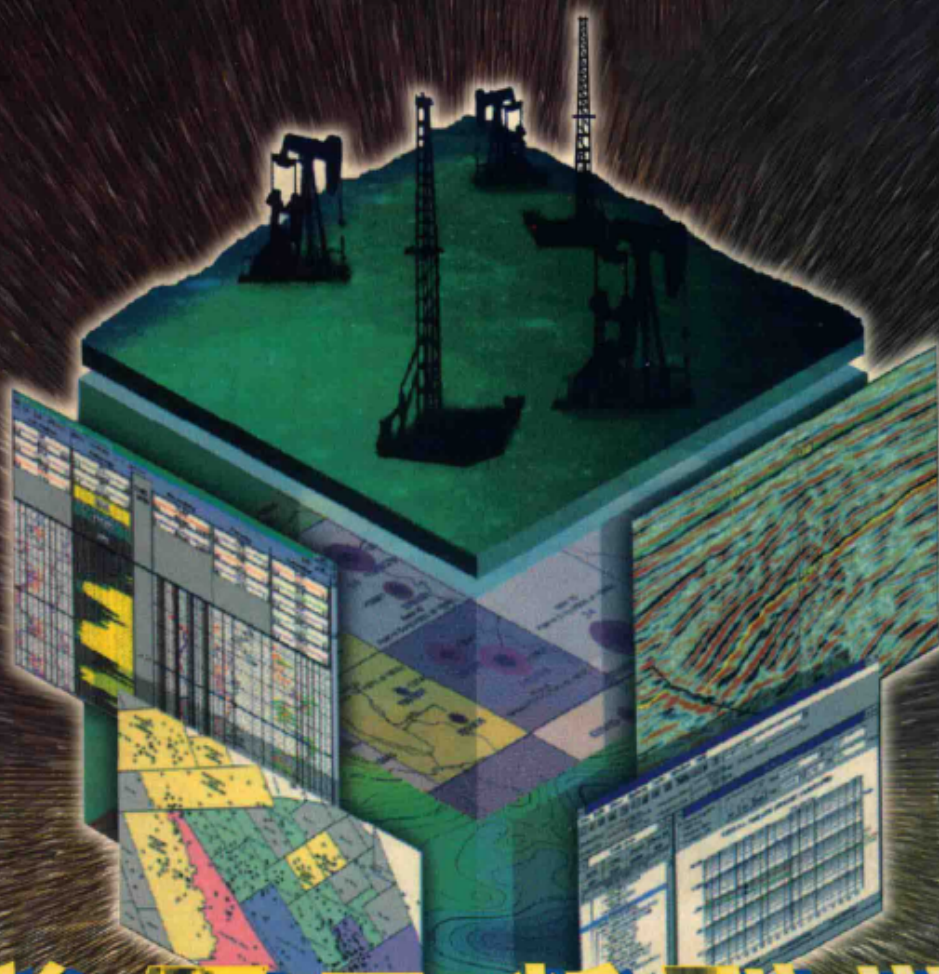


Seal Evaluation of cap-rock & fault belting

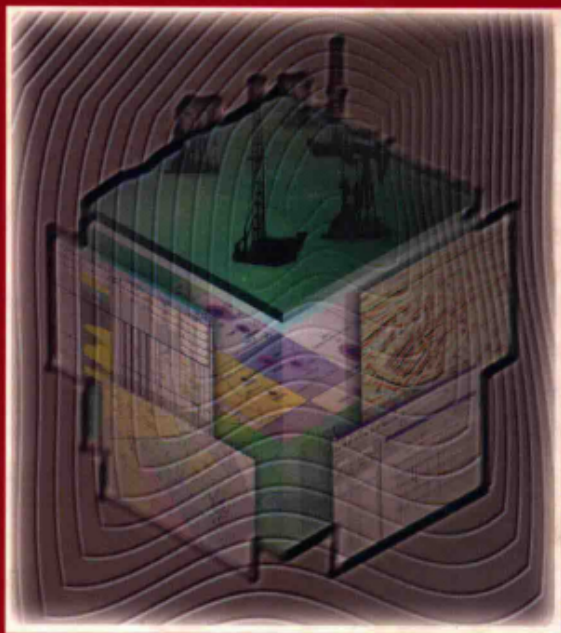


盖层及断裂带 的封堵作用评价

周文 黄辉 王世泽 俞仁连 编著

四川科学技术出版社

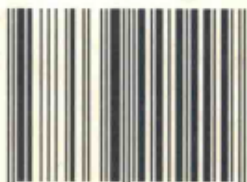
责任编辑:丁大坤
封面设计:王元君



盖层及断裂带的封堵作用评价

周文 黄辉 王世泽 俞仁连 编著

ISBN 7-5364-4549-0



9 787536 445499 >

ISBN 7-5364-4549-0/P·111

定价:22.00元

盖层和断裂带的封堵作用评价

周 文 黄 辉 编著
王世泽 俞仁连

四川科学技术出版社

•1999•

图书在版编目(CIP)数据

盖层和断裂带的封堵作用评价/周文等编著. - 成都:
四川科学技术出版社, 2000.7

ISBN 7-5364-4549-0

I. 盖… II. 周… III. 盖层(油气)-断裂带-圈
闭 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 64550 号

盖层和断裂带的封堵作用评价

编 著 者 周 文 黄 辉 王世泽 俞仁莲

责任编辑 丁大镛

封面设计 王元君

责任出版 周红君

出版发行 四川科学技术出版社

成都盐道街 3 号 邮政编码 610012

开 本 787mm × 1092mm 1/16

印张 14.375 字数 330 千

印 刷 成都拓展印务有限公司

版 次 2000 年 7 月成都第一版

印 次 2000 年 7 月成都第一次印刷

印 数 1 - 1 000 册

定 价 22.00 元

ISBN 7-5364-4549-0/P·111

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。

■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。

地址/成都盐道街 3 号

邮政编码/610012

内 容 摘 要

本书全面系统地介绍了盖层和断裂带与油气封堵之间的关系,包括盖层的概念、类型及与岩性、深度、厚度等的关系,盖层评价参数及其确定方法,测井资料研究油气盖层的方法,泥质岩类盖层破裂作用,以及断层封堵机理及研究方法等。全书内容广泛,实例丰富,是该研究领域一本重要著作,它可以作为石油地质及石油工程专业本科、研究生的教学参考书,也可作为从事石油勘探开发研究工作的地质师和工程师的参考书。

前 言

在八十年代以前,由于石油地质学家对于盖层和断裂带的封堵作用的重要性没有足够的认识,因而对其的研究开展得较少,仅有一些定性的分析。随着油气勘探开发事业的蓬勃发展和许多石油地质及油气田开发理论的逐步完善,人们越来越认识到油气盖层和断裂带的封堵性能的研究对油气藏的勘探开发来讲十分重要,其不仅是形成油气藏的必不可少的条件之一,而且也涉及到油气藏开发单元的确定及开发方案编制等诸多方面。因而八十年代以来,众多的研究者均从不同的方面、采用不同的方法开展了对油气盖层和断裂封堵作用研究,取得了许多重要的认识和进展。盖层及断裂带封堵性研究已从定性发展定量评价,从宏观到微观,从局部到整体,从静态到动态,而且还引入各种计算技术。目前为止,其已发展为石油工程学科中的一个重要分支,成为油气勘探地质师和油气藏开发工程师所应必须掌握的知识。

