

煤矿采区三维地震勘探技术

武 喜 尊

(中国煤炭地质总局, 北京 100039)

摘 要: 介绍了几年来煤田三维地震勘探工作在设计、采集、处理、解释技术所取得的成果及最新研究进展情况。

关键词: 煤田地震勘探; 三维三分量; 进展

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2004)01-0016-03

我国是以煤炭为主要能源的国家, 煤炭在一次性能源消耗中占 75% 以上。近年来有所减低, 也保持在 70% 左右, 煤炭年产量达 10 亿 t, 位居世界第一。随着煤矿高产高效的需要, 对精细地质勘探的要求日益提高, 以高分辨地震勘探技术为基础的煤矿采区地震勘探异军突起, 成为详细查明小断层、小褶曲、陷落柱、采空区、冲刷带、煤层变化等重要地质资料的有效手段, 成为煤田地质勘探工作中的一个新的“亮点”。特别是采区地震勘探技术水平不断提高, 解决了许多以往不能解决的地质问题。在矿井和采区设计优化、避免和减少地质风险、优选采煤方法、提高资源回收率、降低万吨掘进率等方面起到了重大作用, 被誉为高产高效矿井建设的“金钥匙”。

经过不断的引进、开发和应用研究, 煤田地震勘探现已拥有世界先进的技术和设备, 培养出了一大批技术人才, 形成了从勘探设计、数据采集、数据处理、数据解释到最终报告提交的一条龙、全方位的技术服务体系, 为更好地为煤矿企业生产建设服务打下了坚实基础。

1 三维地震观测系统设计优化技术

三维地震勘探设计是整个项目的第一步, 观测系统设计的正确与否、是否有针对性将直接影响数据采集质量、资料处理效果和最终地质成果的精度。过去一般的三维地震勘探设计, 通常根据任务要求的面元大小、叠加次数、偏移距范围设计观测系统, 在施工中遇到地面障碍时采用“变观”的方法加以弥补, 这样容易造成 CDP 面元内各道的方位角和炮检距分布不均匀, 有时因局部数据采集不到而“开

天窗”从而造成原始采集数据质量差, 在处理、解释中无法补救, 导致最终成果精度达不到要求。在地面障碍物多、地形复杂地区, 问题尤为突出。

煤田物探技术人员开发了利用计算机, 以地质模型为基础, 以实测地形(地物)图为底图的三维地震观测系统设计优化系统, 大大提高了三维地震勘探对复杂地形的适应性。它不但适用于常规纵波勘探, 而且适用于横波、转换波多分量勘探设计。完成了许多复杂地区采区三维地震项目, 这些施工区的共同特点是: 区内村庄成片, 河沟、公路纵横, 常规设计的线束观测系统难以取得理想效果, 通过采用以正演模拟为基础的三维地震观测设计技术, 取得如下效果: ①虽然测区内村庄密布, 各种障碍物很多, 但整个区内没有一处开天窗, 而且面元大小一致, 纵波、转换波有相同的面元尺寸, 覆盖次数和炮检距、方位角都比较均匀; ②施工方便, 过障碍物容易, 解决了大范围的变观等麻烦; ③可以直接装在现场采集仪器上(如 IMAGE 系统上), 或现场处理机上, 在采集时进行实时现场管理和质量控制, 也可随时进行修改; ④采集结束后, 设计与采集的原始数据直接输入处理系统, 既节省了数据处理时建立空间属性的复杂而繁琐的过程, 减少了中间环节和出错的机会, 缩短了处理时间。

2 三维地震数据采集系统

1995 年引进了当时最先进的法国 SN-388 地震采集系统, 之后又引进了以美国、德国、法国等公司最先进的地震采集系统。由于计算机技术、通讯技术、集成电路技术的飞速发展, 地震采集仪器的性能、精度进一步提高, 使用更加灵活, 同时由于采集

