

高等学 校 教 材



JIANMING HUAGONG ZHITU

简明化工制图

(第二版)

林大钧 编著



化学工业出版社

高等学校教材

简明化工制图

(第二版)

林大钧 编著



化学工业出版社

·北京·

本书分为机械制图基础、计算机绘图、化工设备图、化工工艺图四部分内容。机械制图基础包括形体形成分析、典型化工设备的形体分析、投影和基本视图、尺寸标注；计算机绘图主要介绍应用 AutoCAD 软件进行三维造型、三维形体生成二维工程图样、剖视图和断面图、图样上文字注写和尺寸标注；化工设备图包括化工设备图的主要内容、表达方法、图示特点、绘制和阅读化工设备的方法等；化工工艺图包括了化工工艺流程图、设备布置图、管道布置图等。

本书可作为高等工科大学化工类专业的教学用书，也可作为化工工艺及化工设备设计、制造和使用部门工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

简明化工制图/林大钧编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2011.6
高等学校教材
ISBN 978-7-122-10924-8

I. 简… II. 林… III. 化工机械-机械制图-高等学校-教材 IV. TQ050.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 056600 号

责任编辑: 金玉连 程树珍
责任校对: 边涛

装帧设计: 韩飞

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印装: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17½ 字数 454 千字 2011 年 8 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元 (附光盘)

版权所有 违者必究

第二版前言

图样是人类借以表达、构思、分析和交流思想的基本工具之一，在工程技术中的应用尤为广泛。任何工程项目或设备的施工制作以及检验、维修等必须以图样为依据。在化工生产与科研领域，化学工作者与化工生产技术人员也会经常接触有关的图样，因而要求能看懂一般化工设备图和具备绘制简单的零件图及工艺流程图的能力。本书就是为了适应这一需要，按照教学大纲要求编写的。在编写过程中从教学实际出发，注重图示原理和方法等内容在阐述上的优化组合，并以使用为目的介绍草图、轴测图、构形想象等内容，力求这些内容成为养成较强形象思维能力和较强绘图表达能力的有效的辅助性方法。基于化工设备设计中，计算机绘图作为辅助设计的重要手段以及设计从三维开始的趋势，本书相应介绍了 AutoCAD 绘图软件的使用，以及三维造型的一般方法和步骤。还介绍了由三维造型生成二维工程图样的基本方法。为了便于国际技术交流，书中还介绍了有关的国外图样画法与规定。

在编写过程中，力求选图的典型性和实用性，文字叙述简明扼要，内容安排上，除突出化工设备和工艺图的通用性和典型性外，还注意与机械制图基本原理的有机结合和融会贯通。书中引用了最新的国家标准和相关标准。

本书的编写以“实用、适用、先进”为原则并体现“通俗、精炼、可操作”的编写风格以解决多年来在教材中存在的过深、过高且偏离实际的问题。

实用——本书重点讲述了投影与形体生成的关系，使学生学习后能形成较强空间思维能力和计算机三维造型能力。

适用——本书是以化工图样为主的教材，所以它适用于培养化工类人才的高校，既符合此类学生的培养目标又便于教师因材施教。

先进——本书所选内容是当今的新技术、新方法、新标准。使学生在掌握经典的技术和方法之后，可用教材中的新技术、新方法、新标准去解决化工设计中的图示表达问题，为学生毕业后进入化工领域打下坚实的基础。

通俗——本书语言流畅、深入浅出、容易读懂。以实例说明问题，在应用实例中掌握理论，使学生轻松掌握所学知识技能，达到事半功倍的效果。

精炼——本书选材精炼。详细而不冗长，简略得当。对学生必须掌握的新技术、新方法详细讲，讲透、讲到位。既为教师提供良好的教学内容又为教师根据教学对象调整教学内容留出了的空间。

可操作——本书所有的计算机绘图或造型实例均是容易操作的，且是有实际意义的案例。通过举一反三的应用，使学生能够在更高层次上创造性地应用教材中的新思想、新技术、新方法去解决问题。

本书可作为高等院校化工类各专业的教材，亦可供其他相近的专业使用或参考。

对书中的不足之处和存在问题恳请读者提出宝贵意见与建议。

作者

2011年2月

第一版前言

图样是人类借以表达、构思、分析和交流思想的基本工具之一，在工程技术中的应用尤为广泛。任何工程项目或设备的施工制作以及检验、维修等必须以图样为依据。在化工生产与科研领域，化学工作者与化工生产技术人员也会经常接触有关的图样，因而要求能看懂一般化工设备图和具备绘制简单的零件图及工艺流程图的能力。本书就是为了适应这一需要，按照教学大纲要求编写的。在编写过程中从教学实际出发，注重图示原理和方法等内容在阐述上的优化组合，并以使用为目的介绍草图、轴测图、构形想象等内容，力求这些内容成为养成较强形象思维能力和较强绘图表达能力的有效的辅助性方法。书中突出化工设备和工艺图的通用性和典型性，并注意与机械制图基本原理的有机结合和融会贯通。基于化工设备设计中，计算机绘图作为辅助设计的重要手段以及设计从三维开始的趋势，本书相应介绍了AutoCAD绘图软件的使用，以及三维造型的一般方法和步骤。还介绍了由三维造型生成二维工程图样的基本方法。为了便于国际技术交流，书中还介绍了有关的国外图样画法与规定。

