

5年制、3年制高等职业教育机械制造专业系列教材

机械设计基础

(修订本)

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组编

王昌明 主编

2-43

东南大学出版社

5 年制、3 年制高等职业教育机械制造专业系列教材

机 械 设 计 基 础

(修订本)

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组编

王昌明 主编

王昌明 鲍光明 曹根基 何克祥 编

黄森彬 主审

东南大学出版社

·南 京·

内容提要

本书共 15 章,内容包括绪论、平面机构的结构分析、联接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轴、轴承、机械润滑、平面连杆机构、凸轮机构、其它常用机构、轮系和减、变速器、刚性回转件的平衡和弹簧。增加键、螺纹联接、带、齿轮和滚动轴承等公差与配合的有关知识。每章之末有复习思考题和适量的习题。

本书是 5 年制、3 年制高等职业教育机械制造专业系列教材之一,适用于工科机械类专业,教学时数 100 学时左右。若精简“*”号章节,亦可作为中等职业技术教育机械制造专业与控制专业的试用教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/王昌明主编. —2 版(修订本). —

南京:东南大学出版社,2003.8

5 年制、3 年制高等职业教育机械制造专业系列教材

ISBN 7-81050-038-4

I. 机… II. 王… III. 机械学 IV. TH11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 026872 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 江苏省金坛市教学印刷厂印刷
开本:787 mm × 1092 mm 1/16 印张:20.5 字数:512 千

2003 年 8 月修订本第 6 次印刷

印数:23701-27000 定价:26.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

修订说明

由中国机械工业教育协会高职与中专教育分会组织编写的这套由 12 门课程组成的机械制造专业教材,自出版后得到行业内外不少学校的赏识,使用后反响不凡。为使这套教材更能适应职业教育的改革,适应培养 21 世纪机械制造专业人才的需要,编委会征求了使用学校的意见后召开了教材主编研讨会,拟定了修订本套教材的指导思想和修订原则,并用一年多的时间对本套教材进行了修订。修订后的教材更能体现职业教育的特色,且面向 21 世纪增添了新技术内容,贯彻了“必须、实用、够用”的原则,突出应用,多举实例,力求做到“简明、易懂、适度、能用”,便于教学与自学,并注意到对学生素质的全面培养。

随着教育体制和招生制度的改革,高等职业教育发展十分迅速,这为这套系列教材的改革和编写提供了新的契机。修订后的系列教材主要适用于 5 年制、3 年制高等职业教育机械制造专业,为兼顾部分中等专业的教学需要,只要略去教材中带“*”号的章节后,也完全适用。

在修订过程中得到了陕西工业职业技术学院、福建职业技术学院、四川省工程职业技术学院、湖南工业职业技术学院、浙江机电职业技术学院、无锡职业技术学院、西安机电职业技术学院、上海市机电工业学校、常州机电职业技术学院、西安理工大学高等技术学院、安徽机电职业技术学院、东风汽车公司汽车工业学校、靖江市工业学校、廊坊市工业学校、邯郸市工业学校、浙江科技工程学校、成都市工业学校、辽宁机电职业技术学院和东南大学出版社等单位的大力支持,谨致诚挚的谢意。衷心希望广大教师和学生在使用中提出宝贵意见,以便再次修订时改进,使之日臻完善。

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会
机械制造专业教材编审委员会

中国机械工业教育协会高职与中专教育分会
机 械 制 造 专 业 教 材 编 审 委 员 会

主任委员	程益良		
副主任委员	王希平		
委 员	刘际远	李铁尧	陈行毅
	高文征	聂建武	黄剑滕
	司徒渝	翟 轰	储克森
	苏群荣		

前 言

《机械设计基础》教材自东南大学出版社出版发行以来已重印多次,经全国机械及其他行业部分院校使用的教学实践表明,本教材深受广大教师和学生的好评,同时,也提出了宝贵的意见和修订要求。为适应科学技术的迅猛发展、制造技术的快速更新,为满足高职高专教育对教材的使用要求,编者按教育部关于高职高专教育课程教学基本要求,对原教材进行了修订,修订本教材主要有以下几个特点:

1. 适量增加生产现场可能遇到的使用和维护方面的知识。如V带传动、链传动、蜗杆传动、轴、轴承等的使用与维护。

2. 为体现高等职业教育特色,进一步加强对学生全面设计能力的培养,增加了设计中常遇到的公差内容。按照“必须、实用、够用”的原则,力求做到“简明、易懂、适度、能用”的要求,在保证圆柱齿轮常用公差的前提下,将蜗杆蜗轮的公差内容删去。这样,既保证了重点,又可以举一反三;既有利于生产第一线实用人才的培养,又不觉得内容过多。

3. 本教材内容是按照从静到动的顺序安排,较符合人们的学习认识规律,由于各校教学安排不同,教师可根据实际情况,调整教材内容顺序。

本教材适合5年制、3年制高等职业教育机械制造机电一体化等专业,教学时数为100学时。若精简本书中“*”号章节后,亦可作为中等职业技术教育机械制造与控制专业110学时左右的教学用书。

参加本次修订工作的具体分工如下:陕西工业职业技术学院王昌明编写绪论、1、2、3、4、6、12章,安徽机电职业技术学院鲍光明编写5、9、10、14章,常州机电职业技术学院曹根基编写13、15章,陕西工业职业技术学院何克祥编写7、8、11章。全书由王昌明主编。福建职业技术学院黄森彬担任主审,他对本书进行了细致、认真审核,并提出了宝贵的意见,在此表示深深的谢意。

由于编者水平有限,对修订版的不足之处,敬请赐教。

编 者

2003年3月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 机器的组成	(1)
0.2 机械设计应满足的基本要求和设计、使用维护的一般原则	(4)
0.3 本课程的性质和任务	(4)
思考题	(5)
1 平面机构的结构分析	(6)
1.1 平面机构运动简图	(6)
1.2* 平面机构的自由度	(9)
思考题	(14)
习 题	(14)
2 联接(附螺旋传动)	(16)
2.1 键联接	(16)
2.2 花键联接	(21)
2.3 销联接	(25)
2.4 螺纹联接	(27)
2.5 螺旋传动	(47)
2.6 联轴器与离合器	(52)
思考题	(63)
习 题	(64)
3 带传动	(67)
3.1 概述	(67)
3.2 带传动工作情况分析	(69)
3.3 带传动的失效分析和计算准则	(72)
3.4 V带传动的设计计算	(74)
3.5 带轮材料和结构	(77)
3.6 V带传动装置的安装使用与维护	(83)
3.7 其他带传动简介	(84)
思考题	(85)
习 题	(85)
4* 链传动	(87)
4.1 概述	(87)
4.2 链传动的计算	(90)
4.3 链轮结构设计与链传动的维护	(96)
思考题	(102)

习 题	(102)
5 齿轮传动	(103)
5.1 齿轮传动的特点与分类	(103)
5.2 渐开线齿廓及啮合特性	(104)
5.3 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和基本尺寸	(107)
5.4 标准直齿圆柱齿轮啮合传动	(110)
5.5 标准直齿圆柱齿轮的公法线长度和分度圆弦齿厚	(111)
5.6 渐开线齿轮加工原理和根切	(116)
5.7 变位直齿圆柱齿轮传动	(118)
5.8 圆柱齿轮精度	(125)
5.9 轮齿的失效分析和材料	(133)
5.10 标准直齿圆柱齿轮传动的疲劳强度计算	(136)
5.11 斜齿圆柱齿轮传动	(144)
5.12 直齿圆锥齿轮传动	(152)
5.13 齿轮的结构设计和零件工作图	(158)
思考题	(162)
习 题	(163)
6 蜗杆传动	(165)
6.1 概述	(165)
6.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算	(167)
6.3 蜗杆传动的失效分析和材料选择	(171)
6.4 蜗杆传动强度计算	(172)
6.5 蜗杆传动的热平衡计算	(174)
6.6 蜗杆和蜗轮的结构	(176)
6.7 蜗杆、蜗轮及其传动尺寸规格的标记方法	(181)
6.8 蜗杆传动的使用维护	(181)
6.9 常用机械传动类型的分析比较	(182)
思考题	(183)
习 题	(183)
7 轴	(184)
7.1 概述	(184)
7.2 轴的材料	(185)
7.3 按转矩估算轴的直径	(186)
7.4 轴的结构设计	(187)
7.5 轴的强度验算	(191)
7.6 轴的使用与维护	(192)
思考题	(197)
习 题	(197)
8 轴承	(199)
8.1 滚动轴承的类型和代号	(199)

