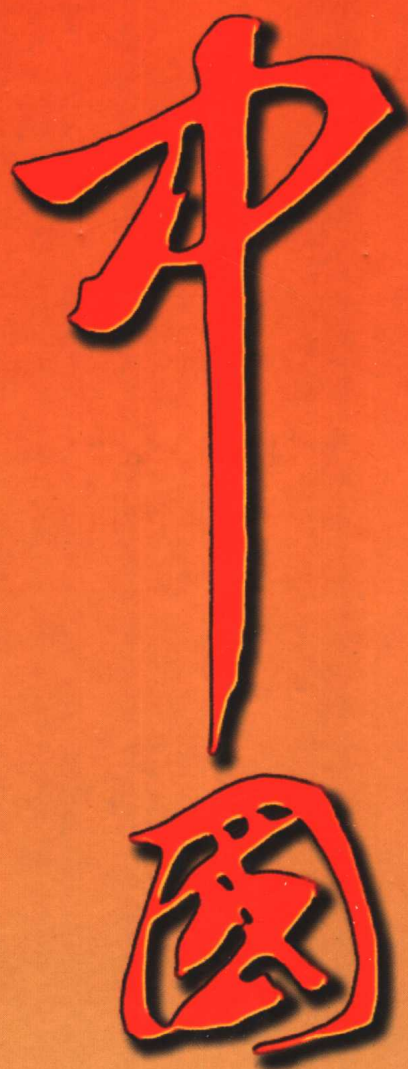


EXPLORATION PRACTICE
IN MAJOR OILFIELDS
OF CHINA

张文昭

主编



大油田勘探实践

石油工业出版社

中国大油田勘探实践

张文昭 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统总结了我国 35 个陆相大油气田的发现、油气勘探过程、油气勘探技术方法与经验,并简略地叙述了油田开发历程。本书可供石油勘探专业的科研、技术人员及大专院校师生阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国大油田勘探实践/张文昭主编.
北京:石油工业出版社,2002.8
ISBN 7-5021-3203-1
I. 中…
II. 张…
III. 陆相油气田-油气勘探-研究-中国
IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 78240 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)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 28.75 印张 729 千字 印 1—1500

2002 年 8 月北京第 1 版 2002 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3203-1/TE·2430

定价: 60.00 元

编委会名单

主 任 王 涛

副主任 周永康 李天相 邱中建 阎敦实

委 员 (按姓氏笔画排列)

丁贵明 丁正言 马 力 王秋华 王宜林 王昌桂

王宓君 史训知 石宝珩 石彦民 帅德福 刘兴才

朱明恭 朱永安 吴 涛 吴奇之 吴震权 陈斯忠

杨俊杰 张文昭 张启明 张兆琦 张家茂 张国俊

张晋仁 郑长明 胡见义 胡朝元 赵中坚 赵柳生

唐 智 徐世庸 高瑞琪 顾树松 秦顺亭 梁生正

梁狄刚 黄第藩 曹文贤 龚再升 蒋其垠 翟光明

譙汉生 潘元林 薛士荣 霍永录 戴世昭

主 编 张文昭

写在前面的话

根据原中国石油天然气总公司的决定,并征得中国海洋石油总公司的同意,在“八五”期间要研究总结中国陆相大油田地质规律,并编写《中国陆相大油田地质规律和勘探经验》一书,且把这项工作列入了总公司“八五”科研规划之中。1993年2月14日总公司还专门发了公文,勘探局、科技局为了进一步落实这项工作也发了公文、召开了会议。

原总公司领导对这项工作十分重视,王涛、李天相亲自作了批示。王涛批示:“这项工作很有必要,对指导、提高今后勘探工作水平很有意义,完成以后以内部资料出版供石油系统领导和科技人员参考。请科技局列入科研项目并在资金上给予支持。”李天相批示:“总结中国陆相大油田勘探经验,研究其地质规律,从而指导新区勘探确实具有重大意义,请科技局立项拨给经费。”

1992年6月召开了专题会,主要进行四落实,即落实任务、方法、组织、进度。

一、为什么要总结编写《中国陆相大油田地质规律和勘探经验》

1. 建国40多年全国已经打井近 11×10^4 口,地震工作量 $200 \times 10^4 \text{km}$,探明储量 $154 \times 10^8 \text{t}$,年产原油 $1.4 \times 10^8 \text{t}$ 。由于这些储量、产量主要集中于30多个亿吨级陆相大油田,因此,深入地总结陆相大油田勘探经验、研究其形成条件和地质规律不仅对指导新区勘探、深化老区勘探有重要意义,而且有十分重要的学术价值(因为中国以陆相油田著称于世)。40多年来,我国在石油勘探开发上付出了数千亿元资金,现在已经到了出成果出理论的时候了。在这方面,我们与中国科学院、原地矿部相比差距很大。

2. 40多年我们已经获得了许多国家级的奖励(自然科学奖、科技进步奖),如大庆油田发现中的地球科学工作、渤海湾复式油区聚集区带理论与实践、全国油气资源评价……,但是,我们还没有系统地总结出理论,还没有出版一本理论专著,在这个方面我们还欠了一笔债。

3. 培养年轻的一代要有外国的教科书,更要有我们自己的石油地质理论——《中国石油地质学》教材。不少教授反映,要找世界大油气田的教材有,但要找我国大油气田的材料却难找到,所以,这次王涛总经理专门明确了《中国陆相大油田地质规律和勘探经验》完成后要以内部资料出版,并供各级领导和科技人员使用,同时,供院校师生参考。以后逐步面向世界。

4. 总结编写《中国陆相大油田地质规律和勘探经验》更具迫切性,在“八五”期间必须完成,这是因为50年代初期有经验的老专家都已到期,60年代同志年龄也不小了。他们工作了30~40年,经验丰富,体会深刻,需要他们参加,献出智慧。这项任务的完成将是我国建国以来的石油勘探科技人员群体的一项集体的重要的勘探科研成果,也是我们为石油工业作出的一个重大贡献,国家会感谢我们,下一代人将会感谢我们。

