

提升专业服务产业发展能力
高职高专系列教材

主编◎崔执应

化工单元操作 仿真实训



合肥工业大学出版社

提升专业服务产业发展能力
高职高专系列教材

化工单元操作 仿真实训

主 编 崔执应
副主编 李宗尧 桂 霞
主 审 尉明春

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书内容分为三个单元:第一单元是化工单元操作仿真实训,包括如下典型基本工艺过程单元:动力设备(离心泵、压缩机)、液位调节(水槽液位控制)、传热设备(列管式换热器、管式加热炉、锅炉)、塔设备(精馏塔、吸收解吸塔、萃取塔、罐区、真空系统)、反应器(固定床、流化床、间歇反应釜);第二单元是化工单元操作仿真实验,包括:离心泵性能测定仿真实验、流体阻力仿真实验、流量计性能测定仿真实验、传热(冷水—热水)仿真实验、精馏塔仿真实验、填料吸收塔仿真实验、干燥速率曲线测定仿真实验、萃取塔仿真实验;第三单元是乙醛氧化制乙酸生产操作仿真实训。通过仿真实训和实验了解本专业所涉及的化工单元操作基本知识,熟悉本专业中常见设备、仪表的作用及其使用方法,掌握专业知识在客观实际中的应用方法和应用技能,将所学的专业知识与生产实际相结合,增强学生的实践动手能力。

本书可作为化工技术类专业及石油、轻工、制药和环保类等相关专业学生和在职培训的化工厂操作人员的实训教材,也可作为化工类相关专业学生的培训参考书。

图书在版编目(CIP)数据

化工单元操作仿真实训/崔执应主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2013.6

ISBN 978-7-5650-1370-6

I. ①化… II. ①崔… III. ①化工单元操作—高等职业教育—教材 IV. ①TQ02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 128251 号

化工单元操作仿真实训

主 编 崔执应

责任编辑 陆向军

出 版 合肥工业大学出版社

地 址 合肥市屯溪路 193 号

邮 编 230009

电 话 综合编辑室:0551-62903028

市场营销部:0551-62903198

网 址 www.hfutpress.com.cn

E-mail hfutpress@163.com

版 次 2013 年 6 月第 1 版

印 次 2013 年 6 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 12.25

字 数 298 千字

印 刷 安徽联众印刷有限公司

发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1370-6

定价:23.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

随着现代化工生产技术的快速发展,化工生产装置的连续化和自动化程度不断提高。特别是化工生产的特殊性,如生产过程复杂、工艺条件要求严格以及在生产过程中常伴随有高温、高压、易燃、易爆、有毒有害等不安全因素,使得常规的课堂教学和培训方法已不能满足化工生产操作人员的培训要求。而化工仿真培训系统能为学生提供安全、经济的离线培训条件,通过与化工生产实际相似的仿 DCS 控制系统,模拟真实的化工生产装置,再现生产过程的实际动态特征,使学生得到良好的操作技能训练。

本书依据高职高专人才培养目标,突出能力,强调实践,注重理论和实践的统一。全书内容分为三个单元:化工单元操作仿真实训、化工单元操作仿真实验和乙醛氧化制乙酸生产操作仿真实训。每个项目后列出了一定数量的思考题用于复习和巩固所学的内容。通过仿真实训和实验,帮助学生了解本专业所涉及到的化工单元操作基本知识,熟悉本专业中常见设备、仪表的作用及其使用方法,掌握专业知识在客观实际中的应用方法和应用技能,将所学的专业知识与生产实际相结合,增强学生的实践动手能力。本书采用的仿真软件由北京东方仿真软件技术有限公司提供。

本书由安徽水利水电职业技术学院崔执应担任主编。单元一中项目二至项目十五、单元二中项目四至项目八由崔执应编写;单元一中项目一、单元二中项目一至项目三由安徽水利水电职业技术学院李宗尧编写;单元三由安徽水利水电职业技术学院桂霞编写。北京东方仿真软件技术有限公司尉明春副总经理担任主审。

