

大开孔不锈钢腔体黑体辐射源的研究

高魁明 李小东 张平 高君颖

(东北工学院自动控制系)

作者曾研究了开孔为 $\phi 51 \text{ mm}$ 的不锈钢圆筒形腔体黑体辐射源, 实验考察了腔体壁面温度两种测量方法, 选择四个代表点测量了腔体壁面的温度分布, 成功地利用靶后腔体控制靶温, 实现了良好的腔壁温度分布^[1]。

本文则报道把已制成的不锈钢黑体空腔开孔从 $\phi 51 \text{ mm}$ 扩大到 $\phi 53 \text{ mm}$ (开孔面积扩大 8%) 以后的实验结果。为了详细地测量腔壁的温度分布并考察自然对流对腔壁温度分布的影响, 这次选择了十个代表点。根据分度红外辐射温度计的需要, 该辐射源的工作温度范围从原来的 $300 \sim 800^\circ\text{C}$ 扩展到 $100 \sim 800^\circ\text{C}$ 。

1. 腔体壁面温度的测量

采用靶后腔体控制靶温, 在大开孔 $\phi 53 \text{ mm}$, 工作温度范围为 $100 \sim 300^\circ\text{C}$ 和 $300 \sim 800^\circ\text{C}$ 的条件下, 在腔体壁上选择十个代表点, 分别用二等标准铜-康铜和二等标准铂铑-铂温差电偶测量了不锈钢圆筒形黑体辐射源的腔壁温度分布。不锈钢圆筒形黑体辐射源的结构和十个代表点的位置分别由图 1 和图 2 示出。测量中, 按一定顺序将每个代表点往返测量四次, 然后取其平均值, 测量数据见表 1。通过对测量数据的分析得到:

(1) 腔体的有效长度为 300 mm 左右。由于自然对流的影响, 炉口端下部这一代表点的温度总是较炉口端上部和其他各点的温度偏低 2°C 左右, 这是影响温度均匀性的重要因素之一。

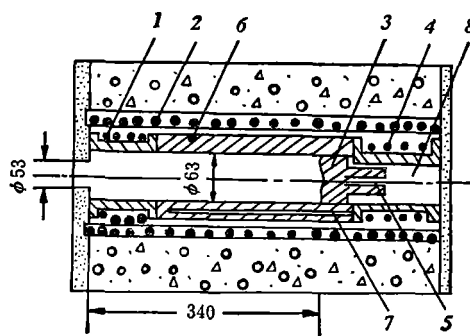


图 1 黑体辐射源结构示意图

1—开口端补偿加热器; 2—主加热器;
3—靶子; 4—靶温度补偿加热器; 5—测
温用温差电偶槽; 6—1Cr18Ni9Ti 不锈
钢; 7—控温用温差电偶槽; 8—靶后腔体

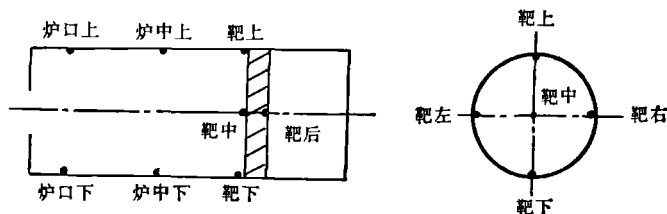


图 2 腔壁温度分布十个代表点的位置

本文 1982 年 2 月 24 日收到。

表1 不锈钢腔体黑体辐射源腔内壁温度分布(单位: °C)

测量序号	靶后	靶中	靶上	靶下	靶左	靶右	炉中上	炉中下	炉口上	炉口下	分布的最大温差	备注
1	90.14	89.38	88.90	88.95	89.18	89.53	88.75	87.60	89.98	87.17	2.97	炉中、炉口温度略低于靶中
2	215.75	215.44	215.28	215.23	215.25	215.25	214.99	214.45	213.45	212.30	3.45	同上
3	291.88	293.13	292.44	292.03	292.59	293.10	294.10	293.70	292.88	290.95	3.15	炉中温度略高于靶中
4	385.00	385.00	385.00	385.00	385.00	385.00	385.00	385.00	386.00	384.00	2.00	温度分布基本均匀
5	488.30	488.00	488.00	488.00	488.00	488.00	488.00	488.00	488.00	486.00	2.30	同上
6	597.78	597.80	597.67	597.67	597.67	597.80	597.80	488.00	598.05	595.80	2.25	同上
7	699.00	699.00	699.50	699.30	699.50	699.50	699.50	699.50	699.50	698.00	1.50	同上

(2) 精确控制温度,可使腔壁温度分布的最大温差在 2.5°C 以内。靶面上的温度分布基本上是均匀的,在一般情况下,靶面上的最大温差为 0.5°C 左右,个别情况下为 1°C 左右。

