

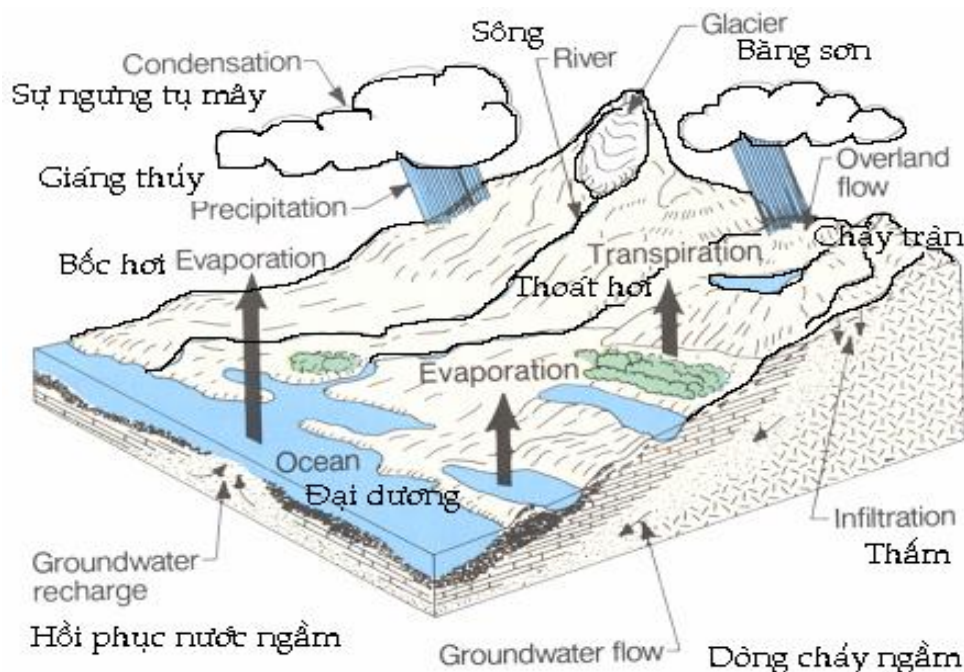


## CƠ BẢN VỀ THỦY VĂN NGUỒN NƯỚC VÀ TÍNH TOÁN THỦY LỰC

### 2.1. CHU TRÌNH THỦY VĂN VÀ PHƯƠNG TRÌNH CÂN BẰNG NƯỚC

#### 2.1.1. Chu trình thủy văn

Chu trình thủy văn (*Hydrologic Cycle*) là một khái niệm mô tả quá trình chuyển hóa dòng nước trong hệ thống nước tự nhiên, gồm sự chuyển động nước trên bề mặt, nước dưới đất và khí quyển. Tiến trình có thể minh họa như hình 2.1, 2.2 và 2.3: Dưới tác động của bức xạ mặt trời và sự thay đổi của thời tiết và khí hậu, nước từ mặt thoáng bốc hơi lên không trung, tụ tập lại thành mây. Mây có thể gây mưa, tuyết, băng đá, ... và rơi xuống mặt đất hoặc biển cả theo nhiều phân và dạng khác nhau. Một số bốc hơi trở lại không trung, một số được sinh vật hấp thụ, một phần lớn thấm xuống đất, phần còn lại chảy theo sườn dốc theo các sông suối hoặc được trữ trong các ao hồ, sông suối, biển cả và băng nhiều cách đổ vào đại dương và trở lên không trung theo một chu trình khép kín.

