

示范性职业技术学院建设项目系列教材



机械零部件设计

黄宇婷 张小亮 主 编



科学出版社

机械零件设计

机械零件设计

机械零件设计

机械零件设计

示范性职业技术学院建设项目系列教材

机械零部件设计

黄宇婷 张小亮 主 编
张守英 马 萍 黄 宇 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是以工作过程为导向、基于学习项目并兼顾专业基础课特点的高职高专教材。全书包括构件的静力分析、构件承载能力的计算、机械连接件的设计与选用、机械传动件的设计与选用、轴系零部件的选用、常用推压传动机构的认识等6个项目。介绍了受力图的绘制,平衡问题的求解,构件的变形分析,强度、刚度和稳定性的计算,螺纹连接件、轴毂连接件的结构特点与选用,带传动和齿轮传动等机械传动件的结构特点与设计,滚动轴承、联轴器、轴等轴系零部件的结构特点与选用,平面连杆机构、凸轮机构、间歇运动机构等常用机构的特点与应用等内容。每个项目由若干个相互关联而又相对独立的任务组成,各任务均与生产实际有密切联系。

本书可作为高等职业院校、中等职业院校机电技术应用专业、机械制造类专业、汽修类专业、数控类专业的专业教材,也可作为相关行业的岗位培训教材和工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械零部件设计/黄宇婷,张小亮主编. —北京:科学出版社,2012
(示范性职业技术学院建设项目系列教材)
ISBN 978-7-03-035046-6

I. ①机… II. ①黄… ②张… III. ①机械元件-设计-高等职业教育-教材 IV. ①TH13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 145516 号

责任编辑:艾冬冬/责任校对:王万红

责任印制:吕春珉/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>

北京九天志诚印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年8月第一次印刷 印张:19 1/2

字数:450 000

定价:35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈九天志诚〉)

销售部电话 010-64030229 编辑部电话 010-62138978-8602

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

为适应高等职业技术教育的新要求，完善相关专业教材体系，进一步提高教学质量，针对机电、机械类专业学生的具体情况编写本书。“机械零部件设计”是高等职业院校机电、机械类专业一门重要的专业基础课程，主要包括工程力学、机械原理及机械零件等方面的内容。本书可供职业院校机电技术应用专业、机械制造类专业、汽修类专业以及数控加工类专业的教师和学生使用。

本书适应高等职业教育的特点和培养目标，以企业需要为导向，以职业技能为核心，以岗位需要和职业标准为依据，体现了职业教育的特色和现代职业教育先进理念，融入了近年来教学改革成果和编者多年的教学经验。

本书突破以学科为主线的内容体系，以项目和任务为载体整合课程内容。与此同时，兼顾专业基础课的特点。在内容选择上，以必需、够用为度，讲清概念、淡化理论、强化应用，注重学生能力和工程素质的培养，重点讲解学生从事专业工作所必需的专业知识和技能。

本书包括构件的静力分析、构件承载能力的计算、机械连接件的设计与选用、机械传动件的设计与选用、轴系零部件的选用、常用推压传动机构的认识等6个项目。每个项目由若干个相互关联而又相对独立的任务组成，各任务均与生产实际有密切联系。

在每个项目开始设有“项目说明”和“任务说明”，引导学生进入“学习状态”，并明确提出“学习目标”。每个任务包括“任务描述”、“任务分析”、“知识准备”、“任务实施”和“自我评估”等环节。任务描述：提出具体任务和要求；任务分析：介绍完成任务的基本思路和步骤；知识准备：系统介绍完成任务所必需基本知识；任务实施：引导学生自主完成工作任务；自我评估：评估学生对知识和技能的掌握情况，并举一反三，巩固所学知识和技能。

本书由北京工业职业技术学院黄宇婷、张小亮担任主编，张守英、马萍、黄宇担任副主编。项目一、二由张小亮、张守英编写，绪论、项目三由黄宇婷、黄宇编写，项目四、五、六由黄宇婷、马萍编写。本书由北京工业职业技术学院牛小铁副教授主审。

在本书编写过程中，得到相关行业专家和资深教师的指导，并参考了相关教材和资料，在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

