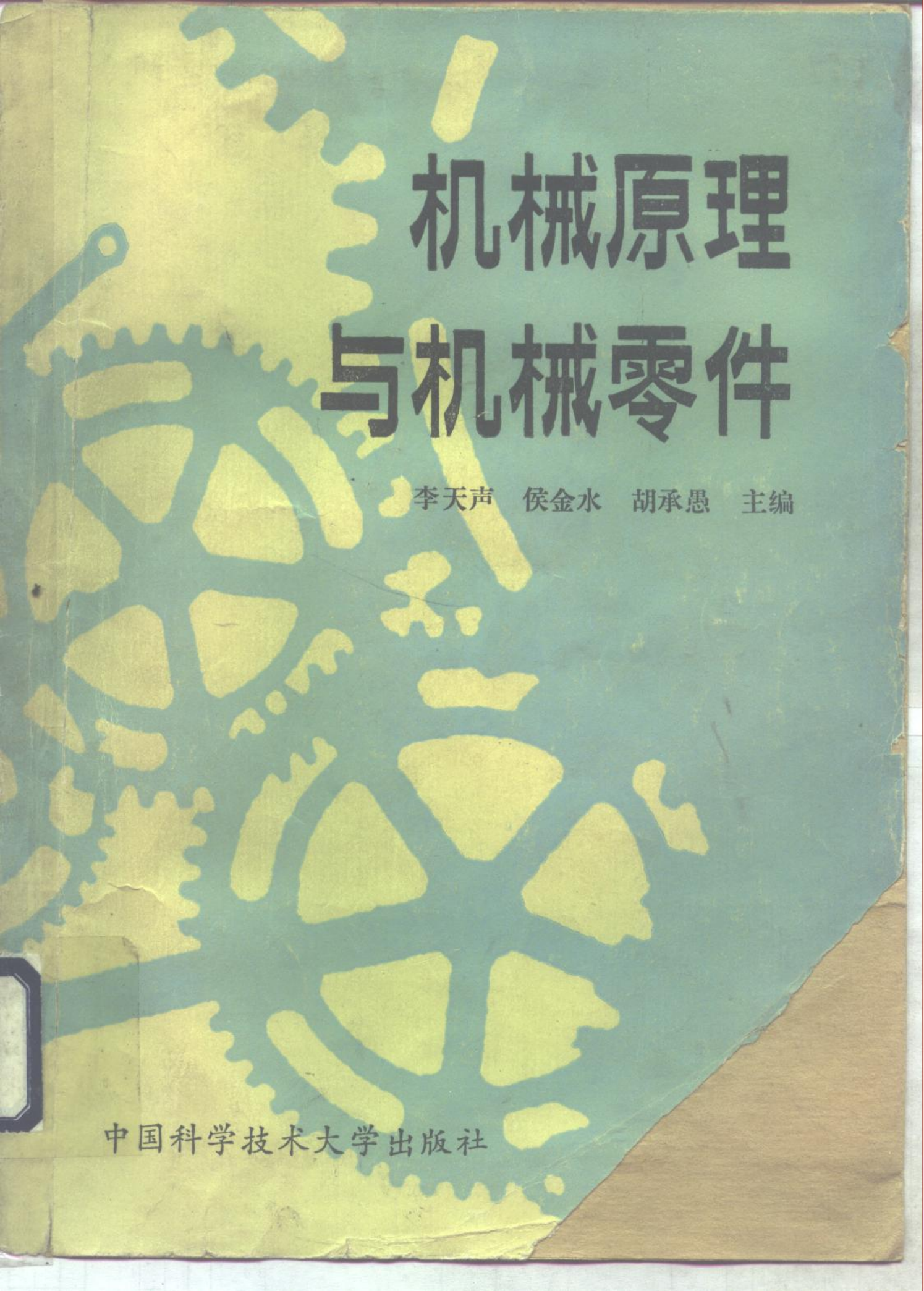




机械原理 与机械零件

李天声 侯金水 胡承愚 主编

中国科学技术大学出版社

机械原理与机械零件

主编 李天声 侯金水 胡承愚

主审 魏 翔 饶振纲 陈 洪

中国科学技术大学出版社

1990年·合肥

高等学校教材
机械原理与机械零件

李天声 侯金水 胡承愚 主编

责任编辑: 田 盛

封面设计: 王瑞荣

*

中国科学技术大学出版社出版
(安徽省合肥市金寨路96号)
合肥炮兵学院印刷厂印刷
安徽省新华书店发行

*

开本: 787×1092 16 印张: 19.25 字数: 462 千

1990年1月第1版

1990年1月第1次印刷

印数: 7,000册

ISBN7-312-00164-5/TH·1

定价: 6.00 元

508211

内 容 提 要

本书符合1987年国家教委批准印发的《机械原理与零件》和《机械设计基础》课程的教学基本要求。全书分十五章，主要阐述一般机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点、基本设计理论和简化计算方法，并适当增加了管理和使用维护知识。内容新颖，贯彻了直至1989年底开始实施的有关最新国家标准，反映了有关军事院校在本门课中的教学经验和成果。本书适合50~80学时的管理和军事指挥专业、非机械类技术专业的大学本科、大专以及地方相近专业的教学需要，也可供军队士官学校、地方中等专业学校的有关专业教学使用。

清华大学出版社 北京

2006/3/20

清华大学出版社

地址：北京清华大学

前 言

目前,《机械原理与零件》或《机械设计基础》已是各军事指挥专业、管理专业、近机械类的军事技术及后勤专业、士官学校的机械类专业普遍开设的课程,本《机械原理与机械零件》教材是为了满足军事院校对该课程结合军队使用特点和更新教学内容等方面的要求编写的,也适用于地方相近的管理专业、非机械类专业教学的需要。

本教材符合1987年国家教委颁布的《机械原理与零件》(60学时左右)和《机械设计基础》(65学时左右)课程的教学基本要求,保持了本学科的科学性、系统性和逻辑性;贯彻了直至1989年底开始实施的最新国家标准,内容先进;结合了部分相关兵器实例,介绍了有关使用维护知识,体现了军事特点;使用国际单位制并基本采用国家标准规定的符号。本书适用50~80学时的范围,书中带*号的章节供多学时的专业或不同特点的专业选用,可根据具体教学要求的情况取舍或予以必要的补充。

