

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

机械 设计基础

主编 胥 宏



科学出版社
www.sciencep.com

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

机械设计基础

胥 宏 主 编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据教育部制订的高职高专“机械设计课程教学基本要求(机械类专业)”,同时参照原国家教委高教司批准印发的高等学校工程专科《机械设计基础课程教学基本要求(近机类专业)》编写而成的。

全书除绪论外,共有12章。主要阐述了一般机械中常用机构和通用零部件的结构、运动特性、工作原理及有关的设计计算。简单介绍了机械系统传动装置设计的一些基本知识。考虑到高职高专的教学实际,突出教材的实用性与针对性,反映编者在多年教学中总结的教学经验,应用了最新的国家标准。

本书可作为高职高专院校机械类、近机类各专业机械设计基础课程教材(60~90学时),也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/胥宏主编. —北京:科学出版社,2006

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

ISBN 7-03-016836-4

I. 机… II. 胥… 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(2006)第 007260 号

责任编辑:胡华强 刘 韩 / 责任校对:陈丽珠
责任印制:黄晓靖 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

德海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年4月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年4月第一次印刷 印张:16 3/4

印数:1—4 000 字数:314 000

定价:25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

主任委员

陈传伟 成都电子机械高等专科学校副校长

副主任委员

汪令江 成都大学教务处处长

李学锋 成都航空职业技术学院教务处处长

季 辉 成都电子机械高等专科学校教务处处长

林 鹏 科学出版社副总编

委 员

黄小平 成都纺织高等专科学校教务处处长

凤 勇 四川交通职业技术学院教务处处长

丁建生 四川工程职业技术学院教务处处长

郑学全 绵阳职业技术学院教务处处长

彭 涛 泸州职业技术学院教务处处长

秦庆礼 四川航天职业技术学院学术委员会主任

谢 婧 内江职业技术学院教务处副处长

胡华强 科学出版社高等教育分社社长

出版说明

为进一步适应我国高等职业教育需求的迅猛发展,推动学校向“以就业为导向”的现代高等职业教育新模式转变,促进学校办学特色的凝炼,高等职业教育人才培养创新教材出版工程四川编委会本着平等、自愿、协商的原则,开展高等院校间的高等职业教育教材建设协作,并与科学出版社合作,积极策划、组织、出版各类教材。

在教材建设中,编委会倡导以专业建设为龙头的教材选题方针,在对专业建设和课程体系进行梳理并达成较为一致的意见后,进行教材选题规划,提出指导性意见。根据新时代对高技能人才的需求,专门针对现代高等职业教育“以就业为导向”的培养模式,反映知识更新和科技发展的最新动态,将新知识、新技术、新工艺、新案例及时反映到教材中来,体现教学改革最新理念和职业岗位新要求,思路创新,内容新颖,突出实用,成系配套。

教材选题的类型主要是理论课教材、实训教材、实验指导书,有能力进行教学素材和多媒体课件立体化配套的优先考虑;能反映教学改革最新思路的教材优先考虑;国家、省级精品课程教材优先考虑。

这批教材的书稿主要是从通过教学实践、师生反应较好的讲义中经院校推荐,由编委会择优遴选产生的。为保证教材的出版和提高教材的质量,作者、编委会和出版社做出了不懈的努力。

限于水平和经验,这批教材的编审、出版工作可能仍有不足之处,希望使用教材的学校及师生积极提出批评和建议,共同为提高我国高等职业教育教学、教材质量而努力。

高等职业教育人才培养创新教材出版工程

四川编委会

2004年10月20日

前 言

为了贯彻全国职教工作会议精神,适应高等职业教育以服务为宗旨,以就业为导向,培养更多的技术应用型人才,根据教育部制定的高职高专“机械设计课程教学基本要求(机械类专业)”,同时参照原国家教委高教司批准印发的高等学校工程专科《机械设计基础课程教学基本要求(近机类专业)》,特编写本教材。本教材为高等职业教育人才培养创新教材出版工程首批规划教材。

本教材的特点如下:

1. 内容简洁实用。删除了繁杂的理论推导,添加了生产、生活中的实例,可激发学生学习兴趣,顺利地完专业基础课向专业课的过渡,引领学生对工程技术领域的探究。

2. 去繁就简。克服过去中专、高职教材机械地沿用大学本科教材、理论深度大、系统性过强、不适应现在高职高专学生学习的特点。教材注重实用性,便于培养学生理论联系实际的工作能力和技术应用能力。

