



新世纪高职高专实用规划教材

• 机电系列

机械设计

JIXIE SHEJI

邵东波 陈恒超 李仁杰 李长本 主编
李波 副主编



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 机电系列

机 械 设 计

李长本 主 编

邵东波 陈恒超 李仁杰 李 波 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要介绍常用机构的工作原理、运动特性和设计方法的基本知识；通用机械零件的结构、特点、选用及设计计算方法。全书共18章，内容包括：绪论，平面机构的自由度及机构运动简图，平面连杆机构，凸轮机构，间歇机构，带传动，直齿圆柱齿轮传动，斜齿圆柱齿轮传动，直齿锥齿轮机构，蜗杆传动，轮系，螺纹联接，键、花键及销联接，轴，滑动轴承，滚动轴承，联轴器和离合器，弹簧。

本书以应用为目的，以理论适度、概念清楚、突出应用为重点，培养学生的初步机械设计能力。在内容的编排上，便于组织教学，便于与其他课程的衔接。

本书可作为高职高专院校机械类、机电类、近机类专业“机械设计”课程教材，也可作为成人高校教学用书及有关工程技术人员的参考用书。

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术，用户可通过在图案表面涂抹清水，图案消失，水干后图案复现；或将表面膜揭下，放在白纸上用彩笔涂抹，图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计/李长本主编；邵东波，陈恒超，李仁杰，李波副主编.—北京：清华大学出版社，2006.8
(新世纪高职高专实用规划教材 机电系列)
ISBN 7-302-13454-5

I. 机… II. ①李… ②邵… ③陈… ④李… ⑤李… III. 机械设计—高等学校：技术学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第081298号

出版者：清华大学出版社 地 址：北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编：100084

社总机：010-62770175 客户服务：010-62776969

组稿编辑：彭欣

文稿编辑：桑任松

排版人员：房书萍

印刷者：北京市清华园胶印厂

装订者：北京国马印刷厂

发行者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：16.75 字数：399千字

版 次：2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

书 号：ISBN 7-302-13454-5/TH·213

印 数：1~4000

定 价：25.00元

前 言

随着机械加工技术的飞速发展，对工程技术人员的素质提出了越来越高的要求，迫切需要高等职业技术学院培养大批的制造、调试、使用、维修机电产品的实用性技术人才。然而，作为高职院校机械、机电类专业核心建设项目之一的教材建设，却滞后于机械加工技术的发展，以至于许多高职院校机械、机电专业的学生缺乏适用的教材，这势必影响高职院校的教育质量。为此，笔者编写了本书。

本书根据高等职业技术学院机械、机电类专业课程体系中，机械设计课程所处的地位及教学大纲的要求编写，课时约为 100 学时。机械设计基础是机械、机电类专业的一门主干技术基础课，具有很强的实用性和实践性。它研究的是各种机械所具有的共性问题，培养学生的初步机械设计能力。它在机械、机电类专业的基础课和专业课之间起着承上启下的作用。

本书在内容上注重提高学生分析问题和解决问题的能力。以“应用”、“实践”为主旨和特征，以理论适度、讲清概念、强化应用为重点，突出理论与实践的有机结合。在内容的编排上，力求突破传统的机械原理加机械零件的内容体系，使二者有机地融合，便于组织教学，便于与其他课程的衔接。为了便于学生自学及巩固所学内容，各章均有“本章要点”、“本章难点”提示，并附有习题。

本书主要介绍常用机构的工作原理、运动特性和设计方法的基本知识；通用机械零件的结构、特点、选用及设计计算方法。主要内容包括：如何绘制平面机构运动简图，平面机构自由度的计算方法，常用平面连杆机构的类型、特性及设计方法，常用凸轮机构的类型、从动件常用运动规律及凸轮轮廓的设计方法，常用间歇机构的特点、结构及选用，V 带传动工作情况分析、设计计算方法，渐开线齿轮齿廓啮合特性、加工原理、精度等级，渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数、几何尺寸计算及其传动设计，平行轴斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算及其传动设计，直齿锥齿轮的几何尺寸计算及其传动设计，蜗杆传动的几何尺寸计算及其传动设计，基本轮系传动比的计算，螺纹联接的结构、选用，键、花键及销联接的结构、特点、选用，轴的结构设计、强度校核，滑动轴承的结构、选用，滚动轴承的基本类型、选用及设计计算，联轴器和离合器的结构、选用，弹簧的结构、主要参数及选用。

