

贝加莱APROL

在华能岳阳电厂二期扩建2×300MW机组烟气脱硫DCS工程中的应用

The Application of B&R APROL in Gas Desulphurization DCS Project of 2×300MW Units for Huaneng Yueyang Power Plant Expansion Phase 2

(贝加莱工业自动化(上海)有限公司) 陈志平

陈志平 (1970-)

男，湖南人，工程师。1994年获得湘潭大学计算机应用专业学士学位，1997年获得哈尔滨工程大学控制理论与控制工程硕士学位。毕业后在第711研究所从事发动机控制器的电子电路设计工作；1999年加入贝加莱工业自动化(上海)有限公司，先后做过项目工程师、产品和技术支持、过程自动化和设备自动化三个部门的管理工作。主要从事软件设计、设备通讯、运动控制等方面的研究。



摘要：本工程为华能岳阳电厂二期扩建2×300MW机组烟气脱硫工程，烟气采用石灰石-石膏湿法工艺进行脱硫。整个工程采用了贝加莱APROL分散控制系统，控制包括3#FGD，4#FGD，石灰石浆液，石膏脱水，废水等公用部分。

关键词：电厂；脱硫；DCS；贝加莱；APROL；石膏；FGD

Abstract: This FGD project is parts of 2×300MW units in Huaneng Yueyang Power Plant, it applies limestone-gypsum wet method for flue gas desulfurization. The whole project uses B&R APROL DCS, which includes 3#FGD, 4#FGD, serous limestone, gypsum drying, wastewater and public utilities.

Key Words: Thermal Power Plant; FGD; DCS; B&R APROL; limestone; gypsum FGD

1 工程概述

1.1 工程简介

本工程为华能岳阳电厂二期扩建2×300MW机组烟气脱硫工程，烟气采用石灰石-石膏湿法工艺进行脱硫。每台机组设独立的烟气系统、吸收塔等脱硫装置，单元运行，其监控范围包括：

—FGD装置：吸收塔、烟气系统、增压风机、GGH系统、排放系统；

—FGD公用系统：工艺水系统、压缩空气系统、石灰石浆液制备系统、石膏脱水系统、废水处理系统；

—FGD电气系统：脱硫低压变、高低压电源回路、UPS、直流系统监视和控制；

—烟气检测、成分分析等；

控制系统I/O规模在3560点。

1.2 技术要求

本工程要求FGD_DCS完成规定的数据采集(DAS)、模拟量控制(MCS)、顺序控制(SCS)等功能以满足脱硫系统各种运行工况的要求，确保脱硫系统安全、高效运行。

整个FGD_DCS的可利用率至少为99.9%，脱硫率95%以上。DAS系统的平均无故障时间(MTBF)不小于8600小时，SCS、MCS系统的平均无故障时间(MTBF)不小于16000小时。

1.3 技术难点

石灰石浆液投入量控制的精度决定着整个系统的脱硫率，增压风机的开度闭环控制精度影响锅炉炉膛压力的稳定性，因此如何控制好这两个量是该控制系统成功的难点。

2 控制系统

2.1 APROL简介

贝加莱(B&R)APROL DCS是一个基于SUSE LINUX 32/64操作系统上的分布式操作系统,通过它能实现从现场I/O到数据服务器和操作员站,以及网络通讯集成一体化开发。由APROL组成的系统可以简单到一个DPU站加一个操作员站的小系统,也可扩展至多层网络结构,上百个DPU和上百个操作站的复杂系统。APROL完全能够满足FDA 21CFR第11章和GAMP4提出的审计追踪要求。

