

# **Nhiệt kế bức xạ công nghiệp - Quy trình hiệu chuẩn**

## *Industrial radiation thermometers - Methods and means of calibration*

### **1 Phạm vi áp dụng**

Văn bản kỹ thuật này quy định quy trình hiệu chuẩn các loại nhiệt kế bức xạ dùng trong công nghiệp, có phạm vi đo từ ( - 40 đến 2600 ) °C với bước sóng hiệu dụng không vượt quá 30 μm.

### **2 Các phép hiệu chuẩn**

Phải lần lượt tiến hành các phép hiệu chuẩn ghi trong bảng sau:

<b>TT</b>	<b>Tên phép hiệu chuẩn</b>	<b>Theo điều mục của QTHC</b>
1	Kiểm tra bên ngoài	5.1
2	Kiểm tra kỹ thuật	5.2
3	Kiểm tra đo lường	5.3
4	Tính toán kết quả đo	5.4
5	Tính toán độ không đảm bảo đo	5.5

### **3 Phương tiện hiệu chuẩn**

#### **3.1 Phương tiện chuẩn**

Các tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn gồm lò bức xạ vật đen chuẩn và bộ điều khiển nhiệt độ kèm theo, có phạm vi đo từ ( - 40 ÷ 2600 ) °C, bao gồm:

##### **3.1.1 Tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn dải nhiệt độ thấp**

- + Phạm vi đo : ( - 40 ÷ 150 ) °C ;
- + Độ không ổn định : không vượt quá 0,1 °C/ 8h;
- + Độ không đồng đều : không vượt quá ± 0,1 °C;

## **ĐLVN 124 : 2003**

- + Hệ số bức xạ  $\varepsilon$  : không nhỏ hơn  $0,99 \pm 0,005$ ;
- + Độ không đảm bảo đo : không lớn hơn  $0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

### 3.1.2 Tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn dải nhiệt độ trung bình

- + Phạm vi đo : ( 50 ÷ 1100 )  $^\circ\text{C}$ ;
- + Độ không ổn định : không vượt quá  $0,5 \text{ }^\circ\text{C}/ 8\text{h}$ ;
- + Độ không đồng đều : không vượt quá  $\pm 0,1\%$  nhiệt độ đặt;
- + Hệ số bức xạ  $\varepsilon$  : không nhỏ hơn  $0,995 \pm 0,0005$ ;
- + Độ không đảm bảo đo : không lớn hơn  $0,4 \%$  nhiệt độ đọc.

### 3.1.3 Tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn dải nhiệt độ cao

- + Phạm vi đo : ( 600 ÷ 3000 )  $^\circ\text{C}$ ;
- + Hệ số bức xạ  $\varepsilon$  : không nhỏ hơn  $0,995 \pm 0,003$ ;
- + Độ không đảm bảo đo : không lớn hơn  $0,4 \%$  nhiệt độ đọc.

## **3.2 Phương tiện phụ**

- + Giá đỡ lắp nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn đúng theo yêu cầu kỹ thuật;
- + Lỗ ngắm với các đường kính khác nhau;
- + Hệ thống cung cấp khí Argon và hệ thống cung cấp nước sạch ;
- + Găng tay, dung dịch làm sạch thấu kính , vải cotton sạch ... để làm vệ sinh nhiệt kế bức xạ trước khi hiệu chuẩn.

## **4 Điều kiện hiệu chuẩn**

Khi tiến hành hiệu chuẩn phải đảm bảo các điều kiện sau đây:

- Nhiệt độ môi trường : (  $23 \pm 2$  )  $^\circ\text{C}$ ;
- Độ ẩm môi trường : không vượt quá  $50 \%$  RH .

## **5 Tiến hành hiệu chuẩn**

### **5.1 Kiểm tra bên ngoài**

Phải kiểm tra bên ngoài theo các yêu cầu sau đây:

Nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn phải có đầy đủ kí nhãn hiệu, số sêri, hãng sản xuất, không bị nứt, vỡ và các đặc trưng kỹ thuật đầy đủ.

