

基岩油藏

中国油藏开发模式丛书

任丘碳酸盐岩油藏

T H E C A R B O N A T E
R E S E R V O I R S I N
R E N Q I U O I L F I E L D

赵树栋 等编著

石油工业出版社

学(北京)

349

12

登录号	138717
分类号	TE349
种次号	212

中国油藏开发模式丛书

Series on Reservoir Development Models in China

· 基岩油藏 ·

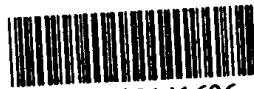
任丘碳酸盐岩油藏

The Carbonate Reservoirs in Renqiu Oilfield

赵树栋 等编著



1.0



石油大学0141606

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是《中国油藏开发模式丛书》分类模式部分“基岩油藏”的典型实例之一，是关于碳酸盐岩油藏开发模式研究方面的专著。

作者以冀中碳酸盐岩油藏近20年开发实践为依据，系统研究了碳酸盐岩油藏的物理模型和油藏储集层模式，并在此基础上建立了油藏地质模型，对不同地质模型油藏水驱油机理、开发特征、不同开发阶段的部署和对策进行了论述，并进行了开发模式的优化和评价；建立了不同类型碳酸盐岩油藏不同开发阶段钻井、试油、采油、集输工艺技术系列。对指导我国碳酸盐岩油藏的开发建立了科学模式。

本书可供从事石油地质、油田开发、数值模拟、矿场生产岗位的科研、技术人员和石油院校有关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

任丘碳酸盐岩油藏/赵树栋等编著.
北京:石油工业出版社,1997.1
(中国油藏开发模式丛书)
ISBN 7-5021-1903-5

I. 任…
II. 赵…
III. 碳酸盐油气田-油田开发-河北-任丘
IV. TE344

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 23947 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)
北京普莱斯特录入排版中心印刷厂排版
北京密云华都印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 360 千字 印 1—3000
1997 年 1 月北京第 1 版 1997 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-1903-5/TE·1602
精装定价:50.00 元 平装定价:35.00 元

《中国油藏开发模式丛书》

编辑委员会

主任 周永康

副主任 谭文彬 王乃举

成员 曾宪义 沈平平 金毓荪 张家茂

周成勋 万仁溥 刘万赋 冈秦麟

《中国油藏开发模式丛书》

一、总论

二、分类模式研究

多层砂岩油藏

基岩油藏

气顶砂岩油藏

常规稠油油藏

低渗透砂岩油藏

热采稠油油藏

复杂断块油藏

高凝油油藏

砂砾岩油藏

凝析油油藏

三、典型实例

序

早在1987年，王涛同志在大庆的一次会议上提出，我国的油田开发有着丰富的实践经验，需要总结一套油藏开发模式，以便对新油田开发和老油田提高水平做出指导。在此之后，中国石油天然气总公司开发生产局、科技发展局、北京石油勘探开发科学研究院组织了全国五十多名专家和数百名工程技术人员，历经八个年头，终于完成了这套《中国油藏开发模式丛书》的编写工作，现在就要出版同广大读者见面了。这是我国油田开发理论研究的系列成果，也是石油工业出版界的一件大事，值得庆贺！

《中国油藏开发模式丛书》包括总论、不同类型油藏开发模式专著和典型油藏开发实例三个部分。丛书共计40册，大约1500万字。它凝结着我国油田地质、油藏和采油工程科技人员的辛劳和智慧，是数十年油田开发实践中成功经验与失败教训的高度概括，从中可以窥见到中国式的油田开发工程的一些特色。

需要指出的是，在本书出版之前，石油科技信息研究所及有关油田曾经编纂出版了一套《国外不同类型油藏开发历程及工艺技术系列研究》成果，它是本丛书的姊妹篇，国外油田开发经验为《中国油藏开发模式丛书》的编著起到了借鉴作用。

前几年我曾经讲过一个认识，“抓产量不等于抓开发”。就是说油田开发有许多科学道理，有它自身的一些规律性，只有老老实实在地按照科学规律，不断提高新老油田的开发水平，才会有产量，也才会有更好的开发效益。我希望从事石油工作的同志，特别是油田开发工作者，能够抽时间读一读或者有选择地读读这套丛书，一定会得到不少的收益。成功和失败都是我们前进的基石，摆在我们石油工作者面前的路是宽广的，也是曲折的，让我们继续奋斗吧！

中国石油天然气总公司
常务副总经理

周永康
一九九〇年八月

前 言

碳酸盐岩油藏，在油藏成因、储层结构、开发特征、水驱油机理等方面均与碎屑岩沉积的砂岩油藏存在着较大的差异。因此，这类油藏在其开发程序、方案设计、技术政策界限、工艺技术系列上均与碎屑岩油藏存在着很大区别。《任丘碳酸盐岩油藏》从科学开发油田的技术角度出发，分析研究了多年来不同类型碳酸盐岩油藏开发的历程；遵照研究、归纳、总结、提高的原则，提炼出一套经济实用的相对最佳开发模式。

