

小汇水面积暴雨径流算法

(增訂本)

林平一 著

水利电力出版社

內 容 簡 介

本書系用不多的篇幅，簡述暴雨徑流形成的基本概念和計算公式的基本原理；并引實例，介紹在水文資料不全的情況下的各種不同計算方法，可供小型水利以及鐵道、公路、橋涵等建築工程的規劃設計人員參考。本書內容包括：計算暴雨徑流的公式，暴雨強度及雨量公式，土壤吸水強度及入滲量公式，匯流情況對於最大流量形成的影響，計算暴雨徑流的概化法，洪水流量過程綫的計算方法，以及小型水利工程控制暴雨徑流效果的分析等。

本書系在第一版的基礎上從新改寫的，較第一版無論在內容、計算方法以及篇幅上都有了很大的改進和補充。

小匯水面積暴雨徑流計算法(增訂本)

889S131

著 者 林平一
出 版 者 水利電力出版社（北京西郊科學路二里溝）
北京市書刊出版業營業許可証出字第 105 号
印 刷 者 水利電力出版社印刷廠（北京西城成方街 13 号）
發 行 者 新華書店

97 千字 787×1092 1/32 開 45/8 印張
1958 年 6 月第二版(增訂本) 北京第一次印刷 印數 4,501~9,000
統一書号: 15143·758 定價: (10)0.65 元

目 錄

第 一 节	徑流形成的基本概念	(7)
第 二 节	計算暴雨徑流的公式	(9)
第 三 节	暴雨强度及雨量公式	(23)
第 四 节	土壤吸水强度及入渗量公式	(28)
第 五 节	几个主要地形参数的决定	(35)
第 六 节	汇流情况对于最大流量形成的影响	(37)
第 七 节	計算暴雨徑流的概化法及其先决条件	(48)
第 八 节	洪水流量过程綫形成的原理及其分析方法	(68)
第 九 节	暴雨徑流計算实例	(90)
第 十 节	羣众性小型水利建設控制暴雨徑流效果的分析	(121)
第十一节	結論	(131)
参考文献	.....	( 140)
附 录	.....	( 141)
一、山坡坡面糙率表	.....	( 141)
二、天然河床糙率表	.....	( 141)
三、公式索引	.....	( 143)

小汇水面积暴雨径流計算法

(增訂本)

林 平 一 著

水利电力出版社

內 容 簡 介

本書系用不多的篇幅，簡述暴雨徑流形成的基本概念和計算公式的基本原理；并引实例，介紹在水文資料不全的情況下的各種不同計算方法，可供小型水利以及鐵道、公路、橋涵等建築工程的規劃設計人員參考。本書內容包括：計算暴雨徑流的公式，暴雨強度及雨量公式，土壤吸水強度及入滲量公式，匯流情況對於最大流量形成的影響，計算暴雨徑流的概化法，洪水流量過程綫的計算方法，以及小型水利工程控制暴雨徑流效果的分析等。

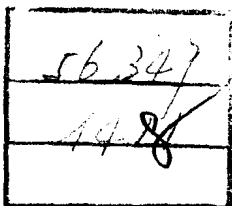
本書系在第一版的基礎上從新改寫的，較第一版無論在內容、計算方法以及篇幅上都有了很大的改進和補充。

小匯水面積暴雨徑流計算法(增訂本)

889S131

著 者 林平一
出 版 者 水利電力出版社（北京西郊科學路二里溝）
北京市書刊出版業營業許可證出字第 105 號
印 刷 者 水利電力出版社印刷廠（北京西城成方街 13 號）
發 行 者 新華書店

97 千字 787×1092 1/32 開 45/8 印張
1958 年 6 月第二版(增訂本) 北京第一次印刷 印數 4,501~9,000
統一書號：15143·758 定價：(10)0.65 元



初版序言

国内各地区为进行国家社会主义经济建设而兴办的小型水利工程，以及铁道、公路、桥涵等建筑物，大多均须以小汇水面积暴雨所产生的洪水作为设计标准。因为我们过去对于这种小面积的洪水没有适当计算的方法，如果任意采用一般老旧的估算流量的经验公式，往往得出不合理的成果，不是偏大就是偏小，而且没有与经济条件相结合。大家经过学习苏联水文科学先进经验以后，了解了几种计算暴雨径流的公式与方法，但由于气候和降雨情况在苏联与我国各地迥不相同，这些公式不宜直接搬来应用。所以我们应针对国内各地的情况，急切地来研究分析暴雨对于小面积所能产生的洪水，并结合工程等级规格与经济条件，定出设计流量以作建筑物需要的标准。本此目标，作者初步提出分析方法，以供目前计算小汇水面积暴雨径流之用。但暴雨径流问题至为复杂，尚须组织力量搜集全国水文资料和地理情况，作更深入的研究和分析；可是这还需要一个相当长的时间，因此特将初步的研究所得作出简介。其中错误在所难免，希望从事水文研究和工程设计的同志们，多多提出意见以资纠正。

