

污水处理仿真教学与污水处理厂虚拟仿真系统方案

1、公司及公司环境工程产品概述

1.1 公司介绍

北京华晟云联科技有限公司专注于集成自动化、过程自动化、制造自动化、环境工程自动化、物联网、虚拟仿真系统、资源库与教育软件、通用软件与设备。产品涵盖的本科、大中专院校的实训平台、教学资源库、科研院所的研发中试平台，以及智慧校园、社区与企业的物联网产品，并参与实际工程项目的施工。主要技术在于自动化系统设计与集成、现场总线技术开发、运动控制与机器人、工业嵌入式系统开发、C/S 与 B/S 架构的软件开发、虚拟仿真系统开发、三维多媒体技术开发。

时至今日，华晟已经成长为：拥有七大产品系列，众多教育周边产品，以推广工程实践教学为宗旨的教育服务商。公司长期取得来自：清华大学、北京大学、研华科技、西门子、贝加莱和其他知名大学的专家、学者、老师的长期合作与支持，为公司产品在行业中的领先地位奠定了坚实的基础。

1.2 环境工程产品概述

环境工程硬件系列产品，自 2008 年开始建设此产品线至今，已成功举办大小近百个项目，包含了中国环境科学研究院、湖北省环境科学研究院、河北省环境科学研究院、山东省环境科学研究院、北京化工研究院、中国石油科学技术研究院等多所研究机构，以及北京大学、北京理工大学、北京工业大学、上海交通大学、武汉大学、中国农业大学等知名大学，建设内容包含了城市生活污水处理、工业废水处理、城市给水处理系统、工业给水处理系统、多套定制工艺流程的实验系统及多种单体型实验设备等。

做为在行业内最早提出“小型污水处理厂”概念的推广者与实践者，我们力争为客户建设一个设计先进、运行可靠、使用便捷的综合性水处理实验系统。依靠我公司自动化控制方面的技术优势，产品设计上充分考虑用户的自动控制、数据自动记录及数据处理、远程控制、无人值守运行等需求，“小型污水处理厂”系列产品可供客户在实验室进行小规模的水处理生产，不仅可以为科研提供可靠的实验数据，还可以给学生展示一套完整的水处理厂，帮助学生对污水处理厂的组成、运行操作、管理有更为贴近真实的认识。

2、方案介绍

2.1 方案目标要求

虚拟污水处理厂建设过程中，资源库建设团队将利用我公司多年来与环境研究院所、大专院校合作的经验，以及对污水处理厂的工艺、设备等技术原理的充分了解，充分发挥虚拟技术在实训资源建设中的重要作用，提供虚实结合的实训环境资源、实操与仿真结合的实训项目资源，力求最大限度地发挥资源库在实践教学、技能培训、职业技能鉴定等方面的作用。

建成的虚拟污水处理厂使不同的学习者根据不同类型的污废水类型及不同的水质特征开展工艺分析、选择和优化不同的工艺单元、配置先进成熟的设备，并组合成完整的工艺；对典型的市政污水处理工艺的各个单元按照运行规范，设计工艺参数，开展工艺虚拟运行调试，虚拟操作各处理设备、进行进出水监测，通过进行水污染控制设计和运行系统操作实践，全面和快速的提升专业技能，系统还会对运行操作的过程和结果进行考核和评比。

2.2 本次方案内容

本次方案提供如下内容的仿真教学。

- 1、 几十种常用泵、阀等污水处理工艺设备的拆装、原理动画，以及介绍。
- 2、 四大热工参量、pH、DO、电导率等环境仪表的原理、使用动画。

- 3、二十个污水处理单元的原理介绍、工艺分析、选择和优化，原理与工艺分析采用动画、图片等方式。
- 4、二十个污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。
- 5、二十个污水处理单元的仿真，使用给定参数，开环控制，故障设定。
- 6、提供我公司的流程工业仿真与控制平台，实现二十个污水处理单元自由组合仿真。要求方便地链接到原理介绍，设计协助，在线仿真参数，故障设定。
- 7、设计几个典型的污水处理厂的全部工艺，使用控制器仿真，组态软件监控，组网，形成一个完整的控制工厂。
- 8、提供任务向导教学课件。包括工艺设备选型、污水工艺选择与设计，系统故障排除与运行维护。

其中最重点最复杂的就是流程工业仿真与控制平台。该平台将常用泵、阀等污水处理工艺设备教学课件，二十个污水处理单元的原理、动画、仿真等教学课件，以及控制器仿真，组态监控整合到一起。

2.2.1 工艺设备与仪表教学资源

水处理行业涉及机械设备、管道阀门、监测仪表、环保填料等多种部件，素材库的部件，采用三维可拆装动画，直观的讲解部件的结构、原理等。

监测仪表包括四大热工参量、pH、DO、电导率等环境仪表。

2.2.2 污水处理单元原理、设计参考、仿真

水处理工艺单元种类很多，其组合方式根据进水水质的不同，也可以千变万化。为了更大限度的适应不同水质、不同行业的处理要求，我公司的硬件和软件产品都采用模块化的设计，不同模块可灵活组合。

水处理工艺单元模块包含了格栅、曝气沉砂池、水解酸化池、接触氧化池、SBR、MBR、UASB、A²O、芬顿氧化、BAF、机械絮凝、斜板沉淀等，涵盖了污水处理三级系统中 20 个模块。