绪论	1
一、学习目标	1
二、知识准备	1
三、任务实施	9
四、自我评估	12

项目一 构件的静力分析

任务一 刚体的受力分析	14
一、任务描述	14
二、任务分析	14
三、知识准备	14
四、任务实施	21
五、自我评估	23
任务二 平面汇交力系平衡问题的求解	26
一、任务描述	26
二、任务分析	26
三、知识准备	26
四、任务实施	28
五、自我评估	30
任务三 平面力偶系平衡问题的求解	32
一、任务描述	32
二、任务分析	32
三、知识准备	32
四、任务实施	35
五、自我评估	37
任务四 平面任意力系平衡问题的求解	38
一、任务描述	38
二、任务分析	38
三、知识准备	38
四、任务实施	41
五、自我评估	45

任务五 轮轴类零件平衡问题的求解	48
一、任务描述	48
二、任务分析	48
三、知识准备	48
四、任务实施	49
五、自我评估	50
任务六 考虑摩擦时平衡问题的求解	52
一、任务描述	52
二、任务分析	52
三、知识准备	52
四、任务实施	55
五、自我评估	57

项目二 构件承载能力的计算

任务一 构件的基本变形分析	60
一、任务描述	60
二、任务分析	60
三、知识准备	60
四、任务实施	63
五、自我评估	65
任务二 基本变形的内力计算	66
一、任务描述	66
二、任务分析	66
三、知识准备	66
四、任务实施	71
五、自我评估	76
任务三 基本变形的强度计算	78
一、任务描述	78
二、任务分析	78
三、知识准备	78
四、任务实施	87
五、自我评估	93
任务四 基本变形的刚度计算	96
一、任务描述	96
二、任务分析	96
三、知识准备	96
四、任务实施	100
五、自我评估	102

任务五 组合变形的强度计算	103
一、任务描述	103
二、任务分析	103
三、知识准备	103
四、任务实施	107
五、自我评估	109
任务六 压杆的稳定性分析	111
一、任务描述	111
二、任务分析	111
三、知识准备	111
四、任务实施	116
五、自我评估	117

项目三 机械连接件的设计与选用

任务一 减速器中螺纹连接件的选用	119
一、任务描述	119
二、任务分析	119
三、知识准备	119
四、任务实施	127
五、自我评估	130
任务二 减速器中轴毂连接件的设计与选用	132
一、任务描述	132
二、任务分析	132
三、知识准备	132
四、任务实施	138
五、自我评估	139

项目四 机械传动件的设计与选用

任务一 带式输送机传动方案的分析与选用	142
一、任务描述	142
二、任务分析	142
三、知识准备	142
四、任务实施	144
五、自我评估	146
任务二 带传动的设计与计算	147
一、任务描述	147
二、任务分析	147
三、知识准备	147

四、任务实施	165
五、自我评估	167
任务三 减速器中齿轮参数的测量与计算	169
一、任务描述	169
二、任务分析	169
三、知识准备	169
四、任务实施	180
五、自我评估	185
任务四 减速器中齿轮参数与结构的设计	187
一、任务描述	187
二、任务分析	187
三、知识准备	187
四、任务实施	202
五、自我评估	205
任务五 认识其他齿轮传动机构	207
一、任务描述	207
二、任务分析	207
三、知识准备	208
四、任务实施	223
五、自我评估	225

项目五 轴系零部件的选用

任务一 减速器中滚动轴承的选用	229
一、任务描述	229
二、任务分析	229
三、知识准备	230
四、任务实施	246
五、自我评估	248
任务二 减速器中联轴器的选用	251
一、任务描述	251
二、任务分析	251
三、知识准备	251
四、任务实施	256
五、自我评估	257
任务三 减速器中轴的结构设计	258
一、任务描述	258
二、任务分析	258
三、知识准备	258

四、任务实施	265
五、自我评估	266

项目六 常用推压传动机构的认识

任务一 平面连杆机构类型的判断	269
一、任务描述	269
二、任务分析	269
三、知识准备	269
四、任务实施	278
五、自我评估	280
任务二 绘制凸轮机构的轮廓曲线	282
一、任务描述	282
二、任务分析	282
三、知识准备	282
四、任务实施	289
五、自我评估	291
任务三 认识不同的间歇运动机构	293
一、任务描述	293
二、任务分析	293
三、知识准备	293
四、任务实施	296
五、自我评估	297
参考文献	298

