

水文資料整編方法

流量部分

水利电力部水文局編

水利电力出版社

水文資料整編方法

流量部分

水利电力部水文局編

水利电力出版社

水文資料整編方法

流量部分
水利部水利研究所編

1119S284

水利电力出版社出版（北京西郊科学路二里沟）

北京市书刊出版业营业许可出字第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

*

787×1092 $\frac{1}{4}$ 开本*14%印張*336千字*定价(第9类)1.50元

1958年10月北京第1版

1960年1月北京第3次印刷(5,531—7,350册)

前 言

資料整編是水文工作中的一个重要环节，随着祖国水文事业的蓬勃开展，基本水文站網的建立和專用站数的激增，每年有数千站年的資料需要整理、审定，其中基本站的資料，并以年鉴的形式予以公布。为了适应这方面的需要，我局于1954年底曾編印了“水文資料整編方法”一書；但从1955年“水文測站暫行规范”和“水文資料审編刊印須知”頒行以后，無論在工作方法上和整編項目上，均有很大的变革和增加，同时近年来在整編工作上又积累了不少新的經驗和运用了一些新的方法，因此1957年我局曾組織人力对原書加以修訂。由于全書篇幅較多，而各方面对流量部分需要尤其迫切，所以先行出版。

本書初稿曾于1957年10月油印分发各單位使用和征求意见，現在修正付印。与原書（1954年11月版）相比，本書改动之处很多，特别是增加了各种定綫推流方法綜論一章，从各种方法性質上进行了綜合分析，其次对閘壩流量、冰期流量和分流跑灘流量的推算方法提供了新材料。在历史水文資料整編中，不少單位从水位資料插补流量系列，本書亦作了概括性的总结，作为今后遇到类似情况时的参考。但是必須指出，对于羣众性水利化高潮以后測流断面流量所受的影响如何整理，以及建筑物測流、水电站測流、溶液法或离子法測流等特殊流量資料的整理方法，因目前尚缺乏材料，未能列入本書范围。因此，均有待于进一步的研究。

本書主要讀者对象为广大水文測站工作人員和初学水文資料整編的人員，在編写时文字力求淺显，备图不厌其詳，并对一些主要方法，着重地闡明了基本概念，目的在于使讀者能牢固地掌握整編知識和广泛地熟悉各种整編技术。因此对各种方法采取“兼收并蓄，分別評述”的写法，以便于应用和参考。

本書采用的資料，絕大部分是从各單位搜集来的，如我局曾先后派人到治淮委员会、長江流域规划办公室、辽宁、黑龙江、河北、江苏等水利厅（局）搜集資料，并向黄河水利委员会和浙江、江苏、广东、广西、山东等水利电力领导机关索取資料，得到他們的热情协助，謹此致謝。

由于我們工作水平有限，錯誤疏漏之处一定不少，有些新的材料，也还很不成熟，衷心地希望讀者多提意見，对各种方法的討論上，如有不同的看法，也請多加批評和指正。

中华人民共和国水利电力部水文局

1958年5月

目 录

第一章 流量資料整編概論	7
§1 流量資料的应用	7
§2 流量資料的整編步驟	7
§3 流量整編的准备工作	8
§4 实测流量成果表的編制	8
§5 水位流量、水位面积、水位流速关系图的点繪	10
第二章 水位流量关系曲綫的分析	12
§6 水位流量关系概論	12
§7 測站控制	13
§8 水位流量、水位面积、水位流速关系曲綫的一般性質	14
一、水位面积关系曲綫的性質	15
二、水位流速关系曲綫的性質	18
三、水位流量关系曲綫的性質	19
§9 水位流量关系的分析	20
§10 突出点批判	22
一、断面測量的錯誤	22
二、流速測量的誤差	23
三、流量計算的錯誤	24
第三章 稳定的水位流量关系	26
§11 稳定的水位流量关系曲綫的繪制	26
§12 水位流量关系表的編制	26
§13 水位流量关系方程式的选配	28
第四章 受冲淤影响时的水位流量关系	30
§14 基本概念	30
§15 冲淤影响的分类	31
§16 冲淤情况的分析	32
§17 临时曲綫法	36
§18 改正水位法	39
一、普遍冲淤时用导向原断面法定标准曲綫的作法	40
二、不用导向原断面法定标准曲綫的作法	44
三、导向原断面法若干問題的討論	44
§19 連时序法	45
§20 連实测流量过程綫法	47
§21 其他方法	48
一、縱移曲綫法	48
二、平均水深法	49

