

国电泰州电厂电伴热系统在线监测管理初探

李 军, 武小蕾

(国电泰州发电有限公司, 江苏 泰州 225327)

摘 要: 本文针对火电厂电伴热系统在线过程监测改造工作思路进行介绍, 并对某厂 1000MW 机组一套电伴热系统改造方案进行了展开说明, 对选型和施工方案进行论证分析, 重点对电伴热系统改造工作选型设计中核心问题探讨分析, 对电伴热在线监测系统的整体构架设计和关键材料选择、合理的配置形式、良好的运行适应性等核心问题做了详细分析, 阐明观点, 提出了有关选型改造及设计建议。

关键词: 伴热; 在线; 监测; 管理; 初探

0 引言

为加强锅炉伴热系统过程管理, 提高防范极端恶劣天气的能力。能够准确的全过程全方位监测和反应当前测量管路工作温度的变化并发出预警, 为我们能提前采取有力的措施, 维护机组安全赢得宝贵时间。一直是我们迫切的需要和永恒的追求。一旦出现温度变化, 就可以被检测出来以便纠正问题避免故障。在关键的部位, 这样的监控能力的价值是无法估量的, 因为任何故障不能及时发现和处理都会导致经济效益的损失。因此将光纤安装在被测仪表管路上, 利用光纤测温精度高、反应快的特点, 可以准确掌握仪表管路温度的变化。能够给运行人员于准确判断并能及时采取相应措施是本次改造的初衷。这在火电力行业尚属首次, 具有一定的创新意义。开创了全过程全方位的伴热系统在线过程管理的先河。

1 火电厂锅炉伴热系统过程管理改造方案应用分析

火电厂锅炉伴热系统过程管理目前在绝大多数电厂仍然依赖原始的人工监测, 极易受到时间、地点和范围的制约。客观存在许多不确定因素, 在设备管理上还存在诸多不足。

经过反复研究多方论证, 运用铠装光纤的坚固、柔韧、抗拉抗压性、抗水性, 具有耐高温、电绝缘、本质安全、不受电磁干扰等特性, 便于安装和维护、抗腐蚀等特点。适合于室外使用。将光纤安装在被测仪表管路上。对经过路径进行分段定义、集中采集数据。根据实际需求在其工作范围内任意设定各

报警输出点。从而实现锅炉伴热系统全过程管理目标。准确的监测伴热系统工作环境温度的变化并发出预警, 能够为我们提前采取有力的措施, 维护机组安全赢得宝贵时间。满足了企业获得最大利润要求, 同时提升了设备管理的标准, 改变了感温电缆只报警不测温的应用历史。建议对目前锅炉伴热系统重要测点进行了改造试点。

1.1 改造方案论证

为更好地提升设备管理能力, 为获得企业最大利润, 同时满足安全生产的要求, 建议对#2 锅炉电伴热系统重要测点进行了改造。经详细收资调研, 重点对以下几点进行了论证:

1.1.1 设计原理

采用线型光纤采温探测系统是集计算机、光纤传感、光纤传输、光电控制等技术于一体, 具有实时在线, 测温精度高, 本质安全, 长期可靠, 不受电磁干扰等优点, 适应于大范围多点温度的监测。是一种实时、在线、连续的分布式光纤温度传感系统, 简称 DTS (Distributed Temperature Sensor) 系统。

线型光纤感温探测采用先进的光电结合技术, 依据后向拉曼散射效应测得光纤上每个点的温度; 利用光时域反射技术 (OTDR) 对温度点进行定位, 从而实现光纤沿线温度场的分布式测量。

线型光纤采温探测由测温主机、监控主机、信号处理器、报警输出单元和采温光缆组成。采温光缆用作信号传输载体, 又作为温度传感单元。信号处理器实时地从采温光缆获得温度信息, 并将每个分区的温度与相应的报警设定值进行对比, 一旦检

