

AI 仪表在发电厂烟囱除冰电伴热装置的应用

Application of AI instrument in electric heat tracing device for deicing stack in power plant

作者：黄登峰 武汉一控自动化科技有限公司

摘 要：针对温度控制的可靠性、稳定性和精度要求高的烟囱除冰电伴热装置，选用宇电 AI 智能温度控制仪表，并介绍了应用情况及相关参数设置问题。

Abstract: For the chimney deicing electric heat tracing device which requires high reliability, stability and accuracy of temperature control, Yudian AI intelligent temperature control instrument was selected, and the application and related parameter setting problems were introduced.

关键词：烟囱除冰电伴热装置 Electric heat tracing device for chimney deicing

宇电 AI 仪表

Yudian AI instrument

1 引言

对于热力发电厂的烟气，采用湿法脱硫技术是控制二氧化硫（SO₂）排放的主要措施。在湿法脱硫系统脱硫后的净烟气经过除雾器后，烟气携带的水滴（ $\geq 20\ \mu\text{m}$ ）含量均在 75mg/m³（标态、干基）左右。随着除雾器运行时间增加，工作效率降低，净烟气经过除雾器后携带的水滴含量还会增加。此外，脱硫后吸收塔出口水蒸气含量也在 75mg/m³ 左右。

在寒冷地区冬季的室外温度很低，达到-30℃。未设置 GGH 装置的脱硫系统净烟气携带水滴和水蒸气经过烟囱向大气排放，当净烟气经过烟囱筒首排入大气时，温度骤降，从 45℃左右降至-30℃左右。净烟气携带的水滴和水蒸气在烟气扩散的同时会有部分冻结在烟囱筒首，从而导致烟囱筒首结冰。严重时烟囱筒首结冰厚度可达 1 米以上，结冰高度可达 5 米，结冰体积会达到几十立方米。烟囱筒首的结冰重量可达几十吨，严重影响烟囱结构安全。烟囱筒首结冰体若出现脱落，将对烟囱下部的脱硫设备造成严重破坏，也可能对过往人员造成人身伤害，后果非常严重。



2 防结冰的要求及控制

某煤矸石发电有限责任公司(一期工程) $2\times 300\text{MW}$ 机组配套设置两台 1065t/h 的循环流化床锅炉, 机组分别于 2009 年 12 月、2010 年 5 月投入商业运行。两台机组共用一座混凝土烟囱。烟囱高 210m , 出口内直径 8m , 其结构形式为钢筋混凝土单筒烟囱。

脱硫改造后烟气运行工况: 本工程 $2\times 300\text{MW}$ 机组采用湿法脱硫工艺, 脱硫后不设 GGH, 烟囱的运行工况如下: 两台机组脱硫设施正常运行或单台机组脱硫设施正常运行时, 计算烟气温度为 $30^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 。

要求: 为保证烟囱在当地极寒天气 (-30°C) 并烟羽下洗条件下烟囱 203.75 米以上不结冰, 在烟囱口设置防结冰加热系统。为解除烟囱口结冰造成之生产安全隐患, 特有如下要求:

- (1) 保证冬季烟囱口及烟囱口爬梯不结冰;
- (2) 防止走台二次结冰;
- (3) 沿烟囱圆周方向设立 4 个加热区, 每个加热区单独供电, 单独进行温控, 分区点由业主指定;
- (4) 防结冰分为四个加热区域, 用户可根据温度的变化而自行调节加热的区域, 减少不必要的电能损耗;

