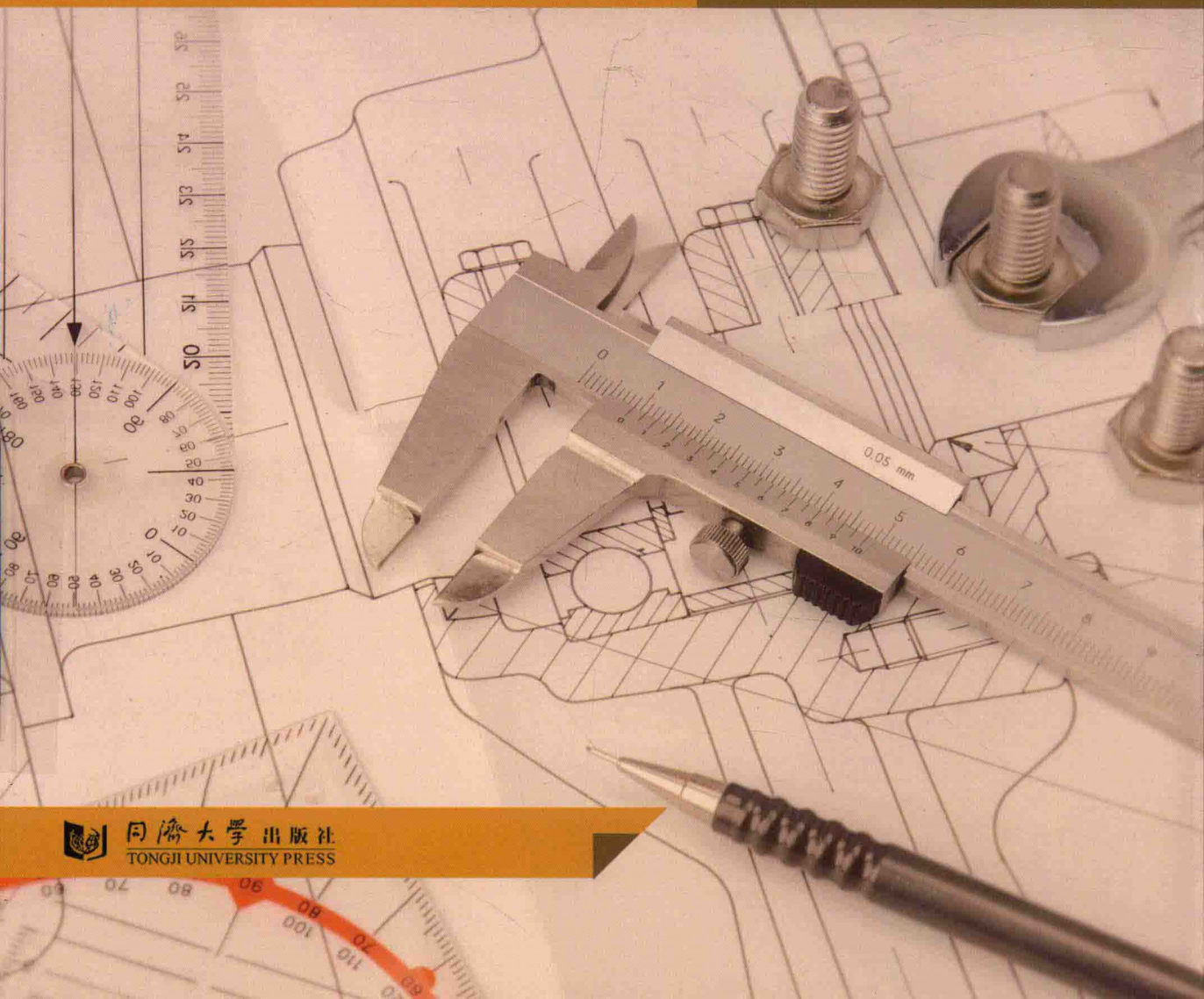


李永强 编著

# 机械工程学

J I X I E G O N G C H E N G T U X U E



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

# 机械 工程 图 学

李永强 编著



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书以教育部“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”为依据,并结合技术应用型高等工  
科院校人才培养的教学改革经验编写而成。

本书共 9 章。主要内容包括:概论,机件常用的表达方法,标准件与常用件,零件图,零件的技术  
要求,装配图,零部件测绘,展开图与焊接图,常用设计及制图资料。

本书是高等院校机械类、近机械类专业学生学习工程图学系列课程的教学用书,也可供高等院校  
相关专业的师生及工程技术人员参考。本书配有《机械工程图学习题集》供学生练习使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

机械工程图学/李永强编著. --上海:同济大学出版社,  
2015. 11

ISBN 978 - 7 - 5608 - 6036 - 7

I. ①机… II. ①李… III. ①机械制图—高等学校—  
教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 242807 号

---

---

## 机械工程图学

编著 李永强

责任编辑 张崇豪

责任校对 张德胜

封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13.5

印 数 1—3 100

字 数 337 000

版 次 2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978 - 7 - 5608 - 6036 - 7

---

定 价 33.00 元

---

---

# 前 言

本书以教育部“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”为依据,并结合技术应用型高等工科院校人才培养的教学改革经验编写而成。

在本书的编写过程中,基于已在现代制造业普及的数字化与网络化设计制造模式的大背景,以体现匹配制造业发展的机械工程图学体系为基础,突出机械工程图学内容的专业系统性和行业应用性。同时,作为教学用书,本书也力求体现内容与机械基础系列内容之间的融会,明确层次,精选内容,贯彻执行最新机械设计及制图的相关国家标准,贯彻面向现代设计和制造的工程图学表达模式,培养面向行业一线基础的工程意识、技术、能力和素质。

全书共9章。另编写了《机械工程图学习题集》,配合本书使用。

本书可供高等院校相关专业使用,章、节可根据不同专业的需要取舍。同时,也可供相关行业工程技术人员参考。

本书由李永强编著。在编写过程中承蒙章阳生、任宗义、王林军教授的指导和审阅,三位教授提出了许多宝贵的意见和建议,在此谨表达最诚挚的谢意!

