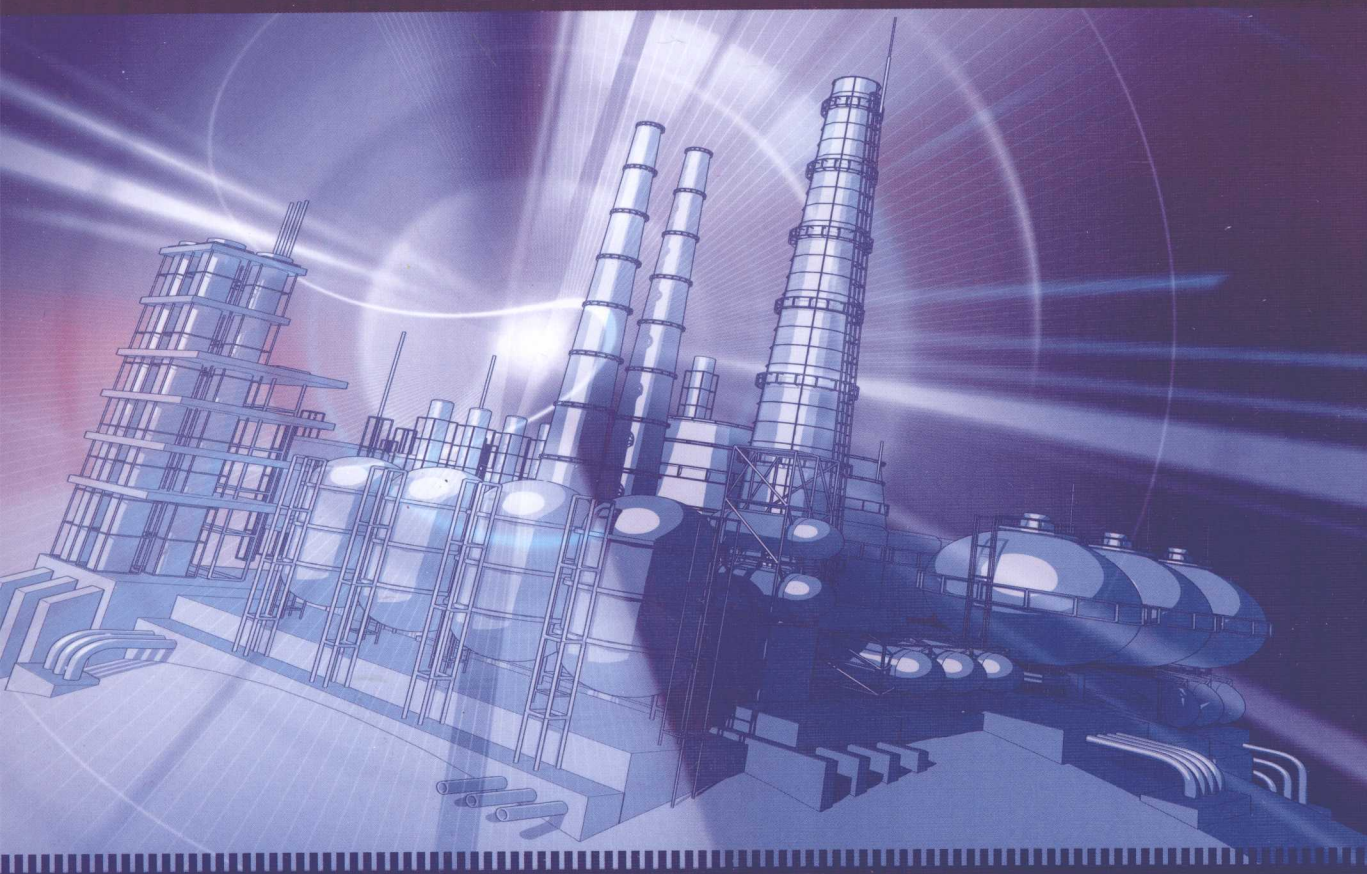


高等学校教材

化工设备课程 设计指导

方书起 主编 魏新利 主审



化学工业出版社

高等学校教材

化工设备课程设计指导

方书起 主编
魏新利 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是为高等工科院校化工、过程装备与控制工程和轻工类等相关专业配合课程设计和毕业设计编写的设计指导用书。全书共分七章,介绍了化工设备图样绘制基础知识、化工设备设计基础理论、选材、常用零部件标准等知识。详细介绍了固定管板式换热器、塔设备和搅拌设备等典型化工设备设计内容,并给出具体的设计示例。

本书可作为本科生教材和化工设备初级设计人员培训教材,亦可供工程技术人员在从事化工设备设计时参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

化工设备课程设计指导/方书起主编. —北京:化学工业出版社, 2010.8
高等学校教材
ISBN 978-7-122-08935-9

I. 化… II. 方… III. 化工设备-课程设计-高等学校-教学参考资料 IV. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 121167 号

责任编辑:程树珍
责任校对:王素芹

文字编辑:项 激
装帧设计:张 辉

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:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 插页 3 字数 310 千字 2010 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

