

水厂自动控制中串级调节的应用研究

杨万东

石 颖

吕宏德

崔福义

(博士后流动站) (哈尔滨建筑大学) (黑龙江省建筑工程学校) (哈尔滨建筑大学)

摘 要 通过对自动控制理论中串级调节的介绍, 探讨了如何将该调节应用于水厂的自动控制, 并给出了混凝投药和加氯消毒这两个可应用该调节补充和完善原控制系统的具体实例。

关键词 自动控制; 串级调节; 混凝投药; 加氯消毒; 给水处理

分类号 TU991. 22

随着水厂自动化程度的不断提高, 其对各个环节的控制也就相应地有了更严格的要求, 要求各个环节的自动化程度更高、更完善, 如控制精度、准确性、响应时间、控制可靠性等, 这可能不仅是对传感器和控制仪表提出了新的挑战, 而且也需要应用更多的自动控制理论加以支持。事实上, 在高新技术蓬勃发展的今天, 检测技术不断完善, 控制仪表日趋完美, 如何将其更好地应用于实际已成为关键。本文从自动控制的理论入手, 在分析了水厂混凝投药和加氯消毒的两个具体环节之后, 给出了两个运用串级调节来进行自动控制的更加完善的模式, 为水厂更好地运用自控理论实现水厂自动化, 提供了一条新的途径。

1 自动控制理论中的串级调节

串级调节是一项较为成型的技术, 其是相对于单回路控制而言的。依据自动控制理论, 在串级调节系统中, 有两个控制器, 即主控制器和副控制器, 二者串联连接, 主控制器的输出为副控制器的设定值, 副控制器输出控制执行机构。串级的目的是为了保证主参数的控制质量。串级调节系统的原理方框图见图 1。

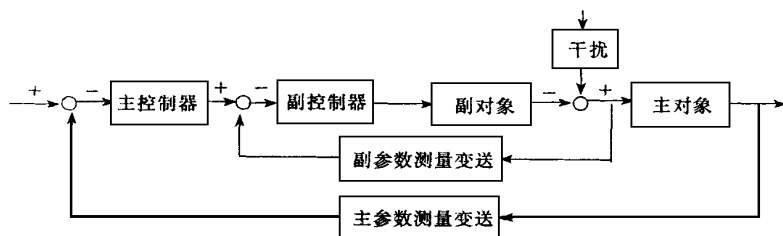


图 1 串级调节系统原理方框图

收稿日期: 1997 - 10 - 27

杨万东 男 博士后/ 哈尔滨建筑大学市政环境工程学院 (150008)

主从图 1 中可以看出，串级调节有两个回路构成：

a. 主回路——整个串级调节系统，它包括主控制器、副回路、主对象及主参数测量变送等部分，也称外环或主环。

b. 副回路——是处于串级调节系统内部的，由副参数测量变送、副控制器和副对象等构成的内部回路，也称内环或副环。

因此，在应用串级调节时，两个回路的设计是十分重要的。

2 水厂的自动化控制

水厂自动化的基础是各个环节自动控制的实现，其主要包括取水泵房、混凝投药、沉淀工艺、过滤工艺、加氯消毒、送水泵房的自动控制等。以往水厂中这些环节的自动控制基本上以单环控制为主，通过维持一个控制点的检测值来实现。现以混凝投药和加氯消毒两个环节为例作分析如下。

2.1 混凝投药

混凝投药是水处理工艺的重要环节之一，其位于水处理工艺的前端。投药的多少将直接影响后续工艺的处理效果，而且每时每刻由于原水水质的复杂性和多变性，都需要给出最佳的投药量数值，因此，研究该环节的自动控制非常有意义，国内外众多学者都对其进行了广泛深入的研究。

