

模糊概率法检测小断层的研究及在龙东区的应用

王宝贵 (山东煤田地质局物探测量队 泰安 271000)

摘要 高分辨三维地震勘探已经成为煤矿采区生产补充勘探的主要手段,它的基本任务是通
过人机联作解释查明落差 $\geq 5\text{ m}$ 的断层。本文采用模糊概率法检测小断层,通过对龙东矿西辅块段
三维地震勘探区的研究与检测,可以将小断层落差的勘探精度提高到 3 m 左右。检测出的小断层
经矿方验证,精度与准确度较高,效果明显。

关键词 三维地震勘探 小断层 检测 模糊概率

中国图书资料分类法分类号 P631.44

作者简介 王宝贵 男 32 岁 工程师 地球物理勘探

1 模糊概率法检测小断层的方法

1.1 基本原理

利用多元地震特征参数识别是解决断层识别问
题的最有希望的方法之一。识别断层常见的方法有
模式识别和神经网络法。这两种方法一般都需要建
立标准模式或提供训练样本,即断层模式和正常模
式。由于模式的好坏直接影响识别效果和应用范围,

因此模式的选取是其关键。研究表明,尽管存在种种
干扰,只要干扰是随机的;选用的特征参数间相关性
小;特征参数的异常确实反映小断层,即特征参数是
有效的,那么这些特征参数在断层处的总异常要大
于在非断层处的总异常。正是基于这种认识,研究中
提出了一种直接利用多元地震特征参数计算断层隶
属度,识别微小断层的方法,通过实际资料的处理解
释,证明该方法是可行的。

5 结论

煤层由于自身的许多特点,其反射波也具有与
其它岩层反射波不同的性质,这可以通过煤层反射
波的各种动力学参数体现出来。充分利用地震记录
中所包含的煤层反射波动力学信息,进行针对性处

理,同时综合研究已知的各种资料,从已知到未知找
出规律,就能利用地震资料对煤层的赋存情况进行
预测,为矿井生产提供更丰富可靠的勘探成果。

参考文献

1 何樵登·地震勘探原理和方法·北京:地质出版社,1986

表 1 补 9-3、补 9-4 孔验证结果表

孔号	地震解释成果				钻探成果				误差			
	第四系厚度	3 _上 煤底板深度及厚度	3 _下 煤底板深度及厚度	第四系厚度	3 _上 煤层底板深度及厚度	3 _下 煤层底板深度及厚度	Q	3 _上	3 _下		m	
		深度	厚度		深度	厚度						
补 9-3	196	沉缺	818	6.5	198.06	沉缺	817.45	5.65	+2.06	吻合	-0.55	-0.85
补 9-4	192	沉缺	749	4.7	195.50	沉缺	749.42	5.42	+3.50	吻合	+0.42	+0.71

STUDY ON COALBED INTERPRETATION USING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF REFLECTED WAVE

Li Liping (The Geophysical Survey Crew of Shandong Bureau of Coal Geology)

Abstract Based on the geological model of coalbed splitting, merging and sedimentary gap, the forward computational
model is established. The dynamic parameters of coalbed reflected wave are extracted using the computer technique. Studying
the characteristics of seismic waveform corresponding to the above geological phenomena, and through inversion, the coalbed
and its thickness are studied. The effects are better based on the drilling verification.

Keywords coalbed; reflected wave; dynamic characteristics; inversion

设待识别地震道的集合为 $x = \{x_1, x_2, x_3 \dots, x_m\}$, 每道有 m 个因素; 对第 j 个参数而言, 设其概率密度函数为 $f_j(\xi)$, 如果对 $f_j(\xi)$ 积分, 则有:

$$F_j(x) = \int f_j(\xi) d\xi$$

由于 $f_j(\xi)$ 是 X 的单调非减函数, 所以只要给定一个门限值 β , 就能根据 $F_j(x) = \beta$ 找到对应的 x 值 x_β , 可构造断层隶属度函数 $P(i)$ 。 $P(i)$ 表示第 i 道的断层隶属度:

$$P(i) = \sum_{j=1}^n A_{ij} W_j,$$

式中 $A_{ij} = \min \{0.7 \frac{x_\beta}{x_{ij}}, 1\}$ 。

1.2 地震特征参数的提取与处理

1.2.1 地震特征参数

常用的地震特征参数有以下几类:

时间或参数:

- 波峰、波谷相位时间;
- 时差 Δt ;
- 相对振幅 $RA = \max f(t) - \min f(t)$;
- 最大瞬时振幅 Ta_{\max} ;
- 某一瞬时相位时间 T_{pha} 。

