

DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.01.012

# 溧阳市沙河水库东副坝溃坝生命损失估算

李 雷 彭雪辉 周克发

(南京水利科学研究院大坝安全与管理研究所,江苏 南京 210029)

**摘要** :应用溃坝洪水软件 BREACH 和 FLDWAV 分析溧阳市沙河水库东副坝在 100 年一遇设计洪水位 23.17 m 时下游坡高程点 8.40 m 处管涌诱发溃坝的洪水状况 ,确定大致的淹没范围 ,计算了溃坝洪水的严重性 ,估算了风险人口 ,应用 Graham 法定量地估算了生命损失 ,重点研究了生命损失与警报时间的关系 ,提出了确保 2 h 警报时间的建议 ,加强非工程措施 ,避免生命损失。  
**关键词** 沙河水库 溃坝 生命损失 警报时间 溧阳市  
**中图分类号** :TV698.2<sup>+</sup> 37 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2008)01-0046-04

**Estimation of life loss induced by eastern auxiliary dam breach at Shahe Reservoir in Liyang City** //LI Lei , PENG Xue-hui , ZHOU Ke-fa( Dam Safety and Management Department , Nanjing Hydraulic Research Institute , Nanjing 210029 , China )  
**Abstract** : By use of the software BREACH and FLDWAV for dam breach flood , the flood at the design water level 23.17m with 100-year recurrence interval , which led to the eastern auxiliary dam breach at the Shahe Reservoir by piping at the elevation 8.40m of the downstream slope , was analyzed. The flooding area was preliminarily determined , the damage of the dam breach flood was calculated , and the population at risk was estimated. Then , the Graham method was applied to estimation of the life loss , and the relationship between the life loss and the warning time was focused. It is suggested that the warning time should be more than 2 hours , and some non-structural measures should be taken to reduce the life loss.  
**Key words** : Shahe Reservoir ; dam breach ; life loss ; warning time ; Liyang City

## 1 工程概况

沙河水库<sup>[1-2]</sup>是太湖流域 7 座大型水库中的 1 座 ,位于长三角平原与苏皖浙山区接合部、江苏省溧阳市南约 12 km 的钓鱼台山麓天目湖镇境内、戴溪河干流——沙河上 ,集雨面积 148.5 km<sup>2</sup> ,总库容 1.15 亿 m<sup>3</sup>。水库防洪保护人口约 20 万人 ,是一座以防洪、灌溉为主 ,兼有供水、渔业、旅游服务业等综合性多功能的大(2)型水利工程。工程于 1958 年动工兴建 ,1961 年建成。原设计灌溉面积 4 820 hm<sup>2</sup> ,最大有效灌溉面积 6 040 hm<sup>2</sup> ,目前实际灌溉面积约 2 800 hm<sup>2</sup>。

沙河水库为Ⅱ等工程 ,工程规模为大(2)型 ,大坝、溢洪闸、分洪闸、泄洪隧洞、灌溉输水隧洞等主要建筑物为 2 级建筑物。防洪标准按 100 年一遇洪水设计 ,设计洪水位 23.17 m ,库容 8 893 万 m<sup>3</sup> ,2 000 年一遇洪水校核 ,校核洪水位 24.77 m ,相应库容 1.15 亿 m<sup>3</sup>。

水库枢纽工程主要由均质土坝(主坝 1 座、副坝 4 座)、泄洪建筑物(溢洪闸、泄洪隧洞、通往大溪水

库分洪闸各 1 座)、灌溉输水涵洞 3 座和发电站 3 座等组成。4 座副坝分别为东副坝、西副坝、吴岭副坝、乔山下副坝 ,坝顶总长 2 052 m。其中 ,主坝坝顶长为 190 m ,坝顶宽 6.50 m ,坝顶高程 25.60 m(吴淞基面高程 ,下同) ,最大坝高 21 m。东副坝坝顶长 400 m ,顶宽 6.5 m ,顶高程 25.60 m ,坝顶防浪墙顶高程 26.70 m ,坝脚地面高程 8.40 m。大坝上游为干砌块石护坡 ,下游坝坡从坝顶至 17.00 m 高程为草皮护坡 ,以下为砌石贴坡反滤。东副坝横断面如图 1 所示。

