

广播电视中专用书

《机械设计基础》 教学指导书

李 江 编

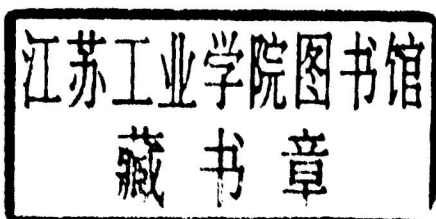
华南理工大学出版社



广播电视中专用书

《机械设计基础》 教学指导书

李 江 编



华南理工大学出版社

• 广州 •

内 容 提 要

本书是配合曲中谦主编的《机械设计基础》(江苏科学技术出版社, 1991年)教学的学习指导教材, 书中章节的编排顺序与主教材基本一致, 并在原教材的基础上增加了“机械零部件设计概述”一章, 作为补充内容。各章均包括目的要求、名词术语、重点内容、疑难解析、习题、习题选析与答案六个部分, 对帮助学生学习、开拓学生解题思路有很大帮助。

本书可作为广播电视大学机械类专业的辅助教材, 也可供从事机械设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

《机械设计基础》教学指导书/李江编. —广州: 华南理工大学出版社, 1995. 8
ISBN 7-5623-0886-1

I. 机...

II. 李...

III. 机械设计—广播电视教育—专业学校—教学参考资料

IV. TH122

华南理工大学出版社出版发行

(广州五山 邮编 510641)

责任编辑 梁文厚

广州明星印刷厂印装

开本: 787×1092 1/16 印张: 10 字数: 230千

1995年8月第1版 1995年8月第1次印刷

印数: 1-2000

定价: 14.00元

前 言

机械设计基础是重要的技术基础课程。对于本书，需要说明以下几点：

一、本书是配合曲中谦主编的《机械设计基础》（江苏科学技术出版社，1991年）编写的一本学习指导教材。考虑到适应主教材的变化，在内容的编排上力求按模块化方法组合。

二、学习、复习指导部分（包括目的要求、名词术语、重点内容、疑难解析），是按教学大纲要求，分章节编写的。在考虑知识层次的前提下，重点是从不同的角度对各章的重点、难点加以阐述与引导，以帮助学生加深理解、开拓思路和知识面。

三、习题选编部分（包括习题、习题答案）是按考试题型编写的。这主要是考虑让学生自学时，能从各种题型中自我检验所学知识，而不是为了应付考试。

四、广播电视中专《机械设计基础》课程分两学期讲授，为了使用方便，本书内容分上篇和下篇，与上、下两学期教学内容相对应。

五、本书的章节顺序与教材基本一致。为了使學生建立机械设计的基本概念，了解机械零部件的一般设计方法，为学习各种常用机械零部件的设计打好基础，本书在原教材的基础上增加了“机械零部件设计概述”一章，作为补充内容。

本书在编写过程中，承蒙广东工业大学孙健、张伯霖两位教授的诸多帮助，编者在此致以衷心的感谢！

错误之处，诚挚希望批评指正。

编 者
1995年4月

目 录

上 篇

第一章	平面机构的运动简图和自由度	(1)
一	目的要求	(1)
二	名词术语	(1)
三	重点内容	(1)
四	疑难解析	(4)
五	习题	(5)
六	习题选析与答案	(7)
第二章	平面连杆机构	(10)
一	目的要求	(10)
二	名词术语	(10)
三	重点内容	(10)
四	疑难解析	(13)
五	习题	(15)
六	习题选析与答案	(18)
第三章	凸轮机构	(22)
一	目的要求	(22)
二	名词术语	(22)
三	重点内容	(22)
四	疑难解析	(24)
五	习题	(26)
六	习题选析与答案	(27)
第四章	其他常用机构	(30)
一	目的要求	(30)
二	名词术语	(30)
三	重点内容	(30)
四	习题	(32)
五	习题选析与答案	(33)
[补充内容]	机械零部件设计概述	(36)
一	目的要求	(36)
二	名词术语	(36)

