

313275

高等学校教学用书

桥梁水文

錢冬生 編著



人民鐵道出版社



高等学校教学用书

桥 梁 水 文

錢冬生 編著

人 民 鉄 道 出 版 社

一九六五年·北京

本书經铁道部教材編审委员会推荐作为高等学校教学用书，适用于铁道桥梁与隧道专业和公路方面的桥梁隧道专业。本书分八章。前六章講授大河桥越，对河流的一般知識和桥越勘测設計工作有簡要說明，对于計算流量的决定、桥孔的决定和墩台基底深度的計算有較詳細的分析，对于高滩路堤和导治結構有簡明的闡述。后二章講授小汇水面积的径流流量和小桥涵孔径的計算，对于一般小桥涵的下游鋪砌、山区小桥涵上下游所用的跌水井和急流槽也有扼要分析。

高等学校教学用书

桥 梁 水 文

錢冬生編著

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府甲24号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 010 号

新华书店北京发行所发行

各地新华书店經售

人民铁道出版社印刷厂印

书号1848 开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张 $7 \frac{1}{8}$ 字数 202 千

1962年2月第1版

1965年1月第1版第4次印刷

印数 1,200 册〔累〕4,050 册 定价(科五) 0.85 元

目 录

第一章 关于河流的一般知識	1
§1—1 河流的补給和水情	1
§1—2 河床的演变、推移物的移动和水流速度的分布	1
§1—3 河段按河床演变的分类	4
第二章 桥越勘测	6
§2—1 桥越勘测設計工作的內容	6
§2—2 桥址选择	7
§2—3 地形測量	9
§2—4 实地水文观测	10
§2—5 形态調查	13
§2—6 工程地质調查	15
第三章 計算流量	15
§3—1 在推算計算流量中引用数理統計法的意义和方法	15
§3—2 在有若干年洪峰流量資料的条件下推算計算流量	21
§3—3 在有多年洪峰流量資料的条件下推算計算流量的实例	24
§3—4 在缺乏多年洪峰流量資料的情况下推算計算流量	26
§3—5 析因統計法和保証桥越不为洪水冲毀的計算原理	29
第四章 桥的孔徑和墩台基底深度	31
§4—1 孔徑的計算和决定	31
§4—2 桥越地段的河床演变	37
§4—3 一般冲刷	39
§4—4 局部冲刷	47
§4—5 孔徑計算中的几种特殊情形	48
第五章 桥头引綫	53
§5—1 路肩标高	53
§5—2 桥头引綫的横截面	56
§5—3 高滩路堤的防护	56
第六章 导治結構	60
§6—1 导治結構和导治措施的作用和分类	60
§6—2 各种导治結構的平面布置	61
§6—3 导治結構的构造	65
第七章 小流域徑流的計算	69
§7—1 概述	69

§7-2 新徑流規範雨洪部分的數解法	72
§7-3 新徑流規範雨洪部分的簡化解法	87
§7-4 融雪及混合徑流的計算	88
第八章 小橋涵孔徑計算	89
§8-1 小橋孔徑計算	89
§8-2 涵洞孔徑計算	91
§8-3 考慮橋涵前積水的孔徑計算	98
§8-4 下游溝槽的保護	102
§8-5 跌水井和急流槽的計算	105
§8-6 小橋涵類型的選擇	106
復習及思考題	108
參考書目	110

第一章 关于河流的一般知識

§1-1 河流的补給和水情

雨雪降落在地面上，它們的一部分将下渗而变为地下水，一部分将順着地面向下滲而形成徑流，另一部分将被草木或地面的坑塘暂时截留。截留着的雨雪还将陆續变为地下水或形成徑流，而其中的一部分将通过蒸发而回到大气中去。

河水的补給是多种多样的。在我国，大多数河流的水是来自降雨。雨水落在地上，地面徑流就从地面的高处开始向下流，在山谷中形成溪澗沟壑。越向下流，所汇集的水越多，这就形成大江大河，将大量的水流排入海洋。

在雨水型河流，河水主要是由降雨时所生的地面徑流补給；而在不降雨时期，河內水位迅速下降，地下水水位在这时将相对地较高，于是，地下水就流进河流而形成了河流补給的另一来源。

河流的水位在每年总的漲落情况，叫做水情。随着补給的不同，各类河流的水情也有差别。

雨水型河流在水情上的特点，表現在其汛期总是在雨季，同时，在汛期中每不止一个洪峰，而每个洪峰的历时并不长。这样的水情可以这样解釋：洪水系来自降雨时的地面徑流，继每場大雨之后，洪峰就突然兴起；雨季的大雨不止一場，所以洪峰也不止一个。等到雨季过了之后，洪水也就匿跡，这就是河流的枯水期，而枯水期河流的流量則主要是由地下水补給的。

从河水的补給方面来講，在雨水型河流而外还有融雪型、融冰型和混合型。

在融雪型河流，冬季的积雪到春季将很快地大量融化，因此，在水情方面，洪峰将出現在春季，每年一次，而且洪峰历时較久。

在融冰型河流，高山的冰雪要到夏季才融化，融化的快慢則和当时的气温、日照等有关。在水情方面，在夏季几个月将会見到洪峰的时起时伏，而河流流量在各該月一般会維持于一相当大的数值。

