

SHENGTAI QINGJIE XIAOLIUYU
JIANSHE SHISHI FANGAN BIANZHI
YU GONGCHENG SHEJI

生态清洁小流域建设 实施方案编制与工程设计

——第二部 工程设计

范瑞瑜 主编



黄河水利出版社

生态清洁小流域建设 实施方案编制与工程设计

——第二部 工程设计

主 编 范瑞瑜

主 审 孙保平

黄河水利出版社

· 郑 州 ·

目 录

1	水文计算	(271)
1.1	水文计算的要求、标准和资料的收集	(271)
1.2	设计洪峰流量计算	(274)
1.3	设计洪水总量的计算	(291)
1.4	设计洪水过程线的推求	(299)
1.5	流域坝系调洪演算	(300)
1.6	拦沙量计算	(306)
2	梯田工程	(315)
2.1	水平梯田的断面设计	(315)
2.2	坡式梯田的断面设计	(317)
2.3	隔坡梯田的断面设计	(318)
2.4	梯田施工	(319)
3	治沟工程	(323)
3.1	沟头防护工程	(323)
3.2	谷坊工程	(324)
3.3	淤地坝	(326)
3.4	治沟骨干工程	(329)
4	河道整治工程	(447)
4.1	堆石坝	(447)
4.2	堤防工程	(460)
4.3	防护工程	(460)
4.4	控导工程	(471)
4.5	疏挖工程	(475)
4.6	生物工程	(475)
4.7	安全监测	(476)
5	污水处理	(477)
5.1	污水处理的主要方法	(477)
5.2	污水预处理设备的设计与选用	(478)
5.3	沉淀池的设计与选用	(496)
5.4	气浮分离原理及其设备设计	(504)
5.5	过滤分离机制及其设备设计	(520)

5.6	离心分离设备及其设备设计	(532)
5.7	人工湿地工程	(537)
6	垃圾回收与卫生填埋	(555)
6.1	垃圾分类	(555)
6.2	农村垃圾收集与贮存	(556)
6.3	固体废物综合利用	(559)
6.4	固体废物的卫生填埋	(570)
7	橡胶坝	(599)
7.1	橡胶坝技术的应用	(599)
7.2	基本资料的收集、整理、分析	(599)
7.3	坝址选择	(600)
7.4	工程规模及枢纽布置	(600)
7.5	环境与经济评价	(602)
7.6	工程设计	(602)
7.7	工程设计实例	(610)
8	道路工程	(617)
8.1	道路的分级与技术标准	(617)
8.2	道路纵断面设计	(620)
8.3	道路横断面设计	(635)
9	灌溉工程	(653)
9.1	管道式喷灌系统的设计	(653)
9.2	微灌系统设计	(672)
9.3	灌溉渠道断面设计	(685)
10	园林景观	(704)
10.1	住宅区景观	(704)
10.2	广场景观	(720)
10.3	滨水区景观	(735)
10.4	水景设施	(749)
11	生态农业园	(770)
11.1	概述	(770)
11.2	生态农业园规划	(773)
11.3	案例分析——英国伊甸园	(780)
	参考文献	(786)

1 水文计算

1.1 水文计算的要求、标准和资料的收集

1.1.1 水文计算的目的和要求

水文计算的主要任务是通过计算工程所在流域不同频率的洪峰流量、洪水总量和输沙量等,为工程的设计提供依据,以确定坝系中治沟骨干工程和淤地坝的规模与标准。在水文计算时,必须遵循以下要求:

(1)坚持从实际出发,深入了解流域的特性,注意基本资料的可靠性,尤其是坝库淤积量及洪水调查值的可靠性。

(2)当有洪水、泥沙实测资料时,设计洪水的计算,应根据资料进行分析计算,对于无资料地区,采用暴雨资料推理公式、经验公式、洪水调查等方法分别计算,相互验证。

(3)当洪水、泥沙资料缺乏时,可利用同类地区或工程邻近的径流站、坝库水文站的实测或调查洪水、泥沙资料,进行综合分析,估算设计洪水和输沙量。

(4)水文计算中对各个环节和因素的处理,当难于确定时,往往采用对工程安全运行偏于不利的方法来处理。如果计算环节和因素较多,应注意防止人为地对计算数据层层加码,以致得出过分偏大的成果。

(5)无论采用哪种方法计算设计洪水,必须对计算过程中依据的基本资料、各种参数和计算成果,进行多方面分析检查,论证其合理性。

1.1.2 水文计算的标准

根据《水土保持治沟骨干工程技术规范》(SL 289—2003)及《水土保持综合治理技术规范沟壑治理技术》(GB/T 16453.3—2008)的规定,骨干坝等别划分及设计与校核标准分别见表 1-1,淤地坝设计洪水标准与淤积年限见表 1-2。

