

电力工程水文勘测计算手册

《电力工程水文勘测计算手册》编写组

1981 北京

984.125

电力工程水文勘测计算手册

《电力工程水文勘测计算手册》编写组

前 言

为了适应我国社会主义现代化建设的需要，加速电力建设的步伐，电力工业部电力建设总局组织华东电力设计院、东北电力设计院、西北电力设计院、西南电力设计院、中南电力设计院和北京电力设计院等六个单位成立“手册”编写组，编写了这本《电力工程水文勘测计算手册》。

本书是在总结建国以来电力工程水文勘测工作实践经验，并学习了水利水电、铁道交通等部门的有关理论和经验的基础上写成的。书中比较系统地介绍了电力工程水文查勘与计算问题，有方法、有步骤、有实例。全书共分水文查勘、相关分析与频率计算、设计枯水、设计洪水、小流域设计洪水与泥石流、泥沙与河床演变、工程气象以及滨海电厂水文计算等八章。附录中编入了有关知识和常用表。本手册是电力工程水文工作人员的工具书，也可供其他部门（工矿、水利、交通、农垦等）从事工程水文、给排水设计、水文地质等专业的工程技术人员和有关院校师生参考。

我们在编写时，主观上希望能反映当前的技术水平，努力采用新技术、新方法，并要求具有火电的特点。限于水平，加以时间仓促，谬误之处在所难免，恳切地希望读者批评指正。

在编写过程中，长办、黄委、华东水利学院、成都工学院、武汉水利电力学院、河南水利局设计院、东北勘测设计院、成都勘测设计院、铁道部第二、第三设计院以及交通部第一航务工程局设计研究院等单位，给我们提供了许多参考资料，这些单位以及全国各电力设计院对本手册的编写都提出过不少宝贵意见，在此表示感谢。

《电力工程水文勘测计算手册》编写组

1981年4月

目 录

前 言

第一章 水文查勘	(1)
第一节 枯水调查.....	(1)
第二节 洪水调查.....	(5)
第三节 河床演变调查.....	(18)
第四节 冰情调查.....	(21)
第五节 气象调查.....	(24)
第六节 水温与水面蒸发散热系数.....	(26)
第七节 海洋水文调查.....	(30)
第二章 相关分析与频率计算	(37)
第一节 相关分析.....	(37)
第二节 频率计算.....	(54)
第三章 设计枯水	(68)
第一节 天然河道取水.....	(68)
第二节 水库取水.....	(88)
第三节 水库下游取水.....	(103)
第四节 河网化地区取水.....	(104)
第五节 湖泊取水.....	(109)
第四章 设计洪水	(118)
第一节 天然河流的设计洪峰流量和设计洪水位.....	(118)
第二节 水库设计洪水.....	(140)
第三节 水库下游河流的设计洪水.....	(162)
第四节 壅水河段的设计洪水位.....	(172)
第五节 岩溶地区和平原地区的设计洪水.....	(178)
第六节 施工设计洪水.....	(180)
第五章 小流域设计洪水及泥石流	(184)
第一节 一院两所简化法.....	(184)
第二节 铁道部第二设计院法.....	(196)
第三节 林平一法.....	(202)
第四节 水利电力部科学研究院推理公式法.....	(208)
第五节 含沙量较大地区的洪水计算.....	(215)
第六节 泥石流估算.....	(215)
第六章 泥沙与河床演变	(220)
第一节 泥沙.....	(220)

第二节	设计河段的稳定性分析·····	(229)
第三节	河床变形计算·····	(238)
第四节	河槽的冲刷计算·····	(244)
第七章	工程气象 ·····	(263)
第一节	气温·····	(263)
第二节	风·····	(264)
第三节	其他气象要素·····	(270)
第四节	空气污染分析中常用的气候资料·····	(273)
第八章	滨海电厂水文计算 ·····	(279)
第一节	潮位·····	(279)
第二节	潮流·····	(290)
第三节	波浪·····	(301)
第四节	感潮河口的水文计算·····	(364)
主要参考文献	·····	(368)
附 录		
附录一	水文气象搜集一览表·····	(369)
附录二	曲线方程计算图——诺模图的绘制方法·····	(371)
附录三	水电站和电力排灌站过水流量的推算方法·····	(381)
附录四	矩形、三角形、梯形薄壁堰流量计算·····	(385)
附录五	有关海洋水文常识·····	(387)
附 表	·····	(391)
附表 1	~56·····	(392)

第一章 水文查勘

水文查勘在电力水文工作中占有很重要的地位。在无资料情况下，调查往往是首要的手段。在有一定资料的情况下，调查可以校核实测资料的可靠程度，可以弥补资料的不足。在设计洪枯水计算工作中，即使有了相当多的实测资料，调查历史洪枯水也可以起到延长资料系列，并增加系列代表性的作用。