本书以冀中碳酸盐岩油藏为实例，研究了碳酸盐岩油藏形态物理模型和油藏储集层模式，并在此基础上建立了四种油藏地质模型。根据不同的油藏地质模型，论述了不同类型油藏水驱油机理，并以油藏开发实践为依据，研究了油田开发全过程的动态特征，确立了不同类型油藏不同开发阶段的部署及对策，对油藏开发模式进行了优化和评价，阐述了该类油藏提高采收率的方法与途径。

在地质模型及开发全过程研究的基础上，论述了不同类型碳酸盐岩油藏不同开发阶段与之相适应的配套工艺技术系列，包括钻井工艺、油井测试、试油工艺、采油工艺及地面集输工艺。

参加本书编写工作的人员：第一章赵树栋、王平生、唐飞、刘大昕、刘勇；第二章孙月明、邓华云、张旭；第三章包贻训、赵克敬、徐惠峰、吴蕴辉、赵辛红、张振清、鲍全生、范景斌、陈英民、甘湘怀。孙月明对第一、二章，张振清对第三章进行了修改。

本书在初稿完成后，征求了有关专家的意见，对书稿进行了补充与完善，最后由柏松章、赵树栋、杨培山定稿。参加本书编制与审定的还有陈宪侃、于庄敬同志。

由于我们的理论水平所限，不妥之处希望给予指正。

目 录

前言

第一章 碳酸盐岩油藏地质模型	(1)
第一节 碳酸盐岩油藏形态物理模型.....	(1)
一、油藏边界圈闭遮挡条件.....	(1)
二、油藏盖层条件.....	(2)
三、油藏形态物理模型.....	(3)
四、油藏内幕构造形态.....	(3)
第二节 碳酸盐岩油藏储集模式.....	(3)
一、储层发育与演化.....	(3)
二、储集空间类型.....	(7)
三、裂缝网格系统.....	(11)
四、宏观孔隙结构.....	(14)
五、微观孔隙结构.....	(15)
六、储集类型.....	(18)
七、储层孔隙喉道宽度的几个界限.....	(19)
八、储层划分标准.....	(21)
九、孔隙度的确定.....	(32)
十、储集渗流模式.....	(35)
第三节 碳酸盐岩油藏地质模型及实例.....	(37)
一、碳酸盐岩油藏地质模型.....	(37)
二、碳酸盐岩油藏地质模型实例.....	(37)
第二章 碳酸盐岩油藏开发模式	(54)
第一节 碳酸盐岩双重孔隙介质油藏水驱油机理.....	(54)
一、裂缝系统的水驱油机理.....	(55)
二、岩块系统的水驱油机理.....	(61)
第二节 油藏开发全过程的主要特点.....	(63)
一、开发过程的阶段划分.....	(63)
二、各开发阶段的开采特点.....	(65)
第三节 不同开发阶段的部署和对策.....	(76)
一、油藏早期评价阶段.....	(76)
二、开发方案部署阶段.....	(85)
三、开发调整阶段.....	(95)
第四节 开发模式的优化和评价.....	(112)
一、井网的优选.....	(112)
二、采油速度的优选.....	(115)

三、结论·····	(117)
第五节 提高采收率的方法·····	(118)
一、水驱开采后残余油的分布·····	(118)
二、提高采收率方法筛选·····	(120)
三、注气机理的室内试验研究·····	(121)
四、现场试验·····	(127)
第三章 碳酸盐岩油藏工艺技术系列·····	(132)
第一节 碳酸盐岩油藏钻井工艺·····	(132)
一、地质录井技术·····	(133)
二、完井方法及井身结构·····	(137)
三、井控技术·····	(138)
四、防斜打直技术·····	(140)
五、钻头选型和参数选配·····	(140)
六、取心工艺技术·····	(141)
七、钻井液及油气层保护技术·····	(141)
八、事故预防和处理·····	(143)
九、固井工艺技术·····	(144)
第二节 碳酸盐岩油藏测试试油工艺·····	(153)
一、测试试油程序及要求·····	(153)
二、测试试油工艺·····	(162)
第三节 碳酸盐岩油藏采油工艺·····	(168)
一、油田动态监测技术·····	(168)
二、酸化工艺技术·····	(175)
三、堵水工艺技术·····	(179)
四、分卡工艺技术·····	(183)
五、大排量抽油工艺技术·····	(190)
六、综合治理工艺技术·····	(192)
七、注入水水质标准·····	(193)
第四节 碳酸盐岩油藏地面集输工艺·····	(197)
一、油田总规模的确定·····	(197)
二、油气集输流程的选择·····	(198)
三、原油处理·····	(205)
四、原油储存·····	(209)
五、天然气处理·····	(210)
六、污水处理和注水·····	(213)
七、进一步探讨的问题·····	(215)
参考文献·····	(217)

