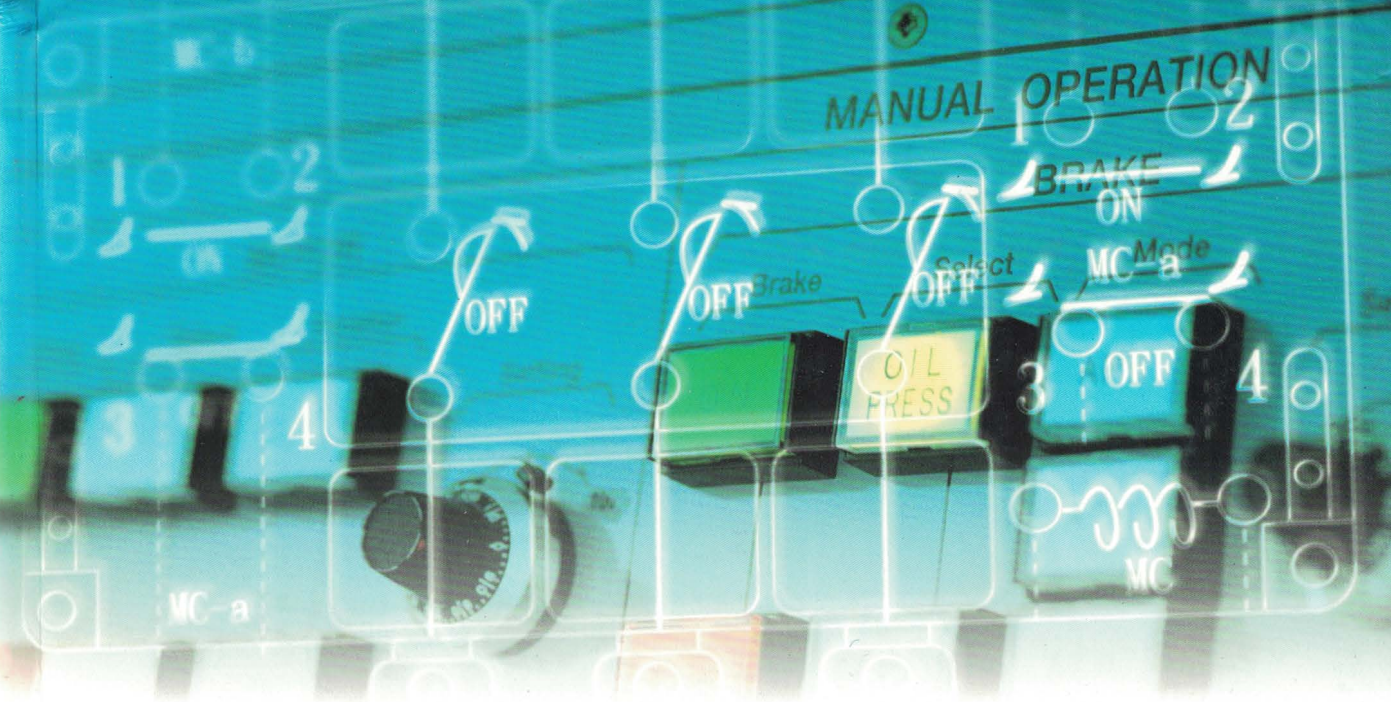


舒飞 郭浩 等编著

AutoCAD
工程设计系列丛书

AutoCAD 2011 电气设计 第4版

附光盘

- 提供典型电气工程的设计思路
- 充分体现AutoCAD的设计技巧
- 创建方法和实例均经过实践检验
- 多媒体光盘全程演示设计步骤

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

AutoCAD 工程设计系列丛书

AutoCAD 2011 电气设计

第 4 版

舒 飞　郭 浩　等编著

机 械 工 业 出 版 社

AutoCAD 2011 提供了强大的平面绘图功能，适用于电气工程中各种电气系统图、框图、电路图、接线图、电气平面图、设备布置图、大样图、元器件表格等的绘制。

本书介绍了使用计算机辅助设计软件 AutoCAD 2011 进行电气工程设计的方法和技巧。内容涵盖了从输变电工程到使用电力的各种工程，是一本全面系统地学习使用 AutoCAD 2011 进行电气设计的优秀读物。

本书在讲解 AutoCAD 2011 的有关知识点时，通过各种电气设计实例，非常实用地阐明了各个知识点的内涵、使用方法和使用场合。本书所附光盘在演示各种电气设计实例时，灵活地应用了 AutoCAD 2011 的各种绘图技巧，充分体现了高效、准确、完备设计的要求。

本书既可以作为电气设计培训教材，也可以作为电气设计人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

AutoCAD 2011 电气设计 / 舒飞等编著. —4 版. —北京：机械工业出版社，2011.3（2012.4重印）

（AutoCAD 工程设计系列丛书）

ISBN 978-7-111-33837-6

Ⅰ. ①A… Ⅱ. ①舒… Ⅲ. ①电气设备-计算机辅助设计-应用软件，AutoCAD 2011 Ⅳ. ①TM02-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 048560 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：丁 诚 张淑谦

责任印制：杨 曦

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2012 年 4 月第 4 版 • 第 2 次印刷

184mm×260mm • 31.25 印张 • 774 千字

4001－6000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-33837-6

ISBN 978-7-89451-934-4（光盘）

定价：69.00 元（含 1CD）

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

社 服 务 中 心：（010）88361066

销 售 一 部：（010）68326294

肖 售 二 部：（010）88379649

读者购书热线：（010）88379203

网络服务

门户网：http://www.cmpbook.com

教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

随着科学技术的迅猛发展以及计算机技术的广泛应用，设计领域也在进行不断变革，各种新的设计制图工具的不断涌现，使设计手段更为科学化、系统化和先进化。AutoCAD 作为一种电气图样设计工具，以其方便快捷的特点而被广泛使用。经过近些年的发展，在诸多已有专业的电气设计软件中，AutoCAD 系列软件在电气行业赢得了较大的市场占有率。AutoCAD 2011 是当前最新版的 AutoCAD 软件，相对于以前版本的 AutoCAD 软件，它具有更加强大的功能以及更友好的设计界面。