频率域参数:

设 $f(t)$ 的振幅谱为 $F(\omega)$, $\omega \in [\omega_1, \omega_2]$,

定义:

- 峰值频率: $F_{\max} = \max F(\omega)$;
- 重心频率: FW ;
- 峰频带宽: FPW ;
- 平均频率。

其它参数:

- 概率密度峰值振幅 P_{\max} ;
- 平均概率信息。

1.2.2 地震特征参数时窗的选取

地震特征参数的提取总是针对某一个反射层进行的, 于是顺层提取参数首要的问题就是时窗的选取。其基本原则是尽可能只包含目的层反射波, 而不含干扰波。如果波形简单, 可以长点, 否则短点。通常除主瓣外, 上下各叠一个负相位。

1.2.3 地震特征参数的预处理

1.2.3.1 平滑滤波

所提取的地震特征参数由于种种随机原因, 常存在许多抖动与跳跃, 在使用之前都必须平滑滤波。

一般先去“野值”, 后“平滑”。为了去野值, 先计算它的数学期望。

1.2.3.2 参数的断层特征变换

不同特征参数在断层处各不相同, 有的表现为高值, 有的为低值, 为了便于处理, 须统一参数在断层处的特征(这里统一为低值)。

1.2.3.3 归一化处理

地震特征参数间由于量纲不同不宜比较, 这给定量分析带来不便。为此需要事先对各参数进行归一化处理, 使其在使用中具有相等的贡献。文中采用变幅极值归一化法。

1.3 检测流程 成果

检测流程如图 1 所示。检测成果主要有模糊概率(断层隶属度)平面图及断点分布图。

2 龙东三维区的应用

本次工作是结合大屯煤电(集团)龙东煤矿西辅块段三维地震勘探工程进行的。检测用的数据体为 $5\text{ m} \times 5\text{ m} \times 0.25\text{ ms}$ 偏移数据体; 检测网度 20 m (Subsline) $\times 50\text{ m}$ (Crossline); 检测工作量 101 条测线总长约 100 km , CDP 总计约 20 000 个; 检测用地震特征参数, 通过试验进行适当合并, 最后选择了 7 个参数及权系数。(表 1)

表 1 检测用参数及权系数表

峰谷相位时间	0.3	波形	0.1
平均信息	0.1	平均频率	0.1
重心频率	0.1	峰频带宽	0.1
概率密度剖面峰值振幅	0.1		

检测的直接成果有: 断层模糊概率平面图(图 2)和断点分布图(图 3), 都是未经编辑的结果显示。编辑工作分两步进行: 粗编辑和目标加密检测。

粗编辑的原则: 概率大于 70%, 非边道, 剖面上有断层特征显示者, 保留; 概率小于 70%, 非边道, 剖面上有较明显的断层特征, 保留; 煤层露头附近的断点, 保留以指示露头的位置; 在煤层露头外的断点, 剔除或不予考虑; 个别点没有检测出来, 但确有断层证据, 加上断点。

从图上可以看出, 还有不少零散的断点, 它们的分布多与地形、地物或与剖面上一些不正常情况有关。图 3 是在微机上逐条用于检测的剖面, 通过人机联作的方法用模糊概率法检测出的断层隶属度大于 60% 的所有断点进行粗编辑的结果。

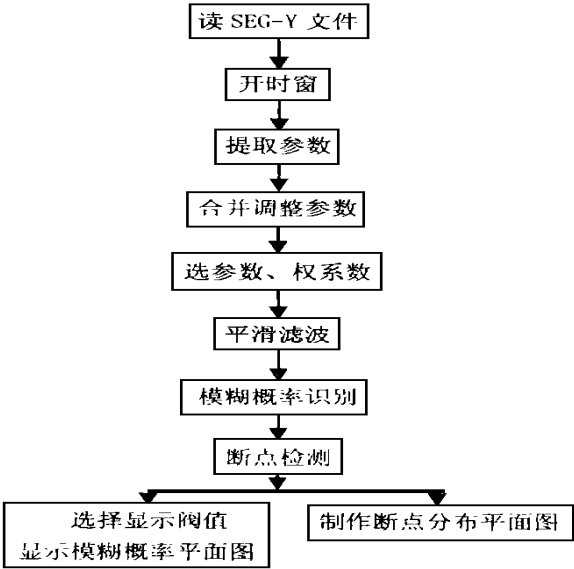


图 1 检测流程图

目标编辑是针对粗编辑的结果,认为是或可能是断层异常和断层异常密度的地段加密检测。在目标编辑中,只对目标进行加密检测(图 4 为目标编辑后的结果)。从图中可以看出,测区内已揭露落差大于 10 m 的断层 F10、F11 十分清楚,另外还检测到其它一些小断层。

