

水力公式簡易計算圖表

任 若 梅 編 譯

龍 門 聯 合 書 局 出 版

水力公式簡易計算圖表

任若梅編譯

龍門聯合書局出版

前 言

水力學的公式，計算上甚為繁複，技術工作人員常常因此而感到很大的不便。本書的主要目的，便是要將這些複雜的公式改為簡單的圖表，減少計算上的麻煩。

我國目前這一類似性質的書，尚屬缺乏，因此，編者根據水力學上的主要公式，選集實用圖表譯出，希望能對實際工作技術人員有些幫助，同時對於學校土木科及農科的同學們，可以作為實習或參考之用。

假使本書能符合讀者的要求，則編者當引為極大的榮幸！

本書編製時，以千種虎正著水理公式簡易計算法為主要藍本，參以己意局部修訂而成，如有未當，敬希海內專家教正。

一九五一年十二月

任若梅於遼西黑山

目 錄

公式與簡易計算法	1—23
1. 矩形及梯形水路斷面之簡易計算法	1
2. 圓形水路(非滿流時情形)	4
3. 達塞公式之管渠	5
4. 威廉及哈臣公式之管渠	7
5. 複合管渠	9
6. 分流管與合流管	10
7. 馬蹄形水路	11
8. 跌水	13
9. 背水曲線	17
10. 落水曲線	18
11. 勢力圈與其估算法	19
12. 關於井的公式	20
13. 滲透係數 k 與地下水速	22
14. 地下水深之決定	23
圖表及解說	24—45
圖表 1. 從曼寧公式決定矩形梯形斷面	24
圖表 2. 從曼寧公式決定 V 及 Q (矩形、梯形)	26
圖表 3. 從苦特公式決定 C 、 V 、 Q 等	28
圖表 4. 曼寧公式之圓形水路	30
圖表 5. 達塞公式之管渠	32
圖表 6. 威廉及哈臣公式之管渠	34
圖表 7. 決定馬蹄形水路之 V	36
圖表 8. 決定馬蹄形水路之 Q	37
圖表 9. 勢力圈半徑 R 之決定	38
圖表 10. 關於深井之圖表	40
圖表 11. 關於淺井之圖表	43
圖表 12. 滲透係數之決定	44

圖表 13. 管渠之流量與流速及直徑之關係	44
附表	46—49
附表 1. 達塞公式利用表 (新及舊鑄鐵管)	46
附表 2. 威廉及哈臣公式利用表	47
附表 3. 背水函數表	48
附表 4. 落水函數表	49

公式與簡易計算法

1. 矩形及梯形水路斷面的簡易計算法

關於梯形断面一般取其底幅水深之比計算起來是很簡便的。(參照第1圖)。

一般断面, b = 底幅, d = 水深, $r = b/d$, m = 斜坡度(傾斜率) A = 水斷面積, P = 潤邊, R = 水力半徑, 若

$$M = 2\sqrt{m^2 + 1} \quad (2 \text{ 斜邊與 } d \text{ 之比數})$$

$$A = (r + m)d^2$$

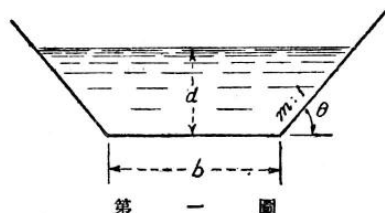
$$P = (r + M)d$$

$$R = A/P = \left(\frac{r+m}{r+M}\right)d$$

又若

$$C = \left(\frac{r+m}{r+M}\right)$$

$$R = Cd$$



M 是根據斜坡度 m 值來決定的如第1表。

第1表 根據斜坡度 m 而定之 M 值

m	1	0.1	0.5:1	0.7:1	1:1	1.2:1	1.5:1	1.7:1	2:1	2.5:1	3:1
M	2	2.236	2.441	2.828	3.124	3.606	3.945	4.472	5.385	6.325	

C 之值是根據斜坡度 m 與 r 決定的,其數值見第2表。(應用時,先求得 r 即 b/d 之數值,然後檢表)

特殊断面

最有利断面之條件

$$r = 2 \tan \frac{\theta}{2}$$

最小滲漏断面之條件

$$r = 4 \tan \frac{\theta}{2}$$

$d = \frac{1}{2} \sqrt{A}$ 断面之條件(為幹線用水路所常用之断面)是 $r = 4 - m$

r, A, P, R 之值無論什麼時候是依照側坡度來決定的如第3表所示。

第2表 水力半徑 $R=Cd$ 之 C 值(1)

