

石油地质文集

—— 油 气

地质矿产部石油普查勘探局
中国地质学会石油专业委员会

石油地质文集编辑委员会 编



地质出版社

10024

石油地质文集

——油 气——

6

地质矿产部石油普查勘探局
中国地质学会石油专业委员会

石油地质文集编辑委员会 编

56

地质出版社

石油地质文集

——油 气——

6

地质矿产部石油普查勘探局 石油地质文集编辑委员会 编
中国地质学会石油专业委员会

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑：牟相欣

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：21³/₄插页：2 字数：514,000

1982年7月北京第一版·1982年7月北京第一次印刷

印数1—2,540册·定价4.40元

统一书号：15038·新808

目 录

中国生油岩的基本特征	1
我国某些重质原油的地球化学特征	13
中国陆相油田水的基本特征与分类	29
我国东部陆相生油岩地球化学特征及其有机物类型	34
鄂尔多斯盆地北部石炭系主要生油期和运移期估计	49
鄂尔多斯盆地北部上古生界生油与油源探讨	54
汾渭盆地含氢天然气成因探讨	62
东明凹陷下第三系生油原始有机物质类型及丰度	66
苏北东台坳陷下第三系油气高产富集条件探讨	75
苏北盆地ZW构造油气富集因素	83
苏北东台坳陷新生代火成岩分布及其含油气性	90
山西晋中断陷沉积岩中的有机质	97
冀中坳陷下第三系生油岩的演化及其与泌阳和三水盆地的对比	105
中国南方煤化沥青的成因与下古生界找油气前景	113
塔里木盆地西南坳陷带油源问题的探讨	121
塔里木盆地原油中碳同位素的分布——塔里木盆地油源研究之一	130
甘肃西部花海盆地地下新民堡群的有机地球化学——干酪根的演化问题	136
西南地区海相碳酸盐岩生油层的若干特征	147
四川盆地西北部中、上三叠统的生油条件	156
从古地温分析看川西北地区上三叠统油气生成和运移问题	164
试论四川盆地的油气演变	172
四川江油马角坝地区中三叠统雷口坡组石油地球化学研究	179
黔南泥盆系生油性初步探讨	195
石油的氧化和演化	208
黔南泥盆系有机质演化变质程度的初步研究	217
热解色谱在生油岩评价中的应用	228
用计算机模拟石油演化过程的初步尝试	238
压汞法测定岩石孔隙结构及其应用	252
低渗透性砂岩储油岩的孔隙几何及评价	262
卟啉化合物及其地质应用的初步研究	271
石油金属卟啉分析的一些认识	279
原子吸收法测定原油中的微量金属元素镍、铜、锌	288
汞蒸气直接找油应用前景的初步探讨	296
气体渗透率测量的改进和电算机的自动计算	306

研究储油岩孔隙与裂隙的新方法——X射线照相	316
尿素络合法分析正构烷烃中的几个问题.....	321
氯离子选择电极法在天然水中的应用.....	329
地层水中有机卤素作为找油指标的初步探讨	334

中国生油岩的基本特征

陈正辅 胡 民

一、中国生油岩的基本面貌

不同类型、不同时代生油岩的广泛发育，是我国丰富的油气资源形成的物质基础。

海相生油岩从震旦亚界到新生界都有发育，主要包括南方的古生界，北方的震旦亚界及古生界，青藏新地区的上古生界及中新生界，海域的中新生界；多数分布于台内盆地及台缘坳陷内。震旦、二叠、三叠、第三系是已证实的重要油气源岩。

自晚古生代以来广泛发育了陆相生油岩，以上二叠、上三叠、下白垩、下第三系的生油岩最具规模，是松辽、华北等油区的油源岩；其次，侏罗及上第三系的生油岩，亦是重要油源岩。

海陆交互相沉积亦有生油岩发育。

不难看出，我国生油岩总的面貌是：类型全、层位多、分布广、规模大、油源丰富。

下面概要论述我国各地史时期生油岩的面貌及找油意义。

（一）震旦亚界

震旦亚界的海相沉积展布于华北地台。燕山地区所见碳酸盐岩厚数千米，藻叠层白云岩及暗色碳酸盐岩的有机碳 0.26%，氯仿抽提物 0.027%，是可能的生油岩。燕山中段双洞背斜连续多处见液体原油，也展示了经过漫长地质年代保存下来的古生原油的面貌；盆内古潜山油藏的油源研究，亦认为有古生界及震旦亚界的成分。震旦亚界是华北地区值得探索的含油气层位。另外，鄂尔多斯盆地的陇县、平凉、环县一带厚 2000—3000 米，藻类丰富，保存较好，也可予以注意。

（二）震旦系

有两套生油岩系。陡山沱组的黑色页岩，展布于川东、湘鄂西、黔北，有机碳较高（0.3—0.5%，个别高达 1.3%），氯仿抽提物特别低，可能与演化程度深有关；灯影组的富藻白云岩是震旦系的主要生油岩，四川威远气田的气源一般认为来自长宁拗陷的灯影组；江汉盆地井下测试见可燃气体；下扬子地区与灯影组富藻白云岩层位相当及沉积条件相似的沉积广泛发育。震旦系是我国寻找天然气资源的重要层位，下扬子地区尤其是下古生界广泛出露的地区，以震旦系为目的层的找气工作就更加现实。

