

大庆油田百例 先导性矿场试验

隋新光 刘颖萍 毕雪松 许运新 编著

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

大庆油田百例先导性矿场试验

隋新光 刘颖萍 毕雪松 许运新 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书较系统地阐述了大庆油田开发 40 余年来所进行的 160 多项先导性矿场试验经验。这些试验经验为制定大庆油田的开发部署和持续高产稳产提供了科学依据,是大庆油田开发取得成功的一项重要经验,对类似砂岩油田开发具有重要的借鉴意义。

本书可供从事油气田开发的科研工作者、管理工作者、领导者及石油院校有关专业师生阅读与参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田百例先导性矿场试验/隋新光等编著.

北京:石油工业出版社,2006.5

ISBN 7-5021-4767-5

I. 大…

II. 隋…

III. 油田注水-分层测试-经验-大庆市

IV. TE357.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 086453 号

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

总 机:(010) 64262233 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

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:32.5

字数:820 千字 印数:1—1200 册

ISBN 7-5021-4767-5/TE·3334

定价:90.00 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

1960年初,在大庆油田未正式投入开发前,石油工业部党组就提出:要保持油田长期稳定高产的开发效果,首先要在油田上突破一点,“解剖麻雀”,在小范围内试验,取得经验后再在大范围内推广。即在已探明的油田范围内,先开辟一个小面积的生产试验区,针对油层特点进行各种开发试验,从中暴露矛盾,发现问题,摸索规律,总结经验,以指导整个油田开发。这样做,体现了实践、认识、再实践、再认识的辩证唯物主义的思想方法,做到实践一步,认识一步,使开发前进一步。

超前进行先导性开发工艺试验,超前认识油田开发客观规律和技术难点,从而做到超前组织科技攻关,做好开发前的一切准备,为制定开发部署提供科学依据。这是大庆油田开发取得成功的一条重要经验。

随着油田开发进程,在不同阶段开展不同项目的先导性矿场试验。如在油田开发初期在中区解剖了 30km^2 的试验区,针对油田特点和可能采取的各种开发方式,开展了十大试验。在试验中,研究了怎样进行注水采油,怎样划分层系,怎样部署井网,各油层所需的合理井距,保持油田压力的合理水平等开发中急需解决的技术问题,这些都为了解本油田的实际特点,制定科学的开发部署提供了丰富的资料,是确定正确的油田开发方针的重要依据。也正是由于开展这些试验,使大庆油田始终保持了自己的开发特色,走出了一条长期实现高产稳产的道路。

20世纪60年代中期,为提前了解注水开发的全过程,在萨北地区开辟了75m井距的小井距试验区,进行单层水驱油开发试验,将油田注水开发需要几十年走过的历程,缩短在1年左右的时间完成,具体揭露了符合本油田实际的各单油层注水开发全过程的开采规律,对指导大庆油田以及各个阶段的开发,起到了重大的作用。

20世纪70年代初,针对油田中高含水期油水分布复杂,怎样实现调整挖潜的问题,开展了中区西部中高含水期接替稳产试验,以后又开展了中部西区加密调整试验。这些试验成果和具体作法是高含水期油田开发调整,提高采油速度,全面加密井网和实现高含水期油田稳产的主要措施。

20世纪80年代初进行的萨中高台子油层开发试验,在认识薄层、低渗透层的实际生产能力上,取得了重要突破。过去认为开采能力低的高台子油层,在试验区中证明其具有很大的生产能力,成为油田接替稳产的重要物质基础。

进入20世纪90年代,油田进入高含水后期开采,稳产难度进一步加大,各种措施效果都相应变差,如何实现稳产,更是一个大难题。这时又开展了规

模空前、试验项目繁多的各种开发试验，包括注采系统调整、二次井网加密、表外储层工业化开采、套损区更新调整和厚油层加密等近 30 个现场开发试验区，积极地从多个方面寻找油田剩余的潜力和挖潜方法。通过几年艰苦工作，取得了丰硕成果。全面推广应用后，是大庆油田“八五”期间实现稳油控水、增储上产的技术保证。形成的稳油控水新思路，一反国内外大油田在高含水后期采用提高产液量的作法，采取严格控制含水上升速度，改善开发效果，走出了一条大庆特色的保持油田稳产的道路。大庆油田不仅要使油田稳产，而且要把稳产时间尽量延长。因此，对油田提高采收率的试验研究非常重视。多年来，大庆油田在化学驱、注气非混驱、热采、微生物采油等方面都做过许多室内研究和现场试验，并取得了一定成果。尤其进入 20 世纪 90 年代后，聚合物驱从试验已步入工业化生产。聚合物驱油已成为油田稳产的一项重要措施。这些都是先导性矿场试验取得的成果，为油田的稳产发挥了重要作用。

