第七章　从岩相古地理谈油气生储盖条件

第一节　生油气条件

一、生油气沉积环境

滇黔桂地区早中三叠世气候温暖，沉积环境多样。在海域中发育了碎屑岩滨海、浅水碳酸盐岩台地、过渡带斜坡以及深水碎屑岩盆地等沉积环境。在斜坡和盆地，生物比较繁盛，为生油提供了丰富的物质基础。又由于本区早中三叠世的盆地及斜坡处于较稳定的沉降阶段，除在浊流激发期盆地内的局部地区出现短暂的较强的水动力条件外，浊流不发育期则为较安静的半深水至深水低能环境。在浊流发育期，浊流携带的大量碎屑物质快速堆积和埋藏，阻止了沉积下来的有机质的分解和破坏。在斜坡下部和盆地内，沉积物处于浪基面以下的缺氧还原环境，有利于有机质的保存和转化，形成深灰色至黑色的岩石，即暗色烃源岩。因此深水斜坡和盆地环境为有利的生油气区。在碳酸盐岩台地，包括开阔台地海和局限台地海，生物亦较丰富，但因其还原条件不及深水区，故有机质的保存和转化条件不如深水区。这些地区可作为较有利生油气区[95]。滇黔桂地区油气勘探亦表明，深水盆地和斜坡环境的泥岩和碳酸盐岩的有机碳含量，较台地环境的碳酸盐岩的有机碳含量要高(表 7-1)。

表 7-1　滇黔桂地区中下三叠统岩石残余有机碳含量表*

环境 / 岩石 / 有机碳(%) / 层位		盆地－斜坡				台地	
		泥岩		石灰岩		石灰岩	
		最大值	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值
中三叠统	拉丁阶	2.37	0.32			0.80	0.13
	安尼阶	3.88	0.23	0.56	0.08		
下三叠统	奥伦阶	1.43	0.47	0.22	0.08	0.07	0.03
	印度阶	1.21	0.07	1.18	0.08	0.16	0.07

* 表中有机碳含量数据由滇黔桂石油勘探局提供，特此致谢。

二、暗色岩的发育及分布

暗色岩一般形成于缺氧沉积环境，其中有机碳原始含量较高，为有利生油气岩。本区的暗色岩包括暗色碳酸盐岩和暗色细粒碎屑岩。

在滇黔桂地区下三叠统，暗色岩层厚 45－660m，一般 200－400m；在兴义－西林－田林一带、凭祥－崇左一带，在 300－660m 之间，参看附图 26。从本区早三叠世的岩相古地理(附图 6,13)，可以看出这些暗色岩层主要发育于深水盆地至斜坡区。这些地区因其暗色岩层厚度较大可作为有利生油气区。在十万大山地区的崇左及邕宁等地的下三叠统暗色岩中，已发现油苗

37 处，沥青 15 处。有机地球化学资料表明，这些油苗及沥青均产于原地或附近的斜坡及盆地沉积的暗色岩中。盆地内暗色岩层厚度较小的地区，以及暗色岩层厚度较小至中等的浅水台地区，可作为较有利的生油气区。在贵州地区，早三叠世盆地－斜坡区为区域性含油气带，在地表油苗广布，50 年代末在该相区内所钻的近 200 口浅井，几乎井井有油。著名的龙里泡木冲油苗即位于盆地－斜坡带中。碎屑岩滨海区因为有机质的保存条件不好，暗色岩层厚度较小，生油气条件欠佳。

在中三叠统，本区暗色岩层厚度变化非常明显。全区暗色岩层厚度一般 75－1300m。其中暗色岩层厚度较大分布较广的地区为黔南、桂西北和桂西，暗色岩层厚度，多为 300－600m，参看附图 27。从本区中三叠世岩相古地理图（附图 19，25）可以看出，这些地区当时为深水盆地至斜坡沉积环境，岩石主要为浊流沉积碎屑岩以及暗色薄中层石灰岩。如南盘江地区师宗设一井钻至井深 160－172m 安尼阶（板纳组）上段时，泥质石灰岩岩屑中有油浸现象，荧光分析值 75－100r/ml，氯仿沥青“A”含量 0.4174%，有机碳含量 0.58%。所以中三叠统仍以盆地和斜坡为有利的生油气区。

综合分析中下三叠统暗色岩厚度以及其他生油气指标，可以看出：贵阳－镇宁－兴义一带，西林－田林－东兰一带、以及凭祥－崇左－南宁－上林一带，为中下三叠统有利生油气区。它们在早中三叠世为斜坡、盆地、台地沉积区。在滇黔桂地区，中下三叠统的一些著名的油苗集中分布带，如凯里－贵阳－安顺和十万大山盆地西北部一带，均位于有利生油气区。

