

炼油装置仿真实训系列丛书

催化裂化装置 仿真实训教程

杜峰 编著

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

炼油装置仿真实训系列丛书

催化裂化装置仿真实训教程

杜 峰 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书所介绍的仿真实训系统,是依托 Honeywell 公司的 UniSim Operations 运行套件。本书能较真实反映催化裂化装置的开工、运行、停工和故障处理过程的动态响应,模拟真实的生产过程。本书针对流化催化裂化模型装置进行了概述,详细讲解了装置开工流程和停工流程的操作方法;并对本装置在开、停工过程中的故障分析及处理方法进行了详细的阐述。

本书可用于装置操作人员的仿真培训,也可用于技术人员研究生产工艺的优化以及控制系统改进的研究。亦可推广至相关专业院校,配合专业软件和装置操作教学使用。

图书在版编目(CIP)数据

催化裂化装置仿真实训教程/杜峰编著. —北京:
中国石化出版社,2014. 11
(炼油装置仿真实训系列丛书)
ISBN 978-7-5114-2990-2

I. ①催… II. ①杜… III. ①催化裂化-裂化装置-
计算机仿真-教材 IV. ①TE966-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 241909 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式
或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com

北京富泰印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092 毫米 16 开本 8.5 印张

2015 年 1 月第 1 版 2015 年 1 月第 1 次印刷

定价:30.00 元

前言

本书是为化学工程专业本科生和研究生仿真实训而编写的教材，也可以作为石油化工企业技术人员和操作人员的催化裂化操作仿真培训教材。本书主要介绍了 Honeywell 公司 UniSim Operations 运行套件中 Shadow Plant 系统的功能和使用方法，图文并茂地按步骤详细介绍了该系统催化裂化装置的开工、运行、停工和故障处理过程，可以指导读者快速掌握 Shadow Plant 系统使用以及催化裂化生产过程仿真模拟操作。

因该软件为英文原版软件，软件中单位表示方法与我国标准和习惯有较大差异，在软件介绍时虽尽量做了转换，但在实际操作过程中，为了便于理解和使用，仍使用了与软件界面类似的单位表示方法，但做了部分修改。例如图中单位 RPM 是指每分钟的转数，即正文所标注的 r/min ；图中单位 KPAG 是指用 kPa 为单位的表压，即正文所标注的 $kPa(g)$ ；图中单位 SM³/HR，文中 Sm^3/h 是指在英制标准状况 ($101.3kPa$, $15.6^{\circ}C$) 下的体积流量，即正文所标注的 Sm^3/h ；图中单位 T/HR，即正文所标注的 t/h ；图中单位 KPA，即正文所标注的 kPa ；图中单位 KG/HR，即正文所标注的 kg/h ；图中单位 PA，即正文所标注的 Pa ；图中单位 M³/HR，即正文所标注的 m^3/h 等。由此给读者带来的不便，请广大读者见谅。

本书中操作过程的全部插图是由编者 2011 级研究生纪文平同学协助截图并为印刷出版方便进行了必要的格式转换。在编写过程中参阅了 Honeywell 公司部分培训材料和 UniSim Operations 软件说明书等内容，在此对相关作者一并表示感谢。

因作者水平有限，书中错误和不妥之处，欢迎广大读者批评指正。



第 1 章	模型介绍	(1)
1.1	模型功能	(1)
1.2	软件介绍	(2)
1.3	流化催化裂化模型装置流程说明	(11)
第 2 章	装置开工	(14)
2.1	废热锅炉 E-100 和汽包 D-100 开启	(14)
2.2	鼓风机 C-100 启动	(17)
2.3	空气预热炉 H-100 点火	(24)
2.4	再生器 R-100 预热与催化剂添加	(25)
2.5	主分馏塔 T-200 启动	(41)
2.6	再生器 R-100 与分馏塔 T-200 连通	(61)
2.7	催化剂循环及新鲜进料引入	(66)
2.8	湿气压缩机 C-200 启动	(85)
2.9	增加原料量至设计值 $132.5 \text{ m}^3/\text{h}$	(88)
第 3 章	装置停工	(92)
3.1	减小进料速率	(92)
3.2	关闭再生器 R-100	(100)

3.3 关闭主分馏塔 T-200	(107)
------------------------	-------

第4章 故障分析及处理 (115)

4.1 进料带水	(115)
4.2 汽包给水减少甚至中断	(118)
4.3 催化剂活性降低	(119)
4.4 装置停冷却水	(120)
4.5 开车过程燃烧油中断	(122)
4.6 原料油预热换热器 E-200/201 结垢	(123)
4.7 再生滑阀失灵全关	(124)
4.8 回流泵 P-209 性能劣化	(125)
4.9 压缩机 C-200 停运	(127)
4.10 原料预热炉 H-200 结焦	(127)

第1章 模型介绍

1.1 模型功能

Shadow Plant 是 Honeywell 公司全面解决方案系列的软件, 用来管理和保护工业资产。Shadow Plant 拥有多种适用于工厂运营管理的功能。

Shadow Plant 系统是新一代的基于 TRAINER 流程模拟系统的仿真工具。Shadow Plant 系统的功能和特性与原来的 TRAINER 系统类似; 然而, 现在 Shadow Plant 拥有 Windows 平台提供的增强功能, 能够在任何给定的时间点预测装置未来的状态。因此, Shadow Plant 仍然是专为流程工业设计的可靠而非常先进的动态过程模拟器。

