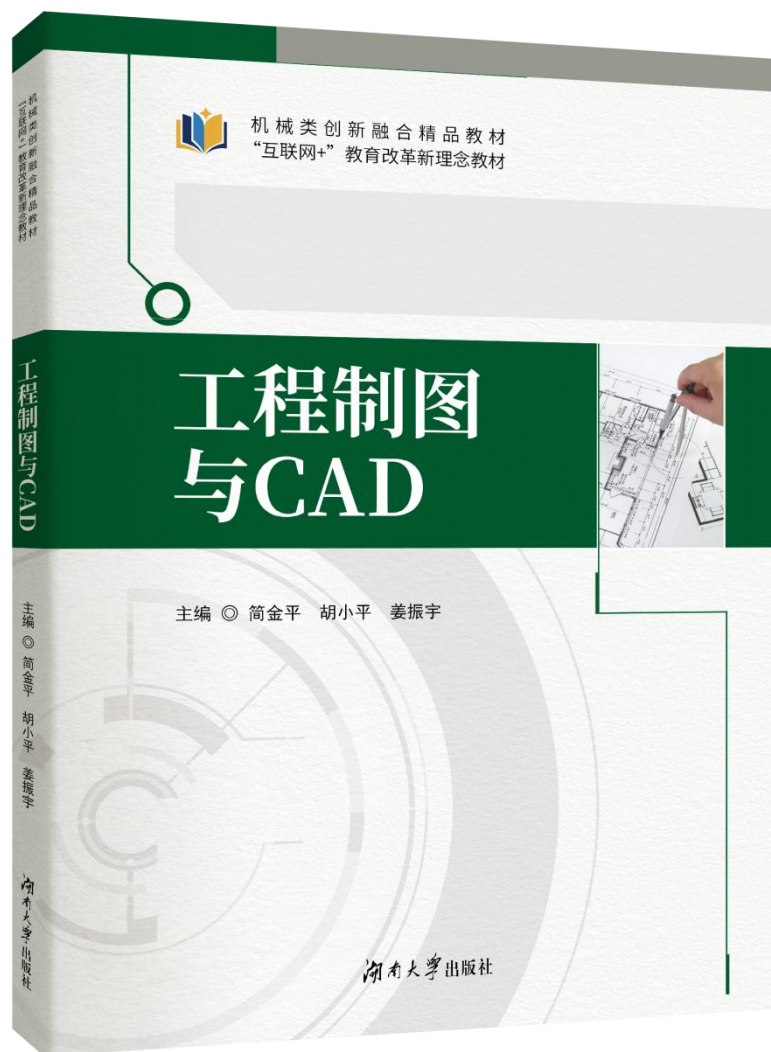


工程制图与 CAD



类目：机械类

书名：工程制图与 CAD（含习题集）

主编：简金平 胡小平 姜振宇

出版社：湖南大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5667-3724-3

使用层次：通用

出版时间：2024 年 10 月

定价：69.80 元

印刷方式：双色

是否有资源：是



机械类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

机械类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

工程制图与CAD

工程制图与CAD

工程制图 与CAD



主编 © 简金平 胡小平 姜振宇

主编 © 简金平
胡小平 姜振宇



责任编辑：黄 旺
封面设计：旗语书装

湖南大学出版社

湖南大学出版社



机械类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革创新理念教材

工程制图 与 CAD



主 编 ◎ 简金平 胡小平 姜振宇
副主编 ◎ 李 霞 石晨迪 李广平
 王丽艳 张国泰 吴万玲

湖南大学出版社

· 长 沙 ·

图书在版编目(CIP)数据

工程制图与 CAD / 简金平, 胡小平, 姜振宇主编.
长沙: 湖南大学出版社, 2024. 10. --ISBN 978-7-5667-3724-3
I. TB237
中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024S60T52 号

工程制图与 CAD
GONGCHENG ZHITU YU CAD

主 编: 简金平 胡小平 姜振宇
责任编辑: 黄 旺
印 装: 涿州汇美亿浓印刷有限公司
开 本: 889 mm×1194 mm 1/16 印 张: 14 字 数: 385 千字
版 次: 2024 年 10 月第 1 版 印 次: 2024 年 10 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-5667-3724-3
定 价: 69.80 元

出 版 人: 李文邦
出版发行: 湖南大学出版社
社 址: 湖南·长沙·岳麓山 邮 编: 410082
电 话: 0731-88822559 (营销部) 88821174 (编辑室) 88821006 (出版部)
传 真: 0731-88822264 (总编室)
网 址: <http://press.hnu.edu.cn>
电子邮箱: xiaoshulianwenhua@163.com

版权所有, 盗版必究
图书凡有印装差错, 请与营销部联系

前言 PREFACE

党的二十大报告指出，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程，支持专精特新企业发展，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展。本书响应二十大报告精神，根据教育部 2019 年印发的《高等职业学校专业教学标准》的要求，并参照最新相关的国家职业标准和职业技能鉴定规范编写。

本书分为 10 章，内容涵盖 AutoCAD 基础知识、制图的基本知识、物体几何要素的投影、立体的投影、组合体的视图、轴测投影图、机械图样的表示法、标准件与常用件、零件图、装配图等。学生通过本课程学习可以掌握基本视图、绘图技巧，熟练绘制工程图纸，具备独立运用 AutoCAD 设计和制作工程图的能力。

本书具有以下特点。

1. 内容合理，理论与实践相结合

本书内容安排注重基础性、实践性和创新性。既注重基础理论的掌握，又强调实践技能和创新能力的培养。内容讲解由浅入深，循序渐进，能引领读者快速入门。

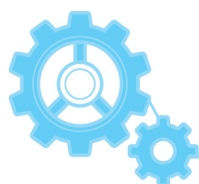
2. 内容全面，实例丰富

本书贯彻“实用为主，够用为度”的教学原则，介绍了工程设计基础知识和 AutoCAD 的各种绘图知识，并通过实例的讲解，帮助读者逐步学习和操练 CAD 建筑设计的完整过程。

3. 内容新颖，注重实效

本书采用最新颁布的“技术制图”与“机械制图”以及“计算机绘图”有关国家标准，贯彻标准化思想。

本教材适用于近机械类和非机械类各专业学生，也可供工业设计领域的工程技术人员以及 CAD 研究与应用人员参阅。

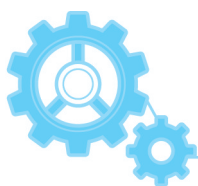


本书在编写过程中直接或间接借鉴了大量相关专著和研究成果，在书后列出了参考文献，在此，向这些资料的作者深表感谢！由于编者水平有限，书中尚有许多疏漏和不妥之处，敬请同行、专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录 CONTENTS

第 1 章 AutoCAD 基础知识	1
1.1 AutoCAD 工作界面介绍	2
1.2 文件管理	7
1.3 命令管理	10
1.4 数据的输入方法	11
第 2 章 制图的基本知识	16
2.1 制图国家标准概述	17
2.2 尺规绘图	27
2.3 徒手绘图	34
第 3 章 物体几何要素的投影	38
3.1 投影法概述	39
3.2 点的投影	42
3.3 直线的投影	44
3.4 平面的投影	48
第 4 章 立体的投影	54
4.1 体的三面投影——三视图	55
4.2 基本立体的投影	56
4.3 切割体的视图	65
4.4 相交立体的视图	70
第 5 章 组合体的视图	75
5.1 组合体的三视图	76
5.2 组合体的绘制	79
5.3 组合体的尺寸标注	82
5.4 组合体的读图	86
5.5 组合体的构形设计	88



第 6 章 轴测投影图	94
6.1 轴测投影的基本知识	95
6.2 正等测	96
6.3 斜二测	101
第 7 章 机械图样的表示法	107
7.1 视图	108
7.2 剖视图	112
7.3 断面图	116
7.4 其他表达方法	118
7.5 第三角投影法简介	120
第 8 章 标准件与常用件	125
8.1 螺纹及螺纹紧固件	126
8.2 键与销	135
8.3 滚动轴承	138
8.4 齿轮	141
8.5 弹簧	145
第 9 章 零件图	151
9.1 零件图的内容与作用	152
9.2 零件视图的选择与尺寸标注	154
9.3 零件上常见的工艺结构与技术要求	160
9.4 零件图的识读方法和步骤	167
第 10 章 装配图	175
10.1 装配图的内容与作用	176
10.2 装配图的表达方法及合理结构	177
10.3 装配图上的尺寸标注和技术要求	181
10.4 装配图中零部件序号和明细栏	182
10.5 装配图的画法与识读	186
10.6 零部件测绘和拆画零件图	189
附 录	202
参考文献	218

第 1 章

AutoCAD 基础知识

章节概述

AutoCAD 经过不断完善，现已经成为国际广为流行的绘图工具。AutoCAD 具有良好的用户界面，通过交互菜单或命令行方式便可以进行各种操作。它的多文档设计环境，让非计算机专业人员也能很快地学会使用。在不断实践的过程中更好地掌握它的各种应用和开发技巧，从而能不断提高工作效率。



AutoCAD 基础知识

学习目标

●知识目标

- 了解 AutoCAD 工作界面。
- 熟悉文件管理和命令管理等内容。
- 熟悉 AutoCAD 数据的输入方法。

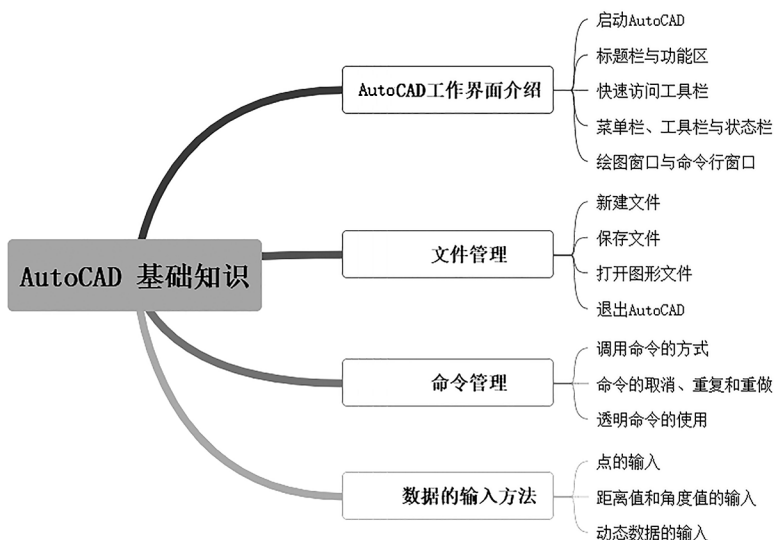
●技能目标

- 能够启动、创建、保存和打开图形文件，并熟练使用 AutoCAD 软件中的各项基本命令。

●素质目标

- 培养学生良好的学习态度和自主学习能力，通过不断练习和实践提高 AutoCAD 软件的应用水平，提高工作效率。

思维导图



1.1 AutoCAD 工作界面介绍

AutoCAD 的工作界面是操作 AutoCAD 的窗口，熟悉 AutoCAD 的工作界面是熟练应用 AutoCAD 软件的基本条件之一。

1.1.1 启动 AutoCAD

启动 AutoCAD 的方法很多，通常可采用以下方法。

方法一：在 Windows 桌面上双击 AutoCAD 快捷图标。

方法二：单击 Windows 桌面左下角的“开始”按钮，在弹出的菜单中选择“所有程序”→“AutoCAD2022-简体中文（Simplified Chinese）”选项，如图 1-1 所示。

方法三：在“我的电脑”或“资源管理器”中双击任意一个 AutoCAD 图形文件（*.DWG 文件）。

启动 AutoCAD 2022 后，系统会弹出启动界面，单击屏幕左上方的“新建”按钮，在弹出的“选择样板”对话框中单击“打开”按钮，如图 1-2 所示，即可进入 AutoCAD 2022 界面，如图 1-3 所示。



图 1-1 启动 AutoCAD 2022

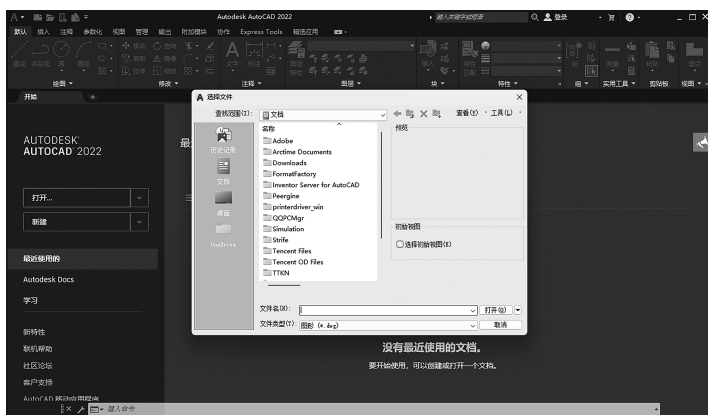


图 1-2 AutoCAD 2022 启动界面

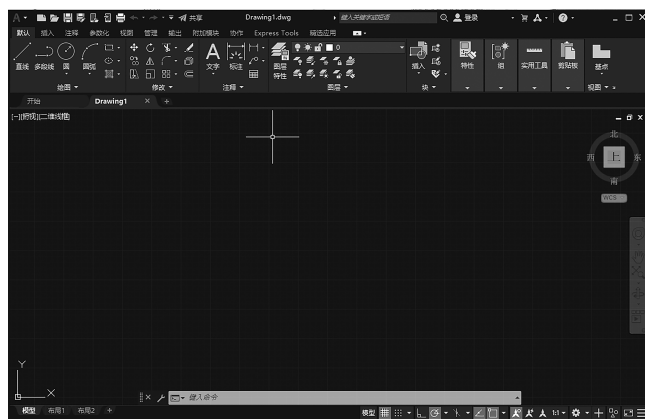
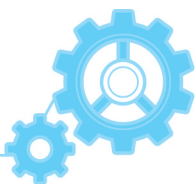