目前,由国家补助兴建的治沟骨干工程及淤地坝,治沟骨干工程的建筑物级别一般多属于 4~5 级,淤地坝一般分为大型、中型和小型,在水文计算时可按上述规定执行。另外,在陕北、晋西等地修建过一些坝高大于 30 m、库容大于 100 万 m^3 、淤地面积超过 100 亩的大型淤地坝工程,根据其运用情况,此类工程在水文计算时可按 50~100 年一遇洪水设计,一般不再进行校核。坝系中的小水库和塘坝,可参照上述水文计算标准,根据工程在坝系中的作用选用相应的设计洪水标准。当工程下游有重要村镇、密集居民区、重要厂矿和交通干线时,应根据实际情况,取表 1-2 中相应洪水标准的上限作为设计洪水标准,

或适当提高其设计洪水标准。凡是先期按治沟骨干工程运用,后期在坝系中作为生产坝的工程,应按治沟骨干工程标准设计,后期加高配套时按大型淤地坝设计。

表 1-1 骨干坝等别划分及设计与校核标准表

总库容(万 m ³)		100 ~ 500	50 ~ 100
工程等级		4	5
建筑物级别	主要建筑物	4	5
	次要建筑物	5	5
洪水重现期(a)	设计	30 ~ 50	20 ~ 30
	校核	300 ~ 500	200 ~ 300
设计淤积年限		20 ~ 30	10 ~ 20

表 1-2 淤地坝设计洪水标准与淤积年限

项目		单位	淤地坝类型			
			小型	中型	大(二)型	大(一)型
库容		万 m ³	< 10	10 ~ 50	50 ~ 100	100 ~ 500
洪水重现期	设计	a	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 50	30 ~ 50
	校核	a	30	50	50 ~ 100	100 ~ 300
设计淤积年限		a	5	5 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 30

注:大型淤地坝下游如有重要经济建设、交通干线或居民密集区,应根据实际情况,适当提高设计洪水标准。

1.1.3 水文资料的收集和整理

水文资料是进行小流域坝系规划和工程设计的重要依据之一,水文资料的正确与否,直接影响到规划和设计的合理性。一般情况下,水文资料的来源主要有两个方面,即通过实际观测和调查进行分析、整理。由于黄河上中游地区的小流域水文观测资料普遍短缺,因此水文资料的收集主要通过当地水文手册和洪水调查进行。

1.1.3.1 水文手册

水文年鉴一般只包括大中河流的水文资料。水文站网也不能布设非常稠密,因此小流域上的中小型水利水电工程常遇到水文资料不足或无资料的情况。为此,各省(区)的水利部门在综合分析历年区域性水文资料的基础上,编印有适合本地的区域性水文手册,供规划设计查用。水文手册中一般包括:区域性地理和气候资料,降水、径流、暴雨、洪水、泥沙、地下水、冰情等方面水文特征值的统计表和等值线图,适合当地情况用以计算水文特征值的经验公式、经验系数、关系曲线、参考资料和计算方法等。有时,还将其中的图专门编成水文图集。当水文资料短缺时,可用水文手册进行水文估算,估算成果作为主要参考依据之一。有些地区的水文手册是 20 世纪 80 年代前制定的,一是当时使用的资料较少,二是现在的下垫面情况比 20 世纪 80 年代发生了变化,使用当地水文手册时一定要注

意到这些问题。

1.1.3.2 历史洪水的调查和估算

我国幅员辽阔、河流密布,沿河居民点稠密,对水情的记载有悠久的历史,有着极为丰富的资料。对历史上发生的大洪水和大旱情,不仅有详细的文字记载,而且在某些古建筑或岩壁上,还留有极宝贵的洪枯水痕标志。例如,黄河 1843 年出现特大洪水,以及某支流自 1583 年以来历次特大洪水,在历史资料中都有记载。这些历史资料是设计洪水和可能最大暴雨等计算的重要依据,对水利工程的规划设计具有十分重要的意义。

1. 调查访问和野外测量工作

调查前,要做好准备工作,收集流域有关的基本资料,如流域及调查河段的地形图、河道的纵横剖面图、沿河水准点高程及位置等。查阅有关历史文献,了解历史洪水的次数、发生年代、洪水的大小次序等情况。要明确调查任务,订出工作计划,并准备必要的测量仪器、工具等。在查勘河段时,应特别注意选择顺直河段,有古庙等建筑物、卡口及陡坡等,因为这些地方往往能留下较可靠的洪水痕迹。要访问附近居民点上亲身经历过当地历史洪水的老人,通过召开座谈会,共同回忆,互相启发,弄清情况,了解的内容应包括历史上发生过大洪水的年月日,大小次序,最高洪水位的位置和洪水涨落过程等情况,并到现场指认确定洪水痕迹的位置。洪水痕迹的可靠程度根据调查情况的综合分析,可分为三级:可靠、较可靠和供参考。调查访问以后,接着进行测量工作,包括:测量洪水痕迹的高程和河道纵横断面图,并确定洪水痕迹在纵断面图上的位置。

