

化工操作工实训丛书

化工仿真操作实训

陈 群 主编

薛叙明 主审



Chemical Industry Press



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

化工操作工实训丛书

化工仿真操作实训

陈 群 主编

薛叙明 主审



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

化工仿真操作实训/陈群主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 12

(化工操作工实训丛书)

ISBN 7-5025-8134-0

I. 化… II. 陈… III. 化工过程: 生产过程-系统仿真-技术培训-教材 IV. TQ062

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 157906 号

化工操作工实训丛书

化工仿真操作实训

陈 群 主编

薛叙明 主审

责任编辑: 辛 田 李玉晖

文字编辑: 吴开亮

责任校对: 边 涛

封面设计: 尹琳琳

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

http: //www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 10 $\frac{1}{4}$ 字数 198 千字

2006 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8134-0

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

随着我国社会经济的迅猛发展和职业资格准入制度的不断推进，对从事石油与化工行业的生产操作人员进行职业技能培训与鉴定显得尤为重要。为尽快适应经济与行业发展需求，本着提升石油与化工行业生产操作人员的理论知识水平与实际操作技能的目的，依据《中华人民共和国工人技术等级标准》（以下简称《等级标准》）和《中华人民共和国职业技能鉴定规范（化工行业特有工种考核大纲）》（以下简称《考核大纲》）的要求，化学工业出版社组织编写了这套化工操作工实训丛书。它包括：《流体输送与过滤操作实训》、《传热、蒸发与冷冻操作实训》、《传质与分离操作实训》、《化学反应器操作实训》和《化工仿真操作实训》五分册。

本套培训教材的编写遵循了“坚持标准、结合实际，立足现状、着眼发展，突出技能、体现特色，内容精炼、深浅适度”的指导思想，以《考核大纲》为准绳，参考《等级标准》，从有利于教师教学和方便工人学习出发，力求做到教材内容能适应当前化工技术的发展及现代化生产工人的技能培训要求。

本套培训教材具有如下基本特点。

(1) 作为工人技能培训用书，本套培训教材以化工单元操作和岗位操作技术为主线，着重介绍岗位操作必须掌握的基本知识、基本理论、操作规范和设备维护等知识；强调实践操作，力求做到理论联系实际，注重理论性与实用性的统一。

(2) 以目前在化学工业中广泛使用的成熟技术及工艺作为重点，同时对近年来在化工企业生产中采用的新标准、新技术、新工艺和新设备也有所涉及，力求体现本行业的技术发展趋势。

(3) 考虑到目前本行业工人的实际情况，由浅入深、由易到难地提出问题、分析问题和解决问题。此外，在每章节后编入适量的习题，以帮助读者巩固所学知识，检验学习效果。

本套培训教材的编写出版得到了常州工程职业技术学院有关领导和老师以及相关化工企业工程技术人员的大力支持，常州工程职业技术学院化工工

程系系主任薛叙明老师对本套培训教材的出版做了大量工作，他组织了本套教材的编写班子并参与提纲的制定与审定，担任了本套教材的主审。在此，对上述人员的辛勤劳动表示衷心的感谢。

本套培训教材适用于石油与化工行业的生产操作人员技能培训，也可作为自学教材使用。

本书为《化工仿真操作实训》分册。随着化工生产技术的飞速发展，生产装置的大型化、生产过程的连续化和自动化程度不断提高。化工生产常伴随有高温、高压、易燃、易爆等不安全因素，为了保证生产安全稳定、长周期、最优化地运行，常规的教育和培训方法已不能满足对新老职工的培训要求。而仿真教学是运用实物、半实物或全数字化动态模型，深层次地揭示教学内容的新方法，为受训人员提供安全、经济的离线培训条件，已经越来越受到人们的重视。

本书介绍了化工仿真系统学员操作站的使用及操作方法。考虑到培训内容的完整性，对每部分内容的原理及工业流程进行了介绍，并配有带控制点的工艺流程图、仿DCS图、仿现场图和复习思考题。本书选用了离心泵、压缩机、液位控制、列管换热器、精馏塔、吸收与解吸、釜式反应器、固定床反应器、流化床、管式加热炉、锅炉共十一个单元及乙醛氧化制乙酸、氨合成、丙烯聚合三个工段。

本书由陈群担任主编。第一章、第二章由陈群编写；第三章第一节、第二节由印香俊编写，第三章第三节由孙毓韬编写。本书在编写过程中得到了北京东方仿真控制技术有限公司的大力支持，常州印染研究所黄伟明、常州华东化工厂杨建华对本书提出了宝贵的意见，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中的不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者

