

岩土工程

某地下科学城综合地震调查

徐明才

(中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所, 廊坊 065000)

[摘 要]介绍了一种综合地震方法技术,并结合在国外的工程地质勘探实例,讨论了该方法技术的应用效果。综合地震方法的探测结果被后来的钻探及地震层析成像结果所证实,表明了该方法技术的有效性。

[关键词]综合地震方法 工程地质勘查 地质构造

[中图分类号]P631.4;P642 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2002)01-0093-04

X 国位于赤道附近,主岛面积 540 km²,是世界上著名的转口港,经济主要以转口贸易、加工出口、航运和金融为主,是东南亚重要商业城市和国际金融及交通中心,地理位置特别重要,在土地占有方面有寸土寸金之称。为发展经济,该国政府除填海造田外,还向地下发展。该国肯德岗公园地下科学城是其三维空间发展的一个缩影。

受 X 国政府的委托,我们承担了肯德岗公园地下科学城城址勘查的地球物理调查工作。在本次地球物理调查中,综合地震方法的主要任务是查明测区构造分布,划分地层,对岩石品质进行评价,并根据地球物理调查结果,指出有利于洞穴开挖的有利地段等,探测深度最深至 500 m,重点探测深度范围在地表至 300 m 之间。根据所要解决的地质问题,综合地震方法采用了反射波和折射波联合勘探的方法技术,折射波法主要用于求取覆盖层和下伏基岩地层的速度及查明覆盖层的厚度,而反射波法主要用于探测基岩地质构造和划分地层等。

1 地质概况

测区位于肯德岗公园,地形起伏相对较大,部分地段基岩裸露,表层被热带植被所覆盖,雨水较多。测区内和公园内部及外围的各种干扰严重,所有这些都不利于开展综合地震勘探工作。

测区地层为中生代沉积地层,岩性大多为砂岩、粉砂岩、粗砂岩和砾岩等,岩性结构受沉积旋回的影响,各地层岩性差异较小,不同地层界面之间波阻抗差异亦较小。此外,测区地层受区域构造影响,岩层破碎严重,断层和褶皱等地质构造发育。由于岩层的破碎,使得本来就不明显的各地层界面变得更加不明显。测区表层大多为完全风化的壤积层,部分地段为第四系沉积层。从已有的地质资料分析,测区为一背斜构造。由于完全风化后的表层覆盖有茂密的热带植被,因此,仅从岩层露头难以得到更多的地质资料。

测区地质勘探程度较低,更没有开展过地球物理和地球化学勘查工作。

2 勘探方法

为安全起见,在该区进行物探测量,禁止使用炸药震源。因此,我们使用了功率为 40000 焦耳的电火花震源。该震源具有安全、高效、无污染和激发的震源子波重复性好等特点,能满足在该项勘查工作中的要求。由于该震源激发的能量强,不但有利于探测较深的地层和构造,也有利于在背景较大的测区开展工作。为使电火花震源激发的震源子波具有更好的重复性,在数据采集期间,采用把电火花震源的放电电极放在充满盐水的浅孔中。

[收稿日期]2001-01-02;[修订日期]2001-03-20;[责任编辑]李石梦。

[作者简介]:徐明才(1955 年-),男,1982 年毕业于长春地质学院地震勘探专业,1991 年获中国地质大学(北京)硕士学位。现任国土资源部地球物理地球化学勘查研究所工程勘查部主任,教授级高级工程师,主要从事复杂条件下的地震方法技术研究和勘查工作。

为提高工作效率,利用地震覆盖开关能随时随地改变接受排列地段的特点,采用了同时开展反射波和折射波联合勘探的方法技术,其具体方法技术可概括如下:

1)沿地震测线布置足够多的检波器,该检波器的数目足以使激发点不动也能够接收到远排列的折射地震信号。在接收排列端点激发,接收近排列的折射信号,然后,激发点不动,滚动覆盖开关 24 道,使得其接收排列为第一个接收排列的延伸,依此进行下去,直到接收排列的长度能接收到目的层顶界面的折射信号为止。

2)旋转覆盖开关回到近激发点位置,使用反射波法观测系统开展反射地震观测。为在折射资料处理中利用这些反射资料,最好采用全通频带接收,以使初至信号更清晰。

3)当激发点滚动到步骤 1 所使用折射排列的最远记录道时,激发点不动,旋转覆盖开关使接收排列回到激发点的另一边,使激发点在排列端点处进行激发,然后,激发点不动,滚动覆盖开关 24 道,使得其接收排列为上一个接收排列的延伸,依此进行下去,直到接收排列的长度与步骤 1 所使用折射排列的长度相同。

