

Research on Intelligent Control System of Water Plant Based on DCS

Jiasheng Xiao

Shanghai Xinhua Control Technology (Group) Co., Ltd., Shanghai
Email: xiaojis@xinhuagroup.com

Received 3 August 2015; accepted 17 August 2015; published 25 August 2015

Copyright © 2015 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The intelligent control system of water plant based on DCS has realized data collection, automatic regulation, monitoring and management for each part of water plant. Through the process of theoretical analysis, data tracking analysis, model simulation field experiment and so on, it has established the effective and reliable control strategies and realized the urban water supply automation, informatization and intelligentization. DCS hardware system has multi-level redundancy configuration to ensure long-term reliable operation of system. The system software breaks through single station control mode, cooperates with each unit and has achieved the integrated management. The effective integration of process control and communication technology has achieved meticulous evaluation of operation state. The design for the network topological structure of DCS has followed the basic real-time, reliable, advanced, open, and easy principles; it has integrated management and control, dynamic production scheduling, advanced process control and optimization, and fault processing characteristics such as expert system. By DCS application in Shanghai Yuepu Water Plant, the intelligent control system of water plant based on DCS adapts to actual demand for waterworks, meets the development direction to reduce costs, improves management, and perfects the service. It has provided reliable technical support that ensures stable operation, improves water quality, reduces energy consumption, and realizes the modernization management for the water plant. At the same time, it constructs a part of the smart city.

Keywords

Water Plant, DCS, Intelligent Control, Expert System, Smart City

基于DCS架构的自来水厂智能控制系统研究

肖家胜

作者简介: 肖家胜(1978-), 男, 信息系统项目管理师(高级), 高级项目经理。

文章引用: 肖家胜. 基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统研究[J]. 水资源研究, 2015, 4(4): 360-367.
<http://dx.doi.org/10.12677/jwrr.2015.44044>

上海新华控制技术(集团)有限公司, 上海
Email: xiaojis@xinhugroup.com

收稿日期: 2015年8月3日; 录用日期: 2015年8月17日; 发布日期: 2015年8月25日

摘要

基于DCS架构的自来水厂智能控制系统对供水各环节监测点的数据采集、自动调节和监控管理, 通过对工艺进行理论分析、数据跟踪分析、模型仿真、现场实验等, 确立有效可靠的控制策略和方案, 实现了城市供水的自动化、信息化、智能化。DCS硬件系统拥有多层面冗余配置, 确保系统长期可靠运行; 软件系统突破单站控制的模式, 各单元的协同统筹, 实现整体化的管理; 过程控制与通讯技术的有效融合, 实现细致的运行评估。DCS智能控制系统在网络拓扑结构设计上遵循实时、可靠、先进、开放、易维护等基本原则, 具有管理控制一体化、动态的生产调度、先进过程控制及优化、故障处理专家系统等特性。通过上海月浦水厂项目应用表明, 基于DCS架构的自来水厂智能控制系统适应自来水厂现场实际, 满足于供水行业降低成本、提高管理、完善服务的发展方向, 为自来水厂稳定运行, 提高供水质量, 达到节能降耗及实现现代化管理提供了可靠的技术保障, 同时构建了智慧城市的一部分。

关键词

自来水厂, DCS, 智能控制, 专家系统, 智慧城市

1. 引言

自来水厂智能控制系统解决方案面向各种自来水厂, 将自来水厂的取水、制水、配水等过程作为一个完整的体系, 通过工艺与控制的有效融合, 采用多参数智能化运行控制策略, 以供水全流程节能降耗为目标[1], 以保证安全供水为约束条件, 提供自来水厂自动化、信息化、智能化的控制。

基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统解决了城市自来水厂对供水各环节监测点的数据采集、自动调节和监控管理。自来水厂的工作人员及管理人员可以对工艺设备全程监控, 实时掌握全厂的运作情况, 及时发现并处置故障隐患, 减少不必要的损失, 节约运行成本, 提高管理效率, 保证供水质量, 从而实现了供水的信息化、智能化。

2. 基于 DCS 的自来水厂智能控制系统结构

基于 DCS 的自来水厂智能控制系统解决方案的体系结构包括自来水厂工艺流程体系、硬件体系、软件体系、智能控制体系, 整体结构可参考概览图 1。

2.1. 自来水厂工艺流程体系

自来水厂净水工艺取决于取水水源的水质情况和供水水质要求, 每种工艺都包括不同的组成部分和流程, 每个组成部分都有其各自的运行控制要求和处理措施。

常规的自来水厂净水工艺包括取水泵站、加药配水系统、机械混合、折板絮凝、平流沉淀、V 型滤池过滤, 处理后的水经加氯消毒后进入清水池, 在吸水井前投加氨和补氯后, 经送水泵房水泵提升由清水输水管网送至配水管网。污泥采用重力浓缩、机械脱水处理方式[2]。工艺流程图如图 2 所示。

