

应用深地震反射技术揭示喀斯特地区 深部地质结构特征

胡建辉 谢明干 韦添昌 韦瑞表

(中国石油化工股份有限公司西南石油局云南物探公司, 云南 昆明 650233)

提要: 本文以广西南盘江—桂中坳陷为例介绍了喀斯特地貌区的深地震反射采集方法技术, 来揭示地表喀斯特地貌发育的广西南盘江—桂中坳陷下深部结构。为了获得高信噪比的深地震反射资料, 针对该区地表及深部复杂性情况, 采取以下六个技术措施: 高精度多方法联合测量技术, 干扰波特性分析及压制, 面向目标的观测系统设计, 加强炮检点的选点工作, 加大试验力度选取适合的激发和接收参数, 多种针对性静校正处理方法。其中, 干扰波特性分析及压制方法和技术实施是获取喀斯特地区深部结构的技术难点, 也是前提和保证; 多种针对性静校正处理方法是后期室内处理改善深部结构资料品质的关键。通过采取以上技术措施将大大提高了资料信噪比, 改善了资料的品质, 获得了广西南盘江—桂中坳陷下的较为清晰的深部结构特征。这为此类地区的地震探测提供了采集实例和探测方法依据。

关键词: 南盘江—桂中坳陷; 喀斯特地形地貌; 干扰波; 静校正

中图分类号: P631.4*25 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)03-0742-04

在喀斯特地形地貌区实施反射地震勘探, 获取其下的深部结构特征是非常具有挑战性的前沿性工作。而中国又是全球喀斯特地貌最发育地区。因此开展喀斯特地貌区的深地震反射探测技术攻关是目前中国南方能源突破的主要方向之一。

广西桂林地区、柳州地区、河池地区、百色地区等地的广西南盘江坳陷、桂中坳陷内主要发育泥盆系至中三叠统海相碳酸盐岩及砂泥岩, 三叠系及以上地层大部分被剥蚀^[1]。南盘江坳陷、桂中坳陷出露岩性除了局部为第四系欠压实地层沉积外, 大部分地段直接出露灰岩或砂泥岩, 山体陡峭, 沟壑纵横, 地形切割剧烈, 相对高差多在 50~600 m, 区内岩溶、裂缝发育, 具有典型的喀斯特地貌特征^[1]。由于南盘江坳陷、桂中坳陷地表多为喀斯特地形地貌, 限制了前人的油气勘探实践, 到目前为止, 这两个坳陷内油气勘探程度仍然较低。这样, 特别是对桂中坳陷内的区域构造和地层层序认识不清, 得不到好的或能够反映海相实

体内幕地质结构的反射资料。由于目前原油需求紧张, 国内地震勘探不断向(危)险、(困)难、隐(藏)的方向进行, 诸如南盘江坳陷、桂中坳陷喀斯特地区。而针对这些特殊的地形及地质条件地区, 如何寻找适合于该区的地震采集方法进而探讨该凹陷下的深部结构是本文要探讨的问题。对于南方海相碳酸岩地区, 特别是在喀斯特地区, 进行石油地震数据采集具有借鉴意义。

1 喀斯特地形施工技术难点

喀斯特地形地貌地表起伏大 (相对高差一般为 50~600 m), 表层结构复杂 (低降带厚度一般在 0~150 m, 且不稳定), 山体陡峭, 沟壑纵横, 地层倾角大, 导致野外资料采集激发和接收条件差, 确定合适的激发接收因素难。南盘江—桂中坳陷喀斯特地形地貌区地震勘探主要存在三个方面的难点^[2]:

(1) 复杂的表层地球物理条件使得各种原、次生

收稿日期: 2009-05-21; 改回日期: 2009-05-27

基金项目: 中石化 2007 年度南盘江—桂中地区喀斯特攻关项目资助。

作者简介: 胡建辉, 男, 1974 年生, 工程师, 主要从事野外地震资料采集及方法研究和地震资料解释; E-mail: hhul1005@sina.com。

干扰发育,特别是折射波干扰强,侧面波干扰严重,干扰种类多(复杂多变无章可循),影响资料信噪比,有效压制各种干扰难。(2)喀斯特地形地貌区地表岩性多为灰岩出露,地下裂缝、溶洞发育,造成地震波能量衰减严重,地震成像困难,地震资料信噪比低。(3)地表起伏剧烈,表层岩性风化破碎严重,岩性多变,近地表结构复杂,纵横上变化大,且高速层顶界面的展布不稳定,导致表层调查工作困难,表层资料精度低,静校正方法的合理选取难,静校正难度大。

