

文章编号: 1009-3850(2002)03-0074-06

龙门山北段志留系宁强组沉积特征和空间相变

楼雄英, 谭钦银, 贾保江

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 丘状隆起、链状相连的北东向带状堤礁是龙门山北段地区志留系宁强组的一个突出特点。详细的剖面研究和路线地质追踪表明: (1) 狭长带状的堤礁夹持于南东侧杂色砂/泥质滨岸沉积带和北西侧陆架泥页岩带之间, 指示了一个清晰的向西北渐深的古陆架形态和古海岸边缘轮廓; (2) 丘状礁灰岩体、层状生物碎屑灰岩体与东南侧陆缘滨岸带的砂体及北西侧的陆架泥岩呈现明显的指状穿插和渐变过渡关系, 代表了海平面、陆源碎屑输入量频繁变化背景下的沉积响应; (3) 点状零星分布的礁灰岩体是在面状礁灰岩或生物碎屑灰岩层基础上发育起来的; (4) 晚志留世, 杂色砂/泥质滨岸沉积向北西进积并超覆于礁灰岩之上, 并最终导致本区隆升成陆, 则表明加里东构造运动末期发生的上扬子地块隆升、西北缘古陆扩展及海平面的相对下降趋势, 是沉积盆地演变的主控因素。

关键词: 龙门山; 沉积特征; 宁强组; 相带; 川北陕南

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

1 区域地质和古地理背景

龙门山北段的四川广元、陕西宁强地区, 处于松潘-甘孜褶皱造山带与扬子地块两个构造单元的结合部位(图 1)。在整个古生代, 大致以北东向的北川-映秀-林庵寺大断裂(①断裂)为界, 断裂北西侧为松潘-甘孜海槽, 南东侧为上扬子地块, 呈现为一个向北西方向倾斜、海水渐深的被动大陆边缘。自三叠纪开始, 大地构造背景和古地理格局发生了根本性的转变: 随着北西和北侧的松潘-甘孜海槽、秦岭海槽的逐渐闭合、隆升和褶皱造山, 并向南东方向大规模的逆冲推覆, 形成了现今的龙门山推覆-滑覆造山带。

早古生代的加里东构造期, 经早寒武世的广泛海侵之后, 上扬子地块的西北缘处于缓慢而长期的隆升状态和相对海平面的持续下降过程中, 其沉积响应是: (1) 沿其西北缘形成了一个狭长的北东向滨岸和浅水陆架带, 伴随短期海平面的波动, 该带处于

一种较频繁的进积-退积过程中, 造成早古生代地层体呈现一系列向东南尖灭的、时代不连续的楔形体; (2) 古隆起区逐渐向东南方向扩大, 由奥陶纪晚期的龙门山边缘狭长带状古陆扩展为早志留世的川中古陆, 并最终导致上扬子的大部区域在晚志留世隆升成陆^[1]。

笔者在进行 1:5 万朝天驿幅区域地质调查及上扬子西缘沉积盆地演化及层序地层专题研究过程中(1996~1999), 针对区内广泛出露的志留系进行了详细的剖面 and 路线地质研究, 通过对宁强组中特征地层体(礁灰岩、生物碎屑灰岩、砂岩和杂色层)的大比例尺填绘和空间变化关系的剖析, 发现志留纪兰德维里世中晚期至文罗克世早期的时空沉积序列是复杂而有序的带状相变。

