

MTO 烟气除尘控制系统 运行故障分析及对策

戎文会

中天合创能源有限责任公司化工分公司

摘要：针对某大型煤化工企业 MTO 装置烟气除尘控制系统故障频发，通过故障分析，制定可行的改造方案，详细阐述了改造方案的背景、主要目标和内容、改造对策、技术要求及实施难点。通过改造，彻底解决了控制系统故障频发引起系统停机问题。全面提升控制系统设备的可靠性、控制平稳性和操作易用性，降低控制系统运行期间发生故障而引起的生产风险，确保环保设备的平稳运行。

关键词：烟气除尘；故障分析；技术改造；国产化；DCS

MTO 装置烟气除尘结构采用低压脉冲袋式除尘器，控制系统配置了某进口品牌 PLC 控制，采用顺控逻辑，对 12 个舱室完成清灰、卸料。主要运行联锁逻辑包括系统停车联锁逻辑、加热器运行逻辑、喷吹系统起动及运行逻辑、卸料系统起动及运行逻辑。

由于配置、组态、总成和安装等方面原因，设备投用以来，故障率较高，造成除尘单元停车。通过改造，取消烟气除尘的原 PLC 控制系统，在适当的位置增加远程 DCS 控制机柜，并优化组态控制，完善操作画面流程图、各类事件和报警记录。本文主要介绍了烟气除尘系统故障分析，针对故障制定的改造方案及施工改造中的技术难点。

1 改造目标和内容

1.1 改造前 MTO 烟气除尘运行现状

自投用的 MTO 装置烟气除尘控制系统，采用低压脉冲除尘器，设备为成套供货。控制系统采用某进口品牌 PLC，并采用软冗余结构。远程 I/O 机柜安装在主风机厂房二楼，控制柜则放置在对应该装置的现场机柜间，控制器与

远程 I/O 站之间通过光纤通信。

然而，该系统存在以下问题：首先，PLC 系统的 CPU 并非硬冗余，且软冗余软件存在缺陷；其次，控制柜内的配置负载不合理，供电回路设计存在缺陷；最后，远程 I/O 柜安装在烟机厂房二楼，靠近高温烟气管道，导致机柜内温度过高，尤其在夏季，机柜内温度可达 70℃。这些问题多次导致 CPU 主控制器无法切换，系统运行中断，部分电

气元件和 I/O 卡件损坏，严重影响了环保设施的长周期运行，并对 MTO 装置的长期稳定运行产生了较大影响。

近 3 年时间，故障频发，导致除尘系统停工 5 次，主要原因如下：

1) PLC 系统配置为软冗余，存在数据传输不同步问题，这导致烟气除尘系统无法正常运行，烟气除尘系统流程如图 1 所示。具体表现为：手动状态下，中控室操作某室的提升阀时，阀门无响



图 1 烟气除尘系统流程图

应;自动运行时,所有提升阀电磁阀的得失电状态出现错误;进气阀和出气阀的得失电状态也出现错误;反吹阀状态异常;加热器和振打器在卸料前频繁报故障信号;自动运行有时会自行停止。

2) PLC 卡件控制柜电源配置不合理:电源总线和分线均未设置保护开关,且共用公共地线。过流导致控制系统输出中间继电器公共线烧毁,进而导致烟气除尘系统停车,除尘系统 PLC 卡件控制柜故障情况如图 2 所示。

3) PLC 卡件控制柜安装位置不当:控制柜安装在主风机厂房二楼,靠近主风机烟气管道(温度高达 550℃),导致柜内温度长期维持在 70℃以上,卡件及安全栅等电子元器件因过热而故障。

尽管采取了单 CPU 运行、增加隔热降温措施、更换大功率空调等临时措施,但问题并未得到根本解决,临时隔热措施如图 3 所示。

1.2 改造目标和内容

针对上述问题,为了满足烟气除尘系统的长周期安全运行,制定了详细的改造方案,利用装置停工大检修时间,进行了彻底改造。

1) 控制系统有 PLC 控制改造为 DCS 控制,同时优化组态控制,完善操作画面流程图及各类事件和报警记录等。机柜与现场机柜间配置冗余光纤进行网络通信,现场机柜间至 CCR 控制室网络配置利用现有资源。

2) 新配置远程正压防爆 DCS 控制机柜,安放位置远离主风机高温烟气管道,避免高温影响。

3) 将原 PLC 远程 I/O 机柜改造为防爆中间接线柜,现场到原 PLC 卡件控制柜的电缆保持不变,重新梳理 PLC 控制柜接线端子,电缆重新规划,敷设至新配置的 DCS 机柜。

