

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2022) 06-060-06 中图分类号: TP273

智深EDPF-NT+DCS在火电厂DCS国产化改造中的工程应用及其设计优化

Engineering Application and Design Optimization of Zhishen EDPF NT+ DCS in Localization of Thermal Power Plant DCS

★ 李宗攀 (国能浙江宁海发电有限公司, 浙江 宁波 315600)

摘要: 本文详细介绍了国能宁海电厂630MW亚临界机组由TXP DCS系统改造为国产智深EDPF NT+系统的优化设计、调试和试运行阶段出现的问题及其解决措施。其中包括网络架构和DCS系统配置、主燃料跳闸(Main Fuel Trip, MFT)主保护设计改进、逻辑翻译组态、监控画面设计、报警系统设计。在软件逻辑方面,对重要信号的处理、逻辑保护、硬回路保护等方面做了大量优化改进,对国产EDPF NT+DCS的HMI部分做了大量优化改进,进一步提高了国产DCS系统的可靠性、易用性和人机交互效率。

关键词: DCS国产化; 智深EDPF NT+; TXP系统; 工业HMI; DCS优化设计

Abstract: This paper introduces the design experience of the application and optimization of ZhiShen EDPF NT+ DCS in the DCS localization from Siemens TXP DCS system to EDPF NT+ DCS for 630MW unit in Ninghai Power Plant. Including network architecture and DCS system configuration, MFT main protection design improvement, logic translation configuration, HMI design, alarm system design. A large number of optimizations and improvements have been applied in the processing of important signals, logic protection. HMI system, which further improves the reliability, ease of use and human-computer interaction efficiency of the new DCS system.

Key words: DCS localization; Zhishen EDPF NT+; TXP system; Industrial HMI; DCS optimization design

能宁海电厂1号机为亚临界630MW机组,主机及脱硫控制系统原采用西门子TXP系统,运行已超15年,其核心控制器已停产、服务器老化严重且经常死机,严重影响系统安全运行,DCS控制系统升级改造迫在眉睫。

本项目将原主机西门子TXP DCS(不含汽轮机数字电液控制系统(Digital Electro-Hydraulic control system, DEH))和脱硫TXP DCS改造为国能智深EDPF-NT+V3.4系统、取消原单元机组所属的辅控设备PLC,将主机、脱硫、精处理、气力输灰、底渣、循泵等系统一并纳入新DCS控制系统,实现控制一体化、国产化。DCS国产化改造后彻底摆脱了对进口备品备件的依赖,降低了日常维护费用;通过对关键系统和工艺参数的控制优化设计,将原系统中核心的控制逻辑“黑匣子”透明化,提高对控制系统的掌控能力;通过对控制和监视画面的合理化设计,提升了机组使用便利性,大大降低了DCS系统维护和操作使用的技术门槛。

1 概述

DCS控制系统是燃煤机组安全高效运行的核心装备,其国产化改造具有重要的战略意义和现实需求。国

2 改造方案的总体设计

2.1 网络结构

智深EDPF系统网络采用的是双收双发双网冗余的

快速以太网，没有使用专用服务器，各DPU控制器、上位机、打印机等设备均通过工业以太网实现数据通信。本次改造网络架构如图1所示。

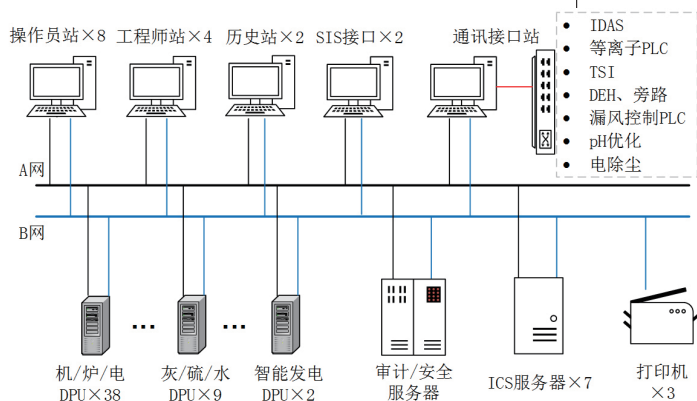


图1 宁海电厂1号机组智深DCS网络架构简图

2.2 控制范围

改造后的DCS系统将以下工艺系统纳入一个网络进行集中控制，包括：原1号机主机DCS所属设备（除DEH）、原脱硫DCS、原气力输灰PLC系统、原精处理PLC系统、原循泵房远程I/O站及蝶阀油站、原1号捞渣机PLC系统、原1号机胶球清洗PLC系统、原1号机二次滤网和电动滤网PLC系统。

