

雨水溝渠的合理設計和計算

Г.Л. 查克 著

建 筑 工 程 出 版 社

5743

雨水溝渠的合理設計和計算

屠 人 俊 譯

57-3-102

建築工程出版社出版

• 1956 •

內容提要 本書是一本設計雨水溝渠的參考書。為了正確地解決關於排除雨水的問題，書中包括了許多科學研究所基於氣象原理而計算雨水溝渠的最新成果。此外，還介紹了收集雨水的水力學理論，雨水管網定綫和敷設的一般方法、溝管斷面的合理選擇等知識。

本書可供從事雨水溝渠設計的專家，以及大學中學習溝渠工程的大學生參考之用。

原本說明

書名 ВОДОСТОКИ (ОСНОВЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА)

編著者 Г. Л. Зак

出版者 Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР

出版地點及日期 Москва——1952

雨水溝渠的合理設計和計算

屠人俊譯

建築工程出版社出版(北京市東門外南門外大街)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

建築工程出版社印刷廠印刷·新華書店發行

書號 280 145 千字 850×1168 1/32 印張 6 1/4 插頁 8

1956年6月第1版 1956年6月第1次印刷

印數：1—2,500冊 定價(11)1.80元

目 錄

前 言	6
序 言	7
第一章 設計雨水溝渠的气象学原理	10
一、降雨的形成过程	10
二、降雨量基本公式的决定和計算	12
第二章 雨水溝渠的水力計算原理	34
一、一般逕流公式的結論	34
二、集水時間的决定	41
第三章 在压力流情况下的雨水溝渠的計算	60
一、計算方法	60
第四章 雨水溝渠計算例題	67
一、谷底明渠的計算(圖 17)	67
二、工人村雨水溝渠開端渠段的計算(圖 18)	70
三、从庭院地區流來的雨水量的决定(圖 19)	72
四、進水口間距离的决定	74
五、按照國立水文研究所的方法計算工業區雨水溝渠的幹管 (圖 23)	77
六、按照 K. Д. 潘菲罗夫公用事業学院列寧格勒研究所的方 法計算例題 5	81
第五章 溝渠網零件	85
一、圓断面溝管	85
二、溝管接合	89
三、其他形狀断面的溝管	90
四、明 渠	96
五、檢查井	102
六、進水井	107
七、出水口和跌水	113

八、雨水溢流井和融雪井	114
九、雨水泵站	121
第六章 跌水和急水槽	123
一、基本計算原理	123
二、压力消能計算	132
三、人工粗糙渠道的計算	135
第七章 屋內雨水溝渠	142
一、屋內雨水溝渠的計算原理	142
二、工業建築設計院的計算方法	144
第八章 从圖表上做好雨水溝渠的設計工作	149
一、設計需要的資料	149
二、做好設計工作	152
参考文献	160
附 錄:	162
1. 苏联歐洲部分的气候係數 α	162
2. 苏联亞洲部分的气候係數 α	163
3. 分流制溝渠系統的一次超越週期 p	163
4. c 值的決定 (K. Д. 潘菲罗夫公用事業學院列寧格勒研究所法)	164
5. 降雨强度公式的參变數 $q = \frac{A}{n} (p=1)$	164
6. 地表係數 Z (H. H. 貝洛夫)	165
7. 在滿流情况下的圓形溝渠的水力計算表	166
8. 压力流圓断面溝管的流水能量	172
9. 在滿流情况下的蛋形断面溝管的流水能量	180
10. 在滿流情况下的鉢式溝管的流水能量	183
11. 在滿流情况下的五角形断面溝管的流水能量	184
12. 長方形断面溝管的流水能量	185
13. 天然河渠的粗糙係數值	187
14. 明渠流水能量 ($B=0.4$ 公尺, 边坡 1:1)	188
15. 明渠流水能量 ($B=0.8$ 公尺, 边坡 1:1)	189
16. 明渠流水能量 ($B=1.2$ 公尺, 边坡 1:1)	190
17. 明渠流水能量 ($B=0.4$ 公尺, 边坡 1:1.5)	191