图 1-3 AutoCAD 2022 工作界面

AutoCAD 2022 工作界面是通过工作空间来组织的。工作空间是由分组组织的菜单、工具栏、选项板



和功能区控制面板组成的集合。

AutoCAD 2022 工作界面包括标题栏、绘图窗口、命令行窗口、菜单栏、状态栏、工具栏、工具选项板等。

1.1.2 标题栏与功能区

1. 标题栏

AutoCAD 和其他 Windows 应用程序相似，其标题栏位于用户界面的顶部，左边显示“应用程序”按钮及当前所操作图形文件的名称。单击左上角的“应用程序”按钮，可弹出应用程序菜单，进行相应的操作，如图 1-4 所示。标题栏右侧分别是：“窗口最小化”按钮、“窗口最大化”按钮、“关闭窗口”按钮，可以实现对程序窗口状态的调节。

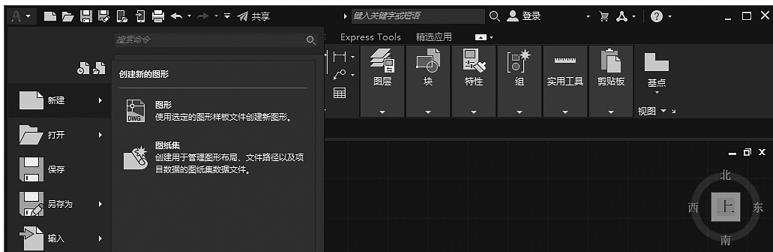


图 1-4 AutoCAD 2022 标题栏

2. 功能区

功能区由若干个选项卡组成，每个选项卡又由若干按一定次序排列的命令按钮组成，提供了 AutoCAD 2022 常用命令的快捷方法，如图 1-5 所示。单击选项卡的标签，可以切换当前选项卡，以显示不同的命令按钮。

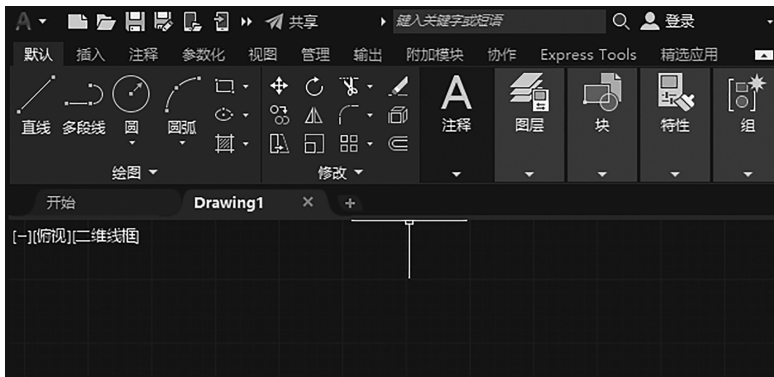


图 1-5 功能区

选项卡的面板上有多个命令按钮，有一部分在默认状态下并不显示出来，如图 1-6 左方所示。单击“圆”按钮下方的下拉按钮，如图 1-6 中①所示，将其展开，如图 1-6 中②所示。单击“绘图”按钮下方的下拉按钮，如图 1-6 中③所示，将其展开，如图 1-6 中④所示。还可以单击其“锁定”“解锁”按钮，将其锁定或解锁，如图 1-6 中⑤所示。

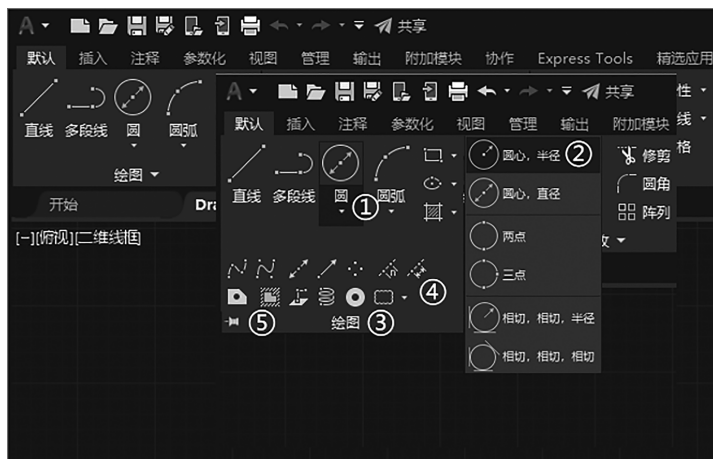
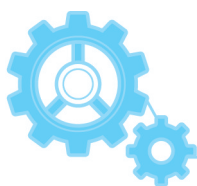


图 1-6 展开命令

1.1.3 快速访问工具栏

快速访问工具栏包括一些常用的命令。单击“快速访问工具栏”右侧的下拉按钮，如图 1-7 中①所示。在弹出的下拉菜单中通过选择相应选项可在“快速访问工具栏”上添加命令，如选择了“特性匹配”选项，如图 1-7 中②~④所示。通过在已选的选项上再次单击可移除命令。还可将“快速访问工具栏”显示在功能区的上面或下面。

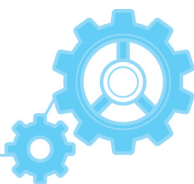


图 1-7 快速访问工具栏

1.1.4 菜单栏、工具栏与状态栏

1. 菜单栏

对于 AutoCAD 的老用户，可以通过单击“快速访问工具栏”右侧的下拉按钮，在弹出的下拉菜单中选择“显示菜单栏”选项，如图 1-7 中⑤所示，这样即可在使用功能区的同时，显示 AutoCAD 的传统菜



单，如图 1-7 中⑥所示。

AutoCAD 2022 的菜单栏将显示出“文件”“编辑”“视图”“插入”“格式”“工具”“绘图”“标注”“修改”“参数”等菜单，AutoCAD 2022 的主要命令都在其内。

2. 工具栏

工具栏是一组图标型工具的集合。工具栏提供了 AutoCAD 2022 常用命令的快捷方法，调出工具栏的步骤是，选择“工具”→“工具栏”→“AutoCAD”→“修改”选项，如图 1-8 中①~④所示，可以调出“修改”工具栏，如图 1-8 中⑤所示。



图 1-8 调出“修改”工具栏

工具栏可以处在固定状态也可处在浮动状态。对于图 1-9 所示的绘图工具栏（浮动状态），可单击右上角的“关闭”按钮，关闭该工具栏；将鼠标指针移到标题区，按住左键，可拖动该工具栏在屏幕上自由移动，当拖动到图形区边界时，则工具栏变成固定状态。同样，处于固定状态的工具栏，也可被拖出，成为浮动的工具栏。



图 1-9 浮动状态的工具栏

可右击任意一个工具栏上的图标，在弹出的快捷菜单中选择相应命令增减某些工具栏。也可以在工具栏的名称列表中选中或取消选中某些工具栏，从而达到增减某些工具栏的目的。

3. 状态栏

AutoCAD 2022 的状态栏位于屏幕的底部，状态栏上显示的工具可能会发生变化，具体取决于当前的工作空间以及当前显示的是“模型”选项卡还是“布局”选项卡。状态栏提供对某些最常用的绘图工具的快速访问，可以切换设置；也可以通过单击某些工具的下拉按钮，来访问它们的其他设置。

按下状态栏中的按钮，表示绘图时使用相应的功能；弹起相应的按钮，表示绘图时不能使用相应的功能。

系统默认的“显示图形栅格”是激活状态的，单击，则取消栅格显示，如图 1-10 中①~③所示；按〈F7〉键也可以取消栅格显示。

如果状态栏不见了，操作将十分不方便，可在命令行窗口输入 statusbar，按〈Enter〉键（即回车键）或者键盘空格键，设置值为 1 即可调出状态栏。

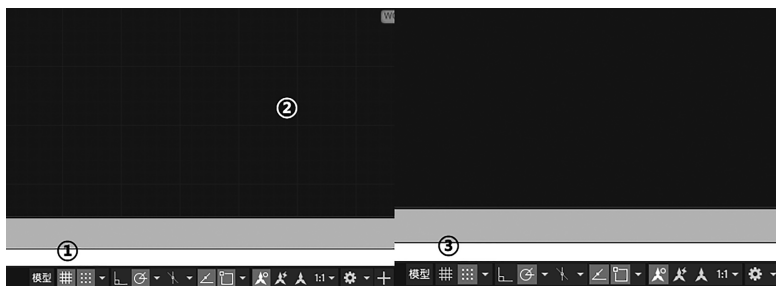
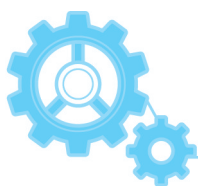


图 1-10 状态栏

1.1.5 绘图窗口与命令行窗口

1. 绘图窗口

绘图窗口是 AutoCAD 绘制、编辑图形的区域。绘图窗口中的光标为十字光标，用于绘制图形和选择图形对象，十字线的中心为光标当前位置，十字线的方向与当前用户坐标系的 X 轴、 Y 轴方向平行；绘图窗口左下角有一坐标系图标，用于反映当前所使用的坐标系形式和坐标方向；绘图窗口左下方有一个选项卡控制栏，用户单击“模型”或“布局”即可在模型空间和图纸空间之间切换。

2. 命令行窗口

命令行窗口位于绘图窗口的下方，如图 1-11 所示，是用户输入命令名和显示命令提示信息的区域。用户可以用改变一般 Windows 窗口的方法来改变命令行窗口的大小。

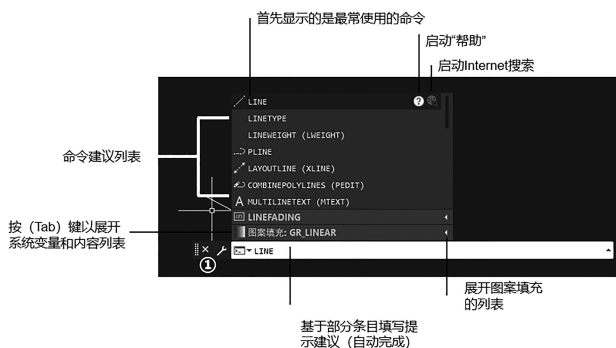


图 1-11 命令行窗口

单击“关闭”按钮，如图 1-11 中①所示；或者按快捷键 $\langle \text{Ctrl}+9 \rangle$ ，系统弹出“命令行-关闭窗口”对话框，单击“是”按钮，如图 1-12 所示，可实现隐藏命令行窗口的操作。再次按快捷键 $\langle \text{Ctrl}+9 \rangle$ ，可显示命令行窗口。

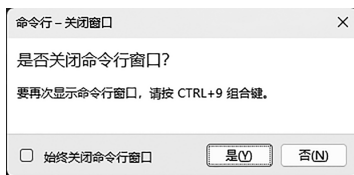
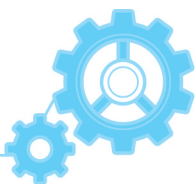


图 1-12 “命令行-关闭窗口”对话框



执行一个命令后，命令行会出现提示。有些提示很简单，有些提示很复杂，但基本格式是相同的。正确解读命令行的提示可以更好地理解接下来要做什么，并更快捷地绘图。这里以“圆”命令为例，在命令行窗口输入“圆”命令的快捷键〈C〉（这里不区分大小写），稍等一下，系统就会出现一系列的清单，这时便可以选择所需命令；按〈Enter〉键，出现命令提示，如图 1-13 中所示。