本书把 AutoCAD 和电气制图结合起来，使读者把 AutoCAD 电气制图作为一个整体看待，既了解了 AutoCAD 2011 的制图特点，又可以掌握电气制图原理以及应用方面的基本知识。

本书可以作为电气设计、制图人员的入门书籍，也可以作为熟练使用 AutoCAD 以前版本的设计人员的参考书。在本书的编写过程中，作者咨询了很多经验丰富的电气行业专家的意见，并参考了很多实际的工程图样。从内容上，本书更加强调知识的实用性、整体性、科学性和先进性，力求做到通俗易懂，深入浅出，并结合工程实例尽可能详细地讲述了绘制的步骤。

AutoCAD 2011 作为一款强大的绘图工具，可以让用户方便地绘制电气工程中的各种电气图样。为了帮助读者更加直观地学习本书，随书配套了制作精美的动画教学光盘，使本书具有很好的可读性。

本书的第 1 版是第 1 本关于 AutoCAD 电气设计方面的书籍，随着版本的更新，作者也不断根据读者的反馈意见和作者自身的实践经验对内容进行了优化升级。升级后本书内容将更精练实用。

本书由舒飞、郭浩主持编写，参加本书编写工作的还有郭海霞、李华、宋平、杜吉祥、于道学、王杰辉、王永凯、王琳、杜守国、姜孝国、蒋志江、李松、杨文毅、孙长虹、陈辉、张耀坤、李毅、刘季剴、刘仲凯、张立敏等。在编写过程中，作者力图使本书的知识性和实用性相得益彰，但由于水平有限，书中错误、纰漏之处难免，欢迎广大读者、同仁批评指正。

作　者

目　录

前言

第 1 篇　绘图方法和技巧

第 1 章　软件知识和基本绘图 …… 2
1.1　安装 AutoCAD 2011 的软硬件要求及安装启动过程 …… 2
1.1.1　硬件环境要求 …… 2
1.1.2　软件环境要求 …… 2
1.1.3　三维绘图的硬件建议 …… 3
1.1.4　安装过程 …… 3
1.1.5　启动过程 …… 4
1.2　操作界面 …… 4
1.3　AutoCAD 2011 的新特性 …… 7
1.3.1　用户界面 …… 8
1.3.2　增强的图层特性管理器 …… 8
1.4　AutoCAD 2011 的基本操作 …… 9
1.4.1　文件操作 …… 9
1.4.2　坐标系介绍 …… 10
1.4.3　使用帮助 …… 10
1.5　平面图形绘制命令 …… 12
1.5.1　直线段 …… 12
1.5.2　多段线 …… 15
1.5.3　圆 …… 17
1.5.4　圆弧 …… 20
1.5.5　椭圆 …… 25
1.5.6　多边形 …… 26
1.5.7　矩形 …… 27
1.5.8　图案填充 …… 29
1.5.9　表格 …… 32
1.5.10　图块 …… 35
1.5.11　绘制三相变压器 …… 38
1.5.12　绘制绝缘子 …… 41
1.5.13　绘制二极管 …… 43
1.5.14　绘制联动按钮 …… 44
第 2 章　图形编辑与标注 …… 46
2.1　平面图形编辑命令 …… 46
2.1.1　直接复制 …… 47
2.1.2　使用剪贴板 …… 48
2.1.3　偏移 …… 48
2.1.4　镜像 …… 50
2.1.5　阵列 …… 51
2.1.6　移动 …… 54
2.1.7　旋转 …… 55
2.1.8　对齐 …… 56
2.1.9　拉伸 …… 57
2.1.10　缩放 …… 59
2.1.11　延伸 …… 61
2.1.12　修剪 …… 62
2.1.13　拉长 …… 64
2.1.14　打断于点 …… 65
2.1.15　打断 …… 65
2.1.16　倒角 …… 67
2.1.17　圆角 …… 69
2.1.18　绘制电线杆组装图 …… 70
2.2　尺寸标注 …… 77
2.2.1　尺寸元素 …… 77
2.2.2　线性尺寸标注 …… 78
2.2.3　对齐尺寸标注 …… 79
2.2.4　角度尺寸标注 …… 80
2.2.5　连续标注 …… 81
2.2.6　多重引线标注 …… 85
2.2.7　关联标注 …… 86
2.2.8　标注电线杆组装图 …… 86