第一章 碳酸盐岩油藏地质模型

碳酸盐岩油藏是由圈闭体、储集体和流体组成的地质体，它包括盖层、圈挡层和含油储集层。碳酸盐岩油藏地质模型是碳酸盐岩油藏地质特征和成藏机理的概括，反映各类油藏的标准地质式样、成藏规律和驱油机理，包括不同类型油藏的形态物理模型和储集渗流模式。

本书以渤海湾地区任丘、雁翎等油藏为基础，研究碳酸盐岩油藏地质模式的建立和特点。

第一节 碳酸盐岩油藏形态物理模型

华北碳酸盐岩油藏形态物理模型是渤海湾地区碳酸盐岩油藏的典型形态描述，其中包括含油地质体顶面形态物理模型、边界遮挡条件、盖层条件和内幕构造形态模型等几个方面内容。

一、油藏边界圈闭遮挡条件

碳酸盐岩含油地质体的边界圈闭遮挡条件，一是靠潜山顶面下倾、上覆泥质盖层圈闭遮挡，二是靠边界大断层下降盘泥质层遮挡。往往碳酸盐岩油藏一侧或两侧为边界大断层遮挡，而其它方向为潜山面下倾圈闭。

1. 断层遮挡

渤海湾含油区碳酸盐岩油藏的形成与断层有密切关系，在油藏形成之际，边界大断层正当活动阶段，是油气运移的通道，油藏形成之后，断层停止活动，又是遮挡油气外溢的条件。每个碳酸盐岩油藏都有众多的不同等级的断层，依据形成时间、分布位置和对油藏的意义，大致可分为三类：

第一类是油藏内部的小断层，断距仅几米至几十米，延伸不过数百米，成组系分布，密度较大，这类断层既不起边界断层遮挡油气的作用，又不能分割含油断块，只能连通孔洞，是流体运动的主要通道。

第二类是油藏中的主要断层，断距可达数百米，延伸数千米，形成时间较晚，在油藏中不起圈挡作用，但能分割含油断块和不同的含油山头。

第三类是古潜山油藏的边界大断层，分布于凸起与凹陷之间（古潜山与凹槽之间），这类断层是第三纪沉积早期就开始活动的同沉积拉张大断层。第三系生油岩沿断层下降盘凹槽分布，油气通过断面向潜山碳酸盐岩中运移聚集，同时断层垂直断距大于潜山含油高度，断层下降盘的第三系倾向与潜山面坡向相反，所以边界断层又起到遮挡油气外溢的作用，成为碳酸盐岩潜山油藏圈闭遮挡条件。

潜山油藏的边界断层平面上多为直线形或弧形，剖面上呈陡坎形或上陡下缓的坐椅形，从断棱到油水界面的平面投影宽度较窄。

任丘雾迷山油藏的任西断层，河间高于庄油藏的河间断层等都是边界大断层，对油藏起遮挡作用。

2. 潜山面下倾上覆盖层覆盖圈挡

碳酸盐岩古潜山油藏的高部位，一般都靠近边界大断层附近，边界大断层活动，上升盘抬升成翘倾单面山，其下倾言向是上覆盖层覆盖遮挡的油藏边界。边界断层活动的时间有早有晚，断层的断距有大有小，油藏边界圈挡的地层有新有老，从而潜山面下倾上覆盖层覆盖圈挡又可划分为两种边界模型：

第一种，由石炭二叠系煤系地层圈挡的奥陶系碳酸盐岩油藏。这类油藏边界断层形成时间较晚（始新世后），断距较小，碳酸盐岩地层以上仍保存较厚的石炭二叠系地层。石炭二叠系为碳酸盐岩油藏的边界圈挡地层。

第二种，由第三系泥质岩圈挡的元古界一下古生界碳酸盐岩油藏。这类油藏边界断层形成时间较早（第三纪前），断距较大，断层上升盘经过强烈风化剥蚀，形成碳酸盐岩古潜山，始新世以后地壳下沉，下第三系超覆覆盖在碳酸盐岩古潜山之上。碳酸盐岩古潜山从高部位向外侧地层越来越新，而第三系盖层从潜山高部位向外地层越来越老，两套地层为角度不整合接触，形成羽状交会。

二、油藏盖层条件

渤海湾碳酸盐岩潜山油藏盖层以其地层时代和岩石组合类型可划分为两种：第一种为石炭二叠系盖层，潜山地层与盖层为平行不整合接触，盖层由铝土质泥岩、炭质泥岩、含煤线泥岩组成，盖层厚度大于100m，遮盖条件较好。第二种为下第三系泥质岩盖层，下第三系地层超覆于碳酸盐岩潜山之上，两者为角度不整合接触。第三系盖层底部往往有砂砾岩层（具有一定渗透性），但多为透镜状分布，并向油藏外侧倾斜，所以第三系底部砂砾岩不破坏第三系的盖层条件。大套连片分布的厚层（单层厚大于15m）泥岩，一般距碳酸盐岩潜山顶面30~40m，与下部泥岩组成统一的第三系盖层（图1.1）。