对不同的工艺系统要实现有效控制, 需要对工艺流程进行理论分析、数据跟踪分析、模型仿真、现场实验等, 从而确立有效可靠的控制策略和方案。

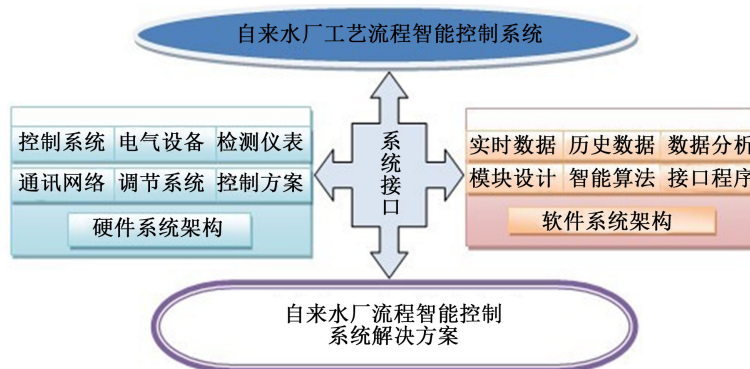


Figure 1. Overview of the intelligent control system of water plant based on DCS
图 1. 基于 DCS 的自来水厂智能控制系统概览

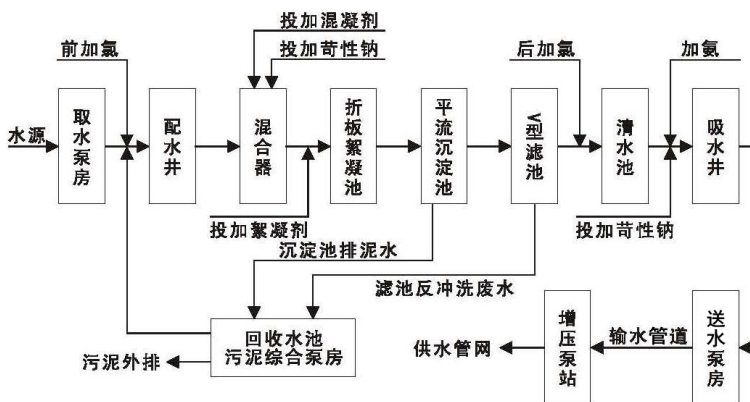


Figure 2. Process flow chart of conventional water plant
图 2. 常规自来水厂工艺流程图

2.2. 自来水厂智能控制系统硬件体系

基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统是自来水厂实现监测、控制、通讯、人机界面(HMI)的有机组合。硬件系统解决方案是面向整个生产过程的先进过程控制系统，该系统采用操作站、控制器、通讯网路、电源多层次冗余配置，确保系统长期可靠运行。系统拥有高可靠性的硬件设计和内嵌专业化的控制算法，冗余的以太网通讯网络和现场总线通讯网络。

根据集中管理与分散控制相结合的原则，控制系统采用两级分布式结构，一级是厂级中央控制中心(上位管理)，二级是现场区域控制分站(现场控制)。整个系统由一个中央控制室、若干个现场控制站组成，中央控制室与现场控制站之间通过网络进行通讯，组成一个 DCS 控制系统。系统架构如图 3 所示。

硬件系统的合理选择，对于智能控制系统的总体设计、方案配置、设备选型、安装调试、运行维护以及整体工艺系统的稳定运行非常重要[3]。通过硬件设备的有机组合，来协同完成对自来水厂的运行监测、数据传输、计算处理、控制命令的响应等。

2.3. 自来水厂智能控制系统软件体系

软件体系是系统中通讯协议、人机界面(HMI)、数据处理、实时优化控制的有机组合。

基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统解决方案的软件系统包括操作系统软件、HMI 监控组态软件、控制器可视化编程软件、数据库管理软件、优化控制软件和专门针对自来水厂综合智能控制系统的 SCADA 应用软



Figure 4. Software interface of water plant based on DCS
图 4. 基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统软件界面

4) 系统优化运行管理功能：包括具有计算机辅助调度功能，可根据出厂压力自动提出合理配泵方案；运用加药系统自适应控制软件的“单位源水浊度 - 加矾量曲线”，给生产中的加矾参数设定提供优化依据；运用泵/马达寿命管理软件，为水厂泵/马达等主要设备的运行、维护和保养提供科学的依据[5]。

