

山区低信噪比地震资料处理方法

吴战培 杜胜明 姚付生 杨洪德

(四川石油管理局地质调查处研究所)

摘要

吴战培,杜胜明,姚付生,杨洪德. 山区低信噪比地震资料处理方法. 石油地球物理勘探, 1998, 33 (增刊2): 10~15

针对山区低信噪比地震资料的特点,提出了一套适应山区低信噪比地区的地震资料处理方法即地形静校正与折射波静校正、叠前去噪、地表一致性处理、多层次速度分析、人机交互速度分析与剩余静校正循环迭代处理、叠后去噪等。文中通过处理实例展示出良好的应用效果。

关键词 地震数据处理 山区 低信噪比 静校正 地表一致性处理 叠后去噪

引言

山区低信噪比地震资料与平原地区的地震资料有着明显的差异。山区地形起伏剧烈、高差悬殊、地形切割严重,因而山区地震资料具有干扰强、构造复杂、速度横向变化大等特点。图1是山区陡构造原始地震记录。在构造两翼的向斜部位,低频面波和浅层折射波十分发育;而构造顶部记录的品质较差,不仅面波发育,反向散射、侧面波也十分发育,记录中几乎看不到有效反射的影子。从记录的频谱来看,干扰波的主频在8~20Hz的范围,且混杂在有效波的主频带中,并占主要部分,使微弱的有效反射完全淹没在一片强干扰噪声之中。

本文针对山区低信噪比地震资料的特点着重从叠前去噪、叠后去噪、折射静校正、速度分

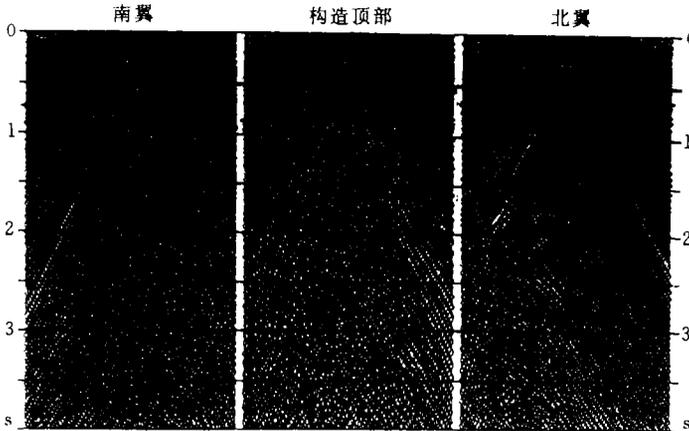


图1 山区陡构造原始地震记录

析与剩余静校正迭代处理等入手,以消除各种噪声干扰、突出有效反射、提高叠加成像质量。通过实际资料的处理,取得了良好的效果。

处 理 方 法

(1) 做好静校正工作,克服地形高差与低降速带的影响。

山区地表地质条件复杂,通常可采用地形静校正与折射波静校正相结合的方法。地形校正就是将观测点、炮点同时校正到选定的基准面上,它校正了表层的地形和结构变化所造成的时差。但是,只作地形校正并不能完全消除表层因素的影响。在复杂地表地质条件下,特别是低信噪比地区,近地表的厚度和速度可由折射波初至来确定。实践证明,折射波静校正是一种较为有效的方法,它可以避开含噪信号的互相关问题。任何低信噪比资料,甚至在没有任何反射同相轴的条件下,折射波初至总是可识别或基本可识别的^[1]。因此,在低信噪比地区,折射波静校正能解决低降速带多变引起的静校正问题,特别是长波长静校正问题。图 2 是静校正处理前后的效果对比图。经折射波静校正后,同相轴连续性有明显的改善,消除了高差及近地表结构差异引起的静态滞后时差,较好地解决了静校正问题。