作者近年来在盖层和断层带封堵性评价方面做了一些有益的研究,在实际工作中深感到目前为止,还没有一本系统介绍该研究领域有关内容的专著供研究人员参考。前人取得的大量研究成果均散发于各种文献中。因此作者根据自己近年所取得的研究成果,并力求系统总结迄今为止国内外研究者在此方面成果,编著出这本书。希望这本书的出版能对广大从事油气勘探开发的地质师和工程师们有所裨益。

全书共分七章,第一章在介绍盖层的概念及类型后,对盖层与岩性、厚度、深度和分布连续性等关系进行了讨论;第二章着重对封堵机理进行讨论,并对天然气通过盖层的扩散作用进行了论述;第三章系统介绍有关油气盖层的评价参数及其确定方法;第四章主要讨论泥质岩类封盖参数的测井资料确定方法;第五章介绍泥岩类盖层的破裂作用;第六章讨论断裂带的封堵作用及有关的研究方法;第七章介绍四川盆地川西坳陷断层带封堵性评价成果。

本书能够顺利编著完成,应感谢这些年来对作者给予关照的许多同仁。由于作者水平有限,书中涉及的仅是盖层和断裂作用与油气封堵的某些方面,而且书中一定存在许多不足和缺陷,恳请广大读者批评指正。

周文 黄辉 王世泽 俞仁连
1999年8月26日

目 录

第一章 油气盖层的特征及有关问题讨论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 盖层的概念及类型	(2)
1.2.1 盖层的概念	(2)
1.2.2 盖层的类型划分	(2)
1.3 有关盖层的几个问题	(4)
1.3.1 盖层与岩性关系	(4)
1.3.2 盖层封堵能力与厚度关系	(7)
1.3.3 盖层封堵能力与深度关系	(10)
1.3.4 盖层的相对封盖性	(13)
1.3.5 盖层的整体封堵性	(13)
1.3.6 盖层分布的连续性	(14)
1.4 泥岩类盖层的演化及最优封堵阶段	(14)
1.4.1 泥岩的成岩演化	(15)
1.4.2 有机质成熟期	(17)
1.4.3 泥岩盖层的演化阶段	(17)
1.4.4 实例分析	(19)
1.5 储盖层的组合问题	(20)
1.6 盖层的“自封堵”特征	(21)
1.6.1 盖层显微结构与微渗漏空间类型	(21)
1.6.2 油气微渗漏与盖层“自封堵”	(22)
第二章 盖岩层的封堵机理讨论	(23)
2.1 封堵面及封堵类型	(23)
2.1.1 封堵面的概念及沉积盆地中的封堵面	(23)
2.1.2 封堵类型及其典型实例	(23)
2.2 封堵机理的讨论	(26)
2.2.1 封堵机理的主要类型	(27)
2.2.2 毛细管封堵能力评价	(30)
2.2.3 水力封堵能力评价	(39)
2.3 天然气通过盖岩层的扩散作用	(41)
2.3.1 天然气的扩散作用	(41)
2.3.2 天然气浓度扩散运移理论	(42)
2.3.3 天然气垂向扩散引起的成份变化	(45)
第三章 油气盖层的评价参数	(48)
3.1 盖层的常规评价参数	(48)
3.1.1 盖层的宏观参数	(48)

