

湘南地区奥陶系岩石组合及其沉积环境

罗 薇¹, 何幼斌¹, 蒋金晶¹, 游国庆²

LUO Wei¹, HE You-bin¹, JIANG Jin-jing¹, YOU Guo-qing²

1. 长江大学地球科学学院, 湖北 荆州 434023;

2. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

1. School of Geoscience, Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China;

2. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

摘要:湘南地区奥陶系的岩石类型以砂岩、泥岩和页岩为主, 硅岩、灰岩较少。按照岩石成分, 可进一步划分为砂岩-泥岩韵律性互层型和泥(页)岩(板岩)-硅岩型 2 种岩石组合类型。其中, 砂岩-泥岩韵律性互层型岩石组合分布于爵山沟组、桥亭子组、天马山组, 泥(页)岩(板岩)-硅岩型岩石组合分布于烟溪组。通过岩性、古生物、沉积构造等相标志分析, 认为研究区奥陶系沉积环境为深水斜坡至盆地环境, 发育深水原地沉积和浊流沉积, 并建立了沉积模式, 同时分析其沉积演化过程。研究区奥陶系总体表现为水体逐渐上升, 经历过一次完整的海进-海退旋回: 第一次海进始于下奥陶统桥亭子组, 上奥陶统天马山组海退开始。

关键词:湘南地区; 奥陶系; 沉积环境; 深水沉积

中图分类号: P534.42

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2012)07-1105-10

Luo W, He Y B, Jiang J J, You G Q. An analysis of Ordovician rock association and sedimentary environment in southern Hunan Province. *Geological Bulletin of China*, 2012, 31(7):1105-1114

Abstract: The Ordovician strata in southern Hunan Province consist mainly of sandstone and mudstone (slate), with minor siliceous rocks and limestone. According to the rock components, they can be further divided into two sub-rock association types, i.e., rhythmically alternate sandstone and mudstone type, which is mainly developed in Jueshangou, Qiaotingzi and Tianmashan formations; and mudstone (slate)-siliceous rocks type, which is mainly developed in Yanxi Formation. According to a comprehensive analysis of lithology, palaeontology and sedimentary structures, it is held that the sedimentary environment should be deep-water slope to basin, where deep-water autochthonous (in situ) deposits and turbidite deposits were developed. On such a basis, the sedimentary model has been built and the sedimentary evolution has been analyzed. The sedimentary evolution indicates that the water became gradually deeper on the whole, and there existed an Ordovician sedimentary cycle of transgression-regression in this section. The first transgression began in Qiaotingzi stage of Early Ordovician, and the regression began in Tianmashan stage of Late Ordovician.

Key words: southern Hunan Province; Ordovician; sedimentary environment; deep-water deposit

湖南的奥陶纪地层, 早在 20 世纪 30、40 年代已有研究, 过去的几十年地质工作者们已经查明了湖南奥陶系的分布范围及其特点, 累积了丰富的地层、古生物资料, 详细地划分了地层, 建立了该区的地层系统^[1-4]。除地层外, 许多学者还对湘南奥陶系的古

生物、海平面变化、古地理等方面做了详细的研究。确定了湘南地区奥陶系化石, 特别是笔石化石的年代, 并明确其深水环境^[5], 完成了中国南方奥陶纪岩相古地理图, 对湘南地区沉积环境有了大致的认识^[6]。

收稿日期: 2012-01-17; 修订日期: 2012-05-15

资助项目: 中国地质调查局项目《中国构造区划及其在全国地质志中的应用》(编号: 121201112011) 和《华南早古生代沉积-构造演化史》专题

作者简介: 罗薇(1986-), 女, 在读硕士, 研究方向为沉积学。E-mail: xixiprincess204@yahoo.com.cn

通讯作者: 何幼斌(1964-), 男, 博士, 教授, 从事沉积学的教学和研究工作。E-mail: heyb122@163.com

表 1 湘南地区奥陶系划分及其与邻区对比
(据参考文献[14]修改)

Table 1 Division and correlation of Ordovician strata in southern Hunan Province and adjacent areas

地层系统	湘南	湘中	湘西北	鄂西南	黔东南
下志留统		龙马溪组	龙马溪组	龙马溪组	龙马溪组
奥陶系上统	赫南特阶	五峰组	五峰组	五峰组	五峰组
	凯迪阶	天马山组	临湘组	临湘组	洞草沟组
	桑比阶	烟溪组	宝塔组	宝塔组	宝塔组
奥陶系中统	威尔阶		牯牛潭组	庙坡组	
	达瑞阶	桥亭子组	牯牛潭组	牯牛潭组	牯牛潭组
奥陶系下统	大坪阶		大湾组	大湾组	大湾组
	弗洛阶		红花园组	红花园组	红花园组
	豆克阶	爵山沟组	白水溪组	桐梓组	南津关组
上寒武统	特马	小紫荆组	娄山关组	娄山关组	毛田组

泥、页岩发生浅变质作用,而成为浅变质的石英砂岩和板岩。

2.2 岩石组合

根据研究区奥陶系各类岩石的组合特征,可将其归纳为砂岩-泥岩韵律性互层型和泥(页)岩(板岩)-硅岩型 2 种类型。

2.2.1 砂岩和泥岩韵律性互层型

该类岩石组合在研究区奥陶系分布广泛,主要分布在下奥陶统爵山沟组、下一中奥陶统桥亭子组和上奥陶统天马山组(图 2),为研究区主要的岩石组合类型。

本组合主要为灰—深灰色巨厚、厚层石英砂

岩、长石石英砂岩夹泥、页岩(板岩)构成的韵律层,青灰、灰绿色粉砂质板状页岩夹粉砂岩、细砂岩组成的韵律层和灰绿、灰黑色中—厚层浅变质石英砂岩、粉砂岩与泥、页岩(板岩)组成的韵律层(图版 I-1)。

