

文章编号: 2095-4980(2018)06-1093-06

纸张干燥自动控制系统设计与实现

栗 强, 杨存榜, 张 涛, 陈红素

(中国工程物理研究院 激光聚变研究中心, 四川 绵阳 621999)

摘 要: 造纸工艺中成纸的水分控制和吨纸能耗是 2 个重要的质量和成本控制指标。国内造纸厂抄纸车间长网多缸纸机一般多按传统的三段通汽方式进行纸页干燥, 在传统工艺和设计中, 由于工艺人员无法精确控制纸浆流量和烘缸内压差, 往往存在烘缸排水不畅、吨纸汽耗过高等现象, 从而导致产品质量和成本无法有效控制, 因此在产业升级换代过程中迫切需要进行相应的技术改造。通过开发集散控制系统(DCS), 设计出各类测量传感器和控制方案, 实现了对抄纸车间 1 760 mm/300 m 长网多缸纸机供热系统的精确自动控制, 最终达到了质量控制和节能降耗的目的。

关键词: 自动控制; 集散控制系统; 供热

中图分类号: TN-9

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201806.1093

Development of autocontrol system of paper making dryness device

SU Qiang, YANG Cunbang, ZHANG Tao, CHEN Hongsu

(Research Center of Laser Fusion, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621999, China)

Abstract: The moisture control in paper making process and the energy consumption per ton of paper are two important control indicators for quality and cost control. In domestic paper mill, the way of paper drying mostly adopts traditional steam drying for long multi-cylinder paper machine. Because the technology personnel cannot accurately control the pulp flow and the pressure difference, the steam dryer tends to have poor drainage, higher energy consumption per ton of paper, resulting in difficulties in product quality and cost control. It is urgent to perform technical reform in the process of industrial upgrading. Through the development of Distributed Control System(DCS), various types of measuring sensor and control scheme are designed, implementing precise control on the heating system for 1760 mm/300 m long net multi-cylinder paper machine, which achieves the goal of quality control and energy saving.

Keywords: automatic control; Distributed Control System; heating system

湿纸在网部形成, 进入压榨部, 水分含量为 50%~75%, 而成纸要求含水量为 7%左右, 纸板要求为 10%~12%, 需要消耗许多蒸汽, 对产品成本影响较大。湿纸幅在烘缸上的干燥原理就是利用进入烘缸内的蒸汽冷凝, 放出热量, 把纸烘干。从纸幅中蒸发出的水蒸汽, 由抽风机排出。

国内造纸厂抄纸车间长网多缸纸机一般多按传统的三段通汽方式进行纸页干燥, 存在烘缸排水不畅、吨纸汽耗过高等现象, 在产业升级换代过程中迫切需要进行相应的技术改造。其中热泵技术及其控制方案在消化和调整的过程中, 技术已经成熟, 并在国内的造纸行业正逐步得到应用。通过结合集散控制系统(DCS), 运用各种控制、运算模块的灵活组态, 可实现多样化的控制策略以满足不同情况下的需要。同时随着企业提出的高柔性、高效益的要求, 以经典控制理论为基础的控制方案已经不能适应, 以多变量预测控制为代表的先进控制策略的成功应用正受到过程控制工业界的普遍关注^[1-2]。广泛应用各种先进控制与优化技术是挖掘并提升 DCS 综合性能最有效、最直接、也是最具价值的发展方向。该控制技术方案的设计理念是在满足质量精确控制和节能降耗的前提下, 尽可能利用原有相关设备, 以节省投资, 最终达到具有较高能效比的目的^[3]。

1 控制系统设计

DCS 是一种综合计算机控制技术和网络技术的先进控制系统。在集散控制系统中过程控制站多采用高性能、

2 研制与实现

系统界面设计相对复杂一些,因为界面的可视化问题较复杂,要求对立功能互锁,各种显示要求直观,一目了然。采用 WINCC 设计时,相对其他设计软件要繁琐一些。软件设计在简体中文 Windows XP 操作系统下运行,屏幕分辨率为 1024×768 。

2.1 系统登录

用户进入系统必须首先进行登录,通过不同的用户和权限,系统分配不同的使用功能。本系统设计的用户类别分为操作员和系统管理员。

2.2 流程监控

为了保证画面良好的操作性与观察性,蒸汽引射供热系统流程监控为一个操作流程画面(图3),在流程监控图上给出了主要流程、各个传感器测量点以及阀门控制点,在相关流程图上可以监控、操作。流程的各种流动介质用不同颜色的线表示。用流程图操作要求操作员熟悉各测量点和控制点在流程的相关位置^[10-12]。

