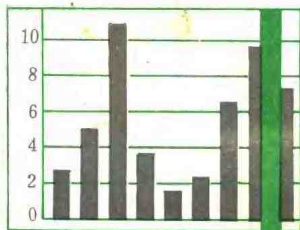


油气评价方法与应用

D.D. 赖斯 编



石油工业出版社

070356

油气评价方法与应用

1959
D. D. 赖斯 编

翟光明 等译



200806583

石油工业出版社

(京)新登字082号

内 容 提 要

该书是美国石油地质学家协会(AAPG)论文集21,全书共有22篇文章,在此选译了18篇。本书集中了当代世界油气资源评价研究方面知名度较高的专家的文章,内容大体分为两大类,一类是辅以大量实例讨论了资源评价的方法,如取精估价法及远景层带分析法等;另一类是介绍了常规和非常规油气资源的评价。该书以经验外推法为主,介绍了当前世界资源评价的先进方法,是受资源评价工作者欢迎的一本书,同时也可作为石油地质及其有关院校师生的参考用书。

Oil and Gas Assessment/ Methods and Applications'

edited by Dudley D. Rice

The American Association of Petroleum Geologists
Tulsa, Oklahoma, 1986

*

油气评价方法与应用

D. D. 赖斯 编

程光明 等译

*

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里一区一号楼)
北京顺义燕华印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 16¹/₄印张 405千字 印1—2,500

1992年4月北京第1版 1992年4月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0632-4/TE·601

定价:4.40元

目 录

资源评价方法的选择和结果·····	Betty M. Miller (1)
区带油气日数量和大小地质评价·····	
·····R.A.Baker, H.M.Gelman, W.R. Jamens and D.A. White (31)	
根据油藏大小分布评价石油资源·····	P.J.Lee, P.C.C.Wang (41)
石油资源评价的地层方式·····	Gregory Ulmishek (54)
美国地质调查局石油资源定量评价方法·····	Robert A. Crovelli (65)
油田大小分布与盆地特征的关系·····	H.D.Klemme (75)
取储估价法用于澳大利亚近海吉普斯兰盆地的分布·····	
·····D.J.Forman and A.L. Hinde (92)	
美国北极地区油气资源·····	E.R.Schroeder (103)
烃类资源的区带评价和估算方法·····	L.P.White (118)
运用远景层带分析的比较方法估价阿拉斯加美国油气储备区和北极野生 生物保护区的油气资源·····	Kenneth J. Bird (127)
潜在天然气资源的估算——潜在气委员会的估算方法·····	
·····Harry C. Kent, J.C. Herrington (138)	
美国尚待发现的剩余石油和天然气：壳牌石油公司的估算量和所用的方法·····	
·····R.A.Rozendal (147)	
西方国家石油发现指数和预期的发现量·····	L.F.Ivanhoe (157)
世界石油资源：美国地质调查局的预测和评价方法·····	Charles D. Masters (181)
我们估计的油气资源量实际吗？·····	C.J.Lewis (189)
重质油和沥青资源的评价·····	Richard F. Meyer and Christopher J. Schenk (199)
用地质特征和估产法进行煤层气资源评价·····	
·····Raoul Choate John P. McCord and Craig T. Rightmire (225)	
未被发现的油气资源评价方法·····	Ronald R. Charpentier and Jannette S. Wesley (251)

资源评价方法的选择和结果

Betty M. Miller

翟光明 译

摘 要

概述和评论近30年来通常应用于石油资源估算的五种基本类型的资源评价方法：①结合地质类比的面积和体积生产率法；②特尔非法或主观判别评价法；③历史动态或特征外推法；④地球化学物质平衡法；⑤地质和统计模型结合法（如勘探——区带分析）。选择的资源评价结果与已使用过不同评价方法的若干地区的评价结果进行比较。资源评价讨论的主要论点是①评价石油资源时选择资源评价方法的基本条件和准则；②基本资源评价方法的优缺点分析；③在评价中由于使用不同的方法预测的资源量也各异；④近十年来资源评价方法学的现状和将来的目标。

经过三个综合研究实例分析，加拿大及美国的全国资源评价和得克萨斯西部、新墨西哥东南部二叠盆地区域资源评价。得出的明显结论是①由于使用不同的评价方法预测的资源量会有明显的不同；②估算的等级存在相容的分布模式；③根据使用的特定评价方法可预测相应的资源量。

前 言

在第一届ⅡSAS能源会议上，M. F. Searl在提到关于“按总量或宏观角度评价资源的方法论”时，曾指出“在美国，资源评价方法是被严重忽视的研究课题。”接着他又进一步指出：“在建立资源评价方法上，系统研究工作太少”（Searl, 1975年p71）。本文着重阐述资源评价方法问题及1975年以后的10年中searl所估计的状况是否有了改进。

目前有许多估算石油资源潜量的方法及以基本方法为基础的众多变通方法，各种方法都有其支持者。每种基本方法对地质知识或所需资料的等级都有不同程度的要求。在应用不同评价方法时，考虑用户的需要和评价的目的是很重要的。

迄今为止，所有已公布的方法认为都有其局限性并且都有优点和缺点。然而，主要问题是对最终估算结果的解释和使用不当及用户对所用新方法的局限性（慎重考虑与否）、所作假设或应用资料的局限性等缺乏认识所产生的。没有哪种单一的方法是万能的或可普遍应用的，在某个含油气区充分完成勘探和全面开发之前，谁也不能肯定地说那种评价油气资源的方法更可靠。

本文的目的是①比较几个曾使用过不同方法的地区的资源评价结果；②回答提出的某些基本问题。即用户做某一特定地区的石油资源评价时，在选择一种或综合评价方法中应考虑哪些问题？对资源评价中所用评价方法产生的评价结果的内在局限性，资源评价结果的用户应认识到有什么问题？评价结果和所选用的方法是否有重要的差别？从1975年Searl提出意见之后，在发展系统资源评价方法方面，使其在评价某一规定地区石油资源潜力时所涉及的基本问题是否有任何进展？