18. 明渠流水能量($B=0.8$ 公尺, 边坡 1:1.5)	192
19. 明渠流水能量($B=1.2$ 公尺, 边坡 1:1.5)	193
20. 条石或瀝青混凝土路面的边溝的排水能量 ($B=6.5$ 公尺)	194
21. 条石或瀝青混凝土路面的边溝的排水能量 ($B=8.5$ 公尺)	195
22. 条石或瀝青混凝土路面的边溝的排水能量 ($B=12.0$ 公尺)	196
23. 条石或瀝青混凝土路面的边溝的排水能量 ($B=18.0$ 公尺)	197
24. 圓石路面的边溝的排水能量($B=6.5$ 公尺)	198
25. 圓石路面的边溝的排水能量($B=8.5$ 公尺)	199
26. 圓石路面的边溝的排水能量($B=12.0$ 公尺)	200
27. 圓石路面的边溝的排水能量($B=18.0$ 公尺)	201
28. 均匀的非粘性土壤的容許(不冲刷)流速(公尺/秒)(按 材料[5])	202
29. 粘性土及石質土的容許(不冲刷)流速(公尺/秒)(按材 料[5])	202
30. 人工加固河床的容許(不冲刷)流速(公尺/秒)	203
31. 各种土壤的边坡	205
32. 决定屋內雨水溝渠的超越週期 p	204

前 言

恢復和發展國民經濟的战後斯大林五年計劃的勝利完成，保證了在我國展開更加大規模的工業企業、世界上最大的水力發電站、城市以及工人村等的建設。

最重要的公共福利事業之一，就是改善街道和溝渠的建築，也就是將全部雨水和融雪水加以收集並送入河泊中去的設備的建築。這一工程在偉大的十月社會主義革命之後在我國已經大大地發展了。

為了正確地解決關於排除雨水的問題，設計者需要有清晰的氣象學方面的知識，以及擬定的建築地點的降雨延續時間和強度、收集雨水的水力學理論、雨水管網定綫和敷設的一般方法、溝管断面合理選擇等的知識。所有這些問題皆在本書中加以討論。

序 言

天然降雨的形成与当地的气象和气候特徵有着最密切的關係，而研究上述因素間的相互關係，远在俄罗斯早期發展時即已開始。

在俄罗斯古代的風俗誌和年鑑中，曾發現十二至十六世紀的關於降雨和天气狀況觀察的不連貫的資料。

当然，这些記載並未詳細地說明当地气候和天气的特徵，僅自十七世紀中期開始，当發明了气压計和水銀溫度計時，關於气候、天气及降雨的觀測始具有科学的性質。

自彼得一世(1720—1730年)時代起，俄罗斯才開始有系統地使用工具的觀測。在1725年12月1日，按照彼得大帝个人的指示，在彼得堡曾開始出版天气雜誌，但該雜誌的編者是誰，則無从知道。保存在地球物理天文總台檔案庫中的这个雜誌，包括了各种有系統的記載，例如气压和气温、風向和風速、雲層、洪水、河流的結冰和解凍等等。開始時每天記錄二次，以後自1726年3月起改為每天記錄三次。

注意到上述材料的重大意义後，觀測組織不僅在中俄罗斯，而且在西伯利亞廣泛地成立起來。十分廣闊和詳細的气象觀測，由北方探險總隊的成員們加以組織。他們在1730年曾在葉卡切琳堡、托博利斯克、葉尼塞斯克、托姆斯克、土路赫斯克、伊爾庫茨克、亞庫梯斯克及尼勒新斯克等地設立了適當的觀測站。

由於儀器製造的發達和改善，在十九世紀時，俄罗斯各地已開始建築巨大的和設備良好的天文台。例如，1836年在葉卡切琳堡和羅格斯克以及1837年在契夫利斯建造的天文台。為了統一指導各地天文台的工作，在1849年，較歐洲其他國家為早，在彼得堡成立了地球物理天文總台。

隨着这天文台的建立，開始了有計劃的、深入的及全面的俄羅斯氣象和氣候特徵的研究，同時这个天文台 曾是優良專門人才的著名培養所。

許多俄羅斯氣象學者的工作，為俄羅斯氣象學的增光，遠遠超出俄羅斯的範圍之外。

俄羅斯氣候學的成就也是很大的。

山區氣象站曾獲得極為廣泛的發展。

最近幾年來，在蘇聯山區內設立了一系列的無線電氣象站，這些氣象站能在一定的期限內自動發出氣象情報。

為研究高層大氣圈起見，曾採用過 高空氣球。1933 年 9 月 30 日“蘇聯號”高空氣球 曾達到世界上 最高的 高度——19000 公尺，而 1934 年 1 月 30 日“阿沙維赫號”高空氣球 曾 到達 2 2000 公尺的高度。

