

# 某挡潮闸绕渗破坏应急处置及隐患探测

宋慈勇<sup>1</sup>, 宋智通<sup>2</sup>

(1. 中国水利水电第十三工程局有限公司, 天津 300384; 2. 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

**摘要:**某挡潮闸工程始建于2015年4月,2016年6月通水试运行,在试运行过程中发现左侧侧向渗漏险情,并伴随上、下游左侧翼墙墙后填土塌陷,上游左侧二级翼墙外10 m左右水面处有旋涡现象,下游紧靠消力池外海漫中部抬高,冒水呈水柱状。经抢险应急处理后,险情得到初步控制,并经地质雷达检测得到验证,表明应急抢险措施有效,防护有力,有效防止了险情进一步发展;地质雷达隐患探测为工程全面除险加固提供了技术支撑,对于确保工程安全运行具有重要意义。

**关键词:**挡潮闸; 渗漏险情; 隐患探测; 地质雷达

**中图分类号:**TV66 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2017)04-0302-06

## 1 工程概况

某闸位于江苏省如东县,设计排涝流量  $Q = 538 \text{ m}^3/\text{s}$ ,工程等别为 III 等,为中型水闸,主要建筑物级别为 2 级。结构纵剖面见图 1。该闸共 5 孔,每孔净宽 10.00 m,总净宽 50.00 m。闸室采用钢筋混凝土坞式结构,底板共分为三块,中孔底板独立,两侧边孔连为一体。闸室底板顶高程 -2.00 m(国家 85 高程系,下同),厚 1.50 m,顺水流方向长 20.00 m,垂直于水流方向总长 59.05 m。底板四周设 0.80 m 深、1.50 m 宽齿坎,上设 0.30 × 0.25 m 凹槽,与防渗墙连接。闸室底板分为三块,宽度分别为 23.50 m, 12.00 m, 23.50 m,各板块间设 2.5 cm 宽分缝。水闸中墩厚 1.30 m,边墩厚 1.20 m,缝墩厚 1.00 m。闸墩上游侧顶高程 4.40 m,下游侧顶高程 9.00 m。边墩与岸墙、缝墩与缝墩间设 2.5 cm 宽分缝,缝间设水平、垂直止水及嵌缝材料,其中边墩与岸墙间左右岸分别设置垂直止水,缝墩与缝墩间设垂直止水,底板与上、下游消力池之间分别设置水平止水。中墩、缝墩头部形状为半圆形,墩体上设工作门槽和检修门槽。水闸中墩厚 1.30 m,边墩厚 1.20 m,缝墩厚 1.00 m。闸墩上游侧顶高程 4.40 m,下游侧顶高程 9.00 m。

挡潮闸工程位于黄海漫滩区~潮间带,地貌类型属苏北滨海平原区海滩,地貌单一,地势向海域微倾。成陆时间较晚,主要覆盖第四纪松散沉积物,以粉土、粉砂及粉质黏土为主,地质条件较差。勘探深度 45.50 m 以

浅地基土体,根据其物理力学性质、岩性、成因等差异,可划分为 3 个工程地质层 9 个亚层。地基土上部主要由粉土、粉砂、淤泥质土等组成,其中 2~4 层为闸室底板所在土层,淤泥质土具一定厚度,物理力学性质较差,孔隙比大,呈流塑状,具高压缩性,低强度,低透水性和中高灵敏度等软土特征,易产生沉降变形及发生流土等渗透破坏,允许渗透坡降见表 1。挡潮闸工程防渗布置采用水平防渗与垂直防渗相结合,闸底板及闸上、下游消力池靠近闸底板的一部分构成水平防渗体系,闸室底板下采用高压旋喷桩成墙围封,兼做防渗墙,闸室底板基础采用桩径  $\Phi 700 + \Phi 220$  (mm) 劲性复合桩,外芯高程范围为 -3.80 ~ -12.30 m,内芯长为 8.00 m,桩数为 430 根;上游一级翼墙、下游一、二级翼墙设高压旋喷桩防渗墙,高压旋喷桩桩径 0.60 m,墙底高程 -24.30 m。闸室及岸、翼墙采用 400 × 400 预制方桩进行地基处理,有效桩长 16.00 m。

