

浅谈无线测温技术在高炉炉壳温度检测中的应用

李海燕

安科瑞电气股份有限公司 上海嘉定 201801

摘要:

应用方便灵活的无线测温和热成像技术对高炉炉壳进行检测，利用热成像进行检测，发现了温度异常区域后对关注部位进行点的检测，预防炉壳的烧穿，对温度数据采集及存储，通过查看历史趋势来对测温点状况进行预判，并采取相应的措施，为高炉的安全生产创造好的环境，避免恶性事故的发生。

关键词:无线测温；炉壳；无线探头；局域网；热成像

0引言

2021年首钢长治钢铁有限公司（以下简称长钢）炼铁厂贯彻长钢本质化安全管理精神，各层级全力推进本质化安全管理实施，围绕围绕“无人则安、提效降险、危险隔离”的本质化安全理念，在高危环节及事故易发的高风险点位推进本质化安全改造，并持续改进，实现作业现场风险有效管控。为此炼铁厂技术人员对热成像和无线测温技术进行应用研究，取得了好的效果。

1高炉炉缸炉底隐患及对策

高炉炉缸区域相邻冷却壁之间的“弱冷区”，冷却壁水温差热负荷监测属于“面”监测，而炉缸烧穿一般情况是在某一点烧穿的，因此，在炉缸区域相邻冷却壁之间的“弱冷区”属于监测区域。事实证明：一旦炉缸烧穿发生在此弱冷区，水温差无法在及时预警。因此，除了通过冷却壁间用水温差进行“面”监测外，还需通过炉皮温度监测系统进行“点”监测，才能实现炉缸安全状态的监测。

炉役中后期，仅靠测温热电偶无法监测炉缸的温度变化：当炉缸侵蚀较为严重时（特别是炉役中后期），随着内衬温度的升高（大于800℃），测温热电偶自身的温度检测功能受高温影响，测温稳定性和准确性随之降低，并有可能出现温度检测功能丧失。在炉役中后期，随着炉缸侵蚀的不断加剧，部分测温热电偶开始损坏，导致无法监测炉缸的温度。所以引入了无线测温装置。

2九号高炉检测现状

- 1) 利用炉缸炉底砖衬内埋设测温热电偶，共16层181根热电偶监控高炉内衬，其中炉缸共有131根提供了温度数据制作的“炉缸炉底侵蚀状态监测预警软件”。
- 2) 利用109个测水温差的测温精密热电阻给199块冷板提供数据制作的“水温差热负荷监测预警软件”。
- 3) 炉内安装了可以看到炉内溜槽和料面形状的热成像系统。

在此基础上长钢自主开发了无线高炉炉皮温度在线监测预警系统，实现对炉缸及高炉本体的安全监控，避免恶性生产事故的发生。

3无线高炉炉皮温度在线监测预警系统的特点

3.1网络方面

虽然是无线传输，由于高炉生产现场环境差，有蒸汽、水、高温、煤气、灰尘，大型设备的施工会导致信号的干扰，所以我们采用了无线加有线的模式，值班室离现场较远，如果全靠无线传输距离远且不可靠，我们在不同的三个方向的立柱上安装了3个无线接收器，立柱离本体有一定的距离，环境较好，适合走线，附近的测温探头就近接入。

采用了ZLAN长钢的八串口服务器，把现场的3个无线接收器信号统一接到2楼配电室，在通过以太网传到值班室终端，如同服务器一样，每个接收器采用不同的频段，可同时接收128个测温探头，如图1所示。

