



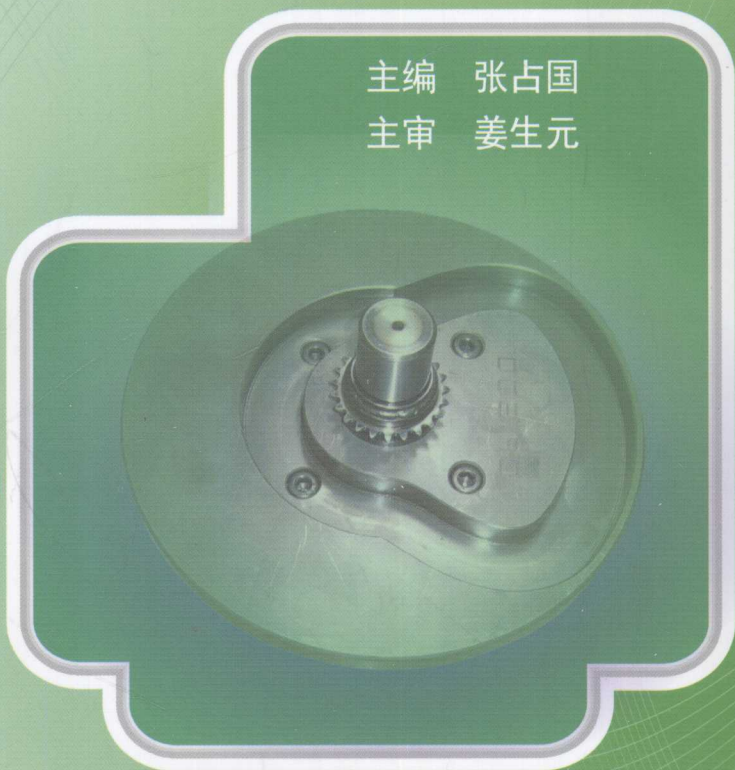
全国本科院校机械类**创新型**应用人才培养规划教材

机械原理、机械设计 学习指导与综合强化

主编 张占国

主审 姜生元

适应两门基础课程教学要求
明确基本内容，把握重点难点
提高分析及解决问题的综合能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

机械原理、机械设计 学习指导与综合强化

主 编	张占国			
参 编	孙丽霞	孙晓锋	王立才	
	杨秋晓	刘彦华	王开宝	
主 审	姜生元			



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是机械原理、机械设计课程的学习辅导书,也是高等院校工科机械原理、机械设计课程学习的辅助教材。

本书以西北工业大学机械原理及机械零件教研室编写的《机械原理》《机械设计》为主要参考,同时兼顾了几种目前比较常用的两门课程的教材。主要包括:学习要求、重点及难点、学习指导、典型例题解析、同步训练题及其参考解答、综合测试卷及其参考解答和机械设计综合课程设计题目汇编。目的是帮助读者在学习机械原理和机械设计两门课程时,明确各章的基本要求,把握重点和难点所在;通过学习指导,对学生起到课程同步辅导的作用;通过典型例题解析、同步训练题和综合测试卷的练习,使学生掌握解题思路和分析问题、解决问题的方法,以加深理解、巩固课程内容。课程设计题目适用于机械原理和机械设计课程设计整合后的综合课程设计,也可用于独立安排的机械原理或机械设计课程设计教学。

本书可作为高等院校机械类及近机械类各专业的教材,也可供相关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理、机械设计学习指导与综合强化/张占国主编. —北京:北京大学出版社, 2014. 1

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23195-1

I. ①机… II. ①张… III. ①机构学—高等学校—教学参考资料②机械设计—高等学校—教学参考资料 IV. ①TH111②TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 215134 号

书 名: 机械原理、机械设计学习指导与综合强化

著作责任者: 张占国 主编

策 划 编 辑: 童君鑫

责 任 编 辑: 黄红珍

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-23195-1/TH·0369

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.75 印张 743 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 63.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

