

基于天然电场的河堤渗漏通道探测技术研究

刘强^{1,2}, 尹琼^{1,2}

1. 江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000

2. 江西理工大学矿冶环境污染防治江西省重点实验室, 江西 赣州 341000

摘 要： 渗漏是河堤工程中常见的问题之一，对河堤外侧的建筑物和人员的生命财产安全造成威胁。针对这一问题，利用天然电场对河堤地下水渗漏通道进行探测，在河堤内侧、外侧和河堤顶部布设了三条测线，采用天然电场选频法对三条测线上的地下水渗漏通道进行探测，得到了三条测线上天然电场电位差 ΔV ，通过分析后，绘制了每条测线的地下水渗漏通道分布剖面图。依据三条测线的渗漏通道分布宽度，得到了河堤地下水渗漏的平面分布形态。探测结果可为河堤地下水渗漏通道的探测提供新的方法，以及后期河堤渗漏通道治理提供基础。

关 键 词： 河堤渗漏；地下水；渗漏通道；天然电场选频法

Research On Detection Technology Of River Embankment Leakage Channel Based On Natural Electric Field

Liu Qiang^{1,2}, Yin Qiong^{1,2}

1 School of Resources and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

2 Jiangxi Key Laboratory of Environmental Pollution Control in Mining and Metallurgy, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi 341000

Abstract： Leakage is one of the common problems in river embankment engineering, which threatens the life and property safety of buildings and personnel outside the river embankment. To solve this problem, the natural electric field was used to detect the groundwater leakage channel of the river embankment, and three measuring lines were laid on the inner, outer and top of the river embankment. The natural electric field frequency selection method was used to detect the groundwater leakage channel of the three measuring lines, and the potential difference of the natural electric field ΔV was obtained on the three measuring lines. The distribution profiles of groundwater seepage channels for each survey line were drawn. According to the distribution width of the leakage channels of the three measurement lines, the plane distribution pattern of groundwater leakage in the river embankment is obtained. The detection results can provide a new method for the detection of groundwater leakage channels in river levees, and provide a foundation for the subsequent treatment of river levees seepage channels.

Keywords： river embankment leakage; ground water; leakage passage; natural electric field frequency selection method

河道作为储存水资源的重要方式，能够很好地实现防洪排涝以及抗旱的功能，以及提供工农业用水需求^[1]。为了满足上述功能要求，需要在河道两侧修建河堤拦蓄河水^[2]。渗漏是河堤工程中常见的问题之一，对河堤外侧的建筑和人员的生命财产安全造成威胁。如何对河堤的渗漏通道进行有效探测，就显得极为重要。目前，朱浩^[3]采用采用探地雷达对堤防渗漏隐患的位置和范围进行了探测，得到了堤防的渗漏原因。一些学者^[4]针对堤防的管涌、散浸等渗漏缺陷及隐患，采用高密度电法得到堤岸的电性结构，划分了渗漏隐患区和潜在风险区。也有一些学者考虑到单一的探测方法，会存在一定的多解性，采用多种物探方法^[5]，减少结果多解性，提高准确性。上述的探测方法一般是间接推断河堤的含水信息，再推测渗漏介质和渗漏途径。而天然电场选频法是目前可以直接探测地下水过水通道的物探方法^[6-8]，进而对河堤地下水渗漏通道的位置进行判断。选取某河堤作为测试地点，采用天然电场选频法对河堤地下水渗漏通道进行探测，并对探测结果进行分析。为类似河堤的地下水渗漏、河堤缺陷位置探测提供实践经验。

一、河堤渗漏通道探测方法

（一）测试原理

河堤渗漏通道探测利用天然电场与地质构造不同所产生的电

阻率变化等相关参数的变化来判断分析我们要寻找的地质异常体。结合地质理论及测量数据进行定性及半定量的数据解释，探测地下异常体的走向、埋深、厚度和储量等相关信息。通过天然电场与地质构造不同所产生的电阻率变化确定河堤内的地下水渗

基金项目：江西省自然科学基金面上项目（项目编号：20202BAB203016）

作者简介：

刘强（1983—），男，汉族，湖北随州人，地质工程博士，江西理工大学地质工程系讲师，研究方向为地下水探测与治理。

漏通道,弄清楚该研究场地地下水的径流、排泄方向、埋藏位置、过水范围等。

(二) 现场测线布设

河堤测试区共布置3大条测线,沿着河堤顶部、河堤外侧(远离河水一侧)、河堤内侧(靠近河水一侧)分别布置测线 A-A1、B-B1、C-C1 三大条测线,具体测线布设图见图1。

