

目录

| | |
|-----------------------------|----|
| 第一章 前言 | 3 |
| 第二章 油气集输原理简介 | 5 |
| 2.1 油气集输总述 | 5 |
| 2.1.1 油气集输工作内容 | 5 |
| 2.1.2 油气集输的工作任务 | 6 |
| 2.1.3 油气集输流程 | 6 |
| 2.2. 油气分离 | 7 |
| 2.2.1 定义 | 7 |
| 2.2.2 油气分离器 | 7 |
| 2.2.3 大庆油田气液分离流程 | 8 |
| 2.3. 原油处理 | 8 |
| 2.3.1 原油脱水及目的 | 8 |
| 2.3.2 原油乳状液 | 9 |
| 2.3.3 原油处理的基本方法 | 9 |
| 2.4 天然气净化 | 10 |
| 2.4.1 天然气净化的目的与任务 | 10 |
| 2.4.2 天然气脱酸性气体 | 10 |
| 2.4.3 天然气脱水 | 11 |
| 2.5 污水处理原理简介 | 13 |
| 2.5.1 油田污水的来源 | 13 |
| 2.5.2 油田污水处理利用的意义 | 13 |
| 2.5.3 污水处理方法 | 13 |
| 2.5.4 装置结构 | 14 |
| 2.5.5 过滤的基本原理 | 15 |
| 2.5.6 污水处理工艺流程 | 15 |
| 第三章 联合站仿真模拟软件的开发思路及过程 | 16 |
| 3.1 开发原则 | 16 |
| 3.2 仿真教学软件的基本结构 | 16 |
| 3.3 力控软件简介 | 16 |
| 3.3.1 开发系统 | 16 |
| 3.3.2 运行系统 | 17 |
| 3.4 软件设计思路 | 17 |
| 3.4.1 演示功能 | 17 |

| | |
|--------------------------------|----|
| 3.4.2 操作功能 | 20 |
| 3.4.3 学习功能 | 20 |
| 3.4.4 事故模拟 | 20 |
| 3.5 应用力控组态软件开发软件的过程 | 21 |
| 第四章 油田联合站仿真系统软件使用说明 | 27 |
| 4.1 在已安装力控 6.1 软件的计算机上运行 | 27 |
| 4.2 在未安装力控 6.0 的计算机上运行 | 28 |
| 4.3 运行系统 | 30 |
| 4.3.1 主界面 | 30 |
| 4.3.2 演示型 | 31 |
| 4.3.3 操作型 | 41 |
| 4.4 退出软件 | 44 |

中国石油大学(北京)

第一章 前言

油气储运是一个运用科学的理论、方法、技术与设备，安全经济有效地进行油气分离、计量、运输、储存及城市配齐系统设计的工程技术领域，它连接这石油工业内部产、运、销的各个环节。油气储运生产系统包括油田地面工程，油气的配送及油库，其中，油田地面工程（油气集输与矿场加工工艺）领域涵盖油田集输系统、配注系统、污水处理系统、供水系统、供电系统、道路系统、及排水系统，复杂而庞大。油田技术系统的一个非常重要的生产环节就是油田联合站，它的主要任务就是对油气进行处理和集输。联合站把从所有油井、各分井计量站以及接转站的来油接收到站内，对原油进行分离、脱水和稳定等工序之后，再把达到要求的原油、油田气以及轻烃等传送到油库或者供用户使用，与此同时把处理后的达到要求的含油污水传送到注水站^[4]。

为了模拟油田联合站各种日常作业的操作过程，在调研目前国内联合站的工艺流程和业务操作过程的基础上，对一般油田联合站的功能和主要的设备设施，以及各种作业的日常操作过程进行了总结和分析。并利用工控软件“三维力控”开发了油田联合站模拟操作系统，对具有气液分离、气处理、原油处理、污水处理等功能的典型油田联合站的运行进行模拟。不仅模拟了操作过程，还包括了油气集输设备，流程，原理等的理论介绍。通过模拟实际联合站的工作状况和运行环境，该模拟操作系统符合联合站现场实际，能够解决理论讲解和现场实习的弊端，结合生产实际介绍了利用模型演示、计算机仿真和室内大型试验装置模拟油田联合站的方法、原理和过程。

联合站是是油气集中处理联合作业站的简称。站内包括有原油处理系统，转油系统，原油稳定系统，污水处理系统，注水系统，天然气处理系统等。联合站是油田原油集输和处理的中枢。

早期的教学大都是经过理论讲解和大三结束后的暑期现场实习，通过实际操作经验的积累来完成的，这种教学方式因是在实际运行的系统上进行操作，不仅成本高、时间长，而且有些故障只能在实际发生时才能得到实际操作的机会，造成一部分知识只有理论了解，而得不到实际操作的锻炼。为了解决这些问题，开发了仿真培训系统，通过模拟实际系统的工作状况和运行环境，避免运用实际系统时可能带来的危险性及浪费。

可以说，油田集输生产工艺过程计算机仿真系统的研究，为油田生产提供了一种方便、直观、快速、灵活、节省成本的试验和管理手段^[17]。

把仿真培训技术应用到油气集输联合站中，学生通过该系统可真实“看到”联合站运行时全站各系统的变化过程及操作方法。该课题来源于教学实验室建设项目，对具有气液分离、气处理、原油处理、污水处理等功能的典型油田联合站的运行进行模拟。

本实验室模型是基于大庆油田某联合站的流程图而制作，本软件系统根据模型加入了绘声绘色的文字介绍和动画模拟，使得模型实体和软件教学相得益彰。

- 目的和意义

1. 基于油气集输模拟系统，直观地演示油气的收集与处理工艺过程，再现各种不同处理设备，不同生产单体的构成、原理，深化认识以油气集输与处理系统为主体的油田地面工程。

2. 联合站内管线和阀门及其他设备都比较多，初学者很难在短时间内学会各种集输知识。该课题的目的是通过开发仿真培训系统，在对学生进行培训或教学，在计算机上模拟联合站各系统操作，对联合站的各种工况和日常的工作进行模拟操作，取得直观的认识，有身临其境的效果。

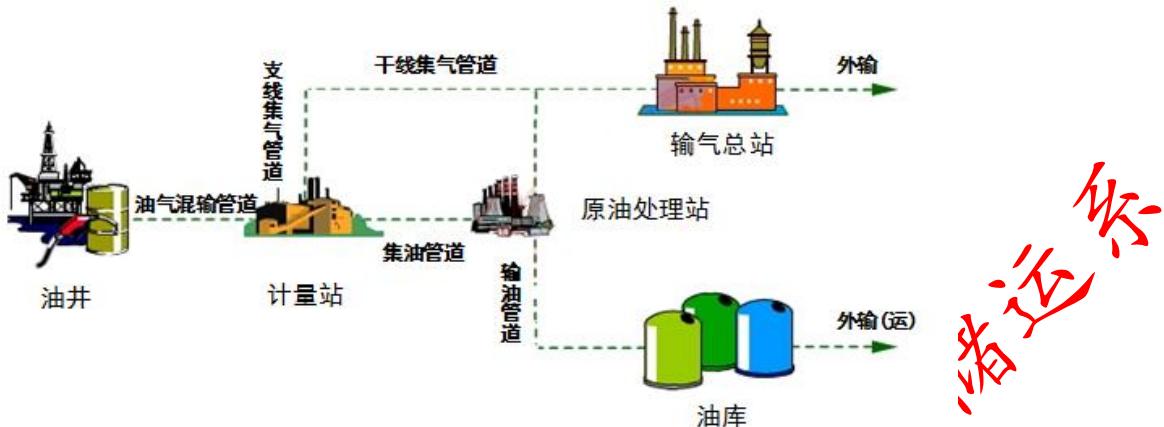
3. 有利于令初学者短时间内掌握各流程以及各设备的操作。一般情况下，~~即便是~~生产实习，联合站为了安全和效益，不允许学生随意动手操作。模拟操作系统能逼真地模拟联合站现场的起停泵、开关阀、正常运行和事故工况，能大大缩短学习时间，具有重要的意义。

本软件可以作为教学辅助软件而在课堂使用，可以作为自学集输知识者使用，可以作为生产实习前的预习材料使用。

中国石油大学（北京）

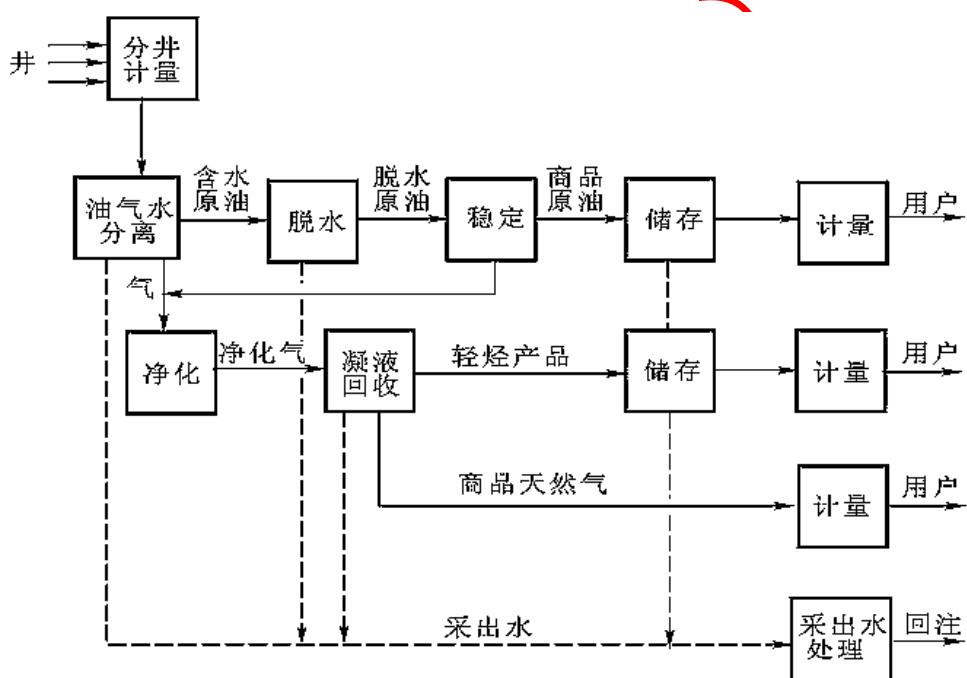
第二章 油气集输原理简介

油气集输研究对象是油气田内部原油、伴生天然气的收集、加工和运输。



2.1 油气集输总述

2.1.1 油气集输工作内容



流程图

油井计量：测出每口油井产物内原油、天然气、采出水的产量，作为分析油藏开发动态的依据。

集油、集气：将计量后的油井产物（油、气、水）通过管线输送至有关站场进行处理。

油气水分离：将井流分离成原油、天然气、采出水。必要时，还需分离出井流中所

含的固体杂质。

原油脱水：含水原油经破乳、沉降、分离，脱除游离水、乳化水和悬浮固体杂质，使商品原油含水率低于规定的质量标准。

原油稳定：脱出原油内易挥发组分，使饱和蒸气压等于或低于商品原油规定的标准。

原油储存：将符合商品原油标准的原油储存在矿场原油库中，以调节原油生产和销售间的不平衡。

天然气净化：脱出天然气中的饱和水和酸性气体 (H₂S、CO₂)

天然气凝液回收：回收天然气和油田伴生气中 C₃₊的重烃组分。

凝液储存：将轻烃产品储存在压力储罐中，以调节生产和销售的不平衡。处理后的水质符合回注油层或国家外排水水质标准。

2.1.2 油气集输的工作任务

将分散的油井产物、分别测得各单井的原油、天然气和采出水的产量值后，汇集、处理成出矿原油、天然气、液化石油气及天然汽油，经储存、计量后输送给用户的油田生产过程。其工作范围以油井为起点，矿场原油库或输油、输气管线首站为终点的矿场业务。

2.1.3 油气集输流程

收集油井产出的油、气、水混合物，按一定顺序通过管道，连续地进入各种设备和装置进行处理，获得符合质量标准的油气产品，并将这些产品输送到指定地点的全过程。

集油流程分类：

一、按布局方式：

- 1. 单井分离、单井计量
- 2. 计量站集油流程
- 3. 多井串联集油流程

*本模型的流程为第二种：计量站集油流程。

二、按通往油井的管线数量：

- 1. 单管流程 2. 双管流程 3. 三管流程

*本模型的流程为第二种：双管伴热流程

三、按集油系统的布站级数：

- 1. 一级布站

流程内只有集中处理站；

- 2. 二级布站

有计量站和集中处理站；

- 3. 三级布站

有计量站、接转站和集中处理站；

4. 一级半布站

在各计量站只设计量阀组、数座计量阀组共用一套计量装置。

*本模型为一级布站，流程内只有集中处理站。

四、按集油加热方式：

1. 不加热集油流程 2. 加热集油流程 3. 热水伴热流程 4. 蒸汽伴热

流程 5. 掺热水集油流程 6. 掺热油集油流程 7. 掺蒸汽集油流程

*本模型为掺热水集油流程，掺水集输系统特别是高凝油田掺水系统一般由掺水和回油两个流程完成，热水从联合站经加热炉加热至油井井口完成掺水过程；采出液伴热水回到联合站的过程为回油流程^[18]。

