

# 苏南志留系基干剖面的岩石学 特征及沉积环境

梁百和 朱素琳

(中山大学地质学系, 广州 510275)

**摘要** 苏南志留系为一套以泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹岩屑石英砂岩(杂砂岩)为主的陆源碎屑岩组合,混有含量不等的火山碎屑成分。岩石组合特征及沉积构造的垂向变化反映志留纪沉积环境从老到新由浅海沉积体系向海岸沉积体系演化。早志留世高家边期以浅海为主,并向海岸环境过渡;候家塘期为典型的海岸砂堤—泻湖—潮坪环境组合,而早—中志留世坟头期为潮坪环境,具有风暴作用叠加;中志留世茅山期则属海滩环境的前滨—近滨带。

**关键词** 志留系, 岩石学特征, 沉积环境

苏南志留系基干剖面选自江苏省江宁县汤山镇,汤头村至候家塘水库,总厚 1673m。为一套以泥质粉砂岩、粉砂质泥岩夹岩屑石英砂岩(杂砂岩)为主的陆源碎屑岩组合,从老到新分为下统高家边组(1135m)和候家塘组(155m)、中一下统坟头组(350m)、中统茅山组<sup>1)</sup>(33m)。对此,前人做过大量研究工作,认为属下扬子地台区内的陆棚浅海、滨海和三角洲相产物。作者认为志留纪高家边期虽以浅海沉积体系为主,但已具有浅海—海岸—浅海环境的演化特点,候家塘—坟头期属海岸沉积体系,具有复杂的海岸环境组合并有风暴作用叠加,而茅山期则以滨海环境的海滩为主。

## 1 岩石组合及岩石矿物学特征

### 1.1 岩石组合

基干剖面主要由各类砂岩、粉砂岩及泥岩组成,后两者常组成过渡类型岩石。不同时期岩石组合差别较大。①高家边组,泥岩占 68%、粉砂岩占 28%,而砂岩仅占 4%。其下部主要为暗灰—灰黑色页片状粉砂质泥岩、含硅泥岩,局部为炭质泥岩,并与黄绿

收稿日期: 1995-07-03

1) 茅山组时代归属意见有三种:一是置于中志留世,二是置于晚志留世,三是置于早、中泥盆世,本文暂采用第一种意见。

色薄—中层状泥质粉砂岩互层, 顶部夹粉砂条带, 具纹层—水平层理, 局部见微交错层理; 中部主要为黄绿色薄层状泥质粉砂岩, 时与含硅泥岩、粉砂质泥岩互层, 夹含粉砂条带泥岩及薄层—中层状细粒岩屑石英砂岩, 向上砂岩夹层增多, 普遍含泥质粉砂、粉砂及局部细砂条带、扁豆体或团块。岩石粒度具向上变粗递变。泥岩、粉砂岩常具纹层构造及水平层理, 局部可见不完全干裂及虫迹等层面构造。砂岩(杂砂岩)常具平行层理, 局部可见简单及板状交错层理和不完全干裂。大型波痕及重模构造; 上部主要为黄绿色薄层—页片状泥岩、硅质泥岩及粉砂质泥岩, 夹泥质粉砂岩及同类岩石的条带、扁豆体及团块。具水平层理及断续纹层。② 候家塘组, 泥岩占 75%、粉砂岩占 13%、砂岩占 12%。其下部为黄绿色薄—中层状细粒岩屑石英砂岩(杂砂岩), 向上渐变为薄层—页片状粉砂质泥岩及泥岩, 夹紫红色页片状粉砂质泥岩。普遍见到泥质扁豆体及团块, 含泥质粉砂条带。其中砂岩具平行层理, 局部低角度交错层理, 泥岩、粉砂岩具水平层理; 上部橙黄色及黄绿色薄层—页片状粉砂质泥岩及泥质粉砂岩, 夹细粒岩屑石英砂岩(杂砂岩)。泥质粉砂岩常呈瘤状凸起, 底部所夹砂岩具微不对称波痕及不完全干裂, 向上细粒岩屑石英杂砂岩增多。③ 坟头组, 泥岩占 25%、粉砂岩占 15%、砂岩占 60%。其下部为黄绿色及灰黄色薄—厚层状细粒岩屑石英砂岩(杂砂岩), 夹紫红色薄层状泥岩、黄绿色粉砂岩及泥质粉砂岩, 偶夹细粒石英砂岩, 常见粉砂团块、串珠状团块及扁豆体。普遍发育平行层理, 简单、楔状、板状、大型板状和大型楔状交错层理, 局部见压扁波痕、放射状波痕、岩枕构造、大型虫孔及 Y 型印痕等沉积构造。底部为黄绿色薄层—瘤状细砂质砾岩; 上部以黄绿色薄层状粉砂质泥岩为主。中与黄绿色薄—中层状细粒岩屑石英砂岩(偶为细粒石英砂岩)泥质粉砂岩互层或夹层, 常含同成分的团块, 并以泥质团块或泥砾最常见。砂岩具平行层理、局部板状交错层理。泥质粉砂岩具微交错层理及虫迹等层面构造。④ 茅山组, 泥岩仅占 2%、粉砂岩占 19%、砂岩则占 79%, 主要为灰紫色、紫红色及灰白色薄层—块状细粒及中粒石英砂岩, 时含铁质, 夹紫红色薄层状含铁及铁质粉砂岩, 或为砂岩层间充填粉砂岩微层。砂岩具平行层理及交错层理, 底部有一层暗紫色层状含砾及铁质泥质粉砂岩, 含铁、锰风化物, 与下伏坟头组有短暂的剥蚀间断。