8.2 滚动轴承的选择	(203)
8.3 滚动轴承的寿命计算	(204)
8.4 滚动轴承的静强度计算	(208)
8.5 滚动轴承的公差等级和配合选择	(208)
8.6 滚动轴承的组合设计	(212)
8.7 滑动轴承的结构型式和计算	(217)
8.8 轴承的使用与维护	(222)
思考题	(223)
习 题	(223)
附表 8.1	(224)
附表 8.2	(226)
附表 8.3	(229)
9 机械的润滑与密封	(231)
9.1 常用润滑剂及其选择	(231)
9.2 常用润滑方式及润滑装置	(238)
9.3 齿轮、蜗轮传动装置的润滑	(240)
9.4 机械的密封	(242)
思考题	(245)
习 题	(245)
10 平面连杆机构	(247)
10.1 铰链四杆机构的基本类型及其应用	(247)
10.2 铰链四杆机构相邻两构件间连续相对转动的条件及铰链四杆机构的演化	(250)
10.3 铰链四杆机构的基本特性	(251)
10.4 铰链四杆机构的设计	(253)
思考题	(255)
习 题	(256)
11 凸轮机构	(257)
11.1 概述	(257)
11.2 从动件常用运动规律	(259)
11.3 平面凸轮机构的设计	(263)
11.4 凸轮机构运动设计的几个问题	(266)
11.5 凸轮机构的失效分析和计算准则	(268)
11.6 凸轮的结构和零件工作图	(268)
思考题	(270)
习 题	(270)
12 其他常用机构	(272)
12.1 间歇机构	(272)
12.2 组合机构简介	(280)
思考题	(280)
习 题	(280)

13 轮系和减、变速器	(281)
13.1 轮系的分类	(281)
13.2 定轴轮系及其传动比	(282)
13.3 行星轮系及其传动比	(283)
13.4 混合轮系及其传动比	(285)
13.5 轮系的应用	(286)
13.6 其他类型行星传动简介	(288)
13.7 减速器	(290)
13.8 变速器	(293)
思考题	(295)
习 题	(295)
14 刚性回转件的平衡	(297)
14.1 刚性回转件平衡的目的和分类	(297)
14.2 刚性回转件的静平衡	(297)
14.3 刚性回转件的动平衡	(299)
14.4 回转件平衡精度概念	(302)
思考题	(303)
习 题	(304)
15* 弹簧	(305)
15.1 概述	(305)
15.2 弹簧的材料、许用应力、制造和结构	(307)
15.3 圆柱形压缩和拉伸螺旋弹簧的计算	(310)
思考题	(315)
习 题	(316)
主要参考书目	(317)

0 绪 论

人类为了适应生活和生产上的需要,创造出各种各样的机器以代替或减轻人的劳动,改善劳动条件,提高生产率和产品质量,帮助人们创造更多的社会财富。随着科技的发展,人们不断地设计出各种新机器,机器的发展是衡量国家工业水平的重要标志之一。

0.1 机器的组成

机器的种类很多,例如内燃机、电动机、洗衣机以及各种金属切削机床等。机器的种类繁多,它们的构造、用途和功能也各不相同,但从机器的职能和结构的组成进行分析,它们又有着共同的特点。

0.1.1 按职能分析

一般机器由四个职能部分组成,如图 0.1 所示。

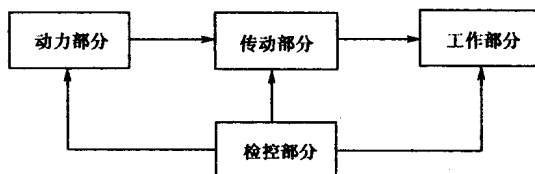


图 0.1 机器的组成

1) 动力(原动)部分

它是机器的动力来源,其作用是将其其它形式的能量转变为机械能。图 0.2 为牛头刨床外形图,图中电动机是刨床的动力部分。

2) 工作部分

它是直接完成预定任务的部分,如图 0.2 中的滑枕、刀架和工作台。因为它直接代替人的劳动,所以又称执行部分。

3) 传动部分

把原动部分的运动和动力输送到工作部分的中间装置,称为传动部分,如图 0.3 牛头刨床中的带传动机构、齿轮机构、连杆机构、螺旋机构和棘轮机构等。

4) 检控部分

包括检测和控制部分,其作用是显示运行状况,实现机器各种预期的职能,如图 0.3 中的变速操纵机构以及机器的开停等控制部分。

上述机器的四个组成部分中,传动部分占有重要地位,它不仅能将运动和动力,从动力部分传送到执行部分,而且还有以下作用:

(1) 改变运动形式——把原动机的运动形式变成执行部分所需要的运动形式,如图 0.3

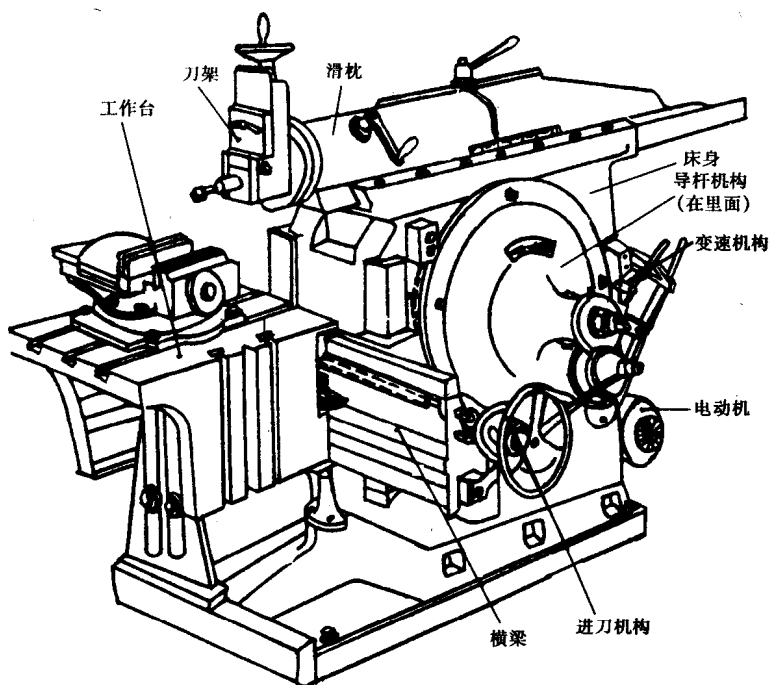


图 0.2 牛头刨床外形图

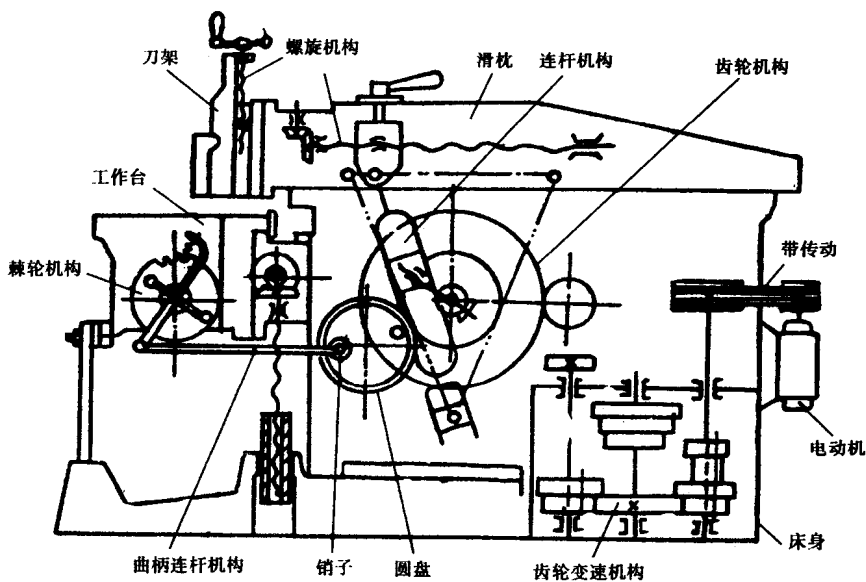


图 0.3 牛头刨床传动示意图

中把电动机的连续回转运动变成滑枕的直线往复移动,以及工作台的间歇移动。

(2) 调节运动——把原动机的运动参数变成执行部分所需要的运动参数。如图 0.3 中传动传置,能使滑枕有多种大小不等的移动速度和工作台有多种间歇进给的运动速度以及工作台反向运动。通常调节运动可根据工作需要,有增速、减速、变速、反向、离合等作用。