2.2. 油气分离

2.2.1 定义

从井口采油树出来的井液主要是水和烃类混合物。在油藏的温、高压条件下，天然气溶解在原油中，在井液从地下沿井筒向上流动和沿集输管道流动过程中，随着压力的降低，溶解在液相中的气体不断析出，形成气液混合物。为了满足产品计量、处理、储存、运输和使用的需要必须将它们分开，这就是油气分离。

大庆油田气液分离区的流程简介：

油流程：油井——计量——三合一罐——外输油泵——外输至原油分离区

水流程：三合一罐——二合一加热炉——热洗泵——油井

三合一罐——二合一加热炉——掺水泵——油井

气流程：气处理区来气——二合一加热炉

气处理区来气——采暖炉（大庆单位自己供暖使用）

2.2.2 油气分离器

~~分离器的分类~~

①按流体流动方向和安装形式

1. 卧式分离器 2. 立式分离器

②按功能

两相分离器、三相分离器、计量分离器、生产分离器

③按压力

真空(<0.1MPa)、低压(<1.5MPa)、

中压(1.5~6MPa)、高压(>6MPa)

油气分离器的工作原理

油气分离在油气分离器内进行。其按形状分为卧式和立式两种。

分离器的主要部件：入口分流器，重力沉降区，集液区，捕雾器，压力、液位控制，安全防护部件。

*本模型即大庆油田的气液分离用的分离器是三相分离器的一种，叫做“三合一罐”，具有分离、缓冲和游离水脱除功能。装置结构图如下图：

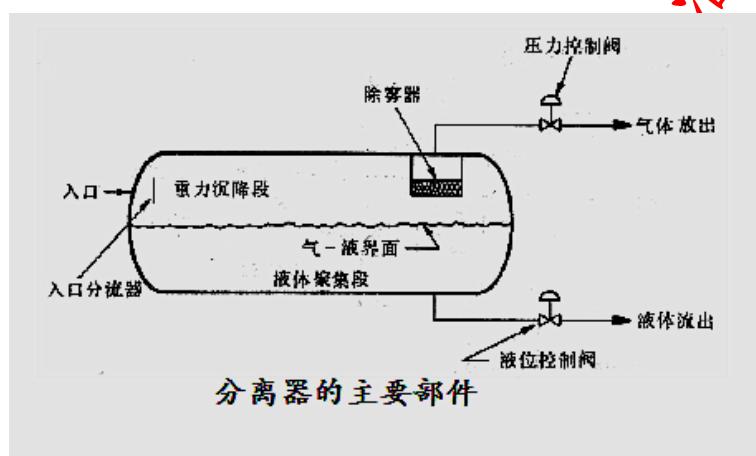
*大庆油田联合站的气液分离器区加热炉采用了“二合一加热炉”，该加热炉具有加热和缓冲的功能，把“三合一罐”分离出来的水加热缓冲后，再重新增压输至计量间，回掺到各井。

2.2.3 大庆油田气液分离流程

大庆油田气液分离区的流程简介：

油流程：油井——计量——三合一罐——外输油泵——外输至原油分离区

水流程：三合一罐——二合一加热炉——热洗泵——油井



三合一罐——二合一加热炉——掺水泵——油井

气流程：气处理区来气——二合一加热炉

气处理区来气——采暖炉（大庆单位自己供暖使用）

2.3. 原油处理

2.3.1 原油脱水及目的

原油和水在油藏内运动时，常携带并溶解大量盐类，如氯化物、硫酸盐、碳酸盐等。在油田开采初期，原油中含水很少或基本不含水，这些盐类主要以固体结晶形态悬浮与原油中。进入中、高含水开采期则主要溶解于水中。对原油进行脱水、脱盐、脱除泥砂等固体机械杂质，使之成为合格商品原油的工艺过程称原油处理，国内常称原油脱水。

目的：

1. 满足商品原油水含量、盐含量的行业或国家标准

2. 商品原油交易的需要
3. 增大了燃料的消耗，占用了部分集油、加热、加工资源，增加了原油的生产成本。
4. 增加了原油粘度和管输费用。
5. 原油内的含盐水引起金属管路和运输设备的结垢和腐蚀，泥砂等固体杂质使泵、管路、其它设备机械磨损，降低管路和设备的使用寿命。
6. 影响炼制工作的正常进行

2.3.2 原油乳状液

定义：乳状液是一种或几种液体以液珠形式分散在另一不相混溶的液体之中构成的分散体系。根据内相与外相的性质，

乳状液主要有两种类型：一类是油分散在水（水是外相，油是内相）中，如牛奶，简称水包油型乳状液，用 O/W 表示；另一类是水分散在油（水是内相，油是外相）中，简称油包水型乳状液，用 W/O 表示。

形成乳状液的必要条件：①形成的乳化液的两种液体不能混溶；②必须有足够的搅拌使一种液体以液滴的形式分散到另一种液体之中；③必须有乳化剂的存在。两个不相混溶的纯液体（例如油和水）不能形成乳状液，必须要有乳化剂起着稳定作用。

*在本站中，由气液分离区分离出来的液体基本为油包水型乳状液。

2.3.3 原油处理的基本方法

原油处理的基本方法有：电脱水法，加热脱水法，机械脱水法等。各种常见脱水方法的共同点：创造条件使油水依靠密度差和所受重力不同而分层。

1、热化学脱水

含水原油加热到一定温度，并在原油乳状液中加入少量的表面活性剂（破乳剂），破坏其乳化状态，使油水分离。（一般油田称热化学脱水为“加药”，按照画图规定，本实验装置中，所有的加药装置为橘黄色管线）

2、重力沉降脱水

含水原油经破乳后，需把原油同游离水、杂质等分开。在沉降罐中主要依靠油水密度差产生的下部水层的清洗作用和上部原油中水滴的沉降作用使油水分离，此过程在油田常被称作一段脱水。

3、电脱水

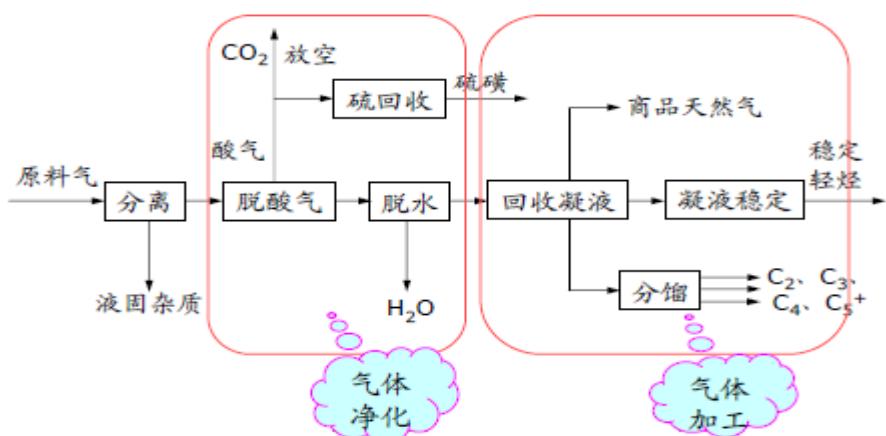
原理：将原油乳状液置于高压直流或交流电场中，由于电场对水滴的作用，削弱了水滴界面膜的强度，促使水滴碰撞，合并成粒径较大的水滴，在原油中沉降分离出来。

*本实验装置囊括了以上三种脱水方法，软件对三种脱水方法均有文字和动画介绍。现代脱水方法还包括加热脱水等。

*本站处理流程：

来自气液分离区或转油站的含水原油进入游离水脱除器，脱出大部分游离水和少量立径较大的乳化水，使原油含水降到 30%以下。沉降分离后的低含水原油通过加热炉升温，然后进入电脱水器。在电脱水器中，电场和破乳的双重作用，使原油中的乳化水发生破乳——油水分离。脱水后含水低于 0.5%的净化油进入好油缓冲罐，计量后用泵输送到原油稳定站或外输。压力沉降罐和电脱水器分离出的含油污水进入立式污水沉立式污水沉降罐。立式污水沉降罐起到缓冲和收油的双重作用。立式污水沉降罐收油槽里的油，用收油泵输送到站内游离水脱除器的进口，含油污水用外输污水泵输送到含油污水处理站。

2.4 天然气净化



气体净化、加工流程图

2.4.1 天然气净化的目的与任务

从地层中开采出的天然气或油田的伴生气，往往含有砂和混入的铁锈等固体杂质，以及水、硫化物和二氧化碳等有害物质。一、杂质物质的影响：固体杂质容易造成设备仪表损坏。存在水汽会减少管线的输送能力和气体热值；还可能引起水蒸气从天然气流中析出，形成液态。水、冰或天然气的固体水化物，从而增加管路压降，严重时堵塞管道。

2.4.2 天然气脱酸性气体

天然气脱酸气的必要性：1.增加天然气对金属的腐蚀；2.当利用天然气作化工原料时，还会使催化剂中毒，影响产品和中间产品的质量；3.污染环境；4.降低天然气的热值。

天然气脱酸性气体方法：

一、化学溶剂吸收法

工作原理：以弱碱性溶液为吸收剂，与酸性组分（H₂S 和 CO₂）反应生成化合物。吸收了酸气的富液在高温低压的条件下放出。酸气，使溶液再生、恢复吸收酸气的活性，使脱酸过程连续进行。各种醇胺溶液是使用最广泛的吸收剂。

二、物理溶剂吸收法

工作原理：利用有机溶剂对原料气中酸性组分具有较大溶解度的特点，从天然气内脱除酸气。溶液的酸气负荷正比于气相中酸气的分压，当富液压力降低时，即放出吸收的酸性气体。

三、物理化学吸收法（砜胺法）

工作原理：采用的吸收溶液包括物理吸收溶剂和化学吸收溶剂，兼有物理和化学溶剂的各自优点，著名的为砜胺法。

物理吸收溶剂：环丁砜是硫化物极好的吸收剂，对CO₂、重烃、芳香烃的吸收能力低。

化学吸收溶剂：任何一种醇胺，常用二异丙醇胺二级脱酸，进一步脱除H₂S和CO₂。

四、直接氧化法

工作原理：

在催化剂或特殊溶剂的参与下，使H₂S和O₂及SO₂和H₂S发生化学反应，生成元素S和水。常用于天然气脱出酸气的处理，原料气的特点是气体流量小，酸气浓度高。

五、干法脱硫

海绵铁法

原理：利用氧化铁和H₂S反应，生成硫化铁和水，和酸气生成的硫化铁可用空气再生。



要求进料气水含量达到饱和或接近饱和。□ 适用于小处理量、低含硫天然气的脱硫。

2.4.3 天然气脱水

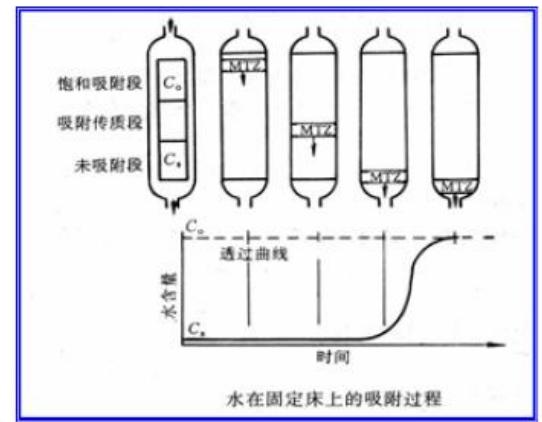
天然气水合物的含义：天然气水合物也称气体水合物(gas hydrate)，是由天然气与水分子在高压(>10MPa)和低温(0~10°C)条件下合成的一种固态结晶物质。因其中 80%~90%的成分是甲烷，故也叫天然气水合物为甲烷水合物，这些物质会增加管路压降，严重时堵塞管道。

天然气脱水的方法：

一. 吸附法：

工作原理：

采用内部孔隙很多、内部比表面积很大的固体物质与含水天然气接触，气中的水被吸附于固体物质的空隙。



吸附法脱水原理流程

1. 物理吸附:

固体和气体间的相互作用并不强，类似于凝缩，被吸附的气体易从固体表面逐出（如升高温度），是一可逆过程。用加热或减压等方法可使吸附质与固体表面分离，使固体恢复吸附能力。

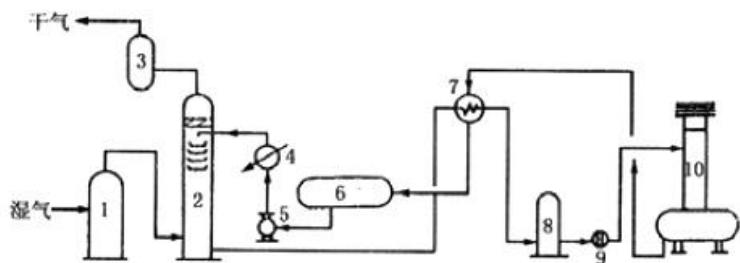
2. 化学吸附:

需要活化能，被吸附的气体往往需要在很高的温度下才能逐出，且所释放的气体往往已发生化学变化，是不可逆的。

二. 甘醇吸收法

工作原理:

利用亲水性较强的甘醇($C_nH_{2n}(OH)_2$)与天然气接触，气中含水被吸收，吸收了水分的甘醇经处理再生后供重复使用。



1—分离器；2—吸收塔；3—雾液分离器；4—冷却器；
5—甘醇循环泵；6—甘醇储罐；7—贫-富甘醇溶液换热器；
8—闪蒸罐；9—过滤器；10—再生塔
甘醇脱水工艺流程

*大庆油田普遍产气量少，产出的气体一般作为自耗气使用，少量外输。本模型中气处理区的气处理设备稀少。

本站处理流程：含油气体——除油器——压缩机增压——风冷器降温——二次除油器——加药（天然气水合物抑制剂）——外输

2.5 污水处理原理简介

2.5.1 油田污水的来源

本模型油田污水来源：

- 原油脱水站；
- 各种罐中的罐底水，~~将含盐量较高的原油用其他清水洗盐后的污水；~~
- 为了提高注水量，有效地保护井下管柱，需定期对注水井进行洗井作业，也~~为减少油区环境污染。~~

2.5.2 油田污水处理利用的意义

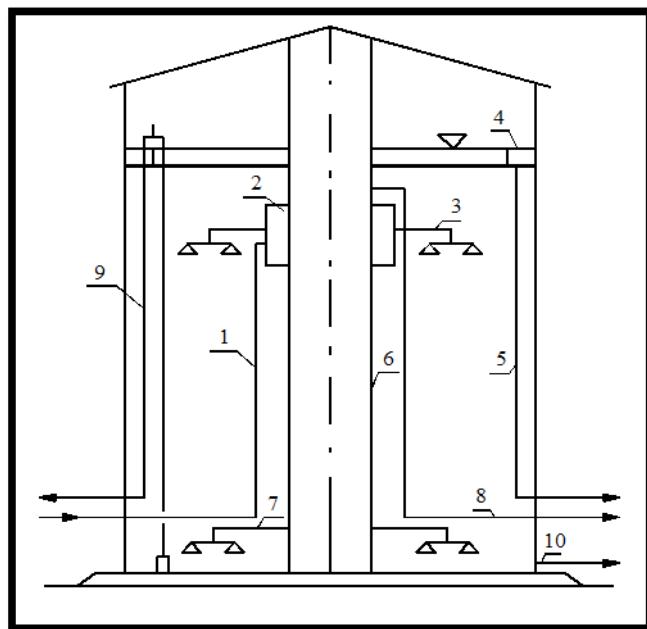
- ~~▪ 如果含油污水不处理利用，任意排放必将带来严重的后果，不但浪费了水和原油，而且会严重污染环境，影响油田安全生产。因此必须合理地处理利用含油污水。~~

2.5.3 污水处理方法

- 去除水中悬浮杂质：物理法除油、混凝除油、过滤等；
- 防垢、缓蚀和杀菌；
- 密闭隔氧和化学脱氧

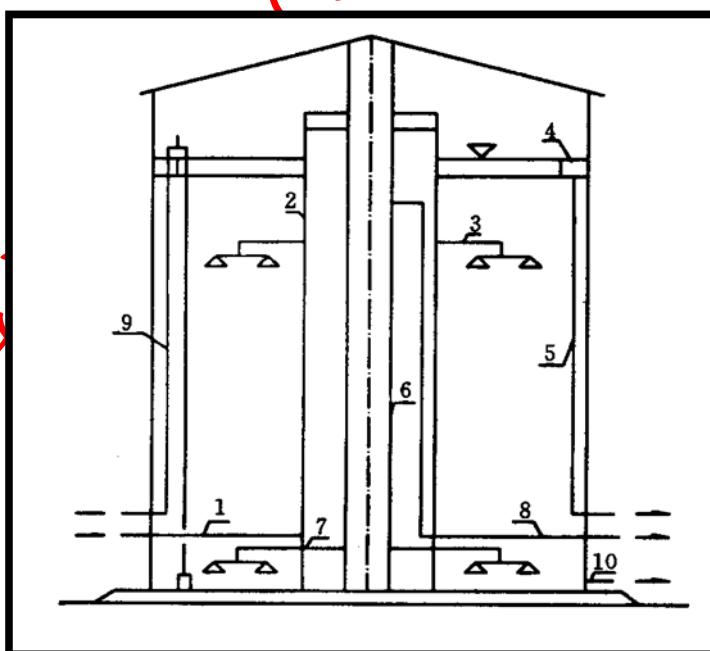
2.5.4 装置结构

1.立式自然除油罐



1—进水管；2—配水室；3—配水管；4—集油槽；5—出油管；
6—中心柱管；7—集水管；8—出水管；9—溢流管；10—排污管

2.立式混凝除油罐



1—进水管；2—中心反应筒；3—配水管；4—集油槽；5—出油管；6—
中心柱管；7—集水管；8—出水管；9—溢流管；10—排污管

2.5.5 过滤的基本原理

过滤是指污水流过一个较厚（一般为 700mm 左右）而多孔的石英砂或者其它粒状物质的过滤床，杂质被留在这些介质的孔隙里或介质上，从而使污水得到进一步净化。

过滤机理可分为：吸附、絮凝、沉淀和截留等几个方面。

2.5.6 污水处理工艺流程

本联合站污水处理流程：从原油处理站和气液分离区送来的含油污水流入一段重力除油罐（模型中为“一沉”），油水在罐中自然沉降，靠重力使污水中的浮油及部分乳化油分离出来，上浮至罐上部的集油槽中流入收油罐。收油罐继而把油转入原油分离区。自然沉降后的含油污水进入二段混凝除油罐（模型中为“二沉”）。含油污水进混凝除油罐之前投加混凝剂，混凝剂和污水一起在混凝除油罐的中心反应筒内进行反应，产生凝聚和絮凝，又将一部分原油和悬浮物质除掉，并依靠位差污水升压进入升压缓冲罐。三段为压力过滤罐，由增压泵 A 和 B 把缓冲罐中的污水升压送入压力过滤罐中进行过滤，进一步将油及悬浮物过滤掉。过滤后的净化水进入外输水罐。污水及悬浮物被截留在过滤罐中，当聚集到一定程度时，压差增大，流量减小，这就需要进行反冲洗。反冲洗是由反冲洗泵 A 和 B 将反冲洗罐内的净化水反向打入压力过滤罐，对滤料进行反向冲洗，将滤层的污物反冲到回收水罐中，再用回收水泵打回到来水流程再进行处理。处理后的净化水进入净化水罐中外输到油田注水站。

中国石油大学

第三章 联合站仿真模拟软件的开发思路及过程

3.1 开发原则

本仿真教学软件系统的开发遵循以下开发原则：

1. 人机界面友好。人机界面是否友好，操作是否简单易懂已经成为衡量软件的一个重要指标。在该系统使用过程中，用户只需按照系统提示进行操作即可。

2. 本软件适应学生和刚接触联合站的操作人员。鉴于我校油气集输课程没有配备完善的实验教学系统，且大三学生生产实习之前还没有学习油气集输课程，导致实验效果不佳，故本软件将作为在校学生生产实习之前的介绍性培训，也可作为该课程实验课用软件。本软件根据我校中油大厦 123 室的油田地面生产仿真实验室的模型进行开发，最终可以控制该模型的启动和运行。

3. 本软件分别设计了演示版和手动操作版。演示版只需用户按一个按键，就能使整个画面的所有流程自动按顺序启动，能够起到演示学习的作用。操作版需要用户自行开阀和泵等设备，用以检验用户的学习效果，在校学生以此来完成实验报告。

3.2 仿真教学软件的基本结构

本软件是以本校中油大厦 123 室的油田地面生产仿真实验室的模型进行开发的，该模型包含井场，气液分离区，原油处理区，气体处理区，污水处理区等几大部分，相较之前储运系类似模型展板，此模型的设备管线等更加齐全细腻，模型更加贴近实际，使得复杂的学习变得更为轻松。

本设计以计算机作为上位机，以 PLC(可编程控制器) 作为下位机，PLC 的输出与模型相连。可以分别通过计算机或触摸屏向 PLC 下达操作指令，PLC 将操作指令转换成执行信号送到模型上显示，操作产生的参数变化过程由计算机的模拟程序实现。

3.3 力控软件简介

力控是运行在 Windows98/NT/2000/XP 操作系统上的一种监控组态软件。使用力控用户可以方便、快速地构造不同需求的数据采集与监控系统。

力控软件以计算机为基本工具，为实施数据采集、过程监控、生产控制提供了基础平台，它可以和检测、控制设备构成任意复杂的监控系统。在过程监控中发挥了核心作用，可以帮助企业消除信息孤岛，降低运作成本，提高生产效率，加快市场反应速度^[25]。

力控软件包括：工程管理器、人机界面 VIEW、I/O 驱动程序、实时数据库 DB、控制策略生成器以及各种网络服务组件等。

3.3.1 开发系统

开发系统 (Draw) 是集成开发环境，可以创建工程画面、定义变量、编制动作脚本、生成报表、分析曲线等，还可以配置各种系统参数，启动力控其他程序组件等。我们说

的“组态”就在这里完成，运行系统将开发完的系统进行执行，完成计算机监控的过程。

开发人员可以在开发环境中完成监控界面的设计、动画连接的定义、数据库的配置等。开发系统可以方便的生成各种复杂生动的画面。实时数据库中有多种数据类型，可以完成统计、查找、管理等功能，可以满足各种工业现场的需要。

在力控中建立新工程时，首先通过双击力控快捷方式，进入力控的“工程管理器”指定工程名称和工作路径，不同的工程一定要放在不同的路径下。在工程管理器中添加了一个新的工程后，再点击“开发”按钮，进入力控的组态界面，即力控的开发系统。

进入力控的开发系统后，可以为每个工程建立无限数目的画面，在每个画面上可以组态相互关联的静态或动态图形。这些画面是由力控开发系统提供的丰富的图形对象组成的。开发系统提供了文本、直线、矩形、圆角矩形、圆形、多边形等基本图形对象，同时还提供了增强型按钮、实时/历史趋势曲线、实时/历史报警、实时/历史报表等组件。开发系统还提供了在工程窗口中复制、删除、对齐、打成组等编辑操作，提供对图形对象的颜色、线型、填充属性等操作工具^[20]。

3.3.2 运行系统

一般情况下，人机界面系统是给操作人员的画面，是处于活动状态的系统，画面中变量的值来源于 I/O 设备、或是脚本运算结果、或是人工输入，画面反映了现场的真实状态，以便操作人员进行监控^[20]。

运行系统 View 是用来运行由开发系统 Draw 创建的画面工程，主要是完成 HMI 部分的监控，它是运行在前台的；区域实时数据库 DB 是数据处理的核心，是网络节点的数据服务器，运行时保存相关的历史存储；I/O 程序是负责和控制设备通讯的服务程序，支持各种网络方式的通讯，比如串口、以太网等，数据库和 I/O 一般是工作在后台的^[20]。

