

普通高等院校机电工程类规划教材

机械工程制图AutoCAD 3D 实体造型实例教程 (第2版)

梁 萍 张胜霞 陈天星 编著

清华大学出版社

普通高等院校机电工程类规划教材

机械工程制图 AutoCAD 3D 实体 造型实例教程

(第 2 版)

梁 萍 张胜霞 陈天星 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 提 要

本书结合机械制图教学,以 AutoCAD 三维实体造型为主,详细介绍了机械制图中各类实体的建模方法,同时也介绍了二维视图的绘制方法。

全书分 11 章,第 1~3 章主要介绍 AutoCAD 的基础知识、机械图样板的创建、二维绘图功能以及机件二维轮廓图的绘制与尺寸标注;第 4~9 章主要介绍 AutoCAD 三维实体造型功能,包括三维绘图基础以及立体的截切与相贯、组合体、剖切实体、标准件与常用件、零件与部件的三维造型方法,并介绍了怎样从三维实体模型获取其二维视图的方法以及零件图与装配图的绘制方法;第 10~11 章主要介绍其他类型实体的造型方法,并简单介绍了如何生成渲染图以及输出图形。每一章后都附有练习供读者上机实践。

本书可作为《机械制图》课程的配套教材,供本、专科机械类及近机类学生学习使用,也可作为工程技术人员及计算机爱好者的自学参考资料。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

机械工程制图 AutoCAD 3D 实体造型实例教程/梁萍,张胜霞,陈天星编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2009.9

(普通高等院校机电工程类规划教材)

ISBN 978-7-302-21064-1

I. 机… II. ①梁… ②张… ③陈… III. 机械制图:计算机制图—应用软件,AutoCAD 3D—高等学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 166342 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:

装 订 者:

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.75

字 数:354 千字

版 次:2009 年 9 月第 2 版

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~ 000

定 价: .00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:

前 言

以前学习机械制图课程时,主要是用手工绘制二维视图,即使加入 AutoCAD 绘图,也大都只是使用它的二维绘图功能绘制二维图形。但这门课的难点,并不是绘制二维视图,而是由较抽象的二维视图想象出机件的三维空间形状,这在学习立体的截交线、相贯线以及组合体读图等内容时尤为突出。学生从二维视图上往往很难想象出立体被截切或相贯时的三维真实形状。同样,对结构较复杂机件的平面视图,同学们也难以想象出它的立体形状,因此做作业时困难较大,学习兴趣也受到影响。由此看来,学生缺乏的是空间想象能力。因此,本书试着从三维入手,利用三维绘图软件首先学习三维立体图的绘制,使读者通过三维立体图对机件有一定的感性认识,再结合二维视图,对读图中不易看懂的难点部分,在三维立体图中仔细观察其具体形状,了解它们在二维视图中的投影画法。相信通过大量的上机实践,读者的空间想象能力和读图能力一定会大有提高,同时也能培养读者的三维造型能力和创新能力。

另外,使用 AutoCAD 的二维绘图功能绘制机件的二维视图,也有诸多不便。例如在绘制机件的三视图时,为了使 3 个视图保持“长对正、高平齐、宽相等”的三等原则,往往需绘制许多辅助线,增加绘图的繁琐程度,且易出错;要保持各视图正确的投影关系,则要求学生应有较高的读图能力。除此之外,绘图准确度也大打折扣,如在二维图上绘制相贯线,也只能是近似画出,并不能如实反映三维曲线在投影图中的正确投影。为了解决上述问题,我们同样可以先绘制机件的三维实体图,再由三维实体图自动生成二维视图,这样得到的二维视图肯定是所绘三维实体的真实反映,从而避免了一些人为的错误。

随着计算机硬件性能和软件功能的不断提高,计算机三维绘图技术已日趋成熟,各种三维造型设计软件经过不断升级,功能亦都大大增强。目前,常用的三维造型软件主要有 AutoCAD、MDT、Pro/Engineer、UG 等。本书使用 AutoCAD 作为三维建模工具,虽然 AutoCAD 在上述几种软件中三维造型功能较弱,对形状复杂的形体难以构建,且不便修改,但简单易学,容易掌握,上手快,这点对初学者来说尤为重要。另外 AutoCAD 的二维绘图功能强大,在绘制平面图形、尺寸和文字标注等方面有一定优势。

