

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 学习指导书

南京工学院机械原理及机械零件教研组

余长庚 卢玉明 程燮时 编

11

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 学 习 指 导 书

南京工学院机械原理及机械零件教研组
余长庚 卢玉明 程燮明 等

高等教育出版社

本书是为满足函授、自学的需要,与南京工学院余长庚、卢玉明主编《机械原理及机械零件》(修订第四版)一书配套使用的学习指导书。

本书内容包括:学习各章的要求;内容提要 and 说明,对教科书中可能遇到的难点,较难理解的基本概念作了必要的补充讲述;各章列有复习思考题,并对较难的习题附有参考答案。

本书由南京工学院卢玉明、程燮时同志编写,余长庚同志统稿,并由中南矿冶学院刘适同志审阅。

本书可作为非机类各专业的函授、自学教材,也可供在校师生及有关工程技术人员参考。

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学习指导书

南京工学院机械原理及机械零件教研组

余长庚 卢玉明 程燮时 编

*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

上海群众印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 2.625 字数 62,000

1983年2月第1版 1983年8月第1次印刷

印数 00,001—24,500

书号 15010·0473 定价 0.33 元

前 言

本课程是介于基础课和专业课之间的一门技术基础课, 主要介绍机械中常用机构的基本知识和一般参数的通用零件的工作原理、结构与简单的设计计算方法, 为学习专业课程的机械部分打下基础和为生产实践中使用和维护机械设备提供一定条件。

学完本课程后应达到下列具体要求:

1. 能识别一般机器中常用的机构, 看懂简单机器的传动系统图; 掌握机械平衡及调速的概念。

2. 掌握各种通用零件的工作原理、特点, 并能根据具体的使用条件, 选择合适的零件类型和利用手册、标准或有关规范, 修配或选用标准零件。

3. 了解各种零件可能失效的原因及使用、维护中应注意的问题。

4. 能应用本书所介绍的计算方法, 计算零件的主要参数或尺寸, 或对已有的零件校核其承载能力。

本课程是一门实践性较强的技术基础课, 学习时应紧密结合专业的典型设备, 达到学以致用, 收到更好的效果。

为了更好地掌握本课程的基本内容, 学生在学习时应注意:

1. 与本指导书配套使用的自学教科书是南京工学院机械原理及机械零件教研组编, 余长庚, 卢玉明主编的《机械原理及机械零件》修订第四版(以下简称教科书), 学习中应按本指导书的自学进度表的计划进行;

2. 本指导书只起到提示和对某些内容的解释作用, 学习时应

以教科书的内容为主。自学完一章后，可按自学指导书的要求和复习题进行检查。

自学进度表(供参考)

阅 读 时 数				课外 作业 时数	自我检 查时数	面授教 学时数
教材内容	小时	指导书内容	小时			
第一章 绪论	1.5	绪 论	0.5		0.5	0.5
第二章 平面连杆机构	4	平面连杆机构	1		1	1.5
第三章 凸轮机构	4	凸轮机构	1	4	1	2
第四章 间歇运动机构	2	间歇运动机构	0.5		0.5	
第五章 机械的调速和平衡	5	调速和平衡	1		1	
第六章 机械零件设计和 计算概论	1.5	机械零件设计 和计算概论	0.5		0.5	
第七章 联接	7	联 接	2	3	1	
第八章 带传动和链传动	7	带传动和链传动	2	3	1	
第九章 齿轮传动	14	齿轮传动	4	6	2	3
第十章 蜗杆传动	5	蜗杆传动	1	3	1	1
第十一章 轮系、减速器和 无级变速传动	5	轮系、减速器和 无级变速传动	1		0.5	1
第十二章 轴	5	轴	2	3	0.5	2
第十三章 轴承	10	轴 承	2	3	1	2
第十四章 联轴器、离合器和 制动器	4	联轴器、离合 器和制动器	0.5		0.5	
第十五章 弹簧	4	弹 簧	1	2	0.5	
第十六章 起重机械零件	4	起重机械零件	1		0.5	
附录 I 公差与配合	2					
小 计	85		21	27	13	13

