

气顶砂岩油藏开发模式

中国油藏开发模式丛书

气顶砂岩油藏 开发模式

T H E D E V E L O P M E N T
M O D E L S O F G A S
C A P S A N D S T O N E
R E S E R V O I R S

张朝琛 等编著

(北京)

349

09

石油工业出版社

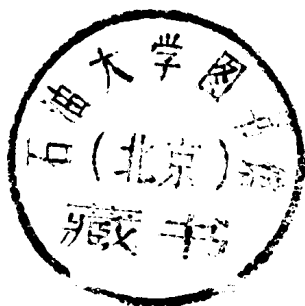
登录号	124152
分类号	TE349
种次号	009

中国油藏开发模式丛书
Series on Reservoir Development Models in China

气顶砂岩油藏开发模式

The Development Models of Gas Cap Sandstone Reservoirs

张朝琛 等编著



石油0116944

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是《中国油藏开发模式丛书》的分类模式研究专著之一——气顶砂岩油藏。

本书以大庆油区的喇嘛甸，辽河油区的双台子，中原油区的濮城西沙二等气顶砂岩油藏的开发实践为基础，论述了气顶砂岩油藏的开发类型与开发体系，气顶油藏储层流体的相态与工程分类，储层的开发地质特性，渗流特征与机理。系统介绍了气顶开发的研究与油区开发的评价，井下工艺及采出流体的地面工程，包括产出物分离、计量及注气设施。附录中简介了国外若干有开发特色的气顶油藏概况以便对比和借鉴。本书旨在反映中国已开发气顶砂岩油藏的成就和经验，也试图论述开发此类气顶油藏的技术思路、见解和分析。

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

气顶砂岩油藏开发模式/张朝琛等编著.

北京:石油工业出版社,1997.9

(中国油藏开发模式丛书)

ISBN 7-5021-2125-0

I. 中...

II. 张...

III. 气顶油藏:砂岩油气藏-油田开发-中国

IV. TE349

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 20489 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 18 印张 2 插页 460.8 千字 印 1—2000

1997 年 9 月北京第 1 版 1997 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2125-0/TE·1785

定价:50.00 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

编辑组成员

组长 金毓荪

成员 李志勋 杨贤梅 李春如

张卫国 戚玥瑛

《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

裂缝性潜山基岩油藏

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

复杂断块砂岩油藏

高凝油油藏

砂砾岩油藏

凝析油油藏

三、典型实例

大庆萨葡油层多层砂岩油藏

东胜堡变质岩油藏

胜坨沙二段多层断块砂岩油藏

曙光古潜山油藏

王场油田潜三段多层砂岩油藏

任丘碳酸盐岩油藏

老君庙 L 层多层砂岩油藏

王庄变质岩油藏

喇嘛甸层状砂岩气顶油藏

羊三木常规稠油油藏

双台子气顶砂岩油藏

孤岛常规稠油油藏

濮城西沙二气顶砂岩油藏

红岗萨尔图层低渗透砂岩油藏

曙光杜 66 热采稠油油藏

扶余裂缝型低渗透砂岩油藏

单家寺热采稠油油藏

马西深层层状低渗透砂岩油藏

克拉玛依九区热采稠油油藏

马岭层状低渗透砂岩油藏

老君庙 M 层低渗透砂岩油藏

东辛复杂断块油藏

静安堡高凝油油藏

文明寨极复杂断块油藏

小集高凝油油藏

钟市复杂小断块油藏

魏岗高凝油油藏

双河油田砂砾岩油藏

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！

周永康
一九九八年八月

前 言

本书是《中国油藏开发模式丛书》的分类模式研究专著之一，编写本书的目的是对中国已开发的各类气顶油藏的开发思路、方式、方法、手段、技术、效果、经验和实例进行客观地、科学地概括、剖析和系统化，将从事气顶油藏开发的成千上万石油人，历时多年的艰辛劳动成绩和所形成的有中国特色的开发模式，用成书的形式凝固起来，希望能为未来新的气顶油藏开发，为已开发的气顶油藏进一步改善开发效益，为新从事油田开发的人们提供参考，提供资料，以供借鉴。油田开发作为一种工程技术，有它的特殊之处。油田开发初期对所追求的深藏地下的油藏是通过种种媒体的间接资料介绍，有关油藏形状和结构的认识，是否是油藏的真实相貌还有待在开发过程中长期深入的探索，需要经过多年的研究，才能认识油藏的真面目，待到对油田性质真正有所了解时，可惜油田的开发过程往往也将进入中、后阶段。

