

探地雷达法在某海堤内部缺陷检测中的应用研究

王婷婷^{1,2} 刘佳林^{1,2} 刘福兴^{1,2} 侯增鹏^{1,2} 孙晨^{1,2} 张乐^{1,2} 张凤^{1,2}

1. 中国石化胜利油田分公司技术检测中心; 2. 中国石化胜利油田检测评价研究有限公司

[摘要]海堤所处海洋环境复杂恶劣, 长期受海、浪、流作用, 内部结构存在一定的空洞、软弱地层等缺陷, 一旦发生风暴潮等极端恶劣天气, 存在结构缺陷的海堤极易发生结构失稳而导致溃堤, 造成巨大的经济损失, 而常规巡检手段无法快捷、准确的发现其内部隐患。探地雷达法作为无损工程物探技术方法之一, 不会破坏海堤本体工程结构, 具有检测速度快、可连续扫描的优点。利用探地雷达法在某海堤内部缺陷检测中进行了应用, 共发现内部缺陷2处, 科学有效的指导了工程隐患改造。

[关键词]探地雷达法; 检测; 海堤

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.10.595

一、工程概况

海堤全长4km, 1989年修建, 为折坡复式断面。堤顶为沥青路面, 高程3.7~3.9米。2011年对整段海堤进行系统加固施工, 加固工程竣工后防潮能力约50年一遇。目前结构为迎浪侧高程2.6m处设置宽度为3.6m的砼戗台, 厚度为200mm。结合部有3.8m嵌套式粉喷桩, 2.6m到堤顶高程3.9m处为C25砼预制板护坡, 坡比为1:3, 厚度为500mm。2.6m高程以下为扭工体、栅栏板、齿墙、四脚空心块、15m砼连锁排护底; 淤背区

为C20砼挡浪墙, 高度为500mm。详见图1。

二、检测方法

综合考虑海堤结构特点、场地条件、隐患的位置和施工条件等, 测线沿海堤纵向布设, 重点布设在戗台中线、堤顶临海侧(堤肩)、堤顶路面中央及背坡顶部位置。

海堤沿西向东方向重点在戗台中间布置测线I, 距戗台边缘1.5m, 在内堤肩布置测线II; 堤顶路面中间布置测线III。测线布置示意图如下所示:

