

Chương 4

LƯU VỰC SÔNG VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG NƯỚC

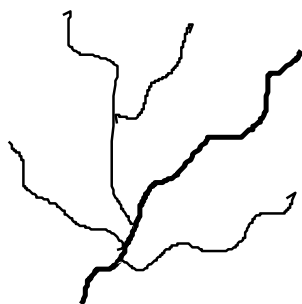
--- oOo ---

4.1 HỆ THỐNG SÔNG NGÒI

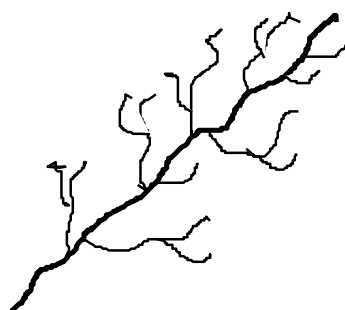
Hơi nước từ mặt thoáng địa cầu bốc lên khí quyển, tập hợp lại thành mây. Trong các điều kiện thích hợp, hơi nước trong mây ngưng tụ lại thành mưa rơi xuống đất. Lượng nước mưa một phần bị tổn thất do bốc hơi trở lại trên không trung, một phần đọng lại ở các khu trũng và thấm xuống đất, phần còn lại sẽ chảy tràn theo sườn dốc theo tác dụng của trọng lực. Phần chảy tràn này sẽ đi theo các khe rãnh, dần dần hợp thành suối, sông ... và tiếp tục đổ ra hồ hoặc biển. Tất cả các khe, suối, hồ, đầm, sông rạch lớn nhỏ khác nhau ... hợp lại thành *hệ thống sông ngòi* (river system).

Tên của hệ thống sông thường lấy từ tên con sông chính trong hệ thống đó. Thông thường con sông chính là con sông dài nhất, có lưu lượng dòng chảy lớn nhất trực tiếp đổ ra biển hoặc các hồ nội địa.

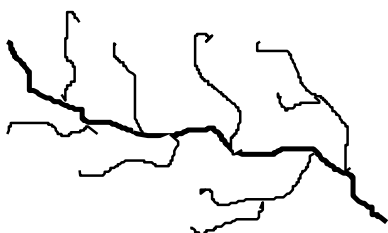
Các sông đổ vào sông chính gọi là sông nhánh cấp I, sông chảy vào sông nhánh cấp I gọi là sông nhánh cấp II, tương tự như vậy, sông nhánh cấp III sẽ đổ vào sông nhánh cấp II, Sự phân bố của các sông nhánh dọc theo sông chính quyết định tích chất dòng chảy trên hệ thống sông. Hệ thống sông có thể có dạng hình nan quạt, dạng hình lông chim, dạng phân bố song song hoặc dạng hỗn hợp các dạng trên.



