

美国勘探地球物理学家学会 第63届年会论文集

中国石油天然气总公司 科技情报所 译
地球物理勘探局
地质矿产部石油物探研究所情报室

石油工业出版社

美国勘探地球物理学家学会

第63届年会论文集

中国石油天然气总公司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

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书系美国勘探地球物理学家学会于1993年9月在美国首都华盛顿召开的第63届年会上所发表的详细论文摘要选译本。内容包括井中地球物理学、计算技术、开发和采油地球物理学、地震采集、地震反演、地震敏感性、地震偏移、地震处理和专题研究等方面的最新研究成果。此书可供地球物理勘探工作者和有关院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

美国勘探地球物理学家学会第63届年会论文集/
中国石油天然气总公司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
—北京:石油工业出版社,1994.

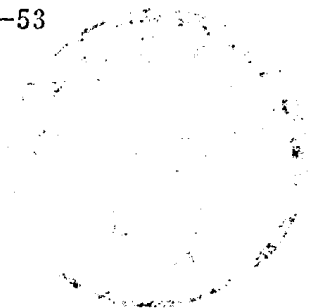
ISBN 7-5021-1308-8

I. 美…

II. ①中…②地…

III. 地球物理勘探—年会—美国—论文集

IV. P631—53



石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里2区1号楼)

石油地球物理勘探局制图厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开 41印张 1050千字 印1—1500

1994年12月北京第1版 1994年12月北京第1次印刷

定价: 40元

序

美国勘探地球物理学家学会 (SEG) 年会 63 届论文集的编辑出版自 54 届算起至今已是第 10 集了。10 年来, 石油工业出版社、中国地质矿产部石油物探研究所情报室和中国石油天然气总公司地球物理勘探局科技情报所携手合作, 持续地系统跟踪报导和介绍了西方勘探地球物理学界的新成果、新方法、新技术和新经验, 为我国勘探地球物理学界提供了一部有价值的系列参考资料。SEG 年会论文集的翻译出版一直得到国内勘探地球物理学界和广大读者的普遍关注和支持, 以致在经费短缺的情况下仍能继续出版发行。为此, 我们表示由衷的感谢。

SEG 年会 63 届论文集中译本共选编了 9 个方面 21 部分 180 余篇论文。系统介绍了地震数据采集、处理和解释领域中的新技术、新方法。尤其突出了计算技术、开发和采油地球物理学、地震岩性、地震处理和反演。并介绍了有关专题研究的动态和方向。

在本论文集中, BG1、BG4、CT1、CT2、CT4、DP1、DP2、DP3、SA2、SI1 由中国石油天然气总公司地球物理勘探局科技情报所组织翻译, 由牛毓荃、金福锦、孙忠勤和张淑敏同志负责审校。SI2、SI4、SL2、SL3、SL5、SM2、SM3、SM7、SP3、SP4、WS1~5 由中国地质矿产部石油物探研究所情报室组织翻译, 由翁史炆、游有志、李小秋、曹映月负责审校。

金福锦

1994.5.25

目 录

井中地球物理.....	(1)
BG1 井中地球物理1: 井间地震采集/管波压制.....	(3)
BG1.1 多盘型井下震源的特性试验.....	(3)
BG1.2 高分辨率全波场井中地震数据快速采集.....	(6)
BG1.3 TVSC: 井间数据的双 VSP 模拟, 低成本监测 EOR 过程的策略.....	(11)
BG1.4 单井剖面仪和管波的压制.....	(18)
BG1.5 用于井间地震的管波压制器.....	(21)
BG1.6 消除井间地震数据中的空间假频管波.....	(25)
BG1.7 对管波和面波进行子波滤波.....	(29)
BG1.8 在井间地震反射处理中用 3D 滤波进行波场分离.....	(33)
BG4 井中地球物理学4: 井间层析成像 I.....	(37)
BG4.1 反射成象的 Friendswood 井间地震资料处理.....	(37)
BG4.2 井间地震资料的声波动方程旅行时和波形反演.....	(39)
BG4.3 井间地震资料的约束克希霍夫偏移.....	(43)
BG4.4 实际资料的井间逆时偏移.....	(46)
BG4.5 井下速度结构的波形反演.....	(48)
BG4.6 最小平方井间偏移.....	(52)
BG4.7 井间地震资料 3D 效应的评估.....	(56)
BG4.8 井间层析成象的动态平滑.....	(60)
计算机技术.....	(67)
CT1 计算技术1: 地质模型表达和插值.....	(69)
CT1.1 运用三维模拟进行三维勘探设计.....	(69)
CT1.2 运用刚性地块近似进行断面最小平方最优化.....	(72)
CT1.3 三维空间断层岩体计算机作图的新方法.....	(77)
CT1.4 建立三维地震的复杂地层.....	(78)
CT1.5 三次褶积插值的地球物理应用.....	(80)
CT1.6 使用离散平滑内插法模拟复杂的三维非均匀介质.....	(85)
CT1.7 使用拓扑目标建立三维深度偏移速度模型.....	(88)
CT2 并行计算.....	(93)
CT2.1 并行一步法三维 偏移.....	(93)
CT2.2 网络并行三维相移法偏移.....	(95)
CT2.3 三维叠前 Kirchhoff 偏移: 在工作站上并行 计算.....	(100)
CT2.4 在 CRAY T3D 大规模并行处理器上的预调节迭代三维有限差分深度偏移或模型 计算.....	(105)
CT2.5 地震反演程序的循环级并行化.....	(109)
CT2.6 抛物线 Radon 变换的并行计算: 共中心点预处理上的 应用.....	(114)
CT2.7 采集地形不规则情况下的数据做并行波动方程基准面 校正.....	(118)
CT4 模式识别神经网络.....	(123)
CT4.1 模式识别: 油藏识别原理及 应用.....	(123)
CT4.2 自动拾取同相轴 系统.....	(127)

