

# PCC 在碱回收蒸发工段中的应用

## Application of PCC in Workshop of Alkali Reclaim Evaporation

王树东<sup>1,2</sup> 孟静静<sup>1,2</sup> 王红波<sup>1,2</sup> 毕作文<sup>1,2</sup> 路染妮<sup>1,2</sup>

(兰州理工大学电气与信息工程学院<sup>1</sup>,甘肃 兰州 730050; 甘肃省工业过程先进控制重点实验室<sup>2</sup>,甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 为有效回收黑液中的碱,达到减少污染以及提高环保和经济效益的目的,针对碱回收蒸发工段的特点和控制要求,设计了一种基于 PCC 的碱回收控制系统。该系统的各控制站对数据进行处理,并使用工控机对系统进行上位监控。详细介绍了系统的硬件结构和软件设计。实际运行结果证明,该方案的控制效果良好,能有效地稳定黑液浓度,减少蒸汽消耗,为碱回收监控的高效化提供了良好的基础。

**关键词:** 可编程控制器 工控机 监控系统 通信网络 可靠性

**中图分类号:** TP273 **文献标志码:** A

**Abstract:** In order to effectively reclaim the alkali in black liquid to reduce pollution and enhance environmental protection and economical benefits, in accordance with the features and control requirements of the workshop section of alkali reclaim evaporation, the control system based on B&R PCC for alkali reclaim has been designed. The data is processed in each control station of the system; and the system is monitored in high level using industrial PC. The hardware structure and software design are introduced in detail. The result of practical operation verifies that the control scheme receives excellent effects and effectively stabilizes the concentration of black liquid and decreases consumption of steam for providing good foundation of alkali reclaim efficiency.

**Keywords:** Programmable controller Industrial PC Monitoring and control system Communication network Reliability

## 0 引言

目前,碱法制浆是国内外造纸工业中普遍采用的制浆方法。碱回收技术不仅能有效回收黑液中的碱,使黑液达到国家排放标准,减少污染,而且可利用黑液燃烧的热量产生蒸汽,使之回用于造纸行业中的其他生产工序。该方法具有很好的环保和经济效益。碱回收蒸发工段运用集散控制系统模型提高系统运行可靠性,降低能耗和工人劳动强度,从而达到提高经济效益的目的。可编程计算机控制器 PCC (programmable computer controller) 已成为工业控制领域中增长速度最迅猛的工业控制设备之一,它能很好地解决工业控制领域普遍关心的可靠性、安全性、灵活性、方便性和经济性问题<sup>[1]</sup>。本文以兰州某县的碱回收蒸发工段为例,介绍了基于贝加莱 PCC 和以太网的碱回收自动控制系统的实现。

## 1 碱回收蒸发工段工艺流程

碱回收蒸发工段采用七体五效蒸发器,黑液蒸发过程的基本工艺流程可分为黑液流程、蒸汽流程和冷

凝水流程。黑液流程为逆流方式,从制浆车间来的稀黑液经稀黑液槽静置贮存,初步分离皂化物后泵入第 IV 效蒸发器预热,然后自流到第 V 效蒸发器,从第 V 效开始转为逆流流程,从 V 效、IV 效到 III 效,以此类推直到 I 效,以逐步提高黑液的浓度。蒸汽流程分为新鲜蒸汽流程和二次蒸汽流程。一般将使用新鲜蒸汽做热源的蒸发器叫做 I 效, I 效中蒸发黑液产生的二次蒸汽进入 II 效蒸发器做热源, II 效产生的二次蒸汽进入 III 效做热源,依次类推。最后一效产生的二次蒸汽进入冷凝系统。蒸汽流程通过蒸汽的高温来摄取黑液中的水分,提高黑液的浓度,并采用顺序方式,这样随着黑液浓度的提高,蒸发温度也相应提高,从而减缓黑液粘度的增加。冷凝水流程为各效蒸发器中产生的污冷凝水,利用各效气室之间的压力差,通过 U 型管或泛汽罐依次流入下一效,同时逐效回收冷凝水中的热量,从最后一效排出的各效污冷凝水进入污冷凝水收集系统,直接排放或处理后排放<sup>[2]</sup>。

根据蒸发工段的控制要求,出效浓黑液的浓度应该保持稳定。当受到干扰,黑液浓度偏离设定值时,如果蒸汽条件有限,可控制进效的稀黑液流量,从而调节出效的黑液浓度;否则可使用蒸汽的流量或压力来调节。

各效的热量传递及流动是依靠有效温度差加以推动的。所谓有效温度差是指进入蒸发器的饱和蒸汽温

修改稿收到日期:2010-05-17。

第一作者王树东,男,1965年生,1988年毕业于甘肃工业大学企工自动化专业,教授;主要从事计算机自动控制技术、智能检测技术的教学与应用方面的研究。

度与黑液沸腾温度之差。为了保证各效有足够的温度差,必须保证有稳定的总有效温度,而总有效温度取决于 I 效蒸发器的新鲜蒸汽压力和末效的二次蒸汽真空度。

对于冷凝水系统的控制,由于整个冷凝水系统是密封的,且允许冷凝水发生自蒸发,因此,对各效的冷凝水罐的液必须加以控制。

## 2 系统控制方案

### 2.1 控制方案

本蒸发工段的主要控制目标是稳定浓黑液的浓度并减少蒸汽的消耗量。影响浓黑液浓度的主要因素是进效稀黑液浓度和流量及蒸发设备各效的总有效差压。要稳定总有效差压,首先要稳定进第一效的新鲜蒸汽压力和出末效二次蒸汽的真空度,即稳定总差压。

