

水利資源研究問題

Ф. И. 貝琴等著

科学出版社

水利資源研究問題

Ф. И. 貝琴等著

周恩濟譯

科學出版社

Ф. И. БЫДИН и др.

ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ СБОРНИК VI

ИЗД. АН. СССР 1954

內 容 提 要

本書系依据苏联科学院地理研究所“地理学论文集”(Географический сборник) 1954年,第6集——“水利资源研究问题”(Вопросы изучения водных ресурсов)譯出。

本書选譯了四篇論文,其中主要論述了根据大气降水資料來分析水利資源和預報水情的原理和方法,并以具体的实例說明了湖水位与流入量的关系和計算方法。其次还討論了各类干涸河流的發生原因和它們的引水問題。最后提出了利用西伯利亞大河的水來改造西部西伯利亞低地自然条件等問題。

“地理学论文集”第6集中,尚有一篇李奇柯夫教授的著作“論杜庫恰耶夫的水平分帶規律在潛水方面的应用及其它地下水对水平分帶的从屬性”,此文因对大地構造問題有些新的論点,本社已在1956年11月出刊單行本,故未再列入本書之內。

本書对我國水利資源的研究具有很大的参考价值。可供水文-水利科学專家、水文地質学家以及廣大水利資源研究工作参考。

2165/18

水利資源研究問題

Ф. И. 貝琴等 著

周 恩 濟 譯

*

科学出版社出版(北京朝陽門大街117号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第061号

上海中科藝文联合印刷厂印刷 新華書店总經售

*

1957年7月第一版

1957年7月第一次印刷

(滬) 0001-2,671

書号: 0832 印張: 5 7/8

开本: 850×1168 1/32

字數: 144,000

定价: (10) 1.10 元

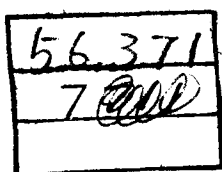
序

苏联共产党第十九次代表大会和以后党及政府的決議，向科学工作者和生產工作者提出了許多重要的任务，其中也包括我們祖國的水利資源研究問題。

苏联科学院直屬苏联地理学会于1948年成立了水利資源委员会，其目的在于团結这方面的各个活动者的力量。这里所提出的問題是廣泛而多种多样的。为了合理地解决这些問題，特别是綜合性的复雜問題，就需要各方面的專家來参加工作，例如：地理学家、地質学家、水文学家、水文地質学家、气候学家、農業气象学家、土壤学家、植物学家、地貌学家、水工学家、水利土壤改良学家、供水学家、衛生学家等。拥有大批各方面的优秀專家的苏联地理学会，对这一事業有很大的帮助。

当然，这一关于水利資源研究問題的論文集（第一集）只是反映了很小一部分所提出的問題。不过随着这个委员会活动的开展，所要討論的問題范围必將逐漸擴大。

在本論文集准备出版的过程中，編者曾接受了地理学会主席团、水利資源委员会的委員們以及B. H. 岡察洛夫、H. И. 托尔斯齐欣、A. П. 道馬尼茨基等的指示和意見，特此致謝。



目 錄

序.....	(i)
水利資源按其與大氣降水的關係的分析方法.....	Ф. И. 貝琴 (1)
論湖水位與流入量變化的關係.....	Ф. И. 貝琴 (98)
韃靼蘇維埃社會主義自治共和國的干涸河流及其引水的可 能性	Г. Н. 彼得洛夫 (112)
論西伯利亞大河水利資源的利用問題	
.....	А. И. 詹斯-里托夫斯基 (140)
中俄名詞對照	(166)
中俄機關名稱對照.....	(175)
中俄人名對照.....	(176)
中俄地名對照.....	(180)