3 解决方案

整个除冰伴电热装置由智能温度控制柜, 分线接线箱, 片状电加热器, 连接

电缆及相关附件。



控制柜系统由温控器、SCR 三相电力调整器、熔断器，断路器组成。柜体尺寸：1200mm*2000mm*600mm

3.1 智能温度控制仪表

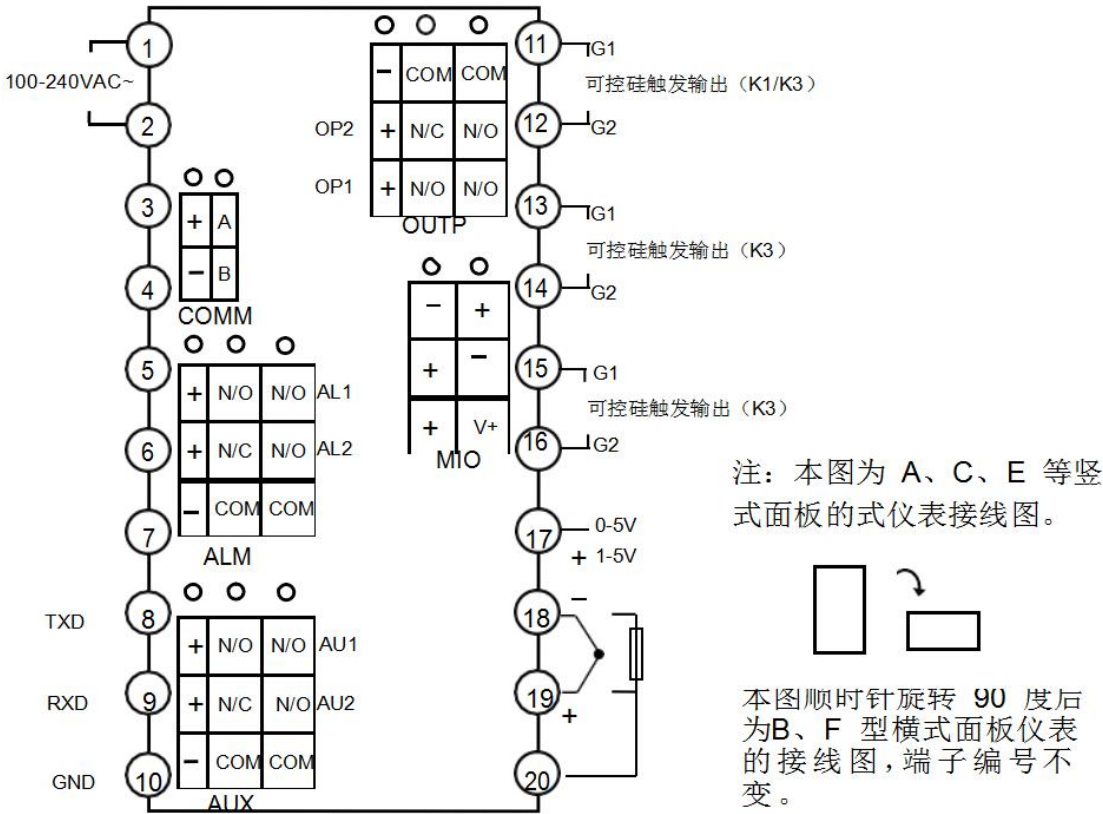
智能温度控制仪表选用厦门宇电自动化科技有限公司 AI-719AX3L2S4 精密智能工业调节器。AI-719 型仪表采用了节能与环保的设计，在其极低温度漂移和自身极低的功率消耗。整体温漂通常小于 25PPm/℃，低温漂的仪表与普通温控仪表相比，对温度的测量值因环境温度影响的变化更小，更为节能。例如：假定某陶瓷材料烧结温度范围为 1000~1010℃，一台普通的仪表温度漂移大约为 ±5℃（冬天夏天及早晚环境温度变化导致），因此需将仪表设定在 1005℃（温度变化范围 1000~1010℃）方可在不同环境温度变化下维持正常生产，而 AI-719 仪表温度漂移可降低到 ±1℃ 以内，这样设置在 1001℃（温度变化范围 1000~1002℃）即可稳定生产，从而使得窑炉平均温度可降低 4℃，工业炉平均温

度越低，消耗的电能就越少，仅仅依靠降低温漂仪表即可节约 0.4%~0.6% 的能源，并使产品质量更稳定，色差更低，更可降低能源消耗。

对于负载是非线性的高温炉而言，其电阻会随温度变化而剧烈变化，以硅钼棒为例，其室温对于电阻只有 1600 度时的 6% 左右，如果没有对仪表的输出功率进行限制及变换，会导致二个问题，首先是低温启动时电炉电流过大，超过电网、可控硅及变压器最大允许负荷，对可控硅、电炉、变压器造成损害或导致电网跳闸，此外由于仪表相同输出时，电炉在低温区和高温区的功率最大会差 10 多倍，这意味 PID 参数中的比例带 P 在不同温度下需要有 10 多倍的变化，才能使低温和高温区均能实现精确控温。

