

小汇水面积雨洪最大流量 經驗公式的研究

(附帶換圖)

交通部公路科學研究所

田創影 編著

人民交通出版社

本書根據我國各地區的水文實況及調查資料以及其他有關資料
提出了小匯水面積雨洪最大流量的經驗公式。該公式簡便明瞭，又
有一定的精確度，可供我國地方道路及小橋梁工程設計人員參考。

小匯水面積雨洪最大流量 經驗公式的研究

(附試算圖)

交通部公路科學研究所

田 創 德 編 著

等

人民交通出版社出版

(北京宣武門外大街)

北京市鐵路出版社發行(北京宣武門外大街)

新華書店發行

五三六工廠印書

五

1959年1月北京第一版 1959年1月北京第一次印刷

冊本：787×1092 $\frac{1}{32}$ 印張：1/16

全書16,000字 附圖1—10幅

統一書號：15044-1300

定價：(10) = 0.45元

前 言

在水文資料非常缺乏及根本沒有資料的小流域上，設計桥涵时，水文計算是个困难問題，特別我国的社会主义建設事业正在飞速的发展，群众性的筑路高潮馬上就要到来，它們不可能等我們过几十年后有了足够的資料再建設，因此在小流域 ($F < 10\text{KM}^2$) 上估計流量，一般均采用間接办法。本文本着这一精神，制出了形式較简单，但又有一定精确度的經驗公式，并对制定經驗公式的一般原理也作了简单的介紹。

一、制定最大流量經驗公式的 一般原理

經驗方法是利用已有的實測及調查的水文資料，設計一種估算洪水流量的公式，這類公式一般可分三種類型：

1. 體積公式：根據融雪及雨洪流量過程綫等因素決定公式。

例如：不考慮次要因素（如森林率，沼澤率等）的影響時公式可寫為：

$$Q_m = \frac{S\delta}{T} = \frac{0.0116 h F \delta}{t_z + t_k}$$

式中：S——徑流體積，公方；

δ ——流量過程綫係數是 Q_m 與汛期平均流量 Q_{cp} 之比值；

T——汛期歷時，秒；

h——徑流厚度，公厘；

F——匯水面積，平方公里；

t_z ——出流時間，日；

t_k ——集流時間，日。

0.0116為單位的換算係數，等於 $\frac{1}{1440 \times 60}$ 。

A. B. 奧基耶夫斯基將流量過程綫化簡為三角形 $\delta=2$ ，公式可寫為：

$$Q = \frac{0.023 h F}{t_z + t_k}$$

2. 成因公式：根据等流时綫和徑流形成的分析，来确定公式：如 A.B. 奥基耶夫斯基的公式（1945年）为

$$Q_m = 0.0116 h / t_c F K_d K_1 K_2$$

式中： K_d ——当 $t_k > t_c$ 时，考虑沿河流长度上流域发展不匀性的系数，系数 $K_1 = t_c / t_z$ ，当 $t_k \leq t_c$ 时系数 K_d ， K_1 都等于 1；

K_2 ——当 $t_k < t_c$ 时，考虑昼夜出流不匀性的系数，当 $t_k \geq t_c$ 时， $K_2 = 1$ 。

3. 简化结构公式：决定流量形成条件的主要因素，是汇水面积 F 的某次幂，如 Л.П. 索科洛夫斯基公式：

$$Q_m = 0.278 A_p F^{0.75}$$

若将公式中 A_p （公厘³小时）写成

$$A_p = \varphi h / 24 t_c$$

φ 为换算系数，上式即可写为：

$$Q_m = 0.0116 \frac{h}{t_c} F^{0.75} \varphi$$

該式与奥氏公式相似。

Desbos 公式也属这一类：

$$Q = KF^{2/3}$$

式中： Q ——最大流量；

F ——汇水面积；

K ——地区徑流参数。

从上面的叙述，我們可以看到，将体积公式作某种程度的简化后，可以作为大多数最大流量經驗公式制定的基础。經驗公式构造简单，使用起来非常方便，因而一般的勘测工作中都喜欢用它，如果公式建筑在可靠的資料的基础上，可以达到良好的結果，又因使

