



中国石油天然气总公司

院士文集

中国工程院院士

李庆忠 集

中国大百科全书出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气总公司 院士文集:李庆忠集/李庆忠著.
北京:中国大百科全书出版社,1997.9
ISBN 7-5000-5870-5

I. 中… I. 李… II. 石油工程-文集 IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 18198 号

中国大百科全书出版社出版发行

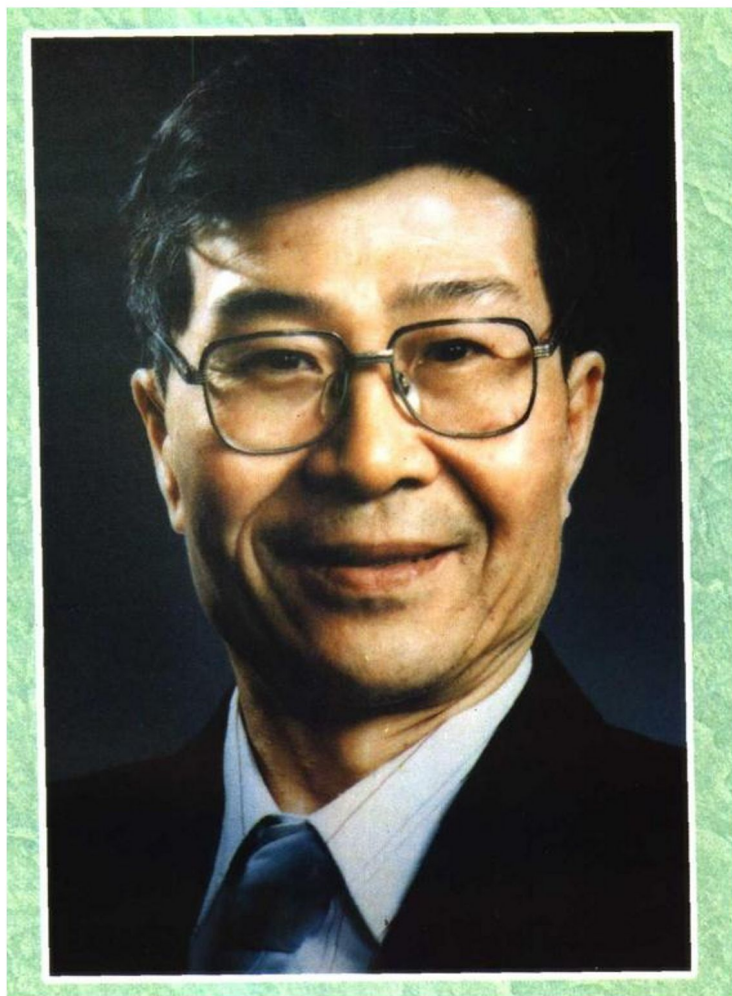
(北京阜成门北大街 17 号 邮编 100037)

北京图文印刷厂印刷 新华书店总店北京发行所经销

开本 787×1092 1/16 印张 8.25 字数 145 千字

1997 年 9 月第 1 版 1997 年 9 月第 1 次印刷

定价:114.00 元



李庆忠 1930年1月生于江苏昆山，1952年清华大学毕业。现任中国石油天然气总公司物探局副总工程师、教授级高级工程师。1995年当选为中国工程院院士。

长期从事地球物理勘探科学研究工作。1966年首次提出了三维地震勘探的方法和原理，在胜利油田获得了第一张三维归位构造图；1974年组织了第一片“束状”施工的三维地震，导致新立村油田的发现。其专著《地震波的基本性质》系统阐明了反射波、异常波及干扰波的物理特征，使地震勘探技术从几何地震学进入波动地震学。提出的“积分法绕射波扫描叠加偏移”技术，在国产150计算机上投产，成功地处理了商河西地区的资料，获得了我国第一批叠加偏移剖面。其构造成像准确、断层清晰，使该区两年内探明石油储量5400万吨。

多项成果获科技奖，其中作为主要参加者的“渤海湾盆地复式油气聚集（区）带勘探理论及实践”获1985年国家科技进步奖特等奖。

中国石油天然气总公司 院士文集

编辑委员会

顾 问 王 涛

主 任 周永康

副主任 马富才 吴耀文 史训知 李天相
金钟超

委 员 (按姓氏笔画为序)

