

高等学校教材

机械设计基础

(机械原理及机械零件)

第五版

余长庚 卢玉明 主编



高等教育出版社

高等学校教材

机械设计基础

(机械原理及机械零件)

(第五版)

余长庚 卢玉明 主编

高等教育出版社

本书是在第四版基础上,根据国家教委审订的“机械设计基础(机械原理及机械零件)课程教学基本要求”(65学时适用)进行修订的。

本书主要阐述常用机构和通用机械零件的基本知识、基本理论、应用以及简单的设计方法。书中平面连杆机构、机械的调速和平衡、常用金属材料、螺纹联接、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、滚动轴承、联轴器等章与前版相比作了较大的修改或更新。此外,充实了例题、习题,并编有课程作业题。书末附有公差与配合、表面粗糙度及必要的附表以供选用。

本书可作为高等工业学校非机械类65学时的“机械设计基础”课程的教材,也可供有关工程技术人员参考。

高等学校教材

机械设计基础

(机械原理及机械零件)

(第五版)

余长庚 卢玉明 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

开本 850×1168 1/32 印张 12 字数 290 000

1960年9月第1版 1989年3月第5版 1989年3月第1次印刷

印数 0 001— 30 100

ISBN7-04-002024-6/TH·181

定价3.15元

第五版序

为了适应高等学校教学改革的需要,根据1987年国家教委审定的高等工业学校机械设计基础(原机械原理及机械零件)课程教学基本要求修订了这一版。

这一版突出常用机构、机器动力学基本概念、通用机械零件的基本知识、基础理论及基本方法。平面连杆机构、机械的调速和平衡、常用金属材料、链传动、蜗杆传动、滚动轴承等部分作了较大的变动。所有插图也重新绘制。采用了国家最新标准。

为加强教学上的适应性,着重能力的培养,每一章增加了一些例题,更新并增加了习题。书后增附了一定数量的课程作业题,以便选用。

这次修订工作由余长庚(第一、十二、十三、十四、十五、十六章、附录II及附录III)、卢玉明(第八、九、十、十一章)、郭务仁(第二、三、四、五、六、七章及附录I)通力合作完成,并由余长庚、卢玉明主编。

这一版经天津大学邱宣怀教授、杨景蕙副教授细心审阅,提出十分宝贵的意见,谨在此致以衷心感谢。

限于编者水平,书中定有不少缺点错误,请读者不吝指出,并将宝贵意见径寄东南大学(南京工学院)机械系,谢谢。

编 者

1988.6

第四版序

这一版是根据1980年5月教育部审订的四年制非机类65学时《机械原理及机械零件教学大纲》(草案)修订的。

本书内容是按机构学、机器动力学、机械零件顺序编排,但齿轮传动及蜗杆传动则将啮合原理、几何关系和强度计算合并成章,这样系统性好,便于教学。此外,对齿轮传动、带传动、链传动以及滚动轴承等的设计计算均作了更新。

本书突出基本知识,基础理论及基本计算方法,每一章都附有必要的例题,书后有一定数量的习题。本书可作为高等工业学校非机类专业“机械原理及机械零件”课程的教材。

书中有*号的节次以及附录中的公差与配合,可根据各专业的需要选用。

全书使用国际单位制(SI),为了适应工程中使用习惯,所有应力单位均用 N/mm^2 。

参加本书修订的有汝元功(第一章、第六章、第七章);郑文纬(第一章、第二章、第五章);程光蕴(第三章、第四章);朱刚恒(第五章);董德康(第八章、第十一章);程燮时(第八章、第十六章);郭务仁(第七章、附录I),卢玉明(第九章、第十章);余长庚(第十二章、第十三章、第十四章、第十五章、附录II);并由余长庚、卢玉明主编。

