

化工仿真 实训指导

广东省石油化工职业技术学校 合编
北京东方仿真软件技术有限公司

赵 刚 主编

第二版



化学工业出版社

化工仿真实训指导

第二版

广东省石油化工职业技术学校
北京东方仿真软件技术有限公司

赵 刚

合编

主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书重点介绍了常用化工单元操作系统的仿真培训使用方法,包括离心泵、换热器、液位控制、加热炉、脱丁烷塔、吸收解吸、压缩机、锅炉、固定床反应器、流化床反应器、真空系统单元、罐区单元、间歇反应釜单元、催化剂萃取单元和 CO₂ 压缩机单元共十五个单元。为配合职业教育和在职培训,在各培训单元中都安排有:工艺流程简介,主要设备、调节器、仪表及现场阀说明,操作规程(包括冷态开车、正常运行、正常停车、紧急停车和事故处理),并配有带控制点的工艺流程图、仿 DCS 图、仿现场图和思考题。简要介绍了系统仿真的基本概念、过程系统仿真技术的应用、仿真培训系统学员站的使用方法和仿 DCS 系统的操作方法,同时也对比了化工仿真培训系统中 PTS (Plant Training System) 结构和 STS (School Teaching System) 结构。第二版介绍的软件是对第一版软件进行全面升级基础上编制的,先进性、实用性又有了很大增强,更加符合培训实际情况。

本书可作为大中专、技校化工类专业学生和在职培训的化工厂操作工实训教材,也可作为仪表及自动控制类专业学生培训参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工仿真实训指导/赵刚主编:广东省石油化工职业技术学校,北京东方仿真软件技术有限公司合编. —2 版.
北京:化学工业出版社,2008.7

ISBN 978-7-122-03335-2

I. 化… II. ①赵…②广…③北… III. 化学工业-计算机仿真-专业学校-教学参考资料 IV. TQ015.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 096217 号

责任编辑:王丽娜 廉 静
责任校对:李 林

装帧设计:关 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:北京市彩桥印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10½ 字数 260 千字 2008 年 9 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:19.00 元

版权所有 违者必究

第一版前言

随着现代化工生产技术的飞速发展,生产装置大型化、生产过程连续化和自动化程度的不断提高,为保证生产安全稳定、长周期、满负荷、最优化地运行,职业教育和在职培训显得越来越重要。但由于化工生产行业的特殊性,如工艺过程复杂、工艺条件要求十分严格和常伴有高温、高压、易燃、易爆、有毒、腐蚀等不安全因素,常规的职业教育和培训方法已不能满足要求,而化工仿真培训技术,能利用计算机模拟真实的操作控制环境,给职业教育提供丰富生动的多媒体教学手段,为受训人员提供安全、经济的离线培训条件,已被人们所重视。我国多家仿真公司在这方面做了大量的工作,如北京东方仿真控制技术有限公司,已推出有多套化工单元操作和化工生产过程的仿真培训软件,为职业教育和在职培训提供了方便。本书介绍的是北京东方仿真控制技术有限公司的 TDC3000 和 CENTUM-CS 两套培训系统。编写本书的目的是为化工仿真培训的教学服务。

本书介绍了过程系统仿真、化工仿真系统学员站的使用方法,以及 TDC3000 和 CENTUM-CS 两套培训系统的操作方法,也对比了化工仿真培训系统的 PTS (Plant Training System) 结构和 STS (School Teaching System) 结构。考虑到职业教育的连续性和在职培训的实用性,使学员能巩固已学的化工理论知识,并能用相关知识来指导自己的操作,提高其分析问题解决问题的能力,在编写各化工仿真培训单元和过程使用方法时,我们都安排了工作原理简述和工艺流程简介,并配有带控制点的工艺流程图、仿 DCS 图、仿现场图和思考题。所选用单元有离心泵、换热器、液位控制、加热炉、脱丁烷塔、吸收解吸、压缩机、锅炉、固定床反应器、流化床反应器共十个单元。