CT4.3	走向更加健全的神经网络初至波和层位拾取系统	(131)
CT4.4	识别一次反射波的神经网络	(135)
CT4.5	地震反射模式稳健识别的神经网络	(138)
CT4.6	用神经网络进行地震属性的标定	(142)
CT4.7	用人工神经网络系统进行地球物理解释: 可行性研究	(145)
CT4.8	用前馈神经网络进行储层描述	(150)
开发与采油地球物理学		(155)
DP1	开发与采油地球物理	(157)
DP1.1	采用油层增产措施过程中的宽带微地震观测	(157)
DP1.2	利用锥面波进行压裂微地震成象	(161)
DP1.3	新墨西哥州 Cedar Hill 地区 9 分量三维数据集的横波偏振分析	(166)
DP1.4	新墨西哥州圣胡安盆地 Cedar Hill 煤层甲烷气藏的多分量三维储集层描述	(169)
DP1.5	艾伯塔煤层各向异性的一个综合 VSP 实例	(171)
DP1.6	地震指导储集层特性评价	(175)
DP1.7	用多元高斯分段技术根据储集层特性标定地震资料	(179)
DP1.8	储集层特征描述: 地震特性法	(183)
DP2	开发和采油地球物理学	(189)
DP2.1	加拿大 Bakersfield San Emidio 油田井间地震反射和 (或) 绕射层析成象	(189)
DP2.2	综合性储集层特征描述: 层析成象之后	(192)
DP2.3	井间连续测井对油气田的应用	(199)
DP2.4	井间地震数据的简单叠前偏移	(203)
DP2.5	下套管井固井的井中地震震源	(208)
DP2.6	井间地震数据的偏移	(212)
DP2.7	由于震源置于层状地层中所引起的充满流体的井中压力	(216)
DP2.8	拾取三分量地震数据中初至的方法	(221)
DP3	开发和采油地球物理学	(226)
DP3.1	地球物理学: 储集层描述和储集层监测的潜力及约束	(226)
DP3.2	用概率油田模拟进行油藏描述	(226)
DP3.3	用于地震监测热力采油的谱分析法	(227)
DP3.4	强化热采过程中反射地震波场的成象	(230)
DP3.5	浊积岩油藏的随机模拟技术的实际应用	(235)
DP3.6	储集层非均质性随机模型: 对连通性及平均渗透率的影响	(236)
DP3.7	结合地震资料和流体特性曲线确定油藏边界	(236)
DP3.8	加蓬安圭拉海上油田深水扇储集层研究: 从地质到随机模型	(241)
DP3.9	加蓬安圭拉海上油田深水扇储集层研究: 随机模拟研究及进展	(242)
地震采集		(243)
SA1	海上采集	(245)
SA1.4	垂直海洋检波器组合在跨越放炮中的应用: 南 Marsh 岛的试验	(245)
SA1.5	利用海上拖缆和海底电缆相结合的方法来扩大近海施工的范围	(248)
SA2	陆上采集	(253)
SA2.1	质量改进——贯穿整个地震勘探过程	(253)
SA2.2	用地震检波器和水听器衰减挠曲冰波和随机噪声	(256)
SA2.3	P-SV 采集设计和 P-SV 零炮检距剖面的概念	(259)

SA2.4	使用多分量地面地震测试排列进行噪声分析	(262)
SA2.5	可控震源多源同时记录的应用	(266)
SA2.6	改革和机动性: 路易斯安那州南部西海湾油田过渡带三维勘探成功的关键	(268)
SA2.7	加蓬 Gentil 港湾内及周围陆地和过渡带三维地震勘探的一个史例研究	(271)
SA2.8	落基山地的宽线剖面地震	(273)
地震反演		(277)
SI1	算法、约束与优化	(279)
SI1.1	稳定可重复反演的共轭梯度迭代改进型	(279)
SI1.2	如何估计由解释出的偏移同相轴计算出的旅行时数据的可靠性	(286)
SI1.3	含多支波层析成像: 如何处理含噪声资料	(293)
SI1.4	在反射层析成像中模拟速度场的先验信息	(298)
SI1.5	地震反演的几何约束	(303)
SI1.6	地质信息的概率描述	(307)
SI1.7	偏移和(或)反演的互换性及最优化方法	(310)
SI1.8	消除散射面波的迭代逆散射法	(317)
SI2	旅行时反演	(323)
SI2.1	弯曲射线层析成像的可能性和限制: 合成数据研究	(323)
SI2.2	折射数据的反演和成像	(327)
SI2.3	利用地面炮点道集的反射波进行约束走时反演	(329)
SI2.4	用界面网格射线追踪方法使非线性走时反演规则化	(336)
SI2.5	非射线追踪曲线旅行时层析成像	(340)
SI2.6	SISTRE项目: 利用反射层析成像法确定复杂地质构造的速度	(342)
SI2.7	非均匀横向各向同性介质弹性常数的层析估计	(346)
SI2.8	根据反射波拾取值对速度和构造进行非线性最优化	(351)
SI4	速度估计	(356)
SI4.1	用剩余叠前偏移法估算层速度	(356)
SI4.2	用炮点延拓算子进行共炮点速度分析	(360)
SI4.3	用截断奇异值分解进行速度分析	(364)
SI4.4	由精确时间偏移产生的平滑速度—深度模型	(369)
SI4.5	时间域相位反演	(371)
SI4.6	多网格法和梯度法相结合求解地震反演问题	(375)
SI4.7	遗传算法和线性反演算法联合用于地震波形反演	(380)
SI4.8	利用微分相似性的最优化方案确定速度模型	(385)
地震岩性		(391)
SL1	速度	(393)
SL1.1	地压突变起始点: 是孔隙压力随深度变化的多井采样的一种人为假象吗?	(393)
SL1.2	钻前地压检测和评价的地球物理方法	(395)
SL1.3	根据硅质碎屑岩的岩石物理学分类由声波速度预测岩性和储层特性	(399)
SL1.4	横波速度估算	(403)
SL1.5	火山岩中声测井速度与 VSP 速度的差异	(407)
SL1.6	多分量 V_p/V_s 的相关分析	(411)
SL1.7	用井间地震数据分析 V_p/V_s	(416)
SL3	岩石物理学—裂隙	(421)