三、有机质类型及成熟度

在对一个地区进行油气评价工作时，除了生油气岩（暗色岩）的发育程度和其中的有机质丰度之外，还要考虑有机质的类型及其成熟度。

有机质的类型属有机质的质量标准范畴，决定有机质生油气的潜力。一般将有机质分为三类：Ⅰ类为腐泥型，Ⅱ类为腐泥-腐植型，Ⅲ类为腐植型[79]。Ⅰ、Ⅱ类为生油的主要母质，Ⅲ类为生成煤和甲烷的主要母质。在本区中下三叠统的台地区的暗色碳酸盐岩中，以及在下三叠统的台地区和盆地区的暗色泥岩中，有机质以Ⅰ型为主，生油潜力好；在滨海区及靠近滨海的台地区的暗色泥岩中，有机质以Ⅲ型为主，有一定生气潜力。在中三叠统盆地中，有机质以Ⅲ型为主，Ⅱ型次之，Ⅰ型则很少。这种Ⅰ类有机质缺乏现象，是与区内中三叠世浊流频繁发育，带来大量陆源碎屑的同时也裹挟了丰富的陆地生物有较密切的关系。

油气的生成，是烃源岩中各种有机质演化到一定阶段的结果。有机质的成熟度是对有机质演化程度的定量表示。镜煤反射率（R_o）及牙形刺色变指数（CAI）均可从不同侧面反映有机质成熟度。本区台地区的 CAI 值一般介于 2－3.5 之间，属有机质演化成熟期至过成熟期，油气生成达到生油气－生凝析气阶段；盆地区的 CAI 值大多数介于 4－5.5 之间，均为过成熟期，油气生成达到生凝析气－生气阶段。

四、本区中下三叠统生油气条件

综合以上生油气沉积环境、生油气的暗色岩层的厚度、有机质丰度、类型及成熟度资料，可得出以下初步认识：（1）本区的贵阳－镇宁－兴义一带，西林－田林－东兰一带和凭祥－宁明－崇左－南宁一带，为生油气有利区，其他地区为生油气较有利区；（2）在本区下三叠统台地区，应以找油找气相结合开展工作；（3）在下三叠统盆地区，应以找油为主，在中三叠统盆地区内，应以找气为主。

第二节　油气储集条件

一、油气储集岩

滇黔桂地区中下三叠统的油气储集岩主要为碳酸盐岩及碎屑岩，另外还有火山岩等。

在滇黔桂地区的中下三叠统，油气储集岩中的储集空间按成因可分为原生和次生的两大类。原生空间包括沉积作用过程中形成的空间和生物生存过程中形成的并且在死亡后保留的空间。次生空间是指沉积物沉积之后在成岩作用过程中遭溶蚀、交代、重结晶、压溶以及构造应力等作用所形成的空间。

这些油气储集空间按其形态又可归纳为孔隙、裂隙及溶洞三大类。

孔隙大都较小，其横截面直径大多在毫米级以内，纵向延伸受储集岩层面的限制。裂隙规模大小不等，从微米级（如压溶缝）到厘米级甚至米级（如构造缝）。孔隙的发育程度与岩相古地理关系密切，裂隙的发育则多与构造运动强度相关。溶洞的发育则与岩相古地理和构造运动均有关系，但更主要的是与沉积后的溶蚀作用有关。

1. 碳酸盐岩油气储集岩

碳酸盐岩油气储集岩按其中占支配地位的储集空间类型，可划分为孔隙型、裂隙型及溶洞型三种端元类型，参看表 7-2。

表 7-2　滇黔桂地区中下三叠统碳酸盐岩油气储集岩主要储集空间

储集空间类型		储集空间成因		储集岩
孔隙型	粒间孔	同生作用	沉积作用	颗粒石灰岩
	体腔孔　遮蔽孔		生物作用	生屑石灰岩　灰泥石灰岩
	鸟眼孔　窗格孔		生物作用 沉积作用	叠层石石灰岩　藻白云岩
	粒内孔	成岩作用	溶蚀作用	颗粒石灰岩　颗粒白云岩
	铸模孔			颗粒石灰岩　灰泥石灰岩
	负鲕孔			鲕粒石灰岩
	粒间溶孔			颗粒石灰岩　颗粒白云岩
	晶间溶孔			晶粒白云岩　颗粒白云岩
	晶间孔		交代作用 重结晶作用	晶粒白云岩
裂隙型	缝合线缝	成岩-后生作用	压溶作用	含泥(质)石灰岩
	溶蚀缝		溶蚀作用	含泥(质)石灰岩
	构造缝		构造作用	灰泥石灰岩
溶洞型	孔隙性溶洞		溶蚀作用	颗粒石灰岩　角砾石灰岩
	裂隙性溶洞		构造作用 溶蚀作用	灰泥石灰岩

(1) 孔隙型碳酸盐岩油气储集岩

滇黔桂地区中下三叠统的孔隙型碳酸盐岩油气储集岩的油气储存空间，多为次生孔隙。次生孔隙主要有晶间孔、晶间溶孔、粒内溶孔、铸模孔等。见图版Ⅻ-5－6，Ⅻ-1－6，Ⅻ-1－5。

