

材料科学与工程专业本科系列教材

GONGCHENG SHEJI JICHU

工程设计基础

(第2版)

主编 黄佳木 副主编 李玉刚 参编 刘守平



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

材料科学与工程专业本科系列教材

工 程 设 计 基 础

(第2版)

主 编 黄佳木
副主编 李玉刚
参 编 刘守平

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书将材料专业相关机械类课程的知识整合在一门课中,包括金属材料及热处理、公差配合以及机械设计基础方面的内容。教材采用国家法定计量单位,机械制图、公差与配合、机械零件等均采用国家最新标准。

本书可作为高等院校非机类相关专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程设计基础/黄佳木主编.—2版.—重庆:

重庆大学出版社,2015.8

材料科学与工程专业本科系列教材

ISBN 978-7-5624-9354-9

I. ①工… II. ①黄… III. ①工程—设计—高等学校—教材 IV. ①TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171843 号

工程设计基础

(第2版)

主 编 黄佳木

副主编 李玉刚

参 编 刘守平

策划编辑:彭 宁

责任编辑:李定群 高鸿宽 式设计:彭 宁

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆五环印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:393 千

2015 年 8 月第 2 版 2015 年 8 月第 2 次印刷

印数:3 001—4 500

ISBN 978-7-5624-9354-9 定价:33.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

。 版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书是在高等工科教育十几年来不断改革的大背景下编写的。在材料科学与工程专业的培养计划中,大都设置有“金属工艺学”“公差与配合”“机械设计基础”等机械类的课程作为工科学生基本工程训练的技术基础课,这些课程一般需要120学时以上。从1996年开始,历经20年的改革,材料科学与工程专业的培养计划根据社会的变革、科技的进步及工程技术的发展也在不断进行适应形势发展的调整和改革,总学时由过去的3200学时左右降到现在的2300学时以下,原有各门课的教学内容经过筛分、删减(重复内容)、合并以及增设补充新的内容,形成了新的教学体系。根据材料类专业的特点,在新的体系中我们将原培养计划中相关机械类的课程进行整合,形成了“工程设计基础”这门课程,总学时降到现在的56学时。

“工程设计基础”课程将金属材料及其热处理、公差配合以及机械设计基础等基本知识整合到一本教材中,使学生通过这门课的学习,能够建立起标准化的概念和基本的工程意识,结合该课程的综合课程设计以及金工实习的实践环节,达到工程基本训练的目的。

本书是2007年编写出版教材的修订版,根据工科非机类专业的要求精心组织教学内容,对原有教材的相关内容进行了增删,删去“机械图学”的相关内容,增加了“机构运动简图及平面机构的自由度”和“平面连杆机构”两章内容,并对原教材编写中的一些错误及图示进行了修改。教材编写力求简明易懂,图表数据确切实用,采用了国家法定计量单位,机械制图、公差与配合、机械零件等均采用国家最新标准。全书共13章,每章末附有一定数量的思考题和习题,供教学中使用。

参加本书编写的有黄佳木(第1章、第2章、第3章、第7章、第8章、第9章)、李玉刚(第4章、第5章、第6章、第10章、第11章、第12章)、刘守平(第13章)。本书由黄佳木主编,由李玉刚统稿。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编者
2015年5月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 “工程设计基础”课程的研究对象和内容	1
1.2 机械设计的基本要求和一般步骤	2
第2章 平面机构的运动简图及自由度	6
2.1 运动副及其分类	6
2.2 平面机构的运动简图	7
2.3 平面机构自由度的计算	9
思考题与习题	12
第3章 平面连杆机构	14
3.1 铰链四杆机构的基本类型和特性	14
3.2 铰链四杆机构的尺寸关系及其演化形式	19
3.3 铰链四杆机构的运动设计	23
思考题与习题	27
第4章 带传动	29
4.1 概述	29
4.2 V带与V带轮	30
4.3 带传动工作情况分析	34
4.4 V带传动的设计计算	39
4.5 V带传动的使用和维护	46
思考题与习题	47
第5章 链传动	48
5.1 概述	48
5.2 滚子链与链轮	49
5.3 链传动的运动特性	52
5.4 链传动的失效形式和许用功率曲线	54
5.5 链传动的设计计算	56
5.6 链传动的布置、张紧与润滑	60
思考题与习题	61
第6章 齿轮传动	63
6.1 概述	63

6.2	齿廓啮合的基本定律	64
6.3	渐开线和渐开线齿廓的啮合性质	65
6.4	渐开线标准直齿圆柱齿轮的基本参数和几何尺寸	67
6.5	渐开线直齿圆柱齿轮的啮合传动	70
6.6	齿轮传动的失效形式	72
6.7	标准直齿圆柱齿轮传动的强度计算	74
6.8	直齿圆柱齿轮传动的设计计算	80
6.9	斜齿圆柱齿轮传动	83
6.10	圆锥齿轮传动	89
	思考题与习题	93
第7章	轮系和减速器	95
7.1	概述	95
7.2	定轴轮系的传动比	96
7.3	周转轮系的传动比	98
7.4	减速器	100
	思考题与习题	103
第8章	轴	105
8.1	概述	105
8.2	轴的结构设计	107
8.3	轴的强度计算	110
	思考题与习题	114
第9章	轴承	115
9.1	滑动轴承	115
9.2	滚动轴承	121
	思考题与习题	139
第10章	连接	140
10.1	螺纹连接	140
10.2	键和花键连接	153
	思考题与习题	157
第11章	联轴器与离合器	159
11.1	联轴器	159
11.2	离合器	164
	思考题与习题	166
第12章	极限与配合、几何公差及表面粗糙度	167
12.1	互换性和公差的概念	167

