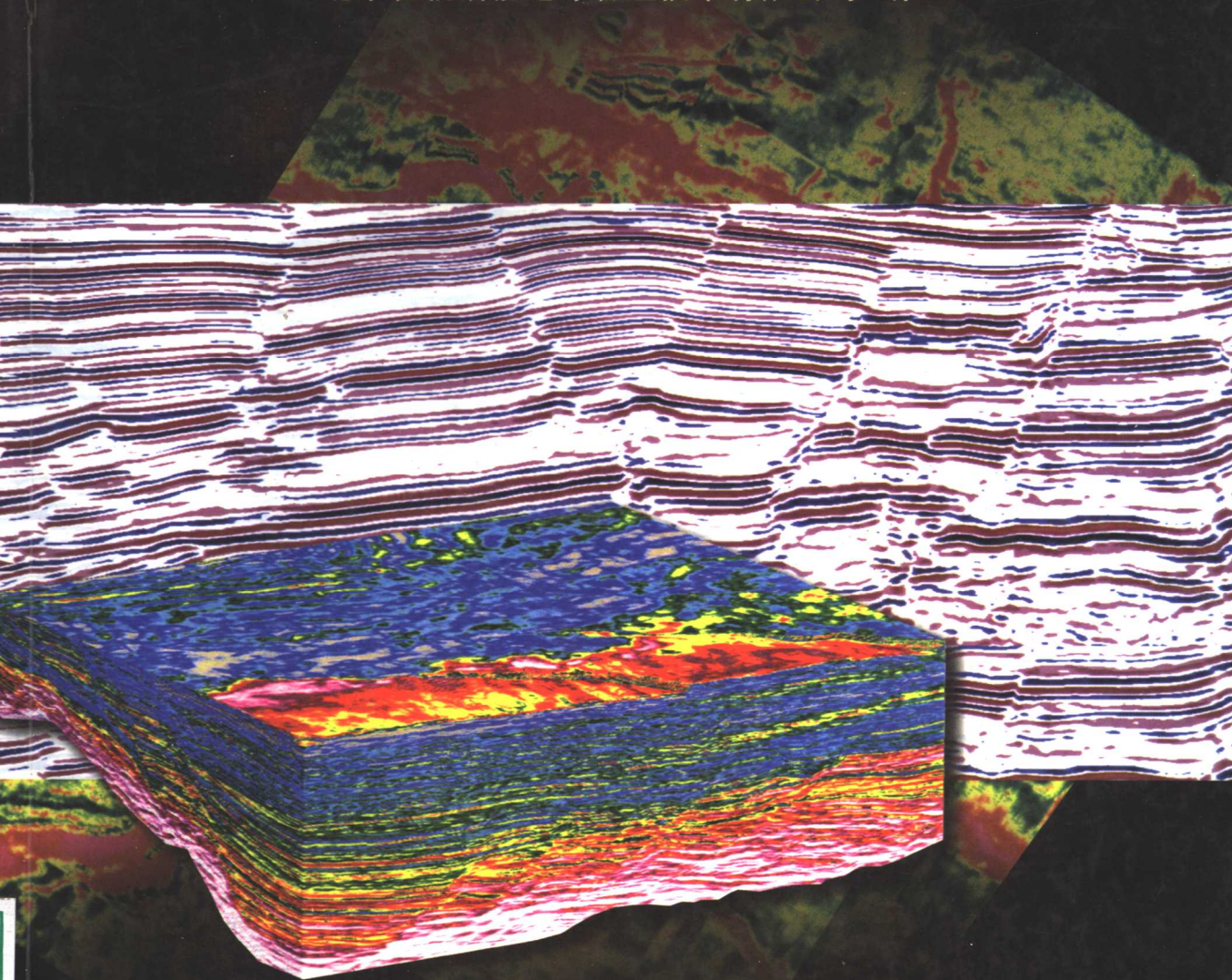


恒信潜能科技论丛 ①

数据处理与地质解释

北京恒信潜能地球物理技术有限公司 编



Seismic Data Processing and
Geological Interpretation

石油工业出版社

恒信潜能科技论丛 I

数据处理与地质解释

北京恒信潜能地球物理技术有限公司 编

石油工业出版社

内 容 提 要

《恒信潜能科技论丛》是每年不定期出版的科技丛书，将以崭新的面貌出现在读者面前。第一集是有关地震数据处理与地质解释的论文集，书中包括了二维、三维地震数据处理方法与地质解释成果，也有地震资料处理与解释技术发展方向的述评，以及当前石油地质科学领域内某些前瞻性问题的争鸣。

本书题材新颖，内容丰富，图文并茂，适合从事石油勘探开发的科技人员及石油地质院校师生阅读和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数据处理与地质解释/北京恒信潜能地球物理技术有限公司编. —北京: 石油工业出版社, 2003.1

(恒信潜能科技论丛; 1)

ISBN 7-5021-4164-2

I. 数…

II. 北…

III. ①地震数据—数据处理—文集

②地质解释—文集

IV. ①P315.63-53②P5-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 005652 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

河北省徐水县印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 340 千字 印 1—1000

2003 年 1 月北京第 1 版 2003 年 1 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-4164-2/1E·2940

定价: 80.00 元

《恒信潜能科技论丛》编辑委员会

科学顾问：田在艺 马在田

主 任：周锦明

委 员：(按姓氏笔画为序)

