

# 赣西南地区寒武纪沉积构造环境分析

郑 宁<sup>1</sup> 李廷栋<sup>1</sup> 耿树方<sup>1</sup> 宋志瑞<sup>2</sup> 阎丽艳<sup>3</sup>

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2. 江西省地质调查研究院, 江西 南昌 330000;  
3. 中国石化胜利油田物探研究院, 山东 东营 257022)

**摘要:**赣西南地区寒武系为一套砂泥质复理石沉积, 关于其沉积构造环境的认识争议颇多, 笔者以沉积地质学和岩相古地理学理论为基础, 将野外调查与室内研究相结合, 从地层格架、砂岩基本特征、岩相分析着手, 来恢复该时期沉积构造环境。研究表明, 该套复理石属快速堆积的半深海海底扇相, 物源自研究区南东方向的华夏陆块而来, 随后连续沉积于华夏陆块北缘的陆隆区; 寒武纪海水自南东向北西逐渐加深, 早寒武世初期海平面上升, 而后逐渐下降。

**关键词:**赣西南; 寒武系; 岩相; 陆隆; 海底扇

**中图分类号:** P588.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2011)06-1454-13

## 1 引言

华南地区(主要包括闽西、赣南、粤北、湘东南)普遍发育一套寒武纪巨厚的浅变质砂岩与板岩组成的砂泥质复理石沉积, 构成了该地区一个显著的地质特征<sup>[1-3]</sup>。目前, 对于该地区寒武纪的沉积构造环境颇有争议<sup>[4]</sup>, 有学者认为它属于扬子陆块与华夏陆块之间的地槽, 还有的认为它是华南—扬子板块南侧加里东时期的一个被动大陆边缘, 另有学者认为是华夏地块北侧的大陆斜坡<sup>[5-7]</sup>。由于该区这套寒武纪复理石中的沉积构造不发育, 因此对其开展沉积学方面的研究十分困难, 这也是目前对华南地区沉积环境及大地构造格局的认识存在争议的原因之一。笔者选择了可基本代表华南寒武纪地层的赣西南地区作为重点研究区(图 1), 通过对赣西南地区崇义县(剖面 1-3)、上犹县(剖面 4)、于都县(剖面 5)、井冈山市拿山乡(剖面 6)、永新县(剖面 7)、萍乡市湘东区(剖面 8)的 8 条剖面的野外调查, 从沉积地质学和岩相古地理研究出发, 以板块构造活动论观点为指导, 对该套地层进行了系统的沉积学研究, 试图通过沉积物的展布、沉积相的相关性和盆地的

迁移, 来深入探索赣西南所在的华南地区寒武纪盆地的沉积构造环境演化。

## 2 研究区前寒武纪构造格局演化

中、新元古代, 华南板块开始活动, 北为扬子陆块, 南为华夏陆块, 中间夹着古华南洋<sup>[8-12]</sup>。大洋俯冲消减及大陆侧向增生的高峰期在 1 050~900 Ma<sup>[16]</sup>, 受大洋板块俯冲作用的影响在扬子陆块东南缘形成一系列火山—侵入岩岛链状隆起, 即“江南古岛弧”或沟—弧—盆活动陆缘带<sup>[13, 14]</sup>。目前华夏陆块没有可靠的沟弧盆物质组合的证据。晋宁晚期古华南洋逐渐关闭, 华夏陆块与扬子陆块在江山以东碰撞, 形成江绍缝合带, 向西延至东乡—萍乡, 萍乡以西二者的界限仍存在争议<sup>[15-18]</sup>。在政和—大埔断裂以东, 由于大面积火山岩的覆盖, 变质基底呈大小不等的“天窗”出露, 缺少确切的时代证据, 故华夏陆块的边界难以确定<sup>[19]</sup>。在扬子陆块与华夏陆块碰撞的晚期, 曾发生一次大规模的左旋走滑韧性剪切作用<sup>[19]</sup>, 华夏陆块向东运动且裂解为武夷、赣中南、云开三大块, 陆块之间的盆地区被震旦纪—志留纪万余米厚的沉积物所充填<sup>[20, 21]</sup>, 这期构造事件对应于全球 Rodinia

收稿日期: 2011-11-02; 改回日期: 2011-11-17

基金项目: 中国地质调查局“西太平洋大陆边缘深部过程与成矿作用”项目(1212010733802)资助。

作者简介: 郑宁, 女, 1983 年生, 博士生, 从事区域地质与区域矿产方面的研究; E-mail: zhengningliao@163.com。

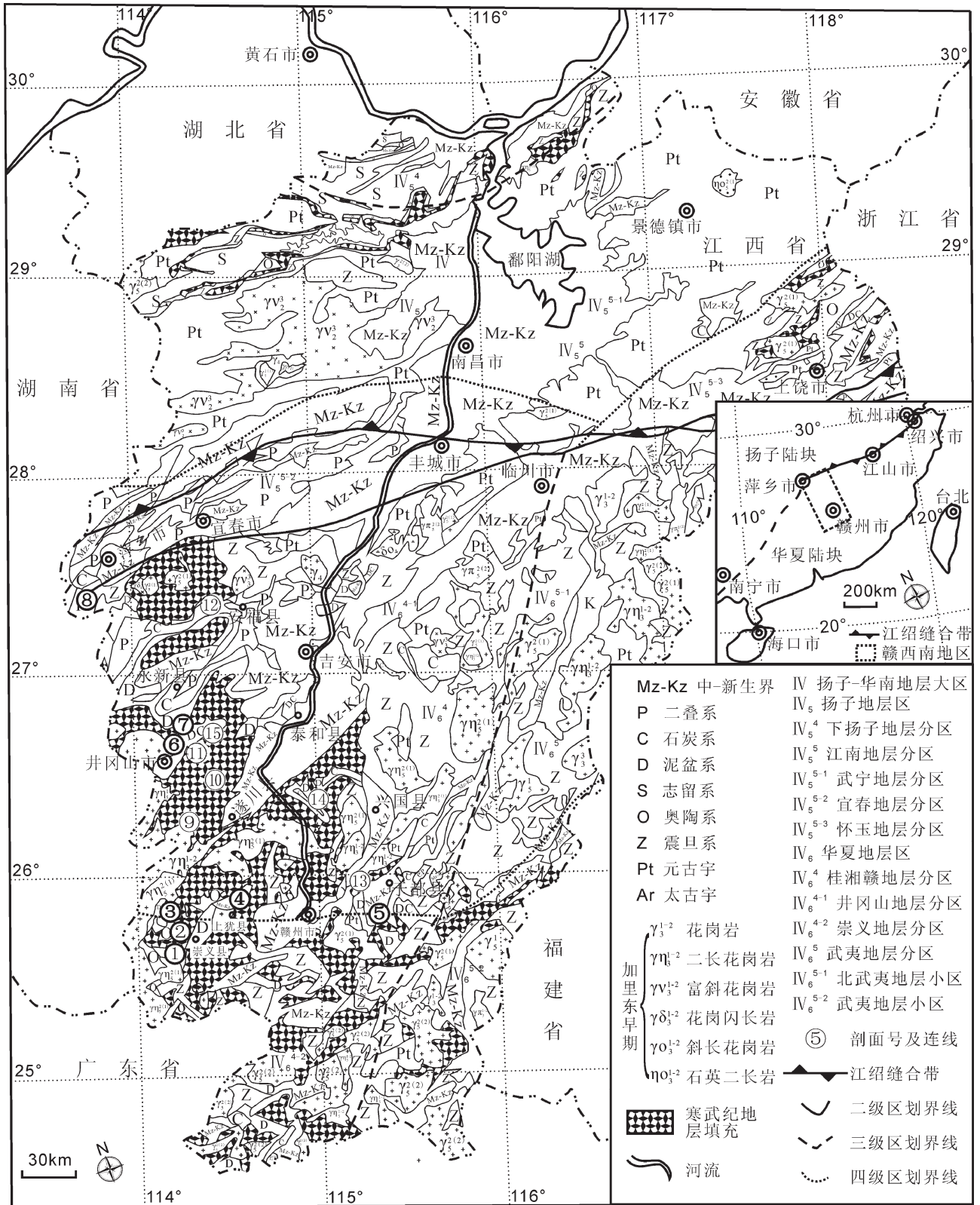


图 1 赣西南地区寒武纪地层分布图

Fig.1 The distribution of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province

