

概 述

本章将概要介绍计算机辅助设计（CAD）及计算机绘图的概念、意义，计算机绘图系统的组成，以及典型微机绘图软件之一——CAXA 电子图板的特点、应用及其安装和启动。

1.1 计算机辅助设计

设计工作的特点是整个设计过程以反复迭代的形式进行的，在各个设计阶段之间有信息的反馈和交互。在此过程中设计者需要进行大量的分析计算和绘图等工作。传统的设计方法使设计人员不得不在脑海里完成产品构思，想象出复杂的三维空间形状，并把大量的时间和精力消耗在翻阅手册、图板绘图、描图等烦琐、重复的劳动中。

计算机具有高速的计算功能、巨大的存储能力和丰富灵活的图形文字处理功能。充分利用计算机的这种优越性能，同时结合人的知识经验、逻辑思维能力，形成一种人与计算机各尽所长、紧密配合的系统，以提高设计的质量和效率。

计算机辅助设计（Computer Aided Design, CAD）是从 20 世纪 50 年代开始的，它是随着计算机及外部设备的发展而形成的一门新技术。广义上讲，计算机辅助设计就是设计人员根据设计构思，在计算机的辅助下建立模型，并进行分析计算，从而在完成设计后输出结果（通常是图纸、技术文件或磁盘文件）的过程。

CAD 是一种现代先进的设计方法，它是人的智慧与计算机系统功能的巧妙结合。CAD 技术能够提供一个形象化的设计手段，有助于发挥设计人员的创造性，提高工作效率，缩短新产品的的设计周期，把设计人员从繁重的设计工作中解脱出来。同时，在产品数据库、程序库和图形库的支持下，应用人员用交互方式对产品进行精确的计算分析，能够使产品的结构和功能更加完善，提高设计质量。不仅如此，CAD 技术还有助于促进产品设计的标准化、系列化、通用化，规范设计方法使设计成果可以方便、快捷地被推广和交流。目前，CAD 已成为工程设计行业在新技术背景下参与产品竞争的必备工具，成为衡量一个国家和地区科技与工业现代化水平的重要标志之一。CAD 正朝着标准化、智能化、网络化和集成化方向蓬勃发展。

CAD 技术的开发和应用从根本上改变了传统的设计方法和设计过程，大大缩短了科研成果的开发和转化周期，提高了工程和产品的设计质量，增加了设计工作的科学性和创造性，对加速产品更新换代和提高市场竞争力有巨大的帮助。美国国家工程科学院

曾将 CAD 技术的开发应用评为 20 世纪后半叶对人类影响最大的十大工程成就之一。CAD 技术所产生的经济效益也十分可观, 下面是由美国科学研究所做的统计分析。

- (1) 降低工程设计成本 13%~30%。
- (2) 减少产品设计到投产的时间 30%~60%。
- (3) 产品质量的等级提高 2~5 倍。
- (4) 减少加工过程 30%~60%。
- (5) 降低人力成本 5%~20%。
- (6) 提高产品作业生产率 40%~70%。
- (7) 提高设备的生产率 2~3 倍。
- (8) 提高工程师分析问题的广度和深度的能力 3~35 倍。

CAD 技术的应用也改变了人们的思维方式、工作方式和生产管理方式, 因为载体发生了变化, 已不再是图纸。CAD 工作方式主要体现以下几个方面。

(1) 并行设计。进行产品设计的各个部门, 如总体设计部门、各部件设计部门、分析计算部门及试验测试部门, 可以并行地进行各自的工作, 同时, 还能共享到他人的信息, 从网络上获得产品总体结构形状和尺寸, 以及各部门的设计结果、分析计算结果和试验测试数据, 并能对共同感兴趣的问题进行讨论和协调。在设计中, 这种协调是必不可少的。

(2) 在设计阶段就可以模拟零件加工和装配, 便于及早发现加工工艺性方面的问题, 甚至运动部件的相碰、相干涉的问题。

(3) 在设计阶段可以进行性能的仿真, 从而大幅度地减少试验工作量和费用。

作为 CAD 技术主要组成部分的 CAD 软件源自 20 世纪 60 年代的计算机辅助几何设计, 当时主要解决图形在计算机上的显示与描述问题, 逐渐提出了线框、实体、曲面等几何形体描述模型。发展至今, 共经历了以下几个阶段。