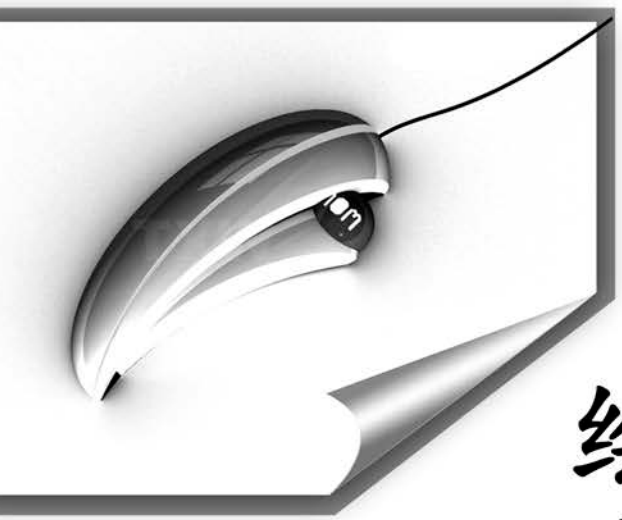
2.3　文字与编辑文字 …… 89
2.3.1　多行文字 …… 89
2.3.2　单行文字 …… 91
2.4　电气图示例：绘制外电总平面图 …… 94
2.4.1　绘制图形 …… 94
2.4.2　标注文字 …… 101
第 3 章　电气元器件设计 …… 106
3.1　用户坐标系 …… 106
3.1.1　上一个 UCS …… 106
3.1.2　世界 UCS …… 107
3.1.3　原点 UCS …… 107
3.1.4　*Z* 轴矢量 UCS …… 108
3.1.5　绘制高压瓷绝缘子 …… 108
3.1.6　3 点 UCS …… 111
3.1.7　绕 *X* 轴旋转用户坐标系 …… 112
3.1.8　绕 *Y* 轴旋转用户坐标系 …… 112
3.1.9　绕 *Z* 轴旋转用户坐标系 …… 113
3.2　三维建模 …… 113
3.2.1　长方体 …… 113
3.2.2　球体 …… 114
3.2.3　圆柱体 …… 114
3.2.4　圆锥体 …… 115
3.2.5　圆环体 …… 116
3.2.6　拉伸 …… 116
3.2.7　旋转 …… 117
3.2.8　绘制低压绝缘子 …… 118
3.3　三维实体编辑命令 …… 122
3.3.1　并集 …… 122
3.3.2　差集 …… 123
3.3.3　交集 …… 123
3.3.4　拉伸面 …… 124
3.3.5　旋转面 …… 125
3.3.6　复制面 …… 125
3.3.7　分割 …… 126
3.3.8　抽壳 …… 126
3.4　综合实例 …… 127
3.4.1　绘制拉线开关座 …… 127
3.4.2　设计接线片 …… 140
3.4.3　绘制电动机 …… 143

第 2 篇　电气制图规则和变送电图例

第 4 章　电气工程图的基本知识 …… 150
4.1　电气工程图的种类及特点 …… 150
4.1.1　电气工程图的种类 …… 150
4.1.2　电气工程图的一般特点 …… 152
4.2　电气工程 CAD 制图的规范 …… 154
4.3　电气图形符号的构成和分类 …… 157
4.3.1　电气图形符号的构成 …… 157
4.3.2　电气图形符号的分类 …… 157
4.4　电动机供电系统图 …… 158
4.4.1　单线 …… 158
4.4.2　三线 …… 162
4.5　电动机控制电路图 …… 163
4.6　电动机控制接线图 …… 174
4.7　设备元器件表 …… 179
4.8　小车间电气平面图 …… 183
4.9　自耦减压起动柜控制电路图 …… 186
第 5 章　变电和输电工程设计 …… 212
5.1　10kV 线路平面图 …… 212
5.1.1　主线 …… 212
5.1.2　细节 …… 218
5.2　10kV 变电所系统图 …… 221
5.2.1　系统图 …… 221
5.2.2　电气主接线图 …… 223
5.3　低压配电系统图 …… 228
5.3.1　进线 …… 228
5.3.2　支线 …… 229
5.4　变电所平面图 …… 241
5.4.1　控制设备 …… 241
5.4.2　变压设备 …… 253
5.4.3　标注文字 …… 269

第 3 篇　电力消费工程图例

第 6 章　住宅电气设计 …… 276
6.1　实验室照明平面图 …… 276
6.1.1　轴线和墙线 …… 276
6.1.2　照明电气设计 …… 291
6.2　某宾馆楼共用天线系统图 …… 304
6.2.1　主线 …… 304
6.2.2　支线 …… 307
6.2.3　标注文字 …… 312
6.3　多层住宅电话系统图 …… 318
6.3.1　主线 …… 318
6.3.2　分线 …… 320
6.3.3　标注文字 …… 323
6.4　住宅照明平面图 …… 327
6.4.1　插座平面图 …… 328
6.4.2　照明平面图 …… 332
6.4.3　电位连接详图 …… 334
第 7 章　工厂电气控制设计 …… 337
7.1　双回路电源高压配电所系统图 …… 337
7.1.1　高压开关柜 …… 337
7.1.2　高压汇流排 …… 342
7.1.3　绘制 TV1 …… 344
7.1.4　开关柜 WL11 …… 347
7.1.5　开关柜 WL12 和 WL13 …… 350
7.2　车间配电干线 …… 356
7.3　车间动力平面布置图 …… 358
7.3.1　轴线与墙线 …… 358
7.3.2　配电设计 …… 364
7.3.3　标注代号与型号 …… 366
7.4　配电箱配电系统图 …… 371
7.4.1　设计表格 …… 372
7.4.2　绘制电气图 …… 376
7.4.3　标注文字与符号 …… 384
第 8 章　车辆、机床电气设计 …… 392
8.1　摇臂钻床电气图 …… 392
8.1.1　绘制主电路 …… 392
8.1.2　绘制控制电路 …… 406
8.1.3　绘制完整的电路图 …… 433
8.2　轿车电气一次设计图 …… 437
8.2.1　主要元器件符号 …… 437
8.2.2　电路图 …… 444
第 9 章　通用电动机控制设计 …… 448
9.1　单个电动机的起动/停止控制原理图 …… 448
9.1.1　主电路绘制 …… 448
9.1.2　控制电路绘制 …… 451
9.1.3　标注文字符号 …… 453
9.2　电动机正反转控制原理图 …… 455
9.3　星-三角电动机起动原理图 …… 458
9.4　电动机变频控制原理图 …… 465
9.4.1　通用变频器外部接口示意图 …… 465
9.4.2　通用变频器控制原理图绘制 …… 467
9.5　潜水泵控制图 …… 472
9.5.1　绘制电动机部分 …… 472
9.5.2　绘制报警及指示部分 …… 476
9.5.3　绘制控制部分 …… 479
附录 A　常用电气工程图文字符号和图形符号 …… 484
A.1　电气工程图的文字符号和图形符号特点 …… 484
A.1.1　文字符号 …… 484
A.1.2　图形符号 …… 484
A.2　电气工程制图中的常用文字符号和图形符号示例 …… 484
A.2.1　电气图形中文字符号的字母表示（按字母顺序排列） …… 485
A.2.2　电气图形符号的表示 …… 486
A.3　电气文字符号、图形符号的组合使用 …… 490
A.3.1　电气图形符号的组合 …… 490
A.3.2　文字符号和图形符号的结合 …… 491
A.4　结合具体电路简述文字符号、图形符号的使用 …… 492