3.1.2	盖层的品质参数	(48)
3.1.3	盖层的破裂评价参数	(50)
3.2	盖层的微孔隙结构及封堵参数	(50)
3.2.1	盖层微孔隙结构的测定方法	(50)
3.2.2	盖层的微观孔隙结构参数	(57)
3.3	天然气在盖岩层中的扩散系数测定	(60)
3.4	其它评价参数	(62)
3.4.1	盖层的“微渗漏-自封堵”综合评价参数	(62)
3.4.2	封堵压力	(62)
3.5	盖层研究实例	(68)
3.5.1	四川盆地西部地区致密砂岩气藏盖层研究	(68)
3.5.2	海拉尔盆地乌尔逊断陷泥岩盖层研究	(70)
3.5.3	松辽盆地古中央隆起带登类库组盖层评价	(71)
3.5.4	陕甘宁盆地上古生界泥质岩封盖能力研究	(75)
第四章	泥质岩类盖层封盖参数的测井资料确定方法	(82)
4.1	粘土含量的测井指示方法简介	(82)
4.1.1	粘土矿物的主要测井参数特征简介	(82)
4.1.2	粘土含量的测井指标	(82)
4.2	自然伽玛能谱测井(NGS)资料研究泥质参数	(86)
4.2.1	基本原理	(86)
4.2.2	粘土含量的估算	(88)
4.3	岩性密度测井(LDT)资料研究泥质参数	(92)
4.3.1	基本原理	(92)
4.3.2	岩性密度测井资料识别粘土矿物	(100)
4.4	中子测井(CNC)资料研究泥质参数	(106)
4.4.1	基本原理	(106)
4.4.2	确定泥质含量及识别矿物	(108)
4.5	电磁波传播测井(EPT 和 DPT)资料的解释	(109)
4.5.1	基本原理	(109)
4.5.2	电磁波测井资料的解释	(112)
4.6	泥质岩类盖层物性参数的测井资料确定方法	(114)
4.6.1	泥质岩类的孔隙度参数确定	(114)
4.6.2	泥质岩类的阳离子交换量(Q_v)的估算	(116)
4.6.3	泥质岩类含水饱和度的确定	(119)
4.6.4	泥质岩类地层渗透率的估算	(125)
4.7	粘土矿物的分布形式识别	(130)
4.8	泥质地层的研究实例	(137)
4.8.1	美国部分盆地泥质地层的研究	(137)
4.8.2	海拉尔盆地泥岩地层研究	(139)

第五章 泥岩盖层的破裂作用	(141)
5.1 泥岩盖层的破裂作用	(141)
5.1.1 作为破裂层的泥岩层特征分析	(141)
5.1.2 泥岩裂缝的成因类型及研究实例	(143)
5.2 泥岩盖层的破裂作用研究实例	(148)
5.2.1 乌尔逊、贝尔断陷生、储、盖组合特征	(148)
5.2.2 泥岩盖层的破裂类型及破坏模式	(149)
5.3.3 断层造成泥岩盖层破坏的区域评价	(152)
第六章 断裂带的封堵作用及研究方法	(156)
6.1 断裂带的封堵机理	(156)
6.1.1 断层封堵的几个概念	(156)
6.1.2 斜接断层的薄膜(或毛细管)封堵	(157)
6.1.3 断裂带封堵作用在油气田开发中的应用	(165)
6.2 断裂带形成封堵的地质作用	(170)
6.2.1 断面的应力愈合作用	(170)
6.2.2 断面裂隙的成岩胶结或充填作用	(172)
6.2.3 破裂断层带的糜棱化作用	(172)
6.2.4 断面上泥质涂抹作用和挤入作用	(172)
6.2.5 断裂带的粒化作用	(179)
6.2.6 其它地质作用	(183)
6.3 研究断层带封堵作用的方法	(184)
6.3.1 断面封堵图的编制及应用	(184)
6.3.2 泥质抹强度(CSP)剖面图的编制及应用	(188)
6.3.3 断块封堵的相关分析及应用	(193)
6.3.4 采用逻辑信息法评价断层的封堵性	(195)
6.3.5 断面压力剖面图的编制及应用	(200)
6.3.6 断层封堵性评价的其它方法	(206)
第七章 四川盆地西部上三叠统地层中断层带的封堵性评价	(208)
7.1 断层形成(活动)期的确定	(208)
7.2 断裂作用与天然气运聚之间关系	(209)
7.3 典型构造断层带封堵性评价	(211)
7.3.1 中坝构造须二气藏断层带封堵性评价	(211)
7.3.2 平落坝香二、四气藏断层带封堵性评价	(214)
7.4 川西坳陷断层带封堵条件的区域评价	(218)
7.4.1 地层压力分布特征及其断层带封堵条件分析	(218)
7.4.2 地面油气显示和上升泉与断层带封堵条件分析	(219)
7.4.3 川西坳陷断层带封堵性的区域评价	(219)
主要参考文献	(222)