本书第一篇和第二篇的第三章由夏迎春、纳永良、吕志编写;第二篇的其他章节由张国铭、赵刚、高绘新编写。全书由赵刚统稿并担任主编。

在编写过程中,原化工部人事教育司院校处和化学工业出版社均给予了大力支持,东方仿真公司原副总经理李旻提供了宝贵的意见,在此一并表示衷心的感谢!并对为出版本书出过力的老师和同志特别是叶丽明老师表示感谢。

由于化工仿真培训涉及面广、实践性强,加之编者水平有限,编写时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评和指正。

编者

一九九八年十二月

第二版前言

本次改版是为了更好地满足化工职业教育的发展和化工总控工职业培训的需求，主要基于以下几方面的原因。

1. 北京东方仿真软件技术有限公司的培训系统有了新的内涵。

① 全部软件已升级为基于 PISP.NET 软件，软件的启动和使用不同于以前；

② 教师站已升级为基于 PISP.NET 网络管理软件，评分系统已采用新的画面和操作方法；

③ 化工仿真培训软件已升级为 CST2007 网络版，DCS 培训系统已由原来的 TDC3000 和 CENTUM-CS 两种变为了通用 DCS、TDC3000、CS3000、I/A 四种；

④ 实训单元新增了五个：真空系统单元、罐区单元、间歇反应釜单元、催化剂萃取单元和 CO₂ 压缩机单元。

2. 为了避免重复叙述，对于常用的基本操作只在第一次出现时进行详细的描述，再次出现时将以“按正确的操作方法……”方式处理，并在相关操作提示中列出，便于参训人员查找。

3. 考虑到相关的化工原理基本知识已有许多书籍可供查阅，且北京东方仿真软件技术有限公司在中国化工培训资源网 www.cctic.net 上搭建了一个资源互换共享的平台，并已有了相关的内容，本次改版没再安排工作原理简述，只在关联知识中列出，提示参训人员进行相关知识的准备。

4. 考虑到现有培训版本的易操作性和本书的实用性，取消了第一版中各实训单元里的 DCS 组态结果。

5. 在第四章中，除表格、图片部分外，其余部分都在旁边留出了一栏，方便参训人员记录学习心得或其他相关内容。

6. 在第四章各实训单元的操作说明中，为了参训人员能更快掌握操作的要点，都加入了主要的操作步骤示意图。

本次改版根据软件版本的升级对第二章和第三章的内容进行了相应的改编；第四章的实训一至实训八由赵刚改编，实训九、实训十由张国铭改编，实训十一至实训十五由文培编写。全书由赵刚统稿并担任主编。

在这次改版过程中，北京东方仿真软件技术有限公司给予了全力支持，特别是许重华经理、杨杰、覃杨、刘晶、傅恩庆、刘松等，并希望他们搭建的中国化工培训资源网能成为化工职业教育和培训之家，让培训师和参训人员都能得到最大的收获；化学工业出版社也给予了指导，在此一并表示衷心的感谢！并对为本次改版给予帮助的老师 and 朋友们表示感谢！

由于时间仓促，加之编者水平有限，错漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编者
2008年6月

目 录

第一篇 基础知识部分

第一章 概述	1
第一节 系统仿真的基本概念	1
第二节 过程系统仿真技术的工业应用	2
一、辅助培训与教育	2
二、辅助设计	4
三、辅助生产	4
四、辅助研究	4
第三节 化工仿真培训系统简介	4
一、化工仿真培训系统的建立	5
二、化工仿真培训系统的结构	6
第二章 仿真培训系统学员操作站的使用方法	9
第一节 仿真培训软件 CSTS2007 学员站的启动	9
一、CSTS2007 学员站的启动	9
二、CSTS2007 学员站自由培训的相关操作	10
三、CSTS2007 学员站在线考核的相关操作	12
第二节 学员站培训功能操作的操作方法	14
一、工艺菜单的操作方法	14
二、画面菜单的操作方法	15
三、工具菜单的操作方法	16
四、帮助菜单的操作方法	17
第三节 学员站操作质量评分系统的操作方法	17
一、菜单栏	17
二、智能评分内容栏	18
三、状态提示栏	20

