

Chương 2

BÙN CÁT TRONG HỒ CHỨA

2.1. ĐẶC TÍNH BỒI LẮNG TRONG HỒ CHỨA

Bồi lắng trong hồ chứa chủ yếu có 3 vấn đề: hình thái bồi lắng, phân bố bồi lắng và số lượng của nó. Các nhân tố ảnh hưởng đến sự bồi lắng trong hồ chứa chủ yếu có: địa hình vùng hồ bao gồm địa hình hồ và địa hình lòng sông; sự tổ hợp của lượng nước đến, lượng bùn cát và thành phần hạt; phương thức vận hành hồ chứa; dung tích hồ chứa và quy mô xả lớn nhỏ, có hay không có nhập lưu.

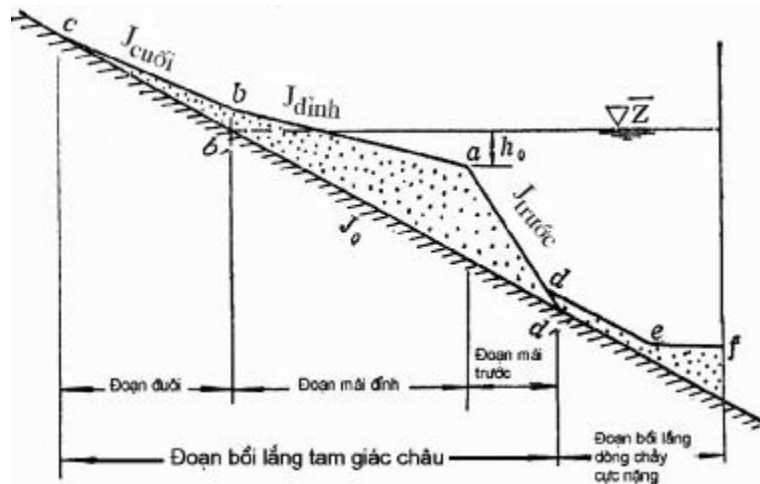
2.1.1. Hình thái bồi lắng hướng dọc

Từ tài liệu thực đo hiện có về bồi lắng trong hồ chứa cho thấy hình thái bồi lắng hướng dọc đại thể có thể phân làm 3 loại: tam giác châu, thể nhọn và hình dạng giải. Có một số hình thái bồi lắng trong hồ chứa trung gian giữa 3 loại hình thái trên hoặc thể hiện cả 3 loại. Điều này có quan hệ mật thiết với phương thức sử dụng hồ chứa.

1. Bồi lắng tam giác châu

Dạng này phần lớn xuất hiện trong hồ chứa trên dòng sông ít bùn cát, chủ yếu là do bùn cát di đầy bồi lắng hình thành. Thực tế trên dòng sông có nhiều bùn cát cũng có hình thái bồi lắng tam giác châu. Căn cứ đặc điểm ngoại hình của mặt cắt dọc bùn cát bồi lắng và sự thay đổi dọc đường của hạt bùn cát trên lòng sông tam giác châu lại có thể phân thành 3 phần: đoạn đuôi, đoạn mái đỉnh (mặt trên), đoạn mái trước (mặt trước), ngoài ra còn có đoạn bồi lắng dòng chảy dị trọng và đoạn bồi lắng trước đập (xem hình 2-1).

- a. Đặc điểm chủ yếu của đoạn đuôi: Dòng chảy bùn cát ở trạng thái quá bão hòa, hạt thô nhất trong bùn cát nhập vào hồ đầu tiên lắng xuống, thể hiện một cách rõ ràng tác dụng lựa chọn của dòng chảy đối với bùn cát, vật bồi lắng chủ yếu là tương đối thô trong chất di đầy và chất lơ lửng. Do kết quả bồi lắng làm cho mực nước vật dâng cao tương ứng, đường nước dềnh hướng ngược lên thượng lưu mà kéo dài, ảnh hưởng đến phần đuôi.
- b. Đặc điểm chủ yếu của đoạn mái đỉnh: Dòng chảy chứa cát đã tiếp cận trạng thái bão hòa đồng thời do đường nước dềnh của đoạn đuôi không ngừng biến động, làm cho một phần bùn cát tương đối thô bồi lắng ở đoạn này. Sự biến đổi của bùn cát đáy sông dọc theo sông không lớn, tạo nên mái dốc dần dần thoải, dòng chảy tiếp cận dòng chảy đều hình thái mặt cắt của tam giác châu có quan hệ với dòng sông nhất định.