本文首先阐述各种基本的资源评价方法，以及在选择评价方法或综合几种评价方法时这些方法对资料的基本要求。其次，扼要的论述了评价者必须分析和解决的各种问题。最后，分析讨论了几个研究实例，表明石油资源评价结果在很大程度上取决于所选用的资源评价方法。作者将根据在石油工业界和美国地质调查局（USGS）的经验，论述资源评价的方法和观点。本文并不打算包括所有的评价方法。

基本评价方法评述

近30年来已做过许多石油资源估算,为简化分类起见,可分为5大类。①与地质类相结合的面积产率法和体积产率法 ②特尔菲法或主观判别评价法; ③以历史特征为基础的外推法; ④地球化学物质平衡法; ⑤地质模型和统计模型综合法。每类方法的最佳适用范围表示在图1中。

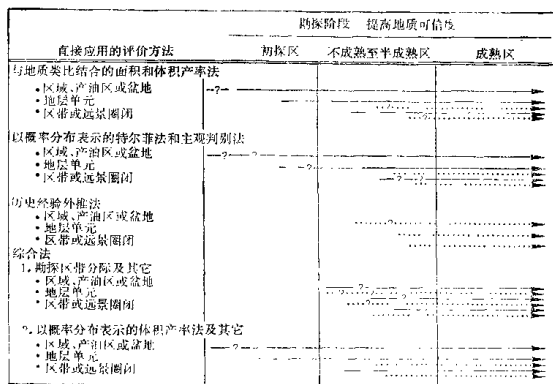


图 1 适用于油气区不同勘探阶段的资源评价方法

给定地质可信度提高的方向(箭头所示)。根据Miller1983年的图表修改。实线表示长期预测应用;点线表示短期预测应用。连续线表示不同的评价方法适用于不同的勘探阶段;断开的实线表示在特定勘探阶段用此法得出可靠性低的结果。问号表示在勘探阶段用此法得出的结果不可能。

任何级别的基础地质资料都可以进行资源量估算。当然,资源估算的质量取决于可用资料的数量,而且也是决定选用评价方法的主要因素。一个盆地当可用资料的数量和性质变化时,或如果评价的目的有改变时,选定评价的方法、或步骤也随之改变。

在一个含油气省的一定勘探阶段,资源评价方法的选择应当取决于其地质质量度。在勘探早期阶段,当盆地地质总的解释资料缺乏时,或仅有最小限度的资料,评价者应用石油形成的原理,根据世界范围的经验得出石油分布的基本原则,可以使用主观判断来确定是否有烃

类存在的基本条件。随着勘探地震调查成果、钻井以及地球化学资料等的增加,就应采用加入更多实际资料的方法。使用这些方法可以发展到勘探区带的阶段或者用于未发现远景圈闭的估算上。当获得的资料丰富而详细时,使用方法的选择可能更取决于其它因素。象估算者可用的时间、费用和所能投入的工作量,资源估算的目的和用途,以及对估算结果可靠性的关心程度等因素。但是,估算的可信程度取决于地质资料的质量,资料的研究程度以及估算者的专业知识和地质经验。

与地质类比相结合的面积和体积产率法

用于石油资源估算中的面积和体积产率法是既广泛又多种多样的。这些方法在世界范围广泛使用。是用每立方英里沉积岩或地表每平方英里多少桶油或多少立方英尺的气来表示的(假设沉积岩厚度不变)平均产量法,应用到一个盆地,对地质条件类似的盆地得出的产率进行更精确的分析,以提供对比的基础。早期做此工作的有Weeks(1950年)、Zapp(1962年)和Hendricks(1965年)Meyer(1978年)和Miller(1979年)。

几乎所有现今在用的以体积法为基础的评价方法都已做了某些更精确的改进。事实上,经详细研究可知石油资源评价方法中只有极少数没有以某种方式直接或间接地以体积法为基本概念。动态外推法以及一些纯粹主观判别法可能是少数几种例外。

几乎所有资源评价方法都涉及地质类比。体积产率法所需要的可对比参数是关键问题。例如,1975年美国联邦地质调查局(USGS下同)进行全国油气资源评价时(Miller, 1975年),通过绘编北美75个盆地勘探成熟区的油气产率数据,建立了地质上相似盆地的油气产率标准。另外一个例子是1972年对加拿大含油气区使用体积产率法进行区域评价,要以所有代表性的盆地产率变化为基础(McCrossan和Porter, 1973年)。

体积产率和地质类比的准确性,取决于选择一个烃类产率对未勘探盆地或盆地一部分的油气潜力作预测前,选择类比对象的正确性。一般作法是选一个可类比产率,得出一个估计值。但作者认为更好的作法是,选定有代表性的类比盆地的范围及其相应的油气产率,赋予每个类比盆地和产率一个能确定其潜在资源最小和最大估算值的概率。这两个估算值是在油气分布的最不利条件和最有利条件基础上求得的。体积产率方法得出的评价结果对于大区域或初探阶段的资源估算,尤其是在新区或未勘探区的评价是有用的,或用于校核用其它评价方法作过的地区的资源估算结果。

特尔菲法或主观评价法

石油资源估算的特尔菲法是专家小组的一致意见。专家组通常评审一个地区或盆地可获得的全部地质资料,有时包括详细的盆地地质分析,及其他评价者的评价结果或其它方法得出的结果。通常专家组的每一位成员都对估算的潜在资源作出他或她自己的概率分布。专家组评审所有单个估算结果,并对认为必要之处进行修改,最后通过专家组的一致意见或将每位专家得出的概率分布平均,得到最终的概率分布(Miller等, 1975; Dolton等, 1981)。全国石油委员会(NPC)在专门研究美国北极地区的石油资源评价时,就是通过代表20多个公司的一组地质家的一致意见而得出评价的,这是使用该方法的一个良好范例(全国石油委员会, 1981年)。

