

石油地震勘探 技术交流会论文集

(上册)

汪廷璋 主编



石油工业出版社

北京)

4-53

22

PDG

登录号	• 086510
分类号	
种次号	

石油地震勘探技术交流会 论文集

(上册)

汪廷璋 主编



5756/18



石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本文集是从 1991 年 10 月中国石油天然气总公司地震勘探技术经验交流会上 140 多个报告中精选出的优秀论文。文集全面、深入地论述了全国各油田、各地区的石油物探单位在不同类型的地震地质条件下,运用新的地震勘探方法所取得的丰硕地质成果。

文集分上、中、下三册。上册包括高分辨率三维地震勘探的技术方法、应用条件和勘探效果等;中册包括地震资料处理的流程、技巧和新的方法,以及解释工作站的功能、使用和地质成果;下册包括储层预测、油藏描述的方法、应用实例和新的进展等。

本书是物探专业技术人员的良师益友,科研人员的参考文献,有关专业院校的辅导材料,也是领导机关工作人员不可缺少的参考资料。

石油地震勘探技术交流会论文集

(上册)

汪廷璋 主编

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油地球物理勘探局制图印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 22 1/2 印张 564 千字 印 1—2000

1993 年 4 月河北第 1 版 1993 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0998-6/TE·629

定价:17.00 元

序 言

科学技术是第一生产力,振兴经济首先要振兴科技,科技工作要面向经济建设主战场,已经成为人们的共识。回顾十多年来我国石油工业每一步的发展无不和推进科技进步有关,尤其是我国的石油物探成效,更显得突出。1991年10月22日至29日在河北省涿州市物探局召开的中国石油天然气总公司地震勘探技术经验交流会是一次全面地、系统地总结和交流近年来地震勘探的新技术和新经验的大检阅。这次会议共收到140多篇有较高水平和较好应用价值的论文,大体上代表了当前我国石油物探技术水平。这些论文基本上反映了如下几方面的内容:

(1)我们已经拥有在地震地质条件极其复杂的地区获得高质量地震资料的采集技术,例如,在塔里木盆地地表沙丘起伏、构造埋藏深度大而幅度小及盖层地震速度横向变化大的地区;在河沟纵横的水网区;在崎岖的山区及高陡复杂构造区;在薄互层沉积区;在城区及地面密集的工业设施区等。这些复杂地表条件下的地震采集技术,在已有的国外文献中也是不多见的,具有鲜明的中国特色。

(2)我国的地震数据处理水平已具有相当高的水平,其中部分技术水平在国际市场上也有较强的竞争性。例如在阿尔善和河西务地区的三维地震资料处理水平已超过一些美国公司的处理水平。

(3)已拥有了一批地震数据特殊解释技术,如油田开发前期的以地震数据为主的横向预测技术;油田开发中由地震数据配合的油藏描述技术;岩相、沉积相和地史解释技术;河道、断层及特殊岩性体的解释和显示技术;人机联作解释技术和三维地震数据的特殊解释技术等。

(4)发展了地震地质解释理论,主要有陆相地震地层学、层序地层学的应用和发展;压扭和张扭应力等条件下的花式构造行迹的解释及对油气藏形成的影响;断层封堵条件的研究成果等。

鉴于上述论文具有的发展潜力及对进一步推动今后我国石油物探技术水平的作用,经总公司勘探局决定,将这次收到的论文中,除了已公开发表的以外,精选出 98 篇论文,以“石油地震勘探技术交流会论文集”的形式,由石油工业出版社公开出版。为了便于阅读,分上、中、下三册出版,每册收集相近的内容。上册以高分辨率三维地震勘探的内容为主,中册以处理和解释方法为主,下册以储层预测和油藏描述为主。为了保证本论文集的质量,每篇论文在作者重新修改的基础上分送权威专家审阅,编辑工作由物探局情报所和石油工业出版社共同承担,石油工业出版社负责全书的最终审校、出版。我们深信这套论文集的出版,对于推动我国石油物探新技术的普及和开发定会产生积极的影响。