第二篇 单元实训操作部分

第三章 仿 DCS 系统的操作方法	22
第一节 仿 TDC3000 系统的操作方法	22
一、专用键盘操作说明	22
二、画面操作说明	25
第二节 仿 CS3000 系统的操作方法	34
一、专用键盘操作说明	34
二、画面操作说明	35

第三节 仿 I/A 系统的操作方法	40
一、专用键盘操作说明	40
二、画面操作说明	40
第四章 各培训单元的使用方法	45
实训一 离心泵单元	45
一、工艺流程简介	45
二、主要设备	46
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	46
四、操作说明	47
五、思考题	50
实训二 换热器单元	51
一、工艺流程简介	51
二、主要设备	51
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	52
四、操作说明	52
五、思考题	55
实训三 液位控制系统单元	56
一、工艺流程简介	56
二、主要设备	57
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	57
四、操作说明	58
五、思考题	61
实训四 管式加热炉单元	62
一、工艺流程简介	62
二、主要设备	63
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	63
四、操作说明	64
五、思考题	69
实训五 精馏塔单元	69
一、工艺流程简介	69
二、主要设备	70
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	70
四、操作说明	72
五、思考题	76
实训六 吸收解吸单元	77
一、工艺流程简介	77
二、主要设备	79
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	79
四、操作说明	80
五、思考题	87
实训七 压缩机单元	87
一、工艺流程简介	87

二、主要设备	88
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	88
四、操作说明	89
五、思考题	94
实训八 锅炉单元	95
一、工艺流程简介	95
二、主要设备	97
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	97
四、操作说明	98
五、思考题	109
实训九 固定床反应器单元	110
一、工艺流程简介	110
二、主要设备	111
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	111
四、操作说明	112
五、思考题	114
实训十 流化床反应器单元	116
一、工艺流程简介	116
二、主要设备	116
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	117
四、操作说明	118
五、思考题	122
实训十一 真空系统单元	122
一、工艺流程简介	122
二、主要设备	123
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	123
四、操作说明	124
五、思考题	129
实训十二 罐区单元	129
一、工艺流程简介	129
二、主要设备	131
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	131
四、操作说明	132
五、思考题	136
实训十三 间歇反应釜单元	137
一、工艺流程简介	137
二、主要设备	137
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	138
四、操作说明	139
五、思考题	144
实训十四 催化剂萃取单元	144
一、工艺流程简介	144

二、主要设备及物质	144
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	145
四、操作说明	147
五、思考题	149
实训十五 CO ₂ 压缩机单元	150
一、工艺流程简介	150
二、主要设备	150
三、调节器、显示仪表及现场阀说明	152
四、操作说明	153
五、思考题	159
参考文献	160

第一篇

基础知识部分

第一章 ■ 概 述

第一节 系统仿真的基本概念

广义地说，系统（System）是相关物体所组成的集合，可分为过程系统（如化工、机电系统）和非过程系统（如经济、管理系统）两大类。过程系统也叫工程系统，它具有连续性，是时间的函数，而非过程系统是离散事件集合的趋势。系统可以是自然的或人工的、真实的或假想的。

仿真（Simulation）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，按所用模型分为物理仿真和数字仿真两类。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，如飞机研制过程中的风洞实验。数字仿真是以真实物体或系统规律为依据，建立数学模型后，在仿真机上进行的研究。数学模型是能够数值化地描述真实物体或系统规律的相似实时动态特性。由人工建立的数学计算方法，常用的有代数方程法、微分方程法或状态方程法等。仿真机是以现代高速电子计算机为主，辅以网络和多媒体等设备，由人工建造的模拟实际环境的硬件系统，它是数学模型软件实时运行的硬件和软件环境。与物理仿真相比，数字仿真具有更大的灵活性，能对截然不同的动态特性模型做实验研究，为真实物体或系统的分析和设计提供了十分有效而经济的手段。

