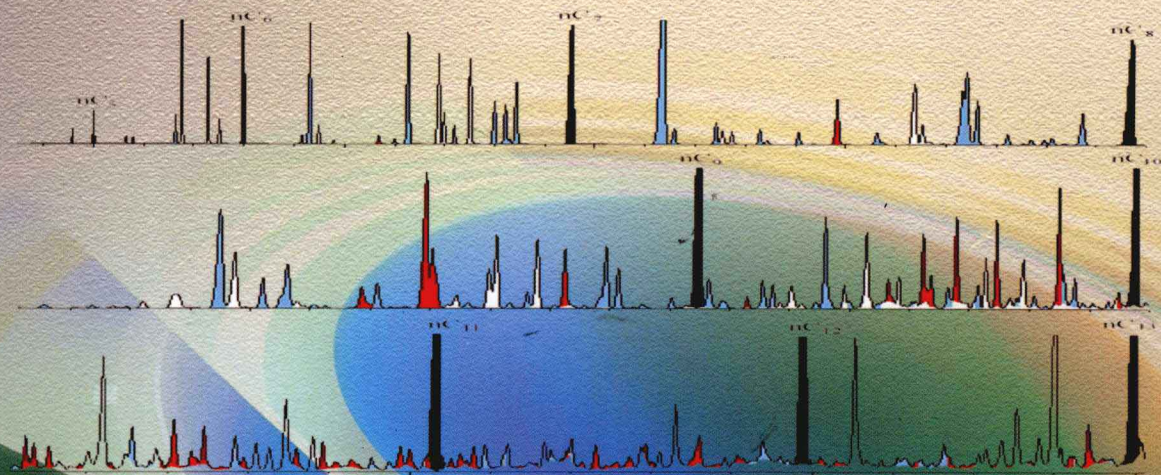




中国石油天然气集团公司 油气地球化学重点实验室文集

第四集 ● 2005—2006 年

油气地球化学重点实验室学术委员会 编



石油工业出版社

中国石油天然气集团公司

油气地球化学重点实验室文集

第四集·2005—2006 年

油气地球化学重点实验室学术委员会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本论文集共收录中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室在 2005—2006 年期间公开发表的 44 篇优秀论文。重点内容紧紧围绕着塔里木、四川及我国南方的海相油气勘探实际,对海相烃源岩发育的控制因素、成藏特征、油气地球化学性质与成因、TSR 反应等问题进行了深入探讨;也包括包裹体研究、轻烃、生物标志物、碳同位素、模拟实验及化学动力学模拟等实验室分析技术方面的成果。

本书可供从事油气地球化学研究的科研人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室文集.

第四集·2005—2006 年./油气地球化学重点实验室学术委员会编.

北京:石油工业出版社,2012.3

ISBN 978-7-5021-7580-1

I. 中…

II. 油…

III. 油气勘探:地球化学勘探-文集

IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 236575 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523543 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:24

字数:610 千字 印数:1—1000 册

定价:98.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

中国石油天然气集团公司
油气地球化学重点实验室学术委员会

主 任：戴金星

副主任：梁狄刚 王铁冠

委 员：陈建平 冯子辉 黄海平 彭平安 孙永革

张水昌 钟宁宁 Maowen Li Keyu Liu

Yongchun Tang Simon George Andrew Pepper

前 言

中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室文集,已经出版了三期。本册共收入实验室科技工作者 2005—2006 年公开发表的 44 篇论文,反映了近两年来实验室的主要研究成果。

论文集中黄第藩、梁狄刚教授的两篇论文曾在 2005 年第十届全国有机地球化学学术会议上作过大会报告。其中与无机生油论商榷的文章,曾经引发了热烈的争论;关于高、过成熟区海相油源对比的文章,也对以往的对比指标和结果提出了质疑。我们认为:百家争鸣的学术空气对油气地球化学学科的发展十分重要。

本论文集有以下三个特点:

(1)海相克拉通盆地烃源岩和油气地球化学研究的文章占有相当的分量,紧紧围绕着塔里木、四川及我国南方的海相油气勘探实际,对海相烃源岩发育的控制因素、成藏特征、油气地球化学性质与成因、TSR 反应等问题进行了深入探讨,为我国海相油气地质理论的建立添砖加瓦。这方面的研究,实验室还将继续下去。

(2)实验室分析技术的文章有一定比例。分析实验技术的创新是实验室发展的基础。前处理方法、包裹体研究、轻烃、生物标志物、碳同位素、模拟实验及化学动力学模拟等方面的成果,在本论文集中都有反映。

(3)实验室青年地球化学家的文章脱颖而出,占有重要地位。近两年,重点实验室培养了一批硕士、博士和博士后研究生,他们紧紧围绕我国油气勘探中出现的地球化学问题,在各大杂志上发表了一批优秀论文,在生物气、深盆气、稠油降解、TSR 反应对储层发育的作用以及酒西盆地、济阳拗陷陆相烃源岩的研究等方面,作出了成绩。

我们希望,两年一集的油气地球化学重点实验室论文集,能够记录下实验室的成长脚步,水平不断提高,越出越好!

