

盖层封油气性综合定量评价

——盆地模拟在盖层评价中的应用

庞雄奇 付 广 万龙贵 姜振学 著

地质出版社

北京)

30.2

9

081302



盖层封油气性综合定量评价

——盆地模拟在盖层评价中的应用

庞雄奇 付广 万龙贵 姜振学 著

SY58/17



地质出版社

(京)新登字 085 号

内 容 提 要

本书系统地阐述了油气盖层的概念、分类方法、研究意义及其目前进展。在详细论述盖层封油气机理、形成发育控制因素和封闭性研究方法 with 评价指标的基础上,指出了国内外盖层评价研究中存在的主要问题以及传统的评价指标在实际应用中的局限性。

该书应用盆地模拟研究的思想方法对盖层演化过程中的封闭发育史进行恢复研究,通过综合各种主要地质因素的作用建立了盖层封闭性综合定量评价指数——盖层封油指数 CRI_o 和盖层封气指数 CRI_g ,提出了根据盖层封盖指数的大小确定盖层演化过程中的封油门限和封气门限,计算了封油、气柱临界最大高度和划分盖层等级。最后研制了应用 CRI 指数综合定量评价盖层封闭性的计算机模拟系统,并列举了应用实例。

本书可作为高等院校油气地质专业的高年级学生或研究生的试用教材,也可供从事油气勘探和研究的有关人员参考。

盖层封油气性综合定量评价 ——盆地模拟在盖层评价中的应用 庞雄奇 付广 万龙贵 姜振学 著

*

责任编辑:韩效亭
地质出版社出版发行
(北京和平里)
北京师范大学印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:6.875 字数:162 000
1993年12月北京第一版·1993年12月北京第一次印刷
印数:1—800册 定价:6.10元
ISBN 7-116-01560-4/P·1260

前 言

盖层作为油气地质研究中的基本内容之一,自油气工业发展之始就有人研究,但受到人们的重视则是近 10 年的事,在我国更晚。

盖层研究自油气勘探之始没有受到应有的重视的原因有两个:一是人们对油的认识和大规模勘探较气早。由于油的聚集和保存对盖层封闭性的要求较气差,一般地质条件下发育形成的盖层都能封盖住很大高度的油柱,因此在油气勘探中优先考虑的问题是对研究区油气藏形成起决定性作用的生油、储油、圈闭等条件。二是对盖层封油气机理认识不足。没有认识到油气除以游离相渗滤通过盖层外,还能以水溶相、扩散相通过那些“致密”无疑的盖层。这种无形的、缓慢的散失作用在长时间的地史中对油气藏的形成和破坏具有重要作用。

随着油气工业的发展和油气地质研究的深入,盖层的研究受到了日益广泛的重视。国外有众多的文献资料,国内也有这方面的专著。国家“八五”期间又将盖层的研究纳入了重点攻关课题。盖层的研究受到重视是因为越来越多的事实表明,盖层的形成时间、品质优劣、封油气机理控制了油气藏的形成时间、规模大小、产状特征以及研究区的油气勘探前景。盖层受到重视的另外两个原因是:人类发展对油气的需求量增大,大型简单的油气藏已经发现和开发促使人们在复杂地质条件下寻找隐蔽的以及更小型的油气藏;天然气的开发利用和天然气藏的形成与盖层之间显示出来的更为密切的关系也诱发了人们对盖层的重视和封盖油气机理的进一步认识。

盖层已不再是过去定义的一个位于油气储层之上的简单的“致密非渗透层”,而是一个有着深刻内涵和广泛内容的地质概念。

盖层封盖机理的深入研究加深了人们对油气藏形成过程的理解。油气通过盖层并非一定需要盖层的“致密”性受到裂缝、断裂的破坏,也不要求盖层的“非渗透性”受到油气运移动力的突破。油气聚集的本身就为油气藏的破坏创造了条件,因为油气在浓度差的作用下可以通过盖层向外扩散。在长时间的作用下,一个具有相当规模的油气藏可以通过扩散作用完全破坏掉。油气藏是在油气的供给和散失的平衡过程中形成的。天然气运聚动平衡理论是在研究盖层对油气藏形成作用之后提出的。

盖层形成发育史研究加深了人们对油气藏形成模式与分布规律的认识。盖层并非自沉积之始就具有封油气能力。盖层形成后,只有在压实成岩至某一阶段后才能进入封闭油、封闭气门限。含油气盆地中横穿各种岩性的“致密带”及其对区域性油气运聚成藏的封盖作用是在各种因素作用下压实成岩的综合结果。控制油气运聚成藏的“封存箱”理论就是通过对这种“致密带”的封油气作用的研究后提出的。盖层进入封油气门限前对油气不起封盖作用,因此不易形成油气藏。

盖层并非是一个绝对的非渗透层,它对油气的封盖作用及其对油气藏形成的控制作用都具有相对性。在没有油气生排的情况下,绝对的非渗透盖层不能形成油气藏;在油气生排

运聚量充足的情况下,渗透性的地层下面也能聚集油气,形成具有实际意义的盖层。欠压实层对水溶相的烃起封盖作用,但对扩散相的烃却不能;薄盖层对低的油气柱起封盖作用,但对高的油气柱却不能;……。盖层的封油气作用取决于地质条件和地质环境。

盖层的评价研究,起始主要是基于感性认识,要求盖层致密、厚度大、分布广、连续性好。现在,除这些要求外,还需对盖层的封闭性进行实验室研究。目前提出的评价盖层封盖性的指标包括排替压力、粘土含量、孔喉半径、 Na^+ 交换量等 20 多项。这些指标的提出丰富了盖层的研究内容,为盖层研究的发展起了积极的推动作用。但由于指标众多,测试方法不同,评价标准各异,目前尚无法统一。

建立能够综合各种地质因素的影响、具有统一对比意义的盖层判别和评价的量化指标是油气地质学者们目前努力的方向。本书应用盆地模拟研究的方法原理作了这方面的尝试,提出了能够考虑盖层厚度、岩性、欠压实程度、流体性质和排替压力大小诸因素在内的盖层封闭性综合定量评价指数 *CRI*,提出了根据盖层封油气指数大小判别盖层封油气门限,计算盖层封油气临界最大高度和划分盖层等级。