在这些研究中，应用得最为成功的当属流动电流法混凝投药自控技术。该技术在 80 年代开始应用，到了 90 年代已经广泛地应用到国外和我国的大部分水厂实际中。

该技术经典的系统控制流程图见图 2。从图中可以看出，该控制系统的控制因子为加药混合后水中胶体的流动电流检测值，为单环的控制系统。

虽然该系统更加适合我国水厂现状，发展的较为迅速^[1]，但由于控制因子非混凝投药系统控制的目标值（一般为滤前水浊度），而直接控制目标值又因滞后时间太大早已被取代，所以如何能更好地将二者有机地结合到一起，使混凝投药技术更加完善，已成为一个不容忽视的问题。

事实上，经典的流动电流混凝投药控制系统在实际应用中也更加需要这种补充的完善^[2]。

2.2 加氯消毒

灭菌消毒是水厂工艺的后续阶段，也是确保水质的最后一个环节。在我国现行水厂中，多以液氯进行消毒，其控制投加的流程图见图 3。

一般自控投氯的控制指标是出厂水的余氯值，通过维持出厂水的余氯值为某一数值来实现投氯的自动化。图 3 的系统控制流程图即是基于此原理。

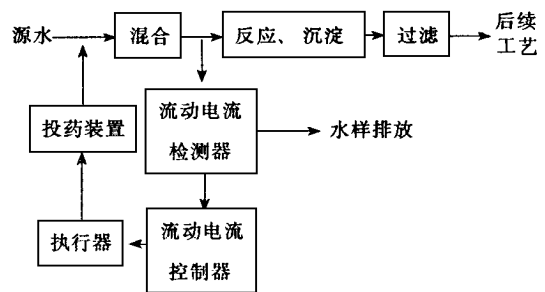


图 2 经典的流动电流混凝投药系统控制流程图

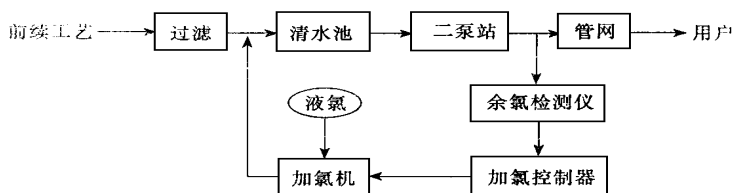


图 3 液氯投加控制系统流程图

应该说此种投加控制方法在现行水厂中已很是很先进和实用的了。但无论从理论还是在实践上，还是融入人为经验因素在其中。即出厂余氯的大小是人为确定。事实上，该数值的大小应根据管网末稍最不利点的余氯值来确定的，因此，从整体控制的结果看，现行水厂的投氯系统也是需要进一步完善的。

3 串级调节的应用

前已述及，现行的混凝投药和加氯消毒控制系统都需要进一步的补充和完善，如把串级调节引进到这两个环节中，将会大大改善系统的调节特性，自控性能更加优越。

3.1 混凝投药串级控制系统

混凝投药系统的控制目标值一般为滤前水浊度，经典的流动电流混凝投药控制系统的控制给定值为水中胶体的流动电流数值，因此，用滤前水浊度修正控制经典系统的给定值，将会得到一个新的双环控制系统，系统流程图见图 4。

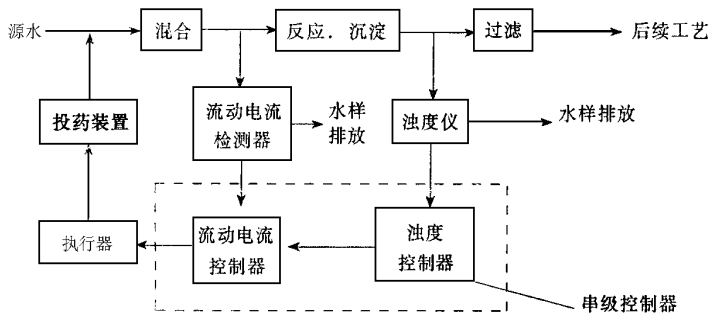


图 4 改进后的流动电流混凝投药控制系统流程图

从图 4 的流程中可以看出，这是一个典型的串级控制系统，该系统的主回路为浊度控制回路，副回路为流动电流控制回路，其在原有系统的基础上增加了一个控制器（浊度控制器）和传感器（连续浊度仪）。

