

文章编号: 1001-5078 (2006) 10-0948-02

红外测温对圆筒设备内部温度及内壁缺陷的定量检测

康文秀, 关荣华

(华北电力大学应用物理系, 河北 保定 071003)

摘 要: 对于稳定传热的长圆筒形设备, 利用红外测温技术获取设备外部信息, 计算得出设备内部的温度分布或内壁缺陷, 为设备内部运行状态的实时监测提供理论依据。

关键词: 温度分布; 红外技术; 对流传热

中图分类号: TN219; TH811. 2 文献标识码: A

Quantitative Diagnosis to Internal Temperature and Inner Defect of the Hollow Cylinder-shaped Heat Equipment by Using Infrared Technique

KANG Wen-xiu, GUAN Rong-hua

(Department of Applied Physics, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: The internal temperature distribution and inner defect can be given based on the outer surface temperature distribution obtained by scanning for the hollow cylinder-shaped heat equipment. So the theoretical basis for testing internal condition of heat equipment is given.

Key words: temperature distribution; infrared technique; convective heat transfer

1 引 言

红外检测由于其非接触、无损伤、可靠性高等独特的优势, 在运行状态监测和故障诊断领域取得了广泛的应用^[1-2]。工业生产中很多设备与热过程有关, 设备内部的温度分布是标志生产状态的重要参量, 因此对设备内部运行状态进行实时监测, 及时掌握运行状态的变化情况, 并根据监测结果对生产过程做出科学的评定和调整具有重要的现实意义。

工程中的许多输热管道都是圆筒形的, 且管道的长度远大于其内、外半径, 因此在工程计算中常常看作无限长, 此类设备沿管道长度方向的温度变化可忽略不计, 温度分布简化为二维。文献 [3] 根据

红外扫描采集到的设备外表面温度, 用有限差分法数值计算出设备内壁节点的温度, 本文针对这类设备直接推导出设备内部温度分布的级数表达式, 如果已知内壁边界条件, 还可由此得出带有缺陷的内壁面隐式曲面方程。

2 稳定传热的长圆筒形设备的内部温度分布

设长圆筒形管道的内外半径分别为 a 和 b , 外壁以对流传热形式自然冷却, 并且外壁表面温度分布可由红外扫描仪获得, 以 $T_0(r)$ 表示, 在极坐标系下, 系统达到稳态时的温度分布 $T(r)$ 满足下列定

作者简介: 康文秀 (1964 -), 女, 副教授, 硕士, 从事物理教学及应用物理的研究, 发表论文数篇。E-mail: wxkangkang@sina.com
收稿日期: 2006-05-26

解问题^[31]:

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} = 0 \quad (1)$$

$$\left[k \frac{\partial T}{\partial r} + T \right]_{r=b} = T \quad (2)$$

$$T(r, \theta) \Big|_{r=b} = T_0(\theta) \quad (3)$$

其中, k 是热传导系数; h 是对流换热系数; T 是环境温度。

上述定解问题的解^[41]为:

$$T(r, \theta) = (C_0 + D_0 \ln r) + \sum_{m=1}^{\infty} r^m (A_m \cos m\theta + B_m \sin m\theta) + \sum_{m=1}^{\infty} r^{-m} (C_m \cos m\theta + D_m \sin m\theta) \quad (4)$$

代入边界条件 (2) 得其系数满足:

$$\frac{kD_0}{b} + C_0 + D_0 \ln b = T \quad (5)$$

$$(mkb^{m-1} + b^m)A_m + \left(\frac{m}{b^m} - \frac{mk}{b^{m+1}}\right)C_m = 0 \quad (6)$$

$$(mkb^{m-1} + b^m)B_m + \left(\frac{m}{b^m} - \frac{mk}{b^{m+1}}\right)D_m = 0 \quad (7)$$

再将 (4) 代入边界条件 (3) 使其系数满足:

$$C_0 + D_0 \ln b = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} T_0(\theta) d\theta \quad (8)$$

$$b^m A_m + \frac{1}{b^m} C_m = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} T_0(\theta) \cos m\theta d\theta \quad (9)$$

$$b^m B_m + \frac{1}{b^m} D_m = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} T_0(\theta) \sin m\theta d\theta \quad (10)$$

(5)、(6)、(7) 式与 (8)、(9)、(10) 式联立可得所有展开系数, 再代回 (4) 式, 即得圆筒设备内部温度分

布的级数解。

3 应用与结论

1) 对于新投入使用的设备, 已知其内壁没有缺陷, 由 (4) 式代入位置坐标 (r, θ) 值, 可得设备内部温度分布, 代入 $r = b$ 可得内壁温度分布;

2) 对于较陈旧的设备, 内壁可能有缺陷, 若已知管道内表面的边界条件, 可得破损内壁面的隐式曲面方程:

若已知管道内表面为第一类边界条件, 流体温度为 T_i , 令 (4) 式等于 T_i , 即为破损内壁面的隐式曲面方程; 若已知管道内表面为第二类边界条件, 热流密度为 q_i , 令 (4) 式 $\left. \frac{\partial T(r, \theta)}{\partial n} \right|_{\text{内壁面}} = q_i$, 即为破损内壁面的隐式曲面方程; 若已知管道内表面为第三类边界条件, $\left[k \frac{\partial T}{\partial n} + T \right]_{\text{内壁面}} = T_i$, 将 (4) 式代入, 同理可得破损内壁面的隐式曲面方程。

参考文献:

[1] 关荣华. 用红外定量诊断法监测热设备内部状态 [J]. 红外与激光工程, 2002, 31(2): 129 - 131.
 [2] 曹春梅, 张晓宏. Neumann 条件下三维内壁缺陷的红外热诊断 [J]. 激光与红外, 2005, 35(1): 29 - 30.
 [3] 关荣华. 非接触测温技术对圆筒设备内部温度的定量检测 [J]. 红外技术, 2002, 24(2): 46 - 48.
 [4] 梁昆淼. 数学物理方法 [M]. 第三版, 北京: 高等教育出版社, 1998: 196 - 197.

高意科技与康宁公司签定分销协议

福州, 中国 - 高意科技公司与康宁公司 (纽约证交所代码: GLW) 共同宣布, 双方已签定一项针对康宁公司特殊材料部产品的非独家代理分销协议。在该协议条款下, 高意科技成为康宁公司特殊玻璃产品以及玻璃陶瓷在中国地区的授权分销商 (康宁特殊材料部将继续通过其设在上海和香港的办公室为中国市场提供产品和服务)。

高意科技是康宁公司的一个重要的全球生产合作伙伴。两家公司之间成功的战略合作是签定该项协议的基础。2005 年高意科技就曾荣获了康宁公司颁发的供应商总价值流程之“卓越供应商奖 (STVP)。

(高意科技市场部 吴良斌提供)