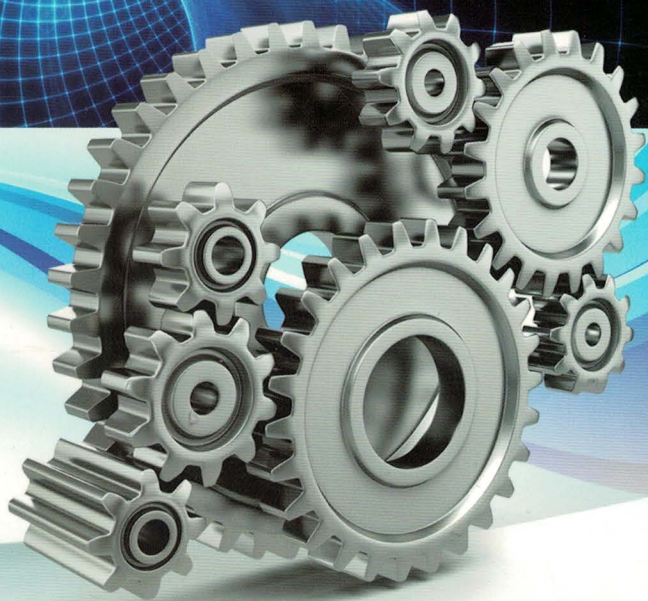


高等工科院校规划教材

机械设计基础

徐艳敏 主编

Fundamentals
of Mechanical
Design



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



扫码下载
立体书城app

高等工科院校规划教材

机械设计基础

主 编 徐艳敏
副主编 郑国芬 李 炳
参 编 曹雪玲 蔡晓娜 何新英
 欧阳秀兰
主 审 刘志军



机械工业出版社

本书是根据普通高等教育“机械设计基础”课程的教学基本要求编写的,基于传动装置的设计过程来安排章节,从机械的总体认识,机器的组成,常用机构的组成与原理,通用零部件的功能、结构,传动装置介绍,到通用件和常用件的设计,有利于提高学生综合分析问题与机械设计的能力。

本书融合了机械原理与机械设计的内容,共15章。内容包括绪论、平面机构分析、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构、连接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系与减速器、轴、轴承、联轴器与离合器。

本书可作为普通高等工科院校机械类、机电类或近机械类专业“机械设计基础”课程的教材,也可供高职高专院校相关专业学生作为教材或参考用书。

本书采用双色印刷,配有电子课件和习题库,凡使用本书作为教材的教师可登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。本书配有二维码资源链接,读者可通过手机下载“立体书城”app,注册后进入本书页面扫码查看资源。咨询电话:010-88379375。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础/徐艳敏主编. —北京:机械工业出版社,2018.8

高等工科院校规划教材

ISBN 978-7-111-60243-9

I. ①机… II. ①徐… III. ①机械设计-高等学校-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第133277号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:刘良超 责任编辑:刘良超 责任校对:刘雅娜

封面设计:鞠杨 责任印制:张博

北京华创印务有限公司印刷

2018年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·385千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-60243-9

定价:42.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

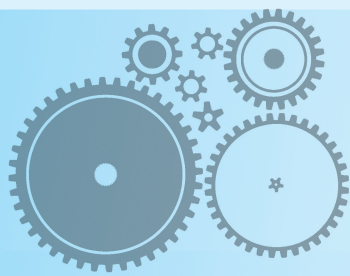
机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前言



本书是根据普通高等教育“机械设计基础”课程的教学基本要求，采用现行的有关国家标准，并结合编者多年的教学实践与课程建设经验编写而成的，可作为机械类、机电类或近机械类相关专业的教学用书，也可供有关工程技术人员和大、中专学生参考使用。

