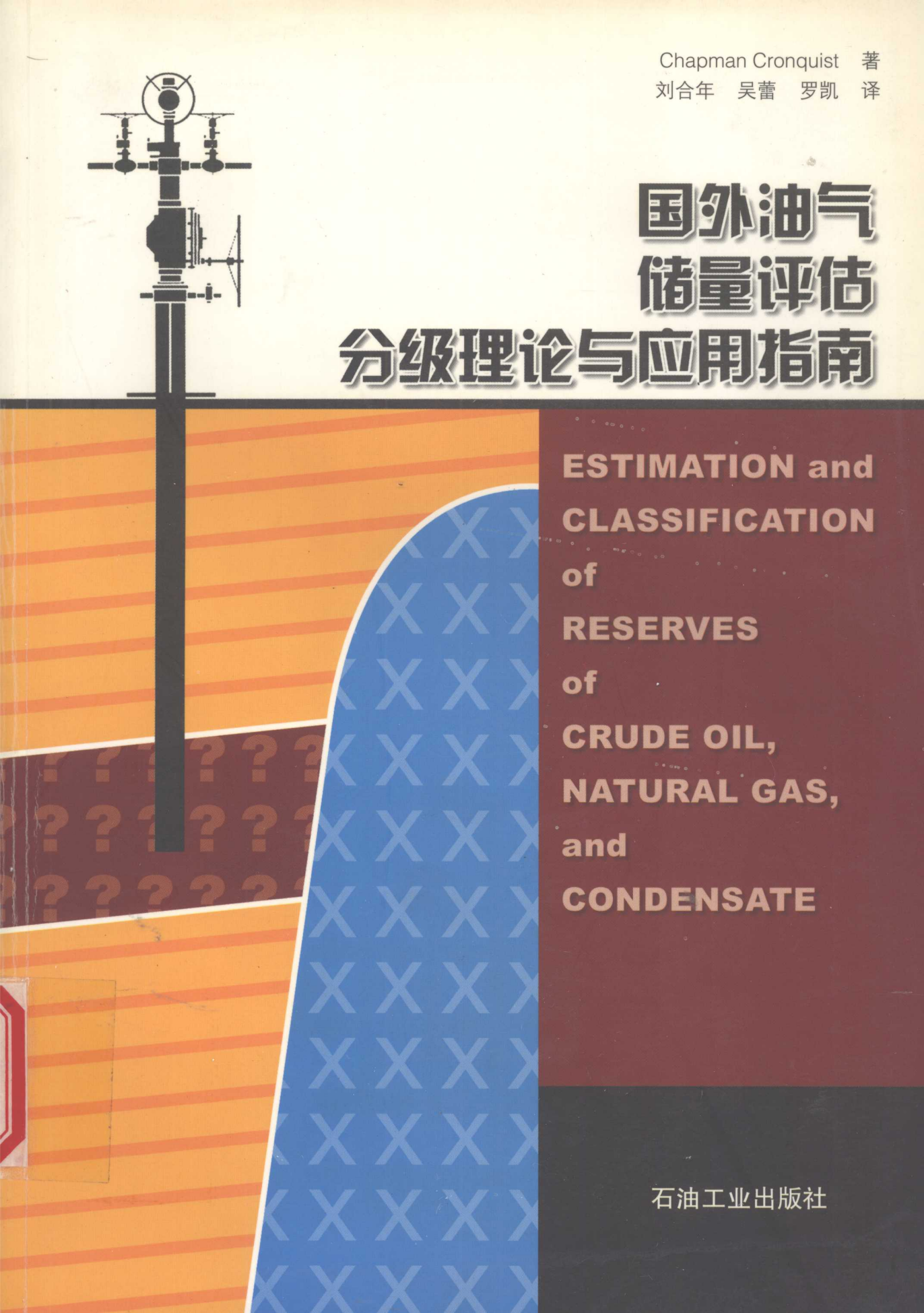


Chapman Cronquist 著
刘合年 吴蕾 罗凯 译

国外油气 储量评估 分级理论与应用指南



The cover features a stylized illustration of an oil rig on the left, extending from the surface into the ground. The ground is depicted with horizontal bands of orange and brown, representing different geological layers. A large, curved blue area on the right side of the ground is filled with a repeating 'X' pattern. The title is prominently displayed in the upper right, and the English title is on the right side.