(1) 计算机绘图阶段。重点解决计算机图形生成、显示、曲面表达方式等基础问题。

(2) 参数化与特征技术阶段。解决 CAD 数据的控制与修改问题。

(3) 智能设计阶段。在设计中融入更多的工程知识和规则, 实现更高层次上的计算机辅助设计。

经过 50 年的发展, CAD 软件已经由单纯的图纸或者产品模型的生成工具, 发展为可提供广泛的工程支持, 涵盖了设计意图表达、设计规范化、系列化、设计结果可制造性分析(干涉检查与工艺性判断)、设计优化等诸多方面。产生的三维设计模型可转换为支持 CAE(计算机辅助工程)和 CAM(计算机辅助制造)应用的数据形式。三维设计的这些特点满足了企业的工程需要, 极大地提高了企业的产品开发质量和效率, 大大缩短了产品设计和开发周期。

目前, 国外大型设计和制造类企业中, 三维设计软件已得到了广泛的应用。例如, 美国波音公司利用三维设计及相关软件, 在两年半的时间里实现了波音 777 的无图纸设计, 而按照传统的设计工作方式, 整个过程至少需要 4 年。并且, 在工程实施中, 广泛采用了并行工程技术, 在 CAD 环境下进行了总体产品的虚拟装配, 纠正了多处设计错误, 从而保证了设计过程的短周期、设计结果的高质量, 以及制造过程的流畅性。

相对于二维设计(计算机辅助绘图), 三维设计的最大特点就是采用了特征建模技术和设计过程的全相关技术。三维设计软件不仅具有强大的造型功能, 而且提供了广泛的工

程支持，包括设计意图描述、设计重用和设计系列化等。国内常用的三维设计软件主要有 Pro/Engineer、Uni/Graphics、SolidWorks 等。

三维设计分为零件设计、装配设计和工程图生成三个阶段。设计过程的全相关，使得在任何一个阶段修改设计，都会影响其他阶段的设计结果，从而保持模型在各种设计环境中的一致性，提高了设计效率。图 1-1 所示为用三维设计软件建立的“装载机”三维装配模型；图 1-2 所示是典型工程机械“装载机”中的主要零件之一——“铲斗”的三维零件模型；图 1-3 所示是由软件自动生成的对应图 1-2 所示“铲斗”的零件工程图。三者之间是完全关联和协调一致的，即在任一环境下对模型所做的修改都会自动地反映在另外两个环境中，并自动更新。

