

设计道路建筑物时的最大 径流量计算

[苏]Б.Ф.彼列沃兹尼科夫 著

张春宏	阳坤奇	译
吴学鹏	丁 晶	校

人 民 交 通 出 版 社

设计道路建筑物时的最大 径流量计算

[苏]Б.Ф.彼列沃兹尼科夫 著

张春宏 阳坤奇 译
吴学鹏 丁 晶 校

人 民 交 通 出 版 社

内 容 简 介

本书介绍确定雨洪最大流量的各种方法,这些方法可用于论证交通运输规划设计中泄水、排水与渠水建筑物的孔径。至于融水最大径流量的计算问题,本书未涉及。

本书阐述了雨洪形成的一般理论问题和确定雨洪最大流量主要因素的方法,介绍了调查和研究最大流量的一些方法,并提出了在具有或没有实测资料以及地区综合资料的条件下估算流量的建议。

本书还叙述了雨洪流量过程线的计算方法和应用电子计算机计算洪水的方法,提出了在特殊条件下,考虑最大流量调节来计算雨洪流量的建议。

本书可供从事公路与铁路勘测设计工作的科学工作者和工程技术人员阅读,也可供交通院校学生参考。

设计道路建筑物时的最大径流量计算

Б. Ф. ПЕРЕВОЗНИКОВ

РАСЧЕТЫ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА ПРИ
ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОЖНЫХ СООРУЖЕНИИ
ТРАНСПОРТ 1975

本书根据苏联运输出版社1975年莫斯科俄文版本译出

张春宏 阳坤奇 译

吴学鹏 丁 晶 校

人民交通出版社出版
(北京市安定门外和平里)
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印张: 10.75 字数: 274千

1981年11月 第1版

1981年11月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2,800册 定价: 2.90元

目 录

绪论.....	1
第一章 洪水形成的一般原理.....	5
§1.1 雨洪类型.....	5
§1.2 汇流的理论基础.....	7
§1.3 径流成因公式.....	12
§1.4 最大径流模数形成模式.....	15
§1.5 最大径流模数的衰减.....	17
§1.6 最大径流量形成的主要因素.....	28
第二章 最大径流量的气象因素.....	30
§2.1 雨型及其计算方法.....	30
§2.2 特大暴雨的形成特性.....	36
§2.3 设计降雨的时空分布.....	41
§2.4 降雨强度与历时的关系.....	45
第三章 集水区表面对洪水形成的影响因素及产流损失的 计算方法.....	52
§3.1 地表水入渗.....	52
§3.2 坡面漫流与河槽汇流.....	59
§3.3 湖泊、沼泽及内流洼地的影响.....	66
§3.4 影响最大径流形成的其它因素.....	70
§3.5 人类经济活动对最大径流量的影响.....	71
第四章 工程勘测方法.....	76
§4.1 勘测的内容与方法.....	76
§4.2 集水区水象特征值的确定.....	78
§4.3 中小水道的勘测方法.....	82

§4.4	大水道的勘测特点	84
§1.5	已建泄水建筑物的调查	86
§1.6	临时气象观测	87
§4.7	其它野外调查方法	89
第五章	有观测资料情况下最大径流量的计算方法	91
§5.1	苏联基本水文气象站网的观测方法与资料 情况	91
§5.2	有溢流埝情况下计算流量的水力学方法	94
§5.3	根据洪水痕迹确定流量的方法	98
§5.4	根据一次洪水水力观测资料确定流量的原理	107
§5.5	计算最大流量时的误差来源	113
第六章	计算最大流量、最高水位及最大降雨量的统计 方法与频率方法	116
§6.1	研究最大径流量的基本方法及应用统计法 计算的根据	116
§6.2	用外延频率分配曲线的方法估算多年观测 资料的频率	120
§6.3	最高水位计算的特点	130
§6.4	依据于观测系列的展延与插补的计算方法	132
§6.5	由洪水痕迹所确定的最大流量的重现期的评 估	136
§6.6	设计最大值随机评估的特殊方法	141
第七章	缺乏实测资料情况下最大径流量的计算方法	145
§7.1	交通运输设计对于最大流量计算方法的要求	145
§7.2	计算方法的基本原理和类型	147
§7.3	规范方法的特点及其应用	155
§7.4	国立水文研究院规范(СН435-72)	157
§7.5	苏联交通部规范(ВСН63-67, НИМП-72, СДП-73, ЦНИИС-СДП)	164
§7.6	估算最大流量的其它方法	174

