



高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

机械设计基础

蒋新萍 程 畅 主编



科学出版社

高等职业教育“十二五”规划教材
全国高等职业教育制造类专业系列规划教材

机械设计基础

蒋新萍 程 畅 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书共分四个项目,即机械装置的机构设计、机械连接装置设计、机械装置的传动设计和机械系统方案设计及装配。具体内容又分为19个任务,分别为:平面机构的结构分析、平面连杆机构的设计、凸轮机构的设计、间歇机构的设计、机构设计案例分析、螺纹连接的设计与选用、轴毂连接的设计与选用、轴间连接的设计与选用、弹性连接的设计、连接装置案例分析、挠性传动设计、齿轮传动设计、蜗杆传动设计、轮系设计、轴的设计、滚动轴承的选用、传动系统设计案例分析、机械系统方案设计和机械装置的装配等。

本书为高等职业院校机械类及机电类专业教材,也可作为成人高校、普通高校的二级职业技术学院的机械类及机电类专业教材,或作为自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/蒋新萍,程畅主编. —北京:科学出版社,2012

(高等职业教育“十二五”规划教材·全国高等职业教育制造类专业系列规划教材)

ISBN 978-7-03-035532-4

I. ①机… II. ①蒋…②程… III. ①机械设计-高等职业教育-教材
IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第215092号

责任编辑:艾冬冬/责任校对:王万红

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2012年9月第一次印刷 印张:23 3/4

字数:560 000

定价:43.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62138978-8212

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

随着高等职业教育的快速发展,高等职业教育教学改革不断深入,高等职业教育的课程改革也在不断深入进行,并积累了一定的经验,取得了一定的成果。高职院校的一线教育工作者一直在不断探索适应高职课程改革的新型教材,在这个过程中,有追求内容充实而不注重结构形式、有形式创新但不利于教学的现象。本书在多方征求一线任课教师的意见和建议的基础上,基于高等职业教育“机械设计基础课程教学基本要求”,并考虑到机械类及机电类专业的教学特点而编写的,力求能用、够用。

本教材在编写过程中,力求把握高等职业教育的培养目标、人才基本规格和本课程的教学基本要求;深入研究和充分吸收近来国内外高等职业教育课程改革、教材建设的成果和经验;尝试改革课程体系和知识结构,联系生产实际,更新课程内容,着眼于培养学生的工程意识、专业技能、钻研精神、务实精神、创新精神和创业能力,充分体现本课程综合性、实践性和创新性的特征。

本书基于企业人员对一般机械装置设计过程中对知识点、技能点的需求,按照设计的一般规律、任课教师的教学安排以及学生学习由浅及深的过程,对机械设计的基础知识进行了全面总结和归类,并且在学习一类知识点后进行综合案例分析以加强对所学知识的巩固。对于理论力学和材料力学方面的知识点,以典型零件设计需求穿插其中(如四杆机构、键、螺栓、联轴器、齿轮及轴等设计中所用到的力学知识),让所学力学知识与所用不会脱节。

本书通过机械装置的机构设计、机械连接装置设计、机械装置的传动设计及机械系统方案设计及装配等四个项目的基本知识、基本理论和基本方法的介绍,使学生熟悉通用机械零件特点、结构、标准,熟悉常用通用机械零件的选用和设计的基本方法,初步具有设计通用机械零件的能力,初步具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力。

本书由常州轻工职业技术学院蒋新萍、程畅主编并统稿,其中项目1、项目2由程畅编写,项目3、项目4由蒋新萍编写,常州轻工职业技术学院潘安霞主审全书。并向为此书提供资料和建议的王志平、沈孝君、王兴芳、王鑫铝等教师表示感谢。

