

水文职工培训教材

# 水文测验

长江流域规划办公室向治安主编

水利电力出版社

水文职工培训教材

# 水文测验

长江流域规划办公室向治安主编

水利电力出版社

水文职工培训教材  
水文测验  
长江流域规划办公室向治安主编

\*

水利电力出版社出版  
(北京德胜门外六铺炕)  
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经营  
水利电力印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 12.5印张 276千字  
1983年9月第一版 1983年9月北京第一次印刷  
印数00001—13460册 定价 1.00元  
书号 15143·5157

## 内 容 提 要

本书系水文职工培训教材，主要内容有：水文测站布设，水位、流量、泥沙测验，降水、蒸发量和地下水观测，以及有关设备的选择使用等。各章后附有复习思考题，书末附有误差理论简介等。

本书主要供水文职工培训和阅读自学，亦可供有关院校师生参考。

本书由向治安主编，严义顺主审。

## 出版者的话

为了提高广大水文职工的技术水平和业务能力，适应水文技术现代化的需要，原水利部水文局组织一些有经验的同志编写了“水文职工培训教材”，以供各地举办各种形式的水文职工培训班使用，促进培训工作的开展。1980年11月，在江苏省扬州水利学校召开了“水文职工培训教材”编写工作协调会，讨论并制定了有关教材的编写提纲及编写计划。

“水文职工培训教材”共分六册：《水文学基础》，《水力学基础》，《水文电测基础》，《水文测验》，《水文资料整编》，《水文预报与计算》。

“水文职工培训教材”系以从事水文工作多年，文化程度相当于初、高中的水文职工为主要对象，亦可供其他有初中以上文化程度的干部自学使用。为此，教材面涉及较广，但内容力求简明扼要，通俗易懂，以实用为主，同时也适当介绍一些现代的先进技术。

《水文测验》一书，介绍水文测验方面的基本知识，主要内容为江河水位观测，流量、泥沙测验，降水、蒸发量和地下水观测。为了简略篇幅、免于重复，有关具体技术规定、测验操作方法以及未写进本书的部分如普通测验、冰凌观测等，可按《水文测验手册》的内容教学。

本书由向治安主编，参加编写的有黑龙江省水文总站董治理（第一、二、十二、十三章），长江流域规划办公室水文局汤运南（第三、四、五章），涂善超、龙昌洪（第六

章)，陈启光（第七章及附录），向治安（第八、九、十、十一章）。汤运南担任全书校阅整理。华东水利学院严义顺副教授负责主审。

由于我们水平所限，经验不足，书中一定有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

1982年8月

# 目 录

出版者的话	
<b>第一章 水文测站布设</b> .....	1
第一节 水文站网规划.....	1
第二节 水文测站的设立与水文测验工作方法.....	14
<b>第二章 水位观测</b> .....	26
第一节 概述.....	26
第二节 直接观测设备.....	28
第三节 间接观测设备.....	31
第四节 水位观测与日平均水位计算.....	47
<b>第三章 流量测验方法概述</b> .....	53
第一节 流量的概念.....	53
第二节 流量测验方法分类.....	57
第三节 流量测验的工作内容和要求.....	70
<b>第四章 测流设备</b> .....	73
第一节 流速仪.....	73
第二节 测船测流设备.....	85
第三节 缆道测流设备.....	94
第四节 巡回测流设备.....	109
<b>第五章 水深测量</b> .....	113
第一节 船上悬索水深测量.....	113
第二节 缆道悬索测深.....	123
第三节 超声波测深.....	135

