

双容水箱串级控制系统分析与设计

吕维良 李 征

(天津理工大学中环信息学院自动化工程系 天津 300380)

摘 要:在当今的工业生产中,串级控制一直是一个重要的课题,随着科学与技术不断地发展和进步,工业现场对串级控制的稳定性、精确度和动态过程要求愈来愈高。设计了一种依托于 A3000 型过程控制实验系统的串级控制方案,以 S7-200 PLC 为控制器,液位信号经液位变送器送至 PLC,采用 PID 算法对数据进行处理,之后输出至电动调节阀来实现对液位的控制。采用组态王作为上位机组态软件,构建了对双容水箱液位进行实时监控的组态画面。实现对双容水箱系统进行实时、精确地监控,调节时间、稳态误差等指标均满足控制要求。

关键词:串级控制;组态王;S7-200 PLC;双容水箱;PID

中图分类号: TN081 TP273 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.8040

Analysis and design of double-capacity water tank cascade control system

Lv WeiLiang Li Zheng

(Department of Automation, Zhonghuan Information College, TianJin University of Technology, Tianjin 300380, China)

Abstract: Nowadays, in the industrial production, the cascade control is an important issue. With the development of science and technology, the stability and dynamic process requirements of the industrial field to the cascade control are also higher and higher. A scheme of cascade control system based on A3000 process control experimental system was proposed, which uses PLC as the controller. Liquid level signal was sent to PLC by liquid level transmitter, using PID algorithm to process the data and then output to the electric control valve to achieve the liquid level control. Taking the Kingview as upper unit configuration software, the experiment constructed a configuration screen for real-time monitoring of dual-tank. The scheme can achieve high accuracy of control and real-time status. The adjustment time and steady-state error meet the control requirements.

Keywords: cascade control; Kingview; S7-200 PLC; double-capacity water tank; PID

0 引 言

科技的突飞猛进,使得工业化在生产领域以及生活领域中得到了迅猛发展。串级控制系统以其稳定性、准确性和快速性等优点受到了人们的青睐,因此,其发展一直是工业技术革新的重要组成部分^[1]。

本课题的研究目的是设计组态王监控界面,建立上位机与下位机、下位机与执行机构的通信连接,以液位作为工控参数,实现双容水箱的串级控制。串级控制研究主要是基于双容水箱 PID 单回路^[2-4]控制的局限性而提出的。改进后的串级控制系统,能够实现高精度的串级控制以及高实时性的过程状态显示。

双容水箱作为可以调节和控制液位的工具,规模一直

在不断地扩大,复杂程度也在不断地提升。就控制方法而言,双容水箱液位控制大致可分成两种类型:1)普通的 PID 单回路控制;2)串级控制。普通的单回路控制技术因其固有的局限性,已经很难使工业生产达到预期的效果,而串级控制技术的产生和运用,弥补了单回路控制技术中的诸多不足,因此串级控制方法在工业上有了长足发展。就控制核心而言,双容水箱液位控制^[5-7]大致可分成两种类型:1)利用通用计算机进行控制;2)利用可编程控制器(PLC)进行控制。前者是把通用计算机作为信号控制单元,完成对水箱的液位采集工作、运行状态的设定和功能设定,从而实现液位的自动调度等功能;而相比前者,后者则采用专用于工业环境中的可编程控制器来取代通用计算机,来实现液位控制中信号的采集与控制等工作。后者

更受人们的欢迎,因为使用第二种方法时,规模小、可靠性高,而且还比较经济,系统在受到外界干扰时也可以迅速克服干扰恢复平衡,不仅如此,其程序设计也很灵活。

1 系统控制原理

本课题所研究的双容水箱串级控制系统工作原理的核心是串级控制。串级控制系统往往拥有着复杂的双回路结构。

串级控制系统具有以下3个特点:

- 1) 抗扰能力强。副回路的存在,能迅速克服二次干扰;
- 2) 动态特性好。串级控制系统工作速度快,频率较高,这样振荡的周期就会被大大地减小,能够使系统拥有较好的动态规律,进而可以改善系统的过控效果;
- 3) 适应能力高。随动特性是一种迅速跟踪输入信号的特性,这种特性存在于副回路中,能够很好地跟踪负载与操作条件的变化,使得系统即使处在条件变化比较频繁的环境中,其输出值也可以很好地跟踪期望值。串级控制系统控制原理如图1所示。

