

高等学校函授教材
(兼作高等教育自学用书)

机械原理及机械零件

华中工学院机械原理及机械零件教研室

王时任 郭文平 漆德俭 罗铭佑 编

王时任 郭文平 主编

高等教育出版社

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

机械原理及机械零件

华中工学院机械原理及机械零件教研室

王时任 郭文平 漆德俭 罗铭佑 编

王时任 郭文平 主编

高等教育出版社

本书是根据 1981 年 12 月审订的《机械原理及机械零件函授教学大纲(草案)》(近机类专业试用)编写的。

全书除绪论外,共十八章和两个专题。第一章至第八章和专题 I 叙述了常用机构的工作原理、运动特性、机构设计和机器动力学方面的基本知识。第九章至第十八章和专题 II 叙述了通用零件的工作原理、特点、选用、设计与计算方法等。

本书包括提示、正文、例题、小结和自学指导、思考题、习题、阶段测验作业等内容。

本书可作为高等工业学校近机类各专业函授教材,也可供有关专业学生及工程技术人员自学参考。

高等学校函授教材

(兼作高等教育自学用书)

机械原理及机械零件

华中工学院机械原理及机械零件教研室

王时任 郭文平 漆德俭 罗铭佑 编

王时任 郭文平 主编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京丰华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 26.5 字数 608,000

1983 年 11 月第 1 版 1984 年 5 月第 1 次印刷

印数 00,001—13,000

书号 15010·0526 定价 2.55 元

前 言

本书是根据一九八一年十二月教育部在石家庄召开的高等工业学校函授教学工作会议审订的《机械原理及机械零件函授教学大纲(草案)》(近机类专业试用)编写的。本书基本内容的深、广度,相当于普通高等学校近机类专业的教材。编写时注意了贯彻“精选内容”的原则,吸取多年来的教学经验,并力求反映函授教学的特点。

本书包括提示、正文、例题、小结和自学指导、思考题、习题、阶段测验作业等内容。每章正文前有提示,简略地叙述本章的主要内容、重点、难点、目的要求及学习注意事项。每章正文之后写有较系统的小结和自学指导,再依次为思考题、习题,并分阶段写有测验作业,力求方便读者自学。

本书注意标题鲜明,层次清楚,重点内容叙述较详尽、通俗,而非重点内容则较简略。例题比普通高等学校教材的略多,并注意给读者分析问题的思路和方法。例题、习题、测验作业须要查阅的资料、表格一般列入书内或作附表列在正文之后,以便读者使用。本书带有“*”号部分以及专题为选学内容,可根据专业特点选学,也可供学有余力的学生选学。

本书使用国际单位制和国际惯用符号。

本书承主审单位东北工学院王世钊(主审)、高泽远、蒋尊贤同志和审查单位南京工学院杨可桢、程光蕴,中南矿冶学院王庆祺、刘适,中国矿业学院秦菱昌等同志审阅,提供了许多宝贵意见和建议,对提高本书的质量给予了很大的帮助,编者对此表示衷心的感谢。

本书绪论,第十五、十六、十七、十八章以及专题 II 由王时任编写;第一、二、三、六、七、八章由郭文平编写;第四、五章以及专题 I 由罗铭佑编写;第九、十、十一、十二、十三、十四章由漆德俭编写。王时任、郭文平担任主编。

由于编者水平有限,本书的缺点和错误在所难免,希望使用本书的教师和读者给予批评指正。对本书的意见请寄武昌华中工学院机械原理及机械零件教研室。

编 者

1983 年 7 月

主要符号表

A ——面积	s, S ——安全系数、力、导程、位移
a ——中心距、线加速度	T ——转矩
b, B ——宽度、厚度	t ——时间、螺距、温度
C ——常数、系数、滚动轴承额定动负荷	u ——齿数比、速度
c ——系数、间隙、刚度系数	V ——体积
d, D ——直径	v ——速度
E ——弹性模量、动能	W ——重量、功、断面系数
e ——偏心距	X, Y, Z ——系数
F ——力、自由度	z ——齿数、线数、个数
f ——摩擦系数、频率、系数、变形量	α ——角度、系数、压力角
G ——剪切弹性模量、重量	β ——角度、系数
g ——重力加速度	γ ——角度、系数
h, H ——高度、升距、行程	δ ——厚度、间隙、角度
I ——截面惯性矩	Δ ——厚度、间隙
i ——传动比、数目	ε ——应变、角加速度、滑动率、偏心率
J ——转动惯量	η ——效率、粘度
k, K ——系数	θ ——角度
L ——长度、寿命	λ ——角度、系数
l ——长度	μ ——系数
m ——质量、模数、指数	ν ——运动粘度、泊松比
M ——弯矩、力矩	ρ ——密度、摩擦角、曲率半径
N ——循环次数、正压力、功率、能量	σ ——应力
n ——转速、个数	τ ——切向应力
P ——功率、滚动轴承当量动负荷、力	φ ——角度
p ——节距、齿距、压强	ω ——角速度
Q ——力、流量	ψ ——角度、系数
r, R ——半径、锥距	

