



高职高专
机电工程类
规划教材

机械设计基础

黄劲枝 主 编
黄镇昌 副主编
林世俊



机械工业出版社
China Machine Press

高职高专机电工程类规划教材

机械设计基础

广东省教育厅 组编

主 编 黄劲枝

副主编 林世俊 黄镇昌

参 编 程中元 蔡小梦

主 审 李杞仪



机械工业出版社

本书是广东省高职高专机电工程类规划教材之一。

本书将机械原理、机械设计及互换性与测量技术基础的部分内容融汇在一起。全书包含机械的运动设计、结构设计、工作能力设计、精度设计、创新方法简介、计算机辅助设计实例等内容。主要阐述一般机械中的常用机构、典型机械传动和通用零部件的工作原理、运动特性、结构特点、工作能力计算方法,介绍公差设计与误差检测、使用与维护等知识。

全书共计十六章。包括:绪论,平面连杆机构,凸轮机构,间歇运动机构,公差、配合与测量基础,螺纹联接和螺旋传动,带传动和链传动,齿轮传动,轴承,轴及轴毂联接,其他常用零部件,机械的调速与平衡,机构组合与创新,计算机在机械设计中的应用。

本书推荐学时数为80~100学时。可供高职高专机电工程类各专业和相应专业教学使用,亦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/黄劲枝主编. --北京:机械工业出版社,2001.7

高职高专机电工程类规划教材

ISBN 7-111-08517-5

I. 机... II. 黄... 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(2001)第035596号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

责任编辑:冯 敏 版式设计:冉晓华 责任校对:张 媛
钱飒飒

封面设计:方 芬 责任印制:路 琳

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002年1月第1版·第2次印刷

1000mm×1400mm B5·12.5印张·488千字

4 001 -9 000册

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

高职高专机电工程类规划教材

编 委 会 名 单

主 任：杨开乔

副主任：谢存禧 高文龙

委 员：杨开乔 谢存禧 高文龙 蔡 敏

邵 明 司徒忠 何友义 曾文光

蔡吕荣 卢 勇 龚洵禹 林晓新

吴 勇 程中元 戚长政 刘晓顺

赵小平 卢晓春 姚嘉五 吴念香

郑建辉

秘 书：邵 明 吴念香 郑建辉

序

高等职业教育是我国高等教育改革和发展的新生事物，是我国高等教育不可缺少的重要组成部分。20世纪90年代以来，党中央、国务院十分重视高职高专教育，制定了一系列政策和措施，有效地推动了高职高专教育的改革和发展。中共中央、国务院《关于深化教育改革，全面推进素质教育的决定》中明确指出：“要大力发展高等职业教育，培养一大批具有必要理论知识和较强实践能力，生产、建设、管理、服务第一线 and 农村急需的专门人才”，为我国高等职业教育的改革和发展指明了方向。近年来，我省全面贯彻国家高职发展的“三改一补”方针，采取“三多一改”的办法（即多形式、多模式、多机制和改革）发展高等职业教育，使高职高专教育出现了生机勃勃的发展势头，到目前为止，全省有独立设置的职业技术学院13所，9所本科院校举办了二级职业技术学院，10多所普通专科学校、20多所成人高校举办了高职专业，全省高职高专在校生10多万人，初步形成了具有一定办学特色的高等职业教育体系，成为我省高等教育的重要组成部分。

由于高等职业教育规模发展的时间较短，教学体系尚不成熟，许多问题，诸如教学计划、教学内容、实践基地建设、“双师”队伍建设、教材建设等，尚在研究、摸索阶段。尤其是高职高专的教材较少，给教学工作和人才培养造成了一定的困难。解决好这些问题，将有利于高等职业教育的进一步改革和发展。为此，广东省教育厅十分重视高职高专教材建设。我们采取了统筹规划、分步实施的办法，积极组织有关高职院校教师分专业、分系列开展高职高专教材的编写工作。本套高职高专机电工程类规划教材的编写出版，就是我们在高职教材建设方面的一个积极尝试。这套教材共17门，由我厅和国家机械工业局教材编辑室、机械工业出版社联合组织编写。在编写过程中，全体编写人员、责任编辑、编委会成员倾注了大量的心血。本套教材较好地贯彻了职业性、实用性、系统性、超前性、地方性的编写原则，具有较明显的职教特色和地方特色，将有助于学生专业理论的学习和应用技能的训练和提高，适用于高等职业院校、专科学校和成人高校机电类专业使用。