<b>第六章 流速仪测流</b> .....	142
第一节 概述 .....	142
第二节 测深、测速垂线布设 .....	147
第三节 垂线上测速点位置选择 .....	154
第四节 测速点定位方法 .....	164
第五节 流速脉动和测点流速测量历时 .....	170
第六节 断面流量计算 .....	177
第七节 相应水位计算 .....	184
第八节 流速仪测流方法的精简分析 .....	187
<b>第七章 其他测流方法简述</b> .....	192
第一节 水面浮标法测流 .....	192
第二节 积深法测流 .....	198
第三节 积宽法测流 .....	202
第四节 动船法测流 .....	210
第五节 特殊情况下的测流方法 .....	213
<b>第八章 泥沙测验概述</b> .....	222
第一节 泥沙测验的目的 .....	222
第二节 泥沙运动概述 .....	223
第三节 泥沙测验布置概述 .....	228
<b>第九章 悬移质输沙率测验</b> .....	234
第一节 悬移质测验仪器 .....	234
第二节 单位含沙量测验 .....	253
第三节 悬移质输沙率测验 .....	258
第四节 悬移质水样处理 .....	266
第五节 实测悬移质资料的计算和改正 .....	272
<b>第十章 推移质测验与河床质取样分析</b> .....	280
第一节 概述 .....	280



第二节	推移质测验的仪器设备 .....	285
第三节	推移质输沙率测验方法 .....	290
第四节	实测推移质输沙率的计算 .....	293
第五节	河床质采样器 .....	295
<b>第十一章</b>	<b>泥沙颗粒分析 .....</b>	<b>302</b>
第一节	概述 .....	302
第二节	泥沙的几何性质和沉速 .....	306
第三节	悬移质泥沙颗粒分析的取样测验 .....	312
第四节	颗粒分析方法 .....	313
第五节	泥沙颗粒分析资料的整理 .....	331
<b>第十二章</b>	<b>降水量和水面蒸发量的观测 .....</b>	<b>335</b>
第一节	降水量的观测 .....	335
第二节	水面蒸发量的观测 .....	343
<b>第十三章</b>	<b>地下水动态观测 .....</b>	<b>355</b>
第一节	概述 .....	355
第二节	地下水动态观测的任务及观测网布设 .....	357
第三节	地下水动态观测项目、仪器和方法 .....	361
第四节	观测资料的分析 .....	366
<b>附录：误差理论简介 .....</b>		<b>369</b>
一、概述 .....		369
二、随机（偶然）误差 .....		370
三、系统误差 .....		377
四、误差分配 .....		379
五、近似计算精度 .....		380
六、相关分析 .....		383
七、国际标准[ISO, TC <sub>113</sub> ]的误差估算 .....		386
<b>参考资料 .....</b>		<b>389</b>

# 第一章 水文测站布设

## 第一节 水文站网规划

水文现象是受着气象、地理等多方面因素影响的。这些因素组合复杂，形成了水文现象的不重复性。气候、地理因素又具有一定的区域性，因此形成了水文现象在地区上的差异性。同时，由于气象有着季节的与长时期的周期变化规律，又使水文现象反映出一定的周期性。

既然水文现象存在着不重复性、周期性和地区上的差异性，要研究、掌握水文要素在不同时期、不同地区与不同条件下的变化规律，就需要设立水文测站，搜集水文资料。

水文测站是进行水文测验的基地。一个水文站所能控制的范围是有限的，因此必须布设一定数量的水文测站，形成相互联系的分布网，靠它们的联合作用，来控制大范围的水文现象，这个分布网，称为水文站网。站网规划就是按照经济、合理的原则，运用科学的方法把各个水文测站设置在恰当的位置上，使它们能充分发挥作用。

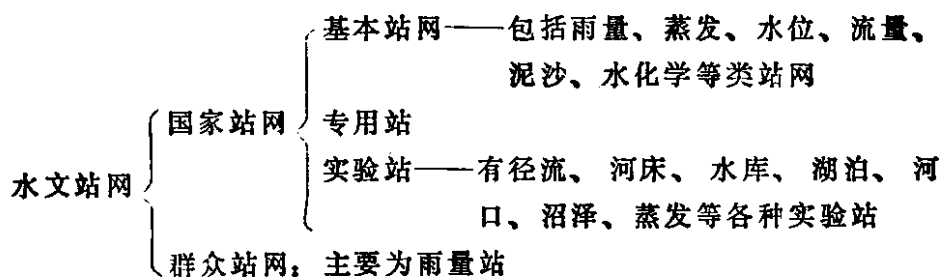
水文测站按任务、性质的不同分为许多种类。进行站网规划，就必须依照不同的测站类型，研究它们的站网规划原则与布站方法。