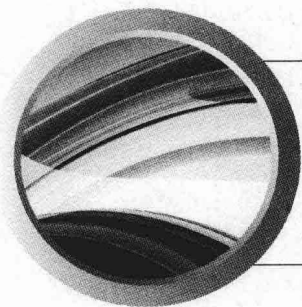
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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: 30.00 元

版权所有 违者必究



前言

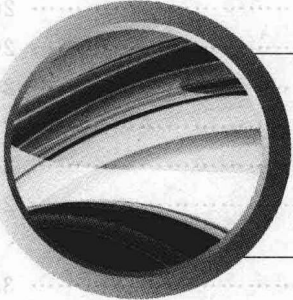
化工类专业的“化工设备机械基础”课程设计和过程装备与控制工程专业的“过程设备设计”课程设计和毕业设计都是十分重要的教学环节之一。通过多年的化工设备课的讲授和化工类专业化工设备机械基础课程设计和过程装备与控制专业的课程设计和毕业设计指导,深感学生在做课程设计、毕业设计过程中不知如何下手,需要较系统的指导用书。虽然学生学过很多前期课程,但作为综合考查学生设计能力的课程设计和毕业设计来说,显得有点支离破碎,造成学生对设计过程、设计内容和设计步骤不够清晰。同时教材中对标准的讲述过于简单,很多学生不能正确应用,甚至不知道化工设备设计需要哪些标准。更重要的是,从设计单位反馈的信息,普遍反映毕业生到单位后,工程设计观念淡薄,化工设备设计深度不够等。基于此,编写了这本化工设备课程设计指导用书。

本书力求简明扼要,通俗易懂,方便使用。系统介绍了化工设备图样绘制基础知识、化工设备设计基础理论、选材、常用零部件标准等知识。详细介绍了固定管板式换热器、塔设备和搅拌设备等典型化工设备设计内容,并给出具体的设计示例,使学生了解和掌握化工设备的主要设计内容和设计规定,保证在有限的设计时间内顺利完成化工设备设计,为日后走上设计工作岗位打下良好的基础。

本书由方书起担任主编,负责全书的统稿和修改工作;魏新利教授担任主审。参加编写的人员有:方书起(第1章、第3章、第4章和附录);李洪亮(第2章、第5章);刘宏(第6章);陈俊英(第7章)。

本书由于编写时间仓促和水平所限,书中不妥之处在所难免,敬请专家、读者批评指正。

编 者
2010.5



目 录

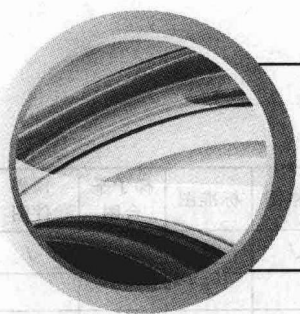
第1章 图样绘制基础知识	1
1.1 设计文件的分类和组成	1
1.1.1 设计文件的分类	1
1.1.2 设计文件的组成	2
1.2 制图基本规定	2
1.2.1 图纸幅面和格式	2
1.2.2 绘图比例	4
1.2.3 字体	5
1.2.4 图线	5
1.2.5 尺寸标注	7
1.3 化工设备图样基本内容及其布局	10
1.3.1 图纸布局要求	10
1.3.2 标题栏	10
1.3.3 质量和盖章栏	12
1.3.4 明细栏	13
1.3.5 管口表	14
1.3.6 设计数据表	15
1.4 化工设备图的视图表达	18
1.4.1 化工设备结构特点及图样表达特点	18
1.4.2 化工设备图样的绘图步骤	20
1.5 常见几何作图方法和技巧	21
1.5.1 椭圆形封头作图方法	21
1.5.2 弯管作图方法	22
1.5.3 螺纹件的画法	23
第2章 化工设备用钢材	25
2.1 化工设备用钢材简介	25
2.1.1 碳素结构钢	25
2.1.2 低合金高强度结构钢	25
2.1.3 优质碳素结构钢	25
2.1.4 合金结构钢	25
2.1.5 不锈钢	26