12.2 极限与配合	168
12.3 几何公差	175
12.4 表面粗糙度	180
思考题与习题	186
第 13 章 金属材料及热处理	187
13.1 金属材料的性能	187
13.2 金属及合金的结构	192
13.3 铁碳合金相图	199
13.4 钢的热处理	205
13.5 工业用钢和铸铁	217
13.6 有色金属及其合金	229
思考题与习题	230
附录	232
参考文献	242

第1章 绪论

工程的概念可这样来定义:工程是人们综合应用科学理论和技术手段去改造客观世界的实践活动。但工程往往又与专业领域密不可分,如土木工程、材料工程、机械工程、水利工程及环境工程等,不同的工程领域对其技术人员所要求的专业技术知识也明显不同。由于几乎每一个领域的工程技术的实施都离不开相应的机械设备,因而机械设计基础方面的知识是工程的共性基础知识,并能够很好地反映工程的概念,这也是大多数非机类工科专业(如材料、冶金、测控技术、化工、环境等)都开设有相应的机械类课程的原因。

1.1 “工程设计基础”课程的研究对象和内容

“工程设计基础”是工科机电类、近机类、非机类和工业设计各专业的技术基础课程。该课程以通用机械零部件为研究对象,以其工作原理、运动特性、结构形式以及设计、选用和计算方法等为研究内容。通过该课程的学习,使学生能够掌握常用机械机构的工作原理、特点和基本设计计算方法,并且能按最新的国家标准对通用机械零件进行正确选型;掌握公差的国家标准及其在设计中的具体应用;了解常用金属材料的基本性能、热处理方法,并能在工程中对金属材料进行正确选用。最后,本课程结合一台简单机器的课程设计,使学生通过了解单一零件设计制造的全过程、各零部件之间的配合关系及其在整机中的作用,建立起工程的整体概念;通过通用零件的设计选用,建立起标准化以及互换性的概念,从而得到工程设计的基本训练。

下面的例子可使我们了解一台机器的工作过程。如图 1.1 所示为单缸内燃机。它由汽缸体(机架)1、活塞2、连杆3、曲轴4组成主体部分,当燃气推动活塞作往复移动时,通过连杆使曲轴作连续转动,从而将燃料的化学能转换为曲轴的机械能。齿轮5和6、凸轮轴7、推杆8的作用是按一定的运动规律启闭阀门(进气阀9、排气阀10),以吸入燃气和排出废气。

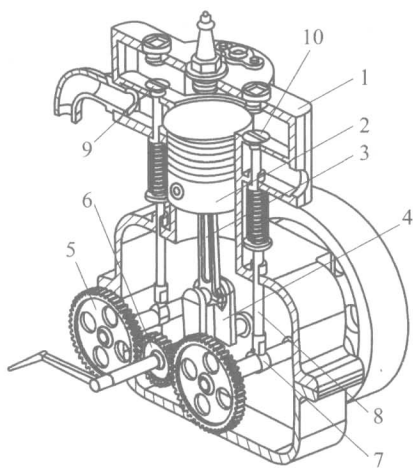


图 1.1 单缸内燃机

不同机械的形式、构造和用途都不同,但都具有以下共同特征:

- ① 它们是由许多人为实体的组合。
- ② 各实体间具有确定的相对运动。
- ③ 在工作时,能转换机械能或做有效的机械功。

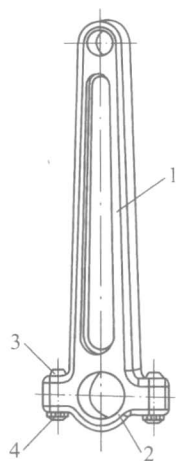


图 1.2 连杆

凡同时具有上述 3 个特征的机械,称为机器;仅有前两个特征的机械,称为机构。但就实体的组合和运动来说,两者之间并无区别。因此,通常将机械作为机器和机构的通称。

组成机械的每一个人为实体,称为构件。构件可以是单一的整体,也可以是由几个零件组成的刚性结构。如图 1.1 所示内燃机的曲轴,它是单一的整体构件;如图 1.2 所示的连杆,因结构、工艺等方面的原因,是由连杆体 1、连杆盖 2、螺栓 3 和螺母 4 等零件组成的刚性构件。构件和零件的区别在于:构件是运动的单元,而零件是制造的单元。