超大陆的裂解。部分学者认为加里东运动最终使华夏陆块与扬子陆块焊接成为一个真正的整体<sup>[2]</sup>。

### 3 赣西南地区寒武纪地层概况

赣西南寒武系分布较为广泛, 根据江西地调院2009年提出的早古生代地层分区方案, 研究区属于华夏地层区内的桂湘赣地层分区, 自南向北可再分为崇义地层小区及井冈山地层小区(图1)。桂湘赣地层分区的寒武系属活动型沉积, 由东而西地层层位逐渐升高, 组成叠瓦状进积型层序。主要是绿片岩相的砂、板岩组成的类复理石建造, 富含无铰纲小型腕足类和海绵骨针(图2)。寒武系自下而上分为牛角河组( $\epsilon_1$ )、高滩组( $\epsilon_2$ )、水石组( $\epsilon_3$ )。

#### 3.1 下寒武统牛角河组

剖面1位于崇义县城之西牛角河村, 为华山—

牛角河剖面(东经 114°17', 北纬 25°21')。牛角河组整合覆盖上震旦统老虎塘组之上, 与下伏地层中寒武统高滩组也为整合接触, 该组为一套由灰黑色高炭质板岩(石煤层)、含炭硅质岩、灰色凝灰质砂岩、粉砂质板岩、泥质板岩夹硅质板岩或含炭硅质岩组成的类复理石建造, 产海绵骨针及无铰纲小型腕足类化石。其上部以含炭硅质板岩或硅质板岩之夹层为特点, 与中寒武统高滩组灰、浅灰色厚—巨厚层状长石石英砂岩夹灰绿色板岩分界; 下部常夹一套深灰、灰黑色含炭硅质岩, 部分硅质岩富含海绵骨针化石, 常形成“硅质海绵岩”, 是区域对比的良好标志, 称“华山硅质岩段”<sup>[3]</sup>。

本组广泛分布于赣中南广大地区。地层厚度总体呈东南向西北渐薄的趋势, 于都地区约 2 146 m, 兴国地区平均 1 650 m, 崇义地区约 1 400 m, 永

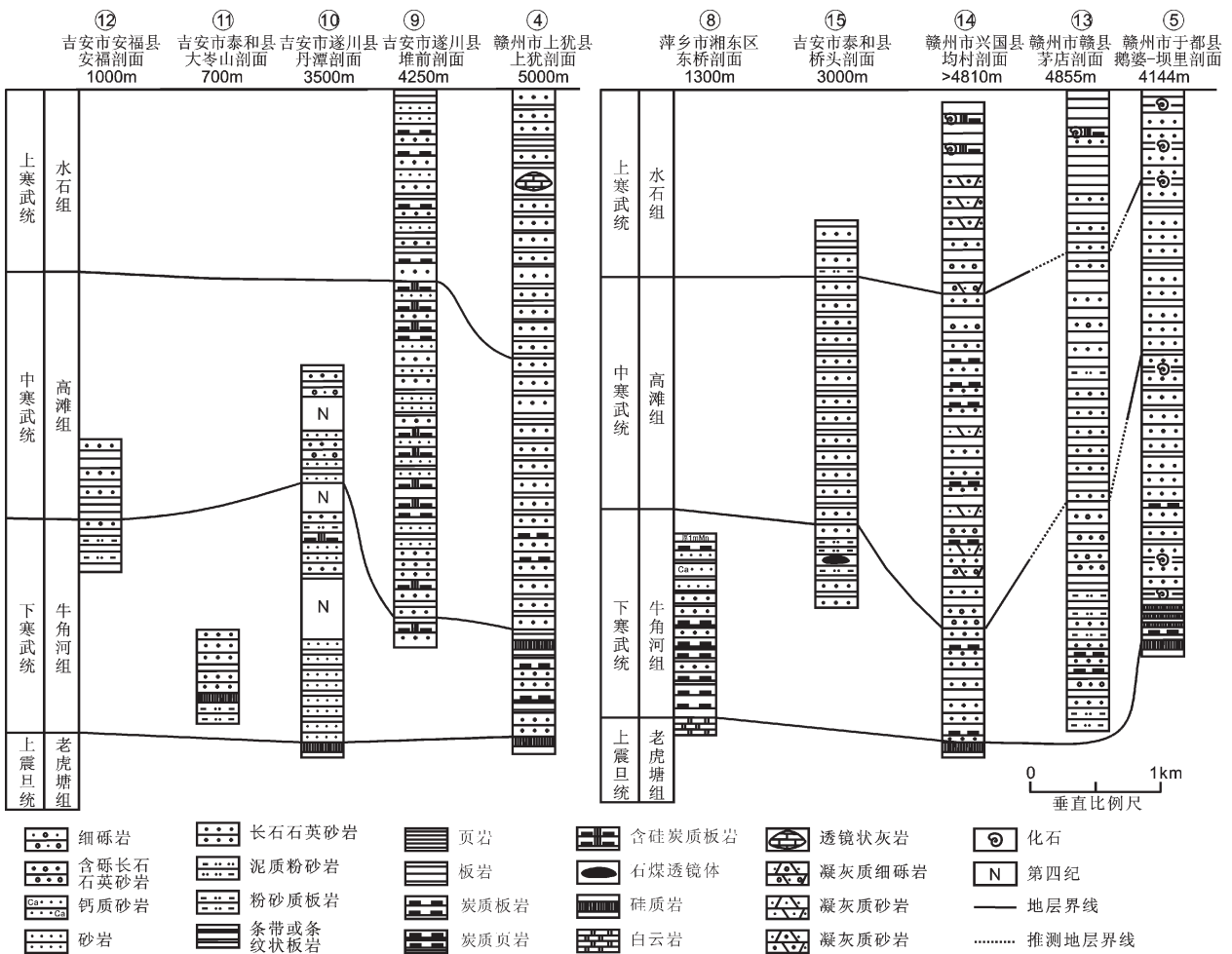


图2 赣西南地区寒武系柱状对比图(NS)

Fig.2 Correlation of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province (NS)

新及井岗山地区未见底,最厚出露 800 m。“华山硅质岩段”崇义地区最厚,兴国地区较薄,向东北方向(于都、永新、井冈山地区)常渐变为含炭硅质板岩及砂板岩互层沉积。

