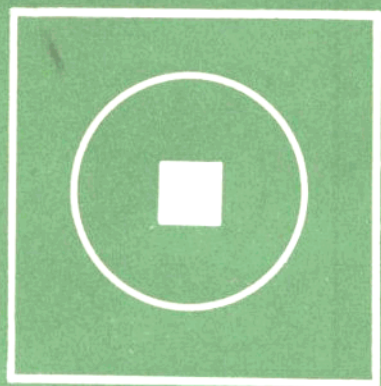


美国石油地质考察报告之五

油气勘探 新方法



石油部科学技术情报研究所

一九八六年八月

51746



51746

油气勘探新方法

刘则仁 译

5873/02



00453820



200431194



石油部科学技术情报研究所

(油气勘探译丛编辑部)

前 言

1982年6月5日—7月19日，应美国西方石油公司的邀请，我们一行五人，对美国落基山等五个主要含油气盆地进行了考察访问，对美国石油勘探的现状与发展有了一些比以往更多的了解，也获得了一些颇有价值的材料，在此，我们整理并选译出来，供领导、生产、科研、教学部门使用。

全报告共分五册

第一册：美国石油勘探的现状与发展

第二册：美国西部大逆掩断层带油气区

第三册：美国尚未发现的可采油气资源评价

第四册：地震地层学

第五册：油气勘探新方法(原定名为隐蔽油藏)

这些资料对我国石油勘探具有现实和长远意义。

参加这次考察团的人员：团长 李国玉，团员 龚再升、赵化昆、杨云岭、姜顺源等五人。

这是本报告第五册。主要内容概述如下：

1. 评论美国地质调查局在未勘探区域采用远景区带分析评价石油资源的方法。

2. 论述应用测井资料并通过研究已知地层圈闭建立沉积模型的方法。此法有助于在已打井地区寻找地层圈闭。

3. 介绍维利斯顿盆地在寒武系砂岩中获得工业油流，开辟了勘探新领域。

目 录

用勘探远景区带分析技术评价常规石油资源.....	(1)
豪斯溪油田上白垩统苏塞克斯段滨外砂岩复合体的沉积与统计 勘探模型.....	(13)
纽波特油田的发现开辟了新产油层.....	(40)

用勘探远景区带分析技术评 价常规石油资源

Betty M. Miller

童晓光 校

摘要 将勘探远景区带分析方法用于具体的或概念性的勘探远景区带,以评价常规石油资源。远景区带分析技术通常用于小地区的评价,例如一个由一系列地层圈闭或构造圈闭组成的地质带。远景区带分析程序,结合蒙特卡洛方法,还被用于一个地质上的盆地或区域的地质层位、组或地层单位。本文对美国地质调查局在广阔的未勘探区域采用勘探远景区带分析方法评价常规石油资源作出评论,同时讨论美国阿拉斯加国家石油储备区(NPRA)和威廉·奥·道格拉斯北极野生动物保护区(WODAWR)的评价结果。

引 言

将勘探远景区带分析方法用于一个盆地或一个区域内的具体的或概念性的勘探远景区带,以便评价常规石油资源。一个勘探远景区带的基本定义是:一个有实际意义的计划单元,围绕着它可以制定综合勘探规划。一个远景区带有着地理和地层上的范围,并且根据岩性、沉积环境或构造发育史被限制在一个组或群关系密切的地层中。但在远景区带分析应用中,不同的评价者会对这一定义与用于远景区带概念的基本假设作出许多改动。

通常远景区带分析方法是用于对较小地区的评价,例如一个由生物礁远景区带或河道砂或沙坝组成的地质带。但是,有些远景区带分析方法业已用到全部地质层位或地层单位,以对全盆地或区域作出评价——例如,一个盆地内整个白垩系的潜力或整个盆地的潜力。虽然评价者把这种技术称作“远景区带分析”,但基本概念显然已不再是原始定义。因此,随着评价者的不同,这种方法与相应的假设有某些极大的改动。近年来,勘探远景区带分析方法已用于未勘探地区,其地质与地球物理资料数量有限,而描述的地质变量是根据评价者用主观推导的概率函数或者选用类比资料。

美国内务部所属矿产政策与研究分析机构(DOI/OMPRA),为响应1976年美国海军石油储备开采法的规定,设计了一个模拟模型。这个法令要求美国总统进行一项研究,以确定任何石油储量资源最佳开发、生产、运输与分配的总方案,并且确定各种方案的经济效果与对环境的影响。由综合模型模拟的活动包括:油气勘探、开发、运输与分配,其根据是在地质子模型中应用远景区带分析的结果。本文只讨论地质与勘探子模型。

本文论述美国地质调查局使用蒙特卡洛计算机模型,即由DOI/OMPRA根据远景区带分析方法设计的模型,对阿拉斯加北坡国家石油储备区与威廉·奥·道格拉斯北极野生动物保护区作出常规石油资源评价。美国阿拉斯加北坡国家石油储备区面积约为37,000平方英里(95,830平方公里),北极野生动物保护区面积为13,900平方英里(36,001平方公里)(见图1)。