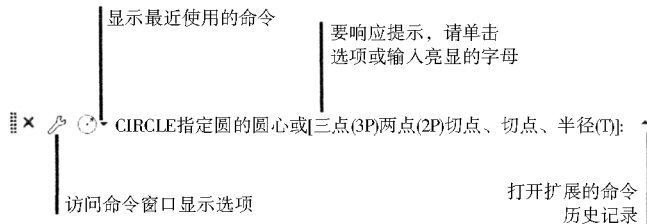


图 1-13 命令提示



小提示

命令必须在英文输入状态下才有效。

最左方的内容是当前的默认值。若想采用默认值，直接按提示做即可。如果要更改设置，请输入不同的数字并按〈Enter〉键。

AutoCAD 的命令是交互式的，当输入命令或命令选项或几何数据后，必须按〈Enter〉键确认，系统才执行命令。

1.2 文件管理

1.2.1 新建文件

启动 AutoCAD 2022 后，可采用以下几种方法之一来新建文件。

方法一：选择“文件（F）”→“新建（N）”选项。

方法二：单击“标准”或“快速访问”工具栏上的“新建”按钮。

方法三：命令行窗口输入命令 new。

方法四：使用快捷键〈Ctrl+N〉。

系统打开“选择样板”对话框。从样板文件“名称”列表中选择一种样板文件（图 1-14 中①所示）后文件名自动输入（图 1-14 中②所示）；

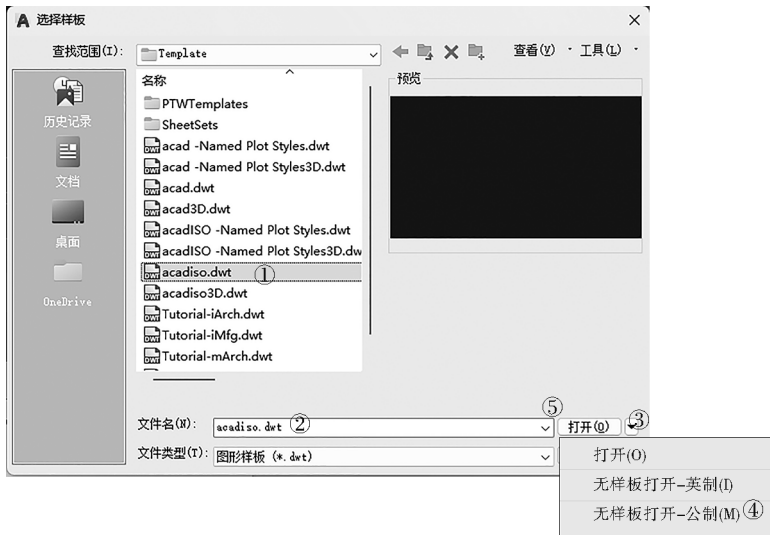
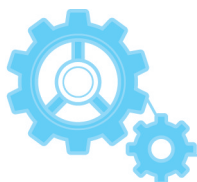


图 1-14 “选择样板”对话框



或者单击“打开”按钮旁的下拉按钮,如图 1-14 中③所示,从弹出的下拉列表框中选择“无样板打开-(公制)”选项,如图 1-14 中④所示。然后单击“打开”按钮,如图 1-14 中⑤所示。

知识拓展

快速新建文件

如果用户不愿意每次新建文件时都选择样板文件,那么就可以在系统中预先设置默认的样板文件,从而快速创建图形。该功能是创建新图形最快捷的方法。

要想使用快速创建图形功能,必须先进行如下设置。

在命令行输入 FILEDIA,按<Enter>键,设置系统变量为 1;在命令行输入 STARTUP,按<Enter>键,设置系统变量为 0。

选择菜单栏中的“工具”→“选项”命令,在弹出的“选项”对话框中选择“文件”选项卡,单击“样板设置”前面的“+”图标,在展开的选项列表中选择“快速新建的默认样板文件名”选项,如图 1-15 所示。单击“浏览”按钮,打开“选择文件”对话框,然后选择需要的样板文件即可。

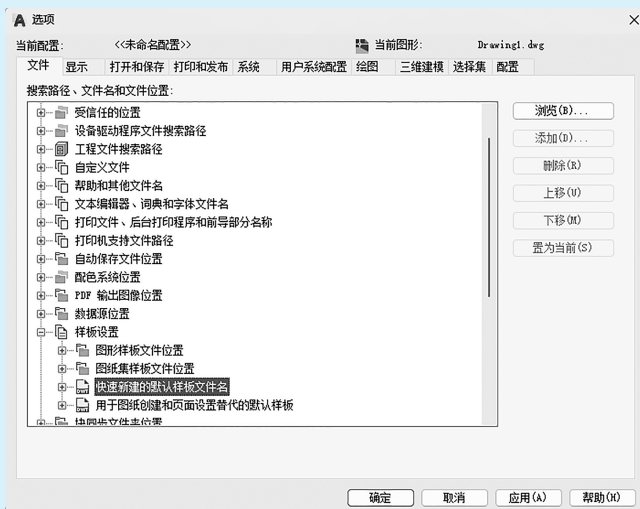


图 1-15 “文件”选项卡

在命令行进行以下操作。

命令: QNEW

执行上述命令后,系统会立即从所选的图形样板中创建新图形,而不显示任何对话框或提示。

1.2.2 保存文件

在 AutoCAD 2022 工作界面中,单击快速启动工具栏的“保存”按钮,选择“文件”→“保存”选项,使用快捷键<Ctrl+S>或在命令行窗口输入命令 qsave,均可保存文件。若文件已命名,则 AutoCAD 2022 自动保存;若文件未命名,则自动打开“图形另存为”对话框,可以命名保存。还可以在“文件类型”下拉列表框中选择保存文件的类型,如图 1-16 中①②所示。单击对话框上方“保存于(I)”后的下拉按钮,可选择想要保存的磁盘,还可修改默认的文件名 Drawing1.dwg 为想要的名字(扩展名.dwg 不能改,否则就打不开了),最后单击“保存”按钮,如图 1-16 中③~④所示。

在 AutoCAD 2022 工作界面中,选择“文件”→“另存为”选项,使用快捷键〈Ctrl+Shift+S〉或在命令行输入命令 saveas,都可以自动打开“图形另存为”对话框,可命名保存,并将当前图形更名。

1.2.3 打开图形文件

在 AutoCAD 2022 工作界面中,单击快速访问工具栏的“打开”按钮,选择“文件”→“打开”选项,使用快捷键〈Ctrl+O〉或在命令行输入命令 open,都可打开“选择文件”对话框,在“文件类型”下拉列表框中用户可选择图形(.dwg)、标准(.dws)、DX7(.dxf)、样板文件(.dwt),如图 1-17 中①②所示。选择要打开的文件,然后单击“打开”按钮,如图 1-17 中③④所示,则可打开该文件。



图 1-16 “图形另存为”对话框

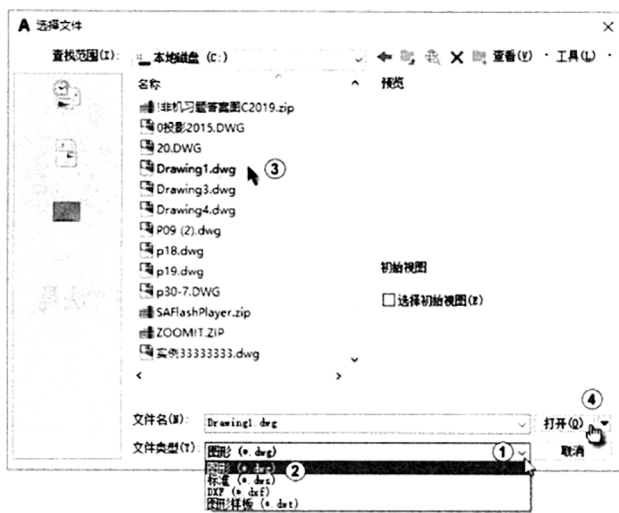


图 1-17 “选择文件”对话框

1.2.4 退出 AutoCAD

可通过如下几种方式来退出 AutoCAD 2022。

方法一:直接单击 AutoCAD 主窗口右上角的“关闭”按钮。

方法二:直接双击 AutoCAD 主窗口左上角的“应用程序”按钮。

方法三:选择“文件”→“退出”选项。

方法四:在命令行窗口中输入 quit (或 exit)。

如果在退出 AutoCAD 2022 时,当前的图形文件没有被保存,则系统将弹出提示对话框,提示用户在退出 AutoCAD 前保存或放弃对图形所做的修改,如图 1-18 所示。

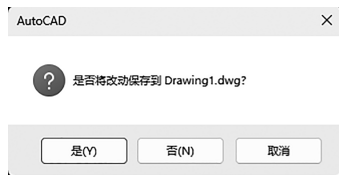
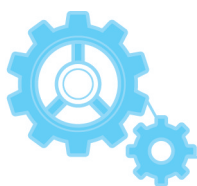


图 1-18 系统提示对话框



1.3 命令管理

AutoCAD 2022 的一切操作都是通过 AutoCAD 2022 的命令和系统变量来完成的。AutoCAD 2022 命令用于完成具体的操作，AutoCAD 2022 系统变量用于设置和记录 AutoCAD 2022 运行环境、状态和参数。

1.3.1 调用命令的方式

命令是指告诉系统如何操作的指令，以下常用的方法可以启动命令。

方法一：单击功能区中的按钮，系统就执行相应的命令，同时在状态栏中可以看到对应的命令说明和命令名。例如，启动直线命令，如图 1-19 中①所示。

方法二：单击“工具栏”中对应的按钮，如图 1-19 中②所示。

方法三：选择“绘图”→“直线”选项，如图 1-19 中③④所示。

方法四：在命令行窗口中输入命令，如图 1-19 中⑤所示。

鼠标的功能如图 1-20 所示。

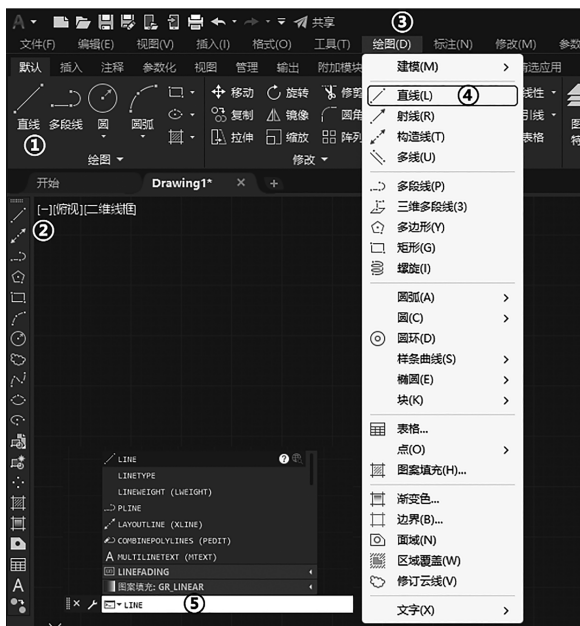


图 1-19 几种常用的方法可以启动命令

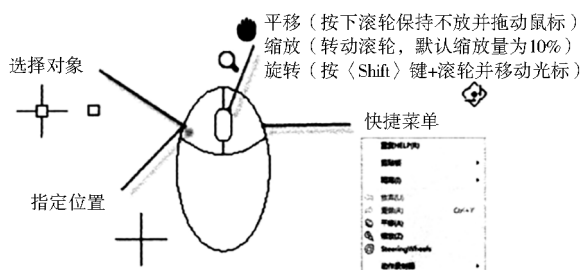
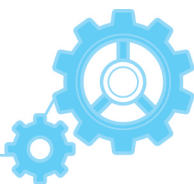


图 1-20 三键滚轮鼠标的功能

1.3.2 命令的取消、重复和重做

1. 命令的取消

在命令执行的任何时刻都可以按〈Esc〉键取消和终止命令的执行，也可以直接选择工具栏中的命令按钮或下拉菜单中的菜单项，同样可以中断正在执行的命令，并激活新的命令。按快捷键〈Ctrl+Z〉或工



作界面最上方的“放弃”按钮或输入 UNDO 撤销命令后按〈Enter〉键，均可以撤销刚刚执行的操作。

2. 命令的重复执行

若在命令执行完毕后再次执行该命令，可在命令行窗口中的“命令:”提示下按〈Enter〉键或空格键，还可以在绘图区中任意位置右击，从弹出的快捷菜单中选择刚执行过的命令。

3. 命令的重做

已被撤销的命令要恢复重做，可以恢复撤销的最后一个命令。

命令行：REDO（快捷命令：RE）。

菜单栏：选择菜单栏中的“编辑”→“重做”命令。

按快捷键〈Ctrl+Y〉或单击标准工具栏中的“重做”按钮或单击快速访问工具栏中的“重做”按钮，均可执行操作命令。

AutoCAD2022 可以一次执行多重放弃和重做操作。单击快速访问工具栏中的“放弃”按钮或“重做”按钮后面的小三角按钮，可以选择要放弃或重做的操作，如图 1-21 所示。



图 1-21 多重放弃选项

1.3.3 透明命令的使用

许多命令可以透明使用，即可以在使用另一个命令时，在命令行窗口中输入这些命令或单击相应的工具栏按钮，该命令执行后系统继续执行原命令。透明命令经常用于更改图形设置或显示选项。

