

JIXIEYUANLI
JIXIE
LINGJIAN

朱景梓 主编

机械原理及机械零件

机械原理及机械零件

JIXIE YUANLI JI JIXIE LING JIAN

上 册



朱 景 梓 王 编

C404591

李宗浩	张仲余	李同月	李家骏
范大忼	王西林	赵学镛	施益洪
范文耀	杨秦秀	王 堃	沈德孝
薛景文	林朝桢	编	

山西人民出版社

机械原理及机械零件 (上册)

(上下共二册)

朱景梓 主编

山西人民出版社出版 (太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行 山西新华印刷厂印刷

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.25 字数: 221千字

1984年8月第1版 1984年8月太原第1次印刷

印数: 1—12,500册

书号: 15088·169 定价: (上册) 1.20元

前 言

本书是根据1980年5月，全国高等院校机械原理及机械零件教材编审委员会，在太原审定的近机类、动力类各专业100~130学时《机械原理及机械零件教学大纲（草案）》编写的。本书在编写过程中，结合了我们多年来的教学实践，试图从教学实际出发，努力运用辩证唯物主义观点，阐述了机械设计的基本规律和设计准则。内容由浅入深、循序渐进，略去了对繁琐公式的推导，力求做到联系实际、简明易懂，适宜自学。对于齿轮传动，是按照新的计算方法加以简化，以符合我国当前的生产实际；有关一些新的科技成就，书中也作了引用（小字排列），以供参考。另外，为了建立设计一部机器的完整概念，除从整体机器出发，加强对常用机构的分析、综合，通用零件的选用和设计外，书后还附有工厂常见的皮带运输机的设计和计算实例，这对于某些不安排机械零件课程设计的专业的同学会有所帮助。考虑到非机械类各专业的需要，还增加了大纲中尚未列入的“运动副中的摩擦”一章及“钢的热处理”一节，以便选学。全书采用了国际单位制（SI），并尽量采用国际通用的符号和角标，便于交流。

本书可作为高等院校近机类、动力类及机械类专科各专业、厂矿职工大学的教材或教学参考书，亦可供其它有关专业的师生和工程技术人员参考。

本书由朱景梓教授担任主编。参加编写的同志有：李宗浩（绪论、第1、2、6章）、（张仲余第3、5章）、李同月

(第4章)、李家骏(第7、8章)、范大恽、(第9章)、赵学镛、施益洪(第10章)、范文耀(第11章)、杨秦秀(第12、16章)、王堃(第13章)、沈德孝(第14、17章)、薛景文(第15章)、林朝桢(第18章、附录)。王西林同志曾写过第9章、附录的第一遍初稿。机械原理部分由李宗浩副教授通读、定稿,张仲余审图;机械零件部分由林朝桢副教授通读、定稿及审图。全书最后由朱景梓教授审定。

本书在编写过程中,承蒙太原钢铁公司、太原重型机器厂、西山矿务局、太原矿山机器厂、太原化工厂、太原化肥厂、煤炭科学研究院太原研究所、山西省机械设计研究所、化工部第二化工设计院等单位及有关同志的大力协助,在此谨表示衷心的感谢。

由于我们水平有限、时间仓促,书中缺点和错误在所难免,殷切期望广大读者批评指正。

编 者

1983年6月

绪 论

一、引 言

在工程上，常把机器和机构统称为机械。

机械是人类进行生产活动的重要武器，也是衡量社会生产力发展水平的重要尺度。劳动生产过程的机械化和机械自动化，有赖于新机构和新机器的发明创造。要发明创造新的机构和机器，首先要作创始意念设计，即制作出机构运动简图，然后再具体考虑如何设计机械零部件，制造出崭新的机构和机器来。

近机械类专业的教学计划规定，《机械原理及机械零件》是必修课程。实践表明，学习《机械原理》，可以提高创始意念的设计能力；学习《机械零件》，可以提高机械零部件的设计技能。

二、机器及基本组成部分

人们在劳动生产活动中，广泛地使用着各种机器。例如起重机、推土机、汽车、拖拉机、采煤机、破碎机、纺织机、内燃机、曲柄压力机以及各种金属切削机床等。就其构造、用途和性能来说，是各不相同的。但从它们的组成原理、运动确定性以及功能关系来看，却有着三个共同特征：