測針球曾獲得極大的發展，它能在高度達 40 000 公尺處 發出氣象情報。

上述許多設施，自然地促使蘇聯在氣象-氣候研究方面居於首位，而在已發現的問題上，蘇聯科學家起了重要的作用。

這樣，雨水溝渠計算的水文氣象學部分 是完全以 蘇聯科學的成就作為基礎的。

П. Ф. 喬爾巴契夫教授綜合了所有的材料，在 1922 年 在全蘇給水和衛生技術代表大會第十二次全體會議上“關於雨水溝渠的計算”的報告中，曾提出了雨水溝渠的計算原理。在這個報告中，喬爾巴契夫教授說明了他所提出的“極限強度”法的原理，這個方法使得在實際上處理雨水溝渠的計算時 能有充分的簡捷手續，而所需要利用的材料，則僅為當地的年平均降雨量，同時他又提出了降雨強度與其延續時間關係的新原理。

以後，隨着自動雨量計的廣泛運用，給予詳細研究降雨的可能，因而 H. H. 貝洛夫教授曾擬定了精確計算雨水溝渠的方法。貝洛夫教授還擬定了按照壓力流而計算雨水溝渠的新方法，這個方法在許多情況下可能大大地減小雨水溝管的管徑。H. H. 貝洛夫教

授的工作創造性地發展了並深入了公用事業學院列寧格勒研究所的工作，該所致力於研究雨水溝渠計算問題業已二十多年，其工作主要在研究城市雨水溝渠網臨時設計標準和技術規範（在 1952 年已為俄羅斯蘇維埃聯邦社會主義共和國公用事業部批准）。近來關於研究雨水溝渠計算理論的工作，屬於國立水文研究所。

H. H. 巴甫洛夫斯基院士曾對管網水力計算理論方面作了巨大的工作，他提出了通用的水管和明渠的計算公式。

本書即以詳細利用所有上述材料作為基礎編著而成，目的在於向讀者介紹雨水溝渠的一般計算理論，以及近年來在這一部門科學上的成就。

第一章 設計雨水溝渠的气象学原理

一、降雨的形成过程

關於降雨起源的問題，在長時期內不曾得到徹底的解決。僅在二十世紀初期時始查明，影响降雨形成的过程，与其說是海洋的表面蒸發不如說是某些造成当地閉塞循环和造成当地小气候的当地水气循环过程。

土壤含水是空气中水气的主要來源之一。土壤水進入空气中，或由土壤直接蒸發，或由当地的湖、河及沼地蒸發，此外，並可經過植物蒸發，这些已足够使任何地區的水气達到正常飽和。土壤中水分的蒸發是經過土壤毛细管進行的，而水沿毛细管上升的速度和高度，根据土壤各个顆粒的大小以及彼此間的距离而定（試驗証明，土壤中水的上升高度不会超过4公尺）。

在这样的深度內，即在有植物根存在的地方，土壤水被植物所吸收。樹林能很好地預防土壤中上層水分的蒸發、能保持土壤中貯藏大量的上層水、能在春季洪水時期和暴雨季節不使降水有很快地流走的可能，这就形成了大量貯水以作为当地水气循环的条件。針葉樹較之闊葉樹具有較小的蒸發性能，但不同的是針葉樹幾乎全年均匀地散發水分至周圍的地區中，而闊葉樹的蒸發主要是在夏天進行。

徹底潤濕的砂土層和砂礫層所引起的水气循环，与高度保水的粘土層相比是根本不同的。同時，当降雨終了時，砂土層和砂礫層地面立刻变为完全乾燥，而粘土層通常不会降低其含水量至42%以下，並幾乎是不变化地保持这种含水量。从另一方面來看，假使砂土層能使降雨滲入極大的深度內，則粘土層僅潤濕了不深的一層——在50—75公分之間，而較深的地層仍保持乾燥狀態。

砂土地層的水氣循環是非常簡單的：一部分水分因植物的直接吸收而耗費，大部分流入更深的地層中去，而中間被水流所經過的一層潤濕的程度僅僅勉強可以察覺。在秋天和春天，当地表面的蒸發不大時，上層土壤比下層土壤略為潮濕一點，但一当地面受熱時，水分就開始加速蒸發，而水分起初由上層很快地消失，以後則較深的地層也開始消失，終於停止散發水氣至周圍的大氣中。