本书的内容和特色主要有：

1. 从教学目的出发，在内容的选取上突出工程性、创新性、实用性和实践性，理论以够用为度，淡化了复杂烦琐的理论推导。
2. 在内容的安排上，体现教法和学法，首先明确学习的主要内容，并按照知识的内在联系、认知规律和机械传动的一般顺序安排章节。
3. 采用了现行的国家标准、规范的图表和数据，还适量选用了实例和图片，并采用双色印刷，增加了本书的可读性。
4. 注重立体化的教材建设，本书配有丰富的辅助教学资源，包括电子课件、习题库、二维码资源链接等。读者可通过手机下载“立体书城”app，注册后进入本书页面即可扫描本书中的二维码。
5. 本书融合了机械原理与机械设计的内容，全书共 15 章，内容包括绪论、平面机构分析、平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构、齿轮机构、连接、带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动、轮系与减速器、轴、轴承、联轴器与离合器。

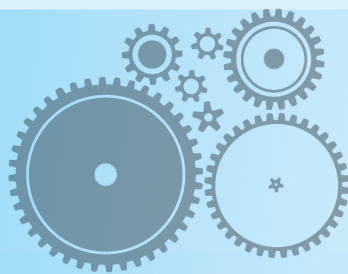
本书编写分工为：第一、二、六、十、十一章由广州航海学院徐艳敏编写，第三、十三章由何新英编写，第四章由曹雪玲编写，第七、八章由郑国芬编写，第九章由徐艳敏、郑国芬编写，第十二章由欧阳秀兰编写，第五、十四章由广东科技学院李炳、蔡晓娜编写，第十五章由蔡晓娜编写。徐艳敏任本书主编并负责统稿，郑国芬、李炳任本书副主编。

广州航海学院刘志军审阅了本书并提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，经验不足，书中难免有错漏或不当之处，欢迎广大读者和同仁批评指正。

编者

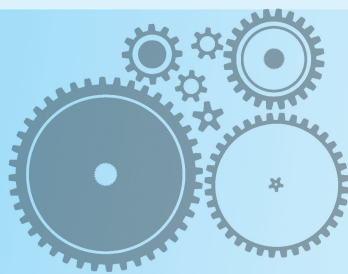
目 录



前 言	
第一章 绪论	1
第一节 本课程研究的对象与内容	1
第二节 本课程的性质与任务	2
第三节 机械设计的基本要求与一般步骤	3
第二章 平面机构分析	6
第一节 平面机构运动简图	6
第二节 平面机构具有确定相对运动的条件	10
思考题	13
第三章 平面连杆机构	15
第一节 平面连杆机构的应用与特点	15
第二节 铰链四杆机构的类型与基本特性	16
第三节 平面连杆机构的演化	22
第四节 平面连杆机构的设计	25
思考题	28
第四章 凸轮机构	30
第一节 凸轮机构的组成、应用与类型	30
第二节 从动件的常用运动规律	33
第三节 图解法设计凸轮轮廓	36
第四节 盘形凸轮机构设计的几个基本参数确定	40
思考题	44
第五章 间歇运动机构	46
第一节 棘轮机构	46
第二节 槽轮机构	51
第三节 不完全齿轮机构	53
思考题	54
第六章 齿轮机构	55
第一节 齿轮机构的特点与分类	55
第二节 渐开线与渐开线性质	56
第三节 齿廓啮合基本定律与渐开线齿廓的啮合特点	57
第四节 标准直齿圆柱齿轮的主要参数与尺寸计算	60
第五节 渐开线直齿圆柱齿轮正确啮合与连续传动的条件	62
第六节 渐开线齿轮的切削加工与根切	64
第七节 渐开线斜齿圆柱齿轮传动机构	68
第八节 锥齿轮传动机构	71
思考题	74
第七章 连接	76
第一节 螺纹	76
第二节 螺纹副的受力分析、效率与自锁	79
第三节 螺纹连接的强度计算	85
第四节 螺纹连接的结构与防松	91
第五节 螺旋传动	94
第六节 键连接	95
第七节 其他连接	99
思考题	101
第八章 带传动	103
第一节 带传动概述	103
第二节 V带与V带轮	105
第三节 带传动的运动特性分析	108
第四节 普通V带传动的设计	111
第五节 带传动的张紧装置及带传动的使用维护	118
思考题	119
第九章 链传动	121
第一节 链传动的组成、特点和应用	121
第二节 传动链的类型与结构	121
第三节 链轮主要尺寸计算、结构与材料	124
第四节 链传动的运动特性	125
第五节 链传动的失效形式	127
第六节 链传动的设计计算	128
第七节 链传动的布置、润滑与维护	132
思考题	134
第十章 齿轮传动	135
第一节 齿轮的失效形式	135