2.4.2. 现场控制站

现场控制站的软件用来完成生产工艺的自动控制全部任务，包括顺序逻辑控制、模拟量采集和 PID 调节控制[6]。它主要能完成以下功能：

- 1) 顺序逻辑控制：包括取水泵站、送水泵站机组及滤池各阀门、风机、冲洗水泵等设备之间的联动控制等。
- 2) 模拟量采集：包括配电间及高压电机的电流、电压、功率、电度量的采集，以及浊度、余氯、水流量、压力、PH 值、温度、液位等工艺信号的采集。
- 3) PID 调节控制：加矾及加氯部分的 PID 调节控制和 V 型滤池出水调节阀的自动控制。

3. 基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统性能特点

3.1. 管理控制一体化

遵循“集中管理，分散控制”原则，通过计算机、控制系统、网络系统等先进媒质，整合生产整体调度和工艺运行监督控制的综合信息，在中央控制室集中控制，减少运行维护人员，达到减员增效的目的。实现了全厂的管理控制一体化。

3.2. 有效的通讯控制网络

系统采用基于双绞线/光纤的工业以太通讯网络，可与其他现场 PLC 子站、就地智能设备、智能仪表等现场

总线产品以通讯方式进行无缝链接，保证了全厂信息网络的快速传递、稳定运行。

3.3. 动态的生产调度

利用自动采集到的实时数据与实验室的分析数据，经过分析加工处理，形成整个水厂水量、水质、能耗、药耗等数据以图表或图形方式表示出来，管理人员可及时按其经验和知识做出符合实际的判断，下达指令、调整运行参数，保证安全可靠生产运行。

3.4. 先进过程控制及优化

在利用完整的数据源的基础上和电脑的计算能力，开发出先进控制的数学模型，应用于运行控制中，使与经济效益直接相关的水量、水质提高和药耗、能耗降低，提高水厂的现代化管理水平与生产过程调控能力，从而提高供水系统的经济效益和社会效益。

3.5. 故障处理专家系统

对采集到的全厂生产过程中的实时数据，进行“软传感器技术”处理，判断出生产过程中哪些工艺部位，哪些控制环节，哪些主要设备存在故障隐患，并及早为生产人员提供预警显示和运行操作指导，保证生产设备和工艺运行的安全、稳定、可靠运行[7]。

4. DCS 智能控制系统在上海月浦水厂的实际应用

上海月浦水厂是上海第一家引用长江水源的市级水厂，1990年11月开工，1993年6月全部建成。其中30万吨/日的供水项目采用DCS智能控制系统，系统投入使用后管理效率显著提高，运营与维护便捷，成本降低，人员优化，实现了水厂的自动化、信息化、智能化的控制，有力地保障了城市供水质量。

4.1. 月浦水厂 DCS 的基本功能

DCS 主要工艺流程图有：取水泵房流程图、加氯间流程图、加矾间流程图、反应沉淀池流程、V 型滤池流程、公共冲洗泵房流程、送水泵房流程、10 kV 一次系统、低压系统等主要工艺系统图。DCS 智能控制系统人机接口界面参见图 5 所示。

实现的工艺生产设备监控功能有：所有被监控设备的运行状态、启停控制、各设备之间的联锁控制、工艺参数的设定参数的显示、报警、记录、趋势及累积量计算等[8]。能够了解生产参数的动态情况，便于生产调度、设备管理。DCS 智能控制系统工艺组态图参考图 6 所示。

4.2. 月浦水厂 DCS 智能控制系统配置

监控操作中心：设置工程师、操作员站、数据服务器、WEB 服务器、显示和打印设备，通过冗余工业以太网对全厂实时监控、数据处理、信息存储、管理调度和报表打印[9]。

取水泵房控制站：主要负责对原水水质参数及工艺参数的检测。对取水工艺设备和供配电设备进行监视和控制。并将所监测数据送往监控操作中心，并接受其控制指令。

加药间控制站：主要负责加药间加药设备、加氯设备、氯气流动床生物池、进水水质、流量井、混合反应池、沉淀池、排泥水调节池部分工艺参数的检测及设备的运行监控[10]。并将所监测数据送往监控操作中心，并接受其控制指令。

滤池控制站：主要负责滤池内进出水阀门、反冲洗水阀、反冲洗气阀、冲洗排水阀、冲洗排气阀及冲洗泵房、反洗风机、废水回收池等构筑物的有关设备及工艺水质参数的监控及检测。并将所监测数据送至水厂的监控操作中心，接受其远程监控。

