

# 相关系数在地震振幅恢复中的应用

刘泽斌<sup>1</sup> 张立<sup>1</sup> 曾武<sup>2</sup> 龚立<sup>1</sup> 张贤松<sup>1</sup>

(1. 四川石油管理局石油地质调查处 2. 中国石油西南油气田分公司川中油气矿)

刘泽斌等. 相关系数在地震振幅恢复中的应用. 天然气工业, 2004; 24(9): 48~50

**摘要** 地震波的振幅包含的地质信息特别丰富, 基于地震波振幅的各种勘探反演方法应用非常广泛。在生产中, 由于受各种客观因素的影响, 不同的解释人员往往对同一结果有不同甚至是完全相反的认识。文章分析了现今的资料处理常常不能有效恢复振幅相对关系, 没有监控手段, 使得后续的储层研究可靠性降低的问题, 提出了用合成记录来检验振幅处理效果的思路, 并用合成记录与井旁地震道的相关系数来监控处理效果。结果表明, 处理剖面得到了明显改善, 振幅相对强弱关系清楚、波形活跃、相关系数明显提高、不同深度平均提高 0.3 左右; 应用于储层研究的反演剖面效果改善明显, 波阻抗关系更符合实际、层次分明、细节清楚。

**关键词** 地震资料 振幅 处理 反演 可靠性

由于影响地震反射振幅的因素很多, 因此振幅恢复相当复杂、困难。振幅恢复是否正确, 目前缺少判别标准, 针对振幅恢复处理已发展的各种方法技术, 能在一定程度上恢复振幅相对关系。但通过分析认为, 测井资料合成记录与经过振幅恢复的井旁地震道的相关系数可以作为判别振幅恢复是否合理的一个标准。应用效果表明, 这种方法是可行的。

## 一、相关系数及振幅恢复处理

在信号处理过程中, 经常要比较两个信号的波形是否相似(图 1), 设上边一个信号为  $X_n$ , 下边一个信号为  $Y_n$  ( $N_1 < n < N_2$ ,  $N_1, N_2$  为信号起止点)。从上面的分析可以看出, 只要我们求取适当的系数  $\alpha$ , 使两个信号相接近。通常情况下, 衡量  $X_n$  与  $\alpha Y_n$  相接近的程度, 采用误差能量方法。就能使  $X_n$  与  $\alpha Y_n$  相接近。通常情况下, 衡量  $X_n$  与  $\alpha Y_n$  相接近的程度, 宜采用误差能量方法:

$$Q = \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} (X_n - \alpha Y_n)^2}{N_2 - N_1 + 1} \quad (1)$$

导出

$$\rho_{xy}(N_1, N_2) = \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} (X_n Y_n)}{\sqrt{\sum_{n=N_1}^{N_2} X_n^2 \sum_{n=N_1}^{N_2} Y_n^2}} \quad (2)$$

或者写为:

$$\rho_{xy}(N_1, N_2) = \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} (X_n Y_n) / (N_2 - N_1 + 1)}{\sqrt{\frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} X_n^2}{N_2 - N_1 + 1} \cdot \frac{\sum_{n=N_1}^{N_2} Y_n^2}{N_2 - N_1 + 1}}} \quad (3)$$

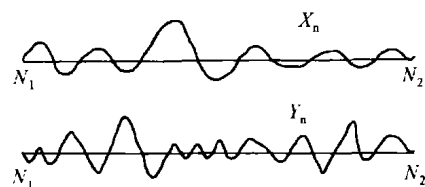


图 1 信号对比图

笔者把  $\rho_{xy}(N_1, N_2)$  称为  $X_n$  与  $Y_n$  在范围  $[N_1, N_2]$  上的相关系数, 它有如下属性:

$$|\rho_{xy}(N_1, N_2)| \leq 1 \quad (4)$$

当  $|\rho_{xy}(N_1, N_2)|$  的值接近 1 时, 相对误差能量小, 表明  $X_n$  与  $\alpha Y_n$  比较相似。特别是当  $|\rho_{xy}(N_1, N_2)| = 1$  时, 相对误差能量为零。说明  $X_n$  与  $Y_n$  完全相似或完全线性相关。