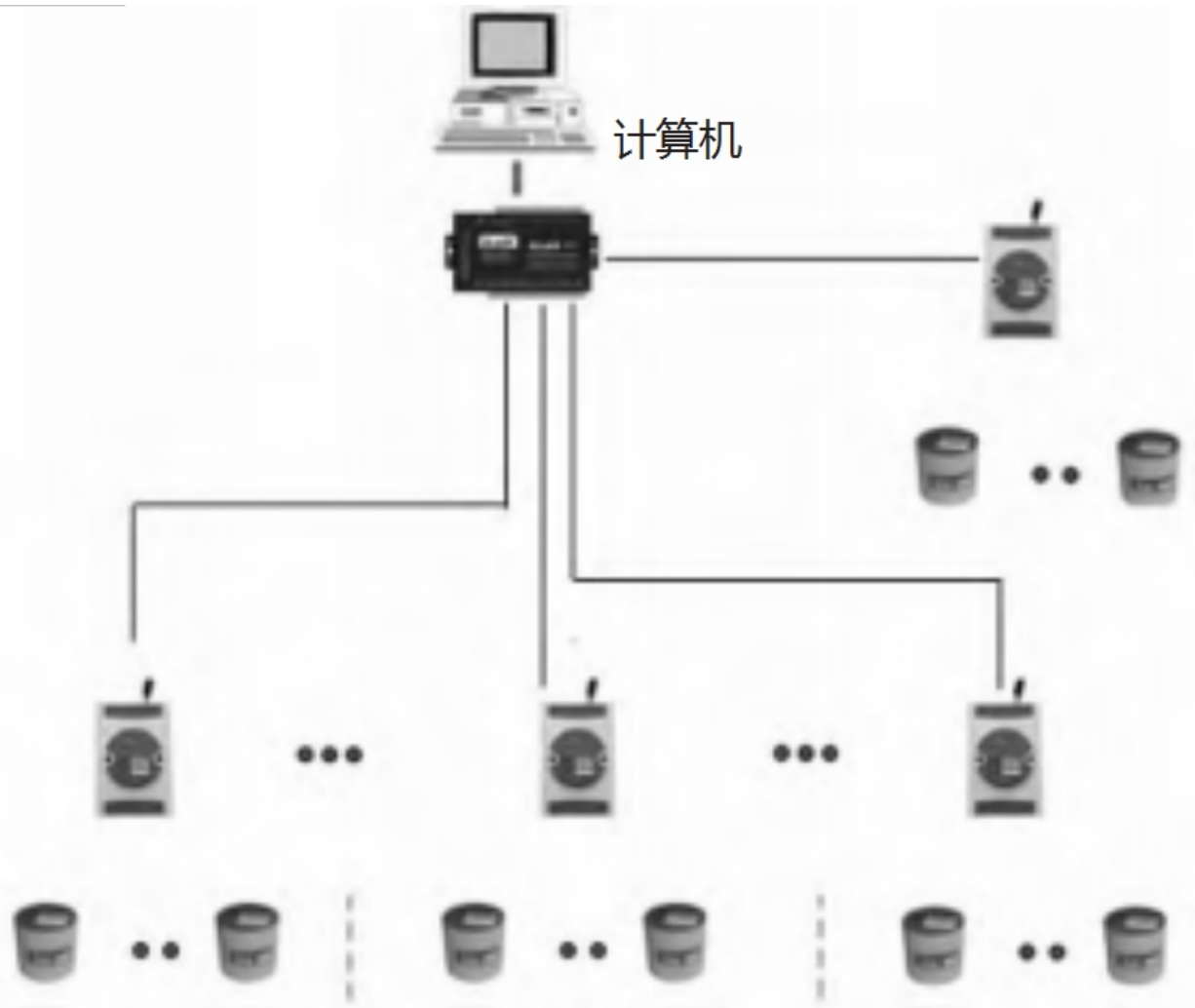


图 1 无线测温网络图

3.2硬件方面

1) 拓展温度探头种类，低温区0 ~ +80 采用吸附的安装方式，高温区80 ~ +500 采用发射器吸附配合热电偶螺纹固定，提高传感器使用寿命。

2) 无线温度自动监测是指在炉壳上安装特制的接触式炉皮温度在线监测设备（炉皮温度传感器），并通过无线网络将监测点温度数据实时发送到计算机系统的炉皮温度监测系统，由计算机系统24h不间断地实时监测各测温点的温度数据变化实况，并进行自动计算和分析，并根据设定的阈值进行预警，指导高炉操作人员进行针对性操作，提高护炉效果，预防高炉炉缸烧穿事故的发生。

3) 无线通信炉皮温度传感器采用无线数字通信方式，摆脱了线缆的束缚，测温点可任意布放（同时，每个测温点相对独立，即使某个测温点出现故障，也不会影响整个系统的运行）。

4) 炉皮温度传感器采用磁吸式安装方式，拆装方便，5s即可完成一个传感器的拆装。

5) 针对原吸附式传感器安装后，在后期可能出现消磁或震动导致传感器脱落，对原传感器进行了技术改造，并申请了实用新型专利，（ZL202022738420.3）。

通过对高炉炉缸2-3段、炉腰炉身7-9段部位监测点进行监测，结合生产验证，本项目监测功能完善、运行可靠，满足高炉炉壳工艺监测需求，同时该系统有1号、2号、11号—14号6个无线频段，每个频段可以安装128个探头，目前1号无线站使用8个点位，2号站使用18个点位、11号、12号均使用30个点位，13号使用8个点位、14号使用10个点位，目前