大坝下游河流为戴溪河干流——沙河 ,沙河河道狭窄 ,不利于水库大坝泄洪。

## 2 水库大坝下游居民人口分布

截至 2006 年 11 月底 ,溧阳市总人口 78.73 万人 ,人口密度为 513 人/km<sup>2</sup> ,由汉、满、朝鲜、壮、蒙古等民族组成。城镇总人口为 28.99 万人(包括外来人口) ,城市化水平为 38.94%。溧城镇(市政府所在地)人口为 15.84 万人 ,其他各镇城镇人口为

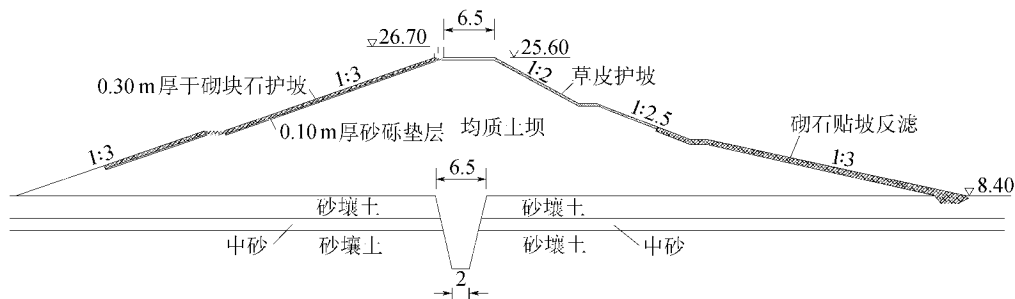


图1 东副坝横断面(单位:m)

13.15万人,人口密度为516人/km<sup>2</sup>。沙河水库大坝下游两岸为地势平坦的经济技术开发区、天目湖镇、戴埠镇、溧城镇、埭头镇等平原城镇。

### 3 东副坝溃坝洪水严重性分析和风险人口估算

#### 3.1 溃坝洪水

##### 3.1.1 溃坝模式

根据《江苏省溧阳市沙河水库大坝安全评价报告》<sup>[1-3]</sup>以及对东副坝现场检查,详细分析了已有的大坝安全鉴定资料和大坝运行记录<sup>[4-6]</sup>,认为东副坝管涌是导致溃坝的主要原因。溃坝工况假设为:起调水位为正常蓄水位20.00m,遭遇100年一遇设计洪水下,洪水位达到设计洪水位23.17m时,东副坝下游坝坡高程8.40m处发生管涌,继而溃坝。

##### 3.1.2 溃坝洪水分析中所需特征资料

溃坝洪水分析中需要100年一遇设计洪水入库流量<sup>[4]</sup>(表1)。库水面积、库容、溢洪道出库流量与库水位关系曲线<sup>[5]</sup>,如图2和图3所示。

表1 汛期(100年一遇设计洪水)入库流量

| $t/h$ | $Q/(m^3 \cdot s^{-1})$ | $t/h$ | $Q/(m^3 \cdot s^{-1})$ |
|-------|------------------------|-------|------------------------|
| 1     | 1.24                   | 18    | 1203.05                |
| 5     | 180.55                 | 20    | 873.21                 |
| 10    | 353.71                 | 25    | 155.53                 |
| 15    | 843.37                 | 30    | 14.12                  |
| 17    | 1261.43                | 35    | 0.41                   |

##### 3.1.3 溃口形状参数

假设大坝坝体填料是均质的,采用BREACH<sup>[7]</sup>软件计算东副坝溃口洪水。BREACH软件是美国国家气象局Fread基于预报土坝洪水过程线而开发的一个数学模型。该模型有7个主要部分:①溃口形成;②溃口宽度;③水库水位;④溃口泄槽水力学;⑤泥沙输移;⑥突然坍塌引起溃口的扩大;⑦计算方法。该模型可模拟由漫顶或管涌引起的溃坝。

在BREACH软件中需要输入的东副坝几何尺寸和材料性质主要参数如下:最大坝高21m,坝顶宽6.5m,坝顶长400m,上、下游坝坡平均坡比分别为1:3.29和1:3.59,坝体材料的湿密度、黏聚力、摩擦

