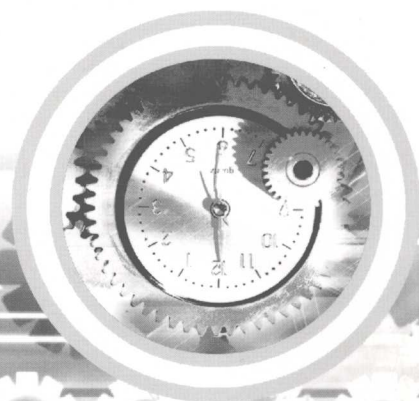


高职高专系列教材

机械设计基础

Jixie Sheji Jichu

■ 万苏文 主编
王贵成 主审



重庆大学出版社

机械设计基础

万苏文 主编

王贵成 主审

重庆大学出版社

内 容 提 要

全书共 16 章,按 90 课时编写,全书按如下思路逐一地进行分析研究和编写:首先介绍了机械设计的基础知识,然后分析自由度与机构运动简图、平面连杆机构、凸轮机构、间隙运动机构、摩擦与润滑,再分析螺纹联接与螺旋传动、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系、轴和轴毂联接、轴承、其他常用机械零部件等内容,最后简要地介绍了现代机械设计新方法,其中包括 CAD 的基础知识与应用举例,便于读者以后进一步学习与研究。

本书具有简明、实用、综合性强的特点。本书是高职高专机械、机电、数控、模具等类专业的技术基础课教材,也可以作为中等职业技术教育和社会培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/万苏文主编. —重庆:重庆大学出版社,2005.8

高职高专汽车运用与维修专业、模具专业、数控专业
基础课教材

ISBN 7-5624-3433-6

I. 机... II. 万... III. 机械设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091557 号

机械设计基础

万苏文 主编

王铸成 主审

责任编辑:周立 版式设计:周立

责任校对:邹忌 责任印制:秦梅

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆华林天美彩色报刊印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:18.5 字数:462 千

2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3433-6 定价:25.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

前言

目前我国的高等职业教育处于历史发展最好时期,高等职业教育为国民经济的发展作出了巨大的贡献。高职教育是培养直接在生产、管理、服务第一线从事技术应用、经营管理、高新技术设备的调试与应用的高级技术应用型人才。这类人才要求有较强的理论应用能力与实际动手能力,其知识的基本重点应在理论的应用与现代设备操作技能的培养上,而不能偏重理论推导与计算,应该偏重实践能力的培养而不是片面追求知识的系统性。因此随着我国的社会经济高速发展,如何编写能培养高职人才的教材已成为目前高职教育的当务之急。

为了适应这种形势发展的需求,编者根据教育部制定的《高职高专教育机械设计基础课程教学基本要求》(机械类专业适用),并结合编者多年从事教学、生产实践的经验编写了这本《机械设计基础》,它既适用于高职、高专人才的培养,也适用于中等职业技术教育。参考学时数为 70 ~ 100 学时。本《机械设计基础》教材有如下特点:

①以培养技术应用性人才为目标,贯彻基本理论以“必需、够用”为度的原则,删减了理论性较强的内容,而突出了实用性强的教学内容。

②文字表述力求通俗易懂,深入浅出,便于自学。

③注意规范性要求,力求所有工程技术术语符合国家(国际)新标准。

④与专业英语相结合,常用的名词有英文说明。

⑤该书对传统学科型教材中各章、节进行了分离与综合,把相似、相关的内容并在一起,章节既独立又紧密联系,便于教学中取舍。

⑥教材内容的编写按 90 课时计算(包括习题、实验课),全书中有关章节后设立“思考与练习题”,一方面可以深化教材内容,同时也可以加强应用理论知识解决实际问题能力的培养。

参加编写的有:刘进球老师(第 3,13 章)、卢志珍老师(第 5,6,7 章)、张香圃老师(第 4,9,15 章)、张彦明老师(第 8,12,16 章)、王军老师(第 2 章)万苏文老师(第 1,10,11,14 章)。