大庆油田开发 40 余年，进行过的试验项目已达 160 多项，尤其是油田进入高含水期后，油田领导投入了大量的资金和人力，确保各项试验的顺利进行。试验的数量之多、规模之大，都是空前的。为了把试验成果尽快转化为生产力，油田领导把试验列为油田开发的重点工作来考核。因此，先导性矿场试验在大庆油田产生了很大的经济效益，对油田高产稳产发挥了重要作用。

在开展各项先导性矿场试验过程中，许多优秀的科技人员，长年坚持在试验一线，从方案的编制到现场实施，做了大量的、扎扎实实的、艰苦细致的工作，没有他们的辛勤劳动，就没有这些成果。在本书编写过程中，我们查阅和整理了他们许多素材和报告，他们是：王启民、于洪文、苏玉珍、邵元良、王建新、徐正顺、冀宝发、孙占平、史春华、李春文、孙根荣、王加滢、薛玉珍、张立有、相玉兴、相树宝、蒋德珍、李桂芝、宋永、杨景纯、刘春发、乔建英、李文芝、刘亚杰、李麒麟、韩威友、孙玉凯、李忠荣、廖炎光、徐志良、曾树堂、叶中桂、李传红、姚玉明、李林、纪平、张立学、姜秀芬、刘春莲、王春波、姜洪福、赵世远、张景存、孟繁儒、郝悦兴、李瑞章、张春英、谢尚贤、郑昆、李国淑、刘灵芝、冯宝峻、邢宝利等许多同志。参加本书编写的同志还有刘英怀、刘青年、李春、路杰、关明宏、林景晔、任海滨、杨亚琴、李传江、杨铁军、冯大晨等同志。在这里，我们向他们表示深深谢意。

目 录

第一章 先导性矿场试验的目的、任务及要求	(1)
第一节 试验目的.....	(1)
第二节 试验任务.....	(1)
第三节 试验要求.....	(3)
第四节 试验主要类型.....	(3)
第二章 试验区的选择及应注意的问题	(4)
第一节 试验区的选择.....	(4)
第二节 试验的观察与分析.....	(5)
第三节 矿场开发试验应注意的几个问题.....	(6)
第三章 开辟生产试验区	(7)
第一节 开辟生产试验区的目的、任务和原则.....	(7)
第二节 原石油工业部部长余秋里论“开辟生产试验区”.....	(8)
第三节 大庆油田开辟的第一个生产试验区——萨尔图油田中部试验区.....	(12)
第四节 葡萄花油田开发试验区.....	(16)
第五节 敖古拉油田滚动开发试验区.....	(20)
第六节 头台油田开发试验区.....	(25)
第七节 新站油田开发试验区.....	(26)
第四章 西3断块利用天然能力采油试验	(29)
第五章 排液试验	(37)
第一节 中7-25井长期排液观察水淹规律试验.....	(37)
第二节 东区继续排液拉水线试验.....	(38)
第三节 东区长期排液拉水线试验.....	(39)
第四节 南5区3排长期排液拉水线试验.....	(41)
第六章 注水试验	(43)
第一节 中区中部平衡注水,控制压差采油试验.....	(43)
第二节 中区东部“加强注水、放大压差采油、油井堵水”开采方式试验.....	(44)
第三节 北1区西部过渡带面积注水开发试验.....	(49)
第四节 南1区甲块、丙东块面积注水加速开采试验.....	(51)
第五节 西3断块晚期注水试验.....	(53)
第六节 杏5区提高注水压力,延长自喷开采期试验.....	(56)
第七节 杏1-3区中低渗透油层高压分层注水开采试验.....	(58)
第八节 萨北东部过渡带提高注水压力开采试验.....	(61)
第九节 宋芳屯油田注水开发试验.....	(65)
第十节 南2、3区降低注水压力开采试验.....	(70)
第十一节 朝阳沟油田朝45区块注水开发试验.....	(77)