丁贵明 王显骢 石宝珩 刘宝和

朱秉刚 牟书令 沈平平 贡华章

陆基孟 张一伟 张友韬 张嗣伟

胡见义 徐世仁 高瑞祺

序

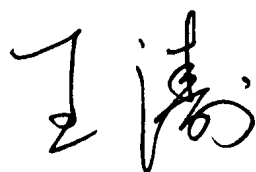
我衷心祝贺《中国石油天然气总公司 院士文集》出版发行。这套由中国石油天然气总公司系统的中国科学院、中国工程院 13 位院士撰写的文集，集中了我国石油科技理论精华，是一部反映我国石油科学技术发展的代表作。它的编辑出版，是中国石油天然气总公司重视科学技术的一个重要举措，在我国石油科技史中占有重要的地位。

新中国石油工业的发展史，是一部“两论”起家，努力创建具有中国特色的石油勘探开发理论与实践的科技发展史。众所周知，旧中国的石油工业极其弱小，解放初期全国石油产量仅 12 万吨，不及现今全国 8 小时的产量。50 年代中期，我国发现了克拉玛依油田，推动石油产量超过百万吨。60 年代，我国以大庆油田的发现和开发为标志，实现了石油自给。70 年代，渤海湾地区胜利、大港、辽河、华北、中原等油田的相继开发，推动我国原油产量在 1978 年达到 1 亿吨，跨入了世界石油大国的行列。这些年来，我国石油工业贯彻实施党中央、国务院确定的稳定东部，发展西部，油气并举，发展海上等战略方针，保持了东部地区产量的基本稳定，大庆油田在年产 5000 万吨以上连续稳产了 21 年。西部地区在新疆塔里木、吐-哈、准噶尔三大盆地取得了重大突破，开发建成了一批大型油田。在陕甘宁盆地、四川等地区新发现了一批大型气田。海洋石油形成了规模，继续保持了稳定发展。1996 年全国生产原油 1.57 亿吨，居世界第五位；生产天然气 201 亿立方米，居世界第 21 位。

这些成绩的取得，是我国广大石油职工在党的路线、方针、政策指引下，艰苦创业的结果，也包含了数十万石油科技工作者的创造性劳动。在我国石油工业艰苦创业、石油科学技术不断发展过程中，也造就了一大批理论造诣深、实践经验丰富、科研成果丰硕的石油专家、学者，两院院士就是其中的杰出代表。他们身上所体现出的热爱祖国、献身石油、勇于探索、百折不挠的精神是我们石油工业的精神财富，他们的理论与实践凝聚着建国几十年来石油科技的精华，代表了石油科技的总体水平。把两院院士们的理论著作和研究成果精选汇集出版，既是对前一历程的总结展示，又有利于后来者继承和发展。现在，13 位院士中，翁文波、童宪章、朱亚杰三位老先生业已作古，文集的出版也是对他们深深的怀念。

目前，我国石油勘探与开发工作更趋复杂和艰辛，石油工业的发展已更加依赖于石油科技的进步。在世界石油供需矛盾日趋尖锐、石油市场竞争日益激烈的

形势下，科技就是实力，谁掌握先进的科学技术，谁就是强者，谁就会赢得市场。我国石油科技工作者的历史责任重大，希望从事石油科技工作的同志们，认真地向院士们学习，努力掌握先进的科学技术，解决生产中的难题，把科技成果转化为现实的生产力，不断攀登新的高峰。祝愿我们的院士们在石油的二次创业中不断作出更多的新成果，祝愿我们石油系统涌现出更多的院士，出版更多的院士文集。

A handwritten signature in black ink, consisting of two characters: '王' (Wang) and '强' (Qiang), written in a cursive style.

一九九七年五月十五日

本书主要编辑、出版人员

总编辑	徐惟诚
社长	单基夫
副总编辑	吴希曾
主任编辑	程力华

策划	张友韬	孟军
责任编辑	张友韬	
封面设计	高原	
责任印制	徐崇星	

目 录

序	(1)
东辛油田地震勘探历程——一个复杂断块构造的三维地震解释 实例 (1979)	(1)
陆相沉积地震地层学若干问题 (1986)	(17)
我国石油地球物理勘探今后的发展方向 (1993)	(57)
对地震勘探的分辨率、信噪比与保真度的再认识 (1994)	(67)
用剔除拟合法求纵波正入射剖面——一种取代水平叠加的处理 技术 (1994)	(77)
近代河流沉积与地震地层学解释 (1993)	(100)
编后	(119)