中国石油天然气集团公司

油气地球化学重点实验室学术委员会

目 录

油气勘探中的辩证思维

- 纪念地学哲学委员会成立 20 周年 梁狄刚(1)
- 中国南方高、过成熟区海相油源对比问题 梁狄刚 陈建平(7)
- 关于油气勘探中石油生成的理论基础问题
- 与无机生油论者商榷 黄第藩 梁狄刚(25)
- 生物气研究新进展与勘探策略 张水昌 赵文智 李先奇等(38)
- 中国海相烃源岩发育控制因素 张水昌 张宝民 边立曾等(47)
- 中国海相油气成藏特征与富集主控因素 张水昌 汪泽成(59)
- 四川盆地普光大型气田 H_2S 及优质储层形成机理探讨
- 读马永生教授的“四川盆地普光大型气田的发现与勘探启示”有感
- 张水昌 朱光有 梁英波(67)
- 塔里木盆地寒武纪—奥陶纪优质烃源岩沉积与古环境变化的关系:碳氧同位素新证据
- 张水昌 R. L. WANG 金之钧等(74)
- 四川盆地海相天然气富集成藏特征与勘探潜力 张水昌 朱光有(83)
- 中国西北侏罗纪煤系显微组分生烃潜力、产物地球化学特征及其意义
- 陈建平 邓春萍 王汇彤等(93)
- 中国西北侏罗纪煤系显微组分热解油生物标志物特征及其意义
- 陈建平 邓春萍 王汇彤等(100)
- 煤系烃源岩不同极性溶剂抽提物生物标志物特征 陈建平 邓春萍 王汇彤(110)
- 华北地台早二叠世太原组和山西组煤沉积模式与生烃关系研究
- 程克明 熊 英 马立元等(118)
- 江汉盆地原油轻烃的地球化学特征 王培荣 张大江 肖廷荣等(126)
- 海黍子马尾藻(*Sargassum muticum*)中甾醇类化合物的研究
- 王培荣 徐冠军 边立曾等(131)
- 煤系烃源岩不同极性溶剂抽提物基本地球化学特征
- 邓春萍 王汇彤 陈建平等(140)
- 含油气盆地包裹体研究中存在的问题 米敬奎 戴金星 张水昌(147)
- 深盆气藏形成机理实验模拟 米敬奎 张水昌 李新虎(153)
- 哈得逊油田成藏研究 米敬奎 张水昌 涂建琪等(158)
- 复合生烃系统
- 陆相断陷盆地烃源岩评价和油气预测的重要概念
- 朱光有 金 强 戴金星等(166)
- 硫酸盐热化学还原反应对烃类的蚀变作用 朱光有 张水昌 梁英波等(174)

川东北飞仙关组 H ₂ S 的分布与古环境的关系	朱光有	张水昌	梁英波(181)
东营凹陷湖相烃源岩 TOC 与 Sr 的正相关性及其原因	朱光有	金 强	张水昌等(188)
济阳拗陷生烃洼陷的成因类型及生烃潜力比较	朱光有	金 强	张水昌等(199)
川东北地区飞仙关组高含 H ₂ S 天然气 TSR 成因的同位素证据	朱光有	张水昌	梁英波等(205)
TSR 对深部碳酸盐岩储层的溶蚀改造			
——四川盆地深部碳酸盐岩优质储层形成的重要方式	朱光有	张水昌	梁英波等(217)
天然气中高含 H ₂ S 的成因及其预测	朱光有	张水昌	梁英波等(231)
惠民断陷湖盆演化过程与油气生成	朱光有	金 强	张水昌等(237)
四川盆地天然气特征及气源	朱光有	张水昌	梁英波等(244)
车镇凹陷古近系沙河街组生烃系统研究	朱光有	金 强	张水昌等(261)
四川盆地深部海相优质储集层的形成机理及其分布预测	朱光有	张水昌	梁英波(267)
川东北飞仙关组高含 H ₂ S 气藏特征与 TSR 对烃类的消耗作用	朱光有	张水昌	梁英波等(275)
稠油降解气的特征与识别及其勘探潜力	朱光有	赵文智	张水昌等(284)
TSR(H ₂ S)对石油天然气工业的积极性研究			
——H ₂ S 的形成过程促进储层次生孔隙的发育	朱光有	张水昌	马永生等(292)
四川盆地 H ₂ S 的硫同位素组成及其成因探讨	朱光有	张水昌	梁英波等(301)
四川盆地高含 H ₂ S 天然气的分布与 TSR 成因证据	朱光有	张水昌	梁英波等(313)
四川盆地威远大气田硫化氢的成因及其证据	朱光有	张水昌	梁英波等(326)
酒西拗陷下白垩统新油源层研究	熊 英	程克明	马立元(338)
酒西拗陷下白垩统湖相碳酸盐岩生烃研究	熊 英	程克明	马立元(345)
乙烷稳定碳同位素动力学模拟及地质应用	帅燕华	邹艳荣	彭平安等(352)
生物成因天然气勘探前景初步分析	帅燕华	张水昌	苏爱国等(358)
塔里木盆地东南地区若参 1 井天然气成因初探	张 斌	肖中尧	吴 英等(364)
生烃化学动力学在川东北普光气田的应用	赵 喆	钟宁宁	李艳霞等(369)

油气勘探中的辩证思维^①

——纪念地学哲学委员会成立 20 周年

梁狄刚

(中国石油天然气集团公司咨询中心)

地学哲学委员会成立 20 周年了! 20 年来,地学哲学委员会为自然辩证法在中国地学界的应用和发展,做了大量卓有成效的工作,理论收获十分丰富,研究队伍逐步扩大,为我国全面建设小康社会作出了重要贡献!

同所有矿产的勘探一样,油气勘探是一个不断探索未知世界的过程,是一个依据石油地质学原理,利用已知的地质信息,不断探索、寻找、发现未知油气田的过程,是一个“利用已知信息推断未知结论”的过程;不同的是,石油和天然气埋藏在地下几千米深处,又会流动,看不见,摸不着,这种探索可能成功,也可能失败(从世界平均石油预探井成功率只有 30% ~ 40% 来看,失败的几率不小);探索的时间可能很长,也可以很短;新区勘探可能一举突破,也可能迂回曲折,走很多弯路;其中,勘探家的主观思维是否符合客观地质实际,起着决定性的作用。当然,即使勘探思路正确,如果勘探技术水平达不到,面对很有希望的目标,也只能“望油兴叹”,但是技术难关一旦攻克,油田就能找到;而勘探家的主观思维如果与客观地质实际不相符合,判断和决策不正确,即使勘探技术再高,也还是找不到油气田。可见,辩证思维在油气勘探中的确具有头等重要的作用。

我国石油地质界历来十分重视辩证唯物论在油气勘探开发中的重要指导作用。早在 20 世纪中叶大庆油田发现初期,就大力提倡以《实践论》和《矛盾论》为指导,武装广大技术人员的头脑。当时规定了每一口石油探井必须取全取准 20 项资料、72 项数据的严格要求,充分反映出油气勘探工作十分尊重客观实际、“实践第一”的指导思想。20 世纪末出版的《中国油气勘探》四卷专著(邱中建、龚再生主编,石油工业出版社/地质出版社,1999 年 9 月),以各油田十分丰富、生动、具体的勘探实例,阐述了辩证思维在我国油气田发现中所起的重要作用,从中可以看出,半个多世纪以来的中国油气勘探史,就是一部我国石油地质工作者不断掌握辩证唯物论,不断探索地下油气奥秘,不断取得辉煌成就的历史。

