

075181

86.587
NZJ

桥渡水文計祿經驗

內蒙古自治区交通厅 編

人民交通出版社

內蒙古在桥流水文計算工作上取得了一些經驗，編寫成这本小冊子。主要介紹在典型地区所作的水文分析資料，缺乏水文資料地区洪水調查的方法；并对桥渡附近河床冲刷計算方法敘述他們的体会，同时对东北遼东丘陵地区桥涵水文运行效果也作了介紹；最后还簡要地总结了还流疏淤的工作。

本書所收集的資料雖屬地区性的，但水文計算的一套办法可供各地水文工作者参考。

桥渡水文計算經驗

內蒙古自治區交通厅 編

*

人民交通出版社出版

(北京安定門外和平里)

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇〇六号

新华书店北京发行所发行 全国新华书店經售

人民交通出版社印刷厂印刷

*

1962年3月北京第一版 1962年3月北京第一次印刷

开本：787×1092 1/32 印张：2 1/2 插頁2

全書：48,000字 印数：1—1,200册

統一書号：15044·2045

定价(8)：0.28元

在党的正確领导下，各地人民大办交通，公路建設及勘测工作也随之进展。桥渡水文計算在勘测中，前是一个薄弱环节，几年来我們曾走过不少弯路，同时也获得一些經驗。为了提供研究桥渡水文工作者作参考，特編写成册。但由于这些經驗刚开始摸索，体会也很肤浅，所以錯誤之处在所难免，希望讀者指正。

这本小册子是由我厅科学研究所桥涵水文組編写的。由于該組的工作是連接原交通部公路勘测設計院第四分院的水文工作的，因而書中也包括原第四分院的若干資料。

內蒙古自治区交通厅

目 录

第一章 内蒙古大青山地区水文分析	(1)
一、大青山地区小汇水面积暴雨径流厚度	(1)
二、估算流量的經驗公式与洪水标准过程綫	(4)
三、河床糙率与河床冲淤特征	(14)
第二章 缺乏水文資料地区洪水調查方法	(18)
一、多年平均水位在树木上的痕迹	(19)
二、多年平均水位在岩石上的痕迹	(21)
第三章 对桥渡附近河床冲刷計算方法的体会	(26)
一、桥下一般冲刷問題	(26)
二、关于桥墩附近的河床局部冲刷計算方法	(37)
三、小結	(42)
第四章 东北辽东丘陵地区桥涵水文运行效果調查	(43)
一、关于設計流量問題	(43)
二、关于涵位选择及設計中的一些問題	(53)
三、小結	(60)
第五章 径流驗証总結	(60)
一、观测目的及方法	(60)
二、驗証步驟	(61)
三、实测資料情况	(63)
四、資料分析	(63)
五、小兴安嶺森林地区的流量統計	(68)
六、解析法計算中出現的一些問題	(69)
七、今后的工作	(70)
附录 解析方法中的一些主要公式	(71)

第一章 內蒙古大青山地区水文分析

一、大青山地区小汇水面积暴雨徑流厚度

(一) 资料来源

根据內蒙古气象局在大青山地区，东由集宁、西至陕坝、北起百灵庙、南止黄河河岸一带所布設的 13 个气象（候）站（台）的 28 个站年自記雨量資料，按不同的降雨时段，选择年最大降雨量，根据这些不十分充分的資料（并且多数为 1957、1958 二年的資料），編制降雨量——历时——重現期曲綫；由于各点距曲綫偏离不大，故这些曲綫尚可以粗略的反映出这一地区的实际情况。

(二) 整編过程

按交通部公路科学研究所的暴雨分区，內蒙古大部分地区均屬一个暴雨区；因此，在整編时，沒有做暴雨的“一致性”和“独立性”分析（虽然用站年法統計时，这一手續似乎是必不可少的），而直接用站年法統計降雨量——历时——重現期曲綫。降雨标准累积曲綫是套用铁道部铁道科学研究所的黄土高原区累积降雨量平均（中值）过程綫（每次降雨量 ≥ 30 毫米）。土壤入渗曲綫采用苏联貝欽科娃的六类土的入渗曲綫（見图 1）。目前交通部公路科学研究所根据我国实际試驗資料，分別制定了我国南、北二区的土壤平均入渗曲綫（見图 2），如应用中国的土壤平均入渗曲綫，无疑将比用苏联的入渗曲綫更符合实际。

