

683653

美国勘探地球物理学家学会 第57届年会论文集

石油工业部地球物理勘探局科技情报所
地质矿产部石油物探研究所情报室 译



石油工业出版社

美国勘探地球物理学家学会 第57届年会论文集

石油工业部地球物理勘探局科技情报所
地质矿产部石油物探研究所情报室 译

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是美国勘探地球物理学家学会于1987年10月在新奥尔良召开的第57届年会论文的详细摘要。内容几乎涉及了地球物理勘探的各个领域,主要包括地震数据的采集和处理、海上勘探数据采集的新方法、人机联作解释、储集层地球物理、井中地球物理等。较系统地介绍了1987年度美国勘探地球物理技术的新进展、新成果,是我国地球物理勘探工作者及有关院校师生值得一读的参考书。

Expanded Abstracts of The Technical Program With Authors' Biographies

© 1987 Society of Exploration Geophysicists

*

美国勘探地球物理学家学会 第57届年会论文集

石油工业部地球物理勘探局科技情报所 译
地质矿产部石油物探研究所情报室

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
北京通县印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 46印张 1130千字 印1—2,600

1989年4月北京第1版, 1989年4月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0227-2/TE·223

定 价: 9.80 元

序

《美国勘探地球物理学家学会第57届年会论文集》中译本如期与广大读者见面了，这是继1985年石油工业部地球物理勘探局科技情报所与地质矿产部石油物探研究所情报室横向联系、互相协作以来的又一新成果。

本届SEG年会论文集的内容除了目前石油地震勘探领域的各种技术，诸如数据采集、处理和解释技术及其近年来的新进展、井中地球物理、VSP技术、模式识别和层析成像新成果外，还涉及了海上地震导航和定位、人机联作解释、储集层地球物理及地震技术在油气田开发中的应用等。美国同行们的这些贡献可能会有助于我国地球物理勘探事业的发展和技术进步。

这一论文集集中的S₁~S₉、BHG₁、MAR₁和MAR₂、POS₂、RES₁和SEG₁由石油工业部地球物理勘探局科技情报所组织翻译，张淑敏、金福锦、孙忠勤同志审校，牛毓荃同志作了最终审校。其余部分由地质矿产部石油物探研究所情报室组织翻译，由曹映月、王炳章、孙学进、雍凤军、周延坤同志审校，冯贤钟和朱铉同志作了最终审校。封面设计为黄祥秀同志。

刘颂威

1988年3月

目 录

地震法

S 1	静校正和速度分析 1	(3)
S1.1	特邀序言: 静校正和速度分析	(3)
S1.2	地形起伏地区的静校正和正常时差校正	(7)
S1.3	复数道的迭加速度分析	(9)
S1.4	速度与构造分析的绕射相似性	(14)
S1.5	速度解释: 北海南部含气盆地史例研究	(17)
S 2	反演 1	(20)
S2.1	特邀序言: 地球物理反演——梦想与现实	(20)
S2.2	实际资料的非线性弹性反演	(20)
S2.3	用人机联作工作站作速度反演	(24)
S2.4	有限带宽资料速度剖面的最小平方反演	(28)
S2.5	同时进行VSP反演和测井曲线分层最佳确定地质层位	(31)
S2.6	多次波及分辨率对傅氏反演的影响	(35)
S2.7	在勘探地震学中改进型Gelfand-Levitan逆散射技术: 一种快速近似算法	(39)
S 3	静校正和速度分析 2	(43)
S3.1	陆上迭前偏移波场基准面的确定	(43)
S3.2	用波动方程外推法作基准面校正	(46)
S3.3	模型为基础的层速度分析法	(51)
S3.4	用最大似然加权的本征值比作地震速度分析	(54)
S3.5	ARAMVEL: 一种快速精确的连续速度分析法	(59)
S3.6	勘探史例: 应用旅行时反演分析地震时间异常	(62)
S3.7	等时图偏移的层速度对比研究	(66)
S 4	资料处理 1——地震噪声抑制	(70)
S4.1	史例: 在埃及东部沙漠区地震组合长度的比较或如何得到高分辨率地震资料而不必担心地滚波	(70)
S4.2	海洋地震资料中猝发噪声的自动切除	(73)
S4.3	地震单炮记录的噪声自适应滤波	(75)
S4.4	迭前波动预测多次波压制: 在圣巴巴拉海峡勘探中的应用	(80)
S4.5	共中心点道集的MBT变换	(83)
S4.6	地震波的分离	(86)
S4.7	地震剖面上成像的不连续性	(89)
S 5	解释 1: 地层和构造史例	(93)
S5.1	西阿纳达科盆地上莫罗古河道砂岩的地震显示	(93)
S5.2	Albacora油田地震振幅绘图实例	(96)
S5.3	裂隙性储集层的地震地层学: 密执安州中南部的Albion-Scipio构造带的研究实例	(98)
S5.4	澳大利亚西北大陆架Goodwyn油田: 用地震振幅变化识别角度不整合下的储集层	

