

文章编号: 1000-0550(2014)01-0001-07

# 川北秦岭地区震旦—寒武纪岩相古地理研究新认识<sup>①</sup>

胡方杰<sup>1,2</sup> 张殿伟<sup>2</sup> 田海芹<sup>2</sup>

(1. 中国石油大学(北京) 北京 102249; 2. 中国石化石油勘探开发研究院 北京 100083)

**摘要** 前人研究多认为四川盆地北缘及秦岭地区震旦纪—寒武纪为深海斜坡或台地边缘斜坡,而在该区古地理编图过程中发现,本区碳质泥岩、石煤为地表或近岸浅水滞留环境如沼泽、潟湖的沉积产物,非深水或深海环境的沉积产物。为此,通过对川北野外剖面精细观察和实测、钻井资料深刻分析和对比,并结合地震剖面的解释和控制,对研究区进行了综合剖面相分析、剖面对比相分析及平面剖面相分析;同时参考前人有关该区的构造层序古地理、定量古地理和生产古地理编图资料,通过优化编制震旦纪—寒武纪以世或段(期)为单元的古地理图,认为四川盆地北缘秦岭地区震旦纪—寒武纪的古地理格局主要由潮坪、潟湖、泥碳沼泽、滨岸、局限台地等相带或古地理单元所构成,而非深海盆地、斜坡或台地边缘斜坡。

**关键词** 四川盆地北缘 秦岭 震旦—寒武纪 古地理 潮坪白云岩 沼泽潟湖

**第一作者简介** 胡方杰 男 1987年出生 硕士 油气田勘探地质 E-mail: hufangjie100@163.com

**中图分类号** P531 **文献标识码** A

## 0 引言

前人有关四川盆地北部(简称“川北”)或北缘及秦岭地区岩相古地理研究中,多数专家学者<sup>[1-7]</sup>认为该地区震旦纪—寒武纪的古地理面貌为深海盆地、斜坡或台地边缘斜坡,均把碳质泥岩和硅质沉积(实为成岩燧石<sup>[8]</sup>)作为判识此古地理的重要依据。而近期研究发现,本区碳质泥岩实为震旦纪—寒武纪的石煤,为沼泽环境的产物,而硅质沉积则可能是泥岩、页岩成岩变化的产物,且夹在潮坪—潟湖相的白云岩地层之中,并非深海斜坡或台缘斜坡沉积物。为此,在编制岩相古地理图时,本文则把碳质泥(页)岩置于沼泽或沼泽—潟湖相之中。如此看来,川北秦岭地区震旦—寒武纪的深海斜坡或台地边缘斜坡便不存在了。但限于篇幅,本文仅论述有关沼泽滨岸潟湖的几点证据,以供商榷。

## 1 地质背景

晋宁运动以后,扬子地区特别是四川盆地地壳发展由活跃期逐渐进入相对稳定期。晚震旦世陡山沱期正是地壳由不稳定向稳定的转化阶段,此时华北地区海水已经全部退出,演变成陆地,秦岭与华北古陆连成一体,整体地势北高南低。汉南古陆较早震旦世有所缩小,海水沿汉南古陆西南和东南两个方向侵入

南秦岭地区。从晚震旦世开始,上扬子北缘进入相对稳定的台地发展阶段,沉积物以碳酸盐岩为主,发育了早古生代初始碳酸盐台地,总体为局限台地环境<sup>[9]</sup>。晚震旦世灯影期,秦岭地区基本继承了陡山沱期古地貌,但扬子海侵范围有所扩大,汉南古陆进一步缩小。到寒武纪,秦岭地区在灯影期古地貌的基础上开始了更为广泛的自南而北的海侵<sup>[10]</sup>。如此,从晚震旦世到寒武纪,秦岭地块是在一个相对稳定的阶段,遭受了广泛海侵而接受沉积,其沉积格局和古地理面貌演化具有一定的继承性,震旦纪—寒武纪不利于海槽、盆地或深水斜坡环境发育。

## 2 石煤的发现及其意义

根据《陕西省区域地质志》(陕西省地质矿产局, 1989)描述,川北秦岭地区震旦—寒武系地层中普遍含碳,并夹碳质泥岩、页岩和石煤矿。上震旦统陡山沱组和灯影组均可见,而尤以寒武系最多,其下统、中统、上统均有产出。地层中所夹碳质泥岩、页岩中的碳质组分多为菌藻类物质。石煤的发现对本区地史时期的沉积环境具有重要的指相意义。

### 2.1 石煤的原始物质

震旦—寒武纪发现的石煤原始物质主要为菌藻类植物(大多生长在浅水环境)。理由如下:在地史的早期(即远古宙到早泥盆世),低等植物如藻类和

<sup>①</sup>“十二五”国家科技重大专项(编号:2011ZX05005-002)与国家重点基础研究发展计划(编号:973计划)项目(编号:2012CB214802)联合资助  
收稿日期:2013-08-22; 收修改稿日期:2013-11-06