陆邦干

目 录

塔北地区大深度、低幅度构造的勘探技术	孙廷举	(1)
东河塘油田勘探中的地震精细解释工作	金爱丽	(12)
三维资料立体构造解释新方法——断层展布法	刘秋生 谢秀祥 吴莉芝	(26)
三维地震在任丘潜山油藏开发晚期的应用	杨其林 等	(29)
泌阳凹陷高分辨率三维地震资料的解释方法及效果	张志业 赵 亮	(39)
三维地震资料在孔东开发区块的应用	史华珍	(49)
桥口油田三维地震解释技术及应用	李东安	(57)
应用三维地震资料设计水平井的方法	刘福贵 等	(71)
复杂断块油田调整中的开发地震技术	杜贤懿 等	(83)
河西务构造带三维地震资料精细解释及效果	赵翠芬 郭玲宣 曹雪莲	(90)
轮南地区三维地震资料解释及效果	李金恒	(101)
阿尔善地区连片三维地震资料解释与地质效果	洪月英 等	(109)
榆科地区三维地震资料精细解释效果	杨举勇	(125)
三维地震在准噶尔盆地油田开发中的应用	黄 凯 等	(130)
三维地震技术在复杂地区的勘探效果	孙爱松	(152)
复杂断块区三维地震资料再解释及储层预测	钱鑫芳	(165)
陕甘宁大气田中区三维地震与储层横向预测初探	沈仁康 等	(177)
用时间切片法建立三维偏移速度场	夏有民	(191)
广西百色盆地懂舍地区三维地震勘探效果	黄礼国 尹正武	(199)
吉尔嘎郎图凹陷锡林构造带稠油区高分辨率三维地震勘探效果	辛连发	(205)
英台、新民地区高分辨率地震资料的综合解释	牛国军	(211)
红柳泉地区高分辨率地震应用效果	侯扬善 等	(227)
鄯善—丘陵油田高分辨率地震勘探效果	王丙坤	(239)
三维地震人机联作解释在火成岩油藏勘探中的应用	万述平	(246)
江汉不规则三维地震资料处理技术	吴惠英	(255)
用微三维地震进行砂体分布预测	黄 凯	(264)
柴达木盆地三湖地区含气地震异常分析	王松贵	(272)
获取沙漠区深层弱反射方法	刘治凡 张雪君 肖戈西	(281)
多波地震资料联合解释技术及应用	唐东磊 等	(297)
东濮凹陷黄河南地区复杂断块解释及效果	万里皋	(308)
川中南部碳酸盐岩成藏条件与地震勘探方法	刘开时	(318)
鄯善弧形带地震资料解释方法及效果	李健雄 等	(332)
地震采集应用系统	李章明 等	(344)

塔北地区大深度、低幅度构造的勘探技术

孙廷举

(石油地球物理勘探局物探地质研究院)

摘 要

塔北地区已被钻井揭示,主要含油气目的层埋深5000m左右,构造幅度只有20~30m。所以如何搞准大深度、小幅度构造就成为该区勘探的主要技术难题。笔者认为解决这样的技术难题是个系统工程问题,涉及到采集、处理、解释的各个环节。根据该区地震地质条件特点,经过几年的科研生产实践,本文比较系统地总结了各个环节中较为有效的一些技术措施,以及目前达到的水平和取得的地质效果,这对于进一步深化塔北地区的勘探工作,将会起到有益的作用。

引 言

塔北地区位于塔里木盆地满加尔凹陷与库车凹陷之间(图1),面积约3.5万km²。地震测网密度已达2km×2km,一些主要地区已达1km×1km。轮南至桑塔木及东河塘等重点地区还分别完成了1000km²和550km²的三维勘探。

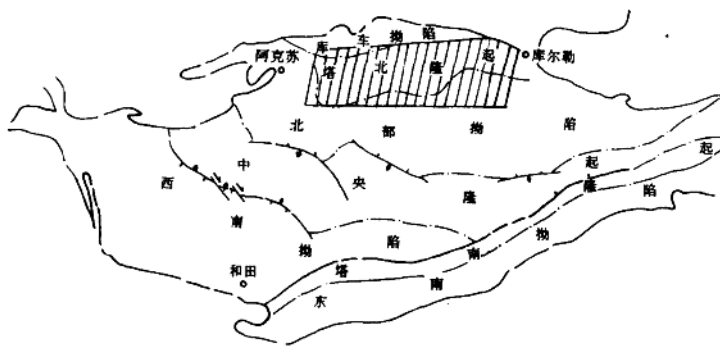


图1 塔里木盆地构造单元划分图

该区目的层埋深5000m左右,大部分构造幅度只有20~30m,这种情况与东部地区有很大的区别。因此,要搞准这些小幅度构造(在埋深5000m左右,幅度不超过50m的构造均视为小幅度构造),意味着采集、处理、解释的累计误差不能超过6~8ms。就是说,在深度5000m,速度4500m/s的情况下,深度误差不能超过13~18m,否则就要漏掉小幅度构造或出现假构造,不仅延误战机也会造成重大经济损失。因而所有各个环节的工作必须努力做到准确无误。

本区“地表变化大”,有高差15m以上的流动沙丘、沙垄,并有浮土、碱滩、沼泽、胡杨林

等。强烈的构造运动(经历了五期构造运动,形成了六大构造层)造成介质不均匀性,使得“速度横向变化大”,如轮台地区,南北向速度变化梯度每公里最小为 8m/s,最大达 28m/s。

