

RENQIU GUOQIANSHAN TANSUANYANYAN YOUKANG DE KAIFA YI ZHILI

任丘古潜山 碳酸盐岩油藏的 开发与治理

刘仁达 等著



石油工业出版社

任丘古潜山碳酸盐岩 油藏的开发与治理

刘仁达 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书汇集了作者 30 多年来对任丘碳酸盐岩油田开发与治理方面的文章 17 篇, 内容包括任丘雾迷山组油藏分块治理、油田中后期治理、“三低油井”治理、裂缝性块状底水油藏的开发与治理以及碳酸盐岩油藏石灰乳封堵大孔道技术等, 在实践中总结出了多套综合治理模式, 可为我国碳酸盐岩油藏的开发与治理提供借鉴。

本书可供从事油田开发的工程技术人员及管理人员使用, 也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理 / 刘仁达等著.
北京: 石油工业出版社, 2013.9
ISBN 978-7-5021-9666-0

- I . 任…
- II . 刘…
- III . ①碳酸盐岩油气藏 - 油田开发 - 任丘市
②碳酸盐岩油气藏 - 治理 - 任丘市
- IV . TE344

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 150747 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

编辑部: (010) 64523535 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 18.25

字数: 462 千字 印数: 1 - 1000 册

定价: 82.00 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

在我仔细地阅读了全国五一劳动奖章获得者、对任丘油田开发做出过重大贡献的刘仁达同志遗作《任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理》的主要篇章后，心情很不平静，字里行间，我似乎看到了一个在复杂油气藏开发征程中，数十年孜孜不倦持续探索路径的一位勇士的足迹。

我和刘仁达相识在大庆石油会战初期，那时油田召开技术座谈会，经常会听到他的声音。他虽然刚出学校不久，但对油田开发中的问题感受敏锐，态度积极，一遇机会便率直地表述意见，敢于和不同观点正面交锋。然而，在私下交谈中，他又显得非常谦逊腼腆，甚至脸红，这都给我留下过很深的印象。他曾给油田总地质师闵豫做过一段时间秘书，对他的成长帮助很大。

中国最大的任丘裂缝性碳酸盐岩油田发现后，他于1977年带着大庆、吉林、江汉等地会战的经验积累，投身任丘会战，开始了他33年献身于裂缝性碳酸盐岩油藏开发困难而又荣誉的生命历程。刘仁达同志长期在采油厂工作，那里是中国油田开发的一线管理部门，浩瀚的采油生产作业信息，天天涌现在眼前；所有的对油田、油水井的开发方案和治理措施，都从这里启动，确实是一个可供仁达同志施展才华的广阔天地。他在大量繁琐的事务性工作中能够进行“冷”思考，在夜以继日的紧张工作和生活中，挤出时间学习油田开发的新知识新理论，以极强的事业心钻研油田生产问题。《任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理》列出文章，大体反映了他的成果。这17篇文章，基本是业务总结和工作汇报，所提出的方案和措施意见大都被采纳实施，它的功效已经反映在任丘油田科学高效开发的历史记载中。

《任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理》这本书，和许多技术著作相似，大量的数据图表，读起来很枯燥，难以引起你的兴趣。但我还是愿意郑重地把它推荐给油田开发系统、特别是在采油厂工作的同志们一阅，希望大家能透过这些枯燥的数据图表，更多地关注作者的思维逻辑和工作方法。我认为，仁达同志的遗作，至少在三个方面会给我们以有益的启迪：

(1) 善于抓住油田开发中的核心问题。刘仁达同志在20世纪80年代初，就较早地认识到任丘油田在平面和纵向上的差异性。认识到差异，就能看到潜力，就能找到工作的方向。随着时间的推移，差异的表现形式也在发生变化，要坚持不懈地跟踪这一主题，与时俱进，方能较长时期地掌握油田开发的主动权。

(2) 有一套科学的工作模式。从刘仁达同志的“工作总结”和“汇报材料”可以看出，他已比较熟练地掌握了一套科学的工作模式：大量占有第一手的资料—资料的对比和应用—细致的、辩证的油田动态分析—审慎的对策意见的提出—效果观察与评估。

(3) 苦练油田开发动态分析基本功。遗作的最后两篇是专讲动态分析的，那是刘仁达

汇编说明

刘仁达 (1940—2010), 男, 中共党员。四川资中人。1960年毕业于重庆石油学校地质专业 (四年制)。毕业后一直从事油田地质和油田开发工作。参加过4个石油大会战 (大庆、江汉、吉林红岗、华北任丘), 前3个均为砂岩油田。1978年12月提升为地质师, 担任华北石油会战油田指挥部地质室副主任, 1983年开始担任华北石油管理局第一采油厂副主任地质师、主任地质师、高级地质师。1986年获全国优秀工作者称号和全国五一劳动奖章, 1987年, 获国家科技进步二等奖, 并相继获河北省科技进步二等奖, 中国石油天然气总公司科技进步一等奖, 河北省省长特别奖等奖项。1987年后, 相继获得河北省劳动模范、能源工业劳动模范、省优秀知识分子, 并纳入省“科技群英”, 是华北石油管理局1984—1989年连续6年的劳模标兵。1992年, 获中国石油天然气总公司授予的“石油工业有突出贡献科技专家”称号和高级工程师任职资格; 同年, 国务院批准享受政府特殊津贴。1994年, 被河北省科委聘为“国家级科技成果鉴定评审专家”。退休前任华北石油管理局第一采油厂总地质师。

华北任丘油田是古潜山碳酸盐岩油藏和低渗透小断块砂岩油田, 1975年7月发现, 1976年4月投入开发, 当年开始人工边沿底部注水保持压力开采, 底水是油藏的天然能量。完井方法主要是先期裸眼完井。开发初期, 井少产量高, 不含水自喷式生产。刘仁达1977年8月调入华北石油会战油田指挥部地质室工作, 当他看到“任四”高产油井后, 惊喜若狂, 立志在任丘古潜山油藏大干一场, 向石油工业交份有用的答卷。

随着油藏开发, 井网逐步完善, 油田进入高产稳产阶段, 但在油藏持续开发下, 油井开始见水, 含水上升迅速, 产量快速递减。1980—1982年, 平均年递减在 $100 \times 10^4 \text{t}$ 以上, 这种递减速度哪个油田能补得上? 什么原因? 如何治理? 当时国内外还没有可借鉴的先例, 国外同类油田的经验只是控制采油速度, 怎么办?