**ESTIMATION and
CLASSIFICATION
of
RESERVES
of
CRUDE OIL,
NATURAL GAS,
and
CONDENSATE**

石油工业出版社

**Estimation and Classification of Reserves of
Crude Oil, Natural Gas, and Condensate**

**国外油气储量评估分级理论
与应用指南**

Chapman Cronquist 著

刘合年 吴 蕾 罗 凯 译

石油工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

国外油气储量评估分级理论与应用指南/(美)克罗金斯特著
(Cronquist, C.);刘合年等译.—北京:石油工业出版社,2004.11
书名原文:Estimation and Classification of Reserves of Crude Oil,
Natural Gas, and Condensate
ISBN 7-5021-4847-7

I. 国…

II. ①克… ②刘…

III. 油气藏—储量—评估

IV. TE 155

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第116578号

[图字:01-2003-276号]

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里二区一号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:河北天普润印刷厂印刷

2004年11月第1版 2004年11月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:21

字数:534千字 印数:1—800册

书号:ISBN 7-5021-4847-7/TE·3404

定价:60.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

版 权 声 明

本书经 Society of Petroleum Engineers, Inc. 公司授权翻译出版, 中文版权归石油工业出版社所有, 侵权必究。

原文书名: Estimation and Classification of Reserves of Crude Oil, Natural Gas, and Condensate

原文作者: Chapman Cronquist

原书出版: Society of Petroleum Engineers, Inc.

译者前言

油气储量是石油公司的主要资产，也是衡量公司财务状况的晴雨表，不同的组织和机构从不同的角度，对储量的定义、界限和精确度可能会有不同的理解和要求；而且，国内石油公司正全面走向国外油气勘探开发和经营管理，但国内原先采用的储量分类办法与目前国际流行的以剩余经济可采储量为主线的油气储量分类存在许多差别。因此，全面和深刻地理解储量的概念、评估的理论和方法对于国内石油公司提高储量管理与评估水平具有重要意义。

《国外油气储量评估分级理论与应用指南》一书全面系统地论述了世界主要油气储量评估准则、分级理论和评估方法。第1章主要概括介绍储量定义、储量不确定性、不同国家和机构制定的储量评估规则，第2章至第5章主要介绍了油气储量评估确定性方法中的类比法、容积法、物质平衡法、动态递减趋势法等，第6章主要论述了储量评估中的一些特殊问题，第7章结合油气田实例分析了储量评估中的不确定性和随油气认识的深化而出现的动态变化特征，第8章主要介绍储量分析、油田开发及动态监测的重要性，第9章主要论述不确定性储量评估——概率法。在附录中详细对比分析了 SPE-WPC 和 SEC 储量规则的差异，并提供了储量评估中经常要用到的大量公式和图表。

本书理论和应用分析详实，内容丰富，可供储量评估和油气田勘探开发各专业的技术和管理人员参考。

原著序言

石油工程师在其职业生涯中所从事的众多不同的多学科工作中，没有一项工作有油气储量评估与分级那样重要。这就是本书论述的主题，书中的内容非常全面。

石油工程中储量的确定与更为传统的工程学科，如土木、电子或机械等所讲的典型问题有很大差别。在这些传统学科中，材料的物理性质及其性能所服从的定律，或者已经很好确定了，或者可以直接测量。然而，石油工程师必须处理推断的物理特性及自然力量的无穷多样性。

油气藏圈闭是复杂自然界天然存在的地质特征，这些特征很难预测和量化。很大程度上，石油工程师必须靠岩石物理、地质及地球物理资料推断这些圈闭的特征、大小和连续性，从而极大地依赖于他们的经验、判断、直觉及其创新和类比能力。为了评估储量，石油工程师还必须使用大批更为传统的工程和数学工具，包括概率论。本书详细介绍了这些方法。