本书在编写和出版过程中,得到了北京东方仿真软件技术有限公司、合肥工业大学出版社、安徽水利水电职业技术学院有关领导及同仁们的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

本书是安徽省财政支持省属高等职业院校发展项目。

本书可作为化工技术专业及石油、轻工、制药和环保等相关专业学生和在职培训的化工厂操作人员的实训教材,也可作为化工类相关专业学生的培训参考书。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年6月

目 录

单元一 化工单元操作仿真实训

项目一 离心泵操作仿真实训	(1)
一、实训目的	(1)
二、工艺流程	(1)
三、操作规程	(3)
四、事故设置一览	(5)
五、仿真界面	(6)
六、思考题	(7)
项目二 列管换热器操作仿真实训	(8)
一、实训目的	(8)
二、工艺流程	(8)
三、操作规程	(9)
四、事故设置一览	(11)
五、仿真界面	(12)
六、思考题	(13)
项目三 间歇反应釜操作仿真实训	(14)
一、实训目的	(14)
二、工艺流程	(14)
三、操作规程	(15)
四、事故设置一览	(17)
五、仿真界面	(18)
六、思考题	(19)
项目四 精馏塔操作仿真实训	(20)
一、实训目的	(20)
二、工艺流程	(20)
三、操作规程	(21)
四、事故设置一览	(23)
五、仿真界面	(25)
六、思考题	(26)

项目五 锅炉操作仿真实训	(27)
一、实训目的	(27)
二、工艺流程	(27)
三、操作规程	(29)
四、事故设置一览	(35)
五、仿真界面	(37)
六、思考题	(39)
项目六 罐区操作仿真实训	(40)
一、实训目的	(40)
二、工艺流程	(40)
三、操作规程	(42)
四、事故设置一览	(44)
五、仿真界面	(46)
六、思考题	(49)
项目七 吸收解吸操作仿真实训	(50)
一、实训目的	(50)
二、工艺流程	(50)
三、操作规程	(51)
四、事故设置一览	(56)
五、仿真界面	(57)
六、思考题	(59)
项目八 管式加热炉操作仿真实训	(60)
一、实训目的	(60)
二、工艺流程	(60)
三、操作规程	(61)
四、事故设置一览	(65)
五、仿真界面	(66)
六、思考题	(67)
项目九 固定床操作仿真实训	(68)
一、实训目的	(68)
二、工艺流程	(68)
三、操作规程	(69)
四、事故设置一览	(71)
五、仿真界面	(72)

六、思考题	(73)
项目十 萃取塔操作仿真实训	(74)
一、实训目的	(74)
二、工艺流程	(74)
三、操作规程	(77)
四、事故设置一览	(78)
五、思考题	(79)
项目十一 流化床操作仿真实训	(80)
一、实训目的	(80)
二、工艺流程	(80)
三、操作规程	(81)
四、事故设置一览	(84)
五、仿真界面	(85)
六、思考题	(86)
项目十二 压缩机操作仿真实训	(87)
一、实训目的	(87)
二、工艺流程	(87)
三、操作规程	(88)
四、事故设置一览	(91)
五、仿真界面	(92)
六、思考题	(93)
项目十三 液位控制系统操作仿真实训	(94)
一、实训目的	(94)
二、工艺流程	(94)
三、操作规程	(96)
四、事故设置一览	(98)
五、仿真界面	(99)
六、思考题	(100)
项目十四 真空系统操作仿真实训	(101)
一、实训目的	(101)
二、工艺流程	(101)
三、操作规程	(105)
四、事故设置一览	(107)
五、思考题	(108)

项目十五 CO ₂ 压缩机操作仿真实训	(109)
一、实训目的	(109)
二、装置概况	(109)
三、工艺流程	(111)
四、操作规程	(114)
五、事故设置一览	(117)
六、仿真界面	(118)
七、思考题	(121)