分布.....	(102)
S5.5 在Hugoton湾通过改进采集和处理技术识别地层异常.....	(103)
S5.6 委内瑞拉瓜鲁曼/卡罗拉地区:应用新的地质模型评价远景圈闭.....	(106)
S5.7 三维地质-地球物理方法的综合应用.....	(109)
S5.8 温尼伯戈西斯组地层勘探史:萨斯喀彻温高原.....	(112)
S 6 地震模拟和波动传播数值计算.....	(115)
S6.1 对计算合成记录的伪谱法的一些改进.....	(115)
S6.2 地面震源的层状半空间全波场合成地震记录:反复平均达到快速收敛.....	(119)
S6.3 用近轴外推算子模拟声波.....	(122)
S6.4 一维和二维声波方程四阶时空算法的描述和分析.....	(127)
S6.5 四阶速度应力有限差分算法.....	(133)
S6.6 新快速展开法(REM)获得的动力学弹性方程三维解.....	(136)
S6.7 弹性场的基尔霍夫-亥姆霍兹(Kirchhoff-Helmholtz)积分表示.....	(139)
S6.8 由三维有限差分地震模型得到的解释经验.....	(143)
S 7 偏移 1.....	(147)
S7.1 特邀论文:寻找翼部.....	(147)
S7.2 扩展的Stolt F-K 偏移.....	(152)
S7.3 横向非均匀介质中波动方程偏移的新方法.....	(156)
S7.4 三维深度偏移算子的设计.....	(159)
S7.5 一种灵活精确的一步三维偏移法.....	(162)
S7.6 偏移格式对速度的灵敏度.....	(164)
S7.7 2.5维迭后反演.....	(167)
S 8 陆上数据采集:可控震源.....	(170)
S8.1 特邀序言:本世纪90年代可控震源技术的发展.....	(170)
S8.2 采用四进制编码双源可控震源技术在Gaggiano油田开展3D地震测量.....	(173)
S8.3 野外生产率:对野外系统制造商的挑战.....	(177)
S8.4 关于同时连续振动记录法的评价.....	(181)
S8.5 可控震源资料极性的实验分析.....	(184)
S8.6 可控震源的危险性评价:初步探讨.....	(186)
S8.7 三维野外记录器的反比迭加的选择.....	(190)
S 9 数据处理 2: 频谱分析.....	(195)
S9.1 傅里叶频率和瞬时频率之间的关系.....	(195)
S9.2 地震信号短时窗分析和模拟.....	(199)
S9.3 结构协方差矩阵.....	(203)
S9.4 二维最大熵谱分析.....	(207)
S9.5 对提高F-K频谱的波数分辨率的现代频谱分析方法.....	(211)
S9.6 空变傅里叶变换的应用.....	(215)
S10 地震解释:振幅与炮检距关系.....	(219)
S10.1 沙特阿拉伯地区振幅与炮检距关系的研究.....	(219)
S10.2 存在倾角时振幅随炮检距变化的分析.....	(222)
S10.3 对振幅与炮检距关系方法(AVO)灵敏度的分析.....	(227)
S10.4 用Insight®人机联作模拟系统进行阻抗和泊松比的深度反演.....	(230)
S10.5 纵波和转换波对含气砂岩响应的比较.....	(234)

