



海洋地质调查

未发现的可采碳氢化合物评价方法译文集

地质部海洋地质调查局科技情报资料室

一九八〇年八月

海洋地质调查

• 内部发行 •

1980年第6期

(总第六期)

1980年8月出版

编辑出版者：海洋地质调查局
科技情报资料室

地址：上海延安西路526号
(邮政编码200050)

印刷者：江苏沙洲印刷厂

目 录

1.评价方法学讨论会有关技术部分的导论.....	(1)
2.评价石油和天然气资源的方法.....	(5)
3.勘探远景评价工具——计算模拟校正法.....	(18)
4.碳氢化合物的产地和油田大小分布：最终储量评价的第一步.....	(32)
5.关于印度尼西亚尚未发现的可采碳氢化合物资源的评价.....	(43)
6.英国石油勘探现状和陆架尚未发现的碳氢化合物远景评价.....	(50)
7.介绍一个国际油气储量和资源资料分类的基本方法.....	(60)
8.世界石油、天然气储量.....	(71)
9.石油带的概念和相似性分析——对资源评价的作用.....	(89)
10.编 后	(92)

亚洲近海海域矿产资源联合勘探协 调委员会(CCOP)主办

未发现的可采碳氢化合物资源 评价方法学讨论会

(1980年3月3日至8日 马来西亚·吉隆坡)

评价方法学讨论会有关技术部份的导论

(会议计划处记录)

本文的目的是为了简要地评述一下在以后的几天里所要讨论的题目。

讨论会的中心议题是“评价方法学”：也就是说，我们想审议一下哪些是我们所适用的技术和方法，能够解答在每个给定的盆地（区域或地区）中，还有多少油或气可以被开采出来这样一个问题。

评价学作为一种责任重大的勘探手段，在目前来讲还是相对新颖的。虽然其起源可追溯到工业史的极早期，但只是在最近10到20年间，人们在这方面积累了相当多的经验之后，才使之成为一种有效的预测工具。主要是由于认识到在勘探过程中必然会遇到“风险”以及判明和控制种种勘探中所遇风险方法的发展，才使人们在近年里对评价学日益重视起来。金融管理和决策分析这两方面所取得的进展给石油工业提供了一系列的工具，这些工具把当今金钱的价值与将来可能取得的勘探结果连结在一起。

就让我们从“评价”这两个字的定义上开始谈起吧。韦氏词典对此词定义为“估定数值，估价”。

从现在的意义上来讲，勘探工作中的所有项目都可进行“评价”，实际上也就是说“评价”与勘探和生产碳氢化合物的一切活动是息息相关的。

对于这次会议的主题来讲，有两个限制：

1. 我们所关心的是尚未被发现的碳氢化合物；
2. 不论时日远近如何，将来这些油气资源应被看作是可采的，这后一个条件实际上是强加上第三条限制，即“在可以预见的经济条件之下”。

因为我们现在所面临的是将来的情况（由于事件的不连续而难以预测），所以勘探人员不是以“直观”方法行事，就是陷入复杂的统计处理方法之中。对方法的选择主要受到

下列因素的影响：a.资料的可利用程度；b.现有资料经综合后对盆地（或区域性的）的几何形状、岩石成份、油气生成时间和运移方向等概念的分析程度。

简言之，待发现的油气藏的评价不过是设计一个钻探模式，此模式是根据已知和预计的地质条件得出的，逻辑上是相当冒险的，其结果是一个数（或数域），它代表了评价者对于将来所能发现油气量的最佳判断。

在这种情况下，可以把一个盆地的勘探工作看作一个起源于过去，计划到将来的连续过程。对于任何一种勘探工作来说，钻探总是具有关键意义。对过去的历史和今后的勘探工作，钻探起着转折点的作用。而评价工作则是继往开来。如果承认这种关系的话，那末，就是说勘探和评价只不过是同一活动的不同体现而已。

主要的区别在于风险因素。从回顾往事的意义上来讲，一次成功的勘探尝试就是设法处理危险因素，并能由此而产生一些其他的设想；另一方面，在尚未进行钻探的尝试性工作中，必须认真地考虑一下所担的风险，冒险对于取得成功来说可能是苛刻的。所以不管规定与否，对冒险的考虑就构成了“评价学”的基本组成部份。

因为冒险是勘探本身固有的和不可避免的成份，因此，勘探过程就如玩一局牌。把评价的概念比作一个勘探模式，从而在整个评价过程中可以同等地运用类推法。一组纸牌和它们的点数相应于勘探工作者所拥有的资料；双方都要开叫；赢的一方就在于对情况作出了正确的推算和组合，几局牌的全部结果取决于游戏者的技巧和运气。“野牌”和百搭是未知的，通常是不可预知的事情，它们影响着游戏的胜负。在勘探（评价）过程中，这些未知数在大多数情况下都起着消极而不是积极的作用。假定游戏者开始完全不懂游戏规则，那么他取胜的主要办法在于学习规则和从实际训练中获取教益的进展率，从而会对今后的游戏结局产生影响。这就是评价过程。