王光奇 王玉华 曲寿利 肖景华 谷云飞

吴永钢 杨云岭 杨光大 孟卫工 张善文

邱 毅 周建宇 赵占银 赵志魁 董月霞

谢占安 熊 翥 谭试典 魏志平

主 编：熊 翥 谭试典

前 言

《恒信潜能科技论丛》是北京恒信潜能地球物理技术有限公司主办的科技丛书。第一集《数据处理与地质解释》现已正式出版，这是石油勘探界朋友和本公司员工共同劳动的结晶。

我公司是一家民营科技企业，专门从事地球物理勘探数据处理与解释工作。在处理、解释方法、技术方面都有不少建树。如“三高”处理、构造解释、圈闭评价、储层预测及油藏描述、模型正演、处理解释一体化、三维可视化解释等方面都有不少优秀成果，为了反映这些成果，使之得以交流，决定出版这套科技丛书，为我国的油气勘探事业添砖加瓦。

我们欢迎油气勘探界的朋友、专家、学者给予积极的支持，踊跃赐稿。我们欢迎概念清新、理论新颖、实例典型、资料丰富、论证有据的石油科技论文，数据处理的新理论、新方法、新技术的研究成果。

《恒信潜能科技论丛》将以不定期的方式，由石油工业出版社出版发行。每一集可以专门讨论一个问题，也可以是多项研究成果的合集。形式灵活机动，以适应油气勘探新形势的需要。

本论丛将贯彻“百花齐放，百家争鸣”的方针，欢迎不同论点、不同学派的论文。我们将尊重作者的技术风格，广采博纳，兼收并蓄。

在新世纪之初，在油气勘探界同仁的热情关怀和支持下，我们深信《恒信潜能科技论丛》将会为中国油气勘探的实践服务发挥重要的作用。

北京恒信潜能地球物理技术有限公司

总经理：周锦明

地址：北京市海淀区紫竹院路 31 号华澳中心嘉慧苑 1515

邮编：100089 E-mail: hxqng@95777.com

目 录

地震数据处理技术发展走向	熊 翥 周锦明 (1)
对当前若干油气勘探前景见解的剖析	甘克文 (5)
隐蔽油气藏勘探地震数据处理与解释	周锦明 熊 翥 (11)
地震资料解释新方案是老区勘探新思路的先导	刘秋生 刘 淑 谢秀详 等 (20)
四川—江汉区域大剖面处理与解释	谭试典 马莹春 (32)
TJ 地区三维地震资料高分辨率处理与解释一体化	周锦明 陈贤德 庄国太 等 (89)
JL 油田 SFTZ 三维 AVO 处理及应用	周锦明 庄国太 (145)
中国西部前陆盆地结构特征及油气勘探前景	郑孟林 曹春潮 李明杰等 (156)
X502 井区三维资料多井约束反演处理及综合解释	林正燮 张成利 (163)
WL 凹陷典型地震相	刘秋生 孙宣朴 陈国俊 等 (200)

地震数据处理技术发展走向

熊 翥 周锦明

(北京恒信潜能地球物理技术有限公司)

摘 要 本文根据当今国内外地震数据处理技术发展的现状,探讨今后地震数据处理技术的主要走向,包括目前已经成熟的技术、正在走向成熟的技术以及相对前缘的技术,并对计算机软硬件环境及数据处理质量监控技术的改善与发展,进行了扼要的讨论。最后,就恒信潜能地球物理技术有限公司的技术项目进行了简单介绍。

关键词 地震数据处理 技术发展 软硬件 质量监控

在新的世纪,石油工业的发展面临着来自各方面的严峻挑战,就油气勘探与开发而言:首先是减少油气藏的不确定性因素,提高勘探成功率,特别是复杂地区的油气勘探的成功率,从而提高评估的资源量转换成储量的比例;其次是加速从油气发现到开采的进程,缩短勘探周期;第三是扩大现有油田的可采储量,提高油气的采收率;第四是降低油气发现、开采和运营的成本,降低作业的成本……所有这些,无不为地球物理勘探技术的发展提供了机遇和挑战。

众所周知,地震勘探是当今油气勘探与开发中一项最主要的地球物理技术,地震数据处理又是地震勘探技术三个环节中(数据采集、处理与解释)承上启下的一个重要环节,特别是在当今数字化程度极高、数据处理技术和计算机技术飞速发展的今日,地震数据处理在上述机遇和挑战中所起的作用越来越大,位置越来越高,涉及面越来越广。因此,地震数据处理技术的发展水平,直接反映了地震勘探乃至整个地球物理技术发展水平和方向。这就是作者撰写本文的原因所在。

1 数据处理技术发展的主要走向

当今,地震数据处理技术发展总的趋势是:

(1) 常规处理技术仍是广泛应用的技术手段。常规处理技术主要向精、细方向发展,数据处理的精度不断提高,来适应油气勘探与开发的需要。

(2) 随着勘探程度的提高,新区资料愈来愈少,勘探老区目标处理项目所占的比例越来越大。因此,针对不同的地质目标集成不同的有针对性的配套处理技术系列,提高目标处理解决地质问题的能力,已成为各个数据处理中心技术发展的一个重要走向。

(3) 三维数据处理技术逐渐发展完善。一方面是很多算法从二维拓展到了三维;另一方面是很多三维解释性处理,如波阻抗反演、弹性参数反演、AVO分析、地震属性分析等处理方法和技术已逐渐成熟,应用更加广泛,大大促进了三维数据解释技术的发展,提高了三维勘探的效果。三维数据处理已成为处理的主要市场。

(4) 随着勘探程度的提高,地面和地下的条件越来越复杂,难度越来越大,数据的信噪比普遍降低。因此复杂地区低信噪比数据处理已经成为数据处理方法研究最热门的研究课

题,提高地震数据信噪比的方法和技术将不断涌现出来。

(5) 从时间域处理逐渐走向深度域处理,三维叠前深度偏移技术逐渐走向成熟,应用领域从海上数据逐渐过渡到陆上数据。由于深度偏移技术的完善,促进了处理解释一体化工作流程的融洽,以及速度分析和速度场技术的发展。