三、等流量綫法	50
§22 討論	50
第五章 受变动回水影响时的水位流量关系	51
§23 一般概念	51
§24 等落差法	55
§25 定落差法与实测落差法	56
一、定落差法	56
二、实测落差法	59
三、一些方法上的改进	59
§26 正常落差法与任意落差法	62
§27 落差开方根法与平均落差法	65
一、基本概念	65
二、落差开方根法	66
三、平均落差法	67
§28 理論落差法与落差开方根——改正系数法	68
一、理論落差法	68
二、落差开方根——改正系数法	71
§29 平均水位法	73
§30 連时序法与連实测流量过程綫法	73
§31 其他方法	74
一、控制曲綫法	76
二、切割法	80
三、改正系数法	81
四、水位比例法	82
§32 討論	82
第六章 受洪水漲落影响时的水位流量关系	84
§33 一般概念	84
§34 繩套曲綫法	88
§35 校正因数法	88
§36 漲落比例法	93
§37 洪水漲落期間的河槽蓄水校正	95
§38 討論	96
第七章 受其他影响时的水位流量关系	97
§39 河槽中生長水草时的水位流量关系	97
一、一般概念	97
二、几种改正的方法	98
§40 分流跑離时的水位流量关系	99
一、一般概念	99
二、定綫推流方法	100
§41 分洪潰口时的水位流量关系	103
§42 风的影响	108
§43 受混合影响时的水位流量关系	108

一、一般概念	108
二、各种因素分别校正法	109
第八章 冰期流量推算方法	114
§44 一般概念	114
一、冰期流量的变化	114
二、冰对水位流量关系的影响	115
三、冰期水位流量关系在水力学上的分析	116
四、冰期流量推算方法概述	117
§45 临时曲线法	118
§46 冰底高程~流量关系曲线法	119
§47 改正系数法	120
§48 改正水位法	123
§49 连测流量过程线法	123
§50 封冻期与畅流期过渡时段的处理	124
§51 讨论	128
第九章 闸壅流量推算方法	131
§52 一般概念	131
§53 堰流的推算方法	134
§54 自由孔流与半沉溺孔流的推算方法	138
§55 沉溺孔流的推算方法	140
§56 讨论	143
第十章 流量资料定线推流方法概论	144
§57 流量资料定线推流方法按其特征的分类	144
§58 选用整编方法时所必须掌握的基本精神	147
第十一章 水位流量关系曲线的高低水延长	148
§59 水位流量关系曲线的高水延长	148
一、一般概念	148
二、根据水位面积、水位流速关系曲线延长	149
三、用水力学公式计算延长	149
四、用史梯文斯法延长	152
五、用克拉甫琴柯法延长	154
六、用波力亚科夫法延长	154
七、参照历年水位流量关系曲线趋势延长	156
八、借用上下游站实测流量辅助延长	156
九、根据洪水痕迹估算最大流量辅助延长	157
十、洪水绳索水位流量关系曲线的延长	157
十一、有冲淤或回水影响时的高水延长	158
十二、讨论	159
§60 水位流量关系曲线的低水延长	159
一、一般概念	159
二、以断流水位为控制向下延长	160
三、由水力学公式计算低水流速向下延长	161

四、由水位流量关系曲线直接向下延长	161
五、借用上下游站的流量作为辅助向下延长	161
六、讨论	162
第十二章 流量插补	162
§61 流量插补的意义及插补的基本精神	162
§62 水位流量关系稳定或受冲淤影响不严重时的插补	163
一、一般概念及插补前的准备工作	163
二、借用相邻期间的水位流量关系曲线	164
三、用加里宁法辅助定线	164
四、借用大断面资料定线	165
五、用历年平均基本流量为控制定低水部分关系曲线	166
六、用相邻站平均流量相关曲线插补	167
七、用月平均气温~月平均流量关系曲线插补	167
§63 受变动回水或洪水涨落影响时的插补	167
§64 冰期流量插补	169
一、一般概念	169
二、亏水曲线法	170
三、与前期基流相关法	170
四、冰厚估算流量法	170
五、 $K \sim \alpha$ 关系曲线法	172
六、利用历年平均 K 值过程线插补	174
七、借用其他年分冰期水位流量关系曲线插补	174
八、各站间直接相关插补	175
§65 插补资料的评价	175
§66 讨论	177
第十三章 逐日平均流量表及其他整编图表的编制	178
§67 摘录水位和推求逐时流量	178
§68 日平均流量的推求	179
一、推算日平均流量的两种方法	179
二、逐时推算日平均流量的方法	182
§69 逐日平均流量表的编制	184
§70 逐日平均流量过程线图的绘制	185
§71 频率表的编制	185
§72 洪水水文要素摘录表的编制	187
§73 流量资料整理说明书的编写	188
第十四章 流量资料的合理性检查与整编成果的审查	191
§74 合理性检查与审查的意义和方法	191
§75 历年水位流量关系曲线的比较	191
一、一般概念	191
二、历年水位流量关系曲线图的绘制与检查	192
§76 上下游水量对照分析	194
一、流量过程线分析	194