本教材是十所军事院校通力合作的结晶。参加本书各章编写的同志有合肥炮兵学院李天声(第一章)、郑州高炮学院王志臣(第二章)、蚌埠坦克学院刘万梁(第三章)、沈阳炮兵学院刘启中(第四章)、长沙炮兵学院张甫生(第五章)、蚌埠坦克学院唐执中(第六章、第十三章)、合肥炮兵学院侯金水(第七章)、南京炮兵学院饶振纲(第八章、第十二章)、郑州高炮学院刘志民、王志臣(第九章)、空军勤务学院魏翔(第十章)、蚌埠海军士官学校于富强(第十一章)、蚌埠汽车管理学院胡承愚(第十四章)、炮兵指挥学院孙肇修、王航宇(第十五章)等。全书的插图由彭雅卓等同志描绘。

由蚌埠坦克学院陈洪、合肥炮兵学院李天声、侯金水、蚌埠汽车管理学院胡承愚、空军勤务学院魏翔、南京炮兵学院饶振纲等组成了编审组。陈洪为组长,李天声、侯金水、胡承愚为主编,魏翔、饶振纲、陈洪为主审。

在编审过程中,陈润波同志曾做过一定的组织工作,孙肇修教授对本书的修定稿提出了许多宝贵的意见,还有不少单位和同志对本书的编辑、出版等工作曾给予过支持和帮助,在此一并致以谢意。

限于编者的水平和编写时间较紧,缺点错误在所难免,恳请使用本书的教师和读者多加批评指正。

《机械原理与机械零件》编审组

一九八九年九月

主要符号表

A	面积、平面、功
a, a	中心距、加速度, 齿顶的、轴向的(对于轴承)
B	宽度、轮宽
b, b	齿宽、高径比, 弯曲的、基圆的
C	滚动轴承的额定负荷、旋绕比、节点
c, c	系数、顶隙, 计算的
D	直径
d	直径、分度圆直径
E	材料拉压弹性模量
e	偏心距、槽宽、轴瓦壁厚、滚动轴承轴向负荷适用范围的界限值
F	运动链相对自由度、力
f, f	摩擦系数, 齿根的
G	力、重力、剪切弹性模量
H, H	高度, 行星架、高副的、转化的
h	齿高、行程、厚度
HB	布氏硬度
HRC	洛氏硬度
HV	维氏硬度
I	转动惯量
i	传动比
j	齿侧间隙
K	系数、中心轮
L, L	长度、螺纹导程、滚动轴承寿命, 低副的、左旋的
l	长度
M	弯矩
m, m	质量、模数、接合面数, 中点的
$\max$	最大的
$\min$	最小的
N	总构件数、法向力
n, n	运动构件数、螺纹线数、转速、弹簧圈数, 法向的、公称的
O	转动轴线
P	运动副数、力、功率、螺距、导程(对于齿轮螺旋线)、径节、滚动轴承的当量负荷
p	齿距、链节距、单位压力(比压)
Q	力
q	蜗杆直径系数
R, R	力、半径、锥距, 右旋的
r, r	半径, 径向的
S	安全系数
s, s	位移、齿厚, 屈服的
T	转矩、扭矩

