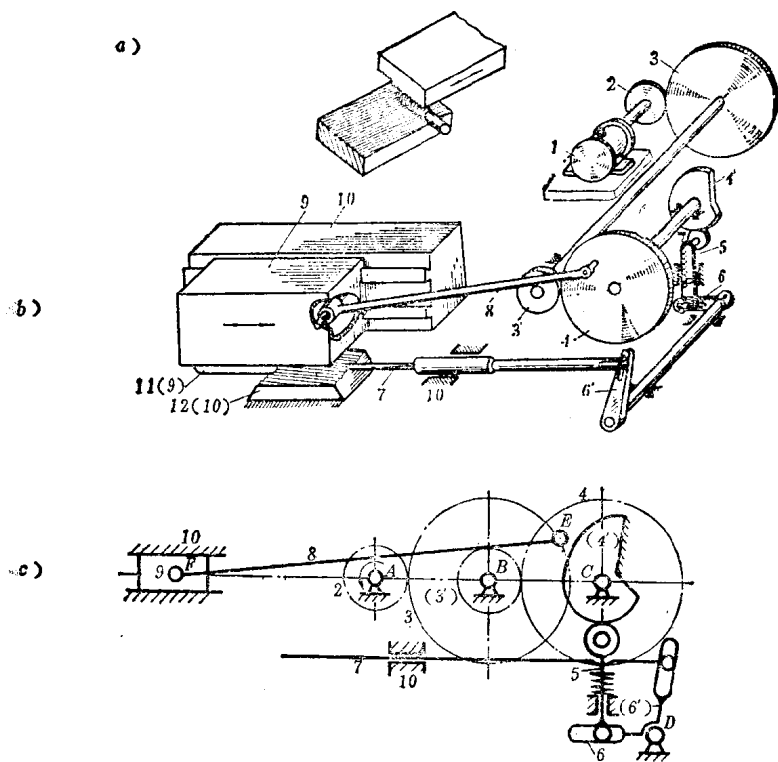


图1-2 螺纹加工机床——搓丝机

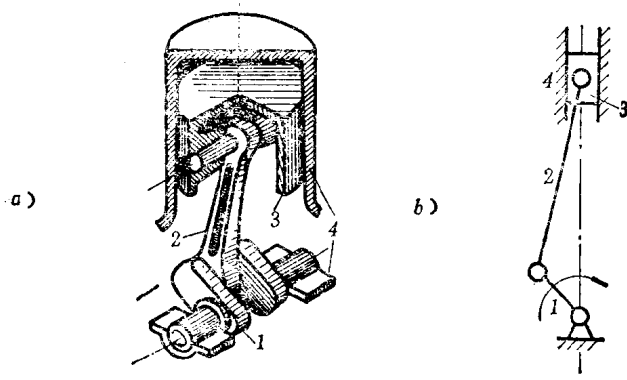


图1-3 内燃机

变工件形状)的例子。图 1-3 a 所示的内燃机,主要由曲柄滑块机构组成,它可以把燃气的热能转化成机械能,这是用机构转化机械能的例子。

机器和机构的区别就在于能否做功或转化机械能。因此可以说,机器是用来做功或转化机械能的机构,而机构是用来实现一定运动的装置。

当机构或机构的组合体主要不是用来做功或转化机械能,而只是完成某种确定运动借以测量某些物理量时,则此机构或机构的组合体就称为仪器或仪表,如千分表、压力表、钟表等。图 1-4 所示为精密气压表,当弹性元件 1、2 受气压作用并产生水平方向移动时,使 CD 杆摆动,并通过 CB 杆带动扇形齿轮 4 及小齿轮 5,则与小齿轮固联的指针 3 便在表盘上指示出压力值。该气压表由连杆机构和齿轮机构组成,但它不是机器。

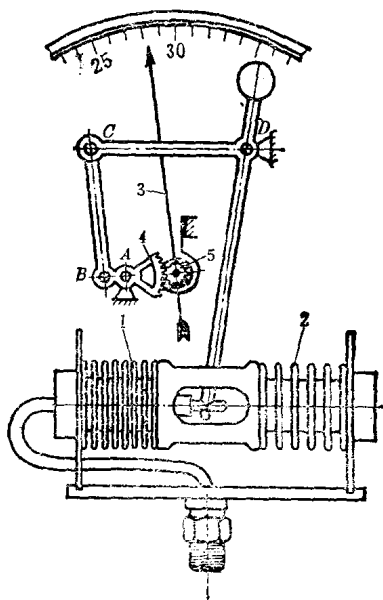


图 1-4 气压表

41.8603

上述的机构以及由机构组成的机器、仪器（或仪表）等，一般统称为机械。

以上，仅是从力学的观点分析了机器和仪器（或仪表）的组成，并由此而给出了机器和仪器（或仪表）的定义。实际上机器除机构外一般还要有驱动和操纵这些机构的起动、控制、检测等装置，才能作功或转化机械能。

