

辽河油田勘探开发40年系列丛书

辽河油区复杂油气藏 滚动勘探开发实践与认识

张方礼 张吉昌 李军生 编著

LIAOHEYOUQU
FUZAYOUQICANG
GUNDONGKANTANKAIFA
SHIJIAN YURENSHI

LIAOHE

OILFIELD

石油工业出版社

辽河油田勘探开发 40 年系列丛书

辽河油区复杂油气藏滚动勘探 开发实践与认识

张方礼 张吉昌 李军生 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书全面总结了辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发的经验。并在研究辽河油区复杂油气藏地质特征的基础上,摸索出适合复杂油气藏滚动勘探开发的特色技术。针对辽河油区古潜山、火山岩、砂岩、复杂断块油气藏进行滚动勘探开发,取得了很好的社会效益和经济效益。

本书对在复杂油气田从事勘探开发的科研人员有一定的参考价值,也可作为石油勘探开发专业师生的参考材料。

图书在版编目(CIP)数据

辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发实践与认识/张方礼, 张吉昌, 李军生编著. —北京:石油工业出版社, 2007. 3

(辽河油田勘探开发 40 年系列丛书)

ISBN 978-7-5021-5983-2

I. 辽…

II. ①张… ②张… ③李…

III. 油气勘探-经验-辽宁省

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 032507 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

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京晨旭印刷厂

2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 31.75

字数: 810 千字 印数: 1—2000 册

定价: 100.00 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

攀登石油科技高峰
实现辽河百年伟业

题赠辽河油田勘探开发研究院

二〇〇六年十一月

王涛



《辽河油田勘探开发 40 年系列丛书》编委会

主 任：谢文彦

副主任：任芳祥 孟卫工 张方礼

委 员：张占文 尹万泉 陈绍生 赵立岩 李晓光 张文坡
赵晓强 龚姚进 曹正林 刘绍峰 李铁军 张巨星
陈振岩 武 毅 马德胜 张吉昌

序

辽河拗陷地质条件极其复杂，构造破碎，发育多套生、储、盖组合，油气藏类型丰富，素有“地质大观园”之称。面对复杂的石油地质背景，广大科技工作者依靠自强不息的精神！把勘探开发目标由小做到大，把勘探开发思路由窄引向宽，原油年产量不断攀升，1995年达到了1550万吨，辽河油田跃居全国第三大油田，建成了全国最大的稠油、高凝油生产基地，为中国石油工业的发展作出了突出贡献。

辽河油田40年的勘探开发历程是一段波澜壮阔的历史，充满了艰辛与挑战。在近40年的勘探开发实践中，广大的勘探开发工作者面对复杂的勘探开发对象，勇于打破传统思维，开拓进取，大胆实践，探索和实践出了一整套适合辽河油田油藏特点的勘探开发思路和配套的勘探开发技术。特别是“九五”以来，勘探上围绕火成岩、潜山、复杂断块油气藏形成与分布理论开展研究，形成了一系列有特色的地质理论和技术，一大批具有千万吨级储量规模的油气藏相继涌现。油田开发上，普通稠油以及特超稠油蒸汽吞吐热力开采技术不断完善，形成了具有国内领先的中深层稠油中后期开发技术与室内试验研究技术；复杂断块精细油藏描述技术、特殊岩性油藏开发技术日臻完善；水平井技术取得突破性进展，不同类型水平井规模应用技术走到了中国石油的前列。这些瞩目的成绩，为中国石油“东部硬稳定”的发展格局奠定了坚实的基础。

在辽河油田勘探开发40周年暨辽河油田勘探开发研究院40年华诞之时，系统回顾与总结，并出版《辽河油田勘探开发40年系列丛书》是一件很有意义和值得庆贺的事情。该套丛书是辽河油田40年勘探开发实践和地质理论发展的真实写照，从不同侧面、不同角度反映出了40年来辽河油田勘探开发的巨大成就。该套丛书对广大科技人员长期付出的辛劳是一种很好的纪念，同时又是缅怀历史、启迪来者、获取知识、吸取营养的重要阶梯。

整套丛书紧密结合勘探开发实际，论述全面系统，资料翔实可靠，主体思路开阔，是难得的由石油科技工作者自己编写的专著。这套丛书对类似盆地的油气勘探开发具有一定的指导和借鉴作用，特别是很多石油勘探开发方法和规律性总结，均有较强的推广价值。

辽河油田目前已转入高成熟勘探开发阶段，但是仍有很多未经开拓的领域，老探区勘探开发仍然有很大的潜力，仍然有着做不完的大文章。我相信该套丛书的出版将有助于广大科技人员和石油职工利用已有的认识和经验，更有效地去探索新的油气领域，实现辽河油田持续、有效发展的长远目标，为我国石油事业继续作出更大的贡献。

