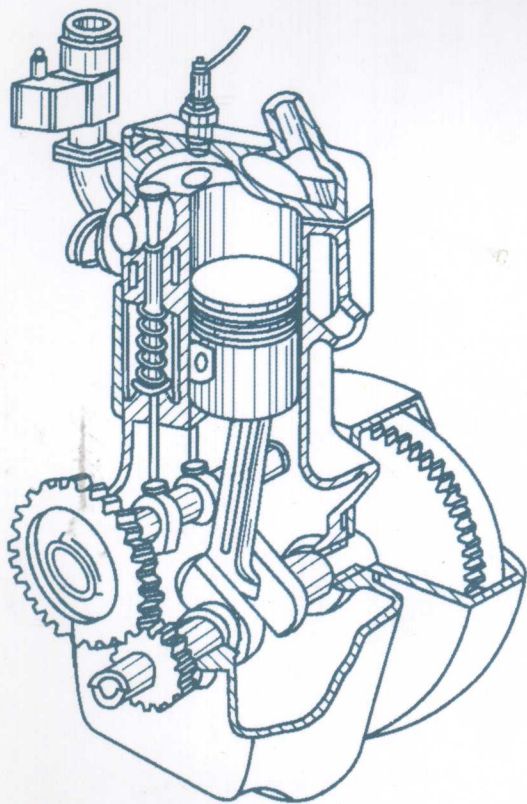


普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材

机械原理

JIXIE YUANLI

主 编 高慧琴
副主编 张君彩 冯 运



国防工业出版社

National Defense Industry Press

河北省省级精品课程配套教材
普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材

机 械 原 理

主 编 高慧琴
副主编 张君彩 冯 运

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是根据教育部机械基础课程教学指导分委员会制定的“机械原理教学基本要求”和“机械原理课程教学改革建议”的精神,结合近年来教学实践经验和研究生入学考试内容需要而编写的。全书共分14章,内容包括:绪论,机构的结构分析,平面连杆机构及其设计,平面机构的运动分析,凸轮机构及其设计,齿轮机构及其设计,齿轮系及其设计,其他常用机构,平面机构的力分析,机械效率和自锁,机械的平衡,机械系统的运转及其速度波动的调节,机械系统运动方案的设计和AutoCAD技术在机构设计与分析中的应用等。每章后附有思考题与习题。

本书可作为高等院校机械类及近机械类专业教材或参考书,也可供非机械类学生和有关工程技术人员使用或参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械原理/高慧琴主编. —北京:国防工业出版社,
2009.1

普通高等院校机械工程学科“十一五”规划教材
ISBN 978-7-118-06070-6

I. 机… II. 高… III. 机构学—高等学校—教材 IV.
TH111

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第200982号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16¼ 字数 371千字

2009年1月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 32.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

序

国防工业出版社组织编写的“普通高等院校机械工程学科‘十一五’规划教材”即将出版,欣然为之作“序”。

随着国民经济和社会的发展,我国高等教育已形成大众化教育的大好形势,为适应建设创新型国家的重大需求,迫切要求培养高素质专门人才和创新人才,学校必须在教育观念、教学思想等方面做出迅速的反应,进行深入教学改革,而教学改革的主要内容之一是课程的改革与建设,其中包括教材的改革与建设,课程的改革与建设应体现、固化在教材之中。

教材是教学不可缺少的重要组成部分,教材的水平将直接影响教学质量,特别是对学生创新能力的培养。作为机械工程学科的教材,不能只是传授基本理论知识,更应该是既强调理论,又重在实践,突出的要理论与实践结合,培养学生解决实际问题的能力和创新能力。在新的深入教学改革、新课程体系的建立及课程内容的发展过程中,建设这样一套新型教材的任务已经迫切地摆在我们面前。

