

VẬN TẢI BẰNG ĐƯỜNG ỐNG - MỘT PHƯƠNG PHÁP VẬN TẢI CÓ HIỆU QUẢ

PGS.TS. NGUYỄN VĂN KHÁNG
Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Vận tải bằng đường ống được xem là một tiến bộ KHKH của thế kỷ XX. Nó được áp dụng đầu tiên vào năm 1904 ở Nga và Mỹ. Lúc đầu người ta chỉ dùng nó để vận tải những hạt rắn có kích thước nhỏ ($<0,1\text{mm}$) với nồng độ rất thấp ($<5\%$). Dần dần nhờ các công trình nghiên cứu, các nhà khoa học đã nhận thấy khả năng mang tải to lớn của phương pháp này và hiệu quả áp dụng của nó. Vì vậy, phương pháp này không ngừng phát triển và được sử dụng rộng rãi trong mọi lĩnh vực của nền kinh tế quốc dân, đặc biệt là ngành công nghiệp mỏ.

Vận tải bằng đường ống là một hình thức vận tải liên tục. Bản chất của phương pháp này là dùng năng lượng của dòng chảy (nước hoặc khí) có áp lực để vận chuyển các hạt chất rắn theo đường ống. Nếu sử dụng dòng nước thì được gọi là vận tải bằng sức nước, nếu dùng khí thì được gọi là vận tải bằng sức khí.

Kỹ thuật vận tải bằng sức nước được dùng phổ biến trong tổ hợp công nghệ khoan sâu, trong khai thác các khoáng sản bằng sức nước như than, quặng và phi quặng, dùng để cung cấp nhiên liệu rời cho các nhà máy nhiệt điện, để thải đuôi quặng (quặng sắt, đồng, nhôm,...) trong các nhà máy tuyển khoáng.

Kỹ thuật vận tải bằng khí nén được áp dụng khi khoan (thổi phoi), dùng để hút bụi trong các mỏ hầm lò, trên các mỏ đá, trong các nhà máy cơ khí, xi măng, vận chuyển vật liệu chèn lò, vận chuyển bông, sợi trong nhà máy dệt,....

Trong lĩnh vực công nghiệp mỏ, xu hướng sử dụng cơ giới hóa thủy lực và vận tải bằng sức nước ngày càng phát triển mạnh. Khối lượng đất đá bóc, khoáng sản khai thác và vận chuyển bằng sức nước chiếm tỷ lệ ngày càng cao tại các nước có nền công nghiệp mỏ phát triển như Liên Xô (cũ), Mỹ, Canada, Ba Lan, Anh, Pháp,... tỷ lệ đó chiếm khoảng 30 % (xem Bảng 1).

Ở các nước thuộc Liên Xô cũ trong những năm gần đây, khối lượng than khai thác và vận chuyển

bằng sức nước là 60 triệu tấn, tăng 2,5 lần. Hiện có tới 12 hệ thống đường ống đang hoạt động. Chiều dài của mỗi tuyến trên 10 km, năng suất 1,2-4 triệu tấn/năm. Ví dụ hệ thống vận tải than nâu (cỡ hạt từ 0-6 mm) dài 4000 km; năng suất từ 53-221 triệu tấn/năm; đường kính ống 1,78 m, tốc độ chuyển động của dòng hỗn hợp thủy lực 2,5 m/s. Những tính toán vận tải đã chỉ ra rằng chi phí cho một tấn vận tải rẻ hơn 50 % so với vận tải bằng đường sắt. Một tuyến đường ống khác dài 250 km để vận tải than từ Ixcaia ở Kudorhét đến thành phố Nôvôxibirsk với năng suất 4,3 triệu tấn/năm.

Viện nghiên cứu khoa học và thiết bị vận tải công nghiệp của Nga đã tiến hành so sánh các chỉ tiêu kinh tế của 4 dạng vận tải: bằng sức nước, đường sắt, ô tô và băng tải để chuyển vật liệu hạt nhỏ, thể rời (quặng sắt, than và huyền phù than) kết quả tính toán đã cho thấy vận tải bằng sức nước kinh tế hơn so với vận tải bằng đường sắt trên bất kỳ khoảng cách nào. Khi chiều dài vận tải lớn hơn 25 km thì cả vận tải bằng ô tô và băng tải đều không thể so sánh với phương pháp vận tải bằng sức nước. Còn trong lĩnh vực sản xuất xi măng có khoảng 20 triệu tấn phôi liệu được chuyển theo đường ống từ các mỏ lộ thiên đến 10 nhà máy chế biến.