SL3.1	裂隙密度范围: 地壳岩石裂隙的状态	(421)
SL3.2	裂隙固体超声速度测定: 实验与理论	(425)
SL3.3	大裂隙对岩石声学特征的影响	(428)
SL3.4	垂向延伸裂隙对反射振幅的影响: 一项振幅与偏移距关系的研究	(432)
SL3.5	重结晶和热力蚀变盐的地震各向异性: 碳酸钾矿的一次高分辨率试验	(435)
SL3.6	粒状介质的孔隙度、渗透率和声波速度	(438)
SL3.7	确定随单程旅行时和频率而变化的平均衰减系数的方法	(443)
SL3.8	部分饱和石灰岩中频率和流体分布对声速的影响	(445)
SL5	速度应用	(450)
SL5.1	用三维弹性模拟加非线性反演精细处理进行井中—地面地震数据标定	(450)
SL5.2	根据地震同相轴上拉求取储层速度: 一种新的地震 DHI 方法在爪哇海地区的应用实例	(543)
SL5.3	根据折射波至建立逆掩断层速度模型	(455)
SL5.4	北海丹宁中部海槽的优化深度转换	(459)
SL5.5	用归一化速度—岩性关系监测深度转换	(464)
地震模拟与偏移		(471)
SM2	叠前偏移	(473)
SM2.1	叠前深度偏移运动学	(473)
SM2.2	动态程控旅行时法叠前深度偏移	(478)
SM2.3	墨西哥湾小岩丘构造基于模型的深度偏移	(481)
SM2.4	应用于北海资料的共偏移距和共角度叠前深度偏移	(484)
SM2.5	地震模拟和叠前深度偏移的克希霍夫法	(487)
SM2.6	二步法三维叠前深度偏移	(492)
SM2.7	叠前二维和三维面积炮点记录偏移	(495)
SM2.8	交互叠前深度偏移	(499)
SM3	层状介质中的波	(503)
SM3.1	用于薄层介质 P—SV 波分析的高阶准静态理论	(503)
SM3.2	用于一维波传播分析的动态等效理论	(506)
SM3.3	薄层状介质中波的传播: 一种参数法	(510)
SM3.4	水平偏振横波的渐近分析和广义射线分析的比较	(515)
SM3.5	半空间垂向力情况下的精确合成地震记录	(519)
SM3.6	慢度—时间截距域中的声波地震模拟	(521)
SM3.7	随机层状 1-D 声学介质中与频率有关的地震波各向异性	(525)
SM3.8	用于垂向不均匀构造的数值积分法	(528)
SM7	偏移速度	(531)
SM7.1	多次反射偏移	(531)
SM7.2	广义 f-k 偏移的一种替代方法	(535)
SM7.3	地层本征波型分解二维偏移	(538)
SM7.4	使用快速旅行时算子的偏移	(543)
SM7.5	3-D 稳健 (Robust)、有效的逆风有限差分旅行时计算	(546)
SM7.6	绕射叠加偏移中的多次加权	(551)
SM7.7	有限差分旁轴波动方程偏移实现过程中干扰的有效滤除	(554)
SM7.8	变化介质中的解析延拓偏移	(559)