二、上下游流量过程线间的关系	196
三、上下游径流总量的关系——水量平衡的原理	199
四、洪峰流量过程线的绘制与检查	201
五、日平均流量重迭过程线的绘制与检查	205
六、月、年平均流量对照表的编制与检查	207
七、月、年最大最小流量对照表的编制与检查	212
§77 降水径流关系的检查	213
一、一般概念	213
二、降水径流对照表的编制与检查	214
三、年降水年径流关系的检查	222
§78 年径流模数等值线的绘制与检查	223
一、一般概念	223
二、年径流模数等值线的绘制与检查的方法	223
§79 其他合理性检查方法及有关问题的讨论	226
一、本站历年流量过程线的比较	226
二、历年月径流分配的比较	226
§80 整编成果审查的其他内容	228
一、概述	228
二、流量整编方法的审查	228
§81 刊布图表规格数字的检查	229
§82 流量整编工作的清理结束	229
主要参考文献	231

第一章 流量資料整編概論

§1 流量資料的應用

各种水工建筑物、水电站、水庫、引水建筑物、桥梁、厂矿設計以及与河流有关的給水排水工程，都需要流量資料。如日平均流量，月、年平均流量及徑流量，各种历时的流量，最大、最小流量等，通过水文計算作为設計的根据。

在作流域规划时，最基本的資料就是全流域水量的分析和平衡(通常叫做算水賬)，只有确切地掌握全河的水量分布情况，才能經濟合理地分配用水量，才能决定水力发电、防洪、航运、給水、灌溉等水利工程的綜合利用，才能得出詳細周密的流域规划来，而資料整編是水文計算的基础工作。

由于流量的施測比較复杂，因此在进行时就难免不間斷，也就不易直接了解流量的連續变化情形，必須经过整編推出各时段的流量，才能滿足应用的需求。流量資料整編是原始資料的加工过程，就是使測站測得的流量資料推求月、年平均，最大最小等能够直接应用的統計特征值。

整編时推求流量，一般是通过水位流量关系曲綫来进行的，根据实测流量，寻求水位流量之間的关系，有了这个关系，便可由逐日或逐时的水位推求逐日或逐时的流量了。水位流量关系是很复杂的，受各种水力因素的影响，各站皆有其特定的性質。要正确地确定水位流量关系必須掌握水位流量关系的基本規律及本站的測站特性。同时，造成流量資料的誤差以至錯誤的因素也非常多，譬如測驗河段選擇不当、仪器故障、操作不当、計算錯誤、整編錯誤等都是。为了保証流量整編成果的質量，在整編过程中就必须作一系列的分析檢查工作，如对原始資料作分析，对整編成果作合理性檢查等。作这些工作必須掌握河流的一般水文規律与本河流的具体情况。所以，作流量整編时，必須对水位流量关系以及河流其他水文現象的規律具备理論上的知識，对本站本河流的具体情况有深入的了解。这是作好流量整編工作的关键。

§2 流量資料的整編步驟

流量資料的初步整編在測站上进行。在实测点較多，有可能繪制該时段的水位流量、水位面积、水位流速关系曲綫时即应进行。

流量資料初步整編的步驟按照“水文測站暫行规范”規定如下：

- (1) 进行准备工作。
- (2) 編制“实测流量成果表”。
- (3) 点繪水位流量、水位面积、水位流速关系曲綫及其他水力因素与水位的关系图，分析批判測点，决定水位流量关系曲綫。
- (4) 制作“水位流量关系表”，推算逐日流量及洪水逐时流量。
- (5) 繪制流量过程綫，初步分析流量成果。并进行必要的修正。
- (6) 制作“洪水水文要素摘录表”。
- (7) 制作“逐日平均流量表”。