林 平 一

1956年7月

于北京水利科学研究院水文研究所

5900131

再版序言

本書第一版于1956年11月出版。適值1956年冬季及1957年春季國內各地區的小型水利建設，以及橋涵等建築工程正在大量開展，承各地區同志們對於本書熱忱關心，如河南省水利廳嚴祥麟同志和水文研究所陳家琦同志等提出許多問題和寶貴意見，給作者得到很好的改進資料，幫助很大，作者敬向同志們致以衷心的感謝。至1957年汛期，經過半年余的時間，作者在業務上繼續鑽研中小河流的暴雨洪水計算方法，從而發現本書初版所介紹的方法，不夠完備，也不夠精細，覺得有加以修改與重編的必要。去年8月間接水利出版社通知，稱本書將重行再版以應各方面的需要，因此在征得該社的同意后，乃即着手進行改編和補充的工作。

對於暴雨徑流的基本計算公式方面，除原有的三角形斷面山谷水道的匯流流速公式外，另行推演了拋物綫斷面的匯流流速公式，借以增進計算方法對於實際情況的適合性。

對於暴雨公式闡述了參數的確定及其應用方法，並擬訂了土壤入滲公式及其用途；對於滿足入滲條件所需的前期雨量 and 初損量，作了算例以供參考。

從集流情況對於產生最大流量的影響創擬了計算暴雨徑流概化法及其先決條件，改進了小匯水面積暴雨徑流計算法中一貫須用的逐步試算手續，而能直接求得洪峯流量。

根據洪水流量過程綫的原理，應用概化法中匯流系數的

16-10000

变化，能將洪水流量过程綫合理地計算出来。

列举設例和实例多种，介紹計算步驟和方法，可供小型水利以及鉄道、公路、桥涵等建筑工程的规划設計人員之参考。

对于目前正在全国各地轟轟烈烈地展开的羣众性小型水利建設控制暴雨徑流的效果，作了具体的分析；分析显示出小型水利工程对于控制暴雨徑流的功效极其显著，其影响所及对于下游有关較大河流的治理，也將作出巨大的貢獻。

最后为适应正在全国各地展开大跃进而兴修的大量小型水利工程，在缺乏水文資料的情况下，將概化計算法再簡改而为簡化計算法，使方法能与羣众的要求相結合，以能解决迫切需要的問題。

至于作者所建議的汇流系数公式，是在目前缺乏实际資料的情况下，为适合一般流域情况而拟定的，因而仅具初步簡單适用的形式，將來尚須結合实际試驗与觀測，以作更多的分析与改进。

再版修改与补充的主要內容如上所述，錯誤与缺点还是难免，仍希从事有关业务的同志們，繼續多多提出意見以資作更进一步的改进。

林 平 一

1958年3月1日

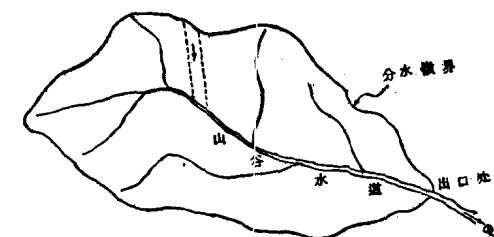
于北京西郊，水利科学研究院水文研究所

目 錄

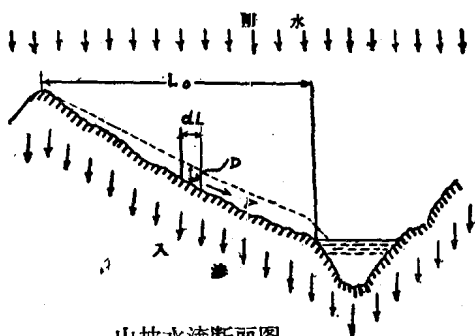
第 一 节	徑流形成的基本概念	(7)
第 二 节	計算暴雨徑流的公式	(9)
第 三 节	暴雨强度及雨量公式	(23)
第 四 节	土壤吸水强度及入渗量公式	(28)
第 五 节	几个主要地形参数的决定	(35)
第 六 节	汇流情况对于最大流量形成的影响	(37)
第 七 节	計算暴雨徑流的概化法及其先决条件	(48)
第 八 节	洪水流量过程綫形成的原理及其分析方法	(68)
第 九 节	暴雨徑流計算实例	(90)
第 十 节	羣众性小型水利建設控制暴雨徑流效果的分析	(121)
第十一节	結論	(131)
参考文献	.....	( 140)
附 录	.....	( 141)
一、山坡坡面糙率表	.....	( 141)
二、天然河床糙率表	.....	( 141)
三、公式索引	.....	( 143)