在混合型河流，其某些洪峰是来自雨水，另一些洪峰是来自融雪或融冰，其水情則将是上述各类型的混合。

图 1-1 所表示的不同补給类型的河流的水位漲落示意图，就是对上述各种水情很好的說明。

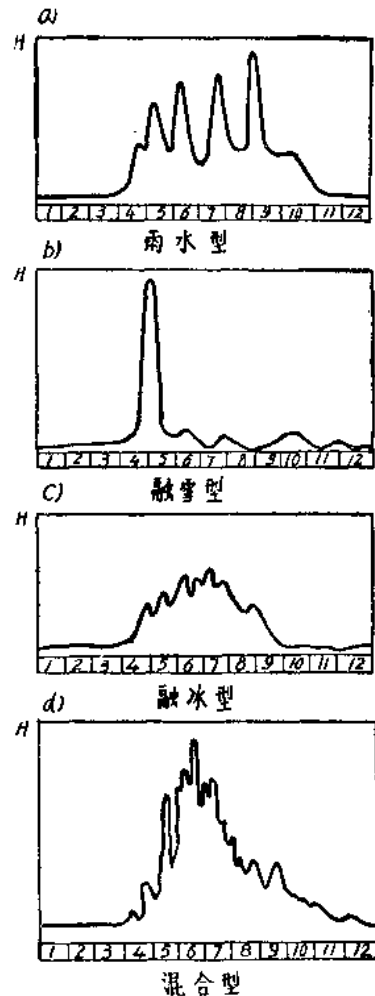


图 1-1 不同补給的河流的水位漲落示意图

§1-2 河床的演变、推移物的移动和水流速度的分布

1. 河床演变概說

从地史上說，现在是第四紀近代期，新构造运动还在进行，水流的侵蝕和冲积作用也从

未間斷。

当径流尚未进入沟槽而在山坡的坡面上流动时，坡面的土壤往往就被水流挟带着向下流，这就是农业方面所要尽力防止的水上流失。当径流业已汇集在沟槽溪涧河流中而下流时，在坡度陡的地段，流速剧增，构成河床的岩石往往也被水流侵蚀成碎块并滚动下移，在下移过程中更因彼此撞击而越来越碎；当挟带着土壤和河床岩层碎粒的水流流到坡度较缓或地势较低洼的地段时，水流中的固体挟带物就会大量沉积下来，形成沉积层。经过若干年，沉积物不断堆积，其上游河流的坡度则将因河床不断受到侵蚀而变缓，于是，水流的固体挟带物将较前为少。这时，河流系位于先期沉积层之上，构成该沉积层的泥沙既是被水流带来，也就有可能再因水流的作用而移动其位置，同时，洪水时从上游新带来的固体挟带物（泥沙）也将参加这一演变，这样，现阶段的河床演变就产生并发展起来了。

就其在河床演变中的作用讲，河流的固体挟带物应该分成两类：悬移物和推移物。悬移物在洪水时的运动轨迹完全是在水中，它们顺流直下，很少参与河床的演变；它们是由土壤和细粒泥沙组成。推移物在洪水时的运动轨迹将有一部分（乃至全部）是在河底，它们积极地参与河床演变；它们是由上游河床岩层冲碎后所形成的粗粒泥沙或砾石等组成。对于不同河流或同一河流的不同河段而言，在悬移物和推移物之间并无一明确的分界线，当流速大时，稍粗的沙粒也能变成悬移物；当流速小时，较细的泥沙也能变成推移物。不过，对于一段河流而言，当所论的是对该河段的河床演变起主要作用的洪水流量（造床流量）时，推移物和悬移物的界限一般还是可以分得开来的。

现在将位于先期沉积层上的洪水河床横断面的一般组成讲一下。如图1—2，河床将成复式。推移物的流动将仅限于河床的一部分，该部分称为主河槽。在主河槽范围之外，仅有水和悬移物流经其上的部分称为高滩。构成高滩的沉积层因已沉积年久，在洪水不淹没的期间往往已长上不少植物，且在其沉积物中一般会有带粘性的土壤，这就使高滩能够在洪水时比较稳定。移动在主河槽中的推移物一般只是粒状物而没有粘性，它们的移动和淤积将受流速和流向的影响，而河流断面上流速和流向的分布却又在很大程度上受推移物在河流中分布的影响。水和推移物在流动中的这种交互影响，就是现阶段河床演变的主要内容。

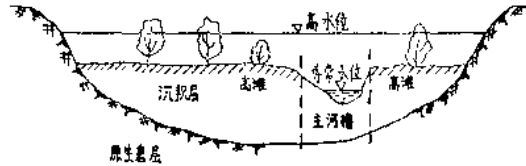


图1—2 一般洪水河床横断面的组成

随着水情、推移物流量、河谷坡度、河床地质等的不同，各河段在河床演变中的表现也不相同，这将在§1—3叙述。

随着新构造运动的继续发展，河谷的升高和下降现在还可以观测到，而在幼年期的河谷，泥石流形成沉积层的现象也正在进行，那里的河床高程还在不断变化。但因桥越的使用年限一般是以几十年至几百年来考虑，因此，当桥越所在地的这些现象较为严重时，也只是将其在最近几百年内所可能发生的变化加以估计，并让所设计的桥越在这一方面也留有一定的安全储备就行了。

2. 推移物的移动和水流速度的分布*

当水流冲击河底粒状推移物时，水流不仅对它有向前的力，而且还有向上的力（如图1—3）。向上的力将抵销粒状物的一部分重力，使粒状物沿河底移动的摩阻力减小，更易推动。可是，在粒状物离开河底之后，当它的上下都有水流畅向前流动时，向上的力很快就消失，粒状物将又沉落河底。粒状物的运动轨迹将视它们的粒径（和重量密切联系的一个尺度）而异。粒径大的，基本上是紧靠着河底移动和滚动。粒径稍小的，运动轨迹可能较多地是在水流之中，但只要它主河槽中沉落，那它实际上就是在构成河床并且参与着河

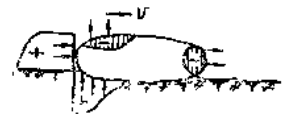


图1—3 河底水流对沙粒的冲击

注*：文献2第37至47页。

床演变，所以仍然属于推移物。

在紊流，水流的主要方向虽是顺流而下，但也杂有漩流。漩流的成因不一，或由于河床的粗糙，或由于河床断面沿河流方向的变化，因此，漩流每一个循环的长度也是有大有小，而且错综叠加在一起。漩流在竖直方向上也是有其分速度的，在某些地点是向上，在另一些地点是向下。在推动推移物方面，漩流也是一主要因素。

洪水时的河槽底面常有若干小沙浪。造成这些小沙浪的主要因素就是来自因河床粗糙而形成的小漩流。在小沙浪的头部（其上游端），粒状推移物被水流推动，沿着沙浪的表面前移，到沙浪的尾部而下跌（见图1—4a）。在沙浪尾部，由于水深骤然向下加大，河底的流速显著降低，有时还形成逆流，于是，粒状推移物在到达该处后就会停滞不前（见图1—4b），而且迅即为其后面接踵而来的沙浪所掩盖。直到整个沙浪向下推移到一个浪长时，先前停滞于浪尾的粒状推移物才会因其又居于头部而被水流再次推动下移。因此，尽管粒状推移物沿沙浪表面的移动速度并不见得比水流在河底的速度小多少，而沙浪的下移速度却要比水流速度慢很多倍。

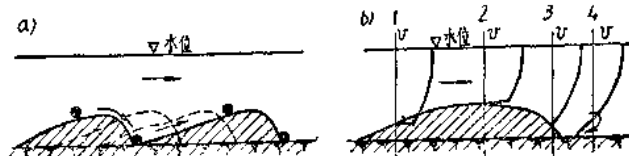


图1—4 推移物形成的小沙浪在下移

当水流速度很高而水深不大时，小沙浪的形状将越来越平缓，直至粒状推移物的运动轨迹变得颇为平顺，而其运动几乎是连续不断的。但这一种现象毕竟并不多见。

在宽阔而顺直的天然河流，在小漩流而外还有一种缓慢而其延伸长度常为水深的若干倍的横向环流。横向环流在水流横断面上的表现是这样（图1—5a）：在水面，水流在横向有一分速度；在河底，水流在横向有一和水面横向分速度方向相反的分速度；在河的两岸，水流各有相应的向下和向上的分速度，从而形成一个循环。横向环流和水流的纵向流动相迭加，水流的运动轨迹就呈螺旋形。