2.1.6 耐热钢	26
2.2 压力容器用钢板和钢管	26
2.2.1 压力容器用钢板	26
2.2.2 压力容器用钢管	27
2.2.3 压力容器用焊接材料	28
2.3 化工设备用钢材的选择	29
第3章 常用零部件	33
3.1 钢制压力容器封头	33
3.1.1 压力容器封头分类及标准	33
3.1.2 标准椭圆形封头	34
3.2 钢制压力容器支座	36
3.2.1 容器支座分类	36
3.2.2 鞍式支座	36
3.2.3 腿式支座	41
3.2.4 耳式支座	44
3.2.5 支承式支座	48
3.3 压力容器法兰组件	53
3.3.1 压力容器法兰组件的构成和选用	53
3.3.2 压力容器法兰	54
3.3.3 压力容器法兰用等长双头螺柱	57
3.3.4 压力容器用垫片	57
3.4 管法兰组件	59
3.4.1 管法兰	60
3.4.2 法兰盖	63
3.4.3 管法兰用垫片	63
3.4.4 管法兰用紧固件	65
3.5 压力容器用检查孔	65
3.5.1 检查孔分类及标记	65
3.5.2 压力容器用人孔	67
3.5.3 压力容器用手孔	70
3.6 视镜	72
3.7 液面计	74
3.8 补强圈	75
第4章 压力容器设计基础知识	77
4.1 压力容器分类	77
4.1.1 压力容器分类	77
4.1.2 压力容器类别划分	77
4.2 压力容器圆筒的设计	79
4.2.1 压力容器公称直径系列	79
4.2.2 内压圆筒的设计	79

4.2.3	外压圆筒的设计	81
4.2.4	外压圆筒加强圈的设计	83
4.3	标准椭圆形封头设计	85
4.3.1	内压椭圆形封头的设计	85
4.3.2	外压椭圆形封头的设计	85
4.4	开孔及开孔补强	86
4.4.1	开孔尺寸	86
4.4.2	常见开孔补强结构	86
4.4.3	等面积补强计算	87
4.5	压力容器的焊接结构	88
4.5.1	焊接接头形式及分类	88
4.5.2	常见焊接结构形式和尺寸	89
4.5.3	焊接接头在图纸上的表达	90
4.6	安全阀的计算	91
4.6.1	压力容器安全泄放量的计算	91
4.6.2	安全阀排放面积的计算	92
4.6.3	安全阀型号	93
4.7	压力试验	94
4.7.1	耐压试验	94
4.7.2	泄漏试验	95
4.8	计算示例	96
4.8.1	内压容器设计计算	96
4.8.2	外压容器设计计算	97
4.8.3	开孔补强计算	99
第5章	固定管板式换热器设计	102
5.1	换热器壳体	102
5.2	换热管	102
5.3	管板	103
5.3.1	管板厚度	103
5.3.2	换热管的排列	103
5.3.3	管孔尺寸	104
5.3.4	拉杆孔	104
5.3.5	管板密封面	104
5.3.6	管板强度计算	104
5.4	换热管与管板的连接	106
5.4.1	强度胀接	107
5.4.2	强度焊接	107
5.4.3	胀焊并用	107
5.5	管板与壳体的连接	107
5.6	管箱	108
5.7	接管	109

5.8	折流板与支持板	109
5.8.1	折流板与支持板的形式	109
5.8.2	折流板与支持板的尺寸	110
5.8.3	折流板的布置	111
5.9	拉杆与定距管	111
5.9.1	拉杆的结构形式	111
5.9.2	拉杆尺寸	111
5.9.3	拉杆的布置	112
5.10	防冲板与导流筒	112
5.11	波形膨胀节	113
5.12	支座	113
5.13	设计示例	113
第6章	塔设备设计	123
6.1	塔设备的分类和总体结构	123
6.1.1	塔设备的分类	123
6.1.2	塔设备的总体结构	123
6.2	塔设备设计的内容和步骤	125
6.2.1	塔设备设计的内容	125
6.2.2	塔设备设计的步骤	125
6.3	板式塔的塔盘结构设计	125
6.4	填料塔的内件结构设计	126
6.4.1	填料支承装置	126
6.4.2	液体分布器和再分布器	126
6.5	塔设备辅助装置及附件	127
6.5.1	裙座	127
6.5.2	接管	133
6.5.3	人孔和手孔	136
6.5.4	塔顶吊柱及吊耳	136
6.5.5	除沫装置	138
6.6	塔设备的强度和稳定性计算	138
6.6.1	塔设备的设计准则	138
6.6.2	质量载荷	138
6.6.3	自振周期	140
6.6.4	风载荷	140
6.6.5	地震载荷	142
6.6.6	偏心弯矩	144
6.6.7	最大弯矩	144
6.6.8	圆筒形塔壳轴向应力校核	144
6.6.9	塔设备压力试验时的应力校核	145
6.6.10	裙座壳轴向应力校核	146
6.6.11	地脚螺栓座	147
6.6.12	裙座与塔壳连接焊缝	149