$m:1$ r	0:1	0.5:1	1:1	1.2:1	1.5:1	1.7:1	2:1	2.5:1
1.0	.3333	.4635	.5224	.5334	.5428	.5460	.5482	.5481
1.1	.3548	.4796	.5345	.5444	.5525	.5550	.5563	.5551
1.2	.3570	.4947	.5461	.5550	.5618	.5636	.5641	.5618
1.3	.3939	.5090	.5571	.5650	.5707	.5720	.5717	.5684
1.4	.4117	.5225	.5675	.5756	.5793	.5800	.5790	.5747
1.5	.4285	.5353	.5775	.5838	.5875	.5877	.5860	.5809
1.6	.4444	.5474	.5871	.5927	.5955	.5951	.5928	.5869
1.7	.4594	.5589	.5962	.6011	.6031	.6023	.5994	.5927
1.8	.4736	.5698	.6049	.6092	.6104	.6092	.6058	.5984
1.9	.4871	.5802	.6133	.6170	.6175	.6159	.6120	.6039
2.0	.5000	.5901	.6213	.6244	.6243	.6224	.6180	.6093
2.1	.5121	.5996	.6290	.6316	.6309	.6286	.6238	.6145
2.2	.5238	.6086	.6363	.6386	.6373	.6347	.6294	.6196
2.3	.5348	.6172	.6434	.6452	.6434	.6405	.6349	.6245
2.4	.5454	.6255	.6502	.6516	.6493	.6462	.6402	.6285
2.5	.5555	.6334	.6568	.6578	.6551	.6517	.6454	.6341
2.6	.5652	.6410	.6631	.6638	.6606	.6570	.65 4	.6386
2.7	.5744	.6483	.6692	.6696	.6660	.6621	.6553	.6431
2.8	.5833	.6552	.6751	.6752	.6712	.6671	.6600	.6451
2.9	.5918	.6619	.6808	.6805	.6763	.6720	.6646	.6517
3.0	.6000	.6684	.6862	.6858	.6812	.6767	.6691	.6559
3.2	.6153	.6806	.6966	.6957	.6906	.6858	.6777	.6639
3.4	.6296	.6919	.7064	.7050	.6994	.6943	.6859	.6715
3.6	.6428	.7025	.7155	.7138	.7077	.7024	.6937	.6788
3.8	.6551	.7123	.7241	.7221	.7156	.7101	.7011	.6858
4.0	.6666	.7216	.7322	.7299	.7231	.7174	.7082	.6925
4.5	.6923	.7534	.7505	.7476	.7402	.7341	.7244	.7081
5.0	.7142	.7600	.7664	.7631	.7553	.7490	.7390	.7221
5.5	.7333	.7755	.7804	.7768	.7687	.7623	.7520	.7349
6.0	.7500	.7892	.7928	.7891	.7807	.7742	.7639	.7465
6.5	.7647	.8012	.8039	.8000	.7916	.7850	.7746	.7572
7.0	.7777	.8120	.8139	.8099	.8014	.7966	.7845	.7670
7.5	.7894	.8216	.8229	.8188	.8104	.8038	.7935	.7760
8.0	.8000	.8303	.8311	.8270	.8185	.8120	.8017	.7844
8.5	.8095	.8382	.8385	.8344	.8260	.8196	.8094	.7922
9.0	.8181	.8454	.8454	.8412	.8329	.8265	.8165	.7994
9.5	.8260	.8520	.8516	.8475	.8393	.8330	.8230	.8061
10.0	.8333	.8581	.8574	.8533	.8452	.8390	.8291	.8124

第2表 水力半徑 $R=Cd$ 之 C 值(2)