如用于硅钼棒炉时则可设置如下：
A00=1，A 01=1050，A 02=100.0；A03=1500；A04=750.0
d 00=120.0；d 01=1100，d02=2000

仪表接线图：



仪表内部参数：功能表分报警、调节控制、输入、输出、通讯、系统功能、给定值/程序及现场参数定义等排列如下：

参数	参数含义	说 明	设置范围
HIAL	上限报警	测量值 PV 大于 HIAL 值时仪表将产生上限报警；测量值 PV 小于 HIAL-AHYS 值时，仪表将解除上限报警。	-9990 +32000 单位

		注：每种报警可自由定义为控制 AL1、AL2、AU1、AU2 等输出端口动作，也可以不做任何动作，请参见后文报警输出定义参数 AOP 的说明。	
LoAL	下限报警	当 PV 小于 LoAL 时产生下限报警，当 PV 大于 LoAL+AHYS 时下限报警解除。 注：若有必要，HIAL 和 LoAL 也可以设置为偏差报警（参见 AF 参数说明）。	
HdAL	偏差上限报警	当偏差（测量值 PV-给定值 SV）大于 HdAL 时产生偏差上限报警；差小于 HdAL-AHYS 时报警解除。设置 HdAL 为最大值时，该报警功能取消。	
LdAL	偏差下限报警	当偏差（测量值 PV-给定值 SV）小于 LdAL 时产生偏差下限报警，当偏差大于 LdAL+AHYS 时报警解除。设置 LdAL 为最小值时，该报警功能被取消。注：若有必要，HdAL 和 LdAL 也可设置为绝对值报警（参见 AF 参数说明）。	
AHYS	报警回差	又名报警死区、滞环等，用于避免报警临界位置由于报警继电器频繁动作，作用见上。	0~2000 单位
AdIS	报警指示	OFF，报警时在下显示不显示报警符号。 on，报警时在下显示器同时交替显示报警符号以作为提醒，推荐使用。	
AOP	报警输出定义	AOP 的 4 位数的个位、十位、百位及千位分别用于定义 HIAL、LoAL、HdAL 和 LdAL 等 4 个报警的输出位置，如下： $AOP = \frac{3}{LdAL} \frac{3}{HdAL} \frac{0}{LoAL} \frac{1}{HIAL} \frac{1}{HIAL} ;$ 数值范围是 0-4，0 表示不从任何端口输出该报警，1、2、3、4 分别表示该报警由 AL1、AL2、AU1、AU2 输出。 例如设置 AOP=3301，则表示上限报警 HIAL 由 AL1 输出，下限报警 LoAL 不输出、HdAL 及 LdAL 则由 AU1 输出，即 HdAL 或 LdAL 产生报警均导致 AU1 动作。 注 1：当 AUX 在双向调节系统作辅助输出时，报警指定 AU1、AU2 输出无效。 注 2：若需要使用 AL2 或 AU2，可在 ALM 或 AUX 位置安装 L3 双路继电器模块。	0 6666
Ctrl	控制方式	OnoF，采用位式调节（ON-OFF），只适合要求不高的场合进行控制时采用。 APID，先进的 AI 人工智能 PID 调节算法，推荐使用。 nPID，标准的 PID 调节算法，并有抗饱和积分功能。 PoP，直接将 PV 值作为输出值，可使仪表成为温度变器。 SoP，直接将 SV 值作为输出值，可使 AI-719P 型仪表成为程序发生器。 MAnS，可向下兼容 AI-708J 手操器模式，操作方法见 AI-708J 使用说明书	

