

文章编号:1009-3850(2015)03-0019-08

扬子地块北缘晚奥陶世赫南特期岩相古地理

王远翀³, 牟传龙^{1,2}, 梁 薇^{1,2}, 王秀平^{2,4}, 陈 超⁵

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 国土资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 610081; 3. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 4. 山东科技大学, 山东 青岛 266590; 5. 中国地质科学院, 北京 100037)

摘要:扬子地块北缘与秦岭接壤,早古生代经历了上扬子克拉通盆地($\epsilon - O_2$)和隆后盆地($O_3 - S$)两个阶段。区内发育上奥陶统观音桥组或南郑组地层,为研究赫南特期的岩相古地理,探讨赫南特期冰川事件的沉积响应奠定了坚实的基础。根据沉积特征,结合古生物组合,扬子地块北缘观音桥组可划分为滨岸相和陆棚相。按照岩性等,陆棚相可进一步划分为陆缘碎屑陆棚相、混积陆棚相。滨岸相主要由石英砂岩、钙质砂岩和含砾砂岩组成,发育少量生物,以腕足为主;而在陆棚相中,则是以含粉砂泥岩、生屑灰岩、泥灰岩夹钙质泥岩和含钙泥岩为主,富含生物,以三叶虫(*Dalmanitina*)、腕足以及标志性冷水、浅水 *Hirnantia* 动物群为主。在沉积相详细研究的基础上,分析了该时期的岩相古地理面貌及其空间分布。在北部和西部,继续早期的格局,持续存在汉南隆起,围绕隆起分布的是滨岸相;往南至大两会-桥亭一线,为陆缘碎屑浅海陆棚,大两会-桥亭一线往南区域分布为混积陆棚。由于在研究区,无论在滨岸地带还是浅海地区,均发育赫南特贝化石,说明在赫南特期,由于受南冈瓦纳冰川事件的影响,冰水侵入扬子北缘全区。这次冰川事件导致海平面下降,致使扬子北缘水体变浅,早期的深水陆棚变为浅水陆棚,生物也由浮游相笔石迅速变为壳相赫南特贝,早期隆起范围进一步扩大,并出现地层的缺失。

关键词:赫南特期;岩相古地理;冰川事件;扬子地块北缘

中图分类号:P512.2

文献标识码:A

赫南特阶是奥陶系最顶部的一个地层单位,包括 *Normalograptus extraordinarius* 带和 *N. Persculptus* 带,时限 2.0 Ma^[1],而这次南半球冈瓦纳大陆冰川事件触发了奥陶纪与志留纪之交全球大规模的生物灭绝事件^[2-6]。关于目前所发现的这次事件的冰川沉积物,从 70 年代开始,先后在非洲北部、南非的奥陶纪晚期地层中发现了冰川沉积,其后在阿根廷、秘鲁、玻利维亚等国同样发现了奥陶纪晚期的冰碛杂岩,在西班牙、葡萄牙、法国、捷克、德国以及沙特阿拉伯等国也发现了海相冰川沉积^[7]。但是在中

国南方尚未发现与这次南半球冈瓦纳大陆冰川事件相吻合的直接证据:冰川沉积物—冰碛岩。有学者根据观音桥组中所发育的冷水、浅水动物赫南特贝是这次冰川事件的另一生物证据,认为与下伏五峰组及上覆龙马溪组沉积截然不同的观音桥组沉积与这次冰川事件相联系,是受冰川事件导致海平面下降影响的浅水沉积物^[8-9]。

前人对于这次冰川事件的成因等方面成果丰硕,但是对相应沉积物详细的沉积相及岩相古地理研究太少。最近,刘伟等^[10]对川南地区赫南特期的

收稿日期:2014-12-20; **改回日期:**2014-12-26

作者简介:王远翀(1991-),男,硕士研究生。E-mail: 280639578@qq.com

通讯作者:牟传龙(1965-),男,研究员,博士生导师,主要从事沉积地质与油气地质研究。E-mail: cdmchuanlong@163.com

资助项目:本文为国家重大科技专项“全国油气基础地质编图”(编号 2008ZX05043-005)、中国地质调查局项目“中国岩相古地理编图”(编号 1212010916060)的资助成果

岩相古地理进行了研究;牟传龙,梁薇等(2014)对渝东南-黔北地区赫南特期岩相古地理及冰川事件的沉积响应做了详细的研究,但是目前对于扬子地块北缘地区赫南特期的岩相古地理的研究还不够充分。因此,笔者通过对该地区多地进行野外实地考察,在该研究区多处观察到了发育有赫南特动物群、腕足动物、三叶虫以及海百合的观音桥组地层,由此讨论扬子地块北缘地区赫南特期冰川事件的岩相古地理特征。

