



21世纪高等院校规划教材

(第2版)

机械 设计基础

主编◎孟玲琴 王志伟

The Fundamentals of
Machine Design



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TH122
915/-2

21 世纪高等院校规划教材

机械设计基础

(第2版)

主编 孟玲琴 王志伟



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

《机械设计基础》(第2版)是在(第1版)的基础上,结合参编院校对(第1版)的使用经验及机械设计标准的更新编写修订而成。本书以培养学生的机械设计能力为主线,将机械原理和机械设计的内容有机地整合,加强了机械设计理论和实践的联系。

本书共13章,包括绪论、平面机构的结构分析、平面连杆机构、凸轮机构、齿轮传动、蜗杆传动、间歇运动机构、轮系、挠性传动、支承设计、连接、机械运转的调速和平衡、机械传动系统设计等内容。

本书可作为高等院校机械类和近机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业的师生和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/孟玲琴,王志伟主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-5640-1148-2

I. 机… II. ①孟…②王… 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(2009)第 095382 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/保定市中国美凯印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/23.5

字 数/548千字

版 次/2009年7月第2版 2009年7月第3次印刷

印 数/7001~9000册

定 价/42.00元

责任校对/申玉琴

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

《机械设计基础》(第2版)是在(第1版)的基础上,结合参编院校对(第1版)的使用经验及机械设计标准的更新编写修订而成。本书编写时突出了高等院校应用型人才培养的特点,使教材内容更贴近工程实践,可作为高等院校机械类和近机械类各专业“机械设计基础”课程的教材,也可供有关专业师生和工程技术人员参考。

《机械设计基础》(第2版)编写修订的特点及内容为:

(1) 根据教材内容的有机联系,将机械原理和机械设计的内容有机地整合在一起,加强了机械设计理论和实践的联系,有效地缩减了教学时数;

(2) 突出了应用性,适当减少了理论及繁杂公式的推导,使学生易于理解和掌握;

(3) 在叙述问题时,力求概念把握准确,叙述深入浅出、层次分明、详略得当、文句通顺,较好地体现了“可教性”和“可学性”;

(4) 突出学以致用,例题、课后复习思考题和习题紧密结合实际,尽量选取工程实例,并注意加强实用图表、查阅手册等应用能力的培养;

(5) 采用了已正式颁布的最新国家标准、规范和资料,采用了国家标准规定的名词术语和符号;

(6) 更正了第1版中文字、图、表及计算中的疏漏和印刷错误;

(7) 制作了与本书配套的多媒体教学系统,可供教师教学使用,使用本书作为教材的教师可与本书主编联系索取,联系 E-mail: hnjzmlq@163.com。另外与本书配套的孟玲琴主编《机械设计基础课程设计》(第2版)也已出版,可配合使用。

参加第2版编写修订工作的教师有:孟玲琴(前言、第5、6章)、王志伟(第1、10、12章)、刘胜杰(第2、4、8章)、马霄(第9章)、陈新亚(第11章)、秦歌(第7、13章)、徐秀芬(第3章)。本书由孟玲琴、王志伟担任主编,由刘胜杰、马霄担任副主编。

西安交通大学机械设计研究所张鄂教授对本书进行了精心细致地审阅,北京理工大学出版社及张玉荣老师对本书修订版的出版提供了支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请有关专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 机械的组成概述	(1)
1.2 课程的内容、性质和任务	(3)
1.3 机械设计的基本要求及一般程序	(4)
思考题	(6)
第2章 平面机构的结构分析	(7)
2.1 研究机构结构的目的	(7)
2.2 机构的组成及平面机构运动简图绘制	(7)
2.3 平面机构自由度的计算	(12)
2.4 平面机构的组成原理、结构分类和结构分析	(16)
思考题	(19)
习题	(19)
第3章 平面连杆机构	(22)
3.1 平面连杆机构的类型及其演化	(22)
3.2 平面四杆机构曲柄存在的条件	(31)
3.3 平面四杆机构的工作特性	(32)
3.4 平面四杆机构的设计	(35)
思考题	(43)
习题	(44)
第4章 凸轮机构	(46)
4.1 凸轮机构的应用和分类	(46)
4.2 从动件常用运动规律	(49)
4.3 凸轮轮廓曲线设计	(54)
4.4 凸轮机构基本尺寸的确定	(58)
思考题	(62)
习题	(63)
第5章 齿轮传动	(65)
5.1 齿轮传动的特点和类型	(65)
5.2 齿廓啮合基本定律和渐开线齿廓	(66)

