



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
(高职高专)

机械设计基础

(第2版)

梁建和 主编
谷礼新 李永敏 主审



黄河水利出版社

内 容 提 要

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是按照国家对高职高专人才培养的规格要求及高职高专教学特点编写完成的。全书共分 15 章,包括平面机构、凸轮机构、螺纹、齿轮机构、齿轮传动、蜗杆传动、带传动以及刚性回转件的平衡等。在传统内容的基础上着重加强了材料、热处理及使用等方面内容,同时对日益得到广泛应用的滚动螺旋传动、同步齿型带传动和机械 CAD 等都作了较详细的介绍,第十五章第三节给出两个综合性实训项目:“减速器测绘与分析”和“机械设计综合训练”,代替并超越了传统的课程设计指导书。本书适合于高职高专机电类专业学生及相关工程技术与科研人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

机械设计基础 / 梁建和主编. —2 版. —郑州:黄河
水利出版社,2008.1 (2010.6 修订重印)
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978 - 7 - 80734 - 298 - 4

I. 机… II. 梁… 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(2007)第 151169 号

组稿编辑:王路平 电话:0371 - 66022212 E-mail:hhsllwp@163.com

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsllcbs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:18.25

字数:420 千字

印数:12 201—16 200

版次:2002 年 8 月第 1 版

印次:2010 年 6 月第 4 次印刷

2008 年 1 月第 2 版

2010 年 6 月修订

书号:ISBN 978 - 7 - 80734 - 298 - 4/TH · 24

定价:30.00 元

再版前言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,是根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》等文件精神,以及教育部对普通高等教育“十一五”国家级规划教材建设的具体要求组织编写的。是广西壮族自治区教育科学新世纪规划课题“高职高专机电类专业能力本位模块化教学模式研究与实践”的研究成果之一。第1版是全国水利水电类高职高专统编教材,2006年获广西壮族自治区优秀教材一等奖。

随着我国高等职业教育的迅猛发展和社会人才需求特点的不断变化,各高职院校无不在寻求符合高等职业教育教学改革需要的教材。本次修订,保持第1版“以能力为本位,以应用为目的,以必需、够用为度。内容力求精炼明了和通俗易懂,注重对学生基本技能的训练和综合分析能力的培养,避免烦琐抽象的公式推导和冗长的过程叙述”的特点。在尊重原书主体内容的基础上,在内容和总体格局方面作了重大改革。改革的目标是:以工学结合为核心,以符合“用感性引导理性,从实践导入理论,从形象过渡到抽象”的高等应用性专门人才的认识规律为主线,以开发智力和调动学习积极性为目的,以添加案例导入和实训项目为手段,形成理论、设计计算、实训一体化教材。每章都添加案例导入,主要章节还加入实训项目,特别是增加了机械设计基础综合实训一节,指导学生进行综合设计训练或拆装测量及计算分析的综合实训,代替并超越了传统的课程设计指导书。鉴于以往把课程设计列入实践环节的习惯,本书除了把实际动手训练的内容作为实训之外,还把作图及与工程设计比较贴近的设计计算列入了实训的范畴。第十五章第三节给出了两个综合性实训项目,其中“减速器测绘与分析”是实践性较强的项目,偏重于拆装测量、计算分析;“机械设计综合训练”是理论性较强的传统项目,偏重于设计计算。各院校可以根据具体情况选做其中一项,或全部完成两项。本书将《机械原理》、《机械设计》、《机械设计课程设计指导书》、《机械设计实训指导书》等四书的精华有机地融会在一起,力图满足高职高专教学改革的需要。

参加本书编写的人员为:广西水利水电职业技术学院梁建和、陈伟珍,山东水利职业学院李学营,长沙理工大学向英,黄河水利职业技术学院余爱民、单冬敏,并由梁建和担任主编,余爱民、陈伟珍担任副主编。

全书由黄河水利职业技术学院谷礼新、山东水利职业学院李永敏担任主审,并提出了宝贵意见和建议,特此致谢。

欢迎专家、学者、教师及读者提出宝贵意见。

编 者

2007年5月

前 言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作意见》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定教材编写规划,报水利部批准,用中央财政安排的“支持示范性职业技术学院建设”项目经费组织编写的。

《机械设计基础》是高职高专机电类专业的一门重要的技术基础课。为适应高职高专工科培养应用型人才的特点,本书坚持“以能力为本位,以应用为目的,以必需、够用为度”的原则,内容力求精练明了和通俗易懂,注重对学生基本技能的训练和综合分析能力的培养,避免烦琐抽象的公式推导和冗长的过程叙述,采用法定单位和新近颁布的国家标准。本书精选及融会了《机械原理》和《机械设计》的部分内容,在传统内容的基础上着重加强了材料、热处理及使用等方面的内容,对日益得到广泛应用的滚动螺旋传动、同步齿型带传动和机械 CAD 等内容作了较详细的介绍。

