

KHẢ NĂNG GIẢN HÓA ĐO ĐẶC TẠI TRẠM THỦY VĂN HOÀ BÌNH KHI HỒ CHỨA HOÀ BÌNH VẬN HÀNH XẢ LŨ

KS. Nguyễn Tiến Bạc
Trường Cao đẳng KTTV, Hà Nội

Việc thực hiện đo đạc các yếu tố thủy văn để thu thập số liệu về các quá trình thủy văn của một con sông (một hệ thống sông), phân tích những số liệu đó giúp ta hiểu sâu sắc hơn các quá trình này, đồng thời những số liệu được sử dụng như các dữ kiện đầu vào trực tiếp của các mô hình mô phỏng thủy văn dùng trong thiết kế, tính toán và dự báo thủy văn.

Trong các yếu tố thủy văn, lưu lượng nước là yếu tố đóng vai trò quan trọng trong công việc thiết kế các công trình đầu mối thủy lợi, thủy điện, giao thông vận tải, dự báo thủy văn nâng cao hiệu quả phòng tránh và giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai....

Hiện nay, việc xác định lưu lượng nước chảy qua mặt cắt ngang sông thường được tính ra từ các đo đạc vận tốc và độ sâu (đo mặt cắt ngang sông), cho dù những thiết bị đo hiện đại cho trị số lưu lượng nước ngay khi máy chạy qua mặt cắt ngang sông, nhưng vẫn dựa trên nguyên tắc đo tốc độ dòng nước và đo sâu mặt cắt ngang sông.

Việc quan trắc, đo đạc các số liệu thủy văn thường có sai số so với trị số thực của nó, sai số đó do nhiều nguyên nhân gây nên, các nguyên nhân đó được phân làm hai loại:

- Nguyên nhân khách quan,
- Nguyên nhân chủ quan.

Trong các nguyên nhân chủ quan gây sai số thì việc kéo dài thời gian đo đạc trên sông làm cho số liệu đo đạc có sai số lớn so với trị số thực của các yếu tố thủy văn là chủ yếu.

Trạm thủy văn Hoà Bình trên sông Đà cách đập hồ chứa nước Hoà Bình khoảng 6km về phía hạ lưu, chế độ quan trắc các yếu tố thủy văn tại đây hoàn toàn phụ thuộc vào chế độ vận hành của hồ chứa nước Hoà Bình. Số ca đo lưu lượng nước trong năm tương đối nhiều (trung bình 120 ca đo/năm), có năm tới 141 ca đo (1999). Khi đập mở nhiều cửa xả đáy (đóng các cửa xả đáy) chế độ thủy văn, thủy lực đoạn sông biến đổi phức tạp, các ca đo thường gặp nguy hiểm. Bởi vậy, xây dựng một số phương án giản hoá đo lưu lượng nước cần đặt ra đối với Trạm thủy văn Hoà Bình.

1. Mô tả trạm đo, đoạn sông đặt trạm và công trình đo đạc

Trạm thủy văn Hoà Bình được thành lập từ năm 1955 tại phố Đứng thị xã Hoà Bình với nhiệm vụ quan trắc đo đạc các yếu tố thủy văn của sông Đà tại khu vực Hoà Bình nhằm phục vụ công tác điều tra cơ bản và phòng chống lũ lụt cho đồng bằng sông Hồng.

Nhà máy thủy điện Hoà Bình được xây dựng tại vị trí đoạn sông đặt trạm, bởi vậy năm 1986 trạm được di dời và xây dựng công trình đo đạc mới tại địa điểm Phố Ngọc- xã Trung Minh- huyện Kỳ Sơn- tỉnh Hòa Bình.

Trạm được xây dựng bên bờ tả của sông Đà, đoạn sông đặt trạm tương đối thẳng, phía bờ phải cấu tạo địa chất tốt bởi đá phong hóa cho nên bờ sông tương đối

ổn định qua các năm. Phía bờ trái cấu tạo bởi đất pha cát nên hàng năm thường bị xói lở từ 1 ÷ 1,5 m.

Lòng sông qua theo dõi nhiều năm (đặc biệt gần đây) ít thay đổi, đáy sông tương đối bằng phẳng, độ sâu giữa các thủy trực đo sâu kế tiếp chênh lệch nhỏ ($\Delta h < 0,7m$).