本章包括洪枯水、河床演变、冰情、气象和海洋等的调查，以及水温和水面蒸发散热系数的观测等七部分。具体调查时，可根据工程情况进行单一项目的调查或综合多项目的调查。

第一节 枯水调查

一、调查前的准备工作

(一)明确调查任务、调查河段的范围和內容。

(二)根据调查任务及流域开发情况，酌情收集下列资料：

1. 河段上、下游及邻近流域水文站历年枯水资料。
2. 记载有流域内历史上干旱灾害及降雨情况的文献，如地、县志等。
3. 测量资料：河段地形图，河道图，水准基面变动情况及换算关系，调查河段附近水准点位置及高程。

(三)携带必要的工具仪器：流速仪，秒表，皮尺，红油漆，计算器具，三角板，专用表格，手电筒等。

二、调查内容

(一)历史上发生干旱的年、月、次数及重现期。

(二)历史上发生各次干旱情况，包括干旱前后降雨情况，无雨日期，受灾程度，枯旱持续时间及干旱过程。

(三)干旱期枯水补给来源，河床质组成，有否发生河干或断流现象及其持续时间，有无河床潜流，冬季有否发生连底冻。

(四)调查各次干旱年份的枯水位，标志水深，主流位置及流速、流向。

(五)发生枯水流量时上游的人类活动，如农业灌溉，工业用水及围堤、堵河等情况。

(六)北方河流枯水若出现在冬季，应了解封冻日期、冰厚、有效水深及上下游有无冰坝等情况。

(七)调查水生植物的生长和对枯水流量的影响。

三、调查步骤

(一)枯水调查河段的选择

1. 调查河段应包括电厂取水点，要考虑水泵房可能变动范围。
2. 调查河段应靠近开发较早的居民点，人类活动频繁、容易调查到可靠的枯水痕迹的地点。

3. 调查点应尽量选择顺直、稳定、冲淤变化较小的河段。
4. 调查河段应尽量靠近诸如卡口、急滩及水工建筑物处。
5. 调查河段不宜过短，两枯水痕迹间应有一定的距离。

(二)现场访问

1. 在年代悠久的老灌溉引水渠处，调查枯季引水情况、次数、历时、渠首水深变化情况。
2. 在年代久远的固定渡口处，调查枯季通航的情况（通航吨位与吃水深），可否涉水，水深情况及渡口位置有无变动、变动原因。
3. 在山区年代久远的水车或水磨处，了解枯季运转情况及水磨最低起动力流量。
4. 该河在枯季有无捕鱼，主要有那些鱼类，各类鱼生活的水文条件（如水深等）。
5. 在河边居民生活用水（如挑水、洗衣）的固定河沿处，了解枯季河边水深变化情况。
6. 历史上枯旱最长不雨时间，灾害情况。

由于历史最低枯水位发生在调查时的水位以下，因此在枯水调查中，应尽可能利用河流上一些比较永久性的建筑物，如码头、桥梁、闸门、渡口等，在调查时可引导被访问者回忆这些建筑物在发生枯水位时的情况，裸露在水面以上或埋藏在水面以下的高度。

(三)农业灌溉用水量的调查

1. 流域现有灌溉面积及规划增加灌溉面积，农灌取水方式及取水量，设备能力，取水口高程，灌溉取水位置分布情况。
2. 农灌用水的设计标准，分配原则，不同频率下年内各月用水量。
3. 现在及规划中的灌溉回归水量，汇入河流的时间、地点等。

(四)工业用水量调查

1. 用水企业名称，最大及平均用水量。
2. 用水时间，取水方式及过程，取水设计标准。
3. 取水设备的形式、能力，取水地点及取水口高程。
4. 规划增加的用水量及实现年限。
5. 排水量和水质，排水时间和地点。

四、枯水调查中的测量工作

(一)水位测量

由于历史枯水位均位于调查时水位以下，所以需先测出调查时水位，减去枯水标志水位与测量时水位差，即得枯水位标志高程。

若调查到的是标志水深，测算枯水位时，应考虑断面冲淤变化进行订正。

(二)横断面测量

1. 断面布设：利用水文站水位流量关系推流时，可采用水文站基本水尺断面。用比降法推流时，断面不得少于两个。

2. 横断面测量高度，一般应高于调查时水位以上，断面测点的控制，以能反应断面的变化为准，并详细记录断面附近的河床组成，植被情况。

(三)纵断面测量

纵断面测量包括河底线，测量时水面线，测量范围应比调查枯水标志点分布的长度略长一些，并包括推流计算断面。

(四) 枯水流量测验及临时测站的设立

用比拟法推算枯水流量时, 需在调查处(或沿河段)设立临时测站, 观测水位和流量。流量测验一般采用流速仪法, 具体操作参照《水文测验手册》, 精度要求应不低于精测法要求。

五、枯水流量的推求

(一) 延长水文站水位流量关系曲线法

若所调查的历史枯水位靠近水文站, 枯水发生在畅流期, 河道冲淤变化很小时, 可将调查所得历史枯水位推算至水文站基本水尺断面, 用该站实测的水位流量关系曲线加以延长, 推出历史枯水流量。