5.3	渐开线标准直齿轮的参数与计算	(71)
5.4	渐开线标准直齿轮的啮合传动	(75)
5.5	渐开线齿轮的切削加工和根切现象	(80)
5.6	变位齿轮传动简介	(84)
5.7	齿轮传动的失效形式与设计准则	(86)
5.8	齿轮常用材料、许用应力和传动精度	(89)
5.9	齿轮传动的计算载荷	(95)
5.10	标准直齿轮传动的强度计算	(98)
5.11	斜齿圆柱齿轮(简称斜齿轮)传动	(108)
5.12	直齿圆锥齿轮传动	(119)
5.13	齿轮的结构设计和齿轮传动的润滑	(126)
	思考题	(130)
	习题	(131)
第6章	蜗杆传动	(133)
6.1	蜗杆传动的类型、特点及应用	(133)
6.2	圆柱蜗杆传动主要参数和几何尺寸	(136)
6.3	蜗杆传动的强度计算	(141)
6.4	蜗杆传动的效率和热平衡计算	(147)
6.5	蜗杆传动的安装和维护	(150)
	思考题	(156)
	习题	(156)
第7章	间歇运动机构	(158)
7.1	棘轮机构	(158)
7.2	槽轮机构	(162)
7.3	凸轮式间歇运动机构	(164)
7.4	不完全齿轮机构	(165)
	思考题	(165)
	习题	(166)
第8章	轮系	(167)
8.1	轮系及其分类	(167)
8.2	定轴轮系的传动比	(168)
8.3	周转轮系的传动比	(171)
8.4	复合轮系的传动比	(174)
8.5	轮系的应用	(175)
	思考题	(179)
	习题	(179)

第 9 章 挠性传动	(181)
9.1 挠性传动的类型、特点及应用	(181)
9.2 V 带与 V 带轮	(184)
9.3 带传动工作情况分析	(190)
9.4 普通 V 带传动的设计计算	(194)
9.5 带传动的张紧和维护	(204)
9.6 滚子链和链轮	(208)
9.7 链传动的工作情况分析	(212)
9.8 滚子链传动的设计计算	(214)
9.9 链传动的布置、张紧	(219)
思考题	(222)
习题	(222)
第 10 章 支承设计	(223)
10.1 轴及轴承设计概述	(223)
10.2 滑动轴承设计	(226)
10.3 滚动轴承设计	(246)
10.4 轴的设计	(268)
10.5 弹簧设计简介	(278)
思考题	(286)
习题	(286)
第 11 章 连接	(288)
11.1 螺纹连接的类型和应用	(288)
11.2 螺纹连接的预紧和防松	(291)
11.3 螺栓组连接的设计	(293)
11.4 螺纹连接的强度计算	(298)
11.5 提高螺纹连接强度的措施	(304)
11.6 螺旋传动	(307)
11.7 轴毂连接	(312)
11.8 轴间连接	(319)
11.9 铆接、焊接和黏接简介	(325)
思考题	(327)
习题	(328)
第 12 章 机械运转的调速和平衡	(330)
12.1 机械运转速度波动的调节	(330)
12.2 机械的平衡	(333)
思考题	(338)

参考文献 (365)

第1章

绪 论

1.1 机械的组成概述

机械是人类在长期生产和生活实践中创造出来的重要劳动工具。它用以减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高劳动生产率 and 产品质量，帮助人们创造更多的社会财富，丰富人们的物质和文化生活。在当今，机械的设计水平和机械现代化的程度已成为衡量一个国家工业发展水平的重要标志。

