

提高电站锅炉受热面壁温计算准确性，开发寿命监测专家系统

王孟浩

目前电厂的高科技管理主要是“状态检修”和“寿命监测”。电厂设备事故最多的是锅炉，而锅炉事故最多的是过热器和再热器的超温爆管。一台 300MW 锅炉爆管一次，停炉抢修 72 小时的发电利润和起停损失高达 100 多万元。如果因供电紧张而造成区域停电，则损失更大。因此寿命监测专家系统是指导电站锅炉运行和实施状态检修的有效手段。

但是在技术上不可能在锅炉炉内装设许多受热面管子上的壁温测点。只能依靠锅炉出厂时所带的若干管子出口的炉外壁温测点。这种测点测到的是管内的汽温。如何从炉外的汽温准确地在线计算炉内各点的管壁温度，则有赖于高精度的热偏差计算和壁温计算。

寿命监测系统所以要求有高准确性的壁温计算方法是因为在过热器和再热器管子的高温段，材料的壁温已接近所能承受的极限。计算的误差超过 8~10 就会使其残余寿命的计算误差太大而失去意义，甚至连是否超温也难于判断。因此没有准确的在线热偏差和炉内壁温计算方法，就不可能有真正意义上的寿命监测。

遗憾的是以前我国沿用的苏联 57 年和 73 年的热力计算方法以及不少外国大公司的锅炉热偏差计算方法和壁温计算方法的准确性都不高，以致造成许多国产的、引进型的和进口的大容量电站锅炉频频发生过热器和再热器的超温爆管事故。例如

1. 按苏联标准计算的国产锅炉有：望亭、谏壁和姚孟等电厂的 300MW 锅炉的屏式过热器、高温过热器和低温再热器；淮北、淮阴和扬州等电厂的 200MW 锅炉的高温再热器等；
2. 按引进技术计算的引进型锅炉有：石横、德州、汉川、华鲁、沙角 A、珠江、吴泾、妈湾、松屿和平圩等电厂的 300MW 和 600MW 等锅炉的再热器；
3. 进口的锅炉有：北仑电厂 CE 公司的 600 MW 锅炉的末级再热器、陡河电厂日立公司的 250 MW 锅炉的末级过热器、宝钢、福州和大连电厂三菱公司的 350 MW 锅炉的屏式再热器和末级再热器、石洞口二厂 600 MW 超临界锅炉的末级再热器、上安电厂加拿大 B&W 公司的 350 MW 的大屏过热器和高温再热器、大坝电厂美国 B&W 公司的 300 MW 锅炉的低温过热器、元宝山电厂 STEIMULLER 公司的 600 MW 锅炉的过热器、石洞口一厂 STEIMULLER 公司的 300MW 直流锅炉（改造）的末级再热器，以及扬州第二发电厂美国 B&W 公司的 600 MW 锅炉的高温过热器等。

二．过热器再热器局部管子超温的主要原因

大多数电站锅炉过热器再热器发生超温爆管的原因是：

- 1．沿烟道宽度各屏吸热不均匀。
- 2．各屏间蒸汽流量不均匀。对于引进型锅炉结构，主要是由进口集箱中涡流区静压降低引起的屏间流量不均匀。
- 3．同屏各管之间的热偏差（温度偏差），主要由各管的受热长度、蒸汽流量以及各种辐射和对流吸热造成的不均匀性所造成。

作者曾对一些进口锅炉的超温爆管事故进行了改造（北仑、陡河等）。在改造工作中发现一些外国大公司在设计中所用的同屏热偏差和壁温计算方法准确性不高；对进口集箱中涡流的作用并未计及，对宽度各屏的吸热偏差也估计不足。这是上述锅炉发生事故的主要原因。

三．我们的计算方法特点

我们对锅炉过热器再热器的同屏热偏差、流量偏差和壁温计算进行了 40 年的理论研究和电厂实践，还发现了引进型锅炉再热器进口集箱中的涡流流动，并通过试验研究取得了大量数据。我们曾经对 600MW 引进型锅炉（吴泾电厂 8 期）的再热器进行了成功的改进；对 10 多台国产和进口的锅炉进行了过热器再热器超温爆管故障的成功改造，制定了一套具有高准确性的离线及在线的热偏差计算和壁温计算。并在此基础上开发了过热器再热器寿命监测软件。这套软件考虑了过热器再热器的屏间、屏前、屏后和屏下的辐射吸热偏差和对流吸热偏差，以及沿宽度各屏的和同屏各管的流量偏差。已经在 4 台锅炉上实施并具有良好的业绩。在一台 300MW 锅炉上监测到一侧过热器出口超温，2 年以后果然发生爆管。另一台 300MW 锅炉监测到的末级过热器和末级再热器偏差管的出口温度比平均出口温度高 $36 \sim 37$ ，只与 2 年前我们的计算结果差 $1 \sim 2$ 。应该说这样的准确性是其它计算方法所无法企及的。

