

# 新疆某工程左岸古河槽渗漏二维计算分析

马龙

新疆水利水电勘测设计研究院地质勘察研究所 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:**以新疆某工程左岸古河槽为例,通过达西公式对不同工况进行二维渗流计算。首先模拟出不同防渗状况下对工程最不利的地下水流向等值线图,等值线以平均20m为一个单位将大的渗漏断面划分为不同的小渗漏断面,每个小断面顶部均以正常高水位为界线,底部以基岩面为界线,分别量取每个小渗漏断面面积;根据模拟地下水流场图分别量取地下水通过不同小断面的渗露路径长度及水头损失,从而分别求出不同小断面在不同渗透系数下的渗流量,以各小断面渗流量累计相加所得确定最终大断面的渗流量,从而确定不同工况下古河槽渗流量。

**关键词:**二维渗流计算、达西公式、古河槽、地下水流向

## 1 研究背景

古河槽渗漏问题是水库工程关注的重点。新疆某水库工程左岸发育一条宽2.6km左右,深度大于200m的古河槽,存在左岸绕坝渗漏。由于该古河槽发育规模较大,渗漏量的大小直接决定着工程的经济效益和水资源的调节作用,工程的渗控措施,能否有效发挥渗控作用是工程成败的关键<sup>[1-2]</sup>。本论文以该古河槽渗漏为研究对象,采用传统二维渗流计算,确定不同工况下古河槽渗流量,为工程防渗措施提供科学依据。

## 2 古河道形态、岩性及地下水流向

### 2.1 古河道形态、岩性

古河道呈SE - NW走向,进口位于库区左岸,距坝轴线100m,出口位于坝址下游300m处。进口顶部高程为2365m左右。两岸基岩裸露,河道沉积了大厚度砂卵石,在河边可见直立的陡坎,上部岩性为第四系上更新统Q3青灰色砂卵石层,分布高程为2334m~2338m,位于正常高水位以上,厚34~40m;下部为巨厚层的Q2土黄~棕黄色砂卵石层,泥质半胶结,厚度50~295m,库岸边未见基岩出露。在正常高水位2300m时,古河槽宽2.6km,底部低于正常高水位最深可达205m,蓄水后主要位于Q2泥质半胶结的砂卵石层,存在渗漏问题。(见图2-1、图2-2)



图2-1 库区左岸古河槽勘探工作量示意图

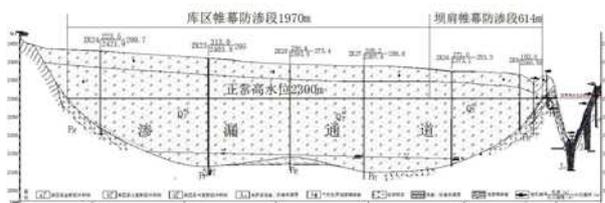


图2-2 左岸防渗轴线工程地质剖面图 2.2 地下水流向

本次勘探孔内古河槽段有4个钻孔可见地下水位,根据钻孔内水位可画出简易等水位线,由等水位线可以看出,地下水在库区帷幕防渗段流向大致为北偏西70°左右,地下水水力坡度一般在0.06左右,钻孔ZK30距离河道垂直距离仅为50m,然而地下水埋深却大于30m,根据地下水流向及水力坡度可以确定现阶段古河槽内水位主要为山前基岩裂隙水,而与车尔臣河河道内地表水联系微弱,本次计算过程中,以对工程最不利的考虑,古河槽地下水位以下仍作为渗漏通道计算。地下水等水位线图见图2-3。

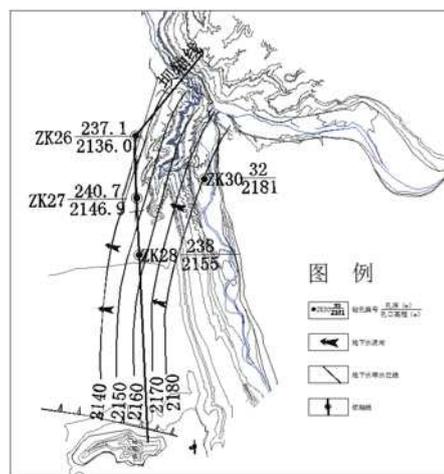


图2-3 古河槽简易地下水等水位线图

### 3 古河槽渗漏计算

#### 3.1 公式选取

本次计算采用达西公式  $Q=K \cdot l \cdot A$

$Q$ : 渗漏量, 单位  $m^3/年$ ;  $K$ : 渗透系数, 单位  $cm/s$ ;  $l$ : 水力坡度,  $l = \text{水头损失} / \text{渗漏长度}$ ;  $A$ : 断面面积, 单位  $m^2$