设备的主控计算机性能和软件功能的增强,不但能完成采集,而且可以进行观测系统设计、实时质量监控、数据现场处理、分析等。

现在煤田地震勘探所使用的世界上最先进的新型遥测地震仪,它集中了目前最先进的电子技术、计算机技术、通讯技术以及地震采集技术,主要有以下主要特点:①主机记录能力进一步提高,最大记录能力为6 000道以上(2.0 ms),并具有潜在的无限道记录能力,适合于大规模采集和多分量采集;②采用了真正的24位 $\Delta\Sigma$ 采集技术,进一步提高了原始数据精度;③主机最大线能力为256线以上;④在同一操作界面下可实现有线和无线接收的结合,可控震源和爆炸震源均可使用;⑤采用最新的计算机技术,将仪器的硬件功能软件化,仪器的硬件结构大大精减,只有单一主机箱体,仪器道数的扩大不需增加箱体数量,只需软件升级。仪器重量减轻,各项性能提高;⑥主机(计算机)功能强大,操作简便,有预放炮功能,放炮、记录和数据传输并行运行,提高了野外采集速度;⑦主机安装有地震设计、质量实时监控、数据预处理软件,可进行现场质量管理和设计修改,保证了采集质量,有远程控制能力;⑧采用网络化技术对电缆进行控制管理,做自我诊断。当电缆出现断路时,利用其它线芯传输,提高了野外施工效率和在复杂地区施工的能力。

3 三维地震处理技术

1995年引进了法国地球物理公司的地震数据处理系统后,又进行了不断升级,使用了并行计算机,其存储量大,运算速度快,为新的处理方法和技术的使用提供了基础,主要丰富和发展了以下技术。

(1)全三维地震数据处理技术,如全三维空间插值、偏移等处理技术得到了普遍应用。

(2)叠前深度偏移技术。这是实现地质构造空间归位的一项处理技术,特别是在构造复杂、横向速度变化剧烈的情况下,比其它偏移方法能更可靠地实现构造的准确成像。由于叠前处理数据量大,要以地质模型为基础,需反复修改模型,进行多次迭代,只有大容量的计算机才能实现。因为拥有了大规模并行机,为这一技术在煤田三维资料处理中得以应用提供了基础条件。目前,叠前偏移技术已应用于生产实际中。

(3)提高分辨率的处理技术。提高地震资料的分辨率是进一步提高采区地震勘探精度的前提,近几年物探技术人员把提高采区地震勘探分辨率作为

一项系统工程来研究,从原始数据的设计、采集入手,探索、寻求提高分辨率的方法,开发了一批提高分辨率的处理方法和软件,取得了很好的成果。

(4)提高地震数据信噪比的处理技术。近几年开展采区地震勘探工作的地区地形和深层地震地质条件有越来越复杂的趋势,原始资料信噪比不高,这就给资料处理增加了难度。经过对“煤田地震资料高分辨率、高信噪比、高保真度处理方法研究”后,实际处理应用取得了积极成果。

(5)复杂地区的静校正方法和技术。地震反演技术复杂地区的静校正是影响地震勘探效果的最重要因素,经过几年的研究和攻关,现在已取得了极大的成功,为山区开展采区三维地震勘探工作打下了坚实基础。同时积极开展岩性反演处理技术研究,取得了可喜成果。

(6)目标处理技术。随着处理技术的提高,处理软件的更新,对过去采集的、已处理过的资料重新处理,特别是进行目标处理,重新认识、解释,开发其潜在价值已成为可能。选取有关资料针对不同目的层、不同地质目标进行重新处理和解释,取得了积极的效果,也探索了一套新的方法。这项工作投入少产出多,是一项事半功倍的工程。

4 地震资料解释新技术

通过引进美国GEOQUEST地震解释系统,又经过不断引进、开发、升级,硬件形成了以高性能工作站为主机的联网硬件平台,软件配置有先进的地震交互解释系统、地质绘图系统、储层模拟系统、二维和三维模型系统,可以完成地震资料的全三维多属性综合解释。

(1)三维数据体地质解释立体化、整体化、透明化技术。应用该技术可以进行三维数据全方位旋转,层层剥离,使地质解释更加真实、可靠,特别是对小构造的解释,突破了过去地震剖面、水平切片联合解释的模式。

