



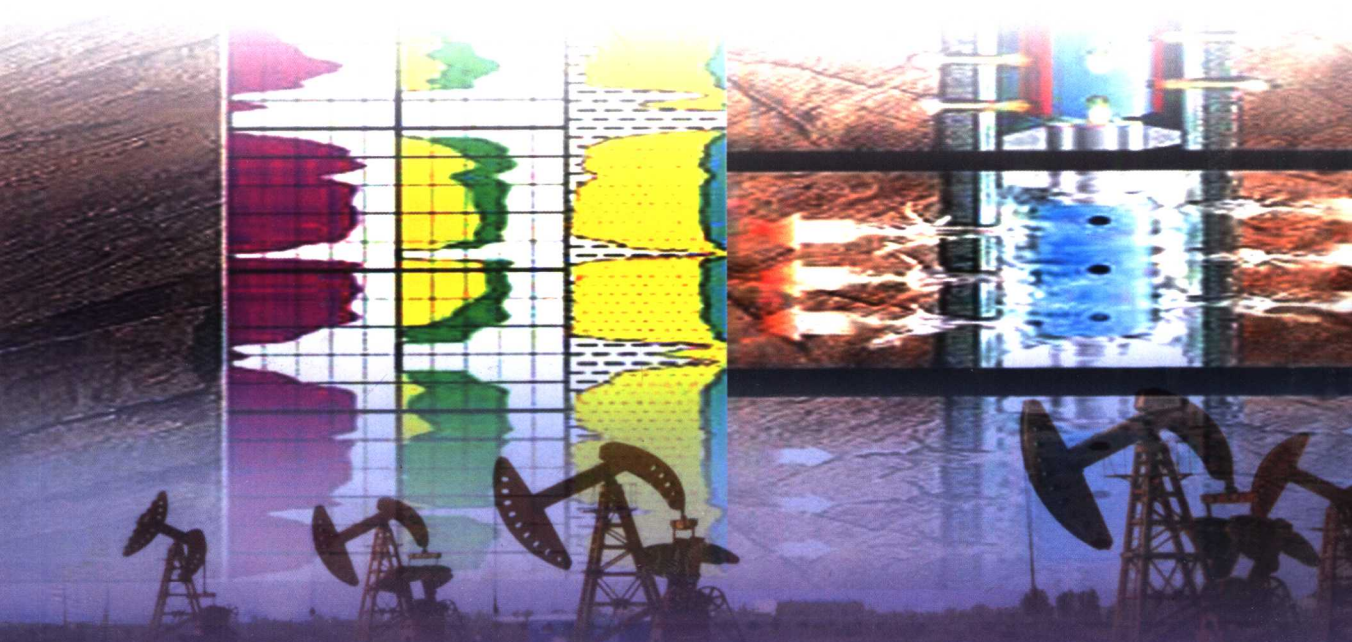
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

# 油气田地下地质学

陈恭洋 主编

王允诚 主审



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
高等院校石油天然气类规划教材

# 油气田地下地质学

陈恭洋 主编  
王允诚 主审

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书主要阐述油气勘探和开发实践过程中地下地质学的任务和研究内容,详细说明了勘探和开发各阶段各类资料采集的内容与技术;结合大量的实例,按照专题研究的思路,阐述了钻井地质、油气水层识别、地层测试、地层研究、构造研究、储层研究、油气藏评价与开发可行性研究、油气田动态监测、油气田开发地质研究、提高采收率技术等方面的技术原理和方法步骤。

本书可作为高等院校石油地质专业教材,也可供地球物理勘探、地球物理测井、油气田开发等相关专业师生以及生产和科研单位石油地质工作者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

油气田地下地质学/陈恭洋主编.

北京:石油工业出版社,2007.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
高等院校石油天然气类规划教材