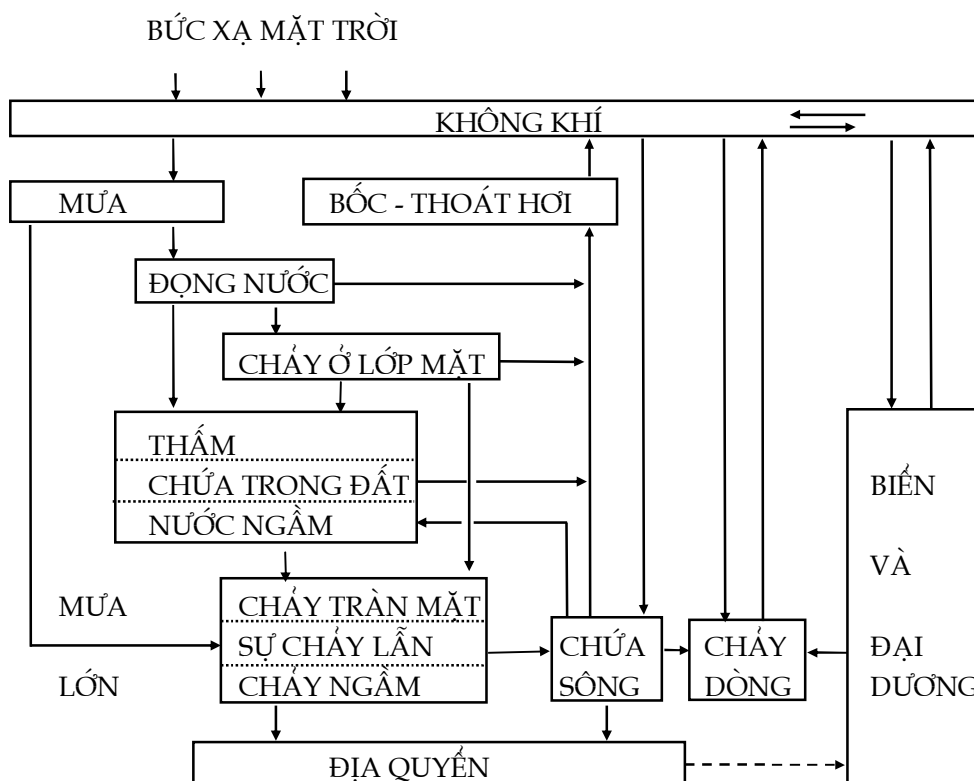


Hình 2.1: Hình ảnh mô tả chu trình thủy văn

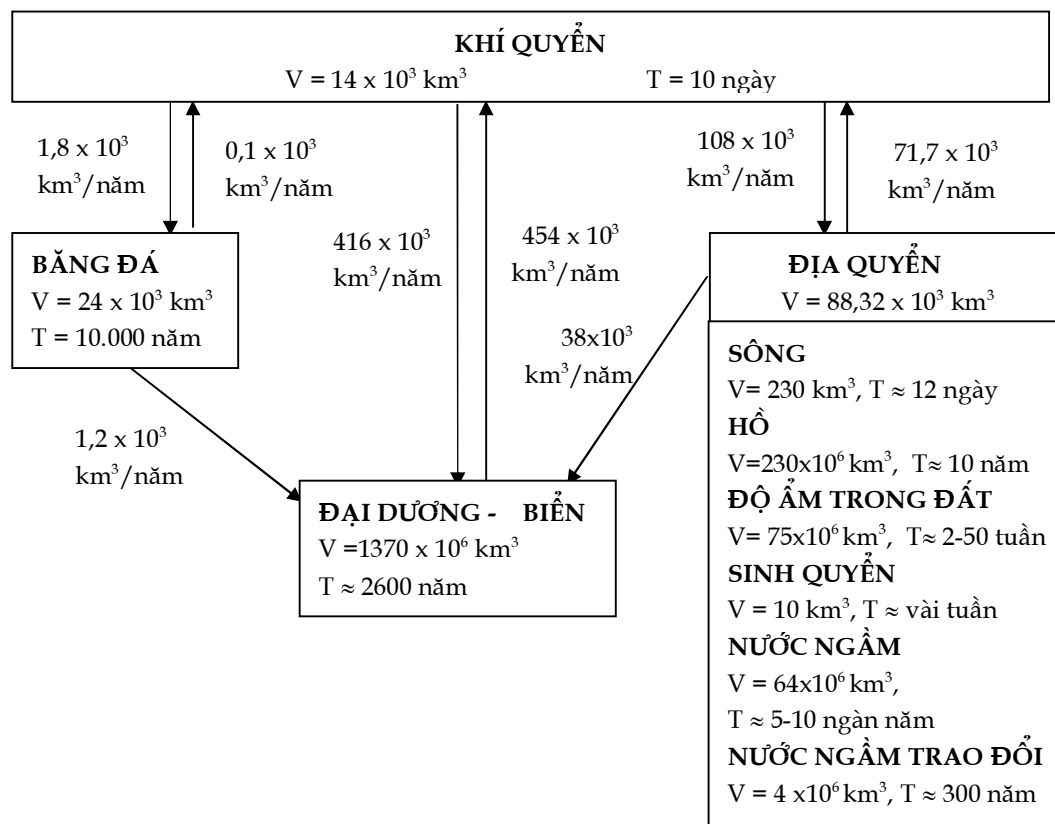
Chu trình thủy văn có thể tóm tắt ở 6 biên số sau:

- P - lượng giáng thủy (*Precipitation*)
- I - lượng thấm (*Infiltration*)
- E - lượng bốc hơi (*Evaporation*)
- T - lượng thoát hơi (*Transpiration*)
- R - lượng chảy mặt (*Surface Runoff*)
- G - lượng chảy ngầm (*Groundwater flow*)

Nhà thủy văn học Arved J. Raudkivi, 1979, đã minh họa chu trình thủy văn theo một tiến trình quan hệ các yếu tố dòng chảy (bốc hơi, mưa, thấm, chảy tràn, ...) và nơi chứa nước (không khí, vùng trũng, sông, biển, dưới đất, ...) như hình 2.2. Ông cũng trình bày ước lượng sự phân phối và khối lượng dịch chuyển nguồn nước trong chu trình thủy văn như hình 2.3.



Hình 2.2: Minh họa các quan hệ dòng chảy và nơi chứa của chu trình thủy văn (theo Arved J. Raudkivi, 1979)



Hình 2.3: (theo Arved J. Raudkivi, 1979)

Đặc trưng phân phối chính về lượng nước ở dạng tĩnh và động trên trái đất. V là thể tích khối nước tính bằng  $\text{km}^3$  và T là thời gian tuần hoàn của nước.

### 2.1.2. Phương trình cân bằng nước

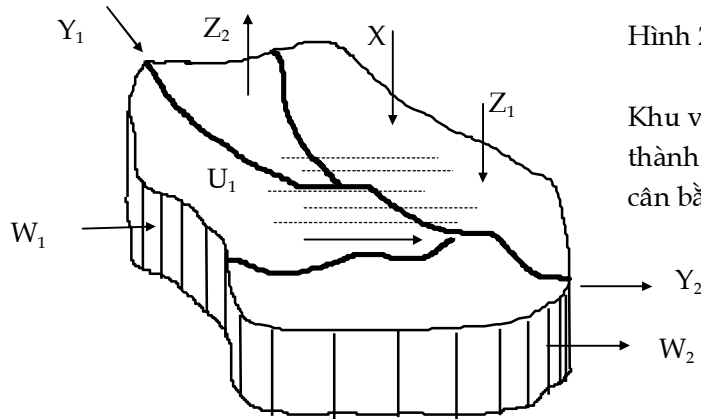
Phương trình phản ánh một cách định lượng vòng tuần hoàn của nước trong một lưu vực sông, trong một lưu vực riêng biệt hoặc trên toàn trái đất được gọi là *phương trình cân bằng nước* (water balance equation).

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*".

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

### ▽ 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 2.4.



Hình 2.4:

Khu vực sông và các thành phần của cân bằng nước

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

$$(X + Z_1 + Y_1 + W_1) - (Z_2 + Y_2 + W_2) = |U_2 - U_1| = \pm \Delta U \quad (2-1)$$

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  $\Delta t$
- $U_2$  - lượng nước trữ trong lưu vực ở thời đoạn cuối của  $\Delta t$
- $\Delta U$  : mang dấu + khi  $U_1 > U_2$  và ngược lại

### ▽ 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:

$$X = Y + Z \pm \Delta U \quad (2-2)$$

**b. Lưu vực hồ**

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

$$X = Y + Z \pm \Delta W \pm \Delta U \quad (2-3)$$

trong đó:  $\pm \Delta W = W_2 - W_1$

**▽ Phương trình cân bằng nước trong nhiều năm**

Phương trình (2-2) và (2-3) viết cho thời đoạn bất kỳ, tức  $\Delta t$  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 (2-3), xét trong  $n$  năm:

$$\frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i + Z_i \pm \Delta U_i)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n Z_i}{n} + \frac{\sum_{i=1}^n \pm \Delta U_i}{n} \quad (2-4)$$