(2)全三维解释技术。以剖面、平面和立体解释相结合进行解释,主要包括切片解释技术、地震属性解释技术、相干体及方差体断层解释技术等。

(3)地震正演模拟技术。对各种地质模型进行地震模拟(包括多波多分量),为地质解释提供了可靠的工具。

(4)三维地震勘探地质成果的数字化技术使各种资料、图件以数字的形式存储在磁盘中,占用空间小、不易丢失,方便使用、管理、保存;图件便于编辑、修改;提高了报告精度,减少了报告提交时间,可以

网上传输、远程交流;易于实现报告的标准化。

5 三维三分量地震勘探技术的研究现状

多波多分量地震勘探技术是解决煤矿生产、建设中的瓦斯、应力场以及煤储层中的裂隙等问题的有效手段。1996 年启动了原煤炭工业部 I 类项目“用于煤层气预测的多分量地震勘探方法研究”,系统研究了煤田多分量地震采集、处理、解释方法和技术,并在淮北祁南矿区进行二维 9 分量采集试验,初步解释了矿区煤层裂隙发育方向和范围,取得了积极成果,评审委员会一致认为研究成果达到了国内先进水平。1999 ~ 2002 年,与清华大学等单位合作,实施了原国家煤炭工业局 I 类项目“采区三维三分量地震勘探技术研究”,研究了观测系统设计方法、采集方法和技术和处理技术,开发了相应的软件,形成了三维三分量地震数据处理系统,目前正在进行解释方法和技术的研究以及相应解释软件的开发。利用该项目技术成果于去年分别在安徽淮南潘三矿、河南永夏矿区域郊矿进行了野外实际生产试验。三维多波多分量地震勘探技术是一项急需大力开发的新技术,许多急切希望解决的地质问题,如精细构造、地应力场变化、裂隙发育情况、瓦斯、岩性等,有望通过它来解决,但是由于国内这项技术

的研究起步较晚,而三维多分量地震勘探是一项从理论研究、数据采集到处理、解释涉及许多学科和技术的系统工程,需要进一步加大投入,继续攻关。

煤矿采区三维地震勘探已经初具规模,具备了解决煤矿建设和生产所急需解决的地质问题的能力。自 1993 年淮南谢桥实施了第一个煤矿采区高分辨率三维地震勘探以来,在全国 15 个省的各大矿区均开展了此项工作。据不完全统计,截止到 2001 年 10 月底,共完成三维地震勘探项目 150 个,面积 460 km²,物理点 45 万个,取得了丰富的地质成果,对高产高效矿井建设提供了有效的地质保障。煤矿采区三维地震勘探技术与成果也得到了国家和煤矿企业的认同,取得了巨大的经济效益和社会效益,为我国煤炭工业的发展作出了巨大贡献。

参考文献:

- [1] 中国煤炭地质总局. 煤矿采区三维地震勘探经验交流会论文集[A]. 北京:中国矿大出版社,2001.
- [2] 徐成明,王云. 地表复杂地区煤田地震勘探方法及效果[J]. 物探与化探,2001,25(6):437-442.
- [3] 徐成明,徐爽. 三维地震勘探在湖泊沼泽地区的应用[J]. 物探与化探,2002,26(1):42-45.
- [4] 常锁亮,李莲英,张胤彬,等. 厚黄土覆盖丘陵地区煤田地震勘探方法研究[J]. 物探与化探,2002,26(6):425-428.

THREE-DIMENSIONAL SEISMIC EXPLORATION TECHNIQUE USED IN THE COAL MINE PRODUCING AREA

WU Xi-zun

(China Bureau of Coal Industry, Beijing 100039, China)

Abstract: This paper deals with the development of three-dimensional seismic exploration in the coal departments of China in such aspects as designing, acquisition, processing and interpretation techniques as well as the achievements made in recent years.

Key words: seismic exploration; three-dimension three-component; designing; processing; interpretation; advance

作者简介:武喜尊(1963-),男,1984年毕业于中国矿业学院,现任中国煤炭地质总局勘查处处长,教授级高级工程师,长期从事煤田物探技术研究和管理工作,《物探与化探》期刊编委会委员,发表论文数篇。