用公式估算流量时，只需决定流域面积的大小，因此就减少了因使用者主观偏差而发生的误差。

二、适用于小汇水面积($F < 10\text{KM}^2$)雨洪 最大流量计算的經驗公式

为了适应群众性的筑路高潮，在簡易地方道路和桥涵孔徑設計上，絕大部分都是技术性不太复杂，要求流量的重现期也短，如5年一遇，或15年一遇的等，同时考虑到农村的技术干部及水文資料的缺乏，正确的估算出流量是有困难的，因此，在一些实测及調查資料的基础上，制定出經驗公式及一些諾模图是非常必要的。

1. 流域面积与主河沟长度^①最大流量的經驗关系：

因为缺乏小流域的实测資料，我們从公路設計院所屬各測量队的一些設計文件和一，二，三，分院实际观测及調查的資料中，共收集到汇水面积 ($F < 10\text{KM}^2$) 的主河沟长度与汇水面积資料共 257 个，其分布如下：

西南区：117个	东南沿海区：	41个，
华北区：91个	东北区：	8个。

最大流量与汇水面积資料共 273 个，其分布如下：

华北：98个	华中：23个	西南：43个
东北：68个	东南沿海：	41个。

在双对数格紙上点繪汇水面积 F (平方公里) 与主河沟长度 L (公里) 的关系，通过这些点子的中間連成一条直綫，得出它們之間的关系 (見图 1)：

$$L = 1.55 F^{0.6}$$

① 沿主河槽量取的流域長度。

这种經驗关系只代表平均情况，在无资料地区可用以大致估算汇水面积的数值。

在推求汇水面积与最大流量的关系时，我們分別將华北，西南，东北三区的資料（其他区因資料太少故未作）点繪在双对数格紙上，得出它們之間的关系（ $Q=KF$ ）如图 2、3、4。