由于编者水平有限,难免存在欠妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

前言

项目 1 机械装置的机构设计	1
任务 1.1 平面机构的结构分析	2
1.1.1 认识机械、机器、机构与构件	2
1.1.2 机构运动简图的绘制	4
1.1.3 机构的运动确定性分析	10
习题与训练	13
任务 1.2 平面连杆机构的设计	15
1.2.1 平面连杆机构的特点	15
1.2.2 平面连杆机构的基本形式及应用	16
1.2.3 铰链四杆机构基本类型的判定	23
1.2.4 力与受力分析	24
1.2.5 平面汇交力系的平衡及应用	29
1.2.6 平面四杆机构的基本特性	32
1.2.7 平面四杆机构的设计	35
习题与训练	38
任务 1.3 凸轮机构的设计	39
1.3.1 凸轮机构的类型及应用	40
1.3.2 凸轮机构的特性分析	44
1.3.3 凸轮机构的设计方法	47
习题与训练	55
任务 1.4 间歇机构的设计	56
1.4.1 棘轮机构	56
1.4.2 槽轮机构	59
习题与训练	62
任务 1.5 机构设计案例分析	63
1.5.1 机构运动简图的绘制案例	63
1.5.2 认识铰链四杆机构案例	64
1.5.3 平面四杆机构设计案例	65
1.5.4 凸轮机构设计案例	67
项目 2 机械连接装置设计	70
任务 2.1 螺纹连接的设计与选用	71
2.1.1 螺纹及其主要参数	71
2.1.2 标准螺纹连接件	73



2.1.3	螺纹连接的主要类型与应用	75
2.1.4	螺纹连接的预紧和防松	77
2.1.5	螺栓组连接的结构设计	80
2.1.6	应力分析	81
2.1.7	拉伸与压缩	83
2.1.8	剪切与挤压	85
2.1.9	螺纹连接的材料	87
2.1.10	螺栓连接的强度计算	89
	习题与训练	93
任务 2.2	轴毂连接的设计与选用	95
2.2.1	键连接的类型及应用	95
2.2.2	平键连接的强度计算	98
2.2.3	平键连接的选用方法	99
2.2.4	花键连接简介	101
2.2.5	销连接的类型及应用	102
2.2.6	销连接的强度计算	104
2.2.7	过盈连接简介	105
	习题与训练	106
任务 2.3	轴间连接的设计与选用	108
2.3.1	联轴器的分类和特性	108
2.3.2	联轴器轴孔形式、轴孔键槽形式及标记方法	114
2.3.3	力矩和力偶	116
2.3.4	联轴器的选用方法	119
2.3.5	离合器的分类和特性	121
	六、离合器的选用方法	125
	习题与训练	125
任务 2.4	弹性连接的设计	126
2.4.1	弹簧的种类和功能	126
2.4.2	弹簧的材料与制造	128
2.4.3	圆柱弹簧的结构和几何尺寸	131
2.4.4	螺旋弹簧的特性线	133
2.4.5	圆柱螺旋压缩(拉伸)弹簧的设计计算	135
2.4.6	圆柱螺旋弹簧的设计方法	139
	习题与训练	139
任务 2.5	连接装置案例分析	140
2.5.1	螺栓设计与选用案例	140
2.5.2	平键设计与选用案例	142
2.5.3	圆锥销设计与选用案例	143
2.5.4	联轴器设计与选用案例	146



2.5.5 拉伸弹簧设计案例	149
项目3 机械装置的传动设计	153
任务3.1 挠性传动设计	154
3.1.1 带传动的特点、类型及应用	154
3.1.2 带传动工作情况分析	156
3.1.3 带传动的运动特性分析	157
3.1.4 V带和带轮	159
3.1.5 带传动的设计方法	162
3.1.6 带传动的张紧、使用和维护	167
3.1.7 滚子链与链轮	169
3.1.8 链传动的运动特性分析	172
3.1.9 链传动的设计方法	172
3.1.10 链传动的布置、张紧和润滑	177
习题与训练	177
任务3.2 齿轮传动设计	178
3.2.1 齿轮机构的特点和分类	179
3.2.2 渐开线的形成及特性	181
3.2.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	183
3.2.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	187
3.2.5 齿轮传动的失效形式	190
3.2.6 齿轮的常用材料及精度	193
3.2.7 平面一般力系及空间力系的平衡及应用	196
3.2.8 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	199
3.2.9 齿轮传动设计参数的选择	204
3.2.10 齿轮的结构设计	205
3.2.11 标准直齿圆柱齿轮传动的设计方法	209
3.2.12 渐开线齿轮的切削加工方法	210
3.2.12 标准斜齿圆柱齿轮的传动	214
3.2.14 标准直齿锥齿轮的传动	220
3.2.15 齿轮传动装置的润滑	223
习题与训练	224
任务3.3 蜗杆传动设计	226
3.3.1 蜗杆传动的特点、类型与应用	226
3.3.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数及几何尺寸	227
3.3.3 蜗杆传动的失效形式和材料选用	231
3.3.4 普通圆柱蜗杆传动的强度计算	232
3.3.5 圆柱蜗杆和蜗轮的结构	236
3.3.6 蜗杆传动的润滑	237
习题与训练	238