第一節 徑流形成的基本概念

雨水降落地面之后，从集水区各处产生的径流集合起来，汇流到河道里，便是雨水集流的现象。这现象在形成的过程中，受着各种运动的作用。在各种蒸发以及满足地面初渗之后，余水即为地面径流的来源。余水通过一系列的沟壑溪川，汇集于下游出口处的河道而产生洪水，其过程参阅图 1 及 2 即易于明了。至于洪水



流域平面图



山坡水流断面图

图 1 径流形成示意图

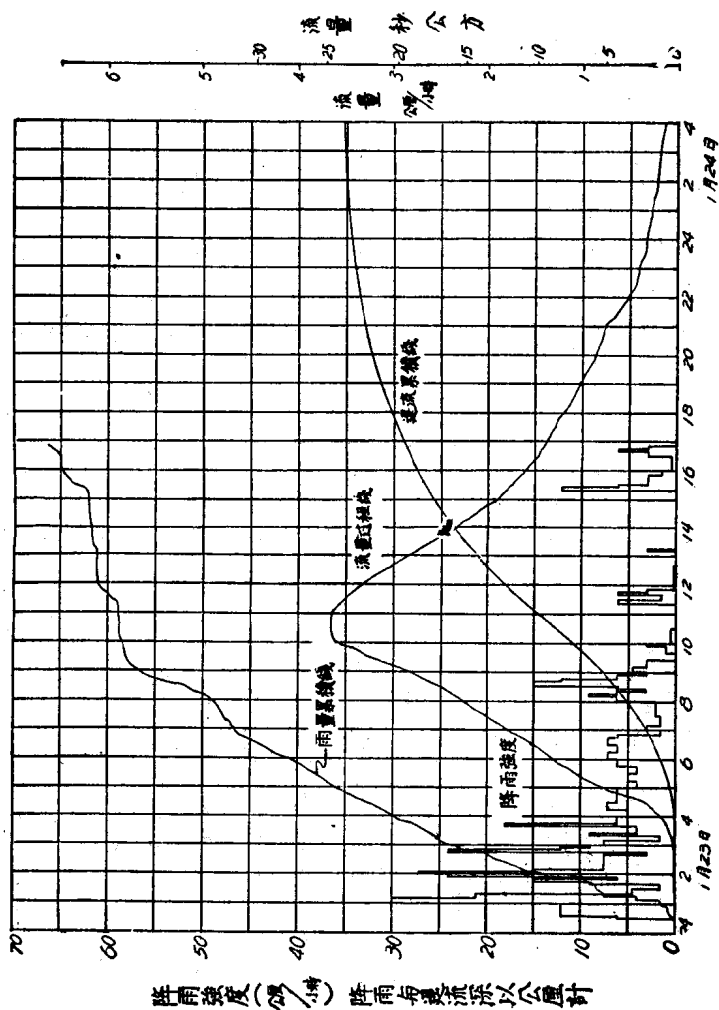


图 2 1938 年 1 月 23~24 日某流域 (流域面积等于 15,200 平方公里) 降雨量和逕流深过程图

流量的大小，是由于集水面积、流域形势、地面情况及降雨强度和历时等因素而定，所以产生洪水的现象甚为复杂。在学习了苏联先进经验之后，对于这一问题，结合自然现象的主要因素，在一定的假设与合理的分析之下，也能够予以适当的解决。

第二節 計算暴雨徑流的公式

計算暴雨洪水的公式頗多，其中以柏罗托吉亞科諾夫 (М. М. ПротоДьяконов) 的集流時間公式結合汇流理論流量公式，用以計算小汇水面积暴雨徑流的洪峯流量較為簡單合理，并曾在苏联获得广泛的应用，本書所推演的公式就是屬於这一类型。

茲將計算的基本条件規定如下：

1. 流域面积在一般地形情况下在 300 平方公里以內，其長度不超过 30 公里。
2. 地面上因先期陆續降雨，經植物截留、填蓄凹地并滿足土壤空隙含水量的条件之后入滲率是接近稳定的。
3. 流域內各部分的地貌情况比較一致。
4. 暴雨分布在一定时段內当作是均匀的，先后强度也是一致的。

