

Application of PID Cascade Automatic Chlorination Control System in Pukou Water Plant

Pinghua Ma

Nanjing Water Affairs Group Co., Ltd. Pukou Water Plant, Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

In tap water disinfection process, chlorine gas disinfection is widely used. For a long time, the amount of chlorine gas has been adjusted by detecting the residual chlorine value in the water. However, due to the strong reaction lag between chlorine gas and water, it has brought inconvenience to automatic chlorine addition. Based on the cascade chlorination method of post-chlorination and supplemental chlorine, by sampling the amount of water after chlorine, the residual chlorine value at the entrance of the clear water tank after the chlorine addition point and the residual chlorine value of the factory water. The PID algorithm was used to overcome the non-complete linearity and time-varying characteristics of chlorine dosage. Finally, the Allen-Bradley PLC was used to implement closed-loop control of automatic chlorine addition, which improved the robustness and accuracy of the system.

Keywords

PID; cascade chlorine addition; residual chlorine detection and deviation; PLC control

基于PID串级自动加氯控制系统在浦口水厂的应用

马平华

南京水务集团有限公司浦口水厂, 中国·江苏·南京 210000

摘要

在自来水消毒工艺中, 普遍采用氯气消毒, 长期以来都通过检测水中余氯值来调节氯气的投加量, 但是由于氯气与水反应滞后较强, 给自动加氯带来了不便。借鉴后加氯和补氯的串级加氯方式, 通过采样氯后水水量、后加氯投氯点后清水池入口的余氯值和出厂水余氯值, 利用PID算法, 克服氯气投加非完全线性和水量时变性特征, 最终通过Allen-Bradley PLC实现自动加氯的闭环控制, 提高了系统的鲁棒性和精确性。

关键词

PID; 串级加氯; 余氯检测和偏差; PLC控制

1 引言

在水处理中, 采用加氯净化消毒的方式, 已被使用超过100年。根据实际经验, 由于加氯消毒中氯气与水溶解反应需要时间, 这就给水处理系统的过程控制造成了较长的传输延迟。同时, 在加氯消毒中还会产生一种副产品(邻苯二甲酸二丁酯), 如果过量投加氯气产生的副产物会对人体造成高致癌的危险。因此, 使用氯气作为消毒剂, 必须考虑其加氯反应的敏感性, 和可靠控制加氯的精确性, 这样才能确保饮用水中氯气含量的达标和使用安全。

本文提出了一种基于PID后加氯并结合补氯的串级控制方法, 有效解决了因为常规方法下氯气与水反应时间长, 而造成系统惯性过大, 控制调节滞后太长的缺点。

2 传统加氯控制系统

传统加氯控制系统一般采用在滤后水中加氯的投加方式, 分为开环的前馈控制、流量比例控制和复合环控制。其中复合环控制在自动加氯系统中应用比较常见和稳定, 它是指加氯控制器根据滤后水流量以及投氯后取样水中余氯值和设定的余氯值, 通过PLC中的PID(比例、积分、微分)调节控制加氯量, 输出一个控制量来控制加氯机的投加装置(如控制阀门开启度调节)形成一个闭环控制, 使余氯值向设定值逼近, 确保出厂水余氯指标^[1]。

3 PID串级自动加氯控制系统

3.1 传统加氯控制的缺点

长期实践发现, 只通过复合环自动控制不能很好的控制

投氯量,这是由于通过采集投氯后的水样余氯值单一参数,不能排除水量、温度、PH等变化造成的干扰因素,特别是在水量变化较大时,复合环控制无法对出厂水的余氯进行有效修正,造成出厂水余氯值曲线忽高忽低,甚至超出或者低于饮用标准,并且需要一个较长的时间来平复外部的扰动,鲁棒性差。

3.2 净水工艺流程和要求

目前水厂采用的是后加氯和补氯的氯气投加方式,如图1所示,后加氯的投加点安排在滤池出水总管上,采样点设置在投加点与清水池之间,这样设计可以使水经过加氯点流到采样点的时间不超过5分钟,可以迅速采集到水中的余氯值(工艺设计一般要求将氯气与水混合接触时间定的比较长,对控制系统来说,这意味着纯滞后时间的延长,造成测定结果不准确)。此处采集的余氯数值可能会由于接触混合时间不够,故仅作为参考值,最终还要引入出厂水余氯值作为比较反馈,做出补偿修正^[2]。

