

小河建筑物设计的水文计算

苏联 K. II. 沃斯克列先斯基著

水利电力出版社

小河建築物設計的水文計算

(方法原理與實踐)

蘇聯 K. II. 沃斯克列先斯基著

徐在庸 吳學鵬譯

水利電力出版社

內 容 提 要

本书对小河建筑物設計中水文計算方法的原则进行了論証；对于最常見与最有根据的水文計算方法进行了分析，确定这些方法对于小水流的适用限度；在个别章节中对水文現象进行了分析，并确定在小水流条件下該現象与自然地理因素的綜合关系。此外，本书中还引用了一些实测資料作为計算实例。

本书可供从事水文計算和土工建筑物設計的技术員、工程师以及大专院校水利、水文专业师生参考。

К. П. ВОСКРЕСЕНСКИЙ

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ НА МАЛЫХ РЕКАХ, РУЧЬЯХ И ВРЕМЕННЫХ ВОДОТОКАХ

ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАД 1956

小河建筑物設計的水文計算

根据苏联水文气象出版社1956年列宁格勒版翻譯

徐在庸 吳学鵬譯

*

2305 S 707

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里内）

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印

新华书店科技发行所发行 各地新华书店經售

*

850×1168 $\frac{1}{32}$ 开本*14 $\frac{1}{2}$ 印張*363千字*定价(第10类)2.40元

1960年3月北京第1版

1960年3月北京第1次印刷(0001—4,300册)

譯 者 的 話

本书原文中引用的实际資料較多，其中有部分是等值綫地图和仅适用于具体地区的参数表。鉴于这些資料在我国不能应用，因此作了一些删节，此外还有个別銅版图因不够清楚无法复制，也一并略去。这些都在正文中也作了相应的修改，因此，譯文与原文在这些部分略有出入，但对原书的内容并无影响。

前 言

苏联大规模的水利工程建设，系基于对河流水利资源资料进行有计划的研究与科学的总结，以及过去修筑与管理使用的水利工程建筑物的经验。大家都知道，最大的那一些水利工程建筑物的设计，系基于河流上直接水文观测的资料。由于苏联的幅员广大，不能在拟设计每一座水利工程建筑物的一切河流上都进行直接的水文研究。尤其是对于那些初次大规模地用于水利目的的小水流——小河、溪沟、溪谷，更是不可能都直接进行水文研究。

据B.M.罗捷维奇的初步计算，苏联河流总数约在15万条以上。其中，集水面积在25平方公里以内的最小的河流，占河流总数的84%，集水面积在26~100平方公里范围内的河流占13.7%，集水面积在101~500平方公里范围内的河流占2.2%。

虽然B.M.罗捷维奇的资料是根据小比例尺地图求得的，但仍可以认为是与真正情况十分接近。例如，在苏联欧洲部分森林草原区域与草原区域范围内，按大比例尺地图与勘察资料决定的。集水面积在10平方公里以内的小河与溪的总数为水流总数的82%。所求到的结果与B.M.罗捷维奇的资料很接近。

由于不可能在修筑水利工程建筑物的一切河流上研究水情，在苏联的水文计算中，河川径流基本特征地理内插方法得到广泛的推广，这种方法系以由伟大的俄罗斯学者B.B.多库恰耶夫确定的地理区域化的法则为基础的。

这种方法常常叫作水文相似法，用来确定比较大的河流的水文特征时证明良好，这种比较大的河流的水情基本上取决于地区性的因素，主要是气候因素。

对于小河与临时水流的水情来说，除了地区性气候因素之外，其他自然地理因素(大部分是非地区性的、地方性的因素)也

起有很大的影响。

在分析大河水情时(通常流经若干个地理区域),几乎不能够划分出任何一种因素的影响。至于在讨论小水流的水情时,随其主要因素不同,已经可以分成:例如草原区水流、森林区水流、沼泽区水流、湖泊区水流、喀斯特区水流等。

这种情况表明,在小水流上建筑物的水文计算中,应该随个别自然地理因素的主要影响不同,考虑小水流水情的特点。

关于什么样的河流应该算作大河、中等河、小河的问题,不同专家的解决办法是不同的。某些专家建议用水流长度来作为河流分类的主要特征,另一些专家则建议用集水面积、年平均流量、河的深度等来作为主要特征。不难看出,水流分级的类似原则不可能完全肯定。实际上,根据这些特征,不可能解决某些问题,例如,确定中河与小河之间的界限,小河、溪沟与临时水流之间的界限。因此,应该把水文特征——在径流形成条件及水情特性方面的差异,作为将水流划分为各类的基础。