监测点和无线频段冗余量大，可以借本项目进一步扩展至其他监测区域，为此结合监测点属性特点，把本项目冗余量推广应用到九号热风炉炉壳、拱顶等关键部位的温度监测，扩展本项目的使用效率。

在热风炉热风总管、热风炉热风支管、热风炉炉壳、热风炉拱顶等关键部位安装无线可移动测温热电阻8支，共104支。

3.3软件方面

1) 温度准确监测，无线发射，控制室集中显示。

2) 自主C#语言开发采集单元，解析回采数据的转换、显示格式，并把采集的数据发回到WINCC系统平台，充分利用WINCC工作平台，实现运算、显示等功能。

3) 利用microsofts的免费文字转语音开发包Interop.SpeechLibSDK5.1，自主开发语音朗读功进行语音报警设置，丰富报警模式。

4) 实现监测源多点监测、高炉使用了3个接收器统一接收、现场分屏循环显示，避免重复增加接收器造成的费用浪费。

5) 实现多监测点温度声光和语音报警；运行趋势独立存储，便于复盘分析，查根源。

6) 利用CAD三维制图技术，还原炉壳内部结构，准确确定安装位置，使测温点与结构图一一对应，并用不同的颜色标注不同温度点，根据不同的显示颜色，区分判断监测部位温度，直观明了，监测方便。

7) 通过实时监控，确保高炉工艺需求及安全生产，通过监视画面检测，方便了查看，并设置了预警系统，比如：炉缸温度小于50 为安全运行状态，温度在50~55 之间需黄色预警，岗位人员到预警点现场查看，巡查原因，温度大于55 红色报警并警报响起，岗位人员需采取炉体喷水作业，改高压水强化冷却，控制冶炼强度，堵风口等措施，确保安全。

8) 该系统炉壳趋势、热风炉趋势等操作画面，方便监控，对历史数据有实时记录，可以存储3个月温度变化数据，便于对历史运行趋势进行追溯，进行原因分析，查找问题，制定有效高炉操作、护炉方案。

4安科瑞温度在线监测系统解决方案

4.1概述

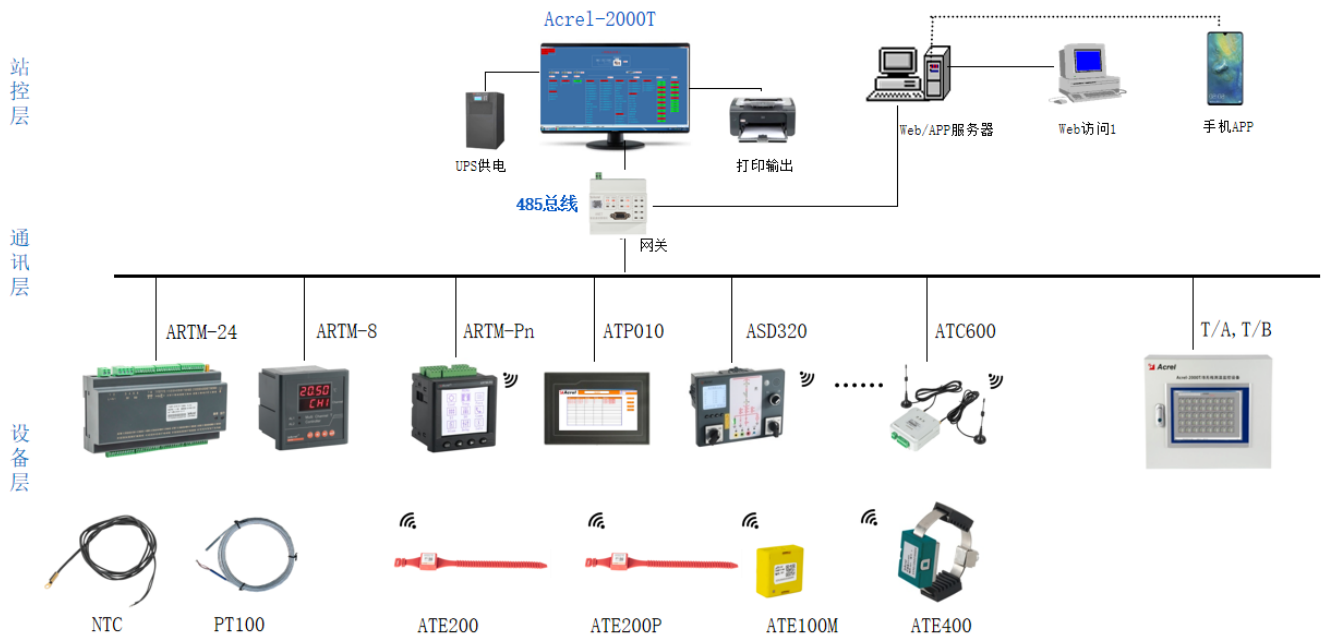
电气接点在线测温装置适用于高低压开关柜内电缆接头、断路器触头、刀闸开关、高压电缆中间头、干式变压器、低压大电流等设备的温度监测，防止在运行过程中因氧化、松动、灰尘等因素造成接点接触电阻过大而发热成为安全隐患，提高设备安全保障，及时、持续、准确反映设备运行状态，降低设备事故率。

