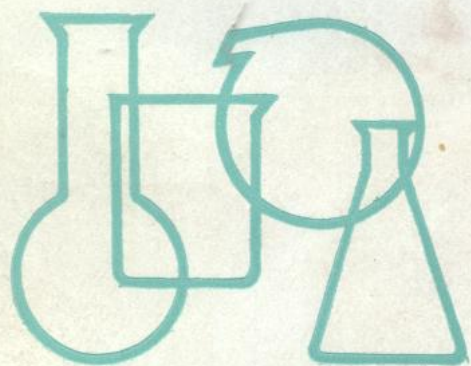


石油地球化学和盆地评价

PETROLEUM GEOCHEMISTRY AND BASIN EVALUATION

杰勒德·德麦森 R.J.默里 主编



石油工业出版社

石油地球化学和盆地评价

杰勒德·德麦森 R. J. 默里 主编

汪龙文 林洪枝 何可梗 项焕章 等译



石油工业出版社

内 容 提 要

该书是美国石油地质学家协会 (AAPG) 论文专集 35, 全书共有 23 篇文章, 在此选译了 14 篇。

前 6 篇为综合性论文, 应用有机地球化学的一般原理, 对盆地进行了分析和远景评价, 并对一些地球化学模式的应用进行了分析和讨论。后 8 篇论文为一些典型实例, 译者主要选了一些与我国地质特征相类似的油气聚集带方面的文章作了介绍。

本书可供石油地质及石油地球化学工作者参考, 对有关院校师生也有一定参考价值。

Petroleum Geochemistry and Basin Evaluation

Gerard Demaison Roelof J. Murriss

The American Association of Petroleum Geologists

Tulsa, Oklahoma, 1984

*

石油地球化学和盆地评价

杰勒德·德麦森 R. J. 默里 主编

汪龙文 林洪枝 何可梗 项焕章 等译

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 20 $\frac{1}{2}$ 印张 516 千字 印 1—1,200

1990 年 7 月北京第 1 版 1990 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0351-1 / TE · 341

定价: 5.45 元

译 者 的 话

该书由国际知名的美国雪佛龙石油公司地球化学家 Gerard Demaison 博士主编，他于 1984 年底将此书赠送给南黄海石油公司访美地质代表团。这是一本专题性的论文汇编，围绕石油地球化学和盆地评价，从理论探讨、技术方法和典型实例等三方面作了系统介绍，实例涉及美洲、欧洲、非洲和大洋洲。全书共有 23 篇论文，在此选译了 14 篇论文。

南黄海石油公司汪龙文、林洪枝、何可梗、项焕章四位同志担任了校核工作，最后由汪龙文同志通校全稿，项焕章同志按出版要求作了加工。不过由于译者们专业知识有限，外语水平不高，译文不当或错误之处在所难免，敬请读者指正。

目 录

前言	(1)
生油盆地的概念	(5)
全球地质经验是远景评价系统的基础	(21)
盆地演化中的石油成因和聚集——一种定量模式	(35)
估算烃类聚集和散失的概念	(50)
✓石油勘探中地质及地球化学模式的原理和实例	(65)
定量评价沉积盆地石油潜力的地球化学方法	(97)
伊利诺斯盆地泥盆系-密西西比系 New Albany 页岩群生油岩 和油气的生成	(135)
美国西部含磷岩系中黑色页岩的有机地球化学、早期变质和生油作用	(163)
北达科他和蒙大拿维利斯顿盆地 Bakken 组的石油地质	(187)
加利福尼亚大谷盆地储集层和生油层的历史	(211)
委内瑞拉马拉开波盆地生油岩和碳化作用研究	(224)
北海北部东设得兰盆地和维京地堑侏罗系生油岩的油气生成和运移	(246)
撒哈拉东部 (阿尔及利亚) 油气的来源和运移	(279)
尼日尔三角洲第三系油气的生聚	(291)

前 言

R. J. Murris

在过去的十到十五年间, 有机地球化学已被广泛地应用于油气勘探。认为石油和大多数天然气是在富含有机质的源岩中生成的, 有机质在温度和时间的作用下趋于成熟, 而后由生油岩中排烃并沿传导层和其他通道进入圈闭的概念已被证明是非常成功的一种概念, 并对勘探思想带来明显的影响。

涉及有机地球化学和石油生聚的早期论文基本上是事后的解释, 指出了生油岩分布与油气聚集之间的明显关系。随着对地球化学作用过程和控制油气聚集的地质条件认识的加深以及知识积累, 最近研制出了以降低勘探风险为主要目的的预测模式。同时, 着重点也从生油层的化学分析和石油分类, 转移到综合研究地质-地球化学的生聚环境, 力图掌握烃类在复杂的四维地球中生成、运移和聚集的条件。

一种方法或技术是否能被管理部门接受作为有效地勘探工具, 其减少勘探风险的能力是决定性的标准。图 1 所示是在远景评价中运用地球化学方法降低勘探风险的一个实例。这是一个实际情况, 即在钻井前根据生聚标准模拟系统 (Sluijk 和 Nederlof, 见本卷论文) 对 165 个勘探远景点进行排队, 然后与钻探结果相对比。

如图所示, 在仅按圈闭大小排列勘探远景目标这一特定情况下, 将导致预测效率 (28%) 明显提高, 这比按随意顺序对远景目标进行钻探的效果要高。但应用包括地球化学控制和保持的参数将可望获得更现实的远景预测排列顺序, 使预测效率提高到 63%。显然在两条阶梯曲线之间的区域是值得投入勘探资金的。这种最佳方案应归功于当今人类对石油生聚条件的最新认识。

选择本卷论文时, 编者严格遵循一个原则, 即对成熟区、生油岩生成油气 (生烃窗) 和获得聚集之间的关系必须清楚、明确地予以阐述, 最好辅以图件和剖面。详细的地球化学数据和理论探讨压缩到最低限度, 而将重点放在区域地质和地球化学的结合上。本卷的半数论文是初次发表。其它再版的文章也都由作者进行过修改或补充。几篇“权威性”的论文, 如 B. Tissot 等的“阿尔及利亚东部撒哈拉油气的来源和运移”也被收入。