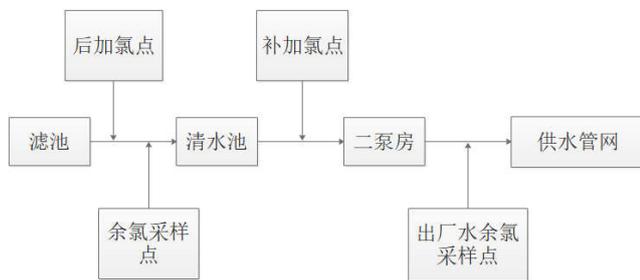


图1 水厂净水工艺图

3.3 后加氯结合补氯的PID串级控制

PID串级控制原理图如图2所示,该控制方式的原理是首先采集后加氯水的余氯仪数值到PLC,然后作为一个过程变量,与设定的清水池入口余氯值进行对比,将差值输入PID模块计算出单位流量的投氯量,然后再根据滤后水的流量计算出后加氯加氯机的投加量,同时,对于采集到的出厂水余氯仪数值也要和规定的出厂水余氯给定值进行对比,并将其差值输入到控制系统中^[3]。



图2 PID串级控制原理图

其中,在进行PID调节时,比例环节的调节作用是反应系统余氯偏差的大小,只要给定的余氯值和检测的余氯值有偏差,比例环节就会对其偏差进行减小。微分环节是根据余氯变化的趋势来产生控制作用,从而改善系统的动态响应速度。积分环节是根据余氯偏差积分的变化来产生作用,可以消除系统的稳态误差,提高精度。

如图3所示,PID串级控制的系统中引入了后加氯这个副控制回路,不仅能及早克服副回路的扰动,而且又能改善过程特性。后加氯的副回路具有“粗调”的作用,而补氯的主回路具有“细调”的作用,从而使控制品质得到进一步的提高。

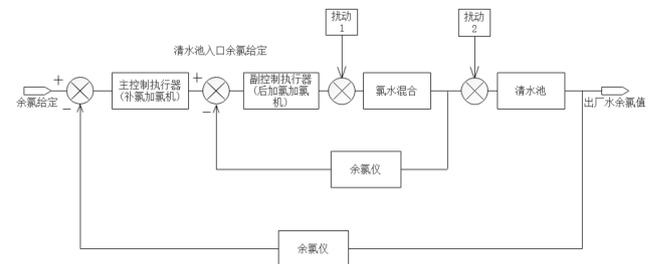


图3 PID串级控制系统结构图

归纳起来,采用PID串级控制进行自动加氯的方案有以下几点可行性:

首先,在水处理中,经过了混凝、沉淀和过滤等环节,水质已相对稳定,其中因温度、PH等因素造成的扰动,属于低频扰动,而由于流量变化造成的扰动,属于高频扰动,而且加氯后的水进入清水池,再经二泵房加压进入管网,这一过程至少需要50分钟以上,这是典型的大滞后,大惯性系统^[4]。

其次,作为流量变化的高频扰动,可以在后加氯水的余氯值(即清水池入口余氯值)中很快(一般5分钟左右)反应出来,故可以迅速对其进行调节,而由温度、PH等因素引起的低频扰动,可以通过出厂水余氯值的波动反馈来调节。

最后,后加氯副控制回路的时间常数要远远比主回路的时间常数小,所以,使用PID串级控制自动加氯是有其可行之处的。

4 浦口水厂自动加氯系统

4.1 浦口水厂自控现状

浦口水厂自控系统如图4所示,采用的是符合ETHERNET/IP标准的100Mbps全双工交换式光纤自愈工业以太网,使用的协议为CIP协议(Control and Information Porto-

col)。CIP 协议的信息处理部分用以交换报文信息，控制部分用传送和互锁实时 I/O 数据。

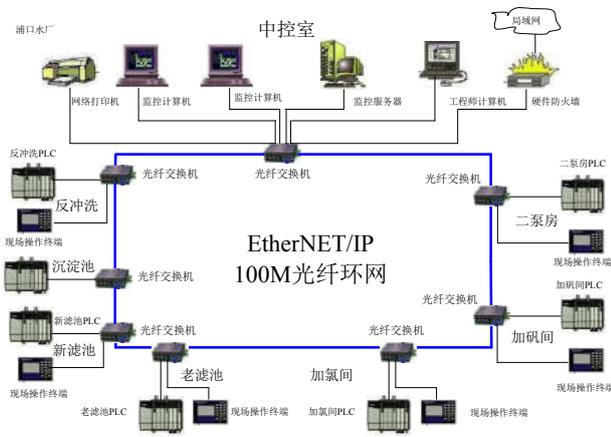


图 4 浦口水厂自控现状图

全厂自控系统在中心调度机房内设置监控服务器及在线式 UPS 各两台、工程师工作站及操作员监控工作站各一台。监控服务器安装 RSVIEW SE 组态软件，负责存储运行文件和运行数据。

