

青藏线冻土地球物理模型的建立

李来喜 韩永琦

(铁道部第一勘测设计院,甘肃兰州 730000)

摘要:通过对青藏线冻土勘探综合物探资料的分析,建立了 2 种有代表性的冻土地球物理模型,此模型的建立不仅有助于野外冻土资料的判释,而且对今后冻土物探工作有一定的指导意义。

关键词:青藏线 地球物理模型 冻土标志层

中图分类号:P631 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2002)01-0071-04

青藏线冻土主要分布在西大滩至安多段。在这段冻土的地球物理勘查中,我们逐渐认识到,正确地建立冻土地球物理模型,不仅有助于野外冻土的定性判释,而且对冻土的定量解释也有重要的意义。作者试图通过对勘测数据的分析,建立冻土的地球物理模型,以便今后冻土地球物理勘查资料的解释。

文中所用资料主要以电测深和面波反演资料为主。电测深法采用对称四极装置,最大 $AB/2$ 一般

为 15 m,面波法采用瞬态多点面波法,12 个检波点,道间距 2 m,偏移距一般为 8~10 m。

1 西大滩地球物理模型的建立

在西大滩至安多段冻土勘查中,有 2 种典型的冻土类型,一种以西大滩为代表,另一种以沱沱河南岸为代表。以下就 2 种类型的模型建立分述如下。

西大滩工点位于昆仑山北麓,在冻土勘测深度

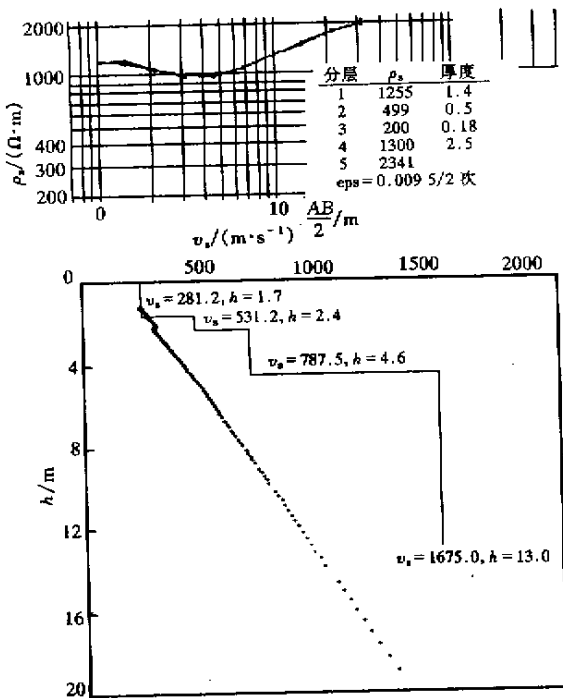


图 1 西大滩 3 号钻孔反演结果

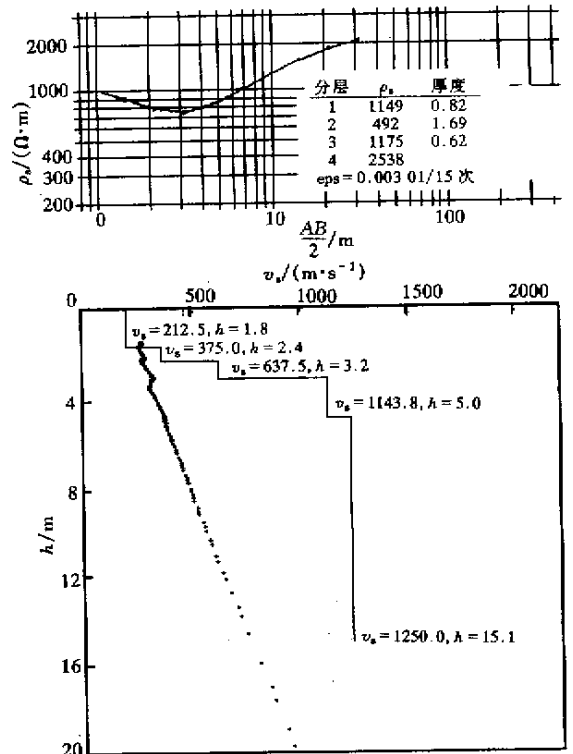


图 2 西大滩 IV 剖面 xdt4-6 号点反演结果

a—电测深勘测反演结果, b—瑞雷波勘测反演结果。图 1~图 5 同。

范围内,主要沉积的是第四系碎石土、角砾土。

图 1 为西大滩工点 3 号钻孔的电测深及面波勘测的反演资料(图中 esp 为相对拟合精度)。可以看出,在 2.4~2.5 m、3.1~3.2 m 间为分层点,分层点下的物性参数分别与季节冻土和多年冻土相对应。钻孔资料显示出 0~2.5 m 为砾砂,2.5~12 m 为角砾土,2.5 m 见冰,3.6 m 为冻土上限(理论计算深度)。物探资料与钻孔资料在见冰深度上是一致的,多年冻土深度小于理论计算深度。

