

21世纪成人高等教育特色专业教材

水文信息 采集与处理

Collection and Processing
on Hydrologic Information

周忠远 舒大兴 编著

河海大学出版社

水文信息采集与处理

周忠远 舒大兴 编著

河海大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了江河水文信息的采集、整理和整编的基本概念及原理、方法。全书共十三章。主要内容包括水文站网规划及布设原则,水位、流量和泥沙等水文要素的测验及整编,水文测验误差分析,流域及河段的水文调查和现代水文信息技术等。

本书为水文水资源管理专业函授教材,也可作为水文水资源专业参考书,同时可供从事水文、水利的工程技术人员和水文测站的职工学习与参考。

图书在版编目(CIP)数据

水文信息采集与处理/周忠远,舒大兴编著. —南京:
河海大学出版社,2005.6

ISBN 7-5630-2113-2

I. 水... II. ①周... ②舒... III. 信息技术—应
用—水文学 IV. P33-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 050395 号

书 名 水文信息采集与处理
书 号 ISBN 7-5630-2113-2/TV·257
责任编辑 马文潭
特约编辑 顾 群 吴 鸣
责任校对 江 南 陈 凡
封面设计 张世立
出 版 河海大学出版社
地 址 南京西康路1号(邮编:210098)
电 话 (025)83737852(总编室) (025)83722833(发行部)
经 销 江苏省新华书店
印 刷 南京捷迅印务有限公司
开 本 787×1092 毫米 1/16 21 印张 498 千字
版 次 2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 1 次印刷
定 价 31.00 元

前言

本教材是根据河海大学水文水资源管理专业函授教学计划的要求,以《水文测验与查勘》(林传真、周忠远主编)为基础,参考《水文测验规范》行业标准和现行的各类水文测验规范及《水文资料整编规范》编写而成的。

教材内容包括水文测验、水文资料整编、水文调查和现代水文信息技术,因此,本教材取名为《水文信息采集与处理》。书中前三部分由周忠远编写,现代水文信息技术由舒大兴编写。

本教材力求深入浅出,理论联系实际,并附有复习思考题和习题,便于学生自学和进行必要的基本技能训练。书中比较全面地反映了国内外水文信息采集与处理通用的技术方法,采用最新的技术标准,尽量反映当前的国内外水平。

本书在编写过程中得到很多同志的帮助,同时参考了大量的文献,谨此致谢!

由于时间仓促,水平所限,书中难免有不妥和错误之处,欢迎批评指正。

编 者

2005 年 1 月

目 录

绪 论	1
第一章 水文测站与水文站网	3
第一节 水文测站	3
第二节 水文站网规划及调整	4
第三节 水文测站的设立	9
第二章 水位观测及水位资料整编	16
第一节 水位与基面	16
第二节 观测水位的设备	17
第三节 水位观测及观测成果的计算	20
第四节 水位资料整编	22
第三章 断面测量	27
第一节 水道断面测量	27
第二节 大断面测量及资料整理	33
第三节 断面测量误差来源及控制	37
第四章 河道流量测验的基本方法	39
第一节 概述	39
第二节 流速分布与流速脉动	41
第三节 流向测量	48
第四节 流速仪法测流	51
第五节 浮标法测流	62
第六节 高洪流量测验	66
第五章 流量测验的其他方法	72
第一节 堰槽测流	72
第二节 动船法测流	77
第三节 超声波频差法测流	81
第四节 溶液法测流	83
第五节 ADCP 测流	86
第六章 泥沙测验	92
第一节 泥沙运动及其分布	92
第二节 悬移质泥沙测验	94
第三节 推移质和河床质泥沙测验	105
第四节 泥沙颗粒分析	110
第七章 水文测验误差	119
第一节 误差的基本概念	119