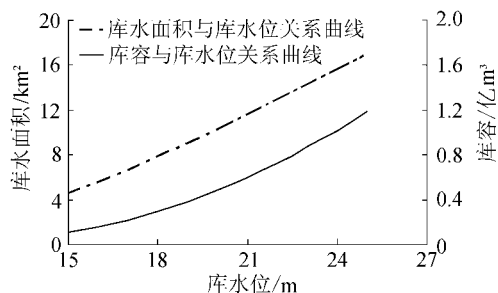


图2 库水面积、库容与库水位关系曲线

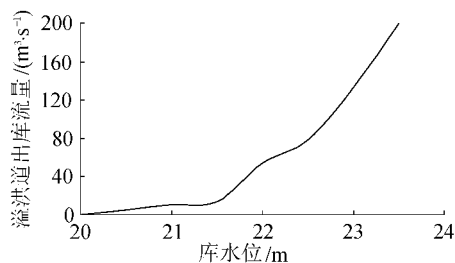


图3 溢洪道出库流量与库水位关系曲线

角、粒径 $D_{30}$ 分别为1.75 g/cm<sup>3</sup>、25 kPa、17°、0.03 mm。得到溃坝工况下溃口的几个主要参数:溃口边坡坡比为1:2,溃口深度为17.1m,溃口底高程为8.40m。根据大坝溃决口门(溃口性状)发展的一般规律,设定溃口底宽150m,溃口顶宽为218.4m。

##### 3.1.4 溃坝洪水下泄演进分析

将溃口形状参数输入FLDWAV<sup>[8]</sup>软件,计算溃坝洪水下泄演进过程。FLDWAV软件是美国国家气象局Fread在BREACH软件基础上开发的。该模型的控制方程为带有内部边界方程的不稳定流完整一维Saint-Venant方程,可计算穿过大坝、桥梁、堤坝等的急变水流,溃决时间可由用户自己给定。

在1:10000地形图上量测得到8个过水断面数据,最后一个断面与东副坝距离约为8.80km。下游断面划分及其详细情况如表2所示。内边界只考虑大坝条件,上游边界条件以首断面的流量过程线表示,下游边界条件以最后一个断面的水位过程线表示。下游河道糙率无详细的实测资料,可根据当地河流情况,假定河底糙率近似为0.03~0.05,河堤外糙率近似为0.05~0.1。

根据FLDWAV软件计算的下游溃坝洪水结果

见表 3。下游沿途各断面的最大流速、最大水面高程、最低高程、峰值流量分布情况见图 4 ,坝址流量过程线见图 5。

表 2 下游断面情况

| 断面     | 与大坝距离/<br>km | 断面最低<br>高程/m | 断面坡降/<br>% |
|--------|--------------|--------------|------------|
| 1(东副坝) | 0.010        | 8.40         | 0.00       |
| 2      | 0.090        | 8.00         | 1.41       |
| 3      | 0.345        | 4.40         | 0.21       |
| 4      | 1.025        | 3.00         | 0.18       |
| 5      | 2.160        | 1.00         | 0.02       |
| 6      | 4.260        | 0.50         | 0.00       |
| 7      | 6.760        | 0.50         | 0.02       |
| 8      | 8.800        | 0.10         |            |

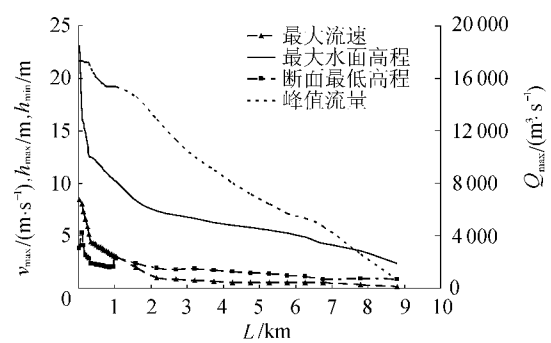


图 4 最大流速、最大水面高程、断面最低高程、峰值流量沿坝址下游的分布情况

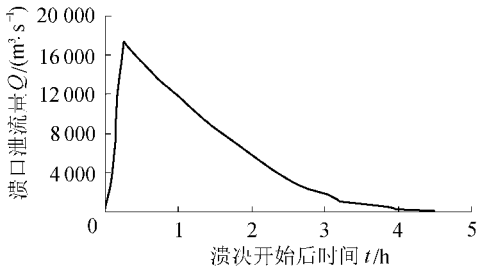


图 5 坝址流量过程线

从计算结果可知 ,在遭遇 100 年一遇设计洪水时 ,该坝开始发生管涌 ,约 0.25 h 后形成最大溃口 ,即形成溃坝洪水。其最大溃坝流量将超过 17000 m<sup>3</sup>/s。但由于地处平原 ,溃坝流速较小 ,整个溃决历时较长 ,约 4 h。在坝址处最大淹没深度为 14.78 m ;在距离大坝 8.8 km 处最大淹没深度为 2.27 m ,最大流速为 0.86 m/s ,在距离大坝 0.09 km 处

