

◎胡文瑞 著

REDEVELOPMENT OF MATURE FIELDS

老油田二次开发

概论

石油工业出版社

老油田二次开发

概 论

胡文瑞 著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

老油田二次开发概论 / 胡文瑞著.
北京 : 石油工业出版社, 2011.1
ISBN 978-7-5021-8132-1

- I . 老…
- II . 胡…
- III . 油田开发 - 概论
- IV . TE34

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 228081 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) 64523604

经 销 : 全国新华书店

印 刷 : 石油工业出版社印刷厂

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本 : 1/16 印张 : 10

字数 : 150 千字

定价 : 38.00 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

序

北邙学子^①

偶读到东坡居人（注：本书作者）的《二次开发工程》一文，感觉立意清新、设计严谨、气势恢宏，我把它看作是新时期中石油高层向“剩余难采资源”宣战的动员令，实在可喜！可贺！

油田开发前期采出的都是较为容易开采的部分，而留在地下的会越来越难以开采，可把它们统称为“剩余难采资源”，其数量相当巨大，大约占到总储量的80%左右。这其中有一部分是现行开发体系能够采出来的，但代价很大；绝大部分是现行开发体系所不能开采出来的，即文中提到的“不可采储量”。我理解二次开发工程既能更有效地采出原开发体系所预计可采出的那一部分，又能把原开发体系的“不可采储量”经济有效地采出一部分来，这是一幅宏伟蓝图。

“二次开发”一词，多年前首先由大庆油田提出，但当时的内容较为单一；“深度开发”是韩大匡院士在1996年全国油田开发工作会议的发言中阐述过的一个概念，也还没有把它系统化起来。东坡居人在这里提出的二次开发或深度开发，则是条理清晰，内涵丰富，有着完整的构思。

我理解，二次开发应是对现行开发体系全方位的大改造，包括大范围的注水开发油田、以吞吐方式开发的重油油田以及实施三次采油的地区等，都有二次开发的问题。因为通过重新构建油藏模型、重新组合井网和强化新的工程技术支撑系统，都会对原有的认识和做法带来新的冲击，都有助于提高这些地区的资源利用程度。

希望我国采油业的领导层，能抓住高油价运行的大好时机，全面推行二次开发工程，如是，则国家幸甚，企业幸甚，百姓幸甚！

^① “北邙学子”为王乃举教授网名，为油气田开发资深专家，原中国石油天然气集团公司开发生产局局长。

中国石油二次开发是一项战略性的系统工程，是“油田开发史上的一场革命”^①，是近期主要任务之一，其意义在于它的历史性、战略性、成长性，同时具有很强的现实性和可操作性。它的成功将产生一个“改变游戏规则”的“全新”局面。这一千秋事业也将是上游开发业务发展的永恒主题和难题。

① 蒋洁敏总经理在新疆油田“上传信息”上对老油田二次开发的批示。

前言

所谓老油田二次开发，是指当油田按照传统方式开发基本达到极限状态或已接近弃置的条件时，采用全新的理念，按照新“三重”技术路线，重新构建油田新的开发体系实施再开发，大幅度提高油田最终采收率，最大限度地获取地下油气资源，实现安全、环保、节能、高效开发。

简而言之，二次开发的对象是“老油田”，条件是“传统方式开发基本达到极限状态或已接近弃置”，理念是“全新的”并有区别于传统开发理念，中心工作是“重新构建油田新的开发体系”，目的是“大幅度提高油田最终采收率”，最大限度地获取地下油气资源，其效果体现在“安全、环保、节能、高效开发”上。其思路也可以扩展到老气田上。老油田二次开发的根本性宗旨是“科技油田、绿色油田、和谐油田”。