正因如此，将各类油田的开发从经验提升到规律，从总结到提高，从继承到发展，从个别的实例提升到分类的模式，就是试图从必然王国走向自由王国，实质上是一次认识上的飞跃，技术上的发展。应该说，探讨油田的开发模式要更多的关注认识论和方法论的问题，即如何通过科学的系统方法，加快加深对油藏特性真实的较全面和较准确的认识，就可以在油田开发上自始至终处于主动和赢得胜利。

我国气顶油藏的发现和开发，从东部到西部正方兴未艾。60年代前后发现的气顶油藏都陆续以不同方式投入开发，走过了二、三十年的开发历程。回顾60年代的国情和技术条件，这些气顶油藏的开发，克服了诸多困难，摸索总结了诸多可贵的经验教训，发展了诸多配套的技术，培养了一代代的新人，完成了国家生产任务。因此，编写本书的任务不是抒发个人或少数人的见解，乃是要力图将成千上万从事气顶油田开发人员多年来对各类气顶油藏的认识、研究成果和开发经验，对气顶油藏规律性的认识和在科学技术上的进步，以及在对地下资源的利用和保护方面取得的成绩，都尽量能在本书中有所反映。

本书在编写过程中，参阅和引用了王启民、杨国绪、赵良全等编著的喇嘛甸、双台子、濮城西等气顶油藏典型实例研究，参考引用了曹维康、杨国绪、赵启双、牛仲仁、冀宝发、赵永胜、马启贵、肖敏、金龙林等有关这些气顶油藏的研究成果及分析、考察与调查报告，在此谨对上述专家及大庆、辽河、中原油区参与这一开发模式研究的、未能一一列举的、长年献身气顶油藏开发和作出贡献的技术人员、专家和领导表示衷心感谢！本书所做的工作和目标力图把多个油区在这方面多年的工作成就集中整理展现于世。

在书稿的编写和审查过程中，谭文彬、王乃举、曾宪义、沈平平、金毓荪、张家茂、周成勋、冈秦麟、唐曾熊、韩大匡、万仁溥、裘恽楠、刘翔鄂、刘文章、刘万赋、赵良才、余守德、柏松章和杨贤梅、李春如等领导及专家提出了许多有启迪性的见解和指导性意见，对本书的修改和定稿发挥了重要作用。中国石油天然气总公司信息研究所的领导和同志也给予了多方面的支持，是短期内成书所不可少的，谨此一并致谢。

全书共分八章。由张朝琛主编，并负责各章的补充、修改及全书定稿；参加编写的有蔡建华（第一章第一、三节、第四章第二至六节及第六章）；钱兴坤（第三章）；郑玲玲（第七章及附录的第一、第三至第九节）；周竹眉（第五章第一、五、六节）；张琰琰（第二章第四

至第七节)。在编写过程中克服了许多困难，也深化了对油田开发的认识。但毕竟由于经验、条件和水平有限，成书后也可能出现诸多遗憾和不足，敬请识者不吝指正。

Abstract

This book is one of the series on Reservoir Development Models in China. The purpose of the book aims at objectively and scientifically summarizing, analyzing and systematizing to the developing ways, means, methods, technologies, effects, experiences and examples of various gas cap reservoirs ever developed in China. The book is an embodiment of the superb wisdom and achievements reached by thousands of petroleum personnel upon their years' hard work on oil field development with Chinese characteristics. The book intends to further improve the development efficiency to both forthcoming and already existed gas cap reservoirs to provide experiences and information for reference to new staff working on oil field development at the turn of the century. The past is the prologue. As one of the engineering technologies, the oil field development has its distinguishing features. At initial development period, the understanding of the deeply buried reservoirs is very superficial. The realization to description and understanding of the reservoir shapes and structures is through indirect data, say by means of media, impression acquired somewhat similar to drawing a dipper with a gourd as a model. Whether or not it is the true look of reservoirs depends on deep and long-term research. Till oil field nature having been understood rather comprehensively, the oil field development has already irretrievably come to its final phase by then. It is definitely a matter of regret. So when reviewing the development process, though strokes of genius and joys of success exist in different periods of oil field development, a sea of eternal regrets still inevitably lay behind towards the altitude to reservoirs and measures taken.

