



储集层砂岩

Robert R. Berg 著

石油大学出版社

储集层砂岩

Robert R. Berg 著

信荃麟等 译 校

石油大学出版社

鲁新登字10号

内 容 提 要

本书着重阐述砂岩的沉积环境、结构和沉积构造、层序，粒度的分布等等，由此可以得出砂岩储层的各种物理特性，如孔隙度的可能分布，渗透率的大小。以大量的实例说明了这些问题。尽管这些实例中所列举的储层不是最大的，可是其特征却具有代表性。首先讲述砂岩储层的性质、沉积过程、沉积环境和研究方法。然后对砂岩储层分类作了阐述。本书系统性强，内容翔实，适于地质专业高年级学生、研究生和有关科技人员阅读。

Reservior Sandstone

Robert R. Berg 1986

Prentice-Hall, Inc. Englewood cliffs, New Jersey

储 集 层 砂 岩

Robert R. Berg 著

信荃麟等 译校

石油大学出版社出版

山东省东营市

山东省新华书店发行

山东新华印刷厂德州厂印刷

开本 850×1168 1/32 19.125印张 478.2千字

1992年1月第1版 1992年1月第1次印刷

印数 1-2000册

ISBN 7-5636-0188-0/P·10

定价：5.86 元

译者的话

储集层的研究一向为石油地质工作者和油藏工程师们所重视，不过，近20年来随着石油勘探和开发的迫切需要以及研究手段和研究方法的日益提高，这个领域的研究才有了十分迅速的发展，出版了大量学术论文和专著。本书就是美国R.R.伯格教授所著的一本具有特色的代表性著作。

本书重点探讨了分布广泛的各种主要成因类型的储集层砂岩，在介绍每类储集层砂岩时都遵照以现代沉积为先导，进而系统论述古代储集层砂岩的沉积特征、几何形态、空间分布及形成机制等。特别是对每类古代储集层砂岩都是以精选的若干典型油田作为实例进行论述。取材丰富，文图并茂。这些实在的储集层，很能给人以有益的启示。

作者在中文版序言中强调：通过岩芯垂向层序的观察，推断沉积过程、解释沉积环境，进而预测储层几何形态及其特性。并指出一旦阐明了垂向层序的测井响应特征，即可在整个油田借助测井曲线对储层进行制图。本书在内容上自始至终贯穿这种思想，这是很可借鉴的。

正是由于上述原因，我们向读者推荐这本书。

本书的译者和所译章节如下：前言和第一章：信荃麟；第二章：信荃麟、陈清华；第三章：陈清华；第四章：朱筱敏；第五章：张建京、刘泽容、朱筱敏；第六章：张杰；第七章：侯加根；第八章：刘泽容、郑清；第九章：郑清。校订工作：第一章：陈清华；第二章：刘泽容；第三至九章：信荃麟。

在翻译过程中，呈蒙出版社责任编辑耿全喜同志等人大力支

持和帮助，在此一并表示感谢。由于我们水平有限，译文中不当甚至错误在所难免，敬希广大读者批评指正。

译者

1991.7.8

前 言

砂岩是石油和天然气的主要储集层，据估计世界上50%的石油将产自砂岩。砂岩同时也是地下水开发、地下天然气存储和废液处理的重要蓄水层。本书的目的在于描述砂岩油气储集层的特性和成因，以期对深入了解储集层的性质有所帮助。

了解砂岩性质对地质师和工程师们勘探和开发地下流体或其他矿物资源是很有价值的。储集层和蓄水层的形状非常重要。砂体的形状大小基本上决定了地下可以存储流体的数量、组分，结构和沉积构造控制着流体的产量。因此，了解岩石的基本性质对预测砂岩储集层的性质和产状是重要的。

砂岩储集层的许多性质是由沉积环境决定的，因此，人们借助沉积环境可以把砂岩的各种描述有机地组合起来。根据垂向层序的岩石性质可以解释沉积环境，并以此来预测砂体的形状和局部大小。通过了解区域地层、邻区岩石性质、化石含量以及通常对地质解释员有用的许多其他情况，都可有助于这种解释。然而，砂岩本身提供了解释的关键。从垂向层序的岩石组分、结构和沉积构造可以得出沉积环境和局部形态的可靠解释。

