

第一分册

石油地质 和勘探

石油工业出版社



第十二届
世界石油会议
报告论文集

3

(1)

第十二届世界石油会议 报告论文集

第一分册 石油地质和勘探

胡文海等 译 李昭仁 胡文海 油 工 校

6/2/115

石油工业出版社



B 542947

第十二届世界石油会议
报告论文集

第一分册 石油地质和勘探

胡文海等 译 李昭仁 胡文海 油 工 校

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本17¹/₄印张423千字 印1—1,200

1988年9月北京第1版 1988年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-0176-4/TE·174

定价: 4.40元

出版说明

第十二届世界石油会议于1987年4月在美国休斯顿举行,参加这届大会的有来自71个国家的1723名代表。以中国石油学会理事长侯祥麟为团长的中国石油代表团也前往参加了这次会议。第十二届世界石油会议历时6天,会上宣读论文105篇。本论文集集中的石油地质、地球物理勘探、油气田开发、钻井、地球物理测井和大会专业报告部分由石油部科学技术情报研究所组织有关同志翻译和编辑加工,石油工业出版社出版;石油炼制和石油化工、综合部分由石油化工科学研究院组织翻译,经加工出版社出版。

全部论文按专业分五册出版:

第一分册——石油地质和勘探

第二分册——油气田开发

第三分册——石油炼制和石油化工

第四分册——综合

第五分册——大会专业报告

目 录

成熟度的模拟在油气勘探评价中的新应用.....	(1)
克拉通盆地及其油气聚集的模拟分析.....	(7)
使用烃类运移模型来进行评价.....	(17)
沉积对生油岩特征和原油成分的控制作用.....	(30)
“地学模拟”讨论纪要.....	(44)
对深层油气勘探前景的预测.....	(49)
中国的克拉通盆地和油气聚集.....	(56)
东南极洲阿德利地大陆边缘地质情况及含油前景.....	(70)
北极沉积盆地的地质结构和含油气潜力.....	(75)
“新区的勘探”讨论纪要.....	(96)
地球化学在勘探风险的评价和决策中的作用.....	(99)
“地球化学在勘探风险的评价和决策中的作用”讨论纪要.....	(115)
人机联作解释与三维模拟.....	(118)
三维地震在勘探、评价和油田开发中的应用.....	(124)
用地震描述和监测储集层.....	(133)
非背斜油气圈闭定位技术的进展.....	(144)
“新的先进地震技术还有哪些方面值得研究？”讨论纪要.....	(154)
浊流沉积物中的地层圈闭——获自一个小封闭盆地（意大利北部克雷马盆地）的模型.....	(156)
标定潮汐沉积物的地震地层学响应.....	(173)
在加拿大波弗特海第三纪沉积的构造和相解释中地震地层学的应用.....	(181)
非补偿沉积层序中的地震地层学及石油圈闭的勘探.....	(192)
作为提高构造分辨率辅助手段的三维地震解释.....	(201)
“地震勘探中构造和相的解释”讨论纪要.....	(212)
上游领域的研究和发展战略.....	(216)
“上游领域的研究和发展战略”讨论纪要.....	(227)
关于石油的初次运移.....	(228)
“关于石油的初次运移”讨论纪要.....	(239)
石油勘探的遥感决策系统.....	(241)
“石油勘探的遥感决策系统”讨论纪要.....	(247)
关于烃类生成的一种机械-化学新途径.....	(248)
石油和石油储量的分类和术语系统.....	(261)

成熟度的模拟在油气勘探评价中的新应用

Douglas W. Waples, Platte River Associates, USA.

郭绍笠 译 范丛武 胡文海 校

摘要 在埃及西部沙漠北部,地热史和油源岩成熟度模拟结合测定的成熟度资料,一起被用来估价在已钻穿的深度之下,液态烃稳定保存的概率。研究表明,在该区域内,现代地下温度是近期产生的,而地下的古温度要低的多。由于早期的这种低温条件,使液态烃有可能在现代温度下($>150^{\circ}\text{C}$),本来应以气为主的侏罗系地层中得以保存。

这一地区应用模拟研究的结果表明:在深度小于4,000米的地层中,液态烃保存的概率很高(大约90%)。在4,300米深度保存的概率是43%,而在4,600米保存的概率减少到仅有4%。

