

安徽巢县下二叠统硅质岩的成因

孔庆玉 龚与颢

(华东石油地质研究大队)

通过下扬子区皖北巢县平顶山、龟山下二叠统硅质岩的研究,表明栖霞阶中与碳酸盐岩共生的硅质岩,是碳酸盐岩在成岩演变过程中,由沉积水和地层水中的 SiO_2 沉淀交代和充填形成。不同时期形成的硅质岩其产状和结构特征各不相同。孤峰组中与泥岩、页岩共生的硅质岩是生物成因的。它们直接由海水中硅质生物——放射虫和硅质海绵的遗体堆积而成,形成的决定因素是海水中硅质生物的含量与海水性质。

硅质岩在我国南方二叠纪地层中普遍发育、广泛分布。本文试图就下扬子区皖北巢县平顶山、龟山下二叠统硅质岩的成因,提出一些肤浅看法与同行商榷。

一、特 征

(一)与碳酸盐岩共生的硅质岩

硅质岩呈黑色、灰黑色层状、条带状、透镜状及结核状分布于栖霞灰岩中(图版 I-1—3),尤以顶部与中下部最发育,前者通称为上硅质层,后者为下硅质层。

硅质岩单层厚度不大(一般厚几十厘米),其中常夹有厚度不等的灰岩透镜体和条带,所以硅质岩厚度实际上包括硅质层与夹层岩石的总厚度。本剖面的上硅质层厚3.3m,下硅质层厚2.2m。

硅质结核(图版 I-2)一般呈规则的圆形、椭圆形及不规则形状。大小不等(几厘米至几十厘米),平行、斜交或切穿层面分布。

硅质岩与围岩界线一般分明,围岩有灰岩、白云岩或白云质灰岩。硅质岩中常见浅水硅化生物化石:珊瑚(图版 I-4)、棘皮、腕足、藻类、瓣鳃及介形虫等。

镜下观察,硅质岩由隐晶-微晶玉髓(含量70—80%以上)、泥质(含量1—10%)、碳酸盐(5—10%以上)和有机质组成。富含浅水生物化石,大部已被硅质交代,而生物结构还保存完整(图版 I-5—7)。有机质和泥质富集成条带分布其中。见菱形晶白云石(图版 II-1),散布于隐晶质硅质中。在硅质结核中,硅质含量自核心向外层增加,灰质含量则向外层减少。镜下见一锯齿状硅质溶蚀缝向核心内尖灭(图版 II-2)。生物屑被硅质交代程度也自核心向外层逐渐增强。

硅质岩中孔缝发育,由粒状石英或方解石充填(图版 II-3),且常见石英脉切割方解石脉。

(二) 与泥岩、页岩共生的硅质岩

硅质岩为黑色、灰黑色、棕灰色薄层状,单层厚几厘米至三十厘米左右,致密坚硬,与薄层泥岩、页岩组成韵律层,水平层理发育(图版Ⅱ-4)。

岩石由颗粒与基质两部分组成。颗粒为放射虫(一般含量60%以上),硅质海绵骨针(一般含量2—5%)。放射虫呈圆形、椭圆形,虫刺保存完好,部分具层圈和网格状构造。被溶蚀的放射虫为纤维状或隐晶-微晶玉髓充填。硅质海绵骨针含量少,仅个别层位可达25%左右。为单轴双射型、四射及六射型(图版Ⅱ-5, 6),由隐晶-微晶玉髓组成。

基质含量20—35%,由隐晶质玉髓、泥质、有机质以及放射虫刺屑组成。局部见形态奇特的、具假流纹构造的玻璃屑。沥青与泥质局部富集成斑块状,具二级荧光含油显示。基质分布不均,局部富集成层。

二、成因分析

(一) 成岩交代硅质岩

硅质岩与碳酸盐岩在沉淀时要求不同的物理、化学条件,前者需要酸性,后者则需要碱性。正常浅海为碱性环境,仅有利于碳酸盐沉淀。因而,在形成碳酸盐岩的浅海环境中,是不可能大量二氧化硅(SiO_2)沉淀成岩的。笔者认为,与碳酸盐岩共生的硅质岩是碳酸盐在成岩过程中,富含二氧化硅的地层水在适当条件下沉淀、溶蚀和交代碳酸盐矿物形成的产物,故硅质岩中存在残余碳酸盐、残余生物结构,以及碳酸盐的假晶等。在露头上也可见硅质岩中许多大小不等的灰岩透镜体和条带,以及硅化钙质生物等。