特尔菲方法的主要优点是:①适用于从新区到钻探成熟盆地的各级资料;②程序简便、迅速(但不包括投入评价区资料收集整理工作的工作量);③评价结果可表示为概率分布,反映出估算值的不确定性。该方法的最大缺点是缺少资料、假设和贯穿于特尔菲全过程各关

键步骤的基本逻辑的记载文件,提交的最终估算结果是以概率分布表示的。许多评价者和评价结果使用者主要关心的一个问题是,“要评价这种估算结果,必须知道这些专家究竟专到什么程度”(White和Gehman, 1979)。无论使用哪种评价方法,这都是个重要问题,但在资源评价文献中却很少给予重视。

历史经验外推法

历史经验外推法是根据历史资料,如发现率、钻井程度、产率、已知油田大小分布进行外推的。通过各种数学推导将历史资料拟合成逻辑曲线或增长曲线,将过去的状态外推到将来。这类方法不能直接运用到未勘探区或未开发区,也不能应用到没有地质和经济历史模型可比性的任何地区。一般适用于勘探成熟地区的勘探后期阶段。这类方法的最著名实例包括Hubbert的增长曲线预测模型(1962, 1974),Arps和Roberts对Denver—Julesburg盆地的研究(1958),Moore的发现率曲线(1962, 1966),Kaufman(1965)和Kaufman等(1975)的油田大小研究,以及NPC(1973)的油价和供应预测研究。

到目前已发表的大多数研究报告,都是把估算资源的预测主要基于历史资料的统计研究,只用极少或根本不用地质资料。这种只强调历史的勘探资料,最近又发展为只强调油田大小分布,而不重视地质资料。其部分原因是由于这种特大研究区如整个美国本土或其它广大地区一般都曾用这种方法评价过了。为了完善发现率和油田大小分布评价法,以使其能更客观地应用到资源评价工作中,应该只在下述特殊情况中使用该法:①能直接与控制油田大小分布和发现率的地质背景相关的地区;②研究区域局限于地质解释明确的盆地或油气区;③最好是评价对象只限于一个盆地或油区的某些特殊的地层单元或地质剖面。如果发现率预测或油田大小分布预测是与盆地或油气区的地质情况更直接相关的,那么在将该方法应用到勘探较少的地区或新区时,就能提供更可靠的类比预测。一个盆地从不同岩性和不同圈闭机理的多套地层中发现和生产油气,这种方法就更为准确。

用发现率和油田大小分布评价法预测剩余资源量,其主要缺陷在于这类方法只能直接用于半成熟和成熟的油气生产区。这类方法被认为是较保守的资源估算法,因为这类方法没有考虑在一个盆地内以前未产油的新地区或新远景区带的勘探中会有任何令人吃惊的发现,同时也没考虑勘探技术的提高和经济的改善。许多典型的实例说明,一个地区或盆地的新发现可能完全改变该区的整个资源评价前景。最近在密执安盆地、怀俄明冲断层带、北海盆地的发现就是众多实例中的典型。

在最近的资源评价中,历史经验外推法的应用取得了若干令人鼓舞的进展,这包括:①努力建立发现率或油田大小分布与盆地地质的相关关系(Ivanhoe, 1976a; Klemme, 1971, 1983)②评价与发现率和油田大小分布有关的经济因素的研究工作(USGS, 1980);③将此类似盆地和类似产油区的历史资料与综合了地质模型和统计模型的更详细的资源评价方法结合起来。第三个方面的进展将在“综合方法”一节中更全面地讨论。

地球化学物质平衡法

地球化学物质平衡法是一种特殊的体积资源评价法,通过该方法可以估算油源岩中生成的烃类量,发生运移的烃类量、运移过程中可能损失掉的烃类量及已经聚集在油气藏中的烃类量。苏联地质学家曾用过此方法(Neruchev, 1962; Semenovich等, 1977), McDowell介绍过其使用情况(1975)。

虽然地球化学家对弄清楚烃类的形成过程作了大量的工作(如Hunt和Jomieson, 1956; Philippi, 1956, 1976; Vassoyevich和Neruchev, 1964; Tissot等, 1971, 1974; Hood

等, 1975; Dow, 1977), 但对地下烃类形成理论和烃类运移的机理还有大量问题有待研究和掌握。由于对石油的形成、运移和圈闭的主要基本问题缺乏理解, 所以美国的油气资源评价较少采用这类方法。Demaison (1984)、Sluijk和Nederlof (1984)、Welte和Yukler (1984)、Bishop等 (1984)、Vngerer等 (1984) 和Kontorovich (1984) 都介绍过地球化学方法用于定量油气预测, 似乎是有前途的新方法。如果当我们将上述基本问题有更好的了解时, 地球化学方法可能会被更广泛地接受, 也可更多地用于评价大范围地区。

综合方法

综合方法以部分或所有上述评价方法的综合为基础, 并包括了地质模型和统计模型。综合方法包括更复杂的评价技术, 通常需要更大量的资料以及更复杂的处理信息的数学方法和计算机技术。把前面介绍的多种方法结合在一起, 使其成为资源评价中常采用的方法。各种方法的组合形式非常多, 不能一一介绍, 但大多数涉及如下方面: ①使用了地质模型和盆地分类技术的地质盆地分析; ②区带分析技术或远景圈闭分析技术; ③统计、经济和供应预测模型; ④更全面的油气区类比系统。

综合方法可以是历史经验外推法 (即油田大小分布) 与地质盆地分类系统 (Ivanhoe, 1976; Klemme, 1983) 的简单组合, 也可以是天然气潜力委员会 (PGC) (1984) 那种将体积产率与圈闭油气聚集的估算概率及风险因素综合在一起的系统方法。综合方法还包括目前广泛采用的远景区带分析或远景圈闭分析技术。该技术可以包括上面讨论的资源评价方法的某些方面或全部。