2.1.1 APROL网络架构

APROL系统的通讯网络分三层架构:操作总线、过程总线和I/O总线。APROL建议客户将操作总线和过程总线分离,以提高过程总线的实时性(如图1所示)。

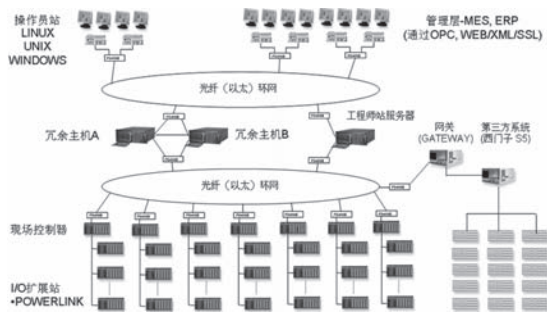


图1 APROL系统的通讯网络

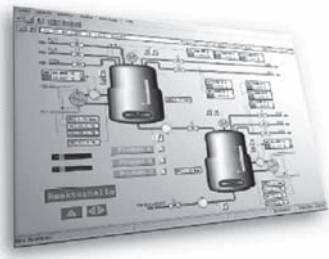
2.1.2 工程组态

整个工程设计过程,从MSR测量点到复杂的控制/调节工作直到过程控制和过程可视化,仅通过一个工具完成,该工具为CaeManager。全部工程设计过程采用图形方式完成,软件实现采用IEC1131-3标准功能块图(VDI/VDE3696),各个层次都可以用C语言来开发更强大的功能块。



图2 网络拓扑图

2.1.3 人机界面



操作和监视层是一个用于观察实时处理过程的全图形视窗系统, APROL的应用进程会在操作员终端显示运行系统的所

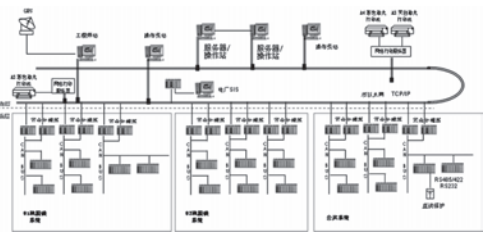
有实时处理。操作员可以根据当前详细的设备运行状态,以及特定的工厂条件,选择相应的处理行为。同时,操作员也可以处理历史数据和过程事件,对系统的运行进行分析和统计。

对过程的操作和监视是通过APROL 系统的应用“画面显示中心(DisplayCenter)”来实现的。这个高效的程序通过完整的过程图动态显示工厂的设备状态;并且,通过一套集成的访问控制手段,它将操作员的动作行为合成到运行的处理过程。通过分层的树状结构(Image Tree)和细化的步骤,支持对信息的完整显示,从而允许快速和安全的对工厂的各个设备进行分别的参数调整。“画面显示中心(DisplayCenter)”被设计成操作员进行监视运行和维护的可视化工具。直观的操作方式基于鼠标和键盘的组合环境,如同在Microsoft Windows环境中一样。

可以显示的动态过程处理图的数量仅仅取决于硬件的环境,这应归功于先进的软件体系结构的设计理念。为了达到最大性能,满足最可能的需求,DisplayCenter直接连接到在线的过程数据库IOSYS。双向的数据传输仅限定在已经实际改变的状态量上。显示时间(大约显示500个过程变量)总计小于1秒钟。

2.2 控制系统介绍

2.2.1 网络拓扑图



2.2.2 总线系统

(1) 操作总线

操作总线是操作员站与数据服务器之间的通讯网路,操作总线主要传送操作站需要的数据。本系统采用快速工业交换机组成以太网冗余结构,它的网络通讯速率为100MBPS,设备之间通讯距离最大为100米(加光纤最大可达70千米)。APROL分散控制系统操作总线系统是基于TCP/IP协议的主从架构,操作员站为客户机,数据服务器是服务器。

(2) 过程总线

过程总线是数据服务器与DPU之间的高速网路。APROL DCS系统的过程总线可采用时下工业界流行的各种通讯方式:RS232/485、CAN、PROFIBUS、工业以太网、光纤网。本系统采用快速工业交换机组成以太网冗余结构,网络通讯速率为100MBPS,设备之间通讯距离最大为100米(加光纤最大可达70千米)。网络刷新能力为32万点/秒。

APROL系统过程总线提供一种“透明工厂”技术,只要接入APROL的DPU在物理网路上是可达的,不管中间转换过多少种

案例 | CASE

通讯介质：RS232/422、CAN、PROFIBUS、以太网和光纤，中间经历多少个DPU站。中央控制室操作员站和工程师站都可以对该DPU进行诊断和监控。

(3) I/O总线

I/O总线是DPU控制器与I/O扩展站之间的数据网路。APROL可以提供RIO, CAN, PROFIBUS DP, DEVICENET和POWERLINK等I/O总线类型。本系统采用CAN作为IO总线，通讯速度为500Kbps。

2.2.3 控制计算机

控制计算机用来收集从现场FGD#3, FGD#4和公共部分的数据，并且完成历史数据冗余备份，报警数据判断收集，报表生成，登录权限管理。本系统使用AP:STDS-HPML370容错服务器（贝加莱(B&R)对其经过严格测试），其性能参数如下：