在流程监控界面上有15个控制阀门和7个水泵,每个阀门代表一个控制回路。阀旁上排框是设定值,下排框是检测值。设定值框右边按钮是变送器标定窗口,单击可以打开(图4);检测值框右边是控制参数设置窗口,单击可以打开(图5)。点击设定值框可以修改设定值。点击阀红色部分打开手自动切换窗口,手动状态下,直接输入阀位值即可。罐体上灰色条表示闪蒸罐液位(闪蒸罐100 cm),变绿色部分表示闪蒸罐内的液位高度。对于所有蒸汽阀和减温阀,控制柜面板上设有手自动转换开关,绿色按钮在自动时增加设定值,在手动时开阀。红色按钮在自动时减小设定值,在手动时关阀。暖缸、断纸按钮按下有效。

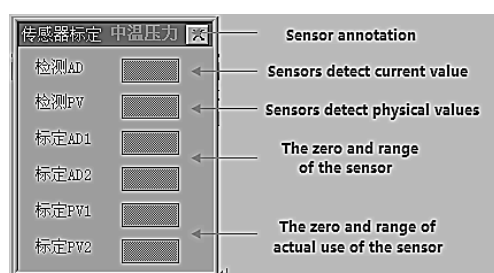


Fig.4 Sensor setup of DCS OS
图4 操作员站上的传感器标定

表1 控制系统使用的部分产品列表

Table1 List of some products used by the control system

name	quantity	instruction
control cabinet	1	—
CPU	1	—
backup battery	1	battery
power supply module	1	power supply
120 V/230 V _{AC} , 24 V/2 A	2	AI
8 channels AI module	1	DI
32 channels DI module	1	DO
16 channels DO module	4	AO
4 channels AO module	7	data connector
front connector(20)	1	data connector
front connector(40)	2	data connector
bus connector(with resistance)	—	V-shaped ball valve $\phi 50$
pneumatic regulating ball valve	—	V-shaped ball valve $\phi 40$
pneumatic regulating ball valve	—	absolute pressure detection
absolute pressure transmitter	—	dry segment pressure detection
pressure transmitter	—	differential pressure detection
differential pressure transmitter	—	for drainage

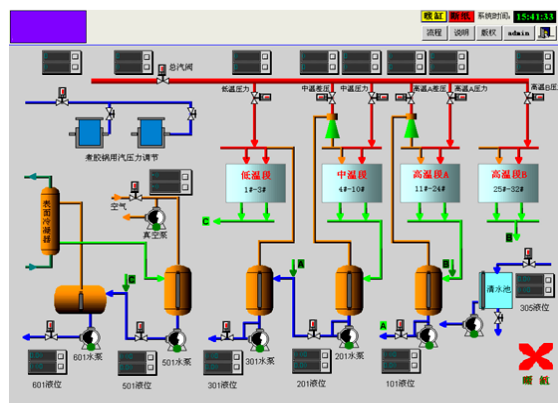


Fig.3 Monitor interface of DCS OS
图3 操作员站上的监视画面



Fig.5 Control parameters setup of DCS OS
图5 操作员站上的控制参数设定

泵的使用:水泵允许手动控制,点击该泵下部绿色部位可打开手自切换窗口。点击泵下部圆点变绿表示启动该泵,红色为未使用泵,并可设置液位高度泵的起停的联锁控制。

权限:系统工程师拥有本系统最高权限,能修改标定参数、控制参数。操作员拥有保证正常生产的一切权限,如修改设定值,手自动控制等。

2.3 传感器参数的整定与测量值

传感器从现场采集数值,转换成 $4\sim 20\text{ mA}$ 的电流值信号送到 DCS 系统的硬件模块进行模拟/数字(Analog/Digital, A/D)转换,转换后的结果送到操作员站显示,显示值为实际的测量值。操作员只有观察的权限,无权整定传感器参数,DCS 管理员有整定传感器参数的权限(见图4和图5)。

传感器标定和控制参数设置的参数含义为:

- 1) 设定值: 正常情况下的期望检测值。
- 2) 暖缸设定值: 暖缸状态时的期望检测值。
- 3) 断纸设定值: 断纸状态时的期望检测值。
- 4) 当前设定值: 在正常情况下等于设定值, 在暖缸时等于暖缸设定值, 在断纸时等于断纸设定值。
- 5) 控制区间(死区 DeadW): 该回路允许的检测值与当前设定值之间的差值。该值过小会导致振荡。
- 6) 比例: 该值决定检测值接近当前设定值时单次开关阀的时间长度。
- 7) 周期: 该值决定两次开关阀的间隔时间长度。该值过大, 会导致调节速度慢; 过小, 会导致阀频繁动作。
- 8) 积分常数: 在检测值快速接近设定值时阻抑检测值向设定值靠拢, 该值过大变化慢。
- 9) 微分常数: 在检测值偏离设定值时加速检测值向设定值靠拢, 该值过小易振荡。

10) 标定: 4~20 mA 电流对应 AD 值 0~27 648。变送器零点 4 mA 对应 AD 值 0, 变送器量程 20 mA 对应 AD 值 27 648。

11) 设定值增减幅度: 用于改变自动情况下用按钮修改设定值的变化速度。

12) 手动开关幅度: 用于调整手动时通过开阀、关阀按钮改变阀位的变化量, 默认值为 0.5。

2.4 汽动阀控制

系统对每一个汽动阀都有手自动控制方式, 当汽动阀在控制面板上有手自动控制按钮时, 系统手自动控制显示只显示手自动状态, 不能通过鼠标点击控制。在手动状态时, 用户可通过阀位栏直接输出阀位开度, 如图 6 所示。



Fig.6 M/A controls interface of pneumatic valve
图 6 汽动阀手自动控制窗口

2.5 电机控制

系统对每一台电机都有手自动控制方式, 当用户进入电机控制画面后, 即可进行电机的控制调整。如图 7, 用户通过按动手自动控制按钮调整电机是处在手动控制状态还是自动控制状态, 当电机处在手动控制状态时, 用户可启动和停止按钮手动控制电机。当电机处在自动控制状态时, 控制由系统自动调整, 当液位大于液位联锁上限值时, 电机自动启动; 当液位小于液位联锁下限值时, 电机自动停止。泵的启停状态可以通过相应的状态指示得到。

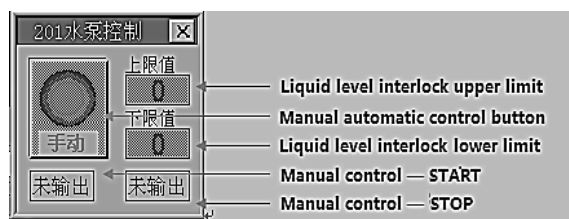


Fig.7 Control parameters setup of electromotor in DCS OS
图 7 操作员站上电机的控制参数设定

2.6 暖缸、断纸设计与操作

为了实现暖缸流程, 程序专门设计有暖缸设定表画面。在此画面上, 操作员可根据工艺要求, 输入暖缸时的控制参数设定值(图 5)。

在硬件控制面板上, 有“暖缸”按钮。按压“暖缸”按钮后, 则程序执行暖缸预热程序, 并且流程图画面上会有红色闪烁的“暖缸”两字显示, 提示操作员现在执行暖缸程序。暖缸预热时有关回路自动设定到由专职操作员设定的相应暖缸设定值, 进行控制。再次按压“暖缸”按钮后, 程序回到正常控制状态。

同样, 为了实现断纸流程, 程序专门设计有断纸设定表画面。在此画面上, 操作员可根据工艺要求, 输入断纸时的控制参数设定值。

在断纸设定表画面上, 有“断纸”按钮。按压“断纸”按钮后, 则程序执行断纸预热程序, 并且流程图画面上会有红色闪烁的“断纸”两字显示, 提示操作员现在执行断纸程序。断纸预热时有关回路自动设定到由专职操作员设定的相应断纸设定值, 进行控制。再次按压“断纸”按钮并按确定后, 程序回到正常控制状态。

在暖缸状态下, 总阀和各压力阀使用适当用汽量, 差压阀设定为 0, 液位阀设定为 0, 便于快速暖缸。

在断纸状态下, 降低总阀和各压力阀用汽量, 差压阀设定为 0, 各段液位回路自动控制。

所有回路的断纸、暖缸均是通过设定其暖缸设定值、断纸设定值来控制的。

2.7 系统操作

系统设置了一个在线帮助画面, 即系统操作指南。工程师软件也装载在操作员微机上, 利用 Windows XP 的多任务机制可以在不退出操作员监控软件的情况下启动工程师软件。通过工程师软件系统, 工程师可以在线和离线修改过程控制站的控制程序以及操作员站的监控程序。