这套教材的编写出版，将填补我省高职教育专业教材的空白，并对我省高等职业教育的进一步改革和发展产生积极而深远的影响。同时，我们也希望通过这套教材的出版发行，能为我国高等职业教育的改革和发展尽一份微薄之力，并为我国高职教育教材园地的建设增添一朵绚丽的小花。

广东省教育厅

2000年8月25日

前 言

本书以1995年原国家教委颁布的“高等学校教材工作规程（试行）”及“关于‘九五’期间普通高等教育教材建设与改革的意见”为依据，根据科学技术、社会、经济的发展对人才的需求以及高职高专的办学特色，结合参编学校多年来教学改革的实践，由广东省教育厅和机械工业出版社联合组织编写，是广东省高职高专机电工程类规划教材之一。该教材与现行同类教材比较，有如下特点：

1) 本书以突出高职高专教育培养生产或工程第一线应用型技术人才的特点为出发点，坚持“以应用为目的，以必需、够用为度”的原则，从教材体系上对传统模式做了一定的改革。本书精选了“机械原理”“机械设计”及“互换性与测量技术基础”等课程的部分教学内容，并对所述内容按其内在联系，适当交叉编排成章。全书在内容和体系上既保留原学科各自的规律性，又避免了课程之间的部分内容的重复，减少了教学时数。通过对常用机构和通用零部件的运动设计、结构设计、工作能力设计、精度设计等内容的介绍，融汇机械设计的一般规律及其基本理论、基本方法，使教学内容从理论到应用更具连贯性，更符合教学规律。

2) 作为教材改革的一种尝试，将互换性与测量技术基础的内容编入本书，以完善机械设计的全过程。但在编排上改变了一般教材的模式，本书在介绍常用机构之后的第六章编入了互换性与测量技术基础的基本概念、基本方法，并在以后的各有关章节中，对一些典型零部件适当编入了公差与检测的内容，以便学生对机械设计有更全面的了解。

3) 本书精简了繁杂的理论分析及公式推导过程，力求设计方法简明实用；在典型机械传动和通用零部件部分适当编入了使用与维护方面的知识，以突出教材的实用性。在各章习题中编入有关技能训练或实际操作方面的内容，以培养学生解决生产实际技术问题的能力。

4) 本书选用了较多的工程实例，同时尽可能通过实例来介绍基础知识和讲解基本理论，以淡化抽象，突出具体，使学生易于掌握教材内容，达到理论联系实际的目的。

5) 本书为拓宽知识面和增加学科新内容，编入了“机械设计新发展”“机构组合与创新”“计算机在机械设计中的应用”等内容。

6) 凡涉及到标准之处，一律采用最新国家标准。

参加本书编写的有：顺德职业技术学院黄劲枝（第一、八章，第十二章第一至五节，第十五、十六章）、东莞理工学院林世俊（第二、三、四、五章，第七章

第一至六节)、华南理工大学黄镇昌(第六章、第七章第七节、第九章第十一节、第十章第六节、第十二章第六节)、中山学院程中元(第九章第一至十节、第十二、十三节)、韶关大学蔡小梦(第十章第一至五节,第十一、十三、十四章),并由黄劲枝担任主编,林世俊和黄镇昌担任副主编。