图 2 为 IV 剖面 xdt4-6 号点的电测深及瑞雷波勘测的反演资料。从反演资料来看:在 2.1~2.4 m、4.6 m 间为分层点,分层点下的物性参数分别与季节冻土和多年冻土相对应。瑞雷波资料在季节冻土深度上深于电测深资料,这可能与瑞雷波勘测晚于电测深测量有关。

图 3 为西大滩工点 1 号钻孔的电测深及瑞雷波勘测的反演资料。从反演资料来看,电测深在 1.67 m、9.2 m 间为分层点,电阻率值分别与季节冻土和多年冻土相对应;而瑞雷波在 4.1 m、6.3 m、9 m 间为分层点,从瑞雷波速度来看,6.3 m 以下为多年冻土,4.1~6.3 m 为季节冻土。1.67~9.2 m 间电测深没有明显的分层,可能是电性渐变的结果。钻孔资料显示 0~4.2 m 为碎石土,4.2~9.2 m 为角砾土,9.2 m 以下为圆砾土,4.0 m 见冰,6.1 m 为冻土上限(理论计算深度)。物探资料与钻孔资料在见冰深度和冻土上限上是一致的。

从以上资料及西大滩其它物探资料分析,冻土地区都有一个共同点,即在见冰层上面有一层低阻薄层。这是由于冰层隔水,水份积存在此造成该层电阻率低于覆盖层。结合西大滩地震折射资料分析,西大滩地区冻土的地球物理模型从上到下为:

1. 表层覆盖层。该层为第四系覆盖层,由于地区不同其地球物理参数也不同。
2. 冻土标志层。该层为一薄层,富含水,电阻率相对表层较低,地震折射波法和瑞雷波法不易发现。
3. 季节冻土层。该层电阻率在 1000~1500 $\Omega \cdot m$ 间,纵波速度在 2700~3000 m/s 间,瑞雷波速度在 500~1000 m/s 间。
4. 多年冻土层。该层电阻率在 1500~2500 $\Omega \cdot m$ 间,纵波速度在 3000 m/s 以上,瑞雷波速度在 1100~1800 m/s 间。

2 沱沱河南岸地球物理模型的建立

沱沱河工点位于长江源头,河流南岸表层为第四系砂粘土,含砾砂粘土,厚度为 1~3 m,下伏泥岩。

图 4 为沱沱河南岸 I 剖面 thh1-5 号点的电测深及瑞雷波勘测的反演资料。反演结果显示,1.6~1.7 m 以下为泥岩,电阻率为 15 $\Omega \cdot m$ 左右。电测深曲线对冻泥岩无法反映,而瑞雷波在 2.5 m 下为冻泥岩的反映。同西大滩一样,在泥岩的上面同样存在一层相对表层电阻率较低的薄层(第三层)。

