

中等专业学校交流讲义

水文測驗

陕西省武功水利学校編

学校内部用书



中国工业出版社

水 文 測 驗

陝西省武功水利学校編

学 校 內 部 用 书

中 国 工 业 出 版 社

本书系根据1961年3月水利电力部在重庆召开的中等专业学校教材会议的要求，按照水文专业四年制的水文测验教学大纲编写的。在编写中主要参考了水文测验暂行规范、华东水利学院水文测验学讲义等。

全书主要包括：测站的建立、水位及水温的观测、流量测验、河流泥沙测验、冰凌观测及水库测验等。

本书是在学校党总支的领导下，由水文教研组全体同志集体编写的。

本书可作为中等专业学校水文专业的讲义，也可作为水利学校其它专业的参考书，并可供中级水文工作干部工作中的参考。

水文测验

陕西省武功水利学校编

*

中国工业出版社出版(北京佟麟阁路丙10号)

(北京市书刊出版事业许可证出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $11^{3/8}$ ·字数266,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数0001—1,633·定价(9-4)1.10元

统一书号: 15165·652(水电-94)

目 录

第一章 緒 論	3
第一节 水文測驗的性质与研究对象	3
第二节 水文測驗对国民經济的意义	3
第三节 我国水文測驗工作发展的簡况	3
第四节 測站的工作内容与对測站工作人員的要求	5
第二章 測站的建立	6
第一节 站网的种类	6
第二节 建站程序与測驗河段的選擇和勘测	7
第三节 測驗設備的建立	9
第三章 水位及水溫觀測	16
第一节 概說	16
第二节 觀測站点的選擇	17
第三节 水位觀測設備	17
第四节 水位觀測	26
第五节 水溫觀測	34
第六节 岸上气溫觀測	35
第四章 流量測驗	36
第一节 流量測驗的概念	36
第二节 断面測量	39
第三节 流向測量	52
第四节 流速仪測流	54
第五节 浮标法測流	72
第六节 溶液法測流	79
第七节 量水建築物測流	87
第八节 水工建築物測流	93
第五章 河流泥沙測驗	97
第一节 概述	97
第二节 悬移质泥沙測驗	97
第三节 推移质泥沙測驗	111
第四节 河床质泥沙測驗	115
第五节 泥沙顆粒分析	117
第六节 泥沙么重及土壤含水率的測定	129
第六章 冰凌觀測	131
第一节 概述	131
第二节 冰情觀測	131
第三节 冰厚、冰上雪深及水下冰花厚的測量	136
第四节 水內冰的觀測	138

第五节	冰情測繪	140
第六节	冰流量測驗	145
第七节	特殊冰情的觀測	150
第七章	水庫測驗	151
第一节	水庫測驗概述	151
第二节	水庫水位觀測	152
第三节	水庫水溫觀測	152
第四节	水庫冰凌觀測	153
第五节	水庫气象觀測	153
第六节	水庫波浪觀測	154
第七节	水庫岸緣变形(坍岸)觀測	160
第八节	水庫异重流的測驗	161
第九节	水庫淤积測驗	164
第八章	潮水河測驗	165
第一节	潮水河測驗概述	166
第二节	潮水位觀測	167
第三节	潮流量測驗	170
第四节	悬移质含沙量及潮輸沙率測驗	177

第一章 緒 論

第一节 水文測驗的性质与研究对象

水文測驗是水文学中的一个測量部分，它主要是研究各种水情要素在不同空間和不同時間內所存在的数量及怎样正确地、經濟地來測定这些数量。譬如研究河流中的水位有多高，通过某个断面的水量有多大，含沙量有多少。同时还要研究測定这些数量的方法及設備。这門科学的最終目的是：通过觀測、計算、累积水文要素变化的資料，并为揭露各种水情变化的規律提供数据，以便为我国社会主义建設和生产服务。

要取得水文資料須通过以下两阶段：在野外收集資料阶段和資料整編阶段。在收集資料阶段中，要进行水文測驗工作，广泛收集水文資料，然后把收集到的資料进行整理，提炼成为完整的、系統的、又有一定精度的資料，这一阶段即为水文資料整編阶段。但两个阶段不能截然分开，而是密切联系，相互統一的。

水文測驗根据水体的存在位置与研究对象分为下列三种：

- 一、水文气象測驗：主要是研究天空中水体的測定(如降水、蒸发、气温等)；
- 二、地面水文測驗：主要是研究地壳表面水体的測定，由于水在地表上的存在位置不同，可分为陆地水文測驗与海洋水文測驗。而陆地水文測驗根据研究对象的不同又可分为：河川水文測驗，水庫湖泊水文測驗，沼泽水文測驗，冰川水文測驗等。
- 三、地下水文測驗：主要是研究地壳(岩石圈)內水体的測定。

