

堤坝安全鉴定新办法与现代化

防汛抗洪技术指导全书



堤坝安全鉴定新办法与现代化 防汛抗洪技术指导全书

李 蜀 于景安 主编

第三册

吉林电子出版社

(二) 自记水位计

利用水尺进行水位观测,需要人按时去观读,而且只能得到一些间断的水位资料。自记水位计能将水位变化的连续过程自动记录下来,有的还能将所观测的数据以数字或图像的形式远传室内,不致遗漏任何突然的变化和转折,使水位观测工作趋于自动化和远传化。在荷兰水文信息服务中心,从计算机屏幕上可直接调看或用电话询问全国范围内务测站当时的水位,而这些又几乎是无人驻守测站。

自记水位计是利用机械、压力、声、电等传感装置间接观测记录水位变化的设备,一般由水位感应、信息传递和记录 3 部分组成。

自记水位计有多种类型。按水位传感方式,主要有感应水面升降的各种浮子式水位计和测针式水位计;感应水压力的各种压力式水位计;基于电声转换原理测定水层厚度的超声波水位计等。按水位信息传输的方式和距离,可分为就地自记和电传、遥测水位计。

水位记录方式有记录纸描述、数字显示、自动打印和穿孔纸带、磁带记录等类型。

1. 浮子式自记水位计

这是最早采用、目前应用最广的一种自记水位计,具有结构简单、性能可靠、操作方便、经久耐用等优点。它可适应各种水位变幅和时间比例的要求。水位的变化既可就地自记,也可以转换为电信号以实现远传和遥测,且可采用多种记录方式。目前浮子式自记水位计已有很多种类型,其共同特点都是采用浮子直接感应水位的变化。

(1) 横式自记水位计

这是浮子式自记水位计的基本型式,如图 7-3-36 所示。水位感应部分由悬挂在传动轮上的浮筒和平衡锤组成。传动部分主要由浮筒轮和比例轮组成,由比例轮带动记录转筒转动。记录部分主要由卷纸转筒、记录笔、时钟和导杆等组成。卷纸筒为水平设置,记录笔尖接触纸面。

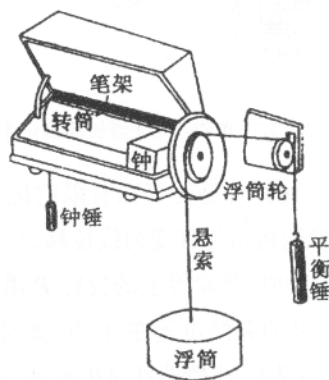


图 7-3-36 横式自记水位计

当浮子随水位升降时,通过悬索(或悬链、钢带)带动浮筒轮、比例轮和记录筒一起转动,同时由时钟牵引的细钢绳带动记录笔作横向移动。在传动轮和时钟的联合作用下,记录笔便在坐标纸上描绘出水位变化过程线。从自记曲线上摘录足够的点次作为水位记录。

设置比例轮是为了适应水位变幅的需要。该仪器中,比例轮与记录筒周长相等,而与浮筒轮周长之比为 1:2,故水位比例尺也为 1:2。

在摘录自记水位记录时,如果自记值与校核水尺的定时校测值之差超过 $\pm 2\text{cm}$,或每日时差超过 ± 5 分钟且水位变化急剧,则应分别加以订正。

(2) WFM—90 型长期自记水位计

这是国内新近研制成功的一种长周期浮子式自记水位计,如图 7-3-37 所示。该仪器采用带珠悬索带动浮筒轮旋转,经一级 1:2.5 的齿轮减速后,再拨动一个补偿器作水平往复运动,将角位移变为线位移。同时用石英自记钟带动时速筒转动,并驱动卷纸筒卷放长型记录纸,由记录笔描出水位过程线。