ISBN 978-7-5021-5919-1

I. 油…

II. 陈…

III. 石油天然气地质-高等学校-教材

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 004532 号

### 油气田地下地质学

陈恭洋 主编

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:28.5

字数:728 千字 印数:1—3000 册

---

定价:40.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 前 言

应用地质学和石油地质学的基本原理,通过各种地质、地球物理、地球化学、岩心分析测试、现代测试钻采技术等手段,开展以地下油藏地质为核心的多学科综合研究工作是油气田生产企业的一项长期而艰巨的任务。其内容涉及从油气田发现开始,到油气田开采终结的全过程。在长期的实践中逐渐形成了一门实践性与综合性很强的专业技术课程。根据侧重点不同,国内外先后都有相应的教材出版。美国 P. A. Dickey 教授分别于 1979 年、1981 年、1986 年出版了《石油开发地质学》3 个版本,其内容包括了从钻井地质到强化采油各个阶段的地质研究内容;1983 年国内陈立官等出版了《油气田地下地质学》,内容主要偏重于从地下区域石油地质研究到油藏储量计算;随后,由国内 4 所石油院校(西南石油学院、华东石油学院、大庆石油学院、江汉石油学院)于 1979 年联合编写的《油矿地质学》试用教材,于 1987 年由陈碧珏主编,在石油工业出版社正式出版;1996 年又由吴元燕、陈碧珏联合主编了《油矿地质学》(第二版)。这两版的内容都舍弃了区域地质的研究内容,将重点放在以油气田(油藏)为核心的从勘探到储量评价过程中的地下地质研究工作。进入 20 世纪 90 年代,石油勘探工作进入了复杂地质条件领域,油藏开发则进入了中高含水期,勘探与开发的阶段性也逐渐模糊,油藏地质研究需要得出更为准确的研究成果。一系列先进的技术手段与研究流程逐渐产生,并且丰富了起来。尤其是开发阶段的地质研究任务显得更为繁重和更为重要。为此,“九五”期间,作为中国石油天然气集团公司级的重点教材,《油气田开发地质学》(夏位荣等主编)于 1999 年问世。该教材极大地丰富了油气田地质研究的教学内容,在很大程度上满足了国内开发地质人员培养的需要。与此同时,在中国石油天然气集团公司的主持下,全国石油高校开展了一系列针对人才培养方案和教学内容体系的改革研究,原江汉石油学院(长江大学)主持了“资源勘查工程专业人才培养方案及教学内容体系的研究与实践”项目的研究。该项研究成果分别获得中国石油天然气集团公司和湖北省省政府教学成果一等奖(2000 年)及国家级教学研究成果二等奖(2001 年)。其中原江汉石油学院和大庆石油学院两所学校将《油矿地质学》向《开发地质学》内容扩充,课程更名为《油气田地下地质学》,历经了 6 届的教学实践,取得了良好的社会效益。在这种情况下,《油气田地下地质学》于 2005 年申请国家“十一五”规划教材立项,2006 年 8 月 8 日被正式列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书综合了上述已有教材内容,针对学科的最新进展进行了大量的删减和补充。如新增了综合录井技术、现代地层学研究新技术、地震构造人机联作解释新技术、储层精细描述新技术等,完全遵循当今油田勘探开发的实际和进程,并按照专题研究的思路进行描述。

本教材由长江大学陈恭洋教授主编。编写人员分工如下:陈恭洋主持并组织新编教材的

申请立项、体系结构、编写大纲、分工起草及全部书稿的审查定稿，并执笔编写前言、绪论、第三章、第四章、第五章、第六章第四节；马世忠编写第六章（除第四节）、第七章、第十章；龚福华编写第一章、第二章；刘吉余编写第八章；文惠俭编写第九章。

王允诚教授担任本书主审，提出了许多宝贵的意见和有效的指导。在本书编写过程中，长江大学将本书作为学校重点教材建设项目立项，并给予了大力的支持，石油工业出版社在国家级立项工作中进行了精心的组织，并给予了大力的帮助，在此一并表示衷心的感谢！

编者深知，教材的编写工作是一项长期而艰巨的任务，且责任重大，直接影响着我们的人才培养规格和培养质量。由于编者水平有限，书中难免会有不少错误和缺点；希望使用本教材的广大师生和读者批评指正。

编 者  
2006年10月

# 目 录

绪 论	1
第一章 钻井地质	5
第一节 井位部署	5
第二节 单井地质设计	12
第三节 综合录井技术	18
第四节 录井资料地质解释与完井资料整理	47
第二章 油气水层的测井解释与测试评价	67
第一节 测井解释油气层的基本原理	67
第二节 油气层的定性解释	76
第三节 油、气、水层的快速直观解释	82
第四节 低电阻率油气层的评价方法	87
第五节 测井评价水淹层	92
第六节 油气井测试	99
第三章 油气田地下地层研究	130
第一节 区域地层研究	130
第二节 油层对比	154
第四章 油气田地下构造研究	175
第一节 根据钻井资料研究构造	175
第二节 根据倾角测井资料研究构造	187
第三节 根据地震资料研究构造	196
第四节 可视化解释技术	204
第五节 平衡剖面制作	214
第五章 油气田地下储层研究	221
第一节 储层沉积相研究	221
第二节 储层静态特征评价	241
第三节 储层地质建模	270
第六章 油藏评价与开发可行性研究	279
第一节 油藏中流体分布与性质的研究	279
第二节 油藏的压力和温度	283
第三节 油藏的天然能量和驱动方式	286
第四节 油气储量计算与评价	290
第五节 油气藏类型及开发层系的合理划分	342
第七章 注水开发油田动态监测	350
第一节 压力监测	350
第二节 吸水与产出剖面监测	353

第三节	油水运动状况监测·····	359
第四节	其他监测·····	364
<b>第八章</b>	<b>油田开发中的地质研究·····</b>	<b>365</b>
第一节	油田开发阶段的划分和开发录取的资料·····	365
第二节	注水过程的地质分析·····	369
第三节	油水井的模型和流动条件的分析·····	376
第四节	油层的地下动态和地质因素的关系·····	386
第五节	砂岩油层水驱油运动规律和剩余油分布·····	392
第六节	油田调整挖潜方法·····	401
第七节	裂缝性碳酸盐岩油藏的地质分析·····	403
<b>第九章</b>	<b>气田开发地质研究·····</b>	<b>407</b>
第一节	天然气的开发地质特征·····	407
第二节	气田开发动态分析·····	413
<b>第十章</b>	<b>不同地质条件下提高采收率的方法·····</b>	<b>426</b>
第一节	热力采油的油藏地质分析·····	427
第二节	聚合物驱油藏地质研究·····	432
第三节	水平井采油的地质分析·····	438
<b>参考文献</b>	·····	<b>446</b>

