# 第五章　硅　　岩

在中、下扬子地区，甚至在整个扬子地区，在二叠系中，硅岩十分发育。它作为一种岩石类型，无论从数量上还是从岩相古地理意义上都占有重要的位置。硅岩类型多样，成因复杂，历来为有关研究者所重视，其成因是老大难问题之一。按照硅岩的产出状态，可将本区二叠系的硅岩分为三种类型：(1)薄层硅岩，(2)似层状硅岩，(3)透镜状、团块状硅岩。下面，从岩石学、地球化学、沉积层序等方面，对这三种硅岩的基本特征及其成因进行探讨。

## 第一节　薄层硅岩

### 一、基本特征

薄层硅岩主要分布于孤峰组及大隆组中，在吴家坪组中也有少量分布，一般与硅质泥岩、硅质页岩和含锰、铁泥页岩共生，有时也与薄层或透镜状的石灰岩共生。这种薄层硅岩在本区平面上的分布状况见附图9、附图16 和附图 21。

**1．岩石和古生物特征**

薄层硅岩一般呈灰黑色到黑色，岩性致密，水平层理和韵律层理发育。韵律层理表现为两个方面，其一为薄层硅岩与泥页岩（有时为薄层石灰岩）组成的韵律，其二为硅岩内部的硅质生物组分与非生物组分组成的韵律。

薄层硅岩中的生物含量不等，有的甚少，有的含量可达80%。主要为放射虫和硅质海绵骨针等硅质生物，另外还含有少量体小壳薄的介形虫、双壳类、菊石等钙质生物。放射虫在硅岩中十分发育，在少数层位中可达80%，多呈圆形，少数为椭圆形，一般直径0.05—0.2mm，内部多被溶蚀而被粒状和纤维状玉髓充填，少数具层圈和网格构造（图版Ⅷ-1），有的仍保存着刺；放射虫主要为织虫（*Flustrella* sp.）和石梨虫(*Lithapium* sp.)等。硅质海绵骨针为单射、二射、三射和四射型（图版X-6），含量一般5—35%。

**2．矿物成分**

薄层硅岩的矿物成分主要为玉髓和微晶石英，其含量一般高于90%，在扫描电镜下，呈致密不等粒的多面体型（图版XXVI-1）、海绵状（图版XXVI-2）和棉絮状等超微形态；X射线衍射和红外吸收光谱分析表明，硅岩中微晶石英为结晶程度不一的$\alpha$-石英。岩石中除玉髓和微晶石英外，还混杂有含量不同的泥质、有机质甚至凝灰质，且在不同地区和不同层位，其矿物组合有所不同。有的硅岩中泥质含量较高，如湖北大冶的孤峰组和大隆组发育泥质硅岩；有的硅岩中残余有机炭含量较高，如巢湖的孤峰组，其硅岩的残余有机炭含量可达1.3104%，有的甚至更高。

**3．化学成分**

表 5-1 列举了本区部分地区不同层位各种类型硅岩的化学成分。从此表可以看出，薄

**表 5-1　中下扬子地区二叠系硅岩化学成分表**

| 硅岩类型 | 层位 | 含量(%) 成分 | $SiO_2$ | CaO | MgO | $Fe_2O_3$ | FeO | $Al_2O_3$ | $P_2O_5$ | MnO | $TiO_2$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | $CO_2$ | 产地 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 薄层硅岩 | 孤峰组 | | 94.08 | 0.31 | 0.12 | 0.13 | 1.26 | 1.42 | 0.05 | 0.029 | 0.05 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 巢县① |
| | | | 93.94 | 0.38 | 0.13 | 0.37 | 0.91 | 1.49 | 0.028 | 0.063 | 0.05 | 0.19 | 0.15 | 0.16 | |
| | | | 93.22 | 0.26 | 0.24 | 0.57 | 1.12 | 1.95 | 0.028 | 0.12 | 0.06 | 0.28 | 0.13 | 0.12 | |
| | 孤峰组 | | 94.58 | 0.12 | 0.20 | 0.30 | 0.09 | 2.57 | | 0.01 | | 0.34 | 0.06 | 0.26 | 巢县南② |
| | | | 93.72 | 0.06 | 0.18 | 0.81 | 0.09 | 2.68 | | 0.01 | | 0.34 | 0.06 | | |
| | 大隆组 | | 94.72 | 0.04 | 0.23 | 0.78 | 0.13 | 1.77 | | 0.01 | | 0.31 | 0.04 | 0.26 | |
| | 孤峰组 | | 95.16 | 0.24 | 0.12 | 0.26 | 0.11 | 1.77 | | 0.03 | | 0.14 | 0.06 | | 贵池② |
| | 大隆组 | | 87.74 | 0.12 | 0.38 | 0.98 | 0.21 | 5.40 | | 0.02 | | 0.85 | 0.11 | 0.13 | |
| | 孤峰组 | | 94.84 | 1.57 | 0.09 | 0.07 | 0.65 | 0.04 | 0.023 | 0.083 | 0.35 | 0.03 | 0.15 | 1.32 | 广德独山③ |
| | | | 93.28 | 0.67 | 0.03 | 0.52 | 0.47 | 3.92 | 0.016 | 0.055 | | 0.15 | 0.14 | 0.55 | |
| 似层状硅岩 | 栖霞组(下硅质层) | | 92.60 | 2.77 | 0.35 | 0.13 | 0.66 | 0.40 | 0.03 | 0.078 | | 0.07 | 0.14 | 2.54 | 长兴葡萄山③ |
| | | | 93.28 | 0.67 | 0.03 | 0.07 | 0.96 | 3.72 | 0.017 | 0.12 | | 0.06 | 0.09 | 0.55 | 长兴龙石卡③ |
| 团块状硅岩 | 栖霞组 | | 88.12 | 3.42 | 1.95 | 0.28 | 0.41 | 0.20 | 0.04 | 0.05 | | 0.075 | 0.11 | 4.79 | 长兴葡萄山③ |
| | | | 89.60 | 4.34 | 0.03 | 0.20 | 0.83 | 0.50 | 0.18 | 0.10 | | 0.06 | 0.08 | 3.42 | |

