

# 包钢总排水自动控制投药系统

南 军<sup>1</sup>, 刘前军<sup>1</sup>, 张 侠<sup>2</sup>, 李圭白<sup>1</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 西安财经学院 投资管理系, 陕西 西安 710061)

**摘 要:** 在包钢总排水综合治理工程自动投药系统项目中, 遵循低成本、自动化的原则, 采用了常规自动化系统 + 先进控制的方式, 把传统的数字信号和模拟信号混合系统变成了全数字信号控制系统, 增强了现场级信息集成能力, 降低了系统及工程成本。同时根据不同工艺条件设计了多种控制方案, 组合成絮凝投药智能复合控制系统, 在水质保证及节约药剂两方面收到明显效果。

**关键词:** 絮凝投药控制; 数字通讯; 污水处理; 模糊控制; 低成本自动化

**中图分类号:** TU992.4 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000 - 4602(2004)06 - 0080 - 03

包钢总排水污水处理工程系第四批日本协力基金贷款建设项目, 总投资为 1.6 亿元, 占地约  $6.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 于 2001 年 9 月开工建设, 2002 年 12 月完工, 经过六个多月的试运行, 达到  $6000 \text{ m}^3/\text{h}$  的设计能力。工程由转换间、提升泵站、油水分离间、预沉池、沉淀池、过滤间、综合泵房、浓缩池、工艺管道、机械电气设备等组成, 本项目主要负责包钢总排水综合治理工程污水处理单元药剂投加控制部分的系统设计、安装及调试工作。

## 1 投药控制系统方案设计

包钢总排复合投药控制系统见图 1。

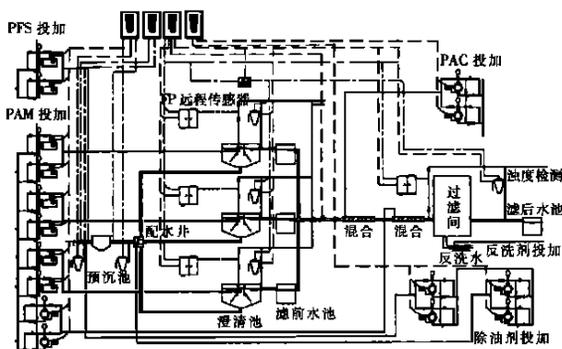


图 1 包钢总排复合投药控制系统示意图

根据药剂种类的不同, 将整个自动控制投药系

统分为聚合硫酸铁 (PFS)、聚丙烯酰胺 (PAM)、聚合氯化铝 (PAC) 及除油反洗剂 (除油剂、油垢清洗剂按常规流量比例控制投量) 4 部分。

### 1.1 PFS 自动投药系统

PFS 的投加点在预沉池进水管上, 以预沉池出水浊度为投药控制目标。原水的浊度及流量对絮凝剂的投量影响较大 (呈非线性), 因此系统采用了模糊—积分混合控制方案 (见图 2)。此类控制方法的最大特点就是具有学习、推理功能。

其具体工作过程如下:

模糊控制器选用 4 维输入、单维输出的结构模式。以原水流量及浊度检测值、浊度偏差  $e$  (取一段时间内预沉池出水浊度的平均滤波值与浊度设定值之差) 和浊度偏差的变化率  $e'$  (取相同时间内浊度偏差变化的微分值, 代表系统输出的实际特性与预期特性之间差异) 作为输入值, 加药量的变化量  $u$  作为输出控制变量; 在模糊控制器内部根据试运行期间人工手动投药的历史数据, 建立起模糊化的原水流量及浊度检测值、浊度偏差  $E$  和絮凝剂投加量之间的关系数据库, 形成模糊控制规则; 根据模糊控制规则进行模糊控制推理作出模糊逻辑决策, 然后在输出作用的论域上找到相应的模糊变化量进行解模糊化处理, 并将输出论域映射成确定的控制变