由于第三系底部的砂砾岩和新生代强烈的构造断裂活动，降低了第三系的遮盖能力，造成石炭二叠系盖层优于第三系盖层，石炭二叠系覆盖的古潜山油藏油质轻，气油比高，而第三系覆盖的古潜山油藏油质重，气油比低等结果。

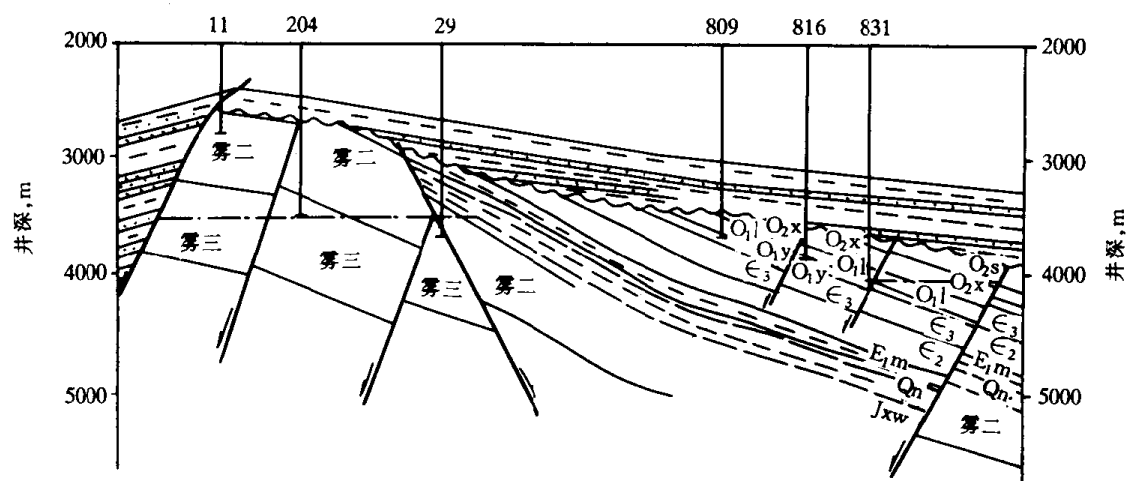


图 1.1 任丘潜山盖层分布图

O_{2s} 上马家沟组 O_{2x} 下马家沟组 O_{1l} 亮甲山组
O_{1y} 冶里组 E₃ 上寒武统 E₂ 中寒武统
E_{1m} 下寒武统馒头组 Qn 青白口系 Jxw 蓟县雾迷山组

三、油藏形态物理模型

油藏形态是指受边界条件限制的油藏顶面形态和剖面形态，碳酸盐岩油藏形态一般可归纳成四种类型：

1) 残丘形：残丘形碳酸盐岩油藏均由元古界藻云岩组成。残丘形态差异较大，有浑圆形单高点残丘，也有沿边界大断层分布的多高点残丘，残丘一侧为边界断层，而其它方向为碳酸盐岩顶面下倾，形成弧形封闭边界。

2) 断块形：碳酸盐岩油藏边界多被断层切割遮挡称断块形油藏，油藏边界平直，平面上呈多边形，断块顶面多为单向倾斜的斜坡形，高部位靠近边界大断层。奥陶系碳酸盐岩油藏断块形较多。

3) 斜坡形：斜坡形油藏形态是奥陶系厚层状碳酸盐岩潜山油藏中的一种特殊形态，一般分布于潜山腰部。向潜山高部位受风化剥蚀的影响奥陶系剥蚀尖灭，潜山顶面第三系盖层与储层下部泥质隔层相交遮挡圈闭，下倾方向为油水界面，底部为泥质隔层，剖面上呈三角形（也称楔形），两侧受断层阻隔。

4) 单斜形：寒武系府君山组层状白云岩油藏多为单斜形油藏（参看任北府君山组油藏形态图）。府君山组分布于潜山的腰部，地层倾角大于潜山坡角度，故府君山组上倾方向与风化壳会合，形成府君山组白云岩风化窗口，向下插入古潜山腹部，被寒武系馒头组泥质岩遮盖，两侧断层切割遮挡，形成层状单斜形碳酸盐岩油藏。

四、油藏内幕构造形态

碳酸盐岩油藏内幕构造形态的变化，主要受地层褶曲与断层切割的影响。渤海湾地区碳酸盐岩油藏内幕构造有单斜形和半背斜形两种，不同的油藏外部形态都可成单斜形和半背斜形内幕构造。而内部构造形态为单斜形的碳酸盐岩油藏，顶部形态（潜山形态）一般均为单斜断块，碳酸盐岩地层倾向与潜山坡向相近，地层倾角大于坡度角，所以潜山高部位地层老，低部位地层新，主断层位于油藏高部位。半背斜构造是背斜构造遭断层切割的残留部分，断层一盘形成半背斜潜山油藏。