上述观测方法为相遇折射时距曲线观测。采用该观测方法求取的地层速度弥补了非相遇时距曲线观测时地层倾角对求取速度的影响。在处理折射资料时,由于使用了反射地震记录(该反射地震记录也必须为全通频带接收),因此,表层速度和厚度的横向变化问题也不会因使用等接收道间距而受到影响。

当探测的目的层较深,外界干扰背景较强时,即使使用了大功率电火花震源激发,所获得的地震记录信噪比仍较低。为有效地提高地震记录的信噪比,在数据采集期间,对每个共炮集地震记录进行了垂直叠加,叠加次数依地震仪监视屏幕上所示地震记录的信噪比而定。

对于有规律的规则交流电干扰,在数据采集中,采用加 50HZ 陷波器的方法进行抑制。实际上,在强干扰条件下,即使在数据采集中加 50HZ 陷波器,有时在地震记录上还会出现高频正弦干扰波。对这类干扰,在资料处理过程中,采用自适应滤波处理能较好地压制^[1]。

为提高检波器的灵敏度,在本次数据采集期间,

每个记录道使用四个检波器接收地震信号。为防止检波器组合压制高频反射波,或使折射地震记录上的初至波起跳模糊,采用了点组合接收,并在仪器记录时,采用全通频带接收。需要说明的是全通频带接收有时会使反射信号被面波掩盖掉,为保证能够记录到反射波,在采集剖面数据前,采用加低切的方法进行点试验是必要的。

3 数据处理和解释

3.1 折射地震资料

处理折射地震资料的关键是准确拾取初至的起跳时间。一般来说,当炮检距不太远时,由于地震波能量较强,初至起跳清楚,拾取的时间准确;当炮检距较远时,如远排列接收的情况,一些记录道的初至起跳不太清楚,在此情况下,拾取的初至时间精度较低。我们认为初至起跳不太清楚一方面是外界干扰较大,另一方面是激发的地震波能量在较强的干扰背景下显得较弱。在资料处理中,对于这部分低信噪比的记录,在进行初至拾取前,压制首波到来前的各种干扰,加强首波的起跳,并通过设置一个阈值拾取初至时间是必要的,既当要拾取的波至振幅大于该阈值时,认为该振幅有效,并进行拾取^[2]。

在拾取初至后,利用人工方式对拾取的初至进行层位确定具有很大的不确定性,特别是对于那些时距曲线拐点不甚明显的情况更是如此。当然,对于有钻孔地质资料的情况,这种不确定性将受到一定的约束。在本次折射地震资料处理解释中,使用比较有效的方法是根据折射地震记录时距曲线的斜率特征,有意识地忽略掉个别不规则异常点,结合地质资料和参考反射地震时间剖面进行综合解释,效果较好。

3.2 反射地震资料

有关反射地震资料处理的方法技术比较成熟,基本处理方法大同小异。本文仅结合折射波和反射波地震资料的特点,简述一些有关的处理技术。

在数据采集中,为使地震首波起跳清楚,使用了全通频带和检波器非组合接收。因而,地震记录上的低频和低速干扰比较严重,在反射地震资料处理中,衰减或压制地震记录上的这些低频和低速干扰显得尤其重要。另一方面,测区干扰背景较大,地下地层受区域地质构造的影响,岩层比较破碎,所获地

震记录信噪比较低,在此种情况下,反射地震资料处理的关键是提高地震记录的信噪比。

频率带通滤波和速度滤波能有效地衰减或压制地震记录上的这些低频和低速干扰,水平叠加和叠后随机噪音抑制等处理能有效地压制不规则的随机干扰。在本次资料处理中使用了这些方法。

在通常的地震资料处理方法中,提高地震记录的信噪比是以降低地震记录的分辨率为代价的,反之也一样。为在资料处理中兼顾两者,采用一些提高地震记录分辨率的处理也是必要的,如多道子波反褶积和偏移处理等。

复杂条件下反射地震资料的解释原则类同于常规地震资料的解释。下面给出几个地质现象在地震时间剖面上的反映,一方面表明复杂条件下反射地震资料的解释方法,另一方面表明测区复杂的地质构造。