2. 历史洪水的估算

对于一次历史洪水,需要估算的内容包括洪峰流量、洪水过程线及洪水总量。如果调查所得的洪水痕迹靠近某一水文站,则可先根据几个洪痕点确定纵向水面线,求出水文站基本水尺断面处该次历史洪水的最高水位。然后,利用水文站实测的水位—流量关系曲线,并向上延长,求得该次历史洪水的洪峰流量。

如果附近没有水文站,则可利用明渠均匀流量公式推求洪峰流量:

$$Q_{\text{峰}} = \omega C (Ri)^{1/2} = (1/n) \omega R^{2/3} i^{1/2} \quad (1-1)$$

式中 ω ——相应于最高洪水位时的过水断面面积, m^2 ;

R ——相应的水力半径, m , $R = \omega/\chi$, χ 为过水断面湿周;

i ——水力比降,由上下断面洪痕点的高差除以两断面间沿河间距而得,即 $i = \Delta h/L$,一般认为,有三个以上洪痕点决定的比降才比较可靠;

n ——糙率,应根据调查了解的历史洪水发生时的河道情况,查水力学手册中 n 表确定;

C ——谢才系数, $C = (1/n) R^{1/6}$ 。

如果横断面的形状是复式的,由于主河槽和两岸滩地水流条件有差别,应将断面上主河槽和两岸滩地分成三部分,分别用式(1-1)计算各部分流量,然后相加求出断面洪峰流量。如果河段内沿途水深、流速变化较大时,应按非均匀流计算洪峰流量,具体计算方法可参考有关书籍。

如果有调查到的洪水涨落变化情况,即何时起涨、何时到达顶峰、何时落尽,以及涨几次水等,则可根据洪峰流量值并参考该河实测洪水过程线的形状,大致绘出历史洪水的变

化过程。计算洪水过程线下的面积,即可算得该次洪水总量。

在调查历史洪水的同时,也应尽可能调查了解历史暴雨的情况,以供分析之用。

1.1.3.3 调查洪水频率 P 的确定

调查洪水频率 P 可用下式计算:

$$P = m/(n+1) \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 P ——调查洪水的经验频率;

m ——该次洪水在已调查的几次洪水系列中由大至小的顺位;

n ——调查年代与该次洪水发生年代之差, a 。

调查洪水的重现期 N 与经验频率 P 有以下关系:

$$N = 100/P$$

对计算出的调查洪水经验频率应与邻近地区相似流域进行分析比较,从而正确地决定调查洪水的重现期。

【例1-1】 某河于1999年进行洪水调查,查得光绪二年(1876年)六月二十四日曾发生特大洪水,在调查河段测得上断面该次洪水痕迹高程478.156 m,下断面洪痕高程475.21 m,上下断面间距532.8 m,中断面面积652.8 m²,湿周120.4 m,该河系山区河流,砾石河槽,洪水时有砂卵石,糙率按当时情况实测为0.035,试计算此次历史洪水的大小。

解: 计算该次洪水流量:

$$i = \Delta h/L = (478.156 - 475.21)/532.8 = 0.00553$$

$$\omega_{\Phi} = 652.8 \text{ m}^2$$

$$\chi_{\Phi} = 120.4 \text{ m} \quad n = 0.035$$

$$R = \omega/\chi = 652.8/120.4 = 5.43 (\text{m})$$

$$C = (1/n)R^{1/6} = 37.80$$

$$\text{故 } Q = \omega C (Ri)^{1/2} = 652.8 \times 37.80 \times (5.43 \times 0.00553)^{1/2} = 4276 (\text{m}^3/\text{s})$$

1.2 设计洪峰流量计算

水土保持治沟骨干工程和淤地坝等沟道工程,由于集水面积较小,实测资料短缺,所以通常遇到的是无资料情况下的洪水计算。无资料地区设计洪峰流量应采用不同的方法进行计算,比较、分析后合理确定。在一般常用的几种水文计算方法中,经验公式法和洪水调查法推算洪水资料,适用于面积较小的小流域,而治沟骨干工程和淤地坝大多修筑在10 km²以下的支毛沟中,流域面积相对较小,因此以上两种方法只能作为估算,作为对比、分析的参考数据。下面主要介绍一下在治沟骨干工程和淤地坝的水文计算中较常用的以24 h暴雨资料推求设计洪水的方法。

1.2.1 设计暴雨量的计算

根据雨量资料先推算设计暴雨,再由设计暴雨间接推算设计洪水时,通常假定设计暴雨和设计洪水的频率相应。对于兴建治沟骨干工程的小流域,因为面积小,集流时间短,一般只有几小时,因此对形成最大流量最不利的是几个小时的短历时暴雨。这样,可以假