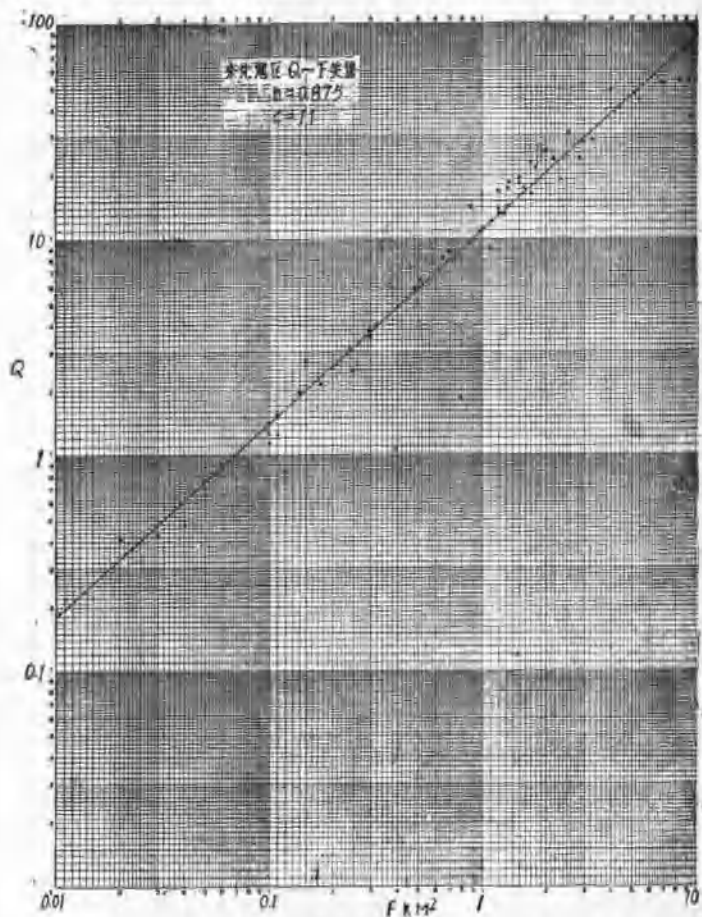


图 3

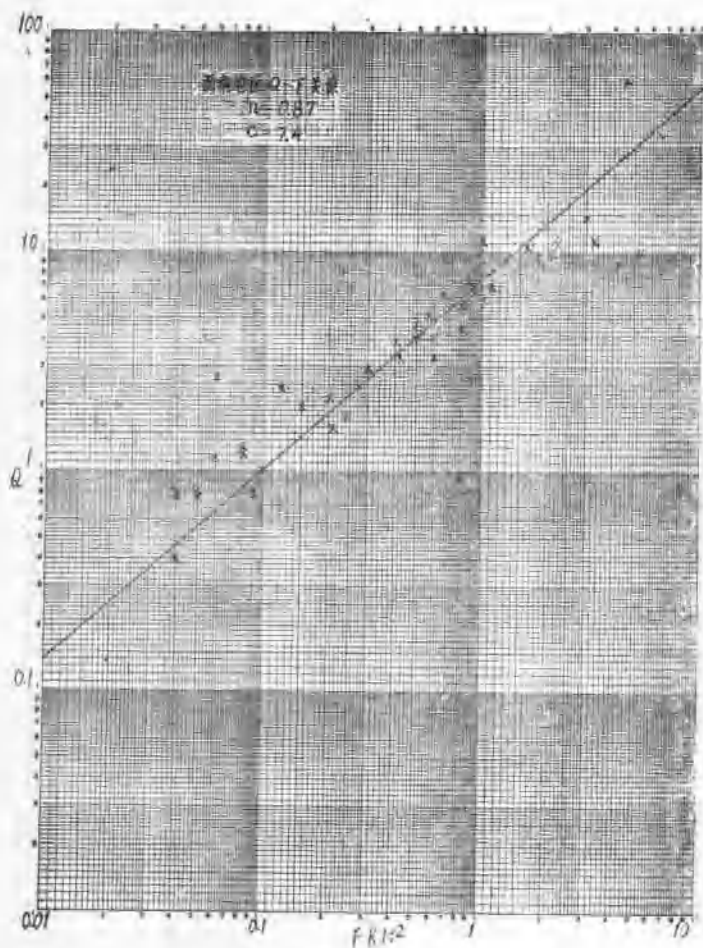


图 4

$$\text{华北: } Q = 15F^{0.78}$$

$$\text{西南: } Q = 7.5F^{0.97}$$

$$\text{东北: } Q = 11F^{0.88}$$

由此可以大約知道，我国范围内的 n 值在 $0.75 \sim 0.88$ 之間。苏联境内的 n 值在 $0.5 \sim 0.75$ 之間。我国的 n 值比苏联大，我們认为这是合理的，因为我們得出的 n 值是汇水面积小于10平方公里的情况，又因我国位于季候风地区，洪水的发生大部均为時間短而量大的暴雨，降雨籠罩了全部面积，减少了因降雨不均匀而进行折减的数值。

2. 公式的制定:

从而我們得出汇水面积 F 与最大流量 Q 的关系如下:

$$Q = KF^n$$

式中 n 值即关系曲綫的斜率，在不同重現期，我們均认为是不变的。 K 值可从关系曲綫上来决定，当 $F = 1$ 时，最大流量数值即等于 K 。我們点繪的关系曲綫所得出的各区的 K 值如下:

$$\text{华北: } K = 15 \quad \text{重現期在10年左右}$$

$$\text{东北: } K = 11 \quad \text{重現期在5年左右}$$

$$\text{西南: } K = 7.5 \quad \text{重現期在2年左右}$$

这些 K 值均具有不同的重現期，为了求得一致的重現期和各種不同重現期的流量，因实测資料缺乏，利用图解法是不能滿足要求的。

另外我們可根据各地区的具体气候及地形，主要的是依靠地区的降水量、流域等情况，推求最大徑流模数值:

$$K = a\varphi$$

式中: K ——徑流模数: 即徑流量除以汇水面积 F 所得的商
公厘/分鐘;

a ——汇流强度;

