

三维地震勘探在湖泊沼泽地区的应用

徐成明, 徐爽

(安徽煤田地质局 物探测量队, 安徽 宿州 234000)

摘要:介绍了在湖泊沼泽复杂地表条件下开展三维地震勘探的主要难点,并提出了针对性的技术措施,保证了野外数据采集和室内资料处理的质量。通过对三维地震勘探的野外数据采集、资料处理的总结以及勘探前后构造的对比,说明了三维地震在湖泊、沼泽地和柳条林这样的地表复杂地区取得了成功,并为今后复杂地区的三维煤田地震勘探工作提供了借鉴经验。

关键词: 三维地震勘探 湖泊沼泽区 数据采集 资料处理

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2002)01-0042-04

三维地震勘探技术引入煤矿采区勘探以来,已在采区勘探中取得了显著的地质效果,其解决复杂地质问题的能力为煤矿生产所广泛证实。这与矿区的地震地质条件较好是分不开的。但是在湖泊沼泽地的复杂地表条件下,三维地震勘探尚无先例。由于湖泊沼泽地特有的复杂地表条件,使之成为三维地震勘探的难点。

1999年元月,我们在泗河煤矿湖泊沼泽复杂地表条件下,首次开展了采区高分辨三维地震勘探工作^①。后经矿井建设证实,三维地震勘探获得了良好的地质效果和可观的经济效益。

1 工作区概况

泗河煤矿地层由新到老依次为第四系、侏罗系和石炭系(奥陶系基底)。地层总体构造为一宽缓的单斜形态,含煤地层为石炭系太原组,12号、16号主采煤层埋藏浅(100~400 m)、厚度薄(<1.5 m)。

本区地表整体上为湖泊沼泽地貌,地形北高南低,东高西低,全区大致可分为4个区域:

1. 东区,沼泽地被柳条林所覆盖,通视条件极差。东部边界有防洪大坝和村庄;
2. 中区,鱼塘星罗棋布,有大小鱼塘30多个,鱼塘坝埂与塘底高差变化较大;
3. 西区,微山湖区,水深自东向西逐渐加深,最深处可达5 m;
4. 北区,湖底出露,地表被植被覆盖,地势较为

平坦。

总体看来,本区浅表层地震地质条件横向变化较大,地震地质条件十分复杂,成为在该区开展地震勘探的主要技术难点之一。

2 数据采集方法

针对湖泊沼泽地区的特点,施工前开展了广泛的试验工作。除噪音分析、检波器组合、仪器因素、低速带调查外,重点加强了以下几项试验工作。

1. 防水检波器试验。由于本区特有的地表条件,无法使用拖缆及水听器接收。为此,我们将陆上检波器进行了改进,制作了防水检波器。试验表明,自制的防水检波器可以在水中连续工作50 h以上而不进水,有效地解决了检波器的接收难题。

2. 防水检波器附加尾锥长度试验。湖区地表淤泥厚度、水深变化较大,防水检波器的尾锥不得不加长,其附加长度的选择以原始记录面貌受干扰的程度最小为准。做0.5 m、1.0 m、2.0 m附加尾锥长度试验(图1)。

从记录面貌上可以看出,附加尾锥越长,高频干扰越严重。为保证检波器与大地的良好耦合,采集时检波器附加尾锥的长度随淤泥厚度的变化而变化,一般浅水沼泽区0.5 m,深水区1.0 m,陆地不用。

3. 成孔试验 针对本区的特点,成孔采用人工打井方法,井深8 m。将2条小木船连接在一起并固

① 安徽煤田物探队. 山东省微山县泗河煤矿初期采区三维地震勘探报告. 1999.

定在水面上,打井人员站在船上作业。当水深超过 1 m 时,在钻杆上套上套管,孔打好后,炸药沿套管内壁下到孔底。

4. 药量试验 通过对 0.5、1.0、1.5、2.0、3.0 kg 不同药量的对比试验,最后药量定为 2.0 kg。

在大量试验的基础上,本次三维地震勘探采用德国产 SUMMIT 多道遥测地震仪、规则的束状八线

三炮制观测系统、192 道接收、12 次叠加(横向 2 次,纵向 6 次)、CDP 网格 10 m × 10 m 进行施工。共布置三维地震测线 14 束,接收线 86 条,炮线 42 条,物理点 2 084 个。野外原始单炮记录初至清晰,信噪比较高,目的层齐全,为以后的资料处理和解释工作提供了良好的第一手资料。同时也说明了施工中采用的参数是适合湖泊沼泽地区地形条件的。

