



电站锅炉过热器、再热器管屏 安全性在线监测诊断系统

产品说明书



上海望特能源科技有限公司

上海市徐汇区钦州南路 81 号 517 室
电话 : (86-21) 64513775
传真 : (86-21) 54590303

公司网站 : <http://www.boiler-online.com>
电子邮件 : wt@boiler-online.com
邮政编码 : 200235

目 录

一、 系统简介	2
二、 核心计算方法原理.....	4
三、 系统作用	5
四、 系统组成	5
五、 系统功能	7
六、 性能指标	8
七、 运行效益	9
八、 产品业绩表	10
九、 附件	11
1. 华东电业管理局望亭发电厂产品应用证明 ;(附件 1)	12
2. 中国国电集团公司谏壁发电厂应用证明 ;(附件 2)	13
3. 600MW 锅炉再热器超温问题的研究及应用奖证书 ;(附件 3)	14
4. 华东电业管理局过热器超温爆管原因及改进二等奖证书 ;(附件 4)	14
5. 上海锅炉厂有限公司关于 600MW 锅炉再热器设计改进证明 ;(附件 5)	15
6. 专利证书 ;(附件 6)	16
7. 中华人民共和国突出贡献专家证书 ;(附件 7)	16
8. 中华人民共和国国务院政府特殊津贴证书 ;(附件 8)	17
十、 附图	11
(系统界面示意图 , 附件 1 - 8)	18-21

近年来，大型电厂中发生事故最多的是锅炉，锅炉事故中最多的是“四管爆漏”，由于过热器再热器长期工作在恶劣的环境中，因此超温和爆管所占的比例最大。据有关资料统计，燃煤火力发电机组事故占发电事故的一半以上，而锅炉受热面的爆漏事故占锅炉事故的百分之六十以上。

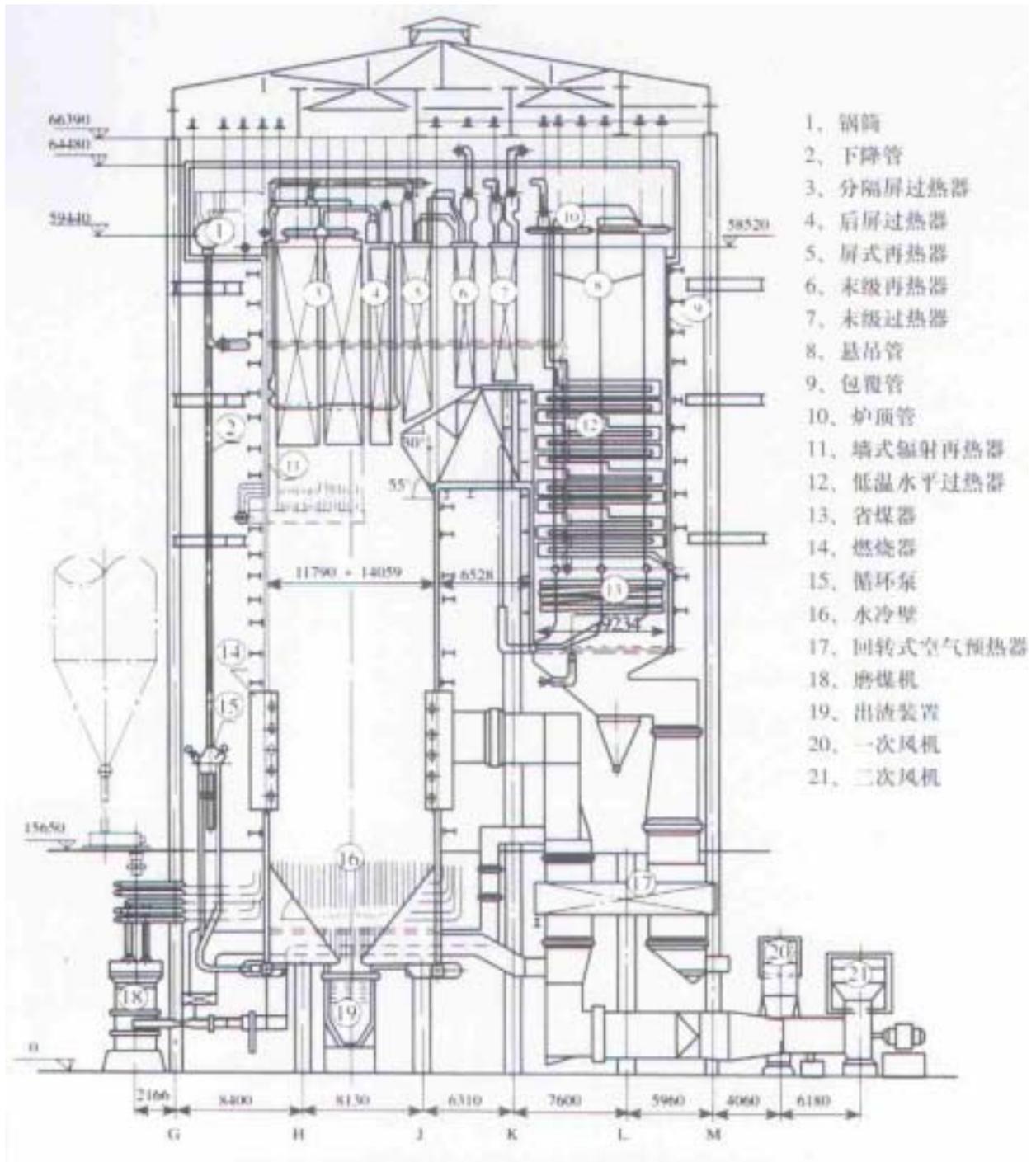
电厂对锅炉爆漏事故要么小范围更换管子（仍存在超温隐患），要么就投入巨资进行改造。我国知名锅炉专家王孟浩教授从电厂的实际需要出发，运用自己独创的一套锅炉过热器再热器热偏差及管子壁温的计算方法为电厂研发出一套更好的解决方案 《电站锅炉过热器、再热器管屏安全性在线监测诊断系统》。这套系统可以指导司炉进行燃烧调整，避免炉内管子壁温超温；可以对炉内管子剩余寿命进行量化评估，避免运行中爆管事故等，进一步的延长锅炉的使用寿命，提高锅炉运行的稳定性、安全性。该系统利用锅炉原有的炉外测点数据和锅炉设计数据即可快速、经济、便捷的为电厂提供最直接的指导意见，而电厂并不需要停炉，不需要在锅炉上施工，不影响生产，为电厂取得最大的经济效益提供了保障。

一、 系统简介：

超温和爆管的原因之一是运行中沿烟道宽度的烟温偏差太大，特别是在蒸汽流量偏差以及各种辐射和对流吸热偏差方面的设计计算与实际情况相差较大。而一旦发生爆管，已有一大片区域的管子受到长期超温的损伤，留下继续爆管的隐患。对电厂安全经济运行来说，应该做到“状态检修”和“寿命监测”高科技管理。就是说在管子还没有发生爆管以前就能够监测到超温的状态而进行检修消除隐患（状态检修），并能实时监测管子的残余寿命（寿命监测）。参照 300MW 锅炉简图。

状态检修和寿命监测的技术基础是管子炉内壁温的准确性。大容量电站锅炉过、再热器的受热条件和流动工况非常复杂。锅炉上装设的两侧烟温测点插入深度太短，又受到冷面辐射的影响，其指示值不能正确代表偏差屏位置的烟温偏差。锅炉上装设的部分管屏外圈管出口的炉外温度测点也不能用来准确推算温度最高的偏差管的各点炉内壁温值。