φ ——徑流系数 $0 < \varphi \leq 1$ 。

因公式內 F 單位為平方公里， K 的單位為公厘/分鐘，這樣就要乘以單位折算係數，換算成流量的單位（立方公尺/秒）折算係數等於 $\frac{1 \times 10^3}{10^3 \times 60} = 16.7$ 。

$$\text{因此， } K = 16.7 \alpha \varphi = 16.7 h / t \cdot \varphi = 16.7 h \frac{V}{L} \cdot \varphi$$

式中 t 為集流時間， V 為集流速度， L 為主河溝長度， h 為徑流厚度。

$$\text{集流時間 } t = L / V$$

根據 $F < 10$ 平方公里與主河溝長度 L 的經驗關係：

$$L = 1.55 F^{0.6}$$

當 $F = 1$ 時， $L = 1.55$ 公里；

當 $F = 10$ 時， $L = 6.17$ 公里。

因之我們可估計出當 $10 > F > 1$ 平方公里的主河溝長度範圍在 1.55~6.17 公里之間。

集流時間在一般地形下：

$$V = 1.0 \sim 2.2 \text{ 公尺/秒}$$

我們採用其平均數值，令 $V = 1.6$ 公尺/秒

當 $L = 6.17$ 公里， $V = 1.6$ 公尺/秒時，

$$\text{集流時間 } t_1 = 16.7 \times \frac{L}{V} = 16.7 \times \frac{6.17}{1.6} = 64.5 \text{ 分鐘；}$$

當 $L = 1.55$ 公里， $V = 1.6$ 公尺/秒時，

$$t_2 = 16.7 \times \frac{L}{V} = 16.7 \times \frac{1.55}{1.6} = 16.2 \text{ 分鐘。}$$

可見集流時間一般在 16.2~64.5 分鐘的範圍內，我們推求模數 K 值時選用集流時間 $t = 45$ 分鐘。

徑流係數 φ 的數值，根據水運科學研究院水文研究所第七號報告中的成果，較小的匯水面積，一般均在 0.65~0.80 之間變化，我們選用 $\varphi = 0.8$ 。

在一般小汇水面积 ($10 > F > 1$ 平方公里) 上, 一降雨就发生完全径流的情况是少见的, 而且由于 a 值一般随历时的增加而逐渐的减少, 因而在出口断面处发生最大流量的情况, 并不一定是完全径流, 而是要选取一个 $a \cdot \varphi$ 的乘积为最大者, 才能产生最大径流。

在计算径流模数 K 值时, 我们假定历时为 45 分钟, 径流系数为 0.8 时, $a \cdot \varphi$ 的乘积为最大。我们根据各地区的暴雨资料 and 不同重现期的径流厚度即可得出各地区的 K 值。

K 值 表

表 1

地区 重现期	华 北	东 北	东南沿海	西 南	华 中	黄土高原
2 年	8.1	8.0	11.0	9.0	10.0	5.5
5 年	13.0	11.5	15.0	12.0	14.0	6.0
10 年	16.5	13.5	18.0	14.0	17.0	7.5
15 年	18.0	14.6	19.5	14.5	18.0	7.7
25 年	19.5	15.8	22.0	16.0	19.6	8.5