S10.6	利用广角P波反射振幅对浅反射层进行测深	(238)
S10.7	NMO误差对AVO推导横波反射率的影响	(240)
S 11	横波各向异性: 观测和分析	(245)
S11.1	勘探中的横波: 展望	(245)
S11.2	横波分裂和裂隙强度的一种物理模型研究	(249)
S11.3	横波VSP资料中EDA和PTL各向异性的观测结果	(252)
S11.4	利用冲击式P和S波震源在Midland盆地进行全波地震记录	(256)
S11.5	冲击式横波震源在得克萨斯州中部东大陆架灰岩覆盖地区的应用	(260)
S11.6	用转换波进行横波偏振测量	(262)
S11.7	椭圆各向异性介质中F-K偏移	(265)
S11.8	裂隙-各向异性对井间放炮的影响	(268)
S 12	衰减	(272)
S12.1	用声测井资料估计导波的相速度和衰减	(272)
S12.2	实验室测定声波衰减的一种方法	(274)
S12.3	渗透率对声波传播影响的新实验证据: 超声导波在岩层中的衰减	(276)
S12.4	用谱测量法测量超声P波在多孔岩样中的衰减	(280)
S12.5	测量复合介质中的衰减	(283)
S12.6	损耗性衰减和波散模拟在Campos盆地的应用	(287)
S12.7	在(多层)孔隙地层中多极测井的应用	(291)
S12.8	由井中斯通利波测定裂隙	(294)
S 13	垂直地震剖面1: 勘探史例	(299)
S13.2	特邀序言: VSP的现状与未来	(299)
S13.3	用水听器VSP资料检测裂隙及其特征	(301)
S13.4	用VSP资料观察由大量的裂隙岩层引起的横波散射	(303)
S13.5	三分量VSP资料中的转换横波	(306)
S13.6	运用零偏移距VSP进行复杂构造成像: 一个勘探史例	(310)
S13.7	加拿大西部地区有偏移距VSP资料的振幅分离与弹性波转换	(313)
S13.8	运用挪威海域东部的VSP资料进行玄武岩衰减测量	(318)
S 14	偏移2: 倾角时差校正(DMO)和迭前偏移	(322)
S14.1	在迭后偏移资料的基础上取得迭前偏移的效果	(322)
S14.2	波动方程基础上的倾角时差校正	(326)
S14.3	克希霍夫DMO算法求取均方根速度值的精度	(329)
S14.4	倾角时差校正过程中的去假频	(333)
S14.5	对多道反射资料作对数伸缩变换的去空间假频理论	(336)
S14.6	在迭前Stolt F-K偏移中抑制空间假频噪声	(341)
S14.7	适用于横向变化速度以相移为基础的迭前深度偏移	(344)
S14.8	用角中点坐标进行迭前偏移	(349)
S 15	偏移3: 迭前偏移和反演	(353)
S15.1	地震成像中的迭加与反向传播: 多维线性反演的二重性	(353)
S15.2	声介质和弹性介质的多参数反演	(356)
S15.3	转换波迭前偏移	(361)
S15.4	炮-检域深度外推作非线性反演	(364)
S15.5	波动方程反演及绕射层析成像	(366)

S15.6	逆时剖面 偏移.....	(370)
S15.7	全迭前偏移与炮点记录 偏移.....	(373)
S16	VSP 2: 偏移与处理.....	(378)
S16.1	VSP振幅测量: 处理 应用.....	(378)
S16.2	用于处理偏移距VSP资料的双道定向 滤波.....	(381)
S16.3	利用多震源方法识别VSP数据成像中的真假反 射 层.....	(384)
S16.4	垂直地震剖面的弹性克希霍夫 偏移.....	(387)
S16.5	VSP偏移: 合成数据和野外 实 例.....	(391)
S16.6	新一代井中检波 器.....	(396)
S16.7	测井与VSP的Q测量值之 比 较.....	(400)
S17	数据处理 3: 倾斜迭加(τ - p)处理——插 值 法.....	(404)
S17.2	τ - p 反演算法中有限空间孔径的 计算.....	(404)
S17.3	用射线束迭加改善了倾斜迭加的分 辨 率.....	(407)
S17.4	柱面倾斜迭加的预测 反 褶 积.....	(411)
S17.5	2D地震勘探时间切 片.....	(415)
S17.6	“超二维”, 有创新的地震资料重新处理: 勘 探 史.....	(418)
S18	反演 2.....	(422)
S18.1	基于模型的多元统计分析法在地震数据地层解释中的 应 用.....	(422)
S18.2	应用于CDP和VSP旅行时公式的解析广义 逆.....	(426)
S18.3	地球物理数据的综合 反 演.....	(431)
S18.4	线性化反演问题的频率域 公 式.....	(435)
S18.5	从迭加信息中估计复杂的速度 模 型.....	(439)
S18.6	海洋地震资料的Riccati阻抗反演.....	(443)
S18.7	CMP地震数据的反 演.....	(448)
S19	层析成像.....	(452)
S19.1	特邀序言: 地震层析 成 像.....	(452)
S19.2	在非均匀介质中的地震层析成像: 用射线延拓法推测 反 演.....	(454)
S19.3	层析成像应用于含横向速度变化的二个数据 集.....	(457)
S19.4	花岗岩地区地震衰减层析成像法和井间200兆赫电磁测定法之比较.....	(463)
S19.5	应用井间地震层析成像法进行非破坏性岩石 测 试.....	(465)
S19.6	利用测井记录、VSP和三维资料以层析成像为基础的成像方 法.....	(469)
井中地球物理		
BHG1	声波测井方法.....	(475)
BHG1.1	烃类、烃饱和岩石及砂岩中的速 度.....	(475)
BHG1.2	砂岩中的速度弥散.....	(479)
BHG1.3	用 V_s/V_p 检测砂岩: Conoco井下测试场的数 据 分 析.....	(482)
BHG1.4	井中斯通利波和渗透率: 实验结果.....	(486)
BHG1.5	岩石破裂期的声学力学性质.....	(488)
BHG1.6	定比实验室模型中井身破裂的监测.....	(491)
BHG1.7	声测井曲线的复合中值滤波.....	(494)
BHG1.8	横波速度各向异性测井法.....	(498)
BHG2	非声波测井.....	(501)
BHG2.1	在不规则井眼中用伽马-伽马能谱测井方法测定 灰 分.....	(501)