作者只想强调勘探区带分析法, 这些方法已用于评价一个盆地或油气区已确定勘探远景区带和待确定远景区带的常规油气资源 (Miller, 1981)。这类方法适用的评价区通常小于上面介绍的其它方法的评价区, 比如由一个礁远景区带组成的一个地质走向带, 或由河道砂或砂坝组成的走向带。然而, 在应用远景区带分析法时, 评价者使用的远景区带分析的定义和应用到远景区带概念上的基本假设相差很大。有些人把远景区带分析程序应用到整套地层或地质区带。虽然这些资源评价者仍将其方法叫做“远景区带分析法,” 但其基本概念不再是原始定义的概念。因此在使用此方法时, 不同评价者的假设和估算结果有时会相差极大。但这一基本方法要求比体积产率法更详细的资料。它使用油田大小分布方法的全部资料, 以及一个远景区带内单个油气田的其它地质资料, 还有这些油气藏特征的基本参数。

在用远景区带分析法时, 常规油气资源的估计通常可由一个方程式表示出来, 它将一系列的地质变量和油藏参数与油藏内潜在的油气储量联系起来。概率值用来表示一个远景区带的优劣, 及远景区带内远景圈闭可能的勘探成功率。大多数地质变量和油藏参数是根据评价者的主观判断, 用推导的概率函数表示, 另一些变量通过使用选择的可类比对象来描述。资料格式通常是计算机处理而设计的。用蒙特卡洛法求解各区带的方程导出资源量的估计。一个地区或盆地的总资源估算也是用蒙特卡洛方法, 将所有远景区带的资源潜力或远景带内所有远景圈闭的资源潜力累加起来, 总资源估算也是用概率分布的形式表示的。

由于远景区带分布法提供了必须评价参数的固定格式, 也由于实际的资源评价是使用计算机模型通过数学计算直接确定的, 所以这种方法简化了, 或者说看起来简化了在评价一个地区的资源时的地质家的任务。但是, 这种复杂的计算机化评价程序并不一定意味着其资源评价的准确性就比其它评价方法高。

根据美国地质调查局地质家们在应用远景区带分析法于1978—1980年进行四次独立的阿拉斯加国家石油储备区 (NPRA) 石油资源评价, 和1980年阿拉斯加北极野生动物保护区石

油资源评价 (Mast等, 1980; Miller, 1981)时的经验, 作出如下评论。关心从输入资料得出结果的地质家们, 越来越担心所作假设的缺点和计算机系统内数学运算的弱点。设计这类系统的技术人员常常不太熟悉石油地质的基本概念 (Miller, 1981)。远景区带分析模型中的一个这种缺陷是, 假设每个远景区带的所有评价变量, 如使用在蒙特卡洛模拟中的变量, 都是独立的。而实际上许多地质和油藏参数都是直接相关联的。这常使地质家在确定各个变量的值时, 和确定一个有利远景区带存在的风险或成功的程度, 或那个远景区带内一个有利远景圈闭存在的风险或成功的程度时产生矛盾。

资源评价研究中关心的另一领域是, 将远景区带分析法应用到可应用资料很有限的新区, 地质家们只能根据与参照物的对比主观评价各参数。资源评价结果的好坏取决于地质家选择地质参照物的正确性, 这种参照物与新盆地可能相匹配, 也可能不相匹配。当远景区带分析方法应用到一个新盆地时, 所有潜在的远景区带都被认为已确定并已充分描述过了。然而经进一步勘探, 即使是在勘探程度相当成熟的盆地, 都还能在未确定的远景区带上发现许多未曾估计到的资源。因此, 这些盆地的最初评价是太保守了。对于那些地下地质情况尚不太知道, 存在高度推测性的新区, 要确定和充分描述所有可能的远景区带即使不是不可能, 也常是相当困难的 (Miller, 1981b)。

最近的文献表明, 远景区带分析法的应用从相当简单到非常复杂。加拿大地质调查局使用的可能是最广泛使用的远景分析法之一 (加拿大能源矿产资源部, 1974, 1977; Porter和McCrossan, 1975; Roy, 1975; Lee和Wang, 1983; Proctor等, 1984)。莫比尔石油公司和埃克森生产研究公司也报道了他们使用的远景区带分析技术和远景圈闭分析技术 (Roadifer, 1975; White等, 1975; 1980; Baker等, 1984)。美国内政部于1979年、White于1979年、美国地质调查局于1980年和1981年发表了美国地质调查局应用到阿拉斯加国家石油储备区和北極野生物保护区油气资源评价的远景区带分析法。美国地质调查局1978年在对浅海大陆架作售前资源评价时, 第一次修改和使用了远景区带分析的概念 (G. L. Lore私人通讯, 1985)。

选择资源评价程序的系统方法

如同任何其它技术工作一样, 在油气资源评价时, 评价者应在最初的计划阶段, 认真分析要输入的资料, 确定研究的范围, 考虑资源评价的目的和输出结果的特点, 这些步骤都应该在最终选定用于研究中资源评价方法之前完成。评价者在选择资源评价方法时, 应采取一种系统化的工作方法, 仔细研究基本要求清单, 以及为特定项目所要考虑的准则。在此不可能列出一张包括评价者应该考虑的全部标准的完整清单, 该方法的一部分关键问题如下:

1. 确定资源评价的目的是短期的还是长期的, 例如短期用途可能包括短期 (如5—10年或更短) 的相对于油价和数量的将来供应预测; 各种经济技术条件下的供应预测; 用于制定勘探计划和浅海租区售前的评估。评价结果的长期用途 (10年以上) 可能包括: 长期供应趋势; 建立资源信息库; 不考虑或尽可能不考虑经济、技术、政治条件的资源评价; 资源枯竭问题; 确定国家长远的能源政策。