$m:1$ r	0:1	0.5:1	1.1	1.2:1	1.5:1	1.7:1	2:1	2.5:1
11.0	.8461	.8688	.8677	.8637	.8558	.8498	.8402	.8239
12.0	.8571	.8780	.8766	.8727	.8650	.8592	.8499	.8340
13.0	.8666	.8860	.8844	.8806	.8732	.8675	.8585	.8430
14.0	.8750	.8930	.8913	.8876	.8804	.8749	.8661	.8511
15.0	.8823	.8992	.8974	.8938	.8868	.8815	.8730	.8584
16.0	.8888	.9048	.9028	.8993	.8926	.8874	.8792	.8650
17.0	.8947	.9097	.9077	.9043	.8978	.8928	.8848	.8711
18.0	.9000	.9142	.9122	.9089	.9025	.8977	.8899	.8766
19.0	.9047	.9182	.9162	.9130	.9068	.9021	.8946	.8816
20.0	.9090	.9219	.9199	.9167	.9108	.9062	.8989	.8863
21.0	.9130	.9252	.9232	.9202	.9144	.9100	.9029	.8906
22.0	.9166	.9283	.9263	.9234	.9177	.9134	.9066	.8946
23.0	.9200	.9312	.9292	.9263	.9208	.9166	.9100	.8983
24.0	.9230	.9338	.9318	.9290	.9237	.9196	.9131	.9018
25.0	.9259	.9362	.9342	.9315	.9263	.9224	.9161	.9050
26.0	.9285	.9385	.9365	.9339	.9288	.9250	.9188	.9080
27.0	.9310	.9406	.9387	.9361	.9312	.9274	.9214	.9109
28.0	.9333	.9425	.9406	.9381	.9333	.9297	.9238	.9135
29.0	.9354	.9444	.9425	.9401	.9354	.9318	.9261	.9160
30.0	.9375	.9461	.9443	.9419	.9373	.9338	.9282	.9184
31.0	.9393	.9477	.9459	.9436	.9391	.9357	.9303	.9207
32.0	.9411	.9492	.9475	.9452	.9408	.9375	.9322	.9228
33.0	.9428	.9507	.9489	.9467	.9424	.9392	.9340	.9248
34.0	.9444	.9520	.9503	.9481	.9440	.9408	.9357	.9267
35.0	.9459	.9533	.9516	.9495	.9454	.9423	.9373	.9285
36.0	.9473	.9545	.9529	.9508	.9468	.9438	.9389	.9302
37.0	.9487	.9557	.9540	.9520	.9481	.9451	.9403	.9319
38.0	.9500	.9568	.9552	.9532	.9493	.9464	.9417	.9334
39.0	.9512	.9578	.9562	.9543	.9505	.9477	.9431	.9349
40.0	.9523	.9588	.9573	.9553	.9517	.9489	.9444	.9364
41.0	.9534	.9598	.9582	.9563	.9527	.9500	.9456	.9377
42.0	.9545	.9607	.9592	.9573	.9538	.9511	.9468	.9391
43.0	.9555	.9616	.9601	.9582	.9548	.9521	.9479	.9403
44.0	.9565	.9624	.9609	.9591	.9557	.9531	.9489	.9415
45.0	.9574	.9632	.9617	.9600	.9566	.9541	.9500	.9427
46.0	.9583	.9640	.9625	.9608	.9575	.9550	.9510	.9438
47.0	.9591	.9647	.9633	.9616	.9583	.9559	.9519	.9449
48.0	.9600	.9654	.9640	.9623	.9591	.9567	.9528	.9459
49.0	.9607	.9661	.9647	.9630	.9599	.9576	.9537	.9469
50.0	.9615	.9667	.9653	.9637	.9607	.9583	.9546	.9479

第 3 表

斜 坡 度	0.5:1	0.7:1	1:1	1.2:1	1.5:1	1.7:1	2:1	2.5:1	3:1
最有利斷面	r	1.236	1.041	0.828	0.724	0.605	0.544	0.472	0.385
	A	$1.736d^2$	$1.741d^2$	$1.828d^2$	$1.924d^2$	$2.105d^2$	$2.244d^2$	$2.472d^2$	$2.885d^2$
	P	$3.472d$	$3.482d$	$3.656d$	$3.848d$	$4.211d$	$4.489d$	$4.944d$	$5.770d$
	R	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$	$0.5d$
最小滲漏斷面	r	2.472	2.082	1.656	1.448	1.211	1.089	0.944	0.770
	A	$2.972d^2$	$2.782d^2$	$2.656d^2$	$2.648d^2$	$2.711d^2$	$2.789d^2$	$2.944d^2$	$3.270d^2$
	P	$4.708d$	$4.523d$	$4.485d$	$4.572d$	$4.816d$	$5.033d$	$5.416d$	$6.155d$
	R	$0.631d$	$0.615d$	$0.592d$	$0.579d$	$0.562d$	$0.554d$	$0.543d$	$0.531d$
$d = \frac{1}{2} \sqrt{A}$ 斷 面	r	3.5	3.3	3.0	2.8	2.5	2.3	2.0	1.5
	A	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$	$4d^2$
	P	$5.736d$	$5.741d$	$5.828d$	$5.924d$	$6.105d$	$6.244d$	$6.472d$	$7.324d$
	R	$0.697d$	0.696	0.686	$0.675d$	$0.655d$	$0.640d$	$0.618d$	$0.546d$