Phía thượng lưu đoạn sông đặt trạm tính đến đập Nhà máy thủy điện Hòa Bình có hai nhánh suối nhỏ nhập lưu là ngòi Đứng và Sủ Ngòi.

- *Mốc chính*: hiện nay mốc chính của trạm có độ cao $\nabla = 22326$ mm, do Cục Bản đồ xây dựng, trạm được phép sử dụng từ năm 1995. Mốc được xây dựng bên bờ trái tuyến đo (nhà trạm cũ), ngoài ra trạm còn xây dựng thêm một mốc kiểm tra bên bờ phải tuyến đo (cạnh giếng tự ghi) cao độ được dẫn từ mốc chính, $\nabla_{Re} = 22646mm$.

- *Mức nước*: Quan trắc mức nước hàng ngày bằng công trình máy tự ghi Van - dai và kết hợp với hệ thống cọc quan trắc kiểm tra bao gồm 48 cọc. Chế độ quan trắc kiểm tra 2 lần/ ngày vào lúc 7 giờ và 19 giờ. Từ năm 1995 đến nay, chất lượng tài liệu mức nước tốt, ổn định và hợp lý.

- *Lưu lượng nước*: Công trình đo lưu lượng là cáp treo thuyền, thuyền bằng sắt có máy đẩy được di chuyển theo hệ thống cáp căng qua sông, định vị theo từng thủy trực bằng biển thủy trực. Với độ rộng trung bình của sông khoảng 300m, khoảng cách giữa các thủy trực đo sâu là 10m, giữa các thủy trực đo tốc độ là 20m. Toàn mặt ngang có 14 đường thủy trực đo tốc độ chính và 4 đường thủy trực đo phụ khi mực nước cao ngập bãi. Thứ tự của các đường thủy trực được đánh số từ bờ trái sang bờ phải.

- *Lưu lượng chất lơ lửng*: phương tiện lấy mẫu là máy phù sa kiểu chai, lấy mẫu nước trên toàn mặt ngang và trên đường thủy trực đại biểu theo phương pháp tích sâu (tích phân).

Qua kiểm tra, theo dõi hàng năm chất lượng các công trình quan trắc ổn định và hoạt động tốt.

2. Hiện trạng đo đạc, chỉnh biên số liệu và chế độ thủy văn

Mức nước: Về mùa cạn, số liệu mức nước hàng ngày được tra trên giản đồ máy tự ghi mức nước, khai toán vào các giờ lẻ, mức nước trung bình ngày tính theo phương pháp bình quân số học.

Về mùa lũ khi đóng, mở các cửa xả đáy (kỳ ổn định) mức nước khai toán trên giản đồ vào các giờ lẻ. Khi đóng, mở các cửa xả đáy (kỳ không ổn định) mức nước khai toán trên giản đồ mỗi giờ một lần. Những ngày khai toán không đều giờ, mức nước trung bình ngày tính theo phương pháp bình quân gia quyền.

Lưu lượng nước: Về mùa cạn đập không đóng mở, lượng nước qua trạm đo là lượng nước điều tiết qua các tổ máy, việc bố trí các ca đo lưu lượng theo thời gian và các cấp mực nước.

Về mùa lũ, khi các cửa xả đáy mở (đóng), các ca đo được bố trí theo các lần đóng mở (có ngày 5 ca đo), đường quan hệ $Q = f(H)$ của một lần xả đóng có dạng vòng dây nhưng độ rộng của vòng dây khá lớn do độ dốc phụ gia lúc đóng xả so với lúc ổn định chênh lệch lớn (không giống lũ tự nhiên).

Phương pháp xử lý: Từ khi bắt đầu xả đến lúc xả ổn định coi như các nhánh lũ lên, từ khi đóng đến khi đóng ổn định coi như các nhánh lũ xuống và các điểm đo ở thời kỳ này là không ổn định. Khi sự điều tiết qua các tổ máy và qua các cửa xả đáy ổn định, điểm đo lưu lượng được bố trí theo chế độ ổn định theo các cấp mực nước, tài

liệu các ca đo được sử dụng cho việc xác định đường quan hệ $Q = f(H)$ ổn định hàng năm.