本书经天津大学邱宣怀教授细心审阅,提出了不少宝贵意见,在此致以谢意。

限于编者水平,书中不免存在缺点与错误,希望读者能提出宝贵意见,特此致以谢意。

编者

1981年5月

• • •

主要符号表

a	中心距	P	功率
A	面积, 功	p	压强, 节距
B, b	宽度	Q	载荷, 流量
C	常数, 弹簧指数	R, r	半径
c	系数, 刚度	S	安全系数
D, d	直径	s	位移
d_a	齿顶圆直径	T	转矩
d_f	齿根圆直径	t	时间, 温度, 厚度
E	弹性模量	U	变形能
e	偏心距	u	齿数比
F	力	V	体积
F_n	法向力	v	速度
F_a	轴向力	W	抗弯截面系数
F_t	切向力	W_t	抗扭剪截面系数
F_r	径向力	x	坐标
f	摩擦系数	X	系数
G	切变模量	Y	系数
H, h	高度	y	坐标
I	轴惯性矩	z	坐标
i	传动比	α, β, γ	角度
J	极惯性矩	e	应变, 重合度
K, k	系数	η	效率
L, l	长度	ν	泊桑比
M	力矩, 弯矩	ρ	摩擦角, 曲率半径
m	质量, 模数, 指数	σ	法向应力, 拉应力
N	循环次数	τ	切应力
n	转速, 数目	σ_B	抗拉强度极限

σ_b	弯曲应力	θ	角度
σ_p	挤压应力	φ	扭转角
σ_s	屈服极限	ψ	系数, 角度
σ_m	平均应力	ω	角速度
σ_{lim}	极限应力		

注: 除本表所列的符号外, 各章还有一些符号, 在初次出现时另作说明。

常用单位

长度	mm, cm, m
面积	mm ² , cm ² , m ²
体积	mm ³ , cm ³ , m ³
速度	m/s
转速	r/min
角速度	rad/s
力	N, kN
应力, 压强, 弹性模量	N/mm ² , Pa, MPa
功率	kW
粘度	mm ² /s

目 录

第五版序	1
第四版序	2
主要符号表	3
常用单位	5
第一章 绪论	1
§ 1-1 引言	1
§ 1-2 本课程研究的对象和内容	1
§ 1-3 本课程在教学计划中的地位	7
习题	8
第二章 平面连杆机构	9
§ 2-1 平面四杆机构的基本类型	9
§ 2-2 平面四杆机构的特点及应用	15
习题	16
第三章 凸轮机构	17
§ 3-1 凸轮机构的应用和分类	17
§ 3-2 从动件的常用运动规律	20
§ 3-3 按给定从动件运动规律绘制凸轮轮廓	23
习题	28
第四章 间歇运动机构	20
§ 4-1 槽轮机构	30
§ 4-2 棘轮机构	32
§ 4-3 不完全齿轮机构	33
§ 4-4 凸轮间歇运动机构	34
习题	35
第五章 机械的调速和平衡	36
§ 5-1 机器速度波动的调节	36
§ 5-2 机械的平衡	40
习题	44

第六章 机械零件设计和计算概论	45
§ 6-1 机械零件的工作能力准则.....	45
§ 6-2 机械制造中常用材料及其选择.....	48
§ 6-3 许用应力和安全系数.....	53
§ 6-4 机械零件的工艺性和标准化.....	56
习题.....	57
第七章 联接	58
§ 7-1 螺纹联接.....	58
§ 7-2 键联接.....	86
* § 7-3 铆钉联接.....	93
§ 7-4 焊联接.....	95
习题.....	99
第八章 带传动和链传动	102
§ 8-1 带传动.....	102
§ 8-2 链传动.....	126
习题.....	139
第九章 齿轮传动	141
§ 9-1 齿轮传动的应用和种类.....	141
* § 9-2 齿廓啮合的基本定律.....	143
§ 9-3 渐开线及渐开线齿轮.....	145
§ 9-4 渐开线标准齿轮的各部分名称及其基本尺寸.....	147
§ 9-5 一对渐开线齿轮的啮合.....	152
§ 9-6 轮齿切削加工方法的原理.....	155
§ 9-7 根切现象、最少齿数及变位齿轮的概念.....	158
§ 9-8 齿轮的材料.....	159
§ 9-9 轮齿的失效形式.....	161
§ 9-10 直齿圆柱齿轮轮齿表面的接触疲劳强度计算.....	163
§ 9-11 直齿圆柱齿轮轮齿的弯曲疲劳强度计算.....	167
§ 9-12 斜齿圆柱齿轮传动.....	173
§ 9-13 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算.....	178
§ 9-14 圆锥齿轮传动.....	183