本书的价值并不局限于指导石油工程师的实践，而且对于所有需要了解油气储量评估及其固有不确定性的人来讲，该书还是一种宝贵的资源、参考和培训工具。这不仅包括那些油气公司的职员和管理者，也包括许多负责监管油气事务的政府机构或这些活动的受益者，以及金融机构、律师、会计师、政治家和咨询顾问。储量评估对经济和政治都有极大的影响。其实，被委托负责油气储量评估与分级的专业人员为社会提供了很有价值的服务，寓意广泛，对全球经济都有着深刻的影响。

Arlie M. Skov

原著前言

20 世纪 50 年代末期和 60 年代初期，出版了大量有关储量评估的著作。此后，不论是在油气藏地质特征的描绘方面，还是在储层非均质性影响油气井和储层特性的机理研究方面，无不取得了重大进展。另外，随着复杂计算机模拟技术的不断发展和日趋成熟，在将该技术应用于油气井和储层特性的数学模拟方面，也取得了重大进展。

然而，针对储量评估的计算机模拟方法是需要大量的资料、数据和人力的。对于许多老油藏和时下那些小公司与个人开发的许多小油藏来说，无论是资料还是人力都无法满足这项技术的需要。甚至在高度成熟的地区中，在能够收集到足够资料或有足够时间进行详细分析之前，也经常需要进行储量评估。多数情况下，在收集额外数据与观察油气井特性之前，工程师必须靠经验方法和实际经验做出初步的储量评估。本书包含了这方面的一些方法和大量参考文献，这些方法和文献对从事实际工作的工程师进行储量评估是大有帮助的。

本书所引用的许多出版物，尤其是那些评估 PVT 特性所需要的出版物，在偏远的地方是不容易得到的。因此，在附录 E 中给出了一些图表，用于评估此类特性。此外，为了便于熟练个人电脑（PC）的工程师使用，还给出了图表的相关关系式。

这里需要强调的是：这里的储量评估是关于一次开采时的可采储量。然而，在附录 F 中，还对提高采收率措施时的储量评估进行了概述。关于这些方法的详细论述已超出本书范围，这里仅提供有关其详细处理方法的参考文献。

煤矿内的天然气，即煤层气的储量评估已超出本书范围。这里给出了几篇参考文献；可是，在过去的几年里，这种技术发展迅速并不断完善。因此，建议读者查看目前有关这一课题的文献，并咨询公认的知名专家。

储量评估用于许多目的，包括向投资者提供财务报告及供经营者进行资产管理。业内的不同机构所制定的指导方针也稍有不同，像本书这样的著作不会对其整个内容进行总结。不过，归根结底，所有评估“都是从井口开始”，这是重点所在。

不应该把本书看作一本“详细的说明书”。储量评估是相当主观的，它需要丰富的经验和高度的专业技能和判断力。总之，不论基本数据有多丰富，任何储量评估的可靠性都取决于评估者的经验和诚实度。

储量评估应该利用许多专家的技能协同进行，包括地球物理学家、地质师、测井分析师、采油工程师、油藏工程师、统计学家和经济学家。对于一个储量评估师而言，他不一定精通所有这些技能，但是应该拥有足够的知识，以便能够将大家的各自贡献融合为一个统一的整体。正如储量评估师不能精通所有有关技能一样，这本书也不能够详细地介绍每个专业。