国防工业出版社组织有关院校主持编写的这套“普通高等院校机械工程学科‘十一五’规划教材”,可谓正得其时。此套教材的特点是以编写“有利于提高学生创新能力培养和知识水平”为宗旨,选题论证严谨、科学,以体现先进性、创新性、实用性,注重学生能力培养为原则,以编出特色教材、精品教材为指导思想,注意教材的立体化建设,在教材的体系上下功夫。编写过程中,每部教材都经过主编和参编辛勤认真的编写和主审专家的严格把关,使本套教材既继承老教材的特点,又适应新形势下教改的要求,保证了教材的系统性和精品化,体现了创新教育、能力教育、素质教育教学理念,有效激发学生自主学习能力,提高学生的综合素质和创新能力,为培养出符合社会需要的优秀人才服务。丛书的出版对高校的教材建设、特别是精品课程及其教材的建设起到了推动作用。

衷心祝贺国防工业出版社和所有参编人员为我国高等教育提供了这样一套有水平、有特色、高质量的机械工程学科规划教材,并希望编写者和出版者在与使用者的沟通过程中,认真听取他们的宝贵意见,不断提高该套规划教材的水平!

中国工程院院士

2008年6月

前 言

本书是根据教育部机械基础课程教学指导分委员会制定的“机械原理教学基本要求”和“机械原理课程教学改革建议”的精神,为培养普通应用型大学机械类、近机类宽口径专业学生的综合设计能力和创新能力,以适应当前教学改革的需要,结合近年来一线教师的教学实践经验和研究生入学考试内容需要而编写的。

编写过程中,参阅了大量同类教材、相关技术标准和文献,注意取材的先进性与实用性,以及现代内容与传统内容的相互渗透与融合,注重培养学生的创新意识与工程实践能力,将 CAD 技术应用到机构图解法设计和分析中。

本书大致按 64 学时编写,可根据具体情况和不同的专业要求,对教材内容进行取舍,书中加 * 号的部分即为选讲选学内容。而第 13 章机械系统运动方案设计,最好结合机械原理的课程设计一同进行,以期收到较好的教学效果。

参加本书编写的有高慧琴(第 1 章、第 2 章、第 7 章、第 14 章),刘毅(第 3 章、第 13 章),冯运(第 4 章、第 9 章、第 11 章),王秀玲(第 5 章、第 8 章、第 12 章),张君彩(第 6 章),邓飞(第 10 章)。全书由高慧琴统稿。

本书由任家骏教授精心审阅,提出了不少宝贵的意见,特致以衷心感谢。

由于编者水平有限,难免有漏误及不当之处,敬请各位机械原理教师及广大读者批评指正。

编 者

2008 年 11 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 机械原理课程的研究对象	1
1.2 机械原理课程的研究内容	3
1.3 学习本课程的目的和方法	3
1.4 机械原理学科发展现状	4
第 2 章 机构的结构分析	5
2.1 机构结构分析的内容及目的	5
2.2 机构的组成	5
2.3 平面机构的运动简图	7
2.4 运动链成为机构的条件	10
2.5 平面机构的组成原理和结构分析	15
思考题及习题	19
第 3 章 平面连杆机构及其设计	23
3.1 连杆机构及其传动特点	23
3.2 平面四杆机构的类型和应用	23
3.3 平面四杆机构的基本知识	29
3.4 平面四杆机构的运动设计	34
3.5 平面多杆机构	44
3.6 空间连杆机构	47
思考题及习题	48
第 4 章 平面机构的运动分析	53
4.1 机构运动分析的内容、目的和方法	53
4.2 用速度瞬心法作机构的速度分析	53
4.3 用矢量方程图解法作机构的运动分析	57
4.4 综合运用瞬心法和矢量方程图解法对复杂机构进行速度分析	63
4.5 用解析法作机构的运动分析	64
思考题及习题	67
第 5 章 凸轮机构及其设计	71
5.1 凸轮机构的应用、特点和分类	71