Just because of the above reasons, the development of various oil fields are analyzed from experience to law, from summary to improvement, from inheritance to advancement, and from individual cases to patterns of classifications. It is through this process that realm of necessity is transferred to realm of freedom. As a matter of fact, it is a leap in recognition and advancement in technology. Undoubtedly, more attention should be paid to epistemology and methodology when probing into oil field development pattern. In other words, oil field development can be manipulated actively and endowed with success by utilization of scientific and systematic methods so as to speed up and expand an overall and accurate understanding to reservoir features.

The discovery and development of reservoirs with gas cap are in the ascendant from East China to West China. The gas cap reservoirs located during the 1960's

were put into production in succession in different forms, which having gone through a period of three decades. Recalling the State's background and technical conditions, in accordance with the policy of managing some key projects, many difficulties were overcome, great deal of valuable experiences and lessons have been accumulated. Various accessory technologies have been developed and generations of petroleum personnel have been fostered and production tasks assigned by the State have been fulfilled. So compiling of this book is not to express one person or a few people's ideas. It is for depicting the understanding, research results, and development experiences, the laws of gas cap reservoirs and progress in scientific technology, as well as the achievements reached for utilization and protection to underground resources, which has spent thousands of petroleum personnel's years' of hard work in the field of reservoirs with gas cap.

This book is based on the case information from developed gas cap reservoirs in Daqing, Liaohe and Zhongyuan Oilfields, with research reports, published papers from many other oil fields as reference. The book consists of eight chapters altogether. Chapter 1 discusses the development pattern and methodology of gas cap oil reservoir. Chapter 2 introduces the liquid of oil reservoir and geological study, while highlighting the phase behavior research and engineering evaluation. Chapter 3 is about the study of percolation flow mechanism and features of gas cap reservoir, paying close attention to mechanics analysis of gas cone formation. Chapter 4 centralizes on the research of gas cap effectiveness, restriction, and development, laying stress on VE influence and tonguing phenomena. Chapter 5 presents engineering analysis and application of oil reservoir with gas cap, from material balance, decline laws, lease statistics to numerical simulation and employment to oil/gas reservoir in China. Chapter 6 systematically diagnoses down-hole production techniques, emphasizing the methods of gassed out prevention. Chapter 7 gives a brief account of surface production and separation, metering, treatment process, and compression equipment of reinjection engineering. Chapter 8 collects the development methodologies utilized in various gas cap reservoir in foreign countries such as the U. S. A., Russia, Hungary, and appraises their results and experience for reference. This book reflects the status quo of research to gas cap reservoir development in China, and it as well involves the application and opinions concerning the development technology of the oil reservoir with gas cap.

目 录

前言

第一章 气顶油藏开发类型概论	(1)
第一节 气顶砂岩油藏开发类别.....	(1)
第二节 不同类型砂岩气顶油藏描述与开发的一般作法.....	(5)
第三节 气顶油藏的开发方式.....	(9)
第二章 气顶砂岩油藏的流体及储层研究	(16)
第一节 气顶油藏的流体特性研究	(16)
第二节 储层流体的工程分类	(25)
第三节 我国若干已开发气顶油藏流体的评价与类别	(28)
第四节 区域性多类型气顶砂岩油藏的开发地质评价	(38)
第五节 非均质层状砂岩气顶油藏的储层特性研究	(43)
第六节 对断块砂岩气顶油藏的研究	(58)
第三章 气顶砂岩油藏的渗流特性与驱油机理	(62)
第一节 多相系统相对渗透率的一般特征	(63)
第二节 气顶油藏中油侵气顶的损失和气驱油的研究	(67)
第三节 气顶油藏注水障和维持压力的渗流特征及驱油机理	(73)
第四节 气锥的形成机制	(82)
第五节 影响气、水锥及水障形成的储层宏观垂向有效渗透率的估测	(87)
第四章 气顶的效用、封隔及开发的研究	(91)
第一节 有关气顶驱替过程的重力效应分析	(91)
第二节 气顶气对油区的入侵	(99)
第三节 气顶注水障影响因素分析.....	(107)
第四节 气顶水障形成的模拟研究.....	(110)
第五节 气顶开发的方式与时机.....	(118)
第六节 提高气顶气采收率的方法研究.....	(122)
第五章 气顶油藏工程研究	(125)
第一节 气顶砂岩油藏开发的一般原则及方法.....	(125)
第二节 气顶油藏依靠天然能量开发的特征.....	(127)
第三节 预测气顶油藏及井动态的方法.....	(135)
第四节 断块砂岩气顶油藏开发模式优化.....	(145)
第五节 层状砂岩气顶油藏注水障开发模式优化.....	(154)
第六节 复合型断块砂岩气顶油藏的开发.....	(158)
第六章 气顶砂岩油藏开采工艺技术	(173)
第一节 气顶砂岩底水油藏的射孔问题.....	(173)
第二节 气顶砂岩油藏油气井开采工艺.....	(180)

