

第三次国际石油工程会议 论文集

1



中国科学技术出版社

中国 天津
1988 · II

TE-53/008-1

35075

第三次国际石油工程会议论文集



200441058

1

中国石油学会 编



00251747



中国科学技术出版社

第三次国际石油工程会议论文集(1)

中 国 石 油 学 会 编

中国科学技术出版社 出版

开本: 787×1092 毫米1/16 印张: 27.25 字数: 600千字

1988年9月第一版 1988年9月第一次印刷 印数: 1000册

北京海淀区吴海印刷厂印刷 · 内 部 发 行.

ISBN 7-5046-0042-3/TE·2

编 委 会 名 单

主编：韩大匡

编委：（按姓氏笔划排序）

于海忠	万仁甫	汪正蕃	王健安	王福松
王鸿勋	龙怀祖	刘文章	刘同刚	刘云菁
刘翔鸢	朱兆明	沈平平	李克向	李春茹
吴震滨	张英	张兴儒	张祖兴	张尧南
张朝琛	陈忠勇	陈元顿	杨跃	杨普华
周成勋	苗成武	林志芳	罗英俊	罗殿邦
胡文海	胡湘炯	赵芬	赵凯民	洪恩
桓冠仁	倪荣富	谢兴礼	裘亦南	蒋学明
褚人杰	谭廷栋	樊世忠		

序 言

5463/11
中国石油学会和美国石油工程师学会共同主持的国际石油工程会议已经召开两届了。在这两次国际会议上，各国石油工程专家们不远万里而来，共聚一堂，交流切磋、收获很大。从1986年召开第二届会议以来，又已经有两年了。回顾在这两年里，国际油价下跌，对世界石油工业的发展造成了很大的冲击。面对这种严峻的挑战，各国石油工作者以顽强的毅力，坚持科学研究和实践，力图通过技术进步来改善石油工业的处境，寻找新的发展途径，在石油工业的各个技术领域都取得了重要的进展，获得了丰硕的成果。在此期间，我国石油科学技术也取得了新的发展，原油生产持续稳定增长。这些都是值得欣慰的。

在这样的背景下，中国石油学会和美国石油工程师学会联合召开的第三届国际石油工程会议，今年将在天津揭幕。通过这次会议，中美两国和其他国家石油工程方面的专家将进一步交流科研成果，讨论共同感到兴趣的问题，这对互相加深理解，增进友谊，并进而推动国际合作，促进各自石油工业的发展和繁荣，具有重要的意义。

本届国际石油工程会议的特点是：涉及的专业内容更为广泛，包括油藏地质、地球物理、测井、水平井、丛式井工艺、钻井液、钻井经济和优化、固井工艺、完井、油层评价、油藏工程、测井、油藏模拟、二次采油、提高采收率、人工举升、酸化、压裂、天然气工艺、采油作业、采油系统、海上油田开发、经济与环境、教育等24个专题，共分28个专题组进行交流讨论，其中有的专题组比以前分得更细了，如钻井技术方面就细分为水平井、丛式井工艺、钻井经济和优化三个专题；完井方面分为固井和完井两个专题；增产措施方面细分为酸化和压裂两个专题。还有些专题如环境、教育等，是本届第一次列入会议内容的。各个专题论文的内容针对性都比较强，主要针对国内外石油工程界所共同关注的新理论、新观点、新方法和实践经验，不少还针对了中国石油工业的特点和需要，来进行交流和讨论；而且内容也更为新颖，很多

论文阐述了近年来各国石油工程专家所取得的最新成就，有比较高的水平。我们相信，这次会议必将取得巨大的成功。

中国石油天然气总公司领导和中国石油学会对这次会议给予了很大重视，为了准备好这次会议，专门邀请了各方专家组成了编委会。全国各油田、研究院所、石油高等院校、中国海洋石油总公司及中国科学院和地质矿产部等方面的有关单位，都予以积极支持，选送了大量优秀论文。石油情报所在论文的翻译方面，中国科学技术出版社在论文出版方面，也都给予了全力支持。这里谨向这些单位和有关的专家、同志们致以衷心的感谢。

第三届中国石油工程会议论文集编委会

主 编 韩大匡

目 录

经 济

1. 石油在我国能源发展中的地位..... 张今弘 安郁培 李玉琦 (1)