孔隙型碳酸盐储集岩主要为粗结构的石灰岩和白云岩。

粗结构的石灰岩包括颗粒石灰岩和颗粒质石灰岩等。具亮晶胶结物的颗粒石灰岩的油气储集性能常更好些。虽然这些岩石中的原生孔隙多被破坏，但往往仍保留一定的孔隙度。这些岩石经后期改造较容易发育次生孔隙从而形成良好的储集空间。

在滇黔桂地区早中三叠世的碳酸盐岩台地中，发育了较多的亮晶颗粒石灰岩，其厚度一般4－595m。在碳酸盐台地边缘区，亮晶颗粒石灰岩厚度较大，大多介于100－300m。在台地内部，亮晶颗粒石灰岩于局部地区亦较发育。在盆地内未见亮晶颗粒石灰岩，参看附图28。

白云岩包括准同生白云岩和准同生后白云岩。本区中下三叠统的准同生白云岩多为干旱炎热气候下的产物，其中发育大量鸟眼孔和窗格孔等孔隙，参看图版Ⅷ-5－6，Ⅸ-1。准同生后白云岩中有晶间孔、粒内孔、溶孔等，参看图版Ⅻ-5，Ⅺ-1，4。这类储集岩为本区中下三叠统最好的碳酸盐岩储集岩之一。白云岩晶粒越粗，其孔隙度一般越大；白云化程度越高，其孔隙度一般亦越大，参见表7-3。

表7-3 广西十万大山地区中下三叠统白云石含量与孔隙度关系表*

白云石含量(%)	孔隙度(%)			样品数
	最小值	最大值	平均值	
≥95	1.83	5.69	3.31	4
80－90	2.40	19.0	5.16	19
70－80	1.43	5.75	2.37	7

*据王德杰等，有所修改

在滇黔桂地区，中下三叠统白云岩(包括准同生白云岩和准同生后白云岩)分布于滇西北、滇东南、滇东、黔西、黔中、黔北及桂中地区。白云岩厚度等值线的延伸方向在滇西北、滇东及黔西为近南北向；在滇东南、黔西南、黔北、黔中为北东至北北东向；在桂中为近东西至北西西方向。这种延伸方向与中下三叠统厚度等值线延伸方向大体一致。这反映准同生后白云岩的发育，在很大程度上亦受其所处的岩相古地理格局的控制，参看附图29。

从附图29可以看出，本区中下三叠统白云岩厚度变化范围相当大，介于28－1508m之间。这与台地区沉积环境差异较大有关。对照早中三叠世各期岩相古地理图(附图6、13、19、25)可以看出，在碳酸盐台地边缘，白云岩较发育，厚度一般为100－500m。本区在早中三叠世经历了两次较大规模的海进海退旋回，每一个旋回内又包括多次海平面升降波动。而碳酸盐台地边缘隆起带对海平面波动至为敏感。在海侵期间，这一地带最先接触来自开阔广海中的养份含量较高的海水，微生物大量繁衍，这十分有利于碳酸盐在这一地带的快速沉积，从而导致这一隆起带在海侵期间进一步隆起。这是碳酸盐岩台地沉积区特有的正向沉积效应。在海退期间，台地边缘最容易露出海面，出现潮坪环境，在上部发育大量准同生白云岩，而渗透回流作用又很容易使较下部层位的石灰岩发生白云化作用，从而形成准同生后白云岩。台地边缘带的海退的效应之一是使自身发育了大量准同生白云岩和准同生后白云岩；之二是使台地内部在海退期间形成了半局限－局限台地海环境，也发育一定数量的准同生白云岩和准同生后白云岩。早三叠世的桂西碳酸盐岩台地的边缘地带发育白云岩，但由于它周边为较开阔海盆地，海水可以从各个方向进入台地内部，故其台地内部白云化作用不及滇黔碳酸盐台地明显。

孔隙型碳酸盐岩储集岩中的有效储集空间虽然多形成于成岩作用过程中，但从上述分析可知，这些储集岩(如上述的亮晶颗粒石灰岩和白云岩)是在特定沉积环境中形成的，而且使储

集岩中有效储集空间加大的成岩作用环境，也多与这些沉积环境有继承关系。

孔隙型碳酸盐岩储集岩的储集空间率介于0.1%－25%，大多为1%－5%，属Ⅰ－Ⅱ级储集层。

(2) 裂隙型碳酸盐岩油气储集岩

在本区中下三叠统，在碳酸盐岩台地内部，颗粒石灰岩及准同生白云岩不及边缘区发育；但在靠近碎屑岩滨海区，石灰岩中含较多泥质，压溶作用容易发生，缝合线构造发育；在远离碎屑岩滨海区，石灰岩一般质地较纯，具有高强度和低塑性，有利于构造裂缝的发育。由于地下水的活动，部分微裂隙被充填。但只要裂隙的扩张速度大于其填充速度，或地下水作用只将溶蚀物质带走，而少有物质带入并沉淀，则裂隙得以保留和扩大，从而可形成有效的储集空间。

