

克希霍夫三维 DMO 叠加在地震资料处理中的应用

宁俊瑞,张雅勤,樊佳芳

(中国新星石油公司 北京计算中心,北京 100083)

摘要:一个炮点和一个检波点接收的一道地震记录上某一时刻振幅值,它可能来自地下一个椭圆面上各个点的反射,该椭圆面以炮点和检波点为焦点,炮点和检波点的连线为长轴。因此,在叠加时,该振幅值就不是只在共中心点(CMP)上相加,而应该在椭圆面上各个点相加(当然,在不同点上振幅值是变化的)。这种叠加方法实现了共反射点叠加,有利于叠加成像,也有利于提高分辨率和信噪比。这就是克希霍夫求和法。

关键词:DMO 叠加;共反射点;克希霍夫求和法

中图分类号:P631.4⁺⁴ 文献标识码:A 文章编号:1000-8918(2002)01-0046-04

传统的水平叠加是基于一种水平层状介质的假设条件下实现共深度点(CDP)叠加的多次叠加方法。人们早已意识到,当界面倾斜时,多次叠加不共反射点,即在一组 CDP 道集中,各道的反射点是分散在界面上的不同点。虽然如此,在地震资料处理时,仍将该道集叠加,并将其结果当作是地面上炮检中心点的位置所对应的地下深度点的反射,因此也称之为共中心点(CMP)叠加。为了消除倾斜界面叠加的反射点分散对叠加效果的影响,人们研究出了 DMO 叠加方法。但是,精确的 DMO 算法运算量巨大而在早期无法实现,于是人们退而求其次,在 1980 年中后期提出了一些 DMO 简化算法。其中一些简化的 DMO 算法,实际上只解决了倾斜界面反射波的走时问题,而未解决共反射点分散等问题。因此,DMO 叠加成像效果不太理想,而且分辨率有所降低。即使这样,DMO 处理所用的机时也很长,因此实际应用也不多。并行计算机的超高速运算速度,使更为精确的 DMO 算法得以应用,克希霍夫求和法即是其中一种。这种算法的应用,使 DMO 叠加成像效果改善,信噪比和分辨率均有提高。

1 克希霍夫求和法 DMO 算法简介

克希霍夫求和法 DMO 算法的原理是:将一个炮点和一个接收点得到的一道记录某一小时段看作是以该炮点和接收点为焦点,2 点连线为长轴的椭圆面上的反射(图 1),即一个地震记录道某一时段的反射波可能来自地下的不同位置、不同倾角,但都属于同一椭圆面上点产生的反射,这些反射点对应于不同的 CDP 面元。换言之,DMO 算法就是把一个非

零偏移距的地震道转换为多个零偏移距的地震道,形成 DMO 算子,算子中每一道在各自相应的 CDP 面元内相加,实现了真正的共反射点叠加。

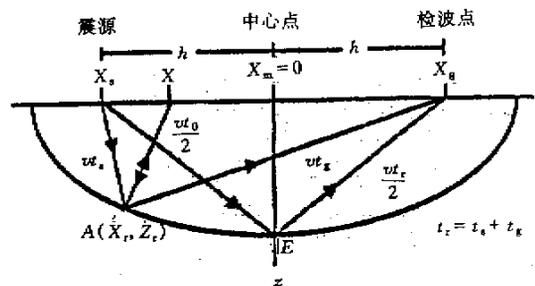


图 1 克希霍夫求和法 DMO 算法示意

克希霍夫求和法 DMO 叠加的这一特点,与传统的水平动校(NMO)叠加和简化的 DMO 叠加不同。传统的水平动校叠加认为,一个炮点和一个接收点得到的某道记录是来自于地面上炮检中点所对应的地下界面反射点的反射(图 1 中的 X_m 点)。即使界面倾斜,反射点不在 X_m 点之下,也将该道数据看作是正对 X_m 点下方的反射点产生,并参加该点的叠加。较早的简化 DMO 算法也是只对该数据做一定的校正之后(如倾角校正),在 X_m 点参加叠加。而且很重要的一点是,在这些算法中,一道地震记录一般情况下只对一个 CMP(或一个面元)的叠加做