刘仁达工作17年, 积累的是砂岩油田的开发治理经验, 对古潜山碳酸盐岩的开发治理也是从零开始。但17年的工作磨炼, 使他的知识面较广, 有了扎实过硬的油田动态分析基本功和一套逻辑推理分析研究方法。刘仁达一贯的工作作风是: 遇到难题坚持深入现场, 不断总结、分析、研究、改进、再实践, 将油田的开发治理向深度和广度拓展。敢于实践、敢于突破、敢于创新。开发油田不能竭泽而渔。刘仁达的工作方法是: “油田动态分析”采用地质静态和开发动态相结合; 带着问题学习理论知识, 理论与生产实际相结合, 做到理论为生产实践服务; 开采技术要和地质特征相结合不能空想; 地质、工程、科研技术人员相互配合。他本着这一原则展开了任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理研究。油田动态分析是钥匙, 贯穿于任丘油田开发治理的始、中、后、晚各个开采阶段, 起到举足轻重的作用。

1978年刘仁达从事过华北雁翎油田高速开发及含水上升规律研究; 1979年总结编写了

大孔道),并提出相应的必须解决的技术问题(污水处理问题,大泵、电泵、地质选井问题,对堵剂性能的要求问题——既能堵,而且耐酸,成本低)。即使在他的晚年,对任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发与治理研究也没有停止。通过油田动态分析,2008年他编写了《任丘雾迷山组油藏开发晚期生产潜力研究》,即剩余油评价研究;2009年编写了《任丘雾迷山组油藏开发晚期剩余油分布地质模式及挖潜措施研究》,并和任丘地方化工人员研制成功“F08-1超微细高强度耐酸无机堵剂”,为任丘油田晚期的开发治理提供了新的开发治理方向和开采技术手段。

自任丘油田展开开发与治理以来,刘仁达从1983年开始至1995年是任丘古潜山油田中后期开发治理方案的提出者,是综合治理实施方案的主要设计者及方案实施的组织者之一。刘仁达自1977年投入任丘油田开发到2010年,经历了对任丘古潜山油田各个开采阶段的开发与治理研究及重大开采技术措施的实施。刘仁达最大的心愿是将任丘古潜山油田的开发与治理,分阶段逐步完成,将其经验整理成册,给我国碳酸盐岩油藏的开发治理留下一份可供借鉴的文献,填补我国碳酸盐岩开发治理的空白。因此,本书是以刘仁达的思路为主导整理而成。

刘仁达为人简单、正直、诚信、实事求是。工作上乐于助人。在他生命的最后时间里,2010年初他应邀讲课,为能给后人留下一点成功的工作方法,他倾其一身所能,将一生积累的工作经验和思维逻辑总结出来,2010年6月写成《油田动态分析纲要》,于2010年7月10日给华北油田年轻的技术人员上完他此生的最后一课。

我是他的爱人韩连彰,也近70岁的人,是一个老统计人员,采油厂统计兼管原油交接计量工作。几十年的相依相伴和地面地下(实产和地产)工作上的密切配合,使我深知措施拿油的艰辛。亲眼目睹了他为油田开发治理日夜操劳、学习、分析研究的场景。那颗敬业执着的赤子之心,特别是对任丘古潜山碳酸盐岩油藏的开发治理是呕心沥血,一切情景都历历在目。即使退休后他也从来没有放弃过,他的笔记中还在记述碳酸盐岩开发治理的开采措施,堵剂使用及要求问题。当他与地方化工人员研制出晚期治理必用的耐酸无机堵剂及完成任丘油田晚期开发治理的两个专题后,走前还是留下遗憾!为完成他的遗愿,我着手收集整理他在不同阶段留下的报告和文献及笔记,本着实事求是的原则进行整理。由于身体状况和精力有限,收集的资料只能到此为止。我是外行,只能用汇编的形式完成,希望能起到刘仁达同志预期的目的,有错误的地方请批评指教。同时也感谢帮助我完成这项工作的刘素娟、柯全明、罗承建等同志。我代表刘仁达再次向你们致谢!

韩连彰整理于2011年11月

《对雁翎高速开发的初步认识》，收录在 1979 年全国油田开发技术座谈会报告集中。1982 年对华北盆河集油田 12 断块孔隙连通单元及其油水分布进行了研究。

油田开发初期，古潜山碳酸盐岩油藏的原油产量占全局的 80% 以上，任丘雾迷山组油藏的产量占碳酸盐岩油藏的 70% 以上，任丘雾迷山组油藏能否稳产极其关键。刘仁达为攻破这一难关，1982 年底，辞去地质室副主任之职，回到雾迷山组管区。