地球物理

2. 开发地震在胜利油田的实践..... 李小孟 王兴莉 (7)

油藏地质

3. 二连盆地阿北安山岩储层特征研究..... 唐阶庭 俞家仁 (14)
4. 兴隆台油田在注水开发中的储层孔隙结构研究..... 王玉琰 牛仲仁 (28)

井控技术

5. 非常规井控技术..... 郝俊芳 刘 凯 (45)
6. 四川盆地深井钻井技术发展成就..... 马兴峙 吴柳生 (57)
7. 救援井技术..... 许 钰 顾金玲 (71)

试 井

8. 考虑井底污染区的不稳定试井分析及典型曲线自动拟合方法.....
..... 刘蔚宁 陈钦雷 杨建汝 孙正川 (82)
9. 滤除干扰的单脉冲多井试井方法..... 董映珉 任力成 韩大匡 (92)

天然气技术

10. 排水采气工艺优选管柱的计算研究..... 杨川东 (105)
11. 川中八角场气田香溪群低渗透含气砂岩的地质特征及其改造.....
..... 邹绍春 夏先禹 李跃华 (121)
12. 以低压伴生气为原料气的天然气液回收装置的节能..... 王遇冬 项新耀 姜慧娟 (132)

油藏工程

13. 早期识别油(气)藏规模的若干技术..... 张志松 (140)

人工举升

14. 抽油井井下诊断技术的应用和发展..... 姜振英 王元弟 褚 青 (150)

二次采油

15. 低渗透亲水油藏注水开发残余油的影响因素.....
..... 张盛宗 吴朝玉 赵子先 胡建国 张茂昌 (162)
16. 行列注水剩余油分布研究..... 林志芳 王荷美 吴 蕾 高志桥 (171)

完 井

17. 阳离子活性剂防粘土膨胀的性能研究..... 陆一贞 (185)
18. 稠油钻井与完井工艺的实践与探讨..... 刘景伊 周福元 (198)

丛式井技术

19. 大民屯油田丛式钻井技术..... 段阳植 吕素茹 (209)
20. 二次抛物线定向钻井技术 冀伟安 (217)

油藏模拟

21. 油气田(井)动态预测的灰色系统方法..... 林平一 李大昌 (228)
22. 油层厚度对蒸汽驱效果影响的数值模拟研究 刘尚奇 (245)

测 井

23. 利用声波纵波幅度勘探天然气的实验及应用效果..... 谭廷栋 李 宁 李厚义 (255)
24. 直接探测油、气、水层的一种新方法——自然电场岩性测深法.....
..... 蒋学明 陈维权 (265)

压 裂

25. 限流法完井压裂技术的发展 周 望 齐文会 肖同寿 潘时景 谢朝阳 (274)
26. 压裂压力的分析与应用..... 蒋 阔 刘立云 俞绍诚 朱 文 单文文 (280)

地层评价

27. 自然电流测井在注水开发油田划分水淹薄层的机理和效果.....
..... 牛超群 刘宝生 王德贵 张守谦 郭余峰 (291)

钻井流体

28. 页岩稳定性评价方法及现场应用 王汝堂 江天云 (302)
29. 钻井泡沫流体室内试验及现场应用的研究.....
..... 樊世忠 李文义 谢剑耀 姚荣魁 (314)

提高采收率

30. 大庆原油微乳液异常相态的实验研究..... 苗希仁 高树棠 (328)
31. 用聚磷酸盐降低表面活性剂驱油过程中的表面活性剂滞留损失.....
..... 杨承志 B·巴赞 J·拉布里德 刘艳丽 (341)
32. 用椭球孔隙模型及图象解析技术研究油藏岩石..... 张朝琛 李方明 (353)
33. 大庆油田矿场聚合物驱油效果评价及有利条件分析.....
..... 王志武 张景存 姜言里 (367)

海上开发

34. 中国南海一个特殊的边际油田开发工程研究 魏 影 (376)
35. 不渗透水泥添加剂在复杂高压易漏井固井应用及其施工工艺.....
..... 谭树人 石国栋 (385)