### 3.2 中寒武统高滩组

剖面位于崇义县过埠镇高滩(图 1 中剖面 2),为高滩—杨梅塘剖面(东经 114°16′,北纬 25°45′)。高滩组与下伏地层牛角河组和水石组均呈整合接触,岩性以灰—灰绿色巨厚层状变余长石石英杂砂岩为主,夹灰绿、灰色粉砂质板岩、板岩,盛产无铍纲小型腕足类化石。该组上以其顶部的白云质灰岩与水石组分界,下以厚层砂岩或含砾砂岩或砂砾岩出现与牛角河组分界<sup>[3]</sup>。

本组分布于于都—兴国—泰和—一线以西。其地层在东南厚、西北薄的变化基础上,最厚地区由下寒武统于都区向西北移至崇义及兴国地区,约 2 200 m,于都区约 1 500 m,北至井冈山地区渐薄至 300 m 左右。

### 3.3 上寒武统水石组

本组创名地在崇义县过埠镇水石村(东经 114°16′,北纬 25°45′)(图 1 中剖面 3),与下伏高滩组 and 上覆茅坪组均呈整合接触关系,以灰绿、黄绿色粉砂质板岩、板岩或条带状板岩为主,夹灰绿色长石石英砂岩,内含较丰富的小型无铍纲腕足类和小型双壳类化石<sup>[3]</sup>。

本组主要分布于崇义、上犹、井冈山地区。南部崇义—上犹地区平均约 2 250 m,向北井冈山地区渐薄至约 730 m,于都、兴国地区未见出露。

## 4 赣西南寒武纪砂岩成分、结构及粒度分析

### 4.1 基本特征

砂岩的成分、结构及粒度能直接反映物源区和沉积环境的特征。笔者对采自崇义县、上犹县、于都县、井冈山市、永新县、萍乡市的 8 条地质剖面(图 1 中剖面 1~8)的 85 块样品进行了镜下砂岩成分、结构及粒度的观察研究,对研究区南、北区不同层位进行了对比。

#### 4.1.1 下寒武统

研究区南部,赣州市附近下寒武统砂岩岩性以变余长石质石英杂砂岩及石英杂砂岩为主(图 3)。砂岩粒径为 0.03~0.25 mm,部分达到中粒级别;杂

基含量平均约 37%,基底式胶结为主,部分为孔隙式胶结,成分主要为定向分布的绢云母和隐晶质粘土矿物,绢云母呈集合状,有的含炭质,颗粒之间有定向分布的白云母和细小的石英;薄片观察磨圆度以棱角状、次棱角及次圆为主(图 4-a),实验中,在薄片估计的颗粒磨圆度值常常是小于双目镜下的统计值,因此,通过校正后  $P_o=1.19$ ,标准偏差  $\sigma$  平均约 2.33,分选差。

中部井冈山市下寒武统砂岩成分成熟度及结构成熟度均较南部地区略有提高,岩性以变余石英杂砂岩为主,少量为变余长石石英杂砂岩(图 3);砂岩粒径为 0.02~0.25 mm,极少部分达到中粒级别;杂基含量平均为 36%,基底式胶结,成分主要为定向分布的绢云母和隐晶质粘土矿物,绢云母呈集合体状,部分含炭质,颗粒之间有定向分布的白云母和细小的石英;磨圆以次棱角状、次圆状为主(图 4-b),校正后  $P_o=2.20$ ,磨圆度较南部样区有提高,标准偏差  $\sigma$  平均约 3.22,分选差。

研究区北部萍乡市下寒武统砂岩较细,以变余石英杂砂岩为主,长石含量明显减少(图 3);砂岩粒径为 0.02~0.1 mm,杂基含量平均约 36%,基底式胶结,成分主要由定向分布的绢云母和隐晶质粘土矿物组成,绢云母呈集合体状,部分含炭质,颗粒间有定向分布的白云母和细小的石英(图 4-c);磨圆度差,为次棱状,标准偏差  $\sigma$  平均约 2.58,分选差。

#### 4.1.2 中寒武统

赣州市附近中寒武统砂岩以变余石英杂砂岩为主,少量变余长石质石英杂砂岩(图 3)。砂岩粒径 0.0625~0.5 mm,较下寒武统粗;杂基含量平均约 34.5%,基底式胶结为主,少量属于孔隙式,成分主要为定向分布的绢云母集合体和隐晶质粘土,部分含炭质,颗粒间有定向分布的白云母和细小的石英(图 4-d);颗粒磨圆程度仍不统一,以棱角状、次棱角状及次圆状为主,反映了物源的复杂性, $P_o$  约为 1.97,较同区下寒武统有提高,标准偏差  $\sigma$  平均约 2.5,分选差。

中部井冈山市样品中砂岩成分成熟度较南部地区略有提高,岩性以变余石英杂砂岩为主(图 3);砂岩粒径 0.0625~0.5 mm,少部分达到粗粒级别,较下寒武统粗;杂基含量平均为 34%,为基底式胶结,成分与下寒武统相似(图 4-e);颗粒以次棱角状、次圆状为主, $P_o$  提高至 2.27,标准偏差  $\sigma$  平均约 2.8,分选极差。