四．所开发的在线监测的主要功能

锅炉沿宽度的辐射和对流吸热偏差由于受锅炉燃烧和运行工况的影响，无法事先准确计算，因此只能通过锅炉上原有的部分管屏外圈管出口的温度测点进行在线计算。有了宽度吸热偏差数据，用我们的计算方法就可以准确在线算出管屏所有管子从进口到出口的炉内汽温和壁温和寿命损耗的分布了。我们所开发的炉内壁温和寿命在线监测专家系统的主要功能是：

除了结构图和设计参数外，计算结果在电脑上显示的界面主要是下列三种画面，每 1

分钟显示并记录一次，并可以实时打印报表。记录的数据则形成数据库。

1. 沿烟道宽度各片屏最高温度（汽温和壁温两种）的分布曲线；
2. 每根管子沿长度各点的炉内汽温和壁温；
3. 每段管子的在线寿命损耗和残余寿命。

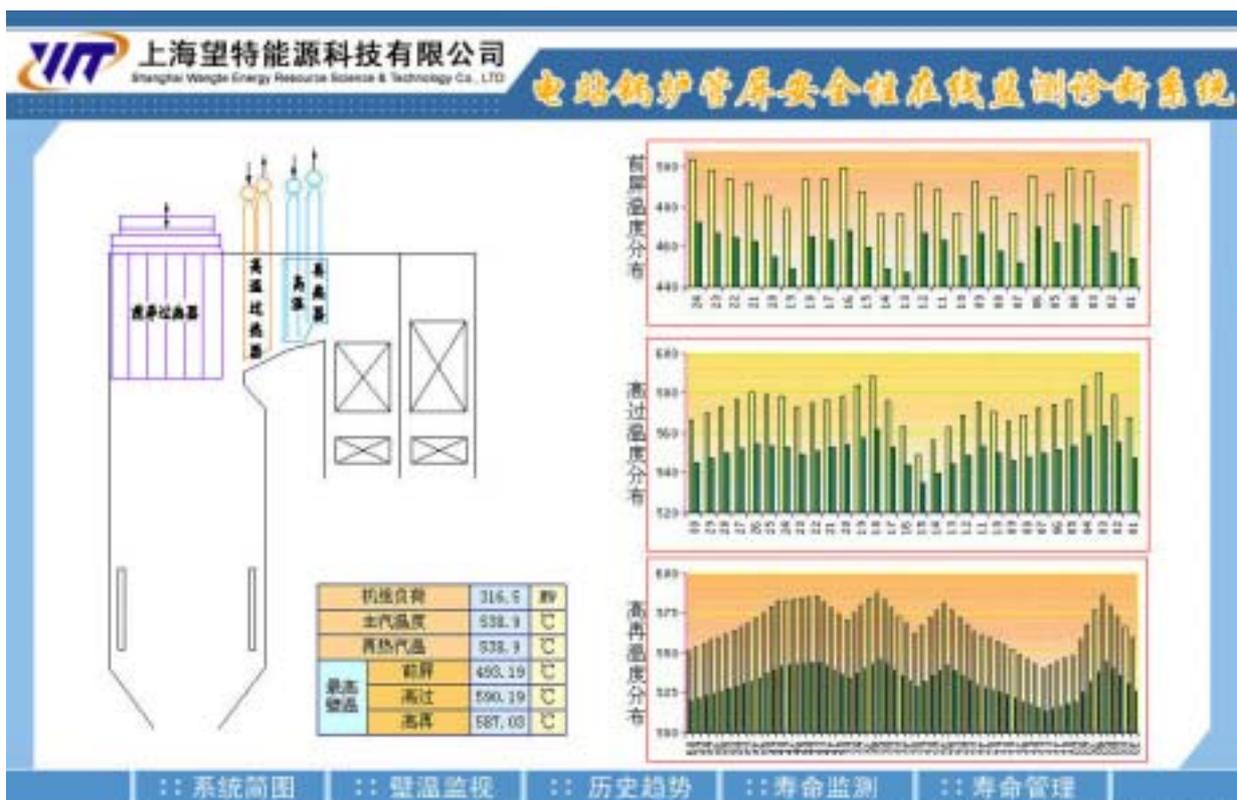
如果有超温情况，则用红色表示，并报警。

专家系统具有以下的功能：

1. 可以了解有无管子超温情况以及发生超温的位置；
2. 可以了解烟气侧的不均匀情况，运行人员可以据此进行燃烧调整和安排检修计划；
3. 打印实时和统计的报表；
4. 记录各段管子的壁温经历，并加以保存，用来实时计算各段管子的残余寿命，并加以显示和记录；

另外还可以在线计算、显示和记录锅筒及高温区集箱的寿命损耗。

显示的主要画面示例如下：



本程序由锅炉专家、美国研究员王孟强先生研制开发

上海望特能源科技有限公司

<http://www.boiler-online.com>

wt@boiler-online.com

04年11月