

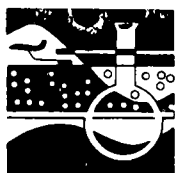
万家寨水利枢纽地震勘探工程实录

王清玉

(水利部、能源部天津勘测设计院物探队)

在万家寨水利枢纽右岸的辅助工区, 由于地质条件特殊, 地震折射波法所获资料用常规方法无法解释, 而采用“递推法”解释效果好。本文阐述了应用“递推法”需注意的问题, 并用波路计算提高了资料解释的精度。

关键词 递推法 波路计算



物探与化探

众所周知, 地震折射波运动学是研究当入射波以临界角入射到地下折射界面产生首波时, 折射波的时距关系。此时的已知条件是地下折射界面的产状, 折射界面上覆地层以及折射界面的波速 (均可由时距曲线求出)。通过已知参数的反演, 可以采用多种方法 (如表层剥去法、哈里斯法、 t_0 法、时间项法等), 求出基岩埋深, 进而勾绘基底的起伏。

然而, 在黄河万家寨工区用折射波初至法探测基岩埋深, 因受特殊地震地质条件影响, 我们获得的原始资料经整理后绘制的时距曲线特征是: 有些测段时距曲线存在穿透现象, 致使不能采用完整对比观测系统连续追踪基岩界面; 110m 排列的相遇时距曲线不能获得基岩界面的相遇段。在此情况下, 如果采用常规方法进行资料解释, 不是解释精度难以保证, 便是使用不方便。为此, 我们采用了“递推法”并结合“截距时间法”来推断解释, 所得结果经波路计算和钻探验证, 证明方法可行, 效果较好。

数学物理模型的建立与公式推导

设上层介质的平均波速为 V_1 , 折射界面的波速为 V_2 , 且 $V_2 > V_1$, 折射界面起伏较平缓, 两个相邻起射点之间的折射界面, 可近似为倾斜界面。根据上述设定条件导出了递推公式。

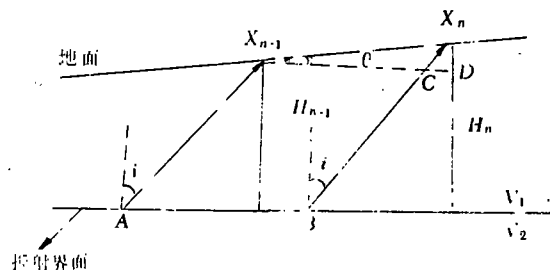


图 1 两相邻起射点间折射界面视为倾斜界面

图 1 中, 相邻两接收点折射波到达时差为 $\Delta T_n = T_n - T_{n-1}$; 相邻两接收点到折射界面的法线深度为 $\Delta H_n = H_n - H_{n-1}$; 相邻两接收点之间的距离为 $\Delta X_n = X_n - X_{n-1}$; n 为接收点数。

依据 Snell 定理有: $\sin i = V_1 / V_2$ (1)

因为 $\Delta T_n = AB / V_2 + CX_n / V_1$ (2)

而 $AB = \sqrt{\Delta X_n^2 - \Delta H_n^2} - \Delta H_n \operatorname{tg} i$ (3)

本文 1992 年 2 月收到。

$$CX_n = \Delta H_n / \cos i \quad (4)$$

将式(3)、(4)代入式(2)并考虑到式(1), 经整理得:

$$\Delta H_n^2 / V_1^2 - 2\Delta T_n \cos i \cdot \Delta H_n / V_1 + \Delta T_n^2 - \Delta X_n^2 / V_2^2 = 0 \quad (5)$$

式(5)为一元二次方程, 解该方程并取其合理的解为:

$$\Delta H_n = (V_1 / V_2) \cdot (\Delta T_n \cdot \sqrt{V_2^2 - V_1^2} - \sqrt{\Delta X_n^2 - V_1^2 \cdot \Delta T_n^2}) \quad (6)$$