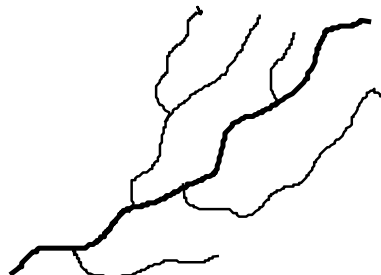
Hình 4.1 Hệ thống sông hình nan quạt



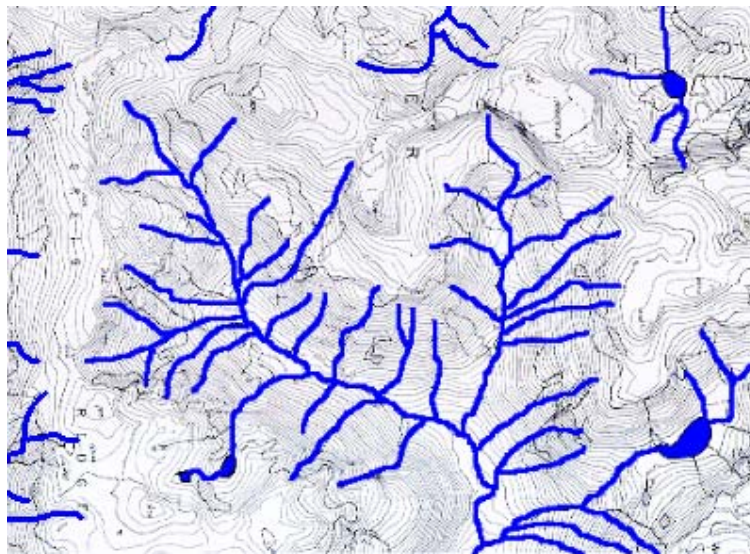
Hình 4.2 Hệ thống sông hình lông chim



Hình 4.3 Hệ thống sông hình cành cây



Hình 4.4 Hệ thống sông hình song song



Hình 4.5 Một dạng phân bố sông giữa hình cảnh cây và hình lông chim

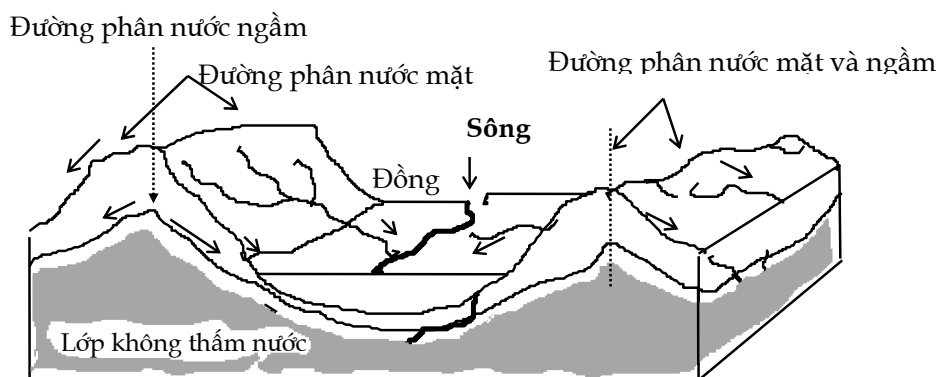
4.2 LƯU VỰC SÔNG VÀ CÁC ĐẶC TRƯNG CỦA LƯU VỰC SÔNG

4.2.1 Lưu vực sông

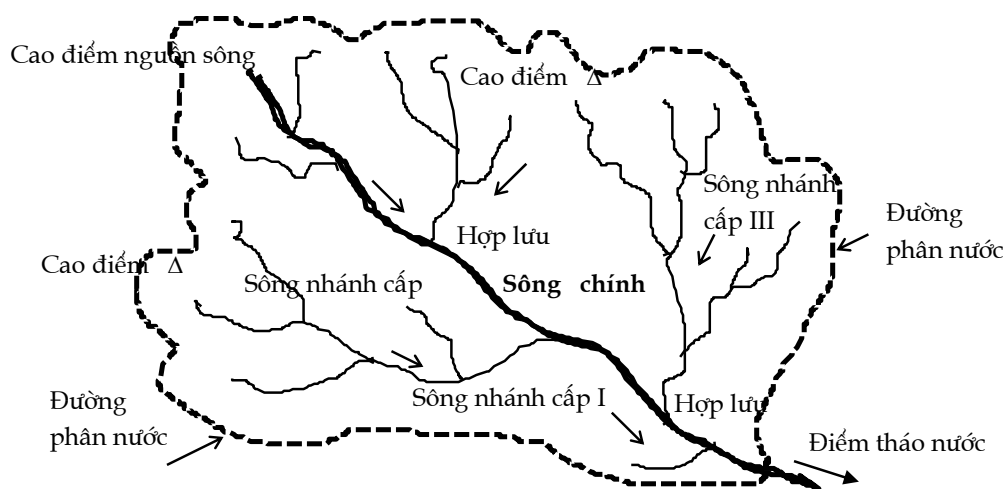
Lưu vực sông (river basin) là phần mặt đất mà nước trên đó (kể cả nước mặt và nước ngầm) sẽ chảy ra sông. Nói cách khác, lưu vực sông là phần diện tích khu vực tập trung nước của sông. Lưu vực sông được giới hạn bằng *đường phân nước* (water-shed line) của lưu vực. Có 2 loại đường phân nước: đường phân nước mặt và đường phân nước ngầm.

