

CAD 应用教程丛书

Contents

Protel 99 SE —电子线路 CAD 应用教程

◎主 编 陈晓平

◎副主编 李长杰

东南大学出版社

CAD 应用教程丛书

Protel 99 SE—电子 线路 CAD 应用教程

主 编 陈晓平
副主编 李长杰

东南大学出版社

• 南京 •

内 容 简 介

本书介绍了 Protel 99 SE 的基本结构、工作界面、使用方法等,通过实例讲解,详细介绍了使用 Protel 99 SE 进行电路设计(包括原理图设计和印制电路板设计)的过程,使读者快捷掌握电路设计的方法与技巧。本书叙述条理清晰、语言简洁、重点突出、实例丰富、图文并茂。本书可作为高等院校及高等职业院校电类专业学生学习 Protel 99 SE 的入门教材,也可以作为从事电子线路设计的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Protel 99 SE—电子线路 CAD 应用教程/陈晓平主编.

—南京:东南大学出版社,2005.7

(CAD 应用教程丛书)

ISBN 7 81089-999-6

I. P... II. 陈... III. 印刷电路—计算机辅助设计
—应用软件, Protel 99 SE—教材 IV. TN410.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 064008 号

Protel 99 SE—电子线路 CAD 应用教程

主 编	陈晓平
副 主 编	李长杰
责任编辑	李 玉
整体设计	
责任印制	张文礼
封面设计	毕 真

出版发行	东南大学出版社
社 址	南京四牌楼 2 号
邮 编	210096
经 销	江苏省新华书店

印 刷	南京京新印刷厂
开 本	700mm×1000mm 1/16
印 张	17
字 数	400 千字
印 数	1—5000 册
版 次	2005 年 7 月第 1 版第 1 次印刷
定 价	28.00 元

(凡因印装质量问题,可直接向发行部调换。电话:025—83795801)

CAD 应用教程丛书编委会名单

主任委员：任祖平

副主任委员：顾寄南 赵贵才 李 玉

委 员：(按姓氏笔画为序)

任祖平 吴 俊 张文莉

李 玉 陈晓平 荣祥国

俞 炘 赵贵才 顾寄南

执行主编 李 玉

Publication Explain

出版说明

随着计算机科学的发展,各类院、校对计算机应用软件的教学与训练水平的要求也越来越高。特别是工科类大学与职业技术学院的软件教学,急需要有紧跟软件发展水平、应用性较强的教材能供选用。为了搞好 CAD 人才的课堂教学与实践训练、培训工作,承担原国家科委和国家教委“八五”科技攻关国家项目“CAD 应用工程”的“全国 CAD 应用培训网络—南京中心”依托东南大学的支持,与东南大学出版社共同策划,由南京中心牵头组织了东南大学、江苏大学、扬州大学、常州工学院、淮阴工学院、南京信息职业技术学院、常州轻工职业技术学院等 12 所不同层次的大学、职业技术学院的 37 位老师,对目前教学中常用的 12 个应用软件统一编写了大纲,并讨论、规划了 10 种常用软件的教材编写与出版准备工作,本套教材将陆续以丛书形式问世。

工欲善其事,必先利其器。我们希望通过本套丛书的出版,能对当前各类高校学生的教学与训练起到很好的指导作用。

CAD 应用教程丛书编委会

2005 年 6 月

前言

随着新型器件和集成电路越来越广泛的应用,其电子线路也越来越精密,这给电子产品的设计工作增加了很大的难度。繁琐的手工绘图,加上反反复复的安装测试,不仅设计周期长、成本高,而且很难满足技术要求,严重地制约了电子产品的设计工作。随着计算机软件的飞速发展,利用计算机进行电子线路辅助设计(CAD),除了改图容易、快速外,还可以进行电路的仿真及印制电路板设计,极大地缩短了电路设计与制作的周期,更增强了设计的可靠性。

Protel 99 SE 是目前最受欢迎的电子线路 CAD 软件。它具有丰富的编辑功能、强大的自动化设计能力、完善的检测工具、灵活的设计管理手段,它为用户提供了极其丰富的原理图元件库、PCB 元件库以及出色的在线编辑和库管理,良好的开放性还使它可以兼容多种格式的设计文件,以及支持 Windows 平台上的所有输出外设,使用户可以轻松地控制电子线路设计的全过程。