第三节	气顶砂岩油藏气窜处理工艺·····	(185)
第四节	气顶砂岩油藏的监测技术·····	(190)
第七章	气顶油藏采出流体的地面处理设施·····	(196)
第一节	油气水分离·····	(197)
第二节	油、气、水的现场计量·····	(216)
第三节	气顶油藏的注气开采及设备·····	(222)
附录 A	国外若干气顶砂岩油藏的开发实例 ·····	(233)
第一节	国外若干已开发的气顶油藏概况·····	(233)
第二节	普鲁德霍湾油田(美国)——现代化的气顶油田开发实例·····	(240)
第三节	阿尔其要气顶油田(匈牙利)——在油气、油水界面注水开发油藏实例 ·····	(254)
第四节	洛维斯湖 Friol 油藏(美国)——依靠天然水驱及早期注气、开发后期注气的典型·····	(257)
第五节	阿纳斯塔西耶夫—特洛依茨克油田(前苏联)——充分利用特大气顶和底水能量开发大型油气藏的实例·····	(258)
第六节	霍金斯油田(美国)——双驱法复杂大型老油田实例·····	(262)
第七节	埃尔克山油田(FLK Hills, 美国)——衰竭老油田注气恢复产能的实例·····	(266)
第八节	弗兰德斯伍德(弗伯斯特)油田(美国)——靠现代油藏经营管理取得开发效益的实例·····	(268)
第九节	哈马坦—依尔科顿油田(加拿大)——大凝析气顶油藏循环注气开发的实例 ·····	(270)
	参考文献·····	(272)

第一章 气顶油藏开发类型概论

气顶油藏是表述那些上方有天然共存的气相烃类蕴藏的油藏，它与下方的油藏和水体处于一个统一的水动力学体系中。在漫长的地质演化与赋存进程中，它们相互之间已处于水动力学平衡、热力学平衡及多组分相态平衡状态。一旦钻开储集层并投入开发，进行注采驱替活动，原有的平衡便被打破，储层内部就会出现物质、能量的交换，表现为流体的流动，压力和温度的传递，流体界面的移动，相态的转化等等。一切烃类蕴藏的开发，诸如各类气藏和油藏的开发，都不外乎是在打破这些旧平衡时，建立起新的平衡，并运用这些平衡，达到经济有效的生产目的。气顶油藏也不例外，它既有气，又有油，其体系更为敏感，在建立新平衡时需要统筹兼顾，要在油气界面和（或）油水界面两条战线上周旋，因而，在气顶油藏的开发上自有些不同于其它类型油气藏开发之处。各有各的难处，各有各的关注重点和技术难点。

在俄罗斯笼统称为气油藏的开发对象，在西方则称为气顶油藏（Gas Cap Reservoir），气顶以往也称气帽。气帽有大有小，有的储层陡峭，气藏高悬，有的储层平缓，气藏薄扁。气帽可正可歪，一个油藏甚至不止有一个气帽。具有各种规模气帽的油藏，很少有教科书中那样简单的界面单一、层位单一的背斜构造型的气顶油藏。从开发角度来讲，同样的气顶油藏也可以各有各的开发方法。

第一节 气顶砂岩油藏开发类别

一、国外对气顶砂岩油藏开发的分类

俄罗斯对同时存在自由气和石油的矿藏进行分类，即使从开发角度，也因切入点的不同，时代的不同，发现和开发的油气藏的复杂性和多样性的不同，前前后后几十年提出了多种分类方法，主要的有：

1)1968年，B. H. 萨马鲁切夫根据储油构造几何形态并考虑地下气液相烃类的定性关系，结合开发需要进行分类，考虑到油、气、水的捕集和沉积条件，石油与气、水的接触关系，以及含油与含气区的体积比，将有自由气共存的油藏，按含气区相对体积由小变大分为四类：