菌类构成了当时植物的主体,多生活在水体中,成为植物发展演化的菌藻类植物时期。早泥盆世以前为低等植物发育时代,还没有高等植物出现,在由低等植物经过一系列成煤作用形成的煤,其灰分很高,有一定的发热量,这类煤称为“石煤”,如我国南方寒武纪的“石煤”<sup>[11]</sup>。

### 2.2 石煤的堆积环境

对于植物残体的堆积方式存在着原地生成与异地生成的不同观点。原地生成说认为,造煤植物的残骸堆积于植物繁衍生息的泥炭沼泽内,没经过搬运,在原地堆积转变成泥炭;异地生成说认为,植物残骸经过长距离搬运后,在浅水盆地、潟湖、三角洲地带堆积而成。事实证明,这两种泥炭的堆积方式均存在,且以泥炭沼泽堆积比较常见。一般来说,地壳沉降速率与植物的堆积速率相对平衡时,在地面平坦的低洼地段造成地区泄水条件不畅,有利于泥炭沼泽的发育,如发生海陆交替作用的滨海平原、潟湖、海湾、潮坪等地带及与河流作用、冰川作用有关的河湖地带<sup>[11]</sup>。

石煤储量以早寒武世最多,其次为早志留世,聚煤期始于震旦纪,早古生代聚煤作用逐渐活跃并达到高潮,形成中国地史上第一个聚煤期和最早的海相聚煤模式形成期<sup>[12]</sup>。因此,在川北秦岭地区震旦系到寒武系地层中普遍见到碳和石煤矿就很正常了。如此,本区碳质泥岩并非大多数专家学者的认为的发育在深水或深海环境<sup>[13-18]</sup>,而是指示滨岸沼泽、潟湖等近地表或浅水滞留环境。

## 3 沉积相单元划分及古地理编图

在大量野外地质考察的基础上,结合地震、钻井等资料的解释,同时参考前人有关该区的构造层序古地理、定量古地理、生产古地理编图资料,综合优化编制了震旦纪—寒武纪以世或期为单元的古地理图。根据其沉积特征,川北秦岭地区震旦纪—寒武纪主要发育潮坪、滨岸、沼泽、潟湖、局限台地等 5 种沉积相单元。

### 3.1 单剖面相分析

以川北南江县杨坝—桥亭乡震旦—寒武系实测剖面为例(图 1)。晚震旦世灯影期早中期沉积了几百米厚的藻云岩;上部以粉晶白云岩为主,可见纹理和鸟眼构造;中上部夹约 42 m 厚的灰色粉砂岩夹黑色碳质泥岩,粉砂岩中可见交错层理。根据其沉积特征,上震旦统灯影组自下而上可划分为云坪(包括藻