任务 3.4 轮系设计	239
3.4.1 轮系的分类	239
3.4.2 定轴齿轮系传动比的计算	241
3.4.3 周转齿轮系传动比的计算	245
3.4.3 组合齿轮系传动比的计算	247
3.4.5 齿轮系的应用	248
习题与训练	251
任务 3.5 轴的设计	251
3.5.1 轴的组成及分类	252
3.5.2 轴的常用材料	254
3.5.3 扭转与弯曲	256
3.5.4 轴的结构设计	267
3.5.5 轴设计的基本方法	275
习题与训练	277
任务 3.6 滚动轴承的选用	278
3.6.1 滚动轴承的基本结构、类型和代号	279
3.6.2 滚动轴承类型的选择	285
3.6.3 滚动轴承受力分析和失效形式	287
3.6.4 滚动轴承的寿命、载荷及计算方法	288
3.6.5 滚动轴承的组合结构设计	295
3.6.6 滚动轴承的轴向固定和装拆	301
3.6.7 滚动轴承的润滑与密封	303
3.6.8 滑动轴承简介	306
习题与训练	316
任务 3.7 传动系统设计案例分析	317
3.7.1 V带传动设计案例	317
3.7.2 标准直齿圆柱齿轮传动设计案例	320
3.7.3 普通圆柱蜗杆传动设计案例	327
3.7.4 转轴设计案例	329
3.7.5 滚动轴承选用案例	336
项目 4 机械系统方案设计及装配	340
任务 4.1 机械系统方案设计	341
4.1.1 机械系统的组成和机械设计的一般程序	341
4.1.2 执行系统的设计和协调	344
4.1.3 传动系统的方案设计	347
4.1.4 机械创新设计简介	350
习题与训练	355
任务 4.2 机械装置的装配	356
4.2.1 旋转零部件的平衡	356

4.2.2 机械装置的装配	358
4.2.3 机械装置的装配案例	365
习题与训练	369
参考文献	370



机械装置的机构设计

项目学习目标

知识目标

1. 机构运动简图及示意图的绘制。
2. 机构具有运动确定性的条件。
3. 平面连杆机构的基本类型及应用。
4. 平面四杆机构的设计方法。
5. 凸轮机构的设计与应用。
6. 棘轮、槽轮等间歇机构。

技能目标

1. 能够根据机器实物或机器装配图及机构的运动特性，绘制平面机构的运动简图。
2. 掌握平面四杆机构的基本类型及其演化类型，学会应用平面四杆机构进行机械执行与控制方面的设计。
3. 掌握凸轮机构的类型与应用，并能进行凸轮机构的一般设计。



任务 1.1 平面机构的结构分析

任务目标:

1. 机械、机器、机构、构件、零件等基本概念。
2. 运动副的类型及表示方法。
3. 绘制机构运动简图的方法。

任务技能:

1. 能够绘制常用机构运动简图。
2. 能够根据机构运动简图描述机构的运动传递过程。
3. 能够根据自由度计算方法计算一般平面机构的自由度。

1.1.1 认识机械、机器、机构与构件

1 机械、机器、机构和构件的定义

机械是伴随人类社会的不断进步而逐渐发展与完善的。不同历史时期,人们对机械的定义也有所不同。所谓机械,原始含义是指灵巧的器械。从广义角度讲,凡是能完成一定机械运动(如转动、往复运动等)的装置都是机械,如螺钉旋具、钳子、剪子等简单工具是机械,汽车、坦克、机床等高级复杂的装备也是机械。在现代社会中,人们把这些最简单的、没有动力源的机械称为工具或器械,而把复杂的、具体的机械称为机器。机械是机器和机构的总称。