定暴雨在时间上、空间上都不变化,因而小面积的设计暴雨就大为简化,只要用暴雨公式就能定出设计暴雨了。设计暴雨量可采用各地《水文手册》中给定的方法和参数进行。计算时,先按工程所在小流域位置,由《水文手册》中查出小流域所在地的年最大 24 h 暴雨量均值 H_{24} 及变差系数 C_v 、偏差系数 C_s 与变差系数 C_v 的比值 C_s/C_v 等,由 C_v 及设计暴雨频率 P ,从皮尔逊Ⅲ型曲线上查出相应的模比系数 K_p 值;然后用下式计算设计频率的 24 h 暴雨量:

$$H_{24P} = K_p H_{24} \quad (1-3)$$

式中 H_{24P} ——频率为 P 的 24 h 暴雨量,mm;

H_{24} ——多年最大 24 h 暴雨量均值,mm;

K_p ——频率为 P 的皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数。

1.2.2 设计洪峰流量的计算

采用推理公式法计算设计洪峰流量:

$$Q_p = 0.278 \frac{h}{\tau} F \quad (1-4)$$

$$\tau = 0.278 \frac{L}{mJ^{1/3}Q_p^{1/4}} \quad (1-5)$$

式中 Q_p ——设计频率最大洪峰流量, m^3/s ;

h ——净雨深,mm,在全面汇流时代表相应于 τ 时段的最大净雨,在部分汇流时代表单一洪峰对应的面平均净雨;

F ——流域面积, km^2 ;

τ ——流域汇流历时,h;

L ——沿主沟道从出口断面至分水岭的最长距离,km;

m ——汇流参数;

J ——沿流程 L 的平均比降(以小数计)。

用暴雨资料计算洪峰流量,经多年实践表明适用于小流域治沟骨干工程和淤地坝建设,能够充分利用各地现有的降雨资料,其关键在于结合各地的水文特点和实际情况,正确地选用计算方法和所用参数。下面列出黄河中游一些省(区)常用的计算洪峰流量的公式。

1.2.2.1 山西省沟道工程设计洪峰流量的计算公式

当小流域无实测洪水资料时,治沟骨干工程和淤地坝的设计洪峰流量,一般按三种方法计算,即应用暴雨资料推求洪峰流量的推理公式法、地区经验公式法和历史洪水调查法。

1. 推理公式法

根据暴雨形成洪水的两个过程,作出一些必要的假定,得出洪峰流量与暴雨的关系式:

$$Q_p = 0.278 \psi (S_p / \tau^n) F \quad (1-6)$$

式中 Q_p ——频率为 P 的洪峰流量, m^3/s ;

0.278——单位换算系数;

ψ ——洪峰径流系数,是反映流域内降雨损失大小的一种参数,即暴雨成洪水应打的折扣,它与地形、地貌、地质、土壤、植被、水土保持情况等因素有关,一般在 0.9~0.95;

S_p ——频率为 P 的最大时暴雨量,或称雨力,mm,由省水文手册查得,如《山西省暴雨洪水计算实用手册》短历时暴雨等值线图中列有频率为 0.5%、1%、2%、5% 的 1 h 最大降雨量等值线,当设计频率不是 0.5%、1%、2%、5% 时,可利用 24 h 雨量通过计算求得 S_p 。即

$$S_p = H_{24P}/24^{1-n} \quad (1-7)$$

τ ——流域汇流时间,h,它与流域的最远流程和沿流程的水力条件有关,它也会影响 ψ 值,一般可用式(1-8)来推求:

$$\tau = 0.278L/V \quad (1-8)$$

L ——流程长度,km;

V ——流域平均汇流速度,m/s, V 的数值与集水面积上坡面、沟槽的坡度及植被情况有关,一般取 1.0~2.0 m/s,地形平坦的地区取较小值,地形陡峻的地区取最大值;

n ——暴雨递减指数,它反映长短历时雨量的分配比例关系,可从省水文手册查得,一般在 0.6~0.7;

F ——集水面积,km²。

【例 1-2】 晋西某地一治沟骨干工程,其集水面积为 3.0 km²,沟道长 5 km,推求该治沟骨干工程 200 年一遇的校核设计洪峰流量。

解: 用推理公式推求校核设计洪峰流量,取 $\psi = 0.9$,从《山西省水文手册》查得该地 $S_{0.5\%} = 82.9$ mm/h; τ 用式 $\tau = 0.278 L/V$ 计算,其中 $L = 5$ km,取 $V = 1.0$ m/s,故 $\tau = 0.278 \times 5/1.0 = 1.39$ (h),取 $n = 0.65$,所以 $Q_p = 0.278 \times 0.9 \times (S_p/\tau^n) F = 0.278 \times 0.9 \times (82.9/1.39^{0.65}) \times 3.0 = 50.22$ (m³/s)。