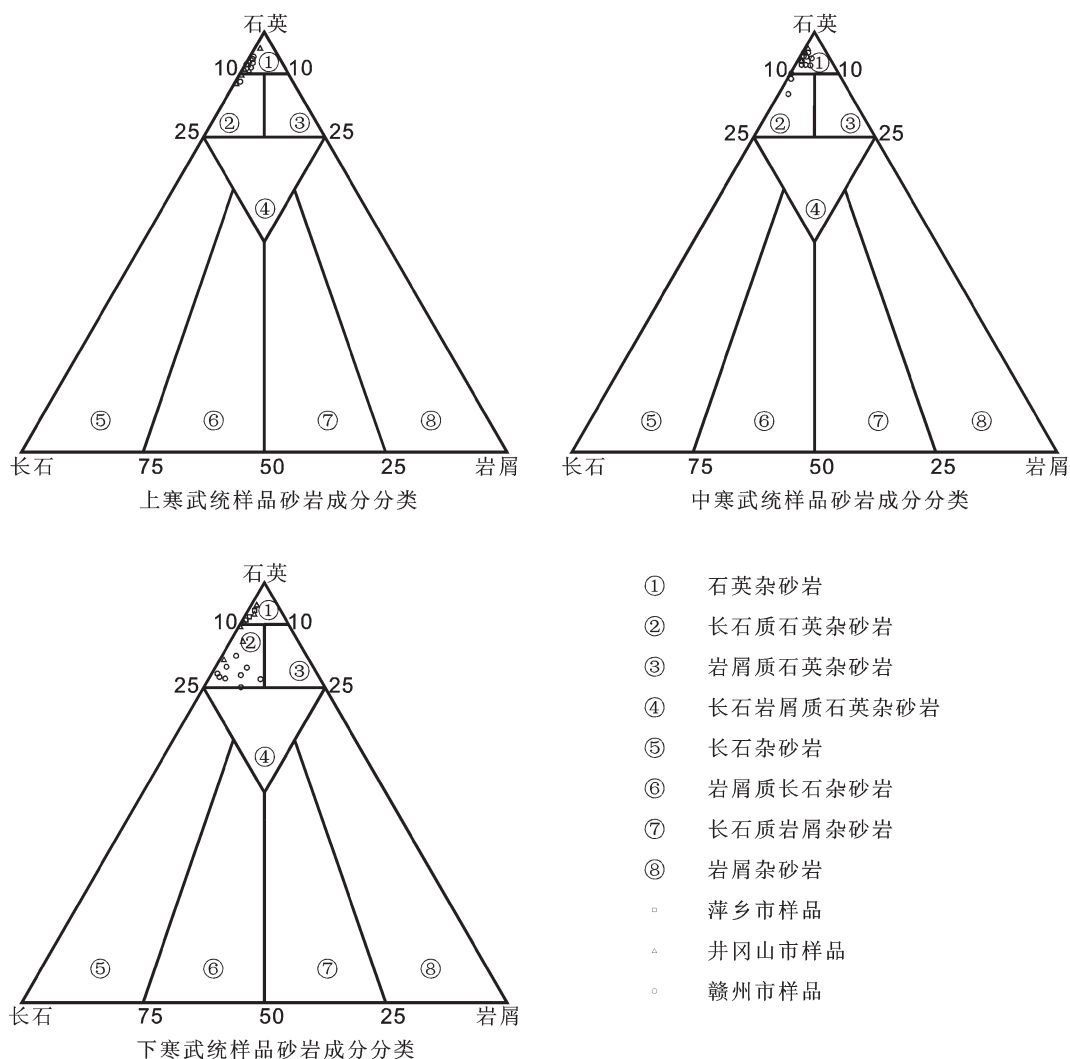


图3 赣西南地区寒武纪砂岩成分分类三角图(据冯增昭分类原则,1993)

Fig.3 Q-F-R triangular diagram of Cambrian sandstone in southwestern Jiangxi Province(based on Feng Zengzhao's principle of classification, 1993)

#### 4.1.3 上寒武统

在赣州市剖面,上寒武统砂岩也以变余石英杂砂岩为主,含少量变余长石质石英杂砂岩(图3);砂岩粒径在0.04~0.5 mm;杂基含量平均约31%,成分与中寒武统相似,但不含炭质;以次棱角状、次圆状为主(图4-f),磨圆度 $P_0$ 约为2.0,标准偏差 $\sigma$ 平均约2.3,分选差。

研究区中部井冈山市砂岩岩性无明显变化,以石英杂砂岩为主,含少量长石质石英杂砂岩(图3);砂岩粒径在0.0625~0.25 mm,少部分达到中粒级别;杂基含量平均为31%,成分与中寒武统基本相同,为绢云母集合体和隐晶质粘土矿物,部分含炭质,颗粒

之间有定向分布的白云母和细小的石英(图4-g);磨圆以次棱角状、次圆状为主, $P_0$ 提高至2.26,标准偏差 $\sigma$ 平均约2.46,分选差。

#### 4.2 C-M图分析

C-M图是1957年帕塞加提出的,他认为浊流沉积的C-M图是很好的平行于C=M基线的图形。浊流的流速很快,当流速降低时,悬浮物质移向底部,使得底部密度不断增加,形成未分选的沉积物整体沉降,浊流沉积特有的递变层理正是递变悬浮和整体沉降作用的反应。浊流为高密度流,颗粒沉积后随即被埋藏,组分中缺乏滚动颗粒,因而造成在C-M图上浊流沉积物的C值与M值的变化密切