2 改造特点与解决方法

2.1 改造特点

1) 实施难度大:该项目是对原烟气

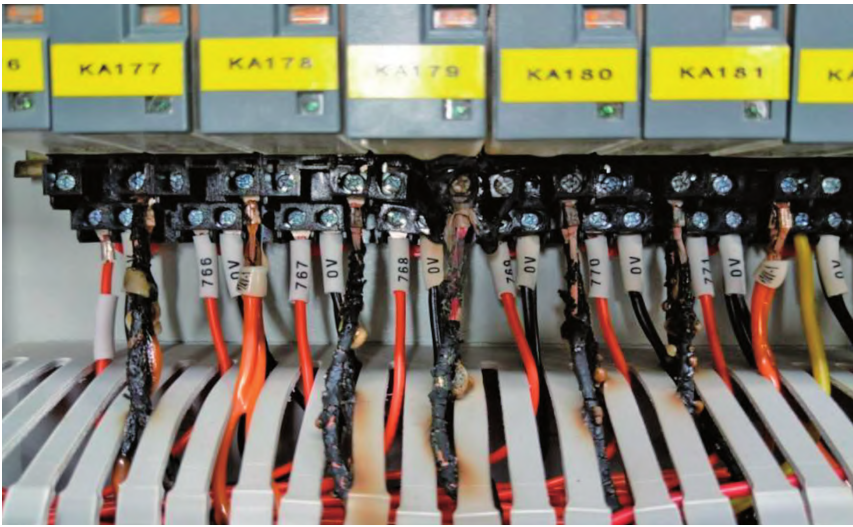


图 2 除尘系统 PLC 卡件控制柜故障

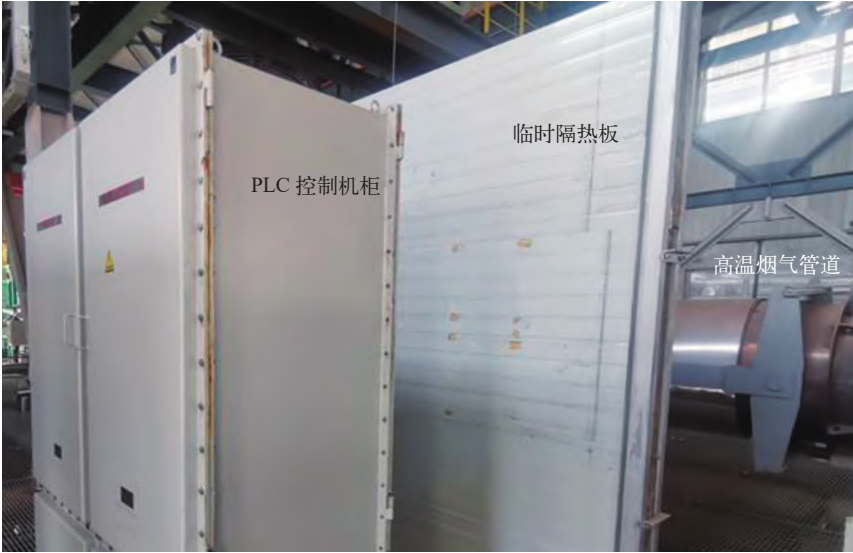


图 3 临时隔热措施

除尘控制系统整体改造,原始资料不全,施工时间紧迫,而且原线路标识与 DCS 编号不统一,将防爆 PLC 柜改造为防爆的中间接线柜。如表 1 所示,PLC 组态资料仪表描述不完整,缺少仪表位号、仪表类型、信号类型及测量范围,完全不能满足 DCS 组态要求。

2) 施工空间小,设计高处、动火、用电等特殊作业:仪表槽盒及信号电缆敷设在厂房一层,靠近厂房二层,距离地面 9 m 左右,附近有机组润滑油站、循环水线等工艺设备及管线,施工困难。

3) 两种系统整体结构完全不同:原控制系统使用的是某进口品牌 PLC 系统,组态模式以梯形图为主,要改造为

与主装置控制系统统一的国产 DCS 系统,组态方式以当前通用的功能块模式为主,具备更强的人机界面,易维护。

4) 组态程序转换难度大:原 PLC

表 1 不规范的仪表信息实例	
模拟输入 - 地址	注释
PIW272	进风温度 A
PIW274	进风温度 B
PIW276	进风温度 C
PIW278	出风温度
PIW280	室一灰斗温度
PIW282	室二灰斗温度
PIW284	室三灰斗温度
PIW286	室四灰斗温度
PIW306	进风压力
PIW308	出风压力