盆地模拟是油气地质研究中新近发展起来的新技术,确切地说是油气地质学、地史学、数学和现代计算机技术紧密结合的一门具有广阔应用前景的边缘学科。它的核心内容是根据地质原理和获得的各方面地质资料,借助数学和计算机等工具反演地史中当前问题的演变历程,揭示油气成藏机理和分布规律。本书在应用盆地模拟方法原理建立盖层综合定量评价指数时,重点探讨了各种主要地质因素对盖层封闭性的影响,力求从机理上确立它们之间的函数关系;而对盆地模拟研究中普遍采用的地层埋藏史、地层热变史恢复的方法原理没有书中加以介绍,感兴趣或致力于盖层定量评价研究的读者可查阅有关参考文献。

该书由陈章明教授主审,特此感谢。

限于笔者水平,书中错漏难免,欢迎并感谢同行们批评指正。

作者

1998 年 2 月

目 录

第一章 盖层及其研究意义	(1)
第一节 盖层的概念及分类.....	(1)
一、盖层的概念.....	(1)
二、盖层的分类.....	(1)
第二节 盖层研究的发展史及现状.....	(2)
一、盖层研究的发展史.....	(2)
二、盖层研究现状及主要进展.....	(3)
第三节 盖层研究意义.....	(10)
一、盖层好坏决定了研究区的油气勘探前景.....	(10)
二、盖层形成时间控制了油气藏形成时间与油气资源量大小.....	(10)
三、盖层的类型及封闭机理影响油气的产状和性质.....	(10)
第二章 影响盖层形成发育的地质因素	(12)
第一节 沉积环境对盖层形成的控制作用.....	(12)
第二节 成岩作用对盖层封闭性发育的控制作用.....	(14)
第三节 构造活动对盖层封闭性的破坏作用.....	(16)
一、地层上升剥蚀对盖层封闭性的影响.....	(16)
二、断裂作用对盖层封闭性的影响.....	(17)
三、岩浆或岩体等侵入作用对盖层封闭性的影响.....	(17)
第三章 盖层封油气机理	(18)
第一节 薄膜封闭.....	(18)
第二节 水力封闭.....	(19)
第三节 压力封闭.....	(19)
第四节 浓度封闭.....	(20)
第四章 盖层封闭性研究方法和评价指标	(22)
第一节 盖层宏观封闭性研究方法及其评价指标.....	(22)
一、盖层厚度及连续性.....	(22)
二、盖层岩性及其泥质含量.....	(26)
三、盖层塑性及成岩阶段.....	(28)
四、盖层欠压实作用及微裂隙的破坏.....	(29)
第二节 盖层微观封闭性研究方法及其评价指标.....	(30)
一、盖层岩石物性参数及其含义.....	(30)
二、盖层孔隙结构参数及其含义.....	(31)
三、流体力学参数及其含义.....	(32)
第三节 盖层宏观、微观封闭性综合研究方法及其评价参数.....	(32)
一、封盖效应指数(S_e).....	(32)

二、油气藏解体时间(t_d)	(33)
三、最大封气柱高度和遮盖系数(K_f)	(33)
四、封闭能力(P_E)	(33)
第四节 盖层排替压力测试方法及其影响因素	(34)
一、盖层岩石排替压力的测试方法	(34)
二、影响岩石实测排替压力的因素	(37)
三、岩石实测排替压力用于评价盖层封闭性的局限性	(40)
第五节 盖层封油气能力的相对性	(41)
一、油、气聚集对盖层的封闭性能要求不同	(41)
二、油气藏形成和保存时间不同对盖层封闭性能要求不同	(44)
三、盖层厚度不同封盖油气柱高度不同	(44)
四、盖层不同封闭机理封油气类型或相态不同	(44)
五、盖层演化史对其封盖性的影响	(45)
六、盖层封烃门限与源岩排烃门限的匹配关系对盖层有效性的影响	(45)
第五章 特殊盖层及其研究意义	(46)
第一节 欠压实地层封盖作用	(46)
第二节 水动力封盖作用	(47)
第三节 水化甲烷层封盖作用	(48)
第四节 冰冻土层的封盖作用	(50)
第五节 烃浓度差封盖作用	(50)
第六章 盖层封闭性综合定量评价理论模型	(51)
第一节 传统方法与指标研究盖层封闭性存在的问题	(51)
一、实验条件对测试指标的影响	(51)
二、实验测试指标不能反映地质条件下盖层的封闭能力	(51)
三、缺少综合性的定量评价指标	(52)
四、不同学者评价盖层标准不一,难以分析对比	(52)
五、岩样的实测排替压力难以反映整个盖层的封闭能力	(55)
第二节 盖层封闭性综合定量评价的数学地质模型	(56)
一、盖层封闭性评价的一般数学地质模型	(56)
二、盖层相对性评价的一般模型	(57)
三、几种特殊情况下盖层封闭性评价模型	(58)
四、实际地质条件下盖层封闭能力模拟校正	(60)
第三节 盖层封闭性综合定量评价指数 CRI	(62)
一、地质模型	(62)
二、数学模型	(62)
第四节 盖层封闭性指数 CRI 的意义讨论	(64)
一、据 CRI 值确定盖层封油封气的最大临界高度	(64)
二、据 CRI 值确定盖层进入封油封气的临界门限	(66)
三、据 CRI 值判别和定量评价盖层	(67)
第七章 盖层封闭性综合定量评价模拟系统的研制及实用性分析	(69)
第一节 主要计算参数的确定方法	(69)

