

浅层地震反射波法在厦门海沧大桥勘测中的应用

王 光 权

摘 要 结合浅层地震反射波法在厦门海沧大桥勘探中应用,对在水域进行桥址浅层地震反射波法勘探中的各方面作一探讨,浅谈一些认识和体会。

关键词 水域浅层地震反射波法;桥址勘查

THE APPLICATION OF SHALLOW SEISMIC REFLECTED WAVE TECHNIQUE TO THE EXPLORATION OF HAICANG BRIDGE IN XIAMEN

Wang Guangquan

(No.2 Exploration and Designing Institute of Ministry of Railways, Chengdu 610031)

Abstract Exemplified by the application of shallow seismic reflected wave technique to the exploration of Haicang Bridge in Xiamen, this paper makes a preliminary discussion on various aspects of the application of shallow seismic reflected wave technique to the exploration of bridge site in water area.

Key words shallow seismic reflected wave technique; bridge site exploration

在铁路工程建设中,许多桥梁的地基勘测采用浅层地震勘探方法,应用这种方法能较好的解决以下两点:(1)划分水底淤积层、强弱风化层,确定基岩界面及其埋深;(2)确定区域稳定性,了解水底岩层有无断层及其它小地质构造存在和展布规律。本文结合浅层地震反射波法在厦门海沧大桥勘探中的应用,对在水域进行桥址浅层地震反射波法勘探中的测网布置,野外数据采集方法,室内数据电算处理,资料分析解释各方面进行初步剖析,浅谈一些认识和体会。

1 地理位置和地质概况及测网布置

1.1 地理位置

海沧大桥物探测区位于厦门市东渡码头西通道水域。西起西海岸,跨火烧屿至东渡码头,水域由火烧屿阻隔分成两部分。勘探范围主要是火烧屿西部水域,沿桥中轴线左右各50 m宽水域。

1.2 地质概况

海底覆盖层为淤泥,一般厚0~2 m,个别地段大于10 m。海域测区内分布有侏罗系下统黎山组砂岩、粉砂岩、泥岩,侏罗系上统有园组流纹质晶屑熔结凝灰岩。接触带岩石多有变质现象,岩层节理发育,风化严重。根据区域地质及前期工作判识,沿西海航道方向可能有断裂(层)存在,这也是本次浅层地震反射波法勘探要解决的主要地质课

题。

1.3 测网布置

布置测网时，考虑了以下几点：(1)任务书要求；(2)测区内有可能沿西航道方向发育的断裂（层）构造；(3)测区西段（西海岸—火烧屿）水面较狭窄，东段（火烧屿—东渡码头）来往船只又较多，再加上施测时多潮汐、风等影响，工作难度较大；(4)用浅层地震反射波法对各种构造进行勘探时，测线应垂直于构造走向或与构造走向成大角度斜交。

在以上几点的基础上，再结合工期考虑，最后设计了如下测网：(1)沿桥中轴线南北在火烧屿以西水域布置有ZF₁₂₁, ZF₁₂₃剖面，在火烧屿以东水域布置有ZF₁₂₅, ZF₁₂₆剖面，这4条剖面垂直于航道，对于勘察沿水域海底方向存在的断裂（层）十分有利；(2)在西海岸—火烧屿水域布置有ZF₂₁₀, ZF₂₁₁, ZF₂₁₂, ZF₂₁₃, ZF₂₁₄和ZF₂₁₅剖面，火烧屿—东渡码头水域布置有ZF₁₉, ZF₂₀, ZF₂₁, ZF₂₂, ZF₂₃, ZF₂₄, ZF₂₅, ZF₂₆和ZF₂₇剖面，这些剖面大致平行于航道方向，主要用于对地层的划分。图1为西海岸—火烧屿水域的测网布置。