采油作业

36. 用塑料预包砂的油井防砂工艺 范承贵 (392)
37. 注水井调剖技术的应用与发展 李宇乡 (401)

固井和钻井技术

38. 复合盐层的综合特性及钻井工艺 李根明 (412)

石油在我国能源发展中的地位

张今弘 安郁培 李玉琦
(中国石油天然气总公司)

· 5 ·

一、历史的回顾

我国能源工业发展迅速,能源生产量 1986 年较 1949 年增长 26 倍。原煤产量由 3200 万吨增至 8.94 亿吨,占世界总产量的 20%,居世界首位;原油产量由 12 万吨增至 1.31 亿吨,居世界第五位;发电量从 43 亿度增至 4496 亿度,居世界第五位。我国一次能源生产总量达 8.81 亿吨标准煤,仅次于苏联与美国,居世界第三位。

37 年来,我国能源生产从基本上单一的煤炭结构,初步发展为以煤为主的多种能源互补结构。建国初期,1952 年能源生产构成中,煤 96.7%、石油 1.3%、水电 2.0%;1985 年煤: 72.8%、石油 20.9%、天然气 2.0%、水电 4.3%。能源结构有了明显改善。已经形成了以煤为主,煤、油、气、电等门类比较齐全的、具有相当规模的能源工业体系。

我国石油工业一直保持着较高的发展速度。建国初期,我国只有玉门和延长油矿,年产原油仅 10 多万吨。经过大规模钻探,50 年代先后发现了青海冷湖和新疆克拉玛依等油田,使 50 年代末原油产量上升到 373 万吨。

1959 年发现了大庆油田,石油工业从此进入了全新时期,60 年代末原油产量达到了 3000 万吨水平;70 年代大庆油田进入全面开发阶段,在此期间相继发现了华北、胜利、辽河等大型油田,1978 年产油量达到了 1 亿吨,由一个“贫油国”一跃成为世界产油大国。

“六五”计划期间,国家对石油工业实行了 1 亿吨原油产量包干政策,给石油企业增添了活力。不仅实现了稳产 1 亿吨目标,而且达到了 3.35% 的平均增长速度,1987 年产油量达到 1.34 亿吨,石油在我国能源生产与消费构成中的比重也分别达到了 20.9% 与 17.0%,基本上保证了国民经济发展的需要。

二、现状分析

1. 石油供需紧张 需要持续、稳定增长

近年来世界石油市场油价疲软,供过于求。据专家们估计,今后几年间,石油消费增长将是缓慢的,平均增长率为 1.5%,其中发达国家为 0.7%,发展中国家为 3.2%。世界石油工业象六七十年代那样大发展的需求环境很难再现。

中国的情况却迥然不同。尽管我国石油工业取得巨大成就，油气产量达到了 1.48 亿吨（油当量），但由于我国幅员辽阔，人口众多，是一个拥有 10 亿人口的发展中国家，人均石油占有量远低于世界平均水平。

目前世界产油 28 亿吨，天然气 16 亿吨油当量，油气合计 44 亿吨，人均 880 公斤。

我国产油 1.34 亿吨，天然气 0.14 亿吨油当量，油气合计 1.48 亿吨，人均 140 公斤，人均产油量仅为世界人均值的 16%。即使 2000 年我国产油 2 亿吨，产气 0.3 亿吨，共计 2.3 亿吨，人均消费水平也只有 191 公斤，仅为目前世界平均水平的 21%。

当前我国整个社会经济形态处于由劳动密集型向能源密集型过渡，人民生活由温饱型向小康型过渡，经济振兴与生活的改善同时面临着能源缺乏的局面。石油总需求超过总供给的情况将不是一个短期的经济现象。随着工业、交通运输业的发展，农业的现代化，石油供需矛盾将会更加突出。国民经济的发展要求石油成倍的增长，我们必须加速发展步伐，保持石油工业持续稳定增长，以满足国民经济发展的需要。

2. 我国石油后备储量不足 但发展前景广阔

我国探明的石油后备储量不足，是我国石油工业发展中面临的首要问题。由于近年来勘探方面没有发现大面积优质储量，一度出现了石油储量增长低于产量增长、储采比失调的现象。这是石油生产缺乏后劲和石油供需关系紧张的根源所在。这就迫切要求寻找新的接替储量，以增强石油工业持续发展的实力。