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 (2-4) sẽ trở thành:

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \quad (2-5)$$

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 hồ, tương tự sẽ có:

$$X_0 = Y_0 + Z_0 \pm \Delta W_0 \quad (2-6)$$

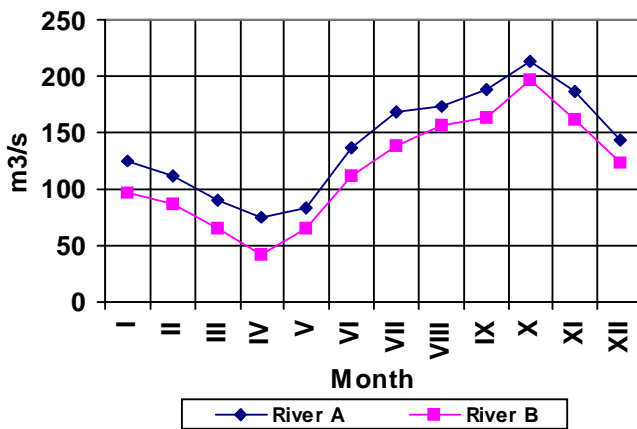
Trong trường hợp lưu vực hồ, giá trị bình quân nhiều năm của  $\pm \Delta W_i$  không tiến đến 0 được vì sự trao đổi nước ngầm giữa các lưu vực không cân bằng thường diễn ra 1 chiều.

Bảng 2.1: Cân bằng nước trung bình nhiều năm trên thế giới và Việt Nam

Lãnh thổ	Diện tích	Mưa		Chảy mặt		Bốc hơi	
		Vùng	$10^3 \text{ Km}^2$	mm	$10^3 \text{ Km}^3$	mm	$10^3 \text{ Km}^3$
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	

### 2.1.3. Thủy đồ và bản đồ thủy văn

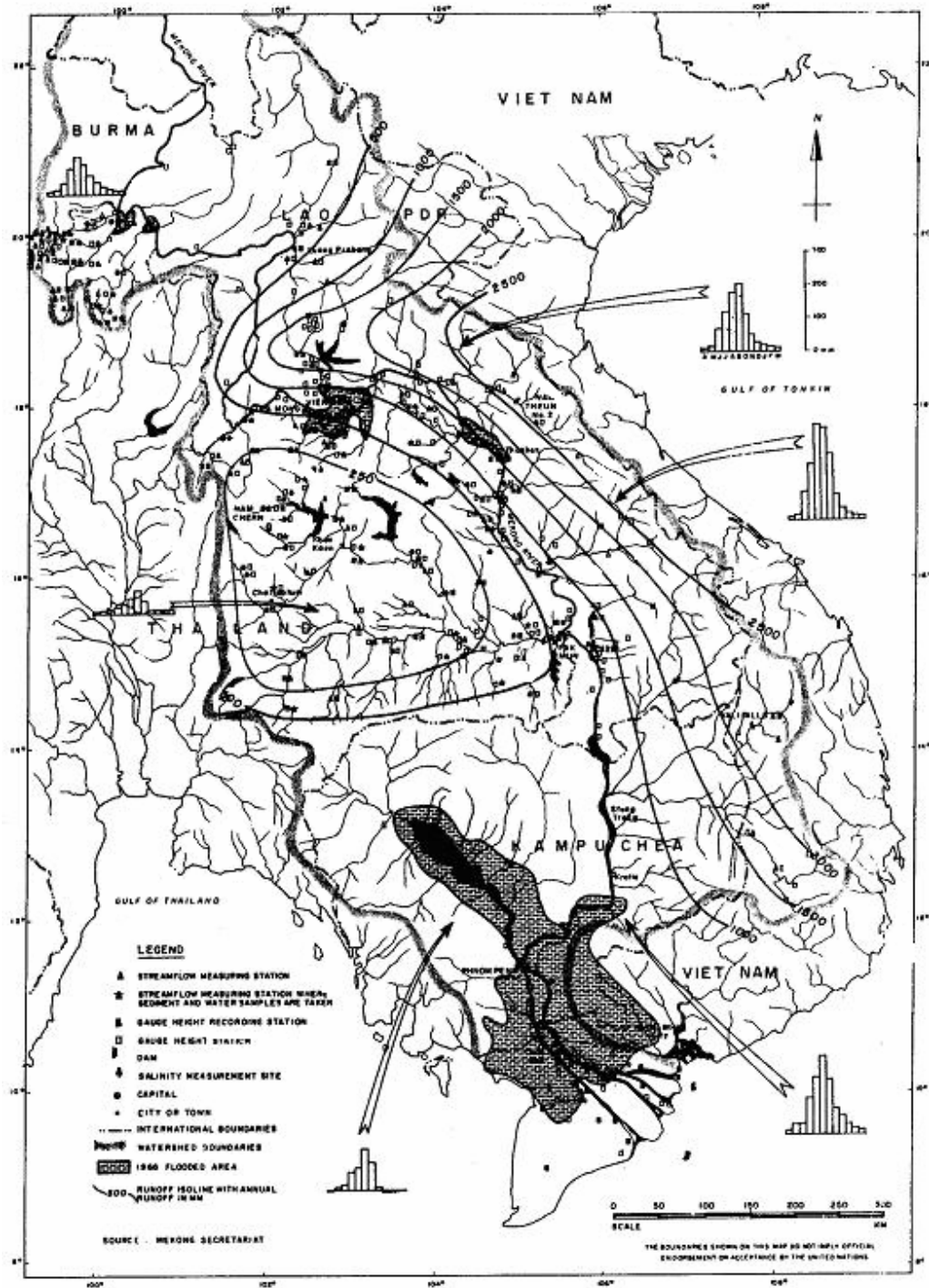
▽ *Thủy đồ* (hydrograph) là một đồ thị biểu thị quan hệ các đặc trưng của dòng chảy với thời gian. Các đặc trưng của dòng chảy có thể là vận tốc, lưu lượng, chất lượng nước, ... thường được thể hiện trên trục tung, còn yếu tố thời gian thường biểu hiện ở trục hoành.