前六篇论文应用有机地球化学的一般原理对盆地进行了分析和远景评价。Demaison 的介绍性论文讨论了生油盆地的概念, 并就全球性生油区和烃类聚集之间的成因关系提出了一个总的看法。此外, 他还强调研究的主要目的是利用高成功率的地区类比生烃坳陷进而达到降低勘探风险。

在地球化学方法问世之前, 对盆地石油潜能评价的早期尝试主要是基于与地质描述相类似的方法: 即对已知产区的地质环境进行详细研究, 期望在可类比的尚未钻探的区域也有类似的油气聚集。美国石油地质学家协会 1958 年出版的“石油生聚”专题报告集就是这方面杰出的论文集之一。但是, 随着对控制油气生成、运移、聚集以及保存等基本过程认识的进展, 程序控制类比模式补充甚至取代了描述性地质类比法。这些程序控制方法可通过强制定数方法达到, 这就是根据假定的控制参数之间的相互作用计算出的预测模式。或者用统计

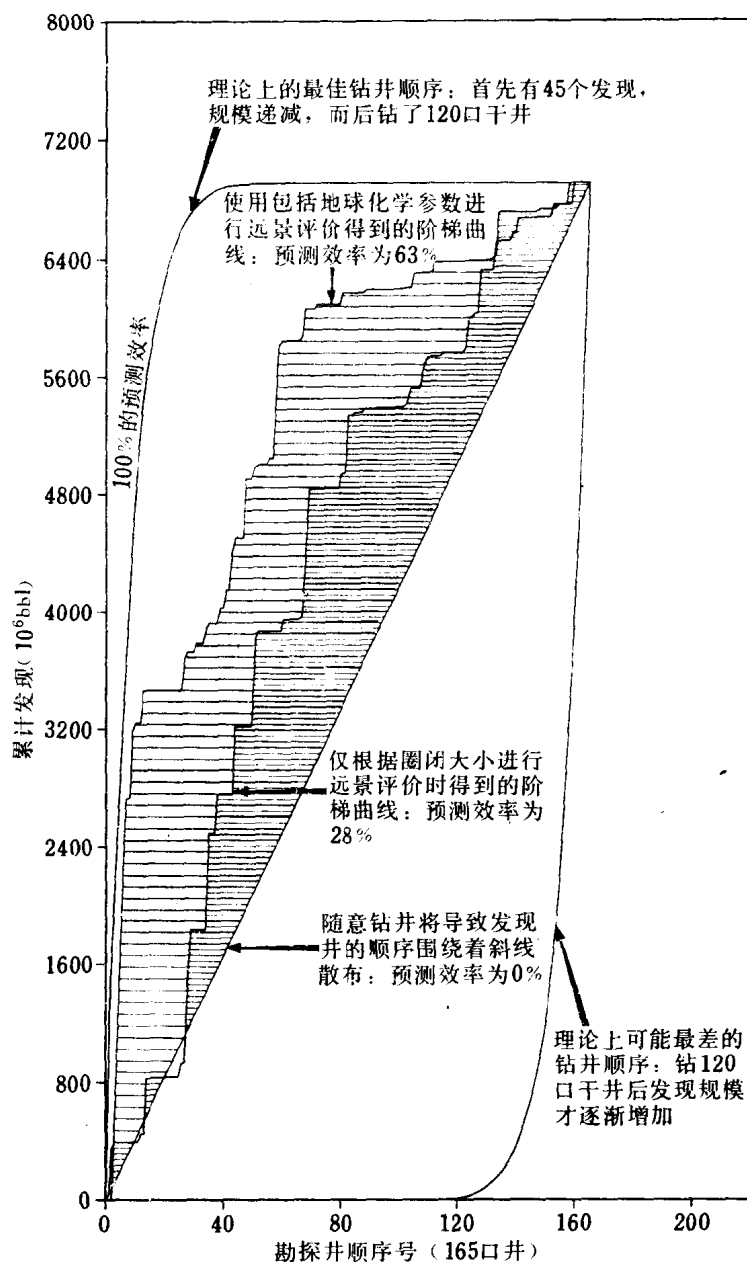


图1 在远景评价中通过应用地球化学参数改进预测效果

本图表示钻井前对165个远景目标的评价。纵座标为某处的累积发现量；横座标为探井序号。上平滑曲线代表远景目标在理论上的最佳排列（预测效率为100%），与实际钻井结果绘制的曲线相同；右下的平滑曲线代表可能性最差的预测，即先钻了大约120口干井，而后发现规模逐渐增加。如果按随意顺序钻探这些远景目标，则其最可能的发现率用斜线表示。在远景评价中如果仅仅根据圈闭大小进行排队，将出现下端的阶梯曲线（预测效率为28%）。上端的阶梯曲线代表完成远景评价后的实际排列（预测效率为63%）。请注意下述情况，使用包括地球化学参数（烃类充注）和保留参数所做出的评价与只使用构造和储集层数据（圈闭大小）所做出的评价相比较，前者的预测效率约为后者的两倍。

方法，即用已知的勘探结果检验应用生聚模式得出的推论是否正确。Kontorovich、Ungerer等、Bishop等、Welte和Yukler以及Sluijk和Nederlof的五篇论文介绍了从纯定数到统计校验的模式。

Kontorovich 的文章以西伯利亚富油区为例,详细介绍了苏联应用地球化学方法进行盆地评价的技术发展水平。Ungerer 等、Bishop 等以及 Welte 和 Yukler 等的文章介绍了盆地、部分盆地或个别探区石油潜能的系统评价方法,这些文章解释了如何才能了解导致油气聚集的基本程序,以及如何运用到石油勘探的综合预测中去。

Sluijk 和 Nederlof 运用的方法是靠过去的勘探成果检验烃类生聚模式。在他们的系统中,定数方法固有的不确定性,例如,对复杂系统中相互作用控制参数的不完全了解,以及在勘探阶段可利用的这些参数常常是零散的和近似的认识状况都得到了相当程度的克服。由此所得到的远景评价系统产生出统计上的明确预测,可用来与钻井后的结果进行极有意义的比较,而后再对这种系统进行修订。

第二组文章共有十七篇,在地理分布上力求广泛,而地质位置和年代以及生油岩的沉积环境则有很大的差异。从这个范围来看,可以认为生油—运移—聚集的基本情况具有全球性意义,承认了预测模式的演化。