3. 本教材的编写人员均来自教学一线,了解学生心理,从篇章结构的安排到教学语言的陈述均考虑得较为合理,便于讲授和学生学习。

4. 本教材中的带传动、齿轮传动和轴的设计三章中的例题均统一于一个大型例题,按先后顺序进行讲解,便于学生了解设计思路的前后连贯,脉络清晰。

5. 本教材采用的工程符号、名词术语、单位等均为国家最新标准或国际标准,力求使用成熟的、简便易行的设计方法与设计资料。

参加本书编写的有:成都电子机械高等专科学校胥宏(绪论、第9、第12章)、顾铭(第2、第3章),成都纺织高等专科学校刘静波(第4、第10章)、张长福(第5、第8章)和内江职业技术学院项加宇(第1、第11章)、四川航天职业技术学院王建琼(第6、第7章)。全书由胥宏担任主编,王建琼、刘静波任副主编。本书承成都电子机械高等专科学校洪明教授主审,他对本书提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006年1月

目 录

前言

绪论	1
0.1 机器的组成及其特征	1
0.2 机械设计的基本要求及一般程序	2
0.3 机械设计基础课程的内容、性质和任务	4
小结	5
第1章 平面机构的运动简图及自由度	6
1.1 平面机构的组成	6
1.2 平面机构运动简图	9
1.3 平面机构的自由度	11
小结	15
思考题与习题	15
第2章 平面连杆机构	17
2.1 平面连杆机构的特点及应用	17
2.2 铰链四杆机构的基本型式及其演化	18
2.3 平面四杆机构的工作特性	28
2.4 平面四杆机构的运动设计	33
小结	38
思考题与习题	39
第3章 凸轮机构	42
3.1 凸轮机构的应用和分类	42
3.2 从动件的常用运动规律	45
3.3 盘形凸轮轮廓曲线的设计	51
3.4 凸轮机构基本尺寸设计	56
小结	61
思考题与习题	62
第4章 带传动	64
4.1 概述	64
4.2 带传动的力分析和运动特性	66
4.3 普通V带传动的设计	70

4.4 带传动的张紧和维护	82
小结	84
思考题与习题	84
第5章 间歇运动机构	86
5.1 棘轮机构	86
5.2 槽轮机构	90
5.3 其他间歇机构	94
小结	96
思考题与习题	96
第6章 齿轮传动	97
6.1 齿轮传动概述	97
6.2 齿廓啮合基本定律	99
6.3 渐开线齿廓	101
6.4 渐开线标准直齿圆柱齿轮的主要参数和几何尺寸	103
6.5 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	107
6.6 渐开线齿轮的加工方法	111
6.7 齿轮的材料与失效	115
6.8 标准直齿圆柱齿轮传动的设计	118
6.9 平行轴标准斜齿圆柱齿轮传动	131
6.10 直齿圆锥齿轮传动	138
6.11 齿轮传动的润滑和精度	141
6.12 蜗杆传动简介	143
小结	147
思考题与习题	147
第7章 齿轮系	150
7.1 齿轮系的分类	150
7.2 定轴齿轮系的传动比计算	151
7.3 行星齿轮系的传动比	153
7.4 组合齿轮系的传动比	155
7.5 齿轮系的应用	156
小结	158
思考题与习题	159
第8章 连接	163
8.1 螺纹	163
8.2 螺旋副的受力分析、效率和自锁	166

8.3 螺纹连接的基本类型、预紧和防松	169
8.4 螺栓连接的强度计算	174
8.5 螺栓的材料和许用应力	178
8.6 提高螺栓连接强度的措施	179
8.7 键连接	182
8.8 花键和销连接	187
小结	188
思考题与习题	188
第9章 轴	190
9.1 轴的分类和轴的材料	190
9.2 轴的结构设计	193
9.3 轴的设计计算	198
小结	205
思考题与习题	205
第10章 轴承	207
10.1 滑动轴承的类型、结构、材料与润滑	207
10.2 滚动轴承的类型及选择	214
10.3 滚动轴承的寿命计算	221
10.4 滚动轴承的组合设计	228
10.5 滚动轴承的润滑、密封和使用	233
小结	236
思考题与习题	236
第11章 其他常用零、部件	238
11.1 联轴器	238
11.2 离合器	243
11.3 弹簧	246
小结	248
思考题与习题	248
第12章 机械系统传动装置设计	249
12.1 传动方案的确定	249
12.2 原动机的选择	251
12.3 计算总传动比和分配各级传动比	253
12.4 传动装置的运动和动力参数计算	254
主要参考文献	256