该书内容已足够全面，可用作熟练油藏工程师进行储量评估的工作参考书。如果作为教科书使用，则要求学生应该精通基本油藏工程，并且对概率统计也应有很好的了解。

目 录

1 导论	(1)
1.1 储量评估基本原理	(1)
1.1.1 储量评估的原因	(1)
1.1.2 储量评估的不确定性	(1)
1.2 石油流体的定义	(4)
1.2.1 石油	(4)
1.2.2 原油	(4)
1.2.3 天然气	(4)
1.2.4 溶解气	(5)
1.2.5 矿场凝析油	(5)
1.2.6 工厂产品	(5)
1.3 储量分级	(5)
1.3.1 背景	(5)
1.3.2 储量评估与分级程序	(5)
1.3.3 Lahee 分级	(6)
1.3.4 Mc Kelvey 框图	(6)
1.3.5 SPE - WPC 分级	(7)
1.3.6 美国证券与交易委员会 (U.S. SEC) 推荐分级	(8)
1.3.7 加拿大分级体系	(9)
1.3.8 澳大利亚分类标准	(10)
1.3.9 前苏联分类标准	(10)
1.3.10 中华人民共和国分类标准	(11)
1.3.11 挪威分类标准	(12)
1.3.12 英国分类标准	(13)
1.3.13 其它分类	(14)
1.3.14 地球物理数据的使用	(16)
1.3.15 采矿工业的定义	(16)
1.3.16 什么是储量	(17)
1.4 储量评估的精确性	(18)
1.5 储量评估方法	(20)
1.5.1 类比/统计法	(20)
1.5.2 容积法	(20)
1.5.3 生产动态法	(20)
1.5.4 组合法	(22)

1.5.5	方法协调	(22)
2	类比法	(23)
2.1	背景	(23)
2.2	解析法	(23)
2.2.1	美国地区采收率数据	(24)
2.2.2	其它采收率数据	(25)
2.3	统计法	(25)
2.3.1	最终开采量等值图	(25)
2.3.2	储量的对数正态分布	(26)
2.4	施工实践的多变性	(29)
3	容积法	(30)
3.1	背景	(30)
3.2	石油、天然气及凝析油气原始地质储量评估公式	(31)
3.2.1	油藏	(31)
3.2.2	气藏	(32)
3.3	资料来源	(33)
3.3.1	岩石物性数据	(33)
3.3.2	流体数据	(34)
3.3.3	体积数据	(35)
3.4	资料分析	(35)
3.4.1	统计分析	(36)
3.4.2	数据调整/关联	(37)
3.5	原始储层状态	(39)
3.5.1	压力	(39)
3.5.2	温度	(39)
3.5.3	区域经验关系式	(40)
3.6	等值图	(41)
3.6.1	圈闭类型	(41)
3.6.2	储层等值图	(41)
3.6.3	产层有效厚度评估	(43)
3.6.4	孔隙度/产层有效厚度/饱和度等值线	(45)
3.6.5	油藏边界	(45)
3.6.6	毛管过渡带	(46)
3.7	一次采油采收率的评估公式	(48)
3.7.1	流体类型/驱动机理模型	(48)
3.7.2	黑油油藏	(51)
3.7.3	挥发性油藏	(61)
3.7.4	凝析气藏	(62)
3.7.5	非凝析气藏	(65)
3.8	储层非均质性	(67)

3.8.1	砂岩储层	(68)
3.8.2	碳酸岩储层	(69)
3.9	油/气井和矿场的储量分配	(69)
3.9.1	垂直分布曲线	(70)
3.9.2	油/气井产能	(71)
3.9.3	孔隙度/产层有效厚度/饱和度	(72)
3.9.4	其它考虑因素	(72)
4	物质平衡法	(73)
4.1	扩展的物质平衡方程	(73)
4.1.1	原理	(73)
4.1.2	限制条件	(74)
4.2	Havlena - Odeh 方法	(75)
4.2.1	油藏	(76)
4.2.2	水侵项	(78)
4.2.3	气藏	(78)
4.2.4	应用准则	(79)
4.3	预测方法	(80)
4.3.1	计算机模拟	(80)
4.3.2	不确定性	(81)
4.4	定容气藏	(82)
4.4.1	非凝析气	(83)
4.4.2	凝析气	(84)
4.4.3	含硫天然气	(85)
4.4.4	中—高渗透率气藏	(85)
4.4.5	水侵	(85)
4.4.6	低渗透性气藏	(86)
4.5	物质平衡法与容积法的一致性	(86)
5	动态/递减趋势分析	(88)
5.1	概述	(88)
5.1.1	经济极限	(88)
5.1.2	油藏动态或井筒/机械问题	(89)
5.1.3	矿场/油藏趋势与单井趋势	(90)
5.1.4	井或矿场的产量限制	(91)
5.1.5	动态法评估与容积法评估的比较	(91)
5.2	生产动态趋势	(91)
5.2.1	油藏	(92)
5.2.2	气藏	(96)
5.3	产量递减方程	(97)
5.3.1	背景	(97)
5.3.2	双曲递减	(97)