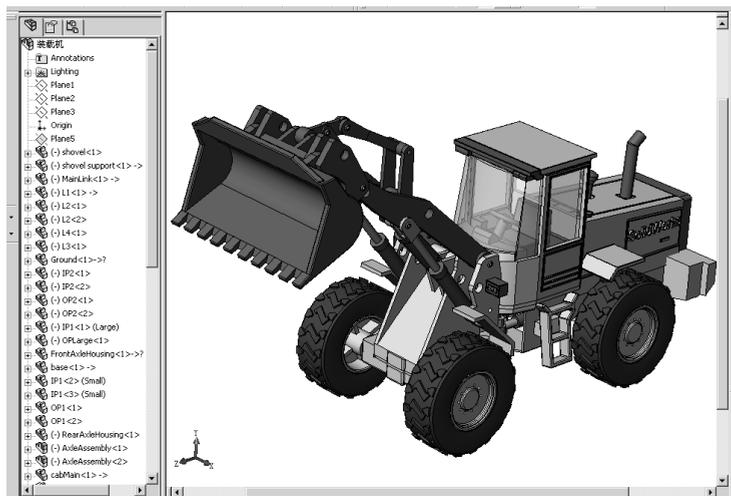


图 1-1 “装载机”三维装配模型

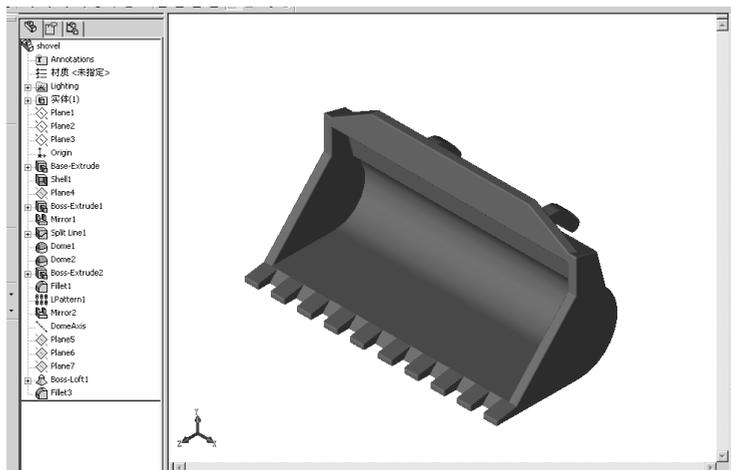


图 1-2 装载机中“铲斗”的三维零件模型

我国的 CAD 技术，从总体水平上看，与发达国家相比较还存在着一定的差距。我国的 CAD 技术的研究及应用，始于 20 世纪 70 年代初，主要研究单位是为数不多的航空和造船工业中的几个大型企业和高等院校。到 80 年代后期，CAD 技术的优点开始为人们所

认识, 我国的 CAD 技术有了较大的发展, 并推动了几乎一切领域的设计革命。目前, 作为 CAD 应用初级阶段的计算机绘图技术在我国的设计和生产部门已完全实现。三维 CAD 技术和应用正得到迅猛发展和普及, 并已产生巨大的社会效益和经济效益。

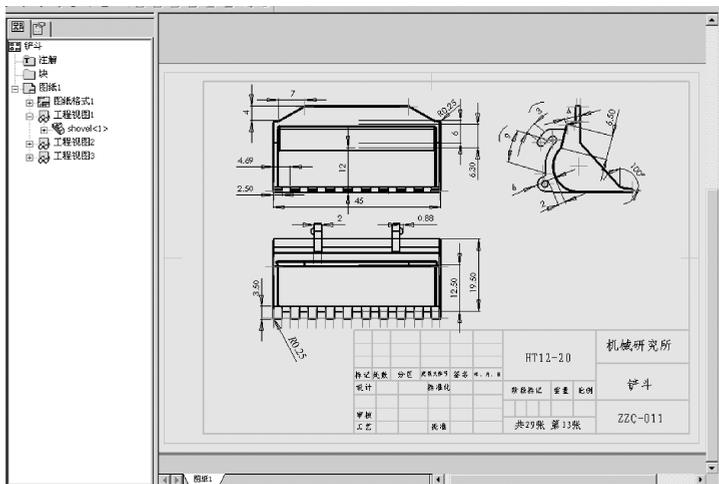


图 1-3 由软件自动生成的“铲斗”零件工程图

1.2 计算机绘图

1.2.1 计算机绘图的概念

图样是表达设计思想、指导生产和进行技术交流的“工程语言”, 而绘制图样的过程则是一项细致、烦琐的劳动。长期以来, 人们一直使用绘图工具和绘图仪器手工进行绘图, 劳动强度大、效率低、精度差。

1963年, 美国麻省理工学院的 I.E.Sutherland 发表了第一篇有关计算机绘图的论文“SKECHPAD——一种人机通信系统”, 从而确立了计算机绘图技术作为一个崭新的科学分支的独立地位。计算机绘图的出现, 将设计人员从烦琐、低效、重复的手工绘图中解脱出来。计算机绘图速度快、精度高, 且便于存储管理。经过 50 年的蓬勃发展, 计算机绘图技术已渗透到各个领域, 在机械、电子、建筑、航空、造船、轻纺、城市规划、工程设计等方面得到了广泛的应用, 已经取得了显著的成效。

计算机绘图就是利用计算机硬件和软件生成、显示、存储及输出图形的一种方法和技术。它建立在工程图学、应用数学及计算机科学三者结合的基础上, 是 CAD 的一个主要组成部分。

计算机绘图系统由硬件和软件两大部分组成。所谓硬件是指计算机主机及图形输入/输出等外围设备, 而软件是指专门用于图形显示、绘图及图数转换等处理的程序。

1.2.2 计算机绘图系统的硬件

计算机绘图系统的硬件主要由计算机主机、图形输入设备及图形输出设备组成。

输入/输出设备在计算机绘图系统中与主机交换信息，为计算机与外部的通信联系提供了方便。输入设备将程序和数据读入计算机，通过输入接口将信号翻译为主机能够识别与接收的信号形式，并将信号暂存，直至被送往主存储器或中央处理器；输出设备把计算机主机通过程序运算和数据处理送来的结果信息，经输出接口翻译并输出用户所需的结果（如图形）。下面介绍几种常用的输入/输出设备。