单元二 化工单元操作仿真实验

项目一 离心泵性能测定仿真实验	(122)
一、实验目的	(122)
二、实验内容	(122)
三、实验原理	(122)
四、实验装置与流程	(123)
五、实验方法	(123)
六、可变参数设置	(124)
七、实验步骤	(124)
八、思考题	(125)
项目二 流体阻力测定仿真实验	(126)
一、实验目的	(126)
二、实验内容	(126)
三、实验原理	(126)
四、实验装置与流程	(127)
五、实验方法	(128)
六、可变参数设置	(129)
七、实验步骤	(129)
八、思考题	(130)
项目三 流量计性能测定仿真实验	(131)
一、实验目的	(131)
二、实验内容	(131)
三、实验原理	(131)
四、实验装置与流程	(131)
五、实验方法	(131)
六、可变参数设置	(132)

七、实验步骤	(132)
项目四 传热(冷水—热水)仿真实验	(133)
一、实验目的	(133)
二、实验内容	(133)
三、实验原理	(133)
四、实验装置与流程	(134)
五、实验步骤	(135)
六、实验报告	(137)
七、思考题	(137)
项目五 精馏塔仿真实验	(138)
一、实验目的	(138)
二、实验原理	(138)
三、实验装置与流程	(139)
四、实验步骤	(139)
五、思考题	(140)
项目六 填料吸收塔仿真实验	(142)
一、实验目的	(142)
二、实验内容	(142)
三、实验原理	(142)
四、实验装置与流程	(145)
五、实验步骤	(145)
六、实验报告	(147)
七、思考题	(147)
项目七 干燥速率曲线测定仿真实验	(149)
一、实验目的	(149)
二、实验内容	(149)
三、实验原理	(149)
四、实验装置与流程	(151)
五、实验步骤	(152)
六、实验报告	(152)
七、思考题	(153)
项目八 萃取塔仿真实验	(155)
一、实验目的	(155)
二、实验原理	(155)

三、实验装置与流程	(156)
四、实验步骤	(157)
五、思考题	(158)

单元三 乙醛氧化制醋酸生产操作仿真实训

项目一 乙醛氧化制醋酸工艺(氧化工段)仿真实训	(160)
一、实训目的	(160)
二、生产方法及工艺路线	(160)
三、工艺技术指标	(162)
四、岗位操作法	(163)
五、仿真界面	(168)
六、思考题	(171)
项目二 乙醛氧化制醋酸工艺(精制工段)仿真实训	(172)
一、实训目的	(172)
二、生产方法及工艺路线	(172)
三、工艺参数运行指标	(173)
四、岗位操作法	(175)
五、事故处理	(179)
六、仿真界面	(180)
七、思考题	(183)
参考文献	(185)