模块中包含了原理讲解、仿真动画、参数设计及计算等，模块采用统一的设计风格，可以灵活调用。

本方案选择二十个污水处理单元，进行原理介绍，原理 FLASH 演示。几十个污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。几十个污水处理单元的仿真，使用给定参数，开环控制，故障设定。

具有配电的单体仿真带现场手动操作与紧急关机等操作。在自动模式下，支持仿真控制器的对接。

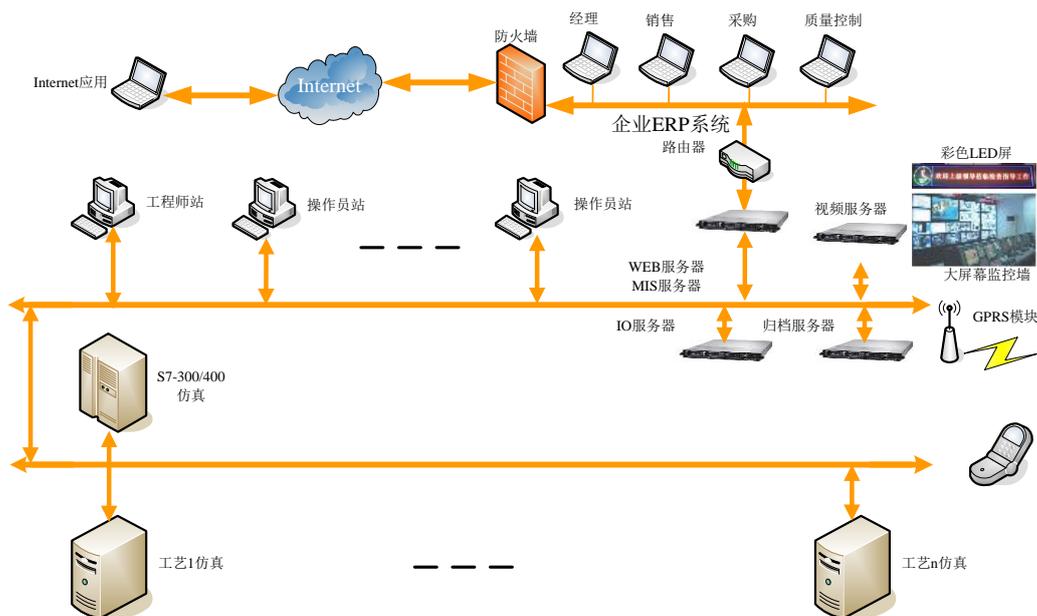
2.2.3 流程工业仿真与控制平台

多个污水处理单元可以自由组合，设定各种设计参数、仿真参数、控制参数，以及故障设定。然后连接相互之间的管道，然后进行整体仿真。仿真的参数是实现设定的，开环控制。

如图所示，采用基于 WEB 的技术，直接在 WEB 浏览器中进行工艺组合、仿真设置。



依据各个单元按照运行规范，设计工艺参数，连接控制器，编写控制程序，组态监控程序，然后开展虚拟运行调试，虚拟操作各处理设备、进行进出水监测，通过进行水污染控制设计和运行系统操作实践，全面和快速的提升专业技能，系统还会对运行操作的过程和结果进行考核和评比。



依据计算能力。整个工厂的仿真可能需要 1 到多台计算机的参与，PLC 的仿真也可以是 1 到多台。可以有 1 到多台组态监控操作员。采用投影仪实现大屏幕墙，提供 MIS 系统，与企业 ERP，多台服务器，本次项目将一个完整的虚拟工厂展示在用户面前。

增加 GPRS 短消息模块，把关键参数发送到指定手机上。

如果可能，建议增加视频监控系统（录像为事先录制的，或者真实地远程视频）。增加网络电话系统，模拟大厂区的视频与语音通信。

2.2.4 典型水处理工厂仿真

选择最为典型的工艺即城市生活污水处理。让学习者根据不同类型的污水水类型及不同的水质特征开展工艺分析、选择和优化不同的工艺单元、配置先进成熟的设备，并组合成完整的工艺；

提供西门子大型 PLC S7-400 的控制程序，以及仿真运行的算法，从而实现 PLC 的仿真控制。最后通过 WINCC 或组态王组态软件，实现整个工厂的组态监控。软件网络版本，支持 IO 服务器，历史服务器，多个操作员站。支持历史记录，实时曲线，报表等。

2.2.5 任务向导教学课件

提供任务向导教学课件。包括工艺设备选型、污水工艺选择与设计，系统故障排除与运行维护。

使用任务角色扮演，逐步推演，进行系统设计、详细设计、项目实施、项目验收等过程。提供所有的技术文件、测试报告等。

3、详细技术参数

3.1 总体技术要求

除了具体的产品功能之外，提供如下总体要求：

1、几十种工艺可以自由组合仿真。不能仅仅一种工艺仿真。以便建成的虚拟污水处理厂使不同的学习者根据不同类型的污废水类型及不同的水质特征开展工艺分析、选择和优化不同的工艺单元、配置先进成熟的设备，并组合成完整的工艺；

2、可以进行控制器编程仿真，组态监控。实现对典型的污水处理工艺的各个单元按照运行规范，设计工艺参数，开展工艺虚拟运行调试，虚拟操作各处理设备、进行进出水监测，通过进行水污染控制设计和运行系统操作实践，全面和快速的提升专业技能。

3、支持半物理仿真接口。在用户有 PLC 的条件下，实现控制器真实的半物理仿真。本次方案提供 16DI/16DO/4AI/12AO 的半物理接口模块，更多的 IO 通道使用 Profibus DP 总线模块(仿真远程 IO)实现。