该模拟器是一个用来构建和运行仿真模型专有程序的集合。对于一个给定的流程, 这些模型能够表示出其状态流程特点、控制信息和逻辑配置。安装在个人计算机上的软件和模型可以与任何分布式控制系统(DCS)或者其他计算机终端交互数据。

Shadow Plant 可以用于流程设计、工艺方案开发、过程故障诊断和控制方案测试。在添加了相关的培训练习内容之后, Shadow Plant 系统会成为培训操作人员和维修人员的重要工具。

Honeywell 公司收购了 Aspen 的 HYSYS 建模软件知识产权和操作员培训仿真业务后, 在整合了自己原来的 Shadow Plant 和 Hyprotech 公司的 HYSYS 2004 技术的基础上推出了新技术——UniSim Solution。UniSim Operations 属于其中的运行套件, 用于生产过程的动态分析和控制系统检查, 也可以训练操作员和工程师处理事故的能力。

催化裂化是炼油厂中最重要的二次加工工艺, 是液化石油气、汽油和柴油的主要生产手段。催化裂化一般以重油为原料, 在有催化剂存在的条件下, 使重质原料发生裂化、异构化、芳构化和氢转移等反应, 来生产轻质油品。

催化裂化标准模型可用来模拟一套流化催化裂化装置的实时动态仿真。模型包括同轴式反应再生系统、分馏系统、烟气能量回收系统和机组, 不包括吸收稳定系统。利用该模型能够进行催化裂化装置开工、停工、事故处理及典型操作变化的训练。

流化催化裂化装置(FCCU)标准模型的总体目标是为操作人员提供仿真的培训内容, 包括:

- (1) 装置从无蒸汽、所有容器排空的状态实现冷启动;
- (2) 装置停车, 直到蒸汽排出, 容器排空;
- (3) 正常操作, 包括典型操作条件改变;
- (4) 故障和操作恢复。

1.2 软件介绍

1.2.1 安装要求

UniSim Operations 需要的最低系统配置要求如下：

- (1) 奔腾 IV/2.8 GHz 或更高配置处理器的个人电脑；
- (2) 1 GB RAM；
- (3) 1 GB 硬盘空间；
- (4) 8×DVD-ROM 驱动器；
- (5) VGA 或能以 800×600 分辨率显示至少 256 色的更高分辨率显示器(推荐 1024×768 分辨率)；
- (6) 鼠标或类似的指向装置；
- (7) 微软 Windows 2003 操作系统 (Service Pack 2) 或微软 Windows XP 专业版 (Service Pack 2 或 3) 操作系统；
- (8) Internet Explorer 6.0。

1.2.2 软件安装

按下列步骤在 Windows XP 或 Windows 2003 系统的计算上安装 UniSim Operations。

- (1) 确认拥有管理员权限；
- (2) 将 UniSim Operations DVD 安装光盘插入 DVD 光驱；
- (3) 在 windows 资源管理器中，打开光盘内容，双击“UniSim Operation Suite R320.exe”，按照屏幕上的提示完成软件的安装，如图 1-2-1 所示。

