

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

**TCVN 9499:2013
ISO/TR 12764:1997**

Xuất bản lần 1

**ĐO DÒNG LƯU CHẤT TRONG ÓNG DẪN KÍN – ĐO LƯU
LƯỢNG BẰNG LƯU LƯỢNG KÉ TẠO XOÁY ĐẶT TRONG
ÓNG TIẾT DIỆN TRÒN CHẢY ĐẦY**

Measurement of fluid flow in closed conduits —

Flowrate measurement by means of vortex shedding

flowmeters inserted in circular cross-section conduits running full

HÀ NỘI - 2013

Mục lục

1 Phạm vi áp dụng	7
2 Tài liệu viện dẫn.....	7
3 Thuật ngữ, định nghĩa.....	8
4 Ký hiệu và chỉ số dưới	12
4.1 Ký hiệu	12
4.2 Chỉ số dưới.....	13
5 Nguyên lý.....	13
6 Mô tả lưu lượng kế	13
6.1 Thành phần vật lý	16
6.2 Ghi nhãn thiết bị.....	16
6.3 Vấn đề an toàn	16
7 Các lưu ý khi sử dụng	16
8 Lắp đặt.....	17
9 Vận hành	19
10 Đặc tính tính năng.....	19
11 Hiệu chuẩn.....	20
Phụ lục A (tham khảo) Biến động về chu kỳ và ảnh hưởng đối với hiệu chuẩn.....	21
Phụ lục B (tham khảo) Bộ cảm biến xoáy	24
Phụ lục C (tham khảo) Tính giới hạn áp suất để tránh hiện tượng khí xâm thực.....	26
Thư mục tài liệu tham khảo.....	27

Lời nói đầu

TCVN 9499:2013 hoàn toàn tương đương với ISO/TR 12764:1997;

TCVN 9499:2013 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC 30 *Đo lưu lượng lưu chất trong ống dẫn kín* biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Lời giới thiệu

TCVN 9499 (ISO/TR 12764) là một trong các tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng cho các thiết bị đo lưu chất trong ống dẫn kín khác nhau.

Thuật ngữ "lưu lượng kế tạo xoáy" thường được gọi là thiết bị đo xoáy, được dùng cho một số lượng lớn các thiết bị có thiết kế khác nhau.

Các thiết bị này có điểm giống nhau là việc tạo dòng xoáy từ một vật cản (gọi là vật cản đứng) được đặt một cách có chủ định trên đường dẫn chất lỏng trong thiết bị đo. Tần số xoáy (f) có mối liên hệ với lưu lượng thể tích (q_v) của lưu chất trong ống theo các quy luật vật lý tự nhiên. Các dòng xoáy có thể được đếm trong một khoảng thời gian qui định để xác định tổng lưu lượng.

Hiện tượng tạo xoáy là một cơ sở được chấp thuận cho việc đo lưu chất. Hiện nay có các loại lưu lượng kế đo dòng chảy của các lưu chất từ chất lỏng cryo đến hơi nước và các khí áp suất cao. Rất nhiều lưu lượng kế tạo xoáy có thiết kế độc quyền vì vậy chi tiết về kiểu dáng của những lưu lượng kế này không được đề cập trong tiêu chuẩn này.

Chưa đủ các dữ liệu được thu thập và phân tích để có thể đưa ra trong tiêu chuẩn này dải độ không đảm bảo đo dự kiến cho lưu lượng kế loại này

Đo dòng lưu chất trong ống dẫn kín – Đo lưu lượng bằng lưu lượng kế tạo xoáy đặt trong ống tiết diện tròn chảy đầy

*Measurement of fluid flow in closed conduits –
Flowrate measurement by means of vortex shedding flowmeters inserted in
circular cross-section conduits running full*

1 Phạm vi áp dụng

Tiêu chuẩn này cung cấp thông tin chung về lưu lượng kế tạo xoáy, bao gồm một số thuật ngữ và tập hợp các công thức kỹ thuật hữu ích trong việc xác định tính năng. Tiêu chuẩn này mô tả cấu tạo đặc trưng của lưu lượng kế tạo xoáy và các nhận biết cần thiết trong việc kiểm tra, chứng nhận và liên kết chuẩn vật liệu. Ngoài ra tiêu chuẩn này còn cung cấp các thông tin kỹ thuật để giúp người sử dụng lựa chọn, sử dụng các lưu lượng kế tạo xoáy và các hướng dẫn về hiệu chuẩn. Tiêu chuẩn này cũng giải thích các thuật ngữ liên quan và mô tả quy trình kiểm tra cùng với các yêu cầu kỹ thuật, các chú ý khi sử dụng và các phương trình để xác định các đặc tính tính năng mong đợi.

Tiêu chuẩn này trình bày cách xác định vận tốc lưu chất bằng tần số xoáy, cách xác định thể tích, khối lượng và lưu lượng thể tích tiêu chuẩn và cách đo tổng chất lỏng chảy qua thiết bị đo trong một khoảng thời gian xác định.

Tiêu chuẩn này chỉ áp dụng đối với các lưu lượng kế nguyên bộ (không áp dụng đối với các loại lắp rời) và dòng chảy đều hoặc dòng chảy thay đổi chậm, được xem là đơn pha với ống dẫn kín chảy đầy.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau rất cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu viện dẫn ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản được nêu. Đối với các tài liệu viện dẫn không ghi năm công bố thì áp dụng phiên bản mới nhất, bao gồm cả các sửa đổi, bổ sung (nếu có).

