水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

水厂水平衡控制系统

上海闸北水厂　龚建英

摘　要　介绍闸北水厂利用维持进出水量平衡的原理，采取水量跟踪、水位调节的具体实施方案，实现水厂水库水位的恒定控制。

关键词：水平衡　进出水量平衡　水量跟踪　水位调节

随着自动化技术的不断发展，自动控制技术在各个领域得到了越来越广泛的应用，其中用于水厂水库水位恒定的控制便是近年来国内外给水技术人员一直探讨研究的课题之一。水厂制水系统中水库水位恒定是一个非常缓慢的过程，不适合用传统的 PID 调节来控制，所以长期以来一直成为水厂自动化控制领域的一个难点。本文通过水平衡控制系统的研究，并结合在上海闸北水厂的应用实践，提出利用水量跟踪、水位调节的实施方案，来成功解决水厂水库水位的恒定控制，为提高自来水行业在自动化控制领域的应用水平提供有效的参考和借鉴。

1　自来水厂制水工艺流程

取原水，经过加矾加氯，进入沉淀池，在沉淀池中反应沉淀，再进入滤池过滤，最后到清水库，由二级泵房将水送至千家万户。

2　水平衡控制系统研究

2.1　水量平衡控制目的

本系统保证水库水位能够稳定在一个适当的范围，既防止水位过高溢出造成水量损失，又防止水位过低造成清水无法通过二级泵房送至千家万户。

水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

2.2 水平衡控制需求

维持水平衡的关键是能适当地调节进水阀门的开启度，以维持在进厂水的流量、清水库的水位、出厂水的流量上建立一定的动态平衡关系。因此要求下位机不仅要得到进水流量的信号，还要能得到清水池的水位信号、二级泵房的开泵台数和出厂水的流量信号。根据这些信号，按照控制方法的数学运算，从而得到阀门开启度的输出参数。

2.3 水平衡控制原理

由于制水系统进水量对于出水量的跟踪是一个缓慢的过程，滞后现象比较严重，不适合用传统的 PID 调节来控制，因此采用总体上水量跟踪、局部上水位调节等方法来控制整个制水系统进出水量的平衡。所谓水量跟踪，就是制水系统的进水水量、出水水量、系统损失水量的跟踪。即利用维持进出水量平衡的原理；$Q_{进} = Q_{出}(1 + k_1 + k_2)$，其中考虑系统损失水量基本恒定，式中 k_2 系数看作是定值；式中 k_1 为可调节系数，可以根据清水库水位的变化而变化。所谓水位调节就是根据实际水位与理想工作水位的差值，结合清水库容积大小，换算成水量差值，通过调节系数 k_1 的变化在一定时间内实现补充水量或减少水量。

2.4 水平衡控制策略

针对以上所述，采用以下两种控制策略达到制水系统水位平衡这一目的。

① 在出水量不变的情况下

根据可编程控制器采集的实际清水库水位与理想工作水位作比较，得出水位偏差，换算成水量偏差，由水量偏差计算出 AO(模拟量输出) 模块输出量，通过模块 DA(数模)转换，输出 4～20mA 的电流，直接控制进水调流阀的开度。

② 在出水流量突变的情况下

当二级泵房增开一台泵或关闭一台泵时，出水流量发生突变，根据水量跟踪原理：$Q_{进} - Q_{出}(1 + k_1 + k_2) = \Delta Q$，以每分钟 20% ΔQ 计算出 AO 模块输出量，通过模块 DA 转换，输出 4～20mA 的电流，控制进水调流阀开度。

3 系统组成

3.1 硬件配置

① 下位机配置

闸北水厂水平衡控制系统下位机配置如表 1 所示。

表 1 下位机配置

电	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
源	CPU	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AI	AO	DI		

系统采用 AB 公司的 SLC5/04 增强型可编程控制器，共配置了 1 个 13 槽机架，所使用的 IO 卡件包括 AI、AO、DI，其中模拟量输入采用 1746－NI4 模块，共 8 块，用于采集水库水位、阀门反馈开度等 4～20mA 标准信号，模拟量输出采用 1746－NO4I 模块，共 1 块，用于控制阀门开度，开关量输入则采用 DC 24V 的 1746－IB16 模块，共 1 块，用于接流量脉冲等。

② 上位机配置

上位机配置了 2 台普通的 PC 机（DELL OPTIPLEX Gxi），一备一用，为了尽可能降低 DH＋工控网络的负载，又能保证操作工人的方便，系统采用了一机四屏的方法，即一台主机上插上一块一机四屏卡，就可以接四个显示器，同时显示四个画面。另一 PC 机上插了一块 1784－KT 卡，与可编程控制器组网，并以 DH＋协议与可编程控制器交换信息。

