

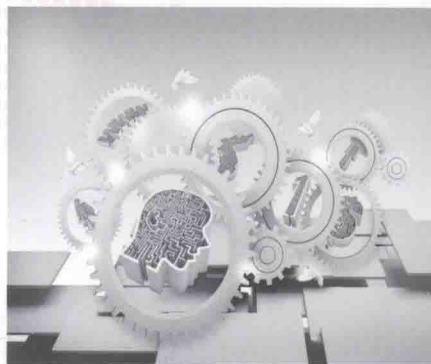


远程教育“十二五”规划教材

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

闫玉涛 主编



東北大學出版社
Northeastern University Press

远程教育“十二五”规划教材

机械设计基础

闫玉涛 主编

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 闫玉涛 2013

图书在版编目 (CIP) 数据

机械设计基础 / 闫玉涛主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2013. 12
ISBN 978-7-5517-0476-2

I. ①机… II. ①闫… III. ①机械设计 IV. ①TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 281019 号

内容简介

本书是为适应网络教学的需要而编写的, 主要以满足机械设计基础教学的基本要求为主。本书包括理论知识、设计实践和综合测试题 3 部分。绪论介绍了机械及其组成, 课程的研究内容、性质和任务; 第 1 章至第 5 章分别介绍了平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等常用机构的组成原理、类型、特点和设计方法; 第 6 章至第 14 章分别介绍了连接件、传动件、轴系零部件的工作原理、设计计算方法和标准件的选用原则等; 第 15 章介绍了设计实践教学的要求、内容和参考例图。

本书可作为高等院校近机械类各专业的教学用书, 也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 抚顺光辉彩色广告印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 19

字 数: 486 千字

出版时间: 2013 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2013 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 杨峻岩

封面设计: 刘江旻

责任校对: 辛 思

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0476-2

定 价: 39.50 元

远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

主 任 姜茂发

常务副主任 卢俊杰 刘常升

委 员 (以姓氏笔画为序)

于天彪 马 明 吕文慧 孙新波

巩亚东 宋叔尼 李鸿儒 李 晶

杜宝贵 陈国秋 周成利 赵 文

徐文清 栗 志 黄卫祖 蒋 敏

总 序

2010年，党中央、国务院召开了新世纪第一次全国教育工作会议，发布了《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》。纲要中明确指出：“加快发展继续教育。更新继续教育观念，加大投入力度，加快各类学习型组织建设，基本形成全民学习、终身学习的学习型社会。”“大力发展现代远程教育……为学习者提供方便、灵活、个性化的学习条件。”《纲要》指明了教育事业科学发展的方向，描绘了教育改革发展的宏伟蓝图。

2012年6月，教育部颁布了《国家教育事业第十二个五年规划》，对我国未来五年继续教育体系建设做出了科学规划。强调要发挥现代信息技术在继续教育中的作用，把发展现代远程教育作为建设学习型社会的重要战略举措。

自教育部1999年3月批准现代远程教育第一批试点高校以来，已有68所高校开展了远程教育的试点工作。到2010年年底，远程教育在校本专科学生数已达到453万人，占当年全国继续教育人数的35%（数据来源：教育部网站）。远程教育已经成为继续教育体系中的重要组成部分。

教材是与远程学习者关系最为密切的一个要素，是资源建设的一个重要组成部分。随着试点工作的不断深入，各高校在人才培养模式、资源建设、学习支持服务等方面开展了积极的探索与实践，远程教育教材建设工作越来越为各试点高校所重视。开发建设适合远程教育学习的教材，直接影响学习者的学习成效，关系到远程教育的质量。

在十几年来远程教育试点工作经验基础上，针对远程教育的特点及学生的实际情况，我们开发了“远程教育‘十二五’规划教材”。在教材开发过程中，从教材建设指导委员会到每一位编著者，都对远程教育的现状与特点做了认真研究；教材编著者都是远程教育的课程主讲教师，熟悉远程教育教学模式，了解学生实际情况及

需求,保证了教材具有较强的先进性、针对性和实用性。

教材是远程教育资源的重要组成部分,教材建设工作是一项长期而艰巨的任务。符合远程教育实际,能够满足学生实际需求的教材,对于提高学生学习效率,构建学生自主学习环境具有重要意义。我们希望通过“远程教育‘十二五’规划教材”的建设工作,探索出一条教材建设工作的新思路、新方法,为我国远程教育事业的发展起到积极的推动作用。