(6) 多波多分量(主要指转换波)的数据处理技术已经形成处理流程,正在逐渐完善。大的数据处理公司和一些软件公司正在推出商品化软件,处理中心逐渐形成和完善多波多分量数据的处理和解释的能力。

(7) 时移地震数据处理技术流程已经基本形成,针对性的技术已是走向成熟。未来的处理方法研究一是需要完善各种专用的处理方法功能;二是要研究随着油气的开采与地震响应特性改变之间的关联机制;三是要与油藏监测和油藏工程的信息进行综合分析处理。

(8) 井中数据(空和非空炮井距 VSP、三维 VSP、三维逆 VSP 等)和井间数据处理技术逐渐成熟,并形成专用的处理系统和商品化软件,已从试验性的处理正在走向生产性的处理,直接向油气田开发商提供服务。

(9) 处理技术正在走向处理解释一体化技术的发展方向。在一个流程中既有过去处理人员所做的工作,也有解释人员所做的工作,我们无法把处理和解释进行分开;另外,过去称为解释性处理的处理工作比例越来越大。从市场上来看,处理和解释已逐渐转向为一个项目,单纯的处理合同或者解释合同将会越来越少。

(10) 陆上复杂地区静校正技术、叠前压噪技术、速度建模技术、偏移归位技术等难度较大的问题,随着实践活动的增多,方法和途径不断涌现,已取得较大的勘探效益。速度的各向异性问题已提到议事日程上,并在地震数据处理和解释中开始应用以消除影响。

综上所述,我们可以看到,在勘探市场有萎缩苗头的情况下,丝毫没有影响地震数据处理技术的发展;相反还促进了地震数据处理技术向油气田开发领域延伸、向复杂地区数据处理高难技术领域延伸。因为通过地震数据处理,往往会以较少的投入取得较大的油气勘探开发效益的一项技术。

2 数据处理技术的软、硬件环境

由于计算机技术的飞速发展,并融入到油气勘探领域,这为地震数据处理技术发展创造了得天独厚的条件,为地震数据处理技术提供了良好的软硬件环境,保证了与地震数据处理技术发展相适应的处理工作方式和用户的需求:

(1) 批量作业方式越来越不适应数据处理质量的要求,人机交互作业方式对复杂地区的地震数据处理从质量保证方面其优点越来越明显。为此,计算机必须提供快速的交互能力,良好的可视化技术,更多的是使用工作站群和 PC—Linux 集群。

(2) 计算机软硬件设备必须适应野外采集数据量的猛增。目前,一个典型的海上三维作业面积从过去的 500km^2 扩大到 3000km^2 ,甚至高达 5000km^2 ;采集效率由以往的 $3\text{km}^2/\text{d}$ 上升到 $25\text{km}^2/\text{d}$,甚至高达 $50\text{km}^2/\text{d}$;拖缆由过去的 2 根增加到 12 根,最多已达 16 根;陆上采集数据量也在猛增,计算机软件必须适应这种发展趋势。

(3) 利用高速卫星通讯和地面 ATM 网络等方式,连接海上地震数据采集作业船和陆上地震数据处理解释中心,实现实时交互处理与解释,并对野外数据采集质量实行实时监控,真正实现实时地震勘探,大大缩短勘探周期,这已逐渐从愿望成为现实。

(4) 新一代地震数据处理系统,不仅仅要求方法的先进性和适用性,而且从软件上应体

现出开放性、网络化、集成化、可视化、并行化等特点。提供开放的系统平台、开放的界面、开放的数据结构和文件格式、开放的协议以及开放的客户关系等；提供网络化访问，支持异构平台环境的分布式应用；采用集成的数据管理、公共用户界面、先进的处理和解释功能；可视化技术将广泛应用于数据处理和质量控制；全面支持并行处理，提高计算效率。

(5) 用户要求缩短数据处理周期的愿望更加迫切，期望值越来越高。为此，提高计算机能力、采用高新计算技术、改善软硬件环境、提高处理人员技术素质和工作效率、改进作业管理 workflows 等方面都有相应的提高与发展，只有这样，才能处理好处理周期和处理质量之间的关系。

由此可见，随着处理技术的发展，计算机软硬件环境必将有很大的改善，人员的技术素质必将有大幅度的增长，作业管理水平也将大大提高。只有这样，才能确保处理技术的发展长生不衰。

3 数据处理的质量监控

在处理技术发展的同时，处理质量的监督和控制手段也在不断地完善和发展。首先，在处理流程中质量分析控制点越来越多，采用中间荧屏监视，可及时地掌握和了解每一个处理步骤对数据产生的影响，这在以前采用静电低显示方式是不能做到的。有一家处理公司利用三维相干数据体切片来监视三维数据处理流程是否合适、偏移速度场是否正确、偏移方法选择是否恰当、最终处理成果质量是否符合地质任务的解释要求，充分体现了人们对质量的监控愈来愈重视，人们不惜消耗大量的计算机资源，来实现处理质量的监控，这已成为大家的共识，其实这是技术发展的一个必然的走向。俗语说，质量就是生命，对于处理中心来说，处理质量关系着处理中心在市场竞争中的生死存亡。

那么，我们根据什么原则来衡量数据处理工作已经达到最佳状态呢？概括起来，可归纳成以下几个方面：

(1) 是否针对研究的地质目标的先验地质模型（构造、地层、沉积）来设计和确定处理方法和技術组合、选择最佳处理流程和各项处理参数（方法和参数的选择是否有针对性）；

(2) 是否在尽可能大的市场范围内，挑选和收集软硬件工具；是否采用了最好的软硬件配置；软硬件的配置是否适应解决当前地质问题的方法策略的实施（软硬件的先进性和解决具体地质问题的能力）；