(8) 檢查各項整理的成果。

(9) 編寫“流量資料整理說明書”。

上面這些步驟里，測點的分析批判是應該經常進行的，其餘工作則可在一定的時段里，集中進行。一年中按工作方便分成若干段落，其具體的分法則視不同河流、不同測站而定。測站在次年初，將頭年的整編成果系統整理，編寫流量資料整理說明書，將全部成果交到上級領導機關進行審查。審查時，普遍進行合理性檢查，重點的檢查整編方法並抽查數字規格的質量。初審後，再將成果交到匯編機關進行“復審”，作與初審內容相似的復查。復審合格後，經過匯編即可付印。

各個整編步驟，必須貫徹工作便利與保證質量的精神。近年來推行的在站整編，使對河流情況、測驗情況最熟悉的人員作整編工作，最便於資料的分析，並可通過整編發現測驗中的問題，而加以改進。工作可以分項目在站分期進行，這就更能及時。層層的檢查與審查，保證了成果的質量，最後應保證消滅資料在應用上有較大影響的錯誤，並爭取消滅一切文字、數字及規格上的錯誤。

§3 流量整編的准备工作

流量資料整理的准备工作如下：

1. 按照“水文測站暫行規範”的規定，收集有關資料。即收集有關本站的工作報告、考証表、記事簿、檢查員檢查意見、測驗工作總結、水情分析、本站歷年資料整編說明、歷年水位流量、水位面積、水位流速關係曲綫以及影響本站流量正常變化的資料，如測站上、下游附近的引水灌溉、給水、分洪、閘門啟閉、封凍、開河及冰壩壅水等記載。有可能時，還應收集本河系上、下游的水位、流量等資料，以便對照比較。

2. 熟悉斷面及上、下游的兩岸和河床變化、流向變化、沙灘出沒情況以及有無死水地、回水區等。檢查各種記載簿內的附註文字。注意儀器的使用情況、斷面設備有無變遷以及施測時期、次數和水情變化的關係等。

3. 抽查和分析原始資料。原始資料在整理前須經過詳細的數字上及測算方法上的審核，整理時再行重點抽查。抽查原始資料時應先確定所測流量是斷面流量還是部分流量，例如測站上游有分流及人工引水時，則所測流量只是斷面流量中的一部分。又如有些測站，在某一時期所測流量，包括串溝及分流的流量；而另一時期，又沒有將它們包括在內。

對流量的施測方法也應加以檢查，看其是否符合規定，且用各種方法所得的成果是否一致。重點抽查實測流量資料時，應特別注意高水位及枯水位部分的實測流量。

在抽查及分析資料時，還應利用水位過程綫，以了解水情特性；尤其是冰壅和冰壩等。

抽查中發現並經證明錯誤嚴重且無法加以修正而須廢棄的資料，應注明原因後妥存，並報告領導機關。

在准备工作里所了解到的情況，或發現的問題，應作簡單扼要的文字記載。

§4 實測流量成果表的編制

實測流量資料是流量整編工作的對象，也是整編成果的基礎，如實測資料內包含錯

表 1-1 实测流量成果表实例:

实 测 流 量 成 果 表

共 頁 第 頁

施测 序号	施 测 时 间		断面 名称	测 流 段 河流状况	流 量 (公方/秒)	测 验 方 法	计 算 方 法	流速(公尺/秒)		水道断面 面积 (平方公尺)	水面宽 (公尺)	水深(公尺)		水 面 比 降 (万分率)	糙 率	备 注
	月/日	起迄时分						平 均	最 大			平 均	最 大			
16	4/6	9:30—12:15	基流		470	水工(55) 8/15分析法		0.71	1.02	663	305	2.17	4.35	0.39	0.015	第20, 21测次
17	8	14:17—17:20	基流		998	水工(55) 11/33分析法		0.94	1.57	1060	325	3.26	5.7	0.38	0.014	测验精度欠
18	9	14:17—17:40	基流		1440	水工(55) 11/33分析法		1.12	1.77	1280	330	3.88	6.4	0.29	0.012	佳, 逐分析不
19	10	10:10—13:35	基流		1830	水工(55) 11/33分析法		1.24	1.98	1470	341	4.31	6.8	0.27	0.011	合理, 予以舍
22	14	10:45—12:40	基流		2360	柱型浮标/4	0.77	1.31	2.08	1800	351	5.10	7.6	0.07	0.006	乘
			×		×		×			×						第76, 77次中,
76	8/8	6:20—13:52	基流	河槽漫滩	4280			0.68	1.49	6230	1800	3.46	29.1			第一行为全断
			基流	河槽漫滩	3720	水工(55) 14/70分析法		1.00	1.49	3730	218	7.1	29.1			面总成果, 第
			基流	河槽漫滩	565	水工(51) 28/45分析法		0.23	0.39	2500	1580	1.58	3.30			二行为主流成
			基流	河槽漫滩	5340			0.81	1.69	6580	1840	3.58	29.4			果, 第三行为
77	10	9:00—16:27	基流	河槽漫滩	4520	水工(55) 15/81分析法		1.21	1.69	3730	218	17.1	29.4			露地成果
			基流	河槽漫滩	817	水工(51) 28/71分析法		0.29	0.55	2850	1620	1.76	3.50			
			×		×		×			×						
1	1/2	10:45—12:00	流速仪	封冻	28.6	水工(55) 10/20分析法		0.35	0.50	34.3/82.2	57.5	1.43	1.84	1.3	0.027	
2	5	13:30—14:50	流速仪	封冻	23.4	水工(55) 10/20分析法		0.33	0.48	43.2/70.2	57.5	1.22	1.61	1.7	0.029	
3	8	10:50—11:35	流速仪	封冻	20.9	水工(55) 10/20分析法		0.33	0.45	50.9/63.8	57.5	1.11	1.53	1.3	0.023	
4	11	12:30—12:50	流速仪	封冻	17.3	水工(55) 10/20分析法		0.30	0.45	57.5/58.3	56.0	1.04	1.39	1.3	0.025	
5	14	11:10—12:00	流速仪	封冻	15.7	水工(55) 10/20分析法		0.29	0.40	58.0/54.1	52.0	1.94	1.42	1.7	0.029	

誤未被發現，即使整編過程的計算很準確，其結果也是錯誤的。有時一次實測流量計算或測量的錯誤，會使整個時段的流量整編所得成果發生系統的錯誤，在最高及最低水位部分實測成果尤為重要，所以對實測資料的檢查分析是非常重要的，整編時要求深入鑽研、反復研究。編制實測流量成果是分析流量資料的第一步，編制此表的目的是：

1. 作為審查和分析實測流量資料——由表中編列全年各次實測流量的測法、應用系數及河面寬、比降、糙率情況，可以系統地了解測驗中存在的問題。如全年共測多少次，都用流速儀測還是大都用浮標測，浮標應用系數與風力風向漲落水等的關係是否合理，流速儀測一共用過幾架流速儀，中間在什麼時候變換的，這些情況都有助於對水位流量關係點子的批判。

2. 作為點繪水位流量、水位面積、水位流速關係點子時用——從記載表中將水位、流量、面積、流速編列成實測成果表後，對點繪工作方便許多，可減少點繪的錯誤。

3. 刊布後作為了解測站特性及實測資料情況用——表中所列實測項目，常為規劃設計工作上常用參考數字，故需刊布，有時為深入了解測站的水文特性，也要應用這些資料來分析。

實測流量成果表的格式及填寫方法應按照部頒“水文測站報表填寫說明”。現舉實例三則如表 1-1 所示為了幫助下一步的分析，可以在成果表上用一些簡單符號或文字表示一些有關的測驗情況，如本年曾用數架流速儀測流，可將不同流速儀的測次注明不同的符號，以便分析。又如某些在測驗上認為比較可靠的測次可記以特殊符號，在繪制水位流量關係曲線時可將這些點子作為控制點。在填表說明規定以外的符號或文字在刊布時應一律刪去。

§5 水位流量、水位面積、水位流速關係圖的點繪

水位流量、水位面積、水位流速關係圖，應以同一水位為縱坐標，自左至右依次以流量、面積、流速為橫坐標點繪在直角坐標的米厘格紙上。流量、面積、流速坐標的排列，應能避免關係點子的相互混淆及曲線的相互交叉。

水位流量、水位面積、水位流速關係點，必須根據“實測流量成果表”來點繪。

選用的比例尺，應使全部曲線都能畫在大小為 50×70 或 35×50 公分的米厘格紙上。為了選擇適宜的比例尺，必須首先確定水位、流量、面積、流速的變化幅度。按其變化幅度，在圖紙上粗估水位流量、水位面積、水位流速關係點分布的趨勢及範圍，確定縱橫比例。所採用的比例尺，最好使水位流量、水位面積、水位流速關係曲線各與橫坐標成 45° 、 60° 、 60° 之交角。