第二节 水文測驗对国民經济的意义

在我国，水文測驗与社会主义建設有着密切的关系，它是为国民經济与各生产部門，特别是为水利建設部門服务的一門科学。

国民經济各部門的发展，都要求对水情的規律有充分的了解。要正确地了解水情，就必须具有可靠的水文資料(如水位、流量、含沙量等)。然后根据可靠的水文資料才能合理地进行水利工程的规划、設計、施工和管理，并用以为发展农业生产(灌溉、排水、农业給水)服务。如果在設計水工建筑物时沒有足够的水文資料，便可能使修好的建筑物达不到預期的要求，造成資金的浪費，甚至可使建筑物遭到全部的破坏。

解放以来，我国兴建了許多水工建筑物，迫切要求掌握大小河流的水情变化規律，所以水文測驗工作必須紧紧地跟上，起到水利建設的尖兵作用。

此外，水文測驗也要服务于电业工程(包括火力和水力发电)、航运、浮运木材，鐵路、公路的修建，以及民运和工业用水、排水、漁业、盐业等經濟部門，对国防建設也具有重大的意义。

第三节 我国水文測驗工作发展的簡况

一、解放前我国水文測驗的概况

水文測驗工作是随着人类对水的利用在实践斗争中发展起来的。

我国的水文測驗发展很早，据傳說約在4200多年前我国大禹就已經对河流水文特性有了研究。在河岸岩石上，重大建筑物上及碑石上常刻有最高水位的印記，这都說明我国劳动人民很早以前就对水位进行了观测。同样，对水深、水量、沙量以及降水量、风向、风力的观测也都被我国人民逐渐所注意。

至于設点进行水位观测，有书可查者，最早是在公元前316年(秦孝王时)，当时李冰父子在四川灌县领导羣众修建了都江堰，并开始了水位观测。最初用石人作水則，后来又在宝瓶口正式設了站。在公元1819年(清嘉庆24年)在芦沟桥也設立了水位站。雨量的观测工作也在很早以前就开始了。

在水文測驗工具方面也有很多創造，除上述的“水則”外，据清道光16年(公元1837年)出版的麟庆所著的“河工器具图說”一书中所載有“志桩”(即水尺)、“相风鳥”(即风向标)、“打水杆”(即測深杆)、“試水墜”(即測深錘)、“梅花尺”(即測深杆)、“水平”以及雨量器等等(如图1-1)。这些工具对当时抵御洪水、防止灾害及灌溉、航行，都起了一定作用。

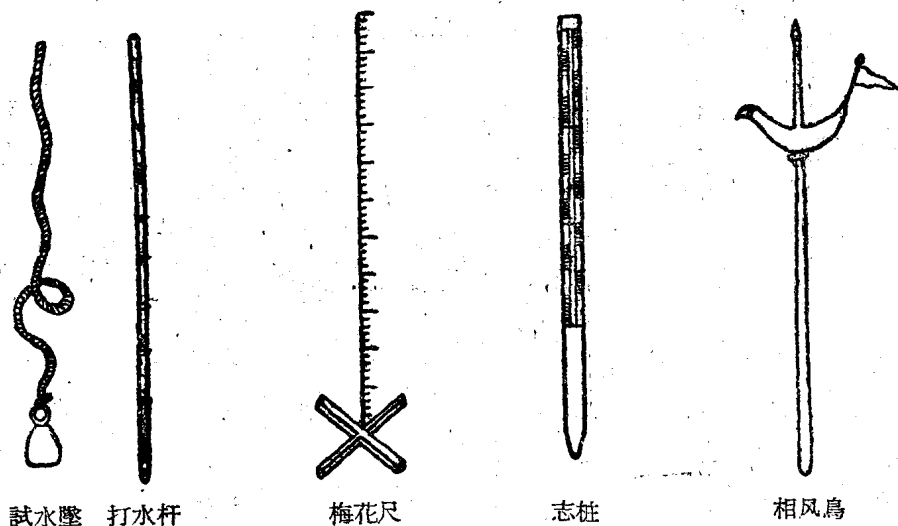


图 1-1

自鴉片战争(1840年)以后，帝国主义势力侵入我国，控制我国沿海和內河航运，为了便利它們的掠夺，在我国各重要商埠港口陸續設立了一些水位站和雨量站。如北京在1841年开始观测雨量，汉口在1865年开始观测水位。在1873~1880年先后又在上海、汉口、燕湖、福州、厦門和汕头开始雨量观测。1894年在重庆开始观测水位，到1900年在珠江流域的三水及梧州亦开始观测水位。但这个时期的水文測驗工作都是操纵在帝国主义者手中，而为帝国主义的侵略和掠夺服务的。

