

KỸ THUẬT ĐO THỂ TÍCH CHẤT LỎNG TĨNH

I. Giới thiệu chung

Đo lường dung tích chất lỏng tĩnh là lĩnh vực đo rất gần gũi với cuộc sống sinh hoạt hằng ngày của con người. Đo lường dung tích chất lỏng tĩnh phục vụ việc định lượng hàng hóa cho các ngành sản xuất kinh doanh nước, xăng dầu, hóa chất, thực phẩm và có mặt trong các phòng thí nghiệm hóa học, sinh học cũng như trong y tế.

Tài liệu kỹ thuật này tóm lược những nội dung cơ bản của các phương pháp đo dung tích chất lỏng tĩnh, giới thiệu khái quát sơ đồ dẫn suất chuẩn, các chuẩn và các phương tiện đo cùng các phương pháp chính để hiệu chuẩn/kiểm định phương tiện trong lĩnh vực này.

Tài liệu này có tính chất tập hợp từ các nguồn tài liệu khác nhau cả trong nước và quốc tế:

- Các văn bản kỹ thuật đo lường ĐLVN
- Các tài liệu tiêu chuẩn TCVN, ISO, API MPMS, OIML

Đây là tài liệu tham khảo, hỗ trợ cho những nhà chuyên môn trong lĩnh vực đo lường Dung tích - Lưu lượng và cho sinh viên trong các trường đại học, cao đẳng, trung cấp. Tài liệu này cũng nhằm mục đích quảng bá kiến thức về kỹ thuật đo thể tích chất lỏng tĩnh.

Tài liệu này sẽ giúp các đơn vị, tổ chức, doanh nghiệp hoạt động trong lĩnh vực đo lường Dung tích - Lưu lượng có một bộ tài liệu tham khảo, hướng dẫn về phương pháp, kỹ thuật đo thể tích chất lỏng tĩnh chi tiết bằng tiếng Việt, phù hợp với các tài liệu quốc tế hiện hành, giúp thuận tiện cho việc tra cứu.

Các cơ sở đào tạo chuyên môn, các trường đại học, cao đẳng, trung cấp chuyên nghiệp có thể sử dụng làm tài liệu tham khảo để biên soạn giáo trình đào tạo, định hướng nghề nghiệp cho học viên, giúp phát triển nguồn nhân lực cho lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh đáp ứng nhu cầu của các cơ sở, đơn vị muốn xây dựng, phát triển lĩnh vực đo lường Dung tích - Lưu lượng.

II. Nội dung tài liệu

CHƯƠNG 1: Tổng quan về lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh

1.1 Đại lượng và đơn vị đo

Đại lượng thể tích, ký hiệu V , được định nghĩa là phạm vi của một dạng hình học ba chiều. Phần tử thể tích trong không gian Euclid được cho bằng:

$$dV = dx dy dz$$

Trong đó: dx , dy và dz là vi phân của các tọa độ Đêcac.

1.2 Một số tính chất của chất lỏng có liên quan đến lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh

1.2.1 Tính bay hơi

Bay hơi là hiện tượng một số phần tử của chất lỏng thoát ra khỏi mặt thoáng để biến thành thể hơi ở ngay nhiệt độ bình thường. Để nhận biết mức độ bay hơi của các chất lỏng, người ta xác định tốc độ bay hơi của chúng. Tốc độ bay hơi được xác định bằng tỷ số giữa lượng chất lỏng biến thành hơi trên một đơn vị diện tích mặt thoáng trong một đơn vị thời gian. Tốc độ bay hơi thường được tính theo đơn vị $m^3/(m^2.s)$ hay $kg/(m^2.s)$.

1.2.2 Tính chất dính ướt

Hầu hết các chất lỏng, trừ thủy ngân, khi tiếp xúc với chất rắn, một phần chất lỏng sẽ bám dính vào mặt vật rắn. Đó là tính chất dính ướt của các chất lỏng. Mức độ dính ướt của các chất lỏng được đặc trưng bằng độ dính ướt. Độ dính ướt là đại lượng được tính bằng lượng chất lỏng bám dính vào một đơn vị diện tích bề mặt vật rắn. Đơn vị đo độ dính ướt thường là m^3/m^2 hay kg/m^2 .

