

TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG NƯỚC TẠO LÒNG

NGÔ TRỌNG THUẬN
Viện Khí tượng thủy văn

Hình dạng và kích thước lòng sông phụ thuộc vào lưu lượng nước chảy qua, do đó nó cũng thay đổi cùng với sự thay đổi của lưu lượng nước. Nói khác đi, lưu lượng nước có vai trò quan trọng trong quá trình tạo lòng cũng như quá trình vận động của lòng sông. Dù cho lòng sông có cấu tạo bằng các loại hạt có kích thước rất khác nhau và dòng chảy có tốc độ lớn nhỏ như thế nào, chúng cũng không ngừng hoạt động tạo lòng, hoặc là chuyển tải hoặc gây ra lắng đọng một số lượng lớn hạt cát bùn với kích thước tương ứng xuống lòng sông, và kết quả là làm thay đổi hình dạng và kích thước của lòng sông.

Dòng chảy trong sông ngòi ở nước ta nói chung có thể phân chia thành hai mùa có chế độ hoàn toàn khác nhau: mùa cạn và mùa lũ.

Trong mùa lũ, nước sông được cung cấp bởi mưa rào, mực nước sông cao, dao động lớn từ vài mét đến hàng chục mét, tốc độ dòng chảy trung bình từ 2—3m/s đến 5—6m/s, ở các sông lớn (hạ lưu sông Hồng), lưu lượng nước lớn nhất có thể đạt trên 30000m³/s. Trong mùa cạn, tình hình hoàn toàn khác, nước sông được cung cấp bởi lượng nước trữ trong tầng đất trên lưu vực và phần chủ yếu là nguồn nước ngầm. Vì vậy, mực nước sông thấp, ít dao động, tốc độ dòng chảy và lưu lượng nước nhỏ.

Sự khác nhau cả về chất và lượng của dòng chảy mùa lũ và mùa cạn dẫn đến kết quả là tác dụng tạo lòng của chúng cũng khác nhau. Các số liệu đo đạc thực tế chứng tỏ rằng trong thời gian mùa lũ, đặc biệt trong thời kỳ xuất hiện các cơn lũ lớn, xảy ra sự thay đổi hình dạng lòng sông trên mặt bằng cũng như sự thay đổi mặt cắt ngang lòng sông, trong đó xuất hiện các hố xói sâu, sự lắng đọng mạnh mẽ cát bùn, sự uốn thẳng các đoạn cong, hiện tượng tràn các bãi bên và bãi lòng sông dẫn đến sự hình thành dòng chảy tràn bãi. Với sự tồn tại của lưu lượng trung bình, đã có thể quan sát được sự phát triển mạnh mẽ của các thành tạo quy mô trung bình.

Dòng chảy mùa cạn, ngược lại làm thay đổi từ từ lòng sông với những đặc điểm mới xuất hiện trong khi tình trạng chảy vòng, chảy phân dòng do các bãi nằm giữa dòng được tăng cường. Lòng sông dần đạt tới hình dạng bão đảm cho tồn thất năng lượng trong dòng chảy đạt nhỏ nhất.

Hiệu quả tạo lòng sông dĩ nhiên phụ thuộc vào thời gian và cường độ tác động của dòng chảy. Bởi vậy, xuất hiện khái niệm lưu lượng nước tạo lòng trong khi nghiên cứu và tính toán diễn biến lòng sông, nhất là theo phương pháp thủy văn hình thái.

Người ta cho rằng lưu lượng tạo lòng là một loại lưu lượng nào đó ảnh hưởng rất lớn đến sự diễn biến lòng sông. Tác dụng tạo lòng của nó về cơ bản bằng tác dụng tạo lòng tổng hợp của quá trình lưu lượng nhiều năm. Vì thế, đây là một lưu lượng giả tưởng, lưu lượng này không phải là lưu lượng lớn nhất vì tác dụng tạo lòng của nó có thể lớn, nhưng thời gian duy trì của nó quá ngắn. Lưu lượng tạo lòng cũng không phải là lưu lượng nước cạn, vì mặc dầu thời gian duy trì của nó tương đối dài, nhưng giá trị nó khá nhỏ nên tác dụng tạo lòng không rõ rệt. Như vậy, lưu lượng tạo lòng phải là lưu lượng tương đối lớn.