第十二节	喇嘛甸油田高含水期葡 I 1—2 层双井注水试验	(83)
第十三节	龙虎泡油田注水开发试验	(85)
第十四节	杏 8 区中块萨三组及表外储层注水开发试验	(88)
第十五节	朝阳沟油田杨大城子油层注水开发试验	(90)
第十六节	头台油田茂 804 井区线状注水试验	(91)
第十七节	杏 7 区中块细分层注水试验	(91)
第十八节	头台油田线状注水试验	(92)
第十九节	南 3 区东部含聚合物污水回注试验	(93)
第二十节	茂 801 “活动采油、活动注水” 开采现场试验	(95)
第二十一节	茂 801 区块“间歇注水、活动采油” 试验	(96)
第二十二节	树 34 井区同步注采开发试验	(97)
第七章	提高采油能力及驱油效率试验	(99)
第一节	北 2 区 4、6 排东部放大压差提高产油能力试验	(99)
第二节	北 3 区东部提高产液量试验	(99)
第三节	中区西部提高产液量试验	(101)
第四节	葡北低渗透层产能试验	(104)
第五节	中区 3 排东部水淹区钻检查井研究水驱油效率试验	(107)
第六节	检查井驱油效率试验	(109)
第七节	南 2 面积井网中块提高采油速度试验	(110)
第八章	中 5 排西部中间井排开发试验	(112)
第九章	分注分采、分注合采、合注分采试验	(113)
第一节	合注分采试验	(113)
第二节	中 3 排西部分注分采及分注合采试验	(114)
第三节	中 7 排中部分注分采及分注合采试验	(116)
第四节	西 2 断块分注合采试验	(117)
第五节	西 4 断块分注合采试验	(122)
第六节	西区分注合采试验	(126)
第七节	东区葡一组大井距单注单采, 葡二组、萨尔图合注合采两套井网 开发试验	(127)
第八节	西区不同渗透率油层合注, 观察不同渗透层水线推进速度试验	(128)
第九节	中区东部大排距大压差开发试验	(129)
第十节	中 3 排东部合注合采、合注分采、强化注水提高油层压力比原始油层 压力高 1.0MPa 试验	(129)
第十章	单油层开采试验	(132)
第一节	观 4-12、观 6-13 井单层试采试验	(132)
第二节	中区观察井单层开采试验	(133)
第三节	北 1-6-丙 26 井组单层水驱油效率试验	(135)
第四节	小井距单层水驱开采试验	(138)
第十一章	过渡带开采试验	(145)
第一节	西区过渡带开采试验	(145)

第二节	萨北过渡带生产试验·····	(147)
第三节	萨北东部过渡带井网加密试验·····	(149)
第四节	杏 8—12 区过渡带外扩井试验·····	(151)
第五节	西区过渡带四条带外扩试验·····	(152)
第六节	萨中地区西部过渡带四条带外扩试验·····	(153)
第七节	萨北过渡带细分注水试验·····	(153)
第十二章	分层配水配产试验·····	(155)
第一节	中区西部分层配水稳产试验·····	(155)
第二节	中区西部“选注选堵、分层配水、控制压差采油”开采试验·····	(156)
第三节	通过控制射孔密度对不同渗透率层配产、配注试验·····	(160)
第四节	中区西部分层配产试验·····	(161)
第五节	东区生产井分层配产试验·····	(162)
第十三章	小井距试验·····	(165)
第一节	小井距单层注水采油试验·····	(165)
第二节	小井距提高采收率试验·····	(170)
第十四章	“六分四清”试验·····	(176)
第一节	中区西部“六分四清”试验·····	(176)
第二节	中区西部中含水期“六分四清”提高采油速度试验·····	(178)
第十五章	分层开采试验·····	(185)
第一节	南 1 区西部面积注水井网分层调整开采试验·····	(185)
第二节	东区分层开采试验·····	(186)
第三节	中区西部分层开采试验·····	(187)
第十六章	厚油层开发试验·····	(189)
第一节	小井距南井组萨Ⅱ 7+8 层压裂改善厚油层开发效果试验·····	(189)
第二节	萨尔图油田厚油层开发试验·····	(190)
第十七章	钻检查井、更新补充井试验·····	(210)
第一节	中区 3 排东部钻检查井试验·····	(210)
第二节	南 1 区甲、乙块钻更新补充井试验·····	(213)
第三节	萨北套损区更新井开发调整试验·····	(220)
第十八章	高台子油层开发试验·····	(222)
第一节	萨中高台子油层开发试验·····	(222)
第二节	萨中高台子油层密井网试验区特高含水期开采特点试验·····	(237)
第三节	喇嘛甸油田高台子油层注采系统调整试验·····	(240)
第四节	龙虎泡油田高台子油层注水开发试验·····	(243)
第十九章	接替稳产试验·····	(245)
第一节	中区 7 排东部中低渗透层接替高渗透层稳产试验·····	(245)
第二节	中区西部接替稳产试验·····	(246)
第二十章	加密调整试验·····	(274)
第一节	喇嘛甸油田南块注水井加密调整试验·····	(274)
第二节	北 2 区东部高台子油层井网加密试验·····	(284)