一、引言

自1984年夏季以来,在埃及西部沙漠的北部发现了许多石油,重新引起人们对这个地区的强烈关注,因为以前几个主要的石油公司已经定论这个地区没有石油潜力。在西部沙漠地区对侏罗系油气聚集带的开发中,通过生油岩评价、有机相研究、油与生油岩对比、以及成熟度模拟研究等地球化学工作起了重要作用。

在西部沙漠地区,由于两个原因,使成熟度模拟显得尤其重要。

第一,在西部沙漠现代地温体系与早期的地温体系明显不同,因而使人对生油岩的成熟史产生了错误的印象。确定正确的地温历史,对判断生油时间是十分必要的,而生油时间可能是影响运移途径和圈闭的关键因素。

第二,一些侏罗系油藏产出轻质油、凝析油或湿气,这证明有裂解作用存在。在西部沙漠地区,由于气不是一种具经济价值的商品,因此在钻井之前,首先预测勘探目标是油聚集带还是气聚集带是极其重要的。

二、研究的 目的

此项研究具有两个目的:(a)确定西部沙漠北部地区的地温历史(图1);(b)确定液态烃能稳定存在的最大深度。在侏罗系碰到了较高的储层温度(有时超过 150°C),以及某些较深储层中,发现的大量凝析油和湿气,引起人们对于深部地层中液态烃稳定性的关注。

三、方 法

成熟度的模拟是用Waples修改后的Lopatin^[1]法。没有作压实效应的修正。所有的计

算均是用计算机进行的,并将计算的成熟度值(TTI值),按Waples提出的比率,与测得的镜质体反射率值进行对比。

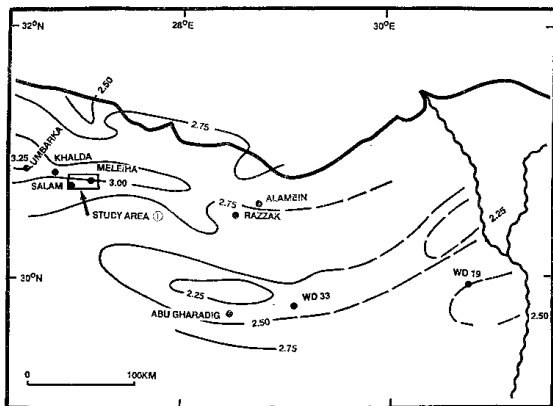


图1 研究区域在埃及西部沙漠北部的位罝。虚线表示尼罗河。黑点表示主要油田。等高线表示地温梯度 $^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ (据Parker)(2)

① 研究地区

四、结果与讨论

在西部沙漠北部地区的一个小范围内,选择了五口井来做成熟度模拟。这五口井中具有下述全部资料:校正后的地下温度、现代地温梯度、各地层顶部的深度和时代,以及侵蚀剥离量的估算等。侵蚀剥离量的分析,以及地层时代和地层顶部深度估算的微小误差,对这一研究不会产生重大影响,因为在这个研究区域内,所有这些参数的不确定性都是很小的。

现代地温值的不肯定性也相对较小。尽管没有地下温度剖面数据,但用校正后的地温值来修正,但在西部沙漠地区,特别是本区内大量的地温梯度资料说明,输入的现代地温梯度数据是十分好的(图1)。用 25°C 的地表温度来模拟大多数地层剖面的地质历史,也显示出是合理的。无论如何也不会对结果产生很大影响。

图2 显示了本研究中一口典型井的埋藏史曲线。五口井中的四口井进行了成熟度程度的分析,包括镜质体反射率(R_o)值,孢粉色度(TAI)测定,热解测定的 T_{max} 值。这些资料的一致性极好,使成熟度程度的测定值与计算值可以进行比较,因而也确定了埋藏史和地热史的模式。

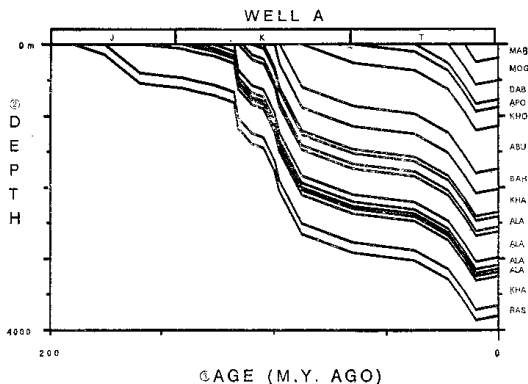


图 2 A井埋藏史曲线

① A井② 深度, 米; ③ 时代, 百万年以前

在现代地温资料基础上计算的成熟度程度值与测量的成熟度程度值, 在每口井中吻合均很不好。由模拟实验计算的成熟度程度值, 大大超过测定值 (图3)。由于地层时代和侵蚀剥离量的不肯定性很小, 因此这一差异可能是由于过高地估计了古地温梯度所致。