1. 图形输入设备

从逻辑功能上分，图形输入设备有定位、选择、拾取和输入四种，但实际的图形输入设备却往往是多种功能的组合。常用的图形输入设备中，除最基本的输入设备——键盘、鼠标外，还有图形数字化仪和扫描仪。

1) 图形数字化仪

图形数字化仪又称为图形输入板，是一种图形输入设备。它主要由一块平板和一个可以在平板上移动的定位游标（有 4 键和 16 键两种）组成，如图 1-4 所示。当游标在平板上移动时，它能向计算机发送游标中心的坐标数据。图形数字化仪主要用于把线条图形数字化。用户可以从一个粗略的草图或大的设计图中输入数据，并将图形进行编辑、修改到所需要的精度。图形数字化仪也可以用于徒手做一个新的设计，随后进行编辑，以得到最后的图形。



图 1-4 图形数字化仪

图形数字化仪的主要技术指标如下。

(1) 有效幅面：是指能够有效地进行数字化操作的区域。一般按工程图纸的规格来划分，如 A4、A3、A1、A0 等。

(2) 分辨率：是指相邻两个采样点之间的最小距离。

(3) 精度：是指测定位置的准确度。

2) 扫描仪

扫描仪是一种直接把图形（如工程图）和图像（如照片、广告画等）以像素信息形式扫描输入到计算机中的设备，如图 1-5 所示。将扫描仪与图像矢量化软件相结合，可以实现图形的扫描输入。这种输入方式在对已有的图纸建立图形库，或局部修改图纸等方面有重要意义。



(a) 平板式



(b) 滚动式

图 1-5 扫描仪

扫描仪按其所支持的颜色，可分为黑白和彩色两种；按扫描宽度和操作方式可分为大型扫描仪、台式扫描仪和手持式扫描仪。扫描仪的主要技术指标如下。

(1) 扫描幅面：常用的幅面有 A0、A1、A4 三种。

(2) 分辨率：是指在原稿的单位长度上取样的点数（常用的单位为 dpi，即每英寸内的取样点数）。一般来说，扫描时所用分辨率越高，所需存储空间越大。

(3) 支持的颜色和灰度等级：目前有 4 位、8 位和 24 位颜色、灰度等级的扫描仪。一般情况下，扫描仪支持的颜色、灰度等级越多，图像的数字化表示就越精确，但同时也意味着占用的存储空间越大。

2. 图形输出设备

图形显示器是计算机绘图系统中最基本的图形输出设备，但屏幕上的图形不可能长久保存下来，要想将最终图形变成图纸，就必须为系统配置绘图机、打印机等图形输出设备以永久记录图形。现仅就最常用的图形输出设备——绘图机进行简单介绍。

绘图机从成图方式来分有笔式、喷墨、静电和激光等类型；从运动方式来分有滚筒式和平板式两种。因喷墨滚筒绘图机既能绘制工程图纸，又可输出高分辨率的图像及彩色真实感效果图，且对所绘图纸的幅面限制较小，因而目前得到了广泛的应用。图 1-6 所示为两种滚筒绘图机。



(a) 笔式



(b) 喷墨

图 1-6 滚筒绘图机

1.2.3 计算机绘图系统的软件

在软件方面，实现计算机绘图，除可通过编程以参数化等方式自动生成图形外，更多采用的是利用绘图软件以交互方式绘图。绘图软件一般应具备以下功能。

(1) 绘图功能：绘制多种基本图形。

(2) 编辑功能：对已绘制的图形进行修改等编辑。

(3) 计算功能：进行各种几何计算。

(4) 存储功能：将设计结果以图形文件的形式存储。

(5) 输出功能：输出计算结果和图形。

目前应用的交互式微机绘图软件有多种，代表性的主要有美国 Autodesk 公司开发的 AutoCAD 及我国北京数码大方科技有限公司开发的 CAXA 电子图板。本书以 CAXA 电子图板为应用平台，介绍计算机绘图的知识 and 操作技术，所述基本原理与方法也适用

