瞬变电磁法在某水电站断层勘查中的应用研究

孟 磊，张文生

（中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，陕西 西安 710043）

摘 要：断层是影响水电站稳定的重要因素之一，某水电站由于现场条件的限制，应用其他的物探方法难以达到勘探深度，且成本较高，瞬变电磁法具有高效、低成本、高分辨率的技术特点，能够克服现场条件。通过本次工作，查明了某水电站断层的具体位置及深度，为水电站的后期处理提供重要依据。

关键词：瞬变电磁法；断层；水电站

中图分类号：P631 **文献标志码：**A **文章编号：**2096-2789（2019）06-0021-03

DOI:10.19537/j.cnki.2096-2789.2019.06.007

水利发电是我国重要的供电来源之一，在国民经济建设中发挥着巨大的作用。某水电站是陕西某江上的在建水电工程，其主要任务是发电和旅游。在坝址区域地质资料中显示存在 F31 断层，而水利水电的工程中应尽量避开活动断层 [1-2]，因此利用有效的方法查明此断层的具体位置及深度是迫在眉睫的问题 [3-7]。

目前对于此类地质问题，通常采用钻探和物探两种探查手段，其中物探手段通过对坝址区物性差异进行数据采集与处理分析，其具有大面积勘查、高效低成本等特点，适用于查明此类地质问题。而物探手段中的瞬变电磁法在水电工程勘查时，能够克服现场条件限制，达到一定的勘探深度，解决地质问题。

1 工程概况及测区地质条件

1.1 工程概况

某水电站位于陕西省某江干流峡谷段，该工程是以发电为主结合旅游的水利工程，为三等中型工程，主要建筑物为三级，由砼重力坝、电站及厂房组成。

坝址河流近南北向，河谷呈不对称的“V”型，岸坡相对高差大于 100m，平水期河水位 246m，谷宽 120m，岸坡高度大于 100m，左岸坡度 40°～45°，右岸地形总体上陡下缓，公路 (或上线公路，路面高程 295～298m) 以上约 30m 高度范围内为工程边坡，边坡坡度为 70°～80°；公路与便道 (或下线公路，路面高程 258～261m) 之间边坡坡度为 55°～60°；便道以下边坡坡度为 35°～40°。

1.2 地质条件

（1）地层岩性。①上元古界震旦系下统耀岭河组（Zayl－Is）：为一套变质的喷发岩，岩性为钠长石绿泥石正片岩，岩石为灰绿色、青灰色，鳞片变晶结构，薄板状构造，主要矿物成份为石英、绢云母和长石，出露于左岸山坡及 F31 断层上盘。②上元古界震旦系上统灯影组（Zbdn）：岩性为白云质灰岩及灰岩，岩石为灰白色、青灰色，细晶结构，厚层至块状构造，主要矿物成份为白云石、方解石和长石，出露于右岸山坡及 F31 断层下盘。③第四系主要有崩坡积、冲积和人工堆积层。崩坡积层（Q4col+dl）：岩性以块石、碎石土为主，夹大弧石，松散状，厚度一般为 3～7m，右岸下游最厚达 23.3m。冲积层（Q4al）：主要分布在河床和漫滩，厚 8～13m，岩性以砂卵砾石为主，下部夹少量漂块石，中密～密实状态。人工堆积层（Q4s）：岩性以碎石、块石为主，主要是右岸公路、便道和左岸坝肩开挖弃渣及钻机平台铺垫层，厚 1～3m，最厚达 4.1m，松散状。

（2）地质构造。本区为一复式向斜，次级褶皱轴部向南倒转。坝址区岩层整体呈单斜构造，受 F31 断层的影响，两岸岩层产状变化大，F31 断层上盘及左岸岩层走向为 NE15°～35°，倾向 SE，倾角 35°～55°，最大 68°；F31 断层下盘及右岸岩层走向 NW345°～NE10°倾向 NE 或 SE，倾角 60°～65°。

受区域性断裂的影响，坝址区断裂以 NW 向和 NE 向为主，其中 F31 规模最大，属区域断裂的次级断裂，宽 5～6m，断距 3～5m，顺河分布，倾角约 55°～65°，断带内为黑色糜棱岩和碎裂岩，透水性中等。断裂两侧岩层风化强烈，下盘古岩溶发育。

2 物探方法与技术

物探方法利用不接地回线或接地线源向地下发射一次脉冲磁场，在一次脉冲磁场间歇期间利用线圈或接地电极观测地下介质中引起的二次感应涡流场，从而探测感应电流由于热损耗而随时间衰减曲线，达到探测异常体电阻率的目的。瞬变电磁法工作示意图如图 1 所示。

