

Nhiệt kế chỉ thị hiện số và tương tự - Quy trình hiệu chuẩn

Digital and analog 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 chỉ thị hiện số và tương tự có phạm vi đo trong khoảng từ $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, giá trị độ chia đến $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Văn bản kỹ thuật này áp dụng để hiệu chuẩn các loại nhiệt kế sau:

- Nhiệt kế lưỡng kim;
- Nhiệt kế áp suất (khí, chất lỏng hoặc hơi bão hòa);
- Nhiệt kế đo nhiệt độ bề mặt;
- Các loại nhiệt kế chỉ thị và tự ghi nhiệt độ;
- Nhiệt kế đo và điều khiển nhiệt độ.

2 Các phép hiệu chuẩn

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

STT	Tên phép hiệu chuẩn	Theo điều nào của QTHC
1	Kiểm tra bên ngoài	6.1
2	Kiểm tra kỹ thuật	6.2
3	Kiểm tra đo lường	6.3
4	Xử lý kết quả hiệu chuẩn	6.4
5	Đánh giá độ không đảm bảo đo	6.5

3 Phương tiện hiệu chuẩn

ĐLVN 138 : 2004

3.1 Phương tiện chuẩn

Các nhiệt kế chuẩn có phạm vi đo và độ không đảm bảo đo phù hợp với yêu cầu hiệu chuẩn và được hiệu chuẩn theo thang nhiệt độ quốc tế ITS - 90.

3.1.1 Độ không đảm bảo đo của tổ hợp chuẩn, bao gồm nhiệt kế chuẩn, thiết bị tạo môi trường nhiệt độ chuẩn, thiết bị đo, thiết bị chỉ thị... phải nhỏ hơn 1/3 độ không đảm bảo đo của nhiệt kế cần hiệu chuẩn.

3.1.2 Bình điểm 0 °C có độ không đảm bảo đo không lớn hơn 0,01 °C.

3.1.3 Hộp điện trở chuẩn; thiết bị phát điện áp mV chuẩn hoặc điện trở chuẩn có dải đo và độ chính xác phù hợp với yêu cầu hiệu chuẩn.

3.1.4 Các thiết bị tạo môi trường nhiệt độ chuẩn (các bình điều nhiệt chất lỏng, các lò hiệu chuẩn...) có phạm vi nhiệt độ và độ không đảm bảo đo phù hợp với yêu cầu hiệu chuẩn.

3.2 Phương tiện phụ

- Hệ thống giá lắp các loại nhiệt kế chuẩn và các loại nhiệt kế cần hiệu chuẩn theo đúng yêu cầu kỹ thuật;
- Hệ thống quang học có độ phóng đại không nhỏ hơn 4 lần;
- Megôm mét 500 V/ 500 MΩ;
- Găng tay, dung dịch làm sạch, vải cotton... để vệ sinh nhiệt kế trước khi hiệu chuẩn.

4 Điều kiện hiệu chuẩn

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

4.1 Hiệu chuẩn đối với các nhiệt kế dùng làm chuẩn

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

4.2 Hiệu chuẩn đối với các nhiệt kế dùng trong công nghiệp

Điều kiện môi trường hiệu chuẩn chỉ cần thoả mãn với yêu cầu sử dụng của nhiệt kế cần hiệu chuẩn.

5 Chuẩn bị hiệu chuẩn

Trước khi tiến hành hiệu chuẩn phải thực hiện các công việc chuẩn bị sau đây:

- Làm vệ sinh sạch sẽ phương tiện cần hiệu chuẩn;
- Gá lắp, đấu nối dây theo đúng yêu cầu kỹ thuật;
- Lựa chọn và chuẩn bị tổ hợp chuẩn phù hợp với nhiệt kế cần hiệu chuẩn.

6 Tiến hành hiệu chuẩn

6.1 Kiểm tra bên ngoài

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

6.1.1 Ký, nhãn hiệu ghi trên nhiệt kế phải rõ ràng, bao gồm: loại nhiệt kế, phạm vi đo, cấp chính xác, cơ sở sản xuất, số sản xuất...

