

# 第一章 桥位勘测设计概论

## 第一节 桥位勘测设计的内容和任务

桥位 *bridge site* 也称桥址,直接的意思是桥梁中线(桥轴线)的位置。桥位方案应将政治、经济、技术、环境等多方面的因素综合起来比较选定。桥位河段是指水流受桥梁影响的河段。桥位设计是包括桥位河段上的桥梁、桥头引道及调治构造物等各项建筑物作为一个整体的总体布置和设计。桥位设计在铁路工程中又称桥渡设计。桥渡(*bridge crossing*)更明显地含有跨河建筑物的概念。

桥位资料的搜集和现场勘察、测量等获得实地资料的工作称为桥位勘测。桥位选择、桥孔设计、墩台冲刷、调治构造物及桥头引道的布设、计算、绘图等桥位设计工作都是在桥位勘测过程中穿插进行的,桥位设计和桥位勘测两者是不可分的。

### 一、桥位勘测设计的主要任务

桥位勘测设计的主要任务是为桥位设计、桥型选择及墩台基础设计提供必要而可靠的基本资料;制订不同的桥位和接线方案,进行比选;制订不同桥位和不同接线方案相应的桥孔长度、桥梁高度和河床最低冲刷深度及引道、调治构造物设计方案。

### 二、桥位勘测设计的主要工作

#### 1. 现场勘测前的技术准备工作

主要是向有关部门搜集必要的技术资料,包括以下几方面:

##### (1) 地形和测量资料

向测绘等有关部门搜集桥位和路线所在地区的地形图,航摄像片,三角点及导线点的坐标和方位角,水准点的位置、高程及其高程系统。

##### (2) 水文资料

桥位所在河流的水系图及上游支流水情,流域面积;桥位附近水文站历年实测最大流量及其相应水位、流速、糙率、水面比降、测流断面、含沙量以及水位与这些水文因素的关系曲线等;桥位河段河床及河岸的变迁资料。

##### (3) 气象资料

当地气象台(站)的历年最大风速、最多风向及频率、年内最高、最低气温、历年年降雨量,多年平均降雨量、最大降雨天数、最大 1h、24h 降雨量、冰冻期、最大冻土深度等。

##### (4) 流冰、流木资料

桥位河段最高、最低流冰水位、封冻最高水位、冰厚、冰块最大尺寸、冰块的密度、速度、冰坝壅水高度以及涎流冰的资料;流木最大长度,漂流物类型等。

##### (5) 通航资

通航等级 船舶、船队尺度 排筏尺度 发展规划 航道、航迹线图 最高、最低通航水位 通航净空 通航孔数等。

#### (6) 地质资料

区域地质、工程地质、地震等基本点资料，附近地区既有工程的地质资料；沙石建材产地等。

#### (7) 其他资料

当地水利、铁路、公路、城建、规划、环保等部门的设计规划资料。另外 县志等地方志常可提供重要资料。

### 2. 桥位勘测的外业工作

#### (1) 桥位选择

通过对上述各方面资料的研究和路线走向、城市地区 规划的要求 进行现场勘察 选定两个以上桥位比较方案，这是桥位勘测的首要任务，详见本章第二节。

#### (2) 水文调查和测量

桥位河段的洪水痕迹、河床演变的调查测量；水文计算断面（形态断面）的选择和测量；河床或洪水比降的测量；调治构造物布设测量；补充搜集水文、气象、堤防等当地资料。

#### (3) 桥位测量

主要包括桥位总平面图、桥位地形图、桥轴纵断面和引道测量。桥位平面控制网点应和路线控制点、国家三角点联测，按国家统一坐标系计算直角坐标。桥位高程控制应与路线控制高程联测或与国家及其他部门水准点联测。精度标准按《公路勘测规范》(JTJ 061)、《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062)、《公路工程水文勘测设计规范》\*等执行。

桥位总平面图是以较小的比例尺测绘桥位较大范围的总图，应满足桥位比选、桥头引道、调治构造物和施工场地布置的需要，比例尺一般为 1:2000 ~ 1:20000。有几个桥位方案时 应尽量将各桥位方案测绘在一张图内。一般河流比例尺采用 1:2000 ~ 1:5000 较大河流可用 1:5000 ~ 1:10000 较小河流可用 1:1000 ~ 1:2000。一般最小测绘范围，山区河流上游测绘长度约为洪水泛滥宽度的 2 倍，下游约为 1 倍；顺桥轴方向为历史最高洪水位以上 2 ~ 5m 或洪水泛滥线以外 50m。平原区宽滩河流，上游测绘长度为桥长的 3 ~ 5 倍，下游为 2 ~ 3 倍 顺桥方向应满足桥头接线和施工场地布置的要求。图中还应包括控制导线网、三角网、控制点、水准点等。各方案的桥轴线、引道接线、水文计算断面、洪水位调查点、最高泛滥线、航标、流向等均在图上标明。

桥位地形图比例尺一般为 1:500 ~ 1:5000，测绘范围应满足桥梁孔径、桥头引道和调治构造物设计的要求。一般上游测绘长度为桥长的 2 ~ 3 倍，下游为桥长的 1 ~ 2 倍 不稳定河流用大值 顺桥轴方向应测至最高洪水位 或设计水位 以上 3 ~ 5m 或洪水泛滥线以外 50m。对于受倒灌影响 宽滩、分汊、冲积漫流、泥石流、河网沼泽等地区的河段 应按实际情况确定测绘内容和范围。图中应包括平面、高程控制网点的位置和数据，绘出桥梁及其他建筑物的历史洪水点及泛滥线。

桥轴纵断面和引道测量，应与路线中线测量一次完成。根据路线及桥位勘测规范的要求进行。

\* 该规范报批稿正待由交通部审批实施。

#### (4) 桥位工程地质勘察

工程地质勘察是为了查明桥位范围内的地层、岩性、地质构造、不良地质现象、水文地质等工程地质条件。探明桥梁墩台和调治构造物的地基覆盖层、基岩风化层的厚度，基岩的风化、破碎程度，软弱夹层及地下水的状态，测试岩土的物理力学特性，提供地基承载力和桩壁摩擦力的数据，并对边坡及地基稳定性、不良地质的危害程度、地下水对地基的影响等作出评价。

对于大桥、特大桥桥位工程地质勘察，应与设计阶段相适应，一般采用两阶段勘察，即初步设计勘察（初勘）和施工图阶段勘察（详勘），这些工作都应根据《公路工程地质勘察规范》（JTJ 064）、《公路勘测规范》（JTJ 061）等规定进行。

最后完成的桥位地质勘察报告应包括上述各项工作的资料、评价和图表。主要图表有：桥位工程地质平面图、桥位工程地质纵断面图、桥位工程地质横断面图、钻孔地质柱状图等，见图 1-1。

### 3. 桥位勘测设计的内业工作（不包括结构施工图设计）

#### (1) 水位资料整编

绘制水位要素与水位观测图表，设计流量、设计流速、设计水位的推算，桥长、桥高、冲刷、壅水计算，绘制桥位中线、河段纵断面图、调治构造物水力、水文计算。

#### (2) 测量资料整编

测量外业资料的整理、计算和绘图。

#### (3) 地质资料的整编

绘制外业资料的各种图表，编写工程地质勘察报告。

以上几个方面的桥位勘测工作都是围绕着桥位选择、桥位方案比选为中心进行的，为桥梁的初步设计和施工图设计提供依据。

## 第二节 桥位选择

桥位选择和桥位方案比选是桥位勘测设计的中心工作。桥位选择应从国民经济发展和国防需要出发，在整体布局上应与铁路、水利、航运、城建等方面相互配合，注意保护文物、环境和军事设施，同时还要照顾群众利益，少占良田，少拆迁有价值的建筑物。桥位方案应从政治、经济、技术上进行多方面比较，对于影响面大的桥位方案，尚应征求有关部门的意见，还应遵循《水法》、河流及海洋法规的有关规定。