Content

Preface	(1)
A Case History of Seismic Survey on Dong-Xing Oil Field —A Practical Example of 3—D Seismic Interpretation on a Complex Fault Block Structure (1979)	(1)
Some Problems in Seismic Stratigraphic Interpretation of Continental Formation (1986)	(17)
Prospect of Oil Geophysical Prospecting in China (1993)	(57)
New Understanding About Seismic Resolution, Signal-to-Noise Ratio and Amplitude Preservation in Seismic Prospecting (1994)	(67)
Producing a Normal-Incident P-Wave Section by Deletion Fitting Method: a Processing Techinque for Replacing Horizontal Stack (1994)	(77)
Recent River Sediments and Seismic Stratigraphic Interpretation (1993)	(100)
Editors' Words	(119)

东辛油田地震勘探历程

——一个复杂断块构造的三维地震解释实例

A Case History of Seismic Survey on Dong-Xing Oil Field

—A Practical Example of 3-D Seismic Interpretation on
A Complex Fault Block Structure

摘 要 东辛油田是一个典型的断块复杂构造。在这个油田上，地震精查的方法在搞清断裂系统方面，取得了较好的成效。本文简述了在该油田早期所采用的一套三维地震解释（立体归位）方法，其中有些方法对当前搞三维地震勘探，及断层面的地质解释方面都还有着参考价值。近年来，又用数字地震方法，在此浅层的复杂构造的下面，发现了比较简单的深层构造，在几张附图中展示了深浅层构造之间的关系。

Abstract Dong-Xing Oil Field is a typical complex structure cut by many faults. In this oil field, a precise seismic survey proved to be quite effective. Some techniques of early 3-D seismic interpretation (stereo-migration) are described in this paper. Essentially they are:

- 1) A strict three-dimensional network of profiles.
- 2) The recognition and the utilization of some abnormal events.
- 3) The closure check of fault planes.
- 4) The determination of spatial position of every reflection event by the Δt_i diagram.
- 5) The 3-D migration by direct correlation, i. e. , laterally rearranging all the reflection events from a series of 2-D migrated depth sections for forming a new series of 3-D migrated depth sections.

These techniques are valuable to the 3-D seismic prospecting and to the geological interpretation of fault planes.

In recent years, a simpler structure was found below this complex shallow structure, by use of the digital seismic data. Several figures are presented showing the typical geological relationship between the shallow structure and the deep one.

引 言

东辛油田位于中国东部，黄河入海口附近，长 20 公里，宽 8 公里，由东营和辛镇两个构造所组成（图 1）。它以其独特的复杂断块构造而著称。1960 年通过少量的地震剖面发现了两个隆起构造，1961~1962 年经钻探肯定了它们的含油性，地震工作立即开始转入详查。在这 150 平方公里的范围内，下第三系地层中断层数目极多，它们都是正断层。油藏受断层控制，油气多富集于断层附近（图 2）。因此，勘探过程中首先要准确查明断层的位置。

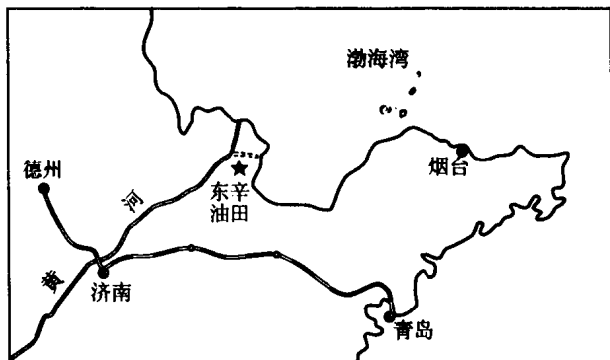


图 1 东辛油田位置图

由于没有解决地震勘探断层的方法，早期的详查工作所得的成果不能满足勘探的需要。通过几年不断的摸索与试验，地震勘探在查明断层方面才取得较明显的效果。

一、普查、详查、精查三个时期的构造图及其地质效果

这里展示了三张构造图。第一张图完成于 1960 年（图 3），它是普查阶段的成果。当时完成的地震剖面（在图幅内）约 90 公里，测线距离 2~3 公里。结果发现了东营构造（当时画成圆形穹隆）和辛镇构造（半边鼻状构造），成功地部署了第一口发现井，打开了本区找油的新局面。但图 3 只绘出了两条断层，对断层的了解极为粗浅，而且现在看来位置也不太准确。第二反射标准层的深度（相当于渐新统上部生物灰岩顶）经后来钻探的 30 口井检验，深层误差平均为 98 米，最大误差为 470 米。