(1) 机器都是由刚强物体人工组合而成的。物体的刚强与

否，是相对于负荷而言的。如果不考虑某些机器中的电磁作用，例如皮带、绳索等挠性件相对于拉伸，液体或气体相对于挤压等，都可以认为是刚强的。

(2) 机器的各个组成部分之间具有确定的相对运动。这种相对运动可能是周期性的(如内燃机、龙门刨床、曲柄压力机等)，也可能没有一定的周期性(如起重机等)。

(3) 在生产过程中，机器能减轻或代替人类的体力劳动，完成有用的机械功(如龙门刨床刨削平面、破碎机破碎矿石、起重机举起重物等)，或转换机械能(如内燃机将燃油的热能转换为机械能，发电机将机械能转换为电能等)。

当我们仅仅是研究机器各个部分之间的相对运动，而不考虑它们在作功或者能量变换方面所起的作用时，通常可把这些具有确定相对运动的刚强物体的人为组合系统，称为机构。显然，机构只具有机器的前两个特征。

从运动学观点来看，机构和机器二者之间并无区别。如内燃机(图1—1)和曲柄压力机(图1—10)，尽管它们的功用各不相同，但它们的主体机构同样都是曲柄滑块机构。曲柄在内燃机里叫做曲轴，在压力机里叫做偏心轴，它们均作匀速连续转动。滑块在内燃机里叫做活塞，在压力机里叫做冲头，它们均作往复直线运动。可见，功用不同的机器，可以具有相同的主体机构。

机构与机器的区别在于，机构主要是用来传递和变换运动，而机器却主要是用来转换机械能或利用机械能作功。

一部机器可能由许多种不同的机构所组成。如图1—1所示的内燃机，它除了曲柄滑块机构外，还包含有齿轮机构、凸轮机构等。有的机器也可能只包含一个机构，如第一章习题中图 T1—1 所示的手动冲床。

大量生产实践表明，世界上没有脱离机构的机器，却有不用

作机器的机构。拿大家比较熟悉的齿轮来说，它可以作为机构在仪器中单独使用，如钟表、解算装置中的齿轮传动机构。也可以作为现代机器的一个重要组成部分，如金属切削机床、汽车、拖拉机等齿轮传动系统。

另一方面，从结构上来看，机器是由若干零件组成的。比较复杂的机器，又是由一些零件先组成部件，再由部件和另外一些零件所组成。可见，零件是组成机器的最小制造单元，部件则是各个零件的装配单元。

应该指出的是，随着现代科学技术的发展，人们对机器这个概念的认识，也在不断地深化。例如，将其它形式的能量转换为机械能的机器，称为原动机（如电动机、内燃机、蒸汽机等）；利用机械能来完成有用功的机器，称为工作机（如起重机、纺织机、曲柄压力机、采煤机、各种金属切削机床等）；互相配套使用的原动机和工作机，有时再加上独立的传动装置（如减速器），统称为机组。在某些情况下，那些包括有电子计算机和控制装置的机器，也有称为机组的。这时，它不仅能代替人的体力劳动，而且还可以代替人的脑力劳动。

三、本课程的内容、性质和任务

一般机器中常用的机构，均称为常用机构。如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、棘轮机构、槽轮机构、螺旋机构、组合机构，等等。

多数机器用的零件，称为通用零件。如螺栓螺母、键和花键、齿轮、蜗杆与蜗轮、链及链轮、带及带轮、轴与轴承、联轴器、弹簧等等。只在某些机器上用的零件，则称为专用零件。如飞机的螺旋桨、内燃机的曲轴、采煤机的截齿等。