三	重点内容	(36)
四	习题	(38)
五	习题选析与答案	(38)
第五章	联接	(40)
一	目的要求	(40)
二	重点内容	(40)
三	疑难解析	(43)
四	习题	(45)
五	习题选析与答案	(47)
第六章	带传动	(50)
一	目的要求	(50)
二	名词术语	(50)
三	重点内容	(50)
四	疑难解析	(53)
五	习题	(53)
六	习题选析与答案	(55)
第七章	链传动	(57)
一	目的要求	(57)
二	重点内容	(57)
三	习题	(58)
四	习题选析与答案	(59)
第八章	齿轮传动	(60)
一	目的要求	(60)
二	名词术语	(60)
三	重点内容	(60)
四	疑难解析	(64)
五	习题	(65)
六	习题选析与答案	(67)

下 篇

第八章	齿轮传动 (续)	(70)
一	目的要求	(70)
二	重点内容	(70)
三	疑难解析	(74)
四	习题	(76)
五	习题选析与答案	(79)
第九章	蜗杆传动	(83)
一	目的要求	(83)

二	名词术语	(83)
三	重点内容	(83)
四	疑难解析	(85)
五	习题	(87)
六	习题选析与答案	(89)
第十章	轮 系	(91)
一	目的要求	(91)
二	名词术语	(91)
三	重点内容	(91)
四	疑难解析	(93)
五	习题	(94)
六	习题选析与答案	(95)
第十一章	滚动轴承	(98)
一	目的要求	(98)
二	名词术语	(98)
三	重点内容	(98)
四	疑难解析	(101)
五	习题	(103)
六	习题选析与答案	(105)
第十二章	轴	(109)
一	目的要求	(109)
二	名词术语	(109)
三	重点内容	(109)
四	疑难解析	(112)
五	习题	(115)
六	习题选析与答案	(116)
第十三章	联轴器与离合器	(119)
一	目的要求	(119)
二	名词术语	(119)
三	重点内容	(119)
四	疑难解析	(120)
五	习题	(121)
六	习题选析与答案	(122)
第十四章	滑动轴承	(123)
一	目的要求	(123)
二	名词术语	(123)
三	重点内容	(123)
四	疑难解析	(125)
五	习题	(126)

六	习题选析与答案.....	(127)
附录一	《机械设计基础》教学大纲.....	(129)
附录二	《机械设计基础》实验指导.....	(143)

上 篇

第一章 平面机构的运动简图与自由度

组成机构的目的是为了使机构按照预定的要求进行有规律的运动而不能乱动，也就是说机构要有确定的运动。本章主要介绍了机构的组成和实现确定运动的条件以及分析机构的工具——机构运动简图。

一 目的要求

1. 了解机构的组成。
2. 理解并掌握运动副的概念及分类。
3. 初步掌握平面机构运动简图的绘制和应用。
4. 熟练掌握平面机构自由度的计算及机构有无确定运动的判别。

二 名词术语

1. 运动副——两构件之间直接接触的可动联接称为运动副。
2. 低副——两个构件通过面接触形成的运动副。
3. 高副——两个构件通过点或线接触形成的运动副。
4. 机构运动简图——表示机构组成和各构件之间相对运动关系的简明图形称为机构运动简图。
5. 机构的自由度——决定机构具有确定运动的独立参数称为机构的自由度。

三 重点内容

(一) 机构的组成和运动副的概念

1. 机构的概念及组成

机构由若干构件组合而成，并具有确定的运动。

2. 构件的分类

根据运动传递路线和构件的运动状况，构件可分为：机架、原动件和从动件。

3. 运动副的概念

两个构件直接接触而形成的可动联接称为运动副。注意这个概念包含三层意思：

(1) 两个构件：顾名思义，“副”是“成对”的意思，一个构件谈不上运动副，由两个构件构成一个运动副，两个以上的构件则可构成多个运动副。

(2) 直接接触：两个构件只有直接接触才能构成运动副，一旦构件脱离接触而失去约束，它们所构成的运动副就不复存在了。

(3) 可动联接：即两个构件之间存在一定的相对运动。若构件之间为无相对运动的“死”联接，则二者固结为一个构件，它们之间不存在运动副。这一点在处理含有局部自由度的机构的自由度计算问题时很重要。

