# Chương II - TÍNH TOÁN DÒNG CHẢY TRONG ĐIỀU KIỆN TỰ NHIÊN

**MỤC TIÊU CHƯƠNG**

*Người học cần nắm được các vấn đề sau:*

*- Các phương pháp tính toán lưu lượng dòng chảy lũ và mực nước đỉnh lũ thiết kế*

*- Phương pháp phân tích tương quan tuyến tính*

*- Các khái niệm mực nước thông thuyền, mực nước thi công, mực nước thấp nhất...*

**NỘI DUNG CHƯƠNG**

## **2.1. NHỮNG QUI ĐỊNH CHUNG**

*Lưu lượng lớn nhất của dòng chảy lũ, lưu lượng dòng bùn đá, các loại mực nước thiết kế, các đặc trưng dòng chảy là kết quả của quá trình dòng chảy hình thành trên bản thân của lưu vực được gọi là điều kiện thiên nhiên thông thường. Các đặc trưng thuỷ văn do ảnh hưởng của thuỷ triều, hồ đập,... không đề cập trong chương này.*

### **2.1.1. Nguyên tắc cơ bản trong việc tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế**

Khi tiến hành công tác tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế cần phải nghiên cứu các quy phạm chuyên ngành và đồng thời cũng phải tuân theo các quy định khác liên quan trong các quy phạm xây dựng đã ban hành.

### **2.1.2. Sử dụng những nguồn tài liệu hiện có**

Trong tính toán các đặc trưng thuỷ văn thiết kế cần sử dụng triệt để các nguồn tài liệu hiện có như:

* Tài liệu quan trắc của các trạm khí tượng, thuỷ văn do Tổng cục Khí tượng Thuỷ văn chỉnh biên và đã xuất bản dưới hình thức niên giám và sổ đặc trưng;
* Tài liệu thuỷ văn ở các trạm dùng riêng;
* Tài liệu khảo sát, điều tra thuỷ văn tại khu vực dự án;
* Tài liệu tổng hợp tình hình thuỷ văn từng địa phương, đặc điểm thuỷ văn các tỉnh;
* Tài liệu của các công trình khác trong khu vực có liên quan.

### **2.1.3. Kiểm tra phân tích tài liệu gốc về các mặt.**

Tuỳ theo tình hình tài liệu thu thập được ở tuyến công trình mà sử dụng các phương pháp tính toán các đặc trưng thuỷ văn. Trong trường hợp sử dụng trực tiếp tài liệu đo đạc ở tuyến công trình hoặc lưu vực tương tự cần tiến hành kiểm tra phân tích tài liệu gốc về các mặt:

* Tính chất đầy đủ và mức độ tin cậy của tài liệu;
* Sự phù hợp giữa tài liệu quan trắc được và chế độ mực nước (lưu lượng) tự nhiên;
* Nguyên nhân gây nên các mực nước cao (lũ lớn, ứ dềnh, vỡ đê...);
* Số lần đo và phương pháp đo lưu lượng trong thời gian nước lớn;
* Cách đo đạc và tính toán dòng chảy qua bãi sông nhánh ở tuyến công trình;
* Cách xét ảnh hưởng của cây cỏ mọc trong lòng sông, sự biến dạng của lòng sông;
* Kiểm tra về hệ cao độ của các chuỗi số liệu;
* Sự phù hợp giữa mực nước lưu lượng lớn nhất, nhỏ nhất dọc sông;
* Mức độ chính xác của việc ngoại suy đường cong lưu lượng ở phần nước cao, nước thấp;
* Sự cân bằng lượng nước bình quân từng năm, từng mùa dọc sông. Những tài liệu quan trắc không đáng tin cậy, nếu không hiệu chỉnh được cần loại trừ ra khỏi tài liệu tính toán. Trong trường hợp cần thiết có thể tiến hành tính toán lại dòng chảy từng ngày, tháng năm;
* Đối với các sông chịu ảnh hưởng điều tiết của kho nước, hồ đầm nhân tạo cần thiết phải khôi phục lại chế độ dòng chảy tự nhiên bằng cách dùng các hệ số hiệu chỉnh dựa trên cơ sở tình hình thực tế mất nước hoặc tháo nước vào sông phía trên tuyến công trình.

### **2.1.4. Điều kiện chọn lưu vực tương tự**

Trong trường hợp không có tài liệu đo đạc thuỷ văn gần tuyến thiết kế công trình, có thể sử dụng tài liệu tương ứng của trạm thuỷ văn gần nhất trên sông tương tự. Khi sử dụng tài liệu của sông tương tự cần hiệu chỉnh sự chênh lệch về diện tích, về lượng mưa và bốc hơi giữa lưu vực tương tự và lưu vực nghiên cứu.

Khi lựa chọn lưu vực tương tự cần đảm bảo các điều kiện sau đây:

* Sự tương tự về điều kiện khí hậu;
* Tính đồng bộ về sự dao động dòng chảy theo thời gian (có quan hệ tương quan trong thời kỳ đo đạc song song);
* Tính đồng nhất về điều kiện hình thành dòng chảy, địa chất, thổ nhưỡng, địa chất thuỷ văn, tỷ lệ rừng, đầm lầy và điều kiện canh tác trên lưu vực;
* Không có những yếu tố làm thay đổi dòng chảy tự nhiên của dòng chảy;
* Tỷ lệ giữa các diện tích không được vượt quá 5 lần, chênh lệch về độ cao bình quân lưu vực không quá 300m.

## **2.2. TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG ĐỈNH LŨ THIẾT KẾ**

Trong tính toán lũ, có hai phương pháp chính là phương pháp thống kê xác suất và phương pháp phân tích nguyên nhân hình thành dòng chảy. Phương pháp thống kê xác suất dùng trong trường hợp lưu vực tính toán có tài liệu quan trắc trong nhiều năm, còn phương pháp phân tích nguyên nhân hình thành dòng chảy được dùng trong trường hợp thiếu tài liệu thực đo.

Vấn đề chọn dạng đường tần suất trong tính toán dòng chảy lũ là việc lựa chọn đường phân phối xác suất thích hợp, vì trong tính toán lũ các trị số thiết kế thường ở các tần suất nhỏ trên phần ngoại suy của đường cong tần suất, việc ứng dụng các dạng đường tần suất khác nhau sẽ cho kết quả khác nhau.

Trong thực tế với dòng chảy lũ ở nước ta thường dùng các dạng đường tần suất như: Pearson III (PIII), Kritski-Menkel (K-M), Logarit PIII.

### **2.2.1. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế khi có tài liệu đo đạc thuỷ văn**

Do dòng chảy lũ là hiện tượng phức tạp về nguyên nhân hình thành, về số lượng các trận lũ trong năm, tính biến động của chuỗi thống kê các đặc trưng lũ nên khi nghiên cứu tính toán lưu lượng đỉnh lũ thiết kế cũng cần phải xem xét các vấn đề khác như: chọn mẫu; xử lý lũ đặc biệt lớn, dạng đường tần suất và hệ số an toàn lũ.

Khi chọn dạng đường tần suất trong thống kê lũ cần đề cập các mặt sau:

+ Phù hợp về tính chất vật lý của dòng chảy lũ, cận trên cận dưới của các hàm phân phối xác suất thường phụ thuộc vào các đặc trưng thống kê, sự thay đổi các đặc trưng thống kê đó tới một giới hạn nào đó làm cho hàm phân phối xác suất xuất hiện những giá trị không phù hợp với ý nghĩa vật lý của dòng chảy lũ.

+ Sự phù hợp giữa đường tần suất lý luận với các điểm kinh nghiệm có thể đánh giá bằng kinh nghiệm qua phân tích đường tần suất lý luận hoặc đánh giá bằng các chỉ tiêu toán học: Kolmogorop, χ2, ...

* + - 1. *Những qui định về chuỗi số liệu quan trắc*

Trong thực tế tính toán, chuỗi quan trắc thuỷ văn dù có dài bao nhiêu nó cũng chỉ là một mẫu so với tổng thể của chúng. Vì vậy muốn mẫu đó phản ánh được tình hình phân bố của tổng thể thì chúng phải có tính đại biểu, đồng nhất và ngẫu nhiên độc lập.

Tài liệu quan trắc được xem là đủ tin cậy có thể sử dụng trực tiếp vào công tác tính toán phải đảm bảo được các yêu cầu sau đây:

+ Số lần đo đạc trong quá trình từng trận lũ phải đủ đảm bảo bắt được mực nước cao nhất của trận lũ;

+ Liệt quan trắc phải liên tục và khống chế được những năm có lũ lớn;

+ Số năm quan trắc không ít hơn 20 năm.