地震处理	(563)
SP3 静校正/插值	(565)
SP3.1 用 WIM 方法对地壳勘查作深部静校正	(565)
SP3.2 长波长静校正、均方根速度和视构造之间联接的公式	(569)
SP3.3 折射—反射综合叠加剖面：大西洋沿岸平原沉积层中断层的追踪	(572)
SP3.4 密西西比三角州三维地震数据处理史例	(577)
SP3.5 在工作站上实现三维折射静校正	(582)
SP3.6 利用预测误差滤波模拟 (PEFS) 的内插方法	(586)
SP3.7 三维 f-x-p 域道内插	(590)
SP4 噪声压制	(594)
SP4.1 应用 T-K 和 F-X 滤波去除地震数据中的相干噪声	(594)
SP4.2 F-X 域中自适应倾角滤波法	(598)
SP4.3 三维叠后数据的预测滤波	(601)
SP4.4 应用相异 τ -p 变换压制叠前噪声	(605)
SP4.5 相干噪音的识别和特征表述	(609)
SP4.6 一种用于地震数据自动编辑的有效算法	(614)
专题研究	(619)
WS1 研究的风险与价值	(621)
WS1.0 研究的风险与价值	(621)
WS2 盐下沉积构造的成象	(622)
WS2.0 盐下沉积构造的成象	(622)
WS2.1 墨西哥湾沿岸盐丘的形状和三维成象的必要性	(622)
WS2.2 盐丘下方的迭代三维偏移法成象	(623)
WS2.3 用三维深度偏移实现墨西哥湾复杂盐丘构造的地震成象	(626)
WS2.4 深度偏移是否为获取最佳结果的关键史例介绍	(628)
WS2.5 海上垂直电缆的盐丘探测	(633)
WS2.6 利用深度偏移的盐丘成象	(634)
WS2.7 墨西哥海湾岸区盐穿刺构造下的成象：一个处理实例	(634)
WS2.8 用三维深度偏移和三维地震模拟研究墨西哥湾某一盐岩的盐下反射	(636)
WS3 1993年勘探和开发讨论会综述：储层特性的地球物理测量	(639)
WS3.0 1993年勘探和开发讨论会综述：储层特性的地球物理测量	(639)
WS3.1 从非均匀层状储层的随机地质描述到生产预测	(639)
WS3.2 储层开采监测：岩石物理基础	(640)
WS3.3 利用实验室和野外标定预测砂岩强度	(640)
WS3.4 地震图象分析和油藏模拟应用于油藏监测	(641)
WS3.5 确定性和不确定性的辩证统一	(645)
WS4 环境地球物理的进展	(646)
WS4.0 环境地球物理的进展	(646)
WS5 2000年解释的新概念	(647)
WS5.0 2000年解释的新概念	(647)
WS6 下一次浪潮：在合作和联合新文化环境中的技术研究	(648)
WS6.0 下一次浪潮：在合作和联合新文化环境中的技术研究	(648)

井中地球物理

BG1 井中地球物理1: 井间地震采集/管波压制

多盘型井下震源的特性试验

BG1.1

Yoshiro Ishii*, Japan National Oil Corp., Kimio Ogura,
Masayoshi Yoshimura, and Takeichiro Ohhashi, OYO Corp.

摘要 多盘型井下震源, 作为有效的非炸药型震源业已开发。为获取该震源的某些特性, 进行一些试验。作为试验结果, 揭示了如下几点: (1) 盘的直径越大, 声压力就越大; (2) 虽然盘数和盘间隔可能不影响声压力, 但它们似乎影响着激发模式; (3) 影响声压幅度的不仅是弹簧的势能, 而且还有重锤的质量; (4) 所产生的波的频率成分可能随重锤质量等因素而变。另外, 当震源置于第三系软砂岩地层中, 离开震源 400 米左右还可检测到信号。这些结果对于开发更强有力的震源具有指导意义。

引言

称作“OWS”的多盘型地震震源作为一种可应用于地震层析成像的震源业已开发出来 (K. Ogura 等, 1992)。为了改进这种源震以适用于大规模的测量, 要求了解该震源的基本特性。图 1 为工作原理示意图。重锤借助弹簧力撞击平板, 便在盘间井液中产生压力脉冲。这种压力脉冲作用到井壁, 便产生弹性波。这样, 所产生的弹性波的振幅和频率应受弹簧常量 (K)、弹簧压缩量 (X)、重锤质量 (Mh)、盘直径 (a)、盘间隔 (d)、和盘数等因素的影响。我们试验了这些因素对震源特性的影响。

盘数

曾作过小井距井间测量来研究盘数对震源特性的影响, 接收器用水听器。场地的地质为 Alluvium 粉砂岩, 井间距为 2 米左右。图 2 为震源的声压幅度与盘数间关系图。图中横坐标为盘数, 纵坐标为初至振幅。改变盘数, 必然改变图 1 中的 L 。对应 74 盘的长度为 40 厘米。减掉一个盘约减少 0.5 厘米。在

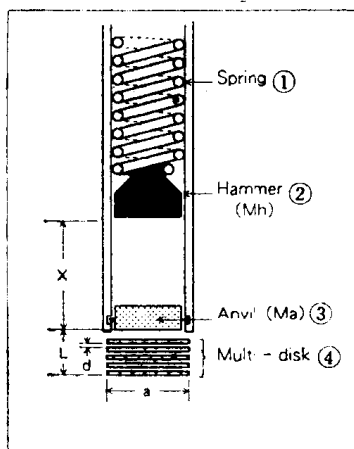


图 1 解释工作原理的示意图

①弹簧; ②重锤 (Mh); ③平板 (Ma); ④多盘

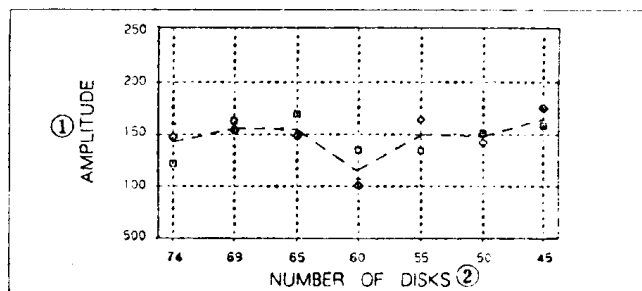


图 2 声压幅度与盘数之间的关系

①声压幅度; ②盘数

图 2 中, 未见到振幅与盘数之间的有意义的关系。用振幅谱, 也没有发现明显关系 (这里未显示)。基于这个事实, 就该图所指示的范围来说, 盘数或长度 (L) 对振幅和频率特性不应