机器是人们根据使用要求而设计的一种执行机械运动的装置,是用来变换或传递能量、物料与信息,以代替或减轻人们的体力和脑力劳动的一种装置。例如,内燃机把热能变换为机械能;发电机把机械能变换为电能;起重机传递物料;金属切削机床变换物料外形;计算机变换和传递信息,这些装置都是机器。任何机器都是为实现某种功能而制造的。尽管机器种类繁多,形式和用途也各不相同,但就其结构和用途来说,它们都有三个共同的特征:第一,机器由若干实物(构件)组成;第二,各实物(构件)间具有确定的机械运动;第三,机器能减轻或替代人类劳动,完成有用的机械功或转化机械能,传递物料、信息、能量等。

机构具有机器的前两个特征,但不具有第三个特征。在不讨论做机械功或能量转换问题时,机器便可看成机构。如图1-1-1所示为单缸内燃机中由活塞1、连杆2、曲轴3与汽缸体8组成的连杆机构。其中可以运动的活塞、连杆、曲轴和固定不动的气缸体构成曲柄滑块机构,该机构将活塞的往复运动变为曲柄的连续转动。凸轮6(6')、顶杆7(7')和汽缸体8构成凸轮机构,它将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的间歇移动。齿轮4和5以及汽缸体8构成齿轮机构,它使曲轴的转速和凸轮轴的转速保持一定的比值。因此所谓机构,是能变换或传递运动与动力的、用可动连接组合而成,而且有一个构件被固定的构件系统。机器是由机构组成的,由于机器和机构在组成和运动方面是相同的,所以习惯上把机器和机构通称为“机械”。



构件是组成机构的相互间作确定相对运动的各个实物。构件可以是一个零件（制造单元），例如图 1-1-1 所示内燃机中的连杆 2 就是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3 和连杆盖 4 等零件组成的构件，如图 1-1-2 所示。由此可见，构件是机构中运动的单元，零件是机构中不可拆制造的单元，如螺栓、键、销、轴、轴承、齿轮、凸轮等。零件可分为两类：一类是通用零件，指一般机械中普遍使用的零件，如螺栓、螺母、垫圈等；另一类是专用零件，指仅在特定类型机器中使用的零件，如活塞、曲轴等。