本书在编写过程中参考了相关的同类著作,特向有关作者致谢。

限于编者的经验和水平,书中难免有疏漏与不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年9月



## Contents

## 目 录

## 前言

<b>第1章</b>	<b>概论</b> .....	1
1.1	制造业与工程图 .....	1
1.2	机械的组成及零、部件概述.....	3
<b>第2章</b>	<b>机件常用的表达方法</b> .....	6
2.1	视图 .....	6
2.2	剖视图.....	10
2.3	断面图.....	21
2.4	其他表达方法.....	24
2.5	表达方法综合分析.....	29
2.6	第三角投影简介.....	35
<b>第3章</b>	<b>标准件与常用件</b> .....	37
3.1	螺纹.....	37
3.2	螺纹连接件.....	46
3.3	齿轮及蜗轮蜗杆.....	52
3.4	其他标准件与常用件.....	60
<b>第4章</b>	<b>零件图</b> .....	73
4.1	零件图的内容.....	73
4.2	零件上常见的工艺结构.....	74
4.3	零件的表达.....	79
4.4	零件图的合理尺寸标注.....	85
4.5	零件图的阅读.....	93
<b>第5章</b>	<b>零件的技术要求</b> .....	96
5.1	表面粗糙度.....	96

5.2	尺寸公差(极限)	100
5.3	配合	105
5.4	几何公差	110
5.5	其他技术要求简介	113
<b>第6章</b>	<b>装配图</b>	<b>116</b>
6.1	装配图的内容	116
6.2	机器与部件的表达方法	117
6.3	常见装配结构及要求	120
6.4	装配图上的注写及相关要求	123
6.5	装配图的绘制	127
6.6	装配图的阅读与零件图拆画	143
<b>第7章</b>	<b>零部件测绘</b>	<b>147</b>
7.1	零部件测绘概述	147
7.2	测绘工具与测量方法	150
7.3	零件测绘的过程与方法	155
7.4	部件测绘的过程与方法	158
<b>第8章</b>	<b>展开图与焊接图</b>	<b>163</b>
8.1	平面立体的表面展开	164
8.2	可展曲面表面的展开	167
8.3	不可展曲面的近似展开	173
8.4	焊接图	178
<b>第9章</b>	<b>常用设计及制图资料</b>	<b>185</b>
9.1	一般标准	185
9.2	螺纹	187
9.3	螺纹连接件	189
9.4	普通平键	194
9.5	销	196
9.6	滚动轴承	197
9.7	常用及优先配合轴、孔的极限偏差	198
9.8	常用材料	204
	<b>参考文献</b>	<b>207</b>

## 第 1 章

## 概 论

## 1.1 制造业与工程图

## 1.1.1 工程图在制造业中的核心作用

在制造业中,工程图是产品最核心的信息载体。纵观产品生命周期的各个环节,无论是传统制造时代还是现代基于数字化与网络化的智能制造时代,工程图始终是涵盖了从开发论证到设计、试验、制造、维修、回收处理等整个产品生命周期的信息集合体,是产品生命周期中不可替代的“技术语言”。

## 1.1.2 传统制造与二维工程图

在传统制造业中,常见到的工程图样有机器总图、各部件的装配图、零件工作图、电气或液压传动原理图、润滑与冷却系统图等。以最常见的零件工作图、部件装配图和机器总图三种机械工程图样为例:在设计和改进机器设备时,要通过它们来表达设计思想和要求;在制造机器过程中,图样是加工、检验、装配等各个环节的重要依据;在使用机器时,也要通过图样来帮助了解机器的结构与性能。在传统的工程与生产中,技术管理方式是以手工或计算机二维软件绘图、描图为主,并且主要依靠图纸组织整个生产过程。在这种模式下产品的设计开发周期较长、生产加工流程控制不理想、产品的更新换代也相对较慢。传统的产品开发、设计及制造流程如图 1-1 所示。

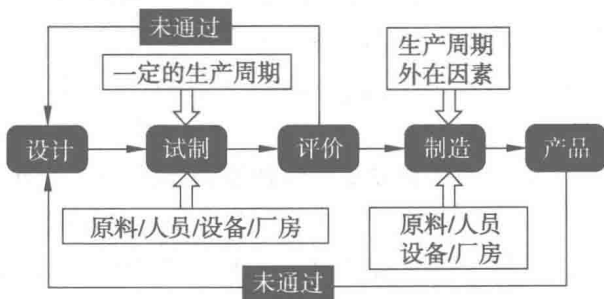


图 1-1 传统的产品开发、设计及制造流程

## 1.1.3 智能制造与三维工程图(模型)

在现代基于数字化与网络化的智能制造时代,工程图样不再是简单的二维图纸集,而是

在计算机虚拟环境下的三维模型。基于这些三维模型,不但可较为快速和准确地生成传统的二维图纸,准确地进行部件和机器的虚拟装配,进行整机及零部件的工程分析,进行零件加工工艺及过程的制定及仿真,更重要的是基于计算机的系统可以将制造企业的经营、管理、计划、产品开发与设计、加工制造、销售、售后服务及回收等全部活动进行集成。在这个集成的系统中,三维模型的数据及结构更新与各环节保持并行,极大地缩短了产品的开发时间和成本。现代产品开发、设计及制造流程如图 1-2 所示。