2005年11月

目 录

第一章 化工仿真操作基础	1
第一节 化工仿真概述	1
第二节 STS 仿真培训系统学员操作站的使用方法	3
第三节 智能评价系统	13
第四节 键盘操作说明	17
复习思考题	21
第二章 单元仿真操作部分	22
第一节 离心泵单元	22
复习思考题	28
第二节 压缩机单元	28
复习思考题	36
第三节 液位控制单元	36
复习思考题	42
第四节 列管换热器单元	42
复习思考题	49
第五节 精馏塔单元	49
复习思考题	57
第六节 吸收与解吸单元	57
复习思考题	68
第七节 釜式反应器单元	68
复习思考题	75
第八节 固定床反应器单元	75
复习思考题	83
第九节 流化床单元	83
复习思考题	90
第十节 管式加热炉单元	90
复习思考题	97

第十一节 锅炉单元	98
复习思考题	112
第三章 化工系统仿真操作	113
第一节 乙醛氧化制乙酸工段	113
复习思考题	128
第二节 氨合成工段	129
复习思考题	136
第三节 丙烯聚合工段	136
复习思考题	156
参考文献	157

第一章 化工仿真操作基础

第一节 化工仿真概述

化工生产装置大型化、生产过程连续化和过程控制自动化，已成为现代化工生产技术飞速发展的标志。为保证化工生产安全、稳定、长周期、满负荷、最优化地进行，化工行业对操作人员的综合素质要求越来越高，职业教育和在职培训也显得越来越重要。但由于化工生产的特殊性，常规的教育和培训方法已不能满足生产要求，因此，现代化工仿真模拟技术成为当前职业教育和培训强有力的工具。

仿真是对代替真实物体或系统的模型进行实验和研究的一门应用技术科学。按所用模型的不同，仿真分为物理仿真和数字仿真两类。其中，物理仿真是以真实物体或系统，按一定比例或规律进行微缩或扩大后的物理模型为实验对象；数字仿真则是以真实物体或系统规律为依据，建立数字模型后，在仿真机上进行的研究。仿真实习与传统的化工生产现场实习相比的优势在于：一方面克服了现场实习教学只能看不能动手的不足；另一方面克服了因实习现场生产装置越来越系统化、自动化，学生只能看到表面和概貌，无法深入和具体了解的缺陷。通过逼真的仿真教学系统，使学生不出校门便能了解实际生产装置，并能亲自动手反复操作，将所学专业知识和实际生产紧密地结合在一起。

过程系统仿真是指过程系统的数字仿真，是描述过程系统动态特性的数字模型，它能在仿真机上再现生产过程系统的实时特性，以达到在该仿真系统上进行实验研究的目的。各工业过程系统有许多共同点和规律，例如化工过程系统，就是由一系列单元操作装置通过管道组合而成的复杂系统。

仿真技术是一门与计算机技术密切相关的高科技学科，是一门面向实际应用的技术。化工仿真是仿真技术应用的一个重要分支，主要是对集散控制系统化工过程操作的仿真，用于化工生产装置操作人员开车、停车、事故处理等过程的操作方法和操作技能的培训与训练。

一、化工仿真培训系统的建立

化工仿真培训系统的建立是以实际生产过程为基础，通过建立生产装置中各种过程单元的动态特征模型及各种设备的特征，模拟生产的动态过程特性，创造

一个与真实装置非常相似的操作环境，其中各种画面的布置、颜色、数值信息动态显示、状态信息动态指示、操作方式等方面与真实装置的操作环境相同，使学员有一种身临其境的真实感。

1. 实际化工生产过程 实际化工生产过程首先是由操作人员根据自己的工艺理论知识和装置的操作规程在控制室和装置现场进行操作。然后，将操作信息送到生产现场，在生产装置内完成生产过程中的物理变化和化学变化，同时一些主要生产工艺指标经测量单元、变送器等反馈至控制室。最后，控制室操作（内操）人员通过观察、分析反馈来的生产信息，判断装置的生产状况，进行进一步的操作，使控制室和生产现场形成一个闭合回路，逐渐使装置达到满负荷平稳生产状态。

实际化工生产过程包括控制室、生产装置、操作人员、干扰和事故四个要素。

控制室和生产现场是生产的硬件环境，在生产装置建成后，工艺或设备基本上是不变的。操作人员分为内操和外操：内操在控制室内通过 DCS 对装置进行操作和过程控制，是化工生产的主要操作人员；外操在生产现场进行诸如生产准备性操作、非连续性操作、一些机泵的就地操作和现场巡检。