云坪)、滨岸—沼泽等 2 个沉积相单元。

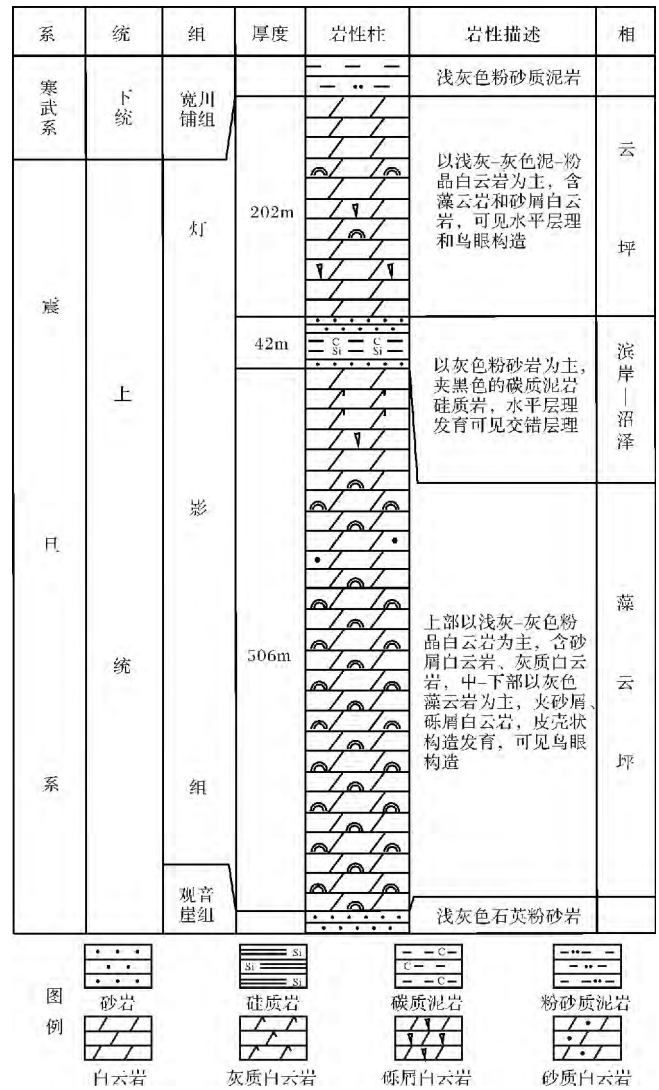


图 1 南江县杨坝—桥亭地区震旦系实测剖面

Fig. 1 Measured profile of Sinian in Yangba-Qiaoting area, Nanjiang county

上寒武统普遍缺失,中统一统发育较完整,其沉积特征见图 2。值得一提的是,筇竹寺组中下部沉积了一套深灰色—黑色的碳质泥岩、碳质粉砂岩,厚度达两百多米,水平层理或页理发育。为此,本文将此段划分为泥炭沼泽—潟湖沉积,而非深水沉积。整套寒武系自下而上可划分为沼泽潟湖、滨岸、浅滩和潮坪等 4 个沉积单元。

### 3.2 剖面对比相分析及编图

川北秦岭地区震旦纪—寒武纪古地貌具继承性。剖面对比相分析表明,灯影期总体处于浅水潮坪沼泽潟湖环境,中上部粉砂岩、碳质泥岩发育;灯影晚期以(藻)云坪为主(图 3)。因此,本区灯影期从南到北

系	统	组	厚度	岩性柱	岩性描述	相
奥陶系	中统	涪潭组			灰色含白云质石英砂岩	
寒武系	中统	陡坡寺组	108m		下部以紫红色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩为主, 上部以浅灰色灰质白云岩、砂质白云岩为主, 见水平层理	潮坪
		石龙洞组	118m		浅灰-灰色砂屑晶白云岩为主, 夹残余鲕粒砂屑白云岩。发育水平层理、晶洞、裂隙, 见遗迹化石、虫迹和缝合线构造	浅滩
	下统	沧浪铺组	195m		下部以紫红色钙质砂岩、砂质泥岩为主; 中上部以浅灰色-灰色岩屑砂岩为主。见波痕、遗迹化石和大量虫迹	潮坪
		仙女洞组	122m		以灰色砾岩、砂屑灰岩、鲕粒灰岩为主, 偶夹紫灰色钙质粉砂岩, 发育水平层理	浅滩
		筲竹寺组	462m		灰泥质粉砂岩和钙质粉砂岩为主, 夹粉砂质泥岩, 水平层理发育, 见虫迹	滨岸
	宽川铺组	17m		以深灰色碳质泥岩, 含碳质粉砂岩为主, 见褐铁矿, 发育水平层理	沼泽—潟湖	
震旦系	上统	灯影组			浅灰色泥-粉晶白云岩	

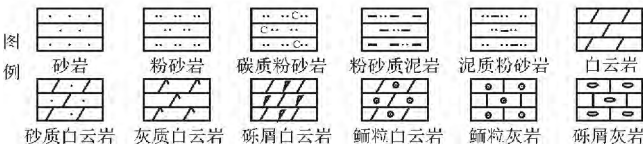


图 2 南江县杨坝—桥亭地区寒武系实测剖面

Fig. 2 Measured profile of Cambrian in Yangba-Qiaoting area, Nanjiang county

主要发育白云岩潮坪, 局部发育碳质泥岩、含碳粉砂岩等滨岸沼泽—潟湖环境。

本区寒武纪的古地理面貌是在灯影期沉积的基础上发展起来的。从剖面对比相分析来看(图 4), 早寒武世—中寒武世本区经历 3 次海侵海退旋回。其中早寒武世(纽芬兰期)发生了第一次海侵, 沉积了几百米厚的粉砂质泥岩夹碳质泥岩和含碳泥质粉砂岩, 主要分布在下寒武统郭嘉坝组或筲竹寺组。

因此, 根据相分析资料, 在平面上投点, 然后结合区域地质资料, 以沉积学、层序地层学理论为指导, 编制了相关的古地理图(图 6a, b, c)。与以前的(多数)古地理图比较, 差别就是深海、深海斜坡、深水盆地“消失”了, 潮坪沼泽潟湖占据了主体; 进而将引申或隐含川北秦岭地区古构造及古地理格局的重大变化。