第1篇

绘图方法和技巧

本篇主要介绍以下知识点：

- AutoCAD 2011 的基本操作方法
- 绘制平面图形的方法
- 编辑平面图形的方法
- 尺寸的标注方法
- 文字输入和修改方法
- 坐标系的使用方法
- 三维实体单元的绘制方法
- 三维模型的编辑方法

第 1 章　软件知识和基本绘图

知识导引

本章简要介绍了安装 AutoCAD 2011 的软硬件要求，AutoCAD 2011 的安装启动过程，AutoCAD 2011 的新特性和基本操作，并介绍了如何使用 AutoCAD 2011 绘制平面图形单元。

1.1　安装 AutoCAD 2011 的软硬件要求及安装启动过程

要安装 AutoCAD 2011，计算机的硬件和软件环境必须达到一定的要求，只有在符合这些要求的计算机中使用 AutoCAD 2011 软件，才能充分发挥软件的性能。一定要确保安装 AutoCAD 2011 的计算机满足系统需求，如果不满足系统需求，可能会出现很多问题。

下面分别介绍硬件环境要求、软件环境要求以及安装启动过程。

1.1.1　硬件环境要求

（1）中央处理器：①32bit：Intel 或 AMD 处理器主频 2.2GHz 或更高，Intel 或 AMD 双核处理器主频 1.6GHz 或更高；②64bit：AMD64 或 Intel EM64T 处理器。

（2）内存：①32bit：1GB（Windows XP SP2）、2GB（Windows 7）或更大；②64bit：2GB。

（3）硬盘：需要 1.32GB 的安装空间（Windows XP SP2），除用于安装的空间之外，可用闲置空间为 2GB（Windows Vista）。

（4）图形卡：具有 128MB 或更大显存，且支持 OpenGL 或 Direct 3D 的工作站级图形卡。对于 Windows Vista 操作系统，需要具有 128MB 或更大显存且支持 Direct 3D 的工作站级图形卡。

（5）光盘驱动器：DVD-ROM。

（6）定点设备：鼠标、轨迹球或其他定点设备。

（7）可选硬件：可兼容 OpenGL 的三维视频卡、打印机或绘图仪、数字化仪、调制解调器或其他访问 Internet 连接的设备、网卡。

1.1.2　软件环境要求

（1）操作系统：①32bit：Windows Vista Enterprise、Windows Vista Business、Windows Vista Ultimate、Windows Vista Home Premium、Windows XP Professional Service Pack 2、Windows XP Home Service Pack 2；②64bit：Windows Vista Enterprise、Windows Vista



Business、Windows Vista Ultimate、Windows Vista Home Premium、Windows XP Professional。

（2）Web 浏览器：Microsoft Internet Explorer 6.0 Service Pack 1（或更高版本）

注：如果工作站上未安装具有 Service Pack 1（或更高版本）的 Microsoft Internet Explorer 6.0，则无法安装 AutoCAD。可以从相关网站下载 Internet Explorer。

1.1.3　三维绘图的硬件建议

（1）内存：2GB（或更高）。

（2）图形卡：具有 128MB 或更大显存，且支持 OpenGL 或 Direct 3D 的工作站级图形卡。

（3）硬盘：2GB（除安装系统所需的 1GB 或更大空间之外）。

1.1.4　安装过程

用户必须有计算机管理员权限才能安装 AutoCAD。安装 AutoCAD 需要 AutoCAD 2011 的安装光盘（DVD 光盘），该软件归 Autodesk 公司所有，本书不提供该软件。

以下是单机安装 AutoCAD 的步骤。

（1）将 AutoCAD 2011 光盘（DVD 光盘）放入计算机的 DVD-ROM 驱动器自动启动，或者直接打开光盘，双击“setup”图标。

（2）在 AutoCAD 安装向导中单击“安装产品”按钮。

（3）选择要安装的产品，然后单击“下一步”按钮。



默认情况下，安装 AutoCAD 时不安装 AutoCAD Design Review 2011。某些 AutoCAD 功能需要安装 Design Review 后才能正常运行。Design Review 是 DWF Viewer 的替代查看器。

（4）查看适用于用户所在国家/地区的 Autodesk 软件许可协议。用户必须接受协议才能继续安装。选择用户所在的国家/地区，单击“我接受”按钮后再单击“下一步”按钮。