第二节	齿轮的常用材料及许用应力	137	第六节	减速器	180
第三节	渐开线直齿圆柱齿轮传动的设计 计算	142	思考题		186
第四节	斜齿圆柱齿轮传动	149	第十三章 轴		188
第五节	直齿锥齿轮传动	151	第一节	轴的分类	188
第六节	齿轮的结构	153	第二节	轴的材料	190
第七节	齿轮传动的润滑与维护	155	第三节	轴的结构设计与轴上零件定位	190
思考题		155	第四节	轴的设计计算	195
第十一章 蜗杆传动		157	思考题		200
第一节	蜗杆传动的特点与类型	157	第十四章 轴承		201
第二节	蜗杆传动的主要参数与几何 尺寸	159	第一节	轴承的分类	201
第三节	蜗杆传动的失效形式与工作能 力计算	162	第二节	滑动轴承	201
第四节	蜗杆蜗轮的材料与结构	165	第三节	轴承的润滑与密封	207
第五节	蜗杆传动的效率、润滑及热平 衡计算	166	第四节	滚动轴承	211
思考题		170	第五节	滚动轴承的组合设计	222
第十二章 轮系与减速器		172	思考题		228
第一节	轮系的分类	172	第十五章 联轴器与离合器		230
第二节	定轴轮系及其传动比	173	第一节	概述	230
第三节	周转轮系的传动比	175	第二节	联轴器的类型	230
第四节	混合轮系及其传动比	177	第三节	联轴器型号的选择	236
第五节	轮系的功用	178	第四节	离合器的类型与选择	237
			思考题		240
			附录		241
			参考文献		246

第一章



绪 论

第一节 本课程研究的对象与内容

利用机器进行生产，可以代替人的体力劳动，大幅提高生产率和产品质量。随着现代科学技术的发展，机器化、自动化和智能化生产已经成为现代化大生产的重要标志。

如图 1-1 所示，内燃机的机械运动部分由活塞、连杆、曲轴、正时带、凸轮、进气阀、排气阀和机座等部分构成。工作时首先是点火线圈点火，使得气缸中的气体膨胀，推动活塞运动，活塞带动连杆运动，连杆带动曲轴转动，从而带动正时带机构运动，驱动凸轮轴转动，凸轮推动气阀推杆上下移动。内燃机是一台机器，它由多个平面机构组成，机构又由构件组成，零件组成了构件。机器与机构统称为机械，本课程研究的对象就是机械。

一、零件与构件

零件是制造的最基本的单元，是不可拆卸的单元体。构件是运动的最基本单元，它可以是一个或多个零件构成的，组成单一构件的零件之间没有相对运动，而是一个运动的整体。

在图 1-1 所示的内燃机中，连杆是一个运动的整体，是一个构件。而连杆这个构件又是由连杆体 1，轴瓦 2、3 和 8，连杆盖 4，螺母 5，开口销 6，螺栓 7 等零件构成的，如图 1-2 所示。