机械原理和机械设计是高等工科大学机械类专业本科学生必修的机械基础系列课程中的两门主干技术基础课,在培养学生的机械产品设计和创新能力方面占有不可替代的重要地位。机械原理课程不同于理论课,也不同于专业课,其具有一定的理论系统性、逻辑性和较强的工程实践性。在学习本课程时,应注意建立基本概念,理解基本原理,掌握基本方法。机械设计是一门关于机械装置实体设计的课程,涉及零件材料及热处理方式的选择、受力及工作能力的分析计算和结构设计等内容,同时要考虑零件的工艺性、标准化、经济性、环境保护等要求。课程具有涉及面广、实践性强、无重点又都是重点、设计问题无统一答案等特点。其研究对象和性质上的特点,决定了内容本身的繁杂性,主要体现在“关系多、门类多、要求多、公式多、图形多、表格多”。学习时,应注意找出各零件的共性,明确相应的设计规律,使“六多”为我所用,应把主要精力放在零件的选材、工况和失效形式分析、设计准则的确定、受力及工作能力计算和结构设计上来,而对公式的推导、曲线的来历、经验数据的取得等只作一般的了解。

随着课程改革的不断深入,机械原理和机械设计课程内容在不断更新和增加,教学学时在相对减少,但教学目标没有降低,反而有所提高(主要体现在实践能力和创新能力培养方面)。学时与内容形成了突出矛盾。如何提高学生学习的自主性和能动性,使学生在较短时间内既能掌握主要内容,又有一定的基本技能训练,培养和提高学生的工程实践和创新设计能力,成了教学改革的重要课题。由于学时和讲授内容的限制,课堂上无法安排较多的习题课进行教学重点和难点内容的强化,这就需要学生利用较多的课外时间对课程进行复习和巩固。

在本书的帮助下,学生可根据各章的学习要求、重点及难点形成课程的知识脉络,把握知识的主要内容;学习指导起到课程同步辅导的作用;典型例题知识点明确,具有代表性和示范性,可以使学生掌握解题思路和分析问题、解决问题的方法,并有利于学生作业的规范化;同步训练题和综合测试卷知识点突出、目的性强、综合性强、题型多、题量适中,通过课程同步练习,可使学生基础扎实,启发学生的思维,锻炼学生独立思考能力,提高学生构思与表达能力、设计与创新能力、分析与综合能力。所编制的机械设计综合课程设计题目强调机械设计中总体设计能力的培养,整合机械原理课程设计和机械设计课程内容,建立了较完善的机械设计综合课程设计体系,适应机械设计系列课程综合设计实践的教学要求,注重培养学生发现问题、分析问题和解决问题的综合创新能力。

参加本书编写的有:北华大学的张占国(第8、9、10、14、15、19、22章和机械原理综合测试卷、机械设计综合测试卷、机械设计综合课程设计题目汇编)、孙丽霞(第18、20、21章)、王立才(第13、16、17、24章)、杨秋晓(第11、12章)、刘彦华(第6、7章)、王开宝(第4、5章)和吉林化工学院的孙晓锋(第1、2、3、23章),全书由张占国担任主编。

本书承哈尔滨工业大学姜生元教授审阅,并提出了许多宝贵意见,在此编者表示衷心



的感谢。本书在编写过程中，参考了书后所列的参考文献，在这里我们向各参考文献的作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，疏漏和欠妥之处在所难免，欢迎广大同仁和读者批评指正。