Hình 2-1. Sơ đồ phân bố bồi lắng hướng dọc

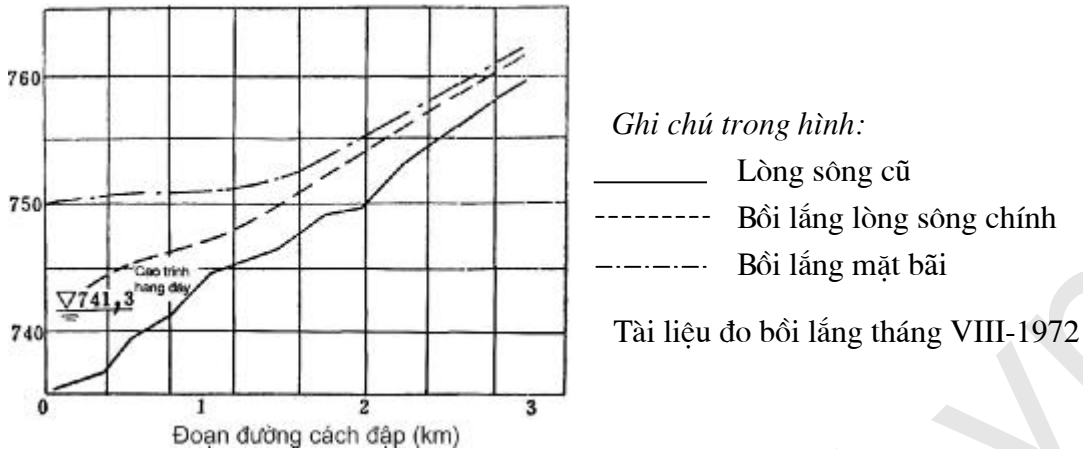
- c. Đặc điểm chủ yếu của đoạn mái trước: Độ sâu nước tăng đột ngột, lưu tốc giảm đột ngột, dòng chảy bùn cát lại bão hòa nên phần lớn chúng bồi lắng ở đây, bùn cát lơ lửng cũng như sự tổ thành vật bồi lắng lại dọc đường thay đổi lớn. Kết quả của việc bồi lắng làm cho tam giác châu không ngừng chảy xuống hạ lưu.
- d. Đặc điểm chủ yếu của đoạn bồi lắng dòng chảy dị trọng: sau khi dòng chảy dị trọng xâm nhập vào hồ chứa, một phần bùn cát của dòng chảy chưa thể đến trước đập nên phát sinh hiện tượng chậm lại mà tạo nên bồi lắng. Nói chung, trong bùn cát bồi lắng có khoảng trên 80% có đường kính hạt nhỏ hơn 0,02 mm nên sự phân bố bồi lắng tương đối đồng đều.
- e. Đặc điểm chủ yếu của đoạn bồi lắng trước đập: Sự bồi lắng bùn cát là do dòng chảy dị trọng (nước đục) không thể tháo ra ngoài hồ chứa mà tập kết lại, bồi lắng trong dòng nước tĩnh, hạt có kích thước và phân bố cực đều.

Phân tích tài liệu thực đo cho thấy bùn cát bồi lắng trên tam giác châu chiếm khoảng 60% tổng lượng cát nhập vào hồ trong khi bồi lắng trên đoạn dòng chảy dị trọng chỉ chiếm khoảng 10%, 30% còn lại bồi lắng trước đập hoặc tháo xuống hạ lưu.

2. Bồi lắng thể nhọn

Loại này thường xuất hiện ở hồ chứa loại nhỏ trên dòng sông nhiều cát. Đặc điểm chủ yếu của chúng là: hiện tượng bồi lắng sẽ phát triển rất nhanh đến trước đập, bồi lắng nhiều, hình thành bồi lắng thể nhọn, (hình 2-2).