Hình 2.5:  
Một ví dụ về thể hiện  
thủy đồ:  
Lưu lượng trung  
bình tháng của 2  
sông A và B

▽ *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. (Xem ví dụ trang kế).

Người ta có thể tách bản đồ thủy văn thành những bản đồ mang đặc tính thủy học riêng biệt, ví dụ như bản đồ mưa, bản đồ bốc hơi, bản đồ nước mặt, bản đồ ngập lũ, bản đồ chất lượng nước, bản đồ địa chất thủy văn, ...

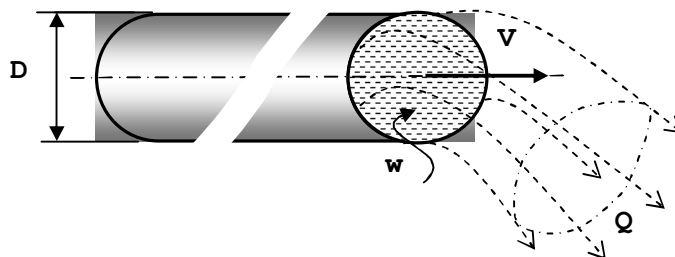


Hình 2.6: Bản đồ thủy văn thể hiện các đường chảy tràn trung bình nhiều năm, phân bố chảy tràn theo tháng, vùng ngập lũ và các trạm thủy văn của sông Mekong năm 1985 (tài liệu của Ủy ban sông Mekong, 1988)

## 2.2. CÁC CÔNG THỨC THỦY LỰC ĐƯỜNG ỐNG

### 2.2.1. Tính toán đường kính ống dẫn

Hầu hết các đường ống dẫn trong hệ thống cấp nước đều có dạng mặt cắt ngang hình tròn. Đường kính của ống, ký hiệu là  $D$ , được xác định khi biết lưu lượng dòng chảy  $Q$  và vận tốc dòng chảy trung bình trong ống  $V$ .



Hình 2.6: Minh họa các yếu tố thủy lực cơ bản đường ống  
Lưu lượng qua ống:

$$Q = w \cdot V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} V \quad (2-7)$$

với  $w$  là diện tích mặt cắt ướt của ống dẫn. Từ (2-7) suy ra:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad (2-8)$$

Thông thường,  $Q$  được tính bằng  $m^3/s$ ,  $m^3/h$  hoặc  $l/s$ .  $V$  tính bằng  $m/s$  và  $D$  được tính bằng  $mm$  hoặc  $cm$ . Như vậy khi áp dụng công thức trên cần có sự chuyển đổi đơn vị cần thiết.

### 2.2.2. Tính toán tổn thất cột áp trong đường ống

Thật sự, việc xác định vận tốc dòng chảy trong ống thường không dễ dàng. Sự thay đổi vận tốc dòng chảy trong ống liên quan đến các chỉ tiêu kinh tế của hệ thống. Từ công thức (2-8), ta dễ nhận thấy khi lưu lượng  $Q$  không đổi thì khi tăng vận tốc  $V$  lên thì đường ống  $D$  sẽ giảm. Tuy nhiên, vận tốc  $V$  tăng cao sẽ dẫn đến tổn thất cột áp  $h_{ms}$  cũng sẽ gia tăng do ma sát giữa thành ống và chất lỏng gia tăng. Tổn thất cột áp  $h_{ms}$ , theo Darcy-Weisbach:

$$h_{ms} = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (m) \quad (2-9)$$

trong đó:  $L$  - chiều dài ống dẫn,  $m$

$D$  - đường kính ống,  $mm$

$V$  - vận tốc dòng chảy,  $m/s$

$g$  - gia tốc trọng trường,  $g = 9,81 \text{ m}^2/s$



$\lambda$  - hệ số cản dọc đường, phụ thuộc vào loại vật liệu ống dẫn (ống thành trơn, thành nhám) và trạng thái chảy (chảy tầng, chảy quá độ, chảy rối).

- Ở trạng thái chảy tầng:

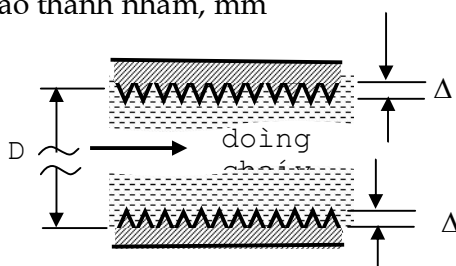
$$\lambda = \frac{64}{Re} \tag{2-10}$$

Re là số Reynol,  $Re = \frac{V.D}{\nu}$ , với  $\nu$  là hệ số nhớt động ( $m^2/s$ )

- Ở trạng thái quá độ từ chảy tầng sang chảy rối, theo Antsun:

$$\lambda = 0,1 \left( \frac{1,46.\Delta}{D} + \frac{100}{Re} \right)^{0,25} \tag{2-11}$$

với  $\Delta$  là chiều cao thành nhám, mm



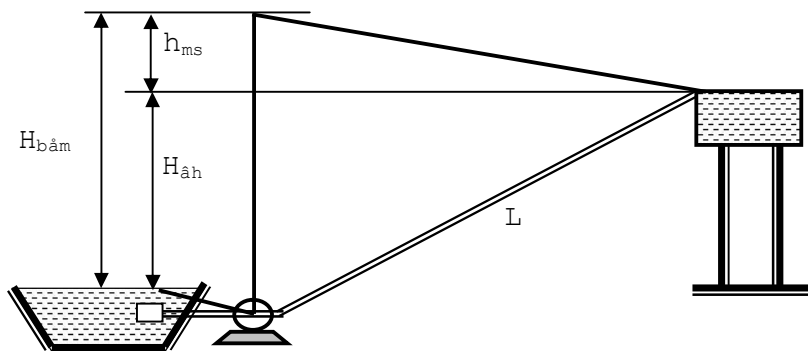
Hình 2.7: Minh họa chiều cao thành nhám  $\Delta$

- Ở trạng thái chảy rối hoàn toàn (khu vực cân bằng phương), theo Nicurat:

$$\lambda = \frac{1}{\left( 1,14 + 21g \frac{D}{\Delta} \right)^2} \tag{2-12}$$

Trị số  $\lambda$  có thể xác định bằng bảng tra hoặc đồ thị (tham khảo các sách thủy lực).