（三）寒武系

是一套海侵序列的沉积，无论是南方的“扬子海”还是北方的“中朝海”，它们的沉积都相对稳定。北方及西北地区以碳酸盐岩为主，中、上统是生油层位，可能的生油区是华北，其次是鄂尔多斯，还有塔里木及柴达木的部分地区。江苏、山东在露头区的鲕状灰

岩晶洞中，见液体原油；南方则以下统的泥质岩为主要生油岩，从黔北开阳的气喷、川西北矿山梁构造及鄂东南通山复向斜大型沥青煤脉的出现及有机碳含量较高、沥青含量特低的地化特征，反映出南方寒武系的演化程度深于北方。

（四）奥陶系

是下古生界重要的生油层位。北方，中统的马家沟灰岩为区域性生油岩，可能的生油区是华北，其次为鄂尔多斯及山西。华北马家沟灰岩厚400—750米，有机碳0.095%，氯仿抽提物0.017%，并于百米厚的石膏盖层下见气显示。此外，平凉页岩也是鄂尔多斯盆地西部的主要生油层位；塔里木中下统及柴达木的下统也可能具生油条件。南方，下奥陶统是区域性生油层位，有利地区是四川的威远—岳池一带及川湘鄂边区的万县、垫江、綦江、涪陵、石柱、建南一带，滇黔桂的凯里地区是已证实的含油岩系，黔南坳陷可能发育较好的生油岩相，苏浙皖地区也值得注意。

（五）志留系

在奥陶纪海水大规模退缩的基础上，以四川为主体的上扬子残留海扩展为扬子海盆，这一总的古地理景观，限制了志留系生油岩主要发育于南方。四川因加里东运动影响，残留厚度不大；滇黔桂地区的中上志留统是主要生油层位，黔东南、滇东、桂西北都有较好的生油条件，黔东南曾获日产原油百余公斤及天然气万方，显然是值得重视的含油气层位；江汉盆地钻井揭露志留系厚1500米，见气及荧光显示、固体沥青，可能是生油层位；下扬子地区于浙北、皖南多处见沥青煤脉，江苏地区的高家边页岩及坟头组都有可能生油。总之，志留系除了作为下古生界的区域盖层外，还应是一个生油层位。

（六）泥盆系

泥盆纪，广大地区处于上升状态，有利的生油岩相在分布上相对说来有局限性，生油层位主要是中统其次是上统。康滇古陆东缘、黔南坳陷、雪峰古陆两侧及龙门山地区是主要生油区，总的特点是厚度大，有机物相对丰富，油气显示比较普遍，是有远景的找油气层位。

（七）石炭系

北方自中石炭世接受海侵。中上统为海陆交互相煤系，可能的生油区偏于华北盆地南部，唯厚度一般仅数十至百余米，鄂尔多斯盆地西部，最厚可达千米，有较好生油条件，如有资料认为鄂尔多斯盆地马6井及鸳鸯探1井的油源来自中上石炭系；塔里木盆地柯坪—巴楚—西南坳陷的上石炭统，都可能具生油条件，巴楚地区井下获得过天然气。南方的下统（夹煤系）是生油层位，油气显示程度较好，如湖南祁阳原油从灰岩裂隙中流出达数百斤。石炭系是重要成煤期，天然气资源更应予以注意。

（八）二叠系

南方早二叠世的大规模海侵，发育了区域性的生油岩系，四川是已知的含油气层位；江汉盆地钻井气显示普遍，鄂东南纸坊以南到土地堂一带演化程度低、保存较好；江苏地区的下统也是生油层位。北方的二叠系为陆相煤系，鄂尔多斯北部及华北南部的坳陷区，可能具生油条件，西北的陆相二叠系以准噶尔盆地的乌尔禾系最具规模，生油岩厚达2000米；西北的海相二叠系在塔里木盆地，下统可能是主要生油层位，巴楚地区埋藏浅，邻近的柯坪地区已见油气显示。二叠系海、陆相都已发现油气田（藏）。

(九) 三叠系

三叠系可分为三大沉积区，各有其沉积及生油特点：秦岭—昆仑山以北，太行山以西主要为陆相沉积，大小陆盆具有相似的发育历史，晚三叠世沉积了区域性生油岩系，以鄂尔多斯的延长组最具规模，其次是准噶尔的小泉沟统、库车坳陷的米斯布拉克群、河南济源凹陷的延长组。此外，吐鲁番及河西走廊诸盆地有不同程度的生油岩发育；秦岭—昆仑山以南、龙门山—康滇古陆以西，海相复理石沉积经印支运动迥返区域变质，在变质程度较低的地区尚见气苗，反映曾有过油气生成过程；龙门山—康滇古陆以东的广大地区，主要为海相碳酸盐沉积，中下统是重要的油气源岩，部分地区上统的碎屑岩亦有生油岩发育。三叠系无论海相还是陆相都是有远景的重要勘探目的层。