Ở Mỹ đã xây dựng rất nhiều hệ thống đường ống với quy mô lớn. Người ta đã thử so sánh các phương pháp khác nhau để truyền điện năng (hoặc xây dựng nhà máy điện tại mỏ hay chuyển than từ mỏ vùng tây Virgin đến nhà máy điện ở bờ biển đông trên khoảng cách 720 km với năng suất yêu cầu 10 triệu tấn/năm) và đi đến kết luận rằng vận tải than theo đường ống hiệu quả hơn việc chuyển điện năng theo đường dây. Ở nước này, người ta còn có các tuyến đường ống khác dài 825 km để vận tải quặng sắt, năng suất hàng năm đến 10 triệu tấn. Một số tuyến đường ống chính có tổng chiều dài 8000 km, với tổng năng suất tới 85-100 triệu tấn/năm.

Hiện nay trên thế giới người ta đã xây dựng hàng loạt hệ thống đường ống cỡ lớn. Ví dụ như ở Braxin năm 1976 đã đưa vào sử dụng hệ thống đường ống dài 113 km, đường kính ống 244 mm để vận chuyển 2 triệu tấn quặng/năm. Tổng độ dài của các đường ống để vận tải vật liệu rắn ở Châu Mỹ La Tinh trong 5 năm trở lại đây lên đến trên 2000 km. Ở Cộng hòa Liên Bang Đức đã có những hệ thống đường ống để chở quặng với chiều dài hơn 210 km, tổng năng suất là trên 36 triệu tấn/năm.

Bảng 1. Vận tải bằng đường ống trên thế giới

Nước áp dụng	Vật liệu vận tải	L, km	D, mm	NS, triệu tấn
Tân-Ghinê	Quặng đồng	32	152	1
Iran	-	124	102	0,3
Mỹ	-	20	102	0,4
Anh	Quặng đá vôi	102	254	1,7
Mỹ	-	31	178	1,5
Côlômbia	-	31	178	0,4
Braxin	Phốt pho	126	254	2,0
Mỹ	Đuôi quặng Niken	7,2	102	0.1
Taxmania	Quặng sắt	95	227	2,25
Braxin	-	450	510	12
Mêhicô	-	30	204	1,5
Achentina	-	36	204	2,1
Mỹ	Than	176	250	1,2

Ghi chú: L - Chiều dài đường ống, km; D - Đường kính ống, mm; NS - Năng suất hàng năm, triệu tấn.

Ở các nước Châu Á có khí hậu nhiệt đới tương tự như nước ta cũng đã áp dụng rộng rãi cơ giới hóa thủy lực và vận tải bằng sức nước như Cộng hòa Malaixia, Inđônêxia, Thái Lan với khối lượng lên đến hàng triệu m³/năm.

Ở Việt Nam, cơ giới hóa thủy lực được bắt đầu áp dụng trong việc xây dựng các kênh đào, các công trình thủy lợi, nạo vét lòng sông, bến cảng,... mà thiết bị chủ yếu là máy hút bùn và hệ thống đường ống.

Trong lĩnh vực công nghiệp mỏ đã sử dụng sức nước để khai thác quặng crôm, quặng thiếc, hút bùn đáy mỏ, thải đuôi quặng ở các nhà máy tuyển, vận tải cát từ lòng sông lên bãi chứa,....

Ngày nay vận tải bằng đường ống đang thâm nhập vào nhiều lĩnh vực kinh tế khác như dùng để vận tải ngũ cốc, vận chuyển thức ăn gia súc, phân bón ra đồng ruộng, vận chuyển bột giấy, vận chuyển cá, đặc biệt là trong lĩnh vực vận tải dầu khí.

Tính ưu việt của vận tải bằng sức nước là ở chỗ nó cho phép sử dụng các hệ thống khai thác khác nhau, tạo nên một dây chuyền công nghệ liên tục, có khả năng cơ giới hóa và tự động hóa cao, giá thành hạ, vốn xây dựng cơ bản không lớn, tuyến đường vận tải đi qua địa hình bất kỳ, không làm ảnh hưởng đến các công trình khác, không gây ô nhiễm môi trường, ít tổn thất, yêu cầu nhân công phục vụ không lớn, bố trí thiết bị đơn giản, cần ít diện tích mặt bằng, không gây bệnh nghề nghiệp và đặc biệt có hiệu quả khi vận tải bùn và đuôi quặng.