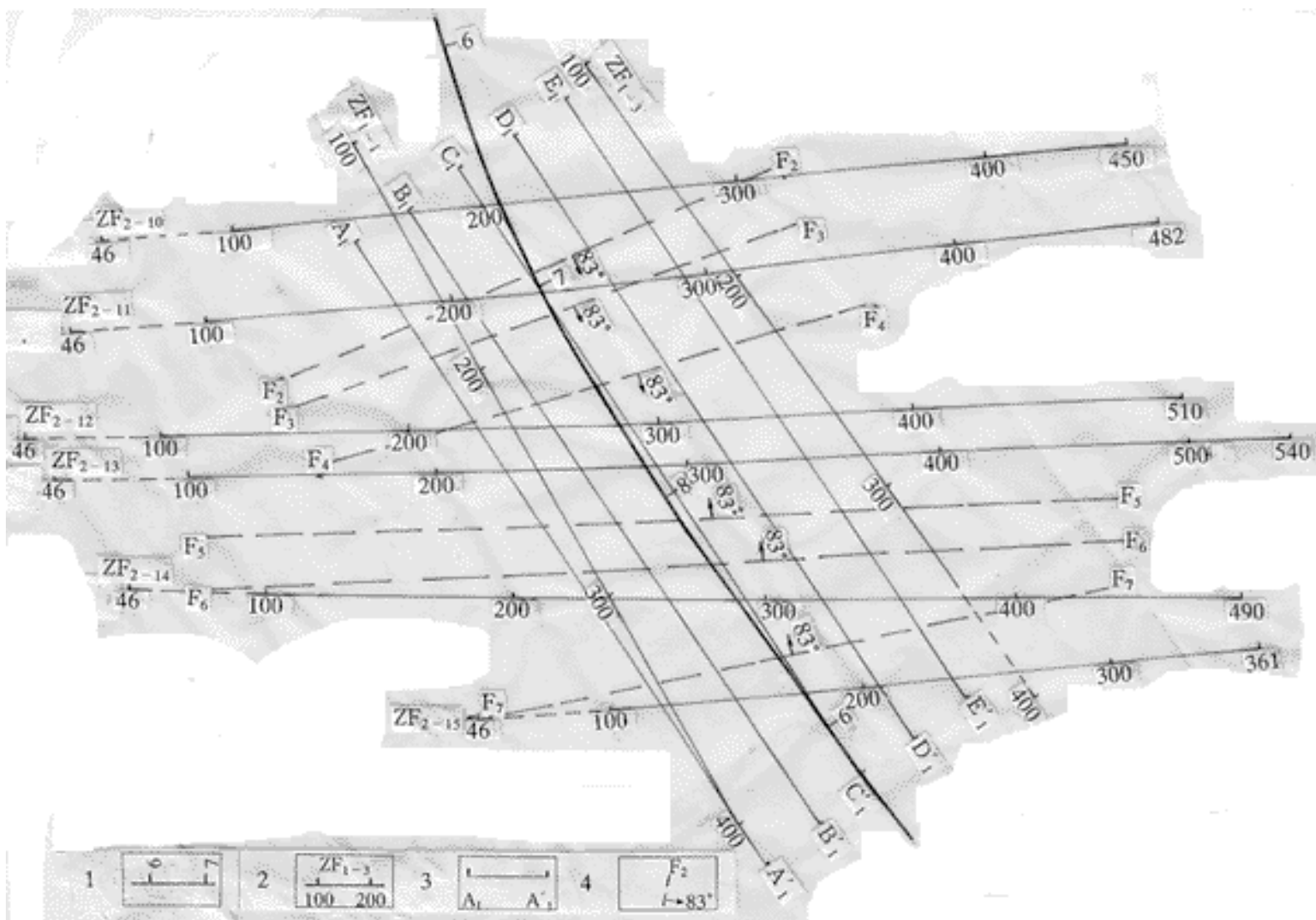


图1 西海岸—火烧屿水域的测网布置

1—桥梁中线；2—剖面编号与测点编号；3—提交成果断面；4—浅反推断断层

2 野外数据采集

2.1 施测方式

水上浅层地震反射波法勘探的野外数据采集方式分固定和运动2种，但由于海上勘探有其特殊性，即海水受潮汐影响，其平潮水后稳定时间较短，船身和电缆固定均较困难，实测时一般采用运动方式。其具体方法是将电火花震源（或气枪震源）、接收仪器置于一条大动力的船上，将接收电缆拖在船后（接收电缆尾端可根据具体情况增加一条带小动力的小船），以较慢的均匀速度沿设计剖面航行，电火花震源（或气枪震源）以等时间、等间隔激发，接收仪器同时采集数据。

