

J·M·丘比特

W·A·英格兰

油藏地球化学



石油工业出版社

登录号	088959
分类号	P618.130.1
种次号	028

油藏地球化学

J.M. 丘比特 W.A. 英格兰

王铁冠 张枝焕 译

5912/17



石油工业出版社

内 容 提 要

本书是第一部分完全奉献给油藏地球化学工作者的论文集，共包括 15 篇论文，分综述和新技术及实例研究两部分。

油藏地球化学是传统的有机和无机地球化学与油藏工程、石油工程紧密结合的产物，采用现代地球化学分析测试技术，结合各项工程作业资料，直接研究油藏流体（油、气、水）的非均质性形成机理和分布规律及其与油藏中矿物岩石的相互作用，探索油气充注、聚集历史与定位成藏机制。

本书可供油藏地球化学工作者使用，也可作为油气勘探、开发专业及大专院校有关专业师生的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

油藏地球化学 / (英) 丘比特 (Cubitt, J. M.), (英) 英格兰 (England, W. A.) 编辑; 王铁冠, 张枝焕译.

北京: 石油工业出版社, 1997.4

书名原文: The Geochemistry of Reservoirs

ISBN 7-5021-1963-9

I. 油…

II. ①丘…②英…③王…④张…

III. 油藏-地球化学-论文集

IV. P618.130.1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 00531 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 23 印张 575 千字 印 1—1000

1997 年 4 月北京第 1 版 1997 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN7-5021-1963-9/TE·1652

定价: 35.00 元

序

油藏地球化学 (Reservoir geochemistry) 作为一门新兴的地球化学分支, 已在世界油气勘探开发实践中显示出越来越明显的优势和重要作用。它把地球化学研究的重点从烃源岩地球化学、运移地球化学、盖层地球化学等诸多方面发展到成藏地球化学, 通过对盆地 (凹陷) 油气生、排、运、聚过程和圈闭油气充注、聚集、定位历史的研究, 并把二者有机地接轨, 使地球化学研究的靶区聚焦到油气勘探的最基本单元——油气藏上, 进而把油气藏地球化学描述应用到油气藏开采上。这是地球化学理论发展与实践应用的新起点, 必将在未来的油气勘探开发中见到明显的效果。

王铁冠教授长期从事应用地球化学研究, 有丰富的勘探经验和很深的有机地球化学研究功底, 他根据现代油气勘探发展趋势和我国复式油气聚集区复杂油气藏滚动勘探开发的需要, 率先全面地把欧美油藏地球化学家首次研讨会的成果——Reservoir geochemistry 一书翻译介绍给中国广大的石油地质和石油地球化学工作者, 是非常适时的。目前, 我国油气勘探领域的地面地下地质条件越来越复杂, 难度也越来越大, 靠单一的油气系统、油源灶、油气运移、圈闭评价、油藏描述等方面的成果已远远满足不了勘探部署设计的要求, 在“重在发现, 以勘探效益为中心”的今天, 人们已经把注意力不仅仅是放在圈闭形成历史和定型时间上, 更重要的是把注意力集中在圈闭的油气充注、聚集历史和油气水的定位问题上。同样, 人们在复杂油气藏的开采上, 也早已把注意力集中到滚动勘探开发寻找新的储量和最大限度地提高采收率的问题上。这些都要求有很好的地球化学油气藏描述。因此, 我相信通过本书的出版, 必将对全国的油气勘探和油气田开发工作起到促进作用, 并通过全国地球化学同仁们的努力, 促进我国油藏地球化学的发展。

高瑞祺

一九九六·十

译者的话

油藏地球化学 (Reservoir geochemistry) 是 80 年代中、后期在国际上新兴的一门地球化学分支学科, 也是地学与石油工程学之间的边缘交叉学科。实际上它是传统的有机和无机地球化学与油藏工程、石油工程紧密结合的产物, 采用现代地球化学分析测试技术, 结合各项工程作业资料直接研究油藏流体 (油、气、水) 的非均质性形成机理和分布规律及其与油藏中岩石矿物的相互作用, 探索油气充注、聚集历史与定位成藏机制。在理论上, 它与含油气系统、油源灶和油气运移的研究接轨; 在实践中, 又将在油田勘探、油藏描述与评价、油田开发与采油工艺研究诸方面发挥日益重要的作用, 成为理论性和实践性都很强的一门应用地球化学学科, 构成本世纪末地球化学领域的一个新的学科生长点。