Có nhiều phương pháp xác định lưu lượng tạo lòng. Tuy nhiên, phương pháp do Macaveev đề xuất được sử dụng phổ biến nhất. Xuất phát từ quan điểm cho rằng, lưu lượng tạo lòng là lưu lượng trong đó một số lượng cát bùn lớn nhất mang đi trong phạm vi nhiều năm, Macaveev đề ra các bước tiến hành như sau [4,5]:

— Phân cấp đường quá trình lưu lượng diễn hình qua mặt cắt tính toán — thường chọn năm có độ đục bình quân xấp xỉ với độ đục bình quân nhiều năm diễn hình. Xác định lưu lượng trung bình của mỗi cấp Q_i .

— Xác định độ dốc mực nước bình quân J_i của mỗi cấp lưu lượng.

— Xác định tần số xuất hiện P_i của mỗi cấp lưu lượng.

— Tính α , P_i , J_i , Q_i^k với α là hệ số phụ thuộc vào mực nước và độ rộng lòng sông. Q thường dao động trong phạm vi 0.5 – 1.0, k là số mũ thay đổi từ 2 – 2.5. Đối với sông đồng bằng có thể lấy $k = 2$.

— Về quan hệ $Q_i \sim \alpha P_i J_i Q_i^k$. Lưu lượng ứng với giá trị $(\alpha P_i J_i Q_i^k)_{\max}$ được coi là lưu lượng tạo lòng.

Khi tính toán, có thể sử dụng giá trị tương đối $\varepsilon Q = \frac{Q_i}{Q_{\max}}$. Theo

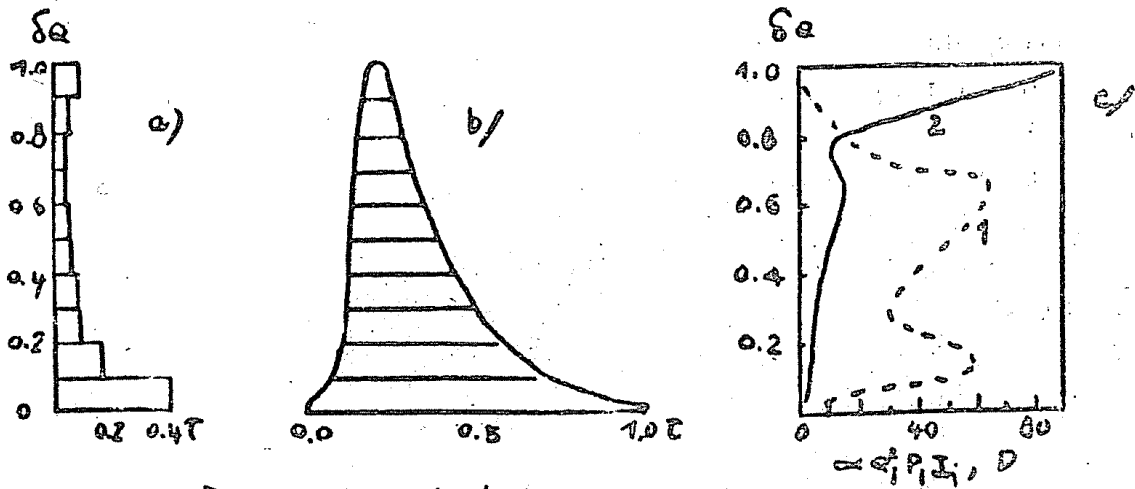
Macaveev, trên những đoạn sông đồng bằng thường xuất hiện hai cực đại $(\alpha P_i J_i Q_i^k)$, tương ứng là hai giá trị lưu lượng tạo lòng — một giá trị ứng với mức bảo đảm 5 – 9% và một giá trị ứng với mức bảo đảm trong khoảng 25 – 45%.