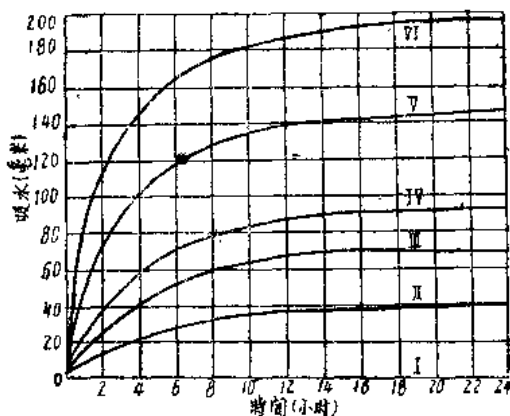


图 1 土壤吸水損失过程曲线

类 别	土 壤 名 称
I	无裂缝的岩石, 地氈膏, 混凝土.
II	粘土, 粘土垆母質的柱狀碱土, 龟裂土
III	粘土質垆母, 无結構的黑土, 灰化土及灰色森林土
IV	有結構的黑土, 砂質的柱狀碱土, 长草的砂質垆母
V	无遮蓋的砂質垆母
VI	风积砂.

編制步驟: (1) 从雨量自記紙中挑选不同降雨时段的年最大降雨量。(2) 把同一样降雨历时的年最大降雨量按遞減次序排列, 用 $t^{(年)} = \frac{n+0.4}{N+0.3}$ 計算相应的平均重現期。(3) 用 (2) 的結果, 在双对数紙上繪降雨量——历时——重現期曲线。(4) 在降雨量——历时——重現期曲线选出各不同降雨时段的降雨量, 并繪制該次雨量的降雨累积曲线。(5) 用土壤入渗曲线和降雨累积曲线相切, 找出切点, 即定出径流時間 t 及径流厚度 h (見图 3)。(6) 以同一頻率, 同类土壤

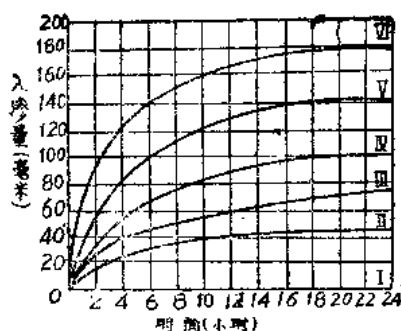


图2 北方地区土壤平均入渗曲线

类别	土壤名称	含砂率%
I	湿青混凝土, 冻土, 无裂缝岩石	0~3
II	粘土, 肥沃粘壤土, 龟裂地	3~13
III	灰化土, 森林型粘壤土, 肥沃黑土	13~30
IV	黑土, 栗土, 生草砂壤土	30~63
V	砂壤土(粘砂土)	63~83
VI	砂	83~100