BHG2.2	在高频情况下介电测井仪的模拟	(504)
BHG2.3	感应测井曲线解释中井内岩层的耦合效应	(506)
BHG2.4	导电围岩对三维钻孔瞬时响应的影响	(508)
BHG2.5	小钻孔导电率和磁化率测井用Romulus®感应仪的理论和应用	(511)
BHG2.6	水饱和和岩石电阻率与温度的相互关系	(514)
BHG2.7	未固结物质的物理性质对配位数的依赖关系	(518)

海上勘探

MAR1	海上数据采集1——地震记录、处理和导航	(523)
MAR1.1	主线数据采集和处理	(523)
MAR1.2	海上三维勘探的新方向	(525)
MAR1.3	墨西哥海湾海底电缆法勘探：一种新方法	(529)
MAR1.4	应用垂直检波器组合进行海上地震勘探减少因天气而停工的一种方法	(532)
MAR1.5	深海底和(海)底(以)下水听器 and 检波器传感器特性比较的全波理论模拟	(535)
MAR1.6	SPOT长距离定位系统	(539)
MAR1.7	GPS静态试验：技术与结果	(541)
MAR2	海上数据采集2——地震能源	(544)
MAR2.1	特邀序言：1987年海上地震震源的回顾与现状	(544)
MAR2.2	超级调谐的海上震源特性	(545)
MAR2.3	通过震源模拟进行子波估算	(548)
MAR2.4	海上震源组合理论	(550)
MAR2.5	使用数字海上可控震源的谱整形	(554)
MAR2.6	井控制下的地震子波估算	(556)
MAR2.7	调节方向地震震源	(560)

参展论文

POS1	数据采集、数据处理	(565)
POS1.1	适用于衰减地滚波的震源可调组合(STAGRR)	(565)
POS1.2	野外应用微机进行地震分析和质量控制	(567)
POS1.3	应用勘探史例以成本效应的方式对边远地区的地震数据采集进行最新评价	(570)
POS1.4	“最优炮检距”浅层反射技术在英联邦哥伦比亚Fraser三角洲地区的应用	(572)
POS1.5	上Amazon盆地地震勘探的生产率	(575)
POS1.6	海上三维多线数据采集的实时质量控制	(577)
POS1.7	一种快速的反Q滤波	(580)
POS1.8	二维平面地层的直接旅行时反演	(585)
POS1.9	转换型P-SV波反射资料的处理	(588)
POS1.10	波数域的折射静校正	(592)
POS1.11	时变带通滤波	(596)
POS1.12	在时-空域中用短滤波器对相干能量进行滤波	(600)
POS1.13	NEC/SX-2超级计算机上的人机联作地震处理软件包的实现	(603)
POS1.14	应用波场外推对水层多次波衰减的两种方法的比较	(606)
POS2	井中地球物理、人机联作解释、作图中的模式识别	(610)
POS2.1	井中岩性边界附近高频电磁场的理论结果	(610)
POS2.2	Mesa Verde层内弱横各向同性的现场测量	(612)
POS2.3	流体饱和和多孔介质中的波场计算	(615)

