

高凤山电站扩建工程 坝址区地球物理勘探

丁俊杰*

(成都勘测设计研究院,成都,610072)

摘要 高凤山电站扩建工程坝址区,通过采用地球物理勘探(电测深法与初至折射波法),对河床冲积层厚度与基岩起伏状态做出了明确的地质描述和结论,尤其对水下沙卵石层厚度的确定,为坝轴线的选择提供了重要的数据指标和物性依据。

关键词 地球物理勘探 初至折射波法 电测深法 电阻率 相遇时距曲线 劲弹模 波速

1 概述

高凤山电站地处青衣江中游,洪雅县罗坝、中保、东岳三镇辖区内。坝址选择在义公坝高凤山一带河段上。距洪雅县城20km,距槽渔滩电站10km,地理环境适中。枢纽区河谷两岸均有公路通过。该项扩建工程为槽渔滩电站之后,在近期内供选择投产的又一中型水电站。

依据与扩建工程处的合同条款,我队于6月中旬对甲方所确定的坝址区,进行了地球物理勘探(电测深法与初至折射波法),即从点线面的角度来查明冲积层的厚度及基岩顶板起伏状态等工程地质问题。为水工建筑物及钻探工程的布置提供急需的数据和地质构造信息。

2 坝址区工程地质及地球物理条件

坝址选段,河床开阔,宽达400~800m,中部狭窄,约有300m。青衣江至此急转,自西向北而流。河谷左岸为I级基座阶地,阶面平坦宽约数百米,地面高程496m,由近代冲积物组成,结构较紧密,厚度为7~10m。河床部位据钻孔揭露:沙卵石层厚度5~8m,结构松散,透水性强,渗透系数 $K = 12.9 \sim 86\text{m/d}$ 。

漫滩堆积厚度5~10m。河床局部地段基岩出露,并发现有深潭存在(深度达13m),基岩顶板最低高程为472m。

坝址区基岩为白垩系灌口组(K_{1g})泥质粉砂岩与粉砂质泥岩互层组成。整体缓倾向右岸偏上游,中一薄层状,含易溶盐,岩性较弱易风化,强风化卸荷带约4~5m,层内溶蚀小孔发育,散布于其中,且集中顺层通过。并在不同的深度形成集中发育带,岩体内层裂隙发育,有三组构造裂隙。

附表 高凤山电站扩建工程坝址区岩层物理参数

物性参数		$V_p / \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	$\rho / \Omega \cdot \text{m}$
第四系 (Q_4)	表层干卵石层		1000~4000
	饱和沙卵石层	600~1000	500~1000
	沙层		<200
	江水	1400~1600	40~50
白垩系 (k_{1g})	微风化岩体 泥质粉砂岩	3000	50~80
	风化卸荷岩体 泥质粉砂岩	1400~1900	<50

坝址区地球物理条件,经实测各种地层或岩体都具有不同程度的物性差异(见附表),为不同物探方法的调查提供了前提条件。无论是波速界面还是电性界面,都相对比

* 参加工作的有:丁陈奉、江明盛、许天海、陈波、汪世发 陈慧愚

较清楚。尤其是低阻、高速的泥质粉砂岩，与高阻、低速冲积沙卵石层有5~10倍的物性差异，将成为对比识别上覆第四系松散层的主要的物性标志层。并为测区划分其它岩层或岩体界限提供了重要的物性依据。