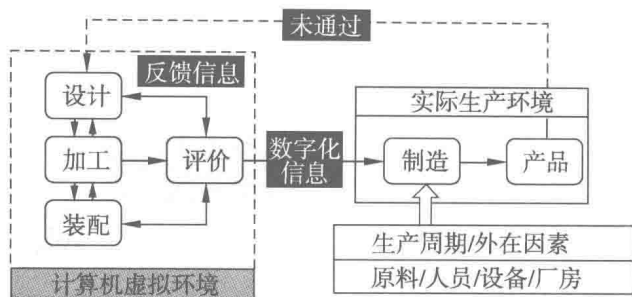


图 1-2 现代产品开发、设计及制造流程

#### 1.1.4 制造业中与工程图相关的一些术语

##### 1. 计算机图形学[Computer Graphics (CG)]

从学术角度来说是指计算机图形学,是一种使用数学算法将二维或三维图形转化为计算机显示器的栅格形式的科学。简单地说,计算机图形学的主要内容就是研究如何在计算机中表示图形,以及利用计算机进行图形的计算、处理和显示的相关原理与算法。

计算机图形学的诞生及其后来在工程图学领域的应用彻底结束了工程图纸依靠图板由人工尺规绘图的时代。

##### 2. 计算机辅助设计/绘图[Computer Aided Design/Drawing(CAD)]

计算机辅助设计/绘图,指利用计算机及其图形设备帮助设计人员进行设计工作。在早期,设计人员仅仅是通过计算机来进行工程图形绘制和设计计算,从工程图形的角度来讲,一般将这个过程称为计算机辅助绘图阶段,即 Computer Aided Drawing。后来,随着设计软件功能的拓展和完善,基于一个或多个(或集成)系统即可完成产品的整个结构设计及分析过程,从工程图形的角度来讲,一般将这个过程称为计算机辅助设计阶段,即 Computer Aided Design。

##### 3. 计算机辅助工艺过程设计(规划)[Computer Aided Process Planning(CAPP)]

计算机辅助工艺过程设计(规划),从制造业的角度来看,是利用计算机来进行零件加工工艺过程的制订,把毛坯加工成工程图纸上所要求的零件。它是通过向计算机输入被加工零件的几何信息(形状、尺寸等)和工艺信息(材料、热处理、批量等),由计算机自动输出零件的工艺路线和工序内容等工艺文件的过程。

##### 4. 计算机辅助制造[Computer Aided Manufacturing (CAM)]

计算机辅助制造,从制造业的角度来看,是利用计算机来进行生产设备管理控制和操作的过程。它的输入信息是零件的工艺路线和工序内容,输出信息是机械设备(如机床机床等)加工时的(如机床刀具)运动轨迹(刀位文件)和数控程序。



## 5. 产品数据管理[Product Data Management (PDM)]

产品数据管理,用来管理所有与产品相关信息(包括零件信息、配置、文档、CAD文件、结构、权限信息等)和所有与产品相关过程(包括过程定义和管理)的技术。通过实施PDM,可以提高生产效率,有利于对产品的全生命周期进行管理,加强对于文档,图纸,数据的高效利用,使工作流程规范化。

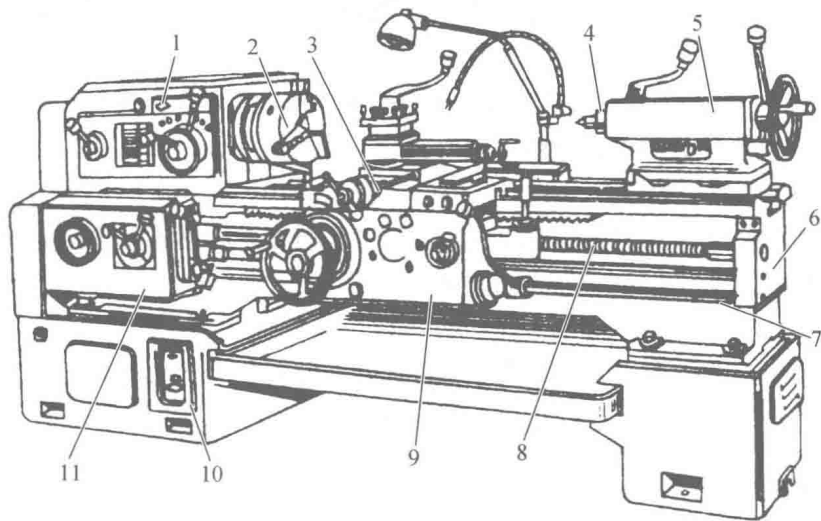
## 6. 产品生命周期管理[Product Lifecycle Management (PLM)]

产品生命周期管理,可以认为是产品在CAD、CAPP、CAM、CAE、PDM等方面的集成,或者技术信息化,即与产品创新有关的信息技术的总称。从另一个角度而言,PLM是一种理念,即对产品从创建到使用,到最终报废等全生命周期的产品数据信息进行管理的理念。