著名的蘇聯氣象學者克浦（Кеппен），根據他所收集的在蘇聯、美國、印度以及其他國家的資料，發現了降雨的或然率，即降雨日與觀測日總數之比的百分數，在森林區要比草原區大得多，而在草原區又比沙漠地帶大。例如，在森林區降雨的或然率不低於36%（即在100個觀測日中有36天是下雨的），在草原區常在20—36%的範圍內，而在沙漠地帶則低於20%。正是按照這種降雨或然率的性質，克浦曾規定了森林區和草原區的地理分界，這種分界與按照德珂契娃教授劃分這些地區的土壤分界法極為符合。

被克浦所發現的降雨日數與地表層的構成和狀態的關係，也說明了降雨與土壤中水氣循環的關係。例如，在草原和沙漠地區，砂土和砂礫土壤本身並不截留水分，而能使水分很快地通過，所以在這種地區上的空氣所能得到的水氣是比較少的，因而降雨形成作用在這裏也是很稀少的——每100天中約只有7天是降雨的。在黑土草原和黃土地帶，特別是在覆蓋了草本植物的地方，所謂穩定氣候土層中含有極大量的水分；在這裏，降雨形成作用是較為活躍的——每100天中約有20至35天是下雨的。在森林區，特別是富於腐植質的地區，降雨或然率能達到非常大的數值，因為降雨被地面上層覆蓋物充分地截留，然後又均勻地經過樹冠將水分散發至周圍空氣中。在這裏每100天中約有36至70天是下雨的。

最後應該指出，重要的不僅是降雨的次數，而是全部降雨次數所帶來的降雨總量。И. Ф. 費格洛夫斯基研究了上述問題並得到了下面的結論：砂土草原年降雨量為269公厘，粘土草原為422公厘，黑土草原為598公厘，林原地區為647公厘。此外，闊葉樹林區

年降雨量为 681 公厘，而常綠樹林區为 1472 公厘。

根据所有上面所說的，可以認為土壤是一种蓄水庫，而水气主要是从那裏進入空气中的。

呈液体状态的降雨可區分为：(1)小雨；(2)連續雨及(3)暴雨。小雨由半徑約等於 100μ 的小雨滴所構成，大的滴子是完全没有的。这种雨常在秋季当雲層不高而雲層下的空气湿度又極高時降落，所以小雨滴在降落至地面的过程中是來不及蒸發的。小雨的降雨强度非常小，約等於 0.1—0.2 公厘/小時。

連續雨常自具有較大的垂直厚度和在地面很大的範圍上形成的雲層中降落。这种雨由較大的雨滴所構成，並可能連續若干天不停地降落(降雨强度是变化的)，其降雨量可達 100—150 公厘，分佈在達數万平方公里的巨大的面積上。

暴雨的特徵是降雨延續時間很短、突然發生和停止。降雨强度在个别時間內常有非常大的數值，達 4—8 公厘/分鐘。特別是在悶熱和乾燥天气，当地面因受強熱而水蒸气加速蒸發時，常發生暴雨。

雲層厚度的增加能使雨滴數量也增加至某一範圍，超出此範圍則雨滴往往轉變為冰雹顆粒，而此時雲層厚度可達 2000—3000 公尺。厚度为 7000—9000 公尺的大部分雲層，常能造成大的冰雹。

二、降雨量基本公式的決定和計算

計算雨水溝渠的气象学原理是非常重要的，因为決定雨水溝渠系統的尺寸即建築在該理論上，而所有以後的溝渠計算工作對於最後選擇管徑的影响是很小的。假使能正確地引用气象学理論，則溝渠系統的尺寸將符合於实际上的水流情况。

尋求正確的決定，常与研究所有確定当地的年平均降雨量，以及確定降雨延續時間和降雨强度的資料的長時期準備工作有關。只有根据这些資料，才可能在所採用的降雨頻率範圍內決定計算上需要的數據。

被找到的原始資料可能有兩種形式：一种是 以年降雨量的形

式表示的,根据这种資料,利用任何一种气象比拟法可以找到計算的降雨延續時間与降雨强度關係的公式;另一种是以計算降雨的方程式表示的,这种方程式常用數學形式表示,並且是計算降雨延續時間和强度關係時所需要的。