零件按其用途不同,可分为通用零件和专用零件。凡各种机械都经常使用的零件,如齿轮、轴、螺钉等,称为通用零件;只在某些机械中使用的零件,如曲轴、连杆、汽轮机叶片等,称为专用零件;而那些具有互换性且按国家标准设计的零件,如滚动轴承、螺钉、螺母、键、销等,又称为标准零件。

1.2 机械设计的基本要求和一般步骤

对不同类型的机械,其设计的基本要求大致是相同的,主要有运动和动力性能的要求(即满足使用的需要)、工作可靠性要求(包括强度、刚度、耐磨性及耐热性等)、经济性要求以及操作方便和安全性的要求等。

一般的机械设计步骤大致可归纳如下:

- ① 根据要求查阅资料,确定机械的工作原理和拟订总体方案。
- ② 设计机构运动简图和绘制机械传动系统示意图,通过运动分析、动力分析和强度计算确定有关参数。
- ③ 确定机械各个部分的结构和尺寸,绘制总装配图、各部件装配图、零件图、编写技术说明书及标准件、外购件的明细表。

需要指出,上述步骤是有机联系的,需要互相交叉进行,并且往往多次反复,不断修正完善。

上述内容反映在设计图纸上,大体可分为以下 3 个阶段:

(1) 总体设计阶段

机器的总体设计,就是根据工作原理的要求,本着简单、实用、经济、美观等原则,设计出一套能实现预期职能的装置。为了拟订机器的总体布置,分析、比较各种可能的传动方案,以及进行具体机构的选择和设计,就需要把机器各部分之间的运动和动力关系,以及各个机构和主要零件在机器中的大体位置,用规定的简单符号清晰、简明地表示在图上,这就构成了机器的机构运动简图。

如图 1.3(a)所示的复摆式颚式破碎机,其工作原理为:电动机 1 通过 V 带传动(2,3,4)带动偏心轴 5 转动,再通过动颚板(连杆)6 带动机架 7 上的肘板 8 作往复摆动,带动颚板 6 作平面运动。它不断地将料斗中的矿石向定颚板(机架 7)挤压,以达到破碎矿石之目的。如图 1.3(b)所示为表示其运动关系的机构运动简图,AB 杆代表偏心轴 5,BC 杆为动颚板 6,CD 杆为肘板 8(也称为推力板),AD 表示机架。该破碎机为一典型的曲柄连杆机构。

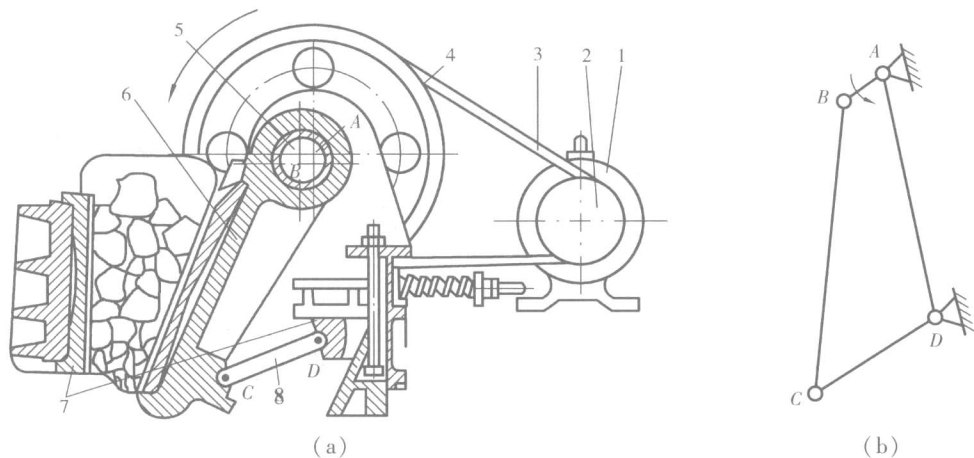


图 1.3 颚式破碎机

(2) 结构设计阶段

有了运动简图,机器还没有确定的形态,接下来的工作即是将运动简图的符号变成具体的零部件。这需要考虑各个部件的相对位置及连接方法,以及主要零件的具体形状、尺寸、材料、制造、安装配合等一系列问题,并进行类比、选择和必要的计算等工作,从而将运动简图变成具体的装配图。

如图 1.3(a) 所示为复摆式颚式破碎机的总装图(简图);如图 1.4 所示为单级齿轮减速器的装配图。从这两个图可知复摆式颚式破碎机和单级齿轮减速器的形态。这是图纸设计的第二阶段,即从运动简图到装配图的阶段,也称为结构设计阶段。