(3) 在数据处理和分析的过程中（或者在不同的处理步骤或阶段中），所建立的分析过程模型（或者称为中间过程的工作模型），是否有利于处理分析员对地质问题的解释的加深（随着处理的深入地质认识应不断的深化）；

(4) 是否建立了和利用了强有力的与先验地质模型有关的信息反馈体系，根据反馈信息不断地修改中间过程的工作模型，直到生成最终的成果模型为止（质量反馈系统）。

市场上曾出现过定量质量保证体系（QQA）商品化软件，从野外数据采集到最终的偏移成像，综合利用统计和决策性分析技术，对地震资料的质量进行定量分析，从而实现质量监控。

4 风雨兼程，与时俱进

恒信潜能地球物理技术有限公司，是以地震数据处理与解释为主要经营项目的一个服务

公司，在地震数据处理技术发展的潮流中，通过 6 年来艰苦创业的历程，始终瞄准技术发展的走向，风雨兼程，与时俱进，目前已初具规模，在资料处理技术方面，已形成自有特色的处理技术流程，它们是：

- (1) 常规处理技术的精细处理；
- (2) 目标处理的精细处理技术；
- (3) 低信噪比数据精细处理流程；
- (4) 提高分辨率处理流程；
- (5) 三维和三维连片处理技术；
- (6) 波阻抗反演、弹性参数反演、AVO 分析处理技术；
- (7) 地震属性处理分析技术；
- (8) 属性建模和模型正演叠前叠后数据处理技术；
- (9) 复杂山地资料处理技术流程；
- (10) 改善深层数据品质处理技术流程；
- (11) 叠前深度偏移处理技术；
- (12) 时移地震数据处理技术；
- (13) 测井数据处理技术；
- (14) 井下和井间数据处理技术；
- (15) 多波多分量（转模波）数据处理技术。

除最后两项公司没有承担商务合同处理任务外（技术储备），其它各项技术都在为各个油田服务合同中得到应用，取得了良好的效果，得到了用户的好评。

我国油气勘探开发的形势，为地震数据处理技术的发展创造了良好的时机，同时也向从事地震数据处理工作的人们进行了挑战，从而促进了我国地震数据处理技术的发展与国际技术发展水平基本同步。恒信潜能公司员工将会全力以赴投入这一潮流中，发展自己的技术，适应技术发展走向，为各油气勘探开发提供良好的服务；公司也热烈欢迎这个领域有志之士加入我们的行列共同战斗，并为你提供良好的工作条件；或者是在你的岗位上携起手来，共同发展，共创辉煌。

对当前若干油气勘探前景见解的剖析

甘克文

(中国石油勘探开发研究院)

摘 要 在大量的经验教训的前提下,正确判断和抉择各种见解的取舍,应是当前油气勘探决策者的重大课题。笔者根据搜集到的信息材料,对当前一些理论问题进行剖析,提出了自己的见解,供同行们参考。

关键词 勘探决策 石油地质 油气勘探风险 油气保存

最近国土资源部曾召开过一个有关油气勘探前景的高级座谈会,多名专家提出了他们研究的心得和见解。在科技领域中,科学家有不同的观点和学术讨论是十分正常的现象,无论正方和反方所提出的见解都会对科学的进步作出贡献。在油气地质领域,从20世纪70年代把板块构造论引入以来,加上全球性的油气价格上扬,目前已做到了油气勘探无禁区。大量的勘探实践促进了各种理论或见解的提出,包括油气前景预测方法的多样化,以及由于某种重大发现而产生的若干理论分析,又在实践中得到了检验。由于国际学术界在优胜劣汰的过程中,讲究互相尊重人格,许多曾经流行而被实践证明具片面性或属不适宜的学术见解和有关地区,过些时候就再无人提及,也不再由企业投资那些领域。考虑到我国与国际水平的某些滞后现象和加入WTO以后勘探工作应以经济效益为中心的具体条件,如何在已经积累了大量经验教训的前提下,正确判断和解决各种见解和取舍,应是当前油气勘探决策者的重大课题。为此,依据作者搜集的信息材料,对一些见解提出个人的分析意见,供同行们参考。

1 勘探地区战略接替说

世界上任何事物,从发展到死亡,必然存在寿命周期,这是客观规律。所以,油气田从发现、开发、经生产高峰期到最后枯竭也是一个必然过程。进一步推而广之,看待盆地当然也不可能逃脱这一大趋势。据此,一些油气地质学家特别以前苏联油气工业发展中心转移为例子,先是在巴库和北高加索地区,二次世界大战后在俄罗斯地台的伏尔加乌拉尔地区超了上来,被称为“第二巴库”,最后于20世纪60年代开发了更为丰富的西西伯利亚盆地,由此得出结论,产量和储量的发展必须开辟战略接替的新盆地和新领域。从历史的和俄罗斯的具体情况来讲,这一见解显然正确成立。但到了个别的地区和国家,是否都能套用,却就未必。就以俄罗斯而言,从西西伯利亚于20世纪70~80年代达到高峰产量以后,曾希望东西伯利亚区可能成为新的接替区,虽然东西伯利亚也有重大发现,却无力弥补老油区的速减,使得在80年代后期进入油产量的下降期。再如印度尼西亚,这是一个历史上最早开采石油的国家之一,20世纪70年代在原油年产量达到 $8000 \times 10^4 \text{t}$ 时,考虑到该国自认为有35个沉积盆地,希望在加强合作勘探的基础上能把年产量提高到亿吨以上,实际结果是至今一直徘徊在 $(7000 \sim 8000) \times 10^4 \text{t}$ 之间,主要产油气的盆地格架,基本上没有太大的变化,虽然自20世纪70年代以来在马哈坎盆地发现有大油田,在西伯土纳坳陷(马来亚—泰国湾