说明: 1. 自学所需总学时= $85+21+27+13=146$ 小时。

2. 面授教学学时=13 小时。

目 录

前言	1
第一章 绪论	1
第二章 平面连杆机构	2
第三章 凸轮机构	4
第四章 间歇运动机构	5
第五章 机械的调速和平衡	6
第六章 机械零件设计和计算概论	10
第七章 联接	11
第八章 带传动和链传动	21
第九章 齿轮传动	33
第十章 蜗杆传动	45
第十一章 轮系、减速器和无级变速传动	49
第十二章 轴	52
第十三章 轴承	61
第十四章 联轴器、离合器和制动器	69
第十五章 弹簧	72
第十六章 起重机械零件	75

第一章 绪 论

一、本章要求

1. 了解有关机械原理及机械零件学科的名词概念;
2. 掌握简单机构的运动简图的画法。

二、内容提要 and 说明

1. 构件及运动副

我们知道, 机器是由许多零件组成的, 但从机器运动的角度来看, 并不是所有的零件之间都具有相对运动的可能。在设计机器时, 由于结构或工艺上的需要, 常常将几个零件联接成一个刚体。例如教科书图 1-1 的牛头刨床, 为了把电机 3 的功率经带传动、小齿轮 4 再传给大齿轮 5, 则齿轮必需用键与轴联接成一个刚体(见教科书图 1-2)。机器工作时, 齿轮、键以及轴是作为一个刚体运动着, 这个刚体在机械原理中称为构件。可见, 构件往往是由几个零件刚性联接而成的, 当然也可以是一个单独的零件。必须注意, 构件不一定是个零件。

机器中的每一个构件, 至少必须与另一构件联接, 而且两构件之间的联接必须保证两构件之间具有相对运动的可能, 否则就会合二为一地成为一个构件了。这种具有确定相对运动的联接称为运动副。例如, 为了保证上面提到的小齿轮 4 具有确定的回转运动, 与齿轮 4 刚性联接的轴必需安装在机架 1 的轴承上。这样, 齿轮构件与机架的联接便是一个运动副(低副), 而齿轮 4 与大齿轮 5 的联接也是一个运动副(高副)。

2. 机构运动简图(见教科书 P. 5)

绘制机构运动简图时,首先要分析该机器的实际构造和运动情况。然后从原动构件开始循着运动传递的路线,弄清原动构件与最末的从动构件之间的传动关系,从而弄清该机器是由多少构件和用何种运动副联接起来。这样,才能正确地绘出机构的运动简图或传动系统图。

三、复习思考题

教科书习题 1-1~1-3。

第二章 平面连杆机构

一、本章要求

重点掌握平面四杆机构的基本类型和应用,对平面四杆机构的演化只作一般的了解。

二、内容提要 and 说明

1. 平面四杆机构是由四个刚性构件用低副(回转副或移动副)联结而成的。所有构件均在同一平面内或相互平行的平面内运动。由于低副是面接触,加工容易,润滑条件较好,可承受较大的冲击载荷,因此平面四杆机构获得广泛的应用。

2. 平面四杆机构中,以铰链四杆机构最具有代表性,而铰链四杆机构的最基本型式是曲柄摇杆机构,其它类型的四杆机构都可视为在曲柄摇杆机构的基础上演化出来的。例如教科书图 2-4 所示的曲柄摇杆机构,若取 AB 构件为机架,因 AB 构件与 BC 、 AD 构件均可相对作一整圈转动,故 BC 、 AD 构件均为曲柄,得双曲柄机构。若取 CD 构件作为机架,因 CD 构件与 BC 、 AD 构件均不能相对转一整圈,则 BC 、 AD 构件均为摇杆,得双摇杆机构。在曲柄摇杆机构的基础上,通过其它演化途径(扩大回转副,回转副转化为移动副)可获得偏心轮机构、曲柄滑块机构等等。

3. 在铰链四杆机构中,当主动曲柄以等速绕回转副中心回转时,从动摇杆则作来回的变速摆动,正反行程摆动的平均速度不同,回程的平均速度较高,故具有急回作用,可提高工效。大部分的平面四杆机构都具有急回作用。

