

三维地震勘探高精度采集方法研究与应用

亢永敢, 任亚平, 陈 煊

(中国矿业大学, 江苏 徐州 221008)

[摘 要] 三维地震的施工质量是影响勘探精度的最重要因素。大屯矿区地震地质条件复杂, 传统三维地震勘探采集方法在观测系统设计、采集参数选取等各个环节都存在一定的不适用性, 近年来的三维勘探实践也证明了这一点。结合在大屯矿区开展的三维地震勘探项目, 通过综合研究形成一套有针对性的高精度三维地震勘探数据采集的方法体系, 并取得了理想的效果。

[关键词] 三维地震; 采集方法; 双微测井

[中图分类号] TD166 [文献标识码] B [文章编号] 1006-6225 (2009) 02-0044-02

Collection Method and Application of 3D Seismic Exploration with High Precision

三维地震勘探是煤矿构造勘探精度最高的方法之一, 自上世纪 90 年代推广以来, 得到了空前发展。近年来, 在大屯矿区广泛应用三维地震勘察, 取得了十分显著的地质效果, 但就目前的勘探精度来说, 仍然难以完全满足生产的需要。在大屯矿区, 地表地震条件属复杂性的五类地区。村庄、湖泊、公路、河流密布, 进行高精度野外数据采集是保证三维地震勘探的精度和扩大三维地震勘探的应用范围的迫切任务, 而传统三维地震勘探采集方法在观测系统设计、采集参数选取、实验方法、野外作业等各个环节都存在一定的不适用性, 近年来的三维勘探实践也证明了这一点。因此结合三维地震勘探工程进行系统的研究具有现实意义。

1 采集方法

对大屯矿区地震地质特点的观测系统和方法研究, 其中包括: 激发点和接受点布置、激发震源和检波器埋置, 激发层位、仪器接收参数的合理选择方法等。

1.1 基于优势方向的观测方向研究

对大屯矿区的特殊地震地质条件, 结合当前三维地震勘探观测技术的现状, 提出了“基于优势方向的三维束状观测系统”的新思路, 即在煤矿地震勘探条件下三维地震不宜使用全(宽)方位观测, 宜采用优势方位观测; 沿地层走向或主要的特别是大构造走向布置线束, 并且纵向叠加次数多于横向叠加次数; 同时线束布置优先考虑地层走向。如图 1 左所示, $d = h^2 / D \cdot \cos \sin$, 当 $h = 1000\text{m}$, 倾角 $= 30^\circ$, 埋深 $D = 1000\text{m}$ 时, $d =$

433m; 当 $h = 500\text{m}$, $= 15^\circ$, $D = 500\text{m}$ 时, $d = 125\text{m}$ 。由此可见, 把分散在一百米甚至几百米范围内的资料进行叠加, 自然会使断层断点模糊, 如图 1 右。虽然通过叠前偏移能使问题有所改善, 但目前煤田叠前偏移尚不成熟, 没有达到真正实用化的程度。在采集阶段尽量沿地层走向布置测线束和叠加, 对提高大的构造特别是大断层的勘探效果非常有利。

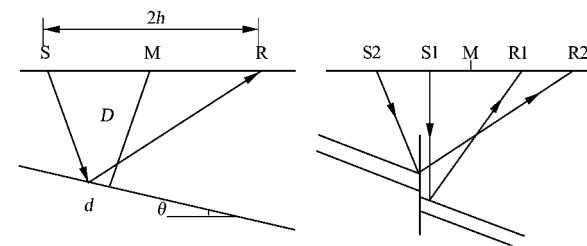


图 1 反射点分散影响因素

1.2 勘探网格

勘探网格也就是三维地震勘探的面元大小, 勘探网格的选取原则主要有三个方面: 要有利于提高资料的横向分辨率, 反映构造及断裂细节特征; 面元的大小必须保证各面元叠加时的反射信息具有真实代表性; 要考虑到偏移成像的精度要求。

在大屯矿区, 对传统勘探网格进行了分析后, 提出了在该地区特别是在村庄、湖区等复杂地段应采用 5m x 5m 甚至更小网格的三维采集方案, 以提高地质小构造的成像精度。