1980 年刘仁达在编写《任丘油田动态分析研究》时发现任丘雾迷山组油藏有明显的分块差异性，而且非均质性非常严重。1982 年底又到云南、贵州、广西进行现代岩溶实地考察，发现岩溶发育区在地貌上有明显的规律，而这种地貌规律又与断裂构造和岩石性质相关。又进一步深入学习《中国岩溶研究》和《工程地质与水文地质》这两本书，经反复研究论证后，得出分块治理的大胆设想。这一设想打破了石灰岩开发的“均质论”。在 1983 年 7 月全局技术座谈会上他第一次提出了“任丘油田雾迷山组油藏的分块治理”设想，并首次提出了裂缝性块状底水潜山油藏统一体内部按断块性质、岩溶层组及开采动态区划分开采单元及单元类型的新概念，并研究出各开采单元的地质特征，提出了与之相适应的治理措施。在局、厂两级领导的支持下，展开现场试验，1983 年当年措施增油 $38 \times 10^4 \text{t}$ 。

在总结、实践、认识、再实践、再认识的过程中，结合地质情况、地质特点，1984 年起展开全面分块治理、分块综合治理、分块单井综合治理确定了治理原则和 9 种治理模式。1983 年到 1989 年底累积措施增油 $363 \times 10^4 \text{t}$ 以上，1984—1989 年每年措施增油都在 $50 \times 10^4 \text{t}$ 以上。减缓了产量的递减速度，提高了采收率，对油田的稳产、高产起到重大作用。1990 年 7 月在中国石油天然气总公司油田开发工作会议上，“任丘油田雾迷山组油藏”因开发指标先进，开发效果显著被评为“全国高效开发油田”。

1986 年 6 月，在开发治理中总结出一套“任丘油田中后期开发治理及实施技术”，创出了古潜山碳酸盐岩油田开发治理的新路。“任丘古潜山油田（雾迷山组）开采技术”1986 年获国家科技进步二等奖。

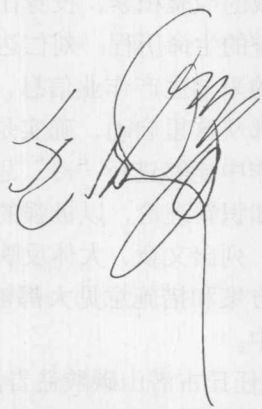
1986 年 3 月，在国际第二次石油工程会上刘仁达发表《任丘油田中后期开发治理》论文，得到国内外专家学者的好评，该论文收录入 SPE，并成为任丘油田中后期开发治理的重要措施。1988 年 11 月，他总结出任丘雾迷山组油藏目前开发特点并提出今后治理的意见。1988 年 12 月，他和罗承建等地质人员对任丘雾迷山组油藏“三低油井”的治理研究，找到了在目前油水界面以下的高产油流。通过动态分析和细心观察找到了二台阶的原油富集区。1988 年，他也开始了对水驱采油机理的研究，为后期的开发治理打基础。1990 年，在只能用措施控制单井含水上升的情况下，通过油田动态分析找到了“控注降压、停注降压开采”的重大技术措施，1991 年获中国石油天然气总公司开发生产局批准实施后取得很好的效益，打破了油田必须注水保持压力开采的常规。1993 年 11 月，刘仁达总结提出了潜山油藏后期开发潜力分布及挖潜方法。1994 年开始水驱采油现场试验，“华北油田（碳酸盐岩油藏）改善注水驱油效果现场试验研究”1996 年获河北省科技进步二等奖，“华北油田改善注水驱油机理与现场试验及 1995 年部署研究”1996 年获中国石油天然气总公司科技进步一等奖。1989 年，与工程技术人员协作研制出“碳酸盐岩油藏水泥石灰乳复合堵剂封堵大孔道技术”。（1990 年获河北省科技进步二等奖），该堵剂对中后期油田的开发治理起到了重要作用，并已推广到其他油田应用。在刘仁达 1995 年的笔记中，总结出石灰岩油藏后期开发治理的三大技术问题（控、停注降压开采周期性注水，提液开采，封堵水淹

同志集数十年经验的精华之作，也是他工作不断取得成效的“基石”。希望现在的年轻同志，要学会看单井生产曲线，会看岩心，会看测井资料，会运用多种资料，综合地分析油藏的变化。

刘仁达同志的遗作，能够顺利出版，要特别感谢他的妻子韩连彰女士。仁达同志去世后，她在仅有一只眼睛能正常工作的情况下，与油田同志配合，花了一年多时间，把仁达同志大量的零散手稿，整理成册。石油工业出版社何莉等又花比较大的精力，进行规范化的专业编辑，终于完成了此项既实现仁达同志生前意愿又能对后人有所裨益的出版工程。

就刘仁达同志遗作的出版，又使我联想起一个问题：

在我接触的同仁中，有相当多的同志如刘仁达那样，常年奔波在油田生产和管理工作的前线，见闻过大量的油田事件，处理过无数棘手的油田问题，积累了丰富的实践经验，有的还存有许许多多宝贵的手稿资料，可惜他们都没有什么专著出版。有几位已经过世，如李虞庚、颜捷先、孙希敬等，留下的是不易挽回的遗憾；健在的还有许许多多一线工作的同志们，是我们急需要发掘并纳入出版工程的一笔巨大财富资源。我希望出版界能尽快（已经开始在做）开辟这样一个“工作园地”，针对大批一线工作人员的特点，选择有存史及现实借鉴作用的材料，采用《文集》、《回忆录》、《工作报告汇编》、《访谈》等方式，与当事人合作，通过共同的耕耘浇灌，使这个园地绽开出鲜艳美丽的花朵来！



2013年8月于温哥华

目 录

任丘油田雾迷山组油藏的分块治理·····	1
任丘油田雾迷山组油藏开发特征及分块治理·····	24
任丘雾迷山组油藏单井综合治理及实施效果·····	54
任丘油田中后期开发治理·····	65
任丘雾迷山组油藏任十一井山头堵抽提高产油量试验方案·····	85
任丘雾迷山组油藏“三低油井”治理研究·····	98
潜山油藏后期开发的潜力分布及挖潜方法·····	113
块状底水油藏特高含水期油井堵水地质工艺技术的初步认识·····	126
裂缝性块状底水油藏的开发与治理·····	132
任丘雾迷山组油藏开发晚期生产潜力研究·····	140
任丘雾迷山组油藏开发晚期剩余油分布地质模式及挖潜措施研究·····	197
碳酸盐岩油藏石灰乳封堵大孔道技术·····	225
F08-1 超微细高强度耐酸无机堵剂研制·····	231
有机堵剂在华北油田砂岩油藏和石灰岩油藏中的应用·····	235
F908 堵水效果分析报告·····	245
油田动态分析纲要·····	254
油田动态分析在油田开发与治理中的应用·····	266