图 1 表示了一个小背斜褶皱在地震时间剖面上的反映。该褶皱规模较小,是反映复杂地质构造的一个方面。由于地形校正的作用,使得图 1 所示地震时间剖面上有效地震波组几乎从零时间开始。

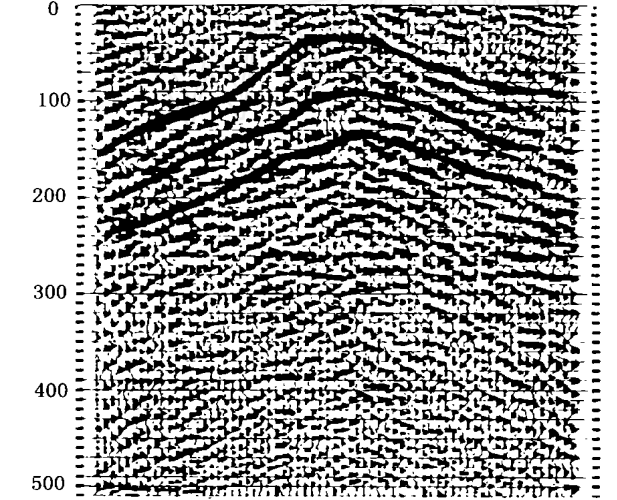


图 1 小背斜褶皱在地震时间剖面上的反映

图 2 表示了断层在地震时间剖面上的反映,断层两边不同的地层产状使得在该地震时间剖面上解释断层更加可靠。在较短的范围内,地层产状发生较大的变化,这一方面说明地质构造的复杂性,另一方面又表明破碎的岩层使得不同地层之间的波阻抗差变弱,由此产生的反射信号强度变小。

在该反射地震资料解释中,还会遇到倾斜地层在风化岩层中的问题。在地震时间剖面上,倾斜地

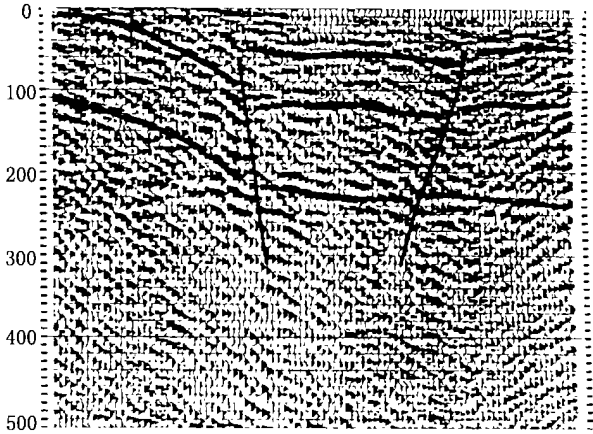


图 2 断层在地震时间剖面上的反映

层呈倾斜地震波组出现,风化岩层呈水平或近水平地震波组出现,两者在地震时间剖面上相互交叉,使得地震剖面看起来比较复杂。若认识到上述地质现象,对此类地震剖面的解释并不困难。

4 地质效果

通过综合地震勘查,对测区的地质构造、岩石品质和基岩起伏等问题有了比较全面的认识,取得了较好的地质效果。

图 3 表示了利用综合地震方法查清的基岩深度图,图中还表示了钻孔和地震测线的位置及速度分布情况。根据图 3 可以看出,在测区中部的地形高处,基岩埋藏较浅,甚至裸露于地表,在测区两翼的地形低洼处,基岩埋藏较深。

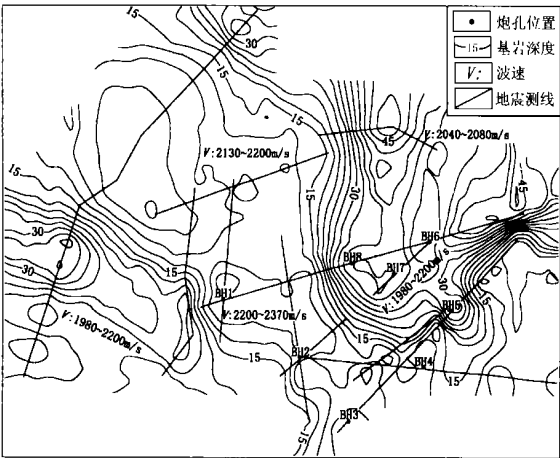


图 3 测区基岩深度图

图 4 表示了测区地质构造和岩石品质分类图,图中表示的 R(A) 区为岩石品质较好的区段,R(C) 为岩石质量较差的区段,R(B) 介于两者之间。在本次综合地震勘查中,断层和褶皱在地震时间剖面中