从这个前提出发，有人就会说，评价过程如果有效持久地起着勘探模式的作用的话，那末它势必会导致资料的增加（也就是风险因素的减少）。这样，在一个未经开发的盆地，风险系数（即成功概率）可能为1:100或1:1000，经过10年，在大约打了50口勘探井之后，风险率可以下降到1:2或1:3。（由于风险率降低，成功的希望就越来越大，这是不言而喻的）。一旦勘探者能够对勘探井的成功率和他所期望找到的碳氢化合物的量作出合理的判断时，他就可以坦然地说他能够对有关地区的油气远景作出正确的评价了。风险因素的减少归结于勘探者经验的增多和他对与油气产状有关的环境的进一步了解。

须注意的是，在正常情况下，风险率从1:1000过渡到1:2或1:3是伴随着勘探（评价）技术中的重大改革而来的。在这一勘探工作的早期（从投机冒险这个意思来讲），资料来源于众多的勘查方法（区域地震，地面地质测量，航空照片，航磁和重力测量）以及大范围、高精度的地球化学和古生物技术。在勘探工作的后期，技术方面包括对大量地震资料的处理和分析，钻井，运用地球化学定性分析的仪器和对电测井及其他测井资料的分析解释。与这一形式相同，评价方法学也随着一个盆地从未经钻探到进入充分开发的阶段而发生变化。通过评价和勘探，就织成了一幅盆地分析图，其目的就是把由地球物理，地表露头，古生物，钻井等方面所提供的证据和数据编织在一起，从而构成一幅介释岩石几何形状，碳氢化合物的生成和运移的相互密切联系的图解。盆地分析应从第一个实地工

作的地质工作者开始，一直继续到勘探阶段。

评价工作可以在没有盆地分析的情况下进行。不过，勘探计划中钻井风险率的下降取决于对现有资料（即盆地分析）的综合使用以及分析使用资料的智慧，这一切都将从钻探结果中得到反映。

“评价”和“盆地分析”这两者都是有变化的，它们受到勘探者主观臆断的影响，在某种程度上，它们可以减小一场实际的或可能发生的风险，它们是一些工具，但是必须使用得当才能发挥其应有的作用。

由于评价和盆地分析对风险具有影响，所以它们还具有相当大的均衡作用。它们是最廉价的勘探手段，在减少风险方面，可以起重大作用。

我不知道在以后的几天里，大家对盆地分析还会有些什么说法，不过，对于所有涉及到与评价方法学有关的勘探实例的论文来讲，肯定都会谈到资料的综合处理和解释的。就是在纯粹统计油田分布范围大小的方法中，通常也是先分析一个盆地的历史，后谈成功的钻井，钻探给统计提供了原始材料。

对地质和地球物理方面的综合资料进行全面的考虑实际上就是一门经济学。评价的结果（这里是加有某种限制的——即未发现但可开采出来的碳氢化合物）用专业术语来讲，就是把未发现的资源转换成从经济意义上可采的明确的储量。

除了地质学，地球物理学和地球化学之外，评价者的最终手段就是钻井，没有钻井，就不能确切地评价一个地区。钻井费用，包括钻井前所进行的全部活动的经费和所获产量大小均属勘探经济学范畴。对于这一点，通常还有这样一个问题要解决，那就是勘探者（或公司）怎样来交替使用现有的经费和掌握支出的时间（是今天化呢，还是延迟到明年的预算之中）。

勘探经济学本身大部份是考虑近期和中期的问题。如果涉及到一次长期计划，则许多情况是相当难以预测的，所以大多数长期计划常常最终被弃之一旁，或者要求不断地修改更新。

不管这些不利条件究竟怎样，“储量”此词的含义指的是“经济上可采的”，因此，勘探经济学是一个必要的组成部份。评价过程本身就包括了对所需要经费的估算和所能找到的油气量的估算。

相当奇怪的是，在实际工作中，对风险大且资料不足（处女盆地）的地区，却很少考虑经济问题，而只有在拥有足够资料的地区，经济问题才举足轻重。而经济学在近期、中期勘探活动中的相对应用和远期的相比，也存在着同样的情况。在有高度风险的情况下，却缺乏经济学的应用，可能在于人们还不能得心应手地对付“未知条件”，一直到那些头脑发昏的勘探者把风险大小弄颠倒了缘故。

下面，我想简要地谈一下盆地分析；如前所述，盆地分析就是把全部有关的地质和地球物理方面的资料综合成一个紧密联系起来的整体。按照正常计算所得到的结果，其数值将超过各个单独部份的总数之和，这是因为对油气生成和运移也作了细致入微的分析。进行这种研究的原始材料源出多处，包括地球物理电测井，古生物，地球化学以及地表露头的描述等等。

在一个面积很大，条件完全成熟的地区，所涉及到的资料数量可能是成千上万的，进

行处理的方法也有许许多多。

关于这一点，我想引用一下Robert Megill先生的论述（风险分析绪论，第3页，1977年 Tulsa, Okla. 石油发行公司发行）：

1. 我们是通过精简和探寻的方法来处理大量的资料以求得确切的含义。
2. 这一切是通过整理，分类和分析来完成的。

这并不是一篇震惊世界的声明，但它清楚地说明了一个正在准备对盆地进行分析和进而对此作出评价的地质工作者的主要工作情况。

现在该谈到石油资料的处理问题了：

我们工作中所接触的大部份资料是不复杂的，虽然处理和获取这些资料可能是复杂的工作，一般来讲，这些资料包括地层标高，厚度，渗透率，孔隙度，时代，有机物质的百分比，岩石成份和颜色等等。在一个范围有限的小地区，仅需一个人进行操作就可以轻松地处理所有这些资料。但是，在一个大或复杂的成熟的开发区和资料丰富的情况下，一个单枪匹马进行工作的地质工作者就远远不足以胜任这一工作了。假定经过资料处理发现值得进行一次冒险，那么，就组成一个盆地分析和评价小组，如果引入计算机来帮助进行资料整理和分类工作的话，地质人员只需对经过加工的资料进行分析就行了。