任丘油田雾迷山组油藏的分块治理

刘仁达 罗承建

(1983年11月)

任丘油田雾迷山组油藏自1976年投入开发以来至今已7年多了。几年来的开发实践证明,油藏内部的非均质性是十分严重的,各山头之间及山头内部由于断裂构造及地层岩性的差异导致了岩溶发育程度及规律的不同。因而在开发过程中其开采特征和开发效果也差别较大,这是当前任丘油田雾迷山组油藏地下动态的突出特点之一,也是需要认真研究的重要问题。

本文试图从断裂构造、岩溶层组及开发动态入手,对油藏各山头进行区块划分并研究其开发类型和开采特点,从中总结出不同区块类型的治理办法。

一、区块的划分

(一) 区块划分的地质基础

任丘油田雾迷山组油藏属碳酸盐岩古潜山油藏,储集岩经过长期的成岩后生及表生作用,因此古岩溶十分发育,其岩溶发育程度及规律是影响油藏开发效果的重要地质因素,它主要是受断裂构造及岩溶层组所控制。

1. 断裂构造

断裂是岩体在构造应力作用下形成的破裂构造形迹,它对岩溶发育起着控制作用。据现代岩溶研究:断层性质及断盘位置直接影响着岩溶的发育。一般来说,在岩性相同的条件下,张性及张扭性断层其上盘岩溶较下盘发育,造成这种岩溶发育规律的原因是由于张性断层的上盘在相对下降过程中受牵引力强产生较多的张裂隙所致。

任丘油田雾迷山组油藏大量的地震及钻探资料表明,油藏的断裂均属张性及张扭性正断层,主要发育东西向、东北向及北西向3组断层,潜山的形成受断裂控制。油藏内部分割山头的边界断层(二级断层)断距大,古地貌上有明显的断崖,山头的内幕断层也十分发育。整个油藏由于受二级断层及内幕大断层的切割,油藏被分割成数个断盘位置不同的区块。

钻井液的漏失是古岩溶现象的重要标志之一。雾迷山组油藏钻井液漏失量统计表明,在岩性相近的条件下,位于山头边界断层上升盘或山头内幕大断层上升盘所在的区块,钻井液漏失率及漏失强度相对较低,而下降盘所在的区块则相对较高。例如,任九山头东块位于任九与任六山头边界断层的上升盘,层位为雾三至雾五组地层,岩性为块状白云岩,据12口井统计,漏失率58.3%,漏失强度 $0.43\text{m}^3/\text{m}$ 。而位于任六与任七山头边界断层及任

49 井内幕断层下降盘的任七山头南块，其层位岩性均与任九山头东块相同，据 17 口井统计，漏失率 88.2%，漏失强度 $3.29\text{m}^3/\text{m}$ 。又如任七山头中块，位于任六山头与任七山头边界断层的下降盘，层位为雾六组至雾十组，岩性为白云岩与泥质白云岩互层，据 15 口井统计，漏失率 73.3%，漏失强度 $1.65\text{m}^3/\text{m}$ 。而位于任九山头与任六山头边界断层上升盘的任九山头西块，其层位与岩性同上。据 8 口井统计，漏失率 62.5%，漏失强度 $0.43\text{m}^3/\text{m}$ 。在任七山头内部，任 49 井内幕大断层（断距 613.6m）两盘雾六组以上地层的漏失率及漏失强度也有较大差别。

上述资料证明，雾迷山组油藏内部分割山头边界的二级断层及断距大的内幕断层均对断层两盘的岩溶发育起到明显的控制作用。详见表 1 至表 3。

表 1 雾六组以上地层不同断盘位置区块漏失情况表

区块名称	断盘位置	统计井数 口	漏失率 %	漏失强度 m^3/m	岩溶层组	
					层位	岩性
任十一山头北块	山头边界断层上升盘	21	61.9	0.75	雾一、雾二	白云岩
任九山头东块	山头边界断层上升盘	12	58.3	0.43	雾三—雾五	白云岩
任六山头北块	山头边界断层及内幕断层上升盘	4	75.0	0.82	雾四—雾六	白云岩 泥质白云岩
任六山头南块	山头边界断层及内幕断层下降盘	14	85.7	1.61	雾二—雾五	白云岩
任七山头南块	山头边界断层及内幕断层下降盘	17	88.2	3.29	雾三—雾五	白云岩

表 2 雾六组以下地层不同断盘位置区块漏失情况表

区块名称	断盘位置	统计井数 口	漏失率 %	漏失强度 m^3/m	岩溶层组	
					层位	岩性
任七山头中块	山头边界断层下降盘	15	73.3	1.65	雾六—雾十	白云岩与泥质白云岩互层
任九山头西块	山头边界断层上升盘	8	62.5	0.43	雾六—雾十	白云岩与泥质白云岩互层

表 3 任七山头任 49 井内幕断层两盘雾六组以上地层漏失情况表

区块名称	断盘位置	统计井数 口	漏失率 %	漏失强度 m^3/m	岩溶层组	
					层位	岩性
任七山头南块	内幕断层下降盘	17	88.2	3.29	雾三—雾五	白云岩
任七山头北块	内幕断层上升盘	25	80.0	1.93	雾三—雾五	白云岩