# 1.2 机械的组成及零部件概述

## 1.2.1 机械的组成

机械是机器和机构的总称。在生产过程中,它能把输入的能量转化成机械能。从制造的角度来看,任何机器都是由若干零件组成的,比较复杂的机器,常常是由零件和机构组成部件,再由部件和零件(有少数零件在装配机器时,不参加任何部件而单独作为一个装配单元与其他部件一起直接装配在机器上)组成机器。图1-3所示为卧式车床(机器)的结构图,它由主轴箱(部件)、进给箱(部件)、尾座(部件)、床身(零件)、底座(零件)等零部件构成。



1—主轴箱; 2—卡盘; 3—刀架; 4—顶尖; 5—尾座; 6—床身;  
7—光杠; 8—丝杠; 9—溜板箱; 10—底座; 11—进给箱

图 1-3 卧式车床结构图

机械的种类繁多,通常情况下,机器可按功能划分为三个部分:原动部分、传动部分、工作部分。

### 1. 原动部分

原动部分是驱动机械运转并供给动力的部分,简称原动机,卧式车床用的是电动机。原动机有电动机、内燃机等,机械行业多采用电动机。电动机都是定型产品,设计时只需根据工作要求和条件选择适当的型号即可。

### 2. 传动部分

传动部分是将原动机输出的运动和能量传递给工作部分。原动机一般只具有固定的运动形式和速度,工作部分的运动形式和速度则因机械的功能不同而异,这就需要一个中间环节,用来传递、改变运动速度或转变运动形式,这些中间环节就叫做传动部分(或传动装置)。传动装置有液压传动、气压传动、机械传动等,如带传动、齿轮变速机构等都属于机械传动。卧式车床电动机就是通过带传动将转速传递到主轴箱等部件的,同时主轴箱和进给箱就是通过箱内的变速机构(如齿轮轮系机构)来改变运动速度、运动方向甚至运动形式的。

### 3. 工作部分

工作部分是机械中直接实现使用功能的部分,其结构形式取决于机械本身的用途。卧式车床的工作是靠刀具的横向进给运动和工件的回转运动(工件装卡在卡盘上,卡盘连接着机床的主轴,由主轴带动工件回转运动)实现切削加工,卡盘、刀架、尾架是其工作部分。

## 1.2.2 机器相关的一组概念

以下概念从制造的角度来看:

### 1. 零件

机器中每一个单独加工的单元体称为零件,零件是加工制造的基本单元。

### 2. 构件

可以是单一的零件,也可以是几个零件的刚性组合体(零件之间没有相对运动的整体称为刚性组合体),构件是机器中运动的基本单元。

### 3. 机构

是指由两个以上的构件按一定形式连接起来,且相互之间具有确定的相对运动的组合体。因此,机构是运动的,并且有一定的规律。

### 4. 部件

按功能划分的装配单元称为部件,每个部件中包含若干零件,各零件间有确定的相对位置,可能实现某种相对运动(机构),也可能相对静止(构件),它们为完成同一功能而协同工作。

## 1.2.3 零件及其分类

机器的功能不同,其组成零件的数量、种类和形状等均不同。

根据零件在机器或部件上的作用,一般可将零件分为一般零件、传动零件(一般为常用件)和标准件三类。有一些零件或部件被广泛地、大量地、频繁地用于各种机器之上。为了设计、制造和使用方便,它们的相关结构形状、尺寸和画法等被标准化或部分标准化。设计、

制造和绘图时必须按照 GB 执行。这类零件或部件就是标准件或常用件。

如图 1-4 所示为二级减速器(部件)的结构图,它包含了以上常见的三类零件。

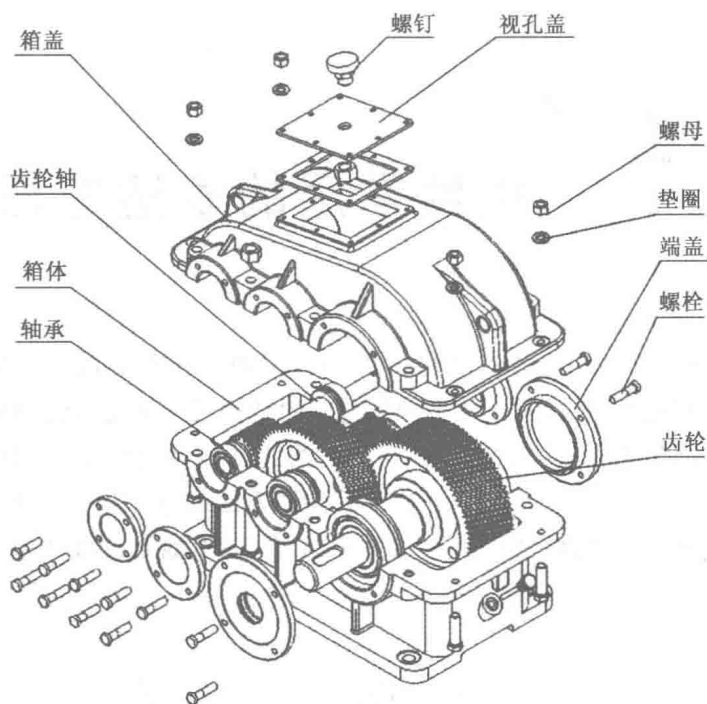


图 1-4 二级齿轮减速器结构图

### 1. 一般零件

一般零件如上述减速器中的箱体、箱盖、轴等。这类零件的结构、形状通常根据它在机件中的作用和制造工艺要求决定。一般零件按照它们的结构特点可分成四大类,分别为:轴套类、盘盖类、叉架类和箱体类。这些零件一般都要画出它们的零件图以供加工制造。