#### 3.2 参数选取

##### 3.2.1 渗透系数选取

根据勘探期现场渗透试验结论, 不同试验情况进行得到不同状态下的渗透系数: 当采用全坑渗透、坑底渗透、坑壁侧向渗透情况下, 渗透系数分别为  $4.5 \times 10^{-3}cm/s$ 、 $6.1 \times 10^{-3}cm/s$ 、 $9.1 \times 10^{-3}cm/s$ , 本次计算考虑对工程最不利情况, 选取渗透系数为  $9.1 \times 10^{-3}cm/s$ 。

##### 3.2.2 水力坡度选取

本次计算水力坡度主要由水头损失与渗漏长度共同决定, 水库正常蓄水后正常高水位为 2300m, 坝后溢点高程以对工程最不利角度考虑, 设定坝后溢点均在河床内; 渗漏长度也以对工程最不利角度考虑, 设定地下水以最近距离渗入河床; 由于左岸古河槽较宽, 距离坝址区段一般情况下渗漏长度较短, 水头损失相应较小, 远离坝址区段渗漏长度逐渐增大, 水头损失相应较大, 水力坡度不宜取平均值, 为了精确的计算出水力坡度, 本次计算将渗漏断面以平均 20m 划分为一个断面, 不同断面以对工程最不利角度考虑量取渗漏长度与水头损失, 以此获取相对最准确的水力坡度值。(详见图 2-1 不同情况下地下流向等值线图)。

##### 3.2.3 断面面积选取

以对工程最不利的角度考虑选取渗漏断面, 选取距离坝址区最近, 最大深度断面作为本次计算断面, 将渗漏大断面以平均 20m 划分为一个小断面, 分别计算出各小断面的面积。断面面积的确定, 顶部主要以正常高水位 2300m 为界限, 底部以本阶段勘察基岩面 (不透水层) 为界限。

#### 3.3 分三种不同工况进行计算

##### 3.3.1 坝肩帷幕防渗, 库区帷幕不防渗

当坝肩帷幕进行防渗, 库区帷幕不防渗的情况下, 以对工程最不利的角度考虑 (渗透路径最短, 水头损失最大), 在水平面上以平均 20m 一条等值线, 将通过古河槽地下水流向划分出 75 条断面, 每条断面起点为 2300m 水库回水线, 终点为下游河道, 模拟出地下水流向等值线图, 见下图 3-1 左。每条断面渗漏长度以平面距离分别量取, 出露点高程以每条断面出露河床水位为准, 分别求出不同断面水力坡度, 见下表 3-1。