6.7 设计示例	150
第7章 搅拌设备设计	157
7.1 概述	157
7.2 容器尺寸的确定及结构选型	158
7.2.1 罐体几何尺寸确定	158
7.2.2 顶盖结构	158
7.2.3 传热部件结构	158
7.2.4 搅拌容器强度计算	159
7.3 搅拌装置设计	160
7.3.1 搅拌器设计和选型	160
7.3.2 搅拌轴设计	162
7.4 传动装置设计	164
7.4.1 传动方式及选型	165
7.4.2 电动机选用	165
7.4.3 减速器选用	166
7.4.4 凸缘法兰与安装底盖选用	166
7.4.5 机架选用	166
7.4.6 联轴器选用	167
7.4.7 搅拌轴中间轴承和底轴承选用	167
7.5 轴封选用	169
7.5.1 填料密封	169
7.5.2 机械密封	170
7.6 工艺接管及附件选用	170
7.6.1 工艺接管	170
7.6.2 人、手孔	171
7.6.3 挡板	171
7.6.4 支座	172
7.6.5 视镜	173
7.7 设计示例	173
附录	178
附录一 钢材许用应力表	178
附录二 钢材弹性模量表	180
附录三 钢材平均线膨胀系数表	180
附录四 压力容器法兰、垫片、螺柱、螺母材料匹配表	181
附录五 PN 系列各种类型管法兰的密封面形式及其适用范围	182
附录六 压力容器人、手孔用垫片(圈)代号	184
附录七 外压容器图算法用图	185
附录八 管道内流体的常用流速范围	188
附录九 设备及其操作安全距离	188
参考文献	189



第 1 章

图样绘制基础知识

1.1 设计文件的分类和组成

1.1.1 设计文件的分类

设计文件的分类见表 1-1。

表 1-1 设计文件的分类

分类方法	设计文件分类		说 明	
按设计阶段分	基础设计		供审批和询价使用	
	详细设计		供制造、安装和生产使用	
按用途分	工程图	询价版	工程图是表示设备的工艺特性、使用特性、制造要求的图纸。它根据工艺数据表编成,用于基础设计审核、设备询价、订货和制造,以及向相关专业提出设计条件	
		订货版		
		制造版		
	施工图	施工图是供设备制造、安装和生产使用的设计文件,分为图纸和技术文件		
		图 纸	装 配 图	表示设备的全貌、组成和特性的图样,表达设备各主要部分的结构特征、装配和连接关系、特征尺寸、外形尺寸、安装尺寸及对外连接尺寸、技术要求等
			部 件 图	表示可拆或不可拆部件的结构、尺寸,以及所属零部件之间的关系、技术特性和技术要求等资料的图样
			零件图(包括表格图)	表示零件的形状、尺寸、加工,以及热处理和检验等资料的图样
			零部件图	由零件图和部件图组成的一张图样
			特殊工具图	表示设备安装、试压和维修时使用的特殊工具的图样
			标准图或通用图	指国家部门和各设计单位按标准编制的化工设备上常用零部件的标准图和通用图,如标准的人、手孔等
			梯子平台图	表示支承于设备外壁上的梯子、平台结构的图样
			预焊件图	表示设备外壁上保温、梯子、平台、管线支架等安装前在设备外壁上需预先焊接的零件图样
		技 术 文 件	管口方位图	表示设备上管口、支耳、吊耳、人孔吊柱、板式塔降液板、换热器折流板缺口位置、地脚螺栓、接地板、梯子及铭牌等方位的图样
			技术要求	表示设备在制造、试验、验收时应遵守的条款和文件
			计算书	表示设备强度、刚度、稳定性等的计算文件;当用计算机计算时,应将输入数据和计算结果作为计算文件
			说明书	表示设备结构原理、技术特性、制造、安装、运输、使用、维修、检修及其他需说明的文件
		图纸目录		表示每个设备的图样及技术文件的全套设计文件的清单
按使用目的和性质分	原图或原稿		用计算机或手工绘制的供复制、打字用的原始设计文件	
	底图		复制到透明纸(如硫酸纸等)上的图样	
	复印图		是用底图以晒制、复印等方法复制而成,对外发送的文件	



1.1.2 设计文件的组成

设计文件的组成见表 1-2。

表 1-2 设计文件的组成

要素		工程图	装配图	部件图	零件图	特殊工 具图	表格图	标准图	梯子平 台图	预焊 件图
图 纸	图样	√	√	√	√	√	√	√	√	√
	表	设计数据表	√	√		▽		√		
		管口表	√	√				▽		
		估计质量负荷表	√							
		材料表	√							
		采用标准	√							
	栏	明细栏		√	√	√	√	√	√	√
		质量栏		√		√		√	√	√
		盖章栏		√						
		签署栏	√	√	√	√	√	√	√	√
		标题栏	√	√	√	√	√	√	√	√
	说明	图面技术要求	√	√	√	√	√	√	√	√
		注:	▽							
技 术 文 件	专用技术要求		▽							
	计算书		▽							
	说明书		▽							
	图纸目录		▽	√	▽					

注:“√”表示需要;“▽”表示按需要确定;空白表示不需要。

1.2 制图基本规定

为了统一图样的画法和读图,提高生产效率,便于技术管理和交流,国家标准《技术制图》、《机械制图》均对图样的内容、格式、表达方法等都作了统一规定,绘图时必须严格遵守。

1.2.1 图纸幅面和格式

(1) 图幅格式

绘制技术图样时,应优先采用表 1-3 所规定的基本幅面。必要时可按规加幅面,加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出的,如图 1-1 所示,线框内右上角代号为幅面代号,如 A2×3 表示由 3 张 A2 幅面组成的加长幅面, A3×4 表示由 4 张 A3 幅面组成的加长幅面,依此类推。

