

— 高等学校教材 —

机械原理及 机械零件

(1964 年修訂本)

南京工学院机械原理及机械零件教研組編



人民教育出版社

高等学校教材



机械原理及机械零件

(1964 年修訂本)

南京工学院机械原理及机械零件教研組編

余 长 庚 主 編

人 民 教 育 出 版 社

本书是以南京工学院机械原理及机械零件教研组编写的“机械零件”(1960年,人民教育出版社)为基础,根据1963年5月审订的高等工业学校本科五年制化工类各专业适用“机械原理及机械零件教学大纲(参考草案)”进行改写的。改写时注意吸取了多年来各兄弟院校的教学经验并力求贯彻“少而精”原则。

本书编排基本上是先叙述“机械原理”,后叙述“机械零件”,而对齿轮和摩擦两部分则合并在一起叙述。对问题的研究,一般从分析开始,提出结构,然后再介绍设计理论和方法。为了便于学生巩固,书后并附有习题,可供选用。

全书除绪论外,共包括七篇:常用机构,机械的调速和平衡,机械零件的设计基础,联接,机械传动,轴、轴承及联轴器,其他零件。

参加本书修订工作的有:杨可桢(第十二章、第十五章、第十六章),钱元功(绪论、第六章、第九章),郭务仁(第七章、第八章、第十章),卢玉明(第十一章、第十三章、第十四章),许尚贤(第二十章、第二十一章),郑文緯(第一章),程光蕴(第二章、第三章),邱宁生(第四章、第五章),余长庚(其余部分)等九位同志,并由余长庚同志主编。

本书曾经天津大学邱宣怀同志审阅,并经过高等工业学校机械课程教材编审委员会机械零件课程教材编审小组复审通过。

本书可作为高等工业学校非机械类各专业教学时数为65学时的“机械原理及机械零件”课程的试用教科书,也可供有关人员参考。

机械原理及机械零件

(1964年修订本)

余长庚主编

北京图书出版业营业许可证出字第2号

人民教育出版社出版(北京景山东街)

人民教育印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

统一书号K15010·1003 开本 850×1168 $1/32$ 印张 10
字数 249,000 印数 115,001—128,500 定价(7) ¥1.10
1960年9月第1版(修订本) 1961年6月第2版
1964年11月第3版 1964年11月北京第8次印刷

第三版序

本书系以我組編写的“机械零件”(1960年人民教育出版社出版)为基础,根据1962年5月审訂的非机械类65学时“机械原理及机械零件教学大綱(参考草案)”进行改写的。改写时注意吸取了多年来各兄弟院校的教学經驗。主要体现在:

1. 本书編排基本上采用先叙述机械原理后叙述机械零件的順序,而对齿輪和摩擦两部分則合并在一起叙述。

2. 本书力求将基本知識、基本理論及基本方法闡述清楚。对于問題的研究一般从分析开始,提出結構,然后再簡要地介紹設計理論和方法,这样更符合認識規律,更能启发学生思考并培养解決問題的能力。

3. 本书在保证讲透基本知識的前提下,尽量减少篇幅,力求貫徹“少而精”原則。

4. 本书在重要章节中均附有例題,书后并附有习題,以便于巩固所学的内容。习題数目較多,可由教师选用。

5. 本书中的标准、规范等,均采用最新国家标准及有关部頒标准;符号基本上均采用国际通用符号,少数用汉语拼音字母;符号的下标除国际通用及我国国家标准規定者外一律改用汉语拼音字母。

本书正文中的小号字内容为非主要内容,教师在使用时可以根据具体情况斟酌处理。

本书曾經天津大学邱宣怀同志审閱,提出了很多宝贵意見,編者特此表示衷心感謝。

本书曾經高等工业学校机械零件課程教材編审小組1964年4月开会复审通过。参加复审的同志对本书也提出了不少宝贵意見,在修改过程中,又得到北京許多兄弟院校的不少帮助,編者在此一并表示