本书由李长本任主编、邵东波、陈恒超、李仁杰和李波担任副主编。第 1 章、第 2 章、第 3 章及第 11 章由济南职业学院李长本编写；第 6 章、第 10 章、第 14 章、第 15 章、第 16 章由威海职业学院邵东波编写，第 5 章、第 7 章中的第 7.8 节、第 8 章中的第 8.5 节、第 9 章中的第 9.4 节、第 12 章、第 13 章、第 17 章、第 18 章由济南职业学院陈恒超编写；第 4 章、第 7 章由山东省农业管理干部学院李仁杰编写；第 8 章、第 9 章由吉林师范大学应用工程学院李波编写。本书在组织编写过程中得到了众多老师和工程技术人员

员的热心帮助，在这里表示衷心的感谢。

本书可作为高职高专院校机械类、机电类，近机类专业“机械设计”课程教材，也可作为成人高校教学用书及有关工程技术人员的参考用书。

限于编者水平，书中错误和不当之处在所难免，恳请广大读者批评、指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1	3.2.1 铰链四杆机构曲柄存在的条件	20
1.1 机械设计概述	1	3.2.2 急回运动特性和行程速比系数	22
1.1.1 引言	1	3.2.3 压力角和传动角	22
1.1.2 机械设计概述	1	3.2.4 “死点”位置	23
1.1.3 机器的组成	3	3.3 平面四杆机构的设计	24
1.2 本课程的主要内容和学习方法	3	3.3.1 按给定行程速比系数 k 设计四杆机构	24
1.2.1 本课程的主要内容	3	3.3.2 按给定连杆预定位置设计铰链四杆机构	25
1.2.2 本课程的学习方法	3	3.3.3 给定两连架杆对应位置设计铰链四杆机构	26
习题	3	习题	28
第 2 章 平面机构的自由度及机构运动简图	4	第 4 章 凸轮机构	30
2.1 平面运动副及其分类	4	4.1 凸轮机构的应用和分类	30
2.1.1 低副	4	4.1.1 凸轮机构的应用	30
2.1.2 高副	5	4.1.2 常用凸轮机构的分类	31
2.2 平面机构运动简图	6	4.2 从动件的常用运动规律	33
2.2.1 构件的表示方法	6	4.2.1 匀速运动规律	34
2.2.2 平面机构运动简图的绘制	7	4.2.2 匀加速匀减速运动规律	35
2.3 平面机构的自由度及其具有确定运动的条件	9	4.2.3 简谐运动规律 (余弦加速度运动规律)	36
2.3.1 平面运动副对构件的约束	9	4.3 凸轮轮廓设计	37
2.3.2 平面机构的自由度	10	4.3.1 尖顶对心移动从动件盘形凸轮轮廓的设计	37
2.3.3 平面机构具有确定运动的条件	10	4.3.2 滚子对心移动从动件盘形凸轮轮廓的设计	38
2.3.4 计算平面机构自由度时应注意的事项	11	4.3.3 平底对心移动从动件盘形凸轮轮廓的设计	38
习题	13	4.3.4 偏置移动从动件盘形凸轮轮廓的设计	39
第 3 章 平面连杆机构	15		
3.1 平面四杆机构的类型	15		
3.1.1 平面四杆机构的基本型式	15		
3.1.2 铰链四杆机构的演化型式	17		
3.2 平面四杆机构的一些基本特性	20		

