

文章编号: 1009-3850(2003)01-0045-08

皖西南地区南华纪—志留纪层序地层分析

吴跃东, 江来利, 储东如, 吴维平, 吴海权, 汪德华

(安徽省地质调查院, 安徽 合肥 230001)

摘要: 在 1:25 万区域地质调查基础上, 通过对宿松—东至地区南华纪—志留纪地层露头剖面研究, 对其相应的沉积环境、沉积相进行了分析, 并根据生物地层、岩石地层和年代地层等成果, 将南华纪—志留纪地层划分为 1 个一级层序, 5 个二级层序和 15 个三级层序组。一级和二级层序在沉积相序上总的趋势表现为浅→深→浅的变化, 且与海平面变化曲线相吻合; 三级层序组海平面上升和下降往往受构造运动、海平面变化、冰川事件影响。

关键词: 层序地层; 南华系—志留系; 皖西南

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

皖西南地区位于扬子板块西北边缘, 南华纪—志留纪地层属于扬子地层区的下扬子地层分区和江南地层分区。区内南华纪—志留纪地层分布广泛, 前人在岩石地层、年代地层和生物地层等方面做了大量而细致的研究工作^[1~7], 为层序地层的研究奠定了良好基础。研究区南华系休宁组与其下伏地层青白口系铺岭组之间为不整合接触, 志留系茅山组与上覆的泥盆系五通组之间呈假整合接触。该区的地层划分主要采用《安徽省岩石地层》^[7]的划分方案, 仅对部分岩石地层单位之间的对比、穿时关系按海平面变化的等特点作适当修改, 如海平面上升至最高点的凝缩层应为等时关系, 在海平面下降和上升转折时期, 岩时地层单位可反映为穿时特征。

区内自北西向南东, 跨越台地内部相区—台地边缘相区—斜坡相区, 出露较为良好, 序列完整。沉积盆地中的层序包括三部分: 早期从南华纪至早寒武世(梅树村期和筇竹寺早期)为拉张裂谷阶段, 由于构造、沉积速率差异较大, 形成了以充填为主的碎屑岩和非补偿型磷酸盐岩—黑色页岩沉积层序; 中期从早寒武世(筇竹寺晚期)至早奥陶世为热下沉阶

段, 形成了被动大陆边缘碳酸盐岩为主的沉积层序; 而晚期从中奥陶世至晚志留世末, 由于扬子板块与华夏板块的汇聚作用, 处于前陆盆地的形成阶段为陆源碎屑沉积环境。

1 层序地层划分依据

地层记录中的层序发育至少有 4 个等级, 这些层序的等级与海平面升降变化所经历的时间长短有关。然而对于层序等级的划分和海平面旋回时间, 不同学者在认识上有明显的分歧。现暂采用 Vail 等(1977)^[8]所定义的层序等级划分方案, 其中一级层序(又称巨层序)指显生宙有两次最大持久的海进期和一次最大海退期; 二级层序(又称超层序)与地质年代中的纪相当, 时间上约持续 10~100 Ma; 三级层序组, 时间尺度从小于 5 Ma 至 50 Ma。皖西南地区南华纪—志留纪地层可以分成不等层次的等级, 这些层序等级除与全球、区域或地区性海平面变化所经历的时间长短有关外, 时而受古构造、古气候、火山活动等因素制约。本文仅对区内南华纪—志留纪海相地层进行层序地层分析(图 1)。

收稿日期: 2002-11-19

项目资助: 国土资源大调查项目——1:25 万太湖幅区域地质调查(编号: 0100134102)