## 二、振幅恢复提高相关系数的原理

图 2-a 为理论的地震道, 图 2-b 为与之对应的未经振幅处理的地震道模型, 图 2-c 为处理的期望输

**作者简介:** 刘泽斌, 1965 年生, 工程师; 1988 年毕业于西南石油学院, 一直从事地震资料数字处理。地址: (610213) 四川省成都市华阳镇双华大道。电话: (028) 82975172。

出。图 2-a 和图 2-c 要更相似一些。振幅恢复处理的目标就是使图 2-c 和图 2-a 尽可能地相似。需要说明的是相关系数的大小与振幅的绝对大小无关。

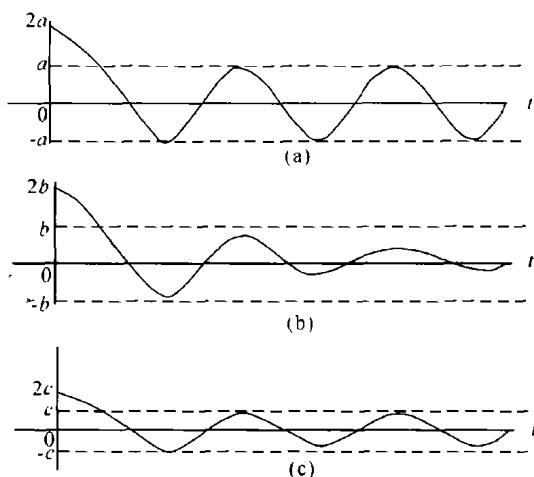


图 2 振幅恢复提高相关系数的原理图

在实际生产中,地震数据由于各种噪声的存在和各种处理手段的局限性等因素的综合作用,使的合成地震积录与实际的地震道的相似性有所降低。但是,振幅恢复更合理的地震数据与合成记录的相似性无疑会更高一些,也就是说,相关系数更大一些。

### 三、试验及结果分析

合成地震记录在地震预测中应用已经非常广泛,技术也比较成熟。只是子波的求取或选择相对复杂一些。在我们的试验中,采用了统计子波和雷克子(30 Hz, 35 Hz)波同时进行,综合分析比较。在资料处理过程中,本着保真处理的思想,但也不一定完全局限于某一具体的模块或某一具体的方法,因为我们是把井傍道与利用测井资料合成的地震道的相关系数增大或变小作为衡量振幅恢复是否合理的依据。

需要注意的是噪声对相关系数是有影响的,其影响程度决定于整个分析范围内的信噪比。所以相似性分析前足够的去噪是必须的。

### 四、实际效果分析

在试验取得了一定认识后,我们对测井资料较长、信噪相对较高的 W1 井作了相同的工作。

图 3 是以前处理的地震剖面,图 4 是在相关系数指导下多轮迭代振幅处理后的结果。其它处理流程和参数都是一致的。单从两张剖面是看不出二者振幅处理孰优孰劣。但从表 1、2 的相似系数可以明

