

# 无资料的青海省乐都县大沟断面设计洪峰流量分析

王克祯, 赵毅邦, 裴生山

(青海省水文水资源勘测局, 青海 西宁 810000)

**摘要:** 为保障拟建的青海省乐都县电解铝厂及当地群众生命财产安全, 采用多种方法对厂址处大沟设计断面进行了水文计算和分析, 得出了不同频率设计洪峰流量成果, 为合理选定厂址和制定防洪规划等提供了科学依据。

**关键词:** 洪峰流量; 设计洪峰流量; 水文计算; 大沟断面; 乐都县

中图分类号: TV122.5 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2012)05-0142-03

## Design peak flow analysis of big groove section without information in Ledu County

WANG Kezhen, ZHAO Yibang, PEI Shengshan

(Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Qinghai Province, Xining 810000, China)

**Abstract:** To protect the proposed aluminum plant itself and the local people's lives and property safety in Ledu County, Qinghai Province, hydrological calculation and analysis of design section at the big groove are carried out by using a variety of methods. Design peak flow results obtained at different frequencies can provide a scientific basis for reasonably choosing site, formulating flood control planning, and so on.

**Key words:** peak flow; design peak flow; hydrological calculation; Dagou section; Ledu county

### 1 流域基本情况

大沟流域位于青海省乐都县, 黄河的一级支流湟水的中下游地区, 流域面积 12.3 km<sup>2</sup>, 地形自北向南倾斜。中上游山高谷深, 沟壑纵横, 流域植被差。大沟位于湟水南岸, 为湟水干流的一级支流<sup>[1]</sup>, 河长 5.37 km, 平均沟道比降 67‰。流域属半干旱的高原大陆性气候, 寒冷干燥是区内主要气候特点, 气候垂直变化明显, 年平均气温在 2.5 ~ 7.5℃, 降雨量在 350 ~ 650 mm 之间。

大沟流域径流补给以降水补给为主。径流年内分配不均, 主要集中于 6 - 10 月, 占全年径流量的 70%, 1 - 2 月份径流仅占全年径流 10% 以下。

大沟流域未设过水文站及雨量站。其附近的水文站、雨量站有湟水干流乐都水文站、民和水文站; 湟水一级支流引胜沟八里桥水文站、小南川王家庄水文站和高庙雨量站。这次水文分析计算拟选电解铝厂址处, 即邻近大沟入湟水河口处为设计断面。

### 2 洪峰流量分析

#### 2.1 设计暴雨法

2.1.1 设计点雨量计算 大沟流域无降水资料, 但

其邻近站高庙雨量站距大沟设计断面距离约 10.0 km, 自然地理条件与大沟相似, 且该站自 1988 年至 2005 年共有 18 年的短历时最大降水量资料, 故采用高庙雨量站资料做暴雨洪水分析计算。

采用皮尔逊 III 型曲线对短历时降水资料做频率分析计算<sup>[2]</sup>。 $C_s/C_v$  采用固定倍比 4.0, 使各历时的雨量频率线协调, 在工程所需的频率范围内不相交。高庙雨量站短历时不同频率最大降水量见表 1。

表 1 高庙站时段最大降水量频率计算表 mm

| 时段  | 均值    | $C_v$ | $\frac{C_s}{C_v}$ | 线型        | 设计降水量 |      |      |
|-----|-------|-------|-------------------|-----------|-------|------|------|
|     |       |       |                   |           | 5%    | 2%   | 1%   |
| 1h  | 12.27 | 0.37  | 4.5               |           | 21.2  | 25.0 | 27.8 |
| 3h  | 18.30 | 0.29  | 4.5               |           | 28.5  | 32.5 | 35.4 |
| 6h  | 22.64 | 0.24  | 4.5               | P - III 型 | 32.9  | 36.6 | 39.3 |
| 12h | 27.09 | 0.20  | 4.5               |           | 37.2  | 40.6 | 43.1 |
| 24h | 30.68 | 0.19  | 4.5               |           | 341.5 | 45.1 | 47.7 |

将不同重现期 1 h、3 h、6 h、12 h、24 h 最大降水量绘制在双对数纸上, 同一重现期不同时段的最大降水量基本在一条直线上<sup>[3]</sup>, 见图 1。

采用雨量 ~ 频率 ~ 历时关系经验公式, 概化高庙站的雨量 ~ 历时 ~ 重现期关系。

$$H_p = S_p t^{1-n} \quad (1)$$

式中: $H_p$  为历时为  $t$ , 频率为  $p$  的暴雨量, mm;  $S_p$  为“雨力”, 数值上等于年最大 1 h 平均雨强, mm/h;  $n$  为暴雨递减指数(暴雨参数)。高庙站的雨量-历时-重现期关系见图 1。暴雨递减指数见表 2。