据式(6)求出 ΔH_n , 再由式(7)递推出各接收点所对应的折射界面的法线深度。

$$H_n = H_{n-1} + \Delta H_n \quad (7)$$

值得指出的是: 因为炮点深度是递推的起始深度, 故为保证各点的递推精度, 必须保证起始值准确, 为此须先确保截距时间 T_0 准确, 即必须对时距曲线进行有选择地线性回归。 T_0 的精度可选用某一指标来控制。只有这样, 才能保证任一折射界面所对应的走时曲线在“递推法”解释中处于受控状态, 进而控制误差的积累, 而不会产生累积误差。

“递推法”解释效果的剖析

为验证所用方法的效果, 首先把它应用于一个已知模型, 并和“截距时间法”进行比

较。为不失一般性, 以二层倾斜构造为例, 如图 2 所示, 设地层倾角 $\theta = 10^\circ$, O_1 、 O_2 炮点的法向深度分别为 29.5m 和 49.1m, 上覆盖层的波速 $V_1 = 500\text{m/s}$, 折射界面波速 $V_2 = 2000\text{m/s}$ 。则“递推法”解释各测点之法向深度见表 1。

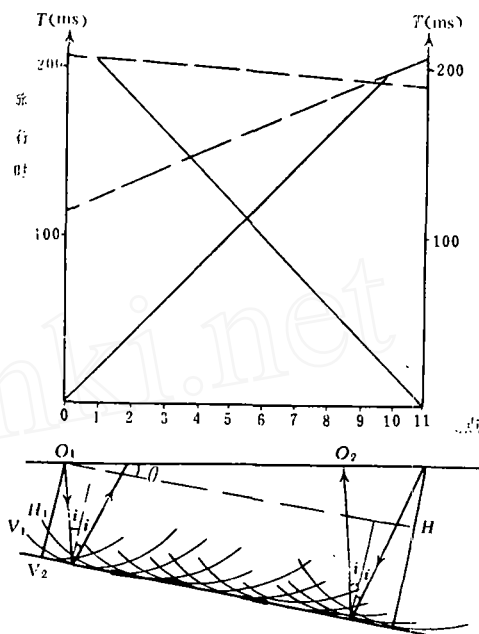


图 2 “递推法”解释结果

表 1 “递推法”解释结果表

测点号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
左至右各测点深度(m)	29.5	31.2	33.0	34.7	36.4	38.2	39.9	41.6	43.3	45.1	46.8	48.5
右至左各测点深度(m)	30.1	31.8	33.5	35.3	36.9	38.7	40.5	42.2	43.9	45.6	47.4	49.1
平均深度(m)	29.8	31.5	33.3	35.0	36.7	38.5	40.2	41.9	43.6	45.4	47.1	48.8

由表 1 和图 2 可知: “递推法”解释结果与“截距时间法”(真实界面) 十分吻合。

1. 工区概况

万家寨水利枢纽新拟定的右岸辅助工区, 位于内蒙古自治区准格尔旗。工程设计要求用物探手段测定坝址右岸辅助工区的基岩埋深。

测区内地形除少部分起伏较大外, 其他

部分均比较平缓。

覆盖层有第四系全新统(Q_4)风积砂土和更新统(Q_3)砂壤土、壤土。

基岩在五分村测区为第三系(N_2)半胶结或胶结的红土砾石层, 并见奥陶系亮甲山组(O_1l^2 、 O_1l^1)白云质灰岩和灰岩; 在石道清测区也为第三系(N_2)半胶结红土砾石层。

覆盖层的纵波等效波速(V_1)为 440~

滤波挡严格一致，各道迹线尺寸尽量一致，或各道按小级数放大（如各道按 2、4、6… $\dots$ dB 放大）。

3. “递推法”资料解释效果剖析

测区覆盖层厚度 20~32m, 有些测段时距曲线存在穿透现象, 致使不能采用完整对比观测系统连续追踪基岩界面。110m 排列相遇时距曲线不能获得基岩界面的相遇段。故采用单支时距曲线“截距时间法”和“递推法”进行综合解释。