- 惠普ML370 容错服务器，立式（或机架式）
- 230 VAC冗余电源
- 双64位Intel Xeon 3,4 GHz CPU
- 2 GB用户内存
- SCSI RAID控制器0/1，可升级到RAID 5
- 2个热插拔72 G SCSI硬盘
- 8MB显存
- 10/100 Mbit/s (RJ45)以太网接口，用于操作总线
- 10/100 Mbit/s (RJ45)以太网接口，用于过程总线
- DVD-ROM/CD-RW驱动器
- 3.5” 软驱
- 光电鼠标

系统共用了5台控制计算机，其中一台为工程师站，位于电子间，其他4台为操作站，位于集中控制室。操作站在调试其间也可以通过权限登录到工程师站组态，利于一边观察一边修改。

2.2.4 现场控制器

本系统采用高性能的3CP360.60-1做现场控制器，其主要性能参数如下：

- 266MHz，32BIT主处理器
- 高性能 FPU浮点处理器
- 集成IO处理器
- 32MB DRAM，496kB SRAM
- 512 KB L2 cache
- 程序与数据内存：64M~4G (CF)
- 1个插入槽用于PCI模块，内插 Powerlink等接口
- 1个标准RS232接口
- 1个100Base-T工业以太网接口
- 2个USB(1.1)
- 指令周期0.012~0.02 μs
- 最快任务周期：200 μs
- I/O处理能力65535任混
- 状态LED灯诊断指示

现场共有9对冗余DPU，27个I/O站。

2.2.5 I/O模块

本系统采用的I/O模块电气端子可拆卸，提供了施工/维护的方便性。工业级抗干扰和安全特性符合UL、CSA、CE等认证。电子模件和电源模件都采用防尘、防潮、防静电、防电磁干扰，适合远程就地安装，抵御恶劣工作环境影响，生命期内免维护。

I/O模件通道都采用了先进的电气隔离技术（光电隔离、继电器隔离、线性放大器隔离），抗干扰能力强。I/O通道设计安装有PTC电子保险装置，当遇强电冲击或误接强电入I/O通道时，通道立即被阻塞保护，强电去除后，通道功能逐渐恢复。

采用全分散型智能I/O测控模件。支持控制器和I/O模件全部前置的远程控制站安装方式和智能I/O子系统前置的远程I/O站安装方式。

2.2.6 石灰石浆液加入量(Q计算)计算

$$Q_{\text{计算}} = \frac{SO_2\text{入口} \times Q_{\text{烟气入口}} \times \eta \times 100 \times Ca/S}{C_{CaCO_3\text{折算}} \times D_{\text{含固量}} \times \rho_{\text{石灰石浆液}} \times 64}$$