§7.7	可能最大径流量的估算	183
§7.8	关于对未研究地区最大流量计算的建议	190
第八章	未研究地区最大径流量的地区综合	194
§8.1	地区标准的特点	194
§8.2	苏联境内的地区综合	195
§8.3	国外的地区综合	210
§8.4	应用于地区综合的半理论半经验方法之分析	222
§8.5	关于制定苏联未研究地区和国外最大径流量 沿线地区标准的建议	225
第九章	雨洪流量过程线	230
§9.1	洪水过程线的模拟原理	230
§9.2	几何概化方法	233
§9.3	成因模拟方法	242
§9.4	单位过程线方法	246
§9.5	绘制流量过程线的特殊方法	250
第十章	最大径流量的调节计算	254
§10.1	人工蓄水的最大流量演算	254
§10.2	利用现有道路对径流进行调节	263
§10.3	宣泄毗邻建筑物中的部分径流	268
§10.4	具有指定溢流埝高程的水库	273
§10.5	相邻集水区群的径流再分配	275
第十一章	最大流量计算的特殊情况	283
§11.1	涨落潮条件下的流量	283
§11.2	洪水在过境河段上的展平	285
§11.3	变动回水条件下的流量	287
§11.4	几条水道的汇合问题	292
§11.5	低标准坝溃决	296
第十二章	应用电子计算机计算洪水的方法	298
§12.1	洪水的数学模拟原理	298
§12.2	利用线性电子模拟机计算洪水过程线	302

§12.3	具有变动汇流时间的非线性计算方案	311
§12.4	关于按成因方法计算洪水时径流损失的考虑	319
§12.5	未研究水道设计最大流量的确定	320
附 录	世界各河流上若干实测最大洪水参数	330
参考文献目录		332

绪 论

雨洪最大流量的研究与计算是径流学的基本课题，具有重要的实用意义与学术价值。地球上的河流年复一年地发生的暴雨洪水，特别是在季风气候区，常常破坏公路、桥梁和其它人工建筑物，从而带来重大的损失，许多国家不得不每年花费大量经费来维修、运营道路和桥梁，采取各种防止破坏的措施。造成这些破坏的主要原因，大多是由于未考虑到可能出现的雨洪最大流量及其计算方法不正确。

研究雨洪的实用意义是与确定运输、水工和灌溉建筑物泄水孔径与结构构件尺寸的必要性相联的。这些建筑物的建设规划和不同勘测阶段各种方案的对比，均取决于投资的经济效果；而这种效果若没有对雨洪最大流量数值的可靠评估，则是不能达到的。

各国对工程建设的要求也与最大径流量的研究任务有关。目前在水文气象方面还缺乏充分研究的亚洲、非洲和拉丁美洲发展中国家，更是特别迫切地需要进行水文计算。

不同地区的自然特点表现为气象条件的多种多样和不同因素的影响，在天然条件下，它们决定着最大径流量的数值。人类经济活动的发展在许多发达国家已导致了最大径流量的拦蓄和调节，这就需要详细地研究在这些条件下最大流量的形成特性及其计算方法。

计算最大径流量的学术价值，取决于洪水在河流总情态形成中的作用，以及它们在水文学其它课题及与其相邻学科中的中心地位。

虽然对雨洪计算已有许多理论和公式进行了阐述，但雨洪极

大值的计算仍然是迫切要解决的一个问题。现存的合乎要求的观测资料，还不足以对现行理论进行详尽的分析判断，并制定出合理而又适用于各种自然地理条件的雨洪径流形成理论。

有必要进一步开展雨洪径流观测，积累可靠的资料，并进行这些资料的地区综合分析。现阶段雨洪径流研究的任务包括多年实测资料的综合，以及将这些资料不仅应用于科研，而且利用于实际计算工作。长时期的洪水研究还可以更可靠地、科学地预见未来洪水发生的情况。

最大径流量的计算是论证桥梁和公路设计的水文计算的主要任务。目前最复杂的是雨洪。正因为如此，本书所研究的就是雨洪最大流量的计算问题。

现行的确定雨洪流量的方法，要求随着具体条件如设计地区是否具有原始资料、观测的内容和历时的长短而有所不同，并可分为：1)具有实测资料的方法；2)具有个别水道的实测资料、但又需要根据所要求的面积进行地区综合的方法；3)完全缺乏实测资料的方法。