全书淮安信息职业技术学院由万苏文老师主编,江苏大学博士生导师王贵成教授仔细地审阅了全部文稿和图稿,提出了很多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加上时间仓促,缺点和错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 4 月

目 录

第 1 章 机械设计概述	1
1.1 机械、机器、机构与零件	1
1.2 机械设计的基本要求和设计程序	3
1.3 机械零件设计的标准化、系列化、通用化	4
1.4 本课程的性质、内容和基本要求	5
思考与练习题	5
第 2 章 机构的自由度与机构运动简图	6
2.1 机构的组成	6
2.2 平面机构运动简图	8
2.3 平面机构的自由度	11
思考与练习题	15
第 3 章 平面连杆机构	16
3.1 概述	16
3.2 平面四杆机构的基本形式及其演化	16
3.3 平面四杆机构的基本特性	20
3.4 用作图法设计平面四杆机构	24
思考与练习题	27
第 4 章 凸轮机构	30
4.1 概述	30
4.2 常用的从动件运动规律	33
4.3 盘形凸轮轮廓的设计方法与加工方法	37
4.4 凸轮设计应注意的问题	39
思考与练习题	42
第 5 章 间隙运动机构	43
5.1 棘轮机构	43
5.2 槽轮机构	47
5.3 不完全齿轮机构和凸轮式间歇运动机构	50
思考与练习题	53

第6章 摩擦、磨损及润滑	54
6.1 摩擦与磨损	54
6.2 润滑	58
6.3 密封装置	65
思考与练习题	69
第7章 螺纹联接与螺旋传动	70
7.1 螺纹联接的基本知识	70
7.2 螺纹联接的预紧和防松	76
7.3 螺栓联接的强度计算	78
7.4 螺纹联接件的材料和许用应力	82
7.5 提高螺栓联接强度的措施	84
7.6 螺旋传动简介	87
思考与练习题	90
第8章 带传动	92
8.1 带传动概述	92
8.2 带传动的受力分析及运动特性	94
8.3 带传动的弹性滑动及传动比	97
8.4 普通V带传动计算	98
8.5 V带轮设计	108
8.6 V带传动的张紧装置	110
8.7 同步齿形带简介	112
思考与练习题	112
第9章 链传动	114
9.1 概述	114
9.2 滚子链的结构及标准	115
9.3 滚子链传动的设计计算	119
9.4 链传动的布置、张紧及润滑	124
思考与练习题	125
第10章 齿轮传动	126
10.1 齿轮传动的特点与基本类型	126
10.2 渐开线齿廓	128
10.3 渐开线直齿圆柱齿轮的各部分名称、主要参数及 尺寸计算	131
10.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	137
10.5 渐开线齿轮的加工原理和根切现象	140
10.6 变位齿轮传动	143
10.7 齿轮传动的失效形式及设计准则	145

10.8 齿轮常用材料、热处理·····	146
10.9 齿轮结构设计及齿轮传动润滑和效率·····	148
10.10 标准直齿圆柱齿轮的设计计算·····	152
10.11 斜齿圆柱齿轮·····	162
10.12 直齿圆锥齿轮传动·····	169
10.13 齿轮传动的精度·····	171
思考与练习题·····	174
第11章 蜗杆传动 ·····	178
11.1 蜗杆传动的类型特点·····	178
11.2 蜗杆传动的主要参数和几何尺寸计算·····	180
11.3 蜗杆传动的失效形式及强度计算·····	184
11.4 蜗杆传动的材料、结构、安装与维修·····	186
思考与练习题·····	190
第12章 齿轮系 ·····	192
12.1 齿轮系的类型·····	192
12.2 定轴轮系的传动比计算·····	193
12.3 周转轮系的传动比计算·····	196
12.4 复合轮系的传动比计算·····	199
12.5 轮系的应用·····	200
12.6 几种特殊的行星传动简介·····	202
12.7 减速器·····	204
思考与练习题·····	206
第13章 轴和轮毂联接 ·····	208
13.1 概述·····	208
13.2 轴的结构设计·····	211
13.3 轴的强度计算·····	217
13.4 轴毂联接(键、销、成型、过盈联接)·····	223
思考与练习题·····	228
第14章 轴承 ·····	229
14.1 轴承的功用及类型·····	229
14.2 滚动轴承结构及代号·····	230
14.3 滚动轴承的失效形式和寿命计算·····	237
14.4 滑动轴承·····	243
14.5 滚动轴承的精度等级、配合选择及润滑·····	248
14.6 滚动轴承的组合设计·····	252
思考与练习题·····	257
第15章 其他常用零部件 ·····	259
15.1 联轴器·····	259