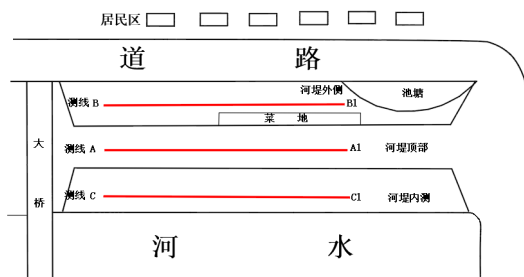


图1 河堤测线平面布置示意图

(三) 现场测试过程

本次现场测试采用平行移动的方式,即测量电极 A、B (金属探杆 A、B) 沿测线移动 (见图2), 本次测量实验选择 A、B 俩电极之间极距为 2m。

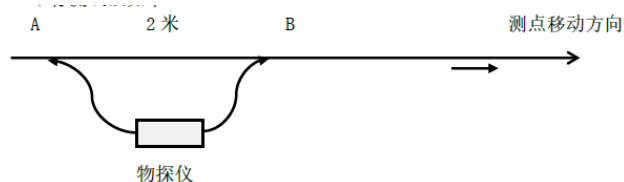


图2 现场测试过程示意图

二、地下水过水渗漏通道探测结果

(一) 测线 A-A1 探测结果分析

根据收集研究区水文地质条件等信息,对河堤顶部布设测线 A-A1 进行探测,测线长 50m,对测试区不同频率下的电位差进行了探测,得到测线 A-A1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图3。

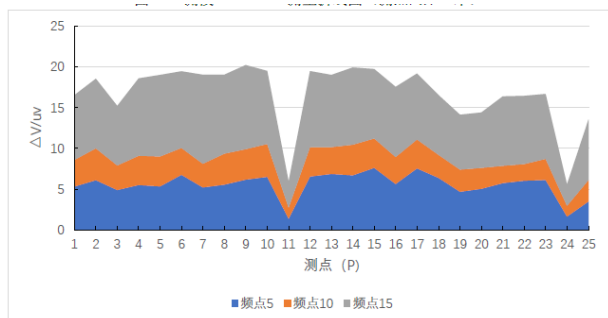


图3 测线 A-A1 电位差 ΔV 三维面积图 (测点间距 2 米)

通过分析图3不同位置各频点下所测得的电位差,可知在 A-A1 测线的测点3处发现了异常低电位,且测点11、24附近位置出现了极其明显的异常低电位,因此推测这几处位置的地下存在一定量的地下水,推测地下埋深 0 ~ 10 米和 30 ~ 40 米处地下水的类型主要为孔隙水、地下埋深 10 ~ 30 米及 40 米以下的地下水多为裂隙水,综上合理推测在该测线上,测试区河堤在埋深

0 ~ 10 米的测点3处,在埋深 10 ~ 130 米的测点11处,以及埋深 10 ~ 115 米及埋深 120 ~ 150 米的测点24处发生了河堤渗漏,由于有地下水的渗入,导致该处电阻率明显较其它点低。通过对比频点5、10、15的曲线可以发现,在这三种频点之下, ΔV 的曲线总体走向基本一致,因此大致可以推测出频点5、10、15为同一个地层。

(二) 测线 B-B1 探测结果分析

在河堤外侧一端(远离河水一侧)布置测线 B-B1,并将测线 B-B1 进行数据整理分析,得到测线 B-B1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图4。

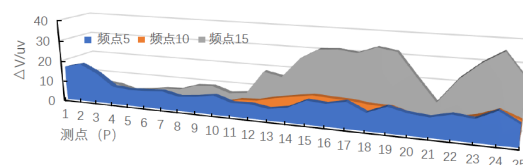


图4 测线 B-B1 电位差 ΔV 三维面积图 (测点间距 2 米)

通过对比分析下图5中各频点下不同位置所测得的电位差 ΔV ,可知在 B-B1 测线上,测点1 ~ 11 在频点10和15的频率条件下,测线上的电位差别非常小,但在频点5的条件下 ΔV 比较大且一直呈下降趋势,但总的来说,在测点1 ~ 11 上,三条曲线的幅度还是比较相近的,然而在测点11 ~ 25 处却发现频点5和10的频率条件下,该测线上的电位差曲线幅度变得极其地相似,然而对于频点15却在测点11 过后与另外二者有了非常大的差距,在频点15的条件下测点21 附近发现了明显的异常低电位,可以推测出在该测线沿线,测点1 ~ 11 所处同一个地层且电阻很低,存在地下水,在测点11 之后,在地下埋深为 70 ~ 90 米以及 110 ~ 150 米处均存在电阻相对较高的地层。除此之外,由 ΔV 测量三维面积图中在频点15的条件下在测点21 附近之所以会产生明显的异常低电位是由于发生了河堤渗漏。

(三) 测线 C-C1 探测结果分析

在靠近河水一侧(河堤内侧)布置测线 C-C1,对测线 C-C1 数据进行整理分析,得到测线 B-B1 电位差 ΔV 测量三维面积图,具体测试结果见图5。

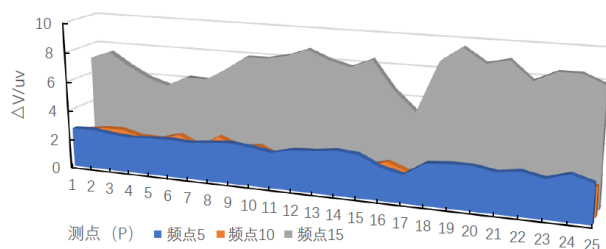


图5 测线 C-C1 电位差 ΔV 测量三维面积图 (测点间距 2 米)

