

中国地质勘查技术院 主办

勘查地球物理 勘查地球化学文集

第 21 集

浅层地震方法技术应用研究专辑

张世洪 主编

地质出版社

北京)

53

-21

中国地质勘查技术院 主办

勘查地球物理 勘查地球化学文集

5918/02 第21集

浅层地震方法技术应用研究专辑

张世洪 主编

地质出版社

· 北 京 ·

第三届地质矿产部物探化探成果出版编委会

顾问: 邹光华 孙文珂 孙焕振

主任委员: 刘士毅

副主任委员: 方迎尧 伍宗华 张雍

委员: (按姓氏笔划排列)

王守坦	王毓芳	牛一雄	方松耕	方迎尧
申宁华	史保连	伍宗华	刘士毅	孙星和
牟绪赞	吴海成	张雍	张文斌	张世洪
陈玉玺	周庆来	周国藩	罗延钟	唐大荣
唐文榜	高仁载	崔霖沛	曹洛华	黄智辉
蒋邦远	曾朝铭	雷振英	管志宁	籍同冰

图书在版编目(CIP)数据

勘查地球物理勘查地球化学文集: 浅层地震方法技术应用研究专辑/张世洪主编. - 北京: 地质出版社, 1996. 11

ISBN 7-116-02257-0

I. 勘… II. 张 III. ①地球物理勘探-文集②地球化学勘探-文集③地震勘探-方法-文集
IV. P62-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 18212 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 刘志义 徐才

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 7 字数: 170000

1996 年 11 月北京第一版·1996 年 11 月北京第一次印刷

印数: 1—600 册 定价: 20.00 元

ISBN 7-116-02257-0

P·1697

序

本文集从一个侧面反映了我国在浅层地震勘探方法技术及其应用方面的部分成果，不少已公开发表的文章未再列入本文集之中。

由于石油与天然气开发和生产的需要，促进了地震勘探技术的飞速发展，石油地震勘探方面的技术进步也向金属矿地震与工程地震等方面辐射，促进了浅层地震勘探方法技术的发展。尤其是高分辨率地震勘查、多波勘探、跨孔地震层析、绕射层析与 VSP 等先进技术的应用，使地震勘探技术在金属矿勘探与工程勘探中发挥日益重要的作用。

在金属地震方面列入了二篇文章，介绍了在我国新疆富蕴喀拉通克铜镍矿、安徽铜陵狮子山铜矿地震方法技术的应用。

在工程地震方面列入了 5 篇文章。划分沉积岩相与风化层厚度是工程地质勘探中常见的问题，而如何划分细致、准确，则是技术关键所在。评估断层活动性对于防震、抗震与工程选址具有重要意义，水上工程地震在技术上具有特色，岩溶塌陷与煤田陷落柱的地震勘探在我国具有普遍意义。这 5 篇文章在工程地震方面具有一定的代表性。

在方法技术方面列入了 6 篇文章，包括跨孔波速测量、微机上实现浅层资料二项特殊处理、常用的几种震源、井中纵横波震源枪、折射波法精度分析、以及浅层折射波资料的处理与解释等。

浅层地震方法技术，今后如何将石油地震方面不断发展的先进技术移植到金属矿地震与工程地震，将是推动浅层地震勘探方法技术进步的关键，有待于我们不懈地努力。

朱梅生

1996 年 4 月

前 言

近年来浅层地震方法技术得到了广泛的应用，受到勘探地球物理工作者普遍关注。但浅层地震方法技术的应用研究成果汇集在一起的文集却难以见到。本专辑选编了 13 篇论文，它主要反映了“七五”期间以地质矿产部物探化探研究所为主的一批科研、生产单位应用浅层地震方法技术在工程、环境、矿产资源勘查方面所取得的成果。

本专辑由地矿部物探化探成果编辑委员会，聘请有关专家学者进行了认真审订。同时得到了物探化探成果编辑部的大力支持和帮助，中译英由中国地质科学院矿床所张中民同志完成，在此一并深表谢意。

张世洪

1996 年 4 月

目 录

高分辨率地震方法在喀拉通克铜镍矿区的应用研究	张俊瑜 孙惠荣 王家和 (1)
浅层地震反射波法评价断层活动性的应用效果	张少岭 耿玉岭 张立柱 (14)
横波反射地震剖面对划分沉积相和基岩界面起伏状态的效果	张世洪 (21)
安徽铜陵狮子山矿区金属矿地震方法技术研究	崔占荣 (26)
跨孔波速测定	陈宝荪 (36)
浅地震方法在岩溶塌陷防治中的应用	戴呈祥 (44)
在微机上实现浅震资料二项特殊处理	兰申耕 (52)
关于地震反射方法探测煤田陷落柱问题的讨论	高景华 (59)
浅层地震常用的几种震源性质	张俊瑜 (67)
井中纵、横波震源枪研制与效果简介	刘兴德 (75)
江阴长江大桥水上工程地震勘探	崔占荣 (83)
折射波资料解释方法的精度分析	时福荣 (90)
浅震折射波资料的自动处理与解释	吕继东 袁明德 (97)