参加本书编写的人员为:广西水利电力职业技术学院梁建和编写绪论和第一、二、十五章,广西水利电力职业技术学院陈伟珍编写第十二、十三章,山东省水利职业技术学院李永敏编写第三、四、十四章,长沙电力学院水利学院向英编写第五、十一章,黄河水利职业技术学院余爱民编写第六、十章,黄河水利职业技术学院单冬敏编写第七、八、九章。全书由广西水利电力职业技术学院梁建和担任主编,黄河水利职业技术学院余爱民担任副主编,黄河水利职业技术学院张国强担任主审。

由于编者水平所限,加之时间仓促,且高职高专教材体系尚在建设之初,书中不妥之处在所难免,欢迎广大读者提出宝贵意见。

编 者

2002 年 3 月

目 录

再版前言

前 言

绪 论	(1)
第一节 机器及其组成	(1)
第二节 本课程的性质和研究对象及基本要求	(2)
第一章 平面机构及其运动简图	(4)
第一节 平面运动副	(4)
第二节 平面机构的运动简图	(6)
第三节 平面机构的自由度	(8)
习题一	(12)
实训一 平面机构运动简图的绘制	(12)
第二章 平面连杆机构	(14)
第一节 铰链四杆机构	(14)
第二节 四杆机构的其他形式	(17)
第三节 平面四杆机构的工作特性	(20)
第四节 平面四杆机构运动设计简介	(22)
习题二	(24)
实训二 设计平面四杆机构	(25)
第三章 凸轮机构	(26)
第一节 概 述	(26)
第二节 从动件的常用运动规律	(27)
第三节 盘形凸轮轮廓曲线的设计	(31)
第四节 凸轮机构基本尺寸的确定	(34)
习题三	(36)
实训三 设计盘形凸轮轮廓	(37)
第四章 螺纹连接与螺旋传动	(38)
第一节 螺 纹	(38)
第二节 螺纹连接的主要类型和使用	(41)
第三节 螺栓连接的强度计算	(44)
第四节 螺旋传动	(47)
习题四	(54)
实训四 测量螺纹中径	(55)

第五章 齿轮机构	(56)
第一节 齿轮机构的齿廓啮合基本规律、特点和类型	(56)
第二节 渐开线齿廓	(58)
第三节 渐开线标准齿轮各部分名称、参数和几何尺寸	(60)
第四节 渐开线标准直齿圆柱齿轮的啮合传动	(62)
第五节 渐开线齿廓的根切现象	(63)
第六节 渐开线变位直齿圆柱齿轮传动	(66)
第七节 平行轴斜齿圆柱齿轮传动	(68)
第八节 直齿圆锥齿轮传动	(71)
习题五	(74)
实训五 渐开线齿廓的范成实训	(75)
第六章 齿轮传动	(76)
第一节 齿轮传动的失效形式和设计准则	(76)
第二节 齿轮常用材料及热处理	(77)
第三节 齿轮传动精度简介	(79)
第四节 标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	(80)
第五节 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算	(86)
第六节 标准直齿圆锥齿轮传动的强度计算	(89)
第七节 齿轮的结构设计	(91)
第八节 齿轮传动的润滑	(92)
习题六	(93)
实训六 齿轮的传动设计及参数测量	(94)
第七章 蜗杆传动	(95)
第一节 蜗杆传动的类型和特点	(95)
第二节 蜗杆传动的基本参数和几何尺寸计算	(96)
第三节 蜗杆传动的失效形式、设计准则、材料和结构	(99)
第四节 蜗杆传动的强度计算	(101)
第五节 蜗杆传动的效率、润滑和热平衡计算	(104)
习题七	(108)
实训七 蜗杆传动设计及分析测量	(108)
第八章 带传动	(110)
第一节 带传动的类型和特点	(110)
第二节 V带和带轮	(111)
第三节 V带传动工作能力分析	(116)
第四节 普通V带传动设计计算	(118)
第五节 同步带传动	(127)
第六节 带传动的安装、张紧和维护	(134)
习题八	(136)