① 据孔庆玉等（1986）[24]的资料
② 据安徽省地矿局测试中心资料（转自刘贻灿，1988）
③ 据江纳言等（1984）的资料

层硅岩的化学成分以$SiO_2$为主，平均93.60%，最高达95.16%；其次为$Al_2O_3$，其含量一般大于1.42%，最高可达5.4%，平均2.30%；其它成分含量较低，如CaO一般小于0.38%，$Fe_2O_3$一般小于1%，MnO一般小于0.12%。与薄层硅岩相比，团块状硅岩的$SiO_2$含量偏低，平均88.86%，而CaO含量偏高，平均4.23%。似层状硅岩的化学成分介于薄层硅岩与团块状硅岩之间。

### 4. 微量元素

表 5-2 列举了湖北大冶二叠系硅岩和石灰岩的微量元素（光谱半定量测定）。从此表可以看出，薄层硅岩与团块状硅岩和石灰岩在微量元素方面有一定的差异。薄层硅岩中B、Ba、Pb、Co、P、Ga、Ni、Fe、Cu的含量比团块状硅岩中的略高，比石灰岩中的更高，而石灰岩中Sr含量则略大于硅岩中的。另外，薄层硅岩及其共生的泥页岩与石灰岩相比，其Mn含量较高。这是本区薄层硅岩中微量元素的显著特点。

## 二、成因研究

### 1. 硅质生物沉积

薄层硅岩主要由玉髓和微晶石英组成，水平层理及韵律层理发育，放射虫和硅质海绵骨针丰富，岩石内未见交代结构。这种特征表明，薄层硅岩主要为原生沉积。

X射线衍射及红外吸收光谱分析表明，薄层硅岩中的微晶石英主要为结晶程度不同的

**表 5-2 湖北大冶二叠系硅岩及石灰岩微量元素分布表**

| 岩石 | 层位 | 含量(ppm) 样品数(个) | 微量元素 B | Ba | Sr | Zn | Pb | Co |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 薄层硅岩 | 茅口组 | 2 | 10—30 | 100 | 200—1000 | 100± | 40—80 | 0—10 |
| | 大隆组 | 4 | 10—150 | 100—200 | 250—1000 | 0—100 | 10—60 | 0—15 |
| 团块状硅岩 | 栖霞组<br>茅口组 | 6 | 10± | 100± | 200—1500 | <100 | 10—20 | 0—10 |
| 石灰岩 | 栖霞组 | 5 | 10 | <100 | 300—800 | / | 0—10 | / |
| | 茅口组（下部） | 5 | 10 | <100 | 150—1000 | / | 0—40 | / |

| 岩石 | 层位 | 含量(ppm) 样品数(个) | 微量元素 P | Ga | Cr | Ni | Fe | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 薄层硅岩 | 茅口组 | 2 | <1000 | 10± | 200—300 | 30—200 | 5000—10000 | 20—50 |
| | 大隆组 | 4 | <1000—4000 | <10—50 | 50—400 | 60—300 | 10000—50000 | 20—50 |
| 团块状硅岩 | 栖霞组<br>茅口组 | 6 | <1000 | <10 | 250—400 | 20—200 | 1000—10000 | 10—30 |
| 石灰岩 | 栖霞组 | 5 | / | / | 0—10 | <10 | 500—1000 | 10 |
| | 茅口组(下部) | 5 | / | / | 0—10 | 10± | 500—5000 | <10 |

$\alpha$-石英，未见高温氧化硅矿物。$\alpha$-石英是常温常压下由化学或生物化学作用沉积的二氧化硅（蛋白石、$\alpha$-方英石和多水玉髓）经成岩改造的产物。这说明本区的薄层硅岩形成于正常的温度和压力条件下。

图5-1、5-2、5-3、5-4及表 5-3 是本区薄层硅岩的化学成分与苏联麦维姆河上游生物化学沉积硅岩及苏联别洛耶湖凝灰质硅岩化学成分[25]的对比图和对比表。

从这些图和表可以看出：本区薄层硅岩的$SiO_2/Al_2O_3$、$SiO_2/Na_2O+K_2O$、$SiO_2/MgO$比值与生物化学沉积硅岩的这些比值很相近，部分$SiO_2/Al_2O_3$比值和$Fe_2O_3/FeO$比值介于生物化学沉积与凝灰质硅岩之间。这说明本区薄层硅岩基本上为生物化学沉积成因，且可能与火山活动有某种成因上的联系。

微量元素分析表明，薄层硅岩中磷元素与石灰岩相比相对富集（薄层硅岩中磷含量为1000—4000ppm，而石灰岩中磷含量几乎为零）。这说明薄层硅岩的形成与生物有某种直接的联系。薄层硅岩中有机碳含量高（可达1.3104%）亦反映这种成因联系。