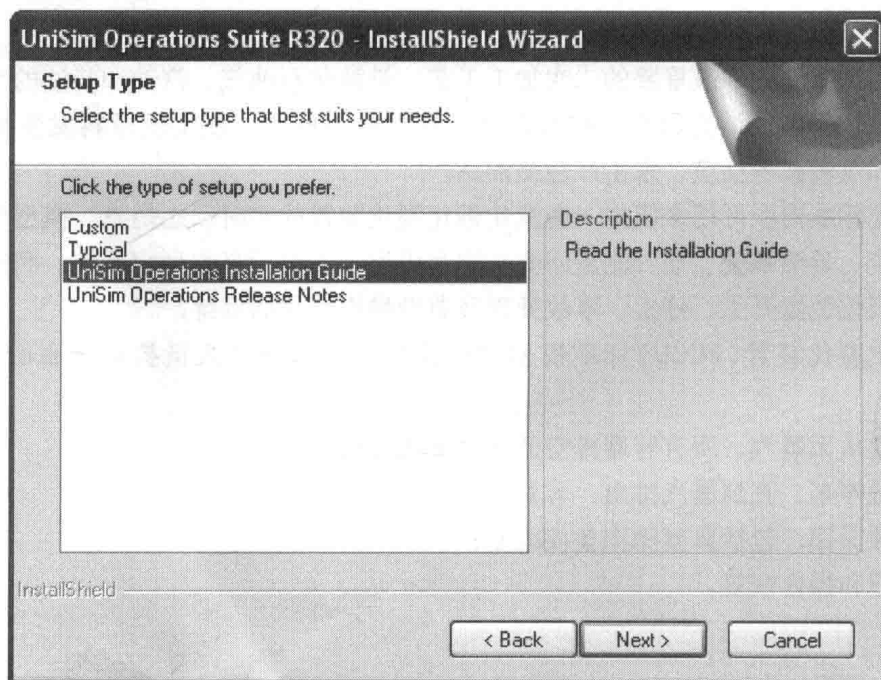


图 1-2-1

1.2.3 软件注册

UniSim Operations 每次启动都会自动检测证书，如图 1-2-2 所示为授权对话框。

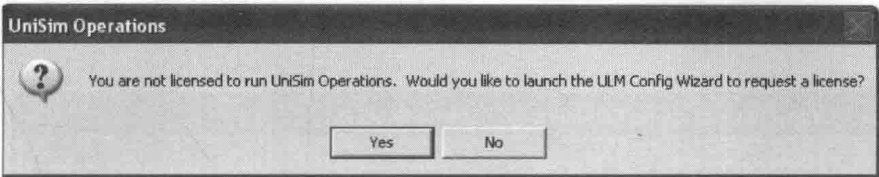


图 1-2-2

有三种注册方式：

(1) Standalone License 脱机注册

从“开始”——“程序”——“Honeywell”中点击“ULM Configuration Wizard”启动 ULM 配置向导，如图 1-2-3 所示。

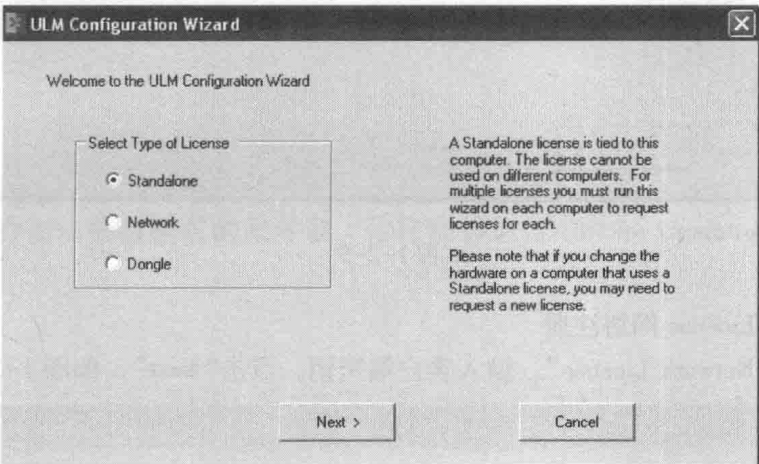


图 1-2-3

点击“Standalone”，弹出窗口，如图 1-2-4 所示。

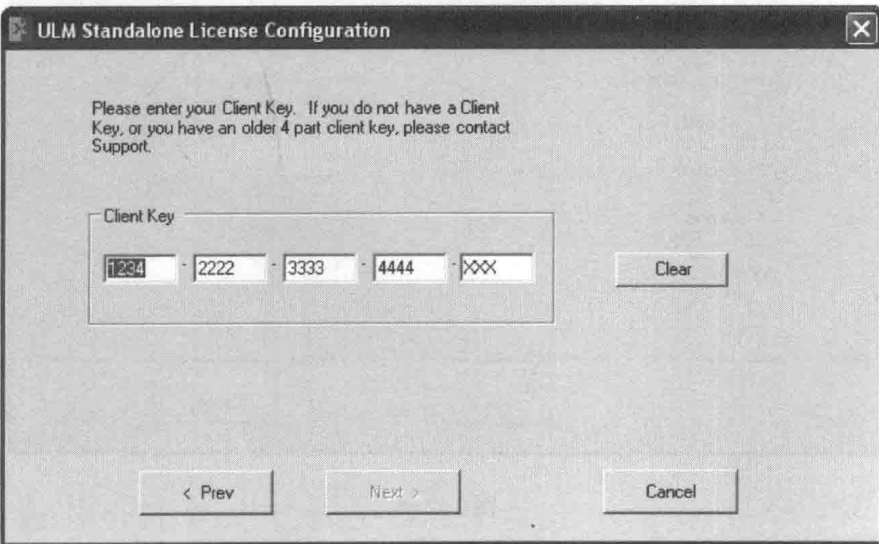


图 1-2-4

输入客户端密钥，点击“Next”。