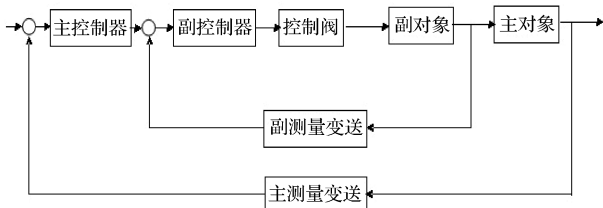


图1 串级控制系统原理

从图1可以看出,串级控制系统拥有相互嵌套的两个“环”——主环和副环,主环相当于恒值控制系统,副环相当于随动控制系统^[8]。

2 系统工艺流程与研究方案

A3000型过程控制系统是由水箱系统、调节阀系统、控制系统3部分组成^[9]。水箱系统分为上、中、下3个水箱,本方案拟将中水箱作为副被控对象,而下水箱作为主被控对象,系统工艺流程如图2所示。

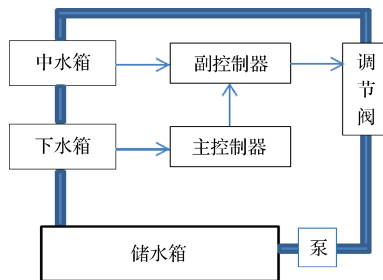


图2 工艺流程

本方案的设计是以A3000型过控系统为平台的,S7-200 PLC作为系统的控制器。

该系统的工艺流程分析:水介质由泵从储水箱中加压,经调节阀、中水箱到达下水箱,形成水循环,下水箱的实际液位由液位传感器测得,送至主控制器,主控制器将其与预定值相比较,得到偏差信号,传送至副控制器,副控制器的输出去调控执行器开度,最终控制下水箱液位至设定值。

双容水箱串级控制系统的研究方案如图3所示。

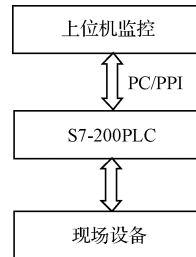


图3 系统结构

如图3可知,总体系统由上位机、PLC^[10-11]和现场设备构成,上位机使用的是Kingview6.55设计的监控画面,系统中压力变送器和流量计的输出信号是4~20 mA的直流电流信号,经过运算之后,经S7-200型PLC的扩展模块EM235输出电流信号可以去控制系统。

3 系统程序编写

双容水箱控制系统的程序编写采用STEP7 MicroWIN SP6编程软件,能完成编程、监控和参数设置等一系列功能。编程所需变量地址如表1所示。

表1 变量表

参数	内部地址	数显地址	数据类型
主控制器测量值	VD100	VD300	FLOAT
主控制器给定值	VD104	VD304	LONG
主控制器输出值	VD108		FLOAT
副控制器测量值	VD200	VD500	FLOAT
副控制器给定值	VD204	VD504	LONG
副控制器输出值	VD208	VD508	FLOAT
手/自动切换	VB190		BYTE
手动输入	VD318		FLOAT

由表1可以看出,除却个别数值之外,其他数值都对应着两个地址——内部地址与数显地址,都是PLC中的地址,但是功用不同,内部地址是用来实现工程数据运算使用的,这里面的数值是看不到的,而数显地址是用来显示某些工程数据的,这些地址中的数据会出现在上位机监控画面中,有的数显地址中的数据还能够供工程人员赋值和更改。

主对象的数据采集与工程量标准化程序与副对象的数据采集如图4所示。

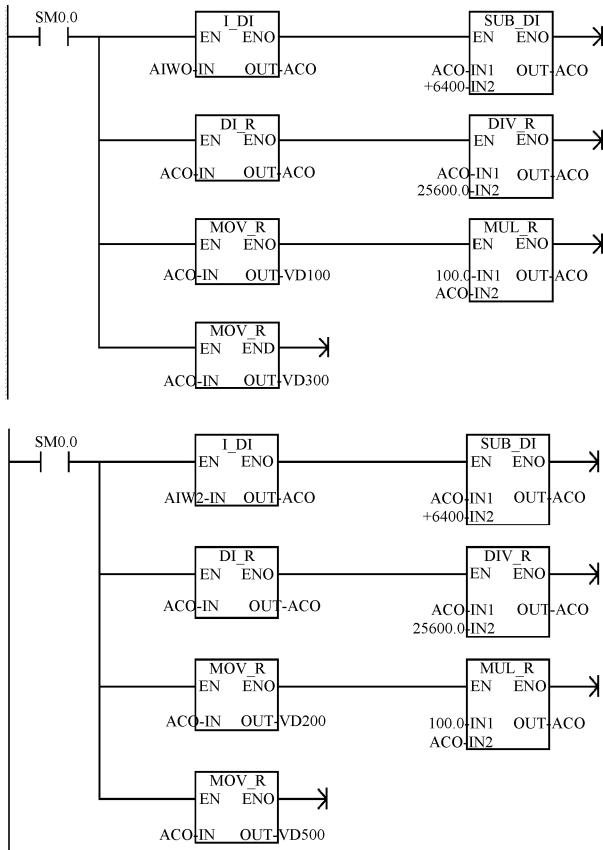


图4 数据采集

如图所示, AIW0 是下水箱液位测量值, 也就是主被控对象的反馈值, PLC 将这个值采集之后读入到 VD100 地址中, 同时将这个值送入数显地址 VD300。

