

KỸ THUẬT ĐO LƯU LƯỢNG KHÍ

I. Giới thiệu chung

Đo lường lưu lượng khí là lĩnh vực đo được phát triển rất mạnh mẽ trong thời gian gần đây. Đo lường lưu lượng khí có mặt trong những lĩnh vực sau:

- Sản xuất kinh doanh chế biến khí, là một phần rất quan trọng và chiếm tỷ lệ ngày càng lớn trong ngành công nghiệp dầu khí.
- Sản xuất công nghiệp, hóa chất, phân bón, sản xuất điện khí.
- Trong y tế và trong đời sống sinh hoạt hàng ngày của con người.
- Trong nghiên cứu khoa học.

Tài liệu kỹ thuật này tóm lược những nội dung cơ bản của các phương pháp đo lưu lượng chất khí, giới thiệu khái quát sơ đồ dẫn xuất 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 tài liệu tiêu chuẩn quốc tế: OIML, ISO, AGA.
- Các tài liệu tiêu chuẩn TCVN.
- Các văn bản kỹ thuật đo lường Việt Nam ĐLVN.

Đây là tài liệu tham khảo, hỗ trợ cho những nhà chuyên môn trong lĩnh vực Dung tích - Lưu lượng nói chung 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 lưu lượng khí.

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 lưu lượng khí 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 lưu lượng khí 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 lưu lượng khí

1.1 Đại lượng và đơn vị đo

1.1.1 Thể tích, V

1.1.2 Khối lượng, m

1.1.3 Lưu lượng thể tích chất khí, q_v

Đại lượng lưu lượng thể tích chất khí, ký hiệu q_v , được định nghĩa là thể

tích chất khí dịch chuyển qua một bề mặt xác định trong một đơn vị thời gian.

$$q_v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt}$$

Trong đó:

q_v : lưu lượng thể tích chất khí, m^3/s

Δv : độ biến thiên của thể tích khí, m^3

Δt : độ biến thiên của thời gian, s

Đơn vị SI của lưu lượng thể tích là mét khối trên giây, ký hiệu m^3/s

1.1.4 Lưu lượng khối lượng chất khí, q_m

Đại lượng lưu lượng khối lượng chất khí, ký hiệu q_m , được định nghĩa là khối lượng chất khí dịch chuyển qua một bề mặt xác định trong một đơn vị thời gian.

$$q_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta m}{\Delta t} \right) = \frac{dm}{dt}$$

Trong đó:

q_m : lưu lượng khối lượng chất khí, kg/s

Δm : độ biến thiên của khối lượng khí, kg

Δt : độ biến thiên của thời gian, s

Đơn vị SI của lưu lượng khối lượng là kilôgam trên giây, ký hiệu kg/s

1.1.5 Số chỉ tích lũy

1.2 Phương trình trạng thái chất khí

1.2.1 Phương trình trạng thái khí lý tưởng

1.2.2 Phương trình trạng thái khí thực

1.3 Khái quát về phương pháp đo lưu lượng khí

1.3.1 Phương pháp thể tích

Đây là phương pháp đầu để thể hiện đơn vị đo lưu lượng thể tích chất khí.

Phương pháp thể tích dựa trên quan hệ giữa lưu lượng, thể tích chất khí và thời gian thông qua công thức cơ bản sau:

$$q_v = \frac{V}{t}$$

Trong đó:

q_v : Lưu lượng thể tích chất khí, m^3/s

V : thể tích giới hạn bởi cảm biến, m^3

t : thời gian dịch chuyển của Piston giữa các cảm biến, s

1.3.2 Phương pháp khối lượng

Đây là phương pháp đầu thể hiện đơn vị đo lưu lượng khối lượng chất khí.

Phương pháp khối lượng dựa trên quan hệ giữa lưu lượng, khối lượng chất khí và thời gian thông qua công thức cơ bản sau:

$$q_m = \frac{m}{t}$$

Trong đó:

q_m : Lưu lượng khối lượng chất khí, kg/s

m : khối lượng chất khí chứa trong bình cân, kg

t : thời gian nạp chất khí vào bình cân, s

1.3.3 Phương pháp chênh áp

Phương pháp đo lưu lượng dạng này dựa vào hiệu ứng có sự chênh lệch áp suất xảy ra tại chỗ thắt trên dòng chảy của lưu chất trong ống dẫn kín. Dựa vào sự chênh áp suất này có thể tính toán ra lưu lượng dòng chảy. Lưu lượng kể theo dạng này thường có dạng tấm chắn (orifice) và ống ventur

Tại vị trí dòng chảy bị thu hẹp, có sự phụ thuộc theo hàm số sau

$$q_m = f(\beta, \rho, \sqrt{\Delta p})$$

Trong đó:

q_m : Lưu lượng khối lượng chất khí.