二、如何总结编写《中国陆相大油田地质规律和勘探经验》

这项科研专题与其他科研项目不一样,与石油地质志也不一样,它需要在总结中国大油气田地质资料和勘探实践的基础上,分析概括,去粗取精,去伪存真,找出规律,上升为理论,其具有七个方面的特点。

1. 具有高度的综合性。这本书要汇总综合 40 年来已经出笼的（出版、内部的）资料、成果，并提炼、上升成为理论，它是代表石油系统集体的成果，代表我国当代的最高水平。完成这项任务要看资料、参考书，要下功夫。

2. 内容具有专门性、广泛性。所谓专门性是指诸如总论的各专题需要学术上造诣较深的专家才能承担（如陆相石油、陆相沉积、含油气大地构造、渤海湾复式油气聚集区等），各含油气盆地大油田地质规律等都不是一般人所能完成的。1977 年全国科技大会曾组织过一次系统编写，但已过了十几年，已经不能代表当前的水平了。

所谓广泛性是其各部分内容广泛，不是一两个人所能完成的，需要各方面提供材料，总地质师、院长要起组织作用（如大油田各部分，有些需区域室、油田地质室、开发室提供材料）。

3. 突出“陆相”特色——中国的特色。中国以陆相生油著称于世，这已被美国和前苏联所承认，美国 AAPG 有报导，前苏联也有报导。各个专题、特点、规律都要与“陆相”挂钩。

4. 要与大油田紧密挂钩。特别是总论（不管大地构造、生油、沉积、油气藏形成等）必须要论述大油田形成的地质背景。

5. 总结要与生产紧密结合，以指导勘探方向。实践上升为理论为的是进一步指导实践。我们总结出的陆相大油田地质理论，既要有利于指导新区勘探，又要能深化老区勘探。我们的总结不是单纯为“写书”。

6. 发挥自己的优势——扬长避短。

我们的优势是什么？我们有大量的油井、大量的地震资料、大量的岩心分析化验、测井、测试等资料。全国哪个部门（科学院、地矿部、院校）都没有这个条件。

含油区大地构造理论应该出自我们这里（物探局），生油理论应该出自我们这里，沉积理论也应该出自我们这里，油气藏理论更应该出自我们这里。要相信“理论来自实践”的真理。

7. 我们的专题是“总结经验型”的。

三、由于专题工作量太大，经过编委会的讨论拟分两阶段完成

第一阶段主要总结大油田地质规律，赶在 1997 年 8 月第 15 届世界石油大会召开前出版，书名为《中国陆相大油田》。第二阶段总结大油田勘探开发实践与经验，材料由各油田提供，共有 35 个大油气田，由我主编，书名为《中国大油田勘探实践》。由于本人 1998 年患病将此工作推迟了一年，在此深表歉意。因本人水平有限，不足之处，请读者批评指正。

张文昭

1999 年 7 月

目 录

大庆油田·····	(1)
朝阳沟油田·····	(44)
榆树林油田·····	(53)
扶余、新立、新民油田·····	(84)
兴隆台油田·····	(92)
高升油田·····	(100)
曙光—欢喜岭油田·····	(106)
静安堡油田·····	(115)
北大港油田·····	(122)
枣园—王官屯油田·····	(152)
高尚堡—柳赞油田·····	(161)
任丘油田·····	(171)
胜坨油田·····	(186)
东辛油田·····	(196)
孤岛油田·····	(211)
孤东油田·····	(216)
单家寺油田·····	(222)
渤南油田·····	(232)
濮城油田·····	(241)
文留油田·····	(246)
双河油田·····	(251)
王场油田·····	(261)
真武油田·····	(270)
阿尔善油田·····	(279)
马岭油田·····	(291)
安塞油田·····	(303)
延长—永坪油田群·····	(314)
克拉玛依油田·····	(329)
丘陵—鄯善油田·····	(342)
尕斯库勒油田·····	(348)
柴达木盆地东部气田·····	(359)
老君庙—鸭儿峡油田·····	(367)
流花 11—1 礁(滩)型大油田·····	(376)
崖 13—1 大气田·····	(394)
绥中 36—1 油田·····	(424)

大庆油田

大庆油田位于中国黑龙江省大庆市境内，地理位置为北纬 $45^{\circ}40' \sim 47^{\circ}00'$ ，东经 $124^{\circ}19' \sim 125^{\circ}12'$ 。油田区东邻安达市和肇州县，西接杜尔伯特蒙古族自治县，西南依肇源县，北靠林甸县。其南北长约 140km，东西最宽处为 70km，总面积 5470km^2 ，含油区面积 2065km^2 。

大庆油田在松嫩平原中部，地形总体上为平缓的冲积平原，是广阔的草原和盐碱地，相对起伏高差一般不超过 5m，无明显的丘陵地貌，地面海拔 130~150m，西北部略高，东南部稍低。油田区内无天然河流，为引排水需要，曾挖掘了引嫩工程、安肇新河和部分水泡间的连接渠道。区内有大小不等的湖泊和水泡子 172 个，这对油田的勘探和开发带来一定的影响。

大庆地区属大陆性季风气候，西北受蒙古、西伯利亚内陆冷空气侵入，东南受海洋暖流季风的影响，冬季长，寒冷干燥；夏季短，温热多雨；春秋季节延续时间特短，气候变化急剧且多风沙，一般 4 月底到 5 月初，草木开始萌发，10 月初落叶，10 月中旬结冰，采暖期长达 7 个月。

年平均气温 3.4°C ，1 月份最冷，月平均气温 -19°C ，极端最低气温为 -40°C ；7 月份为最热，平均气温 22.8°C ，极端最高气温为 37.4°C 。年平均降水量 440mm，70% 集中在夏季，无霜期仅 142d，日照 2830h。由于低温度时间长，冻土层深达 2m，一般到 6 月底才能全部化冻。