有影响。图3显示出盘数为100的和为22的震源之间激发模式的比较。这一结果的测量值是用固定的水听器位置和移动的震源获得的。震源间隔为0.5米。具有100盘的震源的振幅

辐射图似乎具有指向水平方向的振幅辐射，而在具有22盘的震源的辐射图中这种方向性似乎不明显。这样，我们认为盘数对震源的激发模式有影响。

重锤质量

除接收器用推靠式三分量井下检波器代替水听器之外，在与上述相同的条件下，比较了改变重锤质量的试验结果。在重锤质量为650克、撞击平板的速度为26米/秒的情况下，震源的能量为220焦（ $X=0.40$ 米）；而当重锤质量为1500克时，相应的参数分别为160焦（ $X=0.34$ 米）和14.5米/秒。换言之，在这种情况下，大质量对应着低能量和低速度。该试验结果表明，质量为

1500克时的振幅比质量为650克时的振幅大30%。只要提供相同的能量，那么大质量重锤就能产生较大的声压力。正如图1所示的那样，是平板将撞击力直接传给圆盘从而在井孔中产生压力脉冲的。所以可以认为，平板的速度关系到波产生的效果。

盘直径和重锤质量

在日本国家石油公司（JNOC）的试验场内，我们对两种盘直径（60毫米和92毫米）分别与两种重锤质量（650克和1500克）的四种组合进行了试验对比。场地地质为第三系粉砂岩。进行的测量为井间地震。震源放在一口井中的30米深度处，而在另一口井中的17米深度处放置水听器。两井间距为30米。由测量结果确定的初至振幅如表1所示（振幅以“帕”为单位）。由具有1500克重锤的震源得到波振幅约为由具有650克重锤得到的振幅的1.1~1.2倍。这一结果与上述结果一致。另外，直径从60毫米变到92毫米时，其振幅也增大到1.1~1.2倍。换句话说，盘面积越大，产生有效的声压力越大。同样，重锤质量越大也有类似的结果。

表 1

盘 直 径 (mm)	振 幅(Pa)	
	质 量 650g	质 量 1500g
60	1.2	1.3
92	1.3	1.6

图4为初至附近的傅里叶谱。主分量为300~1000赫。详细看，从800赫到2000赫的较高频率分量在1500克重锤情况下的振幅比60克重锤的更强。这样，较重的重锤质量可以产生较强振幅和较高频率的声压，即使相应的能量较小。这个结果表明，平板运动应与产生声压的机理有关，较重的重锤质量将产生较高的运动速度。

应用改善的机型进行野外试验

增大弹簧势能，自然就产生较大声压。作为试验基本结果，如果供给相同的势能，那较大的重锤质量和较大的圆盘直径会产生较大的声压，尽管重锤的速度变低。另外，平板质量也关系到声压。基于这些认识，我们制作了一个样机来产生该野外试验的较大声压。在这个样机中，弹簧的压缩量有三级变化，由此可得到能量与声压之间的关系。重锤质量为 3.3 公斤，是基本试验中先前机型的 2.2 倍。平板比前一机型轻 3/4，但圆盘直径保持 92 毫米不变。

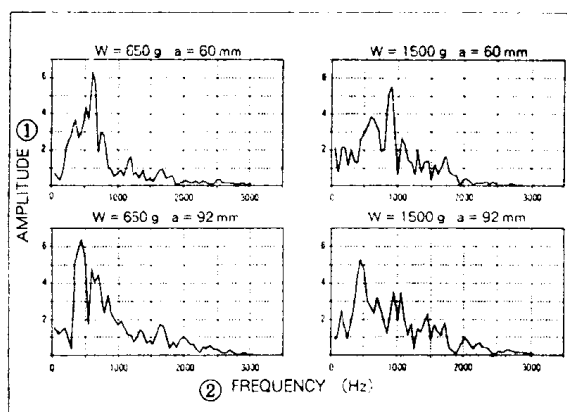


Fig 4 Fourier spectra in the vicinity of the first break.