本课程主要包括的内容有以下三个方面：

(1) 常用机构的分析和综合(数综合、型综合和尺度综合)；

(2) 通用零件的选用和设计(强度设计、结构设计和精度设计)；

(3) 机械设计中的有关问题。如运动副中的摩擦和机械效率，机器运转过程中速度波动的调节，转动构件的平衡等。

由于机械化和机械自动化的生产规模日益扩大，使用的机构和机器也愈来愈多。工科高等院校的学生，为了适应时代的要求，应当掌握有关机构和机器的基础知识。《机械原理及机械零件》是一门具有设计性质的技术基础课程。其任务在于使学生掌握常用机构和通用零件的工作原理与设计方法，为学习专业机械知识打下必要的理论基础。同时，也有利于培养学生今后从事工艺、运行、管理等实际工作的能力。因此，本课程不仅在教学计划中有着承上启下的作用，而且还负有培养工程技术人员的独立工作技能的任务。

虽然机械原理与机械零件都是研究机械设计的，但也有所分工。机械原理是研究常用机构的结构以及运动学和动力学的问题，而机械零件则是研究通用零件的强度、刚度、耐磨性、润滑、装配及材料的选择等问题。因为机械设计是属多学科的综合运用，所以在学习《机械原理及机械零件》课程之前，必须学完高等数学、普通物理、机械制图、金属工艺学、理论力学及材料力学等课程。

当前，科学技术的发展酝酿着重大的突破，电子计算机的出现和应用，对于机械的设计理论和计算方法，已经或正在发生着重大影响。最优化设计方法的应用已使机构和机械零部件的设计，从经验的试凑过程，变成真正的设计过程，这不能不引起我们的足够重视。然而，在一般参数的机械设计中，有关传统的

设计方法，如图解法、试凑法等，仍颇为实用。这是因为图解法具有形象直观、概念明晰、简单方便等优点。即使应用电子计算机进行最优化设计，其实质也是一种试凑。只不过在试凑的方案数目和速度上，作为一般手工试凑是无可比拟的。但用传统的设计方法，加之努力实践也是有可能接近于最优设计的。本书主要是介绍传统的设计方法。

前言

绪论	(1)
第一章 平面机构的运动简图及自由度	(1)
§ 1-1 研究机构运动简图及自由度的 目的	(1)
§ 1-2 机构组成的基本要素	(3)
§ 1-3 平面机构运动简图及其绘制	(8)
§ 1-4 平面机构具有确定运动的条件	(15)
§ 1-5 计算平面机构自由度时应注意的 几个问题	(20)
第二章 平面连杆机构	(25)
§ 2-1 平面连杆机构的分类和应用	(25)
§ 2-2 铰链四杆机构的基本型式和特性	(27)
§ 2-3 铰链四杆机构的演化	(36)
§ 2-4 平面四杆机构的传动特性	(44)
§ 2-5 平面四杆机构的设计	(52)
第三章 凸轮机构	(61)
§ 3-1 凸轮机构的应用、特点及分类	(61)
§ 3-2 从动件的常用运动规律	(64)

§ 3-3	凸轮机构的力分析和基圆半径·····	(74)
§ 3-4	平面凸轮机构设计·····	(79)
§ 3-5	圆柱凸轮机构设计·····	(86)
第四章	齿轮机构 ·····	(90)
§ 4-1	齿轮机构的分类和特点·····	(90)
§ 4-2	齿廓啮合基本定律·····	(91)
§ 4-3	渐开线的形成、性质及其方程式·····	(94)
§ 4-4	渐开线圆柱齿轮各部分名称和符 号及标准直齿轮基本尺寸计算·····	(97)
§ 4-5	标准直齿轮的齿厚计算·····	(104)
§ 4-6	标准直齿轮啮合传动·····	(108)
§ 4-7	直齿轮连续传动条件及重迭系数·····	(115)
§ 4-8	圆柱齿轮轮齿的切削加工原理·····	(122)
§ 4-9	标准直齿轮的根切和最少齿数·····	(127)
§ 4-10	变位圆柱齿轮机构·····	(129)
§ 4-11	斜齿圆柱齿轮机构·····	(137)
§ 4-12	圆锥齿轮机构·····	(148)
第五章	轮 系 ·····	(158)
§ 5-1	轮系的种类·····	(158)
§ 5-2	定轴轮系传动比的计算·····	(159)
§ 5-3	周转轮系及其传动比的计算·····	(163)
§ 5-4	轮系的应用·····	(170)
§ 5-5	常用行星轮系简介·····	(175)
第六章	其它常用机构 ·····	(185)
§ 6-1	变角传动机构——万向联轴节·····	(185)
§ 6-2	螺旋机构·····	(188)
§ 6-3	棘轮机构·····	(195)