1 区域地质背景

早古生代,中国南方由扬子陆块和华夏陆块构成。扬子地块北缘位于扬子陆块的北部地区,大致位于汉中以南的广元、旺苍、南江和南郑一带。早古生代,与扬子陆块一道,大致经历了克拉通海相盆地($\epsilon - O_2$)和隆后盆地($O_3 - S$)两个阶段^[11-12]。隆后盆地主要是由于受加里东运动影响形成或持续加强扩大的黔中隆起、川中隆起和川北隆起(有的也称为汉南隆起或汉中隆起)等隆起的围限,使得盆地总体处于局限还原的沉积环境(图1),从而形成了以黑色岩系为主体的上奥陶统地层。

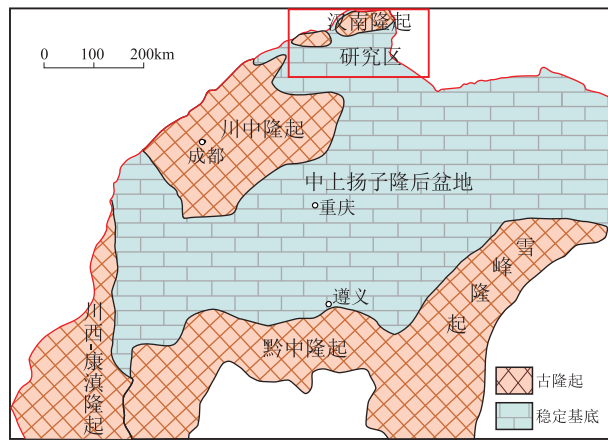


图1 研究区构造背景示意图

Fig.1 Tectonic setting of the northern margin of the Yangzi block

川北隆起为一水下高地,上有薄层沉积物,也可谓之潜隆,其形成演化与3次隆升事件紧密相关,分别为镇巴上升、南郑上升和西乡上升^[13],反映3次海平面升降与构造活动的制约关系。寒武纪末、中奥陶世末和早志留世上升构造活动强、有明显的隆升,相应的造成海平面相对下降,隆起带不同程度地露出水面和形成与上覆层的间断。尤其是西乡上升,导致研究区大面积隆升,造成相应地层的缺失(表1)。在宁强一带缺失上奥陶统大部分地

层,只发育宝塔组。而在研究区的旺苍、南江、南郑和西乡等地,上奥陶统地层发育较为齐全,包括涧草沟组、五峰组和南郑组或观音桥组。相当于赫南特阶的地层在南郑一带称为南郑组,而在旺苍和南江地区,则称为观音桥组。由于观音桥组和南郑组的存在,为开展赫南特期的岩相古地理及其冰川事件在扬子北缘的沉积响应奠定了坚实的基础。

在晚奥陶世五峰期,由于加里东主幕的到来,包括该研究区在内的整个上扬子地区处于局限滞留陆棚环境,沉积了代表还原环境的一套黑色岩系,发育了大量的笔石动物群^[14]。随着南半球冈瓦纳大陆冰川事件的发生,全球的海平面下降,海水的温度降低,该研究区的水体逐渐变浅,形成了浅水、凉水的赫南特动物群的繁荣。尔后在早志留世龙马溪期,由于扬子克拉通盆地基底发生掀斜,导致上扬子北缘地区的相对海平面上升,沉积了一套含有丰富笔石的黑色碳质页岩,即龙马溪组^[15]。

2 沉积相划分及特征

扬子地块北缘地区观音桥组地层厚度不超过2m。从岩性上来说,观音桥组多呈砂岩,局部地区发育晚奥陶世—早志留世地层。从地层的岩性变化、化石组合来看,观音桥组地层在研究区具有明显的划分标志,具有较好的区域对比。观音桥组所代表的时限较短,沉积厚度较薄,以含粉砂泥岩、生屑灰岩、泥灰岩夹钙质泥岩和含钙泥岩、石英砂岩、钙质砂岩以及含砾砂岩为主。生物方面,观音桥组含生物较为丰富,其中三叶虫尤其是以赫南特动物群为标志的腕足类、赫南特贝等生物较为繁盛。

根据研究区地质背景、古地理的研究及相关资料,该地区五峰组与龙马溪组主要岩性为黑色碳质页岩,处于局限浅海的陆棚环境。而观音桥组无论是从岩相、古生物组合还是沉积环境均与下伏的五峰组以及上覆的龙马溪组下段具有较大的区别。根据野外考察结果及区域资料,可将观音桥组的沉积相划分为两种主要类型,即滨岸相和浅海陆棚相,而浅海陆棚相又进一步划分为陆缘碎屑浅海陆棚相和混积陆棚相(图2、图3)。