然后, 适当修正了地热模型, 以迫使计算值与测定值相吻合。对所有这五口井均进行了相似的修正, 因为它们的地质史和地热史是相似的。在这个研究地区, 现代地温梯度 (超过 $3.2^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) 显著高于西部沙漠地区的地温梯度, 对这一事实的解释是, 现代地温梯度高, 是近期产生的。因此在模型中所用的地热史, 是

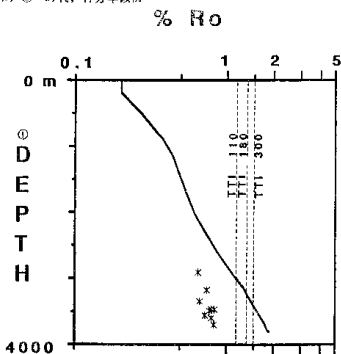


图 3 A井中预测成熟度 (TTI 值由等价的R.值表示) 与深度的关系图。用现代地温梯度 ($3.26^{\circ}\text{C}/100\text{米}$) 来表示各时代的地温梯度。用于对比的一些特殊点代表测定的R.值

① 深度, 米

将古地温梯度值修正到 ($1.97^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)比这一地区现代地温梯度值稍低。通过逐次逼近法, 如果认为现代的地热值是在250万年前建立的, 则测量的成熟度和计算的成熟度之间达到了良好的拟合(图4)。对模型的地热史调整后, 全部五口井中测定的成熟度程度值与计算的成熟度程度值吻合极好。

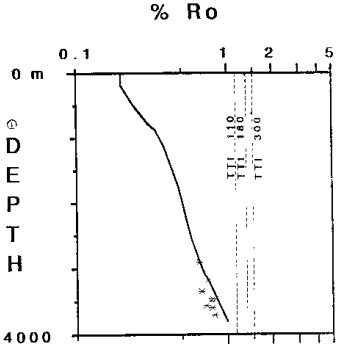


图 4 A井预测的成熟度与深度的关系图。250万年以前的古地温梯度使用 $1.97^{\circ}\text{C}/100\text{米}$, 逐渐变化到现代较高的地温梯度 ($3.26^{\circ}\text{C}/100\text{米}$)。用来对比的一些特殊点表示测定的 R_o 值。与图3比较
① 深度, 米

尽管250万年前地温梯度戏剧性变化的原因仍未搞清, 但是测定的和计算的成熟度值之间充分的拟合可以证明, 计算的成熟度曲线, 能有把握的外推到大于当前已钻穿的深度之下。用每口井最佳的修正模型, 计算了直到5000米深处古生代地层顶部的整个地层剖面的成熟度。然后, 将液态烃保存的概率值应用到中生界剖面的特定深度中。

石油的准确保存界线还不完全清楚。然而, 试验研究已经表明, R_o 值超过1.0%, 裂解作用就可能发生, 但目前还没有一篇裂解作用与成熟度之间可靠的对比文章, 因此, 三个成熟度值被用来描述石油保存的三个不同置信度。 R_o 值为1.15% (相当于 $\text{TTI}=110$), 用来表示石油保存

具有90%的置信度, R_o 值为1.35% ($\text{TTI}=180$), 表示50%的置信度, R_o 值为1.5% ($\text{TTI}=300$), 表示只有10%的置信度。这些值是根据Powell和Snowden的理论及我自己未公开发表的、关于不同成熟度均谱集层中油、气分布的统计结果估算出来的。

例如, 根据上述理由, 在现代 TTI 是300的石油储集层中, 原来储集的石油仍然大量保持为液态烃的概率为10%, 而成为气藏的概率为90%, 而且, 储集层中确实含有的任何液态烃都可能是经过了强烈的裂解。因此, 气/油比和液态烃的API比重值很高, 液体的一部分或全部可能是凝析油。