再有就是“深层反射信噪比低”,为搞准大深度、不均质情况下的小幅度构造,带来相当大的困难。

面对这些情况,过去的地震勘探技术不能满足这些要求,这是一项需要高技术支持的攻坚任务。本文主要针对上述问题探讨必须解决的主要技术问题,所采取的技术措施,以及总结运用这些技术取得的经验及主要地质成果。

主要技术问题

塔北地区地震地质条件的主要问题是,在大深度、不均质条件下如何搞准小幅度构造和如何开展储层横向预测研究,因此必须解决:

(1)静校正问题。根据本区表层条件的特点,静校正是个至关重要的问题,它不仅直接影响处理质量,也直接影响小幅度构造解释的准确性。

(2)速度问题。因为本区存在不均质性,不象东部地区用常速进行时深转换就行了。本区必须进行变速空校。所以,速度场的精度也直接影响到小幅度构造的解释。

(3)分辨率问题。因本区储层厚度比较薄,如三叠系油层,砂层组厚度大多数在 10~30m 左右。因此,为了提高储层研究的精度,必须在高信噪比基础上,尽可能提高处理分辨率。

(4)储层预测问题。因为塔北地区地表条件十分困难,钻前工程和钻探费用十分昂贵,为此应用地震的精确构造解释成果和储层横向预测研究成果,配合少量的钻井来制定油田开发方案,尤为重要。这样不仅能节省大量经费,并能加快油田开发。所以,开展储层研究是形势的需要,是进一步部署探井、评价井及储量预测的需要。

采取的技术措施

为了解决好小幅度构造的勘探,提高解释水平和储层研究,我们采取了以下七项措施。

努力提高采集质量

塔北地区进行了系统的施工参数试验,明确了采集参数对资料的影响,所以采取了单深井或组合井生产。图 2 是坑炮激发的野外记录,中、深层反射较少;图 3 是井炮激发记录,使中、深层反射层次清楚,两者差别很大。还将原来的端点放炮排列改为中间放炮不对称排列,最大炮检距由原来的 6000m 改为 4500m 左右,同时采用高覆盖次数和多检波器面积组合等措施,因而比较明显地提高了野外采集质量。

使用的采集参数如下:

(1)观测系统。最大炮检距为 4350m,不对称排列,道距为 50m,覆盖次数最少为 30 次。

(2)激发因素。单井的井深为 15~18m,药量为 2~4kg;浅井组合的井数 9 口左右,单井药量为 1kg。

(3)检波器组合。使用 48 个检波器,基距为 50m,内距为 5m,组合面积为 750m²。

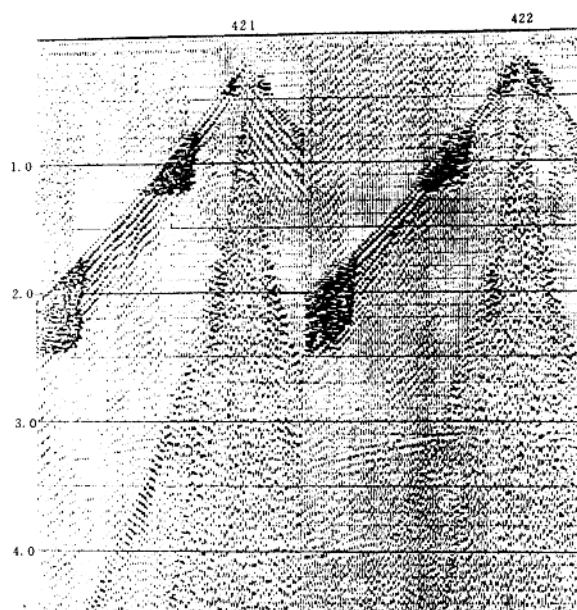


图2 坑炮激发的地震记录

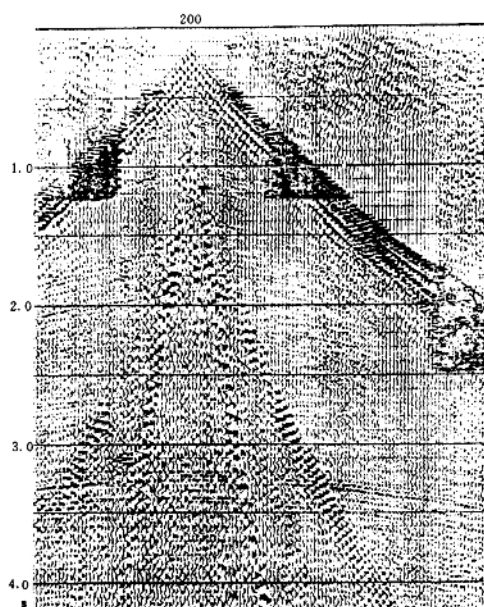


图3 井炮激发的地震记录

(4) 仪器因素。记录长度为 8m, 采样间隔为 2ms, 前放滤波为 8~125Hz, 前放增益为 48dB, 回放增益为 36dB。

加强静校正研究, 取全取准静校正各项数据

静校正量的精度不仅影响叠加剖面效果, 也会影响小幅度构造的精度。为此在静校正方面我们采取了如下技术措施:

(1) 实测了每个检波点、炮点的高程, 两点间高差超过 2m 时要加密测点。

(2) 把过去采用单支延长时距曲线法, 一律改为相遇法做小折射, 虽然增加了工作量, 但提高了小折射精度。并将历年做的 12000 多个小折射资料重新统一整理、计算、建库。

(3) 全区统一了静校正基准面, 完善了统一基准面作图方法。

(4) 针对不同的地质条件建立了相应的静校正计算方法。

归纳以上工作, 在全区做到“三、三、四、四”, 即

三个闭合: 高程闭合; 低降速带厚度闭合; 静校正量闭合。

三个库: 高程数据库; 小折射数据库; 静校正量数据库。

四种静校正方法: 常规静校正法(低降速带速度为常数); 大炮初至静校正法(利用原始资料初至); 计算机自动折射静校正法(利用初至折射做剩作静校正); 沙丘曲线法(用于沙漠, 低降速带速度随沙丘高度变化而变化)。

四个平面图: 浮动基准面平面图(图 4); 低降速带速度平面图; 低降速带厚度平面图(图 5); 静校正量平面图。

我们采用上述措施, 保证了静校正的精度, 保证了资料处理和解释的质量。

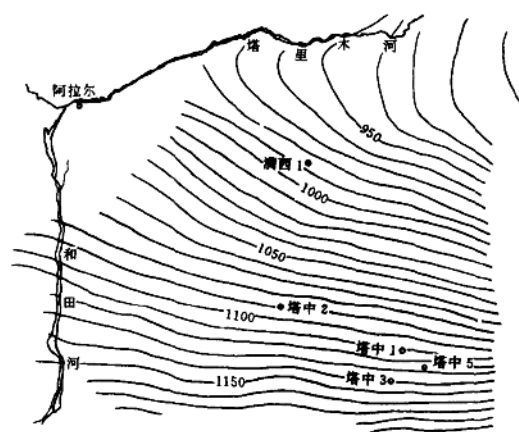


图 4 塔里木盆地塔中地区浮动基准面(潜水面高程)变化图
等值线单位为 m

努力提高剖面分辨率

为了提高大深度、不均质条件下的小幅度构造解释精度和储层研究, 应用我们开发和研究的一些新的处理手段, 建立高信噪比、高分辨率的处理流程。这套流程对提高分辨率、归位成像均起了很好作用。图 6a 是塔北地区原流程处理的剖面, 图 6b 是采用高分辨率处理的新剖面, 使分辨率明显提高。图 7a 是原来没有作好静校正处理的剖面, 图 7b 是使用了初始模型一致性静校正以及新的流程处理的剖面,

