

非接触式汽轮机转子表面温度直接测量方法研究

王 坤, 刘 超, 黄树红

(华中科技大学 能源与动力工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 转子表面温度的精确测量对高参数汽轮机组安全、经济运行具有重要意义, 而比色测温良好的抗干扰性使其在中高温测量领域有很好的应用前景。针对上述问题, 提出了利用光纤传导和比色原理直接检测汽轮机转子表面温度的测量方案。研究认为, 选用工作波段位于 $3.8\mu\text{m}$ 附近的 Pb-Se 探测器, 测温系统可工作于 $300\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围, 能有效消除蒸汽环境对转子壁温的干扰, 且测温误差小, 适合汽轮机转子表面温度测量的需要; 采用小直径红外光纤传导这一技术手段有望解决高参数环境对测量系统的影响。

关 键 词: 转子测温; 比色测温; PbSe 光电探测器; 热释电探测器; 气体辐射特性; MATLAB

中图分类号: TK263.6; TK311 文献标识码: A

引 言

火电机组容量的大型化, 对汽轮机运行可靠性的要求越来越高。机组在正常运行及启停调峰等工况下产生的高温蠕变及低周疲劳损伤, 是造成机组寿命消耗的主要因素。汽轮机转子热应力一直是大功率汽轮机在运行中重要的监视参数和主要的安全限制因素之一。但是由于汽轮机转子处于高转速、高温高压蒸汽环境等特殊特性, 目前国内外尚无其温度和应力的直接测量方法, 仍把理论求解作为主要手段之一。

汽轮机转子表面温度是分析转子热应力及热疲劳和蠕变损伤的重要数据。为了获取该数据, 不少国外汽轮机制造商在转子关键部位附近的汽缸上设置温差探针, 通过热相似的模拟方法近似模拟转子表面温度; 也有不少企业采用更为简化的模型, 利用壁面附近蒸汽热力参数和传热学简化模型或经验公式进行估计。文献[1~4]表明上述方式存在较大误差。因此, 这些方法虽然已经在工业现场应用, 但不能真正得到转子表面温度, 很难对转子的热应力水平作出准确的反映。

随着超(超)临界机组的大量投运, 转子表面温度精确测量问题已经成为提高汽轮机转子安全监测水平和调峰能力的重要技术障碍之一。

比色测温法一般用于中高温范围测量, 具有非接触、抗环境干扰性好、寿命长、对被测物体发射率依赖性少等优点^[8], 理论上可以应用于汽轮机转子表面温度的在线测量。本文针对大型汽轮机转子表面温度直接测量问题, 提出一种实用的利用光纤传导和比色原理测温的方法。该方法可以较好消除测温探头与被测部件间高温高压水蒸气的干扰, 满足汽轮机缸内复杂环境温度测量的要求, 实现 $300\sim 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内转子表面温度的有效测量。

1 比色测温原理

由普朗克定律可知^[9], 实际物体的光谱辐射力:

$$E(\lambda, T) = \epsilon \cdot \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1} \quad (1)$$

式中: $E(\lambda, T)$ —实际物体的光谱辐射力, W/m^2 ; ϵ —实际物体的发射率; λ —波长, m ; T —物体的热力学温度, K ; c_1 —第一辐射常量, $c_1 = 2\pi hc^2 = 3.742 \times 10^{-16}$; c_2 —第二辐射常量, $c_2 = hc/k = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{K}$ 。

于是, 在波段 (λ_1, λ_2) 内物体辐射能 $M(\lambda, T)$ 为:

$$M(\lambda, T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} E(\lambda, T) d\lambda \quad (2)$$

在比色测温系统中, 由于中间气体介质的干扰较复杂, 为此应考虑系统中该项辐射能损失。

在波长 λ 处带宽为 $\Delta\lambda$ 的波段内到达单个光电探测器的辐射能 $H(\lambda, T)$ 为:

$$H(\lambda, T) = \int_{\lambda-\Delta\lambda/2}^{\lambda+\Delta\lambda/2} A_d K(\lambda) E(\lambda, T) d\lambda \quad (3)$$