将 75 条不同断面分别以 2300m 正常高水位为上边界, 以本次勘探基岩面为下边界, 分别求出不同过水断面面积, 见下图 3-2 上

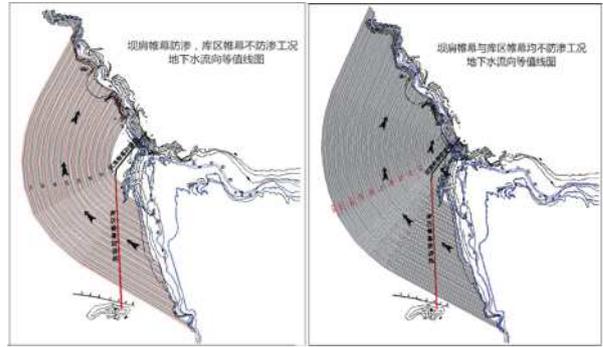


图 3-1 不同防渗工况下地下水流向等值线图

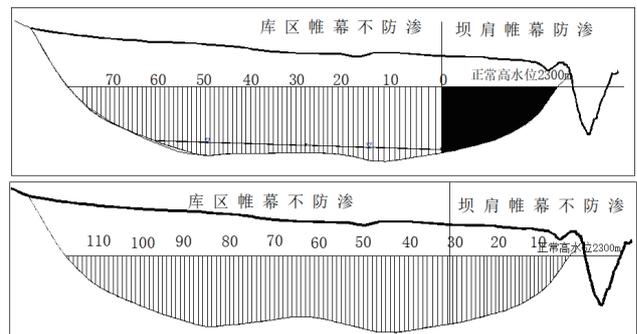


图 3-2 不同防渗工况下地下水渗漏断面图

表 3-1 左岸库区帷幕未防渗各断面渗漏量计算表

| 断面序号    | 渗透长度   | 正常蓄水位 | 渗露点高程  | 水头损失  | 水力坡度 | A 断面面积 ( $m^2$ ) | K 渗透系数 ( $m^3/s$ ) | 渗漏量 $Q=KTA$ ( $m^3/年$ ) |
|---------|--------|-------|--------|-------|------|------------------|--------------------|-------------------------|
| 1       | 1265.8 | 2300  | 2181   | 119   | 0.09 | 5841.05          | 0.000091           | 1521941.71              |
| 2       | 1499.1 | 2300  | 2177.4 | 122.6 | 0.08 | 6343.40          | 0.000091           | 1481747.28              |
| 3       | 1532.6 | 2300  | 2177   | 123   | 0.08 | 6443.17          | 0.000091           | 1477024.48              |
| 4       | 1670.8 | 2300  | 2176.5 | 123.5 | 0.08 | 5160.16          | 0.000091           | 1252386.85              |
| 5       | 1612.8 | 2300  | 2176.1 | 123.9 | 0.08 | 5171.89          | 0.000091           | 1140185.33              |
| ...     | ...    | ...   | ...    | ...   | ...  | ...              | ...                | ...                     |
| 75      | 6760.2 | 2300  | 2145.4 | 154.6 | 0.02 | 1156.33          | 0.000091           | 75888.86                |
| 平均 0.04 |        |       |        |       |      |                  | 合计                 | 3761899                 |

根据以上结果可以看出, 以对工程最不利的因素考虑, 当坝肩帷幕进行防渗而库区帷幕不防渗的情况下, 古河槽最大渗漏量为  $3761.9 \times 104m^3/年$ 。

##### 3.3.2 坝肩帷幕与库区帷幕均不防渗

当坝肩帷幕与库区帷幕均不防渗的情况下, 以对工程最不利的角度考虑 (渗透路径最短, 水头损失最大), 在水平面上以平均 20m 一条等值线, 将通过古河槽地下水流向划分出 116 条断面, 每条断面起点为 2300m 水库回水线, 终点为下游河道, 模拟出地下水流向等值线图, 见下图 2-1 右。每条断面渗漏长度以平面距离分别量取, 出露点以每条断面出露河床水位为准, 分别求出不同断面水力坡度, 见下表 2-2。

将 116 条不同断面分别以 2300m 正常高水位为上边界, 以本次勘探基岩面为下边界, 分别求出不同过水断面面积, 见下图 2-2 下。

表 3-2 左岸坝肩帷幕、库区帷幕均未防渗各断面渗流量计算表

| 断面编号 | 坝肩长度  | 库区帷幕水位 | 渗流点高程  | 水头损失    | 水力坡度 | λ 断面面积 (m <sup>2</sup> ) | K 渗透系数 (m/s) | 渗流量 Q=KIA (m <sup>3</sup> /年) |
|------|-------|--------|--------|---------|------|--------------------------|--------------|-------------------------------|
| 1    | 362.3 | 2300   | 2133.3 | 116.2   | 0.32 | 56.24                    | 0.000091     | 33591.66                      |
| 2    | 413.3 | 2300   | 2133.6 | 116.4   | 0.28 | 421.62                   | 0.000091     | 340772.28                     |
| 3    | 440.7 | 2300   | 2133.4 | 116.6   | 0.26 | 709.78                   | 0.000091     | 559067.88                     |
| 4    | 453.7 | 2300   | 2133.2 | 116.9   | 0.26 | 996.76                   | 0.000091     | 736726.72                     |
| 5    | 525.8 | 2300   | 2132.9 | 117.1   | 0.22 | 1261.64                  | 0.000091     | 791345.27                     |
| ...  | ...   | ...    | ...    | ...     | ...  | ...                      | ...          | ...                           |
| 116  | 7554  | 2300   | 2130.8 | 169.2   | 0.02 | 59.58                    | 0.000091     | 5829.54                       |
|      |       |        |        | 平均 0.06 |      |                          | 合计           | 56263907                      |