水位流量关系曲线延长方法, 视下延幅度大小而定, 若延长幅度不大, 可顺趋势下延; 若下延幅度较大, 需参照断面形状, 找出断流水位作控制点, 再进行下延, 详见第三章。

若断面冲淤变化较大, 需考虑冲淤变化值进行改正, 冲淤变化值的确定方法见第三节。

(二) 水力学公式法

1. 在枯水调查河段下游如有天然的或人工控制断面, 如急滩、卡口、石梁、堰、闸等, 可采用临界流公式或相应的堰闸等水力学公式推算历史枯水流量, 详见公式(1-15)、(1-16)及有关水力学书籍。

2. 若调查河段顺直, 断面变化不大时, 可按稳定均匀流推算历史枯水流量。均匀流公式为

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} I^{1/2} \quad (1-1)$$

式中 Q —— 流量 (米³/秒);

A —— 断面面积 (米²);

R —— 水力半径 (米), 宽浅河流 (一般认为宽深比大于10者) 可用平均水深代替水力半径;

n —— 糙率, 可用调查河段实测低水流量和比降, 由水力学公式反求。若无上述资料, 可参照邻近水文站低水糙率选用;

I —— 水面比降, 尽量采用调查枯水比降; 当不能正确确定枯水比降时, 可参考河底比降、低水水面线及低水时断面变化, 综合分析确定。

断面要素 A 和 R , 可采用单一基本断面的特性, 或采用调查河段上下两个断面的平均值。

(三) 比拟法

本法是假定出现历史枯水时的糙率和比降与调查时的糙率和比降相同, 根据调查时实测的流量、断面等水力要素反求出系数 K 值, 用以推求历史枯水流量。计算公式为

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} I^{1/2} = KAR^{2/3} \quad (1-2)$$

$$K = \frac{1}{n} I^{1/2} = \frac{Q'}{A'R^{2/3}} \quad (1-3)$$

式中 Q —— 历史枯水流量 (米³/秒);

A —— 出现最枯流量时的过水面积 (米²);

R —— 出现最枯流量时的水力半径 (米);

- K ——系数，按公式 (1-3) 推求；
n ——糙率，根据调查时实测流量和比降反求；
I ——调查时的水面比降；
A' ——调查时的过水断面积 (米²)；
R' ——调查时的水力半径 (米)；
Q' ——调查时的流量 (米³/秒)。

(四) 实测水位流量关系曲线法

本法是在工程地点设站观测短期水位和流量，定出水位流量关系曲线，并以断流水位作控制，进行低水延长，直接用调查历史枯水位查出枯水流量。

(五) 上下游水位相关法

若在工程地点调查不到历史枯水标记，而在本河段上下游不太远的地点调查到枯水标记，并能沿河施测若干断面的枯水流量，可建立上下游水位相关关系，结合枯水流量沿程变化，确定工程地点处历史枯水流量。

(六) 地表水位与地下水位相关法

枯季径流大小，主要是依靠地下水补给，若能建立地下水位（如井水水位）与地表水位关系，便可以根据已调查到的最枯地下水位，推算地表水位。但本法影响因素较复杂，有待今后继续探讨。

六、枯水重现期的确定

要正确估出枯水重现期N值，是难以作到的，目前只能依据历史枯水发生的年代大致估算，所以估算出的N值相当粗略。具体处理时，通常有以下两种情况：

(一) 当缺乏比较连续完整文献时，可根据老人记忆与较可靠的传说，估计重现期（如根据老人或前辈的年龄，减去记事年龄）。

(二) 如果某次历史枯水发生年份以前的较枯情况不清，可以由该年迄今的时期内进行排位；但若判定该枯水更远年以来的首位，就不宜把它作为自发生年份迄今首位枯水来处理，而应排为最远考证年份以来的首位。

七、岩溶地区枯水调查

我国岩溶主要分布区集中于广西、贵州、云南东部，另外，鄂西、湘西、川东、山东、山西等处分布面积也较广。

岩溶地区河流，具有洪峰模数低，洪水过程线矮胖，径流年内分配稳定、均匀、洪枯倍比小，汛枯期径流相关系数高，水量比较丰富等水文特性。

通常，岩溶地区内都不同程度地存在着溶洞、漏斗、岩溶洼地等现象，河床上有时漏水和涌水兼有，流域内地表水地下水往往交替出现，水文情况复杂。作枯水调查时，除了包括一般河道枯水调查的内容以外，尚须根据岩溶地区的特点考虑以下调查内容和方法：

