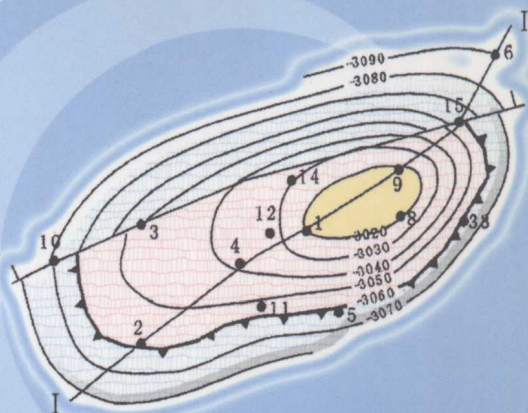
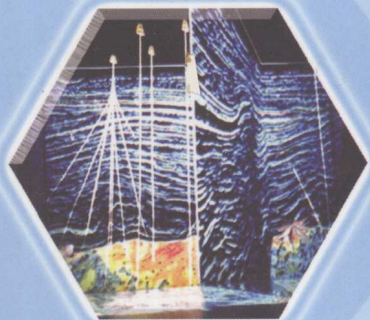


海外油气田

新项目评价技术和方法

EVALUATION TECHNOLOGY
& METHOD FOR NEW
OVERSEAS OIL & GAS FIELD PROJECTS

童晓光 崔耀南 著



石油工业出版社

海外油气田新项目评价技术和方法

童晓光 崔耀南 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书根据作者 10 多年来参与海外油气田新项目评价的实践和体会,同时吸收了国内外一些专家评价油气田的经验和方法,全书按六种不同油气田类型、三个不同开发阶段分别阐述了投资环境、油田地质、油气藏工程、钻采工艺、地面建设、合同法律、财务经济评价等七个方面的评价技术和具体方法。

本书内容充实、方法具体,具有较强的可操作性。可供广大从事海外油气田新项目评价人员工作参考,也可作为石油院校师生课外阅读材料。

图书在版编目 (CIP) 数据

海外油气田新项目评价技术和方法/童晓光等著.

北京:石油工业出版社,2005.4

ISBN 7-5021-5030-7

I.海…

II.童…

III.①油田开发-项目评价

②气田开发-项目评价

IV.TE3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 022185 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:河北省欣航测绘院印刷厂印刷

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:13

字数:320 千字 印数:1—1500 册

书号:ISBN 7-5021-5030-7/TE·3502

定价:40.00 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

前 言

自从1993年党中央、国务院提出“充分利用国内外两种资源、两个市场发展石油工业”的方针和2000年提出实施“走出去”战略以来，中国石油企业纷纷走向国际石油勘探开发市场，已经取得了初步成果。随着中国石油进口量的快速增加和油价较长时期处于高价位的形势，石油的稳定来源日益引起人们的重视。中国海外油气勘探开发项目的数量和规模不断扩大，参与的企业也在逐渐增加。然而同时，海外油气勘探开发也面临着严峻的挑战。首先，国际油气勘探开发市场的竞争十分激烈，获得一个好的勘探开发项目难度很大，项目进入的机会转瞬即逝；其次，油气勘探开发项目的投资大、周期长、风险高，既要抓住机会，又要合理控制成本；第三，勘探开发项目的不确定性因素很多，正确评价的难度大于其他许多类型项目；第四，对于油田项目而言，在目前高油价条件下竞争更为困难，出让方的要价很高，报价过低难以获得项目，报价过高风险很大。因此，提高新项目评价水平，对于从事跨国油气勘探开发具有十分重要的意义。

海外油气田新项目评价主要包括七方面内容，即投资环境、油田地质、油藏工程、钻采工艺、地面建设、合同条款、经济评价。

投资环境大部分内容涉及项目所在国的宏观环境，少部分限于具体项目。合同条款虽与所在国合同类型有关，但必须针对具体项目进行评价。其他方面也都要按具体项目评价。

油气田新项目评价的专业方面内容实质上与油气田开发方案或老油气田调整方案有相似之处，但两者的主要差别在于目的不同。新项目评价是为了搞清该项目的价值，是否值得投标和报价范围，而开发方案和老油田开发调整方案是为了指导油田运作。两者的资料条件和时间也有重要差别。新项目评价只能依据已经收集到的资料评价，不可能根据需要进行补充，而且时间的局限性很大，内容比较简练。油田开发方案和老油田开发调整方案可以根据方案编制者对资料的需要而补取，时间相对较长，内容比较丰富。

油气田新项目评价必须按照其特点出发组成项目评价组。评价组的专业结构的适应性和专家的技术素质具有决定性作用。要求由各方面专业的专家组成，每位专家都应具有本专业较高的技术水平和丰富的实践经验，最好对新评价油田的盆地地质特点和相邻油田有所了解，便于类比，也要对油田开发技术及其发展趋势有清晰的了解。每个评价组很难都配备公司一流专家，因此公司应成立高级专家组对全公司的所有油田项目复审，防止评价失误，同时可以使公司的评价有统一的标准。