5.2 从动件的运动规律及其选择	73
5.3 凸轮轮廓曲线的设计	80
5.4 凸轮机构基本尺寸的确定	87
思考题及习题	90
第6章 齿轮机构及其设计	94
6.1 齿轮机构的特点和类型	94
6.2 齿廓啮合基本定律	95
6.3 渐开线齿廓及其啮合特性	97
6.4 标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	99
6.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	105
6.6 渐开线齿廓的切削加工	109
6.7 渐开线齿廓的根切及其变位修正	111
6.8 变位齿轮传动	115
6.9 斜齿圆柱齿轮机构	117
6.10 圆锥齿轮机构	126
6.11 蜗杆机构	130
思考题及习题	133
第7章 齿轮系及其设计	136
7.1 齿轮系及其分类	136
7.2 轮系的传动比	137
7.3 轮系的功用	144
7.4 行星轮系的效率	148
7.5 行星轮系的设计简介	152
7.6 其他类型的行星传动简介	155
思考题及习题	158
第8章 其他常用机构	162
8.1 棘轮机构	162
8.2 槽轮机构	166
8.3 万向铰链机构	170
8.4 螺旋机构	171
8.5 不完全齿轮机构	173
8.6 凸轮间歇运动机构	175
思考题及习题	176
第9章 平面机构的力分析	177
9.1 机构力分析的任务和方法	177
9.2 不考虑摩擦时平面机构的动态静力分析	177

9.3 考虑摩擦时平面机构的受力分析	183
思考题及习题	189
第 10 章 机械效率和自锁	192
10.1 机械效率	192
10.2 机械的自锁	194
思考题及习题	197
第 11 章 机械的平衡	199
11.1 机械平衡的目的和内容	199
11.2 刚性转子的平衡	200
11.3 刚性转子的平衡实验	203
11.4 转子的平衡精度	204
11.5 平面机构的平衡	205
思考题及习题	210
第 12 章 机械系统的运转及其速度波动的调节	212
12.1 概述	212
12.2 机械的运动方程式	214
12.3 机械系统运动方程的求解	218
12.4 机械的周期性速度波动及其调节	220
12.5 机械的非周期速度波动及其调节	225
思考题及习题	226
第 13 章 机械系统运动方案的设计	228
13.1 概述	228
13.2 机械系统工作原理的确定	229
13.3 执行机构的选型与组合	231
13.4 机械传动系统设计和实例	237
13.5 运动方案评价	240
思考题及习题	241
第 14 章 AutoCAD 技术在机构设计与分析中的应用	242
14.1 概述	242
14.2 AutoCAD 技术在平面连杆机构设计中的应用	242
14.3 AutoCAD 技术在凸轮机构设计中的应用	245
14.4 CAD 技术在机构运动分析中的应用	248
思考题及习题	249
参考文献	250

第 1 章 绪 论

1.1 机械原理课程的研究对象

机械原理是机器和机构理论的简称,其研究对象是机械(机器和机构),研究内容是有关机械的基本理论问题。

人们在日常生活和生产过程中,广泛使用着各种各样的机器,从家庭用的缝纫机、洗衣机,到工业部门用的各种机床;从汽车、推土机,到工业机器人、机械手等。机器的种类繁多,它们的构造、用途和性能也各不相同。下面通过两个实例来探讨它们的组成和特征。

图 1-1(a)所示为一台单缸内燃机,燃气通过进气阀 10 被吸入汽缸 9 后,进气阀关闭,点火,使燃气在汽缸中燃烧产生压力,推动活塞 8 下行,通过连杆 3 使曲轴 4 转动,向外输出机械能。