感謝。

本书虽然經過集体討論,但是限于我們的理論水平和业务能力,謬誤欠妥之处在所难免,深望各兄弟院校及讀者不吝指正,并請將寶貴意見逕寄南京工学院机械原理及机械零件教研組为感。

南京工学院机械原理及机械零件教研組

1964 年 7 月

主要符号表

符号	代表意义	常用单位	符号	代表意义	常用单位
A	中心距	厘米, 毫米	M	力矩	公斤厘米
B, b	宽度	" "			公斤毫米
C, c	系数	无因次量	$*M_n$	扭矩	" "
	齿廓	—	$*M_{jn}$	计算扭矩	" "
D, d	直径	厘米, 毫米	$*M_w$	弯矩	" "
	齿轮分度圆直径	" "	$*M_{xd}$	相当力矩	" "
D_0	齿轮基圆直径	" "	n	安全系数	无因次量
$*D_j$	齿轮节圆直径	" "		转速	转/分
E	抗压弹性模量	公斤/厘米 ² 公斤/毫米 ²	N	功率	马力, 千瓦
e	偏心距	毫米	P	圆周力, 作用力	公斤
F	横剖面积	厘米 ² , 毫米 ²	Q	直压力	" "
$*F_j$	剪切面积	" "	$*Q_s$	锁紧力, 预紧力	" "
$*F_{jy}$	挤压面积	" "	R	径向力	" "
f	摩擦系数	无因次量	p	比压	公斤/厘米 ² 公斤/毫米 ²
G	剪切弹性模量	公斤/厘米 ² 公斤/毫米 ²	q	单位宽度的压力	" "
H, h	高度	厘米, 毫米	t	时间	分, 秒
	时间	h. 小时	T	温度	°C
HB	布氏硬度	—	v	轴向力	公斤
HR	洛氏硬度	—	W	速度	厘米/秒, 毫米/秒
i	传动比	无因次量	$*W_n$	抗弯剖面模量	厘米 ³ , 毫米 ³
I	轴惯性矩	厘米 ⁴ , 毫米 ⁴		抗扭剖面模量	" "
k, K	系数	无因次量	$\alpha, \beta, \gamma, \lambda$	角度	° (度)
l, L	长度	厘米, 毫米	λ	变形量	厘米, 毫米
m	模数	毫米	μ	泊桑系数	无因次量

续前表

符号	代表意义	常用单位	符号	代表意义	常用单位
ρ	摩擦角	°(度)	$^*\sigma_y$	压应力	公斤/厘米 ²
	曲率半径	厘米, 毫米			公斤/毫米 ²
σ	正应力	公斤/厘米 ² 公斤/毫米	$^*\sigma_z$	总应力	" "
			τ	剪应力	" "
σ_n	应力幅度	" "	$^*\tau_j$	剪应力	" "
σ_m	平均应力	" "	$^*\tau_{jx}$	极限应力	" "
σ_b	抗拉强度极限	" "	$^*\tau_n$	扭应力	" "
$^*\sigma_l$	拉应力	" "	$^*\sigma_{by}$	抗压强度极限	" "
$^*\sigma_{jx}$	极限应力	" "	$^*\sigma_{bw}$	抗弯强度极限	" "
$^*\sigma_{jy}$	挤压应力	" "	σ_s	抗拉屈服极限	" "
$^*\sigma_c$	接触应力	" "	$^*\sigma_{sw}$	抗弯屈服极限	" "
$^*\sigma_w$	弯曲应力	" "	σ_{-1}	抗拉持久极限	" "
$^*\sigma_{xd}$	相当应力	" "	$^*\sigma_{-1w}$	抗弯持久极限	" "

说明: 本书符号下标与以往教材中习用的符号下标有所不同。取用的原则有两条:

(1) 国家标准或国际上较通用的符号下标一般均照用并排成小写斜体(有些习惯上用正体字的, 仍用正体, 如 max, min 等)。

(2) 说明意义的符号下标, 本书采用汉语拼音的字头, 并排成小写正体。如 D_j 表示节圆 (Jie yuan) 直径。上表中凡符号前加“*”者, 其下标即为汉语拼音字母。

目 录

第三版序	viii
主要符号表	x
緒論	1
§ 0-1 引言	1
§ 0-2 机械原理及机械零件课程研究的对象和内容	2
§ 0-3 机械原理及机械零件课程在教学计划中的地位	5
第一篇 常用机构	
第一章 平面四杆机构	6
§ 1-1 平面四杆机构的基本类型和应用	6
§ 1-2 平面四杆机构的演化	10
第二章 凸轮机构	14
§ 2-1 凸轮机构的应用和分类	14
§ 2-2 从动杆的常用运动规律	16
§ 2-3 按给定的从动杆运动规律设计凸轮轮廓	19
第三章 间歇运动机构	22
§ 3-1 槽轮机构	22
§ 3-2 棘轮机构	23
§ 3-3 不完整齿轮机构	25
第二篇 机械的调速和平衡	
第四章 机器速度波动的调节	26
§ 4-1 机器速度波动调节的目的和方法	26
§ 4-2 机器运转的平均速度和不均匀系数	28
§ 4-3 飞轮设计的基本原理	30
§ 4-4 飞轮基本尺寸的确定	32
第五章 机械的平衡	34
§ 5-1 机械平衡的目的	34
§ 5-2 回转质量的平衡	35
§ 5-3 回转质量的平衡试验法	39

第三篇 机械零件的设计基础

第六章 机械零件设计和计算概论	42
§ 6-1 机械零件的工作能力准则	42
§ 6-2 机械制造中常用材料及其选择	44
§ 6-3 许用应力和安全系数	49
§ 6-4 机械零件的工艺性和标准化	51
第七章 公差与配合	53
§ 7-1 互换性的概念	53
§ 7-2 公差与配合的基本概念及术语	53
§ 7-3 公差与配合制度	59
§ 7-4 表面光洁度	59

第四篇 联 接

第八章 螺栓联接	62
§ 8-1 螺纹及其主要参数	62
§ 8-2 螺旋副中力的关系、效率和自锁	64
§ 8-3 机械制造中常用螺纹种类及标准	68
§ 8-4 螺纹联接件的主要类型	71
§ 8-5 螺纹联接的防松装置	75
§ 8-6 螺栓联接的计算	77
§ 8-7 螺栓的材料和许用应力	84
§ 8-8 螺旋	85
例题	88
第九章 键联接和销联接	91
§ 9-1 键联接的分类及其结构型式	91
§ 9-2 键的选择及其强度校核	94
§ 9-3 花键联接(多槽轴联接)	97
§ 9-4 销联接	99
第十章 焊联接和铆钉联接	101
§ 10-1 概述	101
§ 10-2 焊缝的主要型式及其计算	103
例题	108