考虑各种水流在水情形成方面的一般规律性,可以提出按水文特征的下列河流分类。

1.大河——在若干地理区域的范围内流过。其水情是混合的,并依气候因素而定,气候因素不仅随时间变化,也随空间而变化。大河径流在个别地理区域范围内是路过性的径流,按数量说常常不是各该区域所特有的数值。

2.中河——在一个地理区域的范围内流过。其径流在比较一致的自然地理条件下形成。中河按该自然地理区域所特有的比例能得到一切形式的补给,由于河槽侵蚀切割很大,能截获流域范围内的全部地下水。中河径流量在地域上的变化服从地理区域化的法则。

3.小河——在全年期间内具有径流,或短期干涸和连底冻,不能完全截获地下水。小河的径流量,由于各种地方性因素的影响,可能与该区域内地区性数值有很大的差异。既可能增大,也可能减少。

4. 溪沟——純地方性的術語，在某些地理区域中相当于名詞——小河、小沟。这个名称常常是指小河的上游。有时也叫作泉。

5. 临时水流(溪谷、坳、雛谷)——只在春汛或降落暴雨与久雨的短暫的个别时期內，才具有地面徑流。

6. 坡面徑流——沒有十分明显的水象网的小集水区的徑流。

在一般情形下，小河北大河与中河具有較小的徑流天然調节能力，因此，無論多年变化过程綫，以及年內变化过程綫，都有很大的变化性。在个别情形下，由于某一种因素(例如，喀斯特因素或湖泊因素)起主要影响，小河可以具有較大的天然調节能力。

依徑流在時間方面的分配不同，一切水流可分为四組：

1) 全年具有經常流水的水流；

2) 在某些年份中，由于干涸与連底冻，徑流偶然(間或)中断的水流；

3) 每年在一定时期內停止徑流的水流；

4) 只在融雪期間，降落强降雨与久雨的期間具有徑流的临时水流。

在一年之間徑流分配的各种特性，依各种水流天然調节能力的程度而不同。

天然調节能力，不仅决定着大、中与小型水流的徑流在一年之間的分配的差异，而且还决定着徑流在个别洪水期內的分配的差异。在小水流上，洪水过程綫的形状，与融化的雪水或雨水到达集水区地面的出流过程綫形状接近。尤其是在春季融雪时期內，小水流的徑流过程綫显示出有相应于融雪特性的昼夜变化，而在降雨期間內，小水流的徑流过程綫大数表现出降雨量随時間的变化过程。随着集水区面积的增大，徑流量的个别昼夜变化和緩起来，而徑流过程綫具有匀滑的形状。各种水流在洪水徑流分配方面的这种差异，取决于降水量在集水区上击流的时间对水流到控制断面为止的徑流集流时间的比值。在集流时间小于降水量出流历时的那些情形下，徑流过程綫基本上重复降水的过程綫。在集流时间大于降水量出流时间的那些情形下，徑流过程綫基本

上取决于集水区的水文地理特点。

在同一个气候区域中流过的各种大小的水流中，径流数量与径流在时间上的分配的差异，大概就是如此。一般說，可以认为在同一个地理区域内，各种大小的小水流在径流量方面的差异，可以用集水面积的数值来表示其特征，集水面积是一项间接指标，能够表示开垦程度与河槽侵蚀下切深度，地面径流与地下径流的比值，径流天然调节能力的大小，集流时间，以及河流大小的外部标志——河流长度、宽度、水深与平均流量。在干旱区域内平坦地形条件下，流域面积也是集水区与河槽的径流损失量的一个指标。

但是，径流量与河流水情的特性对集水面积大小的关系的密切程度，在不同地理区域内，将是不同的，它受气候因素的区域性变化所决定，这些气候因素也对于天然调节因素起有影响。

虽然在苏联，小河与临时水流占全部水流的80~85%，过去在小河与临时水流上直接进行的水文观测很少。对于临时水流研究得特别少，只在专门配备的径流站上才对于临时水流进行过观测。