2. 地区经验公式法

推算洪峰流量的另一途径,就是根据一个地区各小流域的实测洪水和调查洪水资料,设法找出该地区沟道的洪峰流量与各主要影响因素之间的关系,把这种关系以数学方程的形式表示出来。然后用这种关系推求缺乏实测资料小流域的设计洪峰流量。由于考虑因素多少不同,具有不同的形式。现将各地(市)区推荐的洪峰流量经验公式分类写出。

(1) 雁北地区(现大同市、朔州市)洪峰流量经验公式:

$$Q_{5\%} = C_{5\%} H_{24,5\%} F^{2/3} \quad (1-9)$$

式中 $Q_{5\%}$ ——频率 5% 的洪峰流量,m³/s;

$C_{5\%}$ ——频率 5% 的洪峰流量地理参数,见表 1-3 或表 1-4;

$H_{24,5\%}$ ——频率 5% 的最大 24 h 暴雨量,mm;

F ——治沟骨干工程控制的流域面积,km²。

(2) 忻州地区洪峰流量经验公式:

$$Q_p = C_{1P} f^{0.35} \eta H_{24P} F^{2/3} \quad (1-10)$$



式中 Q_P ——频率为 P 的洪峰流量, m^3/s ;
 C_{1P} ——频率为 P 的洪峰流量地理参数, 见表 1-5;
 H_{24P} ——频率为 P 的最大 24 h 暴雨量, mm ;
 F ——治沟骨干工程控制的流域面积, km^2 ;
 f ——流域形状系数;
 η ——暴雨点面折减系数, 一般在 0.994 ~ 0.972。

(3) 吕梁、运城、晋中及太原市的洪峰流量经验公式:

$$Q_P = C_{1P} H_{24P} F^{2/3} \tag{1-11}$$

式中 Q_P ——频率为 P 的洪峰流量, m^3/s ;
 C_{1P} ——频率为 P 的洪峰流量地理参数, 见表 1-3, 或表 1-6、表 1-7;
 H_{24P} ——频率为 P 的最大 24 h 暴雨量, mm ;
 F ——治沟骨干工程控制流域面积, km^2 。

必须指出的是, 上述经验公式把各种因素, 包括气象、自然地理及频率等因素都概括到参数中, 其优点是计算简便, 便于掌握。如果引用的实测资料代表性较好, 对于推求无资料地区的设计洪峰流量是有实用价值的。但是, 由于参数概括的因素太多, 往往不容易全面反映地区的特点, 如果实测资料代表性不好, 算出的结果误差会较大。还应指出, 地区经验公式适用的集水面积是有一定范围的。根据经验, 使用地区经验公式时, 最小面积应不小于 15 km^2 , 否则计算结果偏大。

表 1-3 雁北、晋东南、晋中、太原洪峰流量经验公式参数 $C_{5\%}$ 或 C_{1P} 值表

地区	频率 (%)	石山区	土石山区	黄土丘陵阶地区 (土山区)	林区
雁北	5	0.17 ~ 0.19	0.14 ~ 0.16	0.08 ~ 0.10	—
晋东南	1	0.29	0.20	0.16	0.068
	2	0.26	0.18	0.14	0.060
	3	0.25	0.17	0.13	0.054
	5	0.24	0.18	0.12	0.052
晋中	5 ~ 2	0.24 ~ 0.25	0.16 ~ 0.18	0.12 ~ 0.13	0.04 ~ 0.05
太原	5 ~ 1	0.24 ~ 0.29	0.16 ~ 0.20	0.12 ~ 0.14	0.042 ~ 0.06

表 1-4 临汾地区洪峰流量经验公式参数 $C_{5\%}$ 值表

参数	石山区	土石山区	黄土丘陵阶地区
洪峰模数 $C_{5\%}$	—	20.0 ~ 23.0	10.0 ~ 20.0
地理参数 C_1	—	0.15 ~ 0.17	0.12 ~ 0.15

表 1-5 忻州地区洪峰流量经验公式 C_{1P} 值

频率 (%)	变质岩、砂页岩山区			灰岩 山区	土石山区			丘陵 沟壑区	阶地区
	植被差	植被 一般	植被 好		植被 差	植被 一般	植被好		
1	0.45 ~ 0.50	0.28	0.25	0.26	0.28	0.22	0.14 ~ 0.18	0.28	0.22
2	0.42 ~ 0.47	0.25	0.23	0.24	0.27	0.20	0.13 ~ 0.17	0.25	0.20
3.3	0.40 ~ 0.45	0.23	0.22	0.23	0.25	0.19	0.12 ~ 0.16	0.25	0.20
5	0.36 ~ 0.40	0.21	0.18	0.20	0.21	0.18	0.11 ~ 0.16	0.24	0.19