β : tỷ số tiết diện (giữa tiết diện tại vị trí bị thu hẹp và tiết diện của đường ống).

Δp : chênh lệch áp suất trước và sau vị trí tiết diện dòng chảy bị thu hẹp.

Hàm số f là hàm số thực nghiệm, trên thực tế chấp nhận một vài hàm số. Giữa các hàm số này có sự sai lệch < 0,1 % tùy thuộc theo điều kiện áp dụng. Cùng với sự phát triển của khoa học học kỹ thuật, các hàm số mới vẫn tiếp tục được nghiên cứu và phát triển nhằm làm giảm sai số cũng như mở rộng phạm vi áp dụng.

1.3.4 Phương pháp siêu âm

Phương pháp đo lưu lượng này dựa trên việc đo độ chênh lệch thời gian giữa sóng âm phát và sóng âm thu. Với các lưu lượng kể theo phương pháp này dựa theo nguyên lý khai thác khả năng truyền âm trong chất khí, cụ thể là thời gian truyền âm là một đặc tính phụ thuộc vào tốc độ dòng khí, mật độ, áp suất và nhiệt độ.

1.3.5 Phương pháp nhiệt

Phương pháp đo lưu lượng khí kiểu nhiệt dựa trên dạng phân tán nhiệt độ và phương pháp nhiệt độ không đổi liên tục để đo lưu lượng khí. Khí chảy qua nguồn nhiệt của thiết bị và hấp thụ nhiệt của nguồn nhiệt, làm cho nguồn nhiệt mát đi. Lưu lượng càng cao lượng nhiệt hấp thụ càng nhiều. Lượng nhiệt tản ra từ nguồn nhiệt tỉ lệ thuận với lưu lượng khối lượng và đặc tính nhiệt của nó. Do đó, việc đo dữ liệu truyền nhiệt có thể tính toán được lưu lượng của lưu chất. Thiết bị đo lưu lượng khí dạng nhiệt (Thermal Mass) có 2 loại lắp là insertion và inline.

1.4 Khái quát về phương tiện đo lưu lượng khí

CHƯƠNG 2: Phương tiện đo lưu lượng khí

2.1 Lưu lượng kế kiểu thể tích

2.1.1 Nguyên lý hoạt động

Lưu lượng kế kiểu thể tích có các ngăn chứa có thể tích xác định. Các ngăn chứa được gắn với trục quay và có thể dịch chuyển tuần hoàn.

Dòng khí đi qua lưu lượng kế sẽ làm dịch chuyển các ngăn chứa và làm xoay trục quay. Tốc độ quay của trục sẽ tỷ lệ với lưu lượng khí và số vòng quay của trục sẽ phản ánh lượng khí chuyển qua lưu lượng kế thông qua bộ chỉ thị được ghép nối với trục.

2.1.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.1.3 Ứng dụng

2.2 Lưu lượng kế turbin

2.2.1 Nguyên lý hoạt động

Lưu lượng kế kiểu turbine có thân hình trụ, bên trong thân có turbine gồm nhiều cánh quay trên trục đỡ có hướng trùng với trục của thân.

Dòng khí đi qua lưu lượng kế sẽ làm quay turbine và làm xoay trục quay. Tốc độ quay của trục sẽ tỷ lệ với lưu lượng khí. Bộ chỉ thị được ghép nối với trục hoặc cảm biến điện tử đếm số cánh của turbine dịch chuyển qua cho phép chỉ thị lưu lượng và thể tích của khí.

2.2.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.2.3 Ứng dụng

2.3 Lưu lượng kế sử dụng tấm chắn (Orifice)

2.3.1 Nguyên lý hoạt động

Một tấm chắn hình tròn, ở giữa khoét lỗ được đặt vào bên trong thân lưu lượng kế hình trụ. Thiết bị chênh áp sẽ đo chênh lệch áp suất ΔP giữa lỗ lấy áp trước và lỗ lấy áp sau tấm chắn. Lưu lượng khí đi qua lưu lượng kế được tính toán từ giá trị ΔP đo được.