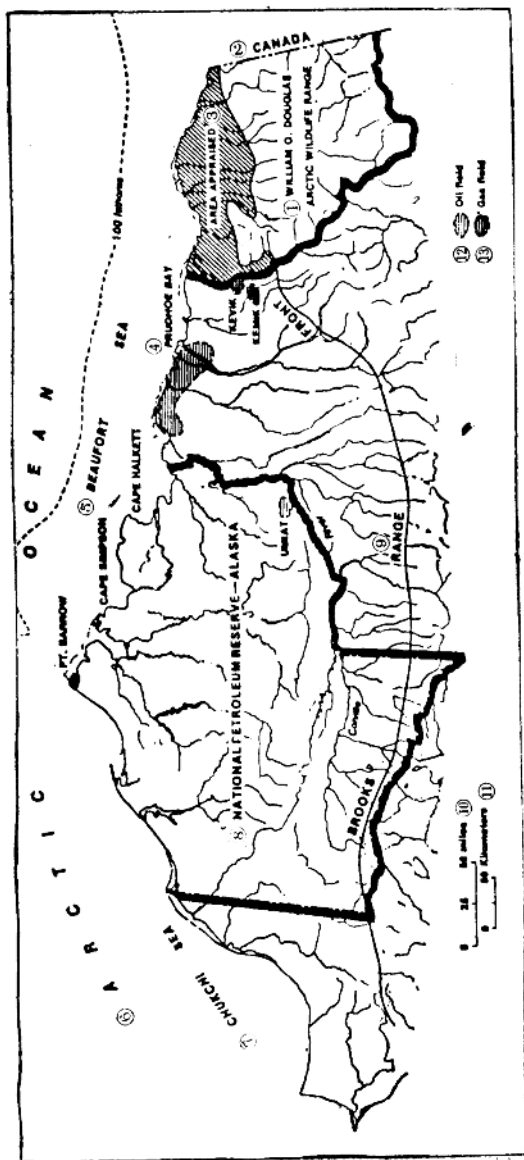


图 1 阿拉斯加北坡，绘出国家石油储备区与北极野生动物保护区的边界

①威廉·奥·道格拉斯北极野生动物保护区；②加拿大；③评价区；④普拉德霍湾；
⑤波弗特海；⑥北冰洋；⑦楚科奇海；⑧国家石油储备区—阿拉斯加；⑨布鲁克斯
山脉前缘；⑩英里；⑪公里；⑫油田；⑬气田。

地质子模型的基本概念是仿照加拿大地质调查局曾使用过并且是最广泛使用的一种远景区带分析方法。在此所述的资源评价的基本概念已不是原来的含义，因为石油工业界和其它研究团体正在使用类似加拿大的方法的各种经过修改的方法。

勘探远景区带分析方法的一般介绍

对根据勘探远景区带分析方法建立的地质子模型的一般介绍与说明是取自L.P. 怀特(DOI/OMPRA)的文章并作了修改。怀特本人在这些研究中与美国地质调查局共同工作。

通过把两个独立的子模型结合起来的方式去模拟勘探过程：(1)根据一个地区与油气分布关系最重要的地质变量作出的概率评价建立地质模型，以及(2)模拟该地区寻找油气的勘探模型。地质模型提供一个远景圈闭表(潜在可供钻探的目标)和地下油气资源评价，用地质变量的主观概率分布值表示，这些值是由熟知该区地质的专家估计的。本文不准备对勘探模型作任何详尽的讨论，它模拟由勘探者作出的远景圈闭经济评价和钻井决策，从而提出一个发现序列，从此为待开发的油藏列出清单和作出评价。

这两个子模型与石油开发活动和经济子模型相结合，采用蒙特卡洛对这些活动和对扩展的模拟时间周期作出的决策进行模拟。蒙特卡洛每次运算从地质模拟和从每个远景区带的每个重要地质变量的概率分布取样开始，以便模拟尽可能接近地质自然状况，这种地质状况可由该地区油气藏的规模分布表示出来。地质自然状况由一个特殊的远景圈闭数组组成，其中某些模拟实际的油气藏，其余作为干的去模拟。模拟这些远景圈闭的期望规模之后，根据期望体积，将它们排列起来，作出发现过程的模拟目标表。

然后，逐年模拟发现过程作为目标表上的远景圈闭的序列评价，状况(即发现(成功)或干的(失败))对作模拟的勘探者来说是未知的。如果某个远景圈闭的期望经济值表明打一口探井是值得的话，那么模拟的决策(模型)就对之作测试，并确定是否含有油气。这种过程每“年”继续用蒙特卡洛运算做下去或者直到全部远景圈闭被试验完毕为止。一个勘探程序中的研究过程是这样模拟的：把每“年”的钻井成果去修正勘探者用以模拟地质智能状况。勘探子模型每“年”的输出是一张列有干井和被发现油气藏的表。被发现油气藏列入应考虑开发的油(气)藏清单中。蒙特卡洛计算要多次进行，通常要运算3,000至5,000次，以便得出重要变量(例如：产量、发现的储量、地下总的油气资源)的频率分布。模拟得到的远景圈闭表和远景圈闭的规模、干井数以及被发现的油气藏全部用作其它子模型的输入变量。

根据远景区带分析方法建立的地质模型

地质评价过程，特别是用于对阿拉斯加国家石油储备区作资源评价的过程，主要问题集中在远景区带问题上。一个远景区带是一个地区，地质和地球物理学表明，在这个地区内任何远景圈闭的存在，要具有可度量的主要地质参数的相似组合，即有油气来源、储集层和圈闭。同样重要但更难以评价的参数是地热史、石油生成、运移和圈闭的相对时间。简言之，远景区带由一个或多个有远景的均一或相对均匀的地质实体组成，它可以被