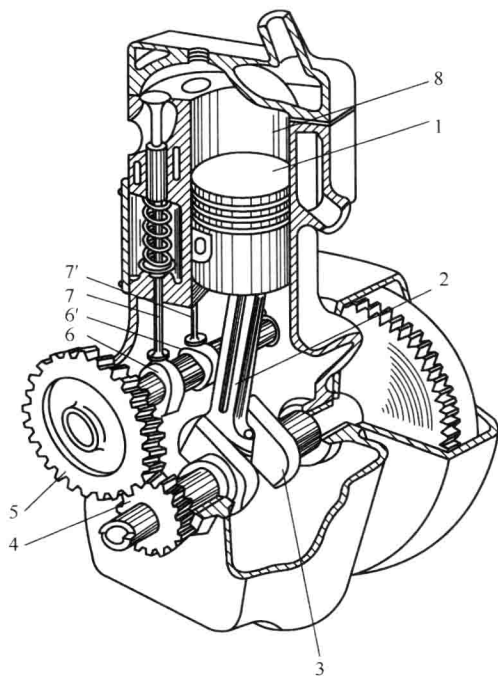


图 1-1-1 单缸内燃机

1—活塞；2—连杆；3—曲轴；4—齿轮；5—齿轮；
6 (6')—凸轮；7 (7')—顶杆；8—气缸体

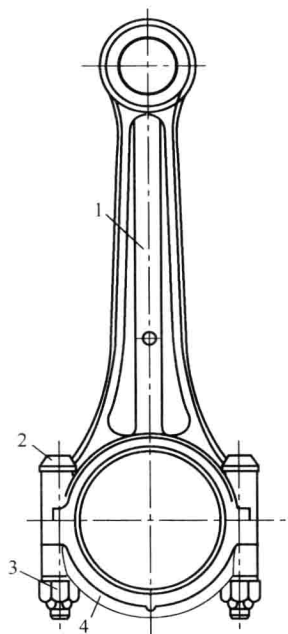


图 1-1-2 连杆

1—连杆体；2—螺栓；3—螺母；
4—连杆盖

一般来说，机器是由机构组成的，机构是由构件组成的，构件是由零件组成的。

2 机器的组成

从机器的组成来看，一台机器主要是由以下四个部分：动力部分、传动部分、执行部分和控制部分组成的，如图 1-1-3 所示。

① 动力部分为机器工作提供动力源。动力部分的作用是将各种形态的能量转变为机械能。从历史发展来说，人力和畜力是机器最早的动力源，后来人们使用水力和风力作为机器的动力源。工业革命后，蒸汽机（包括汽轮机）成为驱动机器工作的动力部分。现代的机器一般使用各种各样的电动机或内燃机将电能或热能转变为机械能，作为其动力部分。

② 执行部分是机器完成预定工作任务的部分。一部机器可能有一个执行部分或多个执行部分。例如，压路机只有压辊一个执行部分，而桥式起重机有三个执行部分，即卷筒和吊钩部分执行上下吊放重物的任务，小车行走部分执行横向移动重物的任务，大车行走部分执行纵向移动重物的任务。

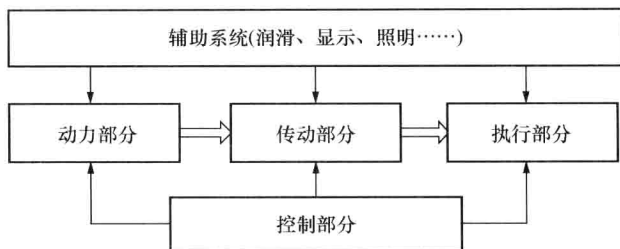


图 1-1-3 机器组成

③ 传动部分把机器动力部分所提供的运动形式、运动参数和动力参数，转变为执行部分所需要的运动形式、运动参数和动力参数的中间装置。例如，把旋转运动变为直线运动，把连续运动变为间歇运动，把高转速变为低转速，把小转矩变为大转矩等。

④ 控制部分也称为操纵部分，它是用来控制机器的其他基本部分，使操纵者能随时实现或终止各自预定的功能。如离合器、制动器、电动机开关等。

1.1.2 机构运动简图的绘制

机器中普遍使用的机构称为常用机构，如平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等。把所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动的机构称为平面机构，否则称为空间机构。

实际的机器或机构比较复杂，构件的外形和构造也各式各样。在进行机构的运动分析时，为使问题简化，往往撇开与机构运动无关的一些因素（例如构件的形状、组成构件的零件数目和运动副的具体构造等），仅用简单线条和规定符号表示构件和运动副，并按一定比例定出各运动副的相对位置，绘制出能反映机构各构件间相对运动关系的简单图形，称为机构运动简图。

1 构件和运动副

1) 构件及其分类

一个构件在未与其他构件连接之前，处于孤立或自由状态，可称为自由构件。一个作平面运动的自由构件有三种独立运动的可能性，如图 1-1-4 所示。在 xOy 坐标系中，自由构件 OA 可随该构件上任一点 A 沿 x 轴方向移动、沿 y 轴方向移动和绕 O 点转动。构件所具有的独立运动的数目称为构件的自由度。所以，一个做平面运动的自由构件有三个自由度。该构件的三个独立运动可以用其上任一点 O 的坐标 x 、 y 和过 O 点的任一直线 OA 的倾角 α 这三个独立的位置变化参数来描述。

组成机构的构件可分为 3 类。图 1-1-5 所示为一搅面机构，当构件 2 在电动机的带动下转动时，构件 4 作往复摆动，搅面棒 3 上的 E 点处便模仿人手搅面，同时由于容器 5 绕 Z 轴转动，从而将面粉搅拌均匀。现以搅面机构为例来说明构件的分类。

(1) 机架（又称固定件）。机架是机构中视作固定不动的构件，用以支承其他活动构件。在一个机构中，只有一个机架，其余都是活动构件。在图 1-1-5 中，构件 1 是机架，它支承着活动构件 2 和 4。