80 年代中期以来, 全球范围内未经石油勘探的沉积盆地日趋减少, 油气勘探成本日益上升, 国际政治因素致使世界石油市场油价久跌不涨, 导致全球性勘探市场的逐渐萎缩。世界石油工业面临如何在已勘探开发的成熟盆地增储上产, 确保下一世纪能源需求的问题。一些国际石油公司把重点从区域性油气勘探, 转向专事油田开发生产, 又面对现有油田 (特别是中、老年期油田) 怎样提高采收率的问题。在这个背景下, 油藏地球化学应运而生, 首先是西北欧的有机和无机地球化学家携手从北海的勘探与开发中存在的问题入手, 以结合油田勘探寻找卫星油藏, 服务于油田开发和开采为宗旨, 率先开展地球化学油藏描述, 研究油藏注入聚集成藏历史, 揭示油气混合成藏模式, 以至进行油藏开采过程中的生产监测, 改进采油工艺, 从而奠定了发展油藏地球化学新学科的基础。本书是 1993 年初, 欧美油藏地球化学家首次学术研讨会的成果, 并且以《油藏地球化学》为书名, 于 1995 年 5 月由伦敦 (皇家) 地质学会出版社出版, 实际上这也是国际上第一部油藏地球化学的专著。译者和石油工业出版社有幸得到伦敦 (皇家) 地质学会的同意与授权, 翻译出版本书的中文版, 以飨国内的同行读者。希望这部中译本对我国油藏地球化学学科的发展有所裨益。

对于本书的翻译, 有两个译名的概念需加以说明。书名中 “Reservoir” 一词, 1967 年出版的 Levorson (1954) 《石油地质学》中译本中, 前辈翻译家周家珩始译为 “油贮”; 同年美国地质学会指导出版的《地质术语词典》中, 定义为 “一种流体, 例如油和天然气的天然地下容器”; 多年来国内出版物习惯译为 “储集岩” 或 “储层”。但是 1973 年起美国地质学会出版的《地质词汇》中, 将 “Reservoir” 定义成 “在充分圈闭条件下原油或天然气的地下聚集”, 即为 “油藏” 的概念; 同时, 另有 “Reservoir rock” 词条定义为 “具有充分孔隙度或节理与裂隙体系容纳液体或气体烃类的任何岩石”, 则是 “储集岩” 或 “储层” 的概念。此外, 本书作者们引入 North (1986) 《石油地质学》的观念, 认为 “Reservoir” 是 “含有石油的岩石”, 并且, 本书中绝大部分内容集中于研究油藏中采出的和油层岩心中抽提出来的原油, 仅少数研究成果涉及岩石矿物、水及其相互作用。因此将书名译成 “油藏地球化学” 要比 “储层” 地球化学更为贴切。

“Tar mat” 是油藏地球化学的重要研究内容。由于对其内涵理解得不透彻, 译者曾一度误译为 “沥青席” (见《油气勘探译丛》, 1988 年, 5 期), 近来又见到有 “沥青垫” 的译法, 现在看来这两种译法均属欠妥。实际上, “Tar” 的标准译名为 “焦油”, 是 “一种油藏条件

下密度大于 1.00g/cm^3 ，粘度在 10.00cP 以上的原油，又称超重油” (W.Rühl, 1982)，确切地说，“Tar”并不是沥青，而是“富含沥青质的原油”(Wilhelms 和 Larter, 见本书)。况且就产状而言，“Tar mat”的产状并非“垫”，而是呈席状分布于油藏内部和底部。因此按词义直译为“焦油席”最为贴切。