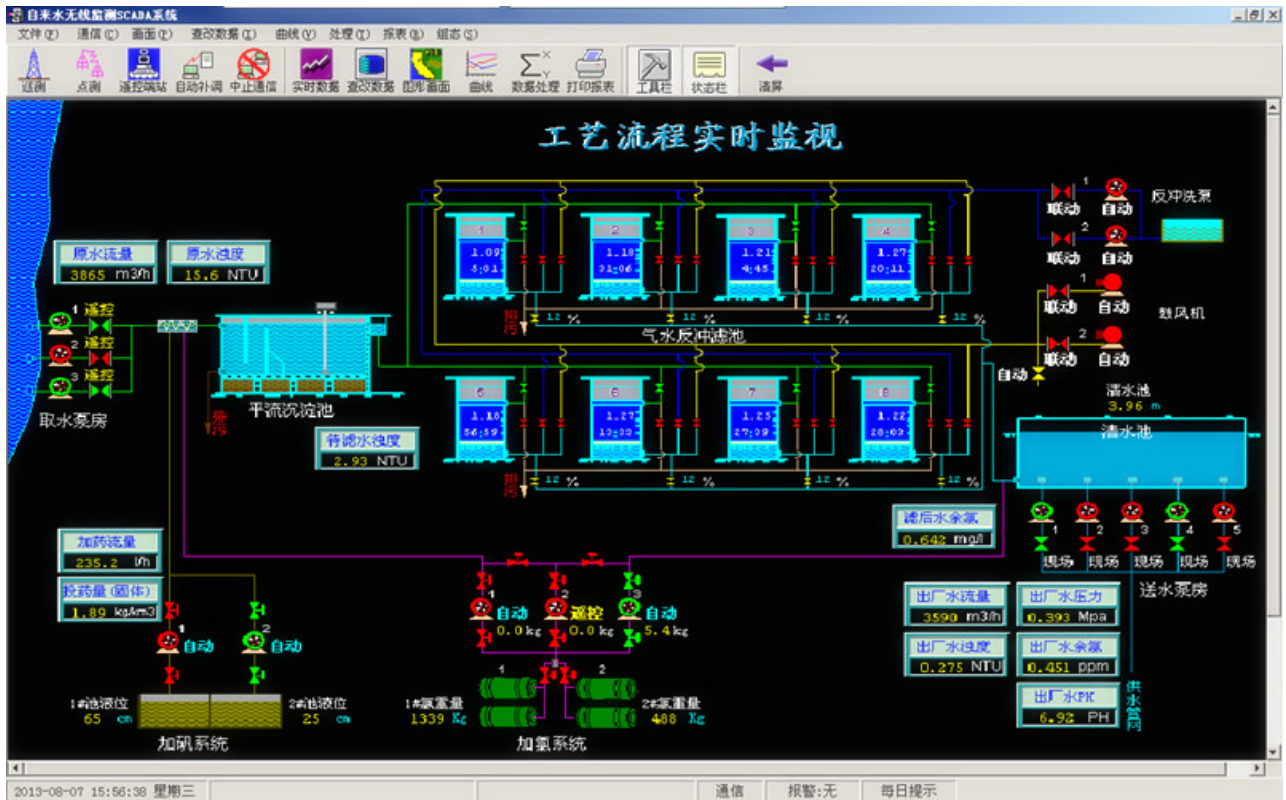


Figure 5. Human-machine interface of Yuepu Water Plant based on DCS
图 5. 月浦水厂 DCS 智能控制系统人机界面