* + - 1. ***Đường tần suất lý luận***

Đường tần suất lý luận là một cách nói để phân biệt với đường tần suất kinh nghiệm mà thôi. Thực chất đường tần suất lý luận là mô hình phân phối xác suất được sử dụng trong tính toán thuỷ văn nó tương đối phù hợp với tính chất vật lý của hiện tượng thuỷ văn, chứ chưa phải là xuất phát từ lý thuyết xác suất để chứng minh hiện tượng thuỷ văn phù hợp với mô hình phân phối xác suất toán học.

Đường tần suất chính là đường luỹ tích của hàm phân phối xác suất.

P (X > Xi) =  (2-1)

Trong đó: P(X > XP­) - tần suất của giá trị X > Xp

f (x) - hàm mật độ tần suất

\* Đường tần suất Piêcxơn III (PIII):

X



Xo

a

Xd

d



Po

**Hình 2.1. Đường mật độ hàm tần suất PearsonIII**

Phương trình đường mật độ đường tần suất Piêcxơn III có dạng

P = P0 (2-2)

Trong đó:

a - khoảng cách từ khởi điểm của đường mật độ tần suất đến vị trí số đông.

P0 - tung độ đường mật độ tần suất ở vị trí số động Xd.

d - khoảng cách giữa số bình quân  và số đông Xd.

Tính chất cơ bản của đường Piêcxơn III là đầu trái giới hạn tại vị trí nhỏ nhất X0. Còn đầu phải là vô hạn. Qua phương trình đường mật độ tần suất ta thấy đường Piêcxơn III có 3 tham số là P0, a, d. Như vậy khi 3 thông số này được xác định thì ứng với mỗi trị số X ta tìm được mật độ tần suất y. Người ta đã xác định được quan hệ giữa các tham số trên với các đặc trưng thống kê thuỷ văn như sau:

 (2-3)

 (2-4)

 (2-5)

Hàm gamam  có bảng tra sẵn.

Do đó nếu biết , Cv, Cs của mẫu thống kê thì đường phân bố mật độ tần suất f(X) hoàn toàn xác định, tích phân f(X) ta sẽ đường tần suất lý luận Piêcxơn III.

\* Đường tần suất lý luận Kritski - Menken (đường K - M)

Do nhược điểm của đường Piêcxơn III là khi Cs < 2Cv thì không phù hợp với ý nghĩa vật lý của hiện tượng thuỷ văn. Hai ông Kritski - Menken đã xây dựng mô hình phân phối tần suất với các yêu cầu sâu:

- Mô hình phân phối tần suất với 3 thông số , Cv, Cs. Do Cs trong tính toán có nhiều sai số nên các ông đề nghị lấy Cs = m.Cv theo quy luật của nhiều sông.

- Hình dạng hàm mật độ tần suất là dạng hình quả chuông úp, chỉ có một số đông.

- Đại lượng X bị chặn một đầu, Xmin = 0 với tỷ số Cv/Cs bất kỳ, như vậy trị số biến ngẫu thay đổi từ 0 đến ∞ (0 < x < ∞)

Kritski - Memken dùng hàm mật độ tần suất Piêcxơn III với Cs = 2Cv làm gốc chuẩn để tính toán.

* + - 1. *Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Pearson III (PIII)*

Bước 1: Liệt số liệu chọn để tính toán là mỗi năm chọn một trị số lưu lượng lớn nhất và thống kê thành một chuỗi dài nhiều năm liên tục. Sắp xếp số liệu lưu lượng lớn nhất năm theo thứ tự giảm dần.

Bước 2: Tính tần suất kinh nghiệm (tính tần suất kinh nghiệm theo chuỗi thực đo) theo công thức kỳ vọng:

 (2-6)

trong đó:

m: số thứ tự của liệt sắp xếp từ lớn đến bé.

n: số năm quan trắc (dùng cho trường hợp mỗi năm chọn một trị số).

Bước 3: Vẽ các điểm tần suất kinh nghiệm (quan hệ QP ~ P%) lên giấy tần suất.

Bước 4: Tính các thông số thống kê của đường tần suất lý luận:

+ Tính lưu lượng trung bình (Qtb):

 (2-7)

trong đó:

Qi: lưu lượng lớn nhất của năm thứ i, m3/s;

n: số năm quan trắc liên tục.

+ Tính hệ số phân tán Cv theo phương pháp “mô men”:

 (2-8)

trong đó:

Ki: hệ số mô đuyn dòng chảy lũ,



+ Tính hệ số thiên lệch (Cs):

 (2-9)

Bước 5: So sánh xem Cs có thoả mãn bất đẳng thức kép

 (2-10) hay không, trong đó 

Nếu không thoả mãn thì phải bỏ giá trị Cs do tính ra để chọn Cs từ giá trị Cv để đưa vào tìm ΦP.

Bước 6: Dựa vào các hệ số Cv, Cs để tra hệ số ΦP của đường tần suất PIII.

Sử dụng có thể dùng bảng tra ΦP của Foster và Rưpkin (xem phụ lục 2 - 1).

Bước 7: Xác định lưu lượng thiết kế tần suất P% theo công thức:

QP = Qtb.KP = Qtb(1+ΦP.Cv) (2-11)

Bước 8: Kiểm tra sự phù hợp giữa đường tần suất lý luận và đường kinh nghiệm bằng cách chấm quan hệ QP - P% lên giấy tần suất, nối các điểm đó thành đường tần suất lý luận. Nếu đường tần suất lý luận phù hợp với điểm tần suất kinh nghiệm là được.

Nếu không phù hợp thì thay đổi một trong 3 hay 2 thậm chí cả 3 thông số lần lượt là Cs, Cv, Qtb để đạt được kết quả tốt nhất (đường tần suất lý luận nằm giữa băng điểm tần suất kinh nghiệm) bằng cách xem xét sự ảnh hưởng của các thông số tới đường tần suất lý luận. Điều đó có nghĩa là phải làm lại từ bước 6 đến bước 8.

* + - 1. *Tính lưu lượng đỉnh lũ theo phương pháp thống kê xác suất với hàm phân phối Krítski-Menken hay phân phối Gamma ba tham số.*

Các bước tính toán như sau:

* Thực hiện từ bước 1 đến bước 4 giống như mục 2.2.2.2;
* Từ Cv, Cs tính được lập tỷ số ;
* Căn cứ vào Cv và tỷ số , xem phụ lục 2 -2 tra ra KP ứng với tần suất P%;
* Xác định lưu lượng thiết kế tần suất P% theo công thức:

QP = Qtb.KP

* Thực hiện bước 8 giống như ở mục 2.2.2.2.

\* Trong quá trình tính toán thường hay gặp những trận lũ đặc biệt lớn nằm trong hoặc ngoài chuỗi số liệu dùng để tính toán cần phải tiến hành xử lý lũ đặc biệt lớn. Mục đích của xử lý lũ đặc biệt lớn là cho phép kéo dài chuỗi số làm tăng thêm tính đại biểu của chuỗi số. Lợi dụng triệt để các tài liệu điều tra các trận lũ đặc biệt lớn đưa vào chuỗi thống kê để kéo dài chuỗi số, hạn chế sai số lấy mẫu. Đồng thời cũng phải tìm dạng đường tần suất lý luận phù hợp nhất đối với các đặc trưng dòng chảy lũ, tìm giới hạn đường cong tần suất nhằm xây dựng đường cong thích hợp.

Việc xử lý lũ đặc biệt lớn gồm hai bước: Tính tần suất kinh nghiệm và tính các tham số thống kê của chuỗi có lũ đặc biệt lớn.

Bước 1: Tính tần suất kinh nghiệm.

Sau khi xác định được thời kỳ lặp lại (N) tính tần suất kinh nghiệm của lũ đặc biệt lớn theo công thức:

 (2-12)

trong đó:

M: số thứ tự của lũ đặc biệt lớn sắp xếp từ lớn tới nhỏ;

N: thời kỳ xuất hiện lại của lũ đặc biệt lớn.

Các trận lũ thường khác xác định theo công thức (2-1).

Bước 2: Tính các tham số thống kê

- Tính các tham số thống kê khi lũ đặc biệt lớn nằm ngoài chuỗi thực đo:

Đây là trường hợp trong các năm quan trắc có một trận lũ đặc biệt lớn xảy ra và biết rằng N năm trước đó không có trận lũ nào lớn hơn hoặc bằng nó.