(东北大学) 远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

2012年11月18日

前 言

本书根据课程教学指导委员会审定通过，由教育部批准的高等工业学校“机械设计基础课程教学基本要求”“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的要求，结合网络教学特点和近几年网络教学的实践经验编写而成。它是近机械类各专业机械设计基础课程的教学用书，也可供其他专业的师生和工程技术人员作为参考书。

在本书编写过程中，本着“打好基础，精选内容，逐步更新，利于教学”的精神，突出本门课程所必需的基本理论、基本知识和基本技能，以满足教学基本要求为前提，精选编写内容。结合网络课程教学的特点——学生以课件的自主学习为主，通过建设良好的网络平台与指导教师进行非面对面的交流，网上提交作业等方式进行学习，增加了设计实践教学内容和指导，精心编写了习题和综合测试题及参考答案，以利于学生的学习、复习和学习成果的自我检验，满足学生自主学习的要求。

本书采用最新国家标准和资料，并采用我国法定的计量单位。

本书由闫玉涛担任主编，由孙志礼教授担任主审。

由于编者的水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，殷切希望广大读者批评指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录

绪 论	1
0.1 机械及其组成	1
0.2 本课程的研究内容、性质和任务	3
第1章 平面机构的自由度	5
1.1 平面机构的组成	5
1.2 平面机构运动简图	7
1.3 平面机构的自由度	8
第2章 平面连杆机构	14
2.1 概 述	14
2.2 平面四杆机构的基本特征	15
2.3 铰链四杆机构存在曲柄的条件	18
2.4 平面四杆机构的演化	19
2.5 平面四杆机构的设计	21
第3章 凸轮机构	26
3.1 概 述	26
3.2 从动件的运动规律	28
3.3 图解法设计凸轮轮廓	31
3.4 凸轮机构基本参数	34
第4章 齿轮机构	38
4.1 齿轮机构的特点和类型	38
4.2 齿廓啮合基本定律	39
4.3 渐开线齿廓的啮合性质	40
4.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮各部分名称和基本尺寸	42
4.5 渐开线齿轮的啮合传动	45

4.6	渐开线标准齿轮的公法线和固定弦齿厚	47
4.7	渐开线齿轮的加工方法及变位齿轮	49
4.8	平行轴斜齿圆柱齿轮	52
4.9	圆锥齿轮简介	56

第5章 轮 系

59

5.1	概 述	59
5.2	定轴轮系及其传动比计算	60
5.3	周转轮系及其传动比计算	62
5.4	混合轮系及其传动比计算	65
5.5	轮系的应用	66

第6章 机械设计概论

70

6.1	机械零件的主要失效形式	70
6.2	机械零件的工作能力及工作能力准则	71
6.3	机械零件设计的一般步骤	72
6.4	机械零件的强度	72
6.5	摩擦、磨损和润滑基础	75
6.6	机械零件的常用材料	77
6.7	机械零件工艺性与标准化	80

第7章 连 接

83

7.1	螺纹连接	83
7.2	键和花键连接	100
7.3	过盈配合连接	103

第8章 带传动和链传动

107

8.1	带传动概述	107
8.2	带传动的工作情况分析	109
8.3	V带传动的设计计算	113
8.4	V带传动结构设计	120
8.5	链传动的特点、类型和应用	123
8.6	滚子链与链轮	125
8.7	链传动的运动特性	128
8.8	链传动的设计计算	130
8.9	链传动的布置、张紧和润滑	134

第9章 齿轮传动**140**

- 9.1 齿轮传动的失效形式和计算准则 140
- 9.2 齿轮材料 142
- 9.3 齿轮传动的载荷计算 145
- 9.4 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算 148
- 9.5 齿轮精度、设计参数选择和许用应力 153
- 9.6 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 160
- 9.7 标准直齿锥齿轮传动的强度计算 165
- 9.8 齿轮传动的润滑 166
- 9.9 齿轮的结构设计 167

第10章 蜗杆传动**173**

- 10.1 蜗杆传动的类型、特点和应用 173
- 10.2 圆柱蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算 175
- 10.3 蜗杆传动的承载能力计算 178
- 10.4 蜗杆传动的热平衡计算及润滑 182
- 10.5 蜗杆和蜗轮的结构 185