自动通过邮件提交注册请求，点击“Next”，如图 1-2-5 所示。将通过邮件收到注册文件，双击该文件完成注册。

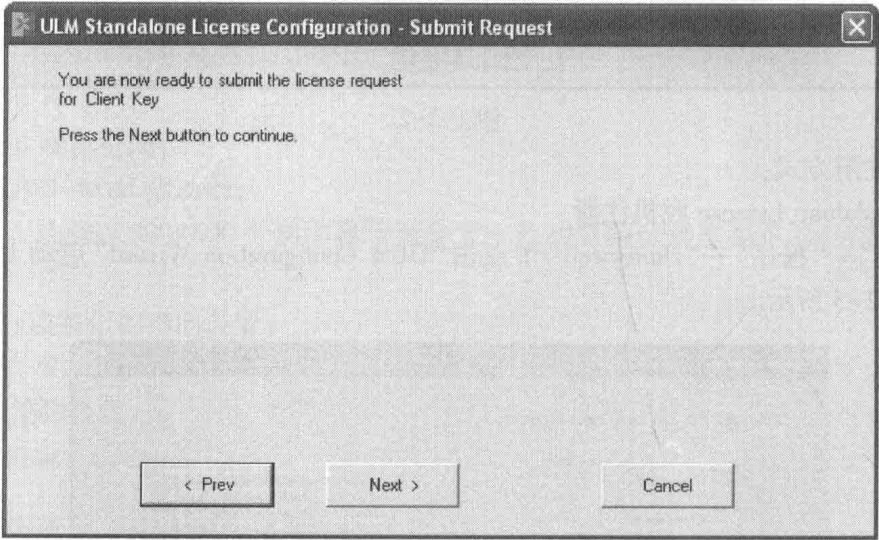


图 1-2-5

(2) Network License 网络注册

同上，选择“Network License”，输入客户端密钥，点击“Next”，如图 1-2-6 所示。

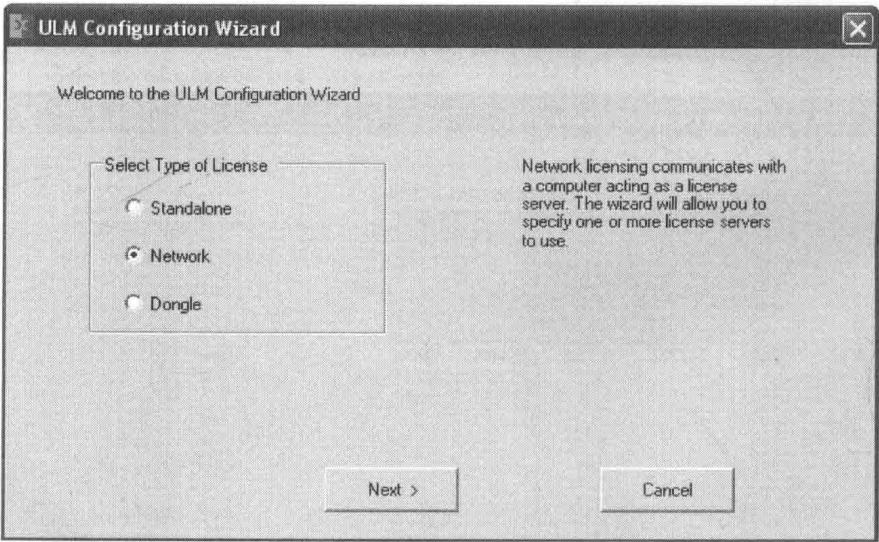


图 1-2-6

自动通过邮件提交注册请求，点击“Finish”，如图 1-2-7 所示。

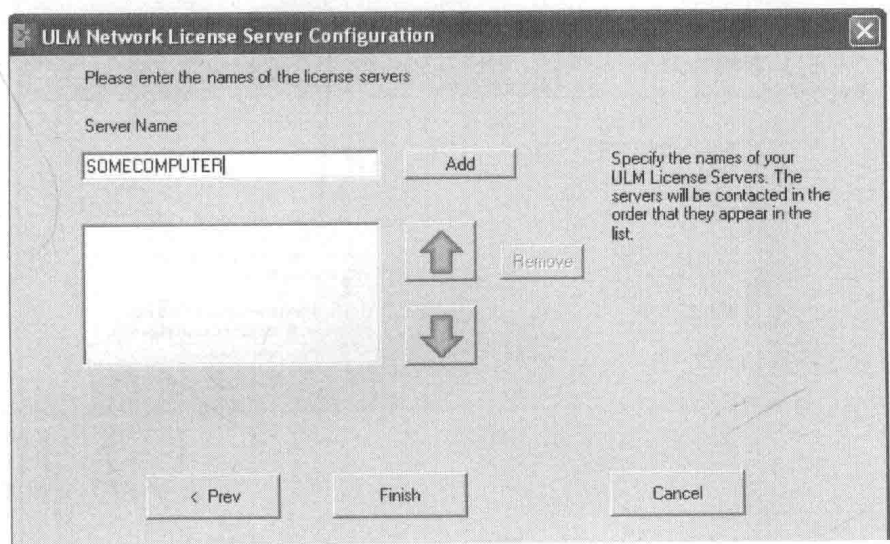


图 1-2-7

如果网络上存在已获得授权的服务器，你将能够运行 UniSim Operations，如图 1-2-8 所示。

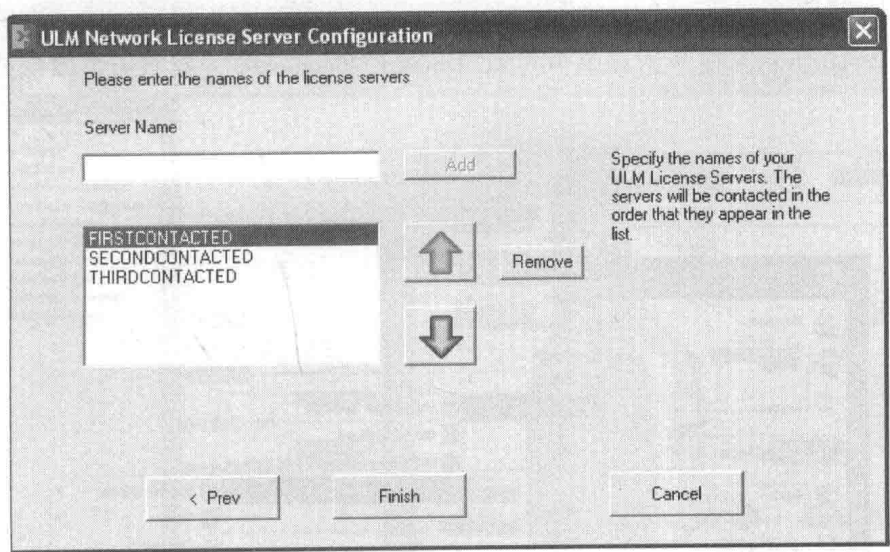


图 1-2-8

(3) Dongle License 软件狗加密
同上，选择“Dongle”，如图 1-2-9 所示。