干扰是指生产环境、公用工程等外界因素的变化对生产过程的影响，如环境温度的变化等。事故是指生产装置的意外故障或因操作人员的误操作所造成的生产工艺指标超标的事件。干扰和事故是生产中的不定因素，对生产有很大的负面影响。操作人员对干扰和事故的应变能力和处理能力是影响生产的主要因素。

2. 仿真培训过程 仿真培训是在“仿控制室”（包括图形化现场操作界面）进行操作，操作信息通过网络送到工艺仿真软件。生产装置工艺仿真软件完成实际生产过程中物理变化和化学变化的模拟运算，一些主要的工艺指标（仿生产信息）经网络系统反馈到仿控制室。观察、分析反馈回来的仿生产信息，判断系统运行状况，进行进一步的操作。在仿控制室和工艺仿真软件间形成了一个闭合回路，操作人员逐渐调整到满负荷平衡运行状态。仿真培训过程中的干扰和事故由培训教师通过工艺仿真软件上的人/机界面进行设置。

3. 实际生产过程与仿真过程的比较 仿真培训系统中是以工艺仿真软件通过数字模型计算出仿生产信息，即用数字模型来模拟实际生产的动态过程特性。“仿控制室”是一个广义的扩大了的控制室，它不仅包括实际 DCS 中的操作画面和控制功能，同时还包括现场操作画面。由于仿真培训系统中无法创造出一个真实的生产装置现场，因此现场操作也只能放到仿控制室中。仿真培训系统中的现场操作通常采用图形化流程图画面。由于现场操作一般为生产准备性操作、间歇性操作、动力设备的就地操作等非连续控制过程，通常并不是主要培训内容。因此，把现场操作放到仿控制室并不会影响培训效果。

二、化工仿真培训系统的结构

仿真培训系统根据不同的培训对象和应用对象采用不同的结构，设置不同的培训功能。目前有两种形式：一种是 PTS 结构（plant training system），用于针对装置级仿真培训系统，适合于化工企业在岗职工的培训；另一种是 STS 结构（school teaching system），用于单元级和工段级仿真培训软件，适用于大中专及职业技术学校学生和工厂新职工的培训。其中，STS 结构硬件系统由教师指令台和学员操作站组成。教师指令台是教师组织管理仿真培训的控制台，与学员操作无关。STS 软件可以上、下机联网培训，也可以单机培训。本书所介绍的化工单元仿真教学系统就是 STS 系统。

第二节 STS 仿真培训系统学员操作站的使用方法

本书基于东方仿真软件编写。教师指令台和学员操作站的作用和功能不同，在教师指令台和学员操作站上所运行的软件也不同。学员操作站上运行的仿真培训软件包括：工艺仿真软件、仿 DCS 软件和智能评价系统软件。

一、仿真培训软件的启动

启动计算机，单击“开始”按钮，弹出上拉菜单，将光标移到“程序”，随后将光标移到“东方仿真”，接着在随后弹出的菜单中单击“STS 化工实习软件 2004 新版”中的“STS 化工实习软件 2004 新版”，系统启动弹出仿真操作主界面，如图 1-1 所示。

在这里可选择系统的运行方式，包括单机运行、网络运行。单机运行是在没

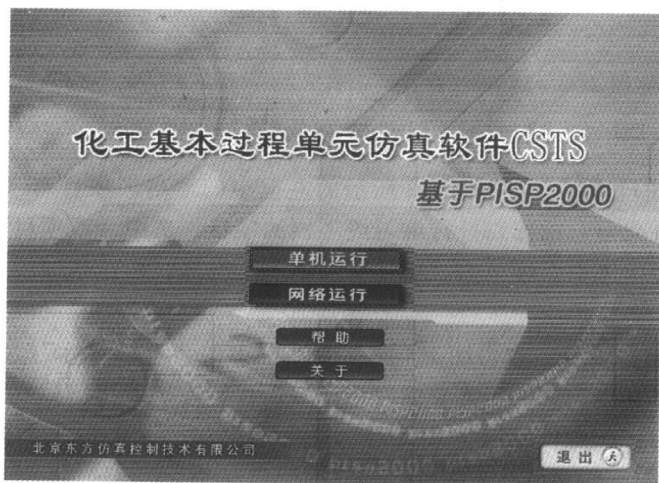


图 1-1 基于 PISP2000 操作主界面

有连接教师站的情况下运行系统，通常用于对学员的培训；而网络运行一般用于对学员的考核，可将学员成绩提交到教师站，由教师对学员成绩统一评定和管理。另外还可以点击“帮助”，了解 PISP2000 操作系统的相关知识，帮助操作者熟练掌握操作方法。点击“关于”，可登陆北京东方仿真公司的网址查看该公司的产品。