 (2-13)

 (2-14)

Trong trường hợp có a trận lũ đặc biệt lớn thì:

 (2-15)

 (2-16)

* Tính các tham số thống kê khi lũ đặc biệt lớn nằm trong chuỗi thực đo:

 (2-17)

 (2-18)

Trong trường hợp có a trận lũ đặc biệt lớn thì:

 (2-19)

 (2-20)

Hệ số Cs tính giống mục 2.2.2.2.

* So sánh kết quả tính toán của các hàm phân bố khác nhau.

Khi tính toán lũ thiết kế cho công trình lớn cần cộng thêm vào trị số lưu lượng tính được ở trên một trị số ΔQP gọi là số hiệu chỉnh an toàn. Giá trị này phụ thuộc vào mức độ tin cậy của số liệu, nó xét đến khả năng trận lũ quan trắc được rơi vào thời kỳ ít nước và được tính theo công thức:

 (2-21)

trong đó:

a: hệ số phụ thuộc vào mức độ tin cậy của tài liệu thuỷ văn ở lưu vực nghiên cứu; a=0,7 đối với lưu vực có nhiều tài liệu nghiên cứu và a=1,5 đối với trường hợp có ít tài liệu;

QmaxP: trị số lưu lượng lấy từ đường tần suất ứng với tần suất thiết kế P%;

EP: sai số quân phương của tung độ đường tần suất phụ thuộc vào hệ số biến động Cv và lấy trong bảng 2-1;

n: số năm có tài liệu sau khi đã kéo dài.

Trị số ΔQP trong mọi trường hợp tính toán không lấy lớn hơn 20% trị số QmaxP.

Như vậy trị số lưu lượng thiết kế sẽ bằng:

QP = QmaxP + ΔQP (2-22)

Bảng 2-1. Quan hệ EP =f(Cv) với P=0,01%

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cv | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| EP | 0,25 | 0,45 | 0,64 | 0,80 | 0,97 | 1,12 | 1,26 | 1,40 | 1,56 | 1,71 | 1,89 | 2,06 | 2,22 | 2,40 |

### **2.2.2. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế khi chuỗi tài liệu quan trắc ngắn.**

Khi chuỗi số liệu quan trắc ngắn thì cần phải bổ sung kéo dài tài liệu hoặc thay đổi cách lấy mẫu. Việc kéo dài được thực hiện bằng phương pháp đồ giải hay giải tích. Nếu tại tuyến vị trí công trình có tài liệu lưu lượng lũ không ít hơn 10 ÷ 15 năm và ở lưu vực tương tự có tài liệu đo đạc không ít hơn 20 ÷ 30 năm có thể kéo dài và bổ sung tài liệu theo trình tự sau:

+ Chọn lưu vực tương tự

+ Khảo sát sự thay đổi đồng bộ của dao động dòng chảy lũ của một hoặc nhiều lưu vực tương tự và lưu vực tính toán theo n năm thực từ đó chọn lưu vực có thời gian quan trắc dài và đồng bộ làm lưu vực tương tự;

+ Xây dựng quan hệ tương quan (đảm bảo hệ số tương quan r ≥ 0,8).

+ Sử dụng quan hệ tương quan để khôi phục lại các đỉnh lũ trong các năm không đo được

* + - 1. ***Phương pháp phân tích tương quan***

Phân tích tương quan nhằm bổ sung tài liệu cho trạm thiếu tài liệu tính toán, hoặc tìm mối quan hệ giữa hai đại lượng có sự tương quan với nhau ví dụ như giữa mưa rào và dòng chảy.

Bài toán chung của phân tích tương quan là: Nếu ta có trạm A với đầy đủ tài liệu với số năm tài liệu là N, trạm B có ít tài liệu với số năm có tài liệu là n.

X1, X2 .................. Xn, Xn+1 .................. XN.

Y1,Y2 .................. Yn

Tiến hành xây dựng quan hệ Y = f(x), từ đó có cơ sở bổ sung thêm tài liệu cho Y với các số liệu Yn+1, Yn+2 .........Yn. Quan hệ giữa X và Y ta gọi là quan hệ tương quan

***\* Phương trình hồi quy:***

Từ các trị số Xi và Yi là các cặp trị số tương ứng với nhau về mặt thời gian:

Y

X

X = a1 + b1Yi

Yi

X1

O

X2

**Hình 2.2. Đồ thị đường tương quan**

X1, X2, X3 ....... Xn

Y1, Y2, Y3 ....... Yn

Ta chấm các điểm lên toạ độ, như vậy ta sẽ có n điểm. Các điểm này tạo thành một dải dài và hẹp, thẳng thì ta nói giữa X và Y có sự tương quan đường thẳng, vẽ đường tương quan qua vùng điểm đó ta sẽ có phương trình:

Y = a + bX (2-23)

Với một giá trị Xi ta có thể có nhiều giá trị Y ví dụ Y1, Y2 lấy trung bình ta sẽ có Y = YTB = , vậy ta có thể viết.

Y = a + bXi (2-24)

Ta gọi Y là bình quân có điều kiện. Giả sử đường hồi quy ta đã biết, thì khoảng lệch giữa các điểm thường đo với giá trị bình quân là:

Yi - Y = Yi - (a + bXi) (2-25)

Tiêu chuẩn xét đường hồi quy là tổng khoảng lệch bình phương phải nhỏ nhất, tức là:

(Yi - Y)2 = (Yi - a - bXi)2 → min (2-26)

Muốn cho biểu thức trên đạt được giá trị min thì đạo hàm riêng đối với a và b phải bằng 0.

 (2-27)

Giải hệ phương trình trên ta xác định được a và b

 (2-28)

 (2-29)

Thay a và b vào Y = a + bXi, ta có



 (2-30)

Trong dó: Xi, Yi - là các trị số thực đo

, - là các trị bình quân

Y - Trị số bình quân có điều kiện ứng với Xi­ nào đó

Tương tự với quá trình lập luận như trên, nếu ta coi:

Y là biến số độc lập; X là số phụ thuộc

Thì phương trình hồi quy là:

X = a1 + b1Yi (2-31)

Và tương tự ta cũng có:



 (2-32)

***\* Hệ số tương quan:***

Hai đường thẳng:

Y

X

X = a1 + b1Y





O

Y = a + bX

α

**Hình 2.3. Phương trình xét hệ số tương quan**

Y = a + bX và X = a1 + b1Y

cắt nhau tại A, tại điểm này có toạ độ  và có một góc kẹp , khi băng điểm hẹp thì góc  nhỏ, khi  = 0 thì hai đường thẳng trùng lên nhau.

Hệ số tương quan nhằm đánh giá mức độ trùng nhau của hai đường thẳng này.

Đường Y = a + bX có hệ số góc là b

Đường X = a1 + b1Y biến đổi sang Y = f(X) sẽ có phương trình như sau: Y =  có hệ số góc là 

Muốn hay đường trùng lên nhau thì hệ số góc phải bằng nhau:

b = hay là bb1 = 1

và suy ra ở dạng tổng quát là:  (2-33)

Người ta đặt  là hệ số tương quan:  (2-34)

Thay  và 

vào  thì ta sẽ có:



 (2-35)

trong đó Kx =  Ky = 

Nếu  > 0 thì đường tương quan là đồng biến

 < 0 thì có quan hệ nghịch biến

***\* Phương trình hồi quy quan hệ với  và :***

Từ các công thức:

- Hệ số tương quan: 

- Hệ số góc: 

- Khoảng lệch quân phương:

 ;  (2-36)

Sau khi biến đổi xác định được hệ số góc của đường hồi quy là:

 và  (2-37)

Vậy phương trình hồi quy của đường tương quan là:

Y =  (2-38)

Hoặc

X =  (2-39)

* + - 1. ***Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp kéo dài chuỗi số liệu quan trắc ra thời kỳ nhiều năm***

Khi liệt quan trắc ngắn và không đủ tính đại biểu để xác định lưu lượng đỉnh lũ thiết kế, cần tiến hành kéo dài tài liệu dòng chảy của trạm tính toán. Việc kéo dài này được thực hiện nhờ phân tích tương quan hay các mô hình toán thuỷ văn.

* Phân tích tương quan, theo phương pháp này có thể:
* Kéo dài và bổ sung theo dòng chảy tương ứng của trạm thượng, hạ lưu hay lưu vực lân cận có chuỗi quan trắc dài đồng bộ và có quan hệ tương đối chặt chẽ;
* Kéo dài và bổ sung lẫn nhau theo quan hệ tương quan chặt giữa đỉnh lũ và lượng lũ;
* Kéo dài và bổ sung tài liệu lũ theo tài liệu mưa bằng quan hệ tương quan chặt chẽ giữa mưa lũ và lũ tương ứng.

Quan hệ tương quan gồm có tương quan tuyến tính và tương quan phi tuyến.