其中脱硫、精处理、气力输灰、循泵房系统所属DPU控制器采用光缆接入主交换机。

2.3 系统配置

新的DCS系统包括两套相互独立的A、B网络，配有A、B交换机柜和ICS智能发电电源网络柜、脱硫电源网络柜、集控室网络柜；每套网络各使用了9个4光24电交换机、3个2光6电交换机。

其中电除尘、IDAS温度采集、等离子PLC、汽轮机轴系监测（Turbine Supervisory Instrument, TSI）、MTSI、DEH、旁路、漏风控制PLC系统通过Modbus通讯协议经串口服务器连接CCOM站后再接入A、B网络。

为提高系统的自动化控制水平和网络安全防护水平，配置有一套智能发电运行控制系统（ICS）、一套工控系统综合审计系统（EDPF-SECAS）、一套工控入侵检测系统（EDPF-IDS）。

3 DCS硬件设计优化

3.1 MFT硬回路的优化设计

电厂原西门子DCS使用的是失电跳闸方案，智深DCS一般采用得电跳闸方案，得电跳闸方案的电源系统实现了真正的物理隔离，在机组正常运行期间其跳闸继电器不得电，MFT硬回路误动概率小。通过设置相应的软逻辑跳闸可规避硬回路拒动风险。

本次改造采用得电跳闸方案，设有两套跳闸硬回路，两套独立的110V直流电源，每套配有8通道跳闸继电器11个。

在设计MFT硬回路时应注意以下几项内容：（1）MFT跳闸柜和MFT逻辑所在DPU机柜（以下称：DPU13柜）应相邻设计；（2）DPU13柜的两路220V供电的电源监视宜放在MFT跳闸柜内，方便施工和后期维护；（3）操作台手动停炉按钮的触点应通过多条防火屏蔽电缆到跳闸柜，不宜在操作台侧进行串联；（4）MFT跳闸6kV设备的信号和软逻辑跳闸信号应在电气二次控制柜内进行信号的并联；（5）同一工艺系统，其跳闸触点应配置在同一个跳闸继电器，如给煤机A和磨煤机A；（6）使用MFT常闭触点的设备，如燃油阀，每一套MFT使用两个常闭触点并联后，再两套串联在一起送出，以提高回路可靠性；（7）应保证每一个跳闸继电器至少有一个触点的状态被DCS监视到；（8）两套MFT跳闸继电器的触点内部接线采用两种颜色，方便检查维护。

3.2 DCS电源设计

电厂配有两面UPS电源柜和1面风扇电源柜，每面UPS电源柜配有2套电子快切装置QPS，两面UPS电源柜共同承担对各个DPU和上位机的供电；风扇电源柜内两路厂用电经机械快切装置后供各个机柜的散热风扇、打印机、集控室大屏幕等使用。标配的电子快切装置和机械快切装置的切换时间经实测，均在40ms以内，满足系统要求。

电源设计应注意以下几点：（1）同一个电源柜的两个快切装置，其进线电源应交错布置，保证在一

进线电源失去时，只有一个快切装置动作，以提高上位机的供电可靠性；（2）为减少感应电的影响，远距离供电的电源线可以考虑使用屏蔽线，电源线备用芯做接地处理；（3）电源监视继电器应配置在配电回路的末端。

3.3 DCS的网络设计

结合智深DCS网络特点，在设计网络时应注意：

（1）因随机标配的网线防护能力有限，在网线敷设时，应设计专门的槽盒，在网线穿过防火泥层时，应配有套管进行防护；（2）如果网络柜内的交换机超过5台，应考虑将光缆转接盒布置在相邻机柜，方便施工；（3）A网、B网、级联网线的颜色应区别设计；（4）配置有ICS智能发电系统时，其所属的A、B、C、D网交换机宜布置在同一个机柜且该机柜宜和ICS服务器相邻，以便布线；（5）24口交换机应配有故障监视报警，为方便布线，这些DI信号线可以共地设计。

4 DCS软件设计

4.1 设计准备

在准备阶段，应明确改造范围、系统的网络架构和远期网络架构、关键系统的技术路线，制定组织架构，明确人员分工。

4.1.1 资料收集

在资料收集阶段，应以Excel表格的形式形成以下资料，且这些表格数据应为一维表，由字段和数据组成，没有合并单元格，不在中间统计数据。

（1）原DCS和PLC系统的硬件信息整理，包括机柜位置、机柜编号、卡件编号、卡件类型、卡件端子号和通道号的对应关系、卡件距离地面的高度。

（2）I/O点的梳理：包括KKS编码、中文描述、KKS所在控制器编号、接线柜编号、卡件类型、卡件通道、信号类型、DO继电器编号、端子排编号，后续还要增加电缆编号、线芯号、终点位置、终点端子排、终点端子号等信息。