2.2 测量定位

海上浅层地震反射波法勘探的测量定位是一个重要环节，它直接影响剖面位置和勘探精度。由于精度要求高，船身移动快，一般采用GPS定位系统定位，在无GPS定位系统时，可采用3台经纬仪作前方交会法定位。

2.3 观测系统

根据测区条件和施测方式，一般采用单边激发多次覆盖观测系统。通过提高采样数据的信噪比和分辨率，再结合测区的复杂地质及水上勘探的实际情况，对覆盖次数低于3次的测线采用多次重复施测等措施，来保证勘探资料的精度。

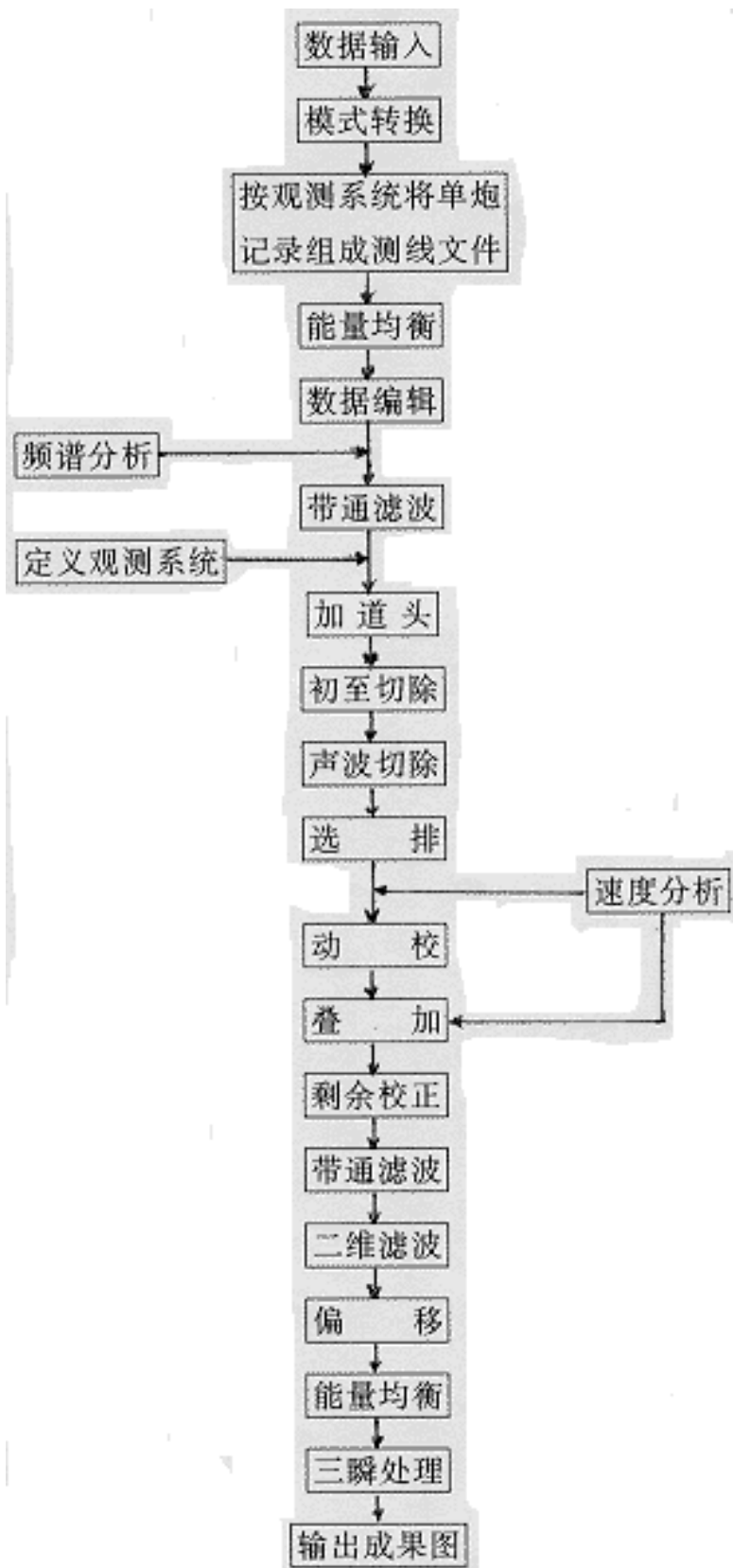
2.4 技术参数选择

水上浅层地震反射波法勘探有利方面是激发条件好，能量损失小，水的波速稳定，对下伏地层构造解释有利。其不利方面是干扰多，主要有来往船只，水底（顶）界面多次反射，水流及其携带物等干扰。因此，在外业数据采集时，需对这些干扰予以识别和压制，来获得较高信噪比的外业数据。各工点的情况不一致，各种干扰的大小主次也不一致。因此各工点的采集参数应多次试验而定。下面的采集参数是在厦门海沧大桥浅层地震反射波法勘探中经过多次试验，并结合以前的资料而确定的。接收条件：电缆道间距4 m，频率响应为60 ~ 1000 Hz，偏移距15 m至20 m。激发条件：深度水下2 m，能量5000 J。仪器采集参数：采样率为0.2 ms，记录长度为204 ms，延迟时间为0 ms，滤波档为25 ~ 1000 Hz加50 Hz陷波。

图2 VISTA7.0软件包浅反资料处理常规流程

3 资料的电算处理