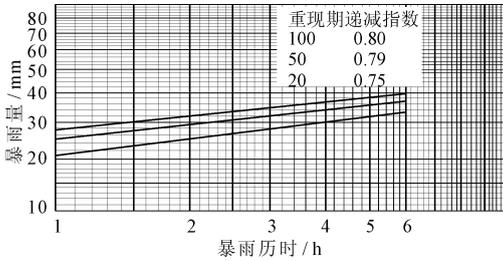


图 1 高庙站雨量-历时-重现期曲线图

表 2 高庙站暴雨递减  $n$  指数表

| 重现期(年)        | 20( $p=5\%$ ) | 50( $p=2\%$ ) | 100( $p=1\%$ ) |
|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 暴雨递减指数( $n$ ) | 0.75          | 0.79          | 0.80           |

### 2.1.2 产流计算

(1)产流特点。大沟流域属干旱、半干旱地区,如遇成峰暴雨,多为中小尺度天气系统造成,历时短、强度大,雨强随历时和面积的增长递减较快。据分析,本区产流历时在 1 h 之内。一般情况下,由于暴雨时空分布不均匀,局部产流的现象较多,但当流域面积很小时,会出现全面产流现象。一次降雨过程损失量较大,而形成的净雨较小,产流形式多为超渗产流,前期土壤含水量对产流影响相对较小,而雨强的影响相对较大。

(2)设计条件下  $\mu-t_c-H_{ic}$  关系的综合和外延。由前述暴雨产流特点可知:产流主要集中在主雨峰附近较短历时之内,且损失量远大于净雨量,因此采用扣损法进行产流计算,比较符合本地区的产流情况。对大沟小流域,影响产流的主要因素是雨量和雨强。根据《青海省东部地区暴雨洪水图集》,降雨量和损失量之间的关系见式(2)<sup>[4]</sup>。对产流历时内的平均损失率  $\mu$  采用平割法,即从主雨峰处直接平割出径流深  $R$ ,同时求出相应的  $\mu$  值。

$$\mu = \mu_0 t_c^{-\alpha} \operatorname{tg} h \left( \frac{H_{ic}}{D t_c} \right) \quad (2)$$

式中: $\mu_0$  为产流历时  $t_c$  内流域的最大可能损失率, mm/h;  $D$ 、 $\alpha$  均为参数;  $t_c$  为产流历时, h;  $\mu$ 、 $H_{ic}$  为  $t_c$  内平均损失率, mm/h 和设计暴雨量, mm;  $\operatorname{tg} h$  为双曲正切函数符号。

参数  $\mu_0$ 、 $\alpha$ 、 $D$  选用《青海省东部地区暴雨洪水图集》中综合外延后浅山区的值,即  $\mu_0 = 37$  mm/h,  $\alpha = 0.30$ ,  $D = 42$ 。

(3)设计净雨计算。用试算法代入(2)式中推算  $\mu$  和  $t_c$ 。用  $\mu$  值在设计暴雨时程分配柱状图主峰处进行平割,求得设计净雨  $R$ <sup>[5]</sup>, 见表 3。

表 3 不同频率设计净雨计算成果表 % , h, mm, m/h

| $P$ | $t_c$ | $H_{ic}$ | $\mu$ | $R$ |
|-----|-------|----------|-------|-----|
| 5   | 1     | 21.2     | 17.2  | 4.0 |
| 2   | 1     | 25.0     | 19.7  | 5.3 |
| 1   | 1     | 27.8     | 21.4  | 6.4 |

### 2.1.3 汇流计算 本次采用推理公式法进行计算。

目前水利部门最为广泛应用的推理公式形式是水科院法,属于推理半经验的概念性模型,在最大流量形成过程中,在一定的降雨条件下,净雨历时  $t_c$  与汇流时间  $\tau$  的相对大小起了决定性的作用。