2 相带特征和时空沉积序列

宁强组是川北、陕南地区的一个比较有地方特征的岩石地层单位, 由中科院南京古生物研究所

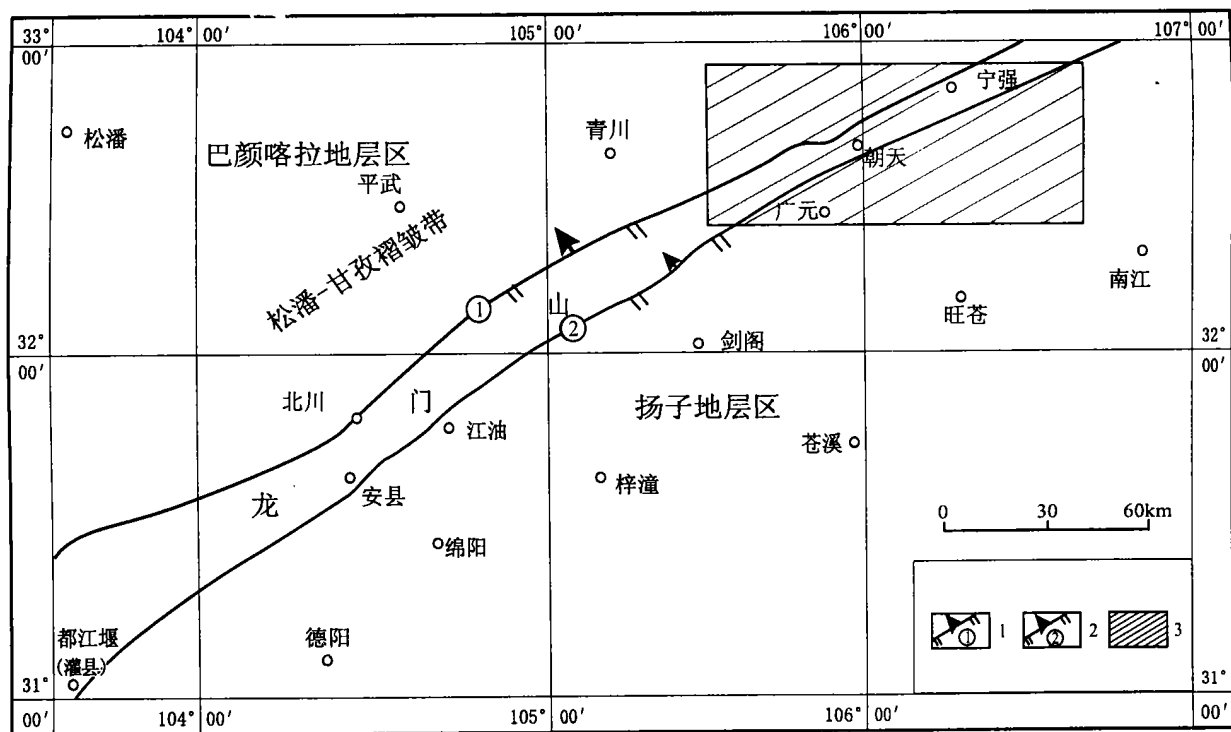


图1 地层分区及研究区位置略图

1. 北川-映秀-林庵寺断裂; 2. 灌县-江油-朝天断裂; 3. 研究区位置

Fig. 1 Stratigraphic division and location of the study area

1= Beichuan-Yingxiu-Linyansi fault; 2= Guanxian-Jiangyou-Chaotian fault; 3= location of the study area

(1974)创名于陕西宁强大竹坝剖面。岩性以黄色、黄绿色页岩为主夹礁灰岩、生物碎屑灰岩和砂岩,具有典型的碳酸盐、陆源碎屑混积特征,时代为志留纪兰德维里世中晚期至文罗克世早期^[2],大致相当于中国传统划分方案中的中志留世。在上扬子区,与其层位大致相当、岩性组合相似的组名有石牛栏组、罗惹坪组等。

沉积相和古地理研究表明,兰德维里世中晚期至文罗克世早期的沉积记录在空间上有着极明显的分异性或相带过渡特征:在上扬子西北缘的狭长过渡带(龙门山北段)上,呈现了一个以北东向带状堤礁(宁强组)为中心的障壁型古海岸地貌;在垂直古海岸线的方向上,自南东向北西依次呈现隆起(古陆)→碎屑岩型滨岸带→混积型滨岸带→链状堤礁带(障壁)→滨外陆架的古地理格局。现将主要相带的发育特征和时空沉积序列简述如下。

2.1 古陆边缘碎屑滨岸带

该带大致沿广元市西北乡—羊木镇—朝天区一线的南侧分布(图2),为与宁强组等时异相的沉积,主要为一套杂色(紫红色—灰绿色)中薄层—极薄层

的陆源细屑沉积(页岩、粉砂质页岩、粉砂岩),夹有大型透镜状砂体、层状砂砾层和少量生物碎屑灰岩层的组合。在朝天区东北的望家河剖面上,该套岩系逆冲、推覆于二叠系茅口组灰岩之上,底界和下伏地层被断失。