使处理效果得到明显改进。

在保证叠加质量上, 采用了二次速度分析, 二次剩余静校正和处理全过程的质量监控。

在提高信噪比基础上, 采用了信噪分离、径向预测滤波等新技术。

在提高分辨率基础上, 采用了反 Q 滤波、潜白化等手段。

在归位成像上, 采用了多级串联偏移, 界面倾角较陡时还应用了 DMO 技术。

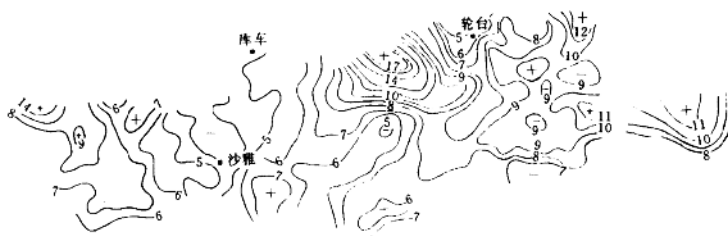


图 5 塔北地区低速层厚度平面变化图
等值线单位为 m

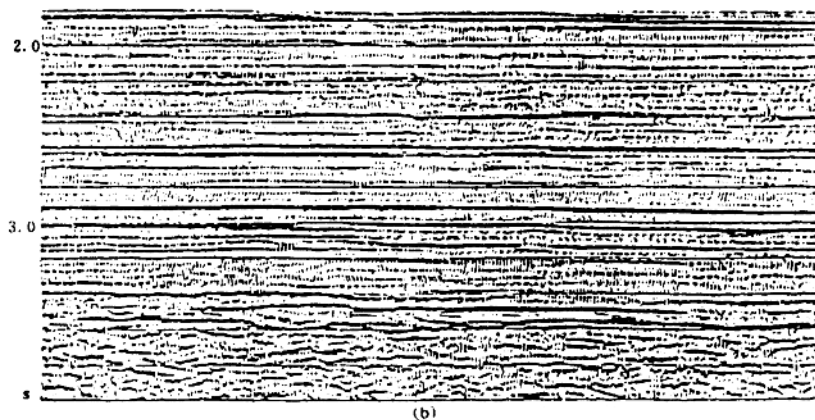
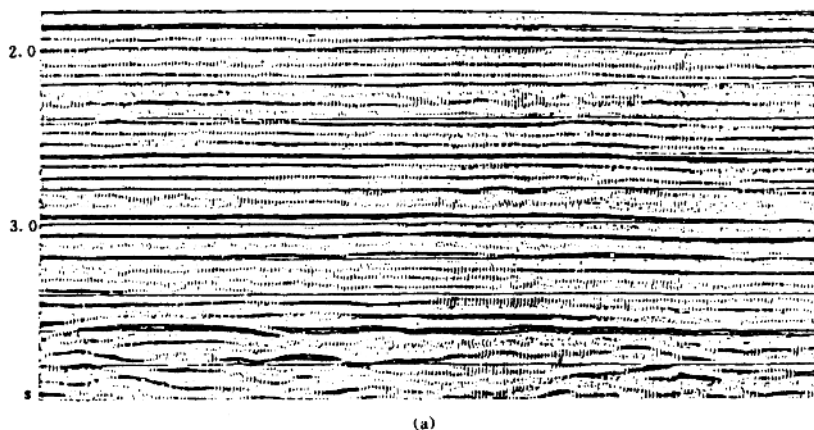


图 6 L-88-225 处理剖面比较
(a)原流程处理;(b)高分辨率处理

我们还对一些重点地区的历年老资料,因极性不同、处理参数不同,造成交点闭合差很大(最大可达 40ms),大大超过小幅度解释要求的精度。因此,对这些老资料,进行了重新处理,并按 SEG 标准极性格式,统一了剖面极性。

为了使小幅度现象更加清楚,解释过程中所有剖面均采用了纵向放大四倍(相当 4cm 代表 100ms),横向放大一倍的放大剖面,从而保证了层位解释追踪的正确性,提高了读数精度。

面积特殊处理

为了配合油田的勘探和开发,在一口井见油后及时做好随钻储层横向预测,为设计开发井网提供更多的地震依据。我们分别对轮南、吉拉克、东河塘等地区有针对性地做了二维成网、三维成块的特殊处理,诸如:波阻抗、亮点、地震岩性模拟、AVO 等。应用这些资料,对储层厚度、储层分布规律进行了研究,以及结合测井资料对物性参数、孔隙率等进行了计算。

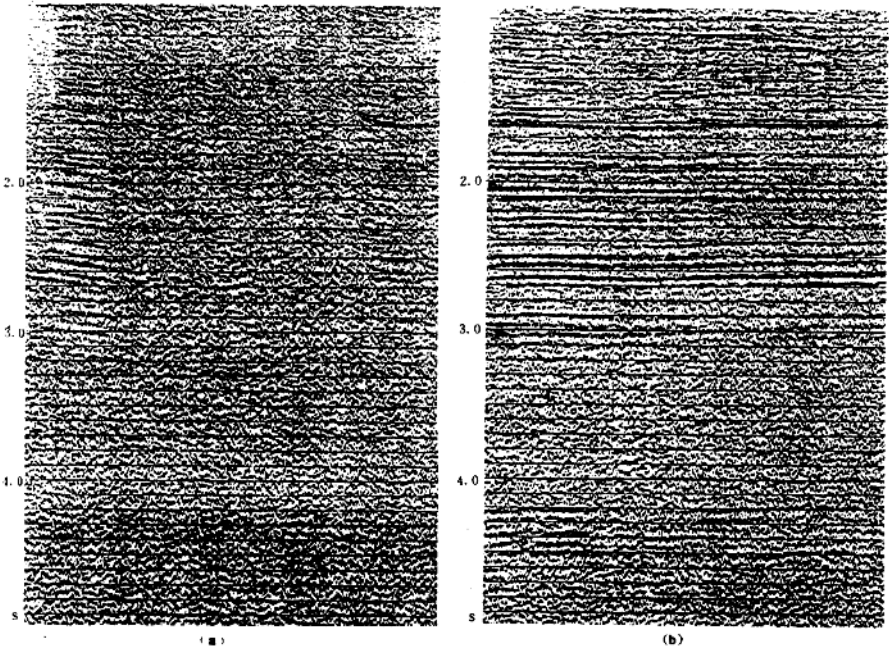


图 7 EW-90-265W 处理剖面比较
(a)未做好静校正处理;(b)初始模型一致性静校正处理

准确标定地震地质层位

层位标定得准不准,关系到小幅度构造解释的正确性,也关系到储层横向预测研究的可靠性。在塔北地区我们采用了三种标定方法,即:

- (1)常规标定法,就是应用作过环境校正的声波测井曲线制作合成记录来标定;
- (2)应用 VSP 资料作“桥式”标定(图 8);
- (3)应用多井网闭合标定,以检查在面积上层位标定是否准确。

通过这些努力,目前层位标定精度,可以准确到一个相位。

加强速度研究,建立各个层位的速度场,实现变速空校

塔北地区因为存在介质不均匀性,各层普遍存在速度横向变化大的特点。以轮南为例,

南北向速度变化梯度为每公里 7~10m/s, 轮西地区为 15~28m/s, 东西向略有变化。

时深转换的速度场的精度直接影响构造形态和解释精度, 尤其对小幅度构造更为重要。

为了提高速度解释精度, 我们采取了以下技术措施:

以全区大量的 VSP 测井(目前已测了 33 口井)及声波测井资料为控制点, 结合地质层位重新解释每一个原始速度谱。1989 年以来分区解释的速度谱达 8000 余个, 建立了速度库。在平面上再对速度场进行平滑(图 9)。目前分区建立了三大层系(C, T, J)六个含油层位的速度场, 用于变速空校。

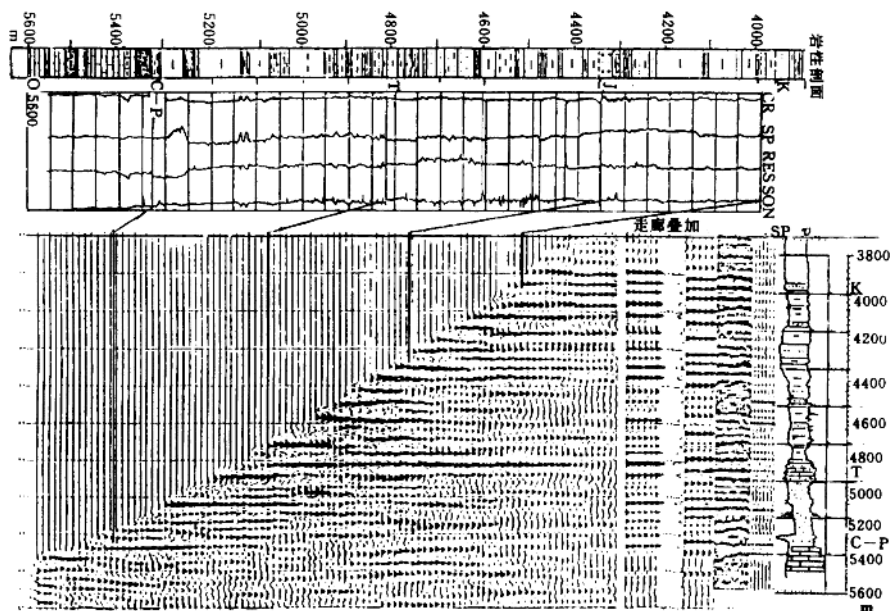


图 8 塔北轮南地区 LN14 井钻井—地震层位桥式标定图

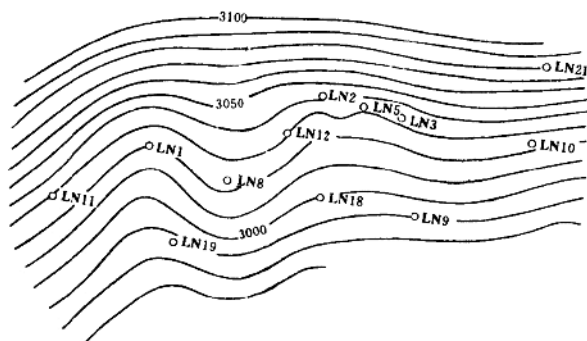


图 9 轮南地区三维资料的三叠系第一油组平均速度图

等值线的单位为 m/s

变速成图的方法,也关系到小幅度构造的有无。目前,我们在计算机上利用了“射线跟踪”及“模型迭代”等先进技术,提高计算层速度及平均速度的精度,同时还应用了“直射线变速”,“曲射线空校”的时深转换技术。

对转换后的深度图,再对照井的分层数据进行修正。

综合应用以上技术措施,目前二维构造图的对井深度相对误差均低于 $\pm 2\%$,三维为 $\pm 1\%$ 。如轮南构造带上,因井比较多,三维精度高于 0.5% 。这些精度均大大高于现行部颁标准,因而保证了 20m 幅度左右的小幅度构造和错断 $1/4$ 相位的断层的解释精度。