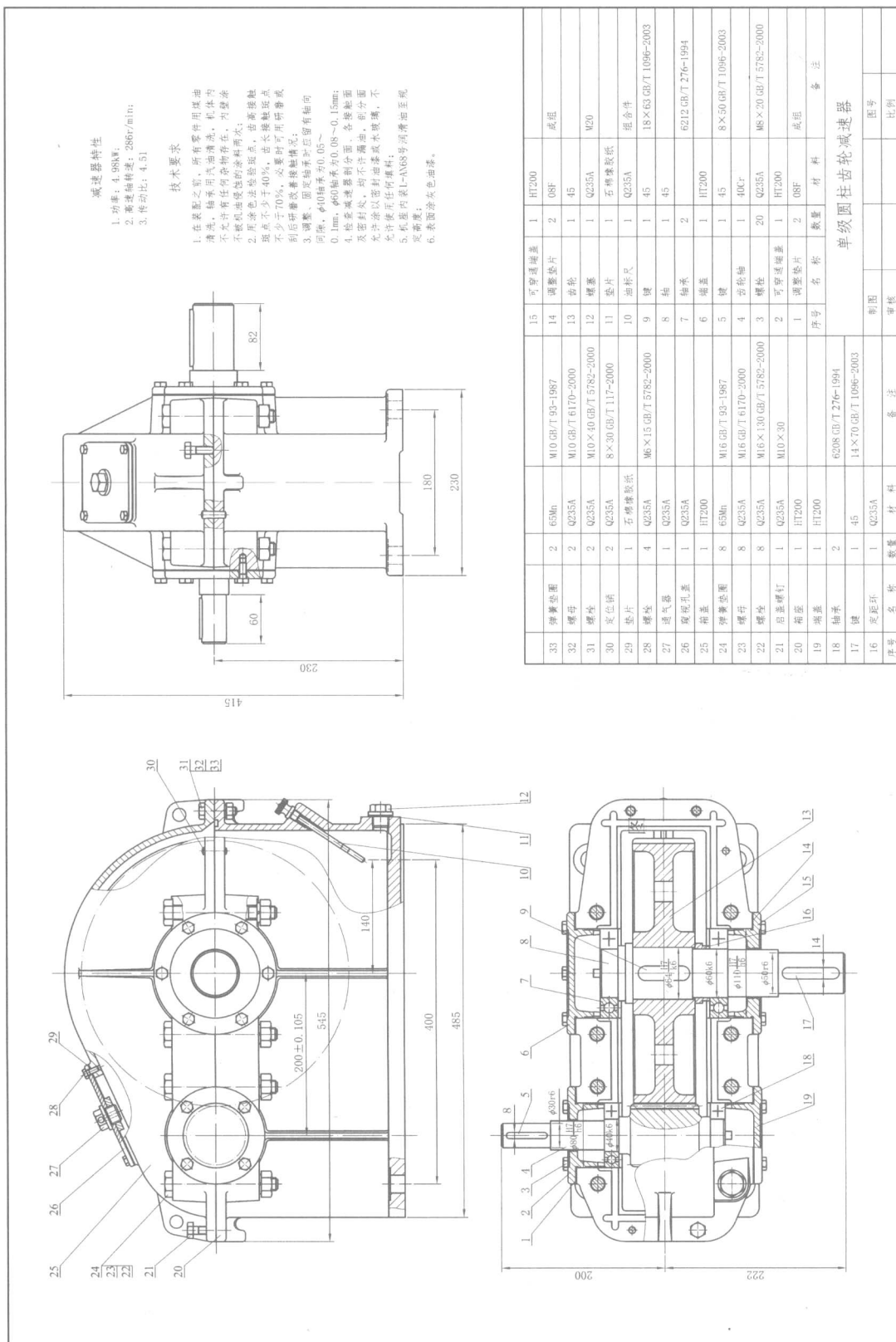
(3) 零件设计阶段

装配图只是初步确定了机器的总体尺寸及各个零部件之间的位置关系、配合要求等,并未反映出各个零件的全部尺寸、结构要素(如圆角半径、倒角尺寸)及加工要求(如尺寸公差、表面粗糙度)等,因而装配图还不能作为加工的依据。根据装配图设计出各个零件的工作图是图纸设计的第三阶段。

设计零件图时,要综合考虑零件的强度、刚度、寿命、工艺性,以及质量、体积、成本等因素,来具体确定零件的材料、尺寸、结构、制造精度等,并规定出适当的技术条件(如材料的热处理方法及表面硬度等),从而绘制出零件图。图 1.5 即为根据图 1.4 所示的单级齿轮减速器装配图设计出的低速轴的零件工作图,相应轴段的尺寸、形状、精度、制造工艺等充分考虑了与其相配的轴承、键、齿轮、套筒等零件的配合关系、轴向及周向定位以及装配工艺性等要求;轴的材料选择和热处理则考虑了其在承受最大工作载荷的情况下的强度和刚度要求。