单元一 化工单元操作仿真实训

项目一 离心泵操作仿真实训

一、实训目的

1. 熟悉离心泵,理解离心泵的工作原理;
2. 掌握离心泵操作工艺流程;
3. 掌握离心泵开车、正常运行和停车的操作规程及其常见故障处理方法。

二、工艺流程

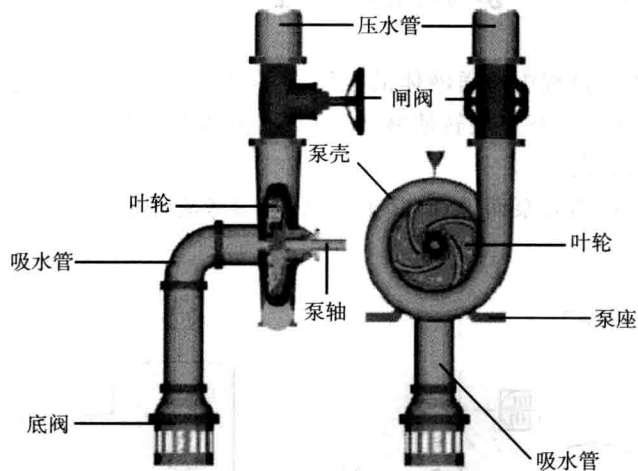


图 1-1 单级单吸式离心泵的结构

1. 离心泵工作原理

如图 1-1 所示,离心泵具有结构简单,性能稳定,检修方便,操作容易和适应性强等特点,因此,在化工生产中应用十分广泛。离心泵的操作是化工生产中最基本的操作。

离心泵由吸入管、排出管和离心泵主体组成。离心泵主体分为转动部分和固定部分。转动部分由电机带动旋转,将能量传递给被输送的部分,主要包括叶轮和泵轴。固定部分包括泵壳、导轮、密封装置等。叶轮是离心泵中使液体接受外加能量的部件。泵轴的作用是把电动机的能量传递给叶轮。泵壳是通道截面积逐渐扩大的蜗形壳体,它将液体限定在一定的空间里,并将液体大部分动能转化为静压能。导轮是一组与叶轮旋转方向相适应,且固定于泵壳上的叶片。密封装置的作用是防止液体的泄漏或空气倒吸入泵内。

启动灌满了被输送液体的离心泵后,在电机的作用下,泵轴带动叶轮一起旋转,叶轮的

叶片推动其间的液体转动,在离心力的作用下,液体被甩向叶轮边缘并获得动能;在导轮的引领下沿流通截面积逐渐扩大的泵壳流向排出管,液体流速逐渐降低,而静压能增大。排出管的增压液体经管路即可送往目的地。与此同时,叶轮中心因为液体被甩出而形成一定的真空,因贮槽液面上方压强大于叶轮中心处,在压力差的作用下,液体不断从吸入管进入泵内,以填补被排出的液体位置。因此,只要叶轮不断旋转,液体便不断的被吸入和排出。由此可见,离心泵之所以能输送液体,主要是依靠高速旋转的叶轮。

离心泵的操作中有两种现象应当避免:气缚和气蚀。

气缚是指在启动泵前泵内没有灌满被输送的液体,或在运转过程中泵内渗入了空气,因为气体的密度小于液体,产生的离心力小,无法把空气甩出去,导致叶轮中心所形成的真空度不足以将液体吸入泵内,尽管此时叶轮在不停地旋转,却由于离心泵失去了自吸能力而无法输送液体。这种现象称为气缚。

气蚀是指当贮槽叶面的压力一定时,如叶轮中心的压力降低到等于被输送液体当前温度下的饱和蒸汽压时,叶轮进口处的液体会出现大量的气泡,这些气泡随液体进入高压区后又迅速被压碎而凝结,致使气泡所在空间形成真空,周围的液体质点以极大的速度冲向气泡中心,造成瞬间冲击压力,从而使得叶轮部分很快被损坏,同时伴有泵体震动,发出噪音,泵的流量,扬程和效率明显下降。这种现象称为气蚀。

2. 工艺流程简介

离心泵是化工生产过程中输送液体的常用设备之一,其工作原理是靠离心泵内外压差不断的吸入液体,靠叶轮的高速旋转使液体获得动能,靠扩压管或导叶将动能转化为压力,从而达到输送液体的目的。