2.1 滨岸相

研究区滨岸相的岩性主要以含泥粗粒石英砂岩(图4a、5a)、含砾砂岩、石英砂岩、含泥粉、中粒石英砂岩和钙质砂岩为主。在含泥粗粒石英砂岩中,泥质含量约为15%,云母含量约为4%,岩屑占2%,长石含量为2%,均为微斜长石,石英颗粒含量

表 1 扬子地块北缘上奥陶统 – 下志留统地层划分与对比^[14]

Table 1 Division and correlation of the Upper Ordovician to the Lower Silurian strata on the northern margin of the Yangzi block^[14] (after Yu Qian et al. , 2011)

地层系统		化石带	同位素 年 龄	旺苍双汇 王家湾	南江桥亭	南郑福成	西 乡 三郎铺	镇巴 星子山	城 口 大塘口	宁 强 赵家坝	宁 强 茅坪沟	
下志留统	龙马溪阶	李氏锯笔石 <i>Leei</i>	436.1		龙马溪组	龙马溪组		龙马溪组	龙马溪组			
							龙马溪组					
		轴囊直笔石 <i>Vesiculosus</i>	443.7									
		尖削拟尖笔石 <i>Acumlnatus</i>										
上奥陶统	赫南特阶	雕刻雕笔石 <i>Persculptus</i>		443.7	观音桥组	观音桥组	南郑组	南郑组	观音桥组	观音桥组		
	钱塘江阶	<i>Complanatus</i>	五峰组		五峰组	五峰组	五峰组	五峰组	五峰组			
			涧草沟组		涧草沟组	涧草沟组	涧草沟组	涧草沟组	涧草沟组			
	艾家山阶	雕刻雕笔石 <i>Persculptus</i>	455.8	宝塔组	宝塔组	宝塔组	宝塔组	宝塔组	宝塔组	宝塔组	宝塔组	
			460.9									

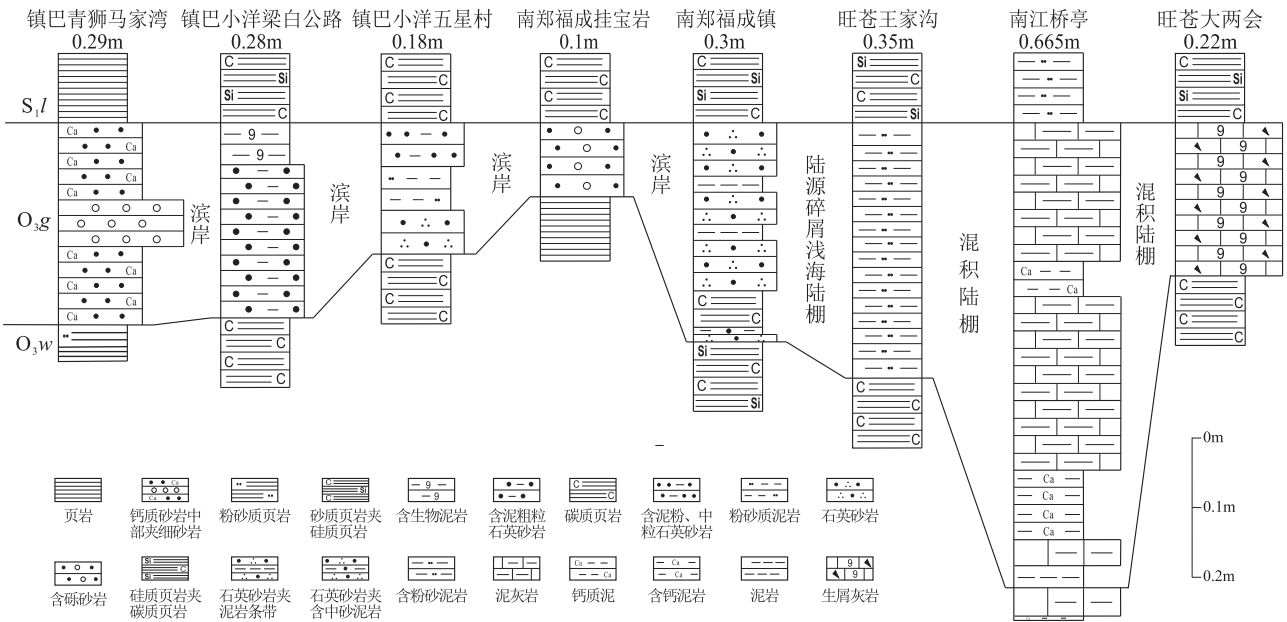


图 2 扬子地块北缘地区观音桥组沉积特征及区域横向对比

Fig. 2 Sedimentary characteristics and regional correlation of the Guanyinqiao Formation on the northern margin of the Yangzi block