- Đường phân nước mặt là đường nối liên tục các điểm cao nhất chung quanh lưu vực và giới hạn bởi các lưu vực khác. Nước mưa rơi xuống đường phân nước sẽ chảy về 2 phía của đường phân nước và đi về 2 lưu vực khác kề cận nhau theo sườn dốc của chúng.
- Đường phân nước ngầm phân chia sự tập trung nước ngầm giữa các lưu vực. Thông thường đường phân nước mặt và ngầm không trùng nhau.

Thực tế, người ta thường lấy đường phân nước mặt để xác định diện tích lưu vực và gọi là *đường phân lưu*. Muốn xác định đường phân lưu phải căn cứ vào bản đồ địa hình có vẽ các đường đồng cao độ.



Hình 4.5 Đường phân nước và giới hạn của lưu vực



Hình 4.6 Minh họa lưu vực và đường phân nước mặt

4.2.2 Khái niệm sự hình thành dòng chảy sông ngòi

Dòng chảy trong sông ở nước ta đều do mưa xuống khu vực tạo thành. Khi mưa rơi xuống đất, một phần tạo thành dòng chảy mặt đổ ra sông, phần còn lại ngấm xuống đất và tạo thành dòng chảy ngầm cung cấp cho hệ thống sông.

Sự hình thành dòng chảy mặt sinh ra trong thời gian có mưa. Khi có mưa, lúc đầu do độ ẩm của đất nhỏ, lượng mưa bị ngấm vào đất và không sinh ra dòng chảy. Sau một thời gian kể từ lúc bắt đầu mưa, cường độ thấm giảm đi và trên mặt đất bắt đầu sinh ra dòng chảy mặt. Lượng nước chảy trên mặt lưu vực một phần bị tổn thất do phải lấp vào các chỗ trũng trên mặt đất, một phần bị ngấm xuống đất trong quá trình chuyển động trên mặt lưu vực, một phần bị bốc hơi, phần còn lại chảy vào các khe nhỏ và tập trung dần vào các khe lớn hơn và dần dần đổ vào hệ thống sông suối. Thời gian tập trung nước mưa về hệ thống sông suối khá nhanh,

bởi vậy dòng chảy mặt sẽ không còn nữa sau một khoảng thời gian không dài khi mưa kết thúc.

Lượng nước mưa ngấm vào đất sẽ bổ sung cho lượng nước ngầm có trong đất, làm cho mực nước ngầm tăng lên. Một phần lượng nước ngầm xuống bị bốc hơi qua mặt đất, một phần mất đi do rễ cây hút. Nước ngầm vận chuyển về hệ thống sông với thời gian tập trung tùy thuộc lớn vào tương quan giữa mực nước sông và mực nước ngầm. Do đó, sự tồn tại dòng chảy ngầm trên hệ thống sông ngòi kéo dài sau một khoảng thời gian khá dài. Đối với các sông nhỏ hoặc khe suối, thời gian duy trì dòng chảy ngầm có thể chỉ một vài tháng, còn các sông lớn dòng chảy ngầm có thể kéo dài cả năm.

4.2.3 Các đặc trưng hình học của lưu vực

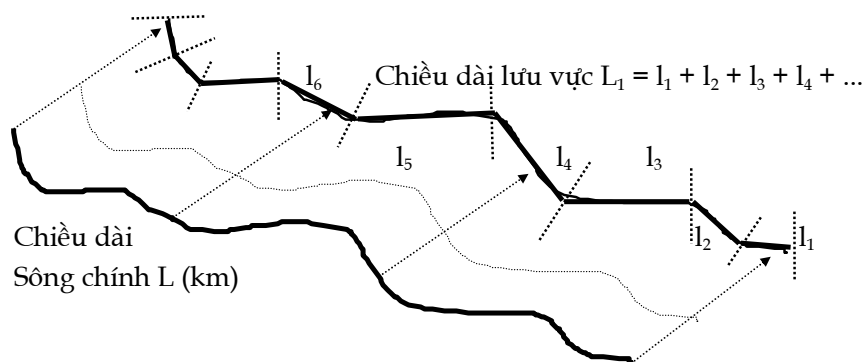
a. Diện tích lưu vực F

Diện tích lưu vực F (km²) là diện tích được khống chế bởi đường phân lưu của khu vực. Diện tích lưu vực được xác định từ bản đồ có tỉ lệ xích trong khoảng 1/10.000 đến 1/100.000. Có thể dùng phương pháp phân ô vuông hoặc dùng máy đo diện tích để xác định diện tích lưu vực.

b. Chiều dài sông chính L và chiều dài lưu vực L_1

Chiều dài sông chính L (km) là chiều dài theo chiều dòng chảy đo từ nguồn sông đến cửa sông.

