

Applied Infrared & Optoelectronics



應用紅外與光電子學

● 紅外輻射器表面溫度測量的實驗研究

● 用紅外光譜法監控氮磷酸的合成

● 第二代板狀碳化硅SiC紅外加熱器——封閉式紅外加熱器

● 高效近紅外輻射釉料

● 遠紅外、近紅外治療急性軟組織損傷52例康復觀察

● 煤氣取暖爐及其節能机理

● 電冰箱質量檢測紅外測溫儀

● JWHL 350 型紅外電加熱瀝青混凝土攪拌機

● 紅外技術應用基礎：黑體輻射的波長分布

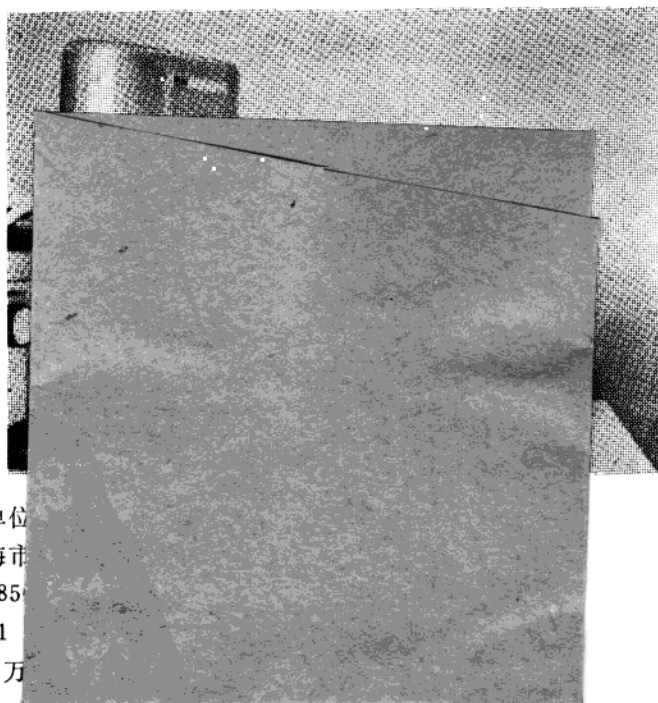
上海科學技術文獻出版社

IR-MI 型 红 外 水 份 仪

红外水份仪是利用水份在一定的红外辐射波段内具有特定的吸收原理制成的。仪器由测量头和信息处理盒两大部分组成，数字显示，采用反射工作方式，可用于在线测定纸张、烟丝、胶合板、布匹、矿料、纯碱（粉末）、砂岩、陶瓷（粉末）、粘土、食糖、可可、咖啡、洗衣粉、火药、面粉、淀粉、豆粕、奶粉、鱼粉、花生粉、马铃薯（颗粒）、砂子、肥皂（粉末）、滑石粉、药粉、泥煤等物料中的含水量，既可独立地测定，也可输出电流或电压，组成微机控制系统。它具有非接触、快速、连续、安装简单等特点。

IR-MI 型红外水份仪的主要技术指标如下：

1. 测定范围：0—80%
2. 测量精度：优于 $\pm 0.5\%$ 水份率
3. 测量距离：280mm
4. 测量面积： $\phi 55\text{mm}$ （连续）
5. 响应时间：约 3 秒
6. 电源与功耗：220V，80VA
7. 指示：三位数字显示，并附有 0—10MA 输出电流或 0—5V 输出电压
8. 体积：测量头 $270 \times 410 \times 130\text{mm}^3$
信息处理盒 $370 \times 360 \times 140\text{mm}^3$
9. 重量：测量头 4.5kg，信息处理盒 10kg



研制生产单位

地址：上海市

电话：42085

电挂：8241

价格：1.5 万

應用紅外與光電子學

第 7 輯

Applied Infrared & Optoelectronics

1989 年 6 月出版

目 录

紅外輻射器表面溫度測量的實驗研究

.....褚治德等(1)

用紅外光譜法監控氫碘酸的合成.....孫芝蓮等(9)

• 紅外加熱應用 •

煤氣取暖爐及其節能机理.....徐永祥(11)

第二代板狀碳化硅(SiC)紅外加熱器——封閉式

SiC 紅外加熱器.....陳洪元等(15)

高效遠紅外輻射釉料.....吳瑋等(19)

新型中高溫遠紅外輻射塗料膠粘劑.....辛光義等(21)

• 醫學應用 •

遠紅外、近紅外治療急性軟組織損傷 615 例

康復觀察.....袁三衡(23)

《回春》牌負壓紅外理療器

——中國紅外火罐.....應成仁

近紅外氣功信息治療治病基礎的探討

.....張正為(26)

近紅外氣功信息儀在小儿遺尿症中的應用

.....吳慧敏等(28)

• 傳感器應用 •

電冰箱質量檢測紅外測溫儀.....張才根(29)

• 紅外應用 •

酒類紅外輻射人工催陳技術.....雷鳴書(30)

遠紅外激光 $^{60}\text{Co}-\gamma$ 射線及其複合處理水稻

干種子當代生物學效應的研究.....萬賢國等(32)

JWHL350 型紅外電加熱瀝青混凝土攪拌機

.....趙興榮(36)

• 機構介紹 •

機械電子部十三研究所.....孫朝柱(37)

上海德福光電技術公司.....吳振剛(38)

• 文獻資料 •

紅外無損測試技術文獻索引(一).....龔智敏等(39)

• 技術講座 •

紅外技術應用基礎

第六講 黑體輻射的波長分布.....糜正瑜(40)

• 短 訊 •

袖珍醫用熱象儀等.....江 濤(14)

《應用紅外與光電子學》

合 辦 單 位

- 紅外加熱技術研究會
- 國家紅外產品質量檢測監督中心
- 天津大學熱物理工程系
- 上海交通大學武進電子器材聯營廠
- 黑龍江省紅外產品質量監督檢驗站
- 星火科技產業集團
- 江蘇省泰縣石英玻璃電加熱器廠
- 浙江省嘉興市新豐電瓷廠