限于篇幅,笔者认为在喀斯特发育的地区开展工作获取高品质深部结构资料的做了总结。针对这些难点采取了下面六个方面针对性的关键采集技术:(1)高精度多方法联合测量技术;(2)干扰波特性分析;(3)压制方法及压制干扰波技术;(4)面向目标的观测系统设计^[3];(5)加强炮检点的选点工作,改善激发、接收条件^[4];(6)多种针对性静校正处理方法。

相比之下,干扰波特性分析及压制方法和技术实施是喀斯特地区的技术难点,也是获取高信噪比地震反射资料的前提和保证。而多种针对性静校正处理方法是后期室内处理的关键。笔者就这两个关键技术展开描述。

2 干扰波特性分析及压制方法和技术

喀斯特复杂地形地貌区地震勘探的一个重要问题是噪声问题^[5],对喀斯特地形地貌区的地震勘探而言其噪声类型繁多,严重影响采集资料品质。因此,如何压制干扰波是喀斯特复杂地形地貌区地震勘探的主要问题之一。干扰波种类很多,据干扰波出

现的规律分为规则干扰和随机干扰(无规则干扰)。环境噪声调查采取在放炮前对环境噪声进行录制,不加滤波,分析其干扰程度。

通过对噪声的录制分析,本区环境噪声干扰包括外界机械干扰、微震干扰、50 Hz 干扰等。通过对仪器录制的噪声背景的抽道分析,计算出本区环境噪声的相关半径,以便采取相应的检波组合压制环境噪声干扰。以南盘江—桂中地区为例,对长时间录制的环境噪声记录进行系统地相关分析,认为喀斯特地区的环境噪声相关半径为 1.5~2 m(图 1)。

为有效地压制随机干扰波,根据检波器组合的组内距应不小于相关半径的原理,提出了检波器组合的组内距应不小于 1.5 m,这为获取南盘江—桂中地区深部地质结构奠定了良好基础。

检波器组合是近年来野外施工时一直坚持使用压制干扰波方法。为了有效地压制干扰,在南盘江—桂中地区采用了方形排列(“盒子波”法)法和 L 型直角排列法进行干扰波调查,对本区各类近地表干扰严重的面波、折射波、散射噪声发育情况进行了详细调查,进而从数据采集方案根本上提高原始资料信噪比,为获取该凹陷下的清晰深部结构做好了准备。

通过对南盘江—桂中地区环境噪声和干扰波参数分析,在实际施工时采用组内距 1.5~2 m 双串矩形面积组合时,对压制干扰波,提高资料信噪比效果比较明显;通过室内资料处理来消除面波、线性干扰等效果比较好。通过野外采集和室内处理相结合方法可压制干扰波,提高资料信噪比,是一个非常有效的方法。

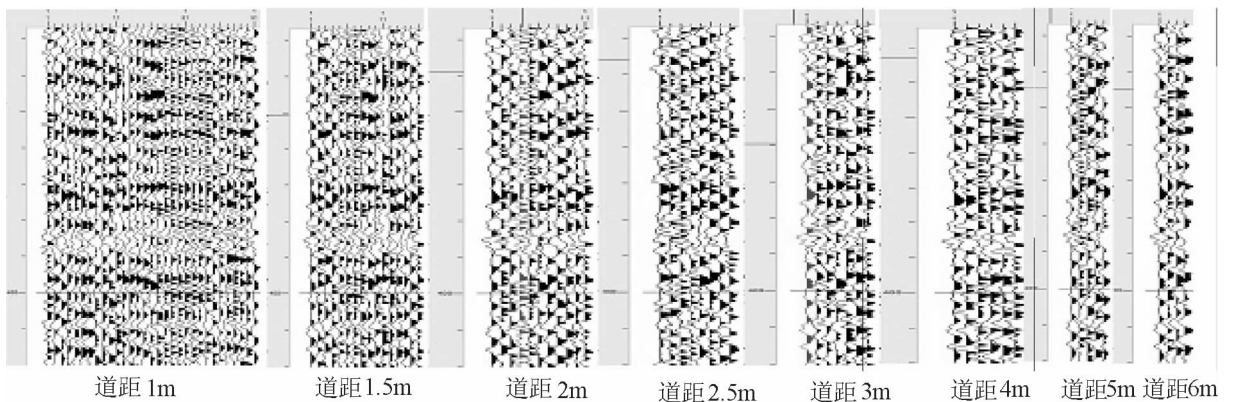


图 1 环境噪声相关半径抽道道集剖面

Fig.1 Profile of extractive traces by correlation radius for ambient noises

3 多种针对性静校正处理方法

南盘江—桂中坳陷地表条件复杂, 低降速带变化较大, 如何取得高精度静校正控制点数据, 是关系到剖面处理的重要问题之一。本区资料处理采用多种针对性去噪技术消除线性干扰、压制面波、交互动态切除初至波等。同时在表层调查的基础上建立该区的表层数据库, 采用高程静校正和大炮初至折射静校正方法相结合, 综合运用多种静校正方法进行相互校验, 计算静校正量, 并用微测井调查的表层结