Chiều dài lưu vực L_1 (km) là tổng các chiều dài các đoạn gấp khúc từ cửa sông qua các điểm giữa các đoạn thẳng cắt ngang lưu vực cho điểm xa nhất của lưu vực. Các đường cắt ngang lưu vực thường lấy vuông góc với trục dòng chính tại vị trí vẽ đường cắt ngang đó. Thông thường, người ta coi chiều dài lòng sông chính là chiều dài lưu vực, tức $L = L_1$.



Hình 4.7 Minh họa các xác định chiều dài sông chính và chiều dài lưu vực

c. Chiều rộng bình quân lưu vực B

Chiều rộng bình quân lưu vực B (km) là tỉ số diện tích và chiều dài lưu vực.

$$B = \frac{F}{L_1} \quad (4-1)$$

d. Hệ số hình dạng lưu vực K_d

Hệ số hình dạng lưu vực K_d là tỉ số giữa bề rộng lưu vực và chiều dài lưu vực. K_d biểu thị hình dạng của lưu vực, thông thường thì $K_d \leq 1$. Lưu vực càng có hình dạng vuông thì $K_d \rightarrow 1.0$, ngược lại càng hẹp và càng dài thì K_d càng nhỏ và khả năng tập trung nước lũ càng lớn.

$$K_d = \frac{B}{L_1} = \frac{L_1 \cdot B}{L_1^2} = \frac{F}{L_1^2} \quad (4-2)$$

e. Độ cao bình quân lưu vực H_{bq}

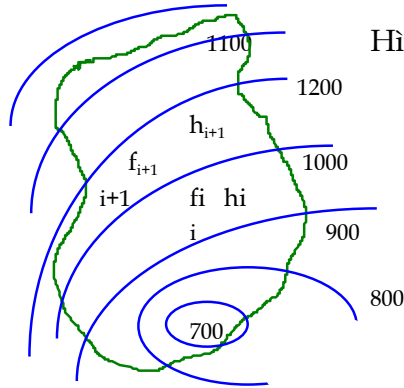
Độ cao bình quân lưu vực xác định từ bản đồ đường đồng mức cao độ.

$$H_{bq} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \cdot h_i}{\left(\sum_{i=1}^n f_i = F \right)} (m) \quad (4-3)$$

trong đó: h_i - cao trình bình quân giữa 2 đường đồng mức cao độ

f_i - diện tích giữa 2 đường đồng mức cao độ

n - số mảnh diện tích



Hình 4.8

Lưu vực với đường đồng cao độ

f. Độ dốc bình quân lưu vực J

$$J = \Delta h \cdot \frac{\sum_{i=1}^n l_i}{\left(\sum_{i=1}^n f_i = F \right)} \quad (4-4)$$

trong đó: l_i - khoảng cách bình quân giữa 2 đường đồng mức gần nhau.

Δh - chênh lệch cao độ giữa 2 đường đồng mức (trên bản đồ địa hình thường có các giá trị như nhau đối với mọi đường đồng mức, nghĩa là các giá trị tăng giảm của đường đồng mức đều như nhau).

g. Mật độ lưới sông D

Mật độ lưới sông D (km/km²) bằng tổng chiều dài của tất cả các sông suối trên lưu vực chia cho diện tích lưu vực.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{F} \quad (4-5)$$

Sông suối càng dày, mật độ lưới sông càng lớn. Những vùng có nguồn nước phong phú thì D thường có giá trị cao.

4.2.4 Các đặc trưng biểu thị dòng chảy

Để đánh giá lượng dòng chảy và khả năng cấp nước của một lưu vực sông, người ta sử dụng các đặc trưng biểu thị dòng chảy.