比例尺應是 1、2 或 5 的倍數，例如：1 公分坐標代表 0.01、0.02、0.05、0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、5.0、10、20、50、100、200……個水位單位（公尺）、流量單位（公方/秒）、面積單位（平方公尺）及流速單位（公尺/秒）等。

如本站有其他年份的水位流量關係曲線，並且其比例尺符合上述規定時，則本年比例尺應盡量與以往各年的比例尺一致，以便於比較。

水位流量關係曲線為由水位推算流量的工具，它必須包括全年的整個水位變幅。為了便於查對，可在關係曲線圖上繪出最高和最低水位位置。如一年內流量變幅很大，以致用同一種流量比例尺繪出的曲線上，低水部分不能讀出規定之有效數字時，則水位流

量关系曲线的低水部分，应以放大的比例尺另行绘制，一直到能作到读出低水流量的有效数字。惟在流量变率很大的测站，严格作到这一点是很困难的。实际上，我们可以拿推读流量的最大相对误差来作低水放大界限的控制。一般情况下，这个误差控制在1%以内就可以了。在方格纸上查读数字的绝对误差是0.5公厘，但其相对误差则视查读数值之大小而定。如在离原点50公厘处，查读的相对误差为 $\frac{0.5}{50} = 1\%$ ；在离原点5公厘处，查读的相对误差就是 $\frac{0.5}{5} = 10\%$ 了。我们可以分别不同情况，定出一个最大误差界限，并可以找到一个相应的与原点的距离，在该处查读误差恰与所定误差界限相等。在这个距离处画一条垂直线，称为“有效界线”（参阅图1-1）。有效界线以上的水位流量关系曲线是可以用来查读流量的，称为曲线的有效部分。有效界线以下的曲线必须进行放大，放大后，最小流量仍在有效界线以下者，应再次放大，直到全部曲线都在有效界线以上为止。最大误差界限应与测验精度相称，应根据测验误差情况确定之。有时曲线的低水部分应用时间很短，测点也很少，尺度还可以稍为放宽，兹将各种误差界限与相应的有效界线与原点的距离列表1-2，供参考。

表 1-2 水位流量关系曲线有效界线与原点之距离表

查读误差界限 (%)	有效界线与坐标原点的距离(公厘)
1	50.0
2	25.0
2.5	20.0
4	12.5
5	10.0

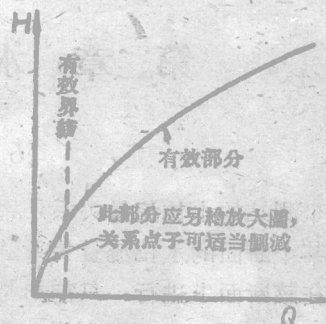


图1-1 曲线的有效界线

举例如下。某站最高水位73.76公尺，最低水位70.34公尺，最大流量1,850公方/秒，最小流量1.31公方/秒。全图采用50×70公分方格纸绘制，纵比例尺可取1公分=0.1公尺，流量取1公分=50公方/秒。查读误差界限用2%，有效界线距离为25公厘，相当于流量12.5公方/秒。其次用35×50公分的方格纸作第一次放大，放大125公方/秒以下部分，取1公分=5公方/秒，25公厘处流量为12.5公方/秒。再作第二次放大，取1公分=0.5公方/秒，放大12.5公方/秒以下部分。在第二次放大图上，2.5公分处流量为1.25公方/秒，已小于最小流量1.31公方/秒，表示放大已足够，不必再放大了。凡要放大的图，在有效部分的测点皆应点上，有效部分以下，即已另有低水放大图部分，测点可以适当删减一部分。靠近畅流期的冰期流量测点亦应绘入。在稳定封冻期，如不用水位流量关系线整编时，点子可以不绘入。

点绘水位流量关系点应用的符号，可采用：

1. 在河床比较稳定的测站，流速仪施测者，用“○”表示；浮标施测者，用“△”表示；积深浮标施测者，用“×”表示；其他方法施测者，可另外选用一种符号。点子的右上角，用阿拉伯字注明施测日期（测点较少时）或测次（测点较密时）。在测点很密，不能在点旁注字时，可在点子左或右边同一水平线的较远处注字。必要时用细线将所注的字指到点子上。