計算需要的資料如下：

1. 流域全部地形图，河道全段縱断面图，主要部分橫断面图以及过去的洪水痕迹的調查資料。
2. 从当地雨量記錄資料作出的雨量历时与頻率的关系曲线。

(1) 小汇水面积暴雨徑流的計算 在小流域範圍內，設

有一定雨量連續下降不停，当其强度超过地面損耗时，則产生的徑流汇集漸多，出口处水位随之上漲。降雨持續至一定時間下游出現了洪水峯，若雨至此時停止而洪水峯亦停止上漲，此一時謂之峯雨相會時間。這時流域最遠處的徑流也已到達下游出口處。這一時間即是某一流域由于一定雨量所产生的徑流集中所需的时间。此時洪峯的流量即等于集流面積的徑流模。一定流域一定流量所需的一定匯流時間，当分別推演公式以資确定。至于全流域或部分流域集流所产生的暴雨徑流的洪峯流量，可以用下列匯流理論公式來計算：

$$Q = ciF \quad (1)$$

式中 Q ——全流域或部分流域徑流汇集所产生的洪峯流量；

c ——徑流系数；

F ——全流域面积或部分流域面积；

i ——降雨强度。

今設 H ——一定历时的总雨量，以公厘計；

及 t ——降雨历时，以分鐘計。

因洪峯流量，以秒公方計，为便于計算，应將上式改列為：

$$Q = 16.67 \frac{cHF}{t} = 16.67 ciF \quad (2)$$

(2) 山坡匯流時間的計算 当雨水降落后开始产生徑流时，山坡或傾斜地面上的水流，最初系极薄的水层，但流量随時間变化，經過一定時間 t_0 ，即坡地上产生完全水流时，才成为稳定流的状态，称之为完全水流状态（參閱圖 1）。徑流沿坡面流动过程中，水深节节不同，流速及流量也隨着不同，其情形至为复杂。当山坡上达成完全水流时，在极小的微距“ dL ”范围内，流速可視為接近于不变的状态。在經過一个微时“ dt ”后，流动的距离当为

$$dL = V dt .$$

在这样各个极短的时间及所經极小的微距范围内，流速 V 可用曼宁公式来推算，不致有过大的出入。

即
$$V = \frac{1}{N_0} D^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}},$$

則
$$dL = \frac{1}{N_0} D^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} dt \quad (3)$$

上兩式中 V —— 山坡上各微距 dL 內的平均流速；

D —— 山坡上各微距 dL 內的水深；

N_0 —— 山坡的滯流系数（包括糙率及地面截流影响等）；

J —— 山坡上流程的平均坡降；

t —— 降雨历时，自产生徑流时算起。

并設 t_0 —— 徑流自山坡分水嶺流至坡脚的时间，即山坡汇流时间，亦即山坡上产生完全水流的时间；

L_0 —— 自分水嶺至坡脚的距离（见图 1）；

D_0 —— 坡脚出流处水层深。

在坡上达成完全水流时必须的条件为：

$$t \geq t_0 .$$

但当山坡上分水嶺的水滴子尚未流到坡脚时，各段水深“ D ”随着时程增加，也是一个变数，可以根据汇流理論而确定之。

設 q —— 山坡上每單位寬度水流在各分段的供流量；

則
$$q = (ci)L ,$$

求微分
$$dq = (ci)dL .$$

同时山坡上各分段單位寬度的流量为：

$$q' = DV = \frac{1}{N_0} D^{5/3} J^{1/2},$$

求微分

$$dq' = \frac{5}{3} \frac{1}{N_0} D^{2/3} J^{1/2} dD.$$

迨分水嶺的水滴子流到坡脚時，於是山坡上達成完全水流。如雨至此時停止或仍繼續下降，則各段的水深 D 雖然不同，但就各段每個斷面而言，根據集流原則，因供流量 $q = (ci)L$ 與出流量 $q' = DV$ 互相平衡，各段水深保持穩定，所以形成了穩定流的狀態，可以得出各段集流水深的微分式如下：

$$(ci)dL = \frac{5}{3} \frac{1}{N_0} D^{2/3} J^{1/2} dD \quad (4)$$

公式 (4) ÷ (3) 得

$$(ci) = \frac{5}{3} \frac{dD}{dt},$$

求積分

$$\int_0^t (ci) dt = \int_0^D \frac{5}{3} dD,$$

$$(ci)t = \frac{5}{3} D,$$

得山坡上各段水深：

$$D = \frac{3}{5} (ci)t \quad (5)$$

代入公式 (3) 并求积分，得：

$$\int_0^{L_0} dL = \int_0^{t_0} \frac{1}{N_0} \left(\frac{3}{5} ci t \right)^{2/3} J^{1/2} dt,$$

$$L_0 = \left(\frac{3}{5} \right)^{2/3} \frac{(ci)^{2/3}}{N_0} t_0^{5/3} J^{1/2}.$$