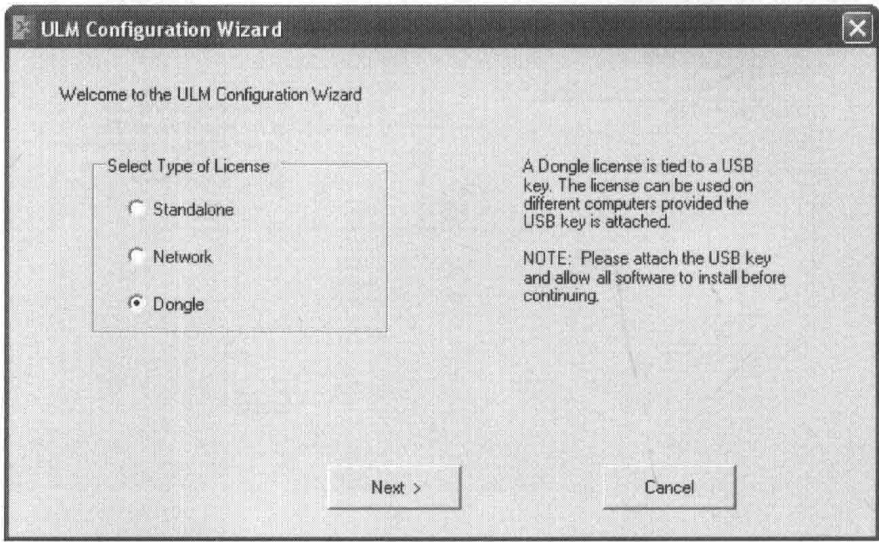


图 1-2-9

输入客户端密钥，点击“Next”，自动通过邮件提交注册请求。将通过邮件收到注册文件，双击该文件完成注册。

1.2.4 软件启动

如图 1-2-10 所示，在开始菜单中找到“UniSim Operations”，或双击桌面快捷方式启动软件。

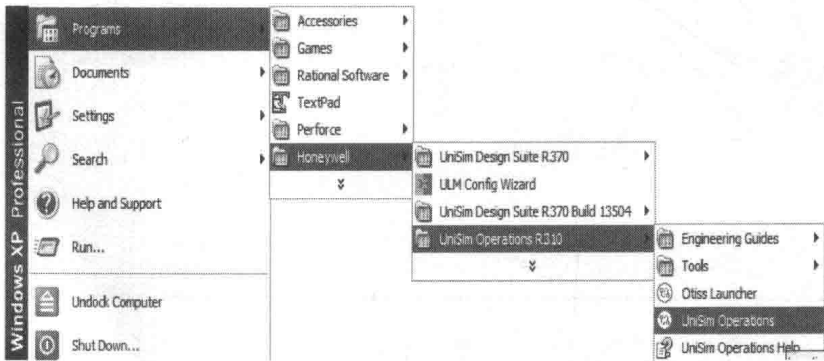


图 1-2-10

启动软件后，打开用户窗口，如图 1-2-11 所示。

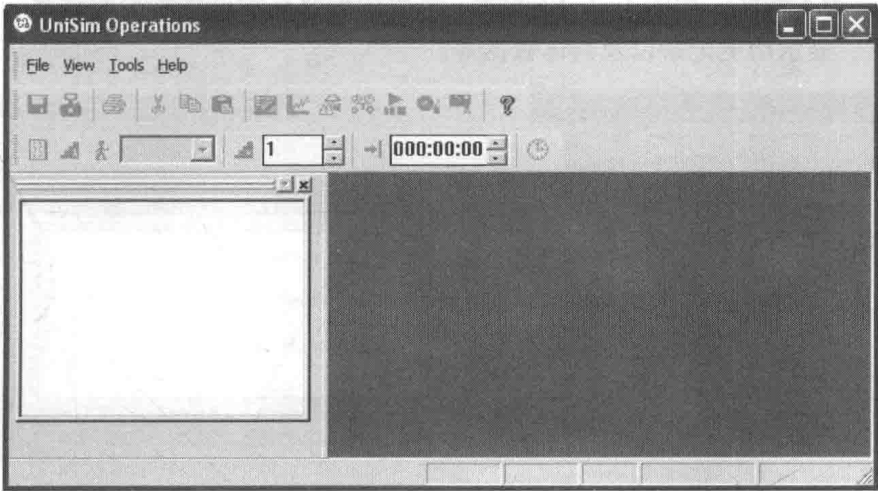


图 1-2-11

点击“File”——“Open”，载入模型。

1.2.5 软件界面简介

此标准模型有两个用户界面可供选择。一个是在个人电脑上运行的 Shadow Plant 面板及 RTG(运行时间图)，另一个是在 Honeywell TDC3000 通用工作站运行的 DCS(集散控制系统)过程图。软件打开后主界面如图 1-2-12 所示。

