

综合物探技术在古河槽探测中的应用

---以斯木塔斯水电站为例

崔晨

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v6i10.4607

[摘要] 为查明斯木塔斯水电站古河槽基岩埋深及古河槽走向,结合工程实例介绍综合物探技术在古河槽探测的应用。结果表明,综合物探技术测试成果分析,能够准确查明古河槽基岩埋深及走向,物探解释精度在80%以上。可为类似工程问题提供依据。

[关键词] 综合物探; 古河槽; 电法测试; 地震测试

中图分类号: TV74 文献标识码: A

Application of Integrated Geophysical Prospecting Technology in Ancient River Channel Exploration

---Taking Simutas Hydropower Station as an Example

Chen Cui

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] In order to find out the buried depth of the base rock and the trend of the ancient channel of the Simutas hydropower station, the application of the integrated geophysical prospecting technology in the exploration of the ancient channel is introduced. The results show that the depth and trend of the bed rock in the ancient channel can be accurately determined by integrated geophysical analysis, and the interpretation accuracy is above 80%. It can provide basis for similar engineering problems.

[Key words] integrated geophysical prospecting; ancient river channel; electrical method test; seismic test

引言

如今在众多的水利建设工程中前期的勘察阶段尤为重要,不仅要查清楚建筑物基础在各种复杂状态下的变形程度,还要进一步查清楚基础的原始地层相互关系以便进一步呈现基础的三维状态。本文重点阐述了利用地球物理勘探中的电法勘探及地震勘探来解决斯木塔斯水电站基础中的古河槽位置及形态,通过大量的测试数据进行计算与分析,得出该水电站基础古河槽的位置,为后期工程建设提供宝贵建议。

1 工程概况

斯木塔斯水电站是阿克牙孜河流域水电梯级规划的第三级,工程区位于阿克牙孜河流域中下游河段,距阿克牙孜河与特克斯河汇合口30km。斯木塔斯水电站位于阿克牙孜河出山口,在地貌上处于中低山及丘陵,区域构造上属天山褶皱系伊犁地块南缘的那拉提隆起构造单元内,受区域构造控制,发育的区域性活动断裂距水电站较远。出露地层有:古生界上志留统群库什太住组(S_3q)和阿克牙孜组(S_3a),下石炭统阿克苏组(C_1^b),新

生界第三系中新统-上上新统(N_{1-2})及第四系沉积物。此外,在上志留统穷库什太组(S_3q)内侵入有华力西中期第一侵入次似斑状黑云母花岗岩($r04^{2a}$)。

2021年7月28日,导流洞下闸,水库开始蓄水,7月31日厂房后边坡即1#古河槽^[1]开始渗水,8月7日,2#古河槽开始渗水,截止9月1日,渗水量越来越大,达到 $4m^3/s$ 左右,古河槽出口渗水范围达到1.2km。鉴于古河槽渗水量较大,需查明各古河槽基岩埋深,查明2#古河槽进口基岩梁,3#、4#古河槽渗水是否汇入2#古河槽或1#古河槽。

2 物探工作原理及测线布置

2.1 电法工作原理

电测深工作采用四极对称装置, $MN/2:AB/2=1:10$, 最小 $AB/2$ 为1.5m, 最大 $AB/2$ 以充分反映目的层和曲线完整为原则, 一般为 $65m \leq AB/2 \leq 600m$ 。野外测量方法采用单次读数法, 为保证曲线质量, 对曲线畸变点进行重复观测, 重复观测的的相对误差小于5%, 并对测区进行了不少于总工作量5%的检查观测, 测区均方相

对误差 $M < 1.0\%$ 。电测深解释工作, 首先对电测深曲线的类型进行分析判定, 并和参数点比较, 然后采用二层量板和辅助量板宏观控制进行定量解释^[2]。

激电测深工作采用四极对称装置, $MN/2:AB/2=1:5$, 最小 $AB/2$ 为3.0m, 最大 $AB/2$ 以充分反映目的层和曲线完整为原则, 一般为 $100m \leq AB/2 \leq 600m$ 。测量电极使用不极化电极, 野外测量方法采用单次读数法, 为保证曲线质量, 对曲线畸变点进行重复观测, 重复观测的相对误差小于5%, 并对测区进行了不少于总工作量5%的检查观测, 测区均方相对误差 $M < 1.0\%$ 。激电测深解释工作, 首先对视极化率曲线进行分析判定, 地下水位处视极化率为其背景值数倍, 然后结合电阻率测深曲线及其他电性参数进行定量解释。