3.4 软件设计思路

本系统根据油气集输这门课程的特点，特以组态软件的方式模拟该油气生产加工过程。根据设计思路最终编写程序设计软件。软件基本可实现以下几种功能：

3.4.1 演示功能

本软件总设计图如下：

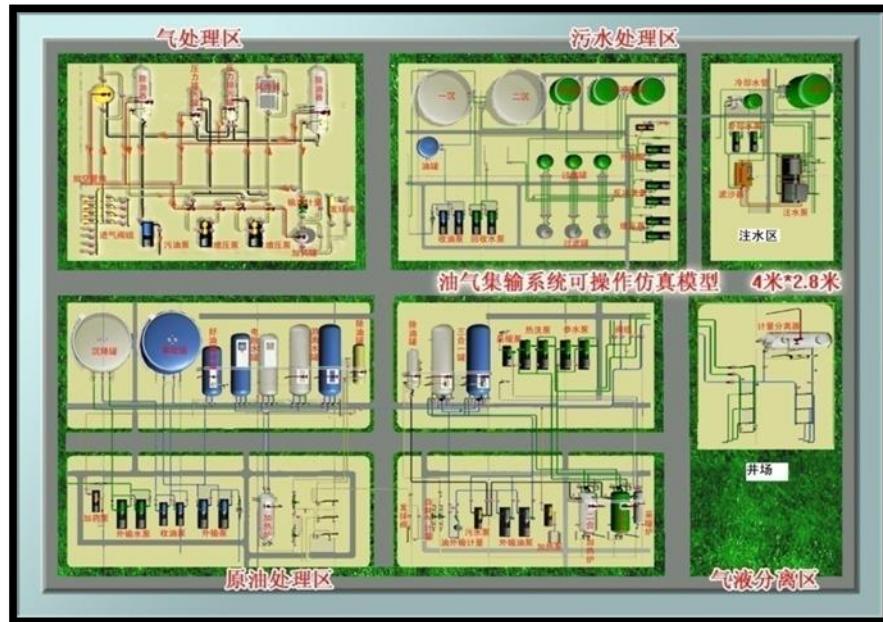


图 3-1 总设计图

本软件根据模型和设计图的特点，将模型的四大区域~~一一~~在界面上表示出来。如图

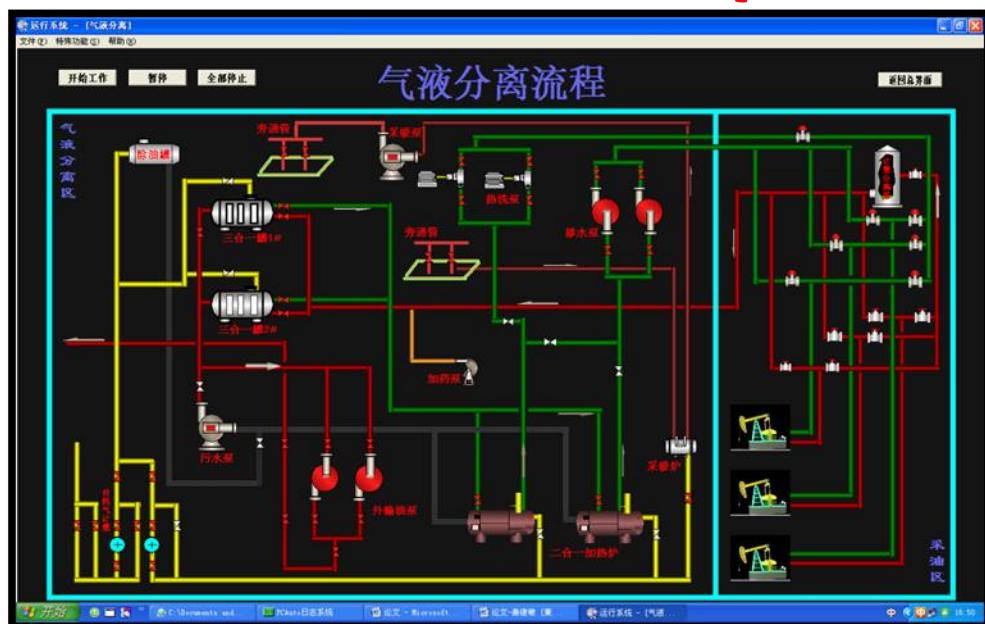


图 3-2 气液分离界面

~~X~~ 气液分离区的流程简介：

油流程：油井——计量——三合一罐——外输油泵——外输至原油分离区

水流程：三合一罐——二合一加热炉——热洗泵——油井

三合一罐——二合一加热炉——掺水泵——油井

气流程：气处理区来气——二合一加热炉

气处理区来气——采暖炉（大庆单位自己供暖使用）

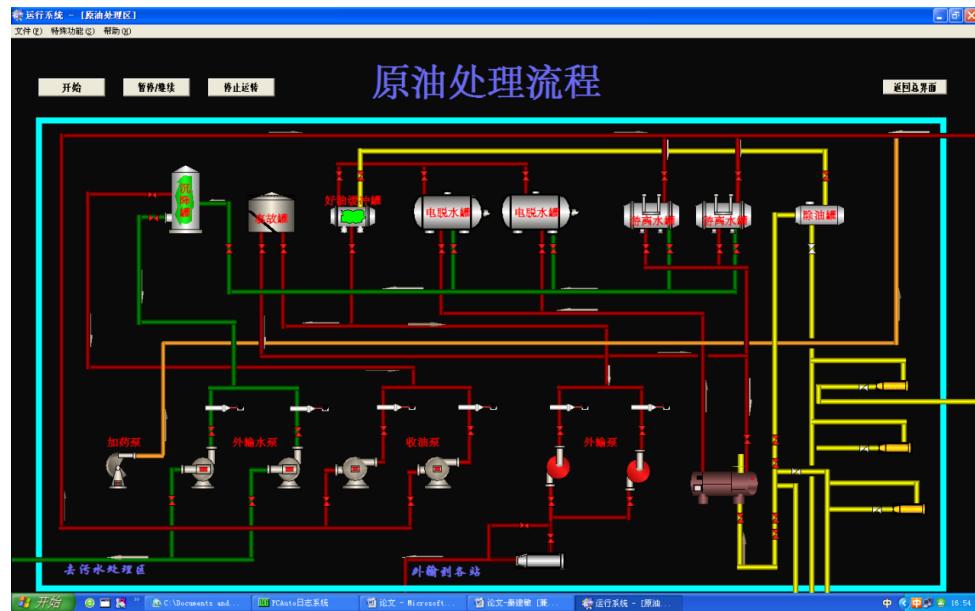


图 3-3 原油处理界面

油流程：含水原油——游离水脱除器——电脱水器——好油缓冲罐——外输

水流程：含水原油——游离水脱出——立式沉降罐——外输水泵——污水处理站

电脱水器——立式沉降罐——外输水泵——污水处理站

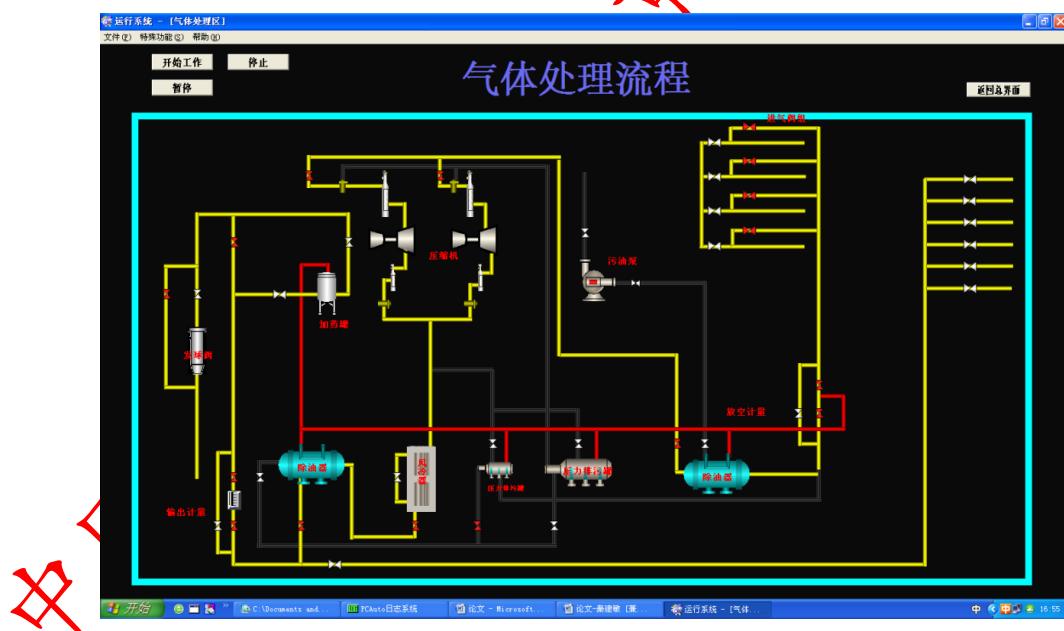


图 3-4 气体处理界面

根据本油田实际情况：气体分离区的流程可作如下概括：

含油气体——除油器——压缩机增压——风冷器降温——二次除油器——加药——外输

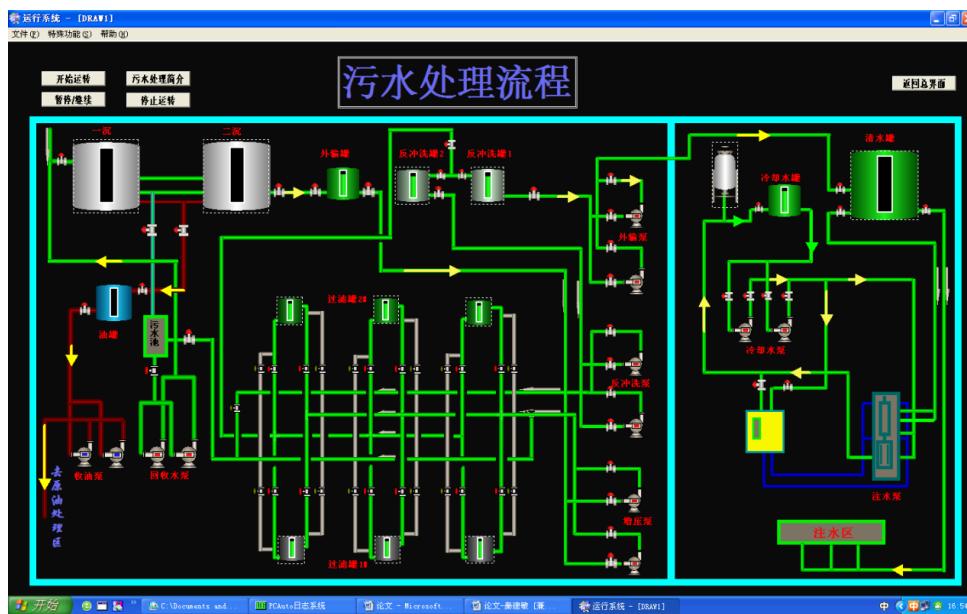


图 3-5 污水处理界面

油流程：含油污水——重力除油罐——收油罐——收油泵——原油分离区

水流程：含油污水——重力除油罐——混凝除油罐——升压缓冲罐——增压泵 A——压力过滤罐——外输水罐（清水罐）

反冲洗流程：反冲洗罐的净化水——反冲洗泵——压力过滤罐——重力除油罐

本软件设想设计成每个设备能够随时间依次工作，让流程变得更加清晰明了。

3.4.2 操作功能

相对于演示功能，本软件设计开发能够让用户自动开启设备的操作流程，全部设备均需用户手动操作才能完成。完成后有“恭喜×××，您完成了××流程”画面。操作界面与演示界面总体相同，但控件上略有差别。另外，操作流程中没有过多的文字多媒体介绍性内容。其目的为了检验学生的学习效果。

3.4.3 学习功能

本软件要实现的另一主要功能就是知识学习功能。初步设计，在演示画面上设有链接，可以链接到各个设备、流程的窗口，且可以返回到演示界面。力控软件支持多种多媒体文件，如 flash 动画，avi 短片，gif 图片，jpeg 图片等等。当制作好这些学习文件时，就可以嵌套在软件当中。用户可通过这些窗口中的各类知识学习油气集输与矿场加工知识。

3.4.4 事故模拟

在油气田生产过程中，一些设备可能某时会出现故障。鉴于这种实际情况，本软件在设计当中充分考虑用户的实际操作感，利用力控的应用程序动作编程功能，使得事故工况能够生动地在演示画面演示出来。例如，原油处理区的电脱水罐如果出了问题，那

么就应该停止其工作，然后把工作液倒出来以维修电脱水罐。最后修好后得以正常工作。

3.5 应用力控组态软件开发软件的过程

建立力控应用程序的一般过程是：创建组态界面；构造数据库；建立动画连接及编写脚本；运行和调试。

本软件的开发过程总体可以概括为：界面图形开发——文字、图片、动画的制作和收集，多媒体文件的嵌入——构造数据库——编写脚本——运行和调试。

1. 界面图形开发

进入力控的开发系统后，可以为每个工程建立无限数目的画面，本软件共建立了50个画面。在每个画面上可以组态相互关联的静态或动态图形，还可以利用控件及复合组件完成更多的功能需求。开发系统提供了文本、直线、矩形、圆角矩形、圆形、多边形等基本图形对象，同时还提供了增强型按钮、实时/历史趋势曲线、实时/历史报警、实时/历史报表等组件，见下图。