盆地向东南伸入印尼海域的部分)后来也有重要的发现,但都无法与苏门答腊—爪哇盆地带的油气富集条件相比拟。更加典型的例子是澳大利亚和巴西,这两个国家的领土及海域面积广阔,沉积盆地也相当多,都曾希望能由本国的油气勘探达到自给自足,也确实经过努力有不少重大的发现,如澳大利亚的吉普斯兰盆地和西北大陆架,巴西的坎波斯盆地,都找到了一些大油气田,但与他们设想的目标迄今仍相距甚远。从全球而言,一个中东波斯湾盆地(包括扎格罗斯山前带)的油气可采当量储量就占了全球已知总量的近40%,其中油的剩余可采储量占了世界的54%,气则占26%,难道还有哪一个盆地和地区可以替代吗?所以,接替是有时代和地区条件的,在全球宏观的条件下,也只能是笼统的说法,正如人类能源利用的发展已经经历了木柴、煤炭到油气的三个阶段一样。以目前我国的油气生产形势和地质背景而言,则应具体分析。例如20世纪80年代开放海上大陆架的油气勘探,曾希望到1990年达到年产 $3000 \times 10^4 \text{t}$,而实际数字到1997年底的年产油量也不到 $2000 \times 10^4 \text{t}$,而近海油气勘探开发领域包括东海、南中国海和渤海湾的整个海域。所以,理论和希望与现实的差距不能忽视。

2 南方海相中、古中界大有可为说

早在1950年当作者还是青年学生时,一次去南京幕府山野外实习,当一位同学在龙潭煤系的一个废洞附近拣到一块似煤非煤的岩块请教谢家荣老师时,他很高兴地告诉大家这是沥青,表明龙潭煤系曾经生成过石油。所以,中国南方有油气前景的印象十分深刻。确实,从秦岭—大别山以南的半壁江山,普遍分布着古生界到三叠系的海相沉积层序,构造多,油气显示广,怎么会除了四川盆地以外找不到商业性聚集的油气田呢?但现实却又是近乎于残酷的,50多年来的油气地质勘探实践证明,除四川盆地外至今未在南方海相地层中取得经济上的效益,建南和赤水气田虽不属四川,地层单元上都还是四川盆地的一部分。当前,虽然我们的一些行业领导人表示深信在今后的“十五”期间,南方的海相油气勘探会取得实质性的突破,而且已作为立项的国家研究课题,问题是这大片地区的海相沉积在经历了如此长时期的勘探和研究,至今没有突破的关键在哪里,究竟有多大油气前景,似乎并没有足够的认识,因为尽管大家都在说关键是保存条件,但保存条件到哪里去找,依旧胸无成竹。

1986年中国石油地质学会曾经在昆明召开了一次全国的海相油气地质讨论会,作者在会上作了“古生界海相层序的世界性油气盆地分布及其在我国的前景”的报告,并于1987年修改后印成单行本供同行参考。在该文中,作者提出“……生油只是油气地质中的一个条件,更重要的是油气能否大量聚集并保存供工业开发”;并在作了世界性的统计和地区分布的叙述之后分析了我国古生代沉积区的构造格架和前景,强调对于碳酸盐岩为主的古生界层序来说,封闭保存条件似乎特别重要;“我国境内的古生界分布区,除鄂尔多斯、四川和塔里木以外,经历中新世代的变动,已经不再保存盆地的实体”;“从当前的现实经济意义出发,我国大部分古生界分布区除了上述三个盆地之外,还不是一个肯定的勘探对象,而是一项需要进行细致研究和探索的课题,应做一些高质量的具体解剖”。同时,该文还指出:“不论人们用地球化学指标计算得出多大的预测资源量,要是它们变成现实储量,其风险之大,恐怕还没有几个石油企业家会甘愿进行投资冒险”;“目前我们也还拿不出任何能大量打开我国古生界油气田的系统石油地质依据”。现在15年过去了,除了三个盆地以外,这些问题仍然存在。值得思考的是20世纪80年代美国USGS的地质家曾与我院合作研究南方的海相油气地质,但最终只写了些关于沉积学的文章,而正式的油气地质报告未见只字。