研究区砂岩薄片鉴定(5 片)表明,该类岩石组合中砂岩颗粒大小为 0.02~0.27mm,一般在 0.03~0.10mm 之间,次圆状,分选中等,成分较复杂。碎屑成分以陆源碎屑石英为主,含量为 60%~94%,平均值约为 80.6%;次为岩屑,含量为 3%~38%,平均值约为 16.8%,以云母和变质岩岩屑为主;长石含量较少,仅占 2%~4%;杂基含量高,一般在 25%~40%之间,以绢云母化的粘土矿物为主,有机质含量也较高(图版 I-2),属杂砂岩,基底式胶结,杂基支撑。将砂岩成分含量投点于砂岩三角图(图 3)中,可以看出研究区奥陶系砂岩以石英杂砂岩和岩屑杂砂岩为主。

薄片粒度分析表明,研究区砂岩粒度中值为 3.8~4.25mm,平均 4.03mm,标准偏差 σ 在 0.61~0.78 之间,平均值为 0.70,分选中等。粒度概率曲线为一段式(图 4),呈一条斜率不大的较平直的直线,说明只有 1 个递变悬浮总体,粒度范围分布较广,表现出浊流沉积的典型特征。

砂岩中可见平行层理、交错层理、包卷层理、槽模、沟模等沉积构造,泥、页岩多发生微变质作用而形成板岩。这种砂泥互层一般下部为灰黑色、灰绿色、黄绿色细砂岩、粉砂岩或泥质粉砂岩,上部为深灰色泥、页岩(板岩),含有少量砂质,但总体粒度较细、泥质含量较高,自下而上见鲍马序列 AB 段(图版 I-3,图 5-a)和 BCD 段(图版 I-4,图 5-b)。单个韵律层厚薄不一,薄者仅 0.5m 左右,厚者可达 3~4m,且一般泥岩层相对较薄,而砂岩层较厚。这些韵律层的累积厚薄也不一,薄者如爵山沟组为 500~600m,厚者如天马山组可达 3000 多米,一般

表 2 湘南地区奥陶系岩石类型

Table 2 Main rock types of Ordovician in southern Hunan Province

岩石类型			分 布
碎屑岩	砂岩	浅变质石英砂岩、石英杂砂岩	爵山沟组、天马山组、桥亭子组
	泥岩、页岩	炭质页岩(板岩)	烟溪组, 天马山组较少
	(板岩)	粉砂质泥岩(板岩)	桥亭子组, 次为烟溪组
硅 岩			烟溪组