### 2. 标准件

国家标准将其型式、结构、材料、尺寸、精度及画法等均予以标准化的零件。标准件一般由专门厂家进行大批量生产。

标准件如上述减速器中的螺纹连接件(螺栓、螺母、垫圈、螺钉……)、滚动轴承等,另外,常见的还有键和销。它们主要起零件的连接、支承、密封等作用。标准件不用绘制其工作图,每一种类型的标准件,国家标准中都有相关的标记与之对应,只要标出它们的规定标记,就能从有关标准中查到它的材料、尺寸和技术要求等,在设计过程中直接选取即可。但是在装配图中需要绘制其相关结构。

### 3. 常用件

国家标准对其部分结构及尺寸参数进行了标准化的零件称为常用件。

常用件如上述减速器中的齿轮,另外,还有蜗轮、蜗杆、皮带轮及弹簧等。这些零件起传递动力和运动的作用。常用件必须绘制其工作图,国家标准规定的结构和参数必须查相应的设计手册进行确定。



## 第2章

# 机件常用的表达方法

机件是机械零件、部件和机器的总称。在生产实际中,机件的形状和结构多种多样,仅采用前正投影法所规定的三视图,往往不能将它们的结构表达清楚,还需要采用其他各种表达方法,才能使画出的图样清晰易懂,绘图简便。为此,国家标准(技术制图:GB/T 17451—1998 和机械制图:GB/T 4458.6—2002)规定了各种方法表达机件——视图、剖视图、断面图、局部放大图、简化画法及规定画法等。要求在完整、清晰地表达机件形状的前提下,力求制图简便。

### 2.1 视图

视图(技术制图:GB/T 17451—1998)主要用于表达机件的外部结构形状,是机件向投影面投影所得的图形,一般只画出机件的可见部分,必要时才画出其不可见部分。视图分为:基本视图、向视图、局部视图、和斜视图 4 种。

#### 2.1.1 基本视图

基本视图是机件向基本投影面投影所得的图形。在原来  $H$ 、 $V$ 、 $W$  三个基本投影面的基础上,再增加三个基本投影面,构成正六面体,并将机件围在其中。将机件向六个基本投影面投影,即可得到六个基本视图。除三视图中的主、俯、左三个视图外,另外增加后、仰、右三个视图,如图 2-1 所示。

后视图:从后向前投影所得的视图。仰视图:从下向上投影所得的视图。右视图:从右向左投影所得的视图;

各个投影面展开时,规定正立投影面不动,其余各投影面展开到与正立投影面在一个平面上。如图 2-1 所示。

六个基本视图之间仍应保持“长对正、高平齐、宽相等”的投影关系,即:

主、俯、仰、后视图保持长对正的关系;

主、左、右、后视图保持高平齐的关系;