### 一、水文站网分类

水文测站按测验项目可分雨量站、水位站、流量站等；按测站性质可分基本站、专用站与实验站；按经办机构分为

## 国家站、群众站。

现将水文站网类别表示于下



基本站网是综合国民经济各方面的需要，经统一的规划而设立的。它基本上控制各水文现象的变化规律，运用它所搜集的资料，能内插任何地点的水文特征值。站与站之间有密切联系，一个站址的变动，会牵动邻近几个站的布设，所以变迁基本站要十分慎重。基本站的工作要执行统一的规范、手册，资料要汇刊成水文年鉴。

专用站是为某项专门目的而设置的。它的设立位置、观测项目、工作要求等均由使用部门按需要规定。但是，若某些专用站资料对基本站网有重要补充作用，也要将这些资料汇刊于水文年鉴。

基本站与专用站的作用是相辅相成的。基本站网在时间系列延长上辅助了专用站，而专用站在面的分布上补充了基本站网。

实验站是为了对某种水文现象的变化过程或某些水体进行全面深入研究而设立的。它除了完成本身特定研究任务外，对推动和改进各类站网工作也有着重要作用。

群众站网是根据当地生产建设、防汛抗旱等方面的需要而自费设立的。因此它起到了补充国家水文站网的作用。

## 二、水文站网规划原则

站网规划的任务是：为满足经济建设、科学研究对水文

资料的需要，研究应如何科学地布设各类水文站点的问题。它关系到水文资料总体的质量，因而是一项极重要的工作。在各类站网规划中，基本水文站网规划工作又是主要的。

基本水文站网规划总的原则是：按科学合理地进行站点布局，达到用最经济的站数来控制水文要素变化规律的目的。

站网规划应在满足水文计算、水文预报的前提下，考虑到国民经济发展的实际需要。布站时，应考虑定位观测、巡回测验与水文调查相结合；国家测站与群众观测相结合；站点布局均匀等问题。

基本站网的各类站网布站原则，分别说明如下。

#### （一）基本流量站网

流量站网是所有站网中最重要的一种，也是各种站网的基础。河流有大小、干支流、上下游等区别，布站原则也有相应的不同要求。

##### 1. 线的原则

这是适用于大河、干流的布站原则，一般用于流域面积超过5000平方公里的河流。规划时应使所布设的测站，在保证精度的前提下，能够对沿河长任何未设站地点的各种特征值（年径流量、洪峰流量、洪峰总量等）进行插补，并满足沿河长水文情报、预报的需要。

布站时要考虑实测流量误差问题，一般允许的误差定为10~15%。为此，上、下游两相邻站应保持最小的间距是：在这个距离中所增加的区间面积（或径流量），不小于上游测站已控制面积（或径流量）的10~15%。如图1-1所示，干流上设有1站，支流上设有3、4站，它们的控制面积分别为 $A_1$ 、 $A_3$ 、 $A_4$ 。现拟设2站，其控制面积为 $A_2$ ，上、