本輯責任編輯：陳嗣良

編 輯 《應用紅外與光電子學》

編輯委員會

(上海中山北一路 420 號)

出 版 上海科學技術文獻出版社

印 刷 上海竟成印刷廠

經 銷 全國各地新華書店

ISBN 7-80513-319-0/T · 114

科技新書目：183-284 定價：1.40 元

红外辐射器表面温度测量的实验研究

褚治德 许铁栓 江菊元

(天津大学热能工程系)

摘要——对红外辐射器表面测温方法作了较为全面的分析,并用 HPD-2000 型表面温度计及 AGA-780 型热象仪对红外辐射管及辐射板进行了测试,发现了一些问题,提出了改进意见,并对如何提高测量精度作了简要的理论分析。

Experimental research on Surface Temperature measurement for infrared radiator

Chu Zhide, Xu Tieshuan, Jiang Juyuan

(Department of Thermophysical Engineering, Tianjin University)

Abstract: In this paper the method of measurement of surface temperature for infrared-radiator is analyzed and infrared radiation tubes and plates are tested by using HPD-2000 type surface thermometer and AGA-780 type thermal imager. A theoretical analysis on the improvement of the measurement accuracy is briefly given.

前 言

红外热辐射器表面温度均匀程度的检测方法,实质上属于固体表面温度测量的问题。准确测量固体表面的温度,尤其是红外热辐射器的表面温度是一个很难的问题^[1,2,8]。用哪种测量方法合适是与红外热辐射器的结构、材料、形状、温度范围等条件密切相关的。当前我国远红外热辐射器种类繁多,结构各异,基底材料不同,表面涂层也选用各种材料,因此探讨如何准确测量红外辐射加热器表面温度及温度均匀性是很有必要的^[4]。

远红外辐射器表面测温方法的分析

远红外热辐射器表面温度的测量分为非接触法测量和接触法测量两种,而这两种方法各自又有很多测量仪器和测量方法。究竟哪种方法合适,应以满足远红外热辐射器的要求而定。具体要求是:

1. 测温范围 200~600℃。

2. 波长范围 $2\sim 15\mu\text{m}$ 。

3. 精度要求 $\pm 1.0\%$ (测量值)。

4. 适应性:对管、板及异型远红外热辐射器均能测量。

能全部满足这四项要求的仪器不多, 现仅将与要求条件相近或满足条件较好的仪器归纳于表 1, 从中择优并作一定的分析。

表 1

测量方法	仪 器 名 称	测 量 指 标			备 注
		温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	波 长 范 围 (μm)	测 量 精 度	
非接触法	WDL-31型光电温度计	300—600	18~2.7	$\pm 2.0\%$	波长不足误差偏高
	HD-III A 型红外测温仪	0—320			温度范围不够
	R-HP2 携带式辐度温度计	50—500	0.6~14	$\pm 1.0\% + 1$ 位	温度上限偏低误差偏高
	R-HP3 携带式辐射温度计	200—1500	0.6~12	$\pm 1.0\% + 1$ 位	波长上限偏低误差偏高
	R-L 型低温用辐射温度计	200—600	2~12	$\pm 2.0\%$ (包括记录误差)	波长上限偏低误差偏高
	R-P 型中高温用辐射温度计	200—600	2.0	$\pm 2.0\%$ (包括记录误差)	波长不够误差偏高
	AGA-750 -780 热象仪		短波3—5 长波7—14		需长短波扫描器
	HUGHES 4100 热象仪	0—950	2.0—5.6	0.5 $^{\circ}\text{C}$ 灵敏度	波长上限偏低
接触法	焊接热偶				多数辐射器不能焊
	安装热偶				在部分辐射器上可用
	HPD-2000 型表面温度计		不限	指示值的 $\pm 0.3\% + 1^{\circ}\text{C}$ 点补偿 $+1^{\circ}\text{C}$	较好
			不限	指示值的 $\pm 0.3\% + 1^{\circ}\text{C}$ 冷点补偿 $+1^{\circ}\text{C}$	较好

• 休斯公司热象仪已有新型号 TVS6000 与 TVS7000。

非接触测温法: 利用热辐射特性, 根据热辐射定律而制成的测温仪有 WDL-31 型光电温度计, 此光学高温计优越之处在于能连续测量, 但该机本身的基本误差为量程上限的 $\pm 1.0\%$, 记录误差也有 $\pm 1.0\%$, 且波长范围不足, 因此不适合应用于远红外热辐射器的测温。

红外成象技术是用红外扫描器, 即光探测器将目标的热辐射参数变为电子视频信号, 并在电视屏幕上用 10 种或 16 种不同的颜色或亮度表示出被测表面的温度分布。我国目前使用较广的是 AGA-750, AGA-780 以及 HUGHES 4100 热象仪。热象仪的优点和其它非接触法测温一样是不破坏被测表面的温度场, 并可连续实时测量, 热图像可存储在磁带内, 随时可以调用观看和分析。通过红外扫描器与计算机接口相联接, 可进行计算机分析和处理。

热图像所测出的温度值和其它非接触法测温仪一样是热辐射器表面辐射波长及材料比辐射率的函数, 而材料比辐射率除取决于热辐射器表面材料的性质、表面状态外还将随温度和波长而变化, 这就给测表面温度带来很大的困难, 其中主要问题是:

(1) 当远红外热辐射器的表面比辐射率未知时, 热象仪测不出准确的温度值。

(2) 所测波长受到限制。图 1 是电磁波光谱图。从该图中可知 HUGHES 4000 系列的热象仪光探测器所测光谱范围为 $2.0\sim 5.6$ 微米, 而通常远红外热辐射器的光谱实效应为 $2.5\sim$