# 绪 论

## 一、油气田地下地质学的内容

油气田地下地质学属于石油地质学的范畴。如果对石油地质学进行细分,更为准确的定义为:石油地质学主要是阐述油气藏形成的地质学原理,包括油气的生成、运移、储集、聚集和保存等五大成藏地质条件;系统地描述了油气资源是在漫长的地质历史时期内有机质堆积、埋藏、演化后形成的。

按照石油地质学的基本认识,石油和天然气都是流体矿床,这是与其他固体矿床的重大差别。现在我们所发现的油气田,并不一定就是矿床生成的纵向层位和平面位置。同时,在石油中溶解有大量的天然气,油气藏都只能深埋于地下深处才能得以保存。所以,对于石油工作者来说,寻找油气藏的准确位置和开采油气都难以采取像其他固体矿床一样的直接方法和手段。

首先,是根据地质学和石油地质学的基本原理,通过地球物理和地球化学勘探的综合技术来摸索和探寻地下油气藏的确切位置。这是油气田勘探的基本内容。

其次,必须通过钻井的工艺技术,通过直径有限的钻孔,取得少量直接的(岩心、岩屑、流体)和大量间接的(测井、气测、测试)资料,进行钻井地质研究,提高探井的成功率;在经过评价性钻探或详探工作之后,了解油气藏的地质构造和类型,含油气层的物理性质,地层流体(油、气、水)在地面条件下和油层条件下的性质,试油、试采和油层驱动能量,石油和天然气储量。这些内容则是油矿地质学所描述的。

第三,根据这些资料制订出合理的油气田开发方案,以保证在完成开发井网的钻探和相应的矿区建设设施后获得较高的采收率,这是一次采油过程中的地质研究问题;在对油气田进行强化开采评价时(二次或三次采油),尤其需要油气藏的地质资料。如采取注入流体的方法开采剩余油,注入流体必须有效地驱扫油藏。整个开发计划,包括开发方法、井距、井网布置和完井措施的选择,都必须与油藏的地质条件相适应。这就是油气田开发阶段开发地质学的研究内容。

上述课程体系的划分主要是根据油气田勘探开发的阶段性来确定的,对石油地质研究任务的确定具有十分明确的针对性。但随着科学技术的广泛与全面发展和油气田勘探开发的难度与成本的逐渐上升,对油气田地质研究的要求也在不断提高。

(1) 解决任何一个地质问题都不是单一学科的技术能够完成的,需要通过多数据源、多学科的综合研究来解决。

(2) 油气田勘探与开发的建设周期已大大缩短,勘探和开发地质研究的界限也越来越不明显。勘探地质研究的同时要考虑到整个开发过程中的地质问题,需要建立油气藏地质模型,进行虚拟开发研究。开发过程中的地质研究又要涉及滚动勘探的问题,对新的层系与相邻新的区块进行勘探地质的研究,部署勘探井位,计算新增油气地质储量。

(3) 对地质研究的精度有了更高的要求。在加强以往描述性地质研究的同时,更强调地质研究成果的预测功能,从定性描述为主发展到了以定量评价为主。



因此,《油气田地下地质学》的内容就包含了以往油气田地下勘探地质、油矿地质和开发地质三个方面的内容。与石油地质学的根本区别就在于前者是理论基础,后者是方法论,主要讨论寻找油气藏和评价、开发油气藏过程中的方法与技术问题。

## 二、油气田地下地质学的特点

油气田地下地质学作为油气田勘探和开发的方法论,主要体现在其实践性和综合性两个方面。

### 1. 实践性

它主要是介绍油气田勘探和开发过程中各种资料信息的采集、处理、解释与应用的方法与技术,通过各种资料与信息来反映油气藏的存在、特征和规模,进而为有效地勘探和开发提供有力的依据。表1为油气田地下地质研究所涉及的主要资料(信息)类型与内容。

表1 油气田地下地质研究的资料项目

类别	资料项目	数据内容
地震	反射波地震资料	叠前地震资料、叠后地震资料、速度分析资料
	垂直地震测井	垂直地震剖面、速度资料
	井间地震资料	井间地震剖面
测井	电测井	自然电位测井、电阻率测井、感应测井、微电极测井、侧向测井、介电测井
	声波测井	声速测井、声波全波列测井、阵列声波测井
	放射性测井	密度测井、岩性—密度测井、中子测井、自然伽马测井、自然伽马能谱测井、核磁共振测井、碳氧比能谱测井、中子寿命测井
	倾角测井	地层倾角测井
	成像测井	井下声波电视测井、微电阻率扫描测井、阵列感应成像测井、偶极横波成像测井
	井温测井	温度测井
地质	地质录井资料	岩心录井资料、岩屑录井资料、井壁取心资料、钻时录井、气测录井、地层压力录井、泥岩密度、碳酸盐含量
	岩石分析资料	古生物,绝对年龄测定,烃源岩指标,岩矿分析,薄片分析,孔隙结构分析,扫描电镜,储层物性,油、气、水饱和度
	流体分析资料	地层条件:原油密度、原油粘度、原始气油比、体积系数、压缩系数 地面条件:原油密度、原油粘度、凝固点、含蜡量、蜡融点、含水率、含砂量、馏分 天然气性质:密度、粘度、组分分析 地层水性质:矿化度、成分、密度、机械杂质、含铁量
测试	电缆地层测试	压力记录、回收流体样品
	钻柱测试	压力卡片资料,油、气、水计量,地层流体样品
	试油	压力资料:原始地层压力、静止压力、饱和压力、流动压力、油管压力、套管压力 产量资料:产油量、产气量、产水量、注水井吸水量
工程	钻井工程	井位资料、井身结构、完井方法、泥浆录井资料、钻井参数录井资料
	采油工程	洗井与诱喷、酸化、压裂、井间干扰、层间干扰