论文涉及的地理范围从北美大陆到南美、大西洋、欧洲、非洲、中东和澳大利亚及新西兰。北美内陆盆地文章的作者有 Barrows 和 Cluff (伊利诺斯盆地), Claypool 等 (绿河盆地和逆掩断层带), Meissner (维利斯頓盆地) 和 Momper 及 Williams (粉河盆地)。在 Ziegler 和 Spotts (加利福尼亚大峡谷) 以及 Swift 和 Williams (Grand Banks) 的论文中介绍了北美大陆边缘地带过去和现在的情况。后来文章的兴趣集中在 Hibernia 地区的潜能,因为在那时这个区域还没有发现。Tissot 等的文章则阐述了大西洋盆地边缘的形成及其白垩系生油岩层。

生油岩的沉积环境遍及湖相、河流相、冲积平原和深海相。陆相生油层往往密切伴随煤系, Kantsler 和 Thomas 等用澳大利亚的实例以及 Pillaar 根据新西兰 Taranki 盆地为例进行了描述。第三纪尼日尔三角洲 (Evamy 等) 是一个很好的例子,它是由指状交互形成的,多层含油生聚特征明显的三角洲和前三角洲相生油岩组成。Ziegler 和 Spott 关于加利福尼亚大峡谷的论文也涉及到离岸三角洲环境中沉积的生油岩,但它是沿活动大陆边缘而不是像尼日尔三角洲那样典型的被动边缘。

与在稳定的内克拉通和克拉通边缘盆地中沉积的碳酸盐岩和碳酸盐—蒸发岩层序伴生的海相生油岩有:伊利诺斯盆地 (Cluff 和 Barrows) 的含磷层 (Claypool 等),维利斯頓盆地的 Bakken 组 (Meissnar), 马拉开波盆地的 La Luna 组 (Blaser 和 White) 以及中东的上侏罗统和白垩系生油层 (Murriss)。在 Momper 和 Williams 关于粉河盆地, Goff 以及 Cooper 和 Barnard 关于北海, Tissot 等关于阿尔及利亚东部的撒哈拉以及 Thomas 关于 Perth 盆地 (Kockatea 页岩) 的文章中都可找到海进期间沉积在碎屑岩区域内的海相生油层的实例。Tissot 等 (1980) 收集有关深海生油层的资料并作了完整的论述。

裂谷盆地是构造环境中特殊的一类,随着裂谷作用之后便是板块分离和漂移,例如巴西的 Espirito Santo 盆地 (Estrella 等) 和 Perth 盆地,或者分离可能最终停止,因而地堑系统被裂谷后的拗陷沉积物所充填覆盖,如北海的中央地堑和维京地堑。这种裂谷地堑往往是限制性的,因此为富含有机质的沉积和保存提供了有利的环境。沿连续的大陆边缘进积的或充填在后裂谷拗陷中的碎屑楔提供了必要的成熟度,如北海的第三系。

从地质年代看,本卷论文中收集的最老生油岩是西伯利亚地台 (Kontorovich) 的寒武系和阿尔及利亚撒哈拉 (Tissot 等, 1973) 的志留纪页岩。最新的是尼日尔三角洲油气田的晚第三纪生油岩。值得注意的是全球主要海平面上升和区域性富生油层系沉积之间的明显相

关关系：晚侏罗世在水动型海平面升降泛滥下生成的中东 Hanifa 层、北海的 Kimmeridge 页岩和西西伯利亚的 Bazhenov 页岩，它们在全球已知储量中占了相当大的部分。类似的是中、晚白垩世海平面上升和随之而来的分布广泛的富含有机质的沉积，甚至在深海环境中也有发现，例如 Tissot 等阐述的大西洋盆地。

我们从本卷论文涉及的各种烃类生聚实例中能得出哪些综合性的概念呢？首先，烃类的生成和聚集似乎是具有全球性的一种程序，它只限于发生在主要条件都具备的区域，如生油岩、成熟度、储集层、盖层和圈闭等。其次，对控制烃类生成、运移和聚集的基本过程的认识以及对有利于这些过程发生的地质条件，适当的地方和合适的时间等方面都已取得了相当的进展。对只适于个别的和经常是特殊情况的理论和模式要谨慎从事，例如，通过溶解于热地层水而由极深处泥岩中排出并沿断层及裂缝向上运移石油的假说。虽然从理论上讲这种假设也许可用于象尼日尔或密西西比三角洲年青的第三纪沉积中心。但是这种机理对于中东地区富含石油的稳定的碳酸盐岩地台却是难以想象的。

对生烃、排烃、运移和聚集的各种不同理论的评价是相似的，Francis Bacon 有句名言“……人类理智有一种奇特的和永恒的错觉，认为肯定比否定更容易激动和鼓舞人心，其实，他应当坚持不偏不倚地对两者同样有好感；实际上在建立任何真正的原理时，反面的情况在两者中更具有说服力”，四个世纪前的这段话到今天仍然是正确的。本卷中的文章、数据和介绍包括了烃类生聚的广泛范围，希望对读者在了解控制油气生成过程方面有所帮助。如能这样，就将会最终提高勘探效果和效率，也就达到了本卷的主要目的。

王孝明 译
林洪枝 汪龙文 校

生油盆地的概念

Gerard Demaison

摘 要

随着有机地球化学和其他地学领域技术的新发展,评价未钻探圈闭中油气存在可能性的方法已取得了可行的进展。预测油气储集的基本步骤,是确定一个未钻探的圈闭是否具有油气从成熟生油岩向其运移的通道。

成熟生油岩的分布地区称为“生油凹陷”或“油灶”。包括一个或几个生油凹陷的生油盆地称为沉积盆地。利用有关成熟度、有机相的地球化学资料以及由地震勘探和深井所获得的构造和地层资料的综合结果可绘制生油凹陷图。

在石油勘探中成功率较高的地区称为“高潜力含油气区”,“油田”或者称为“含油带”。通过对世界上12个沉积盆地的简要评价(按大地构造类型的顺序介绍),揭示了下列规律:

1. 油气藏集中的地区(“高潜力含油气地区”)和勘探成功率高的地区一般与生油凹陷或生油盆地有成因联系。可采用综合方法(地质、地球物理和地球化学)对这些凹陷进行制图。