本书共分 6 章,主要介绍了 Protel 99 SE 的基本操作、原理图设计及印制电路板设计,它是 Protel 99 SE 的基础及主要部分。在编写过程中编者力求体系结构合理,重点突出,便于掌握,因此在讲述 Protel 99 SE 基本内容及操作过程中都是从具体实例出发,引导读者深入了解及掌握 Protel 99 SE 软件的特点,试图为初学者快速、有效地掌握电子线路 CAD 的设计方法与技巧提供有力的帮助。

本书由江苏大学陈晓平副教授任主编、李长杰讲师任副主编,共同负责确定全书的内容与章、节以及全书的统稿。

参与本书编写的还有东南大学顾伊璐工程师、江苏信息职业技术学院王恩亮老师。其中,第1、2、4章由陈晓平编写,第3章由王恩亮编写,第5章由李长杰编写,第6章由顾伊璐编写。本书在编写的过程中得到了东南大学“全国CAD应用培训网络——南京中心”的热情支持与帮助,并由江苏大学李正明教授在百忙中抽出时间认真审阅全稿,在此一并表示衷心的感谢。

提高学生的动手能力及工程设计能力一直是工科类学校的努力目标。本书以电子技术基础为背景,以计算机为工具,培养学习者的工作与实践能力。本书可以作为高等院校及高等职业院校工科电类相关专业的“电子线路CAD”课程及课程设计的教材,也可以作为从事电子线路设计工作的工程技术人员的参考资料。

由于Protel内容丰富,而编者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005年6月



目录

Protel CAD

1	电子线路 CAD 与 Protel 99 SE 概述	1
1.1	电子线路 CAD 的概念	1
1.2	Protel 99 SE 体系结构	1
1.2.1	原理图设计组件	2
1.2.2	印刷电路板设计系统 PCB 设计组件	3
1.2.3	自动布线组件	3
1.2.4	可编程逻辑器件组件	4
1.2.5	仿真组件	4
1.3	Protel 99 SE 的启动和关闭	4
1.3.1	Protel 99 SE 的启动	4
1.3.2	Protel 99 SE 的关闭	6
1.4	Protel 99 SE 的文件管理	7
1.4.1	文件管理	9
1.4.2	使用快捷菜单	11
1.4.3	文件编辑	11
1.4.4	显示辅助看查工具	12
1.4.5	系统菜单	13
2	原理图的基本设计	14
2.1	原理图设计的一般步骤	14
2.2	启动原理图设计系统	15
2.3	原理图编辑器的画面管理	16
2.3.1	原理图设计工具栏管理	16
2.3.2	原理图面板显示管理	20
2.4	原理图绘制初步	22
2.4.1	设置图纸	23
2.4.2	放置元器件	28
2.4.3	调整元器件布局	34
2.4.4	放置电源、接地及端口符号	43
2.4.5	绘制连接线	45

2.4.6 编辑元器件	50
2.5 保存文件	54
2.6 原理图的输出	54
2.6.1 打印输出	54
2.6.2 绘图仪输出	56

3 原理图的设计进阶

3.1 总线、总线分支、网络标号 I/O 端口工具的使用	58
3.1.1 总线连接方式	59
3.1.2 网络标号连接方式	62
3.1.3 I/O 端口连接方式	62
3.1.4 注意事项	66
3.2 利用绘图工具添加说明性图形和文字	66
3.2.1 绘图工具栏	66
3.2.2 绘制图形过程	66
3.2.3 其他绘图工具的使用	69
3.2.4 注意事项	69
3.3 原理图的编辑技巧	70
3.3.1 单个操作对象的操作	70
3.3.2 对多个操作对象的操作	72
3.3.3 利用拖动功能快速画平行导线的方法	78
3.3.4 阵列粘贴的应用技巧	79
3.3.5 一次性修改多个同类对象的属性	82
3.3.6 修改/恢复 Protel 各类编辑器操作对象的 缺省属性	85
3.4 元件的自动编号	87
3.4.1 元件的自动编号的操作过程	87
3.4.2 元件自动编号的编号调整技巧	90
3.5 原理图的电气检查	93
3.6 报表文件的建立与输出	96
3.6.1 生成网络表文件	96
3.6.2 网络表文件格式	101
3.6.3 生成元件清单报表	102
3.6.4 生成元件属性清单统一修改元件属性	105