6.1.2 Các đầu nối dây phải đảm bảo cho việc nối dây chắc chắn, an toàn và tiếp xúc tốt; vỏ bảo vệ nhiệt kế (cả phần chỉ thị và đầu đo) không bị hư hỏng, bẹp, gãy.

6.1.3 Nhiệt kế nếu dùng pin phải thay pin mới trước khi hiệu chuẩn; thiết bị chỉ thị và đầu đo của nhiệt kế phải đồng bộ và tương ứng về chủng loại và dải đo nhiệt độ.

6.2 Kiểm tra kỹ thuật

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

6.2.1 Các nhiệt kế cần hiệu chuẩn phải thoả mãn các yêu cầu sau: đối với nhiệt kế chỉ thị hiện số, các số hiển thị phải rõ nét, không bị mờ hoặc mất nét, các chức năng hoạt động bình thường; đối với nhiệt kế chỉ thị tương tự, vạch chia độ phải còn đầy đủ, không bị nhoè, mất chữ số, kim chỉ thị không bị ma sát hoặc kẹt kim.

6.2.2 Chỉ thị nhiệt độ môi trường của nhiệt kế cần hiệu chuẩn phải bình thường theo đúng tính năng của mỗi loại nhiệt kế.

6.2.3 Kiểm tra điện trở cách điện giữa vỏ bảo vệ bằng kim loại với phần đầu đo là nhiệt kế điện trở bằng Megômmét; khi kiểm tra, một cực của Megômmét nối với vỏ bảo vệ, cực kia nối với các đầu dây dẫn được đấu tắt với nhau của nhiệt kế; điện trở cách điện phải thoả mãn không nhỏ hơn 2 MΩ.

6.3 Kiểm tra đo lường

Nhiệt kế chỉ thị hiện số và tương tự được kiểm tra đo lường theo trình tự nội dung, phương pháp và yêu cầu sau đây:

ĐLVN 138 : 2004

6.3.1 Quy định chung

6.3.1.1 Kiểm tra đo lường được thực hiện bằng cách so sánh: số chỉ của nhiệt kế cần hiệu chuẩn tại mỗi điểm kiểm tra được so sánh với giá trị nhiệt độ "thực" được xác định bởi tổ hợp chuẩn.

6.3.1.2 Số điểm kiểm tra phải được chia đều trong dải nhiệt độ cần hiệu chuẩn và không ít hơn ba điểm; hiệu chuẩn từ điểm thấp đến điểm cao nhất (phải hiệu chuẩn điểm 0 °C đầu tiên đối với loại nhiệt kế có chia độ ở điểm 0 °C) và ngược lại.

6.3.2 Chuẩn bị kiểm tra

6.3.2.1 Chuẩn bị điểm 0 °C (nếu nhiệt kế cần hiệu chuẩn có chia độ ở điểm 0 °C)

6.3.2.2 Vận hành tổ hợp chuẩn theo đúng hướng dẫn sử dụng thiết bị

6.3.2.3 Gá lắp nhiệt kế chuẩn, nhiệt kế cần hiệu chuẩn vào các bình điều nhiệt, lò hiệu chuẩn theo đúng yêu cầu kỹ thuật.

6.3.3 Trình tự kiểm tra tại một điểm

6.3.3.1 Đặt nhiệt độ của thiết bị tạo môi trường ứng với giá trị nhiệt độ cần kiểm tra

6.3.3.2 Khi nhiệt độ ổn định (giá trị chỉ thị bằng giá trị đặt), để ổn định ít nhất 10 phút, đọc số chỉ nhiệt độ của chuẩn và nhiệt kế cần hiệu chuẩn. Trình tự đọc theo thứ tự:

Chuẩn → N_1 → N_2 → N_3 → N_n → Chuẩn

Trong đó: $N_1, N_2 \dots N_n$ là nhiệt kế cần hiệu chuẩn; quá trình đọc số chỉ từ nhiệt kế chuẩn đến nhiệt kế thứ N_n và đọc trở về đến nhiệt kế chuẩn là một lượt đọc. Số lượt đọc tại mỗi điểm kiểm tra không ít hơn 3 lần.