因此,要解决好油气田勘探和开发过程中的所有石油地质问题,开展石油地质综合研究,分析油气的形成机理与形成过程,评价油气藏的形成条件,分析影响油气藏开发中的地质影响因素和进行油气藏动态分析等,都必须从上述大量直接的或间接的资料信息的分析入手。而掌握这些资料信息的采集原理(包括采集仪器与方法)、各种分析与制图方法、信息的流向顺序,以及各种信息的应用条件和应用范围等,是一个石油地质工作者必须具备的基本技能。对这些技能的培养也正是本课程的核心内容之一。

有关地震、测井、测试、工程等资料的获取与处理、解释方法已有相关课程进行了介绍。本课程只重点介绍有关地下地质资料的录取、处理和解释的技巧问题。

## 2. 综合性

大量的实践表明,要解决好勘探与开发过程中的任何地质问题,都不是采用任何单一方法所能完成的,需要通过多信息源、采用多学科综合研究的方法才能得到更为符合地下地质情况的研究成果。因此,从解决具体的地质问题来讲,需要综合性的地质研究方法,即石油地质问题实际上是一个系统工程问题。表2列出了油气田不同勘探和开发阶段所要解决的主要地质问题及其所依据的主要资料类型。

表2 不同勘探开发阶段需要解决的地下地质问题

勘探开发阶段	主要地质问题	采用的资料
目标预探阶段	构造解释与评价	地震数据、钻井分层数据、声速测井、密度测井、VSP测井、速度谱数据
	储层预测	地震数据、岩性录井数据、岩性测井数据、声速测井数据、密度测井数据、岩心分析数据
	油气检测	地震数据、测井饱和度解释数据、试油成果数据
	预探井位部署	构造解释成果、储层预测成果、油气检测成果、邻井资料、沉积相研究成果、地层特性资料
目标评价阶段	油气藏类型	构造特征、储层特征、地层特征
	油气藏储层特征	储层岩性、储层沉积相、储层物性、储层孔隙类型、储层孔隙结构、成岩作用、非均质性、流体-岩石相互作用、敏感性分析
	流体性质	组分、含量、密度、粘度、高压物性、渗流特性
	油气地质储量	含油面积、有效厚度、有效孔隙度、流体饱和度、流体密度、压缩系数
	驱动能量和方式	水动力系统、溶解气量、流体表面性质、毛管压力、摩擦系数、地饱压差、岩石与流体的膨胀性、气顶大小、垂直与水平渗透率、流体密度、流体粘度
开发部署阶段	油气藏地质模型	构造研究成果、储层研究成果、油气藏类型、油气储量参数
	开发层系划分	油气层组划分、储集体的分布、油气藏特征参数、生产动态参数、技术工艺参数、经济参数
	合理井网布置	构造特征、储层分布、储层物性、储层含油气性、储层流体分布
开发阶段	动态监测	油层压力、吸水与产出剖面、产量、流体性质
	动态地质效应	储层特性变化、地层能量变化、油层连通状况、储层非均质性变化、纵横向流体运动规律
	提高采收率方法	油藏条件、流体特征、井网选择、油藏物性

从表2所列出的地质问题来看,无论是勘探阶段,还是开发阶段,任何一个地质问题都无法采用单一的资料和单一的技术能够解决。并且随着勘探开发阶段的不断深入,所获取的资料信息会逐渐增加,地质问题也会越来越复杂,地质研究的精度要求也会越来越高。而且后续的研究工作都是在前段研究成果基础上的不断深化,是一个前后相互验证、相互修订、不断完善的过程,直至整个油气藏开发工作的终结。

因此,油气田地下地质学的综合性特点既表现为综合性的信息来源和综合性的研究方法,也表现为静态与动态、地质与工程相结合的综合。对这些内容的学习有助于提高综合分析和解决问题的能力。

综上所述,本课程设置的主要目的,一方面是进行以资料处理为主的操作技能的学习,另一方面是综合地质分析方法的训练。从这两个意义上看,随着石油地质学及相关学科与技术的不断进步,油气田地下地质信息的采集与处理方法、综合地质研究技术与方法也在不断更新中,油气田地下地质学的内容也将不断地扩展或更新,油气田地下地质学的理论体系与方法也会不断地得到完善。