4.4 凸轮机构设计中的几个问题.....	40	6.3.3 带传动的弹性滑动和打滑.....	61
4.4.1 滚子半径的选择.....	40	6.4 V带传动的失效形式和计算准则.....	63
4.4.2 凸轮机构的压力角.....	40	6.4.1 V带传动的失效形式.....	63
4.5 凸轮机构的结构设计.....	42	6.4.2 带传动的设计准则.....	63
4.5.1 凸轮和从动件的常用材料		6.5 V带传动的设计计算.....	63
及技术要求.....	42	6.5.1 单根V带的额定功率.....	63
4.5.2 结构设计.....	43	6.5.2 V带传动的设计步骤	
习题.....	44	和方法.....	65
第5章 间歇机构.....	46	习题.....	71
5.1 间歇运动机构简介.....	46	第7章 直齿圆柱齿轮传动.....	72
5.2 棘轮机构.....	46	7.1 齿轮传动概述.....	72
5.2.1 棘轮机构的工作原理和		7.1.1 齿轮可按齿廓曲线的	
类型.....	46	种类进行分类.....	72
5.2.2 棘轮机构的尺寸计算.....	48	7.1.2 常用的分类是按其功能和	
5.2.3 棘轮机构的特点.....	49	外形特点来分类.....	72
5.3 槽轮机构.....	49	7.1.3 按齿轮传动的	
5.3.1 槽轮机构的工作原理和		工作条件分类.....	74
类型.....	49	7.2 渐开线齿廓啮合的几个重要性质.....	74
5.3.2 槽轮机构的运动特性.....	50	7.2.1 渐开线的特性.....	74
5.3.3 槽轮机构的特点及应用.....	51	7.2.2 渐开线齿廓能实现	
5.4 其他间歇机构.....	51	定传动比.....	75
5.4.1 不完全齿轮机构.....	51	7.2.3 渐开线齿轮传动的	
5.4.2 凸轮式间歇运动机构.....	52	可分离性.....	76
习题.....	52	7.2.4 一对齿轮传动相当于	
第6章 带传动.....	53	两节圆相切作纯滚动.....	76
6.1 带传动的工作原理、特点和		7.2.5 渐开线齿轮传动的啮	
主要类型.....	53	合角为常数.....	77
6.1.1 带传动的工作原理及		7.2.6 渐开线齿廓间有相对滑动.....	77
主要类型.....	53	7.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的	
6.1.2 带传动的类型及特点.....	54	主要参数与几何尺寸.....	78
6.1.3 摩擦带传动的特点.....	55	7.3.1 齿轮各部分名称和	
6.2 V带和V带轮.....	55	5个主要参数.....	78
6.2.1 V带的结构与标准.....	55	7.3.2 渐开线标准直齿圆柱	
6.2.2 普通V带轮的材料与结构.....	57	齿轮几何尺寸.....	81
6.3 带传动的受力和应力分析.....	59	7.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的	
6.3.1 带传动的受力分析.....	59	正确啮合传动.....	82
6.3.2 带的应力分析.....	60	7.4.1 正确啮合条件.....	82
		7.4.2 连续传动条件.....	83

7.5 渐开线齿廓的加工方法与根切现象	84	8.4.2 人字齿轮	113
7.5.1 齿轮齿廓加工方法	84	8.5 斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	113
7.5.2 根切现象和最少齿数	87	8.5.1 齿面接触疲劳强度计算	113
7.6 齿轮传动的精度	88	8.5.2 齿根弯曲疲劳强度计算	114
7.6.1 齿轮传动精度分类	88	习题	117
7.6.2 圆柱齿轮传动精度等级选择	88	第9章 直齿锥齿轮机构	119
7.7 渐开线齿轮传动强度计算基础	89	9.1 锥齿轮概述	119
7.7.1 齿轮的失效形式及设计准则	89	9.2 直齿锥齿轮的背锥和当量齿数	120
7.7.2 齿轮材料及热处理	91	9.3 直齿锥齿轮的几何尺寸计算和正确啮合条件	121
7.8 直齿圆柱齿轮的强度计算	93	9.3.1 直齿锥齿轮的基本参数和几何尺寸	121
7.8.1 直齿圆柱齿轮传动的受力分析和计算载荷	93	9.3.2 直齿锥齿轮的正确啮合条件	122
7.8.2 齿面接触疲劳强度计算	94	9.4 直齿锥齿轮传动设计	122
7.8.3 齿根弯曲疲劳强度计算	98	9.4.1 齿面接触疲劳强度	123
7.8.4 圆柱齿轮传动参数的选择和设计步骤	101	9.4.2 齿根弯曲疲劳强度	124
7.9 齿轮传动的润滑	104	习题	124
习题	105	第10章 蜗杆传动	125
第8章 斜齿圆柱齿轮传动	107	10.1 蜗杆传动概述	125
8.1 斜齿圆柱齿轮概述	107	10.1.1 蜗杆传动的特点	125
8.1.1 直齿圆柱齿轮齿廓的形成	107	10.1.2 蜗杆传动类型	125
8.1.2 斜齿圆柱齿轮齿廓的形成和啮合特点	107	10.1.3 蜗杆传动布置形式	126
8.2 斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算和正确啮合条件	108	10.2 蜗杆传动的主要参数、几何尺寸	127
8.2.1 斜齿圆柱齿轮的基本参数	108	10.2.1 主要参数及其选择	127
8.2.2 斜齿圆柱齿轮的几何尺寸计算	109	10.2.2 几何尺寸	130
8.2.3 渐开线斜齿圆柱齿轮传动的正确啮合条件	111	10.3 蜗杆与蜗轮的结构	131
8.3 斜齿圆柱齿轮的当量齿轮	112	10.4 蜗杆传动的强度计算	132
8.4 斜齿圆柱齿轮传动的优缺点、人字齿轮	112	10.4.1 蜗杆传动的受力分析	132
8.4.1 斜齿圆柱齿轮传动的优缺点	112	10.4.2 蜗杆传动的强度计算	132
		10.5 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算	134
		10.5.1 蜗杆传动的效率	134
		10.5.2 蜗杆传动的润滑	135
		10.5.3 蜗杆传动的热平衡计算	136
		习题	137