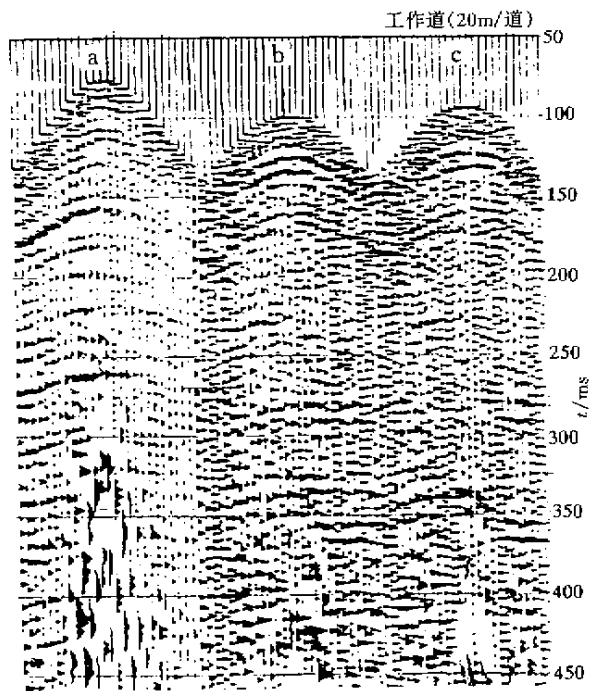


图1 检波器附加尾锥长度试验

a—尾锥长 0.5 m b—尾锥长 1.0 m c—尾锥长 2.0 m

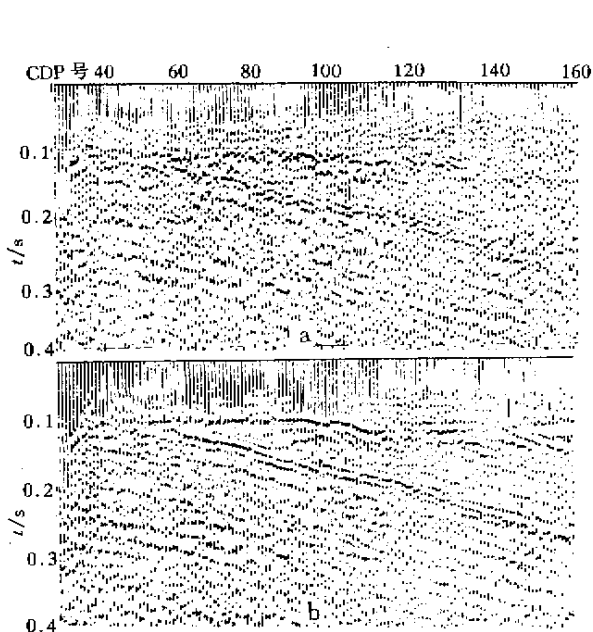


图2 三维初至折射静校正前后效果对比

a—静校正前 b—静校正后

3 资料处理

由于本区地形起伏较大,低降速带横向变化较大,如何做好一次静校正问题是技术难点之一。为此,在资料处理中重点采用了以下几种具有针对性特色的处理模块。

1. 三维初至折射静校正。以往通过野外小折射、微测井进行低降速带调查的常规方法,不适合本区地表复杂多变的特点。本次采用中国煤田地质总局从美国绿山公司引进的三维初至折射静校正模块,利用计算机自动拾取每炮的初至折射波到达时间,自动反演地下表层地层速度结构,求取野外一次静校正参数,进行准确的校正量计算,从而为后续的精细处理打下了基础。从图 2 可以看出,经过三维初至折射静校正之后,信噪比有了明显地提高,资料效果有了很大的改善。

2. 三维地表一致性反褶积。因本区目的层厚度

薄,原始地震资料频率较低,故如何选取提高分辨率而又不降低信噪比的反褶积方法是极其重要的。通过反复试验,最后采用三维地表一致性反褶积,它在提高分辨率的同时又加强了抗干扰能力,达到了分辨率与信噪比的和谐统一。

3. 频谱分析及滤波。通过频谱分析,划分了有效波和干扰波的频率范围,切除了声波,滤除了面波和高频干扰波,突出了煤层的有效波。

4. 分频。为了补偿地层吸收造成的高频衰减,在偏移之后利用分频对高频信号进行表层补偿。补偿分 2 段进行,第一段为新地层,第二段为基岩。由图 3 可以看出,分频后的时间剖面,既提高了分辨率,又加强了连续性,提高了识别小构造的能力。