公路桥梁设计和桥位选择都应根据所在公路的任务、功能和将来发展的需要，按照安全、适用、经济和美观的原则进行。

高速公路、一级公路上的各类桥梁（特大桥、大中桥及小桥涵）和二、三、四级公路上的小桥、涵洞的线形及其与公路的衔接，一般应符合路线布设的规定。二、三、四级公路上的特大桥、大中桥桥位，原则上应服从路线走向，桥、路综合考虑，尽量选择在河道顺直、水流稳定、地质良好的地段上。当桥上线形为曲线时，其各项技术指标应符合路线布设的要求，与引道线形相配合。

桥位选择和桥位设计必须保证在交通正常运行的状态下，顺畅地通过设计洪水和凌汛，满足通航要求，并与附近地区环境保护及引道路基、路面排水、提防设施等相配合。

## 一、桥位在水文、地形、地质、通航方面的要求

### 1. 水文

桥位应选在河道顺直、稳定、狭窄、河槽明显的河段 不宜选在不稳定的分汊、汇合、急弯和流冰流木阻塞等河段；桥轴线宜与中、高水位的水流正交，若斜交角大于  $5^\circ$  时 桥孔长度、墩台冲刷都应考虑其影响。

桥位选择必须考虑未来河床变形的影响。

### 2. 地形、地貌

桥位应尽量选在两岸有山嘴、高地等河岸稳定河段及两岸便于接线的开阔地段，应避免桥位上下游有山嘴、沙滩、石梁等干扰水流的河段。

### 3. 地质

桥位应选在基岩和坚硬土层外露或埋藏较浅、地质构造简单、地基稳定处，避开活动性断层、滑坡、泥石流、强岩溶等不良地质地段。

### 4. 通航

桥位一般应选在航道稳定、顺直、有足够水深的河段；桥轴线应与主流正交，若不可能，斜交角不宜大于  $5^\circ$  桥位应避免险滩、浅滩、急弯、卡口、汇流口、水工设施、港口作业区、船舶锚地等。

## 二、各类河段上的桥位选择

山区峡谷河段：桥孔不得压缩水流，尽量一孔跨过。

山区开阔河段：选在河槽稳定、流速缓和处。

平原顺直（微弯）河段 选在河槽和河床走向一致 槽流量较大处（图 1-2）。墩台基础深度应考虑边滩下移，置于同一深度。

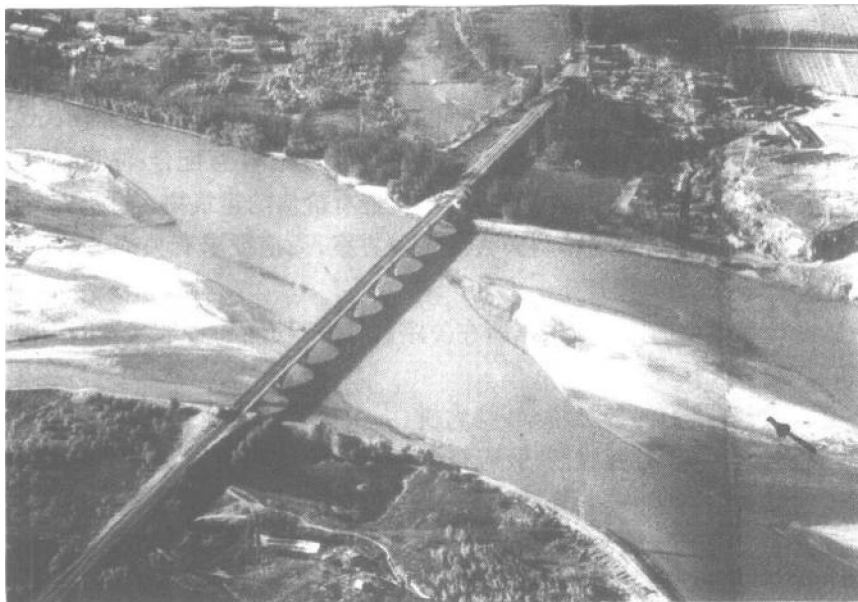


图 1-2 平原顺直（微弯）河段的桥位

平原弯曲（蜿蜒）河段：桥位应选在河湾逼近河岸处，较稳定的河湾中部，并选择河床与河槽方向接近平行处跨越 见图 1-3。

平原分汊河段：桥位尽量避开河汊，分流、汇流点，不得已时 选在分流点、汇流点上游 流向基本顺直段。

平原游荡性河段：桥位应选在河岸有固定的土丘或岸坝的天然束窄处 如无法利用时 应结合治河工程 筑堤束水 稳定河道 见图 1-4。

平原宽滩河段：桥位应选在顺直、微弯、滩地较高、滩槽洪水流向一致的稳定河段；河滩可做较大压缩。

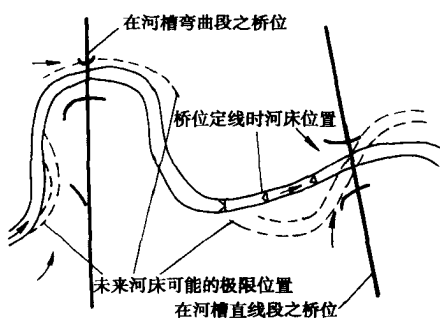


图 1-3 平原弯曲（蜿蜒）河段的桥位

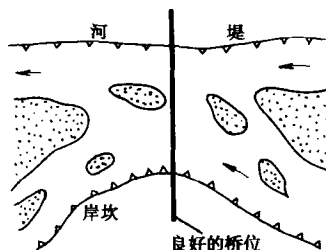


图 1-4 平原游荡性河段的桥位

山前区变迁性河段：桥位应与岸边正交，不考虑多变河汊的位置 必须设置导流、防护设施。若有可能 桥位选在上下游河道较窄、岸边稳定处为好 见图 1-5。

潮汐河口河段 桥位应避开涌潮、滩岸多变的区段 潮汐河段上游段的桥位，可按一般情况处理；潮汐下游段、中间段的桥梁，桥孔长度可按一般情况下的长度加大 5% ~ 15%。

另外 泥石流、黄土、岩溶、地震、冲积漫流等特殊地区的桥位选择 可参考《公路桥涵设计手册·桥位设计》等书。

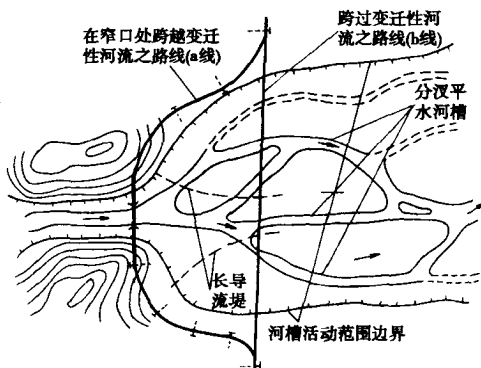


图 1-5 山前变迁性河段的桥位

### 三、跨越通航海轮航道桥梁的桥位选择

桥位应远离航道弯道、险滩、汇流口、渡口、港口作业区和船舶锚地，其距离应满足通航安全的要求。通航海轮的内河航道桥梁上游不得小于代表船型或控制性顶推船队长度 4 倍的大值，下游不得小于代表船型或控制性顶推船队长度 2 倍的大值。跨越海域的桥梁上、下游均为不得小于代表船型长度的 4 倍。通航 10<sup>4</sup>DWT 及以上船舶航道上的桥梁 远离的距离可适当加大 不能远离时需经实船试验或模型试验论证确定。