§ 9-15	直齿锥齿轮传动的强度计算	187
§ 9-16	齿轮的构造	191
	习题	194
第十章	蜗杆传动	198
§ 10-1	概述	198
§ 10-2	蜗杆传动的几何尺寸计算	199
§ 10-3	蜗杆传动的运动学及效率	202
§ 10-4	蜗杆、蜗轮的材料及结构	204
§ 10-5	蜗杆传动的强度计算	206
§ 10-6	蜗杆传动的热平衡计算	210
	习题	214
第十一章	轮系、减速器和无级变速传动	216
§ 11-1	定轴轮系	216
* § 11-2	周转轮系的传动比	220
* § 11-3	少齿差行星齿轮传动	223
§ 11-4	减速器	224
§ 11-5	机械无级变速传动简介	228
§ 11-6	各种机械传动的比较	230
	习题	231
第十二章	轴	233
§ 12-1	概述	233
§ 12-2	轴的结构和材料	234
§ 12-3	轴的计算	237
§ 12-4	挠性轴	248
	习题	249
第十三章	轴承	252
§ 13-1	概述	252
§ 13-2	滑动轴承的结构	253
§ 13-3	滑动轴承的材料	256
§ 13-4	润滑剂和润滑装置	258
§ 13-5	非全液体摩擦滑动轴承的计算	263

§ 13-6	滚动轴承的结构	266
§ 13-7	滚动轴承的主要类型、特点及其计算	270
§ 13-8	滚动轴承组合设计	278
§ 13-9	滚动轴承和滑动轴承的比较	283
	习题	285
第十四章	联轴器、离合器和制动器	287
§ 14-1	概述	287
§ 14-2	固定式联轴器	289
§ 14-3	可移式联轴器	290
§ 14-4	牙嵌离合器	296
§ 14-5	摩擦离合器	298
§ 14-6	自动离合器	300
§ 14-7	制动器	305
§ 14-8	离合器和制动器的操纵装置	306
	习题	307
第十五章	弹簧	309
§ 15-1	概述	309
§ 15-2	弹簧的制造、材料和许用应力	311
§ 15-3	圆柱形螺旋拉伸、压缩弹簧的设计计算	313
	习题	320
第十六章	起重机械零件	321
§ 16-1	钢丝绳	321
§ 16-2	滑轮和卷筒	324
§ 16-3	吊钩	332
	习题	334
附录 I	公差与配合	335
附录 II	附表	346
附录 III	课程作业选题	367
	主要参考文献	372

第一章 绪 论

§ 1-1 引 言

人类为了适应生活和生产上的需要，创造了各种各样的机器以达到减轻体力劳动和提高生产率的目的。随着生产的发展，对机械的研究不断深入，到 19 世纪中叶，有关机械设计和制造的理论已逐渐系统化，出现了机械学学科，相应地形成机械原理、机械设计等课程。科学理论的提高也进一步促进了生产的发展。

我国从 1949 年以来，工业和农业生产有了飞速的发展。机械工业也取得了巨大的成就。在机械制造业方面已能制造各类飞机、舰船、汽车、大型电站成套设备、各种类型机床等。在机械设计方面，也已经进入自行设计阶段，近年来已运用了计算机辅助设计。相应的高等工业院校也都开设了机械设计基础（机械原理及机械零件）课程，这对更好地培养人才、发展生产、实现四个现代化是十分重要的。

§ 1-2 本课程研究的对象和内容

机械设计基础（机械原理及机械零件）是研究机械的组成原理、运动学和动力学以及组成机械的通用零件设计的学科。其目的在于分析、选用和合理使用、维护已有的机械和机械零件以及根据生产上的需要，研究、分析、改造现有机械或设计新的机械。