作者有幸于 20 世纪 90 年代与陈焕疆教授一起合作担任“南方海相油气勘探项目经理部”的地质总监，接触到许多有关南方海相地区的油气地质资料，并参与了具体地区的地质考察，对该区大地构造性质的演化及对油气地质条件的影响有了更加直接而深刻的认识。我们采取的原则是只提供与国际接轨的解释，尊重各参加人员的意见，所以提供建议和见解是我们的责任，对与错则反映了我们的水平，是否接受则是课题人员和经理部的决策。通过这段较长时期的了解和研究，我们深感黄汲清先生指导下任纪舜、姜春发等执笔的“中国大地构造及其演化”所论述的有关中国南方的地质构造演化及其构造分区是相当正确的，就以现代板块学说的观点来看待，只要在术语上和运动方式上稍加改变就完全可以适用。最根本的一条是整个南方除四川盆地外，在印支、燕山两期构造旋回中，都成了造山带，除了形成发育的褶皱和冲断以外，还出现了许多火山岩和深成侵入岩体以及相关的热液金属矿床。记得自己还是年轻的实习员时，老一辈地质家就告诉我，在石油地质家的眼中，火成岩体和变质岩又叫回头岩，地质人员见到他们出露时表明没必要进一步填图调查了。此外，在学习大地构造和沉积建造的关系中，懂得了复理石层序是一种典型的地槽型沉积（现在确认是边缘沉积体系）。难道这些都不对了吗？记得 20 世纪 50 年代新中国的油气勘探最初是在褶皱带附近开展的，如龙门山前、天山山前、祁连山前、鄂尔多斯西缘褶皱带等。后来学习苏联第二巴库的经验叫做上地台，在稳定的构造区找油，同时探区向东部的年轻盆地转移，才走出了低谷而进入了油气发现高速增长的时期。现在难道又出现了新的科技理论和实践的证据进入否定之否定阶段吗？在南方海相油气勘探经理部期间，考虑到南方海相地层在区域高定碳比或高 R_o 值区中确实存在局部相对趋近适中的地段，而且在油气显示较广的南盘江地区有一块碳酸盐岩层序埋深较大的地区，为了探索新的领域，建议和赞成在广西和贵州交界的映坝和江汉的建阳驿各钻一口深探井。结果是从资料获得和油气地质认识上取得了重大的收获，但在找油气聚集的意义上讲确是失败了。现在已经可以得出比较确切的结论，要在南方中、古生界海相沉积层序发育区进行油气勘探，获得经济性效益的概率很小，而需要投入的资金和工作量都很大，所以从经济效益考虑，继续在此区开展油气勘探值得商榷，但作为国内如此广阔的领域，又积累了丰富的各项资料，全面而认真地加以综合研究是必要的，不过不能像过去那样只把注意力局限于油气地质领域，而是应该把岩石、矿产、大地构造、岩浆火成岩活动等多方面的材料都综合进来，这样才有可能真正全面地说明影响本区地质构造演变的特点以及对油气从形成到聚集又破坏逸散的全过程，如果确有残存保持的油气田，那么它们究竟应到何处去找，也会提出较为明确的目标区。

3 前陆盆地和台盆区中的古隆起是油气勘探持续发展的主要领域说

这是一个旧话重提的设想，前面就说过从 20 世纪 50 年代石油地质界就是以山前拗陷即今日所说的前陆带为油气勘探重点的，后来学苏联第二巴库的经验就叫上地台探中央隆起，因为俄罗斯的伏尔加乌拉尔油气区（前陆盆地）最大的罗马什金和图伊马济（最早译名为杜马兹）油田就在鞑靼隆起上。所以，我国最早在华北的探井就钻在沧县隆起上，稍后的川中会战也是探的川中隆起，只是在松辽盆地的大庆长垣上取得了重大成功。甚至近期塔里木盆地的集中勘探，也曾把主要力量放在塔中隆起上，从而发现了塔中 1 号等油田。所以，这一学说并不新颖，而且在勘探实战中证明虽然按 Carmalt 和 St. John (1986) 的统计，世界上可采储量在 5 亿桶当量以上的 509 个大油气田中，有 211 个位于“A”型前渊即前陆盆地中，但仍有许多前陆盆地及台盆区中的古隆起上并没有或只有很少的油气聚集。对于北美的

美国和加拿大那样的油气勘探十分发达成熟的国家来说,最早勘探阿巴拉契亚前陆盆地的油气发现量并不占重要地位,落基山东麓的前陆盆地同样如此,这还是比较有利的沉积盆地。到了加拿大北部,同是落基山东麓的前陆地带上的一些盆地,与南部艾伯塔盆地具丰富油气的状况截然不同,全不产油气;至于古隆起,在美国境内的辛辛那提隆起只有北端产油,而奥扎克隆起则几乎不产油气。所以,不做具体的油气地质和构造演化分析,而片面追求概念去想象,很可能在实践中遭到碰壁。最为典型的是喜马拉雅山脉南面的恒河盆地,如说前陆或前渊,大概可算上十分标准,然而一点油气也没有。关于世界上前陆盆地找油大有希望的近期流行观点,莫过于在美国落基山东麓发现派恩维尤油田后提出的逆掩层带下找油说,曾在 20 世纪 70 年代后期到 80 年代早期掀起高潮,但结果却只有在少数地点有所发现,多数则以失败告终,包括美国的东部和南部掩冲带,就在落基山东麓,也只有在怀俄明州西缘的向东凸出段取得成功。

4 残留盆地油气前景说

由于浅层次的上覆沉积层序中经过数 10 年的勘探,已经发现了大量的油气资源,特别是在华北和松辽盆地,保证了我国油气生产走上了自给的道路,现在在新的自给不足的条件下,自然要考虑新的出路和战场。最近刘光鼎院士根据大港千米桥发现下古生界的油气藏等提出前新生代海相残留盆地是一个有潜力的重要的勘探领域。其实,关于下伏盆地即残留盆地的油气意义在于未成熟的源岩在上覆盆地负载下晚期成熟,从而形成新的油气聚集,最重要的有北非阿尔及利亚的三叠盆地和北部北海盆地。前者是志留系的源岩因后期成熟运移聚集在下古生界或三叠系的砂岩储集岩中,后者是石炭纪煤系气源岩在二叠纪以来的盆地沉积覆盖下成熟运移聚集在以赤底统砂岩为主体的储层层中。值得强调的是两个盆地分别存在镁灰统和三叠系的厚蒸发岩封堵层,从而形成了可采储量超过了万亿立方英尺气及 5 亿桶油的多个大油气田。其实,关于盆地期下伏沉积层序为油气源岩和储层的沉积盆地十分普遍,如埃及的苏伊士盆地是新第三纪的裂谷盆地,虽然一般公认中新统是主要源岩,但下伏前裂谷期的上白垩统和始新统的海相碳酸盐岩和页岩也认为是烃源岩。我国准噶尔盆地的石炭系和下二叠统一般都认为是十分重要的烃源岩,但从盆地的形成而言,应从海西旋回以后晚二叠世出现粗碎屑岩层序开始。

