

# 譯 介

## 滴灌系統之設計 (公制單位) \*

### Drip Irrigation System Design in Metric Units

美國夏威夷大學農工系教授

I-Pai Wu (吳義伯)

及 Harris M. Gitlin 著

國立臺灣大學農工研究所研究生

郭 勝 豐 譯

#### 壹、管路設計

(一)基本水理：

1. 滴灌系統是由不同管徑之塑膠管組合而成，其管路視為光滑。因此，依據 William & Hazen 公式 ( $C=150$ )，可得經驗公式：

$$\Delta H = 15.27 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} \Delta L \dots\dots\dots (1)$$

(單位：公制)

式中： $\Delta H$  = 摩擦損失能量 (米)

$Q$  = 總流量 (公升/秒)

$D$  = 管之內徑 (公分)

$\Delta L$  = 每一斷面之長度 (米)

2. 副管及支管中總流量隨著長度之增加而減少，所以實際  $\Delta H$  將較(1)式為小，修正(1)式得：

$$\Delta H = 5.35 \frac{Q^{1.852}}{D^{4.871}} L \dots\dots\dots (2)$$

3. 副管及支管中流量隨長度增加而減少，所以其能量梯度線將為指數型態，以無因次表示為：

$$Ri = 1 - (1 - i)^{2.852} \dots\dots\dots (3)$$

式中： $Ri$  = 能量坡降比， $(\frac{\Delta Hi}{\Delta H})$

$\Delta H$  = 由公式(2)得之總摩擦損失能量

$i$  = 長度比 ( $i = \frac{\ell}{L}$ )

$\Delta Hi$  = 在  $i$  情況下之總摩擦損失能量

4. 壓差之決定：管路置於水平時，其壓差可

直接由能量梯度線讀得。若置於向上或向下傾斜坡度，可由下式求得：

$$\frac{dh}{dL} = -S_f \pm S_0 \dots\dots\dots (4)$$

式中： $S_f$ ：能量梯度線。

$S_0$ ：坡度線，向下傾斜為“+”，向上傾斜為“-”。

孔口流量和壓差關係亦可以下式表示：

$$q = C \sqrt{h} \dots\dots\dots (5)$$

或  $q_{var} = 1 - (1 - h_{var})^{0.5}$

式中： $q_{var} = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}}$

$$h_{var} = \frac{h_{max} - h_{min}}{h_{max}}$$

5. 滴灌設計其可接受情況為：孔口流量變化小於20% (壓差變化約為40%)，支管流量變化小於10% (副管之壓差變化約為20%)。

(二)設計圖表及步驟：

(A)支管置於均勻坡度之圖表：支管內徑普通為12mm, 16mm兩種，其設計圖如圖(1)

(2)所示，設計步驟如下：

1. 決定支管長度  $L$ ，作用壓力水頭  $H$  之比 ( $L/H$ )，及總流量  $Q$  (LPS)。
2. 象限 III 之  $L/H$  交象限 II 之  $Q$  於一點，利用此點繪一水平線通過象限 I。
3. 象限 III 之  $L/H$  水平移動至象限 IV 之坡度線交於一點，利用此點繪垂直線通過象限 I。

本文譯自「省水灌溉技術研討會」資料 (75農建-7.1-林-43(1)農委會計畫)，承蒙主講人吳義伯博士同意譯介，謹致謝誌。

4. 決定兩線條在象限 I 之交點是否能被接受。

5. 接受範圍：壓差變化 20~40%，或孔口流量變化約 10~20%，超過此範圍則不被接受。

例 2：長 100m 之支管置於  $S=1\%$  之向下傾斜均勻坡度，孔口間距為 0.5m，每一孔口流量為 2.7 升/時，作用壓力水頭為 10m，試設計支管內徑應為若干？

解：已知： $L=100\text{m}$ ,  $H=10\text{m}$ ，孔口數目 200 個，總流量  $Q=540\text{升/時}=0.15\text{升/秒}$ 。設計步驟如下：