本书可作为砂岩成因方面一学期基础教材，供地质、地球物理和石油工程专业的高年级学生和研究生使用。基本内容包括砂岩性质、搬运机理和现代沉积环境，因此，本书仅为提高性研究提供必要的基础。当然，这些内容还应该从技术文献中得到增补，但是，对地下地质来说，目前尚无其他书籍详细描述最为重要的各种砂岩的性质。

本书研究人们已确认其砂岩性质和形态的油气田。有了这些

实例的帮助，运用与描述过的储集岩进行对比或类比来解释其他砂岩。这里列举的油气田仅代表一些主要的可能砂岩形态。毫无疑问，这些实例不胜枚举，有些还是相当著名的。然而，本书描述的油气田代表了不同时代层序中可能最常出现的基本形态。虽然油气田实例代表特定的储集层及其特性，但其中的一些基本原理可以广泛地应用于未来的地质研究和地下资料的勘探和开发。

储集层的描述也将是专业地质家和石油工程师们所关注的。所有砂岩表现出的不同程度非均质性都取决于其成因。岩石性质的这些变化，包括侧向和垂向的，对流体的流动和开采造成了各种问题。这些变化影响了与流动有关的非均质程度，在编制未来石油开采计划时，特别是三次采油计划，也必须考虑这些变化因素。

R.R. 伯格

中文版序言

获悉我的著作已翻译成中文，并且了解到这个版本比英文原著会拥有更多的读者，我非常高兴。所有的地质学家和工程师们，不管国家背景如何，为了把有关的知识用于油气勘探和开发，都有必要掌握一些实际的储集层。

本书所描述的砂岩储集层，虽然选自少数油田，并仅具有小至中等规模，但是它们提供的详尽的岩石观察，却能用于许多较大的储集层，不论它是地层圈闭还是构造圈闭形成的。同样，本书所举油田实例的沉积环境也可更广泛地加以应用。例如，书中所描述的滨岸、三角洲和浊积岩储集层皆与海相背景有关，但是，在湖相背景中也可遇到完全相同的层序。

在勘探和储层开发的任何阶段，了解岩石性质都是有用的，但是，在老油田尤其更有价值，在那里，大部分原始储量已经采出，并且在设计二次或三次采油方法。再者，过去的单井动态通常可以根据储层特征进行解释，并且可以指导将来的储层管理，以便预测可能遇到的生产问题。

读者应当牢记那些用于解释沉积环境和预测储层大小、形状和性质的基本方法。即由成分、结构和沉积构造的单一垂向层序，可以推断最后影响沉积物的沉积过程。这种解释直接导致储层范围和界限的估计。此外，这种解释能预测储层内可能发生的变化，并且帮助解释井间可能存在的内部的流动屏障。

一旦垂向层序在岩芯中已被揭露，则岩石的特征即可与测井响应进行对比。然后，借助测井曲线就可以在整个油田对储层及其横向变化进行较高精度的制图。这一过程意味着，处于新开发

的油田，如果在井距相对较小的情况下进行取芯，例如，每4口井一口取芯井或两井间距不大于1英里，那么，所获取的岩芯具有最大价值。然而，可以预料，取芯的频率将取决于储层本身的性质及其是突变还是渐变的推断。

系统地应用这种方法能够更深刻地了解储层特性，最终提高石油采收率。

R.R. 伯格

1989.2.6.

目 录

第一章 砂岩性质	(1)
第一节 性质分类.....	(1)
第二节 主要性质.....	(2)
1·2·1 成分.....	(2)
1·2·2 结构.....	(8)
1·2·3 沉积构造.....	(14)
1·2·4 形态.....	(22)
第三节 次要性质.....	(25)
1·3·1 孔隙度.....	(25)
1·3·2 渗透率.....	(32)
1·3·3 饱和度.....	(36)
1·3·4 岩芯分析.....	(38)
第四节 潜在性质.....	(41)
1·4·1 测井类型.....	(41)
1·4·2 测井实例.....	(46)
第五节 概要.....	(50)
参考文献.....	(51)
第二章 沉积作用过程	(56)
第一节 河道水流.....	(56)
第二节 水流的作用.....	(58)
第三节 颗粒与流体的相互作用.....	(62)
第四节 力的定义.....	(64)
第五节 速度方程.....	(66)