我国拥有比较丰富的石油资源。陆上和沿海大陆架远景石油资源量 787 亿吨，天然气总资源量 33 万亿立方米。而目前累积探明和控制储量占总资源量还不足 1/5。说明我国石油勘探程度很低，待发现的储量很多，石油工业的发展方兴未艾，潜力很大，前景广阔。

3. 能耗较高 节能潜力很大

我国一方面石油供不应求，另一方面能源利用效率很低。全国各种商品能源综合效率（包括加工、转换、输送和终端使用等）只有 25.4%，欧州为 32.0%，日本为 36.0%，远低于发达国家水平。

我国单位产值能耗很高，据英国经济学家情报组织《1986/1987 能源年鉴》统计，见表 2。从表内数据可以看出：每百万元国民生产总值耗吨油当量，我国为 2216，是美国的 5.1 倍，日本的 7.9 倍，比发展中国家印度也高出一倍多。1980 年我国国民生产总值为 2855 亿美元，同期国内消费石油 8793 万吨，每 1 千美元生产总值耗油 0.31 吨，高于印度的 0.26，高于日本的 0.17。

我国石油工业自耗比重也很大。油田、管道及炼厂自用、损耗量约占总产油量的 8—10%。油消费结构中，烧油比重从 1966 年的 16.0% 上升到 1976 年的 39.8%，1980 年总数已达到 4350 万吨，占当年原油产量的 41.0%。这几年国家实行压缩烧油政策，大力开展“双增双节”运动，实行“开发、节约”并重的方针，落实各项节油措施和技术改造，节能工作取得了很大成绩，烧油量特别是直接烧掉原油有较大幅度下降。

总之，我国节能潜力很大。“六五”期间按国民收入计算的节能量达 1.4 亿吨标准煤。但是，提高能源利用效率，降低单位产值能耗，进一步压缩烧油，减少能源浪费，都有赖于

技术进步,管理体制改革的改善,这是一项长期而艰巨的工作。在我国经济发展中,应加深认识石油是一种不可再生能源的重要性,以节油政策引导国内消费需求,改善能源消费构成,提高经济效益。

4. 天然气发展缓慢 有待大力开发

天然气作为一种优质能源,引起世界各国广泛重视。近 10 多年来,世界天然气工业获得了突飞猛进的进展。1970 年全世界生产天然气 1.03 万亿立方米,1985 年增至 1.77 万亿立方米,增长了 72.3%,平均年增 4.82%。天然气在世界能源消费结构中的比重占到了 20%,其中苏美等发达国家已达到了 30%。天然气的发展速度已经超过石油,为石油的 3.9 倍。

我国天然气工业比较落后。天然气在能源消费构成中的比重很低。1985 年仅占 2.25%,油气产量比仅为 1:0.1,与世界 1:0.6 相比(苏联已达 1:1)差距很大。

我国天然气资源很丰富,远景资源量 33 万亿立方米。目前探明储量仅为预测资源量的 3% 左右。天然气勘探程度很低,说明天然气在我国还是一种潜力很大而又未充分开发利用的能源。

当前,需要继续落实“油气并举”的方针,制定天然气发展战略,实行更加优惠的政策,把天然气摆到优先发展的位置上来,在资金、技术上予以保证,使天然气工业在近期内有一个大的发展。

三、我国石油工业发展中的几个问题

1. 正确认识发展与调整的关系 为石油工业大发展做好准备

分析我国石油工业的发展历史,可以看出,1965 年原油产量突破 1 千万吨以后,经过了从“三五”到“五五”的 15 年的大发展时期。1980 年原油产量达到了 1.06 亿吨,平均增长速度达到 6.6%,大大超过其他工业部门同期发展速度。15 年产量增长 10 倍多,可以说这一时期奠定了我国石油工业的总体规模。进入“六五”以来,由于没有大型油气田的发现,石油增长速度降为 3.4%。“七五”期间预计为 2—2.5%,即每年新增原油产量 300 万吨左右,其增长速度将低于全国工业部门平均水平。这表明我国石油工业在高速发展之后进入了一个新的调整时期。