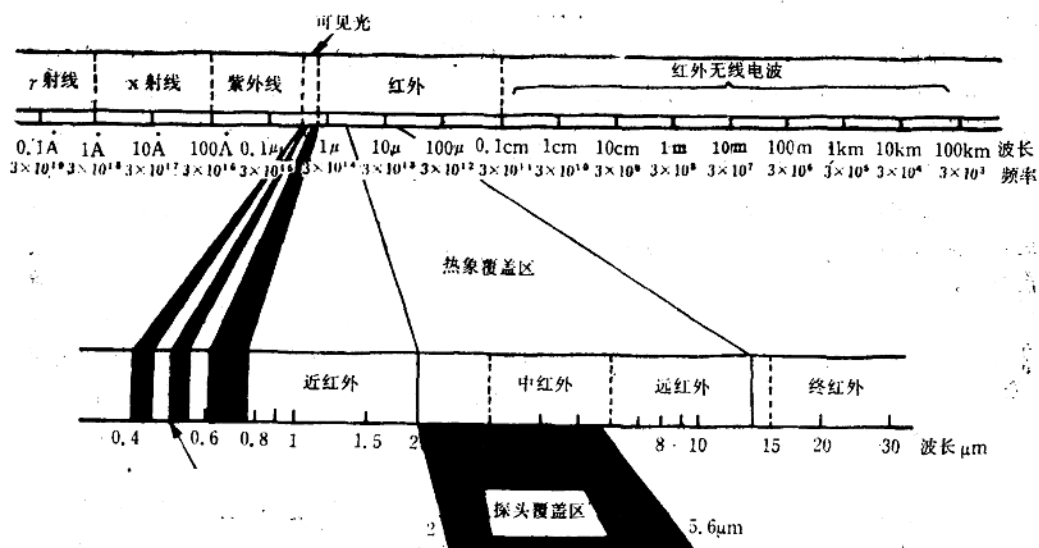


图1 电磁波光谱图

15 微米,而 AGA-780 热象仪短波红外探测器光谱范围 3~5 微米,而长波为 7~14 微米^[5],从图 2.3.4 可清楚地看出在 2.5~5.6 微米或 3~5 微米波长范围内,这三种热辐射光谱均处于过

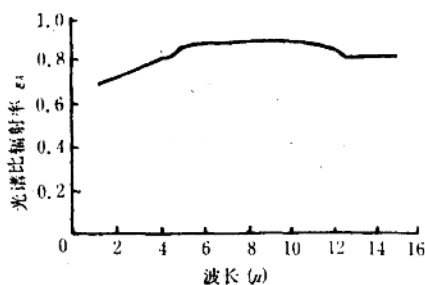


图2 板的辐射光谱

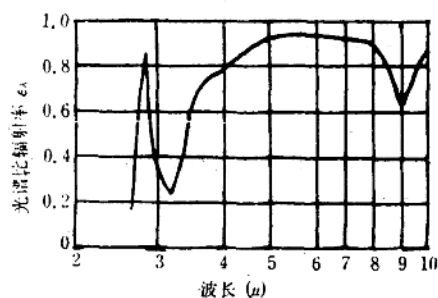


图3 石英玻璃的辐射光谱

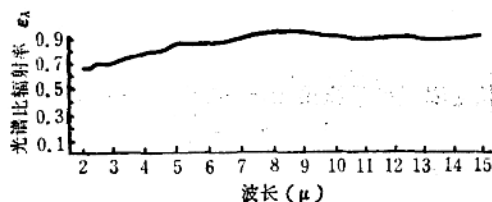


图4 电阻带红外(铁锰酸铈土钙)辐射器的辐射光谱

渡状态,这就给准确测出表面温度带来了困难。要想更好地测出红外热辐射器表面温度,对 AGA 热象仪就要配备长波段红外扫描器,对 HUGHES 热象仪也需要长波段红外探测器。

(3) 对管状红外热辐射器要分段测量,当测量 500 毫米长辐射管时就要分成两段测量。这是因为管状辐射器径向采样面积与纵向相比太小之缘故。

(4) 对异型环状红外辐射器,其内表面用非接触法测量较为困难

用热象仪测量红外辐射器的温度还有待深入研究与实践,但对板式热辐射器的温度分布的测量是非常清晰的,如果能给出加热器表面的比辐射率则很容易测出表面的最高温度及温度分布。

接触测温法:目前在工业和科学研究中在 $100\sim 1300^{\circ}\text{C}$ 范围内广泛应用温差电偶测量固体表面温度,这是因为它结构简单,测温范围宽,输出温差电势是温度的函数,与被测固体表面的波长,比辐射率无关,且输出电势的大小与温差电偶电极大小无关。但是它的存在且破坏了表面温度场,因此很难测出固体表面的真实温度。

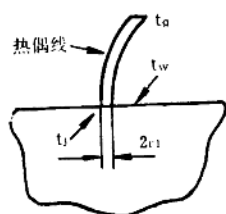


图5 温差电偶导热误差

图5是温差电偶导热误差简图。半径为 r_1 的温差电偶焊于红外热辐射表面后,由于电偶导热的影响,所测出的温度 t_j 与辐射器表面的真实温度产生了差值,电偶周围空气温度为 t_a ,通过导热方程与对流换热方程的计算可得出下式:

$$\frac{t_w - t_j}{t_a - t_j} = \frac{1}{1 + (4r_1 K_s / \sqrt{KShp})}$$

$$= \frac{1}{1 + (2\sqrt{2} K_s / \pi \sqrt{Khr_1})}$$

式中 t_w ——红外辐射器表面真实温度

t_j ——温差电偶测出的温度

t_a ——环境温度

K_s ——红外辐射器表面的导热系数

Sp ——温差电偶导线断面及周长

K ——温差电偶导热系数

h ——温差电偶与环境的对流换热系数

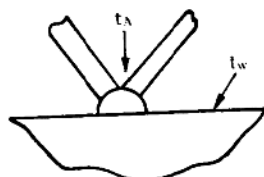


图6 温差电偶接点误差

由上式可知,当 $t_w - t_j = 0$ 时则 $t_w = t_j$,这时所测得的温度值 t_j 就是辐射器表面的真实温度 t_w ,为此就要使红外辐射器表面的导热系数 K_s 增大,但 K_s 往往是不能变的,这就要使 Khr_1 减小,即温差电偶丝直径要细,热导率 K 及丝与周围空气的对流换热系数 h 也要小。

