



21世纪高等教育系列教材

机械基础与液压技术

常永坤 张胜来 主编

JXJQJYJST

吉林大学出版社

4
1

H319.4
C301.1

21 世纪高等教育系列教材(机械工程类)

机械基础与液压技术

主 编	常永坤	张胜来	
副主编	王洪龄	胡安水	陶晓军
参 编	赵大华	黄兆东	王 念
	孙中芹	李佃华	梁 峰
	王次年	郭复欣	郭家祥
	董义香		

江苏工业学院图书馆
藏书章

吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械基础与液压技术/常永坤,张胜来主编. —长春:吉林
大学出版社,2005.9

ISBN 7-5601-3099-2

I. 机… II. ①常… ②张… III. 机械基础—液压
技术 IV. TB28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 413927 号

21 世纪高等教育系列教材(机械工程类)

机械基础与液压技术

常永坤 张胜来 主编

责任编辑、责任校对:张显吉

装帧设计:水木时代(北京)图书中心

吉林大学出版社出版
(长春市明德路 421 号)

吉林大学出版社发行
安徽蚌埠广达印务有限公司印刷

开本:787×1092 毫米 1/16

2005 年 9 月第 1 版

印张:24.25

2005 年 9 月第 1 次印刷

字数:657 千字

印数:3000 册

ISBN 7-5601-3099-2

定价:43.00 元(本册 35.00 元)

本书编审指导委员会

主任委员	常永坤	张胜来		
副主任委员	孙式灵	王洪龄	高念文	王延奎
	陈力	胡勤海	苑显臣	郑开阳
委	张伟	胡安水	李宗明	陶晓军
员	李全亮	刘庆允	周苏东	张维淦
	赵大华	赵文杰	刘希震	霍登云

主 编	常永坤	张胜来	
副主编	王洪龄	胡安水	陶晓军
参 编	赵大华	黄兆东	王 念
	孙中芹	李佃华	梁 峰
	王次年	郭复欣	郭家祥
	董义香		

前 言

随着全球化科技水平与机械制造技术的飞速发展,社会对高技能人才的需求量迅速增加,高职教育的发展也相应加快,而多成分、多起点的高级工和技师培训教材却相对滞后,给教学带来了很大的困难。为加快高素质技能人才的培养,规范高职教育机械类专业基础课教学,我们根据高等职业院校和高级工、技师培训的教学目标和实际需要,参照最新国家标准,组织编写了这本《机械基础与液压技术》,同时编写了与之配套使用的《机械基础与液压技术习题集》。

本教材从教与学两方面着眼,在编写形式上作了一定的革新,突出教材、资料的二合一,力求文、图、表具有简练明确、形象直观、具体实用的特点。在编写内容上力求取材适量,具有适应面广、取舍灵活的特点。在保证必要的基本理论的前提下,删减偏深的论证和较繁的推导,使之具有科学性、完整性和实用性。在编写体系上突出内在的系统性,力求全书既能体现传统的教学体系,又能反映其特有的内在联系,使其具有较强的概括性。因此,本书既宜于教,又利于学;既是“教本”,又是“学本”。

经审定,本书可作为高等职业技术学院机械类专业及各技工学校高级班专业课教材,也可用作成人高校教材及企业高级工、技师培训和工人自学用书。

本书由常永坤、张胜来主编,王洪龄、胡安水、陶晓军担任副主编,参加编写工作的还有:赵大华、黄兆东、王念、孙中芹、李佃华、梁峰、王次年、郭复欣、郭家祥、董义香等同志。