一、粘度(μ)	(69)
二、界面张力(σ)	(70)
三、孔隙半径($r(z)$)	(70)
四、渗透率(K)	(71)
第二节 计算机程序设计与软件编制	(72)
一、研究区域地质条件,选择计算参数,主要的区域地质参数包括 KM 、 KH 、 Z_* 、 GT 和 $\Phi_{\min}$ 等	(72)
二、输入当前地层资料,恢复盖层封闭性发育史	(73)
第三节 盖层封闭性模拟系统实用性分析	(73)
一、埋藏深度对盖层 CRI 的影响	(73)
二、厚度对盖层 CRI 的影响	(74)
三、欠压实程度对盖层 CRI 的影响	(75)
四、岩性对盖层 CRI 的影响	(77)
第八章 盖层封闭性综合定量评价模拟系统在松辽盆地盖层评价中的应用	(79)
第一节 利用测井资料对松辽盆地油气盖层进行综合定量评价	(79)
一、三肇地区盖层封闭性综合定量评价	(79)
二、滨北地区黑鱼泡凹陷盖层综合定量评价	(83)
三、古龙凹陷盖层封闭性综合定量评价	(85)
第二节 利用地震资料对松辽盆地滨北地区油气盖层进行定量评价	(87)
一、利用地震速度谱资料计算地震层砂泥含量等地质参数	(87)
二、利用地震资料定量评价地震层封油气能力	(89)
附录 地层古砂泥含量恢复计算	(93)
参考文献	(101)

丰

第一章 盖层及其研究意义

第一节 盖层的概念及分类

一、盖层的概念

盖层的概念目前尚未统一,不同的研究者给盖层的定义不同。一般来说,凡具有能力阻挡油气运移的封闭岩层或层状岩石组合都称为盖层。

有的研究者把盖层称为遮挡层(Экранирующие, толщи),有的称为流体挡板(Флюидодоры),还有人称为隔盖层(Изолирующие толще)。原苏联 М. К. 卡林科(Karunko, 1970)把层状岩层以及能从侧方限制油气藏并阻挡流体泄漏的地质体统称为盖层。这实际上是把油气藏盖层扩大为封闭油气聚集的三度空间的封闭面。在油气勘探远景评价中,考虑油气圈闭中三度空间有效封闭面是具有重要意义的。

本书所说的盖层,是指位于储集层之上,在地质条件下能够阻挡油气向上运移并聚集成藏的不渗透岩层。

二、盖层的分类

不同的研究者从不同的角度将盖层分为不同的类型。一般是根据盖层的岩性、分布范围、成因、均质性和组合方式等进行分类。

1. 按盖层的主要岩性分为三大类

① 膏盐类盖层:是一类重要的盖层。N. B. 维索茨基(1979)认为,世界上天然气储量约 35% 与含膏盐类盖层有关。膏盐类盖层包括石膏和硬石膏。前者埋藏较浅,一般在 1000 m 以内;后者埋藏较深,一般在 1000 m 以下,由石膏在成岩作用下转化而成。

② 泥质岩类盖层:是油气田中最常见的一类盖层。它们分布最广、数量最多,几乎产于各种沉积环境。世界上大多数油气田的盖层均属此类。

③ 碳酸盐岩类盖层:是由碳酸盐参半,或为主,或纯由碳酸盐组成的一类非渗透性岩层。它主要包括含泥灰岩、泥质灰岩、硫酸化灰岩和灰岩等。由于碳酸盐岩易被水淋滤、溶蚀并形成缝洞,因此碳酸盐岩能否作盖层,一直是一个有争议的问题。

2. 按盖层的分布范围分为两大类

① 区域性盖层:指遍布在含油气盆地或坳陷的大部分地区,厚度大,面积广且分布较稳定的盖层。区域性盖层对盆地或坳陷的油气聚集起重要作用。

② 局部性盖层:指分布在一个或数个油气保存单元内,或在某些局部构造、或局部构造某些部位上的盖层。局部盖层只对一个地区油气的局部聚集起控制作用。

3. 按盖层的均质程度分为三大类

在通常情况下,泥质岩盖层并不单纯是由泥岩、页岩组成,通常是由泥页岩、粉砂岩以不同的比例间互组成。按泥页岩所占的比例,将泥质岩类盖层分为下列三大类。

① 均质盖层：泥页岩在泥质岩类盖层中所占的比例大于 75%。

② 较均质盖层：泥页岩在盖层中所占比例为 75—50%。

③ 非均质盖层：泥页岩在盖层中所占的比例小于 50%。

4. 按盖层纵向上的分布分为两大类

① 直接盖层：指紧邻储层之上的封闭岩层。直接盖层是单一型的盖层，它可以是局部性盖层，也可以是区域性盖层。

② 上覆盖层：指储集岩上覆直接盖层之上的所有非渗透性岩层。直接盖层与上覆盖层常组成叠加复合型盖层。上覆盖层一般是指区域性的盖层，对区域性的油气聚集和保存起重要作用。

5. 按盖层的封盖机制分为五大类

① 物性盖层：指由于孔隙结构特征而具有封盖能力的岩层。这类盖层大孔隙较少，突破压力高，具有抑制天然气渗漏的能力。或者它们的超微孔在总孔隙中所占比例高，具有阻滞天然气扩散的能力。

② 浓度盖层：指具有一定的生气强度，可以阻滞下伏天然气向上扩散迁移的岩层。

③ 复合盖层：指同时具有两种或两种以上封闭作用的岩层。

④ 水合物盖层：甲烷在低温或高压下具有与水形成水合物晶体的习性，它们形成晶体后丧失了全部活动能力。这是一种非常有效的盖层。

⑤ 地温场盖层：指根据 Hunt(1990)的流体封存箱(fluid compartment)的概念提出的一类盖层。Hunt 在研究了世界许多地区的压力异常之后认为存在一种与地层层位无关，而受地温场控制的盖层。

第二节 盖层研究的发展史及现状

一、盖层研究的发展史

在油气勘探风险评价中，长期以来一直被人们忽视的封盖条件，随着油气地质研究的深入已日益引起了人们的关注。近十几年来，这一方面的研究取得了突飞猛进的发展。归纳起来，国内外对于盖层理论的研究，大致经历了以下 3 个阶段。

第一阶段：国外大致为 60 年代以前，国内为 80 年代以前。这一时期的主要勘探目标为石油，而油藏对封闭条件的要求不很苛刻，因此人们曾一度认为盖层问题已经解决，致使盖层理论研究进展十分缓慢。一般的研究论文在涉及盖层方面的问题时一笔带过，或仅停留在一般的描述上，如盖层是否致密、厚度多大等。国内外在这一时期专门论述盖层封闭的理论文献很少。