基本站与临时站点的观测资料决定于观测开始的期限及其中断的期限。它们常可分为系统观测、短期观测和临时观测。

系统观测*是在全年不间断地进行的观测，短期观测和临时观测只是在洪水期中进行必要的观测，或在洪水期间不进行观测而辅以野外调查。

短期观测与临时观测可同时在大量集水区上进行，这在工程勘测中已成为最大径流量研究的主要形式。

最大流量值随时程而变化的最可靠的资料，可通过多年洪水观测而获得。这样的观测目前仅在世界上个别的断面和少数河流上才具有。而且这些观测工作远远不是在那些将要布置水工建筑物或运输建筑物的河流上进行的。

近年来在公路桥梁和工程水文领域内进行了许多研究，制定了一些新的计算方法，也积累了一些在复杂而缺乏研究的自然条

* 原文用宽行排列方法表示，为简便计改用黑体字，下同，——译者注。

件下勘测公路的经验。但是，许多计算最大流量的方法问题仍然有争议，并且在许多场合下求解时具有任意性，缺乏必要的分析。自然条件的多样性给调节最大径流量的因素的多样性盖上了烙印，而这些因素的估算同样是没有解决的问题，因而也就难以制定出合理的洪水计算方法。根据涉及问题的多样性来研究并计算最大径流量的问题，本来就是工程水文学中一个独立的学科，到目前为止，这门学科在各种文献中，在各课题的发展方向与求解方面均系独立的，但在许多场合下并未获得必要的发展。在运输设计方面对它是感兴趣的，并且正成为日益发展的公路与桥梁建设所必不可少的。

本专题著作的目的，在于汇编经过多年实践所论证的最大流量计算方法，对现有的具有明确应用范围的方法作出评价，阐述洪水形成的主要条件和计算原理、天然和人工调节径流的计算方法，并对设计条件下的应用提出具体而实用的建议。

洪水计算方法的论证，要求对洪水形成的一般原理、建立计算公式的原则和确定雨洪最大流量基本因素的原则作出明确的说明。

本书详尽地阐述了普通文献中很少研究的最大径流量勘测与地区综合的问题，苏联公路研究所计算方法的理论基础，人类经济活动对最大径流量影响的估算问题，计算时的误差来源及其订正方法，最大径流量调节计算问题和最大流量计算的特殊情况。

雨洪径流过程线的计算，以及应用电子计算机计算雨洪径流的方法列为单独一章加以阐述。这一章引述了洪水的数学模拟原理，估计产流损失的原则，并探讨了研究与改进最大径流量计算公式参数的可能性。

书中对缺乏实测资料的未研究地区现行标准的计算进行了阐述，同时对这些方法在运输设计中的应用作出了分析。制订了近似经验方法，以及为苏联大部分地区和国外许多地区而拟定的雨洪最大流量地区标准。

为了制定沿线地区标准并用它对任何设计对象进行设计，曾

对各种地区性方法的适用性进行了分析。详细研讨了可能最大雨洪的评估方法。

在国外一系列地区所进行的实际资料综合，使我们有可能首次在计算实践中提出确定国外任何地区雨洪最大流量的建议。

计算的可靠性多取决于是否具备实测流量资料以及是否可能利用工程线路勘测来获得这些资料。进行水道短期野外调查，并根据访问老住户、以往年代洪水痕迹和标志、现有泄水建筑物的工作经验来确定实际流量，以及对任何建筑物（不问其研究的程度如何）的这种资料的综合方法，对于最大径流量的评估均具有特殊的意义。

这一方向不仅在实践上，而且在学术上，都反映了最大径流量计算方法当前的发展趋势，因为它不仅可以分析并综合实际观测资料，而且可以在生产的基础上促进宝贵的水文资料的收集、积累和系统化*。

* 下面一段是著者致谢的话，从略。——译者注

第一章 洪水形成的一般原理

§1.1 雨 洪 类 型

一切洪水的形态按其成因通常可划分为三种基本类型：1)由特殊气象因素所形成的洪水形态；2)由地区性因素形成或加剧的洪水形态；3)泥石流洪水。

融雪、雨水和混合起源的洪水属于第一类。混合源洪水可能是雪水-雨水，雪水-冰水和冰水-雨水类型。在不同的河流上，哪一种径流形式占优势，可以因不同起源的最大值的数值和遭遇的时间而有所不同。洪水所隶属的类型及计算的方法，决定于各类径流形式所占有的绝对优势情况。