早在四十多年前,毛泽东同志就要求我们:“让哲学从哲学家的课堂上和书本里解放出来,变为群众手里的尖锐武器”。这也是我们地学哲学工作者的责任。

下面,我就油气勘探中辩证思维的几个问题,抛砖引玉,谈点看法。

1 究竟是先有理论,还是先有大油田? ——关于理论与实践的关系

在编写《中国油气勘探》一书,总结我国油气勘探经验时,有同志提出的第一条经验是:

① 原载《西部油气勘探》,2006 年 10 月,(50):1~6。

“石油地质理论的重大突破,指导了我国陆相大油气田的发现”,并举例说,陆相生油理论指导了大庆油田的发现;复式油气聚集区理论指导了渤海湾油气富集区的发现,等等;换句话说,是先有理论,后有大油田。乍看起来,这种提法好像不错,仔细分析,则与事实不尽相符。大庆油田是1959年发现的,试问那时我国可曾有称得上“理论”的“陆相生油理论”?没有!少数几篇地质文献,也只说到陆相湖盆可以生成石油的程度,至于什么样的古湖可以生油?能否形成大油田?主要油田位于古湖盆的什么位置?受什么控制?这些问题,当时都没有现成理论可以回答。大庆油田发现前后,出现过一本《内陆潮湿坳陷》的研究报告,说的是我国西北内陆古湖盆可以生油;而松辽盆地则地处东部,属近海古湖盆,也不相干。正是由于大庆油田的发现,陆相湖盆可以形成特大型油田的认识、湖相生油岩的丰度指标、生油母质与热演化机理、生油凹陷控制油田分布的源控论、湖盆三角洲砂体和油砂体储集的概念、二级构造带和生储盖组合控油的认识才逐步建立起来,系统的陆相生油理论才得以建立。

同样的,渤海湾盆地油气勘探刚一上手时,地质条件十分复杂,有多套生油层,多个相对独立的生油凹陷,多方向、多类型的储集体,有非常复杂、“一个盘子摔在地上再踏上一脚”的断裂系统,有多种类型的圈闭,有油气分布贫富极其不均的二级断裂构造带,以致勘探工作经常处在迷雾之中,出现“油气层忽有忽无,忽油忽水,油井产量忽高忽低,油层忽厚忽薄,原油性质忽稀忽稠”的所谓“五忽”现象。那时也并没有什么“复式油气聚集区理论”,要评价一个二级构造带,往往要耗费过多的工作量和很长的时间,局部地区甚至探井比开发井还要多。只是经过反复实践,反复认识,大量总结成功与失败的经验,才逐步从必然王国走向自由王国,逐步建立起“多套生油层,多种储集体,多种断块构造圈闭,不同含油层系叠加连片,形成多种复合类型油气藏”的复合油气聚集区理论;在它的指导下,在断陷盆地的断裂构造带、斜坡带、凹陷带、岩性变化带、湖盆三角洲和水上扇发育带、潜山带上都找到了大量油田,使渤海湾盆地达到年产油 $6000 \times 10^4 \text{t}$ 以上的高峰。

松辽和渤海湾盆地的油气勘探史都说明,不是先有理论,后有油田,而是先有油田的发现和实践,然后形成理论,发展理论。正因如此,《中国油气勘探》一书总结的第一条经验,就改为“实践是认识的基础,实践是推动理论发展的源泉”。这样说,不是要贬低石油地质理论的作用,因为理论一旦形成,又反过来指导我们更多更快地发现油气田。这样说,只是如实地反映勘探史的本来面目,如实反映理论来源于实践,理论对实践的依赖关系。从这个意义上说:“实践第一”。

2 “首先发现油气田的地方是在人们的大脑中”是否唯心论?——理性认识指导实践的能动作用

“首先发现油气田的地方是在人们的大脑中”,这是美国石油勘探家 E. P. Wallace 的一句名言;接下来的是:“尚未发现的油气田作为一个思想存在于找油者的脑海中。当任何人都认为再没有未发现的油气田时,就不会有新的油气田发现”。另一位美国石油地质家也说过:“我们并不会创造石油和天然气。我们创造的是一些想法,而这些想法使得石油和天然气得以发现和开发。我们从已知信息中推出了结论”。把这些话连贯起来,含义是明白无误的——找油要先有设想,先有思路,先有未知油藏的可能模式;而显然不会被理解为他们宣扬“脑子里有油就有油”的唯心论。去年6月,在地学哲学委员会召开的“创新思维与地球科学前沿问题研讨会”上,王恒礼教授强调“要在头脑中找矿藏”也是这个意思,也是强调找矿要

立足于地质事实和规律,形成新的思路,要有创新思维;他也并未被误解为唯心论。但是,在十多年前当这句话刚刚传入中国时,确有这样的误解。

找油是探索未知事物,地质家头脑里当然要先有设想、思路、方案、模式,并且往往不是一个,而是多个。说它不是唯心论,一是这些设想、思路、方案、模式不是从天上掉下来的,也不是地质家头脑里固有的,而是依据从实践中得到的“已知信息”即“地质事实”,经过去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里的加工、制作、上升而成的理性认识;二是这些设想、思路、方案、模式是否正确,还是没有被证明的(所以“脑子里有油不一定就有油”)。只有当它付诸实践、找到油田之后,这些设想达到了预期目的,这时,“在人们大脑中首先发现的油气”才能变为现实中的油气田;三是这里强调了认识的能动作用:如果地质家的脑子里一开始就认为这里不可能有油田,当然也就不会有找油的设想、思路、方案、模式,不会在这里下力气找油,也就不可能发现新油气田。从这个意义上说:“脑子里有油不一定有油”,而“脑子里没有油就一定找不到油”。

所以,一个盆地,一个地区,只要石油地质条件基本具备,就要求地质家“脑子里有油”,不断涌现出各种设想、思路、方案、模式,不断涌现创新思维,并且能动地接受实践检验,加以修正、补充和发展,总有一天会找到油;如果“脑子里没有油”,没有设想、思路、方案、模式,匆匆忙忙下否定结论,这样的被动地质家就永远也找不到油。