目 录

绪论.....1	§ 4-10 直齿锥齿轮机构.....91
§ 0-1 本课程的内容、性质和任务.....1	第五章 轮系.....98
§ 0-2 设计机器应满足的基本要求和一般程序.....3	§ 5-1 轮系的分类.....98
§ 0-3 学习本课程的一般方法和主要教学环节.....5	§ 5-2 定轴轮系的传动比.....99
第一章 平面机构运动简图.....7	§ 5-3 行星轮系的传动比.....102
§ 1-1 平面运动副及其分类.....7	§ 5-4 轮系的功用.....107
§ 1-2 平面机构运动简图.....9	* § 5-5 其他类型行星传动简介.....110
§ 1-3 平面机构的自由度计算.....13	测验作业 II.....117
第二章 平面连杆机构.....20	第六章 间歇运动机构.....118
§ 2-1 平面连杆机构的类型、应用和特点.....20	§ 6-1 棘轮机构.....118
§ 2-2 四杆机构的演化.....23	§ 6-2 槽轮机构.....123
§ 2-3 铰链四杆机构有曲柄的条件、行程速比系数、传动角和死点.....26	第七章 机械运转速度波动的调节.....129
§ 2-4 平面四杆机构的设计简介.....32	§ 7-1 机械运转速度波动调节的目的和方法.....129
第三章 凸轮机构.....41	§ 7-2 机械运转的平均速度和不均匀系数.....133
§ 3-1 凸轮机构的应用和分类.....41	* § 7-3 飞轮设计的近似方法.....134
§ 3-2 从动件的常用运动规律.....43	第八章 回转件的平衡.....139
§ 3-3 按给定运动规律绘制盘状凸轮廓线.....48	§ 8-1 回转件平衡的目的和分类.....139
§ 3-4 凸轮机构的压力角和基圆半径.....53	§ 8-2 回转件平衡的分析与计算.....141
* § 3-5 圆柱凸轮机构简介.....56	* § 8-3 回转件平衡的试验法简介.....146
测验作业 I.....61	测验作业 III.....149
第四章 齿轮机构.....63	第九章 机械零件设计概述.....150
§ 4-1 齿轮机构的应用和分类.....63	§ 9-1 设计机械零件应满足的要求和一般步骤.....150
§ 4-2 齿廓啮合的基本定律.....65	§ 9-2 机械零件的工作能力和计算准则.....151
§ 4-3 渐开线及其性质.....67	§ 9-3 机械零件的体积强度.....153
§ 4-4 渐开线齿廓的啮合传动.....71	§ 9-4 机械制造中常用材料的选用原则.....155
§ 4-5 齿轮各部分的名称、符号以及标准直齿圆柱齿轮的几何尺寸计算.....72	§ 9-5 机械零件的工艺性.....156
§ 4-6 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动.....75	§ 9-6 标准化.....156
§ 4-7 渐开线齿廓的切削加工原理.....79	第十章 联接.....159
§ 4-8 渐开线齿廓的根切现象和渐开线标准直齿圆柱齿轮的最少齿数.....82	§ 10-1 联接的类型和应用.....159
§ 4-9 斜齿圆柱齿轮机构.....85	§ 10-2 键联接.....161
	§ 10-3 销联接.....166
	§ 10-4 螺纹及螺纹副的效率和自锁.....167
	§ 10-5 螺纹联接及其预紧和防松.....172
	§ 10-6 螺栓联接的计算.....178