绪 论

一、学习目标

- (1) 了解本课程研究的内容。
- (2) 明确学习本课程的目的,了解本课程的重要性。
- (3) 了解本课程的研究方法。
- (4) 了解机器和机构的概念,掌握机构的组成,掌握运动副和自由度的概念。
- (5) 掌握构件、运动副的表示方法,能绘制常用平面机构的运动简图。
- (6) 掌握平面机构自由度的计算方法,并能判断机构是否具有确定性运动。

二、知识准备

(一) 课程的内容

随着科学技术的进步和生产过程机械化、自动化水平的提高,任何一个领域都在广泛地使用机械。对于很多工程技术人员来说,不但会遇到机械设备的使用、维护、管理等问题,还需要创造出大量结构新颖、性能优良的新型机械设备充实和装备各个行业;需要更新改造现有机械设备,以期合理地使用机械设备,发挥其潜力。这些都需要了解和具备一定的机械方面的知识。

“机械零件设计”课程是机电一体化专业进入专业课学习之前必修的一门重要的专业基础课,主要介绍常用传动机构和通用机械零部件在平衡状态下的受力分析、强度与刚度分析计算、常用的机械连接件、传动机构以及轴系部件的结构和工作原理等内容。通过讲解与综合技能培训,掌握物体的静力分析、机械构件的强度、刚度、稳定性的基本知识,具备一定的计算能力;掌握通用机构及通用机械零部件的工作原理、特点等。

通过本课程的学习,应实现的基本目标如下:

- (1) 能够根据功能、生产技术和经济性原则来确定工作步骤。
- (2) 掌握分析解决工程实际中遇到各种力学问题的能力,能进行构件承载能力的计算。
- (3) 掌握连接的基本内容,能够采用各种形式对机械零件进行正确的连接,确保连接不松脱。
- (4) 掌握机构的结构原理、运动特性和机械动力学的知识,初步具备确定机械运动方案、分析和设计基本机构的能力。
- (5) 掌握通用机械零件的工作原理、特点、选用和设计计算的基本知识,具备设计一般简单机械的能力。
- (6) 具备运用标准、规范、手册、图册等有关技术资料的能力。

（二）课程的研究方法

本课程涉及的知识面较广，同时又偏重于应用，所以需要综合应用许多先修课程的知识，学习时要重视理论联系实际，重视基本技能的训练，注意分析问题和解决问题的方法。一方面要着重搞清基本概念，理解基本原理，掌握机构分析和设计的基本方法；另一方面也要注意这些原理和方法在机械工程上实际应用的范围和条件。

1. 搞清基本概念

本课程的特点之一就是基本概念较多，理解这些基本概念，对课程的学习、认识、理解有着非常重要的作用，有时就是直接利用基本概念来分析、解决问题，以及进行机构的分析和设计。因此，对所涉及的基本概念不能死记硬背，必须重点搞清其含义。

2. 理解基本原理

对课程中涉及的机构结构理论、机构分析的运动学和动力学理论、齿轮啮合、加工及其传动理论等，要充分理解，要能够正确应用这些理论。要善于用理论及其公式分析问题和解决问题，使之更有说服力。

3. 掌握基本研究方法

本课程中介绍的各种基本设计方法，以及机构组合、变异、演化方法等是本门课程使用的基本研究方法，应牢牢掌握并善于用其解决工程实际问题。

4. 逐步树立工程观点

“机械零件设计”是一门理论性和实践性都比较强的技术基础课，其研究对象和内容都是工程实际中常用的机械及其相关知识，因此学习过程中应把基本原理和方法与研究实际机构和机器密切联系起来。善于用所学的知识观察和分析日常生产、生活中所遇到的各种机构和机器。学会将一些比较复杂的问题转化为比较简单的问题，并注意各种理论和方法的应用条件和范围。同时要注意，解决工程实际问题可以有几种方法，有些需要严格的理论分析，有些则采用实验、试凑、近似等简化方法，其所得结果也往往不唯一。因此，树立工程观点，培养综合分析、判断、决策能力和严肃认真的科学态度是十分重要的。

