第九章　从岩相古地理谈油气生储盖条件及其它沉积矿产

第一节　生油气条件

在二叠纪，中下扬子地区处于低纬度热带、亚热带地区，较深水盆地、斜坡、浅水台地和滨岸环境共存，生物十分繁盛。这种古地理条件十分有利于油气源岩的形成[56]。

地球化学分析资料表明，本区低能环境中形成的暗色石灰岩和泥页岩可作为有利的生油气岩。根据江汉石油管理局勘探开发研究院应用气相色谱分析资料，知二叠系是建南二叠系及三叠系气藏的主要气源岩。鄂东南和湘西北的许多油苗均赋存在二叠系中，也是二叠系本身生油、就近运移和聚集的。在中扬子地区，二叠系碳酸盐岩类生油气岩的有机碳含量为0.09—2.69%，平均0.23—0.46%，泥质岩类生油气岩的有机碳含量0.68—3.68%，平均2.42—3.18%。生油岩厚度350—690m。丰度及厚度均居中生界和上古生界各层系之首，是最好的生油气岩。生油岩母质类型，以腐泥型及腐泥—腐植型为主。有机质演化程度普遍较高，镜质体反射率一般在1.35%以上，以勘探天然气为主。

暗色的含硅泥岩及薄层硅岩亦是十分良好的生油气岩。以前，可能对此重视不够。

根据沉积环境，可将中下扬子地区二叠系的生油气岩分为以下四类。

Ⅰ类生油气岩：形成于盆地环境。由于沉积水体中溶解氧十分稀少，十分有利于有机质的保存和转化，从而形成良好的生油气岩[57]。在纵向上，这类生油气岩主要分布于孤峰组和大隆组中，在吴家坪组亦有分布。这类生油气岩的岩性以泥质岩、含硅（质）泥岩为主，石灰岩次之。泥质岩生油气岩最厚可达80多米，主要分布于湖北北部地区、湘鄂西地区、江西景德镇地区和下扬子地区；石灰岩生油气岩主要分布于鄂西地区，厚度可达30m以上（参看附图24）。

Ⅱ类生油气岩：形成于盆地和斜坡环境。由于沉积水体中溶解氧较为贫乏，较有利于有机质的保存和转化，从而形成较好的生油气岩。这类生油气岩亦主要分布于孤峰组和大隆组中，吴家坪组和栖霞组有少量分布。生油气岩以泥页岩为主，石灰岩次之。泥页岩生油气岩最厚可达180m以上，广泛分布于本区南部地区，另外在中扬子地区北缘亦有少量分布；石灰岩生油气岩最厚达70多米，主要分布于本区南部地区和湘鄂西地区（参看附图25）。

Ⅲ类生油气岩：形成于台地和滨岸环境。在此环境中，生物十分繁盛，原始有机质丰富。但由于沉积水体中溶解氧含量较高，故大部分有机质遭受了氧化破坏。尽管如此，仍保存有较多的残余有机质，亦可形成生油气岩。这类生油气岩亦为泥页岩和石灰岩，亦以石灰岩为主。石灰岩生油气岩主要形成于浅水台地中，在各组均有分布，尤以栖霞组最为发育。在平面上，广泛分布于本区，厚度一般为100—350m，最大可达485m；计有两个

大厚度分布带，北带为利川—宜昌—九江—南京一带，其中有三个厚度中心；南带为长沙—上高—桐庐一带，其中有两个厚度中心。泥页岩生油气岩主要形成于滨海静水环境，如三角洲平原沼泽等，主要分布于龙潭组和堰桥组；在平面上，主要分布于本区南部，具体为湘中赣西地区和杭州—苏州地区，厚度一般为50—200m，最大可达225m。另外，在沼泽环境中形成的煤亦有一定的生气能力，主要生成煤成气。参看附图26。

Ⅳ类不利生油气岩，主要发育在台地边缘及台地上的礁滩环境，沉积水体氧气充足，生物大量发育，但有机质却遭受极大程度的氧化和破坏，极不利于有机质的保存和演化，是不利的生油气相带，如长兴组礁中有机碳平均含量仅0.03%。