我国水利机关成立后，首先于1915年在淮河干流上的蚌埠及里运河的碼頭鎮、六開設置了水文站，进行了水位、流量、含沙量的測驗工作，同时在珠江的清远等地設站观测水位。继后1918年在潮白河、温榆河、滹沱河設站測驗了水位、流量。1919年在永定河及黄河的陕县梁口設站測驗水位、流量、含沙量。1922年在长江大通湖口、九江、汉口設立了水文站。总計起来到1937年即抗战前夕，全国仅有水文站328处，水位站486处，

雨量站約1470处(其中未包括当时被日本侵占下的东北和台湾地区测站)。

我国水文測驗工作虽然发展很早,測驗工具也有很多的創造,但由于历代的封建統治与帝国主义的侵入,特别是国民党的反动統治,使我国水文測驗工作的发展极为迟緩,即便設立了一些水文測站,也是分布不均、設備簡陋、經費不足、制度紊乱,致使大部分的記錄殘缺不全,甚至尚有伪造資料的現象。因而解放前,根本談不上試驗研究和整編資料工作。

二、解放后水文測驗工作的发展

解放后随着我国水利建設事业的飞跃发展,特别是1958年大跃进以来,水文測驗工作和其它科学一样,都得到了飞跃的发展,并已取得了巨大的成就。

首先在站网建設方面:从1949年起,逐年都有增加,据1959年底的統計全国已有的水文測站,已远远超过了解放前的測站站数。在測站种类方面,有基本站,专用站和試驗研究站等。观测項目,也增加了很多,有水位、流量、沙量、降水、蒸发、地下水位、泥沙顆粒分析、水质分析、水温、冰情、土壤含水量等十余种。这些測站普遍地开展了水文調查、算水賬、水文情报和預报工作。

1956年在学习苏联先进經驗的基础上,完成了站网规划,改变了水文測站集中于沿海、大江、大河的偏向,而在人烟稀少的边远地区和人迹罕見的大森林里都已布設了測站。1958年大跃进以来,随着水利建設事业的大力开展,水文測站得到了更迅速的发展。

在总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗的光輝照耀下,在人民公社中,也开展了羣众性的水文研究工作,广泛設立了測驗站。这些測站除完成定位观测外,也开展了水文气象的情报預报,算水賬及其它实验等工作。

在水文測驗工作方面,已制定了全国第一部规范——水文測驗暫行规范,对統一技术标准,提高測驗质量起了显著作用。几年来,在水文工作方面,也总结了各地获得的实际經驗。在水文測驗技术方面,也总结了一套較适于我国河流特性的測驗和整編的經驗,解决了水深流急、暴漲暴落、冲淤剧烈的測速和取样的定位、定点各項操作,并創造出較良好的方法。現在我国水文測驗工作,也正在向着机械化、自記化、自动化、远傳化的方向发展着。

以上巨大成就的取得,主要是由于党的正确领导和在实际工作中坚决贯彻了党的“两条腿走路”的方针,大鬧技术革命和技术革新,大搞羣众运动的結果。今后为了迅速地发展水文測驗工作,更好地为国民經济建設服务,我們必須高举总路綫、大跃进、人民公社三面紅旗,坚决贯彻党的各項方針政策,为当好水利建設工作的尖兵而努力。

第四节 測站的工作内容与对測站工作人員的要求

我国水文站网的作用既是观测站网,又是服务站网和研究站网。因而工作是紧密結合着的。測站工作除了定位观测,进行面上調查和勘测以及資料整理工作外,还应开展水文情报、水文預报、算水賬、水文科学試驗研究与指导羣众水文工作等。

測站經常的測驗項目,可分为基本測驗項目与附属測驗項目两大类。基本測驗項目是指独立进行的,其成果有独立使用意义,并且是需要整理刊布的项目(如水文調查、降水量、水面蒸发、水位、流量、悬移质輸沙率、水温等)。附属項目是从属于基本項目的

項目(如属于水位的附属項目有风向、风力、水面起伏度、流向等等)。

綜上所述，水文測驗是国民經济建設中不可缺少的一門重要科学。因此，每个測站工作人員都要認清自己工作的重要性，热爱崗位工作，并要积极学习党的方針政策，努力提高自己的政治思想水平，加强工作責任感，不断地提高业务水平，为做好水利建設的紅色尖兵而努力。

第二章 測站的建立

第一节 站网的种类

前面我們已經談了本課在国民經济建設中的意义，也談了水文資料的搜集是在野外通过已建立起来的測站进行的。現在我們再来讲述一下站网的种类、站址的選擇及測站的建立等問題。

一、布站的目的

水文学中告訴我們：由于地球上各处的地理位置和各种自然条件的不同，各种水文現象都有地区性的差別。如我国南方与北方、內陆与沿海的水文要素的变化就存在着一定程度的差別。要研究掌握不同地区不同条件下的水文要素变化的現象与其規律性，只有設点、設站来进行，所以布設測站的目的就是进行各項水文要素的观测，經過整理分析而得出各种水文要素在各地的变化規律。