谌文新

2007年3月22日

前 言

中国石油工作者在勘探渤海油区的过程中,面对裂谷盆地地质体十分破碎复杂的含油气目标,无法仅在常规勘探的四个阶段(区域概查阶段、区域勘探阶段、区带整体解剖和圈闭预探阶段、圈闭评价或油气藏评价阶段)完成油气田勘探的目标评价,于是,就逐渐产生并形成了“滚动勘探开发”这个新的阶段、新的工作模式。辽河油区的滚动勘探开发工作始于20世纪60年代,经历了初始阶段、扩展应用阶段,至今已发展到了全面发展阶段。经过多年的滚动勘探开发实践,在辽河断陷西部凹陷、东部凹陷、大民屯凹陷及外围盆地的勘探开发中取得了很好的效果,为辽河油田的增储、稳产作出了突出的贡献。通过不断探索,建立了较为科学的滚动勘探程序,形成了适合复杂油气藏滚动勘探开发的配套技术,建立、健全了滚动勘探开发组织机构和项目管理机制,为对辽河断陷进行深入滚动勘探开发奠定了基础。

《辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发实践与认识》一书是2005年经中国石油辽河油田分公司领导批准,辽河油田分公司开发处、勘探开发研究院组织编写完成的。为了编写好这本书,编写组进行了广泛的调查研究和讨论,对辽河油田分公司多年滚动勘探的历程、思路、方法、技术、成果及认识进行了综合分析,拟定了写作提纲并进行了编写。

本书简述了滚动勘探开发的概念、思路及工作原则,辽河断陷辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发历程、研究的难点、成果、认识,辽河油区复杂油气藏石油地质特征、油气藏成藏特征及实践中形成的适合复杂油气藏滚动勘探开发的配套技术。书中列举了辽河油区古潜山、火山岩、砂岩、复杂断块等油气藏、天然气藏滚动勘探及“三老”资料复查的典型实例,并对辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发潜力及前景进行了分析、展望。

本书第一章由顾志明、李军生、孙素青编写,第二章由王仁厚、李明生、张丽环、林海、郭东、王树贺编写,第三章由梁战松、李军生编写,第四章由王金花、李军生、胡英杰、姜来泽编写,第五章由顾志明、张忠义、闫军生、李军生、于涛、段永旭、马全华、温静、崔继承、王奎斌、喻国凡、杨彦东、任广平、刘纯高、宋兴文、程建平、傅景华、王金海、毕建国、姜来泽、陈忠、王玉娟、陈元春、韩淑兰、刘中民、阴艳芳、王奎斌、徐萍、徐学林编写,第六章由侯彦东、孙素青编写。

全书由原辽河油田勘探开发研究院副院长、教授级高级工程师张学汝,原辽河油田勘探开发研究院总地质师、教授级高级工程师吴铁生及原辽河油田勘探开发研究院高级工程师顾志明等专家认真审核、修改,并由辽河油田分公司副总地质师兼勘探开发研究院院长、教授级高级工程师张方礼,辽河油田勘探开发研究院副院长龚姚进,辽河油田分公司沈阳采油厂总地质师张吉昌,辽河油田勘探开发研究院总地质师武毅最终审核定稿。

辽河油田勘探开发研究院开发综合所滚动评价室的徐春阳、安艳波、崔虹、程敬、张伟及沈阳采油厂的侯志锁等同志对该书进行了精细校对。《特种油气藏》常务副主编王威对全文进行了通审、规范和校对。

在本书的编写过程中,辽河油田勘探开发研究院开发综合所滚动评价室、稠油开发所稠油地质室、油田开发所油田地质室的科研人员做了大量的工作。

在本书的编写过程中，得到了辽河油田分公司、开发处、勘探开发研究院领导的大力支持，同时得到了勘探开发研究院及相关单位领导和同志们的多方帮助，在此表示由衷的感谢。

书中引用了从辽河油田勘探、开发初期到现今大量的科研、生产成果，在此向完成这些成果的石油工作者们表示衷心感谢。

编著者深感自己知识水平和知识领域的不足，并且书中涉及的领域广、时间长，加之时间紧、任务重，错漏之处一定不少，敬请批评指正。

编 者

2007 年 1 月

目 录

1 辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发研究概况	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 复杂油气藏滚动勘探开发现状	(4)
1.3 复杂油气藏滚动勘探开发历程	(5)
1.4 复杂油气藏滚动勘探开发研究的难点	(9)
1.5 复杂油气藏滚动勘探开发成果及认识	(11)
2 辽河油区复杂油气藏石油地质特征	(18)
2.1 地层发育特征	(18)
2.2 构造特征	(27)
2.3 沉积特征	(44)
2.4 烃源岩特征	(60)
2.5 储层特征	(67)
2.6 盖层特征	(89)
3 辽河油区复杂油气藏成藏特征研究	(100)
3.1 油气藏特征及成藏条件分析	(100)
3.2 成藏规律研究	(104)
3.3 油气成藏控制因素分析	(121)
4 辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发技术	(131)
4.1 地震勘探技术	(131)
4.2 地质录井技术	(167)
4.3 地球物理测井技术	(177)
4.4 水平井技术	(214)
5 辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发实例	(226)
5.1 古潜山油气藏滚动勘探开发实例	(226)
5.2 火山岩油气藏滚动勘探开发实例	(297)
5.3 砂岩油气藏滚动勘探开发实例	(332)
5.4 复杂断块油气藏滚动勘探开发实例	(388)
5.5 天然气藏滚动勘探实例	(452)
5.6 “三老”资料复查实例	(464)
6 辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发潜力分析及展望	(476)
6.1 辽河断陷复杂断块油气藏滚动勘探开发潜力分析	(476)
6.2 今后滚动勘探开发面临的形势与对策	(492)
参考文献	(496)