其中信号类型一列应设置高亮重复项；中文描述不能有歧义、通过中文描述能清楚地知道该信号是长短指

令还是反馈信号，非热控设备的中文描述应由其他专业的人员在逻辑组态前完成二次确认。

（3）信号类型应统计清晰，类型1填写AI、AO、DI、DO、Pt100、K、E、PI，类型2填写供电类型，类型3填写是否使用DO指令继电器的常闭触点，类型4填写是否为SOE点，类型5填写DO信号的类型是脉冲还是电平信号，类型6填写DO信号使用的触点是否必须为大继电器，类型7、8填写量程，类型9填写单位，类型10填写信号套管颜色（白色、黄色、红色）。

（4）设备的梳理，包括设备KKS码、中文描述、设备类型（马达、电动门、气动门、调节门、单作用电磁阀）、指令特征（脉冲控制、电平控制）。

4.1.2 确定控制器的分配原则

在对工艺系统分配控制器时，应按照控制集中、危险分散的原则，兼顾信号线尤其是热电偶信号和重要模拟量的跨接，对照原系统机柜平面图进行分配。在分配前，应对原控制柜电缆夹层的电缆走向进行一次摸排，尽量保证信号线在拆、接过程中长度足够不中转，尽量避免信号线出现跨排分配。

4.1.3 卡件的分配注意事项

优先分配原DCS系统中底部卡件所带的信号，优先分配模拟量信号在新机柜的下部以避免信号转接，重要的冗余信号要分列布置，DI信号优先使用DI16E卡以方便接线和维护，同一个设备的信号尽量分配在同一列，考虑到智深DCS控制柜B/D列的通道是从下到上排列，优先使用A/C列的卡位；涉及到硬回路串/并线的，如给煤机停指令/PCV阀控制，宜将卡件和中间转接端子排布置在B列下部。

4.2 逻辑组态设计

在正式开展逻辑组态翻译工作前，应完成以下准备工作，以便对组态设计人员进行培训来规范其组态习惯：新旧DCS系统常见的算法块功能说明、常见的逻辑结构介绍、常用的画面操作块介绍、典型逻辑的翻译示例。

4.2.1 规范逻辑组态行为

（1）针对典型的逻辑，提前设计好组态模板，包括图幅大小方向、逻辑的注释、逻辑结构；

(2) 点名的命名原则综合智深和西门子特点, 如D01P099_XC11表示某自动控制在自动模式;

(3) 在MCS系统中, 重要的中间点要使用手工中间点, 并标注中文描述, 设置合理的量程、合理的历史采样精度, 重要的DP点应勾选发送报警信息, 方便做光子牌报警;

(4) 所有的设备驱动算法块, 其上部应有醒目的KKS码和中文描述, 以方便读图。

4.2.2 提高逻辑可靠性

(1) 提高信号传输可靠性

MFT逻辑、RB逻辑中表征设备跳闸的信号, 应通过柜间电缆进行硬接线传输, 逻辑上使用三取二运算。

例如表征总风量低低的信号为风量测量所在DPU控制柜通过DO卡输出3路硬接线到DPU13柜; 表征1A引风机跳闸的信号为两路从电气柜输出的跳闸信号和1路从1A引风机DPU控制柜DO卡输出的风机未运行信号(运行信号取反); 没有条件输出多路跳闸信号的设

备, 其跳闸表征为一从电气侧输出的跳闸信号、一路为通讯信号(设备所在DPU逻辑里把运行信号取反、停运信号、电流小于5A三取二判断)、一路为通讯信号经DO卡硬接线给DPU13柜。

(2) 优化设备驱动块的联锁逻辑

原西门子TXP系统的设备驱动块识别电平信号, 智深DCS的设备驱动块识别脉冲信号, 为了规避逻辑翻译后导致的设备拒动, 需要对逻辑进行改动。

马达、电动门驱动块MOTOR、MOV: 该算法块只响应联锁启停命令的上升沿, 因此当联锁启指令先于允许启条件到达时, 该算法块不响应联锁启指令; 当允许启条件、联锁启命令均达到时, 如果联锁停指令没有消失, 这时也不会响应联锁启指令(停优先时)。