第五篇 机械传动

第十一章 摩擦轮传动	114
§ 11-1 概述	114

§ 11-2 定传动比摩擦轮传动	115
§ 11-3 摩擦轮的材料和结构	118
§ 11-4 变传动比的摩擦轮传动(无级变速器)	119
例题	120
第十二章 皮带传动	122
§ 12-1 概述	122
§ 12-2 平皮带传动的主要型式	123
§ 12-3 平皮带及其接头	125
§ 12-4 平皮带传动的受力情况、皮带的耐久性	127
§ 12-5 平皮带的滑动及传动比	130
§ 12-6 滑动曲线和许用有效应力	131
§ 12-7 平皮带传动的计算	133
§ 12-8 三角皮带传动	135
§ 12-9 皮带轮	140
§ 12-10 皮带传动的安全和维护	143
例题	144
第十三章 齿轮传动	147
§ 13-1 齿轮传动的应用和种类	147
§ 13-2 齿廓啮合的基本定律	149
§ 13-3 渐开线及渐开线齿轮	151
§ 13-4 渐开线标准齿轮的各部分名称及其基本尺寸	153
§ 13-5 一对渐开线齿轮的啮合	157
§ 13-6 轮齿切削加工方法的原理	159
§ 13-7 根切现象、最少齿数及移距修正的概念	162
§ 13-8 齿轮的材料	163
§ 13-9 齿轮的失效形式	165
§ 13-10 直齿圆柱齿轮轮齿的表面接触强度计算	167
§ 13-11 直齿圆柱齿轮轮齿的弯曲强度计算	171
§ 13-12 斜齿圆柱齿轮传动	175
§ 13-13 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	178
§ 13-14 圆锥齿轮传动	181
§ 13-15 直齿圆锥齿轮传动的强度计算	184
§ 13-16 齿轮的构造	187
§ 例题	190
第十四章 蜗轮传动	193
§ 14-1 概述	193
§ 14-2 蜗轮传动的几何尺寸计算	194

§ 14-3	蜗轮传动的运动学及效率	196
§ 14-4	蜗轮、蜗杆的材料及结构	198
§ 14-5	蜗轮传动的强度计算	199
§ 14-6	蜗轮传动的热平衡计算	203
例题		205
第十五章	轮系和减速机	208
§ 15-1	定轴轮系及其传动比	208
§ 15-2	周转轮系的概念	211
§ 15-3	减速机	212
第十六章	链传动	216
§ 16-1	概述	216
§ 16-2	链和链轮	216
§ 16-3	链传动的主要参数及其选择	221
§ 16-4	链传动的计算	223
§ 16-5	链传动的使用维护常识	224
例题		225
第六篇 轴、轴承及联轴器		
第十七章	轴	227
§ 17-1	概述	227
§ 17-2	轴的结构和材料	228
§ 17-3	轴的计算	231
例题		236
第十八章	滑动轴承	241
§ 18-1	概述	241
§ 18-2	滑动轴承的构造	241
§ 18-3	滑动轴承的材料	244
§ 18-4	润滑剂和润滑装置	246
§ 18-5	非液体摩擦滑动轴承的计算	250
第十九章	滚动轴承	253
§ 19-1	概述	253
§ 19-2	滚动轴承的主要类型及其特点	254
§ 19-3	滚动轴承的选择计算	256
§ 19-4	滚动轴承组合设计	231
§ 19-5	滚动轴承和滑动轴承的比较	234
例题		235

第二十章 联轴器.....	267
§ 20-1 联轴器的分类.....	267
§ 20-2 固定式联轴节.....	268
§ 20-3 可移式联轴节.....	270
§ 20-4 牙嵌离合器.....	273
§ 20-5 摩擦离合器.....	274
§ 20-6 离合器的操纵装置.....	276

第七篇 其他零件

第二十一章 弹簧.....	277
§ 21-1 概述.....	277
§ 21-2 弹簧的制造,材料和许用应力.....	278
§ 21-3 圆柱形拉压螺旋弹簧的设计计算.....	282
例题.....	286
附录.....	289

緒 論

§ 0-1 引 言

人类为了适应生产和生活上的需要，曾創造出各种各样的机械。

我国古代人民在机械方面有許多发明和創造。远在夏朝以前，我国就发明了車子。东汉时代所制的指南車和晋朝发明的記里鼓車中都应用了輪系的傳动。晋朝发明的连机碓和水碓中已經应用了水輪、輪系、杠杆和凸輪的原理。

但是，由于我国长期以来受到殘酷的封建統治和近百年来帝国主义的侵略，以及解放前几十年間国民党反动派的統治，使我国的国民經济和科学技术长期处于极其落后的状态。

新中国成立以来，我国工业和农业的生产有了飞速的发展。通过第一个和第二个五年計劃的完成，为在我国建立一个独立的、完整的、现代化的經济体系打下了初步基础。与其他一切建設事业一样，十余年来，我国机械工业也取得了巨大的成就。在机械制造业方面，由过去只能做少量修理和装配工作，一跃而能自行制造飞机、輪船、汽車、大型水輪机及发电机、各种类型的机床等。在机械設計方面，我国也已經从仿造、模仿設計逐步过渡到自行設計的阶段。