第11章 轴**190**

- 11.1 概 述 190
- 11.2 轴的结构设计 192
- 11.3 轴的计算 195

第12章 滚动轴承**202**

- 12.1 概 述 202
- 12.2 常用滚动轴承的类型、代号和选择 204
- 12.3 滚动轴承内部载荷分布及失效形式 208
- 12.4 滚动轴承的寿命计算 209
- 12.5 滚动轴承的静强度计算 215
- 12.6 滚动轴承的组合设计 217

第13章 滑动轴承**224**

- 13.1 概 述 224
- 13.2 滑动轴承的结构类型 225
- 13.3 轴承材料与轴瓦结构 227

13.4	滑动轴承的润滑	231
13.5	非液体摩擦滑动轴承的设计计算	233
13.6	液体动压滑动轴承	235

第14章 联轴器和离合器**239**

14.1	概 述	239
14.2	联轴器	239
14.3	离合器	246

第15章 实践教学**249**

15.1	实践教学内容和要求	249
15.2	实践教学题目和要求	249
15.3	实践教学设计参考	253

附 录**257**

综合测试题	257
参考答案	269

参考文献**291**

绪 论

本章知识导学

知识点：机械、机构、机器、构件和零件的基本概念；通用零件和专用零件的区别；本课程的研究内容、性质、任务和学习方法。

重 点：掌握机器和机构、构件和零件的基本概念。

难 点：正确理解构件和零件的区别。

0.1 机械及其组成

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的重要生产工具，在人类文明的进步中发挥了重要作用。人类利用机械可以减轻劳动强度，改善劳动条件，提高产品质量和劳动生产率。国民经济的各行各业都在使用形式、结构和用途不同的机械，现代化生产离不开机械。机械工业是国民经济中的一个重要门类，它为国民经济各部门提供技术装备。因此，机械工业的发展水平是一个国家和地区社会生产力水平的重要标志。

在实际生产中，使用大量各种各样的机械。下面通过两个实例来分析机械的组成。

图 0-1 所示为内燃机。它主要由汽缸 1，活塞 2，连杆 3，曲轴 4，齿轮 5 和 6，进排气凸轮 7 和 8，进排气阀推杆 9 和 10 等组成。在燃气推动下，活塞在汽缸内做往复移动，并通过连杆使曲轴转动，从而把燃气产生的热能转换为曲轴转动的机械能；固定在曲轴上并与曲轴一起转动的齿轮 5 带动齿轮 6，齿轮 6 与凸轮 7 和 8 装在同一根轴上，凸轮 7 推动推杆 9 使进气阀开启或关闭，并使可燃混合气体定时地进入汽缸燃烧，凸轮 8 定时地推动推杆 10 使废气排出，这样就实现了曲轴的连续转动。内燃机是一种常用的动力源。

图 0-2 所示为颞式破碎机。在电动机 1 轴上安装一个 V 带轮，这个 V 带轮 2 与电动机轴一起转动，通过 V 带 3 驱动大带轮 4，大带轮 4 与偏心轴 5 一起转动，从而带动动颞 6 运动，动颞 6 被连在肘板 8 上，动颞 6 与固定不动的定颞 7 之间形成破碎腔，在运动过程中把物料破碎。颞式破碎机是一种破碎的机械，被广泛地应用于选矿、建材和化工等工业。

从以上实例中可以看出，任何一部机械的用途、动作要求、工作原理和构造各不相同，但一般都是由原动机、工作部分、传动部分和控制部分组成。原动机是指机械的动力源，常用的为电动机；工作部分是指直接完成工艺动作的部分；传动部分是指将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间环节，主要作用包括改变运动速度和转换运动形式；控制部分是指依据机械的不同工况，对原动机、传动部分和工作部分实施控制的部分。