在滇黔桂地区中下三叠统碳酸盐岩台地区，致密质纯的石灰岩常夹亮晶颗粒石灰岩或白云岩，或与之互层。构造作用形成的裂隙常切穿这些岩层，将其中原来封闭的各种原生及次生孔隙串通起来，使之成为有效孔隙；使原先相互沟通的孔隙或裂隙的连通性变好，成为很好的油气运储空间。参看图版Ⅻ-3，4。ⅩⅣ-6。凡是具有此类孔隙-裂隙组合的储集岩，储集空间常大于3%，均为Ⅰ级储层。在十万大山地区，沿凭祥－东门断裂带附近分布的下三叠统颗粒石灰岩中，常见裂隙切穿各种孔隙，并为沥青充填。在赤水地区，裂隙型碳酸盐岩储集岩为三叠系气藏的主要储集岩。

(3) 溶洞型碳酸盐岩油气储集岩

本区中下三叠统受印支运动影响，在局部地区曾上升遭受剥蚀。如黔北地区拉丁阶及十万大山地区安尼阶均不同程度地遭受剥蚀和淋滤，发育风化带。在风化带中，孔隙、裂隙进一步溶蚀扩大，大大地改善了这种储集岩的渗透性能。在十万大山地区北部，下三叠统石灰岩与上覆侏罗统砂岩呈不整合接触，在不整合面附近的露头有大量的沥青和油苗显示，如崇左古坡、江洲及邕宁邕西等地。在百色地区，在不整合面之下的中三叠统石灰岩中，发现了工业油气藏，油源为上覆的下第三系生油岩或中三叠统石灰岩自身，其储集空间多为再溶蚀而成的溶孔和溶洞。

本区的早中三叠世斜坡带发育，参看附图6、13、19、25。在斜坡内，尤其是斜坡下部，广泛发育重力流沉积角砾石灰岩。这些角砾石灰岩常与原地沉积的薄层泥质石灰岩呈互层产出。其中板条状砾屑石灰岩在成岩压实作用的影响下，砾屑间多呈缝合线接触，在地下水的作用下，缝合线很容易溶蚀成缝洞；岩块角砾石灰岩常发生早期成岩固结作用，保存了部分砾间孔隙及其他原生孔隙。由于岩块角砾多形成于浅水台地或斜坡上部，当其被搬运至较深水斜坡下部后，有一些很容易发生溶解，形成溶洞。故在这类角砾石灰岩中有可能形成良好的油气储渗空间。在墨西哥湾沿岸的波萨卡里油田，可见这种溶洞型储集岩[96]。

上面只是按碳酸盐岩油气储集岩中占优势的储集空间而定出的端元储集岩类型。事实上，碳酸盐岩储集岩多为不同类型的储集空间共同存在的组合型储集岩。

2. 碎屑岩油气储集岩

在本区中下三叠统中，可作为油气储集岩的碎屑岩主要为砂岩及粉砂岩。砂岩和粉砂岩分布于滇西北的下三叠统、滇东和黔西的中下三叠统，以及黔南、桂北和桂西的中三叠统。滇西北、滇东和黔西等地的砂岩及粉砂岩，形成于洪积扇、河流、三角洲、潮坪及滨海砂坝等环境，分布于洪积冲积区和碎屑岩滨海区。砂岩包括含砾砂岩、岩屑砂岩、石英砂岩等。黔南、桂北和桂西地区的砂岩，形成于深水盆地区，为浊流沉积产物。

砂岩及粉砂岩的原始孔隙一般较高，但压实作用、压溶作用、自生矿物(如高岭石、沸石、

菱铁矿)的生成、砂粒的重结晶作用以及胶结作用等,大大地破坏了原生孔隙,使孔隙度急剧下降。岩石的油气储集空间主要为残存的少量原生粒间孔、成岩溶蚀孔等,另外节理、构造裂缝和层间裂隙也会在一定程度上改善其油气储集物性。通过对南盘江地区中三叠统175个样品的煤油饱和法测试分析,发现有69.15%的样品的连通孔隙度为0—15%,有28.57%的样品连通孔隙度为15—23%,有2.29%的样品连通孔隙度大于23%。按现行的碎屑岩储层分级标准,这些样品代表的碎屑岩储层分级属中等至较差。

本区浊积岩中的有机质类型大多为Ⅲ型,随其埋深的加大,气态烃不断生成。加上地下深处温度的增高,浊积岩可发生高压膨胀,产生异常高压,容易导致物性较脆的砂岩产生裂缝,从而改善其储集性能。从对砂岩含量较高的板纳组第二段53个样品物性分析值看,连通孔隙率最大值为23.42%,最小值为1.15%,平均值7.08%;渗透率最大值为10.17%,最小值小于1。十万大山地区的灵山沙坪一带的粉砂质泥岩及粉砂岩,孔隙度为10—30%,渗透率0.5—32%,均为较理想油气储集岩。