图 4 初至附近的傅里叶谱

① 振幅；② 频率

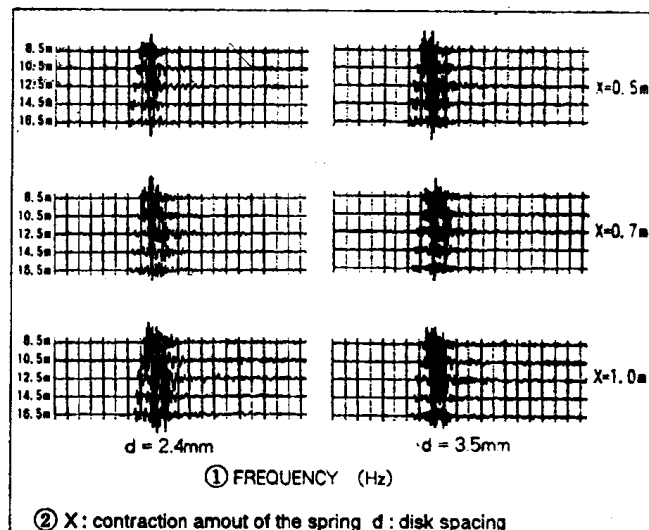


图 5 对应几种弹簧压缩量和盘间距的波形记录例子

① 频率 (赫)；② X: 弹簧压缩量, d: 盘间距

用这种震源作为试验，在 JNOC 试验场的相同井孔中进行。间隔为 2 米的水听器排列置于 8.5 米到 16.5 米的井深范围。震源深度为 30 米和 50 米。试验了两种这类震源，一个具有 2.4 毫米间隔的圆盘，另一个具有 3.5 毫米的间隔。图 5 为该试验得到的记录例子，其震源深度为 30 米。为便于比较，这些记录分上、中、下排列，分别对应弹簧压缩量 (X) 为 0.5 米、0.7 米和 1.0 米。另外，左面的记录对应于 2.4 毫米的圆盘间隔，而右列对应 3.5 毫米的间隔。

图 6 为检波深度 16.5 米的波形的傅里叶谱，观测布置与图 5 相同。与图 4 相比，主频向高频稍微移动，这种结果被认为是平板重量轻所致，并表明频率可以控制到某种程度的可靠性。在图 6 中，盘间距 2.4 毫米和 3.5 毫米的结果没有明显差别。

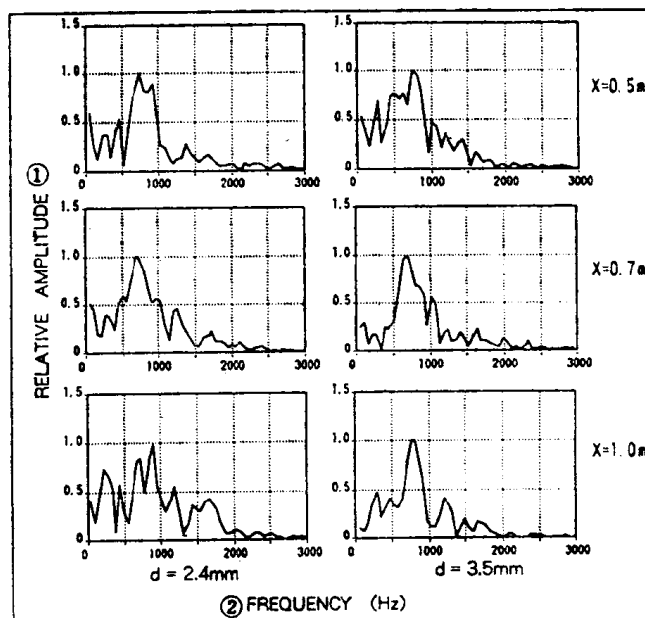


图 6 深度为 16.5 米的波形的傅里叶谱

① 相对振幅；② 频率 (赫)

图 7 为振幅与弹簧势能之间的关系，其振幅值是根据波形记录初至振幅读出的。在该图中，绘出了

每个盘间隔 (d) 和震源深度 (D) 的振幅平均值。依振幅与距离成反比的假设, 将深度为50米的振幅转换成深度为30米时的相当值。由该图可见, 2.4毫米和3.5毫米间距的振幅之间没有明显的差别。换言之, 盘间距对声压以及谱没有明显的影响。

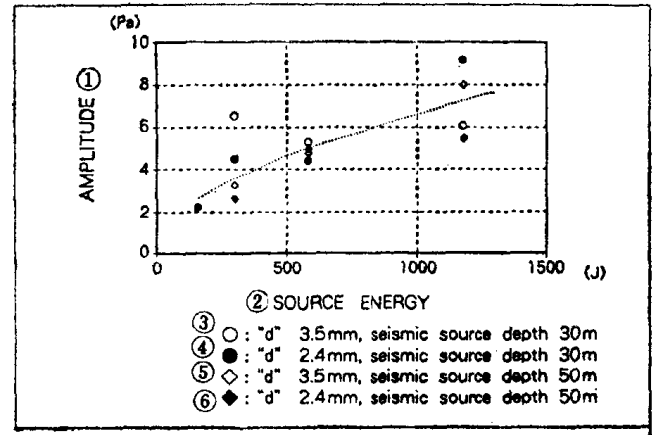


图 7 振幅与势能间的关系

①振幅; ②震源能量; ③ "d" 3.5毫米; 震源深度30米;
 ④ "d" 2.4毫米; 震源深度30米; ⑤ "d" 3.5毫米, 震源深度50米; ⑥ "d" 2.4毫米, 震源深度50米

结论

总的来说, 由震源激发的声压随弹簧能量的平方根增加, 可以说, 通过增大的质量或盘的直径能使声压力增强百分之几十, 而不需增大势能。这些试验结果对开发出更有力的井下震源是有指导意义的。就采用1200焦能量进行试验所用的样机而言, 在第三系软砂岩层中, 大致在400米的范围内可检测到初至。应该说, 我们已经证明了这种震源具有实用性, 且有可能扩展成更强有力的震源。

孙志勤 译

图7中的点线表示声压正比于能量平方根的关系。虽然可以见到一些散点, 但总的趋势还是符合这条曲线的。换言之, 振幅随着所期望的能量幅度而变化, 未见到诸如由于能量损失而造成的不连续成饱和现象。

我们尝试把震源进步下沉时采集数据。图8为这种情况下获得的记录, 其是检波器深度为16.5米时测到的波形。在较大深度时显然信噪比好像变差, 但初至仍可追踪到410米。这时的震源为对应于X=1.0米的1200焦能量的震源。