与此同时，小水流的水利资源在国民经济中具有重要的意义。小水流的水利资源主要用于农业需要——用来修建水塘与蓄水体供国营农场与集体农庄给水用，在干旱区域中修建国营灌溉系统与集体农庄灌溉系统，修建农村水电站与磨坊，用于浮运木材与地方性航运；铁路与公路上大量桥涵的设计与建筑也与小水流有关。

最后，小水流的水利资源可以用于居民点与工业企业的给水，如果那里没有其他供水水源的话。

这一切都促使必须研究小河与临时水流的水利资源，并且制定适于小水流的水文计算方法。

从前，在小水流与大中河上都没有系统的径流观测时，系根据居民当时所有的建筑经验来修筑水利工程建筑物。这样，例如，在苏联欧洲部分的平原小河与溪沟上，曾修建过自远古以来就存

6

在的許多磨坊。同樣，在从前烏拉爾的小河灣上，曾修建过直到現在還存在着的水塘與水庫的堤埧。

以後，在若干大河與中河上，基本上是从十九世紀後半世紀开始进行系統觀測，這樣就能對於其水情資料进行科學的總結，并且確定水文計算的基本原則。

小水流上建築物的水文計算，在這一方面沒有充足根據，在大多數情形下，系基於關於大河與中河徑流的資料。這時，基本上是使用集水面積200~300平方公里及以上的水流，這種水流主要在動力與運輸方面感到興趣。由於在蘇聯歐洲部分、西西伯利亞與哈薩克斯坦的半干旱區域與干旱區域中大量修築水塘與水庫，而在國民經濟中廣泛使用的小河與臨時水流的徑流計算方法，只在最近幾年內才开始着手制定。

本書的任務就是對小河與臨時水流的建築物設計中水文計算方法的原則进行科學論證，并且確定其水情個別要素的實際計算方法。本書系根據著者在國立水文研究所與各設計機構中多年工作經驗編寫而成。根據所提出的任務，本書個別章節用來闡明各種水文現象的分析，并且確定在小水流條件下該現象與自然地理因素的綜合關係。為了這個目的，曾利用了徑流站及小河上的觀測資料，以及中河上觀測資料的地理綜合。

本書中，對於最常見與最有根據的水文計算方法进行了分析，確定這些方法對於小水流的適用限度，列有水情個別要素的最有代表性的算例，大部分算例都是從各設計機構的實際工作中取得。

不應該把算例看成是推薦的標準。水文計算，在每一個個別情形下，尤其是對於小水流，應該應用水文相似法，隨基本自然地理因素不同，以水流情況的詳細分析為基礎。以各種徑流特征等值綫地圖及區域性參數表的形式表示的中河水文資料的綜合結果，只有在初步判斷中（以後還需要修正）才允許直接使用。

一般說，只有在對該水流进行野外調查后，關於徑流計算數值的問題才能得到最終的解決。為了這個目的，在本書中，對於小水流的勘查方法，給予簡短的指示。

目 录

第一章 年正常径流	10
§1. 河流水量的多年变化	10
§2. 有长期实测系列时正常径流的计算	19
§3. 在观测系列较短时正常径流的计算	23
§4. 年径流量时序系列的推算	29
§5. 各基本自然地理因素对于正常径流所起的影响	30
§6. 没有实测资料时正常径流的决定	58
§7. 坡地(地方性)径流	76
§8. 用相似法决定正常径流	85
§9. 按经验公式确定正常径流	92
§10. 根据踏勘资料来近似估计临时水流的正常径流	95
第二章 年径流的变化	103
§1. 基本概念	103
§2. 年径流量频率曲线参数的确定	106
§3. 根据实测资料绘制年径流频率曲线	113
§4. 没有实测资料时年径流变差系数的决定	119
§5. 决定临时水流的年径流变差系数时的特点	126
§6. 在不能将地下径流完全截获的小河上确定年径流变差 系数时的特点	129
第三章 径流的年内分配	132
§1. 径流分配的气候类型	132
§2. 天然调节因素对径流年内分配所起的影响	140
§3. 计算径流年内分配的方法	160
§4. 日流量的频率曲线	178