根据本区资料的特点,精心试验,优选模块,制定了适合本区特点的全三维资料处理流程,实现了“高信噪比、高分辨率、高保真度、准确归位”的三维地震资料处理目标。

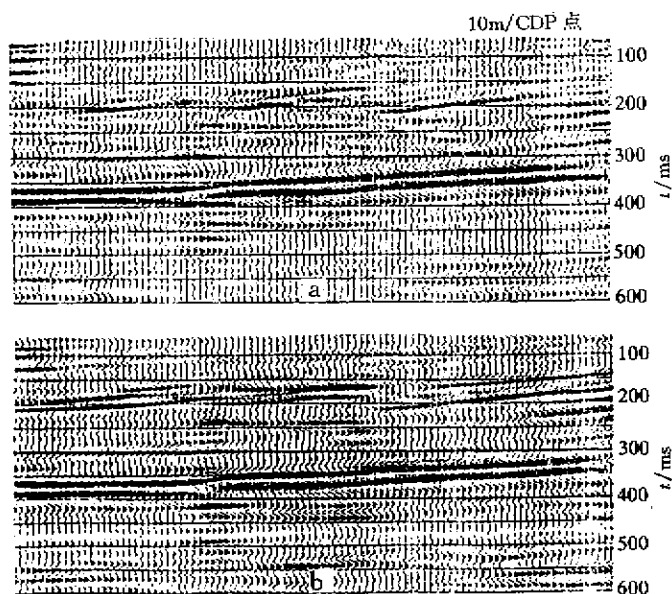


图3 分频前后时间剖面对比

a—分频前的时间剖面 b—分频后的时间剖面

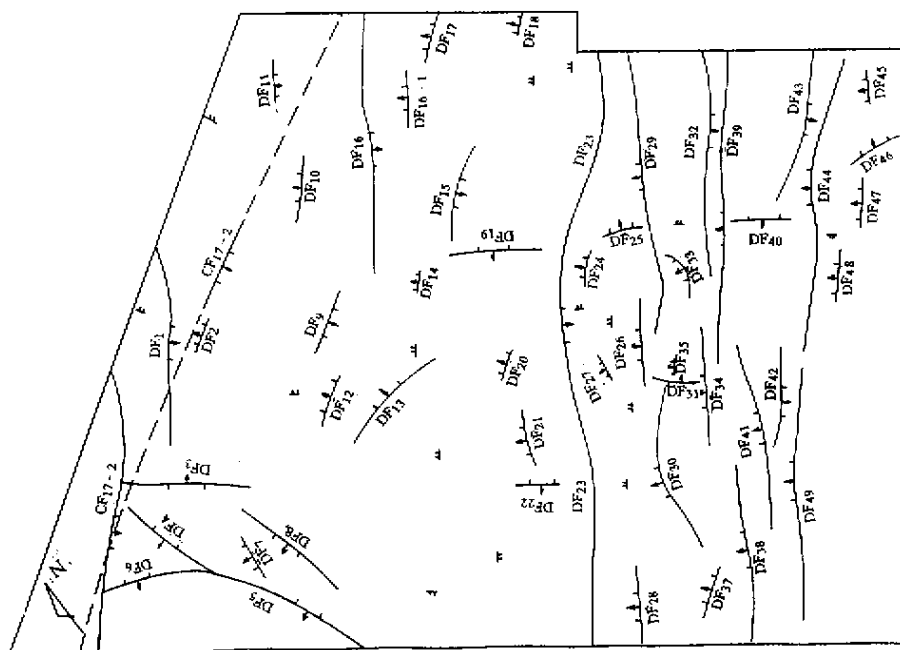


图4 三维地震勘探前后构造对比

CF₁₇₋₂—原断层; DF₅—DF 为地震勘探新发现的断层, S 为断层编号

4 勘探成果及新旧资料对比

本次三维地震勘探成果进一步证实了本区为一走向 NE、倾向 NW 的单斜构造,在此基础上发育有 2 个次一级褶曲(图 4)。用三维地震勘探数据共解释断层 51 条。落差最大的一条 DF₂₃ 断层,位于测区的中部,最大落差达 45 m,断层走向为 NE 向,倾角 60°~70°,控制长度为 1 800 m。另外,DF₂₉、DF₃₉ 和