（5）在“用户和产品信息”页面中，输入序列号和用户信息，然后单击“下一步”按钮。

（6）如果不希望对默认配置进行任何更改，请选择“安装”按钮。

（7）如果希望对配置进行更改，在“开始安装”页面上单击“配置”按钮以更改配置（例如安装类型、安装可选工具或更改安装路径）。

（8）在“选择许可类型”页面中，可以选择安装单机许可或网络许可，然后单击“下一步”按钮。

（9）在“选择安装类型”页面上，可以选择进行以下配置更改。

“典型”：安装最常用的应用程序功能。

“自定义”：仅安装用户从“选择要安装的功能”列表中选择的应用程序功能，具体如下所示。

1）CAD 标准：包含用于检查设计文件是否符合标准的工具。

2）数据库：包含数据库访问工具。

3）词典：包含多语言词典。

4）图形加密：允许用户通过“安全选项”对话框使用口令保护图形。

5）Express Tools：包含 AutoCAD 支持工具和实用程序。

6）字体：包含 AutoCAD 字体和 TrueType 字体。

7）Autodesk Impression 工具栏：可以使用“Impression”工具栏将任意视图快速输出到 Autodesk Impression 中，以获得高级线条效果。

8）材质库：包含 300 多种专业打造的材质，均可应用于模型。

9）新功能专题研习：包含帮助用户学习新功能的动画演示、练习和样例文件。

10）许可证转移实用程序：包含用于在计算机之间移动单机许可证的工具。

11）移植自定义设置：将早期版本产品中的自定义设置和文件移植到此版本的产品中。

12）参照管理器：使用户可以查看和编辑与图形关联的外部参照文件的路径。

13）样例：包含各种功能的样例文件。

14）教程：包含产品教程。

15）VBA 支持：包含 Microsoft Visual Basic for Applications 支持文件。

“产品安装路径”：指定要将 AutoCAD 安装到的驱动器和位置。

“创建桌面快捷方式”：选择是否在桌面上显示 AutoCAD 快捷方式图标。默认情况下，产品图标将在桌面上显示。如果不希望显示快捷方式图标，请清除复选框。

（10）单击用于配置其他产品的“其他产品”选项卡，或依次单击“下一步”和“配置完成”按钮，返回“开始安装”页面，然后单击“安装”按钮。

（11）开始安装，并显示安装进度。

（12）安装完成后，将显示“安装完成”页面，接着单击“完成”按钮。

1.1.5 启动过程

全部安装过程完成之后，可以通过以下几种方式启动 AutoCAD 2011。

（1）桌面快捷方式图标：安装 AutoCAD 2011 时，将在桌面上放置一个“AutoCAD 2011”快捷方式图标（用户在安装过程中清除了该选项除外）。双击“AutoCAD 2011”图标可以启动 AutoCAD 2011。

（2）“开始”菜单：在“开始”菜单（Windows 操作系统）上，依次单击“程序”（或“所有程序”）→“Autodesk”→“AutoCAD 2011 - Simplified Chinese”→“AutoCAD 2011”命令。

（3）AutoCAD 2011 的安装位置启动：如果用户具有超级用户权限或计算机管理员权限，则可以从 AutoCAD 2011 的安装位置运行该程序。如果仅仅是有限权限用户，必须从“开始”菜单或桌面快捷方式启动 AutoCAD 2011。

1.2 操作界面

安装结束后重新启动计算机，双击桌面上“AutoCAD 2011 - Simplified Chinese”快捷图标启动 AutoCAD 2011 中文版系统。AutoCAD 2011 中文版的操作窗口是一个标准的 Windows 应用程序窗口，包括标题栏、菜单栏、工具栏、状态栏和绘图窗口等。操作界面窗口中还包含命令行和文本窗口，通过它们用户可以和 AutoCAD 系统之间进行人机交互。启

动 AutoCAD 2011 以后，系统将自动创建一个新的图形文件，并将该图形文件命名为“Drawing1.dwg”。因此，在 AutoCAD 2011 在启动之后，它的主窗口中就自动包含了一个名为“Drawing1.dwg”的绘图窗口。

要退出 AutoCAD 2011 系统，直接单击 AutoCAD 2011 系统窗口标题栏上的按钮即可。如果图形文件没有被保存，系统退出时将提示用户进行保存。如果此时还有命令未执行完毕，系统会要求用户先结束命令。

AutoCAD 2011 二维草图与注释操作界面的主要组成元素有：标题栏、菜单浏览器、快速访问工具栏、绘图区域、面板、命令行窗口、坐标系图标和功能按钮，如图 1-1 所示。