限于编者水平及时间仓促,书中疏漏、错误之处,敬请广大读者和有关专家学者不吝批评指正,以便不断修订完善。

21 世纪高等教育系列教材编审指导委员会

2005 年 9 月

目 录

绪 论	1
§ 0.1 引 言	1
§ 0.2 本课程的性质、任务和内容	2
§ 0.3 机械概述	3
第一篇 机械传动	
第一章 摩擦轮传动和带传动	10
§ 1.1 摩擦轮传动	10
§ 1.2 带传动概述	12
§ 1.3 普通 V 带与 V 带轮	16
§ 1.4 带传动的受力和应力分析	19
§ 1.5 带传动的弹性滑动及其传动比	21
* § 1.6 普通 V 带传动的设计	22
§ 1.7 V 带传动的张紧、安装和维护	29
第二章 螺纹联接和螺旋传动	31
§ 2.1 螺纹的种类和应用	31
§ 2.2 螺纹联接	36
* § 2.3 螺栓联接的强度计算	42
§ 2.4 螺旋传动	45
第三章 链传动和齿轮传动	52
§ 3.1 链传动的类型和应用特点	52
§ 3.2 齿轮传动概述	57
§ 3.3 渐开线齿廓	60
§ 3.4 直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	61
§ 3.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮啮合传动	68
§ 3.6 渐开线齿轮的切齿原理与根切现象	71
§ 3.7 齿轮的轮齿失效形式、材料选择和精度等级	74
* § 3.8 渐开线直齿圆柱齿轮传动设计	78
§ 3.9 其他常用齿轮及其传动简介	85
§ 3.10 蜗杆传动	95
第四章 轮 系	106
§ 4.1 轮系的类型	106
§ 4.2 定轴轮系	107

§ 4.3	周转轮系	114
* § 4.4	混合轮系简介	117
§ 4.5	轮系的应用	117

第二篇 常用机构

第五章	平面连杆机构	122
§ 5.1	铰链四杆机构的类型	122
§ 5.2	铰链四杆机构的基本特性	125
§ 5.3	铰链四杆机构的演化	127
§ 5.4	平面四杆机构设计简介	130
第六章	凸轮机构	133
§ 6.1	凸轮机构的组成和类型	133
§ 6.2	从动件常用运动规律	135
§ 6.3	凸轮的轮廓设计简介	137
第七章	其他常用机构	142
§ 7.1	变速机构	142
§ 7.2	间歇运动机构	146

第三篇 轴系零件

第八章	键、销及其联接	152
§ 8.1	键联接的类型和应用特点	152
§ 8.2	平键的选用及强度校核	157
§ 8.3	销联接的形式和应用	160
第九章	轴	162
§ 9.1	轴的种类和材料	162
§ 9.2	常用轴的结构	164
* § 9.3	轴的强度计算简介	169
第十章	轴 承	173
§ 10.1	滑动轴承	173
§ 10.2	滚动轴承	178
§ 10.3	滚动轴承的选用及组合设计	186
第十一章	联轴器、离合器和制动器	191
§ 11.1	联轴器	191
§ 11.2	离合器	196
§ 11.3	制动器	200

第四篇 液压传动基础知识

第十二章 液压传动基本理论	204
§ 12.1 液压传动原理及其系统的组成	204
§ 12.2 液压油	206
§ 12.3 液体静力学	212
§ 12.4 液体动力学	214
§ 12.5 压力、流量损失和功率计算	218
§ 12.6 液压冲击与空穴现象	221
第十三章 液压元件	223
§ 13.1 液压泵	223
§ 13.2 液压马达	236
§ 13.3 液压缸	240
§ 13.4 控制阀	248
§ 13.5 液压辅件	264
第十四章 液压基本回路	271
§ 14.1 方向控制回路	271
§ 14.2 压力控制回路	274
§ 14.3 速度控制回路	279
§ 14.4 多缸控制回路	286

第五篇 液压实用技术

第十五章 典型液压系统	292
§ 15.1 组合机床动力滑台液压系统	292
§ 15.2 YB32-300 型四柱万能液压机液压系统	295
§ 15.3 M1432A 型万能外圆磨床液压系统	298
§ 15.4 汽车起重机液压系统	302
第十六章 液压系统的设计计算	305
§ 16.1 液压系统的设计步骤	305
§ 16.2 液压系统的设计计算举例	313
第十七章 液压伺服系统	321
§ 17.1 液压伺服系统的工作原理及其基本类型	321
§ 17.2 液压伺服阀	323
§ 17.3 电液伺服阀	326
§ 17.4 液压伺服系统的应用	327

第十八章 液压设备的维护保养及常见故障排除	330
§ 18.1 液压设备的安装调试和使用	330
§ 18.2 液压设备的维护保养	333
§ 18.3 液压设备的常见故障及排除	337
第十九章 液压新技术与气压传动简介	348
§ 19.1 液压技术的发展方向及趋势	348
§ 19.2 减污、降噪和节能技术的研究	351
§ 19.3 新型的液压元件及装置	353
§ 19.4 气压传动简介	359
附 录	363
附录 1 国内标准代号.....	363
附录 2 希腊字母(正体与斜体).....	363
附录 3 量和单位(GB/T3100—1993 摘录)	361
附录 4 机构运动简图符号(GB/T 4460—1984 摘录)	365
附录 5 常用液压元件图形符号(GB/T 786.1—1993 摘录)	373