表 3 沙河水库东副坝管涌溃坝洪水计算结果

| 与坝址距离<br>$L/\text{km}$ | 断面最低高程<br>$h_{\min}/\text{m}$ | 最大水面高程<br>$h_{\max}/\text{m}$ | 最大水深<br>$D_{\max}/\text{m}$ | 最大水面宽度<br>$B_{\max}/\text{km}$ | 峰值流量<br>$Q_{\max}/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$ | 溃决后达到<br>峰值流量的时间<br>$t/\text{min}$ | 最大流速<br>$v_{\max}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$ |
|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 0.010                  | 8.40                          | 23.18                         | 14.78                       | 0.385                          | 17 313                                              | 15.0                               | 3.84                                              |
| 0.090                  | 8.00                          | 16.27                         | 8.27                        | 0.448                          | 17 313                                              | 15.0                               | 5.28                                              |
| 0.345                  | 4.40                          | 12.49                         | 8.09                        | 8.098                          | 16 718                                              | 17.4                               | 2.34                                              |
| 1.025                  | 3.00                          | 10.23                         | 7.23                        | 8.681                          | 15 344                                              | 33.3                               | 2.86                                              |
| 2.160                  | 1.00                          | 7.37                          | 6.37                        | 8.379                          | 12 826                                              | 67.5                               | 1.91                                              |
| 4.260                  | 0.50                          | 6.01                          | 5.61                        | 8.353                          | 8 021                                               | 125.1                              | 1.59                                              |
| 6.760                  | 0.50                          | 4.27                          | 3.77                        | 6.817                          | 4 698                                               | 175.5                              | 0.88                                              |
| 8.800                  | 0.10                          | 2.37                          | 2.27                        | > 6.000                        | 628                                                 | 177.0                              | 0.86                                              |

最大流速达 5.28 m/s ,在这样的水深和流速条件下 ,人将被水冲走。

3.2 溃坝洪水严重性确定和风险人口估算

a. 溃坝洪水严重性确定。溃坝洪水严重性  $S_D$  是一个表示洪水对居民等毁损程度的参数 ,表示为  $S_D = \text{水深}(D) \times \text{流速}(v)$ 。可用计算断面的溃坝洪水峰值流量与最大水面宽度之比  $DV$  值和某个断面的最大水深 ( $D_{\max}$ )与最大流速 ( $v_{\max}$ )的乘积来综合判定溃坝洪水严重性<sup>[9]</sup>。

Graham 法根据洪水毁坏程度及其相应的  $DV$  值定性划分  $S_D$  的类型 :①低严重性 :洪水没有冲走建筑物基础 , $DV \leq 4.6 \text{ m}^2/\text{s}$  ;②中严重性 :房屋一般被洪水摧毁 ,但树木或被毁坏的房屋仍可以为人们提供避难场所 , $12 \text{ m}^2/\text{s} \geq DV > 4.6 \text{ m}^2/\text{s}$  ;③高严重性 :洪水冲毁所在区域的一切东西 , $DV$  值很大 ,一般可取  $DV > 12 \text{ m}^2/\text{s}$ 。

$DV$  值计算公式 :

$$DV = \frac{Q_{df} - Q_{2.33}}{W_{df}} \tag{1}$$

式中 : $Q_{df}$  为计算断面的溃坝峰值流量 , $\text{m}^3/\text{s}$  ; $Q_{2.33}$  为计算断面的年均流量 , $\text{m}^3/\text{s}$  ,可近似地取零值 ; $W_{df}$  为计算断面溃坝洪水引起的最大水面宽度 , $\text{m}$ 。

本文的溃坝洪水严重性判定如表 4 所示。

b. 风险人口估算。风险人口  $P_{AR}$  是指下泄洪水或溃坝洪水淹没范围内的人数<sup>[9]</sup>。

根据下游居民分布及人口密度(假定人口密度  $\rho$  为 516 人/ $\text{km}^2$ ) ,对淹没范围内的  $P_{AR}$  进行估算。估算方式 :风险人口 = 人口密度  $\times$  淹没面积 ,忽略风险人口随时间变化的影响。本文的风险人口判定如表 4 所示。