§ 10-7 提高螺栓联接强度的措施	189
§ 10-8 螺旋传动	190
测验作业 IV	197
第十一章 带传动	198
§ 11-1 带传动的类型和三角胶带的标准	198
§ 11-2 带传动的工作能力和计算准则	201
§ 11-3 三角胶带传动的设计计算	208
§ 11-4 三角带轮的材料和结构	215
§ 11-5 三角带传动的张紧方法	217
* § 11-6 同步齿形带传动简介	219
第十二章 链传动	221
§ 12-1 链传动的类型和套筒滚子链的标准	221
§ 12-2 套筒滚子链传动的工作能力和计算 准则	224
§ 12-3 套筒滚子链传动的设计计算	228
§ 12-4 套筒滚子链链轮的结构和材料	231
§ 12-5 链传动的张紧和润滑	233
第十三章 齿轮传动	237
§ 13-1 齿轮传动的失效形式和计算准则	237
§ 13-2 齿轮的材料和热处理	239
§ 13-3 齿轮传动的制造精度	241
§ 13-4 直齿圆柱齿轮传动的受力分析和 计算载荷	241
§ 13-5 直齿圆柱齿轮传动的强度计算	243
§ 13-6 齿轮的许用应力和主要参数	248
§ 13-7 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析和强度 计算	253
§ 13-8 直齿锥齿轮传动(轴交角 $\Sigma=90^\circ$) 的 受力分析和强度计算	257
§ 13-9 齿轮的结构	262
§ 13-10 齿轮传动的效率和润滑	265
* § 13-11 圆弧齿轮传动简介	266
第十四章 蜗杆传动	270
§ 14-1 蜗杆传动的类型和特点	270
§ 14-2 普通圆柱蜗杆传动的运动关系和几何 参数	271
§ 14-3 蜗杆传动的失效形式、材料选择和制 造精度	276
§ 14-4 普通圆柱蜗杆传动的受力分析和强度 计算	277
§ 14-5 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	281

§ 14-6 蜗杆和蜗轮的结构	283
测验作业 V	288
第十五章 轴	289
§ 15-1 轴的强度计算基本公式	289
§ 15-2 轴的功用、类型和应力性质	290
§ 15-3 设计轴应考虑的问题及步骤	292
§ 15-4 轴的材料	293
§ 15-5 初步确定轴的直径	294
§ 15-6 轴的结构设计	295
§ 15-7 按当量弯矩校核轴的强度	302
§ 15-8 轴的刚度	309
* § 15-9 轴的振动和临界转速	311
第十六章 轴承	315
§ 16-1 轴承的功用和分类	315
§ 16-2 滚动轴承的基本构造和类型	316
§ 16-3 滚动轴承的代号	320
§ 16-4 滚动轴承类型的选择	321
§ 16-5 滚动轴承的受力情况及失效形式	323
§ 16-6 滚动轴承的寿命计算	325
* § 16-7 滚动轴承的静负荷能力计算	334
§ 16-8 滚动轴承的组合设计	334
§ 16-9 滑动轴承的摩擦状态和失效形式	339
§ 16-10 非液体摩擦滑动轴承的结构型式	341
§ 16-11 滑动轴承的材料	342
§ 16-12 非液体摩擦滑动轴承的校核计算	344
§ 16-13 滑动轴承的润滑	345
第十七章 联轴器和离合器	358
§ 17-1 联轴器、离合器的功用及分类	358
§ 17-2 固定式联轴器	359
§ 17-3 刚性可移式联轴器	360
§ 17-4 弹性可移式联轴器	363
§ 17-5 操纵离合器	363
§ 17-6 自动离合器	367
§ 17-7 联轴器和离合器的选择	369
测验作业 VI	375
*第十八章 弹簧	376
§ 18-1 弹簧的功用和类型	376
§ 18-2 弹簧的材料和许用应力	377
§ 18-3 圆柱形螺旋拉伸和压缩弹簧的设计计 算	378
§ 18-4 扭转弹簧和碟形弹簧简介	384

专题 I 变位直齿圆柱齿轮机构	388	专题 II 液体动压轴承	401
§ I-1 采用变位齿轮的目的	388	§ II-1 动压轴承润滑油膜形成原理及基本方 程式	401
§ I-2 直齿圆柱齿轮避免根切的最小变位系 数	389	§ II-2 液体动压向心滑动轴承的设计计算	404
§ I-3 变位直齿圆柱齿轮机构的几何尺寸	390	常用单位名称及符号	414
§ I-4 齿轮传动的类型	395	主要参考书	415

绪 论

提 示

绪论将叙述本课程的内容、性质和任务；设计机器应满足的基本要求和一般程序；学习本课程的一般方法和主要教学环节。

学习绪论，要求读者重点了解本课程的内容、性质、任务以及机器、机构、构件和零件的概念。其他内容只要求作初步了解，以后在学习本课程的过程中再加深理解。

§ 0-1 本课程的内容、性质和任务

随着工业的迅速发展，机器的种类愈来愈多，常见的有内燃机、机床、起重机、缝纫机、发电机等等。

图 0-1 所示为单缸内燃机。它由缸体 1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、齿轮 5 和 6、凸轮 7、进气阀推杆 8、弹簧 9 等所组成。当燃气推动活塞 2 时，通过连杆 3 将运动传至曲轴 4，使曲轴 4 连续转