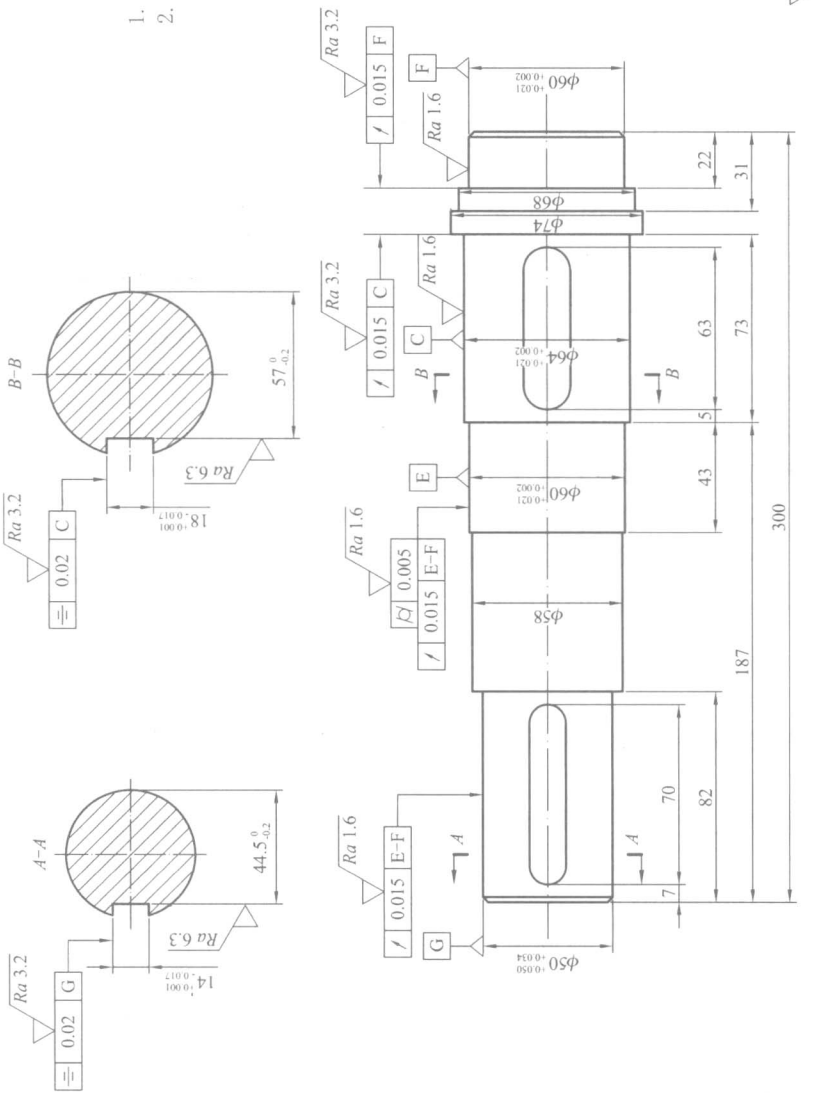
通过上述 3 个阶段的设计,有了机器的机构运动简图、装配图和零件图,就从工作原理、结构和制造上为一部机器的诞生提供了初步的条件。当然,设计工作的各个局部与总体都是紧密联系的,上述 3 个阶段不可能是截然划分的,而必然要互相牵连、互相影响、相互交叉地反复进行。

经过以上讨论,对于怎样设计一台机器已有了粗略的了解。通过本书后面章节相关知识的学习,为我们进行简单机器的设计奠定了基础,从而通过机械设计的过程,培养工程意识,得到工程设计的基本训练。



技术要求

- 1. 调质处理硬度HBS=217~255;
- 2. 未注倒角2×45°。



轴	材料	45
	数量	1
制图	图号	
审核	比例	

图1.5 轴的零件工作图

第2章 平面机构的运动简图及自由度

如绪论所述,机构是由具有确定运动的构件所组成。显然机构中的构件不能随意拼凑,因为随意拼凑的构件组合不一定能发生相对运动;即使能够运动,其运动也未必是确定的。构件按什么样的条件进行组合才具有确定的相对运动,对于分析现有机构和设计新机构都是非常重要的。

实际机械的外形和结构都很复杂,为便于分析研究,在工程设计中一般根据构件的连接特征以及与运动有关的尺寸,用简单的线条和符号来绘制机构的运动简图。

2.1 运动副及其分类

当组成机构的所有构件都在同一平面内运动,或在相互平行的平面内运动时,这种机构称为平面机构;否则,称为空间机构。如图 2.1 所示,一个作平面运动的构件有 3 个可能的独立运动:沿 x, y 轴的移动以及在 Oxy 平面内的转动。这种可能出现的独立运动称为构件的自由度。即一个作平面运动的构件有 3 个自由度。同理,一个作空间运动的构件有 6 个自由度。

机构是由许多构件组成的,使两个构件直接接触,并产生一定相对运动的连接称为运动副。在如图 1.1 所示的单缸内燃机中,活塞 2 与连杆 3、活塞 2 与汽缸体 1、凸轮轴 7 与排气阀推杆 8 之间的连接都构成了运动副,它们之间的相对运动都受到一定的约束,但都保留了一定的自由度。不同形式的运动副对运动的约束是不同的,故保留的自由度也不同。机构中常见的运动副可分为低副和高副两类。