3.2 软件配置

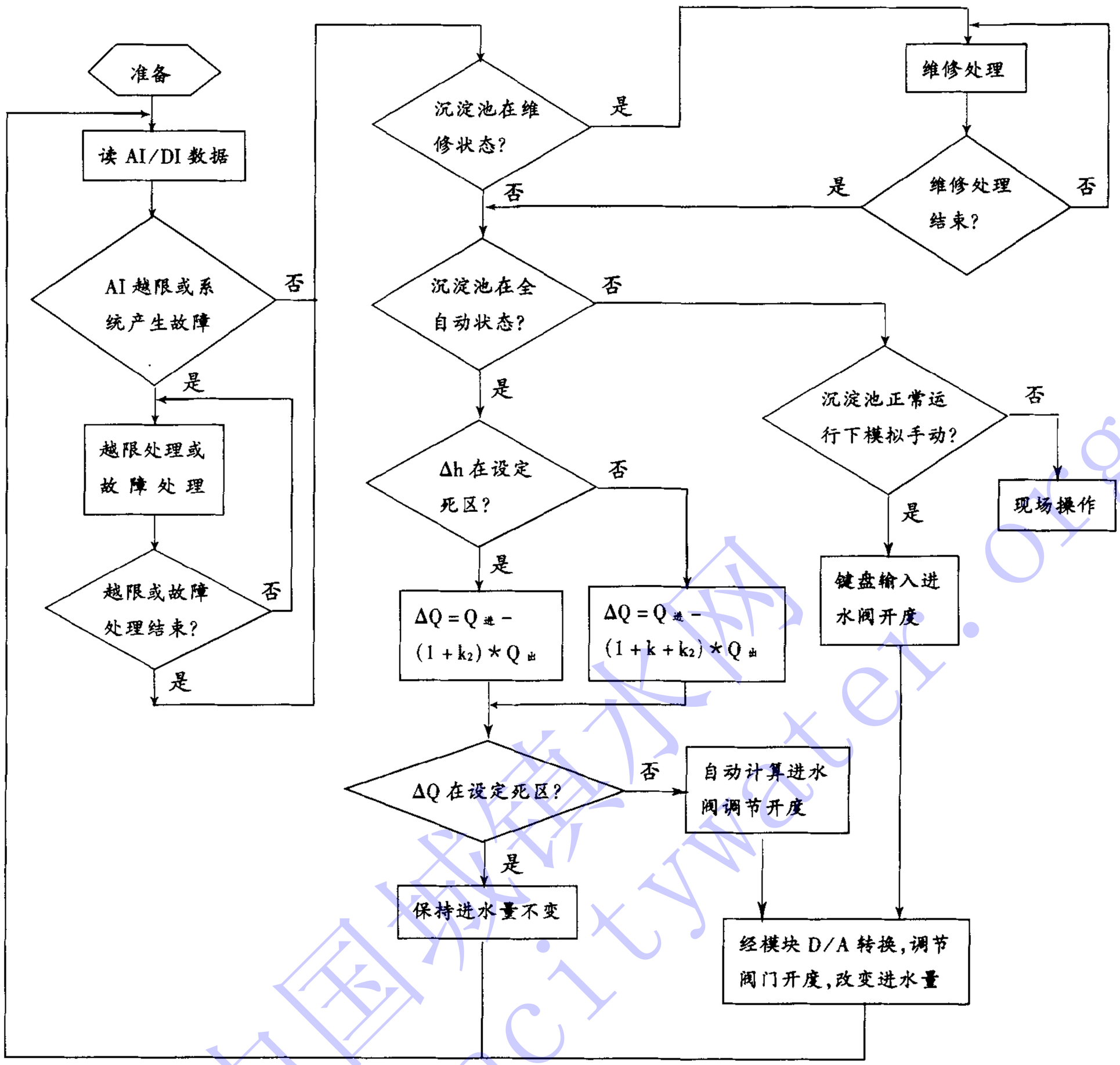
系统上位机操作平台为 Windows NT 4.0，工控支撑软件为美国 WONDERWARE 公司的 INTOUCH 6.0 组态软件。可编程控制软件采用 Rslogix500。上位机与 SLC 之间通过 DH＋网相连、NETDDE 发生数据交换。

3.3 水平衡控制流程(见图 1)

4 系统功能

4.1 出于安全生产的考虑，系统设立了三级控制层：现场手动、自动运行、上位机键控（模拟手动），其中上位机键控又分成系统正常运行下的模拟手动和系统在维修状况下的模拟手动。

现场手动优先级最高，即在现场手动情况下，SLC 退出对设备的控制，但继续保持对设备运行状态的监测、数据采集以及故障报警等工作。操作人员将通过转换开关的控制，进一步确定在设备现场或 MCC 柜上对设备进行操作。所谓自动运行就是设备的运行全取决于 SLC 的输出控制，SLC 根据现场的实时工况以及事先设定的工艺参数自动对设备的运行作出控制和对被控设备的故障保护。所谓上位机键控就是在上位机人机操



注:Δh 为水库水位差　ΔQ 为流量偏差　k_1,k_2 文中提到的系数

图 1　水平衡控制程序流程图

作界面上通过鼠标点动控制单台设备的运行或组合操作模式下对设备组的一步化控制。其中维修是指设备出现故障进行维修时，可以通过鼠标点动实现调试。

4.2　出于对操作工人的方便考虑，系统采用一机四屏，主画面为水平衡控制图，所有重要的、直接参与控制的参数均以非常直观的方式表达出来，并带有进出口压力比较图、水库水位比较图、进出水流量比较图；三幅次画面为污水泵与回流泵控制图、水质趋势图、以表格形式表现出来的主参数表。

4.3　系统重要参数每隔 15min 作为历史数据保存一次，历史值既可以以曲线方式查询，又可以通过报表查询。

4.4　所有故障都以事件方式记录在文本文件中，并及时报警提示，作出处理。

4.5　操作人员必须登录，并将重要操作记录在案。

5　结束语

本文提出的水平衡控制系统，在上海闸北水厂实际制水生产过程中运行情况较好，系统从 1997 年运行到现在一直很稳定，控制性能良好，系统也确实将操作工人从繁琐的劳动中解脱了出来，减轻了劳动强度，提高了劳动生产率，同时又确保了水厂安全、优质、高效供水，当然，由于各个水厂生产情况不同，工艺复杂程序各异，控制性能要求也不一样，本文所提出的水平衡控制系统在具体应用过程中，还应根据具体情况作进一步地完善和改进。★