都有较好反映。对岩石品质分类的主要依据是地震波的速度,当岩石的地震波速度较高时,认为岩石品质较好,反之,则认为岩石品质较差。即使比较好的岩石的速度仍较低,表明测区地层风化和岩层破碎现象的确很严重。

根据图 4 所示的测区地质构造和岩石品质分类,能够给出有利于洞穴开挖的地段,如图 4 中表示的 R(A)区段。

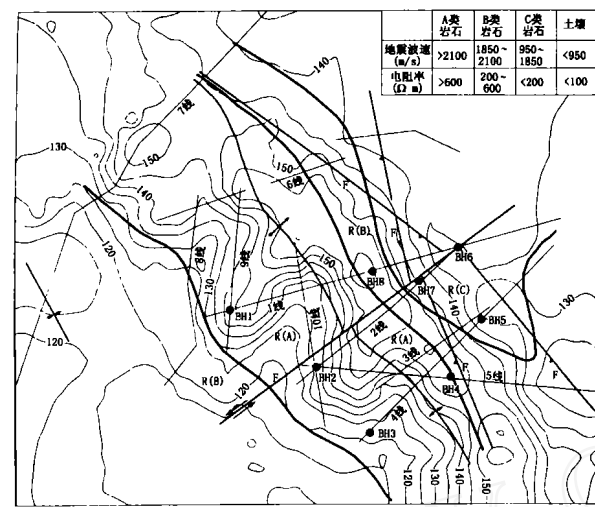


图 4 层区地质构造和岩石品质分类图

综合地震方法不但对测区的地质构造、基岩形态进行了探测,对测区的岩石品质进行了分类,而且对地层也进行了比较详细的划分,较好较全面地完成了规定的勘查任务。

需要指出的是用综合地震方法对岩石品质的分类结果与高密度电法的探测结果比较吻合,见图 4 中右上角的岩石品质分类表。综合地震方法探测结果已由在二期工程中开展的钻探结果和地震层析成像结果所证实。

5 结 论

通过本次综合地震工作,我们初步得出以下结论:

1) 本次综合地震方法有效地查清了测区的地质构造和基岩形态,并对测区的岩石品质进行了分类,对地层进行了比较详细的划分,较好地完成了任务。地震探测结果得到了后期钻探和地震层析成像结果的证实。

2) 综合地震方法在查明测区地质构造、详细划分地层和对岩石品质进行评价等方面优于单一地震方法(反射波法或折射波法)。在综合地震方法中,折射波资料主要用于探测较浅的地层,而反射波资料主要用于探测较深的地层。

3) 综合地震方法是在野外一次数据采集后,同时获得两套地震资料的方法技术,与分别开展反射波和折射波法相比,该方法技术具有效率高、成本低等特点。

4) 开展综合地震方法所使用的地震仪器需具有较大的动态范围,使得该仪器在全通频带记录时,较强的低频信号和较弱的深层反射信号都能被记录下来,以便在室内数据处理中,采用相应的数据处理技术提取所需要的信息,压制和衰减不需要的信息。

需要说明的是对于所获得的地震资料,也可进行面波分析处理,从而获得面波地震勘查成果。

[参考文献]

[1] 徐明才,姜 成. 地面地震和 VSP 联合勘探在市区活动断裂调查中的应用研究[J]. 物探与化探,2000,24(6):184~189.
[2] 德力克. 帕尔默著. 袁明德. 折射地震学[M]. 王建谋译. 北京:地质出版社 1989 年 P:122~125.

SYNTHETIC SEISMIC INVESTIGATION AT THE UNDERGROUND SCIENCE CITY

XU Ming - cai

(Institute of Geophysical & Geochemical Exploration , CA GS , Langfang 065000)

Abstract : This paper introduces a synthetic seismic method and discusses the application effects of the method combined with the example of engineering geological exploration abroad. The efficiency of the method is shown through the results of synthetic seismic method are verified later by the results of boring exploration and seismic tomography.

Key words : Synthetic Seismic Method , Engineering Geological Exploration , Geological Structure , Rock Quality