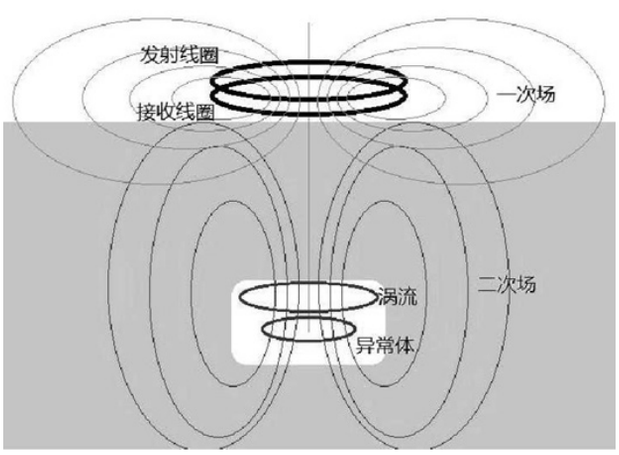

图 1 瞬变电磁法工作示意图

根据现场条件和试验调试结果，在坝前采用大定源装置，发射 1 匝 40m×40m 正方形回线框，接收框为 0.5m×0.5m 正方形回线框，同步方式选取 GPS 授时，发射电流平均为 19A，发射脉冲宽度 20ms，对应基础频率 25Hz。

作者简介：孟磊（1985—），男，助理工程师，研究方向：物探水利水电工程勘察。

3 成果解译

在坝前横河向布置 17 条测线，线距 1m，点距 1m，测线分别为 S1 ～ S17，下游为起始线号，测线长均为 65m。现以 S4、S11 和 S13 测线为例进行说明。

3.1 S4 测线

根据解译资料可知，本测线的盲区深度约为 30m，在测线桩号 95 ～ 102m 高程为 230m 以下范围内为相对低阻异常，视电阻率值为 500 ～ 1000Ω·m，其两侧视电阻率为 1000 ～ 6000Ω·m，推断在测线桩号 95 ～ 102m 高程为 230m 以下范围内岩性破碎，如图 2 所示。

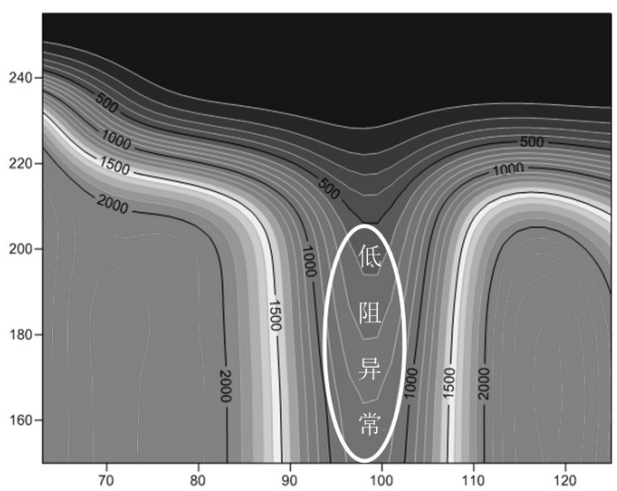

图 2 瞬变电磁法 S4 测线视电阻率剖面图

3.2 S11 测线

根据解译资料可知，本测线的盲区深度约为 30m，在测线桩号 97 ～ 105m 高程为 220m 以下范围内为相对低阻异常，视电阻率值为 800 ～ 1300Ω·m，其两侧视电阻率为 1300 ～ 6000Ω·m，推断在测线桩号 95 ～ 102m 高程为 230m 以下范围内岩性破碎，如图 3 所示。

3.3 S13 测线

根据解译资料可知，本测线的盲区深度约为 30m，在测线桩号 98 ～ 105m 高程为 220m 以下范围内为相对低阻异常，视电阻率值为 1100 ～ 1500Ω·m，其两侧视电阻率为 1500 ～ 6000Ω·m，推断在测线桩号 95 ～ 102m 高程为 220m 以下范围内岩性破碎，如图 4 所示。