不同成岩阶段,具有不同的物理-化学条件,硅质岩的形成方式和岩石组构特征也不尽相同。

准同生期:因碳酸盐尚未固结,较大范围内保持着酸性环境。沉积物颗粒间的积水彼此连通,当 SiO_2 游离出来,便沉淀成硅质岩,成层分布,延伸长达数公里以上(如上硅质层),有的呈条带状平行层面分布。镜下可见硅质交代碳酸盐的程度普遍很高,很少见残余碳酸盐和残余生物结构。有时只能在高倍镜下才能识别微量残余碳酸盐和生物结构(图版Ⅱ-7)。硅质颗粒细小,电镜放大640倍也不显颗粒形态(图版Ⅱ-8),均为隐晶质玉髓和少量泥质组成(含量5%以上)。在正交偏光镜下硅质显微弱的光学性质。岩石致密坚硬、质纯, SiO_2 含量高达90%以上,碳酸盐小于5%。

成岩阶段:疏松状碳酸盐固结成岩的过程,也是介质由氧化向还原环境转变的过程。富含 SiO_2 的沉积水只能在连通的孔隙、缝隙等局部空间活动,一般是缓慢地溶蚀、交代碳酸盐而形成硅质岩。其特征是硅质岩形状各异,或透镜体,或条带与结核,斜交或切穿层面分布。结核大小不等,小者仅几厘米。硅质交代不均匀、不彻底,常见很多残余碳酸盐和残余生物结构。硅质颗粒一般较准同生期形成的大。常见微晶石英星散状分布其中。这一阶段形成的硅质岩泥质含量很少(小于2%)。岩化分析: SiO_2 含量一般小于90%,碳酸盐含量大于5—10%。

成岩后生阶段:当埋藏深度大,岩石处于高温、高压环境和地壳深部热水溶液加入时,富含 SiO_2 的地层水沿碳酸盐岩孔洞、缝隙流经时,便形成石英脉(图版Ⅱ-3),当

出露地壳表面时，常温常压和地表水的注入，在孔洞和缝隙中形成玉髓脉。

硅质主要来源有：(1) 异地和原地海底火山与大陆火山喷发物质是硅质最主要的来源。早二叠世早期(栖霞期)，我国西部“三江”-喀喇昆仑大裂谷与北方的南天山-兴安岭大裂谷都发生过强烈的中、基性岩浆喷发，厚度达数千米之巨^[1]。上扬子区的川南黔北盆地下二叠统中也有火山活动¹⁾。在研究区栖霞灰岩底部，笔者发现蚀变凝灰岩，所有这些火山活动为二叠纪沉积提供了丰富的硅质来源。(2) 二叠纪时气候炎热潮湿，地表淋滤作用强，一定数量的硅质经河流从陆地带入海中。(3) 硅质生物繁盛，如放射虫、硅质海绵及硅藻等的生存活动也为海水提供了相当数量的硅质。

控制硅质沉淀的因素是海水的物理-化学条件(温度、压力、pH值和浓度)，而沉积物中的有机质含量是影响硅质沉淀的物理-化学条件的主要因素。有机质的富集与保存取决于沉积盆地的性质。据G. A. Bien等研究^[2]，在大量电解质存在的条件下，溶液中的硅质以吸附和沉淀的形式附着在悬浮的胶体与无机质点上，并随这些质点一起运移和沉于海底。以非晶质二氧化硅的溶解度与pH值关系(图1)看^[3]，pH值在2—8.5范围内，溶解度变化不大，当其超过8.5以后，则溶解度迅速升高。即在碱性水介质中SiO₂呈溶解状态，酸性时，SiO₂才发生沉淀。

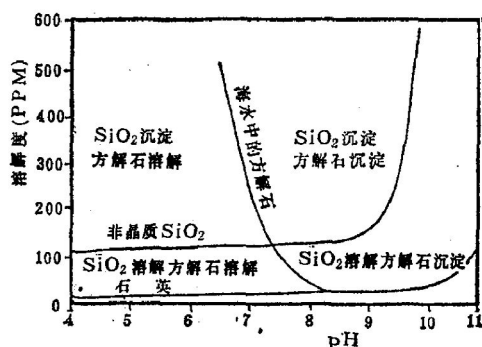


图1 方解石、非晶质氧化硅、石英溶解度与pH值的关系^[3]