碱回收自动控制系统的监控系统全部集中在厂调度中心。该系统主要具有以下特点:①各生产工艺段相对独立,单体设备多;②采集的数据量大,整个系统共有输入/输出数字量超过 100 路,输入/输出模拟量超过 100 路,且工艺参数种类多,包括流量、温度、差压、液位和电流等;③自来碱回收具有连续性、不可替代性和不间断性;④各工艺段距离远,设备分散,组网相对复杂。

本系统采用贝加莱 PP400 系列控制器实现对系统的控制。各 PCC 站采用 CPU 自带的以太网接口进行通信,实现各站间的通信以及与监控中心的数据交换。控制系统的通信网络是将上位机监控系统和下位机 PCC 控制系统联系起来的介质,通信网络的可靠性和快速性直接关系到整个系统的运行状况和控制功能,所以,网络的选择和建立对碱回收控制系统的正常高效运行相当关键。根据工艺特点和管理的需要,为满足全厂监控联网需求,系统采用了双层式控制网络<sup>[3]</sup>。

在系统结构中,第一层管理级网络为以太网,实现调度中心与工程师站之间的通信。调度中心采用 TCP/IP 协议,通过以太网访问工程师站,主要用于全厂范围控制系统的数据库和监控。第二层为 Profibus-DP 现场级网络。在这一级中,控制器通过高速串行线同分散的外设周期性地交换数据;中央控制器(主站)读取设备的输入信息并输出信息。现场控制站与智能 I/O 模块进行通信,对现场信号进行控制,并连接分散的从站。现场控制从站接入 Profibus-DP 总线,完成实时输入、输出数据的传送,并采用 PCC 处理温度、压力、液位和流量等模拟量信号以及电磁阀的反馈信号,输出温度、压力、液位和流量等控制信号。控制系统的网络结构如图 1 所示。

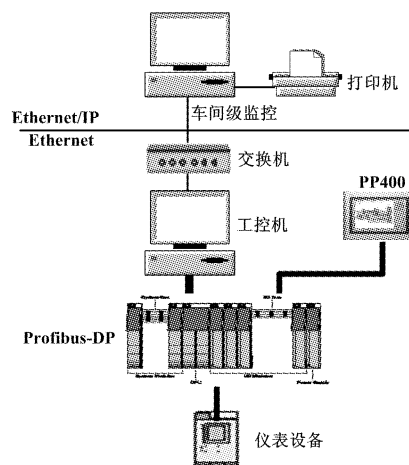


图 1 系统网络结构图

Fig. 1 Structure of the systematic network

所有控制画面及各种参数都可在相应的工程师站和操作员站显示,通过上位机与主控设备,实现对工业现场的实时监视和控制,并使整个控制系统的通信网络兼具 Profibus-DP 高速数据传送和 Ethernet 向企业管理层拓扑便利的优点。采用这样的网络结构,保证了信号传输的安全高速,在节约硬件和安装费用的同时充分利用局域网的资源,实现了对厂区范围内生产状况的实时监视<sup>[4]</sup>。

### 2.2 系统硬件设计

上位机硬件系统配置了两台研华工控机作为监控计算机。该工控机性能稳定、可靠,性价比高,安装有贝加莱 PCC 编程软件与组态王组态软件;采用 OPC 技术负责 PCC 和组态王软件的数据通信,主要实现对碱回收各工艺参数的检测与控制。

根据控制要求和造纸厂的工艺要求,系统下位机采用三台贝加莱 X20 高性能 X20CP1485 控制器,自带以太网和通信接口,处理频率达到 Celeron 400 MHz,任务执行时间达到 400  $\mu$ s;通过编制控制程序,对蒸发工段现场控制站 I/O 模块的温度、压力、液位和流量等数据进行采集和分析,并运算输出相应结果对电磁阀的启停进行控制;系统自带以太网接口,可实现与监控中心的数据通信;使用容易扩展的 X20 系列 I/O 单元采集远程设备数据信号,结构紧凑、功能齐全、性价比高、安装方便<sup>[5]</sup>。

由于本监控系统采集和控制点数非常多,为实现系统稳定、安全、高效的运行,系统以工业以太网链接为主干网,局部采用 RS-485 主从式链路的局域网形式。上位机通过 100 M Ethernet,采用 TCP/IP 协议进行信息传输,通过上位机和主控单元来实现对工业现场的实时监视和控制。通过实践表明,系统运行结果良好。