2. 圓形水路 (非滿流時情形) (參照第 2 圖)

$$A = \frac{r^2}{2} (\theta - \sin \theta)$$

$$P = r\theta$$

$$R = \frac{r(\theta - \sin \theta)}{2\theta}$$

或

$$A = \frac{1}{4} dP + \left(d' - \frac{1}{2} d \right) \sqrt{d'(d-d')}$$

$$P = \frac{1}{2} \pi d + d \arcsin \frac{2d' - d}{d}$$

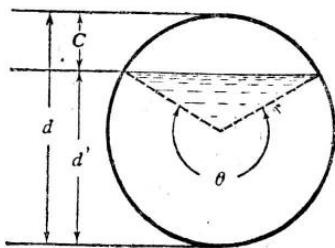
此處 r 為半徑, d 為直徑, d' 為水深, θ 為弧度 (參照圖)。

其次依照曼寧公式若將水力半徑 R 以半徑 r 項表示之, 則

$$V = k_v \frac{1}{n_1} r^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = k_Q \frac{1}{n_1} r^{\frac{8}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

k_v, k_Q 為根據餘間 (或水深) 所決定之定數, 故若將此數計算了, A 及 R 之計算可以不需要, 即 V 及 Q 之計算是容易求得的。第 4 表為示出 k_v, k_Q 及 $A = k_A r^2, P = k_P r^2, R = k_R r$ 中之 k_A, k_P, k_R 之值。



第 2 圖

注意 直徑小的圓形管在使用曼寧及苦特公式時採用同一 n 值，所得結果略有出入。使用圖表 4 可使計算簡單化。

第 4 表 圓形渠之 A, P, R 與曼寧公式中之 V, Q 值

(r 為半徑, n_1 為粗糙係數, J 為縱坡度)

餘 間	水 深	$A = K_A r^{\frac{5}{2}}$	$P = K_P r$	$R = K_R r$	$V = K_V \frac{1}{n_1} r^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$	$Q = K_Q \frac{1}{n_1} r^{\frac{8}{3}} J^{\frac{1}{2}}$
C	d'	K_A	K_P	K_R	K_V	K_Q
1.9 r	0.1 r	0.0588	0.902	0.0652	0.1629	0.0095
1.8 r	0.2 r	0.163	1.285	0.1268	0.2522	0.0411
1.7 r	0.3 r	0.294	1.586	0.1852	0.3249	0.0955
1.6 r	0.4 r	0.448	1.854	0.2145	0.3877	0.1736
1.5 r	0.5 r	0.614	2.09	0.293	0.4410	0.2707
1.4 r	0.6 r	0.792	2.32	0.341	0.4886	0.3864
1.3 r	0.7 r	0.979	2.53	0.386	0.5301	0.5139
1.2 r	0.8 r	1.175	2.74	0.429	0.5688	0.6683
1.1 r	0.9 r	1.370	2.94	0.466	0.6009	0.8232
1.0 r	1.0 r	1.570	3.14	0.500	0.6299	0.9889
0.9 r	1.1 r	1.770	3.34	0.530	0.6548	1.159
0.8 r	1.2 r	1.965	3.54	0.555	0.6753	1.327
0.7 r	1.3 r	2.161	3.75	0.576	0.6922	1.495
0.6 r	1.4 r	2.438	3.94	0.596	0.7081	1.662
0.5 r	1.5 r	2.526	4.19	0.603	0.7136	1.802
0.4 r	1.6 r	2.692	4.43	0.608	0.7175	1.931
0.3 r	1.7 r	2.846	4.69	0.607	0.7169	2.040
0.2 r	1.8 r	2.977	5.00	0.595	0.7072	2.105
0.1 r	1.9 r	3.087	5.38	0.565	0.6834	2.105
0.0 r	2.0 r	3.142	6.28	0.500	0.6299	1.979

3. 達塞公式之管渠

達塞(Darcy)氏曾就直徑 1.3 公分乃至 50 公分之新鑄鐵管實驗，將摩擦係數 f 之值以直徑 d 表示，得公式如下：

$$h = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

$$f = 0.01999 + \frac{0.000508}{d}$$

或

$$f = \frac{1}{1,000} \left(20 + \frac{1}{2d} \right)$$

舊的鑄鐵管 f 之值可採用上式之兩倍。

達塞公式 f 之值僅 d 能表示。若將公式改寫成下列各式，並以 k_0, K_v, K_q, K_h 代替 d ，並分別計算在不同 d 時之數值，製成圖表，則應用公式甚為簡便。

$$h = k_0 J \frac{v^2}{2g} \quad \text{或} \quad h = K_h l q^2$$

$$v = K_v \sqrt{J}$$

$$q = K_q \sqrt{J}$$

但因

$$k_0 = \frac{f}{d}, \quad K_v = \sqrt{\frac{2gd}{f}}, \quad K_q = \frac{\pi d^3 K_v}{4}, \quad K_h = \frac{1}{K_q^2}$$