Xét một hệ thống bơm nước từ nguồn vào một bể chứa đơn giản như hình vẽ sau:



Hình 2.8: Đường năng của hệ thống bơm nước

Chiều cao bơm được xác định theo:

$$H_{bơm} = H_{đh} + h_{ms} \tag{2-13}$$

Khi tổn thất cột áp tăng thì chiều cao bơm nước sẽ gia tăng, như vậy hệ thống đòi hỏi công suất bơm cũng phải gia tăng theo công thức:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{\text{bơm}}}{1000 \cdot \eta_{\text{bơm}}} \quad (\text{kW}) \quad (2-14)$$

trong đó:  $\gamma$  - trọng lượng riêng của chất lỏng bơm ( $\text{N}/\text{m}^3$ )  
 $\eta_{\text{bơm}}$  - hiệu suất toàn phần của máy bơm, %

Công suất máy bơm tăng, có nghĩa là, năng lượng bơm cũng tăng.

Đối với mạng đường ống dẫn nước phức tạp:

(Tổn thất cột nước) = (tổn thất đường dẫn) + (tổng các tổn thất cục bộ)

$$\text{hay} \quad h_w = \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_i L_i V_i^2}{D_i \cdot 2g} + \sum_{i=1}^m \zeta_i \frac{V_i^2}{2g} \quad (2-15)$$

trong đó  $\zeta_i$  - là hệ số tổn thất cục bộ thứ  $i$  trong hệ thống.

Tổn thất cục bộ có thể bao gồm tổn thất do co hẹp/ mở rộng, do lưới chắn, do van khóa, do sự co uốn của ống, v.v... Các hệ số này có thể lấy từ những bảng tra thực nghiệm của các sách thủy lực. Trong một số trường hợp, đối với mạng lưới cấp nước đường dài, người ta thường tính tổn thất do ma sát dọc theo đường dẫn và có thể bỏ qua tổn thất cục bộ.

Các công thức thủy lực thường dùng khác:

➤ Công thức Hazen-Williams cho đường ống kín:

$$V = 0,8492 C \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \quad (5-16)$$

với  $V$  - vận tốc dòng chảy ( $\text{m}/\text{s}$ )

$R$  - bán kính thủy lực ( $\text{m}$ ), tỉ số giữa diện tích ướt và chu vi ướt

$C$  - hệ số Hazen-Williams (tra bảng)

$S$  - độ dốc của đường ống (tổn thất cột nước trên mỗi đơn vị chiều dài)

Tổn thất trên đường ống có thể lấy:

$$h_d = kQ^{1,85}$$

với  $k$  là hệ số tổn thất cục bộ, tùy thuộc vào hình dạng ống dẫn, có bảng ra.

➤ Công thức Manning cho dòng chảy hở (kênh dẫn hở):

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (2-17)$$

với  $n$  - hệ số Manning (tra bảng)

các giá trị  $V$ ,  $R$ ,  $S$  được định nghĩa như trên.

### 2.2.3. Tính toán chọn lựa máy bơm

Máy bơm sử dụng trong cấp nước là máy bơm ly tâm, bơm nước va và bơm pitton, bơm khí ép, bơm hướng trục. Trong đó, bơm ly tâm được dùng phổ biến.

Cột áp của bơm ly tâm  $H$  (m) được xác định bằng:

$$H = h + \frac{p_x - p_h}{\gamma} + h_w \quad (\text{m}) \quad (2-18)$$

trong đó:

$h$  - cao trình bơm nước, khoảng cách từ mặt thoáng bể hút đến mặt thoáng bể xả.

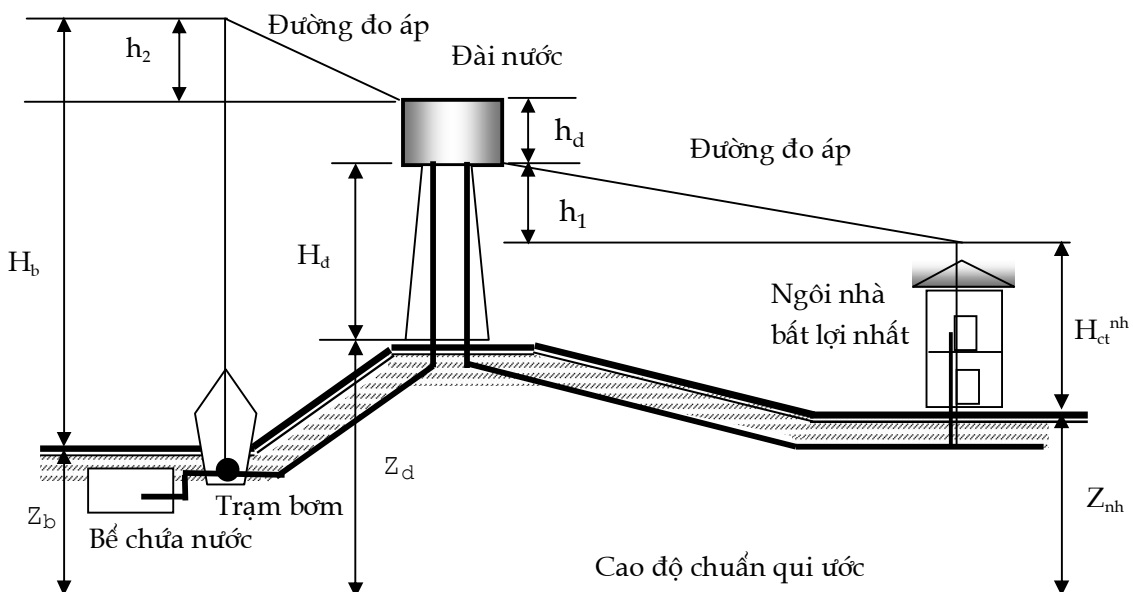
$p_x$  và  $p_h$  - lần lượt là áp suất trên mặt thoáng của bể xả và bể hút.