Lưu lượng chất lơ lửng: Số lần đo lưu lượng chất lơ lửng hàng năm khoảng 30 lần, phân bố đều trên các cấp độ đục. Sử dụng số liệu đó để xây dựng quan hệ hàm lượng chất lơ lửng mặt ngang với hàm lượng chất lơ lửng đại biểu ($\rho_{m/ng} \sim \rho_{đb}$). Qua các năm, đường quan hệ tương đối tốt, hệ số $k = 1,00$ và $b = 0,00$.

Nhìn chung tất cả các yếu tố thủy văn mà trạm đã quan trắc, đo đạc được hàng năm đạt chất lượng cao, phản ánh đúng thực tế, tin cậy, sử dụng tốt.

Chế độ thủy văn: Khu vực trạm đo nằm phía hạ lưu đập thủy điện, bởi vậy chế độ thủy văn của đoạn sông đặt trạm hoàn toàn phụ thuộc vào điều tiết nước qua đập (lượng nước qua các tổ máy và qua các cửa xả đáy).

Về mùa kiệt, biên độ mực nước tại tuyến quan trắc dao động trong ngày phụ thuộc vào công suất phát điện của nhà máy (lượng nước qua các tổ máy). Mực nước thấp nhất các năm dao động trong khoảng 11,0m ứng với lưu lượng khoảng 260 m³/s, thường xuất hiện vào tháng II. Biên độ mực nước ngày dao động từ 1,0÷1,5m.

Về mùa lũ, sự dao động mực nước và biến đổi lưu lượng tại tuyến quan trắc trong ngày phụ thuộc vào sự thay đổi số cửa xả đáy trong ngày. Mực nước cao nhất hàng năm phụ thuộc vào số cửa xả đáy lớn nhất trong năm đó. Với 7 cửa xả đáy, mực nước tại tuyến quan trắc khoảng 2150cm ứng với lưu lượng khoảng 10600m³/s, với 6 cửa xả đáy mực nước tại tuyến quan trắc khoảng 2070cm ứng với lưu lượng khoảng 9400m³/s ... thường xuất hiện vào tháng VII hoặc tháng VIII.

Khi nhà máy điều tiết xả hay đóng, tại tuyến đo của trạm, mực nước, lưu lượng thay đổi đột ngột, do vậy các yếu tố thủy lực tại đoạn sông đặt trạm không thay đổi từ từ, không mang tính chất bù trừ lẫn nhau mà biến đổi đột ngột và phức tạp. Cho nên việc bố trí chế độ đo không tuân theo quy tắc chung mà mang đặc thù riêng của trạm đo dưới hạ lưu công trình thủy điện.

Hàm lượng chất lơ lửng quan trắc được tại tuyến đo qua tính toán hàng năm tương đối nhỏ (so với các trạm khác trên cùng triền sông) vì khi nước qua đập một phần lượng chất lơ lửng đã bị lắng đọng trên lòng hồ. Vào mùa kiệt, nước trong sông có thời kỳ rất trong, hàm lượng chất lơ lửng nhỏ nhất hàng năm vào khoảng 21g/m³. Vào mùa lũ, hàm lượng chất lơ lửng tuy có lớn, nhưng hàm lượng chất lơ lửng lớn nhất hàng năm chỉ khoảng 250g/m³.

Nhìn chung, chế độ thủy văn của đoạn sông đặt trạm hoàn toàn phụ thuộc vào chế độ đóng, xả các cửa đáy (chế độ vận hành của đập) không giống với chế độ thủy văn của các đoạn sông tự nhiên khác.

3. Khả năng giản hóa đo đạc

a) Phương án giảm đường thủy trực đo tốc độ

Trạm thủy văn Hòa Bình từ khi di chuyển tới vị trí mới (hiện nay), trong quá trình đo đạc lưu lượng nước, tuyến đo lưu lượng vẫn giữ nguyên 14 đường thủy trực đo tốc độ với khoảng cách giữa các đường là 20m. Hiện nay vẫn chưa có phương án giảm đường thủy trực đo tốc độ nói chung và phương án đo lũ khi đập thủy điện mở nhiều cửa xả đáy nói riêng. Bài viết này đề xuất một số phương án giảm đường làm cơ sở cho việc tinh giản đo đạc.