为 77%。磨圆较好,多为次圆状,少部分为次棱角状和棱角状。分选很差,粒度不等,最大的可达 2.55mm,小的可达粉砂。构造方面,由于观音桥组地

层普遍较薄,大多不超过 2m,在研究区最厚不过 0.665m。沉积构造不发育,仅在镇巴县小洋镇五星村的观音桥组底部发现了平行层理(图 4b),规模较

小,约为5mm。在福成剖面的五峰组和观音桥组界限处发现了小型的底冲刷构造(图4c)。

2.2 浅海陆棚相

在扬子地块北缘地区发育的浅海陆棚相可划分为陆缘碎屑浅海陆棚和混积陆棚相。

2.2.1 陆缘碎屑浅海陆棚

在陆缘碎屑浅海陆棚中,岩性为含粉砂泥岩(图4d、5b),石英含量较少,磨圆较好,不含长石,含云母,含量10%~15%左右,呈针状和叶片状。在旺苍县王家沟剖面观察到显微水平纹层(图5c),体现出水力条件较弱。

2.2.2 混积陆棚

在混积陆棚中,岩性主要以生屑灰岩(图5d)、泥灰岩(图5e、4e)夹钙质泥岩(图5f)和含钙泥岩为主。生屑灰岩中见少量石英颗粒,含量为5%左右,代表碎屑沉积。生物方面,在广元旺苍大两会剖面,发育了丰富的赫南特贝和三叶虫(图4f),而且保存很完整。但由于风化较为严重,薄片未能磨出,不过在手标本上可以看出赫南特贝数量繁多,而且个体完整。在新鲜样所磨出的观音桥组薄片,也发现了大量的三叶虫、海百合和腕足类动物(图5g)。在南江桥亭剖面,岩性则呈现出泥灰岩夹钙质泥岩和含钙泥岩,以泥灰岩为主。但不论是在泥灰岩、钙质泥岩,还是在含钙泥岩中,均富含铁质,含量约为5%~8%左右。生物方面,泥灰岩、钙质泥岩和含钙泥岩中均发现了生物碎屑,数量不多,为2%~9%左右,大多为腕足类,也有少量的三叶虫(图4g、5h)和赫南特贝(图4h)。

最为发育的地区,而且个体保存最为完整。岩性也与扬子北缘的其它地区不同,其下伏的五峰组和上覆的龙马溪组均为黑色岩系,指示了在冰川作用下,相对海平面骤降,此地区沉积环境变浅为浅水陆棚,水温变凉,产凉水型赫南特贝动物群。冰期之后,气候逐渐回暖,水温逐渐升高,形成了龙马溪组的深水环境(图3)。

3 岩相古地理

扬子地块北缘地区的观音桥组总体上呈现碎屑岩和碳酸盐岩混合的浅海沉积模式,从北向南由顺着汉南古陆、摩天岭古陆和紫阳-平利高地分布的滨岸相过渡到碎屑岩陆棚相,再变化为混积陆棚相,为水体逐渐加深的过程(图6)。

镇巴-福成-宁强一带往北为滨岸相,属于海湾环境^[16],均为碎屑岩沉积,砂岩的粒度较粗。在福成、挂宝岩、镇巴梁白公路、青狮马家湾等地均有细砾。生物方面,在五星村发现有赫南特贝,而在梁白公路的含泥粗粒石英砂岩上面发育了一套富含生物的生屑泥岩,含三叶虫、腕足等生物。

镇巴-福成-宁强一带往南至大两会-桥亭以北则为碎屑岩陆棚相,属于浅海环境。岩性为含粉砂泥岩,发育腕足动物。

大两会-桥亭以南为混积陆棚相,岩性为生屑灰岩和泥灰岩夹钙质泥岩和含钙泥岩。在广元旺苍大两会发育了完整的赫南特贝、三叶虫和海百合等生物。

4 结论

(1)扬子地块北缘地区赫南特期观音桥组发育两种沉积相类型:滨岸相和浅海陆棚相。陆棚相又进一步分为碎屑岩陆棚相和混积陆棚相,由北向南水体逐渐变深。沉积相展布方式为隆起-滨岸相-碎屑岩陆棚相-混积陆棚相。

(2)在奥陶纪晚期短暂繁荣的赫南特动物群是浅水、凉水动物群,而这个浅水、凉水的环境恰好与这次南冈瓦纳大陆赫南特期冰川事件相对应。因此观音桥组中所发现的赫南特贝是这次冰川事件除了冰碛岩以外的另一生物证据。