油气田新项目的评价有共性也有差异性。差异性主要表现在油气田的油藏类型和油气田的开发所处的阶段。本书根据这一特点，在总论中讨论油气田新项目评价共性的问题，然后分章讨论各种类型油气田和油气田所处不同开发阶段的特殊问题。并以普通黑油油田为重点，对于投资环境、合同类型、经济评价等内容仅在总论中论述。各章各类油气田的论述采取一般性讨论和具体实例相结合的方法，便于读者更好地理解。对于油田地质和油藏工程部分的论述比较详细，因为这是技术评价的基础，对于钻采工程和地面工程部分论述则相对较为简单。

作者从中国石油天然气总公司（及其以后的中国石油天然气集团公司）进行跨国油气勘探开发一开始就参与了此项工作，进行了大量国外油气田新项目的评价。本书的编写主要是这十年来实际经验的总结，书中所举的实例多为作者亲自参与。作者也有相当一段时间参与了国内油气勘探开发项目的对外合作，因此也吸收了外国公司对国内油气田新项目的评价方法。

前言和第一章由童晓光教授执笔，其他各章均由崔耀南教授执笔。由童晓光教授提出全书的编写设想并最终修改定稿。本书编写还得到黄新生教授、李庆学律师、金树堂高级工程师、汪向东经济师的帮助，在此深表感谢。

海外油气田新项目评价技术和方法，对中国石油界来说，是在跨国油气勘探开发以来才出现的新课题，此前未见此类专著，此次编写也是初次尝试，肯定存在错漏和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第一章 总 论	(1)
第一节 投资环境评价	(1)
第二节 石油合同评价	(2)
第三节 油气藏特征评价	(4)
第四节 储量评价	(7)
第五节 产能评估	(10)
第六节 油气田开发规划	(11)
第七节 钻采工程评价和规划	(12)
第八节 地面工程规划或调整规划	(13)
第九节 经济评价	(14)
第十节 收购石油公司的评价	(16)
第十一节 油气田新项目快速评价	(16)
第二章 已探明未开发黑油油田技术经济评价	(18)
第一节 已探明未开发黑油油田开发特征和评价工作重点	(18)
第二节 黑油油田开发项目技术评价需要收集的地质、工程资料	(19)
第三节 油田地质特征评价和原油地质储量复核	(21)
第四节 油井产能评价	(30)
第五节 原油采收率或可采储量的复核	(34)
第六节 油田开发评价规划方案	(41)
第七节 钻采工程评价要点	(45)
第八节 油田地面建设工程评价要点	(47)
第九节 油气田开发项目技术经济评价中应注意的问题	(48)
第十节 已探明未开发黑油油田技术经济评价实例	(52)
第三章 开发初期新油田技术经济评价	(70)
第一节 开发初期新油田开发特点和评价工作重点	(70)
第二节 开发初期新油田评价需要收集的地质、工程资料	(71)
第三节 开发初期新油田的地质、油藏特征再认识和油气地质储量、可采储量复核	(72)
第四节 油田开发方案实施效果分析	(73)
第五节 油田开发评价规划	(76)
第六节 钻采工艺评价要点	(76)
第七节 油田地面建设工程评价要点	(78)
第八节 开发初期新油田技术经济评价实例	(79)

第四章 开发中后期老油田技术经济评价	(93)
第一节 开发中后期老油田开发特点及技术经济评价重点	(93)
第二节 评价开发中后期老油田需要收集的地质、工程资料	(94)
第三节 油田地质特征再认识和油气地质储量复核	(95)
第四节 原油可采储量复核	(95)
第五节 开发中后期老油田开发现状和潜力分析	(100)
第六节 老油田增产挖潜、提高采收率评价规划方案	(101)
第七节 钻采工艺评价要点	(102)
第八节 油田地面建设工程评价重点	(103)
第九节 开发中后期老油田技术经济评价实例	(103)
第五章 稠油热采油田技术经济评价	(125)
第一节 稠油热采油田开发特点和稠油热采筛选标准	(125)
第二节 稠油热采油田开发特点和技术经济评价重点	(127)
第三节 稠油热采油田评价需要收集的地质、工程资料	(128)
第四节 稠油热采油田地质评价和石油储量复核	(129)
第五节 稠油热采油田开发规划	(130)
第六节 稠油热采油田钻采工艺评价要点	(135)
第七节 稠油热采油田地面建设工程评价要点	(136)
第八节 稠油热采油田技术经济评价实例	(137)
第六章 凝析油气田和挥发性油田技术经济评价	(144)
第一节 凝析油气田和挥发性油田开发特点和评价工作重点	(144)
第二节 凝析油气田和挥发性油田技术经济评价需要收集的地质、工程资料	(146)
第三节 凝析油气田和挥发性油田地质、油藏工程评价重点	(147)
第四节 凝析油气田和挥发性油田开发评价规划	(149)
第五节 凝析油气田和挥发性油田钻采工艺和地面建设工程评价要点	(153)
第七章 裂缝性油田和双重介质油田技术经济评价	(155)
第一节 裂缝性油田和双重介质油田主要地质特点和评价工作重点	(155)
第二节 裂缝性油田和双重介质油田评价需要收集的地质、工程资料	(156)
第三节 裂缝性油田和双重介质油田的类型、主要开发特征和开发方式	(157)
第四节 裂缝性油田和双重介质油田油气地质储量复核	(158)
第五节 裂缝性油田和双重介质油田原油可采储量复核	(161)
第六节 裂缝性油田和双重介质油田开发评价规划	(161)
第七节 裂缝性油田和双重介质油田技术经济评价实例	(163)
第八章 天然气田技术经济评价	(168)
第一节 天然气田开发特征和技术经济评价重点	(168)
第二节 天然气田开发技术评价需要收集的地质、工程资料	(169)
第三节 天然气田地质评价	(169)
第四节 天然气地质储量估算	(171)
第五节 天然气可采储量估算	(174)
第六节 天然气井合理产能确定	(175)