2. 岩溶层组

所谓岩溶层组即指被溶蚀岩体的岩性及其组合。现代岩溶研究表明，碳酸盐的结构成因类型及岩石成分是控制岩石溶蚀程度的重要因素之一。据湖北西部碳酸盐岩溶蚀试验资料，岩石结构成因类型为微亮晶粒屑碳酸盐岩，岩石成分为石灰岩时其比溶蚀度为 1.20，白云岩为 0.42，泥质白云岩为 0.20。辽宁省金县石棉矿第二含水层地下溶洞调查表明：硅

质白云岩溶洞率 9.78%，厚层白云岩溶洞率 6.8%，泥质白云岩溶洞率 0.31%。据任丘油田 45 块岩样相对溶解度试验资料，雾迷山组粗结构白云岩的相对溶解度达 0.5 ~ 0.6，而细结构白云岩则小于 0.5。雾迷山组地层取心资料证实，泥质白云岩缝、洞、孔均不发育，渗透率低，含油性差。孔隙度小于 2%，渗透率小于 1mD，主要孔隙结构类型为弯曲细长喉道，喉道直径绝大部分小于 0.15 μ m，属非储层。而凝块石、锥状叠层石等藻云岩，孔隙度大于 3%，次生溶蚀孔隙发育，以宽短喉道为主，平均喉道直径大于 1.3 μ m，含油比较饱满。几种主要岩石类型缝洞孔发育及含油状况见表 4。

表 4 几种主要岩石类型缝洞孔发育及含油状况

岩性	孔隙度 %	面孔率，%			见油岩心占 本岩类 %	含油级别岩心厚度百分比，%		
		缝	孔洞	总		含油	油斑油迹	不含油
泥质白云岩	1.12	0.53	0	0.53	0	0	0.5	99.5
泥粉晶云岩	1.95	1.04	0.08	1.12	9.63	0.8	66.3	32.9
凝块石云岩	3.56	1.12	0.82	1.94	60.22	10.7	84.4	4.9
锥状叠层石云岩	3.33	0.85	1.88	2.73	90.75	—	—	—

注：据华北油田研究院资料。

现代岩溶研究又表明，岩溶层组的类型是控制岩溶发育规律的重要因素。均匀状白云岩其溶蚀作用集中发生在裂隙中并逐步扩大裂隙通道而形成溶蚀缝洞。间互状纯碳酸盐岩因受到隔水层的阻止，岩溶常沿裂隙顺层发育。这两类岩溶层组的溶蚀模式如图 1 所示。

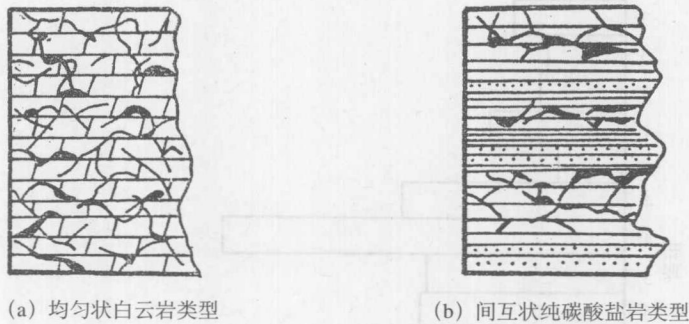


图 1 岩溶层组的溶蚀模式

据任丘油田沉积相带的研究，雾迷山组地层为一套大的海进沉积，从雾十组到雾六组顶部属海进初期，以潮间到潮上带为主，含泥质云岩和其他云岩组成互层，含陆源物质较多，储集性能较差；雾五组到雾三组为海进中期，以潮间下到潮下浅水沉积的中、细晶藻云岩为主，储集性能较好；雾二及雾一组为海进末期，以潮间低能带为主，泥粉晶云岩、硅质云岩发育，岩性致密，储集性能也较差。由于地壳的振荡运动及海水的潮汐变迁，使得雾迷山组地层出现了多旋回性的沉积，这就奠定了岩溶层组划分的成因基础。

雾迷山组储层性质的差异。根据雾迷山组储层类型划分结果，雾一组至雾五组地层，相对比较均匀，各类储层的厚度比例大致接近，一类好储层的厚度占 11.5% ~ 18.5%；二类差储层的厚度占 50.3% ~ 63.6%；三类非储层的厚度占 24.6% ~ 33.3%。但是，雾六组

至雾十组地层各类储层的厚度比例变化却很大，一类储层的厚度占 0.4% ~ 25.2%；二类储层占 10.9% ~ 54.3%；三类储层占 20.5% ~ 88.7%。各油组储层类型见表 5。

表 5 各油组储层类型

油组	雾一	雾二	雾三	雾四	雾五	雾六	雾七	雾八	雾九	雾十
一类储层厚度百分比 %	11.5	11.9	11.8	18.5	14.7	0.4	13.6	10.7	8.5	25.2
二类储层厚度百分比 %	58.3	57.6	63.6	50.3	52.0	10.9	49.2	35.8	40.0	54.3
非储层厚度百分比 %	30.2	30.5	24.6	31.2	33.3	88.7	37.2	53.5	51.5	20.5

雾迷山组地层纵向上漏失强度的分布。以任七山头中块、北块为例加以说明。任七山头北块和中块雾二组至雾十组钻井液漏失强度资料表明，雾二组至雾五组地层，岩性为块状白云岩，除 2⁵ 层段外其余 11 个岩性段均有漏失现象，漏失强度相对比较均匀，一般为 0.88 ~ 2.97m³/m。雾六组至雾十组地层漏失强度差异较大，其中泥质白云岩集中分布段漏失强度低：雾六组为 0.08m³/m，雾八组为 0.16m³/m，雾九组下部为 0.84m³/m。而块状白云岩分布段的漏失强度却比较高：雾七组为 0.87m³/m，雾九组上部为 5.45m³/m，雾十组为 2.83m³/m。这两套地层溶蚀程度的差异可以从漏失强度分布图上清楚地看出，如图 2 所示。