造成横向环流的原因是什么？这首先是由小沙浪所构成的河底形状促成的。小沙浪的位置和方向是和河底流速的分布有关的，而河底流速并不是均一的，这就使小沙浪的方向和水流总方向含有一斜角，而河底水流就将受小沙浪的导流影响而在其前进中冲向河的一岸，然后折回来。其次，当水流冲向河岸并折回时，流线将作弧形，这就产生离心力。在水面，水流受河底摩擦阻力的影响小，流速较大，离心力因而也要比河底水流相应的离心力为大。离心力产生水压，于是，在河流凹岸的水流就有一向下的运动。这就有力地滋长了横向环流。

随着横向环流的发展，在宽阔而顺直的天然河流主河槽的两岸之内就左右交错地产生了一种称为暗滩（或边滩）的推移体（见图1—5b）。在暗滩产生后，它对河流的流向又必然产生影响，使横向环流的幅度由它来决定。而在水流的作用下，推移体也必然要缓慢地下移。水流和推移体两者就在这样的相互影响下发展了现阶段的河床演变。

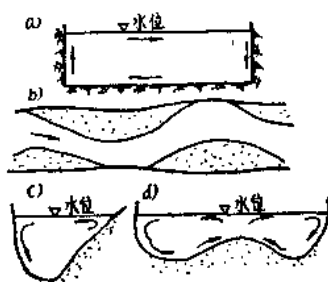


图1—5 河流中的横向环流

位于两个边滩段之间的区段，可以叫作险滩段（或名过渡段）。在险滩段的水流横断面上，横向环流将有两个，其流向如图1—5d所示。

暗滩的表面常满布小沙浪。作为粒状推移物沿小沙浪表面移动的后果，小沙浪缓慢地向下游移动。它们将经由暗滩表面而移到险滩区段，在险滩区段停滞不前，并且将因被接踵而来的小沙浪所盖住而消失。这样就形成了整个推移体（暗滩）的下移。

暗滩的形成对于河流纵向流速的分布产生重大影响。由于暗滩就象一条不高的堰从一岸伸出而让水流从堰上流过，水流从下面受到该“堰”的压缩，于是，在暗滩的头部和身部，河底流速都较大，其值殆与水面流速相差不多。及至暗滩尾部，水深骤然放大，河底流

速就显著降低,可是,这儿的水面流速却因水深较大,所受于河底摩阻力影响者较微,有所加大,于是,暗滩尾部的垂线平均流速也就和暗滩身部或头部的垂线平均流速很相接近了。在图1—5b上,任意作一水流断面,可以发觉在同一断面上,如果在这岸是暗滩身部,在那岸就是位于上游暗滩的尾部。按照上述的分析,尽管它们的水深不同,垂线平均流速却很相近(见图1—6a)。在这里,将断面按水深的不同而分成几块并用谢基满宁公式来分别推算其流速和流量的规律将不适用。在这里,主河槽断面上任一个垂线平均流速都和整个主河槽断面的平均流速相接近(按照前面所讲的主河槽的定义,暗滩属于主河槽)。因此,在用谢基公式推算全河流量时,将包括暗滩在内的主河槽当作一块水流面积来计算,就是合理的决定了。

应该指出:上述各点仅是对宽阔而顺直的天然河流在洪水时期的情况而言。对于下列情况,以上所讲的不适用:

1) 在很窄的河流,上述横向环流若不能发展,暗滩就不会存在。

2) 在具有大弯曲段的河流(蛇形流),弯曲段暗滩和横向环流两者的长度均将由该弯曲的大小来决定,这时,位于弯曲段的暗滩的移动将不是顺流直下,而在弯曲段的大部分,其垂线平均流速将和水深相对应(如图1—6b,水深大者因所受于河底摩阻力影响较微而流速较大)。

3) 在各种河流的小水时期,暗滩或者不为水流淹没,或者虽被淹没但因流速小而并不产生粒状推移物的移动,则上述河床演变过程也就并不发生。

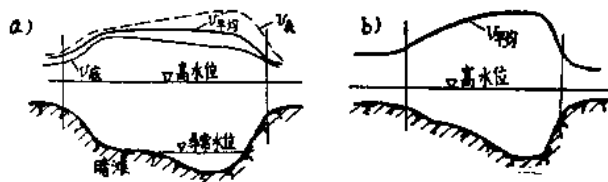


图1—6 流速的横向分布

§1-3 河段按河床演变的分类

1. 河流排洪的六个参数*

河流排洪的情况可以通过六个参数来表达。这六个参数是:水的流量 Q ,水的平均流速 v ,推移物的流量 G ,水面的宽度 B ,平均水深 H ,洪水的水面比降 I 。

对于一段河流而言,在一般中等洪水(对该段河床演变起主要作用的洪水)的情况,当河流进入平衡状态时,这六个参数的值还是比较稳定的。

这六个参数之间的相互关系,总共只有三条(其中第一和第三条只是近似的经验关系):

$$v = m H^{2/3} I^{1/4}, \quad Q = B H v, \quad G = A_0 B d \cdot \frac{v^4}{v_{*c}^3} \quad (1-1)$$

式中, m ——河床糙率倒数,适用于满宁公式;

A_0 ——在计算推移物流量时引用的一个参数,应根据具体河流实测的推移物流量和相应的流速推算而得;

d ——推移物的平均粒径,以mm计;

v_{*c} ——推移物的不冲刷流速,以m/sec计。

有了这三条关系,当六个参数中的三个已经给定时,其余三个就可以被推算出来。在估计河流排洪情况时,知道它们之间的这些关系是有用处的。现在举例说明各该推算所用的算式如下:

当 Q , v , I 业经给定时,则,

$$H = \frac{v^{3/2}}{m^{3/2} I^{3/4}}, \quad B = \frac{Q m^{3/2} I^{3/4}}{v^{3/2}}, \quad G = \frac{A_0 Q d m^{3/2} I^{3/4} v^{3/2}}{v_{*c}^3} \quad (1-2)$$

当 Q , v , G 业经给定时,则,

注*, 文献2第47至57页。

$$H = \frac{A_0 d Q v^3}{G v_{\text{不}}^3}, \quad B = \frac{G v_{\text{不}}^3}{A_0 d v^3}, \quad I = \frac{v_{\text{不}}^4 Q^{4/3}}{(A_0 d)^{4/3} m^2 v^2 Q^{4/3}}; \quad (1-3)$$