两种計算方法是与两个苏联最偉大的、不久前逝世的專家 П. Ф. 乔尔巴契夫和 Н. Н. 貝洛夫教授的名字分不開的。他們創立了計算雨水溝渠的鞏固的基礎。

根据極限强度法的一般計算理論, П. Ф. 乔尔巴契夫教授提出了下列公式:

$$i_1\sqrt{t_1} = i_2\sqrt{t_2} \cdots = i_n\sqrt{t_n} = \Delta. \quad (1)$$

上式中 i 代表降雨强度,或者降雨層厚度,以公厘/分鐘計;

t 代表降雨延續時間,以分鐘計;

Δ 代表所謂雨力,为某一降雨在一系列可能降落在該地區上的其他降雨情况下的相对降雨厚度。

这一公式联系了整個主要的降雨參变數,並且指出了對於任何一次降雨,其降雨强度乘以降雨延續時間的平方根是一个常數,即等於这一降雨的雨力。

將公式(1)的物理意义略为改变後,就能使它具有新的形式。因为降雨强度是降雨層高度与延續時間之比,即 $i = H:t$,將此式代替公式(1)中的 i ,可得:

$$h_1:\sqrt{t_1} = h_2:\sqrt{t_2} = \cdots = h_n:\sqrt{t_n} = \Delta. \quad (2)$$

这一公式与上一公式相似,說明了對於任何一次降雨,降雨層高度与降雨延續時間平方根之比是常數,即等於該次降雨的雨力。最後,將第一个公式中的 t 以 $h:i$ 代替,又可得到一个新的形式:

$$\sqrt{h_1 i_1} = \sqrt{h_2 i_2} = \cdots = \sqrt{H i} = \Delta. \quad (3)$$

公式(3)說明了降雨强度与降雨層厚度乘積的平方根是常數,即等於該次降雨的雨力。

以雨力數說明降雨过程的可能性,使我們能將全部降雨按照这一標準而分類,並用根据降雨延續時間和强度而定的較為精確的雨力的數字來區別降雨的性質。П. Ф. 乔尔巴契夫教授(11)提

出了下列按照雨力而分類的降雨等級(表 1)。

表 1

編 号	降 雨 類 型	特 徵	雨 力 Δ
1	小雨·····	無地面逕流	<1.0
2	普通雨·····	在鋪砌地面上有逕流	1.1—3
3	中等雨·····	在自然坡度的地面上有逕流	3.1—5
4	大雨·····	大量的逕流	5.1—7
5	暴雨·····	城市街道積水	7.1—9
6	強烈暴雨·····	小河泛濫	9.1—12
7	山區暴雨·····	僅在山區中發生。山谷变为河道	11.1—16
8	熱帶颱風暴雨·····	僅在熱帶發生,强度極大	20—26
9	熱帶季風雨·····	僅在熱帶發生,延續時間極長	26.1—35

由表 1 可知,雨力可能在極大的範圍內变化,同時歐洲和美洲的中緯地區和平原地區的雨力最高界限是第 6 類,即強烈暴雨,这种雨力達到 12 的暴雨,能使小河泛濫。其他類型的雨常在山區或靠近熱帶的地方發生。

按照公式(1),雨力可用兩個乘數的乘積表示:降雨强度和其

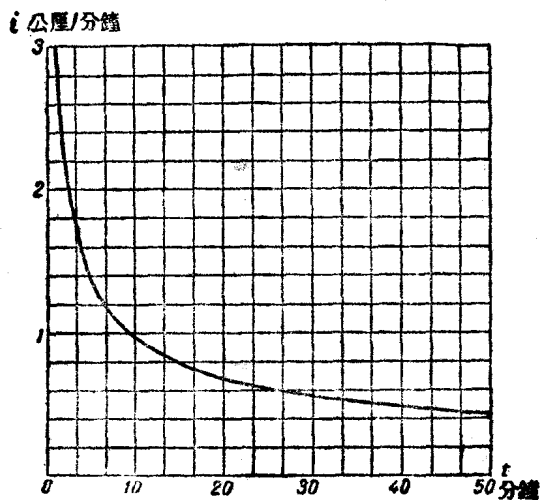


圖 1 i 与 t 的關係曲綫[按公式(1)]