POS2.4	自动分格流体模型: 多孔介质中的流体流动模型.....	(617)
POS2.5	地震和地下资料的综合解释: 得克萨斯州Sterling县地区人机联作解释史例.....	(622)
POS2.6	巴布亚新几内亚福格尔(Vogel)角盆地逆掩断层的人机联作解释.....	(625)
POS2.7	三维构造上的三维数据DMO实例.....	(627)
POS2.8	复原剖面在地质解释中的简易应用.....	(631)
POS2.9	爱尔兰近海一个海底扇的人机联作解释: 研究史例.....	(634)
POS2.10	路易斯安那海域尤金岛、南洋岛和绿谷外陆架区地震数据的人机联作和常规解释...	(638)
POS2.11	地震特性的泰森(Thiessen)作图法.....	(639)
POS2.12	地震模式识别的图象描述语言.....	(643)
POS2.13	地震记录的模式分析.....	(648)
POS2.14	适用于时间-速度等值线模式识别.....	(651)

研究论文: 地球物理学的新进展及展望

RES1.2	振幅与炮检距的关系.....	(657)
RES1.3	深度偏移方法述评.....	(661)
RES1.4	横波地震学的最新进展.....	(662)
RES1.5	地震模拟: 最新进展及未来的方向.....	(662)
RES1.6	全波形声波测井.....	(663)

储集层地球物理

SEG 1	SEG/SPE联合会议: 储集层地球物理.....	(667)
SEG1.1	应用SVD和地质统计法绘制孔隙度和厚度图的地震反演.....	(667)
SEG1.2	储集层空间变异性特征的综合地质统计-模式识别技术.....	(670)
SEG1.3	应用三维地震描述复杂储集层特征的成功实例: 地质统计储集层描述和多孔岩芯分析.....	(674)
SEG1.4	用于储集层流体评价的地震响应.....	(675)
SEG1.5	根据地震岩性模拟进行储集层描述2: 用储集层模拟进行检验.....	(679)
SEG1.6	井资料对地震法导出的岩石物性参数的标定: 灵敏度分析.....	(684)
SEG1.7	Athabasca焦油砂热驱过程中加热带的三维地震成像.....	(688)
SEG1.8	井间地震勘探采集技术.....	(693)
SEG 2	SEG/AAPG史例和解释.....	(698)
SEG2.1	用地震和陆地卫星资料描述扭动断层作用.....	(698)
SEG2.2	Amauligak: 加拿大博福特海底油气区的发现.....	(702)
SEG2.5	西非安哥拉卡宾达海上Takula油田勘探史.....	(705)
SEG2.6	沉积盆地的地层模拟.....	(707)
SEG2.8	迭前深度偏移: 实例研究.....	(708)

专题研究

W 1	地震资料处理标准.....	(715)
W 2	裂隙、各向异性与S波双折射.....	(716)
W2.1	沉积盆地中裂隙的特征和分布及其对油气藏的影响.....	(716)
W2.2	北美地区原地区域应力问题.....	(717)
W2.3	各向异性岩石的对称性及其在地震波中的应用.....	(717)
W2.4	定向裂隙引起的弹性各向异性.....	(718)
W2.5	怀俄明州丹佛盆地Silo油田的三分量地震-储集层特征的研究.....	(718)
W2.6	极速度的各向异性: 观测结果及其意义.....	(718)

W 2.7	得克萨斯Cotulla弱方位角各向异性的观测.....	(719)
W 2.8	利用有偏移距的P波和S波垂直地震剖面探测裂隙.....	(719)
W 2.9	横波在各向异性介质中传播的实验室观察.....	(720)
W 2.10	横波分裂的起因：解答、问题和推测.....	(720)
W 3	应用于地震解释的模式识别、分类、聚类分析和其它统计方法.....	(723)
W 4	全波声测井.....	(723)
W 5	层速度测定.....	(724)

地震法

S1 静校正和速度分析1

特邀序言：静校正和速度分析

S1.1

John W. C. Sherwood, Geophysical Development Corp.

摘要 对于CDP道集反射时间轨迹的常规非物理模型来说，通常是用与近地表速度异常及高程变化有关的、时移修正过的双曲线逼近的。

为了构成相干迭加的CDP时间剖面，训练有素的地震处理员要估计地表“静校正”及与每个突出反射有关的迭加速度。对于CDP迭加剖面上有效反射的时间与静校正和迭加速度一起考虑，可以提供未迭加地震道上的近似反射旅行时的合理估计值，似乎尚未受到广泛的理解。

这些反射旅行时估计值可以转换成地下的物理层次的层速度模型，因此，简化了将地震剖面近似转换成深度的步骤。在静校正和速度会议上的一些报告将详细叙述这种比较新的发展及另外的有关方法。其它文章是讨论精确估计迭加速度的非常重要的题目。对于地形起伏不平的情况，对把静校正分成NMO之前和NMO之后的贡献的必要性进行讨论，还要讨论波动方程定基准面的另一些方法。最后，有一篇关于北海具体勘探区域层速度解释的报告。

