

# 阳新长江干堤险工险段工程地质分析与评价

黄 扬 一 彭 良 余 罗 仁 群

(长江水利委员会 第九工程勘测院, 湖南 岳阳 414000)

**摘要:**阳新长江干堤属长江中下游Ⅱ级堤防,位于长江南岸的黄石市阳新县境内,阳新长江干堤的险工险段主要有4段渗透破坏、2段崩岸。堤身填筑土密实程度不一,抗渗能力差的堤身就会产生散浸等险情。堤基透土层埋深较小时渗透破坏发生点离堤较近,反之较远。计算表明堤基管涌危险距离最大不过131 m,故应重点处理距堤150 m以内的渗透破坏险情。崩岸受河流侧蚀与浪蚀作用共同影响,且有向上游发展之势。

**关 键 词:**堤防工程;工程地质评价;险情分析;长江干堤;阳新

**中图分类号:**TV871.2 **文献标识码:**A

阳新长江干堤属长江中下游Ⅱ级堤防,位于长江南岸的黄石市阳新县境内,上起韦源口镇四顾闸、下止富池镇封河坝,由海口江堤和富池江堤组成,其中海口江堤又划分为四顾堤、海口堤和菖湖堤3段。根据历次险情资料记载,险工险段主要有海口堤月亮湾、棋盘洲、五里荒、菖湖堤下堡等堤段背水侧(堤内)渗透破坏和海口堤肖家渡、菖湖堤下堡等堤段临水侧(堤外)滩边崩岸。

## 1 险情概述

月亮湾堤段(桩号K27+400~K27+300)内平台长40 m、宽7 m范围内有30多处翻砂鼓水和直径 $\varnothing 20$  cm管涌点,在K27+100~K25+800段为严重或集中散浸区段。

棋盘洲堤段在K23+250处距堤内脚200 m有3个直径 $\varnothing 15$  cm左右管涌点,K23+000处距堤内脚230 m有面积约160 m<sup>2</sup>翻砂管涌点,K22+750~K22+700段距堤内脚180 m有面积约600 m<sup>2</sup>共6个翻砂管涌点,K22+500处堤内有1983年老管涌点及直径 $\varnothing 20$  cm、 $\varnothing 30$  cm的新管涌点,K23+400~K22+600段为集中或严重散浸区段。

五里荒堤段在K21+600处距堤内脚150 m出现直径 $\varnothing 20$  cm管涌,在K20+900~K20+500处距堤内脚60 m出现60多个直径 $\varnothing 4\sim 6$  cm管涌群,在K20+350处距堤内脚200 m水田出现浑水管涌、排水沟发生2个直径 $\varnothing 10$  cm管涌,K21+200~K21+000、K20+900~K19+600为集中或严重散浸区段。

下堡堤段在K3+500~K3+300处距堤内脚50~70 m同时发生直径 $\varnothing 10\sim 20$  cm管涌,K2+830处内堤脚发生直径 $\varnothing 30$  cm管涌,K2+730处内堤脚发生直径 $\varnothing 15$  cm管涌,K2+800~K2+300处内平台出现长500 m、宽3 m的翻砂管涌群,K4+000~K2+200为严重散浸区段。

肖家渡堤段K25+050~K22+850、下堡堤段K4+100~K2+350等处主要为临水侧滩边崩岸。前者外滩宽度100~280 m,年崩率5 m左右,崩岸高程10~20 m;后者外滩宽度40~70 m,

崩岸高程8~21 m,K3+700处上游300 m范围内崩岸,距堤外脚最窄处仅9 m。

目前,月亮湾堤段在K27+600~K27+200区段堤内100 m、棋盘洲堤段在K23+124下游堤内220 m以远、K22+600上游堤内180 m、五里荒K20+353附近堤内242 m已实施减压井(沟)。肖家渡堤段K24+300~K24+000、下堡堤段K3+700~K3+400、K3+400~K3+200、K2+480~K2+400岸边已实施干砌块石护坡。

## 2 堤身状况

上述各堤段正在加高培宽,大堤堤顶宽度一般9~14 m,堤内、外坡坡比一般为1:3,堤身高度(堤身填土厚度)一般4~10 m。据堤顶钻孔揭露,堤身主要由粉质壤土及粉质粘土组成,并夹有砂壤土、粉细砂团块。表层铺盖厚30~50 cm碎石混合土,碎石成分有灰色灰岩、黄灰色砂页岩,粒径1~10 cm。局部地段堤身上部夹碎石土。

堤身填筑土多为不同时期就近取土,物质组成不均一,成分较复杂,且局部堤段存在有粉细砂、砂壤土。加之填筑质量等因素,密实程度不一,以致堤身抗渗能力差异性较大。若汛期高水位持续时间较长,抗渗能力差的堤身就会产生散浸等险情。