当  $\tau < t_c$  时,洪峰流量  $Q_m$  系由全部流域面积上  $\tau$  时段内的最大净雨所成,即全面汇流:

$$Q_m = 0.278 \frac{R_\tau F}{\tau} \quad (3)$$

当  $\tau > t_c$  时,洪峰流量  $Q_m$  系由部分流域面积上  $t_c$  时段内的全部净雨所形成,即部分汇流:

$$Q_m = 0.278 \frac{R_{ic} F}{\tau} \quad (4)$$

以上各式中: $\tau = \frac{0.278L}{V_\tau}$ ;  $V_\tau = mJ^{1/3}Q_m^{1/4}$ ;  $Q_m$  为洪峰流量,  $m^3/s$ ;  $\tau$  为流域汇流时间, h;  $R_\tau$ 、 $R_{ic}$  分别为  $\tau$ 、 $t_c$  时段内的净雨, mm;  $J$  为干流坡降(以小数计);  $V$  为流域汇流速度, m/s;  $m$  为汇流参数;

汇流参数  $m$  采用《青海省东部地区暴雨洪水图集》中综合出的浅山脑山混合区经验公式:

$$m = 0.75\theta^{0.487} \quad \left( \theta = \frac{L}{J^{1/3}F^{1/4}} \right) \quad (5)$$

在全面汇流的情况下,采用简化计算公式:

$$Q_m = \left\{ \left[ 0.278^{1-n} S_p \left( \frac{m}{\theta} \right)^n \right]^{\frac{4}{4-n}} - \frac{4 \times 0.278\mu}{4-n} \right\} F \quad (6)$$

式中:  $S_p$  为雨力,相当于最大 1 h 降水量。  $n$  为雨强递减指数,采用高庙站所作结果。  $\mu$  即为产流历时内的平均损失率。

用全面汇流公式计算出  $Q_m$  后,再反算  $\tau$  值,以检验  $\tau$  是否小于等于  $t_c$ , 否则用部分汇流公式计算  $Q_m$ 。部分汇流公式:

$$Q_m = \left[ \frac{F \cdot J^{1/3}}{L} \cdot m \cdot R_{ic} \right]^{4/3} \quad (7)$$

经按部分汇流公式计算大沟不同重现期的设计洪峰流量,见表 4。

表4 推理公式法设计洪峰流量计算成果表

|     |                       | a, m <sup>3</sup> /s, m <sup>3</sup> /(s · km <sup>2</sup> ) |     |
|-----|-----------------------|--|-----|
| 重现期 | 设计洪峰流量 Q <sub>m</sub> | 洪峰模数 M   |     |
|     | 100                   | 26.1   | 4.9 |
| 大沟  | 50                    | 20.3   | 3.8 |
|     | 20                    | 14.0   | 2.6 |

注:洪峰流量模数  $M = Q_m/F^{2/3}$  (下同)。

## 2.2 洪峰流量模数等值线图推求设计洪水

利用《青海省水文手册》百年一遇、五十年一遇、二十年一遇洪峰流量模数等值线图<sup>[6]</sup>,计算大沟不同频率设计洪峰流量,见表5。

表5 等值线图法设计洪峰流量计算成果表

|        |                  | a, m <sup>3</sup> /(s · km <sup>2</sup> ), km <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> /s |        |        |                     |
|--------|------------------|--|--------|--------|---------------------|
| 设计断面   | 公式               | 重现期  | 洪峰模数 M | 计算面积 F | 设计流量 Q <sub>m</sub> |
|        |                  |  |        |        |                     |
| 大沟设计断面 | $Q_m = MF^{2/3}$ | 100  | 3.7    |        | 30.3                |
|        |                  | 50   | 3.3    | 12.3   | 27.1                |
|        |                  | 20   | 2.5    |        | 20.5                |

## 2.3 经验公式法计算

根据《青海省历史暴雨洪水文物典籍普查资料》洪水调查及水文资料(第二册)中乐都县各主要支沟各重现期支流最大流量~流域面积经验公式来推算大沟不同频率设计洪水<sup>[7]</sup>,见表6。

表6 经验公式法推求设计洪峰流量表

|     |                         | a, km <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> /s, m <sup>3</sup> /(s · km <sup>2</sup> ) |                       |        |
|-----|-------------------------|--|-----------------------|--------|
| 重现期 | 经验公式                    | 集水面积 F   | 设计洪峰流量 Q <sub>m</sub> | 洪峰模数 M |
| 100 | $Q_m = 19.3F^{0.63}$    |  | 93.8                  | 17.6   |
| 大沟  | 50 $Q_m = 11.3F^{0.68}$ | 12.3   | 62.3                  | 11.7   |
|     | 20 $Q_m = 6.52F^{0.72}$ |  | 39.7                  | 7.5    |