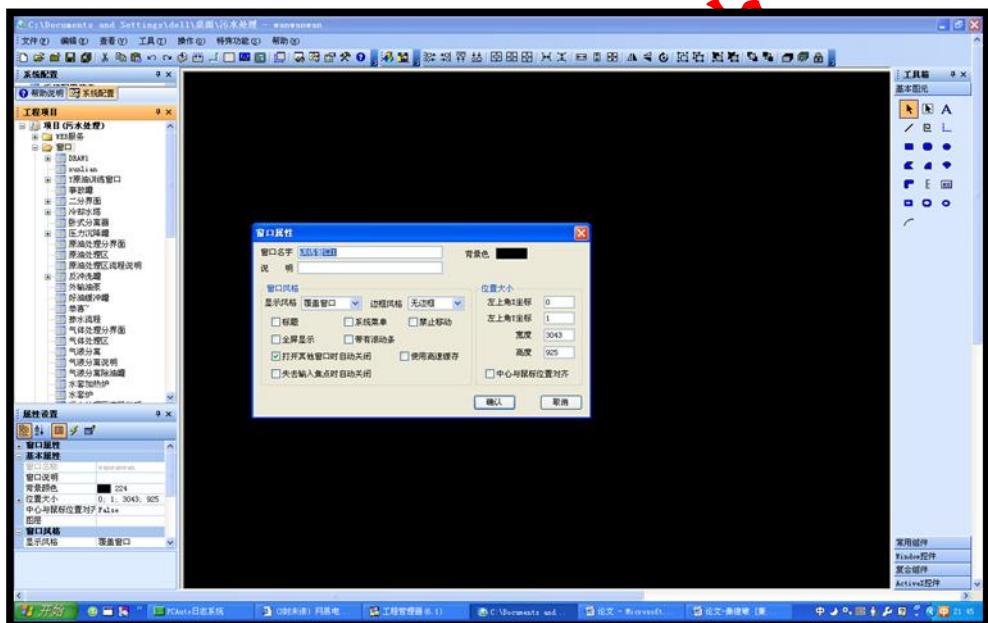


图 3-6 建立窗口

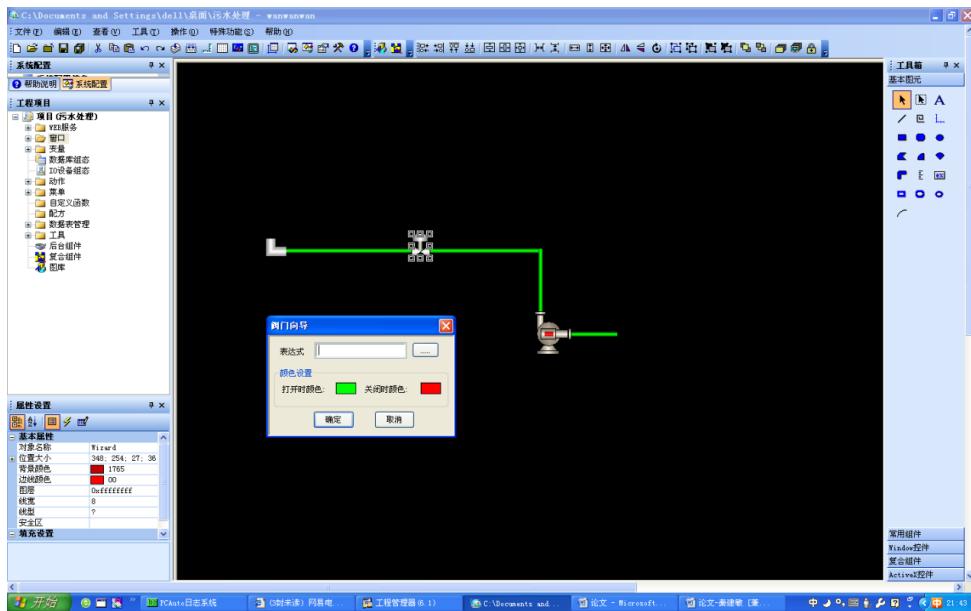


图 3-7 创建组态界面

开发系统还提供了在工程窗口中复制、删除、对齐、~~打成组~~等编辑操作，提供对图形对象的颜色、线型、填充属性等操作工具。

另外，用户还可以利用力控的图库中已有的图形，该子图库中提供了包括控制按钮、指示表、阀门、电机、泵、管路和其它标准工业元件在内的数千个子图。工程人员可以从子图库中取出子图加到自己的应用中，并按照需要任意调整大小，任意放大和缩小不会失真。子图中的一部分为“精灵”类子图，包含由系统预先定义的动画连接，具备特定动画效果。

另外，力控具有子图扩展功能，用户可根据需要自己创建图片，然后增加到力控的精灵当中，供自己使用。如图所示为本软件创立的加热炉图片：

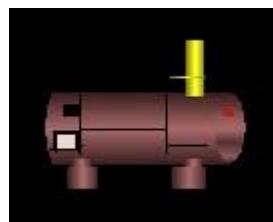


图 3-8 加热炉

本软件中，绿色管线为清水管线，红色管线为油管线，黄色管线为气管线。橙色管线为加药管线，黑色管线为污油和污水管线。

2. 文字、图片、动画的制作和收集，多媒体文件的嵌入

教学软件需要用到多种多媒体学习文件，为了满足软件教学的需要，在软件的制作过程中，制作和收集了大量的多媒体文件，例如图片动画等。当文字描述与图片动画等结合起来时，并利用计算机演示，学习效果要比之前只读书听课的效果要好的多。

最后，利用各种应用软件将制作和收集好的多媒体文件转换成力控软件支持和识别的文件类型，并编写一定的脚本程序，更好的将文件和开发好的图形界面融合。

3. 构造数据库

数据库是联系上位机和下位机的桥梁，在数据库中记录了所有用户可以使用的数据变量的详细信息。变量是人机界面软件数据处理的核心。它是 View 进行内部控制、运算的主要数据成员，是 View 中编译环境的基本组成部分^[18]。

人机界面程序 View 运行时，工业现场的状况要以数据的形式在画面中显示，View 中所有动态表现手段，如数值显示、闪烁、变色等都与这些数据相关^[18]。

力控提供多种变量，例如：数据库变量、中间变量、间接变量、窗口中间变量等。

数据库变量与数据库 DB 中的点参数进行对应，完成数据交互，数据库变量是人机界面与实时数据库联系的桥梁，其中的数据库变量不但可以访问本地数据库，还可以访问远程数据库，来构成分布式结构。

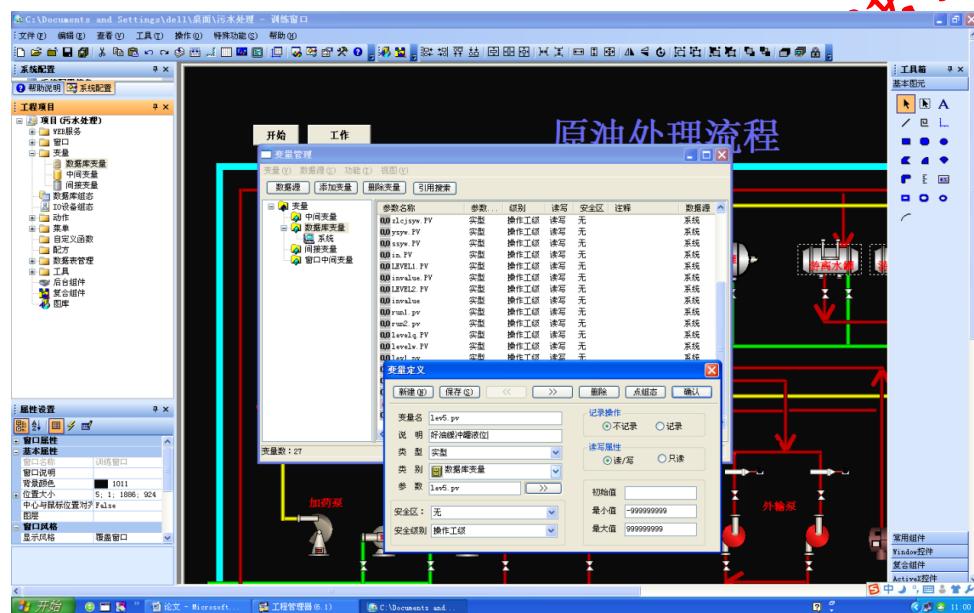
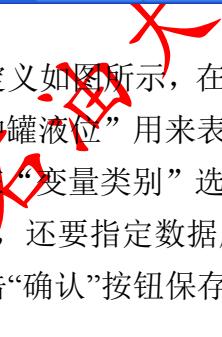



图 3-9 变量定义

新建变量定义如图所示，在“变量名”输入框内键入新的变量名 lev5_pv，在说明中填写“好油缓冲罐液位”用来表明变量的用途；在“数据类型”下拉框中为变量选择一种数据类型；在“变量类别”选择框中为变量选择一种变量类型，如果选定变量类别是“数据库变量”，还要指定数据库的“数据源”及具体点参数；输入定义变量所需要的其它信息，单击“确认”按钮保存输入内容并退出“变量定义”对话框，或单击“保存”按钮保存输入内容。


3. 建立动画连接及编写动作脚本

动画连接是指画面中图形对象与变量或表达式的对应关系。建立了动画连接后，在界面运行系统中，图形对象将根据变量或表达式的数据变化，改变其颜色、大小等外观，文本会根据变量的变化动态刷新。这样便可以将现场真实的数据反映到计算机的监控画面中，从而达到了计算机监控的目的。

创建和选择连接对象，如线、填充图形、文本、按钮等。(有关创建图形对象的详

细信息请参考前面章节的内容)。双击对象或者用鼠标右键单击对象，弹出右键菜单后选择其中的“对象动画”，弹出“动画连接”对话框，如图 4-5 所示。



图 3-10 动画连接

在对话框中可以看到，动画连接有五类内容：鼠标相关动作、颜色相关动作、尺寸旋转移动、数值输入显示、杂项。根据要连接的动画选择相应的按钮，进入动画连接的详细定义对话框。一个图形对象可以同时定义多个连接，组合成复杂的效果，以便满足实际中任意的动画显示需要。

动作脚本是一种基于对象和事件的编程语言，语法采用类 BASIC 的结构，可以说，每一段脚本都是与某一个对象或触发事件紧密关联的，利用开发系统编制完的动作脚本，可以在运行系统中执行，该系统通过脚本对变量、函数的操作，便可以完成对现场数据的处理和控制，进行图形化监控。动作脚本往往是与监控画面相关的一些控制，主要有以下类型：

- 1) 窗口脚本：可以在窗口打开时执行、关闭时执行或者在存在时周期执行。下图为污水处理界面的窗口脚本内容：

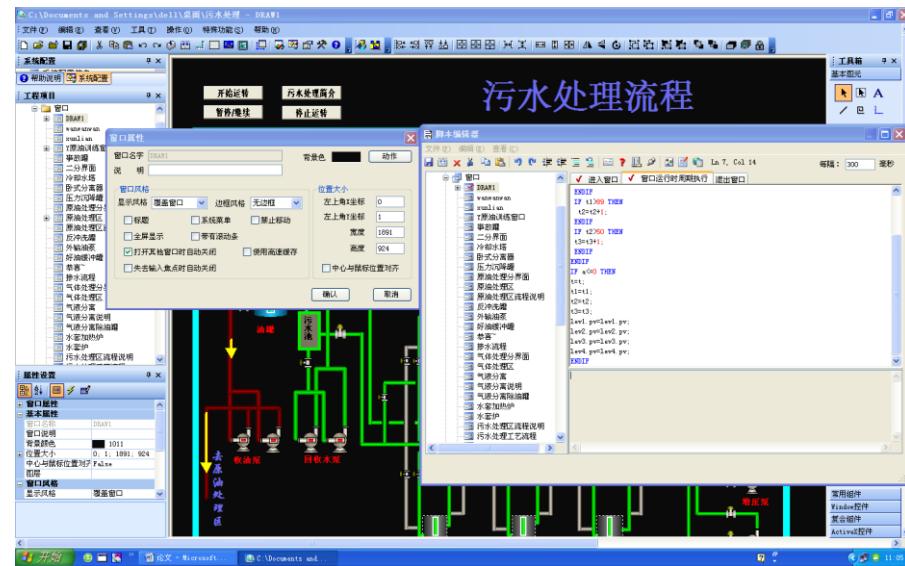


图 3-11 窗口程序

- 2) 应用程序脚本：可以在整个应用启动时执行、关闭时执行或者在运行期间周期执行。如图所示为本软件应用程序编辑状态：

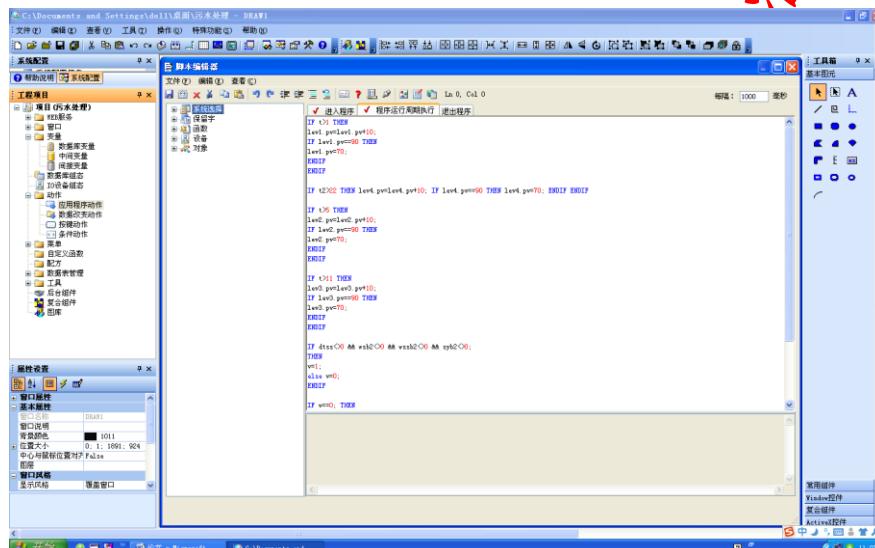


图 3-12 应用程序脚本

- 3) 数据改变脚本：当数据发生变化时执行。
4) 键脚本：当按下某一个键时执行指定动作。

如图所示为污水处理界面的“开始工作”按钮的脚本：

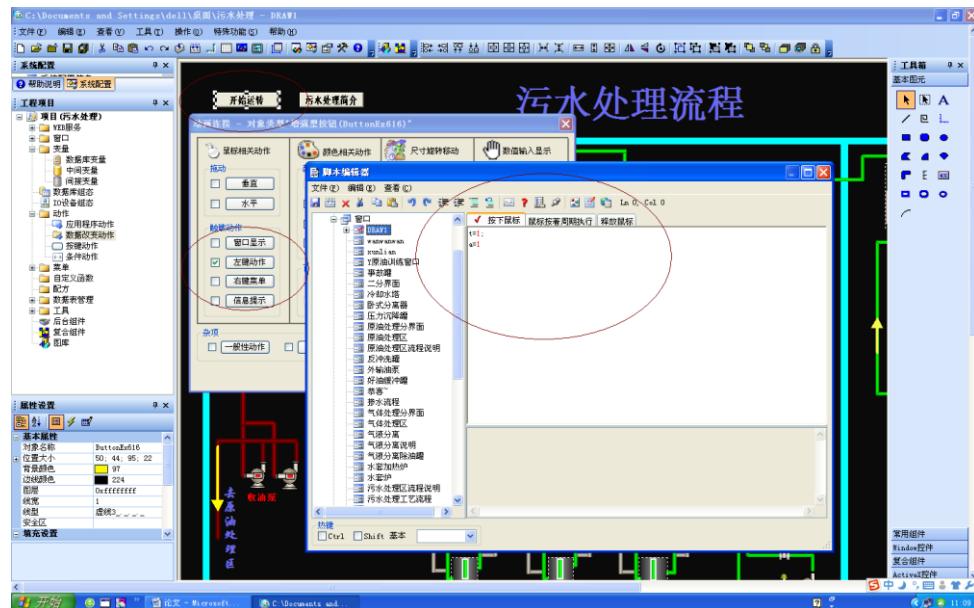


图 3-13 键脚本

5) 条件脚本：当指定的条件发生时执行的动作。下图所示为罐的条件脚本。



图 3-14 条件脚本

利用图形对象的动画连接和编制动作脚本，可以完成各种复杂的动作。

4. 运行和调试

即力控应用程序初步建立完成后，保存所有组态内容，即可以进入运行阶段。在开发系统中，选择“文件/进入运行”菜单命令，或者直接按界面上的快捷访问栏，即可进入力控的运行系统。