故 v 與 q 可從附表 1 之 K_v 及 K_q 乘 $\sqrt{J}$ 而求得之。 h 也可從 K_h 之值乘 lq^2 得之。已知 q, l 與 h ，而求 d 時，可先假定 d ，從表中求出 K_q 並乘以 $\sqrt{J}$ ，如此試算使所得之結果直到與已知之 q 相等，則此假定之 d 即為所求得之 d 。若與已知之 q 不等，則須另行假定 d ，用同法試求之。

例題 1. 新鑄鐵管渠之直徑為 0.6 公尺，長 3,000 公尺，落差 12 公尺，求其流速，流量。

解：

$$J = \frac{12}{3,000} = 0.004$$

因此

$$\sqrt{J} = 0.063246$$

從附表 1，當 $d = 0.6$ 公尺時，求得

$$K_v = 23.7569, \quad K_q = 6.7171$$

$$\therefore v = K_v \sqrt{J} = 23.7569 \times 0.063246 = 1.503 \text{ 公尺/秒}$$

$$q = K_q \sqrt{J} = 6.7171 \times 0.063246 = 0.4248 \text{ 立方公尺/秒}$$

例題 2. 新鑄鐵管渠之直徑為 0.6 公尺，長 3,000 公尺，求流量為 0.4248 立方公尺/秒時之落差為多少？

解：從附表 1 中

$$K_h = 0.022163$$

故

$$h = 0.022163 \times (0.4248)^2 \times 3,000 = 12 \text{ 公尺}$$

例題 3. 管渠之長度為 3,000 公尺，落差若為 12 公尺，求流量為 0.4248 立方公尺/秒時之舊鑄鐵管直徑需要多大。

解：先假定 $d=0.6$ 公尺，從附表 1，求得

$$K_q = 4.749$$

因此

$$\text{流量} = 4.749 \times 0.063246 = 0.3002 \text{ 小於 } 0.4248$$

故

$d=0.6$ 公尺太小，所以改為 $d=0.7$ 公尺，從表中求得

$$K_q = 7.003$$

流量 $= 7.003 \times 0.063246 = 0.4429$ 已與 0.4248 甚為接近。故採用 $d=0.7$ 公尺

4. 威廉及哈臣公式之管渠 (圖表 6)

威廉 (Williams) 及哈臣 (Hazen) 公式為：

$$v = 0.84935 CR^{0.63} J^{0.54}$$

為使公式簡化起見，若

$$0.84935 \times C \times \left(\frac{1}{4}\right)^{0.63} = C_1, \quad C_1 d^{0.63} = K_v$$

則

$$v = C_1 d^{0.63} J^{0.54} = K_v J^{0.54}$$

因此

$$K_q = C_1 \left(\frac{\pi}{4} d^2\right) d^{0.63}, \quad K_h = \left(\frac{1}{K_q}\right)^{\frac{1}{0.54}}$$

若

$$q = C_1 \left(\frac{\pi}{4} d^2\right) d^{0.63} J^{0.54} = C_q d^{2.63} J^{0.54} = K_q J^{0.54}$$

$$h = \left(\frac{1}{K_q}\right)^{\frac{1}{0.54}} \cdot q^{\frac{1}{0.54}} \cdot l = K_h l q^{\frac{1}{0.54}}$$

又

$$d^{2.63} = \frac{4}{\pi C_1} \frac{q}{J^{0.54}} = C_d \frac{q}{J^{0.54}}$$

K_v, K_h, K_q 等值見附表 2。

h 又可以用下式表示之。

$$h = f \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} = \frac{2g}{C_1^{1.85} v^{1.15} d^{\frac{1}{6}}} \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g}$$

C_1, C, C_d 及 C_q 之值可根據管渠之狀況從第 5 表所示決定之。

第5表 威廉及哈臣公式之諸係數

管渠之狀態	C	C_1	C_q	C_d
甚平滑之直線管 (極平滑之新鑄鐵管)	140	49.65	38.99	0.0256
平滑之直線管 (普通之新鑄鐵管)	130	46.10	36.21	0.0276
新鋼釘鐵管	110	39.01	30.64	0.0326
舊鑄鐵管	100	35.46	27.85	0.0359
舊鋼釘鐵管	95	33.69	26.46	0.0377
相當惡劣狀態之鐵管	60~80	21.28~28.37	16.71~22.28	0.0598~0.0448
木管	120	42.56	33.42	0.0200
土管	110	39.01	30.64	0.0326
混凝土管	110~130	39.01~46.10	30.64~36.21	0.0326~0.0276

例題 1. $C=100$, $d=0.2$ 公尺, $h=2$ 公尺, $l=200$ 公尺, 因此若 $J=0.01$ 求 v 與 q .