3 野外工作方法和数据观测

在坝址区地质勘探线布置的基础上，开展了初至折射法和电测深法。具体的剖面布置范围和走向如图1所示，共做了7条地震折射剖面图和5条电测深剖面，累计剖面长度

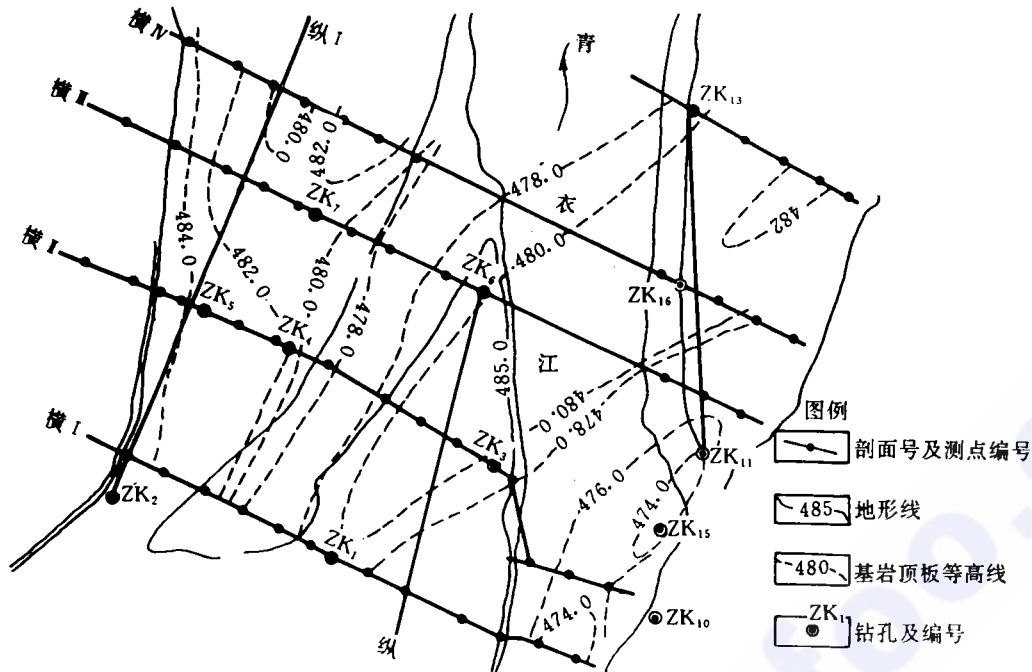


图1 高凤山电站扩建工程基岩顶板等高线图

2 000m以上，折合830多个标准点。

3.1 电阻率测深法

使用国产 DDC-2A 型电子自动补偿仪，外业选用方法对称四极测深法(A M N B)和水上三级法(A M N ∞)，供电极距AB/2从1.5m开始观测记录，最远的供电极距AB/2=100m，测量电极MN为1m和6m两组，在9m与13m极距处相互重复衔接，供电电压180V。水上电测深的无穷远电极设在500m以外的水稻田中，与跑极线大体垂直。电测深剖面横跨青衣江河床、滩地，阶地，与原有的地质勘探线大致重合，测深点间距10m。每个测深点ρ_s曲线至少采集了12组电位差和电流数据，103个实测物理点总共观测数据1 200多组。且数据观测，包括检查和重复读数的精度均达到部颁物探规范的要求，误差小于5%，满足了内业整理和资料解释的要求。

3.2 地震初至折射勘探

使用美制 ES-1210F 多道信号增强型地震仪进行外业数据采集。并以追逐与相遇相结合的复合观测系统，进行折射界面的追踪。做了3条顺河纵测线与4条横河测线，检波点距5m，12个检波点，55m一个排列，共做了26个排列，120张记录，312个物理点。锤击震源，所获得的初至波信号清晰明确。正反向波至互换时间的差值甚小，在允许的范围内，符合规范精度要求，满足了内业解释的需要。

4 物探异常分析与解释

通过仪器采集数据构成的地球物理异常图象，形态类型，幅度大小，斜率变化等信息，实为地下隐伏地质构造物性差异的反映。仔细研究地震追逐相遇时距曲线和电测深ρ_s曲线的形态特征，方能判别出物性层与地质结构的对应关系。进而确定要勘探的地质体

