

TÍNH TOÁN ĐƯỜNG ỐNG DẪN KHÍ TỪ NGOÀI KHƠI VÀO BỜ

TS. TẠ NGỌC HẢI - *Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam*
ThS. NGUYỄN THỊ NHÀN - *Trường Đại học Mỏ-Địa chất*

Khí đốt thiên nhiên hiện là nguồn năng lượng đóng vai trò quan trọng trong phát triển kinh tế-xã hội. Sản lượng khí đốt sản xuất và tiêu thụ ngày càng tăng. Dự báo đến năm 2020 sản lượng sản xuất khí đốt thiên nhiên trên toàn thế giới đạt ~2,6 tỷ tấn dầu tương đương.

Tại Việt Nam, năm 2010 Tập đoàn Dầu khí Quốc gia Việt Nam (PVN) đã khai thác được 9,4 tỷ m³ khí. Theo Quy hoạch tổng thể phát triển ngành công nghiệp khí Việt Nam giai đoạn đến 2015, định hướng đến 2015 đã được phê duyệt, ngành công nghiệp khí đốt Việt Nam phấn đấu đạt sản lượng khai thác 14 tỷ m³ khí /năm vào năm 2015 và 15÷19 tỷ m³ khí /năm vào năm 2020.

Trong công nghiệp khí đốt, vận chuyển bằng đường ống là một lựa chọn tối ưu, trong nhiều trường hợp là duy nhất vì các lý do: đường ống có thể đặt theo hướng tùy ý, khoảng cách tương đối lớn và thông thường là ngắn; vận chuyển được một khối lượng lớn; hoạt động liên tục và ổn định bảo đảm cung cấp thường xuyên cho người tiêu dùng; hạn chế đến mức tối thiểu mất mát trong quá trình hoạt động; dễ dàng tự động hóa quá trình vận chuyển. Vì vậy, hiện nay trên thế giới đã xây dựng nhiều tuyến ống dẫn khí đốt lớn dài hàng nghìn km, đường kính ống lên tới 1620 mm.

Trong thời gian qua PVN đã xây dựng và đưa vào khai thác nhiều hệ thống đường ống dẫn khí, cả trên đất liền và từ biển vào bờ với tổng chiều dài ~1000 km, đường kính ống từ 6" đến 30". Trong đó đường ống dẫn khí ngoài khơi vào bờ có chiều dài ~850 km.

Việc tính toán đường ống dẫn khí, trong đó có đường ống dẫn khí ngoài khơi vào bờ có nhiều thông số cần xác định, trong đó có: độ giảm áp và độ bền thành ống (hoặc độ dày thành ống). Thông số đầu tiên để xác định áp suất bơm vận chuyển để đảm bảo vận chuyển được khối lượng khí theo yêu cầu. Thông số thứ hai đảm bảo an toàn, hoạt động tin cậy của đường ống. Đặc điểm của khí thiên nhiên vận chuyển là có thể nén được, các

thông số của khí trong quá trình vận chuyển thay đổi tuân theo các định luật nhiệt động lực học. Thành phần khí tại các mỏ khác nhau cho nên các thông số cơ, lý, nhiệt khác nhau: Mật độ, thể tích riêng, độ nhớt, nhiệt độ tới hạn, hệ số nén... Tổng áp trên đường ống được tính như sau [1]:

Khí vận chuyển trong đường ống tuân theo phương trình Bernoulli:

$$\frac{dP}{\rho g} + v \frac{dv}{2g} + dz + \lambda \frac{dl}{d} \frac{v^2}{2g} = 0 \quad (1)$$

Trong đó: P - Áp suất khí vận chuyển; v - Vận tốc khí vận chuyển $v=G/(\rho s)$; $dP/(\rho g)$ - Thế năng của áp suất khí; $(v \cdot dv)/(2g)$ - Động năng của khí chuyển động; dz - Thế năng vị trí; $\lambda \cdot (dl/D) \cdot v^2/(2g)$ - Tổn hao cột áp; v - Vận tốc chuyển khí; m/s; λ - Hệ số tổn thất cột áp trên chiều dài ống;

Bỏ qua động năng khí và thế năng vị trí (xem như $dZ=0$), công thức (1) có dạng:

$$\frac{dP}{\rho g} + \lambda \frac{dl}{d} \frac{v^2}{2g} = 0 \quad (2)$$

Vận tốc khí vận chuyển tính theo công thức:

$$v = \frac{G}{\rho s} \quad (3)$$

Trong đó: ρ - Mật độ khí vận chuyển; kg/m³; s - Diện tích tiết diện đường kính trong ống dẫn; m²; G - Lượng khí vận chuyển qua đường ống; kg/s.