4 生命损失估算

4.1 分析模型

生命损失评价采用 Graham 模型公式<sup>[9]</sup> :

$$L_{OL} = P_{AR} f \tag{2}$$

式中  $f$  为 Graham 法提出的风险人口死亡率 ,与溃坝

表 4 溃坝洪水严重性分析和风险人口估算

| 河段/km       | 河段长度<br>$\Delta L/\text{km}$ | 最大水深<br>$D_{\max}/\text{m}$ | 最大水面宽度<br>$B_{\max}/\text{km}$ | 淹没面积<br>$A/\text{km}^2$ | 最大流速<br>$v_{\max}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ | 峰值流量<br>$Q_{\max}/(\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1})$ | $DV/$<br>$(\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})$ | $D_{\max}\times v_{\max}$<br>$(\text{m}^2\cdot\text{s}^{-1})$ | $S_D$ | $P_{AR}$<br>/人 |
|-------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------|----------------|
| 0.000~0.090 | 0.090                        | 14.78~8.27                  | 0.385~0.448                    | 0.033 3                 | 3.84~5.28                                       | 17 313                                            | 44.97~38.65                               | 56.76~43.67                                                   | 高     | 17             |
| 0.090~0.345 | 0.255                        | 8.27~8.09                   | 0.448~8.098                    | 1.089 6                 | 5.28~2.34                                       | 17 313~16 718                                     | 38.65~2.06                                | 43.67~18.93                                                   | 高     | 615            |
| 0.345~1.025 | 0.680                        | 8.09~7.23                   | 8.098~8.681                    | 5.704 9                 | 2.34~2.86                                       | 16 718~15 344                                     | 2.06~1.78                                 | 18.93~20.68                                                   | 中     | 2 944          |
| 1.025~2.160 | 1.135                        | 7.23~6.37                   | 8.681~8.379                    | 9.681 6                 | 2.86~1.91                                       | 15 344~12 826                                     | 1.78~1.53                                 | 20.68~12.17                                                   | 低     | 4 996          |
| 2.160~4.260 | 2.100                        | 6.37~5.61                   | 8.379~8.353                    | 17.568 6                | 1.91~1.59                                       | 12 826~8 021                                      | 1.53~0.96                                 | 12.17~8.92                                                    | 低     | 9 065          |
| 4.260~6.760 | 2.500                        | 5.61~3.77                   | 8.353~6.817                    | 18.962 5                | 1.59~0.88                                       | 8 021~4 698                                       | 0.96~0.69                                 | 8.92~3.32                                                     | 低     | 9 785          |
| 6.760~8.800 | 2.040                        | 3.77~2.77                   | 6.817~6.000                    | 13.073 3                | 0.88~0.86                                       | 4 698~628                                         | 0.69~0.11                                 | 3.32~2.38                                                     | 低     | 6 746          |
| 8.800~溧城镇   |                              | $\leq 2.77$                 | $> 6.000$                      | $> 10.000 0$            | $\leq 0.86$                                     | $< 628$                                           | $< 0.11$                                  | $\leq 2.38$                                                   | 低     | 94 251         |
| 合计          | 8.800                        |                             |                                | $> 76.113 8$            |                                                 |                                                   |                                           |                                                               |       | 128 419        |

洪水严重性、警报时间和风险人口对溃坝洪水严重性的理解程度有关,见表 5。

表 5 Graham 法提出的风险人口死亡率

| 溃坝洪水严重性<br>$S_D$ | 警报时间<br>$W_T/\text{h}$ | 对洪水严重性的理解程度<br>$U_D$ | 死亡率 $f$ |             |
|------------------|------------------------|----------------------|---------|-------------|
|                  |                        |                      | 建议采用值   | 变化范围        |
| 高                | $< 0.25$               | 模糊                   | 0.75    | 0.30~1.00   |
|                  | 0.25~1.0               | 模糊                   |         |             |
|                  | 0.25~1.0               | 明确                   |         |             |
|                  | $> 1.0$                | 模糊                   |         |             |
|                  | $> 1.0$                | 明确                   |         |             |
| 中                | $< 0.25$               | 模糊                   | 0.25    | 0.03~0.35   |
|                  | 0.25~1.0               | 模糊                   | 0.04    | 0.01~0.08   |
|                  | 0.25~1.0               | 明确                   | 0.02    | 0.005~0.04  |
|                  | $> 1.0$                | 模糊                   | 0.03    | 0.005~0.06  |
|                  | $> 1.0$                | 明确                   | 0.01    | 0.002~0.02  |
| 低                | $< 0.25$               | 模糊                   | 0.010 0 | 0.0~0.02    |
|                  | 0.25~1.0               | 模糊                   | 0.007 0 | 0.0~0.015   |
|                  | 0.25~1.0               | 明确                   | 0.002 0 | 0.0~0.004   |
|                  | $> 1.0$                | 模糊                   | 0.000 3 | 0.0~0.000 6 |
|                  | $> 1.0$                | 明确                   | 0.000 2 | 0.0~0.000 4 |