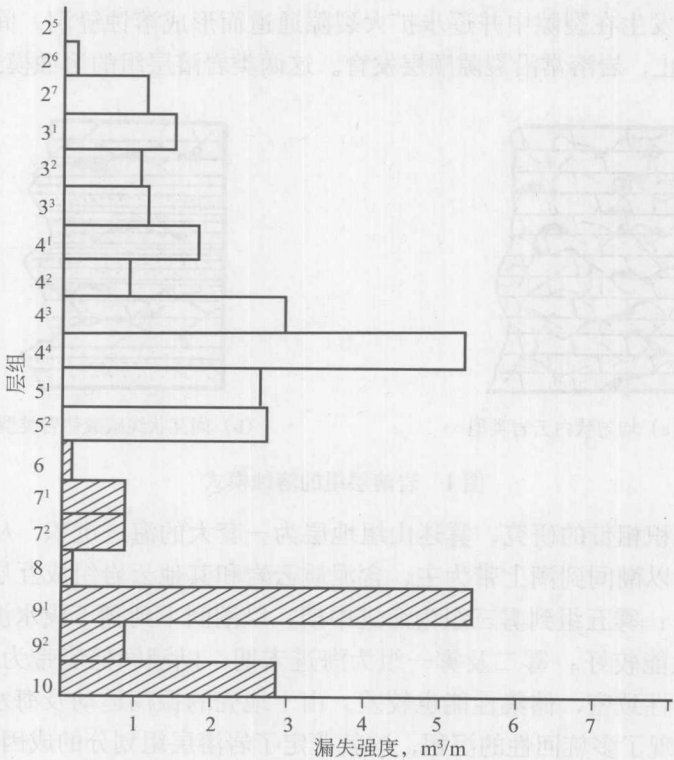


图 2 任七山头中块、北块不同油层组漏失强度分布直方图

综上所述，依据雾迷山组地层剖面的岩性特征，不同岩石性质的溶蚀程度，各油组储

层性质及钻井液漏失强度的分布等资料并参照现代岩溶模式，雾迷山组地层可以划分为两类岩溶层组。

第一类为块状白云岩，层位雾一组至雾五组，岩性以白云岩为主夹硅质岩及泥质白云岩，溶蚀程度相对比较均匀。第二类为泥质白云岩与白云岩互层，层位雾六组至雾十组，岩性为泥质白云岩集中分布段（厚 64 ~ 70m）与白云岩呈间互状，其溶蚀程度差异较大，泥质白云岩段为弱岩溶地层，它对其上下地层的溶蚀起到阻隔作用，而泥质白云岩段之间的白云岩溶蚀程度相对较高，常出现顺层溶蚀现象。

就整个油藏来说，由于断盘位置不同其岩溶发育程度不同；岩溶层组不同其岩溶发育规律也不同。这就构成了开发区块划分的地质基础。

（二）区块划分的结果

在划分区块时主要考虑了：区块位于山头边界断层或内幕大断层的断盘位置；区块内分布地层所属的岩溶层组；开发动态反映出的特点。根据以上原则将全油藏划分为 8 个开发区块，详见表 6。

表 6 油藏区块划分

区块编号	区块名称	断盘位置	地层层位	岩溶层组
I	任九山头东块	山头边界断层上升盘	雾三—雾五	均匀状白云岩
II	任九山头西块	山头边界断层上升盘	雾六—雾十	白云岩与泥质白云岩互层
III	任六山头南块	山头边界断层下降盘	雾二—雾五	均匀状白云岩
IV	任六山头北块	山头边界断层及内幕断层的上升盘	雾四—雾六	均匀状白云岩与泥质白云岩
V	任七山头南块	山头边界断层及内幕断层下降盘	雾三—雾五	均匀状白云岩
VI	任七山头中块	山头边界断层下降盘内幕断层上升盘	雾六—雾十	白云岩与泥质白云岩互层
VII	任七山头北块	内幕断层上升盘	雾三—雾五	均匀状白云岩
VIII	任十一山头	山头边界断层上升盘	雾一、雾二	均匀状白云岩