任何一門科学总是随着生产的发展而不断地发展起来的。虽然很早以前，人类就創造出并使用了机械，但是直到十九世紀中叶，才开始在有关机械制造和机械設計方面形成一門較有系統的科学。机械原理与机械零件作为近代的、独立的課程出現还是最近几十年的事。

§ 0-2 机械原理及机械零件課程研究的对象和内容

(一)机械原理

机械原理是一門研究机械的組成原理、运动学和动力学的科学。其目的在于分析已有的机械和根据生产上的需要研究創造新的机械。

机械是机器和机构的总称。我們日常所見到的机器有电动机、各种机床及其他生产用的机器等。机器具有下列的特征：(1)它是許多实物的組合，单一的实物决不能称为机器；(2)各实物間具有确定的相对运动；(3)必須完成有效的机械功或者变换机械能。

图 0-1 所示的牛头刨床是由机架 1、齿輪 2 与 3、曲柄 4、滑块 5、导杆 6、连杆 7 与 11、刨头 8、凸輪 9、摇杆 10 与 12、棘輪 13、棘爪 14 等实物組成的。这些实物之間均有确定的相对运动。如齿輪 2 相对于机架 1 为等速迴轉运动；滑块 5 相对于导杆 6 和刨头 8 相对于机架 1 都是具有一定速度变化規律的直移运动等。这些实物組成牛头刨床后，便可用来切削工件 15 以完成有效的机械功。

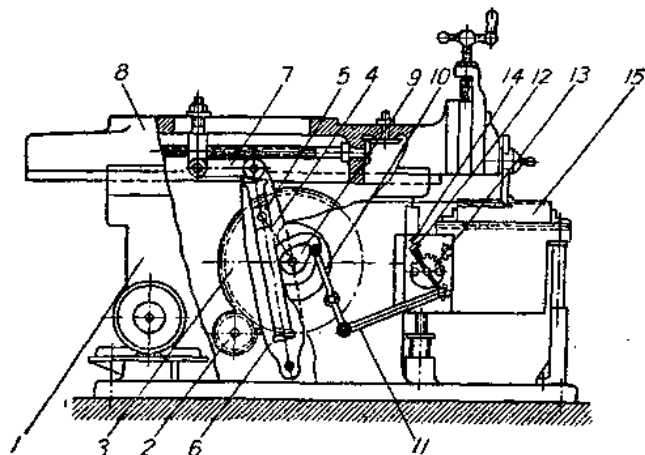


图 0-1

机构仅具有机器的前两个特征,即机构也是許多实物的組合,并且各实物間具有确定的相对运动。所以机器与机构的区别是:机器可以完成能量的变化,同时又可以产生运动的变化,而机构只产生运动的变化。机器都是由机构組成的。如图 0-1 所示的牛头刨床便是由齿輪机构、連杆机构、凸輪机构和棘輪机构等所組成。

上述組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;驅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組合。如上述的齿輪一般是用鍵与軸剛性地联接在一起的(图 0-2)。这样鍵、軸和齿輪之間便无相对运动,而成为一个运动的整体,也就是一个构件;組或这个构件的三个元件則称为零件。由此可知,构件是运动的单元,而零件是制造的单元,它們之間有所不同。