1.  $L/H=10$

2. 先假設  $D=16\text{mm}$  (圖 2)，象限 III 之  $L/H=10$ ，垂直移動，交象限 II 之  $Q=0.15\text{升/秒}$  於一點，於象限 I 繪一水平線通過此點。

3.  $L/H$  水平移動交象限 IV 之  $S=1\%$  於一點，於象限 I 繪一垂直線通過此點。

4. 此兩線在象限 I 之交點屬於合理範圍，所以可設計支管內徑為 16mm。

(B) 支管及副管置於均勻坡度之一般圖表：如圖(3)(4)所示，此圖表可應用於任何管之支管及副管，其設計步驟如下：

(1) 由已知條件找出  $\Delta H/L$ ：圖(3)

1. 決定  $L/H$  及  $Q$  之值。

2. 象限 III 之  $L/H$  水平移動交象限 III 之坡度線於一點，利用此點繪垂直線通過象限 I。

3. 此垂直線交“Desirable”範圍之上限於一點，利用此點繪水平線通過象限 II。

4. 象限 III 之  $L/H$  作垂直線通過象限 II 限，交上述水平線於一點，即可得之  $\Delta H/L$ 。

(2) 決定支管（副管）管徑大小：圖(4)

1. 由前面步驟得到之  $Q$  及  $\Delta H/L$  連成一線，所交於“Pipesize”線之點即為管徑。

例子：長 100m 之支管置於  $S=1\%$  之向下均勻傾斜坡度，孔口間距 0.33m，每一孔口流量 4 升/時，作用壓力水頭 10m，試設計支管內徑？

解：已知條件： $L=100\text{m}$ ,  $H=10\text{m}$ ，孔口數目 300 個， $Q=1200\text{升/時}=0.334\text{升/秒}$ 。設計步驟如下：

1.  $L/H=100/10=10$  (圖 3)

2.  $\frac{L}{H}$  水平移動交象限 IV 之  $S=1\%$  於一點，於象限 I 繪一垂直線通過此點。

3. 如前設計步驟 3, 4 所述可得  $\frac{\Delta H}{L}=3.5$ 。

4. 在圖 4 定出  $Q=0.334$ ,  $\frac{\Delta H}{L}=3.5$  兩點連成一直線可得此支管最小內徑為 19mm。

(C) 支管置於非均勻坡度之圖表：如圖(5)所示，此圖表以無因次設計，故可用於公制及英制。其設計步驟如下：

1. 將不均勻坡面視為數個均勻坡面組成，決定每一斷面因坡度所獲得（或損失）能量，進而求得全斷面之總能量  $\Delta H_i'$ 。

2. 象限 I 定出無因次比  $\frac{\ell}{L} \leftrightarrow \frac{\Delta H_i'}{L}$  之座標。

3. 由公式(2)決定摩擦損失能量  $\Delta H$ ，定出其與作用壓力水頭  $H$  之比  $\frac{\Delta H}{H}$ 。

4. 決定支管長度  $L$  和  $H$  之比  $\frac{L}{H}$ 。

5. 象限 I 定出非均勻坡面，則兩均勻面間有一折點。

6. 此折點交象限 IV 之  $\frac{L}{H}$  於一點，象限 III 繪一水平線過此點。

7. 此折點交象限 II 之  $\frac{\Delta H}{H}$  於一點，象限 III 繪一垂直線通過此點。

8. 由象限 III 兩線之交點得知壓差之變化。

9. 重覆上述步驟，決定是否每一折點之壓差均在可接受範圍之內。

例 3：長 120m，內徑 16mm 之支管置於非均勻坡度，此非均勻坡度可表示如下：

0~30m          3% (下)

30~60m        2% (下)

60~90m        0%

90~120m       3% (下)