第二阶段：国外为 60 至 70 年代，国内为 80 年代。在这一时期，人们从大量的油气勘探实践，特别是天然气的勘探实践中逐渐认识到了盖层对油气藏形成的重要意义。关于盖层理论的研究日趋活跃，尤其是在原苏联，许多学者在此期间发表了大量有关盖层方面的论文，提出了许多新的观点。

阿·阿·哈宁(1975)根据实验数据编制了一个泥岩盖层评价表(表 1-1)，这是对盖层作的首次划分(表 1-1)。雅·阿·皮利普和夫与阿·达尼连柯(1979)评述了哈宁评价表中存在的问题，并提出了一个新的评价表(表 1-2)。

Г. Ф. Антонова (1964) 研究了砂-粉砂杂质含量对盖层遮挡性能的影响。指出泥质盖层中的杂质含量最合理值为 10—15%。如果砂-粉砂质含量超过 20%，那么盖层的渗透率就会升高；如果低于 5—10%，那么其中就会产生片状结构。当然也有人 (Г. Э. Лрозорович, 1972) 认为这些片状结构对盖层的封闭性有好的影响。Г. Э. Лрозорович (1972) 等把矿物成分对盖层封闭性能的影响，也作了详细的研究 (李建温, 1987)。

表 1-1 泥质岩遮挡能力评价表

(据阿·阿·哈宁, 1975)

类 别	气体绝对渗透率 (μm^2)	通过饱和煤油岩石的气体贯穿压力 (MPa)	遮挡能力
A	$<10^{-9}$	<12	很高
B	10^{-8}	8	高
C	10^{-7}	5.5	中
D	10^{-6}	3	偏低
E	10^{-5}	<0.5	低
F	10^{-4}	$<10^{-3}$	无

表 1-2 以渗透率值为依据的盖层岩石遮挡能力评价表

(据雅·阿·皮利普和夫, 1979)

类 别	气体绝对渗透率 (μm^2)	遮挡系数 (μm^2) ⁻¹	通过饱和水岩石的贯穿压差 (MPa)	遮挡能力
I	$<10^{-8}$	>100	>40	高
II	10^{-8} — 10^{-6}	1—100	15—40	中
III	$>10^{-6}$	<1	<15	低

总之，这一阶段的研究主要集中在实验室数据的理论研究及测试，研究者的目的是想通过一系列参数的研究综合评价盖层的封闭性。这些参数通常包括盖层的厚度、渗透率、突破压力、突破时间、遮挡系数、盖层中孔隙喉道半径、泥岩中膨胀矿物的含量、泥岩中砂-粉砂质含量及泥质系数等。理论参数的提出与应用促进测试方法与技术的发展，这为后来盖层理论研究的发展奠定了可靠的实验基础。

第三阶段：国外进入 80 年代以后，国内进入 90 年代以后，是盖层研究逐渐走向成熟的时期。主要标志是研究手段的现代化以及计算机技术的普遍应用；在研究方法上，逐步强调了理论与实践的结合。

二、盖层研究现状及主要进展

目前盖层研究的进展主要表现在以下几个方面。

1. 扩散作用的研究

天然气通过盖层散失，既可以通过粗孔隙和断裂、裂隙发生，也可以扩散作用的形式进行。表 1-3 和图 1-1 中的天然气组分随深度的变化证实了天然气扩散作用在地下的存在。

M. W. Doney (1984) 认为，烃类通过盖层的扩散作用主要取决于：① 烃的类型；② 所接触的充水孔隙网络性质；③ 扩散时间。他指出：如果储集的是油，那么通过盖层的扩散损失很小，甚至没有损失；如果储集的是甲烷，并为缺乏连通孔隙水的岩石 (盐岩、硬石膏、天然气含水物等) 所封闭，那么预测没有扩散损失。但是，若甲烷为孔隙性的含水页岩所封闭，在漫长的地质历史中，就可能发生大量的扩散损失。加拿大艾伯塔省西部的“深盆气”之所以具低异常压力，一个重要的原因可能是由于它被含水砂岩所封闭，天然气向上倾方向通过砂

表 1-3 路易斯安那州 3 个多产层气田的天然气组分 (据杨瑞召编译资料, 1990)

气田	储层	深度(m)	C_1/C_2	C_2/C_3	$n-C_4/n-C_5$	$i-C_4/n-C_5$
雷恩气田	①	3261	21.0	2.81	0.61	1.26
	②	3414	19.2	3.02	0.61	1.15
	③	3749	17.2	3.05	0.59	1.07
	④	3840	16.9	2.47	0.39	1.09
	⑤	4114	14.2	2.05	0.65	1.06
华盛顿气田	⑥	2789	18.0	0.72	—	1.06
	⑦	2834	14.8	1.29	—	0.78
斯莱戈气田	⑧	775	36.0	3.76	1.50	1.13
	⑨	1230	27.6	3.93	1.33	0.59
	⑩	1415	27.0	3.97	2.00	1.26
	⑪	1540	22.4	4.10	—	1.00
	⑫	2450	10.2	2.65	—	0.86

注: ①—克拉姆普 A 砂层; ②—克拉姆普 D 砂层; ③—霍姆锡克斯 D₂ 砂层; ④—霍姆锡克斯 E 砂层; ⑤—多萨里亚 A 砂层; ⑥—科克费尔尔德 B 砂层; ⑦—科克费尔尔德 D 砂层; ⑧—帕卢西恰勒砂层; ⑨—罗德萨层“吉特带”; ⑩—彼得特岛斯莱戈层; ⑪—霍斯顿层; ⑫—棉花谷组 D 砂层。

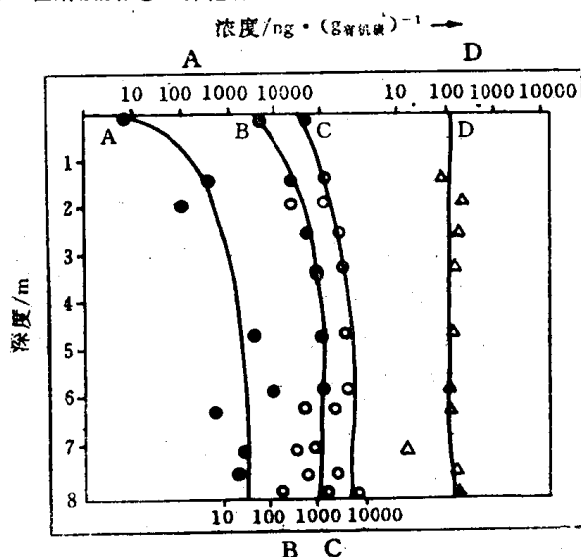


图 1-1 格陵兰西部取心井 E 坎佩阶/马斯特里契特阶页岩在靠近地面的井段, 烷烃浓度随深度变化的趋势线

(据杨瑞召编译资料, 1990)