2.5.1	沉降速度	(66)
2.5.2	搬运速度	(68)
2.5.3	侵蚀速度	(68)
2.5.4	内聚力的影响	(72)
第六节	底床形态	(75)
2.6.1	流动状态 (流态)	(76)
2.6.2	沉积层序	(79)
第七节	密度流	(80)
第八节	波浪运动	(83)
2.8.1	波浪的速度	(83)
2.8.2	底部速度	(85)
2.8.3	砂的侵蚀	(86)
2.8.4	底床形态	(87)
第九节	概要	(88)
	参考文献	(89)
第三章	储集层形态解释	(93)
第一节	沉积环境	(93)
3.1.1	现代环境	(94)
3.1.2	古代环境	(98)
第二节	层序解释	(100)
3.2.1	常见层序	(100)
3.2.2	标志的评价	(103)
第三节	测井曲线解释	(108)
3.3.1	自然电位与伽马测井	(109)
3.3.2	相的变化	(111)
第四节	辅助性资料	(115)
3.4.1	页岩	(115)
3.4.2	微体化石	(115)

3·4·3	地层层序·····	(120)
3·4·4	岩芯分析·····	(120)
3·4·5	形态·····	(121)
第五节	研究方法·····	(121)
3·5·1	全直径取芯·····	(121)
3·5·2	井壁取芯·····	(123)
3·5·3	岩芯研究·····	(123)
第六节	概要·····	(124)
参考文献	·····	(125)
第四章	风成砂岩·····	(129)
第一节	风的搬运·····	(130)
第二节	现代砂丘砂·····	(132)
4·2·1	砂丘分类·····	(132)
4·2·2	沉积构造·····	(135)
4·2·3	成分和结构·····	(138)
第三节	古代风成沉积物·····	(140)
第四节	亚拉巴马州Hatters Pond油田Norphlet 砂岩·····	(141)
4·4·1	地质背景·····	(141)
4·4·2	钻探历程·····	(143)
4·4·3	砂岩描述·····	(144)
4·4·4	倾角测井解释·····	(151)
4·4·5	形态·····	(152)
第五节	概要·····	(155)
参考文献	·····	(155)
第五章	河流砂岩·····	(161)
第一节	河流的搬运和沉积作用·····	(166)
第二节	现代河流沉积物·····	(166)

5.2.1	河流型式·····	(166)
5.2.2	河流沉积物·····	(168)
5.2.3	河流的形态·····	(174)
第三节	古代河流沉积物·····	(178)
第四节	伊利诺斯州Fry地区的Robinson砂岩·····	(180)
5.4.1	地质背景·····	(181)
5.4.2	钻探历程·····	(182)
5.4.3	砂岩描述·····	(184)
5.4.4	形态·····	(190)
5.4.5	结论·····	(191)
第五节	堪萨斯州东南部Chetopa地区Bartlesville 砂岩·····	(191)
5.5.1	地质背景·····	(192)
5.5.2	钻探历程·····	(195)
5.5.3	砂岩描述·····	(197)
5.5.4	形态·····	(206)
5.5.5	结论·····	(210)
第六节	密西西比州Mallalieu油田下Tuscaloosa 砂岩·····	(211)
5.6.1	地质背景·····	(211)
5.6.2	钻探历程·····	(213)
5.6.3	砂岩描述·····	(215)
5.6.4	形态·····	(220)
5.6.5	结论·····	(224)
第七节	怀俄明州东北部Coyote Creek和Miller Creek油田Fall River 砂 岩·····	(225)
5.7.1	地质背景·····	(225)
5.7.2	Coyote Creek 油 田·····	(227)