为了进一步证实这一新的重大转变, 笔者又对秦岭地区震旦纪—寒武纪古地理进行了复合研究, 并又重新编制了一套新的岩相古地理图(图 6a, b, c, d, e)。

### 4 川北秦岭岩相古地理

#### 4.1 晚震旦世陡山沱期岩相古地理

本区陡山沱期沉积相在纵向上演化较为迅速, 相的特征均具有过渡性质, 生物和其他相标志很少, 主要有 3 个相带(图 6a): (1) 滨岸相带, 沿秦岭古陆和汉南古陆分布, 以碎屑岩沉积为主, 含少量碳酸盐岩, 主要受古陆的控制。(2) 潟湖—潮坪相带, 主要发育在汉南古陆西侧勉县—略阳宁强一带, 以灰质白云岩为主。下部含碳质泥岩, 上部含硅质灰岩和白云质灰岩。沉积中心可能在阳平关、胡家坝一带。(3) 潟湖—泥炭沼泽相带, 主要分布在紫阳—平利一带, 可能受汉南古陆和武当古陆的影响, 海水流通不畅, 形成局限滞留环境, 沉积物普遍以含碳为特征, 岩性主要为碳质泥夹页岩为主, 含硅质岩, 可见石煤矿。

#### 4.2 晚震旦世灯影期岩相古地理

灯影期承袭了陡山沱期的古地理面貌。扬子海侵范围有所扩大, 汉南古陆仅限于西乡—城固一带, 形成近南北向狭窄的海岛。本期以藻类碳酸盐岩发育为特征, 岩性比较单一, 大致分为 3 个相带(图 6b): (1) (藻) 云坪相带, 包括两个沉积区, 即山阳—商南一带和南郑—广元一带。岩性主要为泥晶、粉晶白云岩, 纹理发育, 以叠层石和藻礁普遍发育为特征。(2) 滨岸相带, 仅分布在汉南古陆的边缘, 岩性以石英砂岩为主, 夹颗粒结构的藻灰岩; 表明由汉南古陆边缘向东西两侧延伸逐渐过渡至潮坪环境。(3) 沼泽—云坪, 分布在紫阳—镇坪一带, 岩性以白云质灰岩和白云岩为主, 夹碳泥质岩, 是在陡山沱期泥炭沼泽的基础上海水稍有变浅而形成的。

#### 4.3 早寒武世岩相古地理

早寒武世仍以较为局限的滨岸潟湖环境为主, 西边由于海水退出而露出摩天岭古陆, 根据其沉积特征, 大致划分为 4 个相带(图 6c): (1) 泥炭沼泽相带, 指紫阳、平利和镇平一带发育的一套黑色岩系。岩性以碳质页岩为主, 夹粉砂岩和灰岩。(2) 泥沼—潟湖相带, 指宁强、镇巴、阳平关一带。梅树村期和筲竹寺期以页岩和粉砂岩为主, 含碳质页岩和硅质层, 沧浪铺期仙女洞组发育一套稳定的灰岩, 阎王碛期则以碎屑岩沉积为主, 龙王庙期沉积白云岩、泥质白云岩和白云质灰岩。反映了早寒武世由沼泽(潟湖)演化为

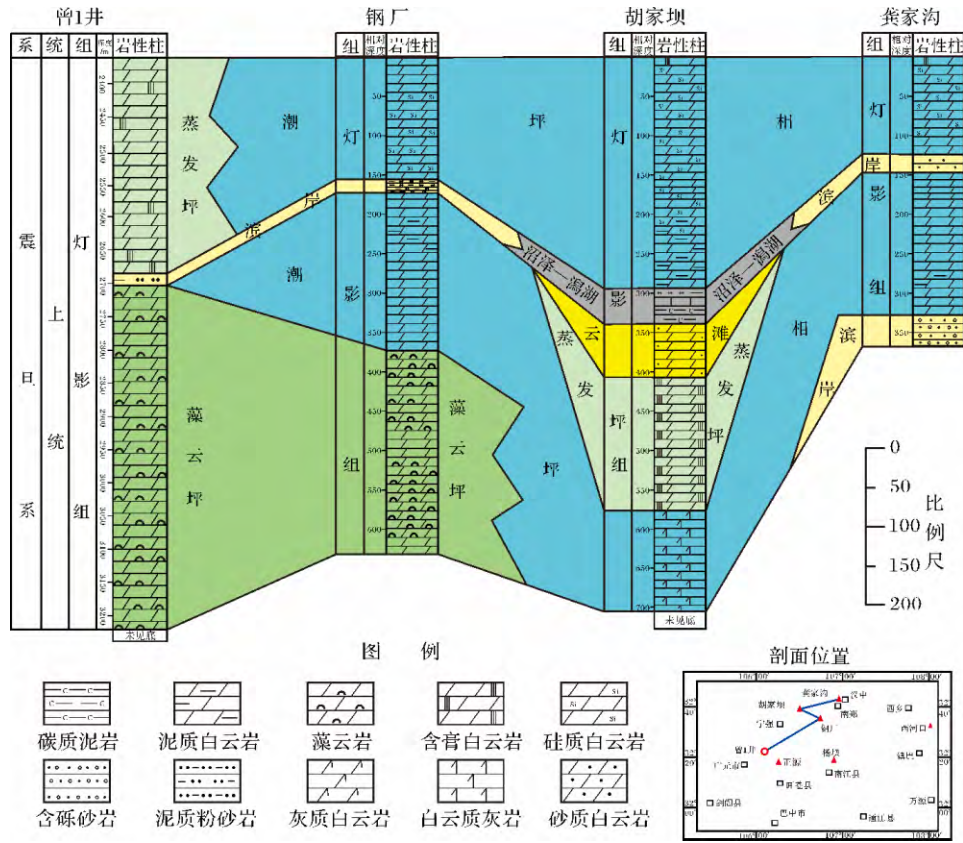


图 3 川北秦岭地区震旦系剖面对比相分析

Fig. 3 Analysis of cross section facies of Sinian in the northern Sichuan Basin and Qinling area