Lưu lượng khí đi qua lưu lượng kế kiểu tấm chắn là một hàm số của giá trị ΔP và được xác định theo công thức sau:

$$q_m = C\varepsilon \frac{\pi}{4} d^2 \frac{\sqrt{2\Delta p\rho_1}}{\sqrt{1-\beta^4}}$$

Trong đó:

q_m : lưu lượng khối lượng, kg/s

C : hệ số xả

d : đường kính lỗ tấm chắn, m

D : đường kính trong của thân

ΔP : chênh áp, Pa

β : tỷ số đường kính

ε : hệ số dẫn nở của khí

ρ_l : khối lượng riêng của khí tại lối vào lưu lượng kế, kg/m³

2.3.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.3.3 Ứng dụng

2.4 Lưu lượng kế sử dụng vòi phun (Ventury)

2.4.1 Nguyên lý hoạt động

Một vòi phun (ventury) được đặt vào bên trong thân lưu lượng kế hình trụ. Thiết bị chênh áp sẽ đo chênh lệch áp suất ΔP giữa lỗ lấy áp trước và lỗ lấy áp sau vòi phun. Lưu lượng khí đi qua lưu lượng kế được tính toán từ giá trị ΔP đo được.

Vòi phun cho phép đo được lưu lượng lớn chất khí với mức giảm áp lực thấp. Nó là một ống có đầu vào nhỏ dần và sau đó là một đoạn thẳng. Khi chất khí đi qua phần nhỏ dần, vận tốc của nó sẽ tăng lên và áp suất sẽ giảm. Sau đoạn ống thẳng, vận tốc sẽ giảm dần và áp suất sẽ tăng. Ta sẽ đo áp suất tại 2 điểm: Trước đoạn thu hẹp và sau đoạn ống thẳng (tức là trước khi ống được mở rộng)

2.4.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.4.3 Ứng dụng

2.5 Lưu lượng kế siêu âm

2.5.1 Nguyên lý hoạt động

Lưu lượng kế kiểu siêu âm có thân hình trụ, bên trong thân có một (hoặc nhiều) cặp đầu thu/phát sóng siêu âm (gọi tắt là transducer) có trục tạo với trục của lưu lượng kế một góc θ . Các transducer vừa thu vừa phát sóng siêu âm dưới dạng các sung ngắn. Đo chính xác các khoảng thời gian sóng siêu âm đi từ transducer 1 tới transducer 2 (thời gian xuôi dòng) và theo hướng ngược lại (thời gian ngược dòng) cho phép ta xác định được lưu lượng thể tích chất khí chảy qua lưu lượng kế.

2.5.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.5.3 Ứng dụng

2.6 Lưu lượng kế kiểu coriolis

2.6.1 Nguyên lý hoạt động

Những lưu lượng kế này tạo ra một gia tốc Coriolis trong dòng chảy và đo lưu lượng khối thông qua việc xác định xung lượng góc. Khi dòng chất lưu đang chảy trong đường ống, nó nhận được gia tốc Coriolis qua một cơ cấu quay biểu kiến trong đường ống, giá trị của lực làm lệch phát sinh bởi tác động Coriolis do quán tính sẽ là hàm phụ thuộc lưu lượng khối của chất lưu. Nếu ống dẫn quay quanh một điểm trong khi chất lưu đang chảy qua nó (hướng vào hoặc hướng ra tâm quay), thì dòng chất lưu sẽ sinh ra một lực quán tính (trong ống dẫn) có hướng vuông góc với hướng dòng chảy.

2.6.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.6.3 Ứng dụng

2.7 Lưu lượng kế kiểu nhiệt

2.7.1 Nguyên lý hoạt động

Phương pháp đo lưu lượng khí kiểu nhiệt dựa trên dạng phân tán nhiệt độ và phương pháp nhiệt độ không đổi liên tục để đo lưu lượng khí. Khí chảy qua nguồn nhiệt của thiết bị và hấp thụ nhiệt của nguồn nhiệt, làm cho nguồn nhiệt mát đi. Lưu lượng càng cao lượng nhiệt hấp thụ càng nhiều. Lượng nhiệt tản ra từ nguồn nhiệt tỉ lệ thuận với lưu lượng khối lượng và đặc tính nhiệt của nó. Do đó, việc đo dữ liệu truyền nhiệt có thể tính toán được lưu lượng của lưu chất.

2.7.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.7.3 Ứng dụng

2.8 Lưu lượng kế xoáy (vortex)

2.8.1 Nguyên lý hoạt động

Khi một vật thể (bộ phận dốc đứng) được đặt trong đường ống có dòng chảy nhanh, chất lưu sẽ lần lượt được tách bởi vật thể ở hai khu vực cuối dòng của nó, và khi lớp biên trở thành bị tách rời và "xoắn" lại, dòng chất lưu tạo ra các xoáy. Khoảng cách giữa các xoáy là không đổi và chỉ phụ thuộc vào kích cỡ vật tạo nên nó. Một mặt của vật dốc đứng mà ở đó xoáy được tạo ra, tốc độ chất lưu là cao hơn và áp suất là thấp hơn. Khi mà xoáy rời về phía cuối dòng, nó phát triển cả về kích cỡ và cường độ và cuối cùng nó tự tách rời và toả ra. Điều này được tiếp nối bởi sự tạo thành một xoáy ở mặt kia của vật dốc đứng. Các xoáy lần lượt cách nhau những khoảng cách bằng nhau.