(十) 侏罗系

侏罗纪继印支运动大规模海退后，海相沉积局限。青藏地区可能存在较好的生油岩，如羌塘地区厚4000—5000米并见沥青和稠油，伦坡拉盆地南侧所见暗色砂泥岩厚达4000米，藏南岗巴一定日盆地厚2400米，邻近的尼泊尔木斯塘已见天然气。陆相侏罗系则有两种沉积类型，继承或叠置在印支沉积旋回上的陆盆多具拗陷性质，沉积相对稳定，生油岩比较发育，所见侏罗纪含油气盆地往往与这种构造、沉积特点相关，都以下统为主要生油层位，如四川、鄂尔多斯、准噶尔等盆地。晚侏罗世出现的多为小型断陷盆地，沉积水体浅而动荡并伴随火山活动，仅局部阶段有较深水沉积，生油岩规模不大，如东部的若干中小型盆地。

(十一) 白垩系

海相沉积除台湾省已区域变质的上统碧侯组外，主要展布于西藏、新疆。藏南的澎波—南木林地区，见厚数百米的暗色泥质岩，并于上伏第三系中下部的凝灰岩中见油显示，岗巴一定日及昂仁—日喀则地区也可能有生油条件。此外，塔里木西南拗陷的上白垩统也有生油条件。陆相白垩系以下统为主要生油层位，集中展布于松辽及其周缘的三江、开鲁和二连、河套、河西走廊等地。南方诸省白垩系生油岩规模相对要小。

(十二) 第三系

海相生油岩主要展布于海域、塔里木西南拗陷及塔东拗陷区；陆相生油岩东、西部差异较大，西部主要是西北地区，上第三系是主要生油岩，柴达木盆地最具规模，生油岩总厚2000米以上，库东拗陷、塔里木的西南拗陷、东部拗陷、阿瓦提断陷等都可能出现有利的生油岩相。东部的第三纪盆地一般都在中生代末期发生，早第三纪稳定沉降，发育了区域性生油岩系，晚第三纪湖盆普遍萎缩，发育了较好的储集层，下第三系是我国东部若干油区的重要油源岩。

二、中国陆相生油岩的形成条件及地球化学特征

(一) 中国陆盆有利于生油岩发育的基本条件

中国陆盆总面积330万平方公里以上，其中大于1万平方公里的有61个，超过10万平方公里的大型陆盆就有9个。这些大中型盆地在其发展的一定地史阶段，都曾存在过广阔的古湖盆，如松辽盆地早白垩世时的“松辽”湖，全盛时期的湖区面积达20万平方公里，鄂尔多斯盆地晚三叠世时的“庆阳”湖也达10万平方公里；主要陆盆的沉积厚度一般都在

6000—7000米以上,不少都超过万米。如此巨大的厚度是通过很大的沉降幅度及迅速的沉积实现的,以华北为例,下第三系平均沉积速度为0.199毫米/年,相当于华北下古生界沉积速度的20倍。快速的沉积及巨大的厚度,标志着盆地有长期稳定的发育阶段,对中小陆盆的较小范围,也是一种有效的补偿,使它仍具有较大的生油岩体积。快速沉积可以缩短生化阶段的时间,使原始有机质能有更大比例进入地化阶段;巨大厚度可以使生油岩有较大的埋藏深度,这对我国新生界年轻生油岩的有机质转化成熟是很重要的。还有,我国主要陆盆都是长期发育的,具有成生早、结束晚的特点,其对生油的意义在于它们的发育阶段有相对稳定的长期沉积,发育期后有良好的盖层,有利于有机物质的沉积、保存和转化。相反,也有一些中小型陆盆成生晚、结束早,经历时间短,既无稳定沉积阶段,又缺乏必要的盖层厚度,显然其生油意义就不大了。

总之,中国自晚古生代以来不同地史时期发育的陆相沉积盆地,具有辽阔的面积、巨大的厚度、长期稳定的发育阶段,为生油岩的形成提供了广阔的场所与理想的环境。

(二) 湖相沉积的生油阶段及建造类型

无论从近代湖盆考察还是生油岩沉积古地理面貌的推演,都说明在陆相诸沉积类型中,湖相沉积最有利于生油岩的形成与发育,而在古湖盆漫长的发展过程中,有意义的生油岩只发育在特定的沉积阶段,即古湖盆相对稳定和持续沉降的发展时期,是湖相沉积最主要的生油阶段,其次在湖盆发生阶段的晚期及迴返阶段的早期,在局部地段特别是湖盆中心地带,也可能出现较好的生油岩相。由于陆盆从成生、发展到消亡的过程,往往是古湖盆多次发生、发展变化的过程,因此在一个陆盆内可以出现多时代、多旋迴沉积生油的现象,这在中国西部的若干陆盆尤其显著。

湖相沉积生油岩的建造类型,按沉积时的水体深浅划分为深湖、浅湖、湖沼三大类。它们都有各自的岩性、岩相特征,不同的有机质丰度、类型,生油能力相差很大。

深水湖相生油建造,主要发育于湖盆的沉积中心地带,以黑色为主的大套泥页岩,厚可逾千米;有机质丰富,有机碳2%左右,烃含量大于500ppm,母质类型为过渡型—腐泥型;每立方公里的生烃量数十万吨以上,中国主要油区的陆相生油岩多属此类。

处于上述相带外缘和长期浅水的湖盆,为浅水湖相生油建造,是以灰、灰黑色为主的砂泥岩沉积,生油岩厚100—200米,有机碳0.5—1%,烃含量数十至数百ppm,可以成为中小型油气田(藏)的油源岩。