2.2 地震测试原理

地震折射波法^[3]: 采用相遇追逐观测系统及单支观测系统展开工作, 使用60Hz检波器、道间距5~10m, 锤击激发。地震折射资料解释采用 t_0 法, 平均速度是在时距曲线上用交点法求取, 界面速度是从地震相遇时距曲线的(PX)线上求得。一般含水砂砾石层界面纵波波速在1650~2000m/s; 花岗岩界面纵波速度在3500~4000m/s; 当目的层较深时, 参考地震反射、电测深和激电测深进行解释。

地震反射波法^[4]: 采用6次覆盖, 12道滚动采集, 使用60Hz检波器、道间距2m, 锤击激发。地震反射资料解释采用CDP抽道叠加, 求得时间剖面, 再由时间剖面转换为深度剖面。地下水界面的反射相位结合电测深曲线及激电测深曲线综合给出。

物探工作针对测区的测试条件及委托方的要求, 选择电法测试为主要方法、地震折射波和反射波法为辅的综合物探技术^[5], 并在测区做了一定数量的激电测深点, 以便辅助解释地下水位埋深情况。

2.3 测线布置

在河左岸自上游至下游依次布置了 I-I 剖面, 剖面长1157m, 剖面方向 45° ; II-II 剖面, 剖面长2605m, 剖面方向 54° ; III-III剖面, 剖面长2060m, 剖面方向 86° , 在桩号0+745处方向转为 92° ; IV-IV剖面, 剖面长1840m, 剖面方向 89° ; V-V剖面, 剖面长1957m, 剖面方向 94° , 在桩号1+614处方向转为 90° ; VI-VI剖面, 剖面长1471m, 剖面方向 83° , 在桩号0+988处方向转为 64° 。在河左岸边坡布置了 VII-VII剖面, 剖面长411m, 剖面方向 332° , 在桩号0+179处方向转为 10° , 在桩号0+346处方向转为 176° ; VIII-VIII剖面, 剖面长769m, 剖面方向 33° ; IX-IX剖面, 剖面长431m, 剖面方向 101° , 在桩号0+170处方向转为 106° ; X-X剖面, 剖面长849m, 方向 281° 。

3 综合物探成果分析

根据以往及本次物探测试结果显示测区地球物理特征^[6~7]为: 土层电阻率在 $15 \sim 320 \Omega \cdot m$, 纵波速度一般为 $350 \sim 650 m/s$; 砂砾石层电阻率在 $400 \sim 4200 \Omega \cdot m$, 纵波速度 $800 \sim 2100 m/s$; 花岗岩电阻率一般为 $1000 \sim 3000 \Omega \cdot m$, 砾岩电阻率一般在 $100 \sim 340 \Omega \cdot m$, 泥岩电阻率 $16 \sim 85 \Omega \cdot m$, 花岗岩界面纵波速度 $3500 \sim 4000 m/s$ 。

3.1 I-I 剖面测试成果

I-I 剖面: 0+000~0+300桩号段, 第一电性层(土层)厚度3~8m, 电阻率 $33 \sim 180 \Omega \cdot m$; 第二电性层(砂砾石层)厚度16~38m, 电阻率 $200 \sim 600 \Omega \cdot m$; 第三电性层(推测为砂砾石层)厚度50~60m, 电阻率 $1410 \sim 3400 \Omega \cdot m$; 以下为第四电性层(基岩)基岩顶板埋深80~90m, 电阻率 $600 \sim 850 \Omega \cdot m$ 。0+300~0+730桩号段, 第二电性层(砂砾石层)厚度5~30m, 电阻率 $153 \sim 680 \Omega \cdot m$; 第三电性层(砂砾石层)厚度44~76m, 电阻率 $1410 \sim 6450 \Omega \cdot m$; 以下为第四电性层(基岩)基岩顶板埋深50~100m, 电阻率 $350 \sim 500 \Omega \cdot m$ 。0+730~1+157桩号段, 第一电性层(土层)在0+780~1+025桩号段, 厚度0~8m, 电阻率 $22 \sim 460 \Omega \cdot m$; 第三电性层(砂砾石层)厚度18~73m, 电阻率 $360 \sim 3000 \Omega \cdot m$; 以下为第四电性层(基岩)基岩顶板埋深18~80m, 电阻率 $350 \sim 900 \Omega \cdot m$ 。水库水位1928m时, 0+000~0+623桩号段地下水位在1923m左右。

