

洪水調查及計算

(初稿)

(本書為內部資料僅供鐵路橋涵水文勘測工作參考之用)

82查

鐵道科學研究院

1957•北京

洪水調查及計算

(初 稿)

本書原系我院水工水文組水文研究室楊开俗、黃文俊合編的“洪水調查及計算方法”報告初稿，編写的目的是要解决如何在缺乏水文資料地区，利用洪水調查来确定鐵路建築物最大設計流量問題。該專題報告尚未最后定稿，而現場需要參考迫切，故先予付印，关于今后应行补正的地方，深望有关方面，随时向我院水文研究室提出宝贵意見，以便彙集訂正。

目 录

一、前言	1
二、調查工作的进行	1
(Ⅰ)洪水調查准备工作	1
(Ⅱ)与地方政府及水文站建立联系	2
(Ⅲ)河道勘测	2
(Ⅳ)深入訪問，並指点洪水痕跡	3
(Ⅴ)召开老居民座談会	3
(Ⅵ)整理成果，編写洪水調查报告	4
三、洪水調查方法	5
(Ⅰ)洪水年份調查	5
(Ⅱ)洪水痕跡調查	6
1. 历史洪水痕的調查	7
2. 多年平均洪水痕的調查方法	9
3. 对洪水痕正确性的判断条件	11
四、洪水流量計算方法	11
(Ⅰ)天然河道的水流特征	11
1. 测流断面的控制条件	14
2. 洪水流量計算	15

(II)謝才公式計算法	17
1.流速系数 C 的計算法	17
2.流速系数的討論	19
3.天然河道的粗糙系数	21
4.按謝才——巴甫洛夫斯基公式推求流量的圖解計算法	21
(III)控制断面法	24
(IV)平均比降法	29
(V)回水曲線法	34
五、最大設計流量的計算	36
(I)概率概念	36
1.頻率曲線及概率曲線	37
2.皮尔遜 III 型曲線及参数 Q_{cp} , C_v , C_s	38
3.調查流量的概率計算	41
(II)参数 Q_{cp} , C_v , C_s 值的計算法	43
1.具有短期資料的地区	44
2.無觀測資料的地区	48
(III)最大設計流量的推求	53
1.理論概率曲線的繪制	53
2.洪水流量的簡接推求法	54
3.建立調查之逕流模数与流域面积的关系曲線圖	56
六、結語	57
附录: 1.洪水調查記錄表	58
2.洪水調查登記表	59
3.公元——年号換算表	60
参考文献	63

一、前 言

在铁路勘测设计工作中，对于缺乏水文资料的地区，如何求算桥涵的设计流量是相当困难的。因为在勘测设计时，不仅需要知道河流在大洪水年份的最高洪水位与最大洪水流量等资料，而且还需要知道该河流近几十年或几百年来的洪水发生情况，并作出频率推算。由于我国过去的水文站，设立既少，且记载年份不长，远不能满足经济建设的要求。随着我国铁路建设事业的发展，近年新建的铁路线，所要通过的地区，沿线资料甚少，或根本没有水文站，便无法搜集到实测资料，以资应用；致使勘测设计工作，带来了很大的困难。目前在各勘测队中常采用形态调查方法，即调查“洪水痕迹”的方法来确定桥涵的设计流量。在我国铁路勘测系统中，现行采用的洪水调查方法，尚缺乏一套较为完整的参考手册。因此，按照新建铁路线发展的需要和我部设计总局对于我院提出的要求，研究与彙编适合我国铁路勘测应用的“洪水调查方法”即研究在缺乏水文资料地区，如何利用洪水调查来确定最大设计流量，就成为当前铁道科学技术研究工作的迫切任务之一。

首先应当指出，洪水调查方法的研究，目前还是一门新的课题，有待于今后现场同志们的继续钻研与发展，使它更加完备和具有理论基础。在我们编写的这份报告里，比较着重地介绍了（1）洪水痕迹的调查方法，（2）洪水流量的计算方法，（3）洪水频率的推求等。在这里还必须指出的，在现行的“洪水调查”中，一般只谈到怎样调查洪水痕迹及如何计算洪水流量两个问题；而对于所求流量重现期的计算，以及设计洪水流量的推求等，却很少论述。为了满足现场的需要，并根据铁路勘测设计的特点，我们认为在编写这份报告中，有必要添补这一重要部份，使它成为完整一套。在报告中所介绍的这些调查经验与计算方法，主要系根据现场同志们近几年来在洪水调查工作中摸索出来的经验，再参照苏联及国内水利部门的调查经验和计算方法，结合我国铁路勘测的具体条件而综合编制的。由于人力和水平的限制，再加以资料贫乏，现场的經驗太少，在进行此项研究与彙编工作过程中，曾遇到不少困难；应当指出，在这本小册子里，无论是材料的组织和理论的阐述方面，都存在某些缺点和不完备的地方，因此，只能提供现场同志们在洪水调查工作中的参考。

二、调查工作的进行

（I）洪水调查准备工作

1. 调查组织：一个河段的洪水调查工作，可由四、五人组成一个调查小组，由工程师或熟练的技术员担任组长，须曾经作过洪水调查，对查访、测量和计算工作有经验者，并能全面掌握工作，且富有组织能力者。其余的技术员和测工，能在具体指导下进行一般的水准，河道断面，地形测量和水力计算工作。当线路平行河流须调查几个相隣河段时或线路横跨若干河流，均需要进行洪水调查时，则可由几个调查小组分区进行，统一由勘测总队的选线队长或水文分队长直接领导，全面掌握。

2.明确工作任务：选綫分队長或水文分队長应根据全綫勘测任务書的規定勘测范围，向調查小組提出任务書，說明調查的目的，調查河段，需要調查的內容和具体要求。所有調查人員均了解調查的目的和要求，並能結合工作任务，进行詳細研究和討論。

3.搜集並了解有关資料：

1) 詳細了解河道情况；搜集流域及調查河段的地形圖（以搜集到最近測好的詳細地形圖或軍用地圖为佳），縱断面圖，橫断面圖等。

2) 沿河水准基点的高度及所在位置的記載圖表，須詳細了解，以免临时到現場后找不到基点或高度而發生錯誤，严重影响工作。当調查河段距綫路不远时，並須与綫路路基标高联系一致。