1.2.3 Hiện tượng mao dẫn

Khi cắm một ống dẫn có đường kính nhỏ (gọi là mao quản) vào chất lỏng, mức chất lỏng trong mao quản sẽ dâng cao (nếu chất lỏng dính ướt) hoặc hạ tụt xuống thấp hơn (chất lỏng không dính ướt) mặt chất lỏng ngoài mao quản. Hiện tượng này gọi là hiện tượng mao dẫn của chất lỏng.

1.2.4 Sức căng mặt ngoài

Khi mặt thoáng chất lỏng tiếp xúc với mặt vật rắn, mặt chất lỏng thường bị uốn cong lên (chất lỏng dính ướt) hay bị uốn cong xuống (chất lỏng không dính ướt). Hiện tượng đó là do chất lỏng có sức căng mặt ngoài gây nên.

1.2.5 Tính dẫn nở nhiệt

Khi nhiệt độ thay đổi; thể tích chất lỏng cũng thay đổi theo. Đó là hiện tượng dẫn nở vì nhiệt.

Để đánh giá mức độ dẫn nở vì nhiệt, người ta sử dụng hệ số giãn nở nhiệt. Hệ số giãn nở nhiệt $\alpha [^{\circ}C^{-1}]$ thể hiện mức độ biến thiên của một đơn vị thể tích chất lỏng khi nhiệt độ biến thiên một đơn vị nhiệt độ.

1.2.6 Tính nén

Khi áp suất thay đổi; thể tích chất lỏng cũng thay đổi theo. Đó là thể hiện tính nén của chất lỏng.

Để đánh giá mức độ thay đổi thể tích theo áp suất, người ta sử dụng hệ số nén. Hệ số nén $\beta [kPa^{-1}]$ thể hiện mức độ biến thiên của một đơn vị thể tích chất lỏng khi áp suất biến thiên một đơn vị áp suất.

1.3 Các phương pháp đo thể tích chất lỏng tĩnh

1.3.1 Phương pháp dung tích

a) Nguyên tắc chung

Phương pháp dung tích là phương pháp đo trực tiếp thể tích chất lỏng, tức là so sánh trực tiếp thể tích chất lỏng cần đo với dung tích đã biết của phương tiện đo được sử dụng, vì thế phương pháp này còn được gọi là phương pháp đong.

b) Độ chính xác

Độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc chủ yếu vào hai yếu tố : sai số hệ thống và kỹ thuật đo. Thành phần sai số hệ thống gây ra thường từ 1/5 đến 1/2 sai số cho phép. Thành phần sai số do kỹ thuật đo gây ra thay đổi phụ thuộc vào kỹ năng, trình độ người đo cũng như điều kiện tiến hành phép đo.

1.3.2 Phương pháp hình học

a) Nguyên tắc chung

Phương pháp hình học dựa trên kết quả phép đo các kích thước hình học của phương tiện đong chứa chất lỏng. Để có thể áp dụng phương pháp này phương tiện đong chứa cần phải có dạng hình học đơn giản và được gia công chính xác.

b) Kỹ thuật đo

Để đo đúng được kích thước cần đo, ngoài kiến thức về các khái niệm hình học còn đòi hỏi trình độ khéo léo, kinh nghiệm và kỹ năng của người đo, đòi hỏi biết chính xác dạng hình học của phương tiện đo.

c) Độ chính xác

Độ chính xác của phương pháp đo hình học phụ thuộc chủ yếu vào phương tiện đo và kỹ thuật đo các kích thước cụ thể. Vì sai số phương tiện đo độ dài thường rất nhỏ, lớn nhất chỉ vào khoảng $\pm 0,1$ % do đó sai số thể tích lớn nhất chỉ vào khoảng $\pm 0,3$ %, còn sai số do điều kiện đo cũng tương tự các phương pháp khác.

1.3.3 Phương pháp khối lượng

a) Nguyên tắc chung

Đây là phương pháp đầu để thể hiện đơn vị đo dung tích trong thực tế.

Phương pháp khối lượng dựa trên quan hệ giữa thể tích, khối lượng và khối lượng riêng của chất lỏng thông qua công thức sau:

$$V = \frac{M}{\rho}$$

Trong đó :

V : Thể tích của chất lỏng;

M : Khối lượng của chất lỏng;

ρ : Khối lượng riêng của chất lỏng.

b) Độ chính xác

Phương pháp này có thể đạt được độ chính xác rất cao vì thiết bị chuẩn (cân và tỷ trọng kế chuẩn) đều có thể được chế tạo với cấp chính xác cao hơn nhiều so với các chuẩn dung tích. Thành phần sai số do phương pháp đo gây ra chỉ chiếm khoảng từ 1/10 đến 1/5 sai số cho phép

1.3.4 Phương pháp sử dụng thiết bị đo mức chất lỏng kết hợp với bảng dung tích

a) Nguyên tắc chung

Phương pháp này sử dụng để xác định thể tích chất lỏng chứa trong các bể chứa dung tích cố định và bể chứa dung tích trên các phương tiện vận chuyển.