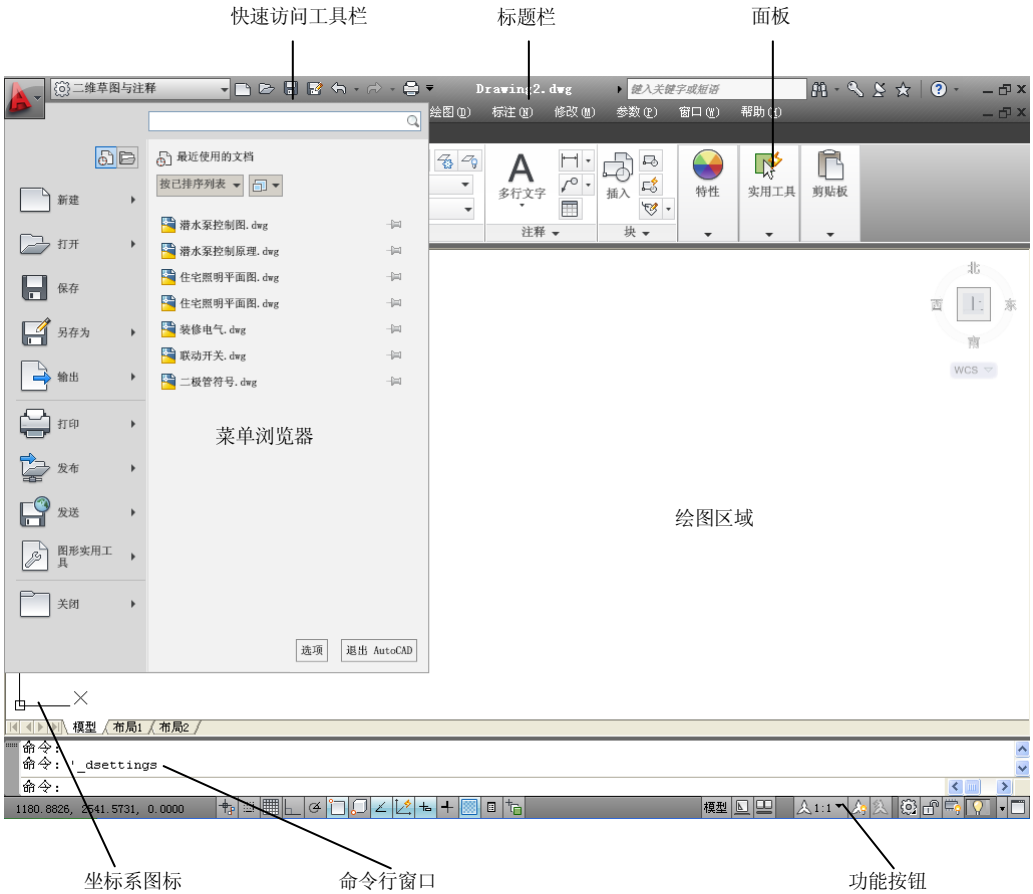


图 1-1　基本的操作界面

AutoCAD 2011 还有两个操作界面，可以通过单击右下角的“切换工作空间”按钮进行切换，“三维建模”和“AutoCAD 经典”界面分别如图 1-2 和图 1-3 所示。

AutoCAD 2011 把常用命令制作成各种图标按钮，使用户可以把这些按钮布置在图形编辑窗口中的任何位置。AutoCAD 2011 提供了多个选项卡和数十个工具面板，其中常用的命令集中在如图 1-4 所示“绘图”面板栏和图 1-5 所示“修改”工具栏中。