第二节 碳酸盐岩油藏储集模式

碳酸盐岩储层发育特征与碳酸盐岩石类型有密切的关系，元古界碳酸盐岩（高于庄组及雾迷山组等）以各种结构的白云岩为主（表 1.1），下古生界（寒武系府君山组及奥陶系）以各种结构的石灰岩和粉—细晶白云岩为主（府君山组主要为白云岩）表（1.2）。

一、储层发育与演化

渤海湾地区中上元古界—下古生界碳酸盐岩储集孔隙以次生成因为主，其储层发育演化过程，实际上就是碳酸盐岩沉积成岩后各种地质作用建造次生孔隙的全部过程，不同地史阶段，不同成因的孔隙形成—退化—新的孔隙形成—再退化，直至油气聚集阶段仍然残存的储集孔隙变化的描述。

1. 裂缝溶洞型储层发育与演化

冀中奥陶系油藏为裂缝溶洞型储集类型，早中奥陶世，冀中处于浅海陆棚的生物、化学

表 1.1 元古界碳酸盐岩油藏岩石类型表

岩石类型		占厚度百分比 %
大 类	小 类	
隐藻白云岩	层纹石白云岩 凝块石—残余凝块石白云岩 锥状、柱状、小波纹、大波纹、 掌状迭层石白云岩	45.0
颗粒白云岩	砂砾屑白云岩 鲕粒白云岩	10.0
化学白云岩	泥—粉晶白云岩	5.7
(含) 泥质白云岩	含泥、泥质白云岩	4.0
(含) 硅质白云岩	含硅、硅(化)质白云岩	13.8
角砾状白云岩	构造角砾状白云岩 溶塌角砾状白云岩 风化溶淋角砾状白云岩	21.5

表 1.2 下古生界碳酸盐岩油藏岩石类型表

岩石类型		占厚度百分比 %
大 类	小 类	
石灰岩类	泥晶灰岩 砂砾屑灰岩 角砾状灰岩 生物碎屑灰岩 藻灰岩 鲕状灰岩	55
石灰岩—白云岩类	(含) 灰质泥—粉晶云岩 (含) 云质泥晶灰岩	10
白云岩类	粉细晶白云岩 藻白云岩 角砾状白云岩	20
泥质碳酸盐岩类	(含) 泥质泥晶灰岩 (含) 泥质泥—粉晶云岩 泥灰岩 泥云岩	10~15
泥岩类	(含) 灰质泥岩 (含) 云质泥岩 泥(页)岩	5~10

和机械沉积环境，接受了一套浅海陆棚相碳酸盐岩沉积。奥陶系沉积以后，经压实胶结，结晶交代成岩，原生孔隙逐步减少，成为准同生白云岩和不同结构的石灰岩；中奥陶世末至中石炭世早期，加里东运动使华北整体抬升，奥陶系顶面经风化剥蚀淋漓，大量溶蚀孔缝洞形成；中石炭世以后，渤海湾地区又复下沉，奥陶系风化壳之上沉积了中石炭—二叠系地层，奥陶系风化淋漓带的次生孔隙被充填堵塞，结合重结晶作用和白云岩化作用，奥陶系的准同生白云岩转变成准同生后白云岩，晶间孔隙增加；中生代受燕山运动的影响，渤海湾地区褶皱断裂运动强烈，在翘倾断块的高部位，奥陶系上覆地层被剥蚀，碳酸盐岩再次出露地表，经过大气降水的风化淋漓，溶蚀溶解，产生大量风化溶蚀空隙；始新世后，地壳再次下沉，奥陶系被第三系砂泥岩超覆覆盖，表生期的风化溶蚀空隙又一次被充填堵塞（但仍残留部分次生空隙）；晚第三纪以后的新构造运动和油田水的溶解作用，在奥陶系碳酸盐岩中又营造出少