第七节 天然气田开发评价规划..... (177)

第八节 天然气田钻采工程和地面建设工程评价要点..... (178)

附录一 石油工业常用单位换算表..... (180)

附录二 API 度数与相对密度对照表..... (183)

附录三 华氏温度与摄氏温度换算表..... (184)

附录四 管径英制通称尺寸与公制单位换算表..... (186)

附录五 各类岩石密度、比热容、导热系数、扩散系数表..... (188)

附录六 饱和水与饱和水蒸汽热物性参数表（按压力排列）..... (189)

附录七 饱和水与饱和水蒸汽热物性参数表（按温度排列）..... (190)

附录八 天然气田开发规模与综合利用关系表..... (191)

附录九 影响油气勘探开发项目经济效益的因素分析表..... (192)

附录十 现值计算表..... (193)

附录十一 原油每吨桶数与 API 重度的关系..... (194)

附录十二 原油 API 重度与价格的关系及原油含硫量分类..... (195)

附录十三 天然气产物的分类和性质..... (196)

附录十四 英尺³/桶与米³/米³ 换算表..... (197)

附录十五 磅/英寸² 与千克/厘米² 换算表..... (198)

参考文献..... (199)

第一章 总 论

海外油气田开发项目比起风险勘探项目，由于油气田已经被发现，有的还经过一段时间生产，地质资料和油藏工程等资料比较丰富，项目的不确定性相对较少，可以作为近似于确定性项目进行评价。但是获得油田开发项目的代价比较高，估价过高，经济损失就很大；如果估价过低，又会丧失获得项目的机会。项目评价的涉及面很广，工作量大。项目评价内容中投资环境和合同条款与勘探项目基本相同，其他评价内容则不同于勘探项目。

第一节 投资环境评价

一、地理和人文环境

地理和人文环境是指国家的地理位置、面积、人口、民族、宗教、语言、风俗、历史、教育、地貌、气候等。有些内容具有全国性特征，有些内容具有强烈的地区性。人文地理的各个元素将会不同程度地影响项目的运作，从而也影响项目的经济性和可行性。地理位置、地貌和气候特征对项目的影响表现更为直接。内陆国家和沿海国家相比其油气的市场条件差别就很大。如项目所在地区的地貌特征为高山、沙漠、雨林、沼泽、浅海、深海，油田作业相关的技术和作业难度和费用就有很大差别。气候条件如寒带、温带和热带以及雨量分布往往影响项目的作业时间。文化因素的影响虽然表现得没有自然地理因素直接，但跨文化地区的项目会增加许多项目作业的难度。

二、政治社会环境

(1) 政治环境包括政治体制、政治倾向、政治稳定性。是否处于国家间战争或内战状态。政治环境对于项目是否可以进入有时可起决定性作用。

(2) 社会环境。包括社会结构、民族矛盾、社会治安、盗窃、抢劫、绑架等以及社区居民对外国公司的态度。

(3) 法律环境。法律的完整性，如与石油投资项目密切相关的石油法、外国投资法、税法、公司法、海关法、外汇管理法、环保法、土地法、劳动法等是否齐全。法律的稳定性，是否存在频繁修改法律的现象。

(4) 国际环境。参加国际组织的状况，是否受联合国制裁，与主要大国的关系，与邻国关系和与中国关系。

三、经济环境

经济环境包括经济体制、国民经济总产值、人均产值、经济增长速度、财政赤字、国际收支、外债水平、通货膨胀率、失业率、支柱产业，以及油气产量、油气消费量、油气管线、油气出口通道、石油工业发展水平、对外合作状况。

投资环境评价很重要，但很难量化。有些因素可以起决定性否决的作用。如政治上极

不稳定、社会治安非常混乱的伊拉克目前就不能进入。有些国家在法律上规定石油上游不与外国公司合作，就没有进入的机会。投资环境的大多数因素只反映在作业的难易或增加作业成本，在经济评价时要有所体现，而并不表示项目绝对不能进入。因此投资环境评价必须抓住要点，抓住关键因素。