本工艺为单独实训离心泵而设计,其工艺流程(参考流程仿真界面)如图 1-2 所示。

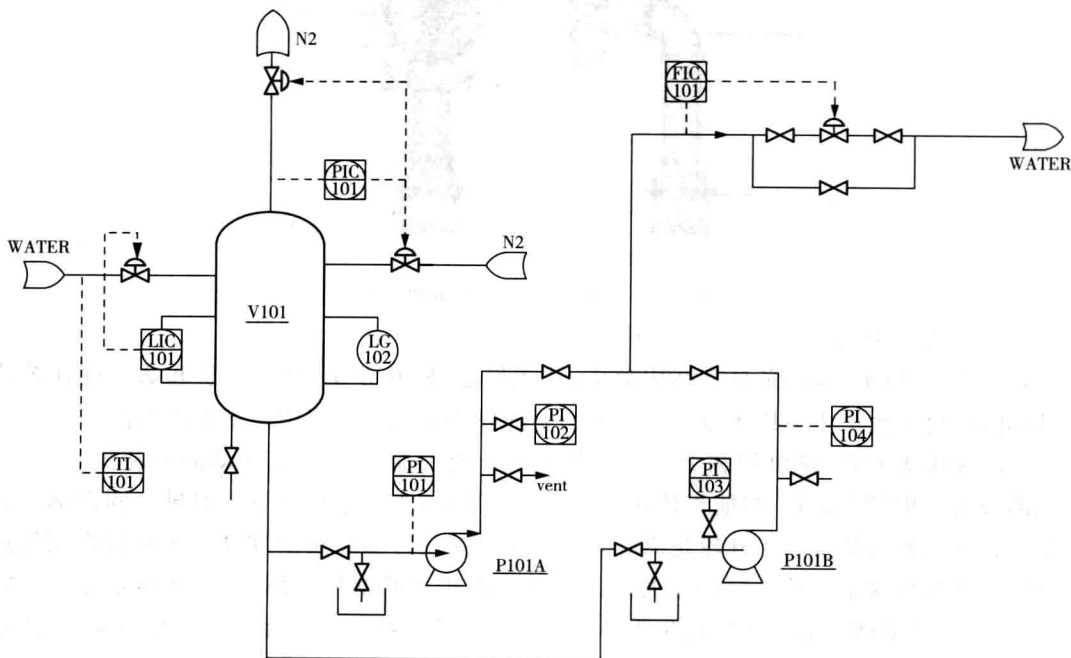


图 1-2 离心泵工艺流程

来自某一设备约 40℃ 的带压液体经调节阀 LV101 进入带压罐 V101, 罐液位由液位控制器 LIC101 通过调节 V101 的进料量来控制; 罐内压力由 PIC101 分程控制, PV101A、PV101B 分别调节进入 V101 和出 V101 的氮气量, 从而保持罐压恒定在 5.0 atm(表)。罐内液体由泵 P101A/B 抽出, 泵出口流量在流量调节器 FIC101 的控制下输送到其他设备。

3. 控制方案

V101 的压力由调节器 PIC101 分程控制, 调节阀 PV101 的分程动作如图 1-3 所示。

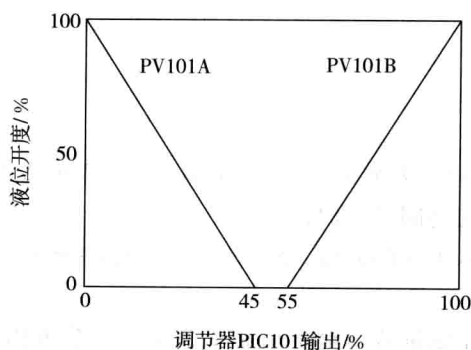


图 1-3 调节阀 PV101 的分程动作

本单元现场图中现场阀旁边的实心红色圆点代表高点排气和低点排液的指示标志, 当完成高点排气和低点排液时实心红色圆点变为绿色。

4. 设备一览

V101: 离心泵前罐。

P101A: 离心泵 A。

P101B: 离心泵 B(备用泵)。

三、操作规程

1. 开车操作规程

(1) 准备工作

- 1) 盘车。
- 2) 核对吸入条件。
- 3) 调整填料或机械密封装置。

(2) 罐 V101 充液、充压

1) 向罐 V101 充液

- ① 打开 LIC101 调节阀, 开度约为 30%, 向 V101 罐充液。
- ② 当 LIC101 达到 50% 时, LIC101 设定 50%, 投自动。

2) 罐 V101 充压

- ① 待 V101 罐液位 > 5% 后, 缓慢打开分程压力调节阀 PV101A 向 V101 罐充压。
- ② 当压力升高到 5.0 atm 时, PIC101 设定 5.0 atm, 投自动。