油藏地球化学作为一门交叉学科，运用众多专业术语。这些术语不仅出自有机和无机地球化学，也涉猎于地质学、地球物理学、石油工程和信息科学。为便于读者对照使用，译者将原版书后的名词索引，改编译成《英汉油藏地球化学词汇》，共计 520 个词条，其中包含有关地名 77 条和地层单位名称 27 条。地名均按英译汉惯例，参照《外国地名译名手册》(商务印书馆, 1987) 和《世界地名翻译手册》(知识出版社, 1988) 翻译。附上这些地名和地层单元名词的目的，是为了便于研究者查对原著或与新发表的文献作对比。此外，本书中还有大量英文缩略语和缩写词，为方便读者起见，译者汇集 78 个条目，一并刊于附录中。

最后译者深深感谢中国石油天然气总公司科技局和勘探局对本书选题、翻译与出版的多方支持，特别感谢中国石油天然气总公司勘探局局长高瑞祺教授级高工在百忙之中审阅了本书，并为本书(中译本)作序。感谢本书作者之一，英国纽卡斯尔大学 A.C.Aplin 博士的友好赠书，伦敦(皇家)地质学会出版社出版经理 M.Collins 先生在版权事务中的充分合作。本书翻译中如有谬误，恳请读者指正。

王铁冠

1996 年 9 月于北京

目 录

油藏地球化学：引论 England W. A. 和 Cubitt J. M. (1)

全面综述和新技术

油藏地球化学：方法、应用与机遇 Larter S. R. 和 Aplin A. C. (7)

从北海与（墨西哥湾）海湾沿岸盆地地层水分析论储集岩中石英、长石和伊利石

沉淀作用的地球化学制约因素

..... Bjørlykke K., Aagaard P., Egeberg P. K. 和 Simmons S. P. (42)

油藏表征的地球化学标准 Anissimov L. (62)

油田地层水成分的非均质性：鉴定与应用

..... Smalley P. C., Dodd T. A., Stockden I. L., aheim A. R 和 Mearns E. W. (71)

原油和油层中高分子量烃类 ($>C_{40}$) 的表征

..... Philp R. P., Bishop A. N., Del Rio J. -C 和 Allen J. (84)

北海和美国某些焦油席的地球化学综述：焦油席的成因意义

..... Wilhelms A. 和 Larter S. R. (99)

石油运移过程中吡咯类含氮化合物的分馏作用：有关运移地球化学参数的推论

..... Li M., Larter S. R., Stoddart D. 和 Bjørøy M. (117)

实例研究

北海南部 V-气田群罗特莱金德砂岩的成岩作用：流体包裹体研究

..... McNeil B., Shaw H. F. 和 Rankin A. H. (143)

乌拉油田的充注与排流：流体包裹体的制约因素

..... Oxtoby N. H., Mitchell A. W. 和 Gluyas J. G. (160)

挪威北海泰姆彭斯珀地区烃类运移：油藏地球化学演化

..... Horstad I., Larter S. R. 和 Mills N. (179)

在地质时间尺度上模拟油藏中密度驱动混合速度，应用于（英国大陆架）

福蒂斯油田边界探测

..... England W. A., Muggeridge A. H., Clifford P. J. 和 Tang Z. (206)

挪威大陆架哈尔滕班肯的石油地球化学

..... Karlsen D. A., Nyland B.,

Flood B., Ohm S. E., Brekke T., Olsen S. 和 Backer - Owe K. (225)

挪威北海埃尔德菲斯克油田的油藏地球化学

..... Stoddart D. P.,

Hall P. B., Larter S. R., Brasher J., Maowen Li 和 Bjørøy M. (287)

外威奇格朗德地堑早第三纪成藏油田的油藏地球化学和石油灌注历史	
..... Mason P. C. , Burwood R. 和 Mycke B. (313)	
英国维奇农场布里德波特砂岩油藏的酸气和水化学	
..... Aplin A. C. 和 Coleman M. L. (334)	
附录 I 英汉油藏地球化学词汇.....	(348)
附录 II 《油藏地球化学》(中文版)中使用的缩略语和缩写词.....	(356)