的规模和产状。

4.1 电性地质界面特征

坝址区4条电测深剖面(横 I、II、III、IV) 103支 ρ_s 测深曲线,从形态来看,多呈下降的 Q 型($\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$)和 K 型($\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$)三层地电断面组合(图2)。前者覆盖面大,多出现在河滩部位,即由表层干燥的沙卵石—饱和水沙卵石—泥质粉砂岩组合而成。后者仅在阶地与河床水上部位出现,由耕植土—沙卵石—泥质粉砂岩或由江水—沙卵石—泥质粉砂岩构成。三大电性层次的划分,主要依据附表统计的各种地层或岩体的电阻率指标来界定的。并通过与钻孔地质柱状图对比,确定电性层次与地质层的界限关系以及电性参数取舍范围(图2)。对高阻性质的冲积层的确定,是通过与低阻性质的泥质粉砂岩标准层比较来划分界限及厚度,即把实测 ρ_s 测深曲线逐个与理论曲线对比重合解释得出定量指标。自然与钻孔鉴定或地质界限之间存在着一定的允许误差,是正常现象。本测区解释的冲积层厚度,总体看来,绝对误差小,相对误差大。对较薄的沉积有解释偏大的趋势;对局部深潭(13m 厚度)解释则有缩小的迹象。这由于物探不象钻探是点的勘探,而是体积性的勘探,其分辨率除受物性条件的限制以外,还要受勘探地质体的产状和规模大小的制约,有一定的规模才能被发现。坝址区的深潭虽然下

切13m,但其范围很小,便难在物性异常上反映出来。Q 型的地电断面,最多只能解释到8~10m。这些定性定量划分所存在的问题,都需要加以推敲,以免偏差过大。

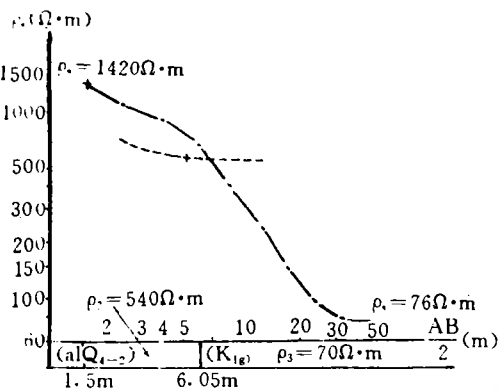


图2 ZK₁孔旁测深(I—15)

从103个电测深点的高程中减去冲积层的解释厚度后,如以2m 间距绘制坝址区基岩顶板等高线(图1),在平面图上的展示状态等高线平滑稀疏,在河床右岸有深切的闭合或半闭合圈的出现,揭示了坝址区基岩面的整体宏观状态,即起伏不明显,比较平坦开阔。尤其 II、IV 坝轴线江水流过的位置,基岩顶板的高程地形线似在478~480m 之间波动,也就是说水下冲积层只有1~4m 左右,而 I、II 坝轴线河床部位河道切割最深,基岩最低高程在472m 上下,II 坝线河床基岩面似应高于475m(图3)。

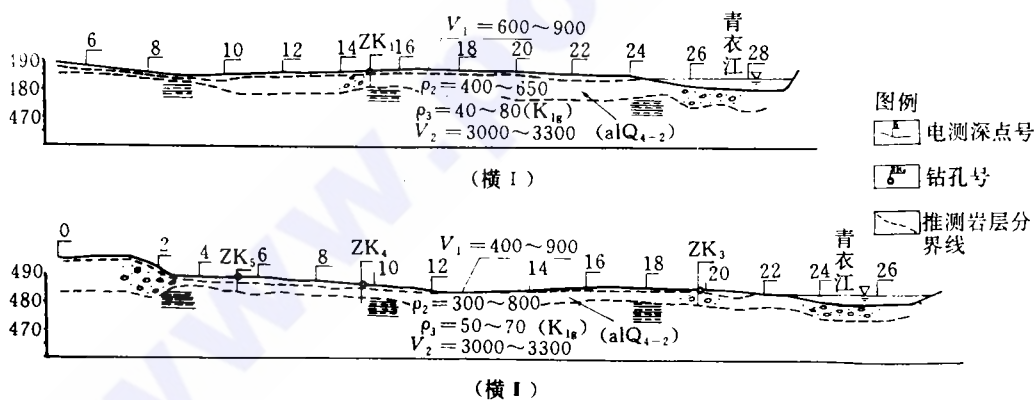


图3 高凤山电站扩建工程坝轴线物性—地质剖面图

从电测深探测结果来看,河谷横向上有不甚明显的起伏,即有下切痕迹和局部隆起的现象。而且存在着左浅右深的冲蚀构造特征。冲积层厚度也随此而变化,一般沉积厚度小于10m,多在3~8m之间。而左右两岸阶地堆积厚度可达7~13m。河谷这样的沉积规律是与河流的冲刷改道和岩性强弱有关。也是岩体整体向上游右岸倾斜的结果。