107744

水利資源按其與大氣降水的關係的分析方法

Ф. И. 貝 琴

一. 研究目的

本文系為在我國水利資源的計算和分析方面尋求不同於早先和現在所用的方法的研究者，以及希望在實踐中應用作者建議的生產工作者而作。

為了敘述的完整性，本文除提出新的建議和公式外，還引用了一些早已為大家所熟悉的建議和公式。

這一研究的最初一些方案和個別的一些問題，曾於1945—1949年間由蘇聯科學院通訊院士Н. Н. 斯拉夫揚諾夫、地理學博士П. И. 柯洛斯科夫教授、技術科學博士Б. А. 阿波洛夫教授、技術科學博士Б. В. 波利亞科夫教授、水文地質學家Б. И. 庫迭林和在蘇聯科學院地理研究所中加以研究，並且在第二屆全蘇地理代表大會上經過討論。在蘇聯電站部技術委員會中和在蘇聯內河航運部的一些專家積極分子之間，也曾討論到某些問題。許多問題曾經不止一次地在蘇聯地理學會的水利資源委員會中討論過。在本文發表的準備工作中，М. А. 馬里歇夫曾提出了一些很寶貴的意見。

所有上述各機構和人員都認為這個問題的提出是值得重視的，這就使作者有必要把這裡所提出的一些問題公諸於更廣泛的研究者和實際工作者。這一著作也就是以這樣的目的提供給讀者的。

完全可以理解,要定量地解決這個問題,決不是一件輕易的事情,作者願以極感激的心情接受進一步的指教和有關改進這一工作的意見。

二. 緒 論

卓越的俄羅斯地理學家、氣候學家兼水文學家 А. И. 沃耶依科夫^[6], 1884, 第 98 頁)曾經寫道:“泉水與河流是降水的結果,它們把多余的水送回海洋或內陸盆地。水又從海洋或內陸盆地蒸發起來,再度完成它的循環。

“如果其他條件相同,則一個地區的降水越多和地面、水面與植物的蒸發越少,其水流就越豐富。

“因此,可以認為河流是氣候的產物。”

這些出發點在廣泛研究一個地區水利資源的工作中過去是、現在仍然是具有指導意義的,並且是應當加以發展的。

現在關於這一問題的、目的在於在數字上連續地把大氣降水量換算成水文情況的一些特徵值的研究,開始於 25 年前作者被責成研究許多水體的特性和在數月前預測某一地點流入量問題的時候。

目前還不能利用比集水區中的大氣降水和凝結水分更可靠的東西來達到這些目的。一個地區的全部的水只是這些降水和凝結水分的結果。其他的因素和條件(土壤、植物、地形、環境狀況)只能改變這些水的分布。水體情勢形成中的許多細節也就是這些情況的結果:與土壤、地質、水文地質、地形、植物以及集水區的其他特性相應的集水區水流的快慢,在所研究的流入量中水量損失(或如我們所稱的“無關降水”)的多少,某集水區的降水所產生的水量流入其他集水區,等等。

因此不但現在,而且在最近將來和遙遠的未來,包括人們學會了人工地從大氣中取出所需水量的時候,將永遠需要一些把大氣

降水量換算成地上水的體積和以其他數字表現的方法。

作者這一工作的實質，就是要為這一系列任務中的許多問題尋求可能的答案。

三. 問題的研究途徑

設想有一個比較大的集水流域，其中有沼澤、湖泊、森林、牧場、耕田和各種土地。顯然，即使均勻地落在這個流域中的降水，也不會全部立刻歸到某一任意選定的斷面，因為：

1) 有一部分降水進入地下，而地下水的流速只有地面水流速的幾十分之一、幾百分之一和幾千分之一；因此這些降水到達所研究的斷面的時間，要比沿地面迅速流動的一部分降水遲得多；