综上所述, 志留系陆源碎屑岩组合厚度分配上以泥岩为主, 普遍含有粉砂岩、砂岩夹层, 或为混有各种粒度成分的过渡类型岩石。由下向上, 砂岩和粉砂岩增多, 并渐变为石英砂岩。

## 1.2 岩石矿物学特征

反映沉积环境的岩石矿物学特征主要是岩石的沉积构造, 砂岩的组分、组构和泥岩的粘土矿物成分。沉积构造已在岩石组合中兼述。

1.2.1 砂岩 主要有细粒岩屑石英砂岩及石英砂岩两类, 前者分布在高家边组、候家塘组及坟头组, 部分为岩屑石英杂砂岩。碎屑石英含量 76%~89%、岩屑 10%~13%, 主要为泥岩岩屑, 次为凝灰岩屑、硅质岩屑等。长石含量极少, 约 2%, 个别属火山晶屑的阶梯状长石。此外, 尚含少量黑云母。由老到新石英有分选变差的趋势, 形态不规则, 次圆—次棱角状, 个别见尖角状及弧面棱角状, 且具裂纹。石英圆度亦有从老到新变差的趋势。坟头组砂岩虽以次棱角状为主, 但间有圆度极高的石英分布。重矿物含量小于 1%。杂基含量较高, 达 15%~18%, 沿石英、长石边缘有明显交代作用, 一些(云)雾状填

隙物可能属火山尘, 成份为微晶石英及绢云母. 胶结物为铁质, 少量硅质, 两者呈消长关系. 铁质含量 2% ~ 10%, 硅质 2% ~ 5%, 孔隙型胶结为主; 细、中粒石英砂岩分布于茅山组, 石英含量 > 90%, 岩屑仅占 4% ~ 8%, 长石含量小于 2%, 属酸性斜长石. 碎屑圆度较好而分选较差, 杂基含量变化很大, 0~ 10%. 胶结物仍以铁质为主, 次为硅质, 前者含量 5% ~ 10%, 当后者含量达 5% ~ 9% 时, 无铁质胶结物, 常具次生加大结构. 20 个砂岩样品的粒度分析显示, 除茅山组个别属含中砂细砂岩外, 其余全为含粉砂细砂岩,  $M_z = 3 \sim 4$ ,  $\sigma = 0.42 \sim 0.92$ , 大部份分选中等, 少数较差, 与薄片鉴定结论大体一致 (表 1).