此外,由于电偶焊接点高于壁面时,所测出的温度为 t_a 。该值比红外辐射器表面壁温 t_w ,要小,即产生所谓接点误差,如图6所示。

上述分析表明,由于焊接了温差电偶会产生导热误差与接点误差,为提高热测量的准确性,应采取以下措施:

1. 选用细的温差电偶丝以减少导热误差,一般选 $0.1\sim 0.2$ 毫米。
2. 温差电偶丝最好要展平,即测量接点要尽可能贴近红外辐射器表面,即不高于也不低于辐射器表面,以减少接点误差。
3. 温差电偶线要沿等温面引出,即距电偶电极 50 倍电偶直径外与壁面接触后再引出导线,使导线的导热不致于影响电偶测点的温度分布,以减少导热误差。

4. 对安装式温差电偶或表面温度计与红外辐射器表面间的热阻要尽可能地减小,对于绝大多数辐射器表面都是绝缘壁面而言,其导热性不好,可使用集热垫片或类似表面温度计式的带状温差电偶为宜。

5. 在开式炉中测量红外热辐射表面温度时,应尽量减少开式炉内的气体流动,以减少对流换热损失。

实践表明,我国红外辐射器各断面的温度都不尽相同,就是同一断面所测得的上、下、前、后四个点的温度也不尽一样。一般1米左右长的管式加热器可选13个断面,这样一根加热器就要测上52个点,因此用焊接电偶法测红外热辐射器表面温度是不合适的。这样多的焊点会影响热辐射器表面的温度分布,且热辐射器表面有绝缘涂层,基底也往往是不能焊接的,即使是可拆的安装式温差电偶也不便于测量红外热辐射器表面温度。为此,用质量较好、测量误差较小的表面式温度计测量红外热辐射器表面温度的分布是可行的、合适的。它不仅可以测量管式,也可测量板式及异型管式等。HPD-2000型表面温度计不仅可以测量红外热辐射器表面温度分布,若与x-y记录仪相结合,还可以测出红外热辐射器的热响应曲线及冷却速率。因此HPD-2000型表面温度计是测量红外辐射器表面温度分布较为合适的测温仪。表2是该测温仪的特性参数^[6]。

表2: HPD 2000型温度计的特性参数

仪器名称	探头种类	测量范围	测量误差	冷接点补偿精度
HPD-2000型	CRC	0~+990℃	指示值的±0.3%+1℃	±1.0℃
数字表面温度计	CA	0~+1200℃	指示值的±0.3%+1℃	±1.0℃

由表2可知,当红外辐射器表面温度为600℃,其最大误差为3.8℃,在允许范围之内。

该数字表面温度计配有静止表面探头、移动和转动用测量探头及特殊用探头共计200余种,仅静止表面用就有60种探头,其中包括普通用探头6种、L型探头15种,黄铜金属头接不锈钢杆的高温探头27种;测微小部分用探头8种;特殊用探头(测油沟、内面等)4种^[7]。

探头温差电偶带宽1.4毫米,厚0.1毫米,头部直径有φ15毫米与φ25毫米等多种。为了保护温差电偶带不致损坏,在电偶两旁有保护带。由于电偶带很薄又有一定的宽度和长度,因此保证了电偶与红外热辐射器有足够的接触面(这对于红外辐射器表面大多是非良导体而言是必要的),而且电偶带很薄,这就保证了该探头具有较小的导热误差与接点误差。

红外辐射器表面温度测量

我们用HPD-2000型数字表面温度计及C₁₁、90°角探头及C₁₁、直杆探头对下列红外热辐射器进行了加热功率及表面温度的测量。测量是在开式炉中进行,共测六种管状与板状红外辐射器。

1. L=310毫米半导体管式红外辐射器
2. L=500毫米碳化硅管式红外辐射器
3. L=800毫米碳化硅管式红外辐射器
4. L=1000毫米透明石英管辐射器
5. L=1000毫米乳白石英管红外辐射器。

6. 240×150 毫米碳化硅板

用 AGA-780 热象仪对碳化硅板及管状红外辐射器进行了测量。图 7 是测量系统方框图。

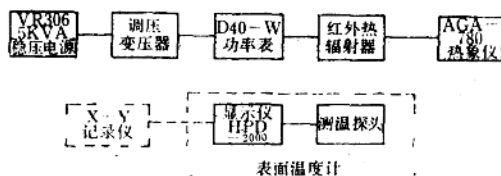


图 7 远红外辐射器表面温度测量方框图

(1) 半导体红外辐射管:

标称参数: $L=310\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=400\text{W}$ (功率)

实测参数: $L=300\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=450\text{W}$

室温 24°C 测量 (以下从略), 共测 7 个截面, 每截面上、下、前、后 4 个点, 共计 28 个点。

测量结果: 管壁平均温度 478.6°C , 圆周方向最大温差 $\Delta t_R=56^\circ\text{C}$, 长度方向最大温差 $\Delta t_L=73^\circ\text{C}$ 。

(2) 碳化硅管红外热辐射器:

标称参数: $L=500\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=400\text{W}$

实测参数: $L=460\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=380\text{W}$

共测 11 个截面 44 个点。

测量结果: 管壁平均温度 $t_1=351.5^\circ\text{C}$ (L 取 400mm), 圆周方向最大温差 $\Delta t_R=26^\circ\text{C}$, 长度方向最大温差 $\Delta t_L=228^\circ\text{C}$ 。

(3) 碳化硅管红外辐射器:

标称参数: $L=800\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=600\text{W}$,

实测参数: $L=750\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=470\text{W}$ 。

共测 11 个断面, 每断面 4 点共 44 个点。

测量结果: 管壁平均温度 $t_1=284.7^\circ\text{C}$ (L 取 670mm), 圆周方向最大温差 $\Delta t_R=29^\circ\text{C}$, 长度方向最大温差 $\Delta t_L=218^\circ\text{C}$ 。

(4) 透明石英玻璃管辐射器:

标称参数: $L=1000\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=830\text{W}$

实测参数: $L=950\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=979\text{W}$

共测 13 个断面, 每断面 4 点共 52 点。

测量结果: 管壁平均温度 $t_1=362.7^\circ\text{C}$ (L 取 870mm), 圆周方向最大温差 $\Delta t_R=161^\circ\text{C}$, 长度方向最大温差 $\Delta t_L=41^\circ\text{C}$ 。

(5) 乳白石英管红外辐射器:

标称参数: $L=1000\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=830\text{W}$

实测参数: $L=950\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=967\text{W}$ 。

共测13个断面,每断面4点共计52点。

测量结果:管壁平均温度 $t_1=361.8^{\circ}\text{C}$ (L 取870mm),圆周方向最大温差 $\Delta t_R=119^{\circ}\text{C}$,长度方向最大温差 $\Delta t_1=250^{\circ}\text{C}$

(6) 碳化硅板红外辐射器:

标称参数: $240 \times 150 \text{ mm}$, $U=220\text{V}$, $N=140\text{W}$

实测参数: $240 \times 150\text{mm}$, $U=220\text{V}$, $N=275\text{W}$ 。

正面共测15个点,背面共测5点。

测量结果:平均温度,辐射面 $t_{\text{平}}=230^{\circ}\text{C}$,背面 $t_{\text{平}}=123^{\circ}\text{C}$;最高温度,辐射面 $t_{23}=t_{13}=273^{\circ}\text{C}$,背面 $t'_{23}=126^{\circ}\text{C}$;最低温度,辐射面 $t_{35}=156^{\circ}\text{C}$,背面 $t'_{31}=t'_{35}=112^{\circ}\text{C}$;最大温差,辐射面 $\Delta t=117^{\circ}\text{C}$,背面 $\Delta t=24^{\circ}\text{C}$ 。

红外辐射器表面温度测量的分析

1. 碳化硅板辐射器

(1) 用表面温度计测量碳化硅板温度分布时可看出,对 240×150 碳化硅辐射板在测量时上下相比高温偏上半面,左右相比高温偏于右侧,这与热象是完全一致的。但图1没有热象图那样一目了然,可见热象的温度分布对研究红外辐射器是十分有益的。

(2) 该碳化硅板辐射器、辐射面温差较大,温度分布不均,尤其背面有较高的温度。

2. 管状辐射器

通过测量五种管状辐射器得出以下几个问题:

(1) $L=300$ 毫米半导体管式红外热辐射器表面温度最高。

(2) $L=500$ 毫米碳化硅管纵向温度分布非常不均,纵向最大温度偏差 $\Delta t_{\text{max}}=228^{\circ}\text{C}$ (工作段)。

(3) 乳白石英管功率为967瓦,透明玻璃管功率为979瓦,两管长度、直径相同,但乳白石英管表面温度比透明管平均高 45°C 左右,乳白管功耗低而表面温度高,比透明管优越。

(4) 每个红外热辐射器纵向温度分布不均。

(5) 同一断面前、后、左、右四个点表面温度也不一致,四点最大温差有的高达 161°C 。

(6) 乳白石英管与透明石英管各断面的最高温度在下面,此乃加热炉丝贴下面之故。

(7) 实测表明红外热辐射器无论管式或板式温度分布都不均,有的温差很大,因此只用试片测量红外辐射器的比辐射率值是不能完全代表热辐射器本身的真实比辐射率的,且经过一段工作后,表面状况有可能变化,因此有必要测量红外辐射器表面温度外也应整体检查与测定红外辐射器的比辐射率。

结 束 语

理论分析及实际测量表明用 HPD-2000 型表面温度计及其探头对红外辐射器表面温度分布均匀程度的检测是可行的、合适的。

建议用热象仪开展红外辐射器表面温度、比辐射率或全比辐射率的实验研究工作,这些参数的测量对红外辐射器的研究、改进温度分布、提高辐射器质量是有益的。同时还应用热象仪

开展红外加热炉炉内辐射器及炉内温度等参数的测量。

致谢：在用热象仪测量红外辐射器表面温度的过程中，得到我室赵晓新、诸凯两位同志的大力协作，并提供了热象图及其计算参数，在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- [1] 叶大均主编，热力机械测试技术，机械工业出版社，1981年，142—145。
- [2] 美国材料与试验协会温度测量E-20委员会和热电偶第Ⅳ小组委员会主编
Manual on the use of thermocouples in temperature measurement, ASTM Special Technical Publication 470A 1974. (卢锦宝译)测温热电偶应用手册，机械工业出版社，1983，180—193。
- [3] Ernst R. G. Eckert and Richard J. Goldstein, Measurements in Heat Transfer, McGraw-Hill Book Compang, 1976, 6-12.
- [4] 天津大学热工教研室 AGA-780 热象仪操作手册1983，3—1。
- [5] 卢为开、李铁津等，远红外辐射加热技术，上海科学技术出版社，1983，82—84。
- [6] [日本]安立计器株式会社 HPD-2000 数字表面温度计使用说明书。
- [7] [日本]安立计器株式会社温度测定用检出端，表面用、内部用、特殊用途用。

(上接40页)

式中 c 代表光在真空中的传播速度， $c=299,792,462$ 米/秒，近似地讲， $c \approx 30$ 万公里/秒。 $h=6.6256 \times 10^{-34}$ 焦耳·秒， k 称为玻尔兹曼常数， $k=1.38054 \times 10^{-23}$ 焦耳/度， ν 代表电磁辐射频率， λ 是电磁辐射波长， T 是黑体的绝对温度。把常数值代入(1)式，得

$$(M_{\text{黑体}})_{\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2/\lambda T} - 1} \quad (2)$$

其中包含的两个常数 c_1 和 c_2 分别称作为第一辐射常数和第二辐射常数。 $c_1=2\pi hc^2=3.7415 \times 10^8$ 瓦·微米⁴/厘米²， $c_2=ch/k=1.43879 \times 10^4$ 微米·度。

