

● 景天然编著

同济大学出版社

● TONGJI

DAXUE

CHUBANSHE

桥涵水文

- 968606

U442.3
6012E2

桥梁
济大
170

桥 涵 水 文

(公路与城市道路、桥梁工程、交通工程专业用)

景天然 编著

同济大学出版社

(沪)新登字 204 号

内 容 提 要

本教材是在日校全国统编教材《桥涵水文》的基础上,兼顾函授教学的特点,并参考了最新的《公路桥位勘测设计规程(修订稿)》(1991年9月)的有关规定,进行了撰编。教材内容丰富、文字简明扼要,每章前有学习指导,每章后附有复习思考题和习题,并把课程学习分为三个阶段,分别在第二、第五、第六章之后,列有阶段测验作业,便于学生自学。

本教材可供公路与城市道路、桥梁工程、交通工程等专业的教学之用,也可作为有关工程技术人员的参考书。

责任编辑 曹炽康

封面设计 王肖生

桥 涵 水 文

景天然 编著

同济大学出版社出版

(上海四平路 1239 号)

新华书店上海发行所发行

江苏启东市印刷三厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.5 字数: 288千字

1993年4月第1版 1993年4月第1次印刷

印数: 1—4000 定价: 4.70元

ISBN 7-5608-1059-4/O·99

序 言

本教材是在日校全国统编教材《桥涵水文》(张学龄主编的基础上,参考《公路桥位勘测设计规程(修订稿)》(1991年9月)的有关规定,兼顾函授教学的特点,并结合自己多年来对本课程的教学经验编写而成。可供公路与城市道路、桥梁工程、交通工程等专业教学用。

本教材每章列有学习指导、复习思考题与习题;并把课程学习分为三个阶段,分别在第二、五、六章之后,列有阶段测验作业,书末列有主要参考书目。

读者在学习本课程的各章时,可首先阅读该章的“学习指导”,再认真阅读课文,并用“复习思考题”检查自己对课文内容的理解程度,然后通过完成习题作业及阶段测验作业来巩固所学习的内容。在可能的情况下,选读一些参考书。

限于编者水平,谬误在所难免,请读者指正。

编 者

2AE07/01

目 录

第一章 河川水文基础知识	1
学习指导.....	1
第一节 河流与流域	1
一、河流.....	1
二、流域.....	3
三、河段分类.....	3
第二节 径流形成	9
一、径流形成过程.....	9
二、影响径流的主要因素.....	10
三、我国河流的水量补给类型.....	10
第三节 泥沙运动与河床演变	11
一、泥沙运动.....	11
二、河床演变.....	14
第四节 水文测验	16
一、水位观测.....	16
二、流速测量.....	17
三、流量计算.....	19
四、泥沙测验.....	19
第五节 水文资料的搜集和整理	20
一、水文站观测资料.....	21
二、洪水调查资料.....	21
三、文献考证资料.....	29
四、资料的审查与分析.....	29
五、水位与流量关系曲线.....	30
复习思考题.....	31
习题.....	31
第二章 大中桥设计流量的推算	33
学习指导.....	33
第一节 洪水频率与设计流量的概念	34
第二节 有水文观测资料时设计流量的推算	35
一、经验统计法.....	35
二、数学统计法.....	38

三、抽样误差	48
四、相关分析	50
五、特大洪水的处理	54
六、成果合理性检查	59
第三节 缺乏水文资料时设计流量的推算	60
一、 c_v 、 c_s 值的确定	60
二、 \bar{Q} 值的确定	60
三、各种河段形态的历史洪水流量的推算方法	62
第四节 设计洪水过程线的推求	63
复习思考题	63
习题	64
第一次阶段测验作业	66
第三章 大中桥孔径计算	68
学习指导	68
第一节 桥位河段水流图式和桥孔布置原则	69
一、桥位河段的水流图式	69
二、桥孔设计一般规定	69
三、各类河段上桥孔布置的要求	70
第二节 桥孔长度	71
一、水过水面积计算(冲刷系数法)	71
二、用经验公式计算	73
第三节 桥面最低高程的确定	76
一、引起桥下水位升高的因素	76
二、桥下净空	80
三、桥面最低高程的确定	83
复习思考题	86
习题	86
第四章 桥梁墩台冲刷	88
学习指导	88
第一节 建桥后的河床演变	89
第二节 河床自然演变	90
第三节 桥下断面的一般冲刷	91
一、按冲止流速建立的公式	91
二、按输沙平衡建立的公式	97
三、按别氏假定建立的公式	99
第四节 桥墩局部冲刷	99
一、非粘性土河床	101