## 第三节 桥位方案的比较和示例

桥位推荐方案必须在各桥位方案进行全面、认真地比较后，才能选定。首先，对于初步选择的 2~3 个桥位比较方案分别进行桥梁的平面、纵断面和横断面设计，拟定每个方案的桥长、桥高、墩台冲刷深度、分孔、上部结构及墩台基础型式和尺寸 调治构造物的布置 绘制桥梁纵断面、平面图 计算工程数量 编制概预算 然后将各个桥位方案进行经济、技术、环境及全面社会效益等方面的比较 从该桥梁的任务和功能要求出发 根据安全、适用、经济、美观的原则，选取最优者作为桥位推荐方案。在此基础上进一步进行桥梁施工详图设计，最终完成桥梁设计任务。

桥位方案间的经济比较，应包括各项工程费、维修保养费、营运费，并考虑其对公路运输

地区经济发展等的影响。

桥梁是公路的组成部分，桥、路应密切配合。桥位选择应该使整个路线顺畅、短而平缓，使桥位具有良好的水文、地质和桥头引道技术条件。推荐桥位应对当地交通、农业、水利、城镇经济和居民生活等发展最为有利。

桥梁不仅是交通工程的建筑物，而且还是一个地区、城市环境的重要组成部分。随着世界经济的发展和生活质量的提高，对桥梁的环境和美学的要求愈加重视。力求桥梁与地区的整体环境相协调，做到功能、技术和经济的统一。桥梁结构形式和谐，具有纯正、清爽、稳定的秩序感和韵律感。

1957年建成的我国第一座武汉长江大桥，由公铁两用长江大桥一座、公路铁路汉江大桥各一座和多座引桥、跨线桥组成，“一桥飞架南北，天堑变通途”，把武汉三镇连接成一个整体，成为我国南北交通的枢纽（图 1-6）。桥位选在长江河道顺直，武昌有蛇山、汉阳有龟山形成的较窄卡口处，与水流正交，铁路的两岸桥头接线布设在林木繁茂的龟山和蛇山上。这样处理做到了桥位河道稳定，正桥和引桥都最短，既能满足长江通航净空的要求，又避免了两岸高填土路堤。同时，铁路在山林中通过城市中心地带，消除了对城市噪声污染和景观的干扰。

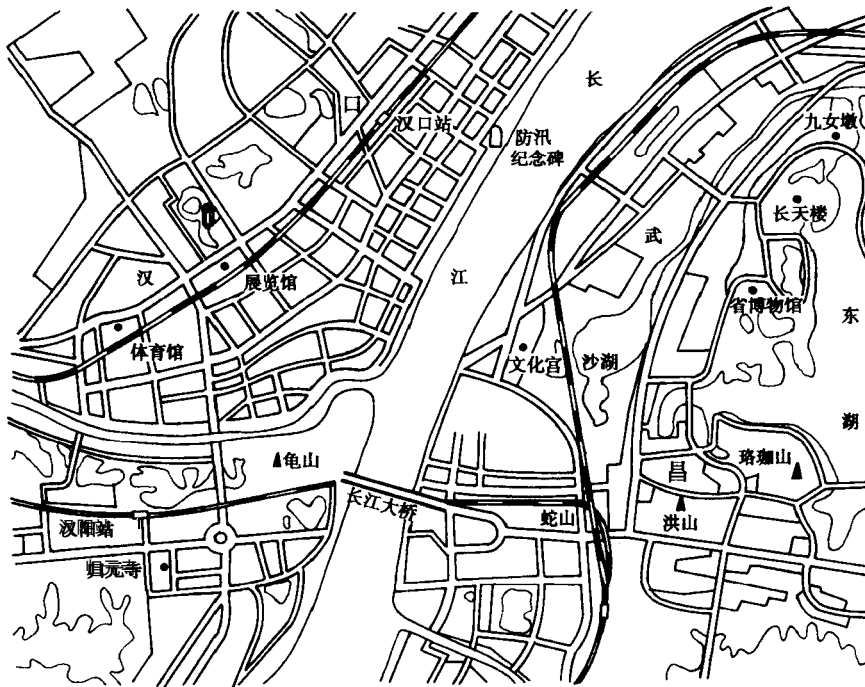


图 1-6 武汉长江大桥的桥位

山岭峡谷急流宜用一孔桥梁直接跨过。图 1-7 为新疆寨口桥位重力式桥台单孔拱桥，桥长 85m，箱形拱。桥型与林木丛生的群山十分和谐。

新疆喀喇昆仑山麓下游的莎车叶尔羌河大桥位于无明显河岸的山前变迁河段，1964 年修建新桥时，将桥位选在被老桥长期压缩形成的下游束窄段，利用长导流堤来固定束窄段两岸（图 1-8）。此桥洪水后河床地形动床模型照片见第十章图 10-3。