§ 6-4	槽轮机构	(199)
§ 6-5	组合机构	(203)
第七章	运动副中的摩擦	(207)
§ 7-1	研究运动副中摩擦的目的	(207)
§ 7-2	移动副中的摩擦	(207)
§ 7-3	螺旋副中的摩擦	(211)
§ 7-4	转动副中的摩擦	(217)
§ 7-5	机械效率和自锁	(225)
第八章	转动构件的平衡和机器的调速	(233)
§ 8-1	转动构件平衡的目的和分类	(233)
§ 8-2	转动构件的平衡计算	(236)
§ 8-3	转动构件的平衡试验	(240)
§ 8-4	转动构件的许用不平衡量	(245)
§ 8-5	机器速度波动调节的目的和方法	(247)
§ 8-6	机器运转的平均速度和不均匀 系数	(250)
§ 8-7	飞轮设计的近似方法	(251)
习题		(257)
参考书目		(282)

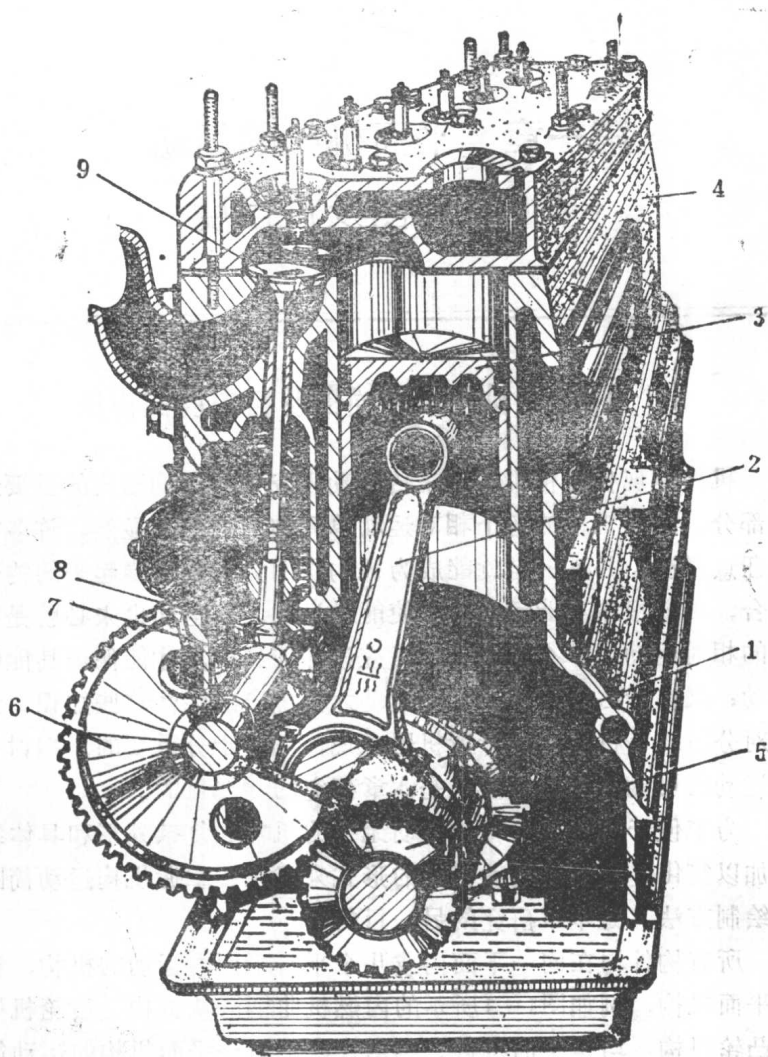
第一章 平面机构的运动 简图及自由度

§ 1-1 研究机构运动简图及自由度的目的

机构是现代各种机器用来传递动力或变换运动形式的重要组成部分。组成机构的各个相对运动单元称为构件。显然，许多构件任意拼凑，并不一定就能成为机构。因为任意拼凑起来的构件组合，可能根本不能运动，即使能够运动，其运动也未必就是确定的相对运动。那么，机构究竟应该如何组成，才能保证它能够运动；又在什么条件下，它的运动才是确定的呢？这些知识，无论对分析现有机器或设计新机器来说，都是十分重要的。探讨机构运动的可能性和确定性，是本章研究的主要目的。