第三节	北3区东部萨尔图油层井网加密试验	(287)
第四节	南6区井网加密试验	(294)
第五节	太北开发区井网加密调整试验	(297)
第六节	太南井网加密调整试验	(301)
第七节	萨南东部过渡带350m地区井网加密试验	(301)
第八节	北2区东部密井网试验	(302)
第九节	中区西部密井网试验	(305)
第十节	高台子油田加密调整试验	(307)
第十一节	西区高台子油层井网加密试验	(309)
第十二节	宋芳屯试验区加密调整试验	(309)
第十三节	龙20-15井区加密调整试验	(310)
第十四节	朝55区块加密调整试验	(311)
第十五节	朝阳沟油田构造翼部地区加密调整试验	(312)
第十六节	葡北2断块北部井网二次加密调整试验	(313)
第十七节	南2、3区面积井网东块二次加密调整试验	(314)
第十八节	中区东部二次加密调整试验	(315)
第十九节	杏8-12区过渡带二次加密调整试验	(321)
第二十节	喇嘛甸油田北块三次加密调整试验	(323)
第二十一节	南6区中块三次加密调整试验	(324)
第二十二节	中区西部三次加密与三次采油结合现场试验	(326)
第二十三节	杏1-杏3区乙块三次加密试验	(327)
第二十四节	升132井区加密调整试验	(329)
第二十一章	转抽试验	(331)
第一节	西2断块转抽加速开采试验	(331)
第二节	杏1区东部转抽降压开采试验	(335)
第二十二章	表外储层开采试验	(340)
第一节	南3区掺混型表外储油层开采试验	(340)
第二节	北2区分流间表外储油层开采试验	(345)
第三节	杏5区稳定型表外储油层开采试验	(350)
第四节	杏11区萨三组特低渗透表外储油层开采试验	(360)
第五节	南3区掺混型表外储层开采试验	(362)
第六节	杏11区表外储层试验	(364)
第二十三章	注采系统调整试验	(365)
第一节	喇嘛甸油田葡I1-2层系注采系统调整试验	(365)
第二节	西2断块萨、葡油层注采系统调整试验	(368)
第三节	北1区断西高台子油层注采系统调整试验	(371)
第四节	宋芳屯油田祝三试验区注采系统调整试验	(375)
第五节	葡南4断块注采系统调整试验	(376)
第六节	南2、3区高台子油层注采系统调整试验	(377)
第七节	南4区中块细分调整挖潜试验	(378)

第八节 杏 8、9 区纯油区细分挖潜试验	(379)
第二十四章 小井距试验区差油层注水开发全过程试验	(381)
第二十五章 扶、杨油层开采试验	(386)
第一节 升南地区扶、杨油层开采试验	(386)
第二节 州 16 断块葡、扶油层合采试验	(390)
第三节 葡、扶油层合采试验	(392)
第二十六章 深度调剖试验	(394)
第一节 喇嘛甸油田厚油层深度调剖试验	(394)
第二节 喇中葡 I 1—2 油层粘土深度调剖矿场试验	(394)
第二十七章 杏 6 区中块水动力学采油试验	(396)
第二十八章 工艺技术试验	(397)
第一节 试验目的和特点	(397)
第二节 矿场试验实例	(397)
第二十九章 三次采油试验	(399)
第一节 小井距葡 I 1—2 层注二氧化碳、轻质油提高采收率试验	(399)
第二节 萨南东部过渡带注 CO ₂ 驱油矿场试验	(400)
第三节 北 2 区东部萨 III 3—7 层注天然气提高采收率开采试验	(402)
第四节 北 1 区断东葡 I 2 层注天然气提高采收率试验	(407)
第五节 中 3—21 井至东 3—1 井区注石灰水试验	(413)
第六节 北 2 区 5 排西部注石灰水调整吸水剖面矿场试验	(414)
第七节 小井距南井组萨 II 7+8 层注稠化水提高采收率试验	(417)
第八节 小井距试验区注稠化水试验	(419)
第九节 喇嘛甸油田注稠化水提高采收率试验	(421)
第十节 中区西部聚合物驱油试验	(423)
第十一节 北 1 区断西聚合物驱工业性试验	(428)
第十二节 喇嘛甸油田南块主力油层加密井网注聚合物提高采收率试验	(435)
第十三节 厚油层试验区萨 II 10—16 层聚合物驱矿场试验	(440)
第十四节 杏 5 区中块聚合物驱油试验	(443)
第十五节 中区西部双层区萨 II 1—3 砂岩组二次注聚合物驱油试验	(446)
第十六节 南 3 区注聚合物驱油试验	(448)
第十七节 萨北北部过渡带聚合物驱油试验	(450)
第十八节 喇嘛甸油田南块聚合物驱后低浓度可动凝胶调驱试验	(451)
第十九节 喇嘛甸油田三类厚油层双井分注逐层上返聚合物驱试验	(452)
第二十节 杏 13 区聚合物驱工业性试验	(453)
第二十一节 复合离子聚合物深度调剖试验	(455)
第二十二节 低浓度交联聚合物深度调剖试验	(458)
第二十三节 北 1 区断西葡 I 1—4 层聚合物驱后分散凝胶调驱试验	(460)
第二十四节 北 1 区断西二类油层聚合物驱油试验	(461)
第二十五节 小井距 511 井组萨 I 4+5 层注胶束溶液驱油试验	(463)
第二十六节 北 1 区断西进口分散凝胶调驱试验	(469)