#### [例 1.1] 嘉陵江大桥

某国道公路通过秦岭，属山岭重丘区，在某县城跨越嘉陵江，县城附近按过境线二级公路

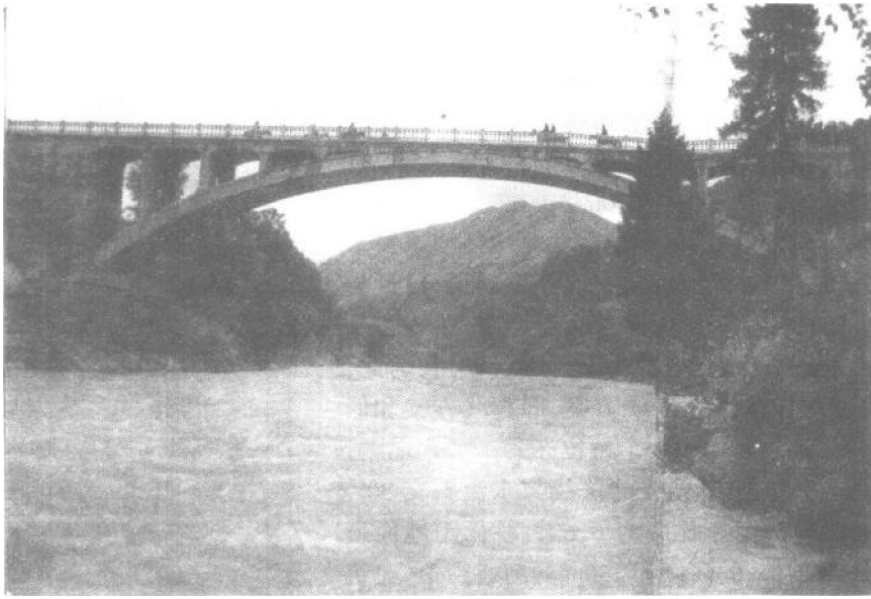


图 1-7 新疆塞口桥

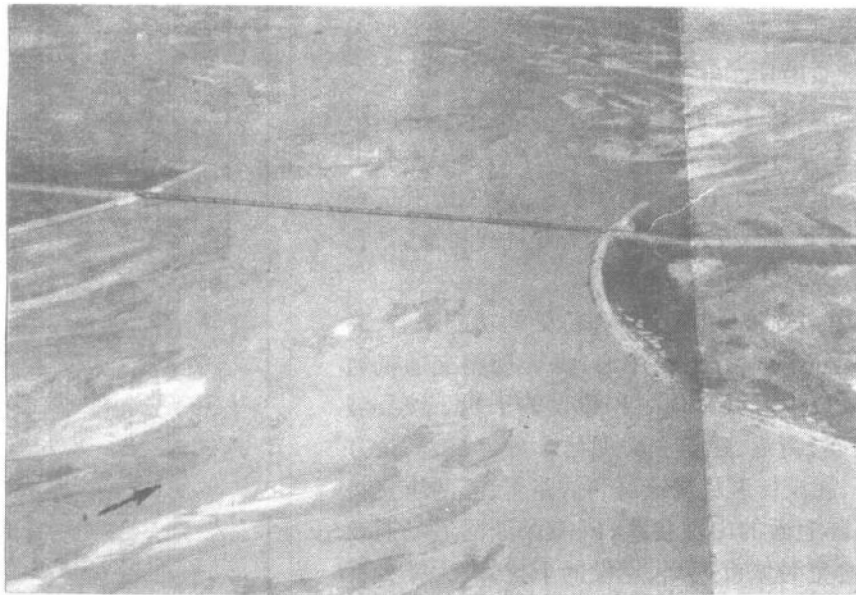


图 1-8 莎车叶尔羌河大桥

标准设计。县城位于秦岭山脉嘉陵江上游的狭窄河谷地带，土地十分宝贵。街道沿狭窄河谷两岸的陡坡弯曲布设，建筑物拥挤，左岸山坡建筑群中宝成铁路沿河谷方向通过，形成了街道、铁路、国道、省道公路沿江并行的拥挤状况，交通阻塞十分严重。为公路选线和桥位选择测得比例尺为 1:2000 的县城和河道地形图（图 1-9），进行了地质和水文调查，沿江两岸陡峭的山谷、束窄段和开阔段相间，岩石风化较严重，河床质为砂砾，基岩埋置深度约 16~18m；桥位距嘉陵江源头约 75km，桥位上游 20km 有一水文站，其间有多条支流汇入，与桥位流量相差较大；

县城河段设有一水位观测断面,1981年8月18日曾发生历史从未出现过的特大洪水(称8·18洪水)县城断面流量为 $3\,350\text{m}^3/\text{s}$ 频率无法确定。根据《公路工程技术标准》(JTJ 001)规定二级路特大桥、大桥的设计洪水频率 $P=1\%$ 按该县水利部门资料分析设计频率 $P=1\%$ 的设计流量 $Q_s=2\,050\text{m}^3/\text{s}$ 。

该国道是我国东南沿海地区至西北地区的重要干线,对于该县城只是过境公路,交通发展很快,且县城地方狭小,街道拥挤,交通阻塞已很严重,路线在这样局限地区内必须跨越嘉陵江,又要通过铁路,为此,公路通过县城提出了两个路线方案,即高线方案和低线方案,对应了高桥和低桥两个桥位方案。

高桥桥位方案:桥梁轴线的法线与水流斜交 $30^\circ$ ,设计水位 $957.50\text{m}$ 河床比降为 $6.6\%$ 桥面距地面最高处 $20\text{m}$ 跨越 $210\text{m}$ 的河槽和 $130\text{m}$ 的河谷街道、建筑群及铁路干线,桥梁从较高的右岸直接跨越到左岸的山坡上桥梁全长 $438.00\text{m}$ 。上部结构为2联7孔 $30\text{m}$ 部分预应力钢筋混凝土箱形梁,下部结构为双柱式桥墩,钻孔灌注桩基础,左岸为重力式桥台,右岸为埋入式桥台如图1-10所示。

低桥桥位方案:桥轴法线与水流交角 $46^\circ$ 桥面距地面最高处 $5.20\text{m}$ 跨越河槽 $210\text{m}$ 两岸与县城原有街道接线桥梁全长 $220.10\text{m}$ 。上部结构为13孔 $16\text{m}$ 预应力钢筋混凝土空心板,下部结构为双柱式桥墩,钻孔灌注桩基础。

上述两方案比较从该公路和桥梁的功能来看高等级公路的国道应避免城镇中心,保证公路交通畅通和安全,尽量减少对城镇规划和建设的干扰。该县城地处深山河谷,街道、建筑和交通已十分拥挤,高桥方案跨越江面、江岸街道及建筑群和铁路干线,两岸直接与城郊建筑群上面的山坡接线,既能保证国道畅通及安全,又能避免对城市规划、建设的干扰,大大减少拆迁。桥轴法线与水流的交角,高桥较低桥为小,高桥桥下净空富裕,泄洪通畅,利于城市防汛和桥梁安全。另外,高桥对城市环境和景观也是有利的。

高桥方案较低桥方案桥梁的直接造价要高的多,但是,全面考虑到建设拆迁费、长期营运费和地方经济效益和社会效益,还是高桥方案作为推荐方案为宜。

#### [例 1.2] 东明黄河公路大桥

根据106国道及中原油田基地的位置,经过对山

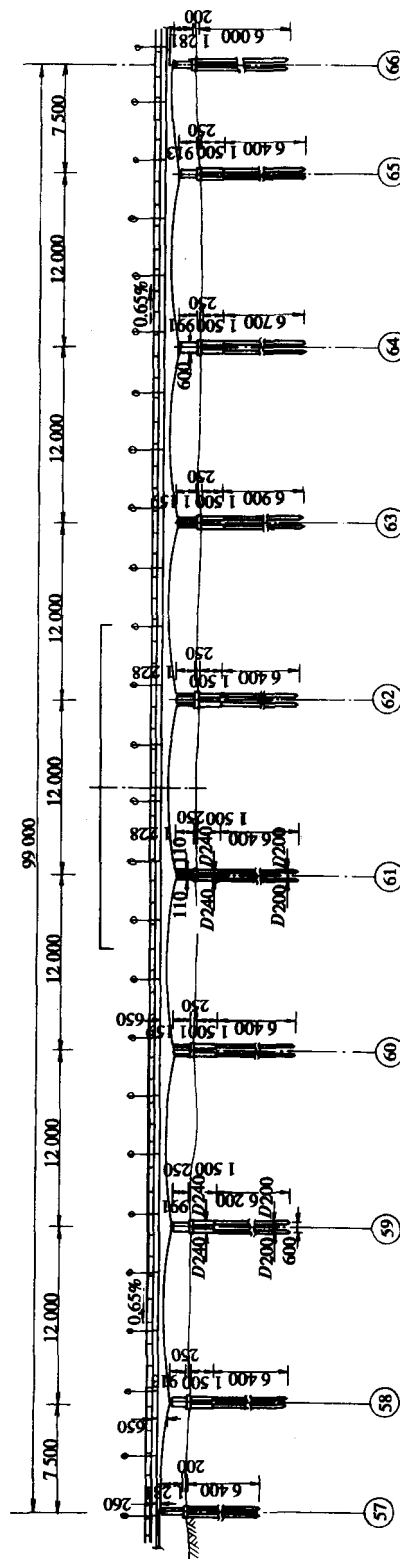


图 1-11 东明黄河大桥主桥桥孔布置图

东菏泽与河南濮阳之间黄河河段 35km 范围内的河道调查, 选择了高村、菜园集、贾庄三处比较桥位。该河段两岸堤距约 5~7km 沿河布置有各种防洪工程 河段有冲有淤 属淤积型河流 每年平均淤积高度为 0.096m 河床比降 0.125‰。主河道宽度稳定在 800~1000m 范围内, 主槽摆动在 200~300m 之间。