系统组态类似黑匣子，公司维护技术人员无法独立解读，现有的资料无法准确描述其真实的控制意图，需要与成套厂家和工艺专业人员反复比对和沟通理解，重新明确描述当前系统真正的控制模式，才能使项目继续实施。

5) 组态参数数量较大：数字量、模拟量近 500 点，原 PLC 系统组态资料仪表位号描述与 DCS 系统仪表位号描述不统一，重新组态需要仔细在 DCS 系统中仔细核实，避免出现重复位号、漏项及参数组态错误。

2.2 改造对策及技术要求

针对以上技术难点，施工前对改造方案编制专项技术方案，对施工方案中的技术及安全问题进行交底，使施工人员清楚理解施工控制点及技术要点。主要的对策如下：

1) 改造方案：新配置正压防爆远程 DCS 控制机柜，在主风机厂房内一楼，远离主风机高温烟气管道，DCS 控制机柜与现场机柜间配置冗余光纤进行网络通信，采用交换机及光纤接续盒连接，现场机柜间至 CCR 控制室网络配置利用现有资源。现场到原 PLC 就地 I/O 机柜的电缆保持不变，重新梳理端子接线，原 PLC 就地 I/O 机柜改为防爆中间接线柜，电缆重新规划敷设至新配置的主风机厂房内一楼 DCS 机柜，新增 DCS 远程控制柜及改造后的接线柜如图 4 所示。

2) 在资料方面，将原烟气除尘控制系统设计资料进行收集，联系原系统的技术人员，再与现场工艺技术人员对实际情况进行核对确认，形成满足烟气除尘控制需求具备的 DCS 组态的资料。对所有仪表参数重新编号，对所有点和控制逻辑的参数全部重新设置。对接后的部分仪表信息见表 2。

3) 在硬件方面梳理原系统的供电结构，电源总线和分线分别设置独立的保护开关，地线独立空开，梳理信号类型，规划线路走向，仪表本安信号与电源控制信号不同路径敷设，避免干扰。

4) 在软件方面联系原 PLC 厂家技术人员，一起解读原控制系统的逻辑组态、再与工艺专业人员共同核对，根据工艺使用情况，对原控制系统的顺控进行优化，形成准确反映当前系统实际逻辑控制意图的完整资料。将控制功能由 DCS 系统实现。例如优化后的加热器运行逻辑如图 5 所示。

5) 仔细核实原 PLC 机柜的接线端子，改造前认真梳理核实，绘制信号进出接线图，现场信号与端子逐路测试。做好线路标识。原机柜内信号线更换为

符合要求的线缆，避免仪表线径不够，线路过热问题；接线端子更换螺钉紧固端子，避免刀片压接方式端子容易松动或脱落的隐患；模拟量信号与开关量信号接线端子分离，仪电联络信号独立端子排，通过继电器隔离。避免相互影响。优化后的部分仪表接线如图 6 所示。