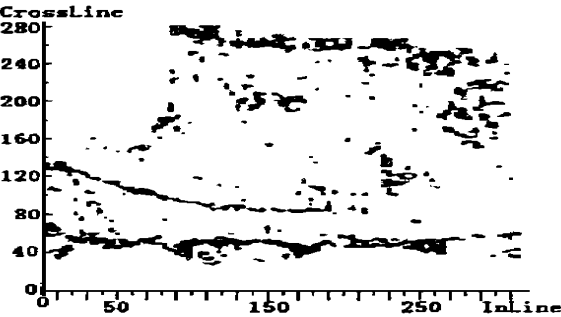


图 2 断层模糊概率平面图

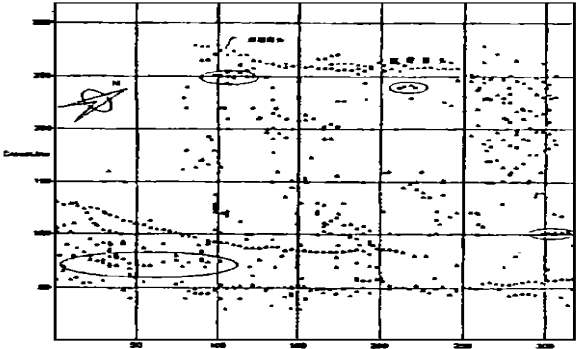


图 3 模糊概率检测断点分布图

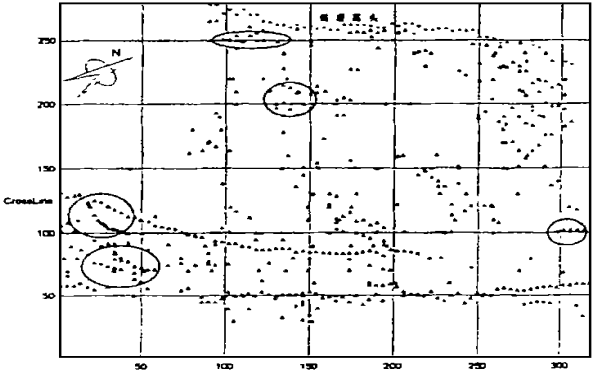


图 4 模糊概率检测断点分布图

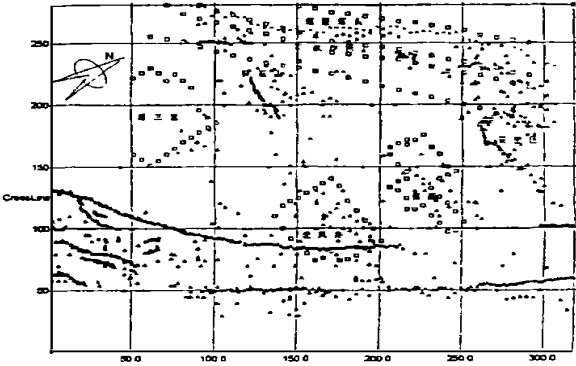


图 5 模糊概率检测断点与地形地物的关系

该区地形、地物复杂,虽然在静校正上下了不少的功夫,但图上仍受其影响(图 5),地形地物所在位置几乎都是异常区,解释断层时都予以充分考虑。该区共解释断层 13 条:F10、F11、f6、f1、f2、f3、f4、f5、f8、f9、f12、f13、f14 均为正断层(表 2)。图 6 为断层综合解释成果图;图 7 为 f4 断层在纵剖面 297、300、303 与 306 上的显示。

检测结果的验证:本采区大断层仅有两条(F10、F11),断层在平面位置和展布方向上均与生产实见相吻合。小断层中 f6、f12、f13、f14 在井下西总回巷道掘进时均已揭露。f4 断层,原 7121 溜子道

表 2 断层一览表

断层	落差	可靠程度	断层	落差	可靠程度
F10	>10 m	可靠	f6	0~8 m	可靠
F11	>10 m	可靠	f8	0~3~5 m	较可靠
f1	0~3 m	可靠	f9	0~±3 m	较可靠
f2	0~±3 m	较可靠	f12	0~3 m	较可靠
f3	0~3~5 m	可靠	f13	0~3 m	较可靠
f4	0~4 m	可靠	f14	0~3 m	可靠性差
f5	0~3 m	较可靠			