春季 3~5 月为大风最多的季节，一般风力为 5~6 级，最强可达 8~9 级，5 月份 5 级以上大风出现频率高达 30d，风向以西北和西南为主。

大庆油田交通便利。有滨洲铁路从油田北部通过，在大庆市境内自东向西设有卧里屯、龙凤、大庆（萨尔图）、让胡路、喇嘛甸、齐家 6 个火车站，1967 年以后，沿着油田的西侧修建了让通（让胡路到通辽）铁路，市区内设有银浪、林源等 13 个火车站。通过这两条成“T”字型的铁路干线，该区与黑龙江、吉林两省和其他省市的城镇交通均较方便。大庆市与周围各县市均有公路连接，1992 年修通了哈尔滨到大庆间的封闭式等级公路，公路交通更加便利。

到 1992 年底，大庆市共辖五区四县。不包括肇州、肇源、林甸、杜尔伯特四县在内，共有人口 96.93×10^4 人，职工 41.7×10^4 人。

一、勘探开发历程

大庆油田的勘探和开发历程，大致可分为五个阶段。

（一）从地质普查到发现井喷油（1959 年以前）

解放以前，我国的地质工作者谭锡畴、王恒升等，在东北地区，以寻找金属矿和煤为目的，进行过一些地质调查，在部分地区建立了地层系统，并实测过地层剖面（如白垩系嫩江页岩）。个别地质工作者也曾到海拉尔盆地西部的札赉诺尔地区进行过油苗调查。

1931年9月到1945年8月,在日本人侵占我国东北地区期间,曾经在辽宁阜新和内蒙古札赉诺尔等地进行过石油地质调查和浅井钻探,没获得好的成果。日本地质工作者实测了松辽盆地内部和周边的地层剖面,并进行了建组命名(如泉头组、伏龙泉组、四方台组等),为区域地层对比提供了资料。

需要指出是:在有的科普读物中谈到,日本人曾在大庆地区钻过找油的探井未获成功,经反复查对各种文献资料,证实,日本人没在大庆油田区域内开展过地质调查和钻探工作,对此,应予以澄清。

解放以后,1951~1954年,我国地质工作者在东北各地进行油苗调查,证实了辽宁省阜新油苗、辽宁省义县沥青、吉林省安图沥青、黑龙江省依兰县达连河油页岩、内蒙古自治区札赉诺尔沥青等的存在,为继续开展油气勘探提供了依据。

1955年8月,东北地质局韩景行等人组成小组沿松花江进行了路线地质勘探,并开始了系统的石油地质勘探工作;1956年地质部成立了松辽石油普查大队,开展了石油地质普查和重磁力、电法普查。1957年完成松辽盆地及其周围地区1:1000000航空磁测,面积408835km²,同年,石油部组织了以邱中建为队长的综合研究队,进行了地质调查和资料收集工作。

从1958年开始,地质部和石油部都组织了更多的勘探队伍开展大规模的石油勘探工作。地质部松辽石油普查大队(第二石油普查大队)负责石油地质调查和地质浅井钻探;东北石油物探大队(长春物探大队)负责重磁力、电法和地震的面积普查、区域大剖面工作;松辽石油勘探局负责地质详查、重磁力详查、基准井和深探井的钻探工作。

通过地质调查,在白垩系的地面露头 and 钻孔岩心中见到较厚的黑色泥岩,其含有丰富的介形虫、叶肢介和鱼类等化石,表明,该区在白垩纪时存在着面积和厚度均较大的深湖相沉积,有较好的生油条件,具备形成油气田良好的区域地质背景。

1958年4月以后,由于在南17井、南14井等多口浅井见含油显示,更加坚定了在松辽盆地找油的信心。

1958年8月,根据对各项资料的综合分析,石油部松辽石油勘探局的科技人员,提出在黑龙江省肇州县大同镇附近的电法高点上钻探松基三井的建议,并经与地质部的地质、物探人员商讨,取得一致意见。

在拟定井位过程中,依据的资料和对石油地质特征的认识是逐步加深的。根据当时对地质、物探资料综合解释,认为松辽盆地是一个面积达 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大型中新世沉积盆地,其最深部位在盆地的中西部,基底埋深达5000m以上,在这个深拗陷中可能具备较好的生油条件,大同镇附近的电法高点与重力高带基本上叠合,可能是隆起构造的反映,在有利生油凹陷中的构造圈闭是油气聚集的有利部位,故在电法高点上初步拟定了松基三井井位。

在随后完成的区域大剖面上,高台子附近地震资料显示为一隆起。为落实构造形态,由东北石油物探大队补做四条剖面,圈定出了高台子背斜构造。依据这些资料,在高台子构造高点拟定了松基三井井位,并报石油部批准。

松基三井位于黑龙江省肇州县大同镇(1959年时属肇州县辖区,现已划入大庆市区)西北高台子以西100m,小西屯以东200m处。1959年4月11日开钻,原设计井深3200m,为了更好地发挥大型钻机的作用,这口井在浅部没取岩心,从井深1050m开始连续取心。在白垩系姚家组(井深1112.2~1171.5m)岩心中见到油浸、含油粉细砂岩,共长3.15m,油斑粉砂岩和泥质粉砂岩,共长1.91m。在青山口组(井深1353.8~1379.83m)岩屑中见

油浸粉—细砂岩，在岩心筒上有棕黄色油珠，并有较浓的原油味。划眼时，两次从钻井液中返出原油和气泡，收集气泡用火可点燃。鉴于松基三井钻遇较好的油气显示，考虑到当时的技术水平，如继续钻到 3200m，还需要一两年，推迟了发现工业油流的时间，并会由于浸泡时间过长而造成油层污染，使产能降低，甚至堵塞孔隙，不能产出油气，经石油部同意，提前在井深 1461.76m 完钻，下套管试油。

1959 年 9 月 6 日，第一次射开松基三井青山口组（1357.01~1382.44m）的 3 个薄油层，在将井筒内钻井液替成清水后提捞过程中见油花，采用下深捞筒，只捞水不捞油，降低液面，疏通油层。经过近 20 天认真细致的试油工作，于 1959 年 9 月 26 日喷出了工业油流。采用 8mm 油嘴测试，日产油 14.93m³。松基三井作为第一口获工业油流井揭开了发现大庆油田的序幕。