AutoCAD 是美国 Autodesk 公司推出的,在国内外广泛使用的微机平台 CAD 软件包。AutoCAD 从最初的二维绘图功能发展到现在,已经是一个集三维设计、渲染及通用数据库管理功能为一体的计算机辅助设计软件包。它与 3DMAX、Photoshop 等软件相配合,还可以做出效果真实的动画和效果图。同时,AutoCAD 还为用户提供了 AutoLISP 语言、ADS、VBA、Active X 和 Object ARX 等强大的开发工具。本书第 2 版采用 AutoCAD 2008 版本。

为了提高读者的三维构形能力以及读图能力,本书通过大量实例和练习,引导读者由简单到复杂,逐步学习和掌握立体截切、立体相交、组合体、剖切体、标准件、典型零件以及装配体的基本建模方法;同时掌握从三维实体模型获取二维视图并生成标准工程图样的方法。为了进一步拓宽读者的空间想象力和培养设计构形能力,本书最后还介绍了其他类型模型的建模技巧。

本书在第 1 版基础上改编而成,除修改了原书中个别笔误外,还新增加了一些内容,如自定义线型、二维图形整理等,并介绍了 AutoCAD 2008 中文版的相关内容。

本书由梁萍(第 3~9 章)、张胜霞(第 10、11 章)和陈天星(第 1、2 章)编写,由于时间仓促,编者的水平有限,书中的不妥之处在所难免,敬请使用本书的读者批评指正。

编 者
2009 年 9 月

目 录

第 1 章 AutoCAD 2008 基础知识	1
1.1 熟悉 AutoCAD 2008 的界面	1
1.1.1 启动 AutoCAD 2008	1
1.1.2 熟悉 AutoCAD 2008 的主界面	1
1.2 图形文件的创建与保存	4
1.3 AutoCAD 命令与参数的输入方法	6
1.3.1 命令的输入	6
1.3.2 参数的输入	6
1.3.3 命令中的符号解释及输入技巧	7
1.4 AutoCAD 辅助绘图功能	7
1.4.1 Snap(栅格捕捉)与 Grid(栅格显示)命令	7
1.4.2 正交绘图模式	8
1.4.3 对象捕捉功能	9
1.5 动态输入	11
1.6 AutoCAD 的对象选择方式	12
1.7 图形显示控制	13
1.7.1 Zoom(缩放)命令	13
1.7.2 Pan(视图平移)命令	14
1.7.3 重新生成视图	14
1.8 对象特性编辑	14
1.9 特性匹配	15
1.10 AutoCAD 设计中心	16
练习	16
第 2 章 创建机械图样板	17
2.1 图层、颜色及线型	17
2.1.1 图层的概念	17
2.1.2 图层的设置	18
2.1.3 自定义线型	20
2.2 字体	22
2.2.1 设置字体样式	22
2.2.2 文本输入与修改	24
2.3 尺寸标注样式	26
2.4 绘制图框和标题栏	29
2.4.1 图纸幅面的设置	29

2.4.2 绘制图框	30
2.4.3 绘制标题栏	32
练习	33
第 3 章 AutoCAD 二维绘图——机件轮廓图	34
3.1 AutoCAD 二维绘图命令	34
3.2 AutoCAD 二维编辑命令	38
3.3 几何作图	47
3.4 机件轮廓图绘制实例及尺寸标注	48
练习	61
第 4 章 AutoCAD 三维实体建模——三维建模基础	62
4.1 三维模型分类	62
4.2 创建三维模型的绘图环境	63
4.3 坐标系变换	64
4.4 模型空间和图纸空间	66
4.5 三维视图的转换(View)	67
4.6 多视口设置(Vports)	67
4.7 视觉样式	69
练习	70
第 5 章 AutoCAD 三维实体建模——立体的截切与相交	71
5.1 三维实体建模与编辑命令简介	71
5.2 三维实体建模——立体的截切	74
5.2.1 平面立体的截切	74
5.2.2 曲面立体的截切	81
5.3 由三维实体模型获取二维视图	95
5.3.1 由 Solprof 命令获取三维实体模型的二维轮廓图	95
5.3.2 由 Solview 和 Soldraw 命令获取三维实体模型的二维轮廓图	98
5.3.3 整理二维视图	103
5.4 三维实体建模——两立体相交	105
练习	113
第 6 章 AutoCAD 三维实体建模——组合体	116
6.1 以叠加为主的组合体建模	116
6.2 以切割为主的组合体建模	127
6.3 叠加、切割综合型的组合体建模	137
6.4 组合体轴测图的尺寸标注	143
练习	144
第 7 章 AutoCAD 三维实体建模——剖切实体	147
7.1 由三维实体模型获取斜视图和全剖视图	147
7.1.1 由三维实体模型获取斜视图	147
7.1.2 由三维实体模型获取全剖视图	150