通过比较, 选定菜园集为推荐桥位, 其主桥桥孔布置见图 1-11。优点为: 堤距最小(4.82km) 桥长最短(4.644km) 河床稳定 上下游均有险工 北面有控导工程 主河槽宽度虽大于高村桥位 但避开了险工 可减少施工难度 与现有 106 国道连接的南北新接线较短, 大桥建成后, 将成为两岸地区干线公路网的枢纽; 新桥位于开封和平阴两座黄河公路特大桥之间, 布局合理, 有利于渡河车辆的合理分流, 也有利于黄河防汛和国防战备。

水文与工程地质: 在桥位处黄河被堤距 5km 左右的黄河大堤夹持, 河道属游荡型向弯曲型过渡河段 桥轴线为北西 35° 与水流方向基本正交 桥位附近的高村水文站有 42 年的水文资料可供使用 桥位上游有高村险工, 下游有贾庄险工 北高滩有半永久性控导工程 经 30 多年的整治 桥位河床及流势已基本稳定 桥位避开险工段 两岸高滩有利于施工。

两岸均为冲积平原, 桥基土为堆积的第四系地层沉积, 厚度在 150m 以上。根据地质钻探资料, 50m 以上为亚粘土、亚沙土相间, 50m 以下夹有坚硬粘土。

黄河水利委员会要求主河槽部分最大冲刷按 25m 计 边滩部分按 5~10m 计。

本河段为 6 度地震烈度区。设计地震烈度按 7 度设防。

设计技术标准: 设计荷载为汽车—超 20 级 挂车—120; 通航标准按四级航道净宽 44m 净高 8m 加预留河床淤高 3.5m 控制设计; 黄河水利委员会要求设计洪水频率为 1/300 设计流量为 25300m<sup>3</sup>/s 设计水位 68.70m(黄海高程) 校核洪水频率为 1/1000 相应水位 69.50m 上述水位均已考虑 50 年淤积高度。

## 第二章 河川径流

### 第一节 河流和流域

#### 一、河流

##### 1. 河流的形成

降落到地面上的雨水 除部分被植物截留和蒸发外 在重力作用下 一部分渗入地下 在含水层中流动形成地下径流，一部分沿地面流动形成地面径流。在地面径流长期侵蚀下，地表冲成沟壑，形成小溪，最后汇集而成河流。河流由干流及其支流组成，其中直接注入海洋或内陆湖泊的称为干流，汇入干流的河流称为一级支流，汇入一级支流的河流称为二级支流，其余的依次类推。干流和众多的支流构成了脉络相通的河流系统，称为水系。例如，长江水系、黄河水系(图 2-1)。

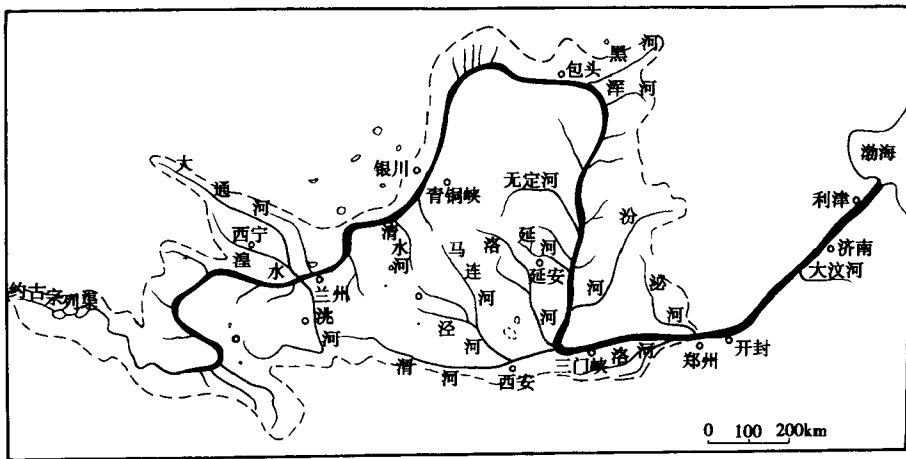


图 2-1 黄河水系略图

河流流经的谷地称为河谷，河谷底部流水的部分称为河床。

水流和河床相互作用和相互依存，形成了河流的发育过程。对一条发育完整的河流，按照河段不同特征 可以划分为河源、上游、中游、下游和河口。

河流开始具有表面水流的地方称为河源，它可能是冰川、溪涧、沼泽等。上游，紧接河源，多处深山峡谷 坡陡流急 常有急滩和瀑布 两岸陡峻 为 V形峡谷地形。中游，两岸多为丘陵区 比降逐渐缓和 岸边出现沙滩 冲淤变化不明显。下游 多处于平原区 坡度缓、流速小 淤积作用明显 多浅滩和河湾 河床宽阔 水量较大 河床横断面多为由河槽和河滩形成的复式断面。河口是河流注入海洋、湖泊的地方，河口段的水流和河床受上游水流和下游海洋、湖泊两

方面的影响。例如黄河，青铜峡以上为上游，郑州花园口以下为下游，利津以下为河口段。

## 2. 河流的基本特征

河流的基本特征，一般用河流断面、河流长度及河流比降来表示。

### (1) 河流断面

河流断面有横断面和纵断面。垂直水流方向的断面称为河流的横断面，如图 2-2 所示。洪水期以下的河床，一般由河槽和河滩两部分组成。河槽是河流宣泄洪水和输送泥沙的主要通道，植被不易生长，洪水期有底沙运动；河槽两侧洪水漫溢的滩地称为河滩（河漫滩）河滩上通常长有草类、树木或农作物，被洪水淹没的次数较少，无底沙运动。河槽中较高的可移动的泥沙堆称为边滩，其余部分称为主槽。只有河槽而无河滩的断面称为单式断面，有河槽又有河滩的断面称为复式断面。