2. 在冲淤变化较大的测站, 除用 1 项所定符号点繪外, 还可在点子的符号内空心上加上不同顏色, 表示不同的冲淤时段; 以便分析。若冲淤頻繁, 上述符号及顏色仍不足以表示时, 亦可不受上述符号规定的限制, 采用其他各种符号, 但应以清晰明确为准。

3. 在受有洪水漲落影响的测站, 为了显示各次洪水的漲落过程, 依各次漲落的先后次序也可用不同顏色或符号来表示实测点。

(4) 必要时, 还可在点子旁边打上临时符号, 以标明点子的准确程度。这些临时符号在流量資料整理完毕后, 即行擦去。

在水位流量关系比較乱时, 为便于分析, 可以把一年的資料分成几个时段分別点繪关系图。用連时序法整编者, 可以把水位过程綫和关系曲綫画在一起, 为便于安排, 可以只画水位流量关系曲綫, 而把水位面积, 水位流速关系曲綫繪在另一張图上。

当分析測驗成果需要时, 除繪制上述三种曲綫外, 可用同样图紙, 繪制各項水力因素与水位的关系曲綫图。其中包括: 水位与平均水深, 水位与水面寬, 水位与最大水深, 水位与最大流速, 水位与水面比降的关系曲綫等。

第二章 水位流量关系曲綫的分析

§6 水位流量关系概論

一个测站的水位流量关系, 系指测站基本水尺处的水位与通过該断面的流量之間的关系。某个断面的水位流量关系的变化情况, 須从实测流量成果探索。流量的测量并不一定就在該断面上进行, 只需施测流量的断面与水尺断面鄰接, 則兩处流量基本上相等。在这种情况下, 我們利用在基本水尺处所观测的水位以求得逐日或逐时的流量, 寻求基本水尺断面与流量断面的水位流量关系。在一般稳定流动的情况下, 令某断面:

Q = 流量;

v = 平均流速;

A = 断面面积;

B = 水面寬度;

P = 湿周;

R = 水力半徑 = $\frac{A}{P}$, 在天然河道, $R \approx \frac{A}{B} = h$ (平均水深);

I_e = 能面比降;

I_s = 水面比降。

一般情况, 流速可以按曼宁公式来表示:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I_e^{1/2} \quad (2-1)$$

式中 n 为糙率。

則

$$Q = A \cdot v = \frac{1}{n} A R^{2/3} I_e^{1/2} \quad (2-2)$$

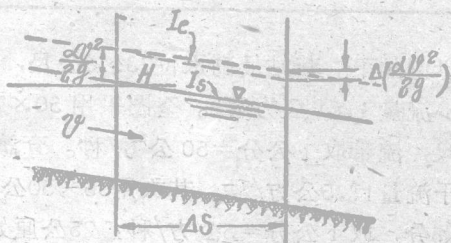


图2-1

如图2-1, 在水力学上得知当稳定流时,

$$I_s = \frac{4\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)}{4S} + \frac{v^2 n^2}{R^{4/3}} = \frac{4\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)}{4S} + I_e. \quad (2-3)$$

式中 $\frac{4\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)}{4S}$ 为随着流速水头的变化而产生的比降增量, 当河槽沿河长变形不剧烈

时, $\frac{4\left(\frac{\alpha v^2}{2g}\right)}{4S} \approx 0$, 故 $I_e \approx I_s$ 。在这种情况下, 可写为:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} I_s^{1/2}. \quad (2-4)$$

由此说明, 通过流量断面的流量等于基本水尺处流量。

当河道通过断面的流量为 Q , 在一定的 Ω 、 n 、 I_s 的条件下反映出一定的水位 H , 可以写为:

$$H = f(Q, \Omega, n, I_s). \quad (2-5)$$

式中 Ω 为面积 A 及水力半径 R 的乘积

按一般习惯, 多把 Q 看作是倚变数, 故有:

$$Q = f(H, \Omega, n, I_s). \quad (2-6)$$

因此如欲水位流量关系维持稳定, 必须具备下列条件之一:

(1) Ω 、 I_s 、 n 等因素在同一水位 H 时, 均维持不变。

(2) 在同一水位 H 时, Ω 、 I_s 、 n 各因素虽然有变动, 惟其变动对水位流量关系的影响可以互相补偿。

在这种条件下, 同一个水位 H , 就只有一个相应的流量 Q , $H \sim Q$ 关系就成为一条单一的曲线。在天然河道里, 严格讲, 在较长时段内几乎是不存在这种简单关系的, 只是影响程度的大小而已。