经典的系统经过上述的串级后，其调控性能将会大为改观。

首先，控制系统的自控性能大大改善。原有经典系统的给定值是人工经验确定值，是依靠人进行调整的。而经过串级后，该给定值由浊度控制器的输出控制，从而实现了其连续自动的调整，使得控制系统的自控性能有了一个新的飞跃。

其次，控制系统的准确性大大提高。由于串级后经典系统给定值实现了连续，调整，避免了人工经验调整所产生的人为误差，使经典系统的给定值更加接近最佳值，也就使得系统所控制的投药量更加接近最佳值投药量，能够准确及时地控制投药，最大限度地节省药耗。

再有，控制系统的可靠性也大大增加。系统控制的目标值为滤前水的浊度值，经串级后，将该参数直接引入系统控制中参与控制，从理论上根本解决了经典系统由于人工经验调整的误差而产生系统目标值的偏离，使得串级后的控制系统的滤前水浊度值更加接近所要求的数值，波动范围更小、可靠性更大。

因此，可以说，串级后的控制系统是原有系统的一个突破。

值得注意的是，该系统与浊度单回路控制系统有显著的不同。浊度单回路控制系统因纯滞后时间太大而早已不为混凝投药控制所单独采用，但上述串级回路中，浊度控制器输出调节的是流动电流控制回路的设定值，该设定值是一个变化微小的渐变变量，浊度回路只是对该设定值起到一个微调的作用。整个控制系统的控制性能、灵敏特性是浊度单回路控制系统所无法比拟的，其已在生产实际中得到验证^[3]。

3.2 加氯消毒串级控制系统

如同混凝投药系统的改进方法，将管网中最不利点（一般是管网末梢）的余氯值作为串级调节出厂水余氯的依据，构成如图5的串级加氯消毒系统。

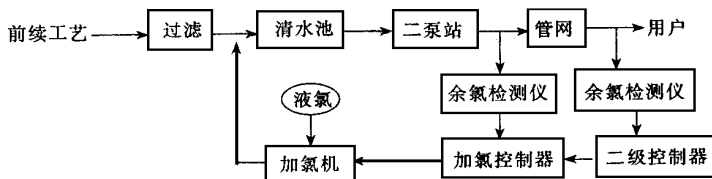


图5 改进后的液氯投加控制系统流程图

改进后的控制系统，亦将具有与上述混凝投药串级控制系统相似的优点，这里就不再赘述了。

需要指出的是，理论上所给出的投氯串级控制系统，在实际应用中需考虑其工程实施的可行性。例如，在现行供水实际中，有可能管网末梢距离水厂出口很远，需要中间加氯站的二次投氯。这时串级控制的最不利点的选取应选在投氯站和水厂出口之间，而投氯站以后的加氯控制也应视其情况确定是否继续采用串级控制。如果最不利点距投氯站很远，滞后时间很大，则应再采用一次串级调节，否则用单回路控制即可。

因此，本文给出的这种理论模式在应用时应具体问题具体分析。

4 结语

本文的理论研究表明，混凝投药和加氯消毒两个环节应用串级调节后，其控制性能发生了根本改变。作为自动控制理论中的一项较为成型的技术理论，串级调节在水厂自控中势必具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 崔福义, 李圭白. 流动电流法混凝控制技术. 中国给水排水, 1991 (6): 16~18
- 2 杨万东. 流动电流法混凝投药控制应用技术的研: [博士论文]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学图书馆, 1995
- 3 杨万东等. 流动电流串级调节投药控制技术的生产性试验. 中国给水排水, 1996 (5): 14~16

Research on Application of Cascade Regulating Method in Water Plant Automatic Control

Yang Wandong Shi Ying Lu Hongde Cui Fuyi

Abstract Cascade regulating in the theory of automatic control is introduced in this paper, and how to use it in the water plant automatic control is also discussed. Then, two examples - coagulant dosage control and chlorine dosage control are given which could perform better than ever after using cascade regulating method.

Key words automatic control; cascade regulating; coagulant dosage; chlorination dosage; feed water treatment