- t, t — 时间、温度, 切向的、端面的
 U — 机械能
 u — 齿轮的齿数比
 V, V — 体积, 当量的
 v — 线速度
 W — 机械功、抗弯截面模量
 W_T — 抗扭截面模量
 X, X — 坐标轴符号、系数, 滚动轴承的径向负荷系数
 x — 径向变位系数
 Y, Y — 坐标轴符号、系数, 滚动轴承的轴向负荷系数
 Z — 坐标轴符号、系数
 z — 数目、齿数、带的根数
 α — 角度、压力角、牙型角、带轮包角
 β — 角度、螺旋角
 γ — 角度、传动角、蜗杆的导程角、比重
 Δ — 变形、变形的补偿量
 δ — 角度、锥角、系数、间距
 ε — 重合度
 η — 效率
 θ — 角度、极位夹角、V带楔角、齿顶角
 λ — 变形
 μ — 比例尺
 ν — 泊松比
 ρ — 摩擦角、曲率半径
 Σ — 轴交角、总和的
 σ — 正应力
 σ_B — 抗拉强度极限
 σ_s — 屈服强度极限
 τ — 剪应力
 φ — 角度
 ψ — 摆角、螺纹升角
 ω — 角速度
 $[]$ — 许用的
1 — 原动件、主动的、小轮的、蜗杆的(标注在主代号右下角)
2 — 大轮的、蜗轮的(标注在主代号右下角)
* — 尺寸系数(标注在主代号右上角)

常用单位表

物理量	单位名称	代号	备注
长度	米, 厘米, 毫米	m, cm, mm	
质量	千克	kg	
时间	秒, 分, 时	s, min, h	
温度	摄氏度	℃	
平面角	弧度, 度	rad, °	
面积	平方米, 平方厘米, 平方毫米	m ² , cm ² , mm ²	
体积	立方米, 立方厘米, 立方毫米	m ³ , cm ³ , mm ³	
速度	米每秒	m/s	
角速度	弧度每秒	rad/s	
转速	转每分	r/min	
加速度	米每二次方秒	m/s ²	
角加速度	弧度每二次方秒	rad/s ²	
力、重量	牛[顿]	N	1N=1kg·m/s ²
力矩、转矩	牛[顿]·米	N·m	
动量	千克·米每秒	kg·m/s	
密度	千克每立方米, 千克每立方厘米	kg/m ³ , kg/cm ³	
应力、压力	帕[斯卡]	N/m ² (Pa)	1N/m ² =1Pa
	兆帕[斯卡]	N/mm ² (MPa)	1N/mm ² =1MPa
运动粘度	二次方毫米每秒[厘斯]	mm ² /s(cSt)	
功、能、热量	焦[耳]	J(N·m)	1J=N·m
功率	瓦[特], 千瓦	W(J/s), kW	1W=J/s
频率	赫[兹]	Hz	1Hz=1/s

目 录

第一章 绪 论

§ 1—1 引言	(1)
§ 1—2 “机械原理与机械零件”的主要内容及学习方法	(1)
§ 1—3 机械设计的基本要求和机械管理、使用维护的一般原则	(4)
思考题	(6)

第二章 平面机构运动简图及自由度

§ 2—1 运动副及其分类	(7)
§ 2—2 平面机构运动简图	(10)
* § 2—3 平面运动链自由度的计算	(12)
思考题 习题	(17)

第三章 平面连杆机构

§ 3—1 铰链四杆机构的基本型式和存在曲柄的条件	(20)
§ 3—2 铰链四杆机构的演化	(25)
§ 3—3 四杆机构的基本性质	(30)
思考题 习题	(35)

第四章 凸轮机构和步进运动机构

§ 4—1 凸轮机构的应用和分类	(37)
§ 4—2 从动件的基本运动规律	(40)
§ 4—3 盘形凸轮轮廓曲线的作图法设计	(43)
* § 4—4 凸轮机构的压力角和基圆半径	(46)
§ 4—5 步进运动机构	(48)
思考题 习题	(53)