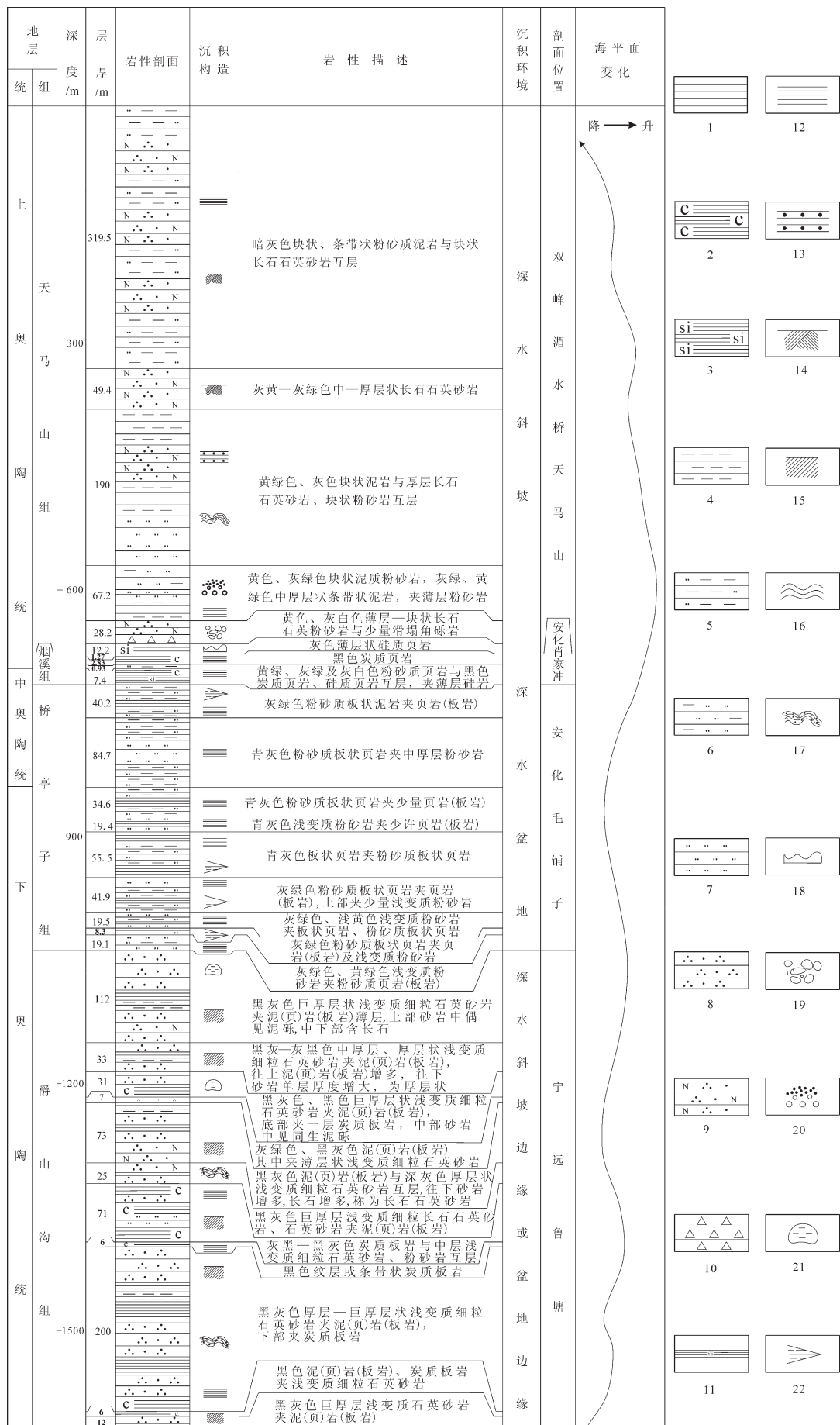
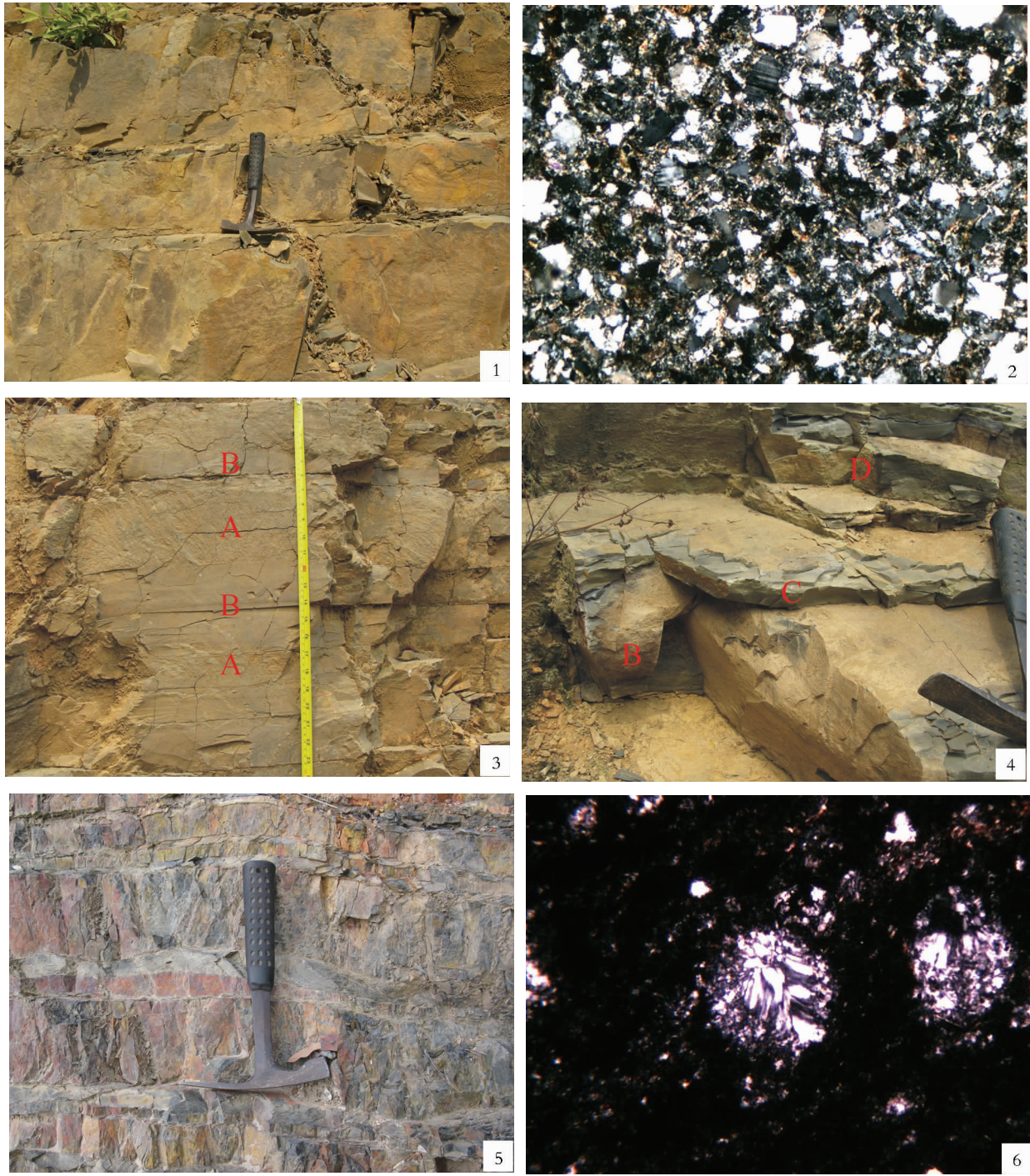


图 2 湘南地区奥陶系沉积环境分析柱状图

Fig. 2 Columnar section of sedimentary environment of Ordovician strata in southern Hunan Province

1—页岩;2—炭质页岩;3—钙质页岩;4—粉砂质页岩;5—粉砂质页岩;6—泥质粉砂岩;7—粉砂岩;8—石英砂岩;9—长石石英砂岩;10—角砾岩;11—硅岩;12—水平层理;13—平行层理;14—交错层理;15—斜层理;16—波状层理;17—包卷层理;18—底部印模构造;19—滑塌构造;20—粒序层理;21—泥质团块;22—泥质条带

图版 I Plate I



- 1—厚层细砂岩夹薄层含粉砂质泥岩(板岩),二者呈韵律互层,重力流沉积,湘南宁远县棉花坪天马山组

2—含泥细砂岩(石英杂砂岩),照片中主要为石英颗粒,偶见斜长石(聚片双晶),分选磨圆较差,有机质含量高,正交偏光,物镜×4倍,对角线长 1.9mm,宁远棉花坪天马山组

3—鲍马序列 AB 段,A 段-粒度上呈正递变的粗砂岩,B 段-比 A 段细,具平行纹层的中-细砂岩,宁远棉花坪天马山组
- 4—鲍马序列 BCD 段,B 段-具平行纹层的细砂岩,C 段-具波纹层理的粉砂岩,D 段-具平行纹层的泥质粉砂岩,宁远棉花坪天马山组