注:表中空白区域表示无对应的数据,如遇此种情况可根据相应情况选择合适的死亡率。

警报时间  $W_T$  是指溃坝警报发布至下游群众后到群众撤退之间的时间。

风险人口对溃坝洪水严重性的理解程度  $U_D$  是指在警报发布时,风险人口对溃坝洪水严重性是否有明确的理解和反应,对应采取的逃生必要性、措施、路径是否了解。

4.2 生命损失估算结果及其评价

本文仅采用 Graham 法估算了不同警报时间下

表 6 不同警报时间的生命损失估算结果

| 河段/km       | $S_D$ | $P_{AR}/\text{人}$ | $W_T=0\text{ h}$ |       |                   | $W_T=0.25\text{ h}$ |         |                   | $W_T=0.50\text{ h}$ |         |                   | $W_T=1.0\text{ h}$ |         |                   | $W_T=2.0\text{ h}$ |         |                   | $W_T=5.0\text{ h}$ |         |                   |
|-------------|-------|-------------------|------------------|-------|-------------------|---------------------|---------|-------------------|---------------------|---------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|--------------------|---------|-------------------|
|             |       |                   | $U_D$            | $f$   | $L_{OL}/\text{人}$ | $U_D$               | $f$     | $L_{OL}/\text{人}$ | $U_D$               | $f$     | $L_{OL}/\text{人}$ | $U_D$              | $f$     | $L_{OL}/\text{人}$ | $U_D$              | $f$     | $L_{OL}/\text{人}$ | $U_D$              | $f$     | $L_{OL}/\text{人}$ |
| 0.000~0.345 | 高     | 632               | 模糊               | 0.300 | 190               | 明确                  | 0.100 0 | 63                | 明确                  | 0.005 0 | 3                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 |
| 0.345~1.025 | 中     | 2 944             | 模糊               | 0.200 | 589               | 明确                  | 0.020 0 | 59                | 明确                  | 0.005 0 | 15                | 明确                 | 0.005 0 | 15                | 明确                 | 0.000 1 | 1                 | 明确                 | 0.000 1 | 0                 |
| 1.025~2.160 | 低     | 4 996             | 模糊               | 0.020 | 100               | 明确                  | 0.002 0 | 10                | 明确                  | 0.002 0 | 10                | 明确                 | 0.001 0 | 5                 | 明确                 | 0.000 1 | 1                 | 明确                 | 0.000 1 | 0                 |
| 2.160~4.260 | 低     | 9 065             | 模糊               | 0.010 | 91                | 模糊                  | 0.007 0 | 63                | 明确                  | 0.002 0 | 18                | 明确                 | 0.000 5 | 5                 | 明确                 | 0.000 0 | 1                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 |
| 4.260~6.760 | 低     | 9 785             | 模糊               | 0.005 | 49                | 模糊                  | 0.005 0 | 49                | 明确                  | 0.001 0 | 10                | 明确                 | 0.000 5 | 5                 | 明确                 | 0.000 0 | 1                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 |
| 6.760~8.800 | 低     | 6 746             | 模糊               | 0.005 | 34                | 模糊                  | 0.003 0 | 20                | 明确                  | 0.001 0 | 7                 | 明确                 | 0.000 2 | 1                 | 明确                 | 0.000 0 | 1                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 |
| 8.800~溧城镇   | 低     | 94 251            | 模糊               | 0.001 | 94                | 模糊                  | 0.000 5 | 47                | 模糊                  | 0.000 3 | 28                | 明确                 | 0.000 1 | 9                 | 明确                 | 0.000 0 | 1                 | 明确                 | 0.000 0 | 0                 |
| 合计          |       | 128 419           |                  |       | 1 147             |                     |         | 311               |                     |         | 91                |                    |         | 40                |                    |         | 6                 |                    |         | 0                 |