从上可知，中下扬子地区二叠系生油气岩厚度大，分布广泛，生油气母质良好，有机质成熟度较高，因此，具有良好的生油气条件。川东鄂西地区长兴组天然气和浙北煤山龙潭组原油的产出，以及本区多处发现的油苗、气苗和沥青，均证明了这一点。

第二节　油气储集条件

中下扬子地区二叠系的油气储集岩包括碳酸盐岩和碎屑岩两大类。

一、碳酸盐岩油气储集岩

中下扬子地区二叠系碳酸盐岩储集岩的储渗空间也具有孔、洞、缝三大类。孔、洞是油气的主要储集场所，缝是主要的渗透通道，油气储量的80%以上主要储集在孔、洞之中，而产量高低则与裂缝有密切的关系。孔、洞的发育程度与岩相古地理关系密切。裂缝受构造运动强度控制。这里主要讨论孔隙型（孔）与孔洞型（洞）储集岩。

1．孔隙型储集空间和储集岩

孔隙型储集空间类型可分原生的和次生的两类。就本区而言，原生孔隙主要为骨架孔、粒间孔、遮蔽孔等；次生孔隙主要为晶间孔、非选择组构的溶孔、铸模孔等。

通过大量的薄片观察，知本区二叠系碳酸盐岩的原生孔隙均遭受了很大的破坏。由于胶结作用和压实作用的影响，原生孔隙保存甚少，原始的骨架孔（礁石灰岩中）和粒间孔（生粒石灰岩中）及遮蔽孔大都被亮晶方解石所胶结（图版XⅧ，XX-4，5，XV-6）。因此，实际上，岩石中的油气储集空间基本上为沉积后作用形成的次生孔隙。

本区二叠系碳酸盐岩油气储集岩主要为中—细晶白云岩，其次为粗结构的石灰岩。

中—细晶白云岩的储集空间主要为晶间孔、溶孔（图版XXⅢ-5，XXIV-4,5,6,）及裂缝等。晶间孔一般孔径0.01—0.3mm，溶孔孔径一般为0.1—0.8mm，其形状不规则，分布不均；裂缝宽度一般为0.01—0.5mm，其内大都已被方解石充填，但部分为开放裂缝。孔隙度平均为3.5%，最大可达14.6%。这类岩石是本区二叠系最好的碳酸盐岩储集岩。建南气矿长兴组气藏的储集岩即为这种白云岩。

粗结构石灰岩包括礁石灰岩、亮晶生粒石灰岩和泥晶生粒石灰岩等。这类岩石特别是礁石灰岩和亮晶生粒石灰岩的原生孔隙均较发育，但均受到沉积后作用的强烈破坏，原始孔隙基本上被充填。岩石储集空间为少量的残余粒间孔及少量的溶孔等。岩石物性分析表明，其平均孔隙度仅为0.88%，可见其储集性能较差。实际上，如果没有后期溶蚀作用或破裂作用的改造，则不能成为有效的储集岩。

从上可知，本区碳酸盐岩油气储集岩的储集空间主要形成于沉积后作用时期。然而，归根结底，油气储集岩的发育仍受沉积环境的控制。

高能的礁和滩环境是形成油气储集岩的有利场所。尽管该沉积环境中形成的大量原生孔隙被压实作用和胶结作用所破坏，但由于礁、滩环境水体浅、沉积物结构较粗且相对抗压实，因而有利于次生孔隙的发育。前述的粗结构石灰岩就是高能的礁、滩环境的产物。但更有意义的是，中一细晶白云岩储集岩的发育亦受高能环境的影响。长兴组的白云岩即主要形成于礁、滩环境，特别是礁环境；这种白云岩是礁石灰岩和生粒石灰岩等岩石经混合水白云化作用和压实流体白云作用而成。混合水白云化作用属早期成岩作用，这种白云化作用要求水体浅且容易暴露水面的沉积环境。压实流体白云化作用则要求被云化岩体为抗压实的岩体。显然，礁、滩环境是发生白云化作用的最有利场所，即为形成白云岩储集岩的最有利场所。建南气藏为礁型气藏，该礁体为台凹内点礁，礁核内有7—8层白云岩，总厚24—28.5m。在这一白云岩储集岩中，业已获工业气流。在该点礁范围之外的低能环境中，无白云岩，岩石以灰泥石灰岩为主，孔隙性能差，气显示不好。