弄清上述三层意思，有助于深刻理解运动副的定义。在计算机构自由度数时可能出现的错误，有相当一部分与上述三层意思理解不透有关。

4. 运动副的分类

按构件接触性质不同，运动副可分为高副和低副（转动副、移动副）两类，它们所约束掉的自由度的数目是不同的。

(二) 平面机构运动简图

1. 平面机构运动简图的功用

机构运动简图是机构运动分析的重要工具，在设计新机械的传动方案或对现有机械进行运动分析时都极为重要。

2. 能结合实际机构看懂机构运动简图并掌握一般简单机构运动简图的绘制。

在绘制和应用机构运动简图时应注意以下几点：

(1) 应熟记常用运动副的符号和表示方法。

(2) 构件的表达力求简明。在识读时应注意，构件图形的差异并不会影响构件的运动性质。例如图 1-1 所示的各图，其图形差别很大，但本质相同，均表示一个定轴转动的构件，构件上任何一点均作定轴转动。

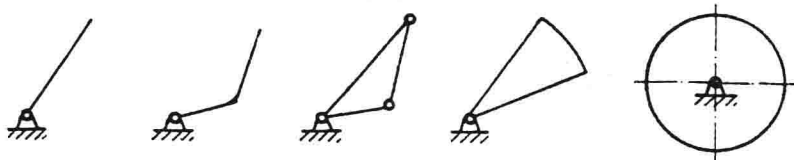


图 1-1

(3) 比例尺

在绘制和应用机构运动简图以及在后面的章节中用图解法对机构进行运动分析时，正确地选取和应用比例尺是非常重要的。比例尺与机械制图中的“比例”不尽相同，初学者容易搞混，需特别注意。

要在图上用一定长度来代表实际长度，则图示长度与实际长度之间存在关系：

$$\mu_l = \text{实际长度} / \text{图示长度}$$

μ_l 为长度比例尺, 其单位 mm/mm。图上一定长度的线段只是实际长度的代表线段, 二者之间并不相等。因此:

① 当将实际长度变成它的代表线段画到图上去时, 必须除以相应的比例尺, 即:

$$\text{图示长度} = \text{实际长度} / \mu_l$$

② 根据图示长度求出它所代表的实际物理量时, 必须乘以相应的比例尺, 即:

$$\text{实际长度} = \text{图示长度} \times \mu_l$$

初学者必须熟练掌握上述比例尺的应用, 以免在以后各章应用时出现不应有的错误。

(三) 平面机构的自由度

机构由构件组成, 并具有确定的运动。并非任意构件组合都具有确定的相对运动, 因而不能简单地将构件的组合称为机构。

1. 机构具有确定运动的条件是:

$$\text{原动件的数目} = \text{机构的自由度数 } F \quad (F > 0)$$

构件的组合在满足上述条件的时候才能称为机构。

为了判定构件的组合能否成为机构, 首先要计算出它的自由度, 并看它是否与原动件数目相等。

2. 平面机构自由度的计算公式为:

$$F = 3n - 2P_L - P_H$$

式中: n ——活动构件数;

P_L ——低副数;