(3) 启动泵前准备工作

1) 灌泵

待 V101 罐充压充到正常值 5.0 atm 后,打开 P101A 泵入口阀 VD01,向离心泵充液。观察 VD01 出口标志变为绿色后,说明灌泵完毕。

2) 排气

① 打开 P101A 泵后排气阀 VD03,排放泵内不凝性气体。

② 观察 P101A 泵后排空阀 VD03 的出口,当有液体溢出时,显示标志变为绿色,标志着 P101A 泵已无不凝气体,关闭 P101A 泵后排空阀 VD03,启动离心泵的准备工作的准备工作已就绪。

(4) 启动离心泵

1) 启动离心泵

启动 P101A(或 B)泵。

2) 流体输送

① 待 PI102 指示比入口压力大 1.5~2.0 倍后,打开 P101A 泵出口阀(VD04)。

② 将 FIC101 调节阀的前阀、后阀打开。

③ 逐渐开大调节阀 FIC101 的开度,使 PI101、PI102 趋于正常值。

3) 调整操作参数

微调 FV101 调节阀,在测量值与给定值相对误差 5% 范围内且较稳定时,FIC101 设定到正常值,投自动。

2. 正常操作规程

(1) 正常工况操作参数

1) P101A 泵出口压力 PI102:12.0 atm。

2) V101 罐液位 LIC101:50.0%。

3) V101 罐内压力 PIC101:5.0 atm。

4) 泵出口流量 FIC101:20000 kg/h。

(2) 负荷调整

可任意改变泵、按键的开关状态,手操阀的开度及液位调节阀、流量调节阀、分程压力调节阀的开度,观察其现象。

P101A 泵功率正常值:15 kW;FIC101 量程正常值:20 t/h。

3. 停车操作规程

(1) V101 罐停进料

LIC101 置手动,并手动关闭调节阀 LV101,停 V101 罐进料。

(2) 停泵

1) 待罐 V101 液位小于 10% 时,关闭 P101A(或 B)泵的出口阀(VD04)。

2) 停 P101A 泵。

3) 关闭 P101A 泵前阀 VD01。

4) FIC101 置手动并关闭调节阀 FV101 及其前、后阀(VB03、VB04)。

(3) 泵 P101A 泄液

打开泵 P101A 泄液阀 VD02,观察 P101A 泵泄液阀 VD02 的出口,当不再有液体泄出时,显示标志变为红色,关闭 P101A 泵泄液阀 VD02。

(4) V101 罐泄压、泄液

1) 待罐 V101 液位小于 10% 时,打开 V101 罐泄液阀 VD10。

2)待 V101 罐液位小于 5%时,打开 PIC101 泄压阀。

3)观察 V101 罐泄液阀 VD10 的出口,当不再有液体泄出时,显示标志变为红色,待罐 V101 液体排净后,关闭泄液阀 VD10。

4. 仪表及报警一览表

位号	FIC101	LIC101	PIC101	PI101	PI102	PI103	PI104	TI101
说明	离心泵出口流量	V101 液位控制系统	V101 压力控制系统	泵 P101A 入口压力	泵 P101A 出口压力	泵 P101B 入口压力	泵 P101B 出口压力	进料温度
类型	PID	PID	PID	AI	AI	AI	AI	AI
正常值	20000.0	50.0	5.0	4.0	12.0			50.0
量程上限	40000.0	100.0	10.0	20.0	30.0	20.0	30.0	100.0
量程下限	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
工程单位	kg/h	%	atm(G)	atm(G)	atm(G)	atm(G)	atm(G)	℃
高报		80.0			13.0		13.0	
低报		20.0	2.0					

四、事故设置一览

1. P101A 泵坏操作规程

(1)事故现象:

1)P101A 泵出口压力急剧下降。

2)FIC101 流量急剧减小。

(2)处理方法:切换到备用泵 P101B。

1)全开 P101B 泵入口阀 VD05、向泵 P101B 灌液,全开排空阀 VD07 排 P101B 的不凝气,当显示标志为绿色后,关闭 VD07。

2)灌泵和排气结束后,启动 P101B。

3)待泵 P101B 出口压力升至入口压力的 1.5~2 倍后,打开 P101B 出口阀 VD08,同时缓慢关闭 P101A 出口阀 VD04,以尽量减少流量波动。