(3)观音桥组上覆的龙马溪组和下伏的五峰组在扬子地块北缘地区都发育一套黑色岩系,代表了较深的水体环境。而观音桥组所发育的砂岩和泥灰岩等非黑色岩系间接证明了从五峰组到龙马溪组经历了一次水体变浅、再变深的过程,这一过程也和冰川的形成和消融相对应。

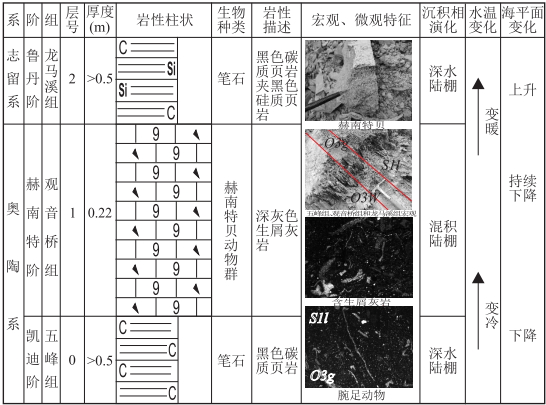


图3 广元旺苍大两会观音桥组沉积特征及演化
Fig.3 Sedimentary characteristics and evolution of the Guan yinqiao Formation in the Dalianghui section, Guangyuan, Sichuan
广元旺苍大两会剖面是整个研究区赫南特贝