4.2 波速界面特征

坝址区3纵4横地震初至折射面,获得的相遇时距曲线,反映的是 V_1 (冲积层) $< V_2$ (泥质粉砂岩)两层结构的地质标志。时距曲线两端临介距离很小,追逐与相遇时距曲线没有明显的波折,比较平行,交叉点也位于中间近乎对称,正反方向的相遇时差甚小。这些异常特征,一则表明地下波速界面结构简单,起伏不大,岩性单一。二则说明 V_1 层沉积较薄。经 t_0 法解释, V_1 层厚度小于10m,多在3~8m之间,与电测深解释结果基本一致。冲积层的波速平均值为600~1000m/s,这种低速性质的出现,是与冲积层的松散结构及含沙量重等地质因素有关。基岩(泥质粉砂岩)的界面速度为2800~3300m/s,其平均值接近平硐连续波速指标3000m/s,可见岩体波速的真实性。

根据地震 t_0 法解释数据所绘制的坝址区左侧滩地纵I剖面(穿过 ZK_2 、 ZK_5 、 ZK_8)的冲积层厚度变化,从上游向下游有逐渐增厚的趋势,最厚可达9m。基岩面呈下倾形态。位于河心滩地纵I剖面的基岩面埋藏有上深下浅的构造特征,只是不甚明显,说明基岩面比较平整。右岸纵II剖面基岩在两端埋藏较深,上游最深可达9m。而中部相当宽的区间内基岩埋藏都较浅,不过3~5m左右。

经纵、横剖面20余个排列观测,上覆松散层内尚未发现有明显的承重沙层存在。

5 结论与建议

通过不同物性参数的物探方法对高风山电站扩建工程坝址区的综合勘探研究和分

析,初步可得出如下结论:

5.1 冲积层厚度

坝址区除左岸阶地和河床局部深潭以外,第四系(al Q_{4-2})冲积层厚度不超过10m,多在3~8m之间。在滩地左侧流水沟一带,即基岩面地形等高线478m所圈定的范围内,中间层的电阻率比其它地方要低得多,只有250~400 $\Omega \cdot m$,似为沙层透镜体的反映。

5.2 基岩起伏状态

坝址区基岩(K_{1g})面整体起伏不明显,相对比较开阔平坦。横向上在河床和滩地有左浅右深的构造特点。并略有起伏。最低的基岩面高程为472m。

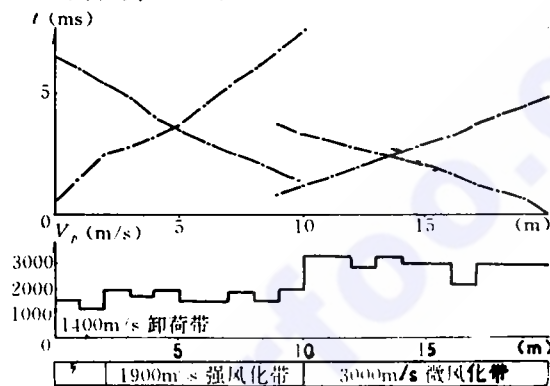


图4 平硐地震连续波速分带图

5.3 粉砂岩体的波速与力学指标

通过右岸平硐硐壁连续波速的实测纵波速度划分结果(图4),可以看出砖红色泥质粉砂岩风化卸荷的深度在硐深10m附近,波速分界明显,反映了边坡岩体的风化程度和界限范围。横波由于开挖后的硐壁条件甚差,未能如期实施取得资料。因此,只能根据地质提供的泊松比0.36~0.38和容重值 $2.41 \times 10^3 N/m^3$,计算得出泥质粉砂岩(K_{1g})力学指标为:强风化卸荷岩体,波速1400m/s,动弹模量2.58GPa;风化岩体,波速1900m/s,动弹模量为5.02GPa;微风化岩体,波速为3000m/s,动弹模量为13.18GPa。泥质粉砂岩三大风化结构的划分、波速和力学指标十分清楚。为施工开挖提供了极为重要的物性依据和数据指标。

(收稿日期:19941125)