**2. 缺氧盆地沉积**

关于中下扬子地区乃至整个华南地区二叠系薄层硅岩的沉积环境，已有许多研究者进行过探讨和研究。宋天锐等（1977）[26]认为广东曲江—仁化地区下二叠统“当冲组”放射虫硅岩属于比浅海环境深、比远洋深海环境浅的半深海环境的沉积；童玉明等（1985）[27]认为鄂东南下二叠统茅口组放射虫硅岩沉积于陆棚边缘至碳酸钙补偿深度（CCCD）以下

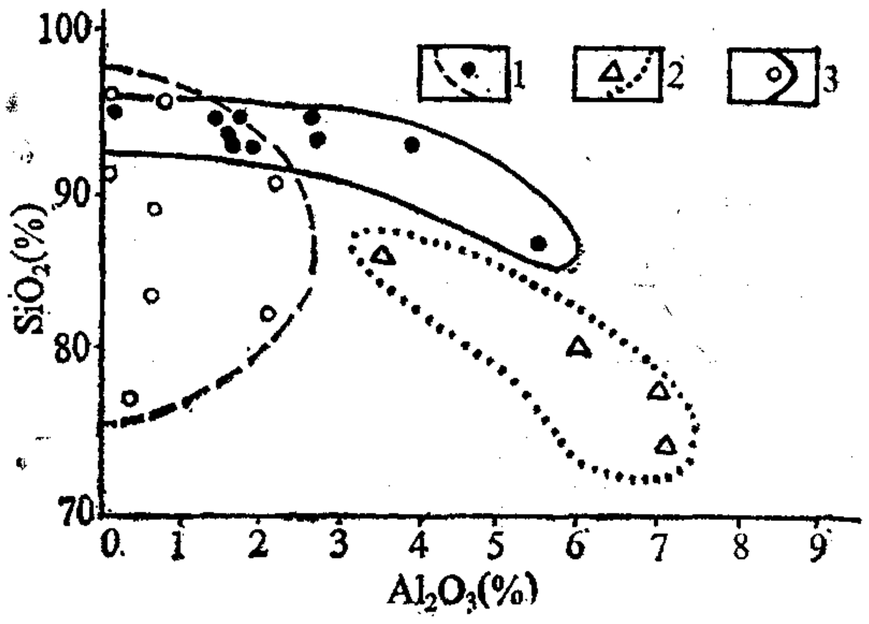


图 5-1　不同成因类型硅岩$SiO_2/Al_2O_3$分布范围

1—苏联麦维姆河上游生物化学沉积硅岩；2—苏联别洛耶湖凝灰质硅岩；3—本区薄层硅岩

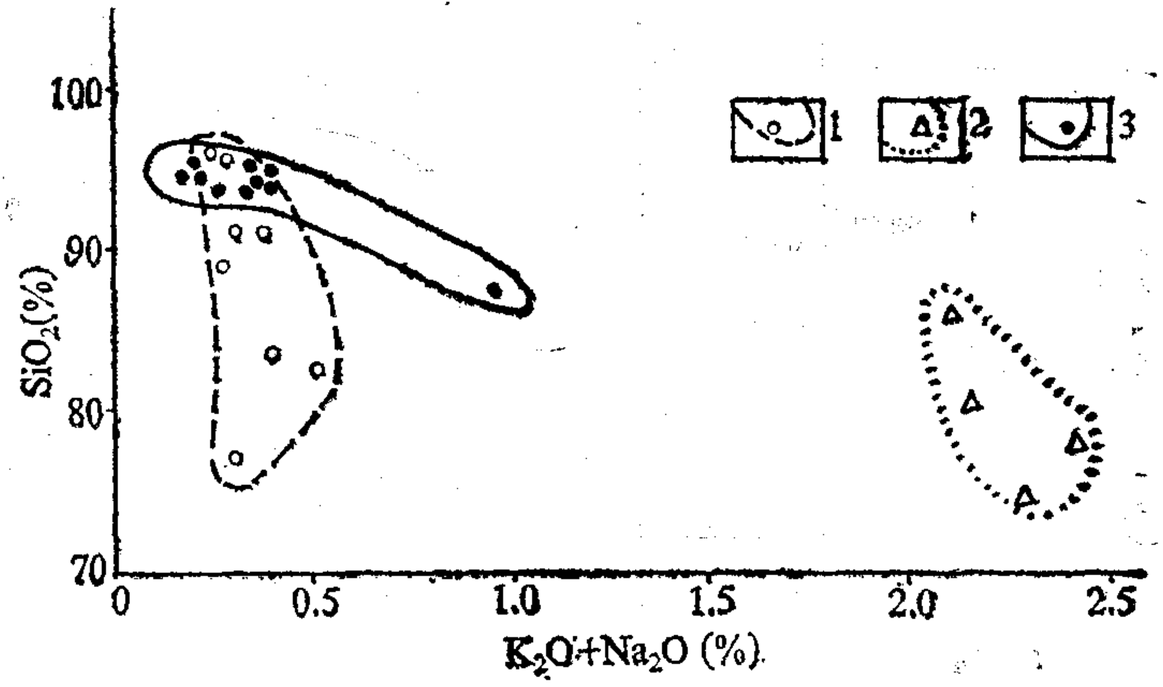


图 5-2　不同成因类型硅岩$SiO_2/K_2O+Na_2O$分布范围

1—苏联麦维姆河上游生物化学沉积硅岩；2—苏联别洛耶湖凝灰质硅岩；3—本区薄层硅岩

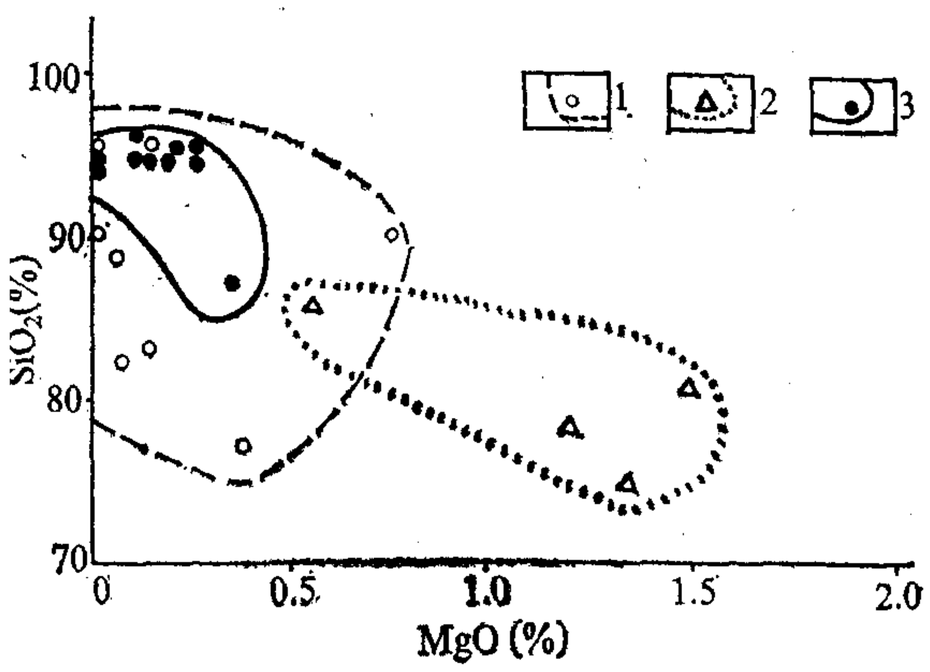