表 1 闸基础渗透破坏形式及允许水力比降

层号	名称	孔隙比 $e$	比重 $G_s$ $/(10^3 \text{ kg/m}^3)$	水力比降	
				临界 $J_{CR}$	允许 $J_{允许}$
1	粉土	0.920	2.69	0.88	0.44
2~3	粉砂	0.802	2.68	0.93	0.46
2~4	淤泥质粉质黏土	1.153	2.72	0.80	0.40
2	粉土	0.968	2.70	0.86	0.43
2~5	粉砂	0.849	2.69	0.91	0.46

注:闸基础渗透破坏形式均为流土型。

收稿日期:2017-03-23

作者简介:宋慈勇(1972-),男,大学本科,高级工程师。

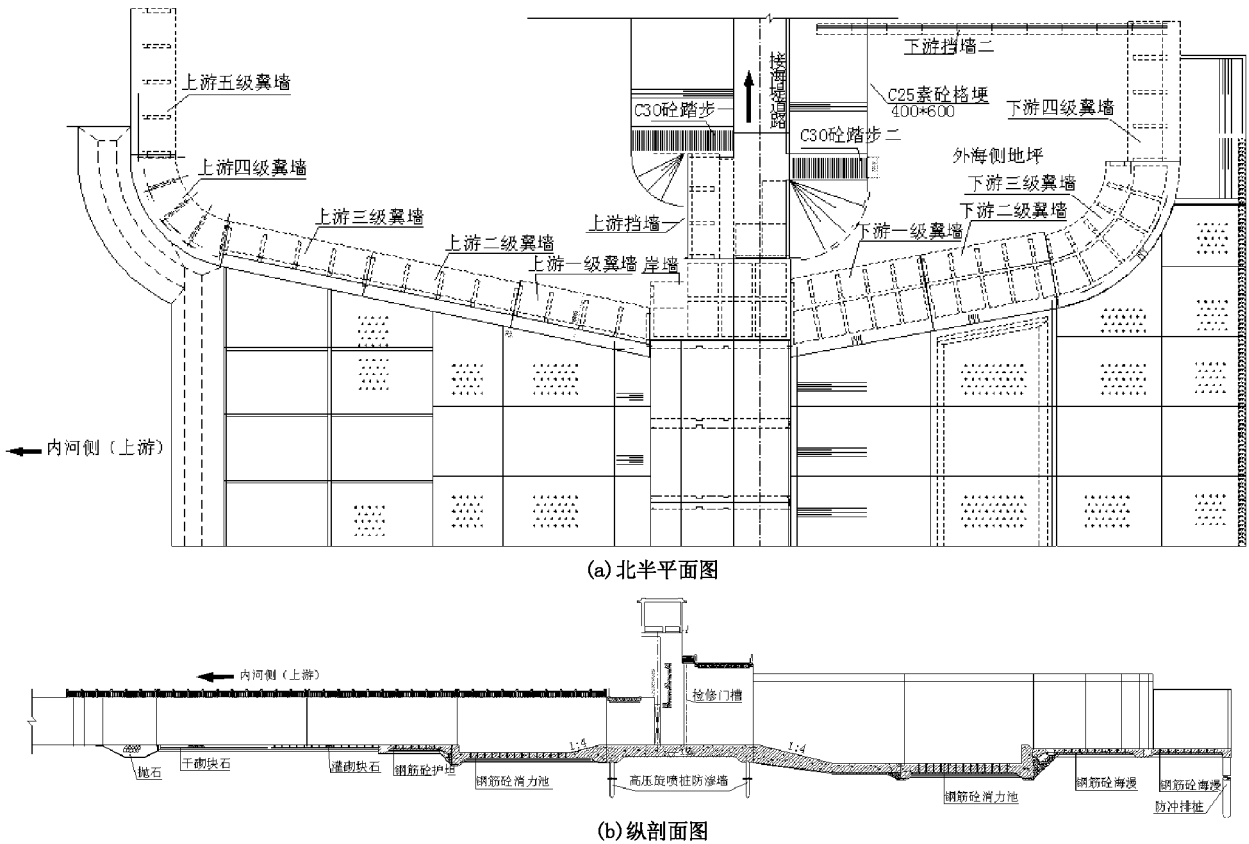


图 1 水闸平面图和纵剖面图

## 2 工程出险情况及应急处置

挡潮闸上游河道通过完工验收后,6月2日即开始开闸排涝,6月22日降雨量151.0 mm,上游内河水位达3.01 m,为迅速排出涝水,该水闸工程通过联合调度,连续开闸38潮次以缓解了汛情。此后又经历了7月2日(连续4天降雨量211.5 mm,内河水位3.10 m)、9月16(连续2天降雨量281.5mm,内河水位3.18 m)日、9月29日(连续2天降雨量96.5 mm,内河水位2.82 m)、10月8日(降雨量76.5 mm,内河水位2.92 m)、10月21日(连续3天降雨量162.0 mm,内河水位2.96 m)等多次大雨或强降雨的袭击。截止12月15日工程共开闸114潮次,排水量41302万m<sup>3</sup>,经济和社会效益显著。2016年8月24日,管理人员发现在枯潮位时下游左侧二级翼墙处海漫冒水,随后水闸下游二级翼墙处在枯潮位时断断续续出现冒水,12月3日,挡潮闸出现了左侧侧向渗漏,上、下游翼墙内填土塌陷(见图2);上游左侧二级翼墙外10 m左右水面处有旋涡现象(见图3),下游紧靠消力池外海漫中部抬高,冒水呈水