收稿日期 2000-09-20

贡献。即是说,一个 CMP 点的叠加次数在观测系统无变化时,就是实际数据采集时的叠加次数。

克希霍夫求和法 DMO 叠加时(图 1),由炮点 X_s 和接收点 X_g 得到的一道记录,既可以是 (X_r, Z_r) 点的反射,从而参加与地面 X 点对应的 CDP 叠加;也可以是 (X_0, Z_0) 点的反射,参加 X_m 点对应的 CDP

叠加。这就是说,一对炮—检点的地震记录,可以对多个 CDP 的叠加做贡献。在三维地震处理中,该记录对多个面元的叠加做贡献(图 2)。DMO 叠加的这种特性从 DMO 算子可以看出来。

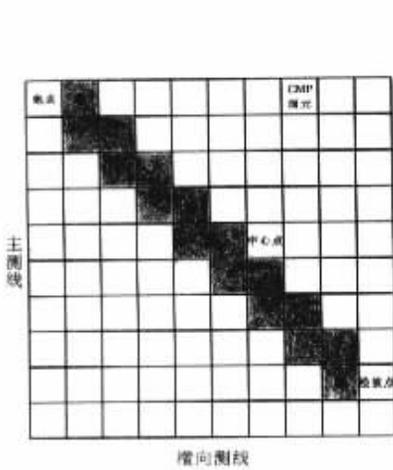


图 2 克希霍夫法 DMO 叠加中一道记录对多个面元叠加的贡献

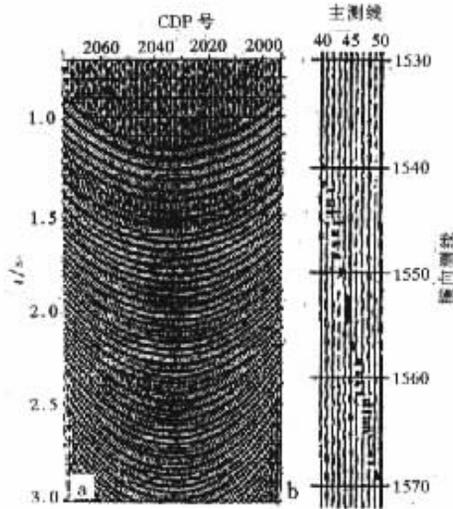


图 3 三维 DMO 算子在一个方向的形态
a—已加 AGC b—时间切片

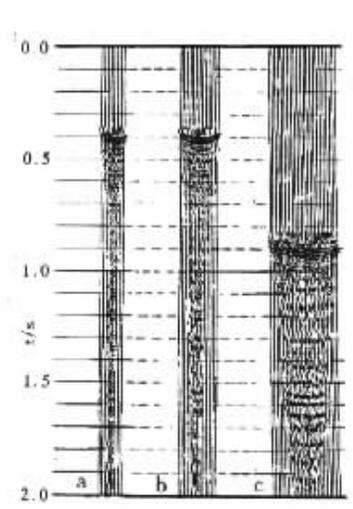


图 4 DMO 算子形态随各参数的变化
a—近道偏移距,倾角 30° b—近道偏移距,倾角 60° c—远道偏移距,倾角 30°

图 3 给出了三维网格在一个方向上的 DMO 算子及其时间切片。可以看出,该算子所对应的地震道,参加了多个 CDP 点的叠加。这样,一个固定的 CDP 点的某一时刻,将会有许多不同偏移距的地震道上的不同时刻的振幅值相加,相加的振幅值个数远远超过地震数据采集时的叠加次数,通常达到上百次或上千次。这些振幅值按照相长或相消干涉的原则成像或不成像,得到了 DMO 叠加结果,保证了倾斜界面准确成像。DMO 算子的形态取决于 DMO 速度场和 DMO 叠加所选取的倾角参数,此外还与地震道的偏移距及地震波双程旅行时有关。倾角越大,偏移距越大,波的反射时间越小,算子中的道数越多,反之亦然(图 4)。此外算子的振幅随着椭圆面的倾角变陡而变小。