图 5-3　不同成因类型硅岩$SiO_2/MgO$分布范围

1—苏联麦维姆河上游生物化学沉积硅岩；2—苏联别洛耶湖凝灰质硅岩；3—本区薄层硅岩

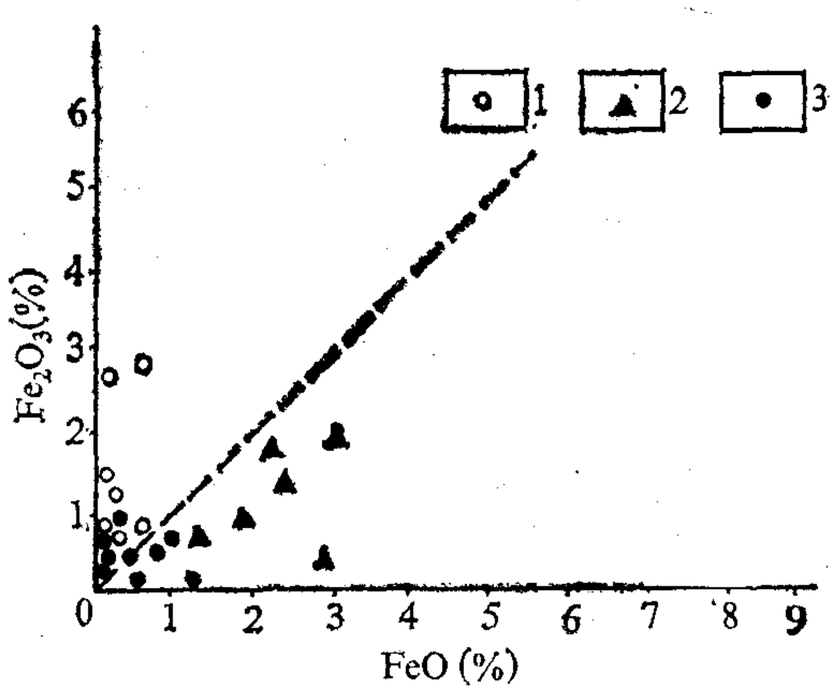


图 5-4　不同成因类型硅岩$Fe_2O_3/FeO$分布趋势

1—苏联麦维姆河上游生物化学沉积硅岩；2—苏联别洛耶湖凝灰质硅岩；3—本区薄层硅岩

表 5-3 不同成因类型化学成分平均比值对比表

| 硅岩成因类型 | $SiO_2/Al_2O_3$ | $SiO_2/K_2O+Na_2O$ | $SiO_2+MgO$ | $Fe_2O_3/FeO$ |
|---|---|---|---|---|
| 正常生物化学沉积 | 107 | 235 | 346 | 4.4 |
| 火山沉积（凝灰质硅岩） | 13.7 | 36 | 39.5 | 0.46 |
| 本区薄层硅岩 | 40.70 | 246.70 | 550.59 | 0.95 |