3. 火山岩油气储集岩

本区的中下三叠统均有火山岩。已发现作为油气储集岩的火山岩为中三叠统的中酸性喷出岩,见于崇左江洲六板和宁明明1井。

江洲六板石英安山岩中的油苗和沥青,储存于岩石的晶洞、气孔及裂缝中。孔洞大小不一,形状各异,长轴长1—20cm,一般2—3cm,平均每平方米十个孔洞。裂缝呈直线状、缝宽0.1—2mm,平均每平方米5—10条,缝间常有方解石晶簇生长。沥青充填于垂直两壁生长的方解石晶簇间的残存裂隙或孔洞中。化学分析证实原油及沥青来自赋存火山岩的下三叠统石灰岩中。在明1井945—1070m井段的中三叠统英安斑岩岩心中,溶蚀裂缝发育,岩屑中约有1%—5%的岩屑具有黄和亮黄色荧光显示。化学分析证实油来自上覆第三系的烃源岩。

火山岩中发育大量气孔及斑晶,一部分气孔被火山熔岩中的气液进入并发生沉淀,从而形成晶洞。火山岩要成为油气储集岩,就必须有裂缝。首先,裂缝可作为水溶液的通道,使火山岩内气孔或晶洞溶蚀扩大,使长石等斑晶蚀变、溶蚀并发育新的孔洞,扩大火山岩储集空间;其次,裂缝本身又是油气的储运空间。火山岩中的裂缝大多为构造缝,也可以是溶蚀缝。如上述江洲六板石英安山岩正处于江洲背斜的翼部,皱褶作用使岩石中裂缝发育,进而形成溶蚀缝和溶蚀洞,从而成为油气储集岩。明1井钻探证实地层缺失上三叠统、侏罗系和白垩系,说明中三叠世后当地曾抬升遭受长期风化剥蚀,致使曾暴露地表的英安斑岩中发育孔隙而成为油气储集岩。

二、油气储集岩发育的控制因素

1. 沉积环境对储集岩生成的控制

碳酸盐岩及碎屑岩油气储集岩与沉积环境关系最为密切。本区中下三叠统中可作为良好储集岩的亮晶颗粒石灰岩主要形成于台地边缘带及台地内部水下隆起带,准同生白云岩主要形成于台地边缘带及其附近,碎屑岩储集岩(砂岩及粉砂岩)主要形成于洪积冲积区、碎屑滨海区和浊积岩盆地。滨海区的碎屑岩较洪积冲积区的碎屑岩分选好,含泥质少,原生孔隙度稍高。浊积岩盆地中碎屑岩的原生孔隙度较滨海区碎屑岩的孔隙度低,但在深埋过程中有可能因内部有机质演化发育次生裂隙。

特定的沉积环境还控制着储集岩的几何形态,即空间展布。如潮坪环境的白云岩储集岩多为层状或条带状,滩相颗粒石灰岩储集岩常为透镜状,三角洲相碎屑岩储集岩多为扇状或蹼

状。沉积环境及岩相古地理分析有利于认识储集岩的形态，正确地预测储集岩的展布规律。

而且，特定的沉积环境有利于储集岩在生成后的改造和发育。如台地边缘的滩相颗粒石灰岩多为浅水沉积，在短暂的不稳定的构造幕的控制下，海进和海退层序十分常见。而在这些海进和海退序列中有各自相应的成岩作用发生，这对油气储集岩的改造是有特定效益的。

2. 成岩作用对储集岩中储集空间的改造

储集岩的物性与成岩作用的改造有关。

(1) 压实作用及压溶作用

对于碳酸盐岩，压实作用及压溶作用最常见的表现是颗粒石灰岩中鲕粒的变形、破裂、错断及呈缝合线接触，生屑石灰岩中生物介壳的断裂甚至定向排列，以及泥质石灰岩中“蠕虫”的出现和缝合线的发育。压实作用使碳酸盐沉积物中颗粒更紧密接触，孔隙变小。压溶作用使灰泥和颗粒本身的接触点溶解，并产生碳酸盐含量高的溶液，这些溶液进入粒间孔隙中沉淀下来，使孔隙进一步减小。压实作用和压溶作用降低了碳酸盐岩的孔隙度。但是，压溶作用产生的缝合线在后期地下水作用下，可以成为溶蚀作用进行的通道，在一定程度上提高储集岩的渗透性。

对于碎屑岩而言，压实作用主要是降低其原生孔隙度。

(2) 溶蚀作用

溶蚀作用可提高储集岩的孔隙度，改善储集岩的物性。当碳酸盐岩处于大气淡水成岩环境下，潜水面以上部分受渗流带淡水淋滤作用，发生溶蚀作用，使生物碎屑、鲕粒、砂屑等颗粒内部不稳定矿物，如高镁方解石和文石，被选择性溶蚀，形成铸模孔、粒间溶孔等。浅水台地边缘成因的砾屑被重力流带到深水斜坡下部沉积后，一部分砾屑被溶蚀，形成溶蚀洞。另外，随着碳酸盐岩和碎屑岩的埋深，其中有机物热解产生的大量 CO_2 和有机酸溶蚀碳酸盐和铝硅酸盐矿物，使碳酸盐岩和碎屑岩中次生溶蚀孔、溶蚀缝进一步发育。成岩作用晚期，如果地壳抬升、岩层处于地表环境，在大气淡水淋滤溶蚀下，产生一些非选择性的各种规模的溶蚀孔、缝、洞。

