

和利时 LK 系列大型 PLC 在大型污水处理厂中的应用

(和利时集团)

摘要 针对天津纪庄子污水处理厂(45万吨/天)升级改造工程工艺控制要求,本文介绍了以和利时 LK 系列 PLC 为核心的大型污水处理厂自动化控制系统的设计,整个系统 I/O 点数达 3700 多点,充分考虑了系统的可靠性、扩展性、开放性、可维护性。

关键词 污水处理厂; A/O 处理工艺; 45 万吨/天; 自动化控制系统; LK 系列 PLC; 冗余;

1 工程概述



纪庄子污水处理厂升级改造工程是天津市重点污水处理工程项目之一,内容包括污水处理厂的工艺设备、电气设备、自控仪表设备。

纪庄子污水处理厂服务于天津市纪庄子排水系统,升级改造工程设计规模为 45 万吨/天。纪庄子污水处理厂位于天津市河西区卫津河以西、津港运河以北、纪庄子排污河以南,占地面积 30 公顷。污水处理采用

多级 A/O 处理工艺。

本工程建设内容为改造老系统曝气沉砂池 1 座,改造老系统初次沉淀池集配水井 2 座,改造老系统初次沉淀池 2 座,改造老系统初次沉淀池为 2 座厌氧池、改造老系统生物池 4 座、改造老系统污泥泵房 2 座、新建老系统接触池 1 座、改造老系统加氯间 1 座、改造扩建系统初次沉淀池 1 座为厌氧池、改造扩建系统生物池 4 座、新建扩建系统接触池 1 座、改造扩建系统污泥泵房 1 座;新建加药及碳源投加间 1 座、新增除臭系统,以上建设内容全部引入自控系统。污水、污泥处理工艺流程如下图所示:

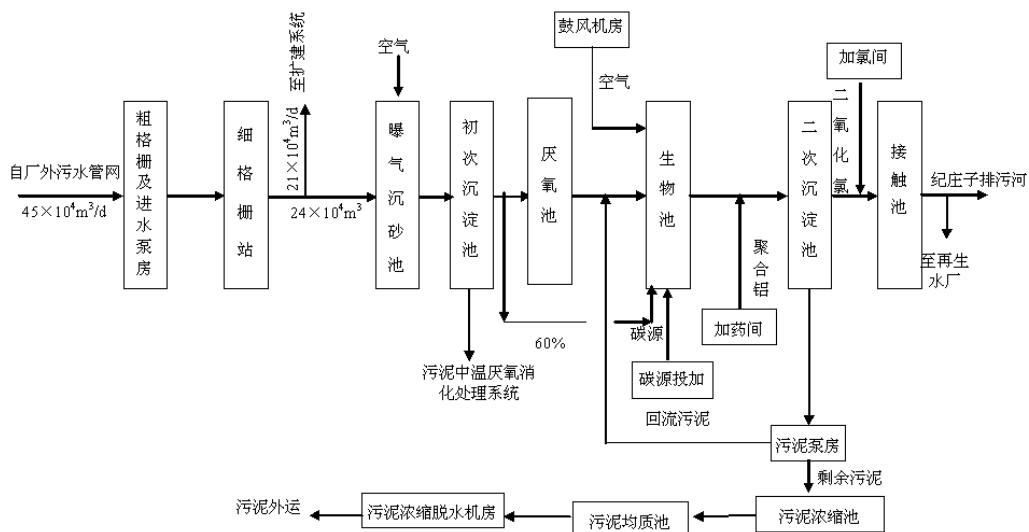


图 1-1 污水、污泥处理流程框图

2 自控系统设计

2.1 系统总体设计

该大型改造项目的难点在于，既要保证生产的连续性，又要在原基础上提高自动化水平，所以，两个扩建增补站继续使用欧姆龙公司 CS1 系列 PLC，两个新增站采用以和利时公司 LK 系列可编程控制器 PLC 为主的集中和分散相结合的自动化控制系统，实现对全厂工艺参数、电气参数和设备运行状态进行监测、控制、连锁和报警以及报表打印。通过使用在主站和远程站间的一系列通讯链，完成整个工艺流程所必需的数据采集，数据通讯，顺序控制，时间控制，回路调节及上位监视和管理作用。在满足工艺流程的要求之外，还能实现安全生产，提高生产管理水平和。整个系统设 1 个中央控制室、4 个现场 PLC 控制站组成。现场 PLC 控制站，由可编程序控制器（PLC）系统及检测仪表组成，对各工艺过程进行分散控制；再由中央控制室（CCR），对全厂实行集中管理。中央控制室、PLC 控制站之间的数据通讯采用高速的、实时的工业以太网，网络结构为环形，通讯速率为 100Mbps，传输介质为光纤。

2.2 系统网络结构

天津纪庄子污水处理厂自动控制系统提供了简明的、高效的、开放的网络体系结构，将以前设备控制的五层通讯结构简化为三层：管理层、控制层和设备层。管理层网络采用 Ethernet 网络；控制层网络采用 Profibus-DP 网络；设备层可选择多种网络：串行总线、Ethernet、Profibus-DP 等。设备层通讯网络用于实现现场设备（开关、仪表和人机界面等）与 PLC 之间的通信；控制层采用 Profibus-DP 网络，主要负责各个控制器与 IO 模块的通讯；上层的 Ethernet 网络实现 PLC 之间、PLC 与上位机以及与第三方 Ethernet 设备的数据通信，整个通讯形成了具有优异通信功能的三层网络，如图 2-1 所示：

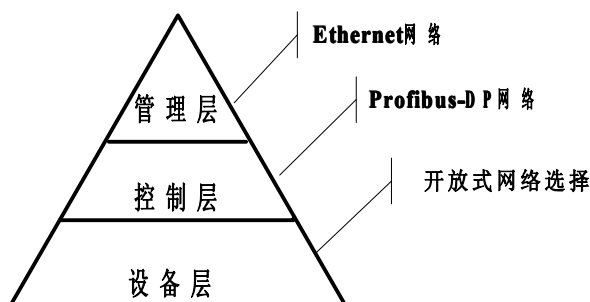


图 2-1 LK 控制系统网络的三层体系结构

2.3 系统结构与配置

根据污水处理工艺的控制要求，污水处理工程自动化控制系统分为三级管理，包括生产管理级（中央控制室）、现场控制级（PLC 控制站）及就地控制级。现场各种数据通过 PLC 系统进行数据采集，并通过主干通讯网络——工业以太网传送到中央控制室监控计算机进行集中监控和管理，传输介质为光纤，通讯速率为 100Mbps。同样，中央控制室监控计算机的控制命令也通过上述网络通道传送到 PLC，实施对各单