Phương pháp Macaveev có hiệu lực tốt để xác định lưu lượng tạo lòng khi tính toán thiết kế lòng sông, cải thiện điều kiện giao thông thủy vào mùa cạn khi mực nước thấp, lòng sông thu hẹp. Tuy nhiên, áp dụng phương pháp này cho một số vị trí trên sông Hồng, có thể do cách chọn hệ số, nhiều tác giả đã đưa ra những giá trị khác nhau [1, 2], (bảng 1).

Bảng 1 — Lưu lượng tạo lòng tại một số vị trí trên sông Hồng (m^3/s).

Trạm	Sơn Tây	Hòa Bình	Hà Nội	Thượng Cát	Yên Bái	Phù Ninh
Theo [2]	7000	4000	8500	2500	1800	2500
Theo [1]	11500	6750				

Sông cũng có quan điểm cho rằng, sự thiếu hụt của cường độ dòng chảy trong mùa cạn so với mùa lũ được bù đắp bởi độ dài của thời gian mùa cạn.



Hình 1: Xác định Lưu lượng tạo lòng

đo đó trong chừng mực nào đó, có thể coi mức độ hoạt động tạo lòng trong mùa lũ và mùa cạn là như nhau.

Khi phân tích đến sự khác nhau về số lượng và chất lượng của sự tác động tương hỗ giữa dòng chảy mùa lũ và mùa cạn đến lòng và bãi sông, G.Pikap và R.Verner [6] đã đề nghị phải phân biệt:

- Lưu lượng tạo lòng sông trong giai đoạn mùa cạn.
- Lưu lượng của các trận lũ hoặc của mùa lũ, trong đó xuất hiện sự xói lở bờ sông và hình thành các hồ xói trong lòng sông.

Nhưng nếu như vậy, sẽ tồn tại một lưu lượng ngưỡng mà tại đó đặc điểm tạo lòng sông được thay đổi về chất? I.F.Karaxev [6] tiến hành phân cấp đường quá trình lưu lượng của một năm nước trung bình trong đó độ dài của lưu lượng nước lớn nhất xấp xỉ với độ dài của các khoảng khác (hình 1b). Trên hình 1b, đường quy trình lưu lượng được chia thành 10 khoảng. Giá trị lưu lượng trung bình của mỗi khoảng (Q_i) so với lưu lượng lớn nhất (Q_{max}) là δQ_i thay đổi từ 0,05 đến 0,95.

Thời gian duy trì của mỗi khoảng δQ_i được biểu thị trên hình 1a, trong đó trục hoành là giá trị $\tau = t_i/T$ (t_i - thời gian duy trì khoảng lưu lượng Q_i hoặc δQ_i ; T - độ dài cả trận lũ). Theo hình 1a có thể thấy rằng, thời gian duy trì khoảng các lưu lượng lớn nhất xấp xỉ với thời gian duy trì của khoảng lưu lượng trung bình.

Để xác định khả năng tạo lòng của dòng chảy, chúng ta có thể phân tích chuyển động không ổn định gần đều. Trong điều kiện như vậy, sự biến hình lòng sông có liên quan trực tiếp với sự thay đổi của lưu lượng cát đáy. Trọng lượng cát đáy W_g dịch chuyển sau thời gian t_i trong dải chuyển động mạnh mẽ của nó (bằng $0,8 B$ với B là độ rộng lòng sông) khi tốc độ chuyển động trung bình v của dòng chảy vượt quá tốc độ xói lở có thể tính theo công thức:

$$Wg = \frac{4,8\gamma dc^2 B}{(\gamma_s - \gamma)g^2 h} \eta v^3 t_i \quad (1)$$

Trong đó:

d — đường kính hạt;

γ_s, γ — mật độ cát và nước;

B, h — độ rộng và độ sâu trung bình;

C — hệ số Sedi

η — xác suất bứt hạt khỏi đáy (có thể lấy $\eta = 1$).