5—含炭质硅岩,硅岩以薄层状为主,层状分布,炭质含量较高,宁远棉花坪烟溪组

6—含炭质硅岩,见纤维状、球粒状隐晶质玉髓集合体,含有机质,正交偏光,物镜×10 倍,对角线长 0.8mm,宁远棉花坪烟溪组

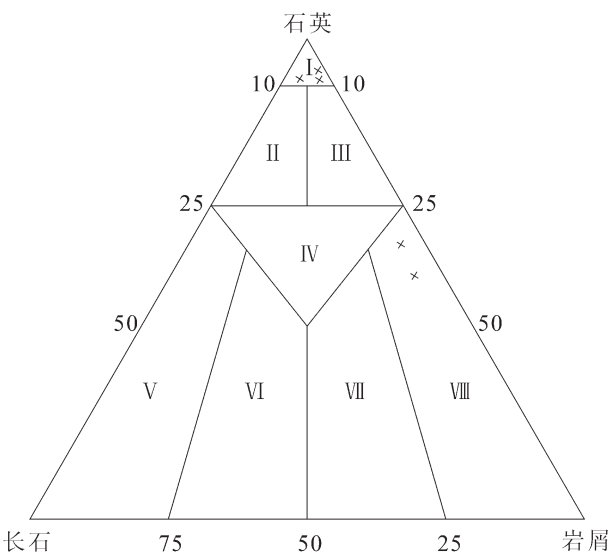


图 3 湘南地区奥陶系砂岩分类

Fig. 3 Classification of Ordovician sandstones in southern Hunan Province

I—石英杂砂岩; II—长石质石英杂砂岩; III—岩屑质石英杂砂岩; IV—长石岩屑质石英杂砂岩; V—长石杂砂岩; VI—岩屑质长石杂砂岩; VII—长石质岩屑杂砂岩; VIII—岩屑杂砂岩

厚 1000m 左右。具有这样的互层,有人称之为“复理石”^[6,17-18]。泥、页岩(板岩)中含丰富的笔石化石,且主要为营漂浮类的正型笔石,如正笔石目无轴亚

目的 *Didymograptus hirundo* (反常对笔石)、*D. bifidus*(两分对笔石)等,还发育少量无铰钢腕足类化石,如舌形贝纲的 *Obolus* sp.(滦县圆货贝)、*Acrothele* sp.(亚洲乳房贝)、*Palaeobolus* sp.(轮形古圆货贝)等,都具有个体较小、壳薄而轻等特点,表明其不属底栖生物,体现了营远洋游泳或浮游的方式生活,为较深水层的代表^[16]。

该类岩石组合的颜色较暗,反映产出于还原环境,而正型笔石化石也代表了深水环境特点^[19],“复理石”韵律层^[20-23],鲍马序列,槽模、沟模等沉积构造带有浊流沉积的特点。以上特征表明,这类岩石组合反映了水体较深、水动力条件较强的深水浊流沉积环境。

2.2.2 泥(页)岩(板岩)–硅岩型

该类岩石组合主要分布在中—上奥陶统烟溪组中(图 2),在研究区其它地区和层位也可见及。

本岩石组合基本上由黑色炭质硅质页岩(板岩)、页岩夹薄层硅岩组成。岩石以黑色、深灰色为主,富含炭质、硅质和黄铁矿,薄层状,发育水平纹层和条带状构造。其中页岩(板岩)主要由炭质页岩(板岩)、炭质硅质页岩(板岩)、砂质泥岩(板岩)、粉砂质页岩(板岩)组成;硅岩、泥质硅岩则呈黑色、灰黑色,薄层状产出,薄者仅 2cm,厚者 10cm,一般厚 5~8cm(图版 I-5)。硅岩主要由隐晶质玉髓集合体和微晶

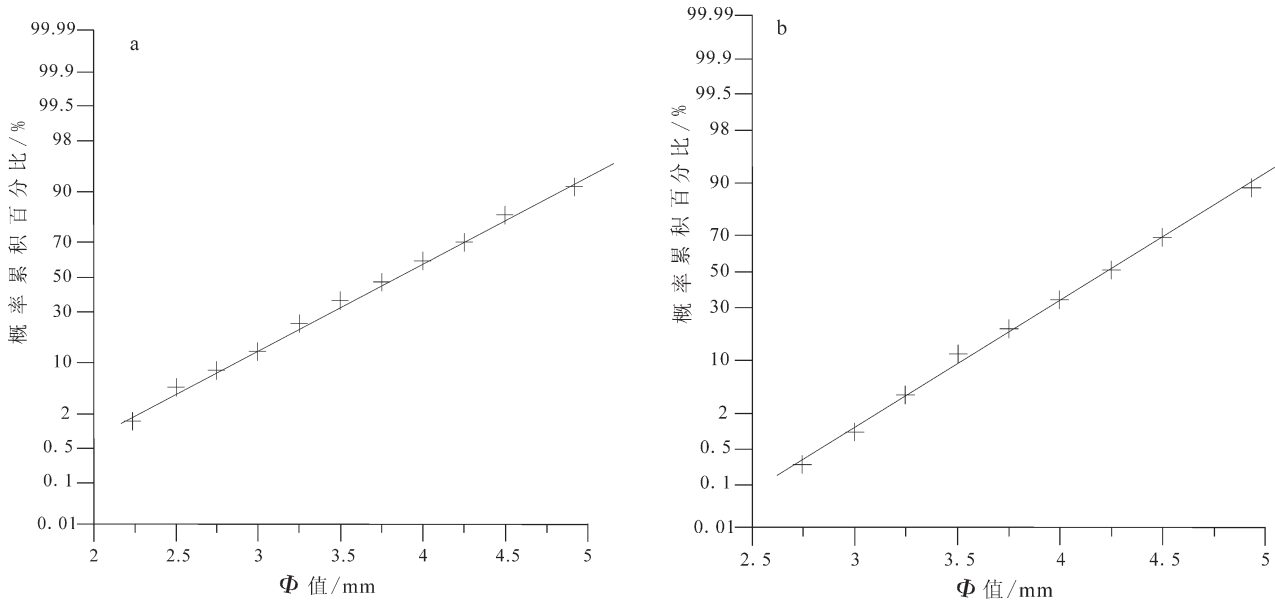


图 4 湘南奥陶系砂岩粒度概率图

Fig. 4 Grain size probability plot of Ordovician sandstone in southern Hunan Province