## **5.2 Kiểm tra kỹ thuật**

Phải kiểm tra kỹ thuật theo các yêu cầu sau đây:

5.2.1 Đọc kỹ hướng dẫn sử dụng, chứng chỉ hiệu chuẩn cũ (nếu có), đặc trưng kỹ thuật của nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn. Kiểm tra các chế độ hoạt động của nhiệt kế bức xạ, thay pin mới, vệ sinh sạch sẽ bên ngoài và hệ thống quang học (vật kính, thị kính và kính ngắm) của nhiệt kế; tiến hành kiểm tra nhanh hoạt động của nhiệt kế bức xạ bằng cách hướng nhiệt kế vào bóng đèn ánh sáng trắng, đưa vào vùng đánh dấu phải đo được nhiệt độ; kiểm tra các chức năng hiển thị trên màn hình hiện số của nhiệt kế bức xạ, các hiển thị phải rõ nét, ổn định, đặt lại hệ số  $\varepsilon = 1$ , đưa về chức năng đo nhiệt độ cực đại ( $t_{max}$ ).

5.2.2 Gá lắp nhiệt kế bức xạ lên giá đỡ, điều chỉnh khoảng cách đo từ lò bức xạ vật đen tới nhiệt kế bức xạ, điều chỉnh đường ngắm quang học của nhiệt kế theo đúng hướng dẫn sử dụng của thiết bị.

## **5.3 Kiểm tra đo lường**

Nhiệt kế điện trở bức xạ công nghiệp được kiểm tra đo lường theo trình tự nội dung, phương pháp và yêu cầu sau đây:

### **5.3.1 Chuẩn bị kiểm tra**

5.3.1.1 Kiểm tra tổ hợp các nguồn bức xạ vật đen chuẩn gồm lò bức xạ vật đen chuẩn và bộ điều khiển nhiệt độ, hệ thống cung cấp nước làm mát mặt bích lò bức xạ, hệ thống cung cấp khí ácgông. Chuẩn bị đưa tổ hợp thiết bị vào hoạt động theo đúng hướng dẫn sử dụng.

5.3.1.2 Lắp đặt lỗ ngắm lò bức xạ với đường kính phù hợp với yêu cầu sử dụng của nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn.

5.3.1.3 Tùy thuộc vào dải nhiệt độ hiệu chuẩn của nhiệt kế bức xạ để vận hành tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn, thường vận hành từ một đến hai tổ hợp.

### **5.3.2 Tiến hành đo**

5.3.2.1 Nhiệt kế bức xạ được hiệu chuẩn theo phương pháp so sánh trực tiếp số chỉ nhiệt độ của nhiệt kế bức xạ với số chỉ nhiệt độ của nguồn bức xạ vật đen chuẩn tại mỗi điểm hiệu chuẩn. So sánh nhiệt độ được tiến hành từ điểm hiệu chuẩn thấp đến điểm hiệu chuẩn cao trong dải nhiệt độ làm việc của nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn.

5.3.2.2 Điểm hiệu chuẩn là các điểm nhiệt độ cách đều nhau trong dải nhiệt độ làm việc của nhiệt kế bức xạ và không được ít hơn 3.

## **ĐLVN 124 : 2003**

5.3.2.3 Đặt giá trị nhiệt độ của nguồn bức xạ vật đen chuẩn ứng với điểm hiệu chuẩn thấp nhất, khi nhiệt độ ổn định sau 10 phút, tiến hành đo theo trình tự sau:

- Kiểm tra lại vị trí, khoảng cách, đường ngắm quang học giữa nhiệt kế bức xạ và nguồn bức xạ vật đen chuẩn.

- Bật công tắc đo của nhiệt kế bức xạ, vị chỉnh vị trí để đạt nhiệt độ lớn nhất, tiến hành đo và đọc số chỉ nhiệt độ của nhiệt kế bức xạ và nguồn bức xạ vật đen chuẩn, số lần đọc không ít hơn 5 lần, sau 1 phút lấy 1 giá trị. Trình tự đọc theo thứ tự:

**Nguồn bức xạ vật đen chuẩn → Nhiệt kế bức xạ → Nguồn bức xạ vật đen chuẩn → Nhiệt kế bức xạ → Nguồn bức xạ vật đen chuẩn ...**

5.3.4 Lần lượt tiến hành đo như mục 5.3.2.3 đối với các điểm hiệu chuẩn tiếp theo.

### **5.4 Tính toán kết quả đo**

5.4.1 Giá trị nhiệt độ đo được tại mỗi điểm hiệu chuẩn của nguồn bức xạ vật đen chuẩn và của nhiệt kế bức xạ là giá trị trung bình của các lần đo, giá trị trung bình tại mỗi điểm hiệu chuẩn của nguồn bức xạ vật đen chuẩn là giá trị nhiệt độ chuẩn.