由此看出,传动部分是机器的一个很重要的部分,这不仅是因为它的零部件数量多,而且从设计和制造观点来看,所花费的劳动量也最大,故必须慎重对待。本课程着重研究机械传动部分的问题,而传动部分的设计,又往往是整个机器设计工作中的重点。

0.1.2 按结构组成原理及功能关系分析

机器有着三个共同的结构组成原理的特征。

- (1) 机器都是由若干实体组合而成;
- (2) 各实体之间具有一定的相对运动;
- (3) 能够变换或传递能量、物料与信息。

若仅仅研究机器各部分之间的相对运动,而不考虑它们在能量转换或传递方面所起的作用时,通常把这些具有一定相对运动的实体的组合系统称为机构。机构主要是用来传递运动和力或改变运动形式的机械装置,从运动学观点来看,机器与机构两者之间并无差别,为了叙述方便,通常把机械作为两者的总称。

下面对单缸四冲程内燃机进行分析。如图 0.4(a),由大小齿轮 9、10 和机架(气缸体)组成了齿轮机构;由凸轮 7、顶杆 8 和机架组成的凸轮机构;由曲轴 6、连杆 5、活塞 2 和机架组成曲柄滑块机构。当燃油的热能转换成活塞往复运动的机械能时,这些机构经过有机配合就组成了机器。

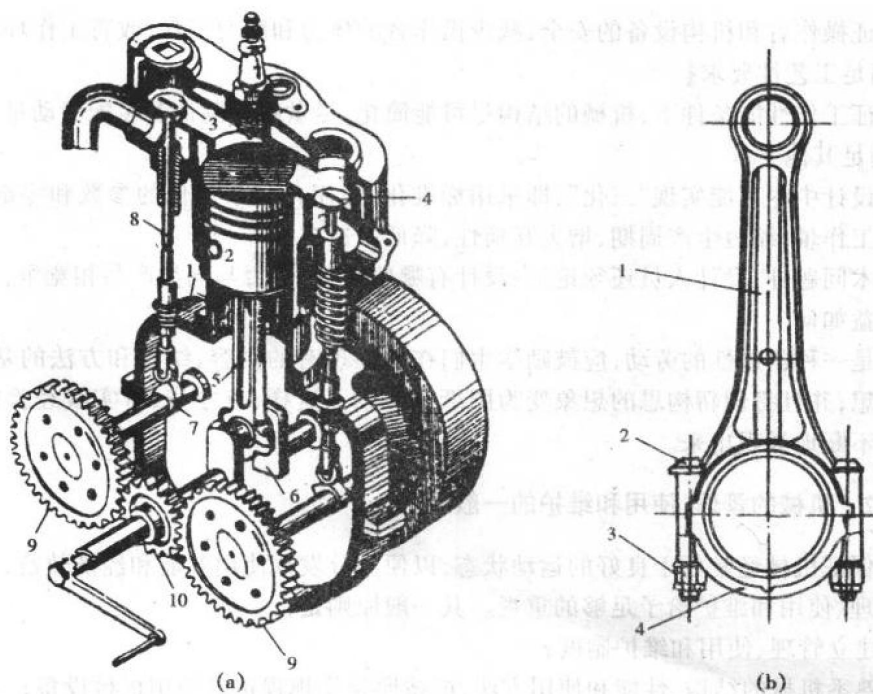


图 0.4 单缸四冲程内燃机

组成机构的各相对运动的实体称为构件,机构运动时构件作为一个整体参与运动。构件可以是一个零件,也可以是几个零件通过静联接组合而成。如图 0.4(b)所示的内燃机连杆,它是由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 和螺母 3 等零件刚性联接在一起的运动单元体。构件

与零件的区别在于:构件是机构中的运动单元体,而零件是制造的单元体。

0.2 机械设计应满足的基本要求和设计、使用维护的一般原则

0.2.1 机械设计的基本要求

机械设计的任务是从社会需要出发,创造性地设计出具有特定功能的新机械或改进原有机械的性能,以满足人们日益增长的生活和生产需要。机械的功能决定于设计,所以机械设计是产品开发和技术改造的关键环节。机械设计的基本要求是:

1) 满足使用性能要求

设计的产品能实现预期的全部功能,首先要靠正确选择机械的工作原理和实现工作原理的机构组合来保证;同时,在预定的寿命期间不发生失效,这要靠正确的设计和选择机械的零、部件来保证。

2) 满足经济性要求

设计的产品应当结构先进,成本低,效率高,适用范围广,操作维修方便等。

3) 满足安全性要求

即保证操作者和机构设备的安全,减少操作者的体力和脑力消耗,改善工作环境。

4) 满足工艺性要求

在保证工作性能条件下,机械的结构尽可能简化,尽量减少制造和装配劳动量。

5) 满足其他要求

机械设计中尽可能实现“三化”,即采用标准化、通用化和系列化的参数和零部件,以便减轻设计工作量,缩短生产周期,增大互换性,降低制造成本。

除技术问题外,设计人员还须论证:设计有哪些特色,能否与同类产品相竞争,社会效益与经济效益如何。

设计是一种创造性的劳动,应鼓励学生们在掌握现有的内容、结构和方法的基础上,提出新的设想,并且将创新构思的想象变为图纸和实物。这样,有才华、有实践经验的设计人才一定会不断地涌现出来。

0.2.2 机械的管理、使用和维护的一般原则

为了保证机械经常处于良好的运动状态,以便充分发挥使用效能和经济效益,而必须对机械的管理、使用和维护给予足够的重视。其一般原则是:

(1) 建立管理、使用和维护制度;

(2) 熟悉机械的结构、性能和使用方法,能按照操作规程正确使用机械设备;

(3) 遵守保养维修制度,按时进行检查。发现问题要及时分析、查明原因,进行检修。

0.3 本课程的性质和任务

机械设计基础是高职高专机械类各专业必修的一门主干专业基础课。

本课程的任务是培养学生初步树立正确的设计思想,了解常用机构及通用零、部件的工作原理,特点及应用等基本知识;掌握通用零部件的失效形式,设计准则及设计方法;掌握常用机构的基本理论及设计方法;具备设计和维护简单机械及传动装置的能力。为今后顺利学习专业知识和解决生产实际问题打下基础。

通用零件是指在各种机器中普遍使用的零件,如键、螺栓、轴和齿轮等。常用机构是指常见于各种机器中的机构,如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等。

本课程是一门实践性很强的工程课程,要学好本课程必须要多看、勤练、常总结。多观察生活中遇到的各种机械运动装置,见多识广,有助于感性认识上升到理性认识;勤练有助于提高分析能力和设计能力;常总结可以使知识系统化,有助于全面地掌握课程内容。

机械设计是多学科知识的综合应用,学习本课程前还须具备必要的基础理论知识和生产实际知识,这需要通过对先修课程如数学、物理、机械制图、工程力学、机械制造基础等课程的学习和参加教学实习以及生产劳动才能获得。

思考题

- 0.1 机器、机构与机械有什么不同?
- 0.2 零件与构件有什么区别? 试举例说明。
- 0.3 分析图 0.4 所示内燃机,它由哪些常用机构组成,各起什么作用?
- 0.4 机械设计应满足哪些基本要求?

1 平面机构的结构分析

所有构件都在同一平面或相互平行平面内运动的机构称为平面机构,否则称为空间机构。本章只研究常见的平面机构。

机构是人为的实物组合,是用来传递运动和力的。显然,任意拼凑起来的实物组合不一定能达到其目的。为此,本章将讨论机构是怎样组成的,以及在什么条件下,机构才具有确定的运动。

1.1 平面机构运动简图

1.1.1 运动副及其分类

构件组成机构,需要靠一定的方式联接。构件之间直接接触并且能产生一定的相对运动的联接称为运动副。

运动副按构件之间接触的几何特征分为低副和高副。两构件以面接触的运动副称为低副,如图 1.1(a)、(b)所示的转动副和移动副。两构件以点或线接触的运动副称为高副,如图(c)、(d)所示的凸轮副和齿轮副。