5.3.3	指数递减	(99)
5.3.4	调和递减	(101)
5.3.5	方法论	(101)
5.3.6	伴生气/油	(102)
5.3.7	修井与人工举升作用	(103)
5.3.8	典型曲线分析	(103)
6	储量评估与分级中的特殊问题	(107)
6.1	储量定义与分级的不一致性	(107)
6.2	偏僻、边远地区与恶劣的工作条件	(107)
6.3	稠油与特稠油	(108)
6.3.1	背景	(108)
6.3.2	储量评估	(108)
6.4	裂缝、孔洞型油藏	(109)
6.4.1	背景	(109)
6.4.2	油藏工程状况	(109)
6.5	异常高压油气藏	(110)
6.5.1	地质概况	(110)
6.5.2	储层概况	(111)
6.5.3	异常高压气藏	(111)
6.5.4	异常高压油藏	(114)
6.5.5	孔隙体积压缩系数	(115)
6.6	部分水驱(对产量变化敏感的)的气藏	(118)
6.7	自由气与水之间的薄油层	(119)
6.8	特低渗气藏——“致密气藏”	(121)
6.9	储量评估中的失误	(122)
6.9.1	类比阶段	(123)
6.9.2	容积法评估阶段	(123)
6.9.3	动态评估阶段	(124)
6.9.4	气藏	(125)
6.9.5	油藏	(126)
6.10	其它	(127)
7	油田实例	(128)
7.1	北海 Auk 油田	(128)
7.2	阿尔伯达的 Leduc D-3 油藏	(129)
7.3	密西西比的 Little Creek 油田	(130)
7.4	澳大利亚的 Palm Valley 气田	(131)
7.5	西得克萨斯的 Spraberry 油田	(133)
7.6	路易斯安那的 Turtle Bayou “AA” 气藏	(135)
8	储量分析、油田开发及动态监测	(136)
8.1	背景	(136)

8.2	井位布署与开发计划	(136)
8.3	产量与井距的经济分析	(137)
8.4	新开发油田中的数据流管理	(138)
8.5	动态监测	(138)
8.5.1	定期安排的试井计划	(138)
8.5.2	定期测量井底压力 (BHP)	(139)
8.5.3	过套管监测	(139)
8.5.4	延时 (四维) 地震	(140)
8.5.5	开发钻井	(141)
8.5.6	定期更新地质解释和油藏模拟	(141)
9	储量的概率评估和分级	(143)
9.1	背景	(143)
9.2	统计概念	(143)
9.2.1	前言	(143)
9.2.2	理论频率分布	(143)
9.2.3	置信度、期望值、百分点、风险和不确定性	(146)
9.2.4	“最佳拟合”的二难推论	(147)
9.3	计算过程	(148)
9.3.1	背景	(148)
9.3.2	确定性计算方法	(148)
9.3.3	概率计算方法	(149)
9.3.4	证实储量与合理的确定性——美国记录	(152)
9.3.5	确定性方法和概率方法的选择	(154)
9.4	对不确定性的处理	(155)
9.4.1	不确定性的类型	(155)
9.4.2	采样和分析	(156)
9.4.3	原始状态的频率分布	(157)
9.5	概率计算法	(158)
9.5.1	决策树或概率树	(158)
9.5.2	参数法	(161)
9.5.3	模拟	(164)
9.5.4	相关性	(166)
9.5.5	方法选择	(168)
9.6	概率和确定性评估的比较	(170)
9.6.1	背景	(170)
9.6.2	方法论	(170)
9.6.3	结果	(171)
9.7	储量: 期望值、风险加权值、条件值与风险调整值	(172)
9.7.1	背景	(172)
9.7.2	期望储量	(173)