机械是机器和机构的总称。机械系统由驱动部分、传动部分和执行部分组成。驱动部分为机械提供运动和动力；传动部分传递运动和动力或变换运动形式；执行部分实现执行件按预定规律运动。如图 1-1 所示的是人们为了实现机械加工要求设计制造的牛头刨床，驱动部分（电动机）的转动经传动部分（皮带传动、齿轮 1、2 传动和一个导杆机构 2、3、4、5）转变为执行部分（滑枕 6 往复直线运动），从而产生执行件刨刀的刨削动作。同时，动力还通过其他辅助部分带动丝杠间歇回转，使工作台横向移动，从而实现工件的进给动作。

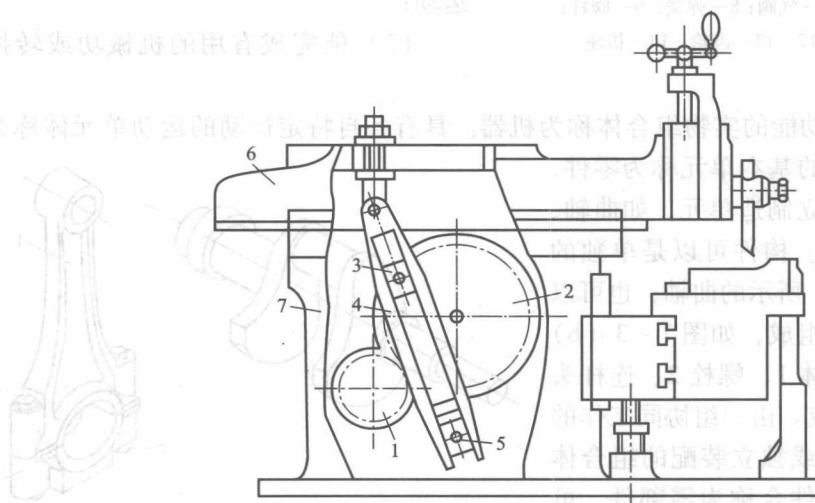


图 1-1 牛头刨床

1、2—齿轮；3—滑块；4—摇杆；5—摇块；6—滑枕；7—床身

图 1-2 所示为单缸内燃机。其主体部分是由曲轴 1、连杆 3、活塞 4 和气缸 5 等组成。燃气在缸体内燃烧膨胀而推动活塞移动，再通过连杆带动曲轴绕其轴线转动。为使曲轴能连续转动，必须定时送进燃气，排出废气，这是由缸体边上安装的凸轮 10、11，阀杆 9 等

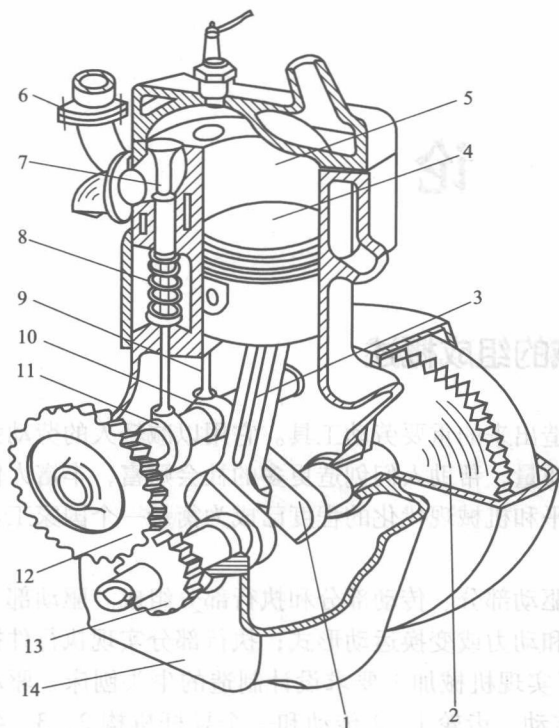


图 1-2 单缸内燃机

1—曲轴；2—飞轮；3—连杆；4—活塞；5—气缸；
6—螺母、螺栓；7—气阀；8—弹簧；9—阀杆；
10、11—凸轮；12、13—齿轮；14—机座

机件定时启闭进、排气阀门来实现的。齿轮 13、12 将曲轴 1 的转动传给凸轮 10、11，使进、排气阀门的启闭与活塞 4 的移动位置建立起一定的配合关系，从而保证了各机件的协同工作，将热能转变为机械能，使内燃机能输出机械运动，做有用的机械功。活塞、连杆、曲轴和气缸体组成曲柄滑块机构，将活塞的直线运动变为曲轴的连续转动；凸轮、阀杆和气缸体组成凸轮机构，将凸轮轴的连续转动变为顶杆有规律的直线移动；曲轴和凸轮轴上的齿轮与气缸体组成齿轮机构。