二、培训参数的选择

化工仿真系统启动后，进入培训参数选择界面，如图 1-2 所示。在培训参数选择界面下可进行培训工艺、培训项目、培训参数等的选择。

1. 培训工艺选择 点击图 1-2 所示的左框中的“培训工艺”，然后在右边列表里会出现 STS 培训系统包括的所有工艺单元。选择其中的某个培训单元，点击鼠标左键，选中后该单元泛蓝显示。双击鼠标左键或用鼠标左键单击“启动培训单元”图标，所选培训单元生效，同时退出该窗口。

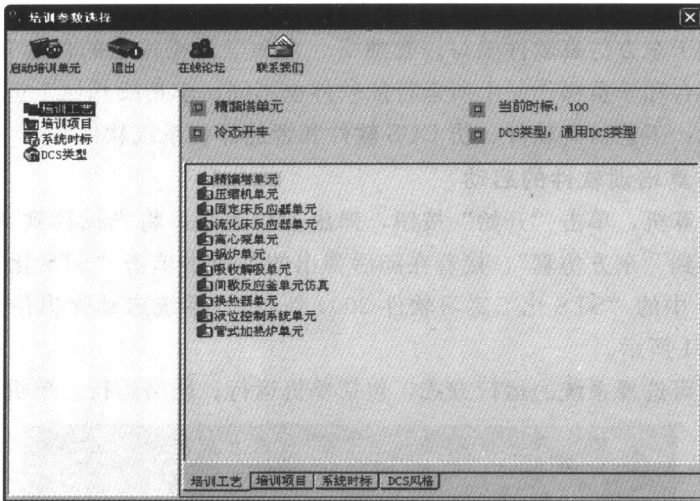


图 1-2 培训工艺选择

2. 培训项目选择 点击图 1-3 所示的左框中的“培训项目”，右边框中出现具体培训项目列表。选择要进行练习或考核的项目，选中后该项目泛蓝显示。双击鼠标左键或用鼠标左键单击“启动培训单元”图标，所选培训项目生效，同时退出该窗口。

3. 系统时标设置 点击图 1-4 所示的左框中的“系统时标”，右框中出现对应的系统时标列表。选择所需要的时标，双击鼠标左键或用鼠标左键单击“启动培训单元”图标，所设时标生效，同时退出该窗口。通常情况下，默认时标为 100，时标越大，完成操作所需要的相对时间就越小。