为便于教学，本书配有化工制图多媒体辅助教学系统光盘，主要包含电子教案和部分习题解答等内容。

本书的编写以“实用、适用、先进”为原则并体现“通俗、精炼、可操作”的编写风格，以解决多年来在教材中存在的过深、过高且偏离实际的问题。

实用——本书重点讲述了投影与形体生成的关系，使学生学习后能形成较强空间思维能力和计算机三维造型能力。

适用——本书是以化工图样为主的教材，所以它适用于培养化工类人才的高校，既符合此类学生的培养目标又便于教师因材施教。

先进——本书所选内容是新技术、新方法、新标准。使学生在掌握经典的技术和方法之后，可用教材中的新技术、新方法、新标准去解决化工设计中的图示表达问题，为学生毕业后进入化工领域工作打下坚实的基础。

通俗——本书语言流畅、深入浅出、容易读懂。以实例说明问题，在应用实例中掌握理论，使学生轻松掌握所学知识技能，达到事半功倍的效果。

精炼——本书选材精炼，详细而不冗长，简略得当。对学生必须掌握的新技术、新方法详细讲、讲透、讲到位。既为教师提供良好的教学内容又为教师根据教学对象调整教学内容留出了空间。

可操作——本书所有的计算机绘图或造型实例均是容易操作的，且是有实际意义的案例。通过举一反三的应用，使学生能够在更高层次上创造性地应用教材中的新思想、新技术、新方法去解决问题。

本书可作为高等院校化工类各专业的教材，亦可供其他相近的专业使用或参考。

对书中的不足之处和存在问题恳请读者提出宝贵意见与建议。

编者
2005年3月

目 录

1 形体分析与投影原理	1
1.1 概述	1
1.2 简单形体的形成	1
1.3 组合形体的形成	2
1.4 设备与零件的形成过程分析	4
1.5 装配体造型设计	10
2 投影体系和基本视图	14
2.1 概述	14
2.2 投影的基本概念	14
2.3 投影体系与基本视图的形成	15
2.4 六面基本视图间的投影联系	17
2.5 回转体三视图画法	20
3 组合体绘制与读图	22
3.1 概述	22
3.2 组合体的形状特征与相对位置特征	27
3.3 最少视图数	30
3.4 组合体视图的尺寸标注	32
3.5 组合体视图阅读	36
4 轴测投影图与构形想象	39
4.1 概述	39
4.2 轴测投影图的基础知识	39
4.3 正等轴测投影图	41
4.4 斜轴测投影图	45
4.5 轴测投影剖视图	48
4.6 构形想象	50
5 草图与构形制图	54
5.1 概述	54
5.2 草图基础知识	54
5.3 空间想象、构思中的草图方法	56
5.4 测绘零件草图	60
6 机件形状的表达方法	61
6.1 概述	61
6.2 视图	61
6.3 剖视	63
6.4 断面	68
6.5 局部放大图	71
6.6 简化画法和规定画法	71

6.7	剖视图阅读与尺寸标注	74
7	AutoCAD 绘图基础	79
7.1	概述	79
7.2	AutoCAD 二维图形绘图基础	79
7.3	基本图形的绘制和精确定位点	84
7.4	基本编辑命令	88
7.5	AutoCAD 绘图步骤	93
7.6	AutoCAD 文本标注、尺寸标注	95
7.7	AutoCAD 区域填充	101
7.8	AutoCAD 图块操作	102
7.9	AutoCAD 标注技术要求	104
7.10	零件图的绘制	107
7.11	装配图的绘制	109
8	化工设备常用零部件图样及结构选用	116
8.1	概述	116
8.2	化工设备常用零部件制造的技术文件之一——零件图	121
8.3	化工设备常用零部件结构简介	138
8.4	化工设备常用零部件制造的技术文件之二——部件装配图	153
9	零件的连接及其画法	157
9.1	概述	157
9.2	焊接的表示法	157
9.3	螺纹连接的表示法	161
9.4	键、销连接的表示法	165
10	化工工艺图	169
10.1	概述	169
10.2	管道及仪表流程图	169
10.3	设备布置图	173
10.4	管道布置图	181
10.5	管段图	186
11	化工设备图	189
11.1	概述	189
11.2	化工设备图的视图表达	189
11.3	尺寸标注	195
11.4	零部件序号和管口符号	196
11.5	标题栏、明细栏、管口表、技术特性表	197
11.6	图面技术要求和注	199
11.7	技术数据表	200
11.8	化工设备图的绘制	202
11.9	化工设备图的阅读	204
12	AutoCAD 三维化工制图	209
12.1	概述	209
12.2	AutoCAD 三维化工设备制图	209