4. 平面四杆机构可实现从动构件所需的运动规律或所需的运动轨迹。

5. 教科书图 2-2 中,应注意 A 为圆盘 4 的回转中心, B 为另一固定轴的中心,它不在圆盘上。

三、复习思考题

教科书习题 2-1~2-4。

四、教科书部分习题参考答案

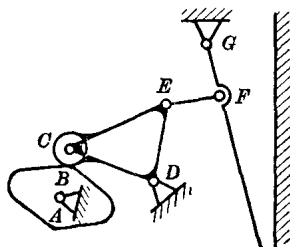
本章习题有的超出本书内容,故作题解,以便复习。

习题 2-1

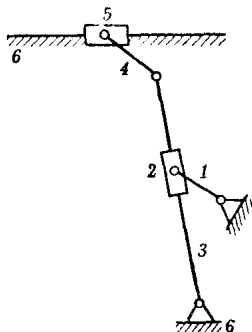
解 图 a 由曲柄摇杆机构 $ABCE$ 及摇杆滑块机构 EDF 组成。构件数为 6 (包括机架)、低副个数为 7、高副个数为 0。

习题 2-2

解 上题图 c 碎石机机构由凸轮机构 ABC 、双摇杆机构 $DEFG$ 组成,其中 CDE 是一个构件。滚子 C 以回转副与构件 CDE 联结,它可减少高副接触处的磨损,而滚子绕其本身轴线的自由转动对其它构件的运动没有任何影响(属于局部自由度)。因此,可把滚子看作是固接于构件 CDE 上的一个零件(辅图 2-1)。故图 2-1, c 所示,机构的构件数为 5 (包括机架),低副个数为 5,高副个数为 1。



辅图 2-1



辅图 2-2

习题 2-3

解 由摆动导杆机构 1、2、3、6 和摇杆滑块机构 3、4、5、6 组成。机构运动简图见辅图 2-2。

习题 2-4

解 图 a 是由曲柄摇杆机构通过扩大回转副 B 和 D 得到。图 b 是由曲柄摇杆机构通过扩大回转副 C 得到。

第三章 凸 轮 机 构

一、本章要求

1. 了解凸轮机构的分类、应用及优缺点；
2. 掌握凸轮机构的常用运动规律以及从动件位移与凸轮转角间的关系 $s_2-\delta_1$ 线图的画法；
3. 能绘制直动从动件盘形凸轮轮廓。对摆动从动件凸轮轮廓绘制方法只作一般的了解。

二、内容提要及说明

1. 凸轮机构主要用于对从动件的运动规律有严格要求的场合。其优点是只需设计适当的凸轮轮廓，便可使从动件得到预期的运动规律，而且结构简单、紧凑，设计方便，因此，广泛用于自动化机械中。凸轮机构属于高副机构，凸轮轮廓与从动件之间是点或线接触，易磨损，而且凸轮轮廓曲线的加工较难。为了减轻磨损，凸轮轮廓常需进行表面淬火或渗碳淬火处理。

2. 设计凸轮机构时，首先应根据机器的工作要求确定从动件的运动规律。例如，自动车床中控制刀架进刀的凸轮机构，为使被加工表面光洁，要求刀具进刀时作等速运动，因此应选择等速运动规律。选定了从动件的运动规律后，便可绘制从动件位移 s_2 与凸轮转角 δ_1 之间的对应关系曲线。然后根据 $s_2-\delta_1$ 线图绘制凸轮

轮廓。

作图法绘制凸轮轮廓曲线的基本原理是反转法。在教科书图 3-8, a 中, 凸轮是以等角速度 ω_1 逆时针回转。现设想将整个凸轮机构以反向的角速度 $-\omega_1$ 绕 O 点回转, 根据相对运动原理, 结果是凸轮静止不动, 而机架、导路和从动件以角速度 $-\omega_1$ 绕 O 点转动, 同时从动件又沿导路往复运动。可见从动件尖顶的运动轨迹就是凸轮轮廓曲线。反转法相当于人在开动的车厢内观察路旁树木倒退的情况。