Srun	运行状态	run, 运行控制状态, PRG 灯亮。 StoP, 停止状态, 下显示器闪动显示 “StoP”, PRG 灯灭。 HoLd, 保持运行控制状态。如果仪表为不限时的恒温控制 (AI-719 或 AI-719P 参数 Pno=0 时), 此状态等同正常运行状态, 但禁止从面板执行运行或停止操作。如果仪表为程序控制 (Pno>0), 该状态下仪表保持控制输出, 但暂停计时, 同时下显示器闪动显示 “HoLd” 且 PRG 灯闪动, 可利用面板按键执行运行控制或停止以解除保持运行状态。注: 仅用面板操作是无法进入保持运行状态的, 只有直接修改本参数, 或在程序运行中的编程、上位机通讯或事件输入等方式可以进入该状态。	
Act	正/反作用	rE, 为反作用调节方式, 输入增大时, 输出趋向减小, 如加热控制。dr, 为正作用调节方式, 输入增大时, 输出趋向增大, 如致冷控制。rEbA, 反作用调节, 并且有上电免除下限报警及偏差下限报警 drbA, 正作用调节方式, 并且有上电免除上限报警及偏差上限报警功能。	
A-M	自动 / 手动控制选择	MAn 手动控制状态, 由操作员手动调整 OUTP 的输出 Auto 自动控制状态, OUTP 的输出由 CtrL 决定的方式运算后决定 FMAAn 固定手动控制状态, 该模式禁止从前面板直接按键操作转换到自动状态 FAut 固定自动控制状态, 该模式禁止从前面板直接按键操作转换到手动状态	
At	自整定	OFF, 自整定 At 功能处于关闭状态。 on, 启动 PID 及 CtI 参数自整定功能, 自整定结束后会自动返回 OFF。FOFF, 自整定功能处于关闭状态, 且禁止从面板操作启动自整定。	
P	比例带	定义 APID 及 PID 调节的比例带, 单位与 PV 值相同, 而非采用量程的百分比。 注: 通常都可采用 At 功能确定 P、I、D 及 CtI 参数值, 但对于熟悉的系统, 比如成批生产的加热设备, 可直接输入已知的正确的 P、I、D、CtI 参数值。	1~32000 单位
I	积分时间	定义 PID 调节的积分时间, 单位是秒, I=0 时取消积分作用。	1~9999 秒
D	微分时间	定义 PID 调节的微分时间, 单位是 0.1 秒。d=0 时取消微分作用。	0~3200 秒
dPt	小数点位置	可选择 0、0.0、0.00、0.000 四种显示格式。 注 1: 一般热电偶或热电阻输入时, 可选择 0 或 0.0 两种格式。即使选择 0 格式, 内部仍维持 0.1℃分辨率用于控制运算, 使用 S、R、B 型热电偶时, 建议选择 0 格式; 当 INP=17、18、22 时, 仪表内部为 0.01℃分辨率, 可选择 0.0 或 0.00 两种显示格式。 注 2: 采用线性输入时, 若测量值或其它相关参数数值可能大于 9999 时, 建议不要选用 0 格式而应使用 0.000 的格式, 因为大于 9999 后显示格式会变为 00.00。	
SCL	输入刻度下限	用于定义线性输入信号下限刻度值; 当仪表作为变送输出或光柱显示时还用于定义信号的下限刻度。	-9990~+32000 单位
SCH	输入刻度	用于定义线性输入信号上限刻度值, 当仪表作为变送	