12.3	三维编辑	219
12.4	三维编辑命令	223
12.5	化工设备零部件的三维造型	230
12.6	根据储槽三维模型生成二维工程图样	234
12.7	化工管道三维配置	248
13	机械制图外国标准简介	253
13.1	概述	253
13.2	第三角投影法和第一角投影法的对比	253
13.3	第三角投影法的基本视图与投影法特征标记	254
13.4	国际标准 ISO 128《图示原理》	255
13.5	美国标准 ANSI Y14.3《多面视图和剖视图》	256
13.6	日本 JISB 0001 制图标准简介	258
13.7	螺纹的画法	259
13.8	齿轮的画法	260
13.9	国外图样画法示例	260
附录		262
附录 1	国家标准有关内容	262
附录 2	剖面符号	266
附录 3	几何作图	267
附录 4	尺寸注法	268

1

形体分析与投影原理

1.1 概述

工程中物体的形状是多种多样的。为了准确、完整、清晰、合理地表达物体，应对物体的形成规律、形状特征、相对位置特征等加以分析，从而为深刻地表达设计意图提供依据。根据投影原理应用二维投影图形表达物体是重要基础，而线面分析、形体分析、构形想象等方法都是由二维图形理解空间形体的基本方法。

1.2 简单形体的形成

扫描体是一条线、一个面沿某一路径运动而产生的形体。扫描体包含两个要素，一个是被运动的元素，称为基体，它可以是线、面、体；另一个是基体运动的路径，路径可以是扫描方向、旋转轴等。常见的扫描体有拉伸形体、回转形体等。

1.2.1 拉伸形体

具有一定边界形状的平面沿其法线方向平移一段距离，该平面称为基面，具有物体的形状特征，它所扫过的空间称为拉伸形体。如图 1-1 所示的物体均为拉伸形体。

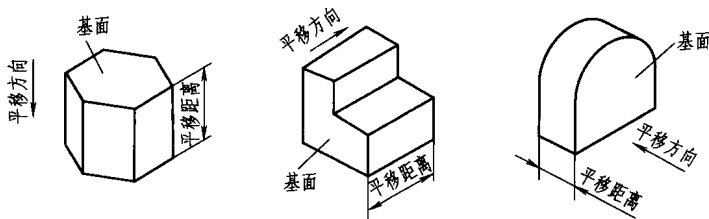


图 1-1 拉伸形体的形成

1.2.2 回转形体

常见的回转形体有圆柱、圆锥、圆球、圆环。回转形体是一含轴的平面绕轴旋转半周或一周扫过的空间。圆柱是包含轴的矩形平面绕轴旋转半周扫过的空间，见图 1-2 (a)。圆锥是包含轴的等腰三角形平面绕轴旋转半周扫过的空间，见图 1-2 (b)。球是包含轴的圆平面绕轴旋转半周扫过的空间，见图 1-2 (c)。圆环是一圆平面绕轴旋转一周扫过的空间，该轴位于圆所在平面上，但与圆不相交，见图 1-2 (d)。

拉伸形体、回转形体都是三维软件的基本造型功能。

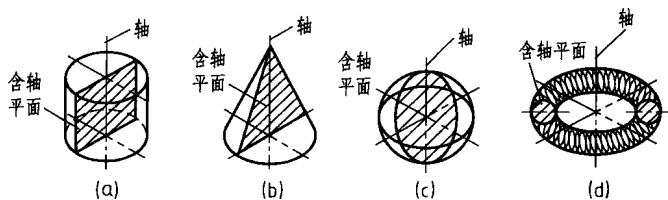


图 1-2 回转形体的形成

1.3 组合形体的形成

应用布尔运算可以获得由各种简单形体组成的组合形体，称为组合体。布尔运算是一种实体的逻辑运算。在拉伸形体，旋转形体的基础上，可以运用并集、差集、交集 3 种布尔运算方法对这些形体进行组合，通过增添或去除形体的材料来建立组合体的模型。布尔运算是三维软件所具有的基本功能。

1.3.1 并集运算

并集运算是将 2 个或多个实心体合并成一个实心体。如图 1-3 (a)、(b) 是底板、竖板造型，它们都是拉伸形体，图 (c) 是底板与竖板的并集。

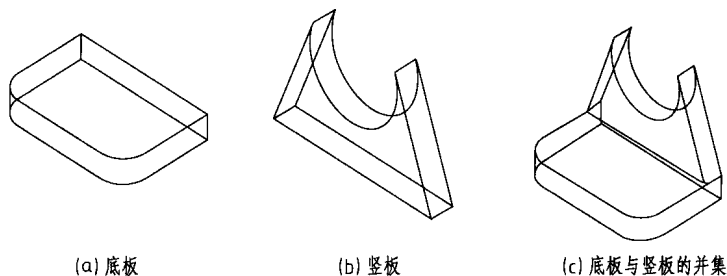


图 1-3 底板、竖板及其并集

1.3.2 差集运算

差集运算是两个实体做减法运算，就像用去除材料的方法对零件进行机械加工。如当需要在底板上设计两个孔时，可以造型两个圆柱，如图 1-4 (a) 所示，然后将底板与圆柱作差集运算即可得到带孔的底板，如图 1-4 (b) 所示。