TCVN 9499:2013

TCVN 4255 (IEC 60529), *Cấp bảo vệ bằng vỏ ngoài (mã IP)*

TCVN 8112 (ISO 4006), *Đo dòng chảy chất lỏng trong ống dẫn kín – Từ vòm và ký hiệu*

TCVN 8113-1:2009 (ISO 5167-1:2003), *Đo dòng lưu chất bằng thiết bị chênh áp gắn vào các đường ống có tiết diện tròn chảy đầy – Phần 1: Nguyên lý chung và yêu cầu*

TCVN 8114 (ISO 5168), *Đo dòng lưu chất – Quy trình đánh giá độ không bảo đảm đo*

ISO 7066-1:1989, *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices – Part 1: Linear calibration relationships (Đánh giá độ không đảm bảo đo trong hiệu chuẩn và việc sử dụng thiết bị đo dòng – Phần 1: Mối quan hệ hiệu chuẩn tuyến tính)*

ISO 7066-2:1988, *Assessment of uncertainty in the calibration and use of flow measurement devices – Part 2: Non - linear calibration relationships (Đánh giá độ không đảm bảo đo trong hiệu chuẩn và việc sử dụng thiết bị đo dòng – Phần 2: Mối quan hệ hiệu chuẩn không tuyến tính)*

IEC 60359, *Expressions of the functional performance of electronic measuring equipment (Biểu thị theo hàm tính năng của thiết bị đo điện tử)*

IEC 60381-1, *Analogue signals for process controls systems — Part 1: Direct current signals (Tín hiệu tương tự của hệ thống điều khiển quá trình – Phần 1: Tín hiệu dòng điện một chiều)*

IEC 60381-2, *Analogue signals for process controls systems — Part 2: Direct voltage signals (Tín hiệu tương tự của hệ thống điều khiển quá trình – Phần 2: Tín hiệu điện áp một chiều).*

3 Thuật ngữ, định nghĩa

Tiêu chuẩn này sử dụng các thuật ngữ, định nghĩa nêu trong TCVN 8112 (ISO 4006), TCVN 8114 (ISO 5168), ISO 7066-1, ISO 7066-2 và các thuật ngữ, định nghĩa sau:

3.1

Sai số ngẫu nhiên (random error)

Thành phần sai số đo thay đổi một cách không đoán trước được khi thực hiện nhiều phép đo đối với cùng một đại lượng đo.

CHÚ THÍCH: Sai số ngẫu nhiên không thể hiệu chỉnh được.

3.2

Sai số hệ thống (systematic error)

Thành phần sai số đo giữ nguyên không đổi hoặc thay đổi một cách có thể dự đoán được khi thực hiện nhiều phép đo đối với cùng một đại lượng đo

CHÚ THÍCH: Sai số hệ thống và nguyên nhân có thể là đã biết hoặc chưa biết

3.3**Độ không đảm bảo (uncertainty)**

Ước lượng đặc trưng cho dãy giá trị chứa giá trị thực của phép đo

3.4**Độ không đảm bảo ngẫu nhiên (random uncertainty)**

Thành phần độ không đảm bảo gắn với sai số ngẫu nhiên

CHÚ THÍCH Có thể giảm ảnh hưởng của độ không đảm bảo đo ngẫu nhiên lên giá trị trung bình bằng cách tiến hành nhiều phép đo.

3.5**Độ không đảm bảo hệ thống (systematic uncertainty)**

Thành phần độ không đảm bảo gắn với sai số hệ thống

CHÚ THÍCH Không thể giảm ảnh hưởng của độ không đảm bảo đo hệ thống bằng cách tiến hành nhiều phép đo.

3.6**Hệ số K (K-factor)**

Tỉ số của đầu ra lưu lượng kế đo trong nhiều xung với tổng thể tích tương ứng của lưu chất chảy qua lưu lượng kế trong khoảng thời gian đo

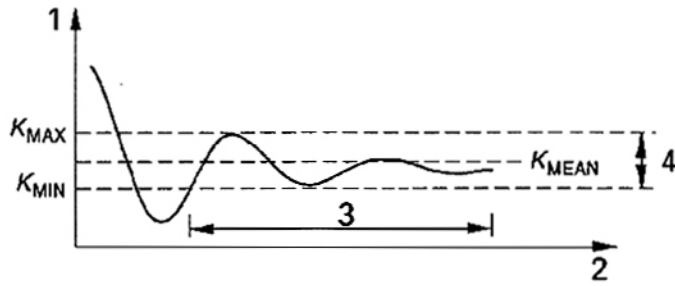
Xem Hình 1.

CHÚ THÍCH 1: Sự biến đổi của hệ số K có thể được thể hiện qua hàm số của số Reynolds đường ống hoặc lưu lượng ở các điều kiện nhiệt động học cụ thể. Hệ số K trung bình thường được sử dụng và xác định bởi công thức:

$$K_{mean} = \frac{K_{max} + K_{min}}{2}$$

Trong đó: K_{max} là giá trị lớn nhất của hệ số K trong phạm vi chỉ định, K_{min} là giá trị nhỏ nhất của Hệ số K trong cùng một phạm vi. Ngoài ra, giá trị trung bình của hệ số K trong toàn bộ phạm vi dòng chảy của lưu lượng kế có thể tính toán được. Hệ số K có thể thay đổi khi thân lưu lượng kế chịu tác động của áp suất và nhiệt độ, xem Điều 11. Nên tham vấn các nhà sản xuất nếu có sự khác biệt về hệ số K giữa lưu chất và khí hoặc do sự khác biệt giữa các sơ đồ ống của ống liền kề.

CHÚ THÍCH 2: Hệ số K được trình bày trong xung trên đơn vị thể tích.



CHÚ DẪN

- 1 Hệ số K
- 2 Số Reynold đường ống
- 3 Phạm vi tuyến tính chỉ định
- 4 Độ tuyến tính ($\pm \%$)

Hình 1 — Hình dạng điển hình của đường cong Hệ số K

3.7

Tính tuyến tính (linearity)

Tính bất biến của hệ số K trong một phạm vi quy định được xác định bởi số Reynold đường ống hoặc lưu lượng

Xem Hình 1.

CHÚ THÍCH: Các giới hạn trên và dưới của phạm vi tuyến tính được qui định bởi nhà sản xuất.

3.8

Khoảng đo (rangeability)

Tỉ số của lưu lượng lớn nhất trên lưu lượng nhỏ nhất hoặc số Reynolds trong phạm vi lưu lượng kể đạt được độ chính xác quy định (độ không đảm bảo)

3.9

Số Reynolds (Reynolds number)

Re

Tỉ số không thứ nguyên giữa lực quán tính và lực nhớt, được sử dụng như một tham số tương quan liên kết các ảnh hưởng của độ nhớt, khối lượng riêng và vận tốc đường ống.

3.10

Số Strouhal (Strouhal number)

St

Tham số không thứ nguyên thể hiện mối liên quan giữa tần số tạo xoáy được đo với vận tốc lưu chất và kích thước đặc trưng của vật cản đứng

CHÚ THÍCH: Trên thực tế hệ số K, không thứ nguyên, thay thế số Strouhal như một tham số quan trọng.