当前浅层地震反射波法勘探的资料处理软件较多，各有其特点。从多年对各软件的实际资料处理结果对比来看，加拿大地震图像软件公司编制的VISTA7.0版本（当前已升级为VISTA7.5版本）的地震反射资料处理软件包比较适合该地浅层地震反射波法勘探的资料电算处理。因水上工作采用非规则多次覆盖观测系统，资料处理难度大，流程多、花费时间长。其常规处理流程如图2。各工点因资料信噪比，地质情况等有差异，可对常规处理流程图作适当调整，也可增加一些其它有用功能模块。



4 资料分析解释

对测区各条测线的速度资料进行统计，结合地质资料进行分类，得出各物性层的速度资料。海沧大桥各物性层的速度资料为：海水 $v_p \approx 1500$ m/s；海底淤泥层 $v_p = 700$ m/s；强风化层 $v_p = 900 \sim 1100$ m/s；中风化层及微风化层 $v_p > 1600$ m/s。以上速度参数表明：海水速度稳定，海底淤泥层（Q）速度低，和上、下层有明显速度差异，基岩强风化层（W₃）与中风化层（W₂）也有明显速度差异。故该浅层地震反射波法资料能有效地划分它们之间的界线。

根据以上的速度资料分析结果，再结合各测线的时间剖面图和已有的地质资料对各测线浅层地震反射波法时间剖面图进行地质解释。无断层和有断层在时间剖面图上的反映特征不同。无断层反映的测线资料反映特征和资料解释以ZF₂₇₁₃测线为例，从该测线上部的时间剖面图（图3）可以看出，从上到下（即从0 ms至100 ms）分别出现了2个大波组，这2个波组能量强，连续性好，反映了2个不同的反射界面。综合速度资料，时间剖面图，地质资料得出以下解释原则：0 ms到第一个大波组之间为海水（包含一薄层即海底淤泥层）；第一个大波组至第二个大波组之间为基岩强风化层；第二个大波组以下为基岩当中（弱）风化层。在以上定性分析的基础上对时间剖面图依据速度资料进行时深转换，绘制成该测线的浅反地质断面图（图3）。