表 1 志留系砂岩的粒度参数

Tab. 1 The size parameters of Silurian system sandstones

样号	层位	粒度参数				岩石名称
		$M_z$	$S_1$	$SK_1$	$K_g$	
T <sub>s</sub> 29-1	S <sub>1g</sub>	3.51	0.68	0.24	0.97	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 44-1	S <sub>1h</sub>	3.42	0.42	0.00	0.98	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 54-1	S <sub>1-2f</sub>	3.83	0.64	0.23	0.13	粉砂质细砂岩
T <sub>s</sub> 56-1	S <sub>1-2f</sub>	3.76	0.60	0.06	1.07	粉砂质细砂岩
T <sub>s</sub> 56-4	S <sub>1-2f</sub>	3.53	0.70	0.19	1.94	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 56-5	S <sub>1-2f</sub>	3.44	0.77	0.19	0.03	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 57-2	S <sub>1-2f</sub>	3.55	0.54	0.00	1.98	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 58-1	S <sub>1-2f</sub>	3.46	0.65	0.03	0.99	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 58-2	S <sub>1-2f</sub>	3.62	0.59	0.00	0.98	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 59-1	S <sub>1-2f</sub>	3.14	0.87	0.21	0.91	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 60-1	S <sub>1-2f</sub>	3.85	0.53	0.06	0.96	粉砂质细砂岩
T <sub>s</sub> 61-2	S <sub>1-2f</sub>	3.37	0.57	0.19	1.10	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 63-1	S <sub>1-2f</sub>	3.47	0.67	0.19	1.04	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 64-1	S <sub>1-2f</sub>	3.68	0.67	0.13	1.16	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 66-1	S <sub>1-2f</sub>	3.23	0.78	0.13	0.93	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 66-2	S <sub>1-2f</sub>	3.25	0.89	0.21	1.04	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 68-1	S <sub>1-2f</sub>	3.16	0.92	0.09	0.88	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 71-1	S <sub>1-2f</sub>	3.14	0.80	0.16	0.89	含粉砂细砂岩
T <sub>s</sub> 84-1	S <sub>2m</sub>	2.56	0.77	0.21	1.17	含中砂细砂岩
T <sub>s</sub> 87-1	S <sub>2m</sub>	3.18	0.78	0.16	0.95	含粉砂细砂岩

1. 2. 2 泥岩的粘土矿物成份 用 x 射线衍射分析泥岩—粉砂岩中的粘土矿物成份 (如表 2), 显示主要为伊利石, 含量 67% ~ 89%. 在高家边组中上部至坟头组, 蒙脱石有较高含量, 高岭石则含量甚微. 蒙脱石的较高含量可能与火山碎屑组份有关. 各类粘土矿物多已变为伊利石及绢云母, 并程度不同的绿泥石化. 除粘土矿物外, 泥岩—粉砂岩的粉砂组份主要为石英, 次为黑云母. 前者, 次棱角状为主, 部份次圆, 而弧面棱角状及尖角状粉砂占有一定比例; 后者部份绿泥石化. 岩石矿物学研究表明, 志留系陆源碎屑

岩不同程度混有火山碎屑组份, 岩石的矿物组成较为复杂, 次生变化和成岩—后生交代现象较为普遍, 主要表现为绢云母化、绿泥石化、粘土化及脱玻化。

表 2 志留系泥岩的粘土矿物成分及含量

Tab. 2 The composition and contents of clay minerals in Silurian mudstones / (%)