# 第一章 钻井地质

钻井是油气田勘探开发活动中最为直接的工程手段。在钻井的进行过程中和钻井完成后,可以获得大量直接的和间接的反映地下地层或油气层特征的资料和数据。根据这些资料和数据,可以对地下地质情况和含油气性进行分析与评价。如何部署钻井、设计钻井、准确地获取各项资料和数据,又如何根据这些资料和数据,对井筒所钻遇地层的地质特征及其含油气性进行准确的研究与判断,就是本章所要介绍的内容。

## 第一节 井位部署

井位的部署是根据地质任务的不同而确定的。不同地质任务的钻井所获取的资料和数据也有所不同。

### 一、井的类别

按地质任务和资料要求的不同,井可以分为6类,即地质井、参数井、预探井、评价井、开发井和调整井。

(1) 地质井(构造地质浅井、地层探井):在盆地或凹陷普查阶段,为解决基础地质资料问题而钻的井。在物探技术精度还达不到设计要求的覆盖地区,需要钻一定数量的地质井加以验证物探资料,了解一部分地层剖面和构造产状。

(2) 参数井:在已完成了地质普查或物探普查的盆地或凹陷内,选择不同级别的构造单元钻一口或几口参数井,以了解其地层层序、厚度、岩性、生油、储油和盖层条件,并为物探资料的解释提供参数。参数井的设计深度尽可能要钻穿沉积岩的全部厚度。如果沉积岩太厚,不可能在一口井内取得完整的剖面资料,则可在不同的构造单元上钻两三口参数井取得盆地或凹陷内一个完整的剖面资料。所取的岩心、岩屑,送交化验室做各种分析鉴定,取得系统的数。特别是有机地球化学的生油指标,对盆地或凹陷的早期资源评价是必要的数。据资料。

(3) 预探井:在地震反射法详查的基础上,在生、储条件比较有利的构造或圈闭上,拟定钻探的第一口探井,称为预探井。预探井的目的是发现工业性油气流。因此,在预探井内要特别重视取得系统的储层物性资料、中途测试和测井资料,以及完井、分层试油等资料。在测试获得油气流后,还要取得流体分析化验、油层压力和温度等数据资料,进行相应级别的储量计算。

(4) 评价井(详探井):在已获工业性油气流的构造或圈闭,为取得该油气田的储油层面积和储量计算参数,在地震反射法精查构造图的基础上,视油气田面积的大小、构造的复杂程度,部署几口井或一批评价井,以控制油气田的面积,了解油气层的厚度变化、储层物性变化和油藏类型。每口评价井除需要取得预探井内规定的各项地质资料外,对储油气层必须取心,对岩性、电性和测试资料进行综合研究,进行相应级别的储量计算。

(5) 开发井(生产井、注水井、注气井、资料井、检查井):在地震精查构造图可靠、评价井所取的地质资料比较齐全、探明储量的计算误差在规定范围以内时,可根据编制的该

油气田开发方案，为完成产能建设任务和预定日产油、气量计划而部署开发井网。对探明储量风险性较大，或地质构造复杂、储层物性变化大的油气藏，可将开发方案内所拟定的开发井抽稀，先钻一套基础井网，作为开发准备井（包括资料井、试采井和试注井等），为落实探明储量、准备产能建设、获得试采资料、进行油藏工程研究做好开发准备，逐步将油气田转入正式开发。

(6) 调整井（生产井、注入井、检查井等）：油气田全面投入开发若干年后，根据开发动态及油藏、气藏数值模拟资料，为提高储量动用程度，调整油—气或油—水界面的推进速度，提高采收率，保证完成逐年规定的采油计划，需要分期钻一批调整井，根据开发研究设计部门编制的油气田调整开发方案加以实施。

## 二、井号编排命名

目前通常的命名方案是以井的类别为划分依据的。

### 1. 参数井（基准井）

参数井以基本构造单元——盆地统一命名。取井位所在盆地名称的第一个汉字加“参”字组成前缀，后面再加盆地内参数井序号命名。如江汉盆地第一口参数井命名为“江参1井”。

### 2. 预探井

预探井以井位所在的十万分之一幅地形图为基础单元命名或以二级构造带名称命名。取地形图分幅名称的第一个汉字加分幅地形图单元内预探井布井顺序号命名。若地形图分幅名称的第一个汉字与该盆地其他地形图分幅名称的第一个汉字或区域探井号字头同音或同字，应选用地形图分幅名称中不同音、不同字的字作为井号字头。若设计预探井井位所在的地形图分幅名称与其他幅或区域探井所在的二级构造单元名称均同音或同字，则可选用地形图分幅内次一级地名中的第一个或其他汉字作为井号的字头。以二级构造带名称命名时，采用二级构造带名称中的某一汉字加该构造带上预探井布井顺序号命名。

预探井井号应采用1~2位阿拉伯数字。

### 3. 评价井

评价井以发现工业性油气流之后的控制储量所命名的油气田（藏）名称为基础，取井位所在油气田（藏）名称的第一个汉字命名。没有控制储量的，以预测储量所命名的油气田（藏）名称为准进行井号命名。若油气田（藏）名称的第一个汉字与该盆地内其他井别井号命名的字头或其他油气田（藏）名称中的字同音或同字时，应由第一个以外的汉字，加油气田（藏）内评价井布井顺序号组成。

