

考研宝典丛书

• 真题解析 • 考研重点 • 初试专用 • 习题讲解

# 机械原理与机械设计

## 考研宝典

主编 / 刘演冰

组编 / 武汉集才教育咨询有限公司



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

# 机械原理与机械设计 考研宝典

刘演冰 主编

武汉集才教育咨询有限公司 组编

华中科技大学出版社

中国·武汉

## 内 容 简 介

本书由华中科技大学6位机械专业硕士和博士研究生根据考试重难点精心编写而成。

全书共21章,分为机械原理部分(共10章)和机械设计部分(共11章)。每章包括考研点睛、考研知识点总结、典型题举例三部分内容。本书配有习题集,与每章对应,包括考情概要、典型例题、习题演练三部分内容,以及对应的参考答案。

本书可作为报考机械相关专业硕士研究生有关人员的考前复习辅导资料,也可作为本科、专科大学生及自考学生学习“机械原理”“机械设计”“机械设计基础”课程的资料,还可供从事“机械原理”“机械设计”“机械设计基础”课程教学的教师及有关工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械原理与机械设计考研宝典/刘演冰主编;武汉集才教育咨询有限公司组编. —武汉:华中科技大学出版社,2022.1

ISBN 978-7-5680-7692-0

I. ①机… II. ①刘… ②武… III. ①机械原理-研究生-入学考试-自学参考资料 ②机械设计-研究生-入学考试-自学参考资料 IV. ①TH111 ②TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第263484号

机械原理与机械设计考研宝典

刘演冰 主编

Jixie Yuanli yu Jixie Sheji Kaoyan Baodian

武汉集才教育咨询有限公司 组编

策划编辑:张少奇

责任编辑:罗雪

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录排:武汉市洪山区佳年华文印部

印刷:武汉科源印刷设计有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:18.25

字数:415千字

版次:2022年1月第1版第1次印刷

定价:99.00元(含习题集)



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

# 前 言

所有报考机械工程硕士研究生的同学们,你们好!

随着人类社会的发展,国家对具有创新性的高素质人才的需求愈加迫切。“考研热”逐渐兴起并持续升温,机械专业作为考研热门专业,每年报考人数都急剧增长,考研难度逐年加大。现国内各高校机械类专业都将机械原理、机械设计、机械设计基础作为专业课考试科目。

为了帮助你们进行有效的复习备考,以便在较短的时间内掌握有关专业课程(机械原理、机械设计、机械设计基础)的内容,编写团队成员结合自己的相关经验,并依据对机械原理、机械设计这两门专业课的理解,根据同学们的需求进行了重难点总结,特编写本书,旨在帮助同学们提高复习效率,同时把握考研重点,总结考试规律。本书适合专业课为机械原理、机械设计或机械设计基础的所有考生使用。

## 1. 机械原理与机械设计初试介绍

机械原理是研究机构组成、机构性能分析、机构及机构系统设计的基本理论和方法的专业基础课程。机械设计的实质是在满足约束的前提下力求达到规定的功能和性能的过程,包括总体方案设计、参数设计和结构设计等。考研在内容上以加强与拓宽基础为基本点,特别强调掌握各部分的基本概念、基本理论、基本方法和基本技能。要求考生能够系统地掌握平面机构的结构分析、平面机构的运动分析与力分析、常用机构的几何计算与运动设计、机构及其系统动力学计算的基本知识,并具有综合运用所学知识分析问题和解决问题的能力。

## 2. 机械原理与机械设计初试题型及应试技巧

就机械原理/机械设计/机械设计基础历年考研真题的出题特点来说,近几年考试题型主要分为小题与大题两部分。小题以选择题、填空题、判断题、简答题为主,大题以作图题、计算题和结构设计题为主,其中计算题是重中之重。但机械设计的内容重点较为清晰,不会出现较大的改动,这也是对我们考生比较有利的一方面。通过总结历年考试真题,大家就可以大致把握考试重点,进而有针对性地进行复习。