2 水文信息采集与处理

第二节 误差的传播与综合	123
第三节 流速仪法测流误差的估算	127
第八章 水位流量关系分析	133
第一节 稳定的水位流量关系分析	133
第二节 受洪水涨落影响的水位流量关系分析	136
第三节 受变动回水影响的水位流量关系分析	139
第四节 受断面冲淤影响的水位流量关系分析	143
第五节 水草、结冰及混合因素影响下水位流量关系分析	146
第九章 流量资料整编	150
第一节 定线精度与关系曲线检验	150
第二节 河道站流量资料整编方法	159
第三节 利用水工建筑物推算流量	176
第四节 水位流量关系曲线的延长及缺测资料的插补	183
第五节 流量资料的合理性检查	186
第十章 泥沙资料整编	189
第一节 悬移质泥沙资料整编	189
第二节 推移质输沙率资料整编	194
第三节 泥沙颗粒级配资料整编	196
第四节 泥沙资料的合理性检查	198
第十一章 潮水河水文测验	203
第一节 概述	203
第二节 潮水位观测及资料整理	206
第三节 潮流量测验	208
第四节 潮流量资料整编	216
第五节 潮水河悬移质泥沙测验及资料整理	221
第十二章 水文调查	226
第一节 水文调查概述	226
第二节 流域调查	229
第三节 水文专门调查	237
第四节 水文站定位观测的补充调查	255
第十三章 现代水文信息技术	263
第一节 水文现代化内涵	263
第二节 水文传感器	265
第三节 水文信息采集系统	278
第四节 水文信息传输	281
第五节 河道流量测量机器人	292
附表、习题	298
附表: 水文资料整编成果各要素单位和取用精度一览表	298
习题一 大断面的计算	300

习题二	流速仪法测流的流量计算.....	302
习题三	悬移质输沙率计算.....	307
习题四	单一线法整编流量资料.....	313
习题五	淹没式孔流的流量资料整编.....	317
习题六	水位流量关系曲线的高水延长.....	319
习题七	水面曲线法推算洪峰流量.....	323
参考文献		327

绪 论

水文信息的采集与处理是研究水文资料的测验、测量和调查及水文资料的整理和整编的原理和方法的一门学科。它将为学习水文科学和从事水文事业奠定必要的理论基础,并且指导必要的基本训练。

水文信息的采集与处理是水文科学的基础工作。它的任务是根据国民经济发展的需要,进行水文站网的规划,布设水文测站;采用定点观测、巡回测验和水文调查等方法进行水文信息的采集;对采集到的信息进行分析、处理和整编,把零散的水文信息整编成系统的水文资料。水文信息采集与处理是国家的基本信息的收集与整理工作,它是国家的公益事业,它服务于国民经济各部门并有国家基础大法之一《水法》作基础。

水文信息的采集与处理是随着人类对水的利用在实践中发展起来的。世界上最古老的水文信息记载发现于埃及。约在 4 000 多年前,埃及的僧侣用石砌地道接通到尼罗河石井,洪水期间在井壁上读记水位,以预告尼罗河泛滥范围。我国在 4 200 多年前,夏禹治水也是观察了河流的水文变化情势,认识到“顺水之性”,采用了疏导之策而取得成功的。公元前 3 世纪的《吕氏春秋·圉道》中准确而朴素地对水文循环的定性描述,与后世的定量完全相符,为后来许多史学家推崇备至。公元前 3 世纪,李冰父子在四川修建的都江堰水利工程,设置了 3 个石人水测,以分别观测内江、外江和渠首的水位,同时巧妙地利用当地地形,合理解决了分洪、排沙、灌溉和航运等水文问题。

我国现代水文测验工作始于 19 世纪中叶。帝国主义为控制我国沿海和内河航运,于 1865 年在汉口等地设站观测水位或雨量;始建于 1910 年的海河小孙庄水文站最先采用浮标法测流;最早使用流速仪测流的测站是 1915 年设站的淮河蚌埠水文站。在旧中国,我国水文站网缺乏统一规划,设备落后,至 1949 年,全国各种水文站点仅 2 600 处(未包括台湾省数字,下同),其中水文站仅 148 处,且分布很不合理,资料残缺不全,未经整编,无法利用。

解放后,随着国家建设的发展,水文测验工作有了很大的进步和提高,全国已建立起较为完整和科学的站网体系。到 2004 年,除台湾省外,全国水文站网年报统计,全国有国家基本水文站 2 905 处,水位站 1 134 处,雨量站 14 108 处,实验站约 60 处,地下水测井约 11 757 处。在水文站上除观测水位、流量外,同时测沙的约有 1 446 处,观测蒸发的 358 处,测冰凌的 967 处,测水质的约 3 925 处。同时,水文测验规范也在不断充实和完善。在 1955 年制定的《水文测站暂行规范》基础上,经 20 世纪 60 年代和 70 年代的两次修订,统一了全国水文测验技术标准。1982 年以来,又在总结我国经验和吸收国际标准有关内容的基础上,对先前规范进行了全面的修订,已颁行了 8 册。1990 年 1 月开始实施《水文资料整编规范》,1994 年 2 月开始实施《河流流量测验规范》。随着我国经济的迅速发展和科学技术水平的快速提高,我国水文信息采集及处理的技术也有明显的改进。目前,我国大多数可能使用水位、雨量自记的测站都使用了自记水位计和自记雨量计,使用缆道测流的测站已达 50% 以上,遥测、遥控和自动测报系统已较普遍地建立,超声波测流、光电