量构造缝和溶蚀孔洞缝，组成奥陶系碳酸盐岩古潜山储层的孔隙系统（图 1.2）。

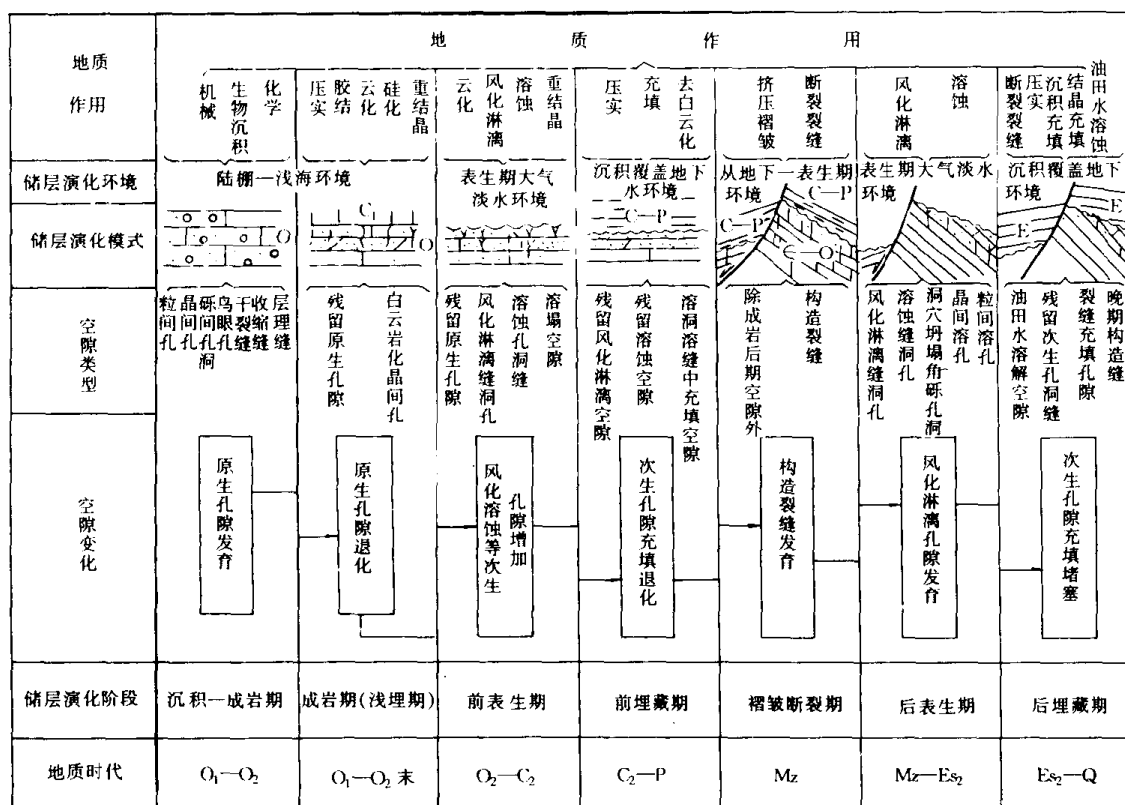


图 1.2 裂缝溶洞型储层演化模式图表

2. 裂缝孔隙型储层发育与演化

寒武系府君山组白云岩为裂缝孔隙型储集类型，其储层发育演化过程较裂缝溶洞型缺少前表生期，成岩早期（浅埋期）与成岩期（深埋期）为连续过渡的地质阶段，储层演化仅经历了五个阶段，即沉积—成岩早期、成岩期、褶皱断裂期、表生期和后埋藏期。成岩期是府君山组白云岩化的主要形成阶段，也是晶间孔隙形成的主要阶段；准同生后白云岩经过构造应力作用，构造缝产生；中生代晚期到早第三纪是府君山组储层上倾部位遭受风化淋滴，大气降水沿府君山组风化窗口经准同生后白云岩晶间孔隙顺层侵入溶解，使晶间孔变成晶间溶孔，扩大了白云岩储层的孔隙和喉道，造成府君山组顺层溶蚀孔隙带（层）；后埋藏期的地质作用与裂缝溶洞型储层相同，但充填堵塞作用主要发生在府君山组风化窗口附近，充填堵塞作用较弱（图 1.3）。

3. 复合型储层发育与演化

中元古界蓟县系雾迷山组组成复合型储集类型的碳酸盐岩油藏，储层发育演化阶段可分为沉积期、成岩期、前表生期、前埋藏期、褶皱断裂期、后表生期和后埋藏期等七个阶段，有些演化阶段在时间上不能截然分开，如沉积期和成岩期，褶皱断裂期和后表生期等。碳酸盐岩与碎屑岩不同，成岩作用很早，上部碳酸盐沉积，下部已开始成岩，所以沉积期就开始成岩，成岩阶段继续接受沉积。褶皱断裂期与后表生期也难截然分开，后表生期的褶皱断裂作用仍很强烈，但从雾迷山组储层发育的时空关系分析，一般总是褶皱断裂运动发生在前，断层上升盘高部位的雾迷山组露出地表，经过表生期的风化淋滴，形成次生溶蚀孔洞缝发育的复合型储集层。后埋藏期主要以充填堵塞作用为主，次生孔隙退化减少（图 1.4）。