编 者

2013 年 9 月

目 录

第一部分 机械原理学习指导与

同步训练题 1

第 1 章 绪论 3

1.1 学习要求、重点及难点 3

1.2 学习指导 3

1.3 同步训练题 5

第 2 章 机构的结构分析 6

2.1 学习要求、重点及难点 6

2.2 学习指导 6

2.3 典型例题解析 10

2.4 同步训练题 13

第 3 章 平面机构的运动分析 18

3.1 学习要求、重点及难点 18

3.2 学习指导 18

3.3 典型例题解析 21

3.4 同步训练题 22

第 4 章 平面机构的力分析 24

4.1 学习要求、重点及难点 24

4.2 学习指导 24

4.3 典型例题解析 27

4.4 同步训练题 28

第 5 章 机械的效率和自锁 31

5.1 学习要求、重点及难点 31

5.2 学习指导 31

5.3 典型例题解析 34

5.4 同步训练题 35

第 6 章 机械的平衡 37

6.1 学习要求、重点及难点 37

6.2 学习指导 37

6.3 典型例题解析 40

6.4 同步训练题 41

第 7 章 机械的运转及其 速度波动的调节 44

7.1 学习要求、重点及难点 44

7.2 学习指导 44

7.3 典型例题解析 48

7.4 同步训练题 51

第 8 章 平面连杆机构及其设计 55

8.1 学习要求、重点及难点 55

8.2 学习指导 56

8.3 典型例题解析 61

8.4 同步训练题 62

第 9 章 凸轮机构及其设计 70

9.1 学习要求、重点及难点 70

9.2 学习指导 70

9.3 典型例题解析 75

9.4 同步训练题 77

第 10 章 齿轮机构及其设计 83

10.1 学习要求、重点及难点 83

10.2 学习指导 83

10.3 典型例题解析 90

10.4 同步训练题 92

第 11 章 齿轮系及其设计 100

11.1 学习要求、重点及难点 100

11.2 学习指导 100

11.3 典型例题解析 106

11.4 同步训练题 109



第 12 章 其他常用机构	113	第 18 章 链传动	222
12.1 学习要求、重点及难点	113	18.1 学习要求、重点及难点	222
12.2 学习指导	113	18.2 学习指导	222
12.3 典型例题解析	123	18.3 典型例题解析	227
12.4 同步训练题	124	18.4 同步训练题	228
第 13 章 机械系统的方案设计	127	第 19 章 齿轮传动	230
13.1 学习要求、重点及难点	127	19.1 学习要求、重点及难点	230
13.2 学习指导	127	19.2 学习指导	230
13.3 典型例题解析	141	19.3 典型例题解析	239
19.4 同步训练题	241		
第二部分 机械设计学习指导与 同步训练题	145	第 20 章 蜗杆传动	249
第 14 章 机械设计总论	147	20.1 学习要求、重点及难点	249
14.1 学习要求、重点及难点	147	20.2 学习指导	249
14.2 学习指导	148	20.3 典型例题解析	253
14.3 典型例题解析	172	20.4 同步训练题	254
14.4 同步训练题	174	第 21 章 滑动轴承	259
第 15 章 螺纹连接和螺旋传动	179	21.1 学习要求、重点及难点	259
15.1 学习要求、重点及难点	179	21.2 学习指导	259
15.2 学习指导	179	21.3 典型例题解析	267
15.3 典型例题解析	189	21.4 同步训练题	268
15.4 同步训练题	193	第 22 章 滚动轴承	272
第 16 章 键、花键、无键 连接和销连接	199	22.1 学习要求、重点及难点	272
16.1 学习要求、重点及难点	199	22.2 学习指导	272
16.2 学习指导	199	22.3 典型例题解析	282
16.3 典型例题解析	205	22.4 同步训练题	285
16.4 同步训练题	206	第 23 章 联轴器和离合器	291
第 17 章 带传动	209	23.1 学习要求、重点及难点	291
17.1 学习要求、重点及难点	209	23.2 学习指导	291
17.2 学习指导	209	23.3 典型例题解析	292
17.3 典型例题解析	214	23.4 同步训练题	293
17.4 同步训练题	216	第 24 章 轴	296
		24.1 学习要求、重点及难点	296
		24.2 学习指导	296

24.3 典型例题解析	302	机械设计综合测试卷Ⅲ	335
24.4 同步训练题	303	机械设计综合测试卷Ⅳ	338
第三部分 机械原理综合测试卷	309	机械设计综合测试卷Ⅴ	342
机械原理综合测试卷Ⅰ	311	第五部分 同步训练题和综合测试卷	
机械原理综合测试卷Ⅱ	314	参考解答	347
机械原理综合测试卷Ⅲ	318	同步训练题参考解答	349
机械原理综合测试卷Ⅳ	321	综合测试卷参考解答	421
机械原理综合测试卷Ⅴ	324	第六部分 机械设计综合课程	
第四部分 机械设计综合测试卷	327	设计题目汇编	451
机械设计综合测试卷Ⅰ	329	设计题目汇编	453
机械设计综合测试卷Ⅱ	332	参考文献	495