现场操作员面板是为现场操作工设置的,同样通过 MPI 网与过程控制站的 CPU 连接。操作员面板的主要作用是为操作工提供一个相对简易的操作界面,在操作员面板上显示有分段的流程图画面和各检测点的检测值以及执行器和电机的工作状态。操作员可以直观地查看各浆池的液位、浆管内压力和流量以及浆浓度等各种工艺参数的变化。

3 实现的技术指标

由于采用了较传统三段通汽更为先进的热泵通汽、排水控制方式,并在原有主要设备不变的条件下,尽量使用需方的现场仪表和设备,实现了较高的效费比。

3.1 基础控制参数

控制系统实现的基础控制参数包括:

1) 热力参数:由该厂热电站向纸机供汽,供至本机台的蒸汽压力(表压)为 $P=0.50\sim 0.80$ MPa(温度约 $180\text{ }^{\circ}\text{C}$)。采用机械回水方式将蒸汽冷凝水回至热电站。

2) 纸机参数:

纸机幅宽:1 760 mm;生产品种:高级文化用纸;纸机日产量:40 t/d;定量范围:60~80 g/m²;计算定量:60 g/m²;工作车速:280~320 m/min;进前烘干部干度:36%;施胶前干度:90%;施胶后干度:65%;成纸干度:94%(按 94%计算);烘缸个数:40 个(其中毯缸 8 个,冷缸 2 个);烘缸直径:Ø1 500 mm。

3.2 技术指标

实现的技术指标:

1) 蒸汽引射器在主蒸汽压力达到设计要求时,差压控制正常的情况下,可以形成排水压差,保证对应段烘缸排水通畅。

2) 高效闪蒸罐保证冷凝水高效闪蒸。

3) 孔板疏水器在差压控制正常的情况下,保证烘缸冷凝水连续排出,并限制蒸汽的大量排出。

4) 在控制系统控制正常的情况下,系统具备以下功能:烘缸分段合理,调整灵活,满足工艺要求,保障抄纸质量(见表 2 和表 3),表 1 中按成品率 0.95、抄造率 0.95、日工作 22.5 h 计算;表 2 中脱水量计算施胶前脱水量:1 621.06 kg/t 纸;施胶后脱水量:446.15 kg/t 纸;总脱水量:2 067.21 kg/t 纸;具备系统正常运行时连续自动排放不凝汽体的功能;冷凝水排放通畅,热效率高。

5) 汽耗指标

吨水耗汽:低于 1.5 吨汽/吨水;

吨纸耗汽:2.95~3.15 吨汽/吨纸(按计算脱水量,参数换算依据:压榨干度:38%~36%;进施胶干度:90%;出施胶干度:65%;成纸干度:94%)。

各段压力调节范围:高温干燥段:0.6~3.0 kgf/cm²;中温干燥段:0.6~3.0 kgf/cm²;低温干燥段:−0.3~0.5 kgf/cm²;施胶后干燥段:0.6~3.0 kgf/cm²。

系统可靠性指标:PLC 系统平均无故障时间 1.2×10^5 h。

6) 其他

系统能与需方的质量控制系统(Quality Control System, QCS)相联接,编程能够对不同的纸种、车速存储设定值,并能通过表格或菜单直接选取设定,如表 4 所示。

表 2 产量数据实现表

Table2 Yield of data					
sn	weight/(g·m ⁻²)	speed/(m·min ⁻¹)	raw-yield/(t·h ⁻¹)	finished product yield	
				t/h	t/d
1	52	280	1.537 5	1.387 6	31.22
2	60	250	1.584 0	1.429 6	31.17
3	60	280	1.774 1	1.601 1	36.03
4	70	250	1.848 0	1.668 0	37.53
5	70	260	1.922 0	1.734 5	39.03

表 3 脱水强度数据分析表

Table3 Analysis of dehydrate intensity					
sn	after pressing/%	sheet dryness before gluing/%	sheet dryness after gluing/%	sheet dryness of paper/%	amount of glue per ton of paper/kg
1	36	90	65	94	25