绪 论

§ 0.1 引 言

机械是人类进行生产劳动的主要工具,也是社会生产力发展水平的重要标志。

人类从使用简单工具到今天能够设计和制造复杂的现代机械,经历了漫长的过程。随着生产的不断发展,品种繁多的机械进入了社会的各个领域,承担了人力所不能或不便进行的工作,既减轻了人们的体力劳动,改善了劳动条件,又提高了生产效率。

近代机械是在蒸汽机发明后才纷纷出现的。意大利人达·芬奇、英国人牛顿等就研究用蒸汽作为动力的机械。1690年,法国人巴本制造了一台蒸汽机;1698年,英国人塞维利制造了用于矿井抽水的蒸汽泵;1703年,苏格兰人纽可门在前两人的基础上制造了一台蒸汽机。1712年这种蒸汽机开始在英国矿井中用于运输煤炭。当时的蒸汽机效率很低,英国人瓦特在此基础上用了6年时间,对蒸汽机作了两次重大改进,才使得蒸汽机能够作为商用,成为火车的动力。1807年,美国人富尔顿利用蒸汽机原理制造了世界上第一艘轮船。蒸汽机的出现使19世纪欧洲产业革命形成了机械工业并得到了迅猛发展。

在我国,机械的创造发展和使用有着悠久的历史。夏商时代人们发明了脚踏水车(图0-1),它是一条提水运输链,并利用所运的水进行润滑。在公元前5世纪时,墨翟在所著的《墨经》中就论述了杠杆原理及连杆碓舂米机构采用的凸轮机构(图0-2);西汉时期,刘歆在《西京杂记》中,论述了有齿轮机构组成的指南车(图0-3)、记里鼓车(计量里程的仪表机构);东汉时期张衡将杠杆机构用

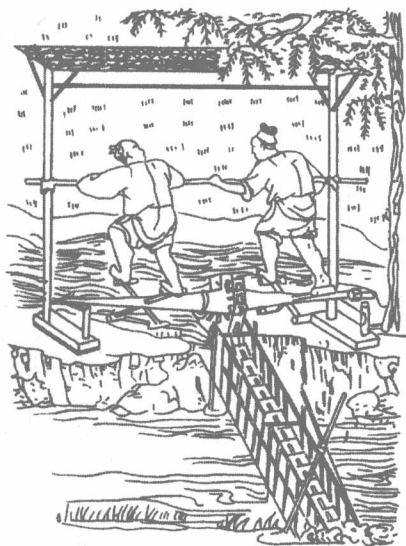


图 0-1 脚踏水车

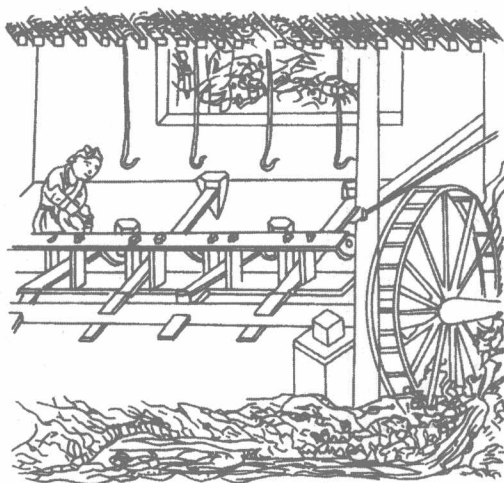


图 0-2 连杆碓舂米机构

于人类第一台地动仪(候风仪)上;杜诗发明了用水作为动力,带动水盘运转,驱动风箱炼铁的连杆机械装置(图 0-4),成为现代机械的雏形;元朝时,人们利用曲柄、滑块和飞轮制成了纺织机构等等。由于近代外敌入侵,朝廷腐败,闭关锁国,长年战乱,使我国机械工业发展落后,停滞不前。