## 2.4 面积比拟法

以吉家堡站作参证站,该站有48年水文资料(1958-2005年资料),流域面积192 km<sup>2</sup>,河长33.3 km,河道比降28.2‰。通过年最大流量频率分析计算吉家堡站各种保证率相应设计洪峰流量  $P = 5\%$  时  $Q_{\text{参}} = 396 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $P = 2\%$  时  $Q_{\text{参}} = 594 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $P = 1\%$  时  $Q_{\text{参}} = 799 \text{ m}^3/\text{s}$ ,利用面积比拟法即  $Q_{\text{设}} = (F_{\text{设}}/F_{\text{参}})^{2/3} Q_{\text{参}}$  计算大沟不同频率的设计洪峰流量,见表7。

## 3 设计洪水结果选取

本次大沟设计断面设计洪水计算,分别采用了设计暴雨推求设计洪水(推理公式)、洪峰流量模数

法等值线图、经验公式及面积比拟法。其计算结果有些差异,见表8,究竟采用何种方法的结果较为合理更接近实际情况,需从3种方法的适用条件和使用情况出发,对比分析合理确定。

表7 面积比拟法设计洪峰流量计算表

|     |        | a, km <sup>2</sup> , m <sup>3</sup> /s, m <sup>3</sup> /(s · km <sup>2</sup> ) |        |  |
|-----|--------|--|--------|--|
| 重现期 | 集水面积 F | 设计洪峰流量 Q <sub>m</sub>  | 洪峰模数 M |  |
|     | 100    | 128  | 24     |  |
| 大沟  | 50     | 95.1   | 17.8   |  |
|     | 20     | 63.4   | 11.9   |  |

表8 不同频率设计洪水计算成果 a, m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/(s · km<sup>2</sup>)

| 重现  | 推理公式           |      | 洪峰流量模数法        |     | 经验公式           |      | 面积比拟法          |      |
|-----|----------------|------|----------------|-----|----------------|------|----------------|------|
|     | Q <sub>m</sub> | M    | Q <sub>m</sub> | M   | Q <sub>m</sub> | M    | Q <sub>m</sub> | M    |
| 100 | 26.1           | 4.9  | 30.3           | 3.7 | 93.8           | 17.6 | 128            | 24.0 |
| 大沟  | 50             | 20.3 | 27.1           | 3.3 | 62.3           | 11.7 | 95.1           | 17.8 |
|     | 20             | 14.0 | 20.5           | 2.5 | 39.7           | 7.5  | 63.4           | 11.9 |

(1)推理公式属于半推理半经验的概念性模型,该方法有两个假定:一是假定由暴雨形成洪水的环节全流域一致(平均);二是假定汇流符合线性规律。这与实际也有一定偏差。

该方法对大沟设计断面设计洪水进行计算时,借用了《青海省东部地区暴雨洪水图集》中脑山区的产、汇流参数。这些参数用于《图集》范围的东部地区中、小流域设计洪水计算时效果较好,但用于大沟设计断面计算的短时暴雨资料选用的为川水地区高庙雨量站的数据,这与脑山地区会产生较大误差,一般是计算结果偏小,结果不合理。

(2)洪峰流量模数等值线图法较适合中等流域,对于大沟设计断面以上流域面积为12.3 km<sup>2</sup>的小流域不适合,这是由于:影响小流域洪峰流量一方面除了气候因素以外,其它自然地理因素、下垫面条件同较大面积上的平均情况有很大出入,流域面积越小随地区的变化更复杂化,用洪峰流量模数等值线图法的误差可能较大。

(3)经验公式是以乐都县各主要支沟各重现期支流最大流量~流域面积经验公式来推算大沟不同频率设计洪水。该方法是在假定参证站与设计站洪峰流量模数相同的基础上进行的,但大沟、庙儿沟流域面积较小,根据面积小洪峰模数大的规律,可以肯定,该方法计算结果偏小。

(4)面积比拟法是以吉家堡水文站的年最大流量与面积所定的关系移用到设计断面上的方法。

(下转第147页)

68.2、53.6、40.3,减小量占原值的88.6%、83.2%、71.3%,由于“揭河底”强度的减弱,从上游到下游呈递减的趋势。由此看出一定的断面形态也是促使“揭河底”现象发生的有关因素之一。

综合上述分析,发生“揭河底”冲刷现象的河床边界条件可概括为:一是河床回淤具有一定的厚度,结构比较密实,有可供被掀起的泥块;二是当河床纵比降调整达到一定的比降限度时,有可能发生“揭河底”冲刷;三是河床横断面形态呈宽浅河槽,河相关系宽深比达到某一数值时,有可能发生“揭河底”冲刷。