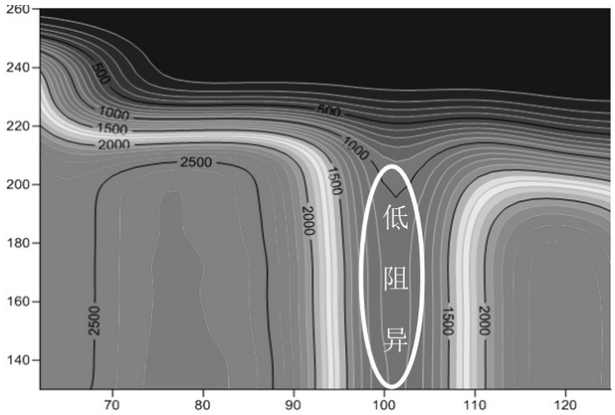

图 3 瞬变电磁法 S11 测线视电阻率剖面图

3.4 S1 ～ S17 测线

根据 S1 ～ S17 测线的成果绘制联合剖面图，如图 5 所示。

（下转第 99 页）

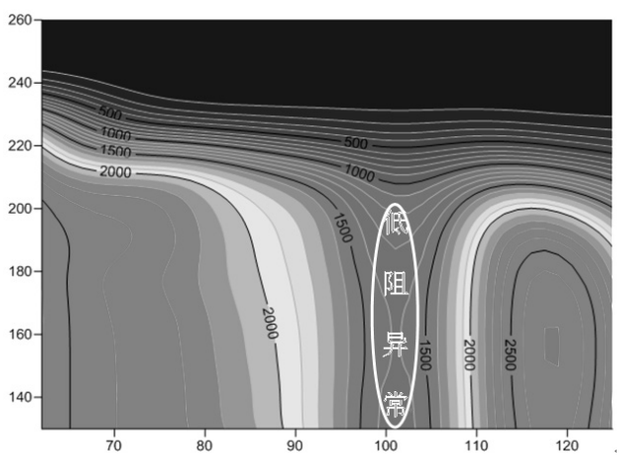

图 4 瞬变电磁法 S14 测线视电阻率剖面图

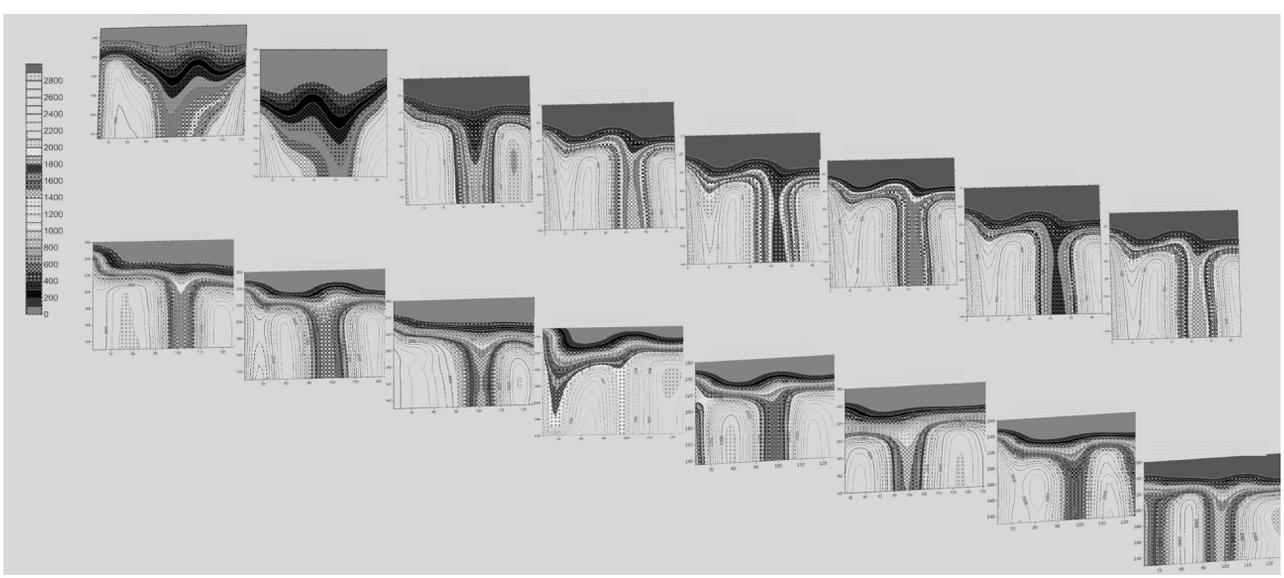

图 5 瞬变电法 S1 ～ S17 测线视电阻率联合剖面图

III 级缺陷 6 处，IV 级缺陷 8 处）。根据所检测到的管道缺陷，按《城镇排水管道检测与评估技术规程》（CJJ 181-2012），对各管段进行结构性指数及功能性指数进行计算评定，按照规范要求给出综合状况评价。