绪 论

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的技术装置，在现代生产和日常生活中，机械都起着非常重要的作用。回顾机械发展的历史，从杠杆、斜面、滑轮到汽车、内燃机、缝纫机、洗衣机及机器人等，都说明机械的进步，标志着生产力不断向前发展。因此使用机器的水平是衡量一个国家现代化程度的重要标志。对于现代工程技术人员，学习和掌握一定的机械设计基础知识是极为必需的。

0.1 机器的组成及其特征

0.1.1 机器的组成

任何机器都是为实现某种功能而设计制作的。图 0.1 是人们熟悉的自行车简图，当人蹬链轮 1 逆时针转动，带动链条 2 传动，飞轮 3 内的棘轮棘爪机构驱动后轮 4 转动，使自行车向前运动。

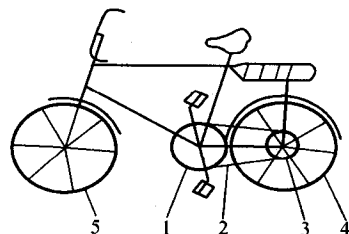


图 0.1 自行车简图

1. 链轮；2. 链条；3. 飞轮；
4. 后轮；5. 前轮

图 0.2 为颚式破碎机，其主体是由机架 1、偏心轴 2、动颚 3 和肘板 4 等组成。偏心轴与带轮 5 固连，当电动机通过 V 带驱动带轮运转时，偏心轴则绕轴转动，使动颚作平面

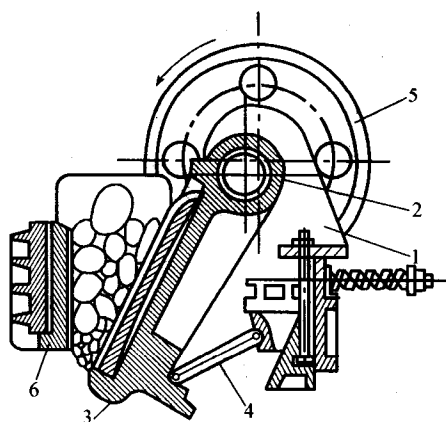


图 0.2 颚式破碎机

1. 机架；2. 偏心轴；3. 动颚；
4. 肘板；5. 带轮；6. 定颚

运动，轧碎动颚与定颚 6 之间的矿石，从而做有用的机械功。

就功能而言，一台机器不管其内部结构如何，一般都由四个部分组成：动力系统、传动系统、执行系统和操纵控制系统。机器通常具有下列特征：都是人为的实体组合；各实体间具有确定的相对运动；可实现能量的转化，完成有用的机械功。

机构也是人为的实体组合，其实体间具有确定的相对运动，但它不能够转化能量或减轻人类的劳动。常见的机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、间

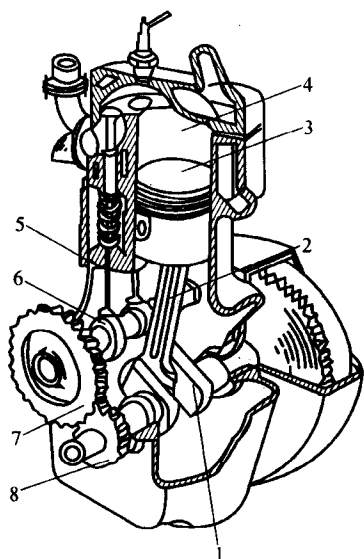


图 0.3 单缸内燃机

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

歇运动机构等，它们只能完成运动和动力的传递。图 0.3 为单缸内燃机，是由曲轴 1、连杆 2、活塞 3、气缸体 4 组成连杆机构；顶杆 5、凸轮 6 组成凸轮机构；齿轮 7 与 8 组成齿轮机构。其基本功能是使燃气在缸内经过进气—压缩—爆发—排气的循环过程，将燃气的热能不断地转换为机械能，从而使活塞的往复运动转换为曲轴的连续转动；而进、排气阀的启闭则是通过齿轮、凸轮、顶杆、弹簧等各实物组合成一体，并协同运动来实现的。