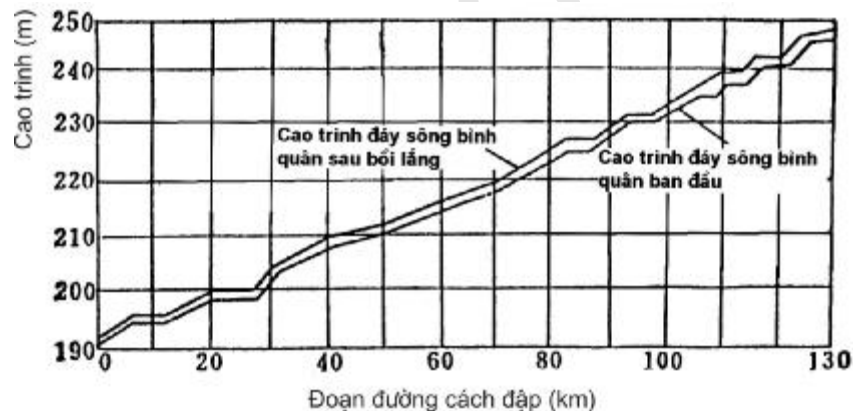
Nguyên nhân chủ yếu là do đoạn nước dâng ngắn, độ dốc đáy lớn, đập không cao, hàm lượng cát đến hồ lớn v.v... ngoài ra do dòng chảy dị trọng bồi lắng. Với hồ chứa loại vừa và lớn trên sông nhiều cát, trong điều kiện nhất định cũng có thể xuất hiện hình thái bồi lắng thể nhọn. Hồ loại bồi ở vùng khe núi sâu, nếu mực nước hồ tương đối thấp thì lưu tốc khu hồ tương đối lớn, phần lớn bùn cát bị dẫn đến trước đập mà bồi lắng, hồ chứa nước trên sông có lượng bùn cát nhỏ rất ít xuất hiện hình thái bồi lắng thể nhọn.



Hình 2-2. Mặt cắt dọc bồi lắng trong hồ chứa Hắc Tùng Lâm - Túc Tây

3. Bồi lắng dạng giải

Loại này thường xuất hiện trong hồ chứa hình lòng sông, ít cát, khi vận hành hồ bình thường mực nước thay đổi tương đối lớn, có tính chu kỳ. Từ trước đập đến đầu mút nước vật hình thành bồi lắng đều dạng giải, (hình 2-3).



Hình 2-3. Mặt cắt dọc bồi lắng hồ chứa đầy nước

4. Hiện tượng bồi lắng kéo dài lên thượng nguồn hồ chứa

Nguyên nhân là do mực nước hồ hạ thấp, phù sa bồi lắng bị xói đi, từ từ kéo lên thượng lưu. Hoặc, mực nước hồ hạ thấp, sau khi ảnh hưởng của nước dâng không còn sự bồi lắng bùn cát tiếp tục hướng lên thượng lưu mà phát triển, làm cho phạm vi bồi lắng từ đoạn cuối nước dâng trở lên ngày càng kéo dài, có hiện tượng “vĩnh đuôi”. Ví dụ như hiện tượng bồi lắng ở đoạn sông Hoài (Trung Quốc) thuộc hồ chứa Tam Môn Hiệp đã kéo ngược lên rất xa tạo nên hiện tượng lầy thụt hóa và kiềm mặn hóa 2 bên bờ sông Hoài đã ảnh hưởng nghiêm trọng đến sản xuất nông nghiệp. Vì lòng sông bồi lên cao nên cũng sẽ ảnh hưởng đến phòng chống lũ trên sông.

2.1.2. Hình thái mặt cắt ngang bồi lắng hồ chứa

Hiện tượng bồi lắng bùn cát trên lòng sông nhiều phù sa cho thấy mặt cắt ngang của nó về cơ bản song song nâng lên làm cho chênh lệch độ cao trong lòng bãi của khu hồ giảm nhỏ. Khi mực nước hồ hạ xuống với phương thức vận hành tháo hết nước thì trong lòng hồ có thể lại xuất hiện một giải máng sâu. Vì thế sự phát triển thay đổi mặt cắt ngang nói chung tồn tại quy luật “bãi chết mà lòng máng sống”, nghĩa là bãi chỉ có thể bồi mà không xói và dần dần bồi cao; lòng máng chính thì có bồi có xói. Có lúc có thể xuất hiện hiện tượng máng chính bị chuyển động mà tạo sạt lở đất bãi song không thể đem đất bãi đi mà xói đến đáy.