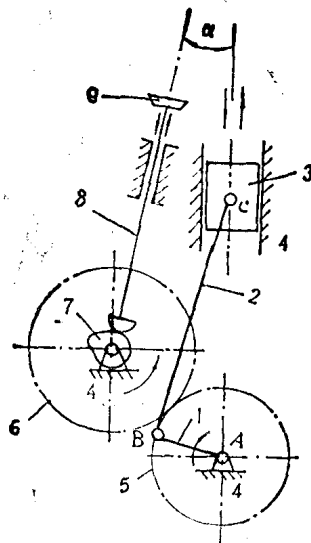
为了便于研究，可将与运动无关的机器的复杂外形和具体结构加以简化，用机构运动简图的形式来表示。掌握机构运动简图的绘制方法，是本章研究的另一目的。

所有构件均在同一平面内或几个平行平面内运动的机构，称为平面机构。例如图1—1所示的内燃机曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构，均是平面机构。本章仅限于讨论平面机构的运动简图和自由度。



a)

图1-1 内燃机



h)

图1—1 内燃机

§ 1-2 机构组成的基本要素

构件和运动副是组成机构的两大基本要素。

一、构件及其自由度

通常，一部机器是由许多零件组成的。但并不是所有零件都能单独地影响机器的运动，往往是由于结构上的需要，把几个零件刚性地固联在一起，作为一个整体运动。这些由几个零件组成的刚性结构与其它的刚性结构相连接，而保持一定的相对运动。在机构中，这种保持一定的相对运动的刚性结构称为构件。如图1—2所示的内燃机的连杆，就是由连杆体 1，连杆盖 2，轴瓦 3、

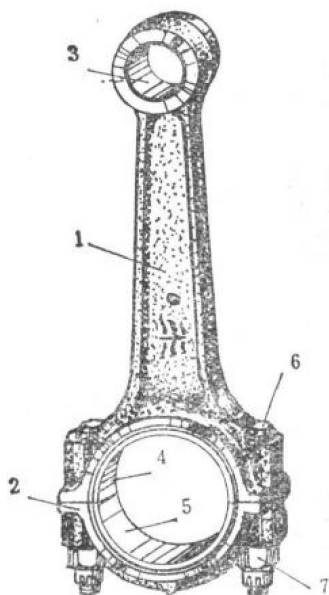


图1—2 连杆构件

4、5，螺栓6及螺母7等零件组成的一个构件。此时，这些零件之间是没有相对运动的。但是，连杆构件与活塞和曲轴之间却具有确定的相对运动。在某些情况下，单一的零件也可以成为一个构件，如内燃机的曲轴。

构件与零件的区别在于：构件是运动的单元；零件是制造的单元。在机械原理中，研究的对象是机构中的构件，而不是零件。

事实上，所谓绝对刚体并不存在，而是把绝大多数在工作中变形不大，又不影响研究目的与结果的构件视作刚体，来进行讨论的。

机构中的构件可分为三类：

1. 机架 机构中用来支承其它运动构件的构件称为机架。如图1—1所示内燃机的汽缸体4就是机架。在一般情况下，机架相对于地面是固定不动的，如机床的床身。也有对地面作相对运动的机架，如装在汽车、轮船或内燃机车上的内燃机，汽缸体相对于地面就有了相对运动。由于机架是机构中其它运动构件的支承件，所以常常把机架作为研究该机构运动的参考坐标系。在一个机构中只能有一个机架。无论机架的结构尺寸多大，形状多么复杂，也只能算作一个构件，并假定它是静止的。

2. 原动件 在一个工作着的机构中，由外界赋予确定的独立运动的构件称为原动件(或主动件)。在图1—1所示内燃机的曲柄滑块机构中，滑块(活塞3)就是原动件，它在汽缸内的燃油燃烧