湖沼相生油建造,以夹炭质泥岩、煤线以至煤层的砂泥岩沉积为特点,有机物质以腐植型为主,除因水体变化出现较有利的生油岩相外,本身没有多大生油意义。

此外,下第三系常见咸水湖相沉积,岩性特征是石膏、钙芒硝、岩盐和灰黑色泥页岩、油页岩相伴生,其有意义的生油岩同样以较深水—深水湖相沉积为主,在比较大的咸水盆地中、生油区多位于碳酸盐向氯化盐的过渡地带。较小的咸水盆地,由于过渡区水浅,生油区则存在于咸水区。这类生油岩往往形成高硫的原油。

(三) 中国陆相生油岩的地球化学特征

我国主要陆相生油岩的有机质,具有高丰度、较好的母质类型并主体处于演化成熟阶段,这种理想的地球化学特征决定了其巨大的生油能力,每立方公里的生烃量数十甚至上百万吨,为陆相油气资源的形成,提供了可靠的物质基础。

1. 有机物质丰度:是决定生油岩优劣、生油能力大小的基本因素。从若干有代表性

的陆相生油岩的有机质丰度（表1），可以概要反映陆相各种生油建造有机质丰度的基本面貌（表2），其特点是：

不同沉积类型陆相生油岩有机质丰度

表 1

类 型	地 层	地 区	层 位	有 机 碳 (%)	氯仿抽提物 (%)	烃 含 量 (ppm)
正 常 湖 相 沉 积	下第三系	济 阳	沙 一 段	1.10—2.20	0.20—0.24	300—530
			沙 三 段	1.5—2.17	0.16—0.34	352—1060
			沙 四 段	1.70	0.35—0.70	875—5050
		冀 中	沙 三 段	0.82—1.20	0.05—0.20	300—1000
		泌 阳	核 三 段	1.18	0.18	900
	下白垩统	松 辽	嫩 一 段	2.40	0.35	1416
			青 一 段	2.21	0.40	1612
		酒 西	下新民堡群	1.14—1.83	0.06(偏低)	>300
	上三叠统	鄂尔多斯	长三油层	2.14	0.25	1378
			长二油层	1.19	0.09	353
含膏盐 湖相沉积	下第三系	江 汉	潜江组(潜深5井)	9.66	3.64	16000
			潜江组(潜深6井)	7.05	3.25	4250
			周矶—潜江组	3.26	1.18	3272
湖 沼 相沉积	上三叠统	川 西 北	须家河组	2.48	0.12	160
	下侏罗统	鄂 尔 多 斯	延安组	1.87	0.05	32
	下二叠统	山 西	山西组	0.40—3.94	0.03—0.06	
	上石炭统	山 西	太原组	0.40—8.89	0.03—0.06	

中国陆相生油岩有机质丰度基本面貌

表 2

沉 积 相	有 机 碳 (%)	氯仿抽提物 (%)	烃含量 (ppm)
深湖相	1.5—2.5	>0.1	>500
浅—较深湖相	0.5—1.5	0.05—0.1	100—500
浅湖相	0.3—0.5	0.01—0.05	60—100
湖沼相	一般1.5—3.0可>3.0	0.05—0.1	100—200
咸水湖相(膏盐)	>3.0,变化大	>0.1	>1000

(1) 有机碳含量变化于1—2.5%，烃含量100—1000ppm以上，有利于生油的丰度界线，按有机碳是0.5—3.0%，小于0.5%表征原始有机质数量贫乏，大于3.0%往往母质类型较差，都不是有利的生油岩，当然这仅是个统计规律。氯仿抽提物尤其是烃含量则越高越好，因为他们的大小不仅与有机物质数量有关，还是母质类型与演化程度的综合反映。

(2) 膏盐地层有机质的高丰度，除后期的吸附、滞留外，可能还与盐类的保护，生

第 1 卷 第 4 期

化阶段损失较少有关，可以是较好的生油岩；煤系地层的高丰度主要是低效生油的以芳香结构为主的有机物，不会成为良好的生油岩，只有在湖沼背景上有相对较深水的沉积阶段，才可能出现有生油条件的沉积，笼统争论煤系成油、成煤是没有实际意义的；油页岩的高丰度是否仅与层间吸附有关，尚需研究，但它作为有效的生油岩是没有问题的。

2. 母质类型：母质类型的基本化学含义，是指原始有机质以芳烃结构为主还是以饱和烃结构为主，它决定于水生生物与陆生生物的比例，不同的比例有不同的生油效率。在相似的古气候及水介质条件下，对此起决定作用的则是湖盆水域的大小及水体的深浅。

根据沉积相、生物种类、有机物质的烃类组成及生烃效率，我国陆相生油岩的母质类型可以分为腐泥型、过渡型（腐植—腐泥型及腐泥—腐植型）、腐植型三类（表 3）。基本特点是：