3. 在选择滚子半径时, 应满足滚子半径 r 必须小于理论轮廓外凸部分的最小曲率半径(教科书图 3-11), 否则将使运动失真。

4. 基圆半径不能过小。基圆半径愈小, 推程曲线愈陡削, 可能引起机构自锁, 使从动件卡死而不能运动。设计时应加注意。

三、复习思考题

教科书习题 3-3, 3-4。

补充题 等速运动规律和等加速等减速运动规律各具有哪些特点? 其 $s_2-\delta_1$ 线图如何绘制?

四、测验作业

教科书习题 3-1。要求按 1:1 绘制凸轮轮廓曲线。

第四章 间歇运动机构

一、本章要求

了解槽轮机构、棘轮机构的工作原理、特点及应用。对不完整齿轮机构不作要求。

二、内容提要 and 说明

1. 教科书图 4-1 中, b 为槽底高, $b \leq l - (r + r_s)$, 一般取 $b =$

$l = (r + r_s) - (3 \sim 5) \text{ mm}$, 以免圆销 A 绕 O_1 转动时与槽轮轴相碰。

上式中 b 、 l 、 r 及 r_s 所代表的意义均见教科书图 4-1。

2. 圆销开始进入或脱出径向槽时, 径向槽中心线应切于圆销中心的运动轨迹(以 O_1 为中心的圆)。目的是使槽轮开始转动的瞬间或终止转动的瞬间的角速度为零, 以免圆销 A 与径向槽发生冲击。

3. 运动系数 $\tau = \frac{t_m}{t} = \frac{Z-2}{2Z}$, Z 为径向槽数目。运动系数 $\tau = 0$ 时, 表示槽轮每次运动时间 $t_m = 0$, 即槽轮始终不动; $\tau = 1$ 时, 则 $t_m = t$, 表示槽轮与构件 1 作相同的连续转动, 不能达到间歇运动的要求。因此, 运动系数 τ 必须满足 $0 < \tau < 1$ 。

三、复习思考题

教科书习题 4-1, 4-2。

第五章 机械的调速和平衡

一、本章要求

本章包括机械的调速和机械的平衡两部分内容。

对机械的调速部分的要求:

1. 着重了解机器周期性速度波动调节的目的和方法; 对非周期性速度波动的调节不作要求;

2. 了解机器运转时的算术平均角速度 ω_m 和不均匀系数 δ 的含义;

3. 了解飞轮设计的基本原理; 飞轮基本尺寸的确定不作要求。

对机械平衡部分的要求:

1. 了解机械平衡的目的和方法;

2. 着重了解回转件静平衡的原理和方法(包括静平衡试验法);

3. 对动平衡只作一般了解(动平衡试验法可不阅读)。

二、内容提要 and 说明

§5-1 机器速度波动的调节

1. 机器运转中,若驱动力所作的功不等于阻力所作的功,则将出现功的不平衡。它将引起机器动能的增减,使机器的主轴角速度随之变化,从而造成机器运转速度的波动。这种速度波动会严重影响机器的工艺过程、降低产品质量。因此,必须设法调节,使速度波动限制在机器允许的范围之内。

2. 在每一运动循环中,若机器的速度是按一定的规律变化,而且驱动力所作的功与阻力所作的功的平均值相等,则称为周期性速度波动。它可以利用具有适当质量的飞轮来调节。在机器稳定运转的过程中,若机器的驱动力或阻力突然发生很大的变化,则驱动功和阻力功的平衡关系被破坏,机器主轴的角速度也必然发生很大的变化。当驱动功大于阻力功时,主轴持续增速,导致“飞车”现象,使机器损坏;反之,主轴速度急降,被迫停车。机器的这种速度波动称为非周期性的速度波动。它不能依靠飞轮来调节,而必须使用调速器。