2 水文信息采集与处理

测沙和多普勒流速剖面仪等已在生产上相继应用。在使用计算机进行水文资料整编方面,我国在 20 世纪 70 年代已开始使用,几经改版,目前正在研制智能化、自动化更高的资料整编软件。随着我国国力的增强和科学技术的提高,水文信息采集与处理的高科技产品和系统的研制开发已提到日程,水文信息的采集、处理、传输、存贮和检索的自动化系统不久将会在我国实现。

第一章

水文测站与水文站网

第一节 水文测站

一、水文测站的基本任务

水文测站是按一定技术标准进行经常采集和提供水文要素各种信息的场所的总称。

水文测站是水文信息采集的基层单位,因此,它的最重要的任务是进行水文测验。它根据各种测站的分工,分别进行水位观测、流量测验、泥沙测验、水质测验和降水量及蒸发量观测等。

为了提供科学可靠的水文信息,水文测站必须对所采集的水文信息进行整理、整编,使零散的水文信息成为系统、规范和可用于国民经济各部门的水文资料。

水文测站还是第一时间采集水文信息的场所,水文信息的时效性,决定了水文测站还是发布水文预报或及时提供水文预报信息的重要基层单位。因此,“报讯”是绝大多数水文站在汛期最重要的工作之一。

二、水文测站的分类

1. 基本站、实验站、专用站和辅助站

按水文测站的性质可分为基本站、实验站、专用站和辅助站。

基本站是为综合需要的公用目的,经统一规划而设立的水文测站。基本站应保持相对稳定,在规定的时期内连续进行观测,收集到的资料应列入国家年鉴或存入国家数据库。

实验站是为深入研究某些专门问题而设立的一个或一组水文测站。实验站也可兼作基本站。

专用站是为特定目的而设立的水文测站,不具备或不完全具备基本站的特点。

辅助站是为帮助某些基本站正确控制水文情势变化而设立的一个或一组站点。辅助站是基本站的补充,计算站网密度时,辅助站不参加统计。

2. 基本站的分类

基本站按观测项目分有流量站、水位站、泥沙站、雨量站、蒸发站、水质站和地下水观测井等。流量站通常称为水文站,流量站均应观测水位。有的流量站还兼测降水量、水面蒸发量、泥沙和水质等。

4 水文信息采集与处理

3. 基本流量站的分类

基本流量站按精度分为三类水文站。

一类精度站的精度应能达到现有测验手段和方法所取得的可能精度。这类测站的主要任务是收集、探索水文特征值在时间上和沿河长的变化规律上所需要长系列样本和防汛需要的资料。这类测站一般布设在大河的干流上。

二类精度站的精度可按测验条件拟定。其任务是收集、探索水文特征值沿河长和区域的变化规律上所需要的具有代表性的系列样本资料。这类测站一般为区域代表站。

三类精度站的精度应达到设站任务的要求。这类测站是收集、探索小河在各种下垫面条件下,产汇流规律、径流变化规律及水文分析计算对系列代表性要求所需资料。这类测站一般布设在有代表性的小河上。

第二节 水文站网规划及调整

一、水文站网

水文站网是在一定地区,按一定原则,由适当数量的各类水文测站构成的水文资料收集系统。由基本站组成的水文站网称基本水文站网。

水文现象受气象、地理等多个方面的影响,致使水文现象随时、随地都在不断地变化,因此,必须设立若干水文站才能控制各个流域变化的水文现象。

气候、地域的变化是复杂的,但复杂的变化总有一渐近的过程,气候的变化还与地理的变化有着密切的关系,相似的气候、自然地理条件,一般都会有相似的水文特征。这样,就有了用较少的测站作为代表站,内插、移置水文特征值的可能。用适当数量的各类水文测站,控制整个地区水文特性,就成了水文站网布设的原则。