系统仿真（System Simulation）是一门面向实际、具有很强应用特性的综合性应用技术科学，涉及的领域十分广泛，包括军事、航空航天、工业、医药、生物、社会经济、教育、娱乐等。

本书所讲述的过程系统仿真（Process System Simulation）是指过程系统的数字仿真，它要求描述过程系统动态特性的数学模型，能在仿真机上再现该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。过程系统仿真由三个主要部分组成，即过程系统、数学模型和仿真机。这三部分由建模（Modeling）和仿真（Simulation）两个关系联系在一起，如图 1-1 所示。

工业过程系统是过程系统的重要成员之一，在国民经济中占有极其重要的地位，包括化学、冶金、发电、造纸、食品、制药等行

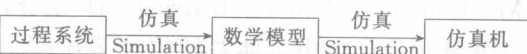


图 1-1 过程系统仿真的组成和关系

业。各工业过程系统有许多共同点和规律,如化工过程系统,都是由一系列单元操作装置通过管道组合而成的复杂系统。常见的单元操作装置有离心泵、压缩机、换热器、蒸汽透平机、蒸发器、干燥器、吸收塔、精馏塔、工业炉及各种化学反应器等,而这些单元操作装置及其所构成的化工过程系统,又是由各种调节器、调节阀、检测仪、变送器、指示仪、记录仪或较先进的集散型计算机控制系统(DCS——Distributed Control System,简称集散控制系统)所监测控制。所以,仿真方法也十分相似。本书讲的化工仿真,主要是对集散控制系统化工过程操作的仿真。所谓集散控制系统,是指利用计算机实现控制回路分散化、数据管理集中化的控制系统。

第二节 过程系统仿真技术的工业应用

过程系统仿真技术的工业应用大约始于20世纪60年代,并于80年代中期随着计算机技术的快速发展和广泛普及取得很大进展。过程系统仿真技术在工业领域中的应用已涉及辅助培训与教育、辅助设计、辅助生产和辅助研究等方面,其社会效益日趋显著。

本节将概括介绍过程仿真技术当前的应用情况。

一、辅助培训与教育

采用过程仿真技术辅助培训,简而言之就是人用仿真机运行数学模型建造一个与真实系统相似的操作控制系统(如模拟仪表盘、仿DCS操作站等),模拟真实的生产装置,再现真实生产过程(或装置)的实时动态特性,使学员可以得到非常逼真的操作环境,进而取得非常好的操作技能训练效果。

过程仿真技术在操作技能训练方面的应用近十年来在全世界许多国家得到普及。大量统计结果表明,仿真培训可以使工人在数周之内取得现场2~5年的经验。这种仿真培训系统能逼真地模拟工厂开车、停车、正常运行和各种事故状态的现象。它没有危险性,能节省培训费用,大大缩短培训时间。美国称这种仿真培训系统是提高工人技术素质,确保其在世界上取得生产技术领先地位的“秘密武器”和“尖端武器”,并且有许多企业已将仿真培训列为考核操作工人取得上岗资格的必要手段。

自1987年我国第一套仿真培训系统开发成功后,至1997年底,国内约有60个炼油、化工和石油化工企业使用国产仿真培训系统,总计100多套仿真器投入使用。参加仿真培训的学员约10万人次,效果很好。国产化仿真培训系统已有部分软件与硬件达到国际同类系统的先进水平,目前国产化石油化工仿真培训系统几乎完全取代了进口系统。

仿真技术在教学中的应用,尤其是在职业教育中的应用,更加显示出其优势。职业教育的目标是让学生既要学会专业理论知识,又要掌握专业应用技能。职业教学内容通常包括应知和应会两方面,有理论教学、实验教学和实习教学三个过程。