7.2	由三维实体模型生成断面图	152
7.3	由三维实体模型获取其他类型的剖视图	152
7.4	创建轴测剖视图	154
7.5	剖切实体建模实例	155
	练习	156
第 8 章	AutoCAD 三维实体建模——标准件与常用件	159
8.1	弹簧建模	159
8.1.1	圆柱螺旋压缩弹簧各部分的名称及尺寸关系	159
8.1.2	弹簧建模实例	160
8.2	螺纹紧固件建模	162
8.3	齿轮建模	164
	练习	165
第 9 章	AutoCAD 三维实体建模——零件图和装配图	166
9.1	典型零件的建模	166
9.1.1	轴套类和盘盖类零件的建模方法	166
9.1.2	叉架类零件和箱体类零件的建模方法	167
9.2	零件图的内容	171
9.2.1	表面粗糙度的标注方法	171
9.2.2	尺寸公差的标注方法	175
9.2.3	形状和位置公差的标注方法	176
9.3	三维实体装配图	177
9.4	装配图的内容	180
	练习	182
第 10 章	AutoCAD 三维实体造型——其他实例	188
10.1	三轮童车实例	188
10.2	台灯实例	210
第 11 章	图形渲染及输出	217
11.1	渲染	217
11.2	图形输出	221


第 1 章 AutoCAD 2008 基础知识

1.1 熟悉 AutoCAD 2008 的界面

1.1.1 启动 AutoCAD 2008

以下是最常用的两种 AutoCAD 2008 启动方式。

1. 桌面快捷方式

安装完成 AutoCAD 2008 后,Windows 桌面上会添加一个快捷方式图标,双击它就可以启动 AutoCAD 2008。

2. 开始菜单

安装完成 AutoCAD 2008 后,在“开始”菜单中的“程序”项目里创建了一个名为 Autodesk 的程序组,单击其中的 AutoCAD 2008 Simplified Chinese→AutoCAD 2008 选项也可以启动 AutoCAD 2008。

1.1.2 熟悉 AutoCAD 2008 的主界面

AutoCAD 2008 有三种工作空间,即“AutoCAD 经典”、“二维草图与注释”和“三维建模”。默认为“AutoCAD 经典”工作空间,它用于传统的二维图形绘制。

开始一张新图时,AutoCAD 2008 的主界面如图 1-1 所示,包括标题栏、菜单栏、工具栏、绘图区、命令提示区、状态栏及工具选项板等。



图 1-1 AutoCAD 2008 经典工作空间主界面

1. 标题栏

标题栏位于主界面的最上方,显示当前正在运行的软件名和文件名。

2. 菜单栏

标题栏的下方为菜单栏(下拉菜单),它包括“文件”、“编辑”、“视图”、“插入”、“格式”、“工具”、“绘图”、“标注”、“修改”、“窗口”、“帮助”11个菜单项。AutoCAD 2008 所有的功能设置和绘图指令都可以在这里完成。

3. 工具栏

AutoCAD 将一些常用的命令按功能分类,放在不同的工具栏中,只需用鼠标单击就可以完成相应操作,从而省去了使用下拉菜单及输入命令的繁琐过程。如果鼠标在工具栏的图标按钮上停留片刻,则会显示相应的命令名,同时状态行中将显示该图标按钮的功能说明和命令名称,如图 1-2 所示。