Đối với tương quan tuyến tính có thể dùng phương pháp giải tích với các bước thực hiện như sau:

* Chọn lưu vực sông tương tự (theo các điều kiện trên);
* Tính các số đặc trưng ,  (tt: tương tự);

- Tính hệ số tương quan: **≥** 0,8 (2-40)

* Tính sai số tiêu chuẩn:

**; ** (2-41)

* Phương trình hồi quy:

Q = a.Qtt + b

Với ****; **** (2-42)

* Dựa vào phương trình trên chuỗi số liệu được kéo dài theo số liệu của lưu vực tương tự. Sau đó dùng chuỗi số liệu này tính toàn lưu lượng đỉnh lũ giống như trường hợp có đủ số liệu. Trong trường hợp trạm lân cận và khu vực nghiên cứu gần nhau địa hình ít thay đổi thì có thể mượn trực tiếp tài liệu của trạm lân cận.

### **2.2.3. Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế trường hợp không có tài liệu quan trắc.**

* + - 1. ***Các công thức tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp gián tiếp từ mưa ra dòng chảy.***

Hiện nay ở nước ta bên cạnh các công thức của nước ngoài được ứng dụng để tính toán như các công thức của Bônđakốp, Alếchxêép, Xôkôlốpxki, công thức của Viện nghiên cứu thuỷ lợi Bắc Kinh. Một số tác giả trong nước cũng đã đưa ra công thức tính toán mới hoặc dựa theo các công thức của nước ngoài nhưng các thông số xác định theo tài liệu trong nước: *Tổng Công ty Tư vấn thiết kế Giao thông vận tải, Cục Thuỷ lợi, Trường Đại học Thuỷ lợi, Đại học Xây dựng...*

Để tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế, tuỳ theo diện tích lưu vực mà sử dụng một trong các công thức sau để tính toán:

* Đối với lưu vực có diện tích nhỏ hơn 100km2 thường sử dụng công thức sau.
  + Công thức cường độ giới hạn (Tiêu chuẩn 22 TCN 220-95).

 (2-43)

trong đó:

QP: lưu lượng đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế P%, m3/s.

HP: lượng mưa ngày lớn nhất ứng với tần suất thiết kế P% của trạm đại biểu cho lưu vực tính toán, mm. Trong tính toán cần cập nhật chuỗi số liệu mưa của trạm đại biểu đến thời điểm tính;

ϕ: hệ số dòng chảy lũ lấy theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nên lưu vực, lượng mưa ngày thiết kế (HP) và diện tích lưu vực (F);

AP: mô đuyn dòng chảy đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế là tỷ số giữa mô đuyn đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế P% với ϕHP. Khi δ = 1 trị số AP biểu thị bằng tỷ số:

 (2-44)

AP: xác định theo phụ lục 2-4, tuỳ thuộc vào đặc trưng địa mạo thuỷ văn của lòng sông Φls, thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τsd và vùng mưa;

δ: hệ số xét tới ảnh hưởng làm giảm nhỏ lưu lượng đỉnh lũ do ao hồ xác định theo bảng 2-3 hoặc xác định theo công thức:

 (2-45)

fa: tỷ lệ diện tích ao hồ;

c: hệ số phụ thuộc vào lớp dòng chảy lũ. Đối với các vùng mưa lũ kéo dài hệ số c có thể lấy bằng 0,10. Trong trường hợp thời gian mưa lũ ngắn có thể lấy c bằng 0,20;

F: diện tích lưu vực, km2;

***Trình tự tính toán QP***

+ Xác định diện tích lưu vực;

Dựa trên các loại bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000, 1/25.000, 1/10.000, 1/5000 và bình đồ vị trí dự án tiến hành xác định các đặc trưng địa lý thuỷ văn.

+ Tính lượng mưa ứng với các tần suất thiết kế;

+ Xác định dòng chảy lũ ϕ theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nên lưu vực, lượng mưa ngày thiết kế (HP) và diện tích lưu vực (F);

+ Xác định thời gian tập trung nước trên sườn dốc τsd ;

Thời gian tập trung nước trên sườn dốc τsd xác định theo phụ lục 2-4, phụ thuộc vào hệ số địa mạo thuỷ văn của sườn dốc φsd và vùng mưa.

Hệ số đặc trưng địa mạo sườn dốc φsd xác định theo công thức:

 (2-46)

trong đó:

Lsd: chiều dài bình quân sườn dốc lưu vực, km;

* Đối với lưu vực hai sườn dốc thì:

 (2-47)

* Đối với lưu vực một sườn dốc thì:

 (2-48)

L: chiều dài lòng chính, km;

: tổng chiều dài các sông nhánh trên lưu vực, km;

msd: hệ số nhám sườn dốc, phụ thuộc vào đặc điểm bề mặt sườn lưu vực xác định theo bảng 2-6;

Jd: độ dốc sườn dốc tính theo %*o*;

+ Xác định hệ số đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông φls theo công thức sau:

 (2-49)

trong đó:

mls: hệ số nhám lòng sông, phụ thuộc vào đặc điểm sông suối lưu vực xác định theo bảng 2-7;

Jls: độ dốc lòng sông chính (%*o*);

+ Xác định trị số AP theo phụ lục 2-4, tuỳ thuộc vào đặc trưng địa mạo thuỷ văn của lòng sông φls, thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τsd và vùng mưa đã xác định được ở trên. Đối với các lưu vực nhỏ, khi lòng sông không rõ ràng, môđuyn dòng chảy lũ AP lấy theo phụ lục 2-4 ứng với φls = 0;

+ Thay các trị số tính được ở trên vào công thức (2-20) xác định được QP.

**Bảng 2-2. Bảng phân cấp đất theo hàm lượng cát**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Loại** | **Tên đất** | **Hàm lượng cát (%)** |
| **1** | Đất không thấm, đá, nhựa đường, nham thạch không nứt | 0 ÷ 0,2 |
| **2** | Đất sét bị vôi hoá, đất sét rừng màu xám bị vôi hoá | 2,1 ÷ 12 |
| **3** | Đất đen dày, đất thịt, đất đen trong rừng pôtzôn hoá | 12,1 ÷ 30 |
| **4** | Đất đen bình thường, đất màu hạt dẻ, xanônét pha cát | 31 ÷ 62 |
| **5** | Đất đen pha cát, cát pha pôtzôn hoá | 63 ÷ 83 |
| **6** | Đất màu hạt dẻ đậm, đất xám pha cát. | 84 ÷100 |

**Bảng 2-3*.* Hệ số triết giảm dòng chảy do hồ ao và đầm lầy δ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Vị trí hồ ao,**  **đầm lầy** | **Diện tích hồ hoặc đầm lầy (%)** | | | | | | | | | |
| 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| ở hạ lưu | 0,85 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,50 | 0,40 | 0,35 | 0,20 | 0,15 | 0,10 |
| ở thượng lưu | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,65 | 0,55 | 0,45 | 0,35 | 0,25 |