所以单缸内燃机是由曲柄滑块机构、凸轮机构、齿轮机构等若干个机构组成的。

从上述两例可以看出，虽然机器的构造、用途和性能有所不同，但都具有以下几个共同的功能。

- (1) 是许多人为实物的组合；
- (2) 各实物之间具有确定的相对运动；
- (3) 能完成有用的机械功或转换机械能。

机械能。

凡具有上述三个功能的实物组合体称为机器。具有各自特定运动的运动单元体称为构件。机器中不可拆卸的基本单元称为零件，它是机器中最小的独立制造单元，如曲轴、飞轮、凸轮、齿轮等。构件可以是单独的零件，如图 1-3 (a) 所示的曲轴；也可以由多个零件刚性连接组成，如图 1-3 (b) 所示的连杆，由连杆体 1、螺栓 2、连杆头 3 及螺母 4 等零件组成。由一组协同工作的零件组成的独立制造或独立装配的组合体称为部件。零件与部件合称为零部件，可概括地分为两类：一类是各种机器中经常都能用到的零部件称为通用零部件，如螺钉、齿轮、带轮等零件，离合器、滚动轴

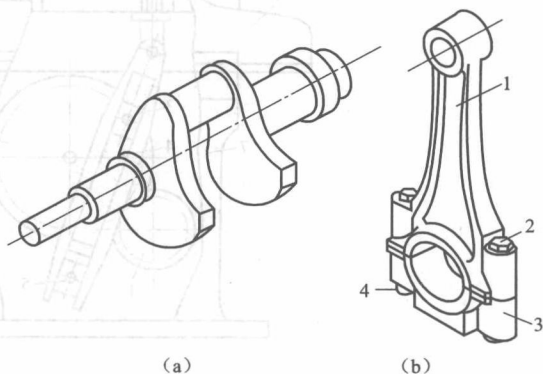


图 1-3 零件和构件

1—连杆体；2—螺栓；3—连杆头；4—螺母

承等部件；另一类是特定类型机器中才能用到的零部件称为专用零部件，如内燃机中的曲轴、阀杆，纺织机中的织梭、纺锭等。若干个构件以一定的连接方式组成的构件系统称为机构，如两个齿轮构件相互啮合，各自具有确定的相对运动，传递运动和动力称为齿轮机构。机器中最常用的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构和间歇运动机构等。机构与机器的区别在于：机构只满足上述三个功能的前两项功能。但是，在研究机构的运动和受力的情况时，机器与机构之间并无区别。

1.2 课程的内容、性质和任务

1.2.1 课程的内容

课程的主要内容是机械中常用机构和通用机械零部件设计的基本知识、基本理论和基本方法，同时介绍与本课程研究内容相关的标准、规范、手册、图表等技术资料的运用及标准机械零部件的选用。研究的具体内容主要有：

- (1) 研究各种常用机构和机械传动的结构、工作特点、运动和动力特性及其设计计算方法；
- (2) 从强度、刚度、寿命、结构工艺性和材料选择等方面，研究通用零部件的设计计算方法；
- (3) 研究机械零部件的工作能力和计算准则，分析机械零部件设计的基本要求和一般步骤。

1.2.2 课程的性质

课程是机械工程类各专业中具有承上启下作用的、介于基础课程与专业课程之间的主干课程，是培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。本课程要综合应用机械制图、工程力学、互换性与技术测量、工程材料及金属工艺学等课程的基础理论和基本知识，且偏重于工程应用，因此要重视生产实践环节，学习时应注重工程意识的培养、理论联系实际的应用。本课程将为学生今后学习有关专业课程和掌握新的机械科学技术奠定必要的基础。

