



普通高等教育“十三五”规划教材

林业机械 设计基础

LINYE JIXIE SHEJI JICHU

沈嵘枫◎主编



中国林业出版社

普通高等教育“十三五”规划教材

林业机械设计基础

沈嵘枫 主编

中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

林业机械设计基础 / 沈嵘枫主编. —北京: 中国林业出版社, 2016. 12
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5038-8772-7

I. ①林… II. ①沈… III. ①林业机械-机械设计-高等学校-教材 IV. ①S776.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 267852 号

国家林业局生态文明教材及林业高校教材建设项目

中国林业出版社·教育出版分社

策划、责任编辑: 张东晓

电话: (010)83143560 传真: (010)83143516

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同7号)
E-mail: jiaocaipublic@163.com 电话: (010)83143500
http: //lycb. forestry. gov. cn

经 销	新华书店
印 刷	北京市昌平百善印刷厂
版 次	2016 年 12 月第 1 版
印 次	2016 年 12 月第 1 次印刷
开 本	787mm × 1092mm 1/16
印 张	22.25
字 数	547 千字
定 价	49.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

前言



PREFACE

随着科学技术的发展和制造过程的机械化、自动化水平的提高,在冶金、石油、化工、采矿、动力、土建、轻纺、交通运输和食品加工等行业工作的工程技术人员,都会不同程度地接触到各种类型的通用、专用机械装备的使用、维护、改进等问题,并必须应用一定的机械设计基础知识予以解决。通过本课程的学习,可以获得认识、使用和维修机械装备的基本知识,并具有运用机械设计图册、标准、规范、手册及设计简单机械传动装置的能力,为深入学习有关专业机械装备的课程和提高分析解决机械工程技术问题的能力奠定必要的基础。

本教材以培养学生工程实践能力、综合机械设计能力和创新能力为核心,以机械产品创新过程为主线,更新教学内容,优化课程体系,加强课程内容之间在逻辑和结构上的联系与综合。教材内容形成一个以培养学生工程实践和创新能力为目标的机械设计基础课程体系,充分体现系统分析和综合设计能力培养的宗旨,突出创新设计和总体方案设计能力的培养。本教材着重基本概念的理解和基本设计方法的掌握,不强调系统的理论分析;着重理解公式建立的前提、意义和运用,不强调对理论公式的具体推导;注意密切联系生产实际,努力培养解决工程实际问题的能力。

本教材主要包括螺纹连接与螺旋传动、带传动与链传动、钢丝绳传动、齿轮传动、蜗杆传动、液压传动、轮系、轴系零部件、轴承、回转体的平衡、平面连杆机构、凸轮机构及步进运动机构等内容。

本教材由福建农林大学沈嵘枫主编,张小珍参与全书编辑与修改。参加本教材编写的人员有:内蒙古工业大学闫文刚,内蒙古农业大学裴志永,中南林业科技大学魏占国,福建农林大学周成军、林曙、许浩等。

在本教材编写过程中,曾得到许多专家和同行的热情支持,并参考和借鉴了许多国内外公开出版和发表的文献,在此一并致谢。本教材的编写得到福建农林大学出版基金、福建农林大学博士后基金资助。

尽管编者已经竭尽全力,但由于时间仓促,水平有限,书中可能存在不妥或疏漏之处,恳请广大读者批评指正,以便再版时修订。

读者可以通过 fjshenrf@163.com 与编者联系,我们将竭诚为您服务,共同促进技术进步。

沈嵘枫
2016年6月

目 录

CONTENTS

前 言

第 1 章 机械设计基础概论	1
1.1 机器的组成	2
1.2 本课程的研究对象、基本要求	4
1.3 机器应满足的要求和设计制造程序	5
1.4 机械设计中的标准化	7
第 2 章 平面机构的运动简图及自由度	9
2.1 运动副及其分类	10
2.2 平面机构运动简图	11
2.3 平面机构的自由度	16
第 3 章 平面连杆机构传动	21
3.1 铰链四杆机构的基本类型、应用和特点	22
3.2 铰链四杆机构曲柄存在的条件	24
3.3 铰链四杆机构的演化	25
3.4 平面四杆机构的传动特性	29
3.5 平面四杆机构设计的图解法	31
3.6 平面四杆机构设计的解析法	34
第 4 章 凸轮机构传动	39
4.1 凸轮机构的应用及类型	40
4.2 从动件的常用运动规律	43
4.3 图解法设计凸轮轮廓	45
4.4 凸轮轮廓设计的解析法	50
第 5 章 齿轮机构	53
5.1 概述	54
5.2 渐开线齿廓	55
5.3 齿轮各部分名称、基本参数及渐开线标准直齿圆柱齿轮几何尺寸计算	56
5.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	59