1
C
E
F
4
1

CONTENTS

The Application of the High Resolution Ratio Seismic Method to the Kalatongk Copper-Nickel Ore District	<i>Zhang Junyu, Sun Huirong, Wang Jiahe</i> (1)
The Effects of Applying Shallow Seismic Reflection Wave Method to the Evaluation of Fault Activity	<i>Zhang Shaoling, Geng Yuling, Zhang Lizhu</i> (14)
The Role of Transverse Wave Reflection Seismic Profile in the Division of Sedimentary Facies and the Determination of Undulation of Bedrock Interface	<i>Zhang Shihong</i> (21)
Studies on Seismic Method and Technique for Metallic Deposits in the Shizishan Ore District, Tongling City, Anhui Province	<i>Gui Zhanrong</i> (26)
Transborehole Wave Speed Measurement	<i>Chen Baosun</i> (36)
The Application of Shallow Seismic Method to the Prevention of Karst Collapse	<i>Dai Chengxiang</i> (44)
Two Items of Special Processing of Shallow Seismic Data Realized on Microcomputer	<i>Lan Shengeng</i> (52)
A Discussion on the Problem of the Detection of Sunken Pillars in the Coalfield by Means of Seismic Reflection	<i>Gao Jinghua</i> (59)
Properities of Several Sorts of Seismic Sources Commonly used in Shallow Earthquake	<i>Zhang Junyu</i> (67)
The Development and Effect of the Seismic Source Pistol for Longitudinal and Transverse Waves in Boreholes	<i>Liu Xingde</i> (75)
Seismic Exploration for Overwater Engineering of Jiangyin Yangtze River Bridge	<i>Gui Zhanrong</i> (83)
Precision Analysis of Interpretation Method for Refraction Wave Data	<i>Shi Furong</i> (90)
Automatic Processing and Interpretation of Shallow Seismic Refraction Wave Data	<i>Lu Jidong, Yuan Mingde</i> (97)

高分辨率地震方法在喀拉通克铜镍矿区的应用研究^{*}

张俊瑜 孙惠荣

(地质矿产部物探化探研究所浅震中心, 河北廊坊 102849)

王家和

(新疆地矿局物探大队, 昌吉市 831100)

一、矿区地理及地质概况

工区处于准噶尔盆地东北缘阿尔泰山南麓山前地带, 地形较平坦, 仅有起伏不大的丘陵小山, 海拔约 1000m, 高差 20—50m。工区内大多为残坡积物所覆盖, 局部有基岩露头。工区内出露的地层主要为泥盆系中统蕴都哈拉克组, 石炭系下统南明水组, 第三系始新统红砾山组及第四系全新统残坡积层呈盖层分布于低凹地区。

工区内岩浆活动频繁, 时间上主要为海西晚期, 岩性是以辉长—苏长岩为主的中基性—超基性杂岩体, 少数为燕山期酸性侵入岩。矿区已知有九个辉长苏长岩体。断层构造较发育, 其中近东西向断裂对成岩成矿有一定的控制作用。

矿区内的 Y₁ 号岩体出露地表, 长 630m, 宽 100—450m, 延深大于 500m, 岩体已全岩铜镍矿化, 有明显分异现象。从上至下为辉长岩相, 辉长苏长岩相, 橄榄苏长岩相, 岩相之间呈渐变关系, 界面起伏不平。矿体在矿区中部成致密块状, 向外逐渐过渡为稠密浸染状, 形成了不规则环状分带现象。

Y₂、Y₃ 均为隐伏含矿岩体, 顶面埋深 150—200m, 延深 800m, 岩体垂向分异明显。

二、地震地质条件

1. 岩石波速和密度值

对区内岩石密度及地震波速度进行了测定, 结果见表 1。

该区出露遭受风化的岩体的地震波速与围岩(凝灰岩)的波速有明显差异, 其它不同类型的岩石地震波速度也有不同程度的差别。这些岩石的地震波速度是采用折射波法求得

表 1

岩 石 名 称	地震波界面速度值 (m/s) *	岩心声波速度值 (m/s)	岩心标本密度值 (g/cm ³)
1 号岩体 (出露)	3000		
辉石闪长岩		5550	2.80
蚀变闪长岩		5690	2.79
石英闪长岩		5560	2.74
致密矿石		4650	4.519
稠密浸染状矿石			3.07 *
近矿围岩	3300	5660	2.69
沉积凝灰岩	4000	5910	2.71
花岗斑岩	4200		2.68 *
粗粒凝灰岩	3800	5910	2.713
钠长斑岩	3600		2.64 *
安 山 岩	4400		2.79 *
钠长斑岩	3600		2.64 *
灰质泥板岩	4200	6140	2.71
黑云母角闪苏长岩		5690	2.897
角闪橄榄苏长岩		5940	3.023