2. 最大的油气藏倾向于靠近生油盆地的中心或在邻近生油深凹陷的构造高点上。

3. 由于受各构造排油区域的限制,运移距离范围一般为几十英里,而不是几百英里。因此,生油凹陷内一般都分布了大多数可开采的油气藏和大油田。“某些前陆盆地板块证明确实有长距离运移的特殊例子,这些地方的地层和构造为石油不断地沿上倾方向运移提供了条件。

这三条规律为在钻井稀少和尚未钻探的盆地中对高潜力含油气区进行预测提供了有效的类比依据。

但是,必须牢记,应用地球化学绘图系统预测的精确度受已掌握的基础资料数据丰富程度的影响。因此,在勘探的早期阶段,地质学家不应过分依赖于对地质和地球化学的认识,同时也应该对那些未知的潜在可能性给予足够的重视。

引 言

自本世纪初以来,石油勘探的基本规律之一就是在沉积盆地中钻探背斜构造。背斜理论的直接应用也是完全成功的。世界上已探明的石油可采储量90%以上存在于构造圈闭之中。而且自30年代以来,大多数含油构造圈闭是用地球物理方法探明的。如今地震勘探技术的应用已发展到了相当完善的水平,可在异常困难的地质条件下探明圈闭,从而为勘探油气开辟了新的领域。

但是,经钻井发现,所勘探的大部分背斜构造不产油气。更有甚者,在一些盆地或盆地的某些部位,虽然存在储集层和盖层,但实际上所有的背斜圈闭都没有油气。

已勘探沉积盆地的石油可采储量是呈区域性分布的,而这种区域性分布主要受时间和古纬度条件的控制,受大地构造类型的控制(Bois Bouche 和 Pelet, 1982)较少。Bally (1980)早就做出过结论,即“盆地的分类对提高预测油气量的能力作用甚微”。这些评论指出:引起石油分布的区域不均衡性的原因,除构造和储集层以外,还有地质因素。

在50年代到60年代所听到的解释发现这些无油气圈闭和贫油盆地的地质推理有两点:

- ① 油气曾经被捕集在圈闭中,但是,在一定的地质时期内又窜透盖层跑掉了;
- ② 石油被水的

运动“冲洗”掉了。

除上述推理外, 还有其他观点: ① 捕集到的石油可以不留任何残迹地从地下逸散; ② 任何暗色的页岩都可以是生油岩; ③ 石油可以生成于很浅的深度; ④ 在沉积盆地中的运移距离既没有限度又不受限制。

这种观点支持了当时的勘探思想, 即地下处处有石油, 因为, 石油既可以到处生成, 又可运移到任何地方。鉴于那时我们对石油形成机理认识的贫乏, 这种乐观的见解是必要的也是有用的。由于这种假想的不确定性, 无法对没有钻过的圈闭的含油气性进行系统的推断。这种积极的观点对防止过早地宣布可行的勘探远景区的风险是一种基本的保障。

自 60 年代中期, 由于在研究石油的生成及其破坏作用方面的突破, 大大减少了石油地质学领域内的不确定性。我们将这些新观点的产生归功于战后出现的如气相色谱和质谱等新的分析技术。这些分析方法使得对长期以来只能是推测和争论的地质现象有可能进行观察。

由于战后这些新技术的发展, 下列概念被认为在石油地质方面是有用的:

① 蒸发岩是最有效的盖层, 主要因为它的孔隙空间非常小甚至没有。但是, 颗粒微细的、亲水和有孔隙的、具有长期密封特性的页岩, 在没有连通裂缝的情况下, 也是非常有效的盖层。这是由于岩石孔隙中油水之间毛细管压力所产生的驱替压力遮挡效应所致 (Berg, 1975, Schowalter, 1976)。在一些古老的沉积盆地中, 很好地保存有轻质油气储量, 它表明了这种微细颗粒的亲水岩石的长期封堵性能。如伊利诺斯、密执安和阿巴拉契亚盆地中的浅层古生界油气藏, 苏联伏尔加—乌拉尔盆地古生界的巨型油田以及在南阿尔及利亚的撒哈拉盆地中的泥盆系和奥陶系油田, 都证实了这种渗透率非常低的岩层具有很好的封堵性能。所以, 上述盆地都表现了自石油生成以来 (美国和苏联伏尔加—乌拉尔盆地从晚古生代以来, 阿尔及利亚自白垩纪以来) 构造条件稳定的特性, 也未曾发生过热史的逆转。

石油通过明显致密盖层扩散的推理用以解释那些贫油圈闭和贫油盆地很难与地质观察相一致, 特别是在岩石没有经受过超热和构造应力影响的地方更不相符合。这些合理的推理也与表明挤入压力与时间无关的实验室实验相矛盾 (Schowalter, 1976)。由于天然气在水中的溶解度高, 可能会通过未被扰动的盖层扩散开, 这种情况在某些地质环境中已被观察到 (Leythausen, 1982)。

油藏中的原油通过变动的或者质量差的盖层漏逸或者已捕集的原油就地降解, 在储集层中留下残余油的痕迹, 这是因为当原油饱和区域达到持续无水产油时, 矿物颗粒必然出现油润湿 (Schowalter, 1982)。可使用地球化学技术或更多的通过先进的烃类检测的泥浆录井方法观察这些痕迹。由此不可避免的结论是那些真正无油气的空圈闭是由于其从未曾有原油进入过储集层。

② 经地球化学分析发现, 在产油丰富的盆地中, 至少有一套深埋的成熟生油岩系。从地层上讲, 这种生油岩系分布十分广泛并沉积在缺氧环境中。相反, 沉积地质资料表明, 暗色细粒沉积并不都是生油岩, 例如当今有些海洋和湖泊中沉积在富氧水环境中的沉积层一样 (Demaison, 1983)。

③ 地下深处的干酪根 (一种固体有机物) 在地质时期和地下温度影响下的转化导致了石油生成 (Tissot 和 Welte, 1978)。

④ 除了在前陆盆地板块中遇到的长距离运移的特殊情况外, 沉积盆地中大多数被捕集的原油来源于圈闭周围的向斜排油区。因此, 运移的距离范围一般是几十英里而不是几百英里。在受强烈的构造作用或强烈断裂的盆地中尤其如此。