4、实现先进的污水处理厂信息系统架构。实现污水处理厂中央控制室的搭建，包括污水处理厂的管控一体化系统，服务器路由器的组网，MIS 系统与 ERP 系统。

5、大部分应用 WEB 上运行。除了工厂系统之外，其他教学课件，工艺单元仿真教学不需要安装独立软件，直接 WEB 浏览器运行。

6、提供网络授权，网络版本控制。不需要软件狗，以便实现全国共享，以

及简便的网络版本升级。还支持短暂的脱网运行，例如 1-2 天。

3.2 产品一览表

表 1 产品一览表

序号	品名	技术参数	单位	数量
1	常用泵、阀等污水处理工艺设备教学课件	不少于 20 种的常用泵、阀等污水处理工艺设备的拆装、原理动画，以及介绍。	套	1
2	流程工业仪表特别是环境仪表的教学课件	温度、压力、流量、液位、PH、DO、电导率、ORP 等不少于 10 类流程工业仪表的原理、使用动画	套	1
3	污水处理单元的原理与工艺教学课件。	污水处理单元的原理介绍、工艺分析、选择和优化，原理与工艺分析采用动画方式。（具体单体列表见表 2）	套	1
4	污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。	污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。提供公式自动计算（具体单体列表见表 2）	套	1
5	污水处理单元的运行与故障仿真	污水处理单元的仿真，使用给定参数，开环控制，故障设定与故障仿真。要求所有检测仪表、执行仪表都能设定故障，泵、阀可以设定故障。（具体单体列表见表 2）	套	1
6	流程工业仿真与控制平台，污水处理单元自由组合仿真平台。	流程工业仿真与控制平台，实现二十个污水处理单元自由组合仿真。要求方便地链接到原理介绍，设计协助，在线仿真参数，故障设定。要求单体带现场手动操作与紧急关机等操作仿真。在自动模式下，支持仿真控制器的对接。（具体单体列表见表 2）	套	1

7	典型的污水处理厂整体仿真系统	典型的污水处理厂的全部工艺，使用控制器仿真，组态软件监控，组网，形成一个完整的控制工厂。控制器仿真为大型 PLC S7-400，使用 WINCC 或组态王组态监控。网络版本，支持 IO 服务器，历史服务器，多个操作员站。支持历史记录，实时曲线，报表等。(具体单体列表见表 3)	套	1
8	任务向导教学课件	提供任务向导教学课件。包括工艺设备选型、污水工艺选择与设计，系统故障排除与运行维护。(具体单体列表见表 4)	套	1
9	硬件系统	DELL R720 服务器 2 台 24 口千兆网交换机 1 台 路由器 1 台 GPRS 短消息网络模块 1 个 PC 机 8 台 投影仪 1 台，带幕布	套	1
10	企业信息系统	MIS 软件 1 套 ERP 软件，教育版	套	1
11	半物理仿真平台	半物理接口模块： 16DI/16DO/16AI/16AO 西门子 PLC，312C CPU,256K FLASH, 16DI/16DO/16AI/16AO	套	1

表 2 污水处理单元

序号	名称	技术	备注
1	格栅	处理单元的原理介绍、工艺分析、选择和优化，原理与工艺分析采用动画、图片等方式。处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方	
2	曝气沉砂池		
3	pH 调节池		
4	机械絮凝反应池		
5	微电解塔		
6	芬顿氧化池		
7	辐流沉淀池		
8	厌氧池		

9	缺氧池	法, 设计参数。处理单元的仿真, 使用给定参数, 开环控制, 故障设定; 要求方便链接到原理介绍, 设计协助, 在线仿真参数, 故障设定。要求带现场手动操作与紧急关机等操作仿真。在自动模式下, 支持仿真控制器的对接。	
10	好氧池		
11	UASB		
12	接触式水解酸化池		
13	接触氧化池		
14	MBR		
15	SBR		
16	卡鲁塞尔氧化沟		
17	BAF		
18	离子交换柱		
19	石英砂过滤		
20	活性炭吸附		

表 3 典型的污水处理厂整体仿真系统

序号	名称	包含的单元
1	城市污水处理厂	提升泵房、格栅、初沉池、A2O、二沉池、加药间

表 4 任务向导教学课件

序号	名称	包含的内容
1	城市污水处理厂建设	系统设计, 设计书, 工艺设备选型, 控制系统选型, 配电, 施工, 试运行, 运行, 验收交付
2	污水处理厂正常运行维护	包括日常操作、定期巡检、维护保养等
3	污水处理厂故障 1	传感器故障
4	污水处理厂故障 2	执行器故障
5	污水处理厂故障 3	控制器故障
6	污水处理厂故障 4	水质变化