Do tần số lan toả xoáy tỷ lệ thuận với tốc độ chất lưu trong đường ống, vì thế nên nó tỷ lệ thuận với lưu lượng thể tích. Tần số lan toả ra là không phụ thuộc vào các đặc tính của chất lỏng như tỷ trọng, độ nhớt, độ dẫn..., ngoại trừ dòng chảy phải là dòng chảy rối để hiện tượng toả xoáy xảy ra.

2.8.2 Cấu tạo, đặc điểm, đặc trưng kỹ thuật đo lường

2.8.3 Ứng dụng

CHƯƠNG 3: Chuẩn và liên kết chuẩn đo lường lĩnh vực đo lưu lượng khí

3.1 Sơ đồ liên kết chuẩn đo lường lĩnh vực đo lưu lượng khí

3.2 Chuẩn đo lường lưu lượng khí

3.2.1 Chuẩn lưu lượng khí kiểu chuông

3.2.2 Chuẩn lưu lượng khí kiểu PVTt

3.2.3 Chuẩn lưu lượng khí kiểu piston

3.2.4 Chuẩn lưu lượng khí kiểu vòi phun siêu âm

CHƯƠNG 4: Hiệu chuẩn, kiểm định phương tiện đo lưu lượng khí

4.1 Hiệu chuẩn phương tiện đo lưu lượng khí

4.1.1 Sơ đồ hiệu chuẩn

4.1.2 Tiến hành hiệu chuẩn

4.1.3 Biên bản hiệu chuẩn

4.2 Kiểm định đồng hồ đo khí kiểu màng

- 4.2.1 Sơ đồ kiểm định
- 4.2.2 Tiến hành kiểm định
- 4.2.3 Biên bản kiểm định
- 4.3 Kiểm định đồng hồ đo khí công nghiệp
 - 4.3.1 Sơ đồ kiểm định
 - 4.3.2 Tiến hành kiểm định
 - 4.3.3 Biên bản kiểm định.

III. Lĩnh vực ứng dụng thực tế của kỹ thuật lưu lượng khí

Đo lường lưu lượng khí là lĩnh vực đo được phát triển rất mạnh mẽ trong thời gian gần đây.

Lĩnh vực đo lưu lượng khí bao trùm nhiều chủng loại thiết bị đo khác nhau, phục vụ cho nhiều ngành nghề, lĩnh vực khác nhau:

- Quản lý nhà nước về đo lường
- Sản xuất kinh doanh chế biến khí dầu mỏ, là một phần rất quan trọng và chiếm tỷ lệ ngày càng lớn trong ngành công nghiệp dầu khí.
- Sản xuất kinh doanh khí tự nhiên
- Sản xuất kinh doanh khí công nghiệp
- Sản xuất công nghiệp, hóa chất, phân bón, sản xuất điện khí.
- Trong y tế và trong đời sống sinh hoạt hàng ngày của con người.
- Trong nghiên cứu khoa học.

STT	Lĩnh vực, Ngành	Tổ chức, doanh nghiệp	Loại phương tiện đo lưu lượng khí 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 lưu lượng khí. - Chuẩn lưu lượng khí	- Tạo lập giá trị chuẩn đầu quốc gia về lưu lượng khí - Sao truyền, dẫn xuất đại lượng lưu lượng khí. - Kiểm định, hiệu chuẩn Ptđ lưu lượng khí.
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 lưu lượng khí	- Sao truyền, dẫn xuất đại lượng lưu lượng khí. - Kiểm định, hiệu chuẩn Ptđ lưu lượng khí.