一、地球化学方法可减少地质风险

勘探风险定义为花费勘探资金而无经济效益的概率，这是搞油的人必须考虑的问题。在钻井前，由于地下地质条件中各种不确定的因素加剧了作为总勘探风险一部分的地质风险。这种风险也可以用决定地下油气生聚的几种关键因素同时发生的概率来表示。

成功地勘探地下可采油气，必须满足以下概率：

- ①圈闭存在的概率（构造×储集层×盖层）；
- ②该圈闭已经捕集并且确曾保存石油充满的概率（生油岩×成熟度×运移通道×时间）；
- ③已捕集的石油免受热降解或细菌降解影响的概率（温度状况×雨水浸入）。

由于上述三个主要概率是相互独立的，所以，一个给定地点的油气发现的总概率是这些单个概率的乘积（不是总和），也就是说，如果这三个主要概率中的任何一个等于零，那么不管其他两个因素如何有利，其成功的总概率也等于零。

地质学家不会推荐钻探向斜或没有储集层的层段，这种常识与概率概念是一致的。但是，从数学意义上讲，勘探家往往对油源补给和保存的概率取相同高的风险，经常存在地球化学资料缺乏或不完整或被忽视。在油源和降解状况不确定或对其持怀疑态度时，勘探家习惯于主要依靠构造资料进行钻前的地质风险评价，这种勘探方法用于已证明为含油盆地或有远景的区块时是合理的。但是，如果能同时考虑油气生成、运移和破坏等有关可测定的参数，勘探方法则可大为改进。这种综合性方法使用于勘探边远盆地、深气层和勘探费用极高的海域特别有效。

二、生油盆地的概念

使用地球化学方法进行含油气预测的基本步骤是评价一个未钻探的圈闭是否已具有油气从成熟生油岩向其运移的通道。这种论述抓住了“生油盆地概念”的实质。

有可能生成烃类的生油岩埋藏的地区叫作“生油凹陷”或叫作“油气灶”。含有一个或多个生油凹陷的沉积盆地称为“生油盆地”。

把每一个主要生油层的有机相图和成熟度图叠加起来就可以识别生油凹陷。成熟度图是根据潜在生油岩层位附近的地震等深图和钻井资料确定的成熟梯度以及经校准的时间-温度模型而绘制的（Waples, 1983）。有机相图反映了一个给定的一套生油岩有机质类型的地层分布，这些有机相图是把干酪根类型资料和已知的古地理和古海洋的环境综合起来而编制的（Demaison 等, 1983）。

在远景构造评价中，首先调查在一个圈闭的供油区内是否存在成熟生油岩。第二步计算成熟生油岩体积及其生油量，包括绘制成熟生油岩的区域分布图。最后确定出成熟生油岩与圈闭之间运移通道的模式。这种地质方法提供了与成熟生油岩连通程度的标准，依照这些标准对远景构造进行排队。

用地球化学方法对盆地进行评价包括绘制生油凹陷或生油盆地图、建立钻井成功率矩阵图、对已发现油气量生成的区域建立“油气灶”生油潜力模型。这些相关资料的建立可用于以后做比较和将来的地质风险分析。“生油盆地概念”的应用其目的是引导人们对高潜力区域进

行认识和预测。

三、对高潜力含油气区域的认识和预测

在沉积盆地中,将以往找油成功率较高的地带称为“高潜力区”、“有利勘探区”或“含油气地带”。当地球化学数据与由地震信息得来的地质和构造资料相结合作图时,可作为早期圈定地理和地质上的高潜力含油气地区的参考依据。而且,对生油凹陷编图还可更现实的对钻前地质风险作出评价。这种方法比简单应用世界范围内成功比或其它任意风险因素更为切合实际。

下面的实例旨在说明绘制盆地的地球化学图件有助于识别沉积盆地中的高潜力含油气区。现按构造类型对下列盆地进行扼要评述。

四、裂 谷 盆 地

1.北海盆地

北海北纬 $55^{\circ} \sim 62^{\circ}$ 之间已经深入勘探,是一个大的含油气区,据估计石油储量超过 $38 \times 10^8 \text{m}^3$, 天然气储量大于 $155 \times 10^{12} \text{m}^3$ (见图 1)。油藏的地质年代是从泥盆纪到始新世,以倾斜断块为主要产油带,盐隆产油次之。

晚侏罗世的 Kimmeridgian-Volgian 阶是主要的生油层系。在高于 93°C 的地层温度(相当于超过 3048m 的深度)下达到热成熟,具有活跃的生油和排油能力。所生成的石油运移到距离最近的储集层中:即北海北部(Viking 地堑)受断层作用而倾斜、时代较老的中侏罗统砂岩层和北海南部(埃科菲斯克地区和“端尾”地堑)的上白垩统中。

从 Kimmeridgian 泥岩成熟度图中可以圈划出地温低于 93°C , 没有大量石油生成的未成熟区以及成熟的生油凹陷(现今地下温度高于 93°C)区。大约相当于 0.6% 的镜质体反射率。

北海所有成功井和干井的统计数字表明:

- ①所有的油气田基本上都位于或靠近含有 Kimmeridgian 成熟生油岩的生油凹陷;
- ②在成熟生油岩的有利探区或生油盆地中,过去的成功率约为 1:3;
- ③在 Kimmeridgian 生油凹陷以外的地区,过去的成功率约为 1:30。在这些高风险区内(Beatrice, Briesling 和 Bream),所发现的油田可能是以较老的中、下侏罗统为油源,其原油成分与以 Kimmeridgian 为油源的油是不相同的;
- ④北海地区的油气运移距离一般比较短,并受各个构造排烃区的限制;
- ⑤储量最大的几个油田趋向于靠近生油凹陷的中心(Statfjord, Piper, Förties, Ekofisk 油田),与高成熟的最厚的 Kimmeridgian 页岩沉积中心离得最近。

2.Syrte 盆地

Syrte 盆地和西部沙漠地区的上白垩统基底构造形态图表明,油田分布与区域构造凹陷有密切的关系,凹陷中白垩系和第三系生油岩的埋深在 2500m 以下(图 2)。多数最大的油田(Sarir, Amal, Nafoora, Gialo 油田)都分布于紧靠生油凹陷的最深部位。其它的大油田(Zelten, Waha, Defa 油田)位于高地垒断块上,但是也与生油深凹陷靠得很近。埃及西部沙漠的油藏皆与在 Quattara 隆起带以北具有侏罗系和白垩系底部生油岩和在 Abu