表 1-6 吕梁地区洪峰流量经验公式 C_{1P} 值

频率 (%)	变质岩、砂页岩山区	土石山区 (丘陵沟壑)	土山区 (丘陵阶地)	吕梁 I 区 (黄土丘陵)	吕梁 II 区 (丘陵沟壑)
1	0.29	0.20	0.15	0.12	0.27
2	0.25	0.18	0.13	0.11	0.24
3	0.25	0.17	0.13	0.11	0.24
5	0.24	0.16	0.12	0.10	0.23

表 1-7 运城地区洪峰流量经验公式 C_{1P} 值

频率 (%)	土石山区		黄土丘陵区
	中条山背风面	中条山迎风面	
1	0.20	0.23	0.10
2	0.17	0.21	0.09
3	0.16	0.20	0.09
5	0.14	0.18	0.07

3. 历史洪水调查法

治沟骨干工程的设计洪水,通常是依据暴雨资料,结合集水面积的地形特点推算出来的。推算时有很多简化,不一定符合治沟骨干工程的实际情况,所以推算得来的洪水资料,还应用历史上发生过的洪水资料加以验证。历史洪水调查,应在治沟骨干工程地段附近的上游沟道段进行,但要注意调查沟道段和治沟骨干工程筑坝地段之间不能有较大的支沟汇入,以免调查所得的洪水和治沟骨干工程筑坝地段的洪水有较大出入。选择调查的沟道段应当比较顺直,沟道稳定,没有大的漫滩分流现象。历史洪水调查和估算的方法见 1.1 有关内容,这里不再赘述。

1.2.2.2 陕西省沟道工程设计洪峰流量的计算公式

在计算设计频率的 24 h 暴雨量时,为了计算方便,以县城为中心,把 H_{24} 、 C_v 及 C_s/C_v 值,摘汇成表 1-8,并将 $C_s/C_v = 1.0$ 、 $C_s/C_v = 1.5$ 、 $C_s/C_v = 2.0$ 、 $C_s/C_v = 2.5$ 、 $C_s/C_v = 3.0$ 的皮尔逊Ⅲ型曲线模比系数 K_p 汇成附表 1-1[亦适用于其他省(区)]。如果工程所在流域距县城较远,应利用本地区《实用水文手册》的等值线图,查找工程位置的 H_{24} 、 C_v 及 C_s/C_v 值,然后按照公式计算设计暴雨量。

表 1-8 各县最大 24 h 暴雨均值(H_{24})及 C_v 、 C_s/C_v 值表

县名	H_{24}	C_v	C_s/C_v	县名	H_{24}	C_v	C_s/C_v
榆林	52	0.45	1.5	绥德	55	0.40	2.5
神木	75	0.35	2.0	米脂	60	0.42	2.0
府谷	70	0.50	2.0	佳县	65	0.43	1.5
横山	55	0.47	1.5	吴堡	55	0.45	2.5
靖边	50	0.45	2.5	清涧	55	0.39	2.5
定边	40	0.50	2.5	子洲	55	0.45	2.0
延安	66	0.52	3.0	甘泉	67	0.51	2.5
延长	63	0.51	4.0	富县	66	0.51	2.0
延川	62	0.53	3.5	洛川	66	0.53	2.5
子长	58	0.56	2.5	宜川	66	0.52	3.5
安塞	64	0.56	2.0	黄龙	66	0.54	3.5
志丹	64	0.58	2.5	黄陵	62	0.53	3.0
吴起	56	0.62	2.5	宜君	55	0.40	2.0

【例 1-3】 求绥德县王茂沟流域 500、100、50 年一遇 24 h 设计暴雨量。

解:从表 1-8 上查出: $H_{24} = 55$ mm, $C_v = 0.4$, $C_s/C_v = 2.5$ 。

从附表 1-1 上查出: $K_{P=500} = 2.64$, $K_{P=100} = 2.21$, $K_{P=50} = 2.02$ 。

设计暴雨量:

$$H_{24, P=500} = K_{P=500} \cdot H_{24} = 2.64 \times 55 = 145.2 \text{ (mm)}$$

$$H_{24, P=100} = K_{P=100} \cdot H_{24} = 2.21 \times 55 = 121.6 \text{ (mm)}$$

$$H_{24, P=50} = K_{P=50} \cdot H_{24} = 2.02 \times 55 = 111.1 \text{ (mm)}$$

1. 由设计频率暴雨量推求洪峰流量

求出设计频率暴雨量后,用暴雨资料推求设计洪峰流量,通常采用推理公式法:

$$Q_P = 0.278\psi(S_P/\tau^n)F \quad (1-12)$$

式中 Q_P ——重现期为 P 的洪峰流量, m^3/s ;

0.278——单位换算系数;

ψ ——径流系数;

S_p ——重现期为 P 的雨力(即 $t=1\text{ h}$ 的暴雨量), $S_p=A+B\lg N$, A 、 B 见表 1-9, N 为重现期年, $\lg N$ 见表 1-10;