Đối với những trạm đã có tài liệu đo đạc trên 3 năm, cần nghiên cứu giảm bớt số đường thủy trực đo tốc độ, nếu kết quả lưu lượng nước tính được sau khi giảm

đường thủy trực đo tốc độ so với khi chưa giảm có 95% số điểm sai số nằm trong phạm vi ($\pm 3\%$). Sau khi giảm đường thủy trực đo tốc độ, tuyến đo lưu lượng trạm Hòa Bình ($B_{bq} \approx 300m$) còn từ 8÷10 đường thủy trực đo tốc độ (theo quy phạm 94 TCN 3-90).

Căn cứ vào trắc đồ ngang, biểu đồ phân bố tốc độ theo độ sâu và biểu đồ phân bố tốc độ trên toàn mặt ngang trong nhiều năm, giữ lại 9 thủy trực: 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 13 và 14. Hai bên mép bờ dày hơn vì khi mực nước H xuống thấp, thủy trực 14 không đo được, khi mực nước H cao, khoảng cách từ mép nước tới thủy trực gần bờ $b \leq 1/10 B$.

Do đặc thù riêng của trạm đo ở phía hạ lưu đập, khi xả và đóng các cửa xả đáy, trên đường quan hệ $Q = f(H)$ xuất hiện hai thời kỳ: thời kỳ không ổn định và thời kỳ ổn định ở cấp H cao. Thời kỳ ổn định ứng với thời gian xả và đóng ổn định, thời kỳ không ổn định từ lúc xả đến xả ổn định và từ lúc đóng đến đóng ổn định.

Vấn đề đặt ra cho nhóm nghiên cứu là chọn tài liệu như thế nào để bảo đảm tính đồng nhất và có cùng nguyên nhân hình thành.

Hai mẫu số liệu đã qua chỉnh biên được chọn để phục vụ cho việc xây dựng phương án giảm đường:

- Mẫu số liệu ổn định gồm các ca đo khi các cửa xả đáy đóng (mở) ở trạng thái ổn định, từ năm 1995 ÷ 2000 gồm 52 ca đo.

- Mẫu số liệu đo không ổn định bao gồm các ca đo từ lúc đóng xả đến đóng xả ổn định) từ năm 1998 ÷ 2000 gồm 76 ca đo.

Tác giả tiến hành tính toán 52 số đo ổn định và 76 số đo không ổn định với 9 đường thủy trực giữ lại (thủy trực cơ bản), dùng phần mềm Microsoft Excel vẽ đồ thị và tính toán sai số, kết quả như sau:

Mẫu ổn định

Phương trình hồi qui : $Q_{(d/đ)} = 1,005 \times Q_{(g/đường)} + 13,2$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9995 \rightarrow R = 0,9997$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 0,88\%$,

Sai số tương đối lớn nhất : $\Delta Q_{Max} = 1,8\%$,

Sai số tương đối nhỏ nhất : $\Delta Q_{Min} = 0,00\%$.

Sai số hệ thống:

$$E_r = 0,674 \times \frac{(1 - R^2)}{\sqrt{n}} \times 100$$

$$E_r = 0,674 \times \frac{(1 - 0,9995)}{\sqrt{52}} \times 100$$

$$E_r = 0,00005$$

Mẫu không ổn định

Phương trình hồi qui : $Q_{(d/đ)} = 1,0164 \times Q_{(g/đường)} + 29,969$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9989 \rightarrow R = 0,9994$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 1,36\%$,

Sai số tương đối lớn nhất : $\Delta Q_{Max} = 3,35\%$,

Sai số tương đối nhỏ nhất : $\Delta Q_{Min} = 0,00\%$.