第一章 油气盖层的特征及有关问题讨论

1.1 概述

盖层问题原则上可以从物理和地质两个方面进行探讨。关键的因素是盖层的岩性和物性、成岩作用、厚度以及局部和区域的连续性。此外,必须把盖层放在随时间而演变的烃类赋存系统中来考虑。由于这个原因,烃类在不断演变的赋存系统中的保存就成了勘探活动中风险评价的一个极端重要的参数。必须分析油气生成和运移的时间以及构造事件(如压性和张性的构造形变)的顺序,以便判断保存的机会。

与石油相比,天然气的分子量小,结构简单,易溶解、易挥发、易扩散,活动性强。它不但可通过断层、裂隙和连通孔隙发生渗滤性运移,也可以分子扩散形式发生迁移。所以,对一个具有天然气形成条件的盆地来讲,问题的关键不仅仅在于这个盆地原来生成了多少天然气,而在于至今为止,在经历“磨难”之后有多少天然气被保存下来。从这个角度出发,在天然气勘探风险分析中,长期以来一直被人忽视的封盖条件,随着勘探事业的发展,已日益引起人们的普遍关注和重视。实际上,盖层的性能分析有时甚至比储集层性能分析更为迫切,因为储集性能的好坏一般只会影响到天然气多少问题,而不会影响到有无油气聚集这样的问题。

归纳起来,国内外对于盖层理论的研究,大致经历了以下三个阶段:

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,而油藏对封堵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,致使盖层理论的研究进程十分缓慢。盖层的研究停留在描述上,如盖层是否致密,是否渗透,厚度大小等。

第二阶段,国外 60-70 年代,国内 80 年代。在这一时期,人们从大量的油气勘探,特别是天然气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,尤其在前苏联,许多学者在此期间发表了大量的有关盖层方面的论文,提出了许多新的观点。

A. A. 哈宁根据实验数据编制了一个泥岩盖层评价表,这是对盖层作用的首次划分。Я. A. 皮利普与 A. 达尼连柯针对哈宁评价表中存在的问题提出了新的评价标准。

Т. Ф. Антонова(1964 年)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最合理的含量在 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,也有人认为这些片状结构对盖层的封堵性能有好的影响。Г. Э. Прозоровиц(1972 年)等对矿物成分对盖层封堵性能的影响,也作了详细的研究。

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,如盖层的厚度,渗透率,突破压力,突破时间,遮挡系数,盖层中孔

隙喉道半径,泥岩中的膨胀矿物含量,泥岩中砂、粉砂质含量及泥质系数等,来试图从理论上定量评价盖层的封堵性能,并提出了一系列相应参数的测定方法。它给后来盖层理论研究的发展奠定了可靠的实验理论基础。

第三阶段,国外进入八十年代以后,是盖层理论逐渐走向成熟和大发展的时期。主要包括:研究手段的现代化,以计算机技术的普遍应用为标志;研究方法上,逐步强调了理论与实践的结合。与此同时,盖层理论研究也有了许多的新进展。

1.2 盖层的概念及类型

1.2.1 盖层的概念

盖层概念比较复杂,不同的作者给盖层以不同的定义。通常所说的盖层是指位于储集岩之上,阻止油气向上运移的致密的不渗透岩层,其毛细压力能够抗住穿越它的流体的置换力、贯穿力和渗透力。

盖层、遮挡层、隔层指的都是这类不渗透岩石。也有的作者把盖层称为流体挡板。

盖层概念和渗透概念一样,是相对的。一定岩性、一定厚度的岩层在一定的油藏能量下能充当盖层,但在油藏能量更高的情况下则有可能被贯穿,他们属于可渗透的岩性,而在数年或数十年开采过程中,实际上是不渗透的。这种情况下起决定性作用的是时间因素。油藏开采与油藏形成相比,只是一瞬间。因此,不能认为他们是盖层,而称为分隔层。

作者认为对于油气盖层而言,是指:那些在油气成藏过程中,在油气圈闭范围内,对油气运移和以后的散失起封堵作用,因而使油气在储层中富集形成油气藏的地层。按照此定义,对于储层中的一些局部隔层则不能作为盖层存在,因为它不存在封堵油气运移作用(图 1-1)。

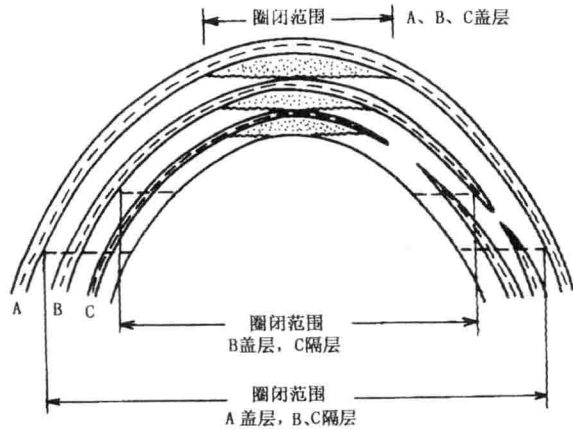


图 1-1 与圈闭范围有关的盖层和隔层

1.2.2 盖层的类型划分

1) 盖岩层的定性划分

通常把盖层分为局部盖层和区域盖层。前苏联根据分布规模把盖层分为:

- ① 大区域盖层 发育于整个大型沉积盆地的盖层;
- ② 区域盖层 发育在含油气盆地数个二级构造上并覆盖盆地之大部分;
- ③ 地带性盖层 覆盖一个或数个二级构造,只占含油气盆地的一部分;
- ④ 局部盖层 在某些局部隆起或在局部隆起的某些地段发育的盖层。

根据成分,盖层可分为相对均质盖层(其他岩性的夹层 $<25\%$)和不均质盖层(其他岩

性夹层>25%)。

根据成因分类(按盖岩层形成环境划分):

- ①陆源成因盖层,包括泥质盖层和粉砂质盖层及致密砂岩盖层;
- ②化学、生物化学成因盖层,包括岩盐、硫酸盐岩的石膏及硬石膏和碳酸盐岩盖层;
- ③冰冻成因盖层,包括冰冻的砂质和粉砂质盖层(冰冻砂岩和粉砂岩);
- ④混合成因盖层,包括碳酸盐-泥质盖层,硫酸盐-岩盐盖层,碳酸盐-岩盐盖层,硫酸盐-碳酸盐盖层,泥质-冰冻成因盖层;
- ⑤沥青盖层,沥青(风化)形成的盖层;
- ⑥其它类型盖层,如断裂带的因断裂作用(断层泥及泥质涂沫等)形成封堵面,及局部的成岩胶结带形成的封堵。

2) 盖岩层划分的定量界线

前苏联许多学者均对盖层的定量划分进行了大量的实验研究,得出过众多的定量标准。这些划分中主要考虑了盖岩层封堵油气再运移的主要微观特征参数,主要的成果如下:

①A. A. 哈宁的盖层分类评价

A. A. 哈宁根据实验数据编制了一个泥质岩评价表(表1-1)。这是对盖层所作的首次划分尝试,分出了A、B、C、D、F、E六类。分类的依据是孔隙直径、渗滤性质和气体贯穿压力等数据。

表1-1 泥岩遮挡能力评价表 (据 A. A. 哈宁)

类	气体绝对渗透率 ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)	通过饱和煤油岩石 的气体贯穿压力 (0.098MPa)	遮挡能力
A	$\leq 10^{-6}$	≥ 120	非常高
B	10^{-5}	~ 80	高
C	10^{-4}	55	中
D	10^{-3}	30	偏低
E	10^{-2}	< 5	低
F	10^{-1}	< 0.01	无遮挡能力

这个评价表的缺点是用煤油饱和岩样,与地层条件根本不同。由于煤油对水来说是不活泼的,因而就不能模拟他们与水的物理化学相互作用(膨胀、阳离子交换等)。地层条件下作为盖层的泥岩虽然与油气直接接触,但盖层中通常含有水,这种水处于毛细管中,是难以置换出来的。

此外,有些研究者认为哈宁的评价表划分过细。A类和B类泥质盖层在饱和水的情况下,其气体贯穿压差过大,在自然条件下实际上碰不到;E类和F类的渗透率为 $10^{-5} \sim 10^{-4}\mu\text{m}^2$,对泥岩不典型,是致密砂岩和粉砂岩常有的渗透率值。

②Я. A. 皮利普和 A. 达尼连科的盖层评价分类表

针对 A. A. 哈宁的评价表所存在的一些缺点, 这二个作者提出了一个新的评价表, 将盖层分成高、中、低三大类。建议用渗透率的倒数 $1/K$ 来描述盖层的遮挡能力。 $1/K$ 称为遮挡系数。这个评价表的主要依据是遮挡系数和通过饱和水岩石的气体的贯穿压力差 $\Delta P_{\text{贯}}$ (表 1-2)。

表 1-2 Я. A. 皮利普等建议的岩石遮挡能力评价表

类	气体绝对渗透率(K) ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	遮挡系数 ($\frac{1}{K}$)	通过饱和水岩的体气贯穿压力差 $\Delta P_{\text{贯}}$ (0.098MPa)	遮挡能力
I	$< 10^{-5}$	$> 10^5$	> 400	高
II	$10^{-5} - 10^{-3}$	$10^5 - 10^3$	$\sim 150 - 400$	中
III	$> 10^{-3}$	$< 10^3$	< 150	低

③涅斯捷洛夫的盖层评价分类表

上述分类仅是考虑岩石的可渗透性, 未能将微观的孔隙结构特征参数考虑在内, 因而涅斯捷洛夫(1975 年)根据其实验的岩样的孔隙半径的集中范围, 把盖层分为三个等级(表 1-3)。这个分类方案, 不太强调盖层的厚度, 主要强调盖层的微观封堵质量。

表 1-3 涅斯捷洛夫对盖层的分类表 (1975 年)

类 别	孔径集中范围(cm)	封盖能力
I	$< 5 \times 10^{-6} (5A^{\circ})$	可作油气盖层
II	$5 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-4} (5 - 200A^{\circ})$	只能作油层盖层
III	$> 2 \times 10^{-4} (200A^{\circ})$	不宜作盖层

1.3 有关盖层的几个问题

1.3.1 盖层与岩性关系

从世界现有油田来看, 可作盖层的岩性有泥(页)岩、岩盐、石膏(硬石膏)或泥灰岩、泥质石灰岩、硫酸盐化石灰岩、石灰岩、冰冻砂岩等。还有许多盖层是上述岩类的混合岩性。甚至还有致密砂岩形成遮挡的情况。