中国陆相生油岩有机母质类型分类特征

表 3

母 质 类 型		沉 积 相	生 物 种 类	氯仿抽提物组成				生烃效率 (%)	氯仿抽提物的红外光谱特征
				饱 (%)	芳 (%)	饱/芳	烃/非 + 蒈		
I 型	腐泥型	深湖	以浮游生物为主	40	10 ±	>3	>0.8	>5 可>10	I → III 型 由以脂肪族为主变化至以芳香族及含氧基团化合物为主
II 型	腐植—腐泥型 (II ₋₁)	较深—深湖	以浮游生物为主 含少量陆生植物	20—40	10—15	2—3	0.8	1—5 可>5	
	腐泥—腐植型 (II ₋₂)	浅湖	混杂有较多的陆生植物	10—20	10—20	1—2	0.4	1—5 可<1	
III 型	腐植型	湖沼	以陆生植物为主	10 ±	20 ±	<1	<0.4	<1	

(1) 陆相沉积有机母质类型复杂，不同湖盆及同一湖盆的不同相区，可以有很大差异，只有典型的深水相区尤其是大型湖盆的深水相区，才以腐泥型或类腐泥型母质为主，如松辽盆地地下白垩统的某些层段。湖沼相区则以腐植型母质为主，对生油是低效的。浅水—较深水相区则具过渡性质。分割性较强的大型湖盆及中小型湖盆的有机母质多属过渡型，这也是我国陆相生油岩的主要母质类型。

(2) 陆相生油岩的优劣，主要决定于母质类型。生油岩优劣的定量标志是生油量，而决定生油量的三大地球化学因素中，有机质丰度普遍较高又主体处于生油成熟阶段，显然生油量就主要与母质类型有关。

(3) 与海相生油岩相比，陆相生油岩的有机质丰度偏高、生油效率偏低；正烷烃主峰碳数及 OEP 值偏高，低碳数与高碳数比值偏低（如 nC_{21+22}/nC_{28+29} ）；镍卟啉优势及陆相原油的高蜡低硫、高镍低钒等一系列地球化学特征，可能都是由于在陆相沉积有机质中陆生植物的参与引起的。

表 4 是中国不同地史时期陆相生油岩的母质类型及其代表性盆地。

3. 演化程度：石油是埋藏于一定深度的有机质热降解的产物。我们将有机质在深埋过程中的变化分为未成熟、成熟（又可分为低成熟、高成熟）及过成熟三个演化发展阶段。表 5 是不同母质类型在不同演化阶段有机质组成及生油效率的大致变化特征。

通过大量实验研究，可以认为：

(1) 中国主要陆相生油岩，基本上都处于生油成熟阶段（指现有勘探深度），如图 1

表 4

生油层位	I 型 腐泥型	II 型		III 型 腐植型	生油条件
		II ₁ 腐植—腐泥型	II ₂ 腐泥—腐植型		
N		柴达木			中等—好
E		华北	苏北		好
K ₂			东南中小盆		差—中等
K ₁	松辽	酒西			好
J ₃			海拉尔		差—中等
J ₁₋₂		川中	鄂尔多斯及西北诸盆		中等
T ₃		鄂尔多斯	西北诸盆		中等—好
P ₂		准噶尔			好
C ₃ —P ₁			鄂尔多斯及华北		主要是生气岩

表 5

演 化 阶 段		总 烃 (%)	非烃+沥青质 (%)	氯仿抽提物 有机碳 (%)	烃 有机碳 (%)	正烷烃主峰碳数
未熟阶段		<20	>80	<5	<1.0	>C ₂₇
成熟阶段	II ₁ —I 型	>40	<60	>9	>5	C ₄₁₋₂₃
	II 型	30—40	60—75	5—9	1—5	C ₂₅ ±
	II ₂ —III 型	<30	>70	<1	<1	>C ₂₇
过成熟阶段(初期)		基本不变	非烃降低, 沥青质升高	降低 (可<5%)	降低 (1—2)	<C ₂₁

— 4 所示, 这是丰富的陆相油气资源形成的一个重要原因。但也必须指出, 研究生油有机质的成熟程度, 尤其是上限的确定, 对石油勘探还是有相当现实意义的。具有相似沉积条件的生油岩, 由于深埋史的不同, 引起成熟程度的差异, 可以导致不同的含油远景, 如华

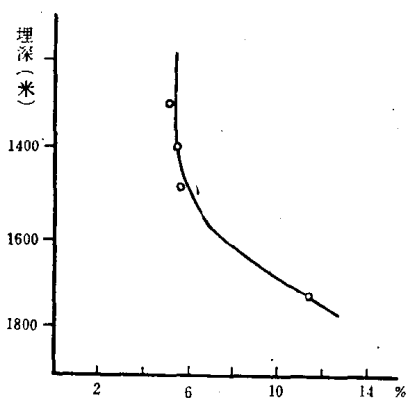


图 1 松辽盆地青一段烃/C——埋深曲线

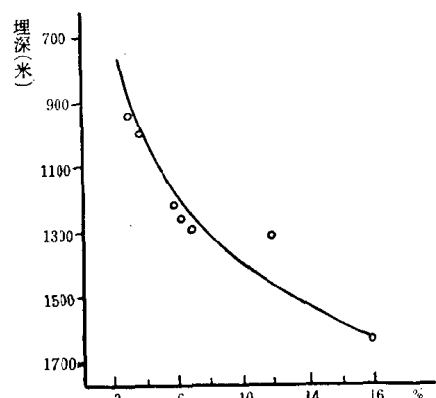


图 2 松辽盆地嫩一段烃/C——埋深曲线

(资料引自石油部石油勘探开发规划研究院)