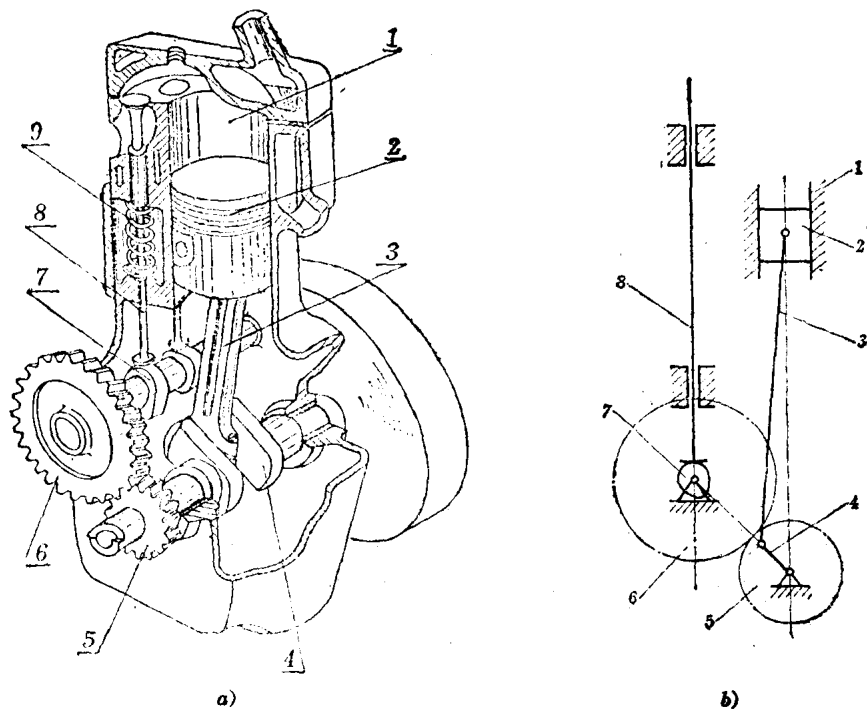


图 0-1 单缸内燃机

动,从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。为了保证曲轴连续转动,要求将燃气定时送入和排出气缸,这要通过进气阀和排气阀来完成,而进气阀和排气阀的启闭是通过齿轮、凸轮、推杆、弹簧等来实现的。

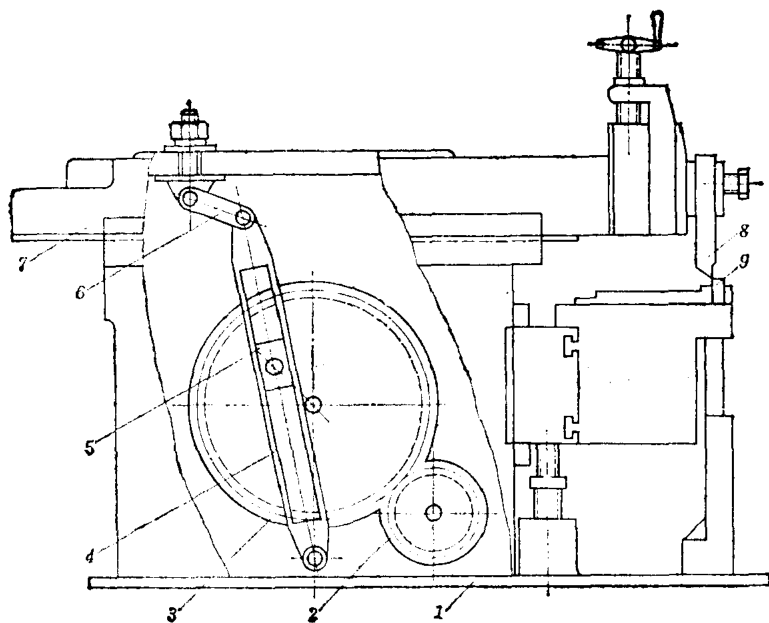


图 0-2 牛头刨床

- 1) 它是人为的实物组合;
- 2) 它的各部分之间具有确定的相对运动;
- 3) 它被用来代替或减轻人类的劳动,以完成有用的机械功(如机床、起重机)或转换机械能(如内燃机、发电机)。

若撇开机器在作功和转换能量方面所起的作用, 仅从结构和运动观点来看, 则机器与机构之间并无区别。因此, 习惯上常用机械一词作为机器和机构的总称。

中间环节。由于原动机多作等速回转运动,而执行部分要求的运动规律和运动形式是多种多样的,因此,须用传动部分来改变工作速度(如减速、增速或调速)、运动形式(如将等速回转运动改变为直线运动或间歇运动等)和运动方向(如换向齿轮)等。