由于冰坝或河床堵塞，桥梁和水工建筑物的变动回水，上游拦河坝、护岸堤的溃决、湖水漫溢、流域之间串流、在冲积扇上和游荡性河流不稳定河槽中数条支流汇合而产生的涨落和潮汐现象所引起和加剧的洪水，通常都可归为第二种类型。

第三类为泥石流洪水，是由各种气象和地貌因素共同作用而形成的。

在由气象因素形成的洪水中，最具有破坏性的是特大暴雨所形成的洪水。世界上大部分地区均有雨洪发生，尤其在小汇水面积上更是如此。

为了考虑进行勘测设计与施工的条件，必须了解径流的年内分配情况。根据 Б.Д.扎伊科夫(Б.Д.Зайков), П.С.库金(П.С.Кузин) 和 Д.Л.索科洛夫斯基(Д.Л.Соколовский) 的资料，一切河流按其径流量年内分配情况均可划分为下述几类：1)以春汛为主的河流；2)春汛型与夏洪型河流；3)以夏季洪水为主的河

流；4)亚热带地区与季风气候区河流。

第一类河流在著作[64]中已有详尽的研究，这里不拟赘述。高加索、外高加索、中亚和喀尔巴阡等山前区河流，具有组合水文情势的河流，即既可获得3月~6月间季节性降雪融水补给，又可获得春雨（阿富汗）或夏雨（阿尔泰山、萨彦岭、东西伯利亚以及苏联东北部诸河流）补给的河流，均属第二类。除阿富汗的河流外，在所有这一类河流上，暖半年期间可持续发生较高的径流量（图1.1）。最大径流量多出现在5~6月。

第三类河流（参阅图1.1）又分为几个类型：

高加索山山前区与中山区河流，冬季径流量较高，可达年平均径流量的0.5~0.7，其余各月具有较均匀的径流量；

中亚山地山前区河流，冬季径流量较低，仅为年平均径流量的0.2~0.3；

阿尔泰山、萨彦岭、东西伯利亚和苏联东北部的诸河流，冬季径流量为年径流量的0~0.1。

属于第三类的河流，尚有横跨几个景观带并具有组合情势的河流（如库班河、捷列克河），以及远东和东南亚的、具有由季风降雨形成的夏季洪水的河流。

这类河流夏季各月的径流分配相同，但冬季各月是不同的。各河最大径流量普遍出现在7~9月。

属于第四类的河流，有全年均有洪水出现的黑海沿岸型诸河流（索赤河、霍斯特河、黑海低地的里昂尼河）和只在冷半年出现洪水的连科兰地区诸河流，以及克里米亚南岸各河流。

上面所研究的径流年内分配类型，只不过是一些基本的类型，而在每一个别地区它们还可以根据具体的自然条件更详细地划分。多数小水道与上述类型不同，它们的径流年内分配非常集中。在这类小水道上，径流量主要与洪水的季节特性有关。例如，在东南亚季风区中，一些中、小河流夏季的径流量可占年径流量的85~95%。