各地区的 n 值表

表 2

地 区	东南沿海	东 北	西 南	华 中	华 北	黄土高原
n	0.75	0.85	0.85	0.75	0.75	0.80

根据表 1、表 2 可以查出各地区的 K 值和 n 值, 这样就可按估算流量的经验公式:

$$Q = KF^n$$

估算出不同重现期的流量表。

当汇水面积 F 小于 1 平方公里时, 我们均认为一降雨就发生完全径流, ($\varphi = 1$) 全流域如均匀降雨, 则公式可写作:

$$Q = KF$$

其他地区运用公式时，因为系数K值与径流系数单位时间最大降雨强度这些因素有关，因此运用时比拟关系，首先应从这方面考虑。

3. 計算示例及用不同計算方法的比較

例一：地区：华北区 $F=5.6$ 平方公里，

主河沟坡度 $i_0=18.8\%$ 。表土：Ⅲ类

$Z=5$ 公厘 重現期25年

1. 用我院华北地区雨洪简化公式^①計算。

$$Q = \varphi (h - Z)^{3/2} F^{1/2}$$

$$\text{得 } \varphi = 0.13 \quad h = 60$$

$$\therefore Q = 0.13 \times 55^{1.5} \times 5.6^{1/2} = 0.13 \times 408 \times 2.36 = 125.2 \text{ M}^3/\text{cek}。$$

2. 用本文經驗公式計算：

由表1、表2得 $K=19.5$ ； $n=0.75$

$$Q = 19.5 \times 5.6^{0.75} = 19.5 \times 3.64 = 71.0 \text{ M}^3/\text{cek}。$$

3. 用波氏简化公式 (С.В.Болдаков)

由表得 $\varphi=0.10$

$$Q = 0.10 \times 42^{1.5} \times 5.6^{0.67} = 85.4 \text{ M}^3/\text{cek}。$$

4. 实测流量： $Q=70 \text{ M}^3/\text{cek}。$

例二：地区：东北区

$F=0.43$ 平方公里， $L=1.47$ 公里

$I_1=186$ $I_2=277$ $L=332$

$B=F/L=0.29$ 土壤：Ⅲ类

$i=2.4$

1. 用郭氏^② (郭民克别尔格) 公式計算

① 請參閱：制定小汇水面積暴雨徑流計算流量簡化公式的初步研究(油印本) 1958年。

② 請參閱“桥涵孔徑計算办法”人民鐵道出版社。

$$\mu = B C = 0.20 \quad \lg \beta = I_2 / I_1 = 1.5$$

$$K = 1.4$$

根据已知资料查表得。

$$A = 3.5$$

$$X = 1.05$$

$$Y = 1.21$$

$$Z = 0.56$$

$$m = 0.71$$

$$(10F)^m = 2.8$$

$$Q_m = A(10F)^m = 3.5 \times 2.8 = 9.8 M^3 / \text{cek}.$$

$$Q_2 = Q_m / 1.75 = 9.8 / 1.75 = 5.6 M^3 / \text{cek}.$$

2. 用本文經驗公式:

$$Q = 15.8 \times 0.43 = 6.8 M^3 / \text{cek}.$$

3. 由波氏簡化公式:

$$\varphi = 0.15$$

$$Q = 0.15 \times 31^{1.5} \times 0.43^{0.5} = 14.7 M^3 / \text{cek}.$$

用不同計算方法之比較

表 3

編 号	地 区	F	L	1%	重 現 期	最 大 流 量					備 注
						Q (公研)	Q 波	Q 經	Q 郭	Q 实	
1	華 北	5.6	3.0	18.8	25	12.2	8.4	71.0		70.0	
2	華 北	2.0	2.0	8.0	25	7.0	39.0	30.9		16.0	土壤Ⅱ
3	華 北	1.0	1.8	17	25	53.4	27.2	19.5		(18.0)	土壤Ⅱ
4	華 北	4.38	3	44	25	168.0	181.0	61.6		49.0	土壤Ⅰ
5	華 北	0.5	1.0	50	25	40.8	24.0	9.8		(14.0)	土壤Ⅱ
6	东南沿海	9.98	5.8	135.2	25		162.0	104.0		(120)	土壤Ⅰ
7	东南沿海	3.0	2.4	188.2	25		108.0	52.5		(96)	土壤Ⅰ
8	东南沿海	4.0	2.5	100	25		88.1	64.8		(68)	土壤Ⅱ
9	东 北	0.43	1.47	186	25		14.7	6.8	5.6		土壤Ⅱ
10	东 北	2.68	2.9	94	25		58.4	36.6	26.4		土壤Ⅱ