9.7.3	风险储量	(173)
9.7.4	SPEE (石油评估工程师协会) 的风险调整因子	(174)
9.7.5	条件储量	(176)
9.7.6	举例	(176)
9.7.7	总结说明与推荐的描述术语	(178)
9.8	类比数据的统计分析	(179)
9.8.1	钻前分析	(179)
9.8.2	钻后分析	(180)
9.9	利用概率法进行容积法评估	(181)
9.9.1	岩石总体积	(181)
9.9.2	岩石物理特性	(182)
9.9.3	烃类流体性质	(187)
9.9.4	采收率	(188)
9.10	新发现储量的概率分析	(188)
9.10.1	构造控制油气藏的新发现	(188)
9.10.2	海上重大油气发现的情况分析	(190)
9.11	使用概率方法进行动态评估	(191)
9.11.1	定容气藏	(191)
9.11.2	油藏	(193)
9.11.3	生产动态/递减趋势分析	(193)
9.12	独立评估储量的合计	(194)
9.12.1	背景	(195)
9.12.2	独立评估的相关性	(195)
9.12.3	非相关评估的合计	(196)
9.12.4	部分相关评估的合计	(198)
9.13	要点	(201)
附录		(202)
符号及简写		(275)
参考文献		(286)

1 导 论

1.1 储量评估基本原理

对于不同的利益方而言,“储量”术语具有不同的含义。在银行业,“储量”是指满足未来可能的货币需求的保留资本量。在油气工业,储量是指未来可商业开采的地下储层内的原油、天然气及其伴生物质。

1.1.1 储量评估的原因

不同利益方出于各自不同的目的,以及在油田开发的不同阶段,都要求进行油气储量评估。关心油气储量的组织包括:

- 1) 负责油气勘探、开发与经营的公司或个人。
- 2) 油气财产的买方、卖方及评估方。
- 3) 投资油气勘探、开发及购买的银行和其它金融机构。
- 4) 管理机构、税务部门和其它油气经营商的监管机构。
- 5) 负责国家能源政策规划与研究的政府机构。
- 6) 油气勘探与开采公司的投资者。
- 7) 矿产权益的拥有者——例如个人、公司、政府。
- 8) 对储量有争议的当事方或仲裁机构。

这些组织可能有各自不同的储量评估要求,并倾向于制定不同的评估报告准则,这取决于他们涉足该行业的性质。为了建立储量评估的标准,石油工程师协会和世界石油大会(SPE - WPC)于1997年联合颁布了一组定义,附录A给出了这组定义。这组定义包括证实储量、概算储量与可能储量,1.3.5节将对此详细讨论。附录B给出了作者关于这些定义的解释说明。

美国证券与交易委员会(U.S. SEC)要求只报告证实储量,并颁布了相应的详细准则,附录C对此准则的一些定义与SPE - WPC的定义作了比较。1.3.6节还将讨论这些定义。

油气经营者由于其经营范围不同,所以需要在勘探、开发与开采的不同阶段进行储量评估,并判断评估的不确定性程度,包括:

- 1) 未钻井储层中的原油与天然气资源潜力。
- 2) 正在开发储层的储量不确定性的尺寸及程度。
- 3) 生产这些储量并输送到市场所需要的设备规模与设计。
- 4) 由于生产井的增产措施、加密钻井、改进或添置设备或提高采收率项目这些措施,使储量增大而增加收益的机会。

1.1.2 储量评估的不确定性

油气储量是指埋藏在地下油气藏中可进行商业开采的那部分烃类流体,由于确定其范围

和性质的精度不会很高，所以油气储量评估具有固有的不确定性。油气开采很大程度上受到储层岩石非均质性和油藏驱动机理类型的影响。这些因素直到油气藏开发投产之后才能进行合理地确定。DeSoc'y 已经讨论了油气储量评估许多误差的来源及其大概幅度。

储量评估除了上述固有的不确定性外，商业上也存在不确定性。油气开采最终受如下因素的限制，如获得油气开采权的费用、勘探费用、钻干井的费用、开发费用，以及生产、处理、运输到市场的费用与出售的市场价值。通常，由于在实现收入之前的数年中投资巨大，所以发生这些费用的时间将达数年之久。

储量评估的商业环境及其不确定性与油气藏本身的物理性质一样重要。对于当今的石油天然气工业而言，商业环境的不确定性程度可能比油气藏本身性质的不确定性程度更大。储量评估的不确定性主要取决于：