第二张图是 1963 年完成的（图 4）。在此期间又做了详查测线 380 公里，使南北向主测线距离达到 1 公里，累计地震工作量为 470 公里。发现有断层 16 条，其中东营构造南翼的大断层已有所反映，位置是对的。但由于当时对缓断层面还没有认识，把一条大断层解释成两条。北部大断层位置误差较大，达 500 米。辛镇

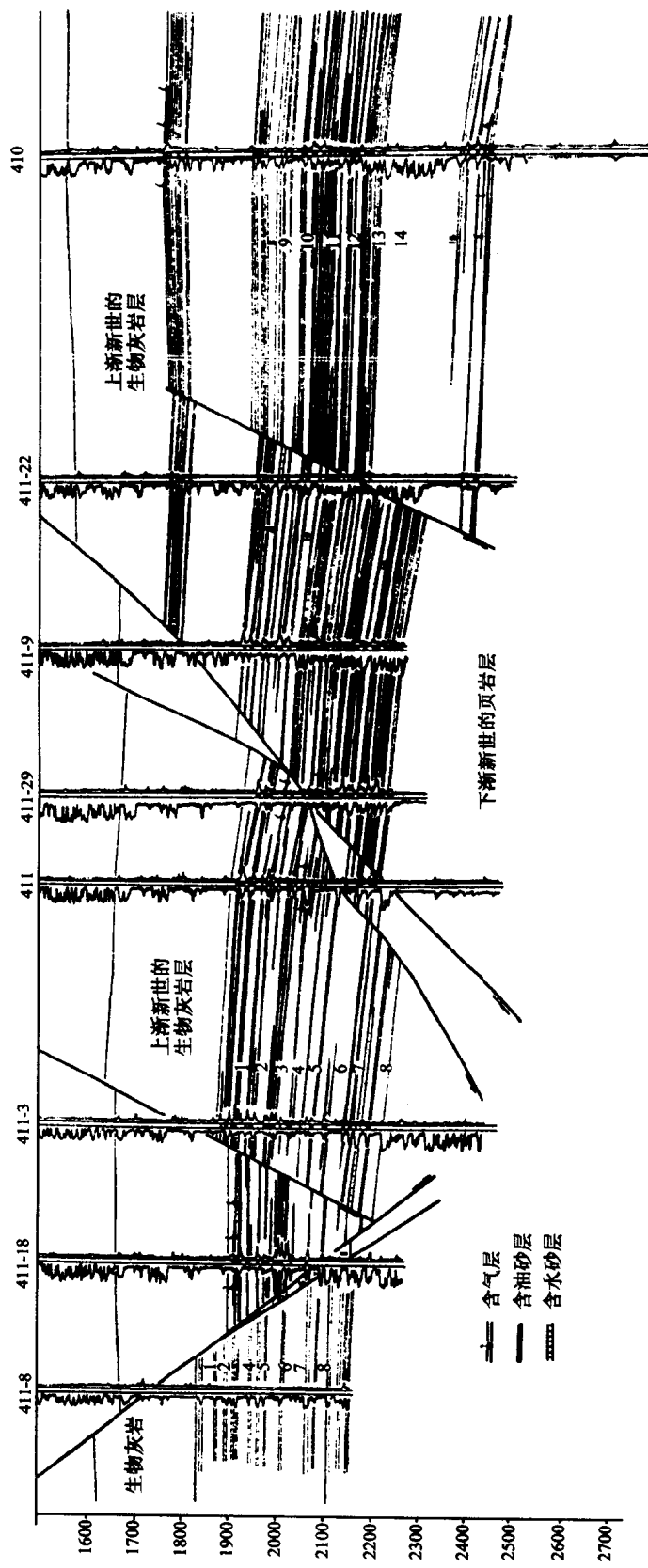


图 2 油藏受断层控制, 油气多富集于断层附近

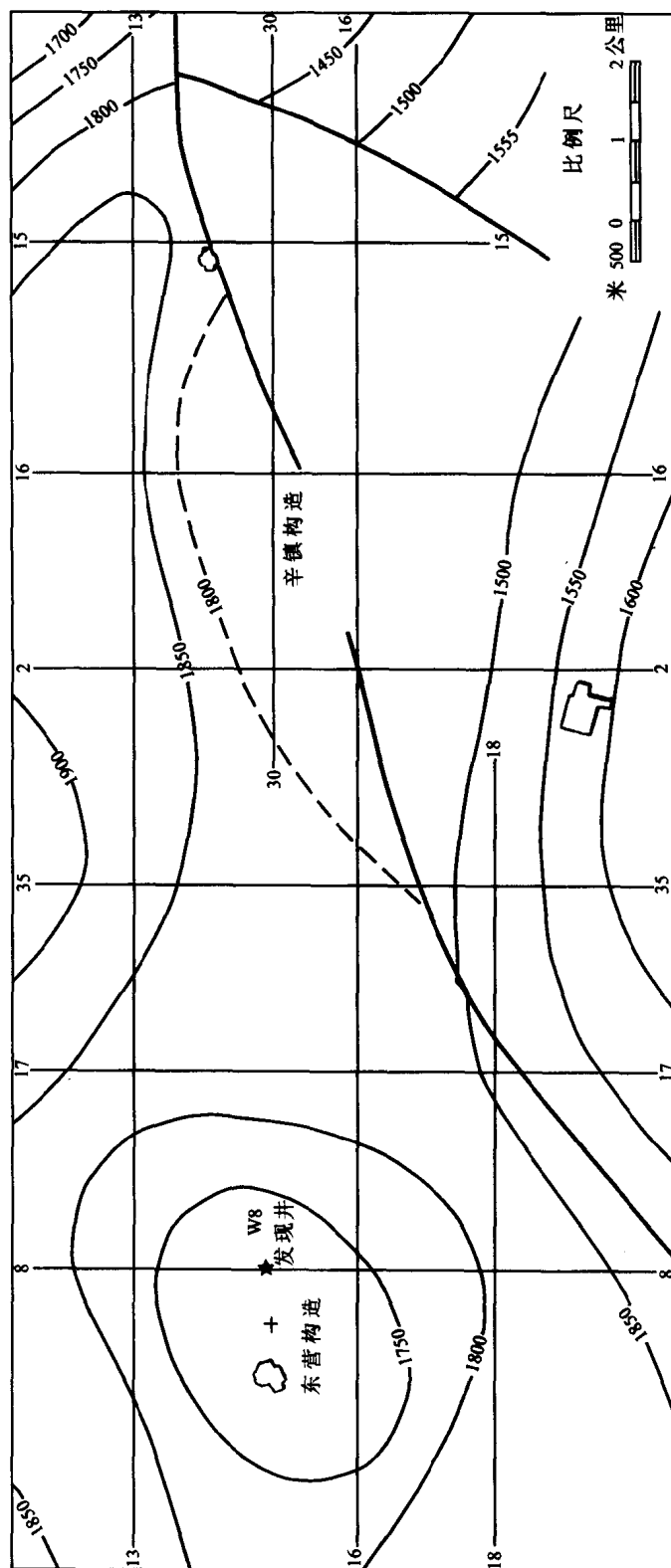