0.1.2 基本概念

要研究机械，首先要了解几个基本概念。

(1) 零件 机械制造的最小单元，如齿轮、螺钉、弹簧等。机械中的零件分为通用零件和专用零件两类。通用零件是指在各类机器中经常用到的尺寸一般、使用频率高、普通工作环境下的零件，如螺栓、轴、齿轮等；专用零件只出现在某些机械中，如曲轴、活塞、叶轮等。

(2) 构件 机械运动的最小单元，它由一个或一个以上的零件组成。如图 0.4 所示的连杆就是由连杆体 1、连杆盖 2、轴瓦 3~5、螺栓 6、螺母、开口销等组成的运动构件，而曲轴是只由一个零件组成的构件。

(3) 部件 装配的最小单元，如减速器、离合器、滚动轴承。

(4) 机械 若撇开机器在做功和转换能量方面所起的作用，仅从结构和运动的观点来看，则机器与机构之间并无区别，因此，机械是机器和机构的总称。

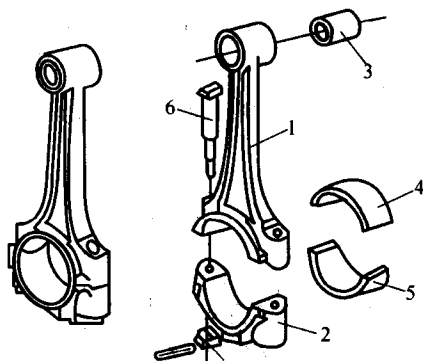


图 0.4 连杆简图

1. 连杆体；2. 连杆盖；3~5. 轴瓦；6. 螺栓

0.2 机械设计的基本要求及一般程序

0.2.1 机械设计的基本要求

机械的类型很多，但其设计的基本要求大致相同，主要有以下几方面。

1. 预定功能的要求

功能要求是指被设计机器的功用和性能指标。

设计机器的基本出发点是实现预定的功能要求。为此，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。

一般机器的预定功能要求包括：运动性能、动力性能、基本技术指标及外形结构等方面。

2. 可靠性要求

可靠性要求指在规定的使用时间（寿命）内和预定的环境条件下，机械能够正常工作的一定概率。机械的可靠性是机械的一种重要属性。

3. 经济性要求

在满足使用要求的前提下，还要使其结构简单、便于加工和维护，即零件的加工工艺性和机械的装配工艺性好。降低设计和制造成本，使产品质优价廉，具有市场竞争力。

4. 操作使用要求

设计的机器要力求操作方便，最大限度地减少工人操作时的体力和脑力消耗，改善操作者的工作环境，降低机器噪声，净化废气、废液及灰尘，使其对环境的污染尽可能小。

5. 其他特殊要求

某些机器还有一些特殊要求。例如：机床应能在规定的使用期限内保持精度；经常搬动的机器（如塔式起重机、钻探机等），要求便于安装、拆卸和运输；食品、医药、纺织等机械有不得污染产品的要求等。

总之，必须根据所要设计的机器的实际情况，分清应满足的各项设计要求的主、次程度，切忌简单照搬或乱提要求。

0.2.2 机械设计的一般程序

机械设计没有一成不变的程序，应根据具体情况而定。一部机器的诞生，从感到某种需要、萌生设计念头、明确设计要求开始，经过设计、制造、鉴定到产品定型，是一个复杂细致的过程。为了清晰，将机械设计的一般过程用框图来表示（图 0.5）。