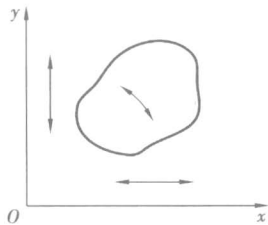


图 2.1 构件的自由度

(1) 低副

两构件通过面接触而组成的运动副称为低副,平面机构中的低副有回转副和移动副两种类型。

若组成运动副的两个构件只能在一个平面内相对转动,这种运动副称为回转副,或称为铰链,如图 2.2(a) 所示。

若组成运动副的两个构件只能沿某一直线相对移动,这种运动副称为移动副,如图 2.2(b) 所示。图 1.1 中的活塞 2 与汽缸体 1 之间组成的运动副也是移动副。

(2) 高副

两构件通过点接触或线接触组成的运动副称为高副,组成高副的两构件之间的相对运动是转动兼移动。如图 2.2(c) 所示的凸轮 1 与滚轮 2、如图 2.2(d) 所示的齿轮 1 与齿轮 2 都分别在其接触点处组成高副。

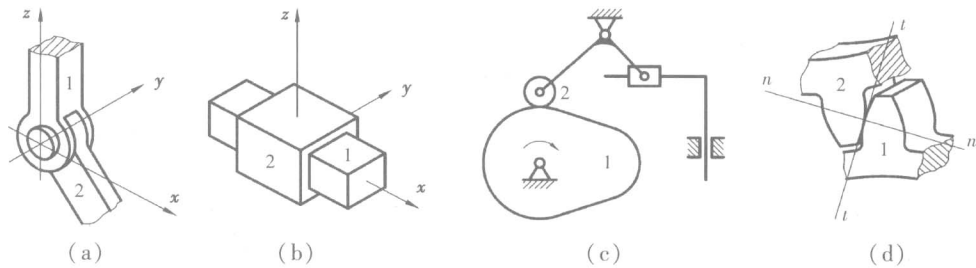


图 2.2 常见的运动副

2.2 平面机构的运动简图

实际构件的外形和结构往往很复杂,由于构件之间的相对运动与其相互接触部分的几何形状有关,而与其实际结构无关,因此在研究机械运动时,为简化问题,有必要撇开那些与运动无关的构件外形和运动副的具体构造,仅用简单线条和规定符号来表示构件和运动副,并按比例定出各运动副的位置。这种说明机构各构件间相对运动关系的简化图形,称为机构运动简图。

2.2.1 运动副的表达方式

图 2.3(a)至图 2.3(e)为转动副的表示方法,图中圆圈表示转动副,其圆心代表相对转动的轴线。若组成转动副的两构件都是活动构件,则用图 2.3(a)表示;若其中一个为固定构件(机架),则在代表机架的构件上加阴影线,如图 2.3(b)、(c)所示。图 2.3(f)至图 2.3(k)是移动副的表示方法。移动副的导路必须与相对移动方向一致,同前所述,图中画阴影线的构件表示机架。两构件组成高副时,在简图中应当画出两构件接触处的曲线轮廓,如图 2.3(l)至图 2.3(n)所示。

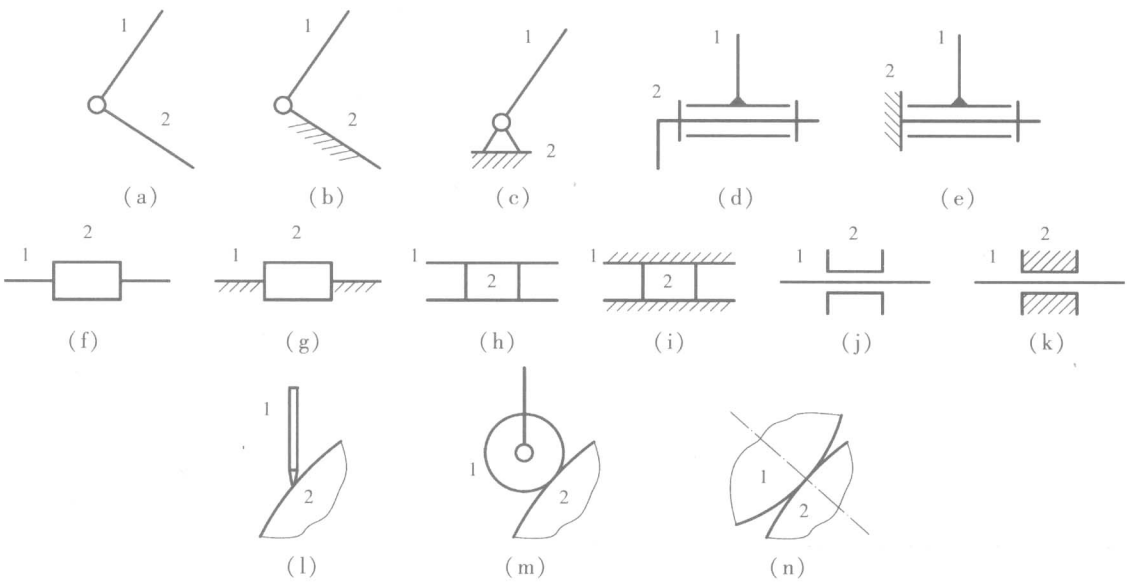


图 2.3 构件和运动副的符号

2.2.2 构件的分类和表达方式

根据运动状态,构件可分为固定构件、原动件和从动件 3 种类型。

(1) 固定构件

固定不动(如各种固定在地基上的机座)或者虽然相对于地球运动,但与参考坐标系固结而视为相对不动(如飞机的机体和机车的车架)的构件,称为固定构件或机架。固定构件主要用来支承活动构件,研究活动构件的运动时,常以固定构件作为参考坐标系。