油藏地球化学：引论

William A. England^{1,3}和 John M. Cubitt²

我们确信，本书是第一部完全奉献给油藏地球化学工作者的论文集，这是一个日益增长的具有科学与经济重要性的研究领域。油藏地球化学的主要宗旨将是认识油藏中石油、水和矿物的分布与成因，并且阐明其可能产生的空间与成分变化的原因。在观念上，这门学科与盆地历史、源岩灶的部位以及运移途径相关。

油藏地球化学在石油勘探、评价与开发过程中具有许多重要的实践意义，并且在其自身领域中也具重要性。最重要的应用在于证实或否定一口特定钻井（或一个特定层位）不同井段（或地区）油层的连通性。在勘探过程中，油藏地球化学能够指示一个油田的石油充注方向，进而指出未来钻探的方向。在生产期间，尽管目前的研究领域还有限，但是也可以进行流体成分随时间变化的研究。

关于油藏流体差异的成因与应用的出版报道似乎是近期的事情。England 等（1987）注意到这一现象，并且可能首次将油藏流体差异与运移过程以及随后油藏内部的混合作用联系起来。特别是美国的研究者将“气相色谱（GC）指纹”发展应用于辨别在具有为数众多薄油层的油藏内经常存在的不同原油族（Oil families）（Kaufman 等，1990）。Sage 和 Lacey（1939）最早考虑到由于地球重力场引起的效应。Larter 和 Aplin 在本书中介绍了一份广泛的文献目录。

虽然很多技术可用于研究油藏中的流体，看来对于油藏地球化学最有用的技术是：

（1）烃类研究

常规的和高分辨的气相色谱—质谱法；

高分辨气相色谱法（“GC”指纹）；

气体分析和同位素测定；

流体包裹体研究；

焦油（即超重油）席抽提物的类型分析（作定位或研究）；

热蒸发（排除常规使用的岩心抽提步骤）。

（2）水的研究

常规的多元素分析；

氧或氢同位素测定；

锶同位素比值（特别是应用于岩心分析）。

但是，应注意到，任何解释工作都应该包括其它已有的非地球化学资料。

为了对大量的这类文献加以分类，我们试图概括性地划分为（a）较为全面性的综述和技术性讨论，以及（b）具有较大研究兴趣的实例论文。

全面综述与新技术

Larter 和 Aplin 提供了有关当前学科发展现状的综合性与可读性的综述，讨论油藏中水和石油非均质性的成因与特征及其在地质时代中的逸散速率。他们还提供了对于重要性不断增长的统计资料的有益论述。与设想相反，这对于从经常收集的大型数据组中寻找有效的差别是极其重要的。最后，他们还讨论了运移过程中有机化合物与地层水相互作用的重要意义。

Bjørlykke 等综述了北海和（墨西哥湾）湾海湾沿岸地区地层水的地球化学研究，强调对于包含诸如溶解钾和含钾矿物在内的可能反应的热力学和动力学控制。当考虑可能在经历成岩作用的同时，油藏中石油定位成藏（emplacement）期间所包含的复杂的相互反应时，这些控制因素是极为重要的。

Anissimov 讨论了油藏表征中，尤其是对于地层水无机化合物的地球化学数值标准。这篇短文用实例阐明，应用地层水中的苯和溶解的烃类气体有助于对伏尔加格勒地区的勘探。

Smalley 等表明能够如何利用从岩心中复溶的残余盐类测量 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值，探测潜在的油藏流动边界，也讨论了地层水电阻率或含盐度中可能存在的非均质性，其可能对于依据电测所作的资源估算具有很大的潜在影响。