第五章 螺纹联接和螺旋传动

§ 5—1 螺纹的形成及其主要参数	(55)
§ 5—2 螺旋副受力分析、效率和自锁	(57)
§ 5—3 常用螺纹类型	(59)
§ 5—4 螺纹联接的基本类型和螺纹紧固件	(61)
§ 5—5 螺纹联接的预紧和防松	(64)
* § 5—6 螺纹联接的强度计算	(68)
§ 5—7 螺旋传动	(76)

§ 5—8 螺纹零件的使用与维护	(79)
思考题 习题	(82)

第六章 带传动和链传动

§ 6—1 带传动的主要类型、特点和应用	(85)
§ 6—2 V带的型号、规格和带轮的结构、材料	(86)
§ 6—3 带传动工作情况分析	(90)
§ 6—4 V带传动的使用和维护	(94)
* § 6—5 V带传动的设计计算	(95)
§ 6—6 链传动的特点和应用	(101)
§ 6—7 滚子链和链轮	(103)
§ 6—8 链传动的运动特性	(105)
§ 6—9 滚子链传动的失效形式和使用维护	(107)
思考题 习题	(110)

第七章 齿轮传动

§ 7—1 齿轮传动的特点及分类	(112)
§ 7—2 一对相互啮合齿轮的定传动比条件	(114)
§ 7—3 渐开线的性质及压力角	(115)
§ 7—4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部名称和尺寸	(116)
§ 7—5 一对渐开线齿轮的啮合传动	(120)
§ 7—6 齿轮轮齿的加工原理及变位齿轮的概念	(124)
§ 7—7 轮齿的失效和齿轮的材料	(130)
§ 7—8 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(135)
§ 7—9 斜齿圆柱齿轮传动	(144)
§ 7—10 直齿圆锥齿轮传动	(150)
§ 7—11 齿轮的结构设计	(153)
§ 7—12 齿轮传动的润滑及使用维护	(155)
思考题 习题	(158)

第八章 蜗杆传动

§ 8—1 蜗杆传动的特点及类型	(160)
§ 8—2 蜗杆传动的主要参数、正确啮合条件和几何尺寸计算	(162)
* § 8—3 蜗杆传动的滑动速度与传动效率	(167)
§ 8—4 蜗杆传动的受力分析	(168)
§ 8—5 蜗杆传动的失效形式、材料和结构	(170)
§ 8—6 蜗杆传动的润滑、散热及使用维护	(172)
思考题 习题	(173)

第九章 齿轮系和减速器

§ 9—1	齿轮系的分类	(175)
§ 9—2	定轴轮系传动比的计算	(176)
§ 9—3	行星轮系传动比的计算	(178)
§ 9—4	齿轮系的功用	(183)
§ 9—5	减速器	(185)
思考题 习题		(189)
第十章 轴及轴毂联接		
§ 10—1	轴的分类及材料	(192)
§ 10—2	轴的初步计算	(194)
§ 10—3	轴的结构设计	(196)
*§ 10—4	轴的强度校核	(198)
§ 10—5	键和花键联接	(202)
*§ 10—6	其它形式的轴毂联接	(207)
§ 10—7	轴的使用与维护	(209)
思考题 习题		(211)
第十一章 联轴器、离合器和制动器		
§ 11—1	联轴器	(213)
§ 11—2	离合器	(221)
§ 11—3	制动器	(224)
§ 11—4	联轴器、离合器、制动器的使用与维护	(225)
思考题 习题		(226)
第十二章 轴 承		
§ 12—1	滑动轴承的分类	(227)
§ 12—2	滑动轴承的结构型式	(228)
§ 12—3	轴瓦(轴套)结构和轴承材料	(230)
*§ 12—4	非液体摩擦滑动轴承的校核计算	(233)
§ 12—5	滚动轴承的构造和类型	(235)
§ 12—6	滚动轴承的代号	(239)
§ 12—7	滚动轴承的选择和失效形式	(241)
§ 12—8	滚动轴承组合的分析	(243)
§ 12—9	轴承的润滑和密封	(249)
§ 12—10	轴承的使用与维护	(253)
§ 12—11	滚动轴承和滑动轴承的比较	(255)
*§ 12—12	深沟球轴承的寿命和承载能力计算	(256)
思考题 习题		(262)

第十三章 弹 簧

§ 13—1	弹簧的功用和类型	(263)
§ 13—2	普通压缩弹簧的特性线及几何参数的计算	(264)
§ 13—3	弹簧的材料和许用应力	(266)
* § 13—4	普通压缩弹簧的强度、刚度和稳定性计算	(268)
* § 13—5	车辆、火炮常用减振弹簧简介	(270)
§ 13—6	弹簧的使用与维护	(272)
思考题 习题		(273)