a—宁远棉花坪剖面天马山组砂岩粒度概率图;b—双峰剖面天马山组砂岩粒度概率图

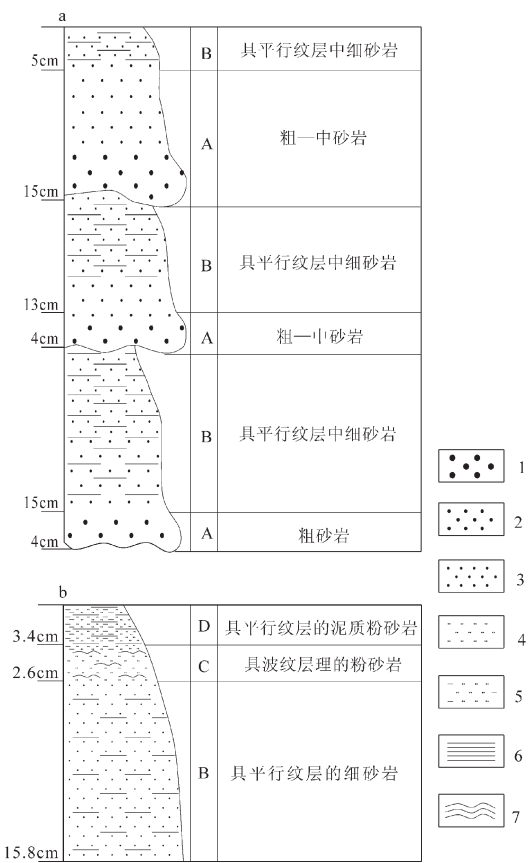


图 5 天马山组鲍马序列 AB 段和 BCD 段

Fig. 5 Divisions AB and BCD of Bouma sequence in Tianmashan Formation

a—湖南宁远棉花坪剖面天马山组鲍马序列 AB 段;
b—湖南宁远棉花坪剖面天马山组鲍马序列 BCD 段;
1—粗砂岩;2—中砂岩;3—细砂岩;4—粉砂岩;
5—泥质粉砂岩;6—平行纹层;7—波状纹层

石英组成,其含量约为 67%,还含有一些云母和少量放射虫生物残骸,且有机质含量较高(图版 I-6),可能是生物-化学共同作用的产物^[24-26]。

泥、页岩(板岩)和硅岩中均含丰富的营漂浮类的对笔石、四笔石化石,如正笔石目无轴亚目的 *Tetragraptus* (四笔石)、有轴亚目的 *Climacograptus truncatus* (栅笔石)等,且一般保存较好,排列无定向。这些化石的出现说明其沉积环境可能为海水不畅、海底平静缺氧的潟湖环境或深海—半深海环境^[19,27]。黑色硅质页岩和黑色薄层硅岩中还含有放射虫,多呈星点状散布于硅岩中,含量一般为 2%~10%,圆形或椭圆形,多已被溶蚀呈铸模孔洞,与大量远洋浮游型笔石共生。前人已对放射虫做过较多的研究,认为放射虫营漂浮生活,多生活在温暖海

域,其丰度随深度的增加而增加,大多分布在半深海至深海沉积物中^[28-29],而放射虫硅岩的发现表明它很可能为深海盆地沉积^[30],代表了安静、清洁的深海环境。在湘中地区上奥陶统顶部五峰组中发现较多放射虫硅岩,与研究区烟溪组情况类似,也被解释为深海环境^[31];在中国其它地区不同时代地层中也发现有较多放射虫,如赣东北石炭纪—二叠纪蛇绿混杂岩、陕西富平上奥陶统薄层硅岩、河南桐柏三叠纪大理岩、川湘黔边界震旦纪碳酸盐锰矿中的放射虫等^[32-33]。这些放射虫在沉积地层及时代等方面虽然与研究区有较大区别,但大多也被解释为深海、洋盆、远洋、半深海等环境。

该类岩石组合颜色以暗色为主,呈薄层状、纹层状,反映水体较深、较安静、能量较低、闭塞、循环不畅的还原环境。组合中的硅岩常与硅质页岩、硅质泥岩、泥质硅岩互层,表明其沉积水体水动力条件弱,为沉积速率较低的静水环境的产物。而营漂浮类的笔石、放射虫化石等也说明其可能形成于较深水的还原滞留环境。以上特征表明,此类岩石组合可能为深水原地沉积环境。

3 沉积环境

通过对研究区岩石类型及其组合、生物化石、沉积构造等特征的研究,认为湘中、湘南地区奥陶纪主要为深水沉积环境,可进一步分为斜坡、斜坡边缘或盆地边缘、盆地 3 种类型。下面对奥陶系各组沉积环境逐一进行分析。

(1) 爵山沟组:主要分布于研究区桂东—宁远—江永一带。岩石类型主要有石英砂岩,粉砂岩,泥、页岩(板岩),炭质泥、页岩(板岩)等。岩性较稳定,厚度变化大,薄者为 500~600m,厚者可达 2000m,以砂岩和泥岩韵律性互层型岩石组合为特征,在宁远为一套灰、深灰色厚层—巨厚层砂岩夹板岩组成的“复理石”韵律层,生物化石稀少,表明沉积水体有一定的深度,类似于盆地环境,但板岩中见少量海绵骨针和一些无铰纲腕足类,又与盆地环境有所区别,且未发现具斜坡特征的沉积构造,故该组的沉积环境可能为深水斜坡边缘或盆地边缘环境。

(2) 桥亭子组:在研究区新化、双峰等地均有分布。岩石类型主要有粉砂岩,粉砂质泥、页岩(板岩)等。厚度由湘中向湘南逐渐减薄,双峰一带可见厚度为 170m 以上。该组岩性较稳定,区域上仅有一些小

的变化,以砂岩和泥岩韵律性互层型岩石组合为特征,双峰一带夹粉砂岩、细砂岩较多,并与泥、页岩(板岩)组成复理石韵律,由此向南砂岩成分增加。纵向上,该组由下往上砂质含量逐渐减少,而泥岩逐渐增多,颜色逐渐变深,且粒度向上变细,反映了海水的加深。板岩中可见保存完好、堆积无定向排列的营浮游类正型笔石化石,反映出水体为能量不高、较为安静的深水环境,分析该组可能为深水盆地环境。与下伏爵山沟组相比,水体加深,也反映了海平面的上升。