元的分散控制。构建污水厂自动化控制系统拓扑结构与功能配置如图 2-2 所示：

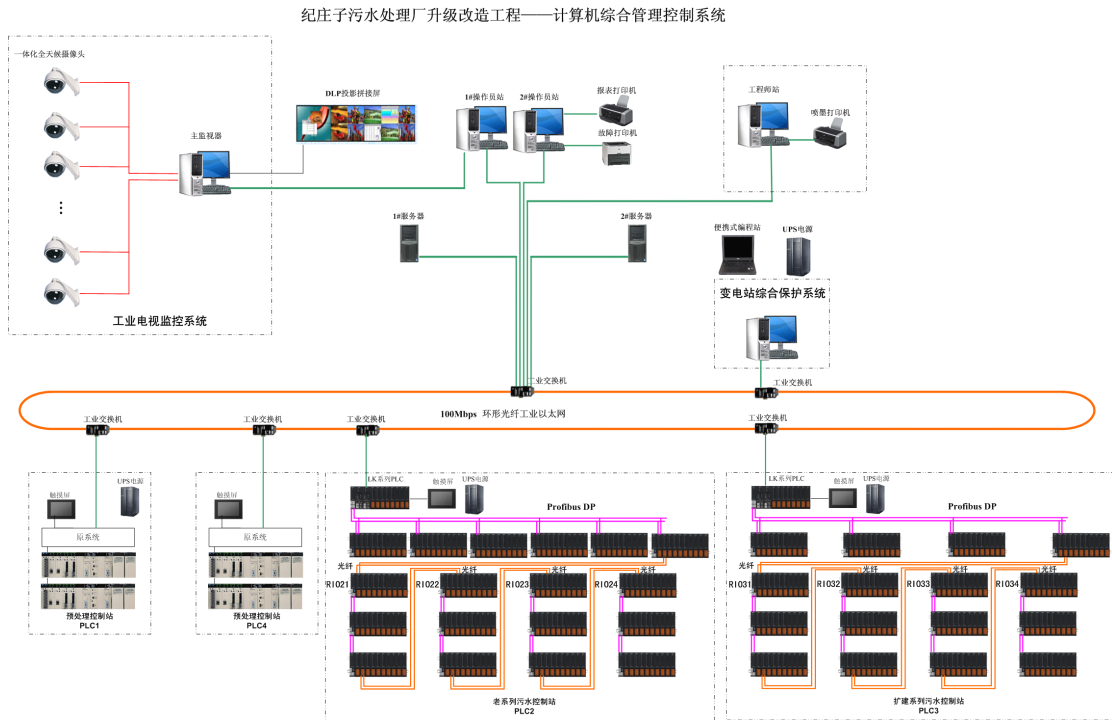


图 2-2 系统拓扑结构与配置图

2.3.1 生产管理级（中央控制室）

中央控制室设有两台监控操作站、一台工程师站、两台数据服务器、一台视频监视服务器、一套 DLP 拼接屏、一台故障打印机、一台图表打印机、UPS 电源、一台网络机柜。

主要完成对生产过程的管理、调度、集中操作、监视、系统功能组态、控制参数在线修改和设置、记录、报表生成及打印、故障报警及打印，对实时采集的数据进行处理，控制操作以及分析统计等功能。通过高分辨率液晶显示器及 DLP 拼接屏可直观地动态显示全厂各工艺流程段的实时工况、各工艺参数的趋势画面，使操作人员及时掌握全厂运行情况。

同时，中央控制室还配置了专业的工业数据库软件，该项目需要进行历史数据存储的变量点数达 8000 多点，同时对数据的存储频率要求很高，普通变量要求 30 秒钟记录一个数据，对于数据精度要求较高的变量，例如“瞬时流量”，要求 10 秒钟记录一次。所存储的数据包括各监测点水质数据、瞬时流量、累计流量，提升泵、闸门、污泥泵、刮泥机、搅拌机、鼓风机等各设备电压、电流、功率、耗电量，各设备启停时间、启停次数、累计运行时间、故障次数等。

2.3.2 现场控制级（PLC 控制站）

控制层是实现系统自动控制的关键，控制层的 PLC 通过程序控制整个水处理厂设备按照工艺要求自动运转，并实现对现场设备运行状态的采集，现场参数有压力、流量、温度、PH 值等，采集到的数据上传至管理层，并最终通过工业数据库软件进行存储。

按照工艺流程和构筑物分布特点，厂内现有 4 套不同规模的分控站（PLC1~4）。

根据工程改造内容、工艺及控制对象的功能、设备量，以及工艺流程、平面布置、现有控制站布局，将更新现有分控站 PLC2 和 PLC3，调改现有分控站 PLC1 和 PLC4，各 PLC 分别负责各自范围内工艺参数的采集和设备运行的控制。

1) 1#分控站（PLC1）

负责污水预处理区域的自控，位于 1#分变电所内，监控范围为粗格栅及进水泵房、细格栅站、进水计量渠、旋流沉砂池、曝气沉砂池、进水分析间、1#分变电所、预处理区生物除臭等。