第二十七节 中区西部三元复合驱试验..... (470)

第二十八节 杏5区中块三元复合驱油试验..... (473)

第二十九节 杏2区西部三元复合驱扩大性矿场试验..... (474)

第三十节 小井距北井组生物表面活性剂三元复合驱试验..... (477)

第三十一节 北2区东部泡沫三元复合驱试验..... (479)

第三十二节 南4区羧酸盐表面活性剂三元复合驱试验..... (482)

第三十三节 北1区断西三元复合驱工业性矿场试验..... (483)

第三十四节 小井距北井组注泡沫驱油试验..... (486)

第三十五节 萨25井注表面活性剂“OP”提高采收率试验..... (489)

第三十六节 葡萄花油田黑帝庙油层蒸汽吞吐矿场试验..... (490)

第三十七节 朝阳沟油田高温混合气体吞吐驱油现场试验..... (496)

第三十八节 利用微生物地下发酵提高采收率矿场试验..... (505)

第一章 先导性矿场试验的目的、任务及要求

超前进行先导性开发工艺试验的目的是超前认识油田开发客观规律和技术难点，从而超前组织科技攻关，做好工艺技术准备。

油田开发试验是研究油田开发问题，提高油田开发水平的重要手段。世界上只有相似的油田，没有完全相同的油田。而且相似的油田，也只能是某些方面的相似，不可能有各个方面都相似的油田。因此，完全照搬国内和国外油田被认为是成功的开发经验，会由于油层及油、气、水等性质的差异，而达不到预期开发效果。所以，一种好的开发经验必须结合本油田的具体条件，开展必要的试验，这是油田开发获得好的开发效果和高的经济效益的重要步骤。特别是对于像大庆这样的大型油田，进行开发试验就显得更为必要。

第一节 试验目的

一、选择合理有效的驱动方式

通过试验要研究油田天然能量的大小（包括边水、底水的能量及油田的弹性能量），及其在油田开发中的作用。

二、组合合理的开发层系

要根据各油层的地质条件和油、气、水性质的差异，组合几种开发层系，观察不同层系的生产能力和开发效果，从中选择效果最好的开发层系作为正式的开发层系。

三、选择合理的井网部署和注水方式

要根据油层的地质条件，部署几种开发井网和注水方式，从中优选最佳的井网和注水方式，在全油田进行推广。

在试验区进行钻井以后，还要根据取得的资料，对油层的性质和层系间隔层进行再认识，对油田的储量计算进行必要的校正，这些对以后制定开发方案是很重要的。

第二节 试验任务

一、为油田投入开发进行技术准备

一个油田，特别是一个大油田投入开发前，必需确定开发井网、层系和开采方式。油藏工程师们利用油田已取得的各种资料，通过油藏工程方法测算各种方案的开发和经济指标，从中优选出最佳的方案。但是，由于油田开发前资料有限，油藏工程方法所用的参数很难完全反映油层的地质规律，因此要使油田开发获得好的效果，必须通过开发试验来验证油藏工程测算结果，取得开发实际效果的矿场资料，这样才能确定出最符合油田实际的开发方案。

大庆油田开发初期，开辟了 30km^2 的生产试验区，开展了十项试验，如两套井网开发试验、不同油层分注合采试验、利用天然能量采油试验、分注分采及分注合采试验、提高地层压力试验等。这些试验主要需解决两个问题：层系、井网怎样划分最合理，油田开发过程