### 3 河床淤积物分析

山西黄河河务局采用人工开挖方式对小北干流8个断面河床淤积物组成情况进行了测量,从测量结果可以看出,黄河小北干流河段河床淤积物自上而下明显存在着分层现象,淤积物体现成层分布的特点。产生分层的原因主要是河床淤积物来自于不同的沙源地区,是在不同的洪水过程中形成的。来自同一沙源的或同期的淤积物,泥沙颗粒组成相对均匀,结构比较紧密,颗粒间粘结力较大,形成单一层;来自不同沙源的或不同期的淤积物,泥沙颗粒组成相对不匀,结构比较松散,颗粒间粘结力较差,形成不同层。另外,就一次洪水过程而言,在涨水期由于流速大,水流能量大,挟沙能力相对较强,形成的河床淤积物相对较粗,落水期,水流动力减弱,挟沙能力减小,部分细颗粒泥沙淤积,填充粗泥沙空间。从而,在历次洪水过程淤积物之间形成一个夹层。

(上接第144页)

此方法适合同一流域、自然地理条件、地质条件、降水条件相似的地区,吉家堡水文站距离大沟设计断面约30.0 km,是该地区距离设计断面最近的有实测水文资料的站。吉家堡水文站资料包括丰、平、枯年不同水情资料,具有代表性,与设计断面下垫面条件相似,通过与《青海省历史暴雨洪水文物典籍普查资料》洪水调查及水文资料(第二册)中黄河流域湟水主要支沟乐都县湟水南岸一级支流大沟各重现期最大设计洪峰流量对比结果比较接近,所以采用面积比拟法计算结果较合理,设计值相对可靠。

综上所述,在以上方法中采用面积比拟法较为合理。现取距设计断面最近的吉家堡水文站比拟结果,大沟设计断面设计洪峰流量的最终结果为: $P=5\%$ ,  $Q_m=63.4\text{ m}^3/\text{s}$ ;  $P=2\%$ ,  $Q_m=95.1\text{ m}^3/\text{s}$ ;  $P=1\%$ ,  $Q_m=128\text{ m}^3/\text{s}$ 。

小北干流河段河床淤积物呈现分层结构的特点为“揭河底”冲刷时河床淤积物被高含沙水流成层成块地掀起提供了条件。

### 4 黄河小北干流“揭河底”发生规律

结合前文分析,总结黄河小北干流发生“揭河底”现象的规律:①河床淤积达到一定高度,并具有可供掀起的具有一定粘结力的淤积物。②河床纵横断面具备一定的河道形态。横断面呈宽浅形态,河相系数较大;河床尤其是黄河小北干流上段纵比降调整达到某一程度。③具有一定级别含沙浓度、一定流量级别且水沙组合基本相应的高含沙洪水。④高含沙洪水应具备一定的持续时间,一旦形成揭底,并应有后续保持一定量级的高含沙洪水的支持。⑤“揭河底”的发展程度主要受水沙两方面因素影响,其中揭底长度受流量影响较大,揭底深度受含沙量影响较大。

#### 参考文献:

- [1] 程龙渊,刘拴明,肖俊法.三门峡库区水文泥沙实验研究[M].郑州:黄河水利出版社,1999.
- [2] 李勇,张希芳,李风杰.黄河中游洪水特性的变化[C]//第十三届全国水动力学研讨会文集,1999.
- [3] 赵海祥,张志坚,郭全明,等.山西黄河小北干流志[M].郑州:黄河水利出版社,2002.
- [4] 杨韧,李继伟,贾新平,等.黄河禹门口至潼关河段近期治理工程可行性研究报告[R].郑州:黄河勘测规划设计研究院,2005.

#### 参考文献:

- [1] 青海省水利志编委会.青海河流[M].西宁:青海人民出版社,1995.
- [2] 刘光文.水文分析与计算[M].北京:水利电力出版社,1989.
- [3] 唐继业.江秋兰.辽宁省无资料地区设计暴雨洪水计算方法的研究[J].水利建设与管理,2001,21(12):43-44.
- [4] 青海省水利厅水文总站.青海省东部地区暴雨洪水图集[Z].1978.
- [5] 青海省水文水资源勘测局.乐都县电解铝项目洪水调查及水文分析报告书[R].2010.
- [6] 青海省水利电力局水文总站.青海省水文手册[M].青海:青海省水电局水文总站,1974.
- [7] 青海省水电局水文总站.青海省历史暴雨洪水水文典型普查资料[R].1974.