另外，如果从结构上分析，任何机器可以认为是由许多零件组装而成的。零件是在结构上组成机械的最小单元，亦即加工制造的单元。所有机械中的零件，按其应用范围可分成两大类，一类是通用零件，一类是专用零件。在各种机械中常见且具有相同功用的零件，称为通用零件，如螺栓、螺母、键、轴、齿轮、带、链、带轮、链轮以及轴承、联轴器和离合器等（后三者应称为部件）。而只在某种专用机械中使用的零件称为专用零件，如内燃机的活塞、汽轮机的叶片、缝纫机的缝针等。

## § 1-2 机械原理与零件课程的研究对象及内容

在日常生活、生产及科学研究中应用着种类繁多的机械，其功用各不相同，并由此而产生各自的原理和结构特点。机械原理与零件课程自然不可能研究各种机械特有的原理和结构，而只是研究其共性的原理和结构。如上所述，各种机械都可以看成是由机构或零部件组成，所以各种机械中共有的常用机构和通用零部件，即是本课程的研究对象。而关于常用机构的分析和设计的基本方法，以及通用零部件的工作原理、结构和选用方面的基本知识，即是本课程的基本内容。其中对典型的常用机构和通用零部件的研究方法，也可以适用于对其他机构和零件的研究。

本教材包括绪论共 12 章。第二、十一、十二章介绍机械中的共性原理；第三、四章主要介绍联接零部件和支承零部件；第五、六、七、八、九、十章主要介绍机械中常用机构。每章内容可以相对独立，但从组成机械系统的总体来看，每章内容又都是相互

联系而不可缺的。

另外，现代机器、仪器等往往是将机械、电器（电子）、液压或气动容为一体，由于学时关系，本教材只涉及机械方面的内容。

### § 1-3 机械原理与零件课程的性质和任务

机械原理与零件课程，是非机械类专业中作为了解机械运动和零部件结构等基础知识的一门技术基础课程。学习本门课程必须在修完机械制图、机械制造基础和工程力学等基础课程，并经过金工实习的基础上进行。在本门课程的教学过程中，通过讲课、实验、习题和课程作业等环节，要使学生了解通用零部件的工作原理、结构和选用方面的基本知识；了解常用机构的原理，并掌握典型机构设计的基本方法；使学生初步具有分析简单机械的运动和按给定的运动要求设计简单机械系统方案的能力。从而为以后学习专业课程和进行专业综合性的设计打下基础。因此，本课程在非机械类有关专业的教学计划中有着承上启下的作用，是一门不可缺少的课程。另外，作为有关专业的工程技术人员也需要具备以上的基本知识和能力。因为他们无论在生产、科研或其他工作中，都会遇到各种机器和仪器，需要从运动原理、结构等方面了解它们，以便对其正确使用、维护和改进。有时还会遇到设计新机械的问题。所以，作为有关专业的学生一定要学好本门课程，以便将来在工作中能有较好的适应性。

机械原理与零件课程是一门技术基础课程，它与理论基础课程不同，其研究对象比较具体，就是组成各种机械的常用机构和通用零部件，所以，与工程实际联系紧密；其中一些知识和方法可以直接用于工程实际，解决问题。因此应该在学习中做到理论联系实际，利用各种机会深入生产现场、实验室，增强对于基本生产知识的了解；注意利用实物和模型，增加对常用机构和通用零部件的感性知识。由于机构的原理和零部件的结构需要用图来

描述，所以还要注意锻炼和加强识图和绘图的能力。这些都是学好本门课程的必要条件。

### 思 考 题

- 1-1 什么是机构？什么是机器？
- 1-2 你在学习本课程之前曾接触过或见到过哪些常用机构和通用零件？

## 第二章 机构运动简图及 平面机构的自由度

本章首先介绍机构的组成，然后介绍机构运动简图及其绘制的原则与方法，最后介绍机构自由度的计算及机构具有确定运动的条件。

若机构中的构件都在同一平面或相互平行的平面内运动，则该机构称为平面机构，否则称为空间机构。由于平面机构在工程中得到广泛应用，所以本章只讨论平面机构。

### § 2-1 机构的组成

#### 一、构件

从结构上看，任何机器都是由零件组成的。但是，观察运动着的机器时，会发现，在组成机器的零件中，有的单个零件就是一个独立的运动单元体，而有的零件则因结构或工艺上的需要和其他一些零件固联一起，成为一个独立的运动单元体。