1 辽河油区复杂油气藏滚动勘探开发研究概况

1.1 概述

滚动勘探是相对于常规勘探而言，新增设的一个勘探阶段。近年来通过不断总结勘探实践经验，提高理论认识，已经使滚动勘探形成了独具特色的工作模式。

常规勘探分为4个阶段。如下的5个阶段中，前4个属于常规勘探，第5个则是增加的滚动勘探开发阶段。

第一阶段为区域概查阶段。研究内容：板块研究，沉积盆地研究。研究目的：寻找含油气盆地。

第二阶段为区域勘探阶段。研究内容：含油气盆地勘探。研究目的：寻找含油气构造带。

第三阶段为区带整体解剖和圈闭预探阶段。研究内容：含油气构造带勘探。研究目的：寻找油气田。

第四阶段为圈闭评价或油气藏评价阶段。研究内容：油气田勘探（油气田评价）。研究目的：提交油气田控制及探明储量。

第五阶段为滚动勘探开发阶段。研究内容：补充油气田勘探，解决复杂地质情况。研究目的：提交油气田控制及探明储量。

如今滚动勘探已经不是一个单纯的勘探“阶段”的概念，而是被赋予了相当丰富的勘探思路和操作内容等，形成了具有中国特色的勘探工作模式。中国石油工作者在勘探渤海油区的过程中，面对裂谷盆地（断陷盆地）地质体十分破碎复杂的含油气目标，无法仅在常规勘探的4个阶段中完成油气田勘探的目标评价，于是，就逐渐产生并形成了“滚动勘探开发”这个新的阶段、新的工作模式。

滚动勘探开发工作模式中，有许多原则是必须坚持的。

（1）勘探与开发相结合的原则：滚动勘探的井位部署坚持勘探与开发相结合的原则。在选定的滚动勘探区块，以获得工业油气流井为起点，参照未来可能采用的开发井网（多种预设计井网之一），部署含油气目标评价井；尽可能让这些评价井兼顾未来的开发井网，处于合理的位置。在发现油气藏后就要为开发方案采集资料。这便是勘探与开发结合的概念。

（2）承担整体解剖任务的原则：滚动勘探工作，始终要跟从常规勘探完成第三勘探阶段的目标评价，阶段不可逾越，程序不可打乱。不能在第三勘探阶段放弃“构造带整体解剖”工作，各行其是，见到油气就去搞滚动勘探；而是要积极地完成“构造带整体解剖”的目标评价。首先要完成“带”的评价，在“带”内再优选“远景圈闭”评价，开展滚动勘探。

（3）补充勘探原则：滚动勘探的内容主要是深入勘探、补充勘探，而不是提前部署开发井网。提前部署开发井网只是工作内容之一。初期常犯的错误就是简单思维，只考虑提前部署开发井网，开发井网一提交，就以为完成了任务。常打一批空井才回头，甚至打了许多空井还不知道回头。这就是不明白滚动勘探是补充勘探的道理。滚动勘探一般是在发现油气藏之后才进行的补充勘探。在勘探阶段的第三阶段、第四阶段，发现了油气藏，需要开展滚动

勘探；对开发区的未探明油气藏、尚未发现的油气藏，也需要开展滚动勘探，这是在盆地勘探晚期滚动勘探的重点目标。由此可见，滚动勘探可以放在“油气田评价”前、“油气田评价”后、“油田开发”后。

(4) 按工作程序展开勘探的原则：滚动勘探已经形成了思路模式，有一定的工作程序，应该理性遵守。

滚动勘探一般在“油气田评价阶段”之后，有时（特殊情况，如在区带整体解剖和圈闭预探阶段发现高产油气流）也可提早到“油气田评价阶段”之前。这就是渤海湾盆地复杂断块油气田勘探的特点。但是，滚动勘探阶段不可逾越，程序不可打乱，不能在未作区带整体解剖和整体评价之前，见到工业油气流井就盲目部署开发井网。不可随意“滚动”。

滚动勘探模式的理论工作程序与方法：

①遇到了复杂地质情况就转入滚动勘探。

在第四阶段，即“油气田勘探阶段”，遇到了复杂地质情况，无法探明“含油圈闭”，提交不出可信的控制储量，这时就转入滚动勘探。加大勘探工作量，提高勘探精度，加快完成“油气田勘探阶段”的评价，尽早提交一批“含油圈闭”。这里必须强调，对于简单构造，有比较简单的油、气、水关系，在第四勘探阶段，就能顺利完成评价，探明“含油圈闭”，提交可靠的控制储量，就没有必要开展滚动勘探。常规勘探就是最合理的选择。