化量  $U_F$  作为模糊控制器的最终控制输出值。

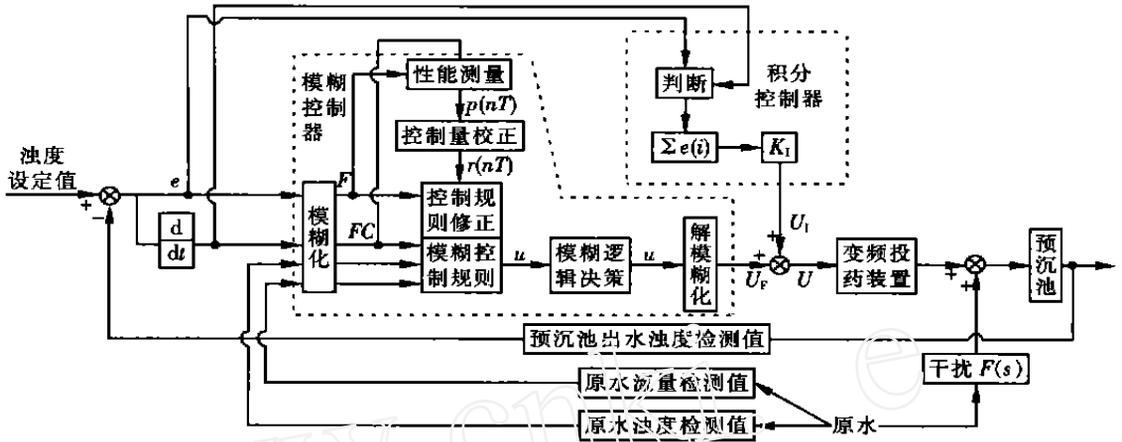


图2 PFS 智能投药控制系统示意图

根据模糊化的浊度偏差  $E$  和偏差变化率  $EC$ ，性能测量功能块给出校正量  $P(nT)$ ，控制量校正功能块根据校正量  $P(nT)$  计算出控制量变化  $u$  的校正量  $r(nT)$ ，而控制规则修正功能块则根据模糊化的浊度偏差  $E$  和校正量  $r(nT)$  值修改模糊控制规则，实现对控制量  $u$  的校正。

为了提高精度，减少稳态误差，将模糊控制器的输出控制量  $U_F$  和一个常规积分控制器输出  $U_I$  相叠加作为系统总输出（即  $U = U_I + U_F$ ）。积分控制器采用常规的积分算法，其控制输出  $U_I$  的变化量与浊度偏差  $e$  随时间的积分成比例[即  $U_I = K_I \int e(i) dt$ ， $i$  为系统采样序号， $K_I$  为积分常数]。浊度偏差  $e$  和偏差变化率  $ec$  的乘积描述了系统动态过程的误差变化趋势，系统利用对特征信息  $e \cdot ec$  的在线识别判断积分作用的切换，该积分作用模拟了有经验操作人员的控制策略，克服了常规积分作用的缺点，具有非线性积分的特点。

### 1.2 PAM 自动投药系统

该系统共分 4 组（每组 2 台泵，1 用 1 备），每组负责一个投加点。其中 1~3 组采用相同的控制方案，以澄清池出水浊度为投药控制目标负责澄清池处的 PAM 投加，第 4 组负责过滤间处的 PAM 投加（见图 3）。系统采用了前馈—串级反馈复合控制结构。前馈部分流量控制器的输出与原水流量检测值的变化成正比，反馈部分将澄清池出水浊度作为系统的最终控制目标，用 FP 检测值（选用北京单因子公司和哈尔滨工业大学共同开发的 FP-30S 型絮凝粒子检测仪）作为中间控制参数，以缩短投药滞后

时间，增强系统的动态响应速度。将两个控制器串联连接，即浊度控制器根据浊度设定值和澄清池出水浊度检测值的差值进行比例积分，运算结果作为 FP 控制器的设定输入值，而 FP 控制器比例积分运算的输出值与前馈部分流量控制器的输出值相乘，其结果可用来操纵变频投药装置动作以调整投药量。

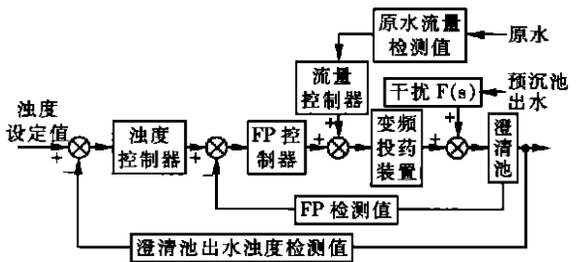


图3 PAM 投药控制系统示意图

### 1.3 PAC 自动投药系统

主要用于过滤间投药控制，包括 PAC 的投加和 PAM 的投加（见图 4）。

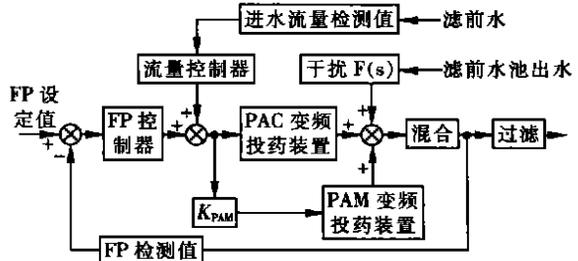


图4 PAC 投药控制系统示意图

如图 4 所示，系统采用前馈—反馈复合控制结构。与前述 PAM 自动投药系统不同的是反馈部分

将与滤前水微絮凝程度相关的 FP 检测值作为最终控制目标,FP 控制器的设定值由人工根据运行经验设定。PAM 与 PAC 的变频投药装置投药量成正比,其比例系数  $K_{PAM}$  为常数。