地质的、地球化学的或地球物理的勘探技术发现。在本研究中，定义一个远景圈闭是一个至少面积为600英亩（ 2×10^6 平方米）的潜在油气聚集。

远景区带是一个有用的分析概念，它可以使分析能灵敏地用于实际的物理过程，包括油气圈闭和发现油气聚集。有一个基本假设就是一个远景区带内地质特性有重大的相互联系，但各个远景区带间这类特性就很少有相关性。就是说，如果远景区带区内具有出现烃类圈闭所需全部区域地质特性的话，那么该远景区带区可能会含有油或气或两者的聚集。但是，如果一个或更多个重要的地质特性缺失或者不利，则该远景区带区的全部远景圈闭被认为是不成功的。地质学模型主要输出是地下资源的概率评价。

除美国蒂特拉技术公司数据库准备的数据之外，还从美国联邦地质调查局与美国海军勘探与研究计划取得数据，这些数据是初步估计阿拉斯加国家石油储备区范围内含有可能的油气数量的根据。由美国联邦地质调查局地质家组成的审查小组分析了蒂特拉的技术数据。他们为阿拉斯加国家石油储备区资料评价编辑了必需的地质-地球物理基础数据，审查了全部新井资料，进行了相应的背景分析，并且估计了资源评价所需地质-地球物理关键变量。美国联邦地质调查局的两个委员会，地质委员会与资源评价委员会，在1978与1979年举行会议，审查和规范了地质数据，并从地质上合理的角度确定17个后备石油远景区带，确定了远景区带边界，还对每个远景区带准备了一组地质特性概率估计。远景区带分析方法把潜在远景区带的地质特性分类为：（1）远景区带特性；（2）远景圈闭特性，和（3）油贮特性。这样，对每个远景区带，由熟悉区域地质的专家给出三组概率判别与数值。

两个委员会所采用的主观概率方法是一组输入，即关于远景区带、远景圈闭和油贮特性的主观估计方面的一组参数，以及对每个特性的最终主观概率估计（记录在最终估计表内）的一组结果所组成。主观估计是根据所拥有的地质-地球物理数据，而当缺少某些特性的数据时则根据地质家的经验与专门知识（采用类比资料与地质外推法获得）。当缺少油贮性质工程测量资料时，对油贮-体积采用类比估计，这尤其可靠。

第一组主观判断涉及各个概率，即该远景区带共有的四个区域地质特性中的每一个都有利于石油聚集的存在。这些区域地质特性是：（1）有烃源岩存在；（2）从生油岩向圈闭运移的有利时机；（3）潜在的运移路径，以及（4）有潜在的储集岩存在。这四个概率的乘积称作边缘-远景区带概率——联合概率，即表示全部区域地质特性均同时有利于远景区带区中的石油聚集。每一个远景区带特性的存在对于该远景区带地区是油气藏存在的必要但不是唯一的条件。边缘-远景区带概率还要求对下列项目作附加概率判别：该远景区带区中潜在可供钻探的远景圈闭数目，储集层岩性，以及石油混合物（远景区带中油气藏的比例，可能含油而不是含非伴生气）。

由地质家给出的第二组主观判别是一组涉及在一个远景区带内每一个远景圈闭共有的三个地质特性存在与否的概率：（1）圈闭机理；（2）有效孔隙度，以及（3）烃类聚集。这些地质特性存在与否的概率判断是在假定四个远景区带特性均有利于油气存在的条件下作出的。这三个特性概率的乘积称作条件油气藏概率——这种概率表示一个具体的远景圈闭是一个实际的油气聚集，给予的所有远景区带特性均是有利的。

第三类主观判别包括每个油贮体积特性的概率分布，即确定油气藏规模。油贮特性是：闭合面积、储集层厚度、有效孔隙度、圈闭充满程度和储集层深度。第六特性的值，即原生水饱和度，是按与有效孔隙度成分的对比关系（ $r = -0.9$ ）选定。这些值从砂岩或

碳酸盐岩两条分布曲线中选定一条取值。油贮的各种特性共同确定所模拟的油气藏大小。

对所评价的每个远景区带都要作出这三组主观判别（远景区带特性、远景圈闭特性和油贮特性），而且把它们用作地质子模型的基础地质数据。

在每次作蒙特卡洛方法运算之前，地质子模型要对每个远景区带的概率分布取样，以模拟一种可能的“自然状态”。对每个远景区带，子模型从概率分布取出可能的钻探远景区带，以确定在具体特定的运算中将被模拟的钻探数目。然后对边缘远景区带概率取样，通过运算模拟出这个远景区带是不含油或可能含油。对一个含油远景区带中的每一个远景圈闭，对条件-油气藏概率取样，以模拟确定该远景圈闭是一个实际的油气藏或是不含油气。对所模拟的油气藏进行石油混合概率取样，以确定油气藏含的是石油或天然气。不含油的远景区带中的所有远景圈闭均自动模拟成干层。

然后，对每个含油气的远景圈闭进行油贮-体积特性的每个概率分布取样，以模拟其体积与油贮特性。对一个给定的油贮，一旦由蒙特卡洛方法选定体积参数值，则采用计算地下油气的标准油贮公式确定石油或天然气体积。

最后，地质子模型把每个远景区带中的远景圈闭定位在相对应的上覆地面区域，称作作业区域。模型可以把盆地或区域的地面地区分隔成大小、形状或数目任意的地面区域，称作作业区域。要注意：把远景圈闭定位至它们相应的作业区域，是根据所有作业区域内资源区域分布作出的任意判断，而不是按地质家作出的每个远景圈闭的具体位置。作出资源评价之后，在开发、生产、运输和分配子模型中使用作业区域的概念。