评价井井号应采用3位阿拉伯数字。

### 4. 地质井

地质井以一级构造单元统一命名。取井位所在一级构造单元名称的第一个汉字加大写汉语拼音字母“D”组成前缀，后面再加一级构造单元内地质井布井顺序号（阿拉伯数字）命名。

### 5. 定向井

定向井的井号命名应在上述规定基础上，在井号的后面加小写的“x”，再加阿拉伯数字命名。如柳1x2井表示在定向井柳1井井口处钻探的第二口定向井。

### 6. 开发井

开发井按井排编号，按油气田（藏）名称的第一个汉字—井排—井号命名。

### 三、井位的部署方法

#### 1. 基准井布井原则和依据

一个含油气盆地或凹陷，经地质、物探资料已进行一定程度的普查工作，为了确定这个盆地或凹陷的含油气性（主要了解盆地基岩以上全部或部分沉积岩剖面和剖面内哪些层段具有生油条件和储集条件），在对勘探地区已有的地质、地球物理等资料进行系统研究的基础上，在盆地或凹陷内的不同二级构造单元，设计若干口基准井或参数井。

以松辽盆地为例，1958~1959年松辽盆地经过重力、磁力、电法普查后，将盆地划分为东北隆起区、东南隆起区和中央坳陷区三个构造单元，每个构造单元设计一口基准井位。松基1井井位定在东北隆起区青岗背斜西翼的任民镇构造上。松基2井井位定在东南隆起区长春岭—登娄库背斜带上。从这两口井取得了白垩系剖面，了解有两套厚度较大、分布面积较广的黑色泥岩段，即上部的嫩江组一段、二段黑色泥岩段和下部的青山口组一段黑色泥岩段，具有生油条件。1959年2月用5-1型地震仪获得的第一条地震反射剖面上显示大庆长垣的高台子附近为一局部构造高点，松基3井井位定在这个构造高点上。1959年9月6日在这口井的下白垩统姚家组内试油获得工业油流，这是大同镇长垣上的第一口发现井。因在1959年10月1日国庆十周年前出油，故将此构造带改名为大庆长垣，此油田亦命名为大庆油田（图1-1）。

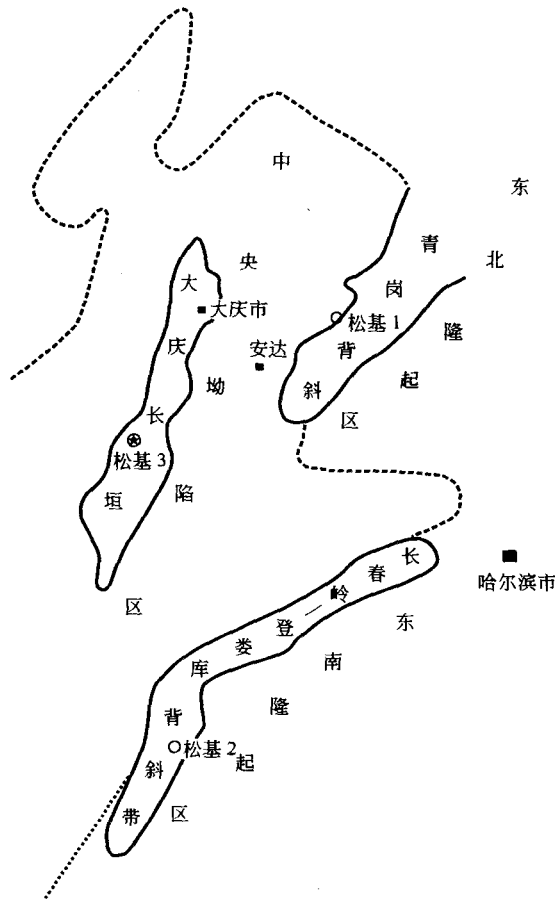


图1-1 松辽盆地石油普查阶段基准井井位图

## 2. 预探井的布井方法

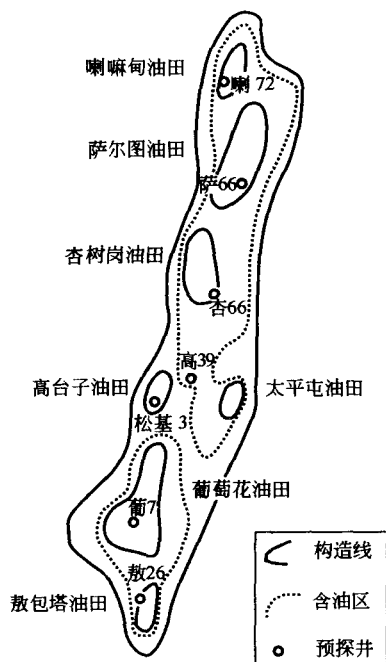


图 1-2 大庆长垣预探井部署图

预探井的目的是为了突破出油关，是在基准井探明具有含油气远景的盆地二级构造带上部署的钻井。其目的就是为证实工业性油气流的存在与否。

松辽盆地的油田普查已查明，大庆长垣为一轴向东北 $15^\circ$ 、南北长 $140\text{km}$ 、东西宽 $20\sim 30\text{km}$ 的背斜型二级构造带。整个构造闭合面积为 $2000\text{km}^2$ ，共有7个局部构造，自南而北为：敖包塔、葡萄花、高台子、太平屯、杏树岗、萨尔图和喇嘛甸。松基3井出油后，随即在葡萄花油层进行预探。1960年1月，葡7井亦在白垩系姚家组试油获得日产 $100\text{t}$ 的高产油流。