第一作者简介: 吴跃东, 男, 1962 年生, 高级工程师, 主要从事区域地质调查、地层、岩相古地理和现代沉积学研究。

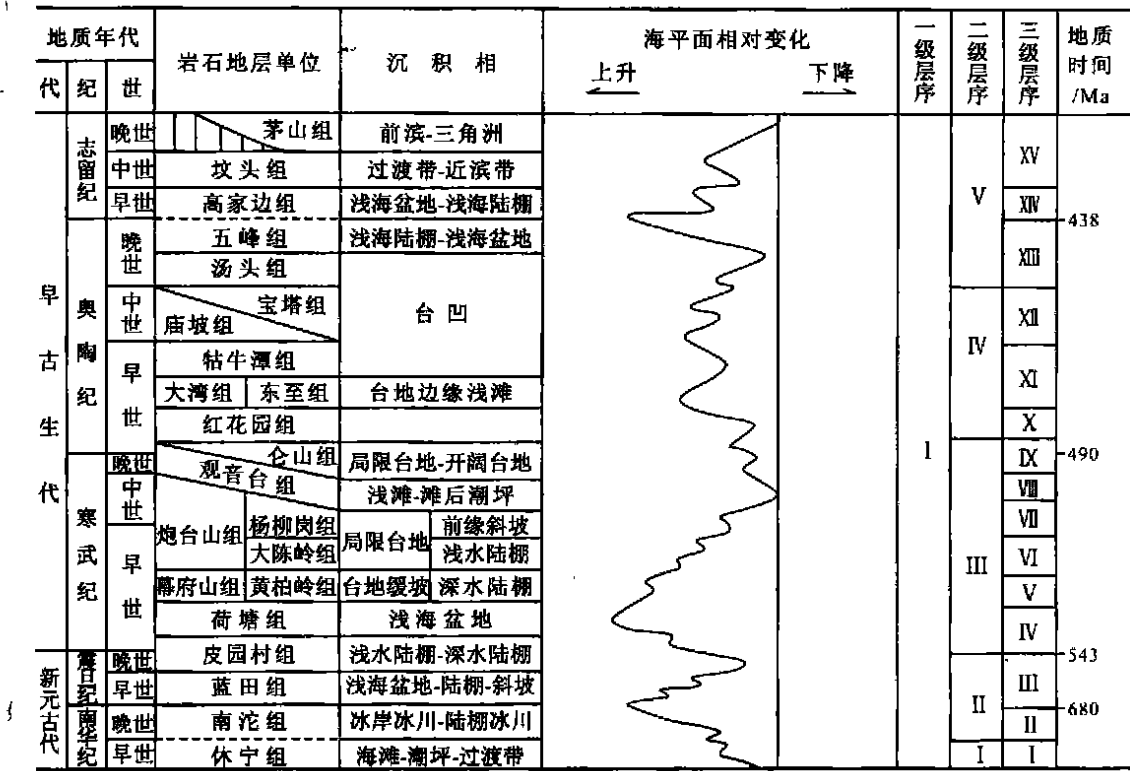


图1 南华纪—志留纪地层层序划分及海平面变化曲线图

Fig. 1 Stratigraphic sequence division and sea-level curves for the Nanhuan-Silurian strata

2 一级层序特征

本区地层属于扬子地层区下扬子地层分区—江南地层分区, 从下南华统休宁组至上志留统茅山组, 地层总体发育较好, 主要以海相沉积环境为主。志留纪以后本区转为以陆相沉积为主。海陆环境的变迁一定程度上反映了一级层序, 从南华纪—志留纪组成一个完整的一级层序。而这个一级层序从陆相沉积开始, 渐转入滨海陆源碎屑沉积, 并进一步出现海相碳酸盐沉积, 最后以海陆交互相的陆源碎屑沉积结束, 从而构成碎屑岩—碳酸盐岩—碎屑岩大旋回。

3 二级层序特征

在沉积学及露头层序地层学原理的基础上, 根据层序关键面、凝缩层、沉积相序变化、陆源碎屑沉积与碳酸盐沉积环境的转换, 结合区域地质、沉积相、生物地层研究成果, 将区内沉积地层划分为5个二级层序。其划分依据及特征分述如下。

1. 层序 I

层序 I 由区内休宁组构成(相当于早南华世地

层), 属陆源沉积类型, 大约持续70Ma, 层序底界为晋宁运动的构造界面。东至、歙县、休宁等地不整合在下伏不同层位之上。下伏层顶面系一侵蚀面, 凹凸不平。界面之上不同地段先后遭受海侵, 出现滨岸、潮坪、湖泊、前滨、近滨、过渡带、陆棚相等相带, 以出现陆棚相的黄绿色具水平纹层泥岩夹灰岩透镜体可视为该层序海平面上升至最高部位, 再向上又逐渐变浅, 直到又出现浅滩相^[9]。

2. 层序 II

层序 II 由本区南沱组、蓝田组和皮园村组下段及其区域上相应层位构成(相当于晚南华世至灯影峡期地层), 属陆源-内源沉积类型, 大约持续160Ma。该层序下部的南沱组的副砾岩应属于冰川、火山和重力作用。该冰碛砾岩与下伏层之间往往可见削截界面(浙江江山五家岭)^[10]。许效松、吴跃东将两层冰碛物(分别称为小冰、大冰)分别作为三级层序下部的低水位沉积体系域^[11, 12]。故该层序界面应属于 I 型界面。其上蓝田组底部岩性不一, 区内为含锰灰岩, 往南在图幅外的黟县石孟为浊流沉积, 休宁蓝田为灰绿色具有水平纹层页岩。后两者向上出现富含宏观藻类化石的黑色页岩, 代表海平面上升最高

点的凝缩段沉积。向上的蓝田组条带状微晶灰岩、皮园村组厚层硅质岩,反映了海水逐渐变浅,这从厚层硅质岩中发现了叠层石、石膏假晶均得到了证实^[13],在江北巢湖一带的灯影组当时为碳酸盐岩台地,其顶面呈喀斯特状。