Độ lớn của cát bùn tạo lòng tỉ lệ với độ dốc mặt nước tự do của dòng chảy, có thể sử dụng công thức của S.T. Antunin:

$$d = 4210 I^{0,9} \quad (\text{mm}) \quad (2)$$

Bỏ qua sự khác của số mũ của I với 1, ta đưa (2) vào (1), sau đó thay $c^2 = v/hI$, nhận được tỉ lệ sau:

$$Wg \sim \frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \cdot \frac{B \cdot v^5}{g^2 \cdot h^2} t_i \quad (3)$$

Để thể hiện vai trò của lưu lượng đối với cường độ chuyển động của cát đáy, có thể đưa vào (3) giá trị $v = Q/\omega$ và quan hệ của lưu lượng với diện tích mặt cắt ướt nhận được nhờ phân tích gần đúng phương trình sóng động lực:

$$\frac{Q}{Q_0} = \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^m \quad (4)$$

với Q_0 và ω_0 là giá trị ban đầu của lưu lượng và diện tích mặt cắt ướt.

Số mũ m là tỉ số giữa tốc độ sóng C theo Seddon và tốc độ dòng chảy trung bình, dao động trong phạm vi 1,5 – 2,0. Nếu sử dụng công thức Sedi – Manning đối với tốc độ sẽ được $m = 5/3$. Đồng thời sử dụng quan hệ V.G. Gluskov [3].

$$\sqrt{B/h} = \text{const} \quad (5)$$

Đưa những quan hệ trên vào (3), đồng thời bỏ những giá trị và các thông số thay đổi nhỏ được:

$$Wg = Q^2 t_i \quad (6)$$

Đưa vào (6) giá trị Q_{\max} và T , chúng ta sẽ nhận được chỉ số D biểu thị cho khả năng tạo lòng và gây biến dạng của dòng chảy:

$$D = D(\delta Q, \tau) \quad (7)$$

Sự thay đổi của chỉ số D phụ thuộc vào δQ được thể hiện trong hình 1c, đường cong 2. Khác với đường quan hệ $\delta Q = \alpha Q^2 P T J$ (đường cong 1 trong 1c) có hai cực đại, đường $D(\delta Q, \tau)$ chỉ có một cực đại biểu thị yếu ứng với $\delta Q = 0,65$, tương ứng với tình trạng ngập các bãi ven bờ và các bãi lòng sông. Cực đại này trùng với giá trị lớn của lưu lượng tạo lòng tính theo phương pháp Macaveev.

Sau khi đạt giá trị lớn nhất, khi δQ tiếp tục tăng, D đạt được một giá trị nhỏ nhất, sau đó tiếp tục tăng nhanh vượt qua cả giá trị lớn nhất. Như vậy rõ ràng là các lưu lượng lớn nhất cũng có khả năng tạo lòng lớn nhất. Điều này hoàn toàn phù hợp với tài liệu đo đạc thực tế. I.F.Karaxev [6] phân tích quan hệ giữa sự biến dạng lòng sông và lưu lượng sông Kaphirnhigan tại Trạm Chinar trong năm nhiều nước 1969, trong đó coi điểm thấp nhất Zmin của mặt cắt ngang tuyến đo lưu lượng đặc trưng cho trạng thái lòng sông, nhận thấy rằng có thể chia ra 3 phạm vi lưu lượng có tác động khác nhau đến lòng sông.

– Các lưu lượng trong mùa cạn xuân thu ($\delta Q < 0.25$), tương ứng với nó là sự ổn định tương đối của lòng sông.

– Các lưu lượng lũ trung bình, trong đó diễn ra trạng thái cân bằng tương đối của lòng sông – bồi trong phần lũ lên và xói trong phần lũ xuống,

– Các lưu lượng lớn nhất gây nên sự hạ thấp đáy sông và sự thay đổi rõ rệt của lòng sông, làm cho đến cuối giai đoạn lũ, vị trí ban đầu của lòng sông vẫn không được khôi phục, lòng sông đi vào trạng thái ổn định ở vị trí thấp hơn vị trí trước khi xảy ra các lưu lượng lớn nhất.