（二）从长垣南部勘探到拿下整个大庆油田，艰苦创业，在实践中学会开发大油田（1960~1963 年）

经过 1959 年的夏季施工，到第三季度时，东北物探大队已提交出 1:100000 大同镇附近地区地震构造图。展示出松基三井所在的高台子构造是大型背斜构造带上的一个小高点，在它的东南面有一个面积达 300 多 km² 的大构造——葡萄花构造，它的东面还有一个构造高点——太平屯构造。按照全面规划，深浅层结合，重点拿下葡萄花构造的原则，对葡萄花、高台子、太平屯等构造的勘探进行了整体部署。石油部从四川等地调运来 20 多台钻机，于 1959 年第四季度投入搬迁、安装、开钻。

为了既保证取得准确的资料又加快钻速，在石油部领导的主持下，制定了“三点合一”的方针，即把探井分成三类统筹安排。第一类井不取心快速钻进、加强综合录井，迅速控制油田面积；第二类井在油层井段全部取心，为储量计算取得参数；第三类井是油田的探边井，进行分组试油以确定油田边界。此外，在每个油田上还有一两口长期试采井，以取得产量和压力递减资料，为制定油田开发方案提供依据。

为了早日探明含油情况，同志们克服了缺少运输和吊装设备、供水不足以及寒冷季节施工等许多困难，在葡萄花构造轴部的葡 7 井于 1959 年 11 月 12 日开钻，1960 年 1 月 5 日完井，井深 992.91m。1 月 7 日射开白垩系姚家组的 3 个砂层，射孔井段 939.6~946.9m，射孔后自溢钻井液并在 1 月 7 日开始喷油，用 3~7mm 油嘴测试，日产油 9.2~39.66t。随后，在葡萄花构造上的葡 20 井、葡 11 井、葡 4 井和太平屯构造上的太 2 井于姚家组获得工业油流，初步控制了约 200km² 的含油面积。

与此同时，还完成了整个构造带的地震工作，证实，从葡萄花构造向北和向南延伸存在着一个走向 NNE，面积达 2000km² 的大型背斜构造带。为纪念在建国十周年前夕喜喷原油，将大同镇改名为大庆，大同镇长垣改名为大庆长垣，在这个构造带上找到的油田命名为大庆油田。将松基三井第一次喷油的层位白垩系青山口组中的油层命名为高台子油层，将葡 7 井第一次喷油的层位白垩系姚家组一段中的油层命名为葡萄花油层。

1960 年初，仅钻探了大庆长垣构造带的南部，根据松基三井与葡 1 井地层对比，发现，葡萄花油层向南变薄，这预示着油层厚度更大、产能更高的部位可能在长垣构造带的北部。在对大庆长垣构造带重新进行整体部署的基础上，1960 年第一季度重点组织了长垣北部萨尔图、杏树岗、喇嘛甸三个构造高点上的第一口探井的钻探和试油工作。

萨尔图构造顶部的萨 66 井，于 1960 年 2 月 20 日开钻，3 月 5 日完钻，井深 1089.4m，在它以南杏树岗构造上的杏 66 井和以北喇嘛甸构造上的喇 72 井分别在 3 月 30 日和 4 月 18

日完钻。这三口井钻遇的油层情况与长垣南部的油层情况变化很大。长垣南部仅在姚家组一段约 50~60m 井段内发育两组砂岩,砂岩厚度 10m 左右,油井产能一般为日产数吨到 20t 左右;而在北部,从嫩江组一段的下部到青山口组二、三段中上部约 400m 井段内,出现几十组砂岩,砂岩总厚 100~200m,日产油一般可达 50~100t。萨 66 井、杏 66 井、喇 72 井分别在 1960 年 3 月 11 日、4 月 11 日和 4 月 26 日喷油,证实了油层厚度大、产量高的部位在大庆长垣北部。这三口关键的探井喜获高产工业油流,当时被誉为“三点定乾坤”。同时,这些重要的发现对于石油会战的部署和石油工业的发展都起着巨大的作用。此外,大庆长垣南端敖包塔构造上的敖 26 井 1960 年 4 月 7 日在葡萄花油层喷出工业油流,从喇嘛甸到敖包塔 7 个构造高点均获工业油流,展示出长垣构造带整体含油的宏观面貌。

嫩江组一段和姚家组二、三段在萨 66 井首次获得工业油流,故将这个层位的产油层命名为萨尔图油层。

1960 年,当初步查明长垣南部大面积含油并基本上控制 1×10^8 t 储量后,石油部党组向党中央呈送了开展松辽石油会战的报告。2 月 20 日,党中央批准了石油部党组关于开展松辽石油会战的决定。全国各地的石油职工陆续调往松辽盆地。原来计划在长垣南部葡萄花等构造进行详探和开发,发现了长垣北部高产区后,由于滨州铁路正好穿过萨尔图构造,交通条件更为优越。为了集中力量首先拿下高产区,石油部党组决定“挥师北上”,将参加石油会战的队伍大部分调到长垣北部,一方面在萨尔图油田开辟一块生产试验区,按照油田开发部署钻生产井和注水井,进行开采试验,为大规模开发作准备。1960 年 6 月 1 日,第一列满载大庆油田原油的火车从萨尔图车站的开出,宣告了这个才发现几个月的新油田(大庆油田)为石油工业的腾飞开始出力了。另一方面,按照整体勘探部署,了解含油范围和生产情况,取得储量计算的各项参数,为算准储量提供资料。