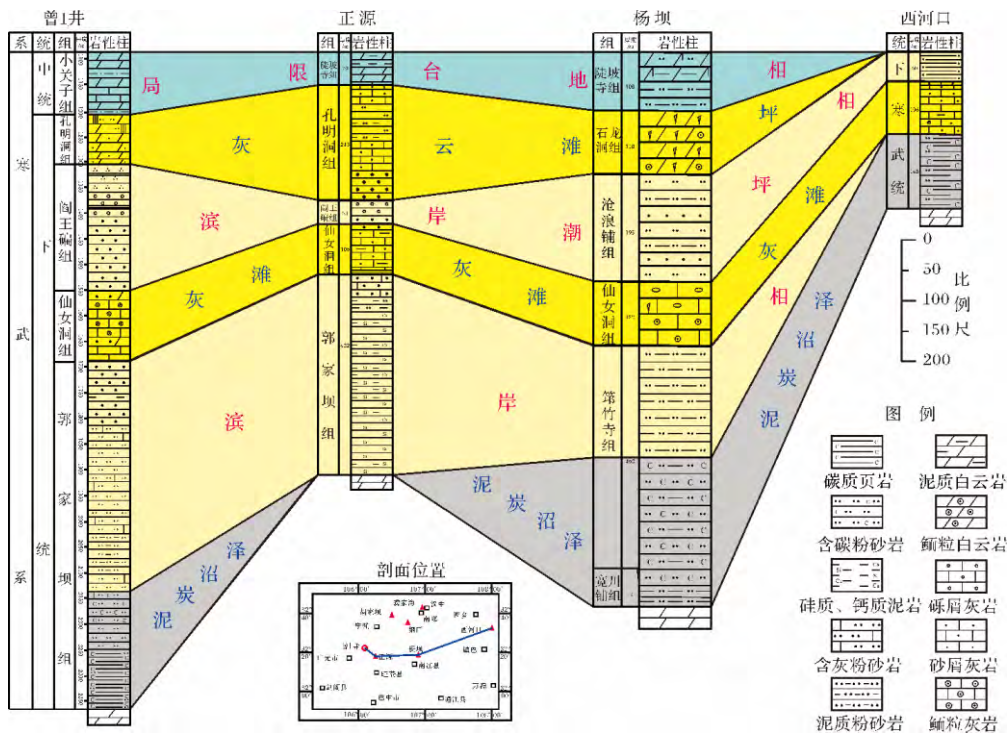


图 4 川北秦岭地区寒武系剖面对比相分析

Fig. 4 Analysis of cross section facies of Cambrian in the northern Sichuan Basin and Qinling area