**Bảng 2-4.Hệ số dòng chảy ϕ**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Cấp đất** | **Lượng mưa**  **H (mm)** | **Hệ số dòng chảy với các cấp diện tích F (km2)** | | | | | | | | | | | | |
| F<0.1 | | | | | 0,1<F<1,0 | | 1.0<F<10 | | | 10<F<100 | | F>100 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| II | <100  101-150  151-200  201-250  251-300  301-400  >400 | 0,960  0,970  0,970  0,970  0,970  0,970  0,970 | 0,940  0,960  0,960  0,960  0,960  0,960  0,960 | 0,930  0,940  0,950  0,960  0,960  0,960  0,960 | 0,900  0,910  0,930  0,950  0,960  0,960  0,960 | 0,880  0,900  0,920  0,940  0,950  0,950  0,950 | 0,850  0,870  0,900  0,930  0,950  0,950  0,950 | 0,810  0,850  0,890  0,920  0,940  0,950  0,950 | 0,780  0,780  0,850  0,890  0,930  0,930  0,930 | 0,760  0,760  0,830  0,890  0,930  0,930  0,930 | 0,740  0,740  0,810  0,850  0,880  0,910  0,910 | 0,670  0,670  0,750  0,850  0,880  0,910  0,910 | 0,650  0,650  0,730  0,850  0,880  0,910  0,910 | 0,600  0,600  0,700  0,850  0,860  0,910  0,910 |
| III | <100  101-150  151-200  201-250  251-300  301-350  351-400  401-450  451-500  501-550  551-600  >600 | 0,940  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950  0,950 | 0,890  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930  0,930 | 0,860  0,900  0,910  0,920  0,921  0,921  0,922  0,922  0,923  0,923  0,923  0,923 | 0,800  0,850  0,880  0,910  0,910  0,912  0,912  0,913  0,913  0,913  0,913  0,913 | 0,770  0,810  0,860  0,900  0,900  0,900  0,902  0,902  0,910  0,910  0,910  0,910 | 0,740  0,770  0,820  0,850  0,850  0,855  0,880  0,885  0,890  0,890  0,890  0,890 | 0,650  0,720  0,790  0,850  0,850  0,870  0,890  0,895  0,940  0,940  0,940  0,940 | 0,600  0,630  0,720  0,750  0,770  0,780  0,790  0,800  0,800  0,800  0,800  0,800 | 0,580  0,620  0,680  0,720  0,740  0,760  0,770  0,790  0,800  0,800  0,800  0,800 | 0,550  0,600  0,680  0,730  0,740  0,750  0,770  0,780  0,790  0,800  0,800  0,800 | 0,530  0,550  0,630  0,730  0,690  0,710  0,730  0,750  0,750  0,760  0,760  0,760 | 0,530  0,550  0,630  0,730  0,690  0,710  0,730  0,750  0,750  0,760  0,760  0,760 | 0,500  0,550  0,620  0,650  0,670  0,690  0,700  0,710  0,710  0,710  0,710  0,710 |
| IV | <100  101-150  151-200  201-250  251-300  301-350  351-400  401-450  451-500  501-550  551-600  >600 | 0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900  0,900 | 0,810  0,840  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880  0,880 | 0,760  0,800  0,850  0,822  0,822  0,828  0,828  0,860  0,860  0,870  0,870  0,870 | 0,660  0,760  0,820  0,823  0,825  0,828  0,830  0,840  0,850  0,860  0,860  0,860 | 0,650  0,680  0,780  0,790  0,790  0,800  0,820  0,840  0,840  0,840  0,840  0,840 | 0,600  0,640  0,750  0,780  0,790  0,800  0,820  0,840  0,840  0,840  0,840  0,840 | 0,550  0,620  0,720  0,740  0,760  0,780  0,810  0,830  0,830  0,830  0,830  0,830 | 0,510  0,580  0,660  0,700  0,740  0,760  0,770  0,770  0,780  0,780  0,780  0,780 | 0,500  0,560  0,630  0,670  0,700  0,720  0,740  0,750  0,760  0,760  0,760  0,760 | 0,500  0,550  0,600  0,670  0,700  0,710  0,730  0,750  0,770  0,770  0,770  0,770 | 0,440  0,520  0,600  0,650  0,690  0,710  0,720  0,730  0,730  0,730  0,730  0,730 | 0,400  0,500  0,570  0,600  0,650  0,670  0,690  0,710  0,720  0,720  0,720  0,720 | 0,370  0,460  0,550  0,580  0,610  0,640  0,650  0,670  0,680  0,690  0,690  0,690 |
| V | <100  101-150  151-200  201-250  251-300  301-350  351-400  401-450  451-500  501-550  551-600  >600 | 0,680  0,710  0,750  0,760  0,770  0,770  0,780  0,790  0,790  0,790  0,790  0,790 | 0,460  0,560  0,650  0,680  0,710  0,730  0,750  0,760  0,770  0,780  0,780  0,780 | 0,350  0,460  0,590  0,630  0,660  0,660  0,700  0,720  0,730  0,730  0,730  0,730 | 0,260  0,410  0,500  0,540  0,580  0,580  0,650  0,670  0,680  0,700  0,700  0,700 | 0,240  0,400  0,480  0,500  0,580  0,580  0,640  0,670  0,680  0,700  0,700  0,700 | 0,220  0,340  0,460  0,500  0,540  0,540  0,570  0,580  0,600  0,600  0,600  0,600 | 0,220  0,320  0,460  0,500  0,540  0,560  0,570  0,580  0,600  0,600  0,600  0,600 | 0,200  0,280  0,420  0,460  0,490  0,490  0,530  0,540  0,550  0,550  0,550  0,550 | 0,180  0,270  0,450  0,490  0,510  0,540  0,550  0,550  0,550  0,550  0,550  0,550 | 0,180  0,250  0,380  0,430  0,460  0,460  0,520  0,530  0,530  0,530  0,530  0,530 | 0,170  0,230  0,340  0,380  0,410  0,410  0,460  0,470  0,480  0,490  0,500  0,500 | 0,160  0,220  0,320  0,360  0,400  0,430  0,460  0,470  0,480  0,500  0,500  0,500 | 0,150  0,200  0,300  0,340  0,360  0,370  0,400  0,410  0,410  0,410  0,410  0,410 |
| VI | - | - | - | 0,250 | - | - | - | 0,200 | - | 0,150 | - | 0,100 | - | 0,100 |

**Bảng 2-5.Bảng phân cấp đất theo cường độ thấm và hàm lượng cát**

| **TT** | **Tên đất** | **Hàm lượng cát (%)** | **Cường độ thấm (mm/ph)** | **Cấp đất** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | át phan, đất không thấm, nham thạch không nứt |  | 0 ÷ 0,1 | 1 |
| 2 | Đất sét, sét màu, đất muối chất sét cát khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong không đứt | 2  10 | 0,1  0,3 | 1  2 |
| 3 | Đất hoá tro, hoá tro mạnh | 10 | 0,3 | 2 |
| 4 | Đất tro chất sét (khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong có vết rạn) | 0,15  0,14  0,15 | 0,60  0,50  0,60 | 3  3  3 |
| 5 | Sét cát đất đen, đất rừng màu tro nguyên thổ rừng có cỏ, đất hóa tro vừa (khi ẩm có thể vê thành sợi, uốn cong có vết rạn) | 30 | 0,85 | 3 |
| 6 | Đất đen màu mỡ tầng dầy | 14  30 | 0,05  0,85 | 3  3 |
| 7 | Đất đen thường | 15  30 | 0,60  0,85 | 3  3 |
| 8 | Đất màu lê, màu lê nhạt | 17  30 | 0,70  0,90 | 3  3 |
| 9 | Đất canxium đen ở những cánh đồng có màu tro đen chứa nhiều chất mục thực vật. Nếu lớp thực vật trên mặt mỏng thì liệt vào loại 4, nếu dày thuộc loại 3 | 17  60  60 | 0,70  0,90  1,20 | 3  4  4 |
| 10 | Đất cát sét, đất đen cát sét, đất rừng, đất đồng cỏ (khi ướt có thể vê thành sợi) | 45  60  70 | 1,00  1,25  1,50 | 4  4  5 |
| 11 | Đất cát không bay được (không vê thành sợi được) | 80  90 | 2,00  2,50 | 5  6 |
| 12 | Cát thô và cát có thể bay được (khi sờ tay vào có cảm giác nhắm mắt có thể phân biệt được hạt cát, không vê thành sợi được) | 95  100 | 3,00  5,00 | 6  6 |

**Bảng 2-6.Hệ số nhám sườn dốc msd**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Tình hình sườn dốc lưu vực** | **Hệ số msd trong trường hợp** | | |
| Cỏ thưa | Trung bình | Cỏ dày |
| - Bề mặt nhẵn (át phan, bê tông,...)  - Đất đồng bằng loại hay nứt nẻ, đất san phẳng đầm chặt.  - Mặt đất thu dọn sạch, không có gốc cây, không bị cày xới, vùng dân cư nhà cửa không quá 20%, mặt đá xếp.  - Mặt đất bị cày xới, nhiều gốc bụi, vùng dân cư có nhà cửa trên 20%. | 0,50  0,40  0,30  0,20 | 0,30  0,25  0,15 | 0,25  0,20  0,10 |

**Bảng 2-7.Hệ số nhám lòng sông mls**

|  |  |
| --- | --- |
| **Tình hình lòng sông từ thượng nguồn tới mặt cắt tính toán** | **Hệ số mls.** |
| - Sông đồng bằng ổn định, lòng sông khá sạch, suối không có nước thường xuyên chảy trong điều kiện tương đối thuận lợi.  - Sông lớn và trung bình, quanh co, bị tắc nghẽn, lòng sông có cỏ mọc, có đá, chảy không lặng, suối không có nước thường xuyên, mùa lũ dòng nước cuốn theo nhiều sỏi cuội, bùn cát  - Sông vùng núi, lòng sông nhiều đá, mặt nước không phẳng, suối chảy không thường xuyên, quanh co, lòng sông tắc nghẽn. | 11  9  7 |

* Công thức cường độ giới hạn (Đại học Xây dựng Hà Nội).