Bồi lắng của hồ chứa dòng sông ít phù sa có hình thái mặt cắt ngang là: Trên mặt cắt ngang của đoạn nước tĩnh khu nước dềnh hàng năm, nói chung chiều rộng bồi lắng lớn, độ dày mỏng. Về cơ bản là dọc theo chu vi ước đáy hồ thì bồi lắng đều, chỉ trong trường hợp sản sinh bồi lắng dòng dị trọng mới xuất hiện bồi lắng trước hồ. Ở đoạn nước dềnh hàng năm, bồi lắng lấy máng chính làm chủ, trên hai bờ hoặc đất bãi bồi lắng tương đối ít. Ở đoạn hồ cong có tác dụng hoàn lưu, bồi lắng tập trung ở bờ cong lồi. Bờ cong lõm nói chung cũng bồi nhưng về số lượng thì ít hơn nhiều. Hình thái mặt cắt ngang bồi lắng của hồ chứa là rất phức tạp, những điều nêu trên chỉ là đại biểu cho các trường hợp thường gặp.

2.1.3. Phân bố đường kính hạt bùn cát bồi lắng

Sự phân bố dọc đường của đường kính hạt bùn cát bồi lắng khu hồ nói chung giảm dần từ trên xuống dưới. Căn cứ vào đặc điểm chuyển động của bùn cát trong dòng chảy ở đoạn nước dềnh biến động, tuyệt đại bộ phận bùn cát bồi lắng thuộc về bộ phận hạt thô trong chất di đáy và chất lơ lửng, đoạn nước chảy trong khu nước dềnh hàng năm chủ yếu là bùn cát tương đối nhỏ trong chất lơ lửng, ở đoạn nước tĩnh toàn bộ là bùn cát cực nhỏ trong chất chảy xiết. Loại hiện tượng có tính quy luật này là tác dụng phân truyền dòng chảy tạo thành.

Sự phân bố đường kính hạt bùn cát bồi lắng có liên quan đến phương thức vận hành hồ chứa. Chẳng hạn khi vận hành trữ nước, bùn cát bồi lắng hướng dọc ở đoạn đuôi tam giác châu và đoạn mái trước bị hai lần lựa chọn. Khi vận hành chậm lũ, bùn cát bồi lắng dọc đường thay đổi chậm. Khi vận hành “tích trong tháo đục” hầu như ở vào giữa 2 loại.

2.2. ĐẶC TÍNH XẢ CÁT VÀ XÓI LỞ TRONG HỒ CHỨA

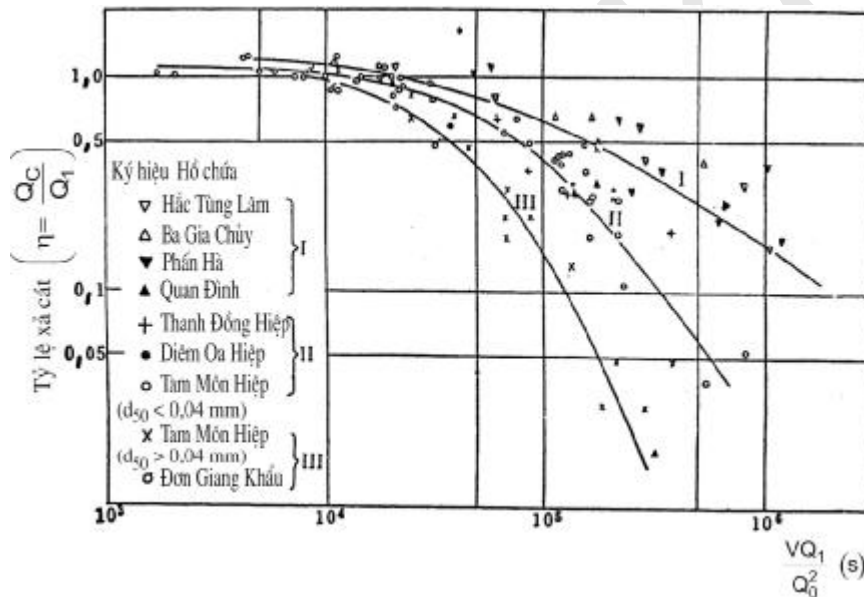
2.2.1. Dâng nước xả cát (hoặc gọi là chậm lũ xả cát)