根据当时地质矿产部于1960年1月提供的 $1:100000$ 大庆长垣地震反射构造图，原石油工业部迅速扩大预探范围，在萨尔图构造设计第一口预探井萨66井，在杏树岗构造设计第一口预探井杏66井，在喇嘛甸构造设计第一口预探井喇72井，并分别在1960年3月、4月、5月试油获得高产油流，日产量达到 $100\sim 300\text{t}$ ，揭开了大庆石油会战的序幕。其后在太平屯构造的预探井高39井和敖包塔构造的预探井敖26井亦获得工业油流，肯定了大庆长垣7个构造高点均含油（图1-2）。

## 3. 详探井的布井方法

详探井也叫评价井，其目的是为了查明预探井所确定的含油气构造中的含油气规模，以探测油气藏的边界为主要任务。因此，其井位确定的基本原则是以出油的预探井为中心，向四周部署。

通过预探，在大庆长垣的7个构造高点经试油在下白垩统的中部含油组合（萨尔图油层组、葡萄花油层组和高台子油层组）都获得了工业油流。经过试油和油层对比研究，北部萨尔图、杏树岗和喇嘛甸3个构造油层厚、储层物性好、产能高。大庆石油会战一开始，就以这3个构造作为进一步详探的对象，以 $2.5\text{km}$ 井距部署评价井网。萨尔图油田共钻38口详探井，杏树岗油田共钻31口详探井，喇嘛甸油田共钻14口详探井，3个油田共钻83口详探井，1960年末全部完成。详探井探明了含油面积和油、水界面，证实3个油田连成一片，计算了全油田的探明石油地质储量，取得了储油物性和流体性质等各项参数，为油田开发提供了地质和油藏工程的各项资料（图1-3）。

## 4. 开发井布井方法

为了获得早期的生产数据，及早认识油气藏的驱动类型、储层的特征、油井产油率和油气集输过程中可能出现的问题，以便在油田全面投入开发以前，编制出高经济效益的开发方案，在试采过程中能摸索出一套适应油田地质特点的钻采工艺技术，因此大庆油田在详探的同时，于1960年5月选定萨尔图油田中部约 $60\text{km}^2$ 内，开辟中区、东区、西区三块生产试验区。区内下白垩统萨尔图油层和葡萄花油层分布比较稳定，厚度较大，产能亦较高；滨州铁路通过本区，运输条件方便。试验区采用早期内部切割注水开发，保持压力自喷采油的开采方式。合理划分2~3套开发层系，先钻注水井排，通过排液采出相当数量的无水原油，然后转为注水井。