τ ——汇流时间, h ;

n ——暴雨递减系数, 见表 1-9;

F ——流域面积, km^2 。

表 1-9 陕北各县暴雨参数表

县名	榆林	神木	府谷	横山	靖边	定边	绥德	米脂	佳县
n	0.80	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.75	0.80
A	25	15	20	23	25	15	25	25	25
B	20	20	20	20	20	20	20	20	20
县名	吴堡	清涧	子洲	延安	延长	延川	子长	安塞	志丹
n	0.80	0.85	0.80	0.75	0.75	0.85	0.80	0.75	0.65
A	20	28	25	18	10	6	16	17	20
B	25	25	20	24	38	45	25	22	20
县名	吴起	甘泉	富县	洛川	宜川	黄龙	黄陵	宜君	
n	0.80	0.75	0.75	0.75	0.85	0.65	0.75	0.70	
A	16	20	20	24	10	10	16	10	
B	20	18	15	20	37	32	22	20	

表 1-10 $\lg N$ 值查算表

N	10	20	30	50	100	200	300	600
$\lg N$	1.000	1.301	1.477	1.699	2.000	2.301	2.477	3.699

汇流时间 τ 的计算:

(1) 榆林地区计算方法: 把全地区划为五个洪水计算分区(见表 1-11), 并将 ψ 和 τ 值编制成表 1-12, 供计算时查用。

【例 1-4】 推求绥德县王茂沟流域 100 年一遇的设计洪峰流量。

解: 已知流域面积 $F=6.0\text{ km}^2$, 沟道长 $L=3.75\text{ km}$, 比降 $J=27\text{‰}$ 。

(1) 求雨力 $S_p=A+B\lg N$, 从表 1-9 查出 $A=25$ 、 $B=20$, 表 1-10 查 $\lg N=2.000$, $S_p=25+20\times 2.000=65(\text{mm})$ 。

(2) 王茂沟流域属于第 4 洪水分区, 从表 1-12 查洪峰径流系数 $\psi=0.75$ 。

$$\tau=0.211(L/J^{1/3})^{0.76}=0.211\times(3.75/27^{1/3})^{0.76}=0.25$$

由表 1-9 查得 $n=0.8$ 。

$$\tau^n=0.25^{0.8}=0.33(\text{h})$$

(3) 计算 $Q_p=0.278\psi(S_p/\tau^n)F=0.278\times 0.75\times(65/0.33)\times 6.0=246.4(\text{m}^3/\text{s})$



表 1-11 榆林地区洪水计算分区表

分区	县名或类型区
1	靖边县城以南
2	榆林、横山
3	神木(不包括黄河沿岸)
4	米脂、子洲、绥德、清涧
5	府谷、佳县、吴堡、神木、黄河沿岸

表 1-12 陕西省洪峰径流系数 ψ 及汇流时间 τ 查算表

分区	500 年一遇		300 年一遇		200 年一遇		100 年一遇	
	ψ	τ	ψ	τ	ψ	τ	ψ	τ
1	0.32	0.177 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.31	0.181 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.31	0.193 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.30	0.211 ($L/J^{1/3}$) 0.76
2	0.55		0.54		0.53		0.52	
3	0.70		0.68		0.67		0.65	
4	0.80		0.78		0.77		0.75	
5	0.99		0.99		0.99		0.99	
6	0.29	0.223 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.28	0.236 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.28	0.238 ($L/J^{1/3}$) 0.76	0.27	0.253 ($L/J^{1/3}$) 0.76
7	0.50		0.49		0.48		0.46	
8	0.62		0.60		0.59		0.57	
9	0.73		0.71		0.70		0.67	
10	0.98		0.96		0.95		0.92	

注: L 为主沟道长度, km; J 为沟道比降, m/km。

(2) 延安地区的计算方法: 依据新编的地区水文手册, 将雨力 S 换算成洪峰的净雨 h_p , 计算公式为:

$$Q_p = 0.278(h_p/\tau)F \quad (1-13)$$

式中 h_p ——相应于 τ 时间的最大降雨, mm;

τ ——汇流时间, h, 其计算公式为:

$$\tau = 0.278(L/m)J^{1/3}Q_p^{1/3} \quad (1-14)$$

L ——坝址断面至分水岭的最长距离, km;

J ——沿流程 L 的加权平均比降;

m ——经验性汇流参数, 黄土丘陵沟壑区, 破碎塬区的计算公式是:

$$m = 3.52[L/(FJ)]^{1/3}h_R^{-0.31} \quad (1-15)$$

黄土塬区的计算公式是:

$$m = 2.28[L/(FJ)]^{0.34}h_R^{-0.4} \quad (1-16)$$

h_R ——单一洪峰的净雨,mm。

具体计算时,可按《延安地区实用水文手册》进行。

2. 用地区经验公式计算设计洪峰流量

当骨干工程在流域没有暴雨洪水资料时,可用经验公式估算。

(1) 榆林地区经验公式:

$$Q_p = 18Ba\beta F^{0.815} \quad (1-17)$$

式中 Q_p ——重现期为 P 的洪峰流量, m^3/s ;