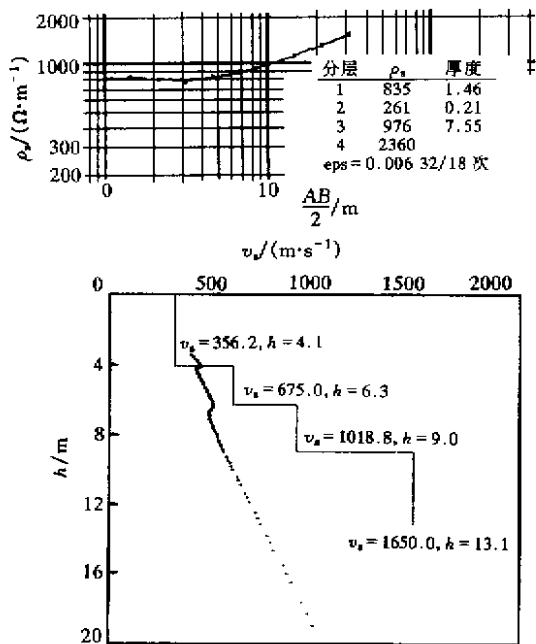


图 3 西大滩 1 号钻孔反演结果

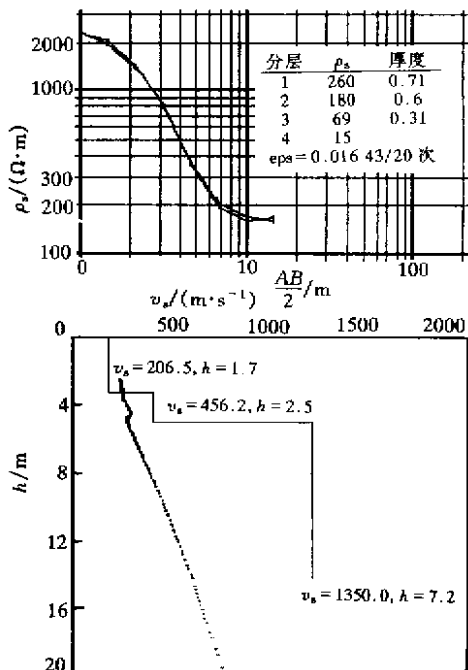


图 4 沱沱河 I 剖面 thh1-5 号点反演结果

图 5 为沱沱河南岸 II 剖面 tth2-5 号点的电测深及瑞雷波勘测的反演资料。反演结果显示, 3 m 以下为泥岩, 电阻率为 $18 \Omega \cdot m$ 左右。电测深曲线对冻泥岩无法反映, 而瑞雷波在 3 m 下为冻泥岩的反映。同西大滩一样, 泥岩的上面同样存在一层相对表层电阻率较低的薄层 (第四层)。

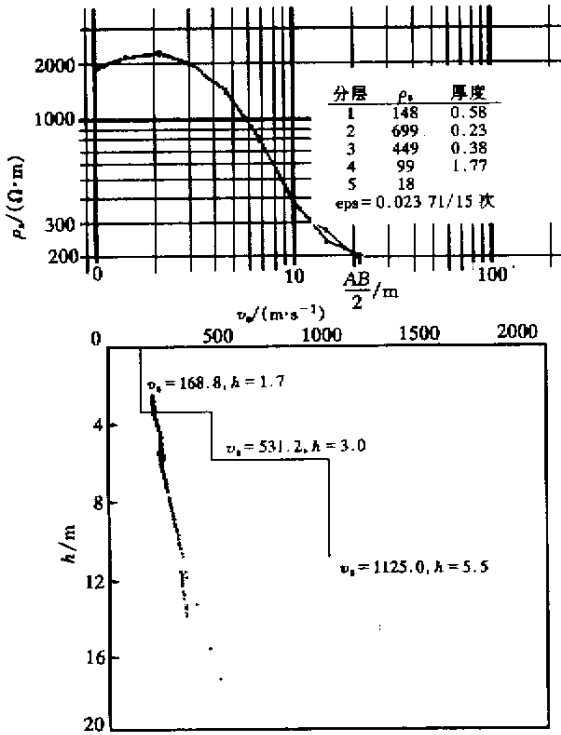


图 5 沱沱河 II 剖面 tth2-5 号点反演结果

综合沱沱河的资料, 参考西大滩的地球物理模型, 沱沱河冻土的地球物理模型从上到下为:

1. 表层覆盖层。该层为第四系覆盖层, 由于地区不同其地球物理参数也不同。
2. 泥岩标志层。该层为一薄层, 富含水, 电阻率相对表层较低, 地震折射波法和瑞雷波法不易发现。
3. 冻泥岩层。该层电阻率在 $15 \sim 50 \Omega \cdot m$ 间, 纵波速度在 $2700 \sim 3300 m/s$ 间, 瑞雷波速度大于 $1000 m/s$ 。

对于沱沱河冻土类型, 电测深无法分辨泥岩的冻与不冻, 必须通过地震折射或瑞雷波资料来判断。

3 地球物理模型在其它地区的应用

图 6 为安多公路方案冻土南界工点的 ds-18 号点电测深勘测反演结果。从图中的曲线形式上看, 按三层曲线反演是合适的, 但反演结果与实际不符, 因为其下有一高速层, 纵波速度为 $3100 m/s$,

考虑地质情况, 该高速层只能为冻土层。按西大滩地球物理模型反演, 结果在第三层有一薄层为季节冻土层, 其下无多年冻土层。这是因为在 ds-18 号点南 40 m 处有一深沟大河, 由于大河融蚀作用融化了冻土层。