Philp 等将注意力的焦点移向具有 40 个碳原子以上的高分子量化合物。由于这些化合物难于分析，因此时常为人们所忽视。但是，它们经常作为固体沉淀在油藏孔隙空间中，这对于采油可能产生严重的影响。在井筒中或地面上，管线和阀门也可能被堵塞。Wilhelms 和 Larter 用一项对于在北海和北美海相油源原油中发现的焦油席的讨论，继续了这一高分子量论题。探讨各种成因机理后，作者们支持从稳定的沥青质前身物形成焦油席的那些机理。这类前身物可能通过运移石油的热降解而沉淀（如挪威北海乌拉油田），或者由于溶解气含量的增加（挪威北海奥塞伯格油田）而形成焦油席。Li 等描述了油藏的原油运移距离近似值测量中对吡咯类含氮化合物的一项研究，这个方法利用了油或水相对分馏作用中这类化合物中一族化合物的差异。如果能够成功地发展的话，“运移”参数可望成为地球化学家们的标准“油源”和“成熟度”参数之外的一项有价值的新参数。

实例研究

实例研究具有重要意义，因为其允许我们对照天然体系检验我们的理论，并且提供在油田开发和评价过程中石油公司使用的研究细节。

前两篇论文对自生胶结物中发现的流体包裹体作了良好的应用尝试。包裹体能揭示在油藏发展的各个关键阶段期间存在的流体。通过对其应用，McNeil 等能够限定北海南部罗特莱金德砂岩中引起胶结作用的流体温度和盐度。包裹体中存在着甲烷，指示在气态烃类占优势的情况下发生胶结作用。Oxtoby 等介绍了挪威北海乌拉油田的岩心含石油包裹体的相对丰度研究的细节。他们推论：油藏充注与胶结作用是同时发生的，并且将含石油包裹体的局部最大数量与该油田原油充注通道联系起来。还包含了他们的研究工作与乌拉油田多变化的油—水界面的关系。

Horstad 等研讨了挪威北海泰姆彭斯珀地区几个油田地球化学性质的变化。他们确定了

5种主要的充注系统，并且提出另外一种输导层的存在。这个新概念已经过两口探井的检验，其中之一已成功测试出烃类。

England等证明一种油藏模拟装置如何能够用来解释流体密度的变化，而这种变化在原油聚集作用中是可经常观察到的。如果能够估算出自石油充注以来油藏存在的大致时间的话，那么就有可能估算其内部流动屏障的强度。这个方法通过英国北海福蒂斯油田实例加以说明。

Karlsen等介绍了对挪威北海哈尔滕班肯地区33种石油的广泛研究。他们使用有机地球化学方法，根据其源岩并考虑成熟度因素，将这些原油分组。Stoddard等举出了挪威北海埃尔德菲斯克油田几口钻井观察到的地球化学性质急剧变化的良好例证，他们将岩心抽提物的测试结果与RFT（重复地层测试器）压力测井定位的边界联系起来。这项研究给作者们提供一次机会，对照采油屏障的可能位置检验它的地球化学不连续性。Mason等在其对第三纪成藏的北海原油研究中，强调生物降解的作用，讨论了大气降水注入与氧聚集的关系。最后，Aplin和Coleman表明，在一个生产油田的开采期限内， H_2S 产量可能如何变化。应用包含同位素测定在内的地球化学数据，阐明这个在生产过程中可能起作用的具有重要经济意义的机理。

讨 论

本书提供有关学术上和工业应用上油藏地球化学的一份“早期快报”。我们认为，我们可以觉察出地球化学这个新领域日益增长的成熟程度。将来，我们期望看到下述趋势的发展：

(1) 进一步对比生产数据与油藏地球化学作出的预测（例如，对于油藏屏障的预测），这样可使地球化学预测的可靠性得到检验。

(2) 为了确定有效的分组和客观地估量成功率，需要收集较大的数据组及应用高级的统计分析方法。

(3) 加强油藏地球化学与工程或数值模拟学科间的合作，包括增加在地质时代尺度范围内油藏流动量的模拟电子计算机应用。

(4) 发展更为廉价、快速的新型分析方法，特别是有关岩心样品的分析方法（例如热抽提气相色谱法和色谱质谱法、特定化合物同位素分析）。

(5) 对于水—油—矿物相互作用和有机与无机油藏地球化学之间关系的日益增长的兴趣。

(6) 进一步尝试将油藏地球化学与岩石“润湿性”（采油的一项重要因素）联系起来。我们感谢审稿人和作者们为帮助汇编这本书所作的努力。

参 考 文 献

ENGLAND, W. A., MACKENZIE, A. S., MANN, D. M. & QUIGLEY, T. M. 1987. The movement and entrapment of petroleum in the subsurface. *Journal of the Geological Society, London*, 144, 327-347.