Acrel-2000T无线测温监控系统通过RS485总线或以太网与间隔层的设备直接进行通讯，系统设计遵循国际标准Modbus-RTU、Modbus-TCP等传输规约，安全性、可靠性和开放性都得到了较大地提高。该系统具有遥信、遥测、遥控、遥调、遥设、事件报警、曲线、棒图、报表和用户管理功能，可以监控无线测温系统的设备运行状况，实现快速报警响应，预防严重故障发生。

4.2应用场所

适合在泛在电力物联网、钢厂、化工、水泥、数据中心、医院、机场、电厂、煤矿等厂矿企业、变配电所等电力设备的温度监测。

4.3系统结构



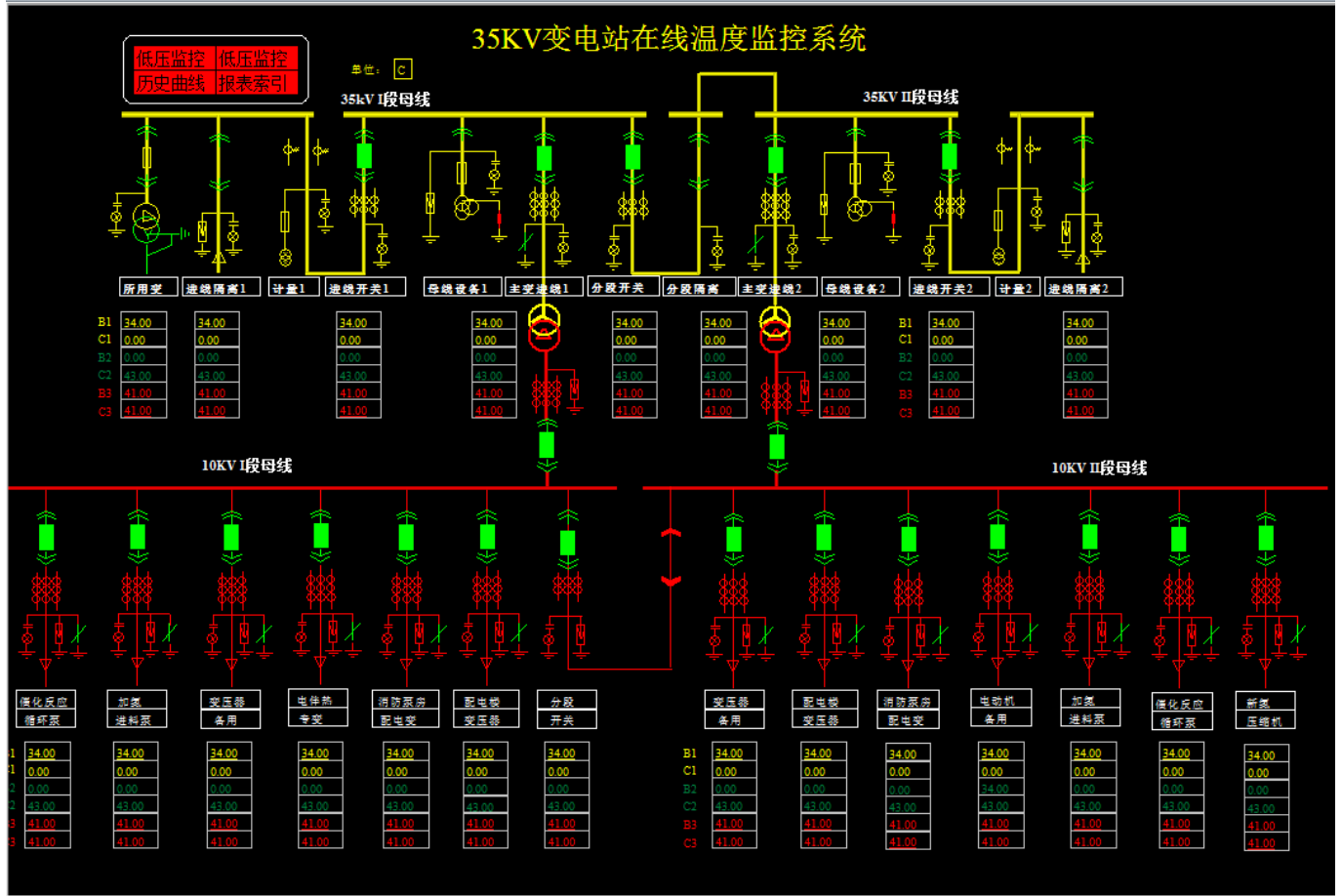
温度在线监测系统结构图

4.4系统功能

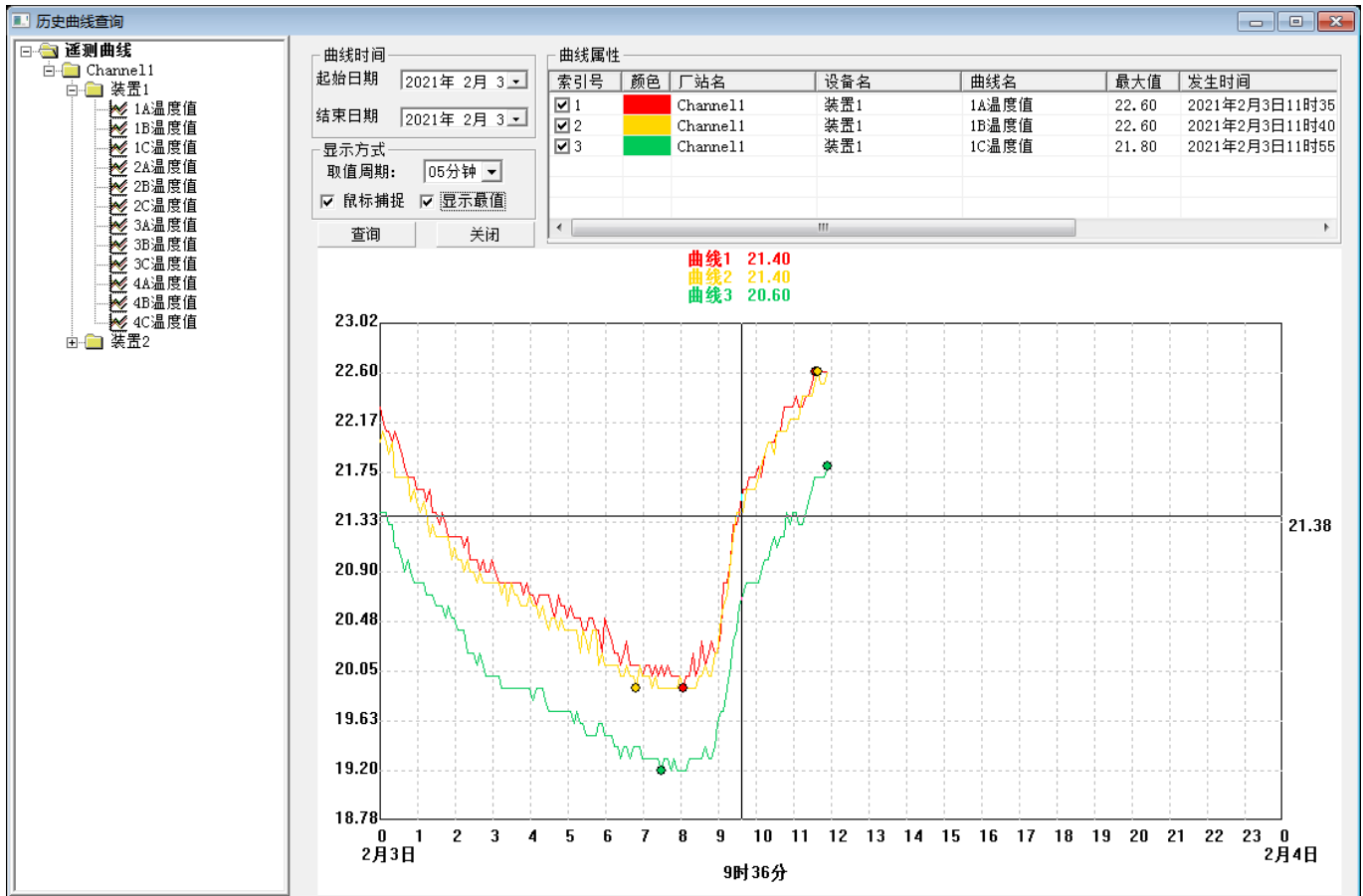
测温系统主机Acrel-2000T安装于值班监控室，可以远程监视系统内所有开关设备运行温度状态。系统具有以下主要功能：