引言

在1987年6月底，我应邀准备在这次SEG年会上作关于静校正和速度分析的引导性发言，7月中要写出详细摘要，正不知如何动笔时，我想起去求助于在我作为一名物理学家受训期间所强调的科学程式，用几个关键词来讲，可概括为：目的、方法和结果。显然，我将努力遵循这个科学的原则，将它应用到找油的地震勘探领域中去，这大概是大多数听众所共同感兴趣的问题。我将力争保持简单的讨论形式，希望你们把它作为静校正和速度分析会的抛砖引玉的开场白。

目的

我们的目的是导出特别与石油和天然气藏位置有关的有意义的地层参数。我们的资料一般来源于地面地震试验，利用与井有关的资料来增强后一阶段的工作，如各种类型的测井曲线、垂直地震剖面等。通常经济问题是一个重要因素。

方法

作为一个物理学家，我习惯于构成一个地层参数与数据联系起来的合适的物理模型。这里，明显的物理模型是弹性波的传播，参数是地层的弹性常数及其空间变化。现在，我们的问题关键在于对实际地层参数的估计，以便使理论地震结果与实际地震资料达到某种最好的吻合，还保留部分剩余误差。利用符号表达，我们有：

$$M\{P\} = D + E$$

看起来这不是很简单吗？但是，现在出现一些具体问题以及数学家所遇到的唯一性、超定和欠定方程组、总误差值中的局部极小与整体极小值等问题。假如我们在几英尺[●]的网格

● 1英尺=0.3048米——译注。

上试图离散地层的弹性常数,我们会获得数十亿个参数值,建立一个庞大而复杂的数值问题。一些有限差分实践者是通过借助于大规模并行计算机来从事这项研究。然而,目前我们大部分人必然会寻求其它的解决方法。

因此,我们变成实用主义者并进行近似研究。最重要的步骤是减少地层参数及数据值的数目,并依然与适合于我们的特殊勘探目标的模型保持相容。目前,在静校正和速度分析这一工作中,我们如何达到这一点呢?

普通模型

毫无例外,我们一般接受的非物理模型是,在CDP道集上每一个反射同相轴都具有近似的双曲线正常时差,它可能是用与近地表速度异常和高程变化有关的时移进行过修正的。我们擅长应用多种算法估计描述反射的近似双曲线时间轨迹的两个参数,这两个参数是迪克斯公式中的 T_0 (零炮检距旅行时)和 V_0 (迭加速度)。目前强调精确测定迭加速度,这已由Sguazzero, Veshaver和Kindelan, Key, Kirilin和Smithson, 和Tieman的三篇文章的主题内容指明了。Sicking的文章也谈及了这一范围,但是涉及到的是偏移速度而不是更通用的CDP迭加速度。

对于与近地表变化有关的时移的近似描述、估计和校正,我们已发展了不同的参数化模型。以他们最简化的形式,这些时移被当作“静校正”,这意味着对于具体地震道上的每一反射这种时移都是固定不变的。这种“静校正”是炮点基准面校正和检波点基准面校正之和。通常,这种“静校正”模型适合于常规地震资料处理。然而,对于起伏不平的地形来说,正如Coster在后面的文章中将要阐明的那样,精度要求决定概念的扩展,即将静校正分成NMO之前项和NMO之后项。对于起伏不平的地形问题,在Faye和Jeannot, Shivelman和Canning的文章中提到了另一种方法,他们讨论了通过已知介质利用波动方程外推(偏移)将地震数据转换到平基准面的非静态方法。但是,没有阐明精确估计近地表物理参数这个更重要的问题。看来现时迭前波动方程定基准面方法不能广泛使用,可能因为相对于简单的静校正来说它们更复杂化。

这里已经讨论过的常规模型,通常适用于估计构成迭加CDP剖面所必需的静校正和迭加速度。主要问题是静校正和迭加速度不能直接代表将迭加的CDP剖面转换成有意义的深度剖面所需要的地层物理参数。转换成精确的深度在许多具有重要意义的地区是非常重要的,这不是一个简单的问题。有意义的进展仅在近几年的报告中出现。现在我们来讨论这种发展。