柱状,并在下游左岸翼墙前沿护坦伸缩缝出现渗漏、左岸下游护坦出现局部顶托隆起、上游左岸翼墙前干砌块石护坦部位发现进水旋涡、左岸上游一级翼墙和下游一二级翼墙后的回填土体发现下沉裂缝和局部塌坑。经筑围堰排水后发现,上游左岸护底出现塌陷,尺寸约18.70×11.70 m,面积约218 m<sup>2</sup>,最大深度1.17 m,如图4;下游海漫由于渗漏大面积被破坏,出现下沉与隆起,下沉量最大为37.8 cm,隆起最大为59.0 cm,如图5所示。

险情发生后,业主、施工单位、监理单位和设计单位联合首先成立应急抢险指挥部,邀请省内水利专家会商险情,共同研究方案和对策,判定为绕渗破坏<sup>[1-3]</sup>,并现场修改抢险初步方案<sup>[4,5]</sup>;业主部门通过联合调度并发挥上游水闸作用,打开该挡潮闸使上下游水位随着海水涨落,尽量保持上下游水位相对平衡,尽可能降低水位差,防止渗透破坏进一步发展;同时对现场在发生土体下沉的墙后进行卸载减压,同时在上下游左右岸翼墙后施工降水管井为后续修复创造条件。

为截断渗透破坏形成的水流通路,在左岸上游一级翼墙后组合防渗墙,截渗墙采用高压旋喷桩结合拉森钢

板桩施工,桩底高程为-9.30 m,桩顶高程为2.70 m。先完成5根钢板桩作为高压旋喷及钢板桩接头,确保高压旋喷桩与钢板桩结合牢固;再依次施工高压旋喷及拉森钢板桩,其中拉森钢板从翼墙根部往外延伸16 m(见图6和图7);在上游1#翼墙及下游北1#、2#、3#翼墙底板上钻探测孔,探明底板下的通道情况,在上、下游一级

翼墙底板下、原防渗结构后进行灌浆及高喷引孔钻孔,封堵水平渗透通道;并迅速组织施工上下游围堰,按照控制条件逐步排干围堰内水位,邀请第三方检测机构进行现场检测和评估,进一步探查渗漏通道,评估形成挡潮闸绕渗破坏原因。