中国石油近年开展的“重大开发试验”、技术“示范工程”和辽河、吉林、克拉玛依、玉门等油田“二次开发试点”初步成果表明：二次开发可以在老油田分批次逐步推广，虽然有其难度，但不失为老油田再生的一条全新的出路；二次开发可以创造可观的经济效益，初步研究表明，中国石油二次开发一期工程预计增加可采储量 $9.1 \times 10^8 \text{t}$ ，即 $71.54 \times 10^8 \text{bbl}$ ，按油价 80 美元/bbl 计算，可实现产值 41608 亿元，按照 2006 年的纳税方法计算，可为国家创造税收 18376 亿元。

中国石油老油田二次开发是一项战略性的系统工程，是“油田开发史上的一场革命”，是近期主要任务之一，其意义在于它的历史性、战略性、成长性，同时具有很强的现实性和可操作性。它的成功将产生一个“改变游戏规则”的“全新”局面。这一千秋事业也将是上游开发业务发展的永恒主题和难题。

目 录

第一篇 理论观点

老油田二次开发的溯源及背景·····	3
新闻链接·····	5
老油田二次开发的理论基础·····	7
新闻链接·····	8
宣战剩余油·····	9
新闻链接·····	11
挑战极限·····	12
新闻链接·····	13
开发价值观·····	14
最终采收率·····	16
新闻链接·····	18
老油田二次开发的基本动力·····	21
新闻链接·····	22
老油田二次开发的基础条件·····	24
新闻链接·····	25
初步成果·····	27
新闻链接·····	29
老油田二次开发存在的问题·····	30
结束语·····	32

第二篇 专 论

高度重视老油田开发和潜力挖潜·····	37
新闻链接·····	48

二次开发工程（提要）	50
何为二次开发？	55
论老油田实施二次开发工程的必要性与可行性	57
新闻链接 1	67
新闻链接 2	68
在中国石油二次开发现场会（辽河油田）上的讲话	69
在美国 IOR 国际会议上的发言	80
新闻链接	83
高含水老油田“二次开发”研究进展	84
新闻链接	94
老油田二次开发	97
新闻链接	105
附录 博客精彩评语	106

第一篇 理论观点

老油田二次开发的溯源 及背景

中国石油天然气集团公司（简称中国石油）蒋洁敏总经理 2006 年 10 月 9 日明确提出：要“重视老油田开发和潜力挖掘”。2007 年 3 月 11 日至 6 月 23 日，先后 15 次讲话和批示，对二次开发从战略高度明确了工作方向，从战术角度提出了具体的工作目标、技术要求和保证措施。

中国石油勘探与生产分公司，结合油田实际，认真分析了老油田开发现状，科学地研究了老油田二次开发的界定条件、目标设置、技术路线、主要措施及经济效益预测等，在此基础上制定了《中国石油“二次开发”规划》大纲，并经理管理层审定。中国石油勘探开发研究院编制了《新二次采油工作设想》，从理论、技术和国内外实例全面论述了二次开发的可行性、实践性。

溯源中国石油老油田二次开发，1992 年大庆油田实施的规模宏大的“稳油控水”工程，接近二次开发的基本性质。1995 年大庆油田实施“三次加密”工程，据王乃举教授讲，当时曾提出过“二次开发”一词。1996 年韩大匡院士在全国油田开发工作会议的发言中，也曾阐述过“深度开发”这一概念，而且有比较系统的论述。

2003 年玉门油田曾明确提出老油田实施“二次开发”的可能性。老君庙油田发现于 1939 年，已有近 70 年的开发历史，累计采油 $2146.6 \times 10^4 \text{t}$ ，可采储量采出程度已达 89%，标定采收率 45.9%，综合含水 77% 左右，33 年基本变化不大，连续 36 年平均递减仅 1.2%，2007 年原油产量 $18.8 \times 10^4 \text{t}$ ，预计在现有井网和技术条件下采收率可以达到 50% 以上。遗憾的是，玉门油田具有二次开发性质的做法，当时未能引起人们足够的重视。

2004 年勘探与生产分公司实施的“十大开发试验”，其性质是重大科技攻关，目的是解决老油田在“双高”条件下如何提高采收率，未动用难采储量、

致密砂岩油气田如何有效开发，稠油油田高轮次吞吐后如何继续开发等问题。其内涵有“二次开发”的意图，也有“深度开发”的思路，但还是不明确、不系统，未上升到老油田二次开发的高度。