水文站的设立和运行,都需要一定的经济支持。以满足水资源评价和开发利用的最低要求,由起码数量的水文测站组成的站网称作为容许最低站网。首先应建成容许最低站网,力求在适应于当地经济发展水平的投入条件下,使站网达到最强的功能。单位面积上水文测站的站数称为站网密度,站网密度也是衡量地区发展水平的一个指标。

二、站网规划的内容

水文站网规划的基本内容:

1. 进行水文分区;
2. 确定站网密度;
3. 选定布站位置;
4. 拟定设站年限;
5. 各类站网的协调配套;
6. 编制经费预算,制定实施方案。

三、水文分区

根据地区的气候、水文特征和自然地理条件所划分的不同的区域称为水文分区。

在水文站网的初建阶段,可根据气候与下垫面条件的相似和差异进行分区。高大的山脊,山地到平原的转折,湖泊、沼泽、水网、荒漠的边缘、地质、土壤、植被和地貌形态等发生显著变化的地点,常可作为分区的边界。

在有一定数量的测站和一定实测年限的水文资料时,应以内插水文要素某一精度指标为依据确定水文分区。

当资料不足以用某一精度指标确定水文分区时,可以用部分水文要素和气候要素的相似性进行综合性水文分区,包括采用主成分聚类分析方法和其他水文、水利部门的分区成果。例如,水利区划、水资源评价分区和暴雨洪水参数图集的分区等作为站网规划的水文分区。

当水文站网密度超过容许最稀站网且实测年限超过 15 年时,应以内插水文要素某一精度指标为依据确定水文分区。

水文分区的目的就是在分区内,布设区域代表站,以满足内插水文特征值。

四、流量站网规划

按规划设立的流量站网,必须达到以下要求:

1. 采集设站地点的基本水文资料;
2. 为防汛提供实时水情资料;
3. 插补延长网内短系列资料;
4. 利用空间内插或资料移用技术,提供网内任何地点基本数据。

为了达到以上要求,应设立不同类型的流量测站。对于天然河道上的流量站,根据控制面积大小及作用,应设立大河控制站、区域代表站和小河站。对于人类活动影响较大的平原地区,应设平原区水文站和在部分水库处设水库水文站。

1. 大河控制站

对于大河干流流量站的布站数目,以两相邻测站之间,正常年径流量或相当于防洪标准的洪峰流量的递变率,即

$$(R_{i+1} - R_i) / R_i \geq (10\% \sim 15\%) \quad (1-1)$$

来估算布站数目的上限。此原则习惯称为线的原则。控制面积为 $3\,000\text{ km}^2 \sim 5\,000\text{ km}^2$ 以上的大河适用此原则。

如图 1-1 所示, A_1 、 A_3 、 A_4 面积中所产径流的和为式(1-1)中的 R_i ,第 2 测站所控制的面积产生的径流为 R_{i+1} , $R_{i+1} - R_i$ 即为区间面积 ΔA 所产径流量。

在缺少资料的地区,可采用流域面积递变率来代替。

在河流上游条件困难地区,径流递变率可增大到

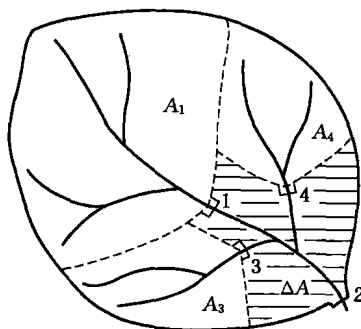


图 1-1 线的布设原则示意图

100%~200%。

2. 区域代表站

区域代表站是按水文分区布设的流量测站。其目的在于控制流量特征值的时空分布,通过径流资料的移用技术,提供分区内其他河流流量特征值或流量过程。一般情况下,区域代表站的控制面积为 $200 \text{ km}^2 \sim 5\,000 \text{ km}^2$ 。

很显然,区域代表站布设的关键是水文分区。水文分区的方法有新安江流域模型及暴雨洪水产汇流参数分析等水文模型分区法、主要成分聚类分析法和多元回归等相关分析法等。

用水文流域模型法进行水文分区的地区,可用分区、分级法决定站数。

根据模型的主要参数与相应下垫面特征指标的相关关系,即流域蒸发参数与流域平均高程、地表水比重参数与流域植被率、枯水径流过程参数与地质指标、洪水过程计算参数与流域几何特征值等相关关系,将下垫面特征值指标进行定量分级,一般面积可分为3~6个级差,其他下垫面特征值指标,不少于3个级差。每个级差要设一二个代表站。最后还应根据分级要求及下垫面情况,用筛选法对所定测站进行优选,以最后确定测站数。