图2 上游二级、一级翼墙后土体下沉

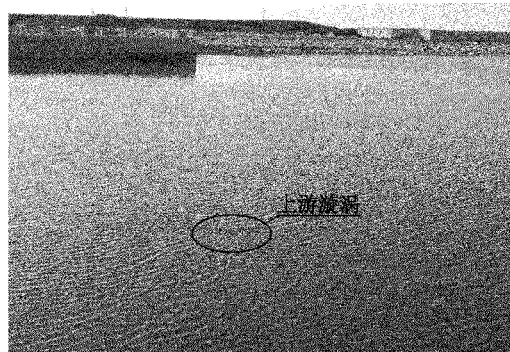


图3 上游左侧出现旋窝



图4 上游左岸护底塌陷坑



图5 下游海漫大面积破坏

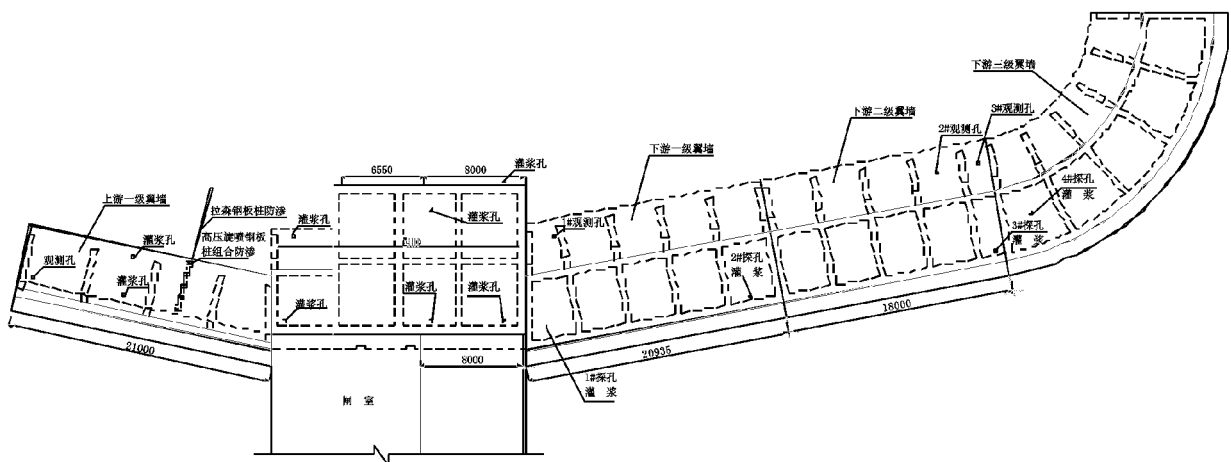


图6 刺墙及灌浆的点位布置图

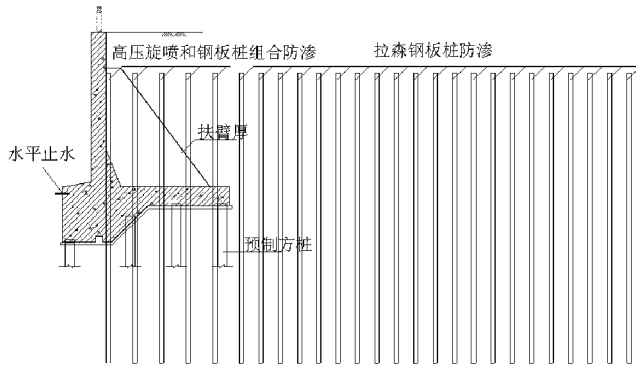


图 7 刺墙应急施工布置图

### 3 隐患探测

#### 3.1 测线布置和内容

根据现场建筑物布置情况和地形状况,采用地质雷达法进行渗透通道隐患探测,并采用钻孔验证,确定渗

漏通道的走向、深度及范围。采用 200 MHz 雷达天线对水闸上下游闸室、护坦和消力池进行探测,布置多条纵、横向测线,目的是了解闸室、护坦及消力池底板下的脱空情况;采用 40 MHz 低频雷达天线对水闸上、下游翼墙底板下或墙后进行探测,测线布置沿翼墙走势。目的是探测左岸翼墙底板下或墙后渗漏通道的走向、深度和范围,并对右岸翼墙下的渗漏风险进行探测评估。具体测线布置和验证钻孔情况详见图 8。

#### 3.2 隐患探测可行性

探测主要目标特征是:混凝土底板下脱空、孔洞和翼墙底板下空洞、渗漏通道等异常缺陷。混凝土底板下无脱空和孔洞等缺陷时,混凝土层、垫层及原状土层的分层界面在雷达图像上显示明显、清晰,各层介质水平分布均匀,雷达波同相轴连续,波形稳定,振幅的一致性较好。当出现脱空、下部土体松散、富水、不密实时,电磁波同相轴出现散射和绕射等杂波,杂乱无序列,同时扰动区电磁波的振幅变大,能量相对周围密实区变强,