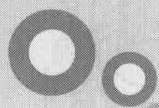
5.5	渐开线齿轮的切齿原理	62
5.6	渐开线齿轮的根切现象和最少齿数	64
第6章	间歇运动机构	67
6.1	棘轮概述	68
6.2	槽轮机构	69
6.3	不完全齿机构	70
6.4	凸轮间歇运动机构	71
第7章	机械零件设计概论	73
7.1	机械零件设计概述	74
7.2	机械零件的强度	74
7.3	机械零件的接触强度	77
7.4	机械零件的耐磨性	78
7.5	机械制造常用材料及其选择	79
7.6	公差与配合、表面粗糙度和优先系数	80
7.7	机械零件的工艺及标准化	82
第8章	挠性传动	85
8.1	带传动的类型和应用	86
8.2	V带与带轮	87
8.3	带传动的计算基础	92
8.4	普通V带传动的设计	97
8.5	带传动的张紧和维护	105
8.6	链传动的特点及应用	106
8.7	滚子链与链轮	106
8.8	链传动的运动分析和受力分析	109
8.9	链传动的主要参数及其选择	111
8.10	链传动的布置与润滑	112
8.11	钢丝绳	114
第9章	齿轮传动	133
9.1	齿轮的失效形式及计算准则	134
9.2	齿轮材料及热处理	135
9.3	齿轮传动的精度	137
9.4	直齿圆柱齿轮传动的受力分析及计算载荷	138
9.5	直齿圆柱齿轮传动的强度计算	140
9.6	直齿圆柱齿轮传动设计的计算准则及主要设计参数的选择	145



9.7 斜齿圆柱齿轮传动	147
9.8 斜齿圆柱齿轮传动的受力分析及强度计算	151
9.9 直齿锥齿轮传动	153
9.10 齿轮结构	157
9.11 齿轮传动润滑	159
第10章 蜗杆传动	163
10.1 蜗杆传动的类型	164
10.2 普通圆柱蜗杆传动的主要参数和几何尺寸	167
10.3 蜗杆传动的失效形式、设计准则和材料选择	171
10.4 蜗杆传动的受力分析	172
10.5 蜗杆传动的强度计算	173
10.6 蜗杆传动的效率及热平衡计算	175
10.7 蜗杆传动润滑	176
第11章 齿轮系传动	179
11.1 定轴轮系传动比的计算	180
11.2 行星轮系传动比的计算	183
11.3 组合行星轮系传动比的计算	187
11.4 轮系的功用	188
第12章 螺纹连接	195
12.1 概述、常用螺纹的类型特点和应用	196
12.2 螺纹连接的类型和螺纹紧固件	198
12.3 螺纹连接的预紧和防松	202
12.4 螺栓的强度计算	204
12.5 螺栓连接的结构设计	207
第13章 轴及轴毂连接设计	213
13.1 轴概述	214
13.2 轴的结构设计	217
13.3 轴的强度计算	222
13.4 轴的设计	228
13.5 轴毂连接	231
13.6 其他连接方式	240
第14章 滑动轴承	247
14.1 滑动轴承概述	248
14.2 滑动摩擦的状态	248



14.3	滑动轴承的类型和轴瓦的结构	249
14.4	滑动轴承的失效形式及材料	254
14.5	滑动轴承的润滑剂及润滑方式	259
14.6	不完全液体润滑滑动轴承设计计算	262
第15章	滚动轴承	265
15.1	滚动轴承的结构、基本类型和特点	266
15.2	滚动轴承的代号	270
15.3	滚动轴承的选择计算	272
15.4	滚动轴承的静强度计算	281
15.5	滚动轴承的润滑和密封	282
15.6	滚动轴承的组合设计	285
第16章	弹簧	293
16.1	概述	294
16.2	弹簧的材料	297
16.3	圆柱螺旋压缩、拉伸弹簧的设计计算	300
16.4	圆柱螺旋扭转弹簧	308
第17章	液压传动	313
17.1	液压传动的工作原理	314
17.2	液压传动的组成及特点	315
17.3	液压泵、液压缸、液压马达	317
17.4	液压阀	321
17.5	液压系统的设计	326
第18章	联轴器和离合器	333
18.1	联轴器	334
18.2	离合器	340
参考文献		345