式中: A_d —探测器接受辐射的面积即灵敏元面积,

收稿日期: 2007-11-28; 修订日期: 2008-03-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50505013); 中国博士后科学基金资助项目(20070410931)

作者简介: 王 坤(1975-)男, 湖北洪湖人, 华中科技大学副教授

m^2 ; $K(\lambda)$ —波长 λ 处测量系统的透过率。

用两个光电器件分别接受不同波长处相同带宽的辐射能, 经后续电路的运算可得到二者的比值 R :

$$R = \frac{H(\lambda_1, T)}{H(\lambda_2, T)} = \frac{\int_{\lambda_1 - \Delta\lambda/2}^{\lambda_1 + \Delta\lambda/2} A_{dl} K(\lambda_1) E(\lambda_1, T) d\lambda}{\int_{\lambda_2 - \Delta\lambda/2}^{\lambda_2 + \Delta\lambda/2} A_{dl} K(\lambda_2) E(\lambda_2, T) d\lambda} \quad (4)$$

由式(4)可知, 到达两个探测器的辐射能的比值 R 与待测温度 T 成单值函数关系。比色测温方法正是根据 $R \sim T$ 的变化关系, 由测出的 R 值求得被测目标温度。

由普朗克公式, 可导出维恩位移定律^[7]:

$$\lambda_m T = 2.897\ 6 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K} \quad (5)$$

由式(5)可知, 随着温度升高, 曲线的峰值波长 λ_m 向短波方向移动。黑体光谱辐射亮度为最大时, 波长 λ_m 与此时物体温度 T 的积为一定值。由此可见, 若要将测温系统测量范围的下限向低温延伸, 就需要测量系统选择更低波段的测量波长。

2 测温系统参数选择及基本结构

汽轮机转子表面温度参数将主要用于以下 3 个方面:

- (1) 结合转子结构和材料数据, 计算汽轮机转子危险部位在启、停及变负荷过程中的热应力大小;
- (2) 分析和记录转子危险部位在变工况过程中的应力载荷谱, 用于评价转子材料的低周疲劳寿命损伤;
- (3) 监测转子材料的高温停留时间, 用于评价转子材料的蠕变损伤。

基于以上目的, 对于转子表面温度测量系统应达到以下要求:

- (1) 考虑到超临界机组的应用, 温度检测范围应处于 $300 \sim 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间;
- (2) 应该具有较好的抗水蒸气辐射干扰能力, 因为在机组启停变负荷过程中, 蒸汽温度可能会高于转子温度也可能低于转子表面温度;
- (3) 基于热应力分析的要求, 温度测量分辨率应 $< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右;
- (4) 基于热应力分析的要求, 系统应能长期在线工作, 且具有较好的灵敏度;
- (5) 前端探头结构应具备较高的环境温度和压力的耐受力、抗振动, 并对汽缸体强度不构成明显的削弱。

2.1 测温系统主要参数的选择

2.1.1 光电转换器件特性

光电转换器件的选择对系统的测温准确度和灵敏度有重要影响, 一般光电探测器的参数有噪声等效功率 NEP、归一化探测率 D^* 、时间常数 τ 、响应波段等。基于维恩位移定律, 检测 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下温度时, 物体实际辐射的峰值波长较长, 初步选取测温波长为 $3 \sim 4\text{ }\mu\text{m}$, 常见的 PIN 光电二极管等探测器难以在这个波段工作^[11]。故重点考虑热释电和 PbSe 光电两种类型探测器, 两种器件的参数如表 1 所示。

表 1 光电探测器的参数

光电探测 器类型	响应波段 / μm	归一化探测率 $D^*/\text{cm}^2\cdot\text{Hz}\cdot\text{W}^{-1}$	τ / μs	灵敏元面积 A_d/mm^2	工作温度 / $^{\circ}\text{C}$
热释电 探测器	0.34~远红外	7.0×10^7	30~100	$\pi \times 0.5^2$	20~70
PbSe 探测器	3.7~4.0	5.0×10^8	0.5~1.5	3×3	室温