机械是机器和机构的总称。机器具有下列特征：(1)它是多种实物的组合；(2)各实物间具有确定的相对运动；(3)能完成有效的

机械功(如机床、起重机、破碎机等)或者变换机械能(如内燃机、电动机等)。

图 1-1 所示的单缸内燃机是由缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、顶杆 8 等组成。活塞的往复运动经由连杆转变为曲轴的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀和排气阀的。两个齿轮是保证进、排气阀和活塞之间形成协调的动作,从而使燃气的热能转变为曲轴转动的机械能。

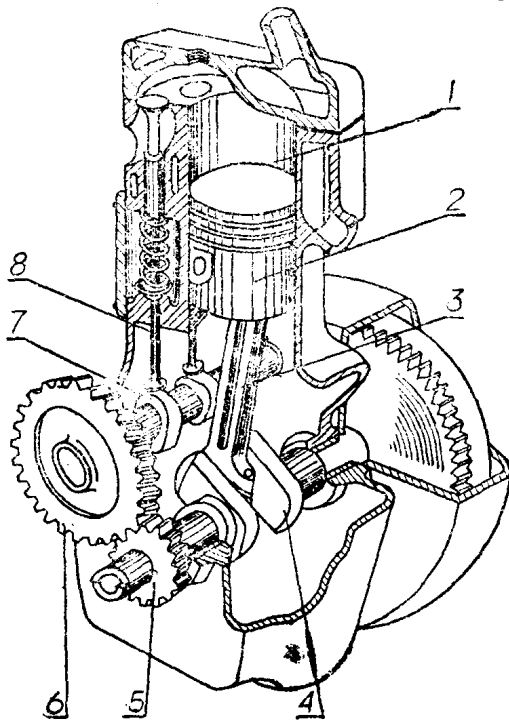


图 1-1

图 1-2 所示的牛头刨床是由曲柄 5 (和大齿轮固定在一起)、滑块 2 和 6、导杆 7、刨头 8、床身 1、小齿轮 4、电动机 3 以及其他一些辅助部分(图中未画出)所组成。当电动机 3 经带传动并通过

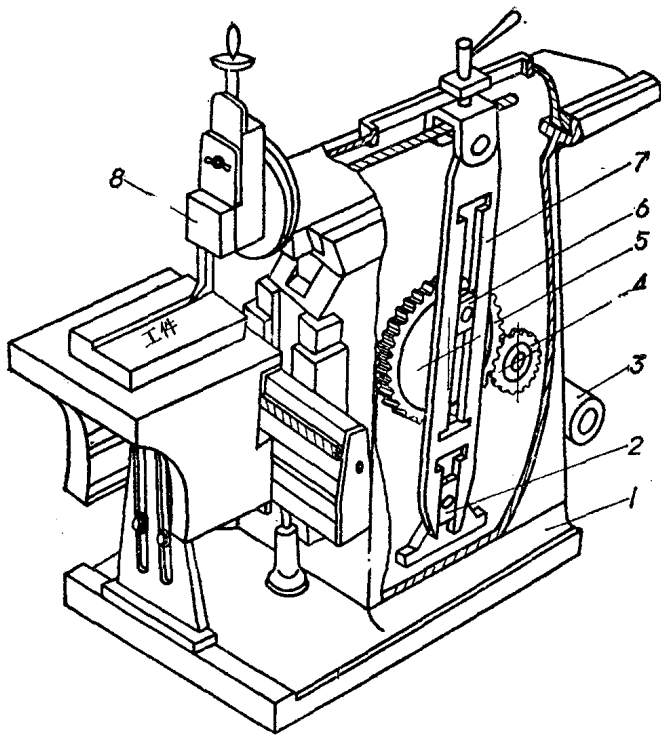


图 1-2

小齿轮 4 使曲柄 5 回转时,导杆 7 作平面复杂运动。此时,刨头 8 便带着刨刀作往复直线移动,从而产生刨削动作(完成有效的机械功)。又如电动机是由一个转子(电枢)和一个定子所组成。当定子输入电流后,转子便能作回转运动(使电能转换为机械能)。