②发现了高产油气流就有必要提前插入滚动勘探。

在第三阶段，即“区带整体解剖和圈闭预探阶段”，如果发现了高产油气流就有必要提前插入滚动勘探，围绕在已发现的高产油气流井周围，深入勘探，提前提交一批“含油圈闭”，探明储量，提前转入开发，提前回收成本，实现资金的滚动扩展。

③“带”内优选“远景圈闭”目标进行滚动勘探。

滚动勘探都是“带”内的勘探。在第三阶段整体解剖油气聚集带之后，对带内的各类圈闭作出评价，按有利条件的优劣排序，择优分批开展滚动勘探。必须强调几点：A. 简单油气藏，不必开展滚动勘探；B. 发现高产油气流就可提前转入滚动勘探；C. 发现工业油气流，待圈闭评价排序后，再择优分批开展滚动勘探。只有从优选出的最有利“远景圈闭”入手，才能缩短勘探时间。

④分析研究找出主控因素，参考主控因素，追踪含油气圈闭。

勘探思路重点在追踪主控因素。不同的构造类型，不同的构造部位，成藏的主控因素各式各样，追踪的途径也是曲折多变。例如：

A. 主控因素是背斜，勘探的思路就是在背斜的圈闭线范围内，按有利成藏条件将各个断块排序，按顺序尽快探明整个背斜带。

B. 主控因素是同沉积断层，勘探的思路就是沿着断层的下降盘，追踪各滚动背斜、断鼻构造和有利断块。

C. 主控因素是地垒，就追踪地垒带上的各断块和上覆背斜。

D. 主控因素是反向正断层，勘探的思路就是沿着反向正断层追踪由它控制的翘倾断块带，相关的断裂背斜、断鼻、潜山等圈闭。

E. 主控因素是岩性尖灭，沿着尖灭带寻找岩性油气藏。

F. 主控因素是粒屑灰岩，寻找灰岩的圈闭带、高孔渗带和裂缝带等。

G. 主控因素是潜山，在潜山面的圈闭范围内寻找内幕地层中的储层。

H. 主控因素是火山岩中的粗面岩，寻找粗面岩的裂缝带和高孔渗带。

I. 主控因素是花岗岩潜山裂缝带，首先沿着产生裂缝的断裂带勘探，然后扩展勘探。

如此等等不胜枚举。每一种主控因素都可引领勘探工作发现一批有利勘探目标。每一轮滚动勘探，往往都是从追踪单一控制因素（主控因素）开始，结果揭示出多种控制因素，获得超越认识的新发现。这就启迪石油工作者，在用已知的规律预测和指导勘探工作时，切记避免简单思维；要综合多种因素考虑问题，特别要勇于探索，勇于实践，力求有新发现。在许多问题难于弄清时，适当部署风险井是非常必要的。这是石油勘探工作的一大特点。

在各种控制因素的引领下，通过一轮又一轮地开展滚动勘探，一个复杂成藏带上的各种“远景圈闭”就会不断被发现，从而不断发现新的油气藏。勘探工作总是从比较明显的目标开始，逐渐去发现隐蔽的油气藏。工作越来越深入，发现的隐蔽油气藏就会越来越多。

勘探开发的新技术、新手段不断提高，也会促进滚动勘探开发不断走向深入。

(5) 坚持评价优选“远景圈闭”、择优开展滚动勘探的原则：对油气聚集带进行整体解剖，对勘探目标进行排序，选择最有利的区块，选择能最快探明整“带”的关键部位，优先投入滚动勘探，力求尽早完成“带”的解剖，尽早探明油气聚集带，尽快发现高产区块。绝不能一发现工业油气流，就部署开发井网，盲目滚动勘探，延误对油气聚集带的整体勘探，这在渤海湾油区各盆地都有过惨痛教训。一个大型整装的油气聚集带，刚发现工业油气流，就急于开展滚动勘探；在财政困难的勘探初期，把大量资金和设备投入到低产油气区块，盲目开发；过了相当长的时间，才发现储量得多、单井产量高得多的高产区块被忽视了。这在经济上是很不合算的！正确的做法，应优先开采大储量的高产区块，早日获得大效益，回收资金再投入下步勘探；实现财政上的低投入高产出，这才是滚动勘探的智慧所在。

(6) 部署方案必须坚持反复论证的原则：滚动勘探是多批部署、逐次深入的勘探，每批部署都必须反复论证。深入分析研究以往的资料，总结更加深刻的规律，形成正确的认识，理性指导下一步的滚动勘探工作。

(7) 勘探工作全程配合的原则：决策者、管理者、研究者、实施者必须紧密配合，勤于学习、善于学习，及时理解勘探实践和地质研究所揭示的地质规律，作出正确决策。形成部署方案之后，就要严格按部署方案执行，探井按排序施工。绝不能见油就上开发井网“滚动”，或者见不到油就不敢前进。以往成功的经验和失败的教训都很多，后文将会提到，供石油工作者参考。