15.2 离合器	266
15.3 弹簧	268
思考与练习题	272
第 16 章 先进设计方法简介	274
16.1 现代设计方法概述	274
16.2 机械 CAD 简介	275
16.3 机械优化设计的基本概念	281
16.4 机械可靠性的设计方法简介	283
16.5 机械稳健设计技术和虚拟设计方法简介	285
思考与练习题	287
参考文献	288

第 1 章

机械设计概述

1.1 机械、机器、机构与零件

当今世界,随着科学技术的发展,人们越来越离不开各式各样的机器。如汽车、机床、电动机、内燃机、自行车、缝纫机、打印机等,机器已经深入到我们生活的方方面面。什么是机械?机器由哪些部分组成?如何设计出来的?机构与零件的关系如何?这些问题常常摆在我们的面前,因此学习一些机械知识,掌握一定的机械设计、运用、维护与修理方面的理论、方法和技能是十分必要的。

1.1.1 机械与机器

机构与机器统称为机械。

机器是一种用来变换或传递能量、物料和信息,能执行机械运动的装置。机器的种类繁多,机构型式和用途也各不相同,但它一般具有三个共同的特征:

- ①都是一种人为的实物组合;
- ②各部分形成运动单元,各单元之间具有确定的相对运动;
- ③能实现能量的转换或完成有用的机械功。

同时具备上述三个特征的称为机器,仅具备前两个特征的称为机构。

另外,用功能分析的观点看机器,还可以认为机器是由动力部分(如牛头刨床中的电动机)、传动部分(如图 1.1 中的齿轮)、执行部分(如图 1.1 中的导杆机构)和控制部分所组成。

1.1.2 机构、部件、构件与零件

从运动的角度看,机器是由若干个运动的单元所组成,这种运动单元称为构件。构件可以是一个零件(如图 1.1 中的导杆 5),也可以是若干个零件的刚性组合体(如图 1.1 中,齿轮 1、轴 13、键 14 组合为一个构件)。在此,各构件之间也是有联系的,是靠运动副联系起来的。构件与构件直接接触所形成的可动联接称之为运动副。用运动副将若干个构件联接起来以传递运动和力的系统称之为机构,其中有一个相对静止的构件是机架。常用机构有齿轮机构、连杆

机构、凸轮机构等。用运动的观点看机器,可以认为一部机器就是若干个机构组合而成的,这就为机器的运动分析与设计带来了方便。

从制造的角度看,机器是由若干个零件装配而成的。零件是机器中不可拆卸的制造单元。可以将零件按其是否具有通用性分为两大类:一类是通用零件,另一类是专用零件。通用零件应用很广泛,几乎在任何一部机器中都能找到它,例如齿轮、轴、螺母、螺栓、垫圈、销钉等;专用零件仅用于某些机器中,常可表征该机器的特点,例如牛头刨床的滑枕(见图 1.1)、起重机的吊钩等。有时为了装配方便,先将一组组协同工作的零件分别装配或制造成一个个相对独立的组合体,然后再装配成整机,这种组合体常称之为部件(或组件),例如牛头刨床的刀架(见图 1.1),车床的主轴箱、尾座、滚动轴承等。将机器看成是由零部件组成的,不仅有利于装配,也有利于机器的设计、运输、安装和维修等。按零部件的主要功用可以将他们分为联接与紧固件、传动件、支承件等。在机器中,零件都不是孤立存在的,它们是通过联接、传动、支承等形式按一定的原理和结构联系在一起的,这样才能发挥出机器的整体功能。