本系统是基于王孟浩教授的锅炉过热器再热器热偏差及管子壁温计算方法并结合电厂高科技管理需要而开发的，是一套根据每台锅炉的具体结构、热力数据、运行方式和实际运行工况所专门编制的过热器再热器安全经济运行的专家在线管理系统。以在线炉内壁温计算模块和在线寿命损耗计算模块为核心，采用计算机在线动态实时显示技术，从电厂的网络系统（如 DCS 系统、MIS 系统）读取所需数据，经过计算模块的计算，结果以动态



300MW 锅炉简图

显示方式显示炉内每根管子沿长度各点的汽温、壁温、寿命损耗及沿烟道宽度的烟温偏差，同时生成历史数据库可供查询、打印等；并可以在电厂网络系统的各工作站调用，打印实时和历史数据。如确认超温，则送出报警提示信号，并显示超温的部位。产品经过三代改进，具有功能广、精度高、可靠性高的性能。

本系统利用锅炉上原有的炉外壁温测点在线计算每根管子沿长度各点的炉内壁温，同

时可以算出沿烟道宽度的热力偏差和同片偏差。计算管子和集箱寿命损耗的基础是炉内壁温在线计算的准确性，以及集箱内部由温度变化引起的动态内外壁温差。具体每一点汽温和壁温的高低受到蒸汽流动工况和辐射、对流传热条件的影响。本计算软件考虑了实际运行的蒸汽流量偏差和各种辐射和对流传热偏差等因素，经过多年的电厂实践，证实具有很高的计算精度。

产品型号对照表	
锅炉产品	在线监测诊断系统型号
1000MW 超超临界锅炉	GP-1000MW 型
900MW 超临界锅炉	GP-900MW 型
600MW 超临界锅炉	GP-600MW- 型
600MW 亚临界锅炉	GP-600MW- 型
300MW 亚临界及以下锅炉	GP-300MW 型
135MW 及以下锅炉	GP-135MW 型

二、核心计算方法原理：

计算管子寿命损耗的基础是准确计算管子的炉内壁温。具体每一点汽温和壁温的高低受到各种蒸汽流动条件和辐射对流传热条件的影响。本计算软件考虑了实际运行工况的各屏间和同屏各管间的蒸汽流量偏差、屏前、屏后、屏间及屏下的辐射和对流传热偏差；以及管子阻力系数偏差等 8 个偏差因素。其数学模型如下：

管组中任一个管段 i 的焓增计算式为：

$$\Delta i_i = \frac{3.6K_r K_h E_0 d l_i}{D_i} (\sum q_f p_i + q_p \xi_{1i} + q_d \xi_{2i}) \quad [\text{kJ/kg}]$$

式中： D_i ， K_r ， K_h 蒸汽流量 [kg/h]，宽度和高度吸热偏差系数；

l_i ， E_0 ， d 计算管段长度，面积折算系数和管子外径 [m]；

q_f ， p_i 屏前、屏后、屏中、屏下烟室的辐射热负荷 [W/m²] 及其偏差系数；

q_p ， q_d ， ξ_{1i} ， ξ_{2i} 屏间烟气辐射和对流热负荷 [W/m²] 及其偏差系数；

计算点的汽温计算式为：

$$t = t_j + \sum \Delta i / R \quad []$$

式中： t_j ， R 计算管进口温度 () 和蒸汽比热 (kJ/kg/)



计算点的壁温计算式为：

$$t_b = t + \beta J q_m \left(\frac{\delta}{\lambda (1 + \beta)} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \quad [\quad]$$

式中； J, β, α_2 热均流系数、管径比和管内蒸汽对管壁的放热系数 [W/(m²K)]；

δ, λ 管壁厚度 [m] 和金属导热系数, [W/(mK)]；

三、 系统作用：

采用本"电站锅炉过热器、再热器管屏安全性在线监测诊断系统"可以随时监视和指导锅炉的运行情况，避免发生超温，并指导锅炉的检修工作，延长高温部件的寿命，及时给用户掌握设备在役情况和使用寿命的可量化的精确数据，为电厂适时安排机组检修提供精确可靠的第一手资料。

➤ 对亚临界和超高压锅炉：

在运行中要有良好的燃烧工况和运行控制，将热偏差控制在最小的范围中。如果燃烧工况不良或操作控制不当时，会发生炉膛出口烟温升高而且沿炉膛宽度的烟温偏差太大，使过热器再热器局部管屏超温甚至爆管，并影响到集箱和管子的使用寿命。

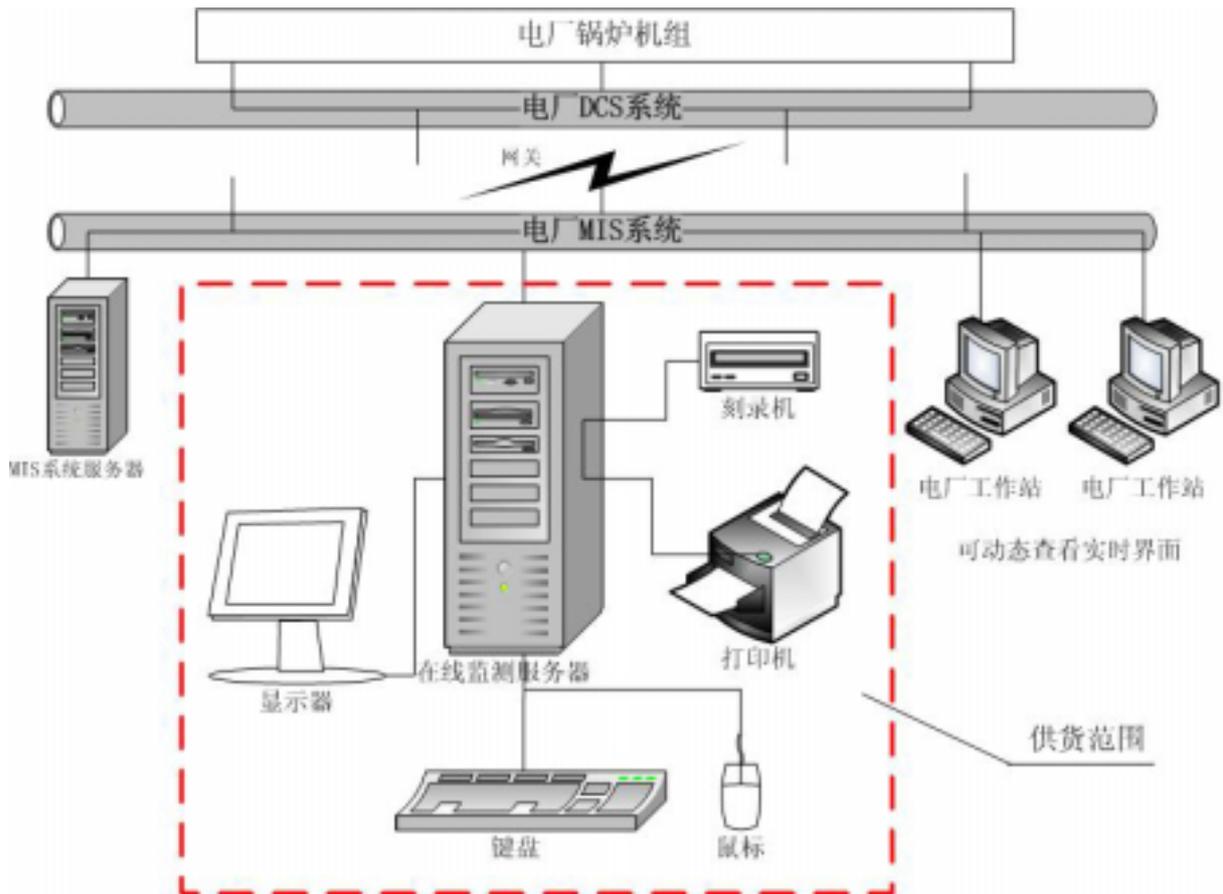
➤ 对超临界、超超临界锅炉：

超临界锅炉和超超临界锅炉压力和温度高，管子和集箱的应力大，而且没有锅筒，要求有高自控性能的运行水平。如果自控系统与锅炉的动态特性配合不好，或者在突发性扰动和煤水比控制不当时，会发生出口汽温飞升或过热器中间点温度波动大，使炉内管子成片受损并使集箱受到过大的内外壁动态温差应力，影响到这些受压件的使用寿命。