从长远与总体来看,由于我国大规模油气勘探时间较短,勘探程度很低,远景石油资源量很丰富,所以我国石油产量还处于发展与增长阶段,远未达到高峰期。据有关专家对我国今后石油产量规模的分析与预测,认为本世纪末原油产量上 2 亿吨台阶后,下个世纪合理而稳妥的产量为 2.5~5 亿吨,且其变化曲线呈正态分布,理论上的产量高峰值为 3.7 亿吨。2000 年后,当产量达到 2.5 亿吨时将稳产一个时期,这展示了我国石油工业的广阔前景。

当前,从我国石油工业内部情况看,迫切需要在“七五”至“八五”期间,即用 10 年左右的时间为今后进一步发展做好准备。通过大力勘探,努力增加后备储量,以使石油工业实现良性循环。其次调整老油田注采关系,使老油田生产结构更加合理。这几年,由于新油田发现的少,老油田产量负担很重,从地下到地面工艺技术进步缓慢,不适应石油工业高速

发展的需要。因此，必须加速采油工艺技术发展。另外，石油工业管理状况与我国经济体制改革要求不相适应，投入产出效益差。改革管理体制，理顺经济关系，完善经营机制是当前摆在我国石油工业面前的一项刻不容缓的重要任务之一。我国石油工业要按照国家提出的要求，把改革放在总揽一切的地位，在加速技术进步的同时，加强经济管理工作，广泛开展国内外交流与合作，促进我国石油工业管理水平的提高，也需要对石油企业内部进行必要的调整，为今后石油工业的大发展做好物资、技术与政策准备。

2. 进一步提高石油在能源发展中的地位

我国石油与天然气，解放初期在能源构成中的比重只有 1.3% 与 0.1%，地位是微不足道的。经过30多年的大力勘探开发，1976 年石油产量已占能源生产总量的 24.7%，1979 年天然气的比重也上升到 3%。其后，石油天然气构成虽略有降低，但仍在 20% 与 2% 左右。

1985 年我国能源生产构成：煤炭 72.8%、水电 4.3%、石油 20.9%、天然气 2%。

同期我国能源消费总量 7.6 亿吨标准煤，消费构成：煤炭 75.85%、水电 4.81%、石油 17.09%、天然气 2.25%。

我国石油天然气在能源构成中的比重虽然有了很大提高，但与发达国家及世界平均水平相比还很低，尤其在优质能源方面，要有一个很大发展后才能改善能源结构，适应国民经济发展的需要。

我国能源构成，历史的形成了以次煤为主的格局，但已逐步发展为煤、油、气、电等多元化能源结构。从长远看，次煤为主的能源结构面临着严重的挑战，不但对运输、环境造成了越来越大的压力，而且造成了能源利用率低、经济效益差。中共十三大提出“加快发展以电力为中心的能源工业”作为加强基础工业建设的首要环节。

当前，国家正在采取措施，加快电力工业的发展，尽快缓解电力供需矛盾。同时采取多种措施，保证石油的稳定增长。今后一个时期，进一步提高电力、石油以及天然气在能源发展中的地位，优化能源结构，已经成为我国能源工业发展的战略重点。

3. 关于发展环境与相关政策

当前与今后石油勘探开发所面临的内外部环境条件较“六五”以前发生了很大变化：

- 储量品位有由富变贫的趋势，贫矿增多；
- 稠油比例增大，常规石油资源只占 57.5%；
- 钻探由浅变深，3500 米以下深层石油资源占 1/4；
- 油藏类型由简单变复杂，复杂断块和隐蔽油藏增多；
- 地理上由东向西、由陆地到海滩，转向僻远、经济落后地区；
- 地面条件由好变差，沙漠、海滩、沼泽、高原、高寒增多。

因此，我们在认识上也要来个转变，不仅积极寻找优质、富集、大型高产油气田，而且对那些储量品位低、丰度小、成本高的小油气田，只要评估的经济效益在边际效益以上，都应积极进行勘探开发，这样才能打开局面，找到更多的储量与油田。