1) 泥页岩类盖层

此类盖层空间上分布最广, 数量最多, 最为常见, 几乎产于各种沉积环境中。世界上大多数油气藏的盖层属此类。前苏联对泥岩类盖层研究得较详细, 对泥(页)岩成分、分散度、结构构造特点与其遮挡能力的关系方面做了许多工作。

Hans R. Grunau(1987 年)对世界最大的一些油气田的盖岩层岩类进行了统计(25 个最大油田和气田), 有一半的为泥(页)岩封盖(图 1-2 和图 1-3)。其统计是按大油气田

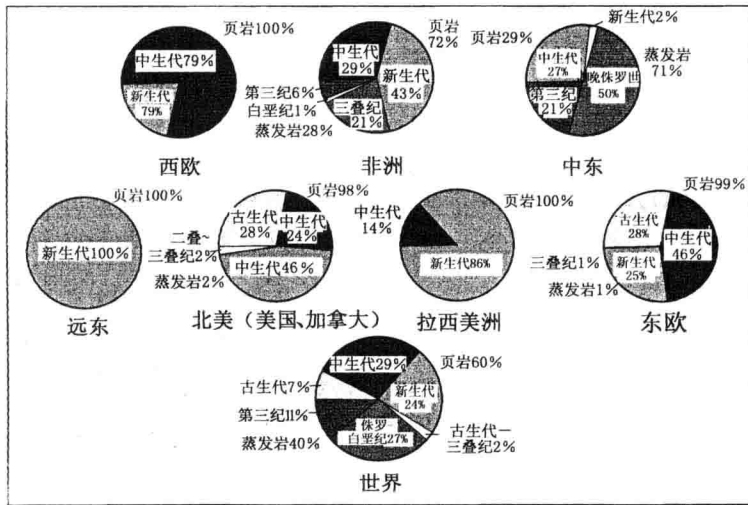


图 1-2 大陆大油田的页岩/蒸发岩比

(据 Hans R. Grunau, 1987 年)

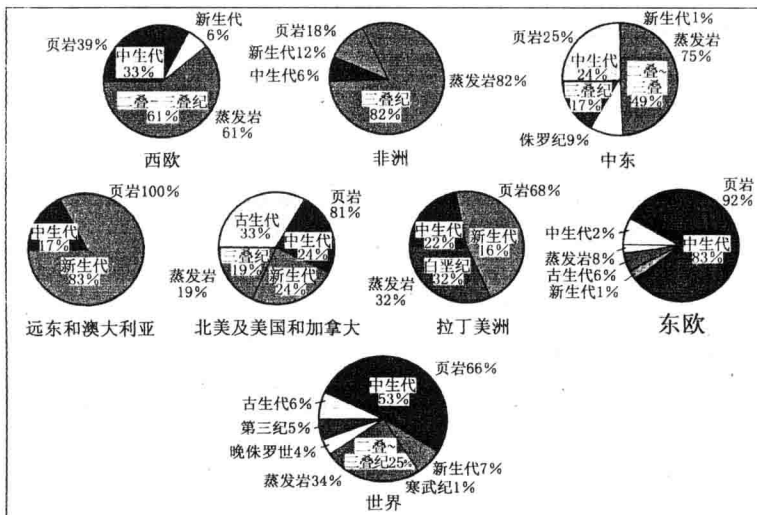


图 1-3 大陆大气田的页岩/蒸发岩比

(据 Hans R. Grunau, 1987 年)

特点及地质时代单元封盖层岩性和时代关系, 包括了其最终可采储量, 全世界统计结果表明, 页岩(泥岩)占约 60% (油藏) 和 66% (气藏)。

对泥(页)岩盖层的研究成果表明, 其主要的封堵特征如下:

① 泥岩中膨胀性矿物(尤其是蒙脱石)越多, 盖层质量就越好, 其遮挡能力就越强, 对保存油气藏所需的厚度就越小, 反之, 若泥质盖层中膨胀性矿物比较少, 特别是当没有膨胀性矿物时, 则要以泥质盖层的很大厚度来补偿。

②泥质盖层与其粒度组分有密切关系。一般说来分散性越高,其渗透率就越低,而遮挡能力就越强。

③许多油田实例表明,泥质盖层中若含砂质、粉砂质等杂质时,会大大降低泥质盖层的遮挡能力。粉砂杂质含量的不同,影响到泥质盖层中优势孔隙的大小。例如泥岩中粉砂组分含量为 20% 时,占优势的是截面为 $0.025 - 0.05\mu\text{m}$ 的孔隙,粉砂组分为 50% 时,优势孔隙可达 $0.08 - 0.16\mu\text{m}$ 。孔隙管道直径的这种变化也在岩石的遮挡性质上反映出来。随着孔隙直径的增大,渗透性将增高,而气体贯穿压力将减小,盖层遮挡能力显著减弱。