3) 搜集有关調查河段的查勘报告，地方县誌和水利刊物等，並抄录其中有关洪水及水災情况。

4) 詳細了解並搜集 調查河段附近的水文站和水位站的資料，如历年洪水位，洪水流量，降雨資料（如特大暴雨資料，最大一日降雨量等观测資料），河道比降及糙率等資料。

5) 携帶有关洪水調查方法，估算流量的計算方法及測量方面的参考書籍。

4.制定工作計劃：根据調查任务，定出調查工作的計劃和工作日程，並充分討論，拟定全部工作的日程表和程序（包括内外業工作）然后按照制訂的計劃进行工作。

5.携帶必要的仪器和用具：根据調查任务和測量河段的地形条件，必須帶好一切必要的仪器和用具。在出發之前並須对所携帶仪器进行校正及檢查。

仪器方面：經緯仪、水平仪、照像机、望远鏡、停表、水准尺、鋼尺、皮尺、視距尺、計算尺、三角板、量角器、指揮旗、口哨、求积仪、比例尺、流速仪、浮标、罗盤、花桿、測步計、气压計等。

用具方面：抄平記錄本、洪水調查記錄本、洪水調查登記本（如附表1、2）对数紙、米厘坐标紙、描圖紙、底圖紙、紅漆、粉筆、墨水、膠水、三角函数表、对数表、手电筒、鉛筆、橡皮、雨具、草帽、救生用具、藥品、以及必要的参考書籍。

（Ⅱ）与地方政府及水文站建立联系

在到达現場后，首先需要与当地、乡政府及附近水文站建立联系，說明工作任务和意义，請他們帮助，並要求他們介紹熟悉調查河段及历次大洪水情况的人如老居民，渡口工人，修堤工人，漁民等，以及調查沿河上下游的永久性建筑物，如庙宇、祠堂、碑楼等，然后再进行河道勘测。

（Ⅲ）河 道 勘 測

对于需要調查的河段，首先应进行对河道地形及一般水情的現場調查，是进行野外勘测工作的第一步，是全面了解河道情况的重要步驟。因此，对于河道調查，必須結合各河段的断面情况，水流控制情况，河灘、河灣、河道上有無分流及漫灘現象等，都必須进行詳細地踏勘与了解，並对有关村庄及渡口附近，先作粗略的訪問，以便为进一步了解河道的洪水情况，河床变迁，以及可能找到的洪水痕跡地点，給选择河段，估算洪水流量提出一些依据。

至于选择測驗河段，可参照以下的条件选择之：

- 1、河段上有明显的洪水痕迹，洪痕数目較多，能滿足計算者。
 - 2、河段較为整齐，順直，水流流暢，無旋渦及迴流，橫比降影响不大者。
 - 3、断面具有控制意义（参考四，（工）1，測流断面的控制条件），河床較稳定，冲淤变化不大，以便計算时有較可靠的橫断面积。
 - 4、河段內被复情况大体一致，以能选用同一粗糙系数，簡化計算工作。
- 除以上四点外，为了能滿足計算上要求的精度和条件，对于河段的長短，落差之大小，流速水头的变化等，均应考虑，使能选用准确性較高之方法以进行計算的河段为佳。

（IV）深入訪問，並指点洪水痕迹

在进行河道勘测工作中，确定測驗河段之后，应取得地方政府和水文站的帮助，展开訪問工作，訂出訪問路綫，从他們的介紹中，得到訪問对象，隨即进行深入訪問。在訪問过程中又可以通过被訪者了解到附近熟悉洪水情况的其他居民，从而得到新的查訪对象，再繼續訪問。

在訪問中，要按照洪水調查的要求和内容去进行；要深入細致，全面地进行。並要請被訪者到实地指点洪水痕迹，述說当时的洪水情况。訪問者，可以利用各种方式帮助被訪者回忆当时的洪水，但絕对避免用暗示答語的方式去进行訪問。因容易牽强附会，造成錯誤。訪問者又必須不辞辛勞地多跑，多問，多調查，多研究，多分析，做到“五多”方能得出正确可靠的洪水痕迹。

我們建議，在調查洪水痕迹时，調查年代久远的特大洪水，須根据訪問年老居民才能得到可靠的洪水痕迹，对于一般近期洪水的調查，尤其是近十几年或近年来的洪水發生情况，除訪問年老居民而外，一般青年壯年的記憶最为清楚，可以充分發动他們来补充調查資料的不足，不要片面地只訪問年老居民，而忽略了对广大青壯年積極分子的調查訪問。因为我們在調查工作中，只要能把河段上近期十几年的洪水情况調查清楚，則对于該河流繪制洪水經驗頻率曲綫有很大的作用（詳后）。

实地指点洪水痕迹必須慎重进行。因对于流量計算成果影响很大。一般居民往往对于多年以前的洪水位，記憶不很准确，如隨手一指，很容易偏高偏低，有时甚至可差到一、二公尺，所以当邀請被訪者到洪水發生处实地指点洪水痕迹时，要請其多多回忆当时的洪水情况，河道地形，断面形狀等，並由調查者加以反复研究，对被訪者述說的材料要以客觀認真的态度去进行分析，比較，在調查資料的可靠性上必須作出評价，並將調查結果填入洪水調查記錄表（附表一）中。对于尚缺少的資料和沒有解決的問題或相互矛盾和不統一之处，应繼續进行訪問或結合召开小型座談会的形式得到調查資料的正确与統一。

（V）召开老居民座談会

在深入个别訪問中，所得到的調查資料如有矛盾，其不統一和資料不足时，可組織有关被訪者，召开小型座談会来共同回忆，互相啓發，辯論，彼此印証，以期得到資料的正确性。座談的内容可包括：暴雨情况，水災情况，洪水历时，漲落过程及河道变迁等。在會議进行