## 3. 本书内容介绍

本书包括机械原理部分和机械设计部分,并配有习题集。

### 1) 机械原理部分

机械原理部分分为 10 章:第 1 章是绪论,介绍机械原理的相关基本概念;第 2 章是平面机构具有确定运动的条件;第 3 章是平面连杆机构及其设计,这章也是作图题、计算题的考查重点,包括刚化反转法(这个方法有点难以理解,可能会直接考简答题);第 4 章是凸轮机构及其设计,为作图题考查的重点章节;第 5 章是齿轮机构及其设计(通常出现在计算题中);第 6 章是轮系及其设计(通常会考一道计算题);第 7 章为其他机构(本章简要了解即可);第 8 章是机械效率和自锁(在真题中出现概率较低,简单了解即可),重点是各类摩擦力的分析与各种效率的计算方法;第 9 章是机械的平衡(注意简答题);第 10 章是机械的运转及其速度波动的调节。

其中,第5、6章为历年计算题出题重点章节。

### 2) 机械设计部分

机械设计部分共11章:第11章是机械设计总论,对机械设计的基本概念进行了介绍,其中应力分析是本章重点;第12章是齿轮传动的设计,这章的重点包括各种设计准则以及变位齿轮;第13章是蜗杆传动的设计;第14章是轴的设计;第15章是滑动轴承的设计,重点考简答题;第16章是滚动轴承的设计,每年基本考一个大题,即轴承寿命的核算;第17章是挠性传动设计,其中弹性滑动、打滑以及带传动的设计是简答题的考查重点;第18章是弹簧设计,主要考查弹簧刚度;第19章是联轴器、离合器和制动器设计;第20章是连接设计,此章节为重难点;第21章为机械零部件的润滑与密封。

### 3) 习题集

习题集每章分为考情概要(对每章的考试重难点进行总体概括,能让同学们对这一章的内容做到心里有数)、典型例题(列举高频考试题型,每章的典型例题一定要搞懂)、习题演练(编写了大量的习题,囊括了本章历年考试题型,帮助同学们快速巩固知识点)三部分内容。最后,还有详细的答案解析。

以上是我对本书的总结概括,突出考试的重难点,使考生复习更有针对性。当然上面所说的比较笼统,涉及的考点内容也不是用几段话所能概括的。我只是用简短的几段话说明复习机械原理与机械设计专业课时应注意的一些方法。希望大家今后结合我们精心编写的《机械原理与机械设计考研宝典》复习备考,考出好成绩。

最后,我想提醒各位的是,也是老师说过很多次的話:“学机械要多动脑,多学多想。”在复习的时候,结合每个知识点、每道题和现实生活中的机构,多想多分析其中的动力学原理;机械设计以机械原理为基础,涉及的东西很多很杂,有大量的原则、公式需要记忆,要根据机械原理的知识进行理解性记忆。再者,辅导书只是对全书考点的一个浓缩,起辅助指导的作用,希望考生能正确运用本书,认真复习,考出理想的成绩。

因编者水平有限,本书难免存在不足,恳切希望广大读者批评指正。

编者

2021年5月

于华中科技大学



提供答疑服务



关注“爱机械考研”

# 目 录

## 机械原理部分

第 1 章 绪论	(2)
1.1 考研点睛★★	(2)
1.2 考研知识点总结	(2)
1.3 典型题举例	(4)
第 2 章 平面机构具有确定运动的条件	(5)
2.1 考研点睛★★★★	(5)
2.2 考研知识点总结	(5)
2.3 典型题举例	(14)
第 3 章 平面连杆机构及其设计	(16)
3.1 考研点睛★★★★	(16)
3.2 考研知识点总结	(16)
3.3 典型题举例	(24)
第 4 章 凸轮机构及其设计	(26)
4.1 考研点睛★★★	(26)
4.2 考研知识点总结	(26)
4.3 典型题举例	(34)
第 5 章 齿轮机构及其设计	(36)
5.1 考点点睛★★★★★	(36)
5.2 考研知识点总结	(37)
5.3 典型题举例	(52)
第 6 章 轮系及其设计	(55)
6.1 考研点睛★★★★★	(55)
6.2 考研知识点总结	(55)
6.3 典型题举例	(59)
第 7 章 其他机构	(62)
7.1 考研点睛★★	(62)
7.2 考研知识点总结	(62)