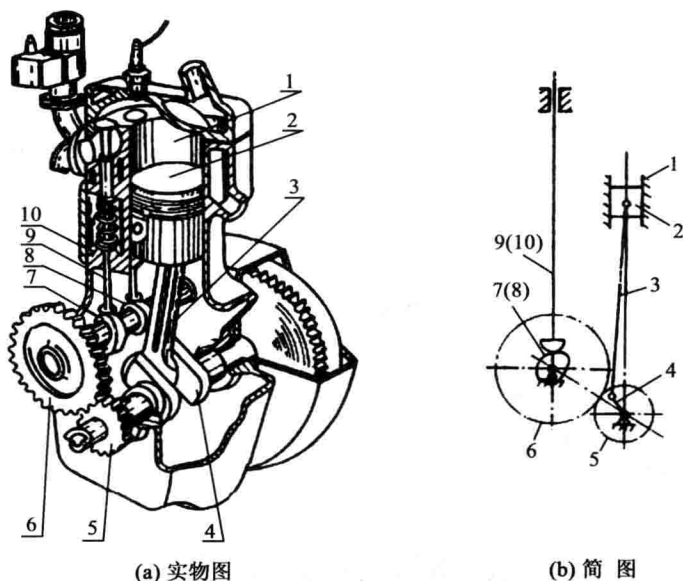


图 0-1 内燃机

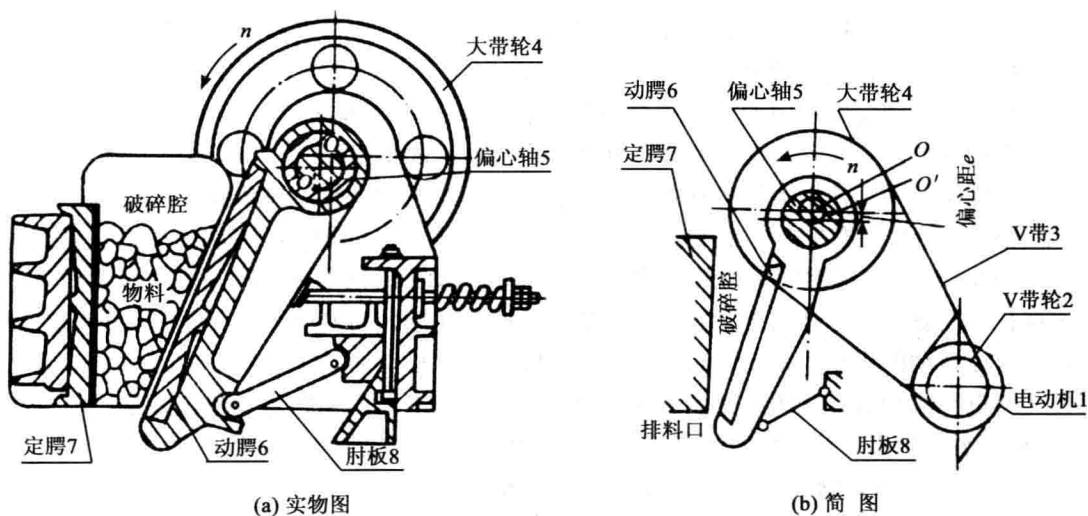


图 0-2 颞式破碎机

从运动的角度说,机械是由机构组成的。机构能实现确定的相对运动,从而完成运动的传递或变换。如内燃机中的曲柄滑块机构把活塞的往复移动转换为曲轴的旋转运动;齿轮机构实现曲轴与凸轮轴之间的转速变换;凸轮机构把凸轮轴的转动转换成推杆的往复移动。颞式破碎机中的四杆机构把偏心轮的转动转换成动颞的平面运动。

从做功和能量转换的角度说,既能实现确定的相对运动,又能做有用功或完成能量形式转换的机械称为机器。

显然,机构和机器在运动学上并无区别,所以一般把机构和机器统称为机械。

从制造加工的角度说,机械是由零件组成的。零件是机械中每个能单独加工的单元

体,即制造加工单元。机构是由构件组成的,构件是机构中每个做整体相对运动的单元体,即运动单元。构件既可以是一个零件,也可以是由若干个零件连接在一起构成的刚性结构。例如,图 0-3(a)所示的曲轴和图 0-3(b)所示的连杆都是一个构件。曲轴构件只有一个零件,而连杆则是由连杆体 1,轴瓦 2 和 6,螺栓、螺母和垫圈 3,4,5,垫片 7,连杆盖 8 等零件组成的刚性结构。为了便于加工、装配及维修,若干个零件可以组成一个部件,进行整体的加工、装拆及检测。有的部件甚至包含几个机构,几个小部件还可以组成一个大部件。