3.11**Áp suất cục bộ thấp nhất** (lowest local pressure)

Áp suất thấp nhất trong lưu lượng kế

CHÚ THÍCH : Đây là áp suất đáng lưu tâm trong trường hợp khi xâm thực và nhấp nháy . Một phần của áp suất được khôi phục phía dòng ra của lưu lượng kế.

3.12**Tổn hao áp suất** (pressure loss)

Sự chênh lệch giữa áp suất phía dòng vào và áp suất phía dòng ra của lưu lượng kế sau khi phục hồi

3.13**Nhấp nháy** (flashing)

Sự tạo thành bọt hơi

CHÚ THÍCH: Nhấp nháy xảy ra khi áp suất hạ thấp xuống dưới áp suất hơi của chất lỏng.

3.14**Hiện tượng khí xâm thực** (cavitation)

Hiện tượng xảy ra sau nhấp nháy, khi áp suất khôi phục cao hơn áp suất hơi và các bọt hơi vỡ.

CHÚ THÍCH: Hiện tượng khí xâm thực có thể gây ra sai số phép đo cũng như phá hỏng thiết bị đo.

3.15**Thời gian đáp ứng** (response time)

Thời gian cần thiết để lưu lượng chỉ thị khác biệt so với lưu lượng thực một lượng quy định (chẳng hạn như 10%) đáp ứng với một mức thay đổi trong lưu lượng.

3.16**Hồng hóc** (fade)

Sự sai hồng của lưu lượng kế tạo xoáy, không tạo ra hoặc phát hiện được các dòng xoáy.

4 Ký hiệu và chỉ số dưới

Ký hiệu	Đại lượng	Thứ nguyên	Đơn vị SI
a	Thời gian đáp ứng	T	s
D	Đường kính tiết diện lưu lượng kế đo	L	m
f	Tần số tạo xoáy	T^{-1}	Hz
d	Chiều rộng của vật cản đứng vuông góc với dòng	L	m
K	Hệ số K, hệ số lưu lượng kế = $1/K$	L^{-3}	m^{-3}
N	Số xung	Không thứ nguyên	
q_v	Lưu lượng thể tích	$L^3 T^{-1}$	m^3/s
q_m	Lưu lượng khối lượng	$M T^{-1}$	kg/s
Q_v	Tổng thể tích dòng	L^3	m^3
Q_m	Tổng khối lượng dòng	M	kg
Re	Số Reynolds	Không thứ nguyên	
St	Số Strouhal	Không thứ nguyên	
U	Vận tốc trung bình của lưu chất trong tiết diện lưu lượng kế	LT^{-1}	m/s
α	Hệ số giãn nở tuyến tính của vật liệu	θ^{-1}	K^{-1}
μ	Độ nhớt động học tuyệt đối	$ML^{-1} T^{-1}$	Pa.s
ρ	Khối lượng riêng của lưu chất	ML^{-3}	kg/m^3
T	Nhiệt độ	θ	K
δ	Phần trăm sai số trong khoảng thời gian trung bình	Không thứ nguyên	
t	Phân bố t hai đuôi ở độ tin cậy 95 %	Không thứ nguyên	
σ	Ước lượng độ lệch chuẩn của khoảng thời gian trung bình	T	s
τ	Thời gian tạo xoáy trung bình	T	s
n	Số lần đo	Không thứ nguyên	
P	Áp suất	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
P_{dmin}	Giới hạn áp suất tối thiểu phía dòng ra	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
c_1, c_2	Hằng số thực nghiệm	Không thứ nguyên	
ΔP	Tổng sụt áp	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa
P_{vap}	Áp suất hơi của chất lỏng ở nhiệt độ dòng chảy	$ML^{-1}T^{-2}$	Pa

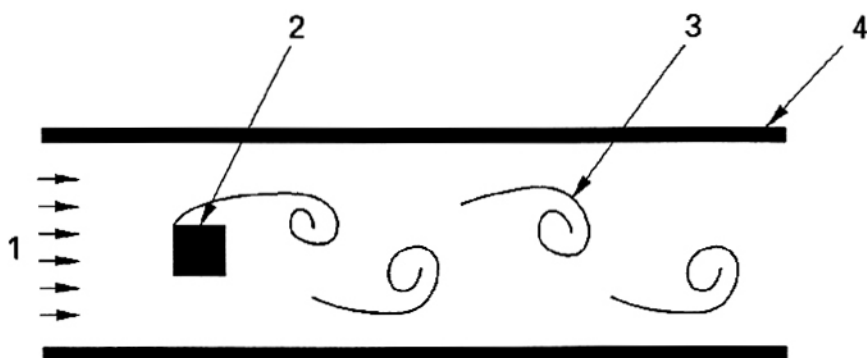
CHÚ THÍCH Thứ nguyên cơ bản: M = khối lượng, L = chiều dài, T = thời gian, θ = nhiệt độ

4.2 Chỉ số dưới

Chỉ số dưới	Mô tả
b	Điều kiện cơ bản
flow	Trạng thái lưu chất đang chảy
D	Đường kính thông suốt của tiết diện lưu lượng kế, xem phần trên
m	Đơn vị khối lượng
0	Điều kiện chuẩn quy chiếu
V	Đơn vị thể tích, điều kiện chuẩn
v	Đơn vị thể tích, trạng thái đang chảy
mean	Trung bình cực trị
max	Giá trị lớn nhất
min	Giá trị nhỏ nhất
i	Phép đo thứ <i>i</i>
d	Dòng ra

5 Nguyên lý

5.1 Khi vật cản đứng được đặt trong ống chứa lưu chất đang chảy, lớp ranh giới (viên) được hình thành và chảy dọc bề mặt của vật cản đứng. Do mômen không đủ và độ dốc áp suất ngược chiều, nên sự chia tách xảy ra và một tầng trượt không ổn định được tạo thành. Dần dần tầng trượt này cuộn lại thành các dòng xoáy lần lượt tỏa ra từ các phía của vật cản đứng và lan truyền xuống phía dòng ra. Các dòng xoáy này được gọi là đường xoáy Von kiểu Karman (xem Hình 2). Tần số các cặp xoáy được tạo ra tỉ lệ thuận với vận tốc lưu chất. Nhờ quá trình tạo xoáy được lặp lại nên có thể đo được dòng.