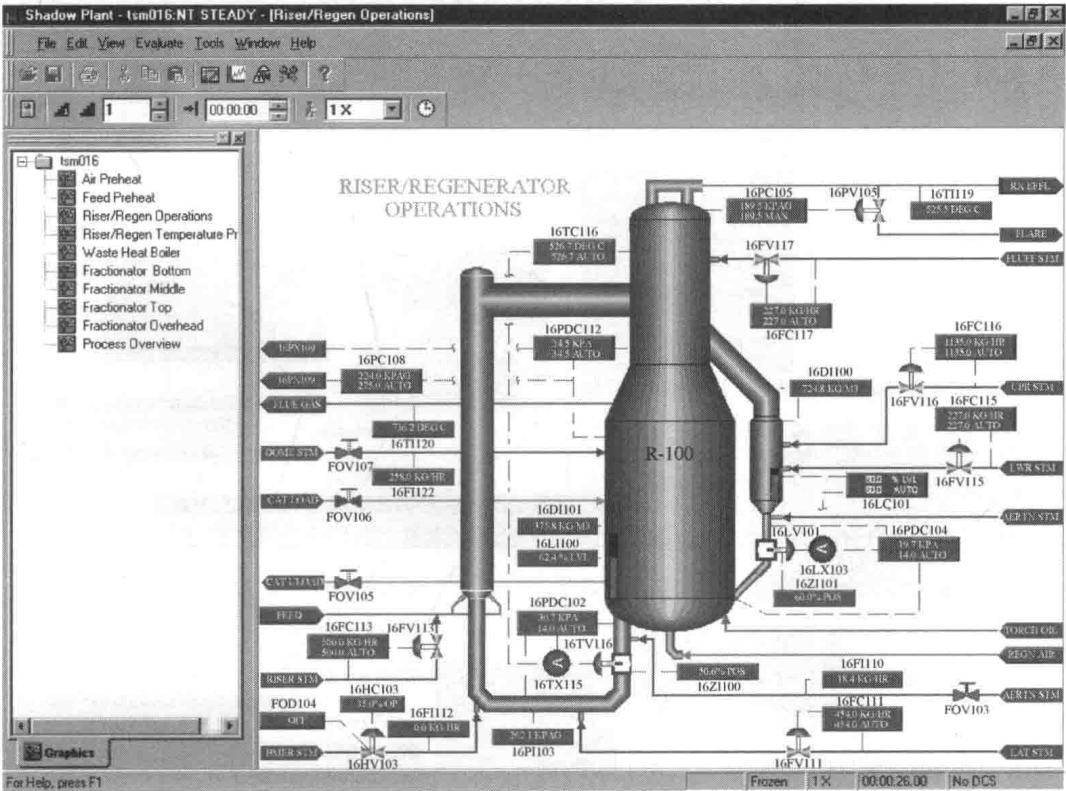


图 1-2-12

界面包括：

主体部位为工作区，如图 1-2-12 所示，可以图形化显示过程和控制信息，也可以如图 1-2-13 所示，显示历史记录以及具体数据等。

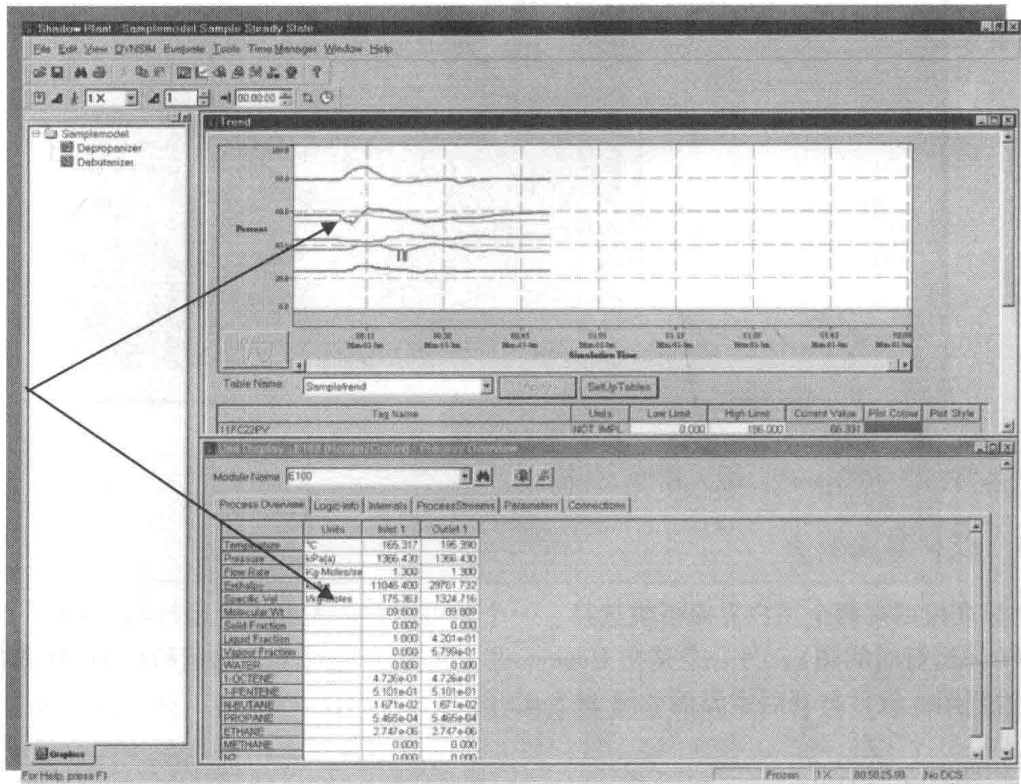


图 1-2-13

界面第一行为菜单栏，可以按如图 1-2-14 所示展开。

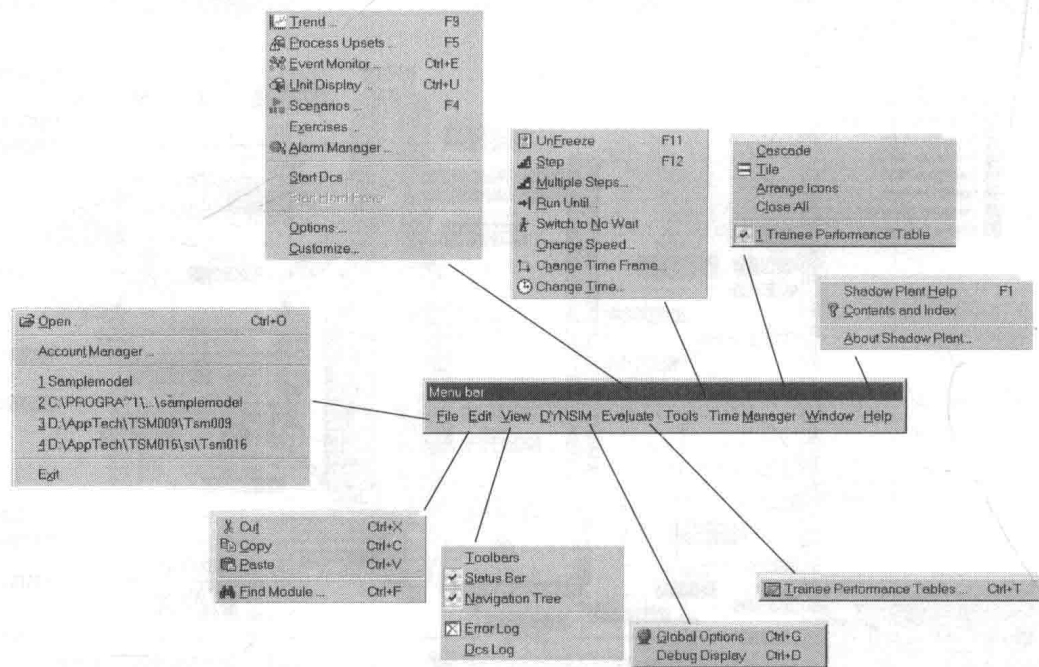


图 1-2-14

菜单栏主要命令如表 1-2-1 所示。

表 1-2-1

菜单项	命 令	功 能
File	Open	打开一个仿真模型
	Save	保存当前的仿真模型状态
	Snapshot	读取/创建/删除一个快照
	Print	打印当前文档
	Print Setup	更换打印机或更改打印选项
	Account Manager	显示用户账户名称和访问级别
	Exit	退出该应用程序，提示保存快照
Edit	Cut	将所选内容剪切至剪贴板
	Copy	将所选内容拷贝至剪贴板
	Paste	粘贴剪贴板中的内容
	Find Module	按类型或文件名查找模块
View	Toolbars	个性化工具栏
	Status Bar	显示或隐藏状态栏
	Navigation Tree	显示或隐藏导航树
	Error Log	显示错误信息窗口
DYN SIM	Global Options	显示 IVALUE 列表
	Debug Display	调试选中的 DYN SIM 子程序
Evaluate	Trainee Performance Tables	显示学员培训成绩列表