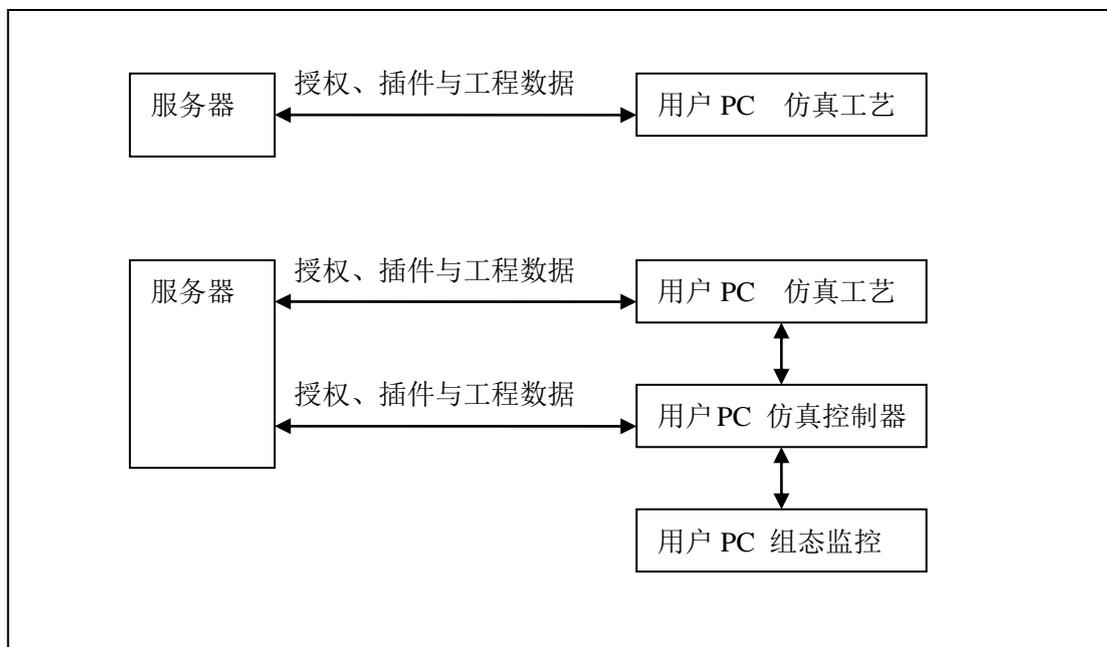
附件、流程工业仿真与控制平台简介

工业领域, 可以按照生产方式分为两大类, 分别是不间断连续生产方式的, 如石化、化工行业统称为流程工业; 另一种是非连续性生产的方式, 如汽车制造业, 称为离散工业。

流程工业仿真与控制平台 (Process Simulate & Control System--PSCS V1.0) 是华晟云联开发的一个软件平台。系统采用了最新的软件技术, 采用平台的方法,

模块化设计。

软件一般运行架构如图所示。采用基于 TCP/IP 协议的多服务器（PC）的集群仿真技术。



对于非工厂整体仿真，我们采取简单的模式。服务器只进行授权、插件下载与工程配置数据载入，由单一客户机工作。仿真都是按照默认参数进行。

对于工厂整体仿真，我们采取多个 PC 协同工作的模式（也可以单一 PC 工作，只要满足性能要求）。要求仿真工艺、仿真控制器运算、仿真组态监控。目前支持西门子大型 PLC S7-400 的仿真，以及中型 PLC S7-300 的仿真，组态监控为 WINCC 或组态王。

系统支持本地平台安装，EXE 运行模式，单纯对象仿真也支持 IE 上运行。

1 软件技术特色

1、软件选择，使得开发与设计分开。模块化调试、自动组装。

(1) 采用 C#，VB.Net 等生成 ActiveX 或服务进程。

(2) 单纯对象仿真支持 HTML 与插件技术与 jQuery UI 界面设计技术

(3) C#与 JS 平台

2、软件具有以下特点：

(1) 软件适应性广，所有流程化过程，包括化工过程控制、环境工程污水处理等等不间断连续生产方式的工艺都可以仿真。

(2) 除了仿真工艺流程之外，系统还支持控制接口，支持直接的虚拟 PLC 运行，以及真实组态监控软件。也就是说“以前需要硬件的，我们用仿真代替硬件，以前是软件的，仍然可以使用此软件对接”。

(3) 支持半物理仿真，仿真的工艺流程的所有检测点与控制点都可以通过真实工业 IO 送到真实的控制系统上，从而实现虚拟对象，真实控制器的仿真。

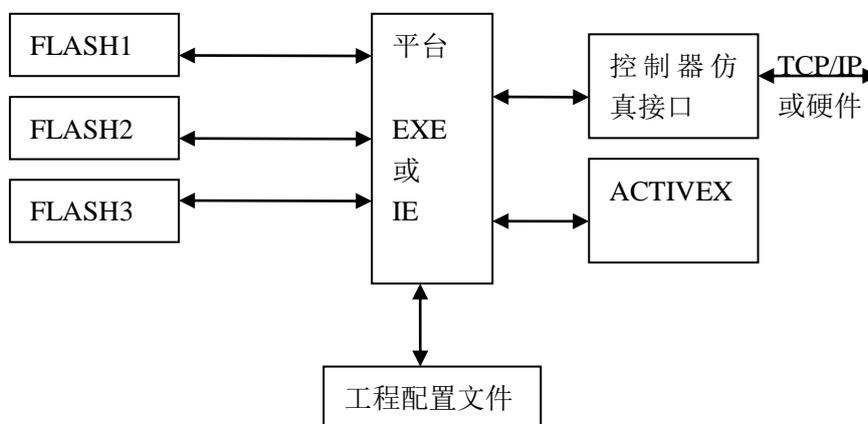
(4) 流程对象仿真面向 WEB 网络。对于简单的对象仿真，采用网页浏览器运行方式，只需安装个别插件。对于工厂仿真，采用独立安装的软件运行方式。使得系统更加高效运行。动画流畅，仿真速度快。