3. 层序 III

层序 II 由区内江南的皮园村上段、荷塘组、大陈岭组、杨柳岗组、观音台组,江北的荷塘组、幕府山组、炮台山组和观音台组地层构成(相当于梅树村阶至两河口阶底部)。盆地内以含沥青质相对较高为特征,属内源沉积类型,持续时间为60Ma。层序底界面属 II 型层序界面,界面之上皮园村组上段具水平纹层硅质岩,反映海水已逐渐加深。荷塘组下部含磷结核的碳质页岩代表海平面上升最高点,应相当于凝缩层。东至地区当时处在台地与盆地交接部位,从荷塘组—黄柏岭组—大陈岭组—杨柳岗组—观音台组,直至到仑山组,在沉积相序上为盆地—陆棚—台缘斜坡—浅滩^[9],反映海水逐渐变浅。处在台地的宿松一带从荷塘组—幕府山组—炮台山组—观音台组,在沉积相上呈盆地—陆棚—台地缓坡—局限台地转化,总体也反映出海水逐渐变浅。观音台组顶面出现喀斯特溶蚀、帐篷构造、硅质团块中的正延性玉髓等暴露标志,而台地边缘地带普遍见早期水下胶结物,富含灰泥,由于淡水透镜体向海移位,混合和超盐度的白云岩化使孔隙度明显增大,出现了粒间孔、粒内孔和晶体的溶蚀。该层序顶界的时代,据宁国胡乐、虹龙的西阳山组顶部5~30m的深灰色含小饼状微晶灰岩透镜体的钙质页岩中采获新厂期底部笔石 *Dictyonema*, *Staurograptus*, *Anisograptus*^[3],表明该层序顶界跨及新厂期早期。该层序中上部总体为向上变浅,碳酸盐岩台地向海移位及台地出现溶蚀均反映该层序顶界面向台地方向应下移一些。

4. 层序 IV

层序 IV 由观音台组至汤头组地层构成(相当于新厂阶至艾家山阶),属内源沉积类型,持续67Ma。层序底界特征在碳酸盐岩台地上表现明显,具有大气淡水淋滤作用,反映了当时有暴露时期,从观音台组上段局限台地相到红花园组浅滩相,再到东至组(大湾组)开阔台地相,反映海水逐渐加深,从宿松一带庙坡组含笔石黑色页岩的出现,代表海平面上升最高点。向上含头足类、三叶虫的宝塔组、汤头组瘤状灰岩的出现,反映了海水逐渐变浅。

5. 层序 V

层序 V 由五峰组至茅山组地层构成(相当于钱塘江期至晚志留世中期),属海源-陆源沉积类型,持续时间约34Ma。层序底界面属 II 型层序界面。层序下部为五峰组的薄层,具水平纹层硅质页岩,延至盆地内宁国一带为长坞组的远源砂、泥质浊流沉积。该浊流沉积由盆地内跨越至台地边缘,致使石台六都一带出现长坞组直接覆盖在汤头组之上。据此反映出界面上下分别为陆源碎屑和碳酸盐沉积环境。该环境的转变与此时扬子板块与华夏板块的再度拼合有关,区内属于前陆盆地,高家边组下部的黑色页岩应代表海平面上升最高点。高家边组至茅山组为从盆地—陆棚—过渡带—近滨带—前滨带—三角洲的陆源碎屑沉积,构成向上变浅的沉积相序,代表水体变浅的趋势,反映海平面逐渐下降。后者顶部有铁质风化壳薄膜,应为早期暴露侵蚀面。

4 三级层序特征

这个级别的沉积层序在层序地层学研究中作为层序地层的基本单位,然而受所处沉积盆地不同部位、地表露头情况限制与因素影响,在层序的识别上常存在一定分歧。近年来,随着对层序地层研究的不断深入,对下扬子地区显生宙各纪三级层序(或层序组)的研究已取得许多成果。笔者根据最新岩相和生物地层工作资料,并通过在该地区开展的工作,对其三级层序特征进行了初步分析,将该区三级地层层序(或层序组)划分为:南华纪2个、震旦纪1个、寒武纪5个、奥陶纪5个、志留纪2个,现分述如下。

4.1 南华纪层序地层划分

本区在南华纪时所处的下扬子海盆性质属于被动大陆边缘盆地。晋宁运动后,早南华世早期处于拉张阶段,盆地内经常出现局部性差异升降和陆源与内源沉积物供应速度的变异,形成以充填为主的碎屑岩沉积层序。本区南华纪地层可以划分为2个层序。

1. 层序 I

层序 I 由休宁组地层构成(相当于早南华世),休宁组底部的界线也是震旦纪之下的最底部界线,由于晋宁运动使江南古陆褶皱、造山,在江南古陆边缘部位形成前陆盆地,充填了河流相的砂砾岩,形成深切谷,并向下扬子海盆中运移,造成休宁组与前震旦纪地层不整合接触。本区内休宁组底部海岸冲积扇砾岩与小安里组呈微角度不整合,区域上与铺岭组呈不整合,这个不整合代表暴露,为层序 I 型界线

不整合^[12], 休宁组底部砾岩应为低水位体系域产物。海侵体系域在早南华世中保存最为完整, 这一海侵过程又是由许多低一级别海侵海退序列组成, 沉积相序由一退积准层序组成。地层结构总体由粗到细, 海水由浅到深, 反映了整个休宁组是一个海水逐渐加深的产物, 代表海平面下降速率大于盆地沉降速率时的陆架边缘海侵沉积体系域。顶部的含锰砂岩为海平面上升达到最高位时出现的低速深水凝缩段沉积物; 高水位体系域这一成因段由于受到上一个层序低水位沉积物影响而缺失, 而上一个层序低水位沉积是由于冰期存在, 冰川的固态阶段造成海平面下降迅速, 大陆冰川向海方向迁移形成海退沉积物, 由陆向海方向可形成不同的冰川沉积物在空间展布, 冰川作用对下伏地层产生了强烈削切, 从而使这一成因段的高水位体系域严重缺失, 为负地质记录。