一个零件或由一个以上零件固联（其间没有相对运动）在一起，所形成的独立的运动单元体，就称为构件。例如图 2-1 a、b 所示的连杆，它是由连杆体 1、连杆头 2、套筒 3、轴瓦 4、5 以及螺栓 6、螺母 7 和销钉 8 等零件固联在一起组成的，在内燃机（图 1-3）中作平面运动，是一个独立的运动单元体，所以是一个构件。又例如，图 1-2 a 中所示的齿轮 3、3' 与它们的轴固联在一起在搓丝机中按一定速度转动，所以也是一个构件；同样，凸轮 4'、齿轮 4 与它们的轴固联在一起也组成一个构件。例如图 2-2 所示的轴齿轮，在机器中是单一零件的构件。

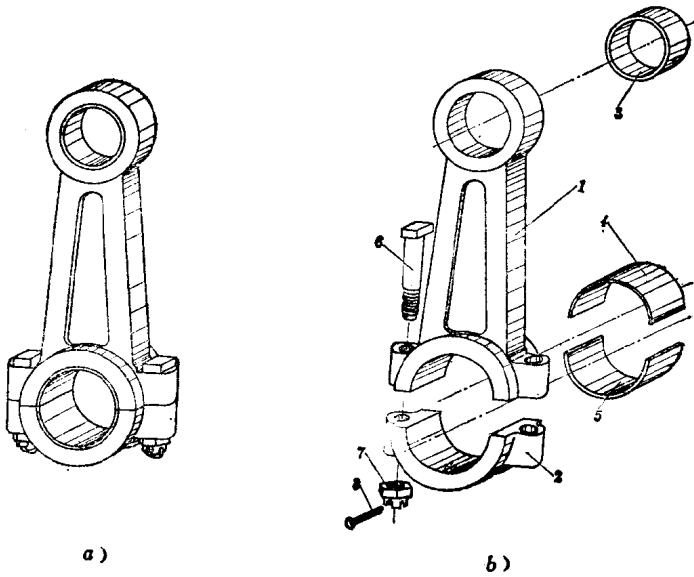


图2-1 连杆——由一个以上零件组成的构件

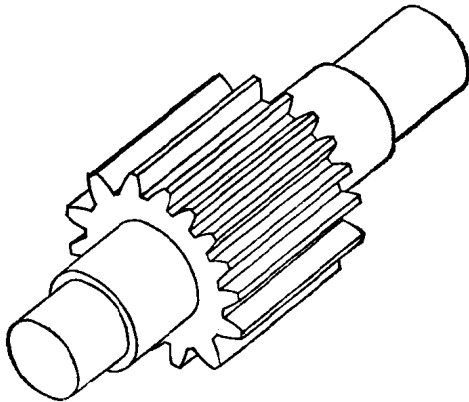


图2-2 轴齿轮——单一零件的构件

因此，从运动的观点来看，任何机器都是由一些(两个以上)构件组合而成的。



## 二、运动副

由于机构都是由构件组合而成的，所以，为了把构件组合成机构，并使之能实现一定的运动，必须按一定方式把它们联接起来，但这种联接不能是固接，而应该是使被联接的两构件之间具有某些相对运动的可动联接。

两构件直接接触并能产生某些相对运动的可动联接，称为运动副。例如轴与轴承之间、活塞与气缸体之间、两齿轮的轮齿之间、凸轮与从动杆之间的联接都构成了运动副。

平面机构中的运动副，称为平面运动副。按组成运动副时两构件接触情况的不同，平面运动副可以分为低副和高副两类。

### 1. 低副

凡两构件之间以面接触而组成的运动副，称为低副。低副又可根据组成运动副的两构件之间的相对运动形式，分为转动副和移动副。

(1) 转动副(或称铰链) 如图 2-3 a、b 所示，组成转动副的两构件之间，只能绕同一轴线相对转动或摆动。如搓丝机(图 1-2 a) 中齿轮 3 和 3' 的轴、齿轮 4 和凸轮 4' 的轴与机架 10 之间，连杆 8 与齿轮 4 之间，连杆 8 与滑块 9 之间；内燃机(图 1-3) 中的曲轴 1 与气缸体 4、曲轴 1 与连杆 2、连杆 2 与活塞 3 之间，组成的都是转动副。

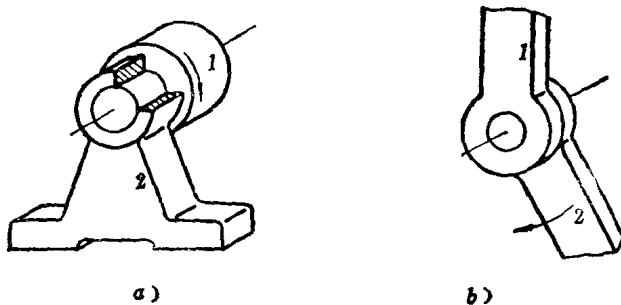


图2-3 转动副