Thông thường hồ chứa xả cát trong thời gian chậm lũ, nhưng do năng lực xả nước tương đối nhỏ, thường không thể kịp thời xả lũ một cách suôn sẻ, cũng có lúc vì để giảm bớt nước lũ cho vùng hạ lưu, thường giữ lại một phần nước lũ ở trong hồ làm cho mực nước hồ dâng cao, loại phương thức xả cát này gọi là dâng nước xả cát. Các nhân tố chính ảnh hưởng đến việc dâng nước xả cát là thời gian đọng lại của bùn cát trong đoạn nước dâng càng dài thì bồi lắng càng nhiều, tỷ số tiêu thoát cát (lượng cát xả ra khỏi hồ / lượng cát nhập vào hồ) cũng càng nhỏ. Tính toán thời gian lưu lại trong đoạn nước dâng có thể lấy dung tích hồ (V), dưới mực nước hồ chia cho lưu lượng xả ra khỏi

hồ Q_C để biểu thị. Ngoài ra tỷ lệ xả cát còn có quan hệ nhất định với tỷ số lưu lượng vào ra khỏi hồ Q_C/Q_1 . Tỷ số dâng nước xả cát nói chung nhỏ hơn 100% do hệ số cát đến S/Q khác nhau (xem công thức 2-3) phức tạp nên trong hồ chứa Tam Môn Hiệp có đặc điểm “đến nhiều tháo nhiều, đến ít tháo ít”. Thực tế việc tính toán dâng nước xả cát còn ở vào giai đoạn có tính kinh nghiệm. Tài liệu thực đo của một hồ chứa nào đó thường chỉ thực dụng đối với hồ nghiên cứu, đối với các hồ khác chỉ để làm tham khảo.

Trường Đại học Thanh Hoa và Phòng Khoa học Thiểm Tây đã phân tích tài liệu thực đo của 8 hồ chứa ở Trung Quốc đã vẽ được đường quan hệ giữa tỷ số xả cát η_S và tham số bồi lắng hồ V_{Q_1}/Q_C^2 như hình 2-4a, được công thức kinh nghiệm là:

$$\eta_S = f\left(\frac{Q_C^2}{V_{Q_1}}, \frac{1}{\omega}, \frac{1}{B}\right) = \frac{K}{B\omega} \left(\frac{Q_C^2}{V_{Q_1}}\right)^2 \quad (2-1)$$



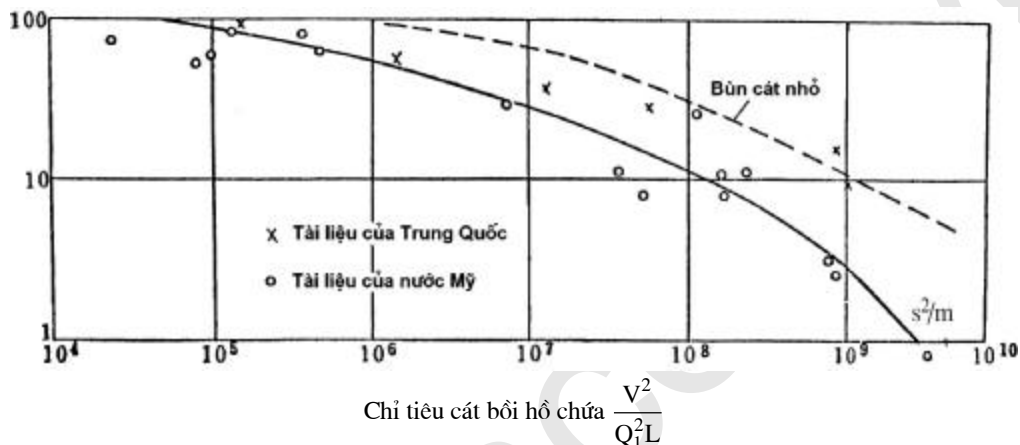
Hình 2-4a. Quan hệ kinh nghiệm tỷ số dâng nước xả cát

Trong hình vẽ có 3 đường cong, điều kiện ứng dụng là: Đường I - Cát đến hồ nhỏ mịn hoặc nồng độ cao, độ dốc địa hình trong khu hồ tương đối dốc hoặc mặt cát tương đối sâu hẹp, tương đối thực dụng với hồ chứa loại vừa và nhỏ của dòng sông nhiều cát; Đường II - Hồ chứa loại lớn, bùn cát trong hồ có $d_{50} < 0,04$ mm có tính phổ biến (Tam Môn Hiệp); Đường III - Với hồ chứa loại lớn, cát đến ít và thô (hồ chứa Đơn Giang Khẩu). Từ hình (2-4a) tra được khi $V_{Q_1}/Q_C^2 \approx 10^4$ thì tỷ số xả cát tiếp cận 100%.