第二节 石油合同评价

石油合同是投资环境的重要组成部分，由于其重要性，而且可以量化，同时又是经济评价的重要参数，所以单列一节加以论述。

一、世界石油合同的主要类型

（一）租让制

承包公司获得许可证后，就取得了该区块的油气勘探、开发、生产的专营权。资源国政府及其国家石油公司对该区块不再拥有经营权、作业权和油气支配权。承包油公司与资源国之间的利润分割方法如下：

（1）向政府交纳矿区使用费。从油气产量的总收入中，首先扣除矿区使用费，用现金交纳，其费率各个国家甚至各个合同都存在差别。

（2）承包公司投资费用扣减。包括经营成本、折旧、折耗和摊销以及无形资产成本。有些国家合同还允许扣除定金。

（3）油气总收入扣除矿区使用费和成本投资后为应纳税的收入。税后所得就是承包公司的利润。税收的种类和税率各国有很大差别。

（4）有部分国家的许可证合同中规定有政府参股权。政府股为干股，由油气收入中抵扣。

租让制与下面将要论述的产品分成合同，还有一个重大差别是，项目经营过程中积累的全部资产，都属于公司所有。

租让制从财税体制的角度称为矿费—税收合同。

（二）产品分成合同

产品分成合同在法律意义上矿产所有权仍为资源国所有。在财税体制上出现了成本回收和利润油分割的概念。承包公司要提交年度工作计划、预算、开发方案，由政府指定部门或国家石油公司审查批准；承包公司提供作业所需的全部资金和技术，并承担风险；合同期满后一切设施转为政府所有，产品分成合同的主要财税制度如下：

（1）与租让制相同，油气收入首先要向政府交纳矿区使用费，世界上大部分产品分成合同的矿区使用费在总收入的 12.5% 以下。

（2）成本回收。成本回收的项目与租让制一样。产品分成合同规定了成本回收占每年总收入的一定比例，超出部分可向下一年度结转。大部分合同规定，当成本回收比例超过了当年的实际支出时，自动转为利润油。

（3）利润油分割。除去应上缴政府的矿区使用费和承包公司的成本回收油，剩余部分就是利润油。产品分成合同中具体规定了资源国与承包公司之间利润油分割方法和比例。

（三）风险服务合同

资源国拥有矿产所有权和经营权，由承包油公司提供资金和技术，进行油气勘探开发，

承担全部风险。生产油气全部属于政府。按合同规定一定比例的油气收入作为承包公司的酬金。

风险服务合同与产品分成合同之间的最大差别，前者为货币付酬，后者为产品付酬。

(四) 回购合同

实际上是风险服务合同的一个变种。承包公司承担油田勘探开发的全部费用和技术服务，从油田生产的油气销售收入中回收投资、作业费用、财务费用和报酬。财务费用和报酬在合同谈判时确定。报酬指数有按每桶油的固定费用也有按油田的等级确定。油价的风险由资源国承担，报酬的总数与产量无关。当承包公司全部回收完其投资和合同规定的报酬后，就不再拥有项目的操作权，将项目交还政府。

回收合同的内容主要由以下几方面组成：(1) 承包公司提出开发建设期、开发计划、开发工作量和投资量；(2) 确定油田生产期，即成本和报酬全部回收期；(3) 成本回收的限额，与产品分成合同一样，确定油气总产量的某一百分比用于回收勘探、开发、经营成本，当可回收成本超过该年度的成本回收限额，超出部分可以向以后年度结转；(4) 报酬指数的确定。承包公司得到的报酬是报酬指数乘以开发阶段的实际投资，但每年得到的实际报酬不能超过成本回收限额。

其他的合同类型还有与资源国联合经营、国营公司私有化等形式。

二、产品分成合同的基本财税条款

罗伯逊国际研究公司统计了世界上 140 个国家的石油合同，产品分成合同占 75 个，租让制合同占 45 个，股份合同占 10 个，其他占 10 个。产品分成合同占主要地位，而租让制中又有许多条款与产品分成合同相似。所以产品分成合同的财税条款包含的主要内容具有代表性。

(一) 义务工作量

义务工作量是国际油气勘探项目的关键内容。油田项目有时也有义务工作量，有些油田项目也带有勘探区。不论在勘探过程中发现何种没有预计到的情况，承诺的义务工作量必须完成。义务工作量分为投资金额和实物工作量两种，有时两个指标兼而有之。

(二) 定金

合同签字时要支付一定金额的现金，也称为签字费。有少数合同规定可以用设备或技术偿付定金，个别合同不要签字费。

有些合同规定了其他两种形式定金，一种是油气田投产时要支付一定定金，另一种是油气田的产量上了一个台阶时或者累计产量达到一个台阶时又要付定金。个别合同规定定金可以抵扣所得税。大部分合同不能抵扣，这笔费用对项目的经济效益有很大影响。