面对今后石油工业找油难度越来越大的挑战，科学技术已经成为发展石油工业的关键与

首要问题。我们需要继续组织力量，解决勘探开发建设中的重大课题。如数字地震勘探、地球物理测井技术、油藏数字模拟技术、三次采油技术、稠油热采技术、丛式井钻井技术、沙漠和海滩勘探、开发、地面建设的配套技术等。同时提供和引进配套的技术装备，在时间上超前于生产建设的进程，在发展上满足生产需要的技术系列，使我国石油工业的技术水平普遍提高一步。

石油工业是一个资金密集、技术密集、风险性大、高投入高产出的资源开发部门，投资增长较快。“四五”计划增长160%，“五五”计划增长110%，“六五”计划增长60%。这对保证石油储量与产量增长起了决定性作用。“六五”计划以来，国家对石油工业给予了优惠政策，允许石油行业通过超计划生产的原油筹集勘探开发基金。石油部门通过超产油筹集的勘探开发基金超过了“国家投资”，占“六五”总工作量的26.4%。国家投资占资金总投入的比重，从1981年的41.9%下降到1987年的18.3%；而同期石油工业投入的自筹资金的比重，则由58.1%上升到81.7%。国家政策赋予了石油行业自我积累和自我发展的能力。

但“六五”以来，石油行业外部与内部环境发生了很大变化。由于包干基数的改变，国际油价的暴跌，勘探工作量与难度的加大，石油工业的资金筹措能力大大减弱，资金短缺比较突出。由于原油价格偏低，比价不合理，原油成本失真，使石油工业难以实现自我完善、自我发展。国家对石油工业原有的优惠政策，需要做相应的调整，以确实保证石油工业自身发展所需要的再投入能力。

近年来，我国政府已开始重视石油价格和石油储量有偿使用问题。今年已决定对石油价格做部分调整；最近国家已批准实行储量有偿使用，每采1吨油从原油成本中提取5元人民币的使用费。当然，从实际勘探费用来看，这是很不够的，但毕竟向前迈进了一步。石油价格关系到一个国家石油工业的发展和能源需求的增长，关系到对能源资源的有效利用与产业结构的合理配置，因此，必须加强研究，加速改革的步伐，逐步理顺价格关系。通过合理确定石油价格政策，调动石油公司的积极性，增加石油工业再投入的能力；同时适当抑制石油国内需求，促进节能，扩大出口，有效地解决我国一方面石油供需紧张，一方面能源利用效率很低的问题。

在发展石油天然气生产的同时，节能建设也是一个不容忽视的问题。需重视节能的投资，在油气勘探开发建设中，把节能建设同时配套搞上去。搞好油气资源的综合利用与多种经营，挖掘内部潜力，鼓励设备改造，降低能耗，杜绝能源浪费，这也是解决能源供需紧张，提高经济效益的重要途径。

表1 1952—1985 年我国能源生产情况

年 份	一次能源产量 (万吨标准煤)					一次能源生产结构%			
	合计	原煤	原油	天然气	水电	原煤	原油	天然气	水 电
1952	4871	4714	62	1	94	96.7	1.3	—	2.0
1957	9869	9357	204	9	290	94.6	2.1	0.1	2.9
1962	17174	15114	815	161	494	91.5	4.7	0.9	2.9
1965	18793	16571	1583	146	496	88.2	8.4	0.8	2.6
1970	30903	25286	4291	332	949	81.8	13.9	1.2	3.1
1975	49537	34429	10788	1177	2143	70.3	22.3	2.4	4.4
1980	63726	44285	15139	1898	2404	69.5	23.8	3.0	3.7
1985	85538	62272	17877	1711	3678	72.8	23.9	2.0	4.3

表 2 1985 年部分国家与地区的能耗

	人均能耗 (公斤 油当量/人, 年)	国民生产总产值 单位能耗 (吨当 量/百万美元)
中 国	561	2216
中国台湾	1793	521
南 朝 鲜	1212	531
新 加 坡	5792	871
印 度	267	1033
巴 西	1108	692
加 拿 大	8589	633
美 国	7280	436
日 本	3079	279
西 德	4477	434
英 国	3659	462
苏 联	4750	

表 3 1986 年一次能源消费构成 (%)

	石 油	天 然 气	煤	核 电	水 电 及其它
世 界	38	20	30	5	7
中 国	17.1	2.3	76	/	4.6
美 国	43.2	22.4	23.3	6.1	5.0
苏 联	34.3	37.4	24.8	3.5	3.5
日 本	55.8	10.2	18.8	10.3	32.8
法 国	43	12.5	10	32.8	1.7