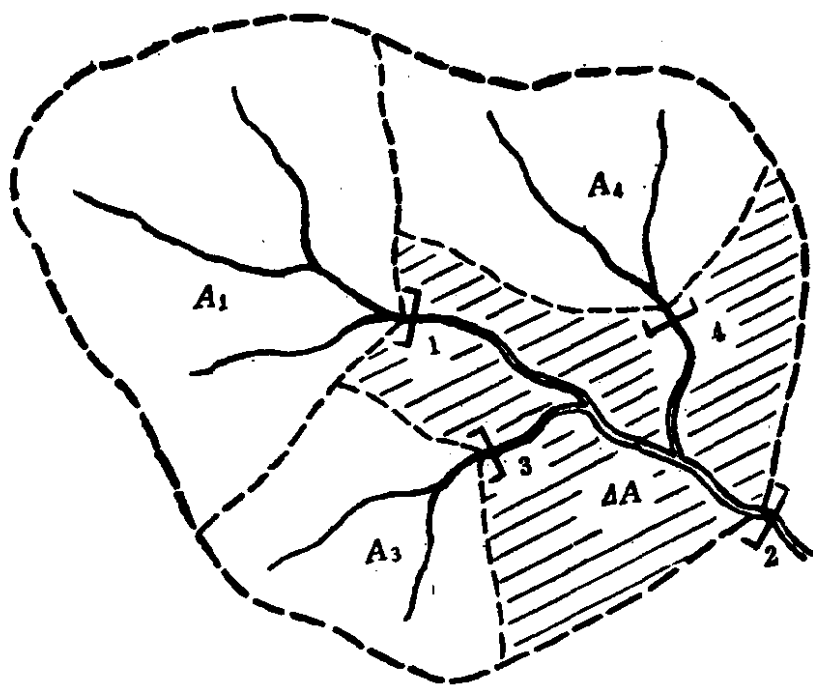


图 1-1 线的原则布站示意图

下游站之间未控制的区间面积为 $\Delta A = A_2 - (A_1 + A_3 + A_4)$ ，按线的原则要求：

$$\frac{A_2 - (A_1 + A_3 + A_4)}{A_1 + A_3 + A_4} > (10 \sim 15)\% \quad (1-1)$$

式(1-1)适用于降水在整个流域上分布较为均匀，流域自然地理条件比较一致的河流。如果不符合上述条件，则应改为用径流量进行规划。若 $Y_1$ 、 $Y_2$ 、 $Y_3$ 、 $Y_4$ 分别代表1、2、3、4站的径流量，则公式为

$$\frac{Y_2 - (Y_1 + Y_3 + Y_4)}{Y_1 + Y_3 + Y_4} > (10 \sim 15)\% \quad (1-2)$$

规划应从河流的上游开始，大河干流上的第一个站可布设在流域面积为5000平方公里左右的地点。然后，面积每递增5000平方公里左右设一站，直至累积流域面积达50000平方公里后，再按水文计算、水文预报需要及式(1-1)、(1

## -2) 要求规划布站。

在运用线的原则进行站网规划时，还应考虑下面一些要求：

(1) 在年径流或最大流量沿河长有显著变化处应设站，在河流入河口前水量最大处应设控制站。

(2) 对于堤防河段，不能机械地搬用上述原则，而应按洪水演算和预报的需要布站。

(3) 在潮水河段，应在潮区界、潮流界及河口附近分别设站。

### 2. 区域原则

区域原则是适用于流域面积为200~5000平方公里的中小河流上的布站原则。由于这类河流数量很多，不可能在每条河流上处处布站，而是选择其中有代表性的河流上合理布站。要求根据这些站搜集的资料，能绘制出各种径流特征值及经验公式参数等值线，或利用它们进行相似河流的水文计算，达到对无资料地区河流各种水文特征值的内插。

区域原则的基本点是，在相似河流中，掌握少量代表性河流水文现象变化规律，以控制面上的水文要素变化规律。这就首先要了解哪些河流是相似的，在这些相似河流中哪些是有代表性的，因此要进行水文分区。

相似性主要是指降水径流关系较一致，暴雨洪水特征较相近。所以划分水文区时，可先按降水径流在地区上的一致性划分大区，再按暴雨洪水特征划分小区。以上的区域划分，主要是使在一个分区内有相似的水情变化，故亦可用影响水情变化的主要气候与自然地理因素等条件进行分区，这对于径流资料不足的地区是十分重要的。按后一种方法划分水文区时，可按气候与地形（山区、丘陵、平原）划分大

区，再按土壤、地质、植被、流域大小与形状、河网密度、湖泊率、流域平均坡度与平均高程等划分小区。

在进行具体分区时，应根据各地的实际情况，选择下面一些地点作为水文区界：

(1) 高的分水岭。它对潮湿空气起阻挡作用，常使迎风、背风面降水发生明显变化。

(2) 地形转折点，如平原、丘陵、山区的分界处。

(3) 植被条件变化界，如林区、草原区、农区等分界处。

(4) 地质条件显著变化界。

(5) 较大面积的沼泽区及湖泊区的区界。

水文区域划定后在进行布站时，还要考虑下面一些原则要求：

(1) 由于流域面积对河流水文特征值影响很大，所以要在同一区域内，选择不同流域面积的河流布设典型代表站。一般可按200~500、500~1000、1000~3000、3000~5000平方公里不同面积分级布站。