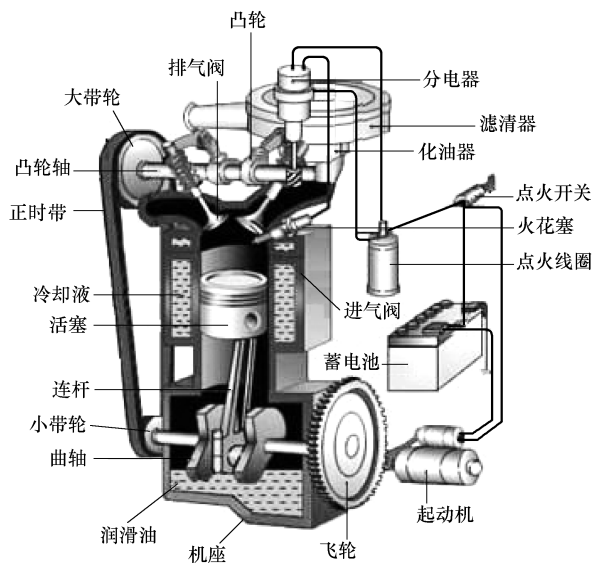


图 1-1 内燃机的结构

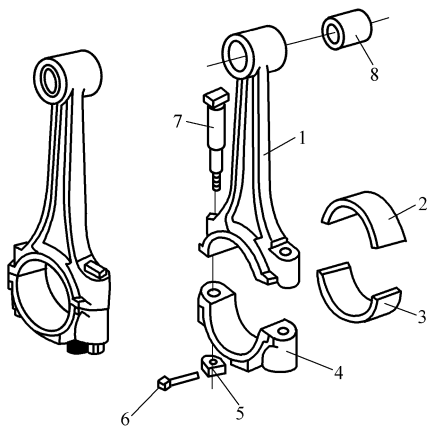


图 1-2 连杆

1—连杆体 2、3、8—轴瓦 4—连杆盖
5—螺母 6—开口销 7—螺栓



零件可以分为通用零件与专用零件。在各种机械中普遍使用的零件称为通用零件，如螺栓、螺母、键、弹簧、齿轮、阶梯状直轴等。只在某类型机械中使用的零件称为专用零件，如内燃机活塞、曲轴、汽轮机叶片等。

二、机构、机器与机械

机构是具有确定相对运动的构件组合。

按照在机构中所起的作用不同，构件可以分为原动件、从动件和机架。原动件是已知运动规律的构件，机构中的原动件可以是一个或几个活动构件；从动件是由原动件带动而运动的构件，可以是一个或几个活动构件；机架又称为固定件，是用来支承活动构件的，机架只有一个。

机器除了由多个构件组成，且构件间具有确定的相对运动外，还能够完成有效的机械功或进行能量转换。

机器的种类繁多，其结构形状和用途各不相同。从机器的基本组成来看，一般都由三个部分组成。

- (1) **原动机部分** 它是驱动整个机器完成预定功能的动力源。如电动机、内燃机等。
- (2) **执行部分** 它是直接完成工作任务的组成部分，如车床的刀架、起重机的吊钩等。
- (3) **传动部分** 它是机器中介于原动机与执行部分之间，用来完成运动形式、动力参数转换的组成部分。

机构与机器在组成、运动、受力等方面并无本质区别，为使问题简化，将机构与机器统称为机械。

内燃机是由气缸体、活塞、连杆、曲轴、正时带、凸轮、进气阀、排气阀和机座等多个构件构成的，且构件间具有确定的相对运动，所以它是机构。内燃机能够将热能转化成机械能，所以它又是机器。由于机构与机器统称为机械，所以内燃机的机械运动部分也是机械。

三、本课程研究的内容

由以上分析可知机器的组成，机器的主体一般是传动部分。常见的传动方式有机械传动、液压传动和电气传动，其中机械传动应用最为广泛。机械传动系统是由各种传动机构和传动零部件组成的，常见的传动机构有连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、带传动机构、链传动机构等，常见的传动零部件有凸轮、带轮、齿轮、链轮、轴、轴承、联轴器、减速器等。

本课程研究的内容主要是机械中的常用机构和常用零部件的组成或结构、工作原理、应用、基本设计理论与计算方法，并简要地介绍标准零部件的国家标准和有关规范，以及简单机械传动装置的设计方法。