Trong quá trình vận chuyển tuân theo các định luật nhiệt động học. Mối liên hệ tổng quát trạng thái của khí theo công thức tổng quát Claferon:

$$\rho = \frac{Pg}{ZRT} \quad (4)$$

Trong đó: g - Gia tốc trọng trường; Z - Hệ số nén của khí; R - Hằng số khí; T - Nhiệt độ khí vận chuyển.

Thay phương trình (3), (4) vào phương trình (1), nhân hai vế với ρ^2 , lấy tích phân cho đoạn đường ống có chiều dài L, áp suất đầu vào P_1 và thay $s=\pi D^2/4$ (D - Đường kính trong của ống vận chuyển), ta nhận được:

$$-\frac{1}{ZRT} \int_{P_1}^{P_2} PdP = 8\lambda \frac{G^2 L}{\pi^2 D^5} \int_0^L dl \quad (5)$$

Từ (5) ta có công thức tính được áp suất khí trên vị trí bất kỳ trên chiều dài ống:

$$P_2 = \sqrt{P_1^2 - \frac{16\lambda G^2 ZR^2 L}{\pi^2 D^5}} \quad (6)$$

Đối với chế độ chảy rối, giá trị λ tính theo công thức:

$$\lambda = \frac{9,4 \cdot 10^{-3}}{\sqrt[3]{D}} \quad (7)$$

Áp suất vào đường ống vận chuyển dầu khí phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: lưu lượng khí vận chuyển, đường kính ống... đối với các đường ống dẫn khí lớn, xuyên châu lục ($D=1220, 1420, 1620$ mm) có xu thế tăng áp suất bơm (áp suất đầu vào) có thể đạt tới 7,5 MPa và lớn hơn thế nữa. Đối với đường ống dẫn khí ngoài khơi dải áp suất thông thường được áp dụng là từ 14,7 MPa, 19,7 MPa và 24,7 MPa [5].

Việc nghiên cứu xác định độ dày thành ống chịu áp lực được nghiên cứu đề cập tới trong các giáo trình sức bền vật liệu, đàn hồi, thủy lực, tính toán đường ống vận chuyển chất lỏng.... Tuy nhiên, với những đặc thù riêng, việc xác định độ dày thành ống đường ống dẫn khí được đề cập trong các công trình nghiên cứu và giáo trình trong lĩnh vực khai thác, vận chuyển dầu khí [1], [3], [6].... Trong tài liệu [1], ứng suất của vật liệu thành ống do khí vận chuyển gây ra được xác định theo công thức Barlon:

$$\sigma = \frac{P_i \cdot D_e}{2 \cdot \delta} \quad (8)$$

Trong đó: σ - Ứng suất theo chu vi ống; P_i - Áp suất bên trong ống; D_e - Đường kính ngoài; δ - Độ dày thành ống.

Nếu tính đến các hệ số an toàn và sai số thiết kế thì độ dày thành ống được xác định theo công thức:

$$\sigma = \frac{P_v \cdot D_e}{2,0,72,0,875 \cdot \sigma_0} \quad (9)$$

Trong đó: P_v - Áp suất gây vỡ ống, $P_v=2\sigma_0 \cdot \delta/D_e$; σ_0 - Giới hạn chảy.

Khi vật liệu chế tạo thành ống nằm trong vùng đàn hồi ($D_e/\delta > 8$) lúc đó ứng suất của vật liệu thành ống tính theo công thức Lamé:

$$\sigma = \frac{(P_i - P_e)(D_e^2 - 2D_e\delta + 2\delta^2)}{1/[2\delta \cdot (D_e - \delta)] - P_e} \quad (10)$$

Trong đó: P_i , P_e - Áp suất ở phía trong và phía ngoài đường ống.