1. 理论教学

目标是让学生了解掌握专业基础理论和专业应用知识,主要是应知部分内容的教学。目前国内各职业学校主要采用课堂模式的群体教学方式。如引入仿真技术与计算机辅助教学CAI(Computer Assisted Instruction)结合,既能弥补课堂教学中的不足,又能改变群体教学中无法适应学生中个体差异的教学方式。CAI软件对课堂教学中不易表现、描述、讲解的内容,起到补充的作用,其图文声像并茂的效果还可大大提高课堂教学质量,缩短教学时

间；其交互式的使用方式，可以极大地吸引学生主动参与的兴趣，并给学生充分的动手机会。CAI 软件有课件、教件和导件之分。

CAI 课件主要用于辅助课堂教学，可代替部分课堂教学内容或辅助学生理解在课堂学习和书本学习中不易掌握的抽象的或实物的内容，实际教学中可以让学生集体上机操作，也可以让学生自由上机学习。

CAI 教件主要用于辅助教师课堂教学，完成一堂课、一个章节乃至一门课程的教学。

CAI 导件是在 CAI 课件、教件的基础上，形成的通用的教材库，老师可以根据课程及学生接受程度自行组织教件。学生也可以根据自己的兴趣和要求，自我设计课程内容并进行自学，导件可能是 CAI 的最佳形式，学校和教师及学生都会很好的接受，但这需要制作一个基础平台，以插入课件和教件。

2. 实验教学

目标是让学生通过实验来认证理论和进一步理解理论知识，同时使学生通过亲自动手来锻炼和提高专业应用技能。实验教学包括应知和应会两方面的教学内容，使这两方面教学内容很好的结合，在职业教育中是极为重要的。采用仿真技术开发出用于不同专业的实验教学的实验仿真教学系统具有明显的优势。

① 可以开发出实际无法实现的某些实验的仿真教学系统，来满足教学需要。如：某些大型复杂仪器或设备系统，某些有危害或条件要求极高的实验（核反应、高电压实验等）。

② 开发投资费用高的实验仿真教学系统，既能很好地完成实验教学的要求，又能节省教学投资。

③ 开发实验消耗很大的实验的仿真教学系统，既达到了实验教学效果，又减少了教学中的消耗。

④ 实验仿真教学系统，除代替真实的实验操作外，还具有一些真实实验无法实现的功能和效果：

- 引入多媒体技术，可以形象、生动地展现实验的原理、流程、仪器设备的结构特点、使用方法等；

- 可以自动跟踪记录学生做实验的全过程，给出一个科学、严谨的实验课程的能力考核；
- 能极大地提高学生实验课的兴趣和能动性，使实验教学效果更好；
- 可以实现每人完成一个独立的实验全过程，并且效率非常高；
- 可以开发出一个实验课程设计平台软件，让教师或学生自己设计一套实验，再用于教学，实现针对性强、灵活性高的实验教学环境。

3. 实习教学

目标是让学生通过接触客观实际，来了解和认识所学的专业知识，更重要的是让学生了解和掌握专业知识在客观实际中的应用方法和应用技能，将所学专业与实践相结合。实习教学侧重的是应会内容的教学。实习教学往往要求学生走出校门，到实际现场去学习。工业过程领域的实习教学存在越来越严重的问题：其一是实际工业现场都是大型连续性生产装置，要求生产连续稳定，这样学生的实习教学只能看不能动手，无法达到实习教学效果；其二大型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。而这些问题采用仿真技术就能得到很好地解决和补充。采用仿真技术开发出一套与现场生产装置逼真的实习仿真教学系统，让学生不出校门就能了解实际生产装置，并能亲自动手进行反复操作，使学生既能对生产实际有一个很好的认识（不能完全代替生产现场），又能亲自动手

来锻炼提高专业应用技能,将所学专业知识与实际生产紧密地结合在一起,同时采用仿真技术可以开发出不同工艺类型和不同生产单元的仿真教学系统,以满足不同专业或同一专业不同侧重面的实习教学需求,并能由教师组织仿真教学的具体内容,使学生更全面、具体和深入地了解不同的生产单元,达到具有针对性和侧重性地组织实习教学。本书的内容就是一种将仿真技术应用于实习教学中的典型实例。