全书由广东省普通高校机械原理教学研究会理事长李杞仪担任主审,并提出了宝贵的意见和建议,特此致谢。

由于编者水平所限,且高职高专教材改革尚处于探索阶段,书中若有不妥之处,欢迎专家、学者、读者提出宝贵意见。

编者

2001年3月

目 录

序	
前言	
第一章 绪论	1
第一节 机器的组成	1
第二节 机械设计概述	3
第三节 本课程的主要内容、任务 及其学习方法	5
习题	6
第二章 平面机构的运动简图及其 自由度	7
第一节 机构的组成	7
第二节 平面机构运动简图	10
第三节 平面机构的自由度	13
习题	18
第三章 平面连杆机构	21
第一节 平面四杆机构的基本型式 及其演化	21
第二节 平面四杆机构的几个工作 特性	27
第三节 平面四杆机构的几何设 计	31
习题	37
第四章 凸轮机构	40
第一节 凸轮机构的应用及类型	40
第二节 从动件常用运动规律	42
第三节 图解法绘制凸轮轮廓	48
第四节 凸轮机构运动设计中应注意 的问题	51
习题	54
第五章 间歇运动机构	56
第一节 棘轮机构	56
第二节 槽轮机构	59
第三节 不完全齿轮机构	61
第四节 凸轮式间歇运动机构	62
习题	63
第六章 公差、配合与测量	65
第一节 概述	65
第二节 尺寸极限与配合	67
第三节 形状和位置公差	86
第四节 表面粗糙度	106
第五节 几何量检测	115
习题	127
第七章 螺纹联接和螺旋传动	129
第一节 螺纹	129
第二节 螺旋副的受力分析、效率 和自锁	132
第三节 螺纹联接	135
第四节 螺纹联接的强度计算	141
第五节 螺旋传动	148
第六节 螺纹零件的使用与维护	153
第七节 普通螺纹联接的公差与 检测	159
习题	162
第八章 带传动和链传动	164
第一节 带传动的主要类型、特点 和应用	164
第二节 V带及带轮	165
第三节 带传动工作情况分析	169
第四节 V带传动的设计	172
第五节 V带传动的张紧、使用 与维护	181
第六节 其他带传动简介	183
第七节 链传动概述	184
第八节 链传动的运动特性和受力 分析	189

第九节	滚子链传动的设计计算	191	第六节	滚动轴承的公差与配合	311
第十节	链传动的使用与维护	198	习题		316
习题		200	第十一章	联轴器和离合器	318
第九章	齿轮传动	202	第一节	联轴器	318
第一节	齿轮传动的特点和类型	202	第二节	离合器	323
第二节	渐开线齿廓及其啮合特性	203	第三节	联轴器、离合器的使用与维护	326
第三节	标准直齿圆柱齿轮各部分名称及尺寸计算	206	习题		326
第四节	渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	210	第十二章	轴及轴毂联接	328
第五节	渐开线齿廓的切制原理及变位齿轮简介	214	第一节	轴的功用、类型及材料	328
第六节	齿轮传动的失效形式和齿轮材料	217	第二节	轴的结构设计	331
第七节	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	220	第三节	轴的计算	337
第八节	斜齿圆柱齿轮传动	231	第四节	轴毂联接	341
第九节	直齿锥齿轮传动	238	第五节	轴的使用与维护	346
第十节	齿轮的结构设计和齿轮传动的维护与润滑	243	第六节	键和花键的公差与配合	347
第十一节	渐开线圆柱齿轮传动公差与检测	246	习题		355
第十二节	蜗杆传动	257	第十三章	弹簧简介	357
第十三节	齿轮系	268	第十四章	机械的调速与平衡	362
习题		277	第一节	机械速度波动的调节	362
第十章	轴承	281	第二节	机械的平衡	368
第一节	滑动轴承的类型、结构及材料	281	习题		373
第二节	滚动轴承的类型、代号及选用	287	第十五章	机构组合与创新	375
第三节	滚动轴承的选择计算	295	第一节	机构的组合方式	375
第四节	滚动轴承的组合分析	303	第二节	机构创新方法简介	379
第五节	轴承的润滑与密封	308	习题		383
			第十六章	计算机在机械设计中应用	384
			第一节	计算机在机构运动设计中的应用	384
			第二节	计算机在机械零件设计中的应用	388
			参考文献		392

第一章 绪 论

第一节 机器的组成

在日常生活和生产中，人们广泛地使用着名目繁多的机器，例如缝纫机、洗衣机、汽车、机床、电动机、起重机等。尽管这些机器的结构、性能和用途各不相同，但它们具有一些共同的特征。

图 1-1 所示为单缸四冲程内燃机，它由气缸体 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 10 等所组成。燃气推动活塞移动，经过连杆使曲轴作连续转动，从而将燃气的热能转换为曲轴转动的机械能。

图 1-2 所示为颚式破碎机，它由电动机 1、带轮 2、V 型带 3、带轮 4、偏心轮 5、动颚板 6、肘板 7、定颚板及机架 8 等组成。电动机的转动经带传动使偏心轮转动，从而使动颚板产生平面运动，与定颚板一起实现轧碎矿石功能。