(8) 监督检查的原则：为保证部署决策的正确性，滚动勘探实施过程需要监督检查，及时调整部署方案。

滚动勘探的监督检查的主要内容是检查滚动勘探是否合理、正确，可以采用主要指标来检验滚动勘探是否查明成藏的主控因素，预测有利部位的准确性，采用的先进技术与滚动勘探目标匹配的合理性，发现油气藏。

对滚动勘探的业绩进行评价，评价结果如下。

优：查明主控因素，预测到有利部位，采用的先进技术匹配合理，首井发现油气藏；

良：查明主控因素，预测的有利部位有偏差，采用的先进技术匹配合理，首井未见油气藏，后续井才发现油气藏；

合格：查明控制因素，但不是主控因素，预测的有利部位有偏差，采用的先进技术匹配欠佳，后续井才发现油藏；

不合格：未查明控制因素，预测错误，盲目部井，未发现油气藏。

自 20 世纪 60 年代到现在，辽河油区滚动勘探开发经历了 3 个重要的发展阶段：

- (1) 思想萌动阶段, 边勘探边开发;
- (2) 实际探索 (相当长时间是普遍实践) 阶段, 大多是见到工业油气流就上开发井网;
- (3) 理性操作阶段, 形成比较合理的滚动勘探理论程序与方法, 形成勘探工作思路模式。

滚动勘探的思路和方法, 也是经历了几个阶段的摸索和实践, 才达到如今基本合理的水平。

在什么条件下开展滚动勘探, 如何进行滚动勘探, 将在后面的有关章节具体介绍。

1.2 复杂油气藏滚动勘探开发现状

辽河断陷为我国的主要含油气区之一, 具有复式油气聚集的基本特点, 上有古近系盖层的砂岩油藏、火山岩油藏, 下有前新生界基底岩性各异的潜山油藏。在近 40 年的勘探中, 历经了由古近系砂岩油气藏到基岩潜山油气藏, 由背斜、断块等构造油气藏到复杂隐蔽油气藏, 由浅层到深层, 由陆地到滩海的勘探过程。目前, 中、浅层已成为高成熟探区, 辽河断陷内相对大型的、整装、丰度高的富集区块已基本被探明, 进一步寻找构造油气藏已经越来越困难, 因此, 那些以低渗透、深埋藏、小丰度、隐蔽的油气藏或以特殊岩性为主要特点的复杂油气藏便成为了重点勘探目标, 与之相对应的复杂油气藏类型、特征的研究也就变得愈发重要。在勘探思路坚持立足于老区, 在常规勘探模式的基础上, 以发现中小型油气藏为主要目标的同时, 勇于突破, 向精细勘探转变, 同时注意油气并举。这就需要更多地采用滚动勘探开发方式来完成这一艰巨任务。

辽河油田于 1986 年原油年产突破 $1000 \times 10^4 \text{t}$, 成为中国第三大油田。产量增长态势一直保持到 1996 年, 达到产量最高点, 年产 $1550 \times 10^4 \text{t}$ 。其后, 由于油田老区含水率不断上升, 自然递减加快, 而同期的勘探目标面临着丰度低、埋藏深、目标小、隐蔽性强、岩性特殊等现状, 新区产能建设速度明显低于老区递减速度, 原油产量呈下降趋势。

为缓解这种局面, 实现老区稳产目标, 辽河油田自 1994 年起加强了以围绕老区扩边为主要形式的滚动勘探开发工作, 并取得了丰硕成果。截至 2005 年底, 完钻滚动勘探井 383 口, 探明石油地质储量 $2.7448 \times 10^8 \text{t}$, 动用石油地质储量 $2.0836 \times 10^8 \text{t}$, 完钻开发井 2032 口, 投产 1879 口, 建成原油生产能力 $423.17 \times 10^4 \text{t}$, 累计生产原油 $347.06 \times 10^4 \text{t}$, 体现了滚动勘探开发投资少、见效快的特点。

辽河油田滚动勘探开发的稳步发展是由区域油气地质特点和勘探开发阶段等因素所决定的, 由此在不同时期分别制定了不同的指导方针。辽河油田在 1997 年以前的实施滚动勘探过程中, 坚持“滚动勘探开发的阶段不可逾越, 程序不可打乱, 节奏必须加快, 效益必须提高”的原则, 1998 年和 1999 年两年受国际石油价格危机的影响, 辽河油田及时转变滚动勘探思路, 以经济效益为中心, 多中选优, 充分利用“老区、老井、老资料”深挖细找。2001 年以后, 从老区地质实际出发, 按照辽河油田分公司“新区预探、老区滚动和老井复查三位一体”的勘探总战略, 以“三老资料”复查为基础, 以科技进步为先导, 重在突破, 为老区稳产提供后备资源。2003 年以来, 针对辽河断陷陆上盆地勘探程度较高、勘探目标日趋复杂的实际情况, 滚动勘探作为辽河油田勘探工作的重要组成部分, 从解剖老油田、复查老资料入手, 按照“老区扩展找边界、开发区内找新层、老区周边找新块、新区新带找发现”的新的勘探开发原则开展工作。在不断的认识、实践、再认识的过程中, 逐步形成了具有辽河特点的滚动勘探技术系列和管理实施模式, 确立了科学的工作思路, 明确了科技进步是搞好