CF₁₇₋₂₃ 条断层的落差也较大,最大落差分别为 35 m、22 m 和 30 m。其它断层的落差一般不大,延展长度也较短,走向大多为 NE 和 NW 向。按断层落差(H)分类:H>20 m 有 4 条,10 m≤H<20 m 有 5 条,5 m≤H<10 m 有 11 条,H<5 m 有 31 条。按断层性质分类:正断层有 44 条,逆断层有 7 条。按控制程度分类:可靠断层有 39 条,较可靠断层有 12 条。目前,巷道掘进已穿过 DF₈ 断层,揭露落差为 3 m,三维地震勘探成果报告为 0~3 m,吻合良好。

工作区内仅有 6 个钻孔控制,原精查地质报告编制的 16 下煤层底板等高线图只有 CF_{17-2} 断层,地层走向为 NE 向,构造十分简单。

通过本次三维地震勘探,将原来的一条走向 NEE 的断层修改为 2 条断层,走向为 NE 向。属新发现的断层有 49 条。以 DF_{23} 断层为界,其南部断裂构造密集,北部构造较简单。

5 结论

1. 针对湖泊沼泽地区浅表层地震地质条件十分复杂的特点,在数据采集时应对检波器防水、检波器尾锥、成孔方法做精心选择,可取得很好的效果。

2. 针对湖泊沼泽地区的地形特点所采取的三维初至折射静校正、三维地表一致性反褶积等最新的处理模块和手段,可以成功地消除地表影响,极大地提高了地震资料的信噪比和分辨率。

3. 本次三维地震勘探的解释结果与井下实际揭露资料相吻合,充分显示了在湖泊沼泽地区三维地震勘探的精度和优越性。

三维地震勘探是一种面积勘探。高密度的数据采集和高精度的资料处理,可产生一个完整地、准确

地反映地质体时空变化的三维数据体,可输出多种水平切片及垂直剖面。应当指出的是,本项目是三维煤田地地震勘探首次应用于湖泊沼泽地区的成功范例。这项工作的成功,不仅为矿区的发展提供了可靠的地质资料,同时也为今后在湖泊沼泽地这样的地表复杂地区开展三维煤田地地震勘探工作积累了非常宝贵的实践经验。

本文在资料整理和写作过程中,得到关仁祥高级工程师的指导和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 郝钧. 三维地震勘探技术[M]. 北京:石油工业出版社,1992.
- [2] 程云,田胜荣,王顺祥,等. 三维地震在西部戈壁地区的应用[J]. 中国煤田地质,1999,(3).
- [3] 李庆珍,张兴民,王书军. 三维观测系统中横向覆盖次数及 CDP 间隔的计算方法[J]. 物探与化探,2000,24(2):135-137.
- [4] 尚新民,石林光,赵国庆,等. 孤北 21 三维目标处理实例[J]. 物探与化探,2001,25(1):54-60.
- [5] 冯太林,张学工,李衍达,等. 三分量地震资料野外采集应遵守的重要原则[J]. 物探与化探,2001,25(1):70-74.
- [6] 徐成明,王云. 地表复杂地区煤田地地震勘探方法及效果[J]. 物探与化探,2001,25(6):437-442.

THE APPLICATION OF THREE - DIMENSIONAL SEISMIC EXPLORATION TO LAKE AND SWAMP AREAS

XU Cheng-ming, XU Shuang

(Geophysical Exploration Party, Anhui Bureau of Coalfield Geology, Suzhou 234000, China)

Abstract: This paper describes the main difficulties in conducting three-dimensional seismic exploration under the complex surface condition of lakes and swamps, and puts forward corresponding technical measures for guaranteeing the quality of field data acquisition and in-door data processing. Based on the summarization of field data acquisition and data processing as well as a comparison between the structures surveyed before and after the exploration, the paper points out that the three-dimensional work carried out by the authors not only proves to be effective in such surface complex areas as lakes, swamps and willow forests, but also provides experience for future three-dimensional coalfield seismic exploration work in complex areas.

Key words: 3-D seismic exploration; lakes and swamps; data collecting and receiving; data-processing

作者简介: 徐成明,男,安徽桐城市人,1989 年 7 月毕业于合肥工业大学资源与环境科学系,获学士学位,现任安徽煤田地质局物探测量队工程师,曾主持和参与过多项大型地表复杂地区的煤田地地震勘探的设计、野外施工、资料处理和报告编制工作。发表论文数篇。