的环境；孔庆玉等（1987）[28]亦认为苏皖地区下二叠统孤峰组放射虫硅岩形成于CCCD之下；金若谷（1987）[29]认为四川龙门山北段上二叠统大隆组放射虫硅岩形成于扬子地台的西北边缘海槽，海水深度在150—500m之下；朱洪发等（1989）[30]认为华南孤峰组和大隆组硅岩形成于CCCD之下的断陷盆地中。我们认为，本区薄层硅岩形成于缺氧的盆地环境，其沉积水体不深，尚未达到碳酸钙补偿深度（CCCD）。下面，从沉积特征、纵横向相序、放射虫生态学等方面对本区薄层硅岩的沉积环境和水深进行探讨。

1）沉积特征

硅岩层薄，水平层理和韵律层理发育，高能结构组分缺乏，表明其沉积水体安静；岩石色暗，底栖生物缺乏或很少，浮游生物特别是硅质浮游生物发育、黄铁矿丰富，表明其沉积水体中的溶解氧缺乏，主要为缺氧水体；硅岩既无浅水标志，更无斜坡重力流特征，说明它沉积于较深水的盆地环境。

2）纵横向相序

薄层硅岩在沉积剖面上的分布具有一定的规律。从安徽巢县二叠系剖面可以看出，薄层硅岩出现于四个层位，即孤峰组下部、孤峰组上部、龙潭组上部和大隆组。孤峰组下部（即狭义的“孤峰组”）中的薄层硅岩厚度较大，与含锰铁泥页岩共生并组成韵律层理。孤峰组上部（即“银屏组”）中的薄层硅岩厚度较小，且常与粉砂岩、粉砂质泥页岩(有的含植物碎片）共生。孤峰组的薄层硅岩在纵向层序上，正位于栖霞组台地石灰岩和龙潭组滨海三角洲长石石英砂岩之间。龙潭组上部薄层硅岩与含锰铁泥页岩共生，上覆于该组中部的“压煤灰岩”之上。大隆组薄层硅岩与硅质泥岩及含锰铁的泥页岩共生，其上为下三叠统印度阶盆地相的泥页岩和瘤石灰岩。由此可知，本区薄层硅岩在纵向上与台地相石灰岩和滨岸三角洲碎屑岩呈过渡关系，甚至与粉砂质泥岩和粉砂岩（有的含植物碎片）共生。这说明其沉积水体不会很深，不可能达到几千米深的大洋盆地。

从横向沉积相对比来看，本区薄层硅岩的沉积水体亦不会很深。在中、下扬子地区，在孤峰组（茅口组），存在三种主要的沉积类型，即薄层硅岩层系（孤峰型）、台地石灰岩层系（茅口型）和滨海碎屑岩层系（堰桥型）。茅口型沉积主要分布于中扬子地区，堰桥型沉积主要分布于下扬子东南地区，孤峰型沉积主要分布于下扬子地区、中扬子北缘、江南碳酸盐台地区和湘中赣西地区。参看附图8，9，10。孤峰型沉积在平面上与堰桥型或茅口型沉积均呈过渡相变关系，说明其沉积环境亦呈过渡关系。这种关系表明，薄层硅岩的沉积水体亦不可能太深。

3）放射虫生态

在本区的薄层硅岩中，放射虫广泛发育，其含量有时可高达80%。另外，在泥页岩和薄层石灰岩中亦可发现少量放射虫。

关于放射虫及放射虫硅岩的形成环境，许多学者曾进行过研究和探讨。现代海洋资料表明，放射虫主要形成于赤道附近的温暖的海洋中，由赤道向两极数量骤减。现代放射虫的形成环境一般较深，在海沟和深海沟中最为发育，但我国东海陆架上亦有放射虫的分布。童玉明等（1985）[27]、孔庆玉等（1986）[24]、金若谷（1987）[29]、朱洪发等(1989)[30]认为，扬子地区二叠系放射虫硅岩形成于碳酸钙补偿深度（CCCD）附近及其下的深水环境，而麦克布赖德和福克（Mcbride and Folk, 1979）[31]认为意大利侏罗系放射虫岩可以形成于潮汐环境。我们认为，本区二叠系放射虫的形成与CCCD没有必然的联系，其形成环境只要满足缺氧环境即可。

放射虫的生长发育要求丰富的养料、足够的硅质以及适宜的水体环境。本区二叠系放射虫的发育得助于特定的有利条件：其一是有利的古地理和古气候条件。扬子地区在二叠纪正处于赤道附近，活跃的上升洋流为放射虫的生长提供了丰富的养料（大量氮、磷等元素）；其二是本区二叠纪海水中硅质丰富。火山物质的海解作用和准平原化陆地的化学风化作用为海水提供了大量的硅质，从而为放射虫的生长提供了丰富的物质基础。然而，并非本区所有区域和层位均有放射虫的分布，其生长发育除上述两个条件外，还需要适宜的水体环境，即缺氧水体环境。在这种环境中，钙质底栖生物难以生长，而硅质生物则因缺少竞争对手而得以繁盛；在粘土供应充分的水域，更有利于放射虫的发育，因为粘土可使海水变浑，这大大抑制了钙质生物的生长和碳酸钙的沉淀。放射虫硅岩常与泥页岩共生应与此有关。因此，放射虫的生长并不要求很深的水体，在养料和硅质供应适宜的条件下，只要满足缺氧水体环境即可。有的学者把放射虫岩与碳酸钙补偿深度（CCCD）联系在一起，认为放射虫岩是在钙质生物完全溶解的CCCD之下的环境中形成的，似无必要。在本区的薄层硅岩中，确实缺乏钙质底栖生物，但却存在钙质浮游生物，如菊石、介形虫和双壳类等，这说明其沉积水体并未达到CCCD深度。