作用壓力水頭 10m，總流量 0.13 升/

秒，試問壓差是否合理？

解：已知條件：L=120m, H=10m,  $\Delta H = 1.5$  (由公式(2)求得)，設計步驟如下：

a.  $\frac{L}{H} = 12, \frac{\Delta H}{H} = 0.15$

b. 非均勻坡度：

| $\frac{\ell}{L}$ | $\Delta H_i' (m)$ | $\frac{\Delta H_i'}{L}$ |
|------------------|-------------------|-------------------------|
| 0.25             | 0.9               | 0.0075                  |
| 0.50             | 1.5               | 0.0125                  |
| 0.75             | 1.5               | 0.0125                  |
| 1.00             | 2.4               | 0.0200                  |

繪  $\frac{\ell}{L} \leftrightarrow \frac{\Delta H_i}{L}$  之關係於象限 I。

c. 依據前面所述之設計步驟，得知沿支管之壓差均小於10%，所以此設計是合理的，其結果如圖(10)所示。

(D) 副管之簡化圖表：副管通常較短，因此可視為均勻坡度情況而簡化之。圖(6)(7)區分坡度大於0.5%及小於0.5%之兩種情況，且其壓差可小於5%，其設計步驟如下：

1. 決定總流量 Q。

2. 決定長度及壓差比  $\frac{L}{H}$ 。

3. 決定副管管徑。

例4：長10m之副管置於坡度為零之面，副管連接10條支管，間距為1m 且每條支管流量0.167升/秒，試決定副管管徑？

解：已知 L=10m, H=10m，每支管流量0.167升/秒。步驟：

1. 總流量 Q=1.67升/秒

2.  $\frac{L}{H} = 1$

3. 因 S=0 所以由圖(7)可得管徑為25mm

(E) 主管之設計圖表：主管之流量隨長度之增加而減少，因此不同斷面之管徑將依能量梯度線而設計。依據實驗能量梯度線可表為直線如圖(8)所示，其設計步驟如下：

1. 繪主管之坡度線。

2. 從輸入壓力水頭到需要壓力水頭繪成一直線即為能量坡度線。

3. 決定能量梯度線之斜率  $\frac{\Delta H}{L}$ 。

4. 決定每一斷面所需流量 Q。

5. 由  $\frac{\Delta H}{L}$  及 Q 在圖(9)連線決定管徑。

例5：一20公頃之木瓜田區分成50丘塊，滴灌之主管置於田區中間，故主管每邊有25丘塊。每丘塊長約130m，寬約30m，設計流量2升/秒。如果主管坡度及作用壓力(17.5m)如圖(8)所示，試設計此主管24斷面中每一斷面所需管徑？

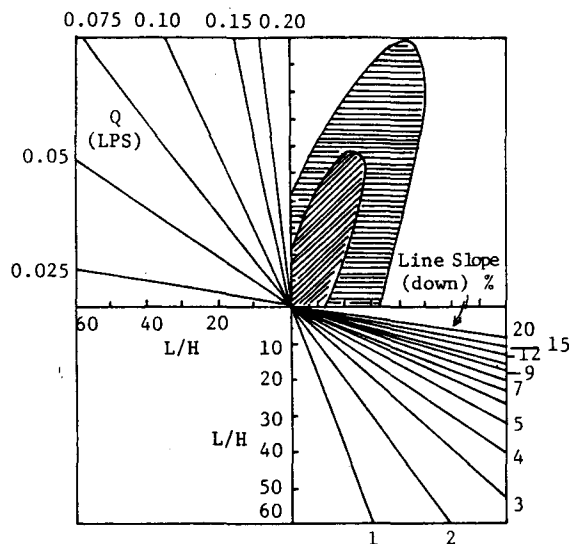
解：a. 主管之剖面，沿著剖面所需壓力水頭及能量坡度線繪於圖(8)，且由圖得知能量坡度為1%。

b. 已知每斷面之總流量及能量坡度，可由圖(9)得知每斷面之主管管徑，其結果如下表所示：

Table 1. Main line sizes determined from nomograph (Figure 9)