(2) 原动件

运动规律已知的活动构件称为原动件,它的运动由外界输入,故又称为输入构件。在机构运动简图中,用箭头标出运动方向的构件都是原动件。

(3) 从动件

机构中随着原动件的运动而运动的其余活动构件,称为从动件。其中,输出预期运动的称为输出构件,其他从动件则起传递运动的作用。例如,内燃机中的曲轴是输出构件,连杆是用于传递运动的从动件。

任何一个机构中,必有一个构件被相对地看作固定构件。例如,汽缸体虽然跟随汽车运动,但在研究发动机的运动时,仍把汽缸体当作固定构件。在活动构件中,必须有一个或几个原动件,其余的都是从动件。

构件的表达方式如图 2.4 所示。图 2.4(a) 表示同一构件,在角部涂以焊接的标记表示其为一个刚性整体;图 2.4(b) 表示参与组成两个转动副的构件;图 2.4(c) 表示参与组成一个转动副和一个移动副的构件;参与组成 3 个转动副的构件可用三角形表示,为了表明三角形是一个刚性整体,常在三角形内加剖面线或在 3 个角上涂以焊接的标记,如图 2.4(d) 所示;如果 3 个转动副中心在一条直线上,则可用图 2.4(e) 表示。超过 3 个转动副的构件的表示方法以此类推。

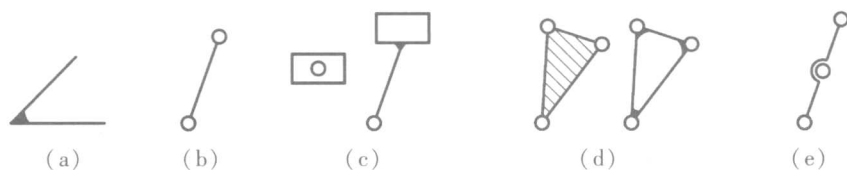


图 2.4 构件表示方法

2.2.3 机构运动简图的绘制方法

下面以如图 1.3 所示的复摆式颚式破碎机为例,说明机构运动简图的绘制方法和一般步骤。

(1) 确定构件数目,认清固定构件和原动件

颚式破碎机的主体机构由机架 7、偏心轴 5(又称曲轴)、动颚 6、肘板 8 共 4 个构件组成。其工作原理是:带轮 4 与偏心轴 5 固连成一个整体,当电动机通过带传动带动偏心轴 5 绕轴线 A 转动时,驱使动颚 6 作平面复杂运动,从而将矿石轧碎。显然,偏心轴 5 是运动和动力的输

入构件,即原动件,动颚6是输出构件。

(2) 分析相对运动性质,从而确定运动副的类型和数目

偏心轴5绕轴线A相对转动,与机架组成以A为中心的转动副;动颚6与偏心轴5绕轴线B相对转动,故构件5,6组成以B为中心的转动副;肘板8与动颚6绕轴线C相对转动,故构件6,8组成以C为中心的转动副;肘板8与机架7绕轴线D相对转动,故构件7,8组成以D为中心的转动副。根据以上分析,该机构共有4个转动副(两构件最多组成一个运动副,本例的机构共有4个构件,因此只可能存在4个运动副)。

(3) 选定比例尺,用线条和规定符号作图

首先选定适当比例尺,定出A,B,C,D的相对位置,然后用构件和运动副的规定符号绘出机构运动简图,如图1.3(b)所示。最后将图中的机架画上阴影线,并在原动件上标出指示运动方向的箭头。

需要指出是虽然动颚6与偏心轴5是用一个半径大于AB的轴颈连接的,但在图中仍然用小圆圈表示。这是因为运动副的规定符号仅与相对运动的性质有关,而与其结构和尺寸无关,所以机构中的4个回转副皆可用大小相同的4个小圆圈表示。

2.3 平面机构自由度的计算

2.3.1 平面机构自由度的计算公式

如图2.1所示,一个作平面运动的自由构件具有3个自由度,即沿 x, y 轴的移动以及在 Oxy 平面内的转动。当两个构件组成运动副之后,它们的相对运动就受到约束,自由度的数目随之减少。不同种类的运动副引入的约束不同,因此,保留的自由度数也不同。转动副(见图2.2(a))约束了两个移动的自由度,只保留一个转动自由度;移动副(见图2.2(b))约束了沿一个方向的移动和在平面内的转动,只保留一个移动自由度;高副(见图2.2(d))则只约束了沿接触点公法线方向的移动,保留了沿接触点公切线方向的移动自由度和绕接触点的转动自由度。