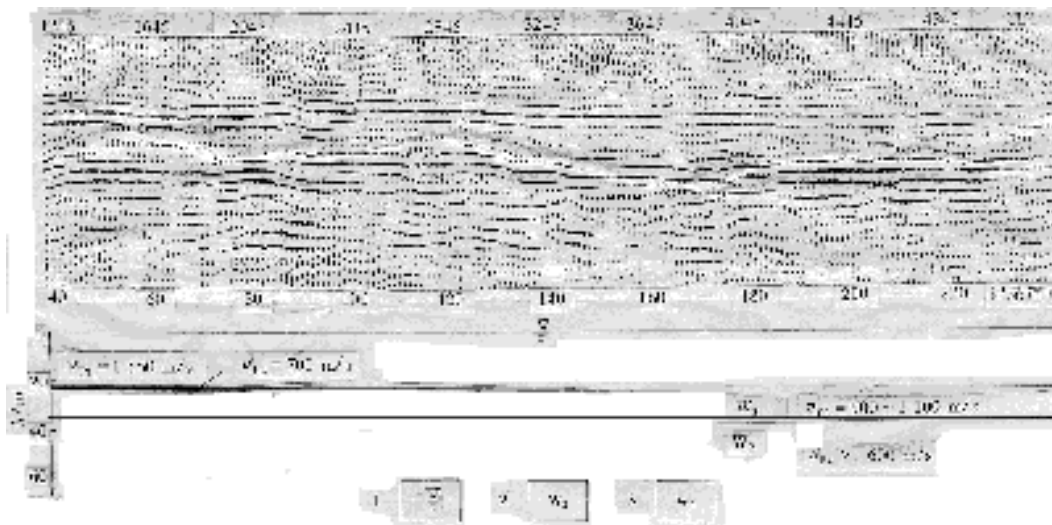


图3 ZF₂₇₁₃测线浅反资料剖面成果

1—水面；2—基岩中风化层；3—基岩中风化层

有断层反映的测线资料反映特征和资料解释以ZF₁₂₁测线为例，从图4上部的时间剖面图可以看出，从上到下出现2个大波组，反映了2个不同的反射界面，其对应的地质层位与ZF₂₇₁₃测线相同。另外在1740，1840，2200，2700，2910号CDP处分别出现了波组明显错动的畸变特征（图4）