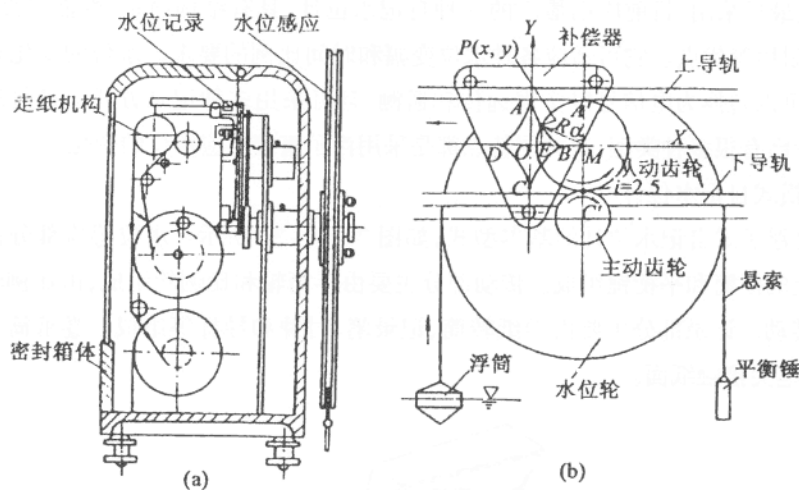


图 7-3-37 WFM—90 型长期自记水位计

采用带补偿器的来复式记录机构,是为了在有限的记录纸宽度内,按适当比例尺长期记录较大的水位变幅,并准确地将角位移变为线位移,其工作原理如图 7-3-37(b)所示。当半径为 R 的从动齿轮转动时,其轮缘上的拨钉 P 沿补偿曲线 $ABCD$ 滑动,推动补偿器作水平往复移动。设拨钉 P 的起始位置在 A' 点,此时补偿器的纵轴线 AC 与 $A'C'$ 重合。从动轮转动时,拨钉 P 首先沿补偿曲线 AB 滑动,补偿器带动记录笔水平左移。当转角 α 达 $\frac{\pi}{2}$ 时,水平位移达极限值,拨钉 P 转而沿曲线 BC 滑动,使补偿器水平右移,

回到起始位置后又转而沿曲线 CD 滑动,补偿器继续右移,到达右边极限位置后,拨钉 P 再转为沿曲线 DA 滑动,补偿器又反向左移。取移动坐标 $X-Y$ [见图 7-3-37(b)],当从动轮转动角度 α 时,弧长 $\widehat{DA} = R\alpha$ 要求补偿器纵轴的水平位移 $X(OM)$ 也应等于 $R\alpha$,而 $P(x, y)$ 点对应的水平位移 $EM = R\sin\alpha$ 。为此,要求的补偿量 $x = OE = OM - EM$ 。根据补偿要求,各段补偿曲线应分别满足如下参数方程:

AB 段与 DA 段

$$\left. \begin{aligned} x &= R(\alpha - \sin\alpha) \\ y &= R\cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (3-9)$$

BC 段和 CD 段

$$\left. \begin{aligned} x &= R(\alpha - \sin\alpha) \\ y &= -R\cos\alpha \end{aligned} \right\} \quad (3-10)$$

根据上述原理制成的补偿器,即可实现大变幅水位的长期自记,且具有良好的线性关系。

该仪器中有两支记录笔,一支用于描绘水位过程线,另一支用于判别水位涨落。整机转动部件轻便灵活,走时精确。其记录周期为 90 天,可记录水位变幅 10m,能适应 $0 \sim 0.5\text{m/min}$ 的水位涨落率,水位记录基本误差 $\leq \pm 0.02\text{m}$,80% 以上保证率的基本误差 $\leq \pm 0.01\text{m}$ 。

(3) 浮子式电传、遥测水位计

浮子式电传、遥测水位计是利用适当的传感器件将浮子感应的水位变化转换成相应的电量,通过传输线或无线电波送至室内接收记录,从而实现水位信息的远传和遥测的装置。

较早的电传遥测水位计多采用自同步电机或电阻传感方式,直接将水位信号进行有线远传。较新型的仪器中则多将水位信号转换成脉冲数字式信号,以有线或无线方式进行远传。例如,SY-2 型电传水位计和无线远传水位计,简介如下:

①SY-2 型电传水位计(见图 7-3-38)。该仪器采用磁控干簧管系统构成触点式发讯装置,将浮子感应的每厘米水位涨落变化量转换成不同极性和相序的电脉冲,由传输线送回室内,再利用三相同步脉冲原理将水位变化变成步进电机的同步转动,并带动记录器以指针显示水位值,同时也可以在现场就地描述自记。这种有线远传水位计需架设传输线,且易受雷电和暴风雨袭击而损坏零部件,维修较频繁。

②无线远传水位计。其基本框图如图 7-3-39 所示。现以一种超短波无线远传水位计为例说明其工作原理。

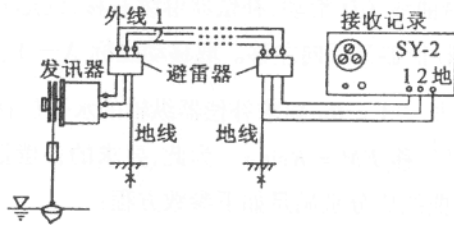


图 7-3-38 SY-2 型电传水位计示意图

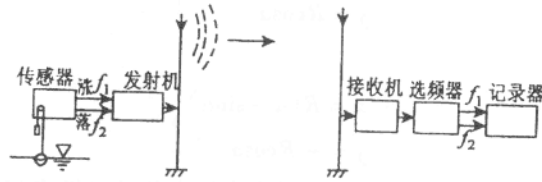


图 7-3-39 无线远传水位计原理框图

发送部分:由水银触点传感器和超短波发射机等组成。每当水位变化 1cm,传感器的水银触点即按“涨”或“落”的方向闭合一次,分别接通发射机中频率为 f_1 或 f_2 的低频振荡器,产生不同频率的音频信号,经低频功率放大和高频调制后,以超短波无线电信号发射出去。发射信号之后,发射机自动停机。