二、粘性土河床	108
第五节 桥下河槽最低冲刷线	108
复习思考题	112
习题	112
第五章 桥位选择和调治构造物	113
学习指导	113
第一节 桥位勘测的基本内容	113
第二节 桥位选择	115
第三节 调治构造物	119
一、导流堤	120
二、丁坝	123
三、顺水坝	124
四、建筑材料及防护	125
复习思考题	125
第二次阶段测验作业	125
第六章 小桥涵水文计算	127
学习指导	127
第一节 小桥涵设计流量的推算	127
第二节 小桥孔径计算	135
一、水流通过小桥的图式	135
二、小桥孔径计算	135
第三节 涵洞孔径计算	143
一、水流通过涵洞的图式	143
二、涵洞孔径计算	145
第四节 涵洞类型的选择	151
第五节 涵洞进出口沟床的处理	153
一、进水洞口沟床的处理	153
二、出水洞口沟床的处理	154
复习思考题	155
习题	155
第三次阶段测验作业	156
附录: 1. 河段分类(1991.9).....	158
2. 天然河道洪水糙率系数.....	160
3. 全国水文分区经验公式(摘录).....	162
4. 全国分区 c_0 值表	164
5. 全国分区 c_s/c_0 经验关系表	167
6. 皮尔逊 III 型曲线方程基本知识	169

第一章 河川水文基础知识

学 习 指 导

1. 这一章作为学习本课程的基础知识,主要内容有:(1) 河流与流域的基本概念;(2) 径流的形成及其主要的影响因素;(3) 泥沙运动与河床演变的基本知识;(4) 水文测验的基本方法;(5) 水文资料的搜集和整理的基本概念。

2. 桥涵要跨越河流,首先要了解所跨河流处于什么水系,是干流还是支流;进而了解所跨河段的基本特征,其中河流断面与河流比降的特征是重点,应很好地掌握课本中阐述的基本概念。

3. 桥梁跨过不同的河段,其桥孔的布置原则、孔径以及冲刷计算所用的计算公式都不相同,因此掌握河段分类的基本概念很重要。通过学习,要求同学们重点掌握桥位设计中要应用的河段分类方法,了解各种河段的大致情况。

4. 径流的形成及其主要影响因素的概念,将在第六章讲述小桥涵设计流量的计算方法中要用到,在此作一般性的了解,学习第六章时再结合起来加深理解。

5. 泥沙运动与河床演变的基本知识,是今后学习桥梁墩台冲刷计算的基础,应认真掌握课文中所介绍的基本概念。

6. 水文测验中水位观测、流速测量、流量计算及泥沙测验是水文站的基本测验项目,通过这一节学习,要求达到对上述几个项目的测验方法有一清楚的了解,以便于今后能正确地搜集水文资料。

7. 洪水调查是搜集水文资料的一种重要方法,在第五节中,要重点学习这种方法。

研究自然界中水体的存在、运行和变化规律的科学,称为水文学。河川水文学是其中的一个分支,主要研究从降水到径流入海的这一段过程。它同本课程要讲述的桥涵位置、长度、高度以及基础埋深的确定,有着十分密切的关系。因此,首先需学习河川水文的基础知识。

第一节 河流与流域

一、河 流

1. 干流、支流和水系

直接流入海洋或内陆湖泊的河流叫做干流。汇入干流的河流叫做一级支流;汇入一级支流的河流叫做二级支流;……。干流及其支流构成了水系。例如,长江水系、太湖水系等。

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。垂直于水流方向的断面称为河流横断面,如图 1-1 所示。高洪水位以下的河床,一般由河槽与河滩两部分组成。河床滩槽划分准确与否,对桥梁孔径计算影响极大,必须结合河段平面形态、植被分布情况,在桥位现场认真调查研究划定。河槽是河流宣泄洪水和输送泥沙的主要通道,洪水期河床面有底沙运动,植物不易生长。河滩则只在洪水期才有水流,且河床面无明显的底沙运动,通常长有草类、树木