| Main Line Section | Discharge LPS | Main Line Size (Inside Diameter cm) |
|-------------------|---------------|-------------------------------------|
| 0*                | 48            | 25                                  |
| 1                 | 46            | 25                                  |
| 3                 | 44            | 25                                  |
| 4                 | 42            | 20                                  |
| 5                 | 40            | 20                                  |
| 6                 | 38            | 20                                  |
| 7                 | 36            | 20                                  |
| 8                 | 34            | 20                                  |
| 9                 | 32            | 20                                  |
| 10                | 30            | 20                                  |
| 11                | 28            | 20                                  |
| 12                | 26            | 20                                  |
| 13                | 24            | 20                                  |
| 14                | 22            | 20                                  |
| 15                | 20            | 15                                  |
| 16                | 18            | 15                                  |
| 17                | 16            | 15                                  |
| 18                | 14            | 15                                  |
| 19                | 12            | 15                                  |
| 20                | 10            | 12.5                                |
| 21                | 8             | 12.5                                |
| 22                | 6             | 10                                  |
| 23                | 4             | 10                                  |
| 24                | 2             | 7.5                                 |

\* There is an outlet at the entrance of section 1 for irrigating the subplots on both sides of section 1.



L = Total length, meter (m)

H = Input pressure, meter (m)

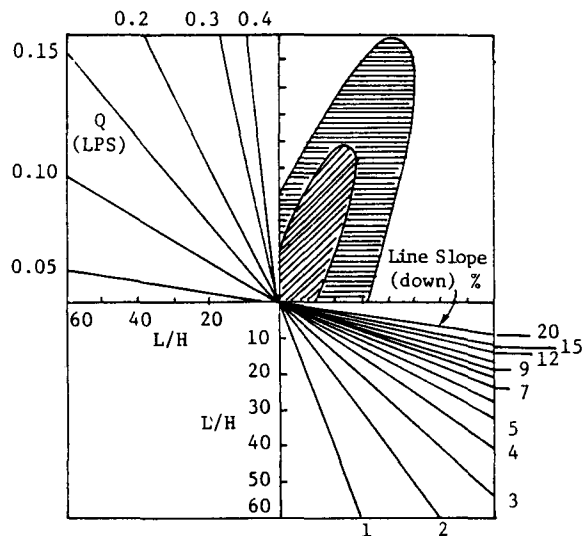
Desirable (pressure variation less than 20%)

Acceptable (pressure variation from 20-40%)

Not acceptable

Q = Total discharge, liters per second (LPS)

圖 1：滴灌設計計算表 (12mm)



L = Total length, meter (m)

H = Input pressure, meter (m)

Desirable (pressure variation less than 20%)

Acceptable (pressure variation from 20-40%)

Not acceptable

Q = Total discharge, liters per second (LPS)

圖 2 滴灌設計計算表 (16mm)