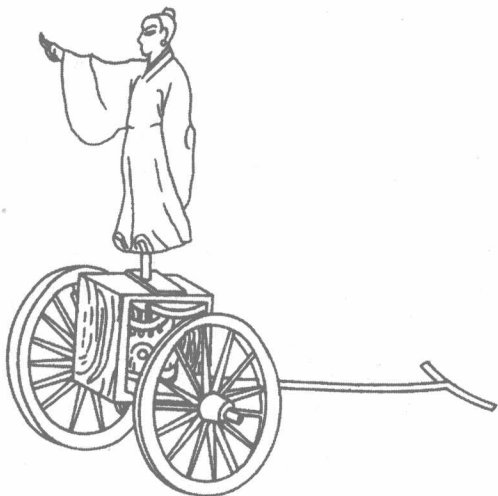


图 0-3 指南车

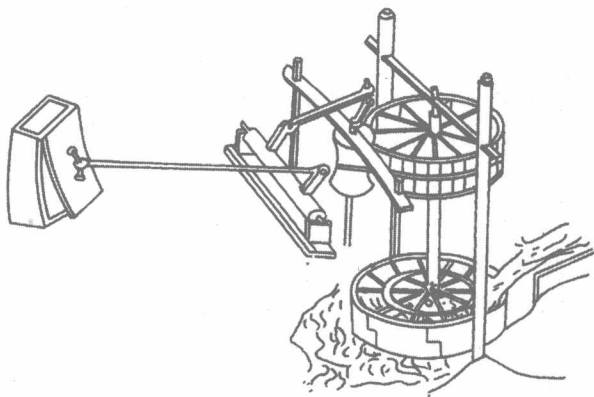


图 0-4 驱动风箱炼铁的连杆机械装置

新中国成立后,我国科学技术和机械工业有了巨大的发展,已经能够设计和生产成套关键设备,发展了一批新型机械。如大型万吨水压机、万吨远洋货轮、精度为 $3\text{ }\mu\text{m}$ 的 TG4280 型光学双坐标镗床、“神舟”五号载人飞船的太空遨游及大型精密的高新技术设备的生产,等等,都标志着我国的机械工业正朝着世界先进水平迈进,有些已处于国际领先地位。

各生产部门加速实现机械化、自动化,对于已进入 WTO 的我国经济具有十分重要的意义。随着科学技术的发展,特别是计算机应用的普及,各研究、生产部门已将一些新的方法和设计软件应用于机械制造中。可以预计,在本世纪,我国的机械制造行业还将创造出更多、更先进的机械设备,并在现代工业的高速发展中发挥越来越大的作用。

§ 0.2 本课程的性质、任务和内容

《机械基础与液压技术》是高职高专院校机械类专业的一门专业基础课,为学习专业技术课程、技能训练和今后在工作中合理使用、维护机械设备,以及进行技术创新提供必要的理论知识。通过学习,学生应熟悉和掌握机械传动、常用机构及轴系零件和液压传动的知识、工作原理和应用特点;掌握分析机械工作原理的基本方法;会查阅有关技术资料 and 选用标准;初步具有设计通用零件和简单机械传动装置的能力。

在学习机械基础课时,要理论联系实际,综合运用机械制图、工程力学、金属材料与热处理等课程的基础知识,联系日常生活、专业工种中的具体实例,培养和提高分析问题与解决问题的能力。

本课程的主要内容如下:

(1)常用机械传动。常用机械传动包括带传动、螺旋传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动和轮系。主要讨论机械传动的类型、组成、工作原理、传动特点、传动比计算和应用场合等。

(2)常用机构。常用机构包括平面连杆机构、凸轮机构及其他常用机构。主要讨论它们的结构、工作原理和应用场合等。

(3)轴系零件。轴系零件包括常用联接、轴、轴承、联轴器、离合器和制动器。主要讨论它们的结构、特点、常用材料和应用场合,并介绍有关标准和选用方法。

(4)液压传动。液压传动包括液压传动的基本概念、常用液压元件、液压基本回路和液压系统。着重介绍液压基本知识,液压泵、液压缸、液压控制阀等元件的构造、性能、工作原理,液压基本回路和机床液压传动系统实例等。