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、齿轮机构、间歇运动机构等。

机构中形成相对运动的各个运动单元称为构件,例如内燃机的活塞、连杆、曲轴和缸体都是构件。零件则是制造单元。构件可以是单一的零件,也可以是由若干零件组成的运动单元。

各种机械中普遍使用的零件,称为通用零件,如螺钉、齿轮、轴、弹簧等。只在一定类型的机械中使用的零件称为专用零件,如内燃机的活塞、汽轮机的叶片等。

“机械原理及机械零件”是一门技术基础课程,主要叙述一般机械中的常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、设计与计算方法,并为后续课程中有关机械的内容打下基础。

学习本课程应达到的基本要求为:

- 1) 熟悉常用机构的工作原理、运动特性以及机构设计和机器动力学方面的基本知识;
- 2) 基本掌握通用零件的工作原理、特点、选用和维护方面的知识;
- 3) 初步学会运用手册和标准,能进行一般参数的通用零件和简单机械传动装置的设计和计算。

学习本课程时,要综合运用许多先修课程的知识,如机械制图、金属工艺学、理论力学、材料力学等。此外还要求读者具有一定的生产实践知识。

§0-2 设计机器应满足的基本要求和一般程序

一、设计机器应满足的基本要求

机器的类型很多,但设计机器应满足的基本要求大致相同,主要有以下几个方面:

1. 使用要求

机器的使用要求,就是要求机器能有效地执行预期的全部职能。为此,必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案。

再者,要求机器能在预定的工作期限内可靠地工作,防止由于个别零件的破坏或过早失效而影响机器的正常运行。为此要正确设计机器的零件,使所设计的零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性或振动稳定性等方面的要求。

2. 经济性要求

机器的经济性是一个综合性指标。它与设计、制造和使用等各方面有关。就设计、制造方面来说,要求成本低、生产周期短;就使用方面来说,要求生产率高、效率高、维护方便,并且维护费用低廉等等。再者,推行标准化、系列化、通用化是提高经济效益的重要措施,必须加以

重视。

3. 工艺性要求

机器及其零件应具有良好的工艺性。在不影响工作性能的条件下,应使机器的结构尽可能简单,零件的加工精度和表面光洁度适当,能以最少的费用制造出合乎技术要求的机器。

4. 操作方便和安全的要求

力求操作方便,最大限度地减少工人操作时的体力和脑力消耗;改善操作者的工作环境;要特别注意技术安全,加强劳动保护。具体地说,对于机器中易于造成危害工人安全的部分,应加装安全罩,采用各种可靠的安全保险装置;力争减少人力驱动机械,合理限定其所需驱动力;适当减少操纵手柄的数目,并将它们适当集中,以便于操纵;降低机器噪声,净化废气、废液及灰尘,环境通风流畅,温度适中,以及美化机器外观等。

5. 其他特殊要求

有些机器还具有某些特殊要求。例如:机床有长期保持精确度的要求;经常搬动的机器(如建筑起重机、钻探机等)有便于安装、拆卸和运输的要求;食品、纺织机械有不得污染产品的要求等。

二、机器设计的一般程序

机器设计没有一成不变的程序,须视具体情况而定,这里介绍一般设计程序如下:

1. 研究和确定设计任务

首先,根据生产要求,确定机器的功能范围和工作指标,研究实现的可能性,然后确定设计需要解决的课题和项目。

2. 拟定总体方案

根据设计任务,调查现有同类型机器的设计、生产、使用情况,了解制造厂生产技术水平,拟定机器的工作原理、机构运动简图、机械传动示意图。

3. 初步设计

通过运动分析,动力分析和强度计算,确定零件、构件和机构的主要参数和尺寸,并绘制必要的草图。

4. 结构设计

根据初步设计的结果,充分考虑满足零件的工作能力及结构工艺性,确定零件的形状和全部尺寸,并绘制零件工作图,编出各种技术文件和说明书。

5. 试制与投产

设计结果是否能满足要求,需要经过试制和鉴定。并进行必要的修改和小批量生产。待设计定型后,再进行成批生产。

设计过程的各个阶段是互相联系的,所以,具体设计过程往往要相互交叉进行,发现不当之处,必须修改前面有关阶段的内容,以期获得良好的结果。

设计人员应树立正确的设计思想;努力掌握先进的科学技术知识和科学的思维方法;虚心向

有关领域的科技工作者和从事生产实践的工作者学习;坚持理论联系实际,认真负责,富有创造精神,这样方能出色地完成设计任务。

§ 0-3 学习本课程的一般方法和主要教学环节

一、学习的一般方法

1. 学习本课程要坚持理论联系实际。本课程与生产实践有着紧密的联系。由于生产实际中的问题往往是比较复杂的,影响因素很多,因此学习时应努力掌握基本原理,注意各个公式和数据的使用条件,学会对具体问题进行分析。切不可不顾实际条件,生搬硬套书本上的公式、数据;否则,即使公式、数据本身是正确的,也会得出错误的结果来。