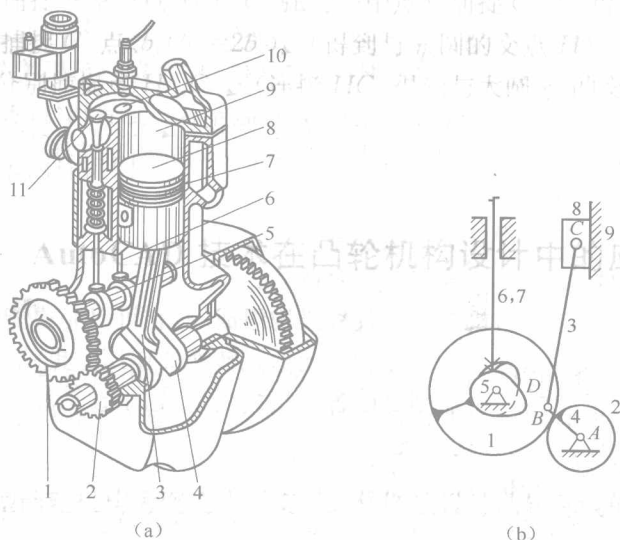


图 1-1

图 1-2 所示为用于活塞销尺寸自动分选机的上料机构。当盘 1 转动时,连杆 2 带动推杆 3 左移。并将活塞销推到检测位置,传感器 5 可检测到活塞销尺寸的变化。若盘 1 继续转动,推杆 3 退回起始位置并开始下一个工作循环。

从以上两个实例以及日常生活中所接触过的其他机器可以看出,虽然各种机器的构造、用途和性能各不相同,但是从它们的组成、运动确定性以及功、能关系来看,却都具有以下共同的特征:

(1) 它们都是人为的实物(机件)组合体。

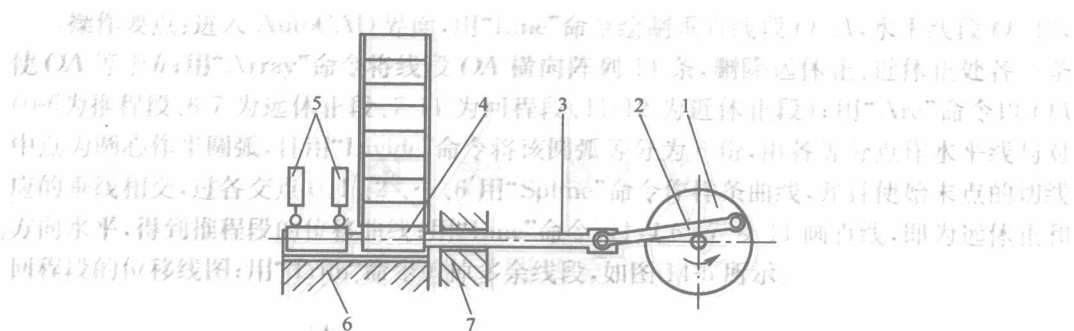


图 1-2

(2)各实物(机件)之间具有确定的相对运动。

(3)能够完成有效的机械功或转换机械能或传递信息(现代机器)。

可以说,机器是能够执行预期机械运动的一种装置,可用来完成有效机械功,转换或传递能量(和信息)。

进一步分析以上两种机器,可以看出,在机器的各种运动中,有些是传递回转运动的;有些是把转动变为往复移动的;有些则是利用机件的轮廓曲线实现预定规律的移动或摆动。因此人们常根据实现这些运动形式的机件外形特点,把相应的一些机件的组合称为机构。例如,图 1-1(a)中的齿轮 1 和齿轮 2,它们的运动特点是把高速转动变为低速转动或反之,称为齿轮机构;图 1-1(a)中的凸轮 5 和推杆 7,其运动特点是利用凸轮 5 的轮廓曲线使推杆 7 按预定的运动规律作周期性的往复移动,称为凸轮机构。图 1-1(a)中的齿轮 2、连杆 3 和曲轴 4,图 1-2 中转盘 1、连杆 2 和推杆 3,其主要构件的基本形状是杆状或块状,其运动特点是能实现转动、摆动、移动等运动形式的相互转换,称为连杆机构。由此可见机构具有机器的前两个特征:

(1)它们都是人为的实物(机件)组合体。

(2)各实物(机件)之间具有确定的相对运动。

通过以上分析可以看出,机器是由各种机构组成的,它可以完成能量的转换或做有用的机械功;而机构则仅仅起着运动传递和运动形式转换的作用。也就是说,机构是实现预期机械运动的实物组合体;而机器则是由各种机构所组成的能实现预期机械运动并完成有用机械功或转换机械能的机构系统。