7.3 典型题举例	(66)
<b>第8章 机械效率和自锁</b>	(67)
8.1 考研点睛★	(67)
8.2 考研知识点总结	(67)
8.3 典型题举例	(69)
<b>第9章 机械的平衡</b>	(70)
9.1 考研点睛★★★	(70)
9.2 考研知识点总结	(70)
9.3 典型题举例	(72)
<b>第10章 机械的运转及其速度波动的调节</b>	(75)
10.1 考研点睛★★	(75)
10.2 考研知识点总结	(75)
10.3 典型题举例	(78)

## 机械设计部分

<b>第11章 机械设计总论</b>	(82)
11.1 考研点睛★★★	(82)
11.2 考研知识点总结	(82)
11.3 典型题举例	(90)
<b>第12章 齿轮传动的设计</b>	(92)
12.1 考研点睛★★★★★	(92)
12.2 考研知识点总结	(92)
12.3 典型题举例	(105)
<b>第13章 蜗杆传动的设计</b>	(108)
13.1 考研点睛★★★★★	(108)
13.2 考研知识点总结	(108)
13.3 典型题举例	(115)
<b>第14章 轴的设计</b>	(118)
14.1 考研点睛★★★	(118)
14.2 考研知识点总结	(118)
14.3 典型题举例	(122)
<b>第15章 滑动轴承的设计</b>	(125)
15.1 考研点睛★★★	(125)
15.2 考研知识点总结	(125)

15.3 典型题举例·····	(131)
<b>第 16 章 滚动轴承的设计</b> ·····	(135)
16.1 考研点睛★★★★★·····	(135)
16.2 考研知识点总结·····	(135)
16.3 典型题举例·····	(143)
<b>第 17 章 挠性传动设计</b> ·····	(147)
17.1 考研点睛★★★·····	(147)
17.2 考研知识点总结·····	(147)
17.3 典型题举例·····	(158)
<b>第 18 章 弹簧设计</b> ·····	(161)
18.1 考研点睛★★·····	(161)
18.2 考研知识点总结·····	(161)
18.3 典型题举例·····	(164)
<b>第 19 章 联轴器、离合器和制动器设计</b> ·····	(167)
19.1 考研点睛★★·····	(167)
19.2 考研知识点总结·····	(167)
19.3 典型题举例·····	(169)
<b>第 20 章 连接设计</b> ·····	(170)
20.1 考研点睛★★★★·····	(170)
20.2 考研知识点总结·····	(170)
20.3 典型题举例·····	(178)
<b>第 21 章 机械零部件的润滑与密封</b> ·····	(185)
21.1 考研点睛★·····	(185)
21.2 考研知识点总结·····	(185)
21.3 典型题举例·····	(188)
<b>参考文献</b> ·····	(189)