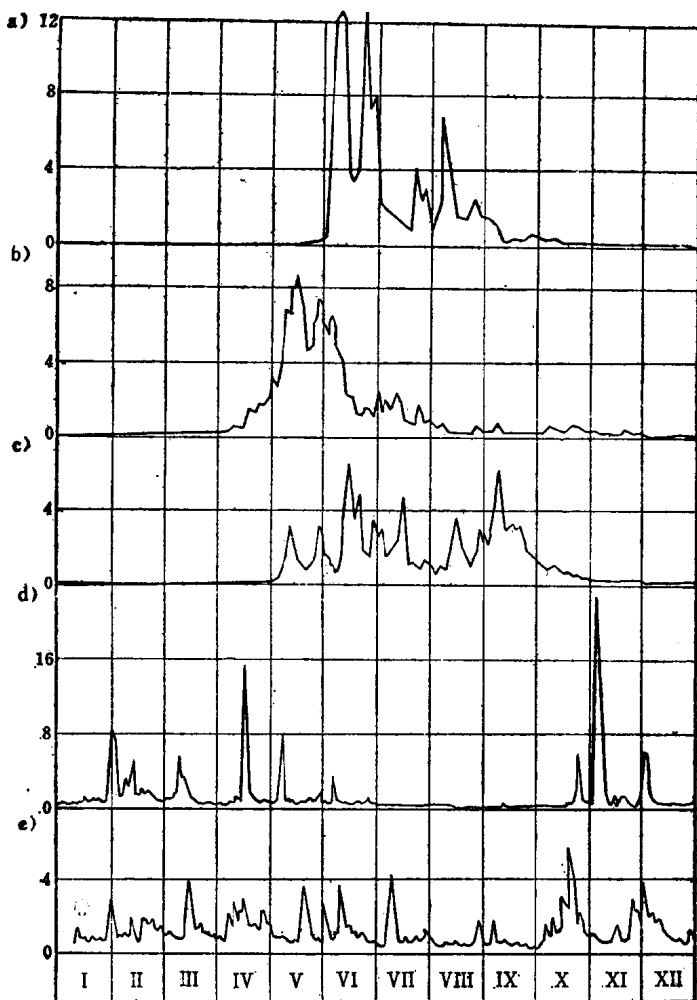


图1.1 苏联河流的基本类型及径流年内分配情况

a-东西伯利亚型(阿纳巴尔河萨斯扣尔站); b-阿尔泰山型(托姆河新库兹涅茨克城); c-远东型(泽雅河泽雅门站); d-连科兰型(休达斯阿柳河阿萨克尤扎站); e-黑海沿岸型(索赤河普拉斯敦卡站)

§1.2 汇流的理论基础

雨洪是由于暴雨余水沿集水区坡面汇合, 以及随之而来的河

网汇流和各单元流量汇总而形成。因此，雨洪形成的一般原理是建立在汇流时间计算的基础上的。最简单的洪水形成示意图式，是针对产流强度在时间上是均匀的和以图 1.2 所示流域平均宽度 B 的场合而提出来的〔64〕。令中部具有溪线的设计集水区的流域总面积为 F ，产流历时等于 T_B 。

降雨开始以后，在汇流时间 τ 内（等于所采用的设计时段 Δt ）来自最近的单位集水面积 f 上的水流，应当在第一个单位时段（日、时、分）内到达设计断面（参阅图 1.2）。这时在第一个单位时段末，面积 f 上的单元流量就等于

$$Q_1 = f_1 h_1$$

式中： h_1 ——从第一个单位时段的降雨中扣除集水区土壤吸水和微地形蓄水损失后的水层深，一般称为产流深度。

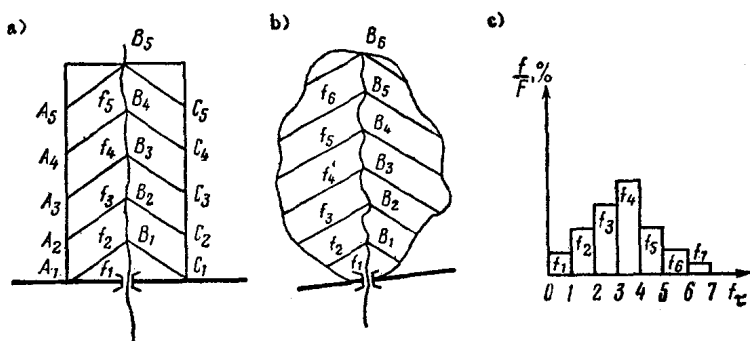


图1.2 流域示意图

a-宽度固定的流域；b-宽度变化的流域；c-流域宽度变化时的单位面积分布曲线

在第二个单位时段结束时，水在汇流时间 $\tau = 2.0$ 内从第二块面积 f_2 上流至设计断面，这个水量应当加上第一块面积上的单元流量。因而，第二个单位时段末的流量等于

$$Q_2 = f_1 h_1 + f_2 h_2$$

如果假定产流在时程上是均匀的，即 $h_1 = h_2 = h_3 = \dots = h$ ，此处 h 是整个面积上的普遍产流深度，那么，在一般场合下对于整个要研究的集水区（参阅图1.4）可以写出：

$$Q_t = (f_1 + f_2 + f_3 + \dots + f_t)h = \left(\sum_1^t f\right)h$$

当 $\tau = 5$ 时

$$Q_{1-\tau} = Q_5 = (f_1 + f_2 + f_3 + f_4 + f_5)h = \left(\sum_1^5 f\right)h$$

因为在所研究的场合下，集水区的总汇流历时 τ 等于 5 个单位时段，所以到这个时段末所有 5 块面积上均有水量到达，即流量 Q_5 的形成是由全流域面积 F 产生的，因而，到第 5 个单位时段末，该流域将形成最大流量： $Q_5 = Q_{\max} = Fh$ 。