随着计算机的使用，其它因素也由此产生了，计算机可以进行高级运算，而这对于一个无人协助的地质人员来说是无法实现的。这种过程叫作“蒙特·卡洛模拟”（monte. Carlo），通过这一方法可把多条概率曲线组合成单条概率曲线，随着对评价过程熟练程度的提高和计算机性能的逐步完善，要达到上述方法和目的是有可能的。今后还会发明新的工具和方法从而进一步提高我们预测的可靠性。

我想简要地谈一下储量和资源这一题材和分类计划。这样做的目的并不是要想出什么新的计划或方案，而只是想弄清楚现有的东西和正在进行的工作。现在整个社会已越来越清楚地意识到远景资源利用的重要意义，从而觉得有必要极精确地对资源进行分类。对于某些人来说，对储量、资源术语的探讨只不过是脱离现实的语义学游戏而已；而对另一些人来说却会得出一些有用的概念，从而可以提高预测油气远景的可靠性。从某种意义上讲，我们会聚一堂来共同研讨评价方法，有共同的语言是很重要的。双方要有同样的尺度，否则所说成果就无一致性了。

最后，我想略借石油经济学的语言来谈一下“信息流通”。“信息流通”这一名词是从经济学中的“现金流通”一词转换而来的。对于扩大信息流通的必要性，可以谈好几点意见：

勘探工作者的通病是思想偏狭和概念局限，以这种狭窄的观点来考虑问题也就是为什么一块特定的地区（虽然对这一地块的勘探结果是很不理想的）会成为不同勘探公司反复冒险的场所的一个原因。每个公司对这一地区的认识，对控制该地区的石油生成的因素的看法是各不相同的，因此在10到15年内某一地区的勘探工作可能会重复多次。最后，在耗费了不少资财以后，才对某块地区得出了恰如其份的评价。一个快而省的方法是，先观察一下这块地区的区域格局，在分析其远景时，不光要看到控制这块地区的独特因素，还要研究其周围地区的资料，从而得出一个评价。在一个地区的资料流通中，国与国之间，私营和国有石油公司之间，陆上和近海之间会存在某些障碍。

随着资料流通的加速，鉴别那些有益于石油的生成，运移和存储的因素的过程也会相

应加快。如前所述，学习掌握这些因素的速度快慢就是鉴别我们在精通评价过程这一工作中是否有成果的尺度。这种熟练程度会直接导致钻井风险的减少和每块施钻地区可采油量的提高。

杨正义译 沈政威校

评价石油和天然气资源的方法

White

〔摘要〕尚未发现的石油和天然气蕴藏量的估价可以用反映固有的不确定性和风险的概率形式来进行和表示。累积概率曲线表示有产出一定储量的碳氢化合物的机遇值，风险（即几乎或根本没有远景），平均值或期望值以及“高侧”储量。象这样的曲线可以直接根据专家们公认的特尔斐法绘出。然而，如能使用蒙特卡罗模拟法，将几个因子相乘构成曲线就更好，这几个因子的乘积就是可能的石油储量的桶数或天然气储量的立方呎数。每一个因子是作为一个数域加以考虑的，此数域的分布范畴取决于不确定性。举例，把有远景的沉积岩（例如每立方哩为单位）的可能的体积乘以其潜在的碳氢化合物生成量（例如每立方哩的桶数）。其它的地质计算法主要根据地下碳氢化合物圈闭空间的估计体积、区域油气生成量与其它产区的地质类比、个别矿区估价的累积、远景油田的数量和规模，或者根据油气形成、运移和圈闭的碳氢化合物的地球化学物质的平衡而定。许多涉及过去发现事外推的纯统计法仅能用于数据充足的成熟的勘探区。

序 言

钻井前估价油气资源的方法是多种多样的。不同的地质了解程度和不同的目的需要不同的计算法。近来已倾向于使用较复杂的计算机模式、倾向于更现实地计算地质风险，以及倾向于按数域而不是按单个的数字来报导成果。

在油气资源评价中，必须解答两个基本问题。第一，该区域中存在任何普通的油气田吗？此答案取决于对地质风险的分析。例如，假如完全没有至少足以形成一个油田的生油岩、储油层或圈闭条件的可能性的话，答案就是否定的。假如有一些可能性的话，答案则是肯定的。第二个问题接下来自然是：有多少石油或天然气？这个问题通常是以一系列碳氢化合物的体积因子的乘积来回答，其最终乘积是石油桶数或天然气立方呎数。