- 1) 地质的复杂性。
- 2) 油气藏开发的成熟度。
- 3) 地质和开发数据的质量与数量。
- 4) 经营环境。
- 5) 评估人员的技能、经验及职业道德。

下面将逐一讨论这些因素。

1.1.2.1 地质

在一组油区中，地质的复杂程度可能变化很大。一种极端情况是，油气藏构造幅度很小，很少或根本就没有断层，无不整合面，位于同一类型沉积单元，例如密西西比（美国东南部）西南部的下白垩系区带。另一种极端情况是，油气藏断层发育、不整合面多、沉积单元多且储层流体复杂。美国的逆掩断层带与北海地区就是这样的例子。

1.1.2.2 成熟度

油气藏开发成熟度可以划分为三个开发与生产阶段：

1) 地质探边/油藏表征阶段。包括发现油气藏以及证实控制油气藏范围的主要地质特征与确定储层岩石/流体特征的时间段。

2) 油藏优化阶段。即补充开发、稳产和油藏监测期。油藏监测的目的是：(1) 确定油藏驱动机理与采收率；(2) 优化布井与制定开采政策；(3) 如果需要增加油气的商业采出量，则实施提高采收率方案。

3) 开采稳定阶段。即在此阶段，油气井（包括受注入流体影响的井）的生产动态趋势可用于储量评估。

1.1.2.3 数据的质量与数量

对于不同油田，使其储量评估具有合理置信度所需要的最小数据量变化很大，这取决于油田的地质状况与成熟度，以及每个油藏的地质状况、成熟度与驱动机理。对于从发现就开始监测、并进行一次开采的油田，推荐收集下面的大部分或全部资料：

- 1) 油田开发许可证、产品分成协议及联合开采协议。
- 2) 产品集输、处理及销售合同。
- 3) 证实油气藏主要地质特征与边界所需的足够的地震资料。
- 4) 足以证实主要构造与地层特征、流体界面及油藏边界的井数据。
- 5) 初期未投产的主要层段的地层中途测试、电缆测试或套管地层测试。
- 6) 所有主要油藏的关键井的全井岩心。

7) 足够的电缆测井资料, 识别所有油气层与描述岩性、有效厚度、孔隙度、饱和度、石油类型以及单层产能。

8) 电缆地层测试, 确定压力梯度、水层面以及层间与层内的压力连通性。

9) 井壁岩样, 用于补充全井岩心和有助于解决测井解释问题。

10) 每一投产井段的原始产能测试, 包括石油 (或凝析油)、天然气与水的产量、井口压力、孔板尺寸、采出流体相对密度、采出水的矿化度。

11) 不同投产井段的井底不稳定压力测试, 尤其是初期测试。

12) 所有主要油藏的储层流体样品, 用于测定流体组成、饱和压力与其它物理特性, 要有足够的样品以确保数据具有代表性, 并判断流体特性的空间变化特性。

13) 特殊岩心分析数据, 包括水—气, 水—油或油—气相对渗透率、毛管压力、孔隙体积压缩性与覆压关系等, 这取决于储层岩石/流体系统与驱动机理的特征。

14) 每口井的油、气、水月产量及开采方式。

15) 各井每月产能测试, 包括油 (凝析油)、气、水的产量; 井口压力; 孔板大小与人工举升数据。

16) 井底不稳定压力测试, 包括单井生产动态的明显变化。

17) 足够的 (静态) 井底压力历史数据, 确定油藏驱动机理, 识别同一油藏内井间可能存在的非连续性。

18) 井下修井作业的所有历史资料, 包括增产作业、同层或新层重新完井以及人工举升设备的安装与更换。

19) 在多层油田, 通过套管监测来检测管外的泄流状况, 特别是对于水驱油藏。

20) 每口井的作业历史数据, 包括影响油、气、水产量的井下泵送设备与地面处理设备的检修。

21) 当前石油售价与充足的操作成本历史资料, 以便于估算当前与未来的平均成本和经济极限。

22) 钻井和完井成本, 安装处理加工设备成本。

23) 经营者的钻井或修井计划, 改装或增添采油设备的计划, 以及过去、当前或预期未来对加工、运输设备或市场情况的限制。

当油藏实施提高采收率方案时, 上述清单还应该包括每口注入井的月注入体积与压力监测资料。提高采收率方案所需的资料与具体实施的方法与计划有关。Talash (1988 年) 探讨了注水油藏应包括的资料。国家石油委员会 (NPC 1984 年) 出版了一个详细的书目, 这些书目深入讨论了提高采收率方案应包括的数据。