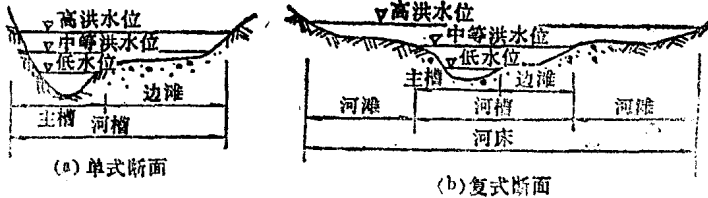


图 1-1 河床断面

等植物。当桥位布设在葫芦形状的宽阔段上时,可参照桥位附近上、下游河槽宽度来划分滩槽。当桥位布设在岸坡上有小树丛或有茅草的河段上时,其岸坡部分应划分为河滩。在

分叉河段上,如汉间的沙洲稳定不变,50 年一遇以上的洪水不淹没,则为河滩;如沙洲不稳定,中等洪水位即淹没,洪水期推移移位,则不能定为河滩。河槽又可分为主槽和边滩两部分。通常把河槽中河底高出低水位而低于中等洪水位(接近于平均洪水位)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横断面称为单式断面,有河槽又有河滩的横断面称为复式断面。

河流中沿水流方向各断面最大水深点的连线,称为中泓线或溪线(图 1-30),沿河流中泓线切出的断面称为河流纵断面。河流纵断面能表明河床的沿程变化(图 1-2)。

河流的纵横断面可以用来表示河床的形态特征。由于水流与河床的相互作用,断面形状将时刻不停地发生变化。

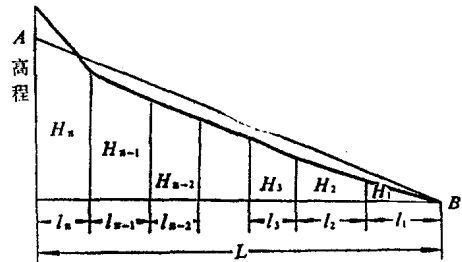


图 1-2 河流纵断面图

2) 河流长度 一般天然河流,从河流的发源处至出口处的距离,称为河流长度。近似的河流长度,可用两脚规或其他方法,直接在地形图上的沿河流中泓线量得。

3) 河流比降 中泓线上单位长度内水面(或河底)的落差称为河流的水面(或河底)比降,即

$$i = \frac{h_1 - h_2}{l} = \frac{\Delta h}{l} \times 1000 \text{‰} \quad (1-1)$$

式中: i ——水面或河底的比降,以千分数(‰)表示;

h_1, h_2 ——分别为河段始点与终点的水面或河底高程(m);

Δh ——水面或河底的落差(m);

l ——河段长度(m)。

河流比降由于受各种因素的影响,往往变化很大。相对来说,河底比降比较稳定,水面比降则在不同水位时都会有较大的变化。河口受海洋潮汐的影响,比降变化更大,有时会出现负值,发生海水倒灌现象。河流比降一般自河源向河口逐渐减小,沿程各河段的比降都不相同。河底比降的沿程变化,见河流纵断面图(图 1-2)。为了求得河底的平均比降,可以从河口

作一与河底相交的斜直线 (AB), 使该直线与河底线所包围的面积, 直线以上的部分与以下的部分相等, 则该直线的坡度为河底的平均比降, 其值可按下式计算:

$$i = \frac{1}{L^2} [(H_n + H_{n-1})l_n + (H_{n-1} + H_{n-2})l_{n-1} + \dots + (H_2 + H_1)l_2 + H_1l_1] \quad (1-2)$$

式中: i ——平均比降(‰);
 $H_1, H_2 \dots H_n$ ——自河口起沿程各特征点的河底高程(m);
 $l_1, l_2 \dots l_n$ ——各特征点之间沿中泓线的距离(km);
 L ——河流长度(km), $L = l_1 + l_2 + \dots + l_n$.