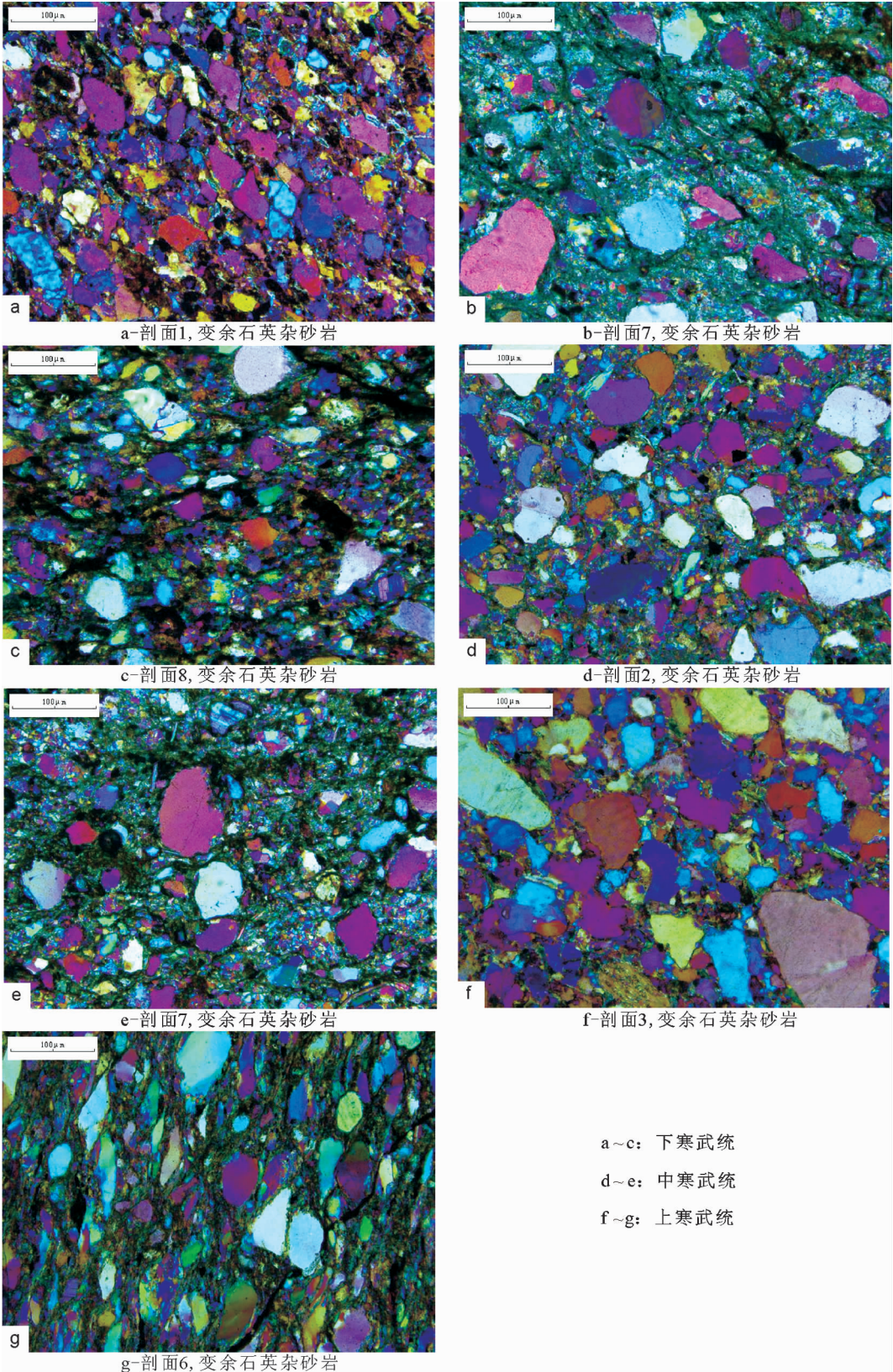


图 4 赣西南地区寒武纪砂岩显微照片

Fig.4 Microphotograph of Cambrian sandstone in southwestern Jiangxi Province

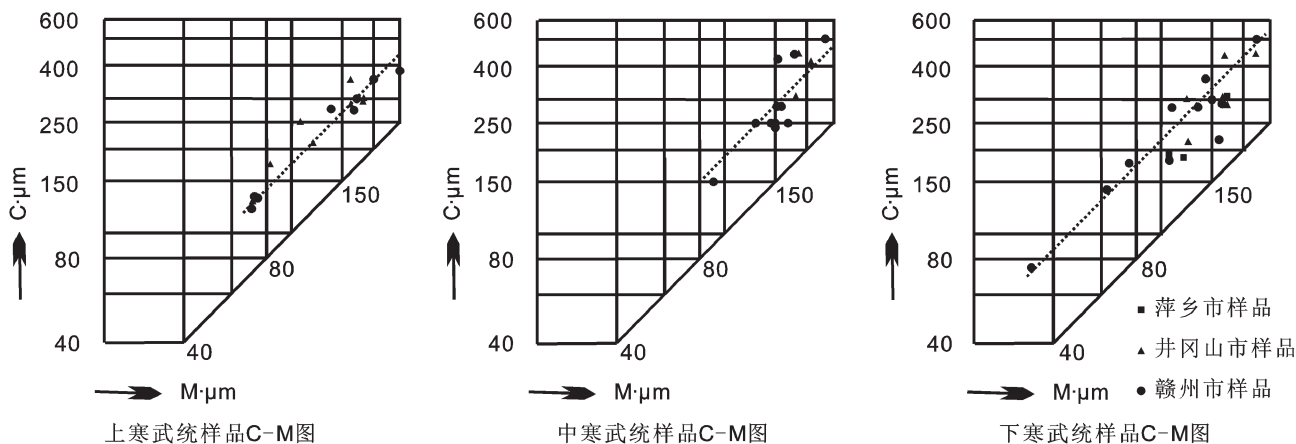


图5 赣西南寒武纪 C-M 图

Fig.5 C-M diagram of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province

相关,因而形成与  $C=M$  基线平行的图形。研究区寒武纪上、中、下统的砂岩样品投点后,均显示为与  $C=M$  基线平行(图5)。C与M值的变化幅度均较大,具备浊流沉积的特征,且中、上寒武统样品较下寒武统更趋向于向大粒径区集中。在样品投点形成的C-M图点群中分别画一条平均线(图5中虚线),平均线与  $C=M$  基线的水平距离  $I_m$  能代表浊流沉积的分选性。研究区  $I_m$  值呈现随地层时代的更新而逐渐减小的趋势,说明自下寒武统到上寒武统砂岩分选性逐渐提高。这与野外调查和镜下观察的结果一致。

## 5 赣西南寒武纪岩相划分及组合

赣西南地区寒武系主要为半深海环境沉积,可以识别出7个相类型(图6):块状砂岩相(岩相  $A_1$ )、泥岩-正粒序砂岩相(岩相  $B_1$ )、泥岩-平行层理砂岩相(岩相  $C_1$ )、块状泥岩(岩相  $D_1$ )、水平层理泥岩(岩相  $D_2$ )、炭质泥岩(岩相  $D_3$ )、硅质岩(岩相  $E_1$ )。可划分为3个岩相组合,分别为海底扇中扇亚相组合、外扇亚相组合及陆隆-深海平原亚相组合。

### 5.1 岩相划分

#### 5.1.1 岩相 $A_1$ -块状砂岩

由青灰色不等粒变余长石石英杂砂岩、石英杂砂岩组成,上部可能存在薄层灰色、深灰色泥岩(图6)。单层厚度较大,多为0.4~4 m。砂岩层底面比较平整,侵蚀构造不发育,在侧向上层厚变化不大(图7-a)。镜下观察砂岩中颗粒无序无定向,粒度无垂

向变化,不显任何沉积构造。该岩相发育块状层理。所谓块状层理是指层内物质均匀、组分和结构上无差异、不显细层构造的层理,它是在沉积物为砂质高密度浊流时,粘性悬浮颗粒进行快速堆积而形成的<sup>[23,24]</sup>。块状砂岩相在本区东部及南部地区非常发育,属于海底扇水道沉积环境。

#### 5.1.2 岩相 $B_1$ -泥岩-正粒序砂岩

以青灰色变余不等粒砂岩为主,上覆灰色、深灰色泥岩。砂岩单层厚度一般为0.2~0.4 m,泥岩通常为薄层,厚度不定(图6)。砂岩及泥岩顶底面均较平整,层厚在侧向上无变化,砂岩底面偶见槽模(图7-b),显示典型的浊流沉积特征<sup>[25-27]</sup>。发育粒序层理,从层的底部至顶部,粒度由粗逐渐变细,其成因主要是由于悬移搬运的沉积物在搬运和沉积过程中,因流动强度减小、流水携带能力减弱,沉积物即按粒度大小依次先后沉降而形成。因此,最上层可能出现极薄的泥岩层,粒序层理是浊积岩中的一种特征性的层理。浊流内泥质悬浮沉积之上可能存在正常原地半深水沉积层<sup>[28]</sup>。该岩相在本区比较发育,亦属于海底扇水道沉积环境。

#### 5.1.3 岩相 $C_1$ -泥岩-平行层理砂岩

由青灰色不等粒变余长石石英杂砂岩、石英杂砂岩及薄层泥岩组成。单层厚度较薄,多为0.2~0.5 m(图6)。砂岩及泥岩顶底面属于平坦面。单层厚度较稳定,侧向变化不大,发育平行层理。但由于浅变质及后期改造作用,野外露头很难观察到。此岩相中的平行层理成因可能有2种:①在各种原因产生的

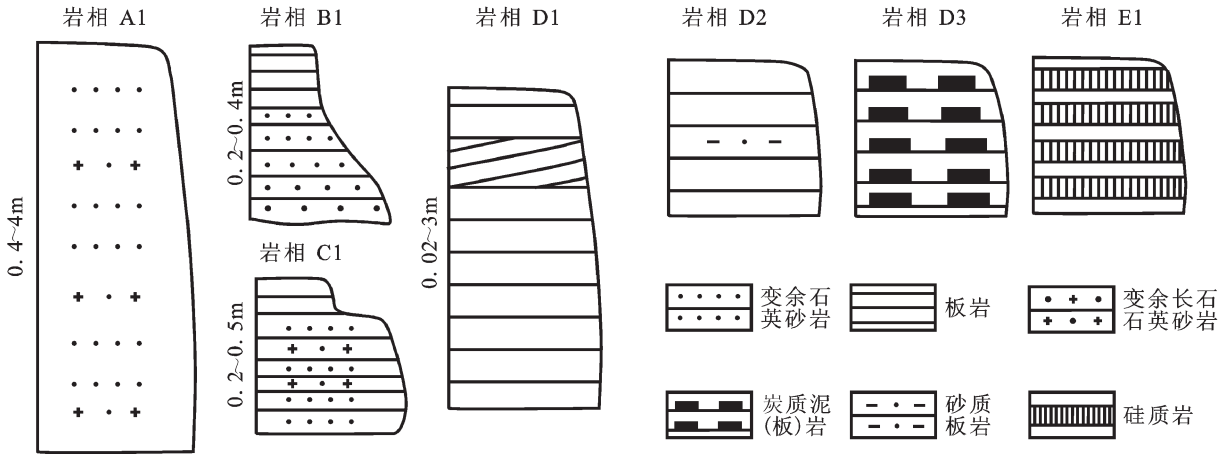


图 6 赣西南地区寒武纪岩相划分

Fig.6 Lithofacies of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province