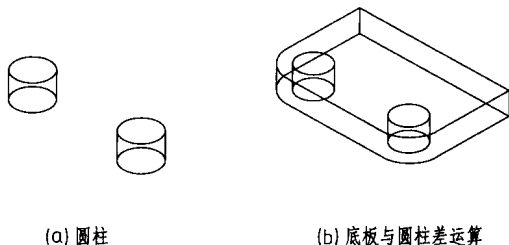


图 1-4 底板与圆柱的差集

根据上述分析，可知图 1-5 所示的轴承座的实体是图 1-6 中的带孔底板、竖板、支承板、三通的并集，而该三通可以认为是由两个外圆柱的并集与两个内圆柱的并集作差运算而形成的，如图 1-7 所示。

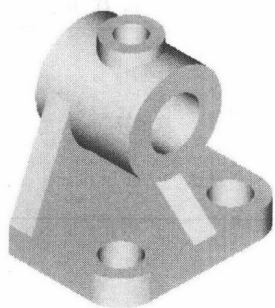


图 1-5 轴承座

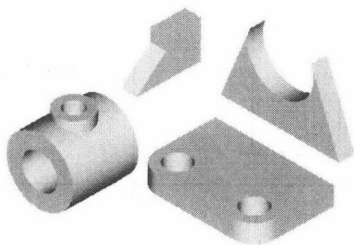
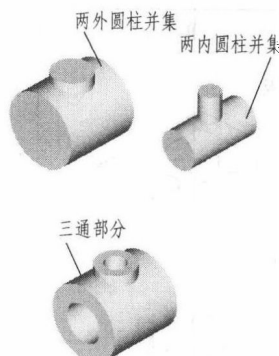
图 1-6 带孔底板、竖板、
支承板、三通

图 1-7 三通的形成

1.3.3 交集运算

交集运算可以获得两个实心体的公共部分。如图 1-8 (e) 所示的螺母上下端部形状, 可以看作是由圆锥与六棱柱求交集获得其公共部分, 经过复制、翻转得到上下端部形状, 再与六棱柱作并集后得到螺母外形, 其过程如图 1-8 (a)、(b)、(c)、(d) 所示。

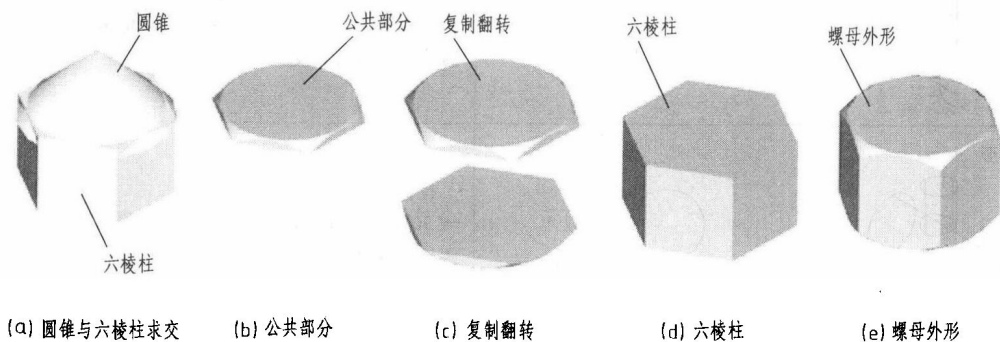


图 1-8 螺母外形的造型过程

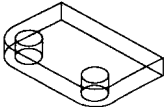

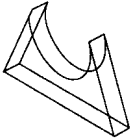
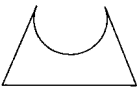
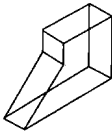

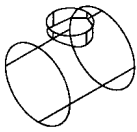
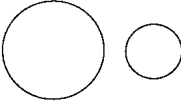
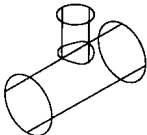

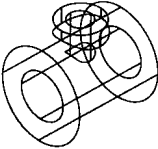
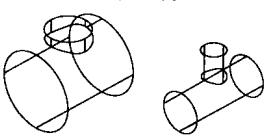
应用布尔运算可以获得各种组合体的造型。因此, 对组合体的理解实际上是要弄清楚形成组合体的各种简单形体的造型方法和组合简单形体所用的布尔运算方法。表 1-1 是轴承座的形成分析情况。