中可結合調查的主要內容進行一項或二項的深入討論。

在座談會上，要善於應用解釋和啓發，對於洪水調查的意義應反復宣傳，並在鄉村幹部的協助下，作好動員工作，消除羣眾顧慮，這將大大的有利於工作之進行。在座談會上，要盡力避免羣眾的隨聲附和，使不致一、二人的談話成為全部會議的結論。

在座談會上，要首先注意繼續發現過去的特大洪水，由於過去的洪水，年代久遠，記憶很模糊，若不細細回憶，相互啓發，是很容易遺漏的。同時又可由老人相互的回憶中，或由老人的口述中，發現他們聽到已故父母或祖先傳述的特大洪水。經過調查証實後，把各次洪水發生年份和發生次數弄清了，就有可能分別地座談各年洪水情況，解決矛盾問題，並繼續發現新的問題。

在座談會上除已將相互矛盾的資料和不足的資料得到統一並補充完整了以後，還應抽出適當時間邀請主要被訪者到實地指點洪水痕跡位置、並把確定的洪水痕跡作出標記，或進行攝影。

在訪問和座談會上得到的資料應作出詳細記錄，摘要記入洪水調查記錄表內，並由被訪者和調查者簽名，作為主要的原始資料之一。

(VI) 整理成果，編寫洪水調查報告

1. 採訪資料的整理：

當洪水痕跡位置確定後，除測定洪痕高度外，還要進行河槽橫斷面測量，河道地形測量及水面坡度測量等，這些資料都是洪水調查工作中的原始資料，主要為計算洪水流量和分析比較時所用的。為了能及時消除可能發生的錯誤，原始資料的整理應在野外工作中進行之，應全面檢查所完成的測量工作和計算工作，必要時，還需要進行補測。同時應根據河道的地形條件和本河段了解的情況，可採用不同的計算方法進行洪水流量計算，加以比較（參考四，洪水流量計算方法）。

原始資料整理工作的內容包括：

- 1) 計算水平測量記錄；
- 2) 繪制縱、橫斷面圖；水面坡度曲線圖；
- 3) 計算調查洪水痕的橫斷面積；
- 4) 計算斷面平均流速；
- 5) 計算最大流量，
- 6) 校核全部計算工作。

2. 編寫洪水調查報告：

洪水調查報告是洪水調查工作的全部總結。在報告中應反映出調查情況，特別是調查所得的歷年洪水情況，調查方法和計算方法等，洪水調查報告是具有技術性的報告，內容應當充實，文字簡潔。在報告中不要過長地敘述日程，組織，調查經過以及工作的總結等，却對於調查所得成果及計算的質量，往往很不重視，應當指出，在報告中對於調查資料可靠性的敘述，是很必要的。因此在編寫洪水調查報告時，必須着重地說明調查資料的可靠程度。茲將編寫洪水調查報告的主要項目，略舉如下：

- 1) 報告項目及主要內容；

①調查任务及經過：对調查目的，任务，組織人員，調查范围，經過，工作情况，以及所采取的主要工作方法的簡要叙述。

②流域及調查河段的河道与水文特征情况的概述：根据調查河段，河道地形，搜集的水文資料，以及經過踏勘查訪后所了解的情况，概要地叙述流域及調查河段上的一般水文特征情况，如河床变迁，降雨情况，洪水来源等。

③洪水痕迹的查訪，叙述經調查确定的洪水痕迹位置，洪痕高度，各次洪水当时之情况，野外勘测經過，以及最后确定的高程，並附洪水調查記錄表，洪水調查登記表，碑文，壁字及县誌等有关洪水資料的摘录表。

④洪水流量計算成果；叙述調查各年确定的洪水位，选取之断面，測量結果，計算流量採用的方法，以及求得最大設計流量，最高水位等成果，对于計算結果和查訪的資料应进行分析比較，闡明其可靠性。並附洪水調查原始資料，流量計算表及設計流量的推算等。

⑤結論：在洪水調查中应將整个調查工作，計算成果，总结起来，作出結論，並总结工作經驗及优缺点，以便交流提高。

2) 調查报告附件：在洪水調查报告中，需要附上必要的計算成果、圖表和照片等。

①附圖：(Ⅰ)河道流域略圖(圖上应标明洪水調查地段)

(Ⅱ)調查洪水地区平面圖(标明洪水痕迹位置)

(Ⅲ)縱断面圖(河道上某一調查河段)

(Ⅳ)橫断面圖

(Ⅴ)水面坡度曲線圖

②照片：为了补充报告中說明的不足和文字不能表达的地方，攝影工作是很需要的，因此应將洪水調查所得到的洪水痕迹，河床复盖情况，河道变迁地段等处进行擇要拍照。在拍攝照片时，应及时詳細填写攝影記錄，註明日期、地点，並作簡要的文字說明，附于調查报告中。

③附表：(Ⅰ)洪水調查記錄表

(Ⅱ)洪水調查登記表

(Ⅲ)洪水流量計算表(不同重现期的流量)

(Ⅳ)有关碑文，壁字，县誌，水災情况以及历史文献中的摘录表。

三、洪水調查方法

(Ⅰ)洪水年份調查

調查洪水發生年份是洪水調查工作中的重要工作之一。因为这不仅要把各次洪水的發生時間弄清楚，而且还要按照所調查的各次洪水的大小順序排队，这对于洪水重现期的計算，繪制經驗頻率曲線的用途是很重要的。由于被訪居民，往往对于各次洪水的發生時間記憶不很清楚，因此需要結合羣众生活中最易記憶的事情来联系，推算，一般有如下的几种方法：

1. 結合历史上發生較重大的事情来联系；如水災，旱災，虫災，战争等往往造成羣众極深的印象，並可借此联系到当时的生活情形来推算洪水發生時間。

2. 結合羣衆生活上最易記憶的事情：如年齡，出生時間，屬祖，結婚，死人，塌房子，搬家，廟會，庄稼收成好坏等，使其从生活經歷中联系到漲水的情況，進行推算，这样就可以找出洪水發生時間。