A—丙烷; B—异丁烷; C—正丁烷; D—正庚烷

岩发生扩散损失而造成的。在其上倾方向上发现的常规圈闭(即气在水上面), 进一步说明了这一点(R. A. Rahman, 1985)。

郝石生(1988)指出, 从地质历史来看, 地下天然气的聚集往往是因气体的不断散失和源岩的不断补充达到某种程度的相对平衡所造成的结果。由于扩散作用只要存在浓度差就能发生, 所以天然气的扩散作用在整个烃源岩的热演化过程中都是存在的。任意一个天然气藏, 如果气体通过盖层的扩散作用大于新气源的补充作用, 则该气藏的储量将不断减少以致枯竭。反之, 则不断富集。天然气的垂向运移往往是以向上为主, 因而盖层条件是控制动平衡的重要因素。盖层的厚度和质量往往控制了天然气的逸散量和天然气的有效聚集量。

2. N. L. Watts 的模拟实验

N. L. Watts(1987)对单相烃柱封闭能力模拟研究表明,在较大的深度,毛细管压力封闭所能保持的气柱高度比油柱大。但是,在临界深度之上,油可能比气更容易被封闭在这个临界高度。它决定着封闭气的最优潜力,一般随原油变重和压力降低(就气相而言)而加深。在一定深度,盖层对重质油的封闭能力比对轻质油的要大(对含较重组分的气也是如此)。从Watts的模拟实验中我们可以得到这样的启示,以毛细管压力封闭为主的盖层,在地下深处,致密层对天然气的封闭能力增强,会抑制深源气(gas from deep kitchens)的运移逸散能力,因为气要沿着不大渗透的运移途径向上运移,所要求的连续气柱的高度比油柱高。

3. 水动力封闭

K. F. du Rouché(1981)论述了来自源岩的烃由垂向开启裂缝穿过盖层的垂向运移。他强调了侵入烃和孔隙水之间毛细管压差的作用。G. Mand (1987)指出,水力破裂是烃类通过渗透率很低,甚至为零的连续盖层(尤其是页岩)发生渗漏的原因。N. L. Watts (1987)提出的水力封闭,是指一些非常致密的岩石,如页岩、膏岩、盐岩等,其毛细管压力之高使得通过毛细管作用方式的破坏几乎不可思议。因此,只有发生裂隙或断层的楔状张开时才会出现泄漏和沿断层的垂向运移。切入盖层的这类裂缝类似于天然的水力压裂裂缝,故把此类封闭称为水动力封闭。

4. 区域性盖层对油气聚集的控制作用

作为盖层,除了要求本身的突破压力高、厚度大、不破不裂外,还要求其在区域上具有连续性。事实上,这一点是盖层风险分析中的决定性因素。绝大多数的含油气盆地,尤其是储量和资源量都很大的那些盆地,都是以其盖层分布范围大、厚度超过几十米(有时甚至超过几百米)、岩性既稳定而又有相当的塑性为特征的。

分布很广的区域性盖层,主要局限于两类岩性,即蒸发岩和页岩。它们对油气的控制作用主要表现在以下几个方面:① 区域性盖层和生油层的分布共同控制了油气的纵向分布;② 区域性盖层的发育特点基本上决定了该地区的油气聚集条件;③ 区域性盖层的分布控制了油气性质的差异性。我国的松辽盆地,最主要的区域性盖层为嫩江组(图 1-2),在其下面

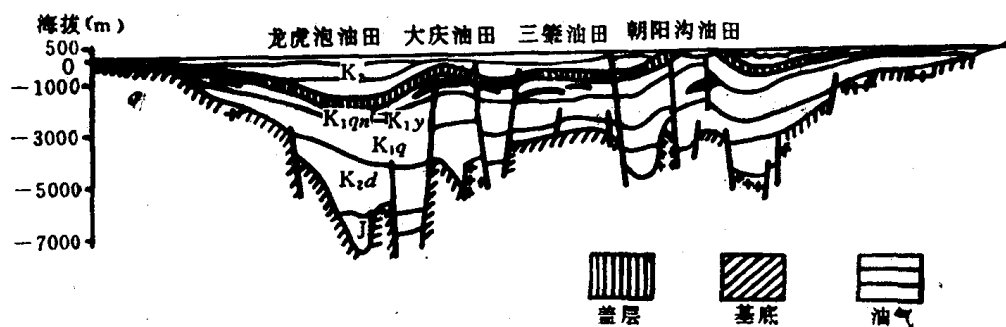


图 1-2 松辽盆地区域性盖层的纵向分布

(据童晓光等, 1989)

的姚家组中集中了盆地探明储量的 77.7% 的油气, 加上第二区域性盖层青山口组在内封闭了盆地内 99.8% 的油气。在嫩江组之上, 目前基本上没有发现较大规模的工业性油气藏。可见, 区域性盖层对油气藏的形成有着重要的控制作用。

5. 油气藏模式

长期以来,人们一直认为储层与盖层之间是直接接触的。表现在沉积相上,是渗透性好的储层突变到渗透性极差的盖层(图 1-3), 这就是传统的油气藏呈双层结构模式。这种情况在自然界是存在的。但在更多的情况下,沉积相的变化是逐渐的。对碎屑岩层系来说,往往是渗透性好的砂岩(储层),渐变到渗透性差的泥岩(盖层)。这样,在储层与盖层之间存在一个过渡带。实际上,在储层沿上倾方向发生泥岩化时,过渡带可能宽达几十米,甚至数百米。这个带中可能也存在有相当一部分尚未被考虑的油气储量(图 1-4)。