当 Q , G , I 业經給定时, 則,

$$H = \frac{G v_{\text{不}}^3}{Q m^2 I^{3/2} A_0 d}, \quad B = \frac{(A_0 d)^{5/3} Q^{3/3} m^4 I^2}{G^{5/3} v_{\text{不}}^5},$$

$$v = \frac{G^{2/3} v_{\text{不}}^2}{Q^{2/3} (A_0 d)^{2/3} m I^{1/2}}. \quad (1-4)$$

必須指出: 在式 1—1 中, G 所表示的是水流所挟带的推移物达到其最大可能挟带量 (达到平衡状态) 时的推移物流量。如若从河段上游輸入的推移物流量不足, 則在本段河床能被冲刷时将在本段产生冲刷以資补充, 而在本段河床不能被冲刷时将使水流輸送推移物的能力处于不满足的状态。这时, 由式 1—1 所算出的 G 所表示的将是水流的輸送推移物能力。相应地, 式 1—2 中的 G 也有同样的两种含意, 或則表示平衡状态时的推移物流量, 或則表示在 Q 、 v 、 I 給定时輸送推移物能力。

2. 河段按河床演变的分类

河流的上游常在山地, 中下游的大部分則是在平原。

从河床演变上講, 山地河段与中下游河段显然不同。山地河段的特征如下: 两岸地质一般相当坚硬, 河床坡度很陡, 水流流速很大, 河床岩层常受水流侵蝕, 但因侵蝕的速度不可能很快, 河床常常是相当稳定的。

中下游河段則将随着其水情 (流量的大小及其漲落特征)、河床质、河床坡度、从上游河段輸入的推移物流量等的变化而在河床演变方面表现为下列三种不同的类型: 蛇形流、非蛇形流和散乱流。

蛇形流常发生在推移物流量頗小的河段。这时, Q 和 G 业已由上游条件决定; v 則将等于河岸的不冲刷流速 $v_{\text{不}}$ (倘使 $v > v_{\text{不}}$, 河岸当被冲刷, 河寬加大, 水深减小, v 就降低; 而在 $v = v_{\text{不}}$ 时, 平衡就能建立)。在 Q 、 G 、 v 这样給定后, 河流的其他三个参数可用式 1—3 来求。从該式可以看出, G 若小, 在平衡状态时所需的 I 也小, 若該 I 小于河谷天然坡度, 則在其平衡状态, 河槽势必左弯右曲, 状若蛇形。由此而生的河曲要比在 §1—2.2 所講的順直河流內深泓处的弯曲大很多, 这也就是前面所說的大弯曲段。在大弯曲段, 曲率半徑小, 离心力大, 橫向环流作用更强; 同时, 凹岸遭受水流斜冲, 岸坡仍然要受冲刷, 而冲刷的产物 (泥沙) 将不是如图 1—5 所示的順流直下, 而是被橫向环流挟带着沿水底运到凸岸, 并沉积于該处。于是, 凹岸不断发生冲刷, 凸岸因不断淤积而成长为高滩, 河槽在平面上就发生橫向移动, 使河曲的弯曲半徑越来越小, 河道越来越长, 直至上下游相邻河曲在平面上頗为接近。在某一次洪水期間, 漫滩洪水可能在滩上冲开一条取直的河

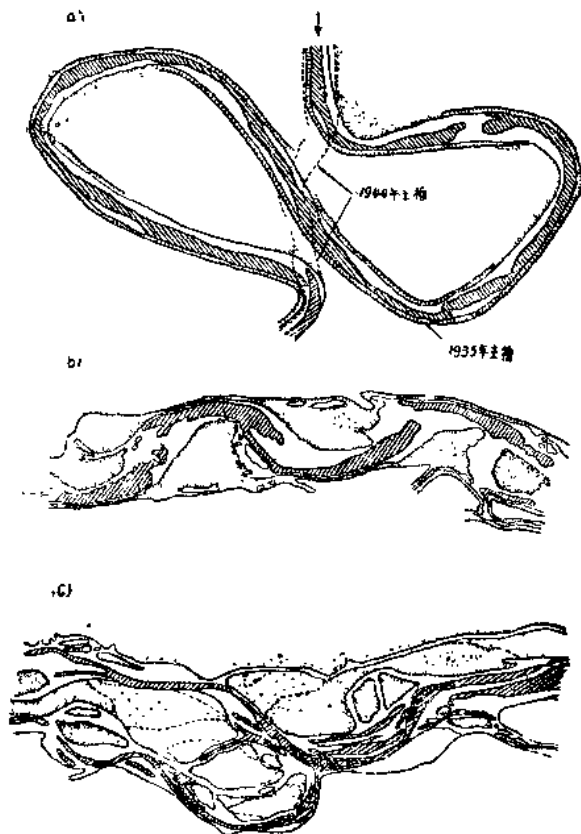


图 1—7 蛇形流、非蛇形流和散乱流

槽,造成河流改道,让老的弯曲河道以新月状淤沼的形式遗留于高滩。这就是蛇形流河床演变的主要内容(见图1—7a)。

如果推移物流量较大,相应的河槽坡度也要加大。在 Q 和 G 由上游条件决定的情况下,让河槽坡度等于其最大可能值——河谷坡度,则可由式1—4算出相应的流速。若该流速不大于河岸的不冲刷流速,则河槽就处在顺直而稳定的状态。沿河的平均宽度、平均水深和水面坡降将相当均一。推移物形成暗滩式推移体并顺流下移的情况将完全和图1—5所示的一样。这便是非蛇形流,其平面图将如图1—7b所示。

如果推移物流量更大,仍让河槽坡度给定为河谷坡度,则由式1—4所算出来的流速将很容易超过河岸的不冲刷流速。这时,河岸将冲垮,宽度将加大,水深将变小,河流挟带推移物的能力反而下降(下降到由式1—2所决定的 G),从上游输入的推移物就不得不随处沉积,在河流中形成暗洲。当洪水流最小时,暗洲不全淹没,水流被它们分散成许多汉流,各沿一可能获得的最陡坡度下泻(如图1—7c),这就是散乱流。当河流从山区挟带大量推移物而进入坡度较为和缓的平原时,散乱流最易产生,因此,它有时也叫山前区河流。

将河段进行这样的分类,在随后阐明桥位选择和桥越计算时将会感觉较为合理。

第二章 桥越勘测

§2-1 桥越勘测设计工作的内容

1. 跨越大中河流的各种方法

让路线越过大中河流的方法主要是:设置桥越工程,设置水底隧道,设置轮渡、浮桥或冰渡。其中只有前两种方法能保证常年不间断的运输。

在决定采用哪一种具体方法时,应该考虑:路线的重要性,它现在和今后各时期所承担的运量;该河的水文条件和地质条件;通航情况;国家和地方对该流域的规划;建筑投资的合理分期;国防问题。