测到有报警发生，主机会立即发出报警提示，并发出报警声音。还有自诊断功能，当系统出现硬件故障，网络故障和断纤故障时会及时发出报警信号。

1.1.2 DTS 温度定位原理图

DTS 温度定位原理图见图 1。

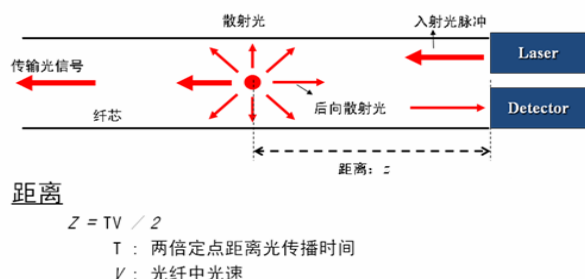


图 1 DTS 温度定位原理图

拉曼散射光的斯托克斯光与反托克斯光的光强差，与反射点光纤温度有线性关系，公式如下：

$$\frac{l_{as}}{l_s} = ae^{\frac{hcv}{kt}}$$

式中： l_{as} —反斯托克斯光强度； l_s —斯托克斯光强度； a —温度相关系数； h —普朗克系数，J.s； c —真空中的光速，m/s； v —拉曼平移量， m^{-1} ； k —鲍尔茨曼常数，J/k； t —绝对温度值。

基于光时域拉曼散射的分布式光纤温度传感器 (DTS)，通过向光纤发送一个短激光脉冲，然后测得背向散射的喇曼光，该光信号就包含了沿光纤的损耗和温度分布信息。

DTS 是用于实时测量空间温度场分布的高新技术，它能够连续测量光纤沿线所在处的温度，测量距离在几公里的范围，空间定位精度达到米的数量级，能够进行不间断的自动测量，特别适用于需要大范围多点测量的应用场合。分布式光纤温度传感系统具有精度高、数据传输及读取速度快、自适应性能好等优点。

布里渊散射是光在光纤中传输过程中发生的一种非线性效应。由于它的存在使光信号产生传输损耗，这对信号传输而言是不利的,但人们可以利用这种效应对光纤进行测量。布里渊光时域反射 (BOTDR) 是通过检测光纤中反向散射的自发布里渊散射光来实施监测。

1.1.3 测温主机工作原理

工作原理图和测温过程如图 2 所示。

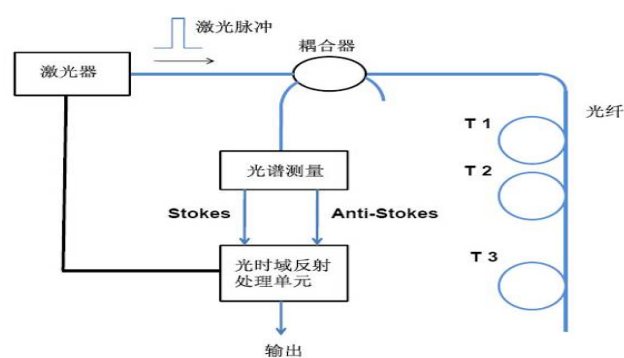


图 2 测温主机工作原理

激光器发出一束激光，通过耦合器调制后入射测温光纤中；光纤中反射回的拉曼光通过光谱分离模块分解成不同波长的 Stokes 反射光和 Antistokes 反射光。其中 Stokes 反射光的强度与温度弱相关；而 Antistokes 反射光的强度与传输介质的温度强相关。通过对两束光信号进行处理和对比计算得出温度沿光纤的分布曲线。

1.1.4 系统构成

本系统由 2 大部分构成：

其一是在控制室光纤测温主机设备和现场敷设的测温光纤。

其二是要有服务器和软件构成,从功能来区分,有数据库服务器、监控服务器；软件主要有数据库和温度在线监测系统监控软件。

分布式光纤温度在线监测系统的硬件部分包括感温光纤、分布式光纤测温主机和根据项目规模配置的服务器等。

分布式光纤温度在线监测系统的管理层采用工业以太网协议，可与 MIS、SCADA、DCS 等实现无缝连接，组成一个功能更加完善的监控系统。

1.1.5 系统和设备设计技术标准

系统和设备设计技术标准见表 1。

表 1 系统和设备设计技术标准

序号	名称	性能	在设备中的功能介绍
1	中央处理器	3.4GHz-1MB	数据的分析计算处理
2	激光器	脉冲宽 10ns 连续波输出功率 10W, 光谱宽 3nm	发射脉冲激光
3	光开关	开关次数不小于 109 次	对光传输通道起选择分断作用
4	波长解调模块	$\pm 1pm$, 0.2kHz	光谱监测与波长解调