(一) 调查内容及河段选择

1. 枯水流量调查河段应尽量靠近电厂取水口河段，计算及枯水测流断面尽可能选在取水口或靠近取水口的上下游。

2. 河道查勘范围要长，调查取水口以上干支流河道落水洞、出水洞、河床漏水和泉水出露情况。

3. 取水口枯期水源的组成部分，各部分的来龙去脉，可靠程度，流量大小，是否稳定。

(二)调查方法与步骤

1. 人员组成：由水文人员和水文地质人员共同组成。

2. 收资：调查前广泛收集该流域的水文查勘资料，水文地质资料，地形资料。

3. 访问：深入干支流沿岸村庄，了解取水口上游干支流上落水洞、出水洞的具体位置，河床有否漏水及其位置，泉水出露地点，水量大小。历史上发生干旱年代，干旱情况，以及这些落水洞、出水洞和泉水来龙去脉的历史传说，洞内鱼类状况。

4. 分析：根据调查情况，结合水文地质构造及地形资料进行分析，去粗取精，去伪存真，提出河床渗漏的可能河段，落水洞的可能去向，出水洞和泉水的可能来源地，拟定水文测验计划和连通试验方案。

5. 测量：根据调查和分析，作以下项目测量：调查枯水位，历史枯水推流断面，调查期枯水流量，可能漏水河段上下游枯期流量，落水洞、出水洞和泉水露头处枯期流量，以及水质分析取样等。因岩溶地区枯期流量变幅较小，流量测量时尽可能地用量水堰或量水槽，用流速仪测流时应用精测法。

6. 连通试验：若电厂取水水源系由几股大的泉水组成，经过以上工作，尚不能对它们的来源作出结论，或取水口上游河道有落水洞未查清落至何处，应本着因地制宜，勤俭节约的原则，作一些连通试验，查清它们的来龙去脉。

(1)在落水洞口投放谷壳，锯末粉，空玻璃小瓶（密封），黄泥浆水，煤油，柴油等，在可能出口处观测有否这些物品漂流。

(2)投放化学药剂（如漂白粉、食盐、石灰等），在可能出口处取样分析化学成分变化，（石灰能将洞内鱼毒死，在出口可直接观测有无死鱼及浑白的石灰水流出）。

(3)若落水洞落下的水量可以改道排走，可以用截流法，临时堵住落水洞口，在可能出口处测量流量变化。也可作抽水试验来鉴定连通关系。

(4)用荧光素（黄）及同位素（铬、氚等）进行连通试验。

第二节 洪水调查

一、调查前的准备工作

准备工作包括明确工作任务，收集资料，必要的仪器工具及用品。

(一)根据任务情况，应酌情收集下列资料：

1. 流域特性资料：流域水系图、工程地点附近河道比降、地形、土壤和植被情况等。

2. 测量资料：调查河段的大比例尺地形图、河道图、水准点、三角点及标高换算关系等资料（这项工作可由测量人员负责）。

3. 水文资料：附近水文站考证资料，历年洪水位，洪峰流量，水位流量关系曲线，比降，糙率等。

4. 实测暴雨及气象分析资料。

5. 有关部门的现有洪水调查资料、地方志及水利历史文献等。

(二)仪器及用品包括水准仪、经纬仪，照相机及文具用品等。

二、历史洪水的调查访问

(一)调查步骤

1. 选择调查河段

调查河段应包括厂、所、跨越区及取水建筑物可能变动范围，尽量选择在老居民点和洪水痕迹较多的河段。

在满足以上要求的前提下，还要照顾到测量工作方便及推流方法对河段的要求。为此，所选择的河段应比较顺直，河床比较稳定，控制条件良好，没有大的支流加入，没有回水分流和壅水现象。

2. 访问

访问工作是决定历史洪水成果质量的关键。访问的内容包括洪水发生情况（年份，日期，洪水位和洪水过程等）以及相应的降雨情况、河道情况等。访问应结合历史上发生的较大事件及群众最易记忆的事情来启发。访问时尽可能多访问一些群众，对关系重大的洪水如有矛盾，应结合上下游或干支流作深入调查，合理判断。调查访问时以二人以上为宜，访问的情况应尽量用群众原话或原意如实记录，并在现场仔细检查。

(二)洪水发生年份及日期的调查方法

1. 结合历史上发生的较大事件来联系，如水、旱、虫灾、战争等，往往造成群众极深印象，可以联系到当时的生活情形来推算洪水发生的时间。

2. 结合群众最易记忆的事情来联系，如年龄、属相、结婚、生孩子、死人、塌房子、搬家、庙会、收成好坏等，使其联系至涨水情况，进行推算，找出洪水发生的年份。在结合群众婚、生、丧等大事调查时，应尽可能多找些旁证材料，以落实洪水发生的时间。

3. 由民谚、刻字、记水碑、碑文、报刊、历史文献、老人帐本、日记及修庙、建桥的碑文中来了解。洪水碑文一般可从古建筑物的门边、墙壁、屋柱、基石、石碑上面寻找，有时在渡口较陡的天然岩石的岩壁上也能找到。

4. 根据上下游及邻近河流的历史洪水年份来间接确定。有时群众对祖辈传说的历史特大洪水，只能说出大体年代，具体年份说不确切，此时可根据上下游及邻近河流的资料来间接确定。