2. 通过划出评价区的边界, 确定该区所有不同等级的资料 (包括勘探阶段和勘探史, 地质和地球物理资料、钻井资料、产量和储量资料) 来研究评价区。

3. 对产品类型、储量和资源的分类建立统一的标准术语。

4. 确定、论证和建立整个研究过程中都要使用的所有基本假设。

5. 确定可用于研究工作的各种资源,包括人力资源、财力资源、完成时间、计算机设备及信息资料系统(油田资料和钻井资料)。

6. 确定最适合可得到资料要求的资源评价方法。

7. 确定最能满足资源评价目的的资源评价方法。

8. 确定在可获得的人力,财力资源下,在允许的评价时间里切实可行的资源评价方法。

9. 确定哪种资源评价方法最能满足特定资源评价项目的全部要求。

10. 确定在最终选定评价方法时必须作那些综合考虑。

11. 确定是否能进行可信的资源评价,并能满足评价项目的基本要求。

12. 准备上述所有问题的文件。

如果评价者可以相当程度地满足1条和2条要求,又不必对5条的限制太多折中,那么将能合理地选择资源评价方法,使其能完成评价油气资源的特殊任务。

地质家面临的问题是,如何尽可能多地输入所有可获得的地质资料、个人经验、以及控制油气生成、运移和聚集基本原则日益丰富的知识。然而,资源评价的目的可能改变所用的评价方法。比如一个石油公司为勘探和经济计划所作的短期用途的资源评价、其目的和方法以美国地质调查局、加拿大地质调查局这类机构作长期资源基础的全国性评价就大为不同。

作者要强调的是,使用者正确解释评价结果,认识到影响评价方法选择的那些标准、局限和目的,与评价者作评价工作同等重要,所以非常需要对资源评价中的方法作出清楚和完整的记载,相当充分的记录可以消除大量的错误解释和资源估算结果的不正确使用。

图1是对特定盆地不同勘探阶段和不同程度了解情况下选择资源评价基本方法的简单指南。该图表明当把资源评价与一个盆地或一个油气区、一套地层单元、一个远景区带或远景圈闭联系起来,与长短期应用联系起来时,如何选择基本的资源评价方法。就作者在资源评价工作中的经验,有些方法更适合于长期用途,能提供长期用途的更可靠结果;而另外一些方法更适合于短期用途。同样,有些方法更适合于新区或勘探不成熟区的评价,而另外一些方法更适合半成熟和成熟探区的评价。每个资源评价者应当设想其任务的类似实践的责任,如图1中所示,以达到资源评价工作中最适宜的可靠性。

资源评价结果的差异决定于评价方法

在本节中我们将分析下面的问题:资源评价的结果极大地取决于所选用的评价方法吗?

要比较过去40年或更长时间所发表的任何特定地区的资源评价方法是相当困难的,其原因很多。下面是几个基本原因:缺乏记录,定义和术语不一致,评价者所选定的评价区缺乏明显的界限或界限有变动,不同水深的浅海、不同的产品类型、不同的地质和经济假设以及关于采收率的技术假设,采用不同的资源评价方法(Miller, 1979; Thomsen, 1979; Dotlen等, 1981)。

在1979年的AAPG年会上, H. L. Thomsen报道了对1965—1978年间美国14次石油资源评价的初步比较研究结果。他们根据各次评价所采用的基本评价方法(表1),将这14次资源评价方法分成三类。这三种方法分类为:①假定评价是有大量适当的地质资料支持的地质分析法;②假定评价主要是通过将已探区每单位面积或单位体积的最终采出量与未探区联系起来的体积产率法;③假定上主要依据过去发现情况和钻探情况进行预测的预测分析方法。Thomsen (1979)最后指出:“预测分析法作出最悲观的资源估计,体积法得出最高的资源估计,地质分析法得出的结果界于二者之间。认为这些估计可能是能获得最好估计(参阅14

种评价方法)，当按方法分类时，表现出很好的一致性” (Thomsen1979)。

表 1 1965—1978年对美国最终可采石油资源的一些估计 (单位 10^9 桶)^①

年 份	评 价 者	所 用 方 法		
		地质分析法	体积产率法	预测分析法
1965	Weeks	230 ^②	—	—
1965	Hendricks	—	320	—
1968	Inst. Gas Tech	—	—	225
1970	NPC(AAPG)	259	—	—
1971	Cram(AAPG)	224	—	—
1971	Moore	—	—	188
1972	Theobald et al.	—	517 ^②	—
1974	McKelvey	—	423 ^③ (mean)	—
1974	Mobil	230 ^②	—	—
1974	Hubbert	—	—	213
1975	NAS	236 ^③	—	—
1975	Miller et al.	250	—	—
1975	Exxon	244 ^②	—	—
1978	Shell	211	—	—
平 均		236	420	209

①根据主要资源评价方法把估计值分为三类：

②假定原油占总液量的85%。

为了回答上面提出的问题，作者继Thomsen之后，对油气资源评价方面的文献作了广泛调查，试图确定所用的评价方法是怎样严重影响资源评价结果的。其目的是，找出某一地区某段时期已经进行的一系列资源评价，包括同一组不同方法的评价，和不同评价者使用不同方法的评价。作者共选择了三个地区供实例研究。通过下面三个实例可以清楚地看出资源评价工作的复杂性和作比较研究的难度，并对资源评价结果的差别作些解释，评价结果受所使用评价方法的影响极大。这三个实例研究包括加拿大油气资源评价，美国油气资源评价，西得克萨斯州和新墨西哥州东南部二叠盆地的油气资源评价。

1969—1983年加拿大油气资源评价

加拿大待发现油气潜力的估计是由加拿大石油学会(CPA)、加拿大石油地质学会(C-SPG)和加拿大地质调查局(GSC)共同完成的。加拿大地质调查局的能源矿产资源部于1971年开始整理加拿大待发现油气资源。GSC的第一个估计结果发表在加拿大能源政策——“第一部分”上(加拿大能源矿产资源部，1974)。可以将三个早期作的加拿大油气资源潜力估计与1973年GSC作的和后来作的估计进行比较。这些估计包括CPA1969年、GSC1972年、1976年和1983年，GSPG1973年作出的估计。这次评价采用了不同方法、不同资料。详细情况如下：