北济阳坳陷惠民凹陷北部的信阳、磁镇洼陷的沙三段、松辽盆地滨北地区的姚家组及嫩江组，都有大套暗色泥岩，由于成熟度不够，含油性比较差，勘探效果不理想。

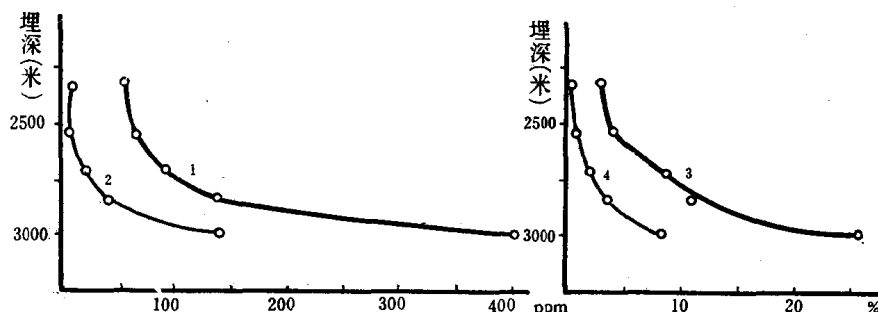


图 3 下辽河坳陷沙一、二段有机物—埋深曲线

1—氯仿抽提物 (A); 2—烃; 3—A/C; 4—烃/C

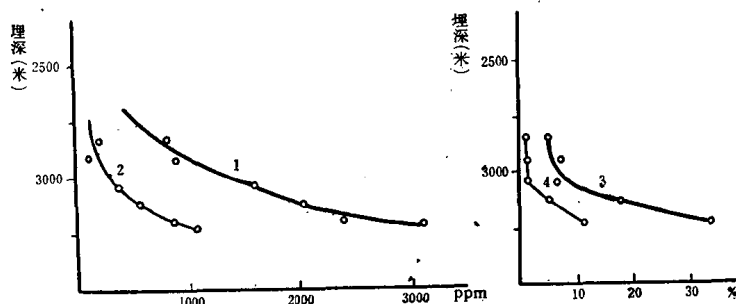


图 4 苏北盆地盐城凹陷阜二、三段有机物—埋深曲线

1—氯仿抽提物 (A); 2—烃; 3—A/C; 4—烃/C

(资料来源: 江苏省石油勘探指挥部)

(2) 关于门限深度，总是与时间互为消长，中国东部新生界陆相生油岩的门限深度变化于2000米左右，中生界大致1000—1500米。不同地区的门限深度受时间、地温、有机质类型三个因素的影响，如松辽、华北等地温梯度一般为3.5—4.5℃/100米，最高可达6℃/100米以上，而西部准噶尔、酒泉、四川、鄂尔多斯诸盆，地温梯度一般都低于正常值。显然，如果时代相同、母质类型相似，后者就必须有更大的深度才能达门限。同样，时代及地温相同，母质类型不同，门限值亦不同，如松辽盆地相同时代的I型与Ⅲ型母质，其门限深度(1050—1200米，1400—1850米)相差数百米，门限温度(51—58℃，63—82℃)相差10—20℃。另外，一个盆地中的区域地温场，由于构造应力、岩浆活动等而引起的局部变异，可以对油气演化产生影响，必须注意综合分析。对于后期发生过抬升的盆地或地区，确定门限深度及温度值时，更要慎重，如松辽的扶余，苏南的常州、广东东莞等，根据我们所作有机质埋深曲线对比，后期抬升幅度数百甚至上千米以上。

三、中国海相生油岩的基本地球化学面貌

中国海相沉积区面积达250万平方公里，有普查找油意义的面积相当广阔，沉积厚度

一般在数千米以至上万米，生油岩发育，其基本地球化学特征是：

(一) 有机物质丰度

表6、7、8概略展示了中国不同地区、不同时代、不同岩性的海相生油岩有机质丰度的基本面貌。

中国海相碳酸盐岩生油岩有机质丰度

表 6

地 区	层 位	有机碳 (%)		氯仿抽提物 (%)	烃 含 量 (ppm)
		变化范围	一 般 值		
四 川	Z. ϵ . O. S. P. T	0.08—0.30	0.1—0.2	0.004(T: 0.05)	T: 400, Pz: 15—30
滇 黔 桂	Z. ϵ . O. S. D. P. T	0.05—0.26	0.07—0.10	0.0003—0.019	
湖 南	D. C	0.05—0.69	0.20—0.40	0.01—0.02	140 (个别样品)
华 北	ϵ . O. C	0.06—0.12	0.10	0.02—0.04	200
塔 里 木	C. P. K. E	0.06—0.20	0.08	0.01—0.016	
鄂尔多斯	ϵ . O. C	0.02—0.26	0.07—0.16	0.005—0.015	P ₁ : 491, Pz ₁ < 40
江 汉	Z. ϵ . P ₁	0.04—0.37	0.09—0.14	0.005—0.116	
苏 南	P ₁ . T ₁₋₂	0.26—4.04		0.01—0.10	