# 机械原理部分

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 考研点睛★★

### 1.1.1 本章主要学习内容

- (1) 机械原理的研究对象:机械(机器和机构)。
- (2) 机械原理课程的内容。
- (3) 机械原理课程的地位。

### 1.1.2 本章考研重点

- (1) 机械、机构的概念及其联系和区别。
- (2) 构件、零件的概念及其区别。
- (3) 机械原理课程主要的研究内容。

## 1.2 考研知识点总结

### 1.2.1 研究对象

#### 1. 机械

机械是机器和机构的总称。

##### 1) 机器

机器是执行机械运动的装置,它用来变换和传递能量、物料与信息。

- (1) 物料:被加工的对象、被搬运的重物。
- (2) 机器的分类如下。

**动力机器:**是能量变换的装置,可将某种形式的能量变换成机械能,或者把机械能变换成其他形式的能量。例如:内燃机、压力机、涡轮机、电动机和发电机等。

**工作机器:**是完成有用的机械功或者搬运物品的装置。例如:轧钢机、织布机、缝纫机、汽车、飞机和金属切削加工机床等。

信息机器:是用来获得和变换信息的装置。例如:机械式积分仪、记账机、打字机和绘图仪。

(3) 机器与其他装置的主要区别:机器一定要做机械运动,并通过运动来实现能量、物料和信息的变换。

## 2) 机构

机构是用来传递运动和力或改变运动形式的构件系统。

## 3) 机构和机器的区别与联系

### (1) 区别。

① 机构只是一个构件系统,而机器除构件系统外,还包含电气、液压等其他系统。

② 机构只用来传递运动和力,而机器除传递运动和力外,还具有变换或传递能量、物料和信息的功能。

### (2) 联系。

机器是由机构组成的。

例:如图 1-1 所示,内燃机由连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等机构组成。

## 2. 机械系统组成

机械系统由动力系统、传动系统、执行系统组成。

## 3. 机电一体化系统

机电一体化系统由动力系统、驱动系统、机械系统、传感系统和控制系统五个部分组成。

## 4. 几个要掌握的重要概念

(1) 构件:机器中的独立运动单元。

(2) 零件:机器中的制造单元。

其中,构件可由一个或几个零件组成。

(3) 机架:在机构中保持相对不动的构件。

### 注意:

① 每个机构只有一个机架。

② 机架是相对不动的,例如将一个机构放在一辆移动的车上,整个机构可动,但机架相对于机构不动。

(4) 原动件:驱动力(或力矩)所作用的构件。原动件也称为输入构件。

(5) 从动件:随着原动件的运动而运动的构件。从动件也称为输出构件。

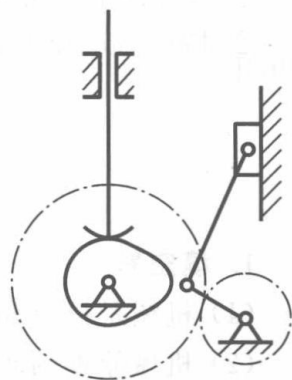


图 1-1 内燃机结构简图

## 1.2.2 研究内容

机械原理的研究内容不是重要考点,我们简单了解即可。

### 1. 机构的结构和运动学

机构的结构和运动学主要包括以下几个方面:

- (1) 机构的组成；
- (2) 机构运动的可能性和确定性；
- (3) 分析运动规律。

## 2. 机构和机器运动学

机构和机器运动学主要讨论力以及功。

- (1) 力与运动的关系( $F=ma$ )。
- (2) 功与能的关系。

## 3. 要求解决的两类问题

- (1) 分析:结构分析、运动分析、动力分析。
- (2) 综合(设计):运动要求、功能要求、设计新的机器。

## 4. 运动副及其分类

- (1) 运动副:两构件直接接触,并能产生一定的相对运动的连接。
- (2) 分类:按接触特性及相对运动形式分为以下几种运动副。
  - ① 按接触特性分:高副(通过点、线接触),低副(面接触)。
  - ② 按相对运动形式分:转动副、移动副,球面副、螺旋副。

# 1.3 典型题举例

## 1. 填空题

- (1) 机械是机器和机构的总称。
- (2) 机械原理的研究对象是机械。

## 2. 简答题

- (1) 什么是机构? 常用机构有哪些?

**解** 机构,指由两个或两个以上构件通过活动连接形成的构件系统。

按组成的各构件间相对运动的不同,机构可分为平面机构(如平面连杆机构、圆柱齿轮机构等)和空间机构(如空间连杆机构、蜗轮蜗杆机构等);按运动副类别,机构可分为低副机构(如连杆机构等)和高副机构(如凸轮机构等);按结构特征,机构可分为连杆机构、齿轮机构、斜面机构、棘轮机构等;按所转换的运动或力的特征,机构可分为匀速和非匀速转动机构、直线运动机构、换向机构、间歇运动机构等;按功用,机构可分为安全保险机构、联锁机构、擒纵机构等。

- (2) 机构和机器的区别与联系是什么?

**解** 机器是由各种机构所组成的,可以完成能量的转换,或做有用的功,如内燃机、刨床等;而机构则仅仅起着运动的传递和运动形式的转换作用,如内燃机的凸轮机构、刨床中的齿轮机构。

机器与机构的联系:机构是机器的一个组成部分,机器离不开机构,机构也离不开机器。二者都是机械的组成部分,是机械的零件和构件。

## 第2章 平面机构具有确定运动的条件

### 2.1 考研点睛★★★★

#### 2.1.1 本章主要学习内容

- (1) 平面机构自由度的计算。
- (2) 计算机构自由度时应注意的问题(如复合铰链、局部自由度、虚约束)。
- (3) 本章难点即虚约束的识别与处理。
- (4) 平面机构的组成原理、结构分析及分类,高副低代内容。教材上有,但是考研中出现较少,所以不作为重点。