通过分析对比下图7中在各个频点条件下的不同位置下所测得的电位差 ΔV ,非常容易可以得出在 C-C1 号测线上在频点5、10 的状态下的两条 ΔV 曲线的走向大体而言上极其相似,几乎没什么差别,均平缓无较大波澜,与之形成巨大反差的频点15。在频点15,测点17 附近形成非常明显的异常低电位,在测点5 附近也有异常低电位的存在,不过相比测点17 要好一些,总体来说频点15 下的电位值 ΔV 的大小要比频点5 和频点10 条件下高。在测点

16、17的地下埋深约10 ~ 30米处存在比较严重的河堤渗漏。

（四）地下水过水通道平面分布情况

由于河堤南侧存在河水位，而北侧为道路和房屋，地势较低，随着水位逐渐升高，河堤南侧的水压力逐渐增大，使得河水沿堤基渗漏，方向自南向北。根据上述分析，在测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 范围内存在地下水渗漏通道。在测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 处存在渗漏通道，在测线 C-C1 的 32~35m 位置存在渗漏通道。分析认为，河水经过测线 C-C1 的 32~35m 区段，流向测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 位置后，在河堤外侧测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 处向外流出，分析认为，一部分地下水从河堤底部渗漏通道流走，一部分在地面出露，形成池塘。通过河堤地下水的渗漏方向，可以绘制出河堤地下水渗漏分布平面图，如图 6 所示。

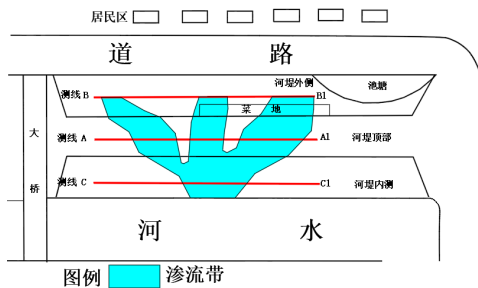


图 6 地下水渗漏分布平面示意图

三、结语

近年来我国修建了众多河堤用以防止河水倒灌，但是随着时间的推移，这些河堤常年受到地表水、地下水以及外界人为、环境因素的影响，产生渗漏现象，如何对河堤的渗漏位置进行探测，就成为河堤防渗及地下水封堵的重要内容。论文通过对河堤现场调查、利用天然电场探测河堤的地下水渗漏通道的分布。可得出如下结论：

（一）结合电位差 ΔV 三维面积图和地下水渗漏通道分布图分析，在测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m，测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m，测线 C-C1 的 32~35m 附近存在较为异常的低电位，分析认为，这些部位存在地下水渗漏通道。

（二）通过地下水渗漏分布平面分布图分析，河水经过测线 C-C1 的 32~35m 区段，流向测线 B-B1 的 8~18m、22~31m、37~48m 位置后，在河堤外侧测线 A-A1 的 4~6m、21~26m、40~50m 处向外流出，一部分从河堤底部流走，一部分从在地面出露，形成池塘。

（三）探测结果表明，一部分从在地面出露，形成池塘，与实际调查结果相吻合。探测结果可为河堤地下水渗漏通道的探测提供新的方法，以及后期河堤渗漏通道治理方案提供基础。

参考文献：

[1] 项文月. 浅谈河道堤防工程渗漏原因及防渗措施 [J]. 科技风, 2018(03):104.
[2] 王婷. 河道堤防工程渗漏原因及防渗措施 [J]. 工程建设与设计, 2023(14):188-190.
[3] 朱浩, 谭志国, 朱春光, 等. 隧道穿越段长江堤防渗漏原因分析及消险加固方案 [J]. 江苏水利, 2018(10):28-33.
[4] 刘栋臣, 汤克轩, 刘金鹏, 等. 高密度电法在汛期堤防渗漏隐患探测中的应用 [J]. 河北水利电力学院学报, 2024,34(01):29-33.
[5] 殷成, 刘洪斌. 联合物探方法在堤防渗漏检测中的应用 [J]. 东北水利水电, 2022,40(04):63-64+67.
[6] 杨天春, 梁竞, 程辉, 曹书锦, 董绍宇, 宫玉菲. 天然电场选频法的浅层地下水勘探效果与异常分析 [J]. 物探与化探, 2018,42(06):1194-1200.
[7] 杨荣丰, 张可能, 徐卓荣等. 利用天然电场选频法的动、静态信息确定地下径流通道 [J]. 煤炭科学技术, 2003,31(4):25-27.
[8] 刘强, 张可能, 尹琼. 矿山帷幕注浆过程控制及注浆效果评价 [M]. 长沙: 中南大学出版社, 2018,65-66.