2) 一部分降水直接落在湖泊、水池和另外一些蓄水庫的水面上，這些水体當即把這部分水收存起來，而以極緩慢的速度將它洩放到較低的地方去；

3) 一部分降水落在大片森林中，落在草地、耕田以及其他地面上，這些地方的大氣水分也將按不同的方式流到較低的地方去。

結果落在這個地區內的降水就有一部分早到所研究的斷面，有一部分遲到，而有一部分則根本達不到（蒸發到大氣中去，被截留在所討論的斷面以外的地方，等等）。

只有落在不透水或透水性較差而同時在相應的方向上又有着必要坡度的地面上的降水，如果沿途不遇到任何人工的或天然的障礙如堤壩、湖泊等等的話，才能夠很快地和比較通暢地沿着地面向斷面移動。

這些特性顯然是很重要的，我們要正確地利用它們來進行任何一種分析、計算和預測。

大家知道，L. 謝爾曼^[12]，1932）曾建議用單位（流量）過程綫法來計算和預測以突出的洪水形式出現的一部分急速奔流的雨水。但是這種分析和預測所及的時限並不長，通常為 1—3—5 晝

夜。而且据指出，即使按这样短的时限用这个方法所作的計算和預报，也与实际情况有極大的出入，例如降下來的雨水很多，而逕流或水位却根本不見增長或增長得很少；反之，在另外一些年份則雨水虽然降得比較少，而由于这些降水所引起的逕流或水位变化却相当的大。

結果，即使按这些不長的时限作計算和預报偶尔獲得了成功，但以后也会帶來頗大的錯誤和不可靠性。此外，降水是事先不知道的，而它們的数字預报要不是沒有，就往往是不可靠的。因此要想增加用这种方法（即不知道未來的降水量）所作的水文預报的时效是不可能的。

必須不僅知道沿地面和在地下流动的大气降水量，而且要知道凝結水量。因此可以从两方面來討論這個問題。

1. 單位过程綫法僅僅估計到一部分受約束的和比較迅速流洩的大气降水。然而問題在于有时候降水根本就不流洩而完全蒸發掉，或者有頗大一部分（往往是主要的部分）進入地下。因而只有在不是所有的降水都蒸發掉和只有比較不大的一部分降水被土壤和其他改变水的分布的物体所截留，并且余下的水确实沿着地面流洩时，降水才能比較迅速地到达某一不太远的断面，才能迅速形成很突出的、容易觀測的、但很快就消逝的某种形式的洪水。

至于其余部分降下來的雨水达到这个地点（断面）的时间，則可能要晚得多：通过地下，經過沼澤、湖泊、水庫、大片森林等等，而且这部分降水未必很容易从流量过程綫上看出来。有些研究者和实际工作者往往根本不分析这些水的动态和它們的貯量。

2. 对于許多計算來說，尤其是对于長期預报來說，重要的不但是要知道迅速流洩的水的貯量，而且要知道緩慢流洩的水，即潛水的貯量，以及積聚在湖泊、洪水灘地等处的水量。

這個問題的后一方面通常是極複雜的。

关于地下水和年逕流，M. A. 維里康諾夫^[4]，1937，第148—

149 頁)这样寫道:

“潛水貯量的变化对于大多数流域來說并不很大,水量平衡方程式中的‘ u ’項通常小于其余的‘ x ’、‘ y ’、‘ z ’各項。但是虽然如此,它却不至于小到可以在最粗略的計算中忽視不顧。这样自然就發生一个問題:在平衡方程式中‘ u ’与其余几項之間是否有着某种合乎規律的关系?要回答这个問題,就必须首先弄清楚潛水位变化的物理性質和起源。当然,起着最重要作用的不但是当年的大气降水,而且还有前几年的大气降水,因为地下逕流的集流時間很長,在流域的不同部分要按不同的时期來計算:从几个星期和几个月到好几年。流域的大小和形狀、河網的密度、透水層的層位等等——所有这些都在与地下逕流集流時間有关的地区分布中起着作用。如果加上在不很小的流域中一年內降水的地区分布具有充分的偶然性和流域各部分的蒸發也由于温度、湿度、風等等的差异而極不相同的話,那末即使要近似地根据一些气象資料來估計流域各部分水分積貯的性質和数量,顯然也將是不可能的。曾經有人試圖尋求当年貯水量的变化与前一年、两年、三年等等的降水量之間的关系,但是这些企圖完全失敗了。在大多数場合下,可以用在井中觀測水位的方法來直接測量潛水貯量的变化;但是这种測量只能告訴我們当年的‘ u ’的一定数值,这个数值不能列入我們的計算中,因為我們还不知道它与气象資料之間的关系。