显看到二者的差别。特别是一些薄的地层,相关系数差异极大。

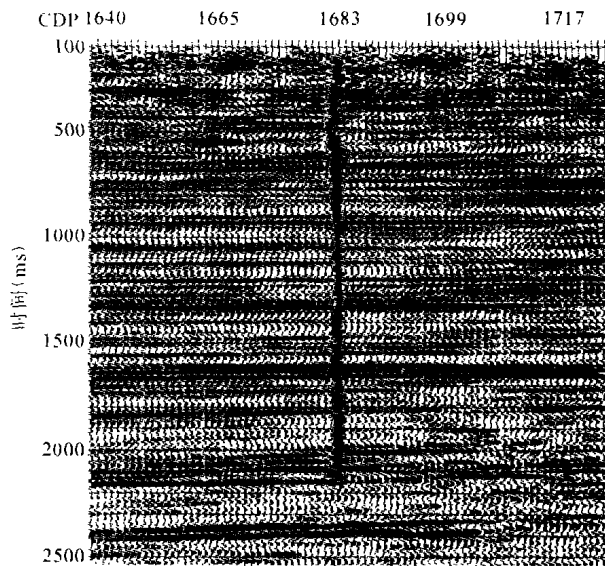


图 3 2000 年处理的 ZW97003 线过井剖面段

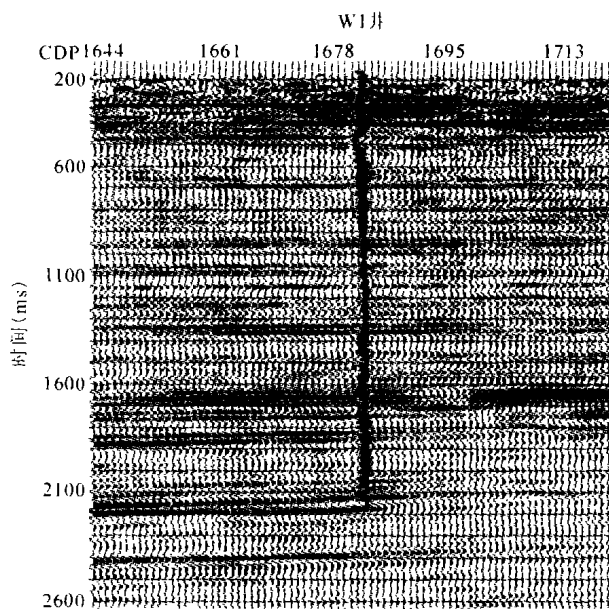


图 4 本次处理的 ZW97003 线过井剖面段

表 1 以前处理剖面中过井地震道与合成记录的相关系数

层位及其时间范围(ms)	雷克子波		统计子波
	30 Hz	35 Hz	
全井段(640~1460)	0.3560	0.2938	0.3132
剑门关组底—蓬莱镇组底(200~940)	0.2237	0.2003	0.2555
蓬莱镇组底—沙溪庙组底(940~1540)	0.4166	0.3964	0.3813
沙溪庙组底—须三段底(1540~2080)	0.4760	0.3937	0.4399
沙溪庙组底—自流井群底(1540~1630)	0.4164	0.3864	0.4991
自流井群底—须五段底(1630~1730)	0.7550	0.6751	0.5480
须五段底—须四段底(1730~1830)	0.3642	0.2076	0.2963
沙溪庙组底—须五段底(1540~1730)	0.4501	0.3778	0.3859

我们提高振幅恢复精度的目的就是为了提高基于振幅的反演的效果。为此,以 W1 井为例,作了基于振幅的叠后反演。在特殊处理过程中,我们也保持了处理的流程的一致性。

表 2 本次处理剖面中过井地震道与合成记录的相关系数

层位及其时间范围(ms)	雷克子波		统计子波
	30 Hz	35 Hz	
全井段(640~1460)	0.5144	0.4606	0.5232
剑门关组底—蓬莱镇组底(200~940)	0.3088	0.3075	0.3359
蓬莱镇组底—沙溪庙组底(940~1540)	0.5218	0.4671	0.5165
沙溪庙组底—须三段底(1540~2080)	0.6756	0.6014	0.6830
沙溪庙组底—自流井群底(1540~1630)	0.6403	0.5683	0.6611
自流井群底—须五段底(1630~1730)	0.7036	0.6243	0.7232
须五段底—须四段底(1730~1830)	0.8682	0.7793	0.8660
少溪庙组底—须五段底(1540~1730)	0.6913	0.6211	0.7033

可以看到,振幅恢复较好的数据作出的速度剖面与测井曲线符合要好,在时间值 1720~1750 ms 之间,分辨率明显提高。在时间值 1870~1880 ms 之间,彩插图版 2-a 由于振幅恢复合理,反映出来存在相对高速;而图版 2-b 中,由于振幅恢复不合理,未能反映出相对高速。在 W1 井的产层须四段,采用振幅恢复较好的数据作出来的 STRATA 剖面(彩插图版 2-b)反映出有一个低速度的异常,这与实际钻遇的地质情况是吻合的。采用振幅恢复较差的数据作出来的 STRATA 剖面(彩插图版 2-a)没能反映出这个低速度的异常。

## 五、结 论

经过本次研究,笔者取得以下认识。

(1)应用合成记录来标定地震道,可使地震反射振幅做到客观,真实。

(2)采用井旁道与合成地震记录的相似性系数对地震振幅进行恢复,相似性系数越大,振幅恢复越好。

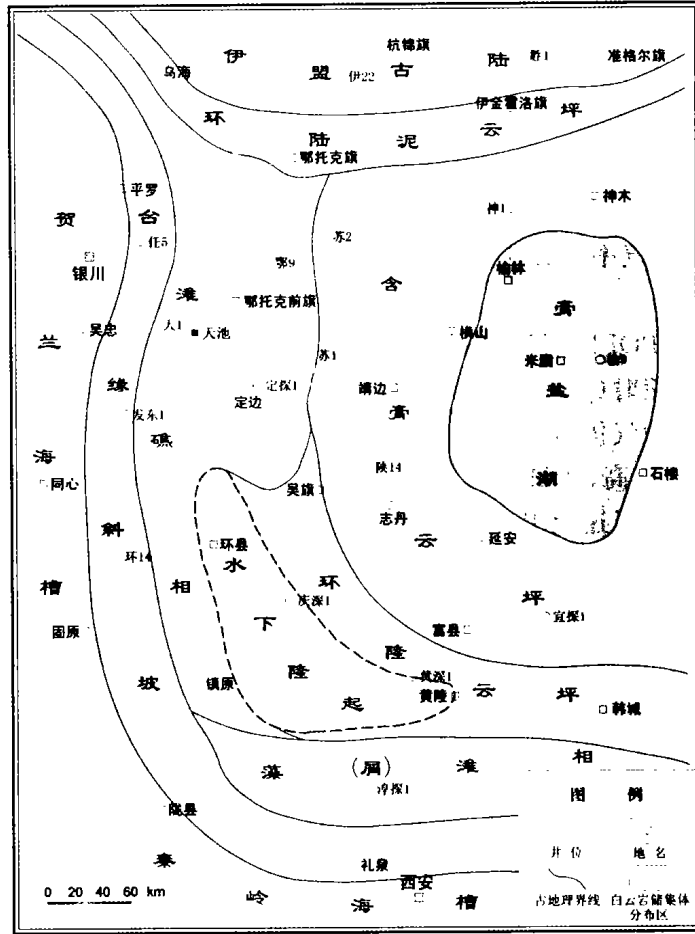
(3)地震数据的井旁道与合成地震记录的相似性越高,地震数据作基于振幅的反演效果也会越好,对储层反映越清晰,准确。