第四章 最大徑流量	186
§1. 最大流量計算的一般原則	186
§2. 有觀測資料時最大流量的計算	189
§3. 洪水形成的一般條件	201
§4. 天然調節因素對最大流量所起的影响	217
§5. 沒有觀測資料時春汛最大流量的計算	219
§6. 沒有觀測資料時降雨徑流最大流量的計算	242
§7. 按洪水痕迹來確定最大流量	267
§8. 雪汛與雨洪流量過程綫形狀的計算	283
§9. 洪水通過水庫與水塘的變形計算	295
第五章 最小徑流	298
§1. 最小徑流形成的一些主要條件	298
§2. 最小徑流的計算	306
§3. 河流的干涸與連底凍。無出流時期的決定	315
第六章 水位的变化	321
第七章 水塘水庫與天然蓄水體的損失計算	338
§1. 蒸發損失的計算	339
§2. 地面蒸發的計算	357
§3. 滲透損失的確定	363
§4. 冰形成時的損失計算	366
第八章 小河與蓄水體的溫度狀況	369
第九章 泥沙徑流及水庫與水塘的淤積計算	381
§1. 泥沙徑流的形成	381
§2. 泥沙徑流的計算	384
§3. 小水流上泥沙徑流的形成與計算的特點	388
§4. 水庫與水塘的淤積計算	406
第十章 河流與蓄水体中水的化學性質	414
§1. 河流與臨時水流中溶解物質的成分	414

§2. 天然与人造蓄水体(湖、水塘、水库)中水的化学性质	417
§3. 现有的与拟设计的水塘与水库内水的矿化作用的计算	418
§4. 水质标准	420

第十一章 各种形式利用水利资源时水文计算的

内容与特点	424
-------	-----

§1. 水文说明书的标准内容	424
§2. 给水设计中的水文计算	426
§3. 灌溉系统设计中的水文计算	428
§4. 农村水电站设计与磨坊设计中的水文计算	434
§5. 排水渠设计与进水口情况调节设计中的水文计算	436
§6. 在浮运木材设计中的水文计算	438
§7. 桥梁与道路涵洞设计中的水文计算	441

参考文献	444
------	-----

附录

I. 当 $C_v=1.0$ 时二项式偏态频率曲线自中心(自1.0)算起的纵坐标离差	448
II. 当 $C_v=2C_v$ 时二项式偏态频率曲线的纵坐标	452
III. 负偏情况下当 $C_v=1.00$ 时二项式偏态频率曲线自中心(自1.0)算起的纵坐标离差	456
IV. 按公式 $P = \frac{m-0.3}{n+0.4} \times 100\%$ 计算的频率的数值	458

第一章 年正常径流

§1. 河流水量的多年变化

任一条河流的任一个断面上的流量，在各个时期内都不会是固定不变的。这时，径流的变化具有双重特性。其一是周期性的，并且按着一年四季的更替而每年重复的，归结起来这类特性是由地球绕太阳旋转的年度循环所决定的。这就是所谓径流的季度变化或年内变化。

各年的径流量也不是固定不变的，它也是在不断地变化着。但是，在年径流的多年变化中，所反映出的各多水年份组与各枯水年份组的交错代替现象，并不象年内变化一样能观测到准确的周期性。根据现有的实测长期系列只能发现一种性质，即年径流量的多年变化围绕着一个平均量，而这种变化的幅度，在不同的自然地理区域中，将是不同的。

在不同的年份中，一般大气环流特性的变化是各气候因素的逐年数量变化的原因。

年径流的多年变化取决于径流的各气候因素（如降水和蒸发）的逐年数量的变化，此外，只在某种程度上取决于集水面积上水分储量的变化。

上述结论可直接从河川流域的水量平衡方程式推论出，以一年为时间单位的方程式形式如下：

$$y = x - z \pm u, \quad (1.1)$$

式中 y ——径流量， x ——降水量， z ——蒸发量， u ——一年中集水面积上水分储量的变化。

由于各气候因素变量在时序性上没有任何一种固定的规律性，因此，由它们所决定的年径流量，以及年径流量的变化，通常都当作偶然（随机）变数来考虑，这样，就需用数理统计方法来

研究它們。

如所周知，表征某种偶然变数的統計参数有：这个变数的算术平均值或正常值，反映这个变数变化幅度的变化性系数或变差系数，以及反映大于和小于算术平均值的两类数值的不同比值的偏差系数(在正偏情况下，一般說来在年徑流量的多年变化中，多水年份数目，也就是超过算术平均值的年份数目，是少于枯水年份数目的)。

正常徑流是水流情况的一个基本要素，在設計不同功用的水工建筑物时必须决定这个要素。另外，正常徑流同时也是水流的最稳定的一个特性值，这表明它可能用于各种水利經濟目的。