以上仅举了两个实例。再对其他不同机器进行分析可知，机器具有如下共同的特点：

1) 它们都是由各制造单元（通常称零件）经装配而成的组合体。

2) 组合体中各运动单元之间都具有确定的相对运动。

3) 组合体能变换或传递能量、物料和信息。例如，电动机、内燃机用来变换能量；颚式破碎机用来传递能量；起重运输机用来传送物料；计算机用来变换信息等。

凡具备上述 1)、2) 两个特征的称为机构。仅从结构和运动方面来看，机器和机构两者之间并无区别，习惯上常将机器和机构统称为机械。

从功能角度分析，任何一种机器都主要由原动部分、工作部分和传动部分等

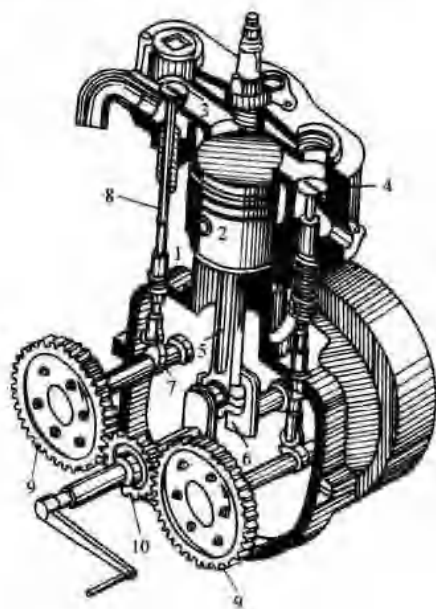


图 1-1 单缸四冲程内燃机

1—气缸体 2—活塞 3—进气阀 4—排气阀
5—连杆 6—曲轴 7—凸轮 8—顶杆
9、10—齿轮

所组成。原动部分是机器工作的动力源，最常用的原动机有电动机、内燃机等。工作部分是直接完成机器预定功能的部分，例如图 1-2 中颚式破碎机的动、定颚板。传动部分是机器中将原动机的运动和动力传递给工作部分的中间部分，常由凸轮机构、齿轮机构、带传动等组成。除此以外，对于较复杂和自动化程度较高的机器，往往还包括各种动作的操纵控制系统和信息处理、传递系统。

从传递力和运动的角度来分析，机器是由机构所组成。如图 1-1 所示的内燃机中，活塞 2、连杆 5、曲轴 6 和气缸体 1 组成一个曲柄滑块机构，

可将活塞的往复移动变为曲轴连续转动。凸轮 7、顶杆 8、气缸体 1 组成凸轮机构，将凸轮的连续转动转换为顶杆有规律的往复移动。凸轮轴与曲轴上的齿轮 9、10 和气缸体 1 组成齿轮机构，使两轴保持一定的转速比，以保证进、排气阀 3、4 和活塞 2 之间具有协调动作。可见，内燃机主要由曲柄滑块机构、凸轮机构和齿轮机构三个机构组合而成。一台机器常包含几个机构，至少也有一个机构，如电动机就是一个由转子和定子组成的二杆机构。

机器的种类很多，但是组成机器的机构种类却是有限的。机器中普遍使用的机构称为常用机构，如连杆机构、齿轮机构、凸轮机构和间歇运动机构等。

组成机构的各个相对运动的单元称为构件。构件可以是单一的零件，如内燃机中的曲轴；也可以是由几个零件装配而成的刚性结构，如图 1-3 所示的连杆，由连杆体 1、连杆盖 4、螺栓 2 以及螺母 3 等几个零件组成。

在机器中普遍使用的零件称为通用零件，如齿轮、螺钉、轴等；只在某些机器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、起重机中的吊钩等。另外，把为完成共同任务而结合起来的一组零件称为部件，它是机器装配的单元，如联轴器、滚动轴承、减速器等。