3. 由民謠，碑文，壁字，老人賬本上，所記載的洪水年蹟，和碑廟，桥，渠的修建或重建的原因，以及当地有关的历史洪水記載等去了解过去的洪水年份。

一般能經過上述的几种訪問方式或其他的方法，並彼此对照后，常可以大致确定近几十年来所發生的洪水年份，並按照大小次序排队，以推求各次洪水的重現期。



圖 1 * 从旧賬本上發現汉江洪水發生年份的記載

(II) 洪 水 痕 跡 調 查

正确地調查洪水痕跡是一項艱巨，复杂，細致而耐心的工作，也是洪水調查工作中最有決定意义的一項工作，由于洪水痕的可靠与否，直接影响着計算洪水流量的成果，若將調查之水痕偏高或偏低，則以此水痕算出之流量，就偏大或偏小，很难得到估算正確的可能性。因此，如何能正确地調查出洪水痕跡，是勘测人員在調查工作中最重要的任务之一。

洪水痕跡，一般应尽量能选用在控制断面的上游，如急灘，卡口，河灣，滾水坝，桥梁（具有束水作用者）等的上游。如無控制断面可尋，則最好選擇一段比較順直，整齐的河段進行調查。因为河道彎曲常有橫比降影响。同时又須注意調查河段的河床变化，是否劇烈（根据羣衆的印象判斷）。若河床断面变化甚劇，則流量計算常感困难，应尽力避免之。在兩河交匯之处，由于各河洪水漲落互有雍水影响，变化常較复杂，推算流量仍不易准确，所以亦应选在距离匯口較远处進行調查。若河床为岩石或礫石者，則为較好之河段，因断面的变动性較小，故宜選用。

洪水痕跡 相距的距离及需要痕跡的多少，常視下游有無控制断面和所採用的計算方法而定。兩洪水痕跡的距离，不宜过長，因距离过長，則中間常有支流或小溝匯入，或有峡口，急灘，河灣等使水面坡降曲折，影响比降变化甚大。又不宜过短，因过短会由于洪水痕跡高度的差誤，对水面坡度計算，影响很大。因此兩洪痕間的距离应按照各河流的河道情况，河面寬窄，比降变化等慎重选定之。为了能滿足計算洪水流量的要求，在調查河段上，一般最好能調查到三个以上的洪水痕跡。

在河道上調查洪水痕跡，应沿兩岸同时进行；若受地形限制，順于一岸調查亦可，若系兩岸同时进行調查，則須注意到河灣情况应考虑水面橫比降的影响。

調查洪水痕跡一定要在村庄附近的河道上进行，訪問那些居住久，年齡大，記憶清楚，見聞广博的人，特別訪問那些对洪水关心的人，或某次洪水与被訪者有密切关系者。对于沒有

人烟的边远地区，一般是找不到可靠的洪水痕迹，而只能利用形态调查方法，直接从地形上辨认遗留的洪水痕迹或利用典型调查方法，按流域类似性的特征条件，借用典型调查的资料，这对于缺乏水文资料及无人可资查询的地区，常能依照这种方法近似地推算出该地区的设计流量。

一般较为可靠的洪水痕迹，多在固定的建筑物上，如古庙，碑石，岩石，河岸悬崖，老屋，祠堂，寨墙，戏台，桥梁，老树，阶石，窑洞……等。其他如在街沿，坡道，河中礁石，庄稼地，沙质河岸，堤防，土坝等，因易受水浪冲击，或受迴水影响，调查之水痕高度容易偏高或误将浪痕认为水痕。因此需要仔细分析，按照实际情况辨认。对调查资料的可靠性应作出评价。

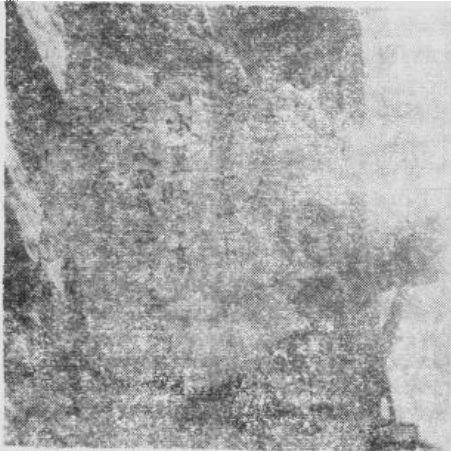


圖 2 *由岩石上刻字發現洪水痕跡

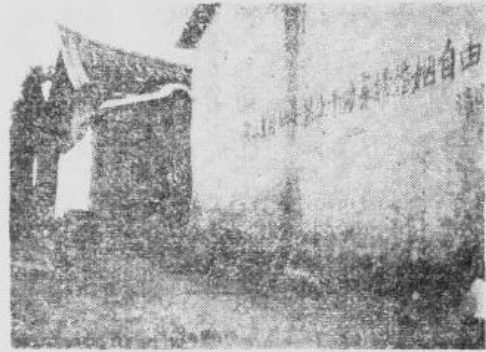


圖 3 由房屋被洪水淹沒的洪水痕跡

对于洪水痕迹的调查方法，可分为历史洪水痕和多年平均洪水痕的调查，兹分述如下：

1. 历史洪水痕的调查方法：

为要正确地计算建筑物的最大设计流量和确定桥孔大小的流速，均需要调查可靠的历史洪水痕迹。一般调查历史洪水痕迹的主要方法，可由下列五种方式得到：

1) 从历史文献和地方记载中调查，研究历史洪水情况；在每次勘测中，必须详细全面



圖 4 *鄖县城內察院巷江光杰老屋
天井內院磚牆上洪水痕跡



圖 5 *鄖西夾河关上太山廟側牆上
洪水痕跡

*以上圖1, 圖2, 圖4, 圖5, 之洪痕照片, 系摘自“汉江洪水痕迹调查报告”(初稿), 长江水利委员会, 1954年。

地搜集与了解所調查河段的巨大水災情况及有关洪水的記載。从記載中可了解到水災大小，損失及破坏情况，洪水位高低，發水年代，洪水次數，以及洪水历时等，有时也可能得到較早时期的洪水調查報告。

2) 根据水文站的多年記錄，搜集历史洪水位資料；在綫路通过附近，如設有水文站或水位站，則設計橋涵时，常可利用水文站的多年观测記錄。但在应用上項資料时，必須注意以下各点：