正常徑流是根据以往年代中所有的年徑流量系列来計算的。这种方法的根据，是假定年徑流量的平均值是稳定的。

必須指出，关于正常徑流稳定性这个概念在頗大程度上是假定的。如所周知，这个概念是从“假定徑流的各基本气候因素——降水和蒸发的多年平均量是稳定的”这一論据推导的。

但是，許多的資料証实，許多气候因素在广大的地区內，不仅在过去有史以来的时期內，而且在史前时期內，都不是停留不变的。在南部許多地方具有冰河时期的遺迹，現在却已是溫暖地区了，相反，在北方有許多热带植物和动物化石，現在却是寒冷的地区，海洋前进与后退的許多遺迹，巨大湖泊的干縮都証实了以往时期曾发生比較大的气候变化。許多历史資料也証实了最近两千年来的气候是变化的。随着气候的变化其他的地理景观要素也就发生变化。所有这些因素都使得以往时期的徑流量发生变化。

关于河流水量在最近六千年来的变动概况，A. B. 什尼特尼可夫[73]根据地質遺迹和历史資料編制成图(图1)。按照地貌的地質变化，在太阳活动变化的影响下，以及隨之而来的大气环流的变化等所造成的徑流变动，是很緩慢的，在水工建筑物运用的这样一个不太长的时期(几十年)內可以忽略不予考虑。必須要很長的时间，徑流的这种变化才能充分明显地显示出来，并且才可能对变化的規律性作出結論。根据这个道理，在計算徑流时认为，各

年的徑流量圍繞着某一平均量(正常徑流)在某一個範圍內變動。因此,根據某些過去觀測到的資料所決定的徑流平均值可以引用到將來工程建築物的運用時期中去。

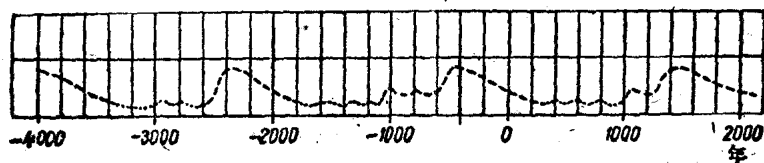


圖1 歐洲大陸和北美濕度變化的近似多世紀周期(根據A.B.什尼特尼可夫)

從設計水工建築物的觀點出發,具有實用價值的乃是在比較短的時段內河道水量的變化,即所謂帶有周期特性並且反映出多水年組與枯水年組的順序交替(各組無論按其時間的長短,或距平均值的偏離程度而言,都是各不相同的)的所謂世紀內的變化。某些周期是比較明顯的,另外,在多水年的一般背景上也可能出現個別的枯水年或不大的一組枯水年,或者相反,在枯水年的周期中也可能碰到多水年份。濕度變化的循環性是最明顯的,所以,在作為天然降雨計兼蒸發計的無出流的湖泊中,水位的變化所反映出徑流的變化的周期性也最為明顯。湖泊水位變化的周期性在許多地區,如西西伯利亞和哈薩克斯坦,雅庫梯,瑞典,非洲中部和其他地區均被查明。根據A.B.什尼特尼可夫的調查〔72〕,西西伯利亞和哈薩克斯坦的許多湖泊的水位,有過時而迅速降低直至湖泊干涸,時而又急劇上漲的變化(圖2)。這類湖泊變化的

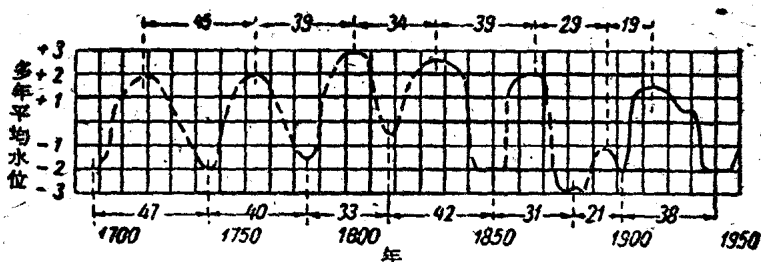


圖2 西西伯利亞和哈薩克斯坦的湖泊水位的變化(據A.B.什尼特尼可夫)