二、流域

一条河流两侧汇集水流的区域, 称为该河流的流域。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两类:

1. 几何特征

主要是流域面积和形状。流域面积越大, 径流量就越大, 流域对洪水涨落的调节作用就越大; 反之, 洪水涨落就较为急剧。若流域形状狭长(图 1-3a), 则径流过程历时较长, 出口断面流量较小;

若流域形状宽阔(图 1-3b), 则径流过程历时较短, 出口断面流量较大。

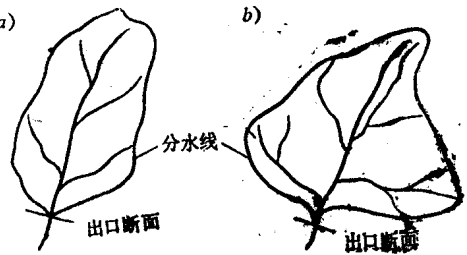


图 1-3 流域形状示意图

2. 自然地理特征

主要是流域的地理位置和地形。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关系。流域的地形对径流的汇流时间有重要影响。

三、河段分类

河段的分类方法很多。根据河段流域的地形特点, 一般可分为山区河段和平原区河段两大类。一条较长的河流, 上游多为山区河段, 下游则为平原区河段, 中游是过渡性的河段, 称为山前区、半山区河段。

山区河段的特点是比降大(多在 1% 以上), 流速快(可高达 6~8m/s), 河床多为基岩、乱石或卵石组成, 横断面常呈“V”字形或“U”字形(图 1-4), 河床比较稳定, 但易受山崩、滑坡、泥石流等的影响。

a) V 字形



b) U 字形

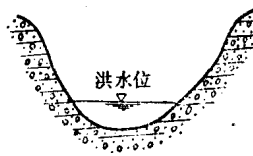


图 1-4 山区河流河谷示意图

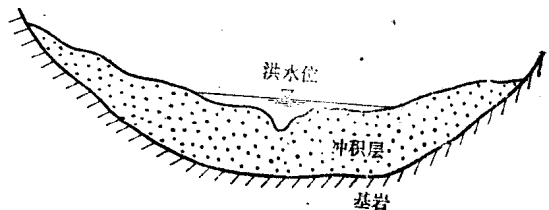


图 1-5 平原河流河谷示意图

平原区河段的特点是比降较小(多在0.1‰至1‰之间),流速较低(一般为2~3m/s),河床多为深厚的冲积层(图1-5),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,枯水位以上的河滩表层,则为粘土、粘壤土。横断面上常有广阔河滩,土质松软,在水流冲刷侵蚀下,易使河槽左右摆动。

根据河段稳定程度和河床变形特点及桥位设计的要求,一般可分为如下七种河段:

1. 峡谷性河段

这类河段多位于山区或山前区处,具有上述山区河段的特点,河床多为岩石组成,河岸稳定,河床淤冲微弱,平面形态上常有急弯,如图1-6所示。

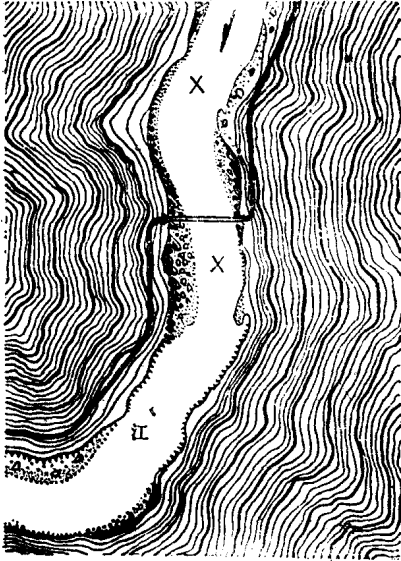


图1-6a 峡谷性河段平面示意图

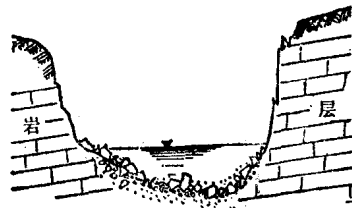


图1-6b 峡谷性河段河床横断面示意图

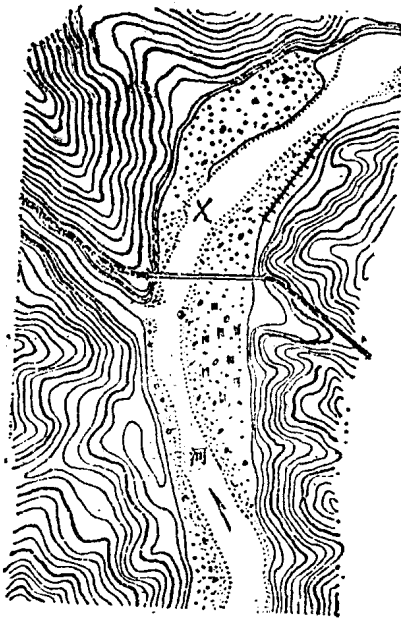


图1-7a 稳定性河段平面示意图



图1-7b 稳定性河段河床横断面示意图

2. 稳定性河段

这种河段多位于丘陵地带以及中下游河床地质条件较好、河岸比较整齐的河谷处。河床多半是紧密的漂砾石沉积层，以及抗冲能力较强的粘质土壤，岸线稳定。河槽多呈 U 字形，冲淤变化不大。平面上比较顺直或微弯。主槽稳定，极少摆动，如图 1-7 所示。

3. 次稳定性河段

这类河段多位于河流下游平坦地带或平原丘陵的过渡地带。比降变缓，泥沙落淤，有广阔的冲积层。由于主流的切割作用形成明显的河槽；河槽内不同水位的冲刷与淤积的交替作用，形成了边滩。边滩的存在使水流受到阻碍，较低水位的水流则绕边滩而流向对岸，长期绕流及淘刷作用使边滩的对岸形成深槽，并使边滩不断发展和下移。上述的水流作用，使得河床内边滩犬牙交错，并使主槽周期性地摆动。通常次稳定性河段平面上较顺直或略有微弯，断面一般较窄深，漫滩流量较小。它与稳定性河段的区别在于岸线、河槽不稳，河弯有发展下移的趋势，主流在河槽内摆动，天然冲淤比较明显，而稳定性河段则岸线、河槽、洪水主流均稳定。图 1-8 为这种河段的一例。

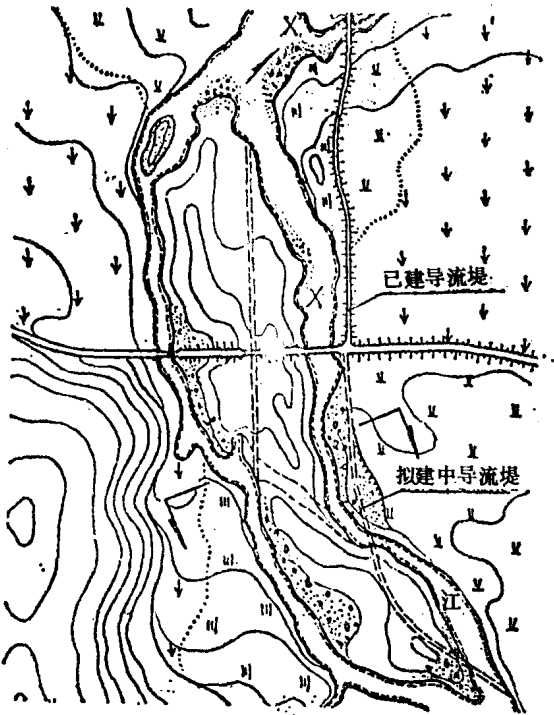


图 1-8a 次稳定性河段平面示意图



图 1-8b 次稳定性河段河床横断面示意图

4. 变迁性河段

这类河段的河床多由砂砾石淤积而成，淤高的床面在枯洪水的不断作用下，往往被切割成多股汊道，河床逐年淤高，并越来越宽浅。它与次稳定性河段不同处在于主流摆动幅度大，变化快，常有多股水流，河床宽浅并有继续发展的趋势。如图 1-9 所示。