Sai số hệ thống:

$$E_r = 0,674 \times \frac{(1 - R^2)}{\sqrt{n}} \times 100$$

$$E_r = 0,674 \times \frac{(1 - 0,9989)}{\sqrt{76}} \times 100$$

$$E_r = 0,0001$$

Phân tích kết quả: hai mẫu chọn xây dựng phương án cho kết quả khá tốt, mẫu ổn định có 100% số điểm quan hệ có sai số tương đối $< \pm 3\%$, mẫu không ổn định có 98,4% số điểm quan hệ có sai số tương đối $< \pm 3\%$, cả hai mẫu hệ số tương quan lớn ($\approx 1,00$), sai số đường nhỏ và sai số hệ thống rất nhỏ.

b. Phương án giảm điểm đo trên đường thủy trực

Khi đập tràn xả và đóng cửa đáy, cường suất mực nước lớn biến đổi nhanh, trong thời gian khoảng 10 phút ΔH có thể từ 20 ÷ 30cm. Mực nước tính toán của các ca đo đều tính theo công thức mực nước tương ứng. Do vậy, để giảm bớt thời gian đo trên sông, các ca đo chỉ đo tốc độ tại điểm 0,6h ở các đường thủy trực.

Những điểm đo ổn định đều đo theo phương pháp 3 điểm (0,2h, 0,6h và 0,8h). Do hạn chế về số liệu nên chỉ chọn những ca đo ổn định để xây dựng phương án giảm điểm đo, từ 3 điểm xuống còn một điểm 0,6h trên các đường thủy trực.

Mẫu chọn 52 điểm đo trong 6 năm từ 1995 ÷ 2000, từ các số đo đó tính lại lưu lượng ứng với 1 điểm đo tốc độ trên thủy trực, ta có 52 điểm quan hệ cho phương án giảm điểm. Dùng phần mềm Microsoft Excel vẽ đồ thị quan hệ và tiến hành tính sai số, kết quả như sau:

$$\begin{aligned} \text{Phương trình hồi qui : } Q_{(d/d\ddot{u})} &= 0,977 \times Q_{(g/di\ddot{e}m)} - 12,0, \\ \text{Hệ số tương quan : } R^2 &= 0,9993 \rightarrow R = 0,9996, \\ \text{Sai số quân phương : } \sigma_d &= 0,98\%, \\ \text{Sai số tương đối lớn nhất : } \Delta Q_{\max} &= 3,8\%, \\ \text{Sai số tương đối nhỏ nhất : } \Delta Q_{\min} &= 0,00\%, \\ \text{Sai số hệ thống: } E_r &= 0,00007. \end{aligned}$$

Phân tích kết quả: Điểm quan hệ phân bố đều trên các cấp mực nước từ mực nước ứng với một cửa xả đáy tới mực nước ứng với bảy cửa xả đáy, 99% số điểm quan hệ có sai số tương đối $< \pm 3\%$, chỉ có một điểm có sai số 3,3%, hệ số tương quan lớn ($\approx 1,0$), sai số đường rất nhỏ ($< 1,0$). Các phân tích trên có thể kết luận rằng lưu lượng đo theo phương pháp một điểm có quan hệ chặt chẽ với lưu lượng đo theo phương pháp ba điểm, trị số lưu lượng đo theo phương pháp một điểm lớn hơn trị số lưu lượng đo theo phương pháp ba điểm khoảng 2,5%. Phương án có khả năng dùng tốt cho mọi cấp mực nước.

c. Phương án đường thủy trực đại biểu

Phương án giảm đường thủy trực đo tốc độ trên mặt cắt ngang tuyến đo lưu lượng từ 14 đường xuống còn 9 đường, 9 đường thủy trực đo tốc độ còn lại chọn lấy 1 đường làm đường thủy trực tốc độ đại biểu. Để đạt được mục tiêu đó, tác giả tiến hành

xây dựng các biểu đồ quan hệ giữa tốc độ bình quân mặt ngang với tốc độ trung bình các thủy trực cho hai mẫu số liệu ổn định 52 số đo và không ổn định 76 số đo:

$$V_{(m/ng)} \sim V_{(tt4)} , \quad V_{(m/ng)} \sim V_{(tt6)} , \quad V_{(m/ng)} \sim V_{(tt8)}$$

$$V_{(m/ng)} \sim V_{(tt10)} , \quad V_{(m/ng)} \sim V_{(tt12)}$$

Dùng phần mềm Microsoft Excel vẽ các biểu đồ quan hệ và lập bảng tính sai số, kết quả như sau :