注: 1. 热释电器件参数取自文献^[7]; 2. PbSe 探测器取自美 Judson 公司 J14 系列探测器。

2.1.2 测温系统探测波长的选择

2.1.2.1 水蒸气对辐射能的选择吸收特性

被测物体发射的红外辐射在气体介质中传播时会受到气体选择吸收性的影响。图 1 给出了 $1 \sim 15\text{ }\mu\text{m}$ 区域的低分辨率吸收光谱^[10]。水蒸气对红外辐射具有选择吸收特性, 其主要吸收光带有 3 个: $2.55 \sim 2.84\text{ }\mu\text{m}$ 、 $5.6 \sim 7.6\text{ }\mu\text{m}$ 和 $12 \sim 30\text{ }\mu\text{m}$ 。

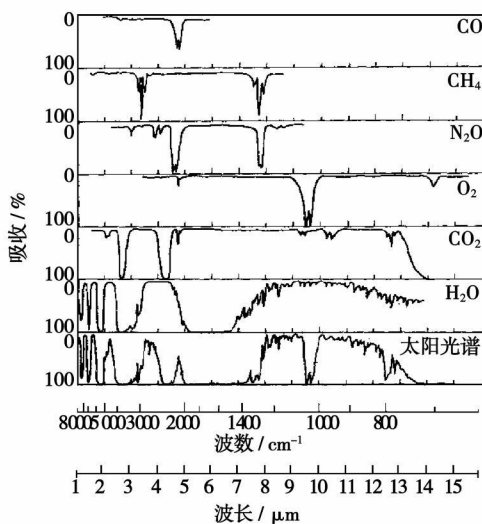


图 1 $1 \sim 15\text{ }\mu\text{m}$ 红外辐射光谱

因此, 测温系统选择非水蒸气的吸收波段可有效增强辐射能的透过性, 提高测温准确度和灵敏性。

2.1.2.2 探测器的温度分辨力

被测目标物体的温度为 T 且变化为 ΔT 时, 在波长 λ 范围到达探测器的辐射能的变化量 $\Delta P(\lambda, T)$ 可表示为:

$$\Delta P(\lambda, T) = \int_T^{T+\Delta T} \frac{\partial H(\lambda, T)}{\partial T} dT \tag{6}$$

为引起探测器的响应, 则应使辐射能的变化量大于探测器的噪声等效功率 NEP, 即:

$$\Delta P(\lambda, T) \geq \text{NEP} \tag{7}$$

对于噪声等效功率 NEP 有:

$$D = 1/\text{NEP} \tag{8}$$

$$D \cdot \sqrt{A_d \cdot \Delta f} = D^* \tag{9}$$

式中: D —探测率; A_d —探测器的灵敏元面积; Δf —测量电路的带宽, 为不失一般性, Δf 取 20 Hz; D^* —归一化探测率。

由式(7)~式(9)得到:

$$\Delta P(\lambda, T) \geq \frac{\sqrt{A_d \cdot \Delta f}}{D^*} \tag{10}$$

再结合式(1)、式(3)和式(6)得到:

$$\int_T^{T+\Delta T} \frac{\partial}{\partial T} \left[\int_{\lambda-\Delta\lambda/2}^{\lambda+\Delta\lambda/2} A_d K(\lambda) \frac{\epsilon \cdot c_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/(\lambda T)} - 1} d\lambda \right] dT \geq \frac{\sqrt{A_d \cdot \Delta f}}{D^*} \tag{11}$$

如前所述: 考虑到实际测量光路中介质的复杂干扰, 在波长 λ_1, λ_2 处 $K(\lambda_1) = K(\lambda_2) = 0.15$, 带宽 $\Delta\lambda = 20 \text{ nm}$ 。选定一种探测器, 则 A_d, D^* 由表 1 确定, 系统带宽 Δf 选为 20 Hz。故式(11)变成参数 $T, \Delta T, \lambda$ 的函数关系, 在特定温度下, $\Delta T \sim \lambda$ 关系是确定的。