#### 2.1.2 本章考研重点

- (1) 运动副和运动链的概念。
- (2) 机构运动简图的绘制。
- (3) 机构具有确定运动的条件及平面机构自由度的计算。
- (4) 机构中虚约束的判定问题。

### 2.2 考研知识点总结

#### 2.2.1 机构结构分析的目的和方法

研究机构的组成原理和机构运动的可能性以及运动确定条件。

#### 2.2.2 机构的组成和运动副

##### 1. 机构的组成

- (1) 机构是由构件组成的。
- (2) 机构的组成要素是构件和运动副。

其中,运动规律已知的活动构件称为原动件,也称为输入构件;输出运动或动力的活动构件称为从动件,也称为输出构件。

**注意:**如图 2-1 所示,构件分为机架、原动件和从动件。其中,机架是固定不动的,原动件上会有箭头标记,剩下的构件均为从动件,而不只是运动链的末端为从动件。

例如:连杆是由若干零件组成的构件,如图 2-2 所示。

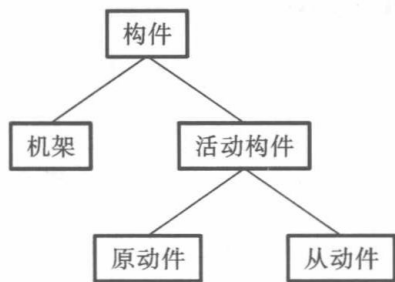


图 2-1 构件的分类

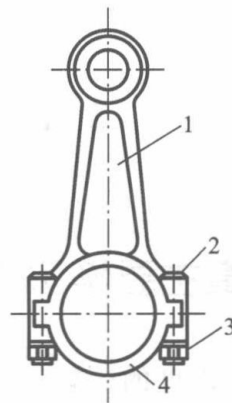


图 2-2 连杆组成

1—连杆体;2—螺栓;3—螺母;4—连杆盖

## 2. 运动副及其分类

我们要重点掌握以下几个概念及运动副的分类。

- (1) 运动副:机构中两构件直接接触的可动连接。
- (2) 约束:两构件用运动副连接后,彼此的相对运动受到的某些限制。
- (3) 构件自由度:构件所具有的独立运动数目。一个做平面运动的自由构件具有三个自由度。
- (4) 运动副的分类如下。

根据运动副的接触形式,运动副归为两类:

- ① 低副:面接触的运动副,如转动副、移动副。
- ② 高副:点或线接触的运动副,如齿轮副、凸轮副。

根据运动形式,也可将运动副分为平面运动副和空间运动副:

- ① 平面运动副:组成运动副的两构件做相对平面运动,如转动副、移动副、凸轮副、齿轮副。
- ② 空间运动副:组成运动副的两构件做相对空间运动,如螺旋副、球面副。

(5) 常用运动副模型及符号见表 2-1。

表 2-1 常用运动副模型及符号

运动副名称及代号	运动副级别及密封方式	运动副符号	
		两运动构件构成的运动副	两构件之一为固定构件的运动副
平面运动副 转动副	V 级副 几何封闭		

续表

运动副名称及代号	运动副级别及密封方式	运动副符号	
		两运动构件构成的运动副	两构件之一为固定构件的运动副
平面运动副	移动副 V 级副 几何封闭		
	平面高副 IV 级副 力封闭		
	齿轮副 IV 级副 力封闭		—
空间运动副	点高副 I 级副 力封闭		
	线高副 II 级副 力封闭		
	球面副 III 级副 几何封闭		
	球销副 IV 级副 几何封闭		