接收部分:由超再生式接收机和选频放大器组成。接收机从无线收到的高频调制信号中检出“涨”或“落”的音频信号,经初步放大后分别通过相应频率的选频放大器,再作用于各自的电子开关上,驱动计数电路工作。

记录部分:由可控硅触发电路和电机计数电路等组成。水位“涨”与“落”的信号分别触发两只可控硅管,使对应的电路导通,驱动电机正转或反转,带动计数器作加减计数。

使用各种浮子式水位计,都必须建造安放水位计的井台。自记井台主要由静水井、进水管和仪器室等组成。静水井的作用是保护浮子和减小波浪对水位记录的影响。

浮子式自记水位计水位观测误差的来源包括:仪器本身的基本误差、校核水尺的误差(观读误差、刻度误差和水尺零高的测量误差)以及静水井的滞后误差。静水井滞后误差是在水位涨落过程中,由于进水管等部件的局部水头损失所造成的井内水位与河槽水位的差值。其值 S_h 可按下式计算(参见 ISO4373,水位测量设备):

$$S_h = \frac{W}{2g} \left(\frac{A_w}{A_p} \right)^2 \left(\frac{dZ}{dt} \right)^2 \quad (3-11)$$

其中

$$W = 1.5 + 4fL/D \quad (3-12)$$

式中 W ——单直进水管水头损失系数;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

A_w, A_p ——静水井、进水管横截面积, m^2 ;

L, D ——进水管长度、直径, m ;

f ——达西-魏斯巴奇摩阻系数;

$\frac{dZ}{dt}$ ——水位涨落率, m/s 。

2. 压力式水位计

压力式水位计是根据静水压强 $P = \gamma h$, 测定水下已知高程以上的水压力来推求水位的。水压力可用空气或液体作传递介质, 采用各种压力传感器加以测量。由于水的比重 γ 受水温、水中含盐度和含沙量等的影响, 要达到一定的观测精度, 对传感、接收和记录等部分的要求都较高, 结构也较复杂。但应用此种水位计时不需建造测井, 可在水的比重等较稳定的任意地点使用。各种型式的压力式水位计在国外应用较多, 精度已可达 $\pm 1\text{cm}$ 。国内有长江武汉关水位站的 JY-10 型水压式水位计, 可自动测报水位。

3. 超声波水位计

超声波水位计的原理框图如图 7-3-40 所示, 由电声换能器、超声波收发机和数字显示器等部分组成。换能器锚定在岸边水下适当高程 Z_0 处。由发射机产生的超声频电脉冲激发换能器向水面发射超声波, 声波被水面反射回来又激发换能器输出电信号。根据声波在水中的传播速度 c 和往返传播时间 T , 即可求得换能器以上的水层深度 $d = \frac{1}{2}cT$ 。发射与反射信号经接收机放大和处理后送回室内, 通过控制电路, 在时间 T 内, 对频率 $f = \frac{c}{2}$ 值脉冲源的输出脉冲进行计数, 即可显示出 d 值, 则水位 $Z = Z_0 + d$ 。

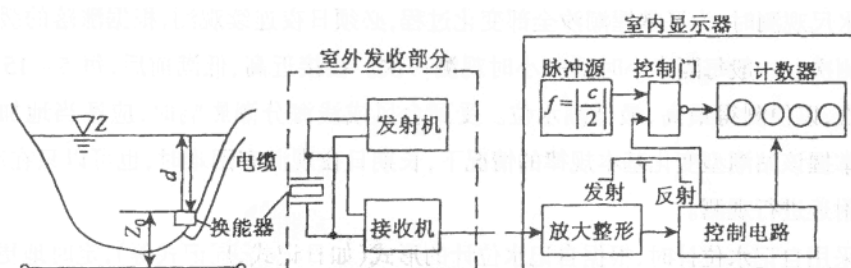


图 7-3-40 超声波水位计原理框图

超声波在淡水中的传播速度 c 可由水温 $\theta(^{\circ}\text{C})$ 、河水含盐度 $S(\text{‰})$, 用经验公式进行计算:

$$c = 1410 + 4.21\theta - 0.037\theta^2 + 1.14S \quad (\text{m/s}) \quad (3-13)$$

采用超声波水位计,不需建造测井,且水温 and 含盐度的影响容易处理,因而具有较强的适应性,可连续读记水位,使用方便。

四、水位观测的要求

对水位观测的具体要求随设站的目的和要求而有所不同,其基本要求如下:

1. 水位观测的次数,应能完整地控制水位涨落变化的过程,以满足日平均水位计算、特征值统计、推求流量变化过程和水文情报预报等方面的需要。因此,应不漏测峰顶、峰谷和明显的转折点,水位涨落急剧时应加密测次。每日 8 时为基本定时观测时间。

2. 水位观测精度,应满足使用要求。在一般水位观测中,水尺读数和水位值应准确至 0.01m;在小落差河段上观测比降、堰闸水头或有其它特殊精度要求时,应准确测记至 0.005m,时间应记录至分。

3. 根据观测对象的特点,必要时,应将明显影响水位观测精度与水位变化的水文气象要素和现象,如风力、风向、水面起伏度、流向以及漫滩、分流、决口、临时堤坝、闸门启闭情况、回水、河干、断流、冰情等作为附属项目,同时进行简要的观测和记载,以供分析和资料整编时查证。

五、潮水位观测

大洋中潮水位变化近似正弦曲线。潮水进入河口后,其水位变化过程由于受到海洋潮位、河流水位及河道自然特性的影响而变得复杂。因此,潮水位观测要求能得到潮水涨落的完整过程。

用水尺观测时,为了掌握潮汐全部变化过程,必须日夜连续观测,根据涨落的缓急合理分布测次。一般每隔半小时到一小时观测一次。在接近高、低潮前后,每 5~15 分钟观测一次,以便测得最高、最低潮水位。受到台风或浅海分潮影响时,应适当地加密测次。在掌握该站潮型变化基本规律的情况下,长期日夜观测有困难时,也可以只在高、低潮水位附近进行观测。

当采用自记水位计时,根据自记水位计的形式(如日记式、周记式等),定时地更换自记纸,同时观测校验水尺的读数,以校正自记水位计的水尺读数。

由于潮水位变化很快,潮水位观测必须重视时间的准确性,使观测成果不致因时间欠准而与实际情况不符,甚至造成资料不合理或找不出水位的变化规律。对于时间误差,每天允许的时差不超过 ± 5 分钟。若发现观测所用的钟表与准确时间的时差超过上述范围,则需要将前后两次对时范围内的潮位给予改正。改正时,可假定对时间隔的时

差为直线变化,用直线比例分配的办法进行改正。

用自记水位计的测站,每天至少校测潮水位一次。若校测时发现记录纸上的潮水位与实际观测的潮水位数值不符,应调整记录笔的高度。若日记式水位计误差超过 2cm,周记式超过 3cm 时,应将前后两次校测时段的高、低潮水位按直线比例分配的方法予以改正。

第三节 流量测验

流量是单位时间内流过江河某一横断面的水量,以 m^3/s 计。它是反映水资源和江河、湖库等水体水量变化的基本资料,也是河流最重要的水文特征值。

流量是根据河流水情变化的特点,在设立的水文站上用各种测流方法进行流量测验取得实测数据,经过分析、计算和整理而得的资料,用于研究江河流量变化的规律、流域水利规划、各种水利工程的设计、施工、管理与运用、防汛抗旱、水质监测及水源保护等方面,为国民经济各部门服务。

一、流量测验方法概述

流量测验方法很多,按测流的工作原理,可分为下列几种类型:

(一)面积法

它通过实测断面上的流速和水道断面面积来推求流量,这是目前国内外广泛使用的主要方法,包括流速仪测流法、航空测流法、比降面积法、积宽法(动车法、动船法和缆道积宽法)、浮标测流法(按浮标的形式可分为水面浮标法、小浮标法、深水浮标法等)。

(二)水力学法

它通过测量水力因素,代入相应的水力学公式算出流量,包括量水建筑物测流和土工建筑物测流。

(三)化学法

又称溶液法、稀释法、混合法。根据质量守恒定律,将一定浓度已知量的指示剂注入河水中,利用扩散稀释后的浓度与水流的流量成反比,测定水中指标剂的浓度即可推算流量。

(四)物理法

它利用某种物理量在水中的变化来测定流速,并推算流量。测流方法有超声波法、

电磁法和光学法。

(五)直接法

有容积法和重量法,适用于流量极小的山涧小沟。

实际测流时,在保证资料精度和测验安全的前提下,根据具体情况,因时因地选用不同测流方法或几种测流方法配合使用。

二、流速仪法测流

流速仪法是用流速仪测定水流速度,并由流速与断面面积的乘积来推求流量的方法。它是目前国内外广泛使用的测流方法,也是最基本的测流方法。在我国,流速仪法被作为各类精度站的常规测流方法,其测量成果可作为率定或校核其它测流方法的标准。