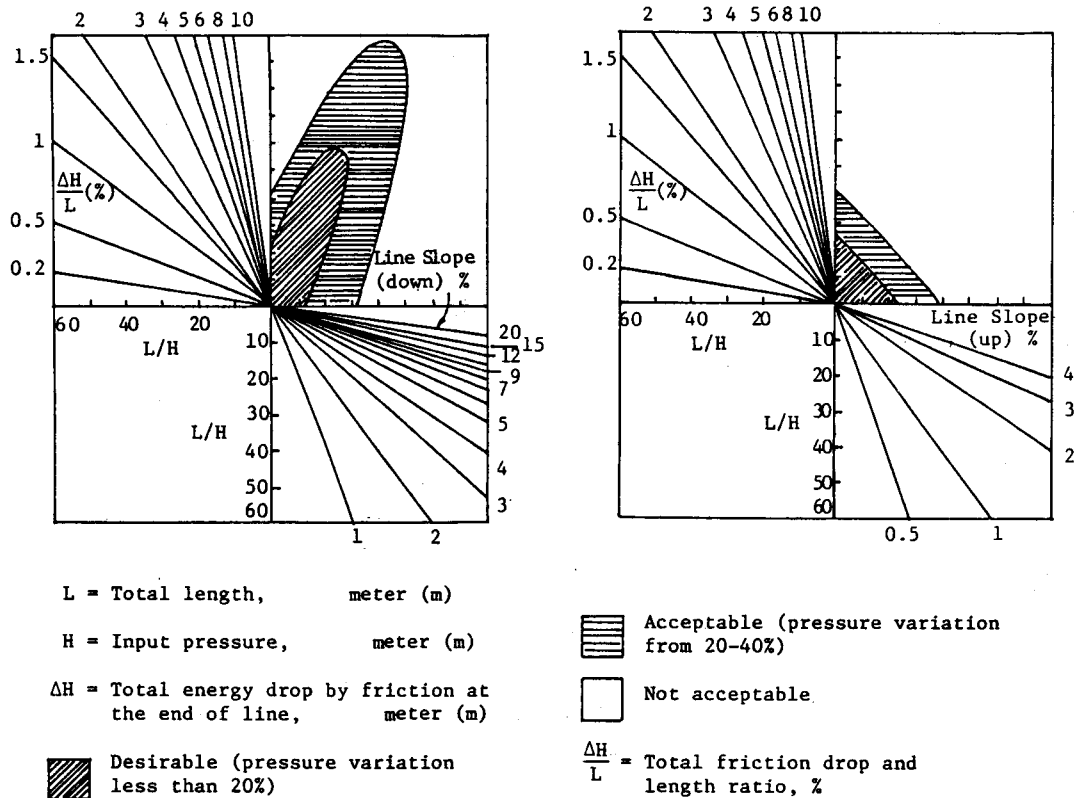


圖 3：支管及副管之一般設計圖

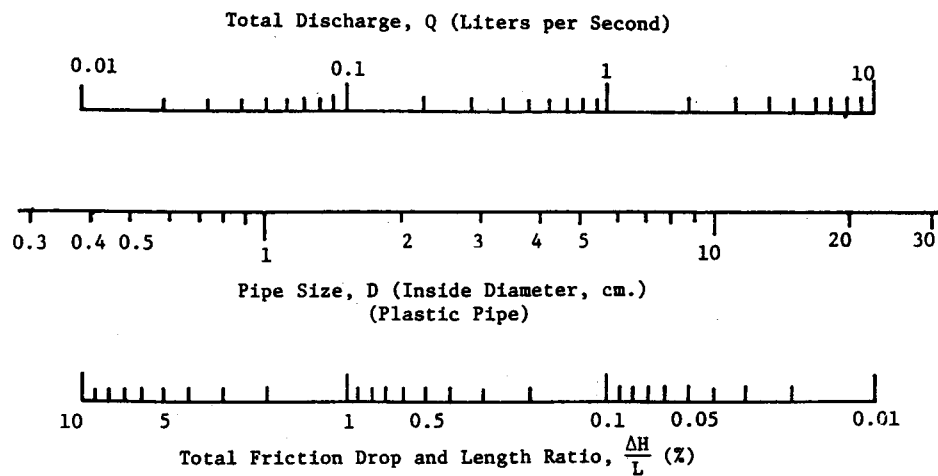


圖 4：支管及副管設計之列線圖（公制單位）