表 1-3 基本幅面(第一选择)

幅面代号	尺寸 B×L	幅面代号	尺寸 B×L
A0	841×1189	A3	297×420
A1	594×841	A4	210×297
A2	420×594		

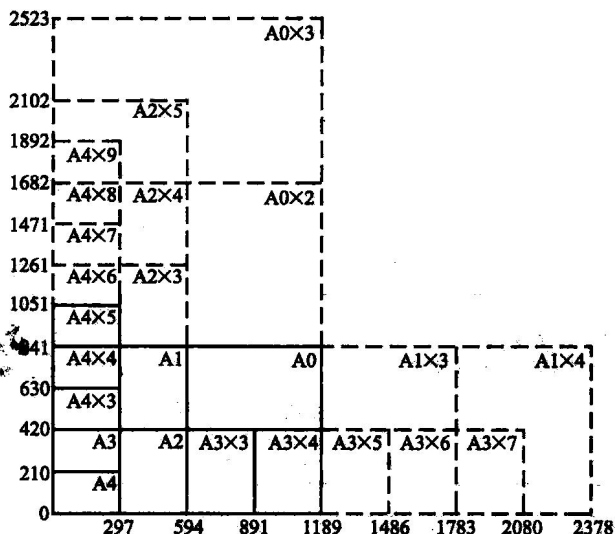


图 1-1 图纸的幅面尺寸

施工图一般用 A1 绘制, A1、A2、A3、A4 加长加宽幅面尽量不用。

当在一张图纸上绘制若干个图样时,可按 GB/T 14689 规定分为若干小幅面,其中每个幅面的尺寸按该标准中的尺寸规定,如图 1-2 (a) 所示。也可以内边框为准用细实线划分为接近标准图幅尺寸的图样幅面,如图 1-2 (b) 所示。

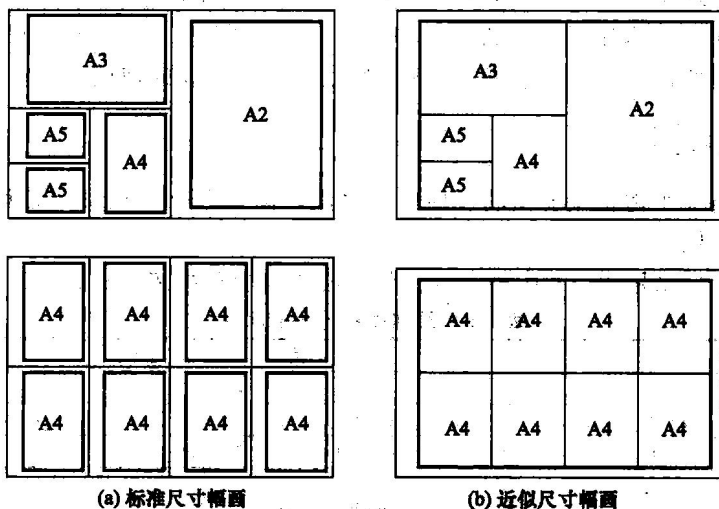


图 1-2 A1 图纸幅面划分为若干图幅格式

A3 幅面不允许单独竖放, A4 幅面不允许横放, A5 幅面不允许单独存在。

不单独存在的图样,组成一张图纸时,每一图样的简单标题栏内“所在图号”栏内均填写同一图号,为该张图纸主标题栏中的图号。

(2) 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式有不留装订边和留有装订边两种,但同一套(装配图及其零部件图)图样只能采用一种格式。为了图纸的保存方便,多用带装订边的图纸,其图框格式如图 1-3 所示,尺寸按表 1-4 的规定。

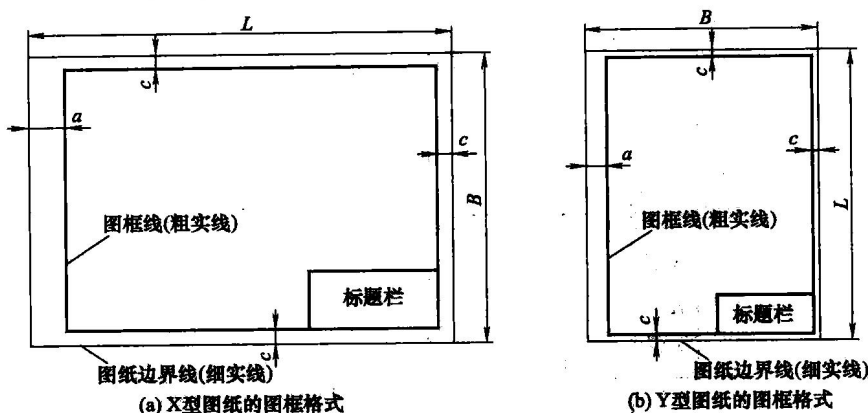


图 1-3 带装订边图纸的图框格式

表 1-4 图框尺寸

/mm

图幅代号	A0	A1	A2	A3	A4
B×L	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
c	10			5	
a	25				