第二节 本课程的性质与任务

一、本课程的性质

本课程是培养学生基本机械设计能力的一门专业基础课。学习本课程需要综合运用机械

制图、工程力学、金属工艺学、工程材料与热处理等知识以及对于机械生产的认识经验或实践经验，解决常用机构和通用零部件的设计或选用问题。

二、本课程的任务

- 1) 使学生了解机械设计的基本要求、基本内容、一般步骤，掌握机械设计的常用准则。
- 2) 使学生具有对常用机构的组成与工作原理的认识能力，运动特性的分析能力，机构的设计、改造、使用和维护能力。
- 3) 使学生具有对通用零部件的结构与工作原理的认识能力，分析能力，计算能力，改造、使用和维护能力。
- 4) 使学生具有对简单的机械传动机构创新与设计的能力。

第三节 机械设计的基本要求与一般步骤

一、机械设计的基本要求

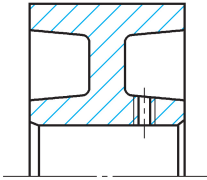
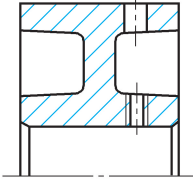
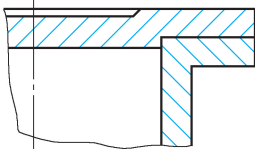
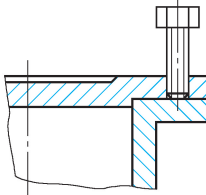
机械设计既可以是新原理、新思想、新方法开发出来的新机械，也可以是对已有的机械设备的局部改造，或在已有机械设备基础上的重新设计，以改进已有机械设备的使用性能。

机械设计质量决定了机械产品的质量。不同的产品有不同的设计要求，但机械设计的基本要求是相同的。机械设计的基本要求主要有以下几点。

(1) **使用性能优良** 在实现预期的运动和动力的前提下，在规定的使用期限内正常运行。

(2) **结构工艺性合理** 构型简单，制造工艺性好，即零件由毛坯制造到机械加工整个过程都遵循方便、经济的原则，避免出现难加工或无法加工的结构。装配和维修工艺性好，装配和维修方便。机械零件结构工艺性举例见表 1-1。良好的结构工艺性可以使零件受力合理，充分利用材料的性能，降低产品的制造成本，有利于提高产品质量。

表 1-1 机械零件结构工艺性举例

	不合理的结构	合理的机构
加工的结构工艺性		
拆卸的结构工艺性		



(续)

	不合理的结构	合理的机构
安装的 结构 工艺性		

(3) **可靠性要求** 在预定的使用期限内不发生或极少发生故障，尽量将机器中的各个零件设计为“等寿命”工作，不强调个别零件的“长寿耐用”。大修或更换易损件的周期不宜太短，避免因停机影响生产。

(4) **安全性要求** 机械设计以人为本，应避免因设计不良而导致的人身安全或重大设备事故，零部件必须进行严格的设计计算和校核计算，不能用简单类比或经验计算代替。设计说明书应妥善保存，以备核查。

(5) **标准化、系列化与通用化** 在不同类型和规格的机器中，有许多相同的零件，将相同的零件加以标准化，按尺寸的不同加以系列化，设计者可以直接从有关手册和标准中选取（如螺母、螺栓、键、滚动轴承等），无须重复设计。为减少企业内部零件的种类，简化管理，提高经济效益，在系列产品之内或跨系列产品之间采用同一结构和尺寸的零部件（如减速器），这就是通用化。

标准化、系列化与通用化简称“三化”。“三化”是长期生产实践和科研成果的总结，采用“三化”可减轻设计工作量，实现生产厂家专业化，降低生产成本，增大互换性，便于维修，有利于产品设计改进。

(6) **绿色环保** 机械设计还应考虑到产品生产与使用过程中对环境与人的影响，设计中尽量采用可循环回收的绿色环保材料，不使用对环境有害的材料，注意设备使用中废气、废水、粉尘、烟雾的净化排放。