在多数情况下,如俄罗斯地台下伏的早古生代拗拉槽及美国的古生代地台沉积下的晚元古代裂谷沉积带,虽都见过油气显示,但均未能有所发现。

所以,需要强调的是这种在上覆盆地底板层序内形成的油气聚集的基本条件是盆地期沉积前的潜在生油岩只是初期成熟或未成熟,因上覆地层层序的加载使得它们晚期成熟,从而组成良好的油气系统。如果早期已经成熟,那么就会在后期盆地形成之前的构造变动中遭到破坏,能够残留保存的油气聚集就有限,严格地受到构造地质条件的控制。关于这一见解,在被认为经典著作的 Tissot 和 Welte 的书中第二部分的第六章和第五部分的第四章都有较详细的论述。所以,对于残留盆地中的油气前景,油气勘探家们应审慎对待。

5 青藏地区富有前景说

从 1991 年两个美国地质家 Klemme 和 Ulmishek 发表了一篇题为“世界有效油气源岩的地层分布和沉积控制因素”的文章,提到世界已发现的油气可采储量的 68% 位于特提斯域

以来,我国的青藏地区由于属于特提斯域,因此也就顺理成章成为油气前景的有利地区。1994年“青藏石油勘探项目经理部”委托作者承担“特提斯域构造的演化和石油地质特征”的调研工作,为了对比参照,转请了姜春发和陈炳蔚两位专家撰写了“青藏高原及其邻区大地构造特征和特提斯域演化”的附属报告。经过我们的研究,认为所谓特提斯域油气特别丰富,实际上主要分布在特提斯域形成的阿尔卑斯喜马拉雅褶皱系两侧属于克拉通地台基底的前陆区上,最关键的是包含了中东这个占有全世界探明油气可采总储量1/3以上的地区。如果按照构造单元划分,把褶皱系以北的欧亚大陆和以南的冈瓦纳大陆块从特提斯域分出去,剩下严格意义上的特提斯域,就不但不是油气富集带,而是贫油期带了。当然,在严格的特提斯域范畴内,也有些含油气相当丰富的盆地,如墨西哥湾周边盆地带和南里海盆地区,不过它们都是残存到今的边缘海小洋盆地,真正在褶皱系造山变形带范畴内,只有上叠造山后沉积的盆地才具有一定的油气前景。

遗憾的是青藏地区的构造背景属典型的造山带褶皱系即严格的特提斯域,以最被看好的羌塘地区而言,夹持在金沙江缝合带和班公—怒江缝合带之间,当中在唐古拉山又被澜沧江缝合带斜切穿越,构成块体是增生拼合的结果。也是由于这些缝合带的俯冲拼合,使得那里的古生界已经具有不同程度的变质,中生界则冲断褶皱变形和削蚀严重,并伴生有燕山期的改造型花岗岩侵入体,表明了全区完全卷入了燕山旋回的造山褶皱带之中。造山后的白垩系、第三系不但分布零星,而且还伴随有大片的玄武岩。所以,在青藏石油勘探经理部经过5年努力调研的基础上,对比世界油气勘探经验,除了证明分布较厚中生代沉积岩和油气显示外,实在没有理由能证明这样严酷的自然环境背景下的这个地区,能够发现有经济价值的油气田。就以伦坡拉盆地而言,也只是证明了上叠造山后的新生代盆地才可能具备一定程度的油气前景。

6 天生盆地必有油说

一说起“天生盆地必有油”,许多油气地质家必然会表示不赞成,似乎这是不实之词。其实此言无错,因为这里并没有量的界定,而且实际上无论是国内和国外,都不同程度地被优先考虑。首先是油气显示或者说是油气苗,无论在褶皱造山带的沉积岩中,或者现代的火山弧上的沉积岩中,都可见到。如果说前者如我国南方的海相中、古生界和羌塘地区的三叠、侏罗系可能还会引起异议,那么贺兰山中石炭统的油味海百合石灰岩,大青山石拐煤系中的油砂总不能不算吧!后来的例子有南太平洋中的新喀尔多尼亚和汤加岛的油苗,非常明确地产生在大洋岛弧的沉积区甚至火山岩中。所以,油气的存在如果不以具经济开采价值的聚集为标准,分布确实非常广泛。假如按地球化学方法鉴定的烃类为标准,甚至可以认为凡沉积层序中含一定量的有机质,就有可能从中发现含烃。其次,从我国主流资源评价来看,沉积盆地数量从1978年的236个增加到1992年的424个,石油资源量也从700多亿吨增长到 $940 \times 10^8 \text{t}$,而评价的基本概念是“源控论”,以沉积岩体积和生油量为起点最后估算潜在的储量。这种方法虽然运用的是先进的计算机模拟技术,但本质上是地球化学的质量平衡法。遗憾的是地质过程却不是能用确定的方法加以量化的,因此,其结果虽然具有一定的参考意义,但实质上是“天生盆地必有油”说的具体体现。

法国的Perrodon有一句名言,“没有盆地,也就没有油气”。他是从油气的经济的可采量聚集的标准说的,也是国内多数油气地质学家所认同的。但是在沉积盆地的定义上,却有扩大化的倾向,把许多已经在造山旋回中受到强烈冲断、褶皱变形甚至伴生有变质现象和深

