[DCS应用]

火力发电厂烟气脱硫控制系统中的DCS应用研究

文/齐　盛
中油电能热电一公司

为全面提升火力发电厂烟气脱硫控制系统的应用效率，实现实时性监控和管理，要整合具体技术要素，建立完整的控制室应用模式，从而及时完成联锁控制、报警管理等工作，为系统安全稳定运行提供支持。分析了火力发电厂烟气脱硫控制系统的原理，并对分散控制系统（DCS）的具体应用方案展开讨论。

随着科学技术的不断发展，能源控制工作受到了更多的重视，为减少SO_2的排放量，要整合烟气脱硫控制系统的应用模式，建立基于DCS的控制体系，实现物理信号和控制过程变量的统筹处理。

火力发电厂烟气脱硫控制系统概述

基于发电要求，在火力发电厂常规化管理工作中，要在满足发电质量标准的同时，确保环保应用效果符合实际标准，从而减少环境污染问题造成的影响和损失。

1. 基本工作流程

对于火力发电厂而言，燃料的化学能转化为电能，有效形成循环应用模式，从而为发电厂经济效益的优化提供支持。一般而言，要将燃料运输到发电厂，在运输加工操作结束后进入到锅炉完成燃烧，化学能转变为热能，传递到相应设施后形成高温高压状态下的蒸汽，借助管道将压力和温度较高的热蒸汽直接送入到汽轮机，配合相应的处理就能转变为机械能，从而完成电力供应管理。

2. 工作原理

在火力发电厂烟气脱硫控制系统中，SO_2气体与吸收浆液完成化学反应，锅炉烟气中的SO_2气体和雾化的循环浆液液滴实现充分的接触，完成溶解、吸收及氧化等环节。为保证吸收剂具备恒定的pH数值，从而有效减少石灰石的消耗量，要在吸收塔内不断搅拌吸收剂，并保证循环泵也处于动态搅动状态。首先，锅炉引风机中汇聚大量的烟气中SO_2物质，此时，和吸收塔上部的喷嘴喷出的石灰石浆液形成接触反应，石灰石浆液的水实现对SO_2的吸收，化学反应方程式为$SO_2+H_2O\rightarrow H_2SO_3$，$H_2SO_3$不断形成$HSO_3^-$和$H^+$。其次，一部分$HSO_3^-$被吸收塔喷淋区域烟气中的氧气氧化，剩余部分直接进入反应池，与其中的氧气发生氧化反应，然后生成HSO_4^-，HSO_4^-不断形成SO_4^{2-}和H^+。SO_4^{2-}和H^+进入到含有石灰石浆液中的吸收塔，与CO_3^{2}完成中和反应后，吸收塔内维持适当的pH数值，形成循环反应模式。最后，是整个反应模式中的中间过程，最终形成$CaSO_3\cdot 1/2H_2O$结晶体，但很快氧化，形成石膏结晶体。

DCS概述

依据火力发电站实时性管控标准和要求，为保证发电厂电能传输的合理性和规范性，采取多样化的控制模式，极大程度上维持电能传输的质量。因此，广泛应用DCS，实现控制功能的分散处理，满足显示操作的集中控制，DCS结构如图1所示。