- 1) 温度显示：显示配电系统内每个测温点的实时值，也可实现电脑WEB/手机APP远程查看数据。

ACREL2000在线温度监控系统



2) 温度曲线：查看每个测温点的温度趋势曲线。



3) 运行报表：查询及打印各测温点时间的温度数据。

山西立恒钢铁集团无线测温电参量统计报表

报表日期：2021年04月07日11时12分

位置	名称	通道A温度值	通道A湿度值	通道B温度值	通道B湿度值	通道C温度值	通道C湿度值	组1A温度值	组1B温度值	组1C温度值	组2A温度值	组2B温度值	组2C温度值
配电房	1U	97.00	56.00	81.00	17.00	5.00	69.00	17.00	15.00	16.00	73.00	42.00	36.00
	2U	58.00	24.00	27.00	7.00	68.00	55.00	90.00	35.00	70.00	76.00	68.00	55.00
	3U	48.00	88.00	46.00	1.00	25.00	46.00	76.00	4.00	67.00	39.00	39.00	80.00
	4U	25.00	31.00	61.00	48.00	8.00	21.00	14.00	32.00	50.00	35.00	32.00	27.00
	5U	46.00	76.00	59.00	52.00	59.00	34.00	55.00	95.00	68.00	48.00	9.00	51.00
	6U	46.00	12.00	36.00	22.00	2.00	74.00	16.00	18.00	46.00	26.00	34.00	18.00
	7U	86.00	22.00	38.00	63.00	67.00	46.00	79.00	69.00	92.00	78.00	40.00	43.00
	8U	83.00	67.00	15.00	31.00	83.00	67.00	100.00	40.00	43.00	95.00	8.00	29.00
	9U	42.00	19.00	29.00	29.00	44.00	23.00	26.00	66.00	79.00	73.00	38.00	34.00
	10U	83.00	44.00	53.00	80.00	39.00	30.00	96.00	57.00	10.00	22.00	54.00	98.00
	11U	6.00	76.00	44.00	5.00	36.00	82.00	89.00	47.00	43.00	72.00	46.00	95.00
	12U	41.00	76.00	50.00	60.00	98.00	96.00	27.00	32.00	4.00	83.00	17.00	22.00
	13U	18.00	92.00	59.00	9.00	25.00	76.00	41.00	9.00	39.00	78.00	68.00	30.00

4) 实时告警：系统能够对各测温点异常温度发出告警。系统具有实时语音报警功能，能够对所有事件发出语音告警，告警方式有弹窗、语音告警等，还可以短信/APP推送告警消息，及时提醒值班人员。

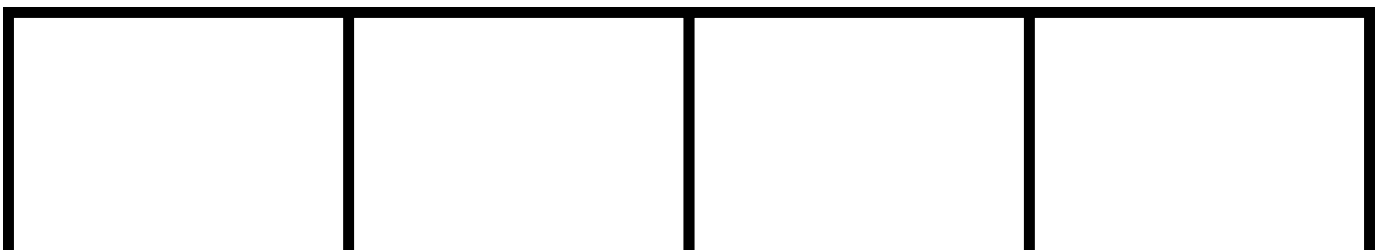
当前报警信息		
事件类型	事件发生时间	事件内容
逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 20.90逐测越报警上限		
逐测越报警上限	2021年4月19日13时49分42秒647毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 20.90逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时35分5秒109毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02A 20.70逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时26分33秒146毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03B 20.10逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时24分11秒488毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01B 20.90逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时20分48秒685毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03A 20.70逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时20分9秒512毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02C 21.20逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时19分37秒911毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温04A 20.30逐测越报警上限
逐测越报警上限	2021年4月19日13时17分29秒23毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01C 20.30逐测越报警上限
网络事件	2021年4月19日13时17分6秒282毫秒	网络事项 操作员 Manager 登录监控系统