粉砂岩、泥页岩组成的厘米-毫米级韵律层是该带的主体和背景沉积,并在垂向上构成了多个紫红色、灰绿色相间的大型色带韵律。潮汐层理、波痕、冲刷面、大小不一的虫管迹等相标志极为丰富,紫红色泥岩层面还偶见有干裂构造。种种迹象都指示了一种近岸的潮坪-湖环境,并伴随有短期的陆上暴露。夹于其中的大型透镜状砂体系潮道和潮汐砂坝沉积,内见有大型的槽状层理、楔状层理和冲刷面构造。

散布于其中的生物碎屑灰岩夹层,厚度在5~400cm之间。灰岩中化石异常富集且种类繁多,腕足、珊瑚和海百合茎是其中的主要分子,生物种属类型和组合面貌与北侧宁强组生物碎屑灰岩完全一致。

垂向上,该套杂色砂泥质沉积一直延续到志留

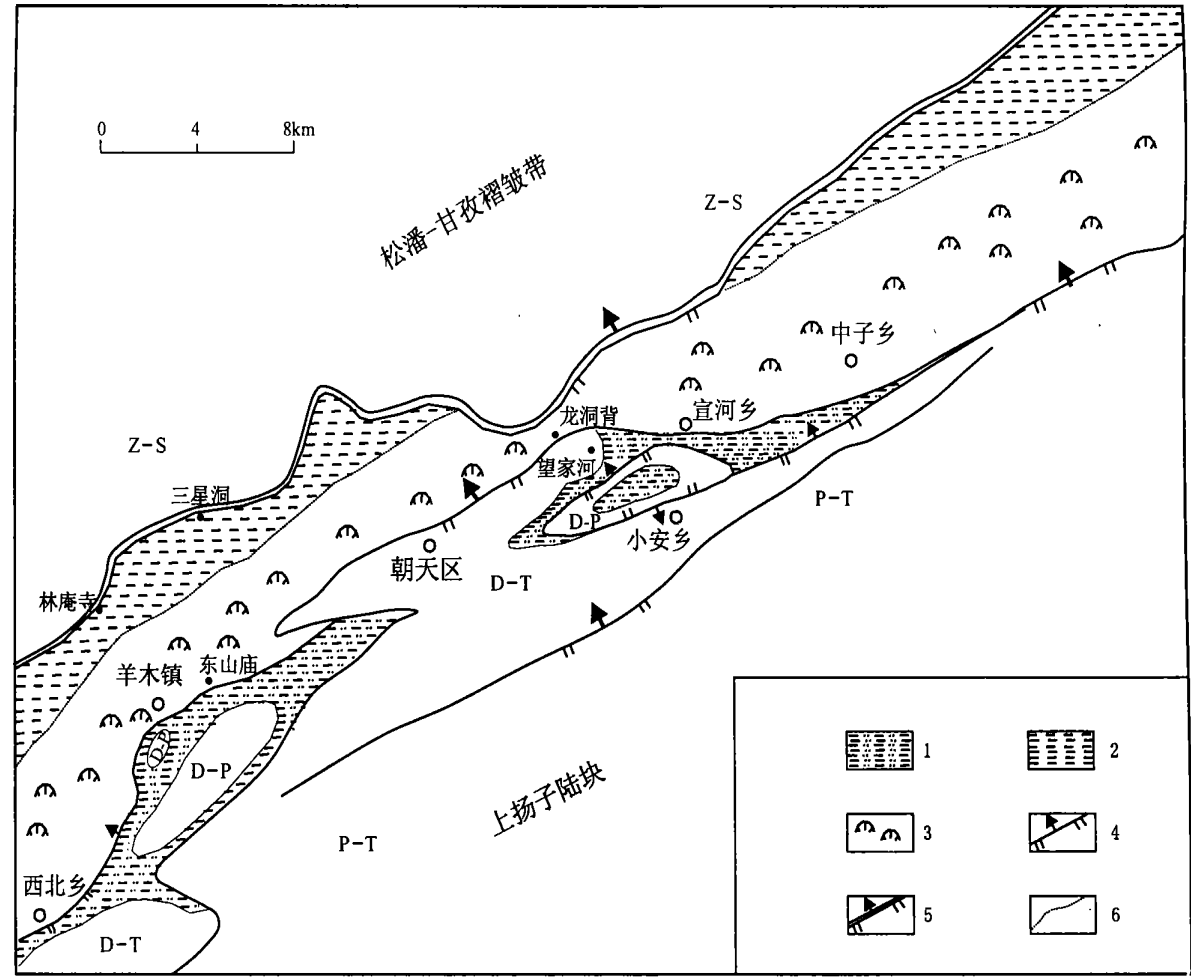


图 2 广元朝天区一带志留系相带的空间分布示意图

1. I 相带(古陆边缘碎屑滨岸带); 2. III相带(滨外陆架泥岩带); 3. II 相带(宁强组堤礁带); 4. 逆冲断裂; 5. 分区性逆冲推覆断裂; 6. 相带界线

Fig. 2 Spatial distribution of the Silurian strata in the Chaotian zone, Guangyuan

1= I facies belt (littoral zone); 2= III facies belt (offshore shelf mudstone zone); 3= II facies belt (Ningqiang Formation barrier reef zone); 4= thrust; 5= overthrust; 6= facies boundary

纪晚期(普里多利期)。在朝天区东北的宣河乡望家河剖面上,除因断层断失而未见底外,自下而上厚达近600m的地层几乎无明显的岩相变化。下部夹有生物碎屑灰岩,生物组合与宁强组特征一致,如腕足 *Xinanospirifer flabillum* Rong, Xu, Sun et Yang, *Xinanospirifer* sp.; 上部除腕足化石组合与金淳泰等(1992)^[4]建立的上志留统车家坝组、中间梁组面貌一致外,还发现有晚志留世的牙形刺: *Lonchodina walliseri* Ziegler, *Neoprioniodus multiformis* Walliser, *Spathognathodus crispus* Walliser。可见,该带长时期处于近陆的滨岸沉积环境。