第十四章 转子的平衡和机械的调速

§ 14—1	转子的平衡	(274)
§ 14—2	机械速度波动的调节	(278)
思考题 习题		(281)

*第十五章 机械设计中电子计算机的应用举例

§ 15—1	概述	(283)
§ 15—2	平面凸轮轮廓设计	(284)
§ 15—3	普通圆柱螺旋压缩弹簧设计	(287)

主要参考文献	(292)
--------	---------

第一章 绪 论

§ 1—1 引 言

机械在人们生产实践和日常生活中起着非常重要的作用。在人类历史上,机械的进步是促进生产力不断发展的重要因素。从杠杆、车轮、斜面、滑轮、螺旋的应用到多种用途机械的出现,十分生动地说明了这一点。十八世纪中叶,机器的出现标志着近代工业革命的起点。蒸汽机的发明,各种工作机、运输机械的应用,促使生产力以前所未有的速度向前发展,奠定了现代工业的基础。各种新兴科学和技术的发展对机械提出了更高的要求,这更促使机械向广度和深度发展。机械工业水平是国家现代化的重要标志之一。同时,军队机械化程度的提高是我军取得战争胜利的重要因素之一。

现代武器装备中,枪械、火炮、坦克、舰船、飞机、导弹以及工程机械和军用车辆均属机械的范畴。在将来,可能出现的各种先进武器系统中,除杀伤破坏机理不同、侦察控制系统先进外,其主要结构仍为机械式的。

因此,为培养熟练掌握现代兵器的军人,学习并掌握一定的机械知识是很必要的。“机械原理与机械零件”是与兵器的结构、使用、维护联系最密切的课程之一。所以从事军事指挥、管理专业、工程技术专业学习的各院校学员应重视本课程的学习。

§ 1—2 “机械原理与机械零件”的主要内容及学习方法

一、常用名词术语

各种机械,它们的结构和用途往往不大相同,但都具有一些共同的特征。

图1—1 α 所示为内燃机。当内燃机工作时,燃气推动活塞1在气缸体8中作直线运动,通过连杆2使曲轴3作旋转运动。从而将燃气的热能转换为曲轴的机械能。

图1—2所示为牛头刨床。当电机通过V带(图中未绘出)驱动齿轮1转动时,与齿轮1相啮合的齿轮2通过滑块4、导杆3、连杆6带动与随动器7、调整丝杠8联成一体滑枕5在床身11上作往复移动,与滑枕5相联的刨刀9可对安置在工作台10上的工件进行刨削。与此同时,工作台及其上面工件作横向运动。这样,牛头刨床就把电机的电能转换成为刨刀往复切削的机械能,完成有用功。