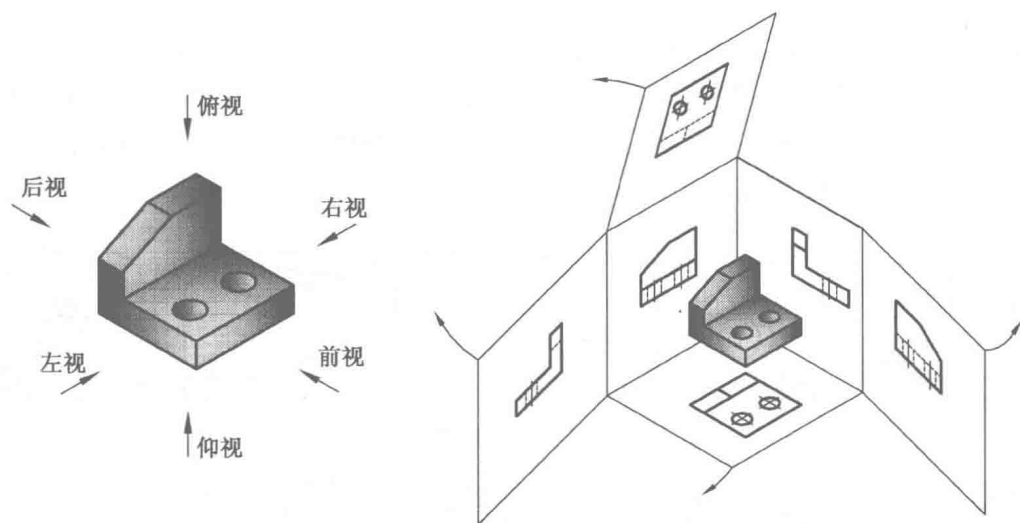


图 2-1 六个基本投影面的形成与展开

左、右、俯、仰视图保持宽相等的关系。

对于左、右、俯、仰视图，靠近主视图的一边代表物体的后面，远离主视图的一边代表物体的前面。

在同一张工程图内，各视图按图 2-2 配置时，一律不标注视图的名称。

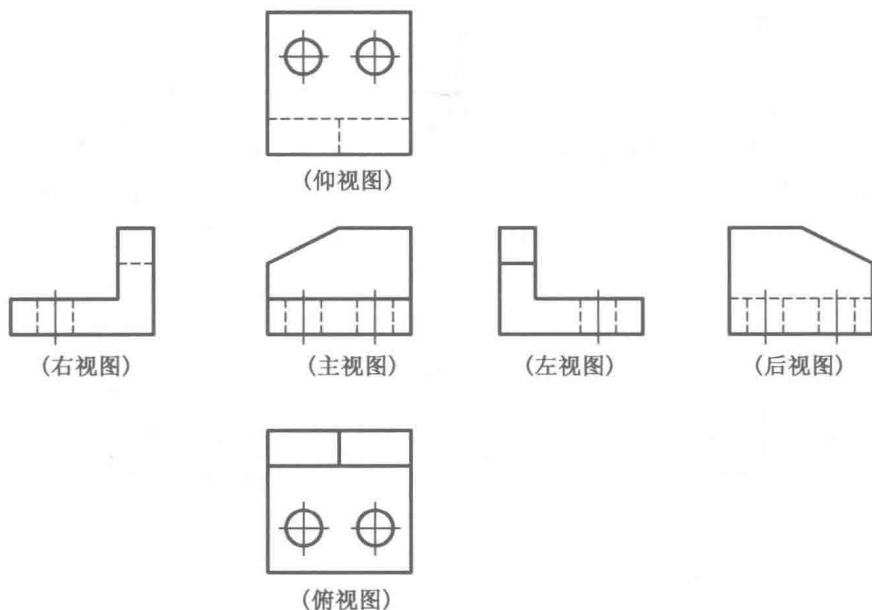


图 2-2 六个基本视图的配置

选用六个基本视图表达机件的基本原则为：最优化的视图组合完整清晰地表达机件各部分。即应根据机件的形状和结构特点，在完整、清晰地表达物体特征的前提下，使视图数量为最少，以力求制图简便。同时注意选用基本视图时一般优先选用主、俯、左三个基本

视图。

图 2-3(a)所示零件为支架及其三视图,可以看出零件的左、右两个端面都一起投影在左视图上,因而虚实线重叠,很不清楚。如果再采用一个右视图,便能把零件右边的形状表达清楚,同时在左视图、俯视图和右视图的虚线重复表达,可以省略,如图 2-3(b)所示。显然采用了增加了右视图表达该零件的方案较清晰。

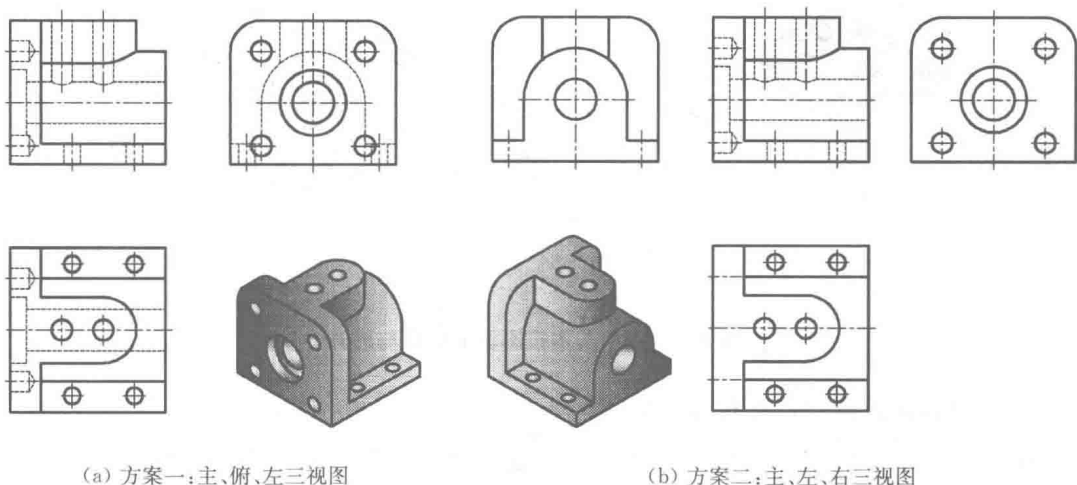


图 2-3 支架的视图表达

### 2.1.2 向视图

视图如果不能按图 2-2 所示按投影关系配置时,可自由配置,并将其称为向视图。

向视图必须标注:一方面要在自有配置视图上方标出视图的名称代号“×”(×为大写拉丁字母),另一方面在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并在箭头附近注上相同的字母。图 2-4 所示为图 2-1 所示立体未按投影关系配置而形成向视图的情况。