5.4.2 Tính số hiệu chỉnh tại mỗi điểm hiệu chuẩn của nhiệt kế bức xạ, số hiệu chỉnh bằng hiệu số giữa nhiệt độ trung bình của nguồn bức xạ vật đen chuẩn và nhiệt độ trung bình của nhiệt kế bức xạ và được tính theo:

$$\Delta t = \bar{t}_1 - \bar{t}_2$$

Trong đó:

$\bar{t}_1$  : giá trị nhiệt độ trung bình của nguồn bức xạ vật đen chuẩn;

$\bar{t}_2$  : giá trị nhiệt độ trung bình của nhiệt kế bức xạ cần hiệu chuẩn.

5.4.3 Tính độ lệch chuẩn tại mỗi điểm hiệu chuẩn của số đọc giá trị nhiệt độ của nhiệt kế bức xạ theo công thức :

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (t_j - t_{tb})^2}{(n-1)}}$$

Trong đó:

$t_j$  : giá trị đo thứ j của điểm hiệu chuẩn,  $j = 1, 2, \dots, n$ ;

$t_{tb}$  : giá trị trung bình của điểm hiệu chuẩn;

$s_i$  : độ lệch chuẩn tại điểm kiểm tra thứ  $i$ ;  
 $n$  : Số lần đo tại mỗi điểm hiệu chuẩn.

**ĐLVN 124 : 2003**

### 5.5 Tính toán độ không đảm bảo đo

Độ không đảm bảo đo của nhiệt kế bức xạ khi hiệu chuẩn, phát sinh do nhiều yếu tố gây sai số và được tính riêng cho mỗi điểm hiệu chuẩn ở cùng mức độ tin cậy 95 % với hệ số phủ  $k = 2$ .

Độ không đảm bảo đo được tính theo các thành phần sau:

- Độ không đảm bảo đo của tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn:  $u_1$  (loại B);
- Độ không đảm bảo đo theo độ lặp lại của nhiệt kế bức xạ:  $u_2$  (loại B);
- Độ không đảm bảo đo do độ tản mạn của số đọc nhiệt độ tại mỗi điểm hiệu chuẩn của nhiệt kế bức xạ :  $u_3$  ( loại A );
- Độ không đảm bảo đo tổng hợp được tính theo công thức:

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}$$

- Độ không đảm bảo đo mở rộng của phép hiệu chuẩn, tính ứng với mức độ tin cậy 95 % và hệ số phủ  $k = 2$ :

$$U = k.u_c$$

## 6 Xử lý chung

**6.1** Nhiệt kế điện trở bức xạ công nghiệp sau khi hiệu chuẩn được dán tem, cấp giấy chứng nhận hiệu chuẩn kèm theo thông báo kết quả hiệu chuẩn.

**6.2** Chu kỳ hiệu chuẩn của nhiệt kế bức xạ công nghiệp được khuyến nghị là 01 năm.

## Hướng dẫn tính toán độ không đảm bảo đo

### 1 Thành phần độ không đảm bảo đo $u_1$

Thành phần này lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn của các tổ hợp nguồn bức xạ vật đen chuẩn, được tính từ độ không đảm bảo đo mở rộng  $U$  :

$$u_1 = U / k , [ ^\circ\text{C} ] , \text{ với } k : \text{ hệ số phủ}$$

### 2 Thành phần độ không đảm bảo đo $u_2$

Thành phần này được tính từ khả năng lặp lại của nhiệt kế bức xạ , tính từ đặc trưng kỹ thuật của nhiệt kế bức xạ , tính theo phân bố chữ nhật :

$$u_2 = \Delta / \sqrt{3} , [ ^\circ\text{C} ] ;$$

với  $\Delta$  : độ lặp lại của nhiệt kế bức xạ .

### 3 Thành phần độ không đảm bảo đo $u_3$

Thành phần này tính từ độ tán mạn của số đọc tại mỗi điểm hiệu chuẩn của nhiệt kế bức xạ . Tại mỗi điểm hiệu chuẩn , lấy  $n$  giá trị đo , tính toán theo các bước sau :

+ Độ lệch chuẩn  $s_i$  : tính theo công thức trong mục 5.4.3.

+ Độ không đảm bảo chuẩn  $u_i$  :

$$u_i = s_i / \sqrt{n} ;$$

+ Độ không đảm bảo chuẩn loại A:

$$u_3 = u_A = u_i , [ ^\circ\text{C} ] ;$$

4 Thành phần độ không đảm bảo đo tổng hợp  $u_c$  và độ không đảm bảo đo mở rộng  $U$  tại mỗi điểm được tính theo công thức như trong mục 5.5.