①应用未經整編的資料时，必須查对原始記錄。

②詢問水文站在观测期水位零点标高的变化情况。

③水文站之水位标高与綫路路基标高之間的联系即求得水平高度的一致性。

④查詢水文站水尺的更損情况及測站站址是否迁移。

3) 調查方法：在边远地区，某些不通航或通筏的河流上，根本沒有設立水文站，遂無水文資料可資应用。在这种情况下，用訪問老居民的調查方法，从他們的記憶中叙述历史上的各次大洪水，並請被訪者到实地指点洪水痕跡，就成为直接找求各次历史洪水位的唯一方法。关于这个方法，前已提到只要被訪者能記憶清楚，所指水痕正确有可靠証据者，常能得到相当滿意的結果。

4) 辨認地形上的形态特征：首先应当指出，直接从地形上所遺留的特征形象，辨認出历史上各次洪水痕跡是相当困难的。因为当最大洪水流过以后，經過較長時間才进行調查。洪水痕跡往往是不甚明显的或者有的水痕遺跡已經消失了，無法辨認，增加了調查洪水痕的困难性；但在某些地方，洪水痕跡还是比较明显的，由于当大水后遺留在地表上的特征痕跡，仍可以清楚看出，能得到較為可靠的历史洪水痕跡。因此在沒有居民可資訪問的条件下，这种調查方法，就成为寻求历史洪水痕跡的唯一較好方法。

遺留在地形上常有之特征痕跡，可从河岸岸边，岩石露头，樹幹上，樹根上，密草上，在洪水流过后剩下之泥漿痕跡，或在河灘，耕地被水冲洗之痕跡，以及种植植物的稀密程度和顏色的分界綫来判断，一般利用形态調查洪水痕跡的确定方法，分述如下：

①河流兩岸如有大石塊或系岩石岸边，可观察岩石的顏色以确定洪水痕跡一般为上黄下白或黑黄分界。其分界綫即为洪水痕跡，其生成之原因系岩石受洪水冲刷，侵蝕等作用而成。这种洪水痕跡綫，若远远看去，只見河岸上有一条明显的洪水痕跡，但是应注意地層構造分界綫，切勿混淆。（如图6，圖7）



圖6九龙江河岸大石塊上的洪水痕跡



圖7九龙江岸石岸上的洪水痕跡。

②在河岸兩旁如生長有苔蘚类等水草植物，可根据此类植物的生長情况来确定近期洪水位。

③在河灣低窪地帶，當大洪水後，常在灌木林和樹枝上遺留痕跡與雜草，則可根據這些特征來判斷洪水位。但應當考慮到灌木林及樹枝長高的影響。



圖 8 九龍江發現樹幹上洪水淹沒後的淤泥痕跡

④在樹幹表皮上和岩石裂縫中如發現剩留的淤泥痕跡，可判斷洪水位（如圖 8）。

⑤在山澗溪流中，河岸兩旁，如發現淤積物可結合淤積物的組成，河床質情況和地質構造等來分析洪水位。

⑥在大河灘上，如戈壁沙灘，若發現有黃泥，雜草，牛羊糞等，可判別洪水可能達到的最高水位，又可結合河灘卵石的顏色，如為黑，黃，白的分界綫而分別判斷。

顯然，在一切可能求得洪水痕跡的情況下，必須力求確定洪水痕的發生年代。但一般從地形特征上，直接調查出的洪水痕跡，要確定它的發生年代是相當困難的。因此必須在發現水痕處的上，下游，附近有居民居住，可以訪問的地方再進行調查，從河道上，下游發生洪水的相互比較，以求得調查水痕之相應發生年代。此外，除了訪問居民的辦法，我們還可以根據在河岸岩層處當大洪水後崩塌而新生的小樹，計算植物的年輪來判斷洪水發生年代，也是一種有效的辦法。

還應當指出，所有上述的調查方法，只能對判別洪水痕跡提出一些調查的途徑，幫助勘測人員在調查時啓發思路，作為參考，因而不能機械應用，更重要的是需要依靠工程師的智慧，結合當地具體情況，用客觀的態度去分析與判斷，才能得到正確的結果。

5) 水文方法：在調查河道上，若洪水痕跡不能在綫路所經或在橋址附近尋得，則需要沿河道上，下游二，三公里內進行調查，並將調查之水痕用回水曲綫方法推演至橋址附近，或繪制沿河已調查之洪水痕的水面坡度曲綫，用以推求橋址處的洪水位。若在調查河段的上，下游較遠處設有水文站或水位站，則可利用水文站的資料，推求橋址處的洪水位。為此目的，必須求得橋址和水文站的相應水位關係，繪制水文站及橋址斷面處的水位—流量關係曲綫。在這種情況下，就不需要再用回水曲綫方法，推演沿河上，下游的洪水位了。因為一方面若橋址與水文站相距太遠其間需要插補的斷面很多，工作量很大，演算工作亦很繁複，另一方面若有了此等曲綫後，則首先假定橋下可能通過的最大流量利用橋址與水文站的相應水位關係及橋址處的水位—流量關係可反求橋址的歷史洪水位。如若所已知的流量不是歷史最高洪水位的流量，而為較低洪水位的流量時，則對於繪制此等曲綫，仍然是有益的；因為有時可以借助於這些已知的洪水位繪制曲綫，外延至歷史最高洪水位。

2. 多年平均洪水痕的調查方法：

調查河道上的多年平均洪水痕跡是一件非常細致而週密的工作。必須根據觀察痕跡的自然象徵和結合訪問居民，互相驗證反復進行調查，方能得出正確可靠的水痕。茲將按照形態調查方法，可以找到之多年平均洪水痕跡分述如下：

1) 多年平均洪水痕跡系指河道上經過多次洪水沖刷而成的痕跡象徵。但不是河岸沖刷最顯著的地方，因此必須與頻率曲綫上歷次洪水的眾值痕跡相區別。所謂多年平均洪水痕跡就是指頻率曲綫上的均值痕跡。因此多年平均洪水痕跡的位置必須在河岸沖刷最顯著的痕跡以上，痕跡顏色的分界綫，並不十分明顯，大都比較模糊難辨。至於痕跡顏色的變化在河岸