不是所用的命令都能透明使用，可以透明使用的命令在透明使用时可单击工具栏按钮或在输入命令前输入单引号“'”。

1.4 数据的输入方法

常用的数据输入方法有用鼠标（直观但数据不精确）和用键盘（数据精确）两种。

1. 用鼠标拾取数据

当移动鼠标指针时，十字光标和状态行的坐标值随之变化。可以通过鼠标拾取光标中心作为一个点的数据输入。使用鼠标选择位置拾取数据比较直观。

2. 用键盘输入数据

键盘往往用于准确坐标数据的输入。键盘输入数据有 3 种方式：绝对坐标输入数据；相对坐标输入数据；极坐标输入数据。

1.4.1 点的输入

在 AutoCAD 2022 中，点的坐标可以用直角坐标、极坐标、球面坐标和柱面坐标表示，每一种坐标又



分别具有两种坐标输入方式，即绝对坐标和相对坐标。其中，直角坐标和极坐标最为常用，具体输入方法如下。

1. 直角坐标法

用点的 X 、 Y 坐标值表示的坐标。

在命令行中输入点的坐标“15, 18”，则表示输入了一个 X 、 Y 的坐标值分别为 15、18 的点，这是绝对坐标输入方式，表示该点的坐标是相对于当前坐标原点的坐标值，如图 1-22 (a) 所示。如果输入“@ 10, 20”，则为相对坐标输入方式，表示该点的坐标是相对于前一点的坐标值，如图 1-22 (b) 所示。

2. 极坐标法

用长度和角度表示的坐标，只能用来表示二维点的坐标。

在绝对坐标输入方式下，表示为“长度<角度”，如“25<50”，其中，长度表示该点到坐标原点的距离，角度表示该点到原点的连线与 X 轴正向的夹角，如图 1-22 (c) 所示。

在相对坐标输入方式下，表示为“@ 长度<角度”，如“@ 25<45”，其中，长度为该点到前一点的距离，角度为该点至前一点的连线与 X 轴正向的夹角，如图 1-22 (d) 所示。

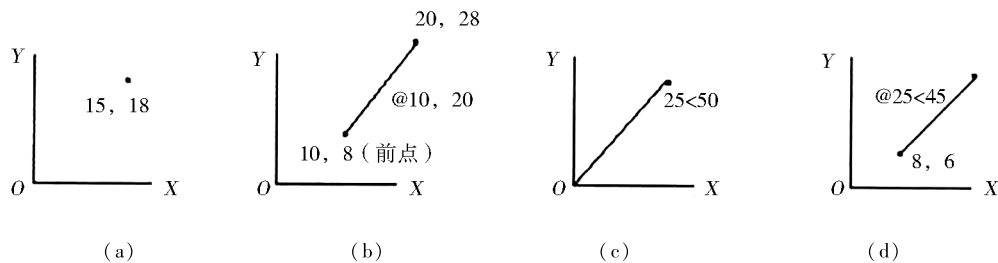


图 1-22 数据输入方法

1.4.2 距离值和角度值的输入

在 AutoCAD 命令中，有时需要提供高度、宽度、半径、长度等表示距离的值。AutoCAD 系统提供了两种输入距离值的方式，一种是用键盘在命令行中直接输入数值；另一种是在绘图区选择两点，以两点的距离值确定出所需数值。

角度值的输入和距离值的输入相似。一种是在命令行窗口或动态输入工具栏提示中输入数值；另一种是在工作界面上点取两点，以第一点到第二点连线与正 X 轴的夹角所需要数值。

1.4.3 动态数据的输入

单击状态栏中的“动态输入”按钮，系统打开动态输入功能，可以在绘图区动态地输入某些参数数据。例如，绘制直线时，在光标附近会动态地显示“指定第一个点:”，以及后面的坐标框。当前坐标框中显示的是目前光标所在位置，可以输入数据，两个数据之间以逗号隔开，如图 1-23 所示。指定第一点后，系统动态显示直线的角度，同时要求输入线段长度值，如图 1-24 所示，其输入效果与“@ 长度<角度”方式相同。



图 1-23 动态输入坐标值

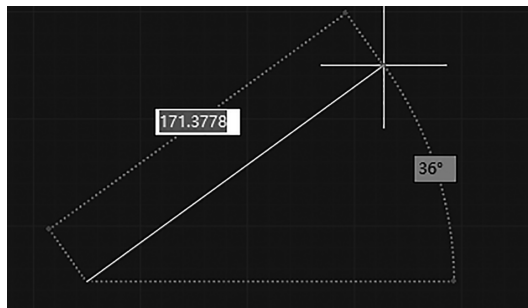


图 1-24 动态输入长度值

实训操作

一、实训名称

恢复最初界面分布和“选项”对话框。

二、实训开展

在使用过程中，如果不小心点错了将会改变原来的界面分布，可能会不方便使用，这时可将其恢复到安装时的界面分布。

1. 恢复最初界面分布

选择“工具”→“选项板”→“功能区”选项，如图 1-25 中①~③所示。

单击窗口左上方的“应用程序”按钮，再单击“选项”按钮，在弹出的“选项”对话框中选择“配置”选项，单击“重置”按钮，再单击“是”按钮，然后单击“确定”按钮，如图 1-26 中①~⑥所示。



图 1-25 关闭功能区

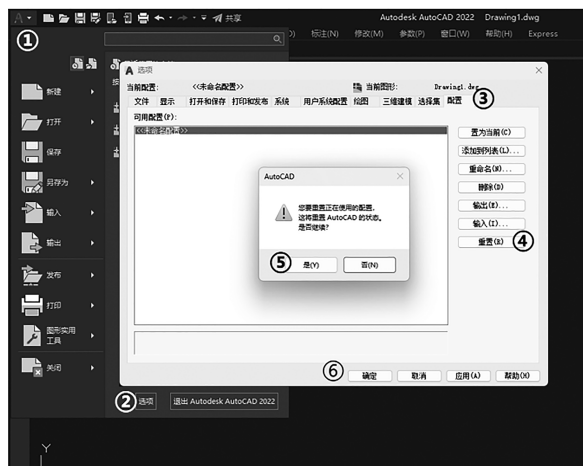


图 1-26 恢复到安装时的界面分布

2. “选项”对话框

“选项”对话框是设置一些常用操作（如颜色）的对话框，有以下几种方法可以将其调出来，一般掌握其中一两种即可。

方法一：在绘图区任意处右击，在弹出的快捷菜单中选择最下方的“选项”选项，如图 1-27 中①所示。系统弹出“选项”对话框，选择“显示”选项卡，单击“颜色主题 (M)”下拉按钮，选择“明”选项，如图 1-27 中②③所示。单击“颜色”按钮，在弹出的“图形窗口颜色”对话框中单击“颜色 (C)”下拉按钮，选择“白”选项，单击“应用并关闭”按钮，如图 1-27 中④~⑥所示。单击“选项”



对话框中的“确定”按钮，窗口及绘图区由黑色变为白色。

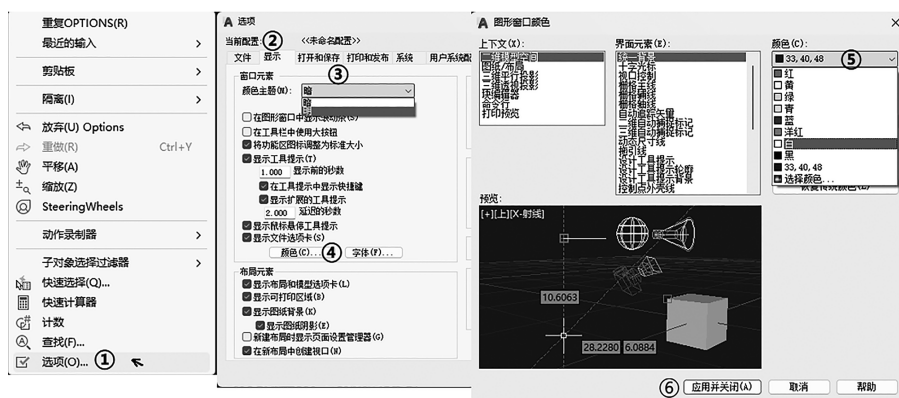


图 1-27 “选项”对话框

方法二：在命令行窗口输入 opt，按〈Enter〉键即可打开“选项”对话框。

方法三：在命令行窗口任意处右击，在弹出的快捷菜单中选择“选项”选项，如图 1-28 中①所示。

方法四：在“捕捉到图形栅格”按钮等处右击，在弹出的快捷菜单中选择“捕捉设置”选项，系统弹出“草图设置”对话框，单击其中的“选项”按钮，如图 1-28 中②~④所示。

方法五：选择“工具”→“选项”选项，如图 1-28 中⑤⑥所示。



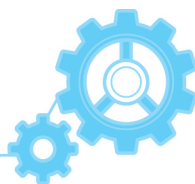
图 1-28 调出选项对话框

三、实训评价

展示活动完成情况，并完成如表 1-1 所示的考核评价表。

表 1-1 考核评价表

评价项目	评价内容	分值	评分/分		
			自评	互评	师评
职业素养考核项目（40%）	考勤、仪容仪表	10 分			
	安全意识、责任意识及服从意识	10 分			
	团队合作、沟通交流能力	10 分			
	维护教学设备及用具等干净整洁	10 分			
专业能力考核项目（60%）	积极参与教学活动并理解活动要求	20 分			
	认真搜集活动相关数据资料	20 分			
	实训操作符合规范，任务完成度	20 分			
合计：综合分数	自评（20%）+互评（20%）+师评（60%）	100 分			
综合评语	指导教师（签名）：				



思考练习

1. 通过本章节的学习,我懂得了:

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

2. 关于 AutoCAD 文件管理操作,我认为还可以从以下方面进行:

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

3. 关于 AutoCAD 基础知识,我有以下新思考:

- (1) _____
- (2) _____
- (3) _____

思政课堂

1936 年,英国密码破译者艾伦·图灵发明了图灵机器,它成为现代计算机的基础。20 世纪 40 年代末到 50 年代初,大型机计算被引入并投入商业。1961 年,著名的计算机科学家帕特里克·汉德瑞博士加入通用汽车研究实验室,并帮助开发 DAC (design automated by computer, 计算机设计自动化),而道格拉斯·T. 罗斯这位计算机科学先驱和计算机加工之父,创造了 CAD (computer aided design, 计算机辅助设计) 一词。

1971 年,帕特里克推出了 Cad 软件,称为自动绘图机械 (automated drafting and machinery) 或 Adam。据估计,今天 90% 的商业绘图软件都可以追溯到 Adam。1982 年,约翰·沃克创立了 Autodesk,并于同年晚些时候推出了第一个重要的计算机辅助设计程序 AutoCAD,改变世界的 AutoCAD 正式诞生。

从 2000 年到 2010 年,CAD 不断取得进步,包括基于网络的 AutoCAD 移动版本。该程序提高了设计的精度和效率,减少了手工绘图的错误和重复工作。CAD 软件可以帮助设计师更快速地进行设计方案的调整和修改,节省了时间和成本。

第2章

制图的基本知识

章节概述

工程图样是工程技术人员表达设计思想、进行技术交流的工具，是指导生产的重要技术文件。为了便于生产和进行技术交流，必须对图样的表达方式、尺寸注法以及所采用的符号等建立一个统一的制图标准，技术制图与机械制图国家标准起到了统一工程语言的作用。国家标准分强制性国家标准（代号为“GB”）、推荐性国家标准（代号为“GB/T”）和国家标准化指导性技术文件（代号为“GB/Z”）。每一个工程技术人员都必须树立标准化的观念，严格遵守和认真执行国家标准。

学习目标

●知识目标

- 熟悉制图国家标准相关内容。
- 了解常用绘图工具的使用方法。
- 理解徒手绘图的相关要求与方法。

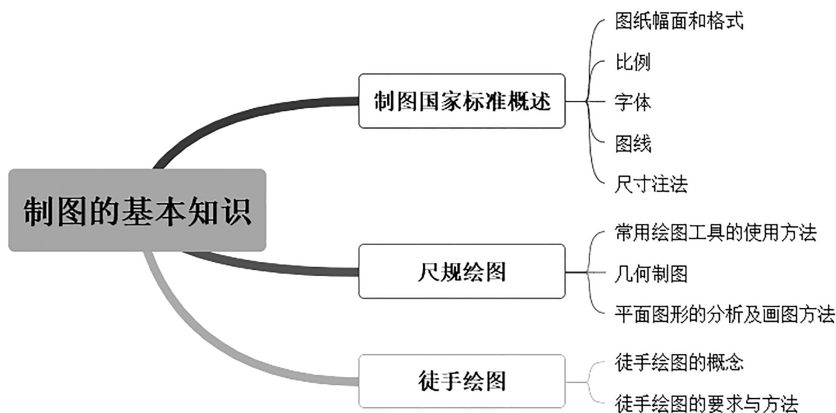
●技能目标

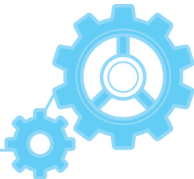
能够使用尺规进行绘图，掌握常用绘图工具的使用方法，以及几何制图和平面图形的分析及画图方法。