PLC1 增补：100M 以太网模块、总线模块、I/O 模块—DI=80、DO=24、AI=8、AO=4，采用欧姆龙 CS1 系列 PLC。

2) 2#分控站（PLC2）—包括远程 I/O 站 RIO21~24

负责老系列污水生物处理区域的自控，位于鼓风机房控制室。监控范围调整为初次沉淀池、新建老系统污水提升泵房、分段进水多级 AO 生物池、二次沉淀池、二次沉淀池集配水井、回流污泥泵房、新建老系统接触池、鼓风机房、1#出水分析间等。

PLC2 更新：CPU、电源、100M 以太网模块、总线模块、I/O 模块—DI=1360、DO=392、AI=228、AO=42，采用和利时 LK 系列 PLC，双机冗余配置，支持 CPU 冗余、电源冗余、现场总线冗余和以太网冗余。

3) 3#分控站（PLC3）—包括远程 I/O 站 RIO31~34

负责扩建系列污水生物处理区域的自控，位于 3#分变电所内，监控范围调整为初次沉淀、新建扩建系统污水提升泵房、分段进水多级 AO 生物池、二次沉淀池、二次沉淀池集配水井、回流污泥泵房、新建接触池、出水流量计井、2#出水分析间、3#分变电所、新建分变电所、新建加药加氯间、新建碳源投加间等。

PLC3 更新：CPU、电源、100M 以太网模块、总线模块、I/O 模块—DI=880、DO=280、AI=208、AO=48，采用和利时 LK 系列 PLC，双机冗余配置，支持 CPU 冗余、电源冗余、现场总线冗余和以太网冗余。

4) 4#分控站（PLC4）

负责污泥处理区域的自控，位于 2#分变电所内，监控范围为贮泥池、污泥浓缩池、污泥浓缩机房、污泥消化池、污泥控制室、污泥脱水机房、脱硫塔、沼气柜、沼气燃烧火炬、锅炉房、2#分变电所、污泥处理区生物除臭、新建污泥均质池、新建污泥脱水机房等。

PLC4 增补：100M 以太网模块、I/O 模块—DI=96、DO=8、AI=36、AO=6，采用欧姆龙 CS1 系列 PLC。

2.3.3 就地控制级

就地控制具有最高的控制权限，当自控系统由于一些不可抗力导致无法正常运行时，可以通过就地控制保证污水处理过程的连续性。将现场控制箱上的“就地/远程”旋钮切换至“就地”位置，通过箱上的“启

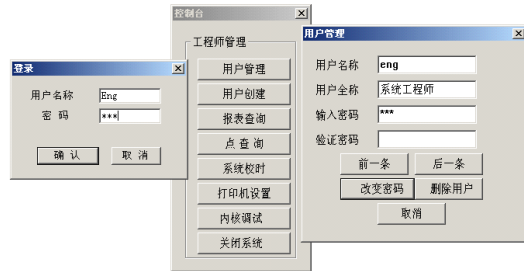
动/停止”按钮实现就地手动控制。

3 系统控制功能

➤ 权限管理

操作员进入系统使用密码：系统提供分级的用户进入密码系统，所以低级操作员只能进入基本操作功能，同时较高级别的操作人员，按照不同的密码，可进入不同的系统组态功能。

提供 12 级的密码：一旦操作员提供了正确的密码，他可以修改他的密码，而他的权限不能发生变化。



➤ 流程图显示

流程图画面为操作员了解生产过程状态提供了显示窗口，并能支持以下几类画面：

总貌画面：显示系统各设备，装置，区域的运行状态以及全部过程参数变量的状态，测量值，设定值，控制方式（手动/自动状态），高低报警等信息，从各显示块可以调出其它画面。

分组画面：以模拟仪表的表盘形式按事先设定的分组，同时显示几个回路的信息，如过程参数变量的测量值，调节器的设定值，输出值控制方式等。变量每秒更新一次，分组可任意进行，操作员可从分组画面调出任一变量（模拟量或离散量）的详细信息。