3. 小河站

小河站的控制面积一般为 200 km^2 以下。在干旱地区可定为 $300 \text{ km}^2 \sim 500 \text{ km}^2$ 。

小河站布设的目的,主要是收集小面积暴雨洪水资料,探索产汇流参数在地区上和随下垫面变化的规律。少数位置适中,地表、地下分水岭重叠较好的小河站可以发挥区域代表站的作用。

小河站所控制的面积较小,下垫面特征单一性突出,因此宜采用分区、分类和分级来进行布设。

小河站的分区主要根据气候,分区时可不受行政区划的限制。分类的下垫面定量指标可用植被率、地质特征指标(一般用基岩面积比)、土壤特性以及石山所占面积比等,分类的数目可根据产流参数分析确定。

各类中以流域面积进行分级。湿润区和干旱区的特小流域面积分别为 10 km^2 和 50 km^2 。其各区各类各级所设测站数应视各地区的具体情况而定。

4. 平原区水文站

平原区水文站网应按水量平衡和区域代表相结合的原则布设。因为在平原区内,传统的流域概念不明显,人类活动引起的引水、排水已经不同于天然情况下的产汇流规律。因此,平原区水文测验的对象应是水平衡区。

水平衡区可分成大区、小区和代表片三级。

大区为统一规划下进行水利治理、水资源统一调度使用的区域。小区为大区中按土壤、植被和水利条件来划分的区域。代表片为周边线封闭而成的一个面积较小的水平衡区,而产汇流规律可被一个或几个小区移用。

代表片的地形、土壤、植被和水利设施等在水平衡区内要有代表性,封闭线不要切割大的河道,尽量避免有大的水体。

设站时,把水平衡区的进出水量起控制作用的观测点作为基本站,它们控制的进出水量应占全水平衡区进出水量的50%~70%。在水平衡区应布设水位站网来控制区内水

位的变化及估算河网蓄水变化。

5. 水库水文站

水库运行调度本身需要水文资料,水库一般有设站的便利条件,因此,总库容大于等于 10 亿 m^3 的已建或规划中的大中型水库均应设立基本水文站。总库容大于等于 1 亿 m^3 的水库是否设立基本水文站,可由省(自治区、直辖市)或流域水利领导部门确定。

在布设河道区域代表站有困难且站网密度不足的水文分区内,应选择水库水文站作为区域代表站。所选择的水库,坝址控制的面积,湿润地区要求大于 200 km^2 ,干旱地区要求大于 500 km^2 。

五、其他水文要素的站网规划

其他水文要素有水位、降水、蒸发、泥沙和水质等。

1. 水位站网规划

在河流的中、上游,除所布流量站的站距太长需要增设水位站外,一般不布设基本水位站。但在堤防段、潮水河段、水网地区及湖泊水库地区,由于不需要或不宜布设流量站,为掌握水情的变化,则需要规划布设基本水位站。

河流上布设基本水位站的地点有:拟建而尚未建立基本流量站,布设水位站作为过渡性测站;大支流汇入后的干流上;经常发生洪水的、众多支流汇入后的干流上;堤防段和重要工矿、城镇需要进行洪水预报的地区;有大量泉水或地下水补给河段的下游;河流纵比降有显著转折处以及较大水工建筑物的上、下游等。

潮水河段基本水位站的布设,应满足河段内任何地点潮位、潮量插补的需要。

水网区水位站网布设,应结合流量站,按照满足水网区内水量平衡计算,推算水网区内河槽水量以及绘制不同时期水位等值线等方面的需要。

湖泊、水库基本水位站的布设,应满足掌握湖泊、水库蓄水量及其变化的需要。布设数量视湖泊、水库面积的大小及进出水口门的多少而定。

2. 雨量站网规划

基本雨量站网的布设,以能较全面地掌握降水量的时空变化规律为原则。具体要求是:

能控制面雨量的精度,在雨洪区、暴雨区站网应较密,在干旱区、非暴雨区可较稀;雨量站点在面上的分布要均匀,且应考虑在不同高度上的分布,尤其是对降水有明显影响的分水岭,要在不同高度上布站;应满足流量站网、蒸发站网和地下水位站网的配套要求。