加长幅面的图框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定,例如 $A2 \times 3$ 的图框尺寸,按 $A1$ 的图框尺寸确定,而 $A3 \times 4$ 的图框尺寸,按 $A2$ 的图框尺寸确定。

(3) 标题栏的方位

每张图纸都必须有标题栏。标题栏的位置位于图纸的右下角,如图 1-3 所示。标题栏的格式和内容虽然在《技术制图》标准中有规定,但不同行业、不同单位都有自己的规定格式,使用时要根据各自的要求来选择,1.3 节给出了化工行业的使用规定。

1.2.2 绘图比例

图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,称为图形的比例。每张图样都要标注出所画图形采用的比例。

绘制图样时,应采用表 1-5 中规定的比例,必要时也可按表 1-6 选取。

表 1-5 绘制图样的比例 (一)

种 类	比 例						备注
原值比例	1:1						
缩小比例	1:2	1:5	1:10	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$	n 为正整数
放大比例	5:1	2:1	$5 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$1 \times 10^n:1$		

表 1-6 绘制图样的比例 (二)

种 类	比 例						备注
缩小比例	1:1.5	1:2.5	1:3	1:4	1:6	$1:1.5 \times 10^n$	n 为正整数
	$1:2.5 \times 10^n$		$1:3 \times 10^n$		$1:4 \times 10^n$	$1:6 \times 10^n$	
放大比例	4:1	2.5:1	$4 \times 10^n:1$		$2.5 \times 10^n:1$		

同一张图样上,若各图采用的比例相同时,在标题栏的比例栏内注明所用的比例即可。若个别图形(如局部放大图)选用的比例与标题栏中所注的比例不同时,对这个图形必须另行标注所用的比例,一般标注在视图名称的下方,例如:

$$\frac{I}{2:1} \quad \frac{A \text{ 向}}{1:10}$$



应特别注意,图形不论放大或缩小,在标注尺寸时,都应按机件的实际尺寸来标注。

1.2.3 字体

图样上的文字、数字和字母用来填写标题栏、明细栏、技术要求、标注尺寸等,是图样的重要组成部分。字体的基本要求如下:

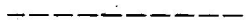
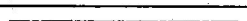
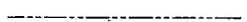
- ① 书写字体必须做到“字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐”。
- ② 字体高度(h)代表字体的号数。字体号数系列为:1.8mm, 2.5mm, 3.5mm, 5mm, 7mm, 10mm, 14mm, 20mm。如需要更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比例增加。
- ③ 汉字应写成长仿宋体,并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于3.5mm,其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$,即约0.7 h 。
- ④ 字母和数字可写成斜体和直体。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。
- ⑤ 用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字和字母,一般应采用小一号的字体。
- ⑥ 图样中的数学符号、物理量符号、计量单位符号以及其他符号、代号,应分别符合国家的有关法令和标准的规定。

1.2.4 图线

(1) 图线的形式及应用

各种图线的名称、形式、宽度以及在图样上的主要应用见表1-7。

表 1-7 各种线型的主要应用 (摘自 GB/T4457.4)

图线名称	图线形式	图线宽度	一般应用
粗实线		d	(1) 可见棱边线 (2) 可见轮廓线 (3) 相贯线 (4) 螺纹牙顶线 (5) 螺纹长度终止线 (6) 剖切符号用线
细实线		$d/2$	(1) 尺寸线 (2) 尺寸界线 (3) 指引线和基准线 (4) 剖面线 (5) 重合断面的轮廓线 (6) 螺纹牙底线 (7) 表示平面的对角线 (8) 成规律分布的相同要素连线
波浪线		$d/2$	(1) 断裂处边界线 (2) 视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处边界线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细虚线		$d/2$	(1) 不可见棱边线 (2) 不可见轮廓线
细点画线		$d/2$	(1) 轴线 (2) 对称中心线 (3) 孔系分布的中心线 (4) 剖切线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$	(1) 相邻辅助零件的轮廓线 (2) 可动零件的极限位置的轮廓线 (3) 成形前轮廓线 (4) 剖切面前的结构轮廓线 (5) 中断线



(2) 图线的宽度

在机械图样中,图线分为粗细两种。粗线的宽度 d 应按图的大小和复杂程度,在 $0.5 \sim 2\text{mm}$ 之间选择(当图形复杂、线条比较多时,可取下限,反之可取上限),细线的宽度约为 $d/2$ 。

图线宽度的推荐系列为: 0.13mm 、 0.18mm 、 0.25mm 、 0.35mm 、 0.5mm 、 0.7mm 、 1mm 、 1.4mm 、 2mm 共 9 种。

(3) 图线的画法

同一图样中同类图线的宽度应基本一致。

虚线(粗、细)、点画线(粗、细)及细双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等,建议按图 1-4 所示的画法。