中地层压力保持的程度等。通过这些试验，最后编制了萨中地区油田开发方案。

二、了解油田开发过程中可能出现的问题

油田投入开发之后，油、水、气在地下就处于急速的运动之中，在高采油速度下，这种运动和变化更为显著。由于各个油层地质条件的差异，开发过程中油、气、水的运动在各个油层中和在一个油层的各个部位也不会一样。必须通过开展开发试验来了解这种差异的表现形式及其对开发效果的影响，实践证明层间差异、平面差异和层内差异是影响油田开发效果和采收率提高的主要问题。这些差异在油田上的表现是多种多样的、复杂的，其结果是使有些油层储量动用不好甚至没有动用，使油层平面上储量动用状况有明显的差别，油层的驱油效率降低，最终影响开发效果的提高。

三、寻找改善开发效果的方法

为了解决开发过程中暴露出来的问题，人们提出了各种各样的办法，但哪一种办法效果好，而且在工艺上又是可行的，经济效益也是好的，这就需要通过开发试验做出评价。比如为了调整层间差异，就有两种不同的作法，开展了两项试验。在中区西部开展了“分层注水控制压差开采试验”；在中区东部开展了“加强注水放大压差采油、油井堵水开采方式试验”。这两个试验同时展开，互相对比，经过比较选定分层开采方法，作为提高油田开发效果的基本措施。

四、为油田开发部署提供依据

随着油田开发程度的加深，油田进入全面开发调整时期，合理的开发调整部署也要通过进行开发试验来完成。喇嘛甸油田全面开发调整前开辟了双井试验区，试验结果说明，注水井层系划细后，开发效果得到改善。试验结果给喇嘛甸油田的全面开发调整提供了可靠的实际根据。此外，萨中地区加密调整井试验也为大庆油田近几年的调整提供了可靠的依据。

五、验证一种开发预测方法的正确性

油田开发预测有多种方法，有时不同的方法会得出不同的甚至是相反的结论，寻找最适合本油田实际的预测方法，有时也需借助开发试验来完成。例如中区西部中间井排葡Ⅰ2层油水分布的预测，根据水动力学计算认为中5-10井处的葡Ⅰ2层未见水（未射孔），是注入水流动的“滞流区”。但按沉积相分析，认为中5-10井的葡Ⅰ2正处于高渗透条带处，已是高含水，是严重水淹区。

为了验证上述两种分析的正确性，1978年6月补射中5-10井葡Ⅰ2层。补开后，日产油由补射孔前的58t上升到157t，含水由24%下降到12%，分层测试证实了水动力学推算的可靠性。通过这个试验成果，对地下油水运动规律加深了认识，证实在一定条件下“滞流区”是存在的。

六、筛选提高油田采收率的方法

提高油田采收率，国内外都进行了很多室内试验，提供了不少方法。但是，由于室内试验条件与油田实际往往差别较大。因此，任何一种室内试验成果在应用于油田之前，都需要进行规模较小的矿场试验，通过试验积累工艺技术方面的经验，选择应用于油田时的最优配方，并进行经济效果的论证。大庆油田为了筛选可行的提高采收率的方法，进行了一系列现场试验，曾经完成了注CO₂水、注轻烃段塞、注胶束溶液、注悬浮物、注气等方法，这些试验对大庆油田研究如何提高采收率方面，加深了认识，取得了一定的效果。

开发试验是改善油田开发效果的重要方法，它贯穿于油田开发的全过程。因此，油藏工程师要有意识地应用好这一有效方法，不断地改善油田的开发效果，提高油田开发的经济效

益。

第三节 试验要求

一、必须建立对比试验区

由于要开展不同井网、层系和注水方式组合试验，这就要求各试验区（井组）的地质条件要相似。即要求油层的沉积条件，油层性质，油层的分布特点，油、气、水性质，润湿性，孔隙结构及构造特点要尽可能相似。

二、试验必须在油田编制正式开发方案之前进行

这种类型的试验是为了指导油田的合理开发，如果试验开展得晚，所得的成果对本油田开发也就失去指导意义。为了使试验结论更具有实际意义，试验应包括油田开发的几个主要过程，这样所得到的资料比较多，对开发效果的认识才能更真实。

三、试验中必须注意录取资料的准确性

试验过程要注意录取准确的资料，并通过油藏工程学研究，对各种层系、井网组合的效果做出正确的评价。

第四节 试验主要类型

在油田开发的整个过程中，要根据一定的实验目的，以某种理论和经验为指导，用室内实验做基础，不断开展油田的开发试验。从开发好油田提高经济效益这个角度来说，油田开发工作主要是认识油田开发过程中的问题，进而用一定的手段去解决问题，不断改善油田开发效果。油田开发试验同样也有认识油田和改造油田的两项任务。按油田开发试验的目的，可将开发试验划分为以下几个主要类型：