低能环境一般不利于油气储集岩的形成。当然，在发育蓝绿藻丛的低能环境中，可以形成窗孔状孔隙。然而，本区二叠纪基本缺乏这样的低能环境。

本区二叠系不同沉积环境的岩石储集性能有较大的差别（表9-1）。从此表可以看出，高能礁、滩环境为有利的储集相带，而低能台地开阔海、较深水斜坡和盆地环境的储集性能差。

表 9-1　二叠系不同沉积环境的岩石的孔隙度

样品 \ 沉积环境 / 孔隙度(%)		高能环境			低能环境	
		礁	滩		台地开阔海	斜坡和盆地
			台地边缘滩	台内滩		
地面样品	最小值			0.13	0.05	0.04
	最大值	5.6	6.83	3.18	2.87	3.7
	平均值/样品数	1.6/94	1.3/169	1.2/65	0.77/134	0.7/15
井下样品	最小值		0.32		0.1	
	最大值	14.6	2.83		2.02	
	平均值/样品数	2.0/290	0.85/28		0.56/141	

岩相古地理研究表明，川东鄂西地区、湖南津市—石首—岳阳地区（即江汉平原南缘地区）、湖南麻阳地区及益阳地区、江西永修—都昌地区、江苏太湖—无锡—南通地区，在二叠纪发育礁、滩环境，其中白云岩厚度一般为20—50m，有的可达70m，为本区二叠系有利的碳酸盐岩油气储集岩分布区。

因此，进一步开展沉积环境、沉积相及古地理的研究，仍是油气储层研究的一个最根本的内容。

2．孔洞型储集空间和储集岩

孔洞型储集空间，主要指碳酸盐岩沉积后，因构造运动的影响而暴露地表，遭受大气淡水淋滤和溶蚀，在岩层中形成大量的孔洞，而成为油气的重要储集层。如川东—鄂西的石炭系顶面古风化壳油气储集层。

早晚二叠世间的东吴运动，遍及中下扬子地区，因此本区也具备形成孔洞型储集层的条件。控制下二叠统顶面古风化壳孔洞型储集层发育的主要因素是下二叠统顶部的岩性。当顶部岩性为茅口组碳酸盐岩时，岩溶得以大量发育；当顶部岩性为孤峰组泥岩、硅岩时，则阻碍大气淡水对下部碳酸盐岩的溶蚀，故岩溶孔洞不发育。

在中扬子地区西部，茅口组顶部有一套与孤峰岩性基本相似的地层（有人称茅四段）存在，因此岩溶孔洞不发育。在中扬子地区东部，茅口组剥蚀幅度大，因此岩溶发育良好，少数钻及该层位的钻井，已在茅口组古风化壳附近发现良好的储集层，这是一个很值得重视的勘探层位。

二、碎屑岩油气储集岩

砂岩是本区二叠系重要的碎屑岩油气储集岩。本区二叠系砂岩的孔渗性能虽然欠佳，但分布十分广泛。在纵向上，主要分布于龙潭组和堰桥组，少量分布于栖霞组底部和大隆组；另外在江西的吉安、南昌、抚州和上饶地区以及湖南的辰溪地区，亦有分布。砂岩厚度一般10—100m，在湖南和江西可达200多米，最厚达270m。

砂岩主要形成于碎屑滨岸区，发育于三角洲平原分流河道和三角洲前缘环境。砂岩的原始孔隙度较高，但在沉积期后由于经受一系列的成岩作用，使原始孔渗性能大为改观。研究表明，机械压实作用、石英的压溶和次生加大作用、自生高岭石的析出、菱铁矿的析出、方解石的胶结作用，均大大地破坏了原始孔隙，使孔隙度急剧降低。岩石的储集空间则为残存的少量原始粒间孔以及一些成岩后期形成的溶蚀孔（由于有机质烃化和粘土矿物的转化释放出CO_2和H_2O，其形成的酸质水导致了溶蚀作用）。因此，总的说来，本区二叠系砂岩的孔渗性不佳。