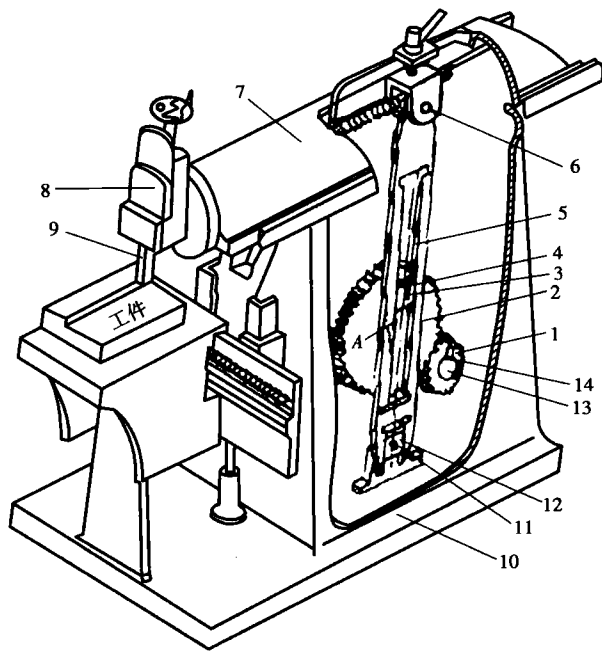


图 1.1 牛头刨床

1、2—齿轮;3、6、11—销钉;4—滑块;5—导杆;7—滑枕;8—刀架;
9—刨刀;10—床身;12—摇块;13—轴;14—键

机器的种类很多,其构造、性能和用途各不相同。如图 1.2 所示为单缸的冲程内燃机,它由汽缸体 1、活塞 2、进气阀 3、排气阀 4、连杆 5、曲轴 6、凸轮 7、顶杆 8、齿轮 9 和齿轮 10 等组成。活塞的反复移动通过连杆 5 转变为曲轴 6 的连续转动。凸轮和顶杆是用来启闭进气阀 3 和排气阀 4 的,三个齿轮保证进、排气阀和活塞之间形成一定节奏的动作。以上各部件的协同工作便能使燃气的热能转换为曲轴转动的机构能。因此,机器是执行机构运动的装置,用来完成有用的机械功或转换机械能。

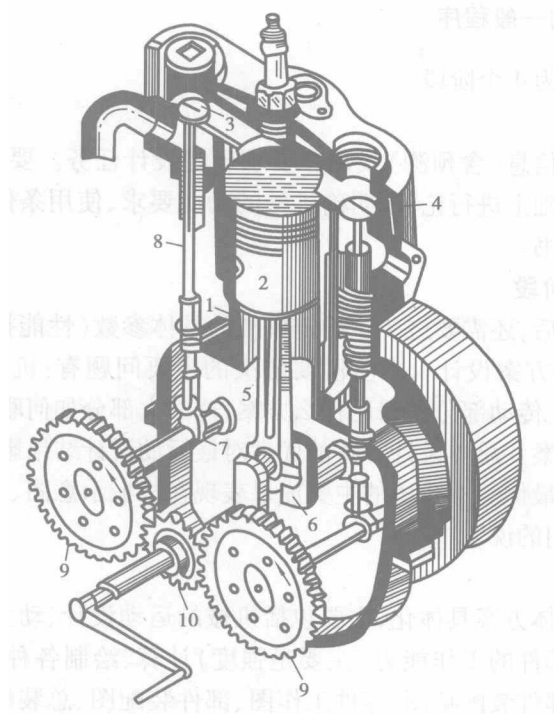


图 1.2 内燃机

1.2 机械设计的基本要求和设计程序

1.2.1 机械设计应满足的基本要求

机械设计是人们从生产和生活的实际需要出发,运用设计理论、方法和技能,经过构思、计算、绘图等过程,创造新机械的活动。机械设计可以是开发新产品,也可以是改造现有的机械。机械设计的基本要求一般有如下方面的要求。