(4)研究表明,叠后进行振幅恢复处理可恢复振幅的相对关系,得到真正意义上的高分辨率剖面,同时说明在叠前处理中有必要加强对高分辨率概念的认识和理解,并对资料处理采取真实的振幅保持措施;叠后来恢复是有限的,因为前期处理可能伤害了原始信息,且在无测井曲线的段无法应用笔者的方法。

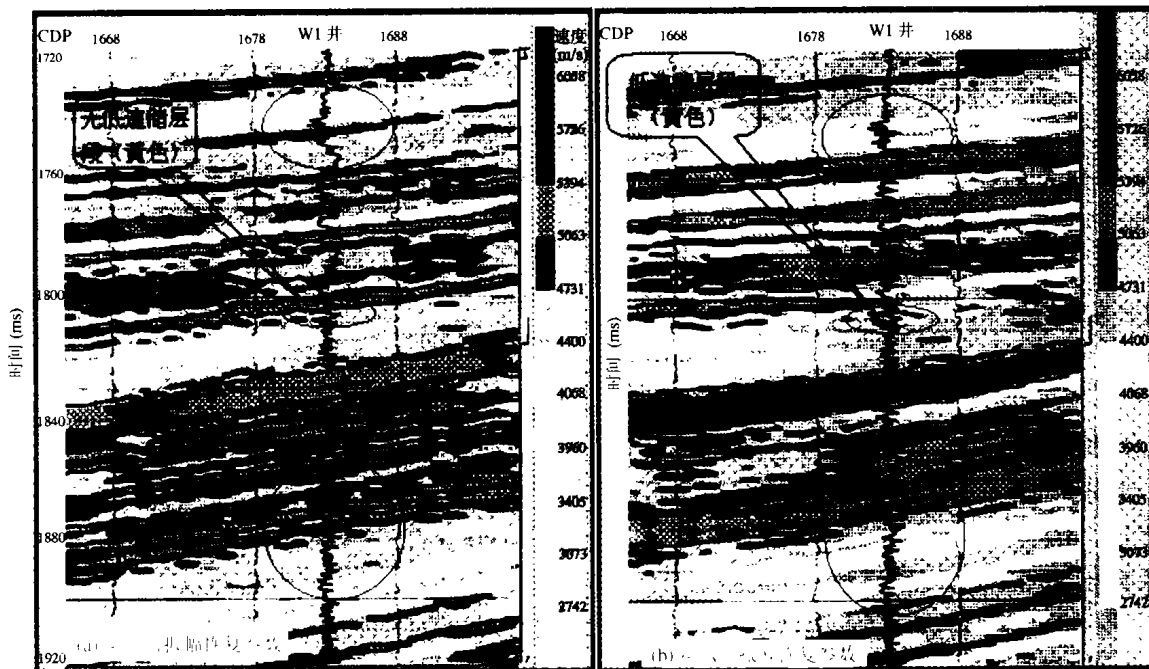
## 参 考 文 献

- 程乾生. 信号数字处理的数学原理. 北京:石油工业出版社,1982
- 贾明辰,牛志杰,覃天等. 高保真的地震资料处理方法. 新疆石油地质,1999;20(增刊)
- 黄德济,贺振华,包吉山等. 地震勘探资料数字处理. 北京:地质出版社,1989
- 谢里夫 R E,吉尔达特 L P 著,初英,李承楚,王宏伟等译. 勘探地震学. 北京:石油工业出版社,1997
- 王宝祥等. 信号与系统. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1992
- 张应波,吴志华,张素吟等. 反射波振幅异常的提取及平面显示. 石油物探,1998;27(2)
- 凌云. 大地吸收衰减分析. 石油地球物理勘探,2001;36(1)
- Sheriff R E. Factors affecting seismic amplitudes. Geophysics,1975;23(1)

(收稿日期 2004-06-02 编辑 韩晓渝)



图版 1 鄂尔多斯盆地奥陶纪马家沟期岩相古地理及天环地区白云岩储集体分布位置图(杨华等,p.11)



图版 2 图 3、4 剖面对应的 STRATA 剖面(刘泽斌等,p.50)