Đặc điểm của đường ống dẫn khí ngoài khơi là đường ống nằm sâu dưới đáy biển, chịu áp suất thủy tĩnh. Trong trường hợp đường ống không làm việc, ống thuần túy chịu áp suất ngoài. Sarikov cũng đề xuất công thức tính toán áp suất giới hạn của ống theo công thức sau:

$$P_d = 1,1 \cdot k_{\min} \left[\sigma_{c+uv} - \sqrt{\sigma_{u+v}^2 - 4 \cdot u \cdot \sigma_c} \right] \quad (11)$$

Quy chuẩn API đề nghị các công thức thực nghiệm [1]:

Trong vùng dẻo: $D_e/\delta < 14$ thì:

$$P_d = 0,75 \cdot 2 \cdot \sigma_c \cdot \left(\frac{D_e}{\delta} - 1 \right) \left(\frac{\delta}{D_e} \right)^2 \quad (12)$$

Trong vùng đàn hồi: $D_e/\delta > 18$ thì:

$$P_d = 0,75 \cdot 4 \cdot 10^6 \cdot \left[\left(\frac{\delta}{D_e} - 1 \right)^2 \cdot \left(\frac{\delta}{D_e} \right) \right] \quad (13)$$

Trong vùng chuyển tiếp:

$$P_d = 0,75 \cdot \sigma_c \cdot \left(\frac{2,5 \cdot \delta}{D_e} - 0,046 \right) \quad (14)$$

Theo [1], kết quả tính toán theo công thức (11) thấp hơn số liệu thực nghiệm từ 30÷60 %. Kết quả tính toán theo các công thức (9)÷(10) lớn hơn so với tính theo công thức (11) từ 25÷30 %. Điều đó có nghĩa là so với số liệu thực nghiệm, sai số tính theo các công thức (9)÷(11) thấp hơn so với thực nghiệm từ 5÷30 %.

Theo tài liệu [4], việc xác định độ dày thành ống theo được tính toán theo công thức:

$$t_{\text{nom}} = \frac{P_d \cdot D}{2 \cdot E_w \cdot \eta \cdot \sigma_y \cdot F_t} + t_a \quad (15)$$

Trong đó: t_{nom} - Độ dày thành ống, m; P_d - Áp suất tính toán $P_d=P_i-P_e$, MPa; D - Đường kính ống, m; t_a - Độ dày trừ hao ăn mòn do nước biển, m; E_w - Hệ số tính đến công nghệ hàn ống (đối với ống không hàn, ống hàn điện trở, hàn dưới lớp trợ dung thì $E_w=1$); F_t - Hệ số ảnh hưởng nhiệt độ, $F_t=1$ khi nhiệt độ $t < 250^\circ\text{C}$; η - Hệ số làm việc, $\eta=0,72$; σ_y - Ứng suất chảy tối thiểu theo lý thuyết, MPa ($\sigma_y=448$).

Theo DNV1981 (Ruler for Submarine pipeline systems, 1981) độ dày thành ống sẽ xác định từ công thức:

$$S_n = (P_i - P_e) \cdot D / (2 \cdot t) \quad (16)$$

Ở đây: S_n - Ứng suất giới hạn, MPa; D - Đường kính ống; t - Độ dày thành ống tối thiểu; P_i - Áp suất trong đường ống, MPa; P_e - Áp suất ngoài đường ống, MPa.

Trong đó áp suất trong ống có tính đến áp lực thủy tĩnh cột khí vận chuyển và áp suất ngoài ống có tính đến áp lực thủy tĩnh nước biển tính từ mặt nước biển đến đáy biển.

Phân tích các phương pháp tính độ dày thành ống cho thấy:

❖ Nếu tính trên cơ sở các công thức (10), (11) cho kết quả tính toán khác biệt ít nhất từ 5÷30 %, công thức (9) không sử dụng được;

❖ Các công thức tính (8), (9), (15), (16) đều xuất phát từ bài toán tính ứng suất thành ống chịu áp lực;

❖ Các công thức (8) và (15) có tính đến các hệ số an toàn, sai số thiết kế... riêng công thức (15) có tính đến độ dày trừ hao ăn mòn do nước biển.