在沉积界面下(沉积物厚度可能只有几厘米至几十厘米的范围内)，特别是海相沉积物中有机质在氧和喜氧细菌作用下，生成甲烷、二氧化碳、水和放出部分能量。在缺氧的浅部沉积物中，因硫酸盐的还原有机质被氧化也生成大量二氧化碳进入沉积水中，使水溶液pH值降低，形成弱酸性环境²⁾。这时碳酸盐被溶解，而沉于海底的大量二氧化硅便开始游离和沉淀。因此，当有机质丰富时，分解出的二氧化碳就多，介质就稳定保持酸性，利于二氧化硅的不断沉淀，形成平行层面的硅质层或条带等。相反，当有机质贫乏沉淀出的硅质少时，多呈分散状态分布于碳酸盐的颗粒间隙中。这是准同生期硅质岩的形成过程。沉积水中尚未游离出来的二氧化硅吸附在其它质点上，继续被埋藏或搬运，在适当条件下再游离和沉淀。

随着沉积物厚度的增大，压实作用增强，地温升高。这时富含二氧化硅的沉积水向压力小，孔隙度和渗透率高的部位聚集。与此同时，沉积水中的有机质在细菌作用下，发酵产生二氧化碳，高温下干酪根进行裂解^[4]，也形成一部分二氧化碳与大量的烃、有机酸等，一起进入沉积水中，进一步改变水的pH值。与此同时，碳酸盐已完成成岩作用的演变，一些高镁方解石和文石转变成方解石，或方解石被白云石交代形成大量晶间孔、缝。这些孔、缝为沉积水的运移与二氧化硅的沉淀提供了良好的通道和场所。二氧化硅在孔、缝中对碳酸盐进行溶蚀与交代作用，并自身富集成硅质条带或结核。

1) 沈志达，1976，贵州二叠系。贵州省地质局。

2) C.D.柯蒂斯，1984，成岩作用讲座。同济大学。

早二叠世,我国南方地壳强烈裂陷,中、基性岩浆大量喷发并伴以大规模的海侵。由于气候炎热、潮湿,生物大量繁盛,有机质极为丰富,有机碳最高达6%,一般在0.34%以上。栖霞灰岩就是在这样特定的环境中形成的,所以硅质岩大量发育。

(二) 生物成因的硅质岩

从泥岩、页岩共生的硅质岩特征可知,龟山剖面孤峰组硅质岩是由大量的硅质生物(放射虫和硅质海绵)遗体堆积而成。

硅质的主要来源是由生物所提供^[2],其含量多少及海水性质是硅质岩形成的决定因素。据乔根森的实验证明^[3],海洋中的硅质生物通过自身的生存活动,将海水中分散状态的硅质吸附组成自身的机体。当其死亡之后,遗体就象雪花似的沉向海底。在碳酸盐补偿界面以上,因海水为碱性,压力小、温度高,硅质生物遗体在下沉过程中便被海水溶解或部分被溶解;只有下沉到碳酸盐补偿深度以下的深水环境,由于压力大、温度低,才免遭溶蚀,形成生物结构较完整的硅质岩。

由于生物繁殖生长具有兴旺与衰亡的周期性变化,在其生长兴旺时,大量的硅质生物遗体下沉堆积成以放射虫、硅质海绵骨针为主的硅质岩;在其衰亡时期,生物体数量少便形成不含或含量少的放射虫和海绵骨针的隐晶质硅质岩(以基质为主体),组成了两种硅质岩的互层。这种现象与现代海洋中的放射虫软泥的成分结构和形成过程是极其相似的。

参 考 文 献

- [1] 韩克猷, 1984, 中国早二叠世岩相古地理。沉积学报, 第3卷, 第3期。
- [2] 刘宝珺, 1980, 沉积岩石学。地质出版社。
- [3] H. 布拉特等, 1972, 沉积岩成因。《沉积岩成因》翻译组译, 1978, 科学出版社。
- [4] B.P. 蒂索, D.H. 威尔特, 1982, 石油形成和分布——油气勘探新途径。石油工业出版社。

ORIGIN OF THE LOWER PERMIAN SILICEOUS ROCKS IN CHAOXIAN COUNTY, ANHUI

Kong Qingyu Gong Yujin

(Comprehensive Research Institute of Petroleum Geology, Huadong Petroleum Administration)

Abstract

The study of the Lower Permian rocks from Pingdingshan, Guishan in Chaoxian of the north Anhui Province within the Lower Yangze area shows that siliceous rocks associated with carbonate rocks in Qixia stage were formed by the precipitation, replacement and filling of SiO_2 from both deposition and formation water during the diagenetic evolution of carbonate rocks.

The occurrence and fabric characteristics of siliceous rocks formed in different period are various. Siliceous rocks associated with mudstones and shales in the Cufeng Formation were originated from organisms, directly forming by the accumulation of the remains of siliceous organisms, radiolarians and siliceous sponges in sea water. The contents of siliceous organisms in sea water and the properties of sea water were decisive factors for the formation of these siliceous rocks.