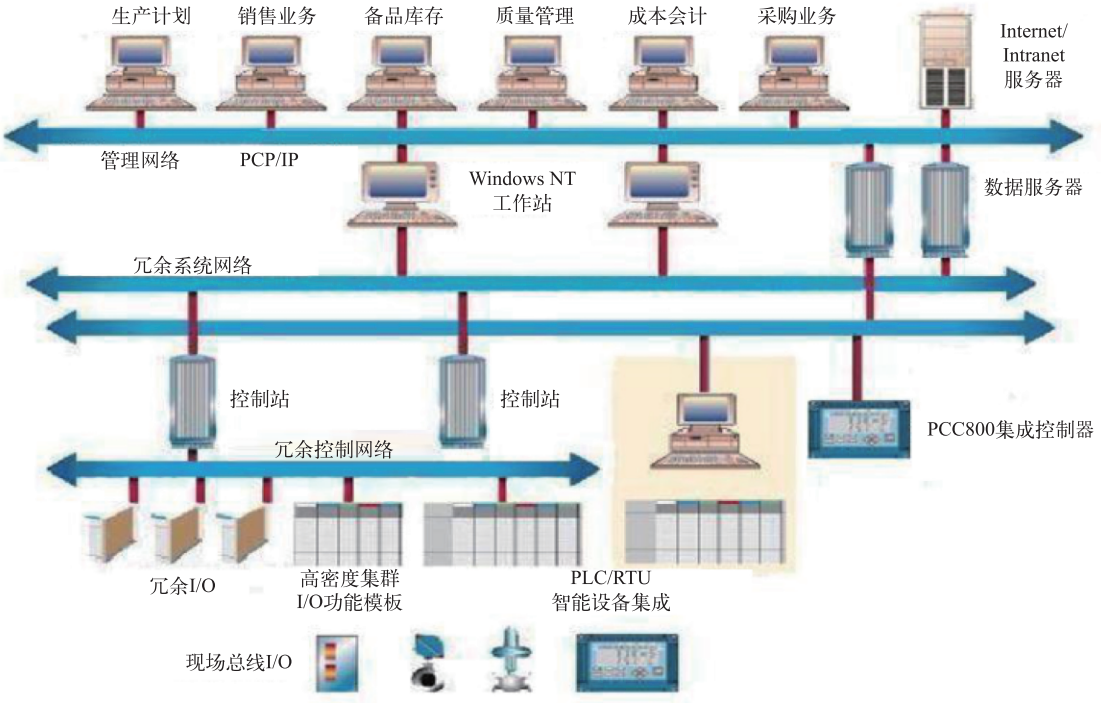

图1　DCS结构

1）DCS主要是对现场物理信号和过程变量的控制，与此同时，DCS的画面呈现出对应的测量数值，包括相关测量值、设定值及输出值等，借助I/O卡顺利进入到DCS控制站的存储器中，打造完整的实时性数据模式。

2）DCS还能实现和其他关联设备展开组态信息的协同控制，对工程单元、量程、回路连接信息及顺序控制信息等统筹处理。并且，I/O扩展卡和控制器实现生产过程的实时性连接，打造完整的控制系统。

火力发电厂烟气脱硫控制系统中DCS的应用

为了提升火力发电厂烟气脱硫控制系统综合应用效率，整合DCS的优势，建立健全更加科学合理的控制模式，从而维持相应工作内容的规范性，并且整合单元机组的软件和硬件设施，确保系统单元机组DCS独立体系能实现单独控制。

1. 总体方案

依据火力发电厂烟气脱硫控制系统要求，设置独立DCS控制单元，配备辅助的控制站、工程师站等，操作人员借助单元机组DCS操作控制，实现脱硫系统参数和设备的实时性监督。本文以某火力发电厂为例，选取ABB公司的Symphony控制系统，整体系统应用过程中，配置DCS和就地控制仪表、其他辅助设施。

1）浆液制备系统采取公用处理模式，借助公用DCS完成PCU处理，建立石灰石进料控制、浆液制备管理及废水系统处理等工作。其基本的工作对象是斗提机、浆液供给泵等，依据控制模式完成处理工作。

2）脱硫系统控制部分，每台设备配置两对PCU，实现SO_2脱除浓度的实时性控制，并实现工况的监视和管理，基本的控制对象涉及浆液循环泵、吸收塔搅拌器等。

完成整套控制系统架构处理后，利用DCS操作员站对脱硫系统实时性起停管理，依据工况标准落实相应作业。

2. 设计原则

一方面，DCS要秉持经济性原则，实现脱硫控制系统的自动化运行管理，最大程度上减少人力资源和物力资源的浪费，保证系统运行效率的最优化，满足运行经济效益的基本需求。另一方面，DCS能实现安全可靠性处理目标，配合实时性信息检测功能和通信处理功能，建立及时性检测应用管理模式，及时完成问题的处理和控制，及时处理故障信息，保证系统安全管理效果满足预期。除此外，设计应能提高便捷

性、稳定性和系统维护的及时性。

3. 具体设计系统模块

（1）数据采集与处理系统

火力发电厂烟气脱硫控制系统要充分发挥DCS结构的优势作用，从源头保证数据收集和汇总工作的及时性，最大程度上维持数据应用可控效果。配置与脱硫工艺流程相匹配的变量信号和设备状态信号汇总处理方案，保证及时向监控人员汇总实时性数据信息，为过程变量的输入和处理提供保障。