(三)洪水痕迹的调查

1. 洪水痕迹的位置应尽可能选在顺直河段，两洪痕点之间的距离不宜过长，当调查河段两岸均有居民点时，应在两岸调查洪水痕迹，每一地点同一年的洪水痕迹，在有条件时，尽量多找几处，以便互相印证。

2. 对查访所得的洪水痕迹，必须仔细辨认，结合当地情况进行考证。

3. 对洪水痕迹所在位置（如房屋地基、道路、碑石、壁字等）的高程及变迁情况必须考证。如有的房屋地基在洪水后已经填高了，调查时应查清变动高差，以改正调查洪水位。

4. 洪水痕迹经查访确定后，用红油漆作出标记，供测量或日后查考。

5. 荒僻地区的洪痕调查

在荒僻地区，无法依靠查询老居民的办法来确定洪水位，主要通过寻找洪水时留下的杂草、树枝、泥沙等淤积物（这些淤积物有时悬挂在树枝上），洪水时水流冲刷的痕迹，洪水对两岸所引起的物理、化学及生物作用的标志等方法来确定洪水位。

(1)根据河流淤积物

在河流两旁的台地、洞穴、树穴、石壁上，洪水过后常留有接近于水平的层状淤积物，这些堆积物与山上风化的砂土性质不同，并且在上下游各处均有，与河底坡降约略相等。

在草原和平原河流多为泥草混合物，在森林区则含有树枝。

洪水时常有树枝、杂草等漂浮物被挂在树干或树杈上，亦可作为判断洪水的标志，不过应注意，树杈可能比洪水实际到达的位置偏高，因为挂有漂浮物的小树，洪水时常被压倒在地而水退后又复升起，致使挂在这些树上的漂浮物比实际洪水位偏高；当漂浮物挂在光滑的树干上，经日晒风吹，向下滑动，又可能使水位偏低。调查时要细心观察和认真分析。

(2) 根据洪水冲刷痕迹

洪水时由于水流的冲刷而留下一定的痕迹，可作为判断洪水位的标志。如在洪水边缘地带冲走两岸杂草、泥土而显露基岩；在沙壤土地带，由于洪水浸润常发生下塌，形成一条水面线痕迹；在黄土地带，风化层经洪水冲刷后，出现特别干净的表面；在盐碱地带当被洪水淹没后，形成一条黑白分界线。以上各种分界线，要与附近地形地物对比分析。

(3) 根据洪水对两岸所引起的物理、化学及生物作用的标志

洪水及其所含的物质与两岸岩石接触之后所引起的物理、化学反应，常留下特殊颜色的痕迹，可供判别洪痕大致位置。

荒僻地区的洪痕辨别，必须根据地区特点并结合地形、地质条件和洪痕标志物的表征具体分析。如果仅仅依靠偶然发现的一两个孤立洪痕，不加分析就作为确定洪水位的依据，就可能产生严重错误。

(四) 河道情况的调查

调查河段的冲淤变迁，河床植被的今昔变化及推算断面处的水流情况，对洪峰流量的影响很大，若不考虑这种变化情况，简单地采用“古痕今算”的作法，必然使成果出入很大。

调查时应找些老船工、老渔民、老农民，通过他们对其幼年（或听传说）时河边某种地形地物高度、过河水深、水面宽、植被的种类及分布情形的回忆对比，对发生历史洪水时的河道情况作出判断。如在黄河府谷河段调查时，群众反映说：“过去在河边岩洞摸鸟窝，还要搬梯子才能上去，现在伸手就摸着了”。说明近几十年河道明显淤积。又如在湖北浠水调查时，有一位六十多岁的老人说：“他十多岁时在河边洗澡，站在滩上可以摸到刻在河边岩石上的‘念三哉’三个刻字”。经考证这三个字正好埋掉一半，估计达五十年淤积一米五左右，平均每年淤积量约30毫米。

三、洪水调查中的测量及摄影

洪水调查的测量工作项目有洪痕标高、河道横断面、瞬时水面线及河底纵断面等。

(一) 洪痕标高测量

洪痕标高测量一般采用图根水准，测量的具体方法和某些规定，可参考《水文测验手册》。

水准测量一定要按一般规定进行。在这方面有过严重教训，如某电厂开工后，发现原洪痕水位测量偏低一米，导致推算的洪峰流量偏小24%，给工程的设计和施工造成很大被动。

(二) 河道横断面测量

1. 断面的布设

断面布设的数量及位置，可根据推流的要求确定。

(1) 利用水文站实测的水位流量关系推流时，断面应与水文站的基本水尺断面一致。

(2) 用比降法推流量时，断面数目不宜少于两个，并适当布设在顺直河段内，断面附近有较多和较可靠的洪痕，两断面之间的水面约呈直线变化。

(3) 用水面曲线法推流时, 断面应布设在水面转折处, 断面的数目不宜少于三个。

(4) 用卡口估算流量时, 断面应布设在卡口上下渐变流断面处。

2. 各断面线方向应垂直于洪水时河道水流中泓线。

3. 断面测点距离, 以能反映断面转折变化为度, 在滩地平坦地段前后点间距, 不宜超过300米, 断面两岸测至历年最高洪水位以上2~3米, 平原河流两岸漫滩很远而施测有困难者, 可测至历年最高洪水位以上0.5米为止。