3.2 II-II 剖面测试成果

II-II 剖面: 0+000~0+353桩号段, 第一电性层(土层)在0+000~0+280桩号段, 厚度18m左右, 电阻率 $23 \sim 310 \Omega \cdot m$; 第五电性层(不明电性层), 厚度60~120m, 电阻率 $75 \sim 90 \Omega \cdot m$; 以下为第六电性层(推测为基岩), 埋深95~121m, 电阻率 $1600 \sim 1980 \Omega \cdot m$ 。0+353~0+890桩号段, 第二电性层(砂砾石层), 厚度11~36m, 电阻率 $156 \sim 720 \Omega \cdot m$; 第三电性层(砂砾石层), 厚度57~95m, 电阻率 $750 \sim 5250 \Omega \cdot m$; 以下为第六电性层(砾岩), 埋深82~98m, 电阻率 $150 \sim 540 \Omega \cdot m$ 。0+890~2+193桩号段, 第一电性层(土层)厚度2~19m, 电阻率 $70 \sim 500 \Omega \cdot m$; 第三电性层(砂砾石层), 厚度20~55m, 电阻率 $350 \sim 2750 \Omega \cdot m$; 第四电性层(砂砾石层), 厚度0~56m, 电阻率 $300 \sim 1200 \Omega \cdot m$; 第六电性层(基岩), 埋深33~95m, 电阻率 $230 \sim 1150 \Omega \cdot m$ 。2+193~2+605桩号段, 第一电性层(土层)厚度3~12m, 电阻率 $19 \sim 300 \Omega \cdot m$, 地震纵波波速 $340 \sim 400 m/s$; 第三电性层(砂砾石层)厚度0~52m, 电阻率 $660 \sim 1000 \Omega \cdot m$, 地震纵波波速 $790 \sim 2000 m/s$; 第六电性层(基岩), 埋深7~56m, 电阻率 $525 \sim 5400 \Omega \cdot m$, 地震纵波波速 $4500 \sim 5000 m/s$ 。水库水位1928m时, 0+064~2+180桩号段地下水位在1912m~1907m, 2+225~2+467桩号段地下水位在1900m左右。

3.3 III-III剖面测试成果

III-III剖面: 0+000~0+745桩号段, 第一电性层(土层)在0+000~0+220与0+600~0+745桩号段, 厚度0~12m, 电阻率 $17 \sim 490 \Omega \cdot m$; 第二电性层(砾石层), 厚度70~105m, 电阻率 $128 \sim 2760 \Omega \cdot m$; 以下为第四电性层(砾岩), 埋深70~110m, 电阻率 $80 \sim 170 \Omega \cdot m$ 。0+745~1+510桩号段, 第一电性层(土层), 厚度8~15m, 电阻率 $16 \sim 580 \Omega \cdot m$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度80m左右, 电阻率 $128 \sim 1400 \Omega \cdot m$; 第四电性层(砾岩), 埋深86~96m, 电阻率 $127 \sim 208 \Omega \cdot m$; 以下为第五电性层(花岗岩), 埋深86~300m, 电阻率 $1200 \sim 3600 \Omega \cdot m$ 。1+510~1+835桩号段, 第一电性层(土层)在1+510~1+666桩号段, 厚度0~8m, 电阻率 $24 \sim 700 \Omega \cdot m$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度24~51m, 电阻率 $150 \sim 3800 \Omega \cdot m$; 第三电性层(砂土砾石层), 厚度0~58m, 电阻率 $42 \sim 325$

$\Omega \cdot \text{m}$; 第五电性层(花岗岩), 埋深30~90m, 电阻率737~1500 $\Omega \cdot \text{m}$ 。1+835~2+060桩号段, 第二电性层(砂砾石层)厚度30~56m, 电阻率130~620 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第五电性层(花岗岩)埋深30~56m, 电阻率720~1500 $\Omega \cdot \text{m}$ 。水库水位1928m时, 0+000~1+817桩号段地下水位在1891m~1898m; 1+855~2+060桩号段地下水位在1900m左右。