（此处的 $Q_{\text{计算}}$ 为理论计算值，用于PID设定值的计算）

上式中：

η ：脱硫效率设计值95%，

$C_{CaCO_3\text{折算}} = C_{CaCO_3} + 0.75C_{MgCO_3}$

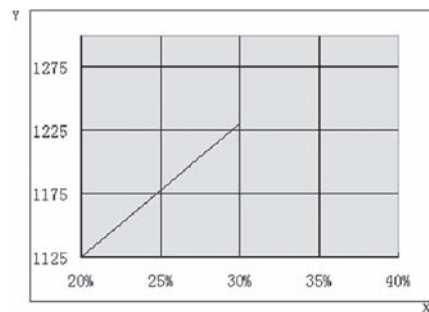
上式中：

石灰石中 $CaCO_3$ 折算含量（这是一个常数，一般为0.93）

$D_{\text{含固量}} = \text{石灰石浆液灰石浆液} D = f(\rho_{\text{石灰石浆液}})$

$\rho_{\text{石灰石浆液灰石浆液}} = \text{石灰石浆液}$

$Ca/S = 1.03$



Y轴是石灰石浆液密度, X轴是含固量

$Y = 1000 * X + 925$

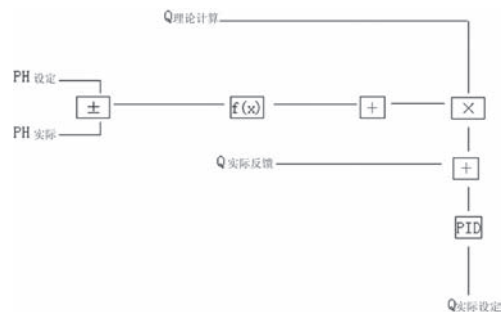


图3

图3中：

$Q_{\text{实际反馈}}$ ：石灰石浆液浓度作为反馈值；

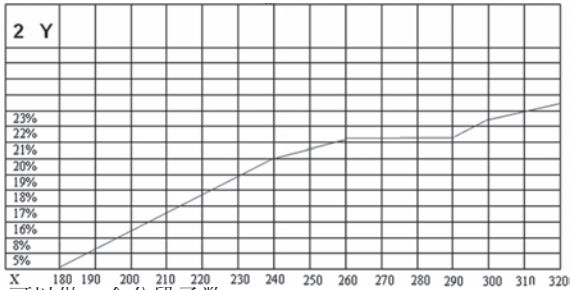
$F(x)$: 为 pH值的偏差对应的修正曲线,
 $Q_{\text{实际设定值}}(\text{调节阀})=Q_{\text{理论计算}}(1+k(\text{pH}_{\text{设定}}-\text{pH}_{\text{实际}}))$;k为
比例系数, 初值1, 需要在实际中调整,
 $Q_{\text{实际设定值}}$ 是计算的PID的设定值。

2.2.7 增压风机前馈控制

(1) 选用引风机开度平均值或锅炉负荷作为增压风机开度前馈调节的输入量

引风机开度平均值	锅炉负荷	增压风机静叶开度
15	180	5%
15	190	8%
17	200	16%
18	210	17%
19	220	18%
20	230	19%
20	240	20%
21. 5	250	20. 5%
21	260	21%
21	270	21%
22	280	21%
21	290	21%
23	300	22%
23	320	23%

注：1锅炉负荷180～190对应5%～8%作一曲线，依次类推



可以做一个分段函数,

注：当锅炉负荷小于180时，增压风机静叶开度为5%；大于320时，静叶开度为23%

- $Y=5$ $X \in [0, 180]$
- $Y=0. 3X-49$ $X \in [180, 190]$
- $Y=0. 8X-144$ $X \in [190, 200]$
- $Y=0. 1X-4$ $X \in [200, 240]$
- $Y=0. 05X+8$ $X \in [240, 260]$
- $Y=21$ $X \in [260, 290]$
- $Y= 0. 1X-8$ $X \in [290, 300]$
- $Y= 0. 05X+7$ $X \in [300, 320]$
- $Y= 23\%$ $X \in [320, +\infty]$

(2) 引风机开度平均值对应不同的增压风机开度

引风机开度平均值当两个值相同并对应不同的增压风机开度，去增压风机的平均值，如下表

引风机开度平均值	增压风机静叶开度
15	6. 5%
17	16%
18	17%
19	18%
20	19. 5%

引风机开度平均值	增压风机静叶开度
20. 5	20. 5%
21	21%
23	22. 5%

当引风机开度小于15时，静叶开度为6. 5%；当高于23时，静叶开度为22. 5%。

- $Y=6. 5$ $X \in [0, 15]$
- $Y=4. 75X-64. 75$ $X \in [15, 17]$
- $Y=X-1$ $X \in [17, 19]$
- $Y=1. 5X-10. 5$ $X \in [19, 20]$
- $Y=2X-20. 5$ $X \in [20, 20. 5]$
- $Y=X$ $X \in [20. 5, 21]$
- $Y= 0. 75X+5. 25$ $X \in [21, 23]$
- $Y=22. 5\%$ $X \in [23, +\infty]$

3 运行情况

5月30日，华能岳阳电厂4号机组及脱硫装置同时通过168小时试运行，正式移交生产。这是我国首次实现脱硫装置与新建机组同步投产。

与发电机组同步建设投资1. 8亿元的烟气脱硫工程采用成熟、可靠的石灰石—石膏湿法脱硫技术，脱硫率达97%以上，使两台30万千瓦燃煤机组投产后每年可减少二氧化硫排放10000吨。

参考文献

- [1]岳阳电厂烟气脱硫DCS技术建议书，浙大网新，2005年1月。
- [2]APROL 3.0过程控制系统使用手册，贝加莱工业自动化，2004年2月。
- [3]300MW热电联产机组烟气脱硫技术，中国电力出版社,2006。