表 1-1 把形状比较复杂的物体分析成是由几个简单几何形体组合构成的, 同时指出了每一个简单形体的形成方式, 以及简单形体之间的相对位置和简单形体的组合方式。这有利于将问题化繁为简, 化难为易, 便于对物体的仔细观察和深刻理解。

1.3.4 三维操作

在组合体造型过程中, 各简单体造型时可先不考虑其位置, 在形体造出之后, 再通过三维操作将它们安置到各自应在的位置上, 然后进行布尔运算形成组合体。常用的三维操作方法有三维移动、三维旋转、三维对齐、三维镜像、三维阵列等。与简单形体造型、布尔运算一样, 三维操作也是三维软件的一个功能, 这些内容都将在第 12 章中予以介绍。

表 1-1 轴承座造型分析

简单形体	特征形状	形成方式	运算方式
底板 		拉伸+移动,将两圆柱移到圆孔位置	差运算
竖板 		拉伸	
支承板 		拉伸	
三通外形 		拉伸+其中一个圆柱旋转 90°,并通过移动使两个圆柱轴线垂直相交	并集运算
三通内形 		拉伸+其中一个圆柱旋转 90°,并通过移动使两个圆柱轴线垂直相交	并集运算
三通部分 	内、外两部分 	通过移动使三通内外形两部分的圆柱轴线重合	差运算

1.4 设备与零件的形成过程分析

用三维实体造型的方法设计零件组成部件,应该先根据部件要完成的功能,按照机械设计原理、机械设计方法设计出部件的总体方案,包括该部件由哪些零件组成,每一个零件起什么作用,零件之间如何连接等,该方案可由部件装配示意图表示。在此基础上对各零件进行三维造型设计,此时要抓住零件的特征形状,因为实体造型是特征形状的集合,用什么特征来构成零件,以及这些特征生成简单形体后进行布尔运算的先后次序都很重要。所以在用特征形状生成零件前,先要构思零件的生成方案,方案构思得好,生成零件既简单又方便,

还便于修改。考虑不当生成零件就复杂,甚至无法生成。构思方案一般以模块化、简单化为原则。构思方案的步骤一般为以下几步。

i. 分析零件,分析零件由哪几部分组成,进一步分析每部分又由哪些几何形体组成。对某些复杂零件先把它分解成一些简单形体,分别生成各简单形体后,通过移动、旋转等三维操作及布尔运算,将各简单形体合并成一个零件。例如,对复杂的对称零件,只生成一半,镜像生成与它对称的部分,然后将两半通过布尔运算合并成一个零件。大多数的零件要分析其由哪些几何体组成,然后思考用哪些特征来生成,以及生成特征的次序,构思一个优化的生成方案。

ii. 寻找合适的基础特征,作为创建零件时生成的第一个特征,以后生成的特征可以基础特征展开。选择基础特征有两条原则,即尽可能简单或者它能形成零件具有代表性的特征。选择好基础特征就选好了生成零件的基础。

iii. 在基础特征的基础上先粗略地生成零件,即先生成一个零件的毛坯。

iv. 最后细致处理零件,相当于在毛坯上做精加工,以生成零件的细节,一般打孔、倒圆、倒角在最后做。

1.4.1 设备与零件的形成过程分析

各种化工设备虽然操作要求不同,结构形状也各有差异,但是往往都有一些作用相同的零部件,如筒体、封头、人孔、支座、补强圈、接管与法兰等。化工设备上的通用零部件,大都已经标准化,如图 1-9 就是由上述各种零部件组成的化工设备卧式容器。

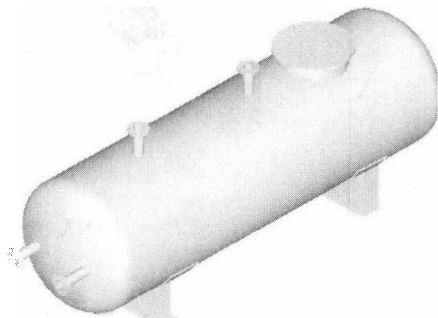


图 1-9 化工设备卧式容器

图 1-10 是化工设备常用的零部件直观图,主要包括以下几部分。

① 筒体 筒体是设备的主体部分,以圆柱形筒体应用最广,其大小是由工艺条件要求确定的。圆柱形筒体的主要尺寸是直径、高度和壁厚三项数据。当直径小于 500mm 时,可用无缝钢管作筒体。筒体较长时,可由若干筒节焊成。由图 1-10 (a) 可知,筒体的形状是回转形体。

② 封头 封头是设备的重要组成部分,它与筒体一起构成设备的壳体。常见的封头形式有椭圆形、球形、碟形、锥形及平板等。封头和筒体可直接焊接,形成不可拆卸的连接,也可以分别焊上法兰,用螺栓、螺母锁紧构成可拆卸连接。图 1-10 (b) 为一对椭圆形封头,它的纵剖面呈半椭圆形,其形状是回转形体。