Ghi chú:

Trên thế giới hiện nay cũng dùng phương pháp kinh nghiệm để tính toán tỷ số xả cát. Chẳng hạn, ở hình 2-4b có đường cong kinh nghiệm, tỷ số xả cát và chỉ tiêu cát bồi lắng trong hồ chứa nước thuộc lưu vực Tianneis (Mỹ). Trong hình 2-4b, trục ngang là

chỉ tiêu bùn cát bồi lắng trong hồ, lấy tỷ số giữa thời gian chậm lũ và lưu tốc bình quân để biểu thị. Thời gian chậm lũ lấy dung tích hồ dưới mực nước hồ bình quân chia cho lưu lượng bình quân ngày của hồ, nghĩa là V/Q ; lưu tốc bình quân lấy lưu lượng bình quân ngày chảy vào hồ chia cho diện tích mặt cắt bình quân (diện tích này lấy bằng dung tích hồ chia cho chiều dài nước vật L khi hồ đạt mực nước bình quân) và chỉ tiêu cát bồi lắng trong hồ viết thành $V/Q_1^2 L$. Ở đây dung tích hồ tính bằng m^3 , chiều dài nước dềnh (m), lưu lượng nước bình quân ngày nhiều năm (m^3/s). Ở Trung Quốc quan hệ kinh nghiệm này đã được kiểm tra và được sử dụng trong thực tế sản xuất.



Hình 2-4b. Đường quan hệ kinh nghiệm tỷ số xả cát bình quân nhiều năm của hồ chứa nước

2.2.2. Xả cát tháo rỗng (lộ thoáng)

Trong quá trình hồ chứa xả rỗng, đuôi của nước dềnh dần dần dịch về trước đập, bùn cát đã bồi lắng trước đây cũng vì nước dềnh dịch xuống dưới mà bị xói. Loại phương thức xả cát này gọi là xả cát tháo rỗng với 2 loại xói lở dọc đường và xói lở ngược dòng.

1. Xói lở dọc đường

Đây là chỉ sự thay đổi điều kiện nước đến cát đến, khiến hình thái lòng sông cũ và sự tổ thành không thích ứng nhau, vì thế phát sinh xói lở và bồi lắng dọc đường. Mức độ thay đổi của nó chịu sự khống chế của điều kiện tự nhiên, vì thế cường độ xói lở dọc đường thấp hơn xói lở ngược dòng, song thời gian xói lở tương đối dài. Bùn cát bồi lắng đoạn gần đập có thể được dọn sạch nhờ xói lở ngược dòng, còn bùn cát bồi lắng ở đoạn cuối nước dềnh được dọn sạch nhờ xói lở dọc đường. Số lượng và vị trí xói lở dọc đường quyết định ở sức tải cát của dòng chảy và chiều dài khôi phục dọc đường của hàm lượng cát có thể tính theo các công thức kinh nghiệm sau:

a. Học viện Thủy lợi điện lực Vũ Hán

Theo số liệu thực đo của hồ chứa Thanh Đồng Hiệp (1967 - 1975):

- Khi vận hành trữ nước:

$$Q_{SC} = 255000(Q_1 J)^{1,65} \left(\frac{S_1}{Q_1} 10^3 \right)^{0,61} \quad (2-2a)$$

- Khi xả đục chứa trong:

$$Q_{SC} = 55000(Q_1 J)^{1,6} \left(\frac{S_1}{Q_1} 10^3 \right)^{0,64} \quad (2-2b)$$

trong đó:

Q_{SC} - lưu lượng chuyển cát xói dọc đường ra khỏi hồ bình quân thời khoảng (kg/s);

Q_1 - lưu lượng chảy vào hồ bình quân thời khoảng (m^3/s);

S_1 - hàm lượng cát chảy vào hồ bình quân thời khoảng (kg/m^3);

J - độ dốc mặt nước khu hồ bình quân thời khoảng (tỷ số);

b. Cục Công trình II của Bộ Thủy điện Trung Quốc

Theo số liệu thực đo của hồ chứa Tam Môn Hiệp:

$$Q_{SC} = C Q_1^2 J^2 \left(\frac{S_1}{Q_1} + K \right)^n \quad (2-3)$$

trong đó:

Q_{SC} - ý nghĩa giống trên nhưng đơn vị là tấn/giây;

$C = 1,055 \times 10^5$;

$K = 0,02$;

$n = 1,75$.