如果假定降雨还在继续，则到了第 6 个单位时段末 $f_6 = 0$ ，而流量应等于流量 Q_5 。不难理解，从第 5 个单位时段末开始，该集水区的流量等于常数。流量在时程上为常数，就是表明稳定流量情势阶段，它一直要保持到具有 T_B 个单位时段的降雨终止时为止。

如果取 $T_B = 7$ 个单位时段，则 $Q_5 = Q_6 = Q_7$ 。到第 7 个单位时段末，由于降雨终止和停止对集水区的供水，因而出现退水阶段。

在降雨终止以后第一个单位时段，到设计断面将没有 $\tau = 1$ 个单位时段内第一块面积上的来水量，则该时段末的流量为：

$$Q_1 = (f_2 + f_3 + f_4 + f_5)h = \left(\sum_2^5 f\right)h = Q_4$$

不难理解，在第 11 个单位时段末，只是从第 5 块面积上才有水量到达，即 $Q_{11} = f_5 h = Q_1$ ，而 $Q_{12} = 0$ 。

在这种场合下洪水总历时为 $T_n = 7 + 5$ 个单位时段，或表示为通用形式： $T_n = T_B + \tau$ 。

由上述可见，在产流强度均匀和流域宽度一致的条件下，若将涨水和退水支线作线性概化，则洪水过程线具有梯形的形状，其涨洪历时 t_n 等于从最远面积上汇流的历时（图 1.3）。

在上述例子中， $t_n = \tau = 5$ 。梯形的上底等于 2 个单位时段，它相应于最大流量滞时。洪水退水历时 $t_{nn} = 5$ 个单位时段。整个洪水过程的历时可用梯形的底 AD 表示，并且等于 $T_n = T_B + \tau =$

12个单位时段。

梯形的上底长度 BC ，表示完全产流历时或稳定情势阶段的历时。在这个阶段内所有集水面积均参与形成流量，并在时段 $t_n = T_n - \tau = 2$ 内保持为常数。

时段 $T_n - \tau$ 内的产流面积为常数，并等于集水面积 F 。

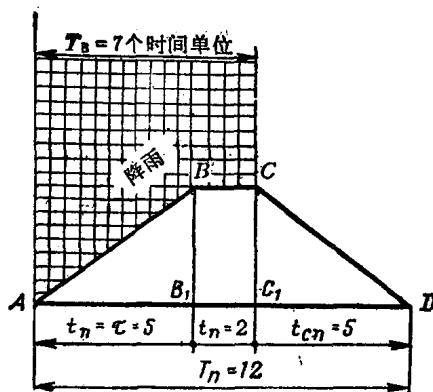


图1.3 $T_B > \tau$ 的梯形洪水过程线示意图

上述洪水形成过程的图式，只相应于产流历时大于全集水区汇流历时，即 $T_n > \tau$ 的情况。具有相等的汇流时间的各部分集水面积的界限（参阅图1.2）的线（ A 、 B 、 C 等）叫做等流时线。

下面我们来研究一下，当初始条件为 $T_B < \tau$ 的那种情况。取 $\tau = 5$ 个单位时段，而 $T_n = 3$ 作为初始条件。

与第一种情况相类似，前三块面积上的流量可由下述关系式求得：

$$Q_1 = f_1 h$$

$$Q_2 = (f_1 + f_2) h = \left(\sum_1^2 f \right) h$$

$$Q_3 = (f_1 + f_2 + f_3) h = \left(\sum_1^3 f \right) h$$

第4个单位时段末，第4块面积应开始来水，但是，由于到3个单位时段末（ $T_n = 3$ ）降雨已终止，所以第1块面积已不复再有来水。该时段末的流量将是由第2、3及4块面积上来水量之和组成（图1.4）：

$$Q_4 = (f_2 + f_3 + f_4) h = \left(\sum_2^4 f \right) h$$

第5个单位时段末的流量将是由第3、4及5块面积上的来