(一)测流原理

由于河流过水断面的形态、河床表面特性、河底纵坡、河道弯曲情况以及冰情等,都对断面内各点流速产生影响,因此在过水断面上,流速随水平及垂直方向的位置不同而变化,从水平方向看,中间流速大,两岸流速小;从水深方向看,河床流速最小,如图 7-3-41 所示,即 $v = f(b, h)$ 。其中 v 为断面上某一点的流速, b 为该点至水边的水平距离, h 为该点至水面的垂直距离。因此,通过全断面的流量 Q 为:

$$Q = \int_0^A v \cdot dA = \int_0^B \int_0^H f(b, h) dh \cdot db \quad (3-14)$$

式中 A ——水道断面面积, dA 则为 A 内的单元面积(其宽为 db , 高为 dh), m^2 ;

v ——垂直于 dA 的流速, m/s ;

B ——水面宽度, m ;

H ——水深, m 。

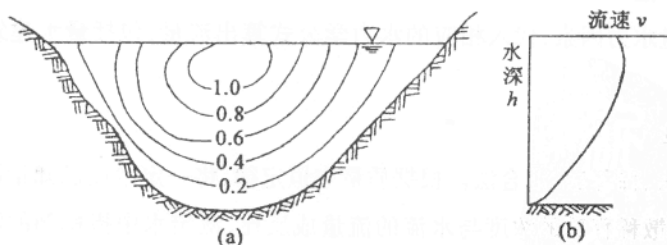


图 7-3-41 流速分布图

(a)断面等流速线图 (b)垂线流速分布图

因为 $v = f(b, h)$ 的关系复杂,目前尚不能用数学公式表达,实际工作中把上述积分公式变成有限差分的形式来推求流量。流速仪法测流,就是将水道断划分为若干部分,用普通测量方法测算出各部分断面的面积,用流速仪施测流速并计算出各部分面积上的平均流速,两者的乘积,称为部分流量,各部分流量的和为全断面的流量,即:

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \quad (3-15)$$

式中 q_i ——第 i 个部分的部分流量, m^3/s ;

n ——部分的个数。

需要注意的是,实际测流时不可能将部分面积分成无限多,而是分成有限个部分,所以实测值只是逼近真值;河道测流需要的时间较长,不能在瞬时完成,因此实测流量是时段的平均值。

由此可见,流量测量工作实质上是测量横断面和测量流速两部分工作组成。具体内容为:沿测流横断面的各条垂线,测定其起点距和水深;在各测速垂线上测量各点的流速,在有斜流时加测流向;观测水位、水面纵比降(根据需要确定)及其它有关情况,如天气现象、河段及其附近河流情况,计算、检查和分析实测流量及有关水文要素。

(二)断面测量

断面测量是流量测验工作的重要组成部分。断面测量包括测量水深、起点距和水位。

断面测量工作分水道断面测量和大断面测量两种。大断面为历年最高洪水位以上 $0.5 \sim 1.0\text{m}$ 的水面线与岸线、河床线之间的范围。它是用于研究测站断面变化的情况以及在测流时不施测断面可供借用断面。大断面测量包括水上和下水两部分。水上部分采用水准仪测量的方法进行,水下部分为水道断面测量。由于测水深工作困难,水上地形测量较易,所以大断面测量宜在枯水季节进行。大断面测量的次数,根据断面的冲淤情况而定。对于河床稳定的测流断面,其水位与面积关系点偏离平均曲线应不超过 $\pm 3\%$,每年汛前或汛后复测一次;对河床不稳定或断面变化显著的测站,除应在每年汛前、汛后各施测一次外,还应在每次较大洪水后应及时施测洪水位以下的过水断面面积,以便了解断面冲淤变化的过程。水道断面系指自由水面线与河床线之间的范围;在封冻期为冰底或冰花底与河床线之间的范围。水道断面面积包括过水断面面积和死水面积。水道断面的测量,是在断面上布设一定数量的测深垂线,如图 7-3-42,施测各条垂线的起点距和水深,并观测水位,用施测时的水位减去水深,即得各测深垂线处的河底高程。

1. 水深测量

(1) 测深垂线的布设

测深垂线的位置,应根据断面情况布设于河床变化的转折处,并且主槽较密,滩地较

稀,大致均匀。为了摸清水道断面形状,对于新设的水文站,大断面测量测深垂线数的布设,应在水位平稳时期,对水深沿河宽进行连续施测。当水面宽大于 25m 时,垂线数目不少于 50 条;当水面宽小于或等于 25m 时,不得少于 30~40 条,但最小间距不得小于 0.5m。一般水道断面测量,应使测深垂线与测速垂线相等;对游荡性河流的测站,可增加测深垂线。