二、辅助设计

仿真技术用于辅助工程设计已不是新概念。不同行业、不同领域,仿真技术用于辅助设计的侧重面不同,在化工过程领域通常有以下几个方面的应用:

- ① 工艺过程设计方案的试验与优选;
- ② 工艺参数的试验与优选;
- ③ 设备选型和参数设计的试验与优选;
- ④ 工艺过程设计的开、停车方案的可行性试验与分析;
- ⑤ 自控系统方案设计的试验、优选及调试;
- ⑥ 联锁系统和自动开停车系统设计方案的试验和分析。

三、辅助生产

在工业过程领域中,仿真技术辅助生产在大型复杂工业过程中逐渐被采用,目前仿真技术辅助生产应用较多的有如下几个方面:

- ① 装置开、停工方案的论证与优选;
- ② 工艺和自控系统改造的试验与方案的论证、分析;
- ③ 生产优化可行性试验与生产优化操作指导;
- ④ 事故预定的试验与事故分析和处理方案论证;
- ⑤ 紧急救灾方案试验与论证。

四、辅助研究

仿真技术用于辅助研究,也是一个老的课题。近年来,随着计算机硬、软件技术的发展,越来越受到人们的重视,在以下几个方面仿真技术应用于研究已收到了很好的效果。

- ① 计算流体力学 尤其在航空、航天领域,进行了很深的应用,也取得了非常好的效果;
- ② 分子工程研究中的仿真设计与试验 例如:美国分子仿真技术公司开发的用于分子设计与试验的软件。尤其是在生物学、分子生物化学、药物分子研究等领域的应用较为深入;
- ③ 化工新工艺研究与试验 采用仿真技术完成炼油、化工等过程新工艺的研究和从小试、中试到工业规模的试验方法研究与试验。

仿真技术是一门与计算机技术密切相关的综合性很强的高科技学科,是一门面向实际应用的技术。随着计算机与网络技术、多媒体技术等的发展,仿真技术也正在高速发展,相信在不久的将来,仿真技术的应用在社会的许多方面将起到积极作用,推动社会的发展。

第三节 化工仿真培训系统简介

化工仿真培训系统是系统仿真技术应用的一个重要分支,主要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。仿真培训可以在短时间内使操作人员的操作水平大幅度提高，是一种为绝大多数化工企业和职教部门所认同的、先进的、高效率的现代化培训手段。

一、化工仿真培训系统的建立

化工仿真培训系统的建立必须以实际生产过程为基础。首先，要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型模拟生产的动态过程特性。其次，要创建一个与真实装置非常相似的操作环境，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、操作方式等方面要与真实装置的操作环境相同，使学生有一种身临其境的真实感。

1. 化工实际生产过程

如图 1-2 所示，实际生产过程包括四个主要因素：控制室、生产装置、操作人员、干扰与事故。

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。通常，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寻检。操作人员是生产的关键因素，其操作技能的高低直接影响产品的质量和生产的效率。

干扰是指生产环境、公用工程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，本书所介绍的事故主要指生产装置（如设备、仪表等）的意外故障。干扰和事故是生产中的不定因素，但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重要因素。

整个生产过程可以简述为：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，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，同时一些主要的生产工艺指标（生产信息）经测量单元、变送器等反馈到控制室。内操观察、分析反馈回来的生产信息，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了一个闭合回路，逐渐使装置达到满负荷平稳生产状态。