第1章 机械设计基础概论



本章提要

本章介绍机械组成，能够区分机器、机构、构件，能看懂机械的组成结构，掌握机器的分类和组成，了解本课程的内容、性质、任务，熟练掌握机械应满足的要求，掌握机器设计、制造的一般程序，了解机械设计中的标准化；重点介绍了机器的组成。

- 1.1 机器的组成
- 1.2 本课程的研究对象、基本要求
- 1.3 机器应满足的要求和设计制造程序
- 1.4 机械设计中的标准化

按照用途的不同,可把机器分为动力机器、工作机器和信息机器。动力机器用来实现其他形式的能量与机械能间的转换,工作机器用来做机械功或搬动物品(即变换物料),信息机器用来获取或变换信息,现代机器一般由动力装置、传动装置、执行装置和操纵控制装置四部分组成。此外,还有必要的辅助装置。

1.1 机器的组成

机械是机器和机构的总称,机器是人类在生产中用以减轻或代替体力劳动和提高生产率的主要工具。随着科学技术发展,使用机器进行生产的水平已经成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。对于工科高等院校机械类和近机类专业的学生,学习和掌握机械设计基础知识是十分必要的。



图 1-1 采伐机示例

人类的发展史就是生产力的发展史。为了满足生产和生活上的需要,人类创造了各种各样的机械,如图 1-1 所示,用来代替或减轻人的劳动,提高生产效率。

随着科学技术的飞速发展,使用机械进行生产的水平已经成为衡量一个国家技术水平和现代化程度的重要标志之一。

机器是人们用来进行生产劳动的工具。机器的种类繁多,在生产中常见的有内燃机、电动机、冲床、机器人等,在日常生活中常见的有缝纫机、电风扇等。虽然它们的结构和用途各不相同,但却有着共同的特征,即都是执行机械运动的装置,用来变换或传递能量。

图 1-2 所示为一单缸内燃机。它是由活塞 1、连杆 2、曲轴 3、齿轮 4 与 5、凸轮 6、顶杆 7 及气缸体 8 等部分组成的。当气体推动活塞时,通过连杆将运动传至曲轴,使曲轴转动。从此可以看出,内燃机的基本功能就是使燃气在缸内经过进气-压缩-燃烧-排气的循环过程,将燃烧的热能转变为使曲轴转动的机械能。

图 1-3 所示为颚式破碎机。它是由机架 1、偏心轴 2、动颚板 3、肘板 4、带轮 5、定颚板 6 等组成的。偏心轴 2 与带轮 5 固连,电动机通过带传动驱动偏心轴转动,使动颚板做平面运动,从而轧碎动颚板与定颚板之间的矿石。

通过对各种机器进行结构分析可以发现,它们都有如下三个共同的特征:

- ①都是人为的多个实物的组合;
- ②各实物之间具有确定的相对运动;
- ③都能代替或减轻人类的劳动,实现能量转换或完成机械功。

机构也是认为的实物组合,用来传递运动和力。在图 1-2 所示的内燃机中,活塞(作为滑块)、连杆、曲轴和气缸体组成曲柄滑块机构(一种连杆机构),可将活塞的往复移动变为曲轴的连续转动。凸轮、顶杆和气缸体组成凸轮机构将凸轮的连续转动变为顶杆有规律的往复移动。曲轴、凸轮轴上的齿轮和气缸组成齿轮机构。由此可见,机器是由机构组成的。在一般情况下,一部机器可包含几个机构,而电动机则只有一个简单的二杆机构。