(三) 瞬时水面线测量

瞬时水面线测量可采用下面两种方法进行:

1. 沿河道同时打一组木桩, 木桩桩距, 以能控制水面转折为准, 桩顶与当时水面齐平, 然后采用四等水准测出各桩顶高程, 丈量或用视距法测出桩距。

2. 沿河道打一组矮桩水尺, 测出水尺零点高和间距, 同时观测水位。

(四) 河道纵断面测量

1. 纵断面测量的范围应包括调查河段上下控制断面在内的整个河段, 一般比洪水痕迹分布的范围略长, 并尽量包括各种推流方法的计算断面。

2. 纵断面的测点密度, 以能掌握水面转折点为原则, 各横断面处应有测点。两断面间距过长时, 再沿主流补几个测点。

(五) 摄影工作

对于一些有重要价值及估算洪水流量有参考意义的调查访问资料应进行摄影, 摄影的内容一般为: 明显的洪水痕迹, 河道形势和地形, 河床和滩地的河床质及覆盖情况等。

四、洪峰流量计算

计算历史洪水调查的洪峰流量应根据洪痕点分布, 观测资料情况及河段的水力特性等选用适当的方法, 常见的有水位流量关系曲线法、比降法、水面曲线法和卡口、急滩控制断面法等。

(一) 水位流量关系曲线延长法

1. 适用条件

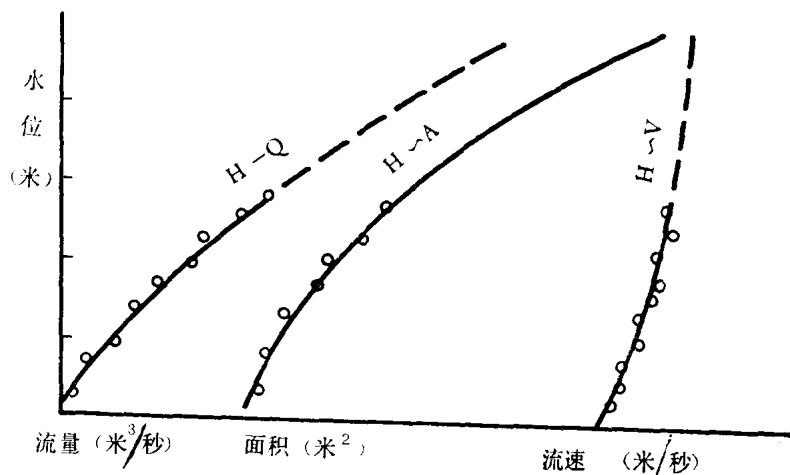


图 1—1 水位流速关系法延长

当在水文站断面处调查有洪水痕迹，或在水文站上、下游不远处调查有洪水痕迹，其区间面积很小，能较可靠地将洪痕移到水文站断面处时，利用水文站实测的水位流量关系曲线延长来推算流量，可以获得较好的结果。有条件参照上下游水文站实测资料建立调查河段的水位流量关系者，也应优先采用此法。

2. 具体方法

(1) 根据水位流速关系外延

在高水时河槽形状如无特殊变化，水位流速关系点子呈带状，变化趋势明显，可按其趋势外延。根据实测大断面资料绘制水位面积关系曲线，用外延得的流速与同一水位的面积两者的乘积，即可延长水位流量关系曲线，如图 1-1。

根据调查的历史洪水位，直接在延长后的水位流量关系曲线上查出历史洪峰流量。

(2) 利用水力学公式作高水延长

利用水力学公式延长水位流量关系曲线的方法有 $H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 法，史梯文森法等，两种方法

基本相似，下面介绍 $H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 法。史梯文森法见《水文测验手册》。

$H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 法中的 $\frac{1}{n} I^{1/2}$ 值，可根据实测资料用满宁公式反求。满宁公式是

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (1-4)$$

式中 V —— 断面平均流速 (米/秒)。

则
$$\frac{1}{n} I^{1/2} = \frac{V}{R^{2/3}}$$

在河道顺直，断面均匀的测站，高水部分糙率及比降均较稳定，其 $H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 关系也接