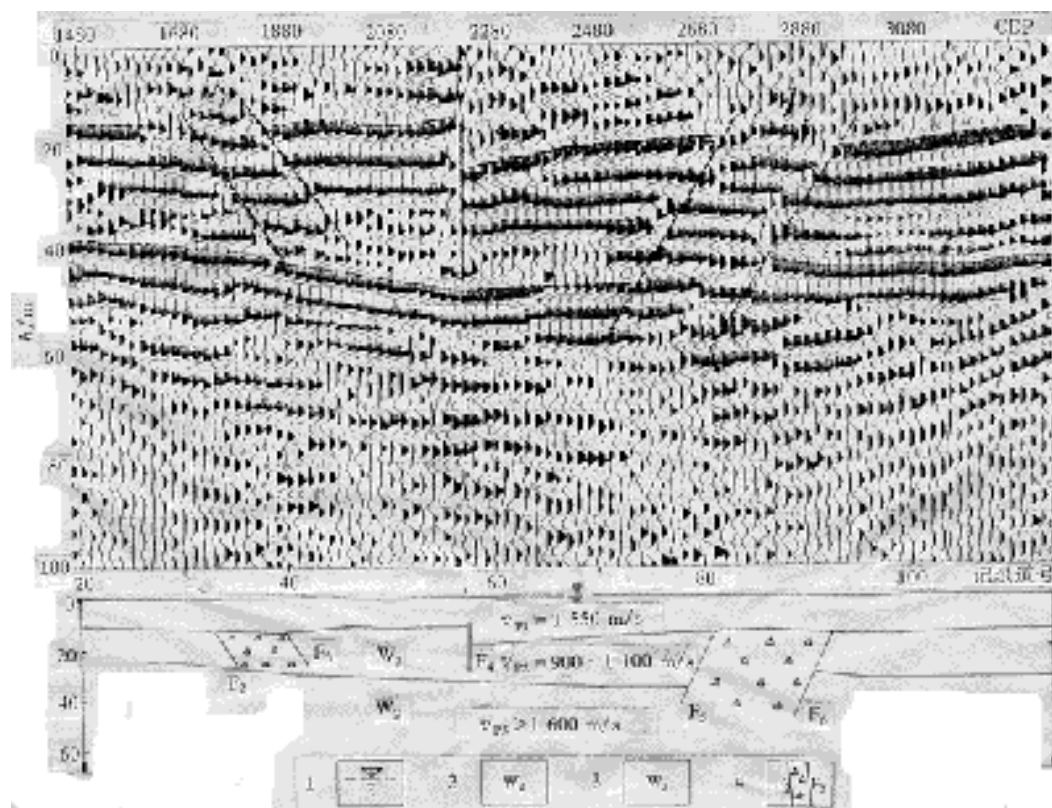


图4 ZF₁₂₁测线时间剖面

1—水面；2—基岩中风化层；3—基岩中风化层；4—断层破碎带及断层编号

同时在瞬时振幅图（图5）上也对应出现了波组明显错动，其特征比图4中的时间剖面图上的特征更加直观。说明有断裂（层）存在。在定性分析的基础上对时间剖面图依据速度资料进行时深转换，绘制成该测线的浅反地质断面图。

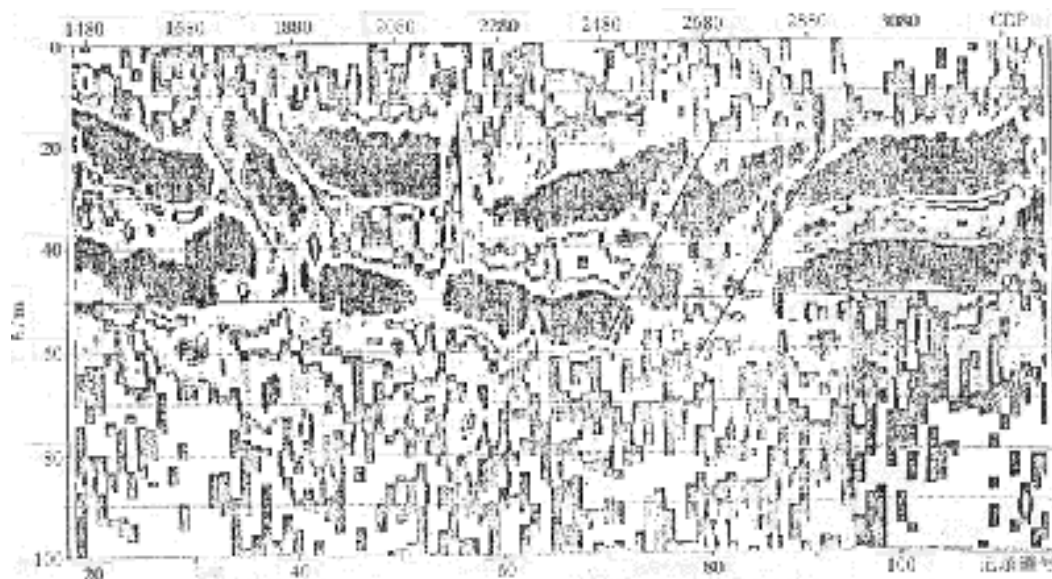


图5 瞬时振幅

5 结论

1.我们这次使用的浅反地震反射波法，实为高分辨率的地震勘探方法。它采用电火花震源激发出丰富的高频信号（主频在300 Hz左右），又用高分辨的漂浮电缆接收，使用了先进高分辨工程地震仪(ES-2401)记录，功能较强的VISTA7.0软件包处理出了具有高分辨的地震时间剖面。其剖面上反映出高于250 Hz的同相轴波组，其分辨率达2 m以下。

2.比较准确地查明了断裂（层）的平面、空间分布位置及其规模、产状、倾斜方向等性质。为工程设计、施工提供了有用的资料。并且所查明的断裂（层）均被钻探所验证。

3.有效地划分出水底界面与淤泥层，强风化层与中风化层的分界面。各层的速度资料显示工程基础应放在中风化层这层持力层上较佳。

4.本次工作由于时间短，施工期间正值高潮和台风常发季节，在野外数据采集和资料处理过程中都还有不全令人满意之处，有待以后工作中进一步探索和总结。

作者简介：王光权，男，1968年生，现任铁道部第二勘测设计院物探队工程师，多年来从事浅层地震反射波法勘探工作，承担了广梅汕铁路、广深珠高速公路、南昆铁路、株六铁路(增建二线)、渝怀铁路等诸多桥址、滑坡、岩堆及隧道的浅层勘探工程项目，发表论文2篇。

作者单位：铁道部第二勘测设计院，成都 610031

1998年6月15日收稿，同年8月13日收修改稿。