综上所述,克希霍夫求和法 DMO 叠加的核心是将一非零偏移距地震道变成多个零偏移距地震道,从而实现共反射点(成像点)叠加。

2 克希霍夫求和法 DMO 叠加应用的效果

1. 提高叠加剖面的信噪比。由于克希霍夫求和法 DMO 叠加大大地提高了叠加次数,有利于压制干扰波,提高了剖面信噪比。图 5 是同一条剖面 NMO 和 DMO 叠加的结果,两种剖面均未做去噪处理,但是,DMO 叠加剖面的信噪比明显高于 NMO 叠加剖面。

2. 提高叠加剖面的分辨率。由于实现了共反射点叠加,在动校速度和静校正均正确的条件下,克希霍夫 DMO 叠加分辨率高于简化算子的 DMO 叠加。图 6 为同一条剖面用简化 DMO 算法(IBM3081 机系统)及克希霍夫求和法 DMO 算法处理后得到的结果。可以看出,后者分辨率高于前者。

3. 有利于倾斜反射成像。选择合适的 DMO 算子倾角范围,有利于陡倾反射的叠加成像。图 7 a 和 b 分别为倾角 20°和 90°时的 DMO 叠加。显然,倾角为 90°时,倾斜地层反射成像有明显的改善。

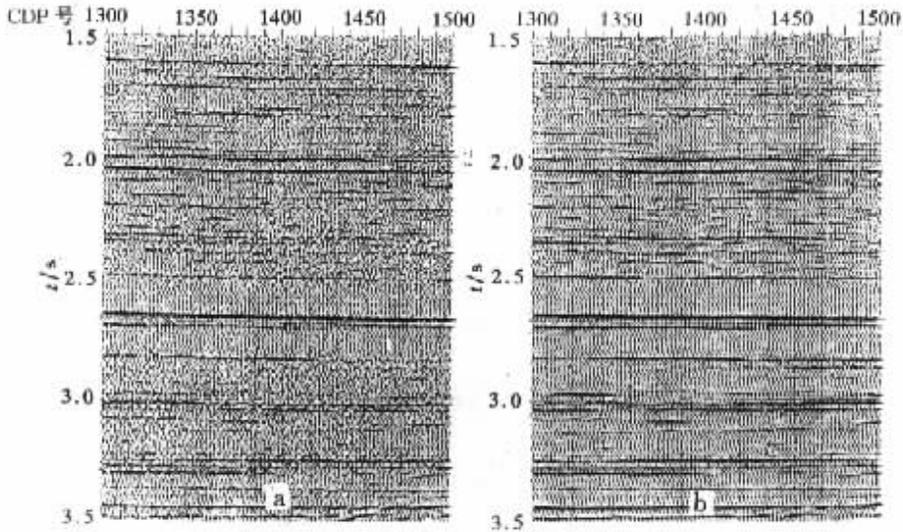


图5 某剖面 NMO 和克希霍夫求和法 DMO 叠加信噪比对比

a—NMO b—DMO

a—NMO; b—DMO

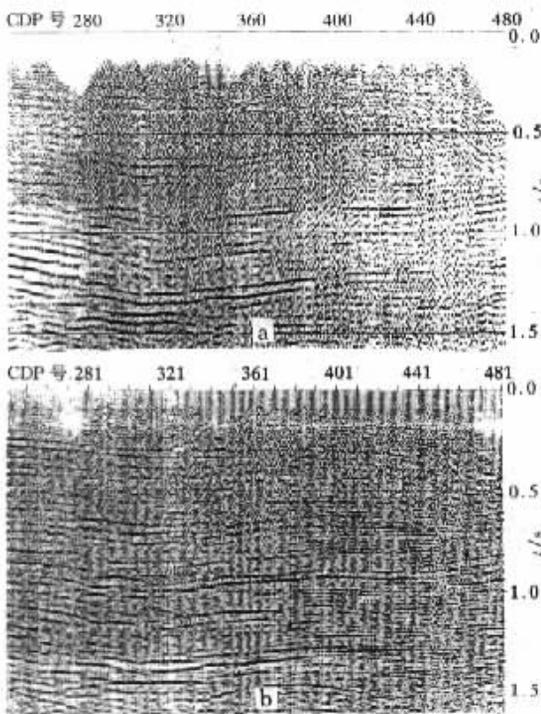


图6 简化算法与克希霍夫求和法 DMO 叠加分辨率对比

a—简化算法 b—克希霍夫求和法

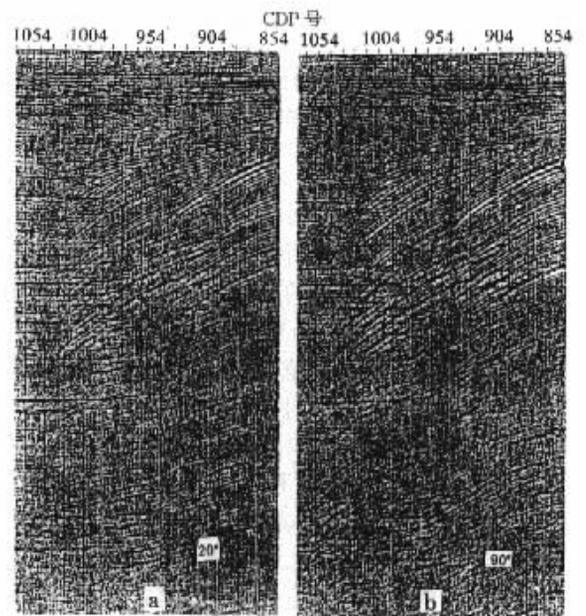


图7 不同倾角参数对克希霍夫求和法 DMO 叠加的影响

a—倾角 20° b—倾角 90°

3 结论

克希霍夫求和法 DMO 叠加,实现了共反射点叠加,有利于改善倾斜反射的叠加成像,能够保证叠加万方数据

剖面取得应有的分辨率,而不会因为叠加而降低分辨率;而且由于叠加次数的增多,信噪比也明显提高。由此还可以推想,用克希霍夫求和法进行 DMO 速度分析,其结果速度准确性也会提高。

THE APPLICATION OF KIRCHHOFF THREE-DIMENSIONAL DMO STACKING TO THE PROCESSING OF SEISMIC DATA

NING Jun-rei , ZHANG Ya-qin , FAN Jia-fang

(Beijing Computation Center , China National Star Petroleum Corporation , Beijing 100083 , China)

Abstract : The amplitude values at a certain moment in a seismic record received at a shotpoint and a detection point might come from reflections of various points on an underground ellipsoid , which has the shotpoint and the detection point as its focuses , and the connected line of the shotpoint point and the detection point as its major axis. When stacking is performed , such amplitude values should be added at various points on the ellipsoid instead of being merely added at the