## 2.2.3 平面机构运动简图的绘制

首先,要重点区分机构运动简图和机构运动示意图;其次,还要重点了解几种常用的运动副符号;最后,还要掌握运动简图的绘制步骤。

### 1. 机构运动简图

机构运动简图是用规定的运动副符号及代表构件的线条来表示机构的运动特性,并根据运动学尺寸,按一定的比例画成的简单图形。

### 2. 机构运动示意图

机构运动示意图是不按比例画成的简单图形。

### 3. 运动简图绘制中常用运动副符号(见图 2-3)

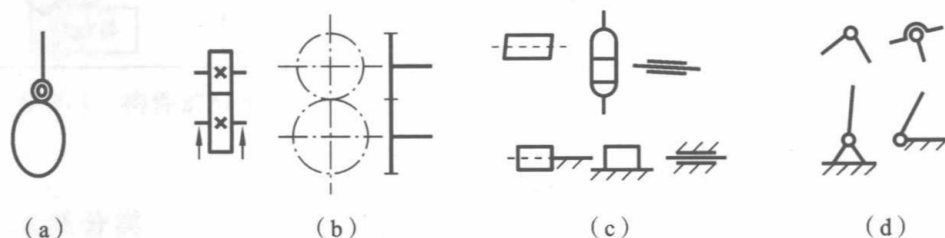


图 2-3 运动简图绘制中常用运动副符号

(a) 凸轮副;(b) 齿轮副;(c) 移动副;(d) 转动副

### 4. 机构运动简图的绘制步骤

我们在绘制机构运动简图的时候可以参考以下步骤。

- (1) 确定原动件;
- (2) 确定从动件;
- (3) 确定传动件;
- (4) 确定构件数量及各构件间的运动副;
- (5) 选择投影面;
- (6) 选择比例尺;
- (7) 以线条和运动副规定符号表示构件和运动副。

## 2.2.4 平面机构具有确定运动的条件

在了解平面机构具有确定运动的条件之前,我们首先要了解机构的自由度以及约束的概念,要重点掌握机构自由度的计算公式。

### 1. 机构的自由度

机构的自由度指机构中各活动构件相对于机架的可能独立运动数目(注意区别于构件的自由度)。

## 2. 约束

两构件用运动副连接后,彼此的相对运动受到某些约束。

- (1) 低副引入两个约束,自由度为 1。
- (2) 高副引入一个约束,自由度为 2。

## 3. 机构自由度的一般计算公式

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (2-1)$$

式中: $n$  为活动构件数(注意不包括机架); $P_L$  为低副数; $P_H$  为高副数。

## 4. 平面机构具有确定运动的条件

- (1) 机构自由度  $F \geq 1$ 。
- (2) 原动件数等于机构自由度  $F$ 。

针对平面机构具有确定运动的条件,我们可以分以下几种情况讨论,需要重点掌握每种情况导致的结果。

(1) 原动件数 = 机构自由度,机构具有确定运动,如图 2-4 所示。

(2) 原动件数 > 机构自由度,机构破坏,最薄的部分崩溃,如图 2-5 所示。

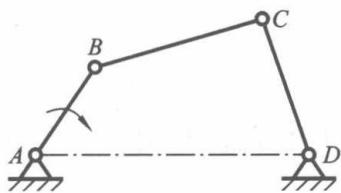


图 2-4 原动件数 = 机构自由度

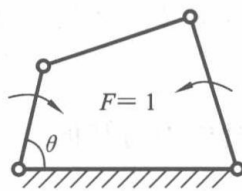


图 2-5 原动件数 > 机构自由度

(3) 原动件数 < 机构自由度,运动不确定,如图 2-6 所示。

(4) 构件间没有相对运动机构。对于构件间没有相对运动的机构,我们要把它当作刚性桁架,只看作一个构件,常见的结构如图 2-7 所示,三杆通过转动副连接成稳定的三角形结构,构件间没有相对运动,我们把它看作一个构件。

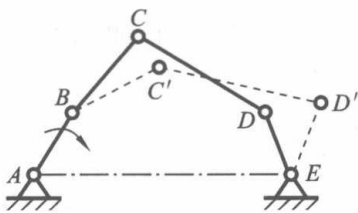


图 2-6 原动件数 < 机构自由度

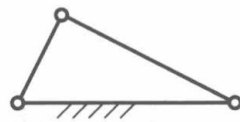


图 2-7 机构间没有相对运动

### 2.2.5 计算机构自由度时应注意的几种情况

在计算机构自由度时,我们仅仅知道计算公式是远远不够的,还需要注意以下几种情况。

#### 1. 复合铰链

(1) 定义:由三个或三个以上构件组成的轴线重合的转动副称为复合铰链,如图 2-8