第一部分

机械原理学习指导与同步训练题

第1章 绪论

1.1 学习要求、重点及难点

1. 学习要求

- (1) 明确机械原理和机械设计课程的研究对象及内容。
- (2) 了解两门课程的性质、任务、特点和学习方法。
- (3) 分别从运动、功能和制造角度了解机器的组成。
- (4) 弄清机器和机构、构件和零件、通用零件和专用零件等概念。

2. 学习重点

机器和机构、构件和零件、通用零件和专用零件等概念。

1.2 学习指导

1. 关于机械原理和机械设计两门课程

1) 机械原理课程的研究对象和研究内容

- (1) 研究对象：常用机构。
- (2) 研究内容：机构的结构分析、机构的运动分析、机器动力学分析、常用机构的分析和设计、机械系统的方案设计。

2) 机械原理课程的性质、任务、特点和学习方法

- (1) 课程性质：机械类专业的主干技术基础课。
- (2) 课程任务：掌握机构学和机器动力学的基本理论、基本知识和基本技能，学会各种常用机构的分析与设计方法，并初步具有按照机械的使用要求拟定机械系统方案的



能力。

(3) 课程特点和学习方法:本课程的学习不同于理论课的学习,也不同于专业课,而具有一定的理论系统性、逻辑性和较强的工程实践性的特点。因此,在学习本课程时应注意掌握基本的概念、原理及机构分析与设计的方法。学习时,要注意以下几点:在学习知识的同时,注重应用能力的培养;在重视逻辑思维的同时,加强形象思维能力的培养;注意运用理论力学的有关知识;理论联系实际,能够做到举一反三。

3) 机械设计课程的研究对象和研究内容

(1) 研究对象:通用零(部)件。

(2) 研究内容:机械装置的实体设计,涉及零件材料与热处理方式的选择、受力及工作能力的分析计算和结构设计等内容,同时要考虑零件的工艺性、标准化、经济性和环境保护等要求。

4) 机械设计课程的性质、任务、特点和学习方法

(1) 课程性质:机械类专业的设计性主干技术基础课。

(2) 课程任务:树立正确的设计思想,突出创新意识和创新能力的培养;掌握通用零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有设计机械传动装置和简单机械的能力;具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力和应用计算机辅助设计的能力;掌握典型零件的实验方法,获得基本实验技能的训练;了解国家当前的有关技术经济政策,对机械设计的新发展有所了解。

(3) 课程特点和学习方法:本课程研究对象和性质上的特点,决定了内容本身的复杂性,主要体现在“关系多、门类多、要求多、公式多、图形多、表格多”。学习时,应注意找出各零件间的某些共性,明确相应的设计规律,使“六多”为我所用。应把主要的精力放在零件的选材、工况和失效形式分析、设计准则的确定、受力及工作能力计算和结构设计上来,而对公式的推导、曲线的来历、经验数据的取得等只作一般了解。

2. 从功能角度看机器的组成

从机器的各部分功能划分,一部完整的机器由原动机部分、传动部分、执行部分3个基本组成部分和控制部分及辅助系统(润滑、显示、照明等)组成。

(1) 原动机部分:包括人力、畜力、风力、水力、电动机、内燃机等,用来接受外部能源,通过转换而自动运行,为机器提供动力输入。

(2) 传动部分:包括机械传动、电力传动、流体传动等,用于将原动机的运动形式、运动及动力参数进行变换,变为执行部分所需的运动形式、运动和动力参数。

(3) 执行部分:具体实施做功的工作装置,它用来完成机器预定的功能。

(4) 控制部分:实现启动、停车、安全保护等功能,使机器各部分协调动作。

3. 机器和机构、构件和零件、通用零件和专用零件等概念

(1) 机器:根据某种使用要求而设计的执行机械运动的装置,可用来变换或传递能量、物料和信息。机器是由机构组成的。如:原动机——电动机、内燃机等;工作机——发电机、起重机、金属切削机床、录音机等。