P_H ——高副数。

3. 计算平面机构自由度应注意的特殊情况——复合铰链、局部自由度和虚约束的识别和处理

当机构中含有复合铰链、局部自由度和虚约束时, 应能正确识别和处理, 这是正确计算机构自由度数度的关键。

(1) 复合铰链

① 概念: 复合铰链是指“重合在一起的多个回转副”。

② 特征: 复合铰链在机构运动简图上表示为多个构件集中于一点。

例: 图 1-2 中, a、c、d 构成有复合铰链, 而 b、e 不能视为复合铰链。

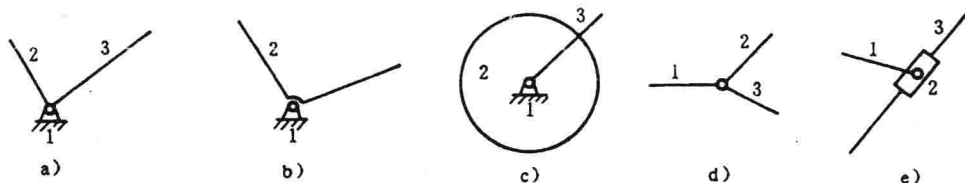


图 1-2

③ 判别关键: 在于确定在该点参与形成回转副的构件数。

④处理：在统计回转副数目时注意， k 个构件形成的复合铰链具有的回转副个数为 $(k-1)$ 。

(2) 局部自由度

①概念：机构中与机构主要运动无关的自由度。

②常见类型：凸轮机构中的滚子从动件及类似的将滑动摩擦变为滚动摩擦的情况。（例见教材图 1-12）。

③处理方法：计算时排除局部自由度，可设想将滚子与从动件固结成一体；它们之间原来在 C 处所构成的回转副即自行消失。

(3) 虚约束

①概念：对机构的运动不起作用的重复约束。

②鉴别：看构件之间是否满足构成虚约束所需的几何条件。当必要的几何条件不能满足时，虚约束将变为实际约束。

③处理：应先将构成虚约束的构件及与该构件有关的运动副撤除，然后再计算自由度。

由于虚约束在实际机构中的表现形式各不相同，因而与复合铰链和局部自由度相比，虚约束的鉴别要复杂一些。

④常见类型：虚约束大体上可归纳为三类（见表 1-1），应熟悉构件形成虚约束所需的几何条件。

表 1-1 虚约束的几种情况

类 型	具 体 情 况	虚约束的几何条件	计算自由度时的处理	附 注
第一类 虚约束	两构件之间形成多个回转副（教材图 1-14）	各回转副必须共轴线	两构件之间只按形成一个运动副计算	
	两构件之间形成多个移动副（教材图 1-15）	各移动副的导引方向必须平行		
第二类 虚约束	机构中两构件上某两动点间的距离始终保持不变。	除要求该两动点有相同的轨迹外，还要求它们运动规律相同，这时可用一个附加杆件把这两个动点铰接起来	撤去附加构件及其回转副	常见于平行四边形机构（教材图 1-16）
第三类 虚约束	机构中存在不起独立作用的对称部分（教材图 1-17 中的行星轮）	对称部分有相同的运动规律	保留一个构件，而撤去其它多余的对称构件及其有关的运动副	常见于多个行星轮的周转轮系

四 疑难解析

1. 通过自由度的计算不仅可以了解机构的运动情况，还可以识别所设计的机构正确与否（即机构是否具有确定的运动），因而自由度的计算是进行机械运动方案分析与设计的基础，在工程设计中经常用到。

2. 机构运动简图是机械设计的工程语言，必须较好地掌握。

3. 本章内容不多,重点是机构自由度的计算,而机构自由度的计算关键是机构中复合铰链、局部自由度和虚约束的正确识别和处理。

〔例 1-1〕 计算图 1-3a 所示机构的自由度,并确定该机构的原动件数。

解 在本机构中,构件 3 上的两个移动副形成虚约束,构件 3 上的滚子为局部自由度。去掉虚约束和局部自由度的机构如图 1-3b 所示。

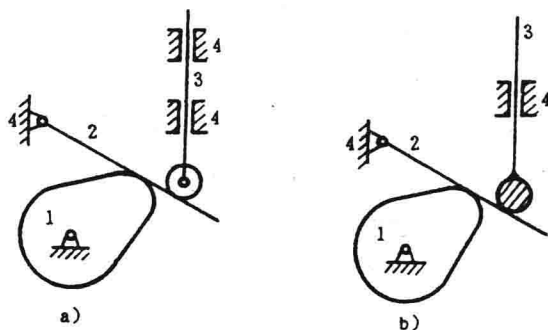


图 1-3

这样按图 1-3b 计算, $n=3$, $P_L=3$, $P_H=2$, 则机构的自由度为:

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 3-2=1$$

可见,该机构的原动件数应为 1。

提示:本题的关键是虚约束和局部自由度的识别和处理。

〔例 1-2〕 计算图 1-4 所示机构的自由度,并判别该机构能否保证具有确定运动的条件。

解 由题图可知,该机构有一个原动件;机构中 E、B 两处为复合铰链,故本机构 $n=9$, $P_L=13$, $P_H=0$, 机构的自由度为:

$$\begin{aligned} F &= 3n - 2P_L - P_H \\ &= 3 \times 9 - 2 \times 13 - 0 = 1 \end{aligned}$$