2005年辽河油田加快实施了重大开发试验并见到了效果，原油产量由降而升，结束了原油产量连续10年递减的历史。2007年生产原油 $1206.1 \times 10^4 \text{t}$ ，比2006年增产 $4.6 \times 10^4 \text{t}$ ，储量替换率1.38，储采平衡系数1.02，一举扭转了自“九五”以来每年递减 $(30 \sim 40) \times 10^4 \text{t}$ 的被动局面。2005年以前，辽河油田面临一系列困难：一是辽河探区陆上勘探进入高度成熟期，发现新储量逐年减少，而且品位低下，储采平衡系数低于1；二是稠油蒸汽吞吐开采方式下产量递减快，基本没有稳产的基础，采收率仅24.4%；三是老油田油水井套管损坏严重，井网极不完善，地面设施老化，效率低，安全隐患多，正常生产难以维持。随着蒸汽驱、SAGD等重大开发试验的实施，水平井技术的推广，其效果逐渐显现。这些做法为老油田提高采收率创造了条件，在当时也体现了老油田二次开发的基本思路。

2006年辽河油田在工作总结汇报中，明确提出辽河油田“二次开发”和“再造一个新辽河”的设想，而且有一套较完整的实施方案，其思想认识的基础是源于蒸汽驱、SAGD重大开发试验在辽河油田取得的成功。2006年中国石油勘探开发研究院召开油田开发讨论会，着重研究老油田如何提高采收率问题，有些专家提到了“二次开发”，也提出了“新二次采油技术”的概念。

2007年3月11日蒋洁敏总经理在新疆油田“上传信息”上批示，明确指出老油田实施“二次开发”的意义和要求，这是中国石油高层领导首次有明确记载的有关“二次开发”的批示。2007年6月10日蒋洁敏总经理又在韩大匡院士的报告上批示，明确提出实施二次开发，并指出“是油田开发历史上的一次革命，是一项战略性的系统工程”。

2008年在中国石油油气田开发例会上，大庆油田提出聚合物驱后实施二次开发，是对油田开发认识论和方法论的创新。目前，大庆油田有14个聚合物驱区块进入后续水驱开发阶段，地质储量 $24800 \times 10^4 \text{t}$ ，油水井2361口，综合含水96.3%，采出程度52.8%，挖掘聚合物驱后潜力是大庆油田真正意义上的二

次开发。

美国人提出老油田“焕发青春 (Rejuvenation/Revitalization)”，许多油田的采收率将从目前的 33% 左右提高到 60% 以上，在一些地质条件适宜的油藏中，采收率甚至可达到 80% 以上。仅美国加利福尼亚州、俄克拉何马州、伊利诺伊州等六大地区的评价结果表明，新一代技术将使这六个地区的技术可采储量增加 $404 \times 10^8 \text{ bbl}$ 。如果将其推广到美国所有的油田，有望使美国的技术可采储量增加 $1600 \times 10^8 \text{ bbl}$ 。

大幅度提高采收率将为美国经济发展带来巨大的利益。假设 $1600 \times 10^8 \text{ bbl}$ 的技术可采储量有 1/2 转为经济可采储量，油价按 40 美元 /bbl，能源贸易收益将增加 3.2 万亿美元，联邦政府和地方政府将分别增加税收 5600 亿美元和 2800 亿美元。

美国新一代技术尚处在方案设计、数值模拟和资源综合评价阶段。大规模的工业化应用尚需持续的研发和投入，实际应用效果还有待进一步考察。中国石油二次开发已经进入“三大三小”^①现场试验阶段，而且进展良好。

新闻链接

玉门油田二次开发先导试验开始“结果”