§ 0.3 机械概述

机械是对机器和机构的总称。

0.3.1 机器和机构

机器在人们的感性认识中早已形成,如蒸汽机、内燃机、发电机、电梯、机器人及各种机床等。

如图 0-5 所示为单缸内燃机,它由气缸体(机架)1、活塞 2、连杆 3、曲轴 4、气阀推杆 5、凸轮轴 6、大齿轮 7 和小齿轮 8 组成。当燃烧的气体膨胀时,推动活塞往复移动,通过连杆 3 使曲柄连续旋转,齿轮、凸轮和推杆的作用是启闭进气阀和排气阀,以吸入燃气和排除废气。这样,各构件协调地动作,就把热能转换为曲柄的机械能。内燃机可视为由三种机构的组合:由机架(气缸体 1)、活塞(滑块)2、连杆 3、曲柄 4 构成曲柄滑块机构,其作用是将活塞的往复移动转换为曲柄的连续转动,是机器的主体部分;由机架(气缸体 1)和齿轮 7、8 组成的齿轮机构,其作用是改变转速的大小和转动方向;由机架 1、凸轮轴 6 和气阀推杆 5 组成凸轮机构,其作用是将凸轮的连续转动转换为推杆的往复移动。

如图 0-6 所示为工业机器人,它由计算机控制器 1、液压装置 2、电力装置 3 和铰接臂机械手 4 组成。机械手按指令有规律运动时,手端夹持器便将物料搬运到指定位置。

从以上二例可以看出,机器是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量、物料与信息。尽管机器品种繁多,形式多样,用途各异,但都具有如下特征:

- (1)都是人为的各种实物的组合体。
- (2)组成机器的各种实物间具有确定的相对运动。
- (3)可代替或减轻人的劳动,有效地完成机械功或能量转换。

凡具备上述三个特征的实物组合体,均称为机器。

所谓机构,它也是各种实物的组合体,实物间具有确定的相对运动,即符合机器的前两个特征,

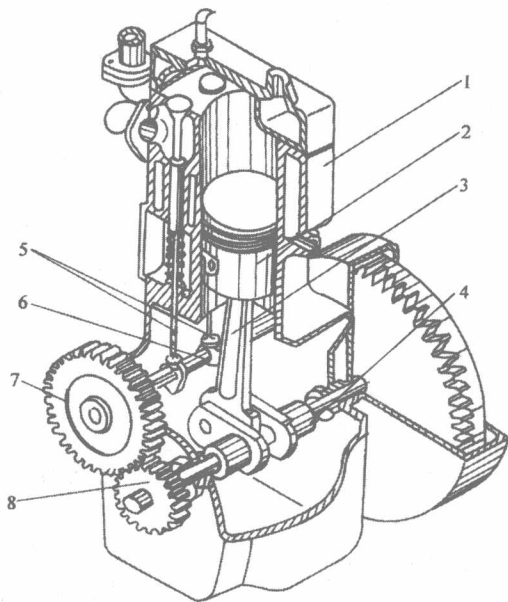


图 0-5 内燃机

1-气缸体;2-活塞;3-连杆;4-曲轴;
5-气阀推杆;6-凸轮轴;7-大齿轮;8-小齿轮

如图 0-5 所示,机架(气缸体)1 和齿轮 7、8 等组成齿轮机构;机架(气缸体)1、凸轮轴 6 和气阀推杆 5 组成凸轮机构。

可见,机构主要用来传递和变换运动,而机器主要用来传递和转换能量,从结构和运动学的角度来分析,机器与机构之间并无区别。

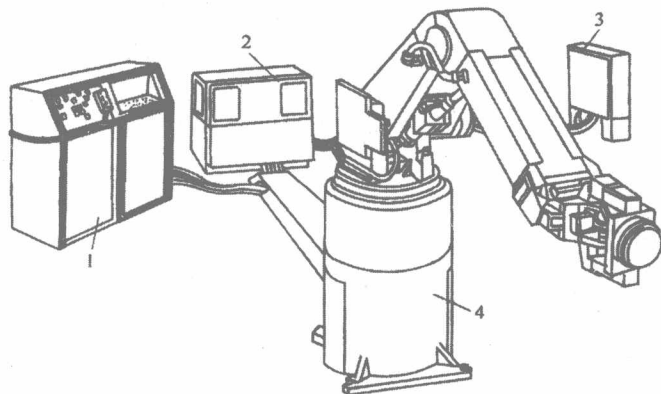


图 0-6 工业机器人

1-计算机控制器;2-液压装置;3-电力装置;4-铰接臂机械手

0.3.2 零件与构件

机器是由若干个不同零件组装而成的(图 0-5),零件是组成机器的基本要素,即机器的最小制造单元。各种机器经常用到的零件称为通用零件,如螺钉、螺母、轴、齿轮、弹簧等。在特定的机器中才会用到的零件称为专用零件,如汽轮机中的叶片、起重机的吊钩、内燃机中的曲轴、连杆、活塞等。