4.2 浦口水厂自动加氯系统的应用

浦口水厂加氯系统包括氯气供给和切换、氯气投加、漏氯检测和中和装置，加氯现场无人值守，自动投加，在中控室可以对加氯的所有数据进行集中监控，同时在遇到异常和故障时，可以切换到远程手动模式加氯并发出报警，在遇到严重漏氯事故时，可以自动联动中和装置进行中和处理，确保生产安全。

水厂现有 7 台加氯间，其中 4 台为后加氯加氯机，3 台为补氯加氯机，4 台后加氯加氯机有 2 台为主用，2 台为备用，3 台补氯加氯机有 2 台为主用，1 台为备用，分别对应 2 个清水池入口前的后加氯投加点和 2 个二泵房吸水井前的补氯投加点，全自动模式下，是由滤后水水量、余氯仪检测值、比例系数 K，通过 PID 算法动态决定加氯机的投加量，首先比例系数 K 是跟据季节、温度、PH 等因素来设定固定值，后加氯投加量和补氯投加量是根据采样的清水池入口的余氯值和出厂水余氯值，通过 PID 算法动态调节^[5]。

通过水厂实际使用经验发现，如果在每个系统的采样周期都对加氯机的投加量进行调节，反而不能很好的控制余氯值，这是由于余氯仪通过比色实验法计算输出余氯值，输出周期远远大于控制系统的采样周期，对于自动加氯的控制系统的而言，输入的余氯值可认为是时变离散信号，不具备连续

控制的条件，所以需要对这些数据进行分时段量化，再进行调节处理，即如图 5 所示：根据后加氯为“粗调”（主要手段），补氯为“细调”（补充手段）的原则，当清水池入口的余氯值和设定值有较小偏差且持续超过较小的设定时间，首先启动后加氯调节，同时，当出厂水余氯值与设定值有较大偏差且持续超过较大的设定时间后再进行补氯调节。

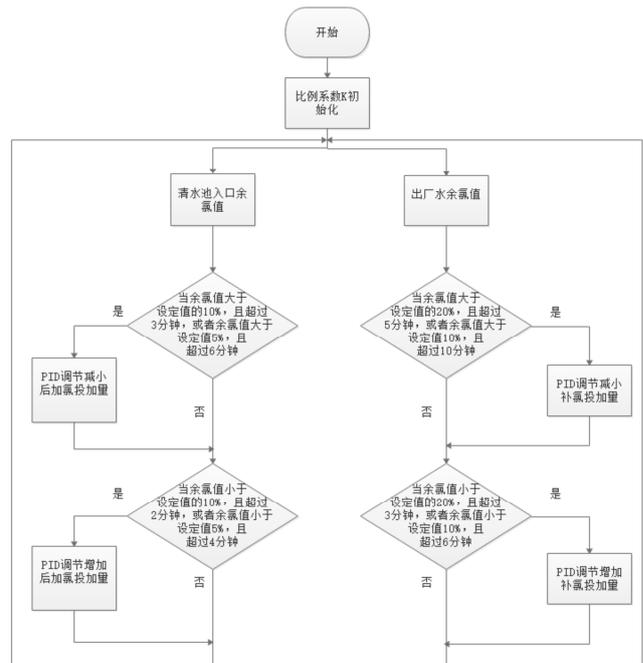


图 5 动态加氯调节流程图

5 结语

本文对供水生产中实现一种新型自动加氯控制方式进行了阐述与实际应用，针对加氯环节中的非线性、时变性、大惯量滞后性等问题进行了深入研究，并提出了解决方案，目前该方案已在水厂试运行一段时间，运行期间，余氯指标稳定，自适应性强，效果良好。

参考文献

- [1] 徐海斌. 基于 iFIX 的后加氯自动控制系统在城北水厂的应用 [J]. 城镇供水, 2013, 05.
- [2] 郭晓. 多变量模糊加权控制在水厂自动加药系统中的应用 [J]. 城镇供水, 2017, 01.
- [3] 詹国华. 净水厂中自动加药系统设计探讨 [J]. 江西化工, 2016, 05.
- [4] 张星. 水厂加氯系统的控制研究 [D]. 东北大学, 2011.
- [5] 张帆. 基于工业以太网的水厂自动化控制系统研究 [D]. 东南大学, 2016.