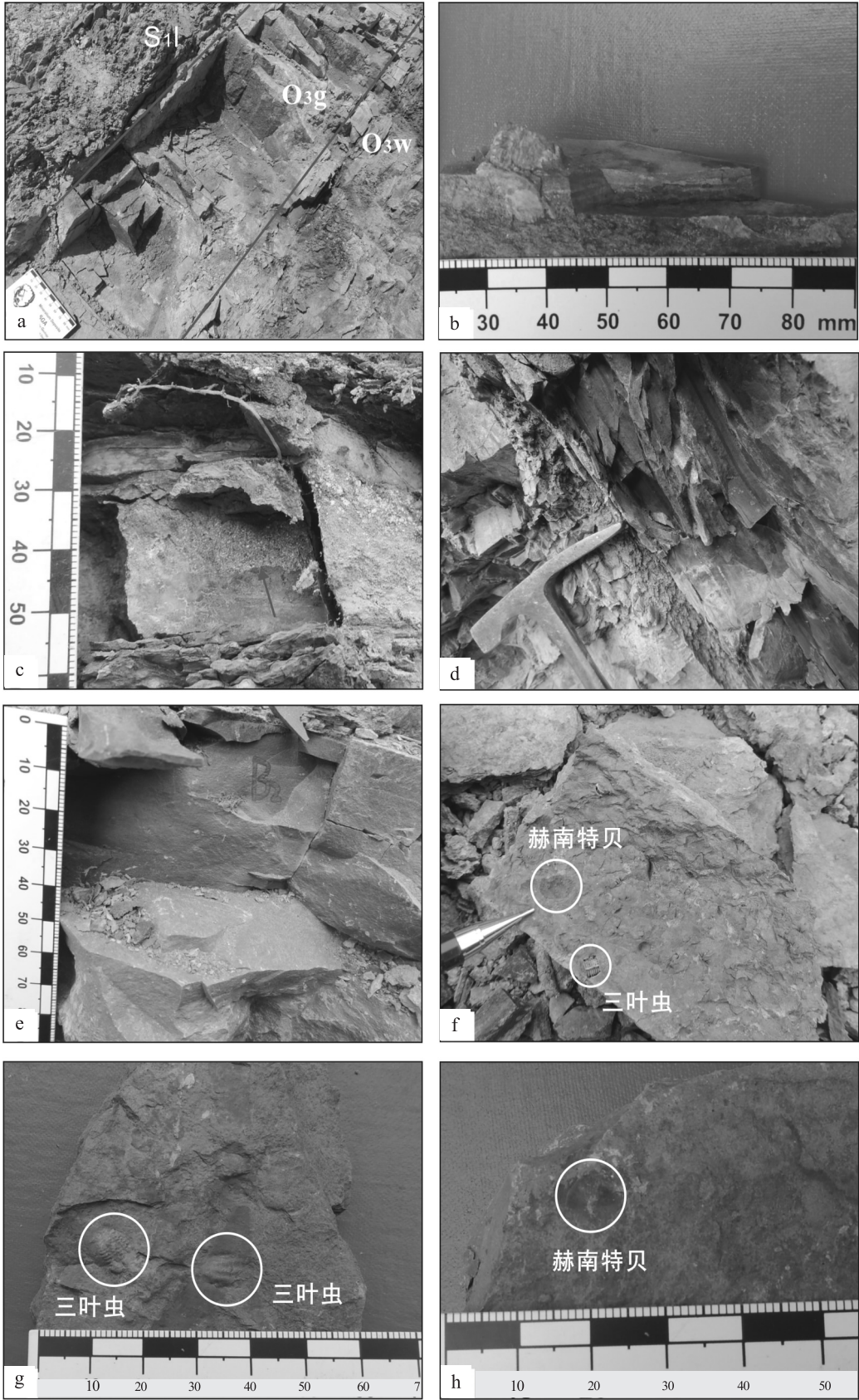


图4 扬子北缘地区观音桥组露头特征

a. 含泥粗粒石英砂岩,镇巴小洋梁白公路;b. 平行层理,镇巴小洋五星村;c. 底冲刷构造,南郑福成;d. 含粉砂泥岩,旺苍王家沟;e. 泥灰岩,南江桥亭;f. 赫南特贝、三叶虫,旺苍大两会;g. 三叶虫,南江桥亭;h. 赫南特贝,南江桥亭

Fig.4 Photographs for the Guanyinqiao Formation on the northern margin of the Yangzi block