可见机构的原动件数与自由度数相等,故该机构满足具有确定运动的条件。

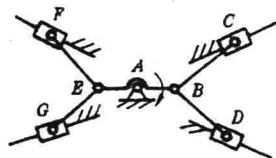


图 1-4

五 习 题

(一) 填空题

1. 构件间相互接触的可动联接称为_____。
2. 根据组成运动副的两构件间的接触方式不同,运动副可分为_____副和_____副两种。
3. _____接触的运动副称为低副。
4. _____接触的运动副称为高副。
5. 利用简单线条与符号表达组成机构的构件与运动副情况的图形称为机构的

6. 某构件的实际长度为 1m, 用 20mm 的图示长度, 则其长度比例尺 $\mu =$ _____ m/mm。

7. 机构由 _____、_____、与 _____ 组成。

(二) 判断题

1. 点或线接触的运动副称为低副。()
2. 面接触的运动副称为低副。()
3. 任何构件的组合均可构成机构。()
4. 若机构的自由度数为 2, 那么该机构共需 2 个原动件。()
5. 机构的自由度应小于原动件数, 否则机构不能成立。()
6. 机构的自由度应等于原动件数, 否则机构不能成立。()

(三) 选择题

1. 两个构件直接接触而形成的 _____, 称为运动副。
(A) 可动联接; (B) 联接; (C) 接触
2. 变压器是 _____。
(A) 机器; (B) 机构; (C) 既不是机器也不是机构
3. 机构具有确定运动的条件是 _____。
(A) 自由度数 $>$ 原动件数目; (B) 自由度数 $<$ 原动件数目;
(C) 自由度数 = 原动件数目
4. 图 1-5 所示两构件构成的运动副为 _____。
(A) 高副; (B) 低副
5. 如图 1-6 所示。图中 A 点处形成的转动副数为 _____ 个。
(A) 1; (B) 2; (C) 3



图 1-5

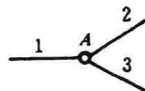


图 1-6

(四) 名词解释

1. 运动副——
2. 机构运动简图——

(五) 分析计算题

1. 试计算下列机构的自由度, 并判断该机构能否满足具有确定运动的条件。(图中带箭头的为原动件)

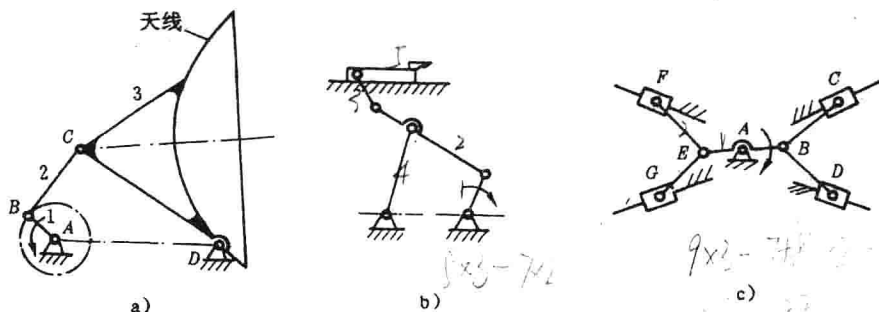


图 1-7

2. 试计算下列机构的自由度数，并指出该机构的原动件数目多少才合适。

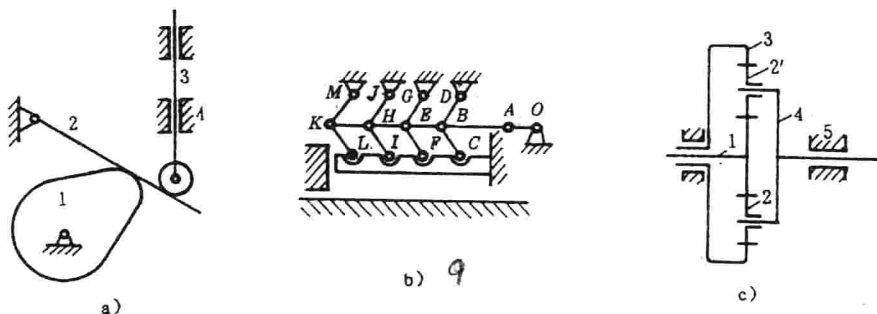


图 1-8

六 习题选析与答案

(一) 填空题

1. 运动副
2. 高，低
3. 面
4. 点或线
5. 运动简图
6. 0.05
7. 机架，原动件，从动件

(二) 判断题

1. ×
2. ✓

3. × (提示: 并非任意构件的组合都具有确定的相对运动, 只有当构件的组合满足具有确定运动的条件时, 才能称之为机构。)
4. ✓
5. × (提示: 判定构件的组合能否成为机构, 应看其是否满足具有确定运动的条件, 机构具有确定运动的条件是: 原动件数目 = 机构的自由度数)
6. ✓