Các ký hiệu khác, ý nghĩa giống trên.

2. Xói lở ngược dòng

Hiện tượng này xảy ra chỉ khi hồ chứa tháo kiệt, sau khi mực nước trước đập giảm mạnh, bắt đầu từ cửa xả, lòng sông khu hồ sẽ phát sinh xói lở mạnh từ dưới lên trên gọi là xói lở ngược dòng. Lúc đầu, vận tốc xói tương đối nhanh, xói thành máng tương đối dốc và khi đã phát triển đến một chiều dài nhất định thì dần dần chậm lại, đồng thời bãi cát 2 bên máng không lở vào trong máng nữa. Hiệu quả loại xả cát này tương đối tốt. Các công thức kinh nghiệm về xói lở ngược dòng ở Trung Quốc có các dạng sau:

a. Khoa Thủy lợi trường Đại học Thanh Hoa

Theo số liệu của 10 hồ chứa lớn, vừa, nhỏ và tài liệu xói lở dọc đường hạ lưu của sông Hoàng, sông Vị:

$$Q_{SC} = K \frac{Q_C^{1/6} J^{1/2}}{B^{0,6}} \quad (2-4a)$$

trong đó:

B - chiều rộng bình quân khu hồ (m);

J - độ dốc;

Q_C - lưu lượng ra khỏi hồ bình quân thời khoảng (m^3/s);

K - hệ số cường độ chống xói của lòng sông.

Khi $K = 650$ thì đặc trưng tính năng chống xói của lòng sông tương đối yếu như vật chất bồi lắng mới của cát nhỏ; khi $K = 300$, đặc trưng tính năng chống xói bậc trung; khi $K = 180$ đặc trưng tính năng chống xói mạnh như hạt thô hoặc tinh dính của đất mạnh.

b. Cục công trình II của Bộ Thủy điện

Theo số liệu thực đo của hồ chứa Tam Môn Hiệp:

$$Q_{SC} = 250Q_C^2 J^2 \quad (2-4b)$$

trong đó:

Q_{SC} - đơn vị là tấn/giây;

Các kí hiệu khác ý nghĩa giống trên.

2.2.3. Xả cát dòng chảy dị trọng

Dòng chảy lũ sẵn có điều kiện sản sinh dòng chảy dị trọng, sau khi vào hồ sẽ theo hình thức dòng chảy dị trọng lặn xuống đáy hồ hướng về phía trước đập mà di đẩy nếu kịp thời mở cống xả xuống thì có thể mang theo một bộ phận bùn cát xả đi. Ưu điểm của loại xả cát này là lượng nước xung rửa ít, không ảnh hưởng đến việc trữ nước trong hồ, năng lực chuyển cát của dòng chảy dị trọng lớn, hiệu quả xả cát tốt. Vì thế hồ chứa nước loại lớn thường lợi dụng dòng chảy dị trọng để xả cát. Xả cát với dòng chảy dị trọng lúc đầu hàm lượng cát xả ra lớn nhất, hiệu suất xả cát cao, sau khi đỉnh lũ đã hạ thấp, hàm lượng cát và hiệu suất xả cát cũng theo đó mà giảm dần. Do tổn thất qua lực cản của dòng chảy dị trọng tương đối lớn nên chỉ có các hồ chứa loại vừa và nhỏ ở vùng núi trên các dòng sông có nhiều cát, độ dốc lớn mới cho hiệu quả xả cát theo kiểu này tương đối lớn.

Phương pháp tính toán xả cát qua dòng dị trọng hiện nay có 2 loại, một là lợi dụng tài liệu thực đo xây dựng công thức kinh nghiệm tỷ lệ xả cát, hai là, vận dụng quy luật vận động của dòng chảy dị trọng mà tiến hành phân tích tính toán. Chẳng hạn, công thức kinh nghiệm tỷ lệ xả cát bình quân của dòng dị trọng η_S , đại học Thanh Hoa và Sở Khoa học Thủy Lợi Thiểm Tây được xây dựng trên cơ sở số liệu của 7 hồ chứa trong khu vực:

$$\eta_S = 6,4J_0^{0,46} \quad (2-5)$$

trong đó:

J_0 - độ dốc lòng sông cũ (‰);

η_S - tỷ số giữa tổng lượng cát ra khỏi hồ và chảy vào hồ.