区域上,该带与北侧宁强组(II带)的相变关系也显示的十分清晰:在朝天区东北侧的望家河—龙洞背—宣河乡路线剖面上(SE→NW),可见砂体和杂色层向北西方向明显变薄,并楔入以黄绿色泥页岩

与礁灰岩、生物碎屑灰岩的大型韵律叠置为特征的宁强组中;相反,北侧宁强组(II带)中的灰岩层则呈现向南东方向快速变薄和尖灭的趋势。

2.2 链状堤礁带(II带)

该带位于碎屑滨岸带(I带)的北西侧。自南向北,大致沿广元市的上寺镇、西北乡、羊木镇、宣河乡和中子乡至陕西的宁强一线呈北东向带状出露。

带内,宁强组沉积序列呈现为黄绿色泥页岩与礁灰岩、生物碎屑灰岩的大型韵律叠置,局部如朝天区宣河剖面上夹有层状砂体和杂色层。其上、下地层均为杂色的砂泥质岩系,即所谓的“上红层”和“下红层”。

根据礁灰岩和生物碎屑灰岩的发育程度和产出形态,可以将该带细分为礁前、礁核和礁后 3 个亚带。礁前和礁后的共同特征是:无明显的碳酸盐建

隆地貌和生物骨架结构,灰岩以较稳定的层状或向一侧变薄的楔状体夹于大套泥页岩之中,并时见有孤立的礁灰岩落块。所不同的是:礁前位于北西一侧,除灰岩外,均为细屑的黄绿色粉砂岩和泥岩;相反,礁后发育于南东的近陆一侧,夹杂有层状砂体和杂色层,明显与南侧的碎屑滨岸带(I带)呈渐变状态,也可称之为混积型滨岸带。

根据礁体发育规模、外观形态和内部骨架结构的发育程度,可以将区内礁体划分为骨架礁体和半骨架礁体两种类型。

骨架礁体 主要见于朝天以北的宣河、中子和宁强一带。单个礁体发育规模不大,一般在 $50(\text{长}) \times 50(\text{宽}) \times 30(\text{高})\text{m}^3$ 左右;形似“宝塔”状,外缘轮廓陡倾,坡度为 30° 以上,并与周围泥页岩呈现角度相交,无过渡沉积带如泥灰岩的发育;内部骨架结构发育和保存完好,无明显层理构造,骨架间的原始空隙大部被稍后期沉积的紫红色、灰绿色陆源砂泥充填,而非灰泥。