2. 层序 II

层序 II 由南沱组地层构成(相当于晚南华世), 晚南华世早期自南华纪第 2 个层序开始, 因为冰川作用, 对下伏地层产生了强烈削切, 而使休宁组顶部的高水位体系域严重缺失, 所以层序底界为类型 I 界线不整合, 随着冰川的推进和逐渐消融, 导致海平面开始上升, 所以南沱组底部属低水位体系域沉积, 而下部沉积物随着冰川消融, 海平面逐渐上升, 应为海侵体系域沉积物。间冰期的南沱组中部的深水泥岩应代表海平面持续上升至最高点的非补偿凝缩段沉积, 其高水位体系域沉积与休宁组顶部高水位体系域一样, 都是受到上一个层序冰期形成的低水位沉积物影响而缺失。

4.2 震旦纪层序地层划分

晚南华世晚期至晚震旦世, 盆地处于冷气候至热沉降阶段, 形成了以充填为主的碎屑岩, 往上形成非补偿性黑色页岩-碳酸盐岩为主的沉积层序。

本区震旦纪地层可以划分为 1 个层序, 由蓝田组和皮园村组上段构成。晚南华世晚期自震旦纪层序开始, 相当于南沱组上部至皮园村组。南沱组上部的冰碛砾岩在区域上可覆盖在不同的休宁组、南沱组下部(小冰期)、南沱组中部(间冰期)之上, 形成具有海岸上超的低水位沉积, 所以层序底界为类型 I 界线不整合。由于南沱组上部(大冰期)最下部分属低水位体系域, 为海平面下降的低水位沉积, 而南沱组上部沉积物随着冰川消融, 海平面逐渐上升形成的沉积物, 应属海侵体系域; 蓝田组底部含锰白云岩和下部碳质页岩在区域上分布广泛, 海平面快速

上升、容纳空间迅速增大, 物源贫乏, 代表海平面持续上升至最高点的非补偿性凝缩段沉积; 凝缩段沉积之后, 海平面开始逐渐下降, 蓝田组的条带状灰岩、白云岩代表高水位体系域沉积, 皮园村组厚层硅质岩为晚期高水位体系域沉积。

4.3 寒武纪层序地层划分

早寒武世梅树村期、筇竹寺期, 中国南方处于拉张阶段, 泛大陆解体, 南方大陆分离成扬子板块和华夏板块。海底扩张的结果, 使得海平面迅速升高, 沉积了大面积的黑色页岩。早寒武世中期开始, 扬子板块东南边缘已演化为成熟被动大陆边缘沉积盆地阶段, 长期缓慢的热沉降使得海域缩小, 碳酸盐向海盆进积, 受沉积盆地稳定热沉降和海平面升降及碳酸盐岩台地生长因素制约, 形成碳酸盐岩台地。寒武纪自下而上依次可划分 5 个层序。

1. 层序 I

层序 I 由皮园村组上段和荷塘组构成, 大致相当于梅树村阶和筇竹寺阶。早寒武世早期在本区各地普遍沉积了一套薄层硅质岩和黑色页岩沉积岩系, 这套地层均假整合在震旦纪地层高水位体系域的厚层硅质岩之上。在本区南部厚层硅质岩中发现风暴岩、叠层石及石膏假晶, 薄层硅质岩与厚层硅质岩之间是海侵面与层序界面的重合面。区域上, 晚震旦世岩层与早寒武世岩层之间存在沉积环境的转变和时间间断, 不是连续沉积。在台地上的巢湖汤山还具有暴露标志, 下伏灯影组顶面为古喀斯特侵蚀面。从区域上看应属于 II 型界面, 所以寒武纪底界为类型 II 界线不整合。II 型层序界线之上薄层硅质岩、硅质页岩、含碳质硅质岩和含碳质硅质页岩为海侵体系域沉积。凝缩段的层位分布稳定, 主要由一套高碳质页岩组成, 由东至宿松地区逐渐减薄, 由含石煤和含磷结核、或含海绵骨针、放射虫等较丰富的碳质页岩组成, 且见大量生物遗迹化石, 反映盆地处于饥饿状态, 沉积速率较低。高水位体系域由碳质硅质页岩夹深灰色泥质微晶灰岩、碳质硅质白云岩所组成。在台地上巢湖汤山发育淡水淋滤方解石, 相当于高水位体系域。

2. 层序 II

层序 II 由宿松地区荷塘组顶部、幕府山组下部, 东至建新地区黄柏岭组下部、荷塘组下段上部组成(相当于沧浪铺阶)。该层序底为 II 型层序界线, 海侵面与不整合面重合, 海岸向陆方向迁移, 形成海岸上超。海侵体系域在宿松地区为荷塘组顶部粉砂岩和粉砂质泥岩, 在东至地区为碳质、硅质页岩组合,

含串珠状含磷硅质结核,大小一般约5.6cm,由胶磷矿与蛋白石构成,具同心圈结构,是在海平面上升时,上翻洋流与富磷、钒、钡等元素作用所形成。凝缩段在宿松地区为深灰、灰黑色泥岩页岩,在东至建新由黄柏岭下部高碳质泥岩、硅质页岩夹碳质页岩及石煤层组成,含豆状磷结核沉积。高水位体系域的宿松地区为泥质白云岩和含泥质白云岩,在建新由黄柏岭组上部出现早期高水位硅质岩、碳硅质页岩,产海绵骨针。晚期高水位体系域出现泥质微晶白云质灰岩、含生物屑白云质灰岩,由北向南灰岩厚度逐渐减薄至尖灭。