(三) 矿区使用费

大部分合同都要支付矿区使用费。常见的费率在 12.5% 以下，也有个别国家费率更高，致使边际油田无法生产。矿费从总收入中优先提取，可以规定缴实物，也可以规定交现金。有些合同矿费费率按平均日产量确定，费率随产量增加上升。矿费也是项目经济评价中的重要参数。在项目运作时要根据矿费的特点，如哈萨克斯坦阿克纠宾公司所属的老油田在接管的头 5 年矿费为 2%，以后为 8%，新油田投产的头 5 年矿费也为 2%，以后为 8%。所以要争取头 5 年多产油，可以降低矿费的总支出。

(四) 成本回收

承包公司的成本回收一般有下列几项：(1) 以前年度结转的未回收成本；(2) 经营成本；(3) 列入费用的资本成本；(4) 当年的折旧、损耗和摊销；(5) 筹资利息（常有限制）；(6) 投资补贴（超量成本回收）；(7) 放弃成本的回收基金。

回收成本上限一般占总收入的 30%~60%，以 40% 较为常见。多数合同规定如成本不足规定的回收上限，其多出部分自动转为利润油，也有少数合同规定其多出部分为政府所有。一旦初始勘探和开发成本得到回收，经营成本就成了成本回收的主体，这时成本回收可能只占收入的 15%~30%。不同的合同条款对承包公司的收入可产生重要影响。

(五) 利润油分割

油气生产的总收益减去矿区使用费和成本回收后，剩余部分由承包公司与资源国政府之间进行分割。分割的比例由合同规定，最常见的是 40% 与 60%，政府得大头。有的合同也规定了滑动台阶，平均日产量愈高，政府所得比例愈大。利润油分割所得是承包公司真正得到的毛收入。

(六) 商业性

勘探结束后要确定发现的油气田是否具有商业价值，这个条款对于油田开发项目没有关系。

(七) 政府参股

政府参股对油田项目的影晌比勘探项目小。政府参股的主要内容包括：(1) 参股比例（多在 1%~5% 之间）；(2) 政府进入项目的时间；(3) 政府参与管理的程度；(4) 政府承担的成本；(5) 政府支付分摊成本的方式。

(八) 投资补贴或额外成本回收的方式

上述两个名词是同一个概念，是允许承包公司在回收成本时额外多回收一定百分比的资本成本，这是对承包油公司的鼓励。

(九) 国内市场义务

国内市场义务或称国内供应要求，有的合同规定，承包公司必须把一部分利润油卖给政府，其价格一般均按国际油价打折。合同也规定以本国货币支付或外汇支付，国内市场义务对承包公司的收益可起负面影响。

(十) 篱笆圈

许多合同规定投资和回收都以合同区块为单元，这就是财税体制的篱笆圈，使承包公司的投资和回收不能在合同区块之间调节，这对承包公司也是负面影响。

(十一) 免税期和免矿区使用费期

有些合同规定在一定的时间内，无需缴纳矿区使用费或税收。免矿费和税收的起始日期也很重要，一般都规定在生产以后若干年才开始缴纳。这个条款对承包公司起鼓励作用。

第三节 油气藏特征评价

一个油气田的油气藏特征基本上决定了该油气田开发生产难易程度和应该采用的开发方式，所以油气田开发项目评价需要把油气藏特征研究放在首位。

一、油气藏类型

（一）圈闭类型

（1）背斜圈闭。这是一种比较简单、容易识别的圈闭类型。背斜圈闭可以形成单一油气藏，也可以在纵向上由多个储盖组合形成多个油气藏。油气分布的最大面积是背斜圈闭的溢出点。世界上许多大油气田是背斜圈闭油气藏。

（2）断块圈闭。根据具体的圈闭样式可以分为背斜被断层切割、鼻状构造被断层切割、两条以上断层交叉圈闭、单条断层弯曲形成圈闭。断块圈闭的必要条件是断层具有侧向封堵能力。断层的侧向封堵能力也决定了断块圈闭的最大含油气高度。断块圈闭往往成群分布。

（3）地层圈闭。进一步可以分为两种，一种是地层超覆圈闭，一种是地层不整合圈闭。地层超覆圈闭要有不渗透的底板和不渗透的顶板夹持中间的储层，顶板的分布范围大于储层，而且要有古隆起或弯曲的古斜坡作为地质背景。油气层最厚的位置不在顶部而在翼部。如有多个储盖组合也可以形成多个圈闭。世界上也有地层超覆圈闭的大油气田。地层不整合圈闭繁简不一，最重要的圈闭要素是不整合面之上的非渗透性盖层。当不整合面之下为均一的储集体如碳酸盐岩，圈闭比较简单；如果不整合面之下为渗透性储层与非渗透层呈互层状，就可以形成多个圈闭。

（4）古潜山圈闭。实际上是地层不整合的一种圈闭类型。顶面必须有非渗透盖层。储层多为碳酸盐岩，岩溶作用非常重要。

（5）岩性圈闭。最常见的是孤立的砂体四周为非渗透的泥岩包围。如三角洲前缘的分散砂体、深水浊积砂体。有些砂体与地层的产状相配合形成上倾岩性尖灭圈闭。

（6）水动力圈闭。水动力较少以单一因素形成圈闭，多数是由于一侧很强的地表水的进入使潜水面发生倾斜，与背斜圈闭、构造鼻、挠曲带相结合形成圈闭，油水界面倾斜。这种圈闭在构造高部位但并非油气柱最高的位置。