于其他绘图软件。

1.3 CAXA 电子图板概述

CAXA 电子图板是一个功能齐全的通用计算机辅助绘图软件。它以图形交互方式，对几何模型进行实时地构造、编辑和修改。CAXA 电子图板提供形象化的设计手段，帮助设计人员发挥创造性，提高工作效率，缩短新产品的设计周期，把设计人员从繁重的设计绘图工作中解脱出来，并有助于促进产品设计的标准化、系列化和通用化，使得整个设计规范化。CAXA 电子图板由北京数码大方科技有限公司自 1997 年起开发，经过 CAXA 电子图板 98、2000、V2、XP、2005、2007、2009、2011 等多次版本更新，目前已发展到 2013。

CAXA 电子图板适合于所有需要二维绘图的场合。利用它可以进行零件图设计、装配图设计、零件图组装装配图、装配图分解零件图、工艺图表设计、平面包装设计、电气图纸设计等。它已经在机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑及工程建设等领域得到广泛的应用。图 1-7~图 1-9 所示分别为用 CAXA 电子图板绘制的机械装配图、建筑工程图、电气工程图图例。

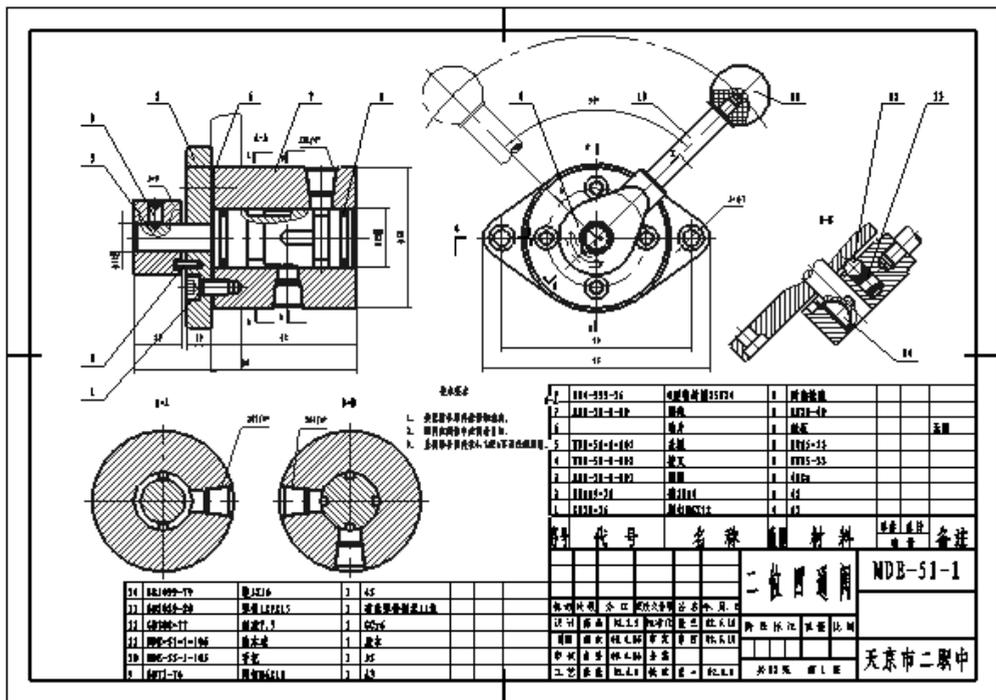


图 1-7 用 CAXA 电子图板绘制的机械装配图

电子图板具有“开放的体系结构”，允许用户根据自己的需求，通过在电子图板开发平台基础之上进行二次开发，扩充电子图板的功能，实现用户化、专业化，使电子图板成为既通用于各个领域，也适用于特殊专业的软件。