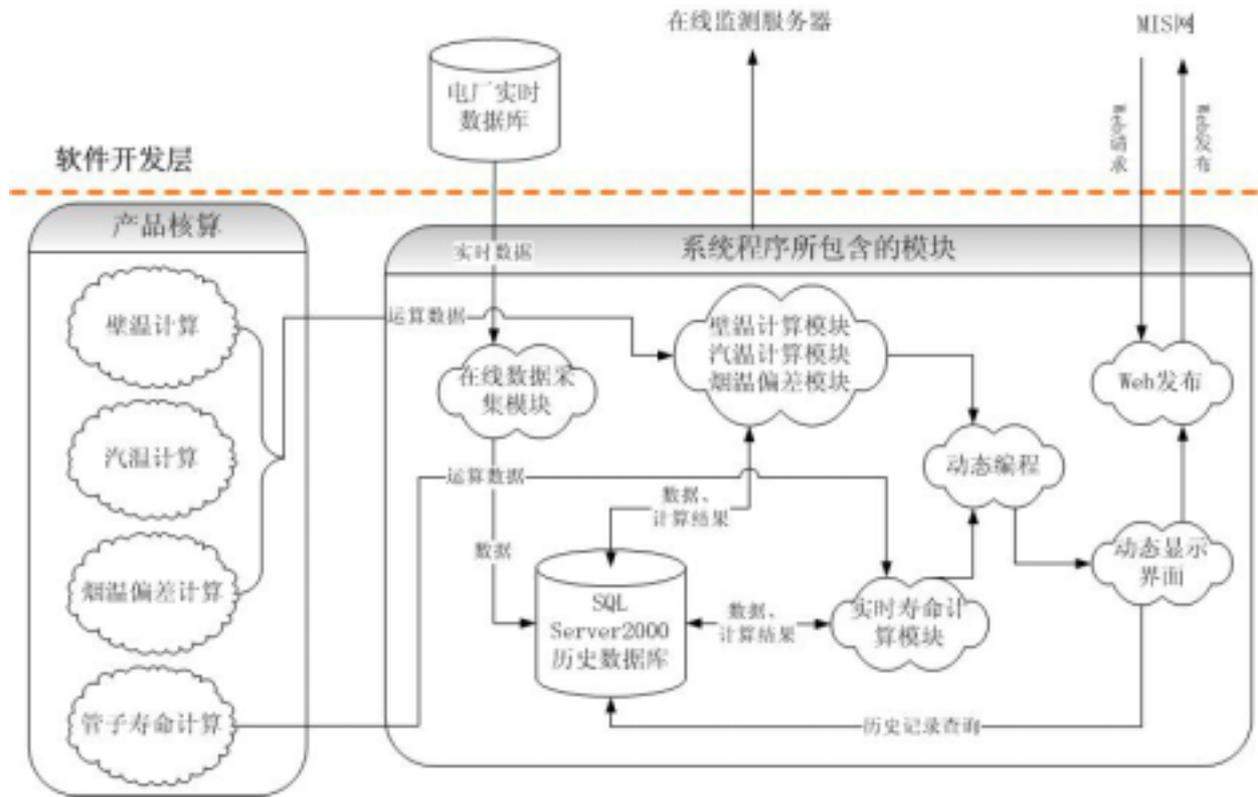
四、 系统组成：

本系统运行在 Windows 2000 / 98 平台下，分为前台、后台两大部分。前台为动态显示界面，采用流行的 Browser-Server 结构（浏览器——Web 服务器结构），由 Web 服务器通过 ASP(Active Server Page)脚本在服务器端向数据库服务器请求数据，所需数据回送到 Web 服务器后编码成动态网页页面，再向请求页面的客户机通过 Web 浏览器显示在用户屏幕上。该方式简化了软件的分发方式，客户端软件直接安装在 Web 服务器上，同时便于程序的维护工作。本系统 WEB 服务器端采用 Windows2000 自带的 Microsoft Internet Information Server 5.0，客户端要求 Internet Explorer 5.0 以上。

后台包括在线数据采集模块，实时壁温计算模块，实时汽温计算模块，实时寿命计算模块，实时烟温偏差计算模块，均采用 Visual Basic 6.0 中文版开发，运行在 Windows2000 Server 环境下。寿命管理系统的数据库建立在 SOL Server 2000 数据库管理系统下。服务器端五大模块通过系统定时每分钟调用一次，供前台界面的每分钟一次的动态显示。五大模块输入输出参数均通过数据库系统实施管理，计算结果入库保存，供前台界面使用。



系统网络链接示意图和供货范围



系统软件结构

五、 系统功能：

1. 预防爆管：

预防过热器再热器超温爆管；

2. 壁温监测及报警：

所有过热器再热器高温管子炉内壁温、汽温在线显示和记录，超温部位报警；

3. 烟温偏差显示：

针对偏差屏的烟温偏差显示，在线给出定量的偏差值；

4. 指导运行：

指导锅运行及燃烧调整，减小偏差；

5. 状态检修：

管组各监测点提供检验、寿命评估或更换的意见指导检修工作，实现“状态检修”；

6. 寿命监测：

实时显示过热器再热器炉内所有管子、集箱和锅筒（集箱和锅筒不单独提供）



的在线寿命损耗和剩余寿命，提供记录和查询，延长锅炉使用寿命；

7. 寿命排序表：

提供按各管组规格材料分类及集箱、锅筒的寿命排序报表；

8. 历史查询：

重要数据的历史查询，便于故障分析；

9. 与其它系统的数据交换：

可接入电厂的 DAS 系统、DCS 系统或 MIS 系统，提供本系统相关的全部实时动态信息画面；

10. 提高运行安全性经济性

六、 性能指标：

1. 系统运算精度：

偏差管出口汽温为 2 ~ 3 ；

炉内壁温为 3 ~ 5 ；

2. 系统报警准确性：99.9%

3. 供电电源：

电压： 220V ± 15% VAC 单相电源

频率： 50Hz

电流： 5A

4. 环境汽温：

环境温度： - 20 ~ + 50

环境湿度：5% ~ 95%

5. 硬件环境：按合同签订时期的主流机型配置。

6. 本系统的软件利用各管屏上原有的炉外温度测点进行在线计算，不用在锅炉上施工和增加测点，也无需停炉。在这方面我们已经有了几代产品的经验，完全可以保证在线计算的精度。

七、 运行效益：

以安装了该系统的望亭电厂为例来进行说明：

望亭电厂 14 号炉 300MW 机组应用本系统后，严格执行操作，所监测的三组受热面未发生过因超温爆管而造成的停炉事故。以一年少一次启停，每次停炉抢修 3 天，负荷率 60% 计算，可减少启停损失 15 万元，多发电量 1296 万 KWH。（应用证明见附件 1）