1.1.5 设备配置和性能指标

1.1.5.1 测温主机的性能指标

光纤测温主机：光纤测温主机实时接收测温光纤送来的携带有温度信息的光信号，并把其解调为

温度数值,实现对被监测部位的温度测量。当实际测量值大于报警设定值时发出报警信号,进而可以对被检测物体的安全状况做出判断。

光纤测温主机采用 ASIC 运算处理芯片,并选用 PowerPC 和嵌入式操作系统,运算速度快、可靠性高、功耗小。

主机配有高性能网络服务器及 LBTSERVER 服务器软件包,内嵌 Web 服务器,业内首家在光纤传感系统里采用先进的 B/S 架构,使系统组网和远程 WEB 访问方便、快捷。

测温主机采用光纤测温主机是系统的主体,负责整个系统的信号采集、信号处理、数据分析、超温报警、温升速率报警、网络传输等功能。

主要性能指标:

- 1) 每通道最大探测距离: 2km
- 2) 通道数: 2 通道
- 3) 连接方式: FC/APC 接头
- 4) 取样间隔: 1m
- 5) 定位精度: 1m
- 6) 温度分辨率: 0.1℃
- 7) 测量时间: <10 s/通道, 2 通道小于 25s
- 8) 温度精度: <1℃
- 9) 光纤受损后系统能自动检测并定位受损点
- 10) LED 功能指示: 电源显示、系统故障、光纤故障和温度报警

11) 声音报警: 对系统故障、光纤故障、温度超标具有声音报警功能

重点在: 通道数、通道最大探测距离、取样间隔、温度分辨率、测量时间、定位精度、受损定位方式、通讯方式、监控方式、无故障运行时间加以甄别。

1.1.5.2 光纤测温主机主要技术特点

可靠性和稳定性大大加强: 利用 ARM+DSP 代替传统运算的电子逻辑门电路,降低设备功耗,降低设备温度,提高了设备的可靠性和稳定性。

基于统一管理的设计理念,采用一对多的监测方式,即一台主机可以对多个测点进行温度监测,减少中间环节,提高了系统的可靠性,可扩充性和灵活性也大为加强。

优良的信号光处理及信号分析同步技术,确保了测量数据的高精度。

为确保存储硬件的可靠性,采用内部固化的大

容量 Flash,容量可根据用户的需要进行扩充。另外,采用专用的文件系统对存储介质进行读写校验及坏块管理,提高了容错性,进一步保证了数据的准确性及可靠性。

模块化软件设计,可灵活添加、扩充通讯协议、数据类型、设置参数等功能。

具备 RS-485、以太网等多种通讯接口;

系统主要设备之间是光纤通信,主机管理下属设备并接受分析数据,大大提高维护效率,降低了维护成本。

1.1.6 采温光缆的选型

采温光缆需采用分布式铠装抗拉抗压型光纤,光缆内部有不锈钢保护管和抗拉钢丝网保护光纤不受损害,具有抗水性,要求具有铠装、坚固、柔韧、抗拉抗压性好,便于安装和维护、抗腐蚀等特点。符合室外使用要求,并应有一定的耐磨性和防普通化学腐蚀的性能。

需具备的性能指标:

- 1) 光纤耐压强度: 工频耐压 65kV/125mm, 雷电冲击电压 133kV/125mm
- 2) 测温范围: (-20~200)℃
- 3) 工作温度: 大于 600℃
- 4) 纤芯内核: 50μm
- 5) 光纤覆层: 125μm
- 6) 弯曲半径: 大于 60mm
- 7) 防护级别: 大于 IP67
- 8) 光纤类型: 金属铠装
- 9) 外护套: 不锈钢保护管
- 10) 外部直径: 不大于 4mm
- 11) 抗张强度: 工作时不小于 600 N, 敷设时不小于 1000 N
- 12) 抗压强度: 工作时不小于 300 N/10cm, 敷设时不小于 3000 N/10cm
- 13) 尾纤接口抗拉强度: 10N
- 14) 对以下干扰不会受到影响(参见 CCITT 国际标准)