（7）复合圈闭。指不同圈闭要素相结合形成的圈闭。最常见的是构造（背斜、断块）与岩性结合的圈闭，称为构造—岩性圈闭。在构造圈闭的范围内只有储层发育部位才可能形成油气藏。

在油气藏圈闭评价时，圈闭的落实程度也很重要，主要决定于资料的数量和质量，应该对圈闭的可靠性作出评价。圈闭的规模大小也是圈闭评价的重要内容。

（二）油气藏形态和油气水关系分类

（1）油气藏形态分类。主要分为层状和块状油气藏。层状油气藏指圈闭范围内有多套储盖组合，储层之间纵向上互不连通，实际上每个（套）储层形成独立的圈闭，具有多个油气水界面。块状油气藏形成于圈闭内部无非渗透性层或虽有非渗透性层但未完全分隔时储层之间的连通性，具有统一的油气水界面。一些碳酸盐岩油气田具有统一的油气水界面，但储层之间纵向上的连通性并不好，具有层状油气藏的一些特点。这种统一油气水界面是经历了漫长地质历史，经过重力分异和运移形成的。而在短期的开发生产过程中，储层的纵向连通性很差，表现为层状油气藏的特征。还有一种特殊的油气藏类型是裂缝性油气藏，一个裂缝系统是一个油气藏，其开发的难度比较大。

（2）油气水关系分类。可以分为气顶油环边底水油气藏、无气顶边底水油藏、底水气藏和边水气藏。气顶油环边底水油气藏分布较广，其主要参数有气顶大小和油柱高度、气体积与油体积的比例，确定作为油藏开采还是作为气藏开采。如果以油为主作为油藏开采，其最

重要参数是地饱压差。气藏首先要确定凝析油的含量，应作为凝析气藏开采还是作为一般气藏开采，边水气藏较底水运藏容易开采且采收率较高。

（三）压力系数分类

分为正常压力、异常低压、异常高压。油气藏的不同压力状态，要采取相应的合理开发方式。异常低压往往需要早期保持甚至提高地层压力。异常高压，如果地饱压差较大，就可以具有较大弹性可采储量，不需要人工保持地层压力。

（四）驱动类型分类

根据油气藏的驱动类型可以分为弹性驱、重力驱、水驱和气驱，或者是两种以上的驱动力相结合，油气藏的驱动类型对油气田的开发有重要影响，如封闭式的油藏其采收率就比较低，相反封闭式气藏和弱水驱气藏其采收率可以超过强水驱气藏的一倍。

（五）特殊油气藏

特殊油气藏指与常规油气藏有较大差异的油气藏，在油田开发方式上有较大的特殊性，它不是用某一种分类确定的，如裂缝性油气藏、高凝油藏、稠油油藏、挥发性油藏、凝析气藏等。

二、储层特征

（一）储层岩性

储层的岩性主要是两大类，一类是碎屑岩，主要为砂岩，另一类为碳酸盐岩。此外为变质岩、火山岩、火成岩、泥岩等，所占的比例很小。储层的物性与岩性有密切的关系。

（二）砂岩的储层性质

砂岩储层总厚度、单层厚度、平面连续性；储层的层内和层间非均质性、夹层分布；砂岩的粘土含量和性质、砂岩矿物成分、胶结程度、储层埋藏深度及其与物性的关系。

（三）碳酸盐岩储层

碳酸盐岩的岩性（石灰岩、白云岩）和原始沉积相带、溶蚀孔隙和裂缝分布、构造裂缝分布、次生白云岩化。

（四）储量的孔隙度、渗透率和渗流特征

孔隙度和渗透率是储层物性的主要参数。

孔隙度的分类根据孔喉直径可以分为超毛细孔隙、毛细孔隙、微毛细孔隙。孔隙的连通性，与流体分子相适应的孔隙直径并互相连通的孔隙才是有效孔隙。渗透性最重要的是要分清基质渗透率和整个储层的渗透率，对于有裂缝存在的储层特别重要。此外是对不同流体的相对渗透率。

储层物性的综合反映是它的渗流特征，可以分为孔隙型、裂缝型和双重介质型，在试井压力曲线和毛细管压力曲线上都有反映。

储层特征还有一些重要性质需要评价，如含油（气）饱和度、储层的润湿性等。

三、流体性质

（一）原油性质

地下、地面原油密度、粘度、含蜡量和凝固点、胶质和沥青质含量、饱和压力、原始气油比和体积系数、原油的含硫量。上述参数对油品分类和油田评价和开发都十分重要。正常原油与稠（重）油的区分主要决定于胶质和沥青质含量，表现为原油的密度和粘度，稠

(重) 油的开发难度加大而原油的市场价格下降。高凝油决定于蜡的含量, 当凝固点与地层温度接近时就很难开采。硫的含量对原油的市场价格影响很大, 还要加大脱硫的处理成本。