Đối với các lưu vực nhỏ F ≤ 30 km2, thời gian tập trung nước nhanh, lưu lượng tính toán xác định theo lượng mưa ngày sẽ kém chính xác. Có thể xác định lưu lượng thiết kế dựa vào cường độ mưa ứng với thời gian tập trung nước. Công thức tính toán có dạng sau đây:

 (2-50)

trong đó :

F: diện tích lưu vực, km2;

ϕ: hệ số dòng chảy lũ xác định theo bảng 2-4, tuỳ thuộc vào loại đất cấu tạo nên lưu vực, lượng mưa thiết kế và diện tích lưu vực (F);

δ: hệ số triết giảm do hồ ao và đầm lầy xác định theo bảng 2-3;

α: hệ số xác định theo bảng 2-9;

aP: cường độ mưa tính toán tính bằng mm/ph, xác định ứng với thời gian hình thành dòng chảy tc theo công thức sau:

 (2-51)

Đại lượng xác định theo bảng 2-8 hoặc các phương pháp đã biết:

**Bảng 2-8**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Isd% | 2 | 5 | 10 | 30 | 60 | 80 | 100 | 400 | 800 |
| *18,6/f(Isd0,4)* | 15,4 | 15,2 | 14,7 | 13,3 | 12,0 | 11,4 | 10,8 | 8,2 | 7,6 |

trong đó:

Lsd: chiều dài trung bình của sườn dốc lưu vực tính theo công thức (2-22) hoặc (2-23);

Isd: độ dốc của sườn dốc lưu vực, tính theo trị số trung bình của 4 ÷ 6 điểm xác định độ dốc, theo hướng dốc lớn nhất, %;

msd: hệ số nhám sườn dốc, phụ thuộc vào đặc điểm bề mặt sườn lưu vực xác định theo bảng 2-6;

Cường độ mưa tính toán ứng với thời gian hình thành dòng chảy tính gần đúng theo công thức (2-27) và (2-28) hoặc chính xác hơn dựa vào tài liệu thống kê để xác định trị số ap.

 (2-52)

trong đó:

Hp: lượng mưa ngày lớn nhất có tần suất P%, mm;

Ψ: toạ độ đường cong mưa xác định theo phụ lục 2- 5.

 (2-53)

A, B, n - hệ số phụ thuộc vào vùng thiết kế, xác định theo phụ lục 2-10.

tc - thời gian hình thành dòng chảy, phút.

**Bảng 2-9. Xác định hệ số α**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **F (km2)** | **α** | **F (km2)** | **ϕ** | **F (km2)** | **α** | **F (km2)** | **α** |
| 0,0001  0,001  0,005  0,01  0,05  0,10 | 0,98  0,91  0,86  0,81  0,75  0,69 | 0,5  0,6  1,0  2,0  3,0  4,0 | 0,63  0,62  0,53  0,50  0,47  0,41 | 6,0  10  15  30  50  60 | 0,40  0,33  0,31  0,27  0,24  0,22 | 300  500  1000  10000  100000 | 0,16  0,14  0,12  0,08  0,05 |

* Đối với lưu vực có diện tích lớn hơn 100km2 có thể sử dụng công thức triết giảm, công thức Xôkôlốpxki.
* Công thức triết giảm.

 (2-54)

trong đó:

q100: mô đuyn đỉnh lũ ứng với tần suất 10% được qui về diện tích lưu vực bằng 100km2, xác định theo q100 (l/skm2) theo phụ lục 2-6. Lúc tính cho một lưu vực cụ thể, q100 lấy bằng trị số bình quân giữa các đường đồng mức;

n: hệ số triết giảm mô đuyn đỉnh lũ theo diện tích, xác định theo phụ lục 2-6;

F: diện tích lưu vực tính toán, km2;

λp: hệ số chuyển tần suất 10% sang tần suất P%, xác định theo phụ lục 2-6;

δ: hệ số xét tới ảnh hưởng của đầm, hồ ao, xác định theo bảng 2-3.

* Công thức Xôkôlốpxki.

 (2-55)

trong đó:

F: diện tích lưu vực, km2;

α: hệ số dòng chảy xem bảng 2-10;

HT: lượng mưa thời đoạn tính toán ứng với thời gian tập trung dòng chảy, mm;

H0: lớp nước mưa tổn thất ban đầu, mm (xác định theo bảng 2-10);

f: hệ số hình dạng lũ, ở sông không có bãi f=1,20; sông có bãi thoát được dưới 25% Q thì f=1,0; sông có bãi thoát được trên 50% Q thì f=0,75; ngoài ra có thể tham khảo bản đồ phân khu f ở phụ lục 2-11.

Qng: lưu lượng nước trong sông trước khi có lũ, có thể lấy bằng lưu lượng nước bình quân nhiều năm đối với lưu vực lớn, hoặc có thể bỏ qua đối với lưu vực nhỏ;

tl: thời gian lũ lên, theo đề nghị của Xôkôlốpxki lấy bằng thời gian tập trung dòng chảy trong sông. Khi không có tài liệu mưa và dòng chảy thì có thể tính theo công thức:

 (2-56)

trong đó:

L: chiều dài dòng chính tính từ nguồn tới mặt cắt tính toán, km;

Kn: hệ số, đối với mưa rào ngắn Kn = 1,0; đối với mưa có thời gian lớn hơn ngày đêm Kn = 1,3 ÷ 1,6;

vtb: vận tốc trung bình dòng chảy trong thời gian lũ lên, lấy bằng (0,6 - 0,7) vận tốc bình quân lớn nhất ở mặt cắt sông tính toán () xác định theo tài liệu quan trắc ở lưu vực tương tự, m/s; 

HT: lượng mưa thiết kế tính theo thời gian tập trung dòng chảy τ:

 (2-57)

ψτ: toạ độ đường cong triết giảm mưa ứng với thời gian mưa thiết kế lấy bằng τ, xem phụ lục 2-5;

Hnp : lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế P.

Đối với lưu vực vừa và lớn cần xét triết giảm của lượng mưa theo diện tích.

 (mm) (2-58)

KT và m xác định theo T

T ≤ 1440 ph => KT = 0,001 và m = 0,80

T > 1440 ph => KT = 0,002 và m = 0,60

F ≤ 100 km2  => H'T = HT

δ: hệ số triết giảm đỉnh lũ do hồ ao đầm lầy, rừng;

δ = 1 - 0,6lg(1 + fa + 0,2fl + 0,05fr) (2-59)

fa, fl, fr: tỷ lệ hồ ao, đầm lầy, rừng so với diện tích lưu vực tính theo %.

**Bảng 2-10. Bảng tra α, H0**

| **Khu** | **Địa danh** | **α** | **H0(mm)** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Lưu vực sông Nậm Rốn và thượng nguồn sông Mã | 0,65 | 20 |
| 2 | Lưu vực sông Đà, sông Thao | 0,81 | 22 |
| 3 | Các lưu vực thượng nguồn sông Lô, sông Chảy | 0,82 | 20 |
| 4 | Sông Gâm, hạ lưu sông Lô, sông Phó Đáy | 0,66 | 26 |
| 5 | Lưu vực sông Cầu, sông Thương, sông Trung, sông Bằng Giang, Bắc Giang. | 0,77 | 22 |
| 6 | Lưu vực sông Kỳ Cùng, sông Lục Nam | 0,86 | 19 |
| 7 | Lưu vực các sông Quảng Ninh | 0,89 | 15 |
| 8 | Lưu vực các sông từ sông Chu - sông Hương | 0,92 | 21 |
| 9 | Lưu vực các sông từ Thu Bồn - sông Cái | 0,86 | 16 |
| 10 | Lưu vực các sông Sê San và sông Srêpốk | 0,76 | 21 |
| 11 | Lưu vực các sông Đồng Nai, sông Bé | 0,64 | 25 |

* + - 1. ***Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo lưu vực tương tự.***

Khi lưu vực có điều kiện tương tự về sự hình thành lũ thì môđuyn đỉnh lũ, hay lưu lượng nước tạo nên từ diện tích đơn vị của hai lưu vực sẽ tương đương. Như vậy có thể lấy đặc trưng lũ của lưu vực tương tự tính cho lưu vực tính toán.

Lưu lượng thiết kế theo công thức:

 (2-60)

trong đó:

qPtt: môđuyn đỉnh lũ của lưu vực tương tự tính theo tài liệu thực đo, m3/s/km2;

Fa, F: diện tích của lưu vực tương tự và lưu vực tính toán, km2;

Lưu vực tương tự ngoài các yêu cầu như mục §2.1.4 cần có lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế không khác xa với lượng mưa ngày tương ứng của lưu vực nghiên cứu.