由此, 可以获得在特定温度下单个探测器温度分辨力 ΔT 随测量系统所选波长 λ 的变化特性。针对热释电探测器和 PbSe 探测器, 分别作出不同温度下二者关系曲线如图 2 和图 3 所示。

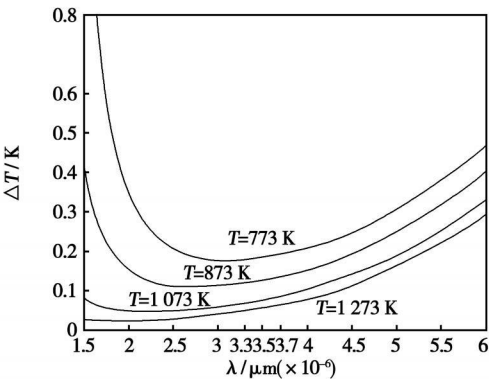


图 2 热释电探测器温度分辨力随测温波长变化

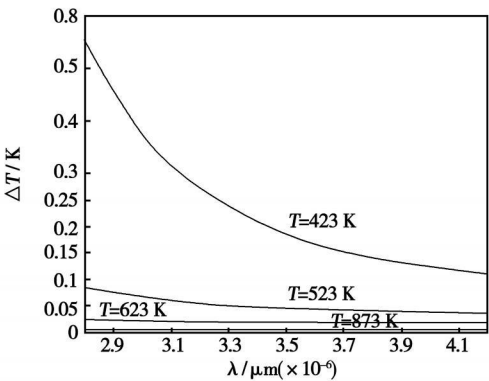


图 3 PbSe 探测器温度分辨力随测温波长变化

由图 2 和图 3 可以看出:

(1) 随着波长的增大, 引起探测器响应的最小温度变化量 ΔT 先减小后增大, 在某一波长处达到极小值(图 2 更明显)。温度越低, 达到极小值的对应波长越长, 因为温度越低物体辐射处的辐射能中峰值波长越长, 到达探测器的能量集中在长波段。因此, 在测量相对较低的温度(低于 600 ℃)时, 宜选用对长波段响应灵敏的探测器。

(2) 对波长、带宽一定情况下, 测量系统对高温响应的分辨力优于对较低温度的分辨力。若要提高对较低温度的分辨力, 需要增大带宽使探测器接受到的辐射能增加, 但带宽的增大会使测量过程受环境影响增强而降低测温准确性。

(3) 比较两种光电器件, 同样工作在室温下, 对同一波长时, PbSe 光电探测器测温分辨力优于热释电探测器。

(4) 对同一探测器, 被测温度越低, 测量系统的温度分辨力越差。若设计要求系统对温度变化的响应误差小于 0.2 K, 由图 2 和图 3 得到, 热释电探测器系统所能测到最低温度为 500 ℃, 最佳工作波长在 3.5 μm 附近; PbSe 探测器系统所能测到最低温度 150 ℃, 工作波长在 3.8 μm 附近, 可满足要求。

(5) 与 PbSe 光电探测器相比, 热释电探测器更适于恶劣的现场工作环境; PbSe 光电探测器则需要工作在较稳定的温度下, 可将测量信号用光纤引至恒温环境中进行测量。

2.1.2.3 系统对温度灵敏性的影响

系统的温度灵敏度定义为被测目标温度变化 1 ℃时, 信号电平的变化量为:

$$S = \partial R(T) / \partial T \tag{12}$$

由式(1)、式(4)和式(12), 取 $K(\lambda_1) = K(\lambda_2)$, $A_{d1} = A_{d2}$, 在不同的 λ_1, λ_2 下, 计算得出的系统温度灵敏度 S 与被测目标温度 T 的变化曲线, 如图 4 所