定位至作业区域的成果是三维地质柱状体的投影，在这个投影中远景区带区被垂直迭加至地面的三维图形，每个作业区域给以对应于地下的远景圈闭的编号。

地质子模型的主要输出是每个作业区域的远景圈闭表，它将用于以后系统中的勘探生产、运输，以及经济分析子模型。然而，在完成全部蒙特卡洛运算后，第二个主要输出是阿拉斯加国家石油储备区内的油气总的资源评价。作出资源评价的步骤是：首先为每次蒙特卡洛运算集合模拟油气藏，然后经过大量运算得出每个独立的远景区带的地下油气资源的概率分布。一当对每个远景区带的评价符合概率分布，用17个远景区带的集合作为整个储量算出蒙特卡洛近似值，以给出未发现的油气资源的范围和平均值。

对阿拉斯加国家石油储备区的资源评价

为1979年9月DOI/OMPRA 105(b)作的研究，并根据美国联邦地质调查局当时审核的最新资料，初步评价的石油资源提供地下阿拉斯加国家石油储备区石油资源的平均值约为71亿桶(1.1×10^9 立方米)，天然气14.12万亿立方英尺(0.4×10^{12} 立方米)。1980年5月，即本报告提出的时间，第四次即最新一次审核并修正阿拉斯加国家石油储备区资源评价是由美国联邦地质调查局进行的。自1979年9月上次作过评价以来，新提供审核的资料包括另打的九口井，其中有影响资源评价的取自瓦拉卡普1号井的非常重要的资料。17个远景区带中的大多数有小的修正。但是，对辛普森远景区带的资源评价作的修正最大，原来是勘探侏罗系储集层，但在瓦拉卡普井中发现的是粉砂岩。这样，使得对辛普森远景区带的估计资源减少，对阿拉斯加国家石油储备区估计的总资源潜力也减少了，这些都是OMPRA蒙特卡洛模型上做出的。这些修正的资源估计在1980年7月17日美国内务部新闻发布中发表，提供阿拉斯加国家石油储备区全部地下石油资源的平均值约为64亿桶(1.0×10^9 立方

米),天然气为10.99万亿立方英尺 (0.3×10^{12} 立方米)。表1、图2与图3是1980年阿拉斯加国家石油储备区地下石油与天然气集合的概率分布(注:原文有误,图2、3是1979年评价结果)。

对阿拉斯加国家石油储备区地质的详细研究与美国地质调查局进行的勘探、钻井与资源评价程序正在作为美国地质调查局的专业论文准备出版。

表 1 阿拉斯加国家石油储备区地下油气资源估计的概率分布*
(条件估计数)

其数量至少是给定值 的概率 %	估 计 数			
	地 下 石 油 (10 亿桶)		地 下 天 然 气 (万亿立方英尺)	
	1979	1980	1979	1980
95	1.04	0.55	3.51	2.53
90	1.35	1.02	4.26	3.46
75	2.87	2.59	7.30	5.47
50	6.03	5.21	12.52	9.39
25	10.01	8.55	17.54	13.71
10	13.72	12.10	28.29	20.04
5	16.54	15.82	34.97	27.37
平 均 值	7.10	6.40	14.12	10.99

*数据来源: DOI/OMPRA(1979)与DOI(1980)。

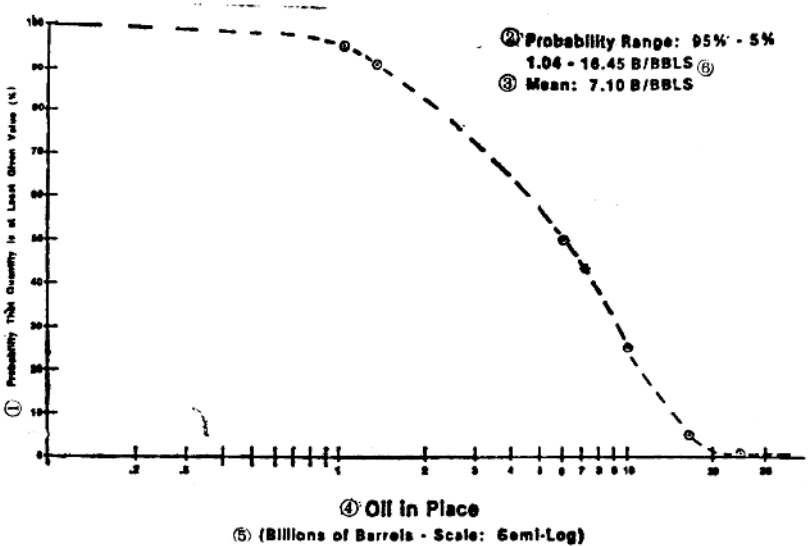


图 2 对阿拉斯加国家石油储备区地下石油资源估算
的初步概率分布(来源: DOI/OMPRA, 1979)