**CHÚ DẪN:**

- 1 Dòng
- 2 Vật cản đứng
- 3 Xoáy
- 4 Ống dẫn

Hình 2 — Nguyên lý

5.2 Các bộ cảm biến được sử dụng để phát hiện các dòng xoáy, cụ thể các cảm biến sẽ chuyển các thay đổi về vận tốc và áp suất gắn với dòng xoáy thành các tín hiệu điện.

5.3 Số Strouhal, St , liên quan giữa tần số xoáy được tạo ra, f , kích thước d đặc trưng của vật cản đứng và vận tốc lưu chất U

$$U = \frac{f \times d}{St}$$

5.4 Đối với một số hình dạng nhất định của vật cản đứng, số Strouhal về cơ bản là bất biến trong phạm vi rộng số Reynolds. Điều này có nghĩa là số Strouhal không phụ thuộc vào khối lượng riêng, áp suất, độ nhớt và các thông số vật lý khác. Trong trường hợp này, vận tốc dòng tỷ lệ thuận với tần số tạo xoáy, hay còn gọi là tốc độ xung dòng xoáy.

$$U = \xi \times f$$

Trong đó ξ là hằng số bằng d/St ,

và lưu lượng thể tích ở trạng thái đang chảy, còn gọi là lưu lượng thể tích, được xác định bởi:

$$q_v = A \times U = \left[\frac{(A \times d)}{St} \right] \times f$$

Trong đó A được xác định bởi diện tích hiệu dụng của dòng chảy có cấu hình ống dẫn/lưu lượng kế.

Hệ số K của lưu lượng kế tạo xoáy được xác định bởi:

$$K = \frac{St}{(A \times d)} = \frac{f}{q_v}$$

Từ đó suy ra,

$$q_v = \frac{f}{K}$$

Để xác định lưu lượng khối hoặc lưu lượng thể tích ở điều kiện cơ bản, nghĩa là ở lưu lượng thể tích tiêu chuẩn, cần phải xác định khối lượng riêng ở nhiệt độ và áp suất

Lưu lượng khối lượng:
$$q_m = \rho f \times \frac{f}{K}$$

Lưu lượng thể tích ở điều kiện cơ bản:
$$q_{vb} = \left(\frac{\rho f}{\rho b} \right) \times \frac{f}{K}$$

Tổng lượng lưu chất chảy qua lưu lượng kế trong một khoảng thời gian qui định được xác định bởi:

$$Q_v = \frac{N}{K} \text{ hoặc } Q_v = \left(\frac{\rho f}{\rho b} \right) \times \frac{N}{K}$$

$$Q_m = \rho f \times \frac{N}{K}$$

Trong đó, N là tổng số xoáy, tức là tổng số xung dòng xoáy, trong khoảng thời gian đã định.

6 Mô tả lưu lượng kế

6.1 Thành phần vật lý

Lưu lượng kế tạo xoáy gồm hai phần: ống (đôi khi được gọi là thiết bị sơ cấp hoặc sơ cấp) và thiết bị đầu ra (đôi khi được gọi là thiết bị thứ cấp hoặc thứ cấp).

6.1.1 Ống

Là một phần tích hợp trong hệ thống đường ống quá trình, gồm thân lưu lượng kế, vật cản đứng và bộ cảm biến

6.1.1.1 Thân lưu lượng kế thường có hai kiểu dáng: kiểu mặt bích gắn trực tiếp với mặt bích trên đường ống và kiểu lát mỏng, tức là không có mặt bích, được kẹp giữa hai bích đường ống cạnh nhau bằng bu-lông.

6.1.1.2 Vật cản đứng là một bộ phận được đặt trong tiết diện của thân lưu lượng kế. Hình dạng và kích thước cũng như tỉ lệ tương quan với vùng mở trong tiết diện của thân lưu lượng kế ảnh hưởng đến tính tuyến tính của hệ số K. Không có hình dạng vật cản đứng lý tưởng. Hình 2 minh họa vật cản đứng có hình vuông, nhưng điều đó không có nghĩa đó là kiểu hình dạng được ưa chuộng hoặc có tính thực tiễn.

TCVN 9499:2013

6.1.1.3 Bộ cảm biến phát hiện đường đi của các xoáy. Vị trí và nguyên lý của bộ cảm biến khác nhau tùy từng kiểu dáng lưu lượng kế. (Xem Phụ lục B)

6.1.2 Thiết bị đầu ra

Thiết bị đầu ra chuyển các tín hiệu được cảm biến thành các dữ liệu lưu lượng dạng số, dữ liệu tổng dòng dạng số, xung của tín hiệu xung đã được tỉ lệ hóa, và/hoặc đầu ra chuẩn hóa dạng tương tự (xem IEC 60381)

6.2 Ghi nhãn thiết bị

6.2.1 Các lưu lượng kế phải được dán nhãn để nhận biết nhà sản xuất, số seri, áp suất danh định, hệ số K trung bình hoặc hệ số lưu lượng kế và chứng nhận vị trí nguy hiểm, nếu có.

6.2.2 Hướng của dòng phải được ghi cố định trên thân lưu lượng kế, tốt nhất là ở cả hai mặt.

6.3 Vấn đề an toàn

6.3.1 Tất cả các phần của lưu lượng kế có áp và lưu chất ướt phải đáp ứng các qui định và tiêu chuẩn riêng áp dụng cho việc lắp đặt cụ thể.

6.3.2 Do lưu lượng kế tạo xoáy là một phần trong hệ thống đường ống quá trình (thiết bị đo mắc nối tiếp) nên nó phải tuân thủ các qui trình kiểm tra và thử nghiệm tương tự như đối với các thiết bị mắc nối tiếp khác

6.3.3 Cần liên hệ với nhà sản xuất để biết thêm các chứng nhận về vật liệu dùng trong kết cấu, các thử nghiệm thủy tĩnh v.v..

7 Các lưu ý khi sử dụng

7.1 Kích cỡ

Phải cẩn trọng khi định cỡ lưu lượng kế tạo xoáy để đảm bảo lưu lượng nằm giữa giá trị lưu lượng lớn nhất và nhỏ nhất theo độ không đảm bảo yêu cầu. Do tính tuyến tính và phạm vi dòng chảy phụ thuộc vào số Reynold, nên số Reynold của lưu chất phải nằm trong các giới hạn qui định.