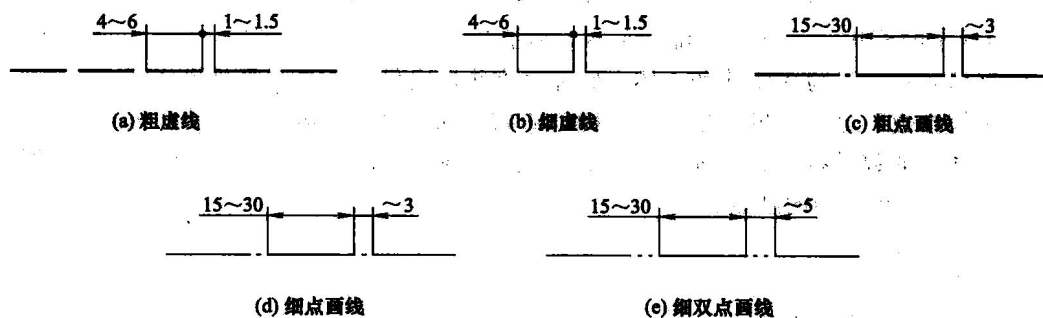


图 1-4 线型的画法

绘制图形的中心线时,圆心为线与线的交点,中心线伸出图形以 $3 \sim 5\text{mm}$ 为宜。点画线、双点画线的首末两端应是线段,而不是点,如图 1-5 所示。

当图形较小时,用点画线或双点画线绘制有困难时,可用细实线代替。例如,图形中圆的直径小于 12mm 时,其中心线可用细实线代替,如图 1-6 所示。

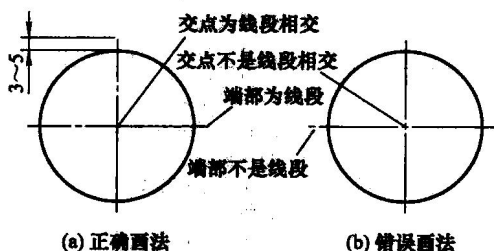


图 1-5 中心线(点画线)的画法

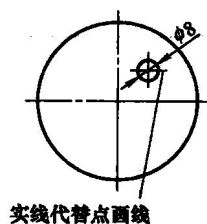


图 1-6 细实线代替点画线

虚线、点画线与其他线相交或相连时,均应以线段相交;虚线是粗实线的延长线时,粗实线应画到分界点,而虚线则应留空隙,如图 1-7 所示。

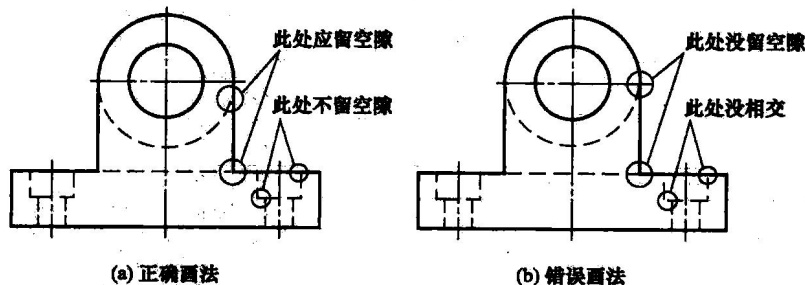


图 1-7 虚线的画法



两条平行线（包括剖面线）之间的距离应不小于粗实线的2倍宽度，其最小距离不得小于0.7mm。当两条平行线之间的距离太小时，可用夸大画法画出，如容器的壁厚。

1.2.5 尺寸标注

尺寸标注应符合 GB/T 4458.4 的要求。图样中的图形只能表达机件的结构形状，而机件的确切大小必须通过尺寸标注才能确定。尺寸是加工机件的依据，标注尺寸是一项极为重要的工作，必须认真细致、一丝不苟。如果尺寸有遗漏或错误，都会给生产带来困难，甚至造成经济损失。

(1) 标注尺寸的基本规则

机件的真实大小应以图样上所注的尺寸为依据，与图形的大小和绘图的准确度无关。

图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米（mm）为单位时，不需标注单位符号，如采用其他单位，则应注明相应的单位符号。

图样中所标注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。

机件的每一尺寸，一般只标注一次，并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(2) 尺寸三要素

尺寸三要素包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字，如图 1-8 所示。

尺寸界线用细实线绘制，并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出，也可利用上述各线代替，如图 1-8 所示。尺寸界线一般与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜，如图 1-9 所示。

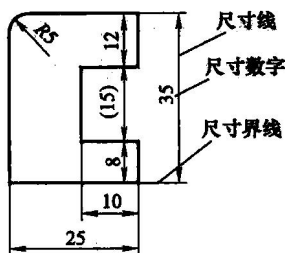


图 1-8 尺寸三要素

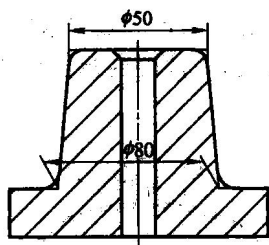
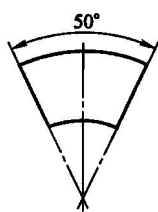