目前模型的发展

在会议期间的几篇文章,还有以前发表过的文章,表明了以下趋势。

我们基本上是首先通过在以基准面为参考的高质量迭加剖面上确定标准地震波时间,把地震数据简化为旅行时。让我们再强调一下对“高质量迭加剖面”的要求。在高质量情况下,通常只做由静校正和正常时差引起的迭前时移,就能使每个CDP道集中的记录道很好地排齐。有了这些时移的知识,结合CDP迭加剖面上的波至时间,必然能提供每个原始的未经迭加的地震道的波至时间的估计值。那么,概括起来说,我们简化的地震数据包括由简单高质量CDP迭加剖面获得的旅行时,以及有关的静校正和迭加速度。(显然,任何时间和空间位移的运算,例如波动方程定基准面或倾角时差,会带来复杂情况,但在原理上是能解决的)。不论从经济方面还是从运算方面来看,知道这些由普通数据处理得到的旅行时数据可形成高质量的CDP剖面是极为重要的。

未知地层参数将定义为有关反射面空间变化的深度和它们之间横向变化的层速度。使用

快速射线追踪方法或某种近似波动模拟方法, 我们可以导出与从地震数据中得到的简化的旅行时数组有某种最好匹配的横向变化的深度-速度模型。该情况已由Cook, Empoliti和Storlin提出这种技术的一个极好例子介绍了。

我们可以把这种旅行时反演看作是提供初始深度-速度模型。显然, 这种初始深度-速度模型的适当的射线追踪应得到原来的旅行时, 其差别仅只是因物理地层模型与旅行时进行拟合所产生的误差造成的。假定这种误差很小是合理的, 那么我们可用这些射线追踪时间把每个反射波校正成它对应的零炮检距时间。做了初始物理深度-速度模型校正后的CDP反射波排齐应接近于用非物理静校正和迭加速度获得的同相轴排齐。

现在初始物理深度-速度模型与地震反射数据紧密相符, 当然有可能对这个模型进行摄动以达到更好地拟合数据。在勘探问题要求求取深度的精度是地震数据所能达到的分辨率的极限的地方, 这种摄动是必要的。

由Thorson, Gever, Swanger, Hadley, Appel和Miher, Thorson, Hadley, Swanger提交的两篇文章没有采取这种两步法, 而是代之以两步结合为一步。这可能要求开支更大, 但可能适合于CDP反射旅行时明显不呈双曲线的复杂构造情况。

必须着重强调的是, 深度估计值的精变问题是最重要的。如果地震波形不包括在最后的深度-速度估计程序中, 静校正和迭加速度应要有高精变。在旅行时估计中, 偏离双曲正常时差的任何大的偏差都应进行补偿。此外, 每一千米作一个迭加速度估计通常是不够的, 进行面向层位的连续迭加速度分析看来是最恰当的。

目前结果

为了说明深度-速度分析对起伏不大的地形情况的应用, 我将举一个简单的野外例子, 例中地震波形用于最终反演。该资料来自墨西哥海湾20000英尺长的海洋短测线, 最大可用检波器排列长度在2秒时约11000英尺。震源为气枪组合, 检波器道距为110英尺。常规地震数据处理获得了CDP迭加时间剖面, 图上反射时间随炮点数逐渐增加。特别是在炮点204至390(炮点间距为110英尺)的整条测线上, 从1685毫秒到1730毫秒, 高质量峰值的旅行时几乎呈线性增加。由测井曲线已知, 这种正的时间倾角确实不表示反射面的真正深度特性, 尤其可以相信, 炮点270和320之间的反射深度几乎不变, 而示于图1的常规地震时间剖面上, 明显地有20毫秒(即1697到1717毫秒)的时间倾角。对该地震测线作重新处理的唯一理由是设法解决深部构造问题。

初始地层模型估计的零炮检距时间, 是通过贯穿整个CDP迭加剖面的5个地震波的数字化获得的。在炮点270(见图2), 最深的4组波对应于在980毫秒处的波谷, 在1280, 1697和1925毫秒处的波峰。剩下的一个同相轴在大约690毫秒处, 由于早期地震资料质量很差而没有包括其它浅层同相轴。为便于近地表“静校正”时间异常的解释, 允许在550英尺深度以上的浅层速度既有缓慢的也有迅速的横向变化。为完成初始地层模型, 在550英尺以上的初始层速度假定为5500英尺/秒, 往下的层速度为5500, 6880, 7000, 8250, 8980, 9000英尺/秒。

将完整的地层反演程序应用于地震资料, 对最终改进的速度-深度模型进行射线追踪, 以便提供把CDP道集中的每道校正到它的相应零炮检距所要求的NMO。所得到的CDP迭加剖面示于图2, 与图1唯一不同的是采用这种地层模型估计和NMO校正程序。虽然图2表示最佳迭加形式的零炮检距剖面, 但它仍然是一个时间剖面, 其中每个具体反射同相轴本身包含着通过上覆介质的全部传播时间异常。这些异常是通过使用上面导出的最终速度-深度模型将时间剖面校正到深度剖面而被消除的。为了便于与图1和图2作比较, 利用平均横向不