地质作用	地质作用				
	机械 生物沉积 化学	压实 胶结 云化 重结晶	挤压褶皱 断裂裂缝	风化淋滴 溶蚀溶解	压实 沉积充填 结晶充填 油田水溶解
储层演化环境	陆棚—浅海环境转变为深埋地下封闭地下水环境	陆棚—浅海环境转变为深埋地下封闭地下水环境	从封闭的地下水环境转变为表生期环境	表生期大气淡水环境	沉积覆盖地下水封闭环境
储层演化模式					
空隙类型	晶间孔 粒间孔 层间缝 压溶缝	晶间孔 粒间孔 层间缝 压溶缝	残留原生孔 层间缝 构造缝	风化淋滴空隙 晶间孔 层间缝 压溶缝	构造缝 残留次生孔隙 晶间孔 层间缝 压溶缝
空隙变化	原生孔隙发育	原生孔隙退化 后白云岩晶间孔发育	构造裂缝发育	风化溶蚀空隙发育	增加少量构造缝 次生孔隙充填堵塞
储层演化阶段	沉积—成岩早期 (浅埋期)	成岩期 (深埋期)	褶皱断裂期	表生期	后埋藏期
地质时期	ϵ_f	ϵ_{1f} 末—P	Mz	Mz—E ₂	E ₂ —Q

图 1.3 裂缝孔隙型储层演化模式图表

地质作用	地质作用						
	机械 生物沉积 化学	压实 胶结 云化 重结晶	风化淋滴 溶蚀 云化 重结晶	挤压褶皱 断裂裂缝	风化淋滴 溶蚀溶解	压实 沉积充填 结晶充填 油田水溶解	压实 沉积充填 结晶充填 油田水溶解
储层演化环境	陆棚—浅海海湾环境	陆棚—浅海海湾环境	表生长期大气淡水环境	沉积覆盖地下水环境	从地下一表生期环境	表生期大气淡水环境	沉积覆盖地下水环境
储层演化模式							
空隙类型	晶粒藻类层压干 间间窗眼间溶裂 孔孔孔孔孔孔缝	晶粒藻类层压干 间间窗眼间溶裂 孔孔孔孔孔孔缝	溶蚀空隙 层间缝 压溶缝 残留原生孔	残留原生孔 残留溶蚀空隙 残留风化淋滴空隙 缝间充填残留空隙	残留风化淋滴空隙 缝间充填残留空隙 构造裂缝	残留风化淋滴空隙 缝间充填残留空隙 构造裂缝	残留次生空隙 裂缝充填残留空隙 晚期构造缝 油田水溶解空隙
空隙变化	原生孔隙发育	原生孔隙退化	风化溶蚀等次生空隙	次生空隙充填退化	构造裂缝发育	风化溶蚀空隙发育	增加少量构造缝 次生孔隙充填堵塞
储层演化阶段	沉积期	成岩期 (浅埋期)	前表生期	前埋藏期	褶皱断裂期	后表生期	后埋藏期
地质时代	Jxw	-Jxw 末	Jxw 末—Qn 前	Qn 前—Pz ²	Mz	Mz—E ₂	E ₂ —Q

图 1.4 复合型储层演化模式图表

4. 似孔隙型储层发育与演化

冀中饶阳凹陷东部碳酸盐岩潜山油藏储层以似孔隙型储集类型为主，其储层发育演化阶

地质作用	地质作用						
	机械 生物 化学 沉积	压实 胶结 云化 硅化 重结晶	风化 淋溶 溶解 云化 重结晶	压实 充填 硅化 重结晶	挤压 褶皱 断裂 裂缝	风化 淋溶 溶解	压实 沉积 结晶 水溶解
储层演化环境	陆棚—浅海—海湾环境	表生期大气淡水环境	沉积覆盖地下水环境	从地下水—大气淡水	表生期大气降水环境	沉积覆盖地下水环境	油田水溶解
储层演化模式							
孔隙类型	晶粒间孔 藻间孔 鸟眼孔 层间孔 压溶缝 干裂	晶粒间孔 藻间孔 鸟眼孔 层间孔 压溶缝 干裂	溶蚀孔隙 层间孔 压溶缝 残留原生孔	裂留空隙 充填残留空隙	残留空隙 充填残留空隙 构造缝	残留溶蚀空隙 充填溶蚀空隙 构造缝 风化淋溶空隙 溶蚀溶解空隙	残留空隙 充填残留空隙 晚期构造缝 新生溶解空隙
孔隙变化	原生孔隙发育	原生孔隙退化	风化溶蚀次生孔隙发育	次生孔隙充填退化	构造缝发育	风化溶蚀空隙构造缝发育	少量构造缝及溶孔 空隙充填堵塞产生
储层演化阶段	沉积期	成岩时期	前表生期	前埋藏期	褶皱断裂期	后表生期	后埋藏期
地质时代	Chg	-Chg末	Chg末 - Jxy前	Jxy - Pz ²	Mz	Mz - Es ₂	Es ₂ - Q