1.2.3 课程的任务

课程的任务是使学生掌握常用机构和通用零部件的基本理论和基本知识，初步具有这方面的分析、设计能力，并获得必要的基本技能训练，同时注意培养学生正确的设计思想和严谨的工作作风。通过本课程的教学，应使学生达到下列基本要求。

- (1) 熟悉常用机构的工作原理、组成及其特点，掌握常用机构分析和设计的基本方法；
- (2) 熟悉通用机械零部件的工作原理、结构及其特点，掌握通用机械零部件选用和设计的基本方法；
- (3) 具有对机构分析设计和零件计算的能力，并具有运用机械设计手册、图册及标准等有关技术资料的能力；
- (4) 具有综合运用所学知识和实践的技能，设计简单机械和简单传动装置的能力。

1.3 机械设计的基本要求及一般程序

1.3.1 机械设计的基本要求

机械设计的基本要求主要有以下几方面。

(1) 预定功能要求。所谓功能是指用户提出的需要满足的使用上的特性和能力。它是机械设计的最基本出发点。在机械设计过程中,设计者必须正确选择机器的工作原理、机构的类型和机械传动方案,以满足机器的运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面的预定功能要求。

(2) 安全可靠与强度、寿命要求。安全可靠是机械正常工作的必要条件,因此设计的机械必须保证在预定的工作期限内能够可靠地工作。为此应使所设计的机械零件结构合理并满足强度、刚度、耐磨性、振动稳定性及其寿命等方面的要求。

(3) 经济性要求。设计机械时,应考虑在实现预定功能和保证安全可靠的前提下,尽可能做到经济合理、力求投入的费用少、工作效率高且维修简便等。

(4) 工艺性及标准化、系列化、通用化的要求。机械及其零部件应具有良好的工艺性,即考虑零件的制造方便,加工精度及表面粗糙度适当,易于装拆。设计时,零件、部件和机器参数应尽可能标准化、通用化、系列化,以提高设计质量,降低制造成本,并可使设计者将主要精力用在关键零件的设计上。

(5) 其他特殊要求。某些机械由于工作环境和要求的不同,而对设计提出某些特殊要求。例如高级轿车的变速箱齿轮有低噪声的要求;机床有较长期保持精度的要求;食品、纺织机械有不得污染产品的要求等。

总之,设计时要根据机械的实际情况,分清应满足的各项主、次要求,尽量做到结构上可靠、工艺上可能、经济上合理。

1.3.2 机械零件的工作能力准则

机械零件由于某些原因而不能正常工作称为失效。其主要失效形式有:断裂、过量变形、磨损、表面疲劳等。为防止零件产生各种可能的失效,而制定的计算该零件工作能力所应依据的基本原则称为工作能力准则或设计准则。机械零件常用的设计准则如下:

(1) 强度准则。强度是指零件受载后,抵抗断裂、塑性变形及表面破坏的能力。它是机械零件首先应满足的基本要求。强度条件为: $\sigma \leq [\sigma]$ 。

(2) 刚度准则。刚度是机械零件受载后抵抗弹性变形的能力。刚度准则为零件在载荷作用下产生的弹性变形量小于或等于机器工作时的许用变形量,其表达式为: $y \leq [y]$ 。

(3) 寿命和可靠性准则。影响零件寿命的主要因素是磨损、腐蚀和疲劳。按磨损和腐蚀计算寿命,目前尚无实用的计算方法和数据。关于疲劳寿命,通常是求出使用寿命时的疲劳极限作为计算依据。

可靠性是保证机械零件正常工作的关键。可靠性的定量尺度是可靠度,它是指机械零件在规定的条件下和规定的时间内,能够正常工作的概率。

(4) 振动稳定性准则。当机械零件的自振频率与周期性干扰力的频率相等或成整数倍

关系就会发生共振,此时不仅影响机器的运转质量和工作精度,甚至会造成事故。所谓振动稳定性就是在设计时必须使零件的自振频率远离干扰力频率,以避免产生共振。为此可用增加或减少零件的刚度、增添弹性零件等办法解决。

1.3.3 机械零件的结构工艺性

机械零件的良好结构工艺性,是指在既定的生产条件下能方便而经济地生产出来,并便于装配成机械的特性。关于工艺性的基本要求是:

(1) 合理选择零件的毛坯种类。零件的毛坯种类主要有轧制件、铸件、锻件、冲压件和焊接件等。毛坯的选择与机械对零件的要求及生产条件有关,可根据生产批量、零件的尺寸和形状、材料性能和加工可能性等进行选择。

(2) 零件的结构要简单合理。零件的毛坯种类确定后,就必须按毛坯特点进行结构设计。同时,还应考虑采用最简单表面及其组合,尽量减少加工表面的数量和加工面积等,以减少切削加工费用。此外,零件的结构应便于装拆和调整。

(3) 规定合理的精度及表面粗糙度。随着零件加工精度的提高,加工费用将相应的增加。因此,在没有充分的技术理由时,不应盲目规定高的精度。同样,零件表面粗糙度也应根据配合表面的实际需要,作出适当的规定。

1.3.4 机械设计的一般程序

设计一种新的机械产品是一项复杂细致的工作,要提供性能好、质量高、成本低、竞争能力强、受用户欢迎的新的机械产品,必须有一套科学的工作程序。一般如下:

(1) 制定设计任务书。首先应根据用户的需要与要求,确定所要设计机械的功能和有关指标,研究分析其实现的可能性,然后确定设计课题,制定产品设计任务书。

(2) 总体方案设计。根据设计任务书,拟定出总体设计方案,进行运动和动力分析,从工作原理上论证设计任务的可行性,必要时对某些技术经济指标作适当修改,然后绘制机构简图。

(3) 技术设计。在总体方案设计的基础上,确定机械各部分的结构和尺寸,绘制总装配图、部件装配图和零件图。为此,必须对所有零件进行结构设计(标准件合理选择),并对主要零件的工作能力进行计算,完成机械零件设计。

机械零件的设计常按以下步骤进行:① 根据零件的使用要求,选择零件的类型和结构;② 拟定零件的计算简图,计算作用在零件上的载荷;③ 根据零件的工作条件,选择适当的材料和热处理方法;④ 根据零件可能的失效形式确定计算准则,根据计算准则进行计算,确定出零件的基本尺寸;⑤ 根据工艺性及标准化等原则,进行零件的结构设计;⑥ 绘制零件工作图,写出计算说明书。

(4) 样机的试制和鉴定。设计的机械是否能满足预定功能要求,需要进行样机的试制和鉴定。样机制成后,可通过生产运行,进行性能测试,然后便可组织鉴定,进行全面的技术评价。

思考题

1-1 机器与机构有何区别? 构件与零件又有何区别?

1-2 机械设计的基本要求是什么?

1-3 机械零件常用的设计准则有哪几种?

1-4 机械零件的一般设计步骤是什么?

1-5 通过本课程的学习, 学生应达到哪些要求?

全书共分 10 章, 第 1 章为绪论, 第 2 章为机械零件设计的一般要求, 第 3 章为机械零件的失效形式及设计准则, 第 4 章为机械零件的材料选择, 第 5 章为机械零件的强度设计, 第 6 章为机械零件的疲劳强度设计, 第 7 章为机械零件的接触疲劳强度设计, 第 8 章为机械零件的腐蚀与防护, 第 9 章为机械零件的公差与配合, 第 10 章为机械零件的装配与调试。

本书可作为机械类各专业本科生的教材, 也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中, 参考了国内外有关文献, 力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为机械类各专业本科生的教材, 也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

本书在编写过程中, 参考了国内外有关文献, 力求做到概念清晰、重点突出、由浅入深、循序渐进。本书可作为机械类各专业本科生的教材, 也可供从事机械工作的工程技术人员参考。

第2章

平面机构的结构分析

2.1 研究机构结构的目的

机构是具有确定运动的实物组合体。在进行新机构设计时, 首先应判断机构能否运动; 如果能够运动, 则还要判断运动是否具有确定性, 及其具有确定运动的条件。

现今运用的机构类型很多, 其形式和具体结构是多种多样的。组成机构的构件, 其外表和构造也是千奇百怪, 种类繁多, 所以要搞清楚各种机械的工作原理, 以便对其进行改造, 而且要创造新的机械就必须对机构结构进行研究。综上所述, 机构结构分析的目的有以下三个方面:

- (1) 为新机构的创造提供途径。分析机构怎样由构件组成的, 而且在何种条件下才具有确定运动的条件。
- (2) 将各种机构按结构进行分类, 在此基础上建立运动分析和受力分析的一般方法。
- (3) 根据构件间连接的特点及与运动有关的尺寸, 画出机构的运动简图。

2.2 机构的组成及平面机构运动简图绘制

2.2.1 机构的组成

1. 运动副

在机构中, 任意两个构件都以一定的方式彼此相互连接。两个构件直接接触形成的可动的连接称为运动副。而把两构件上直接接触的点、线、面称为运动副元素, 例如: 轴 1 与轴承 2 配合分别为圆柱面和圆孔面的面接触 (图 2-1); 滑块 1 与导轨 2 (图 2-2) 分别为棱柱面和棱孔面的面接触; 两齿轮轮齿的啮合分别为线接触 (图 2-3)。

根据运动副元素的不同, 通常把运动副分为低副和高副。低副指的是通过面接触而构成的运动副。例如: 转动副 (图 2-1) 和移动副 (图 2-2)。高副指的是通过点或线接触而构成的运动副 (图 2-3)。根据组成运动副两构件间的相对运动是平面运动还是空间运动, 可以把运动副分为平面运动副和空间运动副。例如转动副和移动副都是平面运动副。螺杆 1 和螺母 2 组成的螺旋副 (图 2-4 (a))、球面 1 和球幅 2 构成的球面副 (图 2-4 (b)) 都是空间运动副。

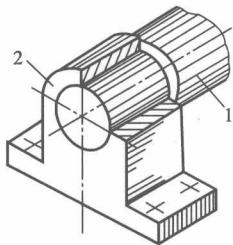


图 2-1 轴与轴承连接

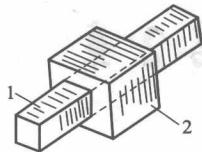


图 2-2 滑块与导轨连接

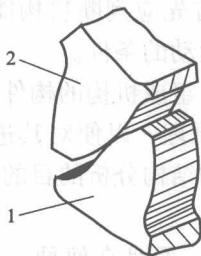
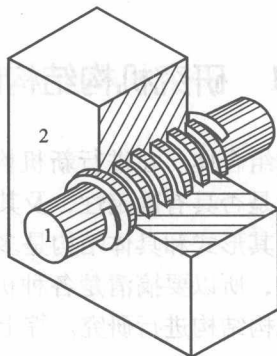
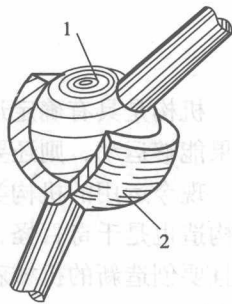


图 2-3 两齿轮轮齿啮合



(a)



(b)

图 2-4 空间运动副

1—螺杆、球面；2—螺母、球幅

2. 自由度和约束

为了研究机构，先来研究组成机构的构件。对于任意一个做复杂平面运动的构件，其运动可以分解为三个独立运动，即：沿 x 轴的移动、沿 y 轴的移动和绕垂直于 xOy 平面的轴转动，如图 2-5 所示。我们把构件所具有的独立运动的数目，称为构件的自由度。显然，作平面运动的构件具有三个自由度。但是，当与另一个构件通过运动副连接后，这个构件的某些独立运动会受到限制，自由度会减少。我们把对独立运动的限制称为约束。引入一个约束就减少一个自由度，两构件间约束的多少和约束的特点完全取决于运动的形式。

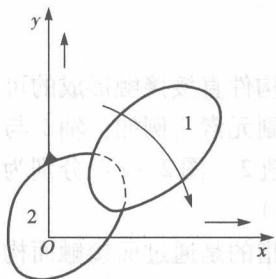


图 2-5 构件作平面运动时的自由度

平面运动副包括以下三种类型：

(1) 转动副。如图 2-6 (a) 所示的运动副，构件 2 沿着 x 轴和 y 轴两个方向的移动受到限制，只可以绕与 xOy 平面垂直的轴转动。这种允许构件作相对转动的运动副称为转动副。一个转动副的约束数为 2，自由度数为 1。