$h_w$  - tổn thất cột nước của hệ thống bơm

$\gamma$  - trọng lượng riêng của chất lỏng

### 2.2.4. Chiều cao đài nước và áp suất công tác của máy bơm

Nước được cung cấp đến người tiêu dùng từ máy bơm của trạm cấp nước hoặc từ đài nước thông qua mạng đường ống. Muốn có đủ lượng nước cần thiết và liên tục đến cuối người tiêu thụ (nơi xa nhất và cao nhất) thì đầu nguồn phải có đủ áp lực cần thiết. Đồng thời ở vị trí bất lợi nhất thì cũng cần có một áp lực cần thiết đến đầu cuối các thiết bị vệ sinh bên trong ngôi nhà.



Hình 2.9: Sơ đồ thể hiện liên hệ giữa đường đo áp lực của công trình cấp nước

Chiều cao đài nước được tính theo công thức:

$$H_d = Z_{nh} - Z_d + H_{ct}^{nh} + h_1 \quad (2-19)$$

Áp lực công tác của bơm:

$$H_d = Z_{nh} - Z_b + H_d + h_d + h_2 \quad (2-20)$$

trong đó:

- $H_d, H_b$  - độ cao đài nước, áp lực công tác của bơm (m);  
 $Z_b, Z_d, Z_{nh}$  - lần lượt là cao trình trạm bơm, đài nước và ngôi nhà bắt lợi (m);  
 $h_d$  - độ cao bể chứa nước trên đài nước (m);  
 $h_1$  - tổng tổn thất áp lực đường ống từ đài nước đến ngôi nhà bắt lợi (m);  
 $h_2$  - tổng tổn thất áp lực trên đường ống từ trạm bơm đến đài nước (m);  
 $H_{ct}^{nh}$  - áp suất cần thiết của ngôi nhà bắt lợi (m).  
 - Nhà 1 tầng  $H_{ct}^{nh} = 10$  m;  
 - Nhà 2 tầng  $H_{ct}^{nh} = 12$  m;  
 - Nhà 3 tầng  $H_{ct}^{nh} = 16$  m;  
 - Thêm 1 tầng thì  $H_{ct}^{nh}$  tăng thêm 4 m .

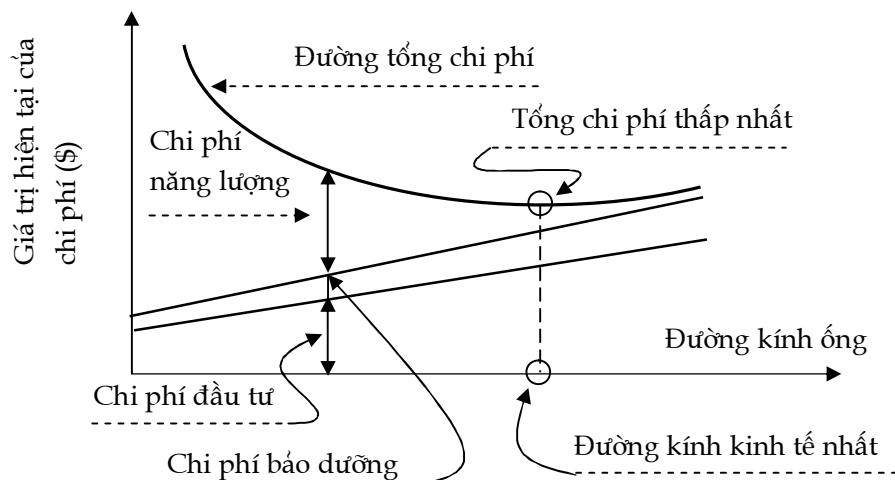
### 2.2.5. Đường kính ống kinh tế

Đường kính ống kinh tế  $D_{kt}$  là đường kính mà tổng kinh phí về giá thành và năng lượng dùng để dẫn nước là nhỏ nhất. Theo V.G. Lobasev:

$$D_{kt} = k Q^{0,42} \quad (m) \quad (2-21)$$

với  $k = 0,8 - 1,2$  và  $Q$  là lưu lượng ( $m^3/s$ )

Ngoài ra, có thể tham khảo bảng tra, để xác định đường kính ống kinh tế tương ứng với lưu lượng, vận tốc kinh tế và độ dốc thủy lực (tham khảo phụ lục 10).



Hình 2.10: Biểu đồ xác định đường kính ống kính tế nhất



So sánh các dạng mạng đường ống:

Mạng đường ống	Ưu điểm	Nhược điểm
Mạng phân nhánh	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dễ tính toán</li> <li>• Kinh phí thấp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cấp nước không liên tục</li> <li>• An toàn kém</li> </ul>
Mạng lưới vòng	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cấp nước liên tục</li> <li>• Giám sức va thủy lực</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tính toán phức tạp</li> <li>• Kinh phí cao</li> </ul>
Mạng hỗn hợp	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Phù hợp cải tạo đô thị</li> <li>• Phổ biến sử dụng cho nhiều đối tượng</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tính toán phức tạp</li> <li>• Quản lý thuận lợi</li> </ul>