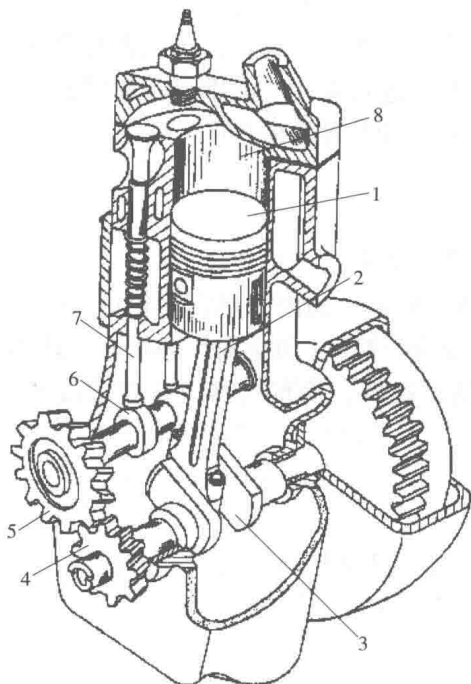


图 1-2 单缸内燃机

1-活塞；2-连杆；3-曲轴；4、5-齿轮；
6-凸轮；7-顶杆；8-气缸体

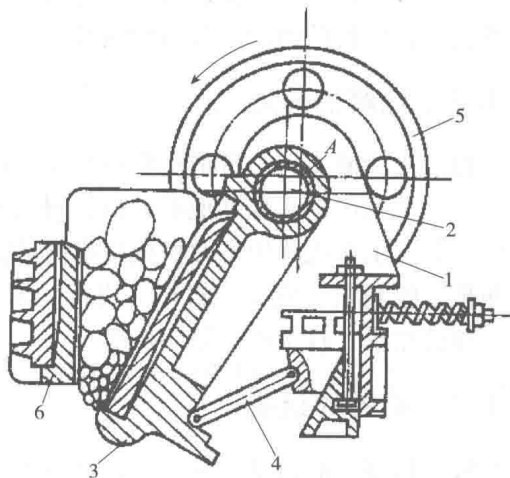


图 1-3 颚式破碎机

1-机架；2-偏心轴；3-动颚板；4-肘板；
5-带轮；6-定颚板

1.1.1 常用专业名称及其意义

机器：凡能实现确定的机械运动，又能做有用的机械功或完成能量、物料与信息转换和传递的装置，称为机器。

机构：只能用来运动力或以改变运动形式的机械传动装置，则称为机构，如连杆机构、齿轮机构等。

从运动的观点来看，机器与机构之间并无区别，所以通常将机器和机构统称为机械。

构件：组成机器的各个相对运动的单元体称为构件。

构件可以是单一的零件，如曲轴，也可以是几个零件组成的刚性结构，如内燃机的连杆(图 1-2)。构件是最小的运动单元，零件是最小的制造单元。

部件：通常把为了协同完成某一功能而装配在一起的若干个零件的装配体称为部件，部件是装配的单元，如联轴器、轴承、减速器等。

机械零件：常用来泛指零件和部件。

通用零件：各种机器中普遍使用的零件称为通用零件，如螺钉、齿轮、轴等。

专用零件：只在某些特定类型的机器中使用的零件称为专用零件，如发动机中的曲轴和活塞、汽轮机的叶片、纺织机的织梭等。

1.1.2 机器中常用机构

机器中常用的机构有：带传动机构、链传动机构、齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、



螺旋机构和间歇机构等。另外,还有组合机构。

一部机器,特别是自动化机器,要实现较为复杂的工艺动作过程,往往需要多种类型的机构。例如,牛头刨床含有带传动机构、齿轮机构、连杆机构、间歇机构和螺旋机构五种机构;内燃机的传动部分由曲柄滑块机构、齿轮机构和凸轮机构组成(图 1-2)。

1.1.3 机器的分类

按照用途的不同,可把机器分为动力机器、工作机器和信息机器。

动力机器用来实现其他形式的能量与机械能间的转换,如内燃机、涡轮机、电动机、发电机等;工作机器用来做机械功或搬动物品(即变换物料),如金属切削机床、轧钢机、织布机、收割机、汽车、机车、飞机、起重机、输送机等;信息机器用来获取或变换信息,如照相机、打字机、复印机等。

1.1.4 机器的组成

现代机器一般由动力装置、传动装置、执行装置和操纵控制装置四部分组成;此外,还有必要的辅助装置。前三种装置为机器的基本组成部分。

(1) 动力装置

动力装置是机器的动力来源,有电动机、内燃机、燃气轮机、液压马达、气功马达等。现代机器大多采用电动机,而内燃机主要用于运输机械、工程机械、农业机械。

(2) 传动装置

传动装置将动力装置的运动和动力变换成执行装置所需的运动形式、运动和动力参数,并传递到执行部分。机器中的传动有机械传动、液压传动、气压传动和电力传动。其中,机械传动应用最多。