STT	Lĩnh vực, Ngành	Tổ chức, doanh nghiệp	Loại phương tiện đo lưu lượng khí đang sử dụng	Mục đích
3	Dịch vụ kỹ thuật về đo lường	Các công ty cung cấp dịch vụ kỹ thuật về đo lường	Chuẩn lưu lượng khí	Kiểm định, hiệu chuẩn Ptđ lưu lượng khí
4	Khai thác dầu, khí	- Liên doanh dầu khí VietsovPeto - Cửu Long JOC - Hoàng Long – Hoàn Vũ JOC	Đồng hồ đo đếm khí dầu mỏ	Định lượng khí dầu mỏ khai thác và xuất bán
5	Chế biến khí dầu mỏ	- Nhà máy chế biến khí Dinh Cố - Nhà Máy Chế Biến khí Cà Mau	Đồng hồ đo đếm khí dầu mỏ	- Định lượng khí đầu vào - Định lượng khí thành phẩm
6	Sản xuất, kinh doanh khí tự nhiên	Nhà máy khí Tiên Hải	Đồng hồ đo đếm khí tự nhiên	- Định lượng khí khai thác - Định lượng khí thành phẩm
7	Sản xuất, kinh doanh khí công nghiệp	- Nhà máy sản xuất khí công nghiệp Messer Hải Dương, Hải Phòng, Thái Nguyên, Quảng Ngãi, Bình Phước - Nhà máy khí Bãi Bằng	Đồng hồ đo đếm khí công nghiệp	Định lượng khí thành phẩm
8	Kinh doanh khí LPG		Đồng hồ đo đếm khí dân dụng	Định lượng khí tiêu thụ của hộ gia đình và các hộ sản xuất kinh doanh sử dụng LPG
9	Sản xuất điện	- Nhà máy điện khí Cà Mau - Nhà máy điện Phú Mỹ	Đồng hồ đo đếm khí công nghiệp	Định lượng khí đầu vào
10	Sản xuất hóa chất, phân bón	- Nhà máy đạm Phú Mỹ - Nhà máy đạm Cà Mau	Đồng hồ đo đếm khí công nghiệp	Định lượng khí đầu vào

STT	Lĩnh vực, Ngành	Tổ chức, doanh nghiệp	Loại phương tiện đo lưu lượng khí đang sử dụng	Mục đích
11	Nghiên cứu khoa học	Các phòng thí nghiệm hóa học, sinh học, vật liệu, năng lượng	Lưu lượng kế đo khí	Định lượng hóa chất dạng khí dùng trong thí nghiệm khoa học
12	Y tế	Các bệnh viện	Lưu lượng kế đo khí	Xác định lưu lượng khí cho máy trợ thở

IV. Xu hướng của thế giới trong lĩnh vực đo lưu lượng khí

Các thiết bị đo lưu lượng khí 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. Các cảm biến loại này có 2 nhóm chính đang được đầu tư phát triển rất mạnh trong thời gian gần đây:

- Nhóm cảm biến sử dụng vòi phun tới hạn Critical Flow Venturi (hay còn được gọi là sonic nozzle). Loại lưu lượng kế khí sử dụng cảm biến nhóm này thường được sử dụng làm chuẩn lưu lượng khí. Điển hình là sản phẩm Molbloc của hãng Fluke (Mỹ).

- Nhóm cảm biến sử dụng tổ hợp các sensor siêu âm đa kênh (Multipath Ultrasonic Flow Sensor). Loại lưu lượng kế khí sử dụng cảm biến nhóm này thường được sử dụng trong công nghiệp khai thác, chế biến khí dầu mỏ và sản xuất khí công nghiệp. Điển hình là sản phẩm Q.Sonic của hãng Honeywell ELSTER (EU).

Xu hướng này sẽ mang lại rất nhiều lợi ích:

- Các cảm biến là bộ phận tiếp xúc trực tiếp với dòng khí chuyển động. Trước đây các cảm biến thường có bộ phận chuyển động tỷ lệ với vận tốc của dòng khí. Các phần tử chuyển động này yêu cầu cơ chế bôi trơn đặc biệt và sẽ bị hao mòn cơ học theo thời gian làm giảm tuổi thọ, bị ảnh hưởng đặc biệt là những lưu lượng kế phải hoạt động trong môi trường công nghiệp có lưu lượng, áp suất, nhiệt độ làm việc cao. Các cảm biến có bộ phận chuyển động cũng đòi hỏi lắp đặt các hệ thống lọc khí phức tạp để loại bỏ tạp chất cơ học khỏi dòng khí nhằm làm giảm thiểu ảnh hưởng tới cảm biến. Vì vậy chi phí vận hành sẽ cao.

- Với các lưu lượng kế khí sử dụng các cảm biến không có bộ phận chuyển động sẽ không bị hao mòn cơ học nên không suy giảm tính năng theo thời gian do đó sẽ nâng cao tuổi thọ và có thể hoạt động tốt trong môi trường công nghiệp có lưu lượng, áp suất, nhiệt độ làm việc cao. Các cảm biến loại này cũng không

đòi hỏi phải lắp đặt các hệ thống lọc khí phức tạp, điều này sẽ làm giảm thiểu chi phí lắp đặt và vận hành.

- Các lưu lượng kế khí 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)