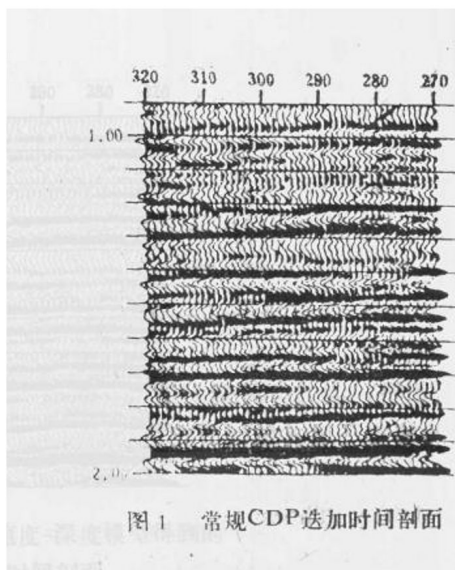


图1 常规CDP迭加时间剖面

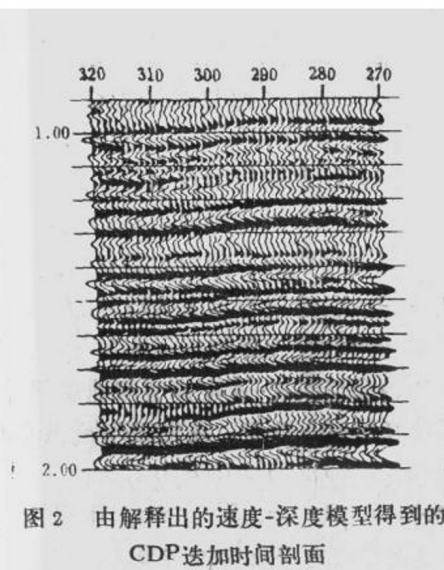


图2 由解释出的速度-深度模型得到的
CDP迭加时间剖面

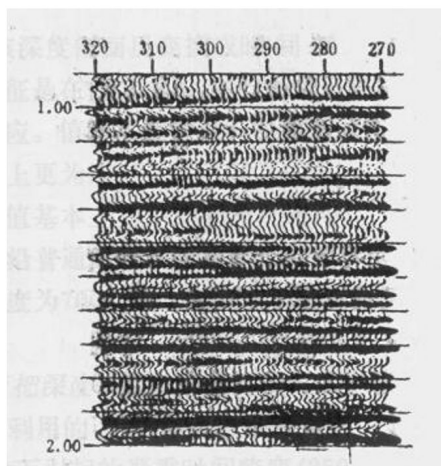


图3 用平均时间-深度函数将深度
剖面转换成的时间剖面

变的速度-深度函数,将该深度剖面反变换成时间剖面,示于图3。明显的特征是在图3中展示了较图1普通迭加改善了的迭加响应。值得注意的是,全部振幅较强,高频分量在横向上更为连续。更有意义的是在图3中1710毫秒处的峰值基本上为平的倾角,这与测井资料一致。与图1中沿普通时间剖面的20毫秒变化相比较,相当于平均速度为7000英尺/秒的70英尺的深度变化。

在第二个例子中,当把深度-速度反演应用于25英里●长的测线时,有可利用的良好的钻井控制,该测线具有由浅层冻土变化而引起的严重时间畸变(250毫秒)。在没有任何深度信息情况下完成深度反演,所获深度在接近基底深度13000英尺处,约偏深500英尺。在消除了这种易于解释的500英尺的绝对误差之后,发现留下的“相对”误差约30英尺。这种相对深度精度好得惊人。那种适当高质量的常规地震资料是可以提供这个精度的,至少是对于低起伏地形的情况是如此,这点将由Cook, Empoliti和Storrin在第二次静校正和速度会议上介绍的史例加以证实。

前景

我们可以预料,旅行时反演成物理深度-速度模型将成为适当勘探区域的半标准技术。显然将会严格强调精度和可获得的深度分辨率。从逻辑上来看,深度-速度模型将成为更多的特殊处理的起点,例如迭前深度偏移、3D深度偏移和弹性反演。稍从不同方向来考虑,我们可推测,层速度估计将在探明过压条件和构造总体岩性变化工作中起作用。这种更广泛的速度解释及其与特殊地质环境的关系是Carter, Fisher和Thomas在这次会上早些时候介绍的课题。

● 1英里=1509.344米——译注。