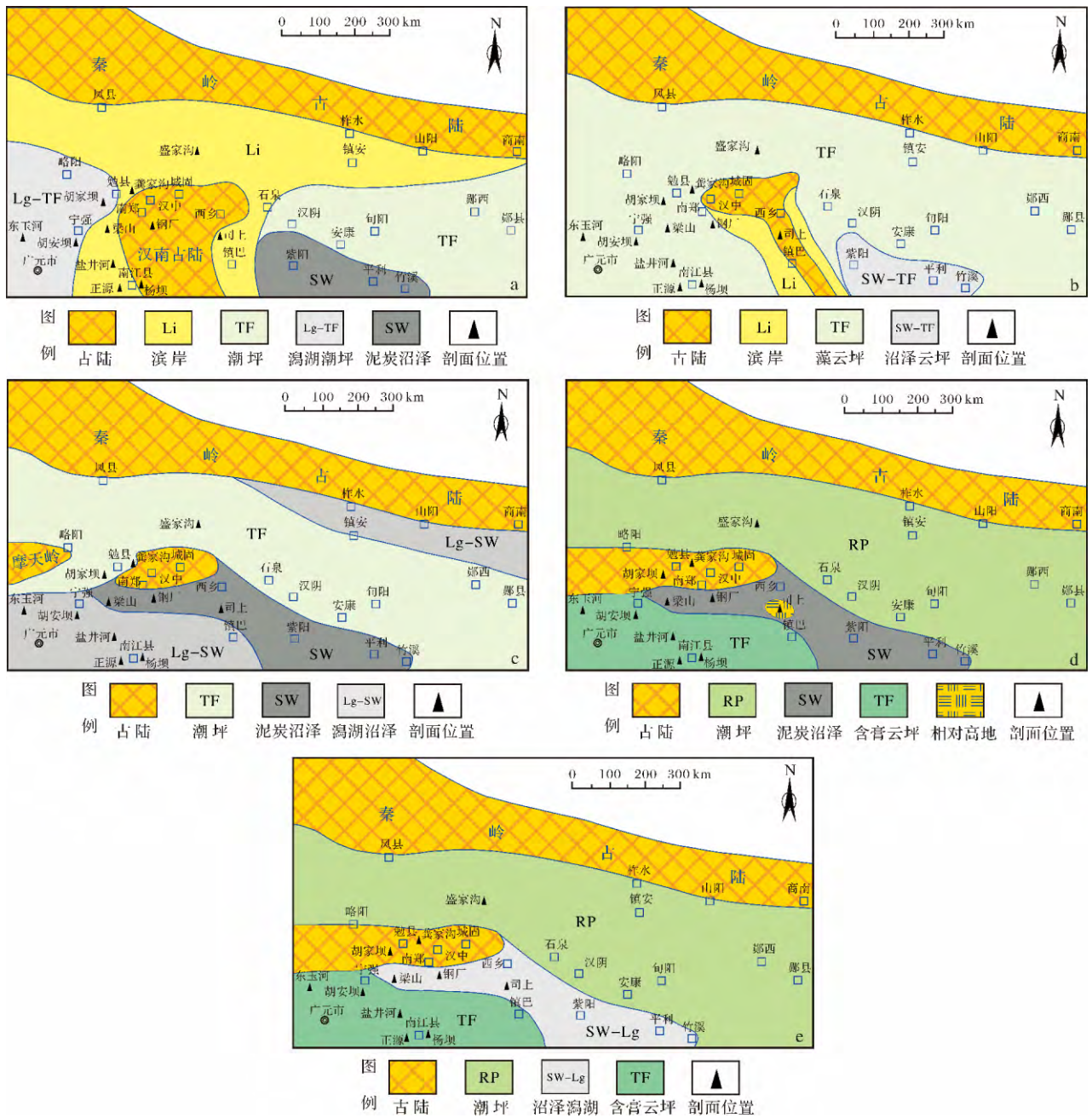


图 5 川北秦岭地区震旦纪—寒武纪岩相古地理

a. 晚震旦世陡山沱期岩相古地理(据陕西省区域地质志,1989,修改); b. 晚震旦世灯影期岩相古地理; c. 早寒武世岩相古地理(据陕西省区域地质志,1989,修改); d. 中寒武世岩相古地理(据陕西省区域地质志,1989,修改); e. 晚寒武世岩相古地理

Fig. 5 Lithofacies palaeogeography of northern Sichuan Basin and Qinling Region during Sinian-Cambrian

云坪的过程。(3) 潮坪相带,指安康—石泉以北,白河—镇安青铜关以南地带。该地区资料少,研究程度差,仅牛山地区有未分的寒武系,岩性主要为石英片岩夹硅质岩、碳质板岩和火山碎屑岩,恢复原岩特征也应为粉砂岩和碳质泥岩(与火山碎屑岩)。东部郧西太阳山及其以南地区则为硅质岩和石英片岩(恢复原岩特征应为泥岩和粉砂岩),沉积厚度较薄,暂

划为潮坪环境。(4) 潟湖—泥炭沼泽相带,指秦岭古陆南侧商南、山阳一带,主要沉积含碳的泥质岩、粉砂岩,剖面上部往往为灰岩或含生屑灰岩(推测乃受汉南古陆的影响而形成的局限环境)。