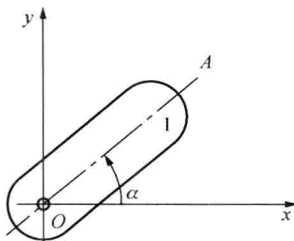


图 1-1-4 构件的自由度

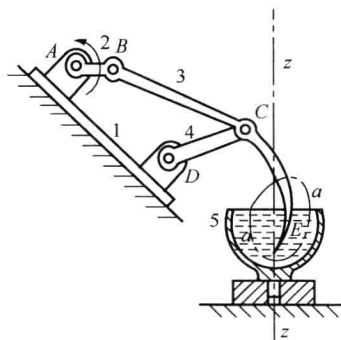


图 1-1-5 搅面机构

1—机架；2—原动件；3、4—从动件；5—容器

(2) 原动件。原动件是按给定的已知运动规律独立运动的构件。在图 1-1-5 中，活动构件 2 是由电动机直接驱动的，所以它是原动件。

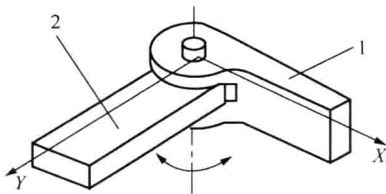
(3) 从动件。从动件是机构中随原动件运动的其余活动构件。在图 1-1-5 中，构件 3 和 4 是从动件，它们随原动件 2 运动。

2 运动副及其分类

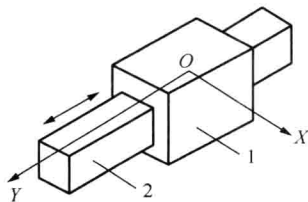
机构中的各构件是以一定方式彼此连接的。这种连接与焊接、铆接之类的固定连接不同，它既要构件的运动加以限制，又允许彼此连接的两构件之间具有一定的相对运动。这种直接接触的两个构件间的可动连接称为运动副。两构件间的相对运动时，则构成平面运动副。平面运动副按两构件接触的特性可分为低副和高副两类。

(1) 低副。将两个作平面运动的构件通过面与面接触而构成的运动副称为低副。作平面运动的低副按两构件相对运动的特性又可分为转动副和移动副。

① 转动副。若两构件只能作相对转动，如图 1-1-6 (a) 所示，这种运动副称为转动副，也称为铰链。若两构件中有一个为固定构件则称为固定铰链；若两构件均为活动构件则称为活动铰链。



(a) 转动副



(b) 移动副

图 1-1-6 平面低副

图 1-1-7 所示为典型的转动副结构。如图 1-1-7 (a) 和图 1-1-7 (b) 所示为滑动轴承式转动副，构件 1 与销轴 3 固连（如图 1-1-7 (a) 所示为靠轴端螺母压紧，如图 1-1-7 (b) 所示为靠过盈配合），构件 2 绕销轴 3 转动。如图 1-1-7 (c) 所示为滚动轴承式转动副。

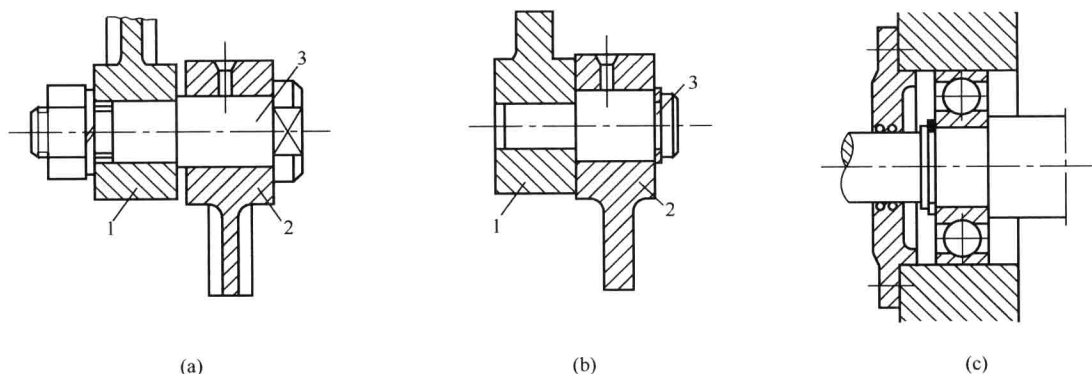


图 1-1-7 转动副结构

1、2—构件；3—销轴

② 移动副。若两构件只能做相对移动，如图 1-1-6 (b) 所示，这种运动副称为移动副。

移动副的结构比较复杂，两构件间的接触面有平面、棱柱面和圆柱面等，如图 1-1-8 所示。如图 1-1-8 (a) 所示为常见的平面移动副；如图 1-1-8 (b) 所示为轮毂可沿轴线滑移的圆柱面移动副；如图 1-1-8 (c) 所示左侧为平面、右侧为棱柱面移动副，常作为机床的导轨；如图 1-1-8 (d) 所示为滚动导轨式移动副，不易磨损，但刚度差。