Đường cong sai số hoặc hiệu chuẩn của lưu lượng kế tạo xoáy có thể được thể hiện như hàm của lưu lượng thể tích hoặc số Reynold với các giới hạn của độ không đảm bảo đo qui định. Các điều kiện vận hành phải nằm trong phạm vi các giới hạn để đảm bảo ở trong độ không đảm bảo đo qui định cho lưu lượng kế. (Xem Hình 1). Các giới hạn này xác định phạm vi tuyến tính của lưu lượng kế.

Lưu lượng thể tích nhỏ nhất phụ thuộc vào số Reynold và vì vậy phụ thuộc vào khối lượng riêng và độ nhớt của lưu chất. Lưu lượng thể tích nhỏ nhất cũng có thể bị giới hạn bởi độ nhạy của thiết bị cảm biến.

7.2 Quá trình thủy động lực học

7.2.1 Áp suất lưu chất

Áp suất lưu chất tại điểm thấp nhất phải đủ lớn để tránh hiện tượng nhấp nháy hoặc khí xâm thực và không dùng lưu chất nhiều pha khí/lỏng, chẳng hạn như hơi ẩm.

7.2.2 Khí xâm thực

Cần tham vấn các khuyến nghị của nhà sản xuất để tránh hiện tượng nhấp nháy và khí xâm thực. Các khuyến nghị có thể là sử dụng các dạng công thức gồm áp suất hơi của lưu chất được đo và áp suất cục bộ thấp nhất trong lưu lượng kế. Có thể có khuyến nghị tăng đối áp bằng cách sử dụng van ở phía dòng ra. Xem Phụ lục C.

7.2.3 Biên dạng xoáy và không khai triển

Lưu lượng kế tạo xoáy rất nhạy cảm với các biên dạng vận tốc không bình thường và xoáy. Khi lắp đặt một lưu lượng kế cụ thể có khả năng khác với khuyến nghị của nhà sản xuất, người sử dụng nên thực hiện hiệu chuẩn tại hiện trường hoặc liên hệ với nhà sản xuất để biết về các ảnh hưởng đã được biết đến (xem 10.3). Cũng có thể sử dụng các thiết bị điều hòa dòng để điều chỉnh sự không bình thường trong dòng (xem 8.3)

7.2.4 Ổn định dòng

Dòng lưu chất phải chảy đều hoặc thay đổi chậm theo thời gian đáp ứng của lưu lượng kế. Các xung trong lưu lượng kế hoặc áp suất có thể ảnh hưởng đến tính năng.

7.3 Rung

Sự rung ở lưu lượng kế tạo xoáy và đường ống phải nằm trong phạm vi mức mà nhà sản xuất khuyến nghị

7.4 An toàn

Chứng nhận về độ kín nước và vị trí nguy hiểm phải phù hợp với nơi định lắp đặt. Xem IEC 60529 (Bảo vệ chống xâm nhập)

8 Lắp đặt

Phải tuân thủ hướng dẫn lắp đặt của nhà sản xuất. Trong trường hợp không có hướng dẫn thì tuân thủ các yêu cầu đối với tấm tiết lưu trong TCVN 8113-1 (ISO 5167-1) với:

8.1 Vị trí lắp đặt

Cần tuân thủ các cảnh báo chung sau đây khi xác định vị trí lắp đặt lưu lượng kế.

a) Nhiễu điện phương thức chung có thể gây cản trở đến phép đo. Nhiễu tần số vô tuyến, nhiễu điện từ, sự nổi đất không chính xác và chấn tín hiệu không đủ cũng có thể ảnh hưởng đến kết quả phép đo. Trong một số trường hợp, việc kiểm tra nhiễu ở tín hiệu đầu ra không thể thực hiện được nếu không có

dòng. Cần tham vấn nhà sản xuất để xem xét mức nhiễu có đủ cao để gây ra sai số hay không.

b) Phải thường xuyên tuân thủ các giới hạn về nhiệt độ, giới hạn rung, môi trường ăn mòn và giới hạn độ ẩm được qui định bởi nhà sản xuất. (xem thêm 10.2)

c) Cần chọn vị trí lắp đặt thuận tiện cho việc kiểm tra và bảo trì thường xuyên cũng như việc lắp đặt ống và dây dẫn.

8.2 Ống dẫn

Cần xem xét các yếu tố sau khi chuẩn bị hệ thống đường ống cho việc lắp đặt lưu lượng kế và các thiết bị kèm theo

8.2.1 Các đoạn ống thẳng, không tắc có chiều dài qui định phải được lắp đặt ở phía dòng vào và phía dòng ra của lưu lượng kế để đạt được độ chính xác khi hoạt động. Các chiều dài ống này phải tuân thủ các điều kiện ở 8.2.2 đến 8.2.15. Lưu ý rằng chiều dài của đoạn ống thẳng có thể khác nhau tùy thuộc vào cấu tạo của lưu lượng kế và bản chất của rối phía dòng vào.

8.2.2 Sơ đồ lắp đặt lý tưởng cần đảm bảo đường kính trong của ống nối bằng đường kính danh nghĩa của lưu lượng kế. Ngoài ra, nó cũng cần bằng đường kính trong của ống dùng để hiệu chuẩn lưu lượng kế. Bất kỳ sự thay đổi đột ngột nào về đường kính trong giữa lưu lượng kế và các ống nối cũng có thể gây ra sự thay đổi về tính năng của lưu lượng kế. Cần tham vấn nhà sản xuất để tìm hiểu thông tin về các ảnh hưởng này.

8.2.3 Lưu lượng kế cần được lắp đặt đồng tâm với ống dẫn; các gioăng không được nhô ra bên trong đường ống.

8.2.4 Nếu sử dụng nhiều hơn một đoạn ống thì chiều dài tổng thể phải thẳng với độ không khớp tối thiểu.

8.2.5 Không dùng van hoặc ống chuyển hướng ngay phía trên hoặc phía dòng ra của lưu lượng kế. Nếu nhất thiết phải dùng van ở phía dòng vào, cần tham vấn nhà sản xuất về các tác động có thể có đối với tính năng của lưu lượng kế.