Kích thước và hình dạng tổng thể của lòng sông được hình thành trong khi xảy ra sự tích tụ mạnh mẽ, nói chung không thay đổi đáng kể trong điều kiện lưu lượng nhỏ. Do đó, có thể cho rằng các kích thước tương đối của lòng sông trong giai đoạn lưu lượng lớn nhất không đổi trong những phạm vi đủ hẹp. Người ta đã chứng minh được rằng, tỉ số giữa độ rộng và độ sâu (độ rộng tương đối) trong dòng chảy ổn định có quan hệ với nhau bằng biểu thức:

$$b' = \frac{B}{h} \leq 4,5 C / \sqrt{2g} \quad (8)$$

nghĩa là, với các giá trị thông thường của hệ số Sedi, độ rộng tương đối của lòng sông ứng với các lưu lượng lớn nhất là không đổi trong phạm vi $20 \leq b' \leq 65$.

Kết quả tính toán cho 45 trạm thủy văn ở Liên Xô thu được $b' = 44 \pm 22$ trong điều kiện các lưu lượng lớn nhất. Số liệu thực đo một vài năm ở một số tuyến trên sông Hồng, xác định giá trị b' ứng với C dao động từ $25-40 m^{1/3} s^{-1}$ như sau:

Bảng 2 – Giá trị b' ở một số tuyến trên sông Hồng ứng với C từ $25 - 40 m^{1/3} s^{-1}$

Trạm	Hòa Bình	Yên Bái	Thượng Cát	Sơn Tây	Hà Nội
b'	40 ± 5	54 ± 14	65 ± 15	124 ± 39	128 ± 18

Như vậy, rõ ràng là trong điều kiện lòng sông đơn, không có bãi bồi, ít thay đổi về hình dạng, giá trị của b' khá phù hợp với điều kiện (8). Tại Sơn Tây và Hà Nội, trong điều kiện lòng sông phức tạp, có bãi bồi lớn ở mực nước cao, điều kiện đồng nhất của dòng chảy bị phá vỡ nghiêm trọng b' tương đối lớn, nhưng lại xấp xỉ nhau. Nói khác đi, trị số b' ít thay đổi trong điều kiện các lòng sông gần giống nhau.

Như vậy, phù hợp với những số liệu thực đo, các lưu lượng lớn nhất có vai trò ưu thế trong sự hình thành hình dạng tổng thể của lòng sông. Những kết quả thu được ở trên dĩ nhiên phù hợp cho điều kiện dòng chảy gần đều. Ở những

khu vực tồn tại ảnh hưởng của các điều kiện cục bộ (nước dâng, cơ hẹp hay mở rộng đột ngột...) hiện tượng tạo lòng của các lưu lượng khác nhau có những đặc điểm riêng, đòi hỏi phải đưa vào những điều kiện cục bộ trong quá trình tính toán.

Từ những phân tích ở trên, cho phép rút ra những kết luận sau đây.

— Các lưu lượng nằm trong phạm vi lớn hơn $0,9 Q_{max}$ (tương ứng là $0,9 D_{max}$) có khả năng tạo lòng lớn nhất. Chính những lưu lượng này gây ra sự thay đổi cơ bản, kể cả sự thay đổi đột biến trong lòng sông được tạo nên bởi các pha lưu lượng nhỏ hơn.

— Trong phạm vi lưu lượng tương đối lớn ($0,6-0,7$) Q_{max} , dòng chảy có khả năng làm thay đổi những thành tạo trung bình của dòng sông. Chỉ trong điều kiện này mới sử dụng khái niệm lưu lượng tạo lòng.

Thực tế khi áp dụng chỉ tiêu ổn định tổng hợp do Grisanhin đề xuất trên cơ sở của hệ phương trình Saint – Venant cho thấy rằng, trong mùa cạn thường xảy ra quá trình tích tụ cát bùn, và trong giai đoạn lũ trung bình lòng sông có xu thế cân bằng tương đối. Ở những lưu lượng gần với lưu lượng lưu lượng lớn nhất năm xuất hiện tình trạng xói lở nghiêm trọng [3]. Bởi vậy theo quan điểm của chúng tôi, trong khi nghiên cứu diễn biến lòng sông, không chỉ sử dụng một giá trị lưu lượng tạo lòng duy nhất, mà nên sử dụng ba giá trị lưu lượng khác nhau, đặc trưng cho ba khoảng lưu lượng, trong đó lòng sông có những thay đổi khác nhau:

— Giá trị lưu lượng lớn $Q_1 = 0,9 \bar{Q}_{max}$

— Lưu lượng lũ trung bình $Q_2 = 0,65 \bar{Q}_{max}$. Đây chính là lưu lượng tạo lòng như vẫn thường sử dụng.