中国海相泥质生油岩有机质丰度

表 7

地 区	层 位	有 机 碳 (%)	氯仿抽提物 (%)
华 北	C	1.80	0.08
滇 黔 桂	ϵ	1.30, 最大2.93	0.009, 最大0.016
鄂尔多斯	C	2.03	0.084
	O ₂	0.10	0.0068
苏 南	P ₂	2.08—3.02	0.005—0.358(B)
	S	0.24	>0.034 (B)
湘 西	ϵ	0.97—10.05	
	Z	0.18—3.27	
塔 里 木	E	最大4.93	0.44 (B)
	C	1.50	0.04 (B)

“B”为发光沥青

中国海相生油岩类型及有机质丰度

表 8

类 型	有 机 碳 (%)	氯仿抽提物 (%)
碳 酸 盐 岩	0.05—0.4 一般0.1—0.2	0.01—0.05
泥 质 岩	1.0—3.0 (变化很大)	0.01—0.10
泥 灰 岩	0.2—1.0 一般0.5±	0.01—0.10

碳酸盐岩有机质丰度变化不大，有机碳含量多在0.08—0.2%，一般0.1%左右，氯仿抽提物0.001—0.05%。四川的中下三叠统有机碳0.2—0.4%，氯仿抽提物>0.05%，烃含量>400ppm，显示有较好的地球化学条件。海相泥质岩的有机碳比碳酸盐岩大1个数

量级以上，但氯仿抽提物及烃含量相差小些，反映碳酸盐岩有较好的母质类型。碳酸盐生油岩的有机质含量与泥质含量有关，一般有机质丰度随泥灰岩—泥质灰岩—灰岩—白云岩系列递减，深色的高于浅色的。

海相生油岩中以泥质碳酸盐岩为好，它既具有较高的丰度又有较好的母质类型；对海相生油岩有机质丰度的评价，根据我国情况可以分碳酸盐岩、泥灰岩、泥质岩三类，相应的生油岩下限是：有机碳 0.1%、0.3%、0.5%，烃含量 60ppm（或氯仿抽提物 100 ppm）。

碳酸盐岩的低丰度，不仅与晶析作用的损失、生成烃类物质的运移有关，而且不少资料都反映与沉积原始有机质数量本来就比较少有关，正如吉尔门、吉曼、维别尔等人对近代碳酸盐沉积所作的大量分析那样。

（二）母质类型

海相沉积特别是碳酸盐岩，陆源有机质的掺合作用不强，普遍具有较好的母质类型，所见海相生油岩虽然有机质丰度低，但转化效率高，正是这方面的反映。根据四川地区的有关成果，从可溶有机物组成（表 9）来看，川西北及川中部份地区三叠系海相生油岩的母质类型就比较齐全（表 10），嘉陵江组碳酸盐岩最好，以藻类为主为腐泥型；其次，雷口坡组（包括川中巴东组），中₂₁井雷三段凝析油的正烷烃出现的双主峰，可能反映有少量陆源有机质的参与；须一段的生烃效率仅 1.5% 左右，正烷烃主峰碳数 C_{25-29} 表明有较多的陆源有机质参与；须二段以上有机质类型显然是腐植型的、生油能力有限。由于四川海相三叠系沉积相、岩石类型、母质成分自然的配套齐全，又是重要的油气生产层位，其所反映的地球化学特征，应是有一定代表意义的（表 11）。

四川部分地区三叠系生油岩有机质组分特征

表 9

地 区	层 位	C %	A %	氯仿抽提物组成 %				饱/芳	烃含量 ppm	烃/C
				饱和烃	芳 烃	非 烃	沥青质			
川西北 (中坝)	须 三 段	1.906	0.135	7.23	10.02	59.96	22.79	0.8	226	0.012
	须 一 段	2.888	0.107	16.5	23.30	31.70	28.50	0.7	425	0.015
	雷 三 段	0.297	0.026	55.17	6.65	30.28	7.90	8.3	163	0.055
	雷二上亚段	0.152	0.006	51.67	7.14	31.44	9.73	7.2	36	0.024
	雷二下亚段	0.118	0.012	35.42	7.68	47.96	8.37	6.2	69	0.07
	雷 一 段	0.115	0.004	42.67	7.49	38.77	11.07	5.7	20	0.017
川中威 ₃ 井	原巴东组	0.304	0.048	60.51	9.78	21.75	7.23	6.0	345	0.11
川南胜 _{18,14} 井	嘉陵江组	0.204	0.064	70.27	6.62	17.71	5.40	10.6	505	0.24

川西北中坝地区三叠系生油母质类型

表 10

层 位	沉 积 相	有 机 母 质	类 型
须 三 段	三角洲—泛滥平原	以陆源植物为主	腐植型 (III型)
须 一 段	潮下三角洲前缘	有较多陆源植物	腐泥—腐植型 (I ₂ 型)
雷三、二段	潮下一潮间	有少量陆源物质	腐植—腐泥型 (I ₁ 型)
嘉 三 段	潮下	以藻类等水生生物为主	腐泥型 (I型)