上，由下到上也是逐漸由淺到濃的（即白、黃、黑三色，大致可分）但应当指出，最近一次或一二次普通洪水痕跡是非常顯明的，不要誤認為是多年平均洪水痕跡。

2) 由于多年平均洪水痕跡大都模糊不清，近處觀察是很難分辨的，因此調查洪水痕跡

時須站在遠處或對岸觀察，即可清楚看出沿河上、下游連成一條直線的洪水痕跡。（如圖9、圖10）

3) 根據調查經驗證明，多年平均洪水痕常在普通洪水痕（一年發生一次或多次之水痕）和10年以上重現期的最大洪水痕之間。

4) 多年平均洪水痕跡，亦可參照調查河岸边坡的轉折程度、河岸冲刷發黑色的痕跡綫亦即砂夾

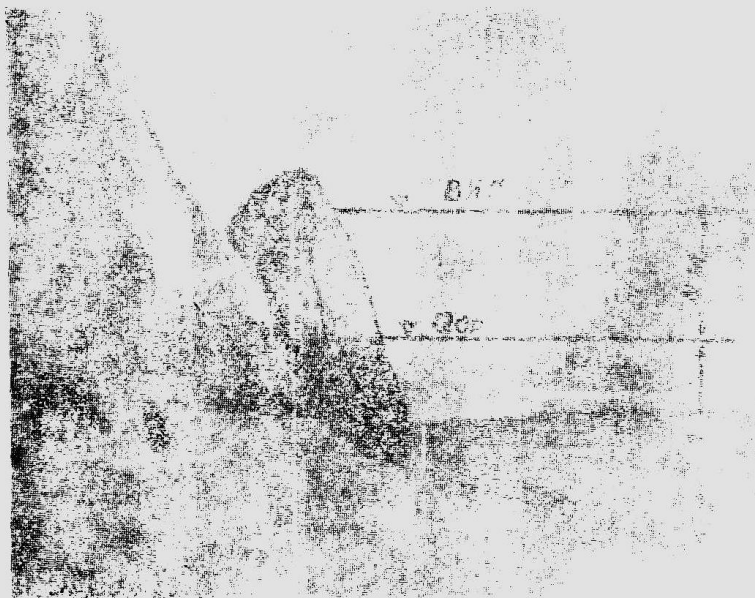


圖9*河道上發現之多年平均洪水痕跡

卵石河岸被水冲刷之岩岸綫，以及河灘的淹沒次數等來進行調查（詳后）。

5) 調查多年平均洪水痕跡，必須沿河上，下游，在河岸兩旁同時進行，須將調查所得的幾個平均洪水痕同時記錄，經計算和核對后，採用合理的洪水痕。

在結束調查多年平均洪水痕跡以前，還必須指出，在鐵路勘測設計工作中，對於多年平均洪水痕跡的調查是相當重要的。因在推求設計流量時，就必須確定該河流的多年平均洪水流量。若吾人能調查出多年平均洪水痕跡則對於求算和驗證平均流量及推求設計流量均甚方便。對於如何能正確地調查出多年平均痕跡雖屬困難，但並不意味著沒有調查到的可能性，根據調查的經驗證明，只要勘測人員能耐心地進行工作，一般是可能調查到的。

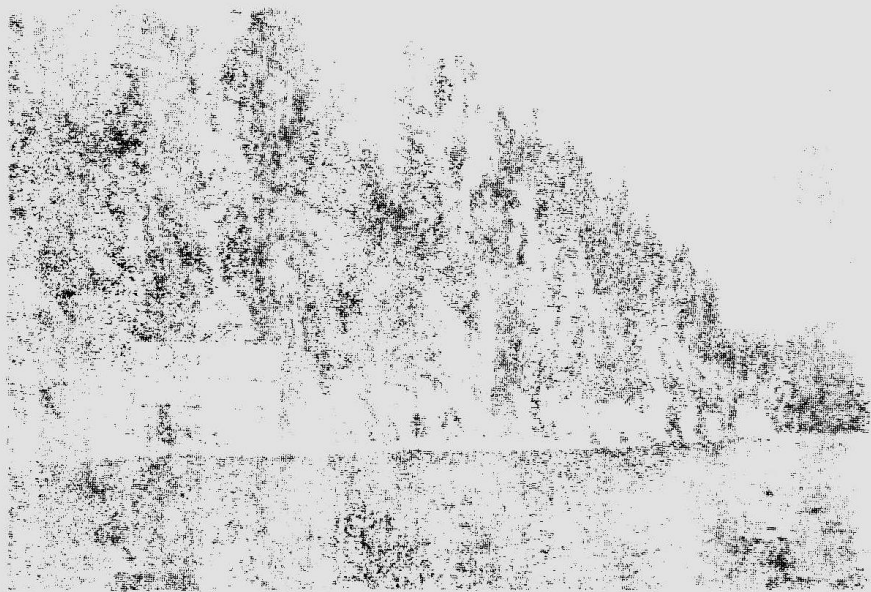


圖10*岩石上發現之歷史洪水痕跡和多年平均洪水痕跡

*以上圖9、圖10之洪痕照片，系摘自E.B.波達河夫“大河試探”一書（1949年編，原書106頁）。

3. 对洪水痕正确性的判断条件:

凡經調查之所有洪水痕跡应在洪水調查記錄表及登記表中, 說明痕跡的可靠性, 作为設計时之依据。今为使勘测人員在判断洪水痕的可靠性时有所参考, 遂將調查資料可靠性的依据条件, 列举如下, 供調查时之参考:

1) 最可靠的依据:

- ①有显明的洪水痕跡, 有刻字或写字者。
- ②羣众公認, 且有旁証, 所講經過, 真实确鑿, 情况逼真。
- ③根据不同的人, 指点不同之洪水痕跡或位置进行 水平測量后, 差誤在合理范围以內者。