Hệ số xét tới ảnh hưởng điều tiết của hồ tính theo công thức:

δ = 1 - 0,8 log (1 + 0,1fhđ) (2-61)

*Trong đó:* fhđ - diện tích hồ ao, đầm lầy chiếm trên lưu vực tính theo phần trăm của diện tích lưu vực.

* + - 1. ***Tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế theo phương pháp hình thái đoạn sông***

Phương pháp hình thái được áp dụng khi biết mực nước tính toán, mặt cắt ngang sông. độ dốc dòng chảy và hệ số nhám lòng sông. Nội dung tính toán như sau:

* *Chọn mặt cắt lưu lượng:* mặt cắt ngang chọn ở đoạn sông thẳng, không ảnh hưởng của nước dềnh từ sông khác, của thuỷ triều, của đập nước. Mặt cắt chọn ở những nơi có bãi sông hẹp hoặc không có bãi, tốt nhất là mặt cắt ngang có dạng hình lòng chảo hướng nước chảy thuận lợi, vuông góc với hướng nước chảy. Mặt cắt lưu lượng nên chọn trùng với mặt cắt sông tại vị trí công trình thoát nước nếu như đáp ứng được các yêu cầu nêu trên. Trường hợp mặt cắt ngang sông không đảm bảo các yêu cầu trên thì có thể chọn mặt cắt lưu lượng ở phía thượng và hạ lưu cầu. Thông thường nên đo 3 mặt cắt và lấy các trị số trung bình để tính toán.
* *Xác định độ dốc dọc sông:* Dộ dốc dọc về nguyên tắc xác định theo tài liệu đo mực nước đồng thời tại mặt thượng lưu, mặt cắt tính lưu lượng và mặt cắt hạ lưu về mùa lũ. Tuy nhiên trong điều kiện khó khăn không tổ chức được đo đạc được về mùa lũ thì có thể sử dụng độ dốc mặt nước lũ điều tra được tại những vị trí thượng và hạ lưu tuyến công trình hoặc khảo sát độ dốc dọc sông theo trục động lực của dòng chảy.
* *Xác định vận tốc dòng chảy và lưu lượng:* Vận tốc dòng chảy được xác định bằng công thức sau:

+ Công thức Sêdi - Maninh.

** (2-62)

+ Công thức Sêdi - Badanh.

 (2-63)

trong đó:

V: vận tốc trung bình dòng chảy, m/s.

h: chiều sâu trung bình của dòng chảy, m.

γ, n: hệ số nhám tính theo Badanh và Maninh tham khảo bảng 2-11.

i: độ dốc mặt nước sông ứng với cấp mực nước tính toán.

Bảng 2-11. Hệ số nhám của sông thiên nhiên

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| TT | Hệ số nhám lòng sông | 1/n | N | γ |
| 1 | Sông thiên nhiên có những điều kiện đặc biệt (bờ nhẵn nhụi, dòng thẳng không trở ngại, nước chảy dễ dàng. | 40,0 | 0,025 | 1,20 |
| 2 | Sông vùng đồng bằng luôn có nước chảy (chủ yếu là sông lớn) điều kiện nước chảy và lòng sồng đặc biệt tốt. Sông nước chảy có mùa , sông (sông lớn và trung) tình hình nước chảy, hình dạng lòng sông tốt. | 30,0 | 0,035 | 2,00 |
| 3 | Sông vùng đồng bằng luôn có nước chảy và tương đối sạch, hướng dòng chảy có đôi chỗ không thẳng, hay thẳng nhưng đáy có đôi chỗ lồi lõm (có bãi nổi, hố nước xói, có đá lác đác). Sông nước chảy theo mùa, lòng sông là đất, nước chảy dễ dàng | 25,0 | 0,040 | 2,75 |
| 4 | Sông lớn và trung có nhiều trở ngại cục bộ, quanh co, có chỗ mọc cây, có nhiều đá, mặt nước chảy không phẳng. Sông chảy có mùa, khi lũ về mang theo nhiều cát, bùn, lòng sông có đá tròn to hoặc cỏ mọc che lấp. Bãi của sông lớn và trung có cỏ mọc, bụi cây hay sú với số lượng trung bình. | 20,0 | 0,050 | 3,75 |
| 5 | Sông chảy có mùa cực kỳ trở ngại, khúc khuỷu, bãi sông không bằng phẳng, cây cỏ mọc nhiều, lòng sông có chôc nước xói. Sông miền núi có những đá cuội và đá to, mặt nước sông không phẳng. | 15,0 | 0,060 | 5,50 |
| 6 | Sông có bãi, cây cỏ mọc đặc biệt rậm rạp (nước chảy chậm) và có những vực do xói sâu, rộng | 12,5 | 0,080 | 7,00 |
| 7 | Sông miền núi có nhiều đá lớn, nước chảy sinh bọt tung toé, mặt nước khúc khuỷu... | 12,5 | 0,080 | 7,00 |
| 8 | Bãi sông như trên nhưng hướng nước chảy xiên chiều. Sông ở miền núi có thác, lòng sông khúc khuỷu, có những đá to, nước chảy sinh bọt nhiều và át hết mọi âm thanh. | 10,0 | 0,100 | 9,00 |
| 9 | Sông ở miền núi có những đặc trưng như trên. Sông có cây cối mọc rậm, có những bụi, có nhiều chỗ nước ứ đọng. Bãi sông có những khúc chết rộng, có những chỗ thật sâu. | 7,5 | 0,133 | 12,0 |
| 10 | Sông có bùn đá trôi, bãi sông cây lớn mọc rậm | 5,0 | 0,200 | 20,0 |

Lưu lượng nước ứng với mực nước điều tra được xác định theo công thức sau:

 (2-64)

trong đó:

Q: lưu lượng tính toán, m3/s;

ωch, ωb: diện tích mặt cắt ướt ở lòng chủ và ở bãi, m2;

hch, hb: chiều sâu trung bình dòng chảy ở lòng chủ và ở bãi, m.

Nếu sông hẹp, chiều rộng sông nhỏ hơn 10 lần chiều sâu nước chảy (B <10h) thì trong các công thức trên phải thay ; trong đó χ - chu vi ướt, R - bán kính thuỷ lực.

Để xác định lưu lượng thiết kế cần điều tra được 3 mực nước lũ lịch sử, trên cơ sở 3 mực nước lũ lịch sử đó bằng phương pháp hình thái đoạn sông xác định được 3 lưu lượng tương ứng. Lưu lượng thiết kế ứng với tần suất P% được xác định theo công thức sau đây:

 (2-65)

trong đó:

Qi%: lưu lượng ứng với mực nước lịch sử có tần suất i%.

KP%, Ki%: hệ số phụ thuộc và hệ số biến động Cv và hệ số lệch Cs ứng với tần suất P% và i% xác định theo phụ lục 2-2. Trị số Cv và Cs được xác định từ điều kiện phải thoả mãn bất đẳng thức sau:

 (2-66)

Trong đẳng thức trên vế phải đã được xác định, vế trái xác định bằng cách giả thiết trị số Cv và tỷ số Cs/Cv và theo phụ lục 2-2 tra hệ số Ki% và Kj%.

## 

## **2.3. TÍNH MỰC NƯỚC ĐỈNH LŨ THIẾT KẾ**

### **2.3.1. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi có đủ tài liệu quan trắc mực nước.**

Khi có liệt quan trắc mực nước liên tục trong nhiều năm, chọn mỗi năm một trị số mực nước lớn nhất (Hmax). Tính đường tần suất lý luận, cách làm như đã trình bày trong phần tính lưu lượng đỉnh lũ mục 2.2.1 để tìm ra mực nước thiết kế HP.

Một số lưu ý:

* Khi tính các thông số cho liệt quan trắc mực nước cần chú ý là giá trị trị số trung bình (Htb) và hệ số biến động (Cv) phụ thuộc vào mốc cơ bản qui định. Mốc càng thấp thì trị số Htb càng lớn và hệ số Cv càng bé. Để tăng độ nhạy của hệ số biến động Cv khi xây dựng đường tần suất và giảm khối lượng tính toán có thể trừ các trị số mực nước trong liệt thực đo 1 hằng số A (trị số A có thể lấy để cho H có thể giảm nhỏ nhưng không âm). Trị số mực nước thiết kế tính theo liệt mới được chuyển về mốc cũ theo công thức:

 (2-67)

HP: trị số mực nước thiết kế ứng với P%, m;

HP\*: trị số mực nước theo liệt mới ứng với P%, m.