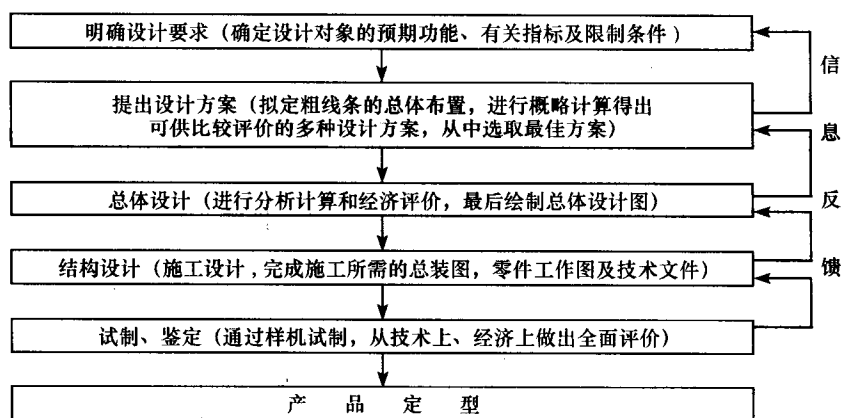


图 0.5 机械设计的一般过程

设计人员必须善于把设计构思、设计方案, 用语言、文字和图形方式传递给主管者和协作者, 以取得批准和赞同。除具体技术问题外, 设计人员还要论证下列问题: ①此设计是否确为人们所需要? ②有哪些特色? 能否与同类产品竞争? ③制造上是否经济? ④维修保养是否方便? ⑤是否有市场? ⑥社会效益与经济效益如何?

设计人员要富有创造精神; 要从实际情况出发; 要调查研究; 要广泛吸取用户和工艺人员的意见, 在设计、加工、安装和调试过程中及时发现问题、反复修改, 以期取得最佳的成果, 并从中积累设计经验。

0.3 机械设计基础课程的内容、性质和任务

0.3.1 课程的内容

机械设计基础课程主要讲述机械中的常用机构和通用零部件的工作原理、运动特点、结构特点, 基本设计理论和计算方法, 以及机器动力学中的一些问题。同时扼要地介绍国家标准和规范、某些标准零部件的选用原则和方法, 以及通用零部件的一般使用及维护知识。总之, 本课程主要是讲述与常用机构和通用零部件设计有关的内容。

0.3.2 课程的性质

本课程是一门技术基础课。它综合运用高等数学、工程力学、机械制图、金

属材料及热处理、互换性与技术测量、计算机程序设计等课程的基本知识，去解决常用机构、通用零部件设计等问题。

本课程的科学性、综合性、实践性都比较强，是机械类或近机类专业的主干课之一，在相应各专业的教学计划中占有重要的地位，是培养机械或机械管理工程师的必修课。

0.3.3 课程的任务

本课程的主要任务是培养学生：

- (1) 掌握机构的结构、运动特性，初步具有分析和设计常用机构的能力，对机械动力学的某些基本知识有所了解。
- (2) 掌握通用机械零件的工作原理、结构特点、设计计算和维护等基本知识，并初步具有设计机械传动装置的能力。
- (3) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。
- (4) 获得本学科实验技能的初步训练。

总之，通过本课程的学习，应使学生具备使用、维护和改进机械设备的基本知识和分析设备事故的基本能力。培养学生能运用手册、设计简单机械传动，为今后技术革新创造条件，并为学习有关专业机械设备课程奠定必要的基础。

小 结

本章主要内容如下：

- (1) 机器的组成及特征。
- (2) 几个基本概念：零件、构件、部件、机构、机器、机械。
- (3) 机械设计的基本要求和设计的一般方法。
- (4) 了解机械设计基础课程的性质和主要任务。

第 1 章 平面机构的运动简图及自由度

机构是机器的重要组成部分，本章主要介绍机构的基本组成和机构在什么条件下才具备确定的运动。在对机构进行运动分析和做运动设计时，都需要运用机构运动简图，本章还将介绍平面机构运动简图的画法和平面机构自由度的计算。

1.1 平面机构的组成

任何机器都是由许多零件组合而成的。在这些零件中，有的是作为一个独立的运动单元而运动的，而有的零件往往由于机构和工艺上的要求，而与其他的零件刚性连接在一起，作为一个整体而运动。这些刚性连接在一起的各个零件共同组成了一个独立的运动单元体。机器中的每一个独立的运动单元体就叫作一个“构件”。所以，从运动的观点来说，也可以说任何机器都是由（两个或者更多的）构件组成的。

1.1.1 运动副

当由构件组成机构时，总是需要用一定的方式把各个构件彼此连接起来，而且每个构件至少必须与另一个构件相连接。不过这种连接必须保证彼此连接的两构件之间仍能产生某些相对运动，所以一般都不应该是刚性连接，而是可动的连接。我们把这种由两个构件组成的可动的连接称为运动副，而把两构件上能够参加接触而构成运动副的表面称为运动副元素。例如，凸轮和推杆的接触（图 1.1）、两齿轮轮齿的啮合（图 1.2）等都构成了运动副。