Thực tế trong các đường ống hiện đại, khi thiết kế các đường ống người ta đều chú ý tới các giải pháp chống ăn mòn do nước biển, vì vậy, khi tính toán kiểm tra có thể không cần đưa giá trị này vào. Từ các phân tích trên có thể thấy để tính toán độ dày thành ống dẫn khí ngoài khơi vào bờ hợp lý nhất cần tính theo (15), tính cho 3 trường hợp:

❖ Ống chịu áp suất trong và ngoài;

❖ Ống đơn thuần chịu áp suất ngoài;

❖ Kiểm tra với điều kiện thử thủy lực.

Để kiểm tra tính khả thi của việc xác định phương pháp tính toán đã chọn, tiến hành tính toán kiểm tra tuyến đường ống dẫn khí PM3 - Cà

Mau từ mỏ khí ngoài khơi vào Cụm Khí - Điện - Đạm Cà Mau. Tuyến ống bao gồm 298 km đường ống dẫn khí ngoài biển và 26,114 km đường ống dẫn khí trên bờ. Một số các dữ liệu của đường ống được trình bày trong các Bảng 1, 2, 3.

Bảng 1. Độ sâu mực nước các đoạn ống

Vị trí	Độ dài ống (km)	Độ sâu (m) (so với mặt nước biển)
Tại giàn BR-B	0	- 53,5
KP 130	130	- 22,3
KP 170	170	- 30,1
KP 230	230	- 28,5
IP6	231,8	- 28,8
KP 250	250	- 24,0
Cách điểm tiếp bờ 5 km	293	- 7,8
Cách điểm tiếp bờ 500 m	298	- 1,7

Thành phần nước biển tại vị trí đặt đường ống: mật độ: 1.025 kg/m³; độ nhớt: 1,6 cP; tính dẫn nhiệt: 0,560 W/m; điện trở: 0,20 Ohm. Kết quả tính toán kiểm tra trình bày trong Bảng 3.

Bảng 2. Thành phần khí vận chuyển

Thành phần khí	Đơn vị (%)	Thành phần khí	Đơn vị (%)
CO ₂	7,53	N-Butane	0,91
N ₂	0,79	I-Pentane	0,39
Methane (mê tan CH ₄)	77,95	N-Pentane	0,23
Ethane (Ê tan C ₂ H ₆)	6,78	C6 Hypo	0,20
Propane	4,03	H ₂ O	0,01
I-Butane	1,18	Tổng cộng	100,00

Bảng 3. So sánh kết quả tính toán và thông số đường ống dẫn khí đang khai thác PM3- Cà Mau

TT	Thông số đường ống	Đơn vị	Kết quả tính toán	Đường ống PM3- Cà Mau
1	Đường kính		18"	18"
2	Vật liệu		Thép X65	Thép X65
3	Chiều dài; km	km	298	298
4	Mật độ khí	kg/m ³	148	148
5	Nhiệt độ làm việc max	°C	50	50
6	Áp suất đầu vào	Mpa	14,7	13,8
7	Áp suất đầu ra	MPa	7,2	4÷6
8	Tổn áp trung bình	MPa	7,5	8,8
9	Độ dày thành ống	mm	10÷(2÷5)	12,7

Kết luận

❖ Kết quả tính kiểm tra bằng phương pháp đã chọn cho đường ống dẫn khí ngoài khơi vào bờ ta nhận được thông số của đường ống đang khai thác với các sai số như sau: Độ giảm áp sai số trung bình - 14 %; Chiều dày ống sai trung bình - 5,5 %.

❖ Việc tính toán đường ống dẫn khí ngoài khơi vào bờ là một bài toán phức tạp, cần tham khảo thêm tài liệu nước ngoài và nghiên cứu kỹ các yếu tố tác động để đưa ra các thông số đường ống chính xác. Phương pháp tính đã trình bày có thể

(Xem tiếp trang 23)

dung dịch, sau đó lập phương trình tính toán ra nồng độ phần trăm chất rắn.