(2) 机构:用来传递与变换运动和力的可动装置。如:连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构、螺旋机构等。

(3) 构件:组成机械(机器或机构)的基本运动单元。构件可以是单一零件,也可以是

几个零件的刚性连接。如：内燃机连杆机构中的气缸、活塞、连杆、曲轴。

(4) 零件：组成机械(机器或机构)的基本制造单元。如：连杆上的连杆体、连杆盖、轴瓦、螺栓、螺母。

(5) 部件：为完成同一使命而协同工作的许多零件的组合。如：滚动轴承、联轴器等。

(6) 通用零(部)件：各种机器中普遍使用的零(部)件。如：连接件——螺栓、螺母、垫圈、键、花键、销等；传动件——V带、V带轮、链条、链轮、齿轮、蜗杆、蜗轮、摩擦轮等；轴系零部件——轴、滑动轴承、滚动轴承、联轴器、离合器等；其他零件——弹簧、机架、箱体等。

(7) 专用零(部)件：只在一定类型机器中使用的零(部)件。如：活塞、曲轴、水轮机叶片、飞机螺旋桨、犁铧、枪栓等。

1.3 同步训练题

1.3.1 判断题

1. 机器和机构都是人为的产物，有确定的运动，并可实现能量的转化。()
2. 机器的传动部分都是机构。()
3. 机构都是可动的。()
4. 从运动方面讲，机构是具有确定相对运动的构件的组合。()

1.3.2 简答题

1. 机器与机构有哪些区别和联系？
2. 机器具有哪些特征？机器的3个基本组成部分是什么？各部分的功能是什么？
3. 构件与零件有什么区别？

第2章

机构的结构分析

2.1 学习要求、重点及难点

1. 学习要求

- (1) 理解构件、运动副、自由度、约束、运动链和机构等重要概念。
- (2) 能绘制平面机构的运动简图。
- (3) 能正确计算平面机构的自由度，并能正确判断其是否具有确定的运动。
- (4) 了解平面机构的组成原理、结构分类。
- (5) 掌握平面机构结构分析的方法。

2. 学习重点

- (1) 构件、运动副、运动链和机构等概念。
- (2) 平面机构运动简图的绘制。
- (3) 平面机构自由度的计算及其运动确定性的判断。

3. 学习难点

机构中虚约束的识别和处理。

2.2 学习指导

1. 本章中的一些重要概念

学习时，要把构件、运动副、运动链、机构、机构运动简图、机构的自由度、机构具有确定运动的条件、复合铰链、局部自由度、虚约束、基本杆组和平面机构的组成原理等基本概念搞清楚。应做到正确理解和准确解释，并能对机构做出正确的分析和判断。要注

意结合教具、模型、实物的观察和分析来加深对这些概念的理解和掌握,不要死记硬背。

(1) 构件:组成机构的基本运动单元。构件是组成机构的基本要素之一。机架(固定件)——支承活动构件的构件;原动件——运动规律已知的活动构件;从动件——随原动件的运动而运动的构件,其中输出机构中实现预期运动规律的从动件为输出构件。

(2) 运动副:两构件之间直接接触而又能产生一定相对运动的可动连接。运动副是组成机构的另一基本要素。

(3) 运动链:若干个构件通过运动副连接而构成的可相对运动的系统。

(4) 机构:如果将运动链中的某一个构件固定作为机架(参考系),并有一个或几个构件为原动件(给定运动规律),使其余各构件(从动件)具有确定的相对运动,则该运动链就成为机构。零件 $\xrightarrow[\text{或静连接}]{\text{单一零件}}$ 构件 $\xrightarrow[\text{(动连接)}]{\text{运动副}}$ 运动链 $\xrightarrow[\text{和机架}]{\text{原动件}}$ 机构 $\xrightarrow[\text{辅助系统}]{\text{控制系统}}$ 机器。