建立相应的模式,指导断层、构造解释和储层研究

根据本区构造运动和沉积发育特点,通过实践形成了五种模式:

(1)扭动断层,花式背斜。该模式在平面上断裂呈斜列式展布,在剖面上主干断层直立伸入基底,向上分叉形似花朵,它是受扭应力作用从基底向上传递形成扭动构造。如东河塘的逆断层和构造呈右旋雁列展布,表现出海西期右旋扭动(图10)。轮南构造带中生界左旋雁

列正断层表现出燕山期左旋张扭活动。

(2)顶底可分辨的储层模式。当储层具备一定的厚度时,其顶底反射在地震剖面上可分辨,可追踪。这种模式计算的厚度准确,当然不排除储层本身的相变。如石炭系的东河砂岩属此种模式。

(3)储层厚度小于 $\lambda/4$ 的模式。当储层厚度小于 $\lambda/4$ 时,目前的地震剖面难以分辨,相当该层位的深度上的反射波峰或波谷往往代表一个砂层组,不代表单砂层。此时可以应用反射振幅与厚度呈线性关系的特征,通过研究该反射振幅的变化来估算砂层组厚度变化,再用钻井资料进行标定,进而估算出该储层的厚度变化和分布范围。本区三叠系一油组属于此种模式。

(4)储层反射呈迭瓦状模式。这种模式在地震剖面上表现为延续不长的强反射,并呈迭瓦状转换,很容易误为断层解释。二维资料在面积上很难追踪,三维资料特征比较好。此时应在地震地层学研究基础上,建立明确的地质模式进行追踪研究,方能进行正确解释。轮南三叠系二油组属于这种模式。

(5)“桂林山水”式模式。此种模式主要表现在古生代碳酸盐岩地层长期受风化淋滤作用,形成如“桂林山水”式的古地貌。山峰及两翼裂缝发育,谷底以下易形成溶洞。轮南地区的奥陶系地层属于这种模式。由于埋藏太深,深层地震资料品质比较差,缝洞发育情况很难搞准确,勘探风险性较大。

另外应用波阻抗、振幅信息、速度信息等资料,在人机联作系统上对东河塘石炭系滨海石英砂岩的分布规律及其孔隙率,对轮南,吉拉克的三叠系砂岩储层厚度变化及其分布规律,进行研究也取得了一些成果(图11、12、13、14)。

