

普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

机械设计基础

JIXIE SHEJI JICHU

金清肃 主编
范顺成 主审

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

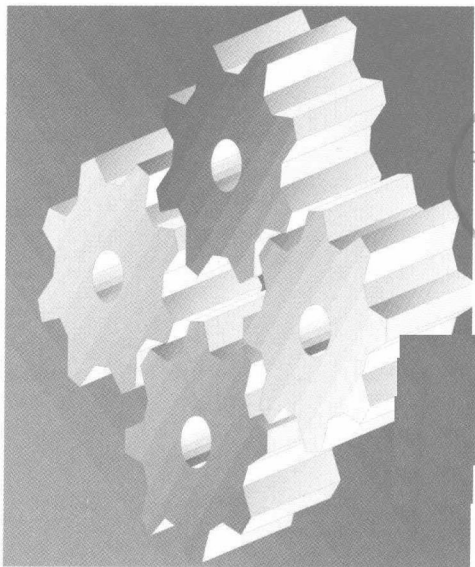




普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾 问 杨叔子 李培根

机械设计基础



主 编 金清肃

副主编 刘 扬 李玉清 范晓珂

主 审 范顺成

华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/金清肃 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008年9月
ISBN 978-7-5609-4518-7

I. 机… II. 金… III. 机械设计-高等学校-教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 121358 号

机械设计基础

金清肃 主编

策划编辑:刘 锦

责任编辑:刘 勤

责任校对:朱 霞

封面设计:潘 群

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787mm×960mm 1/16

印张:16.75 插页:2

字数:323 000

版次:2008年9月第1版

印次:2008年9月第1次印刷

定价:29.80元

ISBN 978-7-5609-4518-7/TH·180

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

本教材是根据教育部高教司印发的高等学校《机械设计课程教学基本要求(1995 修订版)》和《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》有关文件的精神,为适应当前教学改革的发展趋势和培养普通应用型大学非机类专业人才的需要而编写的。

本书分上、下两篇,共 17 章,上篇为机械原理(第 1 章至第 7 章),下篇为机械零件(第 8 章至第 17 章)。作为机械设计基础课程教材,本书主要介绍了机械中的常用机构和通用零件的工作原理、结构特点、基本设计理论和计算方法,同时简单介绍了有关的国家标准和规范。

本书可作为普通高等院校非机类专业机械设计基础课程教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设、特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

前 言

本教材是根据教育部高教司印发的高等学校《机械设计课程教学基本要求(1995 修订版)》和《高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划》有关文件的精神,为培养普通应用型大学非机类专业人才的基本设计能力与创新能力,以适应当前教学改革的需要而编写的。

本教材采用了最新国家标准及规范,适当简化了课程的内容,以适应加强基础、降低重心、减少学时的机械设计教学的发展趋势。为解决以往教材编写内容偏多,与现有学时脱节的问题,本书在内容上作了精心的选择,力争做到篇幅适当,坚持删繁就简、由浅入深、循序渐进。本教材可用于 60 学时以内,也可用于 40 学时(加星号部分可以不讲)。总之,通过上述工作,努力使该书达到简明扼要、实用性强、方便教师和学生使用的目的。

全书由金清肃担任主编,刘扬、李玉清、范晓珂担任副主编。参加编写的有:河北科技大学金清肃(绪论、第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 5 章、第 17 章);湖南工业大学刘扬(第 3 章);黑龙江八一农垦大学李玉清(第 9 章、第 10 章、第 11 章、第 14 章、第 15 章);石家庄铁道学院范晓珂(第 12 章、第 16 章);河北科技大学冯运(第 6 章、第 7 章);河北科技大学李文忠(第 8 章、第 13 章)。河北工业大学范顺成负责全书的主审工作。

在本书的编写过程中,参阅了大量的同类教材、相关的技术标准和文献资料,并得到有关专家的指导和帮助,在此,对上述编著者和专家表示衷心的感谢。

由于编者的水平和时间所限,误漏之处在所难免。希望广大读者对本书提出批评和改进意见。

编 者
2008 年 5 月

目 录

绪论	(1)
0.1 本课程研究的对象和内容	(1)
0.2 本课程的性质和任务	(3)
0.3 机械设计的基本要求和一般程序	(3)