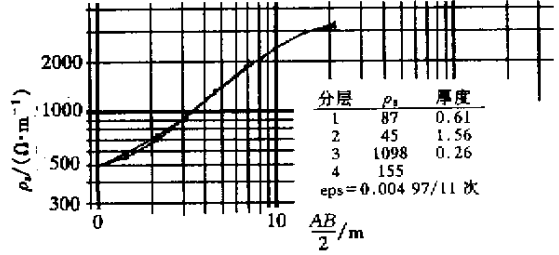


图 6 ds-18 号点电测深勘测反演结果

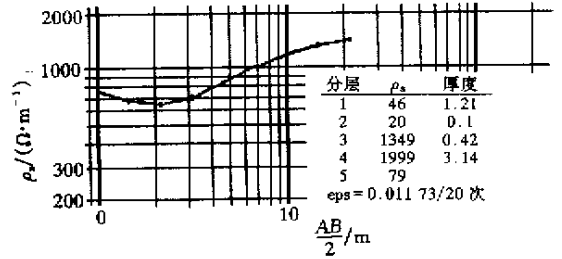


图 7 ds-19 点电测深勘测反演结果

图 7 为 ds-18 号点北 100 m 的 ds-19 号点的电测深反演结果。第二层为冻土标志层, 第三层为季节冻土层, 第四层为多年冻土层, 见冰深度为 $1.3 m$, 冻土上限为 $1.73 m$, 冻土下限为 $4.87 m$ 。多年冻土层下面为融化层。

4 结语

本文中的冻土模型是建立在第四系沉积层或下伏有泥岩层的地质基础上的, 虽然这两类模型在青藏线冻土区分布较广, 但仍有许多复杂的冻土类型文中没有涉及。除了下伏泥岩的情况外, 其它下伏基岩的冻土状况, 使用物探方法很难查清。

值得注意的是, 季节冻土是随季节变化的, 勘测时间不同, 见冰深度也不同, 冻土标志层的厚度、含水量 (电阻率) 也就不同。另外, 季节冻土层的冻土状况应是随深度逐渐变化的, 特别是季节冻土层含冰量较低, 热传导系数较大时, 变化更明显。这些情况, 在冻土的定量解释时有时需要考虑。

本文在完成过程中, 得到张守智高工的指导, 深表感谢!

THE ESTABLISHMENT OF THE FROZEN EARTH GEOPHYSICAL MODELS FOR QINGHAI-TIBET RAILWAY

LI Lai-xi , HAN Yong-qi

(No. 1 Surveying and Designing Institute , Ministry of Railways , Lanzhou 730000 , China)

Abstract : Based on the analysis of composite geophysical data obtained during the frozen earth exploration along the Qinghai-Tibet Railway , this paper has set up two representative geophysical models for frozen earth , which are not only conducive to the interpretation of field frozen earth data but also of some guiding significance in future geophysical exploration work of frozen earth areas.

Key words : Qinghai-Tibet Railway ; geophysical model ; key bed of frozen earth

作者简介 : 李来喜 男 ,1991 年 7 月毕业于河北地质学院物探系 现为铁道部第一勘测设计院物探工程师。



(上接 70 页)

[5] 张赤军 . 珠穆朗玛峰大地水准面与高程的测定 [J]. 科学通报 , 1997 42(23) :1543 - 1545 .	[8] Pelelin R P . Advanced geodesy[M]. Moscow :Mineral Press , 1978 .
[6] 陆仲连 . 地球重力场理论与方法 [M]. 北京 :解放军出版社 , 1996 .	[9] Torge W . Gravimetry[M]. Walter de Grayter ,Berlin-New york , 1989 .
[7] 王家林 ,王一新 ,万明浩 . 石油重磁解释 [M]. 北京 :石油出版	

A TENTATIVE DISCUSSION ON THE APPLICATION OF GRAVITY POTENTIAL BASE SURVEY TO THE CONSTRUCTION OF WATER CONSERVANCY PROJECTS

ZHANG Chi-jun , XU Hou-ze

(Institute of Surveying and Geophysics , Chinese Academy of Sciences , Wuhan 430077 , China)

Abstract : In the light of the principle that elevations should be identical at the same water level , it is held that the potential base-equivalent elevation which has the same meaning as the potential base ought to be used in the designing and construction of water conservancy projects. Calculation shows that the difference between the currently-used elevation and the potential base-equivalent elevation is as large as 7 m along the same measuring line with latitude difference 12° and altitude difference nearly 2500 m. Such a large deviation should not be neglected. This paper also puts forward some opinions on the arrangement of gravity points in elevation measurement and the precision of gravity interpolation.

Key words : potential base ; potential base-equivalent elevation ; construction of water conservancy projects ; gravity survey.

作者简介 : 张赤军(1933 -) 男 ,中国科学院测量与地球物理研究所研究员 ,长期从事大地重力学研究 ,发表论文近百篇。