5. 游荡性河段

这类河段的河床多由细粒径的泥砂淤积而来，洪水来时冲刷深，但洪水过后回淤也快，主流不仅在河床内摆动，甚至会造成改道。如图 1-10 所示。

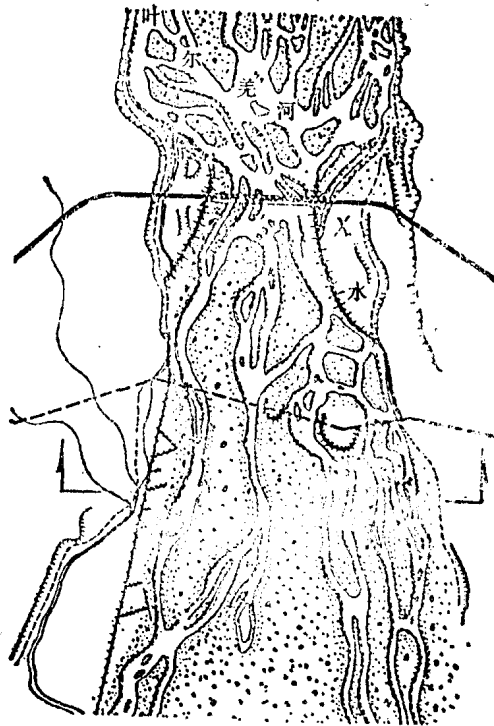


图 1-9a 变迁性河段平面示意图

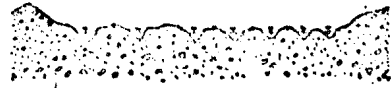


图 1-9b 变迁性河段河床横断面示意图

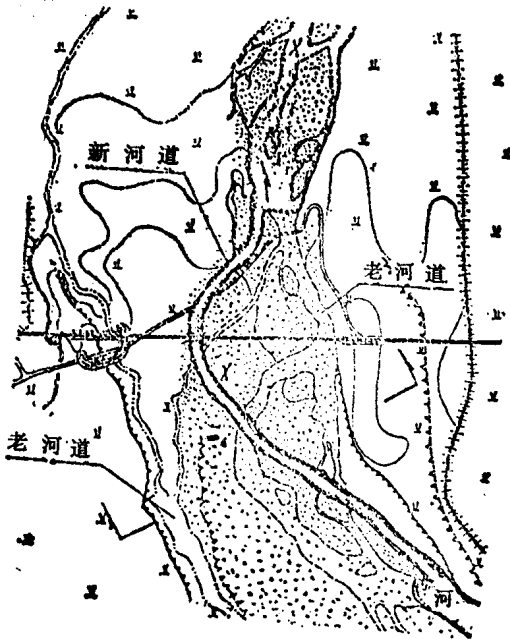


图 1-10a 游荡性河段平面示意图



图 1-10b 游荡性河段河床横断面示意图

6. 宽滩性河段

这种河段常位于广阔的冲积平原上,有着广阔的河滩,而河槽往往较窄,滩槽宽度比可达五倍以上,洪水泛滥宽度很宽,河滩流量可占总流量 40% 以上。如图 1-11 所示。