6.3.3.3 Lần lượt tiến hành đo như mục 6.3.3 đối với các điểm kiểm tra tiếp theo

6.3.3.4 Hiệu chuẩn theo chiều giảm nhiệt độ, từ điểm cao nhất đến điểm thấp nhất trong dải nhiệt độ cần hiệu chuẩn, trình tự tiến hành đo như mục 6.3.3; độ hồi trễ (hồi sai) của nhiệt kế cần hiệu chuẩn sẽ được tính tại điểm hiệu chuẩn nào có giá trị trung bình sai lệch lớn nhất theo chiều hiệu chuẩn tăng và giảm nhiệt độ.

6.4 Xử lý kết quả hiệu chuẩn

6.4.1 Giá trị nhiệt độ đo được tại mỗi điểm kiểm tra của nhiệt kế chuẩn và nhiệt kế cần hiệu chuẩn là giá trị trung bình của các lần đo, giá trị trung bình tại mỗi điểm kiểm tra của nhiệt kế chuẩn là giá trị nhiệt độ "thực".

6.4.2 Tính số hiệu chỉnh tại mỗi điểm kiểm tra của nhiệt kế cần hiệu chuẩn, số hiệu chỉnh bằng hiệu số giữa giá trị trung bình của nhiệt độ "thực" và giá trị trung bình của nhiệt kế cần hiệu chuẩn và được tính theo:

$$\Delta t = (\bar{t}_{ch} + \beta_t) - \bar{t}_{bk}$$

Trong đó:

\bar{t}_{ch} : giá trị nhiệt độ trung bình của nhiệt kế chuẩn;

\bar{t}_{bk} : giá trị nhiệt độ trung bình của nhiệt kế cần hiệu chuẩn;

β_t : số hiệu chỉnh nhiệt độ tại điểm kiểm tra của nhiệt kế chuẩn, tra từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn.

Chú thích: số hiệu chỉnh Δt tại mỗi điểm kiểm tra không vượt quá giá trị sai số tương ứng với cấp chính xác của nhiệt kế cần hiệu chuẩn.

6.4.3 Tính độ lệch chuẩn tại mỗi điểm kiểm tra của số đọc giá trị nhiệt độ của nhiệt kế chuẩn và nhiệt kế cần hiệu chuẩn theo công thức:

$$s_i = \sqrt{\frac{\sum (t_i - \bar{t}_{tb})^2}{(n-1)}}$$

Trong đó:

t_i : giá trị đo thứ i của điểm kiểm tra, $i = 1, 2, \dots, n$;

\bar{t}_{tb} : giá trị trung bình của n lần đo;

s_i : độ lệch chuẩn tại điểm kiểm tra thứ i .

6.5 Đánh giá độ không đảm bảo đo

Độ không đảm bảo đo của kết quả hiệu chuẩn nhiệt kế chỉ thị hiện số hoặc tương tự, phát sinh do nhiều yếu tố gây sai số, từ tổ hợp chuẩn sử dụng và nhiệt kế cần hiệu chuẩn, được tính cho toàn dải đo ở cùng mức độ tin cậy 95 % với hệ số $k = 2$.

ĐLVN 138 : 2004

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

6.3.5.1 Độ không đảm bảo đo của tổ hợp chuẩn, khi xác định nhiệt độ "thực" của môi trường tạo nhiệt độ: u_{ch} .

6.3.5.2 Độ không đảm bảo đo của nhiệt kế cân hiệu chuẩn, khi chỉ thị các giá trị nhiệt độ trong dải nhiệt độ hiệu chuẩn: u_{bk} .

6.3.5.3 Độ không đảm bảo đo chuẩn liên hợp của nhiệt kế đã hiệu chuẩn do các thành phần độ không đảm bảo đo trên, được tính theo công thức:

$$u_c = \sqrt{u_{ch}^2 + u_{bk}^2}$$

6.3.5.4 Độ không đảm bảo đo mở rộng của phép hiệu chuẩn:

$$U = 2.u_c$$

với mức độ tin cậy 95 % và hệ số $k = 2$.