本书以 CAXA 电子图板的最新版本 2013 为蓝本，系统介绍 CAXA 电子图板的操作

及应用，所述操作与方法也适用于电子图板的此前版本。

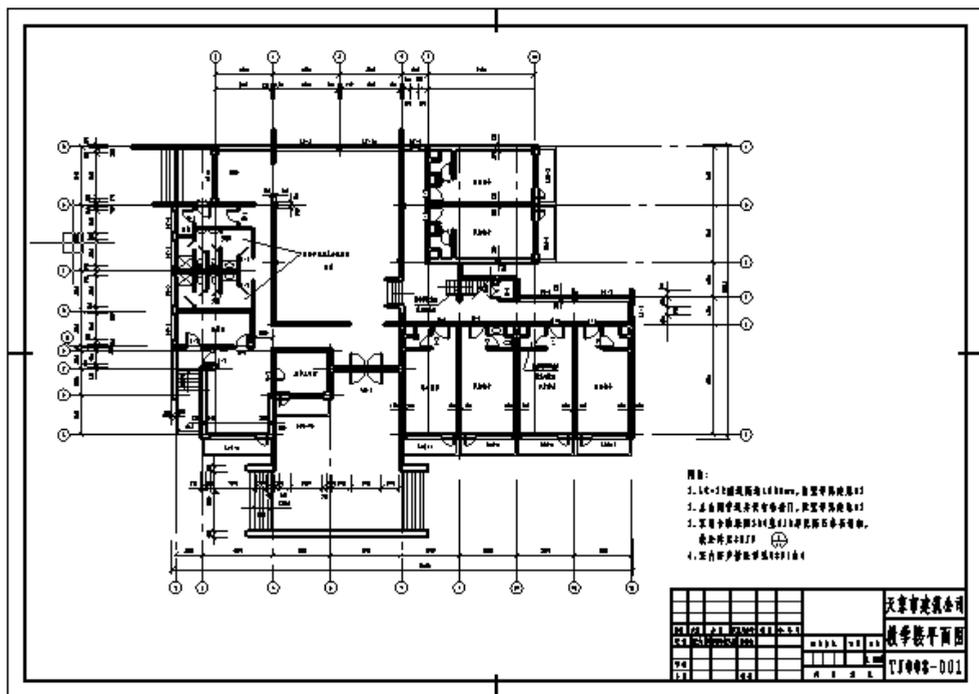


图 1-8 用 CAXA 电子图板绘制的建筑工程图

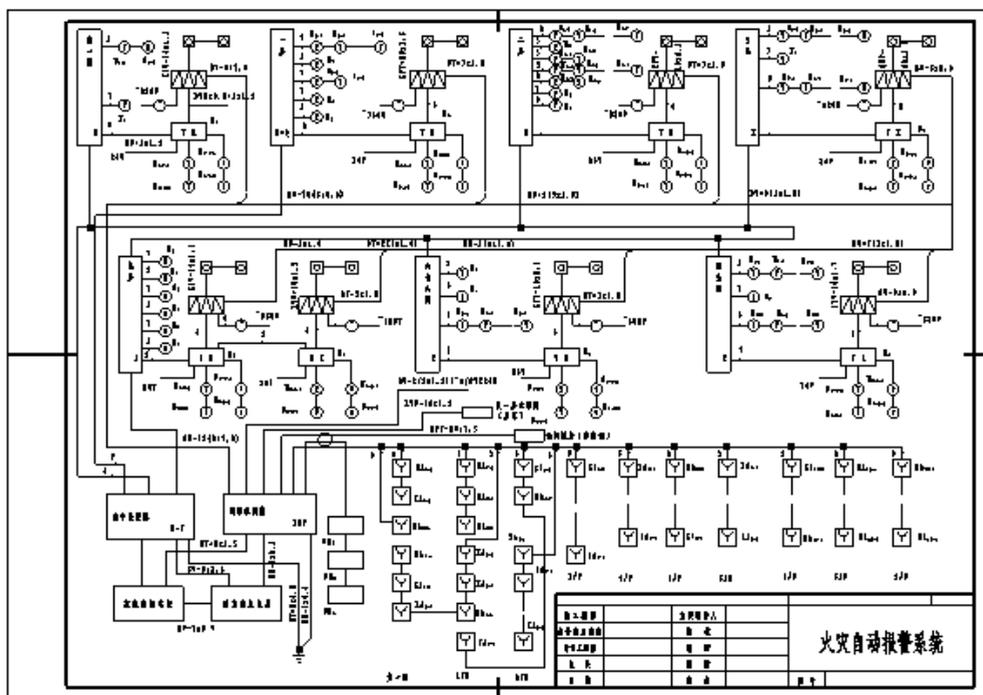


图 1-9 用 CAXA 电子图板绘制的电气工程图

1.3.1 系统特点

1. 智能设计、操作简便

系统提供了强大的智能化工程标注方式，包括尺寸标注、坐标标注、文字标注、尺寸公差标注、形位公差标注和粗糙度标注等。标注过程智能化，只需选择需要标注的方式，系统就可自动捕捉您的设计意图。