* Khi chuyển mực nước tính toán từ trạm đo về vị trí tuyến công trình cùng nằm trên một con sông có thể tuỳ theo khoảng cách từ trạm đo và tuyến công trình, lượng nước gia nhập vào khu giữa 2 tuyến đó, độ dốc mặt nước, địa mạo lòng sông mà chọn một trong các phương pháp sau đây:
* Theo đường cong quan hệ Q = f(H);
* Theo đường quan hệ mực nước tương ứng;
* Theo độ dốc mặt nước.

Các mực nước thiết kế phải ăn khớp với mực nước của các trạm đo mực nước khác dọc trên chiều dài sông.

* Đường cong Q = f(H) có thể sử dụng trong việc chuyển mực nước ở những đoạn sông dài không có hoặc ít sông nhánh, với điều kiện trạm đo có nhiều tài liệu quan trắc và quan hệ Q= f(H) là đáng tin cậy. Trên đoạn sông đó cần có một vài trạm đo mực nước tạm thời có tài liệu quan trắc đồng thời cùng với trạm chính có tài liệu quan trắc dài;
* Có thể sử dụng mực nước tương ứng vào việc chuyển mực nước, nếu xu thế của quan hệ này ở đoạn trên ổn định rõ ràng và các mực nước tương ứng quan trắc được phải khống chế ít nhất là 80% biên độ dao động mực nước ở trạm chính trong thời gian nhiều năm. Đường quan hệ mực nước tương ứng xây dựng theo tài liệu Hmax trong năm và một số đặc trưng khác;
* Chuyển mực nước theo độ dốc có thể tiến hành đối với những đoạn sông không dài (khoảng từ 1 ữ 3km tuỳ theo từng vùng) theo công thức sau đây:

HPB = HPA ± J.L (2-68)

trong đó:

HPA: mực nước cao nhất thiết kế ứng với tần suất P%, m; xác định theo số liệu đo ở trạm A;

HPB: mực nước thiết kế tương ứng ở vị trí B có cùng mốc cao độ với trạm A, m;

J: độ dốc mặt nước giữa hai tuyến AB.

L: khoảng cách giữa hai tuyến AB, m.

Nếu trạm A ở thượng lưu vị trí B thì trong công thức là dấu (-), hạ lưu dấu (+).

Khi sử dụng phương pháp này cần xét sự thay đổi độ dốc theo điều kiện lòng sông. Khi lòng sông từ tuyến A mở rộng dần về hạ lưu đến tuyến B độ dốc có thể tăng lên ở các mức nước cao. Trong trường hợp lòng sông thu hẹp dần độ dốc sẽ giảm khi cao trình mực nước tăng. Ngoài ra, đối với sông miền núi có nhiều ghềnh thác thì không được áp dụng công thức (2 - 38).

### **2.3.2. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi chuỗi quan trắc ngắn**

Khi chuỗi số liệu mực nước cao nhất không thoả mãn yêu cầu để lập đường tần suất thì dùng quan hệ mực nước của trạm khác có số liệu quan trắc dài hơn để bổ sung dãy số. Tài liệu đo đồng bộ để lập tương quan phải khống chế được mực nước thấp và mực nước cao. Hệ số tương quan γ ≥ 0,80.

Trường hợp không thoả mãn điều kiện trên có thể xây dựng đường tần suất bằng dãy số liệu ngắn n năm và kết quả hiệu chỉnh theo hệ số ka của sông tương tự có dãy số dài:

 (2-69)

trong đó:

HpaN: mực nước ứng với tần suất P% tính theo liệt quan trắc N năm, m;

Hpan: mực nước ứng với tần suất P% tính theo liệt quan trắc n năm, m;

H0a: mực bình quân trong mùa kiệt (lấy bình quân trong nhiều năm), m.

Mực nước trạm tính toán theo công thức:

 (2-70)

HPN, HPn, H0: các mực nước ở trạm cần tính toán.

### **2.3.3. Tính mực nước đỉnh lũ thiết kế khi không có tài liệu quan trắc.**

Nếu quan hệ mực nước và lưu lượng là đường đơn trị thì tần suất của mực nước cao nhất và của lưu lượng lớn nhất là bằng nhau.

Để xác định mực nước lớn nhất khi không có số liệu thực đo có thể dùng lưu lượng lớn nhất ứng với tần suất tính toán rồi từ quan hệ lưu lượng mực nước tra ra mực nước tương ứng. Lưu lượng lớn nhất tính theo mục §2.2.3. Đường quan hệ lưu lượng mực nước xác định bằng phương pháp thuỷ lực theo số liệu hình thái lòng sông của đoạn sông tính toán.

## **2.4. XÁC ĐỊNH MỰC NƯỚC THÔNG THUYỀN, MỰC NƯỚC THI CÔNG**

## **MỰC NƯỚC THẤP NHẤT**

### **2.4.1. Xác định mực nước thông thuyền.**

Mực nước thông thuyền theo Phân cấp kỹ thuật đường thuỷ nội địa TCVN 5664-2009 là mực nước cao có tần suất 5%. Trường hợp đặc biệt có thể dùng mực nước cao có tần suất 10% hoặc mực nước khác do cấp có thẩm quyền quyết định.

Mực nước thông thuyền được xác định tương tự như mực nước đỉnh lũ thiết kế. Chi tiết cách xây dựng đường tần suất mực nước xem 2.3.

### **2.4.2. Xác định mực nước thi công.**

Mực nước thi công được dự báo để phục vụ lập kế hoạch thi công nhằm đảm bảo an toàn cho người và phương tiện thi công. Lựa chọn mực nước thi công là giải bài toán mà chỉ tiêu về kinh tế lại mâu thuẫn với chỉ tiêu an toàn. Do vậy, tuỳ thuộc vào từng công trình cụ thể mà đặt ra chỉ tiêu an toàn để xác định mực nước thi công. Thực tế hiện nay người ta vẫn thường dùng mực nước cao ứng với tần suất P = 10% và mực nước thấp ứng với P = 90% để xác định mực nước thi công.

1. ***Trường hợp sử dụng số liệu thực đo.***

Đối với những công trình sử dụng được số liệu mực nước thực đo của trạm quan trắc thì mực nước thi công có thể dự báo cho mực nước cực trị tháng, mực nước cực trị tuần. Cách xác định mực nước lớn nhất tháng ứng với 10% (Hmax10%) và mực nước thấp nhất tháng ứng với 90% (Hmin90%) tương tự như mục 2.3. Trên cơ sở mực nước đó xây dựng biểu đồ dự báo mực nước phục vụ thi công theo tháng (H-t).

1. ***Trường hợp không có số liệu thực đo.***

Trong trường hợp không có số liệu thực đo thì có thể dựa vào mực nước điều tra: mùa lũ, mùa kiệt; mực nước lũ cao nhất, mực nước lũ trung bình nhiều năm, mực nước thấp nhất, cao độ bờ sông, bãi sông,... để tiến hành phân tích, tính toán. Thông thường mực nước lũ trung bình nhiều năm tương đương với lũ tần suất khoảng P = 40 ữ 60%, mực nước ngang với cao độ bãi già (sông vùng đồng bằng) tương đương với mực nước tạo lòng có tần suất khoảng P = 10 đến 15%.

Lưu ý: *Tùy thuộc vào từng công trình cụ thể, khi tính mực nước thi công trong trường hợp có tài liệu hoặc không có tài liệu thực đo cần xác định được thời gian mùa lũ và mùa kiệt; thời gian xuất hiện lũ tiểu mãn, lũ chính vụ để đưa ra những cảnh báo cần thiết, tránh những thiệt hại đáng tiếc xảy ra trong quá trình thi công.*

### **2.4.3. Xác định mực nước thấp nhất.**

Mực nước thấp nhất sử dụng cho các công trình cầu thường được tính toán với tần suất P=95%. Tính mực nước thấp nhất thiết kế cũng tương tự như tính mực nước cao nhất thiết kế.

1. ***Trường hợp sử dụng số liệu thực đo.***

Trong chuỗi số liệu quan trắc của trạm, chọn mỗi năm một trị số mực nước nhỏ nhất để tính tần suất xuất hiện mực nước nhỏ nhất. Trong trường hợp chuỗi số liệu xuất hiện trị số âm thì phải chuyển thành chuỗi số mực nước dương để tính toán tần suất, sau đó chuyển đổi kết quả ra giá trị thực. Các bước tiến hành tương tự như trình bày ở mục 2.3.

1. ***Trường hợp không sử dụng số liệu thực đo.***

Trường hợp không có tài liệu thực đo xác định mực nước thấp nhất theo tài liệu điều tra. Thông thường tham khảo mực nước thấp nhất điều tra được làm mực nước thấp nhất thiết kế.