计算出的每口井的成熟度值列在表1中, 任何深度的保存概率可估算如下: 把 TTI 值110, 180, 300与相应的各个保存概率90%, 50%, 10% 绘在概率纸上, 把这些点连成一条直线, 然后从该图上, 可确定任何 TTI 值的保存概率。用表1中 TTI —深度的关系, 可以把保存概率作为深度的函数绘在概率图纸上 (图5)。

计算的结果列于表2中。在4000米以上石油应当是相当稳定的, 由裂解作用转化成气的仅占总储量的一小部分。在3800米深度, 液态烃保存的概率为99%, 在4000米时减小到90%。4000以下保存概率下降非常快, 尽管在4300米时, 仍有43%的保存概率。在4600米时保存

表 1 模拟井中特定深度下的TTI值

深 度, 米	A	B	C	D	E
3600	53	53	49	30	51
4000	110	110	104	107	109
4300	199	199	193	195	197
4600	365	365	355	359	362
5000	836	836	820	827	832

① PROBABILITY OF OIL PRESERVATION (%)

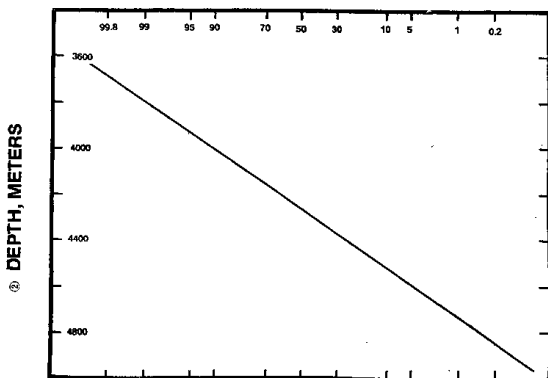


图 5 表示在研究区域内油层埋藏深度与液态烃保存概率的函数关系

① 油的保存概率, %; ② 深度, 米

表 2 模拟井中液态烃的保存概率

深 度, 米	保 存 概 率, %
3600	>99.9
3800	99
4000	90
4100	79
4200	61
4300	43
4400	23
4500	11
4600	4
4800	0.3
5000	<0.01

概率仅有4%，到5000米时就微不足道了（ $<0.01\%$ ）。一个勘探人员在找油时用这些资料能确定遇到气的风险值。

运用这些资料时要注意三个重要问题。第一，我们已选择的是一种比较简单的地热史，并迫使它与测定的数据相拟合。尽管这一温度情况与测定的成熟度资料吻合得非常好，但这种吻合并不能证明，我们设定的地热史确实是正确的。如果这个地热史是不正确的，这一模型对于将成熟度外推至更深的地层仍然是有效的，但它可能造成确定成熟时间上的严重错误。

第二，按此模型预计，油应稳定保存的许多层段中，发现了裂解作用的证据。在2000米深度以上的各层中，经地层测试，经常获得高API比重的液体，色浅，GDR值高。然而，这些资料对于评价原地裂解作用是不重要的，因为全部或大部分烃应该是在更深、更热的储层中或在其垂向运移到现有位置之前的生油层中，就已经裂解了。因此，它们现在的储层位置与其保存状态无关。而且更重要的是在邻近地区3300米以下产出的石油中，仅有较轻的裂解作用，由于这些油在近代肯定没有垂直向下运移过，所以它们的存在告诉我们，至少在3300米深度时，油保存是没有问题的。

最后，储层中油的裂解作用，不只是评价西部沙漠地区深部会遇到油层或气层的唯一问题。生油之后，在深部生成的气，已为该地区储集层准备了大量的气，这些气的一部分将会进入深圈闭，部分地或全部地置换石油，然后置换出的油会再垂直运移。因此，某些深部的储层中，虽然油在热力学上是稳定的，但它们却可能充满了气。

五、小 结

西部沙漠北部地区地温模拟的应用，已经证明，在确定比原先认识的更为复杂的地热史中是有用的。

另外，模拟已被用来预测在尚未钻穿的地层中，液态烃的稳定性问题。因此，在西部沙漠地区勘探中，地球化学模拟，已经有了直接的效益。

参 考 文 献

1. Lopatin, N. V., Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geol, 1971, 3, 95-106.
2. Parker, J. R., 1982. Hydrocarbon habitat of the Western Desert, Egypt, presented at the Egyptian General Petroleum Corporation Sixth Exploration Seminar, Cairo, 7-10 March.
3. Powell, T. G. and Snowden, L. R., Erdöl Kohle, Erdgas, Petrochem. Brennst. - Chem, 1983, 36(4), 163-170.
4. Waples, D. W., AAPG Bull., 1980, 64, 916-926.
5. Waples, D. W., Geochemistry in Petroleum Exploration, IHRDC, Boston, 1985, 135, 139.