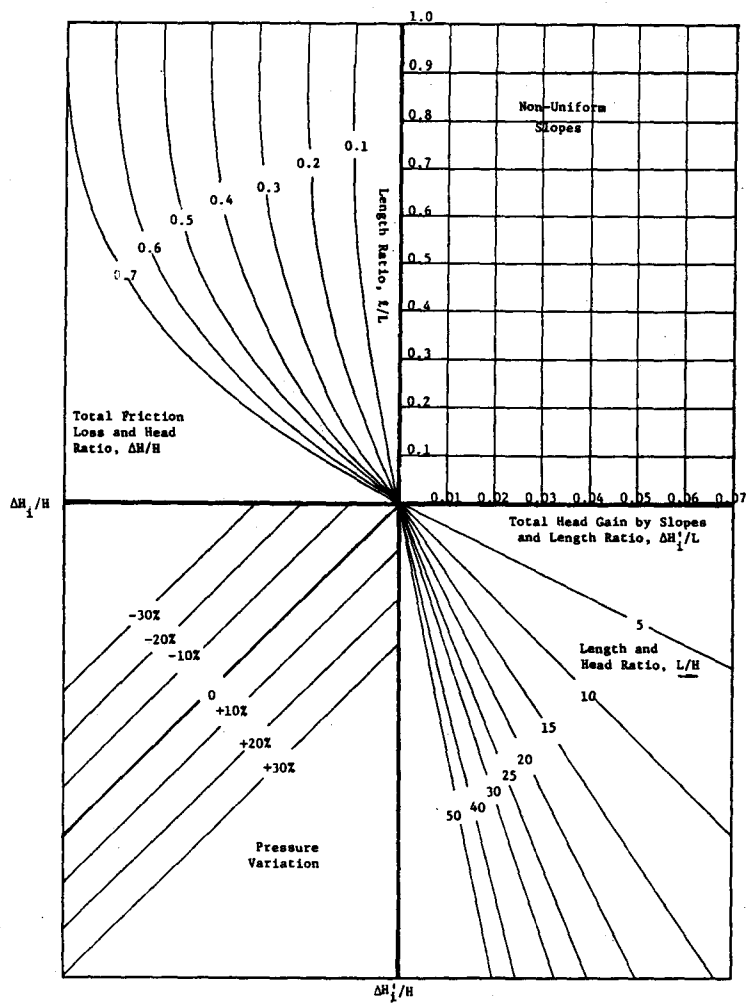


圖 5：非均勻坡度之設計圖

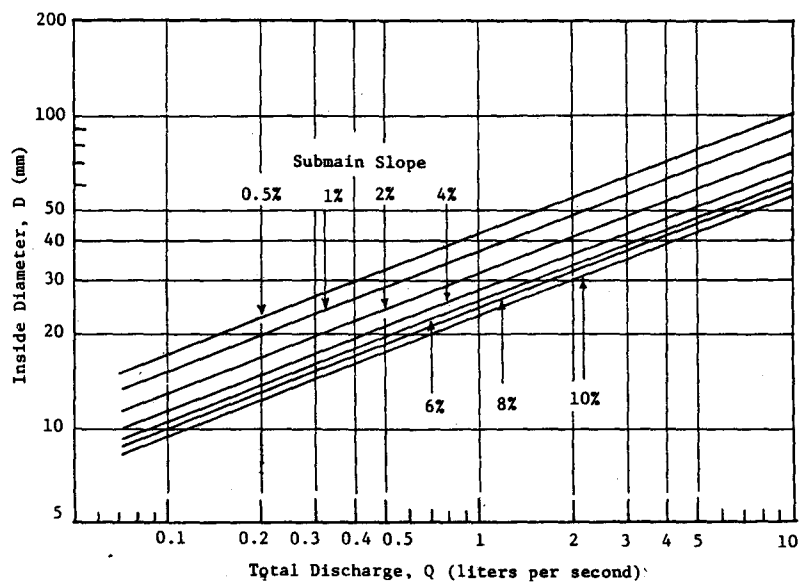


圖 6：副主管設計圖（坡度大於或等於 0.5%）