单点画面（调整画面）：显示一个参数，控制点的全部信息以及实时趋势和历史趋势，从调整画面也可直接对模拟回路进行设定，调整操作。

➤ 趋势功能

操作员可通过菜单或按钮进入实时曲线画面或历史曲线画面，可选择需要的工艺参数查看实时曲线或历史曲线，可同时显示多条实时曲线，可对曲线进行放大或缩小，可任意选择需要查看的时间段。

根据采集到的信息，建立各类信息数据库并对各类工艺参数值作出趋势曲线（含历史数据），供调度员分析比较，以便找出污水处理厂的最佳运行规律，分析事故原因，改进管理方法，保证出水水质，提高经济效益。

记录生产所要求的所有参数的历史数据，记录时间不小于三年，并可根据要求任意设置。对重要的数据进行在线存储。可以通过历史报表或者历史趋势曲线的方式来检索历史数据。



报警功能

报警设有优先级管理，任意管理均在屏幕上显示，显示所有报警列表及报警的详细内容。监控计算机的显示画面的顶部或底部应设置一个报警条。在报警条内显示最近三个报警未消失未被确认报警的详细内容，操作人员通过画面切换选择报警表，报警表内显示中控操作站计算机中配置的所有报警列表及报警的详细内容。报警的详细内容包括：

日期	时间	报警名	报警说明	报警级别	报警状态
2008-9-30	17:20:43	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:47	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:48	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:44	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:43	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:42	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:41	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:40	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	17:20:39	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	报警	清除
2008-9-30	15:11:43	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	报警	清除
2008-9-30	15:07:05	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	15:03:15	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:24	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	报警	清除
2008-9-30	11:55:23	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	报警	清除
2008-9-30	11:55:21	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:22	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:21	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:21	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:20	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:19	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除
2008-9-30	11:55:19	PL_300L_B	综合磷磷浓度超标	提示	清除

报警的当前状态

每个“未消失”的报警发生时间

每个“消失”的报警发生时间及“消失”的时间

每个“已确认”的报警的确认时间和用户

当报警出现时，报警打印机立即打印报警信息。

操作记录

- 系统发生的较大情况（如设备故障、越限报警、大型设备的启停等情况）或操作人员对设备的操作、参数的调整，可通过事件记录功能记录下这些情况和操作过程作为今后分析事故的基础资料。事件记录的内容包括各种事件信息、事件发生时的用户、事件发生的时间等。

报表打印

- 系统自动记录各种工艺运行数据，将所有数据归纳汇总形成报表，报表可定时打印或召唤打印，操作员也可通过菜单或按钮进入报表画面查看历史报表。
- 自动生成的生产报表（班/日/月）供生产管理之用，机内存储六个月的信息量。采用了 DDE 技术，从而使用户能够直接使用 Excel 编制报表，借助 Excel 的强大功能，用户可以随心所欲地编制各种各样的报表。无论是实时数据的报表，还是历史数据的报表均可以实现。