经济性效益表：

（以一年减少一次启停、每次停炉抢修 3 天、负荷率 60%、0.05 元/KWH 计算：）

机组容量 \ 效益	减少启停损失	多发电量	发电效益
1000MW 超超临界	20 万元	4320 万 KWH	236 万元
900MW 超临界	20 万元	3888 万 KWH	214.4 万元
600MW 超临界	20 万元	2592 万 KWH	149.6 万元
600MW 亚临界	20 万元	2592 万 KWH	149.6 万元
300MW 亚临界	15 万元	1296 万 KWH	79.8 万元
125MW 超高压	10 万元	540 万 KWH	37 万元

1. 安全性效益：

- a) 预防超温爆管，防止机组计划外停运，有利电网负荷调度；
- b) 超温部位报警和原因分析，避免传统监测方法所造成的误诊和可能造成的人员意外；

2. 经济性效益：

- a) 实现状态检修，防止机组计划外停运，实现经济效益；
- b) 指导燃烧调整，延长受热管寿命，提高机组可利用率；
- c) 减少再热器事故喷水，实现经济效益；
- d) 减小烟温偏差；

八、 产品业绩表：

产品业绩表（近年业绩）

本产品核心计算模块已应用于下列电厂	
1	江苏谏壁电厂 7 号炉（300MW）；
2	江苏望亭电厂 14 号炉（300MW）；
3	江苏望亭电厂 11 号炉（300MW）；
4	十里泉电厂 6 号炉（300MW）；
注：谏壁电厂 7 号炉监测结果高温过热器第 11 片屏的 1 号管出口管段超温，2 年后果然爆管。经改造后得以安全运行。	
核心计算方法已应用于下列电厂	
5	江苏常州电厂 600MW 超临界锅炉壁温核算；
6	江苏谏壁电厂新 300MW 控制循环锅炉过热器再热器炉内壁温核算；
7	常熟电厂 1 号炉改造过热器再热器炉内壁温核算；
8	江苏谏壁电厂 7 号炉 300MW 机组 1025t/h 控制循环锅炉的高温过热器超温改造；
9	华能南京热电厂苏联进口 300MW 超临界直流锅炉过热器超温壁温核算；
10	洛河电厂 2 号炉 300MW 改造过热器再热器炉内壁温核算；
11	洛河电厂 1 号炉 300MW 改造过热器再热器炉内壁温核算；
12	望亭电厂 14 号炉 300MW 改造过热器再热器炉内壁温核算；
13	谏壁电厂 8 号炉 300MW 改造过热器再热器炉内壁温核算；
14	上海吴泾热电厂 8 期工程两台 600MW 引进型锅炉的再热器进行设计结构改进及性能优化；
15	江苏谏壁电厂两台（8、9 号炉）300MW 机组 1000t/h 直流锅炉的屏式过热器超温改造；
16	江苏望亭电厂 300MW 机组 1000t/h 直流锅炉的高温过热器超温改造；
17	淮北电厂 200MW 机组 670t/h 锅炉的高温再热器超温改造；
18	姚孟电厂 300MW 机组 1000t/h 直流锅炉的低温再热器超温改造；
19	江苏谏壁电厂 300MW 机组 1000t/h 直流锅炉的低温再热器超温改造；
进口锅炉改造	
20	北仑电厂 C.E.公司 600MW 机组 2008t/h 锅炉高温过热器、再热器超温改造；
21	福州电厂三菱公司 350MW 机组 1150t/h 锅炉屏式再热器和末级再热器超温改造；
22	宝钢电厂三菱公司 350MW 机组 1084t/h 锅炉屏式再热器超温改造；
23	山西化肥厂两台 Steimuller 公司 225t/h 箱式炉第一级一段过热器超温改造；
24	陡河电厂两台日立公司 250MW 机组 850t/h 锅炉高温过热器超温改造；

九、 附件：

1. 华东电业管理局望亭发电厂产品应用证明；(附件 1)
2. 中国国电集团公司谏壁发电厂应用证明；(附件 2)
3. 600MW 锅炉再热器超温问题的研究及应用奖证书；(附件 3)
4. 华东电业管理局过热器超温爆管原因及改进二等奖证书；(附件 4)
5. 上海锅炉厂有限公司关于 600MW 锅炉再热器设计改进证明；(附件 5)
6. 专利证书；(附件 6)
7. 中华人民共和国有突出贡献专家证书；(附件 7)
8. 中华人民共和国国务院政府特殊津贴证书；(附件 8)

十、 附图：

(系统界面示意图，附图 1 - 8)



附件 1

应用证明

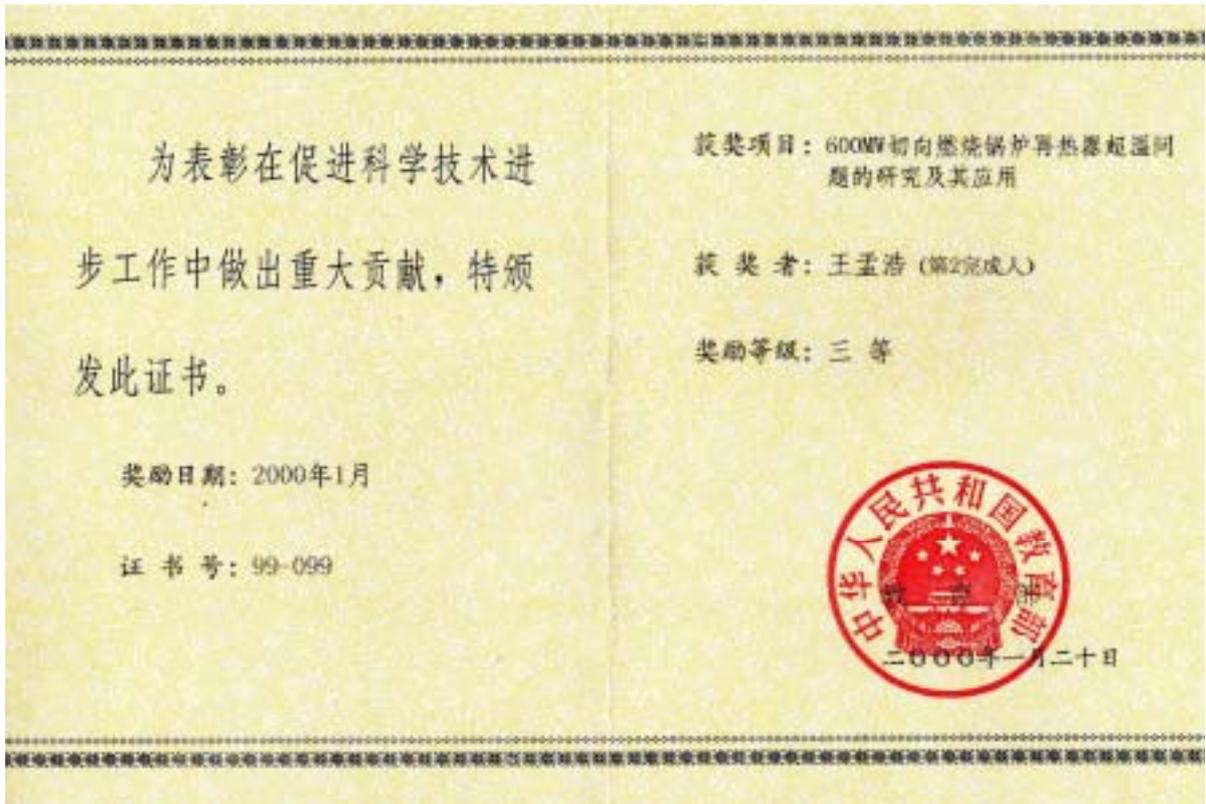
项 目 名 称	锅炉高温受热面在线寿命管理系统
应 用 单 位	望亭发电厂
通 讯 地 址	江苏省苏州市相城区望亭镇
应用成果起止时间	2001.11~2003.3
经济效益 (万元)	
年 度	
新增产值 (产量)	
新增利税 (纯收入)	
年增收节支总额	
<p>应用情况及社会效益:</p> <p>本厂在14号锅炉上二级前屏、高温过热器、高温再热器等三组运行工况最恶劣的受热面应用“锅炉高温受热面在线寿命管理系统”，该系统运行在电厂MIS平台上，可以实时计算出受热面炉内壁温，并根据不同管子规格及材质确定是否超温，发生超温现象时及时发出警告，指导运行中及时调整受热面运行工况，有效的减少了超温发生的概率和持续时间，降低了管子的寿命损耗，提高了管子的使用寿命。通过在线累计管子寿命损耗，根据不同管子的寿命损耗情况为检修工作提供受热面检修的参考意见，并已应用到锅炉检修工作中。</p> <p>14号锅炉应用该系统后，所监测的三组受热面未发生过超温爆管事故，未发生过因超温爆管而造成的停炉事故。以一年减少1次启停，每次停炉抢修时间3天，负荷率60%计算，可减少启停损失15万元，多发电量1296万KWH。该系统的应用，提高了锅炉运行可靠性，保障安全发电，减少停电对国民经济和社会生活的影响。为我厂的安全经济运行起了一定的作用。</p> <div style="text-align: right;">  <p>应用单位: (公章) 2003年4月8日</p> </div> <p>(纸面不敷，可另增页)</p>	