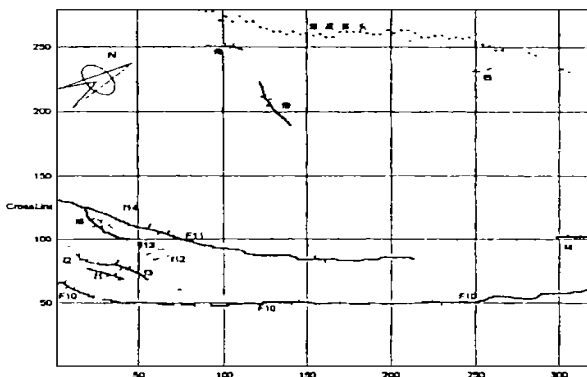


图 6 断层综合解释成果图

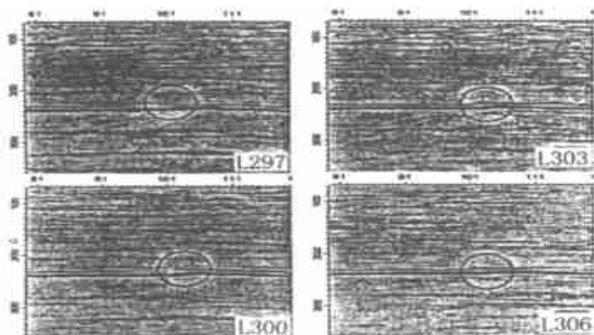


图 7 f4 断层在纵剖面 297、300、303 与 306 上的显示及放水巷均已揭露,溜子道揭露时为 2 条断层,到放水巷时合并为一条断层,本次检测予以证实。至于 f1、f2、f3、f5、f8、f9 6 条断层由于现在没有巷道揭

露,因此只能留待今后验证。

3 结论

本次在大屯龙东煤矿西辅块段三维地震勘探中,结合实际需要进行查明落差大于 3 m 断层的研究工作,对平均厚度为 5.15 m 的 7 号煤层开采有着重要的意义。查明落差大于 3 m 的断层可以更合理地布置采区内的生产工作面,选择合理的采煤方法,避免冒顶等突发事件的发生,最大可能地回采煤炭资源,提高企业的经济效益。

在三维地震勘探常规工作的基础上,采用模糊概率法,提出了一套有效的小断层解释方法,在龙东矿的实践中取得了较好的效果,共检测断层 13 条,其中落差在 3 m 左右的小断层有 10 条,经矿方井下实际揭露表明,该方法解释小断层的准确率和可靠性较高。

小断层的解释成功,为进一步提高地震勘探精度,拓宽地震勘探应用范围开辟了新的前景。

参考文献

- 1 崔若飞,赵爱华. 利用模式识别方法解释微小断层. 石油地球物理勘探, 1995; 30(4): 556~566
- 2 崔若飞. 地震资料断层自动解释系统. 中国矿业大学博士论文, 1996

THE DETECTION OF SMALL FAULTS USING FUZZY PROBABILITY METHOD AND ITS APPLICATION IN LONGDONG AREA

Wang Baogui (The Geophysical Survey Crew of Shandong Bureau of Coal Geology)

Abstract The high resolution 3-D seismic exploration has been became the main tool for the productive supplementary exploration of coal mining area. Its basic task is the interpretation and ascertains of the faults with the throw ≥ 5 m through the man-machine intersection. This paper applies the fuzzy probability to detect the small faults. Through the research and detection in the 3-D seismic exploration area of Xifu sector in Longdong mine, the exploration accuracy of the throw of small fault is increased to about 3 m. Based on the verification of the mine party, the detected faults have the higher accuracy and precision, with the high efficiency.

Keywords 3-D seismic exploration; small fault; detection; fuzzy probability

山东煤田地质局与澳大利亚地学界举行学术交流会

澳大利亚地学代表团一行 7 人与山东煤田地质局技术人员在 1999 年 10 月 8 日到 10 月 15 日于山东泰安市举行学术交流会。双方专家就地学发展问题、地震、测井、钻探及其他地质问题进行了学术交流和讨论,尤其是在微地震监测技术、声波扫描成像测井技术、科学钻探技术、三维地震勘探等

方面双方专家进行了深入研究和交流。交流期间,澳方代表还参观了山东煤田地质局物探测量队和数字测井站等单位,对山东煤田地质局的科研成果给予了高度评价,同时双方就今后有关方面的技术合作进行了有益的探讨。

(山东煤田地质局)