3 改造过程中需特别关注的事项

1) 施工前组织设计进行设计交底，编制施工技术方案并审批，方案明确质量管理体系、质量管理制度和施工技术



图 4 新增 DCS 远程控制柜及改造后的接线柜

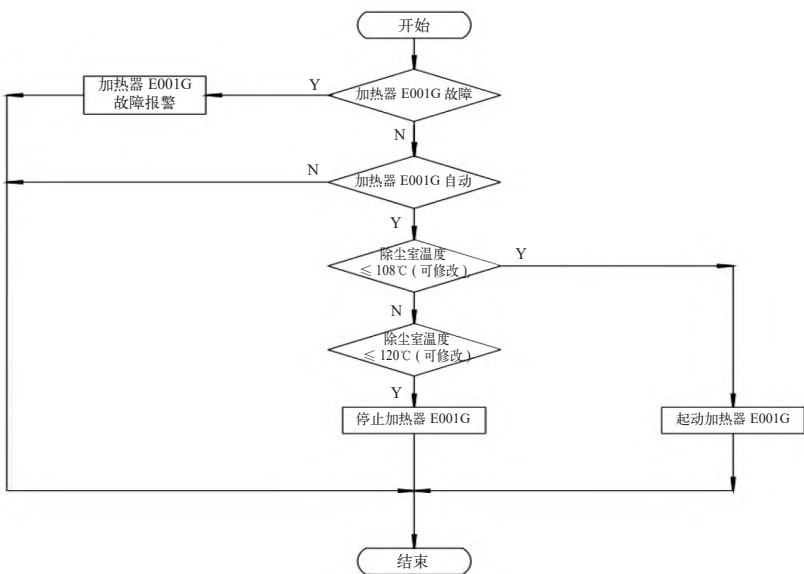


图 5 优化后的加热器运行逻辑图

表 2 规范后的仪表信息实例

序号	仪表信息						备注
	描述	仪表位号	仪表类型	性质	信号类型	测量范围	
1	310TI_1614A	除尘器入口温度	PT100 ⁺ 变送器	AI	4-20mA(二线制)	-50 ~ 500℃	
2	310TI_1615	除尘器出口温度	PT100 ⁺ 变送器	AI	4-20mA(二线制)	-50 ~ 500℃	
3	310PI_1602	除尘器出口压力	压力变送器	AI	4-20mA(二线制)	-10 ~ 0 kPa	
4	310PDI_1601	1 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
5	310PDI_1602	2 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
6	310PDI_1603	3 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
7	310PDI_1604	4 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
8	310PDI_1605	5 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
9	310PDI_1606	6 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
10	310PDI_1607	7 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
11	310PDI_1608	8 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
12	310PDI_1609	9 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
13	310PDI_1610	10 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
14	310PDI_1611	11 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	
15	310TI_1614B	除尘器入口温度	PT100 ⁺ 变送器	AI	4-20mA(二线制)	-50 ~ 500℃	
16	310PDI_1612	12 [#] 除尘室布袋前后差压	差压变送器	AI	4-20mA(二线制)	0 ~ 5 kPa	

序号	现场设备信息		端子柜信息										柜间电	系统柜信息				
	仪表位号	备注	转接端子	端子位置	隔离栅端子	隔离栅位置	隔离栅型号	端子	机柜编号	安装位置	设备型号	柜间电	柜间电	基座	DCS位号	位号地址	卡件位置	卡件型号
01	300PI_1601	除尘器入口压力		1+	SBA0201	KCD2-STC-Ex1		1A+							300PI_1601	000-000-001-000		
02	300TI_1614A	除尘器入口温度		2-	SBA0202	KCD2-STC-Ex1		1C-							300TI_1614A	000-000-001-001		
03	300TI_1615	除尘器出口温度		1+	SBA0203	KCD2-STC-Ex1		2A-							300TI_1615	000-000-001-002		
04	300PI_1602	除尘器出口压力		2-	SBA0204	KCD2-STC-Ex1		2C-							300PI_1602	000-000-001-003		
05	300PDI_1601	1#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0205	KCD2-STC-Ex1		3A+							300PDI_1601	000-000-001-004		
06	300PDI_1602	2#除尘室布袋前后差压		2-	SBA0206	KCD2-STC-Ex1		3C-							300PDI_1602	000-000-001-005		
07	300PDI_1603	3#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0207	KCD2-STC-Ex1		4A+							300PDI_1603	000-000-001-006		
08	300PDI_1604	4#除尘室布袋前后差压		2-	SBA0208	KCD2-STC-Ex1		4C-							300PDI_1604	000-000-001-007		
09	300PDI_1605	5#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0209	KCD2-STC-Ex1		5A+							300PDI_1605	000-000-001-008		
10	300PDI_1606	6#除尘室布袋前后差压		2-	SBA0210	KCD2-STC-Ex1		5C-							300PDI_1606	000-000-001-009		
11	300PDI_1607	7#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0211	KCD2-STC-Ex1		6A-							300PDI_1607	000-000-001-010		
12	300PDI_1608	8#除尘室布袋前后差压		2-	SBA0212	KCD2-STC-Ex1		6C-							300PDI_1608	000-000-001-011		
13	300PDI_1609	9#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0213	KCD2-STC-Ex1		7A+							300PDI_1609	000-000-001-012		
14	300PDI_1610	10#除尘室布袋前后差压		2-	SBA0214	KCD2-STC-Ex1		7C-							300PDI_1610	000-000-001-013		
15	300PDI_1611	11#除尘室布袋前后差压		1+	SBA0215	KCD2-STC-Ex1		8A+							300PDI_1611	000-000-001-014		
16	AI11140015	备用		2-				8C-							AI11140015	000-000-001-015		

图 6 改造后的仪表接线图例

标准，确定质量控制点及验收方法，明确施工中的人员、机具、方法，落实施工改造需要的设备材料到货、验收合格、符合设计要求，落实施工的安全技术措施。对施工人员进行安全、技术交底。

2) 需深入理解原系统控制要求，结合工艺专业人员应用，将原系统的逻辑控制组态思路进行优化，形成能够准确

反映当前系统实际控制意图的完整资料。确保在 DCS 系统原封不动实现逻辑控制功能。

3) 务必理清所有系统接线，在该项目实施过程中，原 PLC 系统 I/O 机柜改造为防爆中间接线柜，利旧原有端子排，由于原始资料不完整，部分端子无接线号码管或标识错误，甚至有过渡