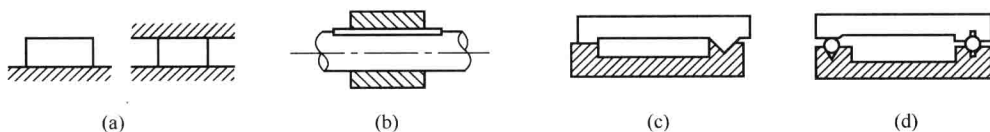


图 1-1-8 移动副结构

(2) 高副。两个作平面运动构件通过点或线接触而构成的运动副称为高副。如图 1-1-9 (a) 所示，轮齿与轮齿的啮合为线接触；如图 1-1-9 (b) 所示，凸轮 1 与推杆 2 为点接触，所以两者均属平面高副。

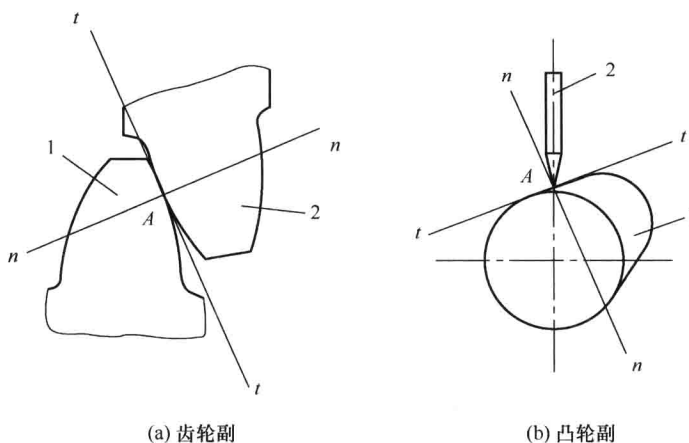


图 1-1-9 平面高副

1—凸轮；2—推杆



转动副 [见图 1-1-6 (a)] 约束了沿 X 、 Y 轴方向的两个移动自由度, 只保留一个相对转动的自由度。移动副 [见图 1-1-6 (b)] 约束了沿 X 轴方向的移动和在 XOY 平面内的相对转动两个自由度, 只保留沿 Y 轴方向移动的自由度。因此, 一个低副引入两个约束, 使构件减少了两个自由度。高副 (见图 1-1-9) 约束了沿接触处公法线 $n-n$ 方向移动的自由度, 保留绕接触处的转动和沿接触处公切线 $t-t$ 方向移动的两个自由度。因此, 每个高副引入一个约束, 使构件丧失一个自由度。

低副和高副各有其优缺点。低副是面接触, 表面接触应力较小, 润滑比较方便, 不易磨损, 也较容易制造。但能实现的相对运动数目有限, 适用于载荷较大和运动不很复杂的场合。高副是点和线接触, 表面接触应力较大, 润滑条件较差, 较易磨损, 制造也较麻烦, 一般适用于载荷不太大和运动比较复杂的场合。

3 平面机构的运动简图

1) 构件的表示方法

杆、轴类构件或一般构件可用线条表示, 如图 1-1-10 (a) 所示。机架用添加阴影的方式表示, 如图 1-1-10 (b) 所示。其他构件按国家标准《机械制图机构运动简图符号》(GB/T 4460—1984) 规定画法表示。

2) 运动副的表示方法

两构件组成转动副的表示方法如图 1-1-11 所示, 用圆圈表示转动副, 其圆心代表相对转动轴线。如图 1-1-11 (a) 所示的组成转动副的两个构件都是活动件。如图 1-1-11 (b) 所示的组成转动副的两个构件中, 有一个为机架 (机架为加了阴影线的构件)。