带 * 号为新疆物探大队提供资料

的界面速度值, 它主要反映了岩石近地表宏观平均速度特征。对该区地震波速度结构的了解还利用了岩心超声波速度测量资料和地震测井资料。

超声波速度测量的标本取自钻孔岩心, 按照采样距离 (10m) 对岩心进行取样, 切磨等加工制成 $425 \times 22\text{mm}$ 规格化标本。速度测量采用 SYC-2 声波仪, 时间读数精度为 $0.1\mu\text{s}$, 长度测量精度为 0.02mm 。密度测量是用 SDC-JS10 型电子密度计和 QD-1 型电子天平。其中电子密度计对 2kg 以下标本感度为 1g , 电子天平对 160g 以下标本感度为 0.01g 。

井中地震波测量的时间读数精度为 0.2ms , 测井深度在 100m 左右, 它主要反映矿区浅部岩石速度结构。较深部速度结构的了解主要是依据钻孔岩样标本速度测量结果。

2. 反射系数序列

形成反射波的物理前提决定于地层之间是否有明显的波阻抗差异, 为了说明地层内部的多个反射界面, 往往用反射系数序列来表示不同深度反射系数变化情况。利用反射系数序列可以计算出人工合成地震记录。

我们采用 100Hz 瑞克子波, 不考虑地震波的发散和散射情况。对 Y_1 岩体的 ZK36, 岩体之外围岩的 ZK37 计算了合成记录 (见图 1-1), Y_2 岩体 ZK62 和 Y_3 岩体 ZK302 的合成记录见图 1-2。合成记录表明, 无论在岩体中或围岩中均有形成反射波的地球物理前提条件。

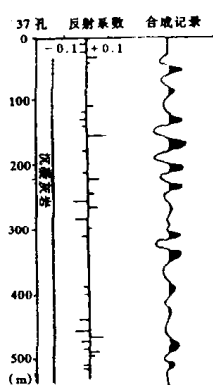


图 1-1 Y_1 岩体上反射系数序列

Fig.1-1 Succession of reflection coefficients on Y_1 rock body.

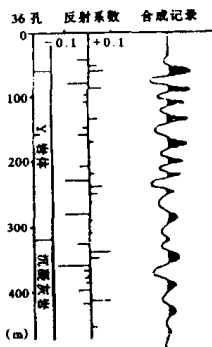
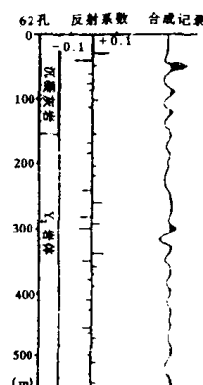
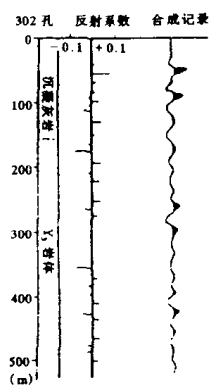


图 1-2 Y_2 、 Y_3 岩体上反射系数序列

Fig.1-2 Succession of reflection coefficients on Y_2 and Y_3 rock bodies.



要记录到连续追踪的反射波，还取决工区的地质条件，如地层横向的不均匀性，界面几何形态等因素。对反射系数序列分析表明，无论在围岩中，还是在岩体内部，均存在有多个反射界面。这些反射界面在横向上有一定分布规律，但变化较大。在较好的情况下多道地震仪观测时是可能获得反射同相轴的。反射波同相轴是否光滑或断续扭曲形态，还取决于界面横向变化的情况。一般来说，利用反射波来确切说明它所反映的地质层位还是很困难的，因为难以考虑速度在横向上复杂的变化。但利用反射资料确定速度差异界面的存在还是有前提的。速度差异界面不仅与不同岩石类型有关，还与后期构造变动对岩石影响有关。

3. 地震波场特征

浅部波场特征：近地表速度结构决定了浅部地震波场，近地表出露岩石长期遭到风化侵蚀，速度值明显降低。风化作用随深度增加而减弱，见图 1-3。速度值随深度的增加而渐渐增大，在横向上速度也是不均匀的。由于速度不均匀，地震波场将变得十分复杂。据折射波法测定，降速层一般为 30m 左右，最深可达 50—60m。

深部波场特征：深部物性差异受到不同岩石及构造作用的影响，无论是在围岩里或是在岩体中，速度的横向变化不均匀程度都十分明显，岩体界面起伏不平，岩层几何形态变化也十分复杂，在围岩或岩体中只能形成零星的反射（图 1-4）。岩体顶界面上的反射记录见图 1-5，岩体边界上的反射记录见图 1-6。

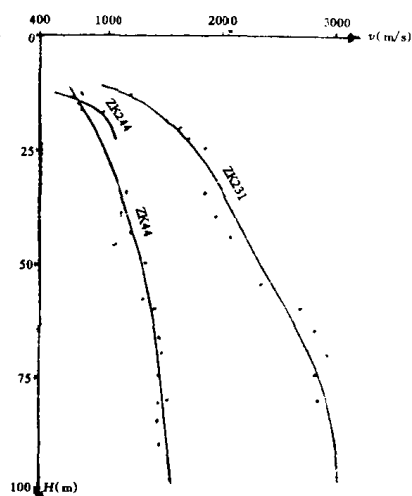


图 1-3 井中地震波速测量

Fig.1-3 Borehole seismic wave speed measurements.