整个勘探规划包括四个方面:一是探鞍,即通过钻探了解在各构造高点之间的低部位(构造鞍部)是否连片含油,在喇嘛甸和萨尔图构造之间部署喇 75 井、喇 95 井,在萨尔图和杏树岗构造之间部署萨 94 井、萨 96 井和杏 16 井,这些井均钻遇油层,证实不仅是构造高点油气富集,高点之间也含油连片,即大型长垣二级背斜构造带控制油气富集。二是探边,即在构造带东西两侧的低部位部署喇 88 井、萨 12 井、萨 43 井、萨 49 井、萨 64 井、萨 68 井、萨 93 井等探边井,了解各组油层的含油边界,圈定含油范围。三是成排钻剖面井,在萨尔图和杏树岗构造安排了 9 条大剖面,全面解剖油田,为储量计算提供资料。四是长期试采,共选择 33 口井进行试采,每口井试采一至数月,求得产量与地层压降关系的资料,并在五个油田上各选择一口重点试采井(喇 72 井、萨 66 井、杏 66 井、松基 3 井、葡 4 井),试采一年以上,取得稳定可靠的资料,证实,大庆油田是能够经受长期生产考验、压力和产能下降不大的油田。

1960 年前后在萨、喇、杏地区共完成各类探井 91 口,完成对整个油田的勘探工作,为进行储量计算提供了大量的基础资料。

在大庆石油会战开始以前,石油部党组于 1960 年 4 月 9 日召开了第一次油田技术座谈会,会议以《实践论》和《矛盾论》的观点,实事求是地总结了过去的油田由于录取地质资料不够齐全准确,对地下情况认识不清,以致在油田勘探开发工作中受到损失的教训,提出在大庆油田的勘探工作中,一定要尊重科学、重视实践,在立足于大量的、准确的第一性地质资料数据的基础上,分析研究认清油田的石油地质特征。会议通过充分讨论、集中集体智慧,提出了认识油田必须解决的 20 个根本性问题。为了掌握这些根本性问题,石油部党

组明确要求,在勘探和开发油田的全过程中,每钻一口井都必须取全取准 20 项资料和 72 个数据,做到一个不能少,一点不准错,以此作为勘探和开发油田的调查研究提纲。会议还对录取资料制定了“四全、四准”的要求,“四全”就是录井资料全、测井资料全、岩心资料全、分析化验资料全。“四准”就是各种仪表校正准、压力测准、油气量准、各种资料准。

1961 年开始了油田地质储量的计算工作。概算油田地质储量是油田勘探工作成果的集中体现,也是制订油田开发方案的基础。这次储量概算,总共动用了 11400m 岩心的 160×10^4 个化验数据、 1708×10^4 次地层对比资料,共分 40 多个小层划分有效厚度,合理地圈定了含油面积,有充分依据地确定了油层有效厚度、孔隙度、原始含油饱和度等各项储量计算参数。经过反复验算,1961 年正式上报党中央、国务院的地质储量是 $\times \times 10^8 \text{t}$ (这是指大庆油田北部喇嘛甸、萨尔图、杏树岗 3 个油田的总储量)。探明大庆油田中心高产区面积 520km^2 ,加上油水过渡带面积共 800km^2 。

由于采用了一套符合我国特点和大庆油田实际情况的勘探方法,在探明大庆油田的工作中实现了高速度和高水平,大庆油田从 1959 年 9 月 26 日第一口井喷油,到 1960 年底探明油田,只用了一年零三个月的时间。

1960~1963 年,在松辽盆地开展了大规模的石油地质勘探工作,完成了全盆地的地震普查和完钻 100 多口区域探井,建立了松辽盆地的地层层序,明确了有利生油层段和生油区,揭示了砂体分布和沉积分区,圈定了有利含油区带,在大庆长垣以外地区发现了扶余油田和 12 个获工业油气流地区,这些区域勘探情况在此不多叙述。

1960~1963 年,对于大庆油田的勘探工作,除了探明北部三个油田并提交储量外,还开展了以下几项工作:

1. 对萨、葡、高油层继续进行评价钻探

1961~1963 年,在大庆长垣上共完成各类探井 86 口,分布在北部的 3 个油田和南部的 4 个油田上,取得了萨、葡、高油层的有效厚度、产能和储量计算参数,为计算储量和开发作准备。

2. 对扶余油层进行甩开预探

从喇嘛甸到葡南地区有喇 83 井、萨 26 井、萨 54 井、萨 56 井、杏 56 井、高 4 井、高 5 井、葡 1 井、葡 2 井、葡 3 井、葡 5 井、敖 5 井、松基 6 井等井钻穿或钻入扶余油层,其中,高 5 井、葡 1 井、葡 2 井、葡 3 井、葡 5 井等 5 口井见不同程度的含油显示,葡 1 井、葡 3 井岩心中见含油饱满的油砂,但由于储层物性差,根据当时的技术水平,测试后没能获得工业油流。

3. 开展了深层勘探

葡萄花构造顶部的葡 1 井于 1959 年 10 月 1 日开钻,1961 年 10 月 17 日钻至井深 3270.27m 处完钻。这是大庆长垣上钻穿扶余油层后进而钻穿泉头组进入登娄库组的第一口深探井,从泉三段到登娄库组取岩心 24 段,在泉三段和泉二段的岩屑中见含油显示,井内仅用 8 $\frac{1}{2}$ in 技术套管下到井深 1794.73m 处,在泉三段以下深部地层没进行试油。本井曾经长时间静止井筒内的钻井液,取得了较可靠的地温资料。

萨尔图构造上的松基 6 井于 1963 年 3 月 31 日开钻,1963 年底已钻达登娄库组。

4. 开展了构造细测工作

从 1963 年冬开始,每年有 1~3 个地震队,用“51”型地震仪,按照与开发钻井井排相同的方向部署地震细测测线,测网密度是 $0.24 \text{km} \times 0.48 \text{km}$,主要是查明 T_1 反射层(相当

萨二组油层顶面)的构造形态和断距 15m 以上的小断层分布状况,指导开发井网的部署。

5. 收集了浅部气层的资料

由于在大庆长垣北部钻井过程中,在浅层经常见到钻井液气浸甚至气喷,对安全、顺利地钻达主要油层段造成较大的影响,钻井地质部门收集、整理了浅部气层的资料,发现两套气层,一套气层在萨 1 组油层以上萨零组条带状或透镜状砂体中,它主要分布在萨尔图构造顶部;第二套气层是在嫩 2 段顶部、嫩 3、4 段甚至明水组地层中,其分布主要和断到萨、葡、高油层的断层有关,储气层位主要和断层向上延伸的层位有关,一般多是凸镜状砂体含气,开始时喷势猛压力大,短期内急剧减弱停喷。