金秋时节，正是塞外戈壁瓜果飘香的收获季节。玉门油田二次开发先导试验在经过 8 个月科学、严密地组织实施之后，开始“结果”——先后取得 5 项成果。

玉门油田是一个开采了近 70 年的老油田，客观上早已步入了后期开发的“老年阶段”。今年年初，玉门油田为实现“百年油田”的梦想，在老君庙油田 M 油藏顶部区进行了二次开发的先导试验，并按照“整体部署、分步实施、试点先行”的原则，以提高终极采收率为目标专门成立了二次开发项目部。项目部科学、严密地组织推进了“老君庙 M 油藏顶部区二次开发试验方案”的实施。目前已在 5 个方面取得成果：一是油田二次开发组织工作加强，

^① 指二次开发中的 6 项试点工程，按实施规模大小进行划分，“三大”是指辽河稠油转换开发方式工程、克拉玛依西北缘砾岩油田工程、冀东南堡陆地复杂断块油田开发工程，“三小”是指玉门老君庙及鸭儿峡低渗油田开发工程、大港西中高渗油田开发工程和吉林扶余低渗透油田开发工程。

对剩余油藏认识有新突破；二是确定了以“新的开发方式”为主题的二次开发技术路线和二次开发试验采收率目标；三是完善“框架方案”和“试验方案”；四是展开多种高精度监测资料录取，为油田二次开发提供技术支持；五是M油藏顶部区二次开发试验井网整体调整稳步推进，效果明显。

玉门油田在二次开发试验区块依据油藏及油水分布特点，引入水平井与直井组合开发新模式，先后部署45口开发井，其中水平井达35口。截至目前，已投产19口水平井，投产水平井数量超过油田前两年投产水平井之和，水平井在二次开发中整体推进取得突破性进展。

在二次开发中，项目部科研人员攻坚克难，研究试验成功了“塑料球选压”和“砂塞预堵”两种分段压裂工艺技术，并先后在13口水平井组织实施了这两项压裂工艺技术，证明增产效果明显。同时，还在二次开发的老井上下功夫，对症下药实施二次、三次采油技术现场试验，先后对11口老井进行技术挖潜攻关，其中9口井获得成功。

经过8个月的二次开发先导试验，玉门油田已总结出“水平井油层改造、油水井治理并举、防排砂及压裂”等多项具有玉门特色的“拳头”技术。油田二次开发试验区的原油产量上升明显，初步实现了二次开发试验区块产能、产量、稳产结构的调整，为重新认识和实现“百年油田”的梦想找到了出路。

消息来源：中国石油网 2008-09-10

老油田二次开发的理论基础

中国石油的油田开发已经走过了 50 多年的辉煌历程，积累了雄厚的技术和丰富的管理经验。中国石油近年来，加大了对老油田的研究和试验工作力度。

目前，砂岩油田注水开发技术达到了世界先进水平，聚合物驱技术世界领先，深层稠油热力开采技术跨入了世界先进行列，低渗透油气田开发配套技术处于世界前沿。辽河、扶余、玉门、克拉玛依等油田在二次开发的初步探索和尝试中，不仅原油产量稳中有升，而且还积累和集成了一批特色技术，这使得二次开发在理论方面具备了一定的基础。

虽然大多数油田已进入“双高”阶段，但“双高”油田对原油产量的贡献仍非常大。目前，中国石油 79% 的原油产量，仍由“双高”油田生产，其剩余可采储量占总剩余可采储量的 73%。生产实践表明，大约 50%~70% 的可采储量要在高含水和特高含水期采出。

采收率可表示为波及系数和驱油效率的乘积^①。目前，中国石油标定的采收率为 33.6%，平均驱油效率为 56%，平均波及系数为 60%。驱油效率的主要影响因素有油水黏度比、孔隙结构和润湿性等。通常认为水驱驱油效率变化不大，但近年来大量实际资料表明，水驱驱油效率随着注水倍数的增加而增加。

大港油田检查井东检 3 井 1982 年时含水率 84%，驱油效率 57%，2004 年东检 5 井含水率 92%，驱油效率达 76%，矿场取心分析证实，驱油效率可达 60%~80%。波及系数的主要影响因素有平面非均质性、层间非均质性、层内非均质性和流度比等。据统计，目前，中国石油油田平均波及系数为 60%，其中平面波及系数为 90%，厚度波及系数仅为 67%，通过水平井等方式进一步提高波及系数的潜力很大。因此，采收率仍有较大幅度的提高空间。