KAUFMAN, R. L., AHMED, A. S. & ELSINGER, R. L. 1990. Gas chromatography as developed as a development and production tool for fingerprinting oils from individual reser-

voirs; applications in the Gulf of Mexico. *In 9th Annual Research Conference, Proceedings.* Gulf Coast Section of the Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Foundation, 263 – 282.

SAGE, B. H. & LACEY, W. N. 1939. Gravitational concentration gradients in static columns of hydrocarbon fluids. *Transactions of the American Institute of Mining and Metallurgical Engineers*, 132, 120.

作者单位及通讯地址:

1. B P Exploration Operation Company Ltd. , BPX Technology Provision, Chertsey Road, Sunbury – on – Thames, Middlesex, TW16 7LN, UK.
2. Geochem Group Ltd. , Chester Street, Saltney, Chester CH4 8RD, UK.
3. Present Address: BP – Statoil Alliance, N – 7004, Trondheim, Norway

全面综述和新技术

油藏地球化学：方法、应用与机遇

S.R. Larter 和 A.C. Aplin

摘要 油藏经常包含具有非均质性成分的石油柱、水柱，有时还有气柱，并且可以用地质学上有效的方式加以解释。流体柱中以公里标度的横向成分非均质性指示石油定位成藏方向 (Petroleum emplacement directions)、生物降解油田中的水流方向以及油藏内部流体流动主要屏障的存在。垂向上以 10m 标度的流体柱非均质性表明油藏在垂向上是分隔化的。这些数据可以用来作为油藏描述的手段，因而与油藏评价和开发的很多方面相关。油藏地球化学数据补充了油藏地质学家和工程师掌握的资料，并且在完井之后立即可以以合理的成本得到。

近期大量的工作集中在具有极性的含氮 (N) 和氧 (O) 化合物上，例如喹啉类、咪唑类和酚类。这些化合物彼此间及其与水、岩石矿物之间较为强烈的相互作用，从而可能对石油粘滞性和压力—体积—温度 (pVT) 性质以及储层润湿性产生重要的影响。油藏地球化学与较为传统的石油学科以及油藏工程之间存在着明显的内在联系，这是我们预期今后数年中将会得到发展的。

运移过程中，在相态无变化的情况下，成藏原油的成分反映源岩排出油的组成及其在固态相上吸附作用（特别是极性化合物）产生的变化，或其沿着二次运移途径分配进入孔隙水产生的变化。正如在成藏原油和相关的水中，对选择性化合物相对丰度的测量结果所示，上述变化程度可能是对运移体积的一种直接计量方法，从而也是对运移通道上水、油和岩石相对量的一种直接度量。我们介绍一种简化的平衡模式，可以使我们能够估算运移体积，并且运用某些北海原油的正己烷/苯值，指出这些原油曾在其运移通道中与少于百分之几的水接触。将来的工作应该以运移和成藏石油与岩石和水相互作用定量化为目标，而且应该对运移体积和储层润湿性的控制作用得出一个较为定量化的评价。

从历史上看，在石油工业中有机地球化学头等重要的任务是面向勘探工作。石油地球化学家的主要目标是鉴别（或预测）烃源岩、区域成熟度和生油体积。但是自 1985 年以来，石油地球化学家的研究焦点日益明显地从勘探转向采油和与油藏有关的问题。

石油工业中，无机地球化学的焦点则总是瞄准油层质量，在描述和定量岩石性质方面发挥着重要的作用。在这一点上与沉积学之间存在着明确的联系，并且大部分无机地球化学研究专一地涉及岩石基质，而忽略了油藏流体中包含的地质学和地球化学信息。这正是无论有机的还是无机的“油藏地球化学家们”都试图开拓的领域。