最常采用的方法是桥越。

水底隧道则因工程造价一般要比桥越昂贵,施工期限较长,仅在特殊情况下(例如,为了国防上的原因,又如,为了该处所需的航运净空极大,使桥越难于合理布置)才被采用。

2. 桥越的组成部分

桥越就是指路线为越过大中河流(或山谷沟壑以及其他阻碍)而使用的全套结构物。这全套结构物包括:

- 1) 通到桥头的引线(路堤);
- 2) 桥跨结构和墩台;
- 3) 为控制河床演变,俾墩台和桥头引线不致损坏而引用的导治结构物。

3. 桥越勘测设计工作的内容

桥越勘测设计工作的主要内容是:

1) 在路线的初测阶段,将桥址选定,对桥越孔径(和桥长及桥的造价密切相关的一个数据)和桥式作出初步决定;

2) 在路线的定测和施工设计阶段,对桥越的孔径和桥式作出最后决定,并且将桥跨结构、墩台、引线和导治结构物的施工设计完全做出。

为了做好这些工作,必须占有相应的资料。

在初测阶段,设计者面临的主要问题是桥址和孔径。这些问题所涉及的面较为广泛。必须广泛收集河流所在流域的地图(特别是军用图)和航测照片,勾绘流域平面图和水系图,

将水利工程（特别是水库和河网）和水土保持工作的现状和规划注入图内，对流域内现有重要桥梁的情况进行调查并将其位置注入图内。将流域内的气象、水文、地质、地形等总的情况和工农交通等业现状及远景规划等资料尽量收集，加以研究，写成说明，以供随后作技术经济分析和施工设计之用。应该指出：这些资料不仅对我们现在所做的某一桥越设计有用，而且对流域内今后其他的桥越设计也有用，对流域内今后其他建设的规划也有重大参考意义。必须广为收集并慎重分析。

在初测阶段，除了资料的收集和研究外，还应该就初步选出的若干桥址进行总平面图测量和地质测绘，同时进行洪水调查及其成果的分析。这些工作的工作量和所应达到的精确度应该以保证本阶段所作的主要决定（桥址及孔径）正确无误为原则。由于孔径是和洪水流量直接联系，水文工作在这一阶段尤其要提供基本上是正确的成果。

在定测和施工设计阶段，所研究的对象业已明确而具体。地形测量和地质工作可以根据结构设计的需要来做。水文工作则如果感到前一阶段还做得不够，应该进行补充。各种结构的型式和尺寸的最后决定则可以通过某种局部方案比较而作出最经济最合理的决定。

§2-2 桥址选择

大河之上的桥址选择往往是一个非常重要的课题。在一方面，它不仅关系到桥越本身的造价和施工期限，而且还决定着桥越的运营质量（例如，汛期是否要抢险，主河槽是否会变迁，冰排是否会造成堵塞……等）。在另一方面，它不仅关系到桥越本身，而且还关系到它所毗连的一大段甚至一整条铁路的选线。

对于桥址方案选择有重大影响的因素可分三类，现分述如下。

1. 桥轴和最短路线的方向的偏离程度

从运营上讲，路线应该短而顺直，则运营费较低。对于运营量非常繁忙的铁路讲来，为使路线短而顺直，即使让一般大中桥（注：特大桥每须专门研究决定）处于斜交或弯道等不利位置，使桥的造价提高，但桥和路总的工程运营费每每还能显著降低，那当然仍是一合理而正确的决定。在进行桥址方案比较的阶段必须注意到这点。

从降低桥的造价和使水流顺畅着想，桥轴最好和水流方向正交。但许多河流的流向并不稳定，这在进行桥址选择时必须注意。

对于通航河流，桥轴最好和中水或低水时的水流方向正交；当斜交角有5度以上偏差时，在计算桥的净跨能否满足通航标准时要将斜交角计入。对于不通航河流，桥轴最好既和主河槽在高水位时流向正交，也和高滩在高水位时的流向正交。若是该两流向不一致，则在主槽流量占全河流量70%以上时就以主槽流向为准，而在主槽流量占全河流量30%以下时则以高滩流向为准。

对于蛇形流，位于两个河湾之间的顺直短段的流向是会因河湾弯曲半径的变更而改变为如图虚线所示位置的（如图2-1b所指），将桥址选在该处而让桥越在日后有可能变成斜交桥就不见得恰当。这时，若河曲已发展到直通河谷的基本岸，让桥越在相当宽阔的河曲中部跨过（如图2-1a所指）却要好些。

对于非蛇形流，其洪水流向基本上由主河槽的两岸决定，应该让桥轴垂直于主槽河岸。

对于散乱流，应该让桥轴垂直于其洪水时的边岸（如图2-2a所指）。对于那位置总在变的改流则不必考虑，在这样的桥越，导治结长的造价可能很高，因此，还应该选择能绕过散乱区域而在河道窄口设桥的方案（如图2-2b所指）进行比较。

当最短路线的方向和河流流向并不正交时，路线在桥越范围内将有弯道。这时，可以容

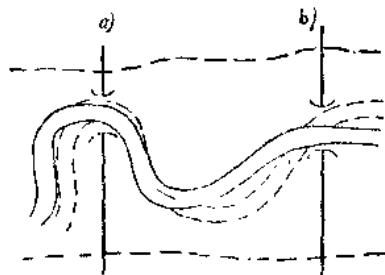


图2-1 蛇形流上的桥址选择

許桥头引綫順水流而轉弯（如图2—3 b所指），但不容許其逆水流而轉弯（如图2—3 c所指），因为后者将在桥的上游形成水袋，且使桥头引綫面临水流冲击和較大的渗透作用。