样号	层位	岩石名称	蒙脱石	伊利石	高岭石	绿泥石
T <sub>s</sub> 1-1	S <sub>g</sub>	含粉砂质泥岩	/	70.2	29.8	微量
T <sub>s</sub> 4-1	S <sub>g</sub>	含硅及粉砂质泥岩	7.5	83.5	4.0	5.0
T <sub>s</sub> 412-1	S <sub>g</sub>	硅质泥岩	17.9	82.1	/	微量
T <sub>s</sub> 19-1	S <sub>g</sub>	含细砂团块泥岩	12.6	77.7	3.0	6.7
T <sub>s</sub> 30-1	S <sub>g</sub>	含硅泥岩	16.7	74.1	/	9.3
T <sub>s</sub> 37-1	S <sub>g</sub>	条带状泥岩	10.3	82.8	/	6.9
T <sub>s</sub> 39-2	S <sub>g</sub>	含泥质粉砂条带泥岩	20.8	67.9	微量	11.3
T <sub>s</sub> 45-1	S <sub>h</sub>	含泥质粉砂条带泥岩	19.1	80.9	/	微量
T <sub>s</sub> 55-2	S <sub>l-2f</sub>	泥质细粒石英砂岩	10.7	81.3	3.0	5.0
T <sub>s</sub> 61-1	S <sub>l-2f</sub>	泥岩	15.6	73.4	微量	11.0
T <sub>s</sub> 70-1	S <sub>l-2f</sub>	粉砂质泥岩	5.2	81.0	微量	13.8
T <sub>s</sub> 72-1	S <sub>l-2f</sub>	粉砂质泥岩	6.2	80.8	/	13.0
T <sub>s</sub> 80-2	S <sub>l-2f</sub>	粉砂质泥岩	10.6	89.4	/	/
T <sub>s</sub> 86-1	S <sub>m</sub>	含粉砂铁质泥岩	/	72.1	27.9	/

## 2 沉积环境

根据岩石组合和岩石矿物学特征, 可将志留纪沉积环境划分为浅海和海岸两种沉积体系, 并由前者向后者演化。鉴于区内志留系陆源碎屑岩的岩石组合较为复杂, 除茅山组外, 其余岩石均以细砂、粉砂及泥质不同比例混合组成, 组份分异度较低。作者在环境分析中着重考虑了岩石组合和物质组成的渐变特点, 结合沉积构造及其反映的能量因素, 以区分不同时期的沉积环境。高家边早期海平面上升, 为浅海海湾静水环境, 水体较深, 属泥质粉砂及粉砂质泥交替沉积, 水平层理及纹层发育, 含炭质及笔石化石; 中期演化比较复杂, 属浅海弱动荡水—潮坪—海岸砂坝环境, 为粉砂质泥、泥质粉砂交替, 夹含硅质泥及含泥质细砂薄层、扁豆体及个别泥质团块。水平层理、纹层及透镜状层理发育, 常见断续波状层理、微交错层理, 局部有不完全干裂、虫迹、大型波痕、简单及板状交错层理, 个别见底模构造。反映盆地经历内缩、变浅(海平面下降)的过程, 这一演变及其沉积构造标志前人甚少论及; 晚期为浅海弱动荡水环境, 沉积物以泥质及粉砂质为主, 粒度向上变细为特点, 常见泥质粉砂及粉砂条带, 偶见泥质团块、扁豆体。沉积构造以水平层理、纹层为主, 具水下冲刷构造, 反映海平面再度上升, 盆地扩张。显然, 高家边期虽以浅海沉积为主, 但经历浅海—海岸—浅海环境演化, 沉积物具细—粗—细的粒度递变, 水体深度和能量经历深水静水—深浅不同水体的弱动荡水—较深弱动荡水的变化。候家塘期作为海岸沉积体系的开始, 由老到新为海岸砂坝—泻湖—潮坪环境交替, 沉积物为含泥质砂—泥质—泥质粉砂、粉砂质泥及泥质细砂交替, 含泥质团块