4. DCS 类型选择 可选择通用 DCS 风格或 TDC3000 风格，然后单击“启动

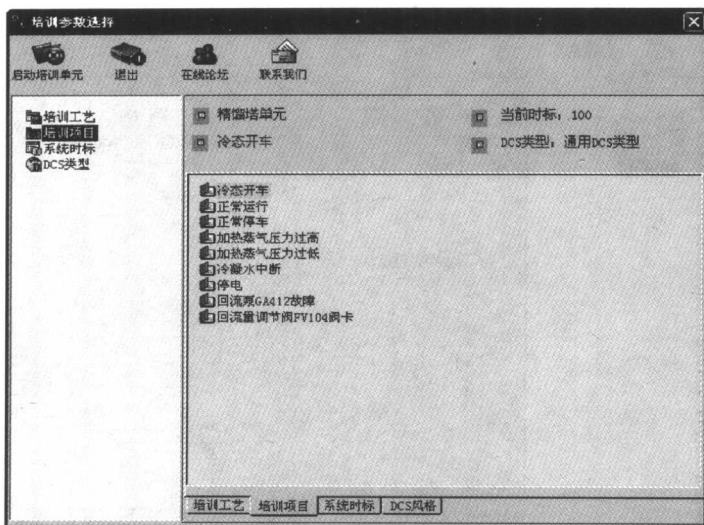


图 1-3 培训项目选择

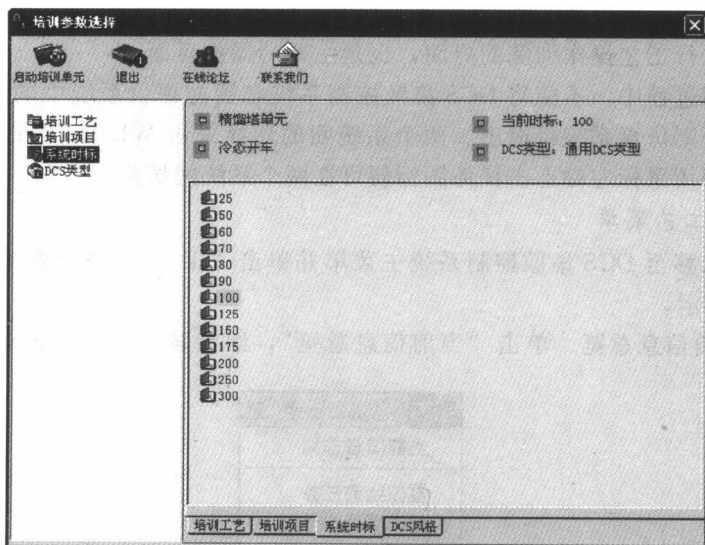


图 1-4 系统时标设置

培训单元”进入运行系统进行操作，如图 1-5 所示。

三、画面及菜单介绍

进入仿真培训系统后，仿真操作系统程序主界面是一个标准的 WINDOWS 窗口。上面有菜单，中间是主要操作区域，下面有若干个按钮，点击可以弹出相应的画面，最下面的状态栏显示程序当前的状态。在 WINDOWS 系统的任务栏

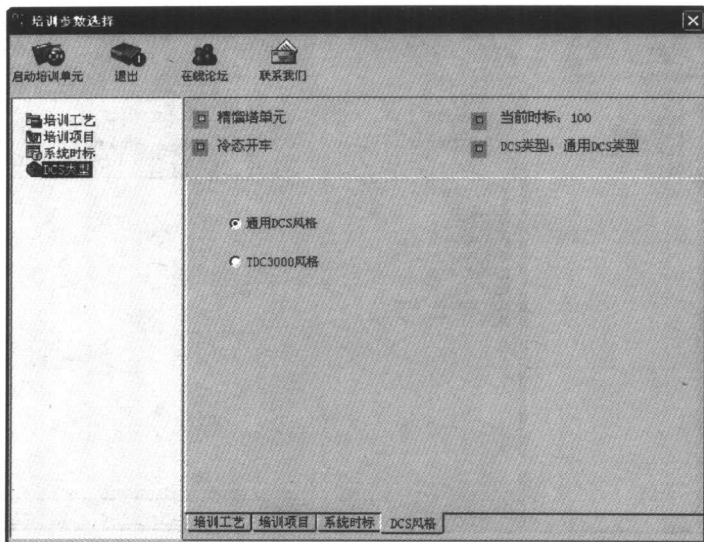


图 1-5 DCS 类型选择操作界面

中可以见到智能评价系统和 DCS 集散控制系统的图标。其中，DCS 集散控制系统是学员进行工艺操作训练的界面，也是主要的操作界面。

在培训过程中，不能将 DCS 集散控制系统和智能评价系统中的任何一个系统关闭，否则仿真系统将退出。两个系统间的切换采用 WINDOWS 标准任务切换方式，即用鼠标左键点击任务图标便可在两个系统间切换。

(一) 工艺菜单

当鼠标移至 DCS 集散控制系统主菜单并单击“工艺”，便会弹出下拉菜单，如图 1-6 所示。

1. 当前信息总览 单击“当前信息总览”，便会显示当前工艺、当前工况、

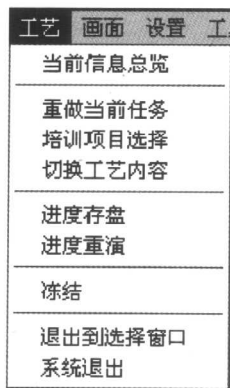


图 1-6 工艺菜单

当前 DCS 类型、当前时标、当前操作成绩、当前系统时钟、当前站号等相关信息，如图 1-7 所示。

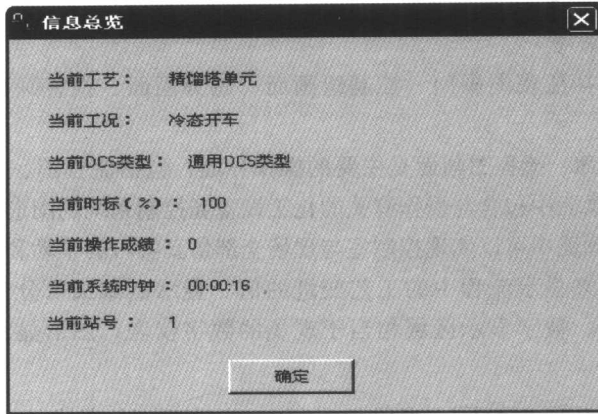


图 1-7 信息总览

2. 重做当前任务 单击“重做当前任务”，则弹出重新开始提示窗口，如图 1-8 所示。选择“是”，则会重新开始启动系统，重新读取和设置所有的配置数据；选择“否”，则选择无效，退出该窗口。