### Bảng các thành phần độ không đảm bảo đo

<i>STT</i>	<i>Nguồn gây ra độ không đảm bảo đo</i>	<i>Phân bố</i>	<i>Đánh giá</i>
1	Nguồn bức xạ vật đen chuẩn	Chuẩn	B
2	Độ lặp lại	Chữ nhật	B
3	Độ tán mạn kết quả đo	Chuẩn	A

4	Độ không đảm bảo đo tổng hợp		$u_c$
5	<b>Độ không đảm bảo mở rộng</b>		<b>U</b>

**Phụ lục 2**

**Tên cơ quan hiệu chuẩn**

.....

**Biên bản hiệu chuẩn**

**Số: .....**

Tên phương tiện đo.....

Kiểu:..... Số:.....

Cơ sở sản xuất:..... Năm sản xuất:.....

Đặc trưng kỹ thuật:.....

Cơ sở sử dụng:.....

Phương pháp thực hiện:.....

Chuẩn, thiết bị chính được sử dụng:.....

Điều kiện môi trường:

Nhiệt độ:..... Độ ẩm: .....

Người thực hiện:.....

Ngày thực hiện :.....

Địa điểm thực hiện :.....

Số liệu và kết quả :

<b>Nhiệt độ kiểm tra (°C)</b>	<b>Số đọc của nhiệt kế bức xạ (°C)</b>	<b>Số hiệu chỉnh (°C)</b>	<b>Độ không đảm bảo đo (°C)</b>

**Người soát lại**

**Người thực hiện**

*Phụ lục 3*

**Bảng phân bố Student tính hệ số phủ k  
theo xác suất độ tin cậy P (%) và số bậc tự do ớ :**

P(%) \ v	50	68,3	95,0	95,5	99,0	99,7
1	1,000	1,84	12,7	14,0	63,7	236
2	0,817	1,32	4,30	4,53	9,92	19,2
3	0,675	1,20	3,18	3,31	5,84	9,22
4	0,741	1,14	2,78	2,87	4,60	6,62
5	0,727	1,11	2,57	2,65	4,03	5,51
6	0,718	1,09	2,45	2,52	3,71	4,90
7	0,711	1,08	2,36	2,43	3,50	4,53
8	0,706	1,07	2,31	2,37	3,36	4,28
9	0,703	1,06	2,26	2,32	3,25	4,09
10	0,700	1,05	2,23	2,28	3,17	3,96
11	0,697	1,05	2,20	2,25	3,11	3,85
12	0,695	1,04	2,18	2,23	3,05	3,76
13	0,694	1,04	2,16	2,21	3,01	3,69
14	0,692	1,04	2,14	2,20	2,98	3,64
15	0,691	1,03	2,13	2,18	2,95	3,59
16	0,690	1,03	2,12	2,17	2,92	3,54
17	0,689	1,03	2,11	2,16	2,90	3,51
18	0,688	1,03	2,10	2,15	2,88	3,48
19	0,688	1,03	2,09	2,14	2,86	3,45
$\infty$	0,675	1,00	1,96	2,00	2,58	3,00

**Bảng hệ số bức xạ ( độ đen ) toàn phần của các loại vật liệu khác nhau**

<b>Chất liệu</b>	<b>Hệ số bức xạ</b>	<b>Chất liệu</b>	<b>Hệ số bức xạ</b>
Đất	0,92 - 0,96	Vải đen	0,98
Nước	0,92 - 0,96	Da	0,75 - 0,80
Băng	0,96 - 0,98	Sơn	0,80 - 0,95
Tuyết	0,83	Cao su (đen)	0,94
Gạch (đỏ)	0,93 - 0,96	Nhựa tổng hợp	0,85
Thủy tinh	0,90 - 0,95	Giấy	0,76
Gốm sứ	0,90 - 0,94	Gỗ mộc	0,90
Ximăng	0,96	Nhôm	0,76
Nhựa đường	0,9 - 0,98	Titan	0,40 - 0,60
Bê tông	0,94	ôxit đồng	0,78
Thạch cao	0,80 - 0,90	ôxit sắt	0,78 - 0,82
Cát	0,90	ôxit kẽm	0,11 - 0,28
Vữa xây dựng	0,89 - 0,91	Ferit	0,78 - 0,82