延續時間，而且可以很清楚地看出這兩個數值是成反比的，即其中一個數值增大後，另一個數值即相應地減小，反之亦然。假使用圖來表示公式(1)，並以橫座標代表降雨延續時間，縱座標代表降雨強度，就可以得到像圖1所示的那樣的曲線，這曲線很明顯地說明了上述決定雨力的主要參變數間的關係。圖1曲線所說明的關係，証明了降雨強度逐漸地隨着降雨延續時間的增加而減小，即強度大的雨是不會歷時太久的，反過來說，強度小的雨則可能歷時很久。在蘇聯中部地區，這種情況是非常明顯的。

當然，任何一種雨力的降雨並不是像圖1所示的以那種規則的數學曲線形式出現的。

圖2為自記雨量計(自動雨量計)記錄紙所記下的降雨過程圖。該圖上橫座標為時間，每小格相當10分鐘，縱座標為降雨量，每5個小格相當於1.0公厘的降雨量。

由記錄紙(圖2)可見，降雨在19點19分開始，而在20點9分結束。降雨延續時間為50分鐘。自動記錄筆在這段時間內由0.7昇至6.5公厘。因此，在此時間內已降落了 $6.5 - 0.7 = 5.8$ 公厘的水量。全部降雨的平均強度等於 $i_{cp} \approx h:t = 5.8:50.0 = 0.116$ 公厘/分鐘，這相當於19.0公升/秒/公頃。

由圖2也可發現，降雨強度並不是不變的。例如，自19點23分至19點30分的一段時間內(即是7分鐘)，共降落了3.0公厘的水量，所以在這段時間內的平均降雨強度等於 $i_{cp} \approx h:t = 3.0:7 = 0.429$ 公厘/分鐘，或72公升/秒/公頃。將降雨時間劃分為5分鐘的間隔，並計

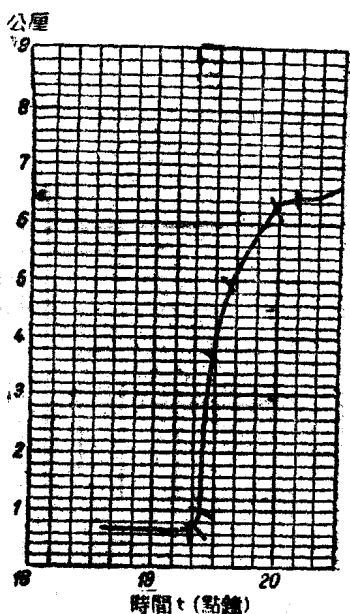


圖2 自記雨量計記錄紙上的降雨曲線

算開头的 5 分鐘以及以後的 10、15、20 等等分鐘的降雨强度，可得表 2 所示的結果。

表 2 所示的資料，也可繪在对數座标的圖紙上(圖 3)，其中橫座标为時間(以分鐘計)，縱座标为降雨强度(以公升/秒/公頃計)。

表 2

降雨延續時間 (分鐘)	降 雨 量 H (公厘)	强 度 (公厘/分鐘)	强 度 (公升/秒/公頃)
5	2.70	0.340	90
10	3.60	0.360	60
15	4.20	0.280	47
20	4.65	0.233	39
25	4.95	0.198	33
30	5.15	0.176	29
35	5.40	0.154	26
40	5.70	0.143	24
45	5.75	0.128	21
50	5.80	0.116	19

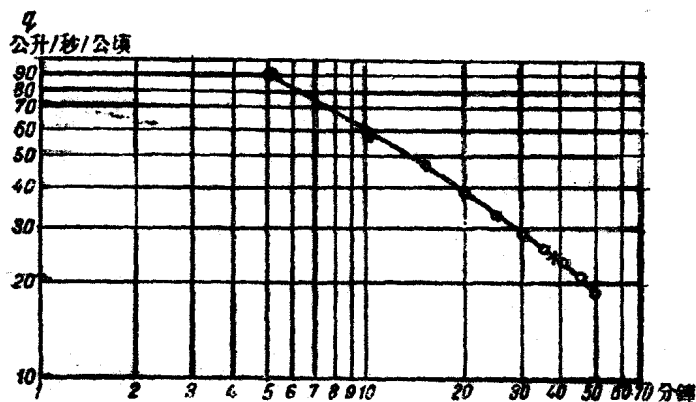


圖 3 在对數圖紙上的降雨强度

降雨首先可以按照根据它們的降落時間間隔而定的雨力而分類。

現時在計算中，常採用某一雨力的降雨頻率这样一个術語：雨