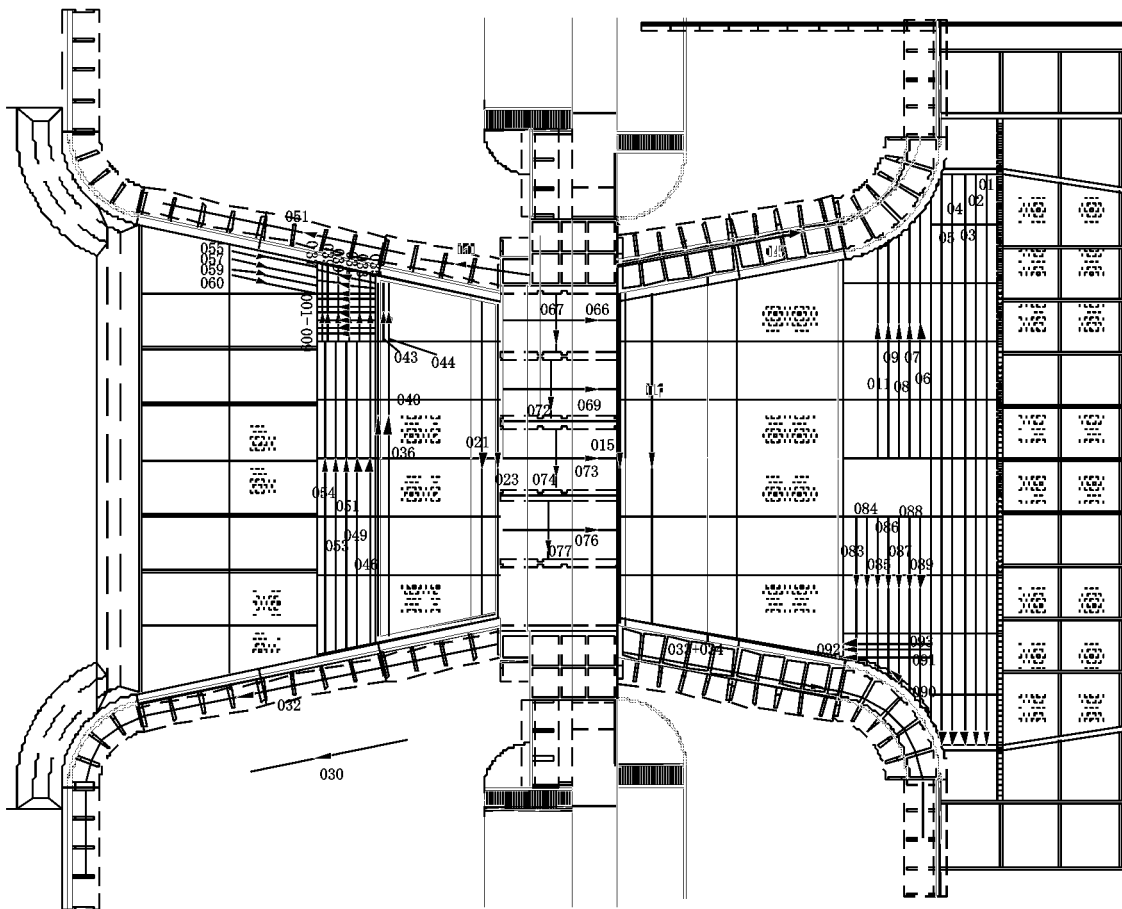


图 8 地质雷达测线布置图

异常区域相对于周围显示为突变区,表现为同相轴中断,波形紊乱,电磁波在扰动区反射系数变大,形成粗的反射波同相轴。

混凝土底板或翼墙后土体中存在的空洞都有雷达波反射界面,利用探地雷达探测空洞是一个有效的方法。依照探地雷达的工作原理以及以往的工作经验<sup>[6,7]</sup>,空洞上方的地质雷达波形常常会显示抛物线状的圆弧,圆弧顶中心对应洞中心,圆弧顶深则表示洞的埋深,而洞的下底由于上顶信号过强压制,使得下部信号较模糊,洞在测线方向的水平宽度有时因上顶信号强也难以确定,依据经验亦可判别。当然,利用探地雷达还能探测是否存在渗漏通道,堤防的渗流达到平衡稳定状态,则堤基安全,该状态在雷达图像上表现为含水区及高含水区;若渗流渐渐加大,并带走其中的部分细微颗粒时,则松散、不密实土体颗粒间的孔隙就越来越大,形成初期的渗漏通道,当水流开始带走大粒径介质,渗漏通道进一步发展就会产生孔洞、空洞,连通后最终产生严重的渗漏破坏。在以上过程中,雷达图像会以松散土层、高含水区、孔洞或空洞的图像特征出现<sup>[8]</sup>。

### 3.3 探测结果

本次探测共布置测线 68 条,总计 2 286 m,探测目