3.3 结构性缺陷综合状况评价

按照表 1、表 2、表 3 划分标准，所检测的 267 节段管道中，有 115 节段管道没有明显的结构性缺陷，结构条件基本完好；12 节段管道结构有轻微缺陷，但结构状况基本稳定，可暂不修复，但建议做好维护工作；有 14 节段管道结构存在轻微缺陷，结构状况基本稳定，但结构存在损坏风险，建议做维护保养及修复计划；有 4 节段管道管段缺陷严重，结构状况受到影响，建议尽快修复；有 4 节段管道存在重大缺陷，损坏严重且结构已发生损坏，建议立即修复。有 118 节段管道为平口式钢筋混凝土排水管，管道存在渗漏可能，建议做闭水试验验证，暂不做管段结构性状况评估。

3.4 功能性缺陷综合状况评价

所检测的 267 节段管道中，有 138 节段管道没有明显需要处理的功能性缺陷，有 11 节段管道有轻微功能性缺陷，管道运行基本不受影响，建议尽快进行维护养护工作。金阳新区宾阳大道南段所检测的 238 节段管道中 9 节段管道，管道水流受阻严重，建议根据检测评估的结果尽快做好修复工作。所检测的 267 节段管道中 118 节段管道为平口式钢筋混凝土排水管，管道存在渗漏可能，建议做闭水试验验证，暂不做管段功能性状况评估。

4 结束语

（1）通过现场调查、CCTV 检测及 QV 检测技术对小湾河沿线 9.5km 沿河管网布设进行调查分析，得出河流两岸管网布设错综复杂，部分管道缺失，并存在雨、污水未分流，建议对缺失部分进行新建管网，使得管网全线贯通，达到控源截污的目的。沿线管道管径、材质等不同，部分管节存在结构及功能性重大缺陷的管道，从节约成本、减少大开挖的目的出发，建议进行局部小部分挖开换管或局部衬装施工来修复。

（2）经调查发现，沿线管道均为近几年所建，但管道已出现不同的缺陷情况，这与沿线未健全从建设到管道老化的整个运行周期的管道维护系统不无关系。建议在管道的建设、运行维护期内加强管道建设的竣工验收工作，做好维护期间清洗、检测、局部修复等工作，健全维护、检测数据的整理、分析工作，定期对管道进行评估定级，及时对管道进行修复，可以有效降低管道风险事故的发生率，防止出现管道堵塞、渗漏等现象。

参考文献：

[1]CJJ 181-2012, 城镇排水管道检测与评估技术规程[S].

[2]CJJ/T 8-2011, 城市测量规范[S].

（上接第 22 页）

根据物探解译资料可知，在测线桩号 95 ～ 105m 处为相对低阻异常，且在测线探及深度范围内未见底，坝左 95 ～ 105m 两侧分别为相对高阻，结合库区地质资料、钻探资料，推断此低阻异常为 F31 断层。

4 结束语

经过本次瞬变电磁法在某水电站中的勘查工作，现可以得出以下结论：（1）瞬变电磁法在水利水电工程勘查中可以有效克服现场条件的制约，达到所需的有效深度，且成本低、效率高；（2）瞬变电磁法能有效勘查断层，确定其具体位置及范围。

参考文献：

[1] 廖建忠, 文军. 活动断层附近小石峡水电站坝址的选择[A]. 中国水力发电工程学会抗震防灾专业委员会. 现代水利水电工程抗震防灾研究与进展(2013 年)[C]. 中国水力发电工程学会抗震防灾专业委员会: 中国水力发电工程学会, 2013:4.

[2] 丁希阳, 马冲, 王均双. 瞬变电磁法在断层防治水中的应用[J]. 山东煤炭科技, 2008(2):131-133.

[3] 廖建忠, 文军. 活动断层附近某水电站坝址的选择[J]. 西北水电, 2012(2):36-38+46.

[4] 姜金夺. 瞬变电磁法在隐伏断层探测中的应用[J]. 科技信息, 2011(6):323-324.

[5] 郁万彩. 瞬变电磁法在断层含水性评价中的应用[J]. 山东地质, 2001(1):52-55+60.

Application of TEM in Fault Survey of a Hydropower Station

Meng Lei,Zhang Wensheng

(Powerchina, Xibei Engineering Corporation Limited, Xi'an Shanxi 710043)

Abstract: Fault is one of the important factors that affect the stability of hydropower station.Due to the limitation of site conditions,some hydropower stations are difficult to reach the exploration depth by using other geophysical methods,and the cost is high. The transient electromagnetic method has the technical characteristics of high efficiency,low cost and high resolution, and can overcome the scene conditions.Through this work, the specific location and depth of faults in a hydropower station have been identified,which provides an important basis for the post-treatment of hydropower stations.

Key Words: TEM,fault,hydropower station