“所有这些導致一个結論:我們应当按照通常所說在一切都有嚴格的物理規律可循的世界中的偶然現象的意义,把‘ u ’的数值看作是偶然的;所謂偶然現象,就是指那些以很多因素的綜合为依归的現象,这許多因素中的每一个因素如果單獨地來看对于該現象的影响是比較小的。

“既然‘ u ’的数值是偶然的,那末我們就不得不認為‘ y ’——年逕流——的数值也是这样的。年逕流逐年有很大的变化,而且就相当長时期的数字來看,我們也完全不可能指出在这些数字的

依次更替中有任何的規律性。”(着重点是本文作者貝琴所加的)

在另一著作中^[15], 1940, 第 118 頁), M. A. 維里康諾夫重复了这种見解, 并且补充說:

“一般地說, 当年貯水量¹⁾的变化决定于如此多的純粹偶然性的因素, 以至于根本談不上在这里确定任何規律性。”(着重点是本文作者貝琴所加的)

过了八年, 即 1948 年, M. A. 維里康諾夫在“陸地水文学”中寫道^[14], 第 384 頁): “……本年流域貯水量的变化与前几年的降水和温度有着很复雜的关系。而逕流量既然十分明顯地是与潛水貯量的变化有关的, 那末在上述方程式中, 我們至少有两个逐年变化可能很大的数值, 这种变化的原因是如此之多和如此不易分析, 以致我們完全有理由認為这两个数值在頗大程度上是偶然的。这些情由必然使我們認為, 年逕流量的依次更替应当是一个純粹偶然的数列。”(着重点是本文作者貝琴所加的)

对于这个問題, 我們的看法略有不同, 因为:

1) 如果不能准确地解决这一类問題, 那末也可以近似地來解決它們; 在許多場合下, 即使知道这些或那些数值如流量、水位、水深、潛水貯量等等的概值也是很有用的;

2) 变动的影响因素的众多虽然初看起來是一种不可克服的困难, 但是許多因素在每一特定的情况下是經常地、也就是固定地起着作用的, 这些因素就是: 流域土壤的成分, 各种農用地、沼澤、湖泊、森林的分布等等。

这些对某一具体流域在一个方向上起着作用的固定因素, 对于許多目的來說可以不必細加研究。至于它們的总的作用則可以根据一些綜合指标來查明。例如: 1) 我們可能不知道在我們的集水流域中有多少河流、湖泊、沼澤、森林、耕田、牧場, 以及它們的大小, 不知道土壤的成分和性質、蒸發与植物散發的数量和特性等

1) 这里所指的是潛水貯量——貝琴。

等，但是知道了許多地點的某些水體的水位變化過程和與之有關的流量變化過程，就可以不但確定洪水過程綫的形狀，而且確定其伸展的程度；按照相應水位預報水位和流量，部分地就是以此為根據的；2) 不知道流域的特徵和詳情，可以根據降水量和逕流量在時間上的相互比照，看出流域中的降水所形成的逕流在所研究的斷面上的滯後程度；同時從經過仔細選擇和整理的一些材料的初步細心考察中，通常已經可以發現關於所推求的現象的許多特性：第一，降水在水位和流量上反映得越完全和越迅速，則它們在流域中被截留（積貯）得越少；第二，水位、流量和引起它們變化的降水之間在時間上的一致性越差，則這些降水向所討論的斷面的移動情景就越複雜。流域中的降水的這種相當複雜的流洩，或如通常所說的“降水變形”，就是下面所要說明的對象。