1.1.7 系统实现的功能

1) 实时在线监测: 24 小时在线监测,低温预报警,真正实现无人值守;

2) 准确测温: 光纤测温精度高、反应快,可以准确掌握电缆温度的变化情况,

3) 快速反应: 系统可随时反映伴热电缆的温度

变化，迅速发出报警；

4) 报警设置：可按实际需要设置三级或多级报警温度，并辅助温降速率异常报警；

5) 分区灵活：可任意把被测区域划分成若干个区域并分别设置报警温度，实现人性化管理。

6) 数据共享：系统可以与厂内 MIS 网连接，在网内任意一台电脑上均可进行数据查询；

7) 本质安全：从现场到控制室的传输线路全部以石英为工作介质，本质绝缘、抗电磁微波干扰，耐腐蚀、耐老化；

8) 高压隔离：光纤是非常可靠的绝缘物质，可以起到很好的隔离作用，避免将现场的高电压引入控制室；

9) 结构简单：整个系统由测温主机和感温光纤两大部分组成，没有繁多的中间环节和转换部件，大大降低了出现故障的机率以及日后的维护费用；

2 改造内容概述

2.1 改造的方案

本工程是针对#2 机组的电伴热重要测点进行改造。

1) 将感温光缆敷设在监测仪表管路上，采用直线放置并固定牢靠。

2) 测温监控主机采用中央报警控制柜的工控机在 WINDOWS 环境下由调试编程完成。设定区域长度及报警点以及系统校定等均可采用 Windows XP 以上版本软件 ifox 来完成。测温控制主机可通过通讯接口与主控机相连用于显示。在主机上可实时显示光缆的温度轨迹，报警信号能突出显示，并能确定及显示光缆受损点实际位置。

3) 当光缆受损，系统能及时定位受损点，并通过光纤熔接机对其进行熔接。

4) 系统可对报警区域长度及报警点进行整体编程，报警点及区域长度能根据现场情况灵活调整，并与现场实际情况完全相符。

5) 每一报警控制区可有多级定温报警（如 5℃ 初报警，2℃ 二级报警，0℃ 采取措施等）及温降速率设定，并且可根据环境不同进行温度修正。温降速率的设定值可由现场监测情况确定。温降变化函数应可进行相应的调整。