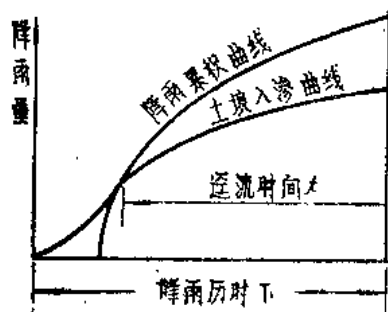


图3 径流时间和径流厚度

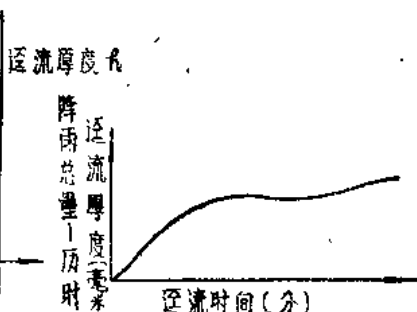


图4 径流时间和径流厚度的曲线关系

的径流时间为水平坐标, 以相应的径流厚度为垂直坐标, 点绘

关系曲线（如图4）。(7)在关系曲线上查各径流时间的径流厚度。(8)编制径流厚度表。

(三) 整编成果

根据上述的资料和方法，编制内蒙古大青山地区的径流厚度列如表1。

我们做的径流厚度较苏联第10暴雨区径流厚度小10~15%，较交通部公路科学研究所第14区的径流厚度偏大。我们认为：(1)公路科学研究所的分区范围很大，几乎把内蒙古全部划为一个暴雨区，显然为了并为一区，不得不把降雨量进行平均，得出平均值，而我们所分析的地区是内蒙古南部，降雨似乎应比北部大。(2)公路科学研究所做径流厚度表时没有搜集到1958年较大降雨资料，而我们却包括了这年资料，并占统计站年数较多。(3)我们所分析的地区，基本受集宁暴雨中心控制，较周围地区降雨偏大。以上分析可以认为，我们的径流厚度表基本能符合这一地区的实际情况。

二、估算流量的经验公式与洪水标准过程线

(一) 目前常用的方法

我们公路小桥涵计算设计流量，多半是用苏联径流标准中的波尔达柯夫简化公式：

$$Q = \varphi_1 (h - Z)^{3/2} F^{2/3} \beta \gamma \delta \quad (1)$$

在山岭区汇水面积小于1.0平方公里，及平原区汇水面积小于0.5平方公里时，再用：

$$Q = 0.56 h F \beta \gamma \delta \quad (2)$$

计算，采用(1)与(2)两式较小的结果。(1)与(2)二式各符号意义：

表 1

(Z = 0 时)

徑 流 時 間 (分)	頻率為 1 : 10						頻率為 1 : 15						頻率為 1 : 25						頻率為 1 : 50						頻率為 1 : 100					
	土 壤 類 別						土 壤 類 別						土 壤 類 別						土 壤 類 別						土 壤 類 別					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
	20	22	20	17	9		25	22	17	11			30	26	23	15			35	32	30	21	7		44	40	38	30	16	
30	27	24	21	11			30	27	22	13			35	32	28	18			42	39	35	25	9		53	50	46	36	20	
45	34	28	24	13			38	33	26	16			44	38	34	22			52	47	42	30	11		64	60	54	42	22	
60	38	32	26	15			43	37	30	18			51	44	37	25			60	53	46	34	13		73	67	60	47	24	
90	46	38	28	16			53	44	34	21			61	52	43	30			72	64	53	41	15		86	77	67	53	26	
120	53	42	29	17			61	50	37	23			70	59	47	39			83	72	59	47	16		95	85	71	58	27	
200	65	50	30	18			76	60	41	28			89	73	54	41			104	87	69	57	20		118	99	86	61	30	
300	77	56	31	—			90	68	44	—			105	84	60	47			122	100	76	63	—		133	111	87	74	—	

Q ——設計流量 (立方米/秒) ;

ϕ_i ——随匯水区地形而变的系数;

h ——径流时间为30分鐘时的径流厚度 (毫米);

Z ——植被湿润等損失厚度 (毫米);

F ——匯水面积 (平方公里);

β, γ, δ ——洪水传播, 降雨不均匀, 湖泊調节的折減系数。

公式 (2) 系如下導出的:

$$Q = 16.67 \alpha F \beta \gamma \delta, \because \alpha = \frac{h}{t}, \text{取 } t = 30 \text{ 分鐘},$$

$$\begin{aligned} Q &= \frac{16.67}{30} h F \beta \gamma \delta \\ &= 0.56 h F \beta \gamma \delta \end{aligned} \quad (2)$$

从很多計算資料統計, 很大数量的小桥涵設計流量被 (2) 式所控制。苏联公式的若干参数, 能否适合于中国的实际情况, 尙待进一步加以验证; 另外由于要进行两道平行計算, 也增加了一些麻煩。1959年初交通部公路科学研究所根据四川的資料, 按照苏联簡化公式的形式制定了我国的簡化公式:

$$Q = \phi (h - Z)^{3/2} F^{1/3} \beta \gamma \delta \quad (3)$$

式中: ϕ ——随着坡度、匯水面积而定的系数;