四. 理論前提

設想有這樣的簡單情形：假定在一個包括多種多樣性質的集水流域中均勻地降下了一層雨水。再假定這種現象發生在溫度超過 0° 不多的情況下，以便使我們的概念不會由於蒸發而變得很複雜，並且完全不會被由於水中和土中冰的現象所引起的一些逕流特性所擾亂。於是這種均勻地落在整個流域中的降水便開始沿着它的各條歸路不均勻地流洩：1) 順着沿途有着各種各樣障礙的地面，2) 在同樣也是沿途有着各種各樣障礙的地下。我們來想像地詳細分析一下這些現象。

地面水的流洩。從大氣中均勻地降下來的雨水，顯然將這樣產生沿着地面的流洩：

1) 水使土壤表面和植物濕潤以後，必將充蓄所有的地表凹窪，而在充蓄的過程中必將滲入地下；有一部分水則被草和葉片等截留；

2) 當某些地面不平處（各種凹窪、陷坑、溝壕、沼澤等等）被填

滿時，以及如果以後的降水強度大於雨水下滲強度的話，那末水就開始從這些凹窪中溢出；

3) 從凹窪中溢出的各股水流將越來越流向下游的地方，同時淹沒這些水所流過的河槽的相應部分；這種河槽充蓄還需要一部分最初不是注入所研究的較低地方的水。

土壤孔隙的容積、河槽的容積、所有地面不平處的填充等等——有時這些還不是截留和滯阻逕流的全部因素。截留一部分水的湖泊、水工建築物旁的人工壅水部分（特別是如果它們的尺寸很大的話）、灌溉用水等等，往往都是使逕流滯緩的原因。

由上所述可以看出，從大氣中均勻地降下來的雨水，沿途將被截阻而只有一部分水比較迅速地歸到下游的閉合斷面，其餘的部分則要晚到這個斷面，而且沿途截阻的因素越多，則到達的時間就越晚。分析一下降水所產生的逕流隨時間的變化，我們可以用這樣一條曲綫來表示：最初縱坐標值從零點（或原來的數值）增高到某一最大值，然後減低到開始時的零點位置（或原來的數值）。

水的滲透和在地下的流洩。降落在地面和充蓄着各種凹窪的水開始滲入土中，這時候如土壤越干和土壤結構及其特性越有利於滲水，則下滲的強度就越大。至於水在地下的流動是很慢的，其流速只有地面流速的幾十分、幾百分和幾千分之一（表1）。

此外，在地下也有它的凹陷不平處，換句話說，也有它的積水地形（例如在不透水層上面），並且具有不同的透水性。因此在這些不平處被充滿以前，地下的水將如地面的水一樣，有一個時候不能順着傾斜地層沿縱長方向流動。而只有在充滿了土中相應的空間以後，水才會順着坡度流動，同時充蓄沿途遇到的新河槽，即消耗其一部分於沿路的土壤-河槽充蓄。

由此可見，地下水，特別是在障礙重重的情況下流動着的地下水，不能迅速流洩，也不能迅速在下游任一閉合斷面上被發現。

值得弄清楚的問題是：土壤能吸收多少水呢？假定土壤是沙

表 1 當坡度 (i) 等於 1 時的地下水流速度
(據 Ф. И. 薩瓦林斯基及 Т. И. 阿法納謝夫, 1946)

地 層	水 流 速 度	
	米/晝夜	千米/年
破碎岩層(與裂隙及節理的發達程度有關)和喀斯特化的岩層	200 或更大	73 或更大
純礫石層	20 以上	7.3 以上
粗沙土	10~20	3.65~7.3
中沙土	小于 10	小于 3.65
細沙土	1~3 以下	0.37~1.10 以下
壤土(與孔隙度有關)	0.1 以下	0.037 以下