从严格意义上讲，油田开发是时间的函数，随着时间的变化，油田开发结

① 杨普华著，《化学驱提高石油采收率》。

果有无数个解，问题的关键是油田开发是个动态过程而不是静态的。过去油田开发的主要矛盾是层间矛盾，现在最突出的问题是层内矛盾，是如何认识层内剩余油分布的规律。另外，油田采收率除受油藏地质特点及流体性质影响之外，更与油藏认识程度和所采取的技术手段密切相关。

近些年来，随着石油科学技术的快速发展，油藏认识的理论 and 开发技术水平有了长足的进步，可以更好地适应油藏的地质特点和油水关系的变化，最大限度地有效挖掘老油田潜力，进一步提高油田最终采收率。也就是说目前一次、二次采油技术仅能采出原始地质储量的三分之一左右，意味着还有三分之二的原油滞留在地下。如何探索新认识、新理论、新技术进一步大幅度提高采收率，也就是说最大限度地获取地下油气资源，已经成为世界石油工业发展的新方向。

新闻链接

大港油田公司二次开发让老油田焕发生机

大港油田公司采油一厂运用新的开发理念，开发方式和开发技术，推动老油田二次开发。

这个采油厂所管理的唐家河油田主力区块已进入高含水注水开发后期，不同开发层系存在枯竭式开采和开发方式不合理等问题。采油一厂从2006年开始，对唐家河油田进行立体治理及先导试验，重组开发层系，重建注采井网。特别是这个厂围绕老区开发调整实施的注水示范工程，抓住油田的地质特征，以精细油藏描述成果为基础，结合地震、测井和地质等资料进行综合研究，应用三维地震精细解释技术、沉积相研究技术等多项先进手段，认清构造，搞清剩余油分布，对有利目标区进行先期注水完善，实现老油田二次开发。

消息来源：中国石油网 2008-02-28

宣战剩余油

——老油田二次开发是中国油田开发史上的一次革命

中国石油高层审时度势，高瞻远瞩，值此国际石油行业就老油田“焕发青春”方兴未艾之际，及时准确地提出老油田实施“二次开发”，此举与国际同步，并规模先行，必将对石油工业产生巨大而深远的影响，更是转变经济增长方式、落实科学发展观的重大举措，可以看作是新时期中国石油高层向“剩余难采资源”宣战的动员令！（王乃举语）

“二次开发”是油田开发理念和价值观的革命，它以不断提高油田经济采收率为目标和主线，应用和发展新二次采油技术，重新认识老油田，构建新的开发体系，采用新思路、新方法、新技术，最大限度降低技术经济风险，为大幅度提高采收率开辟一条新的道路，使老油田发生革命性的变化。

“二次开发”应是对现行开发体系全方位的大改造，包括大范围的注水开发油田、以蒸汽吞吐方式开发的重油油田以及实施三次采油的油田等，都有“二次开发”的问题。因为通过重新构建油藏模型、重新组合并网和强化新的工程技术支撑系统，都会对原有的认识和做法带来新的冲击，都有助于提高这些地区的资源利用程度。（王乃举语）

老油田“二次开发”与“二次采油”是有本质区别的，但准确定义和正确理解，并非易事。建立科学的开发方案，选择适用的技术手段，则需要冲破原有思维方式，有点像把双眼强力聚集看三维的感觉（宋杰语）。

“二次开发”是一项重大命题，将引发油田开发过程发生重大变化。中国石油70%的原油产量，来自于开发了20年以上的老油田，老油田对保持原油产量箭头朝上起着关键作用。如何看待中国已开发多年的老油田，历来争议不断。油田开发前期采出的都是较为容易开采的部分，而留在地下的资源开采难度会越来越大，可统称为“剩余难采资源”，大约占总储量的80%左右，虽然油田