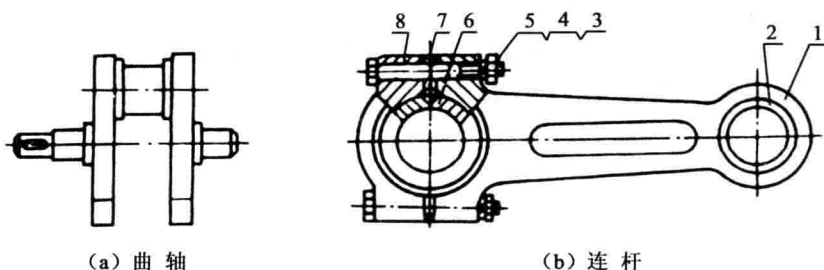


图 0-3 构件与零件

机械中普遍使用的机构,如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构等,称为常用机构。在各种机械中,经常使用的零件,如齿轮、轴、螺栓等,称为通用零件。只能在一定类型的机械中使用的零件,如内燃机中的曲轴、活塞等,称为专用零件。有一些零(部)件在尺寸、材料、结构和性能上已经标准化和系列化,如螺栓、滚动轴承等,这类零(部)件称为标准零(部)件。

0.2 本课程的研究内容、性质和任务

0.2.1 本课程研究的内容

机械设计基础课程的主要内容包括:阐述机械的组成,常用的机构(如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等),常用的机械传动(如带传动、链传动、齿轮传动等),支承和连接形式,通用机械零件的工作原理、性能、结构特点,基本设计计算方法;机械设计的基本原则、基本理论及方法;简要介绍有关国家标准及规范的运用,以及一些标准零(部)件的选用原则和方法。

0.2.2 本课程的性质和任务

机械设计基础是一门技术基础课。本课程综合运用机械制图、工程力学、工程材料、机械制造基础等先修课程中的知识,研究解决机械设计中的共性问题,为以后进一步学习各专业课程中有关机械的内容或各有关专业机械设备的课程打下一定的基础。本课程在培养采矿、选矿、冶金、动力、加工、石油、化工、土建、铸造等专业的工程技术人才方面起到一定的作用。国民经济物质生产过程中的机械化、自动化水平正在不断提高,机械设备在各个部门都得到广泛的应用。对于各个行业从事工程技术工作的人员来说,机械设备

的管理、使用及维护,技术革新中涉及到的机械设备方面的问题,都需要掌握一定的机械方面的基本知识,这样才能更好地为生产的技术进步、生产力水平的提高和经济建设的发展服务。这就是各有关专业的学生学习机械设计基础课程的目的和任务。

通过对本课程的学习,应达到以下要求:

- ① 掌握机械设备使用和维护的基础知识;
- ② 掌握机械中常用机构,通用零(部)件及标准零(部)件的工作原理、结构、性能特点、选用及设计计算方法;
- ③ 具备设计简单的机械传动装置和进行机械设计方案研究的初步能力。

本课程是一门涉及知识面广,并且偏重于应用的课程。因此,学习中要重视理论联系实际,注重分析问题和解决问题的方法,学会综合运用本课程的知识来解决具体的机械设计问题。

第1章 平面机构的自由度

本章知识导学

知识点：平面机构的组成原理，运动副及其分类；平面机构运动简图绘制；平面机构自由度的计算；机构具有确定运动的条件。

重点：了解平面机构的组成原理；熟悉平面机构运动简图绘制方法；理解运动副、约束及自由度基本概念；掌握平面机构自由度的计算公式，能正确识别复合铰链、局部自由度和虚约束；掌握机构具有确定运动的条件。

难点：机构自由度计算中，复合铰链、局部自由度和虚约束的正确判断。

若组成机构的所有构件都在同一个平面内或几个相互平行的平面内运动，则称这种机构为平面机构。工程中常见的机构大多数属于平面机构。

机构各构件之间应具有确定的相对运动，那么机构满足什么条件构件间才具有确定的相对运动，对于分析现有机构或设计新机构是十分必要的。

本章主要围绕平面机构的组成、运动简图的绘制、自由度的计算、机构具有确定运动的条件等进行研究。

1.1 平面机构的组成

为了研究构件是如何组成机构的，以及机构满足什么条件才有确定的运动，必须首先研究构件间的连接形式，即运动副。

1.1.1 运动副及其分类

机构是由许多构件组合而成的。机构中的每个构件都以一定的方式与其他构件相互连接，这种连接既要保证两构件直接接触，又要使两构件之间能产生一定的相对运动。把这种连接称为运动副。两个构件组成运动副，不外乎通过点、线或面的接触来实现。按照接触方式不同，运动副可分为低副和高副两类。