克拉通盆地及其油气聚集的模拟分析

Horst J. Neugebauer, Institut für Geophysik, Technische
Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, Johannes
P. Walzebuck, BEB Erdgas und Erdöl GmbH, Germany.

林素珍 译 李昭仁 校

摘要 克拉通盆地的演化受岩石圈长期地热作用支配,由脆性变形和韧性变形控制。盆地区内的构造和成岩记录表明,虽然外部输入的热量有限,但却超过由沉降产生的热。盆地演化过程中的火山活动表明,物质和能量的迁移作用遍及整个岩石圈,并延续于各地质时期。

本文介绍了盆地供热史和岩石圈动力响应两个定量模型。特别描述了物质和热通过侵入方式实现迁移的物理过程,阐述了盆地之下的深部构造、特殊地形和动力热历史,并分析了断层控制的早期地层扩展作用。这种分析表明,断层控制的早期地层扩展作用对盆地沉降所起的作用,不如由各种物源形成的盆地负荷导致长波长下沉(挠曲)作用对盆地沉降所起的作用大。

定量的盆地参数与盆地内储油层砂岩的成岩情况有关。文中展示了北海南部深层含气砂岩的一个实例。成岩状态的时间累积动力特征部分是由热异常控制的。

一、克拉通盆地

克拉通盆地的直径一般为500~1000公里,呈圆形至椭圆形。它可以是狭长线性构造(如北美的中陆构造或北海盆地群)的组成部分。

盆地的历史,正象沉积充填物和基底构造揭示的那样,变化于新生代到古生代之间。虽然地质证据常不充分,但人们还是能找到盆地发育的大体型式:初始为伴生岩浆活动和断层构造的造陆运动,随后为盆地下降和以长波长为特征的盆地上升。

人们推测盆地形成与张应力有关。这意味着盆地形成于强度低、厚度大的脆性地壳层中。这些圆形构造中,断层控制的地层扩展作用是很有限制的。

盆地下的下地壳有一个值得注意的层,该层的地震声速值介于典型地壳与上地幔的声速值之间,重力显示为质量过剩。此现象可解释为因薄层交错而成的地幔和地壳的混合岩性。均衡研究表明盆地发育处于同时均衡状态。

生油成岩作用和烃类成熟作用可提供有关盆地热历史的直接和间接信息。有证据表明,上述两种作用所需的热量超过平而沉降产生的热。根据储油岩的周期性重复成岩层序也可推导出增温时期的存在。不仅如此,看来,盆地演化的热源是可重复的,并带有构造热力特性。

二、地幔热源

在早期隆起作用、幕式火山活动、断层构造作用和克拉通盆地沉降之间的空间关系表

明, 造陆运动和热力作用与岩石圈中早先的物质变化和热力变化有关。因此, 对各种典型盆地的观测可以提供有关各个阶段盆地演化过程的知识。

上莱茵地堑带, 这个极其著名的大陆裂谷构造, 可清楚地说明盆地形成早期的演化问题。图1表示该地堑的结构, 构造和火山活动典型特征的一致性。谷裂前和谷裂时的情况都汇编在图1中, 等高线值为目前地壳-地幔过渡带(转换带)的顶部深度。它们代表下地壳的一个有限范围, 在此范围内, 具有过渡性(转换型)的弹性波速和岩石密度, 并且很可能是一个成层的岩性带。显然, 每一喷发活动(由黑点表示)都与过渡型的下地壳有关。晚白垩世晚期至始新世晚期的火山活动都集中在过渡型下地壳的内壳部分, 见图1。它们是在86~100公里深处形成的, 这可由相应的气压说明。这实质上意味着, 在构造地堑形成之前的5000万年之内, 在一个有限的区域之中, 物质和热的迁移是在整个岩石圈内进行的。在晚始新世晚期到上新世的时期之内, 同构造期火山点向外朝过渡型地壳边界扩展。在那期间, 早期的内火山带在浅处形成了庞大的岩浆喷发体。南部的喷发中心在Kaiserstuhl(在瑞士巴塞州首府以北, 图中以BA表示)和Vogelsberg(在德国法兰克福之北, 图中为F)。这些情况清楚地反映了下地壳过渡带的组成和构造在时间和空间上的演化。地堑形成和边缘沉降似乎是前述动力-热力作用的结果。侧向扩张量(裂口带宽宽)在垂直地堑走向上为2~3公里。