上篇 机械原理

第1章 平面机构的结构分析	(5)
1.1 平面机构的组成	(5)
1.2 平面机构的运动简图	(7)
1.3 平面机构具有确定运动的条件	(9)
习题	(13)
第2章 平面连杆机构	(15)
2.1 平面四杆机构的类型及其演化	(15)
2.2 平面四杆机构的基本特性	(21)
2.3 平面连杆机构的设计	(26)
习题	(30)
第3章 凸轮机构	(32)
3.1 凸轮机构的应用和分类	(32)
3.2 从动件常用运动规律	(34)
3.3 用图解法设计凸轮轮廓	(39)
* 3.4 用解析法设计凸轮轮廓	(42)
* 3.5 凸轮机构设计中的几个问题	(45)
习题	(47)
第4章 齿轮机构	(49)
4.1 齿轮机构的类型	(49)
4.2 渐开线齿轮	(50)
4.3 标准渐开线直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸计算	(52)
4.4 标准渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	(57)
* 4.5 渐开线齿廓的切制原理与变位齿轮的概述	(60)
4.6 斜齿圆柱齿轮机构	(64)

4.7	圆锥齿轮机构	(70)
4.8	蜗杆机构	(74)
	习题	(77)
第5章	轮系	(78)
5.1	轮系的分类	(78)
5.2	定轴轮系的传动比	(79)
5.3	周转轮系的传动比	(81)
5.4	复合轮系的传动比	(83)
5.5	轮系的功用	(84)
	习题	(85)
第6章	间歇运动机构与组合机构	(87)
6.1	间歇运动机构	(87)
6.2	组合机构	(92)
	习题	(93)
第7章	机械的调速与回转体的平衡	(94)
7.1	机械的速度波动与调节	(94)
7.2	回转体的平衡	(96)
	习题	(101)
下篇 机械零件		
第8章	机械零件设计概论	(103)
8.1	机械零件的设计准则及一般设计步骤	(103)
8.2	机械零件的常用材料及选择	(105)
8.3	机械零件的结构设计工艺性及标准化	(108)
	习题	(109)
第9章	带传动	(110)
9.1	带传动的组成、类型和应用特点	(110)
9.2	带传动的工作原理	(113)
9.3	普通V带的设计计算	(117)
9.4	带传动的使用和维护	(125)
	习题	(127)
第10章	链传动	(128)
10.1	链传动的组成和类型	(128)
10.2	链传动的结构	(129)
10.3	链传动的设计计算	(133)

10.4	链传动的使用和维护	(138)
	习题	(141)
第 11 章	齿轮传动强度设计	(142)
11.1	齿轮传动强度设计基础	(142)
* 11.2	直齿圆柱齿轮传动的强度设计	(145)
	习题	(154)
第 12 章	连接	(155)
12.1	螺纹参数	(155)
* 12.2	螺旋副的受力分析、效率及自锁	(157)
12.3	螺纹连接及螺纹连接件	(159)
12.4	螺纹连接的强度计算	(162)
12.5	螺纹连接的结构设计	(168)
12.6	轴毂连接	(169)
12.7	不可拆连接	(173)
	习题	(174)
第 13 章	轴承	(176)
13.1	概述	(176)
13.2	滚动轴承的类型、代号及选择	(177)
13.3	滚动轴承的计算	(183)
13.4	滚动轴承组合的结构设计	(189)
13.5	滑动轴承的主要类型、结构和材料	(195)
* 13.6	非液体摩擦滑动轴承的设计	(200)
13.7	滑动轴承常用的润滑剂及润滑装置	(202)
13.8	液体摩擦滑动轴承	(204)
	习题	(207)
第 14 章	联轴器与离合器	(209)
14.1	联轴器	(209)
14.2	离合器	(217)
	习题	(220)
第 15 章	轴	(222)
15.1	轴的分类和主要设计要求	(222)
15.2	轴的结构设计	(225)
15.3	轴的强度设计	(229)
	习题	(234)

* 第 16 章 弹簧	(235)
16.1 弹簧的类型和应用	(235)
16.2 弹簧材料和许用应力	(236)
16.3 圆柱螺旋弹簧的设计	(239)
习题	(245)
第 17 章 机械传动系统的设计	(246)
17.1 传动方案的拟订	(246)
17.2 电动机的选择	(250)
17.3 传动装置总传动比的计算和各级传动比的分配	(253)
17.4 传动装置运动和动力参数的计算	(255)
习题	(256)
参考文献	(258)