机构仅具有机器的前两个特征,即机构也是多种实物的组合,并且各实物间具有确定的相对运动。由一种或多种机构组成机器。如图 1-1 所示的内燃机便是由连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等所组成。而电动机只由一个简单的二杆机构所组成。

上述组成机构或机器的实物是一个具有确定运动的整体,称为构件。机构中相对固定不动的构件称为机架;驱动力所作用的构

件称为原动构件；其他的构件称为从动构件。构件可以是单一的整体，也可以是几个元件的刚性组合。如上述的齿轮一般是用平键与轴刚性地联接在一起的(图1-3)。这样平键、轴和齿轮之间便无相对运动，而成为一个运动的整体，也就是一个构件；组成这个构件的三个元件则称为零件。由此可知，构件是运动的单元，而零件是制造的单元，它们之间有所不同。

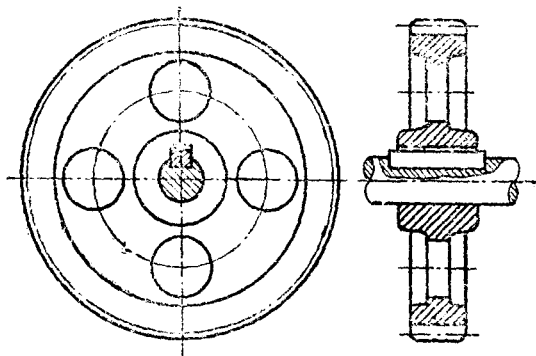


图 1-3

构件之间直接接触且具有确定的相对运动的联接称为运动副。如图 1-2 中小齿轮 4 与机架 1 的联接，小齿轮 4 与大齿轮 5 的联接，导杆 7 与滑块 2 和 6 的联接等都是。运动副中构件与构件的接触型式不外乎是点、线及面。我们把两构件间作点或线接触的运动副称为高副，而把两构件之间作面接触的运动副称为低副。如滚动轴承中球与内外圈之间的接触为点接触、齿轮与齿轮之间的接触为线接触，因此所组成的运动副便是高副。又如导杆与滑块为平面接触，滑动轴承与轴之间为圆柱面接触，因此所组成的运动副便是低副。在低副中，如导杆与滑块仅能作相对直移运动，故又称为移动副；而轴与滑动轴承仅能作相对回转运动，故又称为回转副。

由于实际机械中，机构的外形结构比较复杂，而构件之间的相对运动又与其外形等因素（如构件的外形和截面尺寸，组成构件的零件数目，运动副的结构等）无关，只与机构中所有构件的数目和构件所组成的运动副的数目、类型、相对位置有关，因此，在研究机构的运动时，可以不考虑那些与运动无关的因素，而用简单的线条和符号来代表构件和运动副，如表 1-1 所示。用简单的线条和符号表示机构各构件间相对运动关系的图形称为机构运动简图。在绘图时应按一定的比例确定各运动副的相对位置，图 1-4 便是内燃机中连杆机构在图 1-1 中所示位置的机构运动简图；图 1-5 便是牛头刨床中的齿轮机构和连杆机构在图 1-2 中所示位置的机构运动简图。机构运动简图不仅能充分表示出机构的传动原理，而且还能表示出机构上各有关点的运动特性（位移、速度和加速度）。它是在分析机构和设计机构时的一种简便而又科学的方法。



图 1-4

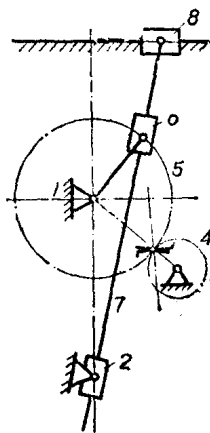


图 1-5

随着生产的发展，作为社会化生产工具的机械设备，功能不断提高，类型日益增多。因此，作为组成机构的机械零件不论就其种类或者型式来说，就更是多种多样了。为了研究方便起见，通常将