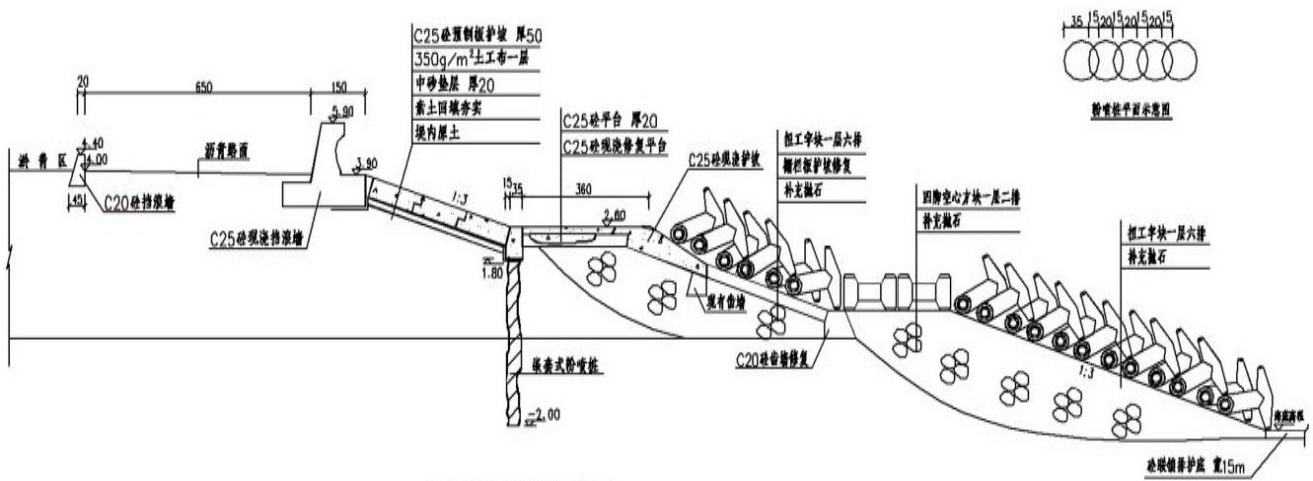


图1 某海堤结构断面图

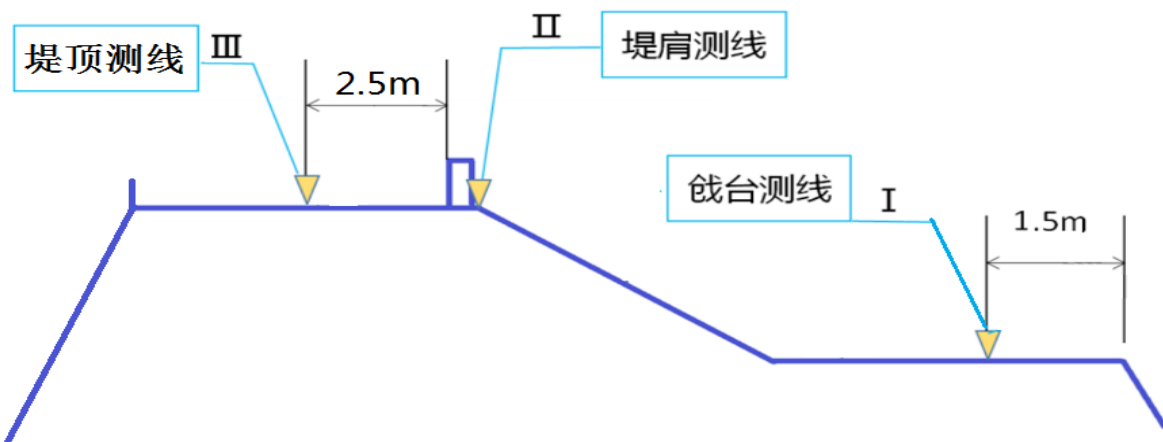


图3 某海堤测线布置示意图

三、结果分析

通过探地雷达法普测结果，初步选定8处异常位置，综合判断有缺陷堤段的图像分析如下：

(1) K0+860~K0+865段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图4），K0+860~K0+865段波形界面反射信号较强，呈带状长条形分布，通过对探地雷达波形分析，推测钱台面层与钱台下部填石层接触不连续。

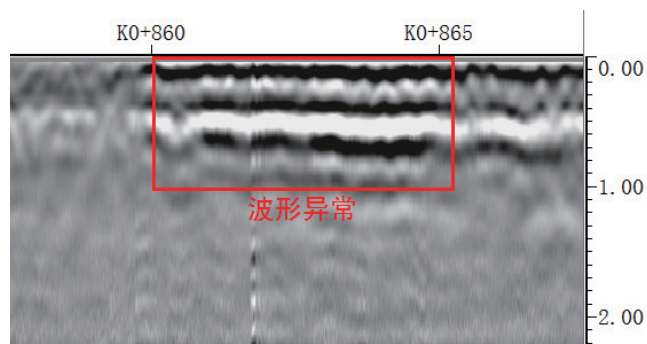


图4 K0+860~K0+865段钱台测线 I 雷达波形记录

(2) K0+909~K0+911段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图5），K0+909~K0+911段波形界面反射信号强，呈带状长条形分布，推测钱台面层与钱台下部填石层接触不连续。