質的。我們知道, 1 立方米十分乾燥的沙可以吸收將近 400 升的水(奧基耶夫斯基, 1936, ^[8]), 或 0.4 立方米, 或 400 毫米的一層水。假定在一年內降下了 400 毫米的雨水並且一點也沒有蒸發掉, 那末在強烈的大氣降水的情況下¹⁾, 只要 1 米厚的一層干沙就足以吸收這些雨水, 而不使它成為逕流(至少在雨水降落以後不久的時間內)。但是參與吸水的土層厚度却可能大於 1 米。因此, 暫時被截留和被重新分配在地下的水量可能是很大的。

顯然, 在別的条件下和在別的土壤中, 被吸收的水量將有所不同, 而這種吸收作用和產生逕流的情況將隨着土壤性質、大氣水分降落情況等等而有各種各樣的變化。我們在上述例子中已經指出, 土壤可能吸收的水量是多麼的大!

五. 分析現象用的公式分析

本集水區大氣降水的公式

集水流域的任一閉合斷面的流入量, 可以用下列形式來表示(圖 1):

1) 準確些說, 應該是在雨水從大氣中降落到地面少於或等於下滲的情形下。

$$Y = a_1(X_1 - S_1) + a_2(X_2 - S_2) + \cdots + a_m(X_m - S_m), \quad (1)$$

式中 Y 为所討論的地点在分析时段內的流入量; X_1 为分析时段內的大气降水量; X_2 为同样長时段的前期大气降水量; X_m 为对所研究的流入量还有影响的最早一个 (第 m 个) 同样長时段的前期大气降水量; $S_1, S_2, \dots, S_m$ 为在該分析时段內不参加所討論地点的流入量的一部分降水: 包括 1) 在該时段以前和在該时段內的蒸發量 (Z), 2) 由地下流出或流入該集水区的水量 (D), 3) 在分析时段以前流过所討論的地点的水量 (R), 4) 在所討論的时段內从該地点或断面旁边通过——在河槽下通过沿断面的灘地或通过更远处的土壤——的水量 (M), 5) 在所討論的時間內尚未到达該地点 (断面) 的水量, 換句話說, 即將在所討論的时段以后通过該断面的

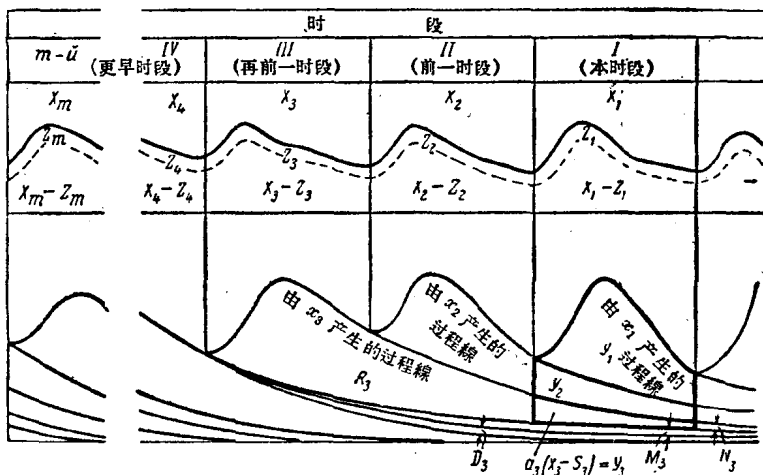


圖 1 用圖解表示的公式 (1) 的構造。三个时段的降水对某断面在最后一个时段內的流入量的影响的計算示例。关于所討論的三个时段的計算公式如下:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 = a_1(X_1 - S_1) + a_2(X_2 - S_2) + a_3(X_3 - S_3),$$