即得山坡汇流時間的基本公式如下：

$$t_0^5 = \left(\frac{5}{3}\right)^5 \frac{(N_0 L_0)^3}{(ci)^2 J^{3/2}} \quad (6)$$

今設自山頂至山脚全程平均流速为：

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{L_0}{t_0} = \frac{1}{t_0} \left(\frac{3}{5}\right)^{5/3} \frac{(ci)^{2/3}}{N_0} t_0^{5/3} J^{1/2} \\ &= \frac{3}{5} \frac{1}{N_0} \left(\frac{3}{5} ci t_0\right)^{2/3} J^{1/2} = \frac{3}{5} \frac{1}{N_0} D_0^{2/3} J^{1/2}, \\ V_0 &= \frac{3}{5} V_m = 0.60 V_m. \end{aligned}$$

从上式可以看出山坡上水层的平均流速 V_0 为坡脚出流处流速的 60%。按坡面上流速在山頂部分較小，至山脚部分逐漸增大，即自 $V_0=0$ 增至 $V_0=V_m$ 。平均流速介乎其間而大于 $\frac{V_m}{2}$ ，这一結論是合理而与实际相接近的。

若已得的山坡汇流時間公式(6)中各單位采用：

t_0 ——分鐘， L_0 ——公里， i ——公厘/分鐘，

則

$$t_0^5 = \left(\frac{5}{3}\right)^5 \frac{(N_0 L_0 \times 1,000)^3}{\left(\frac{ci}{1,000 \times 60}\right)^2 J^{3/2}} \times \frac{1}{(60)^5}$$

$$t_0 = \left(\frac{5}{3}\right) \frac{1,000}{(60)^{0.6}} \frac{(N_0 L_0)^{0.6}}{(ci)^{0.4} J^{0.3}},$$

$$t_0 = 144 \frac{(N_0 L_0)^{0.6}}{(ci)^{0.4} J^{0.3}} \quad (7)$$

令 E_0 ——坡地平均每公里落差，以公尺計。

則 $J = E_0/1,000$ ，代入上式，得

$$t_0 = 144 \frac{(N_0 L_0)^{0.6}}{(ci)^{0.4} (E_0/1,000)^{0.3}},$$

$$t_0 = \frac{1,140}{(ci)^{0.4}} \frac{(N_0 L_0)^{0.5}}{E_0^{0.3}} \quad (8)$$

上列公式(8)为坡地径流自坡顶集中至坡脚所需之时间。在小汇水面积范围内,并在前述均匀降雨的条件下,应用这一公式是合理而适当的。

把公式(8)代入柏罗托吉亞科諾夫的坡地上平均流速公式

$$V_0 = 16.67 \frac{L_0}{t_0} \quad (9)$$

得:

$$\begin{aligned} V_0 &= (16.67 L_0) \div \left[\frac{1,140}{(ci)^{0.4}} \frac{(N_0 L_0)^{0.5}}{E_0^{0.3}} \right] \\ &= \frac{16.67}{1,140} \frac{(ci L_0)^{0.4} E_0^{0.3}}{N_0^{0.5}} \end{aligned}$$

再从汇流公式:

$$Q = 16.67 ci F,$$

得

$$ci = 0.06 \frac{Q}{F}$$

代入上式

$$\begin{aligned} V_0 &= \frac{16.67}{1,140} \frac{\left(0.06 \frac{Q}{F} L_0\right)^{0.4} E_0^{0.3}}{N_0^{0.5}}, \\ V_0 &= \frac{0.0048}{N_0^{0.5}} \left(\frac{Q}{F} L_0\right)^{0.4} E_0^{0.3} \end{aligned} \quad (10)$$

公式(10)与下列柏氏山坡流速公式相类似:

$$V_0 = 0.05 \left(\frac{Q}{F} L_0\right)^{1/2} E_0^{3/6} \quad (11)$$

上列柏氏公式是根据实验和理论制定出来的,但公式中的常数被固定了。如果坡地上窪塘水田等所占面积较大,能