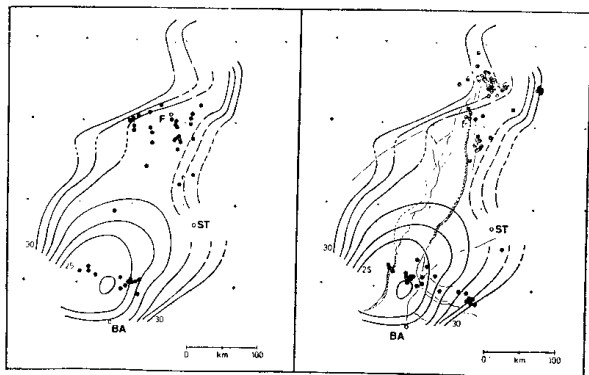


图1 莱茵裂谷区的地壳-地幔过渡带深度和岩浆喷发体

左图-谷裂前; 右图-谷裂时; 黑点-火山喷发活动; 等高线值单位为公里

深成岩浆形成源、下地壳岩性过渡带和地表造陆运动间的上述空间关系是由作为时间函数的物理作用而彼此相互联系的。

岩浆形成表明供热的过剩。岩浆的离析作用和上升作用要求最小的岩浆源空间和最少的可压熔密度逆转量, 而灼热岩浆穿过岩石圈的上涌作用则与岩石圈周围的传导热及其热

膨胀不相上下。地壳的脆性部分起着力学阻挡者的作用，它在侵入体产地的附近中止了岩浆的进一步上升，并继续以铁镁物质的冷却和密度增大。在这些区域内，岩脉控制的火山喷发物是岩石圈内热膨胀产生张应力的结果。

地幔热源在不同深度上有这样不同的形态，是由物质和热能的迁移以及物质物理状态的变化引起的。

岩石圈沿非直线的岩石圈-软流圈界面相对于下伏地幔的板块运动，可很好地解释局限性地幔热源在空间上的稳定性及其在地质时期中的幕式活动。

三、底辟侵入模型

应用现代数字技术可以使参数定量化，这些参数作为时间的函数，决定性地控制着克拉通盆地复合体的过剩热供量。基本机理是岩浆熔融体在岩石圈内侵入上升，并在地壳的脆性-韧性力学过渡带内就位。图2从左至右分别表示假设的结构、深度、采用模型的方案及由机理推导的结论。

小熔岩体的运移可用Navier-Stokes方程描述，此方程包括了热对流、热传导和剪切放热。该定量数字表达式是通过耦合动力热有限元技术取得的。图2中间部分表示小熔岩体从深140公里的过渡带推测上升的四个阶段。岩浆体上升是由 $-0.1\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 的密度逆转引起的，后者正比于岩浆体大小。根据流变学，岩石圈层的粘度随深度变浅而增大，与温度场相对应。热源区的温度达1200°C，所以温度场的等温线距为200°C。

模型计算可用来确定岩浆上升的临界侵入速率，表示岩浆上升时使热岩浆处于熔融状态时所需的最小速率。计算结果是每百万年100公里，或每年100毫米。大密度差（最大可达 $-0.5\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ），或大岩浆体，或岩石圈层绝对粘度低都可使侵入速率达到该值。高于此值，热对流、热传导损耗和剪切生热之间达到平衡。

由于上升速率大，底辟起着瞬时侵入热源 ΔQ 的作用，使下地壳深处产生热流脉动变化 Δq_0 。由于粘度的快速增大，控制了侵入的位置，因而通常导致岩浆体的分化和展平（如图3所示）。岩浆体中止上升后的冷却意味着密度随时间增加 $\Delta\rho$ （参看图2）。侵入产生的干扰热场用 ΔT 表示（参看图2和图4），由图3所示的动力状况引起。温度升高造成影响带的横向和垂向热膨胀，从而产生张应力，发生造陆运动。图4中外界温度设为0°C，增温等高线距为100°C。在这个例子中，与深度相关的地温梯度值是正常值的两倍。