(3) 胶结作用

胶结作用对本区中下三叠统储集岩的物性，产生正负两方面的效应。

对碳酸盐岩储集岩而言，海水或淡水潜流带的胶结作用主要发生于成岩早期阶段，亦可延续到晚期，导致沉积物的原生孔隙的减少。但另一方面，胶结作用增加了岩石的抗压强度，使沉积物内颗粒支撑强度增大，从而免遭压实作用的进一步破坏，有利于次生孔隙的形成和保存。地下成岩环境中形成的方解石胶结物常以岩石裂隙中方解石脉的形式出现，或充填粒间孔隙、粒内溶孔和铸模孔，故对原生及次生孔隙的保存不利。然而另一方面，这些胶结物的形成常与油气的生成和运移是同期的[97]，油气的出现便阻止了胶结作用在储集层内储集空间中的进一步进行。而同时，胶结作用仍有可能在这些早期储集岩系的外围岩层中进行，并形成有效的成岩封闭，从而防止油气进一步运移散逸。

对于碎屑岩储集岩，早期胶结作用降低了沉积物中的原生孔隙度，但同时增强了沉积物的抗压实作用能力。而且，在有机质演化排出有机酸之前形成的钙质胶结物，在有机酸出现之后又可被溶蚀。即早期的钙质胶结物虽然降低了原生孔隙度，但却为成油气期的选择性溶蚀作用形成粒间溶孔创造了条件。

(4) 交代作用

在本区碳酸盐储集岩中，交代作用普遍且较强烈。尤其是白云化作用，极大地提高了碳酸盐岩的储集空间，改善了储渗性能。在本区中下三叠统，当白云石含量大于 70%时，碳酸盐岩

中空隙度平均值为2.37%－5.16%，达到Ⅰ级以上储层标准。准同生白云化常进行得较彻底，粉晶级准同生白云岩中晶粒大小均匀、晶间隙发育，有的可达Ⅰ级储层。如十万大山地区崇左的江洲和古坡，邕宁的邕西等地，下三叠统碳酸盐岩经白云化作用改善了储集物性，其中次生孔隙中常见沥青、油苗。

3. 构造作用对储集岩物性的改造

构造运动，尤其是燕山期的具明显断块作用特征的构造运动，使本区中下三叠统的碳酸盐岩、碎屑岩和火山岩三类储集岩均可产生裂缝，促进溶蚀作用的进行，改善储集岩的物性。构造作用可使碳酸盐岩等储集岩抬升进入地下水活动带，或升至地面遭受大气淡水淋滤溶蚀，形成大量有效的油气储渗空间。构造作用也是火山岩产生裂隙从而成为油气储集岩的关键。

另外，火山岩型储集岩的分布还严格受控于构造环境。在构造较稳定区的台地内部很少有火山岩分布。火山岩型储集岩一般分布于台地外围的深大断裂带及盆地内部的断裂带附近。如崇左江洲及宁明明1井的火山岩体均位于凭祥－东门深断裂附近。

第三节　油气盖层条件

滇黔桂地区的中下三叠统大多暴露地表，从而失去了油气保存的条件。

深埋地下并具有连片的区域性盖层的区块仅见于绥江－珙县－赤水一带、西林－田林－东兰－百色－田阳－田东一带以及十万大山地区的宁明－上思－横县一带。在绥江－珙县－赤水一带，上三叠统、侏罗系和白垩系的泥岩及粉砂质泥岩等碎屑岩为区域性盖层。在西林－田林－东兰－百色－田阳－田东一带及十万大山地区的宁明－上思－横县一带，上三叠统、侏罗系、白垩系及第三系等含大量泥岩的碎屑岩为区域性盖层。这几个地区的油气储集和保存条件是良好的，是应充分重视的。赤水气田就是实例之一，参见附图30。

除了区域性盖层外，黔中和黔北地区的中下三叠统碳酸盐岩台地内发育的膏岩，黔西南和桂西北地区中三叠统浊积岩盆地内发育的较厚的泥岩和页岩，亦可作为局部盖层即直接盖层。

第四节　油气生储盖条件组合

综合上述生油气条件、油气储集条件及油气盖层条件，暂且撇开中下三叠统被剥蚀掉或仅残余小范围零星分布的地区，归纳编制出了滇黔桂地区中下三叠统油气生储盖条件组合图，参看附图30。从此图可以看出：(1)中下三叠统连片分布的地区，均为有利或较有利生油气区。其中有利生油气区为纳雍－大方一带、贵阳－清镇－镇宁－贞丰－罗平一带、西林－田林－东兰一带、凭祥－宁明－崇左－南宁－上林一带。这些地区暗色泥岩和石灰岩岩层累计厚度大，其中有机质丰度高，具有良好的生油气潜景。(2)储集岩发育区为赤水－习水一带、金沙－黔西一带、贵阳－平坝－关岭－兴义一带、砚山－蒙自一带、那坡－靖西一带、百色－田阳－田东一带、隆安－武鸣－上林一带、宁明－崇左一带等。除此之外的黔北、黔西、滇东南及桂西大部分地区为储集岩较为发育区。(3)区域盖层及局部盖层发育区为绥江－宜宾－赤水一带、西林－田林－东兰一带、百色－田东一带、宁明－上思－横县一带。