二、水文站网的性质和种类

水文站网的性质依照設站的目的和作用可分为三类：即基本站网、专用站网和实验站网。

1. 水文基本站网

水文基本站网是根据科学的原則布設的，是以辯証唯物主义的原理为出发点的。辯証唯物主义告訴我們：在自然界中全部現象和事物間是密切联系，互相依賴，彼此影响的。把这一原理应用于水文学中，就可以得出这样的結論：即河流水情是与形成它的地理环境密切相关的，在同样地理条件下，应有相同的水情規律。因此，在自然地理条件相似的河流中，只要在其中一条河流上布設观测站，进行水文規律的研究，就可以用到其他相似的河流上。这样只要在全国布設一定数量的有自然地理条件代表性的測站，所收集的資料，就可以反映所有河流的水文情况。并且根据这些測站的資料，对沒有进行观测的河流用作水文特征資料的內插。因此，水文基本站网就象地形测量的水准点网一样，水准点网能够把任何点的水平高度求出来，而水文基本站网能够把任何地方的水文特征值內插出来。同时水文站网是一个整体，象地形测量的三角点网一样，可以把任何局部的测量有計劃地联系起来。

从上面基本站网的性质中，可以看出它具有以下的特点：

(1)基本站网是綜合国民經济各个方面的需要而建立的，它不是单为某一經济部門服务的。它的建立不仅是为了滿足水利水电建設的需要，而其他部門，如工业、交通、城市規劃、国防、气象等也都要滿足。所以它需要全面地了解河流情况，不仅平原、山区，而且高原、草原、沙漠等的情况也都要了解。

(2)应用基本站网的观测资料是通过相关关系的分析,使那些缺乏长期观测的对象,能够据以繪制水文特征的等值綫图,以及經驗公式的参数等值綫图,以滿足任何地点的水文特征值的內插。

(3)基本站网是长期进行观测的,它是掌握河流水文变化規律的重要設施。所以在其設立以后,沒有重要原因,一般不迁动,也不撤銷。

为了取得水文現象的全部資料,水文基本站网可分为流量站网、水位站网、雨量站网、水面蒸发站网、泥沙站网和水化学站网。

2. 专用站网

专用站网是根据局部工程的需要而建立的,没有什么布站原則。一般是由各个部門根据当时的需要为了取得某一河流的水文資料而設立的。它的观测時間較短,一般只是2~5年,在任务完成后就撤銷。

3. 实验站网

实验研究站是为了深入研究某种水文現象內在关系或为探討某一特殊問題而設立的。因此,这种站的数量是不多的,但观测的內容却是比較复杂。实验站网可分:徑流实验站、水庫湖泊实验站、河床实验站、沼泽实验站以及水文測驗方法实验站等。此外尚有一种为研究水土保持效益和水土保持措施的水保站。

以上站网与各种測站虽有差別,但一般都是有机配合的,一站兼負几种任务。

第二节 建站程序与測驗河段的选择和勘测

根据站网规划,在需要进行布站的範圍內,选择一个合适的地点来建立測站,这工作是比较复杂細致的,不能草率从事。

建立測站的順序,根据需要情况,目前采用的有边查勘边建站与先勘测后建站两种方式,而以后者为最好。因此,一般工作的进行都按照以下程序:进行勘测选择站址;建立观测設備;填写測站考証簿。茲分別說明于下:

一、选择測驗河段的要求

对測驗河段的要求:首先应滿足設站目的的要求,其次要保証測驗成果具有必要的精度,在这两个前提下,尽可能便于測驗和簡化資料的整理工作。为了保証測驗成果的精度,主要应选择具有良好控制作用的測驗河段。在这河段上,最好沒有分流、岔流、斜流、回流、死水及显著的横比降存在;同时河床尽可能的稳定,水流集中,洪水波浪較小,并且沒有严重的漫滩現象。在結冰的河流上,应避免选择有冰凌堆积、冰塞、冰坝的地点作为測驗河段。在測驗河段的上下游附近,不应有不稳定的沙洲、淺滩、淤积改道存在,尽量远离較大支流汇合口或产生回水影响的湖泊、水庫等水体。在河段的岸边附近,应避开足以阻擋視綫和妨碍測驗工作的較大而密的固定地物(如房屋、树木等),而选择宜于停靠測船,埋設測量标志和水尺,以及便于观测联系的地点。河段內不应有运输頻繁的碼頭,集材場以及由工业生产中排泄的廢水、污水等。因此控制作用大和測驗条件好的河段通常应具备以下的条件:

1. 平原区河流的河段要順直均整:順直河段的长度,对較大河流应不小于河寬的3~5倍。全河段內,应具有大体一致的河寬、水深和比降,两岸斜坡等高綫应近于平行;并尽可能为单式河床。在深槽和淺滩交替的河流上,一般宜选择深槽段和不易丛生

水草的河段。

2. 山区河流的河段应尽可能选在急滩、石梁、峡谷等控制断面的上游，离开这些地点的距离约为5倍的河宽。同时在该处的水流应较平稳，没有阻塞水流的巨大块石存在，没有水草树木等，或者河床经过简单的整理能达到这些要求的地方。在枯水流量很小有可能设置量水建筑物的地方，要求顺直河段的长度最好也不小于河宽的5~10倍。

二、勘测中的调查工作

调查工作的内容有：

1. 回水情况的调查：主要应查清下游回水传播的距离，其调查方法如下：

当河段位于水工建筑物的上游时，应参考下游最近地点产生回水的水工建筑物的设计资料（例如在设计洪水水位下的水面曲线计算资料等）；并询问水工建筑物的管理人员，了解由目睹的或工程管理中观测到的回水传播距离；并访问当地居民、船工或渔民，了解有关回水出现的机率及传播的极限距离，河床变动情况等。

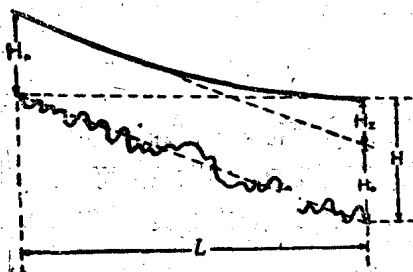


图 2-1 回水传播的距离

在一般情况下，应以调查所得资料为主，结合计算的方法验证。计算时建议采用托耳克米托公式（图2-1）：

$$L = \alpha \frac{H_0 + H_s}{I} = \alpha \frac{H}{I} \quad (2-1)$$

式中 I ——无回水时的平均比降，可用已有的河流纵断面测量资料求得；

H_0 ——无回水时的平均水深，以米计；

H_s ——回水起源处的回水高（如河流流入湖泊，则可以该入口处的最高水位变幅作为 H_s 值），以米计；

$H = H_s + H_0$ ——回水起源处的平均水深；

α ——根据 $\frac{H_s}{H_0}$ 的关系，由表2-1不同比值中定出的系数。

表 2-1

$\frac{H_s}{H_0}$	5.0	2.0	1.0	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05
α	0.96	0.91	0.85	0.76	0.67	0.58	0.41	0.24

最后确定回水传播的距离，应较计算和调查所得的结果更远一些。因为计算上的误差与调查中的失实是难以避免的。

2. 控制条件的调查：了解有无控制断面或控制河段，寻找控制断面如急滩、石梁、跌水、弯道、束狭断面等的位置，查清顺直河段的长度、河滩宽度、分流、串沟、回流、死水等情况。

3. 河床稳定性的调查：一方面了解河道的变迁，冲淤情况（厚度）、流向变化及洪水波浪的大小等，另一方面了解河床地质如岩石、砾石、沙、淤泥、粘土、壤土等在河段内的分布情况。

4. 水情、冰情的調查：了解河流的重要水情和冰情，如最高水位和最大泛濫边界，最大、最小流量，洪水来源，泥石流和它的成因，河干、連底冻的日期和它們壅水的高度及范围。

此外，应了解水草生长的情况。在干旱地区或山区勘测时，还应了解河水矿化度或可供飲水的其它水源情况。必要时，应取水样送实验室进行分析。

5. 一般自然地理情况的調查：了解两岸对附近的地形、地貌、气候条件、植物被复等(土壤的調查在地形测量时进行)。在喀斯特地形发育的地区，还应了解喀斯特现象。

6. 水利情况的調查：了解設站地区水利工程分布，工程类型及效益(如灌溉工程的受益面积等)，水工建筑物的地点、型式、尺寸及工作情况，水土保持工程的类型及面积。此外还应了解当地对水利及其它建設的近期和远景规划。

7. 測繪控制点的調查：了解国家測繪机关或其它机关設站地区已經設立的水准点、三角点或导线点的位置及编号等。

8. 航运、浮运情况的調查：了解通航情况(如通航水位、桅高、樺道位置)和木材的流放情况。

9. 其它情况的調查：主要应了解附近人民公社及村鎮的分布情况，交通运输、邮电信汇等情况，以及当地可以采用的建筑材料(如木材、砂石、水泥、石灰)等。

三、勘测中的测量工作

测量工作只在经过勘测后已经选定的測驗河段上进行。当进行地形测量或簡易地形测量时，应附带查清河底及两岸的土壤性质(如粘土、壤土、砂土、砾石、卵石、岩石等)。

四、勘测报告书的编写

勘测完毕后，应綜合写成“勘测报告书”。主要内容有：勘测的任务、目的、人員組織，勘测范围、日程及简单经过，检查的成果，选择測驗河段的根据(理由)。此外，还应說明在所選河段上进行水文測驗的适宜程度及水文測驗方法和测次，測驗基本設施的布置地点及过河设备等。