附件 2

使用证明

项 目 名 称	电站锅炉过热器再热器管屏安全性在线监测诊断系统
应 用 单 位	国电谏壁发电厂
通 讯 地 址	江苏省镇江谏壁镇
应用成果起止时间	1999.9~2005.4
经济效益 (万元)	
年 度	
新增产值 (产量)	
新增利税 (纯收入)	
年增收节支总额	
<p>应用情况及效益:</p> <p>本厂结合 7 号锅炉改造, 在高温过热器上应用了“电站锅炉过热器再热器管屏安全性在线监测诊断系统”, 监视高温过热器的运行情况。该系统运行在 #7 机组 DAS 平台上, 可以一分钟一次在线计算出受热面各点炉内壁温, 并确定各段管子是否超温, 如发生超温及时报警, 指导运行及时调整受热面运行工况, 为检修工作提供受热面检修的依据。</p> <p>7 号锅炉采用切圆燃烧方式, 受烟气侧吸热偏差及蒸汽侧流量的影响, 高温过热器易发生超温现象。应用该系统后, 监测结果显示高温过热器甲乙两侧部分外圈管超温运行, 其中有几根超温非常严重。#7 炉改造后 2 年多时间内多次发生高过超温爆管。应用监测系统的数据统计和分析, 利用机组小修机会对高温过热器布置形式进行了技术改造, 改造后监测系统显示高温过热器热偏差减小, 温度都在安全范围内, 已完全杜绝了高温过热器超温爆管事故。</p> <p>“电站锅炉过热器再热器管屏安全性在线监测诊断系统”的应用, 能有效防止或大幅度减少过热器的超温爆管, 有助于提高锅炉运行可靠性, 提高受热面的使用寿命; 监测系统的数据监视、统计和分析, 为做到状态检修提供了有效帮助。</p> <div style="text-align: right; margin-top: 20px;">  <p>应用单位: (公章) 2005 年 5 月 8 日</p> </div> <p>(纸面不敷, 可另增页)</p>	

附件 3



附件 4



附件 5

证 明

上海发电设备成套设计研究所王孟浩高工于 1994 年为我厂第一、二台 600MW 亚临界引进型锅炉（吴泾电厂第 8 期工程）的屏式再热器和末级再热器作出设计结构改进，目的是消除引进技术中再热器的超温爆管隐患。该两台锅炉于 2000 年投入运行后经运行实践和试验证实改进的效果良好，再热器超温爆管隐患已得到解决。

2001 年我厂又请王孟浩高工对再热器作进一步的设计改进，目的是既要避免超温又要减小再热器的阻力到电力部门规定的 0.2Mpa 以下。2002 年王孟浩提出改进方案。我厂经研究后已决定在今后的 600MW 引进型锅炉设计中采用该方案。