①其数量至少是给定值的概率; ②概率范围; ③平均值; ④地下石油;
⑤ (10亿桶——比例尺: 半对数); ⑥10亿桶。

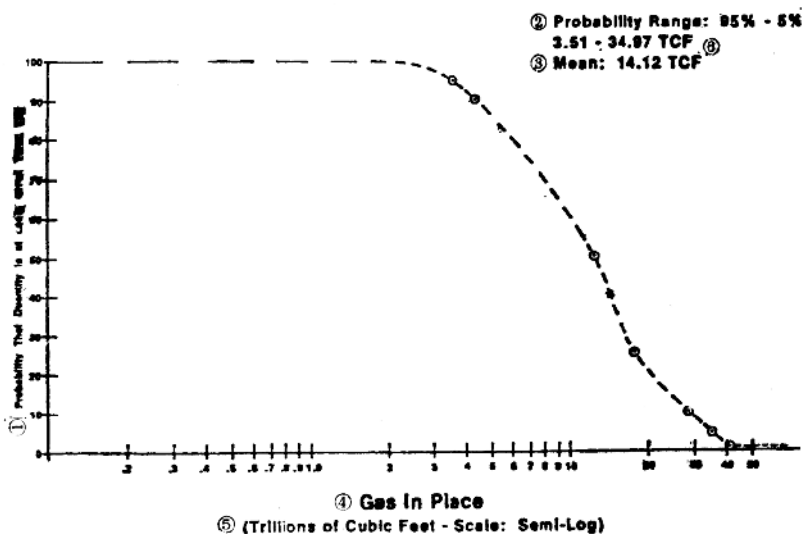


图 3 对阿拉斯加国家石油储备区地下天然气资源估算的初步概率分布 (来源: DOI/OMPRA, 1979)

①其数量至少是给定值的概率; ②概率范围; ③平均值; ④地下天然气;
⑤ (万亿立方英尺——比例尺: 半对数); ⑥万亿立方英尺。

对北极野生动物保护区的资源评价

1980年5月美国参议院能源与自然资源委员会要求美国地质调查局提出对北极野生动物保护区常规石油资源的评价,采用DOI/OMPRA用于评价阿拉斯加国家石油储备区相同的远景区带分析方法与计算机模型。

北极野生动物保护区面积达13,900平方英里 (36,001平方公里),境内大部分(73%)为山区地形 (布鲁克斯山脉),其余为相对窄的海岸平原,邻接北冰洋。全部石油潜力被认为是埋藏在海岸平原内,是野生动物保护区的海岸平原部分;正是对这块海岸平原区 [约3,750平方英里 (9712平方公里)]作了石油资源评价 (图1)。

由美国地质调查局人员组成的小组采用在阿拉斯加国家石油储备区评价中用过的相同方法与程序,规定了十个远景区带和评价远景区带的特性。远景区带的鉴别与建立是根据阿拉斯加国家石油储备区评价中采用的相同方法与定义。

估计未发现的烃类资源是困难的,即使是资料丰富。而野生动物保护区境内,地质资料有限,是专门的航磁测量、重力测量和地面地质调查成果。更多的是评价区外但邻接野生动物保护区的资料,包括有地面地质研究,几口井和海上地震反射剖面资料。加拿大地质调查局与多姆石油公司拥有的加拿大邻区资料也用于评价工作中。资源评价最重要的一类资料是地震反射资料,但正如所指出的那样,当时野生动物保护区无地质资料。由于缺乏这类资料,地质家把已有资料外推至地下,据此作出解释判断;同时建立两个或更多个模型力求推断地下地质情况。

表 2 北极野生动物保护区地下油气资源估计的概率分布

(条件估计数)

其数量至少是给定值的概率 %	1980年7月估计数	
	地 下 石 油 (10亿桶)	地 下 天 然 气 (万亿立方英尺)
95	0.16	1.44
75	1.12	4.33
50	2.71	8.41
25	5.87	15.41
5	17.03	33.93
平 均 值	4.85	11.90

*数据来源：DOI(1980)及马斯特(1980)。

表 3 阿拉斯加国家石油储备区 (NPRA) 与北极野生动物保护区 (WODAWR)

境内地下油气资源估算量、地下当量油量桶数与估算的油藏规模的概率分布*

石 油 资 源 (10亿桶)	其数量至少是给定值的概率 (%)		分 布 平 均 值
	95	5	
WODAWR NPRA 天 然 气 资 源 (万 亿 立 方 英 尺)	0.16 0.55	17.03 15.82	4.85 6.40
WODAWR NPRA 当量油量桶数 (10亿桶)**	1.44 2.53	33.93 27.37	11.90 10.99
WODAWR NPRA 储集层大小 (10亿桶)	0.86 1.90	20.53 18.42	6.94 7.95
WODAWR NPRA	0.006 0.002	3.81 1.73	0.89 0.37

*来源：DOI(1980)及马斯特等(1980)。

**用蒙特卡洛方法计算当量油量桶数，不能把地下天然气估计量转换为以油计量的能量当量相加。

方法上的问题

要求美国地质调查局采用阿拉斯加国家石油储备区评价中相同的方法去评价野生动物保护区，要尽可能准确，还包括采用相同的蒙特卡洛模拟模型。但是，输入的程序与有关定

义是专门为阿拉斯加国家石油储备区制定的，那里的地质情况相当清楚，地震勘探网密度比较大和有众多探井资料。这些资料使得在阿拉斯加国家石油储备区地下远景圈闭的数目、大小、储集厚度和根据实际数据估计的孔隙度这样的输入变量有个均匀分布。阿拉斯加国家石油储备区的远景区带边界也可根据这样的资料确定。在北极野生动物保护区境内，无地震资料或地下地质资料，三种关键的输入分布必须依靠主观估计，因此主要根据类比和地质家进行评价的经验。远景圈闭大小、数目和圈闭充满度是最难估计的，因为那里没有运用这种方法的一组类比资料。因此，变量的估计在很大程度上是不可靠的。幸运的是，某些类比资料可以取自加拿大地质调查局对麦肯齐三角洲远景区带区的研究成果，因为麦肯齐三角洲远景区带区被认为相当于北极野生动物保护区境内某些远景区带。从美国地质调查局在阿拉斯加国家石油储备区作的研究也可以取得数据——阿拉斯加国家石油储备区远景区带类似于可能存在于北极野生动物保护区的某些远景区带区。如果远景区带分析方法进一步用于未勘探地区，则需另做研究工作，从已知远景区带提供更好的一套类比数据。