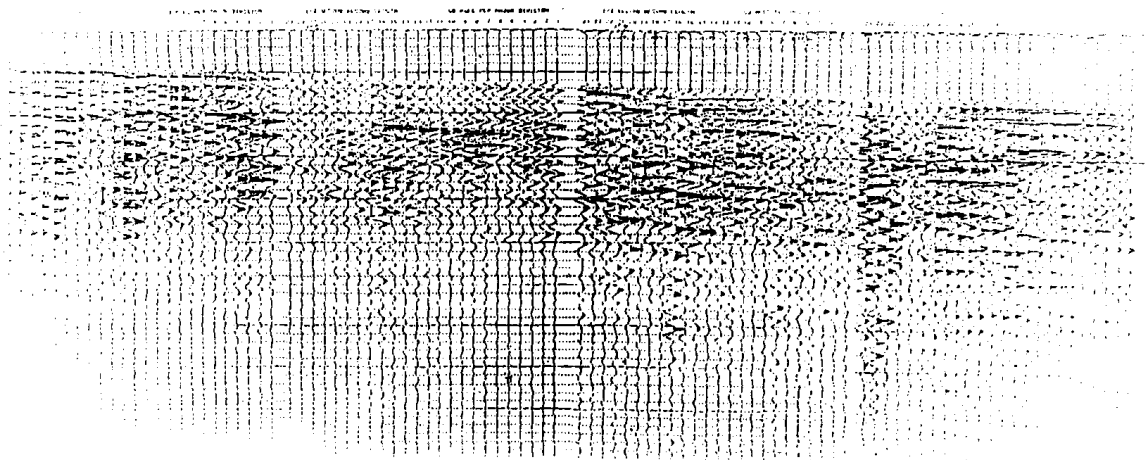


图 1-4 密点距 ($ax = 2m$) 反射记录
Fig. 1-4 Reflection records of dense point distance ($ax = 2m$).

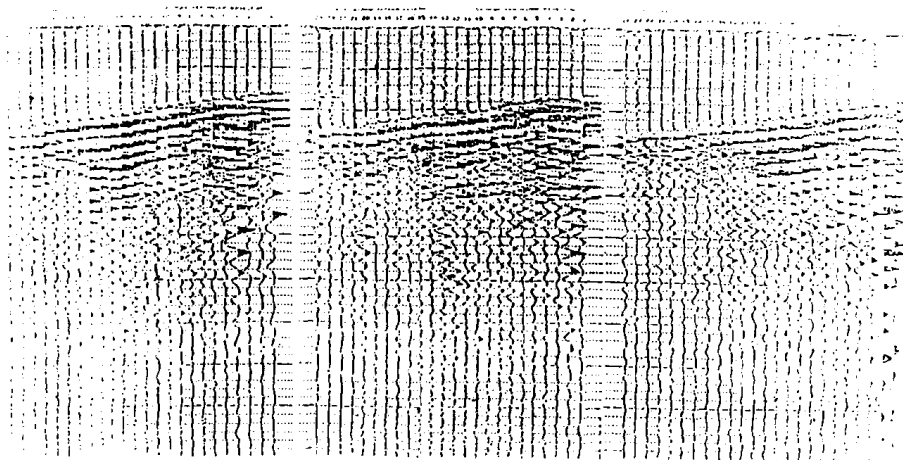


图 1-5 岩体部位反射记录
Fig. 1-5 Reflection records at the position of rock body.

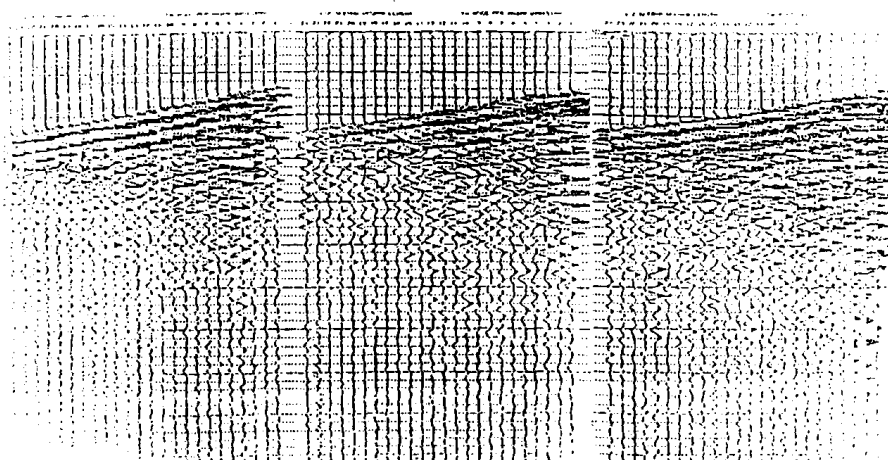


图 1-6 岩体边界上反射记录
Fig. 1-6 Reflection records along the boundary of the rock body.