半骨架礁体 主要见于朝天以南的上寺、西北乡(车家坝)和羊模一带。单个礁体规模较大,如羊模镇附近的金台观礁体、东山庙礁体等,规模在 $200(\text{长}) \times 200(\text{宽}) \times 60(\text{高})\text{m}^3$ 以上;外缘轮廓缓倾,坡度在 15° 以下,与周围泥页岩之间有生物碎屑灰岩、泥灰岩和钙质泥岩构成的过渡沉积带和指状穿插的现象;宏观上有明显的层状构造,骨架结构仅限于局部。

上述两种礁体尽管存在诸如规模、形态、结构等方面的差异,但其在垂向结构、造礁(骨架)生物、礁间沉积和剖面叠置序列上却基本一致。

垂向结构 礁体的初始发育阶段是一个缓慢而渐变的过程,自下而上依次为灰绿色泥页岩→疙瘩状生屑泥灰岩→薄层状生物屑泥晶灰岩→中厚层生物碎屑灰岩→礁灰岩,系向上变浅的生长序列,下部的层状生物碎屑灰岩构成礁基。同时,宁强组垂向结构还显示礁体多期次发育的特征,如在朝天宣河剖面上共发育有4套具上述结构的向上变浅的生长序列。

造礁(骨架)生物 据研究^[2],造礁生物主要有群体皱纹珊瑚、床板珊瑚和层孔虫。附着生物种类繁多,主要有单体珊瑚、腕足类、头足类、苔藓虫、三叶虫和海百合等。

礁体和礁间地貌 礁灰岩体的地貌特征十分突出,形成一系列北东向的孤立山丘,源自自身隆起的

原始形态和由抗风化能力强的碳酸盐岩组成。相反,礁间地带因沉积速率低而厚度明显小于两侧的礁体部分。除下部发育层状生物碎屑灰岩外,中上部多为成礁期后堆积的泥页岩,抗风化能力弱而多呈现槽谷状的负地形。

礁带空间展布 在同一层生物碎屑灰岩(礁基)基础上发育的多个礁体,空间上与礁间沉积共同构成了醒目的带状堤礁。其展布方向大致有北东 $40^\circ \sim 60^\circ$,与地层走向和构造线方向近于平行。据此判断,志留纪的本区古海岸线也大致为北东向。

2.3 滨外陆架相带(III带)

该带北界即是龙门山主干大断裂——北川-映秀断裂的北延部分,在本区内,称之为林庵寺-三星洞逆冲推覆断裂。断裂北西侧(上盘)为震旦-寒武系,岩性主要是一套浅变质的结晶灰岩和硅质岩;断裂南东侧(下盘)即为该带未变质的志留系,岩性以黄绿色泥页岩为主,夹少量的生物碎屑灰岩和砂岩条带,具浅海陆架沉积的特征。

受龙门山造山带强烈挤压、褶皱、逆冲推覆和自身软弱岩质的双重作用,断层下盘志留系泥页岩层的变形极其强烈,地层的叠置序列已无法准确判别。但据采自该套地层中不同部位的化石(牙形刺、笔石、三叶虫)鉴定结果显示,其层位自早志留世至晚志留世,如牙形刺 *Neoproniodus multiformis* Walliser; 笔石 *Streptograptus* sp. 腕足 *Aegiria shiqianensis* Yang et Rong; *Nalvikinia orbicularis* Wan, *Aegiria shiqianensis* Yang et Rong 等。即不但有与宁强组相当的沉积,还包含有其上覆、下伏的部分地层,区别在于岩相和沉积环境的明显变异。

断裂以北,志留系茂县群为一套浅变质的砂板岩,系深水盆地环境的细粒浊积岩。显然,与断裂南侧的陆架带(III带)之间有岩相的缺失,可能其间存在一斜坡,因后期大规模的逆冲推覆而被断失或深埋于深部。