h ——径流厚度, 当 $F < 10 \text{ KM}^2$ 采用 t 为30分鐘 h 值,

F 在 $10 \sim 20 \text{ KM}^2$ 采用 t 为45分鐘 h , F 在 $10 \sim 20$

KM^2 采用 t 为80分鐘 h 值。

其它符号意义同前。

应该肯定, 由于我国的簡化公式的制定, 无疑較过去套用苏联的公式前进了一步; 目前各地均搜集实际資料验证与修正

它，預計在較短的時間內一定能使公式的形式與若干參數符合於我國各地實際情況。

(三) 估算流量經驗公式

為了工作的急需，擬一個簡單的、地區性的估算流量經驗公式確屬必要；為此，對呼和浩特至包頭之間 1958 年設計的 131 個小橋涵資料進行統計（見圖 5），得出設計頻率為 1:25 時設計流量與匯水面積近似關係為：

$$Q = 9.7 F^{0.61} \text{ 或 } Q = 9.7 F^{3/5} \\ (F = 1.0 \sim 30 \text{ 平方公里}) \quad (4)$$

$$Q = 9.7 F^{0.83} \text{ 或 } Q = 9.7 F^{4/5} \\ (F = 0.1 \sim 1.0 \text{ 平方公里}) \quad (5)$$

統計的這些資料的匯水區地形，多半是山地與山嶺，土壤多半是相當於徑流標準中的第Ⅳ類土，植被較少。我們認為這些統計數值雖未經實際考驗，但至少可以說這些流量在設計時曾經過多方比較，和實際水痕對照過，那麼應該相信，這個估算公式可以粗略的反映這一地區實際情況。當匯水區在 30～4000 平方公里時，據內蒙古水利局水利設計院 11 個設計資料統計（見圖 6），得出流量與匯水面積的近似關係：