Việc hiệu chuẩn các bể chứa dung tích cố định và bể chứa dung tích trên các phương tiện vận chuyển sẽ xây dựng được các bảng dung tích theo chiều cao chất lỏng chứa. Thiết bị đo mức được sử dụng để đo chiều cao chất lỏng chứa, sau đó sử dụng các bảng dung tích để xác định thể tích chất lỏng chứa.

b) Độ chính xác

Độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc vào 2 yếu tố:

- Độ chính xác của việc xây dựng các bảng dung tích.
- Độ chính xác của việc xác định chiều cao chất lỏng bằng thiết bị đo mức.

1.4 Phân loại phương tiện đo thể tích chất lỏng tĩnh

- Phương tiện đo dung tích thông dụng: ca đong, thùng đong, bình đong.
- Dụng cụ đo dung tích thí nghiệm bằng thủy tinh: bình định mức, pipet, buret.
- Dụng cụ đo dung tích thí nghiệm có cơ cấu Piston: Pipet Piston, Buret Piston, Dilutors, Dispenser.
- Các bể chứa dung tích cố định: hình trụ đứng, hình trụ ngang, hình cầu.
- Các bể chứa dung tích trên các phương tiện vận chuyển: xitec ô tô, xitec đường sắt, bể chứa trên tàu và xà lan.

CHƯƠNG 2: Phương tiện đo thể tích chất lỏng tĩnh

2.1 Phương tiện đo dung tích thông dụng

2.1.1 Ca đong

2.1.2 Thùng đong, bình đong

2.2 Phương tiện đo dung tích thí nghiệm bằng thủy tinh

- 2.2.1 Cốc đong (Beakers)
- 2.2.2 Bình tam giác
- 2.2.3 Ống đong chia độ
- 2.2.4 Bình định mức
- 2.2.5 Pipet chia độ
- 2.2.6 Pipet một mức
- 2.2.7 Buret
- 2.3 Phương tiện đo dung tích thí nghiệm có cơ cấu Piston
 - 2.3.1 Pipet piston
 - 2.3.2 Buret piston
 - 2.3.3 Dụng cụ pha loãng
 - 2.3.4 Dụng cụ phân phối định lượng
- 2.4 Các bể chứa dung tích cố định
 - 2.4.1 Bể chứa dung tích hình trụ đứng
 - 2.4.2 Bể chứa dung tích hình trụ ngang
 - 2.4.3 Bể chứa dung tích hình cầu
- 2.5 Các bể chứa dung tích trên các phương tiện vận chuyển:
 - 2.5.1 Xi téc ô tô
 - 2.5.2 Xi téc đường sắt
 - 2.5.3 Bể chứa trên tàu và xà lan
- 2.6 Các phương tiện đo mức chất lỏng
 - 2.6.1 Thước cuộn quả dọi
 - 2.6.2 Thiết bị đo mức tự động (ATG).

CHƯƠNG 3: Chuẩn và liên kết chuẩn đo lường lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh

- 3.1 Sơ đồ liên kết chuẩn lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh
- 3.2 Cân chuẩn và quả cân chuẩn
 - 3.2.1 Bộ quả cân chuẩn
 - 3.2.2 Bộ cân chuẩn
- 3.3 Bình chuẩn kim loại $U \leq 0,02 \%$
- 3.4 Bình chuẩn kim loại $0,02 \% \leq U \leq 0,1 \%$
 - 3.4.1 Bình chuẩn kim loại dạng đáy kín, xả qua miệng

- 3.4.2 Bình chuẩn kim loại dạng xả từ đáy qua van xả
- 3.5 Bình chuẩn thủy tinh cấp A
- 3.6 Bình chuẩn từng phần $U = 0,2 \%$.