除上述技术性问题之外，机械设计时还要考虑产品的市场需求、功能与造型特色、同类产品中的竞争力、社会效益与经济效益等。

二、机械设计的一般步骤

机械设计从生产或生活等方面的某种需求开始，萌生设计想法，经过反复的调研、论证、设计、校核、制造、鉴定一直到产品定型，这是一个复杂、细致、反复论证的过程。图

1-3 所示为机械设计制造的一般步骤，图中虚线框列举了现代企业的主要技术设计方法，实线框描述了机械设计制造的一般步骤流程。从流程可以看出，在机械设计制造过程中需要根据专业评估和市场客户使用过程中反馈的信息不断地修正设计。

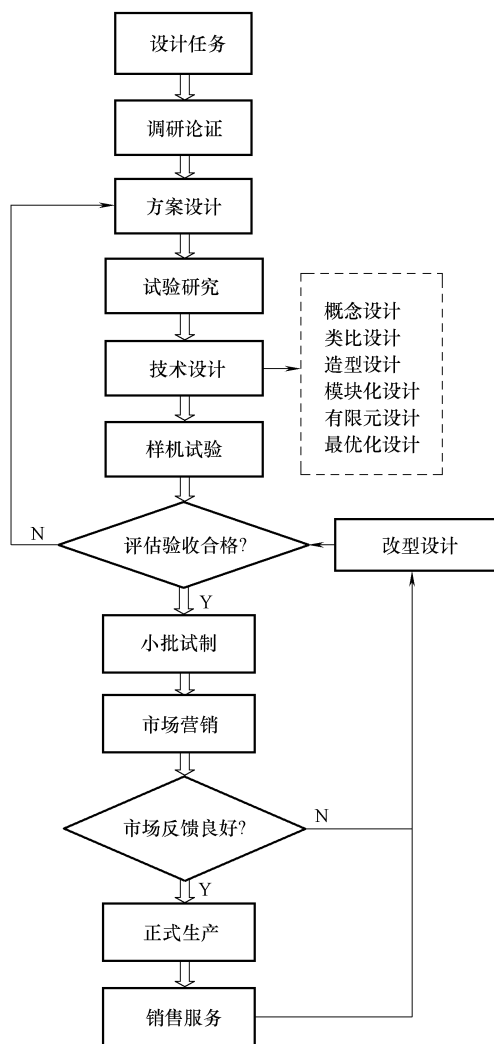
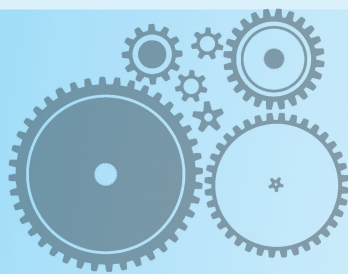


图 1-3 机械设计制造的一般步骤

第二章



平面机构分析

重点学习内容

- 1) 平面机构运动简图的画法。
- 2) 平面机构的运动副与自由度计算。
- 3) 平面机构有确定的相对运动的条件。

第一节 平面机构运动简图

所有构件都在同一平面或相互平行的平面内运动的机构，称为平面机构。平面机构具有确定相对运动的条件是什么呢？它与机构的原动件和自由度数目有关。

一、自由度

如图 2-1 所示，在 xOy 坐标系中，构件既可能沿 x 、 y 轴的方向移动 \vec{x} 、 \vec{y} ，也可能绕着平面 xOy 的垂直方向转动 \vec{z} ，因此在平面内的自由构件具有三个可能的独立运动，称为三个自由度，即自由度是运动构件相对于参考系所具有的独立运动的数目。

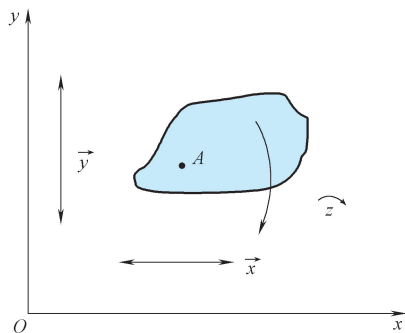


图 2-1 自由构件的自由度

二、运动副

构成机构的构件并不是独立存在的，而是与其他构件之间有一定的连接关系。平面机构中构件连接的形式有哪些呢？

两构件直接接触，并产生一定相对运动的连接称为运动副。两构件只能在同一平面相对运动的运动副称为平面运动副。在平面运动副中，两构件的接触特性有点、线、面三种，由此平面运动副可以分为低副与高副两类。