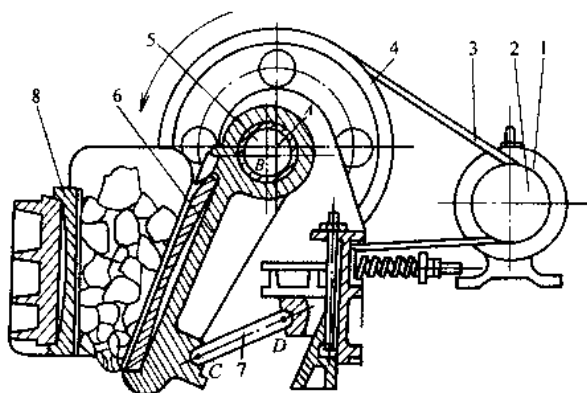


图 1-2 颚式破碎机

- 1 电动机 2、4—带轮 3—V 型带 5—偏心轮
6—动颚板 7—肘板 8—定颚板及机架

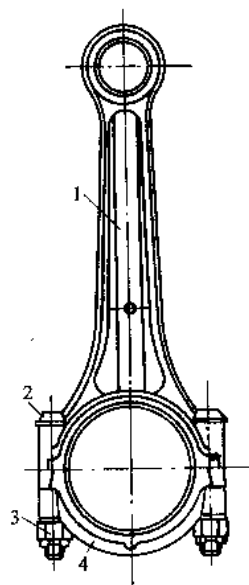


图 1-3 连杆

- 1—连杆体 2—螺栓
3—螺母 4—连杆盖

第二节 机械设计概述

一、机械设计的基本要求和一般程序

机械设计是指从社会需要出发,创造性地设计出具有特定功能的新机械或改进原有机性能的全过程。

设计机械时应满足的基本要求是:在满足预期功能的前提下,力求性能好、效率高、成本低、安全可靠、操作方便、维修简单和造型美观等。除此以外,设计某些机械时还应考虑各自的特殊要求。例如,航天、航空机械特别要求减轻重量;大型或经常流动使用的机械(如建筑起重机、钻探机等)要求便于运输、安装、拆卸;食品、制药、纺织等机械要求防止产品污染等。

设计机械并无通用和固定的程序,其设计过程通常分成三个阶段:

(1) 计划阶段 在计划阶段,根据生产或生活的需要提出所要设计的新机械,并对其需求情况作充分的调查研究和分析,明确机械应具有的功能,并为以后的评价和决策提出由环境、经济、加工以及期限等各方面所确定的限制条件。在此基础上,制定出设计任务书,明确设计任务的全面要求和细节。

(2) 方案设计阶段 此阶段对设计的成败起关键作用。首先应对机械预期功能进行分析,确定机械实现其功能的工作原理。据此选择一定类型的原动机以及一定形式的传动部分和工作部分,其结果可能有多种可行方案。这就需要对各种方案从技术、经济等方面进行综合评价后择优选用。然后绘出机械原理图或机构运动简图。

(3) 技术设计阶段 在此阶段将实现功能的原理方案具体化、结构化。首先应考虑机械的总布局和外形,进行总体结构设计,绘制整机装配草图及部件装配草图。通过草图,确定出各零部件的结构形状、基本尺寸及材料。为此,应进行机械的运动和动力参数的计算和零部件工作能力计算,并对整机和各零部件进行精度设计。最后绘出除标准件以外的零件工作图、部件装配图和整机装配图,并编写技术文件,包括设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。

上述三个阶段关系密切,往往需要反复交替进行,不断修改、完善。即使在机械制成后,尚需结合制造和使用中出现的问题,进一步修改,使设计更趋完善。

二、机械零件设计的计算准则和一般步骤

1. 机械零件设计的计算准则

机械零件是组成机器的制造单元,当它因丧失工作能力或达不到设计所要求的性能面失效时,将导致整部机器不能正常工作。机械零件失效常见的形式有断裂、过大的弹性变形或塑性变形、摩擦表面的过度磨损、打滑或过热、联接松动、运动精度达不到要求等。对于某一具体零件,可能产生的失效形式则由其工作条

件和受载情况而定。为避免机械零件失效，应使其在一定的运动、载荷和环境情况下，在预定使用期限内，具有抵抗失效的能力，这种能力称为零件的工作能力。衡量零件工作能力的指标，称为零件的工作能力准则。主要准则有强度、刚度、耐磨性、振动稳定性。它们是计算确定零件基本尺寸的主要依据，故称为计算准则。