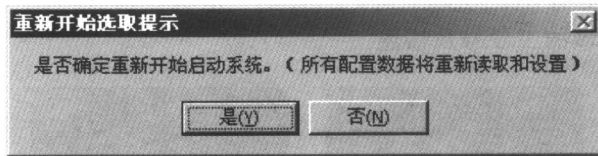


图 1-8 重新开始提示窗口

3. 培训项目选择 单击“培训项目选择”，可完成对培训工艺、项目、时标等的重新选择和设置。

4. 切换工艺内容 单击“切换工艺内容”，可完成对工艺内容的重新设置。

5. 进度存盘和进度重演 进度存盘是对操作过程中的操作状态进行保存。通过进度重演则可以查看原先保存的操作状态。

6. 冻结 工艺仿真模型处于“冻结”状态时，不进行工艺模型的计算。相应地，仿 DCS 软件也处于“冻结”状态，不接受任何工艺操作，即任何工艺操作视为无效。而其他操作，如画面切换等，不受程序冻结的影响。程序冻结相当于暂停，所不同的是，它只是不允许进行工艺操作，而其他操作并不受影响。

在菜单中选中“冻结（或解冻）”项，经确认后程序冻结（或解冻），同时菜单项变为程序解冻（或冻结）。

7. 退出到选择窗口 单击“退出到选择窗口”按钮，操作程序关闭，退回

到进入仿真软件图标界面。


8. 系统退出 单击“系统退出”按钮，关闭 DCS 仿真系统，回到 WINDOWS 操作界面。

(二) 画面菜单

画面菜单包括流程图画面、控制组画面、趋势画面、报警画面、思考题和辅助界面等。

1. 流程图画面 流程图画面是主要的操作界面，包括流程图、显示区域和可操作区域。流程图画面中包含与操作有关的化工设备和控制系统的图形、位号及数据的实时显示，在本画面中可以实现控制室与现场全部仿真实习的手动和自动操作。

显示区域用来显示流程中的工艺变量的值。显示区域又可分为数字显示区域和图形显示区域。数字显示区域相当于现场的数字仪表；图形显示区域相当于现场的显示仪表。

可操作区域又称为触屏，当鼠标光标移到上面时会变成一个手的形状，表示可以操作。鼠标单击时会根据所操作的元素有不同的效果，包括切换到另一幅画面、弹出不同的对话框等。对于不同风格的操作系统，即使所操作的元素相同，也会出现不同的效果。

(1) 通用 DCS 风格的操作系统 通用 DCS 风格的操作系统操作效果包括弹出不同的对话框、显示控制面板等。对话框一般包括两种（图 1-9），对话框的标题为所操作区域的工段号及描述。

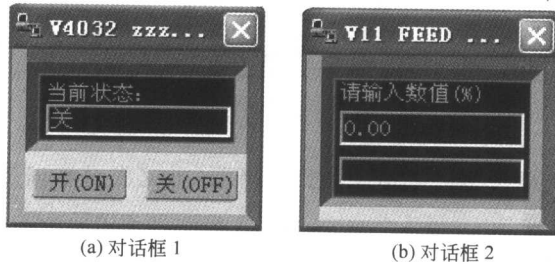


图 1-9 对话框

对话框 1 一般用来设置泵及阀门等的开关（即只有开与关两个值）。单击“开（ON）”，阀门或电机颜色变为绿色，表示阀门或电机已开启；单击“关（OFF）”，阀门或电机颜色变为红色，表示已经停止工作。

对话框 2 一般用来设置阀门的开度，输出值（OP）为 0~100 间的值时，阀门开启，阀门颜色变为绿色，而且阀门的开度随输入的数值增加而增大。当输出值（OP）为 0 时，调节阀颜色为红色，表示阀门已关闭。

在 DCS 图中会出现控制面板，如图 1-10 所示。在控制面板中显示所控制变量参数的测量值（PV）、给定值（SP）、当前输出值（OP）、“手动/自动”方式