(3) 执行装置

执行装置是直接完成机器预定功能的工作部分,如车床的卡盘和刀架、汽车的车轮、船舶的螺旋桨、带式输送机的输送带等。

(4) 操纵、控制及辅助装置

操纵和控制装置用以控制机器的起动、停车、正反转、运动和动力参数改变,以及各执行装置间的动作协调等。自动化机器的控制系统能使机器进行自动检测、自动数据处理和显示、自动控制和调节、故障诊断和自动保护等。辅助装置则有照明、润滑和冷却装置等。

1.2 本课程的研究对象、基本要求

1.2.1 本课程的研究对象

本课程研究的对象是一般工作条件下的常用机构和通用机械零、部件,是机械类和近机类各专业的一门主干技术基础课,旨在培养工程技术人员职业岗位所需的通用机械零件和常用机构的基本知识、基本理论和基本技能,使之基本具有分析、运用和维护机械传动和机械零件的能力,为今后解决生产实际问题及学习有关新的科学技术打下基础。



1.2.2 本课程的基本要求

本课程的主要任务是通过教学,应使学生达到下列基本要求:

- ①熟悉常用机构和通用机械零件的结构、工作原理、特点和应用;
- ②掌握通用零件机构和设计的基本方法,初步具有设计简单机械传动装置的能力;
- ③具有本课程有关的解题、计算、绘图、执行国家标准和较熟练使用有关技术资料的能力;
- ④基本具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能;
- ⑤基本具有使用、维护机械传动装置的能力;
- ⑥初步具有分析和处理机械一般问题的能力;
- ⑦初步具有在本课程中应用计算机的能力;
- ⑧了解有关技术经济政策和法规,掌握科学的工作方法和思想,具有严谨的工作作风、刻苦钻研精神和创新精神。

1.3 机器应满足的要求和设计制造程序

1.3.1 机器应满足的要求

机械设计的目的是满足社会生产和生活的需要。机械设计的任务是应用新技术、新工艺、新方法开发适应社会需求的各种新的机械产品,以及对原有机机械进行改造,从而改变或提高原有机机械的性能,机械设计应满足以下几个方面的要求:

(1)使用要求

机器应用规定的使用期限内保证实现预定的功能,达到规定的性能。这项要求主要靠合理地选择机器的工作原理,正确地设计传动方案,合理配置辅助系统等来实现。

(2)经济性要求

机器的经济应体现并贯穿在设计、制造和使用的全过程,以求获得最高的经济效益。在设计阶段,采用先进的现代设计方法,使设计参数精确并最优化。

(3)社会要求

对机器的社会要求有以下几个方面:应满足人机工程学要求;应满足安全运行要求;应满足工艺美学要求;应符合环保要求等。

(4)可靠性要求

机器的设计、制造、管理、使用环节都影响机器的可靠性,而起决定性作用的则是设计阶段。

(5)其他特殊要求

在满足以上基本要求的前提下,不同机械还有其特殊要求,如:机床有长期保持精度的要求;食品机械有防止污染的要求;大型设备有便于安装和运输的要求等。

1.3.2 机器设计、制造的一般程序

机械设计是一项复杂、细致和科学性很强的工作。随着科学技术的发展,对设计



的理解在不断地深化,设计方法也在不断地发展。近年来发展起来的“优化设计”“可靠性设计”“有限元设计”“模块设计”“计算机辅助设计”等现代设计方法已在机械设计中得到了推广与应用。即便如此,常规设计方法仍然是工程技术人员进行机械设计的重要基础,必须很好地掌握。常规设计方法又可分为理论设计、经验设计和模型实验设计等。

1.3.2.1 机器设计的内容与步骤

机械设计的过程通常可分为以下几个阶段:

(1) 产品规划

产品规划的主要工作是提出设计任务和明确设计要求,这是机械产品设计首先需要解决的问题。通常是根据市场需求提出设计任务,通过可行性分析后才能进行产品规划。

(2) 方案设计

在满足设计任务书中具体设计要求的前提下,由设计人员构思出多种可行性方案并进行分析论证,从中优选出一种能完成预定功能、工作性能可靠、结构设计可行、成本低廉的方案。

(3) 技术设计

在既定设计方案的基础上,完成机械产品的总体设计、部件设计、零件设计等,设计结果以工程图及计算书的形式表达出来。

(4) 制造及试验

经过加工、安装及调试制造出样机,对样机进行试运行或在生产现场试用,将试验过程中发现的问题反馈给设计人员,经过修改完善,最后通过鉴定。

1.3.2.2 机械零件的设计内容与步骤

与设计机器时一样,设计机械零件也常需拟定出几种不同方案,经过认真比较选用其中最好的一种。设计机械零件的一般步骤如下:

①根据机器的具体运转情况和简化的计算方案确定零件的载荷;

②根据零件工作情况的分析,判定零件的失效形式,从而确定其计算准则;

③进行主要参数设置,选定材料,根据计算准则求出零件的主要尺寸,考虑热处理及结构工艺性要求等;

④进行结构设计;

⑤绘制零件工作图,制订技术要求,编写计算说明书及有关技术文件。

对于不同的零件和工作条件,以上这些设计步骤可以有所不同。此外,在设计过程中这些步骤又是相互交错、反复进行的。

应当指出,在设计机械零件时往往是将较复杂的实际工作情况进行一定的简化,才能应用力学等理论解决机械零件的设计计算问题,因此这种计算或多或少带有一定的条件性或假定性,称为条件性计算。机械零件设计基本上是按条件性计算进行的,如注意到公式的适用范围,一般计算结果具有一定的可靠性,并充分考虑了机械零件使用的安全性。为了使计算结果更符合实际情况,有必要时可进行模型试验或实物试验。本书在介绍各种零件设计时,其内容的安排顺序基本上是按照上述设计步骤进行的。



1.4 机械设计中的标准化

在各种机械中,可以发现有许多零件(如螺纹连接、滚动轴承等)和部件(如机床照明灯、汽车发动机等)都是相同的,以及某些产品(如水泵、载重汽车等)是由小到大按一定规律组成系列的现象。这实际上就是机械设计中的标准化问题,即设计时要尽量考虑零件标准化、部件通用化、产品系列化。机械设计标准化的实际意义是:

①标准化后,同一型号零件的加工数量大大增加,便于采用高生产率的先进设备和技术进行大规模生产或组织专业化生产,可以合理使用原材料、节约能源、降低生产成本、提高产品质量;

②统一零件的性能指标,提高产品的可靠性;

③产品具有互换性;

④可以大大减少设计和制造工作量,减少设计中的差错,缩短设计制造周期,加速新产品的研发;

⑤便于维修,减少维修更换的工作量 and 时间。

我国目前对零件的尺寸、结构要素、材料性能、检验方法、设计方法、制图规范等都制定了标准。我国现行标准分为三级,即国家标准(GB)、行业标准(如机械行业标准 JB)和专业标准或企业标准。国际上有国际标准化组织(ISO),我国已加入了 ISO。目前我国的模具生产已有国家标准可以执行,但标准化效率较低。

小 结

本章介绍了机器的组成、本课程的对象及基本要求、机器应满足的要求和设计制造程序等基本知识。通过对机器组成介绍,得出机器、机构、构件等的区别,阐述了机器是由动力装置、传动装置、执行装置、操纵及辅助装置等组成的。机器应满足的五个要求,机器设计的内容与步骤。

习 题

- 1-1 机器通常由几部分组成?各组成部分的作用是什么?
- 1-2 什么是机器?什么是机构?机器与机构的区别是什么?
- 1-3 什么是零件?构件和零件的区别是什么?
- 1-4 机器有哪些基本要求?
- 1-5 简述机械设计的基本要求和步骤。



第2章 平面机构的运动简图及自由度



本章提要

本章介绍了机构运动简图的绘制方法，将实际机构或机构的结构图绘制成机构运动简图，各种复杂机构的机构运动简图，机构运动简图表达自己的设计构思；运动链成为机构的条件；机构自由度的计算方法；运用平面机构自由度计算公式计算出机构自由度；识别出机构中存在的复合铰链、局部自由度和虚约束，并做出正确处理；机构的组成原理和结构分析的方法，根据机构组成原理，用基本杆组、原动件和机架创新构思新机构的方法。重点介绍了平面机构自由度的计算。

- 2.1 运动副及其分类
- 2.2 平面机构运动简图
- 2.3 平面机构的自由度