- ①有气顶的油藏；
- ②气油藏；
- ③油气藏；
- ④有油带的气藏。

事实上，许多气油藏中石油储量大部分都处在气顶之下，在开发设计时难以对付的是直接在气顶覆盖之下的那部分油藏。所以，又根据气顶覆盖含油带的宽度分为三类：窄型、宽

型、巨宽型。如气盖油带只能布署一排采油井，则称窄型，如能布署两排井则称宽型，若能布署两排以上油井则称巨宽型。

2) 1994年，B. E. 格布拉等人将有自由气、油和水层的气顶油藏按含油区段分为两类，各有 a、b 二型，如图 1.1 所示。

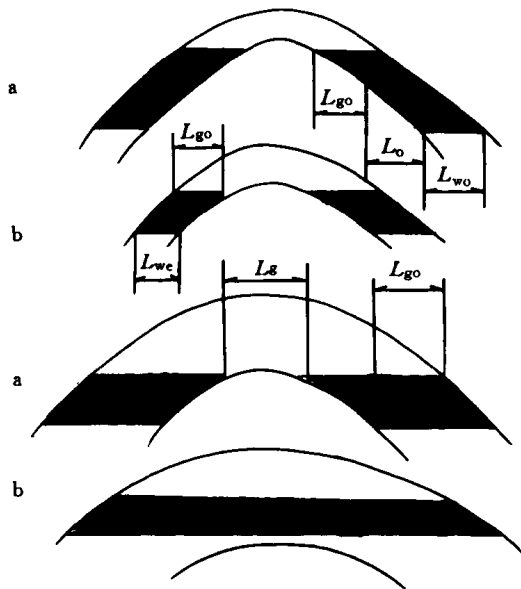


图 1.1 按含油区段分类的气顶油藏

I 类：油环状，分二型：

- a：在区段 L_o 内直径可钻遇纯油区；
- b：直井不能钻遇纯油的区段， L_{go} 区会钻遇气、油， L_{wo} 区会钻遇油、水。

II 类：油垫状，分二型：

- a： L_g 区直井可钻遇纯气区；
- b：油垫在剖面上呈连续状

I 类：油区在侧翼。a 型：在地表有一些地段可钻遇纯油区；b 型：在油田地面范围内钻穿油层不是碰到气，就是气和油，或油和水，不会有钻遇纯油的地区。

II 类：含油区呈垫状。a 型：有些地段可钻遇纯气；b 型：其垫状油区呈连续状，直井不会只钻遇纯油层段，总会碰到油和气（或）水。

从开发观点看，纯油段越宽，该区域矿藏就越接近于可按纯油藏来开发。如果开发条件恶化，生产井发生气水锥，油层发生气舌和边水入侵，钻遇的纯油区就会缩小或消失，I a 就转化为 I b。

目前，俄罗斯执行的唯一分类，仍然是 1984 年国家矿藏资源委员会通过的按相态和组成划分的标准，即溶有不同数量气体的纯油藏；呈两相的有气的油藏（以油为主），有油的气藏（气顶体积超过油区，有时列为有油环的气藏类），纯气藏；凝析气藏（气中含凝析物），油气凝析液矿藏（油或气均含凝析液组分）。

二、我国气顶砂岩油藏开发的分类原则

我国习惯上多是按以下几个方面进行评

定再行综合分类。

1. 按油气藏的几何形态分类

考虑到砂岩油气藏的地质特征（包括构造、储层和储集空间特征），将单砂层厚度大于 10m，累积厚度占总储层厚度 90% 以上，油气水分布受构造控制作用明显的油气藏，称为块状油气藏（往往可能有底水）；单砂层厚度在 2~10m，油气水分布受构造控制作用明显的油气藏称为层状油气藏（往往可能有边水）；而单砂层厚度小于 2m，油气水关系复杂，油气层分布分散，既受构造控制，又受岩性控制（包括透镜体、小断块等等）的油气藏称为复杂油气藏。断块型油气藏一般单块含油面积在 3~4km² 左右，再小的则称为小断块油气藏，即使顶部有自由气顶，但由于太小，从开发角度不可能按正常气顶油藏进行开发，所以，很少将其纳入按气顶油藏开发的范围。