第 11 章 轮系	139	12.6.3 减小应力集中	170
11.1 轮系的分类	139	12.6.4 改进工艺措施	171
11.2 定轴轮系的传动比计算	140	12.7 螺旋传动	171
11.2.1 平面定轴轮系 传动比计算	141	12.7.1 螺旋机构的工作原理 和类型	171
11.2.2 空间定轴轮系 传动比计算	142	12.7.2 螺旋机构的特点和应用	172
11.3 周转轮系	144	习题	173
11.4 混合轮系	147	第 13 章 键、花键及销联接	175
11.5 轮系的应用	148	13.1 键联接的类型和特点	175
习题	150	13.1.1 平键联接	175
第 12 章 螺纹联接	152	13.1.2 半圆键联接	176
12.1 螺纹的形成、分类及主要参数	152	13.1.3 楔键联接与切向键联接	176
12.1.1 螺纹的形成	152	13.2 平键联接的尺寸选择和 强度验算	177
12.1.2 螺纹的类型和应用	152	13.2.1 平键联接的尺寸选择	177
12.1.3 螺纹的主要参数	154	13.2.2 平键的强度验算	177
12.2 螺纹联接的基本类型和 螺纹联接件	155	13.3 花键联接	179
12.2.1 螺纹联接的基本类型	155	13.3.1 花键联接的类型、 特点和应用	179
12.2.2 标准螺纹联接件	156	13.3.2 花键联接的计算	180
12.3 螺栓联接的预紧与防松	157	13.4 销联接	181
12.3.1 螺栓联接的预紧	157	13.5 成形联接	182
12.3.2 螺纹联接的防松	158	习题	183
12.4 螺栓的强度计算	160	第 14 章 轴	184
12.4.1 单个螺栓联接的受力 分析和强度计算	160	14.1 轴的分类和设计要​​求	184
12.4.2 螺栓组联接的设计 与受力分析	164	14.1.1 轴的分类、特点和应用	184
12.5 螺栓联接件的性能等级、 材料和许用应力	168	14.1.2 轴的设计要​​求	185
12.5.1 螺栓联接件的性能 等级和材料	168	14.2 轴的材料及选择	185
12.5.2 螺纹联接材料 的许用应力	169	14.3 轴的结构设计	186
12.6 提高螺纹联接强度的措施	169	14.3.1 轴上主要零件的布置	186
12.6.1 减小附加弯曲应力	169	14.3.2 轴上零件的定位和固定	187
12.6.2 改善螺纹牙上载荷 分布不均现象	170	14.3.3 轴的结构工艺性	188
		14.4 轴的强度校核计算	189
		14.4.1 轴径的初步估算	189
		14.4.2 轴的弯扭合成强度计算	190
		14.4.3 轴的设计步骤	191
		14.5 轴的刚度校核计算	195

14.5.1 轴的弯曲刚度校核计算	195	16.3.6 滚动轴承的静强度计算	231
14.5.2 轴的扭转刚度校核计算	196	16.4 滚动轴承的组合结构设计	233
习题	196	16.4.1 轴承的轴向定位和固定	233
第 15 章 滑动轴承	197	16.4.2 滚动轴承组的支承 配置形式	234
15.1 滑动轴承的种类与摩擦状态	197	16.4.3 轴系的轴向调整	235
15.1.1 滑动轴承的分类	197	16.4.4 轴承的安装和拆卸	236
15.1.2 滑动轴承的摩擦状态	198	16.4.5 滚动轴承的预紧	236
15.2 滑动轴承的结构及材料	198	16.4.6 滚动轴承的润滑和密封	237
15.2.1 滑动轴承的结构	198	习题	240
15.2.2 滑动轴承材料	200	第 17 章 联轴器和离合器	242
15.3 非液体摩擦滑动轴承的计算	204	17.1 联轴器和离合器的作用	242
15.3.1 向心滑动轴承的计算	205	17.1.1 联轴器的类型	242
15.3.2 推力滑动轴承的计算	205	17.1.2 联轴器的选用计算	242
15.4 滑动轴承的润滑	206	17.2 常用联轴器	243
15.4.1 润滑剂及其选用原则	206	17.2.1 刚性联轴器	243
15.4.2 常用润滑方法及装置	207	17.2.2 无弹性元件挠性联轴器	244
15.4.3 润滑方法的选择	208	17.2.3 弹性联轴器	246
15.5 液体摩擦滑动轴承简介	209	17.3 常用离合器	247
15.5.1 动压承载机理	209	17.3.1 牙嵌离合器	247
15.5.2 液体动压向心轴承	210	17.3.2 摩擦离合器	248
习题	210	习题	249
第 16 章 滚动轴承	212	第 18 章 弹簧	250
16.1 滚动轴承概述	212	18.1 弹簧概述	250
16.2 滚动轴承的类型和代号	213	18.1.1 弹簧的主要功用	250
16.2.1 滚动轴承的常用类型	213	18.1.2 弹簧种类	250
16.2.2 滚动轴承的代号	218	18.2 圆柱形螺旋压缩、拉伸弹簧 的设计	251
16.2.3 滚动轴承类型的选择	219	18.2.1 压缩弹簧的受力与变形	251
16.3 滚动轴承的设计计算	221	18.2.2 圆柱形螺旋压缩弹簧的主要 参数及主要几何尺寸	252
16.3.1 滚动轴承的失效形式 及计算准则	221	18.2.3 圆柱形螺旋拉伸弹簧 的计算	254
16.3.2 滚动轴承的基本额定寿命 和基本额定动载荷	222	习题	255
16.3.3 滚动轴承的寿命 计算公式	226	参考文献	256
16.3.4 滚动轴承的当量动载荷	227		
16.3.5 角接触轴承的轴向 载荷计算	229		