3. 机器的算术平均角速度 ω_m , 通常用每分钟的转速来表示,即所谓的“名义转速”或“额定转速”。

通常,用不均匀系数 δ 来表示机器运转不均匀的相对程度。将

$\delta = \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{\omega_m}$ 的两边各乘以 $(\omega_{\max} + \omega_{\min})$, 可得教科书中的式 (5-5)。

4. 飞轮设计的基本原理部分;要着重了解教科书式 (5-6) 中参数 ω_m 、 $A_{\max}$ 、 δ 与转动惯量 J 之间的关系以及宜将飞轮装在高

速轴上的原因。考虑到有些机器主轴的刚性较好，所以常将飞轮安装在主轴上。

§5-2 机械的平衡

动平衡试验法可不阅读。

三、复习思考题

教科书习题 5-1~5-4。

四、教科书部分习题参考答案

习题 5-2

解 坯料通过轧辊时阻力所作的功

$$A_r = 1000 \times 4000 \times 5 = 20 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

驱动力所作的功

$$A_d = 1000 \times 2600 \times 5 = 13 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

最大亏功

$$A_{\max} = A_r - A_d = 20 \times 10^6 - 13 \times 10^6 = 7 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

由教科书式(5-6)可求得飞轮的转动惯量

$$J = \frac{900 A_{\max}}{\pi^2 n^2 \delta} = \frac{900 \times 7 \times 10^6}{\pi^2 \times 80^2 \times 0.1} = 997000 \text{ N} \cdot \text{m}$$

飞轮矩

$$GD^2 = 4gJ = 4 \times 9.8 \times 997000 = 39 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}$$

飞轮重量

$$G = \frac{39 \times 10^6}{7^2} = 796000 \text{ N}$$

最大转速和最小转速

$$n_{\max} = n \left(1 + \frac{\delta}{2} \right) = 80 \left(1 + \frac{0.1}{2} \right) = 84 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{\min} = n \left(1 - \frac{\delta}{2} \right) = 80 \left(1 - \frac{0.1}{2} \right) = 76 \text{ min}^{-1}$$

习题 5-3

解 分别将质量 m_1 , m_2 , m_3 向所选定的平面 Y' 、 Y'' 内分解。由式 (5-13) 可得:

$$m_1' = \frac{600 - 200}{600} \times 10 = 6.66 \text{ kg}, m_1'' = \frac{200}{600} \times 10 = 3.33 \text{ kg}$$

$$m'_2 = \frac{600-300}{600} \times 15 = 7.5 \text{ kg}, \quad m'_2 = \frac{300}{600} \times 15 = 7.5 \text{ kg}$$

$$m'_3 = \frac{600-400}{600} \times 20 = 6.66 \text{ kg}, \quad m'_3 = \frac{400}{600} \times 20 = 13.33 \text{ kg}$$

已知平衡质量的质心到回转轴心的距离 $r' = r'' = 100 \text{ mm}$ ，并且与 m_1 、 m_2 、 m_3 位于同一轴向平面内，则 Y' 平面所需的平衡质量 m' 按式(5-11)计算

$$m'_1 r_1 - m'_2 r_2 + m'_3 r_3 - m' r' = 0$$

$$m' = \frac{m'_1 r_1 - m'_2 r_2 + m'_3 r_3}{r'} = \frac{6.66 \times 100 - 7.5 \times 80 + 6.66 \times 100}{100} \\ = 7.32 \text{ kg}$$

Y' 平面内的平衡质量 m' 位于题 5-3 图所示的轴线下，距轴线 $r' = 100 \text{ mm}$ 。

Y'' 平面所需的平衡质量 m'' 按下式计算

$$m''_1 r_1 - m''_2 r_2 + m''_3 r_3 - m'' r'' = 0$$

$$m'' = \frac{m''_1 r_1 - m''_2 r_2 + m''_3 r_3}{r''} = \frac{3.33 \times 100 - 7.5 \times 80 + 13.33 \times 100}{100} \\ = 10.66 \text{ kg}$$