普朗克公式之所以重要，是因为由此可以获得关于黑体辐射的许多信息。举例来说，由普朗克公式可以计算出某一波长范围内的黑体辐射功率。例如 $\lambda_1 \rightarrow \lambda_2$ 波长范围内的黑体辐射功率为：

$$M_{\lambda_1 \rightarrow \lambda_2} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (M_{\text{黑体}})_{\lambda} d\lambda = 2\pi hc^2 \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{d\lambda}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)} \quad (3)$$

由上式可以算出黑体的辐射出射度 $M_{\text{黑体}}$ ：

$$M_{\text{黑体}} = M_{\lambda \rightarrow \infty} = \frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 h^3} T^4 = \sigma T^4 \quad (4)$$

其中 σ 就是斯忒藩—玻尔兹曼常数。

由(2)式，还可以求得 M_{λ} 的极值条件。只要令 $\frac{dM_{\lambda}}{d\lambda} = 0$ ，即得：

$$\lambda_m = \text{常数}/T \quad (5)$$

这就是维恩位移定律的表达式。

用红外光谱法监控氨磺酸的合成

孙芝莲 唐 荣

(江苏扬州师范学院化学系)

摘要——介绍了用红外光谱法作为监控手段,以尿素和发烟硫酸一步法合成氨磺酸的新方法。

Monitoring and Controlling the Process of Synthesis of Sulfamic Acid by Infrared Spectroscopy

Sun Zhilian, Tang Rong

(Department of Chemistry, Yangzhou Teachers' College)

Abstract—A new method of monitoring and controlling the process of one-step synthesis of sulfamic acid from urea and fuming sulphuric acid is introduced in this paper.

引 言

氨磺酸作为一种重要的固体强酸,广泛用于热交换系统的除垢缓蚀剂、电镀工业的电镀液等。近年来,国外开始了一步法合成氨磺酸的研究^[1]。我们用红外光谱法作为监控手段,通过条件试验,找到了一种以尿素和发烟硫酸一步法合成氨磺酸的新方法,产率也较高。

O

||

尿素(分子式 H_2NCNH_2)的IR图中^[2],在 $1680\sim 1600\text{cm}^{-1}$ 之间有三个吸收峰,其中 1680cm^{-1} 为羰基吸收峰,而氨磺酸的钠盐($\text{H}_2\text{NSO}_3\text{Na}$)在 $1700\sim 1600\text{cm}^{-1}$ 之间没有吸收峰^[3]。我们制得的氨磺酸三次重结晶产品的IR图在 $1700\sim 1600\text{cm}^{-1}$ 之间也没有吸收峰,见图1,图2(氨磺酸IR图未见文献报

道)。据此,我们在反应过程中观察 $1700\sim 1600\text{cm}^{-1}$ 之间吸收峰的变化情况,来监控反应的进行从而找出了最佳反应条件。

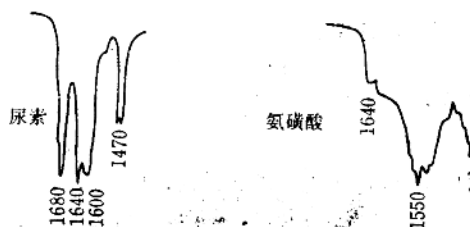


图1 尿素,氨磺酸在 $1700\sim 1550\text{cm}^{-1}$ 的吸收峰

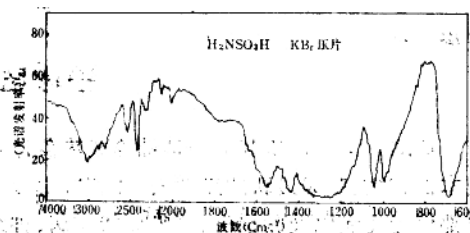


图2 氨磺酸红外光谱图

试验部分

1. 仪器与试剂

Perkin-Elmer 1310 红外光谱仪, 尿素 (CP), 95% 乙醇 (A·R), 发烟硫酸 (含 SO_3 25%) (A·R)

2. 一步法制备氮磺酸

在装有机械搅拌器, 温度计和冷凝管的三颈瓶中, 放入发烟硫酸, 在搅拌下分批加入与 SO_3 含量等摩尔的干燥过的尿素, 加料完毕, 再加入少量发烟硫酸, 反应一小时左右, 将温度升至 $60\sim 80^\circ\text{C}$ 之间继续搅拌分解1~3小时。

混合物用玻璃砂蕊漏斗抽滤, 用 95% 乙醇分批洗涤, 抽干。将粗产品用热水重结晶, 烘干后得到纯品。

3. 反应过程的监控

在反应过程中, 取出少量反应混合物, 用少量95%乙醇洗涤一次, 产品先用滤纸吸干, 再用红外灯烘干后测定红外光谱。

结果与讨论

1. 反应温度

在同样的反应时间, 不同的温度下反应, 再经热分解后, 取样分析, 由表 1 可见反应温度升至 60°C 以上时, 粗产品中的羰基吸收峰明显增强, 说明由于温度升高, SO_3 逸出, 未反应的尿素量增加。进一步的分析表明, 反应温度控制在 $30\sim 50^\circ\text{C}$ 之间, 对产率影响不

大, 当温度高于 60°C 时, 产率明显下降。

表 1 反应温度和羰基吸收峰

反应温度 ($^\circ\text{C}$)	30	40	50	60
吸收峰强度	基本消失	基本消失	消失	吸收峰又出现

(反应时间: 1小时; 吸收峰 $1700\sim 1650\text{cm}^{-1}$)

2. 分解时间的影响

表 2 分解时间的影响

分解时间 (分)	40	50	85	120	160
吸收峰强度	中等	弱	可见	基本消失	消失
产率 (%)	64	69	78	86	96

(分解温度 $60\sim 80^\circ\text{C}$; 波数 $1700\sim 1650\text{cm}^{-1}$)

从表 2 可见反应时间在 160 分钟以上, 羰基吸收峰消失, 这与产率的变化相一致, 当分解时间长达 3 小时的时候, 产率可达 96% (按 SO_3 的含量计算)。

3. 洗涤次数

试验表明, 用 95% 乙醇将反应混合物洗涤三次, 羰基吸收峰完全消失。

总之, 用 IR 作为监控手段, 在氮磺酸的一步法合成中, 缩短了条件试验的次数和时间, 是一种方便可靠的监控手段。

参 考 文 献

- [1] 世界精细化工手册, p.627
- [2] Standard Infrared Grating Spectra, Vol.1-2, 1231c Sadtler Research Laboratories INC, 1976.
- [3] Standard Infrared Grating Spectra, Vol. 51-52, 61692, Sadtler Research Laboratories INC, 1976.