1. 加拿大石油学会1969年的评价

尽管这之前曾作过评价，但1969年CPA作出的估计是最早发表的评价之一。估计潜在资

源采用了纯粹的体积法,即将八大地区(每个地区包括一个或多个沉积盆地)的沉积岩体积乘以每立方英里多少桶油表示的产率系数。使用的产率系数为这些巨大的不均质地区的平均值,将最终潜在石油资源的估计结果(单位桶)乘以换算系数,便得到以立方英尺为单位的最终天然气潜在资源。气油指数代表了各区待发现气资源的平均比例,使用了平均6000ft³相

表 2 加拿大石油和天然气潜在资源估计的比较(单位10⁹bbl)

	CPA	GSC	GSC	CSPG	CSPG	GSC1976 ^①		GSC1983 ^②			
	1969	1972	1973	1973A	1973B	90%	50%	10%	高 (95%)	平均 (50%)	推测 (5%)
最终可采石油资源 ^③	120.9	134.4	99.2	85.2	23-98	25	30	43	29.1	49.8	76.7
累计产量 ^④	4.66	6.413	7.168	7.168	7.168		8.499			12.382	
⑤ 探明储量	原油	10.495	9.603	9.018	9.018	9.018	7.842			6.433	
	天然气液	1.746	1.575	1.498	1.498	1.498	1.573			1.247	
	合计	12.241	11.178	10.516	10.516	10.516	9.365			7.680	
已发现的液态烃总资源	16.901	17.591	17.684	17.684	17.684		17.684			29.062	
待发现的液态烃资源 ^⑥	184	117	82	68	5-80	7	12	25	9	30	57 ^⑦

① GSC 1976年。未包括对陆架区的估计,估计的海上区包括南大西洋陆架,1500ft水深以内的东拉布拉多和纽芬兰陆架,600ft水深以内的马更些三角洲,其它海域未评价;

② GSC 1983年。最大水深从西海岸和北冰洋海岸的660ft到拉布拉多和纽芬兰陆架的1300ft,苏格兰和乔治湾水深4920ft以内,贝芬湾-Laneaster估算的范围水深8500ft以内;

③ 最终可采油气储量包括累积产量,已发现的储量和未发现的资源。除GSC 1983年的估计外,全为直接估算。见注①;

④ 估计的累积产量石油和天然气液的数据取自CPA 1982年,某些数字与GSC的不同;

⑤ GSC用的“探明储量”术语,是指相同的经济条件和特定时期内可靠性很高的可采储量。不包括新探区发现的储量;

⑥ 计算的未发现潜在资源等于最终可采油气潜在资源减去已发现的资源(累积产量和探明储量)。除1983年的报告外,所有引用的估计值系指最终可采潜在资源;

⑦ 未发现的潜在资源是1983年的研究结果。最终可采潜在资源是未发现的加上已发现的液态烃资源或已发现的天然气资源。

表 3 加拿大天然气潜在资源估计量的比较^①(单位:10¹²ft³)

	CPA	GSC	GSC	CSPG	CSPG	GSC1976			GSC1983		
	1969	1972	1973	1973A	1973B	90%	50%	10%	高 (95%)	平均 (50%)	推测 (5%)
最终可采气资源	724.8	906.2	782.9	577.5	157-655	229	277	378	301.5	483.9	793.7
累计产量	17.0	24.948	28.146	28.146	28.146		34.399			56.726	
探明储量	57.833	60.786	61.022	61.022	61.022		78.749			91.464	
已发现的 气资源	74.833	85.734	89.168	89.168	89.168		113.148			148.190	
待发现的 气资源	650	820	694	488	68-566	116	164	266	153	336	645

① 详见表2备注。

当于1bbl油的换算系数。研究范围包括深度小于25000ft的沉积岩体积和水深小于600ft的浅海(加拿大能源矿产资源部, 1974)。研究结果见表2和表3。

2. 加拿大地质调查局1972年的评价

GSC采用系统的评价程序, 于1972年2月底完成了加拿大油气潜在资源的评价。这次评价是GSC首次不用严格的体积产率法, 将加拿大划分为32个盆地作区域分析。体积产率法包括确定每个盆地中已发现的沉积岩体积, 乘上一个产率系数, 便得到每个盆地的潜在油气资源量。各盆地内产率系数是参照世界范围的盆地分类系统, 基于对该盆地的了解而确定的。在研究各盆地的特征时, GSC采用了一种初级盆地分析法。然后用已有的勘探成果验证沉积体积和产率系数, 并使用概率方法确定每个盆地资源潜力的最小值, 最大值和“最佳估计”值。

GSC对他们的方法充满信心, 最终将其发展成1973年评价中使用的系数盆地分析、远景区带确定和概率曲线。GSC1972年的石油资源评价结果与CPA1969年的结果没有太大的不同, 只是个别地区有所差别。GSC1972年对气的评价却要比CPA1969年的数字高得多。然而, 两次评价包括的地区是不一样的, CPA1969年评价时只包括了水深小于600ft的浅海, 而1972年(及1973年)GSC评价时包括了大西洋浅海陆坡的整个地区(加拿大能源矿产资源部, 1974)(见表2、表3)。

3. 加拿大石油地质学家学会1973年的评价

与此同时, 加拿大石油地质学家协会(CAPG), 现称加拿大石油地质学家学会(CSPG)也于1969年计划对加拿大的石油和天然气资源作一次研究。当时感到CSPG的这次研究可以补充AAPG承担的美国石油资源的评价工作。AAPG的研究已作为AAPG文集15发表了, 书名为“美国未来油气区——地质和潜力”(Cram, 1971)。有27位专家参加了CSPG的研究, 共评价了至少属于7种不同地质类型的38个沉积盆地。由于不同地质家用于研究的方法不同, McCrossan和Porter(1973)对各研究人员的主要观点及其对各个盆地潜在石油资源的估计作了完整的综合。盆地研究和资源评价的详细结果由CSPG于1973年出版, 书名为“加拿大未来油气区——地质和潜力”(McCrossan, 1973)。