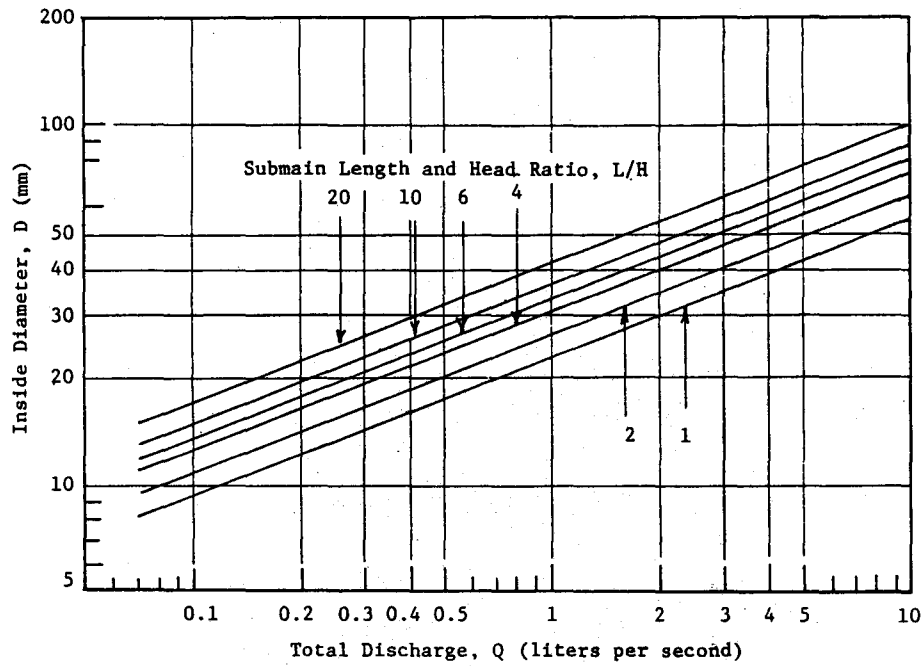


圖 7：副主管設計圖（坡度小於 0.5 % 及管線壓力差在 10 % 以內）

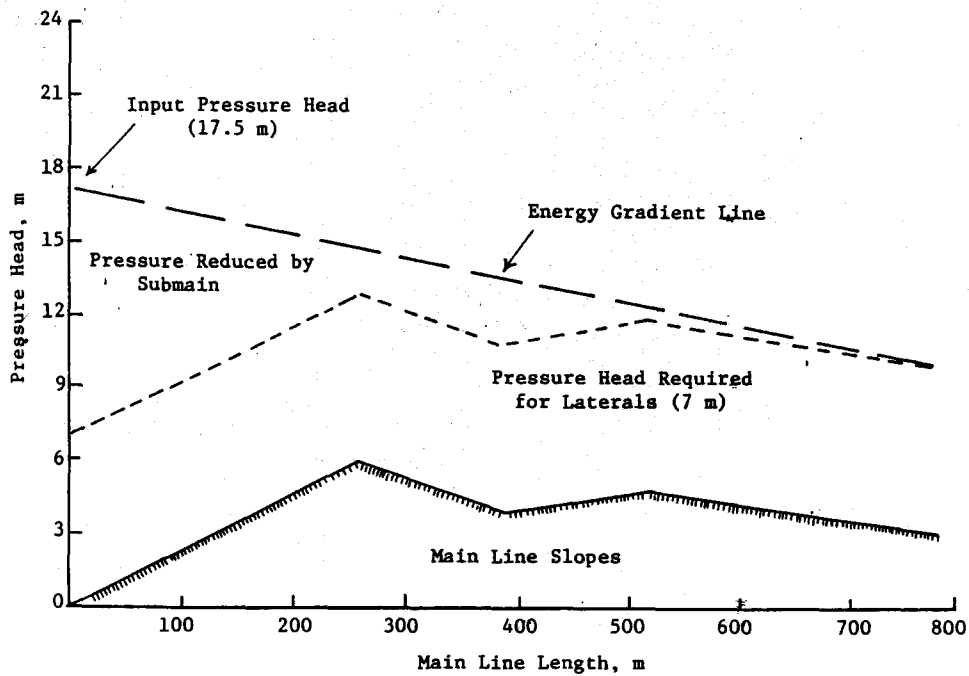


圖 8：主管剖面及能量坡度線