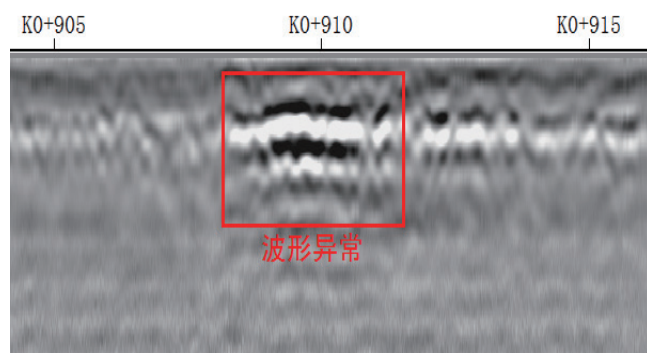


图5 K0+909~K0+911段钱台测线 I 雷达波形记录

对海堤钱台测线 I K0+860~K0+865段和K0+909~K0+911段解释如下：K0+860~K0+865段和K0+909~K0+911段钱台测线 I 下无明显的结构缺陷。

(3) K1+172~K1+177段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图6），K1+172~K1+177段波形界面反射信号为强反射信号，同相轴不连续、错断，且区域化分布，推测钱台下部存在不密实。

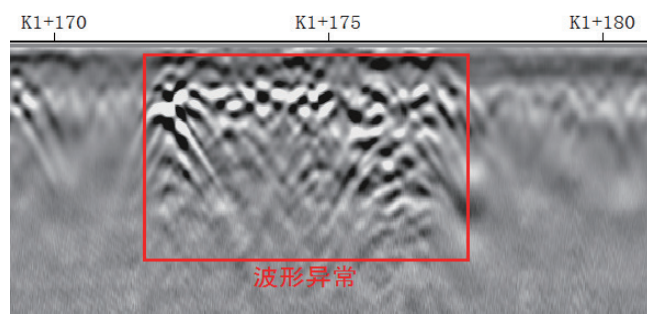


图6 K1+172~K1+177段钱台测线 I 雷达波形记录

(4) K1+736~K1+739段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图7），K1+736~K1+739段波形界面反射信号强，呈典型的孤立体相位特征，为不规整的双曲线波形特征，在其下部仍有强反射界面信号，信号时程差较大，推测钱台下部存在浅层脱空缺陷。

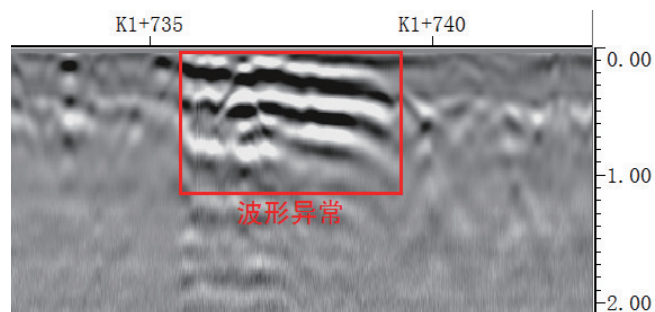


图7 K1+736~K1+739段钱台测线 I 雷达波形记录

(5) K1+984~K1+985段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图8），K1+984~K1+985段波形界面反射信号强，呈长条形分布，推测钱台面层与钱台下部填石层接触不连续。

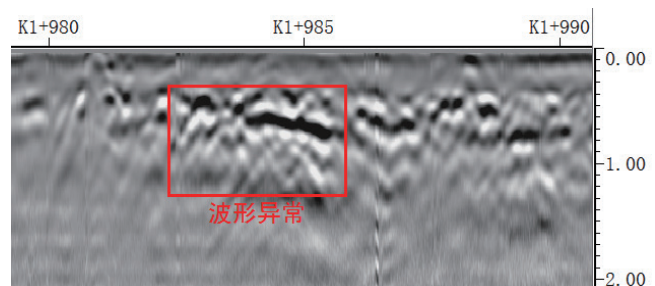


图8 K1+984~K1+985段钱台测线 I 雷达波形记录

对海堤钱台测线 I K1+736~K1+739段和K1+984~K1+985段解释如下：K1+736~K1+739段和K1+984~K1+985段钱台测线 I 下无明显的结构缺陷。

(6) K2+378~K2+380段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图9），K2+378~K2+380段波形界面反射信号为强反射信号，在其下部仍有强反射界面信号。