(二) 天然气性质

天然气组分、相对密度、压缩系数、特殊气体含量包括 H_2S 、 CO_2 、 N_2 。

根据天然气组分, 天然气可分为干气、湿气和凝析气, 决定了开发方式、处理方式和气体的价值。特殊气体在通常情况下都起负面作用。 H_2S 含量高将大大增加气体处理的成本。

(三) 地层水性质

水的矿化度、化学成分、密度、粘度、水型 pH 值。地层水性质首先对油气层的识别有影响, 同时油水粘度比可影响到地下油水的流动关系。

四、油气藏评价中的不确定性和风险

油气藏特征评价是建立在从转让方获得的各种资料的基础之上, 评价者要鉴别资料的可靠性和有效性, 识别油气藏评价中存在的不确定性及其范围和可能存在的风险。

一个油田项目的构成具有很大的差别, 有的项目只有一个油气田, 有的项目有若干油气田。对于后一种情况要找出主力油气田及其所占的储、产量的比重, 评价的重点应该是主力油气田的油气藏特征。

第四节 储量评价

储量评价是油气田新项目评价的核心内容, 油气田的价值主要决定于其储量的大小、丰度和质量。对于未开发和开发初期的油气田要评估地质储量和原始可采储量, 有时还要评价一次和二次采油的可采储量。对于采出程度较高的老油气田, 主要评价其剩余可采储量。

一、储量的定义和分级

世界各国的储量定义和分级, 还没有完全统一。在储量评价时必须了解转让方提交油气田储量数据的定义和分级。为确定储量价值和进一步核实储量提供依据。

目前世界上最流行的储量定义和分级是美国石油工程师协会 (SPE) 和世界石油大会 (WPC) 所建议的。

SPE 和 WPC 的储量定义和概念十分接近。

1987 年 SPE 的储量定义为“是指原油、凝析油、天然气、天然气液和伴生物的估算量, 是在现在经济条件下, 用已建立的作业实际和在当前政府法规下, 从已知油藏中从给定某日期以后预计可商业性采出的量。储量是根据估算时所掌握的地质和 (或) 工程数据的解释进行估算的。探明储量是当前经济条件下以合理可靠程度估算的可采的储量”。WPC 的储量定义措辞虽不同, 但涵义基本一致, “石油探明储量是指在某一特定日期的估算量, 是地质和工程数据的分析在有根据的可靠程度上证明, 在此同一特定日期的经济 and 作业条件下, 从已知储量中将来可以采出的量”。

SPE 和 WPC 还对探明证实储量进行了分类, 并对未探明待证实储量进一步分类。证实储量分为开发的和未开发的。待证实储量分为概算的和可能的。证实 (proved)、概算 (probable) 和可能 (possible), 简称为 P_1 、 P_2 、 P_3 。 P_2 指地质和工程数据表明很可能采出的储量, P_3 指地质和工程数据表明可能采出的储量。

但是上述储量的定义和分级仍然比较笼统，操作时有困难。要通过许多实例补充完善。

中国石油根据 WPC 的规范将 P_1 、 P_2 、 P_3 储量的分级方法用图 1-1 表示，并用 $EV = P_1 + \frac{2}{3}P_2 + \frac{1}{3}P_3$ ，即用全部 P_1 、 $\frac{2}{3}P_2$ 和 $\frac{1}{3}P_3$ 之和作为期望值。后来的生产井钻探结果，证明这种表示方法符合实际的储量，也比较容易操作。

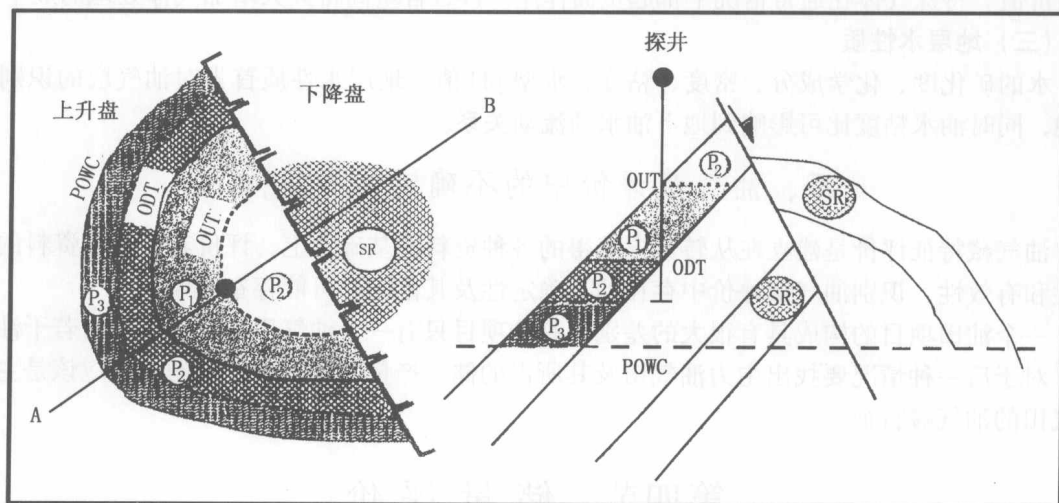


图 1-1 WPC 储量计算体系中的储量分级示意图

SR—推测资源量； P_1 —证实储量； P_2 —概算储量； P_3 —可能储量；OUT—钻井所揭示的含油顶界；ODT—钻井所揭示的含油底界；POWC—据 RFT 和测试推测可能的油水界面