**3．关于硅的来源**

前已述及，本区薄层硅岩为硅质生物沉积成因。然而，对于硅质生物赖以生存的硅的来源问题还需认真地探讨。从本区二叠纪的实际情况来看，当时海水中的硅质来源至少有两个方面，其一是火山物质的海解作用，其二是准平原化陆地的化学风化作用。

在二叠纪，中国南方及其外围地区均有火山活动。我国西部“三江—喀喇昆仑大裂谷”自栖霞期起发生强烈的中、基性岩浆喷发，川滇黔桂地区在茅口晚期开始就有大量的玄武岩浆溢出。另外，在本区的许多地方也发现凝灰质沉积，如自安徽巢县栖霞组底部发现蚀变凝灰岩[24]，在该地的孤峰组的顶部和底部亦发现凝灰质页岩和蚀变凝灰岩；在浙江长兴的长兴组中亦发现火山物质[32]。这些现象表明，本区二叠纪有火山物质的供应。这些火山物质经过海解作用必然会向海水中释放出二氧化硅。火山活动对本区薄层硅岩的成因影响正是通过其火山物质的海解，使硅进入海水，促使硅质生物发育，从而形成硅质生物沉积的硅岩。

海水中的硅的另一个来源可能是准平原化陆地的化学风化作用。加里东构造运动形成的古陆经过长期的剥蚀夷平，至二叠纪已准平原化。在二叠纪时期，本区正处于赤道附近，气候炎热潮湿，准平原化的陆地必然会发生强烈的化学风化作用，其析出的硅则通过陆表水流入海水。

## 第二节　似层状硅岩

### 一、基本特征

似层状硅岩主要产于栖霞组和茅口组中，常与中、厚层石灰岩共生，主要分布于下扬子地区、中扬子地区中部和湘中地区。

似层状硅岩一般呈深灰—灰黑色，薄—中层状，有的为厚层状，层面呈不同程度的起伏（图版 XXVI-3），常夹石灰岩透镜体。矿物成分以玉髓和微晶石英为主，混有含量不等的杂质，如泥质、有机质、甚至白云石（后期交代产物）。偏光显微镜下燧石呈小米粒状和小于1μm的隐晶；扫描电镜下呈片状、海绵状和等粒状（图版XXVI-4）。岩石中还可见溶孔。

似层状硅岩中亦有生物，但其生物组合及含量与薄层硅岩有所差别。缺乏放射虫，但有海绵骨针；还有介形虫、有孔虫、棘皮类、腕足类、软体动物、藻类等钙质生物。钙质生物含量一般小于30%，但有的岩石中钙质生物含量可达70%之高。这些钙质生物与硅岩中所夹的石灰岩的生物类型基本相同。这些钙质生物均已硅化。

### 二、成因研究

**1. 沉积与交代综合成因**

似层状硅岩的成因问题使许多研究者感到棘手，问题在于它是沉积成因的还是交代形成的。通过研究，我们认为这种似层状硅岩是沉积—交代的综合产物。

似层状硅岩的交代标志比较明显，这主要表现在两个方面：（1）偏光显微镜观察表明，这种硅岩中所含的生物如藻类、有孔虫、棘皮类、腕足类等均已硅化，有的还见有残余方解石粉晶；（2）野外观察表明，似层状硅岩的层面不甚平整，常呈程度不同的波状起伏，有时可见硅岩中夹石灰岩透镜体，而透镜体中生物类型与硅岩基本相同。

尽管似层状硅岩中交代标志明显，但尚不能证明整个硅岩都是交代形成的，因为：（1）硅岩中还存在无交代标志的组分，如一些玉髓小于1μm，电镜下呈海绵状，颗粒间有泥、炭杂质，这与薄层硅岩的某些组分是一样的；（2）似层状硅岩一般呈薄—中层，部分为厚层，虽然层面有起伏，但连续性好，这种产状特征介于薄层硅岩（沉积成因）和团块状硅岩（交代成因）之间；（3）剖面对比表明，似层状硅岩与薄层硅岩在横向上呈渐变过渡关系，如在涟源地区的茅口组，自北而南岩石由大套厚层石灰岩夹似层状硅岩（涟源七星街）过渡到石灰岩与似层状硅岩互层（涟源花桥），再过渡到薄层硅岩与泥页岩(双峰太平寺)，如图 5-5 所示。这种分布特征表明似层状硅岩与薄层硅岩在成因上亦为过渡关系。

与薄层硅岩不同的是，在似层状硅岩中缺乏放射虫，但海绵骨针和硅藻（？）等硅质生物发育。在沉积过程中，硅质生物与碳酸盐组分同时沉积，它们在不同岩石中的比例可能有所差别。在成岩作用过程中，主要是在准同生作用—成岩作用早期，硅藻（？）和部分海绵骨针发生溶解，其中一部分就地沉淀，另一部分则与混入碳酸盐沉积物中的硅质质点（或离子）以及外来的硅质一起，交代碳酸盐沉积物。这样，便形成了似层状硅岩。