第三节 測驗设备的建立

在經過勘测确定了測驗河段以后，就可进行測驗设备的建立，其主要工作有：設置水准点并引测其高程；布設断面和基綫；設置测量标志及其高程基点；建立測流及其他设备等。

一、設置水准点

水准点可按用途和稳定性而分为两类。

按用途来分有基本水准点与校核水准点，前者是測站的高程引测的主要依据点，应設在測站的附近，并且地基应稳固不易冲毀。后者是用来引测断面、水尺及其他设备的高程，通常設在历年最高洪水位以上很牢固的地方。

依稳定性而分有永久性的和临时性的水准点。在长期进行观测工作的測站上应設置永久性的水准点，而且往往与基本水准点合而为一。若是短期进行观测工作的測站，或是作为校核用以及由于欲設立永久性水准点而缺乏材料时，可暫設立临时性的水准点。

水准点設置好后，应进行编号及引测其高程。

在引测水准点高程时，其精度是按三、四等水准测量要求进行。核校水准点至少每年进行一次复测。若有变动时应测出其加固前后的高程。

水准点的结构形式及埋设方法，在测量学中讲述或依照“水文测验暂行规范”进行工作，此处不再赘述。

二、布设断面

在测站上为了取得高低水位时的全部资料，就得用一些不同的方法进行测验工作。因此，需要设置不同用途及不同要求的几个断面：

1. 基本水尺断面：基本水尺断面是为了测得测验河段全部水位变化过程而设立的。在此断面上的水位不但能代表测验河段的水位，而且还能根据该水位变化过程来间接地推求测验河段的流量、含沙量等的变化过程。因此该断面最好位于测验河段的中央，水流稳定、没有横比降之处。设置好以后，一般不宜移动或变更。

2. 流速仪测流断面：流速仪测流断面是用流速仪施测流量的断面，应设在均匀、顺直的测验河段的中央，或者在急滩、石梁等上游水流最平静、便于施测、成果精度尽可能高的地方。测流断面内不应有回流及漩涡等。它和基本水尺断面的位置尽可能重合或者相接近。若不能重合时，二者间的河槽蓄水能力不应太大；两个断面上的水位应有稳定而良好的关系。

有时在一些情况下，一个测流断面不能适应不同时期的工作要求，可设置不同时期的测流断面，例如高水测流断面、低水测流断面、畅流期测流断面、封冻期测流断面等。不过主要测流断面和临时测流断面之间不应有水流加入或分出。

若河段内有分流、串沟、独股水流存在时，可设置不同方向或不同位置（指顺流位置）的测流断面。但如果分流、串沟等处水位与主槽水位不同时，则在流量超过总流量的15~20%的串沟上，除分设几个测流断面外，宜设立相应的基本水尺断面，以便采用分别测验整编流量资料的办法，推算径流量。

如果流向与河边等高线走向很不平行一致时（例如河滩等高线走向和基本河槽的流向相差大约10~30°）亦可设置不同方向的测流断面。

3. 浮标测流断面：浮标测流断面是用浮标进行测流时的断面。它包括决定浮标流程起止点的浮标上下断面（又称辅助断面）及决定浮标位置和计算断面面积的浮标中断面。浮标中断面（浮标测流断面）与流速仪测流断面最好合而为一，这样可使这两种测流成果直接进行比较。并且测量的断面也可互相借用。浮标上下辅助断面之间，沿河道地形的横向和纵向变化应很小。其间的距离通常不小于最大断面平均流速的50~80倍，为了计算的方便，取成10米的倍数。如果两种要求不可能同时达到，则允许缩短上下辅助断面的间距，但仍以不短于最大断面平均流速的20倍为限。

4. 比降断面：比降断面是用来观测水面比降的断面，分为比降上断面及比降下断面，上下比降断面之间的河段要顺直，断面形状大体一致，河底坡降和水面比降不宜有明显的转折变化，以及有天然或人为对于河道地形和水流规律性的破坏。在满足这个基本前提后，当条件允许时，使比降中断面和测流断面重合。或者可使上（或下）比降断面与基本水尺断面相重合。可能时浮标测流的辅助断面也可兼作上、下比降断面。在测验河段上、下游有曲率较大的弯道时，比降断面应离开河道转弯的地方。这对河段为“S”形弯道中央顺直的一段，尤须注意。