CMP. Of course , the amplitude values are different at different points. The utilization of such a stacking method can realize the stacking of common reflection points , and is hence conducive to the stacking image formation and also to the improvement of resolution power and the signal-to-noise ratio.

Key words : seismic data ; DMO stacking ; common reflection point ; Kirchhoff summation process.

作者简介 : 宁俊瑞 (1964 -) 男 , 山西省稷山县人。1986 年毕业于成都地质学院应用地球物理系地震专业。现任中石化石油勘探开发研究院计算中心副主任 , 高级工程师 , 主要从事地震资料的处理和研究工作 , 个人及合作在国内外学术刊物上发表论文 10 余篇。

(上接 31 页)

A STUDY ON THE APPLICATION OF REMOTE REFERENCE MAGNETOTELLURIC SOUNDING TECHNIQUE

YANG Sheng¹ , BAO Guang-shu¹ , ZHANG Quan-sheng²

(1. Central South University , Changsha 410083 , China ; 2. No. 814 Party , East China Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Resources , Zhenjiang 212005 , China)

Abstract : With the extension of the application of magnetotelluric method , the interference background of the prospecting environment becomes more and more complex. How to obtain the data which can really reflect the geological characteristics and fully dispel noises is becoming an increasingly important problem. Remote reference is one of the best methods for suppressing the noise and improving the signal-to-noise ratio. This paper describes the theory of remote reference from the angle of signal detection and discusses its application in suppressing various sorts of noises.

Key words : remote reference ; signal ; noise ; correlation analysis ; impedance error

作者简介 : 杨生 (1959 -) 男 , 中国地球物理学会理事 , 现就读中南大学应用地球物理专业博士 , 主要从事电法勘探 , 特别是大地电磁测深法的理论研究及应用。