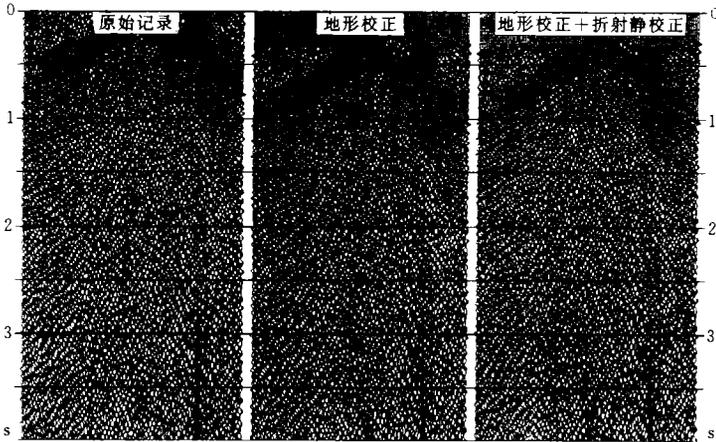


图 2 静校正处理效果对比图

(2) 叠前去噪,提高单炮记录的信噪比。

经过各种静校正处理后,提高了反射波的成像性,反射波恢复了双曲线特性,满足或基本满足了现有的常规处理技术的基本假设条件。为了消除各种干扰噪声,提高单炮记录的信噪比,对于不同地区、不同构造部位应采取不同的去噪方法。在陡构造两翼面波发育的地段,可采用低频组合整形面波衰减方法(LFAF),即在给定面波视速度和视频率的约束下,将记录变换到频率空间域进行相邻道的混波处理,达到衰减面波的目的。 $f-k$ 滤波也是使用较广的一种去噪方法,它利用噪声和有效波在 $f-k$ 域的不同特征来消除或衰减噪声,提高记录的信噪比;但是,在单炮记录上直接应用 $f-k$ 滤波方法常会产生空间假频和折叠效应;因此,在消除山区低信噪比资料的浅层折射波和侧面波或反向散射时,应在共炮点域动校正后使用 $f-k$ 滤波法^[2]或中值 $f-k$ 滤波法。这类方法还可有效地压制坏道、死道、突发噪声等不同类型的噪声。在上述方法处理后,还可以采用 $f-k$ 反褶积来消除随机噪声。图 3 为噪声衰减效果对比图,在

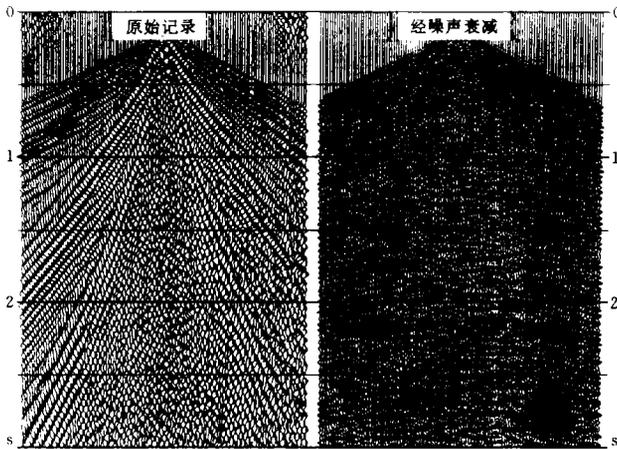


图3 噪声衰减效果对比图

原始记录中,面波、侧面波、浅层折射波十分发育,噪声衰减后,各类噪声受到了明显的压制,记录的信噪比显著提高,反射波形态十分清晰。

(3) 地表一致性处理,消除振幅空间变化。

在地表一致性处理方面,主要采用地表一致性振幅补偿和地表一致性反褶积两种方法。

地表一致性振幅补偿可以消除因激发条件和接收条件不同、仪器因素的变化及地表不均匀所造成的振幅空间变化。它是假设激发、接收的振幅响应呈随机分布且是地表一致性的,应用统计学原理,在选定的道集内对反射子波求和,作为在该道集内振幅影响均值为零的参考子波,然后在道集内逐道计算频谱的校正值,逐道进行补偿。它可以有效地改善道间的振幅和相位关系。

地表一致性反褶积,亦称双向反褶积,主要解决炮点和接收点的真实响应问题,更主要的是提高资料的分辨率。地表一致性反褶积不仅可以提高资料的分辨率,而且能消除激发、接收条件变化和表层不均匀等因素所造成的波形差异。

(4) 精细、多层次的速度分析方法,求取精确的叠加速度。

山区低信噪比地区不仅构造高陡,而且横向速度变化较大。为了求取精确的叠加速度,通常采用速度谱、速度扫描及函数速度分析等人机交互速度分析方法,既可有效地缩短处理周期,也能充分发挥人机交互处理的优势。对于构造平缓部位,每隔 50 个 CDP 进行一个速度谱分析,求取准确的速度信息;在构造顶部和翼部,则在加密速度谱分析点的基础上再进行速度扫描分析;在特别复杂地段,可采用上述三种速度分析方法相结合的手段,使测线的各个层段都能获取精确的叠加速度,以便提高叠加成像质量。在动校正后,分别抽取共炮点道集共中心点道集和共接收点道集,再次细致地进行动校正效果检查,以求得精确的叠加速度,避免速度陷阱。