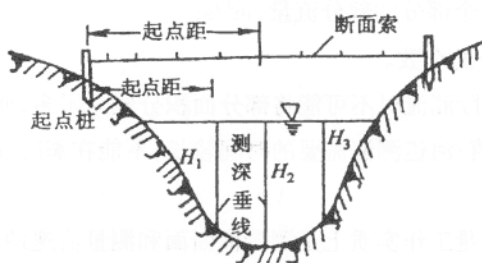


图 7-3-42 断面测量示意图

(2) 水深测量的方法

测量水深的方法随水深、流速的大小、测深精度要求及流量测量方法的不同而异,常用的方法有下列几种:

① 测深杆、测深锤测深

测深杆测深适用于水深小于 10m(国际标准为 5~6m),流速小于 3.0m/s 的河流。其测深精度较高,当流速、水深较小时,应尽量使用。在河底较平整的测站,每条垂线应连测两次,其不符合值如不超过最小读数的 2%,则取其平均值。超过 2%,应增加测次。

当水深、流速较大时,可用测深锤测深。测深锤重量一般为 5~10kg,随水深、流速大小而定。每条垂线施测两次水深,取其平均值,两次测量的不符合值不应超过最小读数的 3%。河道不平稳时,不应超过 5%。否则,应适当增加测次,取多次测量的平均值。

② 铅鱼测深

有缆道或水文绞车设备的测站,可将铅鱼悬吊在缆道或水文绞车上测深。水深读数可在绞车的计数器上读取。铅鱼的重量及钢丝悬索的直径应根据水深、流速的大小及过河、起重设备的荷载能力确定。测深精度与测深锤测深相同。

③ 超声波测深仪测深

超声波测深仪测深的基本原理是:利用超声波具有定向反射的特性,使超声波从发射到回收,根据声波在水中的传播速度和往返经过的时间计算水深。如图 7-3-43 所示,超声波变换器发射到达河底又反射回到换能器,声波所经过的距离为 $2L$,超声波的传播速度 c 可根据经验公式计算。当测得超声波往返的传播时间为 t 时,可得 $L =$

0.5ct。从图中可知,水深

$$h = h_0 + L \quad (3-16)$$

式中 h ——水深, m;

h_0 ——换能器吃水深, m;

L ——换能器至河底的垂直距离, m。

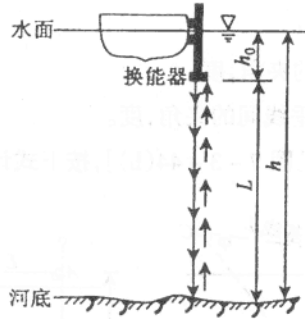


图 7-3-43 超声波测深仪原理图

在式(3-16)中, h_0 为已知,只要精确测定超声波传播往返的时间 t ,便可求出水深。

超声波测深仪适用于水深较大,含沙量较小,泡漩、可溶固体、悬浮物不多时的江河湖库的水深测量。使用超声波测深仪前应进行现场比测,测点应不少于 30 个,并均匀分布在所需测深变幅内,比测随机不确定度不大于 2%、系统误差不大于 1% 时方可使用。在使用过程中,还应定期比测,每年不少于 2~3 次。

超声波测深仪具有精度好、工效高、适应性强、劳动强度小,且不易受天气、潮汐和流速大小的限制等优点。但在含沙量大或河床是淤泥质组成时,记录不清晰,不宜使用。

2. 起点距的测定

起点距是指测验断面上的固定起始点至某一垂线的水平距离。大断面和水道断面上各垂线的起点距,均以高水时基线上的断面桩(一般为左岸桩)作为起算零点。测定起点距的方法很多,有直接量距法、建筑物标志法、地面标志法、计数器测距法、仪器测角交会法及无线电定位法等。这里主要介绍断面索法、仪器测角交会法及无线电定位法。

(1) 断面索法

断面索法是在断面上架设钢丝绳索,每隔适当距离做上标记,并事先测量好它们的位置,测量水深的同时,直接在断面索上读出起点距。这种方法适合于河宽较小、水上交通不多、有条件架设断面索的河道测站,精度较高。

(2) 仪器测角交会法

仪器测角交会法包括经纬仪交会法、平板仪交会法及六分仪交会法,其基本原理是

相同的。这里以经纬仪测角交会法为例加以介绍。

(2) 测距时,将经纬仪安置在岸上基线终点 C ,测出断面桩与测深垂线的水平夹角 φ 。

①当基线不垂直于断面时[见图 7-3-44(a)],按正弦定律计算起点距:

$$D = L = \frac{\sin \varphi}{\sin(\varphi + \alpha)} \quad (3-17)$$

式中 D ——起点距, m;

L ——基线长度, m;

α ——基线与断面的夹角,度;

φ ——基线与测深垂线间的夹角,度。

②当基线垂直于断面时[见图 7-3-44(b)],按下式计算:

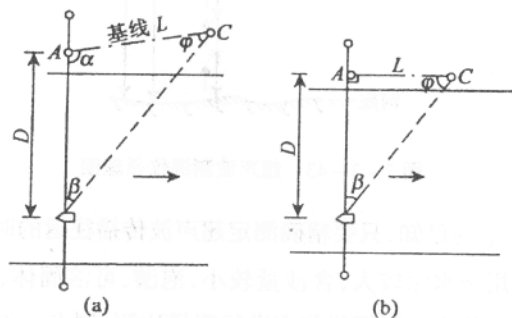


图 7-3-44 经纬仪交会法测角示意图

(a) 基线不垂直断面时起点距的测量 (b) 基线垂直断面时起点距的测量

$$D = L \tan \varphi \quad (3-18)$$

式中符号意义同上。

平板仪交会法与上述方法不同之处是起点距用图解法确定。当河道较宽时,岸上与船上联络困难,风浪较大时用经纬仪瞄准河中活动的目标,施测有些困难,此时可使用六分仪交会法,它的主要特点是借助于两平面镜的反射作用,由望远镜同时窥视两物体,并测其夹角。测量时,施测人员全部上船,不用支架,只需手握仪器即可测角,也能在摇动的船上使用,因此水文勘测中经常使用。

(3) 无线电定位法

本法系利用在岸上两固定点的电台发射脉冲电波到达船上接收机的时间先后、通过测定其时间差来确定位置的,如图 7-3-45 所示,岸上固定的发射台 A 、 B 发射脉冲电波,其信号被船上 P 点的接收机(定位仪)所接收。当同时收到两台的脉冲信号时,则 P 与 A 、 B 是等距的;若不等距,则 P 收到 A 、 B 脉冲信号的时间便有先后,近台先收到,远台后收到,精确测出两台发射脉冲信号到接收机的时间差 ΔT (以微秒 μs 计),则

$$\Delta L = c \cdot \Delta T \quad (3-19)$$

式中 ΔL ——两发射台到接收机的距离之差, m;
 ΔT ——接收机先后收到两台信号时的时差, μs ;
 c ——电磁波传播速度(其值为 $3 \times 10^8 \text{ m/s}$)。

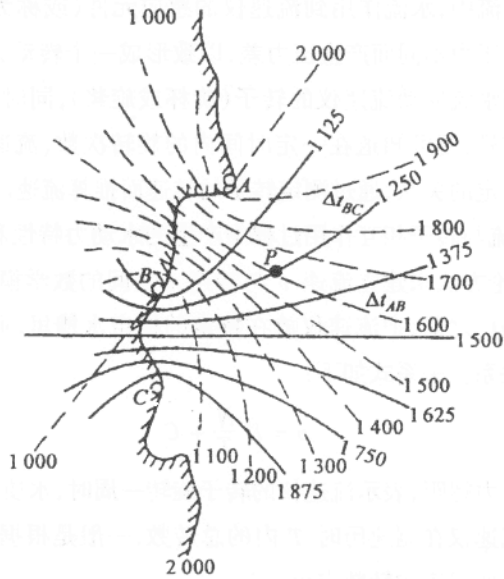


图 7-3-45 无线电定位法示意图

实际应用时,定位系统是由在岸上安设的 A、B、C3 个电台及船上安装的定位仪组成的。根据几何原理知,当一动点到两定点的距离之差为一定值时,动点的几何轨迹就是双曲线。利用两组电台,如 AB 与 BC,将每隔一定时差(或距离差)的曲线绘出,即可获得两簇双曲线。当船在某一位置 P 时,分别测得 AB 及 BC 的时差为 Δt_{AB} 及 Δt_{BC} ,此两条双曲线的交点 P 即为测船的位置。

无线电定位法受地形、天气的影响较小,测量范围广,精度能满足小比例尺测图要求,常用于海上或江面宽阔的大江河及河口的定位。

除上述方法外,目前最先进的是用全球定位系统(GPS)定位的方法,它是利用全球定位仪接收天空中的三颗人造定点卫星的特定信号来确定其在地球上所处位置的坐标,优点是受任何天气气候的干扰,24 小时均可连续施测,且快速、方便、准确。

(三)流速仪测速

天然河道中一般采用流速仪法测定水流的流速。它是国内外广泛使用的测流速方法,是评定各种测流新方法精度的衡量标准。

1. 流速仪

流速仪是一种专门测定水流速度的仪器。其种类和型式很多,可归纳为转子式流速仪和非转子式流速仪两大类。

(1) 转子式流速仪的工作原理

当流速仪放入水流中,水流作用到流速仪的感应元件(或称为转子)时,在迎水面的各部分因所受到的水压力不同而产生压力差,以致形成一个转动力矩,使转子产生转动。转子式流速仪是利用水流冲动流速仪的转子(旋杯或旋桨),同时带动转轴转动,在装有信号的电路上发出信号,便可知道在一定时间内的旋转次数,流速愈大,转轴转得愈快,流速与转速之间有一定的关系,通过测定转子的转速而推算流速。