资料来源:

表 2——英国经济学术情报组织
《1983/87 能源年鉴》表 3——科技日报, 1988 年第一期
中国面临长期的能源问题

开发地震在胜利油田的实践

李小孟 王兴莉 (胜利油田)

摘 要

随着地震勘探技术的现代化发展,地震勘探已经从勘探阶段的“构造”领域发展到了开发阶段的“岩性”领域。因此要求提供信息的数量、质量、品种大大增加,与其他科学的横向关系愈来愈密切,实际上已经成为油气藏勘探、开发中的一项系统工程。

一、前 言

胜利油田位于渤海湾盆地,是“复式断块油气藏”发育地区。从 60 年代开始一直到 80 年代初期,一直是按照常规的勘探开发程序进行工作。由于部分断块油藏构造和岩性变化很大,油气藏十分复杂,所以根据一般的地震详查所做的反射标准层构造图布置开发井网,常常造成开发过程中的大量差错和失误。例如:含油面积里的开发井有时出现水井;设计的注水井有时又变成了高产油井;原来推断的高产层位压力下降很快,注水井注了水,在对应的油井中不见效,而在不相关的油井上却忽然见到了效果;等等。这些情况导致了对油藏生产能力的错误判断,使油田产量波动大,注采系统难于完善,油气水地下动态无法监测,经济效益差,对整个油田的认识过程变得特别长。

造成上述情况的原因是地震详查提供的断层不精确,岩性变化没有反应出来,层间细部的对应关系不清楚,分层组的构造形态和含油面积不精确等等。

从 1983 年开始,我们把地震勘探工作延伸到油气藏勘探开发的全过程中,把针对各种地质问题所取得的地震信息、钻井过程中的地质录井和测井信息及油气藏开发过程中的油气水动态信息进行综合分析研究,取得了成果。这种成果既解决了生产过程中的实际问题,又可以使地质信息反馈到地震资料的采集、处理、解释的方法中来,使物探信息能更好地为解决地质问题服务。

二、开发地震系统工程的初步模式

在胜利油田的开发地震实践中按表 1 模式工作。

D C E N 地区,其东西长 50 km,南北宽 8 ~ 14 km,是一宏观狭长的背斜带,面积约 550 km²。1961 年 4 月钻探成第一口发现井,1966 年投入开发。经过 14

年的勘探开发工作，到 1981 年累计探明了一批相当数量的石油地质储量，并建成了一个中型油田。当时，相当一部分地质家和油藏工程师就认为本区已没有什么油气储量的潜力了。但从 1982 年开始在本区重新布署了数字地震精查，1983 年开始做“开发地震”这一系统工程工作，到 1986 年该地区探明的石油地质储量和产能都比 1983 年增加了一倍。1987 年本区的储量和产量继续上升，累计达到了 1983 年的 2.5 倍。从发展趋势上看，本区近期内的产量、储量还处在上升阶段。这一事实说明：“开发地震”现场实施的效果是好的。

这种以地震勘探为主导，同时综合其他地质信息而建立的“开发地震”系统工程其初步的模式是这样的：

1. 高精度的地震精查

有高分辨率地震、三维地震、垂直地震、各种复杂地面条件下的具有特殊地质任务的地震、油气藏动态监测地震等。并包括它们的各自具有的野外资料采集方式，室内根据地质任务和要求进行的特殊处理，以及充分利用人机联作解释系统（如 SIDIS）的解释程序。

2. 钻井录井资料的采集和研究

其中包括勘探、开发过程中各类探井、开发准备井、生产井在钻井时利用综合录井仪所取得的各项录井资料；针对各类油气储集层所采用的各种测井系列所取得的各项测井资料，并输入电子计算机进行数字处理和人工智能（处理参数的自动摄取）综合解释；复合上述成果完成单井的综合录井图并对其油气层、地层、构造作出评价和判断。

3. 高精度的油气藏开发动态资料的采集和分析

其中包括各类油气井的生产参数采集、统计与计算机处理；注水井、注气井注入参数的采集、统计与计算机处理；各种动态监测测井资料的采集与计算机处理；汇总上述资料的动态分析程序。