2. 机器是由许多不同的机构和零件组成的有机整体,各种机构和零件在机器中所处的地位和作用各不相同,因此,我们对于机器中的机构和零件的特点及设计方法,必须逐一地加以研究。同时,又必须从机器的总体设计出发,考虑它们之间的相互联系和工作情况,防止孤立地、片面地进行研究。

3. 本课程是一门设计性质的课程,它所牵涉的内容较为广泛,在作机构和零件的设计时,必须从设计机器应满足的基本要求出发,全面考虑各种因素的影响,由于情况较为复杂,在设计中即使在同一已知条件下,可能得到各种设计结果,我们应力求获得较佳方案。

4. 必须重视结构设计。机构和零件的设计,不仅仅要进行必要的计算,还要进行结构设计。初学的人往往只看重计算而忽略结构设计。但是,如果没有正确的结构设计,计算的结果也是毫无意义的。

正确的结构是根据机构及零件的要求、制造及安装的工艺性和维护等因素而决定的。学习本课程时,在注意理论计算的同时,要对现有的各种结构多加观察、分析和比较,逐步掌握结构设计的基本要求。

二、主要教学环节

学习本课程有以下教学环节:自学教材,考虑思考题中提出的问题;做习题,完成指定的测验作业;参加面授、实验、现场教学等教学活动;完成课程设计。

1. 自学教材

1) 自学是函授教学的主要环节和基本方式,要求学生认真刻苦地自学教材,以求按规定的要求掌握教材内容。

2) 在开始学习每一章时,应通过学习“提示”大致了解该章的主要内容、重点、难点及目的要求等。

3) 学习正文时,可先粗读一遍,初步了解本章的具体内容,然后再进行精读。熟悉基本原理、基本概念和基本方法,对重点、难点要反复钻研,力求深入理解。

4) 建议阅读正文时作读书笔记,将每章的重要原理、概念、基本公式和计算方法等扼要地记录下来,以加深对教材内容的理解和培养综合归纳能力。

5) 精读正文以后,应结合考虑思考题来检查自己对教材内容掌握的程度,发现理解不深的地方要再次重点阅读。建议将思考题的答案用自己的语言记在笔记本上。

2. 作习题和测验作业

1) 在自学教材和考虑思考题的基础上,做教师规定的习题。这是巩固自学所获得的知识以及熟悉设计和计算方法的主要手段。有的习题附有答案,可供学生核对。有的习题可以有多种结果,故未附答案,允许学生取定各自的方案。

2) 习题应书写工整,步骤清楚,附上必要的说明和图,按时上交教师检查。

3) 测验作业是检查教学质量的重要环节之一。学生自学一阶段之后,应按教师的要求和规定及时和独立完成测验作业。本教材中的测验作业题分为两组,学号末尾数为单数的学生,做序号为单数的测验作业题;学号末尾数为0和双数的学生,做序号为双数的测验作业题。测验作业应按时寄交教师批改,作为评定学生成绩的参考。

4) 测验作业应做在规定的纸上,用蓝墨水书写,应整齐清洁,如不合要求或错误很多时,将退回重做。重做的作业应在短期内完成,然后连同原来的作业一起寄交教师评阅。

3. 面授讲课、习题课和实验

1) 对课程中的一些重点、难点以及某些基本内容,将组织面授讲课,以帮助学生理解和掌握这些内容。

2) 面授前,学生应完成规定的自学内容、习题及测验作业。在面授时应带上自学笔记及习题作业,以备教师了解学习情况。

3) 面授时,将安排习题课,以帮助学生消化和巩固所学的知识,培养学生初步运用理论解决实际问题以及运用手册的能力。习题课可以由教师讲解例题或组织学生讨论分析某些问题。

4) 实验安排在集中教学时进行。实验为理论联系实际的重要环节。它主要是用于验证、巩固和加强对所学基本理论的理解,使学生受到实验方法的初步训练。每次实验完毕,学生应写出实验报告,交教师审阅。