实训八 V 带传动设计及其安装调整·····	(137)
第九章 链传动 ·····	(138)
第一节 链传动的特点和类型·····	(138)
第二节 滚子链和链轮·····	(139)
第三节 链传动的传动比及运动的不均匀性·····	(143)
第四节 链传动的设计计算·····	(144)
第五节 链传动的布置、张紧和润滑 ·····	(148)
习题九 ·····	(150)
实训九 链传动设计·····	(151)
第十章 机械传动系统及其传动比 ·····	(152)
第一节 定轴轮系的传动比计算·····	(152)
第二节 行星轮系的传动比计算·····	(154)
第三节 典型机械传动系统及其传动比计算·····	(156)
习题十 ·····	(161)
第十一章 间歇运动机构 ·····	(163)
第一节 棘轮机构·····	(163)
第二节 槽轮机构·····	(165)
第三节 不完全齿轮机构·····	(167)
习题十一 ·····	(168)
第十二章 轴系零部件 ·····	(169)
第一节 滑动轴承·····	(169)
第二节 滚动轴承·····	(175)
第三节 键连接和销连接·····	(185)
第四节 轴·····	(189)
第五节 轴承的组合设计·····	(200)
习题十二 ·····	(210)
实训十 轴的设计计算·····	(211)
第十三章 其他常用零部件 ·····	(213)
第一节 联轴器·····	(213)
第二节 离合器·····	(216)
第三节 弹 簧·····	(218)
习题十三 ·····	(222)
第十四章 刚性回转件的平衡 ·····	(223)
第一节 平衡的目的和分类·····	(223)
第二节 刚性转子的平衡计算·····	(223)
第三节 回转件平衡试验法·····	(227)
习题十四 ·····	(229)

第十五章 机械设计 CAD 简介及综合实训	(231)
第一节 机械 CAD 简介	(231)
第二节 机械设计综述	(236)
第三节 机械设计基础综合实训	(238)
参考文献	(279)

绪 论

案例导入:由牛头刨床、自行车、摩托车、汽车、洗衣机等设备,导入机器的概念。介绍机器与机构的区别以及学习机械设计基础的重要性及基本要求。这是一门专业技术基础课,不同于以往的公共基础课和以后的专业课,具有理论性和实践性的双重特点。

机械是人类在长期的生产实践中创造出来的重要生产工具。它用来减轻人的劳动强度、改善劳动条件、提高产品质量、提高劳动生产率,帮助人们创造更多的社会财富。机械在人类的生产活动中历来都担负着十分重要的角色,尤其是在现代化生产的今天更离不开机械。

第一节 机器及其组成

机械是机器和机构的统称。

在生产实践和日常生活中,广泛使用和接触着各种机器,例如自行车、摩托车、汽车、轮船、洗衣机、电梯等。机器的种类繁多,有复杂的,也有简单的,为方便研究,下面以牛头刨床为例,分析机器的组成。

图 0-1 所示为牛头刨床结构示意图。电动机的动力通过带传动和一系列齿轮传动传给大齿轮。大齿轮的转动通过销钉带着滑块在导杆槽中上下滑行,迫使导杆绕摇块摆动,从而推动滑枕前后移动。固装在刀架上的刀具随之往复直线运动,实现对工件的加工。在这里,整台机器的机械能量由电动机提供,电动机是机器的动力来源,称为原动部分。刀架带着刨刀对工件进行切削,直接完成生产任务,称为执行部分。原动部分的动力和运动要经过一系列的中间装置才传到执行部分,这些中间装置统称为传动部分。

又例如内燃机车,是由内燃机提供动力,经各种中间传动装置使驱动轮转动,由驱动轮将得到的扭矩转化成轨道给轮子的牵引力以推动机车运动。在这里,内燃机是原动部分,驱动轮是执行部分,两者之间的各种传动装置统称为传动部分。

由此可见,一台机器一般由原动部分、传动部分和执行部分组成。

原动部分一般输出回转运动和扭矩。执行部分则应按生产工艺所需要的运动规律和方式作确定的运动。这样一来,就要求传动部分能够把原动部分的转动转变成执行部分所需的运动,也就是要求传动部分能够改变运动的规律或转换运动的形式。为此,我们引入机构的概念,以便于研究传动部分各组成装置的结构和特性。例如牛头刨床中,电动机轴上有带轮,齿轮轴上也有带轮,通过传动带就把电动机的转动传给了齿轮轴,这里的两个带轮和传动带就组成了带传动机构。一对啮合的齿轮就组成了齿轮机构。能实现导杆往复摇动的装置、齿轮、导杆、滑块和固定的支架一起组成了连杆机构。

上述几种机构尽管结构、性能、作用各有不同,但都具有如下两个共同特性:

(1)它们都是由若干构件组合而成。

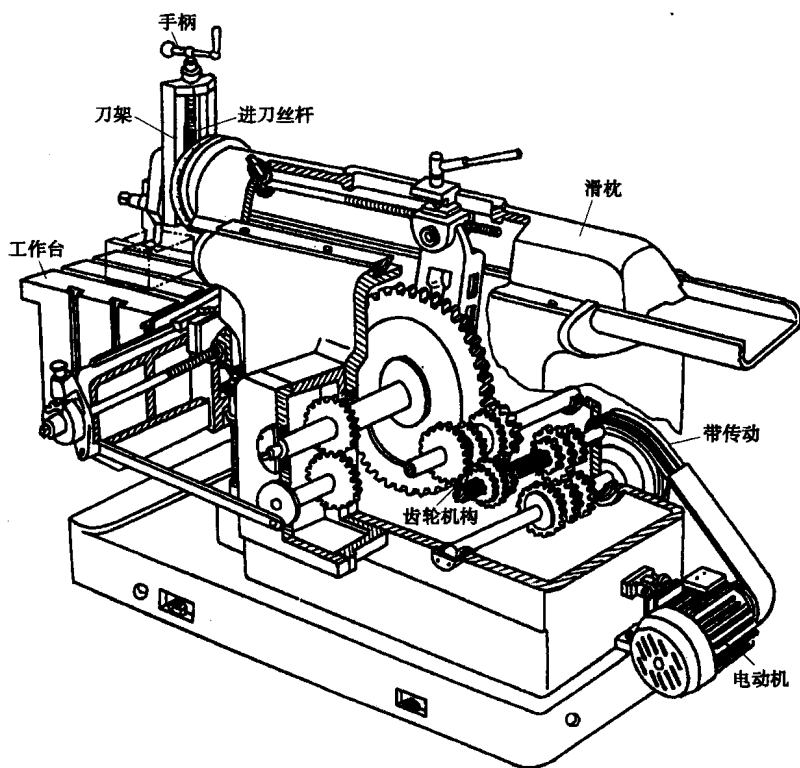


图 0-1 牛头刨床结构示意图

(2)各构件之间具有确定的相对运动。

这里所说的构件可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的没有相对运动的刚性构件。零件是生产完成后不能再分拆的独立单元。构件和零件的区别在于前者是运动单元,后者是生产制造单元。

第二节 本课程的性质和研究对象及基本要求

一、本课程的性质和研究对象

机械工程学是最基本的技术科学之一,机械设计学又是机械工程学的基础。因此,工程技术人员掌握一定的机械设计知识是很有必要的。

《机械设计基础》是一门培养学生具有一定机械设计能力的技术基础课程。本课程研究的对象是机械,内容包括常用机构和通用零件两大部分。常用机构是指常见于机器中的机构,如连杆机构、齿轮机构、带传动机构等。通用零件是指在各种机器中普遍使用的零件,如螺钉、弹簧、齿轮、轴、轴承等。从庞然大物的航空客机到小巧玲珑的袖珍式机械手表,从精度要求极高的导航仪表到精度要求较低的玩具汽车等,它们所采用的机构和零件虽然在尺寸、形状、工作条件等方面均有很大的差异,但是其工作原理、运动特点、设计计算的基本理论和方法都是类同的。

在本课程的教学中将综合运用工程力学、材料学、公差与技术测量、机械制图等知识,建立机械设计的一些基本理论和方法,并结合练习题和课程设计进行必要的基本训练。

二、课程的基本要求

(1)熟悉常用机构的构造、原理、特点、应用,以及运动特性和设计的基本知识。

(2)熟悉通用零件的工作原理、特点、结构及标准,掌握通用零件的选用、设计的基本原理和方法。

(3)学会使用技术资料进行通用零件和简单机械传动装置的设计,具备对一般机构的特性和零件常见失效原因进行分析,解决生产实际中有关机械零件、部件结构等方面问题的能力,为学习有关专业机械设备课程以及参与技术改造奠定必要的基础。

第一章 平面机构及其运动简图

案例导入:通过硬纸片是否钉在桌面上及常见的推拉门、活页等例子,引入自由度、铰链、铰接、约束条件和运动副、运动链、机构等概念,介绍运动副的分类;以牛头刨床为例子导入运动简图,介绍用简单的符号和图形表示机器的组成和传动原理。