(5) 机构运动简图:用简单的线条和规定的符号代表构件和运动副,并按比例绘制出各运动副位置,表示机构的组成和运动传递情况。这种方法所绘制出的能够表达机构运动特性的简明图形就称为机构运动简图。

(6) 约束:两构件间的运动副对构件间的某些相对运动所起的限制作用称为约束。一个运动副应至少要引入1个约束,也至少要保留1个自由度。

(7) 机构自由度:机构具有确定运动时所必须给定的独立运动参数的数目。

(8) 复合铰链:两个以上构件在同一处构成的重合的转动副称为复合铰链。

(9) 局部自由度:对整个机构运动无关的自由度称为局部自由度。

(10) 虚约束:机构中某些运动副或某些运动副与构件的组合所形成的约束与其他约束重复,而不单独起限制作用的约束称为虚约束。

(11) 基本杆组:最简单的、不可再分的、自由度为零的构件组称为基本杆组,简称杆组。

(12) 平面机构的组成原理:任何机构都可以看作是由若干个基本杆组依次连接于原动件和机架上所组成的。

2. 机构运动简图的绘制

机构运动简图与原机构具有完全相同的运动特性,可以利用运动简图对现有机构进行结构分析、运动分析和力分析。设计新机械也首先要设计机械的机构运动简图,所以对机构运动简图的绘制必须十分重视,能正确阅读和绘制机构运动简图是工程技术人员必备的基本技能。绘制机构运动简图的步骤如下。

(1) 分析机构的构造和运动传递情况,确定机构中的机架、原动件、传动部分和执行构件。

(2) 沿着运动传递的路线细心观察,确定构件数量、两构件间通过何种运动副连接、运动副所在的相对位置。

(3) 恰当地选择投影面,一般选择与机构的多数构件的运动平面相平行的平面作为投影面。

(4) 选取适当的比例尺,根据机构的运动尺寸定出各运动副之间的相对位置(转动副的中心、移动副的导路方位及高副的接触点等),画出相应的运动副符号,用简单的线条或几何图形将各运动副连接起来,最后标出构件的数字代号、运动副的字母代号、原动件



的运动方向箭头。

3. 平面机构自由度的计算

机构自由度的计算是分析现有机械或设计新机械时,确定所绘机构运动简图的结构正确性及运动确定性的必要前提。因此,要重点掌握平面机构自由度的计算方法。平面机构自由度的计算可根据不同情况采用不同的方法。

1) 不含局部自由度和虚约束的简单机构

(1) 确定机构中的活动构件数 n 、低副数 p_l 和高副数 p_h 。

(2) 代入平面机构自由度计算公式 $F=3n-(2p_l+p_h)$ 进行计算。

2) 含有局部自由度和(或)虚约束的机构

(1) 预先去除局部自由度和虚约束,变成不含局部自由度和虚约束的简单机构,然后按照上述步骤进行计算。

(2) 不预先去除局部自由度和虚约束,其计算步骤如下:① 确定机构中活动构件数 n 、低副数 p_l 、高副数 p_h 、局部自由度数 F' 和虚约束数 p' ($p'=2p'_l+p'_h-3n'$, n' 、 p'_l 和 p'_h 分别为虚约束结构中的构件数、低副数和高副数);② 代入含有局部自由度和虚约束的机构自由度计算公式 $F=3n-(2p_l+p_h)-F'+p'$ 进行计算。