3. 层序 III

层序 III 由宿松-怀宁地区炮台山组下部、东至建新黄柏岭组上部组成,产 *Hupei discus* 灰岩之后,到以大陈岭组泥屑微晶白云岩结束为界,相当于下寒武统龙王庙阶。继早寒武世中期发生海退形成高水位体系域沉积后,到早寒武世晚期开始,海平面又一次迅速升高,使黄柏岭组上部超覆在下伏地层之上,形成向陆方向的上超,因此层序界线为类型 II 不整合。海侵体系域沉积物在宿松台地上的炮台山组下部由砂屑白云岩、粉屑白云岩构成,在斜坡上的建新为黄绿色、灰绿色钙质页岩,富产三叶虫 *Redlichia cheiruroides*。凝缩段在台地上宿松由炮台山组薄层灰绿、黄绿色页岩构成,在斜坡的东至建新由黑色碳质页岩、含硅质泥岩组成。高水位体系域在台地上宿松由炮台山组中部鲕粒白云岩、砂屑白云岩及泥晶白云岩构成,在斜坡上由大陈岭组泥晶白云质灰岩夹泥岩及条带状灰岩组成。

4. 层序 IV

层序 IV 由宿松-怀宁地区炮台山组上部、东至建新的杨柳岗组上部和观音台组组成,相当于毛庄阶、徐庄阶和张夏阶。中寒武世开始,由长期缓慢的热下沉而使碳酸盐向海盆快速加积和推进,形成碳酸盐岩台地。随着海平面下降,斜坡带表现明显,当海平面下降速率大于盆地沉降速率时,其边缘沉积物则产生向斜坡下方滑动形成低水位碎屑流楔形体裙,因此层序界线应为 I 型沉积层序界线。低水位体系域在台地上宿松炮台山组上段出现砾屑微晶白云岩、砂屑微晶白云岩,砾屑和砂屑分布杂乱,切割下伏层层位,走向上呈凸镜状,为低水位楔形体沉积,在东至建新杨柳岗组上部出现滑塌构造,台地前缘斜坡的良田—高山一带形成碎屑流叠加的楔形体。从沉积物的时空演化和组合可以看出,此时已经发展为成熟的被动大陆边缘沉积,反映了海平面

升降与构造沉降同步。海侵体系域在台地上由观音台组下段下部砂屑白云岩、鲕粒白云岩和粉屑白云岩构成,到斜坡的浅海陆棚相由杨柳岗组条带状灰岩、粉砂质页岩、硅质页岩构成。凝缩段在区外洪方由杨柳岗组黑色硅质页岩组成,由南向北至高山凝缩段钙质成分增高,出现泥质灰岩、含钙质页岩薄层,富产球接子。高水位体系域在宿松台地上由观音台组下段上部砂屑白云岩、泥晶白云岩组成,超覆于海侵体系域之上,并具鸟眼构造。在斜坡带上自高山至东至一带出现条带状白云岩,它是台地大气淡水透镜体向海盆延伸的结果,也是海平面下降至斜坡的证据^[14]。

5. 层序 V

层序 V 由东至建新仑山组到宿松-怀宁地区观音台组组成,相当于张夏阶顶部至风山阶。中寒武世末期至晚寒武世早期,区内海平面下降,低水位体系域沉积在宿松观音台底部,为台地碳酸盐岩沉积,形成向上变浅的蒸发台地等海退沉积物。在台地边缘的东至建新一带,观音台组下部发生了强烈的大气水淋滤胶结和混合白云岩化,在斜坡带良田至图幅外高山一带团山组底部,沉积物以含大量岩崩和低水位碎屑流形成砾屑灰岩及各种类型的滑动揉皱、层内削切等构造为特征。岩崩形成砾屑灰岩,由一些大小悬殊较大的砾石构成,杂乱堆积,无分选及粒序性,大者砾石达数米,碎屑流形成的砾屑灰岩有来自斜坡本身的板条状砾屑灰岩和多边形占优势的异地(台地)砾石,沟槽系统发育,在图幅外东至半边街见十几厘米厚的颗粒流,由细砾屑、砂屑灰岩组成,不显任何层理,颗粒支撑,亮晶胶结。以上沉积是海平面下降速率大于盆地沉降速率时,斜坡沉积物产生向下滑动、滑塌,从而形成低水位的重力流裙带,其下部层序界线类型应属 I 型层序界线不整合。海侵体系域在宿松-怀宁地区由砾屑白云岩、砂屑白云岩、泥晶白云岩和叠层石白云岩组成,在建新观音台组具冲洗层理发育的砂屑白云岩、生物屑白云岩构成。凝缩段在图幅外邻侧的东南高山的斜坡带为具生物扰动的网纹状灰岩(硬底),其中硬底构造代表海侵和海平面上升时的非补偿性的沉积物。高水位体系域由宿松-怀宁地区观音台组上部白云岩构成,岩石普遍受后期硅化、方解石化及重结晶作用明显,在建新台地边缘上由叠层石白云岩、砂屑白云岩、生物屑白云岩构成。