4 应用特点

- 基于 LK 系列 PLC 的污水处理系统具有如下特点：

可用性和可靠性

- ◇ 系统组件的设计符合真正的工业等级，控制系统能在严格的工业环境下长期、稳定地运行，尽可能降低控制系统故障风险，保证能源收益，确保水处理厂 7×24 小时的不间断供水服务。
- ◇ LK 冗余方案可确保工艺过程高度可靠地运行，如果主 CPU 模块出现故障，系统将会自动快速、稳定地无扰切换到备用 CPU 模块，可以避免因为控制层出现问题而导致的负面效应以及生产过程停顿。
- ◇ PLC 控制站一般设于高电磁干扰环境，如提升泵房、鼓风机房、变配电所等，我们的控制系统具有较强的电磁兼容性，系统采用各种隔离、抗干扰设计，保证系统能在强电磁干扰环境中稳定运行。
- ◇ PLC 控制站与远程 IO 站之间距离较远，本系统 PLC 鼓风机房控制站与 4 个生物池远程 IO 站采用 DP 光纤网络通讯，由于采用光纤通讯，大大提高了通讯的可靠性。LK 的 DP 光纤通讯模块可以实现 PLC 控制主站与远程 IO 站的 4 级冗余通讯，每一级的通讯距离可以达到 5KM，能够充分满足大型污水处理厂 PLC 控制主站与远程 IO 站通讯距离远的需求。
- ◇ 水处理环境可能因遭受污染并加速设备中电子元件的老化，我们可提供特殊的保护工艺（保护涂层）的模块，提高元件在腐蚀性化学品和腐蚀性环境中的使用寿命，避免意外停机，降低维护成本。

➤ 节能降耗方案

- ◇ 电能成本占水处理设施总运营成本的 1/3，主要耗电设备为水泵和风机，我们可提供优化的变频控制方案，使被损耗的电能可以降低到额定值的 50%到 80%。
- ◇ 对于非变频电机设备，如格栅、螺旋输送机、搅拌器，我们可提供工艺优化控制库，如定时控制与设定参数相结合的控制，使这些设备在相应工艺条件下，发挥最大的效率，最大程度地降低电能的损耗。
- ◇ 在数据采集与监控层（SCADA），可以使用数据分析等工具来创建报告，并分析过程数据，从而对过程进行优化与改进，最终降低电能消耗。

➤ 开放性和兼容性

- ◇ 基于标准协议的通讯网络可非常方便地将第三方设备接入，如污泥脱水机、加氯加药系统、变配电系统，可以显著提高针对复杂工艺过程的控制能力，且允许大量过程反馈信息传输，支持设备参数访问功能，可提高系统的性能与诊断能力。
- ◇ 支持与各种上位监控软件（如 iFIX、INTOUCH、组态王、MCGS、力控等），以及主流品牌触摸屏（如 Pro-Face、HITECH、eView、Weinview、nTouch）通讯，只要 HMI 支持标准的通讯协议，都可以很方便的进行连接。
- ◇ 强大的扩展功能可为远期扩容、升级改造预留接口及容量。

➤ 过程诊断和在线维护

- ◇ 提供的强大诊断功能，能够方便、高效访问相关信息，发现导致故障的根本原因以及需要修正的过程参数等，以便提前发现生产过程中存在的问题，可以避免设备意外停机，从而降低运营成本。
- ◇ 所有模块支持带电插拔，可以在系统运行状态下更换故障模块，不会因为单个模块的更换而使整个系统停机等待，大大降低了系统的维护成本。
- ◇ 防混销设计防止插错模块引起不必要的损坏，确保系统顺利运行，且更换模块时只需直接更换模块，无需重新接线，维护更方便。
- ◇ 支持 SD 卡功能，在不方便使用计算机的情况下，可进行系统恢复、升级，使维护更加方便、快捷。
- ◇ 操作站安装上位监控组态软件及 LK 编程软件 PowerPro V4，具有强大的功能，可方便、直观地进行上位机组态和 PLC 编程，且支持在线下载、在线修改以及离线仿真调试等功能。

5 结束语

本文论述了基于 LK 系列 PLC 的污水处理厂自动控制系统的设计与实现，充分发挥了 LK 可编程控制器配置灵活、控制可靠、开放性强和在线维护方便等优点，为整个系统的安全稳定运行提供了可靠保障。基于 LK 的自动控制系统已在多个污水处理厂得到实际应用，为企业带来了可观的经济效益和良好的社会效益。

参考文献

- [1] 陶俊杰，《城市污水处理技术及工程实例》[M]，化学工业出版社，2005
- [2] 夏畅斌，罗彬，尹奇德《污水处理机械化与自动化》[M]，化学工业出版社，2008
- [3] 胡寿松，《自动控制原理》[M]，科学出版社，2009