两构件之间通过面接触的运动副称为低副。根据两构件相对运动形式的不同，低副又分为转动副和移动副。转动副是两构件间相对某一轴线转动的运动副，如图 2-2 所示，其图形符号如图 2-3 所示，其中有剖面线的构件为机架。移动副是两构件间相对某一直线方向移动的运动副，如图 2-4 所示，其图形符号如图 2-5 所示。

两构件之间通过点或线接触的运动副称为高副，如凸轮副（图 2-6）、齿轮副（图 2-7），齿轮副的图形符号分别如图 2-8 和图 2-9 所示。常见机构运动简图的图形符号见表 2-1。

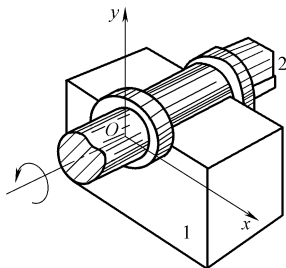


图 2-2 转动副

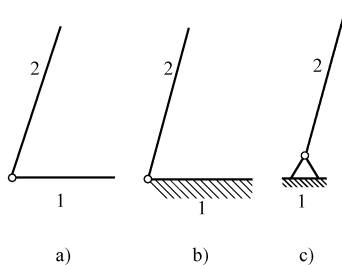


图 2-3 转动副图形符号

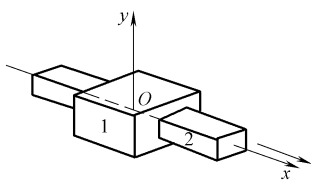


图 2-4 移动副

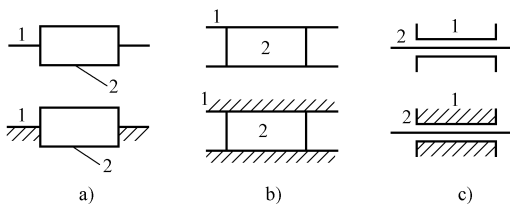


图 2-5 移动副图形符号

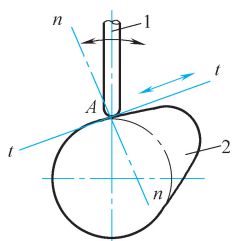


图 2-6 凸轮副

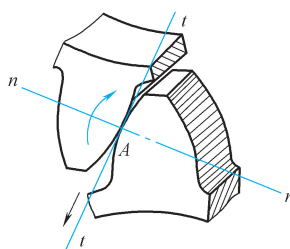


图 2-7 齿轮副

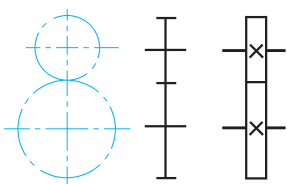


图 2-8 外啮合齿轮副图形符号

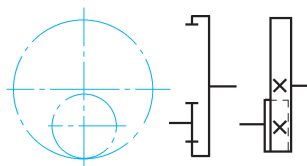


图 2-9 内啮合齿轮副图形符号

表 2-1 常见机构运动简图的图形符号

名称	图形符号	名称	图形符号
机架 (固定件)		同一构件	
两副构件		三副构件	



(续)

名称	图形符号	名称	图形符号
移动副		零件与轴的固定	
转动副		平面高副	
直动从动件盘形凸轮机构	<p>尖顶从动杆 滚子从动杆</p>	向心滑动轴承/向心滚动轴承	
外啮合棘轮机构		单向推力轴承 推力滚动轴承	
外啮合槽轮机构		向心推力滚动轴承	
联轴器 弹性联轴器		V带传动	

(续)

名称	图形符号	名称	图形符号
单向啮合 离合器 单向摩擦 离合器		滚子链 传动	
螺杆传动(整体 螺母)		外啮合 圆柱齿 轮传动	
内啮合 圆柱齿 轮传动		圆柱蜗 杆传动	
齿轮齿 条传动		压缩弹 簧 拉伸弹簧	
锥齿轮 传动		装在支 架上的 电动机	