上海锅炉厂有限公司

2003 年 2 月 8 日

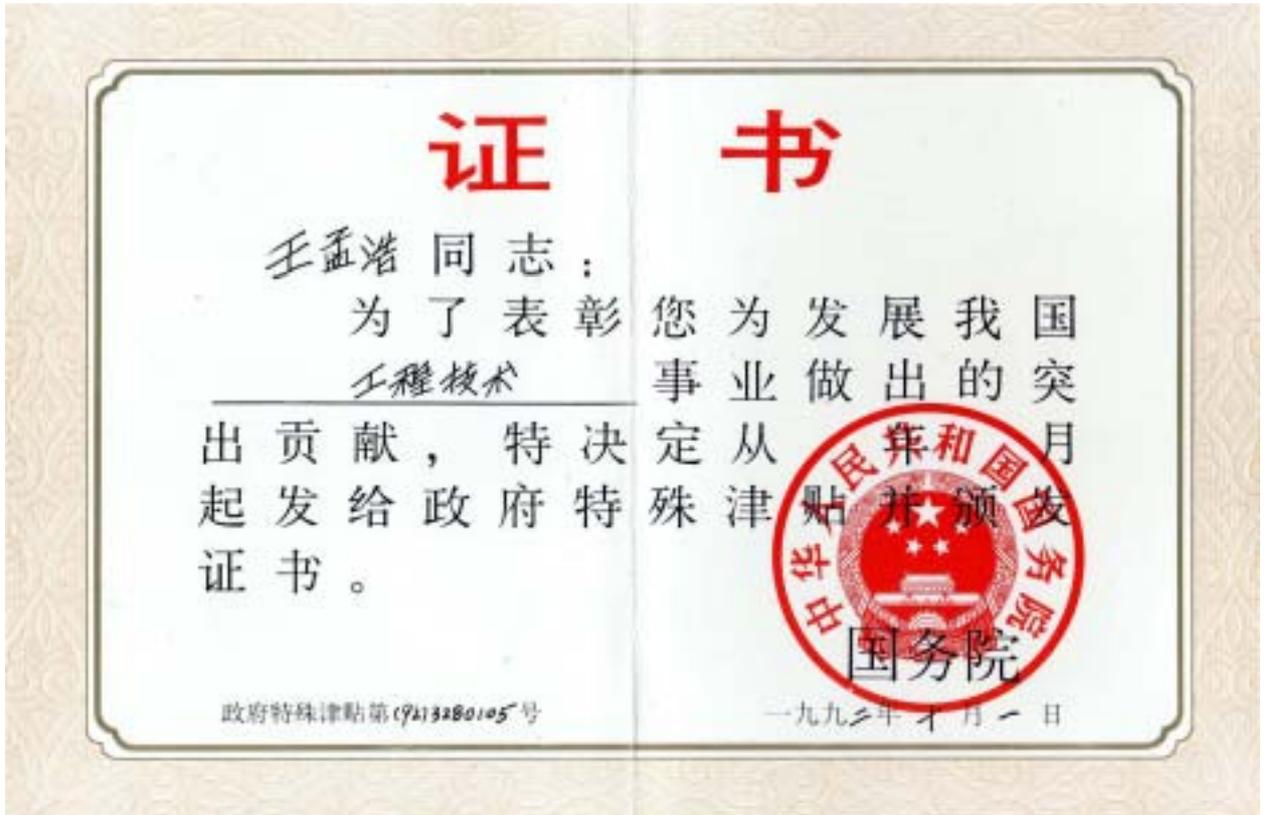
附件 6



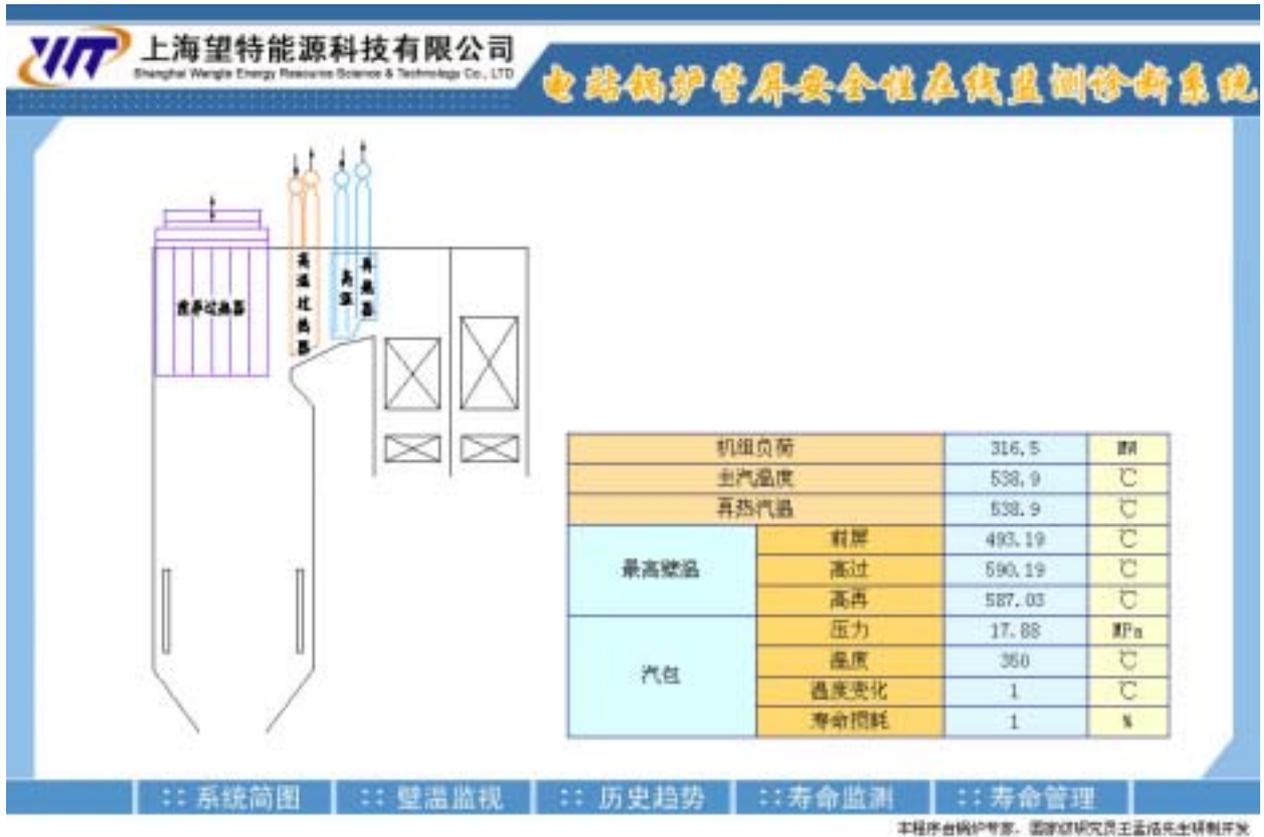
附件 7



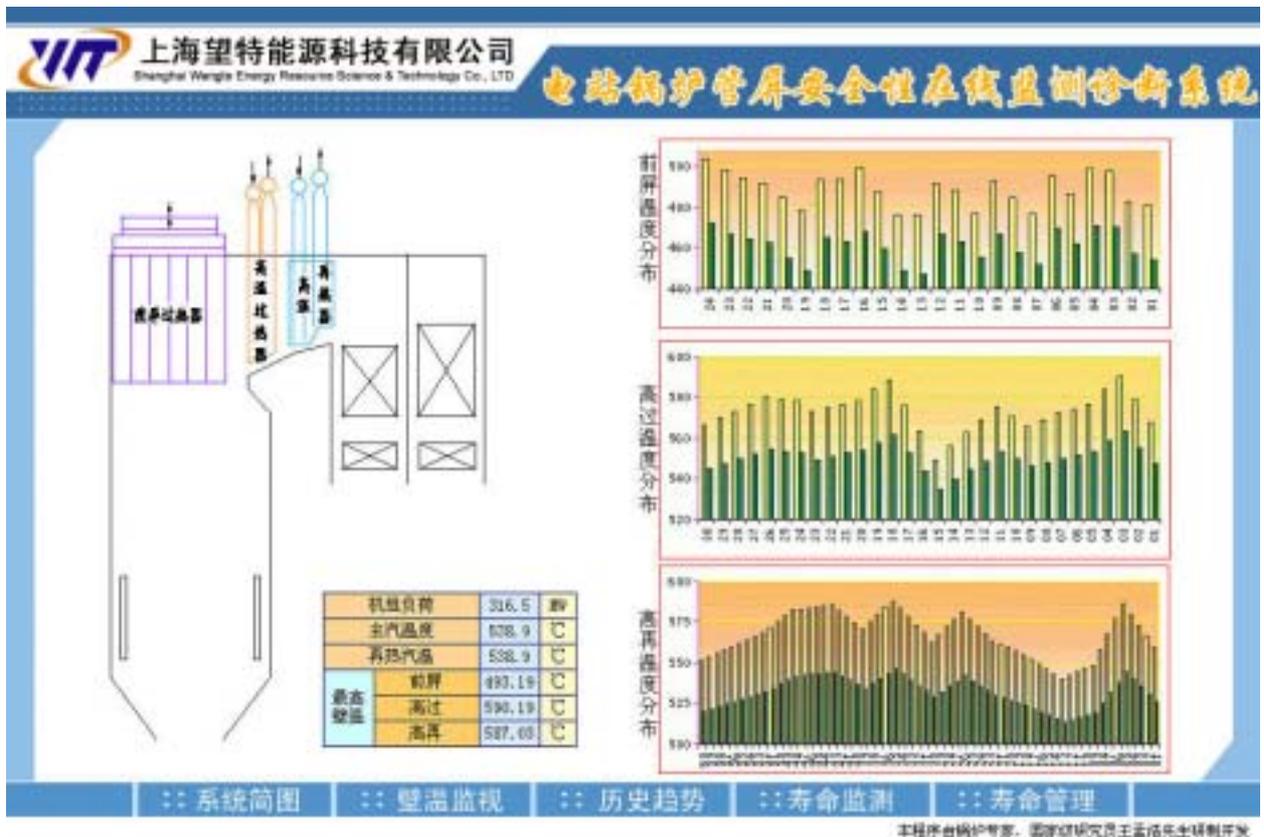
附件 8



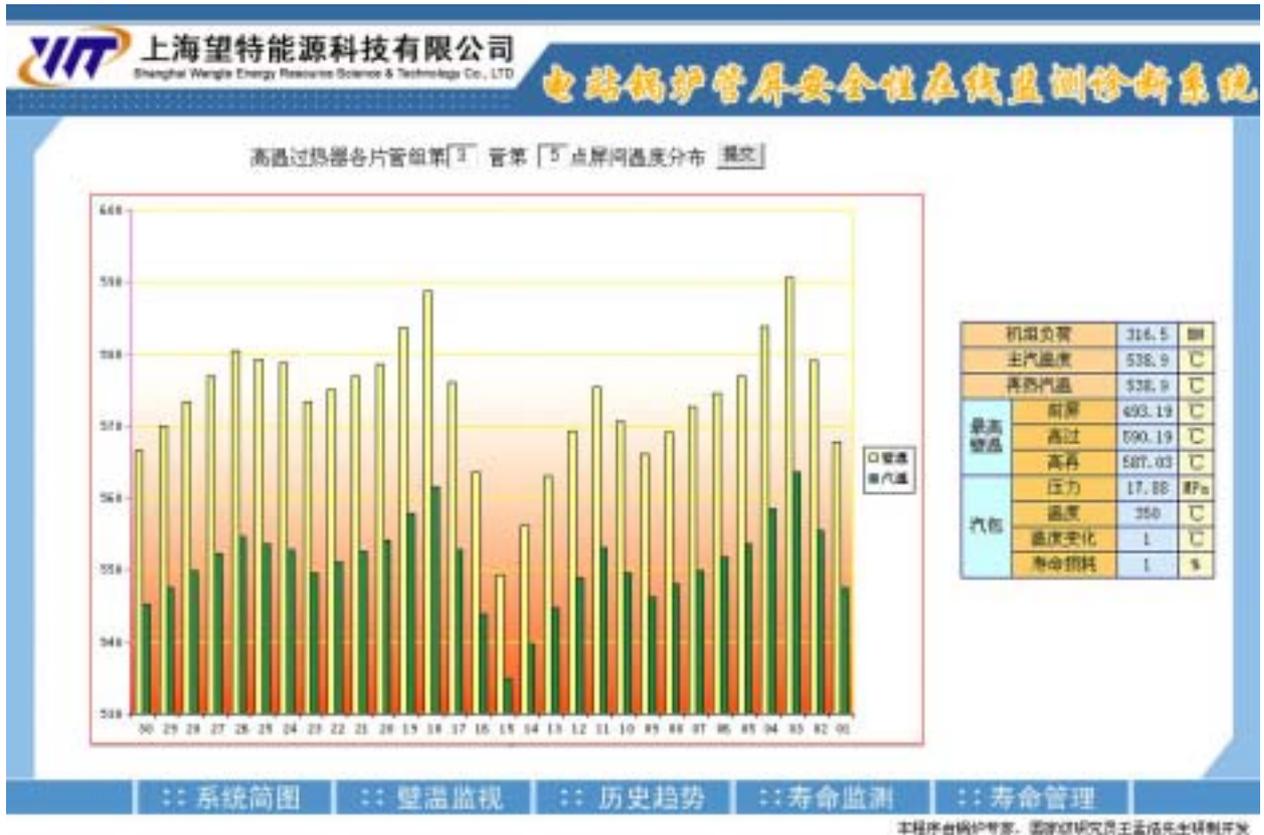
附图 1



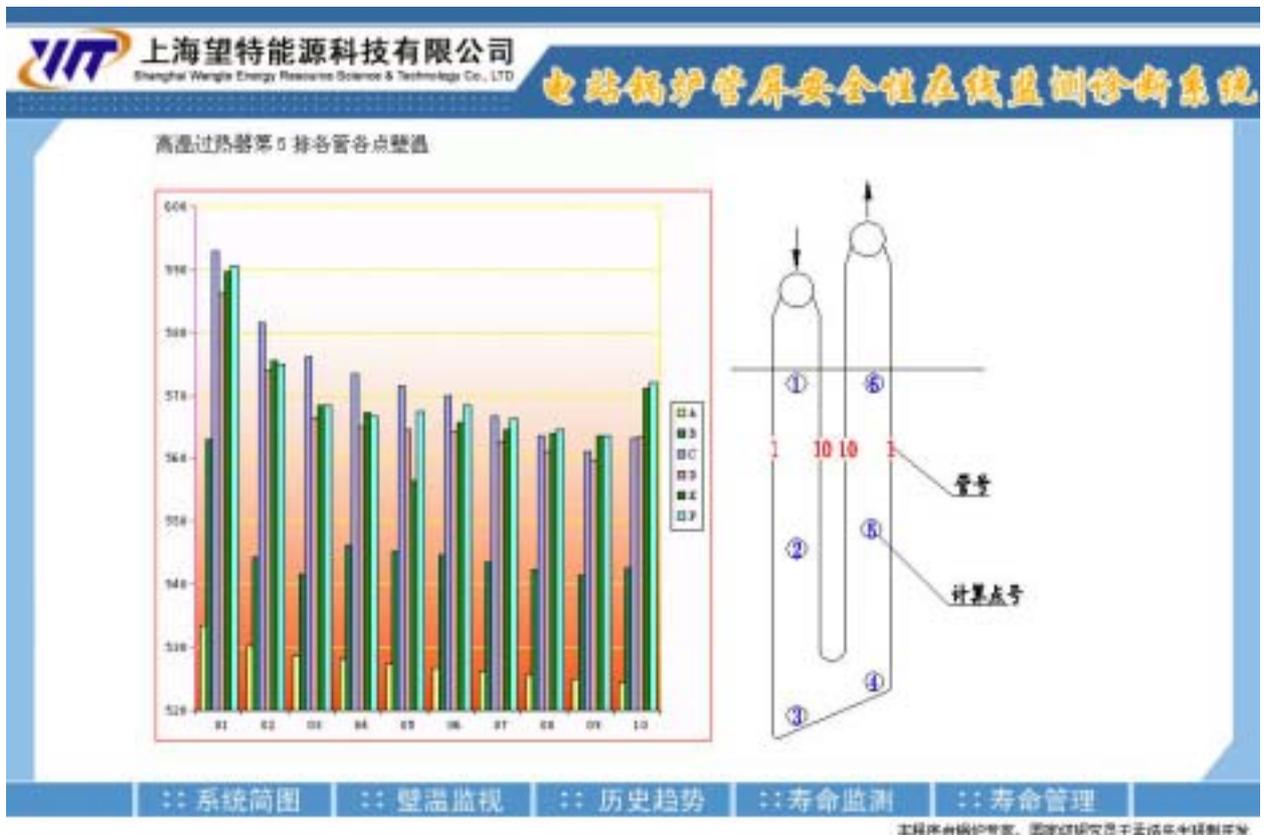
附图 2



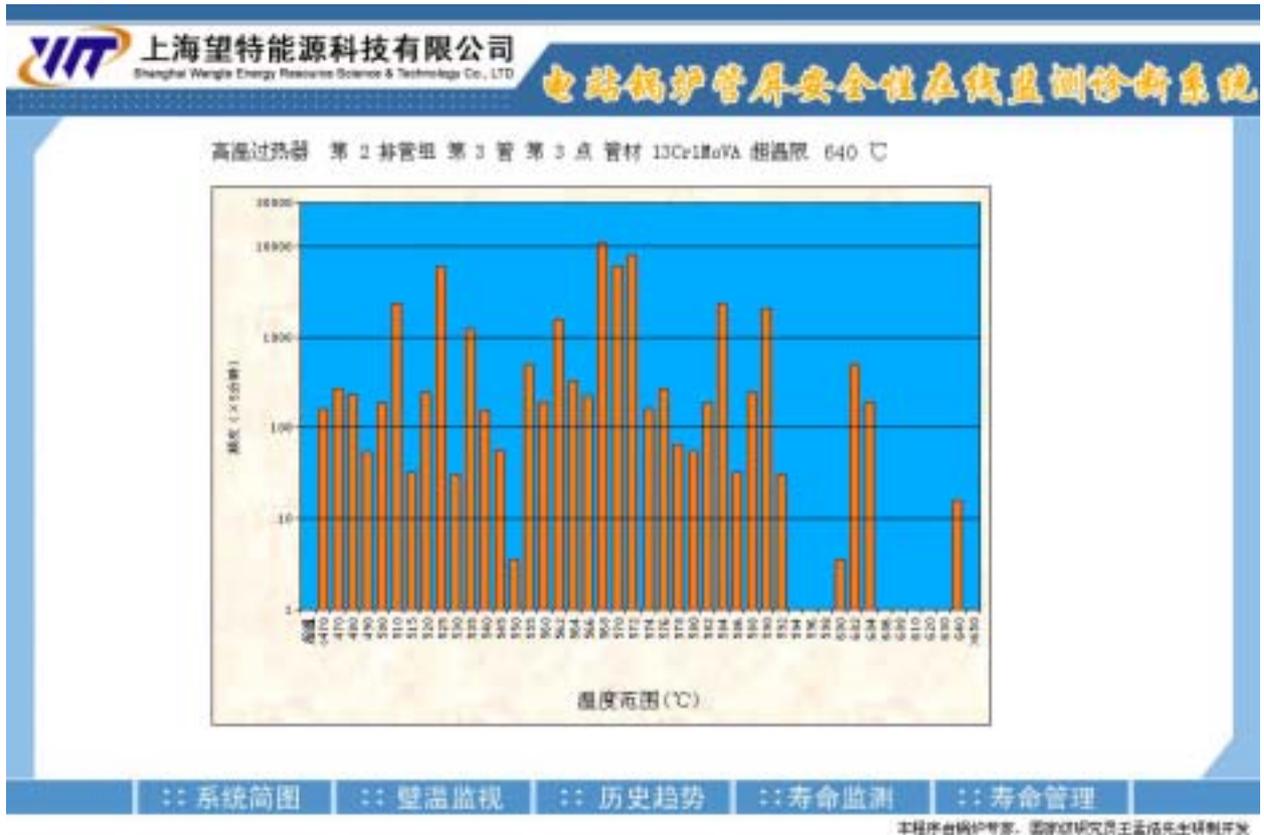
附图 3



附图 4



附图 5



附图 6

各部件当前寿命实时损耗率和累计损耗率

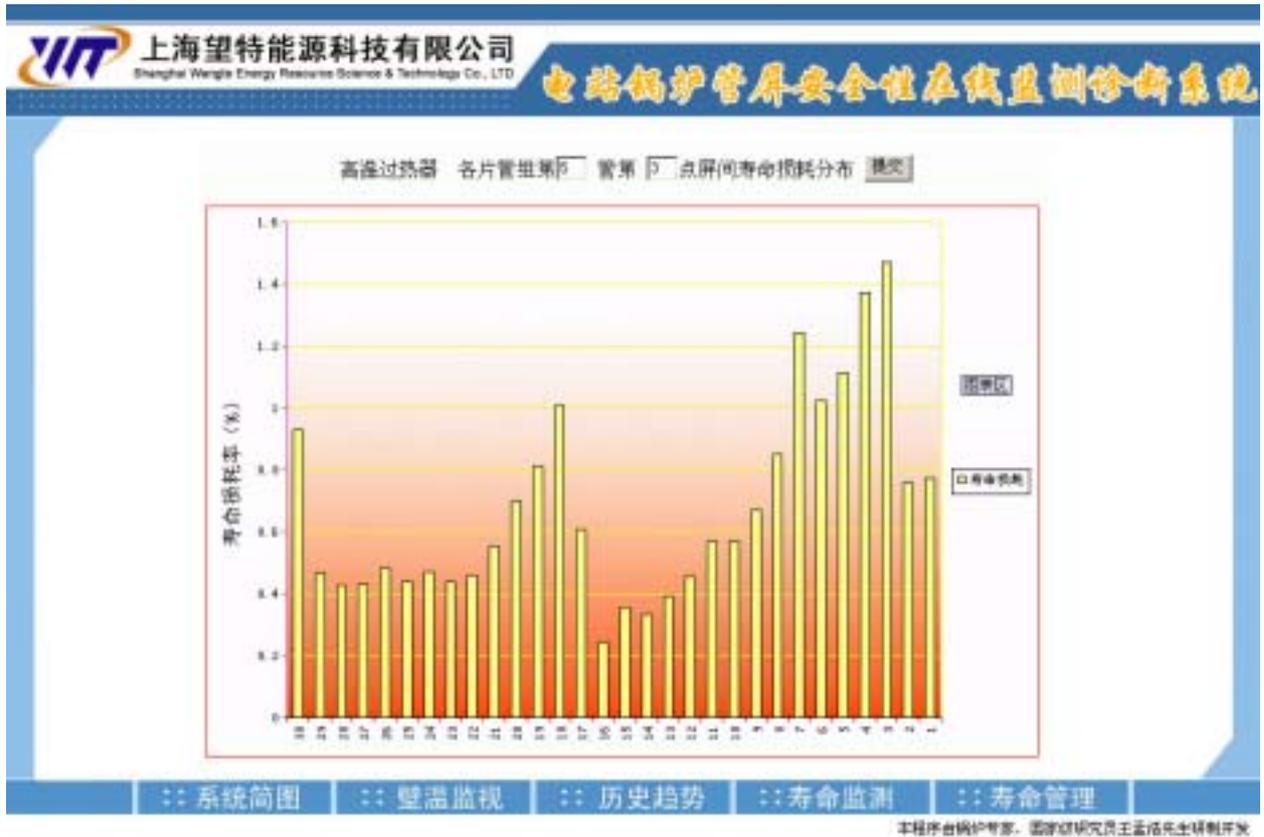
部件名称	材料	规格	当量应力 (MPa)	最高壁温 (℃)	使用时间 (小时)	累计损耗率 (%)	示意图