m'' 亦位于图示轴线的下面，距轴线 $r'' = 100 \text{ mm}$ 。

习题 5-4

解 本题可按教科书 P. 43 的图解法求解，亦可用计算法求解。现采用计算法求解。

设平衡孔径 d 在第 3 象限内，它与水平轴的夹角（沿逆时针方向）为 α 。因是等厚均质圆盘，故水平轴的平衡方程式：

$$\begin{aligned} & \frac{\pi d_1^2}{4} t \cdot r_1 \cos(50^\circ - 20^\circ) + \frac{\pi d_2^2}{4} t \cdot r_2 \cos 20^\circ + \frac{\pi d_3^2}{4} t \cdot 0 \\ & - \frac{\pi d_4^2}{4} t \cdot r_4 \cos(90^\circ - 80^\circ) + \frac{\pi d^2}{4} t \cdot r \cos \alpha \\ & = 0 \\ & d_1^2 r_1 \cos 30^\circ + d_2^2 r_2 \cos 20^\circ + 0 - d_4^2 r_4 \cos 10^\circ + d^2 r \cos \alpha = 0 \\ & d^2 \cos \alpha = \frac{1}{300} \times (-70^2 \times 250 \times 0.866 - 120^2 \times 180 \\ & \quad \times 0.9396 + 150^2 \times 190 \times 0.9848 \\ & = 2379 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

垂直轴的平衡方程式：

$$d_1^2 r_1 \sin 30^\circ - d_2^2 r_2 \sin 20^\circ - d_3^2 r_3 - d_4^2 r_4 \sin 10^\circ + d^2 r \sin \alpha = 0$$

$$d^2 \sin \alpha = \frac{1}{300} \times (-70^2 \times 250 \times 0.5 + 120^2 \times 180 \times 0.342$$

$$+ 100^2 \times 240 + 150^2 \times 190 \times 0.173)$$

$$= 11378 \text{ mm}^2$$

解联立方程, 求平衡孔 d 与水平轴的夹角 α

$$\frac{d^2 \sin \alpha}{d^2 \cos \alpha} = \frac{11378}{2379} = 4.78268$$

$$\alpha = 78.19^\circ$$

平衡孔直径

$$d = \sqrt{\frac{2379}{\cos 78.19^\circ}} = 107.8 \text{ mm}$$

第六章 机械零件设计和计算概论

一、本章要求

1. 了解有关机械零件设计和计算的基本概念(具体内容和设计步骤将在各章中分别介绍);

2. 掌握机械制造中常用材料的选择原则;

3. 了解机械零件工艺性及标准化的重要意义。

二、内容提要 and 说明

§6-1 机械零件的工作能力准则

工作能力准则就是指设计零件时应满足的基本要求。一般而言, 这些要求包括强度、刚度、耐磨性、振动稳定性和耐热性等等。对于一个具体的零件, 上列要求不是等同的, 而应该根据零件在具体工作条件下可能出现的失效(损坏)形式来确定那些要求是主要的。在以后的各章中将具体介绍这些内容。

§6-2 机械制造中常用材料及其选择

选择材料时,主要考虑: 1)使用方面的要求;2)工艺方面的要求;3)经济方面的要求。这些都是选择材料的一般原则,至于对一个具体的零件应选择什么材料,在以后各章中将具体介绍。

教科书表 6-1~表 6-6 为机械制造中常用材料的牌号及性能数据,应会查阅。

§6-3 许用应力和安全系数

许用应力是计算零件强度的主要依据。在机械零件设计中,常采用查表法,有时也用部分系数法。查表法的特点是简单、具体、可靠,但一种表格只适用于一定的范围。

§6-4 机械零件的工艺性和标准化

零件的工艺性是零件设计的重要内容之一。在设计和修配中不应忽视。

标准、规范是设计、使用经验的总结,无特殊要求时,应尽可能采用相应的标准。有关标准可参阅《机械零件设计手册》(东北工学院编,冶金工业出版社出版)。

三、复习思考题

教科书习题 6-1~6-5。

第七章 联 接

一、本章要求

1. 了解螺纹联接及键联接的基本知识,会查用相应的国家标准;
2. 掌握螺纹联接及键联接的计算方法;
3. 对焊联接只作一般了解,铆接可不阅读。