#### 4.4 中、晚寒武世岩相古地理

中、晚寒武世基本继承了早寒武世的古地理面貌,仍以滨岸云坪潟湖环境为主,但海侵范围有所扩

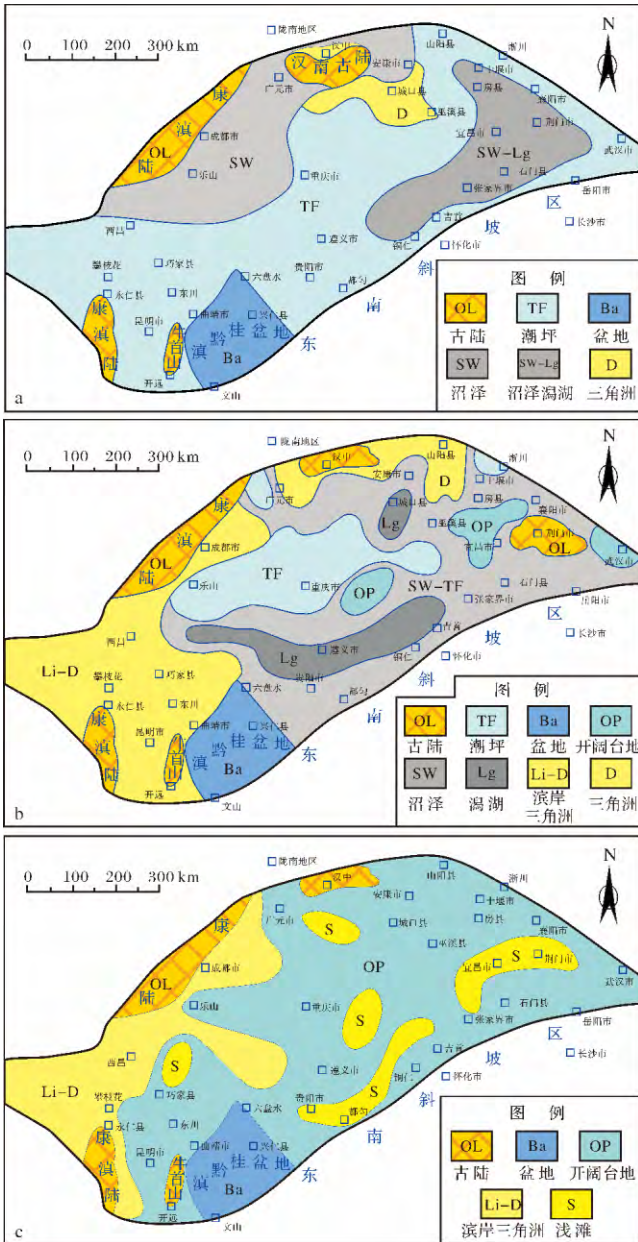


图6 四川盆地及周缘震旦纪—寒武纪典型岩相古地理  
 a. 晚震旦世灯影期三段岩相古地理; b. 寒武纪第二世(梅树村—笱竹寺期)岩相古地理; c. 寒武纪第三世(沧浪铺—龙王庙期)岩相古地理

Fig.6 Typical lithofacies palaeogeography in Sichuan Basin and its periphery during Sinian-Cambrian

大。摩天岭古陆与汉南古陆连成一体。沿秦岭古陆南北一带演变成灰云岩局限台地(潮坪)相;川北广元、南江、宁强等地区地势有所上升,演变成含膏云岩的云坪相;紫阳平利一带以及汉南古陆以南地区以含碳页岩和灰云岩为主(图5-d e)。

### 5 结论

(1) 碳质泥页岩和石煤是典型的相标志,是浅水滞留环境泥沼、潟湖的产物。川北秦岭地区碳质泥页岩和石煤发育,指示了潮坪、沼泽、潟湖环境。

(2) 川北秦岭地区震旦纪—寒武纪主要发育潮坪、沼泽、潟湖、滨岸等沉积体系,而非深海盆地、斜坡或台地边缘斜坡。

### 参考文献(References)

- 1 刘鸿允. 中国古地理图[M]. 北京: 科学出版社, 1955: 1-50 [Liu Hongyun. Atlas of Palaeogeography of China [M]. Beijing: Science Press, 1955: 1-50]
- 2 卢衍豪. 中国寒武纪岩相古地理轮廓初探[J]. 地质学报, 1965, 45(4): 349-357 [Lu Yanhao. Cambrian palaeogeography and lithofacies of China [J]. Acta Geological Sinica, 1965, 45(4): 349-357]
- 3 王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京: 地质出版社, 1985: 17-33 [Wang Hongzhen. Atlas of Palaeogeography of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985: 17-33]
- 4 刘宝珺, 许效松. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1994 [Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of Lithofacies and Palaeogeography in South of China [M]. Beijing: Science Press, 1994]
- 5 马永生, 陈洪德, 王国力, 等. 中国南方构造—层序岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 2009 [Ma Yongsheng, Chen Hongde, Wang Guoli, et al. Atlas of Construction-Sequence and Lithofacies Palaeogeography in South China [M]. Beijing: Science Press, 2009]
- 6 郑和荣, 胡宗全, 等. 中国前中生代构造—岩相古地理图集[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 58-74 [Zheng Herong, Hu Zongquan, et al. Atlas of Early Mesozoic Tectonic Lithofacies Palaeogeography in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010: 58-74]
- 7 Yu Kuanhong, Jin Zhenkui, Su Kui, et al. The Cambrian sedimentary characteristics and their implications for oil and gas exploration in north margin of Middle-Upper Yangtze Plate [J]. Science China (Earth Sciences), 2013, 56(6): 1014-1028
- 8 田海芹. 试论嵩山地区亮甲山组白云岩和燧石的成因[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1989, 13(3): 21-30 [Tian Haiqin. On the origin of dolostones and cherts in Liangjiashan Formation of Songshan Mountain region [J]. Journal of the University of Petroleum, China, 1989, 13(3): 21-30]
- 9 余谦, 牟传龙, 张海全, 等. 上扬子北缘震旦纪—早古生代沉积演化与储层分布特征[J]. 岩石学报, 2011, 27(3): 673-680 [Yu Qian, Mou Chuanlong, Zhang Haiquan, et al. Sedimentary evolution and reservoir distribution of northern Upper Yangtze plate in Sinian-Early Paleozoic [J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(3): 673-680]
- 10 陕西省地质矿产局. 陕西省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989 [Bureau of Geology and Mineral Resources of Shanxi Province. Regional Geology of Shanxi Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1989]
- 11 李增学, 魏久传, 徐继峰, 等. 煤地质学[M]. 北京: 地质出版社,