（三）基本概念

1. 机械的组成

本课程研究的是机械零件设计，顾名思义，主要介绍机械方面知识。然而什么是“机械”呢，这是首先要学习和熟悉的。

机械是机器与机构的总称，现代化的机械系统应包括4个部分，即动力装置、传动装置、工作装置以及操纵控制装置和辅助装置等。

1) 动力装置

动力装置也称原动机，是机械的动力来源，有电动机、内燃机、燃气轮机等。现代机械的动力装置大多采用电动机，而内燃机主要用于动力机械、工程机械和农业机械等。

2) 传动装置

传动装置是将动力装置的运动和动力传递给工作装置的中间环节，可以通过改变运动的速度或转换运动等形式，满足工作装置的各种要求，是机械的重要组成部分。机械中的传动装置有机械传动装置、液压传动装置、气压传动装置和电力传动装置等，其中机械传动装置应用较多。

3) 工作装置

工作装置也称执行装置，是直接完成机械预定功能的工作部分，如汽车的驱动轮、车床的刀架、带式输送机的输送带等。

4) 操纵控制及辅助装置

操纵控制部分用来控制机械的其他部分，使操作能随时实现或终止各自预定的功能，如汽车的转向系统、刹车系统等。控制部分包括机械机构控制、光电控制、计算机和液压控制、气压控制等。辅助装置包括照明、润滑、冷却等装置。

2. 机器和机构

机器是具有确定运动的构件的组合物，它用来转换能量，改变或传递物料和处理信息，以代替和减轻人的体力和脑力劳动，提高生产效率、产品质量和生活水平等。

机器的种类很多，根据其用途不同，可以分为：动力机器（如电动机、内燃机、发电机等）、加工机器（如机床、纺织机、包装机等）、运输机器（如汽车、拖拉机、输送机等）和信息处理机器（如计算机、机械积分仪、记账机等）。

机构是实现传递机械运动和动力或改变机械运动形式的构件组合物。例如，在工程上或生活中常见的齿轮机构、连杆机构、凸轮机构、螺旋机构、带传动机构和链传动机构等。

一部机器是由若干个机构组合而成，共同联合工作而实现预定的工作要求的。如图 0-1 所示的牛头刨床，它的工作过程是：电动机通电后开始工作，摆动导杆与滑块带动滑枕往复移动，刨刀装在刀架上，随着滑枕及工作台的运动，实现工件的刨削。

机器的种类很多，各自发挥着不同的作用，其各自的构造也各不相同，但是所有这些机器都具有 3 个共同的基本特征。

(1) 机器都是由一系列构件（也称

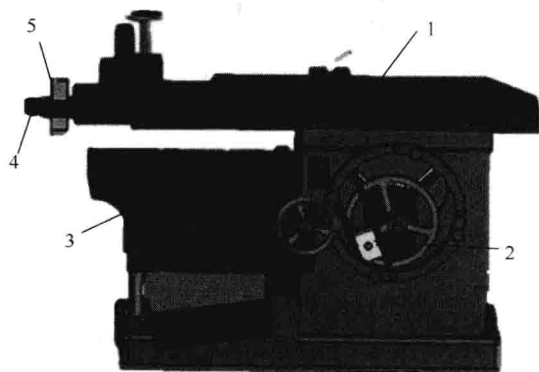


图 0-1 牛头刨床

1—滑枕；2—摆动导杆与滑块；
3—工作台；4—刀架；5—刨刀

运动单元体)组成。

(2) 组成机器的各构件之间都具有确定的相对运动。

(3) 机器均能转换机械能或完成有用的机械功。

机器与机构的根本区别在于,机构的主要职能是传递运动和动力,而机器的主要职能除传递运动和动力外,还能转换机械能或完成有用的机械功。

3. 构件与零件

机构是机器的重要组成部分,在机器中的作用是传递运动和动力,实现运动形式或速度的转变。一部机器可能只包含有一个机构,也可由若干个机构所组成。机构则是若干构件的组合,且构件间具有确定的相对运动。

组成机构的相对运动的单元体称为构件。根据运动传递路线和构件的运动状况,构件可分为3类。

(1) 机架。机构中的固定构件或相对固定的构件。任何机构中只能有一个机架。可作为参考系研究其他可动构件的运动情况。

(2) 原动件。机构中已知运动规律并作独立运动的构件,它是机构中输入运动或动力的构件,也称主动件。每个机构中至少有一个原动件。

(3) 从动件。机构中除原动件和机架以外的所有构件,随着主动件的运动而运动。

构件与零件的根本区别在于:构件是机构的基本运动单元,零件是机构的最小制造单元。

构件强调的是运动的整体,它可以是单一的零件,也可以是多个零件的刚性组合。如三角架,它是由三个零件组成的,但由于三角形的稳定性,三角架不能运动。此时把三角架称为一个构件。再如图0-2所示发动机连杆,它是由连杆体、连杆头、螺栓、轴瓦和轴套等零件组成的一个构件整体。