一般雨量站采用平均 300 km^2 布设一站(荒僻地区可放宽)的密度布设。平原水网区的大区、小区的面雨量站可采用 250 km^2 一站的密度,代表片内的雨量站可按表 1-1 选定。

表 1-1 代表片面积和雨量站数目查算表

面积/ km^2	<10	20	50	100	200	500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
雨量站数	2	2~3	3~4	4~5	5~7	7~9	8~12	9~13	10~14	11~15	12~16

3. 蒸发站网规划

基本水面蒸发站网的布设,以掌握水面蒸发量在面上的变化,达到运用其搜集的资料可计算任何地区大型水体的蒸发量为原则。具体布设要求如下:

在面上分布要大致均匀,以满足绘制年蒸发量(部分地区为月总量)等值线图的要求;在蒸发量变化较大的滨海区,蒸发总量较大的干旱区,大型水体较多的湖泊、水库区及大型灌区等应适当加密;在高程起伏变化较大的山区,为保证相邻蒸发站间相对的高程差不致过大,也应适当加密。

一般 $2\,500\text{ km}^2 \sim 5\,000\text{ km}^2$ 布设一站。平原水网地区为水量平衡研究的需要,可 $1\,500\text{ km}^2$ 布设一站。

4. 泥沙站网规划

泥沙站与天然河流流量站的分类一致,即为大河控制站、区域代表站和小河站。

大河控制站可根据多年平均输沙量的沿程变化,按线的原则布设。即在任何两相邻测站之间,多年平均输沙量的递变率以不小于 $20\% \sim 40\%$ 为原则来估计布站数目的上限。下限为干流沿线任何地点,内插年输沙量的误差不超过 $\pm 10\% \sim 15\%$ 。大河泥沙控制站从大河流量控制站中选定。

区域代表站用泥沙多年平均输沙模数的递变率来确定。其上限为沿多年平均输沙模数的梯度方向,任何两相邻测站之间的输沙模数的递变率以不小于 $15\% \sim 30\%$ 为准则。其下限为分区任何地点内插年输沙模数的误差以不超过 $\pm 15\% \sim 20\%$ 为准则。在条件困难地区,其上限和下限都可适当放宽。区域代表站亦从流量站网中选取。

为弥补区域代表站控制作用之不足,可选择部分小河流量站作为小河泥沙站。

凡列入大河泥沙控制站,中等以上支流把口站和位于拟建大型水利枢纽工程河段的泥沙站,重要灌区的出口站,水土流失严重地区的泥沙站,一般都应进行泥沙颗粒分析。

凡列入基本站网的水库站,均应按规定实测水库冲淤变量和出库沙量并进行颗粒分析。

5. 水质站网规划

水质站网应布设水质本底值站和水质监测站。

水质本底值站是经过统一规划的在河流上游或接近源头处,未受人为直接污染的天然水域设立的测站,用来确定该水系自然水质情况。

水质监测站分为基本站、辅助站和专用站。基本站必须长期监测水系的水质变化动态,收集和积累水质基本资料。辅助站为配合基本站,进一步掌握水质污染情况而设立的站点。专门站是为某种专门目的、用途而设立的监测站点。

水质站一般布设在干流控制河段,较大支流汇入口,大型或重要水体出入口,入海河流的河口处;河流出入国境的把口处;大中城市附近,工矿企业集中区,大的灌区及风景区;不同地质区,泉水丰富区,地方病发病区和自然资源保护区等。

水质站应尽量与现有流量站结合。

六、水文站网的调整

随着我国经济的快速发展,水利工程的不断兴建,原来规划的站网不能满足情况变化的需要,水文站网应作适当的调整。

流量站网是最重要的站网。目前,我国受水工程影响较大的区域代表站和小河站约占 30% 以上。对于这些站的调整和充实是使受水工程影响前后的水文资料连续一致,满足站网规划的要求,调整的依据是水量平衡原理。

对于中、小河流代表站受水工程影响的程度,分别用蓄水工程,引水工程及蓄、引混合影响工程的不同指标,分成轻微影响、中等影响、显著影响和严重影响四级。例如,蓄水工程影响的指标为流域内所有蓄水工程的集水面积 if_i 与测站以上集水面积 F 之比值,即 if_i/F 。当 $if/F < 15\%$ 为轻微影响, if/F 在 $15\% \sim 50\%$ 之间为中等影响, if/F 在 $50\% \sim 80\%$ 为显著影响, $if/F > 80\%$ 则为严重影响。当为严重影响时,则应撤销原测站,并重新选择有相同代表作用的新站。