标体主要缺陷特征表现为渗漏通道、空(孔)洞、脱空、土体松散、富水等。测线布置与探测情况见表 2。隐患探测结构示意图如图 9 所示。结合钻孔验证表明,探测结果和钻孔结果具有较高一致性,基本查明了本次渗漏险情的影响范围,指出了探测范围内的异常区域。探测结果表明:塌坑左前方向经混凝土护坦至 II 级翼墙底板下存在较大的渗漏通道,水位差较大时护坦及消力池底部原状土大部分被掏空,形成孔洞,后来抢险时翼墙墙后灌浆经渗漏通道流淌起到部分充填作用,但尚未完全封闭。消力池底部和 I 级翼墙底板前趾连接部位未见明显异常。塌坑左侧至 II、III 级翼墙之间未发现存在大的孔洞等渗漏通道,上游左岸 II 级翼墙底板下部局部脱空形成孔洞;上游左岸 I 级翼墙及下游左岸 I、II、III 级翼墙底板下原渗漏通道经灌浆处理后未见明显异常;下游混凝土 A 护坦共 8 块,为原渗漏通道,未经处理,其中左侧 1~6 块底部脱空严重;右侧 2 块护坦底部局部轻微脱空,未见其他明显异常。下游混凝土护坦共 10 块,除局部混凝土护坦底部轻微脱空外,未见其他明显异常。混凝土 B 护坦底部局部轻微脱空,未见其它明显异常。闸室上下游消力池陡坡段、右岸上下游侧翼墙底板下未见明显异常。