绪 论

0.1 本课程研究的对象和内容

机械是机器和机构的总称。在生产实践和日常生活中,广泛地使用了各种机器,如电动机、内燃机、机床、汽车和洗衣机等。机器的作用是实现能量的转换,或完成有用的机械功,以代替人的劳动。随着社会的不断进步和生产的持续发展,机器的种类、形式和功能将越来越多。

为了便于研究机器的工作原理,通常将机器视为由若干机构组成的。图 0-1 所示的单缸内燃机就是由三种机构组成:①由活塞 2、连杆 3、曲柄 4 和机架 1 构成的曲柄滑块机构,它将活塞的往复移动转变为曲柄的连续转动;②由齿轮 5、6 和机架 1 构成的齿轮机构,其作用是改变转速的大小和转动的方向;③由凸轮 7、推杆 8 和机架 1 构成的凸轮机构,它将凸轮的连续转动变为推杆的往复移动。当活塞 2 作往复移动时,通过连杆 3 使曲柄 4 作连续转动,从而将燃气的热能转变为机械能。齿轮、凸轮和推杆的作用是按一定的运动规律按时启闭阀门,以完成吸气和排气的任务。

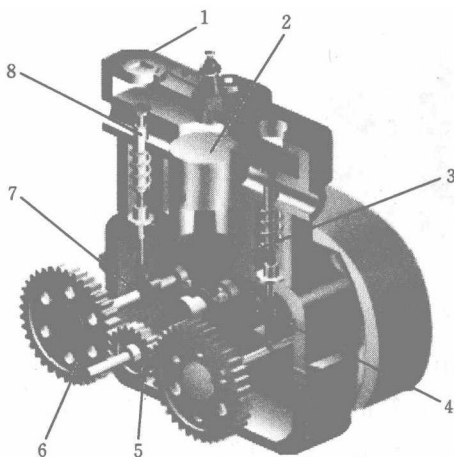


图 0-1 单缸内燃机

1—机架;2—活塞;3—连杆;4—曲柄;
5、6—齿轮;7—凸轮;8—推杆

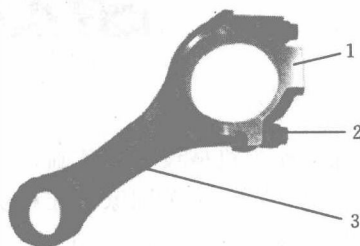


图 0-2 构件——内燃机连杆

1—连杆盖;2—螺栓、螺母;3—连杆体

由上述情况可知,机构在机器中起着转变运动形式、改变速度大小或改变运动方向的作用。组成机构的运动单元(包括运动速度为零的单元)称为构件,构件可以是单一的零件,也可以是由几个零件组成,形成一个刚性的结构。图 0-1 所示的内燃机连杆,就是由图 0-2 所示的连杆盖 1,连杆体 3,螺栓、螺母 2 等多个零件组成的一个构件。机器中不可分拆的基本制造单元称为零件。

各种机械中普遍使用的机构称为常用机构,如平面连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。

各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如齿轮、螺栓、螺母和弹簧等(见图 0-3);仅在某一类型机械中使用的零件称为专用零件,如汽轮机中的叶片、内燃机中的活塞等(见图 0-4)。