另外，在信息汇总的过程中，实现设备操作指导、设备运行状态和趋势记录、关键设备顺序跳闸记录等内容的查询，最大程度上保证历史数据存储和检索的合理性。

（2）模拟量控制系统

模拟量控制系统是整个系统结构中的闭环控制单元，主要是建立“前馈-反馈”控制体系，实现多变量协调管理，解决脱硫稳定性的同时，维持整个系统运行管理的基本效率。

1）增压风机入口压力控制。为有效维持锅炉运行的安全性和稳定性，结合实际情况对增压风机导叶的开度调控，避免压降骤升骤降造成的影响。基本设计模式是单回路控制系统，将增压风机导叶开度设定为调节量的基础，增压风机入口压力是被调节量，一旦导叶处于自动运行状态，借助DCS操作对锅炉运行状态下引风机出口压力测量值和给定数值进行偏差对比，依据控制增压风机导叶的方式保证增压风机入口压力达到目标数值。

2）吸收塔pH数值和出口SO_2浓度控制。在脱硫系统运行的过程中，严格控制脱硫率，确保运行结果满足设计要求。要着重控制pH数值，结合设计要求，吸收塔pH数值维持在5.2～5.6最为合理，在确保石膏纯度满足应用要求的同时，实现可靠的脱硫控制。若pH数值下降，则实时性增加石灰石浆液的输入量；若pH数值升高，则减少石灰石浆液的输入量。另外，pH数值能有效反映目前浆液石灰石的实际浓度，高浓度石灰石能辅助SO_2吸收。基于此，要从根本上提高SO_2的吸收率，就要有效调高pH数值，吸收塔借助添加石灰石的方式对pH数值合理性控制，但要避免过高pH数值不利于钙离子析出。

（3）顺序控制系统

在火力发电厂烟气脱硫控制系统中，DCS分布模式配置顺序控制系统，也称为开环逻辑控制单元，完成设备起停信号和运行状态信号的实时性采集，借助逻辑判定的方式，配合控制单元进行操作指令的处理，支持脱硫系统设备顺序起停工作的开展和落实。顺序控制系统最大的优势就是能减少操作人员的劳动强度，有效避免疲劳操作产生的误操作问题。

1）浆液循环泵顺序控制。为满足浆液循环泵应用要求，在实际控制环节中要维持入口管道和泵体结构的整洁性。若不及时处理内部浆液造成浆液板结，会对循环泵的操作效果造成影响，因此，要对其应用控制监督，实现停止顺序控制的起停操作。具体流程如图2所示。

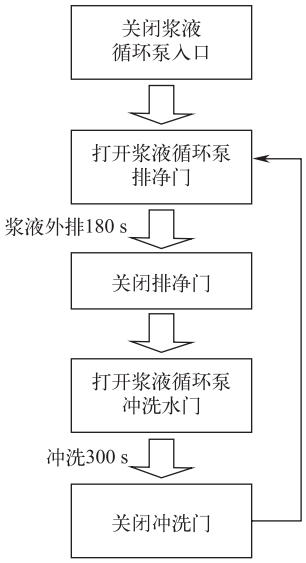

图2　流程图

2）除雾器顺序控制。依据脱硫设计的基本要求和标准，本案例中火电厂在除雾设计方面选取两层平板式除雾器，配合三层除雾器清洗作业。每层冲洗结构设计8台除雾器的冲洗门，最大程度上维持除雾器冲洗水压的稳定性，配合三层逐层冲洗处理模式，实现最优化除雾效果。在实际冲洗环节中，选取自上而下的方式，即“最上层-中间层-最下层”，然后重新回冲中间层。到最上层，工作人员要配合DCS应用模式完成工况的实时性调整，这种设计模式和处理方式能有效避免烟气带出石膏形成对环境产生污染的石膏雨，保证主顺控处理效果和逻辑约束控制水平最优化。单层顺序控制示意图如图3所示。