系统提供强大的智能化图形绘制和编辑功能、文字和尺寸的修改等。绘制和编辑过程实现“所见即所得”。

系统采用全面的动态可视设计，支持动态导航、自动捕捉特征点、自动消隐等功能。

2. 体系开放、符合标准

系统全面支持最新的国家标准，通过国家机械 CAD 标准化审查。系统提供了图框、标题栏等样式供您选用。在绘制装配图的零件序号、明细表时，系统自动实现零件序号与明细表联动。明细表支持 Access 和 FoxPro 数据库接口。

3. 参量设计、方便实用

系统提供方便高效的参量化图库，可以方便地调出预先定义的标准图形或相似图形进行参数化设计。

系统增加了大量的国标图库，覆盖了机械设计、电气设计等所有类型。

系统提供的局部参数化设计可以对复杂的零件图或装配图进行编辑修改，在欠约束和过约束的情况下，均能给出合理的结果。

1.3.2 运行环境

CAXA 电子图板 2013 对于运行环境没有太高的要求，在一般的硬件配置和 Windows 操作系统环境下均可安装和运行。

1.4 CAXA 的安装与启动

在使用 CAXA 电子图板绘图之前，首先应将其从软件供应商提供的软件光盘上正确地安装到用户的计算机中。

CAXA 电子图板的安装程序本身具有文件复制、系统更新、系统注册等功能，并采用了智能化的安装向导，操作非常简单，用户只需一步一步按照屏幕提示操作即可完成整个安装过程。

安装过程结束后，在操作系统的“程序”组中会增加“CAXA”程序组，并同时在操作系统的“桌面”上，自动生成图 1-10 所示的 CAXA 电子图板 2013 快捷图标。

与其他 Windows 环境下的应用软件一样，启动 CAXA 电子图板有多种方法，最简单的方法是在 Windows 桌面上双击图 1-10 所示的 CAXA 电子图板 2013 快捷图标。

启动后首先显示 CAXA 电子图板的启动画面，然后自动显示类似于图 1-11 所示的“日积月累”提示框（从中可快速了解 CAXA 电子图板 2013 版本的新增功能），单击其中的

“关闭”按钮后，进入系统界面。由此可开始进行绘图。



图 1-10 CAXA 电子图板 2013 快捷图标

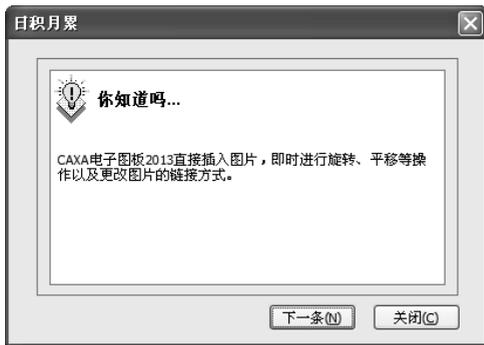


图 1-11 “日积月累”提示框

习 题

简答题

- (1) 什么是 CAD? 采用 CAD 技术有什么意义?
- (2) 什么是计算机绘图? 在您所熟悉的领域中哪些工作可以应用计算机绘图?
- (3) 计算机绘图系统由哪些部分组成? 请列出您所见到过的图形输入/输出设备。
- (4) “CAXA 电子图板”绘图软件有什么特点?

上机指导与练习

【上机目的】

了解 CAXA 电子图板 2013 绘图软件的安装和启动方法。

【上机内容】

- (1) 将 CAXA 电子图板 2013 绘图软件正确地安装到您的计算机上。
- (2) 启动 CAXA 电子图板绘图软件。

【上机练习】

- (1) 检查您的计算机软、硬件环境和配置是否满足 CAXA 电子图板的运行要求。
- (2) 将 CAXA 电子图板软件光盘放到计算机的光驱中，运行其中的 `setup.exe` 文件，系统将执行软件安装程序；按提示依次输入用户信息及安装设置选项，特别是务必输入正确的软件序列号。
- (3) 安装结束后，将在计算机“开始”→“程序”下生成“CAXA”程序组，并在计算机桌面上生成 CAXA 电子图板 2013 快捷图标。

- (4) 双击桌面上的快捷图标，即可启动 CAXA 电子图板。