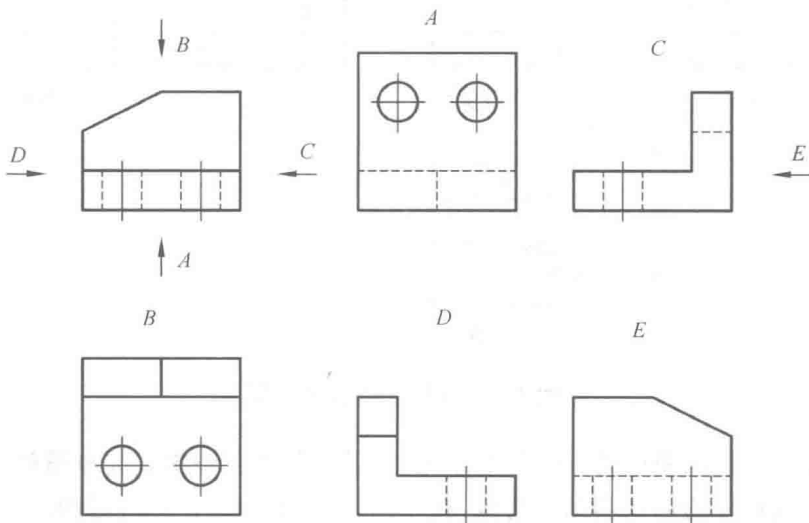


图 2-4 向视图

### 2.1.3 局部视图

将机件的某一部分向基本投影面投影所得的视图称为局部视图。局部视图一般用来表达采用一套视图后机件上尚未表达清楚和完整的局部结构。

#### 1. 断裂边界

局部视图的断裂边界用细波浪线表示。同时注意两点,第一,当所表示的局部结构是完整的,其外轮廓线又成封闭时,细波浪线可省略不画,如图2-5中C向视图所示;第二,细波浪线不超过轮廓边界,不画在中空处,如图2-5 A、B向视图所示。

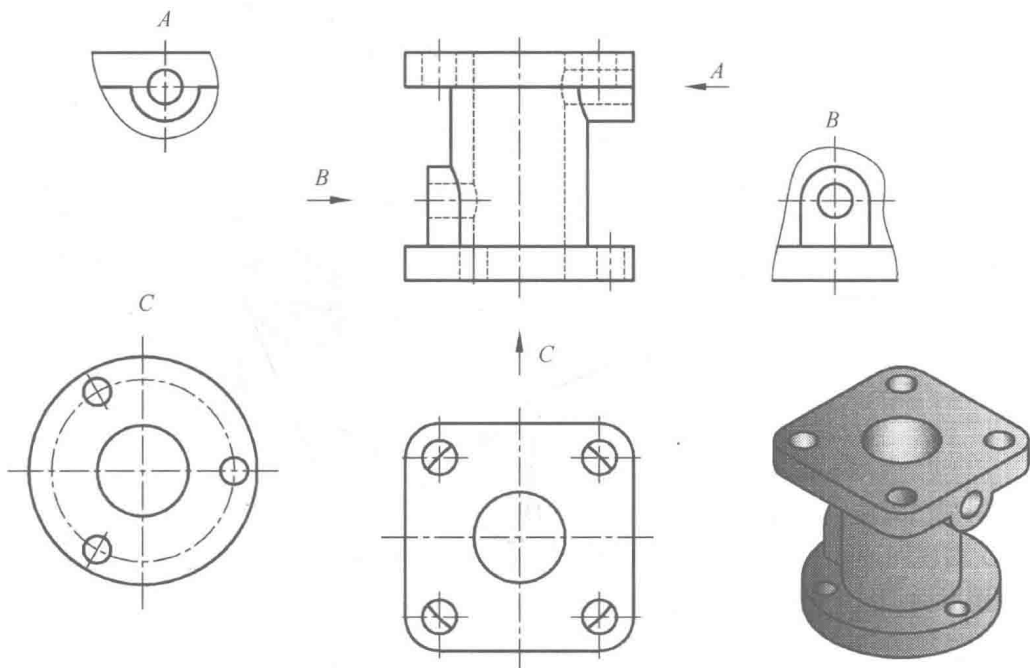


图 2-5 局部视图

#### 2. 标注

局部视图的标注同向视图,一般在局部视图上方标出视图的名称“×”(×为大写拉丁字母),在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母。

需要注意的是当局部视图按投影关系配置,中间又没有其他图形隔开时,可省略标注,如图2-5所示A向、B向视图的字母及箭头均可省略;但图2-5所示C向视图为自由配置,字母及箭头必须标注。

### 2.1.4 斜视图

当机件上有不平行于基本投影面的倾斜结构时,基本视图无法表达这部分真实形状,给画图、看图和标注尺寸都带来不便。为了表达该结构的实形,可选用一个与倾斜结构平行的投影面,将这部分向该投影面投影,便得到了倾斜部分的实形。这种将机件向不平行于任