6) 系统具有良好的兼容性，可通过 RS485 标准接口与中央报警控制盘和其它控制设备进行互

连，并提供多路继电器输出接口（输出继电器模块数量能根据需要设定），将有关信号送至相关的控制设备进行区域报警判定及声光报警。所有信号输出准确、完整。

7) 为避免发生误报警，在定温报警的同时，系统可就温降速率进行报警，并提供相应开关量信号输出。

8) 报警控制区可编程，可针对环境变化设置 80~100 个不同报警控制区域。

9) 系统具有较好的扩展性，在其精度允许范围内，可对标准测量距离进行扩充。

10) 系统设置两个报警区分段（汽路和水路）分级输出信号，分别进行监控。

11) 系统具备安全记录功能，对于历史数据应能储存一年，并可进行有效审核。

12) 监测软件中的自动鉴别功能保证了在有光缆交叉的地方也能对报警区域进地准确定位。

2.2 整体的架构设置

1) 在主厂房电子间布置 1 台上位监控 PC 机、1 台光纤测温主机（含机柜）和感温光纤监测主厂房#2 机组锅炉区域；

2) 主机有 2 个通道，每通道测量距离为 2km；系统的数据通过通讯光缆传送到监控 PC 机上；

3) 光纤测温主机通过报警输出单元上的继电器端口把报警信号传送给 DCS 自动报警系统。

系统构架如图 3 所示。

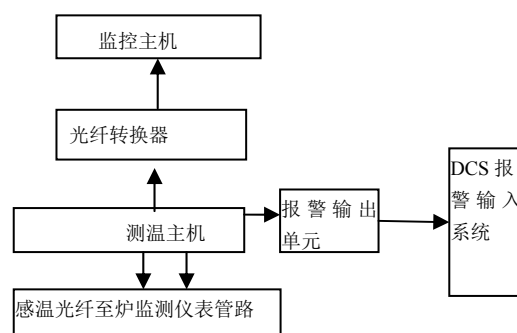


图 3 系统构架

2.3 改造方案分析

2.3.1 系统可扩充性

提供的硬件有很强的互换性和兼容性。

提供的软件的工作条件是不依赖于任何硬件平台，确实是独立于硬件的功能模块。

光纤温度在线监测系统采用了国际标准，如：采用面向网络的操作系统、图形用户界面、数据库

和通信协议,采用标准通信接口及协议、编程语言和数据库访问界面,采用标准的应用软件编程接口。

2.3.2 系统可靠性

按规范严格要求系统,避免失效瘫痪或故障。

所有软件在编程时考虑到本系统运行当中可能发生的一切情况。

系统应具有保证数据安全和操作安全的保密措施。

2.3.3 系统维护性

系统应具备自校、诊断和排除一般性故障的能力和措施。

系统设备的制造和集成均符合工业标准。

系统应该提供专门的对象建模工具和数据维护工具,可以实现交互式的模型定义、维护和数据维护。

系统应具备专业图形绘制工具,可方便地绘制出应用系统所需的各种总貌图、流程图和工况图。图形组态软件可灵活地生成多种动态显示方式

系统能够采用数据表、曲线等多种方式显示对电厂整体温度数据的统计分析结果,并由用户方便的对图表和曲线进行定制。

2.3.4 系统的安全性

光纤温度在线监测系统对操作人员的登录、取消登录和重要的操作进行密码验证和日志记录,以保证系统操作安全性。

建立完善的安全措施,对不同等级用户,设立相应的访问与操作权限。系统维护端可以通过对用户密码、用户权限分配的方式控制用户所浏览信息的内容。

重要的操作过程或部位应该具备有特殊操作步骤的编程措施。

所有硬件故障、软件故障在显示器上显示,并报警提示。

光纤温度在线监测系统具有独立的自适应的冗余结构。

2.3.5 工程施工工艺

2.3.5.1 光纤测温主机安装

光纤测温主机设置在相应需要监测设备的附近的控制箱中,通过网线 R485 或通信光纤与机组集中控制室的服务器进行通信。

2.3.5.2 光纤传感器的安装

采温光纤在仪表管排中一直行方式敷设,尽可

能采用接触式安装,将采温光纤敷设在管道表面,一根管道敷设一根采温光纤,固定光纤用的扎带等配件选用阻燃性材料的。

2.3.5.3 通讯电缆的敷设

为了防止通讯光纤受到外界毁坏,从监控室到现场的通讯光纤均走弱电桥架,并根据现场情况可布设 PVC 管或钢管。

2.3.5.4 服务器的安装

本系统的数据服务器安装在机组集中控制室电子间内,并可以通过 R485 服务器与系统相连。

架设系统工作站 1 台,包括系统软件、PC 机、21 寸液晶显示器和打印机,工作站按柜式安装方式,机柜尺寸为 2200x800x600mm (高 x 宽 x 深)。

在电厂控制室电子间内设置数据服务器和监视主机,对站内所有设备的温度和报警信息进行实时显示,同时服务器将系统报警数据以 WEB 形式传送给报警输出系统,报警输出系统以 DI 信号形式传送给 DCS 系统。

3 结束语

经过实际测试比较主机显示数值与现场就地实测误差一致。证明了该系统的可行性,通过分析系统测试得到的数据结果,该系统能保证数据的准确可靠性、实时性,以及系统的稳定性。

这是一个全新的全方位全过程锅炉电伴热系统在线安全管理解决方案。通过设计具有远程监控功能的通讯平台。为测温系统提供了良好的应用基础。使锅炉运行安全系数大大提高。为冬季锅炉运行安全提供了安全保障。

参考文献:

- [1] SJ 20832-2002,光纤温度传感器通用规范[S].
- [2] GB/T13926-92,工业过程测量和控制装置的电磁兼容性[S].
- [3] GB/T13423-1992,工业控制用软件评定准则[S].
- [4] 中华人民共和国国家经济贸易委员会.电网和电厂计算机监控系统及调度数据网络安全防护规定(中华人民共和国国家经济贸易委员会第 30 号令)[Z].

作者简介:

李 军 (1968-), 男, 江苏镇江人, 从事火电厂热控工作,
E-mail: lijun@gdtz.com.cn.