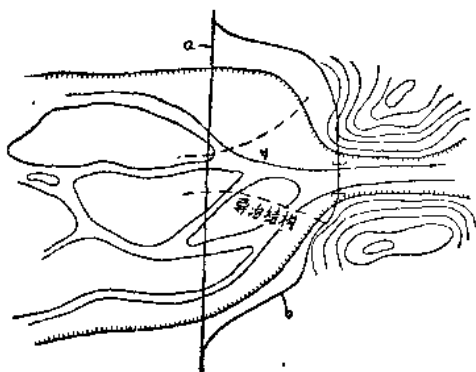


图2—2 散乱流上的桥址选择

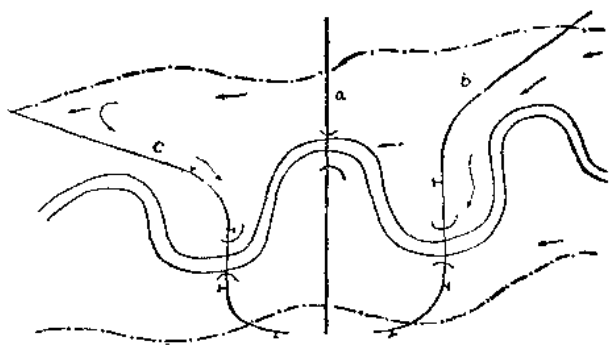


图2—3 高滩上路线方向的选择

2. 水文和地貌条件

从水文和地貌条件讲，有利于設置桥越的情况是：

- 1) 在河岸稳定的区段——可以省去导治结构和河岸加固；
- 2) 在高滩寬度不大和高滩在洪水时水深不大的区段——使高滩可以用桥头引綫来通过而不必使用引桥；
- 3) 主河槽水深較大，且較为順直和稳定——主槽孔徑排洪能力較大，俾桥的总长能較小；同时，还許船队过桥不感困难；
- 4) 洪水时的主槽流向和高滩流向相平行。

不利于設置桥越的情况是：

- 1) 河流被洲島分成汊流——汊流間的流量分配不稳定，每个汊流桥孔都有承受超过預計洪水流量的可能，这使桥长增加，造价和运营費提高；
- 2) 高滩上有串沟和老河道——使高滩路堤的建造困难；
- 3) 冰排容易阻塞和流木容易沉积处——对排洪不利，影响安全；
- 4) 在支流交汇处——水流方向因支流的干扰而不稳定，冲淤規律不易掌握。

对于水庫区的桥址选择，应该注意：

- 1) 若桥址位于水庫上游而該处河流原来的計算洪水位高于水庫的正常壅水位，尽管該处原来的常水位可能比水庫正常壅水位为低，該处在洪水时的水流情况也不会有明显变化，故应仍按該河之天然情况进行桥址选择；但須注意桥越下游水庫积水对水情的影响；
- 2) 若桥址位于水庫上游而該处河流原来的計算洪水位低于水庫正常壅水位，則桥址应挑选在水面最窄处，对于流向則不必过于重視，因为这时的流速將較前显著减小；
- 3) 若桥址位于永久性水庫下游，應該許桥址位于坝下消能建筑物之外有足够的距离，俾流速較小，不致引起剧烈冲刷；对于推移物流量本来很大的河流，还应考虑建坝后由水庫排出的清水对下游河床的冲刷作用。

3. 地质条件

桥址最好选择在基岩或承載力較强的地层离地面和谷底較近之处，使墩台基础施工方便，造价較低。

选择桥址时要注意避免不良地质的情况，例如滑坡、泥石流、沉陷和溶洞等。倘若不得已而要經過滑坡地带，路线方向应是垂直于它（如图2—4 a所指）而不是平行于它（如图2—4 b所指）。

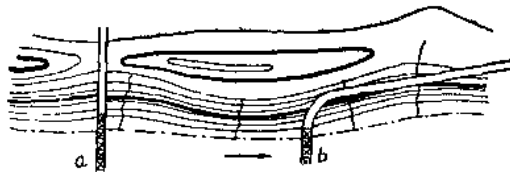


图2—4 滑坡地带的桥址选择

§2-3 地形测量

按任务和要求的不同,桥越勘测所要做的地形测量可分做两类,一是总平面图测量,一是大比例尺的地形测量。前者可以用作进行桥址选择、布置水文测量或形态调查基线的依据,必要时还可用以估计导治结构的大致数量。后者是供设计和计算所有桥越建筑物(包括桥头引线和导治结构)以及编制指导性施工组织之用。

1. 总平面图测量

总平面图又叫桥渡位置图,其施测范围应该包括所有可能的桥址方案。在河的纵向,在桥越中心线上游大约应延伸到河流泛滥宽度的1.5倍处;下游大约应延伸到泛滥宽度的0.75倍处。在河的横向,每侧均应延伸到泛滥线之外200m处。当某几个桥址方案之间的距离不大于泛滥宽度的2倍,或不大于2km时,应该将各该方案绘在同一图上。

进行测绘之前应该尽可能收集国家和地方机构所已有的测绘资料并加以利用。对于虽减少测绘面积而不致妨碍到前述任务的完成者,可以减少测绘。对于桥址附近之有工业中心、铁路枢纽和码头等对桥址方案选择有重大意义者,测绘面积可以加大。图2-5表示总平面图一例。

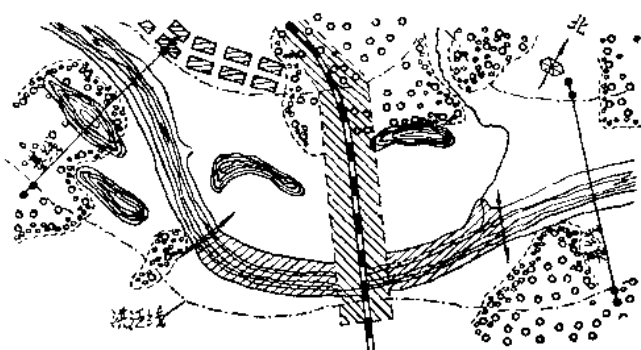


图2-5 桥址总平面图

总平面图的比例尺,小河可用1:2,000至1:5,000;中河可用1:5,000至1:10,000;大河可用1:10,000至1:25,000。为了便于阅读,图幅不宜太大。

在总平面图上应该绘注:各桥址方案的中心线,水文基线,形态基线,洪泛线,河岸线,流向,主要风向,航线,河叉,老河道,洲岛,洼地,沼泽,灌木,种植,草皮,淤淀,冲刷,滩坎,岩石露头地段,水位站,测量所用的各种控制点和导线,突出制高点的标高。

2. 大比例尺地形测量

大比例尺地形测量的施测范围,主要看桥越建筑物(特别是导治结构,河岸加固,桥头引桥等)在设计时的要求和所测的具体河流的特点。沿着桥轴,一般可以施测到高程高出于洪泛线外1~2m处;垂直于桥轴,若无导流堤,向上游可测150m宽,向下游可测100m宽;若有导流堤,向上游的施测宽度可等于桥的孔径的2~3倍,向下游则为桥孔的1~2倍。对于离桥孔较远的个别建筑物(例如,上游凹岸处的加固),它所要的地形图可以单独测绘,不和主要的桥址地形图连在一起。在图2-5中经用影线表示了桥址地形图的施测范围。

地形图的比例尺,小河可用1:500;中河可用1:1,000;大河可用1:2,000。但在决定大河所用的导治结构彼此衔接处的构造细节时,有时也局部需要1:500的地形图。