CHƯƠNG 4: Hiệu chuẩn, kiểm định phương tiện đo thể tích chất lỏng tĩnh

- 4.1 Hiệu chuẩn phương tiện đo thể tích chất lỏng tĩnh
 - 4.1.1 Hiệu chuẩn theo phương pháp dung tích
 - 4.1.2 Hiệu chuẩn theo phương pháp khối lượng
 - 4.1.3 Hiệu chuẩn theo phương pháp hình học, phương pháp đo ngoài dùng thước cuộn
 - 4.1.4 Hiệu chuẩn theo phương pháp hình học, phương pháp đo trong dùng thiết bị quang - điện
- 4.2 Kiểm định phương tiện đo thể tích chất lỏng tĩnh
 - 4.2.1 Đối tượng
 - 4.2.2 Phương tiện kiểm định
 - 4.2.3 Các phép kiểm định

PHỤ LỤC: Kết quả hiệu chuẩn một số phương tiện đo chất lỏng tĩnh điển hình

1. Hiệu chuẩn bình chuẩn kim loại $U \leq 0,02 \%$
2. Hiệu chuẩn bình chuẩn kim loại $0,05 \% \leq U \leq 0,1 \%$
3. Hiệu chuẩn bình chuẩn thủy tinh cấp A
4. Hiệu chuẩn Micropipet

III. Lĩnh vực ứng dụng thực tế của kỹ thuật đo thể tích chất lỏng tĩnh

Đo lường thể tích chất lỏng tĩnh là lĩnh vực đo rất gần gũi với cuộc sống sinh hoạt hằng ngày của con người.

Lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh bao trùm nhiều chủng loại thiết bị đo khác nhau, phục vụ cho nhiều ngành nghề, lĩnh vực khác nhau.

Đo lường thể tích chất lỏng tĩnh phục vụ việc định lượng hàng hóa cho các ngành sản xuất kinh doanh nước, xăng dầu, hóa chất, thực phẩm và có mặt trong các phòng thí nghiệm hóa học, sinh học cũng như trong y tế.

| STT | Lĩnh vực, Ngành | Tổ chức, doanh nghiệp | Loại phương tiện đo dung tích đang sử dụng | Mục đích |
|-----|----------------------------------|--|---|--|
| 1 | Quản lý nhà nước về đo lường | Viện Đo lường Việt Nam | - Hệ thống chuẩn đầu quốc gia về dung tích. - Chuẩn dung tích | - Tạo lập giá trị chuẩn đầu quốc gia về dung tích - Sao truyền, dẫn xuất đại lượng dung tích. - Kiểm định, hiệu chuẩn PTĐ dung tích. |
| 2 | Quản lý nhà nước về đo lường | - Các Trung tâm Kỹ thuật TĐC 1, 2, 3 - Các chi cục TĐC tỉnh, thành phố | Chuẩn dung tích | - Sao truyền, dẫn xuất đại lượng dung tích. - Kiểm định, hiệu chuẩn PTĐ dung tích. |
| 3 | Dịch vụ kỹ thuật về đo lường | Các công ty cung cấp dịch vụ kỹ thuật về đo lường | Chuẩn dung tích | Kiểm định, hiệu chuẩn PTĐ dung tích |
| 4 | Khai thác dầu mỏ | - Liên doanh dầu khí VietsovPeto - Cửu Long JOC - Hoàng Long - Hoàn Vũ JOC | Đồng hồ đo đếm dầu thô | Định lượng dầu thô khai thác và xuất bán |
| 5 | Lọc hóa dầu | - Lọc Hóa dầu Bình Sơn (Dung Quất) - Lọc Hóa dầu Nghi Sơn | - Bể chứa dầu thô. - Thiết bị đo mức xăng. - Đồng hồ đo đếm sản phẩm xăng, dầu | - Định lượng dầu thô đầu vào - Định lượng xăng dầu thành phẩm |
| 6 | Kinh doanh sản phẩm xăng dầu | - Petrolimex - PVOil - Các Cty xăng dầu hàng không | - Tàu chở dầu - Bể chứa dầu - Thiết bị đo mức xăng dầu. - Đồng hồ đo đếm xăng dầu - Cột đo xăng dầu | - Định lượng xăng dầu đầu vào. - Định lượng xăng dầu bán ra |
| 7 | Sản xuất và Kinh doanh nước sạch | Các công ty sản xuất, kinh doanh nước sạch các tỉnh, thành phố | Đồng hồ đo nước | - Định lượng nước đầu vào. - Định lượng nước bán ra |
| 8 | Hóa chất | Các Các công ty sản xuất, kinh doanh hóa chất | Đồng hồ đo lưu chất | - Định lượng hóa chất đầu vào. - Định lượng hóa chất bán ra |