第四章 油田联合站仿真系统软件使用说明

4.1 在已安装力控 6.1 软件的计算机上运行

1. 将“油田联合站”工程文件夹拷贝到计算机上
2. 打开力控 6.1 软件，出现如下图界面



图 4-1

3. 点击“搜索”，选中“油田联合站”所在的文件夹即可将“油田联合站仿真系统”工程引入到软件。

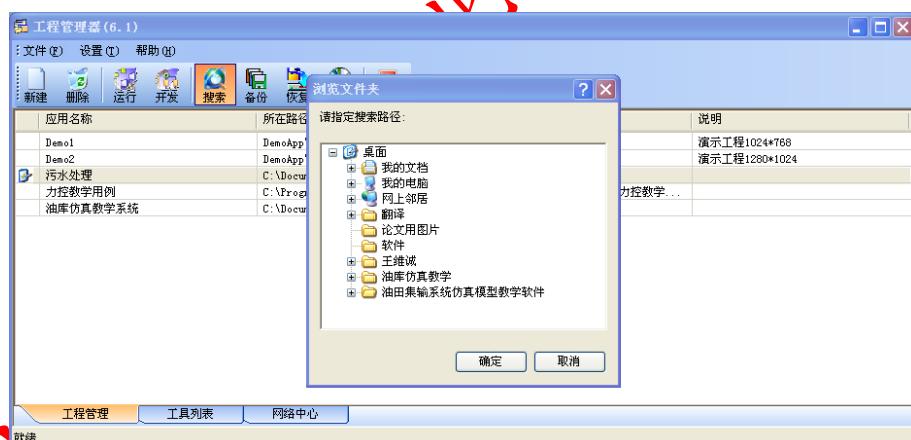


图 4-2

4. 点击“运行”进入运行系统。
5. 如果计算机上没有安装加密锁，则会出现下面的对话框。

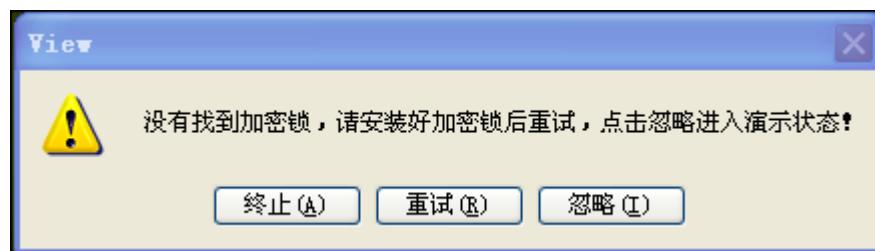


图 4-3

此时要联系厂家得到加密锁才能运行此软件。

4.2 在未安装力控 6.0 的计算机上运行

如果计算机未安装力控 6.0 软件，则可以使用运行包直接安装到计算机上运行，不需要预先安装力控 6.0 软件。

安装步骤如图

1. 第一步



图 4-5

2. 第二步

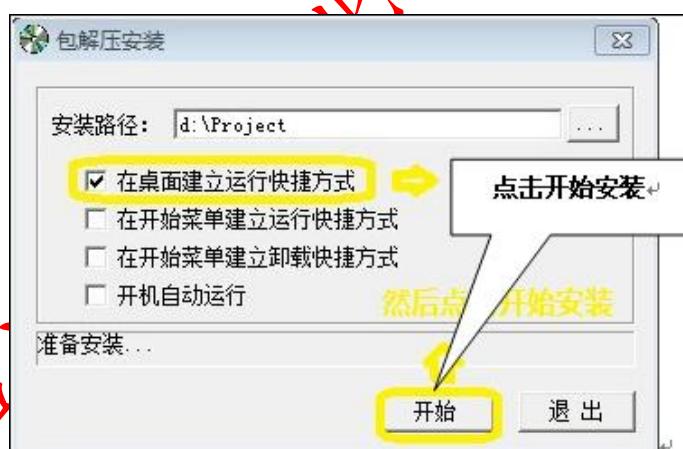


图 4-6

3. 第三步

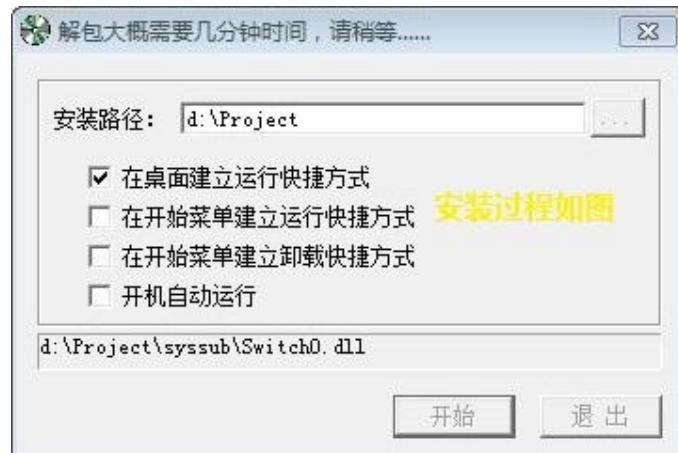


图 4-7

4. 第四步

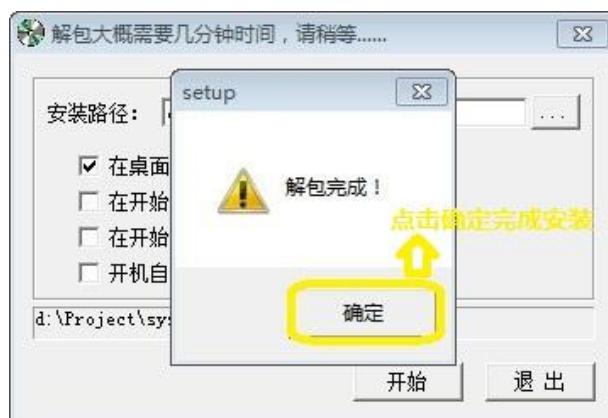


图 4-8

5. 第五步



图 4-9

6. 第六步

双击即可进入。

4.3 运行系统

4.3.1 主界面

进入运行系统后出现下图的画面



图 4-10 油田联合站



图 4-11 主界面上的控件:

这是“油田联合站仿真系统”的主界面，它包含两个控件可以进入，第一个控件“油田联合站仿真系统简介”点击去进入另一个画面，介绍本软件的基本功能。

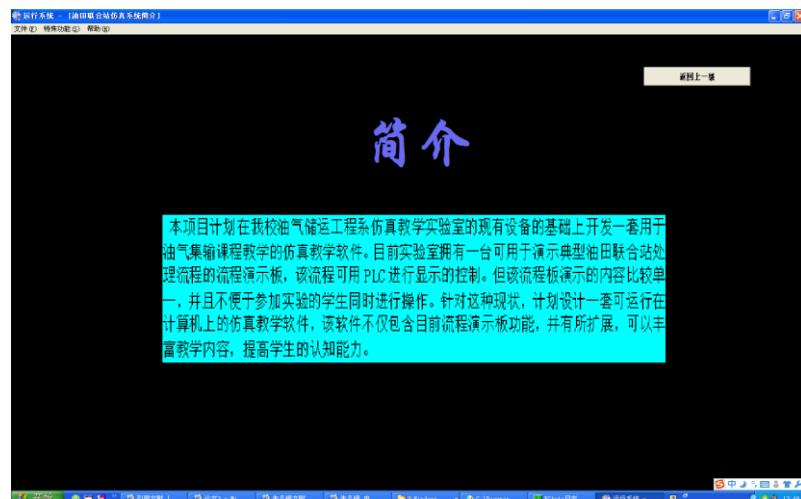


图 4-12 简介画面

主界面上另一控件“进入”，则进入第二个选择界面，用户可在这个界面上选择学习类型。它包含演示版和手动操作版两大部分。每一版都有相同的四个界面：“气液分离区”、“污水处理区”、“原油处理区”和“气体处理区”三个区。在演示版内，四个区域分别有控件可供用户选择功能。而在操作版内，区域内的模拟设备必须要用户来开启，才能最后完成实验学习。

进入界面就到达以下界面：点击演示型单选按钮，再按进入即可进入演示型。操作型同理。



图 4-13 第二界面

4.3.2 演示型

进入演示型后，软件会出现以下图 4-14 界面：



图 4-14 演示型

此画面有三个功能控件：

控件一：演示型系统使用说明



图 4-15 演示系统说明

此界面介绍了演示系统的使用说明，在进入演示学习前，用户必须认真阅读此使用说明。

控件二：进入演示学习，即可进入一个联合站的总流程图中，如下图：

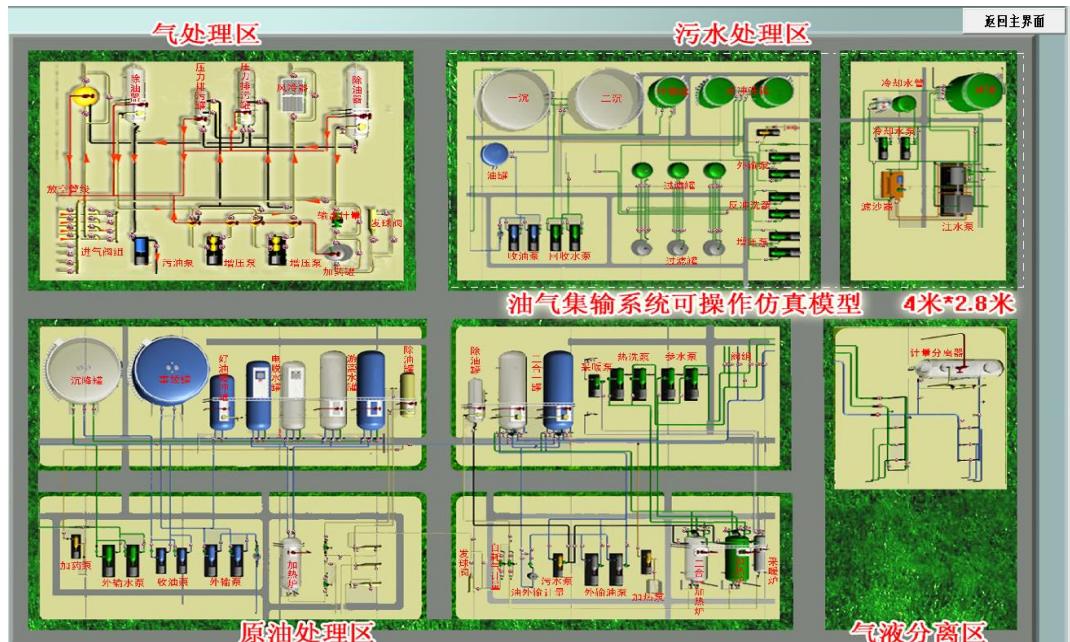


图 4-16 联合站总流程图

控件三：油气集输工程总流程，按此按钮即可进入一个动画界面，这个界面介绍了油气集输的总原理和工作内容等。在进入学习之前，用户可以观看此动画以巩固自己所学知识。



图 4-17 集输动画演示

这里详细讲进入演示学习状态后的学习过程：

当用户进入学习状态时，将看到下面这个画面：用户可以看到这个界面上包括四个区域：分别是气处理区，污水处理区，原油处理区，和气液分离区等。把鼠标放在任意区域范围内，点击即可进入该区域。