图 1.5 似孔隙型储层演化模式图表

段与复合型相同，但褶皱断裂期以前四个演化阶段的地质时期与复合型不同（图 1.5）。油藏主要储集空间发育于褶皱断裂期和后表生期，燕山期元古界碳酸盐岩遭受强烈构造变动，断裂破碎成糜棱岩化构造角砾岩，后表生期又经风化溶蚀，角砾岩转变成溶蚀缝洞孔极其发育的似孔隙型储层，虽然后埋藏期次生孔隙被局部堵塞，但残存孔隙空间仍然十分发育。

渤海湾地区中元古界—下古生界碳酸盐岩储层发育演化时间很长，一般均经历了以原生孔隙为主的碳酸盐岩沉积成岩早期，逐渐经过埋藏期、前表生期、褶皱断裂期、后表生期和后埋藏期等几个阶段的改造，原生孔隙退化减少，次生孔隙形成，继而部分孔隙空间充填堵塞……，最终形成以次生构造溶蚀孔隙为主的碳酸盐岩储集层。

四种储集类型发育演化的时间不同，而其演化阶段大体划分为两类。裂缝溶蚀型储层、似孔隙型储层和复合型储层，两次暴露地表，经历两个表生期的改造，而裂缝孔隙型储层沉积成岩以后，仅一次暴露地表，经历一个表生期的改造。渤海湾潜山碳酸盐岩储层次生孔隙（裂缝与溶蚀孔隙）主要形成于燕山期褶皱断裂运动和后表生期的风化淋溶作用，后埋藏期是潜山碳酸盐岩油藏的形成阶段，油田水中的有机质脱羧基作用，地下水中 CO₂ 含量增加，加强了油田水的溶解能力，碳酸盐岩储层中的次生孔隙继续溶解扩大，形成潜山碳酸盐岩油藏储层孔隙结构的现今状态。

二、储集空间类型

潜山碳酸盐岩储层的孔隙类型以构造溶蚀孔洞缝等次生孔隙为主，储集渗透空间形态多

样，大小悬殊，分布不均，以其形态和成因大致可划分为三类十八种（表 1.3）。

表 1.3 空隙分类表

形态	成因分类		大小（直径或宽度）， μm	地质作用	分 布
洞	溶洞	大	$>5 \times 10^5$	溶 蚀	沿断层岩溶带
		中	$5 \times 10^5 \sim 1 \times 10^4$		
		小	$1 \times 10^4 \sim 2 \times 10^3$		
缝	构造溶蚀缝	大	>100	构造溶蚀	沿构造缝
		中	100~10		
		小	10~1		
	构造缝 层间缝 压溶缝		<1 10~200 几	构 造 沉 积 沉积成岩	多垂直斜交层面 顺层面 多平行层面
孔	藻架孔		几十~2000	沉 积	藻云岩层
	基质溶孔		几十~几百	溶 积	与裂缝连通
	砾间孔		几~几百	风化、构造、溶蚀	角砾岩层
	粒间孔		几~几十	沉 积	藻团球粒层
	晶间孔		几~几十	沉积、成岩、成岩后	中细晶云岩层
	砾内孔		几十~几	溶 蚀	角砾岩层
	裂缝充填砾间孔		几~几十	充 填	裂缝带
	裂缝充填砾间孔		几~几十	充 填	裂缝带
	裂缝充填晶间孔		几~几十	充 填	裂缝带

洞——空隙三度空间长度相近，均大于 2mm；

孔——空隙三度空间长度相近，均小于 2mm；

缝——空隙三度空间长度相差悬殊，一度很小，另外两度很大，其比值小于 1:10。

1. 洞

主要由溶蚀作用形成，少量为砾石支撑砾间小洞。洞穴的空隙体形较大，直径大于 500mm 者称为大洞，根据任丘雾迷山组复合型储层统计，大洞的孔隙度约为 0.5% 左右，主要分布于大断层带和风化壳附近；直径小于 500mm、大于 10mm 者为中洞，大于 2mm、小于 10mm 称为小洞，分布于粗结构藻云岩层中，并与断裂裂缝有依存关系，复合型储层中小型洞孔隙度约为 0.3% 左右。故溶洞在复合型储层中的孔隙度约为 0.8%，而裂缝溶洞型储层溶洞孔隙度占总孔隙度比例较大，一般均超过 50%。

2. 孔

孔是碳酸盐岩储层中数量最多的空隙空间，一般直径仅几微米至几百微米，其成因类型比较复杂，有晶间孔、粒间孔、藻架孔和溶蚀孔等。由各种微孔及微细构造缝组成的孔隙称为基质孔隙系统，其孔隙度可达 1.8%~3.5%。基质孔隙发育程度受岩石结构控制，粗结构的藻云岩，凝块石云岩及粗粉—细晶云岩基质孔隙较发育，而细结构的泥云岩、泥晶灰岩基质孔隙很少。

3. 缝

缝是渤海湾碳酸盐岩油藏中极其发育的孔隙类型，主要是构造成因的构造缝和构造溶缝，其次是层理缝，压溶缝较少。