式中

$$S_1 = Z_1 + R_1 + D_1 + M_1 + N_1,$$

$$S_2 = Z_2 + R_2 + D_2 + M_2 + N_2,$$

$$S_3 = Z_3 + R_3 + D_3 + M_3 + N_3$$

水量(N); $a_1, a_2 \dots a_m$ 为一些系数, 如果降水量(X)和不参加所讨论的流入量(Y)的一部分降水量(S)经过精确的计算, 则这些系数在方程式(1)中都等于1。

如果不考虑方程式(1)中的 S , 换句话说, 如果利用下列方程式, 则这些系数都将小于1 (图2):

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_m X_m. \quad (2)$$

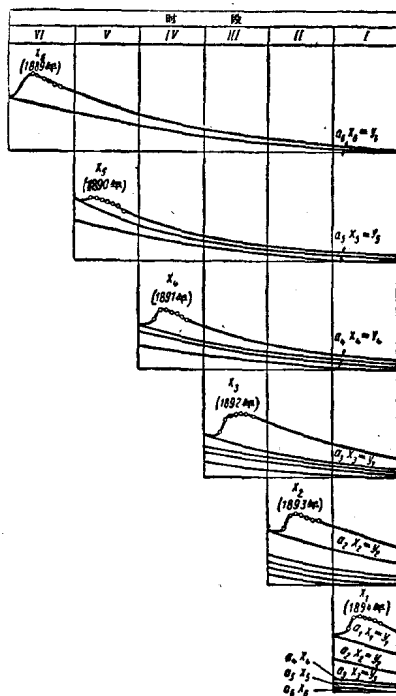


图2 用图解表示的公式(2)的构造。在第一个时段内由于5个时段*的降水所产生的总流入量的计算公式如下:

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + a_6 X_6.$$

此例近乎一个实际水体的资料; 此处以及以后图中的小圈均为实际观测值

* 按图中所示, 应为6个时段; 此处所谓第一个时段, 实即进行分析的那个时段, 亦即在时序上属于最后的一个时段——译者注。

从上述关于(1)式的符号可以看出,不参加所討論的流入量的降水,可以用下列一般形式來表示:

$$S = Z + D + R + M + N, \quad (3)$$

其中每一个数值所起的作用有时可能大,有时可能小,要看实际的產生条件为定。例如,如果流入量(Y)是按較短的时段(小时、晝夜等等)來計算的話, $Z_1 + Z_2 + \dots + Z_m$ 就可能相当小,而 $R_1 + R_2 + \dots + R_m$ 及 $N_1 + N_2 + \dots + N_m$ 以及另外的数值則可能相当大。換句話說,在不同的时候和在不同的时段內, Z 、 D 、 R 、 M 、 N 这些数值之間的对比关系在数字上的变化不是一致的,而是不同的。因此(1)式中从降水中減去的总量($Z + D + R + M + N = S$)將減弱大气降水(X)在由于它們所產生的某一地点的流入量(Y)中的反映。也就是說,縱然大气降水是如何的不連續和突躍式的,但是它們所產生的、以同样的量度單位計算的(例如以集水面積上的水層深度毫米計)逕流或流入却要緩和得多。

因此,(1)式还可以用更加完全的形式來表示:

$$\begin{aligned} Y = & a_1(X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + \\ & + a_2(X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + \dots + \\ & + a_m(X_m - Z_m - D_m - R_m - M_m - N_m). \end{aligned} \quad (4)$$

以上我們只是討論了本集水区大气降水的影响,如果有隣近的或較远的集水区的雨水經由这些或那些路徑,过了相应的時間來到我們所討論的地点(断面),那末公式就要复雜一些了。

分析本集水区大气降水及“外地”集水区來水的公式

在我們所說的情形下,下列根据(4)式得出的公式可能是最簡單的形式:

$$\begin{aligned} Y = & a_1(X_1 - Z_1 - D_1 - R_1 - M_1 - N_1) + P_1 + \\ & + a_2(X_2 - Z_2 - D_2 - R_2 - M_2 - N_2) + P_2 + \\ & + \dots \dots \dots + \end{aligned}$$