1980年7月美国地质调查局完成了地下石油资源的初步评价，结果于1980年7月10日由美国内务部新闻发布会宣布。美国地质调查局公布了详细的资源评价方法与结果。

该研究成果提供了北极野生动物保护区石油勘探的全部地下资源平均值：石油为48.5亿桶 (0.7×10^9 立方米)，天然气为11.90万亿立方英尺 (0.3×10^{12} 立方米)。地下油气资源估计量的概率分布见图4与图5及表2。

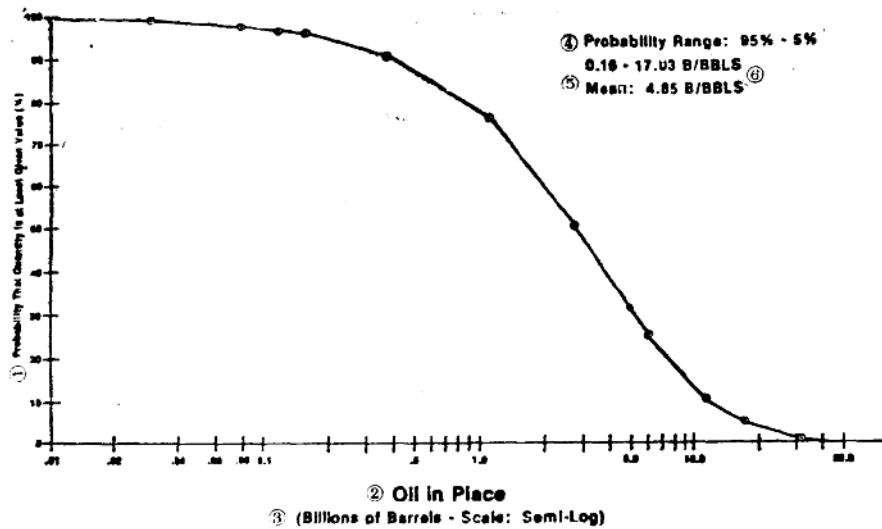


图4 对北极野生动物保护区地下石油资源估算的初步概率分布 (来源: Mast等, 1980)

①其数量至少是给定值的概率；②地下石油；③ (10亿桶—比例尺：半对数)；
④概率范围；⑤平均值；⑥10亿桶。

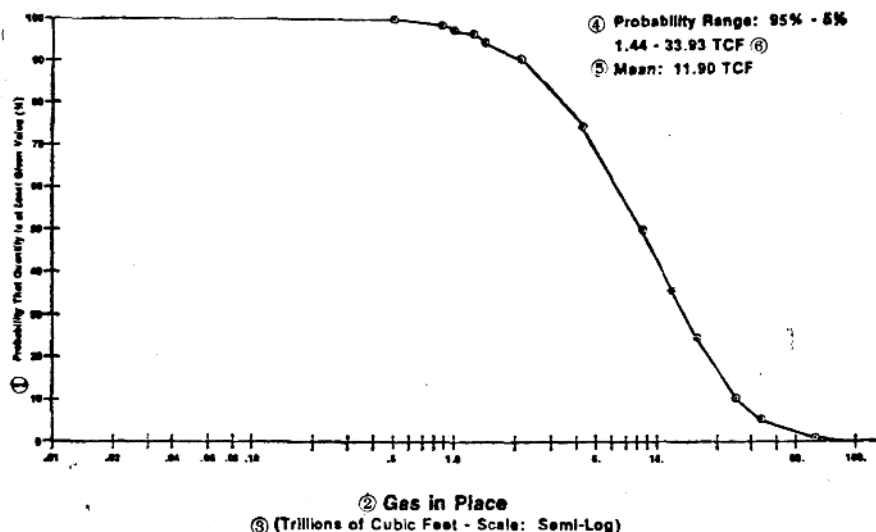


图 5 对北极野生动物保护区地下天然气资源估算的初步概率分布 (来源: Mast等, 1980年)

①其数量 至少是给定值的概率; ②地下天然气; ③ (万亿立方英尺—比例尺, 半对数); ④概率范围; ⑤平均值; ⑥万亿立方英尺

阿拉斯加国家石油储备区与北极野生动物保护区

远景区带分析结果的比较

表 3 综合了从图2至图5的资料——北极野生动物保护区与阿拉斯加国家石油储备区总资源分布, 采用勘探远景区带分析方法估算得出。图 6 与图 7 是1980年作的这两个地区未发现的地下油气资源估算量。这两个地区总的资源估算量非常接近。虽然阿拉斯加国家石油储备区地下资源稍大一些, 这是因为阿拉斯加国家石油储备区在面积上大大超过北极野生动物保护区境内海岸平原上石油远景区面积。表3中见到两个地区间的主要差别是油藏规模的估计概率分布, 起因于远景区带分析资源评价模型方法中远景圈闭(特性)值的性质。正如评价中所指出, 北极野生动物保护区所估计的油藏规模平均值为阿拉斯加国家石油储备区平均值的2.4倍。一般来讲, 油藏规模较大, 发现有经济价值的聚集的机会也较多。