③ 支座 设备的支座用来支撑设备的重量和固定设备的位置。支座有适用于立式设备和卧式设备两大类,分别按设备的结构形状、安放位置、材料和载荷情况而有多种形式。图 1-10 (c) 为鞍式支座,是卧式设备中应用最广的一种支座。它是由一块竖板支撑着一块鞍形(与设备外形相贴合)板,竖板焊在底板上,中间焊接若干块筋板,组成鞍式支座,以承受设备负荷。鞍形板实际起着垫板的作用,可改善受力分布情况,但当设备直径较大,壁厚较薄时,还需另衬加强板。卧式设备一般用两个鞍式支座支撑,当设备过长,超过两个支座允许的支承范围时,应增加支座数目。由图 1-10 (c) 可知,形成鞍式支座的各块板都是拉伸形体。

④ 人孔 为了便于安装、检修或清洗设备内部的装置,需要在设备上开设人孔或手孔。人孔、手孔的基本结构类似,如图 1-10 (d) 所示为一入孔,通常在短筒节上焊一法兰,盖

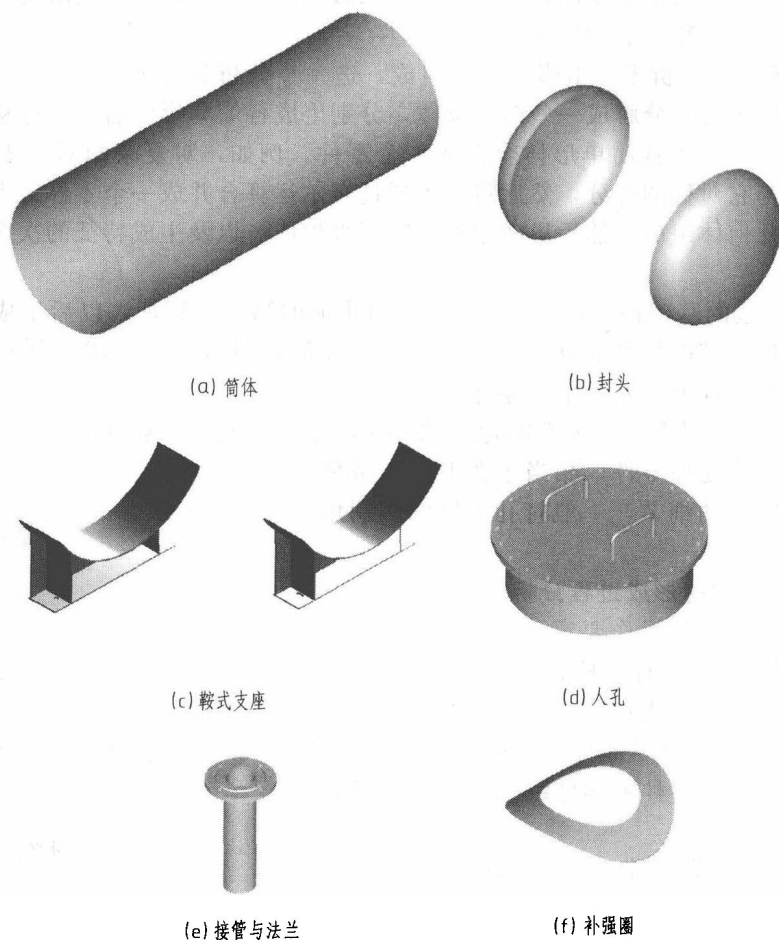


图 1-10 化工设备零部件

上人孔盖，用螺栓、螺母连接压紧，两个法兰密封面之间放有垫片，人孔盖上带有手柄。人孔是一个部件，构成此部件的各零件有的是回转形体，如法兰、短筒节，有的是拉伸形体，如手柄。

⑤ 法兰 法兰是连接在筒体、封头或管子一端的一圈圆盘，盘上均匀分布若干个螺栓孔，两节筒体（或管子）通过一对法兰用螺栓连接在一起。图 1-10 (e) 为一管法兰，它的形状是拉伸形体。

⑥ 补强圈 设备上开孔过大，将削弱设备器壁的设计强度，因此，需采用补强圈加强器壁强度，补强圈的结构如图 1-10 (f) 所示，它的形状可认为是两个轴线正交，且完全贯通的圆筒体的公共部分。

1.4.2 机械零件三维模型造型设计

机械零件造型设计和一般组合体模型造型设计的主要区别是在造型过程中需要考虑零件的工艺特征和实用功能，为了有效地形成零件造型经验，将零件分为轴类、盘盖类、箱体类、支架类和常用件等分别加以介绍。