3.4 IV-IV剖面测试结果

IV-IV剖面: 0+000~0+725桩号段, 第一电性层(土层)厚度4~15m, 电阻率30~450 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度0~54m, 电阻率128~450 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层), 埋深12~90m, 电阻率562~1700 $\Omega \cdot \text{m}$, 以下为第五电性层(砾岩), 埋深46~100m, 电阻率1200~3600 $\Omega \cdot \text{m}$ 。0+725~1+177桩号段, 第一电性层(土层), 厚度4~17m, 电阻率13~290 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层), 厚度26~89m, 电阻率550~1450 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(砂砾石层)在1+098~1+177桩号段, 厚度0~26m, 电阻率175~200 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第五电性层(砾岩), 埋深86~100m, 电阻率152~350 $\Omega \cdot \text{m}$ 。1+177~1+593桩号段, 第一电性层(土层)厚度2~15m, 电阻率23~190 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层), 厚度9~27m, 电阻率960~1680 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(砂砾石层), 厚度0~53m, 电阻率110~200 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下第六电性层(花岗岩), 埋深38~76m, 电阻率850~2100 $\Omega \cdot \text{m}$ 。1+593~1+840桩号段, 第一电性层(土层)厚度0~12m, 电阻率10~200 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层)在1+593~1+711桩号段, 厚度0~19m, 电阻率960~1520 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第六电性层(花岗岩)埋深0~20m, 电阻率720~1500 $\Omega \cdot \text{m}$ 。水库水位1928m时, 0+000~1+585桩号段地下水位在1880m~1890m。

3.5 V-V剖面测试结果

V-V剖面: 0+000~1+180桩号段, 第一电性层(土层)厚度0~19m, 电阻率22~500 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度22~70m, 电阻率162~3000 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层)在0+000~1+096桩号段, 厚度0~40m, 电阻率180~540 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第四电性层(砾岩), 埋深70~90m, 电阻率150~550 $\Omega \cdot \text{m}$ 。1+180~1+957桩号段, 第一电性层(土层), 厚度0~14m, 电阻率28~460 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层), 厚度10~62m, 电阻率225~3700 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(基岩)埋深10~68m, 电阻率90~625 $\Omega \cdot \text{m}$ 。水库水位1928m时, 0+447~1+956桩号段地下水位在1875m左右。

3.6 VI-VI剖面测试结果

VI-VI剖面: 0+000~0+928桩号段, 第一电性层(土层)在0+000~0+753桩号段, 厚度0~20m, 电阻率19~350 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度9~43m, 电阻率114~3200 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(砂砾石层)厚度38~98m, 电阻率120~900 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第四电性层(砾岩), 埋深50~110m, 电阻率120~360 $\Omega \cdot \text{m}$ 。0+928~1+471桩号段, 第一电性层(土层), 厚度0~40m, 电阻率22~520 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(不明电性层)在0+928~0+979桩号段, 厚度0~38m, 电阻率120~720 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(砾岩)埋深18~50m,

电阻率17~80 $\Omega \cdot \text{m}$ 。水库水位1928m时, 0+000~0+576桩号段地下水位在1865m左右。

3.7 VII-VII剖面测试结果

VII-VII剖面: 0+000~0+411桩号段, 第一电性层(砂砾石层), 厚度5~34m, 电阻率350~5000 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层)在0+045~0+307桩号段呈U型, 厚度0~76m, 电阻率700~1200 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(基岩), 埋深5~110m, 电阻率200~360 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

3.8 VIII-VIII剖面测试结果

VIII-VIII剖面: 0+000~0+769桩号段, 第一电性层(土层)厚度3~24m, 电阻率18~600 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度0~53m, 电阻率800~4000 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(不明电性层)在0+000~0+563桩号段呈U型, 厚度0~106m, 电阻率180~500 $\Omega \cdot \text{m}$; 以下为第四电性层(基岩), 埋深10~145m, 电阻率600~1200 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

3.9 IX-IX剖面测试结果

IX-IX剖面: 0+000~0+431桩号段, 第一电性层(土层)在0+000~0+385桩号段厚度0~8m, 电阻率34~170 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层), 厚度30~58m, 电阻率675~5000 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(不明电性层)厚度28~76m, 电阻率200~300 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(砾岩)在0+000~0+170桩号段, 埋深80~100m, 电阻率220~360 $\Omega \cdot \text{m}$; 第五电性层(基岩)在0+170~0+431桩号段, 埋深100~110m, 电阻率1000~1200 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

3.10 X-X剖面测试结果

X-X剖面: 0+000~0+518桩号段, 第一电性层(土层)在0+070~0+166桩号段厚度0~7m, 电阻率18~150 $\Omega \cdot \text{m}$; 第二电性层(砂砾石层)中间厚两侧薄, 厚度0~52m, 电阻率840~8000 $\Omega \cdot \text{m}$; 第三电性层(不明电性层)在0+077~0+405桩号段呈U型, 厚度0~67m, 电阻率250~300 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(花岗岩), 埋深0~110m, 电阻率750~1720 $\Omega \cdot \text{m}$ 。0+518~0+849桩号段, 第二电性层(砂砾石层), 厚度0~34m, 电阻率290~2800 $\Omega \cdot \text{m}$; 第四电性层(花岗岩)埋深0~34m, 电阻率1920~2500 $\Omega \cdot \text{m}$ 。