三、工作方法技术

1. 试验工作

(1) 激发条件试验

①井中与地面激发比较：图 2-1 是井中激发记录，视频为 80Hz 左右，可以识别出 T_1 、 T_2 、 T_3 反射波组。 T_1 波组分辨率高，与直达波 T_0 明显分开。 T_2 及 T_3 波组有较高的信噪比。图 2-2 是坑中激发记录，与井中激发记录面貌大致相同，获得 T_1 、 T_2 、 T_3 反

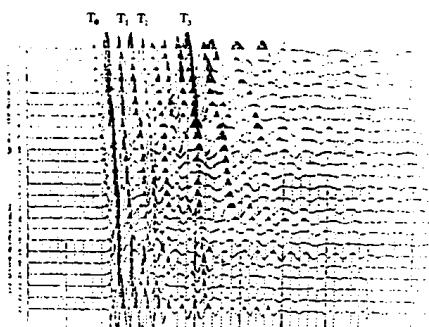


图 2-1 井中激发记录
Fig. 2-1 Borehole excitation records.

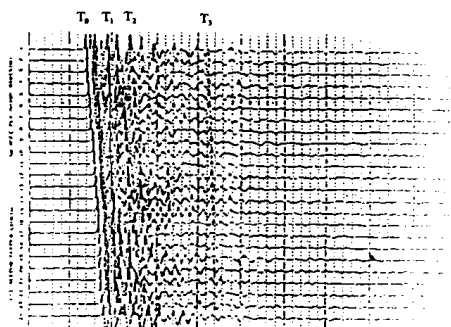


图 2-2 坑中激发记录
Fig. 2-2 Pit excitation records.

射波组，波组也很清楚，但视频较低，为 70Hz 左右， T_3 波组在近炮点受到面波干扰。比较来说，井炮激发比坑炮激发的效果要好，但在半裸露岩石地区，在岩石中钻孔是十分困难的，在井中激发难以实现。试验结果认为坑炮激发方式是可行的。

②坑中激发试验研究：为了提高坑中激发的效果，选择最佳激发坑深和炸药量。图 2-3、图 2-4 是通过功率谱的计算得出不同炸药量不同坑深激发效果。可以看出，在坑中激发要提高激发能量，可以采取增加炸药量或增加激发坑深的办法。但为了得到较高激发频率，不宜采用较大的炸药量。一般坑深选择 1.5m。在不形成“爆炸漏斗”的情况下，

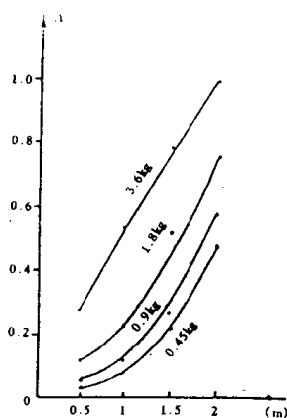


图 2-3 不同药量激发振幅
Fig. 2-3 Excitation amplitudes of different quantities of powder

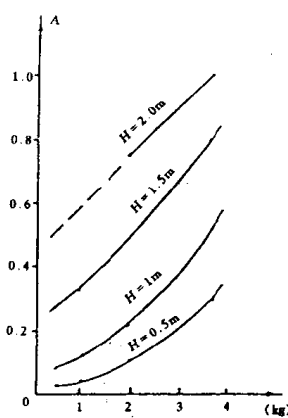


图 2-4 不同坑深激发振幅
Fig. 2-4 Excitation amplitudes at different pit depths.

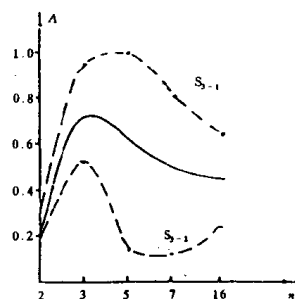


图 2-5 组合爆炸振幅
Fig. 2-5 Amplitude of combinatorial explosion.

炸药量 (Q) 与坑深 (H) 有下列经验关系式:

$$H = 1.6Q \times 0.6$$

坑深 $H = 1.5\text{m}$ 时, 合适的炸药量 $Q = 0.9\text{kg}$ 。

为了增强激发能量, 应采用多坑组合爆炸与多次能量增强。

经试验, 多坑组合爆炸以三坑效果较好, 见图 2-5。多次能量增强效果见图 2-6、图 2-7。随着增强次数增加, 输出似线性增加, 表明增强效果是明显的, 结果认为增强 3—4 次是合适的。

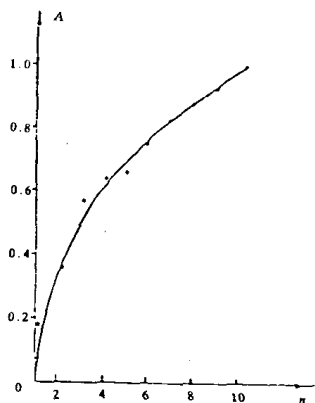


图 2-6 单次爆炸多次叠加振幅
Fig.2-6 Multiple-superimposed amplitude of single explosion.