1.4.2.1 轴类零件的造型

轴类零件的基本形状是同轴回转体，如图 1-11 所示。轴类零件主要在车床上加工。因

此，它的轴线呈水平位置。由于轴类零件主要由同轴回转体，其他结构如孔、槽、螺纹退刀槽、砂轮越程槽等组成。根据轴的结构形状，设计轴的基础特征形状如图 1-12 所示（注意，右端螺纹的空间形状应该是螺旋体，此处是用近似的表达方法，即将锯齿形平面图形旋转所得形体代替螺纹）。将基础特征绕轴线旋转，即可得到轴零件的毛坯，再在毛坯轴上加工其他结构。这一过程在几何造型上可以先造出毛坯轴，再造出键、销钉、螺钉、顶针圆柱等实体，如图 1-13 所示，最后将毛坯轴与键、销钉、螺钉、顶针圆柱等作差运算，生成图 1-11 所示的轴。

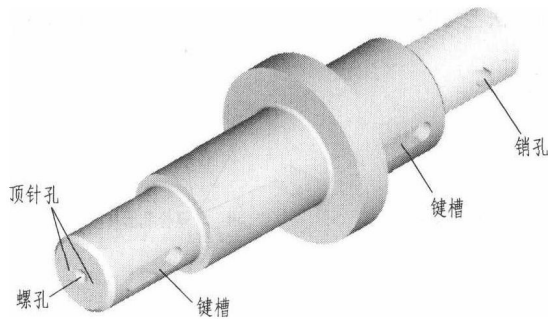


图 1-11 轴类零件

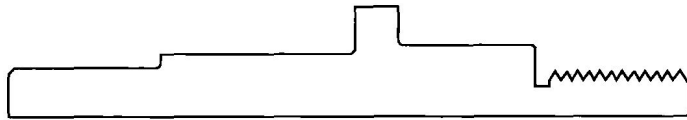


图 1-12 轴的基础特征形状

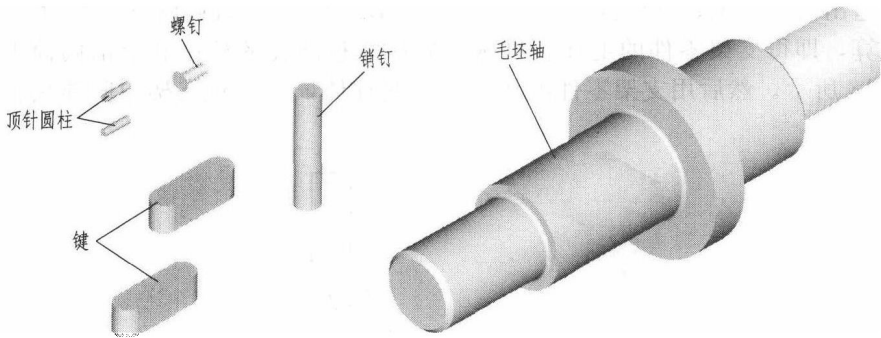


图 1-13 轴各结构的特征形状

1.4.2.2 盘类零件的造型

盘类零件的基本形状是扁平的盘状。这类零件一般有法兰、端盖、阀盖、齿轮等，它们的主要结构大体上是回转体，通常还带有各种形状的凸缘，均布的圆孔和肋等局部结构。图 1-14 是一个法兰零件。由法兰零件的结构形状可知其基础特征形状如图 1-15 所示。当基础特征绕轴旋转，就生成法兰零件的毛坯，再造出螺孔圆柱、密封槽等实体，然后用法兰毛坯减去螺孔圆柱、密封槽实体，就完成了法兰零件的造型，如图 1-16 所示。

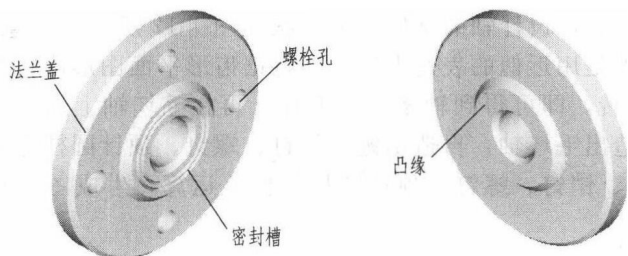


图 1-14 法兰零件

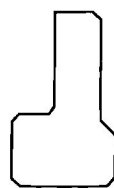


图 1-15 法兰的基础特征形状

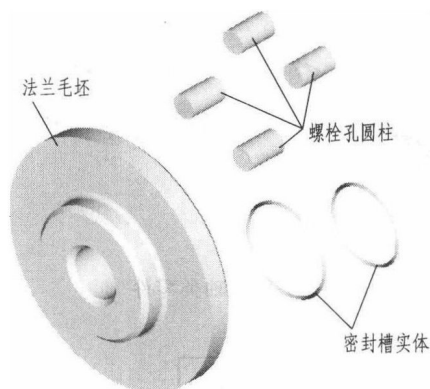


图 1-16 法兰造型的各个部分

1.4.2.3 支架类零件的造型

支架类零件结构形状较复杂，常有倾斜、弯曲的结构。图 1-17 (a) 为一支架零件，分析支架结构形状，可知支架的基础特征有上、下两部分，如图 1-17 (b)、(c) 所示。根据基础特征分别造出支架的上、下两部分形状，将下部形状与上部大圆柱作合并运算后与上部小圆柱作差运算，即得支架零件的毛坯。再做出底部竖板圆孔的柱体和上部圆筒上的圆孔柱体，如图 1-18 所示。然后用支架零件毛坯减去这些柱体，最后对支架中间连接板的边缘作