结 论

DOI/OMPRA选择远景区带分析方法用于对大盆地或省做资源评价的理由有后面几条。首先, 它对感兴趣的地区的地质特性和不确定性提出直接的评价。虽然类比在地质学家对一个省的评价中是有价值的, 但最终判断必须是符合研究区即远景区带区已有资料 and 了解。第二, 远景区带分析方法所提供地质情况的详尽程度(假定拥有资料)被认为是广泛的, 足以做出资源评价, 并且由蒙特卡洛模型——适用于未知条件很多的大区域——提供经济分析。再者, 该地区实际勘探成果易于融汇于远景区带分析的模式中。第三, 虽然远景区带分析方法把勘探看作是远景圈闭评价与决策过程, 但它不要求对每个远景圈闭作清楚的

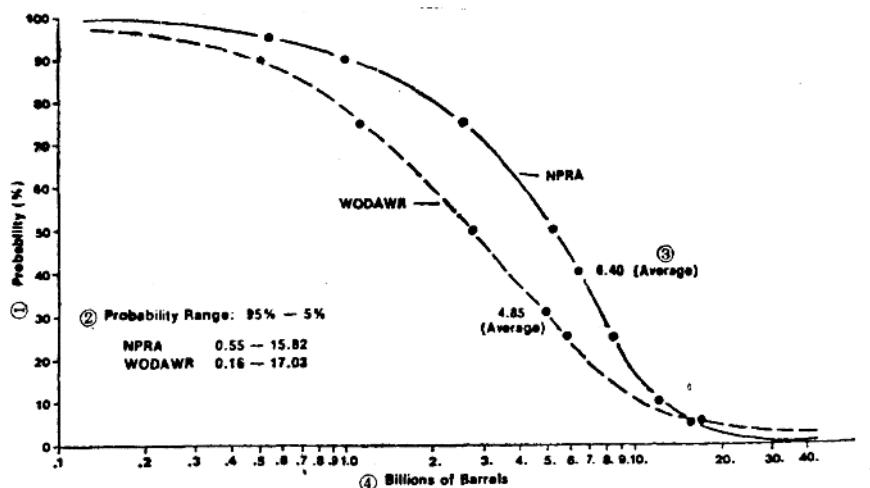


图 6 1980年所作对阿拉斯加国家石油储备区(NPRA)与北极野生动物保护区(WODAWR)境内地下未发现石油资源估算量的概率分布比较

①概率; ②概率范围; ③平均值; ④10亿桶。

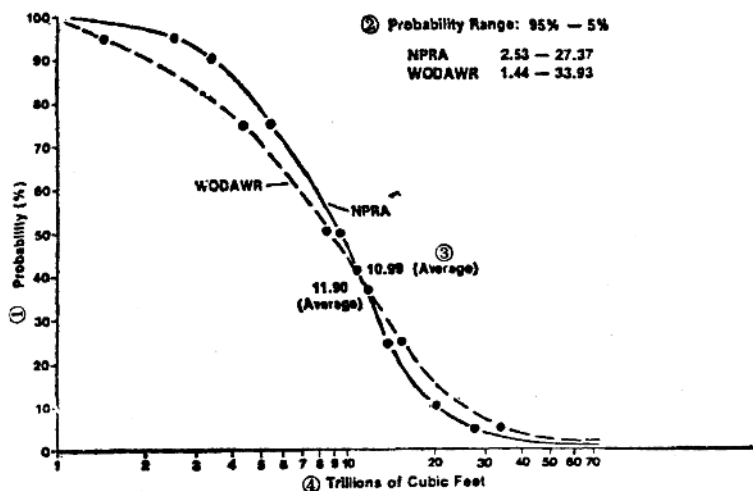


图 7 1980年所作对阿拉斯加国家石油储备区(NPRA)与北极野生动物保护区(WODAWR)境内地下未发现天然气资源估算量的概率分布比较

①概率; ②概率范围; ③平均值; ④万亿立方英尺。

鉴别和详尽的细节。第四, 远景区带分析方法认为, 远景区带地区的地质是大范围区域地质的组成部分, 因而远景圈闭在地质上是可以进行对比。实际上, 远景区带分析方法把传统的干井风险因子分成两个组成部分。第一个组成部分是地质风险, 是远景区带中各个远景圈闭共同所有, 因为这些远景圈闭对生油、运移、时机与储集岩石方面享有共同的潜力。第二个风险是: 某个远景圈闭可能缺少一个或多个远景圈闭所应有的重要地质特性, 并且独立于远景区带中其它远景圈闭风险。最后, 该方法以评价为目的不要求一个远景区带中

有实际的发现，判断的根据是现有的任何资料，因而这个方法清楚地反映资料的不确定性。

但是，决不能忽视采用勘探远景区带分析方法作石油资源评价所存在的问题。第一个问题是涉及可信的输入所需拥有的资料数量与种类，以便地质家据之对每个特性数值作出主观评价。在未勘探地区，拥有资料很少，地质家必须根据比较类比法对特性作出主观评价。资源评价的结果事实上仅仅取决于地质家选择的地质类比，这种类比可能符合也可能不符合未勘探盆地的情况。当采用远景区带分析方法时，假定所有可能的远景区带均被识别清楚和对之做了适当的描述。但是，常常是在未被识别的远景区带中勘探发现意想不到的资源，甚至是在经过勘探的盆地中。密执安盆地提供一个典型的例子：盆地中打了将近40,000口井以后，最近还在北尼亚加拉礁远景区带中发现大量资源。在未勘探地区，地下地质情况几乎完全是推断的，经常难以识别和适当地描述所有可能的远景区带。