(5) 便于升级维护与扩展。软件一次升级，所有用户不必单独安装升级。软件将来扩展功能非常方便。系统具有自动网络更新的能力。

(6) 开发的仿真应用，既可以用于平台性的大型虚拟工厂仿真，也支持小的网页仿真程序。

2 仿真软件系统架构

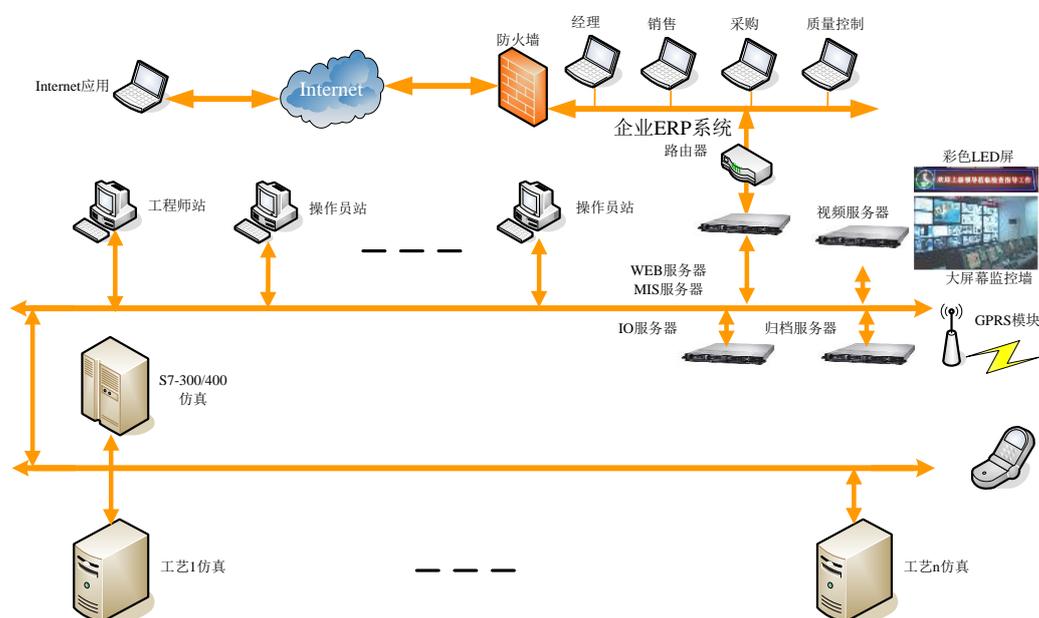
整个系统的流程对象仿真运行在本地软件环境或者 IE 环境中，如图所示。仿真对象多个 FLASH→CORE→多个 ACTIVEX 的架构模式。系统仿真速度 50ms 周期。



- (1) 采用工程文件的方法。记录所有的配置。
- (2) 编辑与运行是同一个平台。使用 IE 或者 C#编辑的 EXE 作为平台。
- (3) 任何一个独立的对象，一般具有运行 FLASH，矢量图标 FLASH，以及原理 FLASH。
- (4) 任何一个独立的对象，具有后台仿真运算 ACTIVEX。
- (5) 整个平台具有多个控制仿真接口，至少与 S7-300/400 PLC 对接。并支持组态软件的接口，实现 WINCC 或者组态王等组态软件的工厂化监控。
- (6) 当前主要采用 HTML 与 FLASH 技术，ACTIVEX 插件技术，后续将实现 HTML5 技术的合并，从而向更多的平台开放。

3 中央控制室仿真架构

对于工厂系统仿真，除了提供流程对象仿真之外，还提供控制器的接口与组态监控接口，从而构建整个中央控制室。如图所示。



依据计算能力。整个工厂的仿真可能需要 1 到多台计算机的参与，PLC 的仿真也可以是 1 到多台。可以有 1 到多台组态监控操作员。采用投影仪实现大屏幕墙，提供 MIS 系统，与企业 ERP，多台服务器，本次项目将一个完整的虚拟工

厂展示在用户面前。

而对于其他远程用户，也可以实现工艺仿真，控制器仿真，以及组态监控仿真。也可以提供大屏幕显示。但是没有 MIS 系统等。

4、软件的运行

编辑与运行主界面如图所示。用户需要注册，以便保存用户工程数据。运行在 IE 浏览器中。用户本地需要安装对应的控件。

4.1 对象仿真界面

服务器端仅用于授权、保存与载入程序，控件，保存与载入工程数据。



菜单包括文件，编辑，图元，仿真，控制，与帮助。

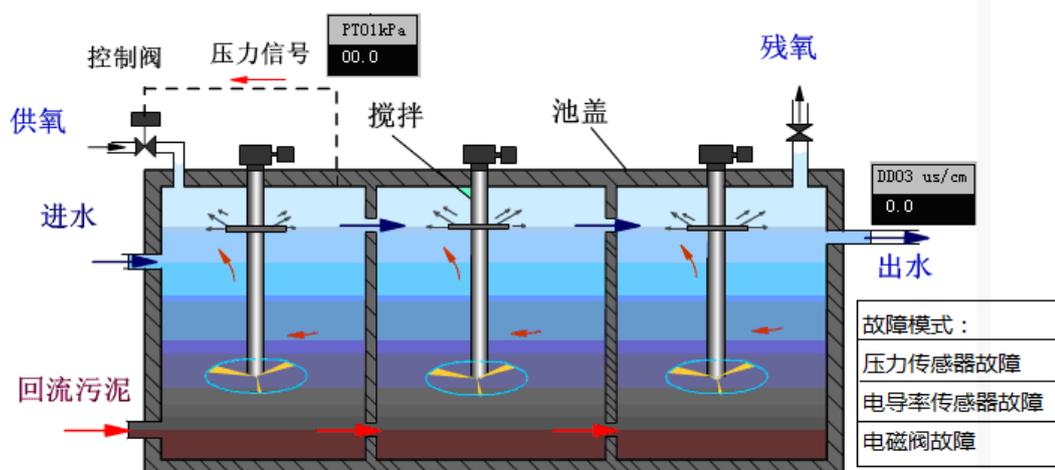
右边是仿真单元，按照类别分类，而基础单元包括文字、背景、地平面，管道连接。直接拖放到右边中央窗口。