第一节 平面运动副

一、平面运动构件的自由度

平面机构是指组成机构的各个构件均平行于同一固定平面运动。组成平面机构的构件称为平面运动构件。

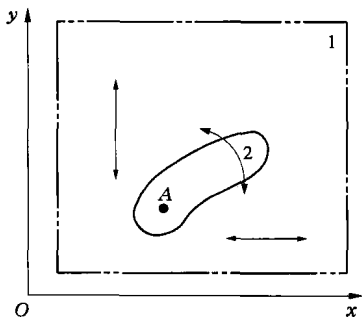


图 1-1 自由构件

两个构件用不同的方式连接起来,显然会得到不同形式的相对运动,如转动或移动。为便于进一步分析两构件之间的相对运动关系,引入自由度和约束的概念。如图 1-1 所示,假设有一个构件 2,当它尚未与其他构件连接之前,我们称之为自由构件,它可以产生 3 个独立运动,即沿 x 方向的移动、沿 y 方向的移动以及绕任意点 A 的转动,构件的这种独立运动称为自由度。可见,作平面运动的构件有 3 个自由度。如果我们将硬纸片(构件 2)用钉子钉在桌面(构件 1)

上,硬纸片就无法作独立的沿 x 或 y 方向的运动,只能绕钉子转动。这种两构件只能作相对转动的连接称为铰接。对构件某一个独立运动的限制称为约束条件,每加一个约束条件构件就失去一个自由度。

二、运动副的概念

机构是由具有确定相对运动的若干构件组成的,组成机构的构件必然相互约束,相邻两构件之间必定以一定的方式连接起来并实现确定的相对运动。这种两个构件之间的可动连接称为运动副。例如两个构件铰接成运动副后,两构件就只能绕轴在同一平面内作相对转动,称为转动副,如图 1-2(a)、(b)所示。又如图 1-2(d)所示,一根四棱柱体 1 穿入另一构件 2 大小合适的方孔内,两构件就只能沿轴线 x 作相对移动,称之为移动副,图 1-2(c)所示为车床刀架与导轨构成的移动副。我们日常所见的门窗活叶、折叠椅等均为转动副,推拉门、导轨式抽屉等为移动副。

三、运动副的分类

两构件只能在同一平面作相对运动的运动副称为平面运动副。构成运动副的点、线

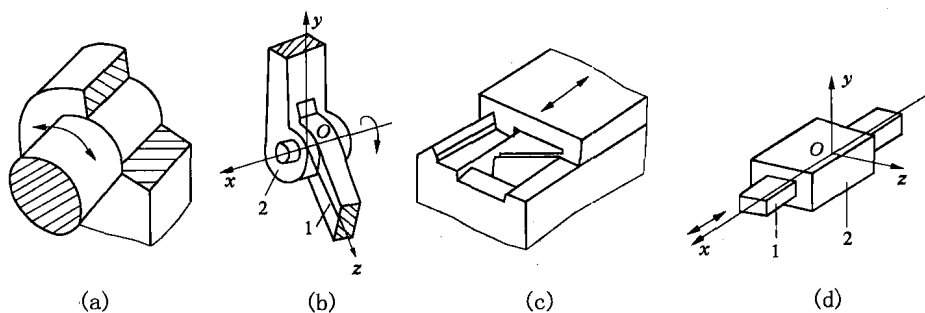


图 1-2 平面低副

或面称为运动副元素,根据运动副元素的不同,平面运动副可分为低副和高副。

(一)低副

两构件之间通过面与面接触而组成的运动副称为低副。两构件组成低副时引入了两个约束条件,也就失去 2 个自由度,只剩下 1 个自由度,即移动或转动。因此,低副又可分为移动副和转动副,如图 1-2 所示。

(二)高副

两构件以点或线的形式相接触而组成的运动副称为高副。如图 1-3(a)所示的火车轮子 1 与钢轨 2,图 1-3(b)所示的凸轮机构的凸轮 1 与从动件 2,图 1-3(c)所示的两相互啮合的轮齿等,分别组成了高副。两构件组成平面高副时,只引入 1 个约束条件。

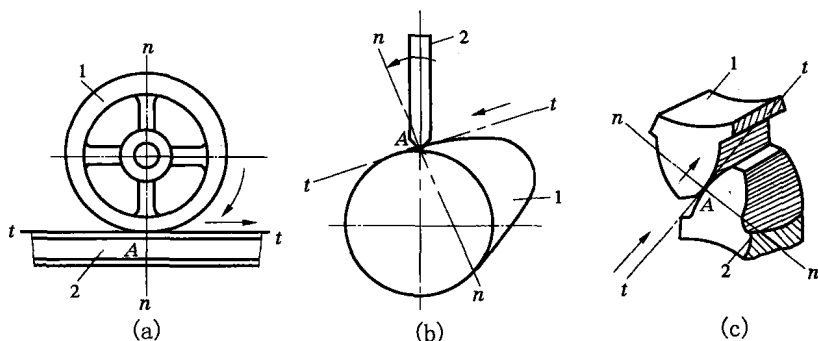


图 1-3 平面高副

四、运动链和机构

(一)运动链

若干构件通过运动副连接构成的系统称为运动链。各构件构成封闭形式的运动链称为闭式运动链,简称闭链,如图 1-4(a)所示;各构件不能构成封闭形式的运动链称为开式运动链,简称开链,如图 1-4(b)所示。