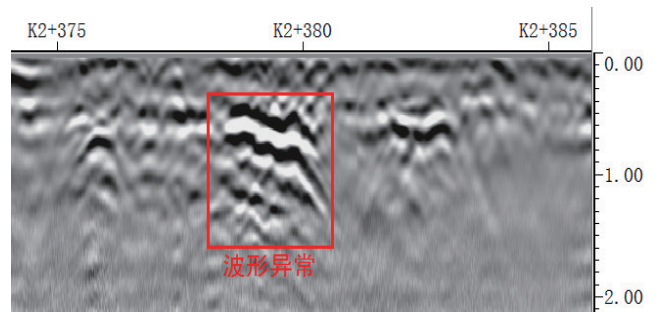


图9 K2+378~K2+380段钱台测线 I 雷达波形记录

(7) K2+551~K2+558段

在钱台测线 I 雷达波形记录图中（图10），K2+551~K2+558段波形界面反射信号为强反射信号，呈长条形分布，有多次反射信号。

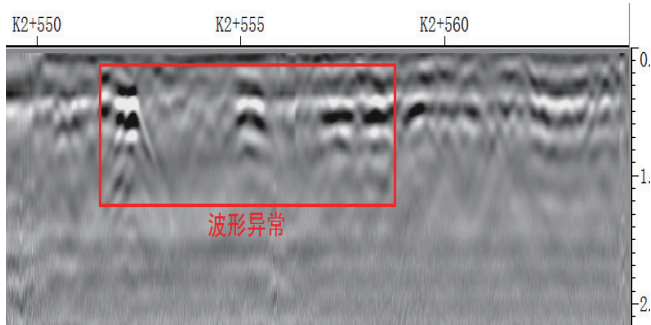


图10 K2+551~K2+558段栈台测线I雷达波形记录

综合雷达波形图,海堤栈台测线I的K2+378~K2+380段和K2+551~K2+558段解释如下:K2+378~K2+380段和K2+551~K2+558段栈台测线I下无明显的结构缺陷。

(8) K3+654~K3+660段

在栈台雷达波形记录图中(图11),K3+654~K3+660段波形界面反射信号为强反射信号,同相轴不连续、错断,且区域化分布,推测栈台下部不密实。

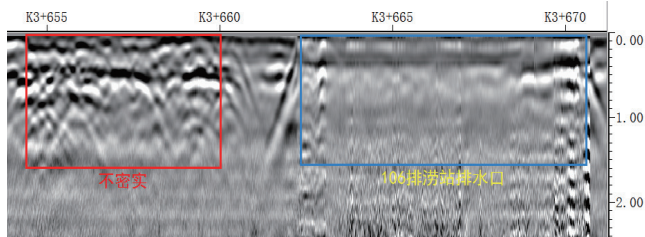


图11 K3+654~K3+660段栈台测线I雷达波形记录

综合探地雷达波形图,对K3+540~K3+660段测线I解释如下:海堤栈台测线I中,K3+654~K3+660段栈台下部存在不密实缺陷。

堤肩测线II布设于挡浪墙与栈台之间的内堤肩顶部,局部布设在挡浪墙外侧距挡浪墙0.5m位置,采用探地雷达法进行检测。通过探地雷达法普测结果,初步选定1处缺陷位置,位于K2+554~K2+558段内堤肩位置。综合判断有缺陷堤段的图像分析如下:

在堤肩内测线II雷达波形记录图中(图12),K2+554~K2+558段波形界面反射信号同相轴不连续、错断,且区域化分布,推测堤肩护坡下部存在轻微不密实。

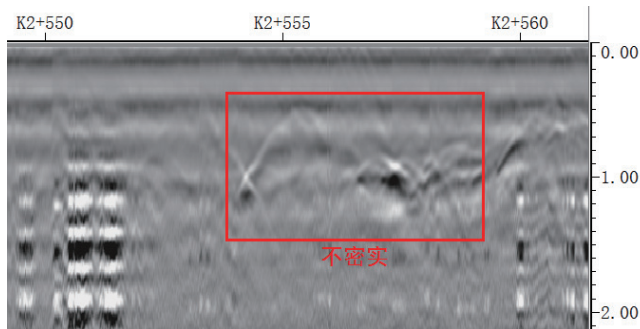


图12 K2+554~K2+558段堤肩测线II雷达波形记录

综合探地雷达波形图,对K2+554~K2+558段测线II解释如下:K2+554~K2+558段堤肩内测线II下无明显的结构缺陷。

堤顶测线III布设于堤顶道路中央,距挡浪墙2.5m,通过对采集到的雷达数据处理,未发现明显的内部结构缺陷。

本次检测的主要结果为:发现主要缺陷2处,均分布于海堤栈台位置,缺陷类型主要为轻微脱空/不密实结构下部不密

实。具体的缺陷分布情况见表1。

表1 海堤内部缺陷检测成果表

桩号	位置	推测缺陷类型
K1+172~K1+177	栈台	栈台下部轻微不密实
K3+654~K3+660	栈台	栈台下部不密实

根据此次海堤内部缺陷检测情况,结合周边环境条件,对缺陷检测结果进行风险分级。本次检测出的2处内部隐患均为III类缺陷,具体风险等级划分及处理建议见表2。

表2 内部隐患风险等级划分表

隐患类型	风险等级	处理建议
空洞	I	钻孔验证,注浆处理或开挖回填
严重脱空	I	钻孔验证,注浆处理或开挖回填
轻度脱空	II	钻孔验证,注浆处理
严重不密实	II	钻孔验证,注浆处理
不密实/不密实层	III	加强巡视,定期探测

参考文献

[1] 王国群,何开胜.堤防动物洞穴的探地雷达探测研究[J].岩土力学,2006,27(5):838-841.

[2] 吴秋霜,王齐仁,皮海康.水泥混凝土路面脱空的探地雷达图像特征分析[J].2017.

[3] 舒志乐,刘新荣,朱成红等.隧道衬砌空洞探地雷达三维探测模型试验研究[J].岩土力学,2011,32(1):551-558

[4] 刘新荣,舒志乐,朱成红等.隧道衬砌空洞探地雷达三维探测正演研究[J].岩石力学与工程学报,2010,29(11):2221-2229.

[5] 章雪松,钟宙灿,张展等.探地雷达与高密度电阻率法在采矿空洞探测中的综合应用[J].工程地球物理学报,2017,14(5):606-611.

[6] 赵得杰,张永涛,郭卓豪.探地雷达在混凝土空洞检测中的试验研究[J].石家庄铁道大学学报(自然科学版),2015,28(3):35-39.

[7] 贺脱夫.探地雷达在探测路基地下空洞中的应用[J].西部探矿工程,2008,(6):120-122.

[8] 赵得杰,张永涛,郎海鹏.探地雷达在填土下部空洞检测中的试验研究[J].成都大学学报(自然科学版),2015,34(2):204-208.

[9] 闫述,傅君眉,李正斌.瞬变电磁法探测地下洞体的有效性[J].煤田地质与勘探,1999,27(2):64-68.

[10] OGILVY R D. A model study of the transient electromagnetic coincident loop[J]. Geoexploration, 1983, 21: 231-246.

[11] 刘伟.航空瞬变电磁法探测地下隐蔽洞体的前景浅析[J].兵器装备工程学报,2017,38(6):169-175.

[12] 李霞,于德浩,龙凡等.基于航空物探方法的地下人工洞体勘察法初探[J].科学技术与工程,2013,13(34):10238-10243.

[13] 朱自强,王战军,鲁光银等.综合物探方法在湘西岩溶勘察中的应用[J].公路,2012(4):48-53.

[14] 叶英.瞬变脉冲电磁法探测地下岩溶洞穴研究[J].铁道勘察,2009(1):46-48.

[15] 杨金凤,庞炜,王世杰等.瞬变电磁法在城市岩溶探测中的应用[J].工程勘察,2014(12):88-93.