3 为什么新区勘探中“歪打正着”的情况屡见不鲜?——关于实践与认识的多次反复

在新区勘探初期,许多重大发现都是“歪打正着”。任丘古潜山大油田的发现井任4井,设计目的层是古近系,结果却在中—新元古界白云岩中发现了大油田。济阳拗陷胜坨大油田,原来的勘探目的层是沙三段,结果是在沙二段发现了主力高产油层。准噶尔盆地腹部石西油田的发现井石西1井,设计目的层是中生界和二叠系,结果二叠系缺失,却在石炭系火山岩中发现了基岩油藏。塔里木盆地轮南油田的发现井轮南1井,设计目的层是石炭—二叠系“可疑礁”,结果石炭—二叠系缺失,却在三叠系砂岩中发现了主力油层,还在奥陶系潜山灰岩中获得了工业稠油,如此等等。

新区发现的“歪打正着”,说明人们对原定目的层的设想不符合客观实际,错了。这是因为人们的认识受新区缺少资料和勘探实践的限制,受新油层尚未充分暴露的限制,受当时技术条件的限制;在这些限制下,“原定的思想、理论、计划、方案,毫无改变地实现出来的事,是很少的”,“思想落后于实际的事是常有的”(《实践论》)。问题是,在原定目的层失利情况下能够“歪打正着”,有两个条件:一是客观上新油层确有圈闭和成藏条件;二是主观上当实践中出现前所未料的情况时,能够不僵守原定目的层,“随机应变”,不放过一点点油气显示,及时发现新油层,及时测试,做到“有目的层而不唯目的层”。有人说:“这种说法正暴露出地质家心中无数”,这是坐在书斋里没干过勘探的人说的话。殊不知,人的认识只能来源于实践,并且不可能一次完成。在一个新区,实践—认识—再实践—再认识,要反复多次,循环往复,才能逐步接近客观实际,达到主观与客观、认识与实践的基本统一。“有目的层”,正说明地质家“心中有数”;而“不唯目的层”,就是承认我们的认识不可能一次完成,当客观实际发生变化时,主观认识也要能动地随之发生转变,向前推进。

4 一个因井喷而发现的大油气田——油气发现的偶然性与必然性

我国有些油气田的发现带有很大的偶然性。塔里木盆地西南部的柯克亚油气田,是20世纪70年代发现的,发现井柯参1井原定目的层是海相古近系,这口井在陆相新近系西河甫组钻进时,在3783.1m发生严重卡钻,在处理事故中发生强烈井喷,失控31天,日产凝析油1300m³、天然气260×10⁴m³。接着钻探的柯9、柯10井同样在新近系发生井喷,从而发现了柯克亚大型凝析油气田。

柯参1井在卡钻前并未发现任何油气显示,柯克亚气田是因为处理卡钻、发生井喷而偶然发现的。但是,偶然之中有必然。必然性表现在:(1)塔西南坳陷有石炭—二叠系、侏罗系、上白垩统一古近系三套烃源层,成熟度达到了生油、生气的阶段;(2)新近系中新统发育好的砂岩储层和泥岩盖层;(3)昆仑山前第一排构造上发现了大量液体油苗、地蜡和油砂,柯克亚构造位于埋藏更深的第二排构造上,保存条件更好,地面构造与地下构造高点也基本符合;这些条件才是本质的东西,说明塔西南坳陷油气资源比较丰富,突破口选点正确,柯克亚油气田的发现是必然的;即使不发生井喷,迟早也会被发现,只不过时间可能推迟罢了,这是必然性。漏掉油气显示和发生井喷则是偶然性。因为当时还不具备识别轻质油气的手段和经验,所以漏掉了油气显示,以后配备了高倍率荧光灯,就解决了;发生井喷则是对山前带异常高压缺乏认识和思想准备,以后加强了井筒压力预测,也解决了。这些都不是油气田发现的必然。柯克亚构造和塔西南坳陷有油有气才是必然,这种必然性通过偶然井喷为自己开路,表现出来。可见,偶然背后隐藏着必然,人们正是通过偶然而发现必然。

5 一个老油区从大迂回到大突破的启示——关于“否定之否定”

我国许多含油气盆地都走过迂回曲折的勘探历程,其中鄂尔多斯盆地长达半个多世纪从大迂回到大突破的历程,特别有启发。1907年,盆地东部打出了中国陆上第一口油井——陕北延1井;1934年,首先在盆地东部三叠系发现了中国第一个油田——延长油矿。新中国成立以后,由于三叠系砂岩低渗透(当时形容为“磨刀石”、“破棉袄”、“井井见油,井井不流”、“鸡肋”),鄂尔多斯的勘探工作经历了1955年向西主攻西缘断褶带侏罗系——1964年向北探索乌兰格尔长垣二叠系——1970年向南发现陇东侏罗系马岭油田——1983年又回师向东,终于发现安塞三叠系大油田的“大迂回”过程。勘探目的层从三叠系→侏罗系→三叠系;勘探对象从背斜油藏→古地貌河道砂岩油藏→内陆湖盆三角洲岩性油藏,终于取得重大突破,探明了储量为7亿多吨的志靖—安塞油田群,使全盆地石油年产量从1985年的160×10⁴t上升到2002年以后的1000多万吨。半个世纪前从东部三叠系向西转移,这是第一次否定;绕了一大圈,最后又回到东部,在三叠系取得重大突破,这是第二次否定。这绝不是简单的重复,而是“否定之否定”,“螺旋式上升”,因为比起新中国成立初期,对付三叠系低渗透油层的勘探开发技术已经有了质的飞跃,湖盆三角洲的成藏模式也已建立;更重要的是,鄂尔多斯的地质家自觉按照唯物辩证法的“否定之否定”规律,提出了“重新认识盆地,重新认识低渗透,重新认识自己”的“三个重新认识”,勘探思路不断更新,勘探目的层和对象不断转移,勘探技术不断进步。其结果,东部还是东部,三叠系还是三叠系,低渗透还是低渗透,一经重新认识(否定自己),再加技术进步,大油田就找到了!