3.7 元件电气图形符号编辑与创建	108
3.7.1 元件图形符号编辑器	108
3.7.2 修改元件图形符号	111
3.7.3 创建 CD4051 的电气图形符号	114
3.7.4 创建 CD4052 的电气图形符号	116
3.7.5 注意事项	118

4 层次原理图的设计	119
4.1 层次原理图的设计方法	119
4.2 建立层次原理图	120
4.2.1 建立顶层原理图	122
4.2.2 画方块图	122
4.2.3 放置方块电路接口	124
4.2.4 连线	126
4.2.5 保存	131
4.3 不同层次电路之间的切换	132
4.4 由方块电路符号产生新原理图中的 I/O 端口符号 ...	132
.....	132
4.5 由原理图文件产生方块电路符号	134

5 印制电路板的基本设计	135
5.1 印制电路板设计的一般步骤	135
5.1.1 印制电路板的基本知识	135
5.1.2 印制电路板的设计流程	138
5.2 启动 PCB 设计系统	139
5.2.1 建立一个新的印制电路板文件	139
5.2.2 Protel 99 SE PCB 编辑器的启动	141
5.2.3 Protel 99 SE PCB 编辑器窗口的区域划分	141
5.3 印制电路板图的画面管理	143
5.3.1 PCB 编辑器单窗口画面的常用操作	143
5.3.2 PCB 编辑器多窗口画面的常用操作	148
5.3.3 工作区控制命令	151



5.4 设置工作层	153
5.4.1 工作层面的管理	153
5.4.2 工作层面的设置	156
5.4.3 工作层面的选择	157
5.5 手工设计单面印制板—Protel 99 SE PCB 基本操作	158
5.5.1 PCB 绘图工具	158
5.5.2 PCB 图形对象的编辑	172
5.5.3 手工绘制单面印制电路板初步	176

6 印制电路板的设计进阶 **186**

6.1 原理图到印制板图	187
6.1.1 原理图元件与对应的印制板图元件管脚编号 一致问题	187
6.1.2 加载网络表	189
6.2 印制板设计的布局	191
6.2.1 分类	191
6.2.2 手工预布局	193
6.2.3 设置自动布局参数	193
6.2.4 自动布局	197
6.3 印制板设计的布线	200
6.3.1 设置布线规则	200
6.3.2 自动布线	203
6.3.3 手工改线	206
6.3.4 设计规则检查	207
6.3.5 验证印制电路板布线的正确性	208
6.4 印制板的电源板层、螺丝孔、铺铜的设置	210
6.4.1 设置内层电源板层	210
6.4.2 设置螺丝孔	212
6.4.3 设置铺铜	213
6.5 PCB 报表的生成	214
6.5.1 生成电路板信息报表	214
6.5.2 生成 NC 钻孔报表	216
6.5.3 生成元件报表	219



6.5.4 生成插件报表	221
6.5.5 距离测量报表	222
6.5.6 对象距离测量报表	223
6.6 添加电源/地的输入端与信号的输出端	223
6.7 制作 PCB 元件	227
6.7.1 电路板元件	227
6.7.2 元件编辑环境	228
6.7.3 元件制作向导	230
6.7.4 制作新元件	234
6.7.5 编辑、修改原有元件	235
6.7.6 更换电路板里的元件	235
6.7.7 收录电路板中的元件	236
6.7.8 将制作的元件放入电路板	236
6.8 电路板图的打印输出	238
6.8.1 打印机的设置	238
6.8.2 设置打印模式	240
6.8.3 打印输出	241
附录 A Protel 99 SE 常用快捷键一览	242
附录 B Protel 99 SE 的 Sch 库文件	246
附录 C 练习题	250
参考文献	257





1

电子线路CAD与Protel 99 SE概述

随着计算机软、硬件技术的飞速发展,许多由人工进行的工作将逐渐由计算机来完成,计算机辅助设计是电子线路设计的必然趋势。本章简要介绍电子线路 CAD 的概念、Protel 99 SE 的主要功能与特点,Protel 99 SE 的启动和关闭,以及 Protel 99 SE 面向对象的文档资料管理方式等基本操作。通过本章学习,可以对 Protel 99 SE 的界面以及相应的特点有一个全面的了解,便于进一步的深入学习。