8.2.6 Có thể giảm bớt chiều dài cần thiết của ống dẫn thẳng bằng cách sử dụng thiết bị điều hòa dòng phù hợp (xem 8.3).

8.2.7 Trong trường hợp chất lỏng có các bọt khí bị cuốn vào, và/hoặc khi lưu chất cần đo bị bắn, cần sử dụng thiết bị tách khí hoặc/và lọc khí. Các thiết bị này phải được lắp đặt ở phía dòng vào của chiều dài ống dẫn thẳng hoặc thiết bị điều hòa dòng.

8.2.8 Có thể lắp đặt một van bướm để bảo trì, kiểm tra và vệ sinh lưu lượng kế. Trong trường hợp đó, cần dùng nối chữ T ở trên phía dòng vào của chiều dài ống thẳng hoặc thiết bị điều hòa dòng và ở xa đoạn thẳng phía dòng ra.

8.2.9 Lưu lượng kế phải được bảo vệ tránh quá áp do ảnh hưởng của sự giãn nở nhiệt của lưu chất khi

cả van phía dòng vào và phía dòng ra bị đóng cùng một lúc.

8.2.10 Có thể cần phải thực hiện thêm các phép đo áp suất, nhiệt độ hoặc khối lượng riêng. Tuy nhiên, đối với một số lưu lượng kế tạo xoáy, việc xác định vị trí lắp đặt các bộ cảm biến cho phép đo này cũng quan trọng, nên cần tham khảo hướng dẫn của nhà sản xuất.

Các lưu lượng kế cần được lắp đặt theo các hướng khuyến nghị của nhà sản xuất.

8.2.11 Khi đo dòng chất lỏng, ống dẫn phải chảy đầy. Có một cách để đảm bảo điều này, đó là lắp đặt lưu lượng kế trong ống đứng với hướng dòng chảy đi lên.

8.2.12 Lưu lượng kế cần được bảo vệ tránh áp lực đường ống quá lớn.

8.2.14 Nếu lưu chất là một khí ngưng tụ (ví dụ như hơi nước) thì cần tham khảo khuyến nghị của nhà sản xuất.

8.2.15 Nhà sản xuất phải tư vấn nếu lưu lượng kế phải tiếp xúc với các điều kiện khắc nghiệt như hiện tượng nước va đối với chất lỏng, tắc chất lỏng trong phép đo khí, sự vượt quá giới hạn.v.v..

8.3 Thiết bị điều hòa

Có nhiều thiết kế thiết bị điều hòa dòng giúp làm giảm bất thường trong việc phân bố vận tốc trục trong đường ống hoặc giúp làm giảm xoáy hoặc cả hai. Vì vậy các thiết bị điều hòa dòng này có thể giúp nâng cao tính năng của lưu lượng kế trong các trường hợp điều kiện lắp đặt không theo khuyến nghị của nhà sản xuất. Cần tham vấn nhà sản xuất về các điều kiện lắp đặt và/hoặc sử dụng thiết bị điều hòa dòng. Cụ thể, cần tham vấn về kiểu, kích cỡ, vị trí tương đối của thiết bị điều hòa dòng so với lưu lượng kế.

9 Vận hành

9.1 Lưu lượng kế phải được vận hành theo giới hạn vận hành khuyến nghị của nhà sản xuất để đạt độ không đảm bảo quy định và đạt tuổi thọ thông thường. Những điều cơ bản cần chú ý khi vận hành là định cỡ chính xác, lắp đặt phù hợp, quy trình bảo dưỡng và vận hành đúng quy định.

9.2 Khi lắp đặt mới cần đảm bảo đường ống được làm sạch để loại bỏ bọt hàn, hạt bụi hoặc các cặn lắng tụ khác. Thực hành tốt thông thường là tháo rời vật cản đứng và bộ cảm biến hoặc thậm chí là toàn bộ lưu lượng kế trước khi làm sạch và thay thế các thiết bị này trước khi thử áp lực để kiểm tra rò rỉ.

9.3 Cần tuân thủ quy trình khởi động của nhà sản xuất để tránh làm hỏng vật cản đứng hoặc bộ cảm biến do quá giới hạn hoặc nước va, .v.v..

9.4 Để tránh làm thay đổi hệ số K, cần tham khảo lời khuyên của nhà sản xuất về các cảnh báo khi sửa chữa hoặc thay bộ cảm biến cũng như ảnh hưởng của sự mài mòn lên vật cản đứng.

10 Đặc tính tính năng

10.1 Trong phạm vi số Reynold và độ không đảm bảo đo kèm theo, lưu lượng kế tạo xoáy có thể đo thể

TCVN 9499:2013

tích thực của lưu chất đi qua ống lưu lượng kể không tính đến tính chất của lưu chất, nghĩa là khối lượng riêng hoặc độ nhớt (xem 5.4 về phép đo khối lượng và thể tích chuẩn). Nếu sử dụng ngoài phạm vi số Reynold quy định, cần tham vấn nhà sản xuất về hệ số hiệu chỉnh và độ lớn kỳ vọng của độ không đảm bảo đo.

10.2 Nhiệt độ và áp suất vận hành khác biệt đáng kể so với hiệu chuẩn có thể ảnh hưởng đến mô hình dòng chảy và do đó ảnh hưởng đến hệ số K của lưu lượng kế. Cần tham vấn nhà sản xuất về hệ số hiệu chỉnh tương ứng.

10.3 Tính năng có thể bị ảnh hưởng bởi các hiện tượng tác động đến quá trình tạo xoáy, như biên dạng vận tốc, dòng hai pha, nhiễu(ồn) do máy bơm, tác động của các xung, ồn cản bên trong và khí xâm thực. Các hiện tượng này có thể ảnh hưởng bất lợi đến sự phát hiện xoáy và thay đổi hệ số K. Các ảnh hưởng có thể được giảm bớt hoặc loại bỏ bằng cách lựa chọn và lắp đặt cẩn thận các bộ phận của hệ thống và bố trí ống dẫn phù hợp. Cần tham vấn nhà sản xuất về các xử lý vấn đề này.