图 1-2 工具按钮名提示

可以根据绘图需要,自行定义屏幕上出现哪些工具栏以及工具栏中有哪些按钮。

(1) 自行定义屏幕上出现工具栏的方法:把鼠标放在任意一个已经打开的工具栏上按下鼠标右键,即可打开工具栏下拉菜单并进行选择,如图 1-3 所示。

(2) 在现有工具栏中添加图标按钮的方法:单击工具栏下拉菜单最后一项“自定义”或“视图”下拉菜单→“工具栏”,打开“自定义用户界面”窗口,并在“命令”栏中找到所添图标按钮的名称,将该命令拖放到现有工具栏即可。图 1-4 所示为把“修改”类型中的“拉长”命令添加到“修改”工具栏中。

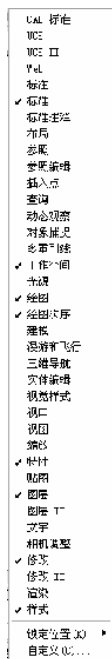



图 1-3 工具栏下拉菜单



图 1-4 在现有工具栏中添加按钮

用鼠标拖动工具栏的边框,可以将其拖至屏幕上的任意位置。单击状态行中的图标或工具栏下拉菜单的“锁定位置”选项→“全部”→“锁定”,可以锁定各工具栏的位置。

4. 绘图区

主界面的中央部分为绘图区域,每一个被打开的图形文件都有一个绘图窗口,鼠标在绘图窗口中呈十字光标状。绘图窗口的左下角是坐标系图标,X轴水平向右,Y轴垂直向上,Z轴垂直于计算机屏幕向外。绘图窗口的左下方有一个模型空间和两个图纸布局的选项卡,可以在不同的空间中进行切换。


绘图区的尺寸可根据需要通过设置绘图界限命令 Limits 进行设置,也可根据自己的喜好重新选择绘图区的背景色,方法是:选取下拉菜单“工具”→“选项”或在绘图区内单击鼠标右键,在弹出的快捷菜单中选择“选项”,系统弹出“选项”对话框,在“显示”选项卡中单击按钮,即可在弹出的“图形窗口颜色”对话框的“颜色”下拉列表框中选择自己喜欢的颜色作为绘图区的背景色,如图 1-5 所示。



图 1-5 选择背景颜色

5. 命令提示区

命令提示区用来输入命令、参数等信息,如绘制圆时,需输入圆心的位置和半径。虽然大多数命令已有相应的菜单及图标工具,但有一些命令却只能由这里输入,如系统变量命令等。

6. 状态栏

在屏幕的下方为状态栏,状态栏的左侧动态显示当前十字光标的坐标位置,右侧则是 10 个开关按钮,包括捕捉、正交、极轴、对象捕捉、对象追踪、DUCS、DYN、线宽、模型、注释比例 1:1 等。

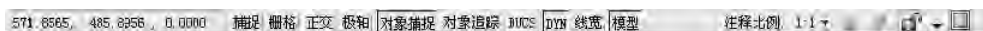


图 1-6 状态栏

7. 工具选项板

工具选项板提供了一种用来组织、共享和放置块、图案填充及其他工具的有效方法,是一个十分有效的辅助设计工具。在工具选项板的“机械”选项卡中,列出了一些常用的机械图形块,绘制机械图样时,可以用鼠标拖曳的方式将其拖到绘图窗口中放置,以节省绘图时间,提高工作效率。图 1-7 所示为将“六角螺母-公制”拖至绘图窗口,并改变其大小。