根据上述分析, 在逻辑组态里, 应特别注意:

· 联锁启、停指令应先加短脉冲再通过“或”运算接入算法块联锁启、停处;

· 如果联锁启、停命令先于允许条件到达, 应在联锁启、停命令&允许条件后再接入算法块联锁启、停处。

(3) MA手操器

MA算法块的参数: 品质切换标志设置为0, 重要

参数品质坏可通过自动切手动逻辑来实现, 以防止手操器莫名的退出自动; 自动且手动条件应设置手动中间点, 用以历史记录和光子排报警;

由于智深DCS软件bug, 模拟量测点有小概率数据突变现象(持续一个DPU扫描周期), 因此在重要的模拟量回路和联锁回路中应设置合理的延时和滤波。

(4) 防止人员误操作

在MFT保护触发逻辑中, 通过设计专门的逻辑接口, 在退出某项保护时, 强制该处信号, 即使人员误操作也不会导致保护误动作。

在Pt100升速率触发保护切除, 需要手动复位逻辑时, 通过逻辑限制, 保证在当前温度值小于保护定值时, 手动复位逻辑才有效, 防止手动复位时瞬间触发保护动作。

4.3 画面组态优化设计

4.3.1 监视画面的总体结构

在每个画面底部设置两级导航菜单, 单击两次鼠标即可进入任一监视画面。一级导航菜单共16个, 第一个在最左侧为画面索引, 第14个为公用系统, 第15个为DCS自检, 第16个为预留, 其余为各工艺系统。

其中, 设置画面索引为GD程序运行开启的第一张图, 画面索引这张主图包含132个二级画面的链接按钮, 方便查找; 设置DCS自检, 涵盖DCS自检、DPU状态监视、DCS电源监视、热控曲线巡检、MFT回路监视、速率报警复位相关二级画面。

根据操作员要求, 配置F1~F12快捷键, 方便快速打开相关画面。

4.3.2 静态元素的设计

(1) 图幅

因显示器像素为1920px×1200px, 工艺画面的图幅相应调整为1912px×1065px, 自由填充模式。

(2) 颜色

画面颜色总体沿用原TXP系统元素的RGB数值, 画面底色设置为浅灰DFDFDF、按钮颜色深灰BFBFBF。

统一了设备驱动块各颜色含义: 红色CC4646表示开到位、运行; 绿色00FF00表示关到位、停运; 灰色999999表示开、关到位均消失; 紫色AA00AA表示

开、关到位均存在；设备被选中使用绿色00BAA0方框闪烁；设备故障使用红色CC4646方框闪烁。

统一了各状态点的颜色含义：联锁块投入用绿色00FF00填充，联锁退出用白色表示；黑色方框填充黄色FFFF00表示W级报警；填充红色FF0000表示A级报警；黑色圆圈填充绿色00FF00表示事件发生，无事件发生则填充白色。

(3) DCS系统自身的报警指示

由于DCS所属的DPU状态报警、上位机网卡报警、卡件报警等故障点无法在逻辑里提取运算，只能在画面主图中进行颜色变化，故需要将一级菜单中的DCS自检按钮设置一个变色事件和字体变更事件，间接实现当DCS系统本身故障时，及时发出报警。

表1给出了各类故障类型以及引用状态位以及推荐的优先级，优先级高的故障其if变色语句和字符语句写在整个if语句的前部。考虑到逻辑设计的灵活性，可以在每个故障小类里分别设置一个投切状态位，在逻辑里进行报警的投切控制。

表1 智深DCS系统内部故障引用的内部故障点及其逻辑示例

优先级	故障类别	故障位	示例
1	DPU离线	AS.15	DROP13.AS==ON15
2	DPU故障	AS.8、AS.9	DROP13.AS==ON8
3	通讯、历史、ENG201离线	AS.15	ENG201.AS==ON15
4	网卡故障	AS2.4、AS2.5	ENG201.AS2==ON4
5	IO卡故障	AS2.8	DROP11.AS2==ON8

4.3.3 操作窗口的优化设计

智深DCS的设备操作面板模板体积小、展示的状态点有限，通过对设备驱动块内部GP点的分析，将20余各内部状态点显示在优化后的操作面板中，丰富了操作窗展示的信息，方便后期设备调试和维护。