●素质目标

培养学生细致耐心的品质，能够在制图过程中保持专注和耐心，确保绘图的准确性和质量。

思维导图





2.1 制图国家标准概述

2.1.1 图纸幅面和格式（技术制图 GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

图纸幅面是指图纸宽度与长度组成的幅面。绘制图样时，优先采用表 2-1 中规定的基本幅面。必要时，按规定加长幅面。加长幅面的尺寸是由基本幅面的短边成整数倍增加后形成的，如图 2-1 所示。图中粗实线为基本幅面（第一选择），细实线为加长幅面（第二选择），虚线为加长幅面（第三选择）。



制图国家标准概述

表 2-1 图纸幅面（单位：mm）

图纸幅面	幅面代号	尺寸 $B \times L$
基本幅面（第一选择）	A0	841×1189
	A1	594×841
	A2	420×594
	A3	297×420
	A4	210×297
加长幅面（第二选择）	A3×3	420×891
	A3×4	420×1189
	A4×3	297×630
	A4×4	297×841
	A4×5	297×1051
加长幅面（第三选择）	A0×2	1189×1682
	A0×3	1189×2523
	A1×3	841×1783
	A1×4	841×2378
	A2×3	594×1261
	A2×4	594×1682
加长幅面（第三选择）	A2×5	594×2102
	A3×5	420×1486
	A3×6	420×1783
	A3×7	420×2080
	A4×6	297×1261
	A4×7	297×1471
	A4×8	297×1682
	A4×9	297×1892

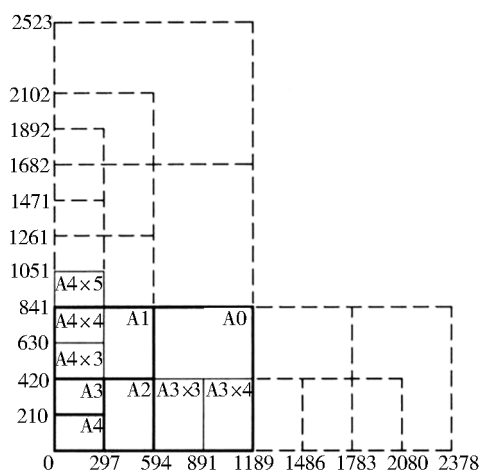
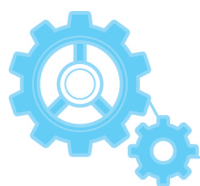


图 2-1 图纸的幅面尺寸

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线画出图框，格式可分为不留装订边（图 2-2）和留装订边（图 2-3）两种，其尺寸按表 2-2 的规定。装订时可采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。

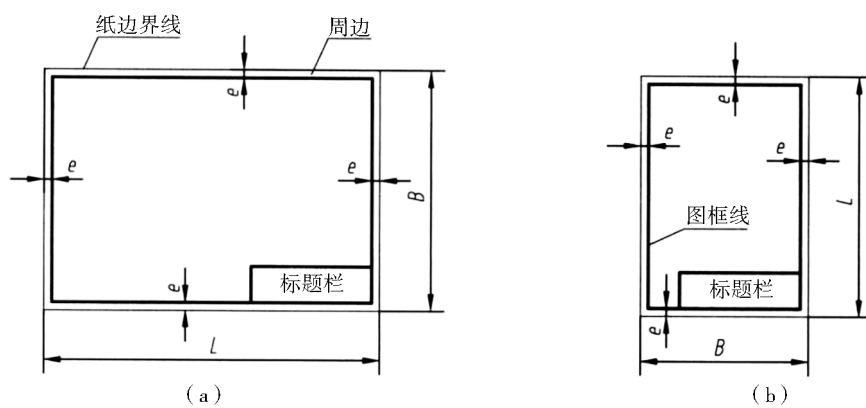


图 2-2 不留装订边的图框格式

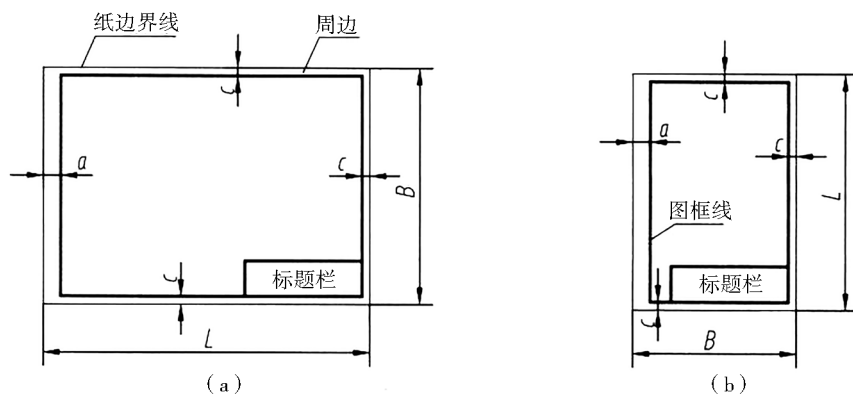


图 2-3 留装订边的图框格式

表 2-2 图框尺寸 (单位: mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e	20		10		
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,A2×3 的图框尺寸按 A1 的图框尺寸确定,即 e 为 20, c 为 10。

3. 标题栏

标题栏是由名称及代号区、签字区、更改区和其他区组成的栏目。标题栏位于图纸的右下角,其格式和尺寸由 GB/T 10609. 1—1989 规定,图 2-4 所示是该标准提供的标题栏格式。

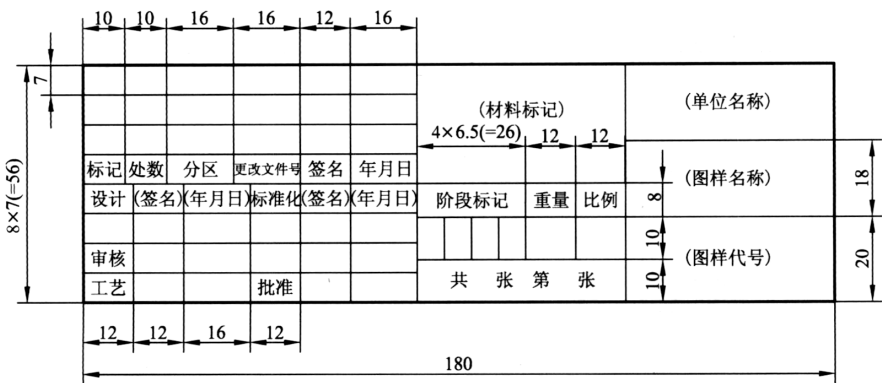


图 2-4 国家标准规定的标题栏格式

日常教学中可以使用简化的零件图标题栏和装配图标题栏,如图 2-5 所示。

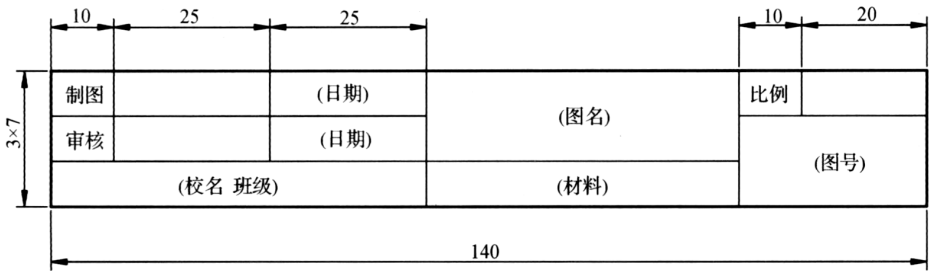


图 2-5 教学中制图作业采用的标题栏格式

标题栏的外框为粗实线,内框为细实线,底边和右边与图幅的边框重合。一般情况下,看标题栏的方向即为看图方向。当 A4 图幅横放或其他图幅竖放时,须加方向符号。另外为了复制或微缩摄影时定位方便,应在图纸各边长的中点处绘制对中符号(对中符号是从周边画入图框内 5 mm 的一段粗实线)。方向符号及对中符号如图 2-6 所示。

4. 投影符号

第一角画法或第三角画法的识别符号如图 2-7 (a) (b) 所示。符号的尺寸比例如图 2-7 (c) 所示。投影符号中的线型用粗实线(线宽不小于 0.5 mm)和细点画线绘制。

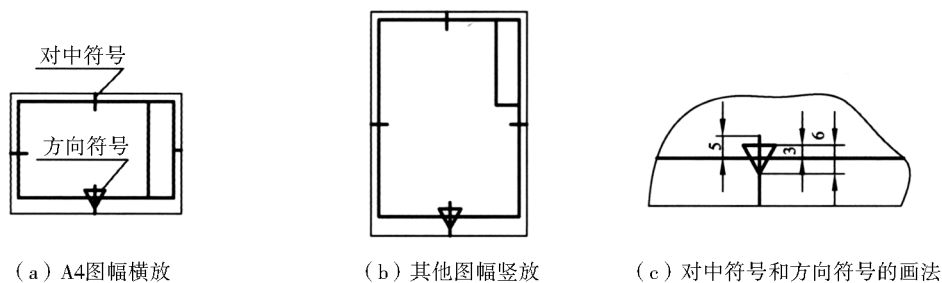
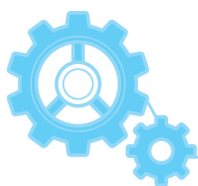


图 2-6 方向符号与对中符号

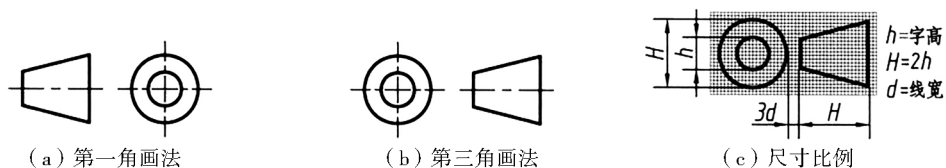


图 2-7 投影识别符号



小提示

投影符号一般放置在标题栏中名称及代号区的下方。当采用第一角画法时，可以省略标注。

2.1.2 比例（技术制图 GB/T 14690—1993）

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。图形画得与相应实物大小一样时，称为原值比例；比相应实物大时，称为放大比例；比相应实物小时，称为缩小比例。

1. 比例的选择

绘制图样时，应从表 2-3 规定的系列中选取适当的比例。

表 2-3 绘图的比例

种类	比例							
原值比例	1 : 1							
放大比例	2 : 1	2.5 : 1	4 : 1	5 : 1				
	$2 \times 10^n : 1$	$2.5 \times 10^n : 1$	$4 \times 10^n : 1$	$5 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$			
缩小比例	1 : 1.5	1 : 2	1 : 2.5	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6	1 : 10
	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$	$1 : 1 \times 10^n$

注：(1) n 为正整数。

(2) 粗字体为优先选用的比例，其他比例为必要时允许选用的比例。

为了更清晰地展示图纸上的机件形体，建议尽可能按照实物的实际大小进行 1 : 1 比例的绘图。如果机件过大或过小，可考虑使用适当的缩小或放大比例。无论采用何种比例，图中的尺寸应准确标注，与图形的大小无关。参考图 2-8 可看出不同比例绘图的效果。

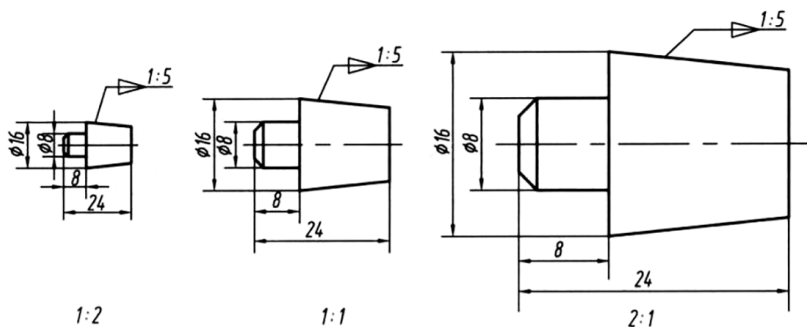
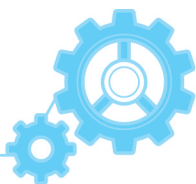


图 2-8 不同比例绘制的图形

2. 比例的标注方法

绘制同一物体的各个视图时，应尽可能采用同一比例，此时可将比例值统一填写在标题栏的比例栏中。当某个视图需要采用不同比例绘制时，可在视图名称下方或右侧标注出来，如 $\frac{I}{2:1}$ 、 $\frac{A-A}{2.5:1}$ 等。

2.1.3 字体（技术制图 GB/T 14691—1993）

字体是技术制图中的一个重要组成部分。国家标准规定了图样上汉字、字母、数字的书写规范。书写字体的基本要求与原则是：字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。

1. 字高

字体的号数代表了字体的高度（ h ），其公称尺寸系列有 1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5 mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm。若需要书写更大的字，则字体高度按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

2. 汉字

应写为长仿宋体，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。汉字高度不应小于 3.5 mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