上下比降断面的间距主要视河流比降的大小而定。一般比降观测资料的允许误差应在15%的范围以内。为此可按下列公式计算，并取10米的整数倍：

$$L = \frac{140 \Delta H + 100 m \sqrt{I}}{nZ} \quad (2-2)$$

式中 L ——上下比降断面间的距离，以公里计；

n ——要求比降的观测容许误差，以百分率计；

ΔH ——比降水尺水位的观测误差，以毫米计。一般情况下，当河流没有风浪，或用效果良好的静水设备观测的测站，采用 $\Delta H = 5$ (毫米)；

m ——引测水准点高程时，一公里路线上的偶然误差，以毫米计，规定采用 $m = 10$ (毫米)；

Z ——河流一公里的落差，以毫米计，当落差变幅较大时，选用的 Z 值可视比降观测的主要目的而定。例如，受回水影响的测站，可选用回水影响期间的最小落差或最常发生的较小落差值。一般测站可用中常水位时或洪水时的落差值(如果洪水时比降减小的话)。

在不同河流落差之下应有的比降断面间距，可由表2-2查得。

表2-2

断面间距 (米)	河流落差 或比降		断面间距 (米)	河流落差 或比降	
	每公里的落差 Z (毫米)	比降 I (0/000)		每公里的落差 Z (毫米)	比降 I (0/000)
100	677	6.8	1100	108	1.1
150	483	4.8	1150	103	1.0
200	382	3.8	1200	100	1.0
250	320	3.2	1250	97	0.97
300	277	2.8	1300	94	0.94
350	246	2.5	1350	92	0.92
400	222	2.2	1400	90	0.90
450	203	2.0	1450	88	0.88
500	188	1.9	1500	86	0.86
550	175	1.8	1550	84	0.84
600	164	1.6	1600	82	0.82
650	154	1.5	1650	80	0.80
700	146	1.5	1700	79	0.79
750	139	1.4	1750	77	0.77
800	133	1.3	1800	76	0.76
850	127	1.3	1850	74	0.74
900	122	1.2	1900	73	0.73
950	118	1.2	1950	72	0.72
1000	113	1.1	2000	70	0.70

在河段内布设各种测验断面时，可事先利用河段地形图和瞬时水面纵断面图定出初步方案，然后在野外通过现场对照或流向测量工作确定它们的方向和位置。

测流断面应当垂直于平均流向，不兼作测流断面的基本水尺断面，大致垂直于平均流向或直接平行于布设的测流断面。

决定测流断面位置的方法如下：

1. 根据地形测量资料进行布设：小河流或水流很急的山溪性河流上，河床不宽而为深槽形，其地形等高线对于平均流向具有决定性的意义时，或者测验河段顺直而且相当长时，可在河道等高线平面图上选定断面垂直于河底和河岸的等高线。

2. 用流向流速资料以部分流量的合向量来决定测流断面：在地形测量时所测得的流向结果足以代表测验河段长时期内水流的流向时，则测流断面的位置就可利用地形测量时的资料在平面图上绘出各部分流量的合向量的方法来决定；在大河流上，地形测量时的资料缺乏代表性或者在测量后水流情况已有了很大变化时，必须专门组织对测验河段的流速、流向测量工作，以确定或调整测流断面。由于测量流向、流速的方法不同，因而断面的布设也有所差别。

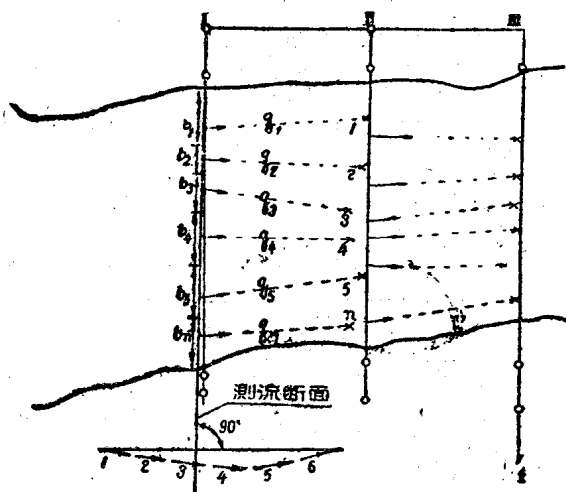


图 2-2 根据流速仪测流结果决定测流断面位置

(1) 用流速仪测流速，以系在细线上的浮标施测流向的结果，设置测流断面。其方法为：在描绘或兰晒的测站平面图上将每个浮标在初定的断面(如图2-2)施放的起点和终点间连成虚线。