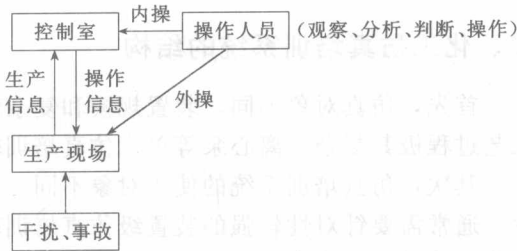


图 1-2 实际生产过程示意简图

2. 仿真培训过程

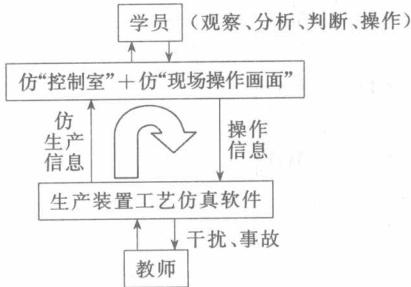


图 1-3 仿真培训过程示意图

图 1-3 是根据实际生产过程设计的仿真培训过程。学员在“仿控制室”（包括图形化现场操作界面）进行操作，操作信息经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的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。学员观察、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，逐渐

操作、调整到满负荷平稳运行状态。

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

仿真培训系统中以工艺仿真软件通过数学模型计算出仿生产信息，即用数学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。仿真培训系统中无法创造出一个真实的生产装置现场，因此现场就地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。

干扰和事故在实际生产过程中是由于风吹日晒、摩擦腐蚀等综合作用引起的偶发事件，仿真培训系统中的软件运行不会受这些因素的影响。因此，仿真培训系统中由培训教师通过软件的人/机界面设置来实现干扰和事故处理操作的培训。

二、化工仿真培训系统的结构

首先，仿真对象不同，装置规模和复杂程度差异很大。如乙烯装置不仅工艺流程长而且工艺过程极其复杂。离心泵等单元仿真培训软件工艺流程短，工艺过程简单。

其次，仿真培训系统的使用对象不同。化工企业在岗职工的培训，接受培训人员相对较少，通常需要针对性较强的装置级仿真培训软件，这类软件要求与实际生产装置一致。而大中专学校及职业技术学校等，接受培训人员多而且广，通常需要面较宽、通用性较强的单元级和工段级仿真培训软件，这类软件要求与群体和个体教学的实施形式和要求相适应。

仿真培训系统应根据仿真对象和应用对象的不同采用不同的结构，设置不同的培训功能。北京东方仿真控制技术有限公司的仿真培训系统产品有两种不同的结构形式。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；另一种为 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基础培训。本书所介绍的化工单元仿真教学系统就是 STS 结构。

1. PTS 结构

如图 1-4 所示，PTS 的硬件系统是由一台上位机（教师指令台）和最多十台下位机（学员操作站）构成的网络系统。教师指令台上主要运行以下软件：

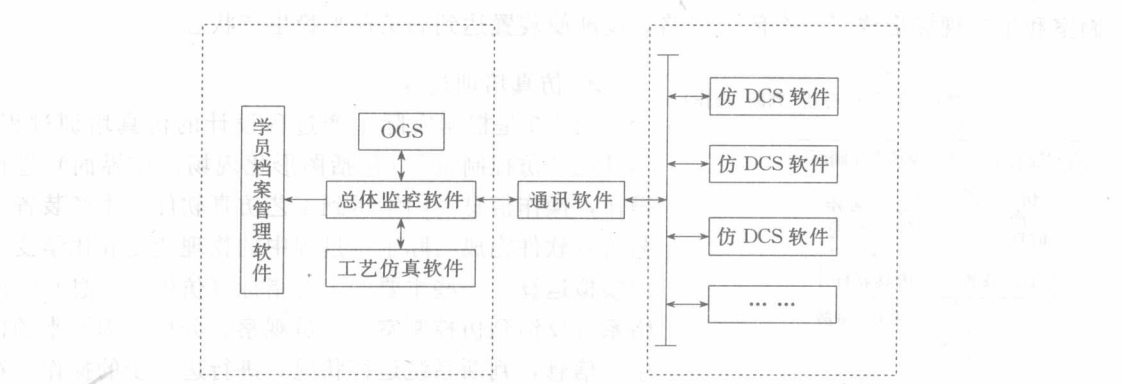


图 1-4 PTS 软件结构示意图

① 教师指令台总体监控软件 是教师的操作界面，也是整个仿真培训系统的控制中心。它可进行培训内容选择、培训功能设置等；

② 工艺仿真软件 是总体监控软件调用的一个或几个子过程，主要进行工艺仿真模型的计算；

③ OGS (Operation Guiding & Grading System) 是学员的工艺操作指导及操作结果诊断和评定，它与总体监控软件通过 DDE 进行信息交换；