储量计算方法可分为静态法和动态法。对于未开发油气田和开发初期油气田主要用静态法。对于开发中后期的油气田可用动态法。静态法又可分为确定（单值）法和概率法。容积法对所有储量计算参数采用单一值，而概率法对每个储量参数采用数学分布模型，用蒙特卡罗法随机抽样计算，其结果是储量概率分布曲线，求出在不同概率下的储量值。证实储量的概率值不小于 90%，概算储量不小于 50%，可能储量不小于 10%。在实际应用中勘探程度比较高的油气田往往用确定法，勘探程度比较低的油气田多采用概率法。

俄罗斯的储量定义、分类和计算方法基本上继承了前苏联的规定，对评价井的密度有严格的要求，一般来说所计算的地质储量都是比较可靠的，但对储量的经济性评价在某些情况下不够确切，对采收率的标定也有不够严格的情况。俄罗斯的探明储量分为 A、B、 C_1 、 C_2 级。A 级为已开发油气田储量，已按开发方案钻完生产井；B 级储量为钻完评价井，并通过工业性试生产，可编制开发方案的储量。 C_1 级储量为完全或部分探明油气田的储量。 C_2 级储量指油气田内部未探明部分或油气田上覆层或中间层未经测试的推测储量。将俄罗斯的储量与 SPE/WPC 的储量相比，大致 A、B 级储量相当 P_1 储量， C_1 储量大部分为 P_1 储量，部分为 P_2 储量。 C_2 级储量部分为 P_2 ，部分为 P_3 。

美国证券交易委员会 (SEC) 制定的储量规范，是在美国上市的公司必须遵循的准则。其定义与 SPE/WPC 比较接近，但相比之下，SEC 更加严格。但也存在一些差别，从技术方面有如下几点：

- (1) 没有经过测试油藏中的证实储量。

SEC 在利用类似油藏具有测井和岩心分析数据的证明而无测试资料的情况下必须指同一个油田内部，而 SPE/WPC 强调的只是同一个地区。

(2) 证实未开发储量的井控要求。

SEC 要求井控范围以外的未钻井地区是否作为证实储量必须证明其具有生产的连续性，即要通过生产或压力测试证明。而 SPE/WPC 仅要求在井控以外范围的储层横向上连续，具有商业性可采石油。

(3) 提高采收率。

SEC 对有望通过提高采收率方式采出的储量，要求先导试验成功或相紧邻的油层试验成功并要求评价区的油藏孔隙度、渗透率、厚度、连通性及烃饱和度相同或更好。而 SPE/WPC 要求油藏的性质相似即可。

所以说 SCE 对储量评价的标准比 SPE/WPC 更严格更高。SCE 只计算证实储量。

SEC 严格的储量计算规范，其储量数值完全可以信赖。然而这种储量规范使在含油范围内的储量由于钻井密度不够而不能计入，评价时要考虑这部分储量的潜力。

中国的储量规范是 1988 年制定的，与世界上各种储量规范也有许多相似之处。

(1) 已开发探明储量。

指现代经济技术条件下，通过开发方案的实施，已完成开发井钻井和开发设施建设，并已投入开发的储量。

(2) 未开发探明储量。

指已完成评价钻探，并取得可靠储量参数后所计算的储量。

(3) 基本探明储量。

多含油气层系的复杂断块油田、复杂岩性油田和复杂裂缝性油田，在完成地震详查或三维地震，并钻了评价井后，储量计算参数基本齐全，含油面积基本控制的情况下所计算的储量。

(4) 控制储量。

在某一圈闭内已发现工业油（气）流，并钻了少数评价井，初步确定油藏类型、产能、油气性质，大体控制含油面积所计算的储量。

(5) 预测储量。

圈闭已钻探获得油气流、油气层或油气显示，根据地质分析和类比估算的储量。

同时应该指出的是中国的储量计算比较重视地质储量。西方的储量计算基本上都指可采储量。

从储量的分类而言，中国的储量与世界其他储量规范的储量分类也具有可对比性。

二、储量参数和评价

对于一个油气田新项目不仅要了解转让方提交的储量数据、计算方法、定义、分类，同时要按照储量计算的基本方法重新进行计算。

(一) 储量计算参数

储量计算所用的参数几乎所有规范都是一致的，包括含油面积、平均油层有效厚度、平均有效孔隙度、平均含油饱和度、平均地面原油密度、平均原油体积系数、采收率等。如果所求的储量单位为桶或立方米等容积单位，则不需要原油密度。差别主要在于各种参数确定时的具体要求。要收集能确定上述参数的各种资料，如地震资料、钻井资料、测井资料、地