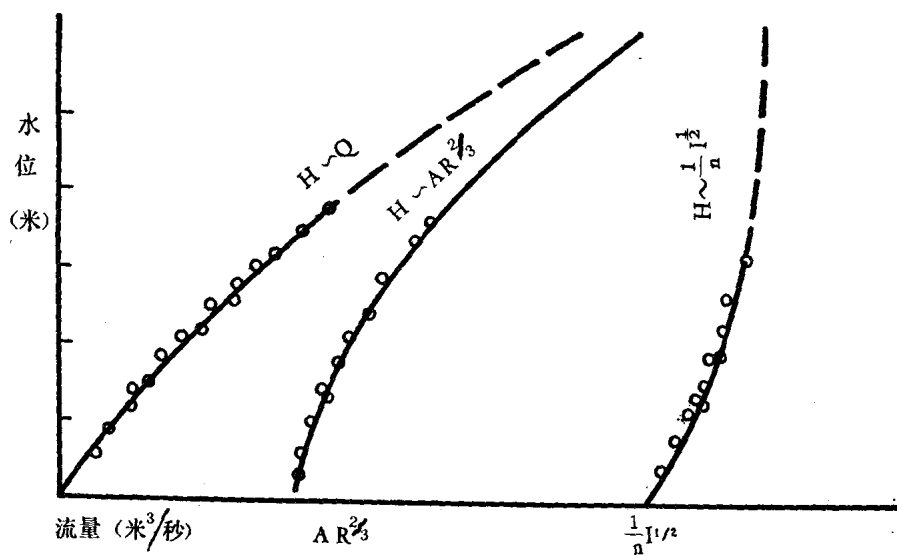


图 1-2 $H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 法延长

近常数，可据此特性延长 $H \sim \frac{1}{n} I^{1/2}$ 关系。再根据实测大断面资料求得 $R^{2/3}$ ，绘制 $H \sim AR^{2/3}$ 曲线。从而可延长水位流量关系曲线，求出历史洪水调查洪峰流量。见图1-2。

受冲淤影响、涨落影响、回水顶托影响的水位流量关系曲线的延长方法，见《水文测验手册》。

(二)比降法

天然河道的洪水一般为不稳定流，不稳定流的计算是复杂的。但一般洪水过程在最高洪水时，常有一定时间的稳定状态，因此，洪水调查洪峰流量可采用稳定流公式计算。

稳定流中又分为稳定均匀流和稳定非均匀流两种。

1. 稳定均匀流洪峰流量的计算

(1)适用条件

河段顺直整齐，长度适当，断面变化甚小或是均匀变化，各断面的组成基本上一致，有多处洪痕点，其分布均匀，左右岸洪痕间无横比降，水面线呈直线，并与河底线大致平行。

(2)计算公式和方法

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} I^{1/2}$$

$$I = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (1-5)$$

令
$$K = \frac{1}{n} AR^{2/3}$$

则
$$Q = K \sqrt{\frac{\Delta H}{L}} \quad (1-6)$$

式中 Q ——调查洪峰流量 (米³/秒)；

I ——调查洪水水面比降；

ΔH ——上、下两断面水位差 (米)；

H_1 、 H_2 ——上、下断面水位 (米)；

L ——计算河段长度，即上、下断面间距 (米)；

K ——流量模数，当采用两个断面时， K 值应为上、下两断面 $K_{\text{上}}$ 与 $K_{\text{下}}$ 的平均值，即

$$K = \frac{K_{\text{上}} + K_{\text{下}}}{2} \quad \text{或} \quad K = \sqrt{K_{\text{上}} K_{\text{下}}}$$

若两断面 $K_{\text{上}}$ 及 $K_{\text{下}}$ 二者相差较大时，应改用稳定非均匀流计算；

A ——有效过水断面 (米²)。计算断面有死水时，应减去其死水面积；有漫滩时，一般宜将主槽边滩分开计算；

n ——糙率，有实测资料时，应用实测资料反推 n 值，绘制 $H \sim n$ 关系线选用；无实测资料时，查附表32、33选用；

R ——水力半径 (米)，宽浅河道可用平均水深 h 代替 R 。

〔例1-1〕鸭绿江流域哈达河关门砬子河段调查1935年洪峰流量的计算。

调查1935年关门砬子河段洪水，横断面左岸出槽，形成主槽和左滩，洪水比降近似平行河底，断面 I 至断面 IV 的 K 值很接近，因此可按稳定均匀流计算。由于主槽和滩地河床组成

有明显的差异，对主槽和左滩分别选用糙率和计算K值。

洪峰流量计算见表1-1。

2. 稳定非均匀流洪峰流量的计算

(1) 适用条件

计算河段上下两断面形状和面积相差较大，各断面的平均流速也不同，水面线与河底线不平行者，应考虑流速水头的变化和局部损失，按稳定非均匀流计算。

表1-1 哈达河关门砬子河段洪峰流量计算表

断面号	1935年				部份名称	面积 A(米) ²	水面宽 B(米)	R (米)	n	K	\bar{K}	$I^{\frac{1}{2}}$	Q (米 ³ /秒)
	洪水位 H(米)	断面间距 L(米)	水位差 ΔH (米)	比降 $\frac{I}{0.000}$									
I	99.11	444	2.19	49.3	主槽	165.5	70.0	2.22	0.035	8040			
					左滩	45.0	94.5	0.47	0.060	450			
					合计	210.5				8490			
										8390	0.0702	590	
II	96.92				主槽	160.3	65.5	2.28	0.035	8000			
					左滩	21.7	29.8	0.69	0.060	282			
					合计	182.0				8282			