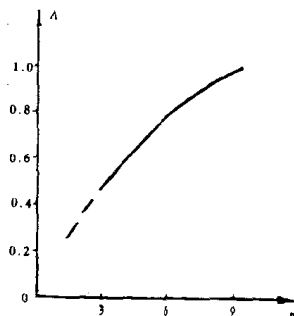


图 2-7 三坑组合爆炸叠加振幅
Fig.2-7 Superimposed amplitude of three-pit combinatorial explosion.

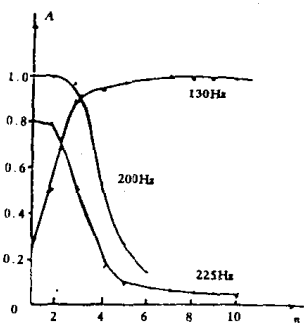


图 2-8 叠加次数与振幅主频
Fig.2-8 Number of superimposition times and principal frequency of amplitude.

从激发频谱分析, 增强叠加将使高频成分受到抑制。由图 2-8 看出有利于 130Hz 波的增强, 对 200Hz 及 225Hz 的波产生明显压制作用。为了有利于激发高频, 多次爆炸增强次数也不能使用过多。

炸药量的试验研究表明: 单坑深度 1.5m 时最佳药量为 0.9kg。当药量为 1.9kg, 坑深近 2m 时效果更好。3 坑组合药量 $3 \times 0.45\text{kg}$ 、 $3 \times 1.5\text{kg}$, 5 坑组合药量 $5 \times 0.9\text{kg}$; 7 坑组合药量 $7 \times 0.6\text{kg}$, 16 坑组合药量 $16 \times 0.3\text{kg}$, 结果认为 $3 \times 0.45\text{kg}$ 、 $3 \times 1.5\text{kg}$ 较为合适。

(2) 接收条件试验

①仪器接收因素: 依据改变单一仪器因素的原则, 选择采样率为 0.5ms, 记录长度为 1s, 接收频带 + 宽度为 40—512Hz 比较合适。

②道间距及偏移距: 折射波法选择道距为 10m, 反射波法为 2—5m。偏移距的选择是通过试验确定的。折射波法偏移距选择为 230m。反射波法的偏移距选择考虑的因素比较多, 通过扩展排列到观测 (图 2-9), 在偏移距 100m 以内激发点带来的干扰很强, 偏移距大于 100m 以后干扰波已明显迟后。在记录首部已观测到 50ms—150ms 的反射波。如果将偏移距增至 150—200m, 能清晰记录到 100—300ms 以上反射波。

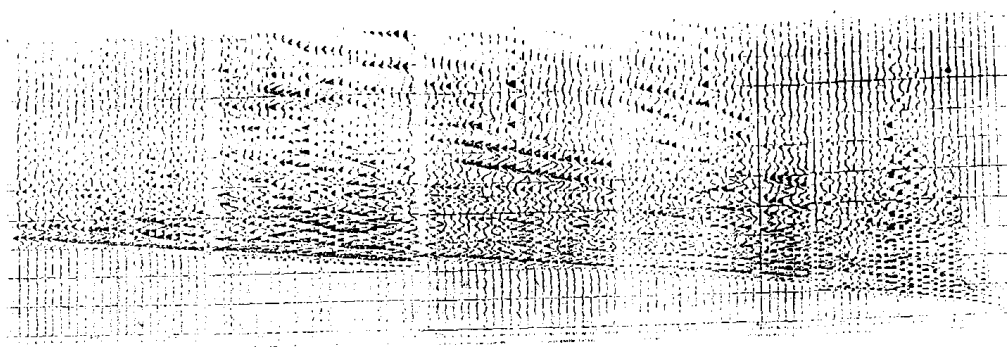


图 2-9 扩展排列记录

Fig.2-9 Extended arrangement records.

(3) 观测系统

折射波法采用简单连续观测系统，反射波法采用单边激发六次覆盖观测系统。

在通过岩体部位为保持在下倾方向激发，上倾方向接收，在个别测线上改变了观测方向，采用变观测系统。

2. 折射波法仪器接收因素

采样率	1ms	低截止频率	40Hz
去假频滤波	250Hz	增益	72—86dB
接收道数	24 道	检波点间距	10m
记录长度	1s	记录格式	SEG-D
激发方式	坑炮组合	爆炸深度	1—1.5m
炸药量	$3 \times (0.9—1.5) \text{ kg}$		
检波器类型	L-25E	自然频率	30Hz