Giá trị này chính là độ không đảm bảo đo của kết quả hiệu chuẩn nhiệt kế và được đưa vào chứng chỉ hiệu chuẩn.

Chú thích: tính toán chi tiết các thành phần độ không đảm bảo đo xem trong phụ lục 1.

7 Xử lý chung

Nhiệt kế chỉ thị hiện số và tương tự sau khi hiệu chuẩn được dán tem, cấp giấy chứng nhận hiệu chuẩn kèm theo thông báo kết quả hiệu chuẩn.

Chu kỳ hiệu chuẩn của nhiệt kế chỉ thị hiện số và tương tự được khuyến nghị là 01 năm.

HƯỚNG DẪN TÍNH TOÁN ĐỘ KHÔNG ĐẢM BẢO ĐO

1 Độ không đảm bảo đo u_{ch}

Tính toán độ không đảm bảo đo này phụ thuộc vào các độ không đảm bảo đo thành phần của tổ hợp thiết bị chuẩn sử dụng, bao gồm nhiệt kế chuẩn; thiết bị chỉ thị chuẩn và thiết bị tạo môi trường nhiệt độ... Tính toán được suy từ các độ không đảm bảo mở rộng của mỗi loại thiết bị chuẩn, gồm các thành phần sau:

1.1 Độ không đảm bảo đo của nhiệt kế chuẩn: u_{ch1} (loại B)

Thành phần này lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn, tính từ độ không đảm bảo đo mở rộng U (theo mức độ tin cậy chất lượng $P\%$ và hệ số phủ k), tính theo công thức:

$$u_{ch1} = U/k$$

1.2 Độ không đảm bảo đo của thiết bị chỉ thị chuẩn: u_{ch2} (loại B)

Thành phần này lấy từ giấy chứng nhận hiệu chuẩn, tính từ độ không đảm bảo đo mở rộng U (theo mức độ tin cậy chất lượng $P\%$ và hệ số phủ k), tính theo công thức:

$$u_{ch2} = U/k$$

1.3 Độ không đảm bảo đo của thiết bị tạo môi trường nhiệt độ: u_{ch3} (loại B)

Thành phần này được tính từ tổ hợp hai thành phần độ không đảm bảo đo của thiết bị theo độ ổn định δt_1 và độ đồng đều δt_2 , tính theo công thức:

$$u_{ch3} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2}$$

Trong đó:

$$u_1 = \pm \delta t_1 / \sqrt{3}$$

$$u_2 = \pm \delta t_2 / \sqrt{3}$$

1.4 Độ không đảm bảo đo do độ tản mạn của các kết quả đo của tổ hợp thiết bị chuẩn: u_{ch4} (loại A)

Thành phần này được tính theo độ không đảm bảo chuẩn loại A, từ các thành phần sau:

+ Tính độ lệch chuẩn s_i : tính theo công thức trong mục 6.4.3

+ Tính độ lệch chuẩn lũy tích u :

$$u = (\sum s_i^2 / N)^{1/2}, \text{ với } N: \text{ số điểm kiểm tra}$$

+ Tính độ không đảm bảo chuẩn loại A:

$$u_{ch4} = u_A = u / \sqrt{n}, \text{ với } n: \text{ số lần đo tại mỗi điểm kiểm tra}$$

Thành phần này chính là độ không đảm bảo đo theo độ tản mạn kết quả đo.