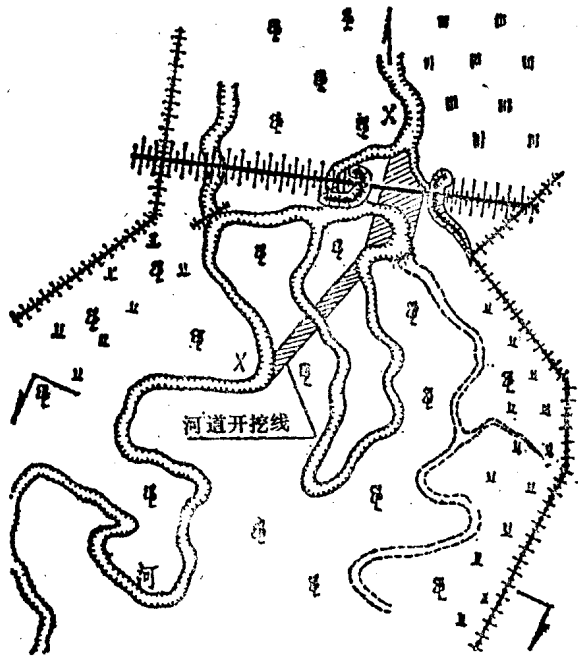


图 1-11a 宽滩性河段平面示意图



图 1-11b 宽滩性河段河床横断面示意图

7. 冲积漫流性河段

这种河段的上游有着陡峻的纵坡，暴涨的洪水夹带大量沙砾石，进入开阔的冲积扇地带，沉积而成冲积漫流区。其上多股沟槽交积，股流摆动不定。如图 1-12 所示。

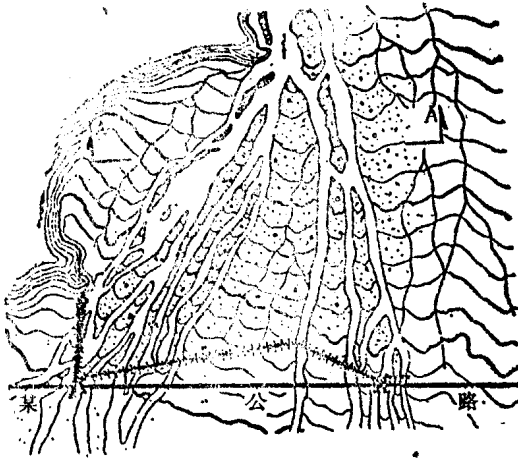


图 1-12a 冲积漫流性河段平面示意图

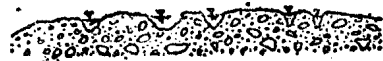


图 1-12b 冲积漫流性河段河床横断面示意图

上述河段分类的详细情况，见表 1-1。该表是 1982 年颁布的《公路桥位勘测设计规程》(试行)的桥位设计河段分类表。1991 年 9 月完成的《公路桥位勘测设计规程》(修订稿)规定了两种河段分类方法。第一种河段分类法，如本教材附录 1 所示，把河段分为 11 种类型。第二种河段分类法即沿用上述 1982 年规定的分类法如表 1-1 所示。

为了更好地判别河段类型，河段长度范围应有一个定量的概念。一般河段范围可取桥位上游 3~5 倍河床宽度，下游 2~3 倍河床宽度。对于弯曲河段除满足上述要求外，还应至

少包括一个河弯；对于冲积漫流河段和平原宽滩河段可参照上述原则并结合实际情况确定其应考虑的长度范围。

判断河段稳定性和变形程度，通常以 50 年演变作为衡量标准。

第二节 径流形成

流域内的降水，一部分形成地面径流，一部分渗入地下形成地下径流，两种径流汇集到河槽中而形成河川径流。暴雨洪水主要来源于地面径流，而大河枯水期的水量补给，地下径流有一定意义。