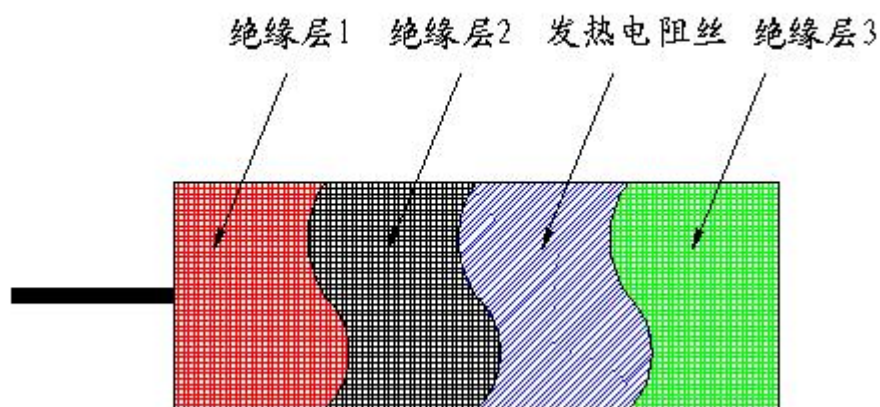
	上限	输出或光柱显示时还用于定义信号的上限刻度。	
Scb	输入平移修正	Scb 参数用于对输入进行平移修正，以补偿传感器、输入信号、或热电偶冷端自动补偿的误差。 注：一般应设置为 0，不正确的设置会导致测量误差。	-1999 +4000 单位
FILt	输入数字滤波	FILt 决定数字滤波强度，设置越大滤波越强，但测量数据的响应速度也越慢。在测量受到较大干扰时，可逐步增大 FILt 使测量值瞬间跳动小于 2~5 个字即可。当仪表进行计量检定时，应将 FILt 设置为 0 或 1 以提高响应速度。FILt 单位为 0.5 秒。	0 40
OPt	输出类型	SSr, 输出 SSR 驱动电压或可控硅过零触发时间比例信号，应分别安装 G、K1 或 K3 等模块，利用调整接通-断开的时间比例来调整输出功率，周期通常为 0.5-4.0 秒。 rELy, 输出为继电器触点开关或执行系统中有机机械触点开关时（如接触器或压缩机等），应采用此设置。为保护机械触点寿命，系统限制输出周期至为 3-120 秒。 0-20, 0~20mA 线性电流输出，需安装 X3 或 X5 线性电流输出模块。 4-20, 4~20mA 线性电流输出，需安装 X3 或 X5 线性电流输出模块。。PHA1, 单相移相输出，应安装 K50/K60 移相触发输出模块实现移相触发输出。在该设置状态下，AUX 不能作为调节输出的冷输出端。 PHA3, 三相移相输出，安装 K9 模块，实现三相移相触发输出。 nFEd, 无反馈信号的位置比例输出，直接控制阀门电机正/反转，阀门行程时间由 Strt 参数定义。 FEd, 有反馈信号的位置比例输出，阀门行程时间应在 10 秒以上, 反馈信号由仪表的 0~5V/1~5V 输入端输入。 注意：该输出模式下不能再使用外给定功能。 FEAt, 自整定阀门位置，仪表会先关闭阀门将反馈信号记录在 SPSL 参数内，再全开阀门记忆阀门反馈信号在 SPSH 参数，完成后自动返回 FEd 的控制模式。	

3.2 SCR 三相电力调功器

SCR 三相电力调功器选用武汉一控自动化科技有限公司自主研发生产的大功率可控硅模块。它集三相调压/调功方式为一体，具有自动判别相位、上电缓启动、缓关断、散热器超温等功能，适用于电阻性负载和感性负载。

3.3 片状电加热器

片状电加热器要求符合标准规范具有良好的防腐蚀性能。硅橡胶加热片具有接近恒功率特性，在不同温度下功率变化不大于 5%；加热片绝缘性能指标 加热片在常温下，相对湿度不大于 80%时，500V 绝缘电阻大于 100M 欧，能承受 1500V 电压 1 分钟不击穿。



4 结束语

烟囱除冰电伴热装置安装后，各项技术指标均达到设计标准要求。在室外环境温度为 -40°C 时，电热膜表面温度应 45°C 左右；而在环境气温为 25°C 时，实测宇电 AI-719A 仪表控温精准，温度持续保持在 $105\sim 115^{\circ}\text{C}$ 之间，经历冬季严寒季节运行，烟囱出口外壁未发生结冰现象，运行状况良好。降低了系统运行成本，受到客户的好评。

参考文献：

719/719P 精密人工智能工业调节器使用说明书（V8.2）
YKPAC30A 调功器说明书（V19-1）

个人简历：黄登峰，男，技术部经理

就职于武汉一控自动化科技有限公司，主要从事工业自动化控制系统的集成，包括 APC（先进过程控制）、DCS（集散控制系统）、PLC（可编程逻辑控制）、SCADA（数据采集与监控系统）、组态软件等自动化领域。熟悉西门子工控产品，宇电 AI 系列产品。

通讯地址：湖北省武汉市东湖高新区光谷大道 35 号

银久科技产业园（二期）1 号楼 1802

单位名称：武汉一控自动化科技有限公司

联系电话：027-85889890