图 3 1960 年第二标准层构造图

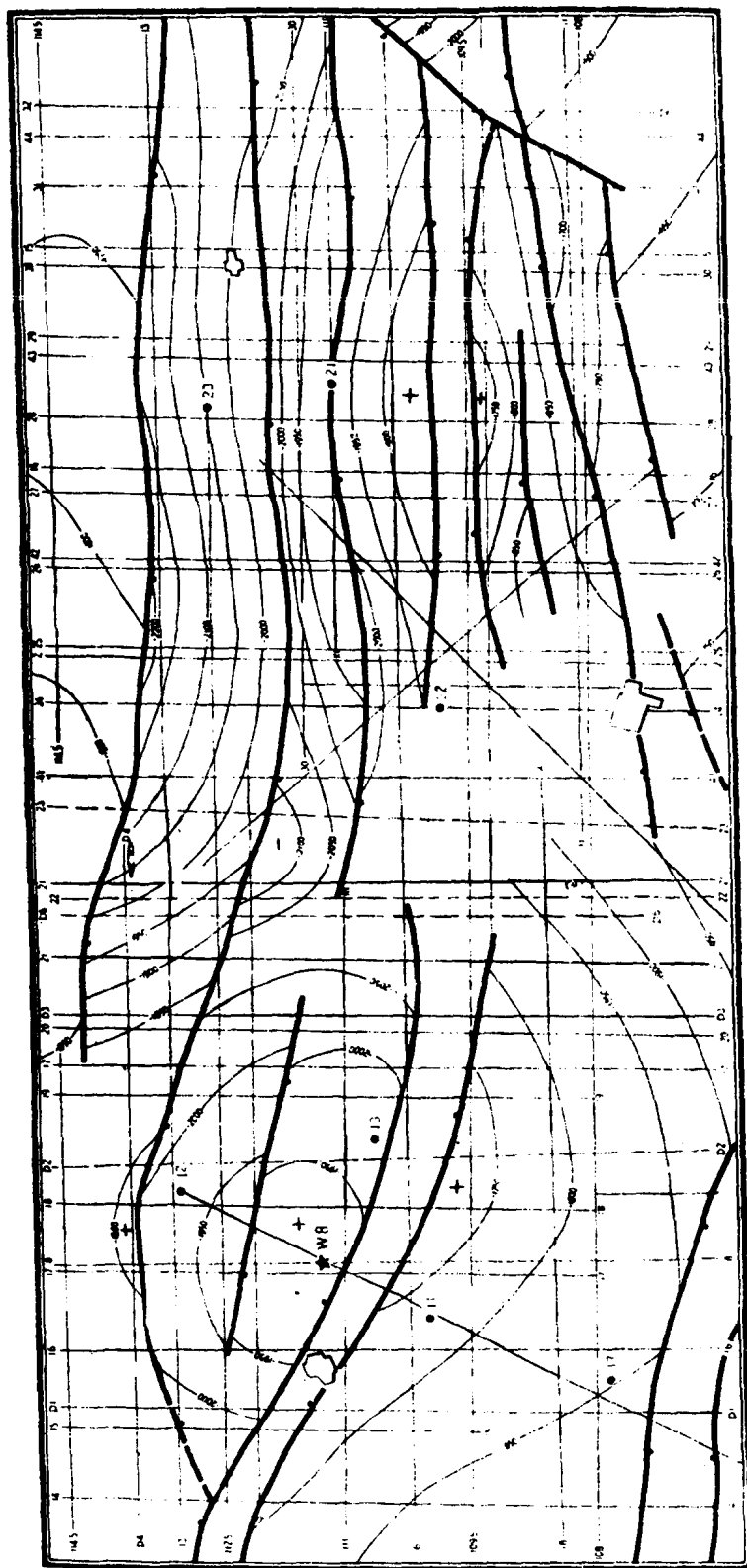


图 4 1963 年第二标准层构造图

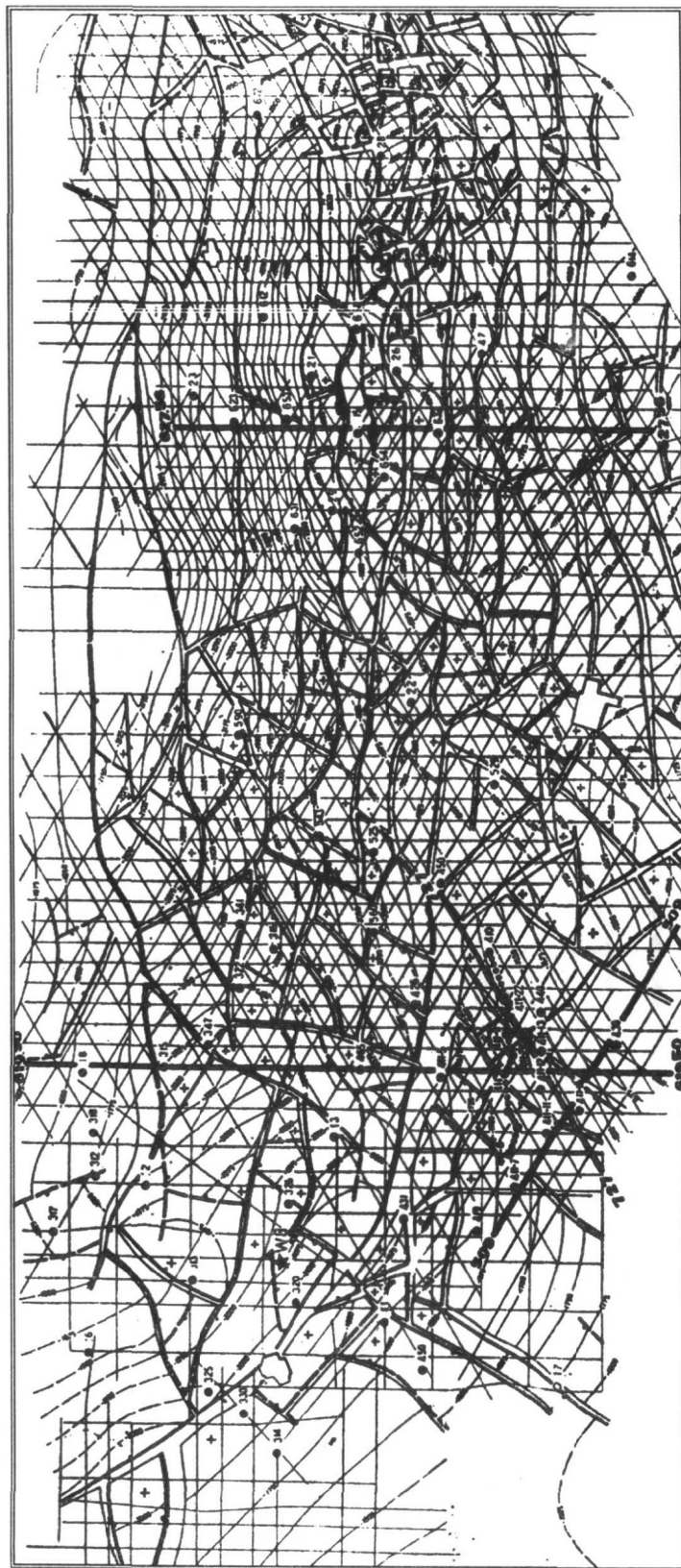


图 5 1966~1969 年第二标准层构造图

构造已经基本认出 8 条东西向的断层，这是本区地震解释断层的良好开端。但精度还是较差。据后来打的 32 口井统计，平均深度误差 50 米，最大 165 米。

第三张图是 1966~1969 年分期完成的（图 5），在三年内，边试验边生产，共计完成地震精查测线 1180 公里。