11 Hiệu chuẩn (xác định hệ số K)

11.1 Nhà sản xuất phải chỉ rõ hệ số K trung bình của lưu lượng kế và độ không đảm bảo mong đợi dưới các điều kiện tham chiếu quy định. Hệ số này có thể được suy ra từ phép đo kích thước, nhưng phổ biến hơn là nhờ hiệu chuẩn dòng ướt. Do tính năng của lưu lượng kế tạo xoáy không nhạy với số Reynold, hiệu chuẩn có thể được thực hiện bằng việc sử dụng bất kỳ lưu chất phù hợp, nhưng cần giữ tần số tạo xoáy và số Reynold trong giới hạn của thiết bị đo. Phải nêu rõ phương pháp hiệu chuẩn được sử dụng.

11.2 Khi có thể, độ không đảm bảo đo có thể được cải thiện bằng hiệu chuẩn tại hiện trường.(việc hiệu chuẩn được tiến hành phù hợp với các tiêu chuẩn quốc tế liên quan). Đối với dòng khí, dụng cụ đo dòng chuẩn thường là dụng cụ chuyển tiếp, bình thể tích hiệu chỉnh áp suất và nhiệt độ hoặc vòi phun tới hạn. Đối với dòng chất lỏng, sử dụng dụng cụ chuyển tiếp, cân hoặc kỹ thuật đo thể tích.

11.3 Nhà sản xuất phải cung cấp chứng chỉ về hiệu chuẩn cần thiết hoặc tính năng.

Phụ lục A

(Tham khảo)

Biến động về chu kỳ và ảnh hưởng đối với hiệu chuẩn

Biến động về chu kỳ và biến động về tần số kèm theo thường chỉ cần lưu ý trong quá trình hiệu chuẩn.

CHÚ THÍCH: Tất cả các phương pháp đo dòng lưu chất trực tiếp đều bị ảnh hưởng nhiều hay ít bởi sự dao động do rối dòng (thường được gọi là nhiễu dòng). Trong trường hợp đo xoáy, sự gây nhiễu này làm cho khoảng thời gian giữa các tín hiệu cảm biến thay đổi theo cách thức gọi là 'biến động về chu kỳ.'

Có một vài ảnh hưởng tác động đến đặc tính tạo xoáy của lưu lượng kế. Các tác động này bao gồm từ các hiện tượng vật lý mà phép đo phụ thuộc đến các kỹ thuật xử lý tín hiệu điện tử được sử dụng để thực hiện phép đo cơ bản. Phần trình bày dưới đây liên quan đến hiện tượng vật lý của quá trình tạo xoáy.

Liên quan đến biến động về chu kỳ (xem chú thích bên dưới), thông thường các dao động nhỏ, ngẫu nhiên có thể xuất hiện trong giai đoạn tạo xoáy giữa các chu kỳ, mặc dù lưu lượng được giữ không đổi. Kết quả là, việc xác định khoảng thời gian này sẽ luôn dẫn tới một khoảng thời gian trung bình (τ) và độ lệch chuẩn (σ) cho khoảng thời gian trung bình đó. Nếu một số tương đối lớn các phép đo khoảng thời gian được thực hiện thì việc tăng số phép đo sẽ không tác động đáng kể đến độ lệch chuẩn đó nữa.

Độ không đảm bảo ngẫu nhiên của khoảng thời gian trung bình ở độ tin cậy 95% khi đó sẽ được xác định bởi:

$$\delta = \frac{100t \times \sigma}{\tau \times (n)^{0,5}}$$

Trong đó: $\tau = \frac{\sum \tau_i}{n}$

t = phân bố t student t với $n = 21$ bậc tự do đối với độ tin cậy 95 % (bảng 2,0 đối với từ 30 phép đo trở lên)

n = số lần đo khoảng thời gian

$$\sigma = \left[\frac{\sum (\tau_i - \tau)^2}{n-1} \right]^{0,5}$$

τ_i = phép đo khoảng thời gian thứ i

δ = sai số trong phép đo khoảng thời gian trung bình, tính bằng phần trăm

CHÚ THÍCH Cường độ và vị trí tương đối của các xoáy kế tiếp có thể khác so với giá trị trung bình của chúng. Những khác

TCVN 9499:2013

biệt này là do bản chất của các hiện tượng rối dòng và có thể ảnh hưởng đến các biến động về tần số và biên độ ở đầu ra của detector. Sự biến động tần số có thể ảnh hưởng đến thời gian đáp ứng của lưu lượng kế. Các biến động về biên độ nếu nghiêm trọng có thể hưởng đến tính năng của lưu lượng kế, đặc biệt tại lưu lượng thấp, bằng cách gây ra sự đếm thiếu hoặc hụt số xung.. Cần tham vấn nhà sản xuất nếu mức rối đủ lớn để gây ra các hiện tượng này.

Một khi σ đã được xác định, N , số xung phải được đếm để xác định lưu lượng nằm trong độ không đảm bảo ấn định trước $\pm \delta \%$ được cho bởi:

$$N = \left(\frac{100t \times \sigma}{\delta \tau} \right)^2$$

Thời gian cần thiết để tính được giá trị trung bình này, $a = N \times \tau$ liên quan với lưu lượng bằng công thức:

$$a = \frac{N \times d}{St \times U}$$

hoặc tương đương: $a = \frac{N}{K \times q_v}$

trong đó: $St = \frac{f \times d}{U} = \text{Số } St$

f = tần số tạo xoáy

U = vận tốc dòng trong nòng lưu lượng kế

d = chiều rộng bề mặt của vật cản đứng vuông góc với dòng

k = hệ số K trung bình

q_v = lưu lượng thể tích

a = thời gian đáp ứng

Vì vậy, có thể thấy rằng nếu St không biến đổi theo lưu lượng (giả thuyết này không nhất thiết là đúng) thì thời gian đáp ứng của lưu lượng kế gắn với độ không đảm bảo đo khoảng thời gian của quá trình tạo xoáy sẽ tỉ lệ nghịch với vận tốc lưu chất hoặc lưu lượng thể tích.