3. 字母和数字

字母和数字可写成直体与斜体两种。斜体字头向右倾斜，与水平线成 75° ，分 A 型（笔画宽为 $h/14$ ）和 B 型（笔画宽为 $h/10$ ）。

在同一图样中，只允许选用一种形式的字体。

2.1.4 图线（机械制图 GB/T 4457.4—2002）

1. 图线形式

机械制图 GB/T 4457.4—2002 所规定的线型及其应用见表 2-4。绘制机械工程图样应使用表 2-4 中规定的线型。

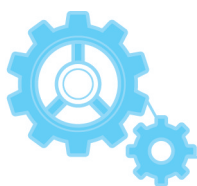


表 2-4 机械制图的线型及其应用

图线名称	线型	图线宽度	主要用途及线型长度	
粗实线		d	可见轮廓线、可见棱边线等	
细实线		$0.5d$	尺寸线和尺寸界线、剖面线、重合断面的轮廓线	
细虚线		$0.5d$	不可见轮廓线、不可见棱边线	画长 $12d$; 短间隔长 $3d$
粗虚线		d	允许表面处理的表示线	
细点画线		$0.5d$	轴线、对称中心线	长画长 $24d$; 短间隔长 $3d$; 点长 $0.5d$
粗点画线		d	限定范围的表示线	
细双点画线		$0.5d$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、轨迹线	
波浪线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图和剖视图的分界线	
双折线		$0.5d$	断裂处的边界线、视图和剖视图的分界线	

机械工程图样中应采用两种图线宽度，称为粗线和细线。粗线的宽度为 d ，细线的宽度约为 $d/2$ ，线宽 d 的尺寸系列为 0.13 mm、0.18 mm、0.25 mm、0.35 mm、0.5 mm、0.7 mm、1 mm、1.4 mm、2 mm，优先采用 0.5 mm 或 0.7 mm，在同一图样中，同类图线的宽度应一致。

2. 图线画法

画圆的中心线时，圆心应是点画线中长划的交点，点画线的划两端应超出轮廓 2~5 mm；较小的图形，如小圆，其中心线可用细实线代替，如图 2-9 所示。

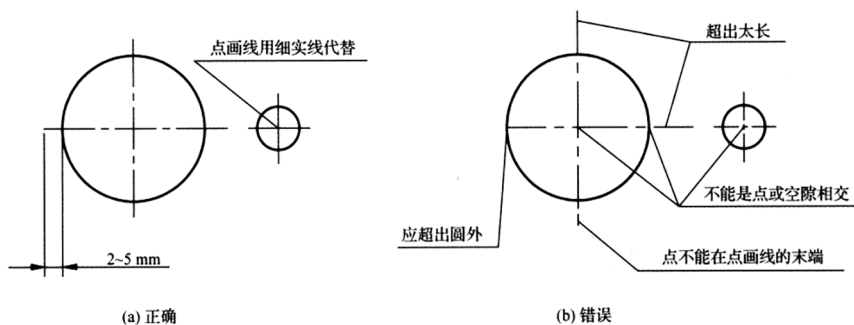


图 2-9 图中心线的画法

虚线、点画线与其他图线相交时，应是线段相交，不得留有空隙；若虚线为粗实线的延长线时，虚线应留出空隙，如图 2-10 所示。

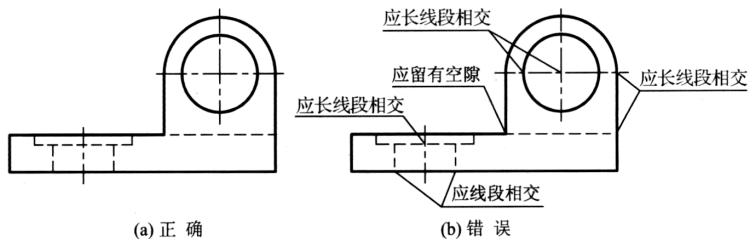
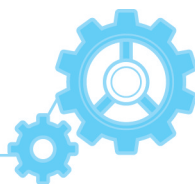


图 2-10 图线相交的画法



小提示

多种图线重合，按粗实线、虚线、点画线的优先顺序绘制。

2.1.5 尺寸注法 (机械制图 GB/T 4458.4—2003 和技术制图 GB/T 16675.2—2012)

图样上的视图只能呈现物体的形态，物体各部分的实际大小和准确位置需要通过标注尺寸来确定。尺寸标注可以配合图形来表达物体的形状。

1. 基本规则

- ① 机件的真实大小应以图样上所注尺寸为依据，与绘图比例及绘图的准确度无关。
- ② 图样中（包括技术要求和其他说明）的尺寸，以毫米为单位时，不需标注单位符号（或名称）。若采用其他单位，须注明相应单位符号（或名称）。
- ③ 图样中所注的尺寸，为该图样所示机件的最后完工尺寸，否则应另加说明。
- ④ 机件的每一个尺寸，一般只标注一次，应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成

组成尺寸的要素有尺寸界线、尺寸线、尺寸数字。

(1) 尺寸界线

尺寸界线是用细实线表示的，用于标明尺寸标注的范围。尺寸界线通常由图形的轮廓线、轴线或对称中心线延伸而来，并且也可以利用它们作为尺寸界线，如图 2-11 所示。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时才允许倾斜，如图 2-12 所示。当表示曲线轮廓上各点的坐标时，可将尺寸线或其延长线作为尺寸界线，如图 2-13 所示。

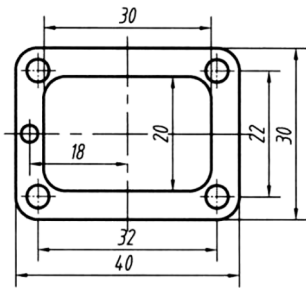


图 2-11 尺寸界线的画法

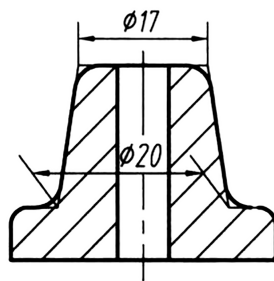


图 2-12 尺寸界线与尺寸线斜交的注法

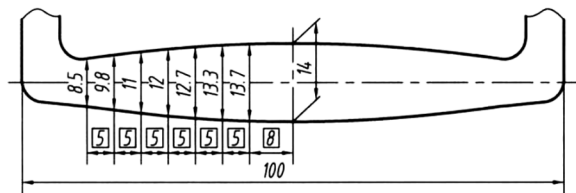
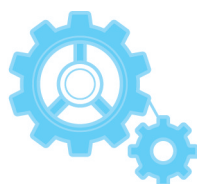


图 2-13 曲线轮廓的尺寸注法

(2) 尺寸线

尺寸线表明尺寸度量的方向，必须单独用细实线画出，不能用其他图线代替。标注线性尺寸时，尺



寸线必须与所标注的线段平行。同一图样中，尺寸线与轮廓线以及尺寸线与尺寸线之间的距离应大致相同，一般为 7 mm 左右。

机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端，其尖端应与尺寸界线接触。



小提示

当尺寸线与尺寸界线互相垂直时，同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。

(3) 尺寸数字

尺寸数字表明尺寸的大小，应按国家标准规定的字体形式书写，尺寸数字不可被任何图线通过，否则应将图线断开（图 2-14）。同一张图样中，尺寸数字的字高要一致。

尺寸界线、尺寸线、尺寸数字的综合标注方法和要求如图 2-15 所示。

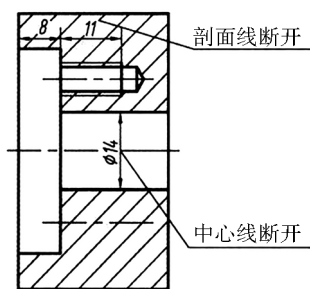


图 2-14 尺寸数字不被任何图线通过

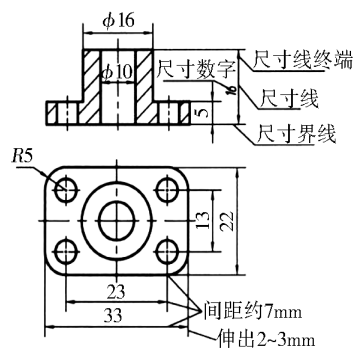


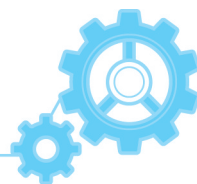
图 2-15 尺寸要素及注法

3. 标注尺寸的符号及缩写词

国家标准还规定了一些注写在尺寸数字旁边的符号及缩写词，可参考表 2-5。

表 2-5 标注尺寸的符号及缩写词

符号	含义	符号	含义
ϕ	直径	∇	深度
R	半径	$\sphericalangle$	埋头孔
$S\phi$ SR	球直径、球半径	$\sqcap$	沉孔或铤平
EQS	均布	$\frown$	弧长
$\angle$	45°侧角	$\nlessgtr$	斜度
t	厚度	Δ	锥度
$\square$	正方形	ρ	展开长

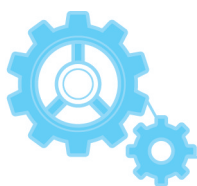


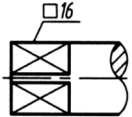
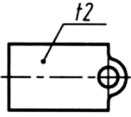
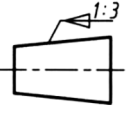
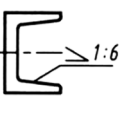
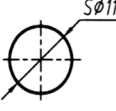
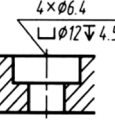
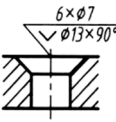
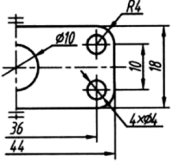
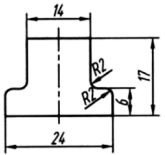
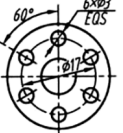
4. 尺寸标注示例

尺寸标注示例见表 2-6。

表 2-6 尺寸标注示例

内容	图例及说明
尺寸线 终端形式	d 为粗实线线宽, h 为尺寸数字字高。机械图样中一般采用箭头, 而斜线主要用于建筑制图
线性尺寸 数字方向	当尺寸线在图示打网线的 30° 范围内时, 可采用右边四种形式标注
线性尺寸注法	垂直方向尺寸一般采用第一种方法注写, 同一张图中标注形式要统一 必要时尺寸界线与尺寸线允许倾斜
圆及圆弧 尺寸注法	圆的数字前面加注“ϕ”。当尺寸一端无法画箭头时, 尺寸线要超过圆心一段 圆弧半径数字前面加注“R”。半径尺寸线一般要通过圆心 当半径尺寸由其他尺寸确定时, 应标出“R”, 但不标注尺寸数字 简化注法中圆弧及圆弧尺寸用其尺寸线的注法, 依次注写的尺寸数字与箭头指向一致
小尺寸的注法	在没有足够位置画箭头或注写数字时, 可按上图形式标注



内容	图例及说明
尺寸数字前面的符号	 正方形边长16mm  板厚2mm  锥度1:3  斜度1:6
	 圆球直径为11mm  倒角宽度为1mm, 角度为45°  表示沉孔φ12mm、深4.5mm  表示埋头孔φ13mm×90°
对称机件的尺寸注法	 对称机件的图形只画1/2时, 尺寸线应超过中心线一段。图中4×φ4表示有4个φ4mm的孔  分布在对称线两侧的相同结构, 可只标注其中一侧的结构尺寸  对圆周上均匀分布的孔按图中方法标注。图中“6×φ3EQS”表示6个φ3mm的孔均布
角度和弧长尺寸的标注	 角度的尺寸界线应沿径向引出, 尺寸线画成圆弧, 其圆心是该角的顶点。角度的尺寸一律水平书写  弧长的尺寸线是该圆弧的同心弧, 尺寸界线平行于对应弧长的垂直平分线。“~”表示弧长

5. 不需要标注的尺寸

(1) 图示尺寸

由图形所表明的一些理想状态的几何关系, 如表面的相互平行和垂直、轮廓的相切、几个圆柱的共轴线以及形状和位置的对称、相同要素的均匀分布等, 可视为图示已表明了尺寸。若无特殊要求, 均按图示几何关系处理, 不必标注。如图 2-16 所示, 半圆柱与两侧面相切, 两侧面平行, $\phi 15$ mm 孔与 $R13$ 圆弧同心, 两个 $\phi 6$ mm 小孔对称于中轴线都不必标注或说明。下部板宽尺寸自然应为 26 mm, 也不必标注。

(2) 自明尺寸

图 2-17 所示机件用 $t2$ 标注方式表明其为厚 2 mm 的薄板, 可不再画第二个视图, 圆板上的孔均理解为通孔。八个 $\phi 4$ mm 孔的分布情况在图中已明确表明, 可不标出孔的角度的定位尺寸和“EQS”(均布) 字样。