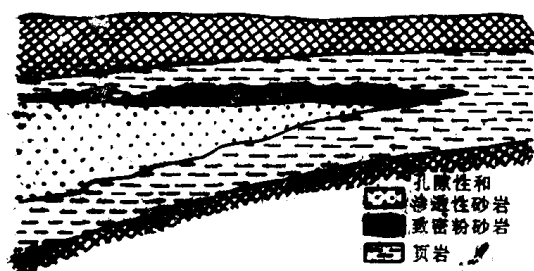


图 1-3 如果孔隙性和渗透性砂岩突然变为页岩, 烃柱全部进入储集性能好的岩石
(据杨瑞石编译资料, 1990)

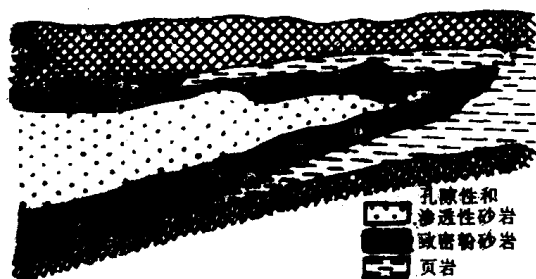


图 1-4 如果从储集层向封堵层变化的速率是逐渐的, 一个有限的烃柱就被局限在非储集层的“废带”相内
(据杨瑞石编译资料, 1990)

近年来,原苏联学者 B. B. 菲利普波夫提出的“三层结构气藏模式”新概念,较客观地反映了这种现象,原苏联许多盆地的资料也都证实了这种模式。他认为盖层与储层之间不是突变接触的,而是在储层与盖层之间存在一个过渡层。H. R. Grunau 称之为夹于储层与盖层之间的一个“废弃的层带”; M. W. Doney 把它称为“既非盖层, 也非储层的无用带”。其实质是一种非工业性的储层。它们的岩性一般为泥质粉砂岩、致密泥质砂岩、裂隙泥(页)岩、裂隙硬石膏和灰岩等。

当钻遇这类岩石时,通常可观测到气测高背景值,以及被油或气所饱和的岩心。往往由于高异常压力而造成天然气井喷,但对其进行测试时却又不能从中获得工业性油气流。

6. 根据盖层条件对圈闭进行分类

已往的油气圈闭分类都是基于圈闭的形成机理,这种分类对油气勘探具有重要意义。然而,不同成因类型的圈闭聚集和封闭油气的机理可能完全相同。

N. J. Milton 和 G. T. Bertram(1992)提出了根据圈闭封盖油气的机理进行圈闭分类的新方法。他们将圈闭类型分为单面圈闭和多面圈闭两大类。单面封盖圈闭指封闭体系的顶界存在闭合的等深线; 多面封盖圈闭指在单一的封盖面上不存在闭合的等深线。在两大类基础上又对圈闭进行亚分类,主要依据是封盖面与封盖岩体(如整合、不整合、构造或岩相变化)之间的相互关系。更进一步的分类是基于圈闭的自身系列。

圈闭内有无油气完全取决于封盖面的有效性,封盖面的好差又是由封闭面及封闭岩体的性质决定的。研究圈闭的形成史及各种条件匹配关系对于研究油气藏形成及其分布规律有重要意义。

图 1-5—图 1-11 是 Milton 和 Bertram 依据封盖机理对圈闭进行的分类。图 1-12—图 1-16 是几个实例。

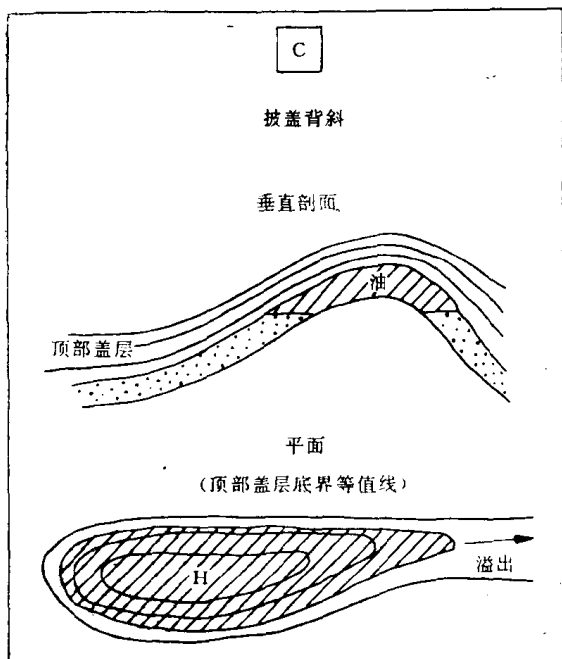


图 1-5 披盖背斜型单面封闭圈闭模式
(H指构造高点)

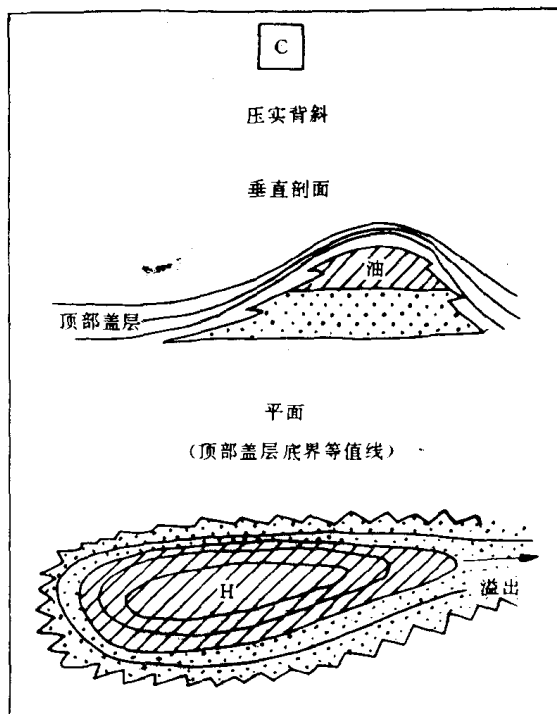


图 1-6 压实背斜型单面封闭圈闭模式
(H指构造高点)