(三) 选择题

1. A
2. C
3. C
4. B
5. B (提示: 图中 A 点三个构件集中于一点, 形成复合铰链, 它们所具有的回转副个数为: $3-1=2$)

(四) 名词解释

1. 两构件之间直接接触而形成的可动联接, 称为运动副。
2. 表示机构组成和各构件之间的相对运动关系的简明图形, 称为机构运动简图。

(五) 分析计算题

1. (a) 目的: 熟悉机构自由度的计算和机构具有确定运动的条件。

解: 由题图可知, 该机构有一个原动件, $n=3$, $P_L=4$, $P_H=0$,

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 3-2\times 4-0=1$$

可见机构的原动件数等于自由度数, 故该机构满足具有确定运动的条件。

- (b) 目的: 同 (a)

解: 由题图可知, 该机构有一个原动件, $n=5$, $P_L=7$, $P_H=0$

$$F=3n-2P_L-P_H=3\times 5-2\times 7-0=1$$

可见机构的原动件数等于自由度数, 故该机构满足具有确定运动的条件。

- (c) 目的: 机构复合铰链的正确识别和处理, 熟悉机构具有确定运动的条件。

解题思路: 先找出复合铰链并进行处理, 然后再计算机构自由度。本机构中 B、E 两处为复合铰链, 它们均由三个构件构成, 它们各自所形成的回转副个数为 $(3-1)=2$ 。

解: 见本章例 1-2。

2. (a) 目的: 熟悉机构所需原动件的确定方法, 同时掌握虚约束和局部自由度的识别和处理。

解题思路: 本题的关键是虚约束和局部自由度的识别和处理。在本机构中, 构件 3 上的两个移动副形成虚约束, 构件 3 上的滚子为局部自由度, 去掉虚约束和局部自由度后的机构如图 1-9 (a) 所示。

解: 见本章例 1-1。

- (b) 目的: 机构虚约束和复合铰链的正确识别和处理。

解题思路：1) 由图可知，本机构满足 $BC \parallel EF \parallel HI \parallel KL$ 的几何条件，即构件 KH 、 HE 、 EB 与滑块均有相应的两动点间的距离始终保持不变的关系，故机构存在虚约束。撤去虚约束后的简化机构如图 1-9 (b) 所示；

2) 在简化机构中， B 处为复合铰链，该点所形成的回转副数为 2。

解：本机构 $n=5$ ， $P_L=7$ ， $P_H=0$ ，机构的自由度数为：

$$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 5-2 \times 7-0=1$$

可见，该机构的原动件数应为 1。

(c) 目的：机构虚约束的正确识别和处理。

解题思路：本机构中齿轮 $2'$ (或 2) 为不起作用的对称部分，为虚约束。撤去构件 $2'$ (或 2) 及其回转副，故机构的构件数为 4，低副数为 4，高副数为 2。

解：本机构 $n=4$ ， $P_L=4$ ， $P_H=2$ ，机构的自由度数为：

$$F=3n-2P_L-P_H=3 \times 4-2 \times 4-2=2$$

可见，该机构的原动件数应为 2。

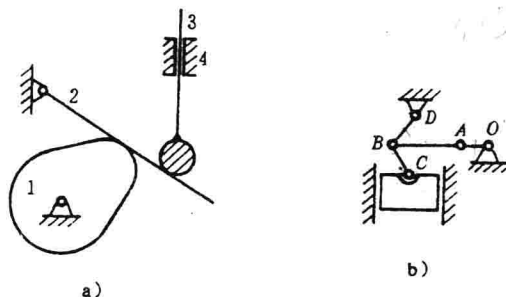


图 1-9