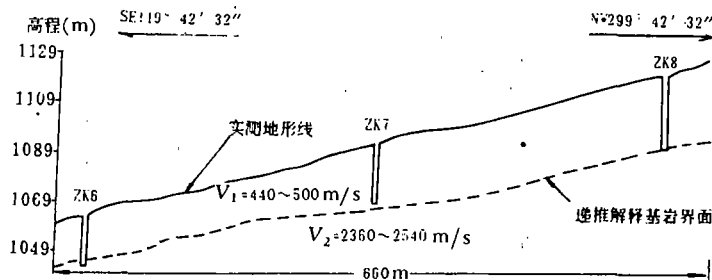
覆盖层等效波速的选取,系综合分析,统计直达波法及孔旁激震的结果。

限于篇幅,在此仅选取 WI 测线作具体说明,工作布设图也仅画出了 WI 测线(图 3)。

图3 WI测线工作布设图

图 4 为 WI 测线地震、地质剖面图。

为了得到有足够分辨率、能反映基底起伏的地震记录,以保证初至波的可靠对比,在实测过程中尽量消除激发药量及仪器等因素的影响,保证地震仪各放大器的增益挡和



该测线全长 660m, $V_1=440\sim 500\text{m/s}$;
 $V_2=2360\sim 2540\text{m/s}$ 。基岩埋深: 0~22 号
 测点为 16.6~20.5m; 22~33 号测点为 18.2
 ~26.1m; 33~44 号测点约 25m; 44~66

号测点 25.1~32.0m。基岩埋深规律是：顺山坡而上呈缓慢变深的趋势。

(1) 波路计算即正演计算, 是为了检验

解释结果的可靠程度，这在日本已纳入规范。受客观条件限制，折射波时距曲线的各种方法解释结果均不同程度地存在误差。而引起误差的主要原因是实际情况不完全满足初至波折射法的理论前提，所以，为了提高资料解释精度，有必要进行波路计算。其原则是：在推断解释的模型上，画出弹性波由炮点到接收点的路径，并据此计算波的响应时间，画出新的时距曲线，将此时距曲线与实测时距曲线进行比较，如二者吻合较好，则说明资料解释精度高。否则应对解释结果

进行修正。
按上述原则，我们对解释结果进行了验证，其结果是：模型响应值与实测值的相对误差一般小于 10%，说明“递推法”在本区的解释成果可信度较高。

(2) 钻探验证，为便于进一步分析对比，将“递推法”、“截距时间法”和钻探结果汇入表 2。

由表 2 显而易见，“递推法”解释结果与钻探验证结果基本吻合。

表 2 递推法、截距时间法和钻探结果

测线号		W I			W II					W IV	W		
测点号		3.4	33.4	62	0	14.6	30	45	55	73	0	28.7	57
递推法(m)		18.5	25.8	29		32.0				33.3	18.2	30.8	22.9
截距时间法或最小深度估计法(m)					25.8		不小于 36.0						
钻探验证	孔号	zk6	zk7	zk8	zk15	zk16	zk17	zk18	zk19	zk22	zk38	zk39	zk40
	深度(m)	20.0	25.0	29.5	25.7	26.7	25.0	30.0	30.0	30.0	18.4	30.0	22.7
						未见基岩				未见基岩		未见基岩	

使用“递推法”应注意的问题

1. 本文提出的数学物理模型是一个二层构造，而经常遇到的是二层以上的构造，在此情况下，可以求出上覆诸层的等效波速，将诸层等效成二层，进而用本法进行解释。
2. 理论和实践证明：欲保证递推精度，必须准确地求出上覆层波速 V_1 以及截距时间 T_0 。以确保“递推法”起始值的准确，进而消除递推解释所累积的误差。
3. 若采用两支时距曲线相向递推，其递推结果可能不一样，此时应取二者的算术平均值作为递推结果。图 5 为 W III 测线 0~11 号测点的解释结果。
4. 毫无疑问，如果时距曲线发现有穿透现象，其相应测段的基岩埋深无法进行定量解释，这时只能给出其最小的深度。