在这个阶段,通过初步勘探工作已经认识到大庆油田的主要特点是:含油面积广、地下油层多、层间差异大、原油粘度高。这些都为油田开发提出了许多新的难题。针对这些复杂情况,石油部党组提出,在油田开发工作中,要学习借鉴国外的经验,主要靠运用《实践论》和《矛盾论》,按照辩证唯物主义的观点,一切从实际出发,一切经过试验,通过实践、认识的多次反复,探索油田开发规律,学会合理开发油田。

早在会战之初,石油部党组就提出了在会战中实行“三边”(边勘探、边开发、边建设)方针,就是在甩开勘探,探明油田的同时,开辟一块生产试验区,进行各种开发试验,从中暴露矛盾,研究问题,摸索规律,总结经验,用以指导整个油田的开发。根据油田的具体情况,制订了“长期稳产高产与当年合理产量相结合”的油田开发方针。具体要求是在保持油层的压力条件下采油,使油井较长时期保持旺盛的生产能力,主要措施是“实行早期内部注水和大井距、小油嘴”的开发原则。

根据上述开发方针和原则,1960 年 5 月,在萨尔图油田圈定了 480km² 的含油面积后,大庆石油会战领导小组不失时机地从萨尔图油田中部划出一块 30km² 的面积,并开辟为生产试验区。同时,确定了中区的试验井网,在两个注水井排之间布 3 排采油井,排距 600m。萨、葡油层各按照一套井网独立开采,两套井网交叉错开,在采油井排上的地面井距是 250m,地下同一层位的采油井距是 500m。集中力量,迅速钻成原部署的注水井和生产井,并录取地质资料,掌握生产动态,进行开发试验。

1960 年 8 月,在中区以西新开辟西区生产试验区,在西区采用了另一套布井方案:在两排注水井间,布 5 排生产井,排距为 500m。生产井排井距为 400m。注水井排按照不同的渗透率钻两套注水井:高渗透率油层每间隔 400m 钻一口注水井,在每口高渗透层注水井的两侧 100m 处,各钻一口中低渗透层注水井,进行分注合采试验。

1960 年 9 月,在中区以东开辟东区试验区。采用与以上两个区均不同的另一种方案,分两套井网开采。第一套井网开采葡 1 组油层,在两排注水井间只布一排采油井,井排间距离 1200m,采油井之间相距 600m。第二套井网开采葡 2 组和萨尔图油层,仍是在两排注水井间布 3 排采油井,排距 600m,采油井井距 500m,在注水井排,每 500m 钻一口合注井,实行合注分采,并在两口合注井之间,再增加一口专门向中低渗透层注水的井,以提高差油层的开采速度。同时,对东区过渡带也开展开发试验,采用四点法面积注水井网,井距 550m,实行合注合采。

按照上述不同地区的不同开发方案,到 1960 年底,在试验区已钻成注水井 121 口,生产井 101 口,面积扩大到 60km²。在进行开发试验的同时,试验区为国家生产了大量的原油,试验区内第一口采油井(中区 7—11 井)于 1960 年 5 月 16 日投产出油。全区产油量逐月上升,到 1960 年底,已累计生产原油 97×10^4 t,1960 年 10 月 18 日中区 7—11 井转注成

为大庆油田的第一口注水井。在试注过程中，系统地收集了水质、注水压力、井温和油层吸水指数等资料，为全面实行早期内部注水积累了资料，取得了经验。

随后，又在中东西区生产试验区以北和以南各开辟一个开发区，首先确定了北一区 and 南一区的注水井排并从 1960 年 9 月开始钻井，1961 年初正式确定了这两个区的布井方案。北一区按三套井网开发：第一套开采葡 1 组油层、第二套开采萨 2 组油层、第三套开采其余油层。南一区按两套井网开发：第一套开采葡 1 组好油层，第二套开采其余油层。1961 年将北一区 and 南一区注水井和生产井钻完，并投入生产。

在上述各区进行开发试验过程中，大庆石油会战领导小组多次组织技术人员反复讨论开发方案，在反复的实践和认识过程中逐步总结出一套新的开发程序，这个开发程序是：根据多油层和油层好坏差异大的特点，要采取多次布井、多次开发的方法，先开发有把握的油层，同时认识较差的油层和零星分布的油层；然后再开发差油层，进一步认识零星分布的油层；最后开发零星分布的油层。总之，油田开发要立足于对油层有充分认识的基础上，认识一套油层开发一套油层，认识一个区块开发一个区块，使油田开发工作步步取得主动。同时提出，在钻完设计井网后，暂不射开油层。经过对新钻井的资料进一步研究后，再确定哪口井射开哪一层，使调整工作做在油井投产以前，使开发设计尽可能地符合油层实际情况，按照这个开发程序，北一区 and 南一区的开发工作在对油层逐步加深认识的基础上展开，到 1963 年底完成各项施工并全面投产。

为了在保持油层压力的条件下采油，使油井较长时间保持自喷能力，大庆油田在试验区实行了早期内部横切割注水方案，从 1960 年 10 月 18 日第一口注水井试注成功后，到 1961 年底，中区 7 排已有 35 口注水井结束排液转入全面注水。在这排注水井两侧有 110 口生产井，其中，有 97 口生产井已见到注水效果，油压和产量均在上升。1961 年 9 月 20 日，中区 6 排 13 井见到了水，说明，这口井已被水“淹”了。为了深入研究采油注水的利弊关系，解决油田开发试验提出的新矛盾和新课题，会战领导小组在组织了多次讨论的基础上提出：为了实现油田长期稳产高产，要在试验区内进行油田开发的 10 项试验，并围绕采油工艺和油田建设进行 14 项科研攻关，同时要求地质技术人员克服依据笼统数据进行油井动态分析的作法，向着分小层掌握油田动态、分小层管理油田开发的方向发展。