三、平面机构运动简图的画法

在研究机构的运动时，为了简化问题，除去那些与运动无关的构件的外形和运动副的具体结构，仅用一些简单的线条或符号来表达构件和运动副，并按一定比例表达出运动副之间的相对位置，这就是平面机构运动简图。平面机构运动简图要表达出与原机构相同的构件数、运动副和运动特性。

如果按照平面机构运动简图的画法，只是没有按一定比例表达出运动副之间的相对位置，这样得到的图称为平面机构运动示意图。

下面以内燃机曲柄滑块机构（图 2-10）为例，来说明绘制平面机构运动简图的方法与步骤。

1) 明确机构中构件与运动副的类型与数量。通过分析机构的运动情况，从主动件入手，依次按运动传递的顺序，用数字标出构件，用大写字母标出运动副。图 2-10a 中主动件为活塞 1，从动件为连杆 2 和曲轴 3，机架为构件 4。活塞 1 与机架 4 之间形成一个移动副



A, 构件 1 与 2、2 与 3、3 与 4 之间分别形成了 B、C、D 三个转动副。

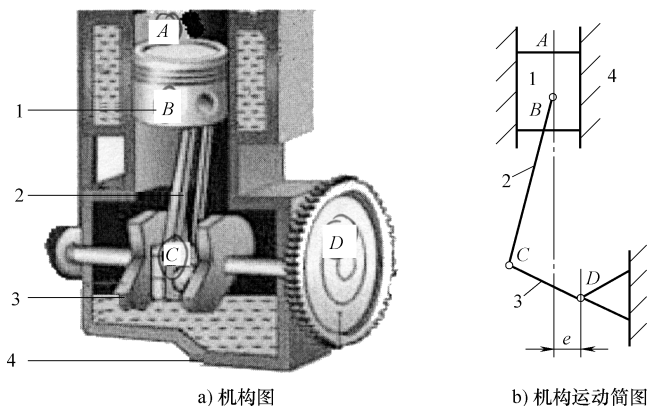


图 2-10 内燃机曲柄滑块机构

1—活塞 2—连杆 3—曲轴 4—机架



曲柄滑块机构
应用——内燃机

2) 选择合适的视图平面。一般选择绘制机构简图的视图平面与各个构件运动平面相互平行。以图形表达清楚为原则，以原动件在某一瞬时的位置为机构的起始位置来绘制机构的运动简图。

3) 选择合适作图比例 μ_1 ，绘制机构运动简图。

$$\mu_1 = \frac{\text{实际长度}}{\text{图示长度}}$$

如图 2-10b 所示，转动副之间的距离长度用表 2-2 确定。

表 2-2 转动副之间的距离长度

转动副距离	实际长度	图示长度
转动副 B、D 之间的距离	l_{BD}	$BD = \frac{l_{BD}}{\mu_1}$
转动副 B、C 之间的距离	l_{BC}	$BC = \frac{l_{BC}}{\mu_1}$
转动副 C、D 之间的距离	l_{CD}	$CD = \frac{l_{CD}}{\mu_1}$

4) 绘制机构运动简图也是从原动件开始依次绘图，如图 2-10b 所示。

任意取机构在某一瞬时刻位置，先画出机架 4，再画滑块（即活塞 1）；根据滑块移动方向线与曲轴回转中心 D 之间的距离 e，以及 BD 的长度，确定出 D 点的位置；然后以 B 点为圆心，BC 为半径画圆弧，以 D 点为圆心，CD 为半径画圆弧，两圆弧交点即为 C 点。用圆圈表示转动副 B、C、D，并用合适的线条和符号连接运动副，即得到所求的机构运动简图，如图 2-10b 所示。

第二节 平面机构具有确定相对运动的条件

一、平面机构自由度的计算

自由构件通过运动副连接起来之后，独立的运动就会受到限制，即构件被约束了。