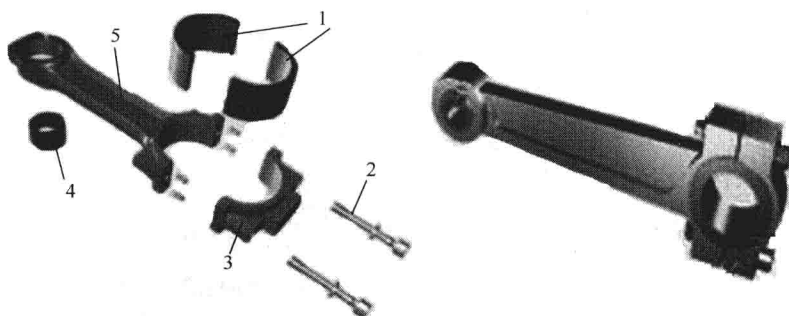


图 0-2 发动机连杆

1—轴瓦; 2—螺栓; 3—连杆头; 4—轴套; 5—连杆体

在各种机械中普遍使用的零件称为通用零件,如螺钉、轴、轴承、齿轮等。只在某种机器中使用的零件称为专用零件,如活塞、曲轴、叶片等。这些自由分散的零件,一旦按照一定的方式和规则组合到一部机器中,它们就成为机器上不可或缺的一部分,发挥着各自的作用。特别是一些关键零部件,决定着整个机器的性能。

4. 运动副

机构是由许多构件组成的。构件组成机构时，每个构件都以一定的形式与其他构件相互连接，且连接之后又保留一定的相对运动。这两种构件直接接触并能产生一定相对运动的可动连接称为运动副。为保证两构件始终处于接触状态，运动副应该是形状封闭或力封闭。

按运动状态，运动副可以分为平面运动副和空间运动副，凡是两构件运动平面相互平行的运动副称为平面运动副，而运动平面不相互平行的称为空间运动副。

1) 平面运动副

根据接触特性，平面运动副可分为低副和高副。

两构件之间为面接触的运动副称为低副。按照接触后两构件之间相对运动的方式，低副又可分为转动副和移动副。转动副也称为铰链，组成转动副的两构件只能在一个平面内作相对转动；移动副则只能作相对移动，如图 0-3 (a) 所示。低副是面接触，受载的情况下，单位面积压力较小，不易磨损。

两构件之间为点或线接触的运动副称为高副，如图 0-3 (b) 所示为齿轮副、凸轮副。它们的运动是绕接触处的转动和沿接触面公共切线 $n-n$ 的移动。高副单位面积受压力较大，易磨损。

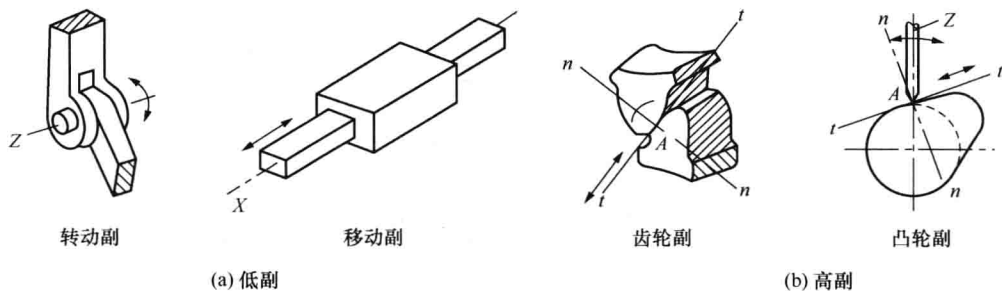


图 0-3 平面运动副

2) 空间运动副

图 0-4 所示为空间运动副，两构件之间的运动为空间运动。

5. 机构运动简图

由于机构的运动仅与机构中运动副的性质、运动副的数目及相对位置、构件的数目等有关，而与构件的外形、截面尺寸、组成构件的零件数目、运动副的具体构造等因素无关。因此在研究分析现有机械和设计新机械时，为突出运动关系，一般先不考虑那些与运动无关的因素，而是用简单的线条和符号来代表构件和运动副，画出机构简图以便