解: 從公式

$$v = K_v J^{0.54}$$

從表

$$K_v = 12.8657, \quad J^{0.54} = 0.01^{0.54} = 0.08317$$

$$\therefore v = 12.8657 \times 0.08317 = 1.07 \text{ 公尺/秒}$$

又從公式

$$q = K_q J^{0.54}$$

從表

$$K_q = 0.4042, \quad J^{0.54} = 0.01^{0.54} = 0.08317$$

$$\therefore q = 0.4042 \times 0.08317 = 0.0336 \text{ 立方公尺/秒}$$

例題 2. $C=100$, $Q=0.033617$ 立方公尺/秒, $d=0.2$ 公尺, $l=200$ 公尺求落差要多少.

解: 從公式

$$h = K_h q^{0.54} l$$

從表

$$K_h = 5.3524$$

又

$$q^{0.54} = 0.03361^{0.54} = 0.0018681$$

$$\therefore h = 5.352 \times 0.0018681 \times 200 = 2 \text{ 公尺}$$

例題 3. 若 $C=100$, $h=2$ 公尺, $l=200$ 公尺, $Q=0.033617$ 立方公尺/秒, 則需直徑多少.

解 1. 從公式

$$d^{2.63} = C_d \frac{q}{J^{0.53}}, \text{ 根據題意並表}$$

$$C_d = 0.0359, \quad q = 0.033617, \quad J^{0.51} = 0.08317$$

$$\therefore d = \sqrt[2.63]{0.0359 \times 0.033617 \div 0.08317} = \sqrt[2.63]{0.014510} = 0.1999 = 0.2 \text{ 公尺}$$

解 2. 因公式

$$q = K_q J^{0.54}$$

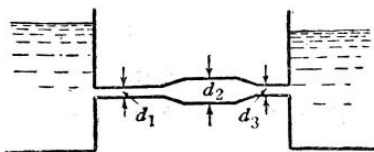
$$q = 0.033617, \quad J^{0.54} = 0.08317$$

$$\therefore K_q = 0.033617 \div 0.08317 = 0.40419$$

查附表若 $d=0.15$ 公尺, 則 $K_q=0.1897$ 就能知道是嫌小了, 若 $d=0.2$ 公尺, $K_q=0.40419$ 大約已趨一致, 故採用 $d=0.2$ 公尺。

5. 複 合 管 渠 (參照第 3 圖)

複合管渠因斷面的變化而有損失水頭, 實際上因變化緩慢損失水頭甚小, 故大都忽視之而採用長管渠。今假定複合管渠之直徑為 d', d'', d''' 等, 其長度 l 及摩擦係數 f 並流速 v 各附以符號區別之, 則總摩擦損失水可以用下式表示之。利用附表, 可減少試算等之麻煩而使計算甚為簡單(無論應用那一個公式都可以, 今試以達塞公式為例):



第 3 圖

$$\begin{aligned} h &= f' \frac{l'}{d'} \frac{v'^2}{2g} + f'' \frac{l''}{d''} \frac{v''^2}{2g} + f''' \frac{l'''}{d'''} \frac{v'''^2}{2g} + \dots \\ &= k_0' l' \frac{v'^2}{2g} + k_0'' l'' \frac{v''^2}{2g} + k_0''' l''' \frac{v'''^2}{2g} + \dots \\ &= K_0' l' v'^2 + K_0'' l'' v''^2 + K_0''' l''' v'''^2 + \dots \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} h &= f' \frac{16}{2g\pi^2 d'^5} l' q^2 + f'' \frac{16}{2g\pi^2 d''^5} l'' q^2 + \dots \\ &= K_h' l' q^2 + K_h'' l'' q^2 + \dots = (K_h' l' + K_h'' l'' + \dots) q^2 \end{aligned}$$

故

$$q = \sqrt{\frac{h}{K_h' l' + K_h'' l'' + \dots}}$$

例題 1. 有 A, B 貯水池, 其水位差 $h=68.5$ 公尺, 以舊鑄鐵管 755 公尺, 相連結線(其中管徑 0.15 公尺的 250 公尺, 管徑 0.2 公尺的 300 公尺, 管徑 0.25 公尺的 205 公尺)求其流量。

解: 從公式

$$q = \sqrt{\frac{h}{K_h' l' + K_h'' l'' + K_h''' l'''}}$$

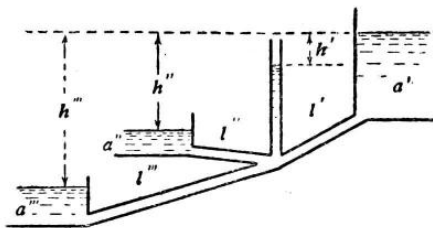
復從表

$$K_h' = 50.92, \quad K_h'' = 11.65, \quad K_h''' = 2.092$$

$$\therefore q = \sqrt{\frac{68.5}{50.92 \times 250 + 11.65 \times 300 + 2.092 \times 205}} = 0.0641 \text{ 立方公尺/秒}$$