④ 学员档案管理软件 学员接受仿真培训的档案管理。

学员操作站上运行仿 DCS 软件，它是学员进行仿真培训的操作界面。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。

PTS 结构的仿真培训系统具有以下主要特点：

① 总体监控软件和工艺仿真软件生成一个执行程序，在教师指令台上运行，因此只能联网培训；

② 采用协作操作方式，即各个学员操作站之间相互协调配合共同操作同一个工艺仿真软件。这与实际生产中的操作方式相同。

2. STS 结构

如图 1-5 所示，STS 的硬件系统是由一台上位机（教师指令台）和多台下位机（学员操作站）构成的网络系统。

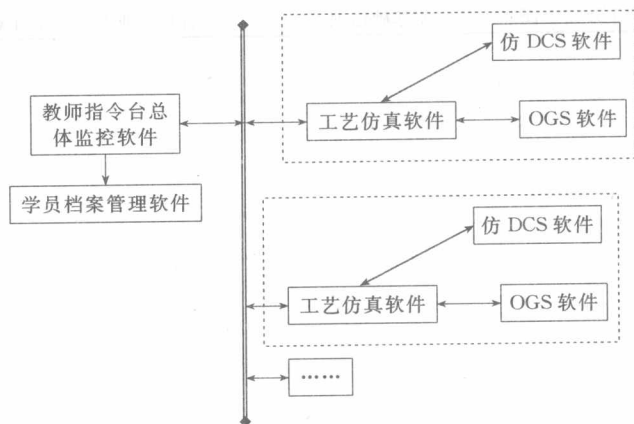


图 1-5 STS 软件结构示意图

教师指令台上运行以下两种软件：

① 教师指令台总体监控软件 是整个仿真培训系统的控制中心和教师的操作界面。用于培训内容选择、培训功能设置等；

② 学员档案管理软件 是学员接受仿真培训的档案管理。

学员操作站上运行以下软件：

① 工艺仿真软件 主要进行工艺仿真模型的计算，同时具有培训内容选择、培训功能设置等功能（在教师指令台授权时）；

② OGS (Operation Guiding & Grading System) 是学员工艺操作指导及操作结果诊断和评定，它与工艺仿真软件之间通过 DDE 进行信息交换；

③ 仿 DCS 软件 是学员进行仿真培训的操作界面。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，它与工艺仿真软件进行实时数据交换。

STS 结构的仿真培训系统具有以下主要特点：

- ① 系统容量大，可同时进行 50 人，甚至更多人的培训；
- ② 工艺仿真软件和仿 DCS 软件同时在学员操作站上运行，使每台学员操作站可以进行单机培训；
- ③ 采用竞争操作方式，即各个学员操作站之间互不影响，各自操作自己的工艺仿真软件。这与教学要求相一致。

3. PTS 结构和 STS 结构的比较（见表 1-1）

表 1-1 PTS 结构和 STS 结构的比较

项 目	STS	PTS
总体监控软件	在教师站运行	在教师站运行
工艺仿真软件	在学员操作站运行	在教师站运行(总体监控软件的子过程)
OGS	在学员操作站运行	在教师站运行
仿 DCS 软件	在学员操作站运行	在学员操作站运行
操作方式	竞争操作	协作操作
单机培训	能单机培训也能联网培训	不能单机培训,只能联网培训
系统扩充能力	易于扩充新的单元	不能扩充
适合工艺规模	流程较小的单元级和工段级仿真培训软件	流程长、过程复杂的大装置仿真培训软件
适合用户	学生及新上岗职工的岗前基础培训	石化企业在岗职工针对性较强的培训