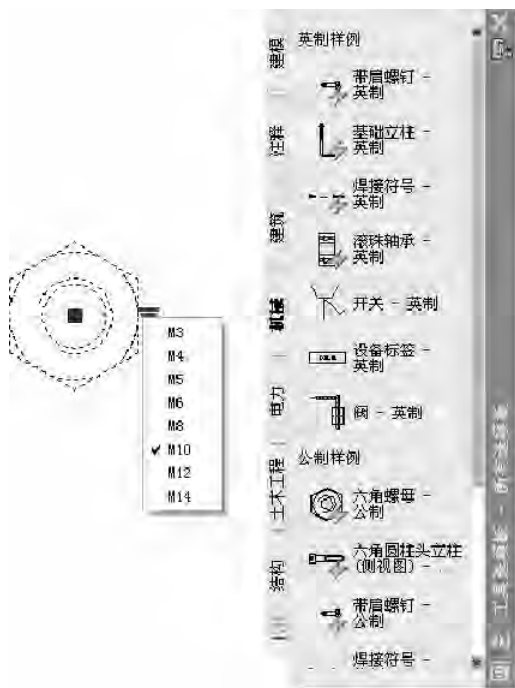



图 1-7 工具选项板

1.2 图形文件的创建与保存

1. 新建文件

通过“文件”主菜单中的“新建”选项或“标准”工具栏上的  按钮,都可创建一张新图,默认名为“Drawing1.dwg”,此时系统弹出“选择样板”对话框,如图 1-8 所示。

在“选择样板”对话框中选取所需样板文件创建新图,系统默认的样板文件为“acadiso.dwt”。虽然 AutoCAD 2008 提供了一些机械、建筑、电子等行业的模板,但它在机械方面的模板并不符合我国机械制图标准,因此需创建自己的机械图纸模板,这将在后面的章节中介绍。

2. 打开已有文件


通过“文件”主菜单中的“打开”选项或“标准”工具栏上的  按钮,都可打开一个已有的图形文件,此时系统弹出“选择文件”对话框,如图 1-9 所示。在该对话框中选取所需图形文件即可。



图 1-8 “选择样板”对话框



图 1-9 “选择文件”对话框

3. 保存文件


通过“文件”主菜单中的“保存”选项或“标准”工具栏上的  按钮，都可保存当前图形文件。通过“文件”主菜单中的“另存为”选项，还可将文件以新文件名存入指定的文件夹，同时可以选择不同的 AutoCAD 文件类型，如 AutoCAD 2004 版本图形、图形样板“.dwt”等，如图 1-10 所示。



图 1-10 AutoCAD 文件类型

另外,单击“工具”下拉菜单→“选项”,在弹出的“选项”对话框的“打开和保存”选项卡中,可以设置文件保存时的有效格式、系统自动保存的时间间隔,以及是否创建副本等。如图 1-11 所示。

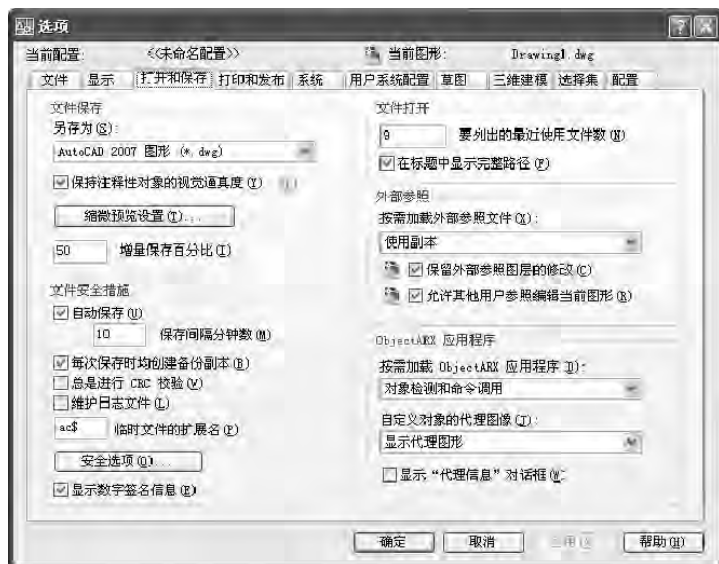


图 1-11 “打开和保存”选项卡

1.3 AutoCAD 命令与参数的输入方法

1.3.1 命令的输入


1. 在命令提示区输入

所有命令均可在命令提示区的“命令:”后通过键盘输入。如绘制直线,则为“命令: Line ↵”,“Line”为键盘输入,字母不分大小写,按 Enter 键或 Space 键后执行命令。

2. 使用下拉菜单

每一个主菜单项都对应一个下拉菜单,单击下拉菜单中的命令选项即可。如绘制直线,则选择“绘图”→“直线”命令。如命令选项后有 ▾ 符号,则表示有下一级菜单。

3. 使用图标工具栏

AutoCAD 中提供了许多工具栏,大都是常用的绘图和编辑命令。只需单击工具栏上的图标,就可输入命令,这也是绘图中最方便、最常用的命令输入方式。如绘制直线,只需单击“绘图”工具栏上的  按钮即可。