6. 分流管與合流管(參照第4 第5圖)

從水池 a' 以幹 l' 連二支線 l'' l''' 分別與水池 a'' a''' 連接, 管渠之直徑以 d' d'' d''' 表示之, 又 a' 之水位與分歧點及 a'' a''' 水位之差各為 h' h'' h''' , 幹線支線之流量各為 q' q'' q''' , 流速為 v' v'' v''' 除因由於摩擦所造成之水頭損失外, 其他水頭損失可以忽視之, 支線及幹線之損失水頭可如次式表示。(應用表可減少計算的麻煩並能非常簡單的將結果計算出來)。



第 4 圖

$$h'' - h' = f'' \frac{l''}{d''} \frac{v''^2}{2g} = k_0'' l'' \frac{v''^2}{2g} = K_0'' l'' v''^2 \dots\dots\dots (a)$$

$$h''' - h' = f''' \frac{l'''}{d'''} \frac{v'''^2}{2g} = k_0''' l''' \frac{v'''^2}{2g} = K_0''' l''' v'''^2 \dots\dots\dots (b)$$

$$h' = f' \frac{l'}{d'} \frac{v'^2}{2g} = k_0' l' \frac{v'^2}{2g} = K_0' l' v'^2 = K_h' l' q'^2 \dots\dots\dots (c)$$

$$h'' = \left(f'' \frac{16l'' q''^2}{2\pi^2 d''^5 g} + f''' \frac{16l''' q'''^2}{2\pi^2 d'''^5 g} \right) = K_0'' l'' v''^2 + K_0''' l''' v'''^2 \\ = K_h'' l'' q''^2 + K_h''' l''' q'''^2 \dots\dots\dots (d)$$

$$h''' = \left(f' \frac{16l' q'^2}{2\pi^2 d'^5 g} + f'' \frac{16l'' q''^2}{2\pi^2 d''^5 g} \right) = K_0' l' v'^2 + K_0'' l'' v''^2 \\ = K_h' l' q'^2 + K_h'' l'' q''^2 \dots\dots\dots (e)$$

於(d)式與(e)式中, 代入 $\frac{16}{2\pi^2 g} = 0.0827$, 並簡化之, 成下列公式(k_0 , k_0' , k_h 可從附表中求得)。

$$d'' = \left[\frac{f''' l' q'^2}{\frac{h''}{0.0827} - f' l' \frac{q'^2}{d'^5}} \right]^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots (f)$$

$$d''' = \left[\frac{f'' l'' q''^2}{\frac{h''' - h''}{0.0827} - f' l' \frac{q'^2}{d'^5}} \right]^{\frac{1}{5}} \dots\dots\dots (g)$$

又

$$q' = q'' + q''' \dots\dots\dots (h)$$

故

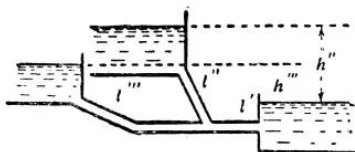
(a) 欲求已知各管長, 管徑, 水位時之流量可將(d), (e), (h)式立成聯立方程式求出。

(b) 欲求已知各管徑, 流量, 管長時之各水位可從(d)或(e)式求出。

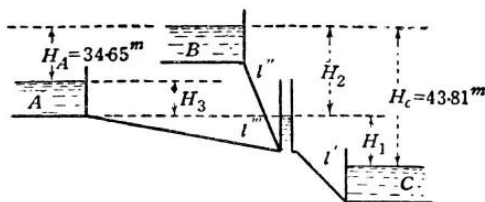
(c) 各管長, 水位及 d', q (或 v) 不論是已知的或假定的, $d'' d'''$ 可從(f)式或(g)式以試算法求出。

其次從 l'', l''' 管與 l' 管合流時之公式也適用於分流時之狀況。

例題 1. 由 A, B 水池各以 0.008 立方公尺/秒與 0.01 立方公尺/秒流向水池 C. 各水頭關係如第 6 圖所示 $H_A = 34.65$ 公尺, $H_C = 43.81$ 公尺, 管長各為 $l' = 1,770$ 公尺, $l'' = 7,200$ 公尺, $l''' = 660$ 公尺, 求各管之直徑。



第 5 圖



第 6 圖

解: 根據達塞(Darcy)公式應用表計算。

今若 $d = 0.2$ 公尺, $H_1 = K_h l' q^2$ 從附表 1—2.