2. 按油藏所储烃类流体性质分类

根据油气藏或含油区块的油品性质将原油密度大于 0.92g/cm^3 ，地层条件下原油粘度大于 $50\text{mPa}\cdot\text{s}$ 的油藏，称为稠油油藏；原油密度小于 0.92g/cm^3 ，地层条件下原油粘度小于 $50\text{mPa}\cdot\text{s}$ 的油气藏，称为稀油油藏。溶解气油比很高，原油体积系数在 1.75 以上的称为挥发油藏，如原油地面密度在 0.85g/cm^3 以下则可称为轻质油藏。

3. 根据自由气的组成及相态特征分类

将气顶气组成中 $C_1\sim C_2$ 占 90% 以上的称为常规气顶油藏；将气顶气有或接近于反转凝析现象的称凝析气顶油藏。凝析液含量当然还有贫富之分，在常规气与凝析气之间可以是含有较多 $C_3\sim C_4$ 液化气组分的湿气顶油藏。

4. 按气顶与油区的体积比即气顶系数分类

以气顶指数划分气顶油藏，即，气顶指数较大（气顶指数大于 1.5），以气驱为主的气顶油藏；气顶指数属于中等（气顶指数在 0.5~1.5 范围内），油、气两者驱动能量相当的气顶油藏；气顶指数较小（气顶指数小于 0.5），气驱能量较弱的气顶油藏。

辽河油区的上述这些分类是根据当地的特点和需要，分类标准与国际通常分类不尽一致。

5. 按油气藏的岩性和储集渗流特征分类

按储集与渗流特征划分气顶砂岩油藏，如以碎屑沉积为主的孔隙型及拟孔隙型砂岩储层，当然还可细分为高渗性、中低渗性、特低渗及致密型砂岩气顶油藏；海相碳酸盐岩或砂岩沉积受次生成岩作用及构造应力所形成的裂缝性及裂缝孔隙型灰（砂）岩气顶油藏，以及介于两者之间的孔隙裂缝型及裂缝孔隙型等双重介质型储层的气顶油藏。

气顶砂岩油藏的类别众多，大体可按图 1.2 所列项目分别组合成各种开发类型，这里更多的是考虑与开发有关的因素和项目，可能与从地质角度切入的分类有所区别。辽河油区结合当地已开发气顶油藏类型，也曾经如图 1.3、图 1.4、图 1.5、图 1.6 做过简单的分类。