示。

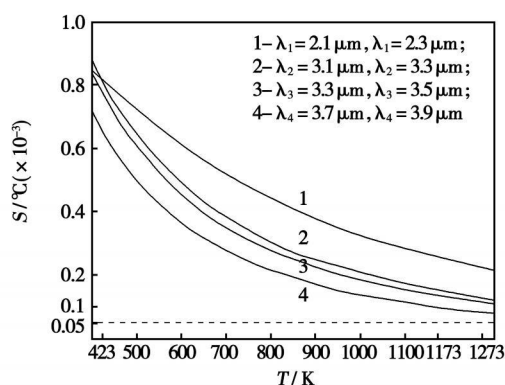


图 4 温度灵敏度随温度变化曲线

由图 4 可以看出,工作波长越长,对后续放大电路要求的分辨力越高。若采用 A/D 转换器件的位数为 16 位,由此求出系统的分辨力为: $1/(2^{16}-1) \approx 1.526 \times 10^{-5}$ 。要求后接仪表的温度灵敏度高于 $0.30/^\circ\text{C}$, 则 $S \geq 0.05 \times 10^{-3}/^\circ\text{C}$, 如图中虚线所示。

2.1.2.4 参数分析与选择

基于图 2~图 4 的结果,在测量系统其它参数相同的情况下,对探测器系统参数的选择有以下原则:

(1) 热释电探测器系统,工作波长选为 $\lambda_1=3.3 \mu\text{m}$, $\lambda_2=3.5 \mu\text{m}$, 由图 1 可知水蒸气对这两个波段几乎不吸收和辐射能量,因此可有效避开中间介质的干扰;如果要求测量系统温度分辨力小于 0.2 K , 则所能达到的测温范围为 $500 \sim 1000 ^\circ\text{C}$ 。

(2) 对于 PbSe 探测器,同样要求测量系统的温度分辨力小于 0.2 K 时, PbSe 探测器的测温范围可达到 $150 \sim 1000 ^\circ\text{C}$, 所选测量波长为 $\lambda_1=3.7 \mu\text{m}$, $\lambda_2=3.9 \mu\text{m}$, 这个波段在探测器的工作波段内。由图 1 可知水蒸气对这两个波段也不吸收和辐射能量,因此可有效避开中间介质的干扰。

可见,考虑到更宽的测温范围以及更好的时间响应性、温度分辨力,选择 PbSe 探测器更加适合转子表面温度测量系统。

2.2 测温系统结构

对转子表面温度进行比色检测时,探测器应能稳定并尽可能多的获取目标辐射能信号。但一般辐射探测器对工作环境的限制较为严格,难以近距离采集信号,因此拟采用探头及光纤传导的方式将辐射能信号引出汽轮机缸体之外。辐射探头中的光学透镜及保护外壳可由耐高压玻璃或金属构成,均可耐受汽缸内高温高压环境。光纤束选用氟化物红外

光纤,使波长 $5 \mu\text{m}$ 以下的红外辐射能有效低损耗的通过,同时,探头在汽缸上的安装不能削弱汽缸壁的强度。因此,可参考 BBC 公司转子温差探针的安装方法,如图 5 所示。

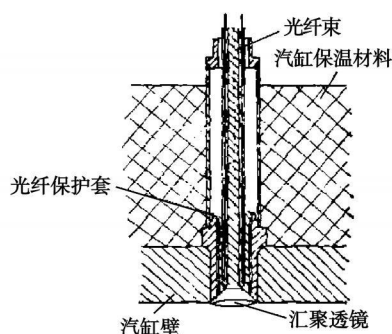


图 5 测温探头及安装

整个测量系统由探头、传导光纤、辐射探测器、信号调理及单片机构成,如图 6 所示。

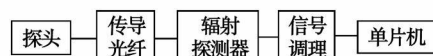


图 6 测温系统结构

3 结 论

高参数汽轮机转子表面特别是关键部位的温度信息,对监测转子在运行过程中的疲劳和蠕变损伤具有重要价值。由于汽轮机转子运行环境的复杂性,对其进行在线稳定检测具有很高的技术难度。本文针对该问题,提出了一种适用于中高温范围、能抗水蒸气环境干扰的测温方法,该方法主要利用了光纤传导技术和比色辐射测温原理。经过分析比较研究,认为:

(1) 选用工作波段位于 $3.8 \mu\text{m}$ 附近的辐射探测器,利用水蒸气辐射和吸收的窗口效应,能有效消除水蒸气的干扰,适应机组在启动、停机甚至正常运行过程中转子外围蒸汽与转子壁面存在较大温差的复杂测温问题;

(2) 选用 PbSe 类型的辐射探测器,其测温误差小于 0.2 K , 可用于 $300 \sim 800 ^\circ\text{C}$ 测温范围,能适应汽轮机转子表面温度监测对应力计算的需要。

(3) 采用光纤传导将转子表面辐射能信号引出的安装方式,能在最大程度上降低测温系统对汽缸壁强度的影响。

(4) 采用光纤传导加比色测量方式,理论上能

在一定程度上较好的解决汽轮机转子表面温度测量所遇到的技术问题。

(5) 本文研究内容还有待试验验证,高温、高压及振动环境对测温系统的影响不容忽视,科学合理的试验台架对试验验证有重要意义,这也是本文作者正在从事的重要内容。

参考文献:

[1] 张保衡. 大容量火电机组寿命管理与调峰运行[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.

[2] 希尔维斯里 乔治 约瑟夫. 汽轮机冲击级温度测量方法及测量装置[P]. 中国专利: 88103636.6, 1989

[3] 桑托索 N I. 汽轮机叶片温度预测方法[P]. 中国专利: 97180635.7, 2000.

[4] 史进渊, 杨 宇. 超临界和超超临界汽轮机汽缸传热系数的研究[J]. 动力工程, 2006 26(1): 1—5.

[5] 杨继明. 热冲击对汽轮机转子温度场的影响[J]. 长沙电力学

院学报(自然科学版), 2002 A17(3): 61—64

[6] 张恒良, 谢诞梅, 熊扬恒, 等. 600 MW 汽轮机转子高精度热应力在线监测模型研制[J]. 中国电机工程学报, A26(1): 21—24.

[7] 刘峻华, 黄树红, 陆继东. 汽轮机故障诊断技术的发展与展望[J]. 动力工程, 2001, 21(2): 1105—1110

[8] 辛 军, 冯其波, 林铁生, 等. 高精度双波长非接触光纤高温计的波长最优设计[J]. 中国激光, 1999, A 26(2): 121—126.

[9] 杨世铭, 陶文铨. 传热学[M]. (第三版). 北京: 高等教育出版社, 1998.

[10] 王庆有. 光电技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005

[11] 徐南荣 卞南华. 红外辐射与制导[M]. 北京: 国防工业出版社, 1997.

[12] 施德恒, 戴启润, 陈玉科, 等. 一种实用化双波长高精度光纤测温仪的优化设计[J]. 仪器仪表学报, 2005 26(12): 1238—1243

[13] 张志勇, 徐彦琴. MATLAB 教程[M]. 北京: 航空航天大学出版社, 2001

(编辑 董 斌)

新技术、新工艺

进口蒸发冷却能提高联合循环装置输出功率

据《Gas Turbine World》2007 年 11~12 月号报道,在炎热和潮湿的热带气候国家内燃气轮机装置消除了进口空气蒸发冷却是不可取的。现在可能要重新考虑蒸发进口冷却设计计划。

由 6 个250 MW 联合循环模块驱动的 1 500 MW 电站已利用蒸发空气进口冷却进行了重新改进,使得在“炎热和潮湿的”菲律宾要求峰值负荷期间电站总的输出功率增加40~60 MW。

气候:当地环境空气条件从晚上99%湿度和 26℃温度下降(升高)到约 45%湿度和 36℃温度。

功率增加量:燃气轮机机组输出功率早上增加约 7 MW 到下午峰值负荷要求期间增加超过 10 MW。

改进方式:除了某些结构提升超过发电机端子的情况外,蒸发冷却器在大部分时间与燃气轮机联机工作。

- 蒸发冷却的关键技术考虑包括下列要素:
- (1) 加到空气流中的水量由基本的物理过程决定和限制,这就排除了对温度和湿度传感器、喷水量计算、主动控制的任何需要。
 - (2) 水流量的自然控制导致压气机叶片腐蚀的危险以及维护人员的介入和维护均可以忽略不计。
 - (3) 进气过滤器上游的进口冷却器将在机组不需要任何停机的情况下就容易达到冷却器进行维修。