Mẫu xác định độ mịn nghiền lấy tại điểm tràn phân cấp xoắn được rây nhanh qua rây có lỗ lưới 0,074 mm, sấy, cân sản phẩm trên lưới để xác định độ hạt sau phân cấp. Tần suất lấy mẫu 1h/lần. Sấy, cân, lấy mẫu phân tích hóa.

❖ Bùn thải: lấy mẫu tương tự như lấy mẫu của sản phẩm tràn phân cấp xoắn để xác định nồng độ, lưu lượng và sấy, cân lấy mẫu phân tích hóa.

❖ Các điểm lấy mẫu sản phẩm trung gian: quặng tinh, bột tuyển vệt, ngán tuyển tinh 1, ngán tuyển tinh 2 và mẫu trung gian tổng hợp được lấy mẫu bằng cách cắt dòng, tính thời gian lấy mẫu, sấy, cân, gửi phân tích hóa.

5. Kết luận

Dây chuyền thiết bị được lắp đặt và ứng dụng ngay để tuyển 30 tấn quặng đồng Tả Phời, Lào Cai. Đối với một số loại hình quặng khác cần áp dụng công nghệ tuyển nổi đều có thể sử dụng dây chuyền này, với những điểm thay đổi cho phù hợp.

Trong quá trình thiết kế, lắp đặt có chú ý đến công tác lấy mẫu nhằm giúp cho việc xác định các

chỉ tiêu công nghệ chính xác, tin cậy để thiết kế cho các nhà máy sau này.

Hiện nay, Viện đang triển khai tuyển pilot quặng đất hiếm Yên Phú. Để phù hợp với công nghệ tuyển quặng đất hiếm, nhóm thực hiện đang triển khai lắp đặt thêm thiết bị như máy tuyển từ yếu, bể cô đặc khử nước trước khi đưa tuyển nổi.

Hệ thống tuyển nổi bán công nghiệp vừa được lắp đặt và ứng dụng thành công đã được các đoàn khách đến từ Nhật Bản, Australia đến tham quan và ngỏ ý muốn hợp tác với Viện. □

Người biên tập: Trần Văn Trạch

SUMMARY

The paper introduces the new floating processing machine complex pilot has formed in the VIMLUKI Institute. The machine complex pilot has the good abilities to maintenance the study on the many different ores.

TÍNH TOÁN ĐƯỜNG ỐNG ...

(Tiếp theo trang 17)

dùng để tham khảo khi kiểm tra, đánh giá đường ống. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lê Xuân Lân (2005), Giáo trình "Thu gom-xử lý dầu-khí-nước", Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

2. Nguyễn Thị Nhân (2012), Luận án Thạc sĩ kỹ thuật "Nghiên cứu xác định một số thông số chủ yếu của tuyến ống dẫn khí từ mỏ khí ngoài khơi vào bờ", Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

3. Nguyễn Văn Thịnh (2006), Bài giảng "Công trình đường ống và bể chứa dầu khí", Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội.

4. Boyun Guo, Shanghong Song, Jacob Chacko, Ali Ghalambor (2004), Offshore Pipelines, Trường Đại học Louisiana, Lafayette.

5. Митин А.С. (2004), Трубы категории прочности X80, Нефтегазпромышленности 6/2004, Москва.

6. Стасенко И.В. (1986), Расчет трубопроводов на ползучесть, Издательство Машиностроение, Москва.

Người biên tập: Đào Đức Tạo

SUMMARY

Currently, in the country operate several gas pipeline systems, including the pipeline from the offshore. The paper presents the gas pipelines, checking calculation about the pressure reducing in the pipe and selection formula for the durability calculation to the pipelines under pressure during gas transportation.

BẠC THẠM CỎ ĐỎ

1. Ngay cả khi trong túi hết tiền, cái mũ trên đầu anh cũng phải đội cho ngay ngắn. *Ngạn ngữ Tây Ban Nha.*

2. Cái cổng cao rộng và con đường thênh thang sẽ dẫn tới sự suy tàn. *Chúa Jesus.*

3. Lòng căm hận của người phụ nữ vốn là mầm mống để gây nên điều bất hạnh sau này. *Makarenko (Nga).*

VTH sưu tầm