一部机器,可能是多种机构的组合体,如上述的内燃机,就是由齿轮机构、凸轮机构和连杆机构等组合而成的;也可能只含有一个最简单的机构,例如,人们所熟悉的电动机,就只含有一个由定子和转子所组成的双杆回转机构。

由于机构具有机器的前两个特征,所以从结构和运动的观点来看,两者之间并无区别。因此,人们常用“机械”一词作为它们的总称。

需要指出的是,随着近代科学技术的发展,机器和机构的概念也有了相应的扩展。例如,在某些情况下,组成机构的机件已不能再简单地视为刚体;有些时候,气体和液体也参与了实现预期的机械运动;有些机器,还包含了使其内部各机构正常动作的控制系统和信息处理与传递系统等;在某些方面,机器不仅可以代替人的体力劳动,而且还可以代替人的脑力劳动(如智能机器人)。

机械一般由以下几部分组成:

(1)原动部分 它是机械动力的来源。常用的原动机有电动机、内燃机、液压缸或气动缸等。

(2)执行部分 用来完成预期的机械动作。其结构形式完全取决于机器的用途。

(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 控制机器实现或终止各种预定的功能。

14.3.2 实现从动件凸轮廓线的设计

1.2 机械原理课程的研究内容

机械原理课程研究的内容主要包括以下几个方面:

1. 机构结构分析的基本知识

在介绍有关构件、运动副、运动链等组成机构的基本要素基础上,研究机构简图的绘制方法及运动链成为机构的条件;提出杆组的概念,并据此分析机构的组成原理。为系统地进行机构的性能分析及机构运动方案的创新设计奠定基础。

2. 常用机构的分析与设计

对常用机构(连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间歇运动机构等)的运动及工作特性进行分析,并研究其设计方法。

3. 机构的运动分析

介绍对机构进行运动分析的基本原理和方法。

4. 机器动力学

分析机器在运转过程中其各构件的受力情况以及这些力的做功情况;研究机器在已知外力作用下的运动、机器速度波动的调节和不平衡惯性力的平衡问题。

5. 机械系统的方案设计

讨论在进行具体机械设计时机构的选型、组合、变异及机械系统的方案设计等问题,以便对这方面的问题有一个概略的了解,并初步具有拟定机械系统方案的能力。

1.3 学习本课程的目的和方法

由于机器的种类极其繁多,因此在教学计划中,按各种专业设置了相应的专业课程,针对有关专业机器的专门问题进行讲述;至于各种专业机器所共有的一些问题,则由机械原理、机械设计等几门技术基础课程来讨论。

机械原理课程以高等数学、普通物理、理论力学和机械制图等课程为基础,而它本身则又为以后学习机械设计和有关的专业课程打下理论基础。因此,机械原理是一门机械类各个专业必修的主干技术基础课程,它起着承前启后的桥梁作用。此外,本课程中有些内容也可以直接应用于生产实践。所以学习本课程的目的就是为今后学好机械类有关专业课打好理论基础,为机械新产品的创新设计以及现有机械的合理使用和改进打下良好基础。

在学习过程中,同学们要着重搞清楚课程中的基本概念,理解基本原理,掌握机构设计与分析的基本方法;在学习知识的同时,注重能力的培养,利用自己的能力去获取新的知识;还要注意理论联系实际,培养自己运用所学的基本理论和方法去发现、分析和解决

工程实际问题的能力。此外,工程问题都是涉及多方面因素的综合问题,因此要养成综合分析、全面考虑问题的习惯。

1.4 机械原理学科发展现状

机械原理学科是机械科学与工程的理论基础。现代机械技术的发展需要机械原理学科的理论支持,同时宇航技术、核技术、机器人技术及微机械电子技术等高新科学技术的兴起和发展以及计算机的普遍应用,极大地促进了机械原理学科的发展,创立了不少新的理论和研究方法,开拓了一些新的研究领域。

在机构结构理论方面,用拆副、拆杆、甚至拆运动链的方法将复杂杆组转化为简单杆组,以简化机构的运动分析和力分析;对多杆机构和空间机构结构分析与综合的研究也有不少的进展,特别是针对机器人、步行机、人工假肢和仿生机械的需要,机构结构理论与方法的研究不断获得新成果。