在地形图上,除应将在总平面图内所述各点绘入外,还要将测绘时所用的座标,测量用的控制点,路线百米标,加标及其高程,等高线,河岸,水下等高线(由测深中得知),各种地物……等绘入。

3. 控制测量

当国家大地测量的三角点或导线点离桥址不远(在3km以内)时,应该通过低级(一般

是5級)導綫測量和小三角測量使平面控制網加密。由此再布置經緯儀導綫和視距導綫,并使用它們作為地形測量的圖根控制。

當橋址遠離大地測量控制點時,可以從綫路的中心綫引出經緯儀導綫并用作控制網。

地形測量一般使用視距法、平板儀法或視距加小平板測繪法。

在高程控制方面,應從國家水準控制點用雙程水準測量進行控制。若用雙面水準尺,則單程水準測量也可容許。

§2-4 實地水文觀測

為了給橋越設計提供最真實而內容又豐富的水文資料,勘測人員應該進行實地水文觀測。對於大河,如果在橋址附近沒有多年水文站能提供較確切的資料,而勘測的時間又能包括一個汛期,則水文觀測就應該進行。如果汛期是開始在勘測工作的準備階段,則勘測隊應該在進行一般準備工作的同時,不失時機地派人到所要勘測的各大河上去安排水文觀測工作。

實地水文觀測的主要內容有二:讀水位和測流量。根據前者可以建立沿河不同地點的水位相關曲綫($H-H'$ 曲綫)等;根據后者可以建立水文測量基綫上的流量水位關係曲綫($Q-H$ 曲綫)等。此外,測水流方向和行船方向,測水深和河底沖淤變化,測河流水面縱坡及橫坡,測含沙量……等工作,也應該根據橋越設計的需要適當地安排進行。

1. 測讀水位和建立水位相關曲綫

在各水力要素當中,最容易測的是水位。在實用中為了方便,我們常將其他水力要素(例如,流量或流速)和水位的經驗關係找出,於是,某些較複雜的測水工作有時就可用測讀水位來代替,而所需要的水力要素則可利用上述經驗關係而推出。水位測讀之所以重要並且經常進行,原因就在這裡。

為了測讀水位,應該設置水尺。永久性水尺應該設在靠近居民點,日夜均易測讀,讀數能代表一廣闊河段的水情,而又不沖不淤的地点。水尺可作板尺式或桩式。圖2-6表示桩式水尺,這是由若干粗20至25cm、長200至250cm,桩頭露出地面5至20cm的桩組成。邻桩頂面高程差為20至50cm。桩頂各釘一釘,俾能在水準測量後用作測讀水位的基準。讀水位可以使用活動的小板尺。只要將小板尺底端擱在被水淹沒的桩頂釘上,就可从小板尺得到其時的水面讀數;將桩頂高程加上,水位標高就可得到。

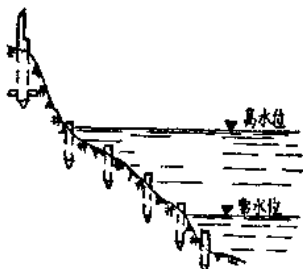


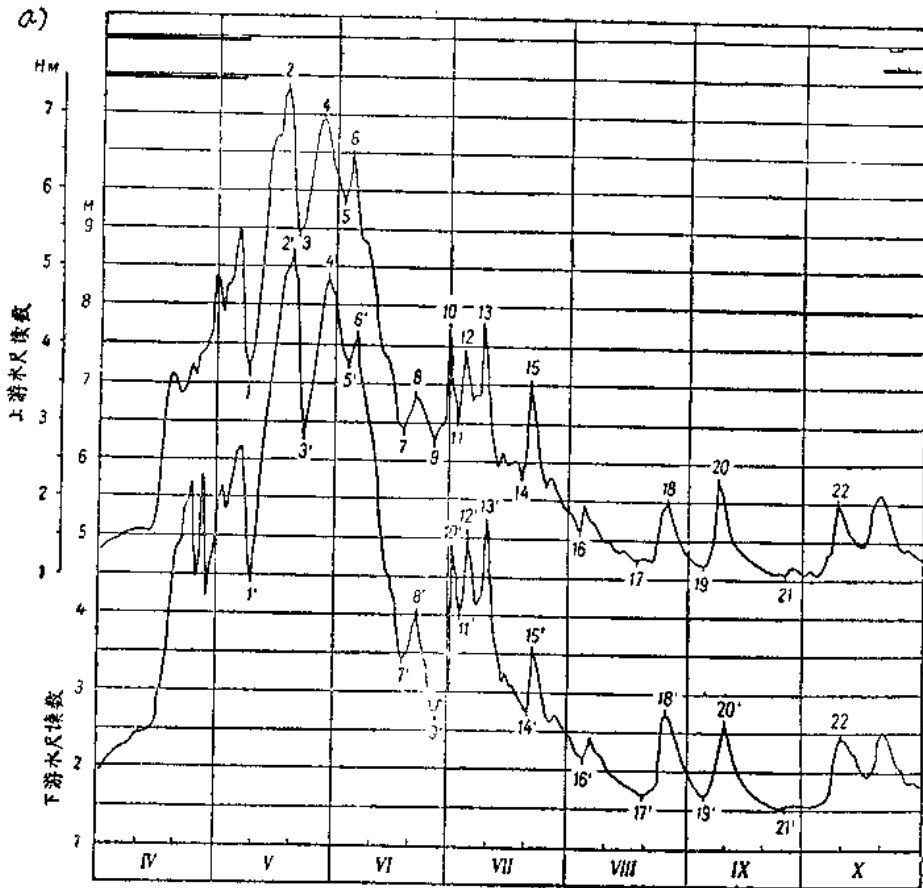
圖2-6 桩式水尺

如果橋址和水文基綫,都不在居民點附近,那可以在各該處僅設置臨時水尺,將汛期內的水位讀出,以便和設立永久性水尺處的水位取得聯繫,作出它們之間的相关曲綫,以便應用。

水位的測讀,每天至少兩次,一次可在早晨八點,另一次可在晚上八點。在汛期,當水情變化大時,每2至3小時應讀一次,借能將其時的最高水位讀出。

為了測水面坡降,可以在永久性水尺的上游和下游均設置專為測坡降而用的水尺。當河流坡降為0.2至0.4‰時,永久水尺和坡降水尺的距離可為500m;當為0.1至0.2‰時,可為1000m;余可類推。坡降可以僅在下列時間測讀:1)洪峰期間;2)常水位期間每隔10至15天,3)測流量、流向和水深時。

上下游的水位因是由同一個變化着的流量所形成,它們之間遂有一定聯繫。圖2-7a表示按日曆次序所作的上下游水尺所顯示的水位漲落圖。圖中高程是以各該水尺的假定零點為基準;圖中曲綫上所列的數字表示水位漲落中的各個“峰頂”和“谷底”。由於洪水從上游流到下游需要一定時間,下游水位的相應點總要比上游的落後一段時間。將上下游各該相應