• *Mẫu số liệu ổn định*

- *Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(tt4)}$*

$$\text{Phương trình hồi qui : } V_{(m/ng)} = 0,9907 \times V_{(tt4)} - 0,0148,$$

$$\text{Hệ số tương quan : } R^2 = 0,9819 \rightarrow R = 0,9909,$$

$$\text{Sai số quân phương : } \sigma_d = 3,56\%,$$

$$\text{Sai số hệ thống : } E_r = 0,002.$$

- *Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(tt6)}$*

$$\text{Phương trình hồi qui : } V_{(m/ng)} = 0,9045 \times V_{(tt6)} - 0,0253,$$

$$\text{Hệ số tương quan : } R^2 = 0,9815 \rightarrow R = 0,9907,$$

$$\text{Sai số quân phương : } \sigma_d = 3,3\%,$$

$$\text{Sai số hệ thống : } E_r = 0,002.$$

- *Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(tt8)}$*

$$\text{Phương trình hồi qui : } V_{(m/ng)} = 0,8243 \times V_{(tt8)} - 0,0353,$$

$$\text{Hệ số tương quan : } R^2 = 0,987 \rightarrow R = 0,9934,$$

$$\text{Sai số quân phương : } \sigma_d = 2,80\%,$$

$$\text{Sai số hệ thống : } E_r = 0,001.$$

- *Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(tt10)}$*

$$\text{Phương trình hồi qui : } V_{(m/ng)} = 0,7922 \times V_{(tt10)} - 0,0103,$$

$$\text{Hệ số tương quan : } R^2 = 0,9846 \rightarrow R = 0,9922,$$

$$\text{Sai số quân phương : } \sigma_d = 3,96\%,$$

$$\text{Sai số hệ thống : } E_r = 0,002.$$

- *Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(tt12)}$*

$$\text{Phương trình hồi qui : } V_{(m/ng)} = 0,8452 \times V_{(tt12)} + 0,2667,$$

$$\text{Hệ số tương quan : } R^2 = 0,9489 \rightarrow R = 0,9689,$$

$$\text{Sai số quân phương : } \sigma_d = 6,73\%,$$

$$\text{Sai số hệ thống : } E_r = 0,005.$$

Phân tích kết quả: Tất cả 5 biểu đồ tương quan đều là tương quan tuyến tính, quan hệ chặt, có hệ số tương quan lớn ($> 0,97$), bốn quan hệ có sai số quân phương (sai số đường) $< 5\%$. Biểu đồ quan hệ ($V_{(m/ng)} \sim V_{(tt8)}$) có hệ số tương quan lớn nhất ($r=0,9934$) và sai số quân phương (sai số đường) nhỏ nhất ($\sigma = 2,8\%$). Từ phân tích trên thấy rằng tốc độ bình quân mặt ngang của tuyến đo lưu lượng có quan hệ chặt chẽ nhất với tốc độ bình quân của thủy trực số 8. Bởi vậy, tác giả chọn đường thủy trực đo tốc độ số 8 làm đường thủy trực đại biểu đo tốc độ khi cần thiết.

• *Mẫu số liệu không ổn định*

- Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(u4)}$

Phương trình hồi qui : $V_{(m/ng)} = 0,9568 \times V_{(u4)} + 0,0703$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,973 \rightarrow R = 0,9864$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 5,0\%$,

Sai số hệ thống : $E_r = 0,003$.

- Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(u6)}$

Phương trình hồi qui : $V_{(m/ng)} = 0,914 \times V_{(u6)} - 0,0262$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9706 \rightarrow R = 0,9852$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 4,9\%$,

Sai số hệ thống : $E_r = 0,004$.

- Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(u8)}$

Phương trình hồi qui : $V_{(m/ng)} = 0,822 \times V_{(u8)} - 0,0355$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9874 \rightarrow R = 0,9937$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 3,60\%$,

Sai số hệ thống : $E_r = 0,002$.

- Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(u10)}$

Phương trình hồi qui : $V_{(m/ng)} = 0,7742 \times V_{(u10)} + 0,0227$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9823 \rightarrow R = 0,9911$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 4,8\%$,

Sai số hệ thống : $E_r = 0,002$.