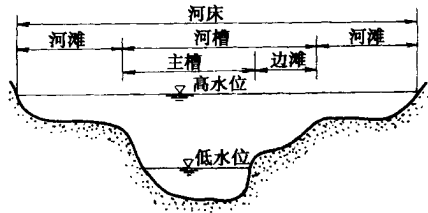


图 2-2 河流横断面一般形状

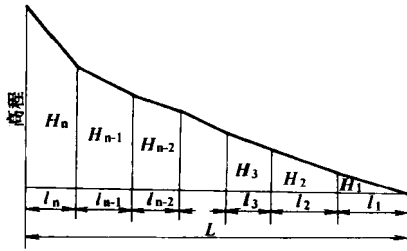


图 2-3 河流纵断面图

河流中沿水流方向各断面最大水深点的连线，称为中泓线，也叫深泓线。沿河流中泓线的断面称为河流的纵断面，如图 2-3 所示，反映河流纵断面沿程的变化。

河流断面由于受水流与河床的相互作用，断面形状随时间总在不断地发生着变化。

### (2) 河流长度

从河源到河口的距离称为河流长度。近似的河流长度，可在地形图上画出河道中泓线，用两脚规逐段量测。

### (3) 河流比降

中泓线上单位长度内的水面或河底的落差，称为河流水面比降或河底比降。某一河段的比降可按式 (2-1) 计算：

$$i = \frac{H_2 - H_1}{L} = \frac{\Delta H}{L} \quad (2-1)$$

式中： $i$ ——水面或河底比降，可用小数、百分数（%）或千分数（‰）表示；

$H_1, H_2$ ——分别为河段始端和终端的水面或河底高程（m）；

$\Delta H$ ——水面或河底的落差（m）；

$L$ ——河流长度（m）。

河流比降由于受各种因素的影响，变化很大。河底比降相对水面比降较稳定，水面比降随不同水位而有较大变化。河口受海洋潮汐倒灌的影响，水面比降变化更大。

## 二、流域

某一河流的流域是河口断面以上汇集水流的区域。流域四周地面最高点的连线称为分水线。流域的分水线所包围的面积称为流域面积，单位为  $\text{km}^2$ 。流域是河水补给的源地，流域的特征直接影响河川径流的形成和变化过程。流域的特征一般可分为以下两类：

### 1. 几何特征

几何特征主要指流域面积的大小和形状。在相同的自然地理条件下，流域面积越大，径流量就越大，对洪水涨落的调节作用也越大；反之，径流量的变化幅度较大，洪水涨落就较急剧。

流域的形状和坡度决定着径流过程历时的长短。若流域形状狭长(如图 2-4a)) 则径流过程历时较长 出口断面流量较小 若流域形状宽阔(如图 2-4b)) 则径流过程历时较短, 出口断面流量较大。

## 2. 自然地理特征

主要是流域的地理位置和地形。地理位置以流域的中心或流域的边界所在的经纬度来表示。流域内的降雨、蒸发、土壤、植被等水文因素都与地理位置有密切的关系。流域的地形主要以平均高程和平均坡度表示。平均高程对降雨量、降雨分布、蒸发均有影响; 平均坡度是决定汇流速度和汇流时间长短的主要因素。

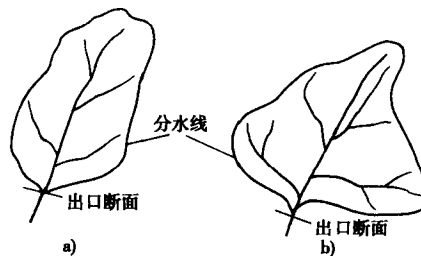


图 2-4 流域形状示意图

## 三、河流分类

在桥位设计中 选定桥位、确定桥长、布设桥梁孔径、确定墩台基础埋深、设置调治构造物以及水文计算等, 都应根据桥位河段的水力、水文和河床变形等因素来综合处理。因此, 从桥位设计出发, 分析各类河段的共同性和特殊性, 制定了桥位河段分类表。

河流一般分为山区河流和平原区河流两大类。在山区和平原区之间的过渡段称为山前区或半山区河流 长度不大 但在我国分布较广。

### 1. 山区河流

一般河床多为岩石 河流比降多在 1‰以上 汇流时间短 洪水暴涨暴落 流速可高达 6~8m/s 常有水跌、旋涡等水流现象 横断面多呈 V 形或 U 形(如图 2-5) 河床易受山崩、泥石流等影响。

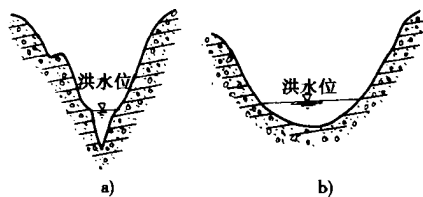


图 2-5 山区河流河谷示意图

### 2. 平原区河流

平原区河流比降多在 0.1‰~1‰之间, 流速较小, 一般洪水流速为 2~3m/s。河床中形成深厚的冲积层(如图 2-6) 深达数十米以上 其最深处多为卵石 其上为沙夹卵石, 再上为粗沙、中沙以至细沙。这类河流具有明显的河滩, 土质松软, 枯水位以上的河滩表层土为粘土或粘壤土。河槽中, 由于水流与河床相互作用, 易使河槽左右摆动, 形成一系列泥沙冲积体。

1976 年, 我国公路系统召开“大中桥孔设计研究汇总工作会议”汇总各省已建桥梁水文资料 按河段特征把河段分为七类 即峡谷性河段、稳定性河段、次稳定性河段、变迁性河段、游荡性河段、宽滩性河段和冲积漫流性河段。

1992 年 6 月施行的《公路桥位勘测设计规范》(JTJ 062—91) 中, 根据上列桥位河段分类的使用经验, 增加了三角港河口和三角洲河口两类河段(表 2-1) 从而更好地反映了河段所在地区、河段类型及河床稳定程度之间的相互联系 被公路和铁路部门广泛采用。

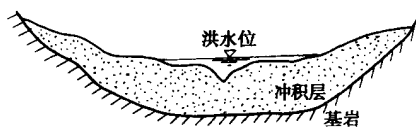


图 2-6 平原河流河谷示意图

判断河段类型, 一般河段范围可取桥位上游不小于 3~4 倍河床宽度, 下游不小于 2 倍河床宽度。对于弯曲河段还应至少包括一个河湾。判断河段稳定性及变形大小, 通常以 50 年左右的河床演变作为衡量标准。

桥位河段分类表

表 2-1

河流类型	河段类型	稳定程度		河流特性及河床演变特点			河段区别要点
		序号	分类	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	
山区河流	峡谷河段	I	稳	1. 在平面上多急弯卡口, 宽窄相间, 河床为 V 形或 U 形; 2. 河流纵断面多呈凸形, 比降较陡相连; 3. 峡谷河段, 河床狭窄, 河岸陡峭多石质, 中、枯水河槽无明显区别; 4. 开阔河段, 河面较宽, 有边滩, 有时也有不大的河漫滩和明显阶地, 有的地方也会出现心滩和沙洲, 比降较缓, 河床泥沙较细	1. 河床比降陡, 一般大于 2‰; 2. 流速大, 洪水时河槽平均流速可达到 5 ~ 8m/s; 3. 水位变幅大, 个别达到 50m 左右; 4. 含沙量小, 河床泥沙颗粒较大; 由于流速大, 搬运能力强, 故洪水时河床上有卵石运动	1. 河流稳定, 变形多为单向的冲刷作用, 速度相当缓慢; 2. 峡谷河段的进口或窄口的上游, 受壅水的影响, 洪淤、枯冲; 3. 开阔河段有时有较厚的颗粒较细的沉积物, 且多呈洪冲、枯淤变化; 4. 两岸对河流的约束和嵌制作用大	1. 峡谷河段, 河床窄深, 床面岩石裸露或为大漂石覆盖, 河床比降大, 多急弯、卡口, 断面呈 V 形或 U 形; 2. 开阔河段和顺直微弯河段, 岸线整齐, 河槽稳定, 断面多呈 U 形, 滩、槽分明, 各级洪水流向基本一致
				II III	定	1. 平原区河流, 平面外形可分为顺直微弯形、分叉形、弯曲形、宽滩形和游荡形; 2. 河谷开阔, 有时河槽高出地面, 靠两侧堤防束水; 3. 河床横断面多呈宽浅矩形, 通常横断面上滩槽分明, 在河弯处横断面呈斜三角形, 凹岸侧深, 凸岸侧为宽且高的边滩, 过渡段有浅滩、沙洲; 4. 枯水期河槽中露出各种形态泥沙堆积体; 5. 由于平原区河流多河弯、浅滩连续分布, 因此, 河床纵断面亦深浅相间	1. 河床比降平缓, 一般小于 1‰, 有时不到 0.1‰; 2. 流速小, 洪水时河槽平均流速多为 2 ~ 4m/s; 3. 洪峰持续时间较长, 水位和流量变幅小于山区河流; 4. 河床泥沙颗粒较细; 水流输送泥沙以悬移质为主, 多为沙、粉沙和粘粒, 但也有推移质; 5. $\frac{Q_1}{Q_0} > 0.4$ 或 $\frac{Q_1}{Q_0} > 0.67$ 者为宽滩河流
平原区河流	顺直微弯河段	II	次				
		III					
	分叉河段	III	稳				
		IV					
	弯曲河段	III	定				
IV							
宽滩河段	V	不稳定					