Ví dụ, nếu lưu lượng kế có số St là 0,24 và nếu độ lệch chuẩn của phép đo khoảng thời gian được tính

bởi: $\frac{100\sigma}{\tau} = 1,5\%$

Và nếu $d/D = 0,27$ thì thời gian a cần thiết để đạt được lưu lượng trung bình với độ không đảm bảo bằng 0,25 % được xác định bởi:

$$a = \frac{N \times d}{St \times U} = \frac{\left(\frac{100t \times \sigma}{\delta \times \tau} \right)^2 \times d}{St \times U}$$

sau khi thay thế các giá trị ở trên và giả sử N là lớn, thì

$$a = \frac{\left(\frac{2}{0,25} \times 1,5\right)^2 \times d}{0,24 \times U} = 600 \frac{d}{U} = 160 \frac{D}{U}$$

Thời gian đáp ứng tính được cho lưu lượng kế có kích thước 25 mm và 145 mm và có các đặc tính trình bày trong Bảng A.1:

Bảng A.1 – Thời gian, a, cần thiết đối với độ không đảm bảo của lưu lượng là 0,25 %

Vận tốc dòng m/s	a	
	s	
	Cỡ lưu lượng kế	
	D = 25 mm	D = 145 mm
0,31	13,0	76,0
3,1	1,3	7,6
6,35	0,51	3,9
63,5	0,051	0,30

Vi vậy, các hằng số thời gian đối với dòng vận tốc thấp trong ống dẫn lớn là đủ lớn để cần một thời gian tích hợp tương đối dài để có được độ chính xác cao sau các xáo trộn về lưu lượng. Chú ý là nếu, $100 \frac{\sigma}{\tau} = 3\%$ thì thời gian trong bảng trên phải được nhân với 4.

Cần tham vấn nhà sản xuất về các chi tiết liên quan đến các ảnh hưởng của hiện tượng này đối với đồng hồ đo.

Phụ lục B

(Tham khảo)

Bộ cảm biến xoáy

Có rất nhiều kỹ thuật cảm biến trên thị trường để phát hiện sự tạo xoáy. Đặc tính quan trọng nhất của phần tử cảm biến là độ nhạy cao với toàn bộ ảnh hưởng cần đo và không nhạy với các yếu tố tác động khác như nhiệt độ, xung áp suất, rung .v.v.. Những dao động về áp suất và vận tốc trong vùng tạo xoáy có thể gây ra các ảnh hưởng khác nhau, các ảnh hưởng này có thể được phát hiện bằng các loại cảm biến xoáy được lựa chọn, ví dụ sau:

a) Sự chuyển động do ứng suất cơ học của vật cản đứng, được phát hiện bởi:

- Cảm biến biến dạng áp điện
- Cảm biến đo biến dạng
- Cảm biến biến dạng điện dung
- Cảm biến quang học
- .v.v..

b) Sự thay đổi chênh áp hai bên qua vật cản đứng

- Cảm biến áp suất áp điện
- Cảm biến áp suất điện dung
- Dao động bóng, lưới, đuôi
- Cảm biến áp suất kiểu biến cảm
- .v.v..

c) Sự thay đổi của vận tốc quanh vật cản đứng

- Cảm biến điện trở
- Phong kế dây nóng
- Cảm biến siêu âm
- .v.v..

Cảm biến có thể được lắp bên trong hoặc bên ngoài của vật cản đứng, hoặc có thể được đặt bên ngoài thân lưu lượng kế.

Khối lượng riêng của lưu chất ảnh hưởng đến tính năng của cảm biến xoáy. Lưu chất có khối lượng riêng thấp có thể làm hạn chế đặc tính dòng chảy thấp do mức năng lượng tương đối thấp của các dòng

xoáy. Lưu chất có khối lượng riêng cao có thể giới hạn đặc tính lưu lượng phía trên bằng cách làm hỏng độ nhạy cảm biến với năng lượng tương đối lớn của dòng xoáy.

Các yếu tố cần quan tâm khác có thể bao gồm:

- Ảnh hưởng độ nhớt
- Sự xâm thực chất lỏng
- Thay đổi kích thước do nhiệt độ
- Sự rung của đường ống quá trình
- Sự dao động của áp suất quá trình
- Ảnh hưởng của việc lắp đặt (xem điều 8)

Phụ lục C

(Tham khảo)

Tính giới hạn áp suất để tránh hiện tượng khí xâm thực

Do hiện tượng tạo xoáy được dựa trên tính không đổi của việc chia tách các dòng xoáy từ vật cản đứng, nên bất kỳ điều kiện nào gây ra thay đổi đặc tính của lưu chất đều sẽ ảnh hưởng đến độ chính xác của phép đo dòng.

Tiết diện dòng bị giảm ở vật cản đứng gây ra việc tăng cục bộ vận tốc lưu chất và do vậy sẽ làm giảm áp suất cục bộ. Trong hệ thống lưu chất, hiện tượng nhấp nháy và khí xâm thực có thể xuất hiện do việc giảm áp suất cục bộ bằng hoặc thấp hơn áp suất bốc hơi của lưu chất. Điều này sẽ gây ra sự tạo thành các bong bóng và do vậy tạo ra sự thay đổi trong đặc tính của lưu chất. Kết quả là, nó có thể sẽ gây ra điều bất thường trong việc khởi động sự chia tách các dòng xoáy, và điều này có thể tạo ra sai số.

Tiêu chí được chấp nhận là giới hạn áp suất tối thiểu phía dòng ra P_{dmin} được tính bằng công thức sau:

$$P_{dmin} = (c_1 \times DP) + (c_2 \times P_{vap})$$

Trong đó:

P_{dmin} là giới hạn áp suất tối thiểu phía dòng ra;

P_{vap} là áp suất hơi của chất lỏng ở nhiệt độ dòng chảy

ΔP là tổng sụt áp

c_1, c_2 là hằng số thực nghiệm cho từng thiết kế và kích cỡ

Vì việc giảm áp suất này phụ thuộc vào cấu tạo của lưu lượng kế nên cần liên hệ với nhà sản xuất để biết giá trị của c_1 và c_2 .

Thư mục tài liệu tham khảo

[1] TCVN 8440 (ISO 4185), *Đo dòng chất lỏng trong ống dẫn kín – Phương pháp cân.*

[2] TCVN 9497(ISO 8316), *Đo dòng lưu chất trong ống dẫn kín — Phương pháp thu thập chất lỏng vào bình thể tích*

[3] TCVN 8778-1:2011 (ISO 9368-1:1990) *Đo lưu lượng lưu chất trong ống dẫn kín bằng phương pháp khối lượng – Quy trình kiểm tra lắp đặt – Phần 1: Hệ thống đo khối lượng tĩnh*

[4] *Hướng dẫn biểu thị độ không đảm bảo đo theo ISO, BIPM, IEC, IFCC, IUPAC, IUPAP, OIML.*