当然,技术进步需要时间和积累,而认识的能动作用则可加快;如果再早一点,鄂尔多斯盆地从大迂回到大突破的过程还应当缩短。

6 正确处理好油气勘探中的几对矛盾、几个关系

6.1 普遍性与特殊性

一个盆地的油气勘探,当然要用石油地质学的一般(普遍)规律来指导。不同类型的含油气盆地(克拉通盆地、裂谷盆地、前陆盆地)也都各有自己油气分布的一般(普遍)规律,应当研究掌握,以作借鉴,以便类比,拿来指导本盆地的勘探。但是,世界上没有完全相同的含油气盆地,也没有完全相同的油气田,因此,在一个盆地进行工作、寻找油气时,不但要研究它的一般规律,更重要的是要掌握它的特殊性、特殊矛盾、特殊规律,因为“这是构成一事物区别于其他事物的特殊的本质,是世界上诸种事物所以有千差万别的内在的原因”(《矛盾论》)。例如,中国大陆上的塔里木、鄂尔多斯、四川盆地同属古生代克拉通盆地,为什么只在塔里木一个盆地找到了古生代海相成因的工业性油田,而在其他两个盆地只有海相天然气田,没有油田?为什么塔里木盆地古老的海相古生界以油为主,年轻的陆相中—新生界却是以气为主,而鄂尔多斯盆地则相反,陆相中生界找油,海相古生界找气?又例如,同属所谓“中亚煤成气聚集域”的库车、吐哈、焉耆、准噶尔几个相邻盆地,又都有侏罗纪煤系烃源岩,为什么只有库车坳陷以气为主,其他几个都是以油为主?显然,这是由盆地演化和油气生成的特殊性所决定的,需要具体情况具体分析。

强调研究一个盆地、一个构造带、一个油气田的特殊性、特殊矛盾、特殊规律,不是要否定普遍规律、一般规律的指导作用,而恰恰是通过特殊规律的研究,检验、丰富、补充和发展一般规律,因为普遍性即寓于特殊性之中。正因如此,外国油公司让他们的地质家不断调换工作地区,尽可能多跑几个世界含油气盆地,脑子里多装几种盆地、几个油田的模式,以便从特殊到一般,进行概括,丰富他们对普遍规律的认识。

6.2 局部与全局

油气勘探的目标性很强,地质家的目光往往集中在一个构造带、一个靶区、一个圈闭的局部上,而忽视全盆地区域地质的不断研究和区域甩开勘探。其结果,往往是得手了不明确向哪里展开,失利了不明确下一个目标在哪里。可见,全局性的区域地质研究和区域勘探在盆地油气勘探的全过程都不可放松。

正确处理局部与全局,可以决定我们的战略,使我们的头脑保持清醒。举一个例:塔里木全盆地的石油资源量有 $107 \times 10^8 \text{t}$,看似不少,但是分配到 $56 \times 10^4 \text{km}^2$ 面积上,每平方公里只有 $1.9 \times 10^4 \text{t}$,资源丰度很低,甚至远低于吐哈盆地($4.5 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$),总体是很贫的;而如果集中在几个局部构造带上,那就很富。这就决定了塔里木盆地的油气勘探一定要立足于找富集带,找大油田,而舍掉那些分散的、小的目标。“大中小并举”在塔里木并不适用。

“事物不是铁板一块”,这种说法客观反映出局部与整体的辩证关系。鄂尔多斯盆地三叠系砂岩在总体上是低渗透,但在局部地区会有相对高渗透的部分,“低中有高,差中有好”。同样的,塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩储层总体上极不均质,但在局部地区会有相对比较均质的洞缝发育带。地质家正是坚信“事物不是铁板一块”,才会下大力气去寻找这样的优质储层发育区,即高产区。

6.3 成功与失败

如前所述,全世界油气预探井的成功率一般只有 30% ~ 40%,地质家失败的几率大于成

功的几率。但是,发现井的成功往往掩盖了落空井的失败。人们往往津津乐道发现井的成果、经验和伟大意义,却不大乐意认真总结落空井的原因和教训。说起一口井为什么落空,往往是“缺乏油源”、“储层不好”或是“构造不落实”,三言两语,一带而过,因为失败总是件令人不愉快的事。很少有人去深究一下:在定井位时会认为这口井缺乏油源、或储层不好、或构造不落实吗?显然不会。那么究竟问题出在哪里?落空井和发现井一样,都会提供大量宝贵的地质信息。“失败是成功之母”,说的是失败中孕育着成功的因素,今天的失败孕育着明天的成功。失败在一定条件下会向成功转化,条件就是充分利用落空井的宝贵信息,分析出失败的原因,引申出走向成功的方向。“吃一堑,长一智”也是有条件的,条件就是认真汲取“吃一堑”的教训。从这个意义上说,“勘探没有失败”、“探井没有空井”也是有条件的,条件就是认真分析一口口失利井,从中引出有用的东西,使之向油井转化。这一点往往很难做到,却非做不可。勘探家不但要善于总结正面的成功经验,更要善于认真总结反面的失败教训,使失败向成功转化。

6.4 有利条件与不利条件

在油气勘探中,在对一个新领域、一个新区带、一个新目标论证时,人们往往更多地注意到它的有利条件,而不太看重或容易忽略它的不利条件。这是可以理解的。一位美国石油地质家说过:“勘探家是尽自己的努力去研究油气田存在的原因(条件),而非勘探家则是尽自己的努力去研究油气田不存在的原因(条件)”。换句话说,在战略上,成功的勘探家永远是“脑子里有油”的乐观主义者,是进攻型的积极进取者;而失败的勘探家则是“脑子里没有油”的悲观主义者,是退却型的消极保守者。但是在战术上,具体到每一个区带和目标评价,则既要看到它的有利条件,又要注意到它的不利条件,特别是那些关键性的、致命的、“一票否决”的不利条件,以便把勘探风险和决策失误降低到最小程度,避免“一着不慎,满盘皆输”。总之,“战略上蔑视,战术上重视”,在分析不利条件时,我们应取这种态度。

6.5 从解释世界到改造世界

在新区勘探中,因为实践经验尚少,资料不多,油气分布的客观规律尚未充分暴露出来,人们得出的认识和概念往往是初步的、不完全的、非本质的,往往带有描述性,停留在解释世界的阶段;这是因为人的认识只能来源于实践,受实践程度的限制。但是,勘探家的任务则是要改造世界,这就要求他不断作出预测,特别是在油气分布的客观矛盾尚未充分暴露、资料尚少的情况下,要能够预测新的含油气区带,预测新油田的位置。这是一对矛盾。我们既要承认人的认识只能来源于实践,又要充分发挥认识的能动作用,不停留在已知事实的概括、总结上,而要从找出规律性的东西,从已知到未知,超前研究,超前预测,敢于预测,在实践中修正预测,自觉地、能动地从解释世界转变到改造世界。

以上各点,是我在找油实践中学习辩证思维重要作用的粗浅理解和体会,错误在所难免。诚然,地学哲学只解决勘探家的世界观和方法论,而绝不可能代替油气勘探中艰苦细致的调查、研究、分析、综合、判断、预测和决策。指挥员的决心来源于正确的判断,正确的判断来源于周到和细致的侦察,即深入掌握第一手资料,这就要求地质家首先要下工夫做扎实细致的地质基础工作。

石油战线历来有学习应用唯物辩证法指导勘探的优良传统。在地学哲学委员会成立 20 周年的今天,可以预期,自然辩证法一定会成为石油地质家手里的锐利武器,帮助我们在勘探中少走弯路,多找油田,振兴石油工业,为祖国作出更大贡献!