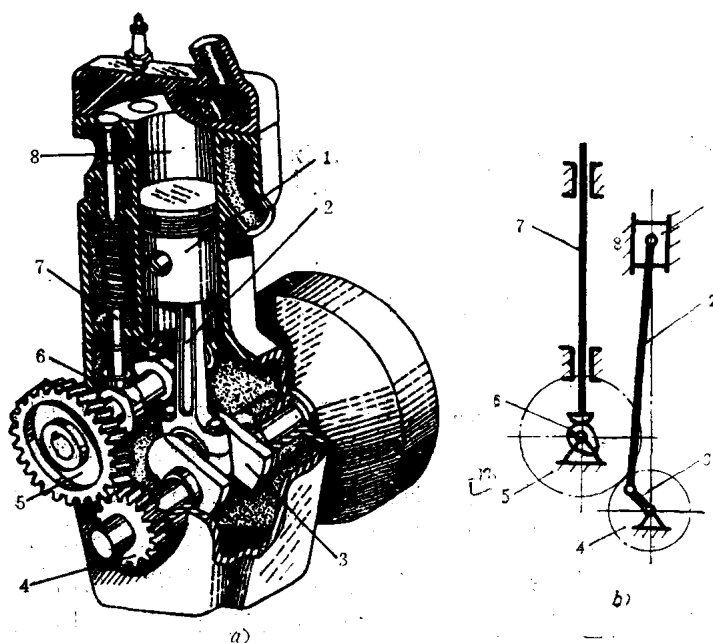


图 1-1 内燃机

1—活塞 2—连杆 3—曲轴 4、5—齿轮 6—凸轮 7—气阀推杆 8—气缸体

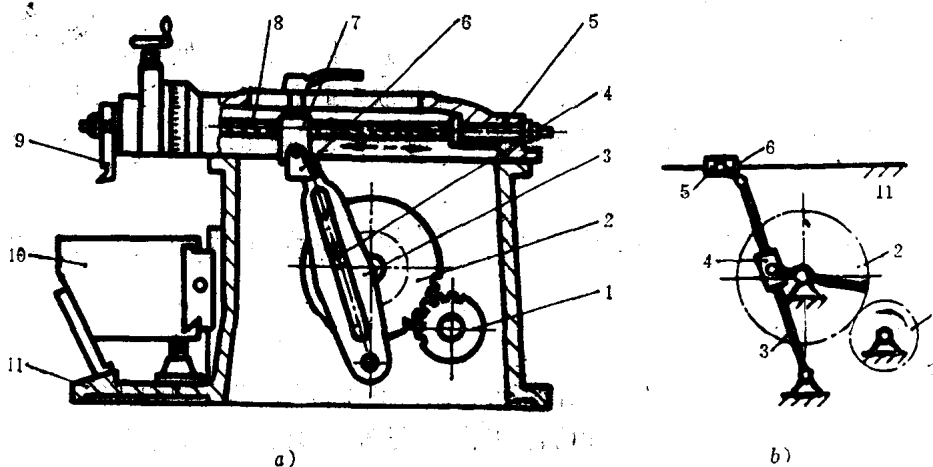


图 1-2 牛头刨床

1、2—齿轮 3—导杆 4—滑块 5—滑枕 6—连杆 7—随动器 8—调整丝杆 9—刨刀 10—工作台 11—床身

由以上两个例子可看出，它们具有以下共同特征：

1. 它们是人为实体的组合；
2. 各实体间具有确定的相对运动；
3. 能转换机械能（如内燃机）或做有用机械功（如牛头刨床）。

凡同时具有上述三个特征的机械称为**机器**；仅有其中两个特征的机械称为**机构**。但就其实体组台和运动来说，机构和机器两者并无区别。所以，通常以**机械**作为机构和机器的总称。

一台完整的机器通常由主动部分、传动部分和执行部分组成，如图 1—3 所示。主动

部分为机器动力的来源，如汽车上的内燃机；执行部分为直接完成机器预想动作的部分，如汽车的车轮；传动部分是将主动部分的运动和功率传给执行部分的中间环节，如图中的离合器、变速器、传动轴、分动器、差动器、半轴等。自动机器上还常有自动控制部分。如数控机床的数控系统、自动高射炮的随动系统等。

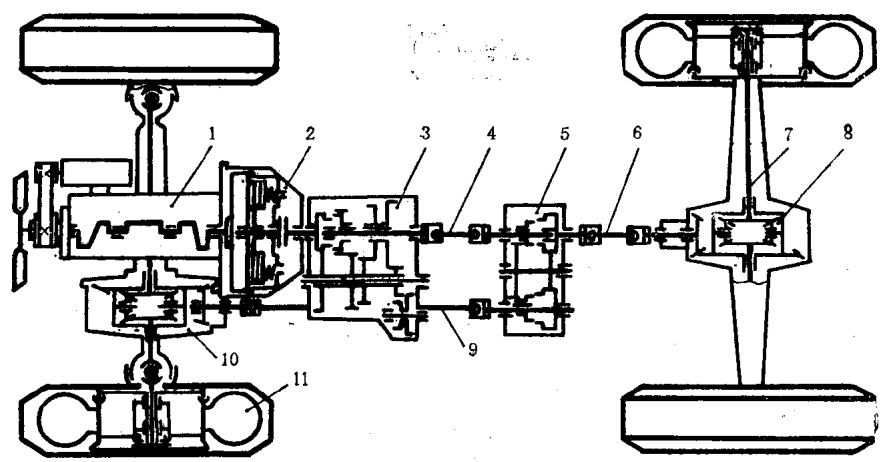


图 1-3 越野汽车传动系统示意图

1—内燃机 2—离合器 3—变速器 4、6、9—传动轴 5—分动器 7—半轴 8、10—差动器 11—车轮

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、凸轮机构、步进运动机构、带传动及链传动机构、齿轮机构等。仅在一定类型的机械中使用的特殊机构称为专用机构，如舰船上的陀螺机构等。