相对应地, AIW2 是中水箱液位测量值, 也就是副被控对象的反馈值, PLC 将这个值采集之后读入到 VD200 地址中, 同时将这个值送入数显地址 VD500。

PID^[12-15] 控制器在使用之前都要对其所关联的一些运算地址进行赋值处理, 以便消除历史数据对系统运行的干扰, 同时设置系统新的工作参数, PID 初始化程序如图 5 所示。

如图 5 所示, VD112 是主控制器的比例系数地址, 所给定的值是 20, VD120 是主控制器的积分时间地址, 所给定的数值是 5 000, VD124 是主控制器的微分时间地址, 所给定的值是 0。

可以推断, VD212 是副控制器的比例系数地址, 所给定的值是 20, VD220 是副控制器的积分时间地址, 所给定的数值是 5 000, VD224 是副控制器的微分时间地址, 所给定的值是 0。

当系统手/自动模式判定地址 VB190 中的数值为 0 时, 系统切入的是自动模式, 在这个模式下, PLC 中的 PID 模块将会投入工作, 此时需要一个中断程序来对 PID 模块的工作方式进行配置, 即启动 PLC 中的 PID 功能块, 同时还需要将数显地址中的工作参数送至 PLC 中 PID 运算地

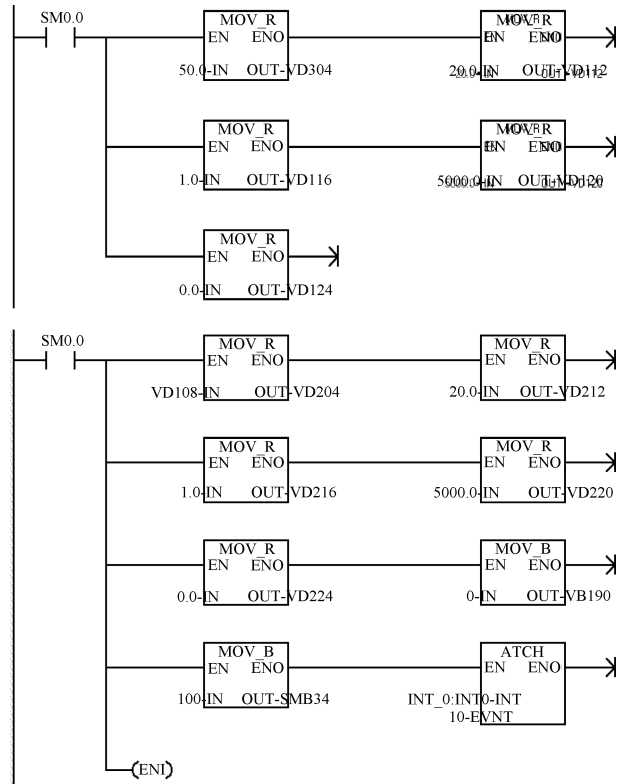


图5 PID初始化

址中以供控制器运算使用, 本课题所编写的串级控制系统 PLC 中断程序如图 6 所示。

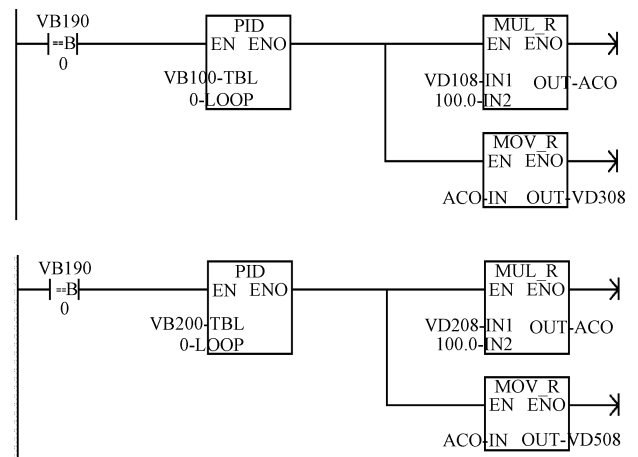


图6 中断程序

当 VB190 中的值为 0 时, 系统处于自动模式, PLC 将执行相应程序, 相对地, 当 VB190 中的值为 1 时, 系统将处于手动模式, 如图 7 所示。