可以全屏幕显示中央窗口，此时自然不能拖放仿真单元，连接管道。

任何时候，可以选择右边的仿真对象，可以放大缩小，移动。除非固定了位置。选中仿真单元后，可以设置属性，以及全部静态参数。如果不是删除，则管道会随之移动。

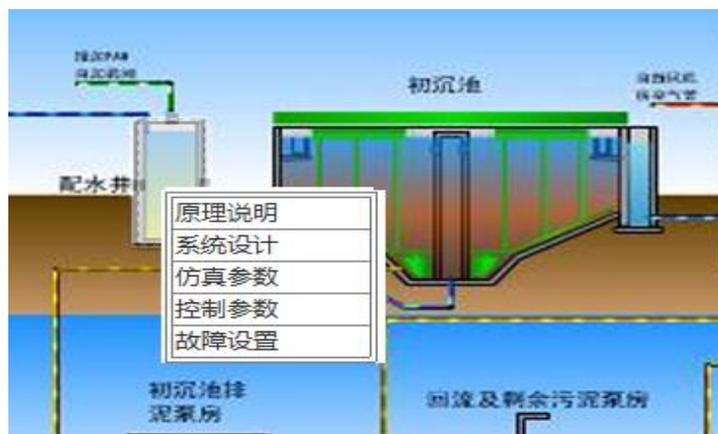
任何时候，双击单元，则可以打开对应仿真单元的详细仿真状态，仿真动画

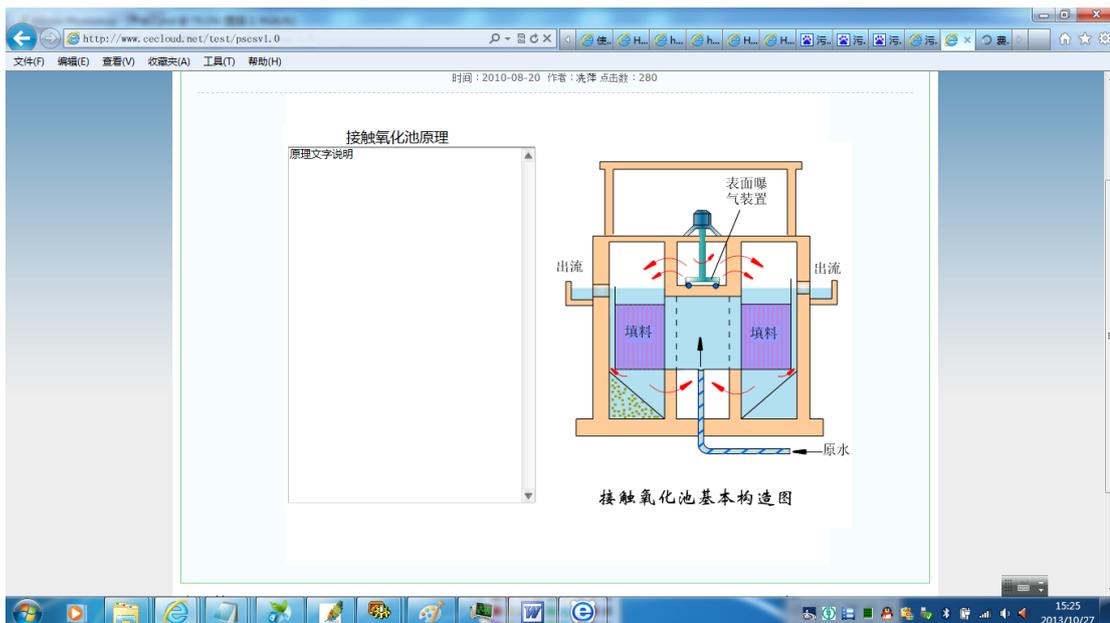
图，以及故障设置。如图所示。



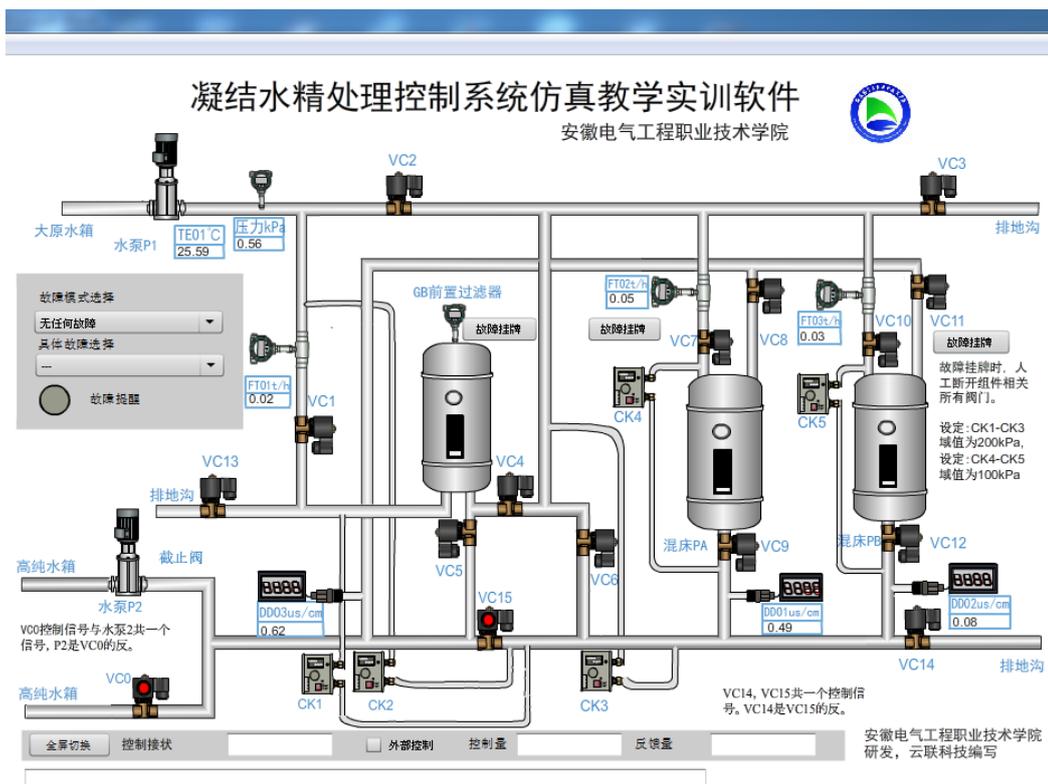
纯氧曝气池仿真状态与参数