(1) 强度准则 强度是零件抵抗破裂及塑性变形的能力。它分为体积强度和接触强度。零件在载荷作用下，若产生的应力在较大的体积内，则零件的强度称为体积强度（简称强度）；若两零件由点、线接触变为小范围表面接触，且接触表面产生很大的局部应力（简称为接触应力），这时零件的强度称为接触强度。满足强度准则，就是要保证零件在使用期限内既不会在交变应力作用下发生整体或表面的疲劳破坏，也不会因偶尔过载而断裂或产生超过允许的塑性变形，以防止因强度不足而影响机器正常工作或导致严重事故。

(2) 刚度准则 刚度是零件抵抗弹性变形的能力。满足刚度准则，就是要保证零件工作时弹性变形量不超过允许值，以避免零件因刚度不足导致失去正常的几何形状和相互之间的正确位置而影响机器的使用性能。

(3) 耐磨性准则 耐磨性是零件在工作中抵抗各种磨损的能力。满足耐磨性准则，就是要保证零件的磨损量不超过允许值，以避免零件因过度磨损而使其尺寸与形状的变化量过大而削弱其强度，降低机器的精度和效率。

(4) 振动稳定性准则 零件的固有频率和周期性外力的变化频率相等或接近时，就会发生共振。共振将影响机器正常工作，甚至造成破坏性事故。振动稳定性是零件不发生共振的性能。满足振动稳定性准则，就是要使零件的固有频率与周期性外力的变化频率错开，以免发生共振和由共振导致的零件或整个机器的破坏。

除上述的计算准则外，对于某些在特殊条件下工作的机械或具有自身特点的机械，还应满足相应的准则。例如，在高温下工作的机械，应考虑有关零件的耐热性；对摩擦传动，其有关零件应保证不打滑等等。

综上所述，对于不同的失效形式，应有不同的计算准则。各项计算准则均可用公式表示，具体计算方法将分别在有关章节中介绍。对于不同类型的零件，并不需要同时进行上述所有计算，而是从实际承载情况和工作条件出发，分析其主要失效形式，再确定其计算准则，进行设计计算，必要时再按其他准则进行校核计算。

2. 机械零件设计的一般步骤

零件的设计与机器整体的设计不可分割，也没有固定不变的顺序，一般步骤为：

- 1) 根据零件的使用要求选择零件的类型；
- 2) 根据零件的工作情况计算作用在零件上的载荷，并分析零件中的应力状态

和性质；

3) 根据零件的使用、工艺和经济等要求选择其材料及热处理方法；

4) 根据零件的主要失效形式确定其计算准则，并由相应公式计算零件的主要尺寸；

5) 根据零件的作用和制造、装配工艺等要求进行零件的结构设计；

6) 根据机器中各零件之间的相互位置关系和零件的功能要求，进行精度设计，恰当地给出零件的尺寸公差、形状公差、位置公差和表面粗糙度数值；

7) 绘制零件工作图并标注必要的技术条件。

三、机械设计的新发展

近二三十年来，科学技术的进步日新月异，使机械设计学科不断得到新发展，设计方法更为科学、完善，计算精度更高，计算速度更快。主要体现在以下几方面：

1) 传统的机械设计往往从宏观方面研究问题，现正向微观方面发展。摩擦学、断裂力学、弹性流体动力学等在进一步揭示机械零件失效、润滑、承载等的微观机理。

2) 传统的机械设计偏重于零部件的静态（载荷不变）设计，现正向以多种零件的综合或整机系统为对象的动态（载荷变化）设计发展。由于动态设计更接近高速机器的实际工况，符合失效类型，所以重要的机器，都逐渐改用动态设计。

3) 新的设计方法不断出现，如优化设计、可靠性设计、系统设计、动态设计、模块化设计、造型设计、人机学设计、计算机辅助设计、价值工程、有限元方法等等，使产品设计更科学、更完善、更有市场竞争能力。

4) 机电一体化已成为当今机械产品发展的方向，它是机械与电子、强电与弱电、软件与硬件、控制与信息等多种技术的有机结合，其产品技术先进、结构简单、工作精度高、调整维修方便、更新换代快。

5) 机械设计正步入计算机辅助设计（CAD）时代。计算机辅助设计，能完成设计计算、工程制图、建立数据库和程序库等复杂工作，使优化设计方法、有限元方法等得到更好的应用；能有效地把设计人员的经验、构思、创造性与计算机高速而准确的运算功能结合起来，大大地提高了设计质量，缩短了设计周期。