| | | | | |
|----|-------------------|--|--|--|
| 9 | Thực phẩm | - Các công ty sản xuất rượu, bia, nước giải khát - Các công ty sản xuất, chế biến sữa | Đồng hồ đo lưu chất | - Định lượng hàng hóa đầu vào. - Định lượng sản phẩm bán ra |
| 10 | Hóa học, sinh học | Các phòng thí nghiệm hóa học, sinh học | Dụng cụ dung tích thí nghiệm thủy tinh | - Định lượng hóa chất dùng trong thí nghiệm hóa học, sinh học |
| 11 | Y tế | - Các phòng xét nghiệm - Các phòng kiểm nghiệm | Dụng cụ dung tích thí nghiệm thủy tinh | - Định lượng sinh phẩm, hóa chất dùng trong xét nghiệm, kiểm nghiệm y tế |

IV. Xu hướng của thế giới trong lĩnh vực đo thể tích chất lỏng tĩnh

Các thiết bị đo thể tích chất lỏng hiện nay đang có Xu hướng sử dụng các cảm biến không có bộ phận chuyển động (no moving part) kết hợp với công nghệ điện tử thông minh dựa trên các chip vi xử lý.

- Thiết bị đo mức xăng dầu tự động dùng cảm biến kiểu rada

Trước đây thiết bị đo mức xăng dầu tự động có cảm biến là phao nổi trên bề mặt chất lỏng. Vị trí của phao sẽ phản ánh độ cao mức xăng dầu trong bể chứa. Cảm biến kiểu này có nhược điểm là cơ cấu chuyển động của phao luôn có ma sát làm giảm độ nhạy cũng như gây nên độ hồi sai lớn, đặc biệt là sau thời gian hoạt động liên tục trong môi trường xăng dầu. Một nhược điểm nữa là độ nổi của phao phụ thuộc vào khối lượng riêng, độ nhớt và độ dính ướt của chất lỏng. Đây là các thông số vật lý của môi chất thay đổi theo nhiệt độ, điều này dẫn đến sai số của thiết bị phụ thuộc khá lớn vào nhiệt độ của chất lỏng.

Xu hướng hiện nay là cảm biến đo mức được chế tạo theo nguyên lý rada: một đầu phát tín hiệu đặt cố định bên trên sẽ phát ra tín hiệu. Đầu thu sẽ thu tín hiệu phản xạ từ mặt chất lỏng. So sánh tín hiệu phát ra và thu về sẽ thu được thông tin chiều cao mức chất lỏng. Cảm biến kiểu rada là một loại cảm biến không có bộ phận chuyển động và khắc phục được các nhược điểm của cảm biến truyền thống kiểu phao nổi

- Lập bảng dung tích bể chứa sử dụng máy toàn đạc

Trước đây để lập bảng dung tích bể chứa môi chất ta phải dùng các phương tiện đo lập để đo các kích thước hình học của bể, đo độ lệch các tầng, đo chiều cao các tầng, xác định dung tích phần đáy, xác định chiều cao lỗ đo... . Các công việc này cần nhiều nhân công thao tác và gặp phải sai số đo điều kiện đo

khắc nghiệt (nắng, gió ngoài hiện trường kho chứa xăng dầu), kết quả cũng phụ thuộc nhiều vào kỹ năng đo của người thực hiện.

Xu hướng hiện nay là sử dụng máy toàn đạc điện tử. Thiết bị cho phép tự động đo các thông số kích thước cần thiết để lập bảng và do đó loại trừ được các sai số đọc cũng như các sai số ảnh hưởng bởi kỹ năng của người thực hiện

- Xu hướng sử dụng công nghệ điện tử thông minh dựa trên các chip vi xử lý sẽ tự động đo đếm và truyền tín hiệu đến trung tâm điều khiển, cho phép tự động hóa hoàn toàn quá trình đo đếm và điều khiển cũng như cho phép thu thập số liệu từ xa. Đây là xu thế chung của tất cả các loại phương tiện đo hiện nay.

Hà Nội, tháng 3/2024

Phòng đo lường Dung tích - Lưu lượng, Viện Đo lường Việt Nam

Đường Hồng Sơn và cộng sự

(Lưu ý: Nếu Quý độc giả quan tâm bản đầy đủ tài liệu kỹ thuật đo xin liên hệ theo số điện thoại 0913005500)