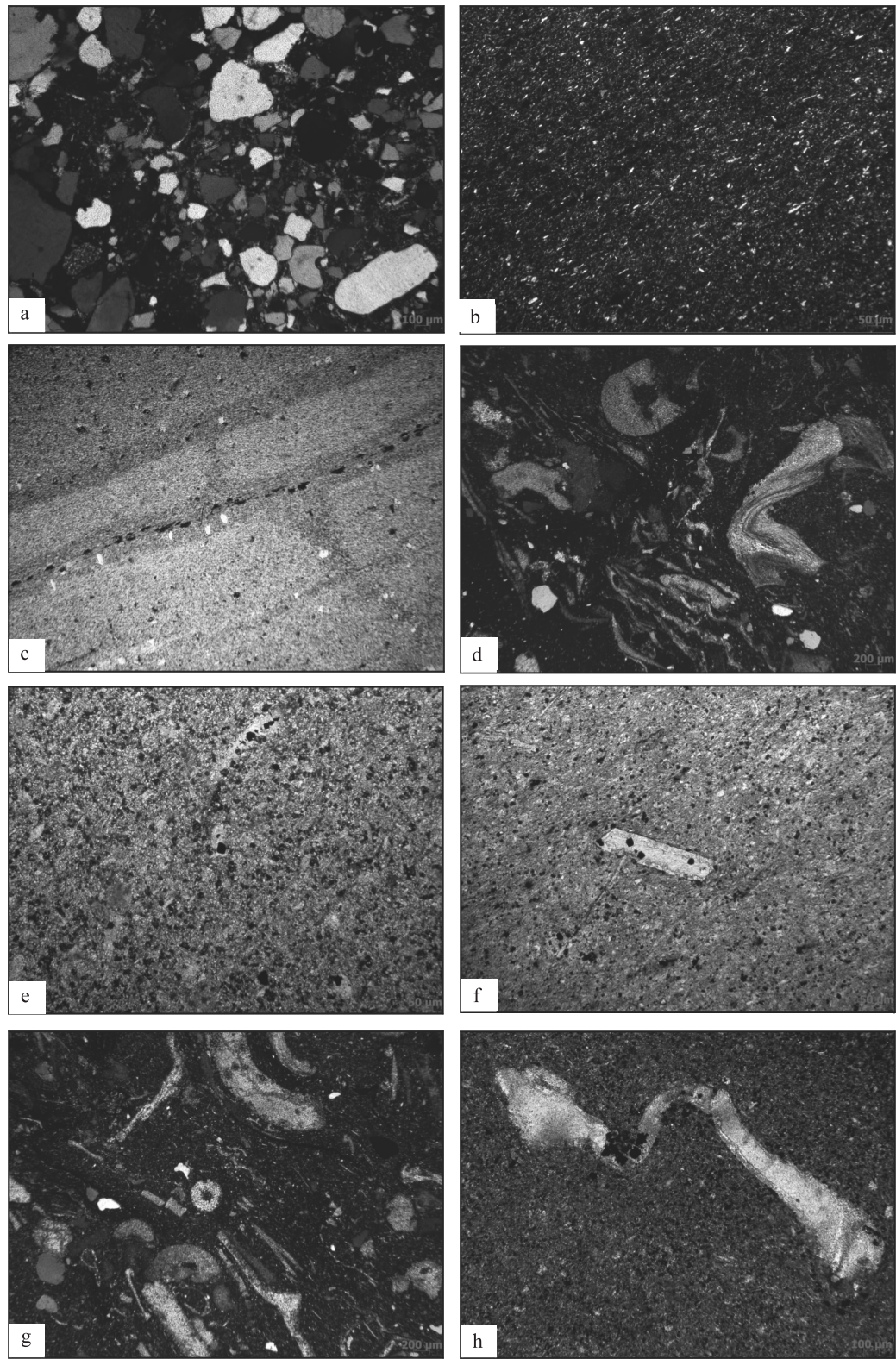


图 5 扬子北缘地区观音桥组微观特征

a. 含泥粗粒石英砂岩, 正交偏光, 镇巴小洋梁白公路; b. 含粉砂泥岩, 正交偏光, 旺苍王家沟; c. 含粉砂泥岩中水平纹层, 单偏光, 旺苍王家沟; d. 生屑灰岩, 正交偏光, 旺苍大两会; e. 泥灰岩, 正交偏光, 南江桥亭; f. 钙质泥岩, 单偏光, 南江桥亭; g. 海百合、腕足类生屑, 正交偏光, 旺苍大两会; h. 三叶虫生屑, 正交偏光, 南江桥亭

Fig. 5 Photomicrographs for the Guanyinqiao Formation on the northern margin of the Yangzi block

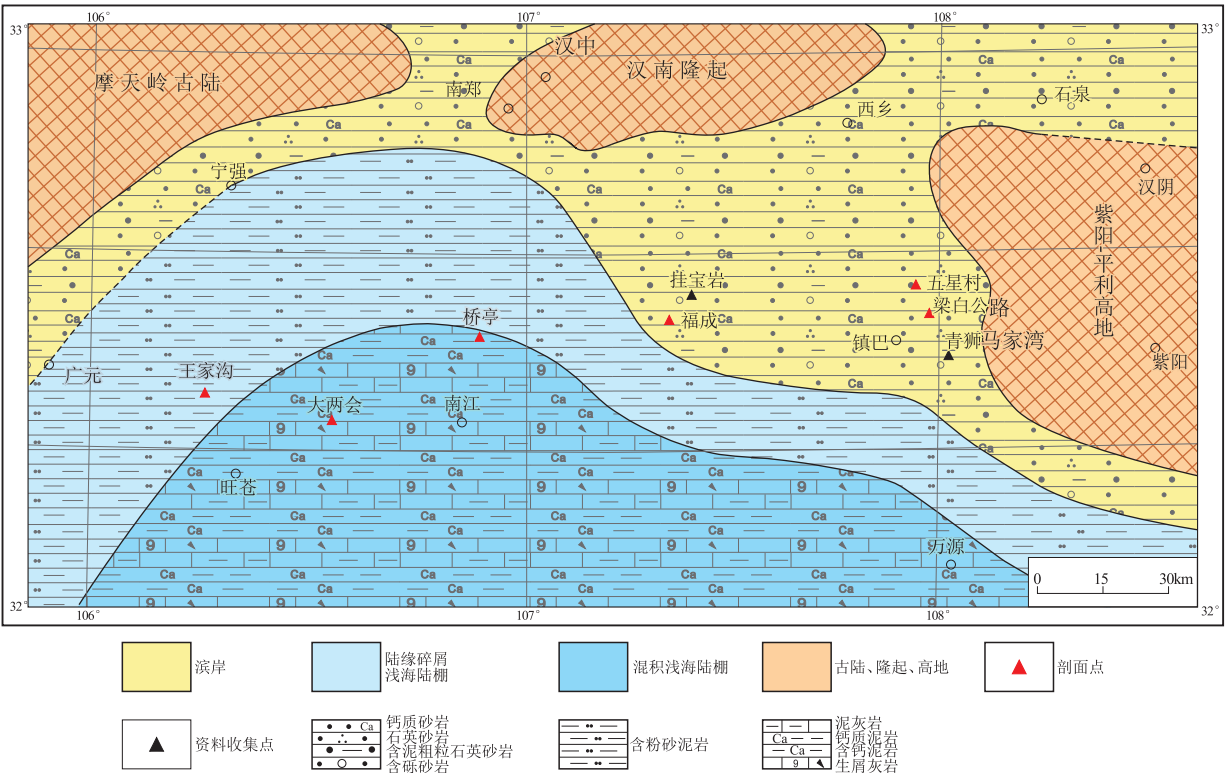


图 6 扬子地块北缘地区赫南特期岩相古地理

Fig.6 Sedimentary facies and palaeogeography of the northern margin of the Yangzi block during the Hirnantian

参考文献:

[1] FINNEY S C. Global series and stages for the Ordovician system; A progress report [J]. *Geologica Acta*,2005,3(4):309-316.