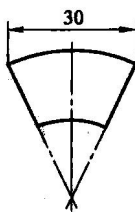
图 1-9 尺寸界线的画法

在光滑过渡处标注尺寸时，应用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线，如图 1-9 所示。

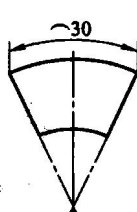
标注角度的尺寸界线应沿径向引出，如图 1-10 (a) 所示；标注弦长的尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线，如图 1-10 (b) 所示；标注弧长的尺寸界线应平行于该弧所对圆心角的角平分线，如图 1-10 (c) 所示，但当弧度较大时，也可径向引出，如图 1-10 (d) 所示。



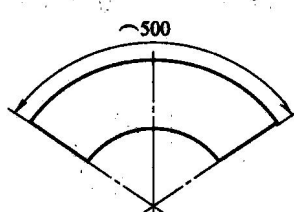
(a) 角度的尺寸界线画法



(b) 弦长的尺寸界线画法



(c) 弧长的尺寸界线画法



(d) 较大弧长的尺寸界线画法

图 1-10 尺寸界线的画法



尺寸界线超出尺寸线 2~3mm 为宜。

尺寸线用细实线绘制，不能用其他线代替，一般也不得与其他线重合或画在其他线的延长线上。标注线性尺寸时，尺寸线应与所标注的线段平行。当有几条相互平行的线性尺寸时，大尺寸要注在小尺寸的外面，以免尺寸线与尺寸界线相交。在圆或圆弧上标注直径或半径时，尺寸线一般应通过圆心或其延长线通过圆心。

尺寸线的终端可画成箭头（适用于各种类型的图样），如图 1-11 (a) 所示，也可画成斜线（尺寸线与尺寸界线必须垂直，斜线用细实线画出），如图 1-11 (b) 所示。机械制图中一般采用箭头作为尺寸线的终端。当尺寸线和尺寸界线相互垂直时，同一张图样中只能采用同一种终端形式。

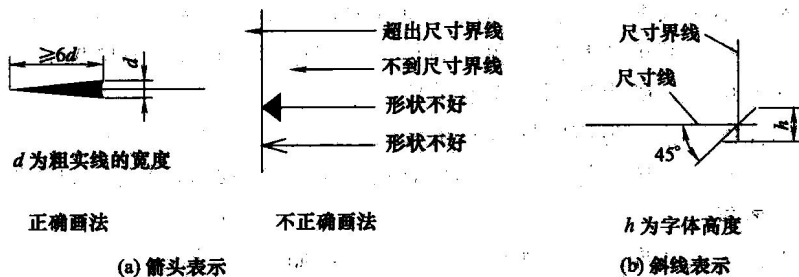


图 1-11 尺寸线终端（箭头或斜线）的画法

尺寸数字一般标注在尺寸线的上方或中断处。当位置不够时，也可标注在尺寸线的外面或引出标注，如图 1-12 所示。

线性尺寸数字的方向，一般要求字头方向与尺寸线垂直并有字头向上的趋势，并尽可能避免在与竖直方向成 30° 范围内标注尺寸，如图 1-13 所示，当无法避免时可引出标注，如图 1-14 所示。

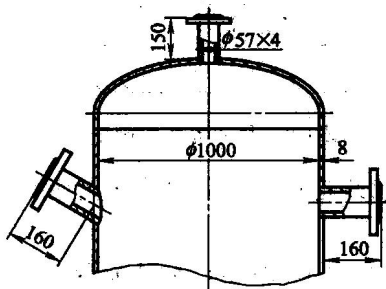


图 1-12 尺寸数字标注

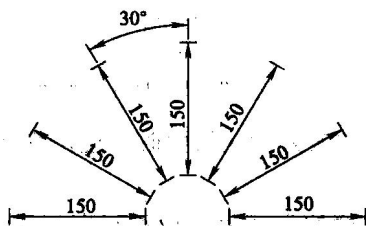


图 1-13 线性尺寸数字标注规则

角度的数字一律写成水平方向，一般注写在尺寸线的中断处，必要时也可写在尺寸线的旁边或引出标注，如图 1-15 所示。

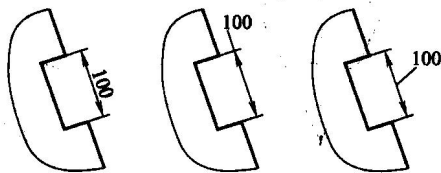


图 1-14 线性尺寸的标注

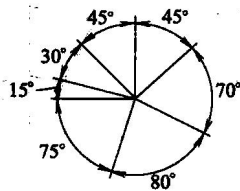


图 1-15 角度数字的标注