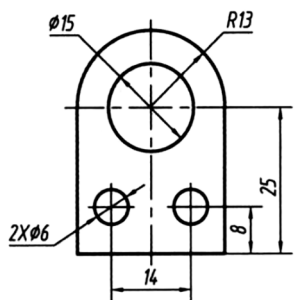


图 2-16 不需标注的图示尺寸

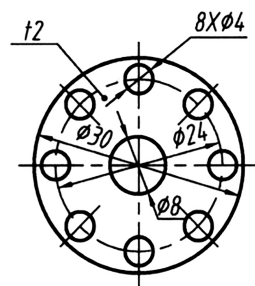
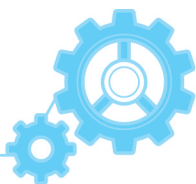


图 2-17 不需标注的自明尺寸



2.2 尺规绘图

图样绘制按使用工具的不同,可分为尺规绘图、徒手绘图和计算机绘图。尺规绘图是借助图板、丁字尺、三角板和绘图仪器进行手工绘图的一种方法,为保证绘图质量、提高绘图速度,必须掌握绘图工具及仪器的正确使用方法。

2.2.1 常用绘图工具的使用方法

1. 图板及丁字尺

图板是用来铺放图纸的矩形木板,要求表面平坦光洁,因左右两边为导边,所以必须平直,如图 2-18 所示。

丁字尺由尺头和尺身构成。尺头的内侧和尺身工作边必须垂直。画图时,应使尺头始终紧靠图板左侧的导边。上下移动可画出一组水平线。画水平线必须自左向右画,如图 2-19 所示。

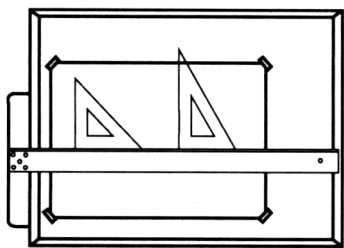


图 2-18 贴图纸方法

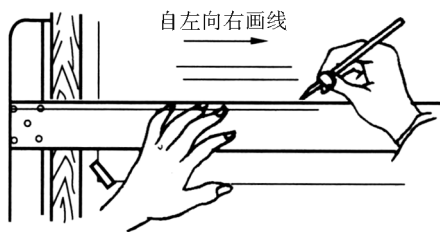


图 2-19 丁字尺画水平线

2. 三角板

三角板可用于画直线,也可与丁字尺配合画出与水平线成 90° 、 60° 、 45° 、 30° 、 15° 、 75° 的直线,如图 2-20 所示。

3. 圆规和分规

在使用圆规前,应先调整针脚,使针尖略长于铅芯,圆规的铅芯最好磨成铲状。画圆弧时,应将圆规向前进方向稍微倾斜;画较大圆弧时,可加上延长杆,应使圆规两脚都与纸面垂直。

分规主要用于量取尺寸和截取线段,分规的两腿均装有钢针,当分规两脚合拢时,两针尖应合成一点。

4. 曲线板

曲线板用来描绘非圆曲线。首先徒手用铅笔把曲线上的一系列点顺次连接起来,然后选择曲线板上曲线率合适的部分与徒手连接的曲线重合。分几段逐步描深,每段应至少通过曲线上 3 个点。每两段曲线之间应有一小段搭接,这样才能使所画曲线光滑过渡,如图 2-21 所示。

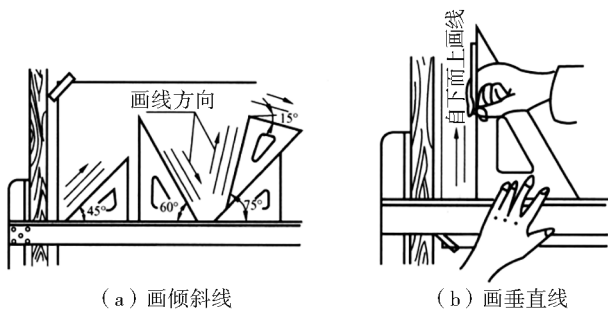


图 2-20 丁字尺、三角板的配合使用

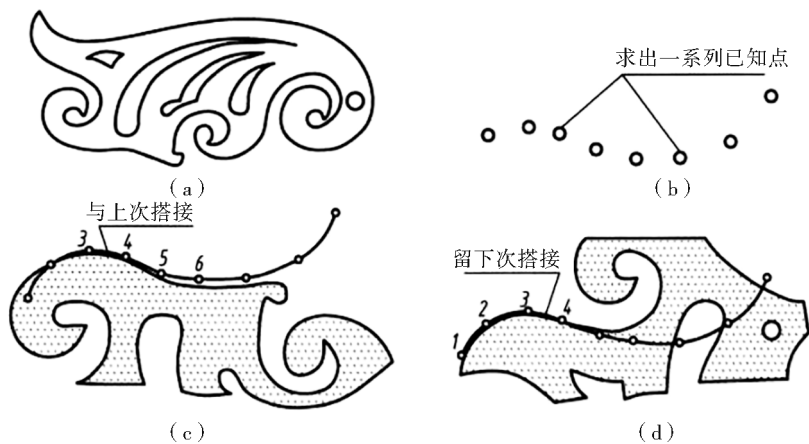
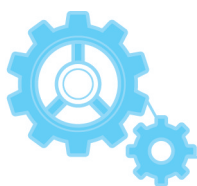


图 2-21 曲线板的用法

5. 铅笔

铅笔是绘制图线的主要工具。根据铅芯软硬程度不同分为 B~6B、HB 和 H~6H 共 13 种规格。画图时，建议用 2H 或 H 铅笔画细线或打底稿，用 HB 铅笔写字，用 B 铅笔画粗实线，画圆的铅芯应比画线的铅芯软一号。

削铅笔时应削没有标号的一端，铅笔常用的削制形状有锥形和矩形，锥形用于写字和画细实线，矩形用于画粗实线，如图 2-22 所示。

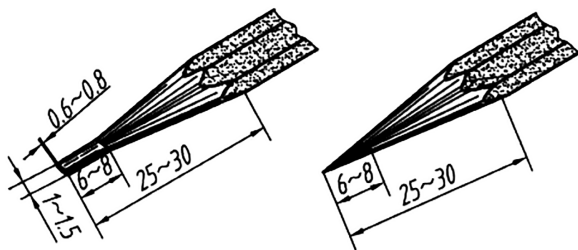


图 2-22 铅笔的削制形状



小提示

画线时，铅笔可略向画线前进方向倾斜，尽量让铅笔靠近尺面。画线时用力要均匀，匀速前进。为了使所画的线宽均匀，推荐使用不同直径标准笔芯的自动铅笔。

2.2.2 几何制图

工程图样的图形是由直线、圆弧和其他曲线组成的几何图形。因此，熟练掌握几何图形的作图方法，是提高绘图速度、保证图面质量的基本条件之一。

1. 圆内接正多边形

作水平半径 ON 的中点 M ，以 M 为圆心、 MA 为半径作圆弧，得点 H ，以 AH 为边长即可作出圆内接正五边形，如图 2-23 (a) 所示。用 60° 三角板配合丁字尺通过水平直径的端点作四条边，再用丁字尺作上、下水平边即可得到圆内接正六边形。也可以圆的半径用圆规等分圆周得到，如图 2-23 (b) 所示。 n

等分铅垂直径 AN (图中 $n=7$)，以 N 为圆心、 AN 为半径作圆弧，得点 M ，连接 M 点与等分偶数点 (或奇数点) 并延长得正 n 边形顶点 B 、 C 、 D ，即可作出圆内接正 n 边形，如图 2-23 (c) 所示。

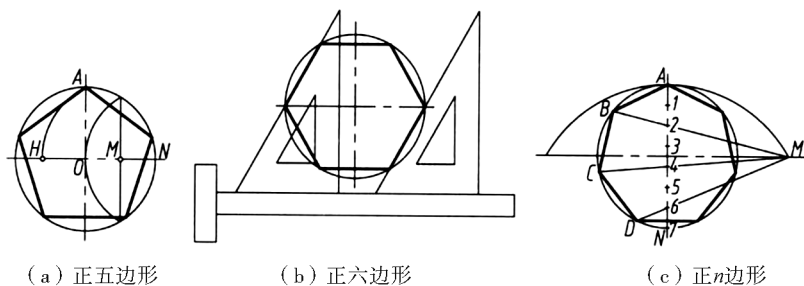


图 2-23 圆内接正多边形

2. 斜度与锥度

(1) 斜度

斜度是指一直线 (平面) 对另一直线 (平面) 的倾斜程度，其大小一般用两直线 (或两平面) 间夹角的正切来表示，如图 2-24 (a) 所示，即

$$\tan \alpha = \frac{H}{L}$$

通常在图样上都是将比例化成 $1:n$ 的形式加以标注，如图 2-24 (c) 所示，并在其前面加上斜度符号 “ $\angle$ ”，画法如图 2-24 (b) 所示，图中 h 为字体高度，且符号斜线的方向应与斜度方向一致。

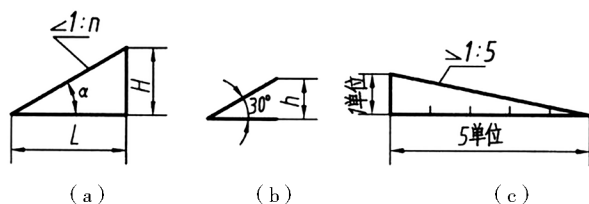


图 2-24 斜度定义、画法、标注

(2) 锥度

锥度是正圆锥体底圆直径与圆锥高度之比。如果是圆台，则是底圆直径和顶圆直径之差与高度之比，如图 2-25 (a) 所示，即

$$\text{锥度} = \frac{D}{L} = \frac{D-d}{l}$$

通常，锥度也可以 $1:n$ 的形式加以标注，如图 2-25 (c) 所示，并在前面加上锥度符号，如图 2-25 (b) 所示。

图 2-25 (d) 为锥度 $1:5$ 的作法。先作锥度为 $1:5$ 的圆锥 sab ，再过点 A 、 B 作直线分别平行于如 sa 、 sb ，然后以尺寸 48 截取。

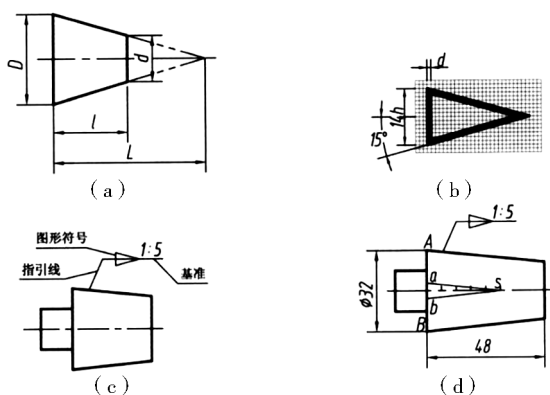


图 2-25 锥度定义、画法、标注

3. 圆弧连接

圆弧连接在机械零件的外形轮廓中常常见到。用一已知半径的圆弧 (连接弧) 同时光滑连接两已知



线段（直线或圆弧），称为圆弧连接。圆弧连接的作图要点是根据已知条件，准确地定出连接弧的圆心和连接点（切点）。

（1）圆弧连接的基本作图原理

与已知直线相切，半径为 R 的圆弧的圆心轨迹是与已知直线平行且距离等于 R 的平行直线，其切点是选定的圆心向已知直线所作垂线的垂足，如图 2-26（a）所示。

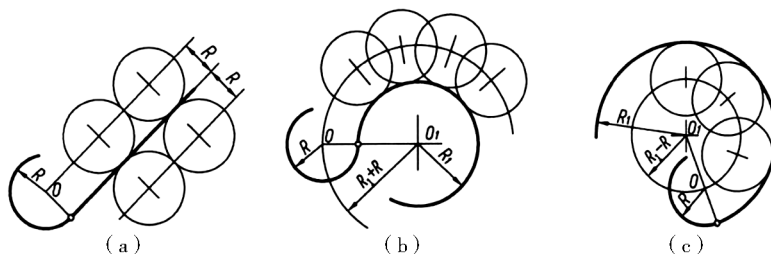


图 2-26 圆弧连接的作图原理

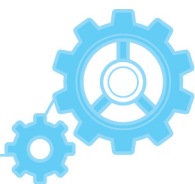
与已知圆弧（圆心为 O_1 ，半径为 R_1 ）外切（或内切）的半径为 R 的圆弧，其圆心轨迹是以 O_1 为圆心，以 R_1+R （或 R_1-R ）为半径的已知圆弧的同心圆。切点是选定圆心 O 与 O_1 的连心线（或其延长线）与已知圆弧的交点，如图 2-26（b）（c）所示。

（2）圆弧连接的作图方法

各种圆弧连接的方法可参考表 2-7。

表 2-7 圆弧连接

连接要求	作图方法和步骤		
	求圆心	求切点 M 、 N	画连接圆弧
连接相交两直线			
连接一直线和一圆弧			
内接两圆弧			
外接两圆弧			
内外接两圆弧			