1) 使用要求 使用要求是指机械在规定的工作期限内能实现预定的功能,并且操作方便、安全可靠、维护简单。

2) 经济性要求 经济性要求是指在设计、制造方面周期短、成本低;在使用方面效率高、能耗少、生产率高、维护与管理的费用少。

3) 工艺性要求 机械的工艺性要求是指在保证工作性能的前提下,尽量使机械的结构简单、好加工、易装配、修理方便。

4) 其他要求 机械设计除了要使机械达到以上要求以外,还要考虑其他方面。如设计新颖独特,符合人们求新、求异、求变化的心理特征;外观造型和色彩符合工业美学原则,具有时代感;尽量减少对环境的污染,特别是降低噪声;对于某些有特殊要求的机械,例如食品机械要考虑干净、卫生、易于清洗;设计飞行器要考虑重量轻、可靠性强等。

1.2.2 机械设计的一般程序

机械设计一般可分为4个阶段。

(1) 决策准备阶段

本阶段应根据市场信息(含预测)或用户要求确定设计任务。要在反复调查研究、分析、收集整理信息资料的基础上进行论证,明确机械的功能要求、使用条件等,做出决策。本阶段的成果表现为设计任务书。

(2) 总体方案设计阶段

明确了设计的任务后,还需要进一步确定机械的具体参数(性能指标、总体尺寸、重量、适用范围等),并进行总体方案设计。本阶段要解决的主要问题有:机械依靠什么原理完成任务,执行部分、动力部分、传动部分各采用什么方案,这三大部分如何联接、怎样布置,操纵控制它们的装置采用什么方案。总体设计方案的优劣对最后的设计结果影响最大,要反复推敲、科学论证、全面评价、寻求最优。本阶段的主要成果表现在机械示意图、工作原理图、机构运动简图、传动系统图和对它们的说明中。

(3) 技术设计阶段

本阶段就是要将总体方案具体化,主要包括机械的运动设计、动力计算、零部件的材料选择、结构设计和主要零部件的工作能力(主要是强度)计算、绘制各种图样等。此阶段的技术成果有总体设计草图、部件装配草图、零件工作图、部件装配图、总装配图、标准件明细表和有关的设计计算草稿等。

(4) 整理技术文档阶段

此阶段要编写设计计算说明书、使用说明书,还要整理图样,将全部图样装订成册,编写图样目录。

设计是否达到预期目的,是否正确合理,还要通过实践来检验。因此设计人员应该尽量参加产品的试制与鉴定,投产后还要经常了解销售和用户的使用情况,掌握反馈信息,及时发现问题,采取改进措施。

1.3 机械零件设计的标准化、系列化、通用化

标准化、系列化、通用化简称为“三化”。“三化”是我国现行的一项很重要的技术政策,在机械设计中要认真贯彻执行。

标准化是指将产品(特别是零部件)的质量、规格、性能、结构等方面的技术指标加以统一规定并作为标准来执行。我国的标准已经形成了一个庞大的体系,主要有国家标准、行业标准等。为了与国际接轨,我国的某些标准正在迅速向国际标准靠拢。常见的标准代号有GB、JB、ISO等等,它们分别代表中华人民共和国国家标准、机械工业标准、国际标准化组织标准。

系列化是指对同一产品,在同一基本结构或基本条件下规定出若干不同的尺寸系列。

通用化是指在不同种类的产品或不同规格的同类产品中尽量采用同一结构和尺寸的零部件。

贯彻“三化”的好处主要是:减轻了设计工作量,有利于提高设计质量并缩短生产周期;减

少了刀具和量具的规格,便于设计与制造,从而降低其成本;便于组织标准件的规模化、专门化生产,易于保证产品质量、节约材料、降低成本;提高了互换性,便于维修;便于国家的宏观管理与调控以及内、外贸易;便于评价产品质量,解决经济纠纷等。