将有利生油气区、储集岩发育区和盖层发育区这三类地区相叠置，就可发现，在本区的中下三叠统，生储盖条件组合配套较好的地区有四个，即绥江－宜宾－赤水地区、西林－田林－东兰地区、百色－田阳－田东地区，以及宁明－上思地区。现分述如下。

1. 绥江－宜宾－赤水地区

印度阶及奥伦阶中下段的泥岩和泥质石灰岩，生油气。印度阶中上段中的颗粒石灰岩及白云岩，奥伦阶上段白云岩及溶塌角砾岩，以及安尼阶被剥蚀残留的中下段的碳酸盐岩，储油气。奥伦阶下部发育的泥岩和泥质石灰岩可作为直接盖层，安尼阶上覆的上三叠统、侏罗系和白垩系的泥岩为本区区域盖层。

这一地区生储盖条件组合配置好，有较有利的烃源岩、储集岩和盖层条件，具有发现中小型油气田的勘探潜景。该地区西部绥江凹陷的楼东、金塘等地的圈闭遭断层切割，勘探目的层距露头区近，水文地质开启程度高，油气很可能多已逃逸；东部赤水凹陷遭后期构造作用破坏较小，油气保存条件较好，已发现太和场和旺隆场两个气田；进一步勘探前景较好。

2. 西林－田林－东兰地区

印度阶、奥伦阶、安尼阶和拉丁阶的泥岩及粉砂质泥岩为生油气层。安尼阶和拉丁阶的砂岩及粉砂岩为储油气层。安尼阶和拉丁阶的泥岩为直接盖层即局部盖层。

该地区生储盖条件组合配置较好。尤其以其纵向上组合数目多、厚度大为特色。生油气的烃源岩中有机质类型是：印度阶、奥伦阶的有机质以腐泥型和过渡型为主，腐植型次之，生油原始潜力好，但烃源岩厚度较小。安尼阶、拉丁阶的有机质以过渡型和腐植型为主，腐泥型次之，生气原始潜力好，且烃源岩厚度大。油气储集岩为碎屑岩型储集岩，孔隙度中等至较差，但在地下深处随着烃类演化程度增高，异常压力加大，有可能出现裂缝型储集岩。直接盖层在该地区分布面积较大；有可能寻找到有利的圈闭。滇黔桂石油勘探局曾在该区设里布置设 1 井，钻至安尼阶板纳组第三段（井深265－334.36m）时，遇一高压水层。井口压力9.2kg/cm^2（1Kg/cm^2＝98066.5Pa），水型 $NaHCO_3$ 型。该井在钻井过程中未遇井漏，而产 $NaHCO_3$ 型水，表明地下水开启程度低，有较好的水文地质封闭性。据此推测该区盖层条件及油气保存条件可能是较好的。勘探前景以中小型油气田为主。

3. 百色－田阳－田东地区

印度阶、奥伦阶和安尼阶的泥质石灰岩、泥岩和粉砂质泥岩为烃源岩。印度阶、奥伦阶的颗粒石灰岩、准同生白云岩、准同生后白云岩和碎屑岩，拉丁阶的颗粒石灰岩，为油气储集岩。第三系细碎屑岩为区域盖层。

目前已在该地区花茶等地拉丁阶中发现高产油藏。

4. 宁明－上思地区

印度阶及奥伦阶的泥质石灰岩、重力流石灰岩、泥岩等为有利烃源岩。印度阶和奥伦阶的角砾石灰岩、亮晶颗粒石灰岩、准同生白云岩和准同生后白云岩，中三叠统的火山岩，为有利储集岩。上三叠统、侏罗系和白垩系的碎屑岩为区域盖层。

该地区油气生储盖条件组合配置良好。烃源岩类型多样，有机质丰度高，类型以腐泥型和过渡型为主，生油气潜力好；储集岩除了碳酸盐岩型储集岩外，还有在滇黔桂地区颇有特色的、成因与构造作用密切相关的火山岩型储集岩；盖层分布区广，连片性好，厚度大。与上述三个地区相比，本地区油气勘探前景更好。

总之，滇黔桂地区中下三叠统的油气勘探重点应放在宁明－上思一带的十万大山地区、百色－田阳－田东地区、宜宾－赤水地区、以及西林－田林－东兰地区。

与此同时，还应考虑中下三叠统暗色岩广布的其他地区的特殊情况。如黔北、黔西南、滇东南等地，虽然中下三叠统大多暴露地表，但仍有一些地区的下三叠统却深埋地下，中三叠统覆盖其上。这些地区奥伦阶的顶部在沉积时均分布有膏盐层，若伏在中三叠统之下的奥伦阶所处