4. 课程设计

1) 课程设计是培养学生设计能力和独立工作能力的重要教学环节。学生在达到本课程规定的要求,并经考试及格后方可进行课程设计。

2) 课程设计的题目应满足教学要求并符合生产实际。建议采用能包括课程大部分内容的部件,如简单机械传动装置或减速器等。

3) 每个学生的课程设计工作量包括:装配图一张,计算说明书一份。设计图纸应符合机械制图国家标准的要求,设计完成后应进行答辩,评定课程设计的成绩。

第一章 平面机构运动简图

提 示

所谓平面机构系指各构件均在互相平行的平面内运动的机构。

本章主要介绍平面运动副的概念,分类以及对构件运动的约束情况;机构自由度及其计算方法;构件组成机构必须满足的条件;平面机构运动简图的绘制。

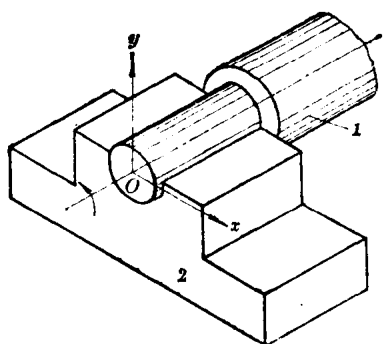
本章重点为平面运动副的概念及其分类;平面机构运动简图的绘制。后者又是本章的难点。

学习本章的目的要求是要了解构件怎样组合才能运动?又在什么条件下,它的运动才是确定的?还要掌握机构简图的绘制方法。

本章名词、定义和概念较多,充分理解和掌握它们是今后学习各章的基础。

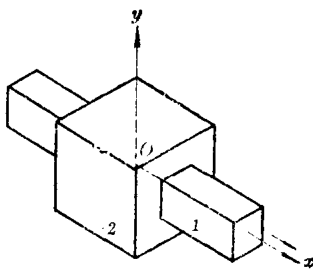
§ 1-1 平面运动副及其分类

机构中所有各构件彼此都不是孤立的,而是以一定方式互相联接着。但这种联接既不同于螺栓联接,也不同于铆接、焊接之类的刚性联接,而是在联接处保持一定的相对运动。这种由两构件直接接触而又保持一定相对运动的联接,称为运动副。如图 1-1a 所示轴 1 与轴承 2 的联接;图 1-1b 所示滑块 1 与导槽 2 间的联接;图 1-2 所示轮齿 1 与轮齿 2 之间的联接都构成运动副。



a)

图 1-1 转动副与移动副



b)

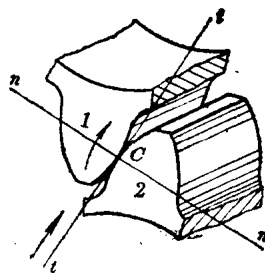


图 1-2 两轮齿接触构成的运动副

构件之间的接触不外乎点、线、面三种。例如互相啮合的轮齿之间为点或线接触,而轴颈与轴承或滑块与导槽之间为面接触。两构件上能够直接参与接触而构成运动副的部分,称为运动副。

副元素。例如上述轴颈与轴承的外圆柱面与内圆柱面以及可能参与接触的齿廓曲面都是运动副元素。两构件通过点或线接触而构成的运动副统称为高副；两构件通过面接触而构成的运动副统称为低副。

由理论力学可知，一构件作任意的平面运动时，其运动可分解为沿 x 轴和 y 轴的移动以及绕垂直于 xOy 平面的轴的转动。构件的这种独立运动称为自由度。所以，作平面运动的自由构件具有三个自由度。要确定这个构件在运动中的瞬时位置，需要给定三个独立的运动参数。如图 1-3a 所示，构件在直角坐标系 xOy 中的位置是由构件上任一点 A 的坐标 x 和 y 以及过 A 点的某一直线 AB 对 x 轴线的倾角 α 来描述的。但如图 1-3b 所示，假定构件 $O'A$ 与坐标系 xOy 相固联，又当构件 AB 与构件 $O'A$ 在 A 处组成运动副后，由于构件间的直接接触，使构件 AB 的某些独立运动受到限制。图中的两构件在 A 处组成回转副，因此构件 AB 沿 x 和 y 方向的独立运动均受到限制，自由度便随之减少。这种对构件的独立运动所加的限制称为约束。构件上每加一个约