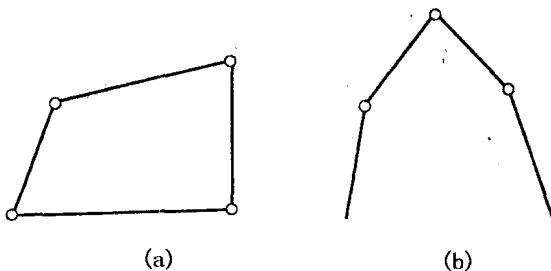


图 1-4 闭链和开链

(二)机构

如果将运动链中的一个构件固定,并使另一个或几个构件按给定的规律运动,而且其余构件都能随之作确定的相对运动,则这种运动链就称为机构。通常将被固定的构件称为机架,将按给定规律运动的构件称为原动件,其余构件称为从动件。

第二节 平面机构的运动简图

一、机构运动简图的概念

在研究机构运动特性时,为了使问题简化,只考虑与运动有关的运动副的数目、类型及相对位置,不考虑构件和运动副的实际结构及材料等与运动无关的因素。用简单线条和规定符号表示构件和运动副的类型,并按一定的比例确定运动副的相对位置及与运动有关的尺寸,这种表示机构组成和各构件间运动关系的简单图形,称为机构运动简图。

只是为了表示机构的结构组成及运动原理而不严格按比例绘制的机构运动简图,称为机构示意图。

二、平面机构运动简图的绘制

绘制平面机构运动简图可按以下步骤进行:

(1)观察机构的运动情况,分析机构的具体组成,确定机架、原动件和从动件。机架即固定件,任何一个机构中必定只有一个构件为机架;原动件也称主动件,即运动规律为已知的构件,通常是驱动力所作用的构件;从动件中还有工作构件和其他构件之分,工作构件是指直接执行生产任务或最后输出运动的构件。

(2)由原动件开始,根据相连两构件间的相对运动性质和运动副元素情况,确定运动副的类型和数目。

(3)根据机构实际尺寸和图纸大小确定适当的长度比例尺 μ_l ,按照各运动副间的距离和相对位置,以与机构运动平面平行的平面为投影面,用规定的线条和符号绘图。

$$\mu_l = \frac{\text{实际尺寸(m)}}{\text{图样尺寸(mm)}} \quad (1-1)$$

常用构件和运动副的简图符号在国家标准 GB 4460—84 中已有规定,表 1-1 给出了最常用的构件和运动副的简图符号。下面通过两个实训例说明运动简图的绘制过程。

【实训例 1-1】 图 1-5(a)所示为牛头刨床执行机构结构示意图,试绘制机构运动简图。

解:(1)机构分析。牛头刨床执行机构由大齿轮 2、机架 7、滑块 3、导杆 4、摇块 5 和滑枕 6 共 6 个构件组成,转动的大齿轮为原动件,移动的滑枕 6 为工作构件。

(2)确定运动副类型。原动件大齿轮 2 用轴通过轴承与机架 7 铰接成转动副 z_1 ;滑块 3 通过销子与大齿轮铰接成转动副 z_2 ;滑块 3 与导杆 4 用导轨连接为面接触成移动副 Y_1 ;摇块 5 与机架铰接成转动副 z_3 ;摇块 5 与导杆 4 用导轨连接成移动副 Y_2 ;导杆 4 与滑枕 6 铰接成转动副 z_4 ;滑枕 6 与机架 7 用导轨连接以面接触成移动副 Y_3 。这里有 4 个转动副和 3 个移动副共 7 个运动副。

表 1-1 机构运动简图符号

名称		简图符号	名称		简图符号
构件	轴、杆		机架	基本符号	
	三副元素构件			机架是转动副的一部分	
				机架是移动副的一部分	
	构件的永久连接		平面高副	齿轮副	
平面低副	转动副			外啮合	
	移动副			内啮合	
				凸轮副	