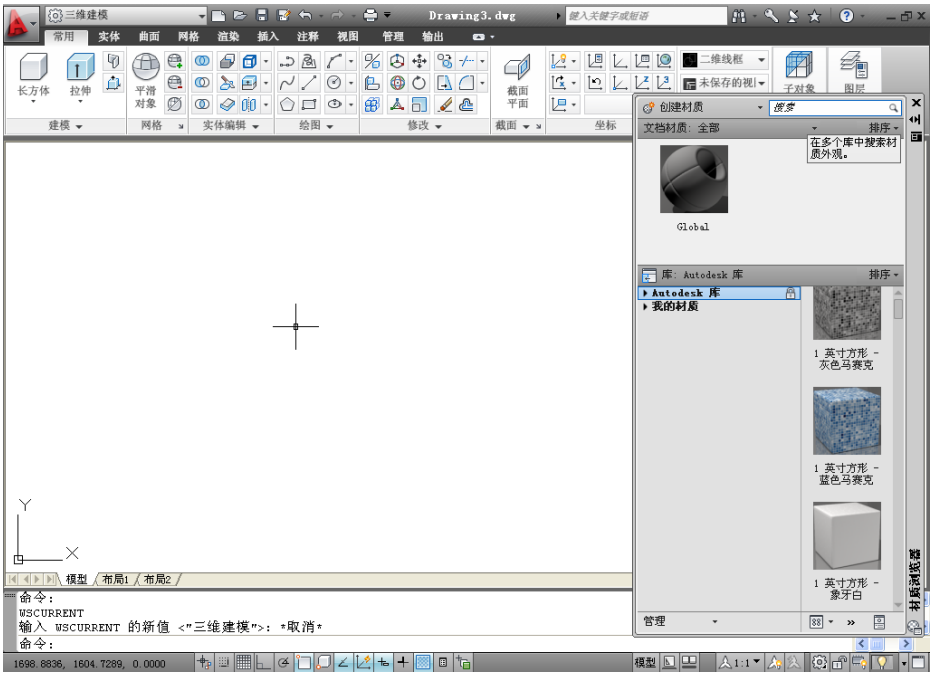


图 1-2 “三维建模”界面

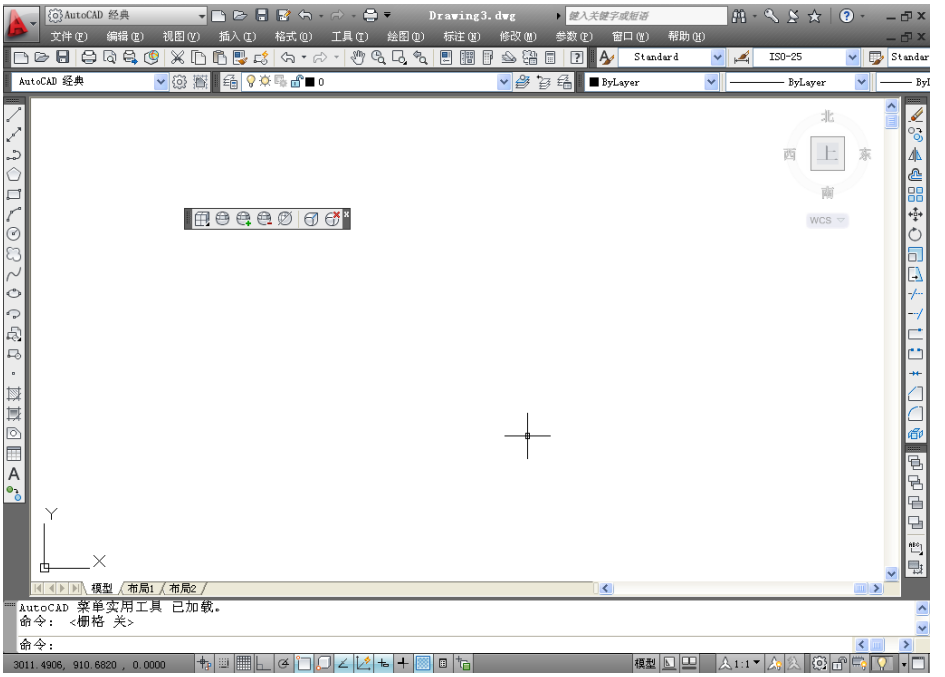


图 1-3 “AutoCAD 经典”界面

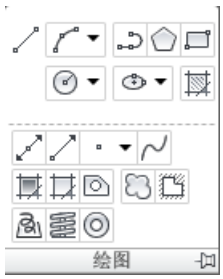


图 1-4　“绘图”面板栏

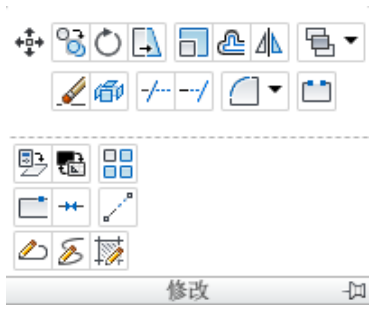


图 1-5　“修改”工具栏

“绘图”面板提供常用的绘图命令。熟练掌握绘图工具栏，是学好 AutoCAD 2011 的基本要求；“修改”工具栏用于编辑和修改已经绘制好的图形，包括“删除”、“复制”、“移动”、“修剪”等命令。

1.3　AutoCAD 2011 的新特性

初次启动 AutoCAD 2011 时，操作窗口会让用户选择是否查看“新功能专题研习”，如果用户同意观看，屏幕将会出现如图 1-6 所示“欢迎屏幕”对话框，可引导用户学习 AutoCAD 2011 的新特性。



图 1-6　“欢迎屏幕”对话框

与以前的版本相比，AutoCAD 2011 中的新特性主要包括获得信息、用户界面、动作录制器、增强的图层特性管理器等。限于篇幅，下面只介绍若干 AutoCAD 2011 中的显著的新特性。

1.3.1 用户界面

在 AutoCAD 2011 版本中，用户界面发生了一些变化和增强。具体表现在如下几个方面。

（1）Drawing Window（绘图区域）。

（2）The Ribbon（Ribbon 菜单）。

（3）Quick Access Toolbar（快速访问工具栏）。

（4）Navigation（导航工具）。

（5）UCS Icon and 3D Gizmos（UCS 图标以及 3D Gizmos）。

（6）Visual Styles（视觉样式）。

（7）Object Visibility（对象可见性）。

（8）Object Selection（对象选择）。

（9）Object Creation（对象创建）。

1.3.2 增强的图层特性管理器

AutoCAD 2011 新功能的最大亮点：提供了更为强大的三维自由形状设计。

1．创建程序曲面及NURBS曲面

AutoCAD 2011 引入了增强的曲面建模功能，并新增了创建 NURBS 曲面的功能。这种曲面类型具有控制点（CV），这些控制点允许用户以造型物理模型的方式来“造型”对象。NURBS 曲面以 Bezier 曲线（或称平滑曲线）为基础，这使得它们成为创建诸如汽车、船只和吉他等曲线式对象的理想工具。

（1）创建曲面的一种方法是使用曲线网络。“SURFNETWORK”命令可使用 U 和 V 方向的曲线所构成的网络，创建类似于放样曲面的曲面。还可以使用没有全部连接的曲线创建网络曲面。生成的曲面可能是程序曲面或 NURBS 曲面。

（2）另一种创建曲面的方法是对各现有曲面进行过渡，使其成为一个曲面。例如，汽车发动机盖由多个小曲面组成，但看上去却是一个曲面，这是因为它们具有平滑的曲面连续性和幅值。

2．编辑程序曲面及NURBS曲面

NURBS 曲面提供了比传统的程序曲面更强大的建模功能，因为前者有控制点（CV）。而另一方面，程序曲面则拥有关联建模优势。在某些情况下，编辑曲面之后，设计者可能对整体平滑度和形状不满意，此时可以使用“CVREBUILD”命令更改 NURBS 曲面或曲线的整体 CV 结构。通过更改曲线阶数和控制点数目，可以恢复曲面的整体平滑度和形状。

借助于几种诊断工具，读者可以检查模型中曲面的质量，这些工具包括斑纹分析、曲率分析和脱模分析。斑纹分析可将条纹投影到模型上，以分析“曲面连续性”，即曲面间相互相交的方式。

修剪和取消修剪曲面在曲面建模工作中与合并、减除和相交在实体建模工作中一样常用。程序曲面和 NURBS 曲面都可通过“SURFTRIM”和“SURFUNTRIM”命令进行编辑。形成无间隙封闭区域的一组曲面可以通过自动修剪及合并来生成单个三维实体对象。