4. 平面机构运动确定性的判断

(1) 若 $F \leq 0$, 则机构不能动。

(2) 若 $F > 0$, 而原动件数 $< F$, 则构件间的相对运动不确定。

(3) 若 $F > 0$, 而原动件数 $> F$, 则机构不能运动或产生破坏。

(4) 若 $F > 0$, 且原动件数 $= F$, 则机构具有确定的运动。这就是机构具有确定运动的条件。

5. 计算平面机构自由度时应注意的事项

1) 复合铰链

由 m 个构件汇集而成的复合铰链包含 $m-1$ 个转动副,如图 2-1 所示。

2) 局部自由度的识别与处理

为了减少尖顶推杆与凸轮之间的摩擦、磨损,改用滚子推杆。滚子连同其上的转动副产生局部自由度 ($F'=1$),如图 2-2 左图所示。

在计算机构自由度时,可将产生局部自由度的构件及与其相连接的运动副去除,如图 2-2 右图所示。

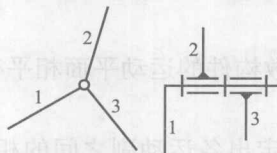


图 2-1 复合铰链

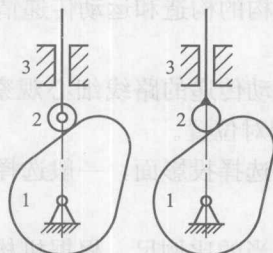


图 2-2 局部自由度

3) 虚约束的识别与处理

虚约束的存在对机构的运动没有影响,但引入虚约束后可以改善机构的受力情况,可以增加构件的刚度,因此在机构的结构中得到较多使用。机构中的虚约束都是在一些特定的几何条件下出现的,如果这些条件不满足,则原认为是虚约束的约束就将成为实际有效的约束,使机构的自由度减少,而影响到机构的运动。虚约束经常出现的情况及去除方法如下。

(1) 两构件通过多个移动副连接,且其导路互相重合或平行时,则只有 1 个移动副起约束作用,其余的移动副都是虚约束,如图 2-3 所示。两构件通过多个转动副连接,且轴线互相重合时,则只有 1 个转动副起约束作用,其余的转动副都是虚约束,如图 2-4 所示。上述两种情况中,设置虚约束的目的是为了增加构件的支承刚度。计算机构自由度时,可将“多余”的移动副或转动副(图中移动副 D' 、转动副 A')去除或不计入低副个数。

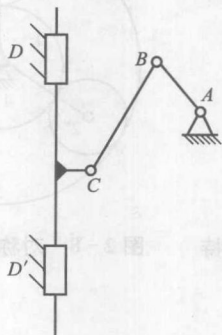


图 2-3 两构件在多处组成移动副

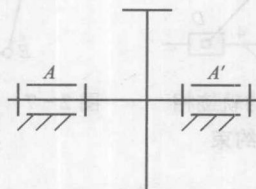
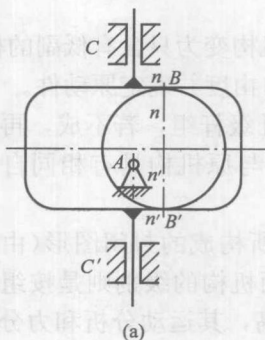


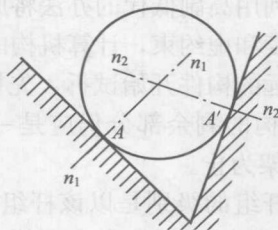
图 2-4 两构件在多处组成转动副

(2) 两构件在多处接触而构成平面高副,且各接触点处的公法线彼此重合,则只能算作 1 个高副,如图 2-5(a)所示。

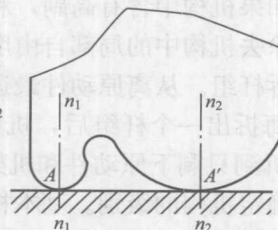
(3) 两构件在多处接触而构成平面高副,且各接触点处公法线彼此相交或平行,则应算作 2 个高副,即相当于 1 个转动副(图 2-5(b))或 1 个移动副(图 2-5(c))。



(a)



(b)



(c)

图 2-5 两构件在多处组成平面高副

(4) 如果用转动副连接的是两构件上运动轨迹相重合的点,则该连接引入 1 个虚约束,如图 2-6 所示。设置这种虚约束的目的是使机构能顺利通过运动不确定的瞬时位置(死点)。计算机构自由度时,可将产生虚约束的“多余”的运动副及连接的构件(图中转动副 C 及构件 3)去除。