(3)烟溪组:研究区内分布广泛。岩石类型主要有炭质页岩(板岩)、硅岩、炭泥质硅岩等,厚度自北往南逐渐加厚,双峰、祁东一带厚 50m 左右,向南东厚度巨增至 108~160m。以泥(页)岩(板岩)-硅岩型岩石组合为特征,该组岩性较稳定。新化一带为黑色炭质页岩(板岩)和炭质硅质页岩(板岩),夹粉砂质泥岩(板岩)较多;往南东在祁东、祁阳、新宁、东安、茶陵、桂东、零陵、双牌、江永等广大湘东、湘南地区,薄层硅岩含量进一步增加。页岩(板岩)中含丰富的、保存完好的正笔石化石,这些特征都反映出水流不畅、缺氧的还原环境,故该组可能为陆源物质供应不足,欠补偿的深水闭塞盆地环境。与下伏桥亭子组相比,沉积环境变化不大,但砂质含量明显减少,而泥质、炭质、硅质含量增加,反映水体进一步加深,代表海平面继续上升。

(4)天马山组:在整个研究区均有分布,宁远等地该组较为典型。岩石类型主要为石英砂岩、粉砂岩和泥、页岩(板岩)。该组岩性稳定,厚度巨大,总厚度为 900~1000m,以砂岩和泥岩韵律性互层型岩石组合为特征,宁远一带为浅变质砂岩夹泥、页岩(板岩)组成的复理石韵律,往北至双峰一带炭质、硅质含量增加;纵向上,底部或下部板岩稍多,向上砂岩逐渐增加,由下至上泥质逐渐减少而砂质相对增多,具向上变粗的趋势,反映水体变浅,代表一海退沉积序列,而板岩中含有丰富的正型笔石化石,也代表较深的水体环境。除砂岩和泥岩韵律性互层型岩石组合外,本组局部还含有少量滑塌角砾岩,与鲍马序列和槽模、沟模等沉积构造一起反映了斜坡环境。故该组的沉积环境可能为深水斜坡环境。与下伏烟溪组相比,砂质含量增加,水体变浅,也代表海退的发生。

上述分析表明,从爵山沟组至天马山组总的趋

势是沉积环境的水体逐渐加深。研究区奥陶纪经历了一次完整的海进-海退旋回。第一次海进始于早奥陶世桥亭子组,以一套砂岩和泥岩韵律性互层夹钙质页岩(板岩)和灰岩透镜体的深海沉积为特征,由下至上砂质含量减少,泥质增多,岩石颜色由黄绿色变为青灰色、灰黑色,且粒度向上变细,反映了海水的加深,与下伏地层相比,研究区由深水斜坡边缘或盆地边缘相变为深水盆地相,代表了海进的发生。最大的一次海平面上升事件出现在中奥陶世烟溪组沉积早期,与下伏桥亭子组相比,砂质含量明显减少,而泥质、炭质、硅质含量增加,代表水体的加深,此时研究区仍为深水盆地相,而综观整个中国南方奥陶纪,该时期江南页岩盆地达到其面积的最大值,也说明了水体的进一步加深,至此第一次海进结束。天马山组早期,海退开始,水体变浅,表现在由下至上泥质逐渐减少而砂质相对增多,且向上有变粗的趋势,该时期江南页岩盆地面积大为减小,减小到整个南方奥陶纪的最小值,而且也不是一个统一的盆地。与烟溪组相比,研究区也由深水盆地相变为深水斜坡相,代表海退的发生。

4 沉积模式与沉积盆地构造演化

根据研究区奥陶系爵山沟组、烟溪组、桥亭子组、天马山组的沉积环境特征及其分布规律,总结并建立了相应的沉积模式,如图 6 所示。

省内奥陶纪沉积盆地划分情况如图 1 所示,上扬子克拉通盆地与上扬子东南被动大陆边缘盆地的界线为岳阳—大庸—保靖一线,上扬子东南被动大陆边缘盆地与华南盆地的界线大致沿衡阳—永州一线^[7]。早奥陶世研究区为华南盆地的一部分,中、晚奥陶世包括华南盆地及上扬子东南被动大陆边缘盆地(上扬子东南前陆盆地)的一部分,即相当于华夏板块及扬子板块的一部分(图 1)。自奥陶纪末,华南盆地褶皱隆升,海底地形总体呈现北西高、南东低的格局。

(1)早奥陶世:研究区华南盆地沉积物主要有石英杂砂岩,粉砂岩,泥、页岩(板岩),炭质泥、页岩(板岩)等。以砂岩和泥岩韵律性互层的浊流沉积为特征,发育一套具鲍马序列的浊积岩建造。这与扬子东南缘板块构造演化呈鲜明对比:扬子东南陆缘发育一套以泥质沉积为主的深水宁静环境的被动大陆边缘型沉积^[34-37]。这代表了该时期扬子板块与华夏板块以拉张为主的裂谷阶段的特征。