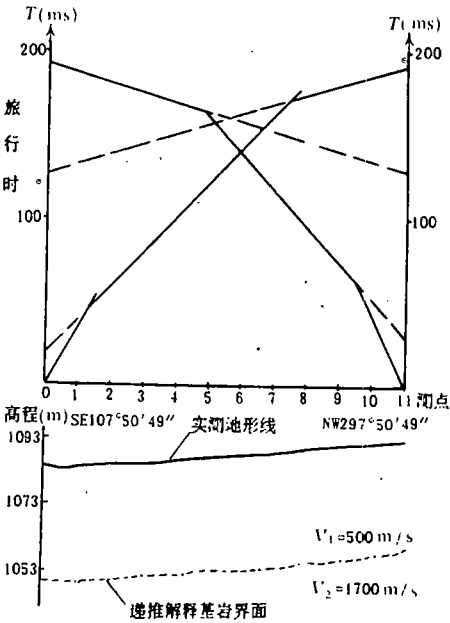


图 5 W III 测线地震地质剖面图

几点认识

1. 当前, 用地震折射法探测基底的起伏, 仍是一种广泛应用的工程物探方法。在一般情况下均能取得较好的效果。当然, 除了首先要保证原始记录准确可靠, 资料解释方法可行外, 波路计算也是一个值得重视的问题。

2. 因地震波速与很多因素有关, 故不能简单地从速度来推断某地层, 对资料的解释必须与地质钻探进行对比。在对比中, 两者不一致的情况是常有的。例如, 地质上能

够分为二个层序的地层, 由于波速差异不大, 在用地震方法探测时, 可能表现为只有一个波速层。有时地震勘探的结果同地质钻探并不完全一致, 这是因为地震波速只是反映物质弹性性质的一个物理量, 而地质上一般是采用岩石地层学、生物地层学和构造地层学的方法来划分地层的。

参考文献

[1] 骆循等, 物探与化探, 1986, 第 10 期。

[2] 何焦登, 《地震勘探原理和方法》, 地质出版社, 1989 年。

Seismic Refraction Method to Determine the Fundamental Rock Depth for the Wanjiashai Key Water Control Project

Wang Qinyu

In the determination of the depth of fundamental rocks for the key water control project, seismic refraction method was used. The data obtained are unable to be interpreted by conventional methods due to the special geological condition of the study area encountered. For this reason the recurrence method was used for data interpretation and the accuracy of the interpretation was raised up by checking with wave path calculation. Through these effective measures undertaken, good results were obtained. In addition some problems that should be noted upon the recurrence method and wave path calculation are discussed in this paper.

CRM-IPS 通用图象处理系统日前在京通过技术鉴定

由冶金工业部遥感技术应用中心和天津地质研究院共同开发的《CRM-IPS 通用图象处理系统》于 1992 年 12 月 28 日在北京通过了冶金工业部组织的技术鉴定。

CRM-IPS 通用图象处理系统是在 SUN 工作站 UNIX 环境下, 用 C 语言开发的一个中型通用软件系统。该系统功能丰富齐全, 具有多种形式的输入/输出方式, 用户界面友好, 易于学习掌握, 容错性强。包括多种图象显示, 增强, 滤波, 分类, 镶嵌, 几何精校正等在内的 200 多个优化的功能模块, 可以满足绝大部分遥感数字图象处理的要求。因此, 该系统不仅可以在农业、林业、水利、

气象、环境、勘察和多种资源调查领域, 而且在医学影像学、金相、工业探伤和刑侦等图象处理与识别中, 得到广泛的应用。

参加技术鉴定会的专家们认为, 该系统总体结构清晰; 开发工作遵守软件工程规范, 符合结构程序设计要求; 测试严格完备; 文档齐全规范; 易于维护扩充和移植。与会专家一致认为: CRM-IPS 通用图象处理系统是一个实用化的运行系统。在使用 UNIX-C 编程的图象处理领域, CRM-IPS 处于国内领先水平。

(本刊通讯员)