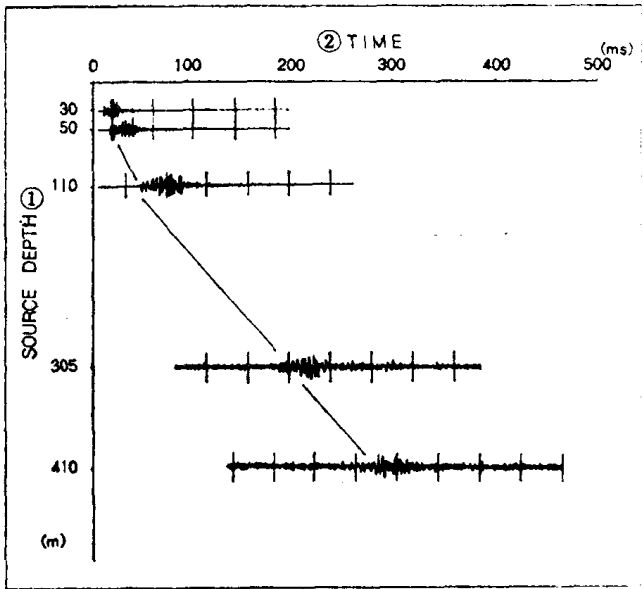


图 8 当震源下沉更大深度时波形记录的例子
 ①震源深度(米); ②时间(毫秒)

高分辨率全波场井中地震数据快速采集

BG1.2

Gerard E. Snee*, Richard S. Harding, Jr., Sandia National Laboratories, John W. Fairborn, and Bjorn N. P. Paulsson, Chevron Petroleum Technology Co.

摘要 不论是在垂直地震剖面 (VSP) 还是井间地震剖面 (CHSP), 其基本要求是迅速采集高分辨率地震数据。另外, 应用三分量检波器进行全波场记录能使我们在最终的地下地震成像中利

用透射波和反射波。为此,圣地亚国家实验室(SNL)和 OYO Geospace 设计和开发了先进的三分量多级井下地震接收系统。该系统由多级三分量推靠检波器采集数据并由遥测发射器将数字数据实际地传送地面。由于测点的多重性和实时数据传输,井下地震测量的采集时间大大缩短。在雪伏龙 La Habra 试验场对该系统进行了试验,采用雪伏龙公司的推靠式轴向井中可控振动器作为震源。应用四级型先进的接收系统采集了几个震源检波器器扇(即共炮点或共检波点道集——译注)。为了作比较,应用普通的模拟推靠检波器采集了相应的数据。试验数据表明了用多级检波器比普通检波器有若干优点,即改善了信噪比,增大了信号带宽,可检测到多个反射层,测量时间快 4 倍。

引言

为采集全波场井中地震数据,其常规的单检波器方法是在测量井中布置一个推靠的三分量检波仪。通常将该井下仪固定在一个具体深度位置来采集由地面震源(VSP 型)或附近另一口井中的震源(CHSP 型)所产生的波场。然后将检波仪移动到另一深度位置以便采集全地震波场。一旦全地震波场被采集,便可以应用如层析成像或井间反射处理等成像技术了。该方法的一个明显的局限性是由于频繁地移动井下仪而要消耗很多时间。当在生产井中进行测量时,要消耗许多时间移动检波器这一特性势必造成长时间关井,因此延误生产。所以人们迫切希望一种多级检波系统,其能布置在多个深度上并可在这些深度上同时对地震波场采样。

以前有关开发多级地震检波器的努力概括在 Hardage, B. A. (1992) 的文献中。以前的多级检波器有两种类型:一种是流体耦合的压力检波器;一种是推靠式三分量检波器。虽然多级压力检波器具有采样布置简单和频率响应高的优点,但它们缺乏推靠传感器那种矢量波场测量的能力。另外,压力检波器受接收井中管波和流体产生的噪音的严重影响。相反,从前开发出的多级推靠检波器都受到频率响应的限制。它们有两个明显的缺欠,即锁定的频率谐振在 200 赫左右,且井下采样速度低。这样,至今所提出的所有多级推靠检波器能较好地应用于从震源到检波器传播较低频率的地震能量的地方。

本项目的目的是研究和实际演示适用于快速采集高分辨率三分量 VSP 和 CHSP 数据的推靠多级检波系统。为了提供宽带的测量结果,应用了具 1000 赫以上的谐振频率的推靠检波器。另外,为实现高采样率,我们实现了井下数字化到地面的光缆传输。光纤电缆是快速采集数据的关键,因为常规 7 芯电缆传输要求以高采样率缓冲寄存的井下数据。

这种有效的采集系统布置在雪伏龙公司的加利福尼亚试验场,以快速方式采集宽带井间地震数据。用多级检波器采集共炮点扇。为作比较,应用单级井下检波仪采集了类似数据。

多检波器数据采集方法

图 1 为用于试验的多级地震检波器系统。该系统由多个推靠检波器组成,并与标准电缆相接。每个检波器又包括三个地震加速度仪,它们的输出由瞬时浮点(IFP)电路数字化。数字化仪的采样速率一般为每秒 8000 个样点。以这种形式可布置多达 32 个检波器(96 个加速度仪通道)。