因为各个河流各个断面的水力因素是各不相同的, 因此每一测站就有它自己的水位流量关系。同时, 这些水力因素也可能因时间的转移而发生变化, 这也就使得同一测站的水位流量关系也会因时而异。由此可见, 水位流量关系是随不同空间(测站)和不同时间而变的, 当然这些变化, 我们是可以加以分类的, 至于如何分法, 将在以后逐节详述。

§7 测站控制

如前节(2-6)式所示, 为使某个水文测站的水位和流量保持长久和一定的关系, 必需使影响此种关系的各项水力因素保持不变或虽变动而能互相补偿。如在测站的下游有一个断面或一段河槽, 其水力特性能够使得测站的水位流量关系保持一定的稳定状况, 这个断面或河段便称为测站控制。换一句话说, 测站控制就是使水位流量关系保持稳定的各个主要水力因素的组。这些因素若集中在一个断面上或在一个极短的河段上, 便形成断面控制; 假如水位流量关系, 是靠相当长的一段河槽的底坡、断面形状、糙率等因素来控制的, 便称为河槽控制。

只要测站控制的各个水力因素维持不变,就能维持水位流量关系稳定;相反,水位流量关系的改变一定是由于测站控制的变动,这是重要概念之一。正确的理解测站控制的基本概念,并深入的了解测站的控制情况会帮助我们理解测站水位流量关系的特点。

低水时期的控制常是一个下游附近比降突然转折的地方,在该处形成临界水深,如天然石梁,急滩等都是。只要石梁、急滩的形状不变,一定的流量就有一个固定的水头,如水尺在其上游不远处,石梁水尺间的落差很小且变动不大,则水尺处的水位流量关系是稳定的,即使水尺处有冲淤变化,只要控制断面不变,水位流量关系还是基本不变。面积的变化将恰为流速的变化所补偿。

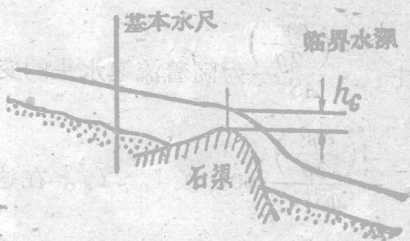


图 2-2 低水控制

在高水时期,易于发生控制作用的为卡口,使水流形成跌落,产生临界流速,同一流量只有一个水头,水尺在卡口上游不远,则该处水位流量关系是稳定的。若测站下游不远处有束狭河段、弯曲河段,在高水时造成水面纵坡之转折,皆可以消除下游水位对上游的影响,并维持上游比降之稳定,因而对测站水位流量关系,具有一定的控制作用。

有时,测站下游并不具有上述各项比较明显的具有控制性的事物,不足以使水面坡度发生明显的转折,那么水尺处的水位流量关系便要靠下游一段河槽所发生的阻力作用来控制了。在这种情况下,许多次要的因素,如断面、糙率、底坡可以联合起来对于稳定水流状态发生作用。

有时,为了获得良好的测站控制,特别是小河低水部分,要在河流上修筑人工控制。

一个站水位不同时,控制因素也可以不同,实际上很少有“全能控制”。如低水天然石梁控制,可能在高水时被淹没失去作用而另由河槽控制,控制河段也常因水位的升高而向下游延伸。

前面已经提到,只要控制断面或控制河段诸水力因素能长期维持不变,则测站的水位流量关系就长期维持稳定,这种情况称为控制良好或控制稳定。反之,若控制断面或控制河段诸水力因素不能维持长期稳定,甚或经常变动,则水位流量关系也就不稳定了,这种情况称为控制不良或控制不稳定。譬如,低水急滩控制,当急滩处河底发生冲刷后,水位流量关系曲线就要右移。而在河槽控制情况下,如控制河段发生冲淤,或比降因回水或洪水涨落等发生变化,或糙率因生长水草等发生变化,就都足以破坏水位流量关系的稳定。这些控制的变动情形,在本章下面诸节里将详细讨论。

§8 水位流量、水位面积、水位流速关系曲线的一般性质

在分析天然河道三种关系曲线的性质以前,可以复习一下水力学上对人工渠道里三种关系曲线形式的探讨。

如明渠中,断面、坡度、糙率均保持一致时,水位和流量的关系,可以用经验公式推求。例如,用曼宁公式:

$$Q = A v = \frac{1}{n} A R^{2/3} I^{1/2} \quad (2-7)$$