### 2．缺氧—含氧斜坡沉积

似层状硅岩具有以下岩石学特征：（1）岩石呈灰黑—黑色；（2）单层厚度较小，一般为中—薄层，少见厚层；（3）硅岩中含有一定数量的生物，但其含量一般小于30%；未见放射虫，但普遍存在海绵骨针；含钙质底栖生物，但一般不甚发育，且未见珊瑚等。这些特征与盆地相薄层硅岩不同，亦与台地相石灰岩有较大的差异，实际上介于两者之间；这说明似层状硅岩形成于深水与浅水过渡的斜坡环境。似层状硅岩的岩石和古生物特征表明，其沉积环境水体为缺氧层的上层至含氧层的下层。

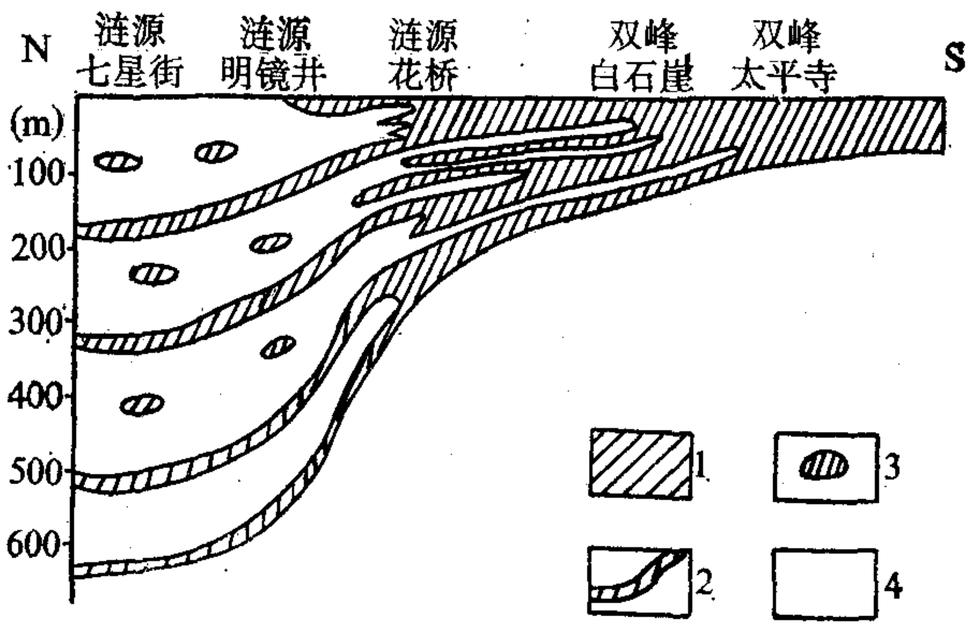


图 5-5　湖南涟源地区二叠系茅口组似层状硅岩与薄层硅岩过渡关系示意图

（据王兆信1966年资料和本次实测资料编绘）

1—薄层硅岩；2—似层状硅岩；3—透镜状、团块状硅岩；4—石灰岩

在下扬子地区巢县栖霞组“下硅质层”（似层状硅岩）中，含有30%左右的残余硅化内碎屑，以细砂屑为主，次为中砂屑，个别为砾屑。在该组其它层位及邻近地区均未见这种内碎屑。显然，这种分布于较深水硅岩中的内碎屑不是原地形成的，而是异地搬运而至的。这表明当时的巢县沉积区有一定的坡度。

## 第三节　透镜状、团块状硅岩

### 一、基本特征

透镜状、团块状硅岩，惯称为燧石团块或结核，在本区二叠系各组均有分布，主要产于厚层—块状（少为中层）石灰岩中。它们有的顺层分布，基本不切割围岩层理或局部切割围岩层理，显示层控特征；有的不规则分布，随机切割围岩层理，无层控特征。部分硅岩团块可见石灰岩纹层绕其周缘分布的现象（图版XXVI-5）。团块大小为几厘米至几十厘米。主要由隐晶、小米粒状玉髓和微晶石英组成，另见方解石残余、泥质、有机质等。常见珊瑚、藻类、腕足类、棘皮类、软体动物、介形虫、有孔虫等，且均已硅化，见图版XXVI-6。生物组合类型与石灰岩围岩相同。

### 二、成因研究

#### 1．交代成因

硅岩以透镜状、团块状的形式产于石灰岩中，这本身便意味着这种硅岩不是沉积地层单位，硅岩切割石灰岩围岩层理反映它们是沉积期后形成的。硅岩的交代标志十分明显，有的硅岩团块即为一个珊瑚体硅化而成，有的石灰岩中的钙质生物（如藻类、腕足类等）尽皆硅化。显然，这种硅岩为成岩交代成因。其形成机制可能是这样的：海水中硅质（以

质点或离子形式）与碳酸盐物质一起沉淀，并在成岩作用过程中发生分异，分散在沉积物中的硅质，向适合二氧化硅生长的沉淀中心（局部酸性微环境）迁移，二氧化硅局部富集并交代碳酸盐沉积物（岩）便形成了透镜状和团块状硅岩。不同成岩期形成的硅岩，其产状特征有所差别。在成岩早期，沉积物尚未完全固结，含硅质溶液可沿层面迁移，从而形成沿层状分布的透镜状、团块状硅岩，在成岩晚期，沉积物已基本固结，含硅质溶液只能在连通的孔隙、裂隙等局部空间中活动，因此只能形成切割围岩层理、不规则分布的团块状硅岩。