(5) 人机交互速度分析与剩余静校正循环迭代处理,进一步提高信噪比。

道间时差的存在是影响叠加效果的主要因素,而道间时差产生的主要原因是动校正速度的不准和剩余静校正量的存在。因此,在低信噪比地区的地震资料处理过程中,可采用李庆忠先生提出的两条数据流的概念^[1],即第一条数据流不要求有高的分辨率和保真度,只要求有一定的信噪比,频带可窄些,在处理中应用人机交互速度分析与剩余静校正循环迭代处理,求取

准确的叠加速度和剩余静校正值,尔后将其应用到第二条数据流中进行后续处理。实践证明,经上述处理后叠加成像效果明显,资料信噪比显著提高。可见,人机交互速度分析与剩余静校正循环迭代处理是提高山区低信噪比地震资料成像质量的有效手段之一。

(6)叠后去噪,消除残余噪声。

低信噪比资料的叠后处理以去噪为主,因为在叠前处理中虽然采用了多种去噪手段,但仍会或多或少地残留一些干扰噪声。为了进一步提高资料的信噪比,必须进行叠后去噪处理,通常可选用 $K-L$ 、 $f-x$ 、MKUP、矢量保真等方法。 $K-L$ 变换能有效地压制相干噪声,提高信噪比,但对波形改造大,畸变严重。 $f-x$ 反褶积可有效地压制残留随机噪声,提高成像质量。对于山区陡构造资料,常采用自动倾角跟踪技术(MKUP)来消除残留噪声。该方法主要利用相邻道间波形的相似性,加强相似性好的同相轴,削弱相似性差的同相轴,从而改善反射剖面的连续性,提高剖面的信噪比。经该方法去噪后,有效波能量更加突出,连续性明显增强,信噪比显著提高。

处理效果分析

图 4 为常规处理流程和方法所得到的剖面,剖面上只能看到微弱的反射影子,构造形态模糊不清,无法用于构造解释。图 5 为用本方法处理的剖面,有效波能量强、连续性好、干扰背景弱、构造形态清晰、断裂清楚,断层下盘构造亦清晰可信,构造顶部及构造两翼的反射层次清楚,剖面的整体质量显著提高。

图 6 为四川某山区 SZD5 线的最终叠加剖面,该构造顶部出露三叠系石灰岩地层,露头宽度达 2500~3000m。在该区的勘探史上,从未获得过构造顶部的资料,但应用本文所述的低信噪比处理方法后,首先获得了构造顶部的有效反射层位,为钻探开发提供了有利的资料。