续上表

河流类型		河流特性及河床演变特点				河段区别要点
		稳定程度	形态特征	水文泥沙特征	河床演变特征	
河段类型		分类				
		序号				
山前区河流	山前变迁河段	V	<p>1. 山前变迁河段, 多出现在较开阔的、地面坡度较平缓的山前平原地带, 河段距山口较远, 其下多是比较稳定的平原河流, 水流多支汉, 主流迁徙不定, 河槽岸线不稳, 洪水时主流有滚动可能;</p> <p>2. 冲积漫流河段, 距山口较近, 河床坡度较陡, 因为地势单调平坦, 水流出口后成喇叭形散开, 流速、水深骤减, 水流夹带大量泥沙, 淤积在山口坦坡上形成冲积扇</p>	<p>1. 河床比降介于山区和平原区之间, 一般为 1‰~10‰, 但冲积漫流河段有时大于 20‰~50‰;</p> <p>2. 流速介于山区与平原区之间, 洪水时河槽平均流速可达到 3~5m/s;</p> <p>3. 水流宽浅, 水深变幅不大, 既小于山区亦小于平原区;</p> <p>4. 泥沙中等或较大, 在干旱、半干旱地区, 洪水时往往携带大量细颗粒泥沙(既有悬移质又有推移质), 是淤积的主要材料</p>	<p>1. 山前变迁性河段, 泥沙与河床演变特点有类似平原游荡性河段之处, 但其比降和泥沙颗粒皆大于平原游荡性河段, 主要还是山前河流的特点, 夺流改道之势更为凶猛迅速;</p> <p>2. 冲积漫流河段, 通常无固定河槽, 夹带大量粗颗粒泥沙的水流淤积冲破, 加以坡陡、流急, 造成水沙混合体奔突冲击, 有很大的破坏力; 洪水后, 河床支汉纵横, 支离破碎, 没有固定河漫滩, 是最不稳定的河段, 河床有可能淤高</p>	<p>不稳定河段与次稳定河段的区别: 前者主流在整个河床内摆动, 幅度大, 变化快, 河床有可能拓宽; 后者主流在河槽内摆动, 幅度小。游荡性河段与山前变迁性河段的区别: 前者土质颗粒细, 冲刷深, 回淤快, 主流不仅在河床内摆动, 甚至可能造成河道改道; 后者颗粒粗, 冲刷浅, 由于河床淤高拓宽和主流摆动, 造成主槽变迁, 河岸劈切拓宽幅度小。冲积漫流河段地貌大致具有冲积扇体特征, 床面逐年淤高, 较游荡性河段明显, 洪水股流按总趋势在高沟槽中通过</p>
	冲积漫流河段	VI	不			
河口	三角港河口	V	<p>1. 三角港河口段为凹向大陆的海湾形河口段;</p> <p>2. 三角洲河口段为凸出海岸伸向大海的冲积形河口; 河口段沙洲林立, 支汉纵横交错</p>	<p>比降一般小于 0.1‰, 流速也小, 由于受潮汐影响, 流速呈周期性正负变化, 泥沙颗粒极细, 多为悬移质</p>	<p>河口除受波浪和海流作用外, 河床下泄的部分泥沙(进入河口后), 由于受潮流和径流的相互作用, 常形成拦门沙, 加之咸、淡水交汇造成泥沙颗粒的絮凝现象, 促进了泥沙的淤积, 洪水期山水占控制的河段, 可能有河床冲刷, 因此很多河口段河床的冲淤变化很明显</p>	<p>区别要点同形态特征</p>
	三角洲河口	VI	定			

注: 表列河段为一般情况, 如山区河段一般为稳定性河段, 但也有例外的情况。有的山区河流有次稳定的, 甚至有不稳定的河段, 遇到这类场合, 应根据具体河段的实际情况, 分析其稳定性, 决定采用何种勘测设计方法。

## 第二节 河川径流的形成

流域内的降水除部分截留和蒸发外，一部分形成地面径流，一部分形成地下径流，两种径流汇集到河槽中沿河槽流动而形成河川径流。河槽中暴雨洪水主要来源于地面径流，而在大河枯水期的补给，多来自地下径流。

### 一、河川径流形成过程

流域内自降雨开始到水量流出河流出口断面的整个过程，称为河川径流形成过程。一般可分为四个阶段（如图 2-7 所示）。

#### 1. 降雨过程

流域内的降雨是径流形成的主要环节，降雨量的大小及其在时间、空间上的分布，都决定着径流量的大小和变化过程。降雨量用降落在地面上的雨水深度表示，单位为 mm。单位时间内的降雨量称为降雨强度，单位为 mm/h 或 mm/d。

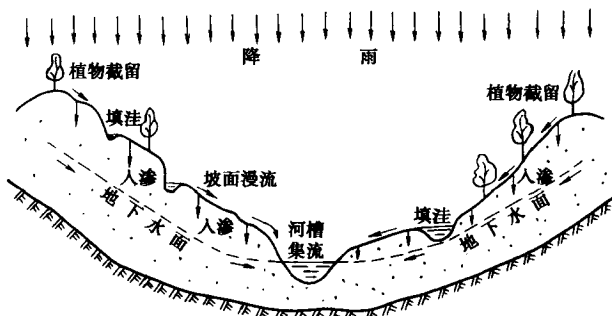


图 2-7 河川径流形成过程示意图

#### 2. 流域蓄渗过程

降雨开始时并不立即形成径流，部分雨水消耗于植物截留、土壤下渗、地面填洼以及流域蒸发，扣除以上损失后的降雨量称为净雨量，显然它将形成地面径流及河川径流量。

#### 3. 坡面漫流过程

流域蓄渗完成以后，净雨量沿着坡面漫流，从局部区域开始，逐渐扩展到全流域，最后汇入河沟。

#### 4. 河槽集流过程

汇入河沟的水流，沿着河道由小沟到支流，再由支流到干流，最后到达流域出口断面，这个过程称为河槽集流。汇入河槽的水流，一部分径流继续下泄，一部分暂蓄留在河槽内，待降雨结束后才缓慢流向下游，使流域出口断面的流量过程变得平缓，从而起到河槽对洪水的调节作用。