5.7.3	Miller Creek油田	(230)
5.7.4	砂岩描述	(231)
5.7.5	形态	(240)
5.7.6	结论	(242)
第八节	概要	(243)
	参考文献	(244)
第六章	三角洲砂岩	(256)
第一节	三角洲沉积作用	(256)
第二节	现代三角洲沉积	(262)
6.2.1	三角洲前缘层序	(262)
6.2.2	三角洲形态	(268)
第三节	古代三角洲	(271)
第四节	怀俄明州东北部Coyote Creek地区Fall River 砂岩	(273)
6.4.1	地质背景	(274)
6.4.2	钻探历程	(275)
6.4.3	砂岩描述	(276)
6.4.4	形态	(284)
6.4.5	结论	(285)
第五节	新墨西哥州东南部南帝国油田 Norrowan砂岩	(285)
6.5.1	地质背景	(286)
6.5.2	钻探历程	(288)
6.5.3	砂岩描述	(288)
6.5.4	形态	(299)
6.5.5	孔隙度和渗透率	(301)
6.5.6	结论	(303)
第六节	新墨西哥州西北部Lone Pine油田Dakota	

砂岩	(304)
6·6·1 地质背景	(304)
6·6·2 钻探历程	(308)
6·6·3 砂岩描述	(309)
6·6·4 形态特征	(322)
6·6·5 油气层	(324)
6·6·6 结论	(326)
第七节 新墨西哥州西北部Fairway油田Menefee砂岩	(326)
6·7·1 地质背景	(327)
6·7·2 钻探历程	(329)
6·7·3 砂岩描述	(330)
6·7·4 层序解释	(334)
6·7·5 结论	(336)
第八节 概要	(336)
参考文献	(337)
第七章 海岸砂岩	(344)
第一节 滨线作用	(344)
第二节 现代海岸砂	(348)
7·2·1 障壁岛层序	(348)
7·2·2 海滨平原层序	(354)
7·2·3 其他海岸环境	(355)
第三节 古代海岸砂岩	(357)
第四节 怀俄明州东北部Recluse油田Muddy 组砂岩	(358)
7·4·1 地质背景	(359)
7·4·2 钻探历程	(366)
7·4·3 砂岩描述	(367)

7.4.4	形态	(377)
7.4.5	油柱	(379)
7.4.6	结论	(382)
第五节	蒙大拿州东南部Bell Creek油田Muddy组砂岩	(382)
7.5.1	地质背景	(383)
7.5.2	钻探历程	(384)
7.5.3	砂岩描述	(385)
7.5.4	结论	(395)
第六节	怀俄明州东北部Hilight油田Muddy 砂 岩	(396)
7.6.1	区域地层	(396)
7.6.2	钻探历程	(398)
7.6.3	砂岩描述	(399)
7.6.4	解释	(408)
7.6.5	结论	(414)
第七节	概要	(414)
	参考文献	(415)
第八章	陆棚砂岩	(421)
第一节	陆棚作用	(421)
8.1.1	波浪作用	(422)
8.1.2	潮汐流	(424)
8.1.3	风暴流	(425)
8.1.4	浊流	(427)
8.1.5	其它水流	(429)
第二节	现代陆棚砂	(430)
8.2.1	Sabine-Heald砂洲	(430)
8.2.2	美国大西洋陆棚	(433)
8.2.3	北海砂脊	(436)

8.2.4	其它陆棚砂	(438)
第三节	古代陆棚砂	(440)
第四节	得克萨斯州东南部Kurten油田Woodbine 砂岩	(442)
8.4.1	地质背景	(442)
8.4.2	钻探历程	(448)
8.4.3	砂岩描述	(448)
8.4.4	形态	(458)
8.4.5	解释	(459)
8.4.6	结论	(462)
第五节	怀俄明州东北部House Creek油田Sussex砂 岩	(462)
8.5.1	地质背景	(463)
8.5.2	钻探历程	(465)
8.5.3	砂岩描述	(467)
8.5.4	解释	(475)
8.5.5	结论	(479)
第六节	俄克拉荷马州东部Binger油田Marchand砂 岩	(480)
8.6.1	地质背景	(481)
8.6.2	砂岩描述	(485)
8.6.3	解释	(491)
8.6.4	形态	(491)
8.6.5	结论	(494)
第七节	概要	(495)
	参考文献	(496)
第九章	盆地砂岩	(507)
第一节	盆地作用过程	(507)