1.1.2.4 经营环境

油气资产的经营环境是控制开发经营成本的重要因素之一。这些成本与油、气及凝析油的市场价格直接影响到商业开发油气藏大小的最小值, 因此, 也直接影响到油气藏的任何部分可否归为 1.3 节定义的“储量”。

例如, 北海一个原油原始地质储量为 3000 万桶的油藏被认为是一个边际油藏 (Horne 等, 1988)。那个时候认为它可商业开发, 是因为附近已有一个采油平台, 可以用周围设施进行开采。相反, 在西得克萨斯 (有大量基础设施, 作业成本相对较低), 比上面储量的 1% 还少的油藏仍可商业开采。

1.1.2.5 评估人员的技能、经验及职业道德

即便是粗略地阅读工业期刊和相关媒体,也将发现不同机构报告中的储量会大幅减少。例如,最近 Hondo 石油公司(在美国)的股票已被美国证券交易所摘牌,因为“……在年度报告中,证实储量被夸大了……(由于)……其哥伦比亚的油井产量急剧下降”[华尔街日报,1998]。据报道,Hondo 公司的天然气证实储量由 52.5 百万标准立方英尺减为 0.7 百万标准立方英尺。由于缺乏任何公开数据,人们只能猜测为什么没有预料到这种剧减。然而,证实储量如此大幅度减少,肯定会质疑 Hondo 公司储量评估人员的执业技能。

1979 年,石油工程师协会(SPE)颁布了关于油气储量评估与审计的标准。附录 D 介绍了评估人员培训与训练的最低标准。如果不是有点低估的话,这些标准今天仍然不失其效力。自从颁布这些标准后,储层表征与模拟技术进一步得到了重大发展,所以对重大项目的储量评估与分级要求各个学科的研究人员在一起进行综合评价。许多大公司与咨询机构已经采用了这种方法。然而,由于时间与资金的限制,以及迫于其它压力,这种方法常常成为次选方法。

1.2 石油流体的定义

下述石油流体定义有一部分源自 Martinez [1987],并与美国能源信息管理局的定义 [1996] 是一致的。Moses [1990]、McCain [1990] 与 Barrufet [1998] 也对这些流体的定义进行了讨论。

1.2.1 石油

石油是“一个适用于所有天然存在的、以碳氢化合物为主的混合物的通用术语”[Martinez 1987]。石油包括天然气、原油与天然沥青(本书所讨论的储量评估技术不包括天然沥青的储量评估)。

1.2.2 原油

“原油是在天然地下油藏内以液体形态存在,在常温常压的大气条件下仍然保持为液体的那部分石油 [Martinez 1987]。原油可能包含少量随其采出的非烃类物质。在原始储层温度与大气压力和不含气的情况下,原油粘度小于或等于 10000 厘泊 (cP)。

原油可以细分为:超稠油(油罐比重小于 10°API)、稠油(油罐比重在 10 到 23.3°API 之间)、中等原油(油罐比重在 22.3 到 33.1°API 之间)以及轻质油(油罐比重大于 33.1°API) [Martinez 1987]。稠油的比重上限取值有点武断,其它的分级标准已提出将油罐比重 25°API 作为上限。

根据原油密度与在大气条件下的沸点曲线确定的特征系数,原油还可以分为环烷基、混合基、石蜡基。从附录 E 的讨论可知,原油特征系数可能会影响对应油藏原油的泡点压力。然而,对于油藏工程来说,这种分级方案的用途小于 API 比重分级方案。许多经验关系式采用 API 比重,可用于估算原油特性(附录 E)。

1.2.3 天然气

“天然气是指在天然地下储层内以气相形式存在,或者溶解在原油溶液中,且在大气温度和压力条件下为气态的那部分石油”[Martinez 等,1987]。天然气可能含有一确定量的非