10 项油田开发试验，以油田注水为中心，包括以下试验：

- ①合注分采试验；
- ②分注分采试验；
- ③分注合采试验；
- ④大井距面积注水试验；
- ⑤强化注水，把油层压力提高到原始压力以上的采油试验；
- ⑥强化排液，强化注水，使注入水在地下拉成水线的试验；
- ⑦不同渗透层分别注水，观察其不同推进速度的试验；
- ⑧不注水，依靠天然能量采油的试验；
- ⑨不同射孔密度，配产配注的试验；
- ⑩注二氧化碳及其他活性剂，提高采收率的试验。

同时提出了采油工艺、油田建设方面的 14 项科研攻关项目。

1961~1963 年，大庆油田的广大科技人员，按照上述总的目标，刻苦进行攻关。如以刘文章为首的采油工艺研究人员经过 1018 次地面试验和 133 次井下试验，于 1963 年 7 月 11

日试制成功了一种我国独创的水力皮球式多级封隔器，这种封隔器在油井里下得去，起得出，封得严，耐得久，可封隔五六层，使用起来很安全。有了这种封隔器，在油田注水开发中，就可以想注哪层就注哪层，想堵哪层就堵哪层，为全面实现分层注水、分层堵水、分层压裂、分层测试提供了可靠的技术手段。

至此，在开发试验、技术攻关和分小层掌握油田动态三个方面都取得了可喜的成果，为正式编制开发方案和全面开发创造了条件，奠定了基础。

通过试验区的生产试验以及多种开发方案的分析对比，到1962年底，正式编制完成萨尔图油田第一阶段 146km^2 的开发方案（包括的地区是中区试验区、东区试验区、西区试验区、北一区 and 南一区总和）。

这个开发方案的主要特点是：认真贯彻了“长期稳定高产”的油田开发的根本方针，以提高油田最终采收率为目的，合理掌握采油速度，争取最好的经济效益。在方案的具体实施上，贯彻以下原则：

①分阶段动用可采储量面积，近期先开发萨尔图油田，把杏树岗和喇嘛甸油田留作后备储量，以保证长期稳定高产。

②实行早期注水和油田内部横切割注水，使油井在保持油层压力下采油，以保持较长时间自喷能力。

③严格、合理地划分开采层系，立足于对油层的认识程度，实行区别对待，采用不同井网开采，以利于调整。

④运用先进的采油工艺，做到合理地配产配注，以严格控制注采比和采油压差的平衡。

⑤始终重视取全取准第一性资料，时刻掌握油田动态。始终重视施工质量，钻井、固井、射孔和地面工程都要达到优等质量，以保证油田长期生产。

1963年4月，石油部党组邀请有关方面的专家，经过认真讨论和反复论证，审查和批准了这个开发方案。1963年底，萨尔图油田中部 146km^2 的开发方案实施完成，当年采油 $439\times 10^4\text{t}$ ，生产能力达到了开发方案设计的年产 $500\times 10^4\text{t}$ 的水平。

回顾这个阶段，1960年一上手，就打了一场规模很大、条件很艰苦的油田勘探仗，同时，不失时机地开辟了生产试验区。1961年，在继续发展勘探的同时，主要进行深入细致的油田地质调查，进行了大量的油田开发试验。1962年，在开发试验的基础上，进行了大规模的油田建设，同时，狠抓了油田生产管理，建立起岗位责任制度。1963年，进一步扩大了开发面积，继续提高生产管理水平，逐步完善了采油工艺技术，为全面开发大庆油田打下了基础。这三年半艰苦的石油会战取得以下主要成果：

①探明了含油面积 800km^2 ，其地质储量达 $\times\times\times 10^8\text{t}$ 的大油田。

②在 146km^2 的开发区内，高速度、高水平地建成了原油集输、原油储运、油田供水、注水、供电、通讯、机修、公路等8大系统，建成了年产能力 $500\times 10^4\text{t}$ 的原油生产基地，同时，完成并投产了年处理 $100\times 10^4\text{t}$ 原油的炼油厂第一期工程。

③在1960~1963年的3年半时间，为国家累计生产原油 $1166.1\times 10^4\text{t}$ ，相当于同时期全国原油总产量的57.6%。

④全员劳动生产率逐年提高，1960年为4816元，1961年为10823元，1962年为12530元，1963年提高到16265元。

⑤1960~1963年，国家对大庆油田（不含炼油厂）的投资累计为 72459×10^4 元，同期大庆油田的财政上缴（含利润和折旧）为 107256×10^4 元，投资回收率达到148.02%，除

全部投资回收外，还为国家积累资金约 3.5×10^8 元。

⑥在油田勘探、开发、建设和科研工作上均实现了高速度和高水平。大庆油田的勘探仅用一年零三个月的时间就探明了大油田，在开发建设的速度上，仅用3年半的时间就建成年产 $500 \times 10^4 \text{t}$ 原油的生产规模（到1965年，用5年半时间就建成年产 $1000 \times 10^4 \text{t}$ 原油的生产规模），油田建设的各项工程质量优良。在采油技术上，试制成功了水力压差式多级封隔器，创造了一整套分层采油、分层注水、分层测试的采油工艺技术，为油田实现长期高产稳产提供了技术手段。设计和建成了单管密闭油气混输水套式加热炉的原油集输流程，解决了高寒地区“三高”原油集输的难题。

（三）坚持高标准，全面开发萨尔图油田（1964~1966年）

从1964年初到1966年10月这两年多时间，是大庆油田勘探开发过程中学习运用“两分法”，结束试验性开采油田，进入全面开发和大规模建设油田，继续大踏步前进的重要阶段。1964年初，党中央、毛主席表扬了大庆。在成绩和荣誉面前，大庆的领导和职工群众，认真学习了毛主席关于加强互相学习，克服固步自封、骄傲自满的指示，一分为二看待自己的成绩和缺点，对照先进单位大找差距。同时，在职工队伍建设上，在生产建设和管理上，在科研和技术革新上，都提出了更高的目标和严格的要求，并且取得了新的成绩。