点用作纵座标及横座标点繪成图，就可得到上下游水位相关曲线 ($H-H'$ 曲线)，如图 2—7b。假定下游水尺是临时水尺，讀水位的期間不长，而上游水尺是永久性的，有水位資料的期間頗长，則在有了水位相关图之后，就可以将上游水位資料轉变为下游水位資料，将下游水位資料大大地延长了。

2. 測流量和建立流量水位曲线

在測流量之前先要选择适当的河段，并根据水流的复杂程度（高滩有无斜流，流速分布是否在短段内有剧变等）来决定在该河段内要設置几根（一般是 1 至 3 根）水文測量基綫。进行河段选择所持的条件是：河段内應該沒有漩渦和

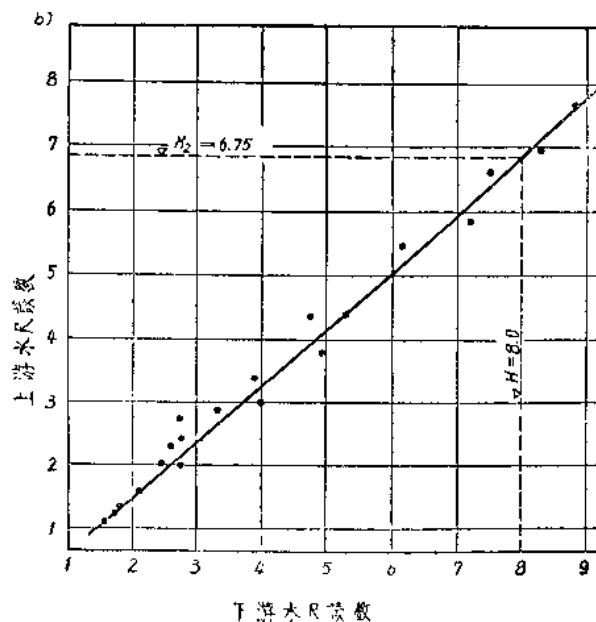


图 2—7 水位相关曲线的繪制

逆流，水流方向基本上平行；在河段內及其紧下游，不应有大支流，不应有洲島；河段应该位于壅水区之外；河段內最好没有汊流和高滩；如果高滩是不能避免的，要挑选高滩較窄較平且无树木的。水文基綫应该和水流方向相垂直。当桥址水流断面能符合这些要求时，一般就用桥址断面为主要水文基綫。若使高滩流向和主槽流向有很大差异，允許設置折綫形水文測量基綫，但其轉角只能有一个，且該轉角不宜大于20度。

每一水文測量基綫应该在两岸各用两根带旗的标杆和位于不淹沒地点的标桩来固定。在主要基綫的上下游可以設置輔助基綫各一根。輔助基綫和主要基綫間的距离大約等于洪泛宽度的一半。在基綫固定之后，应该进行水准測量以决定各标桩的高程，进行水深測量以确定河流在各該基綫上的橫断面。

測流速所用的工具，一般是流速仪或浮标。前者可以沿不同垂綫插到不同的水深去測量各該点的流速，后者仅能測水面流速。在流速測得以后，就能用下式将其时的全河流量算出：

$$Q = \sum \omega_1 v_1. \quad (2-1)$$

式中， ω_1 ——在計算全河流量时将水流橫截面分成几块，其中一块的面积；这可以根据測深的紀錄和其相应測点之間的距离來計算；

v_1 —— ω_1 內的面积平均流速；当用流速仪施測时，可以先將垂綫平均流速求出，再就兩相邻垂綫上的平均流速求 ω_1 範圍內的面积平均流速；当用浮标施測时，垂綫平均流速大致为水面流速的0.80至0.90，但在个别情况下可能会更小或更大，必須严密注意。

为使所測到的流量接近于在計算桥越时所使用的，对于所能够測到的各个較大流量都不能放过。測流量的工作人員一般应在汛期开始前就进入現場，每隔一定天数就施測一次，而在洪峰进入河段时还应加密測次。

尽管如此，大流量洪水也不一定就能測到。这时，作出流量水位关系曲綫并将它外延就更加重要。图2—8表示在 $Q-H$ 图上將实测流量适当外延的情况。在該图，全河流量 Q 用曲綫1—3表示，主槽流量用曲綫1表示，高滩流量用曲綫2表示。前者等于后二者之和，而高滩地面高程为5.00m（以水尺零点为基准），所以高滩流量曲綫开始于該高程。在該图，水流面积和流速均皆繪入，曲綫4表示主槽水流面积 ω_1 ，曲綫5表示高滩水流面积 ω_2 ，曲綫6表示主槽平均流速，曲綫7表示高滩平均流速。在实测流量时，水位已靠近6.00m。現在所要找出的是1937年某日当洪水位到达6.50m时的流量。鉴于 ω_1 和 ω_2 外延到6.50m时的具体值是可以从水流橫截面上求出的，故在求出它們的值后用实綫表示于图；鉴于 $v-H$ 关系

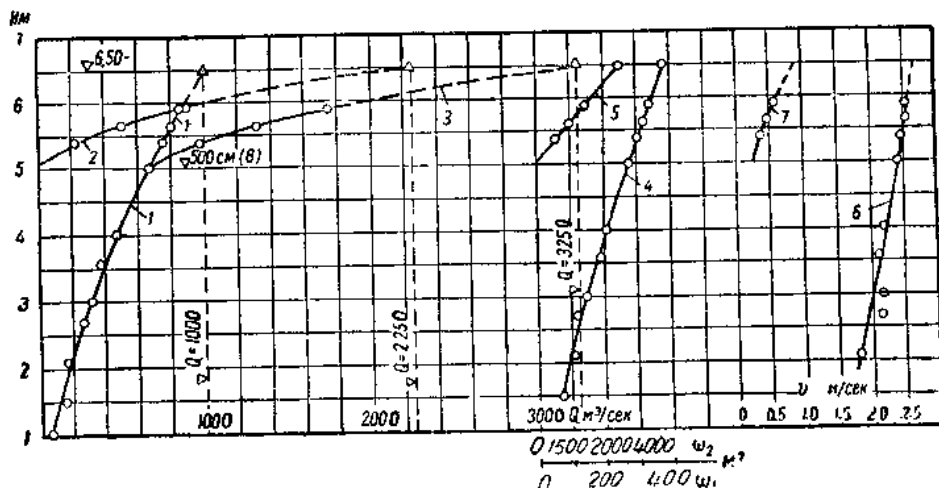


图2—8 流量水位关系曲綫