1.1 电子路线 CAD 的概念

CAD 是 Computer Aided Design(计算机辅助设计)的简称。CAD 的特点是速度快、准确性高,能极大地减轻工程技术人员的劳动强度。电子线路 CAD 的基本含义是使用计算机来完成电子线路的设计过程,包括电路原理图的编辑、电路功能仿真、工作环境模拟、印制板设计(自动布局、自动布线)与检测等。电子线路 CAD 软件还能迅速形成各种各样的报表文件,如元件清单报表,为元器件的采购及工程预决算等提供了方便。

目前,电子线路 CAD 软件种类很多,如早期的 Smartwork、TANGO、EE System、PCAD、OrCAD、Protel 等。其功能大同小异,其中 Protel 具有操作简单、方便、易学等特点,是目前比较流行的电子线路 CAD 软件之一。

Protel 99 SE 是 Protel 软件系列较新的版本,其强大而先进的功能,使它自推出以来,一直是大多数电子设计者的首选软件。因此,本书选用 Protel 99 SE 作为电子线路 CAD 的软件进行简明介绍。

1.2 Protel 99 SE 体系结构

Protel 99 SE 被设计成为一个客户/服务器应用程序,它提供了一个基本的框架窗口和相应的 Protel 99 SE 组件之间的用户接口。在运行主程序时,各服务器程序可以在需要的时间调用。例如,当要编辑一个原理图或者印制电路板(PCB)图时,原理图编辑器或者 PCB 图编辑器这些内嵌的服务器程序才会被调用,从而加快了主程序的启动速度。

由于 Protel 99 SE 采用的是客户/服务器体系结构,极大地提高了软件本身的可扩展性。无论是 Protel 99 SE 本身的组件,还是来自其他软件的组件,都很容易地嵌入到 Protel 99 SE 中,增强其功能。

Protel 99 SE 的客户/服务器体系结构究竟是如何工作的,用户在使用 Protel 99



SE 时并不需要了解,但是对服务器有一个基本了解,在学习 Protel 99 SE 时是有帮助的。Protel 99 SE 中有众多的服务程序,例如:原理图编辑服务器、PCB 图编辑服务器、仿真服务器、自动保存服务器等。但是基本上可以分为五大组件,即:原理图设计组件、PCB 设计组件、布线组件、可编程逻辑器件组件和仿真组件。

因为电路设计的最终目的是为了获得原理图和 PCB 图,而原理图又是为 PCB 图服务的,所以在这五个组件中,后三个组件都是为前两个组件服务的。可以说,在 Protel 99 SE 中原理图设计组件和 PCB 设计组件是最基本的组件,也是本书着重介绍的内容。下面先简单介绍各组件的基本功能。

1.2.1 原理图设计组件

原理图设计组件主要是进行原理图的设计,它具有下列 5 个功能:

1. 支持模块化设计功能

原理图设计组件支持自上向下的模块化设计方法,用户在设计大型系统原理图时,可以先将整个系统划分成几个子系统,然后子系统再划分成为几个功能模块,功能模块又划分为一些基本模块,用户可以先分别对各基本模块进行电路设计,全部完成后再按照各个基本功能模块之间的关系,将它们再组织起来形成一个整体,从而完成系统的整个设计过程。相反,用户也可以采用自下向上的设计方法,先设计基本模块,再组合成子模块,最后把各子模块组合起来,完成系统的整体设计。

2. 丰富而又强大的编辑功能

原理图设计组件有着丰富而强大的编辑功能,这些功能主要体现在以下方面:

- ① 原理图编辑器中可以实现如复制、剪切、粘贴等普通的编辑功能;
- ② 可由用户自己设置次数,执行多层撤消/重复功能;
- ③ 原理图编辑器所带电气栅格特性提供了所有电器件的自动连接功能,这使得布线变得更加方便;
- ④ 编辑器中采用的是交互式的编辑方法,用户在编辑对象属性时,只要在一个设计对象上双击鼠标左键,就可以调出该对象的属性对话框,直接对其进行修改,不但直观而且方便;
- ⑤ 为了方便 Protel for DOS 版本的用户,在 Protel 99 SE 中仍旧保留了大多数的功能热键。