根据浙江石油地质研究所和勘探处对浙江长兴煤山龙潭组砂岩储集岩的研究资料，可将本区二叠系砂岩储集岩分为以下四类：

Ⅰ类储集岩：为中粗粒砂岩，基质很少，方解石胶结物较少。这类砂岩在成岩过程中，虽然大部分的原始孔隙遭受破坏，但由于粗颗粒的抗压溶作用而保存了部分原生粒间孔，且由于成岩后期产生了一些次生溶孔，因而有一定的孔渗性能，其孔隙度一般为8.65—14.19%，平均为10.2%，渗透率为2.06—31.99md，属低孔渗储集岩。这类砂岩为本区二叠系较好的砂岩储集岩。在这类砂岩中，可见少量原油流出；如在浙北煤山煤矿，在有的矿井中，日流油量可达100多公斤。

Ⅱ类储集岩：中细粒砂岩，基质含量低。石英自生加大作用比Ⅰ类砂岩强，自生高岭石及碳酸盐矿物亦堵塞孔隙，因而孔渗性能差。储集空间为矿物晶间孔、残留原生孔、长石溶孔等；孔隙度4—8%，渗透率＜0.05—0.59md，个别为2.5md。显然，这类岩石的储集性能较差。

Ⅲ类储集岩：粉砂岩，富含基质。原始孔隙度较低，成岩作用进一步的改造使岩石孔渗性变得很差。孔隙度一般＜4%，少数为0.1—0.2md；储集空间为微孔隙、微隙缝和晶洞。这类岩石实际上为无效的储集岩。

Ⅳ类储集岩：钙质胶结的砂岩，中粒为主，粗—细粒亦有，基质少，但含大量方解石胶结物和菱铁矿。由于压实、压溶及胶结作用，原始孔隙大为减少。这类岩石孔渗性极差，孔隙度1.26—3.40%，渗透率＜0.05md，实为无效的储集岩。

从上可知，本区有效的砂岩储集岩主要为非钙质胶结的中粗粒砂岩（Ⅰ类）和中细粒砂岩（Ⅱ类），且均为低孔渗储集岩。

综上所述，本区二叠系具有一定的油气储集条件。有利的油气储集岩主要为中—细晶白云岩和粗—细粒砂岩，尤其是中—细晶白云岩。因此，有计划地进一步开展本地区白云岩的岩石学、沉积后作用以及油气储集空间的研究，有重要的理论及生产实践意义。

第三节　油气盖层条件及油气生储盖组合

本区二叠系可作为油气盖层的岩石十分发育。低能环境形成的灰泥石灰岩、泥页岩、硅岩均可作为盖层；其厚度较大，可达数百米，因此盖层条件好。另外，上覆的三叠系及其以上地层（灰泥石灰岩、石膏岩和硬石膏岩、泥页岩发育）亦可作为良好的盖层。然而，本区二叠系大部分已暴露地表，甚至被剥蚀。因此，在进行油气潜景评价时，暂不考虑这些出露和剥蚀区，仅考虑覆盖区。

鄂西建南及四川的油气勘探实践表明，做为下二叠统孔洞型油气层的直接盖层为上二叠统下部的龙潭组煤系地层。做为上二叠统长兴组礁型油气藏的直接盖层为长兴组顶部的灰泥石灰岩和下三叠统底部的泥岩、灰泥石灰岩等。可以看出，二叠系纵向上有两个储盖组合。

但是对于碳酸盐岩油气储盖组合而言，除了具备直接盖层之外，更重要的是要有一套较厚的泥质岩覆盖在碳酸盐岩储盖组合之上，它起到阻隔地表淡水渗入，对碳酸盐岩盖层的遮挡性起保护作用，一般称之为保护层或区域盖层，如四川盆地的侏罗系区域盖层。因此在本区进行区域油气潜景评价时，要把侏罗系（包括中三叠统的巴东组或蒲圻组）的厚薄或有无作为一个重要条件考虑。