成熟阶段不同母质类型海相沉积有机质组成的若干特征

表 11

母质 类型	烃/有机碳 (%)	饱/芳	总烃/非+沥	正 烷 烃 分 布	氯仿抽提物的 红外光谱特征
I	>10	>5—10	>1	主峰碳数C ₁₅ (C ₁₆ 、C ₁₇)	由 I 型→Ⅲ型由以脂肪族吸收峰为主,变化至以芳香族及含氧基团化合物吸收峰为主
Ⅱ ₁	5—10	1—5 (或>5)	0.5—1	具双主峰 (C ₁₅ 、C ₂₃)	
Ⅱ ₂	<5			碳数范围宽, 主碳数 >C ₂₅	
Ⅲ	1.0±	<1	<0.5	>C ₂₅ 高碳数显著	

根据海相生油岩总的面貌, 可以认为: 碳酸盐岩及晚古生代以前的海相生油岩, 为腐泥型母质为主; 晚古生代以来, 高级陆生植物的出现, 有机质类型相对复杂, 尤其是中生界海相碎屑岩占有很大比重, 母质类型将在生油岩研究中占有重要地位。

(三) 演化程度

海相生油岩从震旦亚界到新生界均有发育, 不仅存在油相的下限, 还可能存在成熟的上限问题。

从现有工作程度看, 下古生界及前寒武系的油气演化, 可能主体已进入过成熟阶段。当然也有演化程度相对较低的地区, 如华北的震旦亚界, 燕山地区油苗、沥青分布广泛, 双洞油苗含蜡量 0—2.20%, 反映是海相原生石油, 绝大部分沥青可溶, 并有较强的荧光显示, 演化程度显然要低于比其年轻的南方震旦系, 展示了该层位的油气远景。贵州凯里地区, 据推算奥陶系的最大埋藏深度仅 2000—4000 米, 附近的煤牌号为肥煤, 另外, 从井下产出的原油物理性质及正烷烃特征, 都反映演化程度相对低些, 还有寻找下古生界油气的可能。据有资料认为, 华北奥陶系与凯里地区演化程度相当, 显然就增加了寻找华北古生界原生油气藏的远景。

上古生界是南方重要的生油层位及勘探对象之一, 油气演化程度变化较大, 就上二叠统煤牌号而言, 从气煤、肥煤到无烟煤均可见, 主要处于气、肥煤—焦瘦煤变质阶段。据西南地区资料, 二叠系经历的埋藏深度一般为 3000—5000 米, 最大可超过 5000 米, 推算地温值 120—150℃, 地表晶洞油苗为轻质原油, 显然部分地区已处于高成熟—过成熟的油相向气相过渡的阶段。西北如塔里木盆地及青藏高原的部分上古生界, 都有有利的生油岩相存在, 具勘探远景, 现在就注意这方面的研究, 是很有意义的。

中生界, 三叠系是南方尤其是四川地区的重要含油气层位。以四川为例, 须家河组和雷口坡组轻质原油较多, 比重 0.78—0.82 左右, 嘉陵江组以下则为轻质原油和凝析油, 比重都小于 0.78, 油气演化随须家河→雷口坡→嘉陵江组加深的趋势是清楚的, 从川西北川₁₉井雷二段的有机物——埋深曲线 (图 5), 也反映该区的雷口坡组有相当高的成熟程度。对于青藏新地区及海域的中生界海相沉积, 不仅可能存在成熟阶段的下限问题, 像渐新统一中新统甚至更年轻的生油岩, 成熟阶段的上限可能也将是研究课题。

关于影响油气演化的因素, 前面已有所论述。经受的古地温越高, 经历的地史时间越长, 演化程度越深, 这是基本规律。这里仅举一例, 反映局部地区的构造应力作用所产生的影响。湖南湘中地区龙潭组煤变质带的分布, 就受控于祁阳山字型构造, 在前弧范围内煤的变质程度由内弧向外弧, 由两翼往弧顶加深, 前弧往外进入其它体系控制的区域, 变质程度就有所降低。

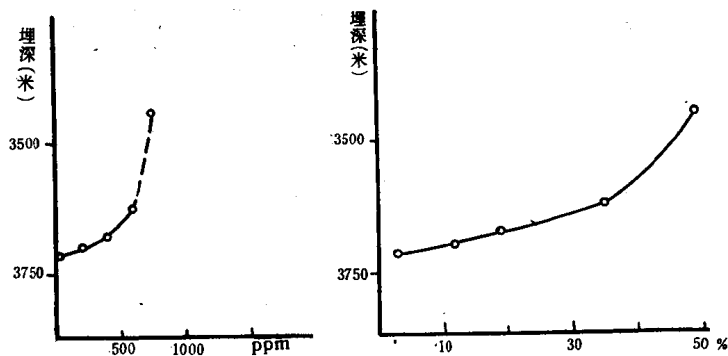


图 5 川西北 川₁₁₉井雷二段烃、烃/C—埋深曲线

总观我国海、陆相生油岩，都是重要的油气源岩，但各有其地球化学特点：陆相有机质丰度高于海相而生烃效率低于海相；陆相有机母质类型除深水相区（尤其是大型湖盆）较好外，一般比海相特别是碳酸盐岩为差；陆相主体处于生油成熟阶段，成油上限研究是重点，海相古生界确定成熟阶段下界是重点；决定陆相生油性能的主要地球化学因素是母质类型，影响海相油气远景的地球化学因素则主要是演化程度。