Tuy nhiên nó cũng có một số nhược điểm: vật liệu vận tải bị nghiền nát, làm giảm chất lượng sản phẩm, tiêu hao năng lượng nước khá lớn, máy bơm, đường ống chóng mòn, tốn điện năng.

Rất nhiều tài liệu của các nước đã chứng minh hiệu quả kinh tế của vận tải bằng sức nước, khối lượng vận tải và khoảng cách vận tải càng lớn thì hiệu quả càng cao.

Vì vậy, cần phải mở rộng phạm vi ứng dụng phương pháp vận tải này trong các ngành công nghiệp-đặc biệt là ngành công nghiệp mỏ ở nước ta.

Để làm được điều đó, trước hết phải tìm hiểu lý thuyết về vận tải bằng đường ống, xác định chính xác các thông số vận tải mà quan trọng nhất là vận tốc tới hạn và sức cản thủy lực (độ dốc thủy lực).

Vận tốc tới hạn là vận tốc trung bình của dòng mà ứng với vận tốc đó một hạt rắn có mật độ và kích thước nhất định nổi lơ lửng, chuyển động theo dòng mà không bị lắng xuống đáy ống.

Khi tốc độ dòng nhỏ hơn tốc độ tới hạn, các hạt rắn sẽ lắng đọng xuống đáy ống làm tăng sức cản chuyển động, mòn ống và có thể làm tắc ống, rất nguy hiểm. Ngược lại nếu vận tốc dòng lớn hơn vận tốc tới hạn quá nhiều thì tổn thất động năng sẽ rất lớn.

Vận tốc tới hạn và độ dốc thủy lực phụ thuộc vào rất nhiều thông số khác như kích thước đường ống, cỡ hạt và mật độ pha rắn, nồng độ hỗn hợp thủy lực,... Cho đến nay chưa có một lý thuyết hoàn chỉnh nào để xác định hai thông số trên. Các nhà khoa học đã giải quyết vấn đề này bằng con đường lý thuyết bán thực nghiệm và đã đưa ra hàng loạt các công thức tính toán vận tốc tới hạn và độ dốc thủy lực cho các loại vật liệu vận tải khác nhau.

❖ Để vận tải đất đá mỏ - Vận tốc tới hạn được xác định theo công thức sau:

$$u_{th} = \sqrt{gD} \cdot \sqrt{\frac{\rho_h - \rho_0}{k \cdot \psi \lambda_0 \cdot \rho_0}} \cdot k_1, \text{ m/s} \quad (1)$$

Độ dốc thủy lực:

$$i = i_0 \cdot \frac{\rho_h}{\rho_0} + \frac{\sqrt{gD(\rho_h - \rho_0)}}{k \cdot \psi \cdot u_{th} \cdot \rho_0} \cdot k_1 \quad (2)$$

Trong đó: i, i_0 - Độ dốc thủy lực của hỗn hợp thủy lực và của nước sạch; D - Đường kính ống, m; ψ - Hệ số sức cản khi hạt rơi tự do trong nước; d_s - Đường kính hạt, cm; k - Hệ số phụ thuộc vào loại đất đá; k_1 - Hệ số tính đến hàm lượng các hạt rắn; ρ_h - Khối lượng riêng của hỗn hợp pha rắn + pha nước; ρ_0 - Khối lượng riêng của nước

❖ Để vận tải than:

$$u_{th} = k_d \sqrt[3]{\frac{\rho_r}{\rho_0} \cdot \sqrt{gD(1 + a \cdot S)}} \quad , \text{ m/s} \quad (3)$$

$$i = \frac{(1 + a \cdot S)}{2gD} \cdot k_s (\alpha + \beta u^2) \quad (4)$$

Trong đó: k_s - Hệ số kể đến khối lượng riêng của than; $\alpha = (\rho_s - \rho_0) / \rho_0$ - Thông số Ácsimét; α, β - Hệ số thực nghiệm; k_d - Hệ số kể đến ảnh hưởng của cỡ hạt; S - Nồng độ pha rắn; ρ_r - Khối lượng riêng của pha rắn.