机构中进行相对运动的各个运动单元称为构件，零件则是制造单元。构件可以是单一的零件，如曲轴(图 1—4)。也可由若干个之间没有相对运动的零件组成，如连杆(图 1—

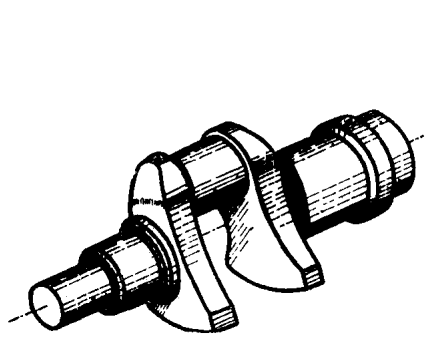


图 1-4 曲 轴

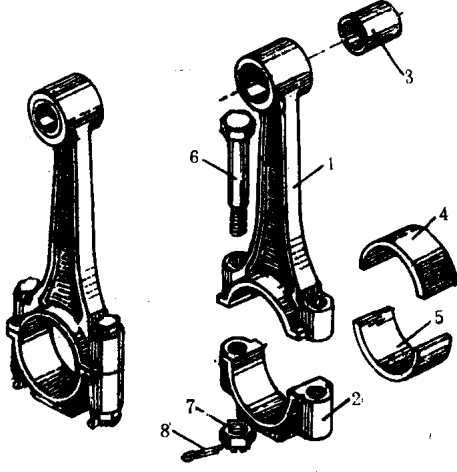


图 1-5 连 杆

1—连杆体 2—连杆盖 3—轴套 4、5—轴瓦
6—螺栓 7—槽形螺母 8—开口销

5)。各种机械中普遍使用的零件，称为通用零件，如螺栓、齿轮、轴、弹簧等。此外，还

有专用零件,如内燃机中的活塞、枪械中的枪管、火炮中的门体、飞机上的螺旋桨等。

一套协同工作且完成共同任务的零件组合通常可称为部件,部件也有通用部件和专用部件之分,如减速器、滚动轴承、联轴器等属通用部件,汽车的转向机、火炮的高低机等则属专用部件。

二、主要内容和学习方法

“机械原理与机械零件”是一门技术基础课,主要阐述一般机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点、基本设计理论和设计计算方法,标准零部件的选用原则和方法以及通用零部件一般的使用维护知识。

通过本课程的教学,学员应掌握上述基本内容,具有管理、使用和维护机械设备的基本知识,并为后续课程,诸如兵器的工作原理、结构和使用维护的学习打下必要的基础;根据不同学时要求,学员应初步学会运用机械设计方面的手册和国家标准等,初步掌握简单的设计计算方法,具有分析机械故障、参与技术革新和设计简单机械传动装置的能力。

在这门课程的学习过程中,一般通过常用机构的介绍,可在机器的整体结构和各零部件之间建立起有机的联系;在介绍每种零部件时,要进行零部件的受力分析,根据其失效形式,得出保证工作能力的计算依据,并列出相应的计算公式,以确定零件的主要参数和尺寸,然后进行结构设计。通过这一过程,对零部件使用和维护的要求也就会有较深刻的理解。在上述介绍过程中,涉及到的理论和实际问题的面广、具体,综合性强,实用性强。由于影响零部件功能的因素往往很复杂,通常不可能单纯由理论计算解决,而是通过系数分别予以考虑,许多系数、数据是根据实验得来的,有时则应用经验公式。因此,在学习过程中应充分了解公式、参数的应用条件和范围,同时应重视结构设计在确定零件形状和尺寸方面的重要作用。在学习本课程时,应善于应用已学过的机械制图、理论力学、材料力学和金属材料及热处理、金属工艺学等有关知识,结合本课程的特点,理论联系实际,有效地掌握本课程的基本内容。

§ 1—3 机械设计的基本要求和机械管理、使用维护的一般原则

一、机械设计的基本要求和步骤

对机械设计的基本要求是满足特定的预期功能、可靠性好、制造和使用经济、操作维护安全方便。满足特定的预期功能这一要求是根据使用要求提出的,对不同类型的机械有不同的要求,如要求机床能加工一定形状和精度的工件,要求坦克威力大、通过能力和防护能力强,要求战斗机速度快、机动性能好等。而其它基本要求对任何机械都具有一定的共性,但不同类型的机械其侧重点则可能有所不同,如兵器更强调其可靠性等等。为达到这些要求,除机械的总体结构应合理外,零件还必须满足强度、刚度、耐磨性、抗振性、耐热性、工艺性等方面的要求。在设计过程中,应重视标准化,这不仅可简化设计、保证互换性、便于维护保养,而且有利于保证质量、降低成本、提高综合的经济效益。