1964年初，石油部的大部分勘探队伍奉命调到渤海湾地区开展工作，只留很少力量继续在松辽盆地钻探井和进行地震勘探。在这个阶段，大庆油田的勘探主要进行了以下工作：

（1）在喇嘛甸、萨尔图、杏树岗和大庆长垣南部继续部署评价井。

1964~1966年，共钻评价井45口，其中喇172井在完成萨、葡、高油层钻探任务后，加深钻穿扶余油层，为开展下部地层组合的勘探提供了重要的资料。

（2）取得了登娄库组的完整剖面。

松基6井自1963年开钻后，32139钻井队发扬“硬骨头”精神，用3200m型钻机，超负荷钻4000m以上的深井，1966年9月14日完钻，井深4718.77m，当年12月3日完井。在这以前，虽有一些探井钻入登娄库组数百甚至上千米，均没钻穿登娄库组地层。松基6井揭示了完整的登娄库组地层剖面，自2641~4188m，依次钻入登四段（过渡岩段）、登三段（块状砂岩段）、登二段（暗色泥岩段）、登一段（砂砾岩段）。登娄库组以下是侏罗系大段的各类火山岩。

（3）继续进行构造细测工作。

1964~1966年，每年动用1~2个“51”型地震队，以 $240 \times 480 \text{m}$ 的测网完成了喇嘛甸油田、萨尔图油田、杏树岗油田北部和萨西地区的构造细测工作。重点落实了 T_1 层的构造形态和断层分布状况。

（4）钻探大庆长垣西侧鼻状构造带，获较好的成果。

在葡西鼻状构造上钻古1井，这口井在1962年12月3日开钻，1963年3月27日钻入泉3段完钻，井深2494.73m。1963年10~12月在葡萄花油层1717.02~1748.0m试油，3mm油嘴自喷，日产油3.386t，产气 5028m^3 ，产出的原油20℃时相对密度仅0.7944，50℃时粘度 $3.16 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ，属于典型的高成熟原油。

在萨西鼻状构造上钻古2井，这口井在1965年12月12日开钻，1966年3月13日钻入泉3段完钻，井深2429.86m，1966年4~6月射开扶余油层2274.4~2367.0m段，在2301m处测液面求产，日产油0.304t。

原认为在大型背斜构造带的翼部，由于构造位置低，且鼻状构造不具备较好的圈闭条

件，难以形成油气聚集。钻探结果在南北两个鼻状构造上，均在多层位见含油显示，且分别获工业油流和少量油流。为以后继续在长垣西侧鼻状构造带开展勘探工作奠定了基础。

在油田开发方面，从1964年开始，萨尔图油田的开发由中部逐步向南北两个方向扩展。1964年新开了北二区、南二区、南三区。1965年断开了北三区 and 南四区。1966年进一步开发了南五区至南八区。至此，除萨北过渡带和萨南部分过渡带外，萨尔图油田的纯含油区已全部动用，并动用了部分过渡带，油田主体已全面开发。

萨尔图油田南北长约32km，东西宽14~22km，由于其为陆相沉积油田，故油田地下地质情况变化较大，北部油层厚，渗透率高，原油粘度大；南部油层减薄，渗透率降低，原油性质变好。

根据不同区块的特点，制定不同的开发方案。南四区至南八区和全部过渡带均采用一套井网合注合采，南二区和南三分两套井网开采。其中，开采主力油层（葡1组）采用大排距（第一排距1000m）井网，开采其他油层使用面积井网。萨北纯油区原定采用三套井网。但在1965年钻完基础井网后，发现各层系之间的泥岩隔层较薄，不能保证将不同层系分隔开，改用两套井网开采，萨、葡油层分别开采，均采用行列注水井网。过渡带地区分别采用井距300m、350m、400m、500m等的面积注水井网。

萨尔图油田各区块的开发都严格按照合理的开发程序进行。

①先进行详探，取全取准各项地质资料，然后再编制开发方案。

②先针对主力油层钻一套基础井网，在开发主力油层的同时，进一步认识其他油层，根据新的认识，确定第二套井网的具体设计。

③面积注水开发的井网，不是在设计时就确定为采油井或注水井的，而是在完井后，根据各井对比结果，再确定哪些井为采油井，哪些井为注水井。

由于采用了不同区块和层系分别对待的科学开发程序，萨尔图油田的开发不但速度快，而且效果好，各项技术经济指标都达到或超过原设计要求，于1965年提前一年建成产油能力 $1000 \times 10^4 \text{t}$ ，1966年生产原油 $1060.9 \times 10^8 \text{t}$ ，建成 $1300 \times 10^4 \text{t}$ 的生产能力。

早在油田开发初期就发现，由于各油层的渗透率不同，其注入水推进的速度也不同，这种矛盾只有采取区别对待的方法才能解决。从1963年8月起，在中区开展两种注水方法的对比试验，中区西部的注水井采用分层配水施工，进行分层注水。1964年6月开始见效，对于高渗透层限制注水，对于中低渗透层加强注水，使油井每采出1%地质储量的含水上升值由一年前的4%降到2%左右，产量稳定；而中区东部没有分层注水，仍是笼统地合注，含水上升率高达4.5%~5.5%，产量继续下降，两种效果明显不同。

1964年10月，决定全面推广中区西部试验的经验，立即在101口注水井内分444个层段进行分层配水作业施工会战，油田开发由笼统注水进入了分层注水的新阶段。在整个采油战线，开展了“四定三稳迟见水”活动。即定产量、定见水期、定含水上升速度，定地层压力；做到产量稳、静压稳、流压稳；争取迟见水，达到较高的无水采收率。按照这个总的要求，在开发区内逐区逐井落实了具体指标，为了进一步控制主力油层，1965年开始对采油井进行分层配产施工，实行分层采油。

随着分层注水和分层采油的发展，1966年开展了群众性的“六分四清”活动，代替原来的“四定三稳迟见水”活动。“六分”指分层注水、分层采油、分层测试、分层改造、分层研究，分层管理；“四清”指分层压力清、分层产量清、分层注水量清、分层出水情况清。到1966年底，含水上升率由1964年的6.37%降到2.8%，产量稳定，取得了较好的效果，