第 1 章 绪 论

本章要点

- 机械、机器、机构、构件、零件

本章难点

- 机器与机构的区别
- 构件与零件的区别

1.1 机械设计概述

1.1.1 引言

人类在长期的生产实践中创造和发展了机械。随着科学技术的进步和生产的发展,市场竞争日益激烈,机械产品更新换代的周期将日益缩短,企业为了生存和发展,就必须不断地提高生产率,开发具有市场竞争力的新产品。机械的使用水平已成为一个国家科技水平和现代化程度的重要标志之一。

机械设计是一门介绍机械设计基础知识和培养学生机械设计能力的课程,它是以常用机构及通用零部件为研究对象的学科。

机械是机器和机构的总称。

1.1.2 机械设计概述

1. 机器

机器的种类繁多,其构造、性能和用途也各不相同。对于“机器”的感性认识,人们在日常生活和生产实践中早已形成。为了加深对机器等概念的理解,先来分析一个机器的实例。

如图 1.1 所示的牛头刨床是由床身 1、传动齿轮 2 和 3、导杆 4、滑块 5、连杆 6、刨头 7 以及其他辅助部分(图中未表示)所组成的机器。当电动机驱动齿轮 2 转动时,它带动齿轮 3(又是曲柄)回转,通过滑块 5 推动导杆 4 左右摆动,再经过连杆 6 带动刨头 7 作往复直线运动,刨刀装在刨头上作直线切削。由此可见机器具备 3 个特征:

- (1) 它们都是人为的各种实物(构件)的组合物。
- (2) 组成机器的各实物(构件)间具有确定的相对运动。
- (3) 能够代替或减轻人的劳动,完成有用的机械功或者实现能量转换。

2. 机构

进一步分析,牛头刨床是由两个主要的机构组成:齿轮 2、3 和机架 1 组成的齿轮机构;曲柄、滑块、导杆、连杆、刨头和机架组成的连杆机构。由此可见,机构只具有机器

的前两个特征，即机构是若干具有确定相对运动的构件的组合。

机构与机器的区别在于机构主要用来传递或变换运动，而机器却能完成有用的机械功或转换机械能。

机器中广泛应用的机构称为常用机构，如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构、轮系和间歇运动机构等。

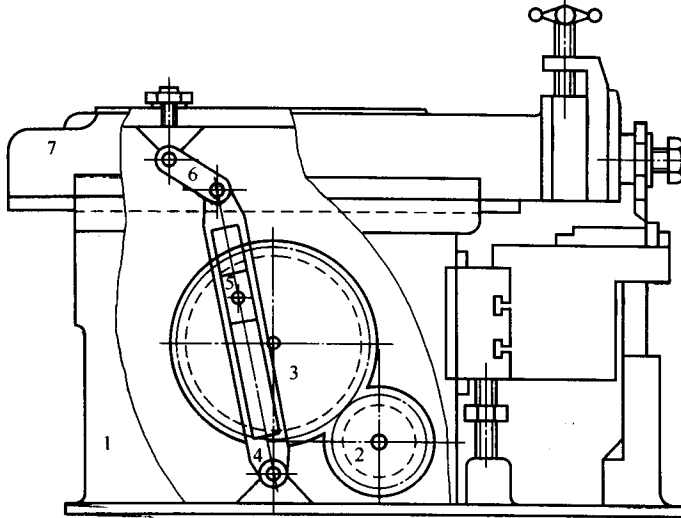


图 1.1 牛头刨床

1—床身；2、3—传动齿轮；4—导杆；5—滑块；6—连杆；7—刨头

3. 构件、零件

组成机构的构件可以是一个零件(如齿轮机构中的一个齿轮)，也可以是由几个零件构成的刚性组合体。如图 1.2 所示的连杆(构件)是由连杆体、连杆盖、上轴瓦、下轴瓦、螺栓和螺母等零件刚性联结组成的。