机械设计没有一个通用的固定模式,常因具体条件不同,设计过程也不尽相同。就一般机械而言,其设计步骤可大致归纳如下:

1. 总体设计:根据所需机械的功能要求,参阅技术资料,分析有关产品,进行调查研

究, 确定所需机械的工作原理并拟定总体方案。

2. 初步计算: 绘制机构运动简图和机械传动系统示意图, 进行运动分析、动力分析和强度分析, 并通过计算确定有关参数。

3. 技术设计: 确定机械各部分的结构和尺寸, 绘制总装配图、部件装配图和零件图。编写各种技术文件和说明书。

各步骤间关联密切, 设计时, 往往需要交叉进行、多次反复、不断修正。即使在机械制成后, 尚需结合制造和使用中出现的问题, 进一步修改, 使设计不断完善。

二、机械的管理、使用、维护的一般原则

机械是按照一定的使用要求和工作条件而设计的, 各有其结构特点和运行规律, 因此, 必须按照设计所规定的工作条件及其运行规律正确地管理、使用和维护保养。这样, 才能保证机械经常处于良好的技术状态并保持应有的工作性能或兵器的战术技术性能, 延长其使用寿命, 避免不应发生的事故, 以充分发挥机械的使用效能和经济效益。因而, 对机械的管理、使用、维护应重视, 其一般原则有以下几点:

1. 建立管理、使用和维护保养制度, 落实有关职责;

2. 使用者应熟悉有关机械的结构、性能和使用方法, 并按照使用说明所规定的工作条件和操作规程正确地使用机械设备;

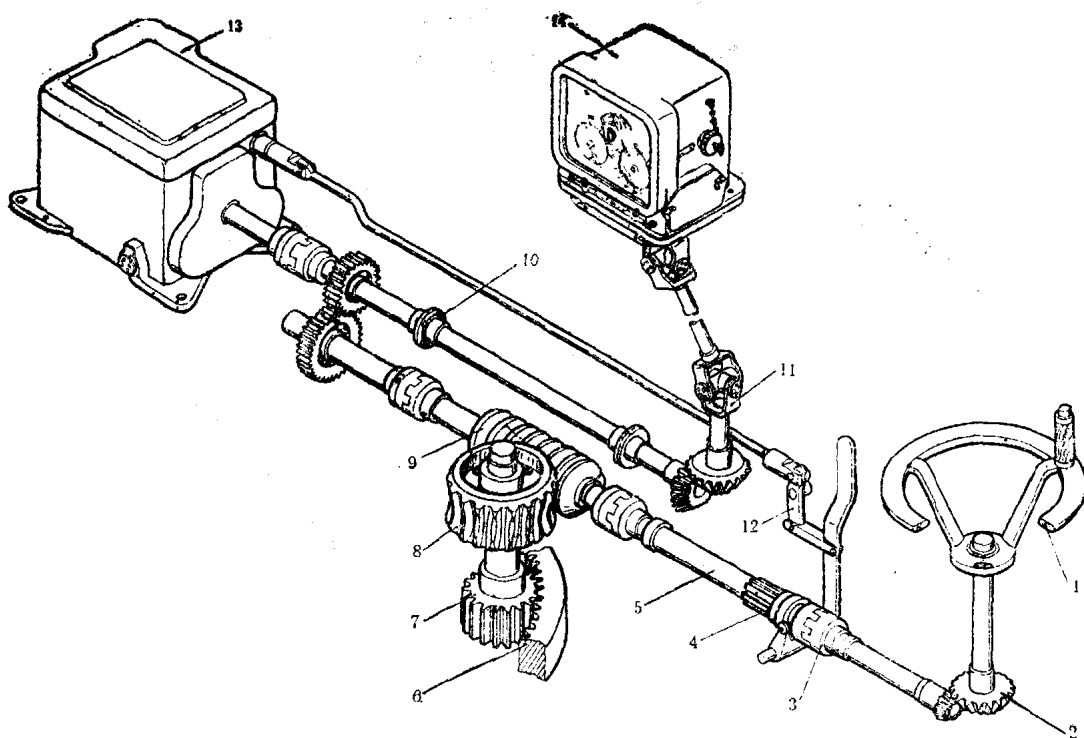


图 1-6 100毫米高射炮方向机的传动系统

1—手轮 2—蜗轮 3—开闭式离合器 4—花键联接 5—传动轴 6—内齿轮 7—外齿轮 8—蜗轮 9—蜗杆
10—行星齿轮 11—万向联轴器 12—多杆机构 13—方位角液压传动器 14—方位角受信仪