任何时候右击，则可以通过弹出菜单选择：原理说明，系统设计，仿真参数，控制参数，故障模式。都会打开一个新的 WINDOWS 窗口（内置 IE 浏览器），或者 IE 窗口。





如图所示，是我公司提供给安徽电气职业技术学院的“电厂锅炉水净化处理系统仿真”。采用 FLASH 控制。

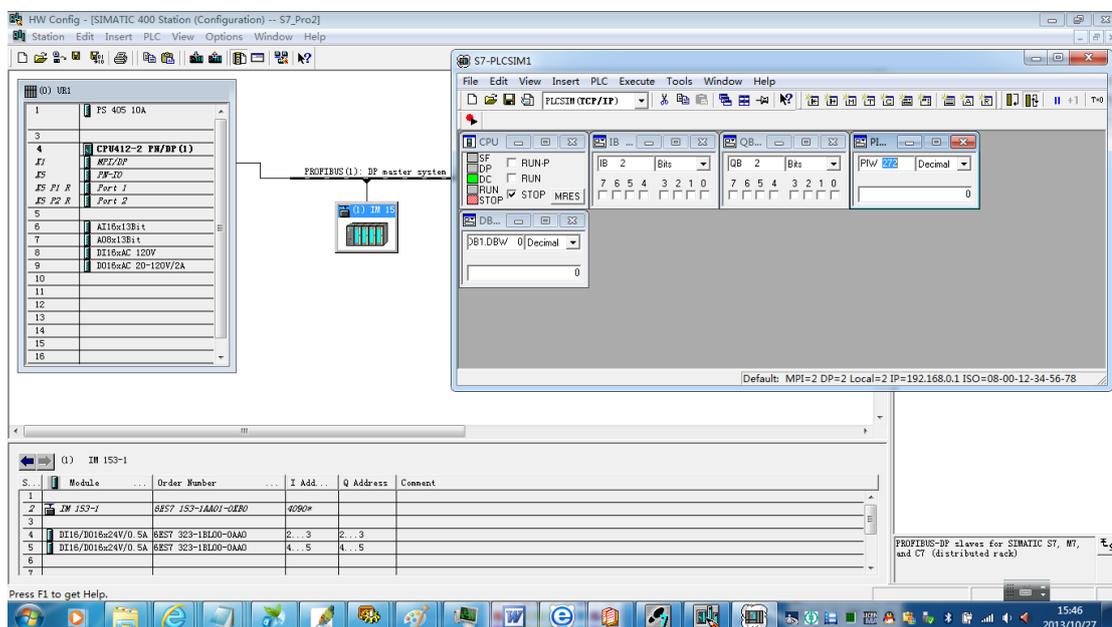


4.2 控制器仿真界面

独一无二的特色：控制器仿真。

流程工业仿真与控制平台最大的特点是控制器仿真。而且不是使用其他编程语言提供控制算法，而是仿真西门子的大型 PLC S7-400 或者中型 PLC S7-300，使用 STEP7 编程，使用计算机来代替 PLC 运行。