中国南方高、过成熟区海相油源对比问题^①

梁狄刚 陈建平

(中国石油天然气集团公司油气地球化学重点实验室)

摘 要 中国南方古生界海相高成熟(R_o 值大于 1.3%)、过成熟(R_o 值大于 2%) 烃源岩的分布很广,其中古油藏沥青和油苗十分丰富。以往利用常规生物标志物(类异戊间二烯烷烃、甾烷、萜烷等)进行的油源对比问题不少。因为随着成熟度增高,原油、沥青和烃源岩的常规生物标志物分布趋于一致,失去了指示原始生物组成特征的意义,也完全区分不开不同层系的烃源岩。碳同位素因为有明显的热演化分馏作用,也难以用于精细的油源对比。广西十万大山盆地的研究证明:在高、过成熟条件下三芳甾烷仍能区分不同层系、不同岩性(泥岩、石灰岩)的烃源岩,且不受成熟度的影响,很有希望作为高、过成熟区油源对比的有效指标。对比结果表明:南海相有效烃源岩主要是泥质岩而不是碳酸盐岩。中国南、北方的海相、陆相烃源岩中都有高、过成熟区烃源岩,因此,关于高、过成熟烃源岩的油源对比问题具有普遍的意义。

1 问题的提出

中国南方有下寒武统、下志留统、二叠系和下三叠统等多套区域性海相烃源岩,还有泥盆系、下奥陶统和上三叠统等地区性海相、海陆交互相烃源岩。其共同特点是成熟度高。下寒武统烃源岩等效 R_o 值普遍大于 2%,最高可达 6%~7%,已经过成熟;下二叠统烃源岩的等效 R_o 普遍大于 1.3%,最高可达 4% 以上,为高成熟—过成熟;四川、鄂西、滇黔桂广大地区的下三叠统烃源岩等效 R_o 已大于 1.3%,相当范围内大于 2%,也已高成熟—过成熟,只有在中、下扬子部分地区 R_o 值小于 1.3%,尚处在成熟阶段。

中国南方除在四川盆地及苏北发现大量海相古、中生界天然气田外,还在江南隆起带北缘、黔中隆起东侧、南盘江地区及十万大山盆地发现了许多古油藏(固体沥青),也有液体油苗。古油藏固体沥青的特点是反射率很高(表 1),表明它们是经受过高温作用的焦沥青。

表 1 中、上扬子区部分中生界、古生界古油藏的反射率

古油藏	贵州 麻江(S_1)	南丹 大厂(D_2)	隆林 安然(P)	册亨 板街(P)	宁明 亭亮(P_{1m})	扶绥 邕西(T_1)	湖南慈利 南山坪(Z_2)
沥青反射率(%)	1.99	4.60~5.66	3.25~5.89	2.85~6.25	1.87~2.54	1.04~1.83	大于 5.88
等效镜质组反射率(%)	1.63	3.20~3.90	2.41~4.04	2.16~4.26	1.62~1.97	1.30~1.50	大于 4.00

在以往南方古油藏和油苗对比工作中,多利用常规的生物标志物指标(正烷烃、类异戊二烯烃、甾烷和萜烷)对比^[1,10]。在油苗、沥青(R_o 大于 1.3%)和烃源岩(R_o 为 1.5%~2%)的成熟度都很高的高、过成熟区,如何正确选择有效指标进行油源对比,这就是本文要讨论的问题。

① 原载《石油勘探与开发》,2005 年 4 月,32(2):8~14。

2 常规生物标志物指标已经失效

近年来,笔者在广西十万大山盆地北部崇左城南古油藏和邕西古油藏采集了5个下三叠统灰岩晶洞液体油苗,在平花、上屯、亭亮的下二叠统茅口灰岩和吴圩玉米所采石场的上石炭统灰岩中采集了4个纯沥青样品,并在10口取样浅井中采集了65个不同层系烃源岩样品(取样点位置见图1),进行了常规生物标志物分析。