滚动勘探开发的关键这一认识；建立健全组织机构，逐步完善工作程序，加强全过程管理，成为提高滚动勘探开发整体效益的重要保障；实施勘探开发一体化，使辽河油田滚动勘探开发工作逐步走上系统化、规范化、科学化的轨道，取得了显著的勘探开发成果和经济效益。

1.3 复杂油气藏滚动勘探开发历程

辽河断陷是一个多凹陷、多断块、多含油层系和多种油气藏类型的狭长裂谷型断陷盆地，油区资源十分丰富。地质条件极为复杂，断陷内构造活动十分频繁，NNE 向主干断裂和 NWW 向次级断裂组成断裂网络系统控制断陷的生成、发展和演化，每个沉积凹陷自成一个独立的沉积系统和成油单元。

在凹陷不同部位发育多种类型的断裂构造带，并与陆相湖盆不同类型的储集体和古潜山配合，形成数量众多、规模不一、类型多样的油气圈闭以及多种类型的复式油气聚集带，具有独特的地质结构和成油规律。

经过近 40 年的勘探开发实践，大量的地质综合研究，反复实践，反复认识，逐步掌握了复式油气聚集区带的理论，认识了复杂断块油气田的本来面貌，建立了较完善的以“断裂构造油气藏”为主的滚动勘探开发程序和方法，取得了明显的效果。与此同时，适合滚动勘探特点的管理模式也日臻成熟。从 2003 年开始，成立了辽河油田分公司勘探开发研究院滚动评价室，专门实施滚动探井部署研究，为辽河油田增储稳产作出了突出贡献。

1.3.1 滚动勘探开发的初始阶段（1964—1982 年）

滚动勘探开发的产生与对辽河断陷陆上含油气状况及油气富集规律的阶段性认识密不可分。辽河断陷陆上的勘探历程可简要分成以下 7 个阶段：

- （1）地质部勘探阶段（1955—1966 年）；
- （2）区域展开预探，局部详探阶段（1967—1971 年）；
- （3）以兴隆台为主的勘探阶段（1970—1975 年）；
- （4）以西斜坡为主的勘探阶段（1975—1979 年）；
- （5）二探大民屯凹陷，持续勘探西斜坡，甩开预探找发现阶段（1980—1989 年）；
- （6）勘探新领域，取得新突破（1987—1995 年）；
- （7）深化拗陷陆上勘探，不断有新发现（1996 年至今）。

地质部勘探阶段（第一阶段），是一个以地球物理方法为主的普查勘探阶段，也是辽河断陷的前期勘探阶段。自 1964 年钻探辽 1 井，到 1966 年共完钻 13 口探井，取得了较好的勘探成果：在 5 个构造上有 7 口井获工业油气流或油气流，发现了大平房、荣兴屯油田，肯定了辽河断陷是一个有希望的油气勘探领域。这一阶段的地质研究主要是确定地层层序和勘探目的层系，初步研究断陷的区域构造。初步了解断陷的分布范围、基底结构及其埋藏深度、边界位置和接触关系，划分次一级的构造单元，并对辽河断陷的含油气远景进行初步评价。

在区域展开预探，局部详探阶段（第二阶段），勘探工作的特点是：以地震详查、落实局部构造为主，以便寻找更多的有利圈闭。钻探部署着眼于区域展开，预探构造为主要目标，局部详探建产能。至 1969 年发现了兴隆台、黄金带、于楼、榆树台、欧利坨子、牛居等具有工业开采价值的含油气构造，证实热河台和黄金带两个含油气构造为油气田。1970

年发现了桃园含油气构造。

在这一阶段初期,由于对小凹陷的石油地质特征缺乏认识,把东部凹陷中部构造看作长垣式的构造带,于1967年确定了整体解剖的部署方案。采用先打高点,后打鞍部和两翼的做法,结果在高点部位的井出油,而在鞍部及两翼的井如热1、热2、黄2井则落空。联系地质部钻在翼部的辽4、辽7、辽13等井的钻探情况,得出了“下辽河断陷构造小,油气分布受局部构造的高点控制”的反面结论。导致形成了“找鸡蛋,占高点,守山头”的部署指导思想,具体做法是:在第一口井出油后,“顺着轴线追,向着两翼摸,打到油层往外扩,打到水层往里缩”,摸着石头过河。这一思想正是在勘探实践中形成的朴素的滚动勘探思想,但由于当时进行的是区域勘探,因此未能打开局面。黄金带勘探两年,还是在 3km^2 范围内拿面积。兴隆台构造的勘探也有类似情况。尽管建成了一定油气生产能力,却丢掉了带有全局性的战略部署。因此,滚动勘探必须是在区域勘探的基础上进行,如果提前到区域勘探阶段,必将影响到区域勘探的整体部署,所以滚动勘探阶段提前也是不合时宜的。可以说这一时期产生了滚动勘探思想的萌芽。