以上径流形成的四个过程，由于流域内降雨量和损失强度不同，因此在时间上并无截然的分界而是互助交替进行的。

### 二、我国河流的水量补给

河川径流的大小和变化，通常用流量和水位来表示。河流的流量和水位都是随时间而不断变化的，流量和水位随时间而变化的关系曲线，分别称为流量过程线和水位过程线。这些过程线的形状与河流的水量补给类型有密切关系。我国幅员辽阔，河流的水量补给类型基本上分为以下三类：

#### 1. 雨源类

这类河流的洪水由降雨形成。主要分布在秦岭、淮河以南直至台湾、海南岛、云南广大南方地区。一年内的径流量的变化与降雨变化一致，夏天雨季来临，流量增大，入秋以后，流量逐

渐下降。长江汉口水文站 1954 年和 1955 年的流量过程线如图 2-8 所示。

## 2. 雨雪源类

这类河流的洪水三四月间主要由融雪形成春汛之后有一段枯水期入夏以后降雨量增多在六至九月形成夏汛和秋汛，主要分布在我国华北、东北地区。黄河花园口水文站 1954 年的流量过程线如图 2-9 所示。

## 3. 雪源类

西北地区新疆、青海等地的河流，水量补给以融雪为主。洪水的大小与气温高低关系密切，汛期大多集中在气温较高的六七月间。额尔齐斯河某水文站的流量过程线如图 2-10 所示。

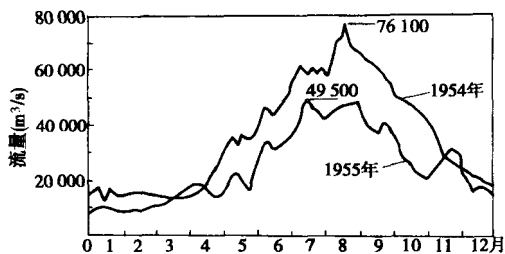


图 2-8 雨源类河流的流量过程线

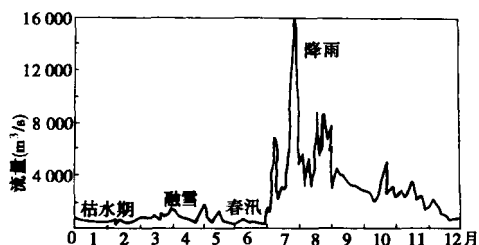


图 2-9 雨雪源类河流的流量过程线

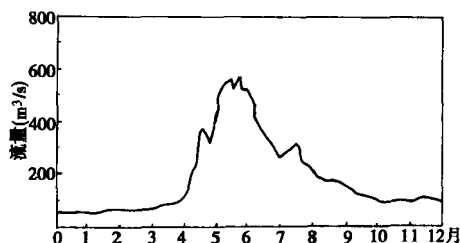


图 2-10 雪源类河流的流量过程线

## 三、影响河川径流的因素

从径流形成过程看，影响河川径流的主要因素有：

### 1. 气候因素

#### (1) 降雨

降雨是影响径流量的最主要因素，包括降雨强度、降雨历时、降雨面积。例如降雨强度大、降雨历时长、降雨面积大产生的径流量就越大。

#### (2) 蒸发

流域内的蒸发主要指水面蒸发、陆面蒸发、植物散发等。如蒸发强度大，降水的损失量就大，径流量就减小。

### 2. 下垫面因素

下垫面因素是指流域的地形、地质、植被、湖泊等自然地理因素。流域内植被愈密，土壤的渗透能力愈强，径流量就小；流域面积愈小，地面坡度愈平缓，流域的形状愈狭长，流域内湖泊愈多，径流量就愈小。

### 3. 人为因素

人类活动如封山育林、修建水库等水利化设施，对于降雨的截留、入渗都有一定的调节作用。反之，流域植被破坏、水土流失，洪水流量及含沙量将增大。

## 第三节 水文测验和水文资料的搜集和整理

河流水情的变化可由河流水文要素的观测资料来反映。在若干固定的测流断面上，定时

进行水位、流速、流向、流量、泥沙等各项水文要素的观测和资料整编 称为水文测验。水文测验一般由水文站进行。为了能正确地应用水文站的观测资料，现主要介绍水位、流速观测和流量计算的基本知识。

## 一、水位观测

河流的水位变化反映河道中水量的增减。水位是河流最基本的水文要素，水文站观测的水位是指某时刻该水文站测流断面的水面相对于某一水准基面的高程。

使用水文站的水位资料时，必须注意它所依据的水准基面，必要时可进行换算。

水位  $H$  通常是由设立在测流断面上的水尺读数加水尺零点高程来确定 (如图 2-11)。目前，在水文站常采用水尺和自记水位计进行水位观测，自记水位计自动连续记录水位变化过程曲线。

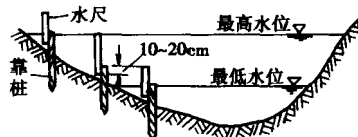


图 2-11 水位示意图

水位观测必须连续进行，应测得完整的水位变化过程，满足日平均水位计算的要求。根据多年水位观测资料，可以研究该河流各次洪水的变化规律。另外，还要设立比降水尺，观测两个断面之间的水面落差，用以计算两断面之间的水面比降。

## 二、流速测量

天然河流过水断面上各点的流速分布并不一致，一般由河岸向河心逐渐增大，由河底向水面逐渐增大。但水面因受空气阻力的影响，实测表明，断面最大流速一般是在最大水深处的水面下  $0.2h$  处 ( $h$  为水深)， $0.6h$  处的流速约等于该垂线上的平均流速，流速分布如图 2-12 所示。常用的流速测量方法有流速仪和浮标法两种。

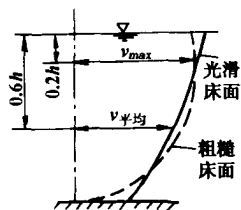


图 2-12 垂线流速分布

### 1. 流速仪测速

流速仪一般分为旋杯式和旋桨式两种，如图 2-13 所示。其基本原理是，测速时可将流速仪放到测点处，水流冲击旋杯（或旋桨）使其转动，根据每秒转数与流速的关系推算该测点的流速。

采用流速仪测速时，应在测流断面上布置适当数量的施测垂线，称为测速垂线 测出各条垂线的水深和起点距 (如图 2-14 所示) 沿各垂线布置若干测点，用流速仪逐点测出流速，计算各测速垂线的垂线平均

流速  $\bar{v}_m$ 。可按各测速垂线上的测点数目，按公式 (2-2) 计算：

$$\left. \begin{aligned}
 \text{五点法} \quad \bar{v}_m &= \frac{1}{10}(v_{0.0} + 3v_{0.2} + 3v_{0.6} + 2v_{0.8} + v_{1.0}) \\
 \text{三点法} \quad \bar{v}_m &= \frac{1}{3}(v_{0.2} + v_{0.6} + v_{0.8}) \\
 \text{二点法} \quad \bar{v}_m &= \frac{1}{2}(v_{0.2} + v_{0.8}) \\
 \text{一点法} \quad \bar{v}_m &= v_{0.6}
 \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

式中：  $\bar{v}_m$ ——垂线平均流速 (m/s)；

$v_{0.0}$ 、 $v_{1.0}$ ——分别为水面及河底的测点实测流速 (m/s)；

$v_{0.2}$ 、 $v_{0.6}$ 、 $v_{0.8}$ ——分别为 0.2、0.6、0.8 垂线水深处测点的实测流速 (m/s) 水深均由水面垂直向