这两个问题的答案给出所谓的基本资源，我们把这个基本资源定义为最终可采油气储量的总数，而不考虑所假设的油田的规模，通达程度或经济价值。

政府和工业部门的经济学家同样想更多地了解有关资源的获得能力——即目前可预见的经济和技术条件下真正可以发现和产出的资源有多少。有远景的油田的数量和大小分布是重要的，因为在所有的估价中，有些因太小以致不能偿还钻井和生产费用。评价人员还需要预测产出的是油还是气；在相当边远的地区，经营天然气所增加的困难和费用可能过高。其次，要发现某些油气藏可能太耗资费时，比如一些难以勘探的地区中的复杂的地层圈闭。其它的一些油气藏即使被发现也可能位于渗透率差的地层中，以致于井产太低

而没有经济价值。此外，一些北极冰下、较深水中或离岸很远的地方实际上是勘探所不可及的。

估 价 概 率 曲 线

甚至在最好的情况下，这些问题中固有的地质和经济方面的不确定性也够令人生畏了。那就是为什么越来越多的评价人员现在把他们的结果按数域报导的原因，甚至冒着整个数域可能有错的风险来进一步限定（见Hedberg, 1976, P. 1015—1016, 和Semenovich等人的“类比率”，1977, P. 147），图1是一个可能的油田的远景估价概率曲线的例子。下面的风险曲线是从上面的无风险曲线产生的。横座标显示从零至4.5亿桶的可能答案范围。纵座标是超出曲线上给定的桶数的机遇值。例如：在这条风险曲线上标明储量等于或大于2亿桶的机遇值为0.05或1:20。

实际上，通常首先确定的是碳氢化合物的潜在储量的分布。无风险曲线（图1）是用蒙特卡罗模拟法将几个体积因子一起相乘而产生的。蒙特卡罗法是一种经过多次试算，模拟概率分布的程序，可能答案的范围反映从输入参数规定范围内随机选择的数值的不同组合。矿区体积因子的例子是以英亩为单位的远景生产区域，乘上呎为单位的产油层估计厚度，再乘上以桶/英亩—呎为单位的可采油气生成量。每个体积因子确定呈一数域列入模拟，这一数域反映出有关该因子的不确定性（Capen, 1976, 概述了确定实际范围的某些问题和原则）。计算机模拟成倍增加这些范围的许多可能的组合，产生例如500个可能的答案。这些答案从最小至最大按次序排列，产生无风险概率曲线。例如，在这500个答案中，有300个即60%大于一亿桶。无风险平均数是所有500次试算的平均值。

假如体积因子的估计是正确的，上面的无风险曲线（图1）本身将表明找到各种不同的、或更多的可采储量的机遇值。评价人员运用地质风险分析来估算体积因子正确的机遇值。在地质风险分析中，有必要考虑油气存在的基本控制要素——生油岩、储油层、圈闭以及我们开采油或气的能力。假如这四种控制要素中的任何一种缺乏或不够充分，那么勘探将无预期结果和没有效益。我们估计每个要素的充分程度，并将所有这四个估计值相

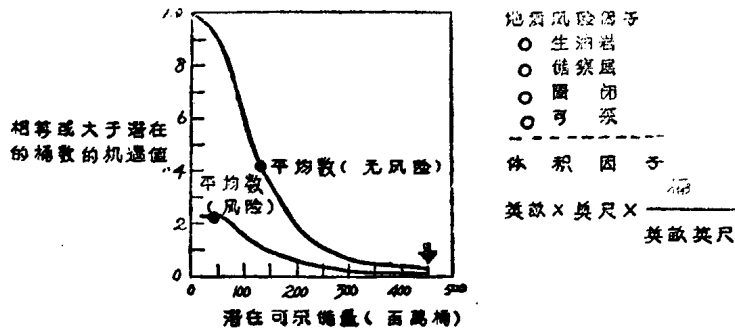


图1 估计概率曲线
据 (Gehman等1975)

乘，就可得出矿区的总的机遇值。假如我们估计的各个机遇值分别是0.5, 0.5, 1.0和1.0, 总的机遇值就是0.25。这是估计出的综合机遇值，即实际答案落在各个体积因子规定的乘积范围内。因此，余下0.75的风险即实际答案落在估计范围以下，以致基本上等于零（风险等于1减去适当的机遇值）。

图1的无风险曲线是通过根据风险分析降低概率而折合成风险曲线。在这个例子中，各远景区的概率都比无风险曲线上的储量减少25%，桶数的实际范围包括上侧储量仍是一样的，在每100个可能结果中，仅有25个将成功地落在风险曲线本身的这个值域内。其余75个基本上将是零桶。由于地质控制要素不具备，在勘探中，没有油的风险是75%。风险平均数是所有可能结果的算术平均值，包括沿曲线抽取的25个值加上75个零值。因此，风险的平均数是无风险平均数预期数值的25%。Gehman等人（1975）和“加拿大能源，矿产与资源”（1977）对风险程度作了较详细的论述。

假如估价方法是实际的和有系统的，最终的风险概率曲线能够得出对储量勘探结果表示为石油桶数和天然气立方呎数的很好的了解，以及对有关的可能否定这些结果的地质风险的很好的了解。可以为评论员们列出所有基本地质数据、假定和解释，曲线为经济分析提供了基础。

地质风险是非常客观的，但是要估计它，也是非常困难的。风险的大小常常以对评价区域的地质图的解释以及附近或类似区域中钻探见油的历史经验为基准。没有某种风险分析，评价就是不完善的。在讨论各种方法的过程中，我们将集中在区分各种不同的计算法的体积因子的差异上。然而，每种方法都能有，也应该有某些固有的风险的测量措施。