4.4 奥陶纪层序地层划分

早奥陶世,本区所处下扬子海盆处于被动大陆

边缘盆地沉积阶段。受盆地稳定热沉积和海平面升降以及碳酸盐岩台地生长因素制约,碳酸盐岩台地从初期缓坡很快地发育成为镶边碳酸盐岩台地过程,在继承上寒武统向上变浅层序同时,碳酸盐岩台地镶边作用不向海方面推进,全部成为稳定碳酸盐岩台地沉积。早奥陶世中期,由于扬子板块与华夏板块边缘开始碰撞,扬子板块东南边缘上镶边碳酸盐岩台地受华夏板块逆冲、推覆的负荷作用,向下挠曲,很快地演化成碳酸盐缓坡并被淹没。晚奥陶世晚期,本区发生了大规模海侵,碳酸盐岩台地最终消亡,进入浅海盆地演化阶段。

1. 层序 I

层序 I 由台地上的观音台组上部、仑山组下段构成,相当于新厂阶下部。由于晚寒武世沉积时,相对海平面上升速率减弱并转为缓慢下降阶段,到早奥陶世继承晚寒武世向上变浅的同时,碳酸盐岩台地镶边作用不断向海方向挺进,斜坡也相应变陡。从早寒武世至晚寒武世,呈现出一海退序列,由镶边陆棚、孤立台地向碳酸盐岩缓坡演化,碳酸盐岩台地上的上寒武统观音台组与下奥陶统仑山组白云岩都为一穿时跨纪的岩石地层,其时代跨越晚寒武世到早奥陶世,晚寒武世台地上观音台组中下部形成了高水位体系域叠层石白云岩、砂屑白云岩和生物屑白云岩,为蒸发台地相的海退沉积物,并发生了强烈的大气水淋滤胶结和混合白云岩化^[5]。在沿江地区的巢湖、含山一带,中上寒武统观音台组中下部浅灰色厚层白云岩广泛见有喀斯特溶蚀和淡水淋滤作用,反映了晚寒武世末有一次暴露时期,表明了 I 类层序界线的存在。低水位体系域在台地为观音台组上部中厚—厚层微晶白云岩,在台地边缘沉积物则产生向斜坡一方滑动形成的低水位碎屑流楔形体裙带。以上沉积是海平面下降速率大于盆地沉降速率时,斜坡沉积物产生向下滑动、滑塌,而形成低水位的重力流裙带。海侵体系域在台地上为仑山组下段,均由厚层状生物屑砂屑灰岩、砾屑砂屑颗粒灰岩、亮晶砂屑灰岩、鲕粒白云岩夹灰质白云岩构成。凝缩段沉积在台地上可见图幅外百安仑山组下段碳酸盐岩沉积中出现薄层钙质泥岩夹层,反映沉积速率极低。高水位体系域在台地及其边缘为仑山组中部厚—巨厚层浅灰色生物屑砂屑灰岩、亮晶砂屑灰岩、亮晶鲕粒砂屑灰岩、亮晶海百合茎灰岩组成。

2. 层序 II

层序 II 由台地上仑山组上段、红花园组组成,相当于新厂阶上部一道保湾阶。层序 I 顶部的台地边

缘浅滩相沉积由亮晶鲕粒砂屑灰岩、亮晶海百合茎灰岩组成,岩石已重结晶,由海水与雨水的混合溶液中沉淀出来碳酸盐胶结物所形成,这些碳酸盐胶结物具有特殊等厚边和粒状晶充填物,发生了大气水淋滤作用,导致强烈的胶结作用以及岩石颗粒重结晶,为一暴露面,说明第二沉积层序底界为 I 类层序界线。低水位体系域由仑山组上段下部中厚—厚层含团块砂屑微晶灰岩、砂屑微晶灰岩、微晶灰岩和条带状微晶灰岩组成。海侵体系域为粉晶—细晶白云岩夹微晶砂屑灰岩。凝缩段从东至到高山均为中厚层瘤状灰岩,代表水下硬底,反映了沉积速率较缓慢的深水凝缩沉积。高水位体系域为厚层—巨厚层浅灰色生物屑砂屑灰岩、鲕粒灰岩、藻建隆灰岩,根据其不同的形状可分为藻席状、藻纹层状灰岩或白云岩、半球状或柱状叠层石构成,反映了当时海平面主体处于一下降而形成的向上变浅的加积沉积物,自下而上碎屑物质减少,钙质成分相对增多,表明陆源物质逐渐向海盆迁移。