周期约为20~45年。

在雅庫梯的中部可以看到更加剧烈的湖泊水位的变化。这个区域的特点是干旱期很长，在这时期中，由流动的或无出流的低地所形成的多数湖泊几乎完全变干。然后，在某些多水年份，由于融雪和降水的关系又使洼地充填起来。湖水水位所留下的痕迹说明，在这些年份中湖泊洼地可能填充的水深为1~2米。在雅庫梯中部出现这种潮湿年份的机率是很小的，据调查资料与记载文献看来平均不超过50~60年发生一次。

河道径流也具有类似的周期性的变化。例如，在图3上就是涅曼河斯馬利宁凱城处年径流的变化。为了消除在个别年份内比较小的变化，图上不以个别年份的年平均径流模数表示，而是用顺序五年间的平均量，并将每一个五年中的起点顺移一年而繪成图形。

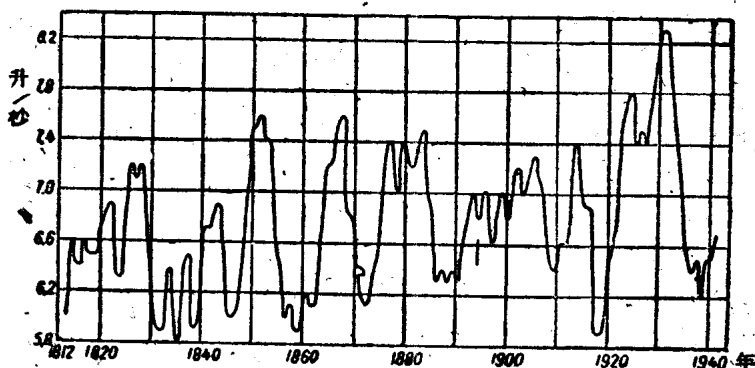


图3 涅曼河斯馬利宁凱城处径流的多年变化

除了年径流的周期变化而外，还存在着由于人类经济活动的结果，使得决定径流的各自然地理因素变化所引起的单方向的变化。这种变化在许多小河与临时水流上是十分显著的。在过去，不止一次地看到因砍伐森林而使水源消失和溪沟与小河的径流减少了，以及在重新植林之后又出现水源的现象。由于加大了开垦面积(例如，新开辟的农业经济地区)的结果，以及不同的农业技

术措施如：翻耕，坡面上横向（沿等高綫）耕犁，保雪，在森林草原区域中的农业的草田輪作系統，在灌溉系統、水塘和水庫中拦蓄徑流等，也可以使徑流量减少。

过去，在有史以来的时期內，不止一次地观察到由于人类活动的影响而使徑流的各自然地理因素发生变化。

在1936、1937和1938这几年中，美国的許多河流曾經发生令人难忘的，带来奇灾大禍的暴雨洪水，冲毀了許多水工建筑物。其产生原因是徑流条件的变化，而徑流条件之所以变化是由于砍伐森林和全面地开垦土地的结果。設計水工建筑物所用的实测徑流資料是在这些条件变化之前測得的。

中央黑土省可以作为有类似变化的一个例子。在这个地区上，根据在十六世紀末編制的“大輿图之书”的記載所描述的水象网与目前的水文地理地图比照，証实了在300多年中有許多河流的长度縮短了，水量减小了。許多小河与溪沟則完全消失了，許多水井（水源）沒有了。留下的一些中等河流也大大的变淺，并为河道流域上所冲蝕的泥沙所淤积。从中俄罗斯高地流出的各河流如：北頓涅茨河，索斯納河，謝伊姆河，奧斯科尔河，根据“大輿图之书”的資料，这些河流仅只在很少的淺滩地段可以跨越，而从十九世紀末起，在从前的庫爾斯克省的范围內已到处都可能跨越。北頓涅茨的上游仅在最近60~70年中就縮短約20公里，謝姆河的源头在20年中縮短約13公里。根据B.И.科捷里尼科夫〔32〕的資料，从十七世紀初起到現在（1935年）奧斯科尔河上游流域中（中俄罗斯高地东南部）的森林面积与水象网的变化，可以从图4与图5的比照中看出来。

所有这些事实，毫无疑义地証实了，如果不是流經中央黑土省的各河流量一般地减少，那么，无论如何也会是徑流在時間上重新分配。这样一来就使得許多經常流水的小河变成了只在春季才有徑流的临时水流。

在上述区域中，徑流发生变化的这种原因是十五世紀末，从莫斯科公国初期起加强砍伐森林以及随之而来的开垦土地所引起