评 价 方 法

图2列举了已经使用过的各种方法。这些方法主要是地质类比法、特尔斐法、面积产量法和体积产量法、地球化学物质平衡法、油田数量和规模法、累积法以及外推法。这些方法还可有很多变化和组合，或多或少具有重叠现象。记号V（图2）表明这些变化了的方法是否可以适用于矿区、石油带或盆地。为了评价的目的，我们特别规定矿区就是一个潜在的油或气滞或者油气田的所在位置。石油带是一组地质上类似的矿区。盆地则是含有一个或更多石油带的体积巨大的沉积岩体。复合盆地区也能够通过累积法和外推法来处理。

我们已经从该表中略去了较老的只提供定性的答案而不能提供以桶或立方呎为单位的油气储量的A—B—C—D和用数字表示的分类系统。

地 质 类 比 法

简言之，类比评价就是：假如未验证地区A从地质情况上看相似于已知的产区B，那么它必定具有类似于区域B的油、气储量。在实践中，大多数评价方法也是使用其它一些方法的某些比例因子来补偿明显的差异。例如，假设盆地A和B在地质上相似，只是一个盆地的沉积体积小得多，就有必要把体积因子正规化。

某些地质类比法选定一个油气存在的主要地质控制要素，例如相似的生油岩（Conybeare, 1963）或相似的储集层（Zhdanov, 1962），或相似的闭合面积。在这些方法中，有一些方法是用非常高级的计算机技术把详细钻探过的地区与相邻的钻井较少的矿区的地质相比较。Hambleton等人（1975）对勘萨斯构造图的研究就是一例。Abry

	有变化，可适用于 矿区石油带盆地		
● 地质类比法	✓	✓	✓
● 特尔斐法	✓	✓	✓
● 面积产量法	✓	✓	✓
● 体积产量法	✓	✓	✓
● 地球化学物质平衡法	✓	✓	✓
● 油田数目和规模法		✓	✓
● 矿区石油带的累积法		✓	✓
● 发现率的外推法			✓

图2 估价未发现的油气远景体积的定量方法。

（1975）在对西得克萨斯的构造圈闭作类似研究时使用了多元判别函数分析。

其它一些地质类比法是根据广泛的比较，例如Weeks（1952）提出的盆地成因分类和以后其他作者（例如Klemme, 1971, 1975; McCrossan和Porter, 1973; Bally, 1975; Pitcher, 1976）提出的盆地分类法。

或许最全面的类比评价法是由Gess和Bois（1977）描述的方法。他们使用计算机对历史数据作聚类分析以找出与评价区最相似的已知石油带。“石油带”是用直接观察到的或估计的153个参数加以描述，从这些参数中计算出76个比率，并把106个定性的判断转换成数字。这335个参数中的20个到120个参数被用来把一个新的石油带归入7个类别之一，并在那个类别中选择最接近的已知的看上去相似的石油带。Nalivkin等人（1976）也探讨过多元地质类比法。

地质类比法的主要优点是和经验有紧密的联系，以及由此而产生的进行实际的和有意义的比较的可能性。地质类比以一定的形式参加到所有的方法当中。假如仅选择一个地质因子作比较的话，就可能产生缺点，于是其它某个主要因子发生变化或在比较区域之间各不相同、就我们目前的知识水平而言，即使考虑了多个因子，我们也不能确信我们已掌握全部情况。确实，不管使用什么样的比例因子或风险因子来加权，类比方法的成功或失败可能很少取决于相似之点，而较多地取决于差异。只要一个关键性的因子不同，类比就可能非常错误。

特 尔 斐 法

特尔斐算法（图3）采用几位专家对远景资源的概率分布的平均值。这个方法是以古

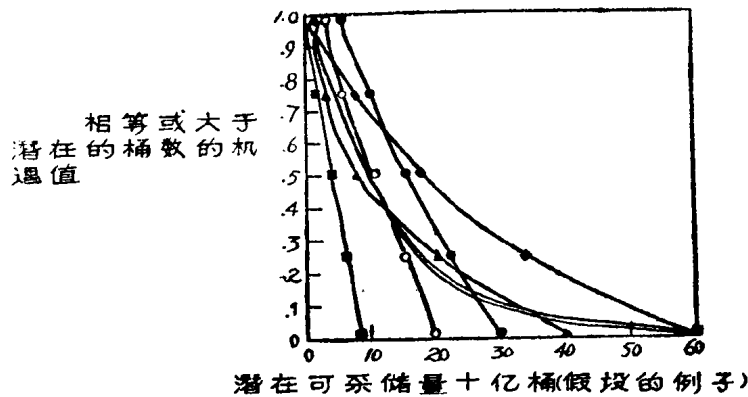


图3 用概率曲线表示的五种见解的特尔斐法平均的例子（根据Megill, 1977）。

希腊预言家的名字命名的，但是专家们代替了女术士和预言家。加拿大地质调查所（加拿大能源政策, 1973）就用过这个方法。美国地质调查所的Miller等人（1975）后来也用经过改进后的这个方法。由于这个方法常常被实地应用，一个专家组回顾所有可利用的地质资料，并设想出关键性的因子，然后每人绘制自己的远景资源的概率曲线图。专家组评论了每个人的成果。其中某些成果可以加以修正，然后求出所有曲线的平均值。如图3所示，在各个总桶数处求出五条单独曲线的概率平均值，形成最后一条作为一致意见的曲线。