高水动力条件下形成,如陆源碎屑供给的大规模增强、大地震等。在 1929 年大巴哈马群岛沿岸地震中,根据海底电缆折断时间差计算,产生的高速度浊流为 15 海里/小时,短期内即将大量的砂搬运到陆隆甚至深海平原中。在发育此类平行层理的样品薄片,可见颗粒呈定向分布(图 7-c)。②在低水动力条件下形成。即浊流在极弱水动力条件下渐渐减速,产生了分粒作用(图 7-d),不同粒度、形状、密度、重量的颗粒形成分层,沉积形成极薄的正粒序层,当多次小规模浊流沉积后,即形成了低速砂质平行纹层。平行层理层之间偶尔见低角度斜层理(图 7-e),斜层理层厚度极薄,为 2~3 cm。砂岩上覆盖的泥岩中,见砂岩透镜体(图 7-f)。该岩相属于海底扇水道沉积环境。

5.1.4 岩相 D1-块状泥岩

主要为灰色、深灰泥岩、砂质泥岩,发育块状层理,厚度 0.02~3 m,为低密度浊流快速堆积而成(图 6)。

5.1.5 岩相 D2-水平层理泥岩

主要为灰色、深灰泥岩、砂质泥岩。岩层顶底面平坦,侧向变化不大。泥岩中水平层理非常发育,表现为灰色和深灰色的纹层互层(图 7-g),单纹层为 0.1~0.5 cm,主要是浊流物质在安静水体中从悬浮状态慢慢沉淀而成。层理的显现是由于进入沉积物中的物质成分或粒度等发生变化所致。该岩相在本区十分发育,尤以北部地区为最。

5.1.6 岩相 D3-炭质泥岩

主要由粘土物质组成,有机质含量较高,呈黑色,部分可染手。炭质物以细纹层或均匀分散两种形式存在于粘土中,因此炭质泥岩具水平层理或块状

层理。岩相中粘土物质来自半远洋悬浮物的垂向降落,高含量的有机质反映了同沉积时期存在丰富的海洋生物,富集保存于半深海、半封闭的还原环境中,未受破坏。该岩相在下寒武统牛角河组中非常发育(图 7-h),在赣中萍乡地区尤为发育,向南层厚渐薄;研究区偏北部中寒武统也发育若干层炭质泥岩。该岩相属半深海、半封闭沉积环境。

5.1.7 岩相 E1-硅质岩

硅质岩富 SiO<sub>2</sub>,主要由非晶质的蛋白石、隐晶质的玉髓或细-微晶质的自生石英矿物所组成,含少量微晶自生长石和黄铁矿<sup>[29,30]</sup>。研究区寒武纪硅质岩由条带状、薄层状硅质岩、泥质硅岩、炭硅质岩、硅质板岩组成。因富含有机质颜色偏深,主要为深灰色、黑色,风化后部分呈现灰白色。本区下寒武统底部发育“华山硅质岩段”,部分硅质岩富含海绵骨针,常形成“硅质海绵岩”,属远洋-半远洋沉积,为生物-化学成因<sup>[31]</sup>。

5.2 岩相组合

5.2.1 中扇亚相岩相组合

以块状砂岩相(A1)、块状泥岩(D1)为主,泥岩-正粒序砂岩(B1)、泥岩-平行层理砂岩(C1)、水平层理泥岩(D2)也比较发育。

中扇亚相区砂/泥比值较高,最高可达到 7:1。砂岩以长石石英杂砂岩及石英杂砂岩为主,偶见重矿物;分选差,磨圆度为棱角状-次棱角状,未见砾石。就观察的地质剖面及前人研究成果<sup>[4,26]</sup>来看,中扇亚相发育区地势非常平缓,砂质水道沉积十分发育,为中扇相区的优势相类型,并不发育前人报道的水道冲刷形成的层面构造,不发育具鲍马序列的浊流沉

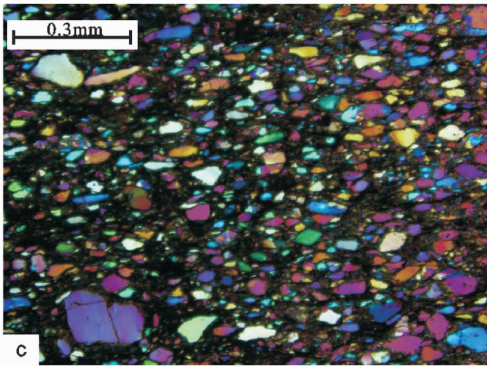




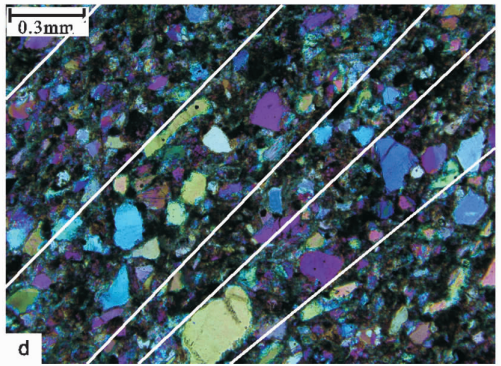
a-剖面4, 赣州市上犹县上寒武统水石组, 槽模



b-剖面5, 赣州市于都县中寒武统高滩组, 厚层块状砂岩



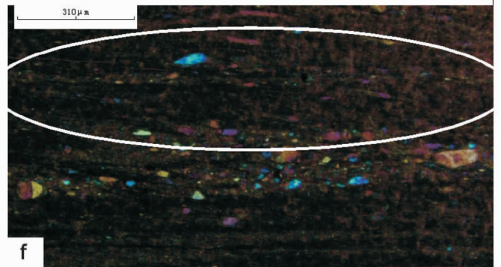
c-剖面6, 赣州市崇义县上寒武统水石组中段, 定向排列, 平行层理 (强水动力条件)



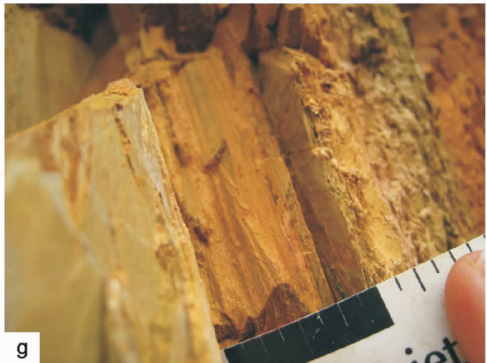
d-剖面1, 赣州市崇义县下寒武统牛角河组, 非定向排列, 平行层理 (弱水动力条件), 白线显示粒度分层



e-剖面6, 井冈山市水石组石英杂砂岩, 低角度斜层理



f-剖面5, 中寒武统高滩组, 板岩中见砂岩透镜体



g-剖面5, 赣州市于都县中寒武统高滩组水平层理泥(板)岩



h-剖面8, 萍乡市下寒武统炭质板岩

图7 赣西南地区寒武纪沉积特征

Fig.7 Sedimentary characteristics of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province