支撑油藏地球化学的一种主要观点认为，在油藏中无论从垂向还是从横向意义上说，流体（水、气、油）的成分经常是非均质性的。油藏地球化学的中心任务是认识这些非均质性的起因，从而将其应用于增强勘探，并且尤其是采油和开发的策略措施（图 1）。油藏地球化学的第二项应用是运用我们的石油化学知识，进而理解石油、岩石和水的相互作用方式及其对石油润湿性、粘滞性的影响方式，以至油藏中诸如焦油席这类特性的形成。虽然油藏地球化学可以作为石油科学的次级学科独立存在，但是将其看作油藏地质学与油藏工程之间的一个环节也是非常有益的。

油藏地球化学应用于：

勘 探

- 从试井原油测定源岩类型和成熟度
- 油田充注点或运移路线的限定有助于确定新的卫星油田的位置和区域性运移路线
- 盆地古水文学或原油蚀变控制因素的评定
- 封闭性评定

评 价

- 流体界面确定
- 油藏连通性确定
- 为投资和利用决策需要，评定油柱质量和历史
- S_w (含水饱和度) 的计算
- 焦油席定位
- 与脱沥青有关的潜在开采问题的鉴别

采油生产

- 屏障 (边界) 定位与输入采油生产模式
- 为评价采油生产计划所进行的生产监测
- 管道漏失评定—混合的采油生产问题
- 注水突进的评定
- 油藏酸化机理

图 1 油藏地球化学的一些应用

本文的双重目的是综述油藏地球化学的当前状况，并讨论新进展与应用。尤其是我们希望指出在石油工业中可能发挥重要作用，但在基本认识和（或）分析技术未予改进前，还不可能加以采用的那些用途。在这方面，油藏地球化学能够并且应该将科学与工程、学术界与工业部门联系起来。

基本原理

尽管本书证实了在当前有关油藏的问题中应用地球化学的兴趣，但是在 1985 年以前几乎没有出版物。一项对于 1951 年—1991 年期间石油工程师学会全部出版物的计算机检索 (SPE Masterdisk 1951—1991) 表明，只有两三份出版物涉及油藏地球化学。一篇最近发表的综述文章“为石油工程意图的油藏表征前景” (Haldorsen 和 Damsleth, 1993) 竟然只字未提流体地球化学。这项重点转移的幕后驱动力始终是由于很多公司朝着更为专事采油生产企业方向发展的结果。

油田充注与混合模式的发展

尽管对于油藏中出现成分非均质性流体的认识已有数十年历史 (Sage 和 Lacey, 1939; Espach 和 Fry, 1951; Schulte, 1980; Slentz, 1981; Larter 等, 1991), 但目前对它的地质解释主要建立在 England 及其合作者的工作基础上 (England 等, 1987; England 和 Mackenzie, 1989; England, 1990)。本文随后概述的油田充注与混含过程的提要中，大都以他们的

工作为基础。

石油最初以最低的孔隙入口压力通过孔隙进入油藏，大都经常与粗颗粒岩性有关。继续运移导致浮压的日益增加，石油向较小孔隙充注以及残余地层水的捕集。如果新生成的石油到达圈闭的一侧，它将如同一系列“波阵面”那样，向圈闭内部推进，从而在横向上和垂向上取代以前生成的石油（England 和 Mackenzie, 1989; England, 1990），并且阻止石油柱的广泛混合。因为石油的物理和化学性质随着成熟度增长而变化（或者在充注过程中，如果第二个油源变得成熟的话），这样造成在油藏充注过程完成时，石油柱存在着横向上和垂向上的成分变化。成分变化也可能由一个石油柱的局部生物降解作用或水洗而引起。

一旦油藏注满，在石油柱逐步建立力学和化学平衡的过程中，密度驱动的混合作用和分子扩散作用力图消除继承性的成分变化。对于液体石油组成变化的混合作用，热对流似乎不是一个重要机理（Horstad 等，1990）。England 和 Mackenzie（1989）建立了对于这些混合机理的时间尺度数量级的估算，他们的基本结论是：