4. 椭圆的画法

椭圆为常见的非圆曲线。在已知长、短轴的条件下，通常采用四心圆法和同心圆法作椭圆。

(1) 四心圆法作图

若已知椭圆长、短轴 AB 、 CD ，如图 2-27 所示，用四心圆法作椭圆的步骤如下。

过 O 作长轴 AB 和短轴 CD ，连长轴端点 AC ；截取 $OA=OE$ ，然后以 C 为圆心、 CE 为半径画弧交 AC 于 F ，如图 2-27 (a) 所示。

作 AF 的中垂线交长轴于 O_1 ，交短轴于 O_2 ，找出 O_1 、 O_2 的对称点 O_3 、 O_4 ，连 O_2O_1 、 O_2O_3 、 O_4O_1 、 O_4O_3 并延长，如图 2-27 (b) 所示。

分别以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 为圆心，以 $O_1A=O_3B$ ， $O_2C=O_4D$ 为半径画弧，这四段圆弧就拼成了近似椭圆。 K 、 L 、 M 、 N 为大小圆弧的切点，如图 2-27 (c) 所示。

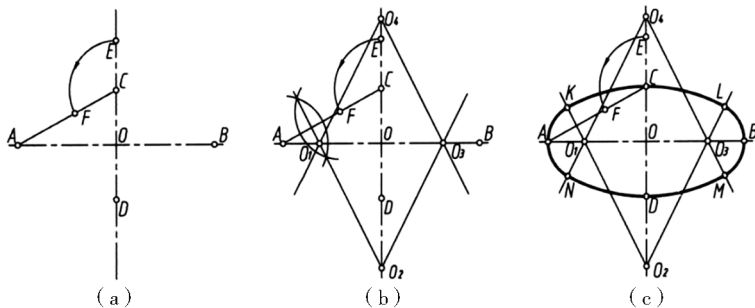


图 2-27 四心圆法作近似椭圆

(2) 同心圆法作图

若已知椭圆长、短轴 AB 、 CD ，用同心圆法作椭圆的步骤如图 2-28 所示。

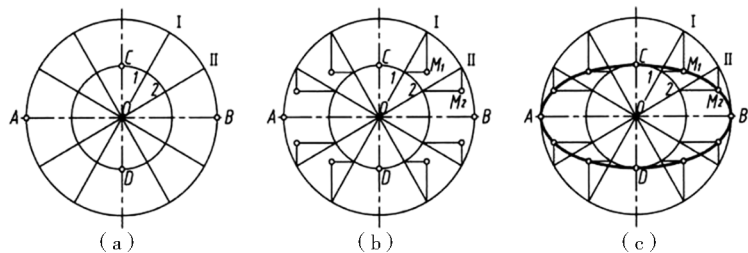


图 2-28 同心圆法作椭圆

2.2.3 平面图形的分析及画图方法

平面图形通常由很多线段连接而成，画图时先要进行尺寸分析和线段分析，以便确定平面图形是否可以画出，以及确定画图的先后顺序。

1. 平面图形的尺寸分析

(1) 尺寸基准

标注定位尺寸的起点称为基准。一般以图形的对称中心线、较大圆弧的对称中心线、较大圆的圆心或图形中的主要直线作为基准，如图 2-29 (a) 所示。

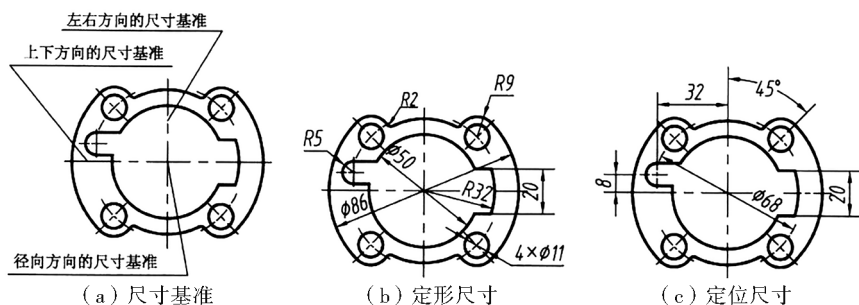
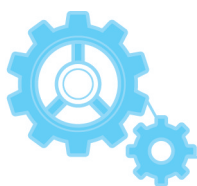


图 2-29 平面图形的尺寸分析和标注

(2) 定形尺寸

定形尺寸是确定组成平面图形中各部分形状大小的尺寸,如图 2-29 (b) 中的 $R2$ 、 $R5$ 、 $R9$ 、 $R32$ 、 $\phi 86$ 、 $\phi 50$ 、 $4 \times \phi 11$ 、 20 。

(3) 定位尺寸

定位尺寸是确定平面图形中各部分之间相对位置的尺寸,如图 2-29 (c) 中的 8 、 32 、 $\phi 68$ 、 45° 、 20 。有的尺寸既可看作定形尺寸,又可看作定位尺寸,具有两种功能,如图 2-29 (c) 中的 20 。

通常情况下,一个简单的平面图形需要在两个方向上进行定位尺寸。如果某个图形具有对称中心线,并且在某一方向上与整个图形的对称中心线重合,那么该对称中心线就是基准,此时该方向上的定位尺寸为零,无需标注。

2. 平面图形的线段分析

平面图形是根据给定的尺寸绘成的。图形中线段的类型与给定的尺寸密切相关,根据给出定位尺寸的完整与否,可分为三大类。

(1) 已知线段

定形尺寸和定位尺寸齐全的线段,称为已知线段,如图 2-30 (a) 中的 $\phi 5$ 、 $R15$ 、 $R10$ 、 $\phi 20$ 、 15 。已知线段可以直接画出,如图 2-30 (b) 所示。

(2) 中间线段

给出定形尺寸,而定位尺寸不全的线段,称为中间线段,如图 2-30 (a) 中的 $R50$ 。中

间线段不能直接画出,但可根据与其他线段的连接关系画出,如图 2-30 (c) 所示。

(3) 连接线段

只给出定形尺寸,没有定位尺寸的线段,如图 2-30 (a) 中的 $R12$ 。连接线段只能在与其两端相连的线段画出后,根据连接关系才能画出,如图 2-30 (d) 所示。

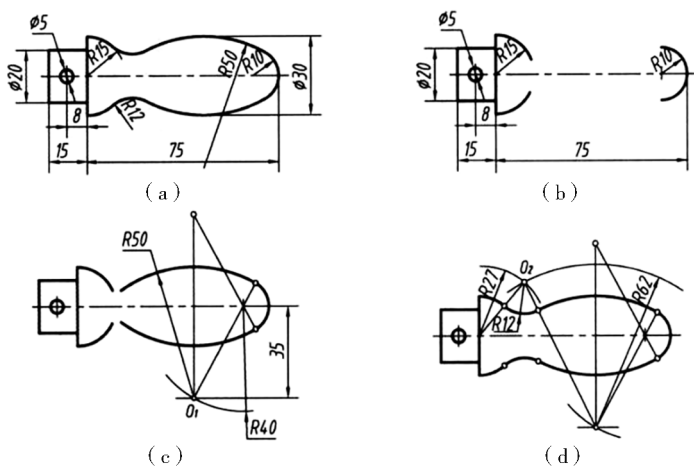


图 2-30 手柄的线段分析及作图

3. 平面图形的画法

现以图 2-31 所示的起重钩为例说明平面图形的画图方法及步骤。首先根据所标注的尺寸,分析构成起重钩的各条线段的类型,确定画图的先后顺序,并画出基准线和定位线。其具体作图过程如下。

①定图形的中心线,画已知线段,如图 2-32 所示。

②画中间线段 $R40$ 、 $R23$,如图 2-33 所示。

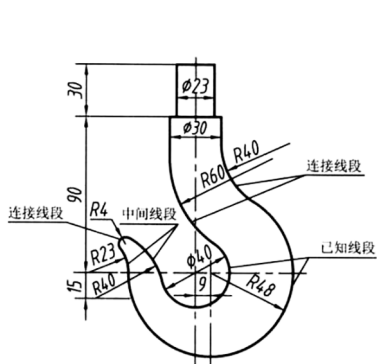


图 2-31 起重钩

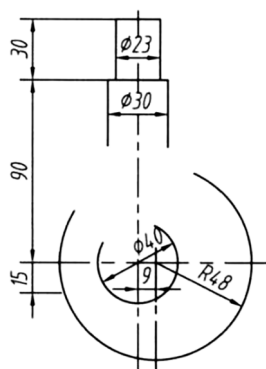


图 2-32 定中心线

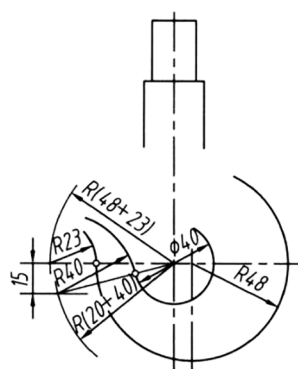


图 2-33 画中间线段

③画连接线段 $R40$ 、 $R60$ 、 $R4$ ，如图 2-34 所示。

④擦掉多余线段，描深，完成全图，标注尺寸，如图 2-35 所示。

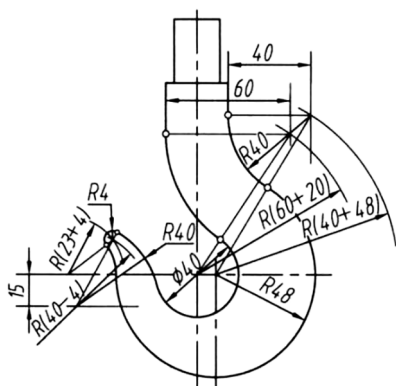


图 2-34 画连接线段

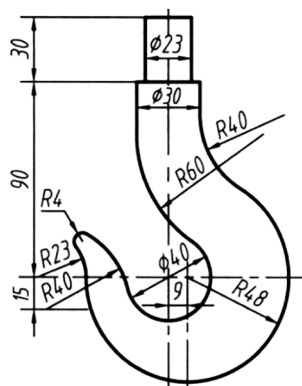


图 2-35 完成标注尺寸

4. 平面图形的尺寸标注

(1) 标注平面图形尺寸的基本要求

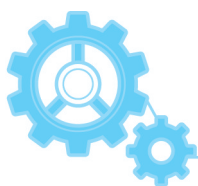
- ①正确。所标注的尺寸要符合国家标准关于尺寸标注的基本规定。
- ②完整。所标注的各几何要素的定形尺寸和各几何要素之间的定位尺寸要齐全，不重复，不遗漏，不多不少正好。
- ③清晰。尺寸标注在明显的位置上，布局合理，排列整齐，醒目易找。

(2) 标注平面图形尺寸的步骤

- ①根据图形的特征，确定尺寸基准。
- ②分析确定线段的类别，根据线段的类别来考虑给定尺寸。

线段连接的一般规律是：在两个已知线段之间可以有任意条中间线段（也可没有），但必须有，也只能有一个连接线段。

- ③标注已知线段的定形尺寸和两个定位尺寸（含图示自明尺寸，定位尺寸为零时不标）。
- ④标注中间线段的定形尺寸和一个定位尺寸。
- ⑤标注连接线段的定形尺寸。



尺规绘图的方法及步骤

1. 绘图前的准备工作

首先准备好绘图用的图板、丁字尺、三角板并擦干净，将铅笔及圆规铅芯按绘制不同的线型削好。

2. 固定图纸

确定要绘制的图样以后，按其大小和比例，选择图纸幅面。用三角板和丁字尺对准图纸的水平边与竖直边，然后用胶带纸固定四个角。

3. 画图框和标题栏

按要求画出图框和标题栏。注意不要急于将图框和标题栏中的粗实线描黑，留与图中的粗实线一同描深，以免抹黑弄脏图纸。

4. 布置图形位置

布置图形要美观、均匀，注意留有标注尺寸的位置。画基准线、定位线。

5. 画底稿图

先画图形主要轮廓线，最后画细节，如小孔、槽和圆角等。画底稿时要做到“轻、准、快”。“轻”是要用 H 或 2H 的铅笔削尖轻轻画出全部图形，切记不要边画边描深；“准”是各视图的表达要准确，投影关系要正确；“快”是要尽量提高绘图速度，点画线、虚线可用极淡的细实线代替以提高绘图速度和描黑的图纸质量。

6. 检查加深

加深前，应仔细检查图形是否有画错、漏画的图线，并及时修正，擦去多余线，确定无误后再加深，加深的顺序一般是自上而下，由左向右，先加深粗线后加深细线，先加深曲线后加深直线。

7. 标注尺寸，填写标题栏

尺寸线、尺寸界线可先打底稿，再加深。箭头和尺寸数字要一次完成，不要先打底稿。按要求书写其他文字，填写标题栏。

2.3 徒手绘图

2.3.1 徒手绘图的概念

徒手绘图是指不借助绘图工具，以目测估计形状大小，徒手绘制图样。徒手图也称为草图，这种图主要用于初步设计阶段，如现场测绘、设计方案讨论或技术交流。工程技术人员必须具备徒手绘图的能力。由于计算机绘图的普及，草图的应用也越来越广泛。尺规绘图、计算机绘图、徒手绘图成为三种主要绘图手段。