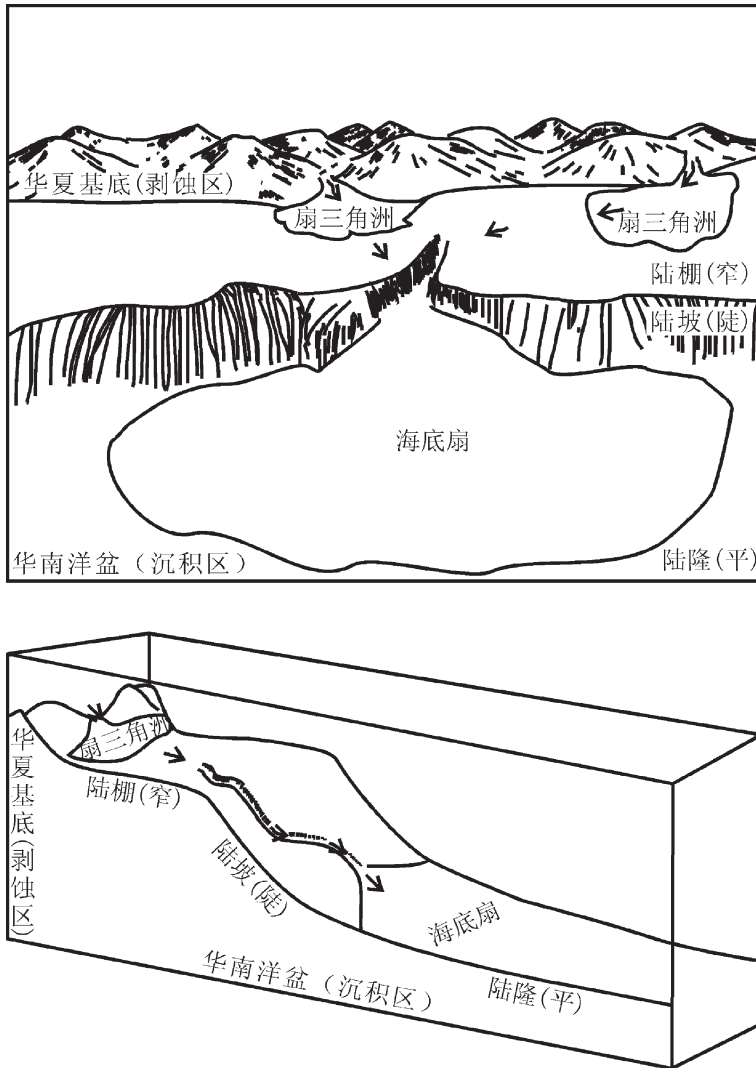


图 8 赣西南地区寒武纪沉积模式

Fig.8 Sedimentary model of Cambrian strata in southwestern Jiangxi Province

积。本相区主要分布于研究区偏东及偏南地区,判断物源可能来自东南地区。

5.2.2 外扇亚相岩相组合

外扇亚相岩相组合以泥岩-正粒序砂岩(B1)、泥岩-平行层理砂岩(C1)及水平层理泥岩(D2)组合为主,偶见中-薄层的块状砂岩(A1)、块状泥岩(D1)。

外扇亚相区砂/泥比值显著降低。砂岩成分成熟度及结构成熟度均较中扇亚相区有提高;砂岩成分中石英含量增高,且重矿物含量更为稀少;分选差,磨圆度为棱角状-次棱角状,偶见次圆状,未见砾石。外扇亚相发育区地势更为平缓,泥岩中水平层理十分发育,偶见薄层砂质水道沉积。本相区分布于赣西南。

5.2.3 陆隆-深海平原亚相岩相组合

陆隆-深海平原亚相岩相组合以水平层理泥岩(D2)、炭质泥岩(D3)、硅质岩(E1)为主。该岩相组合为缺氧还原沉积环境,水体十分平静,广泛发育非常平整的水平层理泥岩、炭质泥岩及硅质岩,有机质丰富,野外观察总体颜色偏黑(图 7-h)。本相区主要分布于赣西南下寒武统底部地层中。

6 赣西南寒武纪沉积构造环境分析

南华纪开始,研究区所属的华南洋开始逐渐扩大加深,在变质基底之上形成了一套震旦纪-早古生代的连续碎屑质沉积。震旦纪时期水体继续加深,下部发育一套类复理石沉积,向上覆盖了深水硅质岩层。

研究区早寒武世沉积初期底部具有石煤层,反映了海平面的下降,形成半封闭、还原沉积环境。随后海平面上升,水体流动性增强,发育一套灰黑色硅质板岩、硅质岩夹凝灰质砂岩。东部发育变余长石石英杂砂岩夹板岩及炭质板岩,自东向西硅质板岩、硅质岩逐渐增多,推测西部水体较东部深。早寒世牛角河组上部发育一套半深海相海底扇沉积,永新地区地质剖面中砂岩均为巨厚块状砂岩夹中-薄层板岩,到西北部萍乡地区砂岩厚度明显减薄,板岩则均为厚层。砂岩结构成熟度很低,成分成熟度较高,原因可能与物源成分及水下搬运有关,推测为来自陆源的碎屑物质经过很短的陆棚区的搬运,在坡度较大的陆坡处倾泻而下,快速堆积、铺散而成。受陆缘碎屑的不断供给,海底扇锥型沉积(扇根(锥根)-扇尾(锥尖))不断增厚的影响,地层厚度在近大陆坡脚的东南部偏高,向西北部盆地碎屑物供给不足,地层厚度渐薄。因而判断赣西南地区早寒武世自南东向北西水体可能逐渐加深,沉积环境由陆隆向较封闭的深海平原逐渐过渡,海底扇物源来自华夏陆块方向。

到中寒武统高滩组,继承了早寒武世的沉积环境,主要发育一套半深海相海底扇沉积。期间海平面下降,地层较下寒武统增厚,东南部地层最厚,向西部及北部地区地层逐渐减薄,超覆沉积于下寒武统牛角河组之上。其中该组下部一套标志性的厚层砂岩,在崇义地区最厚,约 200 m,向北逐渐减薄。砂岩结构成熟度仍较低,但较下寒武统磨圆度略有提高;砂岩中长石含量略有减少。推测这一时期在继承早寒武世古地理环境的基础上,水深及物源方向未发生明显变化,沉积环境总体属于陆隆区。

到晚寒武世水石组,仍具继承性沉积特征,总体为半深海海底扇沉积。海平面继续下降,地层厚度较中寒武统持平,超覆沉积于中寒武统高滩组之上。东南部地层最厚,向西部及北部地区地层逐渐减薄。砂岩磨圆度较中寒武统略有提高,长石含量略有减少。

总体来看,赣西南寒武纪华南海盆中,碎屑质复理石华夏陆块北缘具有被动陆缘的特征,这与前人根据地球化学分析的结果相吻合<sup>[32]</sup>。

## 7 结 论

赣西南地区寒武纪是华南在震旦纪沉积格架基础上继续发展的一个时期。海水自南东向北西逐渐变深。当时大陆棚狭窄,陆坡较陡,陆隆平缓(图

8),具有被动陆缘的特征。沉积环境表现为从北西向南东由深海平原逐渐过渡为半深海平缓陆隆。早寒武世从深海平原向陆隆逐渐过渡,形成半封闭、还原环境,产石煤层。而后水体流动稍有增强,海平面继续上升,形成硅质岩层。继而整个寒武纪发育一套半深海海底扇砂泥质沉积,表现为海平面不断下降,陆隆逐渐被叠瓦状前积的陆源碎屑物填充的过程。海底扇沉积物具有快速堆积的特点,搬运距离近。