(2) 区域原则主要是控制水文特征值在面上的变化，所以布站时要考虑在面上分布均匀。除有某种目的外，一般在一个水文区内应避免把不同面积的测站布在同一条河流上。

(3) 地形高度的不同，径流特征亦常不相同。在高度差较大的山区，应注意在不同高度上分布测站。

(4) 土壤、植被等对产流有一定影响，而流域形状、坡度对河道汇流影响较大，故在布站时应充分照顾到这些因素上的差异。

### 3. 站群原则

由于小流域面积（200平方公里以下）的河流数量甚多，

设代表站亦会使设站数量很大，甚不经济，故对小面积站网布设可运用站群的原则，即在一个小区内布设一群站，通过这些站的径流资料，提供该地区内径流不同影响因素的计算方法，以便应用于无水文资料的小面积上。

近年来根据小河站网建设实践，提出的小河分界标准是：在湿润地区，集水面积应在100~200平方公里以下；在干旱地区，应在300~500平方公里以下，并总结出“按气候分区，按下垫面分类，按面积分级，并适当考虑流域形状、坡度等因素”的布站原则。在布站数量上，以能妥善确定产流、汇流参数的要求为准。

气候分区主要是按雨型、暴雨特征、蒸发条件等气候因素的差异划分大区。其范围较大，不同于区域原则的水文分区，可打破省（区）、流域界限。

下垫面分类主要是依植被、土壤、地质、河网密度等因素分类，分类标准要明确，但亦不宜过细。

在小河上，流域面积决定着坡面汇流与河网汇流的比重，其大小对水文特征影响较大，故在布设小河站网时应按不同面积分级布站。据南方湿润地区资料分析，一般可分为100平方公里以上、100~30、30~10、10~3及3平方公里以下五个面积级。

具体布设时，还应照顾到分布适当均匀。特别是资料少、不能满足分析需要时，一定要尽量均匀分布。

## （二）基本水位站网

在河流的堤防段、水网区、潮水河段、湖泊、水库、重点工矿区、重要城镇等处设立水位站，对于辅助流量站网，了解水体变化、满足水文情报、预报需要，有着十分重要的意义。



一般河流上，应在以下位置布设基本水位站：

- (1) 计划设立但尚未设流量站的地点。
- (2) 大支流、众多支流及大量泉水补给处的下游。
- (3) 重要堤防段与工矿、城镇需进行水文情报、预报地点。
- (4) 河流纵比降发生显著转折处。
- (5) 较大水工建筑的上下游。

潮水河段水位站的布设，应满足河段内任何地点潮位、潮量的插补需要。

水网区水位站网布设，应结合流量站按照满足水网内水量平衡计算、推算水网内河槽蓄水量、绘制不同时期水位等高线等方面需要。

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，以及风、大气压力对湖泊、水库水位的影响情况。布站数量应按湖泊、水库面积的大小、进出水口门的多少等实际情况而定。

### (三) 基本泥沙站网

河流挟带的泥沙主要来源于雨洪的侵蚀作用，它与流域土质、植被条件有密切关系。同时，输沙量的计算必须运用流量资料，因此在布设泥沙站网时，要充分考虑流域的产沙规律及其特性，并结合流量站网布设，具体布设的原则是：

(1) 在年平均含沙量大于 $0.05\sim 0.1$ 公斤/米<sup>3</sup>的基本流量站及较大河流的控制站，应考虑设基本泥沙站。

(2) 洪水季节沙量较大，平、枯水期含沙量小于 $0.05$ 公斤/米<sup>3</sup>，且这一时期的输沙量不超过全年输沙量的5%的河段，可只在汛期进行泥沙测验，但在控制站上要进行全年测验。