Tools	Trend	显示选中模块值的趋势
	Process Upsets	显示/编辑流程扰动(故障)
	Event Monitor	记录当前运行模型的操作动作(事件记录)
	Unit Display	显示模块数据
	Scenarios	显示情景编辑器
	Exercises	显示练习编辑器
	Alarm Manager	显示所有报警
	Start DCS	开始/停止 DCS 连接
	Options	激活/禁用快照、回溯追踪和事件监控器
	Customize	个性化设置工具栏
Time Manager	UnFreeze	运行或停止模拟操作
	Step	运行模拟操作一步(仿真时间)
	Multiple Steps	运行模拟操作多步(可自行设定仿真步数)
	Run Until	某个特定时间仿真模型停止运行
	Switch To No Wait	以 CPU 可提供的最快速率运行仿真模型
	Change Speed	通过选择固定倍数，来进行仿真模型的加速或减速
	Change Time Frame	改变仿真时间步的持续时间(推荐缺省值)
	Change Time	重置模拟计时

菜单项	命 令	功 能
Window	Cascade	重新排列，使打开的窗口平整叠加
	Tile	重新排列打开的窗口，但不使之叠加
	Arrange Icons	排列窗口底部的图标
	Close All	关闭所有打开的窗口
Help	Shadow Plant Help	使用 Shadow Plant 过程中打开 Help 信息
	Contents and Index	帮助目录和索引
	About Shadow Plant	显示程序信息、版本号以及版权等