$$K_h = 11.65$$

$$\therefore H_1 = 11.65 \times 1,770 \times (0.018)^2 = 6.681 \text{ 公尺}$$

因合流點與 B 間之水頭差 $H_2 = 43.81 - 6.681 = 37.129$ 公尺

合流點與 A 間之水頭差 $H_3 = 37.129 - 34.65 = 2.479$ 公尺

其次假定 $d'' = 0.15$ 公尺, 同樣

$$H_2 = 50.92 \times (0.01)^2 \times 7,200 = 36.66 \text{ 公尺}$$

因此就可知道 $d'' = 0.15$ 是足夠的了(從試算中得到的)。

同樣假定 $d''' = 0.15$ 公尺, 則

$$H_3 = 50.92 \times (0.008)^2 \times 660 = 2.15 \text{ 公尺}$$

$d''' = 0.15$ 公尺, 也是很足夠了(根據試算)。

答: $d' = 0.2$ 公尺, $d'' = 0.15$ 公尺, $d''' = 0.15$ 公尺。

7. 馬 蹄 形 水 路

在第 7 圖之馬蹄形水路中

$$y = r \cos \theta$$

$$h = 2r(1 - \cos \varphi)$$

$$2b = 4r \sin \varphi$$

$$\varphi = \arccos \frac{r+b}{2r}$$

$$H = h + 2r \sin \varphi + y$$

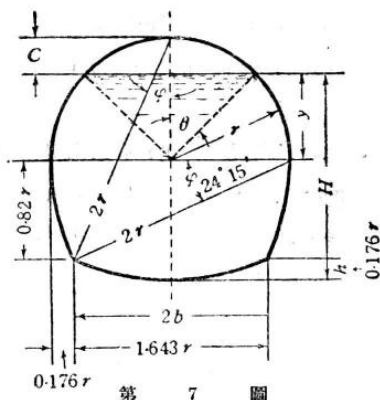
根據水深 H (又餘間為 C) 之數值, 將水流斷面積

$A = K_0 r^2$, 潤邊 $P = k_1 r$, 水力半徑 $R = k_2 r$ 列入第 6 表。

因此若根據曼寧(Manning)公式

$$V = \frac{1}{n_1} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n_1} k_2^{\frac{2}{3}} r^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} = k_3 \frac{1}{n_1} r^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = AV = k_4 \frac{1}{n_1} r^{\frac{8}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$



第 6 表 馬蹄形斷面水路 A 、 P 、 R 。

水 深 H	餘 間 C	流 水 斷 面 A	潤 邊 P	水 力 半 徑 R
.1 r	1.9 r	0.0887 r^2	1.2762 r	0.0698 r
.2 r	1.8 r	0.2340 r^2	1.7462 r	0.1340 r
.3 r	1.6 r	0.4050 r^2	1.9620 r	0.2064 r
.4 r	1.7 r	0.5828 r^2	2.1736 r	0.2681 r
.5 r	1.5 r	0.7656 r^2	2.3816 r	0.3230 r
.6 r	1.4 r	0.9573 r^2	2.5869 r	0.3700 r
.7 r	1.3 r	1.1510 r^2	2.7900 r	0.4126 r
.8 r	1.2 r	1.3478 r^2	2.9916 r	0.4505 r
.9 r	1.1 r	1.5467 r^2	3.1922 r	0.4845 r
1.0 r	1.0 r	1.7467 r^2	3.3923 r	0.5148 r
1.1 r	.9 r	1.9462 r^2	3.5926 r	0.5417 r
1.2 r	.8 r	2.1438 r^2	3.7949 r	0.5649 r
1.3 r	.7 r	2.3374 r^2	4.0017 r	0.5841 r
1.4 r	.6 r	2.5246 r^2	4.2153 r	0.5989 r
1.5 r	.5 r	2.7031 r^2	4.4315 r	0.6089 r
1.6 r	.4 r	2.8700 r^2	4.6793 r	0.6134 r
1.7 r	.3 r	3.0288 r^2	4.9431 r	0.6113 r
1.8 r	.2 r	3.1538 r^2	5.2469 r	0.6011 r
1.9 r	.1 r	3.2586 r^2	5.6318 r	0.5786 r
2.0 r	.0 r	3.3173 r^2	6.5339 r	0.5077 r

例題 1. 半徑 $r = 1.5$ 公尺, 若餘間 $C = 0.3$ 公尺 (水深 2.7 公尺), 即 $C = \frac{0.3}{1.5} r = 0.2r$, 求水斷

面積 A 與水力半徑 R 是多少。

解: 餘間為 $0.2r$, 故從表 6,

$$A = 3.15r^2 = 7.0875 \text{ 平方公尺}$$

$$R = 0.601r = 0.9015 \text{ 公尺}$$