扁豆体及粉砂条带,具平行层理、低角度交错层理、水平层理及纹层和不对称波痕、不完全干裂等层面构造。坟头期主要属潮坪环境,沉积物组分为细砂、含泥质细砂夹粉砂质泥,向上变为互层状细碎屑沉积物。下部以含泥质细砂为主,波痕(含压扁波痕、放射状波痕)、虫迹(含大型虫孔、Y型虫迹)、干裂及板状、楔状交错层理、冲洗层理、平行层理极为发育,为潮坪环境的主要标志。其间所夹大型楔状交错层、板状交错层的细层厚以 cm 计,属风暴作用产物。岩石组构相应见到次圆—圆状石英亦显示为风成砂特点;上部颗粒变细或呈细—粗—细的粒度递变,显示潮坪不断变浅。近岸,为粉砂质泥并与含泥细砂互层,含粉砂质泥质团块,泥砾或细—粉砂团块、扁豆体等沉积物。具水平层理、楔状及板状交错层理,局部见压扁波痕、虫迹及纹层等沉积构造。坟头组的沉积环境前人认为属“三角洲前缘相”、“滨海相”。作者认为,楔状交错层普遍发育和局部见到的泥砾不是三角洲环境的特定标志。一些大型板状、楔状交错层的层系倾角较大,细层较厚,达数厘米,这些特征可以在现代风成沉积中见到。泥砾亦可在现代潮坪的泥—粉砂混合坪中见及,而与之共生的压扁波痕、虫迹、干裂和冲洗层理等为潮坪环境常见的沉积构造。尽管‘滨海相’亦属海岸沉积体系,但这一体系分有障壁和无障壁海岸两类,细分海滩、潮坪、河口等。而坟头组多数岩石的成分和结构成熟度均较低,杂基含量相对较高,显然不宜划归‘海滩’。茅山组除底部含有与坟头组相似的组分外(如含多量岩屑,少量泥质及火山碎屑组分),大多数为中—细粒石英砂岩夹粉砂岩薄层,成分成熟度较高,结构成熟度中等,并发育平行层理、低角度交错层理、板状交错层理及虫迹等层面构造,可划入海滩的前滨—近滨带,与前人认识相似。从相序分析,不能排除茅山晚期已进入三角洲平原—前缘或海岸平原河流环境,但标志不甚清楚。

综上所述,本区志留纪高家边期以浅海环境为主,在转变为海岸环境之前,经历了浅海—海岸—浅海的环境交替,是海平面下降,盆地内缩的前兆;候家塘期则为开始进入海岸环境的砂坝—泻湖—潮坪环境组合;坟头期为稳定的潮坪环境,局部有风暴沉积特征叠加;茅山期则进入海滩环境,海平面进一步下降,末期可能已进入三角洲—海岸平原河流环境并与泥盆纪存在明显的沉积间断。

## 参 考 文 献

- 1 周名魁,王汝植.中国南方奥陶—志留纪岩相古地理与成矿作用.北京:地质出版社,1993,28~35
- 2 江苏石油勘探局地质科学研究所,中国科学院南京地质古生物研究所.江苏地区下扬子准地台震旦纪—三叠纪生物地层.南京:南京大学出版社,1988.154~161
- 3 刘宝君.沉积岩石学.北京:地质出版社,1980.396~417

# The Petrology Characteristics and Sedimentary Environments of Silurian System Fundamental Profile in South Jiangsu

*Liang Baihe*<sup>\*</sup> *Zhu Sulin*

**Abstract** The Silurian strata in south Jiangsu are a series of clastic rocks from the continent which are mainly composed of argillaceous siltstones, silty mudstones with interlayers of lithic quartzareite and mixed with various volcanoclastic components. It has a thickness of more than 1600m. The rock assemblage characteristics and sedimentary structure show that sedimentary environment changed from the shallow marine phase to the coastal phase in Silurian period. Gaojiabian stage was mainly shallow marine phase and was transited to coastal phase. Houjiatang group was typical assemblage of onshore bar-lagoon-tidal flat coastal phases, whereas the Fentou stage was tidal flat environment superposed by the action of storms. Maoshan stage was chiefly foreshore-nearshore phases of beach environment.

**Keywords** Silurian system, petrologic characteristics, sedimentary environment

<sup>\*</sup> Department of Geology, Zhongshan University, Guangzhou 510275