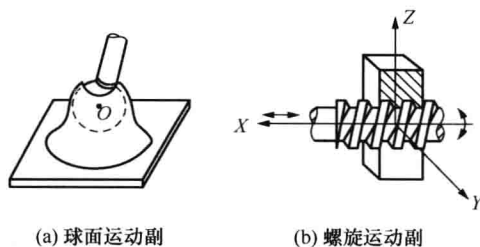


图 0-4 空间运动副

于分析研究。

1) 机构运动简图的概念及表示方法

机构运动简图就是用规定的简单线条和符号表示构件和运动副，忽略一些不影响运动关系的构件的截面尺寸等因素，而得到的图形。如果按一定比例画出，得到的机构简图称为机构运动简图。若不严格按比例画，则称为机构示意图。

机构运动简图简明地表达了实际机构的运动情况，还可以通过该图对机构进行运动和动力分析。

运动副和构件的表示方法在国家标准已经作出规定，表 0-1~表 0-3 列出了一般构件、常用机构、常用运动副的表示方法。

表 0-1 一般构件的表示方法

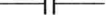
名 称	符 号
机架	 
杆、轴类构件	
固联构件	    
两副构件	    
三副构件	     

表 0-2 常用机构的表示方法

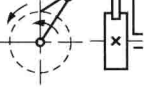
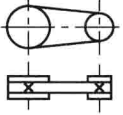
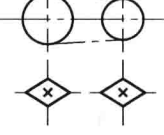
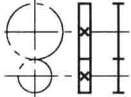
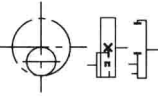
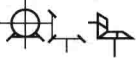
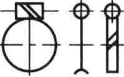
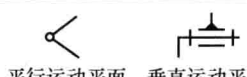
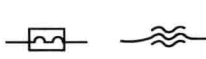
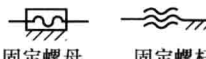
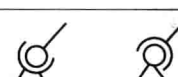
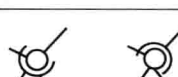
名称	凸轮机构	棘轮机构	带传动机构	链传动机构
符号				
名称	外啮合齿轮传动	内啮合齿轮传动	圆锥齿轮传动	蜗杆蜗轮传动
符号				

表 0-3 常用运动副的表示方法

名 称		符 号	
		两运动构件的连接	运动构件与固定构件的连接
平面副	转动副	 平行运动平面 垂直运动平面	 平行运动平面 垂直运动平面
	移动副	 平行运动平面 垂直运动平面	 平行运动平面 垂直运动平面
	平面高副	 平行运动平面 垂直运动平面	 平行运动平面 垂直运动平面
空间副	螺旋副	 固定螺母 固定螺杆	 固定螺母 固定螺杆
	球面副	 平行运动平面 垂直运动平面	 平行运动平面 垂直运动平面
	球销副	 平行运动平面 垂直运动平面	 平行运动平面 垂直运动平面

2) 机构运动简图的绘制步骤

- (1) 分析结构情况，找出主动件、从动件和机架。
- (2) 确定构件数目以及运动副的种类和数目。
- (3) 合理选择视图，要求能够清楚表达各构件间的运动关系。常选择与构件运动平行的平面作为投影面。
- (4) 用规定的构件和运动副符号，选择适当的比例尺，按照各运动副的距离和相对位置，绘制出机构运动简图。

6. 平面机构的自由度

1) 自由度的概念

自由度指构件可能出现的独立运动。任何构件在空间自由运动时皆有 6 个自由度，它可表达为在直角坐标系内沿着 3 个坐标轴的移动和绕 3 个坐标轴的转动。而作平面运动的构件，则有 3 个自由度：绕原点的转动和沿 x 、 y 坐标轴的移动。

当构件之间用运动副相互连接后，其独立运动必然会受到限制，从而会失去一些自由度，但又保留一些自由度。这种对构件独立运动的限制称为约束。若两个构件用 1 个低副连接，则引入了 2 个约束条件，失去了两个自由度；若用 1 个高副连接，则引入 1 个约束条件，失去 1 个自由度。所以平面机构的自由度应为全部活动构件在自由状态时自由度总数与全部运动副引入的约束总数之差。

2) 自由度的计算

假设在一个平面机构中有 n 个活动构件（机架不计入其内），则组成机构的构件共