## 3 管涌险段堤基组成

月亮湾堤段典型地质横剖面如图1所示,堤基组成从上往下,表层厚2~3 m为粘土、粉质粘土,大堤下较薄;第2层厚1~2 m为砂壤土及粉细砂,分别向堤内外两侧变薄;第3层厚4~8 m为粉质壤土,向堤内变薄;下部为粉细砂夹粉质壤土层,埋深6~11 m,从堤外向堤内变浅。

棋盘洲堤段典型地质横剖面如图2所示,堤基上部厚10~14 m为粉质粘土、粉质壤土,盖层厚,堤内离堤较远处变薄;下部为砂壤土、粉细砂,局部夹粉质壤土。

五里荒堤段典型地质横剖面如图3所示,堤基上部为粉质

收稿日期:2001-09-28

作者简介:黄扬一,男,长江水利委员会综合勘测局第九工程勘测院总工程师,高级工程师。

粘土,厚一般 3~5 m,盖层较薄;下部为深厚砂壤土、粉细砂等透水层,埋深较小。

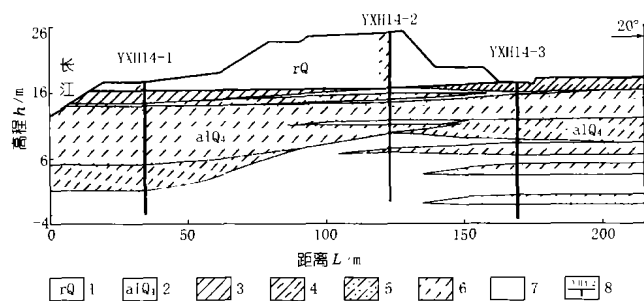


图 1 K27+075 地质横剖面示意

1. 堤身土 2. 冲积物 3. 粘土 4. 粉质粘土 5. 粉质壤土  
6. 砂壤土 7. 粉细砂 8. 钻孔及编号

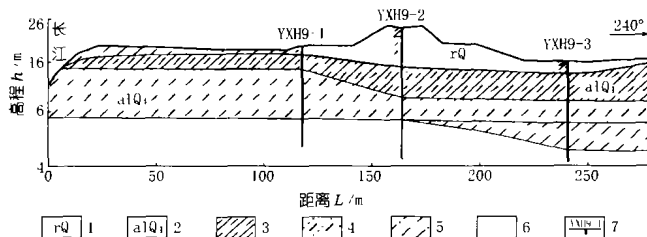


图 2 K22+436 地质横剖面示意

1. 堤身土 2. 冲积物 3. 粉质粘土 4. 粉质壤土 5. 砂壤土  
6. 粉细砂 7. 钻孔及编号

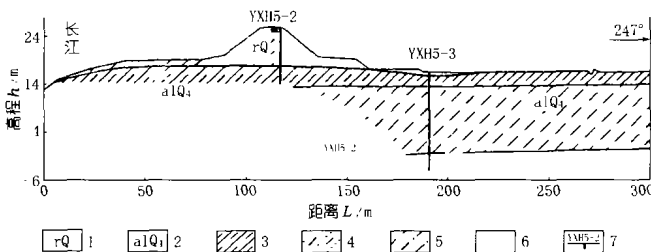


图 3 K20+392 地质横剖面示意

1. 堤身土 2. 冲积物 3. 粉质粘土 4. 粉质壤土 5. 砂壤土  
6. 粉细砂 7. 钻孔及编号

下堡堤段典型地质横剖面如图 4 所示,堤基上部厚 4~6 m 以砂壤土、粉细砂为主;中部厚 6~8 m 为粉质粘土、粉质壤土,埋深 4~6 m;下部厚 10 m 左右为砂壤土及粉细砂,埋深 6~10 m,向堤内变浅,且堤内下部见基岩。

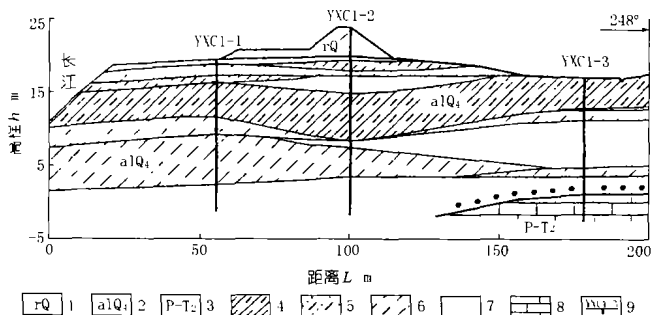


图 4 K2+500 地质横剖面示意

1. 堤身土 2. 冲积物 3. 二迭系—三迭系中统 4. 粉质粘土  
5. 粉质壤土 6. 砂壤土 7. 粉细砂 8. 灰岩 9. 钻孔及编号

可见,月亮湾与下堡堤基既有浅层透水层也有深层透水层,

其区别在于前者浅层透水层很薄且有较小埋深,后者浅层透水层较厚且堤内直接出露地表。棋盘洲与五里荒堤基下部均为深厚透水层,其区别在于上覆盖层厚度不同,前者厚而后者较薄。