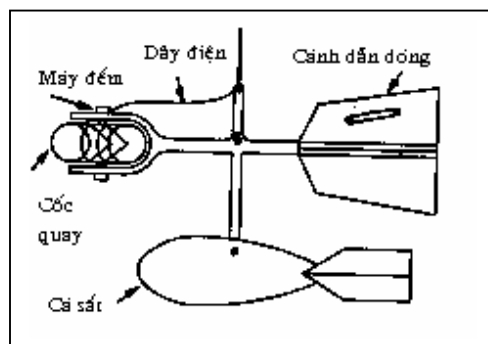
a. Lưu lượng nước Q

Lưu lượng nước (water discharge) là lượng nước chảy qua mặt cắt cửa ra trong một đơn vị thời gian là 1 giây (m³/s). Lưu lượng nước tại một thời điểm bất kỳ gọi là lưu lượng tức thời. Quá trình thay đổi của lưu lượng nước theo thời gian tại tuyến cửa ra gọi là quá trình lưu lượng, ký hiệu là Q(t) hoặc Q ~ t. Đồ thị của sự thay đổi giữa lưu lượng nước và thời gian là đường quá trình lưu lượng nước.

Lưu lượng bình quân trong một khoảng thời gian T bất kỳ là giá trị trung bình của lưu lượng nước trong khoảng thời gian đó. Lưu lượng bình quân được tính theo công thức tích phân hoặc biểu thức sau:

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T Q(t) dt \quad \text{hoặc} \quad \bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (4-6)$$

trong đó \bar{Q} là giá trị bình quân của lưu lượng, n là số thời gian tính toán, Q_i là lưu lượng bình quân tại mỗi thời đoạn thứ i bất kỳ.



Hình 4.9 Lưu tốc kế, dụng cụ đo vận tốc dòng chảy

b. Tổng lượng dòng chảy W

Tổng lượng dòng chảy W (m^3 hay km^3) là lượng nước chảy qua mặt cắt cửa ra trong một khoảng thời gian T nào đó từ thời điểm t_1 đến t_2 , $T = t_2 - t_1$.

$$W = \int_{t_1}^{t_2} Q(t) dt \quad \text{hoặc} \quad W = \bar{Q}(t_2 - t_1) \quad (4-7)$$

trong đó \bar{Q} là lưu lượng bình quân trong khoảng thời gian T .

c. Độ sâu dòng chảy Y

Giả sử đem tổng lượng nước chảy qua mặt cắt cửa ra trong một khoảng thời gian nào đó trải đều trên toàn diện tích lưu vực, ta được 1 lớp nước có chiều dày là Y (thường tính bằng mm) - gọi là độ sâu dòng chảy.

$$Y = \frac{10^3 \cdot W}{10^6 \cdot F} = \frac{W}{10^3 \cdot F} \quad (4-8)$$

trong đó W là tổng lượng nước (m^3), F là diện tích lưu vực (km^2).

d. Module dòng chảy M

Module dòng chảy là trị lưu lượng trên 1 đơn vị diện tích lưu vực là 1 km^2 .

$$M = \frac{10^3 \cdot \bar{Q}}{F} \quad (\text{l/s.km}^2) \quad (4-9)$$

Từ các công thức trên, ta có dạng các biến đổi sau:

$$W = Y \cdot F \cdot 10^3 \quad (4-10)$$

$$\text{và} \quad Y = M \cdot T \cdot 10^6 \quad (\text{mm}) \quad (4-11)$$

e. Hệ số dòng chảy α

Hệ số dòng chảy là tỷ số giữa độ sâu dòng chảy Y (mm) (hay còn gọi là lớp dòng chảy) và lượng mưa tương ứng X (mm) sinh ra trong thời gian T .

$$\alpha = \frac{Y}{X} \quad (4-12)$$

α là hệ số không thứ nguyên, vì $0 \leq Y \leq X$ nên $0 \leq \alpha \leq 1$.