在连杆机构方面,重视了对空间连杆机构、多杆多自由度机构、连杆机构的弹性动力学和连杆机构的动力平衡的研究;在齿轮机构方面,发展了齿轮啮合原理,提出了许多性能优异的新型齿廓曲线和新型传动,加快了对高速齿轮、精密齿轮、微型齿轮的研制;在凸轮机构方面,重视对高速凸轮机构的研究,在凸轮机构从动件运动规律的开发、选择和组合上作了很多工作。此外,还发展了具有优良综合性能的组合机构以及各种机构的变异和组合等。

随着微电子技术、仿生技术的应用并向相关技术领域扩展,微机构、仿生机构的理论研究不断取得新的进展;随着机器向高速、重载、高精度、高效率、低噪音方向发展,研究机构的分析与设计方法所考虑的问题日益复杂,即要综合考虑质量分布、弹性变形、运动副间隙、制造误差、阻尼、不平衡、外界干扰的频率、表面润滑等多方面的因素,建立更符合实际情况的数学模型和更精确的分析、设计方法。

在机构设计与分析方面,扩大了计算机的应用,开展了辅助分析方法的研究,并且已经研制了一些便于应用的软件,此外,也已涉及Ⅲ级以上的平面机构及空间机构的运动分析及力分析问题。

在机械的分析和综合中日益广泛地应用了计算机,发展并推广了计算机辅助设计、优化设计、考虑误差的概率设计,提出了多种便于对机械进行分析和综合的数学工具,编制了许多大型通用或专用的计算程序。并将 AutoCAD 等绘图软件应用到机构设计与分析的图解法中。此外,随着现代科学技术的发展,测试手段的不断完善,也加强了对机械的实验研究。

总之,作为机械原理学科,其研究领域十分广阔,内涵非常丰富。在机械原理的各个领域,每年都有大量的内容新颖的文献资料涌现。因而,机械原理学科正处于蓬勃发展的时期,它在科学技术、国民经济发展以及人民生活中的作用越来越大。

第2章 机构的结构分析

2.1 机构结构分析的内容及目的

机构结构分析研究的主要内容及目的。

1. 机构运动简图的绘制

实际机构的外形比较复杂,为了便于研究机构,并对机构进行分析与综合,用简单的图形,即机构运动简图,把机构的结构状况表示出来。

2. 运动链成为机构的条件

不论是机器还是机构,它们的共同特征是各运动部分之间具有确定的相对运动。在设计新机器时,首先应判断所设计的各个构件组合能否运动;如果能够运动,那么在什么条件下运动才会确定。也就是探讨运动链成为机构的条件。

3. 机构的组成原理及结构分类

了解机构的组成原理和一般规律,无论对分析已有的机构还是创新设计新机器,都具有十分重要的指导意义。

2.2 机构的组成

2.2.1 构件

前面提到的“运动实体”、“机件”,是指机构运动时作为一个整体参与运动的单元体,称为构件。一个构件,可以是不能拆开的单一整体,但常见的构件,是由若干个分别加工制造的零件装配起来的刚性体。如图 2-1 所示的连杆就是由连杆体 1、连杆头 2、轴瓦 3、螺栓 4、螺母 5 和轴套 6 等零件装配成的运动整体,成为一个构件。可以说构件是运动的单元,零件是制造的单元。本课程以构件作为研究的基本对象。

2.2.2 运动副

当构件组成机构时,需要以一定的方式相互连接,并且这种连接是可动的。通常把两个构件直接接触并能产生相对运动的连接称为运动副。如图 2-2 所示的轴与轴承的配合、滑块与导槽的接触、齿轮的啮合等都构成了运动副。构件之间的接触不外乎点、线、面三种形式,例如相互啮合的轮齿之间为点或线接触;而轴颈与轴承、滑块与导槽之间则为面接触。这些参与接触而构成运动副的点、线、面称为运动副元素。