(2) 计算公式和方法

根据伯努里方程式

$$H_1 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = H_2 + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_f + h_j \quad (1-7)$$

式中 g ——重力加速度(米/秒²);

v_1, v_2 ——上、下断面平均流速(米/秒);

α_1, α_2 ——上、下断面流速不均匀系数，一般取 $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$;

h_f ——沿程水头损失(米)，用下式计算:

$$h_f = Q^2 L / \bar{K}^2 \quad (1-8)$$

其中 $\bar{K} = \frac{1}{2}(K_1 + K_2)$ 或 $\frac{1}{\bar{K}^2} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{K_1^2} + \frac{1}{K_2^2}\right)$

h_j ——局部水头损失(米)，用下式计算:

$$h_j = \xi \left| \frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right| \quad (1-9)$$

其中 ξ ——局部损失系数，河道断面扩散者，一般取 $\xi = 0.5$ ，河道断面收缩者， $\xi = 0 \sim 0.1$ 。经过代入和转换，得扩散条件的流量公式为

$$Q = \bar{K} \sqrt{\Delta H} \sqrt{\left[L - \frac{1 - \xi}{2g} \left(\frac{\bar{K}^2}{A_1^2} - \frac{\bar{K}^2}{A_2^2} \right) \right]} \quad (1-10)$$

收缩条件的流量公式为

$$Q = \bar{K} \sqrt{\Delta H} \sqrt{\left[L - \frac{1 + \xi}{2g} \left(\frac{\bar{K}^2}{A_1^2} - \frac{\bar{K}^2}{A_2^2} \right) \right]} \quad (1-11)$$

〔例1-2〕太子河参窝河段1960年调查洪峰流量的计算。

河段Ⅶ~Ⅷ断面有扩散现象，按考虑流速水头差和局部损失进行计算，取 $\xi=0.4$ ，用公式(1-10)直接计算流量，详细计算见表1-2，得 $Q=14500$ 秒立米。

如不考虑速头差和局部损失，则流量为13800秒立米。

表1-2 太子河参窝河段1960年调查洪峰流量计算表

断面号	洪水位 H(米)	断面间距 L(米)	A (米 ²)	K (10 ³)	\bar{K} (10 ³)	ΔH (米)	$\left(\frac{\bar{K}}{A_1}\right)^2$	$\left(\frac{\bar{K}}{A_2}\right)^2$	$\frac{(1-\xi)}{2g}\left(\frac{\bar{K}^2}{A_1^2}-\frac{\bar{K}^2}{A_2^2}\right)$	(7)	$\sqrt{(11)}$	Q (米 ³ /秒)
										(3)-(10) (10 ⁻⁴)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Ⅶ	66.76		3940	485								
		1480			449	1.39	17900	13000	148	10.45	0.032	14500
Ⅷ	68.15		3360	413								

(三)水面曲线法

1. 适用条件

调查河段距离较长，而可靠的洪痕点较少；或者调查洪痕点虽多，但按点群趋势，水面出现明显转折；河道底坡变化较大，调查河段内无控制断面存在，不受变动回水的影响。

2. 基本公式

(1)稳定均匀流公式

$$H_1 = H_2 + \frac{L}{2} \left(\frac{Q^2}{K_1^2} + \frac{Q^2}{K_2^2} \right) \quad (1-12)$$

(2)稳定非均匀流公式

扩散条件时

$$H_1 = H_2 + \frac{L}{2} \left(\frac{Q^2}{K_1^2} + \frac{Q^2}{K_2^2} \right) - (1-\xi) \left(\frac{v_1^2}{2g} - \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (1-13a)$$

收缩条件时

$$H_1 = H_2 + \frac{L}{2} \left(\frac{Q^2}{K_1^2} + \frac{Q^2}{K_2^2} \right) - (1-\xi) \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (1-13b)$$

式中符号意义同上。

3. 计算方法

水面曲线法，一般是假定一个流量 Q 值，根据所估定的各段河道的 n 值，自下游一个已知的洪水水面点起，向上游逐段推算水面线，检查推算的水面线与各个洪水痕迹的符合程度，如大部分符合，则表明所假定的流量是正确的，如不符则需另假定一个流量值再进行计算水面线，直至大部分符合为止。具体计算方法，有试算法、图解法两种。

(1)试算法

当按稳定非均匀流计算时，采用公式(1-13)；如按稳定均匀流计算，采用公式(1-12)。在已选定糙率的基础上，假定一个流量 Q 值，同时还要假定上游断面水位值 H_1 ，由下游