成岩，只要保持有较厚的沉积岩，都当作了盆地，从而大大地扩展了盆地区，同时扩大了油气远景和预测资源量，可惜的是这种见解只是良好的愿望，却缺乏实证的依据。过分地相信这种善意的预测，在已经加入了 WTO 的世界经济竞争面前，很可能遭到严重的挫折和损失。

通过以上论述，可以看出地质学家们提出的学说和见解都是具有一定的事实为依据，但能否具有普遍规律并适应于勘探，则有待实践的检验。根据全球油气勘探的经验，帮助解决生产后备不足的可行性甚低，风险性极大，根本的要害是忽视了油气田的寿命和盆地保持条件所反映的盆地寿命问题。这些问题，西方的油气地质学家在 20 世纪 90 年代已经研究得出明确的结论：Klemme 和 Ulmshiek (1991) 指出世界上 80% 的油气聚集是阿谱第期以来形成的；Miller (1992) 研究了全球石油资源及原油系统及其从生成到散失的半寿命期后指出，石油聚集的中值年龄是 29Ma，世界上 75% 以上的石油资源是最近 75Ma 内就位的，如果只考虑未经降解的轻质油资源，其比例可上升到 90%；Macgregor (1996) 在统计分析了占全球地质储量 80% 的 350 个大油田的数据后指出，油田在动态上平均年龄只有 35Ma 的短命现象，是由于油田的破坏率随其构造背景和地质背景的差异变化极大，控制保存或破坏的主要因素是大地构造历史和封堵条件；他还强调早古生代源岩比中生代发育得更广泛，一旦在晚古生代时成熟应形成大量油气，但在世界的现有油量中比例很小，并且主要见于延迟到中新世形成和封存的盆地中，一个看来合理的解释是许多以前存在的油气田在石炭、二叠纪的全球构造变动中破坏了。此外，他们同样认为“像所有的元素一样，痕量油气到处可见，但大型聚集十分罕见，其条件越差，个儿越小。”因此，当前我们在油气勘探中是否过分地强调了地质历史的沉积盆地分布和曾经生成过油气的生油岩的体积和作用，忽视了沉积盆地经过地质构造变动后原有的盆地已经消亡，已生成甚至聚集的油气就会散失，纵然能找到个别残存的局部聚集，恐怕补偿勘探和研究的投入都有困难，何言起到接替后备可采储量不足的作用。

总之，基于国内和国际油气勘探发现的实际情况，设想不如立足于现存已知并且有所重要发现的晚白垩世以来的沉积盆地，深入地剖析它们的特征和演化条件，从而达到不断有所发现、不断提高采取率的目的。

隐蔽油气藏勘探地震数据处理与解释

周锦明 熊 翥

(北京恒信潜能地球物理技术有限公司)

摘 要 隐蔽油气藏主要是指油气勘探采用当今常规技术难以识别和难以发现的油气藏。本文对隐蔽油气藏的地震勘探数据处理与解释技术作了论述,并对隐蔽油气藏勘探的储备技术作了简要的介绍。

关键词 隐蔽油气藏 地震数据处理 解释技术

隐蔽油气藏 (Obsure and Subtle Traps), 主要指油气勘探采用当今常规技术难以识别和难以发现的油气藏, 并不是专指非背斜和非构造类型的油气藏 (A.L.Levorsen, 1966; H.T.Halbouty, 1982; 朱夏, 1983)。因此, 只要我们在技术上精雕细刻、精益求精, 难度就可以降低, 这些油气藏的绝大部分还是可以发现的。

在渤海湾地区, 经过近 40 年的勘探, 发现了大量的多种类型的复杂隐蔽油气藏, 归纳起来主要有以下两种类型:

复杂隐蔽断裂构造油气藏, 可细分为: 复杂断块油气藏; 复合断块油气藏; 复杂断块与复杂岩类复合的油气藏。

复杂隐蔽地层岩性油气藏, 可细分为: 潜山披覆背斜油气藏; 地层超覆油气藏; 地层不整合油气藏; 砂砾岩体油气藏; 特殊岩体油气藏。

在渤海湾盆地内, 复杂隐蔽油气藏占探明石油地质储量的 30%~40%, 随着勘探程度的加深及技术的进步, 将有可能达到探明石油地质储量的 60%~70% (譙汉生, 2001)。可见, 探讨隐蔽油气藏的勘探技术, 其意义是十分重大的。我公司近两、三年来, 根据公司的技术能力, 一直把隐蔽油气藏勘探的地震数据处理与解释, 作为技术发展的主要奋斗目标。

1 复杂隐蔽油气藏的地震数据处理与解释技术

限于公司主要从事地震数据处理与解释, 因此, 对这类油气藏的成藏机制与分布规律缺乏研究, 只是围绕地震数据品质的有效改善提高对隐蔽圈闭的识别能力, 来满足研究复杂隐蔽油气藏的需要; 同时通过提高信噪比、提高分辨率以及地震成像的精度, 对有效识别隐蔽圈闭、正确进行圈闭成像与储集空间和含油气性的预测评价做出力所能及的微薄贡献。

1.1 三维数据常规处理技术力求精细

3D 数据体是研究复杂隐蔽油气藏的数据基础, 当前改善数据信噪比, 提高数据的品质主要是一套完整的常规处理技术。充分挖掘常规处理技术的潜力、完善常规处理技术的配套和应用上的精细, 既是当今地震数据处理技术发展的方向, 也是我公司技术发展的策略。为了检查与考核数据处理技术是否达到了精细程度, 我们提出了 12 条可以操作的检验标准 (熊翥, 周锦明, 2002), 在实际工作中见到了良好的效果。