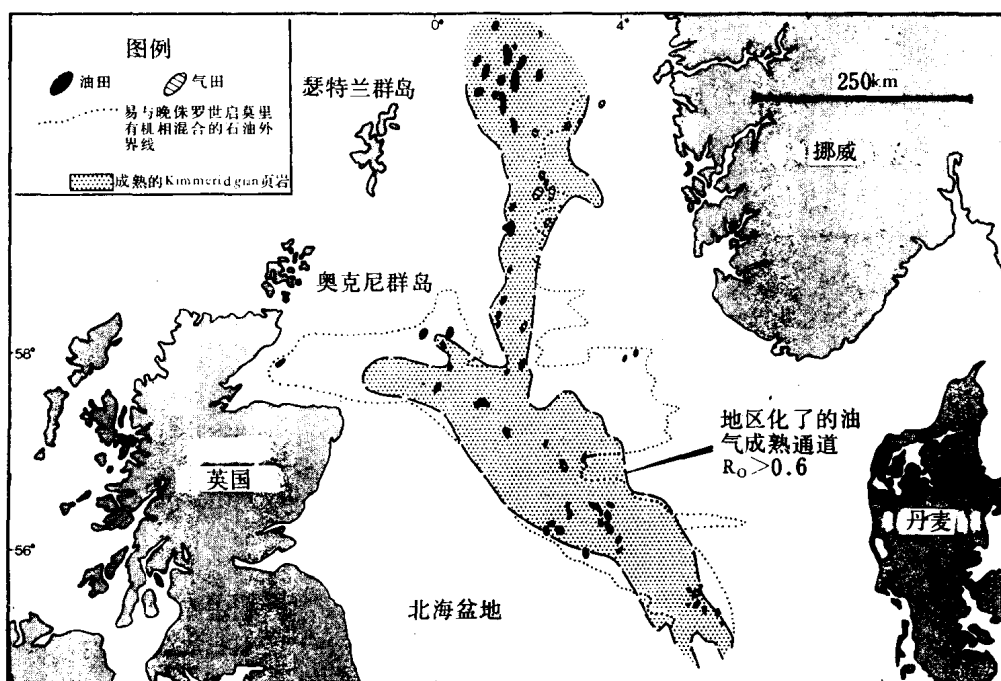


图1 北海盆地 (Ziegler, 1980; Demaison 等, 1984)

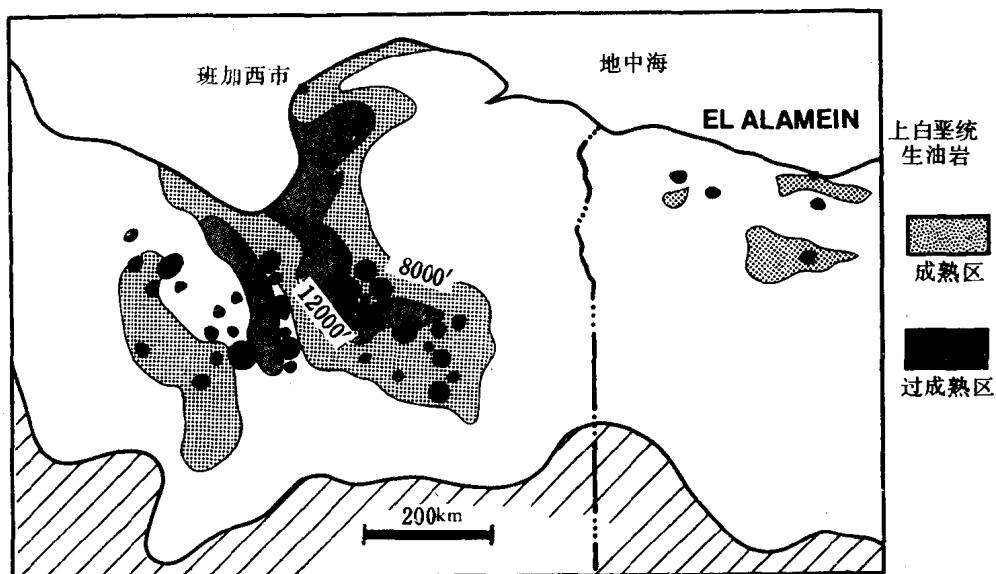


图2 北非的 Syrtne 盆地 (Parsons, 1980; Parker 1982)

Gharadig 盆地的上白垩统生油岩 (Parker, 1982) 的生油凹陷有关。

3. 吉普斯兰盆地

吉普斯兰盆地 (图 3) 内只有相对有限的生油层 (渐新统、古新统以及可能的上白垩统海陆交互相煤系地层) 处于“生油窗”之内, 因此, 生成的油气主要都被局限在盆地的中心部分。油田 (其中三个是巨型油田) 位于“生油窗”内最厚和最深的“油灶”附近 (镜质体反射率

为 0.6%)。气田位于生油凹陷边缘，在镜质体反射率为 0.45% 至 0.6% 范围之间的有利地带。但是，还没有这些气田的甲烷碳同位素资料，因此，这种气是属于早期热生成还是晚期热生成的问题尚未弄清。在有利油气地带中的钻探成功率特别高，这一点与生油岩成熟度的模式恰好一致。