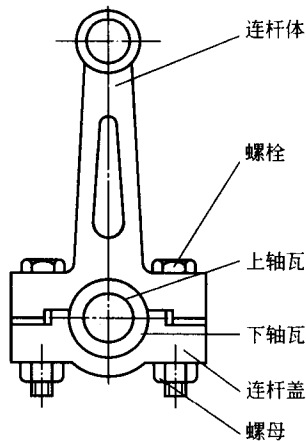


图 1.2 连杆

显然,构件是独立运动的单元体;零件是加工制造的单元体,是机器的最基本组成要素。各类机器中经常用到的零件称为通用零件,如齿轮、螺栓、螺母、轴、带轮、弹簧等;在专用机器中才能用到的零件称为专用零件。

1.1.3 机器的组成

一部完整的机器主要由以下几部分组成:

- (1) 原动部分:是机器的动力来源,常用的原动机有电动机、内燃机等。
- (2) 执行部分:处于整个机器传动路线的终端,是直接完成工作任务的部分。
- (3) 传动部分:把原动机的运动和动力传递给执行部分。
- (4) 控制部分:使操作者能随时实现或终止机器各种预定功能的部分。如机械控制系统、电气控制系统、计算机控制系统等。

1.2 本课程的主要内容和学习方法

1.2.1 本课程的主要内容

本课程的主要内容可分为两大部分:

一部分是介绍各种常用机构的工作原理、基本类型、性能特点、几何参数和设计方法。常用机构包括:平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、轮系、带传动和间歇机构等。

另一部分是介绍通用零、部件的工作原理、结构特点、材料、失效分析及对策、选用及设计方法等。通用零件包括齿轮、带及带轮、联接零件及轴系零件等。

1.2.2 本课程的学习方法

本课程是机械工程类、机电工程类各专业的主干课程,是一门实践性很强的工程课程。学习本课程就是为了解决工程中的实际问题,所以在学习理论知识的同时,应密切联系工程实际,注意多看、多练、多设计。学习本课程还应重视实验和课程设计。

本课程也是一门多学科知识综合课程。要求学生具有扎实的机械制图、机械制造基础、工程力学知识基础。

习 题

1. 什么是机器?什么是机构?机器和机构的主要区别是什么?
2. 什么是构件?什么是零件?
3. 什么是通用零件?什么是专用零件?各举两例。

第 2 章 平面机构的自由度及机构运动简图

本章要点

- 平面运动副
- 平面机构运动简图
- 平面机构自由度的计算

本章难点

- 平面机构运动简图的绘制
- 识别复合铰链、局部自由度、虚约束

为了便于研究机构，在进行分析和设计机构时有必要撇开那些与之无关的构件的外形、结构和尺寸等，仅仅根据那些与运动有关的尺寸，用简单的线条和符号，将机构绘制成运动简图，即把机构简化成便于分析的简单模型。它在设计新机器时也是作为机构方案讨论的一种工程语言。

机构分为空间机构和平面机构。如果组成机构的所有构件在同一平面或相互平行平面内运动，该机构称为平面机构；否则，称为空间机构。平面机构应用最为广泛，因此，本章主要讨论如何绘制平面机构运动简图及平面机构自由度的计算。

2.1 平面运动副及其分类

在机构中，每个构件都以一定的方式与其他构件相互联接。这种联接不同于铆接和焊接之类的联接，它能使相互联接的两构件间存在着一定的相对运动。我们把使两构件直接接触而又能产生一定相对运动的联接称为运动副。根据平面运动副中两构件的接触形式不同，平面运动副可分为低副和高副。

2.1.1 低副

低副是指两构件之间作面接触的运动副，按两构件不同的相对运动情况，可分为回转副和移动副，如图 2.1 所示。

1. 回转副

两构件在接触处只允许作相对转动的运动副称为回转副。如图 2.1(a)所示，两构件以铰链联接起来构成回转副(轴和轴承的配合也构成回转副)。回转副用如图 2.2 所示的表示方法，回转副在回转中心处用小圆圈表示。图 2.2(a)表示两个活动构件形成的回转副。如其中的一个构件是机架，则应在固定件上画上短斜线，如图 2.2(b)所示。