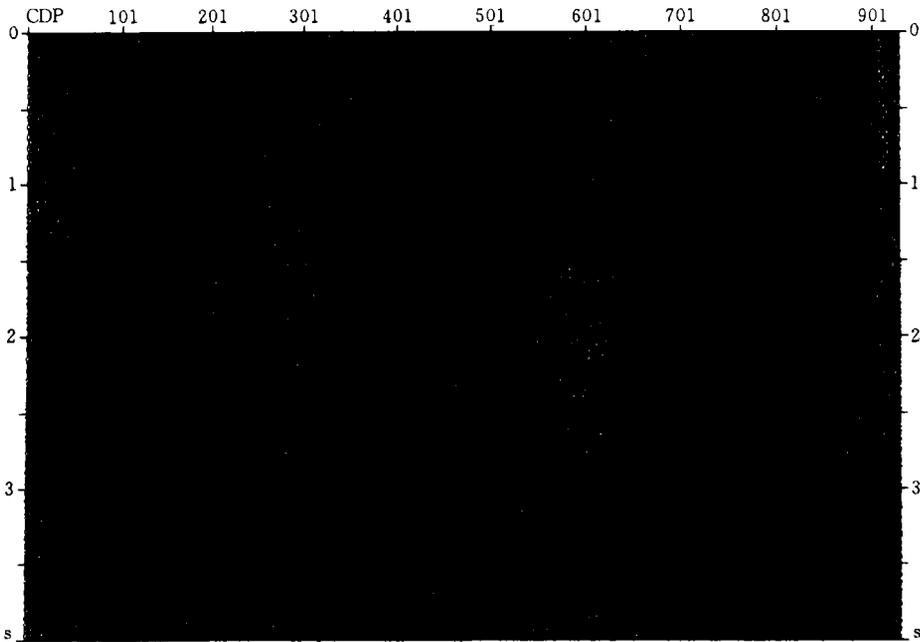


图 4 HYS 构造带 D67 线常规处理剖面

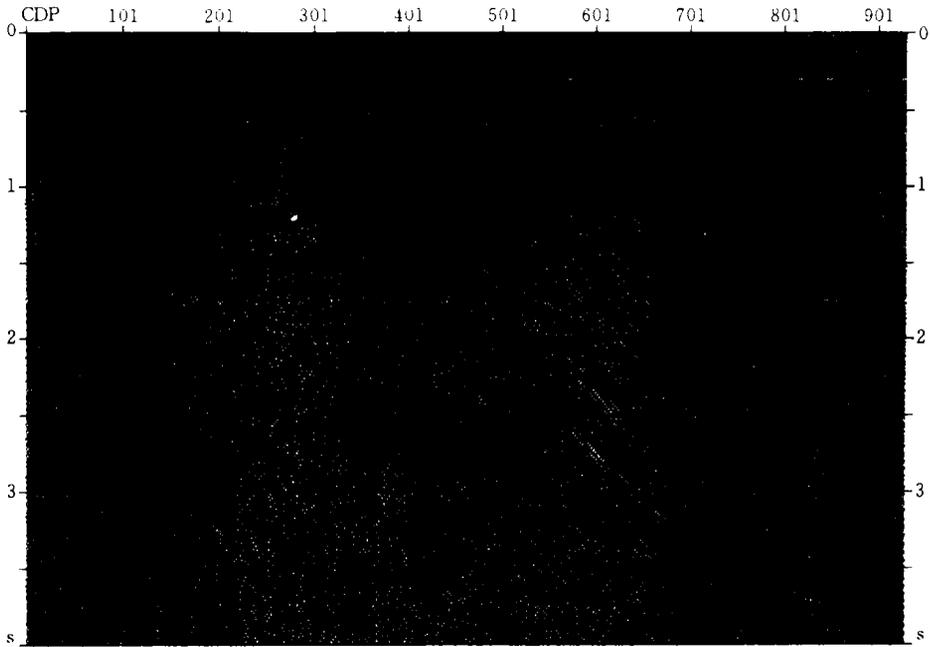


图5 HYS构造带D67线本流程处理剖面

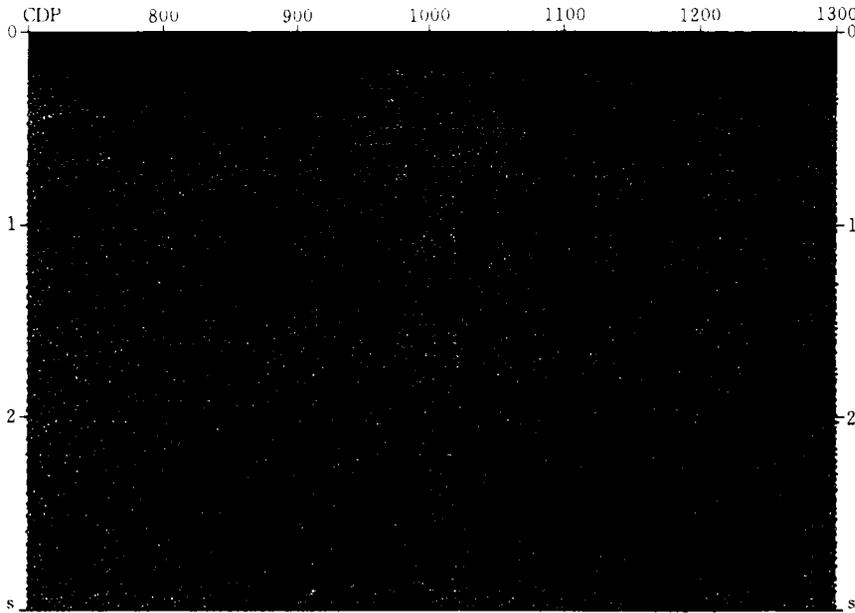


图6 SZD5线本流程处理剖面

山区低信噪比地震资料处理方法在四川、新疆、川鄂边、云南等地区的实际资料处理中,均取得了良好的效果。

已故的刘开时所长自始至终主持了本项目的研究工作,本项工作还得到了胡奇谋总工程师、林毅仁总地质师、叶林副总工程师及有关部门的大力支持,在资料采集、处理、解释过程中,

得到了邹景文经理、向其林副经理、唐建侯所长、吴希光副所长及蔡泽蒙、余德明、刘光炎、周昌伦、陈昌禄、杨洋钦、何福文等及研究所计算室广大同仁的热情帮助和支持,在此一并致谢。参加此项工作的还有王琦、任德俊、李忠、唐剑等。