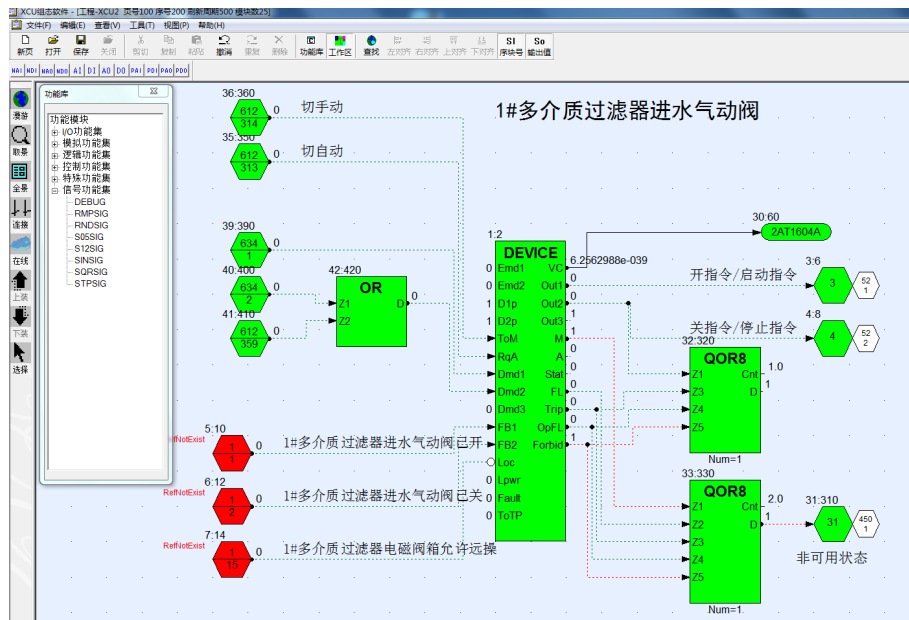


Figure 6. Process configuration of Yuepu Water Plant based on DCS
图 6. 月浦水厂 DCS 智能控制系统工艺组态

送水泵房控制站：主要负责清水池、吸水井、送水泵房、高压变配电设备、出厂水质等部分工艺参数的检测及设备的运行监控。并将所监测数据送至水厂的监控操作中心，接受其远程监控。

污泥脱水控制站: 主要负责对污泥调节池、储泥池、污泥浓缩、脱水机房等部分工艺参数的检测及设备的运行监控。并将所监测数据送往监控操作中心, 并接受其控制指令。

5. 结束语

基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统是新一代基于网络的自动化控制系统解决方案, 该系统不但是一个以控制功能为主的控制系统, 而且也是一个具有信息管理功能的综合平台, 将整个供水生产过程纳入统一的分布式集成信息系统中。

通过上海月浦水厂项目应用表明, 基于 DCS 架构的自来水厂智能控制系统适应自来水厂现场实际, 满足于供水行业降低成本、提高管理、完善服务的发展方向, 为自来水厂稳定运行, 提高供水质量, 达到节能降耗及实现现代化管理提供了可靠的技术保障, 同时构建了智慧城市的一部分。

参考文献 (References)

- [1] 容得宇. 自动化控制系统在自来水厂节能降耗中的应用[J]. 中国高新技术企业, 2015, 14: 99-101.
RONG Deyu. The application of automatic control system in the water saving and reducing consumption of water plant. China High-Tech Enterprises, 2015, 14: 99-101. (in Chinese)
- [2] 丁宝忠. 自动化控制系统在自来水厂中的应用浅析[J]. 科技资讯, 2014, 29: 48.
DING Baozhong. Application of automatic control system in waterworks. Science & Technology Information, 2014, 29: 48. (in Chinese)
- [3] 左敦晨. 自来水厂生产过程的自动化设计研究[J]. 电子技术与软件工程, 2015, 3: 173.
ZUO Dunchen. Research on automatic design of production process of water plant. Journal of Electronic Technology and Software Engineering, 2015, 3: 173. (in Chinese)
- [4] 梁胜龙. 自来水厂综合监控系统设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学硕士论文, 2013.
LIANG Shenglong. Design and implementation of integrated monitoring system for waterworks. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2013. (in Chinese)
- [5] 徐冰. 现代自来水厂自动化控制系统的应用[J]. 科技展望, 2014, 11.
XU Bin. Application of automatic control system in modern waterworks. Science and Technology, 2014, 11. (in Chinese)
- [6] 张大为, 张莹, 戴春琴. 自动控制技术在自来水厂的应用[J]. 电气技术, 2009, 3: 70-73.
ZHANG Dawei, ZHANG Ying and DAI Chunqing. Application of automatic control technology in waterworks. Electrical Engineering, 2009, 3: 70-73. (in Chinese)
- [7] 陈海波. 新规范实施对自来水厂电气设计的影响[J]. 自动化应用, 2014, 2: 68-69.
CHEN Haibo. The effects of implementation of new specification on electrical design of water plant. Automation Application, 2014, 2: 68-69. (in Chinese)
- [8] 黄成宏. 城市自来水厂自动监控系统 SCADA[J]. 企业科技与发展, 2014, 9: 67-68.
HUANG Chenhong. Automatic monitoring system of city water plant, SCADA. Enterprise Science and Technology & Development, 2014, 9: 67-68. (in Chinese)
- [9] 王文华. 自来水厂监控系统解决方案[J]. 电子制作, 2013, 13: 236.
WANG Wenhua. Monitoring system of water plant. Practical Electronics, 2013, 13: 236. (in Chinese)
- [10] 孟昕. 基于 PLC 的自来水厂自动加药控制系统设计[J]. 信息技术, 2015, 4: 208-210.
MENG Xin. Automatic control system design based on PLC of water plant. Information Technology, 2015, 4: 208-210. (in Chinese)