—短 讯—

袖珍医用热象仪

英国一家公司研制成一种袖珍式热象诊断装置。其特点是安全可靠, 对人体无任何伤害; 成本低, 并能制成最新式热图象。该装置主要用于诊断患者大腿部等深部血管血栓、指缺血、关节部位的炎症以及腰损伤、筋膜症状疾病、神经压缩症状疾病、软组织损伤、胸部癌症以及体育运动引起的损伤等。诊断仅需 3~5 分钟, 即能得到热图象照片和诊断结果。 (江涛)

煤气取暖炉及其节能机理

徐永祥

(华东师范大学物理系)

摘要——一种采用原来用电热丝埋在碳化硅板中(或装置在一种高发射率的材料中)加热的功能现由液化石油气(或煤气)加热取代,既经济又实用,是实现多能源系统的相互连接,从节能上更显示出它的优越性。

引 言

为了达到最佳的节能效果,人们在长期科学地研究红外加热技术;并制造出各种形式的节能设备、元件和材料;这还不够,还必须扩大节能的科学方法。为了增加红外加热源的红外辐射能,采用煤气取暖炉,既经济又实用,是实现多能源系统的相互连接。在我国电力还处于不足的情况下,把原来用电热丝埋在碳化硅板中加热的功能由煤气加热取代,从而使经济效益上更显示出它的优越性。

煤气取暖炉是一种间热式的加热元件,因此加热源的平衡温度即由它自身的热容量大小而决定的。炉板质量大(辐射源面积增大),热起伏就小,温度的稳定性也好,辐射场变得更均匀,其实炉板获得的总热量是相等的,但由于炉板材料采用了新工艺新技术选用一种好的配方,可使热质量增加,发射率 ϵ 增大。实际使用这种元件之所以有节能作用,最主要的是由于实现了最大辐射峰值的移动,从短波移向长波处,如果最终选择到一种辐射源光谱被与加热材料的吸收光谱实现最佳匹配,那就可获得最好的节能效果了。

基 本 原 理

因为我们已知物体在温度 T ,波长 λ_1 处的发射本领 $\epsilon(\lambda_1, eT)$ 与相对应条件下黑体的发射本领 $\epsilon^0(\lambda_1, T)$ 之比称为该物体的发射率 $e(\lambda_1, T)$,并且随各种辐射体的不同而变化。

我们现采用标准的辐射体(CTG-1 风冷黑体)来测量待测辐射体(煤气取暖炉 YH-I)的光谱能量分布。这里除黑体及待测煤气取暖炉外,尚需色散系统与探测放大系统,从放大系统的输出端获得的电压信号 V 的大小与下列量成比例

$$V(\lambda, T) \sim D(\lambda) T(\lambda) \epsilon(\lambda, T)$$

其中 $D(\lambda)$ 为探测器在波长 λ 处的灵敏度, $T(\lambda)$ 为色散系统的透过率, $\epsilon(\lambda, T)$ 为辐射源在温度 T 下 λ 处的发射本领。虽然 $\lambda D(\lambda)$, $T(\lambda)$ 等非线性条件我们不知道,但可用比较法把它全部消去。

测试时先把黑体的温度调至和煤气取暖炉的温度相同(710℃),在黑体及煤气取暖炉的实验条件完全相同的情况下,即距离与位置相同,都通过一固定的光阑,依次各测3~5次。

因为 $V^b(\lambda, T) \sim D(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot \epsilon^b(\lambda, T) \dots\dots ①$ 黑体

$V(\lambda, T) \sim D(\lambda) \cdot T(\lambda) \cdot \epsilon(\lambda, T) \dots\dots ②$ 煤气取暖炉

二式相除得 $V(\lambda, T) \epsilon(\lambda, T)$

$$= \frac{V^b(\lambda, T)}{\epsilon^b(\lambda, T)} = e(\lambda, T)$$

$e(\lambda, T)$ 即是所求的发射率

实验装置

实验装置的工作原理如图 1 所示。

单色仪定标(略), 当测量辐射源黑体炉(或煤气取暖炉)时, 只要调好单色仪的入射狭缝与

出射狭缝, 宽度不变, 则在某一波长 λ 处高莱探测器接收到的电讯号需经放大器放大才能有晶体管毫伏表读数 $V(\lambda)$, 同时也可以通
过单色仪的鼓轮手柄慢慢转动(必须与定标时的方向一致, 或连接慢速马达的转动, 只要在鼓轮读数的同时也在 x-y 记录曲线上作出一一对应的标记, 就画出了波长与辐射强度关系的曲线图, 如果再对不同的待测辐射源采用不同的彩色笔作记录曲线图更显得一目了然了。

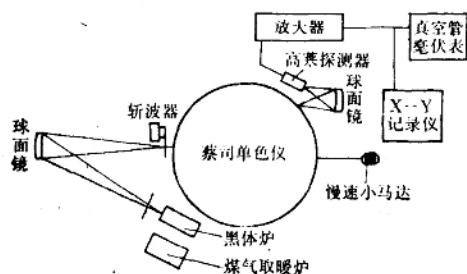


图 1 实验装置的工作原理

测试数据

表 1 黑体测试数据

波长 μm	mV	mV	mV	mV	mV	$\overline{\text{mV}}$
1.6	10.9	10.9	10.6	10.6	10.6	10.7
1.9	11.5	11.6	11.3	11.3	11.3	11.4
2.3	15.7	15.8	15.3	15.0	15.0	15.3
2.9	14.4	14.3	13.6	13.4	13.6	13.4
3.3	13.2	13.2	13.0	12.6	12.5	12.9
3.4	15.0	14.6	14.3	14.0	14.0	14.4
3.5	16.9	16.6	15.9	18.0	15.6	16.2
3.6	17.8	17.4	16.8	16.7	16.4	17.1
3.8	19.3	19.0	18.3	18.0	18.0	18.5
4.3	22.5	21.9	21.4	20.8	20.5	21.4
4.7	22.6	22.0	21.5	25.8	20.7	21.5
4.9	21.7	21.2	20.7	20.2	20.0	20.7
5.1	20.4	19.9	19.5	19.0	19.0	19.6
5.3	18.9	18.7	18.2	17.7	17.3	18.2
5.5	13.3	13.0	12.8	12.7	12.7	12.8