构件是机器的运动单元,它可以是单一的零件,也可以是由若干个零件组成的刚性结构。如图 0-7 所示的内燃机连杆,就是由连杆体 1、螺栓 2、螺母 3、开口销 4、连杆盖 5、轴瓦 6 和轴套 7 等多个零件构成的一个构件。

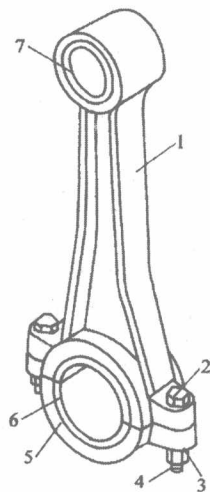


图 0-7 内燃机连杆

1-连杆体;2-螺栓;3-螺母;4-开口销;
5-连杆盖;6-轴瓦;7-轴套

构件按其运动情况,可分为固定构件和运动构件两种。固定构件又称机架,是机构中固结于定参考系的构件。固定构件一般用来支持运动构件,通常就是机器的基体或机座,例如各类机床的床身。运动构件又称可动构件,是机构中可相对于机架运动的构件。运动构件又分成主动件(原动件)和从动件两种。主动件是机构中作用有驱动力或力矩的构件,有时也将运动规律已知的构件称为主动件。形象地说,主动件就是带动其他可动构件运动的构件,从动件是机构中除了主动件以外的随着主动件的运动而运动的构件。

构件与零件的区别在于:构件是运动的单元,零件是加工制造的单元。

0.3.3 运动副

机构的重要特征是构件之间具有确定的相对运动,为此必须对各个构件的运动加以必要的限制。在机构中,每个构件都以一定的方式与其他构件相互接触,二者之间形成一种可动的联接,从而使两个相互接触的构件之间的相对运动受到限制。两个构件之间的这种可动联接,称为运动副。

运动副是两构件直接接触组成的可动联接,它限制了两构件之间的某些相对运动,而又允许有另一些相对运动。

两构件组成运动副时,构件上能参与接触的点、线、面称为运动副元素。

根据运动副中两构件的接触形式不同,运动副可分为低副和高副。

1. 低副

低副是指两构件以面接触的运动副。按两构件的相对运动形式,低副可分为以下三种:

(1)转动副。组成运动副的两构件只能绕某一轴线做相对转动的运动副称为转动副。如图 0-8 所示的铰链联接就是转动副的一种形式,即由圆柱销和销孔及其两端面组成的转动副。铰链联接的两构件只能绕 Z 轴自由转动,沿 X 轴和 Y 轴的自由移动则被限制掉了。