$$Q = C F^{0.57} \quad (6)$$

式中：C —— 當設計頻率為 1:50 時，C = 18；

當設計頻率為 1:100 時，C = 21。

需要說明：這些統計資料都是取自設計文件，因此，這幾個公式均未經過實際考核，故在實用這幾個公式時，應盡量和調查洪水資料進行對比後確定設計流量。

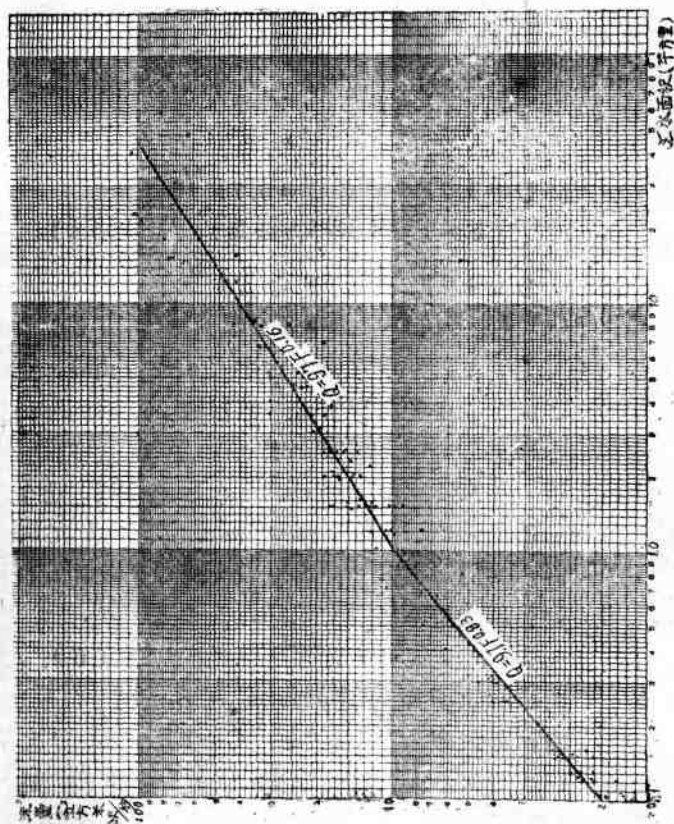


图 5 汇水面积和流量的关系

超越系数 1 : 25

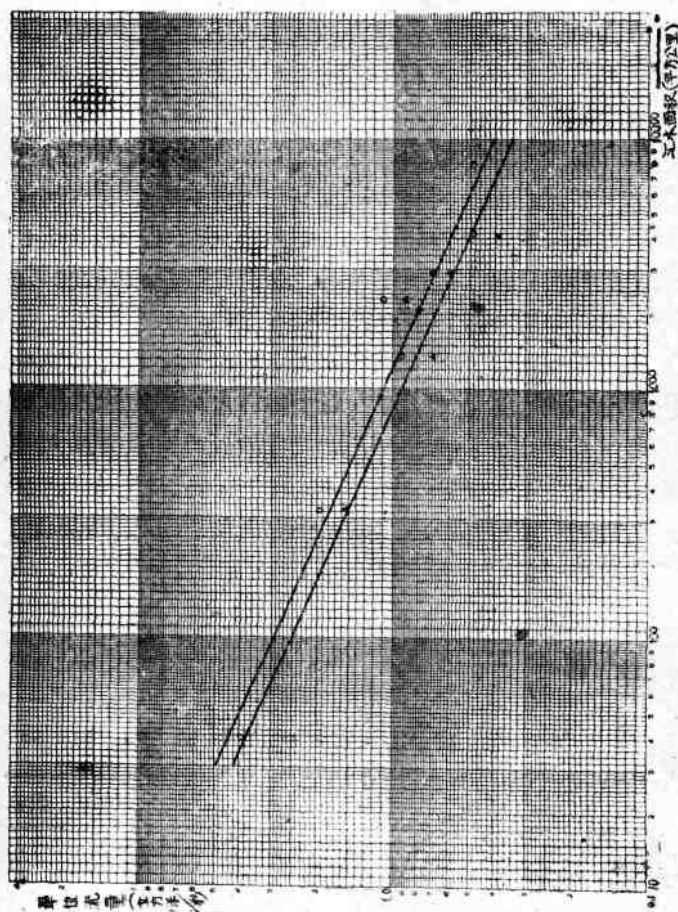


图 6 单位面积流量和汇水面积的关系

(三) 洪水标准过程綫

簡化公式与一些最大流量的推算公式，只能給出最高峰頂流量，但为了考虑涵前积水，及对洪水特征的定性認識，都需要設計洪水的过程綫。苏联 B. M. 索可洛夫斯基等都會对无水文資料地区洪水过程綫給出經驗公式或經驗座标。我們認為这些理論是正確的，但制定公式的若干参数均有一定的局限性与地区性；因此，我們应根据本地区实际資料制定这一地区的設計洪水标准过程綫。根据这一意图，对大青山地区各河溝（汇水面积 168~2887 平方公里）1958 年 7 月 26 日与 8 月 7 日二次洪水（7 月 26 日洪水約百年一遇，8 月 7 日洪水約 200~300 年一遇）的 32 个流量过程綫（其中 15 个实测，17 个調查），扣除基流，遇双峰时經人为切割，把过程綫的横座标分 10 等分，对应的流量与最大流量比，經過以上綜合整理，把这些換算的相对縱横座标繪在一个座标图上，就会发现每次洪峰最大峰頂流量約位于整个洪水持續時間的前 $1/10 \sim 3/10$ 之間，而多数集中在 $2/10 \sim 3/10$ 之間。根据这些綜合流量过程綫（见图 7），繪出标准过程綫，其各点座标如下表：

占总持續時間%	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
相应流量与最大流量比%	0	13	32	67	91	100	90	76	64	54	47

續表

占总持續時間%	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
相应流量与最大流量比%	40	33	27	22	18	14	10	6	3	0

不言而喻，流量过程綫在很大程度上受洪水成因、汇水区的特征等因素所影响。但对一个不大的地区而言，做出这样一个标准过程綫，誤差总不应该太大。洪峰最大流量到达的时间及洪水持續总共时间，可参照有关書籍介紹的方法，或借調查判定。