特尔斐法的主要优点是应用简易及其完备的概率形式。特尔斐法形成了从较老的定性分析和单数值估计到具有固定概率值的最佳数值范围的主要桥梁。它还可以对其它一些方法进行有效的判断检查。主要缺陷是它不包括固有的比例因子或者直接输入的文件编制。人们必须知道为了作出评价专家们是怎样地深入钻研，这就会使许多人要求专家们在一次心算中估算如此复杂的作为石油桶数的乘积。看来把问题分解成构成它的体积和风险因子更为实际。在这些情况下，仍然需要进行很多判断，特尔斐方法能够有利地用在各个部分而不是整个问题上。

面 积 产 量 法

图4说明面积产量法的使用（Weeks, 1949），这是一个盆地的立体图。所列出的确定所要预计的碳氢化合物桶数的因子。进行估价时，把盆地面积乘以估计的可能生产的面积所占的比率，再乘以产量因子桶数/单位面积。如在后面其他方法中那样，每个因子都能够作为一个数域送入蒙特卡罗模拟。其结果是产生一条概率曲线，这条概率曲线能因任何地质风险而打折扣。

其优点是面积产量能比较快地从已知区域中得出而使用于类似的有希望的区域。缺陷是这个方法不考虑在第三维即深度方面的任何变化。所以，面积产量法在很大的程度上被使用单位体积岩石中油气产量的方法所取代。

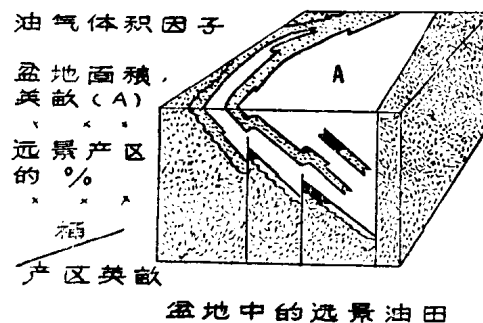


图4 根据面积产量法来评价盆地。点点子的层是砂岩（有远景的储集层），它被页岩包围（潜在的生油气层）。图中黑色部分是潜在的油气田。影线部分表示了无远景的基底岩石。把列入表中的因子相乘得出估计数。在面积计算法中，不考虑第三维即深度。

体 积 产 量 法

各种类型的体积法作为估价工作的主要方法已有多数。由于这个缘故，我们将分别举出用于评价矿区、石油带和盆地的三个不同例子。

在评价的矿区中，普通的计算法是把有远景的产区面积乘以估计的含油层净厚度再乘上以桶/英亩-呎为单位的油气生成量（图5）。确定诸如孔隙度和含油饱和度这样一些相关的因子的较复杂变型有很多种。Stoian（1965），Walstrom等人（1967），Smith（1968），Megill（1971）和Newendorp（1975）曾经很好地描述过蒙特卡罗法的这样一种应用。

这个基本计算法的优缺点是那些涉及几乎每种估价的计算法的好例证。系统地列出主要体积因子是比较好的。很明显在钻井之前估计产区面积，含油层厚度和油气生成量是非常困难的。来自于其它产区的比较数据是有用的。此外，对于这种不确定性，唯一的谨慎解决办法就是使用数域，并且承认甚至这些数域也可能是错误的这样的风险。

Roadifier（1975）曾经研讨过在石油带估价中体积法的应用。图6表示一个有三个矿区的单一储层的石油带。要相乘的体积因子包括油捕圈闭面积、生产面积比率、油层厚度和以桶数/英亩-呎为单位的产量。Jones（1975）对这种计算法有过更复杂的应用。

这个计算方法的优点在于它同地质上的某些最重要的情况——即矿区的数量和大小有较好的联系。缺点可能是需要大量的数据，并且这个方法可能不容易应用于一些地震控制有限的地区。

文献中非常频繁地引用的盆地评价方法公认为Weeks（1949）提出的体积产量法。常见的乘法是盆地面积乘以总沉积厚度再乘上以桶/立方哩为单位的油气生成量（图7）。由于变化，评价人员能够单独使用储集岩相的体积或生油岩相的体积，连同适当修改过的油气生成量因子。