- （1）为暴露油田开发问题开展的试验；
- （2）为合理开发油田开展的试验；
- （3）为改善油田开发效果开展的试验；
- （4）为了解开发全过程的开采规律开展的试验；
- （5）为落实工艺技术的开发效果开展的试验；
- （6）为提高油田采收率开展的试验。

第二章 试验区的选择及应注意的问题

第一节 试验区的选择

开发试验是通过小区块的试验解剖,研究改善油田开发效果的途径和经济效益,以便在整个油田推广应用。因此,试验区选择是否合适,将直接影响试验的成败和对试验方法的评价。从这个意义上讲,可以说试验区的选择是进行开发试验的首要任务。矿场开发试验的实践也出现过这样的情况,一个好的试验方法或工艺技术,往往会由于试验区选择不合适,使得试验不能得到成果,甚至得出相反的结论。

试验区的选择要着重于试验目的,注意它的独立性、普遍性和代表性,不按试验目的去选择试验区,就是无的放矢,就会失去目标。同样,如果不注意试验区的独立性、代表性和普遍性,也会使试验的成果失去推广应用的价值。具体地说,选择试验区应注意以下几个问题。

一、地质条件在油田上要有代表性

选择试验区要以试验目的为出发点,根据试验项目选择相应的地质条件。这里所说的地质条件应包括油层物理性质(油层厚度、渗透率、孔隙度和润湿性等)和原油的物理性质(粘度、相对密度、饱和压力)等,而且其地质条件在油田上应具有代表性,否则试验取得成果后也不可能在油田上推广。

例如:厚油层在油田注水开发中,由于油水密度差使注入水沿油层底部突进,造成油层顶部的原油储量开采不出来。在选择厚油层层内挖潜试验区时,应选择油层厚度比较大,油层内部应该没有不渗透夹层,上部渗透率要比底部渗透率低得比较多的油层。当然,这类油层在油田上应当具有一定的分布面积,否则试验成果就会失去推广的价值。

二、试验区要尽可能自成一个开采系统

自成一个开采系统指的是试验目的层与非试验层不能有层间储量窜流,也不能与试验区邻近油、水井存在互相干扰的现象。

如果试验区不能自成一个开采系统,则试验的影响因素增加,既有试验方法、工艺因素的影响,也有邻近油、水井或油层开采动态的影响,这样就不能对试验成果做出正确的评价。另外,试验区的目的层担负着试验的任务,根据试验的要求必须进行一些特殊的作业和测试,也必然要加密资料的录取次数,为了保证资料的准确性,也要求试验区不受外界的干扰。另外,试验区外的油、水井担负着生产任务,为了保证生产任务的完成和油田合理开发,需要根据生产任务的要求和油田地下动态的变化,经常调整油、水井的工作制度,如果试验区不能自成一个开采系统,则邻近油、水井工作制度的调整,必将引起地下流线和压力场的变化,从而改变了试验区的相对平衡甚至使试验区的供油面积发生变化,这就影响了试验中所取资料的准确性和最终对试验成果的评价。

要使试验区独立成为一个开采系统,可以把试验区选在一个受断层封闭的断块内或尚未进行开发的地区。如果在已投入开发又没有封闭的断块,可以采用钻平衡井的方法。但这种方法并不能完全排除试验区与外界的相互影响,因此需要经常取得试验区与邻井的压力和产量、注水量等资料,以便分阶段进行数值模拟,计算出分阶段试验区储量的窜流量,只有这

样才能对试验成果进行正确的评价。

三、试验区要有一定的规模并建立对比区块

试验区要具有一定规模，以消除偶然因素的影响。并要建立对比区块，以便定量地确定试验效果。

试验区要具备一定的规模，至少应有一个完整的开发井组。如果试验只是一口井或者一个很小的区域，会因地质或工艺上一些偶然因素的影响，使得试验结果出现异常而达不到预期的效果。如果试验区要定量的试验效果，就要建立对比的区块。对比区块的条件是：

(1) 对比区块必须与试验区相邻，这样可尽量减小两个区块地质条件及油、气、水性质的差异对试验成果影响。

(2) 两个区块的井网及开采层位应当相同，以便消除井网和油层沉积条件差异对试验效果评价的影响。

(3) 两个区块的注采工作制度应当大致相近，即注水压差、生产压差不应有太大的差别。这是由于不同的注采工作制度也会对开采效果产生直接的影响。当然，如果开展不同开采强度对开发效果影响的试验，两个区块应按试验设计的要求，采用不同的注采工作制度。