构数据对静校正量进行约束, 通过多次速度分析与静校正迭代, 将静校正量逐步压缩, 从而改善静校正的效果, 提高了资料的信噪比。

采用上述方法采集的地震资料, 浅层反射频率高, 深层反射能量强, 浅、中、深有较好的反射波组, 主要目的层信噪比和连续性明显提高, 可追踪对比, 地震资料品质得到了较大的改善(图 2~3)。

图 2~3 显示的广西南盘江—桂中坳陷下的深部结构特征明显, 为一系列逆冲断层波组特征和古隆起波组特征, 且接触关系明确。这表明了所采用的地

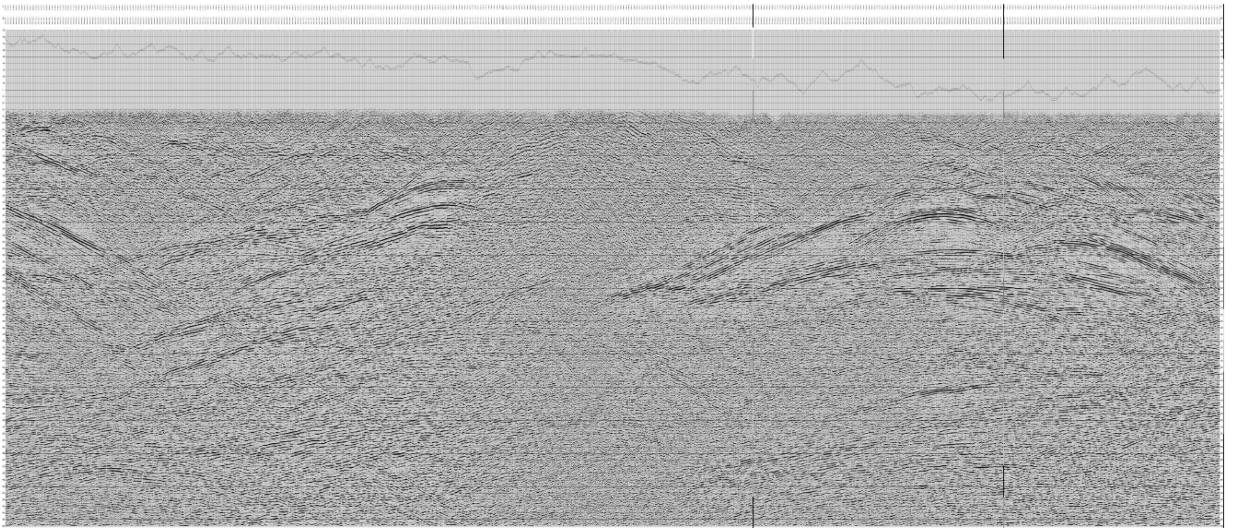


图 2 广西南盘江—桂中坳陷地区地震采集的叠加剖面(A 段)

Fig.2 Stacked profile of seismic reflection in the Panjiang-Guizhong depression, Guangxi (Part A)

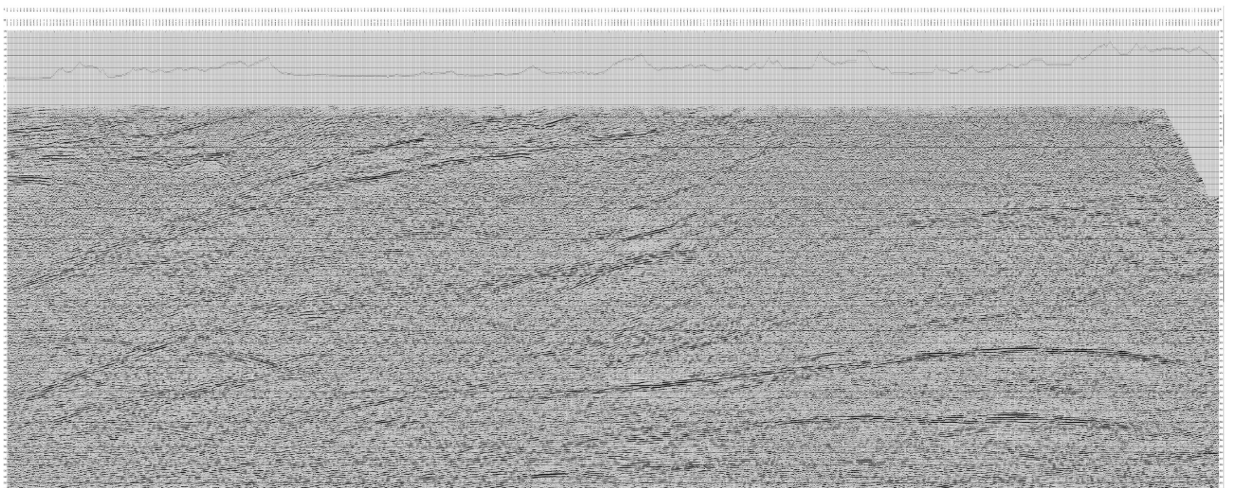


图 3 广西南盘江—桂中坳陷地区地震采集的叠加剖面(B 段)