### 2.3 系统软件设计

碱回收控制系统能够实现对黑液浓度、黑液温度、蒸汽压差和黑液流量等参数的实时监控,这对提高碱回收控制系统的效率是非常重要的。因此,需要对其采用合理、高效的控制程序。

贝加莱 PCC 采用分时多任务操作系统,并辅以多样化的应用软件设计手段。由于分时多任务的运行机制,使得应用任务的循环周期与程序长短无关,而是转由设计人员根据工艺需要自由设定,从而将应用程序的扫描周期同真正外部的控制周期区别开来,满足了实时控制的要求;同时,这种控制周期可以在 CPU 运算能力允许的前提下,按照用户的实际要求而做相应的设定,这就使得 PCC 的应用程序可分为多个独立的任务模块。

在多个任务中,根据不同任务对实时性能的不同需求,设计人员可以通过指定不同的优先等级来确定循环周期,从而实现确定的分时多任务控制。系统软件使用 Automation Studio 编程语言,可以灵活地选择不同的编程语言,以支持常规 PLC 沿用的梯形图、指令表和功能图等编程语言,还可采用更为高效直观的高级语言,如 C 语言或者 Automation Basic。这样,软件开发人员毋需熟知 PCC 内部的硬件资源分布,而只须集中精力应对项目本身的工艺要求,即可迅速编制出结构清晰、功能明确的控制程序来。

本系统使用高级语言 C 进行编程,其运算时间短,且容易实现模块化编程,从而使控制更加快速和精确,以达到更好的控制目标。

### 3 控制系统上位机设计

上位机软件采用组态王贝加莱专用版 KingVIEW for B&R 1.0,是过程控制和现场监控开发的监控系统软件。在组态时充分利用其强大的上下位全集成功能,大大节约了开发时间并增强了系统的透明访问度。组态王可以通过 OPC 技术与贝加莱 PCC 进行通信,OPC 可以按照不同的归档算法和对数据进行分类存储,在数据库端完成数据的整合和发布,实现异构网络的互联<sup>[6]</sup>。首先设置好贝加莱 OPC 服务器相应的配置,接着在组态王的变量管理器中添加 OPC 驱动程序,选择好变量类型,此时就可以将已经存在的 OPC 变量添加到组态王中。

系统中的两台工控机互为冗余服务器,支持 TCP/IP 网络协议。在组态服务器时,系统会要求将两台服务器中的一台定为缺省主机,另一台为冗余伙伴服务。在缺省主机上创建工程项目,并对该项目进行组态,建

立与各 PCC 连接的驱动程序,在各个驱动程序下建立驱动连接和过程变量,归档变量记录和报警记录,以及创建过程画面等<sup>[7]</sup>。

在组态王监控画面中,可以实现自动控制调节中的手动/自动切换、给定值输入和 PID 参数输入等功能,使操作人员操作管理更方便。利用组态王软件可以完成监视器显示所需的现场设备监控画面,如系统状态图、硬件报警、参数记录、工艺报警、模拟量趋势、操作日志及报表输出等,并可直观、动态地显示出现场各部位重要参数的变化。

蒸发工段监控画面中黑液浓度实时曲线如图 2 所示。

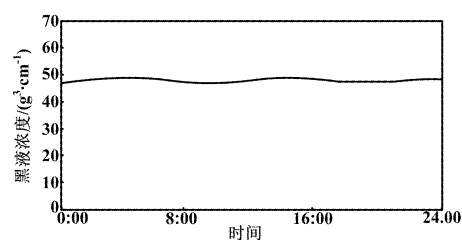


图 2 黑液浓度实时曲线

Fig. 2 Real-time curve of concentration of black liquid

### 4 结束语

控制系统集 PCC 技术、网络通信技术、传感器技术和数据管理于一体,操作灵活、方便,控制调节准确,且抗干扰能力强,控制精度高,传输数据及时可靠。同时,采用上位机进行组态控制使得控制系统的自动化水平有了更大提高,减少了劳动强度,提高了生产效率。系统对浓黑液浓度的精确控制,节省了资源,完全能够满足用户生产及工艺要求,目前已在某造纸厂碱回收蒸发工段调试成功并正式投入生产运行,获得了厂方好评。

#### 参考文献

- [1] 齐蓉,肖维荣. 可编程计算机控制器技术[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
- [2] 唐新德. 造纸黑液综合治理及利用技术的应用问题[J]. 环境工程,1995(2):10-13.
- [3] Siemens. Profibus technical description [M]. German Siemens, 1997.
- [4] 王常力,罗安. 分布式控制系统(DCS)设计与应用实例[M]. 北京:电子工业出版社,2004:17-25.
- [5] 曹丽婷,田景文,黄桂林. PLC 和组态软件在污水处理远程监控系统中的应用[J]. 机床与液压,2008,36(7):202-205.
- [6] 孙敏,张成刚,李成铁. OPC 技术在组态软件中的应用[J]. 制造业自动化,2004,26(2):74-78.
- [7] 王加伦. PCC 控制在炼油厂污水处理装置上的应用[J]. 石油化工高等学校学报:自然科学版,2005,18(1):66-69.