4 监控系统运行分析

本方案中的主副被控对象(下、中水箱)都安装有液位测量变送器。主控制器设定值与主液位反馈信号处理运算后的输出值会作为副控制器的设定值与副液位反馈信

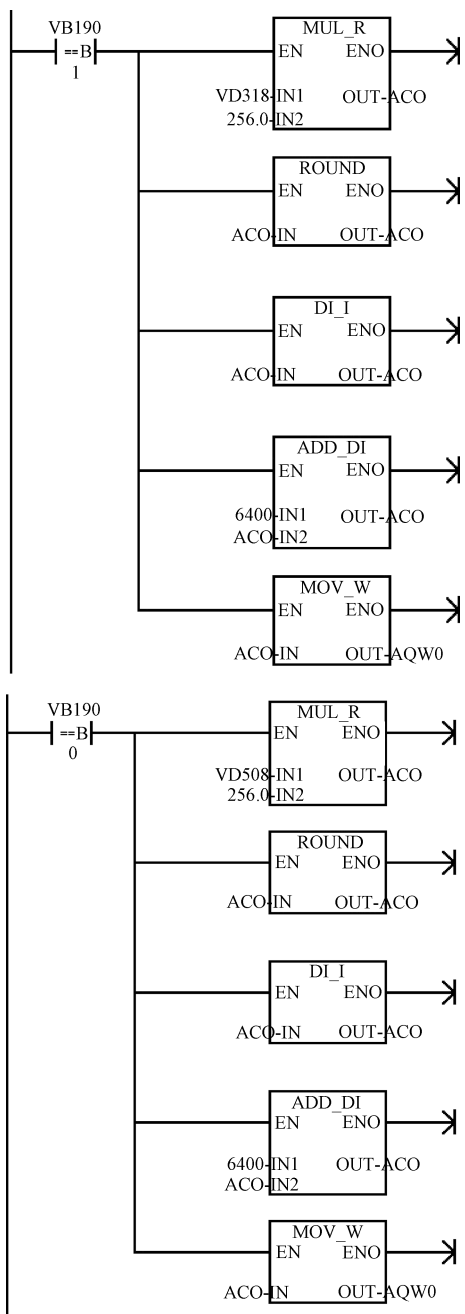


图7 手/自动切换

号进行比较,处理运算后的控制信号控制电动调节阀动作。

基于本方案的双容水箱串级控制系统有两种模式——手动模式和自动模式。系统运行时,需在上位机监控画面中键入设定值,作为系统控制目标。当运行手动模式时,通过手动方式在上位机监控画面给电动调节阀输入开度数值来间接控制被控水箱中的实际液位,实现双容水箱手动控制。当运行自动模式时,PLC中的PID控制功能块投入工作,经过运算输出控制信号,调节电动调节阀开度,实现双容水箱液位自动控制。

本方案所设计的双容水箱串级控制系统上位机监控

画面设有手/自动切换、PID控制、工程状态监控等功能。系统运行时上位机控制界面如图8所示。

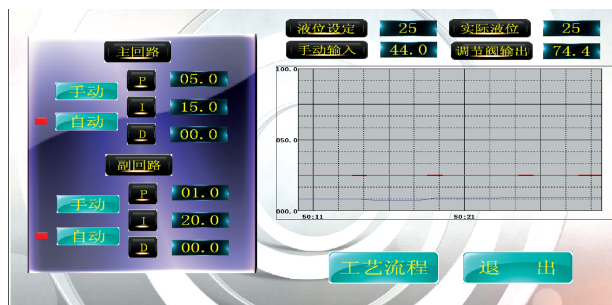


图8 控制界面

图8为上位机监控界面,画面左侧是系统控制面板,拥有两个功能:1)进行系统的手/自动模式切换;2)在自动模式下设置系统内两个PID功能块的参数。画面右侧为系统状态栏、历史趋势栏。系统状态栏中,点击“液位设定”按钮可以对下水箱液位设定值进行更改;“实际液位”对应下水箱的实际液位值;当系统在手动模式运行时,“手动输入”可以对系统调节阀的开度进行更改。历史趋势栏中的曲线图能够对系统运行状态进行显示,曲线图中,实曲线显示SP值,即设定值;虚曲线1显示PV值,即下水箱的液位值;虚曲线2显示副对象PV值,即副对象——中水箱的液位测量值。