2. 移动副

两构件在接触处只允许作相对移动的运动副称为移动副。由滑块与导杆组成的移动副如图 2.1(b)所示。移动副用如图 2.3 所示的表示方法。同样,其中画斜线的构件表示是机架。

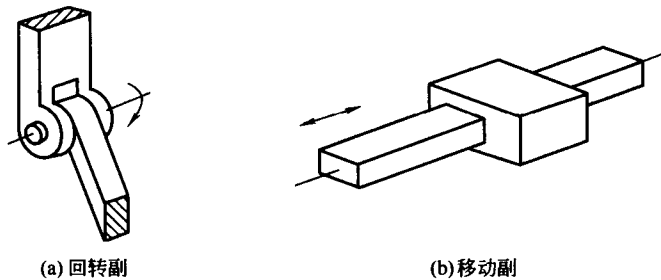


图 2.1 低副

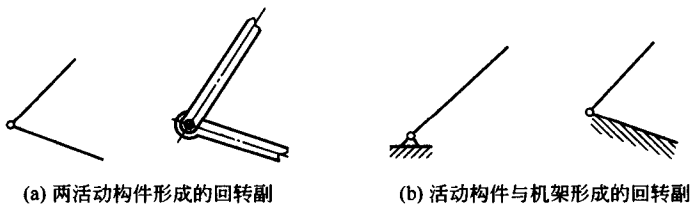


图 2.2 回转副的画法

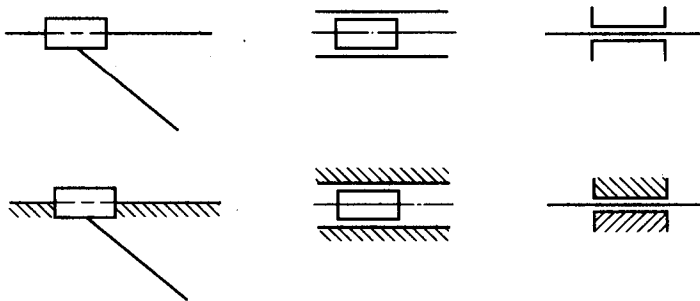


图 2.3 移动副的画法

2.1.2 高副

高副指两构件之间作点或线接触的运动副。常见的几种高副接触形式如图 2.4 所示。

图 2.5(a)表示一对齿轮的轮齿接触时(高副)端面图画法,即可用一对齿轮的节圆(点划线)表示。有时还在节圆上添加两段齿廓,如图 2.5(b)所示。图 2.5(c)所示为轴面的画法。