设一个构件组合共有 n 个活动构件。在未用运动副连接之前,这些活动构件的自由度总数应为 $3n$ 。当用运动副将构件两两连接起来以后,则自由度的总数就相应地减少了。设运动副中总共有个 P_L 个低副、 P_H 个高副,则全部运动副引入约束的总数应为 $2P_L + P_H$ 。因此,活动构件的自由度总数减去运动副引入的约束总数即得构件组合剩余的自由度数,称为机构的自由度,通常用 F 表示,即

$$F = 3n - (2P_L + P_H) \quad (2.1)$$

式(2.1)就是平面机构自由度的计算公式。由式(2.1)可知,机构自由度 F 取决于活动构件、低副和高副的数目。

2.3.2 机构具有确定相对运动的条件

由前述可知,只有原动件才能独立运动,从动件是不能独立运动的。通常每个原动件只有一个独立运动,因此机构具有确定的相对运动的条件是:机构自由度 $F > 0$,且 F 等于原动件的

数目。如果原动件的数目不等于机构自由度数,会产生什么结果呢?

如图 2.5 所示为 $F \neq$ 原动件数目的情况。图 2.5(a) 为原动件数小于机构自由度的例子, 由于原动件只有一个, 而机构自由度 $F = 3 \times 4 - 2 \times 5 = 2$, 因此, 当只给定原动件的位置角 β 时, 从动件 2, 3, 4 的位置不能确定(有多解)。因此, 当原动件匀速转动时, 从动件 2, 3, 4 将随机乱动。图 2.5(b) 为原动件数大于机构自由度的情形。显然, 除非将构件 2 拉断, 否则不可能同时满足原动件 1, 3 的给定运动。图 2.5(c) 为自由度等于 0 的机构。它的各组成构件之间不可能存在相对运动, 因此, 这个构件组合是固定的结构而非机构。

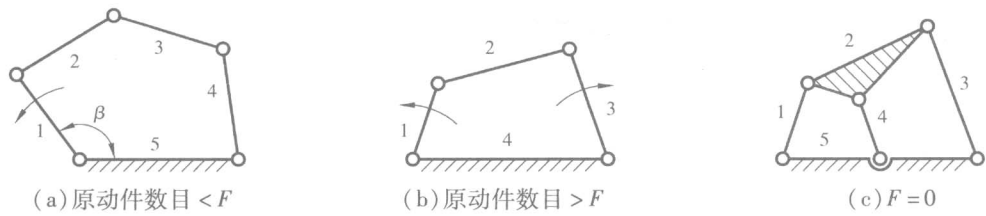


图 2.5 $F \neq$ 原动件数目的情况

例 2.1 试计算如图 1.3 所示的复摆式颚式破碎机主体机构的自由度。

解 在颚式破碎机主体机构中, 共有 4 个构件 (AB, BC, CD, AD), 除去机架 AD , 活动构件数 $n = 3$; 共有 4 个转动副, $P_L = 4$; 没有高副, $P_H = 0$ 。

由式(2.1)得机构自由度为 $F = 3n - (2P_L + P_H) = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ 。

计算表明这个机构只有一个自由度, 只需一个原动件就应有确定的相对运动, 这与颚式破碎机只有曲轴 AB 是原动件是相符的。

例 2.2 试计算如图 2.6 所示的内燃机机构的自由度。

解 1) 在曲柄滑块机构中, 活动构件数 $n = 3$ (构件 2, 3, 4); 共组成 3 个回转副和 1 个移动副, 没有高副, 即 $P_L = 4, P_H = 0$ 。

由式(2.1)得机构自由度为 $F = 3n - (2P_L + P_H) = 3 \times 3 - 2 \times 4 = 1$ 。

即机构只有一个自由度, 而原动件是活塞 2, 故原动件数与机构的自由度相等, 机构的运动是确定的。当活塞在汽缸 1 内往复移动时, 连杆 3 和曲柄 4 有确定的相对运动。

2) 在平面凸轮机构中, 活动构件的数目 $n = 2$; 可以组成 1 个回转副、1 个移动副和 1 个高副, 即 $P_L = 2, P_H = 1$ 。

由式(2.1)得机构自由度为 $F = 3n - (2P_L + P_H) = 3 \times 2 - 2 \times 2 - 1 = 1$ 。

即机构只有一个自由度, 而原动件是凸轮 7。当凸轮以一定规律绕轴线转动时, 进气阀和排气阀推杆 8 将按确定的规律作往复直线运动。

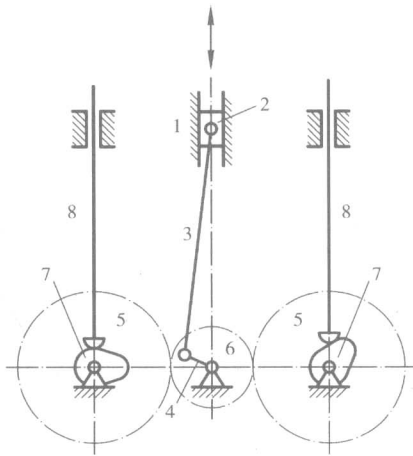


图 2.6 内燃机机构运动简图