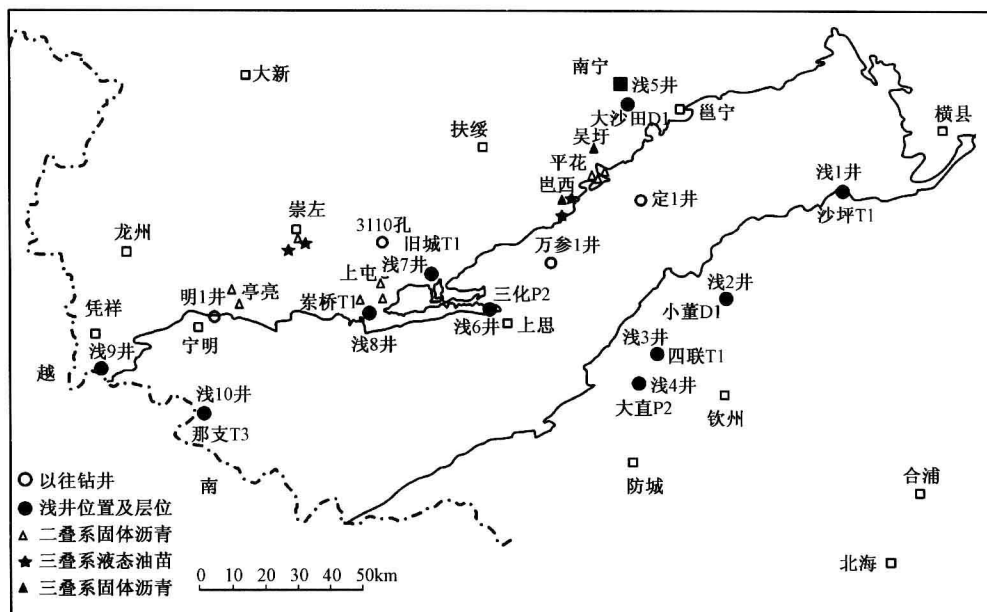


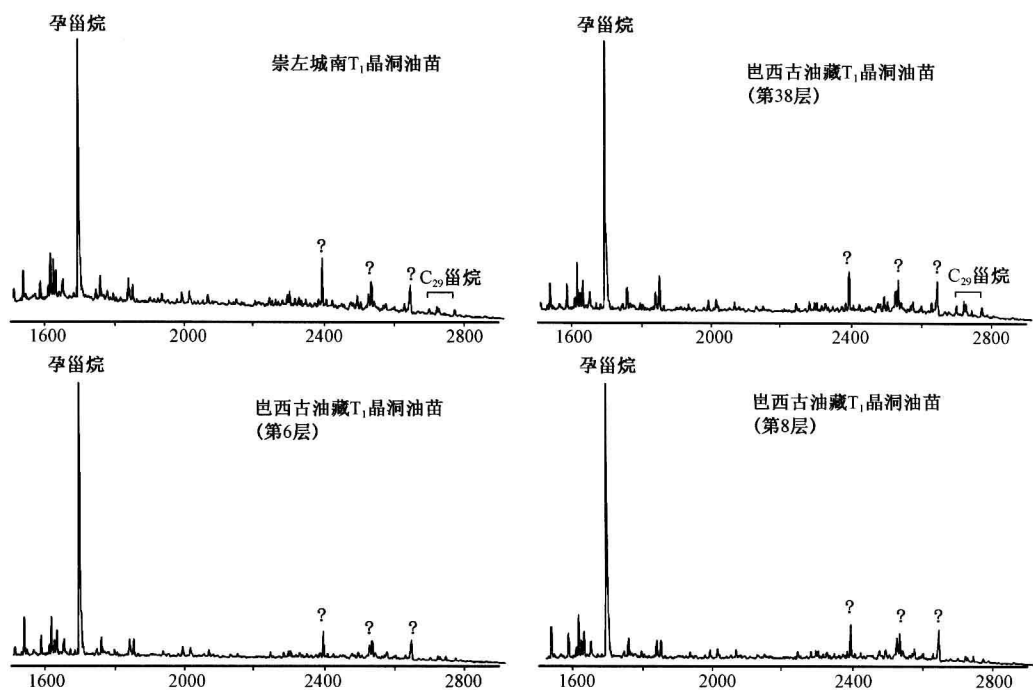
图1 十万大山盆地液体油苗、沥青采样点及10口烃源岩取样浅井位置图

这些样品中,固体沥青的等效 $R_o = 1.39\% \sim 1.97\%$;崇左城南和扶绥邕西下三叠统灰岩晶洞中的2个黄褐色液体油苗油质轻,易挥发,其甲基菲指数(MPI)为1.5~1.6,相应的 R_o 为1.3%~1.4%^[1,2]。甲基单金刚烷指数(MAI)为55%~75%,甲基双金刚烷指数(MDI)为45%~50%,相应的 R_o 为1.2%~1.5%^[3]。这两种方法所确定的油苗成熟度相近,表明属高成熟原油。几套可能烃源岩的实测 R_o 值:上三叠统为1.42%~1.53%,下三叠统为1.34%~1.91%,大多数大于1.40%;上二叠统为1.86%~2.76%;下泥盆统为2.50%~3.15%;几套可能烃源岩都属于高、过成熟海相烃源岩。