4.4 报警系统的优化设计

4.4.1 总体设计

以系统光子牌报警程序为主，用于指示、复位报警；以工艺画面报警点报警为辅，用于定位、分析报警；单独配置大屏幕报警，对重要辅机故障进行快速响应。

使用Annunciator.exe工具作为报警系统主程序，

在一级报警菜单中配置有重要报警，该重要报警下的二级菜单中配置约130个重要报警，作为固定画面投屏到集控室大屏幕上，方便操作员对重要故障快速响应，其配置文件单独配置，设置18号大字体；其他操作员站配置13号字体，用于全部报警的确认、复位。

光子牌上的报警点经过逻辑抑制处理，以减少报警泛滥和报警常驻的问题；在画面上的报警点不做逻辑抑制，以便实时反应仪表和设备的真实状态；设置智深报警程序二级光子牌报警为单击打开相应画面主图，以建立光子牌报警和画面点报警之间的联系，提高报警分析处理的速度。

4.4.2 报警的逻辑抑制

(1) 抑制重复报警

通过设置合理的死区、延时时间、滤波时间来抑制频繁报警，其中频繁波动的压力、液位、流量信号设置1~2s滤波时间。

(2) 报警定值的动态调整

根据实际工况动态调整报警定值，给定最优报警值，可减少不必要的报警，同时能发现设备的早期异常。

(3) 不同工况下的逻辑抑制

例如备用油泵出口压力低报警，使用备用油泵停运信号进行抑制；同一工艺参数高级别报警发出时，自动抑制低级别报警的触发；根据工艺需要，允许操作员手动批量抑制某一工艺系统的报警。

4.5 曲线功能的优化应用及配置方法

对于重要的过程控制，操作员可以通过判断曲线的实时趋势进行事故预防和应急处理，在监控画面配置好trend曲线，在重要参数巡检和事故分析中可以显著提高效率。

4.5.1 嵌入画面的实时趋势

GB绘图工具栏的按钮“趋势”，可以将一段实时曲线嵌入到画面中显示，当操作员打开此页面时，可以立即查看到实时曲线。

4.5.2 一键打开预定义曲线

通过配置本地/全局点组和trend按钮事件，可以实现一键调阅特定曲线的目的。其方法为：在画面组态环节，绘制按钮，按钮参数设置为运行外部程序，程序名

填写trend, 添加两行参数分别为/g=10009和/r=0。

其中10009代表一个本地点组号, /r=0表示历史趋势, 1表示实时趋势。本地点组配置方法为: 在trend程序中使用快捷键ctrl+d→添加相关曲线→确定→配置量程、颜色、线型、粗细→ctrl+d→加入本地点组→自定义点组名→确定, 在D:\工程名running\config\mmi下用浏览器打开配置文件localpntgrp.xml文件, 找到相应的点组号id。

4.5.3 利用VBA语言批量配置、提取本地点组

通过研究本地点组文件localpntgrp.xml的语句构成特点, 发现可以使用文本生成工具来批量生成、管理本地点组文件。本工程中, 使用Excel VBA编程环境进行本地点组的批量配置、提取和管理。

批量配置本地点组文件的思路为: 在Excel表格里提前组态好相关点组名称、点组号、点名、颜色、线型、粗细、显示量程, 使用公式填充来批量生成每个点的xml文件语句, 使用VBA程序编写程序将这些点组和点元素的配置语句按照xml格式自动进行提取并保存为.txt格式, 将该文本文件手动复制到D:\工程名running\config\mmi目录下, 并重命名为localpntgrp.xml, 将原来的配置文件进行覆盖即可。

针对在调试阶段, 各台上位机已配置好的本地点组文件, 也可以使用类似的方法进行提取, 然后使用表格工具汇总这些配置文件, 实现批量管理。

5 小结

本文重点从设计角度介绍了DCS国产化改造工程的设计经验, 包括前期设计准备、智深DCS的软硬件设计优化、国产系统存在的问题及解决方法。宁海电厂1号机于2021年12月完成国产化改造后, 系统运行平稳, 在未使用外部优化程序情况下, AGC和MCS系统运行符合设计要求。

当前, 国内火电厂DCS系统国产化改造正大量开展, 希望本文能对更多电厂的DCS国产化改造过程提供有益帮助。 **AP**

作者简介:

李宗攀(1990-), 男, 山东菏泽人, 工程师, 硕士, 现就职于国能浙江宁海发电有限公司, 主要从事火电厂DCS控制系统维护。

参考文献:

- [1] 陈峰, 等. EDPF-NT+分散控制系统工程设计与组态[M]. 北京: 中国电力出版社, 2013.
- [2] 史晓楠, 武玉民, 田文德. 基于机理模型的精馏塔DCS报警优化研究与应用[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2014.