1.3 最大炮检距的选择

最大炮检距设计要考虑能获得不同目的层的反射信息, 保证同一面元内叠加道有不同的炮检距分

[收稿日期] 2008 - 11 - 17

[作者简介] 亢永敢 (1982 -), 男, 江苏新沂人, 硕士研究生。

布，满足资料处理时进行精细速度分析的需要，提高速度分析的精度。另外，最大炮检距还应考虑动校正拉伸、目的层埋深和干扰波的影响等因素。

通过对大屯不同采区的综合分析结果显示，徐庄、姚桥采区最大炮检距不大于煤层埋深的 0.85 倍，而在龙东 21 煤试采区则可达到 1 倍以上。

1.4 激发井深

激发井深的选取应从激发能量、子波频率、是否产生虚反射等几个方面综合考虑。激发井深一般选在潜水面以下 3~5m 处，这样激发的频谱较宽，而且爆炸所激发的能量由于潜水面的强烈反射作用而大部分下传，增强了有效波的能量。因此，精确的测量潜水面的深度成为确定激发井深的关键。为了较准确地确定潜水面深度，在大屯矿区，首次成功地进行了双微测井技术，通过对双微测井资料进行处理和分析，从而确定激发深度，取得了一定的效果。图 2 和图 3 显示了双微测井技术及其资料分析的应用。

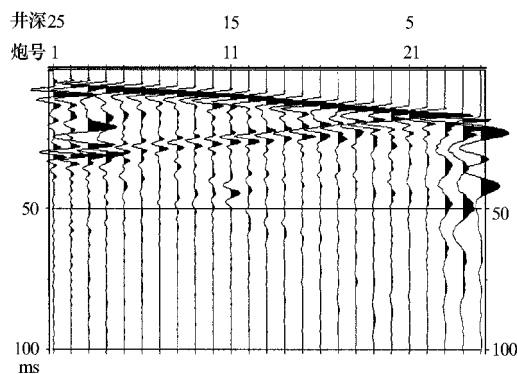


图 2 井下检波器接收的波列

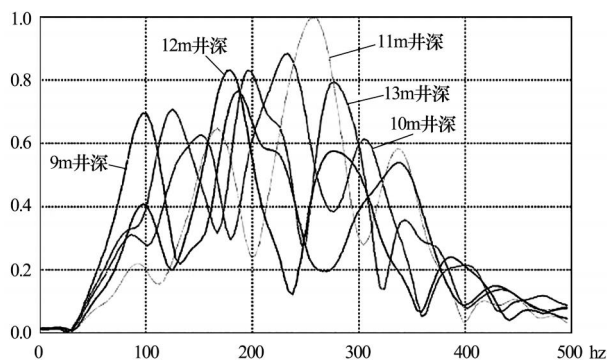


图 3 井深 13~9m 40ms 视窗频谱分析

1.5 激发药量

通过对药量试验结果的定量分析，得出了在本地区应该采用大药量激发以提高分辨率和信噪比的结论。图 4 为龙东 21 煤试采区不同药量单炮记录的目的层相同道 100ms 时窗的频谱分析比较。通

过比较可以看出：3.0kg 药量优于其他药量，随药量的增加高频能量明显增加，3.0kg 药量得到的资料具有更高的信噪比和分辨率。

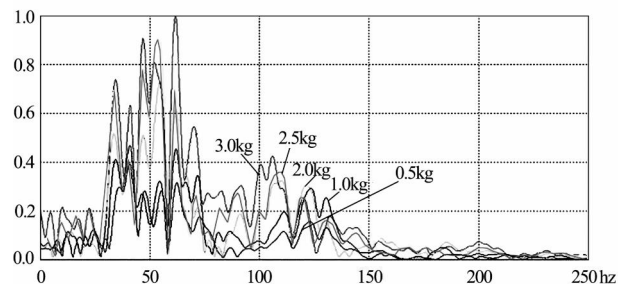


图 4 单炮药量试验目的层时窗频谱分析

1.6 组合检波分析

组合检波应尽量压制高频干扰，如高频环境噪音、散射干扰，而对于规则干扰如面波干扰，其影响范围较小，室内也易压制，面波不是要考虑的压制对象。

在组合基距选择上一方面要保证大于环境噪音的相关半径，对环境噪音有较好的压制效果，另一方面要保证组合基距不会对视速度较低的绕射和侧面波产生消极影响。借鉴以往经验通过分析论证，在大屯矿区，检波器应采用中频检波器接受，自然频率为 60 周或 40 周；检波器埋置时挖 200mm 深的坑埋置，或者直接埋置（水浇地）；检波器组合采用 9~11 只检波器，不等灵敏度面积组合，最大组合长度小于 10m。

2 应用

图 5 为大屯镇下的一张典型的剖面，从中可以看出，有效波连续性较好，构造反映清晰。

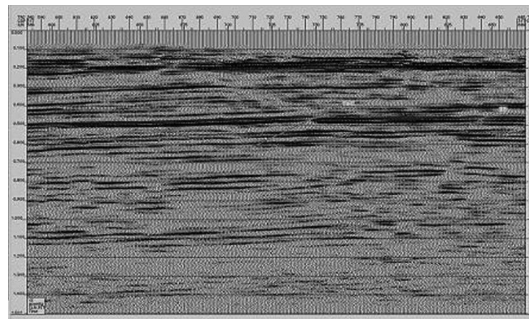


图 5 大屯镇下典型地震剖面

在大屯矿区，按照“基于优势方向的三维束状观测系统”的新思路设计观测系统，采用 5m × 5m，甚至更高网格密度三维采集技术，通过对徐

(下转 82 页)