3．将几何体投影到曲面上

与将电影投影到银幕上相似，可以将曲线投影到程序曲面和 NURBS 曲面上。此操作可

以在曲面上创建修剪边。可以从不同方向投影曲线，如 UCS、两点和视图。

4．使用关联曲面和约束

与图案填充和标注一样，曲面也可以是关联的。移动或修改一个曲面时，所有关联的曲面会自动随之调整。当拉伸图形的一个侧面或重塑其形状时，所有关联的曲面将相应调整。使用“SURFACEASSOCIATIVITY”系统变量可以打开和关闭关联性。

关联性还可用于将数学表达式和参数化约束应用于曲面。数学表达式可以应用于半径和高度等的曲面特性。例如，可以指定曲面高度始终是一个实心长方体长度的一半。参数化约束可限制一个对象距离其他对象的相对位置。

5．修改面

几种增强功能提供了修改网格面的其他工具。例如，可以选择相邻网格面并将其合并来创建单个面（MESHMERGE）。

AutoCAD 2011 以前的版本可以使用适用于三维实体对象的命令（EXTRUDE）拉伸网格面。但是，对于平滑网格，相邻面会延伸形成单独的“丘”，而没有公共边。使用新的基于网格的命令（MESHEXTRUDE），默认情况下相邻面会在拉伸时进行合并。通过更改设置，还可以将面拉伸形成单独的“丘”。还可以旋转相邻三角面的边来更改面的方向（MESHSPIN）。

此外，也可以合并选定网格面或边的顶点，此方法（MESHCOLLAPSE）常常可用于修复网格中的孔。可使用 REVOLVE、EXTRUDE、LOFT 和 SWEEP 方法来拉伸实体边和曲面边。还可以对曲面和实体的边子对象进行旋转、拉伸、放样和扫掠。

1.4　AutoCAD 2011 的基本操作

AutoCAD 2011 的基本操作包括文件操作、坐标系操作和使用帮助。AutoCAD 2011 是应用于 Windows 操作系统上的应用软件包，跟众多类似的软件包一样，文件操作是 AutoCAD 2011 的基本操作。AutoCAD 2011 的基本功能是绘制图形，它默认一切绘图操作都是在某种坐标系中进行的。要正确绘制图形，必须先熟悉坐标系操作。用户在使用 AutoCAD 2011 中若遇到问题，则可以随时查询帮助文件，获得解答。

1.4.1　文件操作

AutoCAD 2011 对图形文件与非图形文件的操作与 Windows 是兼容的。没有任何文件的 AutoCAD 2011 窗口是一个 Windows 窗口。文件的“新建”、“打开”、“保存”命令位于下拉菜单“文件”中。

在 AutoCAD 2011 的命令中，还有两种方法操作文件。一是单击快速访问工具栏中文件“新建”、“打开”、“保存”按钮，如图 1-7 所示；二是直接在命令行中输入“new”、“open”、“save”。



图 1-7　快速访问工具栏

AutoCAD 2011 允许使用 Windows 关于文件的其他操作命令。这些命令放在鼠标命令菜

单中。在 AutoCAD 2011 的运行中，在画图区域单击鼠标右键，屏幕将出现包含这些文件操作命令的菜单，如图 1-8 所示。

AutoCAD 2011 具有强大的图像、文字处理功能，可以直接对这些非图形文件及其内容进行操作。



图 1-8　文件操作命令菜单

1.4.2　坐标系介绍

在 AutoCAD 2011 中有两个坐标系：一个是被称为世界坐标系（WCS）的固定坐标系；一个是被称为用户坐标系（UCS）的可移动坐标系。默认情况下，这两个坐标系在新图形中是重合的。

通常在 AutoCAD 2011 二维视图中，WCS 的水平向右为 *X* 轴正向，垂直向上为 *Y* 轴正向（垂直于 *XY* 平面指向用户的是 *Z* 轴正向，可在三维视图中看到）。WCS 的原点为 *X* 轴和 *Y* 轴的交点（0,0）。图形文件中的所有对象均由其 WCS 坐标定义。

WCS 总是出现在用户图样上，是基准坐标系。而其他的坐标系都是相对于它来确定的，这些坐标系被称为用户坐标系（User Coordinate System，UCS），可以通过 UCS 命令创建，使用可移动的 UCS 创建和编辑对象通常更方便。尽管 WCS 是固定的，但用户仍然可以在不改变坐标系的情况下，从各个方向，各个角度观察实体。当视角改变后，坐标系图标也会随之改变，如图 1-9 所示，显示了绘图常用视角的坐标系图标。

坐标系是可以被改变的。AutoCAD 2011 系统提供了相关面板，可以实现视角不变、坐标系改变，如图 1-10 所示。用户将在三维造型中大量使用坐标系命令。

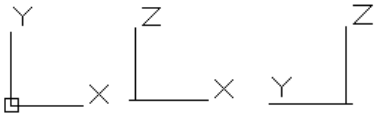


图 1-9　俯视图、前视图、左视图的坐标系图标



图 1-10　“坐标”面板

1.4.3　使用帮助

AutoCAD 2011 提供了强大的帮助功能。

在“菜单浏览器”中打开“帮助”菜单，选择其中的“帮助”命令，即出现“AutoCAD 2011 帮助-Microsoft Internet Explorer”界面，如图 1-11 所示。

帮助功能界面中左边第一个卡片是目录卡片。它按树型结构排列命令目录。如果用户熟悉有关信息所在位置，可以直接在目录卡片中查找。

右上角是搜索框。在文字框中键入需要了解的命令拼写或部分命令拼写，系统就会立即在下面列表框中列出相关内容供选择。这对初学者十分有利。索引显示的内容是按字母顺序排列的，如图 1-12 所示。

最右边是新功能选项，选择相应项目可以打开新功能学习，如图 1-13 所示。