(3) 在 100~300°C 范围内,腔壁温度分布也是很均匀的。这说明,靶后腔体效应在这一温度范围内同样是成功的。

我们还可以从这些数据中得到腔体测温指示值与腔壁温度分布的关系:如果腔壁温度分布均匀,则靶后和靶中两个温差电偶的指示值非常接近或相等,如表 1 中序号 4、5、6、7 所示;如果腔壁的中部或开口端温度高于靶中温度,则靶中温度就会高于靶后温度;如果腔壁中部和开口端温度低于靶中温度,则靶后温度就会高于靶中温度,如表 1 中序号 1、2 所示。

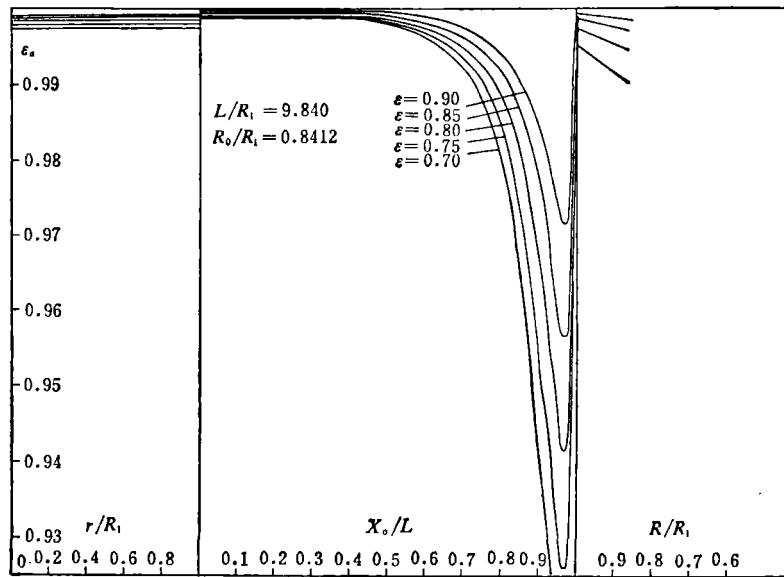


图3 不锈钢圆筒腔体黑体辐射源靶面、筒面和筒盖有效发射率分布

用二等标准铂铑-铂温差电偶测量腔壁温度时的系统误差(导热误差和冰点槽误差)可忽略不计,其传递误差为 $\pm 0.9^{\circ}\text{C}$ 。采用 UJ-1 型直流电位差计,测量系统极限误差取 0.5°C 。由上可算得,总误差为 $\pm 1.03^{\circ}\text{C}$ 。

2. 腔体壁面有效发射率

对于带盖板不锈钢圆筒形黑体空腔,其靶面、筒壁和盖面上的有效发射率分布,根据文献[2]给出的公式,用 Z-80 微型电子计算机进行了计算,结果如图 3 所示。其中, ε_a 表示靶面、筒面和盖面上的有效发射率; ε 表示腔壁材料的发射率,其他几何参数如图 4 所示。结果表明,靶面上的有效发射率基本上是均匀的,对于相对深度较大的黑体空腔,在筒壁上 $x/L < 0.5$ 的区段,有效发射率都是较高的。追求过高的材料发射率是没有必要的。

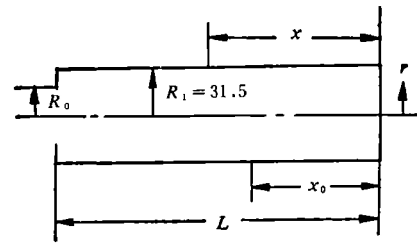


图 4 计算腔体有效发射率的几何参数

参 考 文 献

- [1] 高魁明, 仪器仪表学报, 2(1981), 4, 15 ~ 21.
 [2] 褚载祥、陈守仁、陈宏盘, 红外物理与技术, (1979), 2, 58 ~ 63.

STUDY OF THE BLACKBODY RADIATION SOURCE OF THE LARGE-APERTURE STAINLESS STEEL CAVITY

GAO KUIMING, LI XIAODONG, ZHANG PING, GAO JUNYENG
 (Department of Automatic Control, North-East Polytechnic Institute)

ABSTRACT

The aperture diameter of the blackbody source of the stainless steel cavity is increased from $\phi 51\text{ mm}$ to $\phi 53\text{ mm}$, and the operative temperature range, spreaded from $300\sim 800^{\circ}\text{C}$ to $100\sim 800^{\circ}\text{C}$. On this basis the cavity temperature distribution has been measured in detail.

By using a cavity behind the target to control the target temperature, it is possible to keep the temperature of the cavity walls and the target surface uniform. Precise control permits the maximum difference in the temperature of the wall surfaces of the cavity to be kept within 2.5°C .