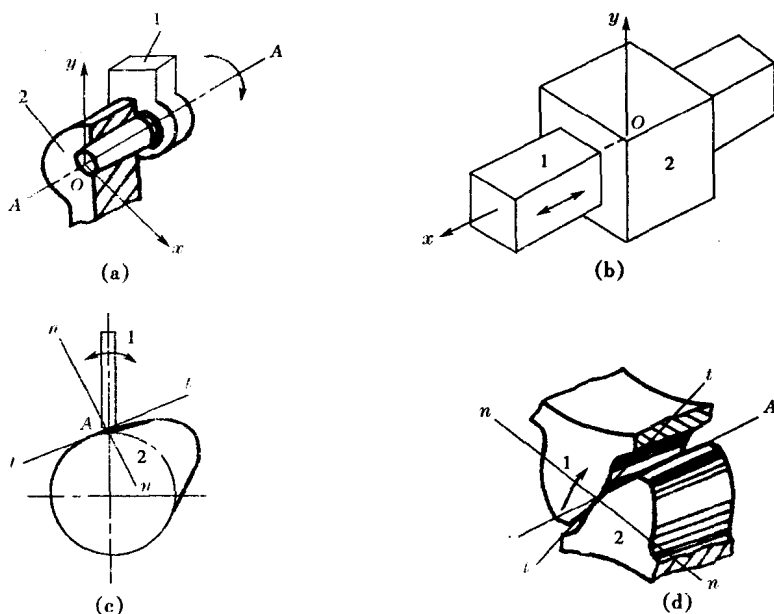


图 1.1 运动副

1.1.2 平面机构运动简图

从机构的结构分析看出,机器或机构都是比较复杂的,如果只是为了研究机构的运动,或是作为设计机构的第一步,则可不考虑机构的真实外形,撇开那些与运动无关的因素(如构件的截面尺寸、组成构件的零件数目和运动副的具体结构等),而用规定的简单符号表示构件和运动副,并且按一定比例绘出各运动副的相对位置关系的图形称为机构运动简图。

平面机构运动副符号,有如图 1.2~图 1.5 的规定画法。

低副符号如图 1.2 所示。(a)表示转动副,小圆圈圆心代表转动轴的轴线位置,带有阴影斜线部分表示机架,它是机构中固定的构件。(b)表示移动副,移动副符号的导路方向应与实物或设计中要求的相对移动方向一致。

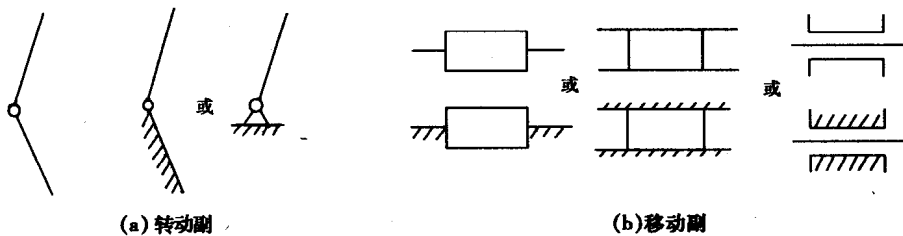


图 1.2. 低副符号

高副符号如图 1.3 所示,(a)表示齿轮副,(b)表示凸轮副。

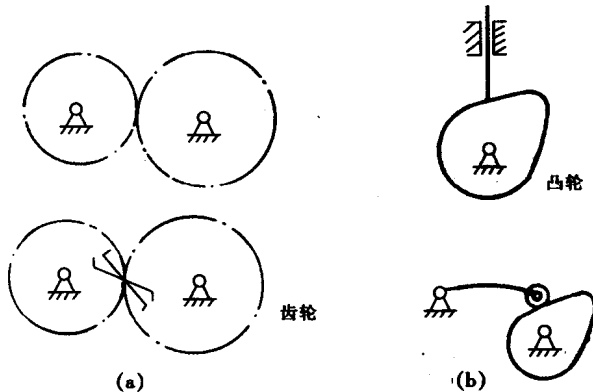


图 1.3 高副符号

机构构件的画法是將构件上所有的运动副符号按照在机构上的位置画出,然后用简单线条把这些运动副符号联接起来便表示了该构件。

图 1.4 表示具有两个运动副构件的画法。图 1.5 表示具有三个或多个运动副构件的画法。其它运动副简图可参看 GB 4460-84。

平面机构运动简图绘制方法和步骤如下:

- (1) 分析机构结构及动作原理,确定主动件、从动件和固定件。
- (2) 明确机构的组成,确定运动副的性质和数目。