各区块平面位置分布如图 3 所示。

二、区块的类型及特点

根据本文所划分的 8 个区块的地质开发特征初步归纳为 4 种区块类型。

（一）高角度裂缝比较发育的纯白云岩型

这类区块包括：任十一山头、任九山头东块、任六山头北块。

1. 主要地质特征

（1）区块位于二级断裂的上升块，在古地貌上是隆起较高的山峦。地层层位雾一组至雾五组，岩性主要为一套块状白云岩。

（2）岩溶发育程度相对较差，据钻井液漏失资料统计，漏失率 58.3% ~ 75.0%，漏

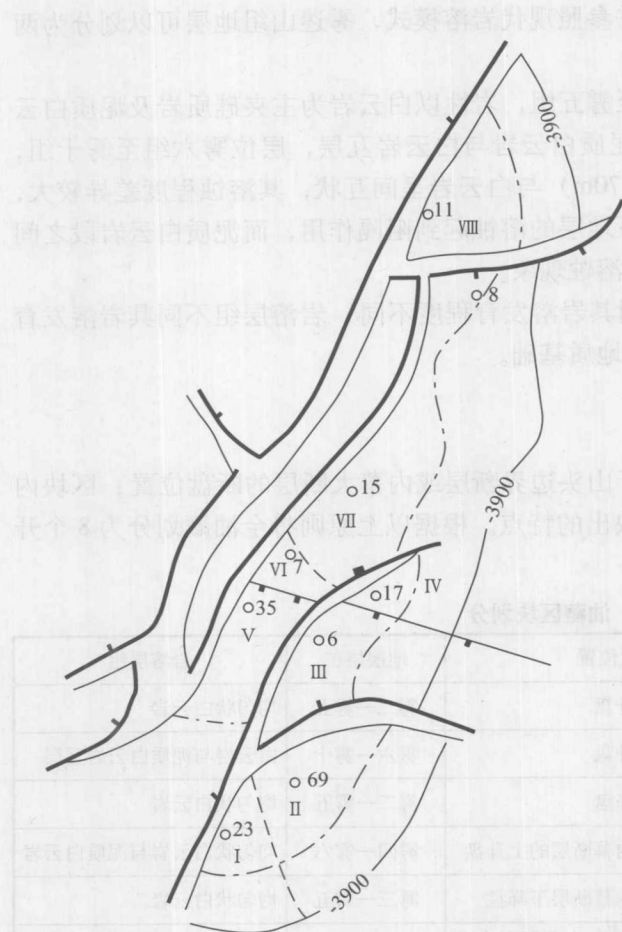


图3 任丘雾迷山组油藏区块划分平面图

失强度 $0.43 \sim 0.82\text{m}^3/\text{m}$ 。据测井资料统计,缝洞段厚度占揭开厚度的 $22.9\% \sim 28.9\%$,中子孔隙度 $6.75\% \sim 6.09\%$ 。

(3) 高角度裂缝发育并有少量缝宽大的裂缝。据任28井取心资料统计,裂缝倾角在 70° 以上的缝数频率达 87.7% , 80% 的裂缝其宽度为 $0.1 \sim 0.3\text{mm}$,缝宽 $1.2 \sim 7.0\text{mm}$ 的缝数占 4% ,缝宽大于 11mm 的裂缝16条,占 0.7% 。

(4) 小型溶蚀孔洞比较发育。任28井取心资料统计,溶蚀孔洞发育和比较发育的岩心厚度占 34.7% ,绝大部分孔洞直径小于 2mm 。

2. 主要开发特点

(1) 水锥高度大。根据有无水期的见水井统计,油井见水时的水锥高度达 $153 \sim 267\text{m}$,是各类区块中水锥高度最大的区块。如图4所示。

(2) 无水期短,含水期长。这类区块的无水期只有 $23 \sim 36$ 个月,无水期采出程度 $26.14\% \sim 39.5\%$ (占可采储量),大部分可采储量将要在含水期采出,其水驱规律与雁翎油田类似。根据雁翎油田水驱曲线计算, 37.2% 的可采储量要在高含水期 (含水率大于 75%) 和特高含水期 (含水率大于 90%) 采出。因此带水采油期长是这类区块的突出特点。分块情况见表7。

期采出,其水驱规律与雁翎油田类似。根据雁翎油田水驱曲线计算, 37.2% 的可采储量要在高含水期 (含水率大于 75%) 和特高含水期 (含水率大于 90%) 采出。因此带水采油期长是这类区块的突出特点。分块情况见表7。

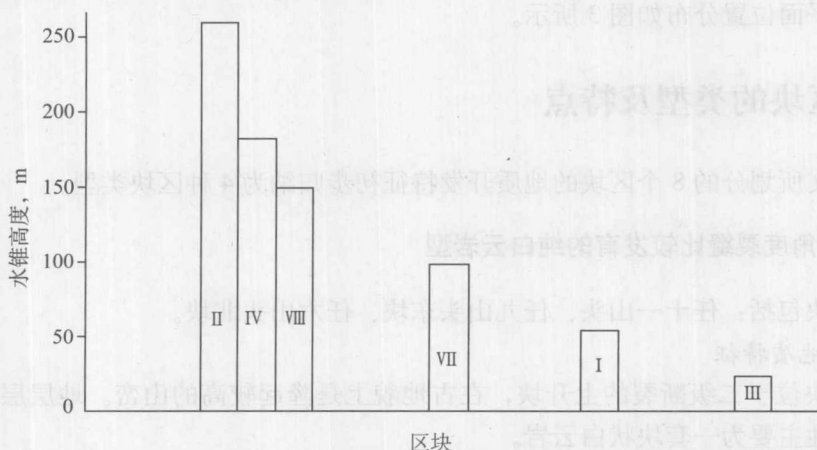


图4 各区块水锥高度直方图

表 7 各区块无水期与含水期采出程度对比

区块名称	无水期 月	无水期采油量 10 ⁴ t	可采储量 10 ⁴ t	无水期采出程度 %	含水期采出程度 %
任十一山头	36	938.3	2373	39.5	60.5
任九山头东块	28	123.9	474	26.14	73.86
任六山头北块	23	102.6	285	36.0	64.0

(3) 稳产期短，产量递减快。

石灰岩油田注水保持压力开发，无水期就是稳产期。由于这类区块的水锥高度大，油井见水快，所以无水期很短，稳产期也很短。进入含水期后产量即开始递减，其递减规律为指数递减，年递减 13% ~ 18%。如图 5 所示。