#### 4 管涌危险程度判别

从理论上讲,只要大堤临水侧和背水侧存在水头差,就有渗流产生。由前述堤基组成可知,随着汛期水位的升高,临水侧地表水头高于背水侧地下水位时,江水通过深层或浅层砂壤土、粉细砂等透水层向堤内渗流,堤基和堤身内的渗透比降逐渐增大,当大于临界比降时,背水侧土体将产生渗透破坏。同时,堤防的内在隐患会加速渗透破坏的发生和发展。渗透破坏首先在堤内薄弱地带出现,如坑塘洼地或表土层较薄的位置。对近似均质的透水堤基,渗透破坏首先发生在堤内脚附近。

堤基的渗透破坏主要表现为管涌。月亮湾与下堡堤段主要因浅层透水层所致,管涌发生点离堤不远。棋盘洲堤段盖层厚,距堤内脚 150 m 范围内的民井未出险,管涌点离堤很远;五里荒堤段盖层较薄,管涌点离堤有远有近,取决于盖层的完整情况。

一般而言,若管涌点的位置距堤很远,则随着管涌流量的增加,渗流出口处的比降将逐渐降低,管涌流量达到一定程度后,渗透破坏将不再发展,从而达到新的平衡状态<sup>[1]</sup>。因此管涌位置的危险范围可以根据堤基透水层的允许比降近似确定。堤基砂层的允许比降,重要堤防取 0.05,一般堤防取 0.1。

假设阳新长江干堤险工险段堤基透水层的允许比降  $J_0$  取 0.05,不考虑临水侧防渗铺盖的作用,对没有垂直防渗的情况,管涌位置的危险范围可由下式近似确定:

$$L = h/J_0$$

式中  $L$  为管涌点至堤外脚的距离; $h$  为汛期江河水位与管涌点地面水位之差,一般计算中可以假设  $h$  等于堤高  $H$ 。若堤顶宽度均以 9 m 计,堤内、外坡坡比为 1:3,则当堤身高度分别为 4~10 m 时,管涌点至堤内脚的距离  $S$  (即  $L$  减去堤底宽度) 见表 1。为便于对照,表 1 还同时列出了管涌点至堤外脚的距离  $L$ 。

表 1 海口堤段管涌危险范围

堤身高度 $H$	管涌点 至堤外脚 距离 $L$	管涌点 至堤内脚 距离 $S$	堤身高度 $H$	管涌点 至堤外脚 距离 $L$	管涌点 至堤内脚 距离 $S$
4	80	47	8	160	103
5	100	61	9	180	117
6	120	75	10	200	131
7	140	89			

这就是说,对一定堤高而言,管涌点如果落在表 1 所列数值范围之内则是危险的,如果再远些则对大堤安全的威胁程度将显著降低。

计算表明,堤高即使 10 m,危险距离也只有 131 m。考虑实际与理论计算中不确定因素影响,管涌危险距离应大于 131 m。而实际管涌距离,棋盘洲、五里荒大多大于 150 m,月亮湾、下堡大多小于 100 m。因此,对于距堤 150 m 以远的管涌,由于海口堤内至多几千米就是低山、丘冈,大可不必象以前那么紧张和惊慌,而应区别对待,重点是处理距堤 150 m 以内的管涌等渗透破坏险情。由此可见,已建减压井除月亮湾堤段外,离堤均大于 150 m,那里渗透比降已经很小,其减压效果不明显。这说明了

(下转第 22 页)

表 6 材料参数指标

材料名称	弹模/MPa	泊松比	容重/(kN·m <sup>-3</sup> )
砌 体	15 × 10 <sup>9</sup>	0.22	23.5
混凝土	29 × 10 <sup>9</sup>	0.167	24
岩 石	10 × 10 <sup>9</sup>	0.25	26.9