表 4 产品质量及车速对比数据表

Table4 Comparison between designed and actual quality and production rate							
sn	weight/(g·m ⁻²)	design speed/(m·min ⁻¹)	actual speed/(m·min ⁻¹)	sn	weight/(g·m ⁻²)	design speed/(m·min ⁻¹)	actual speed/(m·min ⁻¹)
1	52	280	300	7	60	—	280
2	52	—	290	8	70	260	300
3	52	—	280	9	70	260	290
4	52	—	270	10	70	250	280
5	60	280	300	11	80	—	280
6	60	250	290	12	80	—	270

4 结论

通过采用自行研制的热泵技术及其控制系统,成功实现了抄纸过程产品质量的精确控制和节能降耗的目标,该控制系统设计性价比高,控制效果良好,并且易于扩展和升级改造,通过整体调优尽可能利用了原有设备,节省了投资,具有较高的效费比。目前,本系统所设计的控制方案已在某造纸厂抄纸车间 1 760 mm/300 m 长网多缸纸机供热系统中投入运行,运行情况良好,各项指标均达到或超过了设计要求。

参考文献:

- [1] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 6 版. 北京:机械工业出版社, 2013. (HU Shousong. Automatic control principle[M]. 6th ed. Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2013.)
- [2] GOBLE WILLIAM M. 控制系统的安全评估与可靠性[M]. 北京:中国电力出版社, 2008. (GOBLE WILLIAM M. Control system safety assessment and reliability[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2008.)
- [3] 韩兵. PLC 与工控系统安全自动化技术及应用[M]. 北京:中国电力出版社, 2011. (HAN Bing. Safety automation technology and applications of PLC and industrial control system[M]. Beijing:China Electric Power Press, 2011.)
- [4] 姜建芳. 西门子 WinCC 组态软件工程应用技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2015. (JIANG Jianfang. Configuration software engineering application technology of Siemens WinCC[M]. Beijing:China Machine Press, 2015.)
- [5] THEPMANEE T,VINITCHAYKUL R,SMERPITAK K. Detecting and handling alarms on process variables for S7-300 PLC-based monitoring system[J]. ICIC Express Letters, 2015,6(4):1017-1023.
- [6] JU Meilong,ZHAI Xiuqin,ZHANG Qing. Application of Siemens S7-300 PLC in the thermal power plant flue gas desulfurization control system[J]. Applied Mechanics and Materials, 2014,511(2):1123-1127.
- [7] 胡健. 西门子 S7-300/400 PLC 工程应用[M]. 2 版. 北京:北京航空航天大学出版社, 2011. (HU Jian. Engineering application of Siemens S7-300/400 PLC[M]. 2nd ed. Beijing:Beihang University Press, 2011.)
- [8] 向晓汉,王飞飞. 西门子 PLC 高级应用实例精解[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社, 2015. (XIANG Xiaohan,WANG Feifei. Advanced application of Siemens PLC[M]. 2nd ed. Beijing:China Machine Press, 2015.)
- [9] 弭洪涛. PLC 技术实用教程-基于西门子 S7-300[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社, 2016. (MI Hongtao. PLC technical practical tutorial of Siemens S7-300[M]. 2nd ed. Beijing:Publishing House of Electronics Industry, 2016.)
- [10] ZHANG Zheng,HUANG Zhifeng. Based on Siemens S7-300 PLC and wince flexible high pressure foaming machine control[J]. Journal of Applied Sciences, 2013,13(21):4782-4789.
- [11] TAN Xiaodong,ZHENG Kede,LIU Chenbao. The monitoring system of waste heat recovery based on S7-300 PLC and WinCC[J]. Advanced Materials Research, 2011,308(4):2543-2546.
- [12] 甄立东. 西门子 WinCC V7 基础与应用[M]. 北京:机械工业出版社, 2011. (ZHEN Lidong. Basis and application of Siemens WinCC V7[M]. Beijing:China Machine Press, 2011.)

作者简介:



栗 强(1969-),男,四川省武胜县人,高级工程师,主要研究方向为数字化制造、软件工程、自动控制、数据处理与分析.email:suq@caep.cn.

杨存榜(1965-),男,四川省三台县人,研究员,主要研究方向为数字化制造、电子与信息、自动控制、数据处理与分析、信息安全.

张 涛(1990-),男,四川省广元市人,工程师,主要研究方向为数据处理与分析、软件工程技术.

陈红素(1966-),女,湖南省湘乡市人,高级工程师,主要研究方向为数据处理与分析、软件工程技术.