1971年在总结经验教训的基础上,确定“区域甩开找资源,集中兵力拿能力”的勘探部署原则,在区域勘探上大步甩开,对大民屯凹陷、西部凹陷和东部凹陷展开区预探,并在大民屯、双台子、油燕沟等构造获得工业油气流。这阶段的地质研究主要是开展地层、构造等基础研究,石油地质特征和油气分布规律的初步研究。这一阶段得出的主要认识是油气受局部构造的控制。

在以兴隆台为主的勘探阶段(第三阶段),这个时期的主导思想是:在重点地区,集中力量进行钻探,并以一定力量甩开进行区域预探,在有利的勘探领域继续扩大勘探成果。经过会战初期进一步甩开钻探,勘探范围已扩展到大民屯、西部、东部等3个主要生油凹陷,并且有9个二级构造带获得了工业油气流。1973年,制定了“区域甩开与重点解剖相结合,集中主要力量拿面积,夺高产”的勘探原则,加强高产规律的研究,提出“占断块,打高点,沿断层找高产,找到高产多打眼”的勘探方法。这里面同样渗透着滚动勘探的思想,是不适合用来进行区域勘探的,因而效果不理想。由于过分强调夺高产,眼睛盯着小断块,忽视了解剖二级构造带。结果造成后备探区、后备储量跟不上油田开发需要,“多处出油无面积,找到高产无储量”的被动局面。1974年,进一步总结经验教训,提出“着眼于二级构造带区域含油,狠抓二级构造带整体勘探”的部署原则,以兴隆台构造带为主战场,集中优势兵力打歼灭战,探面积,建能力,成果显著,很快扩大了含油面积,形成了生产能力。到1995年就全面拿下了兴隆台油田,年产原油从1970年的2152t增长到1975年的 $245.4 \times 10^4\text{t}$ 。这也是勘探开发一体化所取得的成果。

这一时期,地质研究主要侧重地层、构造及油气田地质特征、形成条件及分布规律的研究,断块油田油气富集高产控制因素的研究。

这个时期勘探的主导思想是:选准勘探的重点地区进行整体解剖,辅以区域勘探。这一阶段明确了二级断裂构造带是油气聚集的基本单元,突破了“局部构造控制含油”的认识。但在兴隆台构造带解剖初期,在兴1井出油后,采用常规的勘探程序和一般的详探井网,在不到 5km^2 的兴1块先后钻探井和取心井34口,需要解决的地质问题却仍没搞清。在无法部探井的情况下,勉强部了31口生产井,其中一部分生产井仍没把握,仍然起到探井的作用,使得探井越打越多,投入开发的时间拖得很长。

通过多年来辽河断陷勘探实践和认真总结经验,逐步认识到了断陷盆地独特而复杂的地

质条件,其油藏形成机理与大庆长垣完全不同,关键是搞清各级断裂的分布,不同级次的断裂控制不同级次的构造单元和油气藏的分布。在这种认识的启发下,兴隆台油田首次采用多次覆盖,较大地改善了地震剖面的质量,基本搞清了二级构造带轮廓和三级断层的展布,随后在低断阶发现兴 42、马 20 等高产断块,突破了小断块无高产、低断块无油的思想束缚,建立了油气聚集受二级构造带控制,油气富集受断块控制,立足于断裂构造带整体部署、分步实施的思想,大大加快了兴隆台二级断裂构造带的勘探步伐。整体部署、分步实施的思想应该是滚动勘探思想的雏形。

在勘探第四阶段,即 1975 年西斜坡的突破和后来的发展,又经历了三大认识阶段:

- (1) 突破斜坡找油悲观论,建立了地层油气藏的概念;
- (2) 突破单一地层含油的观点,建立多套层系含油的概念;
- (3) 突破勘探到头的观点,建立认识更新、勘探无止境的找油理念。

在诸多新认识基础上,建立了对陆相断陷盆地勘探具有重要指导意义的复式油气藏概念体系,它的主要观点认为:复式油气聚集带上的油气藏分布在不同层位、不同构造位置,具有不同的圈闭类型,在横向上连片,在纵向上叠加。断块分割的复杂性和油藏类型的多样性是它的两个基本特征。这种基本特征不仅使认识其地质规律和油气水分布规律变得困难,而且大大增加了勘探和开发的难度,难以按正常的勘探、开发程序进行。即使已全面投入开发的油田或区块,也存在深化勘探的问题。

为了解决上述问题,加快辽河油区的勘探开发步伐,于 1978 年提出断块油田详探—开发相结合的做法和设想。首先在西部凹陷西斜坡南段的欢喜岭油田进行详探与基础井网相结合。按照先肥后瘦、先易后难、先浅后深的原则,首先集中勘探了高垒带上的锦 16、欢 26 两个高产区块,之后以滚动勘探开发方式,逐步扩展。到 1982 年底,欢喜岭油田不到 4 年,探明石油地质储量达到 $1 \times 10^8 \text{ t}$,动用储量达到 $9300 \times 10^4 \text{ t}$,采油速度为 2.3%,建成日产水平 7000t。这便是滚动勘探思想产生的雏形,但当时并未形成滚动勘探概念。

1.3.2 滚动勘探开发的扩展应用 (1983—1993 年)