3. 反射波法仪器接收因素

采样率	0.5ms	低截止频率	80Hz
去假频滤波	500Hz	增益	86dB
接收道数	24 道	检波点间距	2—5m
记录长度	0.5s	记录格式	SEG-D
偏移距	120—200m	覆盖次数	6 次
激发方式	坑炮组合	激发深度	1.5m
炸药量	0.6—0.9kg		
检波器类型	L-25E	12 个组合	

四、地震资料处理

1. 折射资料处理

折射资料是采用相遇时距曲线 t_0 法取界面深度，差数时距曲线计算界面速度，为了提高求取界面速度精度，还采用了表层剥去法。

表层速度确定可采用速度测井资料或者用交点法求表层平均速度。解释精度主要取决

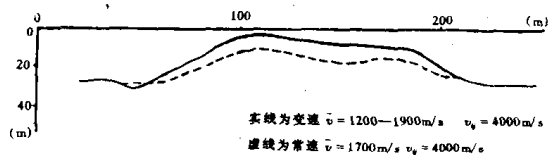


图3 71-1线常速和变速构制剖面比较
Fig.3 Comparison between common speed profile
and change speed profile along No.71-1 line.

于速度参数。用常速和变速构制界面，表明它们的基本形态是相同的，起伏细节有差异（见图3）。计算了它们之间误差，常速解释界面相对较深且常速构制剖面起伏相对变小，变速构制剖面起伏和深度都有明显变化。在进行地质解释时要考虑上述情况。

2. 反射资料的电算处理

依据金属地震反射记录层次不明显，波的同相轴很短，规律较差，干扰比较严重等实际情况确定的处理流程如图4。

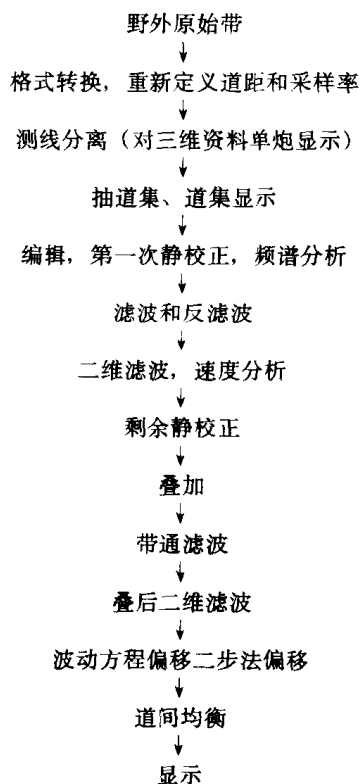


图4 金属反射资料处理流程

Fig.4 Flow chart of metallic seismic reflection data-processing.

记录中同相轴较短，规律性较差，提取叠加速度十分困难，所以采用常速扫描叠加提取速度参数的办法。由于速度横向变化频繁，需进行密点速度分析，对整个剖面进行速度扫描。表层结构复杂，给静校正带来困难，在做好人工第一次静校正的基础上再进行剩余自动静校正。

为了提高分辨率需进行反褶积处理试验。当干扰严重、记录信噪比低时，先进行频率滤波处理。通过滤波后确定白噪声系数，提高反褶积效果。

为了突出波的振幅特性，采用道间均衡。为利用振幅特性去反映围岩、岩体及接触边界，要进行显示因素试验，进行波动方程偏移处理，改善大角度反射波归位。

五、资料解释

1. 折射资料的地质解释

(1) 折射波场与地质界面

工区内折射波主要来自风化岩石与新鲜基岩接触面上。这里残积物速度值较低，岩石遭受风化，速度值将明显降低，但随着深度的增加，风化程度逐渐减弱，速度值降低也越来越缓慢。由井中速度测定可知（图 1-3），当深度增至 50—80m，平均速度梯度变化就不明显了。这里折射波传播主要在速度梯度带中，速度梯度带以下新鲜岩石速度较为均一，折射波主要沿着新鲜岩石传播，它主要反映风化层厚度变化和新鲜基岩界面的起伏情况，这是折射波沿垂直深度传播情况。

沿着剖面折射波在不同速度岩石接触界面传播，波振幅和速度值将发生变化，可利用界面速度和波形的变化来划分出不同岩石的分布地段及其分界面的位置。

(2) 折射剖面的地质解释

图 5-1 为 28-1 线地震-地质剖面。折射界面深度变化总的来说起伏比较明显。测线南端界面深 30—40m，测线北端界面深 40—50m，起伏均比较平缓。最深界面在 Y_1 岩体部位（标号 500），深约 70m，呈明显的局部凹陷。上述界面起伏埋深变化反映了岩石风化层厚度的变化。