表2 国产炉测试数据

波长(μm)	mV	mV	mV	$\overline{\text{mV}}$
1.6	7.7	8.1	8.0	7.9
1.9	8.0	8.2	8.2	8.1
2.3	8.8	9.1	9.0	9.0
2.9	9.4	9.5	9.4	9.4
3.3	9.6	9.7	9.6	9.6
3.4	10.2	10.4	10.2	10.3
3.5	10.9	11.1	10.9	11.0
3.6	11.3	11.5	11.3	11.4
3.8	12.5	12.4	12.0	12.3
4.3	15.0	14.8	14.5	14.8
4.7	15.2	15.4	15.0	15.2
4.9	15.0	15.2	15.0	15.1
5.1	14.4	14.5	14.4	14.4
5.3	13.8	13.8	13.6	13.7
5.5	10.5	10.6	10.6	10.6

表3 进口炉测试数据

波长(μm)	mV	mV	mV	$\overline{\text{mV}}$
1.6	7.7	7.8	7.6	7.6
1.9	7.9	7.8	7.8	7.8
2.3	8.2	8.2	8.0	8.1
2.9	8.6	8.5	8.4	8.5
3.3	9.2	9.0	8.8	9.0
3.4	9.8	9.8	9.2	9.6
3.5	10.6	10.2	10.0	10.3
3.6	11.2	10.8	10.4	10.8
3.8	11.8	11.5	11.2	11.5
4.3	14.0	13.5	13.0	13.5
4.7	14.4	13.8	13.5	13.9
4.9	14.0	13.5	13.0	13.5
5.1	13.2	13.0	12.5	12.8
5.3	12.5	12.2	12.0	12.2
5.5	10.0	9.8	9.8	9.9

表4 测试结果

进口炉发射率

$$7.6 \div 10.7 = 0.710$$

$$7.8 \div 11.4 = 0.684$$

$$8.1 \div 15.3 = 0.529$$

$$8.5 \div 13.4 = 0.634$$

$$9.0 \div 12.9 = 0.697$$

$$9.6 \div 14.4 = 0.666$$

$$10.3 \div 16.2 = 0.636$$

$$10.8 \div 17. = 0.632$$

国产炉发射率

$$7.9 \div 10.7 = 0.738$$

$$8.1 \div 11.4 = 0.710$$

$$9.0 \div 15.3 = 0.588$$

$$9.4 \div 13.4 = 0.701$$

$$9.6 \div 12.9 = 0.744$$

$$10.3 \div 14.4 = 0.715$$

$$11.0 \div 16.2 = 0.679$$

$$11.4 \div 17.1 = 0.667$$

$11.5 \div 18.5 = 0.622$
 $13.5 \div 21.4 = 0.631$
 $13.9 \div 21.5 = 0.647$
 $13.5 \div 20.7 = 0.652$
 $12.8 \div 19.6 = 0.653$
 $12.2 \div 18.2 = 0.670$
 $9.9 \div 12.8 = 0.773$

$12.3 \div 18.5 = 0.665$
 $14.8 \div 21.4 = 0.692$
 $15.2 \div 21.5 = 0.707$
 $15.1 \div 20.7 = 0.729$
 $14.4 \div 19.6 = 0.735$
 $13.7 \div 18.2 = 0.753$
 $10.6 \div 12.8 = 0.828$

上述数据条件相同,光栏离反射镜 42 厘米

光栏 $\phi = 17.8$ 厘米

光栏离炉板 18 厘米

20平方米朝北双层窗实验室内红外煤气取暖炉与石英暖流器升温测试比较见表5:

表 5

取 暖 方 式	耗气(气)量	升温	费用(元)
石英暖流器(NL-3型)	一度	1.5℃	0.21
进口炉(液化石油气)	14公斤	1.5℃	0.017
国产炉(液化石油气)	15公斤	1.5℃	0.018
国产炉(管道煤气)	119公斤	1.5℃	0.012

结 语

综上所述,整个加热过程总是非平衡的过程。因为在 20 平方米的实验室内进行试验,三种传热方式(辐射、传导、对流)总是相互联系着的。住房的取暖是通过人体和环境热交换来取暖,而不能单靠辐射,也不能只用对流和传导。所以对煤炉取暖炉来说,首先加热的是空间的介质,被加热物质是通过环境的热平衡的过程来获得能量,这种煤气取暖炉的节能的关键技术是使煤气得到完全燃烧,还要有优良的加热元件和装置,科学的方法,才能达到节能的目的。

激光切割染色体

· 短讯 ·

激光检查眼底疾病

日本早稻田大学研制成一种利用激光器检查眼底疾患的装置。使用时将激光器发出的光束由瞳孔射入眼底进行扫描,通过捕获得反射光即可判断视网膜是否正常。该方法与传统的眼底摄像机相比,操作简便,患者痛苦少。另外还可用于检查糖尿病等疾病。

日本农业水利部农业生物资源研究所和滨松电子公司共同研制成一种激光染色体切割装置,为解析人的染色体结构等生命科学研究提供了有效方法。该装置利用监视器观察置于显微镜样品台上的取样,选择出染色体的特定部位,照射氩激光切割。激光束直径可缩小到 0.3 微米,照射部位也可缩小到 0.1 微米。此外,还能切割有一定幅变的染色体和对整个染色体进行失效处理。

(江涛)