

中国陆相油气生成



中国陆相油气生成

石油勘探开发科学研究院地质研究所 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是我国陆相生油的专著。

作者从地质史、湖泊史、生物史等几个方面,对我国陆相油气生成的地质基础进行了比较系统地论述,并进一步阐明了陆相油气生成的地球化学特征。书的后一部分对我国有代表性的陆相含油气盆地油气生成特征分别进行了概括性剖析。

可供石油地质技术人员、石油地质科学研究人员、地球化学人员以及有关院校师生参考。

中国陆相油气生成

石油勘探开发科学研究院地质研究所 主编

石油工业出版社出版

(北京安定门外外馆东后街甲36号)

轻工出版社印刷厂排版

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米 16开本 22³/₄印张 2插页 568千字 印1—1,700

1982年10月北京第1版 1982年10月北京第1次印刷

书号: 15037·2397 平装定价 3.55元

序 言

5269/18

中国中、新生代陆相沉积盆地广泛发育，40个面积在一万平方公里以上至数十万平方公里的大、中型陆相沉积盆地，总面积约为二百七十万平方公里，占全国总面积的四分之一，蕴藏着丰富的油气资源。自五十年代以来，在这些盆地中开展了大规模的石油勘探，并以陆相油气田的开发为主，建立了相当规模的石油工业。我国原油年产量从解放前的12万吨，已提高到现今的1亿吨水平。这个事实，破除了陆相不能生油或贫油的观念，丰富了石油有机生成学说的内容，扩大了找油领域。越来越多的学者认识到，部分石油或天然气的形成与陆源湖成有机质的堆积、演化有关。赫德伯格(H.D.Hedberg, 1968)就曾列举过40个与陆相淡水、半咸水沉积有关的高含蜡原油的实例。当我们注意到，中、新生代正是地质历史上湖泊大量产生和陆生生物进一步发展、繁盛的时代，也是高含蜡原油分布的主要时代，那么在集中了世界油气储量80~90%的中、新生代地层中究竟有多少油气源于陆相沉积的问题，也就值得重新考虑了。

本书在现代石油地质学、石油地球化学之基础上，结合我国油气地质的实际和以往有关陆相生油的研究资料，着重讨论了陆相石油生成的地质基础，以及陆相沉积中有机质堆积、埋藏、演化、对比等有关油气生成的地球化学问题；并对我国各陆相含油气盆地油气生成的特征进行了剖析。

我们可以看出：作者们对于陆相生油的许多基本问题的认识是一致的，但有某些观点又不尽相同，这是很自然的。我们本着“双百”方针，尽可能保留了作者自己的观点。这部专著，是对我国陆相生油的地质和地球化学特征的初步综合，它反映了我国陆相生油的科学研究现状。

全书由黄第藩、李晋超同志主编。在成稿过程中，范成龙、于志海同志也做了许多工作。

本书虽然主要是执笔者编写的，但它又是我国广大石油地球化学工作者和分析化验人员等共同劳动的产物。在资料收集、样品试验及编写过程中，也得到了王捷、李永康、汪燮卿、周光甲、张明辉、郎纫赤、安作相和杨少华等同志的热情帮助。此外，协助工作的还有：房敬彤、金伟明、阎霞、刘义兰、唐祥华和庞增福等同志。文中还引用了部分油田和兄弟单位的有关资料，在此一并致以衷心地感谢。

黄第藩 李晋超

一九八二年三月

目 录

第一篇 油气生成的地质基础

第一章 地质历史上湖泊的形成和发展	(2)
第一节 古生代地质历史的发展与成油湖泊的发生	(2)
第二节 中、新生代湖泊发展概述	(5)
第二章 生物征服大陆及我国中、新生代湖泊中的生物群落	(9)
第一节 石炭纪开创了陆相石油生成的时代	(9)
第二节 中、新生代是主要陆相成油期	(11)
第三节 生物化学进化对成油母质的影响	(14)
第四节 中国湖相生物群的面貌	(17)
第三章 中国古湖盆产生的构造条件和构造类型	(26)
第一节 大地构造特征和湖盆产生的构造机制	(26)
第二节 我国湖盆的构造类型及其特征	(35)
第四章 我国成油湖泊的类型、演化和成油期	(45)
第一节 湖泊的地理类型及其特征	(45)
第二节 湖泊的演化和成油期	(50)
参考文献	(64)

第二篇 油气生成的地球化学

第五章 有机地球化学分析方法	(68)
第一节 生油岩的分析流程	(68)
第二节 实验分析方法的主要条件和某些指标的地质意义	(69)
第六章 现代湖泊沉积物中的有机质及其地质意义	(75)
第一节 生命体有机组成的特征	(75)
第二节 生物体中脂肪酸的构成	(77)
第三节 近代湖泊沉积物中有机质的聚集	(80)
第四节 成岩作用早期有机质的转化	(88)
第七章 地球化学相	(93)
第一节 沉积时的水介质条件	(93)
第二节 地球化学相的划分	(94)
第八章 陆相生油岩中有机质的丰度及其分布特征	(98)
第一节 有机质的丰度	(98)
第二节 沉积盆地与有机质的分布	(105)
第九章 陆相生油岩的有机质类型	(114)
第一节 陆相生油岩中有机质的性质	(114)
第二节 不同沉积相带有机质的类型	(126)
第三节 有机质类型的划分	(128)
第十章 陆相生油岩中有机质的热演化特征	(130)

第一节	可溶有机质的热演化	(132)
第二节	干酪根的热演化特征	(141)
第三节	有机质成油作用热演化阶段的划分	(149)
第四节	成油演化中的热力作用	(152)
第五节	结 论	(154)
第十一章	油源对比	(155)
第一节	对比指标的选择	(155)
第二节	石油与石油的对比	(162)
第三节	石油与生油岩对比	(165)
第四节	结 论	(174)
第十二章	生油岩的定量评价	(175)
第一节	生油岩的评价	(175)
第二节	生油量的计算	(183)
第三节	结 论	(188)
参考文献		(188)

第三篇 各论

第十三章	准噶尔盆地南缘上二迭统油页岩的地球化学特征	(193)
第一节	仓房沟上二迭统岩性简述	(193)
第二节	上二迭统生油岩的地球化学特征	(195)
第三节	生油岩与克拉玛依原油的关系	(198)
第十四章	四川盆地上三迭统陆相生油(气)岩特征	(202)
第一节	地质特征	(202)
第二节	生油(气)岩有机质的地球化学特征	(205)
第三节	沉积条件对生油(气)岩有机地球化学特征的控制作用	(211)
第十五章	陕甘宁盆地中生界陆相沉积层的成油特征	(216)
第一节	成油的地质条件	(216)
第二节	成油的物质基础	(218)
第三节	成油母质的类型	(221)
第四节	成油的演化阶段	(226)
第五节	油源对比	(227)
参考文献		(230)
第十六章	松辽盆地白垩系陆相生油特征	(232)
第一节	湖盆的沉积环境	(233)
第二节	松辽盆地白垩统生油岩	(235)
第三节	油源对比	(237)
第四节	结 论	(241)
第十七章	江汉断陷咸水湖盆潜江组油气的生成	(243)
第一节	潜江组生油层形成的地质条件	(243)
第二节	潜江组油气生成的有机地球化学特征	(245)
第三节	潜江组油气生成的深度(温度)与演化	(249)
第四节	潜江组油气生成的特点	(252)
第五节	油源对比	(255)

第六节	结 论	(257)
参考文献		(257)
第十八章	泌阳凹陷油气生成的有机地球化学特征	(258)
第一节	有机物的主要来源及丰度	(258)
第二节	有机物的类型	(259)
第三节	沉积时的地球化学相	(260)
第四节	有机母质的演化	(261)
第五节	泌阳凹陷的油源	(264)
第六节	泌阳凹陷高含蜡原油的成因	(264)
第十九章	济阳拗陷生油岩中有机质的性质和演化	(267)
第一节	有机质的性质和特征	(267)
第二节	有机质的成熟演化	(275)
第三节	结 论	(281)
第二十章	辽河断陷西部凹陷下第三系沙河街组生油层研究	(282)
第一节	下第三系生油层的形成条件	(282)
第二节	西部凹陷生油层的演化及有效生油层的分布	(284)
第三节	油气的生成与油藏形成的时间	(292)
第四节	结 论	(295)
参考文献		(295)
第二十一章	黄骅拗陷油气的生成与运移	(296)
第一节	油气生成的基本地质条件	(296)
第二节	生油岩地球化学特征	(297)
第三节	油气演化特征	(300)
第四节	分区演化情况比较及油气运移期	(303)
第五节	结 论	(309)
第二十二章	冀中拗陷油气的生成	(310)
第一节	古潜山油藏“新生古储”的主要依据	(310)
第二节	三种不同类型的原油	(311)
第三节	三类不同的生油凹陷	(313)
第四节	生油岩的热演化	(321)
第五节	原油和生油岩中的甾烷和萜烷	(331)
第六节	结 论	(336)
参考文献		(336)
第二十三章	塔里木盆地西南拗陷有机地球化学特征	(337)
第一节	地质概况	(338)
第二节	有机地球化学特征	(342)
第三节	生油岩评价	(352)



第一篇 油气生成的地质基础

第一章 地质历史上湖泊的形成和发展

黄 第 藩

陆相油气田产生于各种类型的古代湖泊沉积中，特别是那些被基底断裂所控制的构造断陷湖盆，是有机质堆积和石油生成的主要场所。可见，陆相沉积中石油的生成与地质历史上湖泊的形成和发展有密切联系。

1964年，笔者曾经写道：“湖泊，是随着古生代海侵的缩小及中生代陆地面积的增长而大量产生并显示其重大成矿地质作用的；在新生代，特别是它的后期，随着气候的渐趋干燥以及在新构造运动中山体的不断扩大而逐渐缩小其规模”〔4〕。这就是说，当地质历史进入了以现今板块构造活动为特征的阿尔卑斯旋回以后，伴随着世界上大量湖泊的产生，从陆相地层中生成的油气则更不容忽视了。关于这一点在我国尤为明显，因为中、新生代湖泊沉积在我国发育更为广泛，构成了其地质历史发展的重要特征。

现今世界湖泊的总面积为250余万平方公里（包括里海），占陆地面积的1.8%。面积在一万平方公里以上的湖泊只有18个，总面积约为105万平方公里，一般最大的只有7~8万平方公里。我国面积在一平方公里以上的湖泊有2800多个，最大的咸水湖——青海湖面积为4635平方公里，最大的淡水湖——鄱阳湖、洞庭湖面积4000~5000平方公里（洪水期），总面积也只有8万多平方公里，只相当于地质历史上一个大湖的规模〔5、6〕。黑海过去就曾经是一个巨大的湖泊，可见地史上湖泊的发育往往远大于现今湖泊的规模。

第一节 古生代地质历史的发展与成油湖泊的发生

世界早古生代的古地理轮廓是：南方有冈瓦纳大陆，北方的劳亚大陆则是由北美、北欧和北亚等古陆所组成。而在南、北大陆之间是一个近东西向的辽阔的沉降带，其中散布着许多大小不等的岛屿、岛弧和陆块。值得注意的是：在南、北亚大陆之间，有中朝古陆及其邻近的众多的岛屿存在，分隔着南亚陆间区和北亚陆间区，显示出地壳构造上鲜明的不均质性和差异沉降的特点〔7〕。后来的地质发展表明，这种构造的差异性对中国许多湖盆的形成有着重要的影响，孕育着湖盆产生的构造基础〔8〕。在早古生代一亿七千万年的发展历史中〔9〕，陆地面积有限，地势低平，缺乏海岸山系，常被大面积浅海所淹没，湖泊极少。这时不太发育的下古生界陆相地层的出现，往往是与各纪晚期，主要是加里东运动前夕的晚志留世海退有关。上志留统含淡水板足鲎、无颌鱼类化石和有植物遗迹的红层（包括湖相），在世界许多地区（如北方古陆的南缘）和中国南方（纱帽统和中下玉龙寺统）分布相对较为普遍。由于在早古生代，生物对大陆的征服尚处于萌发阶段，大陆湖相地层中有机质贫乏，因此几乎都是红色沉积。

看来，在早古生代加里东构造旋回中，某些古陆的边缘有加里东褶皱带相继升起，大陆扩展，海岸山脉开始相继出现。中国古陆也构成了一个整体，提供了少量湖相地层产生的条件，但有机质贫乏。

晚古生代海西构造旋回是大陆面积显著增长、陆相沉积愈益发育的时期（图1-1）。前述

加里东运动所造成的陆壳增长、地形起伏和北方大陆的普遍抬升以及广泛的海退，为泥盆纪内陆盆地的形成和含淡水鱼类化石的湖相沉积的发育，创造了有利条件。但泥盆纪气候干旱，陆生生物有限，故陆相沉积仍以红层的发育为特征。如北欧的老红砂岩（Old red sandstone）、中国的老君山群以及中亚、西伯利亚、北美东部和南非等地的陆相泥盆系均属之。其特点是以大陆边缘红色山间盆地的堆积为主，分布颇广，厚度很大，往往保持有较为丰富的植物化石和鱼化石。泥灰岩等湖相沉积一般出现在它的晚期，部分地区见有薄煤^[10]。

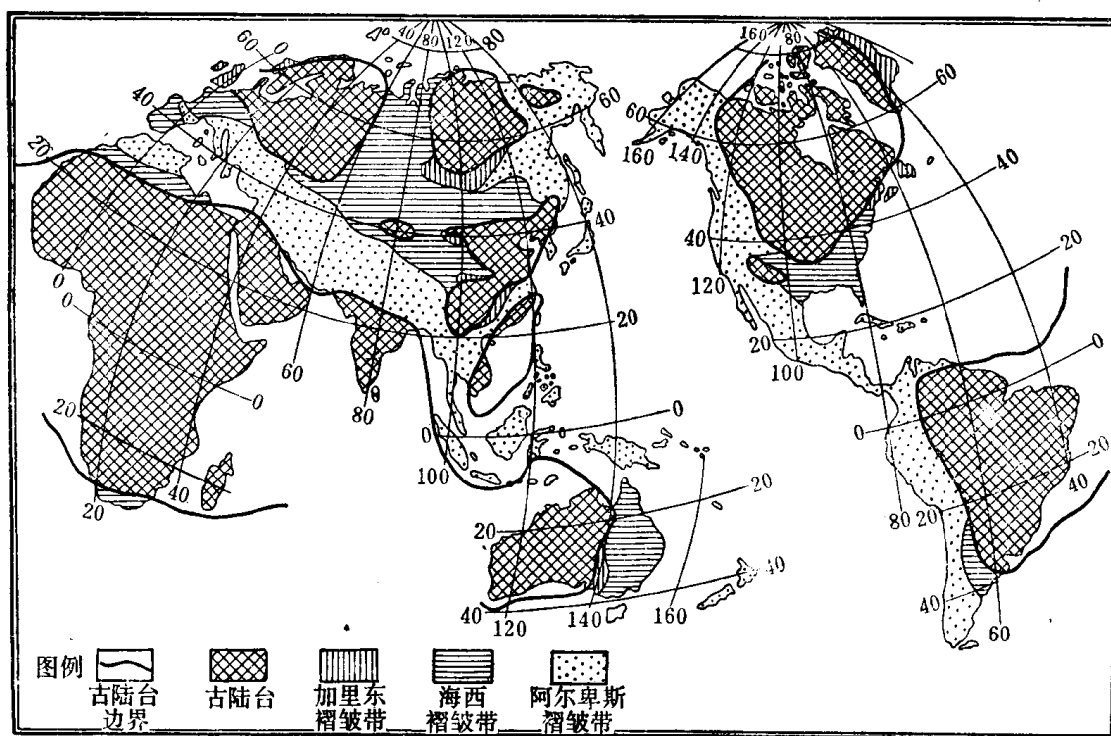


图 1-1 世界陆壳增生略图

石炭纪对陆相油气的生成来说，具有重要意义。这个时期，地壳运动比较活跃，陆壳增生和地形的分割性明显。同时，气候转向温湿。那些在泥盆纪干旱气候条件下，在一定程度上适应了陆生环境的生物，遂大量繁殖。植物界基本上完成了从志留纪开始的对大陆的征服，相当广泛的进入了陆地，并以空前的规模（特别是早石炭世以后）繁茂起来，产生了第一个全球性的成煤时期。动物界一部分开始爬上陆地，初具陆生生物的功能，两栖类和昆虫等空前繁盛。可见，石炭纪是生物首次成功地征服陆地的时代。在地质历史发展中，第一次广泛出现了大规模富于有机质堆积的湖沼。总的来看，石炭纪早期，海侵广阔，陆相地层发育有限。而中、晚期，伴随着海西地槽的相继褶皱、上升，有一系列陆缘和山间拗陷产生，形成了巨厚的含煤陆相或含煤海陆交互相沉积，广布于世界许多地区。这一时期，在北欧、俄罗斯地台、乌拉尔、西伯利亚通古斯盆地、中亚和东亚、北美阿帕拉契亚西南、南非等地，都发育有重要的含煤岩系。值得注意的是，它们往往与天然气田的形成有关，有时储集层是二迭系的。我国也不例外。正是由于石炭纪湖沼沉积中，获得了丰富的有机质来源，陆相油气的生成到这时才有了重要的实际意义，从而真正开创了陆相生油的年代。

海西运动的结果，陆壳进一步增生，陆缘海岸山系基本完成，因此古生代海退以二迭纪最为显著，陆相沉积的规模甚至超过了泥盆纪。二迭纪早期气候潮湿，许多地方仍为一重要的造煤时期；晚期气候渐趋干燥，红层和滨海相沉积相当发育。但也应该注意到西伯利亚、中亚等地

区，晚二迭世仍有重要的湖沼相含煤岩系产生。二迭纪时，西欧有许多山间盆地，湖相沉积见于下二迭统红色赤底统 (Rothliegende) 中，为泥灰岩、页岩和煤层，含鱼类、淡水软体动物和植物化石。上二迭统苦灰统 (Zechstein) 为含膏盐的泻海相，夹沥青质页岩，产气。俄罗斯地台的湖相沉积见于上二迭统。美国有广布的泻海相含盐红色岩系。值得注意的是，长期处于稳定隆起状态的南方冈瓦纳大陆，继石炭纪陆相沉积之后，二迭纪发生了更为广泛的内陆、滨海湖沼沉积，厚可达数千米，夹冰碛层和煤层，显示了这个古老大陆开始解体的迹象。

在中国南部，即昆仑山—秦岭海西褶皱带以南，仍继承着石炭纪以来的面貌，以海相和含煤的海陆交互相为主。北部，则随着陆壳向西南扩大，几乎全为陆相沉积。这里，伴随着世界性干燥气候带的逐步南移，二迭系的沉积层序是：底部含煤，为湖沼相；中下部以湖相为主；上部为河湖相红色碎屑岩夹少量石膏层。正是在我国北方普遍海退的情况下，第一

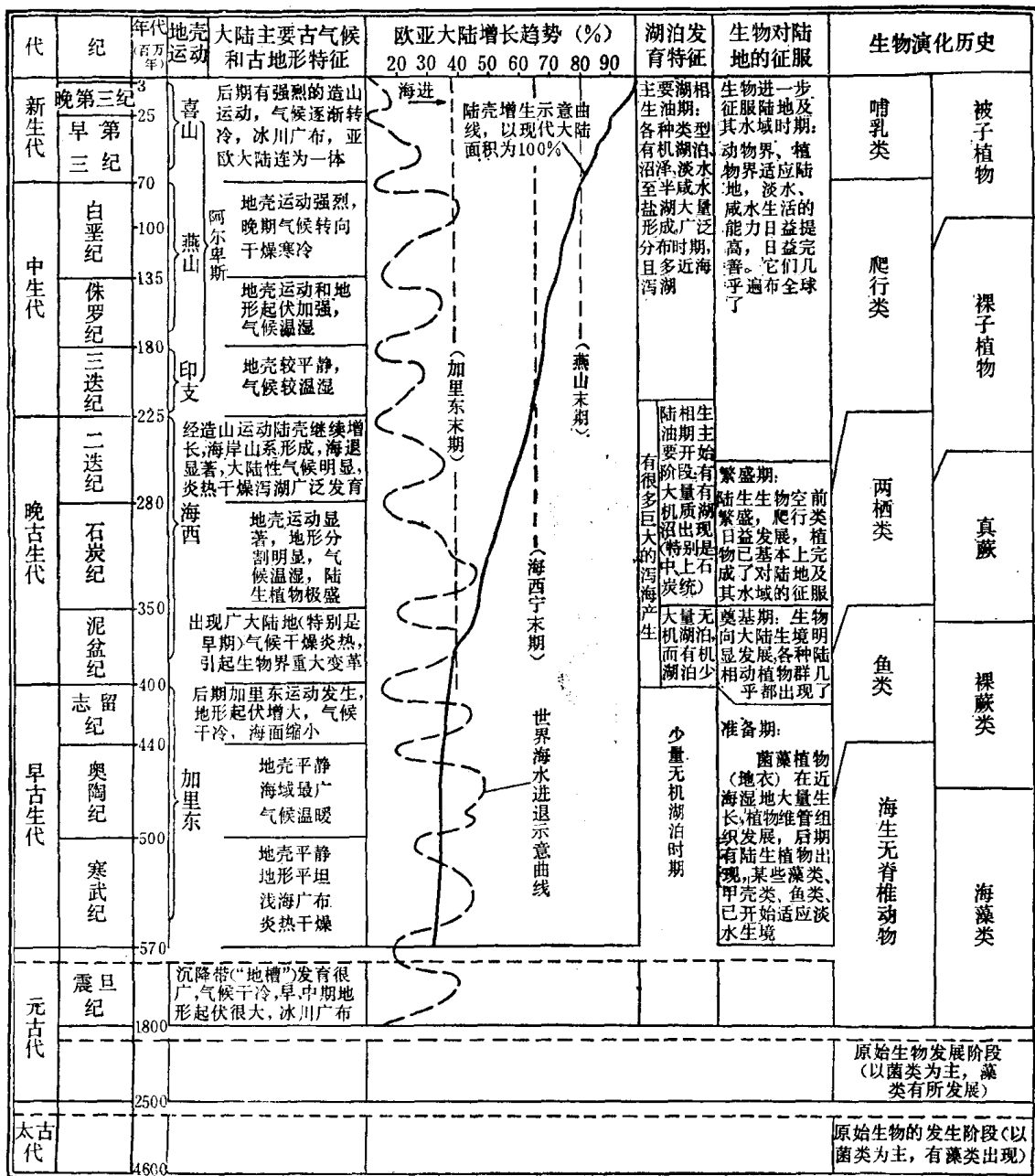


图 1-2 地质历史上陆壳增生、海水进退、湖泊发展和生物演化综合图表

个稳定的大型近海湖盆——二迭纪准噶尔古湖诞生了，沉积厚达3000~5000米（乌尔禾系）。在天山山前拗陷中，仅上部暗色泥质岩、油页岩厚度即达1000米，含大量淡水生物化石，而湖盆东南角又时有海水侵漫。这套富含有机质的暗色岩系（有机碳含量8.5%，氯仿沥青含量 $0.3\pm\%$ ），构成了盆地西北克拉玛依油田的主要油源。

总之，经过1.75亿年海西构造旋回（主要包括5幕）的结果，远比加里东运动造成了更多的、新生的陆地，欧亚大陆连为一体，最终形成了辽阔的北方大陆，环陆海岸山系基本形成，海水突出地集中到南、北大陆之间的古地中海带中去了。这种经过漫长的地质历史发展而“镶嵌”起来的北方大陆，构造上的不均一性和地形的明显起伏，又有生物向大陆的繁殖、演化相结合，必然为陆相沉积的发育，特别是有机湖沼的形成奠定了良好的基础。可见，陆相石油的生成是地质历史发展和生物演化的必然结果（图1-2）。

第二节 中、新生代湖泊发展概述

中、新生代是湖泊显示出重要成矿地质作用的时期。湖泊沉积经过古生代约三亿五千万年的发展和演化，至中、新生代阿尔卑斯旋回，它们发育的古地理条件和构造条件更趋于成熟，构成了重要的含矿层系。

三迭纪继承了二迭纪晚期的沉积特点，海侵十分有限。在阿尔卑斯—喜马拉雅沉降带及其狭长的浅海区以北的广大欧亚大陆上和以南的非洲、澳洲和美洲大陆上，都有许多中、下三迭统红色内陆盆地存在，沉积可厚达3000~5000米，部分为盐湖相。三迭纪的湖沼相沉积主要见于晚期沉积中，瑞替克（Rhaetic）期许多地区气候转向潮湿，成煤成油湖泊、沼泽分布很广。中国南方，早、中三迭世海侵较广，是一个广阔的泻海；至晚三迭世海水相继退出，瑞替克期同样成为我国南方中生代第一个重要的成油和成煤的时代。

侏罗纪是中生代海侵较为广泛的一个时期，尤以欧洲和东非最为显著，浅海盖覆了广大地区。但是，末期的海退则又导致欧洲和北美西部等地有相当广泛的湖相沉积，一部分油气的生成可能与此有关。与欧洲的情况不同，亚洲东部和澳洲继承了三迭纪以来大陆的面貌，广大地区高于海面，加以气候潮湿，产生了众多的有机湖沼，分布广泛，是一个重要含煤含油岩系。它们一般具有构造断陷湖盆的性质，有时沉积厚度很大，临近太平洋的陆缘地带还有强烈的火山活动相伴随。同时，受古气候变迁所控制，亚洲南部侏罗纪有机湖沼的发育结束较早，上侏罗统已变为套红色河湖相沉积层，而北部上侏罗统则仍有有机湖沼的发育。

白垩纪，早期海侵范围较小，亚洲东北部湖相、湖沼相沉积相当发育；但后期由于地势低平，其浅海地域之广，不仅为中生代海侵之冠，而且接近古生代最大海侵的规模，甚至长期位于海面之上的冈瓦纳古陆（业已解体），也有大面积的海侵发生。因此，白垩纪时期湖泊发育的规模受到了很大限制。一般来说，有的地区湖相沉积见于早期，而另一些地区则只是到了末期，随着世界各地普遍而强烈的地壳运动的发生，在海退中才有较为普遍的湖沼相沉积产生。但当时，亚洲东部，除西北一隅海侵稍广外，仍然基本保持着以往大陆的规模。在北部潮湿—半潮湿气候带上，有一些相当重要的早白垩世成油湖泊发生（有时含煤）。其他地区以及晚白垩世则广布着河湖相红色沉积盆地。南部，气候干燥，还有规模不大的盐湖存在。此外，北美也有含煤的陆相沉积，且厚度很大。冈瓦纳大陆白垩纪时已初具现代的面貌，也有一些含植物化石的陆相沉积产生。

白垩纪末海退之后，早第三纪海侵的规模小得多了。并且，随着第三纪地史的发展，阿

阿尔卑斯和喜马拉雅等新的山系逐渐形成,陆相沉积日益发育,地表古地理状况不断接近着现代海陆分布的面貌。早第三纪亚洲东部仍然是一个广阔的陆地,各种陆相沉积广泛分布,或堆积于山间和山麓,或充填于断陷和大型拗陷之中,可厚达数千米。其中,始新世至渐新世是一个重要的成油、成煤时期。当时,亚洲东部有干燥气候带横贯其间,因此我国多盐湖相,而北部和东南亚含煤地层则分布较广,有重要的煤田和油页岩矿产生。在亚洲东缘的岛弧上,也有始新世早期的含煤地层存在。欧洲早第三纪海侵仍然较广,陆相地层的发育不占重要地位。但有一种类型是值得注意的,以著名的莱茵地堑为例,在富含膏盐和沥青且盛产钾盐的下第三系中,在晚始新世至早、中渐新世咸化泻湖沉积之上,覆盖着晚渐新世的淡水湖相沉积。沉积层序与我国江汉盆地类似。非洲东部下第三系陆相地层(含煤),主要见于晚始新世-渐新世。对陆相石油来说,美国西部的下第三系大概是仅次于我国而颇为著名的一个地区。不少学者早就指出:在落基山区,部分石油是从湖相始新世绿河页岩中生成的^[11, 12, 13]。

新第三纪和第四纪,这一时期最显著的特点是北方大陆气候逐渐转冷,冰期来临,阿尔卑斯-喜马拉雅沉降带消失(中新世晚期),南、北大陆连为一体,海水大面积退出,陆地空前辽阔,为陆相地层的发育提供了更为有利的条件。新第三纪陆相红色碎屑岩系和红色亚粘土在亚洲东部分布很广。在青藏高原南、北两侧更有厚6000~7000米的山麓洪积相和河湖相沉积。但就湖沼相的规模来说,却由于气候的日趋干冷等因素的影响反而不及早第三纪发育了。自然就陆相油气的生成而言,也就不及早第三纪广泛和重要了。业已查明,我国西部有巨厚的新第三系,柴达木、准噶尔(南部)和西藏高原的伦坡拉盆地都有晚第三纪湖相地层,有油气生成,有的还一直延续到第四纪(气田)。我国东部沿海各盆地中的新第三系则以非正常海相或海陆交互相为特征。喜马拉雅山南侧印度河、恒河冲积平原和某些山间盆地中也有巨厚的新第三系,部分中新统油藏也可能与那里的湖相沉积有关。晚第三纪时,在欧洲中、北部大面积成陆,中新世早期的海侵有限,而不同时期湖沼相和泻湖相沉积的发育则一般多与阿尔卑斯褶皱带的山间或山前拗陷有关,常沉积很厚。其他,在北美西部和南美都有这一时期的河湖相沉积广泛分布;澳洲还形成了厚度很大的褐煤层。

综上所述不难看出:在阿尔卑斯构造旋回中,湖相、沼泽相沉积的发育得到了进一步的发展。而它们在各个时代发育的规模和类型则是与新山系的形成、古老构造单元的重新活动、海水进退以及当时的古气候条件等密切相关。

与板块活动相联系的阿尔卑斯旋回的历次构造运动,使陆壳又有大幅度的增生。这在欧亚大陆的形成上表现得更为明显。我国的青藏高原就是伴随着印支、燕山、喜马拉雅多次构造运动,陆壳自北而南递次增生,海水退出,南、北大陆终于发生强烈的碰撞而形成的。大致原始的地壳只占现今欧亚大陆总面积的三分之一,经加里东运动增长5%,经海西运动近三分之二的陆壳形成了,再经印支、燕山运动达到了80%,而喜马拉雅运动最终构成了现今大陆的规模,为内陆湖泊的发育提供了广阔的场所(图1-2)。

鲁欣(Л.Б.Рухин, 1959)早就指出过,古生代和中、新生代泻湖相发育的明显的不同^[14]。的确,古生代存在着许多巨大的泻海。尽管人们也把它们叫做“湖”,但是它们与正常海之间并无明显阻隔,海水可以自由地进出,如我国南方的下、中三迭统,美国的二迭系和俄罗斯地台的泥盆系。所以,我们把它们叫做泻海,以区别于非海相范畴的、真正的泻湖或我们所称的近海湖泊。由于泻海在发展历程中极易向正常海转化,故沉积剖面中常有一些基本属于正常海相的夹层。中、新生代,当地质历史发展进入阿尔卑斯旋回以后,随着陆缘新、老海岸山系的升起,各种真正的近海淡化或咸化泻湖愈益发展起来,分布相当广泛,构

成了一种重要的近海成油湖泊类型，如我国东部的老第三系等。它们与临海只以狭窄的水道相通，或本身具有少量海侵夹层，在矿物、生物、水质、沉积等方面，虽具有一定的过渡性质，但在其总的面貌上仍不失为湖相沉积的特征。

不同时代和不同地区湖沼的发育必然与海侵的状况密切有关。总的来看，中、新生代海侵的规模不及古生代广阔，而气候分带却更为明显，故湖沼更为发育，类型更为丰富。只是在中生代海侵最广的白垩纪，湖沼的发育才在一定程度上有所减弱。中生代欧亚大陆东部和西部的海侵程度明显不同。欧洲常有浅海侵漫，湖相沉积的发育较为有限。亚洲东部，包括我国在内，自古生代晚期至中生代早期海水相继退出之后，基本上再没有遭受过海水的侵漫。喜马拉雅海槽发展到晚第三纪早期也最终消失了。因此，我国中、新生代湖相沉积比世界其他地区更为发育，在沉积上占有突出的地位，具有规模大、时间长、类型多、沉积厚且有机质丰富的特点。这就是陆相生油在我国占有重要地位的主要原因。

美国西部也是一个中、新生代湖相沉积相当发育且研究比较深入的地区^[15]（图1-3）。自1900年以来，随着落基山区第三系陆相地层中许多油气田的相继发现，早在三十年代晚期赖丁格尔（W.T. Nightingale, 1938）等就提出了始新世湖相沉积（Green River Shale）是油气生成源岩的见解。后来，特别是六十年代以来一些学者的深入研究，进一步证实了这个论点^[16]。古生代时美国西部属科迪勒拉地槽，很少湖相沉积；而其后的地质发展，湖相沉积所占比重不断增大。据费斯（J.H. Feth, 1961~1964）和皮卡德（M.D. Picard）等的研究^[17]，前中生代各时期湖相层所占沉积比例仅1%左右。中生代随着地槽中部狭长的南北向隆起的形成，有时造成了落基山区和科罗拉多高原地区与海分隔的条件，湖相沉积所占比重上升为2~5%。因此，晚三迭世和晚侏罗世都有较大的湖泊产生，其面积可达五万平方公里以上，延续三至五百万年。白垩纪本区海陆交互相发育，湖相沉积（晚期）所占比例也有所增长。白垩纪末期至第三纪初期的拉拉米运动，使整个落基山地槽回返成陆。从此美国西部除太平洋沿岸地区以外，都转变为陆地，第三纪时期产生了众多的山间湖盆，各时代湖相沉积的比例上升为5~21.5%，更新世更增长为34%（图1-4）。这就是为什么下第三系陆

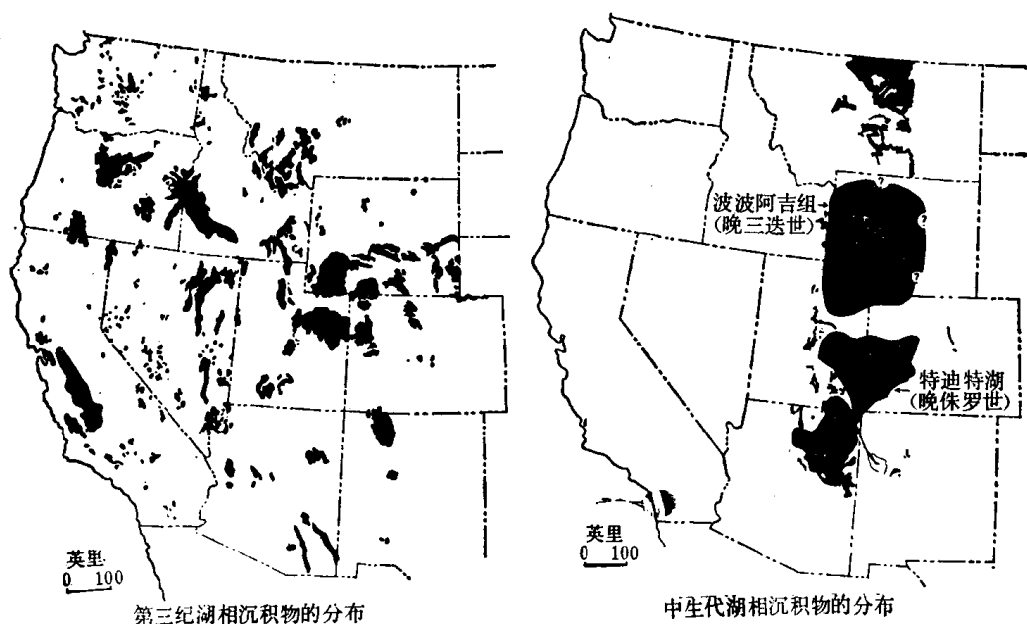


图 1-3 美国中、新生代湖相沉积分布图(据M.D.Picard等, 1972)

相石油的生成在美国西部引人注意的原因。

此外，那个在中、新生代已经愈合分裂开来的南方大陆，一方面时有相当广泛的海侵，另一方面又有不同时期的湖沼发育。近几年来，关于澳大利亚湖相沉积中石油的生成，已经被一些学者的研究所证实^[18, 19]。

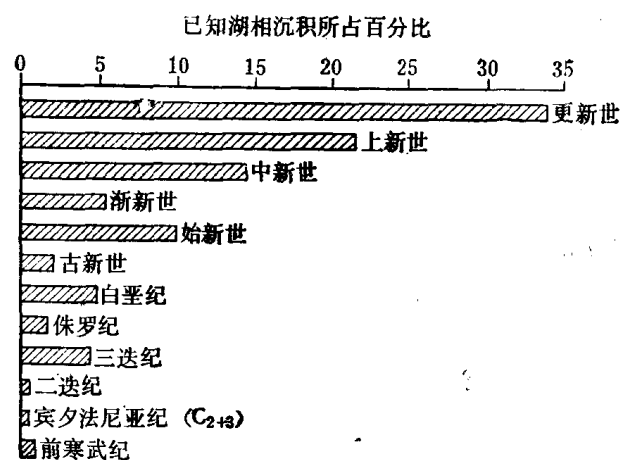


图 1-4 美国西部湖相沉积物的时代分布 (以242个地层单元为基础而编制的) (据Feth, 1964)

第二章 生物征服大陆及我国中、 新生代湖泊中的生物群落

黄 第 藩

石油的生成，是一种与生物界的演化紧密关联的现象；而陆相石油的生成，只有当生物在其演化历程中完成了对大陆及其水域的征服，湖相沉积中有了丰富的有机质来源之时，才成为可能。

尽管宇宙中及陨石、火成岩里也有某些低级的有机化合物以至氨基酸、脂肪酸存在，尽管在自然界可能的条件下必然无机合成过某些低级的有机化合物（草酸、尿素、醋酸、糖类），甚至某些行星的大气，包括我们这个星球的初始大气，也是还原性的，富含 H_2 、 CH_4 、 NH_3 、 N_2 和 CO 、 CO_2 、 H_2S 、 H_2O 等^[20, 21]，但是它们只是生命可能发生的物质基础，而毕竟不能说明沉积岩中如此丰富的且组成复杂的石油和天然气的聚集。一个半世纪以来，人们不断地探索着石油的起源。从五十年代开始，随着色谱、质谱和红外光谱等分析鉴定技术本身的日趋成熟及其在有机地球化学中的运用，石油起源问题的研究才获得了重大进展。在揭示着各种石油和沉积岩中有机质组成特征的同时，石油和它的源岩之间的成因联系愈益清晰了。事实表明，石油的生成首先必需依赖各种生物体中有机质的大量产生。也只有当陆地及其水域中出现了生物的大量繁殖，陆相石油的生成才可能实现。

第一节 石炭纪开创了陆相石油生成的时代

众所周知，元古代的海洋是藻类的世界，特别是它的后期（震旦纪）。在浅海海域中藻类十分繁盛，并通过光合作用、新陈代谢改造着地球原始大气的成分。这个时期的水母、蠕虫等一类软体动物也已经出现^[20]，可能还相当繁盛。早古生代是海生无脊椎动物繁盛的时代，各门类几乎都有了自己的代表。奥陶纪已开始出现了原始的鱼形动物（无颌鱼类）和节肢动物板足鲎（*Eurypterus*）以及生活于海滨的、原始的陆生植物裸蕨类（*Psilophyton*），显示出适应陆地和淡水生境的趋向。原始裸蕨是一种原始的维管植物，是从绿藻进化而来的，其组织特点是已开始出现适应陆生生活的萌芽了。而绝大部分原始鱼类产于陆相淡水地层之中。看来奥陶纪的板足鲎主要生活在海洋中^[22]，而发展到志留纪则出现了大量在淡水和非正常盐度水体中生活的属种。可见，当时淡水河湖中有了一定的生物繁殖。生物本身为征服陆地进一步准备着条件。也可以说，在早古生代后期生物界实际上已经开始了征服陆地的历程。

晚古生代是生物界特别是植物征服陆地的一个重要发展时期。加里东运动所造成的广阔陆地以及泥盆纪干旱气候向石炭纪温湿气候的转变，促使生物界发生了显著的进化，发生了一系列征服陆地的重大事件。这是一个植物中蕨类空前繁茂和脊椎动物中两栖类崛起的时代，反映出生物在征服陆地上的重要突破。

在这一时期中，植物界通过裸蕨类、石松类—木贼类、真蕨类这一演化系列，蕨类植物

的形态和生理机能不断得到更新和完善，有了明显的根、茎、叶的分化和相当发达的体内维管组织，标志着它们初步成功地征服了陆地。这些由裸蕨类脱胎出来的新生的植物类群，突破了对于水域的依赖，十分适宜于在低洼、潮湿地区生长、繁殖。泥盆纪早、中期裸蕨占优势，晚期节蕨、石松、真蕨开始茂盛起来，某些裸子植物也已经发生。因此，在泥盆纪干燥气候之后，随着石炭纪温湿气候的来临，它们空前繁盛起来，形成了分布相当广泛的高大乔木森林，并开始出现了植物地理分区现象。当时，有机湖沼广布，产生了地质历史上第一个重要的成煤期。二迭纪气候又渐趋干旱，特别是到它的晚期，除真蕨类有部分绵延以外，其他蕨类植物大部分相继衰退了、绝灭了。银杏、苏铁、松柏等代之而起（图2-1）。

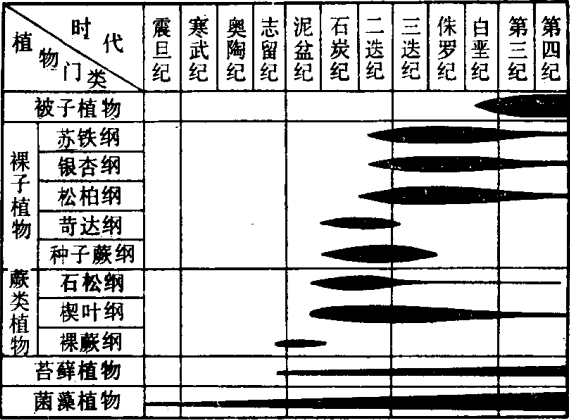


图 2-1 地史上主要植物群分布图

对于动物界的演化，晚古生界意味着脊椎动物时代的到来（图2-2）。它们的发源地是值得注意的。陈旭和夏树芳曾指出：“海洋一般认为是脊椎动物的发源地，但从地层中发现的函皮类（无颌甲胄鱼类）和古老的鱼类根据其生长的岩相、岩性及其其他的（譬如无脊椎动物化石）分析，它们都是栖居于淡水（河、湖）中，到海洋里生活还是后来的事^[22]”。

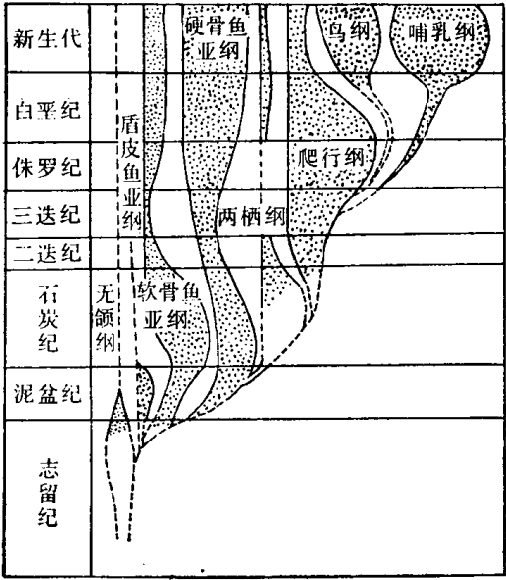


图 2-2 脊椎动物的谱系树(据陈旭、夏树芳, 1961)

总鳍鱼 (*Crossopterygii*)、肺鱼 (*Dipterus*) 等。我国华南陆相泥盆系中已经记述的原始鱼类就有48属68种^[23]，反映着近海湖泊环境。紧接着在石炭纪，甲胄鱼和盾皮鱼的优势就被更为进化的硬骨鱼类（陆相和海相属种均有）和软骨鱼（几乎全为海相），在适应辐射中所代替了。值得注意的是，在硬骨鱼内鼻目中，那些生活在泥盆纪河湖中的总鳍鱼类，其体中胎育着一种适应于陆地生活的、新的、更高级的体制和生理机能。随着地史的发展，终于通过它们的一支——骨鳞鱼类 (*Osteolepis*) 实现了从水到陆的进化，从而产生了以两栖类繁盛为特征的时代（石炭-二迭纪）（图2-3，2-4）。