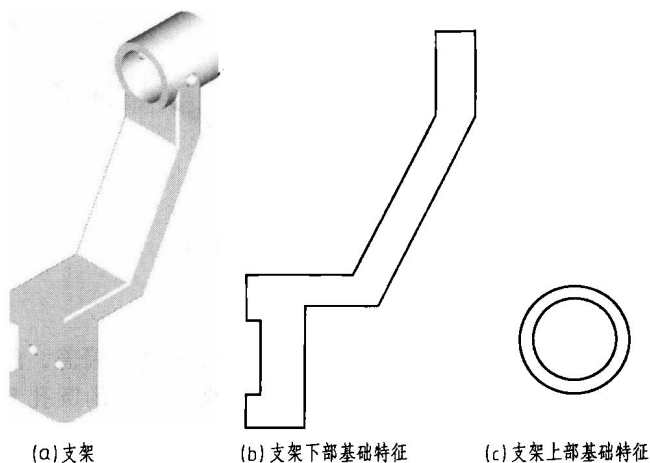


图 1-17 支架零件及其基础特征

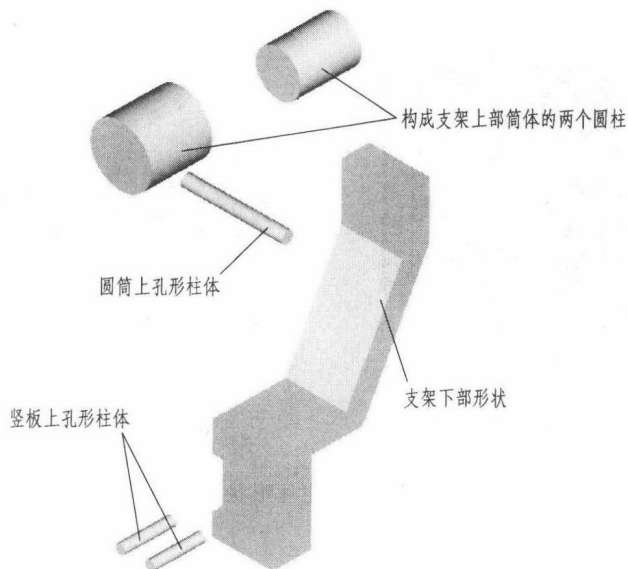


图 1-18 组成支架的毛坯和细节部分

倒圆角加工，即完成支架的造型。

1.4.2.4 箱体类零件造型

箱体类零件主要用来支承、包容、保护运动零件或其他零件，其结构特点是：

- i. 根据其作用常有内腔、轴承孔、凸台和肋等结构；
- ii. 为了安装零件后再将箱体安装到机座上，箱体上常有安装底板、安装孔、螺孔和销孔等；
- iii. 箱壁部分常有安装箱盖、轴承盖等零件的凸台、凹坑、螺孔等结构。

图 1-19 是蜗轮蜗杆箱体零件，分析该零件的结构形状，蜗轮蜗杆箱由箱体和底座组成，另外再加上两个圆柱形凸台和一个 8 字形凸台。箱体和底座基础特征形状分别见图 1-20 (a)、(b)。应用拉伸造型和差运算即可得到对应的形体，如图 1-21 (a)、(b) 所示。

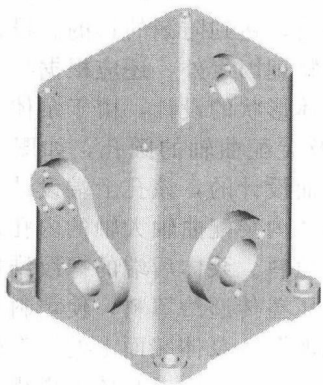


图 1-19 蜗轮蜗杆箱体零件

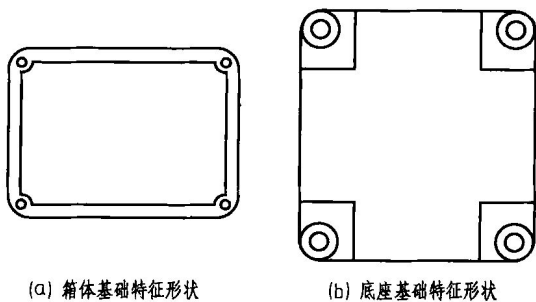


图 1-20 主体基础特征形状