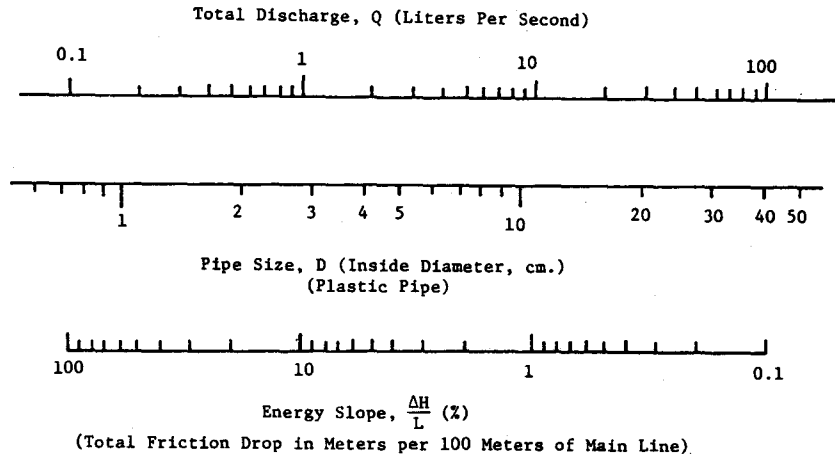


圖 9：主管設計之列線圖（公制單位）

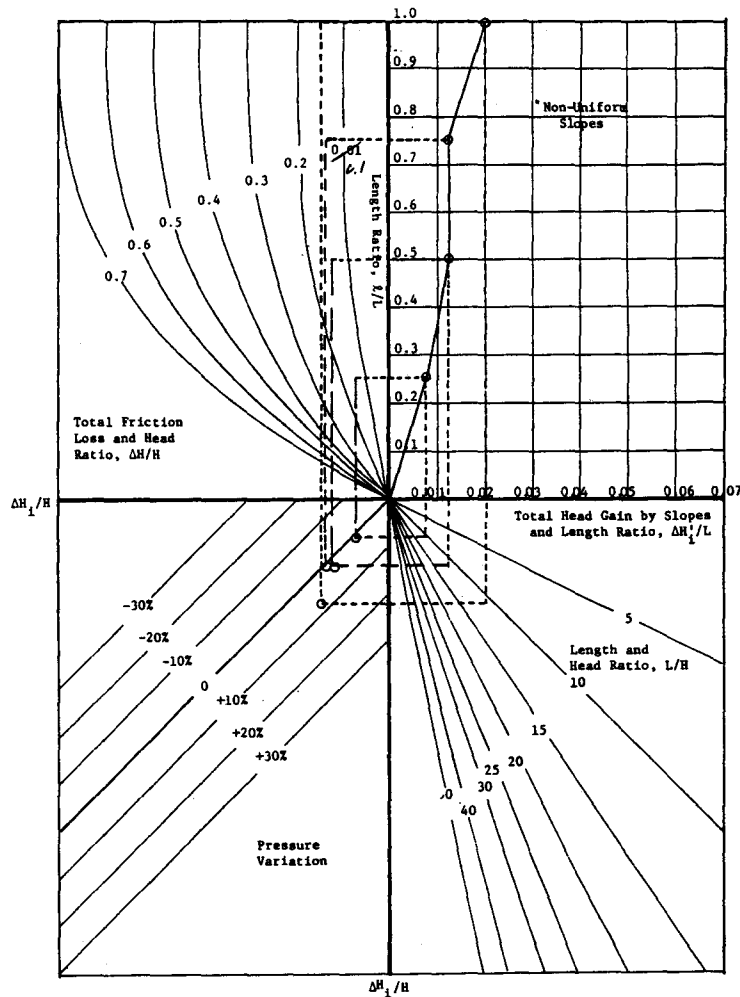


圖10：非均勻坡度之設計圖  
(例 3)