下面来说明演示型学习系统的功能。

(一) 气液分离界面

点击气液分离区的任意地方，即可进入气液分离区的演示界面。如图所示：



图 4-18 进入气液分离流程的方法

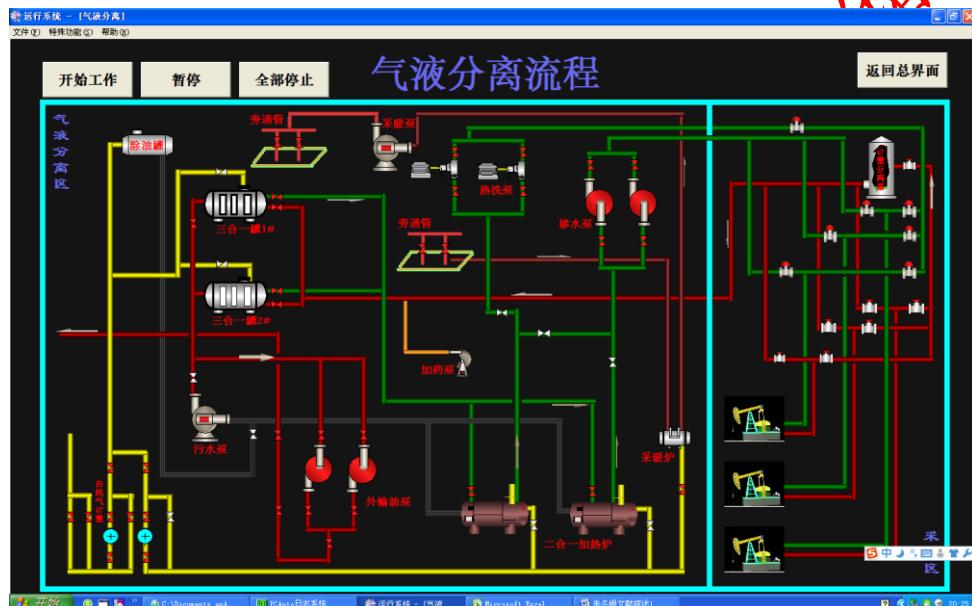


图 4-19 气液分离流程

这是没有开始进行演示的界面。界面上有三个功能控件：

~~控件一：开始工作~~

开始工作即启动画面开始工作。这时可以看到右下角处采油区的三个采油机开始运转，紧接着红色管道开始出油等，一直到全体设备颜色和动态都没有变化时，演示结束。

~~在演示的同时，用户可以发现本界面上，图形和文字上有许多链接。也就是说，在界面上如果鼠标变成“小手”形状，说明鼠标所在之处可以点击进入另一页面。~~

这些页面包括：介绍本界面流程说明界面，设备原理界面，管道工作原理界面等。如图所示：



图 4-20 气液分离流程说明

点击“气液分离流程”这六个字，则会出现弹出式窗口“本站流程说明”。其他几个区同理。流程说明则介绍了本站的流程，工作原理，用户均需仔细阅读。

点击其他工作设备，只要鼠标变成“小手”形状，则均可进入其他窗口界面。这些界面以介绍性为主。例如：点击三合一罐，可以看到画面已进入另一界面，这里有文字描述，有三个动画演示，点击动画即可学习三合一罐的工作原理和构成。



图 4-21 三合一罐界面

演示区的另一功能：把鼠标放在某些设备或管道上，待 0.1 秒钟在鼠标的右下方就会出现提示信息，例如：如下图所示的掺水管线上的提示信息“掺水管线”：

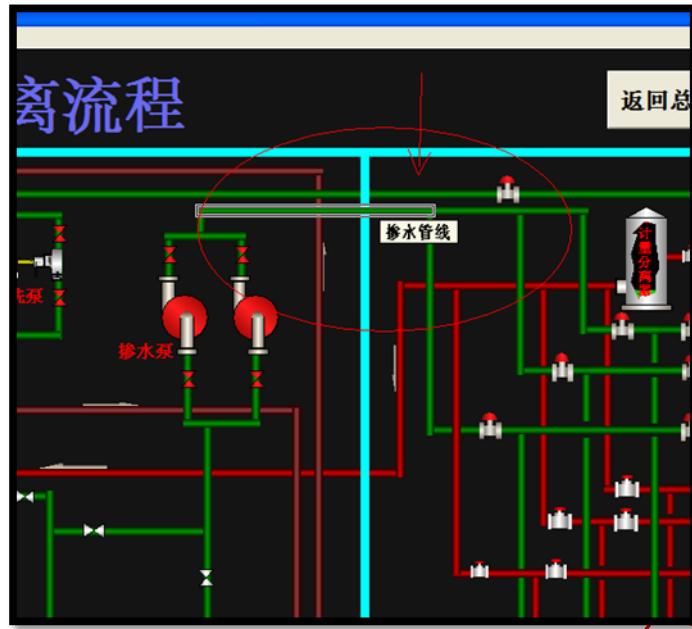


图 4-22 掺水管线提示

控件二：暂停/继续按下“暂停/继续”键后，全部动画都停止，采油机停止采油，管道停止流动，但是保持在暂停之前所进行的状态。

控件三：工作停止按下“工作停止”键后，画面变为和工作前相同的状态。即采油机不工作，管道里没有油和水等。

控件四：返回上一级即返回到“联合站总设计图”界面。

(二) 污水处理界面

回到设计图总界面，点击污水处理区的任意地方，即可进入污水处理区的演示界面。如图所示：

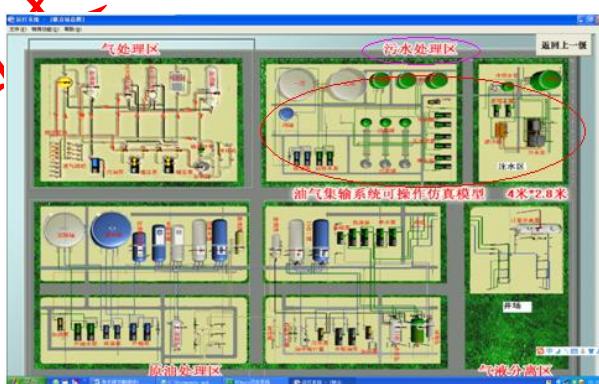


图 4-23 进入污水处理界面方法

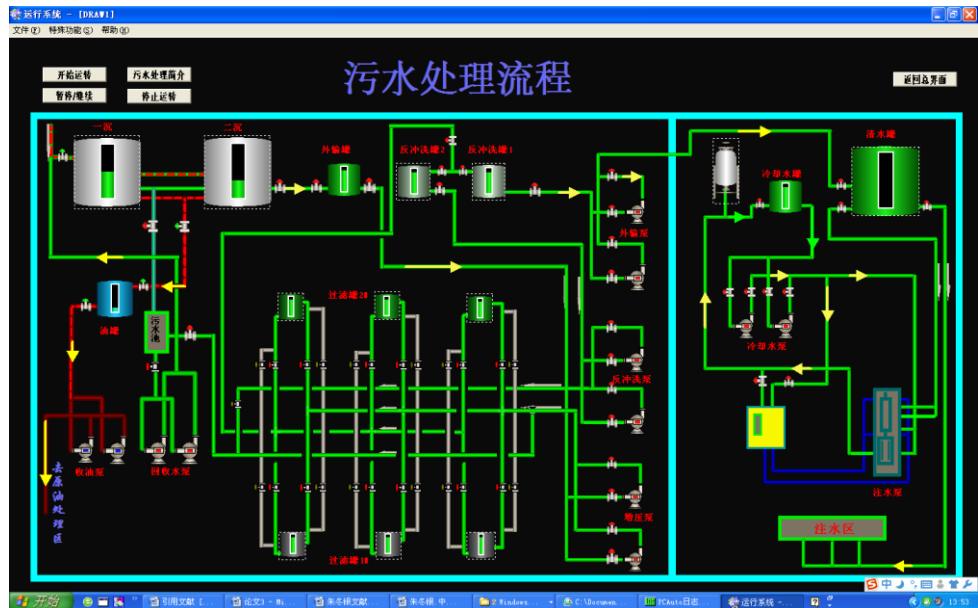


图4-24 污水处理流程界面



图4-25 污水处理界面上的控件

各个控件的作用如下：

- 污水处理简介：按下有新的窗口出现，介绍污水处理的原理，流程等
- 开始运转：开始运行流程，所有设备开始工作
- 暂停/继续：暂停（继续）正在进行的流程
- 停止运转：停止正在进行的流程，所有设备停止工作，恢复之前的状态
- 返回主界面：返回到“联合站总设计图”主界面