P ——频率系数,其值见表 1-13;

a ——流域形状系数,与流域宽长比有关,设 L 为主沟长(坝址断面至分水岭,km);

B ——流域平均宽度,km;

β ——地质地貌系数,其值如下:

黄土丘陵沟壑区(赵石窑、青阳岔以下部分) $\beta = 1.0$

黄土丘陵沟壑区(赵石窑、青阳岔以上部分) $\beta = 0.5$

土石山区(黄河沿岸) $\beta = 1.25$

F ——流域面积, km^2 。

表 1-13 榆林地区频率系数表

重现期(a)	100	50	20	10
系数 P	1.0	0.84	0.55	0.45

(2) 延安地区经验公式:

$$Q_p = K_p F^n \quad (1-18)$$

式中 Q_p ——重现期为 P 的洪峰流量, m^3/s ;

F ——流域面积, km^2 ;

K_p, n ——重现期为 P 的经验参数,见表 1-14。

表 1-14 洪峰—面积相关公式参数表

参、指数		丘陵沟壑Ⅰ区	丘陵沟壑Ⅱ区	破碎塬区	塬区	黄土林区	石质林区
n		0.61	0.62	0.62	0.66	0.74	0.67
K_p	$P=500$	102.0	66.0	49.0	35.0	6.32	22.0
	$P=300$	94.1	60.0	45.0	32.1	5.74	20.3
	$P=200$	86.7	53.0	41.0	28.9	5.24	18.0
	$P=100$	75.4	48.0	35.0	22.9	4.42	15.0
	$P=50$	64.3	43.0	29.0	18.3	3.58	12.0
	$P=30$	55.2	35.0	24.0	15.2	2.88	9.19
	$P=20$	49.7	31.0	22.0	12.5	2.53	7.8
	$P=10$	37.5	25.0	16.0	9.16	1.84	5.24



以上推荐的经验公式仅供参考,在具体计算时,可根据工程所在流域的具体情况,参照本地区水文手册和相似工程的来水来沙情况选用。

3. 根据调查洪水资料推算设计洪峰流量

历史洪水调查和调查洪水频率的确定与第一节有关内容相同,下面介绍一下用调查洪水推算设计洪峰流量的方法。

根据陕北地区小流域实测洪水资料分析,不同重现期的洪峰流量之间有一定关系,因此可用下式换算:

$$Q_P = Q_{调}(K_P/K_{调}) \tag{1-19}$$

式中 Q_P ——设计频率为 P 的洪峰流量, m^3/s ;

$Q_{调}$ ——调查洪水流量, m^3/s ;

K_P ——相应于设计频率为 P 的洪峰流量换算系数,从表 1-15 查出;

$K_{调}$ ——相应于调查洪水重现期 P 调的洪峰流量换算系数。

表 1-15 不同重现期洪峰流量换算表

洪水频率 P		0.2	0.33	0.5	1.0	2.0	3.3	5.0	10
重现期 N		500	300	200	100	50	30	20	10
K_P 值	陕北黄土丘陵区	1.50	1.34	1.21	1.0	0.85	0.70	0.65	0.50
	陕北黄土高原区	1.45	1.23	1.09	1.0	0.91	0.82	0.78	0.68

【例 1-5】 无定河北岸李家沟于 1956 年 8 月 8 日曾发生特大洪水,在调查河段测得上断面该次洪水痕迹高程 821.36 m,下断面洪水痕迹高程 820.00 m,上下断面间距 80 m,该流域为山区河流,土质河床,洪水泥沙含量高,并挟带大小石块,但通水良好。试计算此次洪水频率,以及该处 50 年一遇的洪水是多少?

(1) 计算该次洪水流量。

根据断面测量及沟槽情况,洪水断面水力要素如表 1-16 所示。

表 1-16 洪水断面水力要素表

控制面积 (km^2)	断面位置	断面面积 (m^2)	湿周 (m)	水力半径 (m)	糙率 n	系数 C	比降
5.4	上	20.46	14.50	1.41	0.030	35.30	0.017
	下	18.82	15.60	1.21		34.41	

采用两断面平均值计算,则

$$Q = \omega C(Ri)^{1/2} = 102.35 \text{ m}^3/s$$

(2) 计算该次洪水频率。

该次洪水发生迄今的年数为 $1984 - 1956 + 1 = 29(a)$ 。

故 $P = m/(n + 1) \times 100\% = 1/(29 + 1) \times 100\% = 3.33\%$

$N = 100/3.33 = 30$ (即 30 年一遇的洪水)

(3) 换算为 50 年一遇的洪水。