界面第二行为工具栏，可用于直接切换到菜单项中所提供的常用应用、培训和工程画面，如图 1-2-15 所示。



图 1-2-15

每个图标具体含义如图 1-2-16 所示。

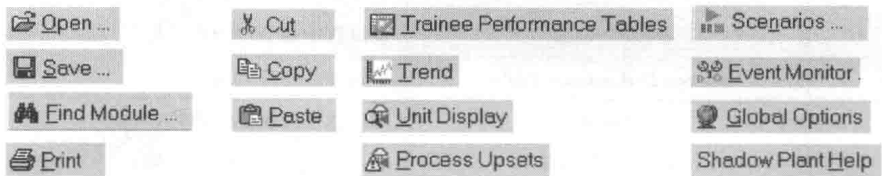


图 1-2-16

界面第三行为时间管理栏对应了菜单中 TimeManager 的各项功能。

主体部位旁边为目录树，在此窗口可以完成：创建一个新的画面窗口；增加或移去画面；增加或移去画面文件夹；重命名画面或其文件夹名字；发送画面到远程联网计算机等功能。

界面最下端为关于当前运行的仿真模型状态的状态栏，包括了帮助信息；错误记录信息；仿真时间管理状态；仿真时间以及 DCS 连接状态等信息。

1.2.6 相关缩写

- CAS: Cascade 级联控制
- BFW: Boiler Feed water 汽包给水
- CWS: Cooling Water Supply 冷却水上水
- CWR: Cooling Water Return 冷却水回水
- PDC: Pressure Differential Control 差压控制器
- AUTO: Automatic 自动控制
- EMER STM: Emergency Steam 事故蒸汽/紧急蒸汽

OVHD VAP: Overhead Vapour 塔底蒸汽

其他:

P——压力	T——温度	F——流量	L——液位	D——密度
H——手动	S——转速	V——阀门	X——低选控制	
A——报警	C——控制	I——指示	Z——位置	

1.3 流化催化裂化模型装置流程说明

流化催化裂化装置的设计进料速率是 $132.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (20000 bbl/d , $1 \text{ bbl} = 158.987 \text{ dm}^3$) 瓦斯油。装置包括: 原料预热、空气预热、提升管/再生器、废热锅炉、主分馏塔等五个部分。装置采用合成催化剂提升管催化裂化, 同轴式再生器/沉降器。原料油为瓦斯油, 产品为: 湿气、石脑油、轻循环油、重循环油(可选)和澄清油。

装置反应-再生系统采用同轴式提升管催化裂化, 再生器在底部, 于较高的压力下操作。外部有提升管立管和单级蒸汽汽提立管。一个蒸汽涡轮离心风机提供再生空气, 废热锅炉利用烟气余热产生蒸汽, 下游装置有一个带轻循环油侧线汽提塔的主分馏塔, 利用循环油浆与原料换热生产蒸汽回收热量。

工艺流程如下:

新鲜进料或瓦斯油通过原料加热炉预热, 有 6 个火嘴的原料加热炉是一个以燃料气为燃料的自然通风炉。操作人员必须通过使用空气调节器和烟道挡板来保持适当过量的氧气通入。从再生器出来的约 700°C 的高温催化剂, 通过再生滑阀进入 J 形弯头, 到达提升管入口。催化剂与油品混合并使之气化。催化剂和油品蒸汽向上通过提升管, 在此过程中, 重瓦斯油裂解, 生成轻质油品。在提升管顶部必须将催化剂与油分离, 防止催化剂被带进入主分馏塔。催化剂携带会增加催化剂损失, 使油浆和澄清油变稠密。提升管顶部出口有两个粗选分离器, 用来完成油气与催化剂的分离。催化剂沿着旋分器内壁滑落, 通过料腿下落到沉降器底部, 油品蒸汽流出旋分器顶部进入沉降器。

沉降器顶部有更多的旋分器, 油品蒸汽经过这些旋分器来尽可能多的移除其携带的催化剂, 被移除的催化剂通过料腿回到催化剂床层。

在沉降器底部形成的催化剂床, 通过一块挡板进入沉降器汽提段。待生催化剂经过汽提后进入再生器再生。汽提蒸汽通过两个蒸汽环注入汽提段。一个在汽提段底部, 另一个在中部。在催化剂进入再生器之前, 汽提蒸汽移除催化剂吸附的大部分油气, 被脱除的油气和汽提蒸汽一起上升进入主蒸汽流中。

依然处于密相的待生催化剂在重力作用下下沉, 通过立管进入再生器床层。通过待生滑阀控制催化剂速率和控制汽提段催化剂床层。

离心式鼓风机给再生器提供再生空气。由汽提段来的待生催化剂由于提升管中的裂解反应, 吸附了一定的焦炭, 在再生器中, 催化剂与空气混合, 烧掉附着的焦炭。再生空气进入再生器之前, 经过辅助加热炉预热。焦炭燃烧使得催化剂温度上升到大约 700°C 。为了承受此高温, 再生器中暴露的部分由不锈钢制作。

焦炭燃烧过程中生成的烟气, 通过催化剂床层进入再生器顶部的两个二级旋分器。在这里, 烟气中痕量催化剂被分离出来, 通过料腿, 落入再生器底部的催化剂床层。

离开再生器旋分器的烟气经过废热锅炉的管侧、一个控制再生器压力的滑阀、一个单腔