参 考 文 献

- 1 李庆忠.关于低信噪比地震资料的基本概念和质量改进方向.石油地球物理勘探,1986,21(4):343~364
- 2 吴战培.炮点域动校后 $F-K$ 滤波.石油地球物理勘探,1995,30(3):422~423
- 3 刘开时等.新疆吐一哈盆地火焰山构造带二维山地地震勘探普查总结报告.四川石油山地地震勘探公司,1994
- 4 蔡泽蒙等.新疆吐一哈盆地火焰山构造带 1993 年度地震资料处理报告,1994
- 5 吴战培等. Insight/1 及 Mips 人机交互处理技术推广应用总结报告.四川石油管理局,1994
- 6 刘馥等.地表一致性振幅补偿.石油物探信息,1994 年 3 月

作者介绍

王振国 工程师,1965年生,1988年毕业于石油大学(华东)物探专业。曾获得石油物探局科技进步二、三等奖。现在石油物探局地调四处工作。

吴战培 工程师,1965年生,1988年毕业于西南石油学院勘查地球物理专业。现在四川石油管理局地调处从事地震资料处理及研究工作。

田孝坤 高级工程师,1944年生,1969年毕业于成都地质学院物探专业。现在大港油田集团公司研究院地球物理研究所从事地震资料数字处理工作。

吕景贵 高级工程师,1962年生,1983年毕业于吉林大学数学系,1991年在哈尔滨工业大学获硕士学位。现在大庆石油管理局物探公司研究所从事地震资料处理方法研究工作,同时在中国地质大学攻读博士学位。

肖建华 高级工程师,1962年生,1982年毕业于中国矿业大学物探专业。现在中国矿业大学北京研究生部力学系从事有限变形力学的理论和应用研究,涉及地球物理的部分是“多次变形和已断裂地层中的非线性波动”和“物理方程在地层中的演化”等。

李文慧 工程师,1964年生,1987年毕业于成都地质学院物探专业。现在中国新星石油公司第四物探大队计算研究所从事物探资料处理工作。

郝守玲 工程师,1962年生,1984年毕业于长春地质学院应用地球物理系石油物探专业。曾获部级科技进步二、三等奖。现在中国新星石油公司石油物探研究所从事地震物理模型实验的研究与应用工作。

李桂林 工程师,1965年生,1988年毕业于长春地质学院物探专业,毕业后一直从事地震资料解释及人机联作工作站工作。

胡中平 高级工程师,1961年生,1983年毕业于长春地质学院石油物探专业,现在中国新星石油公司石油物探研究所从事高分辨率地震资料的采集、处理及方法研究工作。

宋静 工程师,1965年生,1988年毕业于江汉石油学院物探专业。曾从事过地震资料数据处理及

油藏描述工作,现在中原石油勘探局勘探开发科学研究院从事地震资料解释工作。

吴川 助理工程师,1971年生,1996年毕业于江汉石油学院应用地球物理专业,获硕士学位。现在河南石油勘探局勘探开发科学研究院物探室从事生产和科研工作。

陈遵德 副教授,1956年生,1988年毕业于中国地质大学(武汉)应用地球物理专业,获硕士学位。现在江汉石油学院物探系从事地震勘探的研究与教学工作,主要研究方向是地震储层预测、地震属性的优化与应用。

张志让 工程师,1965年生,1988年毕业于西南石油学院物探专业,现在西北地质研究所方法软件中心从事地震资料非线性反演、岩性预测、高分辨率方法研究工作。

鲁烈琴 工程师,1964年生,1988年毕业于西安石油学院物探专业。现在西北地质研究所从事地震资料叠前深度偏移方法研究工作。

李学军 工程师,1963年生,1985年毕业于中国矿业学院煤田地球物理勘探专业。现在原冶金部山东地质勘探局地球物理勘测院负责工程物探技术开发与应用推广。

黄平 高级工程师,1964年生,1985年毕业于成都地质学院物探系,1991年在西南石油学院获硕士学位。现在四川石油管理局研究院从事储层横向预测的研究工作。

姚知铭 工程师,1964年生,1984年毕业于成都地质学院石油物探专业。现在中国新星石油公司华北石油局第四物探大队综合研究院从事地震资料综合解释及处理工作。

张天伦 教授,1941年生,1965年毕业于成都地质学院应用地球物理专业。现在西南石油学院从事应用地球物理学的教学与科研工作。

林年添 工程师,1962年生,1986年毕业于江汉石油学院物探专业。现在杭州石油地质研究所从事石油地球物理及构造地质综合研究工作。

许建荣 高级工程师,1963年生,1983年毕业于中南工业大学地球物理勘探专业。现在华东有色地