3. 层序 III

层序 III 由红花园组上部、紫台组、牯牛潭组组成,相当于道保湾阶上部—达瑞威尔阶。层序界线是继早奥陶世早期发生海退形成高水位体系域沉积后,到早奥陶世晚期开始,海平面又一次迅速升高,红花园组上部超覆在下伏地层之上,形成向陆方向的上超,因此层序界线为类型 II 不整合。海侵体系域沉积为灰色含生物碎屑砂屑泥晶灰岩、含白云质微晶灰岩、泥晶灰岩和泥质条带状微晶灰岩,以海绵、棘皮动物为主,其它有腕足、三叶虫,反映了海平面不断上升、浅滩逐渐消亡的过程。凝缩段在下扬子地区分布极为普遍,在淹没台地及盆地内均有发育,厚度不大,代表海平面上升加快时期低速沉积。在淹没台地上,东至县高山在紫台组底部为页岩,富含腕足、三叶虫,化石保存较好,反映沉积速率缓慢的深水凝缩沉积环境。在沿江地区的无为县横山一带有薄层海绿石微晶灰岩,富含笔石动物,其它还有少量腕足类、三叶虫化石,代表相对海平面上升至最高时期低速深水沉积。高水位体系域包括在淹没台地上的东至组上部及牯牛潭组上部构成,为紫色泥质瘤状微晶灰岩夹微晶灰岩,含生物碎屑微晶灰岩及含非骨架核形石灰岩等,生物群有头足类、三叶虫、腕足、介形虫、腹足类、苔藓虫、核形石及少量海绵骨针。粉砂质级碎屑逐渐增高,颗粒向上变粗,显示进积沉积特征,代表陆源物碎屑向海方向迁移。

4. 层序 IV

层序Ⅳ由宝塔组下部(原大田坝组)、宝塔组中、上部组成,相当于艾家山阶。陆架边缘体系域在这一时期均不发育,该层序界线为Ⅱ类层序界线。海侵面与不整合面重合,海岸向陆方向迁移形成海岸上超,是一次较大规模海侵。海侵体系域在淹没台地为“龟裂纹”灰岩,并含大量铁锰质结核,“龟裂纹”由早期水下脱水凝缩而形成,富含远海游泳头足类化石。凝缩段在淹没台地为浅灰色薄层含生物碎屑微晶灰岩、生物碎屑灰岩,含有介形虫、三叶虫、海百合茎、头足类等化石,非骨架含铁核形石丰富,具水下收缩纹构造、生物潜穴和水下硬底,反映沉积速率较低。高水位体系域在淹没台地为壳相沉积,富含三叶虫、腕足类、头足类化石,由于台地碳酸盐不断向斜坡地带加积,从而普遍沉积了一套以瘤状灰岩夹薄层具水平纹理粘土质灰泥岩,淹没台地为紫灰、紫红色中层瘤状灰岩、泥灰岩夹龟裂纹含生物碎屑泥晶灰岩,富含头足类、三叶虫和牙形刺,为相对海平面上升速率减慢到下降期的高水位体系域沉积。从漂浮动物群笔石被游泳的头足类和三叶虫所代替,同样也反映了海平面的相对下降。

5. 层序Ⅴ

层序Ⅴ从淹没台地到斜坡由汤头组、五峰组组成,相当于艾家山阶顶部和钱塘江阶。中奥陶世晚期海退,台地碳酸盐不断向斜坡地带加积。当海平面下降速率大于盆地沉降速率时,从台地到斜坡都基本上为壳相灰岩沉积,富含三叶虫、头足类、腕足类化石,其层序界线应属Ⅰ型沉积层序界线。低水位体系域沉积,在淹没台地上多为钙质泥岩和薄层灰岩互层沉积。由于自晚奥陶世早期明显发生了海侵现象,使海水加深从而导致灰质成分减少,悬浮的泥质物相应增多。海侵体系域在淹没台地为灰黄、黄绿色薄层瘤状灰岩及钙质泥岩,含丰富三叶虫化石,其它还有腕足类、头足类、腹足类、牙形刺,含泥质较多,由下而上增高,反映海平面相对上升。凝缩段在淹没台地为五峰组下部黑色硅质页岩、含碳质页岩夹少量沉凝灰岩,硅质岩内富含放射虫,页岩内笔石化石异常丰富,此外还有王冠虫及腕足类等广海生物,厚度甚薄,一般为4~5m,反映沉积速率很低,岩石中有机碳含量很高。高水位体系域在淹没台地上为五峰组上部泥岩,含三叶虫,此外还有笔石、腕足。上述沉积现象反映了在奥陶世末期海平面上升速度已减慢,并发生海退而产生的结果。

4.5 志留纪层序地层划分

志留纪时由于扬子板块与华夏板块的汇聚作

用,使下扬子东南边缘处于前陆盆地的形成阶段,伴随着沉积盆地的演化,自下而上可分为2个三级层序组:

1. 层序Ⅰ

层序Ⅰ由高家边组组成,高家边组底部黑色页岩,应代表海平面下降时的陆架边缘沉积物,在皖南地区的霞乡组沉积了厚度巨大的浊积岩为低水位楔形体。沉积盆地随着东南逆冲带的推进,上扬子边缘前陆受负荷挠曲而后退,由于上扬子边缘升降翘起,使高家边组假整合在中晚奥陶世地层之上,形成上超不整合的层序界线,为Ⅰ型不整合,早志留世早期末的李氏锯笔石带时为海平面持续上升至最高点的非补偿性的凝缩段沉积,高家边组中段至上段为浅海陆棚至过渡带为加积性、进积性沉积层序结构,为高水位体系域沉积。