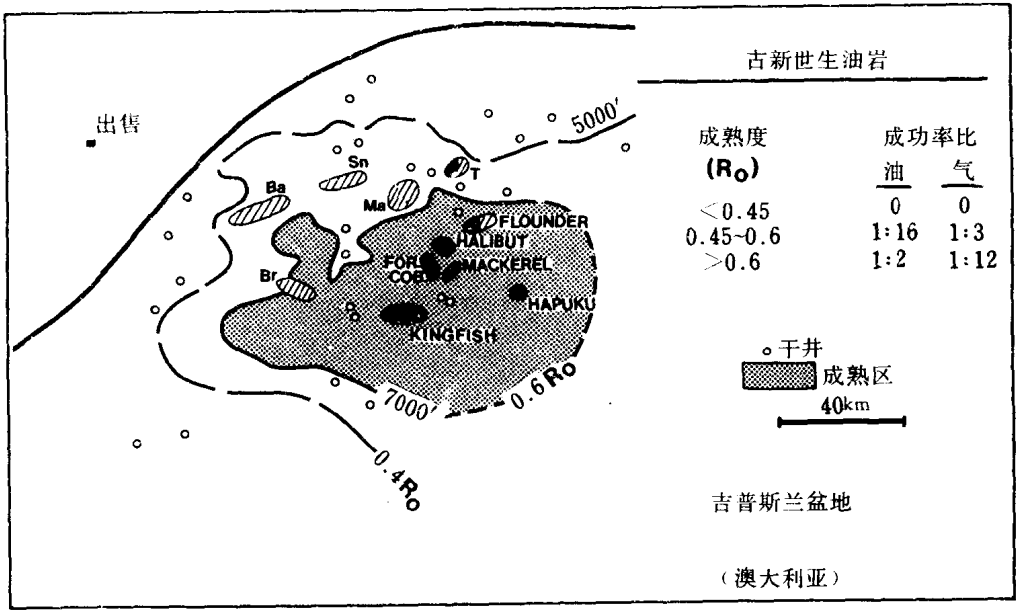


图 3 澳大利亚的吉普斯兰盆地 (Threllfall, Brown 和 Griffith, 1976, Kantsler 等 1978; Shibaoka, Saxby 和 Taylor, 1978)

五、内克拉通凹陷

1. 西西伯利亚盆地

这个巨型盆地拥有苏联石油储量的大部分，大约占世界石油储量的 6%，是一个活跃的勘探和生产基地 (见图 4)。该盆地主要的生油岩系是晚侏罗统 Bhazenov 组，分布很广，为纹层状的黑色页岩层，与北海晚侏罗世的生油层几乎是同期沉积的。它们都与晚侏罗世“海洋缺氧沉积”有着密切的关系。

值得注意的是，这些特大油田 (Samotlor 油田, Ust-Balisk 油田和 Surgut 油田) 都靠近这个特大生油盆地的中心。北部大气田 (例如 Urengoy 气田) 天然气的来源仍然是一个有争议的问题，很可能一部分是属于“生物成因”的。

2. 松辽盆地

松辽盆地 (见图 5) 是中国东部的一个大型克拉通内裂谷盆地，被白垩系至第三系的河流-湖泊相沉积物所充填。生油岩为下白垩统湖相黑色页岩，处于热成熟带，石油生成于盆地的中心部位。下白垩统深湖相沉积和有利的热成熟区相配合可从地理上勾划出松辽盆地主要石油储量的分布区。中国的地质学家最近发表了以下观点：松辽、东营和华北其它一些生油凹陷囊括了 80% 以上的石油储量 (胡, 1983)。

松辽盆地最大的含油构造是大庆油田。它位于紧邻生油盆地中心的齐家-古龙生油洼陷的上倾部位。人们认为大庆油田是当今世界上非海相沉积盆地中最大的石油聚集。它占松辽盆地全部已发现地质储量的 80%。油气运移的最大距离小于 40km。

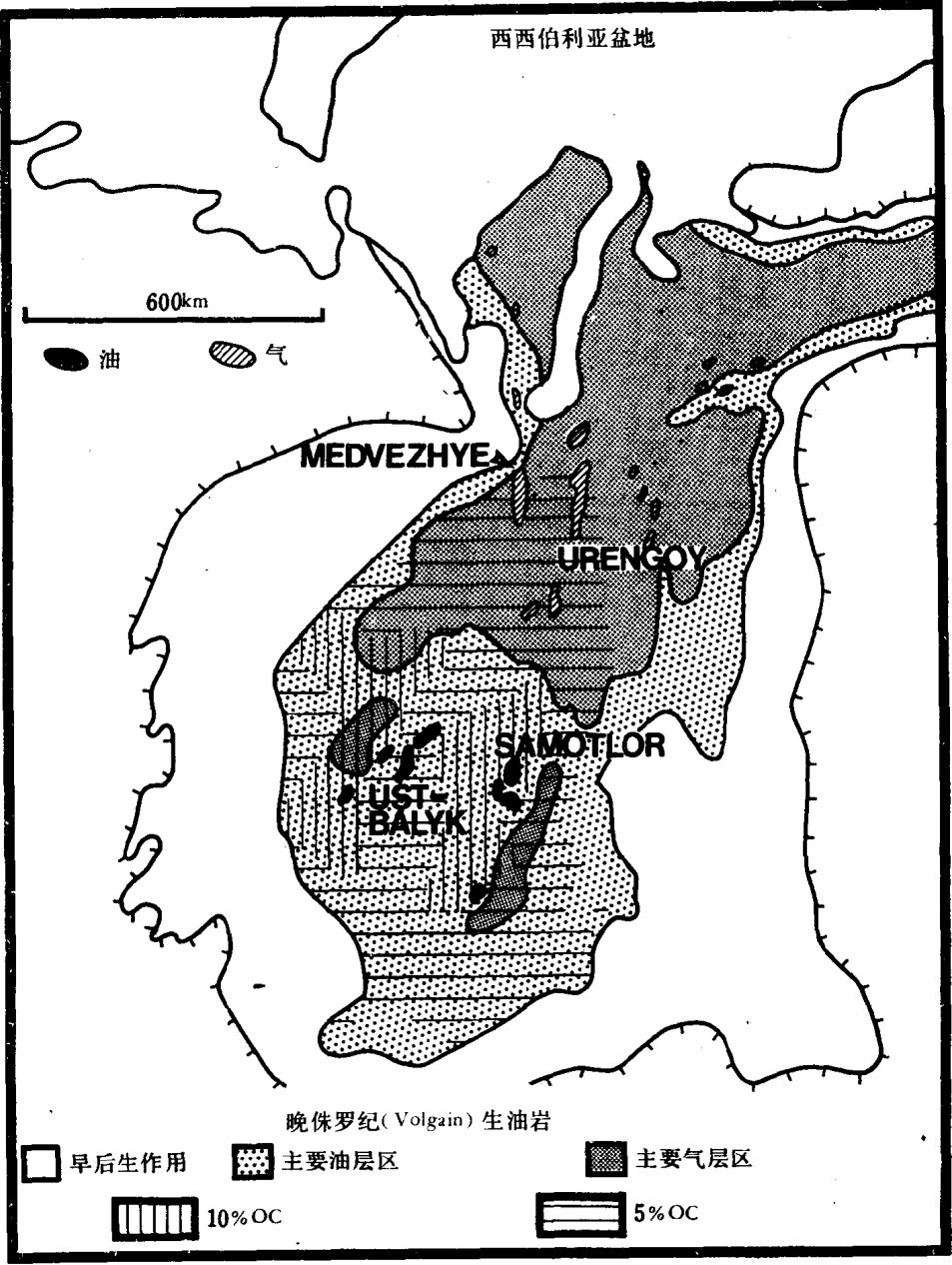


图 4 苏联西西伯利亚盆地 (Kontorovich, 1971、1983)