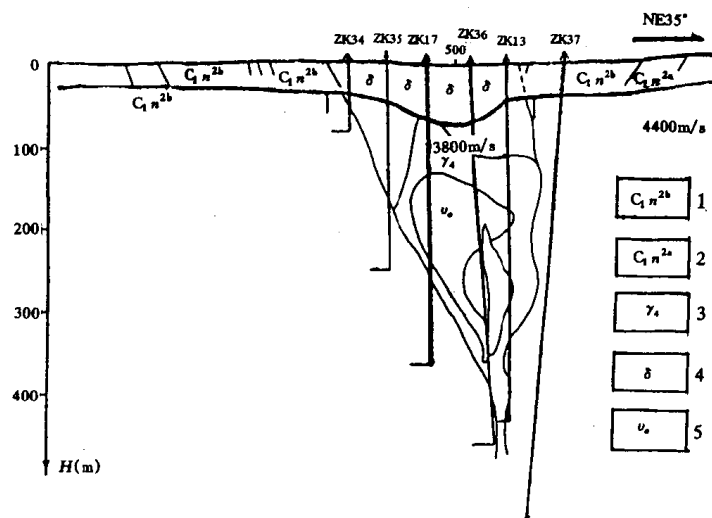


图 5-1 28-1 线地震-地质剖面

Fig. 5-1 Seismic-geological profile along No. 28-1 line.

1—石炭系下统南明水组，泥板岩夹多沉凝灰岩；2—石炭系下统南明水组，含砾沉凝灰岩；3—花岗岩；
4—闪长岩；5—苏长岩

界面速度的变化与深度变化的规律大致相同，在局部凹陷地段界面速度均较低，一般为 3500—3800m/s，其它地段上界面速度值较高，一般在 4200—5500m/s。

据 28 线的折射资料表明，利用折射波速度和界面埋深能可靠发现出露岩体的分布范围及其风化岩层厚度变化。

2. 反射资料的地质解释

(1) 反射波场与地质界面

反射资料的地质解释首先要解决的问题是反射波与地质界面之间的关系，也就是说反射波所反映的地质层位及其在地震时间剖面图中所能反映的地质构造。

井中岩心速度测量结果分析表明，在岩体或在沉凝灰岩中均有波阻抗界面的存在，具有形成反射波的物理前提，但并不能说明一定能形成能连续追踪的反射波。利用非层状介质中某一点的速度资料，采用层状介质理论制作的人工合成记录，是不能完全代表实际介质中所观测到的反射波。在资料解释中，尚不能建立非层状介质的解释理论模型。金属矿区地震资料的地质解释还没有前人的经验可以借鉴，我们只能利用层状介质的解释理论，结合地震时间剖面图与已知地质剖面进行比较，来发现某些可以提供进行金属矿区地震地质解释的标志，做为解释工作的依据。

出露岩体在地震时间剖面中的标志：32-3 线反射时间剖面（图 5-2）与钻孔资料相互比较，发现在岩体中和围岩里（沉凝灰岩）均有多组反射波，在沉凝灰岩中呈零星反射段，而分布规律性较好。在岩体边界和底部反射波组规律性也很好。岩体中反射波组明显，可以识别出 2—3 个较强相位的反射，在岩体底部反射波呈现有规律的变化。

利用速度参数计算出不同反射波组的埋深， T_0 波组在沉凝灰岩中深度为 40—50m 左右，在岩体上深度增加至 70 余米，与速度测井资料所获得风化层厚度基本一致。 T_0 波组反映了风化层厚度变化。

T_1 、 T_2 、 T_3 波组，在岩体中有较强的振幅和较长的追踪长度。但在横向上变化频繁不易识别。在沉凝灰岩中，波的追踪连续性一般较差，能量标志不甚明显，但产状规律性较好。关于上述波组所对应的地质层位，在产状陡峭的岩石中，它不可能是岩石界面的直接反映。它所反映的层位和形态以及埋深与岩相分带有较好吻合。对 32-3 线地震时间剖面地震波组作如下推断解释： T_0 波组为风化岩带，埋深 50—70m。 T_1 波组为闪长辉长岩带，埋深 120—150m。 T_2 波组为稀疏浸染矿带，埋深 200m。 T_3 波组为稠密浸染矿带，埋深大于 200m。

地震波组反映的岩带与地质上的划分界面不会完全吻合。这是因为各自划分的依据不同，地震是依据速度差异来划分的。

在岩体中部波组均发生终断。岩体北界与围岩接触界线十分清楚，反射波组终断，产状也明显的发生改变。分析认为岩体北侧为断层接触（ F_2 ），岩体南侧产状较平缓，规律性也较好，反射波组能较好反映出岩体南侧产状。可见，反射波组能较好反映出岩体边界，岩体底界面反射波组同相轴起伏清楚的构划出岩体底部形态，吻合较好。

反射波组客观的反映了出露岩体形态的空间分布及其与围岩接触构造关系。

(2) 反射剖面的地质解释

28-2 线剖面（图 5-3）通过 Y_1 岩体地震资料确定的边界标志十分明显，与钻孔资料十分吻合。

岩体风化层较厚而起伏不平，岩体内部有组反射层，但能量均较弱，对岩体底部及岩相反映是不明显的，只能通过与钻孔比较才能发现。然而反射波终断反映了断层的存在比较明显。地震资料认为岩体北界为断层接触（ F_2 ）。