2. 层序Ⅱ

层序Ⅱ由坟头组和茅山组构成。坟头组沉积时,由于海平面上升速率很快,形成海岸上超,为类型Ⅱ界线不整合。坟头组下部细粒石英杂砂岩夹粉砂岩,为近滨带到沿岸沙坝沉积,属陆架边缘体系域,往上迅速变为泥沙质型浅海陆棚相沉积,呈现一海进过程,为海侵体系域。坟头组上段灰绿、黄绿色页岩见蠕虫状构造,为凝缩段沉积。茅山组为海水向上变浅,沉积物颗粒向上变粗的海退式沉积组合,为过渡带→海滩→潮坪→三角洲相沉积,代表高水位体系域。晚志留世末,前陆盆地回返,海水退出扬子古陆,结束了盆地沉积作用,海平面下降与造山构造回返同步。

5 结 论

(1) 据沉积时空格架及沉积相特征,本区南华纪至志留纪5个二级层序中时间延续上大部分为34~85Ma,个别可达160Ma。以层序内沉积物性质,可分为海源碳酸岩、陆源碎屑岩及陆源碎屑岩、海源碳酸盐岩混合的3种沉积类型^[10]。

(2) 从沉积相序上,一级和二级层序在盆地内部总的变化趋势上均表现为由浅→深→浅的变化特征,与海平面变化曲线相吻合。

(3) 二级层序的界线和凝缩层位往往与部分三级层序组的层序界线或凝缩层相一致,而且往往是该二级层序内的若干个三级层序组中海平面下降或上升最为显著的转折部位。

(4) 层序界线的类型往往与构造运动有关,如南华纪层序为古扬子板块与古华夏板块碰撞后新的构

造旋回下的初始沉积盖层。晚奥陶世层序为华夏板块自南东向北西俯逆冲,在本区出现前陆盆地内的沉积物。

参考文献:

[1] 安徽省地质矿产局区域地质调查队. 安徽地层志·前寒武系分册[M] . 合肥: 安徽科学技术出版社, 1985. 40—43.

[2] 安徽省地质矿产局区域地质调查队. 安徽地层志·寒武系分册[M] . 合肥: 安徽科学技术出版社, 1988. 17—22.

[3] 安徽省地质矿产局区域地质调查队. 安徽地层志·奥陶系分册[M] . 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989. 12—21.

[4] 安徽省地质矿产局区域地质调查队. 安徽地层志·志留系分册[M] . 合肥: 安徽科学技术出版社, 1989. 9—17.

[5] 杜森官. 安徽宿松、巢县一带寒武系的发现[J] . 地层学杂志, 1981, 5(3): 174—179.

[6] 安徽省地质矿产局. 安徽省区域地质志[M] . 北京: 地质出版社, 合肥: 安徽科学技术出版社, 1987. 47—50.

[7] 安徽省地质矿产局. 安徽省岩石地层[M] . 武汉: 中国地质大学

出版社, 1997. 113—125.

[8] VAIL P R, MITCHUM R M JR. Seismic stratigraphy and global changes in sea level [A] . C. E. Payton. Seismic stratigraphy—applications to hydrocarbon exploration [C] . AAPG Memoir 26. Tulsa: AAPG Publishing Bureau, 1977. 21—79.

[9] 吴跃东. 皖南东至地区寒武系层序地层[J] . 古地理学报, 2001, 3(3): 55—62.

[10] 杜森官. 安徽中南部震旦纪—三叠纪二级层序的划分[J] . 安徽地质, 1999, 9(1): 14—19.

[11] 许效松. 扬子板块元古代至早古代沉积层序和海平面变化[A] . 中国地质科学院成都地质矿产研究所所刊(13) [C] . 北京: 地质出版社, 1991. 105—124.

[12] 吴跃东. 皖南东至地区震旦纪沉积相及层序地层分析[J] . 安徽地质, 1996, 6(4): 23—33.

[13] 吴跃东, 杜森官. 皖南地区晚震旦世陡山沱期岩相古地理[J] . 安徽地质, 1999, 9(1): 21—25.

[14] 吴跃东. 皖南东至地区寒武纪沉积相及其时空演化[J] . 安徽地质, 1997, 7(3): 33—38.

[15] 吴跃东, 钟华明. 皖南地区奥陶系层序地层学分析[J] . 现代地质, 2002, 3(1): 45—52.

Sequence stratigraphy of the Nanhuan-Silurian strata in Southwest Anhui

WU Yao-dong, JIANG Lai-li, CHU Dong-ru, Wu Wei-ping, WU Hai-quan, WANG De-hua
(*Anhui Institute of Geological Survey, Hefei 230001, Anhui, China*)

Abstract: The stratigraphic sections of the Nanhuan-Silurian stratigraphic outcrops and their sedimentary environments and facies in the Susong-Dongzhizone, Anhui are discussed on the basis of the 1 :250000 regional geological survey. The Nanhuan-Silurian strata may be divided into one first-order sequence, five second-order sequences and fifteen third-order sequence sets. The former two of sequence orders exhibit an overall shallowing-deepening-shallowing trend up-section, which is in accordance with sea-level curves. The sea-level fluctuations within the last ones are commonly constrained by tectonism, sea-level changes and glaciation.

Key words: sequence stratigraphy; Nanhuan-Silurian; Southwest Anhui