5) 历史事件查询：能够温度越限等事件记录进行存储和管理，方便用户对系统事件和报警进行历史追溯，查询统计、事故分析等。

事件类型	发生时间	事件内容
逐测越报警上限	2021年4月19日10时51分14秒540毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02A 20.10逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日10时51分14秒540毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02C 20.80逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日10时52分8秒370毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 20.80逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日10时53分40秒916毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01B 20.70逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日10时54分51秒664毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03A 20.50逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日10时56分18秒292毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01C 20.10逐测事件
逐测越报警上限	2021年4月19日11时3分46秒974毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02C 20.80逐测越物理下限
网络事件	2021年4月19日11时7分2秒114毫秒	网络事项 操作员 Manager 登录监控系统
逐测越物理下限	2021年4月19日11时7分31秒398毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02A 20.30逐测越物理下限
逐测越物理下限	2021年4月19日11时7分5分46秒45毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 20.80逐测越物理下限
逐测越物理下限	2021年4月19日11时9分58秒123毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03B 20.10逐测越物理下限
逐测越物理下限	2021年4月19日11时17分39秒909毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03A 20.40逐测越物理下限
逐测越物理下限	2021年4月19日11时30分10秒4毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01B 20.80逐测越物理下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01B 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01C 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02A 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02B 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02C 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03A 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03B 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分21秒578毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03C 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时41分31秒870毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温04A 0.00逐测越报警下限
逐测越报警下限	2021年4月19日11时54分16秒65毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01A 20.60逐测越物理下限
逐测越物理下限	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01B 20.80逐测越物理下限
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温01C 20.00逐测恢复正常
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02A 20.40逐测越物理下限
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02B 19.40逐测恢复正常
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温02C 20.80逐测越物理下限
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03A 20.50逐测越物理下限
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03B 19.90逐测恢复正常
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温03C 19.80逐测恢复正常
逐测越物理正常	2021年4月18日11时54分21秒576毫秒	逐测事件 安科瑞无线测温监控 1U 节温04A 20.00逐测恢复正常

4.5系统硬件配置

温度在线监测系统主要由设备层的温度传感器和温度采集/显示单元，通讯层的边缘计算网关以及站控层的测温系统主机组成，实现变配电系统关键电气部位的温度在线监测。



名称	外形	型号	参数说明



操作系统：Windows764位简

体中文旗舰版。

数据库系统：MicrosoftSQLSe

rver2008R2。

通讯协议：IEC60870-5-103、

			IEC60870-5-104、ModbusRTU、ModbusTCP等国际标准 通信规约
智能通信管理机		Anet-2E4SM	通用网关，2路网口，4路RS485，可选配1路LORA，带电
系统组态软件		Acrel-2000/T	每路功能支持4硬盘800从模 以数网展。

无线测温集中采集设备



Acrel-2000T/A

壁挂式安装

标配一路485接口、一路以太

网口

自带蜂鸣器告警

箱体尺寸480*420*200（单位


mm）

操作系统：Windows7

数据库系统：MicrosoftSQLSe

rver2008R2

可选Web平台/APP服务器

			<p>柜体尺寸为480*420*200 (单 位mm)</p>
<p>显示终端</p>		<p>AcrATP0007/B</p> <p>ATP010</p>	<p>硬件4V内存4G,硬盘128G,85</p> <p>接口；一路以太网RS485接口；</p> <p>显示器20寸ATC分辨率800*600</p> <p>00/1个ATC450-C。</p>