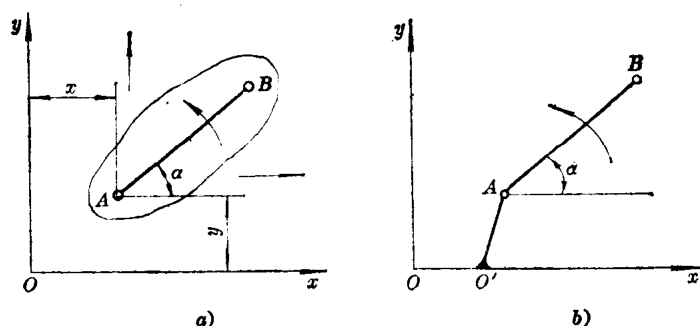


图 1-3 平面运动构件的自由度

束，便失去一个自由度；加上两个约束，便失去两个自由度，因此，约束的数便是自由度减少的个数。因为构件与构件间用运动副联接后，至少应有一个自由度（即具有一个相对运动），所以任何平面运动副最多只能引入两个约束。构件上约束数的多少和约束的特点完全取决于运动副的类型。

图 1-1a 所示运动副，构件 2 沿 x 轴和 y 轴的移动都受到约束，它只能绕垂直于运动平面 xOy 的轴转动。这种具有一个独立相对转动的运动副称为转动副（有时又称为铰链）。

图 1-1b 所示运动副，构件 2 沿 y 轴的移动和绕垂直于 xOy 平面的轴的转动都受到约束，它只能沿 x 轴相对移动。这种具有沿一个方向独立的相对移动的运动副称为移动副。

由图 1-1 可知，无论是转动副或移动副，两构件间均为面接触，所以转动副和移动副都是低副。

两构件间通过线接触（图 1-4a）或点接触（图 1-4b）而构成的运动副称为高副。在这种由曲线（或

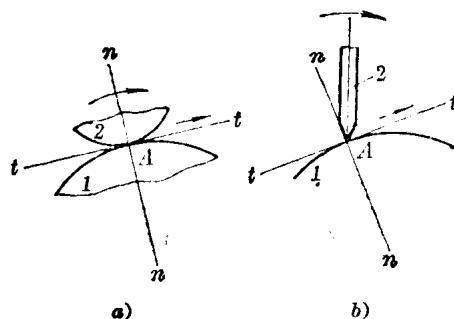


图 1-4 平面高副

曲面)构成的高副中,构件2相对于构件1既可以沿瞬时接触点A的切线 $t-t$ 方向移动,又可绕A点转动,而沿公法线 $n-n$ 方向的移动受到约束(因为构件之间不能脱离接触,也不能彼此嵌入)。图1-4a所示为高副的典型型式。当构件2的接触轮廓的曲率半径趋于零,则演化成图b所示的型式。

综上所述,在平面机构中低副引入两个约束;高副引入一个约束。

§ 1-2 平面机构运动简图

一、研究机构运动简图的目的

由于在实际机械中,构件的外形和构造一般比较复杂,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;运动副的具体构造等)无关,只与运动副的类型及运动副的相对位置有关。所以,为简化起见,在研究机构的运动时,可以不考虑那些与运动无关的因素,只用简单的线条和符号来代表构件和运动副,并按一定的比例确定各运动副的相对位置。如图0-1a所示内燃机,可由图0-1b来表示。这种用简单的线条和符号表示机构各构件间相对运动关系的简单图形便称为机构运动简图。此外,在设计新机器时,应用机构运动简图进行方案比较也是十分方便的。

机构运动简图应与真实机构具有完全相同的运动特征。它不仅应能充分表示出机构的传动原理,而且应能据此用图解法求机构上各有关点的位移、速度和加速度。所以绘制机构运动简图时,凡是与运动有关的因素均应准确地表示出来。例如参与构成高副的轮廓曲线则不能用简单的符号表示,而必须按比例准确地绘制。

二、构件在机构运动简图中的表示方法

1. 构件的分类

一般机构中的构件可分为三类:

1) 机架 机构中固定的构件称为机架,它是用来支持活动构件的。在研究机构各构件的运动时,常以机架作为参考坐标系。

2) 原动件 机构中运动规律已知(由外界给定)的构件称为原动件,它一般与机架相联。

3) 从动件 除原动件以外的活动构件统称为从动件。

2. 参与构成不同类型的若干运动副的构件的表示方法

机构中构件的相对运动是由运动副的类型及同一构件上各运动副的相对位置决定的。如图1-5所示不同型式的连杆(图a、b)和曲轴(图c),其上各具有两个转动副元素,均能分别与其他构件构成两个转动副(下文称这类构件为参与构成两个转动副的构件)。虽然它们的外形和截面形状与尺寸各不相同,但都可以用图d所示的简单线条和符号来代表。

同理,表示参与构成不同类型的若干运动副的构件,应按其运动副的类别,用规定的符号画