面积组合及自控器的合理使用，改进了记录。而且使用了一套 300 米边长的小三角测网，使三维地震解释成为可能，从而地下的断裂系统搞得比较接近实际。共发现断层 198 条，划分出断块 174 块。其中较重要的含油富集块的边界断层都为后来钻井资料所证实。此图在后来勘探工作中被证明是很有价值的。据此图成图后所打的 66 口井统计，第二标准层的深度误差平均为 15 米；断点的平面位置误差平均约 150 米。

二、精查断层取得良好效果的方法及措施

1. 在野外测网布置方面采用了一套三个方向的较严密的小三角形测网

如图 5 所示，它对不同走向的断层都有较好的适应性。测线距为 260 米，三角形边长为 300 米，每个交点也是三个方向测线上的发炮点。这样做是为了从三个方向立体解释反射面和断层面。观测系统是 600 米排列中间发炮的连续单次剖面。野外采用 6~8 个检波器面积组合，室内采用 3~6 道的混波，使用的仪器是国产 DZ571 光点记录仪和国产的模拟磁带记录仪 DZ661 型，记录质量一般较好。

2. 改进了记录对比方法和断层解释方法

在这三年中地震剖面的地质解释效果有了明显的提高。从图 6 及图 7 可以看出，1968 年的剖面较 1964 年的有很大改进，主要在于：①1964 年的野外记录信