按照构成运动副两构件之间的相对运动是平面运动还是空间运动,可以把运动副分

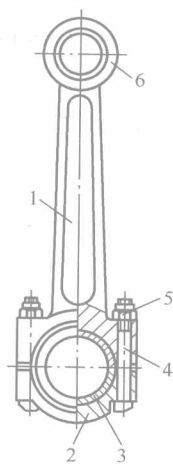


图 2-1

为平面运动副和空间运动副。

按照机构的运动范围,可将机构分为平面机构和空间机构。所有构件都只能在一个平面或相互平行的平面上运动的机构称为平面机构;至少有两个构件能在三维空间中相对运动的机构称为空间机构。常用的机构大多数为平面机构。

按照构成运动副两构件的接触情况,又把运动副分为高副和低副。两构件以点或线接触而形成的运动副称为高副(承载后,其接触部分的压强较高),如图 2-2(c)所示;面接触的运动副称为低副,如图 2-2(a)、(b)所示。

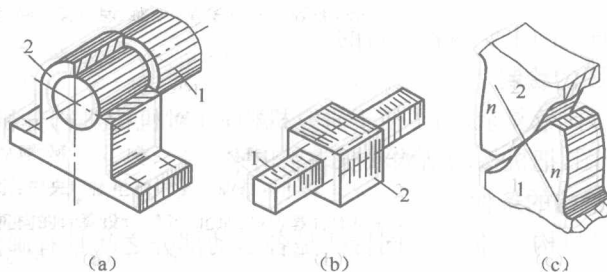


图 2-2

没有任何连接的两个平面构件有三个相对自由度,即两个移动自由度、一个转动自由度。很显然,运动副的作用是限制两构件之间的相对运动(自由度),这种限制称为约束。

图 2-2(a) 所示的运动副,两构件只能相对转动,两个移动的自由度被限制了,称为转动副。图 2-2(b) 表示构件 1 可以沿构件 2 纵向移动,而另一个移动和转动的自由度被限制了,称为移动副。图 2-2(c) 所示的平面高副,两构件可以相对转动和沿切线方向移动,而沿公法线 $n-n$ 方向移动的自由度被限制了。可见,一个低副引入两个约束,一个高副引入一个约束。

两个空间运动的自由构件,有六个独立的相对运动(三个移动和三个转动),如果将两构件连接构成运动副,将限制它们之间的相对运动,即引入约束。又因为两构件构成运动副后,仍需保证能产生一定的相对运动,故运动副引入的约束数目不能超过五个。根据引入的约束数目,又可以把运动副分为 V 级:引入一个约束的运动副称为 I 级副,引入两个约束的运动副称为 II 级副,依此类推,有 III 级副、IV 级副和 V 级副。如表 2-1 所列。

2.2.3 运动链

若干个构件通过运动副连接而构成的系统(构件组)称为运动链。如果组成运动链的每个构件至少包含两个运动副而形成封闭系统,成为闭式运动链,简称闭链,如图 2-3(a) 所示,否则称为开链,如图 2-3(b) 所示。

2.2.4 机构

在运动链中,如果将某一构件加以固定或相对固定(成为机架),当其中一个或几个构件按给定的规律独立运动时(原动件),其余构件随之作确定的运动(从动件),则这个运动链就成为机构。如果各个从动件根本不能运动,或作无规律的乱动,则这个运动链就不是机构。

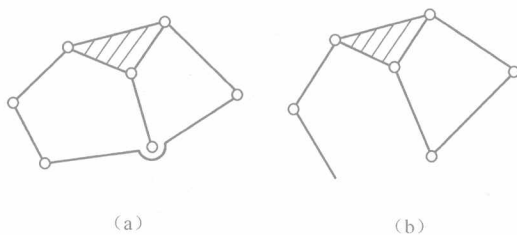


图 2-3

2.3 平面机构的运动简图

实际机构的外形往往比较复杂,在进行新机器的方案设计或对现有机器进行分析时,都需要用一种表示机构的简明图形。由于机构各部分的运动是由其原动件的运动规律、连接各构件的运动副类型和机构的运动尺寸(确定各运动副相对位置的尺寸)来决定的,而与构件及运动副的具体结构、外形(高副机构的运动副元素除外)、断面尺寸、组成构件的零件数目及固联方式等无关,因此可用国标规定的简单符号和线条代表运动副和构件,并按一定的比例尺表示机构的运动尺寸,绘制出表示机构运动传递情况的简明图形,这种图形称为机构运动简图。机构运动简图所要表示的主要内容为:运动副的类型和数目、构件的数目、运动尺寸、机构的类型等。