第三节 水文测站的设立

设站时,首先要对测验河段进行勘测,选择;然后在测验河段布置各种测验断面,引测水准,确定基线,建造标志,建造站房和过河设施。

一、测验河段的选择

测验河段的选择首先要满足设站的目的,在此前提下,要选择的测验河段能尽量减少测验工作量,简化资料整编工作,并且能有较高的测验、整编精度。为此,测验河段要选择测站控制良好的河段。

1. 测站控制

测站控制是对水文站水位与流量关系起控制作用的断面或河段的水力因素的总称。若测站控制良好,则水文站的水位与流量的关系就稳定;反之,则不稳定。当测站控制作用发生在一个横断面(或极短河段)上称断面控制。当测站控制靠一段河槽的底坡、糙率和断面形状等因素的组合而形成的,称为河槽控制。在天然河道中,为什么在一些断面和河段会形成测站控制呢? 分析如下:

1) 断面控制

在天然河道中,由于地质和人工原因,造成河段中局部地形突起,使水面曲线发生明显转折,形成临界流,出现临界水深 d_K , 构成测站断面控制。例如,天然石梁,在低水时期,由于河底坡度的明显转折,使水面曲线由壅水曲线变为降水曲线,产生临界流,如图 1-2 所示。

从水力学上来说,产生临界流处,其佛汝德数 F_r 等于 1, 即

$$F_r = \frac{v^2}{gd_K} = 1$$

$$v = \sqrt{gd_K}$$

如临界水深处横断面为矩形断面,其断面面积 $A = B \cdot d_K$, 则流量为

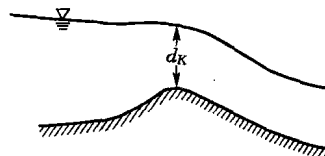


图 1-2 低水断面控制示意图

$$Q = A\sqrt{gd_K} = (B\sqrt{g}) d_K^{3/2}$$

石梁为坚石构成,流速大,不致冲淤。所以临界水深仅随临界水位 Z_K 而变,故

$$Q = f_1(d_K) = f(Z_K) \quad (1-2)$$

(1-2)式说明,在石梁处流量仅是水位的函数,流量与水位呈单一关系。

急滩和石梁一样,是指河底坡度转折处,在低水时有控制作用。显然,当高水时,下游水位淹没了石梁或急滩,则产生临界流的条件消失,其控制作用也随之消失。

卡口、急弯是在高水时发生控制作用的地形。卡口是指河宽急剧束窄的地方,横断面急变形成水面曲线的转折而发生临界流。急弯则是由于主流位置的变化,在高水时形成水面纵向坡降的急变,发生临界水流而形成测站控制。

2) 河槽控制

天然河道中的水流可近似地看作缓变不均匀流,其平均流速 v 由曼宁公式表示:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S_e^{1/2}$$

式中: n ——糙率;

R ——水力半径(宽浅断面可用平均水深代替);

S_e ——能面比降,可近似地等于水面比降 S 。

则通过断面的流量为

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

式中: A ——断面面积。

将流量写成一般函数形式:

$$Q = f[(A, R), n, S]$$

式中: A, R 决定于断面因素 Ω 和水位 Z ,故改写成:

$$Q = f(Z, \Omega, n, S) \quad (1-3)$$

(1-3)式表明,决定河道流量大小的水力因素有水位、断面因素、糙率及水面比降。因此,要使水位流量呈单一关系,必须具备下列条件之一。

- ① 在同一水位(Z)下, Ω, n, S 维持不变;
- ② 在同一水位(Z)下, Ω, n, S 虽有变动,但它们对流量大小的影响恰好互相补偿。

2. 测验河段的选择

1) 测验河段应选在石梁、急滩、弯道、卡口和人工堰坝等易形成断面控制的上游河段。其中石梁、急滩和卡口的上游河段应离开断面控制的距离约为河面宽的 5 倍。因为断面控制的下游失去了控制作用,石梁、急滩和卡口上虽有控制作用,但不易实施测验,而其上游不远处,既有控制作用又便于测验的操作。

河槽底坡、断面和糙率等因素比较稳定,在河槽沿程阻力作用形成的河槽,其控制的地方亦是测验河段选择的理想河段。当既有断面控制又有河槽控制的河段时,应优先选择断面控制的河段,因断面控制的流量测验精度更高些。