何基本投影面的平面投影所得的视图叫斜视图,如图 2-6 所示。

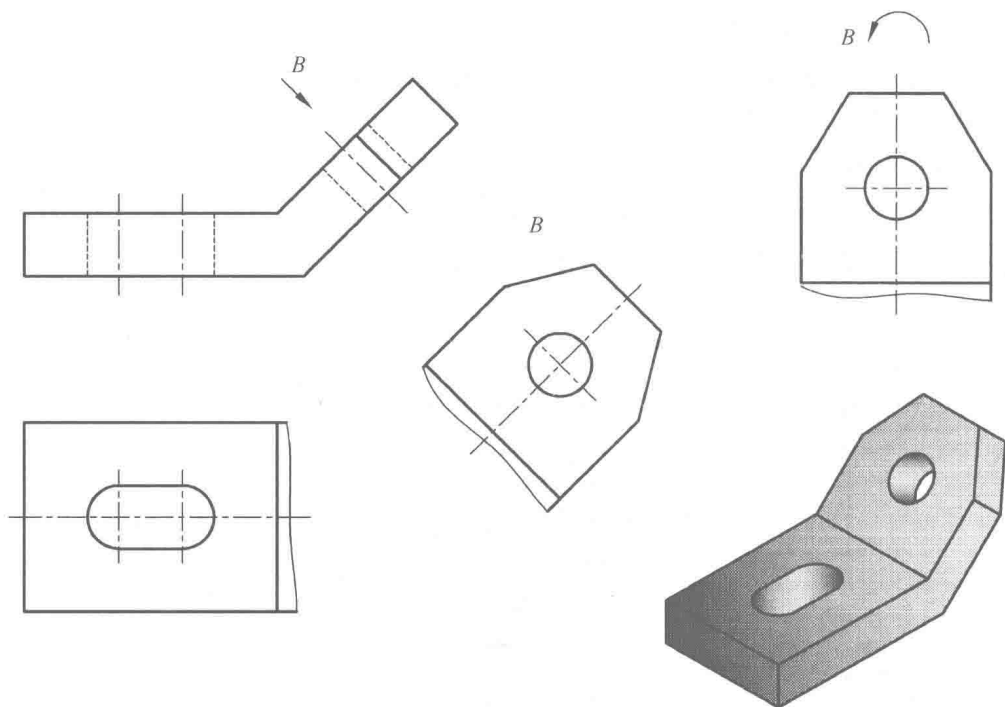


图 2-6 斜视图

画斜视图时应注意以下几点,如图 2-6 所示:

- (1) 斜视图要标注。必须在斜视图上方标出视图的名称“×”;在相应的视图附近用箭头指明投影方向,并注上同样的字母“×”。
- (2) 斜视图一般按投影关系配置,以便于画图 and 看图,必要时也可配置在其他适当位置。在不致引起误解时,允许将图形旋转,并在该视图上方标注旋转符号(以字高为半径带箭头的半圆弧)箭头表示旋转方向,大写拉丁字母标在旋转符号的箭头端。
- (3) 画斜视图时,可将机件不反映实形的部分用波浪线断开而省略不画。同样在相应的基本视图中也可省去倾斜部分的投影。

## 2.2 剖视图

当机件的内部结构形状复杂时,视图上就会出现许多虚线,从而影响了图形的清晰性和层次性,既不利于看图,又不便于标注尺寸,为了清晰地表达机件的内部结构形状,国家标准规定采用剖视图来表达机件的内部结构形状(技术制图:GB/T 17452—1998、机械制图:GB/T 4458.6—2002)。



## 2.2.1 剖视图的概念

### 1. 形成

假想用剖切平面剖开机件,将处在观察者与剖切平面之间的部分移去,而将其余部分向投影面投影所得到的图形称为剖视图(简称剖视)。如图2-7所示采用正平面作为剖切平面,在该机件的对称平面处假想将它剖开,移去前面部分,使零件内部的孔、槽等结构显示出来,从而在主视图上得到剖视图。这样原来不可见的内部结构在剖视图上成为可见部分,虚线可以画成粗实线。

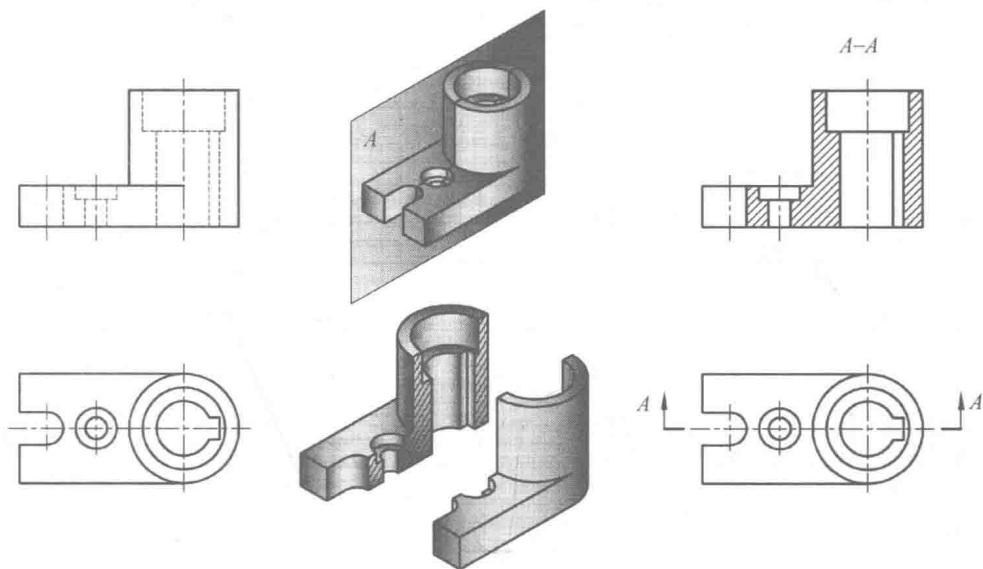


图 2-7 剖视图的概念

### 2. 剖面区域的表示

在剖视图中,剖切到的断面(剖切面与机件接触的部分)称为剖断面。在剖断面上应画上剖面符号,对于各种不同的材料,国家标准规定采用不同的剖面符号。表2-1中规定了各种剖面符号。工程机械中采用最多的材料是金属,它的剖面符号为与水平线成 $45^\circ$ 或 $135^\circ$ 的倾斜方向相同、等距离的细实线,通常称为剖面线。但要注意,当图形的主要轮廓线与水平方向成 $45^\circ$ 时,剖面线应画成与水平线成 $30^\circ$ 或 $60^\circ$ ,其倾斜的方向仍与其他图形的剖面线一致,如图2-8所示。另外,剖面线是区分零件的标志之一,同一零件的任何视图上其剖面线应一致,不同零件的剖面线应不一致。

表 2-1

常见材料的剖面符号

金属材料/普通砖		线圈绕组元件		混凝土	
----------	--	--------	--	-----	--