**2．原岩为浅水低能含氧碳酸盐台地沉积的石灰岩**

透镜状、团块状硅岩的原岩为石灰岩。众多的野外调查表明，这类硅岩产于厚层一块状（少见中层）石灰岩或白云岩中，几乎不出现在薄层石灰岩和泥页岩中，岩石中生物丰富，包括藻类、珊瑚、腕足类、软体动物、介形虫、有孔虫、棘皮类、海绵骨针等，岩石中无高能颗粒如鲕粒、内碎屑等，无亮晶胶结物。这些特征表明，硅岩及其共生岩石的沉积环境为水体较浅、能量较低的台地开阔海。从生物特征来看，其沉积水体处于含氧层。

综上所述，本区二叠系三种硅岩的特征有较大差别，但其硅的来源基本上是同源的，成因类型是渐变过渡的。薄层硅岩为硅质生物沉积成因，形成于缺氧盆地，硅质生物在此环境中大量堆积从而形成原生沉积的硅岩。似层状硅岩为沉积一交代成因，形成于缺氧—含氧缓坡，硅质生物与碳酸盐物质在这一环境中混合沉积，原始硅质组分与成岩交代组分共同构成沉积一交代成因的硅岩。透镜状、团块状硅岩为交代成因，形成于含氧台地，在此环境中主要为碳酸盐沉积，而混入其中的硅质（质点或离子）在成岩期局部富集并交代碳酸盐组分即形成了这种交代成因的硅岩。

综上所述，可把本区二叠系三种硅岩的成因归纳成如下的模式（图5-6）。

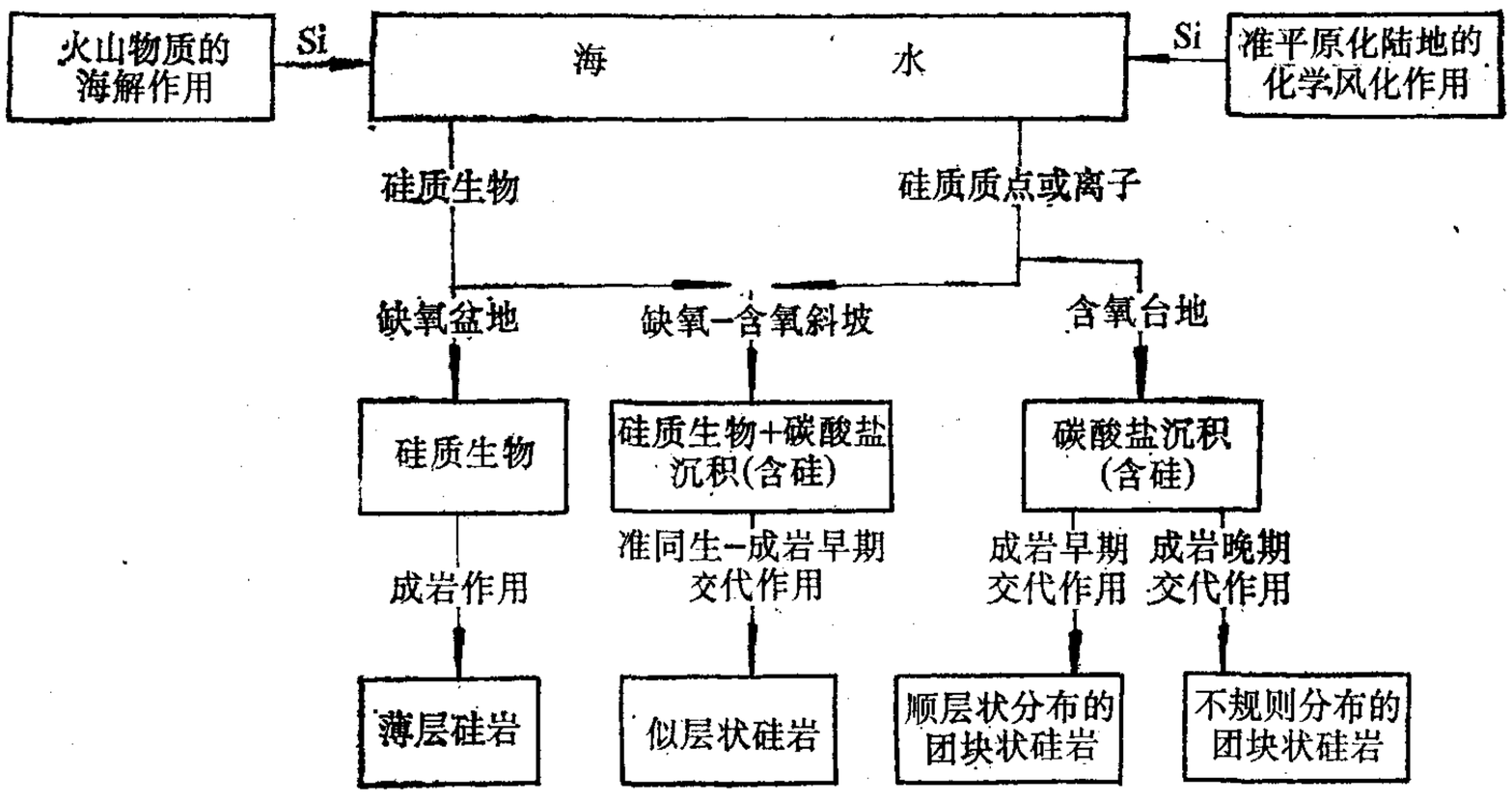


图 5-6　中下扬子地区二叠系硅岩成因模式图