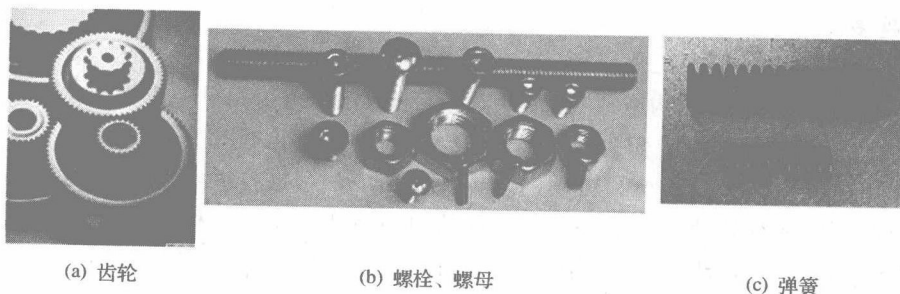


图 0-3 通用零件

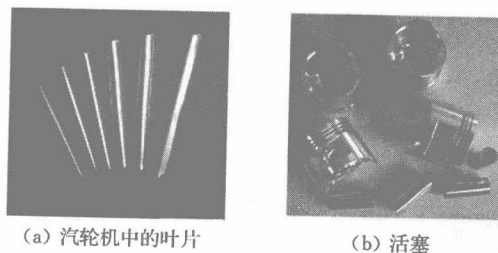


图 0-4 专用零件

本课程作为机械设计的基础,主要介绍机械中的常用机构和通用零件的工作原理、运动特性、结构特点、有关国家标准和规范,以及设计计算的基本理论和方法,这些基本内容在各种机械设计中是普遍适用的。所有的同类型机构和零件,虽然其尺寸大小、结构形状、使用条件、工作用途等有很大差异,但其工作原理、运动特点、设计计算的基本理论和方法是类同的。

0.2 本课程的性质和任务

“机械设计基础”课程是一门培养学生机械设计能力的技术基础课程。掌握一定的机械设计基础知识,对使用、维护、修理和改造现有机械或者设计新的机械都是很有帮助的。因此,除机械制造部门外,动力、采矿、冶金、石油、化工、土建、纺织、食品工业等各行各业的工程技术人员也应具有一定的机械设计基础知识。本课程正是为适应这一需要而设置的。

本课程的主要任务是:

- (1) 掌握机构的结构、运动特性和机械动力学的基本知识,初步具有分析和设计基本机构的能力,并对机械运动方案的确定有所了解;
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、维护和设计计算的基本知识,并初步具有设计机械传动装置和简单机械的能力;
- (3) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

“机械设计基础”课程与许多学科密切相关,其主要先修课程有工程制图、金属工艺学、理论力学和材料力学、金属材料及热处理、互换性及技术测量等;后续课程则均为专业课程。因此,它在教学计划中起着承上启下的作用。

0.3 机械设计的基本要求和一般程序

0.3.1 机械设计的基本要求

机械产品的功能、成本等很大程度上取决于设计工作的优劣。因此,不论是设计新产品,还是对现有设备进行技术改造,设计人员都必须负责任地对设计全过程作周密、细致和深入的考虑。

简单地说,所有用户都希望能得到物美价廉的机械,这就是机械设计的基本要求。

对机械设计而言,物美就是指所设计的机械能够满足用户的使用要求、操作简便、安全可靠、维护方便、外形美观、效率高、寿命长以及不易造成环境污染等。

价廉就是要尽量降低产品成本,同时又要降低维护费用。这就要求设计人员合理地选择材料,并使机械及其零件有良好的工艺性和适当的精度和表面质量,在产品中推行标准化、系列化、通用化,尽可能地降低材料、能源、劳动力的消耗,从而提高经济效益。

0.3.2 机械设计的一般过程

机械设计是一个复杂的过程且无一定模式,需视具体设计任务而定。但一般设计过程可简化为如下五个阶段。

- (1) 明确设计任务 经过市场调查、分析,确定设计要达到的要求和性能指标等。
- (2) 方案设计 确定机械的工作原理,拟定总体方案,对若干可行方案进行评价,最后择优选用。
- (3) 技术设计 进行分析计算和结构设计,绘制总体设计草图、总装配图、部件装配图、零件工作图和编制技术文件等。
- (4) 样机试制、试验 样机试制、试验是验证设计是否合理以及能否转入生产的重要阶段。对在样机试制、试验中发现的不合理处,应及时加以修改,以使产品达到设计要求和性能指标。
- (5) 产品鉴定 鉴定内容主要包括技术和经济两个方面。技术上需要对设计是否满足各项技术指标、是否安全可靠以及操作和维护是否方便等作出评价。经济上则需要进行成本预测、利润预测等,以评定设计的经济价值。

必须指出,以上设计过程的各个阶段并不是截然分开的,它们是相互联系、相互影响和相互制约的,往往需要交叉进行,并且经常需要多次反复,有时甚至要推倒重来,才能使设计达到最佳。