把在断面上用流速仪测流时每相邻两条垂线的起点距加以平均求得部分面积分界线的起点距。

用相邻两个分界线上的水深平均值作为流速仪测速垂线的部分平均水深。

两分界线的起点距之差作为相应的部分宽，两者相乘即得部分面积。

求部分流量：由部分面积乘测速垂线的流速即得。

将各部分流量的向量值按一定的比例画在平面图上，使它的方向和同一地点的浮标路线相重合。

将同一断面内的部分流量的向量值用推平行线的方法联成向量多边形。合向量即与平均流向一致。

绘出垂直于合向量线的垂直线，即为测流断面线。用测量的方法把图上的断面线定到地面实际的位置上去。

若用流速、流向仪或流速仪与手持流向器测量流速和流向时，设置测流断面的方法与上略同，仅其中部分流量向量的方向线根据流向仪测量的记录绘在图上。

(2) 用断面控制法布设测流断面(图2-3)：

在测站平面图上，把每一个浮标经过河段内各横断面的交点顺序联成折线(可用虚线)，以研究两相邻断面间水流的一致性；在流向变化小、流速分布均匀的河段中选择一横断面(如断面Ⅳ)以作计算流量的断面。

在选择好的横断面上计算流量，并绘制部分流量的向量线。部分流量等于部分面积乘流速，部分面积的计算法同于以上所述(即部分宽乘部分平均水深得部分面积)。浮标

流速則是选好的相邻上、下断面之间的距离 (L) 除以浮标运行这段距离所需的历时 (t) 而

得, 即 $v = \frac{L}{t}$ 。

繪制向量多边形, 連接第一个向量綫的起点和最末一个向量綫的終点而得合向量綫。作合向量綫的垂直綫即为測流断面綫。再用測量的方法标定于实地面上即为測流断面。

(3) 用時間控制法布置流速断面 (如图 2-4): 首先根据野外用仪器定时交会浮标位置的結果, 利用图解法或分析法繪出不同時間浮标在河段内漂行的位置。并在点旁标明交会時間。然后联繪每一个浮标的路綫。

根据水流平面图研究流速、流向的横向和纵向变化, 檢查初步拟定的測流断面位置是否适宜。如果用平面图說明它不适宜时, 則另在新的地点选出測流断面。在大致拟定新地点的測流断面位置后, 再用向量多边形图解法作方向校正。

作向量多边形之前, 应在測流断面綫与每一条浮标路綫的交点上注明各个浮标恰好通过这个横断面的時間。它是由同一个浮标通过断面以前和以后相邻的两次交会時間内插而得。

根据每一条路綫上浮标运行的历时过程, 繪出浮标从到达断面之前的某一位置开始流到断面上所需的某一相等时距的等时綫 A , 并将它繪于断面的上游。

繪出浮标离开断面后流到下游某一位置所需的同样时距的等时綫 B , 将它繪于断面的下游。

繪制等时綫所取的时距可視最大流速的大小及图比例尺而定。当最大流速不超过 2 米/秒时, 測繪 1:1,000 的等时綫图, 其时距为 25 秒; 如測繪 1:2,000 的图, 时距为 50 秒; 測繪 1:5,000 的图, 时距为 125 秒; 若測繪 1:10,000 的等时綫图, 則时距为 250 秒; 依此类推。当最大流速超过 2 米/秒时, 上述时距可分別縮短为 10 秒、20 秒、50 秒、100 秒等。

上述两条等时綫在各个浮标路綫上所截的距离即代表水面流速的向量。

按前述方法, 計算在断面上与各个浮标路綫所对应的部分寬、平均水深、部分面积, 并計算部分的虛流量。沿着各浮标通过断面原路綫的方向繪出部分虛流量的向量綫。

繪制向量多边形, 解出部分虛流量的合向量綫。把測流断面綫調整到和它相垂直的位置, 按此位置标定到地面上去。

至于浮标測流輔助断面的方向, 在任何时期都应与主要測流断面相平行。它与測流断面的間距以及上、下比降断面間的距离, 均可用鋼尺、竹尺或其他校正好的卷尺量定。測量时, 必須往返进行两次, 互相校正, 最后取其平均值。

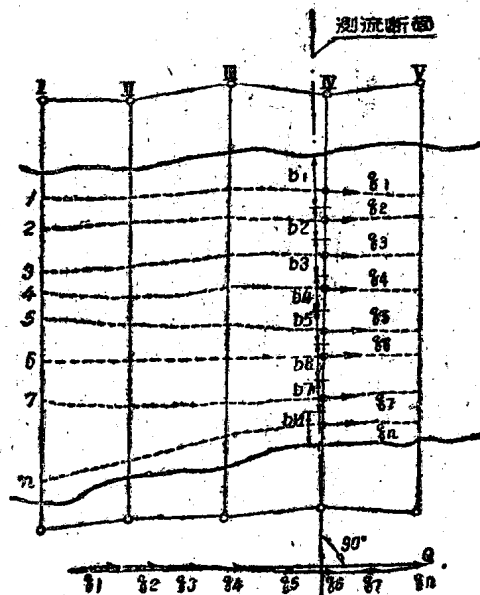


图 2-3 根据断面控制法所测水流平面图
决定測流断面位置