### 2.3.2. Tính toán thủy lực mạng lưới phân nhánh

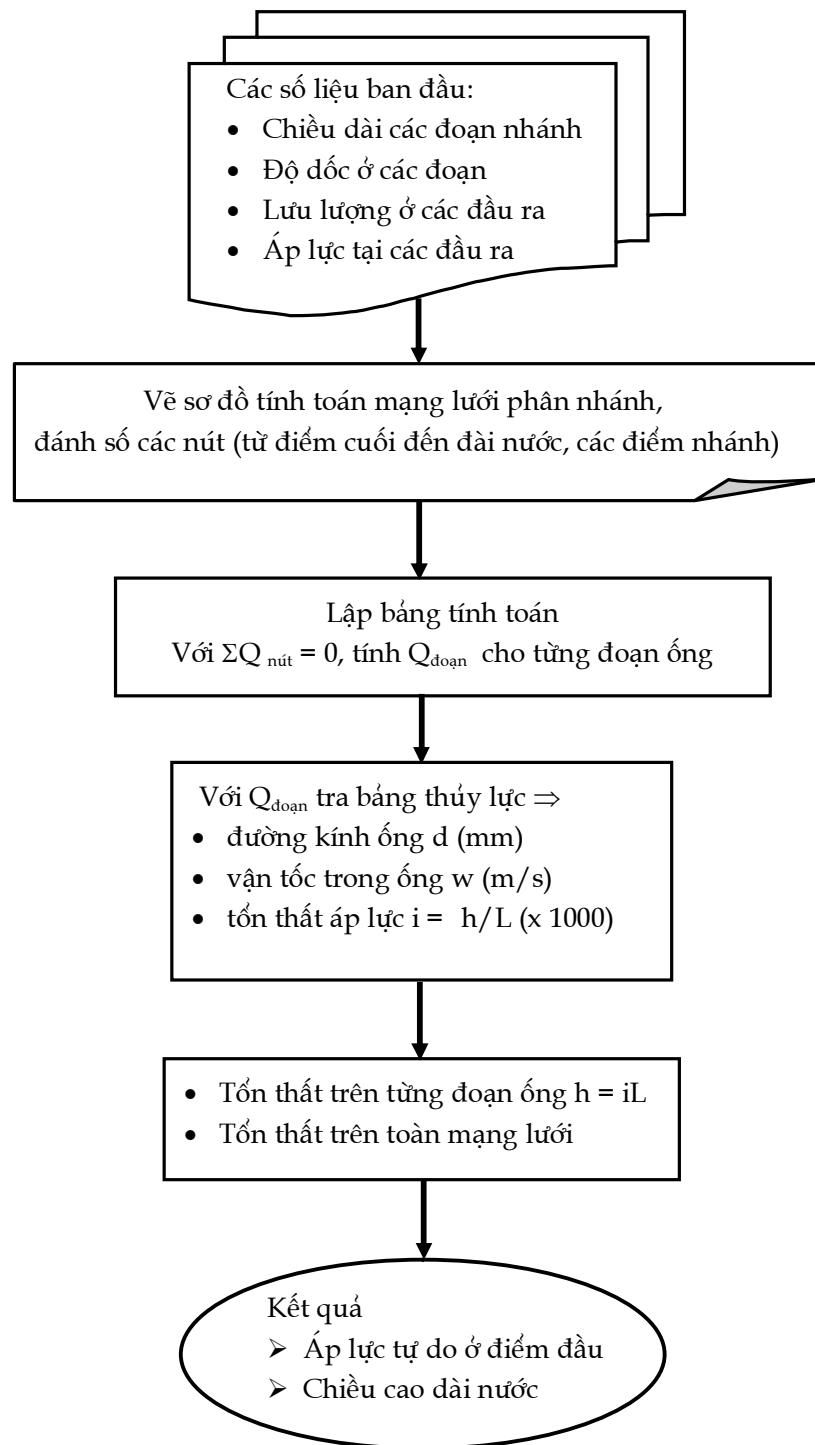
Mạng lưới phân nhánh (*branching pipes*) - còn gọi là mạng lưới cụt, nhánh cây, mạng hờ, ... - bao gồm một hay nhiều ống nối riêng rẽ với nhau đi về phía dưới hạ lưu so với trạm cấp nước hoặc tháp nước. Các đoạn ống không kết nhau thành một mạch vòng. Chiều dòng chảy trong mạng phân nhánh sẽ phụ thuộc vào:

- Áp lực từ đài nước và cao trình đặt ống
- Đường kính, chiều dài và vật liệu làm ống.

Đối với bài toán thủy lực mạng lưới phân nhánh, bài toán thường đặt ra là: xác định áp suất cần thiết ở điểm đầu mạng lưới hoặc chiều cao đài nước và áp lực công tác của bơm. Điều kiện ban đầu là các giá trị đã xác định như chiều dài các đoạn nhánh, lưu lượng, áp suất ở các đầu lấy nước.

Nguyên lý của bài toán mạng lưới phân nhánh là *tổng dòng chảy vào nút phải bằng tổng dòng chảy ra khỏi nút*. Dòng chảy trong ống có thể tính toán bằng một trong những công thức dòng chảy có áp trong ống, như công thức của Darcy-Weisbach hoặc công thức Hazen-Williams, dựa vào ma sát đường dài và ma sát cục bộ và cao độ khác nhau trong từng đoạn ống.

Trình tự để giải bài toán như sau:



Hình 2.14: Sơ đồ tính toán mạng lưới phân nhánh



### 2.3.3. Tính toán thủy lực mạng lưới vòng

Thực tế, mạng lưới cấp nước vòng (*loop-pipe network*) là mạng lưới có nhiều hệ thống ống bao gồm những ống khác nhau nối kết tạo thành một tổ hợp nhiều điểm đưa nước vào và lấy nước ra. Việc tính toán mạng lưới vòng phức tạp hơn mạng lưới nhánh rất nhiều. Hiện có nhiều phương pháp với nhiều tác giả khác nhau và phần mềm máy tính đã phát triển nhằm hỗ trợ cho việc tính toán mạng lưới vòng. Ở đây, phương pháp thứ dần của Hardy Cross được giới thiệu.

Bước đầu tiên cho việc áp dụng phương pháp Hardy Cross cho mạng đường ống là giả thiết dòng chảy cho mỗi đường ống đơn. Việc chọn lựa lưu lượng phải cần thỏa mãn nguyên lý thứ nhất về cân bằng tại nút: *tổng lượng dòng chảy vào tại mỗi điểm nút phải bằng tổng lượng dòng chảy ra khỏi nút*. Giả thiết dòng chảy cho từng ống, sau đó tính toán tổn thất cột nước qua từng đoạn ống (sử dụng công thức Hazen William).

$$\Sigma Q_{\text{vào}} = \Sigma Q_{\text{ra}} \quad \text{hoặc} \quad \Sigma Q_{\text{nút}} = 0 \quad (2-22)$$

Bước kế tiếp là tìm tổng đại số các tổn thất cột nước cho từng đoạn vòng trong mạng lưới. *Qui ước dòng chảy trong đoạn vòng theo chiều kim đồng hồ là dương, tương ứng với tổn thất dòng chảy dương; dòng chảy ngược với chiều kim đồng hồ là âm và tạo ra tổn thất âm*. Theo nguyên lý thứ hai cho đường ống song song: - tổn thất giữa 2 nút là như nhau cho mỗi nhánh nối vào nút - *tổng đại số các tổn thất cột nước cho mỗi vòng phải bằng 0*.