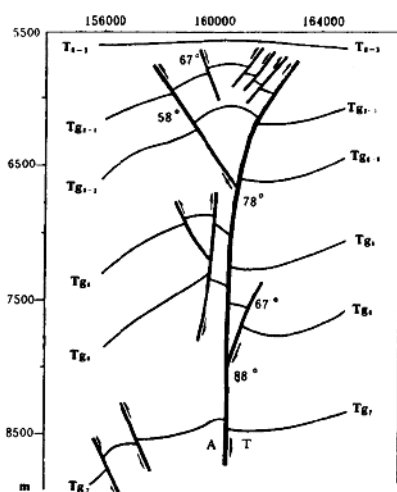


图10 S-89-162深度剖面扭动断裂和正花状构造示意图

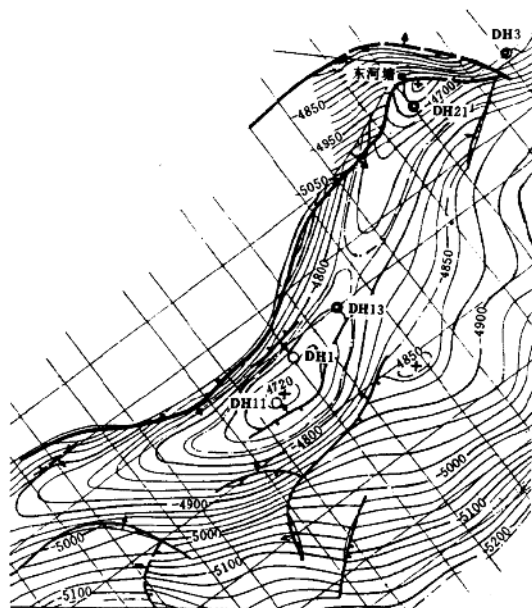


图 11 东河塘构造东河砂岩油层顶面构造图

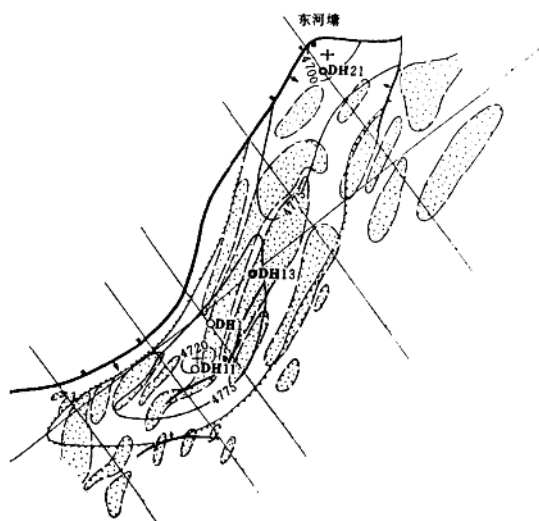


图 12 东河塘构造东河砂岩上段主砂体分布预测图

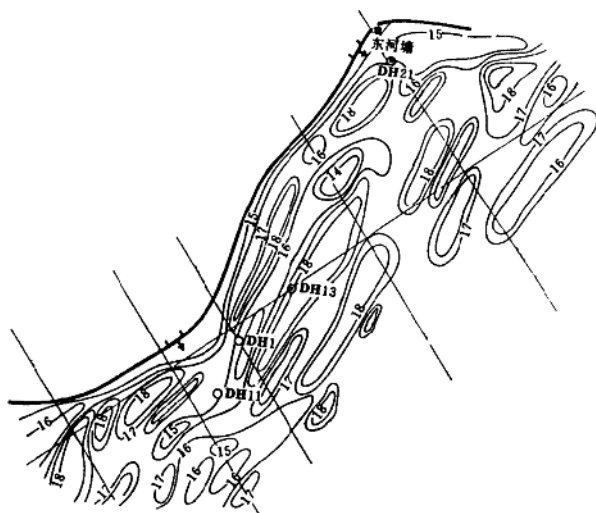


图 13 东河塘构造东河砂岩上段孔隙率预测图

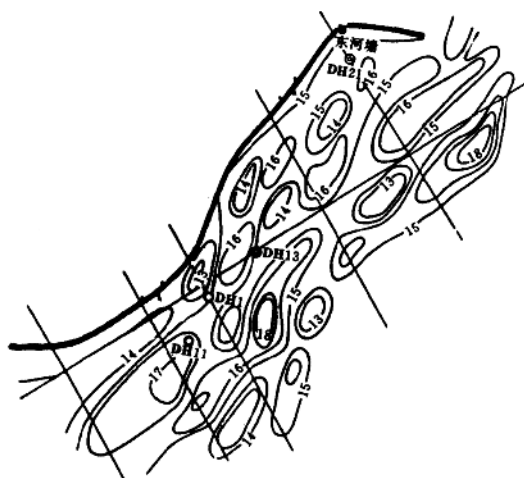


图 14 东河塘构造东河砂岩中段孔隙率预测图

主要地质成果

几年来由于采取上述技术措施,基础资料质量不断提高,解释研究程度不断深化,针对塔北地区大深度,不均质条件下的小幅度构造的勘探工作取得了一些成效,其主要地质成果是:

(1)塔北地区共发现各层系圈闭 94 个,总圈闭面积约 1600km²。

其中轮南、桑塔木到吉拉克约 1700km² 面积上,勘探程度高,成效较大,主要为大深度、小幅度构造分布区。以该区三叠系为例,发现小幅度构造 30 个,钻探 24 个,有 15 个见工业油气流,已钻探成功率为 62.5%。对 30 个小幅度构造分析情况如表 1 所示。

表 1 塔北地区 30 个小幅度构造钻探情况分析

构造平均埋深/m	构造幅度级别/m	构造数 个	构造最小和最大圈闭 面积/km ²	本幅度级别圈闭占 本区总圈闭的百分比	钻探成功率 %
4800	15~55	11	1.63~65.9	36	>90
4800	<15	19	0.3~7.02	63.3	21

由表 1 可见:在深度 4800m 左右,幅度大于 15m 的小幅度构造是可信的,构造钻探成功率为 90% 以上;小于 15m 的构造,目前的勘探精度还很难解决,构造钻探成功率仅为 21%。

(2)目前(到 1991 年 10 月),仅轮南、桑塔木、吉拉克的小幅度构造区可获得探明油储量为 10271 万 t,占全区探明储量的 50.8%,控制油储量为 1387 万 t,占全区控制储量的 61%。

结 束 语

我们针对塔北地区大深度、低幅度构造勘探,做了一些工作,探索了一些经验,取得了一些效果。提供的一些小幅度构造,大部分是准的,而对于幅度低于 15m 的小幅度构造,准确解释尚有一定难度。毕竟这是个具有世界性的难题,“八五”期间我们还要进一步加强研究,对攻克这个具有世界性的难题,继续做贡献。

在此,向为本文提供资料的局勘探处、前指、研究院、三处、物探地质研究院等单位和个人以及为本文的成稿提出不少宝贵意见的同志,深表谢意。