(1) 低 副

构件通过面接触组成的运动副称为低副。平面机构中的低副有回转副和移动副两种。

① 回转副。组成运动副的两构件只能在一个平面内相对转动，这种运动副称为回转副或铰链。如轴在滑动轴承中的转动，如图 1-1 所示。其中，(a) 为回转副的实际结构；(b) ~ (e) 为回转副的简图符号。

② 移动副。组成运动副的两构件只能沿某一轴线相对移动，这种运动副称为移动副。如活塞在汽缸中的运动，如图 1-2 所示。其中，(a) 为移动副的实际结构；(b) ~ (e) 为移

动副的简图符号。

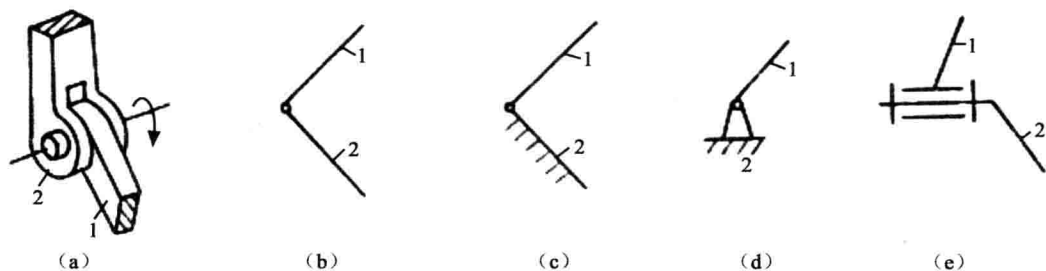


图 1-1 回转副及其表示符号

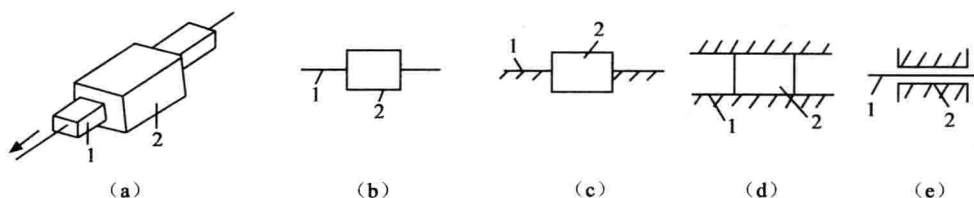


图 1-2 移动副及其表示符号

(2) 高 副

构件通过点、线接触组成的运动副称为高副。如车轮与轨道，凸轮与从动件，两齿轮齿廓间的接触，如图 1-3 所示。其中，(a)，(b)为高副的实际结构；(c)，(d)为高副的简图符号。高副的简图符号用接触处的曲线轮廓来表示。

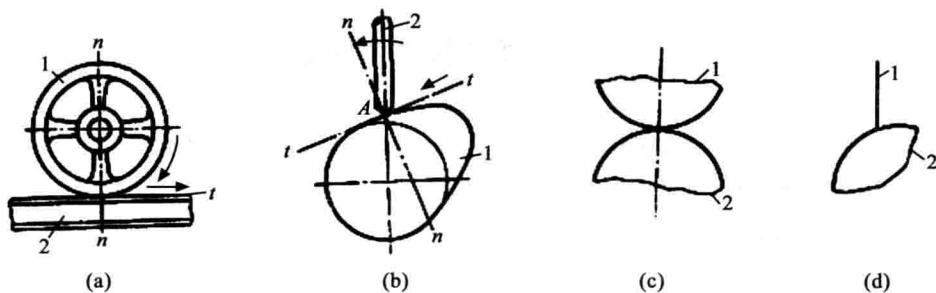


图 1-3 高副及其表示符号

1.1.2 平面机构的组成

将构件用运动副连接起来，其中一个构件作为机架。通常，机架相对于地面是固定不动的，一般以机架作为参考来描述其他构件的运动情况。当主动构件(驱动力作用的构件)的运动规律给定之后，从动构件(被带动运动的构件)才能实现确定的运动(从动构件的运动规律取决于主动构件的运动规律和机构的结构)，这样的构件组合体称为机构。如后面几章中介绍的平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构等，都是常用的机构。