④泥质盖层的矿物成分对其遮挡能力有很大的影响。这种影响主要是通过吸收容量和吸收络合物成分施加的。蒙脱石类矿物吸收容量大,因此这类泥岩作为盖层的遮挡能力强。交换络合物中 Na^+ 含量高的泥岩,其膨胀性、可塑性及吸水性大,同时其毛细管小,渗滤能力小,因此遮挡能力强。菲利波夫甚至认为只有泥岩中 Na^+ 对 Ca^{++} 占有明显优势,才是好的泥质盖层,他似乎过份强调了 Na^+ 对 Ca^{++} 优势的作用。前苏联布哈-基发含油气省的资料表明,该地区泥质盖层吸收络合物中见到的常常不是 Na^+ 对 Ca^{++} 的优势,而是 Ca^{++} 对 Na^+ 的优势。显然,盖层的遮挡能力受多种因素控制,其中一种因素不利,其他因素有利,从中可得到补偿。过分强调某一个因素是欠妥的。

2) 岩盐、石膏(硬石膏)类盖层

由岩盐和含盐岩石组成的盖层是高质量的盖层,封堵性能好,甚至可遮挡高压气藏。它们所遮挡油藏的充填程度最为饱满(常达 80 - 100%),油藏高度也大。岩盐和含盐岩石的塑性随深度增大而增大。由于“流动”效应,他们能愈合裂隙和断裂,世界上许多大型油气藏,其盖层都是上述岩类。

据 Hans R. Grunau 的统计结果(图 1-2 和图 1-3),有大约一半的世界大油气田其封盖层为蒸发岩,油藏中为约 40%,气藏中约为 34%。

单纯由石膏组成的盖层,其遮挡能力不如岩盐。通常在 1000m 深度以上为软石膏,1000m 深度以下变为硬石膏。因为油气藏大多在 1000m 以下,所以硬石膏盖层比石膏盖层更为常见。石膏的塑性接近于岩盐。在全面受力挤压的情况下,岩盐、石膏的塑性是硬石膏的 3 倍,因而硬石膏可能相对于石膏和盐岩来讲更易破裂。因此,单纯由石膏,特别是由硬石膏遮挡的油气藏,其油柱高度不大,油捕充填系数较小。如前苏联古比雪夫的基涅尔-契尔卡什地区上二迭统的油藏,其油藏高度仅为整个构造高度的 20 - 30%。石膏、硬石膏必须与岩盐结合或成互层,才能大幅度提高遮挡能力,变成高质量的盖层。

3) 碳酸盐类盖层

碳酸盐岩盖层指的是碳酸盐占半数至纯由碳酸盐组成的一些非渗透性岩石,如泥灰岩、泥质石灰岩、硫酸盐石灰岩、石灰岩等。

碳酸盐类岩石能否充当盖层,有三种代表性的看法:

①一些研究者认为碳酸盐岩石具有足够高的遮挡能力,能成为区域性的油气藏盖层。

②部分地质家持否定态度,认为碳酸盐岩中裂隙广泛发育,使得其下不能聚集油气。

③还有一部分研究者持第三种看法,认为碳酸盐岩只能充当油藏盖层,不能充当气藏盖层。

碳酸盐岩能否充当盖层的问题,不仅有理论意义,而且有实际意义。

过渡性岩石泥灰岩作用盖层的例子屡见不鲜,争议比较大的是碳酸盐岩体本身的遮挡能力。随着以碳酸盐岩作盖层的油田的不断发现,这个问题也趋于解决。问题转到碳酸盐层是否是好的盖层,在什么条件下可以充当盖层。

4) 砂岩盖层

值得一提的是,国内外均有致密砂岩充当油藏遮挡层的报道。砂层是储集岩,这是人所共知的。但有些地区的砂岩,其孔隙度、渗透率均低,从而成为实际不渗透的岩层—遮挡层。前苏联 Ключевская 和 Бьрезовская 地区有的油藏就是致密砂岩作遮挡面。

5) 冰冻成因盖层

这里指的是冰冻砂岩和冰冻粉砂岩盖层。他们主要见于永久冻土地带,可厚达数百米。由冰胶结的砂岩实际是不渗透的。据报道,阿拉斯加 Гьюбик 地区就是这类盖层遮挡的工业性油气藏。冰冻砂岩盖层在油气藏形成中的作用尚不十分清楚。形成与冰冻盖层有关的永久冻土地带,从地质时间上来说相对较短,因此冰冻盖层数量是很有限的。

从盖层的岩性角度,根据国外油气藏盖层实例,优劣次序大致如下:

- ① 岩盐;
- ② 各种含盐的混合岩性;
- ③ 泥(页)岩;
- ④ 石膏(硬石膏稍次);
- ⑤ 砂质泥岩;
- ⑥ 泥灰岩;
- ⑦ 泥质石灰岩及硫酸盐化石灰岩;
- ⑧ 石灰岩(也应多少含一些泥质);
- ⑨ 泥质粉砂岩(在特定条例上可充盖层);
- ⑩ 致密砂岩(少数情况下形成盖层);
- ⑪ 冰冻盖层(只见于永久冻土地带)。