( $W_T=0\text{ h}$ 、 $0.25\text{ h}$ 、 $0.5\text{ h}$ 、 $1.0\text{ h}$ 、 $2.0\text{ h}$ 、 $5.0\text{ h}$ )的生命损失  $L_{OL}$ ,计算结果见表 6。从表 6 可以看出,溃坝洪水严重性相对固定,群众对溃坝事件和洪水严重性的理解程度在短时间内难以改善,风险人口固定不变,变化最大的是警报时间。如果警报时间为零,则将会有 1 147 人死亡。生命损失随着警报时间的增加而迅速减少,如图 6 所示。

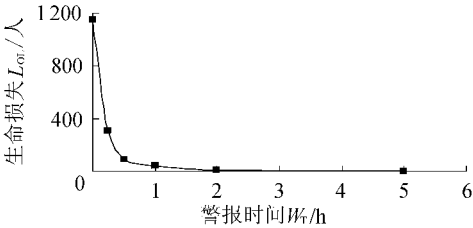


图 6 生命损失与警报时间关系曲线

上述分析的前提是水库必须具有较为完备的、操作性较强的应急预案,一旦警报发出,应急指挥机构就可以立即启动应急预案,并有序地组织群众有效撤退,否则生命损失将会增加。

因此,为了避免或减少生命损失,警报时间是非常重要的关键因素。水库是否具有预测、预警、预报能力,是能否争取到 2 h 有效撤离时间的关键。争取到撤离时间后,这段时间能否有效利用,公众能否在溃坝洪水到达前完成撤离,水库应对突发事件应急预案的预见性、针对性和可操作性成为关键。这些非工程措施将会起到重要的作用。建议沙河水库

(下转第 65 页)

[ 6 ] SMITH T ,ETTEMA R. Flowresistance in ice covered alluvial channel[ J ]. Journal of Hydraulic Engineering ,1997 ,123( 7 ) : 15-17.

[ 7 ] 姚昆中 ,程原生. 黄河小北干流河津段冰凌灾害及抢险措施[ J ]. 山西水利 ,2000( 1 ) :24-25.

[ 8 ] 罗德传. 电测深法在工程设计中的应用[ J ]. 物探与化探 ,1985 ,19( 4 ) :307-311.

[ 9 ] 蔡琳 ,卢杜田. 水库防凌调度数学模型的研制与开发[ J ]. 水利学报 ,2000( 6 ) :67-71.

[ 10 ] 陈守煜 ,冀鸿兰. 冰凌预报模糊优选神经网络 BP 方法[ J ]. 水利学报 ,2004( 6 ) :1-7.

[ 11 ] LI Jun-heng ,MICHEL A N ,POROD W. Analysis and synthesis of a class of neural networks : linear systems operating on a closed hypercube[ J ]. IEEE Trans ,1989( 11 ) :1405-1422.

[ 12 ] 顾明林 ,王静. 黄河内蒙古河段冰凌研究与冰凌预报数据库系统的设计[ J ]. 甘肃农业大学学报 ,1999 ,34( 3 ) : 287-290.

[ 13 ] 茅泽育 ,吴剑疆 ,余云童. 河冰生消演变及其运动规律的研究进展[ J ]. 水力发电学报 ,2000( 1 ) :153-161.

( 收稿日期 2007-01-12 编辑 方宇彤 )

( 上接第 49 页 ) 在以下方面加强应对能力的建设<sup>[ 10 ]</sup> :

- ① 针对应急预案的预见性、针对性和可操作性 ,完善水库防汛应急预案。一旦发生险情 ,能够立即组织下游公众撤离至安全区。
- ② 完善大坝安全监测和分析系统 ,争取 2h 以上的溃坝预警能力。
- ③ 加强对下游公众的安全宣传教育和组织联络工作 ,防患于未然。
- ④ 进一步提高及时组织居民疏散撤离的能力。

### 5 结 语

沙河水库东副坝溃坝生命损失是在分析溃坝洪水的基础上 ,考虑了溃坝洪水严重性程度、风险人口、警报时间和风险人口对溃坝洪水严重性的理解程度 4 个方面 ,采用 Graham 法估算的 ,可为水库防洪决策提供支撑。虽然生命损失各个参数和计算结果有不确定性成分 ,但是这种计算分析方法已经在国外使用多年 ,有较多的使用经验。随着我国对突发事件生命损失的重视和深入研究 ,参数的不确定性问题将会逐步得到解决。

### 参考文献 :

[ 1 ] 黄玲 ,谈祥. 江苏省溧阳市沙河水库大坝安全评价报告[ R ]. 上海 :上海勘测设计研究院 ,2006.