④根据上下游的洪水痕, 水面坡度, 和控制情况来檢查, 分析合理者。

⑤有历史記載者。

2) 較可靠的依据:

①洪水痕跡不大明显, 有刻字或写字者。

②羣众指認, 或有旁証, 所講情况, 正确真实。

③根据不同的人, 指点不同之洪水痕跡或位置, 进行水平測量后, 差誤合理。

④有历史記載者。

3) 尙可靠的依据:

①羣众指認。

②根据不同的人, 指点不同之洪水痕跡或位置, 施測后, 差誤在0.2公尺以內者。

③有历史記載, 可資参考者。

4) 不可靠的依据:

①一, 二人指認, 又無旁証, 或羣众对水痕有矛盾意見而不能統一者。

②根据指点不同之洪水痕跡或位置, 施測后, 差誤在0.2公尺以上者。

③無历史記載者。

必須指出, 关于上述四类的依据, 不能机械地按照条文来决定。有的洪水痕跡可能同时具备五个条件, 但大多数的洪水痕跡是不能滿足要求的。因此我們所介紹的每項依据, 均以前兩条为主, 其余系参考条件。

四、洪水流量計算方法

(I) 天然河道的水流特征

天然河道之水流状态是相当复杂的, 对于洪水流量計算很感困难。由于河道之水流, 常受河道地形, 断面形狀, 河床稳定程度, 河床組成, 河灘种植情况, 以及洪水漲落, 回水倒漾等影响而發生变化, 使得水流流动情况極为复杂, 沿流之各項水力因素变化急剧。一般言之, 当洪水时期, 对于天然河道中洪水波的演进問題, 系变量变速流动, 即所謂的不稳定变速流动, 不像在稜柱体人工渠道中的水流状态那么簡單, 可按定量等速流的公式計算。由于河道中洪水水流性質的特点, 不仅隨河道断面形狀, 沿流長度而变, 且随時間而变。正因为

天然河道的水流状态具有如此复杂的特性，就使得我们在计算洪水流量时，对于某些变动的水力因素无法详细考虑，仅能应用粗略的近似计算方法计算之；即把天然河道不稳定变速流动的洪水，看作较有规则的稳定水流来计算。其假定河段上下断面的流量保持不变（其间並無支流加入），但由于断面形状之不同，上、下游的水深和流速，受着河底起伏及底坡变化等影响，足以扰乱水流之均匀状态，形成新的水流形式，称为定量变速流，即所谓稳定变速流动。假定天然河道的水流现象，在所设条件下，能符合于这种稳定水流状态，因此洪水调查的流量计算，可按稳定等速流的公式来计算流量，即按谢才公式： $Q = W \cdot V$ ； $V = C \sqrt{R \cdot i}$ 计算。但必须着重指出，洪水系不稳定水流，今用稳定流的公式来计算，故在水力学理论上是有缺陷的。同时又因调查时测算之河床横断面积，历经多年大水之后，河道断面之形状，已有改变，目前调查之河床断面，显然不能代表几十年前洪水时之河床断面，今却仍以现有之河床形状来求算多年前的洪水流量，差误实属难免。因此这都是洪水调查流量计算中的两个主要缺点。但为了尽可能地减少差误，增加流量接近真实的可能性，故在选取测流断面时，应选在河床稳定的地方，水流具有良好控制之处。

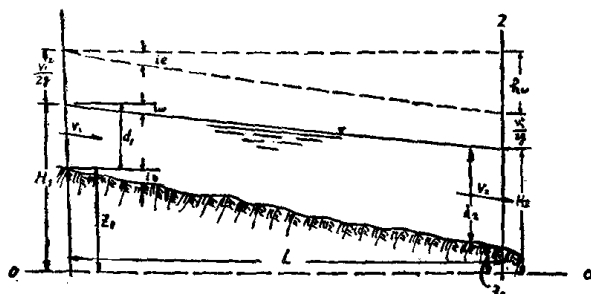


图 11

前已指出，洪水流量可按稳定水流的公式计算，因此可假想有这样一段河段。在河段上任取相邻两个断面（图11），今按水流能量恒等定律（伯努里方程式）和流量连续流公式，比较①，②断面上的能量水头关系，得：

$$\text{伯努里方程式: } Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_w$$

$$(Z_1 + d_1) + \frac{V_1^2}{2g} = (Z_2 + d_2) + \frac{V_2^2}{2g} + h_w$$

$$\text{即} \quad H_1 + \frac{V_1^2}{2g} = H_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_w \dots\dots\dots(4-1)$$

$$\text{连续流公式: } Q = w_1 V_1 = w_2 V_2 = \dots\dots\dots = w V \dots\dots\dots(4-2)$$

式中， V_1, V_2 分别为①，②断面上之平均流速

h_w ——为因河床摩擦作用而损失之能量水头，其值等于能面比降 ie 与断面间距 L 之乘积，即 $h_w = ie \cdot L$ 。

按照巴甫洛夫斯基公式或满宁公式，写出断面上的流速计算，设断面选在均匀的河段上，则

$$V = \frac{1}{n} R^{y+\frac{1}{2}} i^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} R^x i^{\frac{1}{2}}, \quad (X = y + \frac{1}{2})$$

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

$$\text{或 } i_e^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^x} \dots\dots\dots (4-3)$$

$$i_e^{\frac{1}{2}} = \frac{nV}{R^{\frac{2}{3}}} \dots\dots\dots (4-4)$$

式中: N ——河床糙率.

R ——水力半徑.