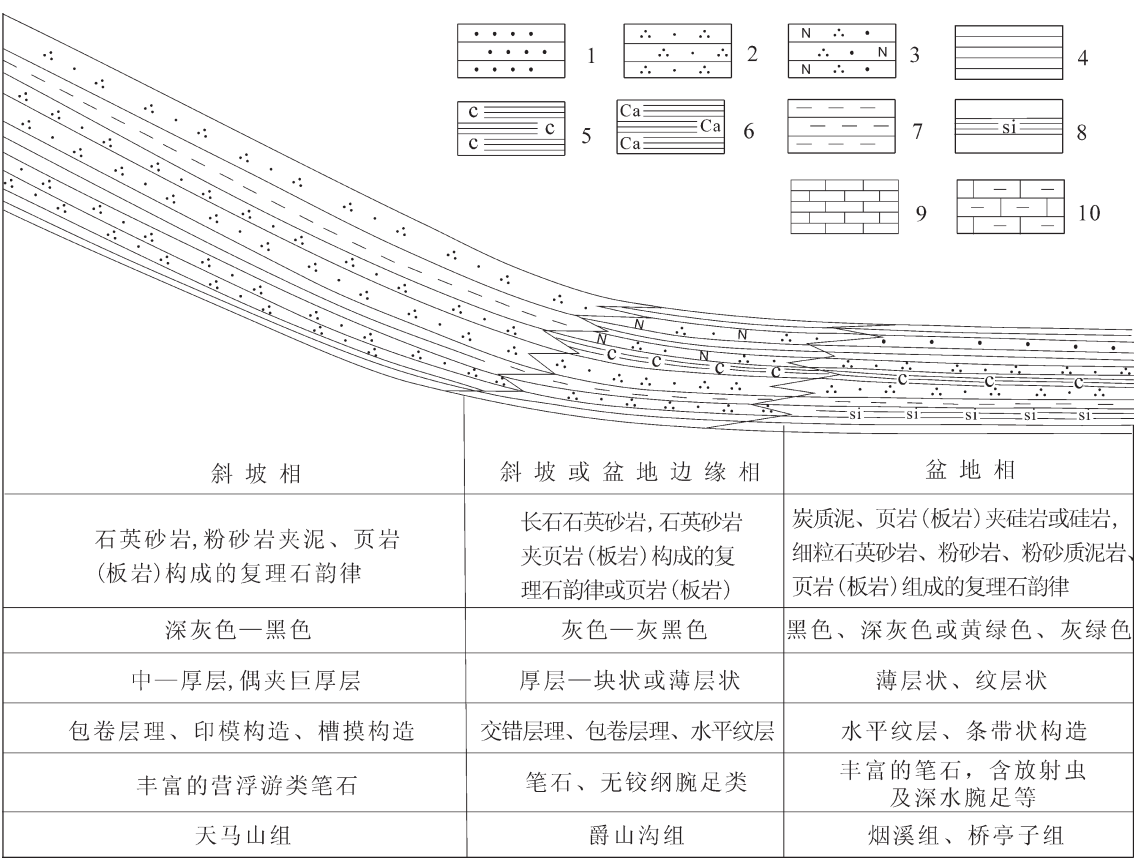


图 6 湘南地区奥陶系沉积模式

Fig. 6 Ordovician sedimentary model of southern Hunan Province

1—砂岩;2—石英砂岩或粉砂岩;3—长石石英砂岩;4—页岩;5—炭质页岩;6—钙质页岩;
7—泥岩;8—硅岩;9—薄层状灰岩;10—泥灰岩

(2)中奥陶世:研究区沉积物主要有粉砂岩、炭质页岩(板岩)、硅岩、炭泥质硅岩、粉砂岩、粉砂质泥页岩(板岩)等复理石性质的浊积岩,代表浊流与静水沉积交替出现。其中,桥亭子组上部的粉砂质泥岩、泥质粉砂岩代表了前陆盆地形成初期地壳在前陆载荷的作用下快速挠曲沉积的充填特征。向上为烟溪组稳定的黑色炭质页岩、硅岩,分布于大陆边缘带,其沉积构造和特征表明海平面相对上升和海进沉积,说明中奥陶世扬子陆块与华夏陆块的汇聚作用形成冲断推覆体加载于大陆边缘,使华夏大陆周缘前陆隆升形成不对称盆地,进入前陆盆地发展阶段^[34-37]。另外,研究区中奥陶世上扬子东南前陆盆地的水体已达到一定深度,环境特征、沉积特征也已与华南盆地相差不大,也证实了扬子陆块与华夏陆块的闭合造山运动,研究区构造性质由引张逐渐转为挤压。

(3)晚奥陶世:研究区沉积物主要为石英杂砂

岩、粉砂岩和泥、页岩(板岩)构成的具复理石性质的浊流沉积,说明扬子东南陆缘沉积性质又发生了重大变化,由非补偿型的深水滞留沉积演变为超补偿型的粗碎屑快速堆积,沉积盆地被充填变浅,代表造山作用的持续进行。华夏板块继续向西北方向的扬子板块挤压、推覆,研究区地壳局部抬升,且湘南晚奥陶世地层多缺失顶部,代表了加里东期的宜昌上升^[34-37]。

5 结 论

(1)湘南地区奥陶系岩石类型以砂岩和泥、页岩为主,砂岩包括石英砂岩、石英杂砂岩等,泥岩、页岩包括炭质页岩、粉砂质泥岩、钙质页岩等,部分石英砂岩和泥、页岩发生浅变质作用而成为浅变质的石英砂岩和板岩。并可归纳为 2 种岩石组合类型:砂岩—泥岩韵律性互层型和泥(页)岩(板岩)

—硅岩型。

(2) 湘南地区奥陶系生物化石丰富, 种类较多, 常见的有笔石、放射虫、腕足等, 其习性、形态构造等特征均反映了深水环境的特点。

(3) 湘南地区奥陶系沉积环境以深水为主, 沉积环境主要为深水斜坡环境、深水斜坡边缘或盆地边缘环境、深水盆地环境 3 种类型。

(4) 湘南地区奥陶纪总体表现为水体逐渐上升, 经历一次完整的海进—海退旋回: 第一次海进始于早奥陶世桥亭子组沉积时期, 晚奥陶世天马山组沉积时期海退开始。

(5) 湘南地区早奥陶世的沉积特征代表了扬子板块与华夏板块以拉张为主的裂谷阶段; 中奥陶世的沉积特征说明了扬子陆块与华夏陆块的闭合造山运动, 研究区构造性质由引张逐渐转为挤压; 晚奥陶世的沉积特征则代表了加里东期的宜昌上升。

致谢: 项目研究工作得到中国地质科学院的大力支持, 野外工作得到湖南地矿局谭正修高级工程师、中国地质科学院地质研究所刘训研究员、李向东博士、郑宁博士的无私帮助, 论文在资料收集、整理和完成过程中得到罗进雄、王宁、文沾等同学的倾情相助, 审稿专家提出了许多宝贵的意见和建议, 在此一并表示感谢。