Fig.3 Stacked profile of seismic reflection in the Panjiang-Guizhong depression, Guangxi (Part B)

震采集技术切实可行。获得了的广西南盘江—桂中坳陷下浅、中、深层皆能获得一定的有效反射,反射波组能量适中,构造形态基本清楚。

总之,广西南盘江—桂中坳陷属于碳酸盐岩地区,喀斯特地形地貌发育,资料信噪比低,地震成像困难。要做好该区的地震采集资料,应合理选择观测系统,重点解决激发、接收条件和参数,不断优化和完善采集方法,提高地震采集剖面的资料品质。关键做好以下六点技术措施:①高精度多方法联合测量技术;②干扰波特性分析及压制方法;③面向目标的观测系统设计;④加强炮检点的选点工作,改善激发、接收条件;⑤加大试验力度,选取适合的激发和接收参数;⑥多种针对性静校正处理方法。

至目前为止尚未有成熟的碳酸盐岩地震采集技术,各国地球物理专家、学者正在积极研究、探索中。本次研究工作为碳酸盐岩地区开展反射地震探测提供了很好的实例和参数流程。

参考文献 (References):

- [1] 程裕洪, 主编. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 1994.
Cheng Yuqi, et al. Regional Geological Conspectus of China[M].

Beijing: Geological Publishing House, 1994 (in Chinese).

- [2] 韦添昌, 谢明干, 彭武利, 等. 广西桂中低信噪比地区二维地震采集方法研究[J]. 南方油气, 2005, 3:33-37.
Wei Tianchang, Xie Minggan, Peng Wuli, et al. Study on 2-D seismic reflection acquisition method in the middle-lower signal-to-noise area, Guizhong, Guangxi [J]. Southern Oil and Gas, 2005, 3:33-37 (in Chinese).
- [3] 邓述全, 王梅生, 张君亭. 复杂地区地震勘探采集技术 [C]//南方地区第十三次物探研讨会, 2003.
Deng Shuquan, Wang Meisheng, Zhang Junting. Acquisition techniques of seismic explorer in the complicated area [C]//The 13rd Symposium on Geophysical Explorer in the South China, 2003 (in Chinese).
- [4] 胡超俊, 邓志文, 窦易升, 等. 广西桂中坳陷碳酸盐岩地区地震采集方法探讨[C]//南方地区第十三次物探研讨会, 2003.
Hu Chaojun, Deng Zhiwen, Dou Yisheng, et al. Acquisition techniques of seismic explorer in the Guizhong depression, Guangxi [C]//The 13rd Symposium on Geophysical Explorer in the South China, 2003 (in Chinese).
- [5] Ibrahim Palaz, Kurt J. Marfurt 主编. 碳酸盐岩地震学[C]//涿州: 中国石油物探专业委员会, 1998:280-309.
Ibrahim Palaz, Kurt J. Marfurt. Seismology in Carbonate Rock[C]//Zuozhou: the Chinese Committee of Petroleum Exploration, 1998: 280-309 (in Chinese).

The application of deep seismic reflection methods to the detection of deep geological structures beneath karst areas

HU Jian-hui, XIE Ming-gan, WEI Tian-chang, WEI Rui-biao

(Yunnan Geophysical Company, Southwest Petroleum Bureau, China Petroleum & Chemical Corporation, Kunming 650233, China)

Abstract: Surface karst features in Panjiang-Guizhong depression make up a good example for applying the data acquisition technique in the karst area to studying deep structures beneath the depression. To probe into some problems related to complex karst features in the Panjiang-Guizhong depression, such techniques as high-resolution multiple-means survey, analysis and suppression of interference waves, objective-facing design for the observational system, and selection of shot and geophone position seem to be the key methods. The authors conducted many experiments to choose congruent explosive and record parameters. The noise analysis and elimination and many kinds of static correction means make up the crux of the technologies. The reflection image of the profile has good signal-to-noise ratio as well as high quality of profile and single-shot data. Based on these techniques, this paper has discussed some deep structures beneath the depression as a real example of karst features.

Key words: Panjiang-Guizhong depression; surface karst feature; noise wave; migration of shot and geophones; static correction

About the first authors: HU Jian-hui, male, engineer, mainly engages in field seismic data acquisition, method research and interpretation; E-mail: hhul1005@sina.com.