1.4 本课程的性质、内容和基本要求

本课程是一门重要的专业基础课,综合应用各先修课程的基础理论和生产知识,解决常用机构及通用零部件的分析和设计问题。课程的任务是培养学生掌握通用零部件和常用机械传动(含机构)的基本知识、基本理论和基本技能,使他们初步具有分析、设计、运用和维护机械传动装置的能力,为他们解决机械方面的实际问题和继续学习打下基础。为此,本课程有16章内容,安排了常用机构的基本原理与应用、机械联接的原理与应用、机械传动和支承零部件的设计与维护、润滑与密封、计算机辅助设计等方面的教学内容。

通过本课程的教学,学生应达到以下基本要求。

- ①熟悉通用零部件和常用机械传动(含机构)的工作原理、结构、特点及应用。
- ②掌握通用零部件和常用机械传动(含机构)的选用和基本设计方法,初步具有设计简单机械传动装置的能力。
- ③初步具有运用和维护机械传动装置的能力。
- ④初步具有测绘、装拆、调整、检测一般机械装置的技能。
- ⑤初步具有分析和处理机械中一般问题的能力。
- ⑥具有与本课程有关的解题、运算、绘图、执行国家标准、收集和使用技术信息与资料的技能。

总之,本课程是理论性和实践性都很强的机械类及近机类专业的主干课程之一,在教学中具有承上启下的作用,是机械工程师及工程技术人员必修课程。

思考与练习题

- 1.1 机械与机器、机构与零件的区别是什么?
- 1.2 机械设计应满足哪些基本要求?
- 1.3 机械设计一般可分为哪4个阶段?
- 1.4 何为“三化”,标准化的重要意义是什么?

第 2 章

机构的自由度与机构运动简图

机构是由具有确定的相对运动的构件组成的。当所有组成构件在同一平面内或在平行平面内运动,则为平面机构,否则为空间机构。本章讨论的是平面机构。

平面机构结构分析的目的在于分析机构运动的可能性以及运动确定的条件。通过本章的学习,要求掌握运动副的概念、正确绘制机构运动简图的方法以及平面机构自由度的计算方法。

2.1 机构的组成

2.1.1 运动副的概念

如上所述,机构是由许多构件组合而成的。两构件直接接触并保持一定的相对运动,则此两构件之间的这种可动联接称为运动副。构件之间的接触不外乎点、线、面三种,这些参与接触而构成运动副的点、线、面称为运动副元素。

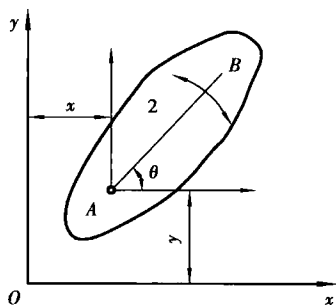


图 2.1 自由度

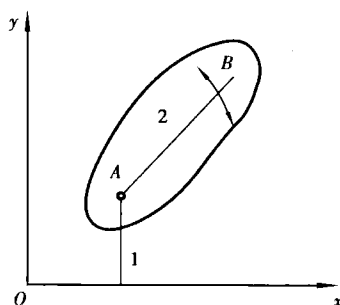


图 2.2 受约束构件

2.1.2 自由度与约束条件

构件做平面运动时,其运动可分解为三个独立运动,沿 x 轴的移动、沿 y 轴的移动和绕垂直于 xOy 平面轴的转动(图 2.1)。把构件所具有的独立运动的数目称为自由度。

当构件间用运动副相联之后,构件的运动则受到限制,自由度便随之减少(图 2.2)。对构件某一个独立运动的限制称为约束条件。故每加上一个约束条件,构件便失去一个自由度。因此,运动副对构件相对运动所产生的作用是:①在两构件间施加约束,减少与约束条件数量相等的自由度;②限制两构件间相对运动的形式。

显然,两构件间所受约束条件的多少和约束特性,完全取决于运动副的类型。

2.1.3 运动副的分类

根据构件的接触方式,运动副分为高副和低副两大类。

(1) 低副

两构件以面接触而组成的运动副称为低副。组成低副时引入的约束条件为 2,故构件失去的自由度亦为 2,低副按允许相对运动的形式不同又可分为:

1) 转动副 组成运动副的两构件只能在一个平面内作相对转动,这种运动副称为转动副,或称铰链(图 2.3)。若其中一个构件固定,则称为固定铰链,若两个构件均不固定,则称为活动铰链。

2) 移动副 组成运动副的两构件只能沿轴线相对移动,这种运动副称为移动副(图 2.4)。这类运动副由于是面接触,在承受载荷时压强较低,不易磨损。

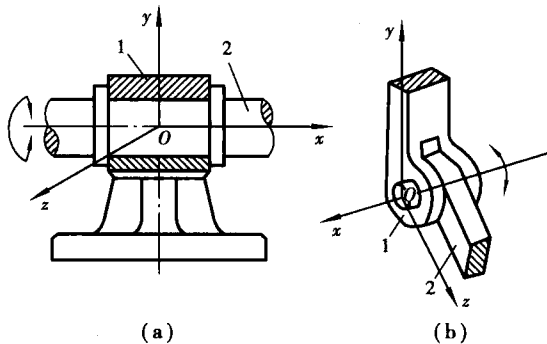


图 2.3 转动副

(a) 固定铰链 (b) 活动铰链

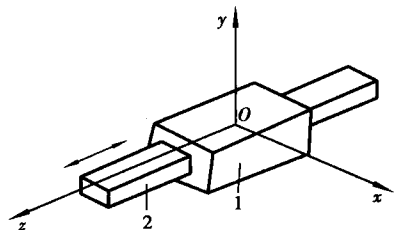


图 2.4 移动副

(2) 高副

两构件以点或线接触而组成的运动副称为高副,如图 2.5 所示。构件 2 可以相对于构件 1 绕接触点 A 转动,又可以沿接触点的切线 $t-t$ 方向移动,只是沿公法线 $n-n$ 方向的运动受到限制。可见组成高副时引入的约束条件为 1,即失去的自由度亦为 1。高副由于以点或线相接触,其接触部分压强较高,故易磨损。

约束一个相对转动而保留两个独立相对移动的运动副是不可能存在的。因为只要两构件一旦直接接触,沿接触点公法线相对移动的可能性即被取消(如图 2.5 所示,构件 2 沿 $n-n$ 向



图 2.5 平面高副
(a)线接触 (b)点接触

下运动将受到构件 1 的限制。如沿 $n-n$ 向上运动,则两构件将脱离接触而不再成为运动副了)。因此,从相对运动来看,平面运动副不外乎上述几种型式。

由此可见,在平面机构中,具有两个约束的运动副(转动副和移动副)都是面接触;具有一个约束的运动副都是点或线接触。也就是说,在平面机构中,平面低副具有两个约束,平面高副具有一个约束。

2.2 平面机构运动简图

2.2.1 绘制机构运动简图的目的

事物都有它的现象和本质,现象是指事物的外部形态,本质是指事物的内在联系。绘制机构运动简图的目的在于:撇开那些与机构运动无关的外部形态,而把决定机构运动性质的内在联系抽象出来,以便揭示机构的运动规律和特性。

实际的机器或机构比较复杂,构件的外形和构造也各种各样。但是机构的相对运动只与运动副的数目、类型、相对位置及某些尺寸有关,而与构件的截面尺寸、组成构件的零件数目、运动副的具体结构等无关。因此在研究机器或机构运动时可以不考虑与运动无关的因素,而用线条表示构件,用简单符号表示运动副的类型,按一定比例确定运动副的相对位置及与运动有关的尺寸,这种简明表示机构各构件运动关系的图形就叫做机构运动简图。

对于只为了表示机构的结构及运动情况,而不严格按照比例绘制的简图,通常称为机构示意图。

机构中的固定构件称为机架,它的作用是支承运动构件。由外界给定运动规律的构件称为主动件,一般主动件与机架相连。除主动件以外的全部活动构件都称为从动件。在机构运动简图中,构件和运动副的表示符号见表 2.1。

2.2.2 平面机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图通常可按以下步骤进行: