第八章　晚二叠世岩相古地理

第一节　吴家坪期岩相古地理

一、单因素基础图件

1．厚度（m）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和132条辅助剖面（其中二级露头剖面9条，三级露头剖面111条，二级钻井剖面12条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统吴家坪组（龙潭组）厚度（m）等值线图。参看附图13。

从此图可以看出：第一，厚度等值线的延伸方向呈北东向和近东西向。第二，厚度介于11m到759.5m之间。东南部邵阳—萍乡—景德镇—苏州一带厚度最大，一般大于100m，其中双峰南塘、攸县广黄、乐平城南分别为651m、759.5m、662m，这不仅与沉降幅度大有关，也与陆源碎屑物质的大量供应有关。西部的贵州天柱、湖北恩施以及四川开县至湖北兴山一带，厚度次之，一般为30—250m之间，多数在40—100m之间。北部的南漳、荆门至武汉一带厚度最小，一般为10—30m之间。这些除了与沉降幅度小有关外，还与水体深度较大、物质供应较少有关。

2．碳酸盐岩含量（%）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和80条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面67条，二级钻井剖面4条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统吴家坪组（龙潭组）碳酸盐岩含量（%）等值线图。参看附图14。

从此图可以看出：第一，碳酸盐岩基本上分布于安庆—萍乡一线以西的地区，与茅口组相似，但范围更小。第二，本组碳酸盐岩含量等值线的延伸方向大致呈近北西向和东西向，局部近北东向；这亦与茅口组的相似。第三，有三个碳酸盐岩的低含量带和两个高含量带相间出现，自南而北分别为：邵阳—萍乡低含量带，含量一般小于40%；怀化—常德高含量带，含量介于40%—100%之间；利川—吉首低含量带，含量小于50%；兴山—沙市—九江高含量带，含量介于50—90%之间；北部竹山—南漳低含量带，含量一般小于50%。这也与茅口组的相似。在碳酸盐岩低含量区，碎屑岩或硅岩比较发育。

3．砂岩含量（%）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和58条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面48条，二级钻井剖面2条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统吴家坪组（龙潭组）砂岩含量（%）等值线图。参看附图15。

从此图可以看出：第一，砂岩主要分布于安庆—上高—涟源一线之东南，其它地区很少，仅局部偶见。第二，砂岩含量等值线延伸方向与等厚线近似，呈近北东向和近东西向，局部近北西向。第三，从涟源—萍乡—桐庐一线向南，砂岩含量逐渐增高，一般为10—50%；在下扬子地区，砂岩含量也较高，许多地区大于50%。

4．薄层硅岩含量（%）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和58条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面48条，二级钻井剖面1条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统吴家坪组（龙潭组）薄层硅岩含量（%）等值线图。参看附图16。

从此图可以看出：第一，本组薄层硅岩分布范围较小，主要分布于利川—石柱一带，建始—慈利一带以及修水、上高等地；在湖北的宣恩、四川的武隆、贵州的石阡、以及安徽的宿松、安庆、泾县等地，也有少量的薄层硅岩。第二，薄层硅岩含量等值线延伸方向近东西向，局部近北东向。第三，在薄层硅岩分布区，硅岩含量一般为10—40%；仅石门杨家坪含量最高，达44.97%。

5．深水沉积厚度与浅水沉积厚度比值（D/S）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和75条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面64条，二级钻井剖面2条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统吴家坪组（龙潭组）深水沉积厚度与浅水沉积厚度比值（D/S）等值线图。参看附图17。

从此图可以看出：本区D/S比值大于0.5的地区有三个，即北部城口—南漳—黄石一带、西部利川—恩施—石门一带以及中部的新化—上高—彭泽一带。其中有两个地区D/S比值大于2.0，即北部城口—南漳一带和西部恩施—石门一带。这反映这些地区当时的水体较深。与茅口组相比，D/S比值大于0.5的范围明显缩小了。

二、岩相古地理

综合以上各单因素基础图件，并结合其它环境标志和其它区域地质资料，全面分析判断，编绘出了中下扬子地区晚二叠世吴家坪期岩相古地理图。参看附图18。

在此图中，首先将D/S比值小于0.5碎屑岩区定为碎屑滨海，把D/S比值小于0.5的碳酸盐岩区定为碳酸盐台地；将D/S比值大于2.0的地区定为盆地；将D/S比值0.5—2.0的地区定为斜坡或局限海。这样就把中下扬子地区吴家坪期的岩相古地理划分出了7个古地理单元，即东南部碎屑滨海、中南部局限海、中部碳酸盐台地、鄂西盆地、鄂西环盆斜坡、北部斜坡和北部盆地。

1．东南部碎屑滨海

东南部碎屑滨海位于安庆—高安—新化一线之东南，面积将近全区的一半。岩石主要为砂岩、粉砂岩、泥页岩、煤，局部含硅岩和少量石灰岩；在桐庐、乐平和上饶等地，在龙潭组底部砂岩中，还常见有少量砾石。这些岩石常构成多个自下而上岩性为砂岩、粉砂岩、泥页岩和煤的沉积旋回。板状交错层理、槽状交错层理和平行层理常见。化石组合主要为含植物化石组合（Ⅰ）。此碎屑沉积区应为滨海地区的许多大小不等的三角洲组成的三角洲群。由于工作程度所限，尚未对每个三角洲的大小、形态和演化作出详细的研究，

故图中未画出三角洲。在长江下游地区的龙潭组顶部，常有较多的石灰岩、薄层硅岩，含有小腕足类、双壳类及少量放射虫、菊石等。这说明海水在逐渐加深。

2．中南部局限海

位于东南部碎屑滨海与中部碳酸盐台地之间，其D/S比值介于0.5—2.0之间。其岩性、古生物特征可以江西上高南港剖面为代表，即以薄层硅岩、硅质页岩、泥岩为主，夹少量石灰岩，主要为一套贫氧沉积；底部夹少量砂岩、粉砂岩及煤等。生物化石以菊石类、薄壳腕足类和双壳类为主，石灰岩中有鲢类、有孔虫、介形虫、棘皮类等。这些特征表明，本区域内当时的沉积环境以局限较深水环境为主。

3．中部碳酸盐台地

本期只有一个台地，即中部碳酸盐台地。台地分布于方县—兴山—沙市—九江一带以及吉首—常德—九江一带。与茅口期的碳酸盐台地的沉积特征相似，但未见滩、礁之类的沉积，仅在湖南辰溪发现了海绵障积岩组成的生物丘。本区吴家坪组以厚层、块状石灰岩为主，生物组合为鲢珊瑚组合（II_2）。这些特征反映本区当时以浅水碳酸盐沉积为主。另外，在本区吴家坪组底部普遍含有一套含煤或不含煤的碎屑岩，数量不多，分布不均，这反映了东吴运动后再次遭受海侵的结果。

4．盆地

有两个盆地，即北部盆地和鄂西盆地，分别位于城口—南漳—京山一带以北和鄂西—湘西一带，面积较茅口期大大缩小了。其岩性、古生物特征可以南漳常家洼剖面和建始牯牛坪剖面为代表。岩石以薄层硅岩、硅质页岩为主，夹有暗色页岩和少量薄层、中层石灰岩等。生物化石以菊石类、体小壳薄的腕足类和双壳类为主，尚有放射虫、海绵骨针等，属放射虫菊石组合（Ⅳ）。这些特征反映了这些地区当时沉积环境为贫氧和缺氧的深水环境。

5．斜坡

有两个斜坡，即北部斜坡和鄂西环盆斜坡。斜坡特征与前期相似，仍为缓斜坡，未见典型的斜坡特征沉积，仅在靠近鄂西环盆斜坡边缘的慈利仁世溪剖面中发现了少量浊流沉积。

以上是中下扬子地区吴家坪期岩相古地理的总面貌。实际上，在吴家坪期的各个时期，其古地理面貌是有所不同的。

茅口期末，由于东吴运动的影响，本区普遍抬升，有些地区并遭受剥蚀。至吴家坪初期，海水重新侵入本区，本区沦为广大的滨海或滨海沼泽环境，沉积了一套含煤碎屑岩。由于各种条件所控制，碎屑岩的分布不很均匀，含煤性在各地也不一样。本区东南部碎屑岩发育，含煤性较好；川东鄂西、江汉平原等地区则较差。

至吴家坪早期以后，沉积作用开始出现明显的分异。安庆—上高—新化一线之东仍为滨海环境；宿松—修水—宁乡一线以西至南漳以南的地区为广大的碳酸盐开阔台地海，碳酸盐沉积十分发育；北部南漳一带则为较深水的盆地，薄层硅岩发育。

到吴家坪中期以后，古地理面貌基本上未发生大的变化，仅在鄂西地区至湘西北一带，碳酸盐台地逐渐沦为薄层硅岩和硅质页岩为主的盆地环境。

到吴家坪末期，中扬子地区的古地理面貌变化不大。下扬子地区尤其是长江下游地区，沉积环境水体逐渐加深，发育了薄层石灰岩、薄层硅岩、硅质页岩等。

总之，从吴家坪期的早期到晚期，其岩相古地理面貌的分异逐渐明显。

与茅口期相比，吴家坪期的岩相古地理具有如下特点：

（1）东南部碎屑滨海区比茅口期大大地扩大了，它占据了安庆—高安—新化一线以东的广大地区，面积将近全区的一半。

（2）碳酸盐岩台地范围与茅口期相近，只是台地中间的深水区有所变化，已由茅口期慈利—修水一带移至鄂西一带，并发展成为鄂西盆地。吴家坪组的岩石和古生物特征与茅口组基本相似，只不过生物的种类、数量略有减少而矣。台地中未发现各种滩、礁，这说明其水动力条件不如茅口期强。

（3）深水沉积区显著缩小了。与茅口期相比，南部盆地因该地区抬升而消失了；北部盆地向北推移并大大缩小了；中部盆地分别向东、西迁移并演化成鄂西盆地和中南部局限海。

（4）本期古生物仍以热带浅海生物为主，说明当时仍为热带浅海环境。

（5）在本期，中扬子地区的北部仍为深水沉积区。从下扬子地区向北，水体有逐渐加深的趋势，这说明华北古陆当时仍与中下扬子海相距较远。所谓的“江南古陆”当时仍不存在，而是一部分为碳酸盐台地、一部分为碎屑滨海区。东南方向的华夏古陆仍可能存在，仍然可能是本期东南部碎屑滨海区的主要陆源物质供给区。

第二节　长兴期岩相古地理

一、单因素基础图件

1．厚度（m）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和131条辅助剖面（其中二级露头剖面10条，三级露头剖面103条，二级钻井剖面18条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统长兴组（大隆组）厚度（m）等值线图。参看附图19。

从此图可以看出：第一，厚度等值线延伸方向与吴家坪期相似，在下扬子地区呈北东向，在中扬子地区呈近东西向，至利川一带则变为近南北向。第二，厚度介于2.04—365m之间，变化范围大。中部地区厚度较大，北部及南部地区厚度较小，大体上呈两“隆”一“凹”的古构造格局。中部的苏州—景德镇—宁乡—吉首一带，一直延伸至利川—万县一带，厚度较大，一般大于50m，其中宁乡煤炭坝和利川黄泥塘厚度最大，分别为365m和362m；这说明这些地区沉降幅度大，同时亦与水体较浅、生物礁发育有关。北部的城口—恩施—九江—南京一带以及南部的邵阳—吉安一带，厚度较小，多小于50m，北部大部分地区多小于30m；这既与其沉降幅度小有关，也与其沉积水体较深有关。从江山—上饶一带往东南方向，厚度有增大的趋势，这既与沉降幅度大有关，也与陆源物质的大量供应有关。

2．礁的分布和亮晶颗粒石灰岩含量（%）等值线图

本区碳酸盐岩十分发育，且主要分布于厚度较大的地区。在厚度较小的地区，碳酸盐岩也较少，其分布规律比较明显，因而就没有勾画出本区碳酸盐岩含量等值线图，只勾画

出了本区碳酸盐岩分布区中的礁的分布和亮晶颗粒石灰岩含量（%）等值线图。

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面19条，礁剖面1条，14号；一级钻井剖面2条）和30条辅助剖面（其中礁剖面22条，三级露头剖面8条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区中二叠统长兴组（大隆组）礁的分布和亮晶颗粒石灰岩含量（%）等值线图。参看附图20。

从此图可以看出：第一，生物礁和亮晶颗粒石灰岩主要分布于厚度较大的地区或厚度大向厚度小过渡的地区。第二，生物礁主要分布于川东鄂西，在湘西的慈利和辰溪、鄂东南的崇阳、江西的修水亦有分布。第三，亮晶颗粒石灰岩含量大于30%的地区（不包括生物礁中的）有苏州吴县、乐平勇山、萍乡枣木和秭归新滩等地；其它地区均小于10%。

3．薄层硅岩含量（%）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和68条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面57条，二级钻井剖面2条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统长兴组（大隆组）薄层硅岩含量（%）等值线图。参看附图21。

从此图可以看出：薄层硅岩主要分布于厚度较小的地区，即北部的南漳—九江—南京一带，湘鄂西的恩施—鹤峰—桑植一带以及南部的涟源—萍乡一带以南，含量介于10—65%之间；其它地区小于10%或者没有薄层硅岩。薄层硅岩的高含量地区反映其沉积环境的水体较深。

4．砂岩含量（%）等值线图

根据19条基干剖面（全为一级露头剖面）和4条辅助剖面（其中三级露头剖面3条，二级钻井剖面1条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统长兴组(大隆组）砂岩含量（%）等值线图。附图略。

从图上可以看出：本区砂岩含量极少，仅分布于东南部的江山—上饶一带。向东南方向，含量逐渐增加；这与向东南方向厚度逐渐增加的趋势一致，这反映本区的东南部有一陆源物质供应区。

5．深水沉积厚度与浅水沉积厚度比值（D/S）等值线图

根据22条基干剖面（其中一级露头剖面20条，一级钻井剖面2条）和68条辅助剖面(其中二级露头剖面9条，三级露头剖面57条，二级钻井剖面2条）的资料及其它区域地质资料，勾绘出了中下扬子地区上二叠统长兴组（大隆组）深水沉积厚度与浅水沉积厚度比值（D/S）等值线图。参看附图22。

从此图可以看出：本区有三个D/S比值大于0.5的地区，即开县红花—利川见天坝—咸丰—大庸—兴山—宜昌—崇阳—德安—长兴—无锡一线以北的地区，辰溪—宁乡—萍乡一线以南的地区，以及江山—上饶一带。这三个地区为深水或较深水沉积区，正好是厚度小、薄层硅岩或硅质页岩含量高的地区。在这三个地区之间和江山—上饶一线以南的地区，均为D/S比值小于0.5的地区，这些地区应为浅水沉积区。

二、岩相古地理

综合以上各单因素基础图件，并结合其它沉积环境标志和其它区域地质资料，全面分析判断，编绘出了中下扬子地区晚二叠世长兴期岩相古地理图。参见附图23。

在此图中，首先将D/S比值小于0.5的碎屑岩发育区定为碎屑滨海，将D/S比值小于0.5的碳酸盐岩发育区定为碳酸盐台地；将D/S比值大于2.0的地区定为盆地；将D/S比值介于0.5—2.0之间的台地与盆地之间的过渡地区定为斜坡；将D/S比值大于0.5的碳酸盐台地与碎屑滨海之间的过渡地区定为局限海。这样，中下扬子地区长兴期的岩相古地理轮廓就呈现出来了。在东部地区，自东南向西北，分别为东南部碎屑滨海、东南部局限海、江南碳酸盐台地、北部斜坡和北部盆地；在西部地区，自南而北，分别为南部盆地、南部斜坡、西部碳酸盐台地—江南碳酸盐台地、鄂西环盆斜坡—北部斜坡、鄂西盆地—北部盆地。下面对各古地理单元的主要特征进行分述。

1．东南部碎屑滨海

分布于江山—上饶一线以东南的地区，分布范围较吴家坪期大大缩小了。岩石以砂岩、粉砂岩、泥岩和页岩为主，夹有少量的泥灰岩、硅质页岩等。生物化石稀少，有少量的植物碎片、腕足类和双壳类等。

2．东南部局限海

分布于江山—上饶一带，位于东南部碎屑滨海与江南碳酸盐台地之间的过渡地区，其D/S比值大于0.5。岩石以黑色薄层硅质页岩、页岩为主，夹有少量石灰岩、砂质页岩等。生物化石较少，主要为菊石类及壳体较小的腕足类和双壳类。反映该区当时的沉积环境为局限较深水环境。

3．碳酸盐台地

有两个碳酸盐台地，即西部碳酸盐台地和江南碳酸盐台地，面积约占全区的一半。这两个碳酸盐台地在川、黔、湘三省的交汇处相连，成为一个统一的碳酸盐台地。此外，江南碳酸盐台地在湖南的慈利和石门一带，向湖北的长阳、秭归、兴山一带伸出了一个“半岛”似的形状。在碳酸盐台地中，还可进一步划分出礁、滩和开阔台地海等次一级古地理单元。

本期生物礁十分发育，主要分布于台地边缘和台地内部。台地南部边缘有辰溪生物礁；台地北部边缘有利川台地边缘礁（咸丰黄金洞—利川见天坝—云阳齐2井—巫溪尖山—开县红花一带）、慈利礁、崇阳礁、修水礁、无锡礁等；在西部碳酸盐台地内部分布着许多台内礁，如利川黄泥塘生物礁、建南生物礁等。这些生物礁可按其主要的造架生物分为两类，即珊瑚礁和海绵礁。珊瑚礁仅分布于湖南慈利神仙湾到长坪一带和辰溪大坪地区，慈利珊瑚礁呈近东西向延伸，其向西和向东逐渐消失；珊瑚礁全长约8km，高约48m；珊瑚呈丛状生长，由于全部被白云化所以难以识别其具体属种。其它生物礁均为海绵礁，其造架生物主要为海绵动物、水螅类和Tabulozoa。

滩在本期也比较发育，并可分为台地边缘滩和台内滩两种类型。台地南部边缘有萍乡滩；北部边缘有秭归滩，台地内部有乐平滩和苏州太湖滩等。滩中亮晶颗粒石灰岩较发育，有的常见交错层理、平行层理等构造；这反映其沉积环境水动力条件较强。

在开阔台地海中，主要发育中—厚层至块状的石灰岩，生物碎屑十分丰富，但基本上为灰泥生屑石灰岩，很少见亮晶生屑石灰岩。其化石组合为鲢珊瑚亚组合（II_2），生物主要有鲢类、有孔虫、珊瑚、腕足类、藻类等，含量较高。据岩石和古生物特征，推测其水深不超过30—50m。

4．盆地

有三个盆地，即南部盆地、北部盆地和鄂西盆地。北部盆地与鄂西盆地在四川的巫

溪、巫山至湖北的建始一带相连通。其岩性主要为黑色薄层硅岩、硅质页岩、泥岩、页岩和泥灰岩等，夹少量薄层—中层石灰岩。化石较少，主要为放射虫、海绵骨针、菊石，有的含薄壳腕足类和双壳类等，为放射虫菊石组合（Ⅳ）。这些特征反映沉积环境的水体较深。

5．斜坡

有三个斜坡，即南部斜坡、北部斜坡和鄂西环盆斜坡，分别位于江南碳酸盐台地与南部盆地之间、江南碳酸盐台地与北部盆地之间、江南碳酸盐台地—西部碳酸盐台地与鄂西盆地之间。北部斜坡与鄂西环盆斜坡是连通的。岩石主要为中—薄层石灰岩、硅质页岩等，次为中—厚层石灰岩、薄层硅岩、泥岩等，多为贫氧沉积；化石既有台地中的化石碎屑，如珊瑚、海绵、有孔虫、棘皮类、藻类等碎屑，亦有盆地深水生物，如放射虫、海绵骨针、菊石等；这反映深、浅水过渡的沉积特征。然而，在大部分斜坡地区未发现重力流沉积，仅在台地边缘生物礁发育地区的斜坡，如利川生物礁的东侧、慈利生物礁的北侧和辰溪生物礁的南侧，发现有碎屑流和浊流沉积。这说明，在台缘生物礁向盆地过渡的斜坡区，坡度较大，较易引起垮塌和重力流；其它地区坡度较缓。

与吴家坪期相比，本期古地理面貌具有以下特点：

（1）碳酸盐台地的范围大大地扩大了，并且在台地边缘和台地内部发育了大量的生物礁和滩。

（2）盆地的范围也明显扩大了，而且在本区南部又出现了一个盆地。

（3）在台地边缘礁的外侧，有重力流沉积。

（4）东南部的碎屑滨海区显著缩小了，仅分布于江山—上饶东南的地区。

（5）本期的化石组合与前期相似，但数量明显增多，门类属种也明显增多，基本上仍为热带浅海生物。反映出本期相区仍为热带浅海环境。

（6）北部深水沉积区的存在，说明华北古陆在本期与中下扬子海仍相距甚远。以前所谓的“江南古陆”，仍同吴家坪期一样，并非古陆，而是一碳酸盐台地，其上还发育着许多礁和滩。东南方向的华夏古陆仍可能存在，并向本区提供陆源物质．东南部碎屑滨海应是它的边缘相带。

（7）前人所称的“江阴—广德古岛”是不存在的。第一，该地区从南向北，分别为碳酸盐台地和盆地，即由浅水沉积区逐渐变为深水沉积区，在“古岛”边缘未见任何边缘相沉积。第二，在紧邻该“岛”南侧的长兴葆青剖面上，长兴组主要为中—薄层石灰岩，颜色较暗，并含有大量的海绵骨针化石，这应为较深水环境的产物，而且这正是江南碳酸盐台地与北部盆地之间的过渡区。这说明江南碳酸盐台地与北部盆地之间是连续过渡的，中间出现一个“古岛”是不太可能的。至于该区厚度为零，这可能与后期剥蚀有关或由其它原因所致。

三、长兴期礁的分布规律

关于本区长兴期的礁，前人已作过很多研究工作[47-55]。在此，我们主要对其分布规律进行研究和探讨。

1．礁的类型

在长兴期，生物礁发育。目前已探明礁体达20多个，它们在区域上的分布与岩相古地

理有着密切的关系。根据其分布特征，可将生物礁分为两类，即台地边缘礁和台地内部礁。参看图8-1。

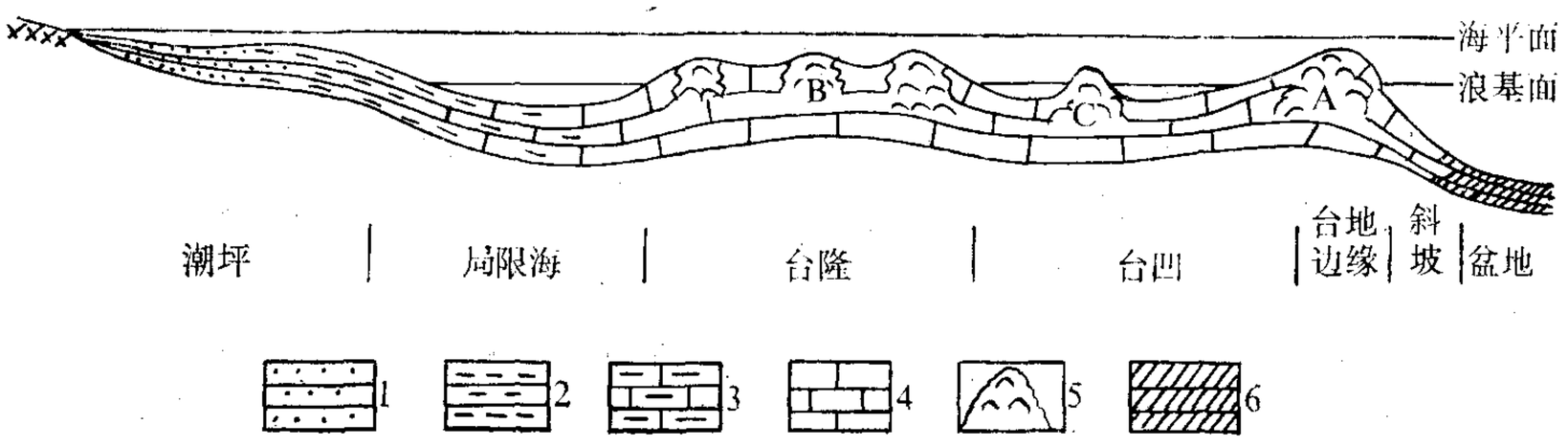


图 8-1　礁的类型

A—台地边缘礁；B和C—台地内部礁，其中B为台隆礁，C为台凹礁

1—砂岩；2—泥岩；3—泥灰岩；4—石灰岩；5—礁；6—硅岩

台地边缘礁分布于台地边缘，礁前与盆地相连。在西部碳酸盐台地边缘，已发现利川见天坝礁和开县红花礁等；在江南台地北缘，已发现慈利礁、崇阳礁、修水礁、无锡礁等；在江南碳酸盐台地南缘，已发现辰溪礁等。参看附图23。

台地内部礁系分布于台地内部的生物礁。在川东鄂西地区已发现很多这种类型的礁体。它又可分为台隆礁和台凹礁。

台隆礁系指分布于台地中的隆起部分的生物礁。其中有的礁分布于台隆靠近台凹一侧的台隆边缘上，如黄泥塘礁、大洞礁、黄金洞礁、花椒坪礁、石柱礁、彭水礁等；有的礁发育于台隆内部，如宝1井礁、梁2井礁等。

台凹礁，实为台凹内点礁，发育于台凹内部，呈补丁状分布，如利川建南礁、利川天生坪礁等。

2．礁的特征

最主要的造架生物是海绵动物，其次为水螅、Tabulozoa、苔藓虫、珊瑚等，有时珊瑚可单独成礁，如湖南慈利神仙湾。根据造架生物的门类，本区生物礁可分海绵礁和珊瑚礁两类。本区绝大部分礁为海绵礁，珊瑚礁仅见于慈利神仙湾—长坪一带和辰溪大坪地区。连结生物和结壳生物有蓝绿藻、Tabulozoa、Tubiphytes、囊状和葡萄状海绵等，其中最主要的蓝绿藻，它常将海绵等造架生物缠绕甚至包裹起来。附礁生物较多，有腕足动物、软体动物、棘皮类、有孔虫、海绵骨针、隐口目苔藓虫、裸松藻、介形虫等。

礁岩类型包括障积岩、骨架岩、粘结岩及其过渡类型（如障积—骨架岩、粘结—骨架岩等）。骨架岩主要发育于台地边缘礁和部分台隆的边缘礁，如利川见天坝礁、辰溪礁和慈利礁中。障积岩分布很广泛，在不同类型的礁体中均有，它是台地内部礁的主要礁岩类型。典型的粘结岩不甚发育，主要见于利川黄泥塘礁、建南礁和慈利礁的部分层位。礁石灰岩常发生白云化作用而成礁白云岩，这是生物礁成为有利的储集岩的重要原因。

不同类型的礁，其礁组合特征亦不相同。台地边缘礁具有礁前、礁核和礁后组合，礁前与盆地毗邻，如利川见天坝礁。台隆边缘的礁亦具有礁前、礁核和礁后组合，但其发育程度和规模均比台地边缘礁小，且礁前与台凹毗邻，如利川黄泥塘礁。台凹礁和台隆内部

的点礁仅有礁核和礁翼组合，如建南点礁。

3．礁发育的控制因素

长兴期的古地理背景、古构造格局尤其是古隆起、造礁生物的生长以及海水的进退等，控制着本区长兴期礁的生长及分布。

1）古地理及古构造的控制

在晚二叠世长兴期，本区为一远离古陆的陆表海，属低纬度的热带和亚热带气候。碳酸盐台地和盆地并存的古地理背景使得水体流畅。这种古地理背景有利于生物的大量繁殖和生物礁的形成。

古构造格局尤其是台地中的古隆起控制着生物礁的具体分布。在长兴期的台地中，有三种类型的隆起，即台地边缘、台隆、台凹中的局部隆起。这些部位水体较浅，适合生物的生长，因此有利于生物礁的形成。

古隆起的发育受控于差异升降运动和差异沉积作用。由同生断裂引起的差异升降运动，既可导致台地与盆地的分异，亦可导致台隆与台凹的分异。在古断裂控制的台地边缘和台隆边缘（断裂的上升盘），生物礁发育；例如在西部台地东缘，发育着南北向的长达50km的利川见天坝礁，万县—石柱台隆东缘发育着串珠状分布的礁体，如石柱礁、茨竹垭礁等。

差异沉积作用主要是加速古隆起的形成。在台地边缘和台地内部相对隆起的地区，由于水体相对较浅，沉积作用尤其是生物沉积作用快，因此沉积厚度明显增大；而其周缘地区，由于水体较深，沉积速度较慢，故沉积厚度较小。这样，两者的地形差异就愈来愈大，从而加速了古隆起的形成。台地边缘的利川见天坝礁，与其东侧的盆地和其西侧的礁后，就存在这种沉积差异；台凹内的建南礁，与其周缘的台凹沉积，亦存在这种差异。从纵向演化序列来看，礁体沉积一般经历了盆地边缘→开阔台地→滩→礁滩→礁的沉积序列，即为一个向上变浅的沉积序列，亦可称之为沉积成隆的序列。

2）造礁生物生长的控制

生物礁的形成从本质上讲取决于造礁生物的生长和繁殖。造礁生物的生长需要适宜的温度、清洁的海水、充足的阳光、丰富的养料、流畅而能量适中的水体。在长兴期，大部分台地边缘、台隆和台凹内局部隆起基本满足上述条件，因此适于造礁生物的发育。然而，由于各个地区具体条件有所不同，所以导致各个地区的造礁生物、礁的发育程度甚至礁的类型也有所差异。

台地边缘是造礁生物生长最有利的地区，其中水体流畅，养料丰富，在水体适中的条件下，造礁生物将大量发育，并建造成以骨架岩为主的台地边缘生物礁。在台地内部的台隆和台凹的局部隆起区，由于水体畅通程度、水体能量及养料供应均比台地边缘差，因而造礁生物不如台地边缘发育，只能形成以障积岩为主的礁体，且规模较小。

虽然台地边缘有利于成礁，但并非所有的台地边缘都有礁，这与水动力条件有关。太强和太弱的水动力条件均不适宜造礁海绵的生长。钙质海绵没有专门的固着器官，难于抵抗强风浪的冲击，因而在强水动力条件下的台地边缘，造礁生物不能固着生长，只能形成生物滩，如江南碳酸盐台地南缘的江西萍乡地区就是这样。在水体能量较弱的台地边缘，如果养料交换作用较弱，亦不适宜造礁生物的大量繁盛，亦难以形成生物礁，如湘西北地区的与缓坡毗邻的台地边缘就无生物礁分布。

在同一古地理单元，由于局部环境条件的差异，可导致造礁生物类型的不同。例如慈利礁由上下两个礁体叠合而成，上礁体为海绵礁，下礁体横向变化较大，西部为珊瑚礁，东部则为海绵礁；这说明当时西部的海水略深于东部。

3）海水进退的控制

在研究区内，长兴期由早至晚经历了一个完整的海退一海进旋回，即长兴一期至长兴二期海退，长兴三期海进，生物礁即是在海退过程中形成而在海进过程中衰亡的。海水进退主要受区域沉降、差异抬升和沉积作用等因素的影响，由此而导致的水深变化则控制着生物礁的兴衰。以川东鄂西地区为例。长兴一、二期由于抬升和沉积速度大于沉降速度，海水不断变浅（相应为海退）；在长兴一期，该区为深水缓坡和盆地环境，因水体较深，生物礁尚难以形成；至长兴二期，水体变得较浅且沉积格局发生了根本的变化，西部台地崛起，台地中的隆起部位广泛发育着生物礁；但到了长兴三期，区域沉降速度相应变大，海水加深（相应为海进），较深的水体淹死了大部分礁体，然而在部分较高部位继续生长生物礁，但到了长兴三期末，几乎所有的礁体均告衰亡。这说明海水进退控制着礁的兴衰。

4．潜伏礁体的预测

根据礁体发育的控制因素及长兴期岩相古地理图，可以对本区长兴组潜伏礁体的分布进行预测。

在本区西部台地和江南台地的边缘带，除已探明的礁体外，在下列地区很可能有潜伏礁体的存在：西部碳酸盐台地东北缘的四川开县—通江地区、江南碳酸盐台地北缘的湖南津市—石首—岳阳地区、江西永修—都昌地区、江苏太湖—无锡—南通地区，江南碳酸盐台地南缘的湖南麻阳地区和宁乡地区。这些地区均位于台地边缘，且与较陡的深水斜坡毗邻，适宜造礁生物的生长，因而用于生物礁的形成。

在万县—石柱台隆区，已发现多处生物礁，如石柱廖家坝—丰都青岭湾、石柱茨竹垭等地面礁和宝1井、池24井、忠1井等潜伏礁。显然，这一台隆是生物礁发育的有利地区；推测此台隆中还可能有一些待发现的潜伏礁体。例如，在该台隆东缘的龙驹坝新场地区，地震剖面显示出礁体特征，即外形似透镜状，内部反射杂乱，两侧反射终止等，因此，该区很可能存在台隆边缘礁。

综上所述，我们可对中下扬子地区二叠纪各期的岩相古地理面貌及其演化有个较系统的认识。

晚石炭世末，地壳上升，使本区大部分变为陆地，遭受剥蚀，仅南部涟源—乐平—桐庐一带仍为海域。到早二叠世初期（鸡公岭组沉积时），涟源—乐平—桐庐一带及其以南的地区为一开阔碳酸盐台地海，北部仍为大片的陆地。至梁山段沉积时，海水由南向北侵入地区，在北部大片陆地上形成了碎屑滨海；随着海水的迅速侵入本区，使本区在整个栖霞期的中晚期为一广大的开阔碳酸盐台地海，自南而北分别为东南部较深水碳酸盐台地、江南碳酸盐台地、中部局限碳酸盐台地和北部碳酸盐台地，呈现“四分”的格局；这些单元之间区别不大，因此其古地理分异不明显；至栖霞期末，海水有逐渐加深的趋势。到茅口期，本区古地理分异明显，下扬子地区，自东南至西北，分别为东南部碎屑滨海、东南部斜坡和北部盆地，呈现出“三分”的格局；中扬子地区，自南而北，分别为南部盆地、南部斜坡、怀化长沙碳酸盐台地、中部盆地、利川九江碳酸盐台地、北部斜坡和北部盆地，

呈现出“七分”的格局；在利川九江碳酸盐台地的东部边缘有一个宿松准滩，在北部盆地中有一个铜陵准滩，在东南部碎屑滨海区中的桐庐冷坞也曾发育过短时间的海绵礁。至茅口期末，由于受东吴运动的影响，全区普遍抬升，部分地区遭受了不同程度的剥蚀。到晚二叠世初期，海水又重新侵入本区。在吴家坪期初期，几乎整个中下扬子地区均为碎屑滨海区，沉积了一套含煤的碎屑岩。在吴家坪期中晚期，自南而北分别为东南部碎屑滨海、中南部局限海、中部碳酸盐台地、北部斜坡和北部盆地，呈现“五分”的格局；在中部碳酸盐台地的西部还有一鄂西盆地。到长兴期，东部地区，自南东到北西，分别是东南部碎屑滨海、东南部局限海、江南碳酸盐台地、北部斜坡和北部盆地；西部地区，自南而北，分别是南部盆地、南部斜坡、西部碳酸盐台地—江南碳酸盐台地、鄂西环盆斜坡—北部斜坡、鄂西盆地—北部盆地；在碳酸盐台地的内部及边缘广泛发育礁和滩。总之，本区二叠纪从早到晚，为两个海侵海退旋回。第一个旋回为早二叠世栖霞期初期到茅口期末期，第二个旋回为晚二叠世吴家坪期初期到至长兴期末期，并一直延续到早三叠世。