图 1-1-10 构件的表示方法



图 1-1-11 转动副的表示方法

两构件组成移动副的表示方法如图 1-1-12 所示, 移动副的导路必须与相对运动方向一致, 移动副表示方法的特点是可选择任一构件画成长方形 (滑块)。

两构件组成高副的表示方法如图 1-1-13 所示。应当画出两构件的轮廓曲线。

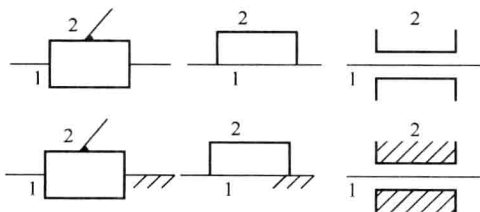


图 1-1-12 移动副的表示方法

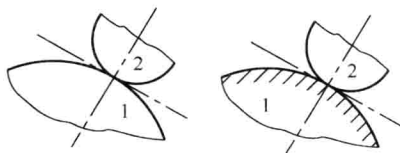


图 1-1-13 高副的表示方法



3) 含运动副构件的表示方法

一个构件具有两个低副称为两副构件，两副构件的表示方法如图 1-1-14 所示。其中图 1-1-14 (a)和图 1-1-14 (e) 表示一个构件具有两个转动副。图 1-1-14 (a) 中构件的转动副在两端，图 1-1-14 (e) 中构件的转动副一个在下端，一个在中间。图 1-1-14 (b)、(c) 表示一个构件既有转动副，又有移动副，图中的点画线表示移动副的导路。图 1-1-14 (b) 中转动副在滑块上，图 1-1-14 (c) 中转动副则处于滑块的下方。图 1-1-14 (d) 表示一个构件具有两个移动副。

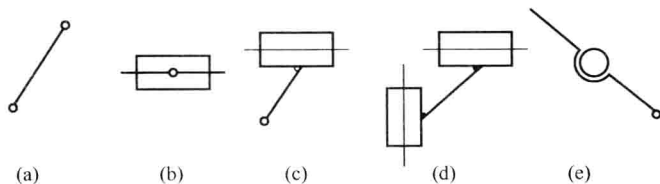


图 1-1-14 两副构件的表示方法

一个构件具有三个低副称为三副构件，三副构件的表示方法如图 1-1-15 所示。其中图 1-1-15 (a)、(c)~(e) 表示一个构件具有三个转动副。图 1-1-15 (b)、(f) 表示一个构件具有两个转动副、一个移动副。

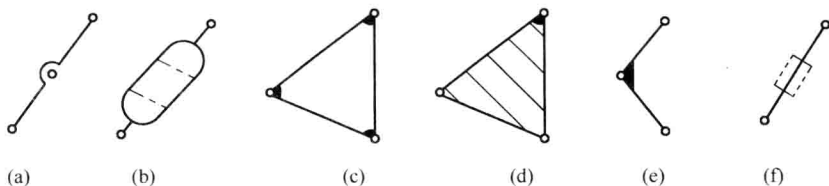


图 1-1-15 三副构件的表示方法

4 机构运动简图的绘制

机构运动简图不仅能清楚地表达机构的结构组成，而且还能准确地反映与原机构完全相同的运动特性。它是对已有机构进行分析和设计新机构的重要工具。

从机器实物或机器装配图中绘制平面机构运动简图的一般方法和步骤如下所述。

1) 分析机构运动，找出原动件、工作构件和机架

一般情况下，驱动机构的外力所作用的构件为原动件，直接执行生产任务或最后输出运动的构件为工作构件，固定构件为机架。如图 1-1-16 (a) 所示缝纫机踏板驱动机构，踏板 1 是由人直接驱动的，所以是原动件。按运动顺序可知，其余的活动构件连杆 2 和曲轴 3 为工作构件，固定件 4 为机架。

2) 确定运动副的类型和数量

机架 4 与脚踏板 1 构成转动副 A；脚踏板 1 与连杆 2 构成转动副 B；连杆 2 与曲轴 3 构成转动副 C；曲轴 3 与机架 4 构成转动副 D。因此，机构中共有四个转动副。

3) 选定视图平面

在绘制机构运动简图时，一般选多数构件的运动平面为视图平面。现选取与构件运动