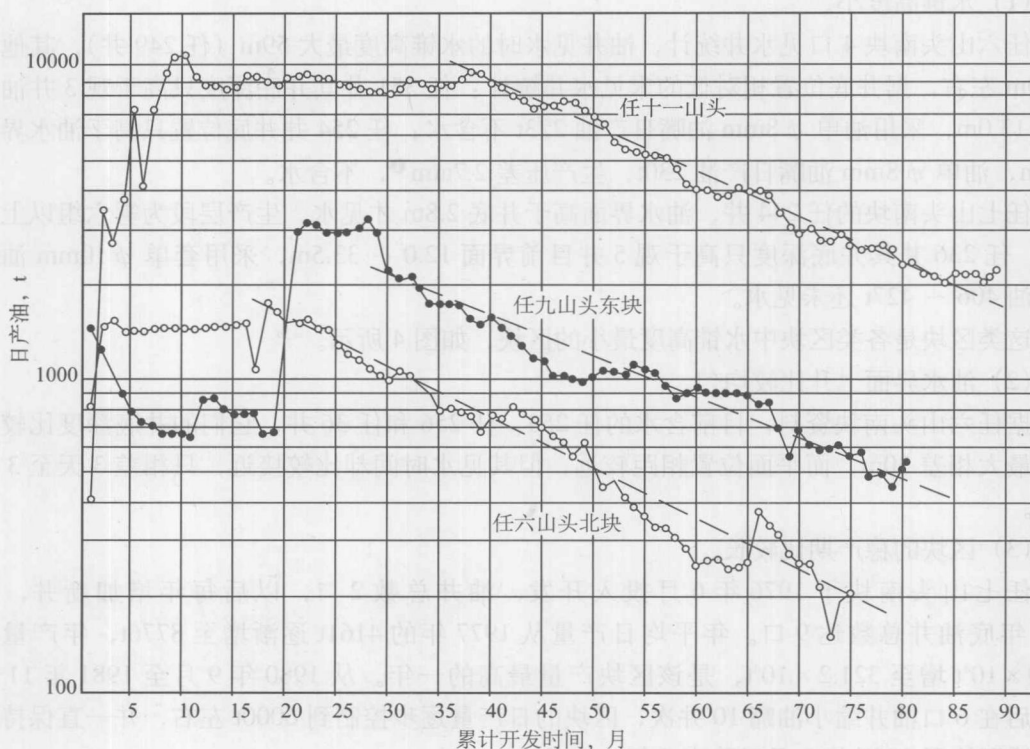


图 5 任丘雾迷山组油藏区块产量变化曲线

3. 目前开发状况

- (1) 这类区块的日产油量 2813t，占全油藏产量的 12.5%。
- (2) 水淹严重，目前含水井数已占油井总数的 91% ~ 100%。
- (3) 采出程度较高，区块的总累计采油量已占可采储量的 63.7% ~ 69.4%。
- (4) 区块产量继续下降，月递减 1.47% ~ 1.64%。

(二) 缝洞发育比较均匀的纯白云岩型

这类区块包括任六山头南块及任七山头南块。

1. 主要地质特征

(1) 区块位于二级断裂及任 49 井内幕大断层的下降块, 在古地貌上为相对较低的山峦。地层层位为雾三至雾五组, 岩性为块状白云岩。

(2) 岩溶比较发育。据钻井液漏失资料统计, 漏失率 85.7% ~ 88.2%, 漏失强度 1.61 ~ 3.29m³/m。

(3) 缝洞发育。据任 239 井岩心观察, 沿节理面或裂隙溶蚀扩大而形成的缝和洞比较发育, 常呈不规则网络状分布, 连通状况好。据测井资料统计, 缝洞段厚度比例较大, 占 40% ~ 45%, 中子孔隙度较高, 达 8.4% ~ 9.2%。缝洞段在纵向上的分布比较均匀, 据任七山头南块雾六组以上地层统计, 深度从 3050m 至 3250m, 每 50m 区间的缝洞段厚度百分比变化为 31% ~ 49%。

2. 主要开发特点

(1) 水锥高度小。

任六山头南块 4 口见水井统计, 油井见水时的水锥高度最大 59m (任 249 井), 其他均在 10m 左右, 据井底位置相对低的未见水井统计: 任 351 井其井底深度只高于观 3 井油水界面 13.0m, 采用油单 ϕ 8mm 油嘴日产油 223t 不含水; 任 254 井井底位置只高于油水界面 6.37m, 油单 ϕ 8mm 油嘴日产油 230t, 生产压差 2.7atm^①, 不含水。

任七山头南块的任 244 井, 油水界面高于井底 2.8m 才见水。生产层段为雾六组以上的任 5、任 236 井其井底深度只高于观 5 井目前界面 12.0 ~ 33.5m, 采用套单 ϕ 10mm 油嘴日产油 406 ~ 427t 还未见水。

这类区块是各类区块中水锥高度最小的区块, 如图 4 所示。

(2) 油水界面上升比较均匀。

据任六山头南块资料, 目前含水的任 253、任 256 和任 36 井, 它们的井底深度比较接近, 最大相差 30m, 而平面位置相距较远, 但其见水时间却比较接近, 只相差 3 天至 3 个多月。

(3) 区块的稳产期比较长。

任七山头南块于 1976 年 6 月投入开发, 油井总数 2 口, 以后每年增加新井, 至 1980 年底油井总数达 9 口。年平均日产量从 1977 年的 4161t 逐渐增至 8776t, 年产量从 151.9 × 10⁴t 增至 321.2 × 10⁴t, 是该区块产量最高的一年。从 1980 年 9 月至 1981 年 11 月曾先后在 6 口油井缩小油嘴 10 井次, 区块的日产量逐步控制到 6000t 左右, 并一直保持稳定。该区块至 1983 年 9 月已稳产 7 年 4 个月。

任六山头南块 1975 年投入开发, 油井总数 2 口, 以后每年增加新井和部分油井放大油嘴生产, 区块产量逐年上升, 到 1980 年 12 月油井总数达 11 口。最高日产达 7219t。自 1981 年 1 月至 1982 年先后在 6 口油井缩油嘴 12 井次, 区块的产量逐步控制到 5000t 左右。1982 年 7 月以后由于 3 口油井见水, 产量开始递减。该区块共稳产 6 年 11 个月。区块产量变化如图 6 所示。

(4) 油井见水后含水上升快, 含水期采油量低。

根据任六山头 3 口见水井统计, 平均月上升速度 5.7% ~ 8.6%, 每采 1 × 10⁴t 原油含水

① 1atm=101.325kPa。