4)待 P101B 进出口压力指示正常,按停泵顺序停止 P101A 运转,关闭泵 P101A 入口阀 VD01,并通知维修工。

2. 调节阀 FV101 阀卡操作规程

(1)事故现象:FIC101 的液体流量不可调节。

(2)处理方法:

1)打开 FV101 的旁通阀 VD09,调节流量使其达到正常值。

2) 手动关闭调节阀 FV101 及其后阀 VB04、前阀 VB03。

3) 通知维修部门。

3. P101A 入口管线堵操作规程

(1) 事故现象:

1) P101A 泵入口、出口压力急剧下降。

2) FIC101 流量急剧减小到零。

(2) 处理方法: 按泵的切换步骤切换到备用泵 P101B, 并通知维修部门进行维修。

4. P101A 泵气蚀操作规程

(1) 事故现象:

1) P101A 泵入口、出口压力上下波动。

2) P101A 泵出口流量波动(大部分时间达不到正常值)。

(2) 处理方法: 按泵的切换步骤切换到备用泵 P101B。

5. P101A 泵气缚操作规程

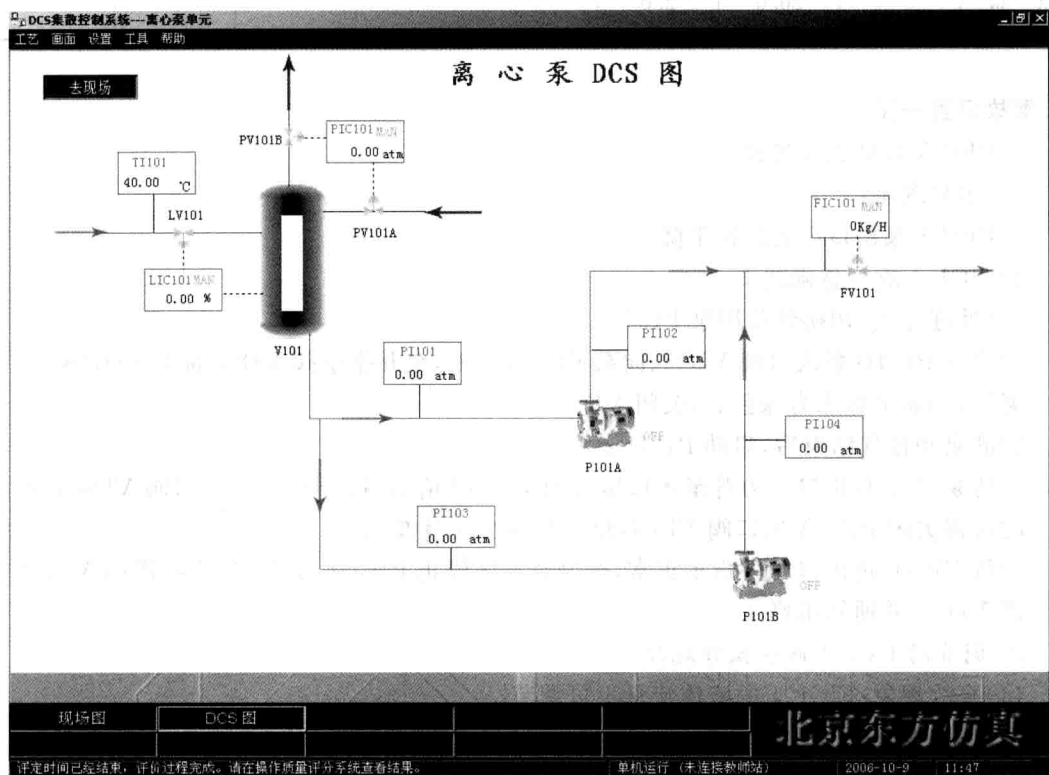
(1) 事故现象:

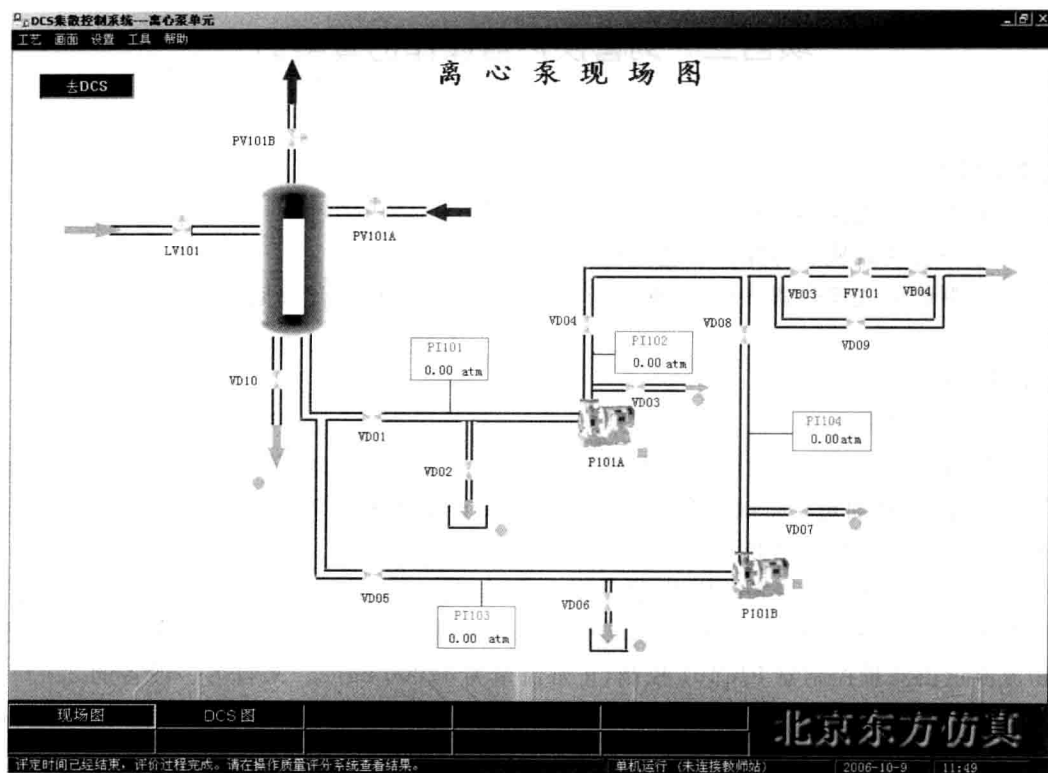
1) P101A 泵入口、出口压力急剧下降。

2) FIC101 流量急剧减少。

(2) 处理方法: 按泵的切换步骤切换到备用泵 P101B。

五、仿真界面





六、思考题

1. 简述离心泵的工作原理和结构。
2. 举例说出除离心泵以外你所知道的其他类型的泵。
3. 什么叫气蚀现象？气蚀现象有什么破坏作用？
4. 发生气蚀现象的原因有哪些？如何防止气蚀现象的发生？
5. 为什么启动前一定要将离心泵灌满被输送液体？
6. 离心泵在启动和停止运行时泵的出口阀应处于什么状态？为什么？
7. 泵 P101A 和泵 P101B 在进行切换时，应如何调节其出口阀 VD04 和 VD08？为什么要这样做？
8. 一台离心泵在正常运行一段时间后，流量开始下降，可能会有哪些原因导致？
9. 离心泵出口压力过高或过低应如何调节？
10. 离心泵入口压力过高或过低应如何调节？
11. 若两台性能相同的离心泵串联操作，其输送流量和扬程较单台离心泵相比有什么变化？若两台性能相同的离心泵并联操作，其输送流量和扬程较单台离心泵相比有什么变化？