端子跨接，在该种情况下需通过从机柜通道和现场仪表线路两端同时寻线，确保每条回路接线均清晰明确。

4) 投用前完成所有仪表回路、机电回路的联合调试，完成逻辑控制功能的调试，确保逻辑控制组态的正确性。

5) 正压防爆 DCS 机柜安装。型

(下转第 77 页)



图3 G80 雷达液位计现场安装图

别型号雷达,如过程工业领域对安全仪表系统(SIS)的需求日益增多,部分雷达液位仪表已经满足 SIL2/3 的认证的要求。

随着电子科技技术和人工智能 AI 技术的发展,工业生产过程控制领域也对过程控制仪表提出了新的要求,各种智能预判、故障监测、数据记录等功能的应用也标志着现场仪表开始转向智能化的发展

之路。雷达液位计也向着智能化仪表的方向转型与发展,应用也会更为广泛。

参考文献:

- [1] 梁超.浅谈调频连续波雷达液位计的发展趋势.中国仪器仪表,2022(9):27-31.
- [2] 王云.范咏峰.双法兰差压液位变送器的应用[J].流程工业,2022(10):52-55.
- [3] 池海强.雷达液位计在煤化工中的应用及维护.化工自动化及仪表,2019(46):798-799.
- [4] 伊任.雷达液位计在粉料罐上的应用.自动化应用,2012(6):78-80.

(上接第 73 页)

钢底座要符合设计文件的制作要求,平台上表面高出地面,并保持水平,机柜固定牢固,垂直度允许偏差 1.5 mm/m,水平度允许偏差 1 mm/m。保证所用仪表净化风干净、干燥,压力不低于 0.7 MPa。各气动管路接头紧固无泄漏。

6) 需合理安排施工工序。改造施工中涉及高处、动火、用电特殊作业,涉及仪表电缆槽盒敷设、仪表电缆敷设,新 DCS 机柜的接线,原 PLC 机柜的拆接线工作。需提前规划施工进度安排,首先预约脚手架搭设,然后预约动火、用电,再进行仪表电缆槽盒敷设及电缆敷设,由于连续多天不间断施工,所以需固定施工人员,确保施工的联系性,避免因施工混乱而增加梳理工作导致进度延后的问题。

7) 电缆桥架及其构件外表面完好、平整,内部光洁、无毛刺,安装程序先主干,后分支线,先将弯头、变径定位,后直线段连接安装。使用平滑的半圆头螺栓固定,螺母位于电缆桥架的外侧。

8) 电缆敷设前要核对型号、规格、长度符合设计要求,外观良好,保护层

无破损,绝缘电阻及导通试验合格,电缆首尾两端粘贴明确的标识牌,提前做好电缆分配表,按先远后近,先集中后分散的原则安排敷设顺序,敷设中由专人统一指挥。

9) 防爆和接地。DCS 机柜单独的接地干线接到接地排,并连接到电气系统的接地网。镀锌电缆桥架起始段和终端端要可靠接地,连接板间可靠连接后增加连接线。在中间接线箱内,主电缆的分屏蔽层采用端子将对应的分支电缆的屏蔽层进行连接,不同的屏蔽层要分别连接,不能混接,并做好绝缘。

4 实施效果

该项目依托现有 DCS 系统,通过在主风机厂房内一楼增加远程机柜,实现了对包设备 PLC 控制功能在 DCS 系统的改造,经过 2 年多的验证,未发生因控制系统软、硬件问题、系统配置问题及高温问题而导致的非正常停车。通过改造,彻底消除了因高温环境、线路不合规格配置、非冗余控制器数据不同步等隐患带来的安全生产风险,大幅提升控制系统的整体可靠性和控制平稳性,

提升了系统操作性。

5 结语

本文详细介绍了改造过程中资料的准备、现场的对接、硬件配置、软件组态及施工等需注意事项,该改造项目成功实施后,为相关企业提供了改造施工的成功经验。

参考文献:

- [1] 叶向东,冯欣,杨刚,等.石油化工仪表接地设计规范:SH/T 3081—2019[S].北京:工业和信息化部,2019.
- [2] 叶向东,冯欣,杨刚,等.石油化工分散控制系统设计规范:SH/T 3092—2013[S].北京:工业和信息化部,2013.
- [3] 邱献文,沙海勇,王金勇,等.石油化工仪表工程施工及验收规范:SHT 3551—2024[S].北京:工业和信息化部,2024.
- [4] 王丙强,毛仲德,刘俊成,等.自动化仪表工程施工及质量验收规范:GB 50093—2013[S].北京:中国计划出版社,2013.