第三节 本课程的主要内容、任务及其学习方法

一、本课程的主要内容

“机械设计基础”是一门技术基础课。主要介绍常用机构的组成、工作原理、运动特性、设计的基本理论和方法，以及一般尺寸和参数的通用零部件的工作原理、特点、选用、设计的基本理论和方法，其中涉及零件外形和尺寸的确定、标

准件的选用、材料的选择、零件公差及表面粗糙度值的给出，以及零部件使用与维护的一般知识。此外，为适应科学技术和生产的发展，本课程从工程实例出发，简单介绍了机构创新方法和计算机在机械设计中的应用。

二、本课程的任务

随着科学技术的进步和生产过程的机械化、自动化水平的不断提高，要求工程技术人员应用机械方面的知识去解决机电设备中的使用、维护、管理问题，并能解决技术改造中碰到的简单机械的设计问题。因此，通过本课程的学习，应达到如下的基本要求：

- 1) 掌握常用机构的结构、工作原理、运动特性、特点与应用以及设计的基本知识；
- 2) 掌握典型机械传动和通用零部件的工作原理、特点、结构、标准及选用、设计计算方法、公差设计与误差检测以及使用与维护的基本知识；
- 3) 具有运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

三、本课程的学习方法

本课程需要综合应用许多先修课程的知识，如数学、机械制图、工程材料及机械制造基础、工程力学等，涉及的知识面较广，且偏重于应用。学习本课程的一般方法为：

- 1) 应重视理论联系实际，对日常所遇到的机器要结合所学理论进行观察分析；
- 2) 对于设计计算的公式与数据，应着重了解其中各量的物理意义、取值范围、应用条件以及它们之间的相互关系；
- 3) 了解组成机器的各零件之间相互联系、相互制约的关系，从机器整体出发，体会本课程内容的系统性和规律性，避免把各章节内容分割开来孤立地学习；
- 4) 充分重视结构方面的设计，要多观察现有零部件的实物或图样，进行分析比较，提高和丰富结构设计方面的知识，为从事生产第一线的技术工作打下坚实的基础。

习 题

- 1-1 机器与机构的共同特征有哪些？它们的区别是什么？
- 1-2 家用缝纫机、洗衣机、机械式手表是机器还是机构？
- 1-3 按机器的功能，分析一种机械装置（如机床、洗衣机、自行车、建筑用起重机等）由哪些部分组成？
- 1-4 以自行车为例，列举一二个构件，说明其主要由哪几个零件组装而成？

第二章 平面机构的运动简图及其自由度

若机构的各构件上各点的运动轨迹都是平面轨迹，且各轨迹平面皆与某固定平面平行，则称该机构为平面机构。平面机构各运动构件皆作平面运动。工程上常用机构多为平面机构。本章仅讨论平面机构。

第一节 机构的组成

机构由相联的构件构成，且有确定的相对运动。

一、构件

构件是机构的基本组成部分。由理论力学可知，一个作平面运动的构件（任意形状的刚体）的运动，可简化为该构件上某一平面图形在它自身平面内的运动。

如图 2-1a 所示，设有一任意形状构件，其上任一点 A 的轨迹在平面 S 内（ S 面垂直于 z 轴）。根据构件作平面运动的定义，其余各点的轨迹皆为平面轨迹，且各轨迹平面均与 S 面平行。面与 S 面平行的任一平面图形 S' 在坐标系 xOy 中的运动，可以反映整个构件的运动情况。

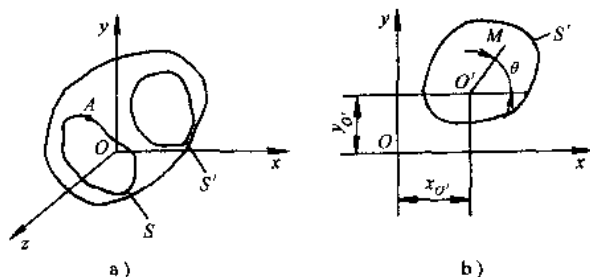


图 2-1 构件运动分析

又由理论力学可知，平面图形 S' 在坐标系 xOy 内的位置，完全可由其上任任意线段 $O'M$ 的位置来确定。而要确定 $O'M$ 的位置，只需确定 O' 点的坐标 $x_{O'}$ 、 $y_{O'}$ 及 $O'M$ 与 Ox 轴的夹角 θ ，即需三个独立参变量来描述平面 S' 的运动（图 2-1b）。