[ 2 ] 齐宏宇 ,蔡纬良. 江苏省溧阳市沙河、大溪水库大坝安全鉴定地质专题报告[ R ]. 上海 :上海勘测设计研究院 ,2006.

[ 3 ] 李侠 ,霍玉仁. 江苏省溧阳市沙河水库大坝现场安全检查报告[ R ]. 上海 :上海勘测设计研究院 ,2006.

[ 4 ] 谢世勋 ,周锦文 ,郑浩杰. 沙河水库工程水文手册( 1958 ~ 1988 ) [ R ]. 溧阳 :溧阳县沙河水库管理处 ,1989.

[ 5 ] 江苏省溧阳市沙河水库管理处. 溧阳市沙河水库 2006 年控制运用计划[ R ]. 溧阳 :江苏省溧阳市沙河水库管理处 ,2006.

[ 6 ] 李雷 ,盛金保 ,彭雪辉 ,等. 江苏省沙河水库东副坝风险分析研究报告[ R ]. 南京 :南京水利科学研究院 ,2007.

[ 7 ] FREAD D L. An erosion model for earthen dam failures[ M ]. Maryland : National Weather Service ,1991.

[ 8 ] FREAD D L ,LEWIS J M. NWS FLDWAV model[ M ]. Maryland : National Weather Service ,1998.

[ 9 ] 李雷 ,周克发. 大坝溃决导致生命损失估算方法研究现状[ J ]. 水利水电科技进展 ,2006 ,26( 2 ) :76-80.

[ 10 ] 周克发. 溃坝生命损失分析方法研究[ D ]. 南京 :南京水利科学研究院 ,2006.

( 收稿日期 2007-02-27 编辑 方宇彤 )

( 上接第 45 页 ) 胶凝面板堆石坝优化后的坝体和面板的应力、位移均不大 ,且有较好的分布规律。

综合应力、变形、稳定的计算结果看 ,优化方案是安全可靠的 ,且有一定的安全储备。

### 4 结 论

- a. 采用非线性数学规划法对胶凝面板堆石坝进行断面优化设计是可行有效的。
- b. 胶凝面板堆石坝优化方案经济合理、安全可靠。比较优化前后大坝的堆石方量与造价 ,相对于普通面板堆石坝 ,胶凝面板堆石坝优化后的坝坡可以更陡、节省的堆石方量多、造价低。从应力与变形、应力水平、稳定分析结果看 ,优化后的胶凝面板堆石坝均能满足要求 ,是安全可靠的。

### 参考文献 :

[ 1 ] 陆述远 ,唐新军. 一种新坝型——面板胶结堆石坝简介[ J ]. 长江科学院院报 ,1998 ,15( 2 ) :54-56.

[ 2 ] LONDE P. Hardfill dam ,the faced symmetrical fardfill dam :a new concept for R. C. C.[ J ]. International Water Power & Dam Construction ,1990( 2 ) :19-24.

[ 3 ] 李永新 ,何蕴龙 ,乐治济. 胶结砂砾石坝应力与稳定有限元分析[ J ]. 中国农村水利水电 ,2000( 7 ) :35-38.

[ 4 ] 蔡新 ,郭兴文 ,张旭明. 工程结构优化设计[ M ]. 北京 :中国水利水电出版社 ,2003 :87-95.

[ 5 ] 李志强 ,侯永峰 ,吕鹏. 茅坪溪土石坝沥青混凝土心墙的材料力学特性[ J ]. 岩土工程界 ,2003 ,6( 1 ) :73-74.

[ 6 ] 唐新军 ,陆述远. 胶结堆石料的力学性能初探[ J ]. 武汉水利电力大学学报 ,1997 ,30( 6 ) :15-18.

[ 7 ] 陆希. 公伯峡水电站面板堆石坝应力应变计算[ J ]. 西北水电 ,2000( 1 ) :34-38.

( 收稿日期 2006-12-14 编辑 方宇彤 )