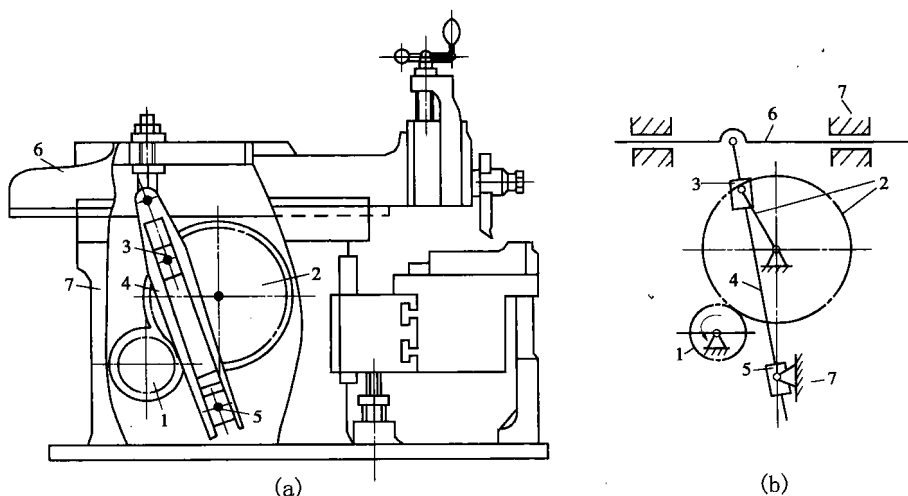


图 1-5 牛头刨床执行机构结构示意图

(3)测量主要尺寸,计算长度比例和图示长度。经测量得:滑枕 6 的导轨高 $l_h = 1\,000\text{ mm}$,

大齿轮 2 的中心高 $l_{h1} = 540 \text{ mm}$, 滑块销 3 的回转半径 $r_x = 240 \text{ mm}$ 。设图样最大尺寸为 60 mm, 则长度比例尺 $\mu_l = l_h / 60 = 1000 \text{ mm} / 60 \text{ mm} = 16.7 \approx 20 = 0.02 (\text{m/mm})$ 。于是:

$$h = l_h / \mu_l = 1 / 0.02 = 50 (\text{mm})$$

$$h_1 = l_{h1} / \mu_l = 0.54 / 0.02 = 27 (\text{mm})$$

$$r = r_x / \mu_l = 0.24 / 0.02 = 12 (\text{mm})$$

(4) 绘制机构运动简图。①按各运动副间的图示距离和相对位置, 选择适当的瞬时位置, 用规定的符号表示各运动副; ②用直线将同一构件上的运动副连接起来, 并标上件号、铰点名和原动件的运动方向, 即得所求的机构运动简图。如图 1-5(b) 所示。

【实训例 1-2】 图 1-6(a) 为反铲液压挖掘机工作装置结构简图, 请画出它的运动简图。

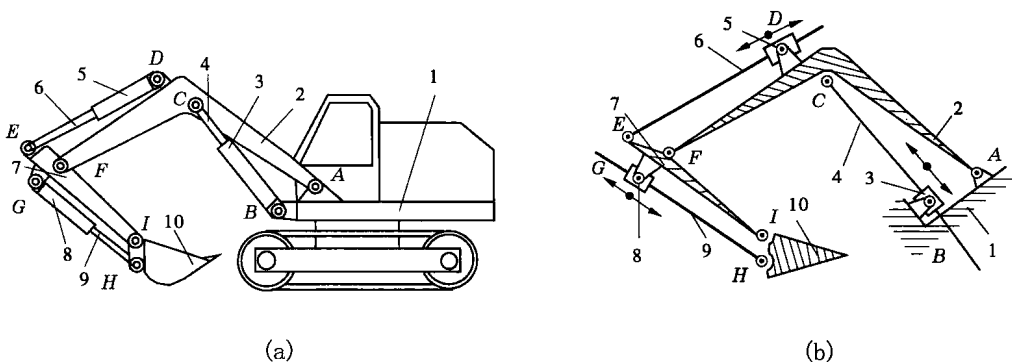


图 1-6 反铲液压挖掘机工作装置结构简图

解: (1) 机构分析。机构由转台 1、动臂 2、动臂缸筒 3 及活塞杆 4、斗杆缸筒 5 及活塞杆 6、斗杆 7、转斗缸筒 8 及活塞杆 9、铲斗 10 共 10 个构件组成。三个液压缸为原动件, 分别驱动动臂 2 绕 A 点转动, 斗杆 7 绕 F 点转动, 铲斗 10 绕 I 点转动。铲斗 10 为工作构件。

(2) 确定运动副类型。有 A、B、C、D、E、F、G、H、I 共 9 个转动副, 三个液压缸构成 3 个移动副。

(3) 测量主要尺寸, 计算长度比例和图示长度。经测量得: $L_{AC} = 1.8 \text{ m}$, $L_{AF} = 3.3 \text{ m}$, $L_{CF} = 1.7 \text{ m}$, $L_{FI} = 1.4 \text{ m}$ 。设图样最大尺寸为 60 mm, 则长度比例尺 $\mu_l = l_{\max} / 60 = (3.3 + 1.4) / 60 \approx 0.08 (\text{m/mm})$ 。于是:

$$AF = 3.3 / 0.08 \approx 41 (\text{mm}) \quad AC = 1.8 / 0.08 \approx 22.5 (\text{mm})$$

$$CF = 1.7 / 0.08 \approx 21 (\text{mm}) \quad FI = 1.4 / 0.08 \approx 17.5 (\text{mm})$$