综合考虑本区二叠系油气的生储盖条件，可以很清晰地看出其组合关系（附图27）。从此图可以看出，覆盖区均具备良好的生油气条件和盖层条件；在储集岩发育的地区，便形成了良好的生储盖组合。

根据储集条件的优劣，我们将本区可能的油气勘探区分为两类，一类为中—细晶白云岩储集岩分布区（称Ⅰ类地区），另一类为砂岩储集岩分布区（称Ⅱ类地区）。Ⅰ类地区包括川东鄂西及江汉平原中有侏罗系分布的地区，还有江汉平原南缘地区、湖南的麻阳地区和益阳地区，鄱阳湖地区、江苏的无锡—太湖地区等，但以前二者最优。Ⅱ类地区包括江西的南昌、吉安、抚州、上饶地区以及皖西苏南浙北地区。Ⅰ类地区的油气潜景优于Ⅱ类地区。因此，应对这些潜景好的地区进一步开展研究工作。在其它覆盖区，由于缺乏孔隙性储层，因而不能形成孔隙型油气藏；但如果构造裂缝发育，亦可能形成裂隙型油气藏。

第四节　其它沉积矿产

1．煤

本区二叠系的煤主要分布在三个层位，即下二叠统栖霞组梁山段、下二叠统堰桥组和上二叠统龙潭组。

梁山段煤系分布于北部地区。当时该区为广泛的滨岸环境，从而形成了一套含煤的碎屑岩系，其中以鄂西的马鞍煤系、湘西北的梁山煤系、鄂东南至赣北的王家铺煤系较有经济价值。

堰桥组煤系主要分布于东南部的苏州—桐庐—上饶一带。该区在当时为碎屑滨岸环境，形成了一套含煤较差的碎屑岩系。

龙潭组煤系主要分布于东南部地区，具体为涟源—萍乡—安庆一线以东地区。这是本区甚至整个南方二叠系的主要含煤层位。一般含煤2—3层，可采煤1—2层，有的较多，甚至可达13—16层；多为无烟煤。另外，在该线以西地区的吴家坪组底部，亦有一套煤系地层，在湖南称辰溪煤系，一般含煤1层，偶见2—3层，厚度多小于1m。煤系地层的形成受控于碎屑滨岸环境的发育。西部地区仅吴家坪早期发育碎屑滨岸环境，因此仅在底部形成煤系；而在东部地区，该期大部分时期均为碎屑滨岸环境，因此煤系十分发育。

2．锰矿

本区二叠系沉积锰矿主要赋存于孤峰组（湖南称当冲组）和大隆组中，主要产于含锰硅岩、含锰石灰岩、含锰泥页岩中，但品位很低，含锰量一般小于10%，局部可见含锰较高的菱锰矿。沉积锰矿主要沉积于较深水缺氧环境中。

3．铝土矿

本区二叠系铝土矿主要分布于栖露组梁山段和吴家坪组底部的碎屑岩中，见于湖南慈利、桑植、沅陵、怀化等地，主要为三水铝石、一水硬铝石、一水软铝石、胶铝矿等。这两个层位的铝土矿常与煤呈互为消长的关系。

4．耐火粘土

主要分布于栖露组底部、吴家坪组底部和龙潭组中，构成煤层的顶、底板，其中以底板的质量最好，厚度较大而稳定，有重要的经济价值。

5．铀矿

在湖南的当冲组（相当于孤峰组）的硅岩层系中，业已发现具有重要工业价值的铀矿。看来，这一铀矿类型与较深水的缺氧盆地和斜坡环境有成因联系。铀的富集与有机质吸附作用，特别是磷的固铀作用有关，缺氧环境对铀的富集十分有利。在由上升洋流活动引起的缺氧环境中，可导致大量有机质和磷的发育。这是一个重要的新认识。在中下扬子地区，甚至整个南方，二叠纪孤峰期和大隆期缺氧环境十分发育，其分布规律已基本清楚。因此，在此基础上，对这一类型的铀矿进行新的研究和评价，无疑地，将具有十分重要的理论意义和国防经济意义。