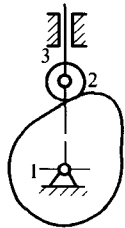


图 1.1 凸轮和推杆的接触

1. 凸轮；2. 滚子；3. 顶杆

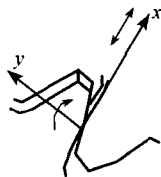


图 1.2 两齿轮轮齿的啮合

平面机构中的运动副称为平面运动副。平面运动副中，两构件之间的直接接触可分为点接触、线接触和面接触。运动副通常可以按照构件间的接触特性分为低副和高副两大类。

1. 低副

两构件之间以面接触构成的运动副称为低副。根据构件的相对运动形式，又分为移动副和转动副。

若组成运动副的两构件只沿着某一轴线相对移动，这种运动副就称为移动副。如图 1.3 所示，两构件间只能沿着 x 轴方向移动，而不能沿着 y 轴方向移动或者其他方向转动，因此组成的运动副是移动副。例如，内燃机中活塞与气缸所组成的运动副就是移动副。

若组成运动副的两构件之间的相对运动为转动，则称为转动副，又称铰链，如图 1.4 所示。两构件间沿任何方向的平动都被约束，只能在平面内转动，这种运动副就是典型的转动副。例如，内燃机中连杆和曲轴组成的运动副就是一个转动副。

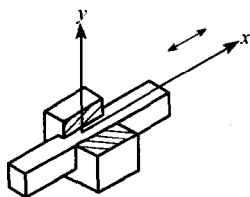


图 1.3 移动副

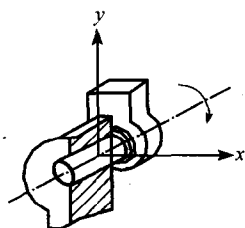


图 1.4 转动副

2. 高副

两构件之间以点或线接触组成的运动副称为高副。如图 1.5 所示，齿轮之间的线接触就构成了高副。在图 1.6 中，凸轮与推杆之间形成的点接触组成高副。

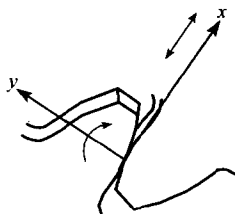


图 1.5 线接触高副

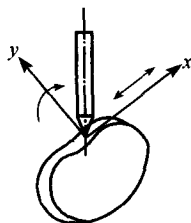


图 1.6 点接触高副

构成低副的两个构件接触处由于是面接触，通常接触面积大，所以压强小，承载能力大、耐磨损、寿命长，而且形状简单、容易制造，高副则往往相反。但

是低副的两构件之间只能作相对滑动，而高副的两构件之间既可以作相对滑动，又可以作相对转动。

1.1.2 机构

1. 运动链

如上所述，组成机构的各个构件是通过相应的运动副而彼此相连的。我们把构件通过运动副的连接而构成的相对可动的系统称为运动链。如果运动链的各构件首尾相连，构成一个封闭的系统，我们就把它叫作闭式运动链（简称闭链），如图 1.7 所示。如果运动链的组成构件没有构成首尾封闭的系统，则称为开式运动链（简称开链），如图 1.8 所示。在各种机械机构中，一般采用闭链以提高机构的刚性，开链一般用于机械手等特定的领域中。

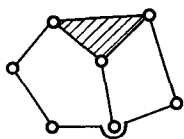


图 1.7 闭式运动链

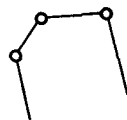
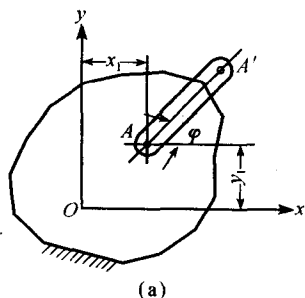
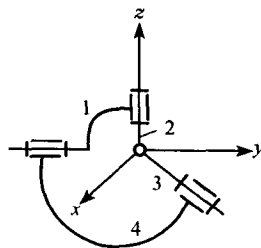


图 1.8 开式运动链

另外，根据运动链中各构件间的相对运动是平面运动还是空间运动（图 1.9），也可以把运动链分为平面运动链 [图 1.9(a)] 和空间运动链 [图 1.9(b)] 两类。



(a)



(b)

图 1.9 平面运动链和空间运动链

1, 4. 空间轴；2, 3. 平面轴

2. 机构

在运动链中，如果将某一构件加以固定，则该构件被称为机架，而这种运动链便成为一个机构。机构中的其他构件均相对于机架而运动。一般情况下，机械