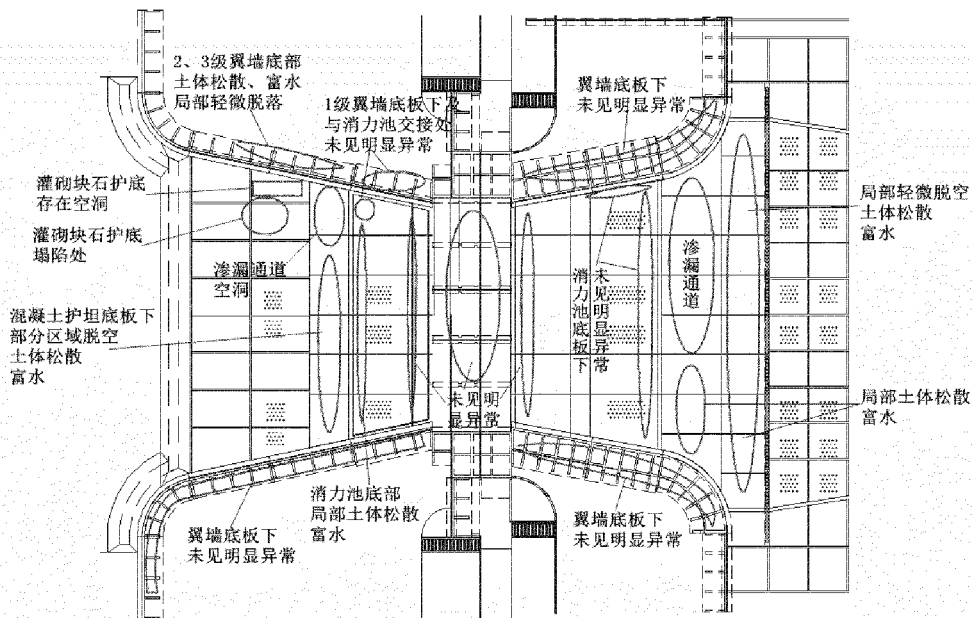


图9 隐患探测示意图

表2 测线布置与探测结果总结表

编号	位置	测线数/条	测线长度/m	探测结果
1	上游护坦	24	482	特征:渗漏通道(含空洞)、脱空、土体松散、富水。病害比例50.6%。
2	下游护坦	21	929	特征:渗漏通道(含空洞)、脱空、土体松散、富水。病害比例63.6%。
3	上游消力池	5	194	局部段土体松散、富水,与翼墙前趾交接处未见明显异常。
4	下游消力池	4	170	总体基本完好,未见明显异常。
5	闸室	9	175	总体基本完好,未见明显异常。
6	上下游翼墙墙后	5	336	上游左侧第2、3级翼墙墙后底板下部分土体松散、富水、局部轻微脱空。其他翼墙段未见明显异常。

## 4 结论与建议

(1)经地质雷达隐患探测表明,挡潮闸工程出现险情后,左岸上游一级翼墙后用高压旋喷墙套打和钢板桩组合防渗墙,结合钻孔灌浆及高喷引孔方式封堵水平渗透通道,应急抢险措施有效,防护有力,有效防止了险情进一步发展。

(2)采用地质雷达法进行渗透通道隐患探测,并采用钻孔验证,确定渗漏通道的走向、深度及范围,基本查明了本次渗漏险情的影响范围,指出了探测范围内的异常区域,为下一步工程全面开展除险加固提供了可靠依据,对于确保工程安全运行具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 闫俊智,赵长清,丁保卫.滨海地区穿堤涵闸渗透破坏的原因及防治措施[J].防渗技术.2002(4):45~46.
- [2] 胡云进,钟振,贺春雷.海塘渗透破坏数值模拟及渗透特性[J].土木建筑与环境工程.2013(1):41~46.
- [3] 贾顺起.浅析平原水闸侧向渗透破坏原因及防治措施[J].工业技术.2009(18):48~48.
- [4] 杨迎晓,龚晓南,周春平.钱塘江冲海积粉土渗透破坏试验研究[J].岩土力学.2016,37(Supp.2):243~249.
- [5] 刘承新,房艳国,柳晓春.汉口龙王庙险段堤基渗透破坏形式分析及防治措施[J].水利规划与设计.2011(4):47~49.
- [6] 汪兴旺,李建华.探地雷达技术在隧道衬砌质量检测中的应用[J].成都理工大学学报(自然科学版),2007,34(3):354~358.
- [7] 喻军,刘松玉,童立元.地质雷达在隧道初衬质量检测中的应用研究[J].岩土力学,2008(29)(增):303~306.
- [8] 徐兴新,吴晋,吴相安,等.石灰岩地区水库隐患及渗漏通道地质雷达探测研究[J].水利水电技术.1999,30(9):45~47.

编辑:张绍付

## Emergency treatment of seepage damage and hidden danger detection of a tidal sluice

SONG Chiyong<sup>1</sup>, SONG Zhitong<sup>2</sup>

(1. China Water Conservancy and Hydropower Thirteenth Engineering Bureau Co. Ltd, Tianjing 300384, China;

2. Ministry of Water Resources, Ministry of Traffic Transportation, National Energy Administration, Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** A tidal sluice was built in 2015, and left lateral seepage of was found during test run, with filling collapse at the backside of retaining wall, vortex phenomenon at 10m from left side of upstream retaining wall, uplifting at middle apron next to downstream stilling basin, and emitting with water column. The lateral seepage danger was controlled with emergency rescue, and defectiveness detecting verified by geological radar. It is indicated that the emergency rescue was effective and appropriate, defectiveness detecting with geological radar provided technical support, and ensured the safety operation for the project.

**Key words:** A tidal sluice; Seepage danger condition; Hidden danger detection; Geological radar

翻译:宋慈勇