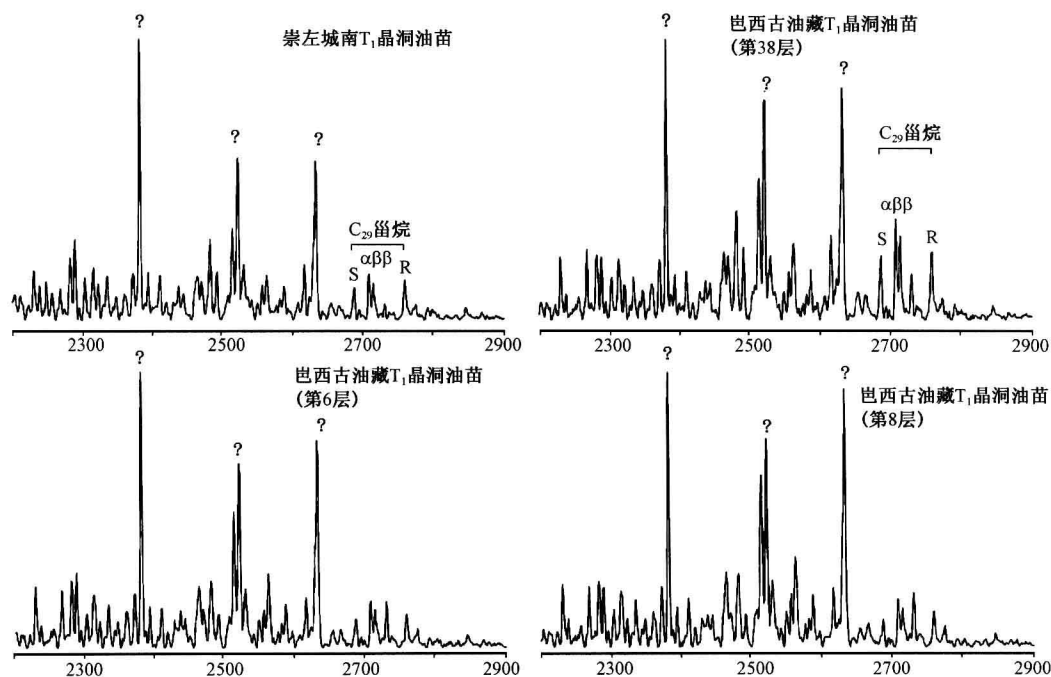
2.1 液体油苗的常规生物标志物特征

5个液体油苗的Pr/Ph比值为0.67~0.84,差值很小,难以区分不同采样点的原油。

高成熟油苗的甾烷类生物标志物含量极低,在 $m/z217$ 质量色谱图上主要是孕甾烷(C_{20} , 见图2),一般常见的 C_{27} — C_{29} 规则甾烷低到难以辨认。将质量色谱图的后半部分放大(图2),则可见占主要地位的是三个未知化合物; C_{29} 甾烷的四个化合物还可以辨认,但分布很相似,且油苗的成熟度很高,已经达到异构化终点;而 C_{27} 和 C_{28} 规则甾烷和重排甾烷仍然难以辨认。对饱和烃样品进行了双质谱(GC/MS/MS)分析(图3),结果 C_{29} 规则和重排甾烷在 $m/z400 \rightarrow 17$ 质量色谱图上可以明显分辨,且不同油苗的分布完全相似,而 C_{28} 和 C_{27} 甾烷仍然被一个高丰度未知化合物所掩盖。可见,在高成熟条件下,由于甾烷的含量极低,即使用了GC/MS/MS分析,也难以对油苗的甾烷生物标志物进行精确的定量研究,难以区分不同的油苗。



A



B

图2 十万大山盆地液体油苗的甾烷(m/z 217)质量色谱图
B 图为 A 图右半部的放大, 图示几个油苗的甾烷分布十分相似

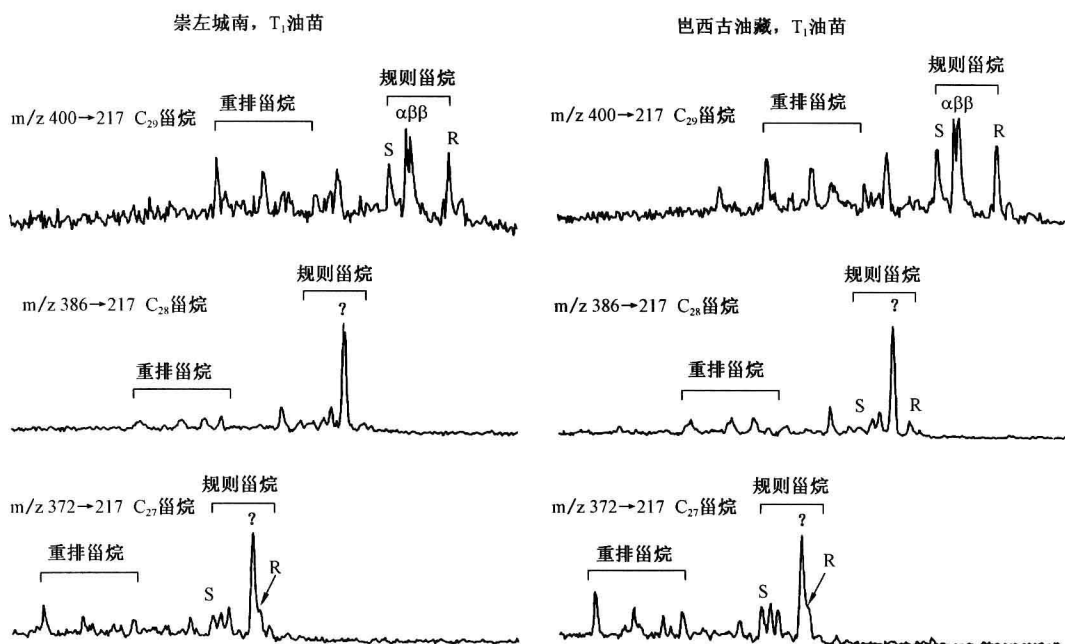


图3 十万大山盆地崇左(T_1)、巴西(T_1)油苗的甾烷 GC/MS/MS 质量色谱图

图示两个油苗的甾烷分布完全相同

高成熟油苗的甾烷分布与一般原油也极不同,由图 4A 中可以看出:(1)油苗的甾烷分布以低碳数的三环甾烷为主,一般常见的五环甾烷相对于三环甾烷的含量极低;(2)三环甾烷通常以 C_{23} 为主峰, C_{20} 、 C_{21} 、 C_{22} 、 C_{24} 也较高, C_{19} 则相对很低;此外,还有相对较高的 C_{28} 以上高碳数三环甾烷;(3)五环甾烷除 C_{30} 藿烷及 Ts 等几个峰尚能勉强辨认外,其他藿烷已很难辨别,更难以区分不同采样点的原油。如果采用双质谱 GC/MS/MS 分析技术将三环甾烷过滤掉,专门观察五环甾烷分布的差异(图 4B),则可发现,崇左油苗以 C_{30} 藿烷为最高峰,其次为 C_{29} 藿烷, Ts、 C_{29} Ts 较低;而巴西油苗则以 Ts 为最高峰,其次为 C_{30} 藿烷, C_{29} Ts 也较高;但是这种差别主要是油苗成熟度的差别,没有多少生源意义,也难以用于油源对比。

可见,在高成熟条件下,油苗的 Pr/Ph 和甾、藿等常规生物标志物特征已经趋于一致,难以区分不同来源的原油。甾、藿常规生物标志物的趋同,突出表现为低碳数化合物(孕甾烷、三环甾烷)占极大优势,而高碳数化合物(规则、重排甾烷和五环甾烷)则含量甚微,且分布相似,这显然是甾藿生物标志物高成熟热演化的结果。

2.2 古油藏固体沥青的常规生物标志物特征

4 个纯固体沥青 Pr/Ph 值为 0.63 ~ 0.77,差值很小,难以区分不同层系、不同古油藏的沥青。

高过成熟固体沥青的甾类生物标志物分布与油苗相似,同是以低碳数的孕甾烷(C_{20})为主(图 5A),升孕甾烷含量也较高。与液体油苗相比,固体沥青的 C_{27} 、 C_{28} 、 C_{29} 规则甾烷和重排甾烷相对含量略高,这是因为固体沥青中低碳数化合物的损失远大于油苗,孕甾烷的损失大于规则和重排甾烷。从图 5B 的对比中可以发现,4 个固体沥青的规则和重排甾烷的分布几乎完全一样,其中的石炭系沥青也不例外:(1)都是以 C_{27} 甾烷含量最高(占三种甾烷的 40% ~ 50%), C_{29} 甾烷次之, C_{28} 甾烷最低(占 20% ~ 30%);(2)都含较高的重排甾烷,其含量低于相应碳数