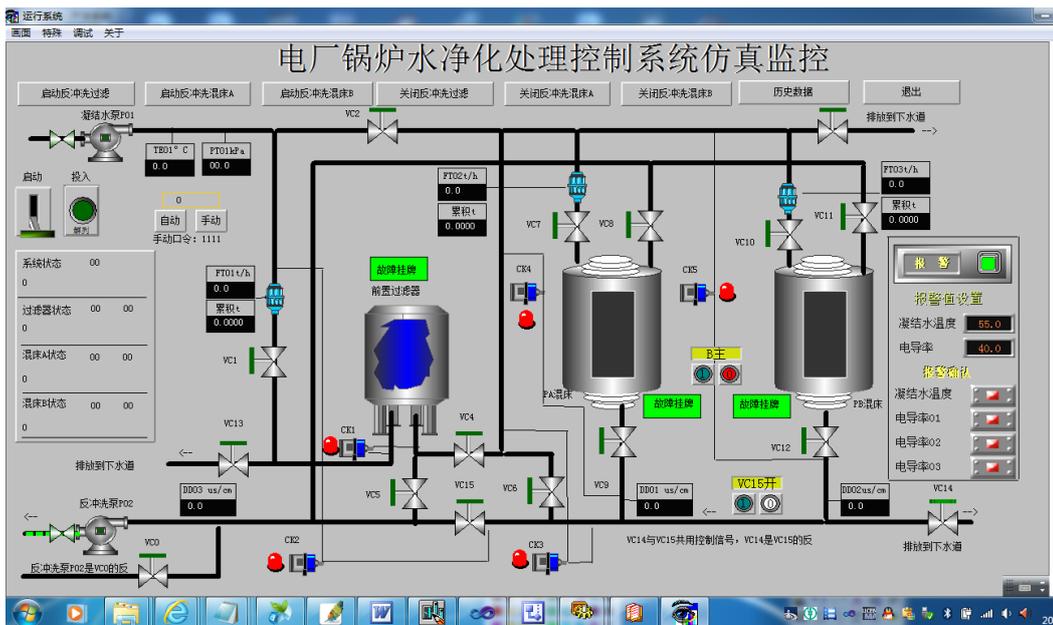
针对一个典型的工厂对象，我们建议使用西门子的大型 PLC S7-400 系统，通过我公司的接口，以及西门子的仿真运行软件，使得仿真计算机就是 1 台 PLC 系统，进行各种控制。



4.3 组态监控界面

通过使用我公司开发的 S7-400 仿真接口，支持 WINCC、组态王软件的监控。并支持网络版本，从而可以部署冗余的 IO 服务器，历史服务器，报警服务器等等，模拟一个非常真实的工业环境。

如图所示，是我公司提供给安徽电气职业技术学院的“电厂锅炉水净化处理控制系统仿真监控”。



预算报价表

表 1 产品一览表

序号	品名	技术参数	单位	数量	说明
1	常用泵、阀等污水处理工艺设备教学课件	不少于 20 种的常用泵、阀等污水处理工艺设备的拆装、原理动画，以及介绍。	套	1	基本每个仪表 2000-3000
2	流程工业仪表特别是环境仪表的教学课件	温度、压力、流量、液位、PH、DO、电导率、ORP 等不少于 10 类流程工业仪表的原理、使用动画	套	1	基本每个仪表 2000-3000
3	污水处理单元的原理与工艺教学课件。	污水处理单元的原理介绍、工艺分析、选择和优化，原理与工艺分析采用动画方式。	套	1	20 种工艺单元，基本每个仪表 2000-3000
4	污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。	污水处理单元的设计参考，包括公式，常规设计方法，设计参数。提供公式自动计算	套	1	20 种工艺单元，基本每个仪表 8000
5	污水处理单元的运行与故障仿真	污水处理单元的仿真，使用给定参数，开环控制，故障	套	1	20 种工艺单元，基本每个仪表 6000

		设定与故障仿真。要求所有检测仪表、执行仪表都能设定故障，泵、阀可以设定故障。			
6	流程工业仿真与控制平台，污水处理单元自由组合仿真平台。	流程工业仿真与控制平台，实现二十个污水处理单元自由组合仿真。要求方便地链接到原理介绍，设计协助，在线仿真参数，故障设定。要求单体带现场手动操作与紧急关机等操作仿真。在自动模式下，支持仿真控制器的对接。	套	1	自由组合平台 20 万，30 种以内工艺授权。 备注 1
7	典型的污水处理厂整体仿真系统	典型的污水处理厂的全部工艺，使用控制器仿真，组态软件监控，组网，形成一个完整的控制工厂。控制器仿真为大型 PLC S7-400，使用 WINCC 或组态王组态监控。网络版本，支持 IO 服务器，历史服务器，多个操作员站。支持历史记录，实时曲线，报表等。	套	1	基础 PLC 仿真平台，组态接口平台 30 万，然后实施 1 个工厂 10 万。包含工厂全部 PLC 程序，组态界面。 备注 2
8	任务向导教学课件	提供任务向导教学课件。包括工艺设备选型、污水工艺	套	1	每个导向教学，动漫，原理等等。

		选择与设计,系统故障排除与运行维护。(具体单体列表见表4)			
9	硬件系统	DELL R720 服务器 2 台 24 口千兆网交换机 1 台 路由器 1 台 GPRS 短消息网络模块 1 个 PC 机 8 台 投影仪 1 台, 带幕布	套	1	
10	企业信息系统	MIS 软件 1 套 ERP 软件, 教育版	套	1	基础系统 3 万, 每实现一个工厂增加 0.5 万
11	半物理仿真平台	半物理接口模块: 16DI/16DO/16AI/16AO 西 门 子 PLC , 312C CPU,256K FLASH, 16DI/16DO/16AI/16AO	套	1	

备注 1: 如果不自由组合, 而是按照一个工厂工艺实现由程序员写好, 则这个费用修改为每个组合 2 万, 6-8 种工艺组合。

备注 2: 没有此项内容也可以仿真对象, 按照预定的参数, 开环控制。

8-11 项可以不要, 学校自己提供硬件。