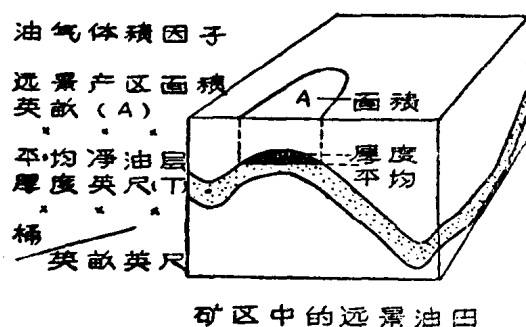


图5 根据体积产量法评价矿区，符号说明见图4

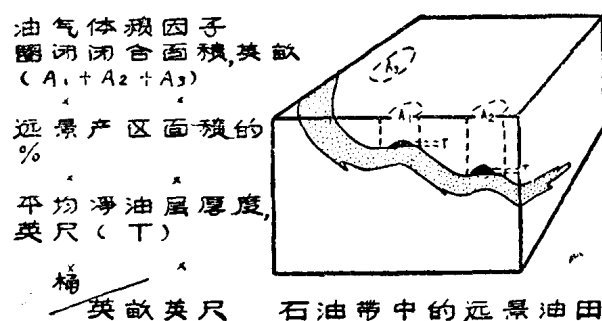


图6 根据体积产量法评价石油带，符号说明见图4

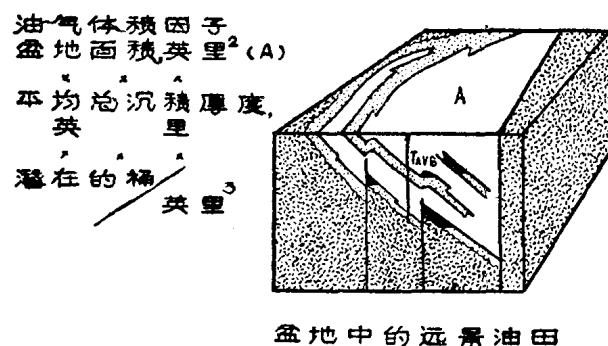


图7 根据体积产量法评价盆地，符号说明见图4

用体积产量方法进行盆地估价的优点是在早期勘探阶段缺乏数据时比较有用。多年来，油气生成量一直是比较估价时（例如，Cram, 1971）的主要标准。但是正如其它一些估价方法一样，它也有一些缺陷。探明盆地的油气生成量从0至400万桶/立方哩不等（Klemme, 1975）；要从这样宽广的范围内为一个特定的未经勘探过的盆地选择一个值是苛刻的和困难的。体积较大的盆地也可能几乎完全缺乏足够的储集岩或者良好的生油

岩。在这两种情况下，油气的实际数量可能接近零，即使如此指定一个甚至是保守的油气生成量也能够假定有亿万桶的可能性。在这里适当的冒险是必需的。

地球化学物质平衡法

地球化学物质平衡法（图8）是涉及石油生成、运移和捕集等基本原理的体积产量法的特殊形式。俄国人（例如：Neruchev, 1962; Semenovich等人, 1977）自1936年以来就一直研究这个方法，McDowell（1975）已阐述过它的用途。Halbouty和Hardin（1959）以及Conybeare（1963）曾对油气生成和泄油区的概念提供了许多例子。

要相乘的因子有许多，以一个矿区为例（图8），泄油区向下延伸至向斜形槽地，任何油气都能够从这个向斜形槽地向上运移到构造的脊部。在砂岩储集层上下的一定厚度的页岩

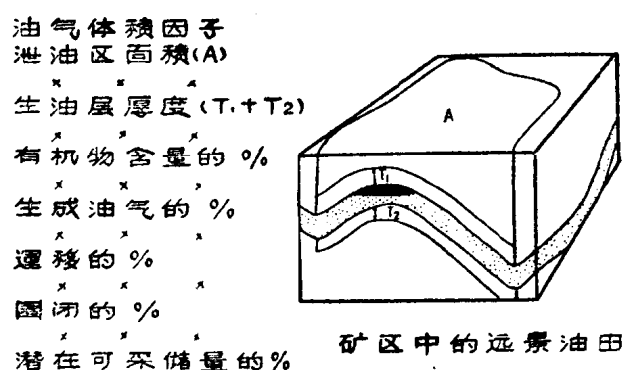


图8 用地球化学物质平衡法评价矿区，符号说明见图4

是假定的生油气层。页岩通常含有1%至2%的有机物或干酪根，不过数量常有显著变化。在埋藏之后随着时间的推移和温度的增高，实际上这种有机物只有一小部分转化为碳氢化合物。在生成的油气总量中只有一小部分能够运移出生油层并进入输导层或储集层。而且，实际上只有一部分运移的油气被集中和捕集起来，大部可能被分散掉或泄漏到地表。最后，通过这些严格的考验和聚集在油田的适当位置的所有的油气中，实际上只有一部分能够采至地面。典型情况下，在普通油田中大约只能采出地层中石油的30%和地层中天然气的70%至90%。

这个方法具有考虑到石油和天然气产出的所有主要成因因子的优点。同时它也存在着突出我们所不了解的某些基本原理的缺点。再造以往地质时期的泄油面积和厚度是困难的。虽然能够测定现存的有机物含量，但是难以说明已经不存在的东西，尤其是已经运移和逃逸出油捕的烃量。尽管如此，地球化学工作者（例如Tissot等人, 1974, Hood等人, 1975, Philippi, 1976, Dow, 1977）近来在了解碳氢化合物生成过程方面取得了很大的进展。随着我们知识的增长，我们能够期望看到这个方法逐步取代某些较注重经验的简化的估价方法。

油田数目和规模法

Atwater(1956)提供了一个在石油带评价时使用油田数目和规模法的良好实例(图9)他曾计算了路易斯安那近海部分的所有主要构造圈闭。他把假定的成功比率乘以矿区的总数来估计远景油田的个数。他从已详细钻探过的地质条件类似的路易斯安那岸上相邻部分求出成功比率,岸上的成功比率只是已发现油田的总数除以被验证的矿区的总数。然后,Atwater再把同样也是从岸上资料得出的平均油田规模乘上假定的油田数目。