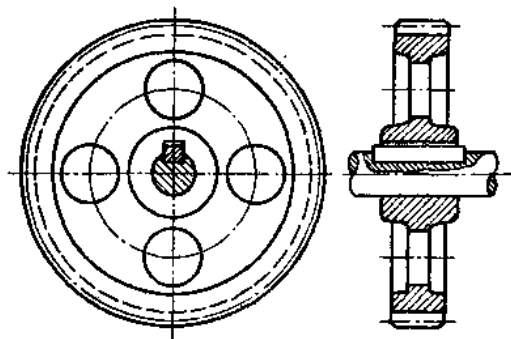


图 0-2

构件之間直接接触且具有确定的相对运动的联接称为运动副。如图 0-1 中齿輪 2 与机架 1 的联接,齿輪 2 与齿輪 3 的联接,导杆 6 与滑块 5 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、綫及面。我們把两构件間作点或綫接触的运动副称为高副,而把两构件之間作面接触的运动副称为低副。如滚动軸承中球与內外圈之間的接触为点接触、齿輪与齿輪之間的接触为綫接触,因此所組成的运动副便

是高副。又如導杆與滑塊為平面接觸，滑動軸承與軸之間為圓柱面接觸，因此所組成的運動副便是低副。在低副中導杆與滑塊僅能作相對直移運動，故又稱為移動副；軸與滑動軸承僅能作相對迴轉運動，故又稱為迴轉副。

上面只是介紹有關機械原理的一些概念和定義。在本書第一篇中將闡述幾種最常用的機構（平面四杆機構、凸輪機構、間歇運動機構）的組成型式和運動特性（齒輪機構併入齒輪傳動一章內闡述）。第二篇將簡要地介紹機器動力學的基本知識。

（二）機械零件

本課程中“機械零件”一詞系指組成機械的單個零件（如軸、齒輪等）以及某些零件的組合（如軸承、聯軸器等）而言。

隨着生產的發展，機械的功用及其類型日益增多。因此，作為組成機械的機械零件不論就其種類或者型式來說，就更是多種多樣的了。為了研究方便起見，通常將機械零件分成專用零件及通用零件兩種。

專用零件系指只適用於特定型式的機械上的零件，如內燃機的曲軸與活塞，汽輪機的葉片，農業機械中的犁鏵等。專用零件的設計問題，由相應的專業課程去研究，不屬於本課程的研究範圍。

通用零件系指在各類機械中經常可以遇到的、具有同一功用及性能的零件。按照用途，可將通用零件分為以下幾類：

1. 聯接 如鉚釘聯接、焊聯接、過盈配合聯接、螺紋聯接、鏈聯接等；
2. 機械傳動 如摩擦輪傳動、皮帶傳動、齒輪傳動、蝸輪傳動、鏈傳動等；
3. 軸、軸承及聯軸器；
4. 其他零件，如彈簧等。

通用零件是本課程的研究對象，將在本書第三篇至第七篇中分別闡述。學習機械零件的目的是：在了解通用零件的特點、結構型式及

工作原理的基础上,掌握它們的設計准則、設計方法及有關標準。也就是說要使零件具有最合理的結構和尺寸,為零件選擇適當的材料等。

綜合上述可知,機械原理及機械零件是一門研究機械的組成原理、運動學、動力學,以及通用零件的設計和計算的科學。

§ 0-3 机械原理及机械零件課程在教學計劃中的地位

機械原理及機械零件是介於基礎課和專業課之間的一門技術基礎課程,它是設計性的課程。學習本課程的目的在於掌握機械中常用機構的基本知識,以及調速與平衡的概念,了解通用零件的工作原理、結構與一般的設計計算方法等方面的知識,為學習專業課程中的機械部分打下基礎。

對於機械工業和其他工業部門中的工程技術人員來說,在工作中可能會遇到有關機械方面的問題,如了解機械的功用和性能,機械的维护保养,零件或簡單部件的設計等。因此,在工科院校非機械類專業的教學計劃中,大多設有這門課程。

在學習本課程以前,還須具備必要的基本理論和生產實踐知識。這需要通過對先修課程(如画法幾何及機械制圖、理論力學、材料力學、金屬工藝學等)的學習,以及參加教學實習和生產勞動才能獲得。