勘探与开发相结合的方法较好地解决了勘探开发的速度,“七五”期间辽河油田成功地以最快速度建成全国第一个高凝油生产基地——沈阳油田,两年建成 $300 \times 10^4 \text{ t}$ 原油生产能力。

大民屯凹陷的二次勘探是在地震先行、应用新技术的同时,加强基础地质研究、综合研究,按程序实行综合勘探。首先,进行区域勘探,选择有利二级带,精选预探井位;其次,二级带整体评价,定储量规模,控制油气富集块;然后勘探开发相结合,开展油藏评价,同时滚动勘探,继续扩展。仅用了几年的时间就基本完成了勘探的主要任务,至 1989 年,累计探明石油地质储量达 $26686 \times 10^4 \text{ t}$,建成 $300 \times 10^4 \text{ t}$ 原油生产能力,成为我国最大的高凝油生产基地。

“八五”期间(勘探第六阶段前 4 年)相继建成海外河、牛心坨、大小洼、齐 108、欢 127、杜 212、千 12、锦 25 和外围陆家堡凹陷包 1 块等 9 个油田和区块,都是当年施工当年建成投产,并经过 10 年的工作实践,建立了一套适合辽河断陷复式油气聚集区的滚动勘探开发程序:

(1) 补充地震详查和预探新圈闭,主要任务是发现更多的含油圈闭和油层。

(2) 开展评价性钻探,定规模,找富集层块,主要任务是着眼于整体部署,整体评价,尽快预测储量规模。

(3) 详探与基础井网相结合, 优先开发富集的三级断块, 主要任务是编制主力油藏(主要含油目的层)开发方案, 同时扩展勘探非主力油层和其他断块, 实现储量升级, 扩大新开发层系和区块。

(4) 持续滚动勘探开发, 加强地质研究, 进行再认识, 在老油区内深入挖潜, 不断发现新层、新块, 不断增加储量。

由于滚动勘探开发的实施, “七五”、“八五”期间探明石油地质储量台阶式增长, 特别是1984年, 当年增长探明石油储量 $1.9 \times 10^8 \text{t}$, 创造辽河油田历年探明石油地质储量增长的最好水平, 而且年增长石油地质储量在 $1 \times 10^8 \text{t}$ 左右这种状况一直持续了5年, 直到1988年, 年增长采油量 $100 \times 10^4 \text{t}$ 以上。

“八五”之后的几年, 继续运用滚动勘探开发手段不断进行调整部署, 逐步扩大开发面积, 深化油藏认识, 不断挖掘油层潜力。对“八五”期间投产的包1块、齐108块、洼38块、杜212块以及海外河油田等继续实行滚动勘探开发, 并成为“九五”期间的重点产能区块, 为全局产量接替作出了重要贡献。

1.3.3 滚动勘探开发的全面发展(1994年至今)

1994年3月, 中国石油天然气总公司为了从总体上加快勘探步伐, 把老油区勘探增储的部分任务交给了开发生产系统, 确定由开发生产系统负责老油区周围包括老油区内部的勘探增储任务, 同时要求勘探部门加快工作节奏, 开辟新的战场, 从总体上解决资源不足的问题。根据这一形式的需要和总公司的总体安排, 1994年辽河油田开发部门开始承担滚动勘探开发工作, 滚动勘探开发已经成为辽河油田油气勘探开发必不可少的组成部分, 滚动勘探与新区勘探每年完成的探明储量基本持平, 在科研、生产、增储上产中发挥了重要的作用, 特别是1998年以后, 滚动勘探占据了辽河油田增储、稳产的“半壁江山”。

1994年已经形成一套滚动勘探开发的理论体系, 系统总结了滚动勘探开发的6条成功经验:

- (1) 整体部署, 分步实施。
- (2) 分片实施, 不断认识, 逐步完善;
- (3) 开展精细地质研究, 不断发现新层系;
- (4) 利用三维地震, 加强构造研究, 保证开发井部署的准确性;
- (5) 不断进行调整部署, 逐渐扩大开发面积;
- (6) 加强油藏研究, 深化油藏认识, 不断挖掘油层潜力。

1995年由辽河石油勘探局油藏工程处负责, 开始编制“辽河断陷滚动勘探开发年报”, 年报中提出坚持“滚动勘探开发的阶段不可逾越, 程序不可打乱, 节奏必须加快, 效益必须提高”的原则, 按照“滚动、甩开、准备、突破”八字方针开展工作, 加强了组织领导, 规范了项目管理程序, 运用先进适用的新方法、新技术深入开展圈闭评价、油藏描述等工作, 使滚动勘探开发工作有条不紊地进行。至此已经进入了勘探历程的第七阶段, 随着勘探程度的不断提高, 断陷内深化勘探的力度不断加大, 勘探目标已转向潜山、岩性、火山岩和复杂断块。随之滚动勘探的难度也越来越大, 勘探对象主要以“低、深、难、稠、小”为主。针对这种现状, 1997年对滚动勘探程序和工作方法进行了细化和调整, 使之更趋向于正确和客观, 总结出滚动勘探的8项配套技术:

- (1) 区带综合评价技术;