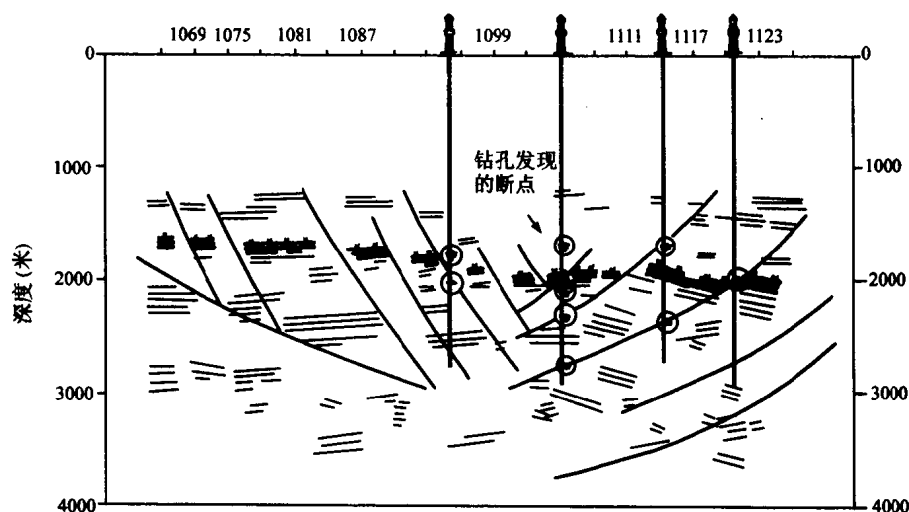


图 6 1968 年 627.56 测线深度剖面

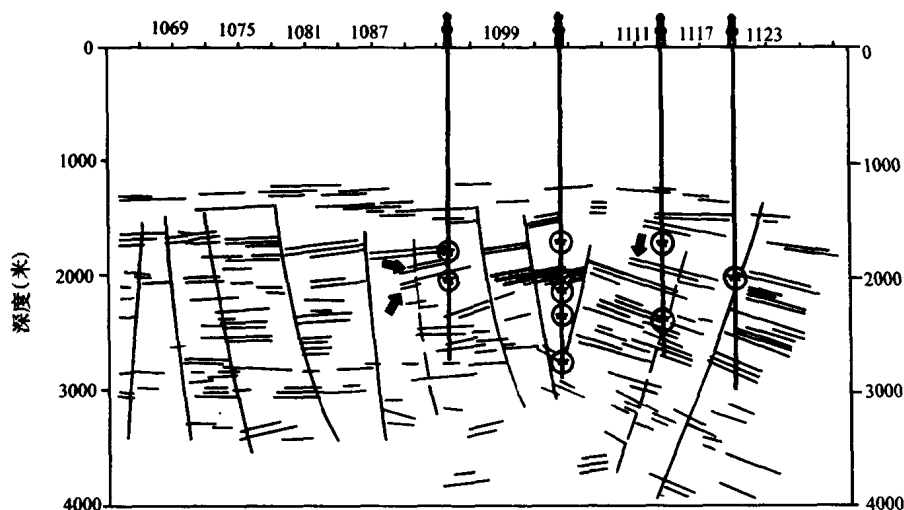


图 7 1964 年 627.5 测线深度剖面

噪比较低；②记录对比方法上，1968 年有了较高水平；③认识到本区的断层面倾角较平缓，在 1964 年都错误地解释成几乎直立的断层。

3. 认识和利用了一些异常波及振幅屏蔽现象

图 8 为 619.50 测线深度剖面，在 1967 年的解释剖面图中，已发现了来自断层面的反射波（见图幅北部）和断面漫射波（见图幅南部）。在图 6（627.56）里对比者认识了绕射波并将其正确归位到断层棱上，而原来在图 7 里把反射波的绕射段对比过长（图 7 中打箭头处），造成断层面解释的困难。断层面在某些地段会造成

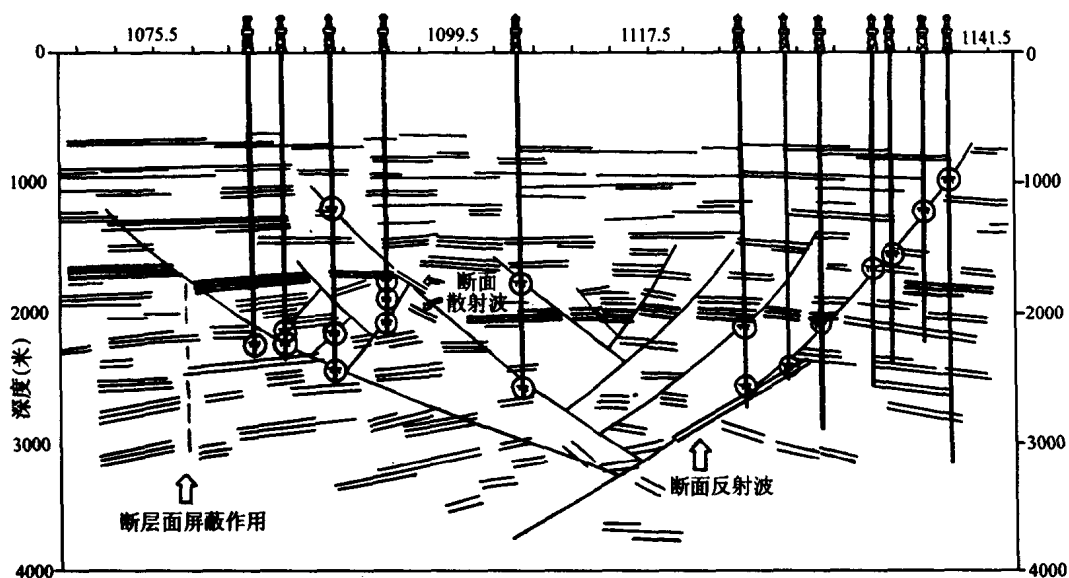


图 8 1967 年 619.50 测线深度剖面