4. 开发地震的综合解释

汇集上述各程序的成果集中到专家组，对油气田进行分区块、分层系的综合解释、评价，以期达到发现新块、新含油气层系，调整完善各区块、层系油气藏的开发系统，提高断块、岩性等各类油气藏的勘探开发效益的目的。

三、开发地震的实施技术

“开发地震”是一项系统工程，其实施技术必然面广、项目多。根据我们的实施过程可以分为地震、录井、动态、综合四个分系统。现将几项关键性的地震实施技术问题分述于下：

1. 地震野外资料采集

我国东部地区人口稠密、加之开发地震的野外资料采集多数在老探区或老油田上进行，地面条件十分困难。所以一般都无法按常规的观察系统进行，必须根据地面的实际情况设计

各种特殊的观察系统,才能完成野外资料采集任务。例如:“L.GEN”油田位于县城的下面,该城紧靠黄河,法律规定在黄河大堤 2 百米范围内不许放炮。因此只能设计在城内布排列、在城外选点放炮的观察系统来进行三维地震的野外资料采集工作(图 1)。

再以“DONZ”地区三维地震为例,我们一共用了 17 种不同的观察系统,才保质保量地完成这 100Km² 三维地震资料采集任务。

地质任务不同,要求的野外资料采集方法和观察系统不同。例如:在构造简单的小型洼陷内找岩性油藏,主要是解决储集层的横向变化问题。所以我们采用了小药量、小道距、高频检波等措施的高分辨三维地震勘探野外采集方法,配合以 VSP 和高分辨处理,使资料达到 3000m 深度,区分出 15—25m 厚度的砂体并做出单个砂体的厚度图、顶面构造图。而在断块发育地区,则以搞清断块及精确地确定断面平面位置为主要目的,所以在这些地区应用小道距的三维地震观察系统来完成开发地震资料采集工作。

2. 地震资料处理

由于地下地质体物性的不均一和油气控制因素的特殊性,地震资料处理在常规处理的基础上,必须有针对性地对地下目标进行精细处理,才能满足开发地震资料精度的要求。

(1) 针对复杂小断块地区的三维地震资料处理

渤海湾地区部分油气藏断层非常发育,特别是位于“背斜带”上的反向正断层更多(图 2)。这种反向正断层的断棱部位是油气最富集的地方,经常延着断棱出现成串的高产油井。

但是油藏的宽度很窄,一般在 200~1000m 左右。这种断块油气藏每平方公里的石油地质储量可以高达 800 万 t/km² 左右。因此定准断层的平面位置具有十分重大的经济意义。根据一般的偏移量水平分辨率的计算,在本区目的层深度为 2000m 左右的情况下,误差在 230m 以上。由此可见,按这种常规的方法处理资料不能适应断块油藏开发的需要。加之地震资料处理的空间归位,不论用什么方式,都与地层的倾角和上覆地层的速度密切相关。在断层众多、每一个断块、同一断块的不同砂层组其倾角都在变化的情况下,要单纯的依靠取准迭偏速度来处理好地震资料,达到各砂层组的断点精确程度都小于 50m,为沿着断面方向钻定向斜井创造条件以取得最佳经济效益,是十分困难的。根据上述情况,我们采用了下列综合程序,基本上达到了勘探开发的要求。即:

- ①精细的速度分析程序;
- ②克服断面对下盘的屏蔽程序;
- ③区域地质规律的应用程序;
- ④测井资料数字处理及其对地震资料处理的反馈程序;
- ⑤应用断层面图找出不同砂层组分层断棱的程序(图 3);

(2) 针对岩性油气藏开发地震的资料处理

渤海湾地区沙河街第三组地层里,普遍发育着各种类型的油积砂体,并以单个砂体为储集单元而形成高产油气藏,这种油气藏数量众多、大小差异大、压力系数相差悬殊。有些砂体被断层切割而形成断块油藏。如果单纯根据某一项地质信息来勘探开发这种岩性油气藏,并对其油气储集量做出正确评价是不可能的。为此对这些地区的地震资料,必须在目的层段,作“三瞬”、亮点等等多种项目的特殊处理,结合该井段特有的测井系列资料,同时要