附注: Q (公研) 采用集流时间 $t=60'$ 。

流量数值有括号者为用精確法計算的。

4. 估算流量諾模图

为了使用本公式方便起见，特制出各区的諾模图，設計者仅需查图，很快就可估算出流量来（图6~11）。

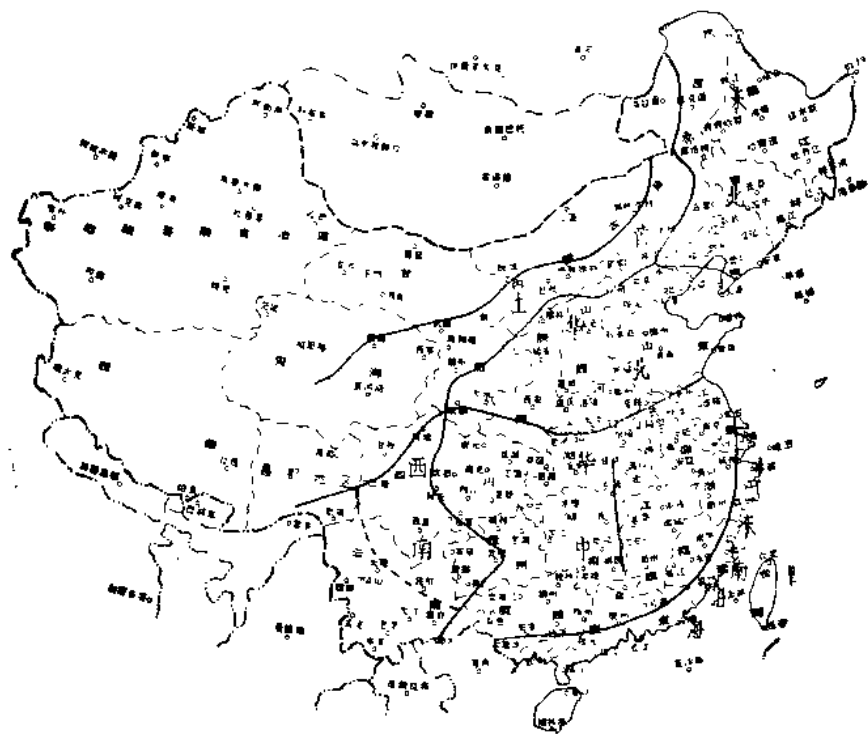
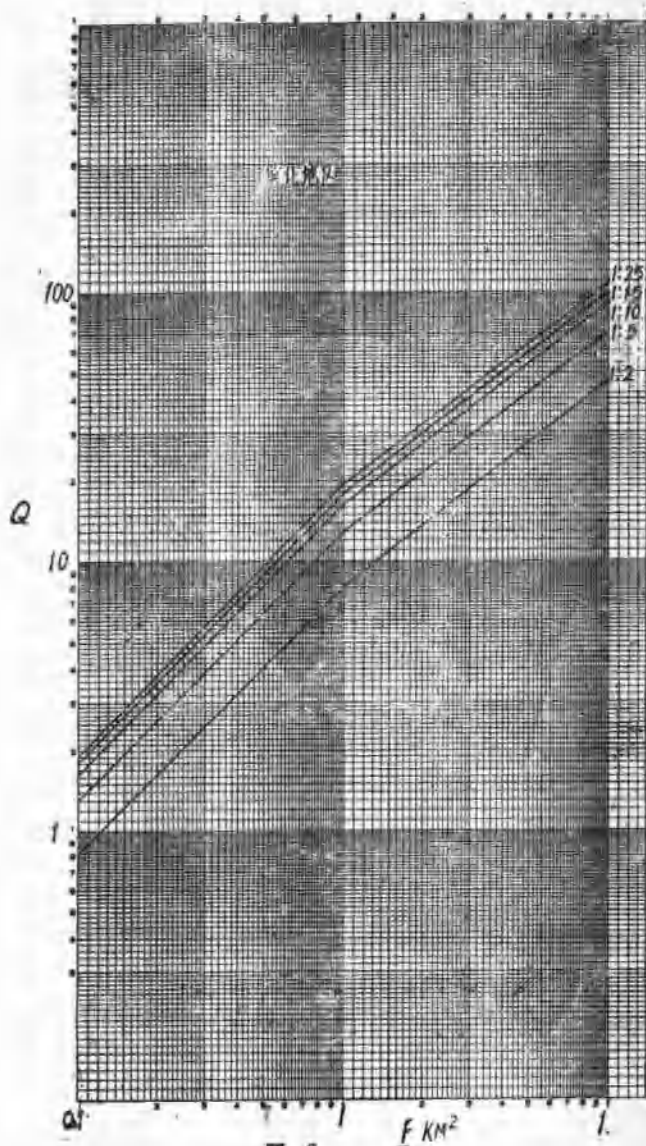