2.3.1 运动副的表示方法

为了便于表示运动副和绘制机构运动简图,运动副常常用简单的图形符号来表示(已有国家标准 GB 4460/T1984)。表 2-1 为常用运动副的类型及其代表符号。

表 2-1 常用运动副的型式及符号

名称	图形	级别	符 号	
			两运动构件组成的运动副	两构件之一固定时的运动副
平面运动副	转动副	V 级副		
	移动副	V 级副		
	平面高副	IV 级副		

(续)

名 称	图 形	级别	符 号	
			两运动构件组成的运动副	两构件之一固定时的运动副
空间运动副	点高副	I 级副		
	线高副	II 级副		
	球面副	III 级副		
	球销副	IV 级副		
	螺旋副	V 级副		

转动副都用小圆圈表示,移动副要把移动方向表达清楚,如果两构件之一是固定件(机架),则把固定件画上斜线。

当两构件组成高副时,在传动示意图或方案讨论用的运动简图中,可在两构件的接触处示意性地画出曲线轮廓,如果已经明确是凸轮机构或齿轮机构的高副,则可直接按凸轮机构或齿轮机构的简图形式,示意性地画出来(表明它是哪种凸轮机构或齿轮机构即可),如表 2-2 所列。

表 2-2 一般构件的表示方法

杆、轴类零件	
固定构件	
同一构件	
两副构件	
三副构件	

2.3.2 构件的表示方法

构件的相对运动是由运动副决定的,因此,在表达机构运动简图中的构件时。只需将构件上的所有运动副元素按照它们在构件上的位置用符号表示出来,再用简单线条将它们联成一体,表 2-2 所列为一一般构件的表示方法。例如具有两个运动副元素的构件,可以用一根直线连接两个运动副。为了准确地反映构件间原有的相对运动,表示转动副的小圆,其圆心必须与相对回转轴线重合;表示移动副的滑块、导杆或导槽,其导路必须与相对移动的方向一致;表示平面高副的曲线,其曲率中心的位置必须与构件实际轮廓曲率中心的位置一致。

同理。具有三个运动副元素的构件可用三条直线连接三个运动副元素组成的三角形来表示。为了说明这三个运动副元素是在同一构件之上,应将每两条直线相交的部位涂上焊缝记号或在三角形中间画上斜线。

依此类推,具有 n 个运动副元素的构件可以用 n 边形表示。

2.3.3 机构运动简图的绘制

绘制机构运动简图时,首先要搞清楚所要绘制机械的结构和动作原理,然后从原动件开始,按照运动传递的顺序,仔细分析各构件相对运动的性质,确定运动副的类型和数目;在此基础上合理选择视图平面,通常选择与大多数构件的运动平面相平行的平面为视图平面;选取适当的长度比例尺($\mu_l = \text{实际尺寸(m)}/\text{图上长度(mm)}$),按一定的顺序进行绘图,并将比例尺标注在图上。

机构运动简图必须与原机构具有完全相同的运动特性,可以根据该图对机构进行运动分析和力分析。

如果只是为了表明机构的结构状况,也可以不按严格的比例来绘图简图,这种简图称为机构示意图。

在机构运动简图中,某些构件有它们专门的习惯表示方法,如表 2-3 所列。

表 2-3 常用机构运动简图符号

在支架上的电动机		外啮合圆柱齿轮传动	
带传动		内啮合圆柱齿轮传动	
链传动		齿轮齿条传动	
摩擦轮传动		圆锥齿轮传动	