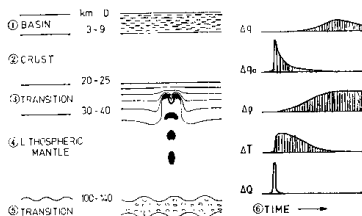


图2 岩石圈中底辟侵入时物质和热能迁移图
 ΔQ —瞬时侵入热源； ΔT —温度变化； $\Delta\rho$ —随时间变化的密度增大； Δq_0 —下地壳的热流脉动变化； Δq —克拉通盆地基底的热流脉动变化

① 盆地；② 地壳；③ 过渡带；④ 岩石圈地幔；⑤ 过渡带；⑥ 时间



Model 5335 / Time Step 210 ①



Model 5335 / Time Step 105 ②



Model 5335 / Time Step 75 ③

图3 下地壳过渡带内小侵入体上升就位的计算模型
在顶部0°C和底部1200°C之间的等温线距为200°C

- ① 模型5335, 时间节距210; ② 模型5335, 时间节距105;
③ 模型5335, 时间节距75

中形成镁铁质和超镁铁质的高密度岩石的薄层。此外,它们还可提供和任何时间、任何岩石圈构造状态无关的过剩热流。



Model 5335 / Time Step 210 / Temperature - Difference ①



Model 5335 / Time Step 105 / Temperature - Difference ②



Model 5335 / Time Step 75 / Temperature - Difference ③

图4 下地壳过渡带小侵入体上升与就位所产生过剩热的计算模型(据图3)

外界温度为0°C, 增温等高线距为100°C

- ① 模型5335, 时间节距210, 温差;
② 模型5335, 时间节距105, 温差;
③ 模型5335, 时间节距75, 温差

下一个关键环节是穿越脆性地壳层的过剩热流 Δq 。以对流或传导,或两者兼有的方式传递。对标准的地壳厚度和热导性来说,上覆盆地基底的热流 Δq 实际上很小,而且比下地壳热流至少滞后2000万年(见图2)。

另一方面, Δq 随时间衰减,这就是说,密度同时增加 $+\Delta\rho$ 。密度增大对于由内部负荷和体积变化引起的盆地持久稳定下降有重要影响。

由于岩浆冷却引起密度变化从而形成的盆地下降和 Δq 过剩热供应之间的关系可能与地壳的各种传热参数有关(图5)。图是热导率相同、壳层厚度不同的供热-沉降曲线,说明盆地的时间滞后变化和过剩热流供应幅度减小。

上述各种发生频率不同、活动源不同的小侵入体将在下地壳

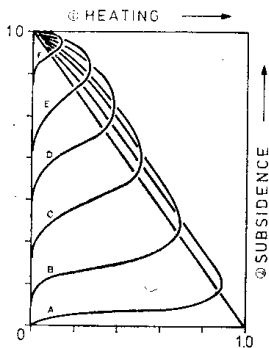


图 5 盆地的供热-沉降(时间)变化曲线图

曲线A—F代表不同地壳厚度时的情况

(曲线A代表薄地壳, 曲线F代表厚地壳); 注意, 地壳较厚时, 时间滞后增加, 过剩热幅度减小;

① 供热 ② 沉降

四、地幔热源对储油岩的影响

下地壳内底辟侵入体模型意味着盆地下降和过剩热流, 两种作用都是评价克拉通盆地和裂谷盆地中油气有利探区的重要输入参数。诸底辟侵入体的形成时期不同和规模大小变化会影响生油岩、储油岩的沉积速率和热历史, 参看图 6。沉积物成岩作用过程中的地球化学反应对热流变化非常敏感, 尤其当它们的反应速率服从于阿雷尼乌斯定律时更是如此。有机质成熟作用即属此例, 还有许多矿物反应也属于这一类。