检波器组件的数字流输出的数字数据由电缆接口装置(WIU)进行 Manchester 编码和格式化并驱动到雪伏龙的光纤电缆,以便传输到地面。数据流以 5 兆位/秒的实时速率传输到地面。光纤电缆还包括用于电源和指令信号的电子芯。该系统的一段电缆在 Angehrn J. A. 等(1987)的文章中给予了描述。在地面,数字化的光数据流被转换成电信号并进行译码和传输误差的核对。该数据实时传输到井孔数据采集系统(BHDAS),该系统为 OYO Geospace

DFM-480 的改进型。该采集系统具有常规地震仪和野外处理系统的双重功能。在采集系统中实时数据流可能进行随后的实时操作、增益、炮检距检定、叠加、滤波并储存到大容量存储器中。数据一旦存到巨型存储器后，便可以完成各种功能：在 CRT 和热敏绘图仪上显示波形，在硬盘和九轨磁带上作永久储存，作互相关，作各种 Q/A 常规处理如 FFT、噪音监测和 AGC。BHDAS 还作为井下检波器的控制系统，提供推靠马达的控制；设定采样参数，采集温度以及井下仪的诊断信息。该采集系统对操作员是一种方便用户接口，且是完全用开窗软件进行菜单驱动的。

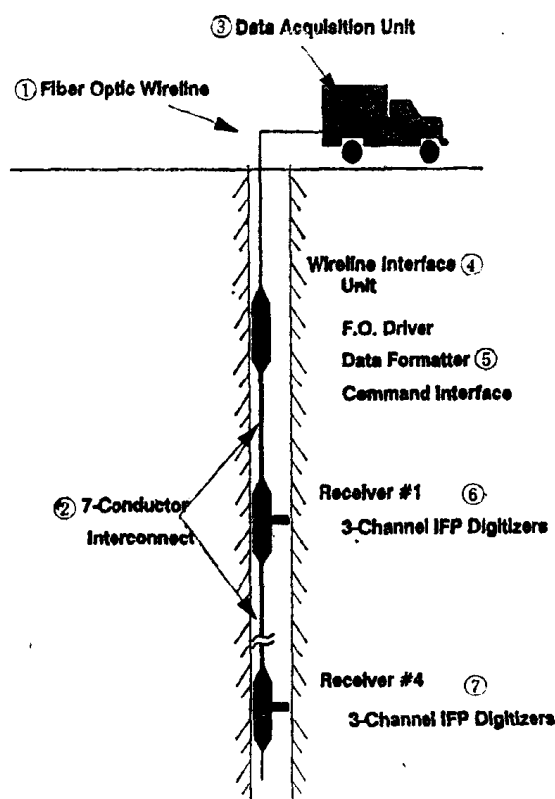


FIGURE 1

图 1 多级地震检波器系统

- ① 光纤电缆；② 7 芯电缆连接；③ 数据采集装置；
- ④ 电缆接口装置；⑤ F. O. 驱动器数据格式化和指令接口；⑥ 1 号检波器，3 通道 IFP 数字化仪；⑦ 4 号检波器，3 通道 IFP 数字化仪

的。试验目的是在应用相同采集参数情况下比较两种检波器组件的带宽、灵敏度和信噪比特征。

雪伏龙 La Habra 试验场的地质为较年轻的（中上新统）次固结碎屑岩，其特征是地震速度低（P 波速度为 5000~7000 英尺/秒）、Q 值低。井间地层视倾角约为 17 度，震源井位于构造高上。井场地面平整，潜水面约 50 英尺。震源井和检波器井之间距离为 400 英尺。两井深度都为 2000 英尺左右，均下了套管并固井，表层套管口径为 13 3/8 英寸，长 80 英尺。口径 7 英寸的套管下至井底（总深度）。每口井都作了全波形测井，密度、伽马射线和井径测井。

井间地震数据是在 100~1190 英尺井段以 10 英尺的检波器间隔记录的。接收井中充满流体，以便观测管波响应。用于该试验的震源是雪伏龙井下液压轴向可控振动器。震源固定在 500 英尺深度、10~640 赫升频扫描，时间为 7 秒。各扫描记录未进行垂直叠加。试验期间震源井为干井。

井间数据分析

图 2 为用多级检波器得到的垂直分量数据的共炮道集。图 3 为用 Wuenschel 单级检波

器采集的。数据一旦存到巨型存储器后，便可以完成各种功能：在 CRT 和热敏绘图仪上显示波形，在硬盘和九轨磁带上作永久储存，作互相关，作各种 Q/A 常规处理如 FFT、噪音监测和 AGC。BHDAS 还作为井下检波器的控制系统，提供推靠马达的控制；设定采样参数，采集温度以及井下仪的诊断信息。该采集系统对操作员是一种方便用户接口，且是完全用开窗软件进行菜单驱动的。

在下面描述的野外试验中，在一口井中布置四级地震检波器，采用实时光纤传输。数据采集比利用模拟数据传输（也是实时传输，但是以模拟型式，只限于井下三通道）的单级检波器快 3 倍。采集周期不到 60 秒，其中包括推靠检波器、采集 8 秒扫描数据和解除推靠。每个采样周期表示同时采集相间 10 英尺的 4 个检波器深度位置。通过移动多级检波器系统和震源，就可以以非常迅速的形式采集用于作层析成像的数据。

井间地震试验

在雪伏龙 La Habra 试验场的野外试验中，为作比较，由一对井孔采集了两组独立的数据集。一组是由多级检波器采集的；另一组是用 Wuenschel 单级三分量检波器采集