参考文献

- [1] 王超翔, 边效曾. 湘西资江中游前泥盆系地层[J]. 中国地质学会志, 1949, 29(2): 276—303.
- [2] 徐熊飞. 湘中北部的奥陶系[J]. 地质学杂志, 1981, 5(2): 106—117.
- [3] 孙海清, 尹镜生, 郭乐群. 湘东南地区晚奥陶世笔石及地质意义[J]. 国土资源导刊, 2009, 6(2): 57.
- [4] 罗纲元. 湘中南部上寒武统一奥陶统微古化石的地层意义[J]. 中国区域地质, 1987, (3): 283—284.
- [5] 何卫红, 卜建军. 扬子海盆奥陶纪末介壳动物群的分布及其古地理意义[J]. 地质科学, 2003, 28(3): 261—267.
- [6] 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国南方寒武纪和奥陶纪岩相古地理[M]. 北京: 地质出版社, 2001: 65—69, 131—205.
- [7] 赵自强, 丁启秀. 全国地层多重划分对比研究: 中南区区域地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996: 5—7.
- [8] 王鸿祯. 关于国际(年代)地层表与中国地层区划[J]. 现代地质, 1999, 13(2): 190—193.
- [9] 徐惠长, 邓松华, 田旭峰, 等. 初论湖南省主要有色金属、贵金属矿床成矿谱系[J]. 华南地质与矿产, 2003, (1): 39—45.
- [10] 宋宏邦. 试论湖南地层岩性分布及大地构造的关系[J]. 大地构造学与成矿学, 2002, 16(1): 99—107.
- [11] 杨敬之, 穆恩之. 鄂西长阳、宜都一带奥陶纪地层[J]. 古生物学报, 1954, 2(1): 59—82.
- [12] 赖才根. 中国地层: 中国的奥陶系[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 147—157.
- [13] 汪啸风. 中国地层典: 奥陶系[M]. 北京: 地质出版社, 1996: 91—95.
- [14] 湖南省地质矿产局. 湖南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 62—64.
- [15] 湖南省地矿局. 湖南省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997: 2—3.
- [16] 徐论勋, 肖传桃, 龚文平, 等. 论扬子地区上奥陶统五峰组观音桥段的深海成因[J]. 地质学报, 2004, 78(6): 726—732.
- [17] 夏邦栋. 我国复理石的研究及其中提出的若干问题[J]. 沉积学报, 1986, 4(1): 49—60.
- [18] 晋慧娟, 李育慈. 西秦岭造山带中三叠统复理石相研究[J]. 沉积学报, 2001, 19(3): 321—326.
- [19] 童金南, 殷鸿福. 古生物学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 110—128.
- [20] 夏邦栋, 吕洪波. 浙西皖南晚奥陶世复理石的沉积环境——兼谈鲍马层序应用问题[J]. 沉积学报, 1988, 6(4): 44—51.
- [21] Shanmugam G. 50 years of the turbidite paradigm (1950s—1990s): deep-water processes and facies models—a critical perspective[J]. Marine and Petroleum Geology, 2000, 17: 285—342.
- [22] Liu Jiadong, Tian Jingchun, Zhang Xiang, et al. Depositional makers of marine transition facies and its evolution of Member 1 of Shanxi Formation, Tabamiao area, North Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 36—42.
- [23] Fulvio Zezza. The sedimentary structure of Upper Pleistocene—Holocene deposits in Venice and its effects on the stability of the historic centre[J]. 2010, 21(1): 211—22.
- [24] 王东安, 陈瑞君. 扬子地台不同时代层状硅岩的硅同位素结果的讨论[J]. 沉积学报, 1996, 14(2): 82—88.
- [25] 何幼斌, 王广文. 沉积岩与沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007: 230—238.
- [26] 刘伟, 许效松, 冯心涛, 等. 中上扬子上奥陶统五峰组含放射虫硅质岩与古环境[J]. 沉积与特提斯地质, 2010, 30(3): 65—70.
- [27] 张元功, 王志浩, 冯洪真, 等. 中国特马豆克阶笔石地层述评[J]. 地层学杂志, 2005, 29(3): 215—234.
- [28] 常凤鸣, 庄丽华, 阎军. 放射虫研究在古海洋学中的进展[J]. 海洋科学, 2002, 26(4): 20—24.
- [29] 程振波, 王永吉, 鞠小华. 冲绳海槽 96、155 号岩心放射虫与年代地层及古气候特征[J]. 海洋地质, 1998, 20(1): 74—80.
- [30] 何科昭, 赵崇贺, 邵道乾, 等. 赣东北蛇绿混杂岩带中多处发现含晚古生代放射虫硅质岩[J]. 现代地质, 1999, 10(3): 303—306.
- [31] 肖传桃, 姜衍文, 朱忠德, 等. 湖北宜昌地区奥陶纪层序地层及扬子地区五峰组沉积环境的讨论[J]. 高效地质学报, 1996, 2(3): 319—327.
- [32] 崔智林, 华洪, 宋庆原. 晚奥陶世北秦岭弧后盆地放射虫组合[J]. 地质学报, 2000, 74(3): 254—258.
- [33] 王玉净. 中国古生代放射虫研究世纪回顾[J]. 微体古生物学报, 2001, 18(4): 313—320.
- [34] 段太忠, 曾允孚, 高振中. 根据沉积历史分析华南古大陆边缘的构造演化[J]. 石油与天然气地质, 1988, 9(4): 410—420.
- [35] 尹福光, 许效松, 万方, 等. 华南地区加里东期前陆盆地演化过程中的沉积响应[J]. 地球学报, 2001, 22(5): 425—428.
- [36] 胡宁, 谋建国. 雪峰山地区加里东期大地构造演化及古地理轮廓[J]. 中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊, 1992, 18: 167—171.
- [37] 刘宝珺, 周名魁, 王汝植. 中国南方早古生代古地理轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1990, 20: 97—98.

① 湖南省地质调查院. 湖南省《区域地质志》修编成果报告. 2012.