$$\Sigma h_{d(\text{loop})} = 0 \quad (2-23)$$

Đến đây có thể giải theo cách *cân bằng cột nước* - Nếu, tổng tổn thất cho mỗi vòng bằng 0, thì giả thiết ban đầu về lưu lượng cho từng đoạn ống là đúng. Nếu không phải giả thiết lại lưu lượng (thường thì khó mà có thể thỏa mãn cả 2 nguyên lý). Lưu lượng điều chỉnh  $\Delta Q$  xác định theo công thức:

$$\Delta Q = - \frac{\Sigma (h_d)}{n \Sigma \left( \frac{h_d}{Q_o} \right)} \quad (2-24)$$

trong đó:

$\Delta Q$  - trị số điều chỉnh lưu lượng

$\Sigma(h_d)$  - tổng đại số các tổn thất cột nước trong vòng

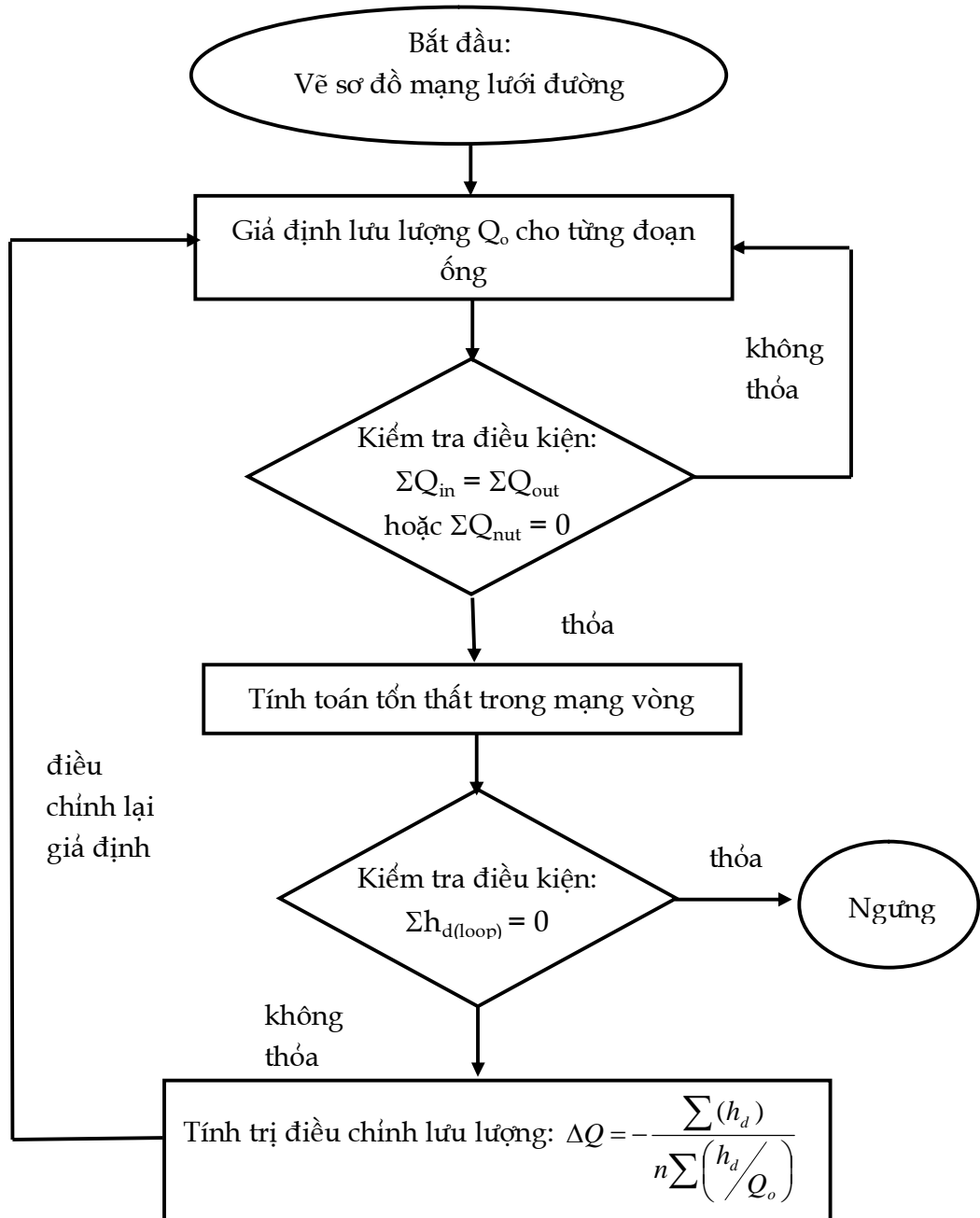
$n$  - giá trị tùy thuộc công thức tính toán lưu lượng

( $n = 1,85$  nếu áp dụng công thức Hazen-Williams)

$\Sigma(h_d/Q_o)$  - tổng số học các tổn thất chia cho lưu lượng cho mỗi ống trong vòng

Bước cuối cùng là dùng trị điều chỉnh lưu lượng (cho mỗi vòng) để điều chỉnh giá định lưu lượng ban đầu cho tất cả đường ống và tiếp tục lặp lại tiến trình này cho lưu lượng đã điều chỉnh cho đến khi nguyên lý thứ 2 được thỏa mãn: tổng tổn thất đại số tại mỗi vòng bằng 0 hoặc gần bằng 0.

Tóm tắt các bước:



Hình 2.15: Lưu đồ tính toán mạng lưới vòng

---

Người thiết kế có thể tham khảo thêm các phương pháp tính toán mạng lưới đường ống như:

- phương pháp tra bảng;
- phương pháp cân bằng lưu lượng, cân bằng áp lực;
- phương pháp điều chỉnh mạng lưới vòng;
- ...

Các phương pháp này có thể tìm đọc ở các sách thủy lực học trong và ngoài nước.

Thông thường việc tính toán các bài toán mạng đường ống nhánh hoặc vòng rất tốn nhiều thời gian và dễ nhầm lẫn. Để khắc phục việc này, nhiều nhà thủy lực học lập trình điện toán thành các phần mềm máy tính chuyên biệt cho tiện người sử dụng nhằm gia tăng tốc độ tính ở nhiều phương án khác nhau, giảm sự căng thẳng và tăng cường độ chính xác của kết quả.

Các phần mềm quen thuộc hiện nay:

- Branch 5.2 (tính toán mạng ống nhánh)
- Loop 5.0 (tính toán mạng vòng).