❖ Để vận tải quặng và đuôi quặng:

$$u_{th} = \sqrt{2gD} \cdot \left[3 \frac{\delta}{\lambda_0} \cdot \frac{d_{tb}}{d_s} \cdot \frac{(\rho_r - \rho_h)}{\rho_0} \cdot \sqrt[3]{\xi \cdot S} \right] \quad (5)$$

$$i = \lambda_0 \cdot \frac{u_{tb}^2}{2gD} \cdot \frac{\rho_h}{\rho_0} \left[1 + \frac{1-n}{3} \left(\frac{u_{th}^2}{u_{tb} \sqrt{2gD}} \right)^3 \right] \quad (6)$$

Trong đó: λ_0 - Hệ số sức cản thủy lực của nước sạch; u_{tb}, u_{th} - Vận tốc trung bình và vận tốc tới hạn của dòng, m/s; ξ - Hệ số phụ thuộc vào mật độ pha rắn; d_s - Đường kính của hạt; d_{tb} - Đường kính trung bình của các hạt; n - Tỷ lệ các hạt nhẹ trong vật liệu vận tải.

Sau khi xác định được độ dốc thủy lực có thể xác định được tổng tổn thất cột áp trên mạng ống dẫn:

$$H_{tp} = (H_{hh} + H_l + H_{cb} + H_d) \cdot mH_2O \quad (7)$$

Trong đó: H_{hh} - Chiều cao hình học của mạng dẫn, mH₂O; $H_l = (L \cdot i)$ - Tổn thất cột áp dọc đường, mH₂O; H_{cb} - Tổn thất cục bộ của mạng, mH₂O; H_d - Tổn thất cột áp ở cuối ống xả, mH₂O.

Công suất động cơ để khắc phục cột áp trên là:

$$N_{dc} = k_{dr} \cdot \frac{H_{tp} \cdot Q_h \cdot \rho_h \cdot g}{1000 \eta} \quad , \text{ kW.}$$

Tại đây: k_{dr} - Hệ số dự trữ công suất động cơ; Q_h - Lưu lượng dòng hỗn hợp 2 pha rắn-lỏng, m³/s; ρ_h - Khối lượng riêng của hỗn hợp, kg/m³; g - Gia tốc trọng trường, m/s².

Căn cứ vào Q_h, H_{tp}, N_{dc} chọn được bơm và xác định được chế độ làm việc hợp lý của nó.

Kết luận

Từ những điều trình bày trên đây có thể rút ra kết luận:

❖ Vận tải bằng đường ống là một phương pháp vận tải tiên tiến, rất có hiệu quả cần được áp dụng rộng rãi trong công nghiệp.

❖ Cần có sự nghiên cứu cơ chế hoạt động của vận tải đường ống, xác định chính xác các thông số vận tải phục vụ cho công tác thiết kế chế tạo và lắp đặt nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng nó. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Kháng. Phương pháp vận tải bằng đường ống. Đại học Mỏ-Địa chất. 2011.
2. Lê Tuấn Lộc. Công nghệ phá vỡ đất đá bằng sức nước. NXB KHKT. 1984.
3. Nguyễn Văn Kháng. Máy và Tổ hợp thiết bị vận tải mỏ. NXB KHKT. 2005.
4. Phùng Đình Thực. Nghiên cứu công nghệ vận chuyển dầu nhiều parafin độ nhớt cao trong khai thác dầu khí tại thềm lục địa Việt Nam. Luận án TS. Đại học Mỏ-Địa chất. 1995.
5. A.E.Смолдырев. Трубопроводный транспорт. М. Недра. 1980.
6. А.Г. Джваршеишвили. Системы трубопроводного транспорта горно-обогатительных предприятий. М. Недра. 1980.
7. Г.А. Нурок. Процессы и технология гидромеханизация открытых горных работ. М. Недра. 1980.
8. Н. Е. Офегенен. Технология гидродобычи и гидротранспортирования угля. М. Недра. 1979.
9. В.Е. Губин. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. М. Недра. 1982.

Người biên tập: Hồ Sĩ Giao

SUMMARY

In mining industry the costs for transportation often has a big part in total product price. This is correct especially in the mines locating on the mountain zones and for customers locating far from exploitation area. The paper shows new method transportation mining products according to the pipeline - the new transport method using the high press water energy.