ARTM-Pn

面框96*96*17mm，深度65mm

；开孔92*92mm；

AC85-265V或DC100-300V供

电；

一路上行RS485接口，Modbu

s协议；

可接收60个ATE100/200/300/4

00；配套ATC200/300/450。

AC85-265V或DC100-300V供

电；

一路上行RS485接口，Modbu

s协议；

可接收12个ATE100/200/300/4

00；配套ATC200/300/450。



ASD320

面框237.5*177.5*15.3mm，深

度67mm；开孔220*165mm；

ASD300

s协议；

可接入8路PT100传感器，适

用于低压开关柜电气接点、

变压器绕组、点击绕组等场

合的测温；


AC85-265V或DC100-300V供

电；

一路上行RS485接口，Modbu

s协议；

24路NTC或PT100、1路温湿

			<p>度测温、2路继电器告警输出</p> <p>, 用于低压电气接点、变压</p> <p>器绕组、点击绕组等场所测</p> <p>温；</p>
<p>无线收发器</p>		<p>ATE102C</p>	<p>可接收60个导轨安装TE100M</p> <p>/ATE200/ATC400/ATE100P/A</p> <p>TE200P传感器数据。</p>



ATC600


ATC600有两种规格；ATC600


-C可接收240个ATE100/ATE1


00M/ATE200/ATC400/ATE100


P/ATE200P传感器数据。ATC


600-Z做中继透传。

			精度 ± 1 ；470MHz，空旷
			距离150米；
			32.4*32.4*16mm(长*宽*高)。
电池型无线测温传感器		ATE100M	电池供电，寿命 5年；-50
			~+125 ；

			<p>精度 ± 1 ；470MHz，空旷</p> <p>距离150米；</p> <p>35*35*17mm，L=330mm(长*</p> <p>宽*高，三色表带)。</p>
		ATE200	<p>电池供电，寿命 5年；-50</p> <p>~+125 ；</p>

			精度 ± 1 ；470MHz，空旷
			距离150米,防护等级IP68；35
			*35*17mm，L=330mm(长*宽*
			高，三色表带)。
		ATE200P	电池供电，寿命 5年；-50
			~+125 ；

			合金片固定、取电；三色外壳；25.82*20.42*12.8mm(长*宽*高)。
CT取电型无线测温传感器		ATE400	CT感应取电，启动电流 5a；-50 ~125 ；精度 ±1 47；0MHz，空旷距离150米；

			<p>用于变压器、电机绕组测温</p> <p>时，建议变压器或电机内部</p> <p>预埋好Pt100</p>
<p>有线温度传感器</p>		<p>PT100</p>	<p>用于低压接点测温时，具体</p> <p>封装、精度、线制、线材、</p> <p>线长与供应商联系；</p>

5 实施后取得的效果

该项目在炼铁厂九号高炉实施后，操作人员可以及时了解高炉危险区域的壁体温度及其变化趋势，及时采取有效的保护措施，预防安全事故的发生，借鉴该项目在高炉建立“炉壳温度在线监测预警体系”，无疑是一种有效手段。

该项目实施后借助局域网拓宽了专业人员群体参与度，研究处理措施，消除故障于萌芽状态。通过便携式热成像仪检测到温度高的区域后，可以方便及时地对无线温度传感器进行移位，实现监护。

可以随时查看温度数据的历史趋势，对环境状况做出预判，提前制定。

6结语

以上存在问题的复杂性和解决问题的困难性，有可能酿发恶劣生产和安全事故，问题的存在也制约了高炉长寿高效运行的生产组织和节奏，如何通过事前控制，借助先进的技术手段、技术措施，提前发现问题症结点，运用先进的工业技术合理、科学地对症结点存在的问题进行“微创”处理，把治理症结点工作作为关注对象，杜绝症结点问题控制扩大为“病灶面”，利用标杆原理实现以小博大，降低高炉本体生产维护成本，为高炉创造宽松的高效冶炼环境，创造经济效益，为社会安全生产和环境保护工作的持续开展奠定坚实的基础。

参考文献

- [1]纪小松.电气设备无线测温技术的优势与应用[J].电工技术, 2019(2): 25.
- [2]庞会强.10kV、35kV封闭手车式高压开关柜接点温度的在线监测[J].电世界, 2010(8): 5.
- [3]边晋生,张建国,曹梁,赵晨晖,李朝.无线测温技术在高炉炉壳温度检测中的应用实践[J].山西冶金, 2022(3): 163-164.
- [4]安科瑞企业微电网设计与应用手册.2022年05版

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/news/209448.html>