下面我们讨论地幔过剩热流如何影响储油岩的历史和性质的一个实例。我们选择北海南部的二叠纪含气砂层作为适于本次实验的实例。

1. 确定地热温标的时代

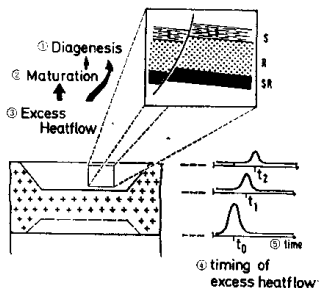


图 6 克拉通盆地内地幔热源提供的过剩热流影响生油岩的烃成熟作用和储油岩的成岩作用

图示实例将在下面讨论; R—二叠系赤底统; S—蔡希斯坦统(镁灰岩统); SR—石灰纪生油岩

① 成岩作用; ② 成熟作用; ③ 过剩热流; ④ 过剩热流产生时代; ⑤ 时间

(1) 观测结果

北海南部的二叠系赤底统气层(沙丘砂)于4000多米深处孔隙度依然很好。但粘土矿物特征上的明显变化也可使气层的渗透性变坏到无经济价值。控制渗透性的因素之一是形成自生矿物伊利石,它使岩石的弯曲度增大,并可堵塞孔隙喉道。对赤底统的油气远景评价来说,最重要的是预测粘土矿物的生成。

成岩的程序很复杂,不过,本文只着重讨论成岩作用的一些最重要的参数,即自生粘土矿物的形成、晶粒与胶结物的溶滤和油气流入。

在总结许多学者的研究成果时,我们发现:赤底统沙丘砂层中的自生伊利石的生长是中生代中期的一种埋藏成岩作用。粘土矿物组合包括高岭石、绿泥石、伊利石/蒙脱石(I/S)和纯伊利石。大量的I/S可能利用了早期成岩的I/S型晶粒外衣作为生长核。蒙脱石向伊利石的转化已达到非常完全的程度,有序I/S互层中有80%是伊利石。众所周知,蒙脱石向伊利石转化取决于温度;在泥质沉积物中,其起始转化温度为50°C,转化非常完全的温度是100°C左右。可以设想,赤底统沙丘砂中有序I/S所达到的极其完全的形成程度,说明温度已升高到100°C左右。

蒙脱石向伊利石转变需要钾离子,而钾离子的可能来源为似乎被大量溶滤的钾长石。晶粒和胶结物的溶滤作用(如长石和碳酸盐)在赤底统中是一种极为普遍的特征。根据显微镜分析,溶滤作用可发生在伊利石生长之前、同时和之后。如果说,溶滤作用能大大提高孔洞式岩石孔隙度的话,那就需要一个畅通的成岩体系,从而可使大量侵入的地层水流过岩石并带走溶滤物。

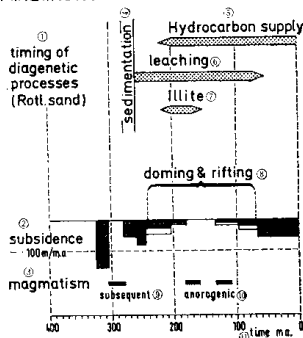


图7 确定北海南部模拟区赤底统的沉降速率、岩浆作用和成岩作用时代的综合图

- ① 确定成岩作用时代(赤底统砂层); ② 沉降速率(每万年一米); ③ 岩浆活动; ④ 沉积作用; ⑤ 油气形成聚集作用; ⑥ 溶滤作用; ⑦ 伊利石形成作用; ⑧ 穹隆形成作用和裂谷形成作用; ⑨ 连续发生的岩浆活动; ⑩ 非造山岩浆活动; ⑪ 时间, 百万年

必须在大致恢复出成岩次序的基础上才能确定出油气聚集的时间。这种次序是, 油气排出层系内的孔隙水和反应物, 因而可使后继的成岩作用减弱。油气开始从石炭纪生油岩流入赤底统是和伊利石的生成同时发生的。有些地区可以找到证据, 证实油气直到现在还在继续聚集。

(2) 确定成岩层序的时代

我们有幸可从两方面利用伊利石: 一方面, 我们可把伊利石看作是一种古地温热标; 另一方面, 又可用K/Ar年代测定法来确定它的生成时代。必须仔细地解释K/Ar年代测定法的测量结果, 因为碎屑和自生粘土的混合物会使读数偏高。自生伊利石的K/Ar年代取决于伊利石相对于

气-水界面的位置。年代测定结果变化于距今10000~22500万年之间。考虑到上面提