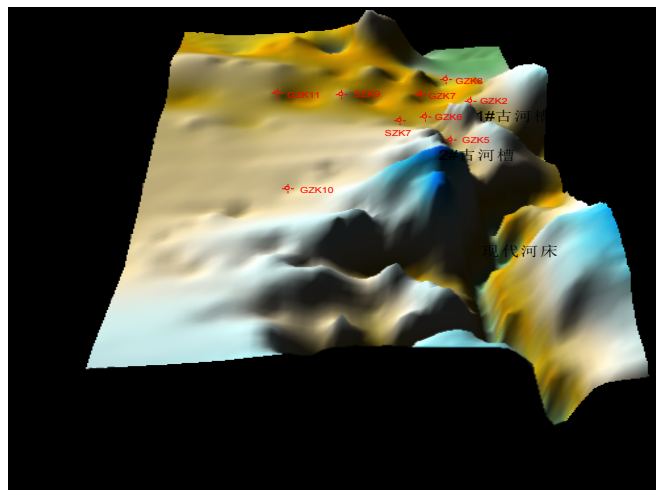
4 结论与评价

4.1 结论

1#古河槽通过II-II剖面桩号2+203~2+459段; 2#古河槽通过II-II剖面桩号1+953~2+164段, III-III剖面桩号1+691~1+821段; 1、2#古河槽于III-III、IV-IV剖面之间汇合, 其左边界为IV-IV剖面桩号1+175、V-V剖面桩号1+200、VI-VI剖面桩号1+055, 其右边界为IV-IV剖面桩号1+573、V-V剖面桩号1+854; 坝址区左岸基岩顶板埋深及1、2#古河槽具体位置见附图2基岩界面^[8]形态示意图。经过多种物探方法测试及验证, 未发现3#、4#古河槽。

水库水位1928m时, 左岸阶地自上游向下游, I-I剖面水位为1923m左右, II-II剖面水位为1907m~1912m, III-III剖面水位为1891m~1898m, IV-IV剖面水位为1880m~1886m, V-V剖面水位为1875m左右, VI-VI剖面水位为1865m左右; 阶地下1、2#古河槽, 自上游向下游II-II、III-III剖面水位为1900m左右, IV-IV剖

面水位为1886m~1890m, V-V剖面水位为1875m左右, 与钻孔验证基本一致。



附图1 基岩界面形态示意图(注:横、纵坐标为GPS坐标)
4.2评价

经过分析并结合现场的地质特征,本次物探工作方法对目的层的深度解释一致性较好。测试结果表明综合物探技术在古河槽探测中有较高的精度,能够快捷有效的解决工程问题,既经济又实惠,可为类似工程问题提供参考。

[参考文献]

- [1]武清,黄涛.阿克肖水库古河槽坝基处理及超深防渗墙施工[J].水利规划与设计,2020,(01):108-112.
- [2]冯军,蒋文,张征.西北某石英脉型金矿综合物探特征及定量解释实例[J].物探与化探,2022,46(03):661-667.
- [3]杨红霞.地震折射波法在浅覆盖区地质填图中的方法研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(21):138-140.
- [4]蔡盛,张邦.隧道三维地震反射波法超前地质预报偏移成像应用研究[J].工程地球物理学报,2021,18(05):613-619.
- [5]张瑜鹏,夏志强,荣鑫.综合物探技术在大坝坝基渗漏探测中的应用[J].水利技术监督,2022,(04):42-46.
- [6]张峤,纪飞.西南极特拉裂谷综合地球物理特征分析[J].地质力学学报,2021,27(05):809-820.
- [7]吴姗姗,姚维军,李琳,等.苏北赣榆一和安湖地区地球物理特征和地热条件分析[J].地质评价,2022,68(04):1501-1510.
- [8]胡瑞华,胡迎松,李书.复杂基岩覆盖层分界面建模算法研究和实现[J].人民长江,2018,49(15):66-73.

作者简介:

崔晨(1985—),男,汉族,河南信阳人,本科,工程师,从事工程物探应用与检测技术工作。