图 5



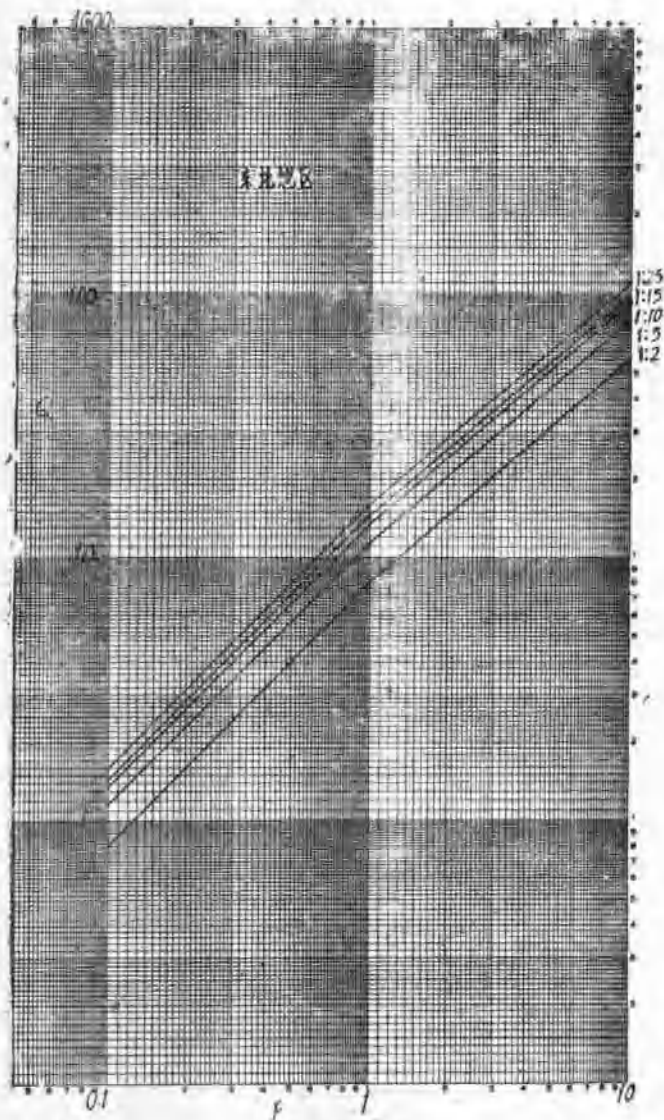


图 7