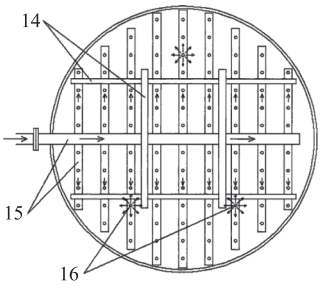

图3　单层顺序控制示意图

（4）联锁保护

为了保证火力发电厂烟气脱硫控制系统运行DCS实效性符合标准，要对联锁保护单元进行控制，确保对应的保护逻辑按照标准化要求维持常态。在整个系统应用运行的过程中，取消旁路挡板结构，配合增压风机旁路模式，结合脱硫系统应用控制要求，整合具体的应用结构。为了从根本上维持测量信号的可靠性，减少拒动和误动产生的影响，要借助3取2的测量信号保护模式，一旦增压风机跳闸或浆液循环泵全停，要迅速完成增压风机旁路挡板结构的起动工作，维持运行的安全性和稳定性。循环泵全停状态下，系统还能借助DCS控制模块实现事故喷淋的起动，保证除雾器运行的稳定性。

1）增压风机主要是对起动允许、关停允许及保护停等进行联锁保护处理。具体情况见表1。

表1　增压风机联锁保护

项目	序号	具体情况
起动允许	1	润滑油流量适中
	2	风机导叶开度最小
	3	入口气挡板关闭状态，增压风机出口烟气挡板开启状态
	4	进气箱密封风运行、扩散筒密封风运行
	5	风机轴承温度在70 ℃以下
关停允许		增压风机旁路挡板（两个）全部开起
保护停	1	风机运行5 s后，两台引风机处于关停状态
	2	风机三个轴承温度在100 ℃以上，延时为2 s

2）增压风机入口烟气挡板和出口烟气挡板要对罐允许、开允许联锁保护，维持运行的合理性和安全性，要借助自动化技术应用模式完成自动开关等。一般而言，增压风机运行且延时5 s实现增压风机入口烟气挡板的自动开起。

3）增压风机旁路挡板要依据实际应用状态和情况，确保实时性指令控制的规范性，按照处理模式完成起动监督。具体情况见表2。

表2　增压风机旁路挡板联锁保护

具体项目	情况
开起允许	常允许状态
关闭允许	增压风机停运、引风机停运
自动开启	增压风机出现停止信号的运转，且至少一台浆液循环泵处于运行状态

4）挡板密封风机主要是对关停允许和保护停联锁管理，在挡板密封风加热器处于停止运行状态且延时30 s时采取关闭停止。而若是风机运行60 s后，出口压力在4 kPa以上或者是0.5 kPa以下，延时30 s要进行保护停处理。挡板密封风加热器主要是在风机运行60 s后，出口温度在70 ℃以下，且延时5 s，要完成自动起动。

结束语

火力发电厂烟气脱硫控制系统中应用DCS，要整合具体系统模块内容，确保处理环节的及时性和规范性。在完成数据信息收集后，依据顺序控制、除雾控制及联锁保护控制等工序，维持整体系统运行的科学性，为发电厂烟气脱硫工作全面进步奠定基础。EA

（收稿日期：2022-04-12）

参考文献

[1] 陈文静．DCS在火力发电厂烟气脱硫控制系统中的实践应用与探索[J]．自动化应用，2019(8)：68-69．

[2] 李波．DCS在火力发电厂烟气脱硫控制系统的应用及实施[D]．北京：华北电力大学，2019．

[3] 刘婧艳．火力发电厂烟气脱硫控制系统应用DCS的实践与探索[D]．西安：西安理工大学，2018．

[7] 彭岳．DCS在火电厂烟气脱硫系统中的设计与应用[D]．青岛：山东科技大学，2017．

[8] 徐鹏，谷俊杰．总线型集散式分布控制系统FCS-DCS在电厂烟气脱硫FGD中的应用[J]．科技研究，2018(22)：251-251．

[9] 朱尤成，王金荣，徐 坚．基于ELSTM算法的区域风电发电量预测方法的研究[J]．电气应用，2021，40(1)：55-59．

[10] 吴莎，万鹏飞，周秋兰，等．基于风机运行数据的风流场校正方法研究[J]．电气应用，2021，40(1)：42-48．