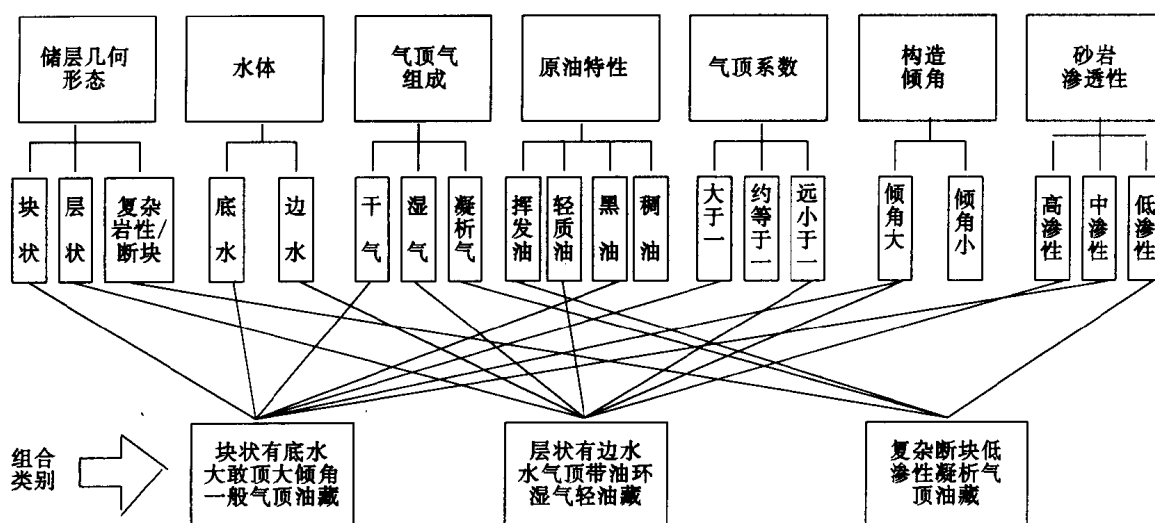


图1.2 砂岩气顶油藏开发类型

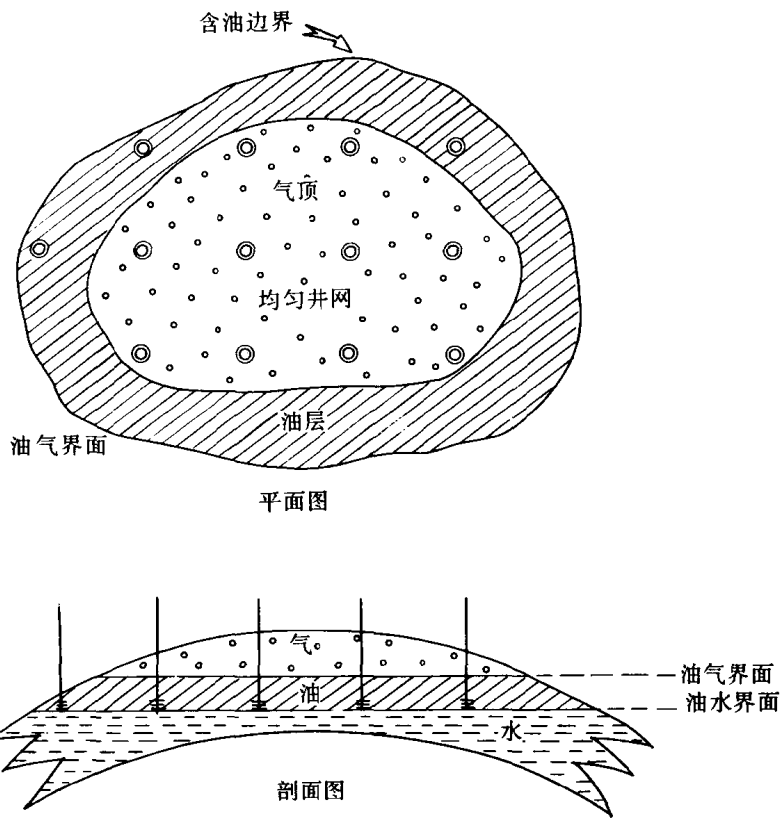


图 1.3 气顶指数大、油层厚、倾角小的气顶油藏

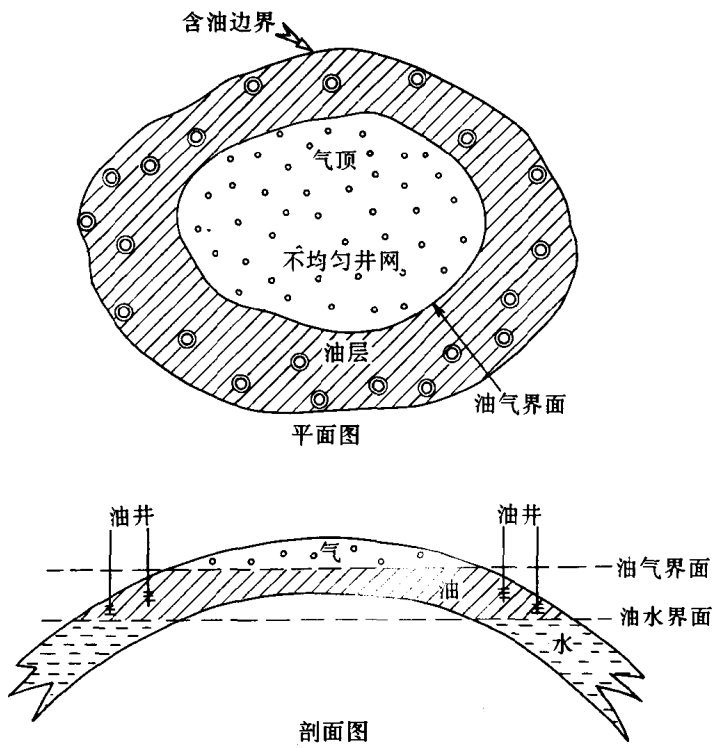


图 1.4 气顶指数大、油层薄、倾角大的气顶油藏

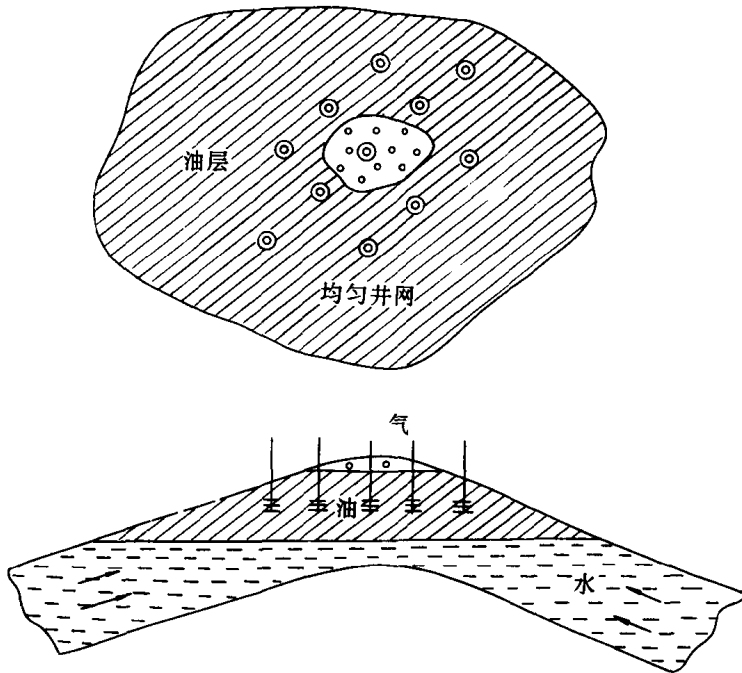


图 1.5 气顶指数小、倾角小的气顶油藏

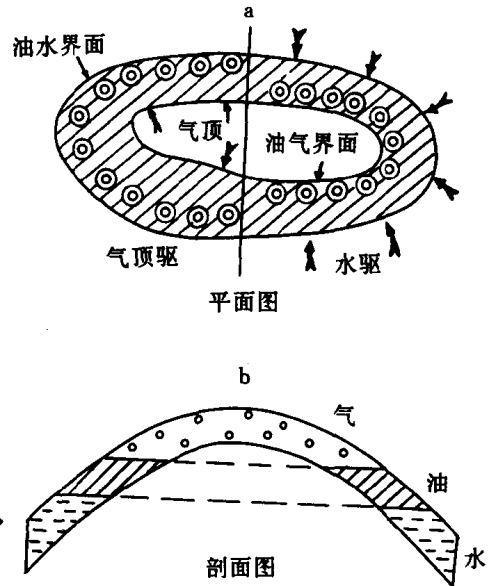


图 1.6 带油环的气顶油藏

第二节 不同类型砂岩气顶油藏 描述与开发的一般作法

一、块状砂岩气顶油藏

如果气顶是干气，一般地层油应为黑油，而块状油藏的重要特征是有底水存在，因而，气顶油藏开发决策的关键之一，是控制底水锥进和气锥生成。块状气顶底水油藏的气、水锥及其影响大小，除取决于生产压差外，主要还取决于储层的垂直渗透率与水平渗透率的比值。