3. 伊利诺斯盆地

伊利诺斯盆地 (美国) 下石炭统 (新奥尔巴尼) 生油页岩顶部的等反射率 (成熟度) 图表明: 该盆地四分之三以上的石油赋存于新奥尔巴尼页岩 (见图 6) 之上的下石炭统 (密西西比系) 中。同时, 在伊利诺斯盆地新奥尔巴尼生油页岩底部以下几百英尺的泥盆系和志留

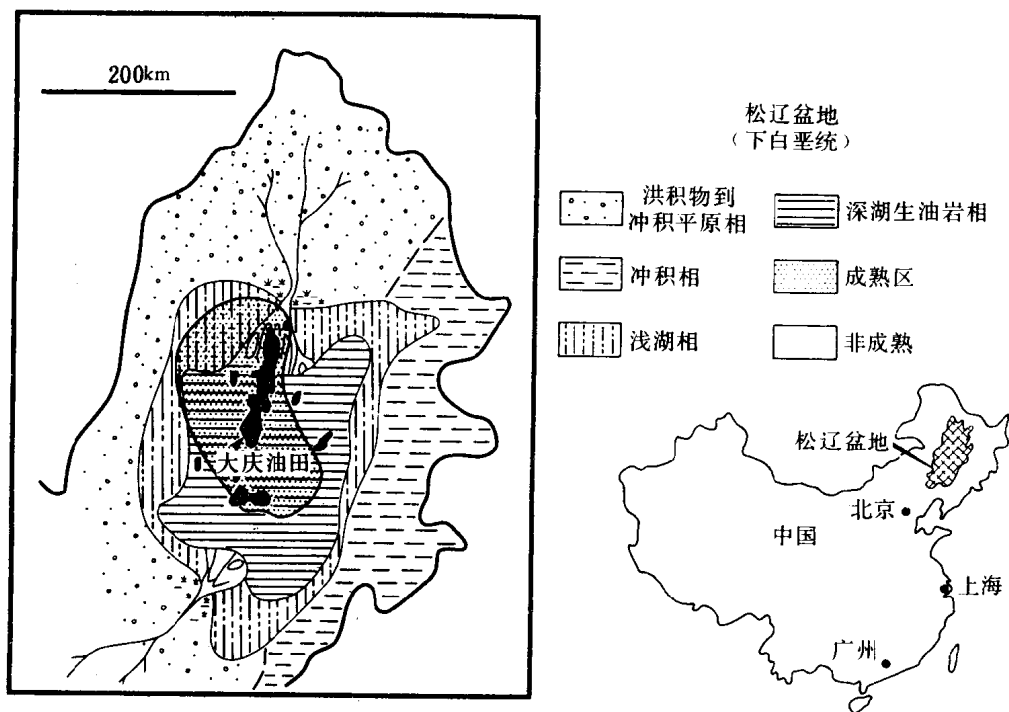


图5 中国松辽盆地 (王尚文、胡文海及谭试典, 1982)

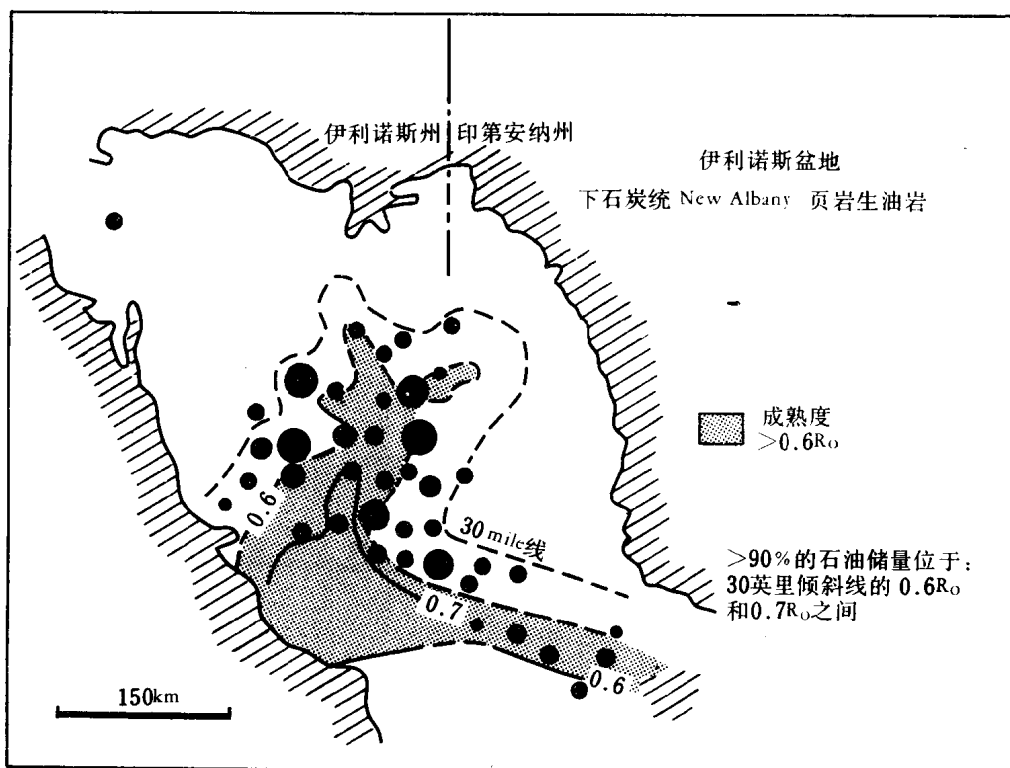


图6 美国伊利诺斯盆地 (Swann 和 Bell, 1958; Barrows 和 Cluff, 1983)