图8中,系统为自动模式,对主、副控制功能块的PID参数进行整定,最终得到相对满意的控制参数,主控制功能块比例系数、积分时间、微分时间分别是5、15、0,副控制功能块比例系数、积分时间、微分时间值分别是1、20、0,调节阀输出是74.4,液位设定值是25,下水箱实际液位是25,由下水箱的实时曲线可以看出下水箱液位最终达到设定值,没有超调,波动小,调节的精确度高,调节时间、稳态误差等性能指标均能满足控制要求。液位串级控制在结构上比单回路多了一个回路,副回路的存在不仅改善了系统的动态特性,增强了系统的快速性并且增强了系统的自适应性,控制方案较优。

5 结论

由上文可知,系统具有两个运行模式,系统先工作在手动模式,再切换到自动模式,这样对系统运行的安全性与稳定性都具有重要意义,系统的自动模式是需要关注的主要方面。系统运行在自动模式时,当下水箱受到扰动时,通过测量变送器的反馈,系统会检测到偏差信号的存在,两个串联的PID控制功能块通过信号处理发出控制命令去控制执行器的动作,实现减小偏差稳定系统的目的,由于串级控制系统存在着副回路,对进入的干扰有很强的抑制作用,等效副对象的时间常数很小,使得系统的反应速度非常迅速,这便是串级控制系统的优越性。

通过以液位为工控参量的双容水箱串级控制系统的

课题研究,对工程中串级控制系统的工作方式有了一些初步的了解。今后,将尝试把先进控制算法应用于水箱系统的控制过程,发挥实验设备的效用,实现理论与实践的结合。

参考文献

- [1] 张子才,龚争理,黄良沛,等. 锅炉汽包水位串级三冲量控制系统设计与应用[J]. 国外电子测量技术, 2011,30(4):43-46.
- [2] 张维,齐锴亮. 基于 LabVIEW 的单回路液位控制系统的分析与设计[J]. 国外电子测量技术, 2017,35(10): 50-53.
- [3] 潘永湘,杨延西,赵跃. 过程控制与自动化仪表[M]. 第二版. 北京:机械工业出版社, 2014.
- [4] 陈曦,丁跃浇,肖翀. 基于 PLC 和组态王的单容水箱液位定值控制实验[J]. 湖南理工学院学报, 2011, 24(1):76-78.
- [5] 胡开明,葛远香,傅志坚. 基于 PLC 与组态技术的液位控制系统的设计与实现[J]. 东华理工大学学报:自然科学版, 2012,35(3):297-300.
- [6] 赵丹丹,邹志云,于蒙,等. 基于 PLC 和变频器的液位控制系统设计与实现[J]. 计算机与应用化学, 2013, 30(8):895-898.
- [7] 孙欢欢,莫岳平,马瑞,等. 基于组态王的水箱液位 PID 控制设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2016(4): 102-106.
- [8] 吴兴纯,杨秀莲,赵金燕,等. 基于 FX2N 系列 PLC 的双容水箱液位控制系统的设计[J]. 电子设计工程, 2011, 19(14):60-63.
- [9] 蔡滨,吴禄慎. 基于 PLC 双闭环控制供水系统的研究[J]. 计算机与现代化, 2010, 11(2):124-126.
- [10] 周茂,魏彪,李正中. 基于 PLC 的水泥厂粉磨机控制系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(6):103-107.
- [11] 何程,宋晓梅,王亚茹. 基于 S7-200PLC 和 WinCC 的油源控制系统[J]. 电子测量技术, 2015,38(8):54-57.
- [12] WU Y, CHEN G Z, SHEN Y, et al. Long-term stabilization of the optical fiber phase control using dual PID[J]. Instrumentation, 2015, 2(4):40-46.
- [13] 徐娟,陈时桢,何烱剑,等. 基于模糊 PID 的平衡头自适应控制策略研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(6):895-901.
- [14] 贾森,王新华,龚华军,等. 基于模糊 PID 的直升机增稳控制系统设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015, 38(11):70-73.
- [15] 于志亮,刘杨,王岩,等. 基于改进 PI 模型的压电陶瓷迟滞特性补偿控制[J]. 仪器仪表学报, 2017, 38(1): 130-135.

作者简介

吕维良,1992 年出生,工学学士,主要研究方向为工业过程控制。

E-mail:851727373@qq.com

李征,1988 年出生,硕士研究生,讲师,主要研究方向为智能控制。

E-mail:mysterygod@163.com