[2] CHEN X,MELCHIN M J,SHEETS H D,et al. Patterns and processes of latest Ordovician graptolite extinction and recovery based on data from South China [J]. *Paleontology*,2005,79(5):842-861.

[3] JAMES D. M,PATRICK J. B,PAUL M,et al. Global carbon isotopic events associated with mass extinction and glaciation in the late Ordovician [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1997,132(1-4):195-210.

[4] SHEEHAN P M. The Late Ordovician mass extinction[J]. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*,2001,29:331-364.

[5] 戎嘉余,詹仁斌. 奥陶纪末集群灭绝后腕足动物复苏的主要源泉—论先驱型生物的分类[J]. *中国科学(D辑):地球科学*, 1999,29(3):232-239.

[6] 王传尚,汪啸风,陈孝红. 奥陶系/志留系界线之交生物的绝灭与复苏[J]. *华南地质与矿产*, 2001,(2):28-34.

[7] 戎嘉余,詹仁斌. 华南奥陶、志留纪腕足动物群的更替兼论奥陶纪末冰川活动的影响[J]. *现代地质*,1999,13(4):390-394.

[8] 戎嘉余. 上扬子区晚奥陶世海退的生态地层证据与冰川活动影响[J]. *地层学杂志*,1984,8(1):19-29.

[9] CHEN XU. Influence of the Late Ordovician glaciation on basin configuration of the Yangtze platform in China [J]. *Lethaia*,1984,17(1):51-59.

[10] 刘伟,许效松,余谦,等. 中上扬子晚奥陶世赫南特期岩相古地理[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*,2012,39(1):32-39.

[11] 牟传龙,许效松. 华南地区早古生代沉积演化与油气地质条件[J]. *沉积与特提斯地质*,2010,30(3):24-29.

[12] 牟传龙,周恩恩,梁薇,等. 中上扬子地区早古生代烃源岩沉积环境与油气勘探[J]. *地质学报*,2011,85(4):526-532.

[13] 陈旭,徐均涛,成汉钧,等. 论汉南古陆及大巴山隆起[J]. *地层学杂志*,1990,14(2):81-116.

[14] 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):672-680.

[15] 张海全,许效松,余谦,等. 扬子板块西北缘晚奥陶-早志留世岩相古地理演化与烃源岩的关系[J]. *石油天然气学报(江汉石油学院学报)*,2010,32(2):43-47.

[16] 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.

Sedimentary facies and Palaeogeography of the northern margin of the Yangzi block during the Hirnantian (Late Ordovician)

WANG Yuan-chong³, MOU Chuan-long^{1, 2}, LIANG Wei^{1, 2}, WANG Xiu-ping^{2, 4}, CHEN Chao⁵

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Key Laboratory of Sedimentary Basin and Oil & Gas Resources, Ministry of Land and Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China; 3. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 4. Shandong University of Science and Technology, Jinan 266590, Shandong, China; 5. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China)

Abstract: The northern margin of the Yangzi block has witnessed two stages of evolution including the Upper Yangtze craton basin ($\epsilon - O_2$) and post-uplift basin ($O_3 - S$) during the Early Palaeozoic, and stratigraphically, consist of the Upper Ordovician Guanyinqiao Formation and/or Nanzheng Formation strata. The sedimentary facies in the Guanyinqiao Formation may be classified into the littoral facies and shelf facies. Lithologically, the shelf facies may be subdivided into the epicontinental clastic shelf and mixed shelf. The littoral facies aligned along the Hannan uplift is dominantly made up of quartz sandstones, calcareous sandstones, and gravel-bearing sandstones in which brachiopods occur. The shelf facies in the Dalianghui-Qiaoting zone is significantly built up of silty mudstones, bioclastic limestones and marls intercalated with calcareous mudstones and Ca-bearing mudstones in which trilobites (*Dalmanitina*), brachiopods, and cold-water and shallow-water *Hirnantia* faunas are observed. The occurrence of the Hirnantian fossils recognized both in the littoral zones and shallow-sea zones has mirrored that due to the effects of the southern Gondwana glacial event, the ice water once invaded into the northern margin of the Yangtze Block. The sea-level falling caused by this glacial event led to the shallowing of the sea water, the transition of the deep-water shelf to the shallow-water shelf and planktonic graptolite to the shelly *Hirnantia*, and steady uplifting and stratigraphic hiatus in the study area.

Key words: Hirnantian; sedimentary facies and palaeogeography; glacial event; northern margin of the Yangzi block