汽包	钢35	/	/	/	2500 (次)	0.2	
屏过热器	15CrMo	5126	75.83	467.01	100000000	.042	示意图
屏过热器(管)	T91	5126	78.86	488.27	100000000	.6815	示意图
屏过热器(管)	12Cr1MoV	5126.5	71.61	476.6	100000000	.7467	示意图
屏过热器	12Cr1MoV	5126	78.86	493.2	100000000	.023	示意图
屏过热器	TP304	5428.5	51.64	568.86	14495880	.0684	示意图
屏过热器(管)	TP304	5428.5	53.79	576.19	6027223	.158	示意图
屏过热器	TP304	5428.5	45.02	582.48	15084336	.0769	示意图
屏过热器(管)	TP304	5428.5	46.93	587.09	7426468	.1313	示意图
屏过热器	12Cr1MoV	5428.5	51.64	541.59	9206912	.1392	示意图
屏过热器(管)	12Cr1MoV	5428.5	53.79	566.15	907644	1.293	示意图
屏过热器	12Cr1MoV	5428	48.13	561.2	2026308	.5348	示意图
屏过热器	12Cr1MoV	5428	42.23	564.7	2185442	.4874	示意图
屏过热器	12Cr1MoV	6023.5	24.25	564.59	22624822	.012	示意图

机械负荷	316.5	MPa	
主汽温度	538.9	℃	
再热汽温	539.9	℃	
最高壁温	屏焊	493.19	℃
	高过	596.19	℃
	高再	587.03	℃
	压力	17.88	MPa
汽包	温度	390	℃
	温度变化	1	℃
	寿命损耗	1	%

系统简图 双温监视 历史趋势 寿命监测 寿命管理

本程序由锅炉专家、国家研究员王孟浩先生研制开发

附图 7



附图 8