- 2009: 1-26 [Li Zengxue, Wei Jiuchuan, Xu Jifeng *et al.* Coal Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009: 1-26]
- 12 韩德馨, 等. 中国煤岩学 [M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 1996 [Han Dexin, *et al.* Chinese Coal Petrology [M]. Beijing: China University of Mining Press, 1996]
- 13 冯增昭. 我国古地理学的形成、发展、问题和共识 [J]. 古地理学报, 2003, 5(2): 129-141 [Feng Zengzhao. Origin, development, problems and common viewpoint of palaeogeography of China [J]. Journal of Palaeogeography 2003, 5(2): 129-141]
- 14 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国南方寒武纪岩相古地理 [J]. 古地理学报, 2001, 3(1): 1-14 [Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, *et al.* Lithofacies palaeogeography of the Cambrian in south China [J]. Journal of Palaeogeography 2001, 3(1): 1-14.]
- 15 冯增昭. 从定量岩相古地理学谈华南地区海相地层油气勘探 [J]. 古地理学报, 2005, 7(1): 1-11 [Feng Zengzhao. Discussion on petroleum exploration of marine strata in South China from quantitative lithofacies palaeogeography [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(1): 1-11]
- 16 牟传龙, 梁薇, 周恩恩, 等. 中上扬子地区早寒武世(纽芬兰世—第二世)岩相古地理 [J]. 沉积与特提斯地质, 2012, 32(3): 42-53 [Mou Chuanlong, Liang Wei, Zhou Kenken, *et al.* Sedimentary facies and palaeogeography of the middle-upper Yangtze area during the Early Cambrian (Terreneuvian-Series 2) [J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology 2012, 32(3): 42-53]
- 17 牟传龙, 王瑞华, 谭钦银, 等. 扬子地块北缘晚二叠世长兴期岩相古地理 [J]. 地学前缘, 2011, 18(4): 1-8 [Mou Chuanlong, Wang Ruihua, Tan Qinyin, *et al.* The lithofacies paleogeography of the northern margin of Yangtze Block in Changxing Phase of Late Permian [J]. Earth Science Frontiers 2011, 18(4): 1-8]
- 18 张满郎, 谢增业, 李熙喆, 等. 四川盆地寒武纪岩相古地理特征 [J]. 沉积学报, 2010, 28(1): 128-139 [Zhang Manlang, Xie Zengye, Li Xizhe, *et al.* Characteristics of lithofacies palaeogeography of Cambrian in Sichuan Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(1): 128-139]

## New Views on the Lithofacies Palaeogeography of Northern Sichuan Basin and Qinling Area during the Sinian-Cambrian

HU Fang-jie<sup>1</sup> ZHANG Dian-wei<sup>2</sup> TIAN Hai-qin<sup>2</sup>

(1. University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249;

2. SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083)

**Abstract:** Most previous studies suggest that the lithofacies palaeogeography of northern Sichuan Basin and Qinling area is the deep-sea slopes or slopes of platform margin during the Sinian-Cambrian. However, in the process of paleogeographic mapping in this area, it was discovered that the Carbonaceous mudstone and the stone coal are deposited in the surface water or near shore shallow water, such as swamps and lagoons, rather than in the deep water or the deep sea. Therefore, based on the detailed observation, the measurement of outcrop profiles and the profound analysis of the well datas, and combined with the interpretation of seismic profiles in the northern Sichuan Basin, the comprehensive analysis of the single section facies, cross section facies and facies mapping were made; meanwhile, by referring to the tectonic palaeogeography, quantitative palaeogeography and production palaeogeography in the area, the paleogeographic maps were drawn optimally from the Sinian to Cambrian. It was concluded that the palaeogeographic framework in the area of northern Sichuan Basin to Qinling area mainly consists of tidal flats, lagoons, peat swamps, shores and restricted platform facies, rather than the facies of the deep-sea basin, slopes or margin slopes of platform during the Sinian-Cambrian.

**Key words:** the northern Sichuan Basin; Qinling; Sinian-Cambrian; palaeogeography; dolomite of tidal flat; swamp and lagoon