四、试验区的地形要利于进行井下作业和资料的录取

矿场开发试验是多学科密切配合的科学试验，整个过程都有一套严格的工艺和资料录取的要求，试验过程的阶段性明显，而且每个阶段的特点和观察要求是不同的。为了保证试验结果的可靠性，必须按试验设计的要求分阶段进行井下作业和资料录取。因此，试验区应该选择在地势较高，作业和录取资料的机动设备容易进入的地区。如果试验区处在低洼或沼泽地，常因设备无法进入现场，使得试验的工艺无法实施，试验的关键性资料不能及时录取，致使试验无法进行。

第二节 试验的观察与分析

开发试验的项目很多，目的也不尽相同，因此观察与分析的内容也不一样。但是，任何开发试验又都是以提高采收率、改善油田开发效果为最终目的的，所以有些基本的观察与分析的内容又是相近的。这里所要叙述的就是这些基本的观察与分析的内容。

一、断层密封性的观察

此项观察的目的，是要确定试验区的目的层是否自成一个独立的开发单元，即试验目的层是否有上下串通的现象。只有当试验目的层是自成一个独立的开发单元时，试验的成果才是有说服力的。因此，任何矿场开发试验都必须开展这项观察。

观察的方法很多，主要的有水文勘探法和示踪剂法。水文勘探法是通过断层一边的一口井进行激动（改变工作方式），观察断层另一边的井反应情况。如果观察井能随激动的变化而变化，说明断层是不起封隔作用的。该方法同样可以用在同一口井，将试验层进行激动，在上下油层观察反映。

示踪剂的种类很多，选择示踪剂一定是油层中不含该示踪剂的离子，而且油层对该示踪剂的吸附能力较小的。

二、油层平面连通性的观察

该观察项目可以在试验过程中进行，但是最好也能在试验开始前或试验初期进行，通过试验目的层平面连通性的观察，可以定性地确定平面上连通性好坏，以便为试验确定出重点

的观察井。一般地说，连通好的井，试验效果反应快而且幅度大，是试验反映最敏感的井，因而也是重点观察的井。观察平面连通性主要方法也是水文勘探法和示踪剂法，也可以通过见水时间的快慢和其他资料的变化幅度来确定。

三、要根据试验观察中出现的新问题提出新的录取资料和观察要求

由于油田地下情况是非常复杂的，有些情况在试验前是很难预计到的。因此，在试验进行中往往会出现一些尚未预计到的新情况。对于这些新情况如果不及时调查清楚，就会影响到试验成果，导致试验的失败。所以对试验过程中出现的新情况、新问题，及时提出新的观察与录取资料的要求，对整个试验是至关重要的。

第三节 矿场开发试验应注意的几个问题

矿场开发试验是多学科协同的科学研究，在试验前就要做好各方面的准备工作，否则试验将无法开展下去。具体地说，矿场开发试验应着重注意以下几个问题。

一、试验前要编制一个全面的试验方案

试验方案是矿场试验的总体部署。方案应包括下列内容：

- (1) 试验目的；
- (2) 室内试验成果，国内外有关资料的调查；
- (3) 试验方法在技术上可行性的论证；
- (4) 试验区选择的论证及地质条件；
- (5) 试验的方法与步骤；
- (6) 所需设备与经费的测算；
- (7) 指标与效果的预测；
- (8) 试验的组织及各阶段的取资料要求。

二、开发试验与工艺试验不得在同一个试验区内进行

试验的影响因素越简单，则试验成果的说服力就越强。所以要尽可能简化试验的影响因素，不要把技术上尚不成熟的设备、工艺方法等在开发试验区内并行试验，这将可能影响开发试验的进行及试验成果的可靠性。

三、要组织专业的试验观察组进行监测

矿场开发试验的阶段性比较明显，各阶段又相互联系、互相影响。这就决定了各阶段的监测、观察要及时、准确，否则将会影响下阶段试验的继续进行。所以，矿场开发试验必须组织现场观察组。

现场观察组要由各专业的人员共同组成，以便处理试验中出现的有关专业问题，观察组中各专业的人员责任要明确。

四、试验要配备先进的观察和计算手段

矿场试验要录取大量的资料数据，这些资料要及时进行处理和分析，这些都要求试验应配备先进的监测仪器设备和计算机。特别是一些特殊的监测项目，在油田正常生产时往往不需录取这样的资料数据，因此在试验进行前就要事先落实监测的仪器，否则将使试验因得不到关键性的资料而失败。

试验的设备、仪器和原材料要预先采购，并做到专项专用。特别对试验中用量大的原材料，一定要货源落实可靠，保证供应，要避免在试验进行中由于原料供应不上，使试验被迫中断。