其中，点击“污水处理流程”六个大字，可进入本站流程介绍界面。如图所示：

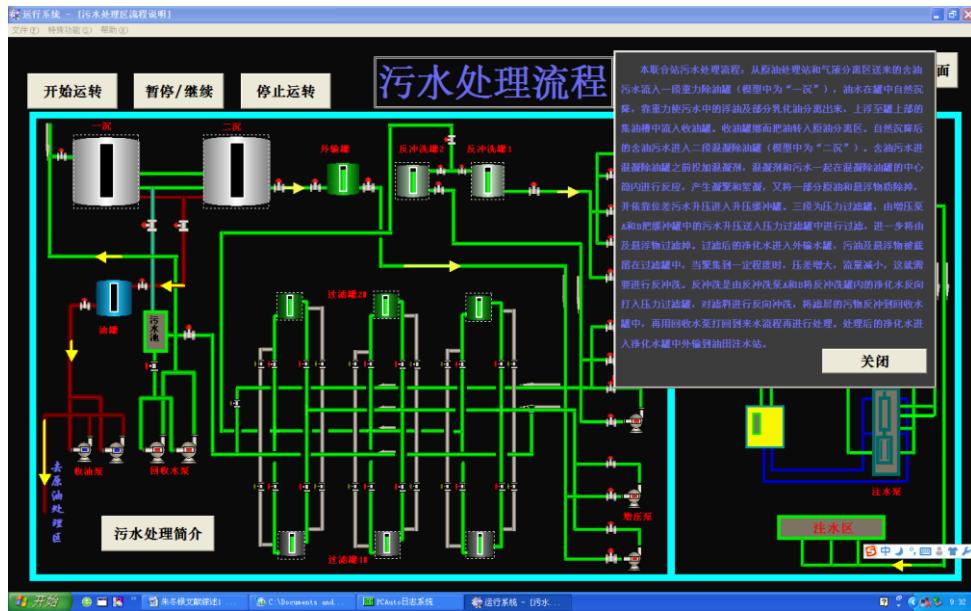


图 4-26 污水处理界面说明

但是点击“污水处理简介”按钮，出现的界面如下图：

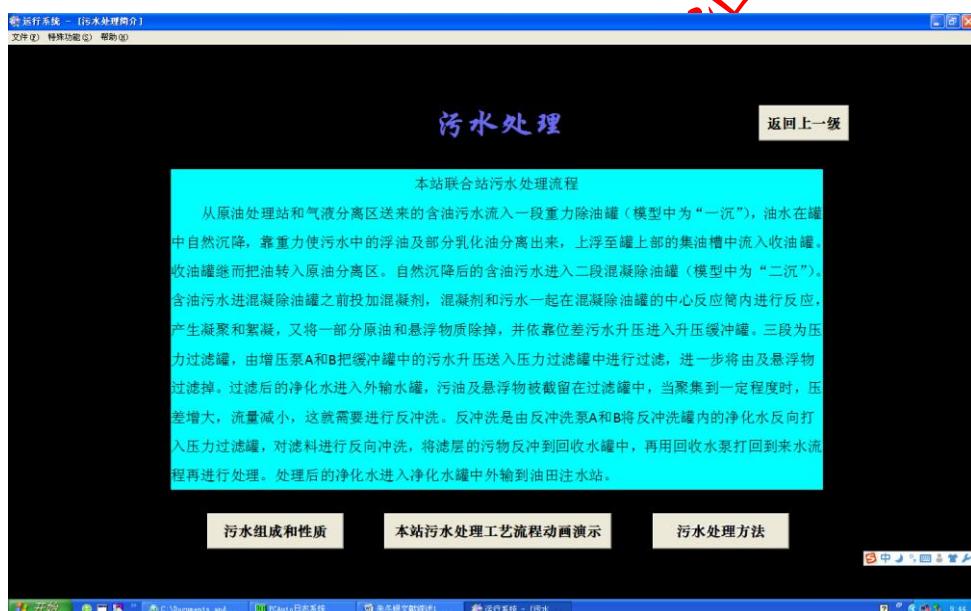


图 4-27 污水处理知识介绍

本界面又有四个控件，这些控件分别连着各自的链接，链接内容包括污水的组成和性质，污水处理流程原理和动画演示，污水处理的方法。这些链接不限于本站使用。

控件一：污水组成和性质



图 4-28 污水组成

控件二：本站污水处理工艺流程动画演示



图 4-29 本站污水处理原理动画介绍

控件三：

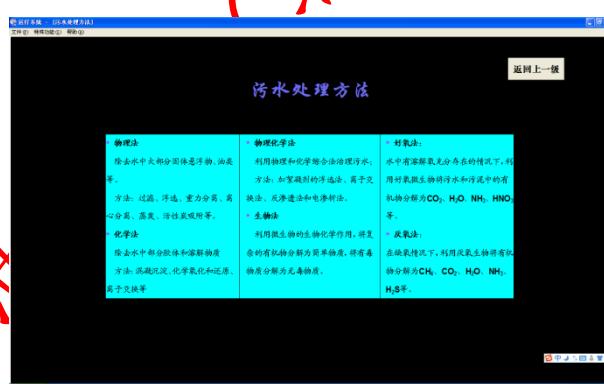


图 4-30 污水处理方法

(三) 原油处理区

来自于气液分离区处理完的液体，打入原油处理区，继续进行脱水处理。如图所示：

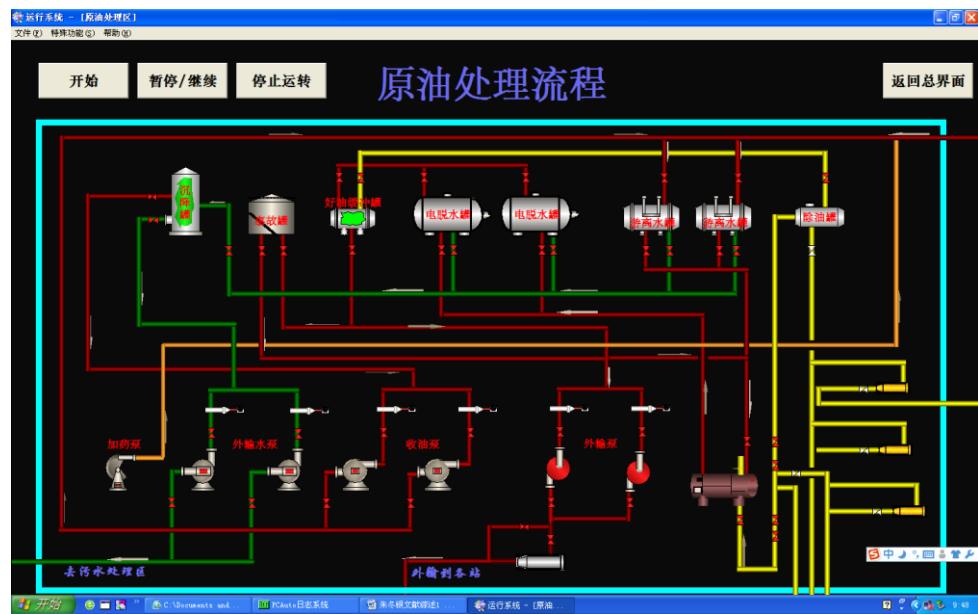


图 4-31 原油处理区

本站的控件与以上两区的功能相同。但本站包括一个事故流程演示。即：电脱水罐出现事故时的操作过程。即：此时电脱水罐停止工作，工作液全部打入旁边的事故罐中。待电脱水罐好后，再把事故罐中的临时寄存液重新打入游离水罐中进行脱水，并重新开启外输泵。整个过程中，画面上不断会有闪烁的文字出现和隐藏，用以提示用户工作过程。

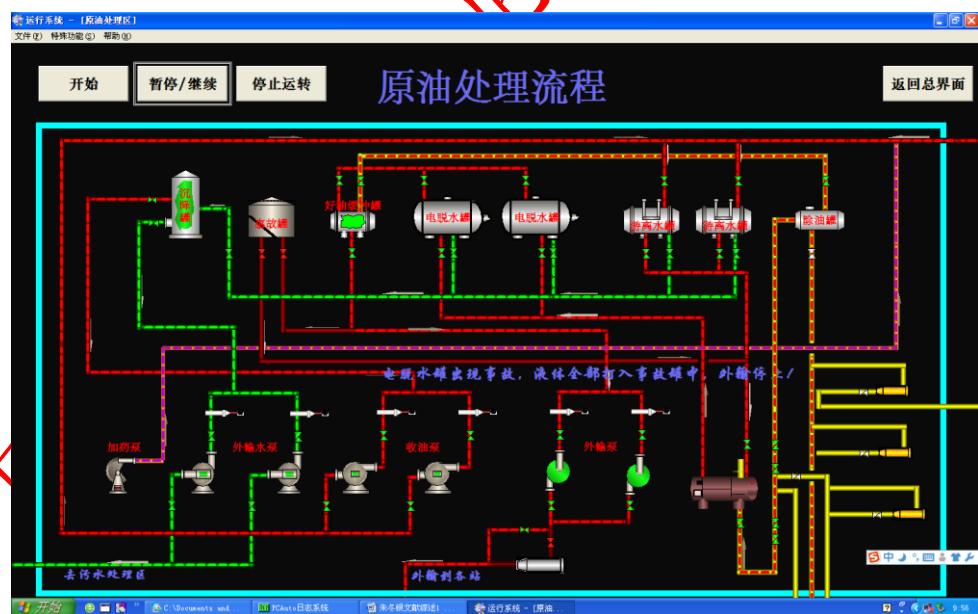


图 4-32 原油处理区工作状态

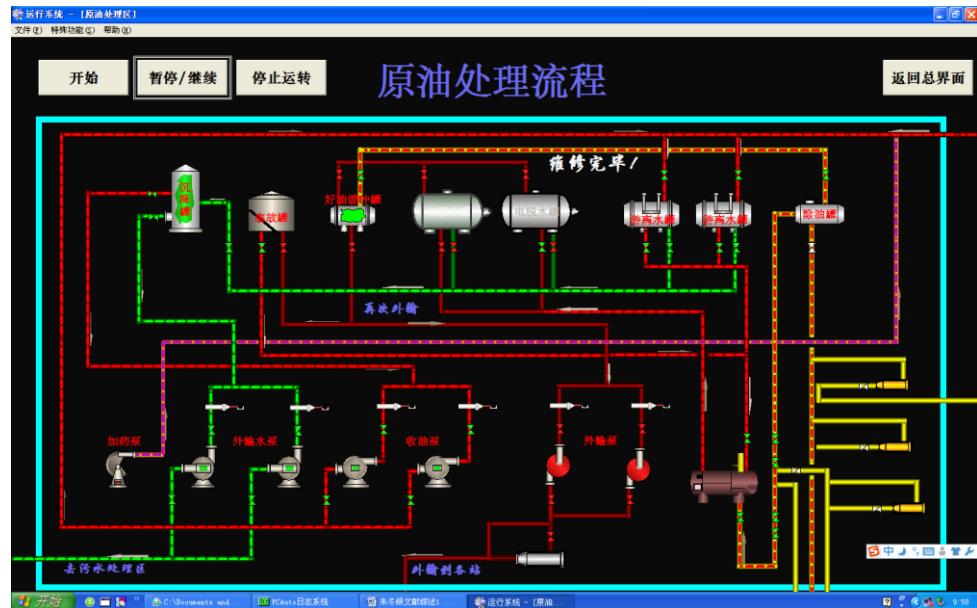


图 4-33 原油处理区工作状态 2
至此，原油处理区演示完毕。

(四) 气处理区

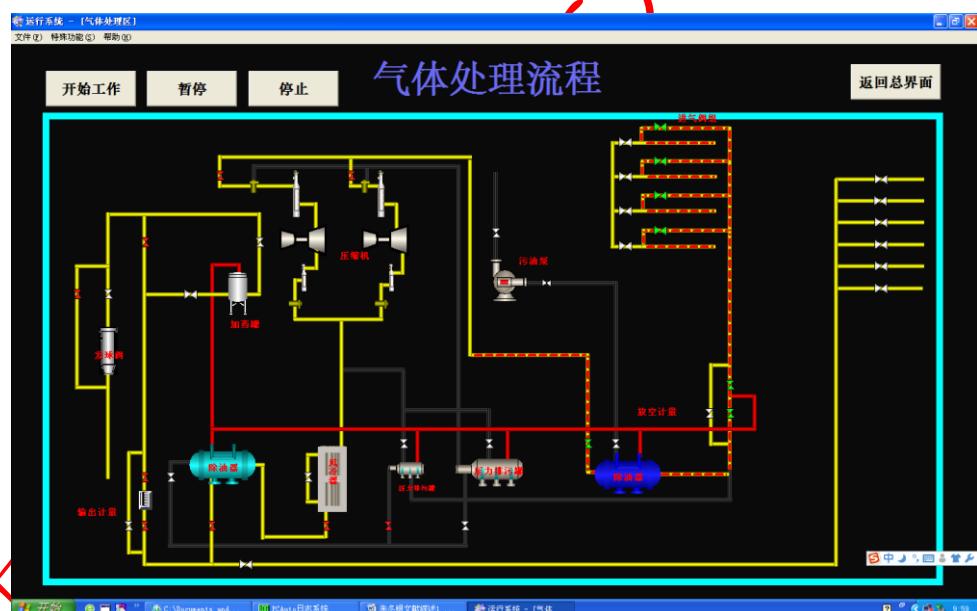


图 4-34 气体处理流程界面工作状态

气处理区的演示流程较为简单，其控件及链接与其他三区的功能类似，这里不再赘述。

4.3.3 操作型

操作型进入界面如下图：



图 4-35 回到第二界面

这里以原油分离区为例进行本部分的介绍：

图 4-36 和图 4-37 为操作型原油分离区的界面和演示型界面的比较图：

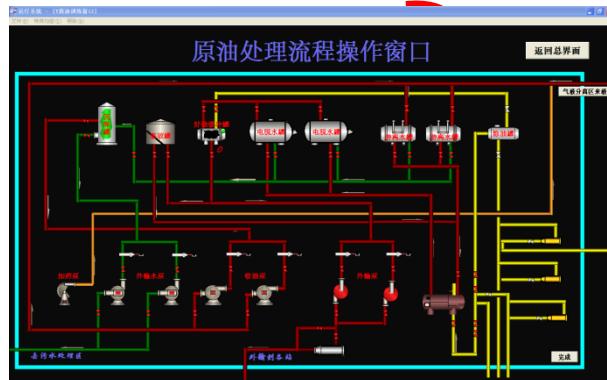


图 4-36 原油处理操作型

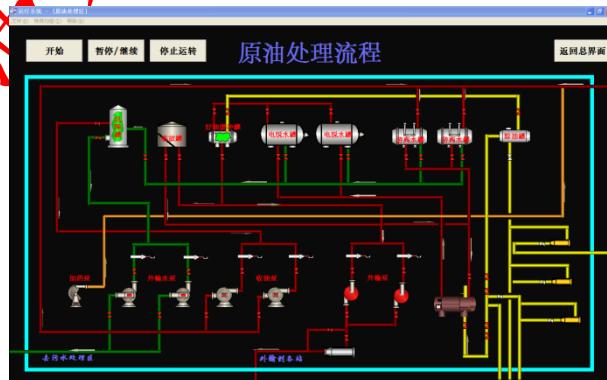


图 4-37 原油处理演示型

可以看到，两个界面大体相同，但操作型界面没有左上方的三个控件。操作型界面需要用户自己开启设备。用户应先观看演示型界面的工作流程和设备启动顺序，然后试着在操作型界面自行开启设备。开启设备的方法是：

(1) 离心泵的开启

①关闭泵出口阀门；②全开泵进口阀门；③启动电机，观察泵运行是否正常；④调节出口阀开度到所需工况，如用户在泵出口处装有流量表或压力表，应通过调节出口阀门开度使泵在性能参数表所列的额定点上运转，如用户在泵出口处没有装流量表或压力表时，应通过调节出口阀门开度；测量泵的电机电流，使电机在额定电流内运行，否则将造成泵超负荷运行（即大电流运行，致使电机烧坏）调整好的出口阀门开启大与小和管路工况有关；⑤检查轴封泄漏情况，正常时机械密封泄漏应小于3滴/分；⑥检查电机，轴承处温升 $\leq 80^{\circ}\text{C}$ ^[10]。

因此，本软件中泵的开启方法如下：先开启泵的入口阀门，然后点击泵身，使得泵由红色变为绿色即视为泵开始运行。然后再开启泵的出口阀门，即视为开泵完毕。
启停操作

(2) 阀门的开启

启闭阀门时，用力要均匀，不可冲击。同时阀门的启闭速度不能太快，以免产生较大的水击压力而损坏管件^[10]。
启停操作

本软件中，红色阀门为关闭状态，绿色阀门为开启状态。用户只需轻轻点击阀门即可改变阀门颜色，即为开启阀门。
启停操作

(3) 工作设备的开启

本软件中，工作设备不需用户单独开启，用户只需开启设备的进口阀门，设备即自动启动（即设备开始闪烁）。此时视为设备开启完毕。
启停操作

操作注意：

1.如果用户没有按流程开设备，则软件会提示用户应该先走哪一步。例如，如果用户在没有开启游离水罐的情况下开启了游离水罐的出口阀门，则系统会弹出警示对话框：“还没有来液！”，如图所示：
启停操作



图 4-38 警示窗口

2. 操作型没有事故流程的操作。
3. 操作型界面的右下角有一个“完成”控件，如果用户走完全部流程，则点击“完成”按钮，则会出现另一个界面：如下图：



图 4-37 “恭喜”界面

如果用户不按流程走完整个界面，则不能出现此“恭喜”界面。此“恭喜”界面作为实验报告的实验结论的一部分。

4.4 退出软件

需要退出软件时，可以直接按主界面上的退出按钮“退出”，也可先激活“进程管理器”，然后选择“监控”，再点击“退出”。如下图。



图 4-37 退出方