### 3.1.4 计算模型

计算中,取地基深度和坝基向上、下游延伸的长度为 1.5 倍的坝高。侧边约束条件为  $u = 0, v$  自由;底边的约束条件为  $u = v = 0$ 。

计算模型还考虑 3 种不同材料的弹性模量,即砌体、上游混凝土防渗面板、地基岩石。

### 3.2 计算结果

为了便于同材料力学法进行比较,这里仅给出在偶然状态(校核洪水位)下左岸挡水坝段和河床溢流坝段基面上的铅直正应力和主应力,结果见表 7。

从表 7 中的结果可以看出,正应力和主应力均满足设计要求。且上游拉应力区宽度均小于 0.07 倍坝基面宽度。

## 4 结 语

通过上述稳定、应力和可靠度分析,说明西峡县石门水利枢纽中的大坝是安全可靠的,剖面拟定是合理的。从理论上分析,《新规范》采用分项系数极限状态设计法,是根据概率原理的结构可靠度理论,将结构的安全性和适应性进行定量分析,并给出能反映变异性来源的分项系数,使每种因素的影响在不同的工程结构上统一考虑,取划一的分项系数,也与国际结构工程设计标准相衔接。同时,克服了《老规范》只能对结构的安全性进行

表 7 有限元法计算坝基面应力(偶然状态)

坝 段	X/m (以下游为原点)	铅直正应力 /MPa	主应力 /MPa
挡水坝段	44.6	0.21	-0.33
	33.6	0.66	0.04
	22.8	0.69	0.12
	18.5	0.69	0.14
	7.6	0.67	0.20
	0.0	0.80	0.34
溢流坝段	54.1	0.25	-0.37
	42.2	0.73	0.06
	30.2	0.74	0.16
	24.2	0.73	0.18
	12.2	0.68	0.31
	0.0	0.89	0.48

注:表中应力“-”表示拉,“+”表示压。应力计算时设计入扬压力。  
定性分析、不同建筑物之间不可比、同一结构的不同破坏状况也不可比的缺陷。从计算结果上看,《新规范》和《老规范》之间有一定差异,但并不大。有限元计算结果在坝踵出现拉应力,是坝踵应力集中导致有限元计算不准,其拉应力区宽度小于规范规定的 0.07 倍坝基面宽度,与新老规范计算结果比较吻合。

### 参考文献:

- [1] GB50199-94 水利水电工程结构可靠度设计统一标准。
- [2] DL5073-1997 水工建筑物荷载设计规范。
- [3] DL5108-1999 混凝土重力坝设计规范。
- [4] SDJ21-1978 混凝土重力坝设计规范。
- [5] 李清富等.工程结构可靠性原理.郑州:黄河水利出版社,1999。

(编辑:赵树湘)

(上接第 12 页)

背水侧减压井的布置不宜离堤太远。

## 5 崩岸险段岸坡特征

肖家渡、下堡两处崩岸,岸线较为平直,外滩高程 19 m 左右,外滩宽度前者 100~280 m,后者 40~70 m,岸坡坡度前者较缓、后者较陡。岸坡组成均具二元结构。肖家渡岸坡中上部厚 20 m 左右以粉质壤土为主,上部夹砂壤土,中部夹粉细砂;下部为粉细砂,埋深很大。下堡岸坡上部厚 8 m 左右为粉质壤土夹砂壤土;中下部为砂壤土、粉细砂,埋深 8~10 m,中部砂壤土厚 10 m,向岸内变薄。

肖家渡崩岸地处伟源洲下游附近,自 20 世纪 80 年代以来,伟源洲尾右摆下移,左汊主泓右移,汇流点上提,水流直接顶冲长江右岸。下堡崩岸地处弯道出口缩窄地带,近 20 a 来,该断面呈冲刷状态,上段深槽右移,河床刷深。因此,以上两处河流的侧蚀作用加强,岸坡下部砂性土不断被冲刷淘空,中上部在水流和重力共同作用下不断崩塌,形成掉坎,岸坡后退。

两崩岸段岸坡组成有利于浪蚀作用向岸内发展。在某水位附近,浪蚀作用不断向岸内淘空土层,特别是中上部粉质壤土所

夹砂性土层或粉细砂薄夹层更容易被淘空,形成内凹水平槽,水位以上岸坡在重力作用下崩塌掉坎。水位的经常涨落变动,造成崩岸不断发生,也使岸坡不断后退。

肖家渡 K23+400 上游岸坡高程 0 m 以上坡角 22°~28°,向河床方向坡角由 8°左右逐渐变得平缓;下游岸坡高程 0 m 以上坡角 15°~17°,向河床方向坡角由 5°~7°逐渐变得平缓。下堡 K3+400 上游岸坡高程 -12 m 以上坡角 18°~30°,向河床方向坡角变得平缓;下游岸坡高程 5 m 以上坡角 17°左右,向河床方向坡角 6°~0°。两崩岸段水下地形上游较低、下游反而高些,从上游往下游地势逐渐增高、岸坡逐渐变缓,这说明崩岸尚处于发展时期,且有向上游发展之势。

上述两处岸坡,崩岸现象严重,下堡距堤脚最窄处仅 9 m,严重威胁着大堤的安全。

### 参考文献:

- [1] 董哲仁主编.堤防除险加固实用技术.北京:中国水利水电出版社,1998。

(编辑:赵凤超)