除上述盖层类型外,还有一些特殊的盖层,如沥青封盖层、砾岩、火成岩、煤层和断层泥等。有关断裂带的封堵问题,将在有关章节中介绍。

1.3.2 盖层封堵能力与厚度关系

通过大量的实际资料调查和研究,对盖层的遮挡能力与厚度的关系,存在有两种观点。

1) 盖层封堵能力与厚度有关系

绝大多数油气藏都具有比正常条件下高的压力。上述各种岩层要成为可靠的盖层,必须具备一定的厚度,才能承受流体的压力而不被贯穿。依诺泽姆采夫研究了古比雪夫地区下石灰统 B₂ 层油藏之上厚薄不等的盖层对石油的影响。他着重研究石油密度、气饱和度、饱和压力、甲烷及其同系物含量与盖层厚度的关系,以求查明多厚(泥质)盖层才能保证油藏石油不致被氧化破坏。结果发现该区石油密度随盖层厚度增大而有规律的减小(图 1-4),但只到一定厚度数值为止(25m)。这说明该厚度值以下的盖层不足以保护石油的氧化,以致石油变稠,密度增大。而盖层厚度达到一定数值后,石油密度不再增大,说

明油藏获得充分保护。该作者因此得出结论：该区泥质盖层的理想厚度应为 25m。低于这个厚度值将导致石油密度增大及气饱和度、油捕充填程度的降低。从其所作的溶解气组分与盖层厚度的关系曲线(图 1-5)上可以看出，盖层厚度在 25m 以内，乙烷含量随着盖层厚度增大而减小，呈线性关系。盖层厚度一达到 25m，盖层厚度对乙烷含量不再有影响。从图 1-5 还可以看出，重烃含量与盖层厚度之间的变化，随厚度减小而增大，线性关系也恰好在盖层厚度 25m 时转变，同样证明 25m 是上述地区的理想厚度。该作者还指出盖层薄则油藏充填系数低(0.2-0.3)，达到 25m 以上，油捕充填系数就高，几乎达到临界充填(0.95-1)。

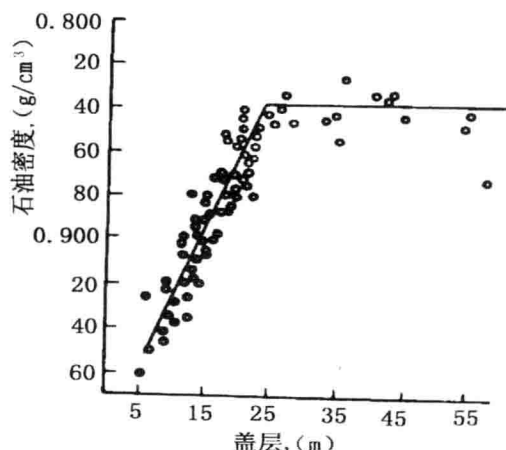


图 1-4 石油密度与盖层厚度的关系
(据 H. M. 依诺泽姆采夫, 1974 年)

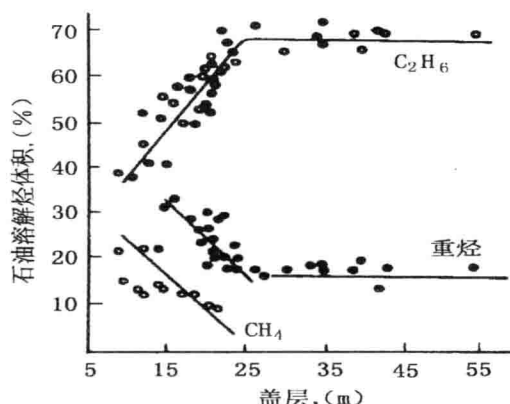


图 1-5 石油溶解气组分与层盖厚度的关系
(据 H. M. 依诺泽姆采夫, 1974 年)

B. II. 斯特罗岗诺夫在布哈拉-基发含油气省进行相应研究之后，认为油藏高度与盖层厚度具线性关系。对于该区，表达式为 $H = 1.65h$ ，式中 H 为气藏高度， h 为泥质盖层厚度。与此同时，出现了一系列文章都肯定地谈到油藏高度与盖层厚度的关系，但认为不同地区，其表达式不同。

2) 盖层遮挡能力与厚度相关性不大

Г. Э. Прозорович 在综合了大量的西西伯利亚油藏盖层资料之后(图 1-6)，正确地指出盖层厚度与油藏高度之间不存在统一的严格的对比关系。原因是每个地区的盖层，其形式、结构、粒度成分和矿物成份，以及被断裂、裂隙破坏的程度都是不同的。

有些研究者指出，低于 25m 理想厚度的薄泥岩，在一定的条件下也可充当工业性油气藏的盖层。Я. А. 别烈托曾以前高加索西部诸油田为例，论述了薄泥岩层的遮挡能力。他认为，泥质盖层的遮挡能力取决于泥岩孔隙水的毛细压力值(P_c)。 P_c 的变化与孔隙半长成正比。 P_c 值较高的薄泥岩(数米)，在一定的条件下也可充当工业性油气藏的盖层。上述地区的库晓夫斯卡亚气田，其盖层阿普第阶泥岩厚 18m(盖层最小埋深为 1218m)，气藏高度为 193m，这里每米厚的盖层可以保住 10m 高的气藏。因而作者推论，5-6m 的泥质盖层在相当条件下可遮挡 50-60m 高度的气藏。别烈托还以前高加索西部南苏维埃气田作为薄泥岩层充当工业性油气藏盖层的例子。从图 1-7 可以看出，该气藏在层位上属侏罗系卡洛夫阶，下白垩统阿普第阶不整合于其上。气藏有二个遮挡层，一个是卡洛夫