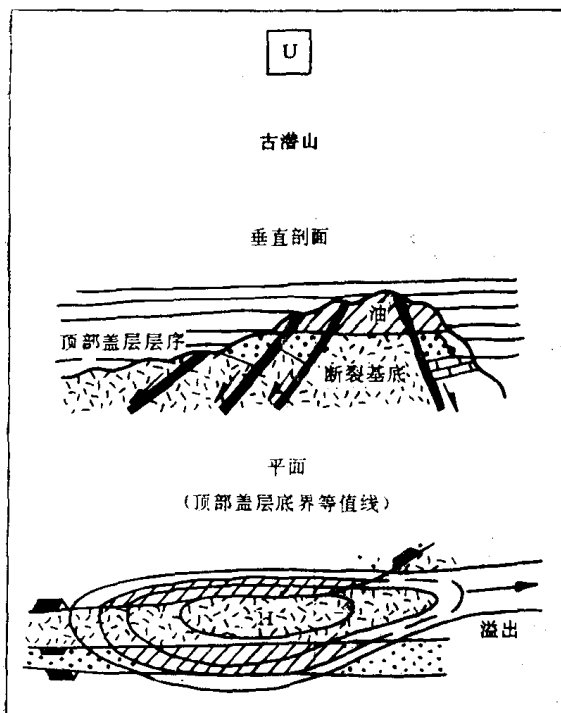


图 1-7 古潜山型单面封闭类型
(H指构造高点)

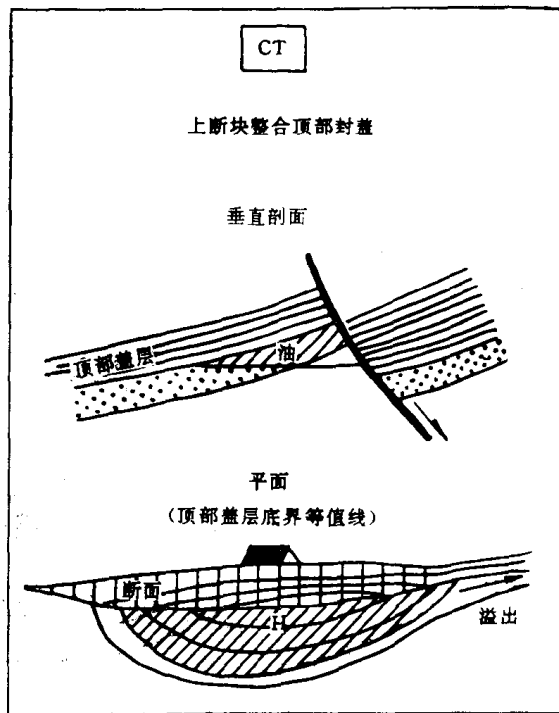


图 1-8 逆断层整合上封单面封闭类型
(H指构造高点)

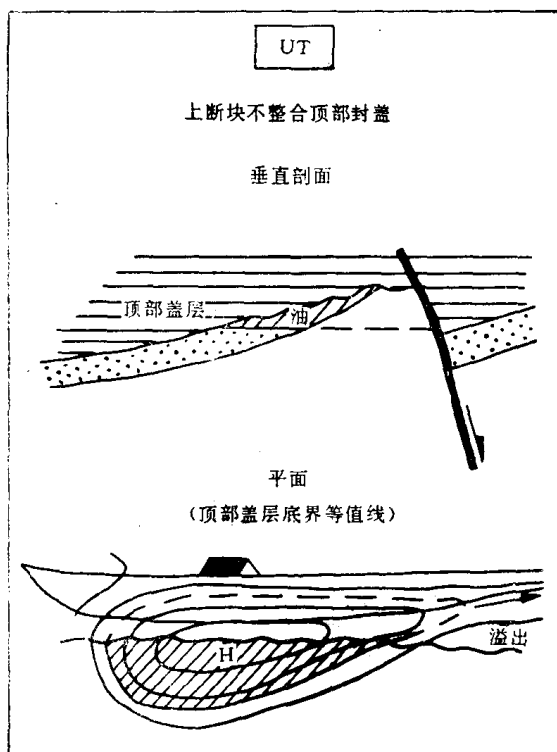


图 1-9 逆断层不整合上封单面封闭类型
(H指构造高点)

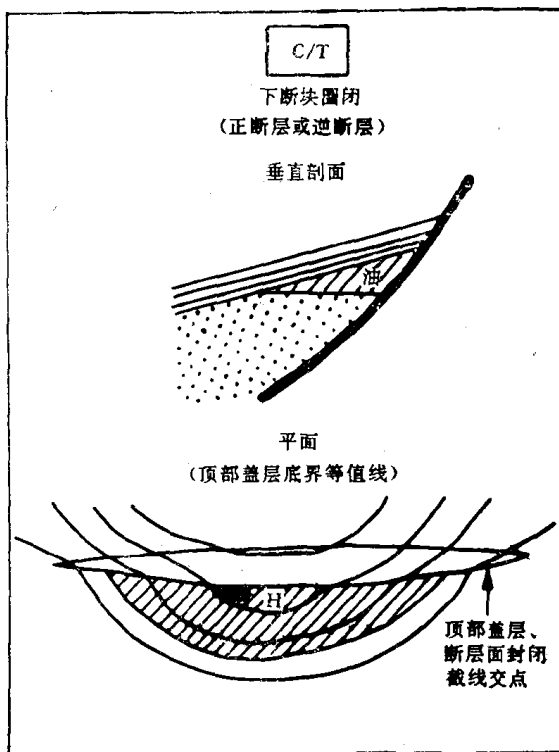


图 1-10 正断层整合上封多面封闭类型
(H指构造高点)