实际上,由于水流与转子相互作用过程中产生的水动力特性和仪器内部的摩阻情况很复杂,故很难用理论方法来建立流速 v 与转速 n 之间的数学模式。因此,目前这种关系是由厂家在仪器出厂之前,把流速仪放在特定的检定水槽里,通过实验方法来确定流速与转速间的函数关系。关系式如下:

$$v = K \frac{N}{T} + C \quad (3-20)$$

式中 K ——水力螺距,表示流速仪的转子旋转一周时,水质点的行程长度;

N ——流速仪在测速历时 T 内的总转数,一般是根据信号数,再乘上每一信号所代表的转数求得;

T ——测速历时,为了消除水流脉动的影响,测速历时一般不应少于 100s;

C ——附加常数,表示仪器在高速部分内部各运动件之间的摩阻,称仪器的摩阻常数。

式(3-20)中,系数 K 、 C 是通过水槽实验事先率定的。因此在野外测量时,只要测量仪器转子在一定历时 T 内的转数 N ,就可以计算出流速 v 。

(2) 转子式流速仪结构

转子式流速仪有两种:一种为旋杯式流速仪,结构简单,使用方便,但它的转轴垂直,容易漏水进沙,因此适用于含沙量较小的河流。另一种为旋桨式流速仪,为水平转轴,结构精密,性能完善,有几种不同曲度的旋桨,可根据不同流速来选用,测速范围较广,沙、水不易进入,能在水流条件复杂的多沙河流中使用。目前我国使用最多的是重庆水文仪器厂生产的 LS68-2 型旋杯式流速仪和 LS25-1 型旋桨式流速仪,见图 7-3-46、图 7-3-47 所示。

旋杯式流速仪的旋杯群没有方向性,斜流、横流,甚至倒流都能使其转动;旋桨式流速仪的桨叶有方向性,桨叶的旋转速度由轴向决定。当用悬索吊挂时,因流速仪尾翼的作用,流速仪能自动迎向水流,两种仪器上述性能上的差别便显示不出来。当使用悬杆

吊挂旋杯式流速仪时,在有斜流等情况下,施测的流速必须进行流向偏角改正或改用旋桨式流速仪施测,否则会产生明显的系统偏差。

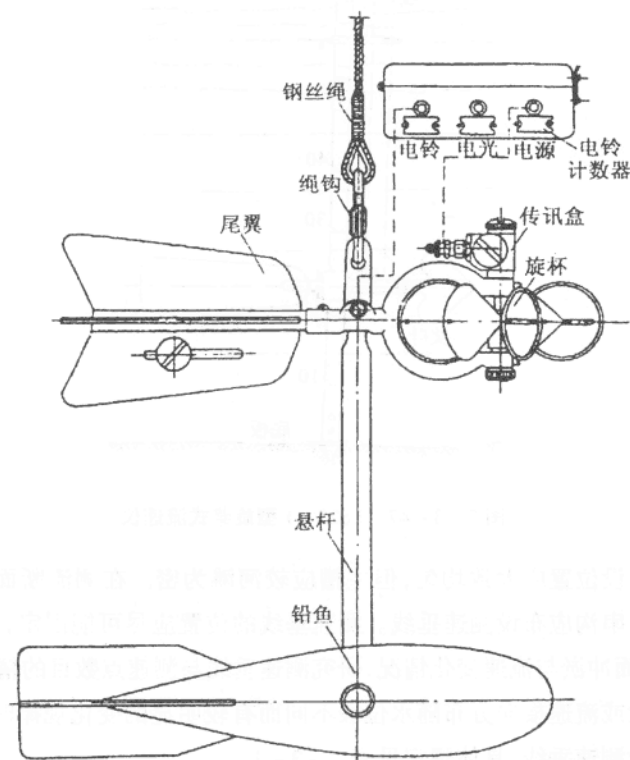


图 7-3-46 LS68-2 型旋杯式流速仪

2. 流速测量

流速仪只能测得某点的流速,为了求得断面平均流速,首先在断面上布设一些测速垂线(一般在测深垂线中选择若干条同时兼作测速垂线),在每一条测速垂线上布设一定数目的测速点进行测速,最后根据测点流速的平均值求得测线平均流速,再由测线平均流速求得部分面积平均流速,进而推得断面流量。测速的方法,根据布设垂线、测点的多少繁简程度而分为精测法、常测法和简测法。

(1) 测速垂线的布设

在断面上布设测速垂线的数目多少,常常根据所要求的流量精度及断面的形状(河宽、水深)来确定。测速垂线布设的一般原则是:应能控制断面地形和流速沿河宽分布的主要转折点。