图 2.6 所示为凸轮与从动件接触时的画法,通常画出凸轮和从动件的全部轮廓。

低副和高副由于接触部分的几何特点不同,因此在使用上也具有不同的特点。低副的接触面一般是平面或圆柱面,比较容易制造和维修,承受载荷时单位面积压力较小,但低

副是滑动摩擦，效率较低。高副由于是点或线的接触，在承受载荷时的单位面积压力较大，构件接触处容易磨损，制造和维修困难，但高副能传递较复杂的运动。

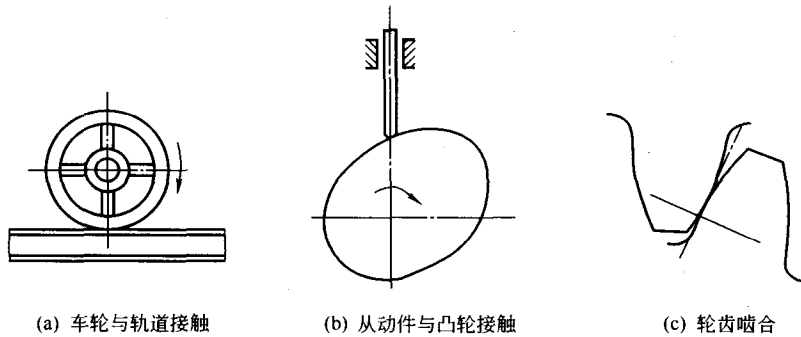


图 2.4 高副接触形式

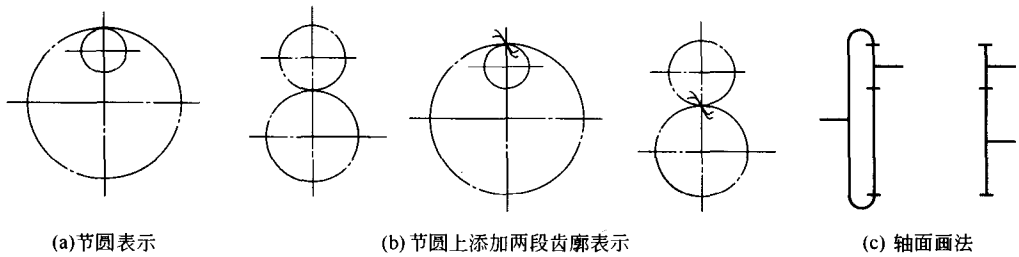


图 2.5 一对齿轮啮合的画法

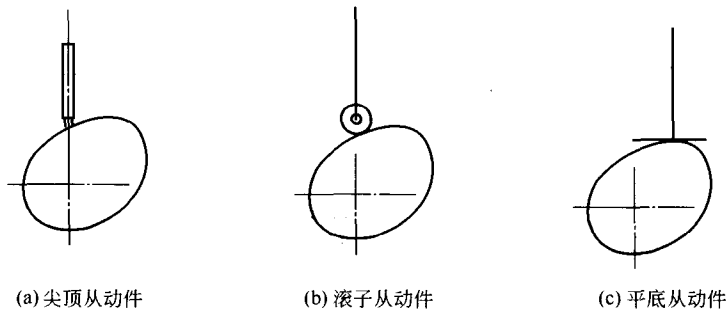


图 2.6 凸轮与从动件接触的画法

2.2 平面机构运动简图

2.2.1 构件的表示方法

机构运动简图中的构件，可用简单的线条(直线或曲线)表示，将构件上的运动副元素连接起来。

1. 构件上具有两个运动副元素

如果构件上具有两个运动副元素，可用如图 2.7 所示的形式表示。图 2.7(a)所示是具有两个回转副元素的杆状构件，用直线连接两回转副的几何中心来表示，其中构件上两回转副中心连线长度是直接和机构有关的尺寸。图 2.7(b)所示是有一个回转副元素和一个移动副元素的构件，表明回转副几何中心与移动副导路的位置关系。图 2.7(c)所示是具有两个移动副元素的构件，表明两移动副导路的位置关系。图 2.7(d)所示是有一个回转副元素和高副元素的构件。

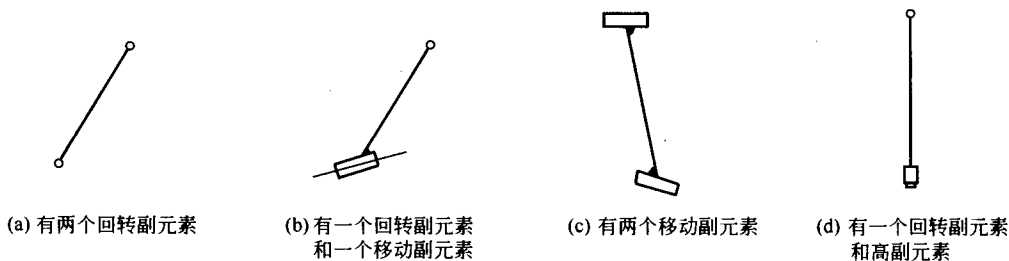


图 2.7 构件的表示方法

2. 构件上具有 3 个或 3 个以上运动副元素

如果构件上具有 3 个或 3 个以上运动副元素，可用如图 2.8 所示的表示方法，用直线将各运动副连成相应的多边形。其中图 2.8(a)所示为同一构件上有 3 个回转副元素且位于同一直线上。可用跨越半圆符号来连接两段直线，决不可用两段简单的连线来表示。因为这将使人误认为两个构件正好位于同一直线上。图 2.8(b)、(c)表示构件上具有 3 个回转副元素且不在同一直线上，则用直线把它们连成多边形，并把多边形画上阴影线，或在相邻两条直线相交处涂以焊接符号。

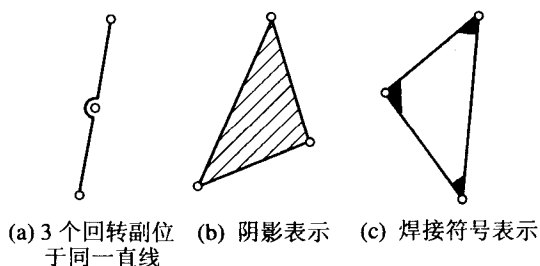


图 2.8 构件上有 3 个运动副表示方法

2.2.2 平面机构运动简图的绘制

所谓平面机构运动简图，就是用规定的符号和线条绘出的能够表达各构件相对运动关系的简图。

绘制机构运动简图时，首先要弄清楚机构的实际构造和运动状况，找出机构的原动件、执行件和机架；然后沿着传动路线弄清其他构件的作用和各种运动副的性质。在此基础上选择能够表达构件运动关系的视图平面，用运动副的符号和表示构件的线条，以适当