(2) 移动副。如图 2-6 (b) 所示的运动副，构件 2 沿着 y 轴方向的移动和绕与 xOy 平面垂直的轴的转动受到限制，只可以沿着 x 轴方向移动。这种允许构件做相对移动的运动副

称为移动副。一个移动副的约束数为2，自由度数为1。

(3) 平面高副。如图2-6(c)、(d)所示的运动副，是由两构件的曲面轮廓接触而形成的。其中图(c)为凸轮机构，凸轮1与从动件2形成点接触，从动件2沿着接触点公法线 $n-n$ 方向的移动受到限制，但可以沿着接触点公切线 $t-t$ 方向移动和绕接触点转动。图(d)为齿轮机构，轮齿1和轮齿2形成线接触，轮齿2沿着接触点公法线 $n-n$ 方向的移动受到限制，但可以沿着接触点公切线 $t-t$ 方向移动和绕接触点转动。在平面内，这种由两构件之间以点或线接触组成的运动副称为平面高副。一个平面高副自由度为2，约束数为1。

因为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。因此，从相对运动来看，平面运动副不外乎上述三种类型。综上所述，平面运动副包括平面低副（转动副和移动副）和平面高副。平面低副具有两个约束，而平面高副只具有一个约束。

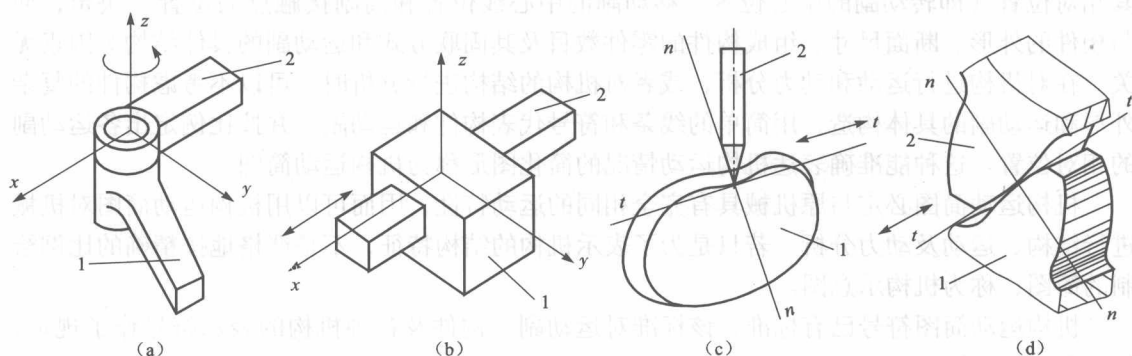


图2-6 平面运动副

3. 运动链

若干构件通过运动副连接而成的系统称为运动链。运动链分为闭式运动链和开式运动链两种。闭式运动链中的各构件构成了首末封闭的系统（图2-7(a)、(b)）；开式运动链中各构件未构成首末封闭的系统（图2-7(c)、(d)）。在各种机械中，一般采用闭式运动链，而开式运动链多用在人工机械手等机械中。

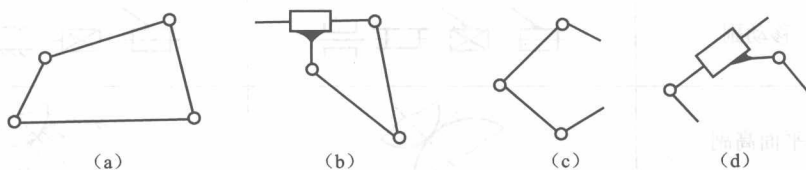


图2-7 运动链

4. 机构

在运动链中，将某一个构件加以固定而成为机架，而另一构件（或少数几个构件）按给定的规律独立运动时，其余构件均随之作确定的相对运动，则此运动链便成为机构，如图2-8所示。机构是由原动件、从动件和机架三部分组成。

(1) 原动件。按照给定运动规律独立运动的构件称为原动件

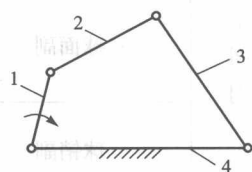


图2-8 机构