上篇 机械原理

第 1 章 平面机构的结构分析

各运动构件均在同一平面内或相互平行平面内运动的机构,称为平面机构。

机构是由若干具有确定相对运动的构件组合而成,若任意组合构件,是不能成为机构的。因此,对平面机构进行结构分析,内容主要包括:(1)了解机构的组成;(2)绘制机构运动简图;(3)讨论机构具有确定运动的条件。它们对分析常用机构,了解和使用已有机械,进而设计新的机械都是十分重要的。

本章将主要讨论上述三个方面的内容。

1.1 平面机构的组成

1.1.1 构件及其自由度与约束

从结构上说,机构分别由构件和运动副组成。

构件是机构运动的基本单元。构件的运动是指构件的位置在空间的变化。如图 1-1 所示,在 xOy 坐标系中,平面构件 S 有三个独立运动的可能性,即沿 x 轴、 y 轴方向移动和绕其上任一点 A 的转动。构件作独立运动的可能性称为自由度。因此,一个在平面作自由运动的构件有三个自由度。

当一个构件与其他构件相互连接时,其相对运动将受到限制,对构件独立运动所加的限制称为约束。构件每增加一个约束,便失去一个自由度,约束的数目与构件的连接形式有关。

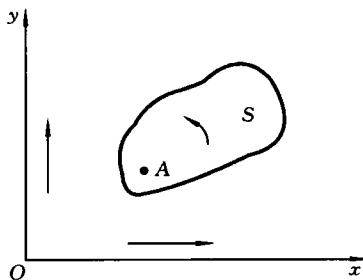


图 1-1 平面构件的自由度

1.1.2 运动副及其分类

构件组成机构时,每个构件都以一定的方式与其他构件相连接。两构件直接接触并

能产生一定相对运动的连接称为运动副。组成运动副的两构件只能相对作平面运动的运动副称为平面运动副。

按照接触情况和两构件接触后的相对运动形式的不同,通常把平面运动副分为低副和高副两类。

1. 低副

两构件通过面接触所构成的运动副称为低副。低副有转动副和移动副之分。

(1) 转动副 在图 1-2(a)所示的运动副中,两构件 1、2 只能绕 z 轴相对转动(沿 x 轴、 y 轴方向的相对移动受到约束)。这种两构件只能绕同一轴线作相对转动的运动副称为转动副或称为铰链。

(2) 移动副 在图 1-2(b)所示运动副中,两构件 1、2 只能沿 x 轴方向作相对移动(沿 y 轴方向的相对移动和绕 z 轴的相对转动均受到约束)。这种两构件只能作相对直线移动的运动副称为移动副。

转动副只能在一个平面内相对转动,移动副只能沿某一轴线方向移动。因此,一个低副引入两个约束,即减少两个自由度。

2. 高副

两构件通过点或线接触所构成的运动副称为高副。

如图 1-2(c)、(d)所示,高副的两构件 1、2 彼此间可沿接触处切线 $t-t$ 方向作相对移动和在平面内作相对转动,而沿法线 $n-n$ 方向的相对移动受到约束。因此,一个高副引入一个约束,即减少一个自由度。

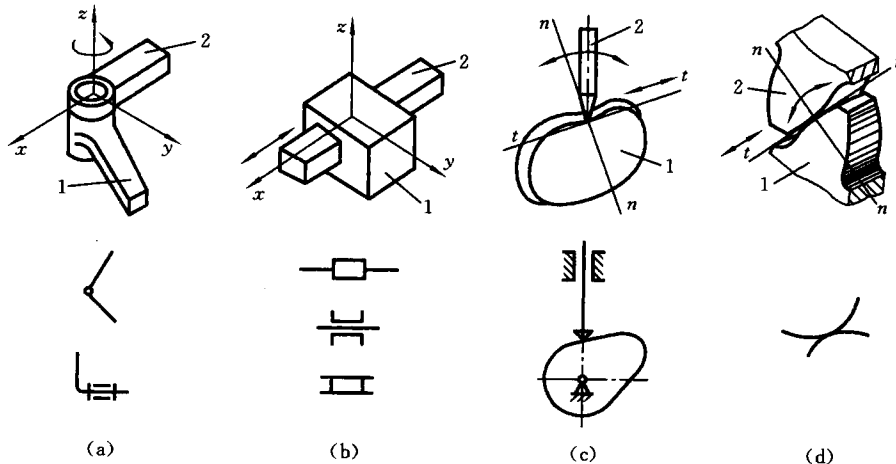


图 1-2 平面运动副及其符号