第四章　岩　　石

本区二叠系的岩石可分为碳酸盐岩、碎屑岩、硅岩和煤四大类，其中以碳酸盐岩为主，碎屑岩和硅岩次之，煤较少。碳酸盐岩包括石灰岩和白云岩，主要为石灰岩。详见表4-1。下面，将分述各类岩石的特征并简析其成因。硅岩将在第五章进行专题研究。

表 4-1　中下扬子地区二叠系主要岩石类型

碳酸盐岩	石灰岩	颗粒石灰岩 颗粒质灰泥石灰岩及含颗粒灰泥石灰岩 灰泥石灰岩 礁石灰岩 重力流石灰岩 眼球状石灰岩
	白云岩	泥一粉晶白云岩 细一中晶白云岩
碎屑岩		砂岩 粉砂岩 泥页岩
硅岩		薄层硅岩 似层状硅岩 透镜状、团块状硅岩

第一节　石　灰　岩

根据岩石结构一成因分类[20,21]，结合特殊沉积构造，可将本区二叠系的石灰岩分为七种类型，即颗粒石灰岩、颗粒质（灰泥）石灰岩、含颗粒（灰泥）石灰岩、灰泥石灰岩、礁石灰岩、重力流石灰岩和眼球状石灰岩。

一、颗粒石灰岩

颗粒石灰岩是指颗粒含量大于50%的石灰岩。颗粒绝大部分为生物颗粒、内碎屑和藻灰结核，鲕粒等较少。这是本区二叠系颗粒类型的一个重要特征。按照颗粒间填隙物的类型，可将颗粒石灰岩分为灰泥颗粒石灰岩和亮晶颗粒石灰岩；前者占很大比例，后者不甚发育。

1．灰泥颗粒石灰岩

灰泥颗粒石灰岩是指粒间填隙物基本为灰泥的颗粒石灰岩。主要分布于大部分地区的栖霞组、茅口组、长兴组和部分地区的吴家坪组中。颗粒以生物颗粒为主，藻灰结核、内碎屑次之。这些颗粒既可单独地出现在岩石中，如灰泥生粒石灰岩、灰泥藻灰结核石灰岩和灰泥内碎屑石灰岩，亦可多种颗粒共同出现在岩石中，即灰泥（混合）颗粒石灰岩。

1）灰泥生粒石灰岩

这是灰泥颗粒石灰岩中分布最广和含量最高的一种类型。生粒含量一般50—80%，分选及磨圆均较差，大多为原地或准原地堆积而成，生粒间充填灰泥。根据生粒组合和岩石产状，可将其分为三类，即浅水型、过渡型和深水型灰泥生粒石灰岩。

浅水型灰泥生粒石灰岩的生物包括裸松藻、海百合、有孔虫、鏈、腕足动物、软体动物、苔藓虫、介形虫、海绵、珊瑚等，其中以裸松藻、海百合和有孔虫为主，它们可单独形成岩石，如裸松藻石灰岩和海百合石灰岩等。见图版XⅦ-1,2,3,4。生粒一般为砂级，有时可达细砾级（海百合碎片或海绵、水螅、Tabulozoa的碎屑）。岩石一般呈中-厚层状，以灰-深灰色为主。这类岩石发育于浅水碳酸盐台地。

过渡型灰泥生粒石灰岩的生物组合为深浅水混合型，包括海绵骨针、有孔虫、棘皮类、介形虫、软体动物、藻类、苔藓虫等；生粒粒经一般为砂级至粉砂级，含量50—60%。岩石呈灰—深灰色，一般为中—薄层。这类岩石主要产于斜坡和盆地边缘。

深水型灰泥生物颗粒石灰岩的生物以海绵骨针、钙球为主，其含量大于50%，另有细小的有孔虫、介形虫、棘屑等，有时可见放射虫。骨针均为单轴，长约0.3—0.8mm，甚至更长，其分布有的无序，有的顺层，顺层者多分布于纹层状岩石之中。岩石呈灰黑-深灰色，以薄层为主。这类岩石发育于盆地和盆地边缘。

2）灰泥藻灰结核石灰岩

这类岩石仅见于涟源七星街的鸡公岭组和铜陵的茅口组中。藻灰结核呈椭球形，长轴5—10mm，同心层连续，一般为4—6层，核心为生粒等。藻灰结核间多为灰泥充填，亮晶胶结物少见。这类石灰岩亦形成于浅水台地，其沉积水体有一定的能量，但并非高能环境。

3）灰泥内碎屑石灰岩

仅见于鄂西部分地区的栖霞组和茅口组中。内碎屑大小混杂，从粉屑到细砾屑(0.03—4mm)，均有分选很差，次圆状，内见少量生屑，基质为灰泥。岩石呈灰色，块状。这类岩石的沉积水体亦有一定能量，但亦非高能环境。根据其本身及上、下围岩特征推测，这类岩石应为浅水台地弱动荡水体环境的产物。

4）灰泥（混合）颗粒石灰岩

岩石由多种颗粒与灰泥组成。颗粒除生物颗粒外，还有内碎屑、藻粒、粪球粒（图版XⅦ-5,6）等。各类颗粒含量均小于50%，但总量大于50%。这类岩石在本区分布有限，一般形成于略动荡的浅水台地。

2．亮晶颗粒石灰岩

亮晶颗粒石灰岩在本区二叠系中含量很小，见于涟源七星街的鸡公岭组，利川黄泥塘的栖霞组，铜陵、宿松、上高、萍乡、涟源、辰溪及利川的茅口组，苏州、无锡、乐平、萍乡、秭归及湘西部分地区的长兴组中。颗粒类型主要为生物颗粒，藻鲕、内碎屑较少。岩石类型包括亮晶生粒石灰岩、亮晶藻鲕石灰岩和亮晶内碎屑石灰岩等。

1）亮晶生粒石灰岩

这类岩石是本区主要的亮晶颗粒石灰岩类型。岩石一般呈浅灰—灰色，厚层—块状，生粒含量50—80%，分选一般较差，但有一定的磨圆度。生粒一般为砂级，生物类型以藻类和棘皮类为主，其次为鏈、有孔虫、腕足类、软体动物、海绵、介形虫等。这些生物在不同的岩石内有不同的组合；一般来讲，几乎在所有的亮晶生粒石灰岩中，藻屑和棘屑均占

有一定的比例；有时裸松藻还可以是岩石的主要组分，鞭亦可以是岩石的主要组分。另外，岩石中有时含少量的砂屑和藻鳊。颗粒间以亮晶方解石胶结物为主，亦有少量的灰泥。见图版XVⅢ-1,2,3。这类岩石形成于浅水台地中的较高能的滩环境。

2）亮晶藻鳊石灰岩

仅见于慈利神仙湾的长兴组中。藻鳊发育不佳，正常藻鳊和表皮藻鳊混杂，核心为生物碎片，圈层明暗相间，有的不甚连续；大小为细砂-粉砂级，分选较差；粒间为亮晶方解石胶结物（图版XVⅢ-4）。这类岩石形成于浅水台地中的滩环境，但从藻鳊发育情况来看，其形成的水体能量不会太强。

3）亮晶砂屑石灰岩

仅见于涟源七星街的鸡公岭组、辰溪中伙铺和利川黄泥塘的茅口组，厚度均很小。砂屑为细-中砂屑，分选、圆度均较好；砂屑含量约60%，另有少量生屑；粒间多为亮晶方解石胶结物，局部为灰泥。见图版XVⅢ-5,6。这类岩石形成于高能的滩环境。

4）亮晶（混合）颗粒石灰岩

这类岩石的分布亦有限，但比藻鳊石灰岩和砂屑石灰岩的分布较广些。颗粒主要为生物颗粒和砂屑，局部含砾屑、藻鳊、粪球粒等。生物颗粒具有一定的分选和磨蚀。颗粒含量约55—80%，粒间多为亮晶方解石胶结，少数为灰泥充填。这类岩石为较高能的滩的产物。

二、颗粒质灰泥石灰岩及含颗粒灰泥石灰岩

颗粒质灰泥石灰岩是指颗粒含量介于50—25%，灰泥含量介于75—50%的石灰岩；含颗粒灰泥石灰岩是指颗粒含量介于25—10%，灰泥含量介于90—75%的石灰岩。这两类岩石在本区各组中均有分布。

岩石呈灰-灰黑色，薄-厚层。颗粒基本上为生粒，其它颗粒如砂屑、球粒等较少。生物颗粒的搬运、磨蚀迹象少见。生物组合与灰泥生粒石灰岩相似，但绿藻不甚发育。同样，根据生物组合，这两类岩石亦可分为浅水型、过渡型和深水型，只不过总体生物含量较低而已。见图版Ⅴ-3和图版XIX-1,2,3。

三、灰泥石灰岩

灰泥石灰岩是指颗粒含量小于10%或不含颗粒的石灰岩，在本区二叠系各组中均有分布（图版XIX-4,5,6）。这类石灰岩一般形成于静水环境，在盆地、斜坡、开阔台地海中均可形成，但要确切地判断其沉积环境，必须根据岩性、沉积构造、古生物等多方面因素来综合分析。

四、礁石灰岩

在川东、鄂西、鄂东南、湖南、江西、江苏等地的长兴组和浙江桐庐的茅口组中，有生物礁。礁石灰岩类型包括障积岩、骨架岩和粘结岩等。

1．障积岩

岩石为浅灰色，块状，由原地生物和基质组成，乃原地生物障积灰泥和生粒而成。原地障壁生物主要为块状的海绵（图版XX-1）、块状和板状的水螅、Tabulozoa和珊瑚等，

含量15—20%；基质为灰泥和生粒，生粒包括软体动物、棘皮类、腕足类、苔藓虫、有孔虫等（图版XX-2,3）。根据原地障壁生物的种类，可将障积岩进一步分为海绵障积岩、水螅-海绵障积岩和Tabulozoa障积岩。这类岩石主要产于礁核和礁边缘。

2．骨架岩

岩石呈灰—深灰色，块状。造礁生物主要为海绵、水螅和Tabulozoa（图版XX-4,5,6），有的地区为丛生的珊瑚（图版XI-6和XXI-1）；结壳生物主要为蓝绿藻、Tabulozoa和*Tubiphytes*。原地生物含量较高，一般大于40%，它们互相连结形成格架。骨架间原生孔洞发育，其中基本上为亮晶方解石胶结，且由于胶结物的多世代而形成典型的栉壳结构（图版XX-4,5）；骨架间也存在少量生屑和灰泥。这类岩石多见于礁核。

3．粘结岩

此类岩石不甚发育，主要见于利川黄泥塘、建七井、慈利的长兴组生物礁的部分层段。粘结岩由包壳状的蓝绿藻及被包覆物组成（图版XXI-2,3），藻包壳厚数至数十毫米。岩石中结壳孔洞较发育，原生孔隙度可达20%以上，但大多已被亮晶方解石所胶结。

另外，在上述三类礁石灰岩之间，还存在着过渡类型，如障积-骨架岩、粘结-骨架岩（图版XXI-4,5,6）等，在一些礁体中它们往往成为主要的礁岩类型。

五、重力流石灰岩

仅在长兴组中发现较为典型的重力流沉积，且主要分布于生物礁的前缘斜坡和盆地边缘，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。按重力流的搬运机理，将本区重力流沉积分为近源垮塌沉积和碎屑流沉积、远源碎屑流沉积和浊流沉积。

1．近源垮塌沉积和碎屑流沉积

这类岩石由礁岩角砾和基质组成。角砾主要为破碎的礁岩，呈棱角状，无分选亦无磨圆，粒径数厘米至数十厘米，含量30—60%；基质为较浅水型的生物和灰泥，生物有腕足类、棘皮类、软体动物、苔藓虫、有孔虫、绿藻等。岩石呈灰—浅灰色，厚层块状。底界往往起伏不平，顶界较平坦，横向呈透镜状分布。这类重力流沉积多分布于礁前或礁翼，是由于礁体受强风浪破碎、局部垮塌并经短距离搬运后堆积而成的。

2．远源碎屑流沉积

这类岩石由礁岩角砾和深水型的基质组成。角砾亦为破碎的礁岩，但粒度较小，一般数厘米；基质则为海绵骨针、钙球等生物和灰泥。角砾含量一般较低(＜50%)，多为基质支撑。岩石为角砾质石灰岩和含角砾石灰岩(漂砾岩)，个别为角砾支撑的角砾石灰岩（其中角砾含量可达60%)；黑灰色为主，中—薄层，一般单层厚度不超过0.5m。岩层分布较稳定，底界起伏不平，但上部较平整，有时发育正粒序层理。其上、下岩层多为含放射虫或海绵骨针的灰泥石灰岩。这类重力流沉积产于斜坡下部。

3．浊流沉积

这类岩石主要由深灰色生粒质灰泥石灰岩和含生粒灰泥石灰岩组成。单层厚度一般7—40cm，薄者仅1cm，厚者可达60cm。生粒主要为有孔虫、腕足类、软体动物、棘屑、海绵骨针等，厚壳与薄壳生物共生，即浅水生物与深水生物共生；岩石中含较多的砂屑，局部具角砾（灰泥石灰岩角砾和礁岩角砾)。粒序层理、小型波纹层理和水平层理发育，其上的灰泥石灰岩或钙质泥岩中遗迹化石丰富。构成A(D)-E-F或C-E-F的浊积序列。这类

石灰岩主要发育于斜坡下部和盆地边缘。

六、眼球状石灰岩

这类岩石广泛发育于本区栖霞组中上部（尤其是小江边组）和部分地区茅口组中下部，以其形状似眼球而得名，岩石即由“眼球”和“眼皮”组成。“眼球”为色浅（灰—深灰色）、结构较均一的、成分较纯净的石灰岩，其形似枕状、透镜状或瘤状，一般顺层排列，长数厘米至数十厘米，有的甚至为连续的似层状，厚5—35cm不等；“眼皮”则为色深（深灰—黑色）、包裹“眼球”的富泥组分，呈波状起伏的纹层状，厚2—15cm。“眼球”与“眼皮”的厚度比一般为3:1—8:1，有时为2:1—1:2。参看表4-2及图版XXII。

表 4-2 “眼球”与“眼皮”特征对比表

特　征	“眼球”	“眼皮”
岩　性	较为纯净的石灰岩，含泥很少(一般<5%)	泥岩、灰质(含灰)泥岩、泥质石灰岩；部分地区含海泡石和菊花状天青石
层　理	一般不显层理，结构较为均一，偶见单向收敛的压实形成的“斜层理”	微细波状层理或似丘状层理
生物类型	生物种类和数量较少，主要有裸松藻、介形虫、腹足类、软体动物、棘皮类；生物分布无定向	生物碎屑含量高，且大多呈长条状，定向排列，种类同“眼球”
化学成分*	富Ca、CO_2；贫Mg；Mn、Zn低	贫Ca、CO_2；富Mg；Mn、Zn略高
同位素	$\delta^{13}C$ 3.69—3.86‰； $\delta^{18}O$ -5.39—-5.81‰	$\delta^{13}C$ 3.14—3.35‰ $\delta^{18}O$ -6.14—-7.11‰
成岩作用	弱，孔隙度差	强烈滑石化、硅化、变晶及渗溶作用

* 化学成分、同位素、成岩作用特征据张继庆等(1986)[22]

关于眼球状石灰岩，前人已作过很多工作，并提出了成岩成因——差异压实作用成因[22]，沉积成因——较深水海底周期性底流作用成因[23]和风暴作用成因等观点。笔者认为，本区二叠系眼球状石灰岩的成因是沉积作用和成岩作用综合而成的。这种岩石的差异压实作用标志是很明显的，这主要表现在“眼皮”与“眼球”在层理、内部结构、生屑排列、成岩强度等方面的差异。然而，造成差异压实作用的根本原因是沉积过程中原始沉积物的成分差异和形态差异。成分差异即沉积物中泥含量的差异，形态差异即沉积物顶底界面的起伏。这些差异是水动力条件和粘土供应的综合结果。“眼皮”中泥质含量高，反映较静水沉积条件，而生屑富集（有的具粒序性）及界面起伏则反映了较动荡水的作用。显然，这是一个矛盾的统一体，它很可能是在稍深水环境，瞬时性较动荡水的作用使水体变浑，泥质、钙质和生屑混杂，尔后在较静水条件下沉积而成的。至于“眼球”组分，则是在粘土供应少、水体能量稳定的正常条件下形成的。正是由于瞬时较动荡水流间歇性地打断稳定的正常碳酸盐沉积条件，从而造成沉积物的成分差异和形态差异。在沉积后作用过程中，随着上覆地层压力的增大，承压沉积物（岩）的原始差异必然加剧，从而导致差异压实作用及钙、泥物质的重新分配。这样，便形成了眼球状石灰岩。其沉积环境可能为较局限的、稍深水的台地或台地边缘缓坡。

第二节　白　云　岩

本区二叠系的白云岩主要分布于礁发育区，在其它地区的局部层位亦有少量分布。根据岩石的晶粒特征，可将白云岩进一步分为泥—粉晶白云岩和细—中晶白云岩。

一、泥-粉晶白云岩

这类白云岩主要见于利川见天坝、开县红花、大巴山、丰都青岭湾等地的长兴组生物礁之上。岩石呈浅灰色，中—厚层状；白云石晶体多为泥晶和细粉晶，以细粉晶为主，呈半自形—自形，晶面较污浊，镶嵌结构（图版 XXⅢ-1 ,2)；局部见有明亮的粗粉晶—细晶白云石。岩石中见少量生物，如介形虫、软体动物、棘皮类等，已部分或全部被白云石交代。生物基本上为广盐性生物，个体较小，数量很少，说明沉积水体较为局限。考虑到此类白云岩体主要分布于边缘礁之上，推测其沉积环境为礁后泻湖或潮坪。白云石晶粒细，表面污浊，一般为早期白云化的产物，可能形成于准同生期或成岩作用早期。

二、细—中晶白云岩

这类白云岩主要分布于长兴组的生物礁、滩及其共生岩石中，另外在栖霞组、茅口组、吴家坪组的局部层位亦有分布。下面主要论述发育于长兴组礁、滩之中的白云岩的特征及其成因。

白云岩呈浅灰—灰白色，厚层—块状。白云石晶粒主要为细晶和（或）中晶，半自形至它形，有的为自形，晶面大都不甚明亮，有的呈雾心亮边（图版XXⅢ-3)。除细、中晶白云石外，岩石中还可见有粉晶和中晶白云石，粉晶白云石一般交代结壳的蓝绿藻和部分灰泥基质（图版 XXⅢ-4)，中粗晶白云石则交代晚期充填的方解石或以自生白云石形式充填孔洞（图版 XXⅢ-5,6)。白云岩中残余结构清晰，轮廓可辨，可分辨出礁石灰岩经白云化而成的礁白云岩（图版XXIV-1)，生粒石灰岩经白云化而成的生粒白云岩（图版XXIV-2)，含生粒或生粒质石灰岩经云化而成的含生粒或生粒质白云岩（图版XXIV-3)。白云岩中溶蚀孔和晶间孔发育（图版XXIV-4、5)，有的充填有沥青（图版XXIV-6)。

礁、滩白云岩的成因，比较复杂，并不是一种成因机制所能解释的。前述之白云石晶体的三种粒度，即粉晶白云石、细（中）晶白云石和中粗晶白云石，可能代表三期不同的白云化作用。第一期可能发生于准同生期，形成粉晶白云石，交代蓝绿藻和部分灰泥；这种白云石含量比较少。第二期发生于成岩期，形成细晶和中晶白云石，这是构成细—中晶白云岩的主要组分。第三期发生于后生期，白云石粗大、明亮，沿缝洞分布，常切割方解石脉或孔洞充填物，这是后生期地下水作用的结果。

第二期白云化作用是细—中晶白云岩赖以形成的最重要的白云化作用。它又可分为两个亚期即成岩早期和成岩晚期。成岩早期在海水胶结作用之后，地下水胶结作用之前，白云石可交代纤维状方解石胶结物。成岩晚期在地下水胶结作用之后，白云石可交代粒状方解石胶结物。这两个亚期的作用时期不同，白云化机理亦有所不同，即作用环境、水化学条件和Mg^{2+}的来源各不相同。在成岩早期，主要发生混合水白云化作用，而在成岩晚期，主要发生压实流体白云化作用。根据成岩史的研究，在成岩早期，礁岩曾发生过碎解作用，

其原因与淡水影响有关。而在远离海岸的地区，淡水仅可能来自雨水，即在此期间，礁岩曾出露海面接受过雨水。这样，礁岩出露水面部分由于淡水影响而发生溶蚀碎解，在碎解带下则形成一个咸—淡水混合带，其中即发生混合水白云化作用，从而形成白云岩体。在礁体整个发育过程中，多次出露海面，从而形成了多层白云岩体。这就是成岩早期的混合水白云化作用。其后，礁岩下沉继续接受沉积，且随着上覆沉积的增加而被深埋。这时，礁岩周围和其下的可压实的泥质石灰岩、页岩等，由于承受重荷，其中的含Mg^{2+}的隙间水发生侧向的或垂向向上的运移，并穿过礁体；当温度和压力增大到一定程度时，将发生白云化作用；这就是成岩晚期的压实流体白云化作用。这种机理既可生成新的白云岩(石)，亦可使前期的混合水白云化机理形成的白云石进一步生长加大，雾心亮边白云石可能就是这样形成的。

综上所述，细—中晶白云岩的形成经历了三期白云化作用，但最主要的是第二期（成岩期）的混合水白云化作用和压实流体白云化作用。

第三节　碎　屑　岩

碎屑岩在本区二叠系岩石中占有一定的比例。根据粒度大小，可将其分为砂岩、粉砂岩和泥页岩三大类。

一、砂　　岩

砂岩主要分布于本区东南部的堰桥组、龙潭组和大隆组中，在栖霞组底部和吴家坪组底部亦有少量分布。

最主要的砂岩类型是细粒石英砂岩（图版 XXV-1），其次为中、粗粒石英砂岩（图版 XXV-2,3,4）和长石石英砂岩，局部可见少量中—粗粒长石砂岩。

砂岩的颜色一般为灰黄、灰白、浅灰至灰色；薄层、中层至厚层状，有的在泥岩中呈透镜状夹层。砂岩中碎屑含量一般为65—85%，甚至更高，主要为石英，长石次之且多见于中粗粒砂岩中，另有少量云母、重矿物及海绿石等；碎屑主要为砂粒，在桐庐、乐平、上饶等地的龙潭组的局部层位中含少量砾石；碎屑分选一般较好，呈次圆状—棱角状；基质一般为泥质，亦有少量硅质、铁质、海绿石等。砂岩中常见各种层理，如小型至大型的斜层理（图版XXV-5,6）、羽状交错层理等。生物化石稀少，仅见植物化石碎片、腕足类和双壳类等。

上述特征表明，本区二叠系的砂岩形成于滨海区。砂岩中长石发育表明物源区较为活动。在纵向上，砂岩常与粉砂岩、泥页岩构成自下而上变细的纵向沉积序列，可能代表海进型三角洲的产物，其中砂岩为三角洲平原分流河道和前缘河口砂坝的沉积。

二、粉　砂　岩

粉砂岩的分布范围及层位与砂岩相似，但更为广泛。粉砂岩呈浅灰、灰黄、黄绿色，中—薄层。粉砂成分主要为石英，长石、云母、岩屑、海绿石等较少，泥质含量较高，有的含菱铁矿结核。岩石中往往发育水平层理，少数见低角度交错层理。含生物化石也较少，主要为植物化石碎片、腕足类等。常与砂岩、泥页岩一起构成自下而上由粗变细的沉

积序列。形成于滨岸或三角洲环境。

三、泥 页 岩

泥页岩广泛分布于栖霞组底部、孤峰组(堰桥组)、龙潭组、吴家坪组底部以及大隆组中，其含量及分布范围比砂岩、粉砂岩更多、更广。

泥页岩包括含粉砂或粉砂质泥页岩、铝土质泥页岩、钙质泥页岩、炭质泥页岩、含锰铁泥页岩、硅质泥页岩等。泥页岩形成于水体安静的环境中，从浅水到深水均有分布。因此，要确定其沉积环境，必须根据其具体的岩性特征、化石特征、沉积构造特征以及相序关系等，综合分析判断。例如，本区堰桥组和龙潭组中的泥页岩，多与砂岩、粉砂岩一起组成向上变细的序列，可能为三角洲平原或前三角洲环境的产物；而孤峰组、大隆组中的泥页岩，颜色暗，往往含有铁、锰、磷、硅等，且常与薄层硅岩共生，可能形成于水体较深的环境。