每个参变量描述平面图形 S' 一个独立运动。独立运动称为自由度。所以，一个作平面运动的自由构件有三个自由度。

又由理论力学可知，若已知平面图形 S' 上任意两点的运动状态，可求出该平面上任意其他点的运动，所以，在理论上可用平面图形 S' 上任意两点代表整个平面图形（即整个构件）。但是为了比较形象计，可以用平面图形 S' 上任意两点间的线段代表整个构件。

二、运动副

机构中使两个构件相互接触而又允许产生某些相对运动的活动联接称为运动副。而将运动副中两构件直接接触的几何元素（点、线或面）称为运动副元素。例如如图 1-1 中曲轴与机座的联接、曲轴与连杆的联接、连杆与活塞的联接、活塞与气缸的联接等都是运动副。显然，两构件以运动副相联接以后，其原有某些独立运动受到联接的限制而消失，自由度便随之减少。我们称联接对独立运动的限制为约束。联接每限制一个独立运动，就提供一个约束。

实际应用中，平面机构运动副的外形大小及结构千差万别，如图 2-2 所示。根据运动副元素类型，平面机构运动副分为低副和高副两大类。

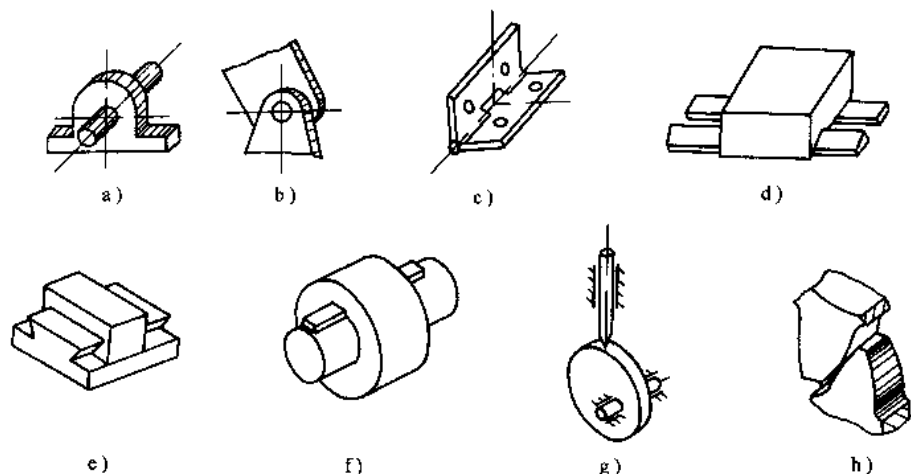


图 2-2 工程上常见平面运动副

1. 低副

运动副元素是面的运动副称为低副。平面机构中的低副有回转副和移动副两种。

(1) 回转副 图 2-2a、b、c 所示的运动副均为回转副。它们的运动副元素都是内、外圆柱面。尽管其外观不同，但结构特征、运动情况及受力特点都如表 2-1 中所示的回转副。其中构件 1、2 上各点运动轨迹平面都与 xOy 面平行。如前所述，构件 1、2 均可最简单地以 xOy 面内一线段代表，未相联前在 xOy 面内各有三个自由度。用回转副相联接后，设构件 1 仍有三个自由度，而构件 2 只能相对构件 1 绕副元素回转面的中心转动。所以，回转副提供两个约束。回转副可抽象为 xOy 平面内以副元素回转面中心为圆心的圆（如表 2-1 中所示），圆心位置必须准确，半径可任意。

(2) 移动副 图 2-2d、e、f 所示均为移动副。它们的运动副元素都是平面。尽管三个移动副的外观不同，但其结构特征、运动情况及受力特点都如表 2-1 中所示的移动副。假设构件 1、2 未相联前， xOy 面为两构件上质点运动轨迹平面的平行面。如前所述，构件 1、2 最简可分别抽象为 xOy 面上两线段，各有三个自由度。