3. 强大的电气检查功能和向导功能

原理图设计组件的编辑器具有强大的电气检查功能,能快速地对大型的复杂电路进行检查,并将检查结果直接标记在原理图上,从而方便了原理图的修正。

Protel 99 SE 还提供了向导功能,用户可以利用向导设计功能电路模块,例如:放大器、滤波器、电源电路等。用户可以利用组件内嵌的 API 函数或者相应的宏语言来建立自己的向导程序。



4. 完善的库元件编辑和管理功能

原理图设计组件的编辑器具备完善的库元件编辑和管理功能。其中原理图设计器提供了包含多达16 000个元件的众多元件库,包括 AMD、INTEL、DLLAS、TI、MOTOROLA、MAXIM、XILINX、PSPICE 仿真库等等。如果用户在这些库中没有找到符合自己要求的元件,用户可以自行创建新的原理图元件。

5. 方便的同步设计功能

用户在使用 Protel 99 SE 时,会发现原理图和 PCB 图之间的变换更为容易了。原理图和 PCB 图之间可以交叉查找元件、网络等。元件标号可双向注释,既可以从原理图将修正信息传递到 PCB 图中,也可以从 PCB 图中将修正信息传递到原理图中,从而保证原理图和 PCB 图之间的高度一致性。

1.2.2 印刷电路板设计系统 PCB 设计组件

在 Protel 99 SE 中,设计印刷电路板(PCB)图组件具有强大的设计自动化功能、编辑功能以及完善的库元件管理功能等。

PCB 设计组件是一个 32 位的 EDA 设计系统,其最大精度可以达到 0.001mil (mil 为毫英寸,1mil=0.0254mm(毫米))的分辨率,能够设计的工作层数达 32 个,最大板图的大小为 2 540mm×2 540mm,可以旋转的最小角度达到 0.001°,能够管理的元件、网络以及连接等的数目仅仅受限于实际的物理内存。该组件提供了各种形状的焊盘。

同原理图编辑器一样,PCB 编辑器也具备了丰富而又灵活的编辑功能,它提供交互式的全局编辑,对象属性的修改操作也和原理图中的特性修改完全一样,支持飞线和网络编辑。此外,集成的操作记录系统会记录下用户的每一步操作,并保存到文件中,用户可以据此来修正原理图。

PCB 设计组件借助自动布线组件,能够实现设计的自动化,同时它还具备了在线式的设计规则检查(DRC)功能,以修正违反设计规则的错误。

PCB 设计组件还具备完善的库元件管理功能,用户可以方便快速地创建一个新的 PCB 元件。通过网络还可以访问多用户库,使得用户元件库的共享更为方便。

PCB 设计组件具有良好的开放性,其编辑器可以调入众多 EDA 设计系统的设计文件,例如 PADS 2000、PADS PCB、ORCAD PCB、Protel for DOS 以及 TANGO 等版本的设计文件。同时它还拥有完备的输出系统,支持 Windows 支持的所有输出平台,并且能预览设计文件,输出高分辨率的光绘文件,以及输出用于数控钻的格式(NC Drill)文件。

1.2.3 自动布线组件

该组件主要是为 PCB 设计组件服务的,用以实现设计的自动化功能。在 Protel 99 SE 中,实现自动布线组件没有独立的用户接口界面,而是作为纯粹的内在服务器



程序,通过 PCB 编辑器实现与用户的交互。

自动布线组件的布局方法是基于人工智能,可以对 PCB 版面进行优化,其布线器采用了拆线重组的多层迷宫布线算法,可以同时处理全部信号层的自动布线,并不断地进行优化。Protel 99 SE 还支持基于形状(shape-based)的布线算法,可以实现高难度、高精度的 PCB 自动布线。

1.2.4 可编程逻辑器件组件

该组件用于设计可编程逻辑器件。在 Protel 99 SE 中用户可以通过两种方法创建可编程逻辑器件,1 种方法是在原理图编辑器中使用一个专门的 PLD (Programmed Logic Device,可编程逻辑器件)库 Symbols. Lib 进行设计;另 1 种方法是利用 CUPL 语言编写 PLD 描述文件。无论是采用哪种方法,最后都要执行 PLD 编辑器进行编译,以生成熔丝图文件,用来制作具有相应功能的器件。