第二个问题是许多地质家对理解概率分布原理缺乏训练或经验，更不用说他们对模型中各个特性求出概率分布不理解。应当设法建立某种类型的短训班，把概率分布的原理与应用，介绍给将要以数据表格方式提供资料的各地质小组。

对这类模型要作很多假设，对这些假设也要引起注意。这类远景区带与远景圈闭分析的一个弱点是，正如在蒙特卡罗模拟中所作的那样，假设所有被评价的特性是独立的。而事实是很多地质与油贮变量不是独立的，因之在地质家心目中造成混乱，似乎他们有象变魔术那样给每个特性、有利远景区带的风险或成功程度，以及该远景区带中远景圈闭的有利程度分配数值。

远景区带分析方法的一个优点，可能是它简化了或者看起来简化了地质家对一个地区资源评价中的任务，这是通过提供被评价特性的固定信息编排和一套要求地质家遵循的系统化的程序；通过采用计算机模型，用统计和数学的方法确定实际资源的评价。如果资料准备充分，这种方法也可以减少评价一个地区所需时间。它还给地质家提供一张检查表：突出那些已有资料和已认识地区，以及那些可能缺乏资料的地区。

但是，采用这种复杂的计算机化的方法并不意味着这种资源评价方法的精度必然比其它资源评价方法有任何提高。关心从计算机基本输入会得到什么样的计算结果的地质师应当变得更加关心假设和计算机系统的处理。经常是那些不熟悉基本假设和关于石油分布地质概念的技术人员去设计计算机系统。

加拿大地质调查局所采用的远景区带分析方法是发表成果最多的方式之一。目前有多种加拿大方法的修正版本，有些已被工业界采用，美国地质调查局正在研究这些方法。理论上说，与远景区带分析方法相似的计算机程序可能是资源评价理想世界的最终目标。我们必须达到这样一个目标。

(译自《Journal of Petroleum Technology》，1982，January，55—64)

豪斯溪油田上白垩统 苏塞克斯段滨外砂岩复合体的 沉积与统计勘探模型

JOHN P. HOBSON, JR

MICHAEL L. FOWLER

陈发景校

EDWARD A. BEAUMONT

摘要 美国怀俄明州波德河盆地豪斯溪 (House Creek) 油田上白垩统苏塞克斯砂岩储集层是滨外沙坝的一部分, 距离当时海岸线数百英里和当时陆棚—斜坡转折点数十英里。沉积作用发生在从北极延伸至墨西哥湾的狭窄的坎帕尼安航道。

砂岩复合体覆盖于一套厚的粉砂岩与粘土前积地层序列之上, 可能代表对在海岸线发生的地质事件的一种延迟反应。这就是在迅速海侵的初期砂层避开了“沿岸能量栅栏”, 这样沉积了上覆的页岩和其它相当岩层, 包括蒙大拿中部的克拉吉特 (Clagett) 页岩。最终形成的临滨后退在陆棚上留下残留的砂席, 在那里砂被与风暴有关的海流进一步搬运、堆积, 形成广阔伸长的砂岩复合体 (滨外沙坝)。在研究区内, 至少, 砂层走向大致为 $N40^{\circ}W$ 。向东南数十英里, 陆棚—斜坡转折点总的走向为 $N-S$ 至 $N45^{\circ}E$ 。

豪斯溪油田的砂岩复合体被划分为六个一般顺序变化的相带, 从砂岩开始, 中间经过间互的砂岩与粘土岩, 最后是粉砂质粘土岩。厚度与横向相带分布不对称, 反映了复合体面向盆地的东北翼具有相对持续较高的沉积能量和较陡的斜坡。沿东北翼“鞋带”状产油砂岩不代表沙坝复合体总的几何形状。复合体的特点是异常宽广, 幅度小, 数十英里内的起伏为数十英尺。

基于厚度与相带的非对称性, 使有可能利用取自78口井的测井数据所作的判别分析, 建立一个勘探开发模型。按判别函数, 成功地对产油区西南与东北地区的干井进行了再划分, 除了一个例外, 均归入它们本身的类别。另外一个模型, 以生产井作为第三类, 运用相同变量也取得极佳结果。对这两种模型判别, 可以用大大少于所采用的全部变量数来完成。

勘探工作者应当更多地考虑这种一般方法, 即应用具有比较正规的作图技术的判别式函数分析。对其它砂岩, 甚至滨外沙坝型砂岩的勘探与开发, 可能要求建立独特的模型。

引 言

要在已经打井地区找到更多较小型的地层圈闭, 需要地质学家与地球物理学家对岩石特性出现小而重要的变化提高识别能力。如果坚持采用把已知地层圈闭的地质—地球物理模型与对沉积过程和型式透彻理解结合起来的方法, 就能获得较高的成功率。这种方法在地震地层学方面已有阐述 (例如: Clement, 1977; Galloway 等, 1977)。

砂岩圈闭的勘探主要依赖一种资料来源, 即电缆测井资料。岩心在数量上很少, 不足