俄国人(即:Belov, 1960, Semenovich等人, 1977)使用了类似的他们称之为“平均构造”法的算法。加拿大人(Rog等人1975; 加拿大能源, 矿产与资源1977)对此

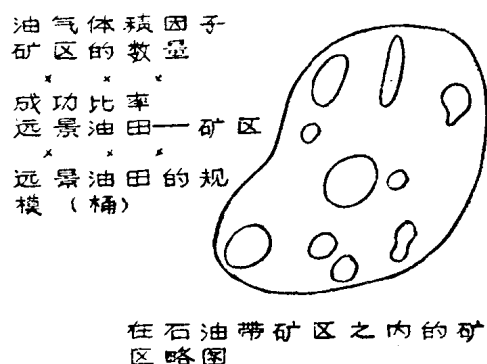


图9 根据油田数量和规模的分布来评价石油带和盆地。
矿区的轮廓被显示于石油带或盆地的边界线之内。

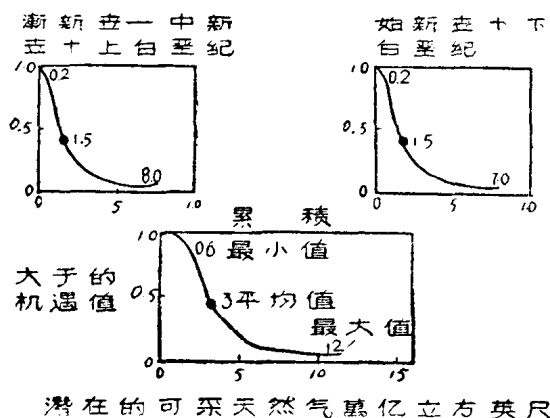


图10 蒙特卡罗累积法对石油带评价的例子(根据White等人, 1975)

作了改进,使用油田大小的整个分布,而不仅仅是平均数,他们还使用了矿区可能的数域,他们把此数域和油田大小值域送入蒙特卡罗模拟中,以求得评价的概率曲线。I vanhoe(1976)也使用油田大小分布, Nehring(1978)曾使用大型油田的数目和规模来估计世界石油资源。

这种计算法的优点在于它所涉及的是作为勘探的自然单元的矿区和油田。主要缺点是确定大多数矿区所需的地震控制的数量太大。对不易确定的地层圈闭这样的矿区，这种方法尤其难以应用。

矿区或石油带的累积法

大面积的评价通常通过把小面积的评价相加来进行。这样，矿区相加就能估计石油带，石油带加起来就能估计盆地，而盆地加起来就能估计各个地区。较小的单元可以用前面提到的任何一种方法进行评价。图10上方的两种估计，表示南路易斯安那的石油带，是利用储集砂岩相的体积产量法作出的。这两条曲线在蒙特卡罗模拟中相加得出下面一条整个区域的曲线。在用蒙特卡罗加法程序的许多试验中，每一次试验都是随机地从每一条曲线中选择一个值，并且将两个选择值相加。例如，500次这样的加法的结果从最小至最大排列起来，就得出累积曲线。仅仅是平均数值直接相加，即 $1.5 + 1.5 = 3$ 。最终的高侧与两个独立高侧的绝对总和并不一样大，因为同时出现两个高侧这样不大可能的事件的可能性是不会有的。

蒙特卡罗模拟的优点是在正确透视中保持了概率分布。而任何缺陷只是由于累积前估价各部分使用的方法造成的。如果各部分是有缺陷的，则总和也会有缺陷。同样，也和任何一种方法一样，这种方法很容易遗漏重要的矿区或者漏掉未认识和未估价的有意义的石油带。

发现率外推法

外推以往发现率的各种系统已被用来预测未来的发现。其中最早的一种系统是由Davis (1958) 提出的。他在水平座标 (图11) 上标绘出累积的美国各种来源原油的储量增长——新发现储量，以及老油田的扩大和改造。每一年的点表示在那一年内发现和开发的全部石油。在垂直对数座标上，他标绘了美国历年全部钻井包括开发和勘探井每呎增加的桶数。实线上的每一点代表一年的工作。图中全部资料所表示的时期是从1936年至1956年。Davis认识到了不确定性，而外推出三种趋势。其中标为“好”的是整个21年的外推。标为“坏”的趋势是最后九年从1947至1956年的资料的推断。“平均”线画在这两者之间的中间位置上。

Davis在推断参数以及在他从回答范围来处理不确定性方面，走在了他所处时代的前面。Hubbert一直到1967年才使用这一类算法，而且他相信 (Hubbert, 1967) 这是由A. D. Zapp在大约1960年首创的。当然，Hubbert在方法上做了许多改进，并且还长期从事于另一种标算法的研究工作。但是，令人惊奇的是，Davis (1958) 在1700亿桶处结束了他的曲线图，而这个数字却是后来由Hubbert使用两种不同的方法预测出的确切数字。这两个人都预测了美国的石油产量，不包括阿拉斯加和近海新领域，将在1967年达到高峰。实际上美国的石油生产在1970年达到高峰。

外推法在资源估价中具有重要的地位，它们具有直接与实际经验相联系的优点。这种