1.2.5 仿真组件

该组件主要是根据原理图文件向相应的实际电路进行模拟,同时给出输出信号的波形。在 Protel 99 SE 中,仿真组件可以同时模拟信号和数字信号的仿真。用户在最后制作电路板之前,可以利用该组件先进行电路模拟,了解理想情况下电路的工作情况,判断是否符合要求,从而进行针对性的修正。这一功能给设计者在原理图设计阶段就能够准确地获得电路的工作状态,从而提高设计工作的准确性。应该注意的是:仿真需要使用仿真库(Sim. ddb)中的元器件来设计和绘制原理图。

对于 Protel 99 SE 的仿真和可编程逻辑器件设计可参考其他资料,本书将不涉及此内容。

1.3 Protel 99 SE 的启动和关闭

1.3.1 Protel 99 SE 的启动

用户根据安装信息可以十分轻松地安装上 Protel 99 SE,这里就不再赘述。在 Protel 99 SE 的安装过程中,安装程序 setup 自动在桌面上和“开始”菜单内建立“Protel 99 SE”的快捷启动方式图标,同时在“开始\程序”快捷菜单内也建立了“Protel 99 SE”的快捷启动方式菜单。因此启动 Protel 99 SE 将非常容易。

启动 Protel 99 SE 有 3 种方法:

(1) 单击任务栏上的[开始]按钮,并选择[开始]►[程序]►[Protel 99 SE]►[Protel 99 SE]选项,即可启动 Protel 99 SE,如图 1-1 所示。

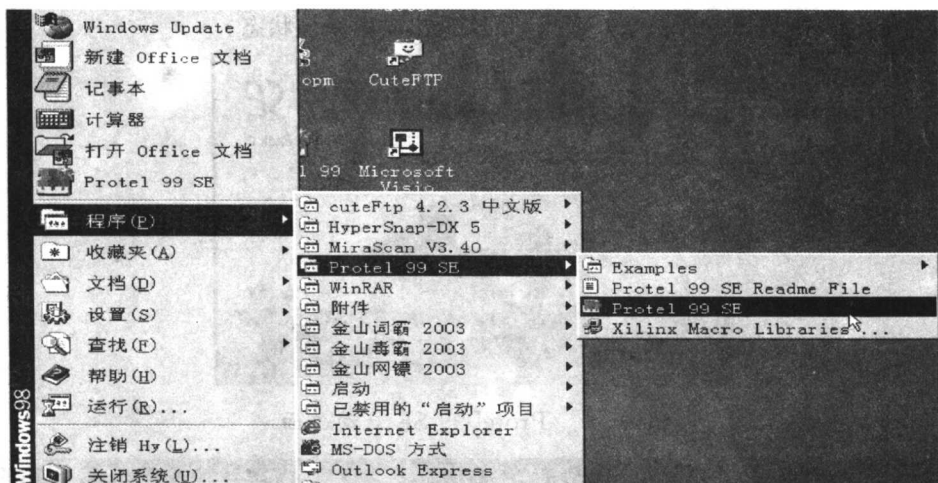


图 1-1 [开始]菜单启动 Protel 99 SE

(2) 在调出的[开始]菜单组中单击“Protel 99 SE”选项即可启动 Protel 99 SE,如图 1-2 所示。

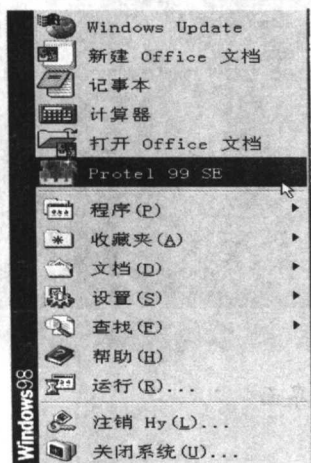


图 1-2 [开始]菜单中的

Protel 99 SE 快捷命令



图 1-3 桌面上的 Protel 99 SE

快捷图标

(3) 最简单的启动方法就是双击 Windows 桌面上的 Protel 99 SE 的图标来启动应用程序,如图 1-3 所示。

执行上述命令后,会出现如图 1-4 所示的 Protel 99 SE 的启动画面。如果是第一次启动 Protel 99 SE,由于未载入任何文档资料,因此显示的操作界面如图 1-5 所