部位地下水不活跃，上覆地层封闭性好，则奥伦阶顶部的这层膏盐层可作为极好的直接盖层。因此，在这些地区有可能找到有利的圈闭，油气勘探前景并不是暗淡的。

另外，如中下三叠统的斜坡带，油气生储条件均有利，薄板状泥灰岩及页岩可作为直接盖层，如存在构造封闭，则油气潜景良好。在早中三叠世为深水盆地区的黔南、桂北及桂中地区，亦有可能发育裂隙型储集岩。在这些地区找到中小型油气田的可能性亦是存在的。

第五节　其他沉积矿产

除了油气之外，在滇黔桂地区的中下三叠统中，与沉积作用有关的矿产还有油页岩、石膏、岩盐、碘、金、铜、汞、锰、石灰岩与白云岩等。

油页岩分布于福泉、瓮安、贵阳、惠水、贞丰等地的下三叠统中。其中以福泉地区发育最好，可见十余层，单层厚度大多在 0.5m 以下。含油率 0.1%－10.7%，平均 6.23%。赋存于印度阶大冶组下部薄层石灰岩与页岩过渡的部位。惠水地区油页岩赋存于奥伦阶，含油率为 3.74%。在印度期和奥伦期，这些地区为斜坡环境，有机质丰富，且处于还原环境，有利于油页岩的生成和保存。

石膏分布于黔中和黔北地区。以黔中六枝、普定、安顺、贵阳一带层数最多，厚度最大。主要产于奥伦阶安顺组和永宁镇组上段，以及安尼阶关岭组下段和上段。普定地区单层厚度 0.5m 以上，总厚达 76.5m。在黔北及黔西北地区，层数和厚度均较黔中这些地区减少。在地表，这些石膏均已溶蚀，常见这些石膏的相应层位的白云岩中有角砾白云岩夹层。这是在地表环境下石膏被淋滤溶蚀后，岩层在重力作用下垮塌而成的溶塌角砾岩。在奥伦期和安尼期，由于台地边缘带的隆起，使台地内部靠近边缘带地区水流不畅，加之干旱炎热气候，局部形成了泻湖式的咸化海，为石膏的生成提供了有利条件。

岩盐在黔北、黔西及黔中均有分布，产于奥伦阶。在赤水地区产出的盐卤水，多呈灰、浅绿色，硫化氢含量较高，氯化钠含量 42g/l。沉积环境及成因与石膏相同，为石膏沉淀后海水进一步咸化的产物。

碘见于平坝羊昌河地区。油气勘探普查时，在井下发现含碘较高的水（含量 490mg/l）。产出层位为拉丁阶边阳组上部见油苗的灰黑色泥灰岩中。该地区位于拉丁阶的深浅水过渡带，有机质丰富，为有利的油气及碘生成的环境。

金分布于黔南及桂西的下中三叠统中，呈微细粒侵染型金矿产出。目前具有工业开采价值的该类金矿，主要产于中三叠统安尼阶浊积岩中。含金岩石为粉砂质泥岩、炭质泥岩、泥岩、砂泥质白云岩。岩石中普遍含钙质。成矿地质条件分析表明，该区微细粒侵入型金矿床中的金元素，主要来自地下的基性岩、火山碎屑岩及中下三叠统的岩石。地下热水在这些岩石中流过萃取出岩石中的金及氢化物等，再沿着断裂运移，在一些渗透性较差的泥岩、泥质粉砂岩及白云岩岩层的阻挡下，逐步停滞下来。岩石中粘土物质等细碎屑物质便吸附了热水中的金、硫等物质，并在细碎屑物粒间沉淀下来，在局部形成工业矿体。

含铜砂岩分布于滇西北、滇东、黔西等地。产出层位为印度阶和奥伦阶。含铜矿物有辉铜矿、赤铜矿、黄铜矿及自然铜等。含铜砂岩常存在于每个小沉积韵律的底部，呈似层状或透镜体状。品位多介于 0.1%－2.5%之间，矿层厚度 0.1－2.47m。在早三叠世时，康滇陆高差较大、地势崎岖，风化剥蚀产生大量玄武岩、凝灰岩质砾屑和砂屑，这些碎屑物质中即含一定量的含铜矿物。

汞分布于兴仁滥木厂及关岭花江一带，产于下三叠统奥伦阶及中三叠统安尼阶的断裂带区，呈星点状或脉状，局部富集成矿。

锰分布于桂西等地，产自奥伦阶。含矿层1.5－2.0m，含锰6.33%－13.23%。经次生富集形成的氧化锰矿物，品位可提高一倍以上。锰矿物最初形成于台地内部水体较深处的还原环境。

在本区早中三叠世的碳酸盐岩台地区，产大量的石灰岩和白云岩，其中有不少品质良好者，是水泥、建筑、耐火、冶金熔剂的重要原料，也是制造玻璃和陶器的重要配料。