观察表 2和表 3中的传动系统的优化结果，可以看出连续型变量的优化结果和最终的整数型变量的优化结果的差别不大，从这里可知道，将连续变量进行分支法处理后，得到的整型变量与最优值的差别不大，从优化角度来看，这组整型结果是可以接受的，而且数据性能也很好。

表 3 传动系优化结果（整数变量）

传动级	模数 /mm	小齿轮 齿数	大齿轮 齿数	齿宽 /mm	传动比
	8. 0000	16. 0000	54. 0000	60. 0000	3. 375
	5. 0000	42. 0000	124. 0000	40. 0000	2. 9524
	10. 0000	26. 0000	57. 0000	50. 0000	2. 1923
	10. 0000	27. 0000	56. 0000	100. 0000	2. 0741

对比表 1、表 2和表 3可看出，该齿轮传动系优化的方面主要有：其一，各级齿宽都有了减小，保证了传动系的体积小且重量轻，更重要是结构紧凑的要求。其二，第一级的模数得以提高，大、小锥齿轮的齿数均有明显的减少，其余各级齿轮齿数

微调。

4 结束语

本文利用 Matlab为优化设计工具，充分利用其特有的函数优化工具箱，综合模数、齿数和齿宽方面的调整，保证得到宽度最优值的同时，获得了恰当的长度优化值，这都体现了文中选用的优化算法的特点，即并行考虑多方面因素，以高效、准确和全面的考虑得到最优的设计值。本文为设计人员提供较好的设计思路，使设计者从传统的机械式计算中走出，以更多的时间投入到设计的构思中。

[参考文献]

[1] 刘维信. 机械最优化设计 [M]. 北京：清华大学出版社，1994.
[2] StephenJ. Chapman. MATLAB Programming for Engineers [M]. 北京：科学出版社，2003. [责任编辑：王兴库]

(上接 41页)

(2) 当建筑物荷载扰动深度达到垮落断裂带高度时，位于采空区边界建筑物受老采空区的影响较严重，位于采空区内部建筑物应结合建筑物抗变形情况进行考虑；

(3) 老采空区残余变形仍符合开采下沉盆地特征，但下沉系数很小。仍可以采用传统的开采变形预计方法对残余变形进行预计计算；

(4) 应根据建筑物对采空区的扰动情况和采空区的残余变形值，结合建筑物的具体要求对建筑物进行优化布局，对变形超限的建筑物采取必要的抗变形措施。

[参考文献]

[1] 何国清, 杨 伦, 凌庚娣, 等. 矿山开采沉陷学 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，1991.
[2] 郭广礼. 老采空区上方建筑地基变形机理及其控制 [M]. 徐州：中国矿业大学出版社，2001.
[3] 谢和平, 周宏伟, 等. FLAC在煤矿开采沉陷预测中的应用及对比分析 [J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18 (4): 397-401.
[4] Guo GL, Zha J F, Wu B, et al. Study of "3 - step mining " subsidence control in coal mining under buildings [J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2007, 17 (3): 316-320. [责任编辑：徐乃忠]

(上接 45页)

庄、姚桥等采区的三维采集记录的分析，最大炮检距约为煤层埋深的 0.85倍，而在龙东 21煤试采区则可以达到 1倍以上，并在矿区成功地进行了双微测井试验，并对资料进行了处理和分析，采用大药量激发以提高分辨率和信噪比，取得了较好的效果，特别是在复杂的村镇等复杂地区得到了较好的采集资料。

3 结论

通过以上分析和研究，总结出一套适合大屯矿区的三维地震采集方法。该方法主要采用了“基于优势方向的三维束状观测系统”新思路，在观测系统布置上采用了小网格；在井深的测定上成功的

利用了双微测井技术，同时采用了大药量进行激发；为压制干扰，检波器应采用有效的组合方式。这一方法在大屯地区得到了广泛的应用，并取得了较好的勘探效果，特别在村镇等复杂地区采集的数据质量得到一定的提高，为后续的处理提供了较好数据资料。

[参考文献]

[1] 李庆忠. 走向精确勘探的道路 [M]. 北京：石油工业出版社，1994.
[2] 李天树, 陈宝德, 苏德仁. 双微测井技术在表层结构调查中的应用 [J]. 石油物探, 2004, 43 (5): 471-474.
[3] 陆基孟. 地震勘探原理 [M]. 东营：石油大学出版社，1993.

[责任编辑：邹正立]