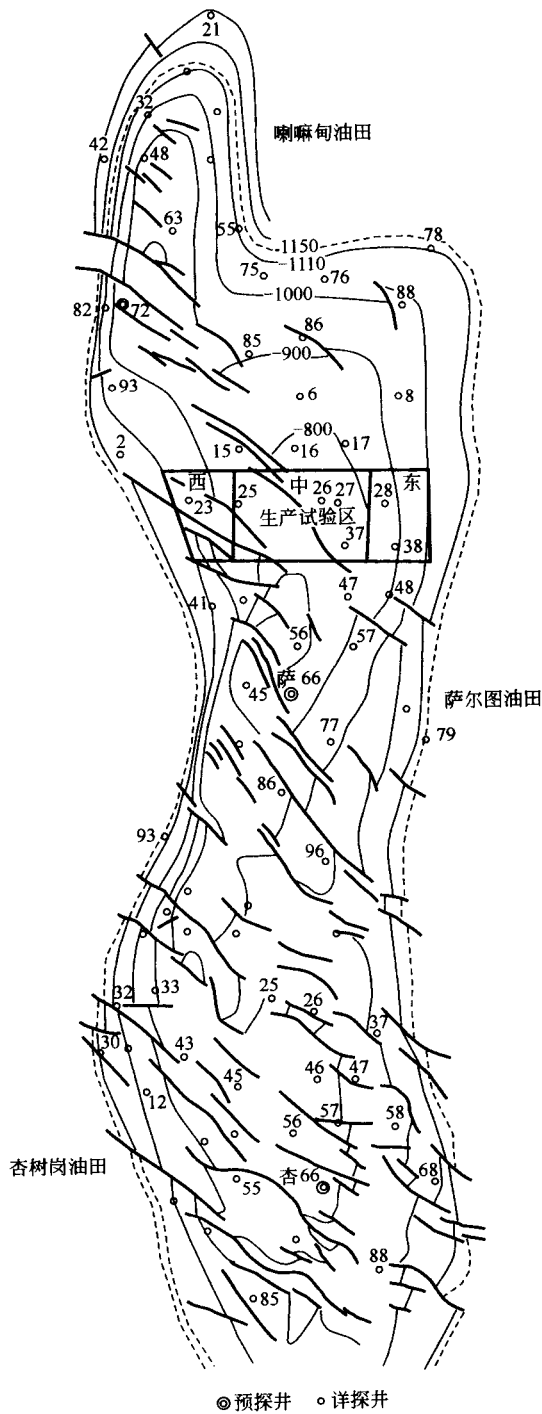


图 1-3 大庆长垣详探井部署图

生产井排切割区宽度，中区、东区为 2.4km，西区为 3km。中区两排注水井之间夹 3 排生产井，生产井井网为 600m 排距，500m 井距；分萨尔图、葡萄花两套层系开发，萨尔图油层与葡萄花油层的井位间隔分开，地面井位的距离为 250m，地下井位的距离为 500m。



东区分两套开发层系：葡一组油层，井网为1排生产井，1200m排距，600m井距；萨尔图油层和葡二组油层合并为一套开发层系，井网为3排生产井，600m排距，500m井距。

西区萨尔图和葡萄花油层合采，两个注水井排间的切割距为3km，生产井5排，500m排距，500m井距（图1-4）。

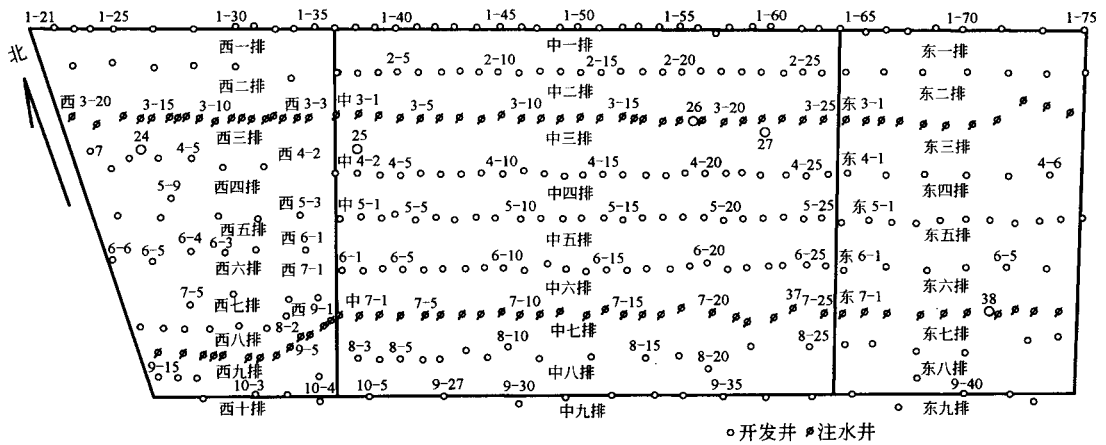


图1-4 萨尔图油田中部生产试验区开发井位部署图

中、东、西生产试验区在开发过程中除了完成原油生产任务外，还系统获得了油层静态和动态的大量数据资料，为1962年编制全油田的开发方案提供了完整的资料。

### 5. 断块油气田滚动勘探开发布井法

断块油气田具有多层系含油、多种圈闭类型叠合连片、富集程度不均匀的特点。由于这种复杂的油气聚集带不可能在勘探阶段一次就完成认识过程，必须反复实践、反复认识。要先对不同类型的复杂油气田有整体的认识，不失时机地先开发高产层系或高产含油圈闭。在进入开发阶段以后，还要对整个油气聚集带不断扩边、连片、加深勘探，逐步将新的含油层系和新的含油圈闭分期投入开发。过去要花8~10年时间才能开发一个复杂油气田，现在贯彻“精巧巧用、择优开发、滚动前进、提高成效”的方针，只要3~4年的时间，就能搞清一个复杂油气田的构造面貌和圈闭类型，实现连片含油。

勘探复杂油气田，预探井的成功率比较高，发现井经常能获得高产油气流。在继续勘探过程中往往会出现一些复杂情况，但接着又会有新的突破。只要坚持勘探、精心研究，就能搞清整个油气聚集带的含油面积和油藏类型。针对这种油藏特点，采取了勘探、开发和生产工作滚动式前进的方法，以整个油气聚集带为对象，布置勘探工作，勘探、开发各阶段穿插进行；同时根据圈闭大小、油气富集程度，将复杂油气田的各部位分期分批投入开发。

要尽可能利用地震详查、精查和三维地震资料认识地下构造和油层分布情况，这样，在发现井出油后，可以准确地定准每一口评价井和初次开发井的井位。地震评价工作要贯穿在滚动式勘探开发的全过程。地震信息的野外采集和处理都必须高质量；资料的处理、解释要反复进行，做出分层的构造图；对含油层的储集条件、分布范围、厚度和岩性变化等尽可能做出精细分析；对倾斜断块—潜山构造要能掌握其地层产状和岩性分布。

预探井和评价井获得较高产量后，都要进行试采，并转为生产井。对断块油气田沿着断层封闭面钻定向斜井，每口井可以钻遇多套油层，比垂直井具有更大的灵活性。

在发现井出油以后，立即组织物探、生产地质、岩石物性和油藏工程各方面的专家组成