根据以上结果可以看出,以对工程最不利的因素考虑,当坝肩帷幕与库区帷幕均不防渗的情况下,古河槽最大渗流量为  $5626.6 \times 104 \text{m}^3/\text{年}$ 。

### 3.3.3 坝肩帷幕 (614m) 与库区帷幕 (1970m) 均防渗

当坝肩帷幕与库区帷幕均进行防渗的情况下地下水流场与均不防渗情况流场一致,唯一改变的是渗透系数,当坝肩与库区帷幕全防渗的情况下,古河槽渗透系数以本次试验最大值十分之一为准,即  $9.1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ ,年渗流量为  $562.7 \times 104 \text{m}^3/\text{年}$ 。

## 4 结论

### 4.1 计算方法及过程

本次二维渗流计算采用达西公式  $Q=K \cdot I \cdot A$ ,均以对工程最不利条件选择参数:渗透系数的选取均采用勘探期现场试验所得最大渗透系数(有利条件为渗透系数可能更小);水力坡度的选取采用最短路径及最大水头损失,即地下水以最近距离绕渗出露,出露点高程选取下游最低点河床高程(有利条件为:地下水可能在距离河床较高处出露,绕渗路径或更长,相应水力坡度就会减小);断面选取采用离河床最近的最大、最深断面(有利条件为:向下游渗流断面深度会随着水力坡度而减小,相应断面面积就会减少),本次计算结果为对工程最不利条件下最大渗流量。

由于距离坝址区越近渗流路径则越短,且水头损失越

小,相应水力坡度则越大;而远离坝址区,渗流路径变长,水头损失变小,相应水力坡度变小,因此水力坡度的选取不宜采用平均值。为使计算结果更加精确,本次计算过程首先模拟出不同防渗状况下对工程最不利的地下水流向等值线图,等值线以平均 20m 为一个单位将大的渗流断面划分为不同的小渗流断面,每个小断面顶部均以正常高水位 2300m 为界线,底部以本次勘探基岩面(不透水层)为界线,分别量取每个小渗流断面面积;根据模拟地下水流场图分别量取地下水通过不同小断面的渗透路径长度及水头损失,从而分别求出不同小断面在不同渗透系数下的渗流量,最终大断面的渗流量的确定以各小断面渗流量累计相加所得。

### 4.2 不同防渗状况下渗流量

工况一:坝肩帷幕进行防渗,长度 614m,库区 1970m 帷幕不防渗条件下,渗透系数选取最不利条件下最大值  $9.1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ,水力坡度及断面面积均以最不利条件考虑,水库最大年渗流量为  $3761.89 \text{m}^3 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

工况二:当坝肩帷幕与库区帷幕均不防渗条件下,渗透系数选取最不利条件下最大值  $9.1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ,水力坡度及断面面积均以最不利条件考虑,水库最大渗流量为  $5626.69 \text{m}^3 \times 10^4/\text{年}$ ,其中库区帷幕段段渗流量为  $3334.62 \text{m}^3 \times 10^4/\text{年}$ ,坝肩帷幕段渗流量为  $2292.07 \text{m}^3 \times 10^4/\text{年}$ 。

工况三:当坝肩帷幕与库区帷幕均防渗条件下,渗透系数选取最不利条件下最大值  $9.1 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ,水力坡度及断面面积均以最不利条件考虑,水库最大渗流量为  $562.66 \text{m}^3 \times 10^4/\text{年}$ 。

通过传统二维渗流计算不同工况下的古河槽渗流量,为古河槽的防渗设计提供技术依据。

## 参考文献:

- [1] 张有天. 岩石水力学与工程 [M]. 北京; 中国水利水电出版社, 2005.
- [2] 陈晓、杨文鹏、杨旭红. 古河槽工程地质问题的勘察研究及处理 [J]. 四川地质学报, 2011 (S2): 44-46.