(吉桂明 供稿)

真空状态下不锈钢管束的凝结试验研究= **Experimental Study of the Condensation Process in a Stainless Steel Tube Bank under a Vacuum State**[刊, 汉]/WEI Yu-jun, SUN Feng-zhong, SHI Yue-tao, et al (College of Energy Source and Power Engineering, Shandong University, Jinan, China, Post Code: 250061)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(6). — 577 ~ 580

At different vacuities and circulating water Reynolds numbers, a contrast experiment has been performed of the heat exchange performance of a surface-denatured stainless steel tube bundle and a common stainless steel one respectively. The results of the study show that the surface denatured stainless steel tube bundle can accelerate the realization of droplet condensation, enhancing the condensation heat exchange coefficient at the steam side by 1 to 2 times and the overall heat exchange coefficient by over 50%. As the vacuum range of the test can meet that of condensers in power plants, the stainless steel tube bundle thus treated can be used for thermal power plants. **Key words:** vacuum, droplet condensation, condensation heat exchange coefficient, overall heat exchange coefficient, condenser

非接触式汽轮机转子表面温度直接测量方法研究= **A Study of a Non-contact Type Direct Method for Measuring Turbine Rotor Surface Temperatures**[刊, 汉]/WANG Kun, LIU Chao, HUANG Shu-hong (College of Energy Source and Power Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China, Post Code: 430074)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(6). — 581 ~ 585

A precise measurement of rotor surface temperatures is of major importance for the safe and economic operation of high-parameter steam turbines. A good anti-interference performance makes it possible for colorimetric temperature measurements to enjoy a splendid use prospect in high and intermediate temperature measurement applications. In the light of the foregoing, a measurement method was proposed to directly test the turbine rotor surface temperature by using optical fiber conduction and colorimetric theory. It has been found that if a PbSe detector working in a wave band around 3.8 μm is chosen, the temperature measurement system can operate in a range from 300 $^{\circ}\text{C}$ to 800 $^{\circ}\text{C}$, capable of effectively eliminating the interference of steam environment on the rotor wall temperatures, resulting in a relatively small temperature measurement error and meeting the needs for turbine rotor surface-temperature measurements. The influence of high parameter environment on the measurement system can hopefully be solved by using the technical means of small-diameter infrared optical fiber conduction. **Key words:** rotor temperature measurement, colorimetric temperature measurement, PbSe photoelectric detector, heat release electric detector, Matlab

跨音风扇转子弯掠结合的数值优化设计= **Numerical Optimization design of a Transonic Fan Featuring a Skewed-swept Rotor**[刊, 汉]/WANG Xiang-feng, HAN Wan-jin (College of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin, China, Post Code: 150001)//Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2008, 23(6). — 586 ~ 590

To study the influence of skewed-swept blades on the aerodynamic performance of a fan, an optimized design of transonic fan rotor NASA Rotor 67 was conducted by using a full three-dimensional flow field simulator program based on Reynolds-averaged Navier-Stokes equation and a genetic algorithm-based numerical optimization program. At first, an experimental verification was performed of the solver program of the three-dimensional Navier-Stokes equation which has been developed. The optimization program incorporating an overall optimization-searching ability and combining the genetic algorithm with a response plane method has been substantially improved. With a maximum total pressure ratio serving as a design objective, an aerodynamically optimization design was conducted of the NASA Rotor 67 featuring skewed-swept two degrees of freedom by using the above-mentioned optimization method. It has been found that the combined use of skewed and swept blades can effectively improve the flow conditions in the flow field. With mass flow rate and adiabatic efficiency strictly meeting relevant constraint conditions, the total pressure ratio can be increased by 1 percentage point. This indicates that the above optimization method is feasible. **Key words:** transonic fan rotor, optimization design, genetic algorithm, response plane