CSPG于1973年3月19日在卡尔加里的一次新闻发布会上公布了其资源评价结果。他们采用了多种不同方法, 主要用了体积产率法和盆地分类系统, 每个估计都基于对各个盆地地质情况的真实了解(当时的认识)。然后将单个评价结果汇编整理和修改, 以获得与Klemme(1971)盆地分类系统的大体一致。CSPG的首次估计结果列在表2和表3中的CSPG1973A列中。

在1973年的卡尔加里新闻发布会上还报告了CSPG内部对评价结果尚未取得一致意见。随后在1973年3月27日提交加拿大科学委员会的一份报告上, CSPG提供了另一套数字(表2和表3中的CSPG1973B), 这套数字显然是用完全不同的另一种方法得出的。据后一种方法, CSPG试图用10%和90%的置信度估计出油气的潜在地质资源量, 而不提供可采资源量的估计数字。以采收率为33%, 气采收率为85%的换算(加拿大能源矿产资源部, 1974), 得出表2和表3中CSPG1973B列的数字, 这就有了比较潜在资源估计的基础。结果是最终可采石油资源为 $230-980 \times 10^9$ bbl, 最终可采天然气资源为 $157-655 \times 10^{15}$ ft³。加拿大地质调查局当时认为该估计数字的范围太大, 难以作为进一步分析的基础。但是, 假设分布概率为50%时, 石油潜在资源量为 610×10^9 bbl, 天然气资源量为 406×10^{15} ft³, 这组数字就小于以前任何一次评价的结果。由于CSPG简报中并未讨论所使用的资源评价方法, 也没介绍潜在油

气区是如何划分的,所以不可能评价这两种方法或其结果的差别。后来才介绍了更多估计原始地质资源量所采用的方法。

4. 加拿大地质调查局1973年的评价

根据GSC,其1973年进行的研究是在他们最初评价结果基础上的改进。评价综合了某一特定盆地所有地质上可辨认的“勘探远景区带”或“远景区带”组,采用概率方法,将所有新估计值与“体积法”分析得出的结果进行了比较,并以综合的盆地分析研究,包括地球化学和地球物理研究为基础。GSC1972年和1973年的两次评价都包括了大西洋浅海大陆坡的沉积岩,因此这两次评价包括的沉积岩体积比CPA1969年或CSPG1973的研究都大。

在评价中,第一次考虑了每个远景区带预测的油气藏大小。并假设每个远景区带油气田大小为对数正态分布,还估计出每个远景区带的最大油气藏,然后计算出每个盆地油气藏大小的排列(加拿大能源矿产资源部,1974)。GSC1973年的评价结果见表2和表3。

将GSC1972年和1973年确定的待发现油气资源的估计结果进行比较发现,1973年的估计值要小一些。1973年对石油资源估计也要小于CPA1969年的估计(但对气的估计除外)。CSPG1973A和1973B评价的石油天然气资源都要小于CPA1969年的评价值,及GSC1972年的评价值和1973年的评价值。CSPG1973B的评价值是到1973年为止报道的最小评价值。

5. 加拿大地质调查局1976年的评价

1975年,加拿大能源矿产资源部地质调查局通过继续其不间断的盆地分析研究和资源评价程序,又完成了对加拿大9个地区的油气资源评价。评价中没有包括尚不能进入的那部分浅海,如大陆坡和苏格兰陆棚外隆起、大浅滩、纽芬兰东北部和拉布拉多陆棚、巴芬湾陆棚和陆坡,北极海岸平原陆棚。由于拥有西海岸陆棚和陆坡资料,故对其进行了评价,但该区的资源评价结果没有包括到“1976年加拿大油气资源”(加拿大能源矿产资源部,1977)报道的加拿大油气总资源中。

GSC在1976年评价时,对远景区带分析法有了更清楚的定义,报告中也有更清楚的记载,划出了每个盆地某一特定地区的全部勘探远景区带。油气资源的估计由下面两个方程中的一个来表达:①应用所研究盆地,地区或岩石单元类比的“体积”类型;②计算出远景区带潜力的“勘探远景区带”方程,实质上是用于确定油气藏中油气体积的一种油藏工程方程。体积法用于检验勘探远景区带法,当拥有的资料很少时,体积法被认为是一种最好的替代方法。勘探远景区带方程中的地质参数如果必要时,可基于评价者的判断由主观推导出的累积分布函数来描述。对方程中的所有变量,应用专家确定的边际概率和条件概率分析这类分布的“风险”。油田大小分布被假设是一种对数正态分布,可以作出每个远景区带的这种分布。这样就使之能与GSC后来进行的经济研究直接联系上。一个沉积盆地内各个远景带的估计值用一种称作蒙特卡洛的统计学方法累加起来。然后把加拿大9个地区的资源估计值集中起来,得到一条石油总资源和天然气总资源的累积概率曲线,评价结果见表2和表3。

GSC1976年评价的加拿大油气资源比其1973年公布的要低得多。减少的主要原因之一是,1976年的评价没有包括使用1976年时已知的工业技术认为是不能进入的浅海地区,而1973年的评价包括了这类地区,如陆坡、陆隆和北极沿岸平原浅海。GSC认为,由于不包括这些地区,造成了这次评价值比1973年评价值减少约1/3。在1976年的研究报告中指出“两次评价之间这段时间令人失望的勘探结果,也是造成估计值减少的原因。资料处理能力增强和评价方法的改进,使评价结果作了某些调整”(加拿大能源矿产资源部,1977)。

6. 加拿大地质调查局1983年的评价

1984年, GSC从其连续的油气资源评价工作中抽出一部分, 出版了“1983年加拿大油气资源”总结, 每个盆地和地区的详细油气资源评价工作是周期性反复进行的。GSC的油气资源评价工作主要针对待发现的, 或潜在的常规油气资源。GSC还介绍了从文献中和各省政府出版物中关于加拿大非常规资源的成套资料(Procter等, 1984)。