1.3.2 参数的输入

当输入一个命令后,通常还需要提供命令执行时所需的附加信息,如用 Line 命令画线时,则需输入线段的起点和终点坐标值。系统在需要输入信息时,就会立即在命令提示区给出提示,告诉用户所需信息的内容,如点的坐标、距离及角度等。

1. 点的输入

当命令提示区要求输入点的坐标时,有以下几种输入方式。

- 绝对直角坐标: 点的绝对坐标指该点相对于坐标原点的值。例如“20,40”表示该点的 X 坐标为 20,Y 坐标为 40。
- 相对直角坐标: 在点坐标前加“@”,表示所输入的是与上一点的相对坐标距离。如上次输入的点坐标为“20,40”,现输入“@10,-10”,则该点的绝对坐标为(30,30)。若要重复上次输入的点坐标,只需输入“@”,它与“@0,0”相同。
- 绝对极坐标: 从坐标原点出发,指定一个距离和角度,格式为“距离<角度”。例如“10<45”表示从坐标原点到这一点的距离为 10,角度为 45°。
- 相对极坐标: 从前一点出发,指定一个距离和角度,格式为“@距离<角度”。例如“@10<45”表示从前一点到这一点的距离为 10,角度为 45°。

2. 距离和数值的输入

当命令提示区要求输入一个距离或数值时,如长度、宽度、高度、半径等,则可直接输入一个数值,如 15,+20,-45。

3. 角度的输入



AutoCAD 中的角度一般以度为单位,角度的增加以逆时针方向计算,正东为 0°。以上设置可用 UNITS 命令或“格式”→“单位”重新设置。

4. 位移量的输入

当将图形作平移或复制操作时,需输入位移量。位移量的输入有以下两种方法。

- 用鼠标或键盘直接给出基点和第二点的位置,两点间的距离即为位移量;
- 当系统要求输入基点位置时,直接输入 X、Y 和 Z 方向的位移量,要求输入第二点时,直接按 Enter 键即可。

1.3.3 命令中的符号解释及输入技巧

- “/”分隔符号: 分隔命令选项,大写字母表示该选项的缩写。例如,Line 命令的提示“指定下一点或[闭合(C)/放弃(U)]:”,输入“C”封闭直线,输入“U”则撤销上一步操作。
- “<>”默认值符号: 该括号内的数值为默认值,按 Enter 键或 Space 键,系统将选用该值。如该值不符合要求,可以直接输入新的参数值。
- 当一条命令执行完毕后,按 Enter 键或 Space 键,可再次执行该命令。
- 当一条命令执行完毕后,如果输入“U”(Undo)或单击“标准”工具栏上的  按钮,即可撤销刚执行的命令;如要恢复刚撤销的命令,应紧接着输入“Redo”或单击  按钮。
- 在命令执行过程中可随时按 Esc 键退出或取消该命令。

1.4 AutoCAD 辅助绘图功能

在使用 AutoCAD 进行绘图时,为了控制绘图精度、提高绘图效率,还需用到以下的辅助绘图功能。

1.4.1 Snap(栅格捕捉)与 Grid(栅格显示)命令

Snap 命令用于打开捕捉栅格方式以及设置栅格捕捉的间距。栅格并不出现在屏幕上

(使用 Grid 命令可显示栅格),打开栅格捕捉方式后,任何取点设备(如鼠标)输入的点都将落在该栅格点上,这样便能控制输入点的坐标精度。

命令格式如下:

命令: Snap

指定捕捉间距(或[开(ON)/关(OFF)/纵横向间距(A)/旋转(R)/样式(S)/类型(T)]<10.0000>:

- 输入数值: 指定新的捕捉间距。默认捕捉间距为 10.0000。
- 开(ON)/关(OFF): 打开或关闭捕捉方式。也可直接单击状态栏上的“捕捉”按钮或按 F9 键或 Ctrl+B 组合键进行开关切换。
- 纵横向间距(A): 可分别为 X 轴、Y 轴设置不同的捕捉间距。
- 旋转(R): 先指定旋转基点,然后指定旋转角度,栅格将绕基点旋转指定的角度。
- 样式(S): 栅格捕捉有矩形捕捉(默认方式)和等轴测捕捉两种格式。等轴测捕捉是为绘制正等轴测图而设计的栅格捕捉,其栅格按 30°方向和 150°方向分布。
- 类型(T): 设置栅格捕捉类型是直角坐标类型(默认方式)还是极坐标类型。

Grid 命令用于设置是否显示栅格以及显示时的栅格间距。可直接单击状态栏上的“栅格”按钮或按 F7 键或 Ctrl+G 组合键进行开关切换。

设置栅格捕捉和栅格显示也可用右键单击状态栏上的“捕捉”或“栅格”按钮,在弹出的快捷菜单中选择“设置”选项,在“草图设置”对话框的“捕捉和栅格”选项卡中进行设置,如图 1-12 所示。

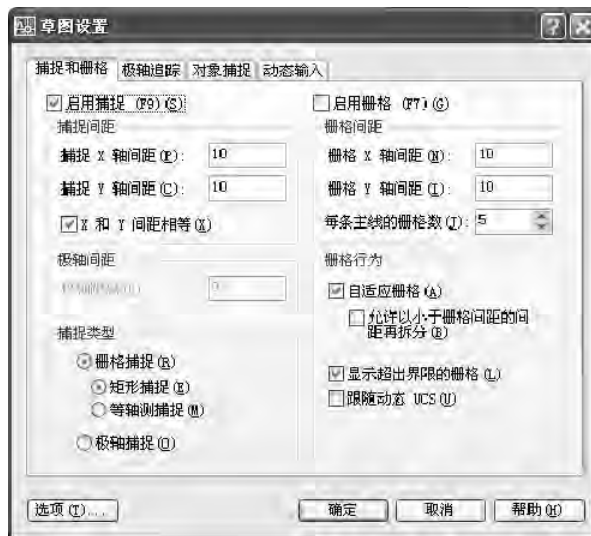


图 1-12 “捕捉和栅格”选项卡

1.4.2 正交绘图模式

在正交绘图模式下,使用鼠标可以方便、准确地绘制与当前 X 轴或 Y 轴平行的线段,或沿当前 X 轴或 Y 轴移动、复制图形。

开启或关闭正交模式可输入命令 Ortho 或单击状态栏上的“正交”按钮或按 F8 键或 Ctrl+L 组合键进行开关切换。

1.4.3 对象捕捉功能

对象捕捉就是在已有图素上用指定的捕捉方式捕捉需要的点。如直线的端点、中点、圆的圆心和切点等,可以利用这些捕捉点来绘制图形或编辑图形。根据捕捉方式不同,在捕捉过程中会出现不同的黄色标记,该标记的颜色和大小可通过“工具”→“选项”命令,在弹出的“选项”对话框的“草图”选项卡中进行设置,如图 1-13 所示。在作图过程中使用对象捕捉功能,可以提高绘图的精度和速度。



图 1-13 捕捉标记的颜色与大小设置

1. 设置对象捕捉功能

单击状态栏上的“对象捕捉”按钮或按 F3 键,即可开启或关闭对象捕捉功能。

右击状态栏上的“对象捕捉”按钮,在弹出的快捷菜单中选择“设置”选项,便可在“草图设置”对话框的“对象捕捉”选项卡中进行对象捕捉模式的设置,如图 1-14 所示。

对象捕捉可以捕捉已有图素上的下列各点。

- 端点(ENDpoint): 捕捉直线、圆弧等最近的端点。
- 中点(MIDpoint): 捕捉直线、圆弧等的中点。
- 圆心(CENter): 捕捉圆、圆弧、椭圆、椭圆弧的圆心。
- 节点(NODE): 捕捉点(Point)对象。
- 象限点(QUAdrant): 捕捉圆、圆弧、椭圆、椭圆弧的象限点。
- 交点(INTersection): 捕捉两线段的交点。
- 延伸(EXTension): 当光标通过可延伸线段的端点时,会显示一条该线段的临时延长线,可以捕捉该延长线上的点。
- 插入点(INSert): 捕捉文字、图块、形(Shape)、属性的插入点。