若断面选在不均匀的河段上, 則河段之平均能面比降可按上下断面处能面比降的几何平均值, 或算术平均值計算, 即 $ie = \sqrt{ie_1 \cdot ie_2}$ 或 $ie = \frac{1}{2}(ie_1 + ie_2)$, 則

$$hw = ie \cdot L = L \cdot \sqrt{ie_1 \cdot ie_2} = i_{e_1}^{\frac{1}{2}} \cdot i_{e_2}^{\frac{1}{2}} \cdot L = \frac{n_1 V_1}{R_1^x} \cdot \frac{n_2 V_2}{R_2^x} \cdot L \dots\dots\dots (4-5)$$

如以(4-5)代入(4-1)式中, 並將 V 項用 $\frac{Q}{W}$ 代入, 可得,

$$H_1 + \frac{Q^2}{2gw_1} = H_2 + \frac{Q^2}{2gw_2} + \frac{n^2 Q^2}{w_1 R_1^x \cdot w_2 R_2^x} \cdot L \dots\dots\dots (4-6)$$

从(4-6)式中, 可以看出, 在选定之断面①上, 当一定的水位 H_1 时, 通过該断面之流量 Q , 随以下諸因素而变; (i) 本断面之流水断面 W_1 , 水力半徑 R_1 , (ii) 下游相隣断面②之水位高度 H_2 , 流水断面 W_2 , 水力半徑 R_2 (iii) 本河段之粗糙系数 n 。茲將此种关系写成如下之函数式, 当 H_1 为定值时, 則

$$Q = f(H_2, w_1, w_2, R_1, R_2, n) \dots\dots\dots (4-7)$$

从函数式(4-7)中, 可以看出, 括弧內之各項因素, 具可能随時間而有所变动(虽然 H_1 仍为定值), 因此欲求河道上某一断面保持一定之水位~流量关系, 即当 H_1 为一定值时, 所流过之流量 Q , 仍为一定值。則測流断面处的各項水力特征因素要保持一定的稳定状态, 須具备以下的条件之一:

1) 括弧內各因素在同一水位 H_1 时, 均各保持不变。

2) 若括弧內各因素虽个别变动, 惟其变动結果, 可以相互补偿, 使函数式兩端之关系, 仍然保持平衡或接近平衡者。

由此可見, 吾人选取之測流断面, 若能滿足于以上两个条件时, 則意味着測驗河段是相当稳定的, 河槽之水力因素, 可以保持平衡。因此在勘测河道时应注意选择如此之断面, 以便求得較可靠之流量。

影响上列水力因素的变动情况, 視河道性質而異。对于一般足以扰乱水流之稳定状态者, 除河道地形, 断面形狀外, 还有以下几个方面:

(I) 若河床在受冲淤变化的河段上, 上下断面 W_1, W_2 , 經常在变动。

(II) 若受有回水倒漾影响的河段, 当同一水位 H_1 时, 下游之水位 H_2 , 可因回水大小的不同而变化。

(III) 在河水結冰或生長茂密水草的河段上, 同一水位之横断面积及粗糙系数, 可因結冰程度及水草多寡而变。

(IV) 在受洪水漲落影响或其他不稳定流动时, 同一水位之水面比降, 也时常在变动。

因此，为使某一河段在测流断面处之水位～流量关系保持一定之关系，则必使影响此种关系的各项水力因素保持不变，或变动时能相互补偿。如若在测流断面下游具有某一断面或某一河段，足以使其上游的水力特性在测流断面处之水位～流量关系，保持一定的稳定状态，则这个断面或河段，便称为“控制”。

1. 测流断面之控制条件:

所谓水流之控制作用，就是使得某一断面之水位～流量关系保持稳定；即各种主要水力因素的組合所集中表现的一种形式。对于具有良好控制之测流断面，河床应为稳定，河段顺直，且具有相当长度，河槽断面均匀，糙率一致，并在测流断面之下游，有卡口、急滩、石梁、河湾、桥樑、堰壩等，其水位～流量关系常能呈现稳定状态。

根据以上之推论，对于测验河段的选择及河道水流状态的变动情况均与控制有关，并且这种控制水流的作用决定着计算流量的精确度。为此目的，必须谈谈关于测流断面的控制条件，兹分述如下：

1) 天然河道中使水流控制的作用有二：

①使测流断面下游的水位变动，如回水影响，不能传至测流断面上而影响水流，或把这种影响消灭至轻微程度。

②要保持控制断面或控制河段上至测流断面间的河床特性不变或变动而能相互补偿，使其在同一水位时所能通过的流量为一定。

因此，良好之控制断面及控制河段，均须具有以下之两个条件：

①控制之永久性：系指测流断面之水流状态，在任何时刻，水位～流量关系皆不发生变动，水流稳定；但因水面坡度及受洪水涨落影响而变动者除外。因此需要控制断面及控制河段不受冲淤，测流断面至控制段间的河床不发生变化。

②控制之灵敏性：所谓控制之灵敏性，系指流量稍有轻微变化，水位便有明显的变化，足以测量出来。因此当选择控制时，应注意控制之灵敏性。

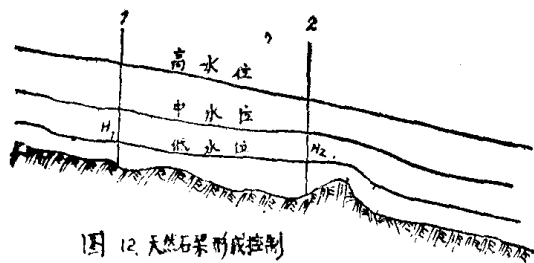


图 12 天然石梁形成控制

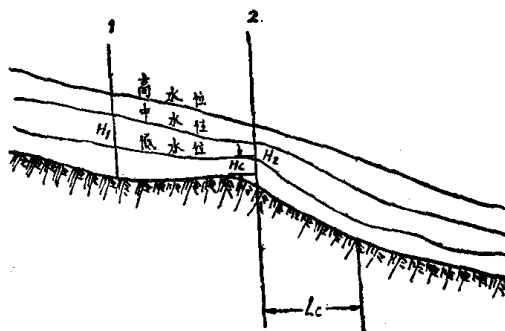


图 13 急滩形成控制

2) 控制的分类:

因按照控制生成的原因，控制所及水位的范围，控制在河道中的长短，控制作用的久暂等不同，对于控制的分类，便有数种分法，今将按照天然河道中可以形成控制的一般情况分述如下：

①石梁或堰壩：在测流断面下游不远处，河段中如有天然石梁或人工堰壩，即可作为控制（如图12）。在低水时期，河水流过礁石后，水位突然降落，形成天然之控制。这种控制在低水时期作用甚为良好，当控制下端之下游水位升高，超过控制断面的最低点时，控