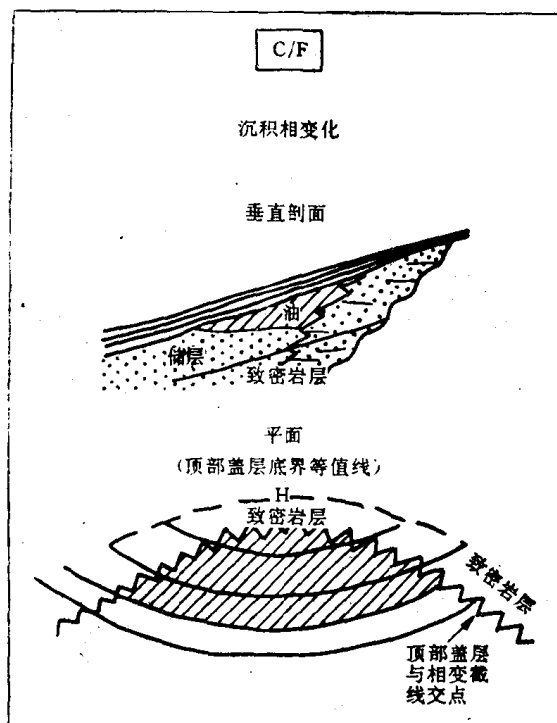


图 1-11 沉积后相变多面封闭类型
(H指构造高点)

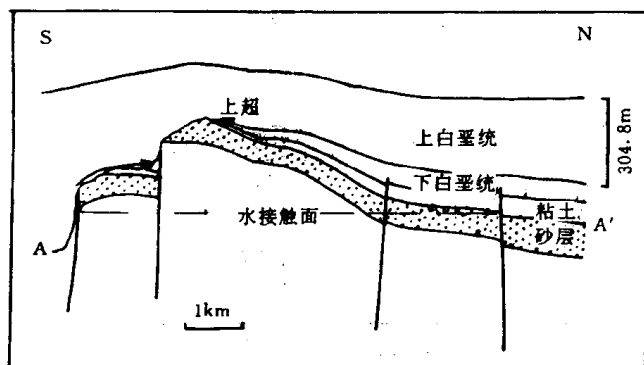


图 1-12 Piper 油田横剖面

(Maher, 1981)

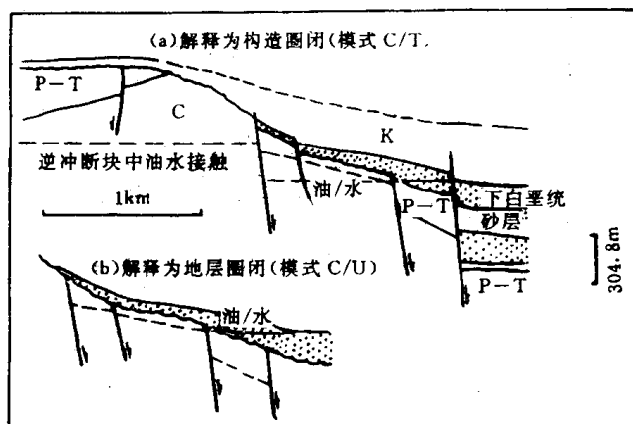


图 1-13 北 Claymore 油田一个有效的多面封闭圈闭

(Maher 和 Harker, 1987)

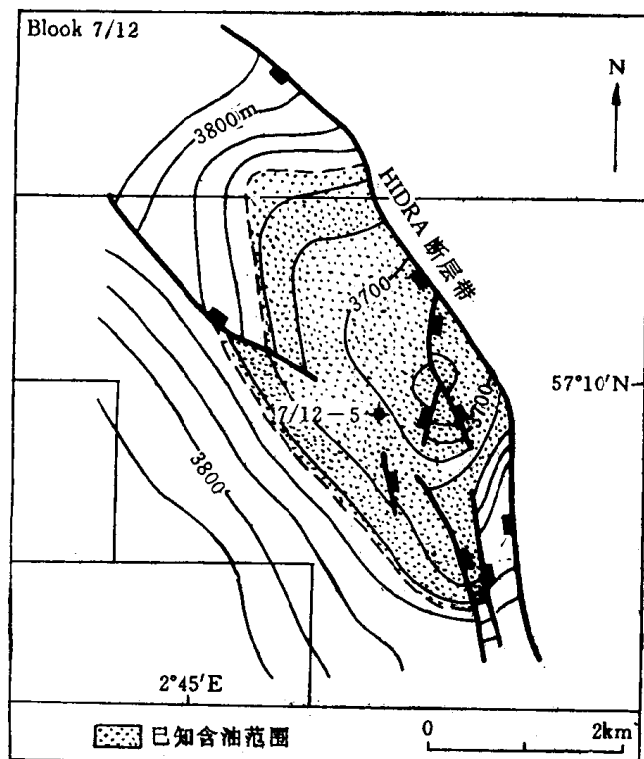


图 1-14 尤拉油田一个有效的多面封闭圈闭 (模式 C/T)

(Spencer 等, 1986)

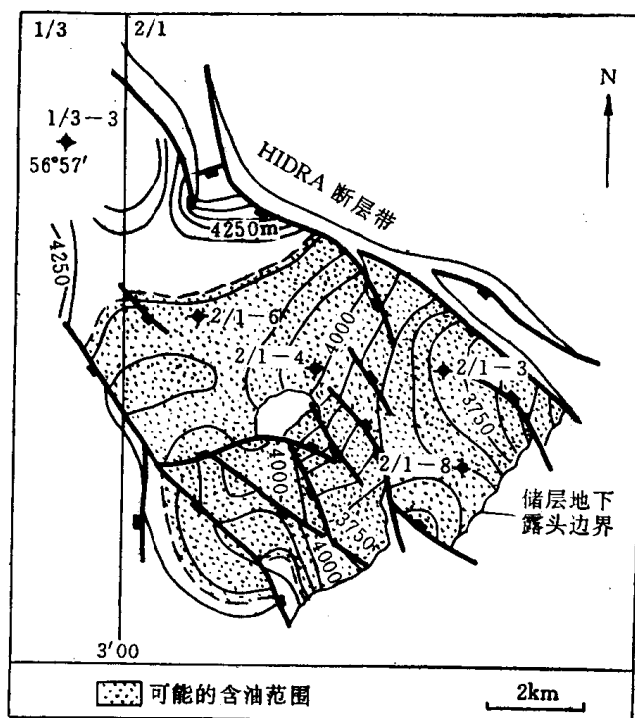


图 1-15 Gyda 油田一个有效的多面封闭圈闭 (模式 U/TC 或 U/T)

(Spencer 等, 1986)