GSC于1972年开始着手资源评价时, 用的是相当简单的体积法, 现在已经发展成所谓的“勘探远景带一级进行的一种概率方法, 并综合了客观资料和获得的地质知识。要在几年前, 这可能会被称为蒙特卡洛法。但现在该方法的发展已远远超过了蒙特卡洛阶段, 涉及到更严格和更强大的数学计算程序”(Procter, 1984)。除了盆地资源潜力的估计外, GSC目前采用的方法还能得出假想油藏的一种排列, 油藏特征与输入的地质和其他资料一致。Lee和Wang于1983年介绍了关于这种概率方法的更多情况。

GSC1983年继续用概率术语报道其资源评价结果, 虽然不再象1976年的报告那样给出90%, 50%和10%概率范围的估计值, 而是用“高度确信”(95%的概率), “平均期望”(50%的概率)和“推测估计”(5%的概率)给出估计值的范围(Procter等, 1984, 图2), 这次资源评价包括了波弗特海和马更些三角洲地区, 不列颠哥伦比亚西海岸水深小于600ft的沉积岩, 在纽芬兰和拉布拉多陆棚区一直到水深1200ft的范围。这次评价包括的浅海地区与1976年那次评价差不多。1983年GSC的资源评价结果见表2和表3。

在1983年的评价中, 待发现液态烃“平均期望”估计值为 $300 \times 10^9 \text{ bbl}$, 高于1976年估计的平均值 $120 \times 10^9 \text{ bbl}$ 。1983年估计的待发现天然气资源约为 $336 \times 10^{12} \text{ ft}^3$, 比1976年估计的平均值 $164 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 高一倍多。1976年和1983年两次资源估计的重大差别, 似乎反应了东海岸外和波弗特、马更些三角州地区油气新发现激起的乐观情绪。

然而, 1983年(和1976年的)资源估计比1973年和更早期的加拿大待发现资源估计要小得多。由于加拿大探明原油储量、天然气液储量继续下降(从1976年的 $80 \times 10^9 \text{ bbl}$ 多下降到1980年的 $70 \times 10^9 \text{ bbl}$ 桶, 1982年稍有回升, 达到 $70 \times 10^9 \text{ bbl}$ 多点), 所以对剩余石油资源的估计反映了在勘探概念上没有重大的改变。然而, 因为浅海获得了新发现, 天然气储量的估计从1976年的 $75 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 增加到1982年的 $90 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 多。1976年和1983年之间的天然气资源估计值增高与这些变化是一致的(图2)。1983年待发现天然气资源估计的最大值(或称“推测估计”) $645 \times 10^{12} \text{ ft}^3$, 是由于受到天然气新发现的影响, 与1969年CPA用体积产率法确定的天然气资源量 $650 \times 10^{12} \text{ ft}^3$ 基本一致。

结果

作者已经比较详细地介绍了1969年—1983年间加拿大油气资源评价的背景情况, 因为这七次评价记录了所用资源评价方法的演变过程 and 此间发生在加拿大浅海及北极的实际勘探情况, 尤其是天然气资源的发现。

这些研究所用的资源评价方法, 基本上是从纯粹的体积产率法, 通过体积产率法的修改, 综合进概率分布、盆地分类和主观概率技术(或称特尔菲法), 最后演化成远景带分析法。最后一次评价时, 评价方法已经发展成综合了油气田大小分布和经济分析的更精确的远景带分布法, 早期的资源评价没有考虑时限, 而1983年的评价考虑了到90年代末的油气供应。

要比较各次资源评价的结果是很困难的, 有时是不可能的, 常造成误解, 但这又是必须的, 不可回避的, 将所有液态烃资源的估计和天然气资源的估计都转换成最终可采资源或剩余的待发现可采资源, 然后再对其进行比较(表2及表3)。

1972年GSC使用体积产率法作出了最高的油气资源评价结果, 但是GSC在1976年用较成

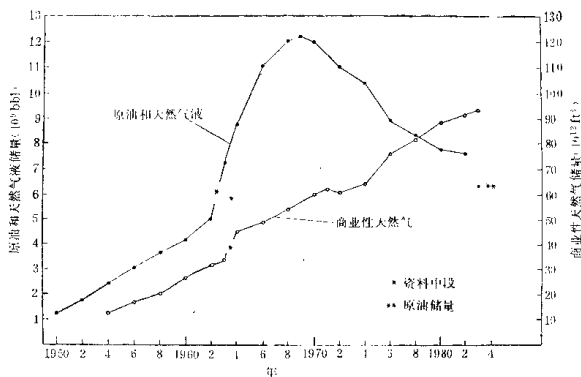


图 2 加拿大原油、液态和商品天然气的最终储量
1950年—1982年数据来自CPA (1982)；1983年数据来自“油气杂志” (1984)

熟的远景区带分析方法进行评价时，又得出了最低的油气资源评价。自1972年和1973年的评价后，认为资源估算量减少的原因是：首先，1976年的评价没有包括当时认为用现有技术不能进入的浅海地区，而1972年和1973年的评价包括了这类地区，如陆坡、陆隆和北极沿岸平原浅海。由于不包括这类地区，造成了比1973年估计值减少约1/3。其次，其间勘探结果令人失望，也是造成评价值减少的原因。最后，信息处理能力的提高和评价方法的完善也使评价结果发生一些变化（加拿大能源矿产资源部，1977）。

由于评价方法已经得到了改进，作者认为从1972年的体积产率法到1976年的远景区带分析法这种评价方法上的变化，是创成两次油气资源评价差别的更主要原因。

1983年GSC评价时对远景区带分析法作了更进一步修改，与1976年的评价结果相比，石油资源量有所增大，天然气资源量增加更多，这可能是由于评价中包括了新增加的海上地区，且从东海岸浅海，北极地区和西加拿大沉积盆地发现了一些远景区带中，获得了一些新的地质资料（图2）。