— Lưu lượng nhỏ trung bình mùa cạn Q_3 .

— Xuất phát từ những luật cứ trên, đã xác định được ba giá trị lưu lượng trên cho các trạm trên hệ thống sông Hồng (bảng 3)

Bảng 3 — Các lưu lượng ở một số trạm trên sông Hồng (m^3/s)

Trạm	Sơn Tây	Hà Nội	Thượng Cát	Hòa Bình	Yên Bái	Phù Ninh
Q_1	15800	11100	4260	9180	4730	4790
Q_2	11400	8000	3070	6630	3420	3460
Q_3	1590	1270	334	648	389	504

So sánh với kết quả tính toán ở bảng (3) thấy rõ ràng trị số Q_2 xấp xỉ với kết quả theo [1], giá trị tính theo [2] phần nào thiên nhỏ.

Như vậy, nếu chỉ cần xác định lưu lượng tạo lòng, cách tính toán như đã trình bày rất đơn giản, nhanh chóng nhưng cho kết quả chính xác, thuận tiện hơn nhiều so với phương pháp Macaveev, đặc biệt phải xây dựng quan hệ Q_1-J , mà nhiều khi không thu được mức độ bảo đảm cần thiết./

1. Hoàng Hữu Văn. Xác định chế độ tạo lòng của sông Đà trước và sau khi có hồ điều tiết Hòa Bình. Tuyển tập công trình nghiên cứu thủy lực bùn cát và lòng dẫn sông Hồng của Viện nghiên cứu khoa học thủy lợi. Hà Nội, 1984.
2. Vi Văn Vị. Dòng chảy cát bùn sông Hồng. Viện Khí tượng thủy văn, 1981.
3. Nhiên tác giả. Một số kết quả nghiên cứu khoa học 1985 — 1986 Hà Nội, 1987.
4. Đại học thủy lợi. Giáo trình động lực học lòng sông. Hà Nội, 1970.
5. V. I. Andrôpôvski. Quan hệ của các dạng diễn biến lòng sông với các nhân tố ảnh hưởng. Tuyển tập công trình số 183. NXB KTTV 1970, (tiếng Nga).
6. I.E. Karaxev. Lưu lượng tạo lòng. Tạp chí Khí tượng thủy văn, số 8/1986 (tiếng Nga)

TÀI NGUYÊN NƯỚC Ở HẠ LƯU...

(Tiếp theo trang 8)

Tóm lại, tiềm năng nguồn nước của hạ lưu vực sông Mê công khá phong phú. Nhưng nguồn nước đó chẳng những phân bố không đều giữa các nhánh sông mà còn phân phối không đều trong năm. Đặc điểm này đã gây nên lũ lụt, ngập úng trong mùa lũ, thiếu nước trầm trọng trong mùa khô cạn, triều mặn xâm nhập sâu vào trong sông và nội đồng, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất và đời sống.

Vi vậy, để khai thác tổng hợp, hợp lý nguồn nước sông Mê công, cần thi hành các biện pháp tổng hợp về thủy lợi, thủy điện, nông lâm nghiệp để điều tiết dòng chảy, phòng chống lũ lụt, úng hạn, chua phèn, mặn ở đồng bằng châu thổ. Các biện pháp trên cần được triển khai một cách khoa học trong phạm vi toàn vùng, toàn nước ven sông nhằm đem lại lợi ích chung cho các nước. Cùng với việc khai thác nguồn nước, cần có các biện pháp bảo vệ nguồn nước khỏi bị nhiễm bẩn, cạn kiệt.

Để đạt được các mục tiêu trên, trước hết cần củng cố, bổ sung lưới trạm KTTV trong toàn vùng; đặc biệt là phạm vi lãnh thổ ba nước Đông Dương. Đây mạnh sự hợp tác giữa ba nước Đông Dương trong công tác KTTV nói chung, nghiên cứu đánh giá tài nguyên nước sông Mê công nói riêng./.