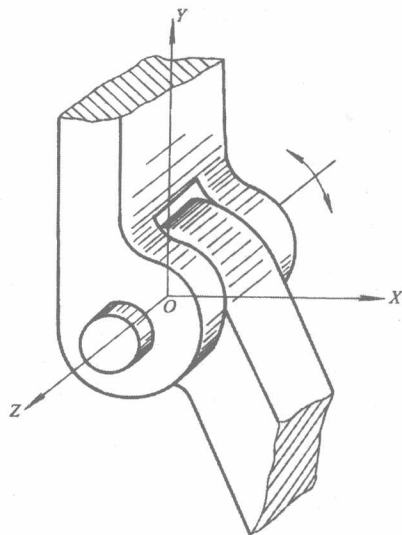


图 0-8 铰链联接

(2)移动副。组成运动副的两构件只能做相对直线移动的运动副称为移动副,如图 0-9 所示。

(3)螺旋副。组成运动副的两构件只能沿轴线做相对螺旋运动的运动副称为螺旋副,如图 0-10 所示。

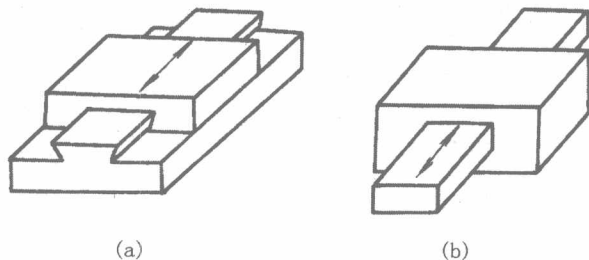


图 0-9 移动副

(a)燕尾滑板;(b)滑块与导轨

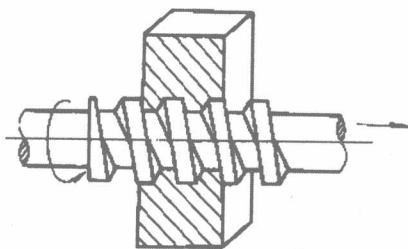


图 0-10 螺旋副

2. 高副

高副是指两构件以点或线接触的运动副。如图 0-11 所示为常见的几种高副接触形式:图 0-11(a)是车轮与钢轨的接触,图 0-11(b)是齿轮的啮合,都是属于线接触的高副;图 0-11(c)是凸轮与从动件的接触,是属于点接触的高副。

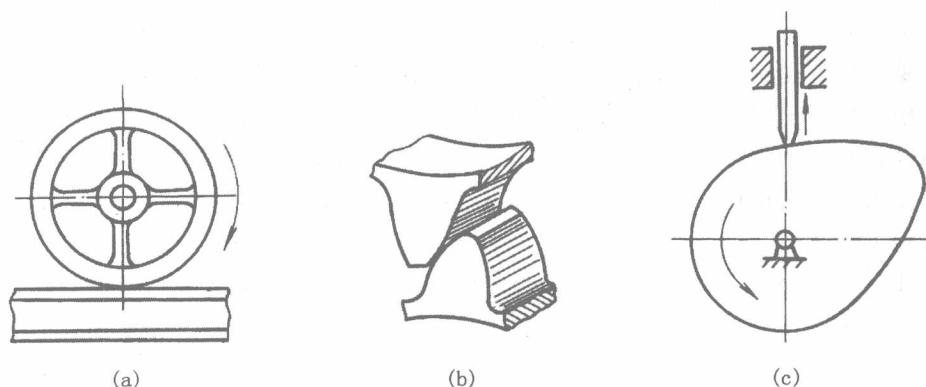


图 0-11 高副

低副和高副由于两构件直接接触部分的几何特征不同,因此在使用上也具有不同的特点。

低副是面接触的运动副,其接触表面一般为平面或圆柱面,容易制造和维修,承受载荷时单位面积压力较低(故称低副),因而低副比高副的承载能力大。低副属滑动摩擦,摩擦损失大,因而效率较低;此外,低副不能传递较复杂的运动。

高副是点或线接触的运动副,承受载荷时单位面积压力较高(故称高副),两构件接触处容易磨损,寿命短,制造和维修也较困难。高副的优点是能传递较复杂的运动。

3. 低副机构和高副机构

机构中所有运动副均为低副的机构称为低副机构。

机构中至少有一个运动副是高副的机构称为高副机构。

0.3.4 机器的组成

一部完整的机器由以下四部分组成,如图 0-12 所示。

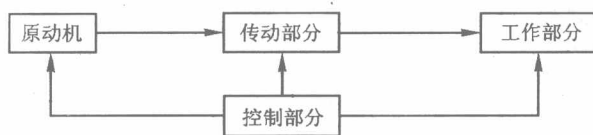


图 0-12 机器的组成

1. 原动机(动力部分)

原动机是机器的动力来源,动力部分可采用人力、畜力、风力、电力、液力、热力、磁力、压缩空气等作为动力源。常用的原动机有电动机、内燃机。

2. 工作部分

工作部分处于整个机械传动路线的终端,是机器完成工作任务的部分。

3. 传动部分

传动部分介于原动机与工作部分之间,其作用是把原动机的运动或动力传递给工作部分。但也有些机器原动机直接驱动工作部分。

4. 控制部分

控制部分包括各种控制机构(如内燃机中的凸轮机构)、控制离合器、制动器、电动机开关等,能够使机器的动力部分、传动部分和工作部分按一定的顺序和规律运动,完成给定所需的工作循环。

0.3.5 机械的类型

机械的种类较多,根据用途不同,可分为以下几种:

1. 动力机械

如电动机、内燃机、液压机等,主要用来实现其他形式的能量与机械能转换。

2. 加工机械

如轧钢机、包装机及各类机床等,主要用来改变物料的结构形状、性质及状态。

3. 运输机械

如汽车、飞机、轮船、输送机等,主要用来改变人或物料的空间位置。

4. 信息机械

如复印机、传真机、摄像机等,主要用来获取或处理各种信息。