综上所述,志留纪兰德维里晚期-文罗克期(大致相当于原中志留世)的龙门山北段地区,岩相的分异和三分相带展布特征是十分清晰的:中部为宁强组的北东向堤礁带并构成障壁;西北侧为开阔的陆架,以泥质沉积为主,向西渐渐过渡到较深水的松潘-甘孜海槽;南东侧为近陆的滨岸带,以杂色的陆源碎屑沉积为主,呈现为一个典型的障壁型滨、浅海面貌(图3)。

可见,宁强组(II带)的上覆层、下伏层均为杂色

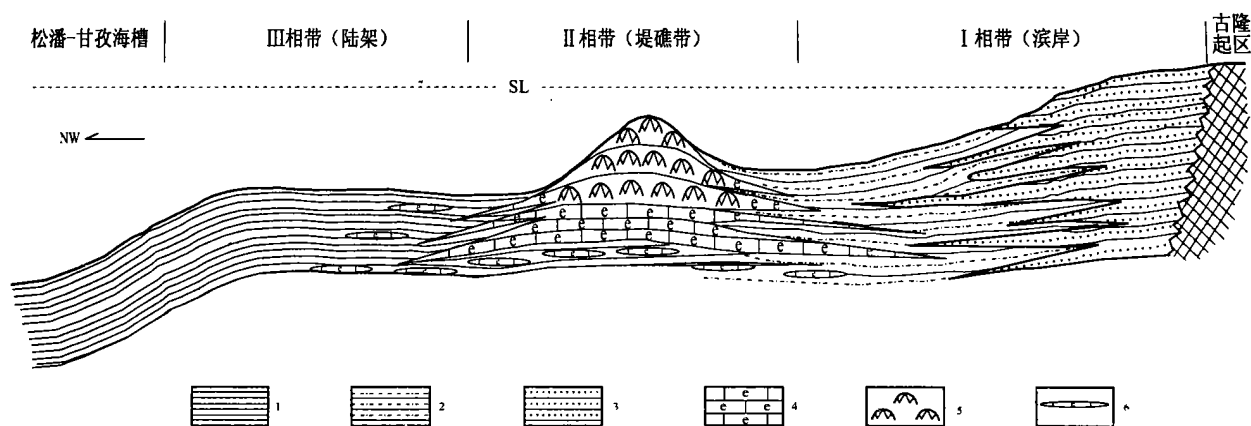


图3 龙门山北段兰德维里世中晚期至文罗克世早期的障壁型滨、浅海沉积模式

1. 泥页岩; 2. 杂色砂质泥岩; 3. 砂岩; 4. 生物碎屑灰岩; 5. 礁灰岩; 6. 疙瘩状灰岩

Fig. 3 Sedimentary models for the middle-late Llandoveryan to early Wenlockian barrier littoral and neritic sediments in northern Longmen Mountains

1=mudstone and shale; 2=motley sandy mudstone; 3=sandstone; 4=bioclastic limestone; 5=reefal limestone; 6=nodular limestone

的陆源碎屑沉积,即所谓的“上红层”和“下红层”,垂向上呈现了较大规模的岩相变化。显然,底界的陆源碎屑/碳酸盐转换界面代表了海侵上超,表明在志留纪总体呈现海平面下降、海域收缩的大背景下,兰德维里晚期—文罗克期曾经有过一段海平面上升和相对稳定的时期。其标志是礁灰岩、生物碎屑灰岩的集中发育,这一点在上扬子周边的其它地区如三峡、川东南等地的剖面上也均有反映。顶界的性质则是海退下超,晚志留世始,以车家坝组(包含中间梁组)为代表的滨岸陆源碎屑岩系(“上红层”)最终自南东向北西超覆于宁强组(II带)之上,则反映了陆缘浅海盆地在上扬子古隆起不断扩展、海平面下降趋势下的沉积响应。

此外,宁强组中礁体多期次发育和消亡的现象也应是海平面变化的沉积响应,但变化或升降的幅度不大,这可以从本区礁灰岩带(II带)稳定于狭窄的带内得到证实。

3 结语与问题

关于上扬子区志留系的相变,陈旭和戎嘉余等(1996)^[3]的研究已经指出:以“红层”为代表的陆源碎屑沉积的厚度和层数向陆一侧明显变厚和增多,向海一侧则变薄和减少,楔状产出的特征十分注目。但本区,宁强组与等时异相的沉积地层(I带和III带)之间表现出来的相变更为彻底:在向陆一侧,以碳酸盐/泥页岩大套叠置为特征的宁强组是渐渐相变为一套彻底的杂色陆源碎屑沉积;而在向海一侧,