1.5 Độ không đảm bảo đo chuẩn liên hợp của tổ hợp chuẩn do các thành phần độ không đảm bảo đo trên, được tính theo công thức:

$$u_{ch} = \sqrt{u_{ch1}^2 + u_{ch2}^2 + u_{ch3}^2 + u_{ch4}^2}$$

2 Độ không đảm bảo đo u_{bk}

2.1 Độ không đảm bảo đo do độ hồi trễ của nhiệt kế cân hiệu chuẩn: u_{bk1} (loại B)

Thành phần này được tính từ độ hồi trễ (hồi sai) lớn nhất A_{max} tại điểm hiệu chuẩn có sai lệch giá trị trung bình lớn nhất theo chiều hiệu chuẩn tăng và giảm nhiệt độ, tính theo công thức:

$$u_{bk1} = \pm A_{max} / \sqrt{3}$$

Trong đó: $A_{max} = | \bar{t}_{bk} (\text{chiều tăng}) - \bar{t}_{bk} (\text{chiều giảm}) |$

2.2 Độ không đảm bảo đo do độ tản mạn của các kết quả đo từ chỉ thị của nhiệt kế cân hiệu chuẩn: u_{bk2} (loại A)

Thành phần này được tính theo độ không đảm bảo chuẩn loại A, từ các thành phần sau:

+ Tính độ lệch chuẩn s_i : tính theo công thức trong mục 6.4.3

+ Tính độ lệch chuẩn lũy tích u :

$$u = (\sum s_i^2 / N)^{1/2}, \text{ với } N: \text{ số điểm kiểm tra}$$

+ Tính độ không đảm bảo chuẩn loại A:

$$u_{bk2} = u_A = u / \sqrt{n}, \text{ với } n: \text{ số lần đo tại mỗi điểm kiểm tra}$$

Thành phần này chính là độ không đảm bảo đo theo độ tản mạn kết quả đo.

2.3 Độ không đảm bảo đo theo độ phân giải của nhiệt kế cần hiệu chuẩn: u_{bk3} (loại B)

Thành phần này tính từ khả năng phân giải nhỏ nhất của nhiệt kế, kí hiệu là d , tính theo công thức:

$$u_{bk3} = (A \cdot d) / \sqrt{3}$$

Trong đó:

A : giá trị nhỏ nhất của chỉ thị của nhiệt kế cần hiệu chuẩn;
 $d = 1/2$ (1/2 digit) đối với nhiệt kế chỉ thị hiện số;
 $d = 1/10$ đối với nhiệt kế chỉ thị tương tự.

2.4 Độ không đảm bảo đo chuẩn liên hợp của nhiệt kế cần hiệu chuẩn do các thành phần độ không đảm bảo đo trên, được tính theo công thức:

$$u_{bk} = \sqrt{u_{bk1}^2 + u_{bk2}^2 + u_{bk3}^2}$$

3 Độ không đảm bảo đo chuẩn liên hợp của phép hiệu chuẩn u_c

$$u_c = \sqrt{u_{ch}^2 + u_{bk}^2}$$

4 Độ không đảm bảo đo mở rộng (Tính với mức độ tin cậy 95 %; hệ số $k = 2$)

$$U = 2 \cdot u_c$$

Thành phần này chính là độ không đảm bảo đo của kết quả hiệu chuẩn nhiệt kế chỉ thị hiện số hoặc tương tự và được đưa vào chứng chỉ hiệu chuẩn cùng với kết quả hiệu chuẩn.

BẢNG CÁC THÀNH PHẦN ĐỘ KHÔNG ĐẢM BẢO ĐO

STT	Nguồn gây ra độ không đảm bảo	Đánh giá	Phân bố
I	Tổ hợp chuẩn xác định nhiệt độ thực:		
	1. Nhiệt kế chuẩn	B	Chuẩn
	2. Thiết bị chỉ thị chuẩn	B	Chuẩn
	3. Thiết bị tạo môi trường nhiệt độ	B	Chữ nhật
	4. Độ tản mạn kết quả đo	A	Chuẩn
II	Nhiệt kế cần hiệu chuẩn:		
	1. Độ hồi trễ (hồi sai)	B	Chữ nhật
	2. Độ tản mạn kết quả đo	A	Chuẩn
	3. Độ phân giải	B	Chữ nhật
III	Độ không đảm bảo đo liên hợp	u_c	Chuẩn
IV	Độ không đảm bảo mở rộng	U	Chuẩn