一、径流形成过程

流域内自降水开始到水量流过出口断面的整个过程，称为径流形成过程。一般将其分为降雨、流域蓄渗、坡面漫流及河槽集流四个阶段来研究，如图 1-13 所示。

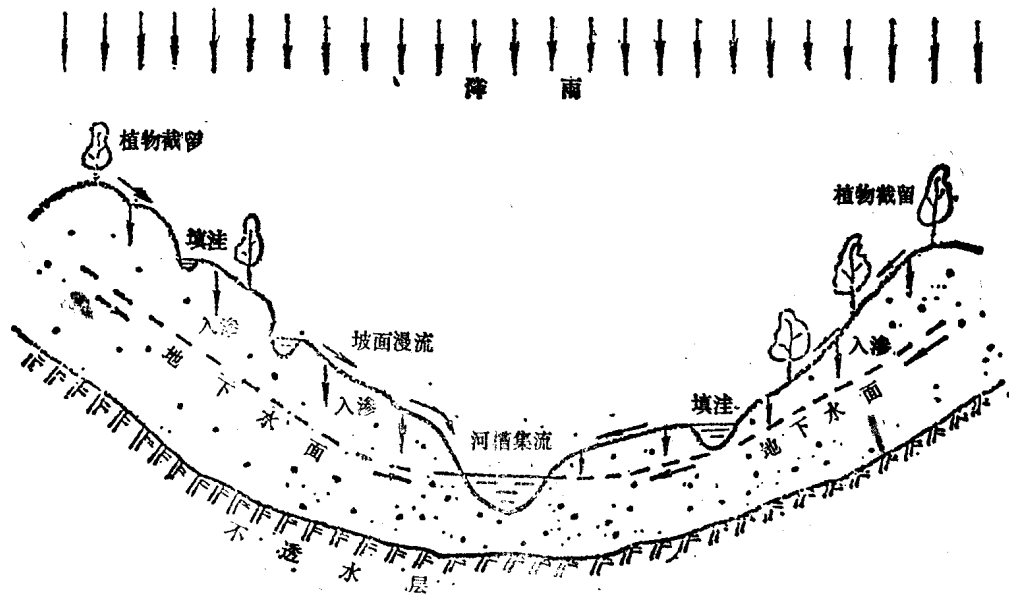


图 1-13 径流形成过程示意图

1. 降雨

降雨量对径流量的大小起决定性的作用。单位时间内的降雨量称为降雨强度 (mm/min)。

2. 流域蓄渗

降雨开始时并不立即形成径流。雨水一部分会被地面植物截留，一部分会入渗地表土中，一部分被蓄留在坡面的坑洼里，称为流域蓄渗。

3. 坡面漫流

流域蓄渗阶段完成以后，剩余雨水沿着坡面漫流。它从局部区域开始，逐渐扩展到全流域。坡面漫流的雨水最后汇入河沟。

4. 河槽集流

汇入河沟的水，顺着河道由小沟到支流，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，一方面继续向下游流动，另一方面使水位上升，河槽容蓄水量增加。这部分水量将在降雨结束后才慢慢地流向下流，使流域出口断面的流量过程变得平缓，历时延长，从而起到河槽对洪水的调节作用。

上述径流形成的四个阶段，在时间上并无截然的分界而是同时交错进行的。

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(见图1-14)。曲线的上升部分为涨水段，下降部分为退水段，曲线最高峰处的流量和水位，分别称为洪峰流量和洪峰水位；一涨一落，称为一次洪峰。由于洪水波的影响，在河流的同一断面上，同一次洪峰的最高水位往往稍迟于最大流量，两者并非同时出现。一年内的最大洪峰流量，称为年最大流量。

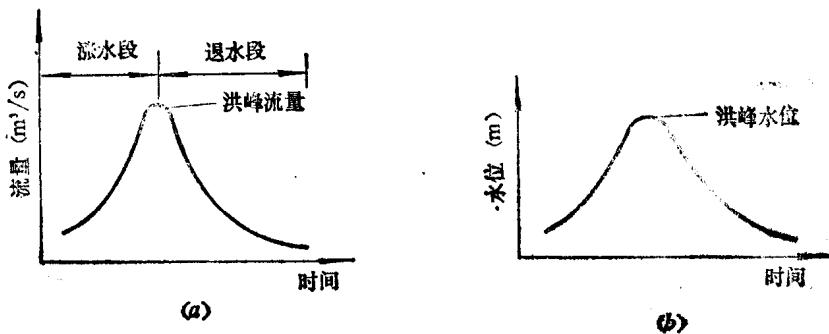


图1-14 过程线示意图

二、影响径流的主要因素

从径流形成过程看，影响径流的主要因素有：

1. 降雨 包括降雨强度、降雨历时和降雨面积，对径流量及其变化过程都有很大影响。降雨强度大、降雨历时长，降雨面积大，产生的径流量就大。
2. 流域的植被和土壤情况 植被愈密、土壤的渗透能力愈强，对雨水的蓄渗能力就愈强，径流量就小。
3. 流域的面积及其地形 面积愈小，地面及河沟的坡度愈平缓，流域的形状愈狭长，流域内的湖泊愈多，径流量就愈小。

后面要介绍的小桥涵设计流量的确定，主要采用径流形成方法，就是考虑上述原理与有关影响因素得出的。

三 我国河流的水量补给类型

要了解一条河流的水文情况，首先要了解其年流量或水位过程线(图1-15、16、17)。这些过程线的形状与河流的水量补给类型有密切关系。我国河流的水量补给类型，基本上可分为下列三种：