则是相变为一套黄绿色的泥页岩。从沉积和岩相古地理学的角度剖析,在古隆起的边缘海域形成上述岩相格局是十分合理的,类似的现代和古代实例不胜枚举。

宁强组与上覆“红层”的接触关系及“上红层”时代也是争议颇多的焦点问题。金淳泰等(1992)^[2]将该套覆于宁强组之上、平行不整合于泥盆系之下的杂色碎屑岩,自下而上划分为金台观组、车家坝组和中间梁组,时代为早志留世文罗克晚期至晚志留世晚期的普里多利期,与宁强组为整合接触。陈旭和戎嘉余等(1996)^[3]则基本否定本区存在文罗克期至晚志留纪的沉积记录,并认为即便是存在金淳泰等所建立的车家坝组(金台观组、中间梁组组名取消,归并入车家坝组),与下伏宁强组的接触关系应为平行不整合,中间存在较大规模的地层缺失。争论的焦点在于“上红层”中未发现关键性的化石。

笔者主要依据多个剖面的牙形刺化石的分析结果(前述)和沉积序列,基本赞同金淳泰等的划分方案,根据是:(1)I、III带的上部都见有晚志留纪的牙形刺 *Neoprioniodus multiformis* Walliser, *Lonchodina walliseri* Ziegler, *Neoprioniodus multiformis* Walliser 等,其中产于III带上部(望家河剖面)的 *Spathognathodus crispus* Walliser 是晚志留世罗德洛期的典型带化石^[4];(2)“上红层”在羊木—朝天简易公路北侧出露厚度巨大(大于600m)且未见顶(断层断失),与下伏宁强组明显表现为岩相的渐变过渡(碳酸盐岩→陆源碎屑岩),是海平面下降背景下陆源碎屑滨岸

沉积进积和下超的表现。当然,极浅水的滨岸沉积环境中,短暂的陆上暴露和沉积间断是普遍存在和极易发生的,但不足以构成大规模的地层记录缺失。

参考文献:

- [1] 刘宝, 许效松, 等. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 金淳泰, 万正权, 等. 四川广元、陕西宁强地区志留系[M]. 成都: 成都科技大学出版社, 1992.
- [3] 陈旭, 戎嘉余, 等. 中国扬子区兰多维列统特列奇阶及其与英国的对比[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [4] 安太庠. 中国南部早古生代牙形石[M]. 北京: 北京大学出版社, 1987.

Sedimentary facies changes in the Silurian Ningqiang Formation in the northern part of the Longmen Mountains

LOU Xiong-ying, TAN Qin-ying, JIA Bao-jiang

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The hummocky and chainy NE-trending barrier reefs occur in large amounts in the Silurian Ningqiang Formation in the northern part of the Longmen Mountains. The detailed study of the cross sections and route geology indicates that: (1) the narrower barrier reefs associations in the Formation intermediate between the motley sandy and muddy littoral sediments in the southeastern part and shelf mudstones and shales in the northwestern part have delineated a well-defined deepening-northward ancient shelf and coastal margin; (2) the interfingering and gradations between hummocky reefal limestones and bedded bioclastic limestones and the sandstones along the littoral zones on the southeastern continental margin and the shelf mudstones in the northwestern part represent the sedimentary responses to sea-level changes and terrigenous supply; (3) the point and sporadic reefal limestones are developed upon the planar reefal limestones or bioclastic limestones, and (4) during the Late Silurian, the motley sandy and muddy littoral sediments prograded northwestwards and overlapped the reefal limestones to give rise to the uplift of the study area to become land. This implies that the uplift of the Upper Yangtze landmass, expansion of the ancient land on the northwestern continental margin and relative sea-level falls during the latest Caledonian are the main controlling factors for the evolution of the sedimentary basin.

Key words: Longmen Mountains; sedimentary characteristics; Ningqiang Formation; facies belt; northern Sichuan and southern Shaanxi