(1) 单个石油柱内，垂向上扩散混合作用在地质学上是快速进行的，导致在 1Ma 时间幅度内以大约 100m 的规模建立重力分异的浓度梯度；

(2) 横向上穿越大油田的石油柱扩散混合作用，在地质学上是缓慢进行的，成分的非均质性可保持数十百万年；

(3) 全油田普遍具有高渗透率（储层质量好，缺乏广泛分布的页岩或碳酸盐岩条带）的情况下，石油柱的密度驱动混合作用在地质学上是快速的（ 10^4 — 10^6 年的时间尺度）；

(4) 全油田广泛具有低渗透率时，密度驱动的混合作用在地质学上是缓慢的。

England 的研究成果的一个重要意义是：在许多实例中，不应排除自油藏充注过程继承下来的横向上的成分梯度。在某些实例中，石油化学成分尚未均匀化，也可能排除横向上的密度梯度，因为很多化学成分可能形成具有相同密度的流体。而且，在单一的石油柱中，力学不稳定性是不可能的；它的出现将表明存在着垂向

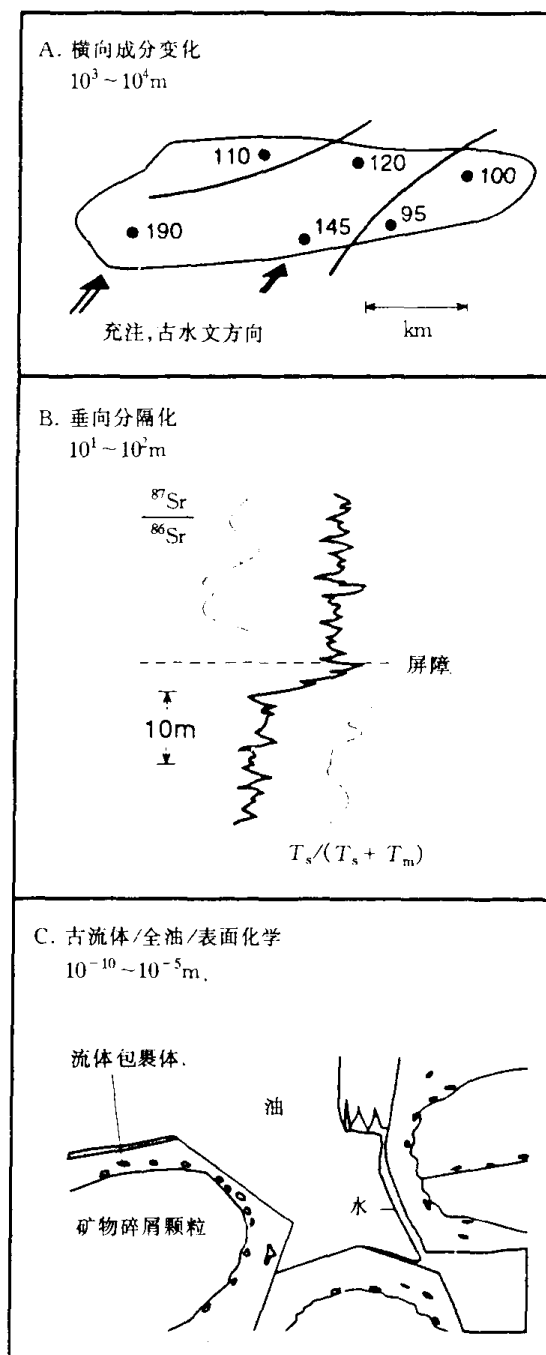


图 2 油藏中出现的成分非均质性尺度

- A—一个油藏中横向上以公里级标度的气油比 (GOR) 或成熟度参数可以指示油气充注方向；
- B—垂向上以几至一百米标度的成分阶梯可能指示隔层屏障；
- C—在储层表面或流体包裹体内部以孔隙至分子级标度的成分变化可能提供有关油藏状态或古流体成分的信息