如垂直渗透率 $K_v \geq$ 水平渗透率 K_h ，气锥和水锥势必很严重，在极端情况下，譬如那些有垂直裂缝的裂缝型块状油藏，其锥进几乎很难控制。影响锥进的因素当然还有粘度比与密度差，地下原油的粘度和密度越大，底水锥进及气锥一般也越严重。块状气顶油藏的干气气顶与底水同样都是驱油能量。由于气体的弹性压缩系数很大，所以，即使气顶体积比底水水体小得多，气顶释放的驱油能量仍然相对较大，而且，气顶油藏均处于饱和压力下，一旦降压开采，释放出的溶解气会补充气顶的弹性能。如果是湿气或凝析气，原油又很轻或为挥发油，那么，还要考虑相态变化和平衡，以及体积收缩等问题。要搞清气锥或水锥问题及其影响，需要注意夹层的空间分布，夹层的规模及出现频度，因为它对储层宏观的垂直渗透率有决定性影响。

有底水的块状砂岩气顶油藏的开发关键之二，是在开发进程中要研究底水能量的大小与气顶能量的相对比例关系，水驱油和气驱油的波及体积与驱油效率的差异等。通常，如果气顶及底水都有足够的驱油能量，在用天然能量进行开发时，要根据储层的渗透率分布，逐井确定其射开层段，力求在满足一定产能的要求下，气水不会上下交迫锥进，而且要力求调整