(4) 绘制机构运动简图。①按各运动副间的图示距离和相对位置, 选择适当的瞬时位置, 用规定的符号表示各运动副; ②用直线将同一构件上的运动副连接起来, 并标上件号、铰点名和原动件的运动方向, 即得所求的机构运动简图。如图 1-6(b) 所示。

第三节 平面机构的自由度

一、平面机构自由度的计算

机构相对于机架所具有的独立运动数目, 称为机构的自由度。

设一个平面机构由 N 个构件组成,其中必定有 1 个构件为机架,其活动构件数为 $n = N - 1$ 。这些构件在未组合成运动副之前共有 $3 \times n$ 个自由度,在连接成运动副之后便引入了约束,减少了自由度。设机构共有 P_L 个低副、 P_H 个高副,因为在平面机构中每个低副和高副分别限制 2 个和 1 个自由度,故平面机构的自由度为

$$F = 3n - 2P_L - P_H \quad (1-2)$$

例如牛头刨床执行机构共有 6 个构件组成 7 个低副和 0 个高副,活动构件 $n = 5$,则该机构的自由度为 $F = 3 \times 5 - 2 \times 7 = 1$ 。

又例如挖掘机工作装置,共有 10 个构件,活动构件为 $n = 9$ 个,连接成 9 个转动副、3 个移动副,则该机构的自由度为 $F_w = 3 \times 9 - 2 \times 12 = 3$ 。

在计算平面机构的自由度时,应注意如下三种特殊情况。

(一) 复合铰链

三个或更多的构件在同一处连接成同轴线的 2 个或更多个转动副,就构成了复合铰链,计算自由度时应按 2 个或更多个转动副计算。图 1-7(a)所示为一个六构件机构,其中构件 6 为机架,构件 1 为原动件。请注意 B 点处是由 2、3、4 三构件构成的两个同轴转动副,如图 1-7(b)所示。其中,构件 4 与构件 2 铰接构成转动副 Z_{42} 、与构件 3 铰接构成转动副 Z_{43} ,两转动副均绕轴线 B 转动。这个复合铰链计算自由度时应按 2 个转动副计算。如果有 m 个构件以复合铰链相连接,则构成的转动副数目应为 $(m - 1)$ 个。在计算机构自由度时,应注意分析是否存在复合铰链。

(二) 局部自由度

在有的机构中为了其他一些非运动的原因,设置了附加构件,这种附加构件的运动是完全独立的,对整个构件的运动毫无影响,我们把这种独立运动称为局部自由度。在计算机构自由度时局部自由度应略去不计。

如图 1-8(a)所示为凸轮机构,随着主动件凸轮 1 的顺时针转动,从动杆 2 作上下往复运动。为了减少摩擦和磨损,在凸轮 1 和从动杆 2 之间加入滚子 3,应该注意到无论滚子

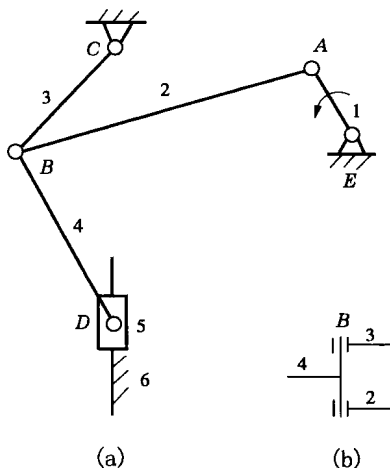


图 1-7 复合铰链

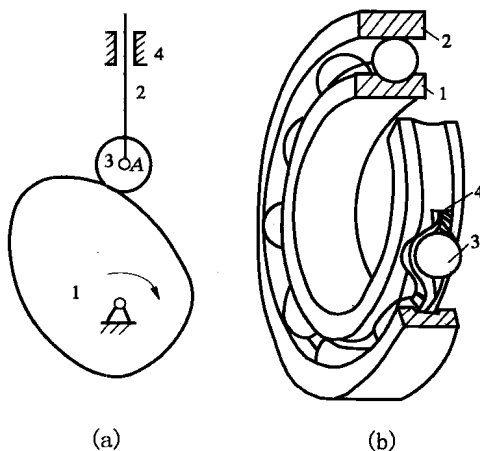


图 1-8 局部自由度