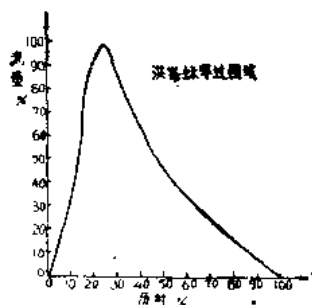


图7 綜合流量过程綫

过去計算洪水径流体积是采用：

$$W = hF \quad (7)$$

式中：W——径流总体积（千立方米）；

h——径流厚度（毫米）采用30分鐘的h；

F——汇水面积（平方公里）。

可以这样肯定：由于汇水区的特征不同，所形成的設計流量的径流时间未必全是30分鐘，如森林地区的某些河流，汇水区对洪水調节作用很大，并且河槽調洪作用亦强，假如用（7）式計算径流总体积，我們會发现有时計算的总体积反而小于构造物的水塘体积，如果考虑涵前积水时，設計流量为：

$$Q_{\pi} = Q \left[1 - \left(\frac{W_{np}}{W} \right)^a \right] \quad (8)$$

式中：Q_π——考虑涵前积水时設計流量（立方米/秒）；

Q——未考虑涵前积水时設計流量（立方米/秒）；

W_{np}——涵前积水体积（千立方米）；

W——径流总体积（千立方米）；

a——指数。

因为式中 $W_{np}/W > 1$ ，则计算设计流量 Q_n 得负值，不需要任何解释；这是一种不合理的现象；但是如果用上面的标准过程线计算径流体积，则可克服这一不合理的现象。

(四) 例题

大青山地区某河沟汇水面积为25平方公里，汇水区地形为山地，土壤为Ⅳ类，植被稀少，据调查，洪水自上涨开始约3小时为最大峰顶，求频率为1:25的设计流量，流量过程线，径流体积。

1. 用经验公式解

$$Q = 9.7 F^{3/5} \quad (F = 1.0 \sim 30 \text{ 平方公里})$$

$$= 9.7 \times 25^{3/5}$$

$$= 69 \text{ 立方米/秒。}$$

$$\text{洪水总历时: } \frac{3.0}{2.5} \times 10 = 12 \text{ 小时。}$$

洪水过程线：根据 $Q = 69$ 立方米/秒，总历时12小时，套用洪水标准过程线座标，得出设计洪水过程线如下表：

t (小时)	0	0.6	1.2	1.8	2.4	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0
Q (立方米/秒)	0	0.9	22	46	63	69	62	53	44	37	32

续表

t (小时)	6.6	7.2	7.8	8.4	9.0	9.6	10.2	10.8	11.4	12.0
Q (立方米/秒)	28	23	19	15	12	10	7.0	4.0	2.0	0

以 t 为水平坐标， Q 为垂直坐标繪图（图 8）即为設計洪水过程綫。根据洪水过程綫所包围的面积算出径流总体积。

$W = 120$ 万立方米。

2. 用簡化公式解

$$Q = \varphi (h -$$

$$Z)^{3/2} F^{2/3}$$

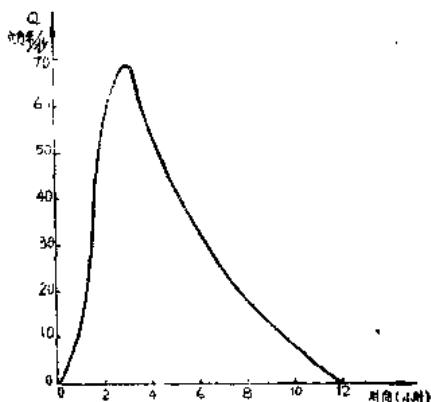


图 8 設計洪水过程綫

式中 h 采用表 1 設計頻率為 1:25 时，Ⅳ类土的 $h = 18.0$ 毫米， $Z = 0$ ， $F = 25.0$ 平方公里， φ 在山地地形采用 0.11（見苏联的“径流标准及径流和小桥涵孔径計算須知”中譯本第 14 頁）。

$$Q = 0.11 \times 18^{3/2} \times 25^{2/3}$$

$$= 0.11 \times 76 \times 8.6$$

$$= 72 \text{ 立方米/秒}$$

$$W = h F$$

$$= 18.0 \times 25.0$$

$$= 450 \text{ 千立方米}$$

比較表：

經驗公式計算	$Q = 69$ 立方米/秒	$W = 1200$ 千立方米
簡化公式計算	$Q = 72$ 立方米/秒	$W = 450$ 千立方米
比較（經驗/簡化）	96%	267%