- Quan hệ $V_{(m/ng)} \sim V_{(u12)}$

Phương trình hồi qui : $V_{(m/ng)} = 0,8562 \times V_{(u12)} + 0,2283$,

Hệ số tương quan : $R^2 = 0,9512 \rightarrow R = 0,9753$,

Sai số quân phương : $\sigma_d = 7,2\%$,

Sai số hệ thống : $E_r = 0,006$.

Phân tích kết quả: Tất cả 5 biểu đồ tương quan đều là tương quan tuyến tính, quan hệ chặt, có hệ số tương quan lớn ($> 0,97$), bốn quan hệ có sai số quân phương (sai số đường) $< 5,0\%$. Biểu đồ quan hệ ($V_{(m/ng)} \sim V_{(u8)}$) có hệ số tương quan lớn nhất ($r = 0,9935$) và sai số quân phương (sai số đường) nhỏ nhất ($\sigma = 3,6\%$). Từ phân tích trên thấy rằng tốc độ bình quân mặt ngang của tuyến đo lưu lượng trong trường hợp đo không ổn định (đóng xả cửa xả đáy) có quan hệ tốt nhất với tốc độ bình quân của thủy trực số 8. Bởi vậy tác giả chọn đường thủy trực đo tốc độ số 8 làm đường thủy trực đại biểu đo tốc độ khi xả và đóng cửa xả đáy.

4. Kết luận và khuyến nghị

Trạm thủy văn Hoà Bình, mặt cắt đo lưu lượng nước có độ rộng trung bình ($< 300m$) bố trí 14 đường thủy trực đo tốc độ là quá nhiều so với các trạm nằm trong lưới trạm cơ bản khi mà trạm đã có gần 10 năm tài liệu (từ khi đập thủy điện vận hành). Tác giả đã xây dựng phương án giảm đường với 2 mẫu tài liệu: 52 điểm đo ổn định và 76 điểm đo không ổn định, giảm từ 14 đường còn 9 đường phù hợp với quy phạm 94 TCN 3-90 (những trạm thủy văn có độ rộng mặt cắt ngang từ $100 \div 300m$, số đường thủy trực cơ bản đo tốc độ từ $8 \div 10$). Cả hai mẫu tài liệu đều có hệ số tương

quan $r \approx 1,0$, sai số đường $\sigma < 1,5\%$, trên 97% số điểm có sai số tương đối $\Delta < \pm 3,0\%$, hai phương trình hồi qui là:

$$\begin{aligned} Q_{(d/dù)} &= 1,005 \times Q_{(g/đường)} + 13,2 \quad (\text{đo ổn định}), \\ Q_{(d/dù)} &= 1,016 \times Q_{(g/đường)} + 29,9 \quad (\text{đo không ổn định}). \end{aligned}$$

Thông qua kết quả tính toán và phân tích, Trạm thủy văn Hòa Bình có thể giảm số đường thủy trực đo tốc độ trên mặt cắt ngang nhằm giảm thời gian đo đạc trên sông nhưng tài liệu vẫn đảm bảo chất lượng tốt.

Đường thủy trực số 8 là đường thủy trực đo tốc độ đại biểu dùng khi đo ổn định lẫn đo không ổn định với hai phương trình hồi qui khác nhau:

$$\begin{aligned} V_{(m/ng)} &= 0,824 \times V_{(db)} - 0,0353 \quad (\text{đo ổn định}) \\ V_{(m/ng)} &= 0,822 \times V_{(db)} - 0,0355 \quad (\text{đo không ổn định}). \end{aligned}$$

Tác giả bài viết đề xuất dùng chung một phương trình cho cả đo ổn định và không ổn định trong những trường hợp cần thiết như khi xả 5÷7 cửa xả đáy vì lúc này mực nước cao ($H > 19\text{m}$), các ca đo thường gặp nguy hiểm.

$$\begin{aligned} V_{(m/ng)} &= 0,823 \times V_{(db)} - 0,0354 \\ Q_{(m/ngang)} &= F \times (0,823 \times V_{(db)} - 0,0354) \\ F_{(m/ngang)} &= 3,0303 \times H - 1089,7 \quad (\text{phương trình được xác định trên quan hệ } (F \sim H) \text{ ./}). \end{aligned}$$