Hệ số α càng lớn, tổn thất dòng chảy càng nhỏ và ngược lại. Bởi vậy, α phản ánh tình hình sản sinh dòng chảy trên lưu vực. Module dòng chảy M phản ánh khả năng phong phú của nguồn nước trong một lưu vực. Tương tự, độ sâu dòng chảy Y càng lớn thì lượng nước càng nhiều. Để so sánh mức độ dồi dào nguồn nước, 2 trị số M và Y thường được sử dụng.

4.3 PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG NƯỚC

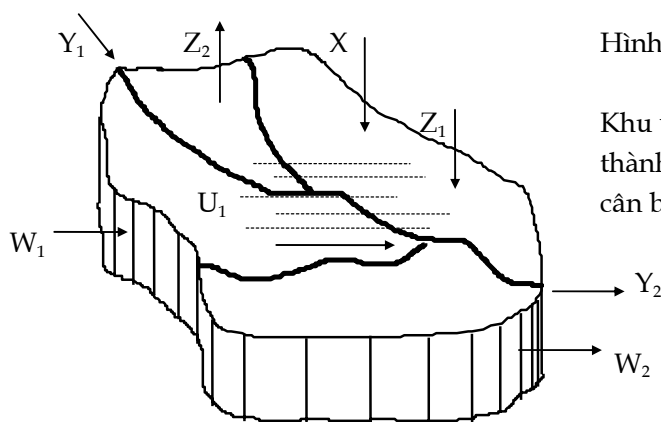
Phương trình phản ánh một cách định lượng vòng tuần hoàn của nước trong một lưu vực sông, trong một lưu vực riêng biệt hoặc trên toàn trái đất được gọi là *phương trình cân bằng nước* (water balance equation).

Phương trình cân bằng nước xuất phát từ định luật bảo toàn vật chất, đối với một lưu vực có thể phát biểu như sau: "*Hiệu số của lượng nước đến và lượng nước đi khỏi một lưu vực trong một thời đoạn tính toán nhất định bằng sự thay đổi trữ lượng nước chứa trong lưu vực đó*".

$$\text{NƯỚC ĐẾN} - \text{NƯỚC ĐI} = \text{THAY ĐỔI NƯỚC TRỮ}$$

4.3.1 Phương trình cân bằng nước thông dụng

Trong một khu vực bất kỳ, giả thiết có một mặt trụ thẳng đứng bao quanh khu vực đó tới tầng không thấm nước như hình vẽ 4.10.



Hình 4.10

Khu vực sông và các thành phần của cân bằng nước

Chọn thời đoạn Δt bất kỳ. Dựa vào nguyên lý cân bằng nước, ta có biểu thức sau:

$$(X + Z_1 + Y_1 + W_1) - (Z_2 + Y_2 + W_2) = |U_2 - U_1| = \pm \Delta U \quad (4-13)$$

trong đó :

X - lượng mưa bình quân rơi trên lưu vực

Z_1 - lượng nước ngưng tụ trên mặt lưu vực

Y_1 - lượng dòng chảy mặt đến

W_1 - lượng dòng chảy ngầm đến

Z_2 - lượng nước bốc hơi bình quân khỏi lưu vực

Y_2 - lượng dòng chảy mặt đi

W_2 - lượng dòng chảy ngầm đi

U_1 - lượng nước trữ trong lưu vực ở thời đoạn đầu của Δt

U_2 - lượng nước trữ trong lưu vực ở thời đoạn cuối của Δt

ΔU : mang dấu + khi $U_1 > U_2$ và ngược lại

4.3.2 Phương trình cân bằng nước của lưu vực kín và hở trong thời đoạn bất kỳ

a. Lưu vực kín

Lưu vực kín là lưu vực mà đường phân chia nước mặt và ngầm trùng nhau, khi đó không có nước mặt và nước ngầm từ lưu vực khác chảy đến, tức là $Y_1 = 0$ và $W_1 = 0$. Gọi $Y = Y_2 + W_2$ là tổng lượng nước mặt và ngầm chảy ra khỏi lưu vực và $Z = Z_2 - Z_1$ là lượng bốc hơi đã trừ lượng ngưng tụ, ta có:

$$X = Y + Z \pm \Delta U \quad (4-14)$$

b. Lưu vực hở

Đối với lưu vực hở sẽ có lượng nước ngầm từ lưu vực khác chảy vào hoặc ngược lại, khi đó phương trình cân bằng nước có dạng:

$$X = Y + Z \pm \Delta W \pm \Delta U \quad (4-15)$$

trong đó: $\pm \Delta W = W_2 - W_1$

4.3.3 Phương trình cân bằng nước trong nhiều năm

Phương trình (4-14) và (4-15) viết cho thời đoạn bất kỳ, tức Δt có thể là 1 năm, 1 tháng, 1 ngày hoặc nhỏ hơn nữa. Để viết phương trình cân bằng nước trong thời đoạn nhiều năm, người ta lấy bình quân trong nhiều năm các thành phần trong phương trình cân bằng nước.

Với (4-14), xét trong n năm:

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i + Z_i \pm \Delta U_i)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n \pm \Delta U_i}{n} \quad (4-16)$$

Tổng $\sum \pm \Delta U$ có thể xem như bằng 0 do có sự xen kẽ của những năm nhiều nước và ít nước, do đó phương trình (4-16) sẽ trở thành:

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \quad (4-17)$$

trong đó: $X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}; \quad Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n}; \quad Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n}.$

Nếu n đủ lớn, thì X_0, Y_0, Z_0 lần lượt được gọi là chuẩn mưa năm, chuẩn dòng chảy năm và chuẩn bốc hơi năm.

Đối với lưu vực hở, tương tự sẽ có:

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \pm \Delta W_0 \quad (4-18)$$

Trong trường hợp lưu vực hở, giá trị bình quân nhiều năm của $\pm \Delta W_i$ không tiến

đến 0 được vì sự trao đổi nước ngầm giữa các lưu vực không cân bằng thường diễn ra 1 chiều.

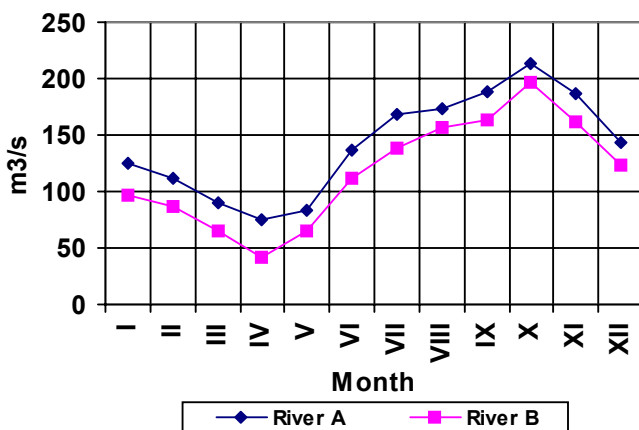
Bảng 4.1 Cân bằng nước trung bình nhiều năm trên thế giới và Việt Nam

Lãnh thổ	Diện tích	Mưa		Chảy mặt		Bốc hơi	
Vùng	10 ³ Km ²	mm	10 ³ Km ³	mm	10 ³ Km ³	mm	10 ³ Km ³
Toàn thế giới	510.000	1130	577	-	-	1130	577
Toàn lục địa	149.000	800	119	315	47	485	72
Đại dương	361.000	1270	458	130	47	1400	505
Việt Nam	365	1850		857		993	

4.4 THỦY ĐỒ VÀ BẢN ĐỒ THỦY VĂN

4.4.1 Thủy đồ

Thủy đồ (hydrograph) là một đồ thị biểu thị quan hệ các đặc trưng của dòng chảy với thời gian. Các đặc trưng của dòng chảy có thể là vận tốc, lưu lượng, chất lượng nước, ... thường được thể hiện trên trục tung, còn yếu tố thời gian thường biểu hiện ở trục hoành.



Hình 4.11
 Một ví dụ về thể hiện thủy đồ:
 Lưu lượng trung bình tháng của 2 sông A và B

4.4.2 Bản đồ thủy văn

Bản đồ thủy văn (hydrological map) là bản đồ mà trên đó các đặc trưng thủy văn như vùng ngập lũ, đường ranh mặn, đường đẳng mưa, ... được thể hiện.

Hình 3, trang 127 (ở phần phụ chương) là một bản đồ thủy văn.

=====