## 2 低成本全数字化投药系统设计

遵循降低成本、增强灵活性和诊断功能以提高可维护性、缩短程序开发时间和降低其费用的原则,将系统分为三层网络结构(只实现投药操作站设备层和控制层的功能):

**设备层。**选用具有极高性价比的西门子 S7-200 系列 PLC(CPU226),该机集成了 2 个由用户自己定义协议的自由通讯口,可连接任何具有串行接口的外设。将 1、2、3、4 号 PLC 的通讯口 0 与投药现场的 6 台浊度仪(包括 2 台 HACH 公司 SS6 型和 4 台 1720D 型在线浊度仪,其中 1720D 型浊度仪具有联网通讯功能,由一台 Aquatrend 多道显示器界面可控制 4 个独立的传感器)、4 台 FP 控制器、16 台西门子 MM420 变频器以及 2 台电磁流量计相连,分别通过 ASCII、SRFP、USS 及 HART 通讯协议实现数据的联网存取。4 台 PLC 分别对应 PFS、PAM、PAC 和除油反洗剂自动投药系统,通过增加 EM277 扩展模块连接到控制层的 PROFIBUS-DP(现场总线)网络,为实现资源共享,将其通讯端口 1 联网,采用西门子专为 S7-200 开发的 PPI 通讯协议进行数据信号的传递。

**控制层。**在线控制柜选用 4 台西门子 TP170A 触摸屏与 S7-200 PLC 通讯,实现对设备的在线监视与控制。鉴于水厂的管理层采用以太网通讯,各操作站必须与主系统统一,因此在投药操作站安装了西门子 WinAC 产品,它将自动化控制和人机界面集成在一个 PC 平台上,在进行投药系统智能控制及闭环控制的同时,完成可视化、统计、存

档、报表生成等进一步的数据处理功能,并作为 OPC(OPC 标准是一个新的工业过程控制软件接口标准,定义了应用 Microsoft 操作系统在基于 PC 的客户机之间交换自动化实时数据的方法)服务器,提供从控制层 PROFIBUS-DP 网络到管理层以太网的网关服务。水厂总调度室根据需要可以配备相应的计算机连入以太网,安装带 OPC 客户程序的组态软件,就可以对投药操作站进行远程监控。

## 3 结语

采用的总线连接方式替代了一对一的 I/O 连线方式,不但省去了大量的电缆、I/O 模块及电缆敷设工程费用,而且减少了由接线点造成的不可靠因素。同时,系统具有对现场级设备的在线故障诊断、报警、记录功能,可完成现场设备的远程参数设定、修改等参数化工作,也增强了系统的可维护性。投药控制技术对应不同的工艺条件设计了多种方案,投入运行后使药耗和出水合格率都得到不同程度的改善。

## 参考文献:

- [1] Tohr O. Controls, computers and communications: fusion in instrumentations, control and automation of water and wastewater systems in Japan [J]. Water Science Technology, 1998, 37(12): 15-19.
- [2] 南军,李圭白.透光率脉动混凝投药自控系统设定值影响因素研究[J].哈尔滨建筑大学学报,1999,32(6): 19-23.
- [3] 南军,杨基春,王勇,等.攀枝花密地水厂混凝投药自动化改造[J].中国给水排水,2003,19(1): 59-61.

电话:(0451)86282298

E-mail: nanjun@etang.com

收稿日期:2004-02-16

## ·工程信息·

### 江苏省泗阳县第二自来水厂工程

该工程一期处理规模:  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (二期处理规模:  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ),处理工艺:折板反应池 平流沉淀池 V 型滤池 消毒,投资额:1.035 亿元。可行性研究报告编制单位:同济大学建筑设计院,建设单位:江苏省发展计划局。目前该工程正进行初步设计。

(宿迁市环境科学研究所 蒋克彬 供稿)