**致谢:**非常感谢江西省地质调查研究院的祝立人院长、黄志忠高工、吕少俊高工及长江大学的蒋金晶硕士对野外工作的帮助和大力配合及中国地质科学院地质研究所丁孝忠研究员、宋天锐研究员对室内研究提供的热情帮助和精心指导!

## 参考文献 (References):

- [1] 程裕淇. 中国区域地质概论 [M]. 北京:地质出版社, 1994:448-476.  
Cheng Yuqi. Regional Geology of China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994:448-476 (in Chinese with English abstract).
- [2] 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[J]. 北京:地质出版社, 2001:1-221.  
Feng Zengzhao, Peng Yongmin, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies palaeogeography of the Cambrian and Ordovician in South China [J]. Beijing: Geological Publishing House, 2001:1-221 (in Chinese with English abstract).
- [3] 江西省地质矿产局. 江西省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1985:1-20.  
Bureau of Geology and Mineral Resources of Jiangxi Province. Regional Geology of Jiangxi Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985:1-20 (in Chinese with English abstract).
- [4] 胡受奚, 徐金芳. 区域成矿规律对华南大地构造属性的联系[J]. 中国地质, 2008, 35(6):1045-1053.  
Hu Shouxi, Xu Jinfang. The metallogeny of South China closely relationships to its geotectology [J]. Geology in China, 2008, 35(6): 1045-1053(in Chinese with English abstract).
- [5] 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京:科学出版社, 1993:1-236.  
Liu Baojun, Xu Xiaosong, Pan Xingnan, et al. Sedimentary crustal evolution and metallogenesis of the South China paleocontinent [M]. Beijing: Science Press, 1993:1-236 (in Chinese with English abstract).
- [6] 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, 1994:1-188.  
Liu Baojun, Xu Xiaosong. Atlas of the Palaeogeography of South China [M]. Beijing: Science Press, 1994:1-188 (in Chinese with English abstract).
- [7] 刘宝珺. 中国南方震旦纪—三叠纪岩相古地理图集[M]. 北京:科

- 学出版社, 1995.
- Liu Baojun. Atlas of the Palaeogeography of the Sinian-Triassic in South China [M]. Beijing: Science Press, 1995 (in Chinese with English abstract).
- [8] 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化 [M]. 北京: 科学出版社, 1980, 1-116.
- Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. The geotectonic evolution of China [M]. Beijing: Science Press, 1980, 1-116 (in Chinese with English abstract).
- [9] 武铁山. 华北晚前寒武纪(中、新元古代)岩石地层单位及多重划分对比[J]. 中国地质, 2002, 29(2):147-154.
- Wu Tieshan. Late Precambrian (Mid-Late Proterozoic) lithostratigraphic units in North China and their multiple division and correlation [J]. Geology in China, 2002, 29 (2):147-154 (in Chinese with English abstract).
- [10] 章泽军, 张志, 张雄华. 论华南前震旦纪浅变质岩区填图中存在的问题与填图方法[J]. 中国地质, 2002, 29(2):218-221.
- Zhang Zejun, Zhang Zhi, Zhang Xionghua. Problems and mapping method in mapping pre-Sinian low-grade metamorphic terrains of South China [J]. Geology in China, 2002, 29 (2):218-221 (in Chinese with English abstract).
- [11] 高林志, 丁孝忠, 曹茜, 等. 中国晚前寒武纪年表和年代地层序列[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1014-1020.
- Gao Linzhi, Ding Xiaozhong, Cao Qian, et al. New geological time scale of Late Precambrian in China and geochronology [J]. Geology in China, 2010, 37 (4):1014-1020 (in Chinese with English abstract).
- [12] 舒良树, 施央申, 郭令智, 等. 江南中段板块-地体构造与碰撞造山运动学[M]. 南京: 南京大学出版社, 1995:1-174.
- Shu Liangshu, Shi Yangshen, Guo Lingzhi, et al. The Late Proterozoic Plate Tectonics and Collisional Kinematics in the Middle Part of the Jiangnan Belt [M]. Nanjing: Nanjing University Publishing House, 1995:1-174(in Chinese with English abstract).
- [13] 郭令智, 施央申, 马瑞士, 等. 华南大地构造格架和地壳演化[C]//国际交流地质学术论文集(构造地质地质力学). 北京: 地质出版社, 1980:109-116.
- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi, et al. The tectonic framework and crustal evolution of Southeast China [C]// (Proceedings of the International Geological Conference). Beijing: Geological Publishing House, 1980:109-116 (in Chinese with English abstract).
- [14] 郭令智, 施央申, 马瑞士, 等. 中国东南部地体构造的研究[J]. 南京大学学报(自然科学版), 1984, 20(4):732-739.
- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi, et al. The tectonic-stratigraphic terranes of southeast China [J]. Journal of Nanjiang University (Natural Sciences), 1984, 20 (4):732-739 (in Chinese with English abstract).
- [15] 陈凌云, 张忠伟. 加里东期扬子板块与南华活动带在广西境内分界线的探讨[J]. 南方国土资源, 2003, (18):18-19.
- Chen Lingyun, Zhang Zhongwei. On Caledonian boundary between Yangtze plate and South China active belt in Guangxi [J]. South Land and Mineral Resources, 2003,(18):18-19 (in Chinese with English abstract).
- [16] 汤加富. 华南变质基底的组成、边界与构造演化 [J]. 安徽地质, 1994, 4(1/2):104-111.
- Tang Jiafu. Formation, boundary and tectonic evolution of the metamorphic basement in south China (Summation of study) [J]. Anhui Geology, 1994, 4 (1/2):104-111 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社, 1985:24-46.
- Wang Hongzhen. Atlas of the Palaeogeography of China [M]. Beijing: Cartographic Publishing House, 1985:24-46 (in Chinese with English abstract).
- [18] 王鸿祯, 杨巍然, 刘本培. 华南地区古大陆边缘构造史[M]. 武汉: 武汉地质学院出版社, 1986:1-99.
- Wang Hongzhen, Yang Weiran, Liu Benpei. Tectonic History of the Ancient Continental Margins of South China [M]. Wuhan: Wuhan University of Geology Press, 1986:1-99 (in Chinese with English abstract).
- [19] Shu Liangshu, Charvet Jacques. Kinematic and geochronology of the Proterozoic Dongxiang-Shexian ductile shear zone (Jiangnan region, South China) [J]. Tectonophysics, 1996, 267(14):291-302.
- [20] 舒良树, 周新民. 中国东南部晚中生代构造格架 [J]. 地质论评, 2002, 48(3):249-260.
- Shu Liangshu, Zhou Xinmin. Late Mesozoic tectonism of Southeast China [J]. Geological Review, 2002, 48(3):249-260.
- [21] 夏文杰, 杜森官, 徐新煌, 等. 中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1994:1-86.
- Xia Wenjie, Du Senguan, Xu Xinhuang, et al. Sinian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994:1-86 (in Chinese with English abstract).
- [22] 吴富江, 张芳荣. 华南板块北缘东段武功山加里东期花岗岩特征及成因探讨[J]. 中国地质, 2003, 30(2):166-172.
- Wu Fujiang, Zhang Fangrong. Features and genesis of Caledonian granites in the Wugongshan in the eastern segment of the northern margin of South China plate [J]. Geology in China, 2003, 30(2):166-172 (in Chinese with English abstract).
- [23] Lowe D R. Sediment gravity flows; II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents [J]. Jour. Sediment. Petrol., 1982, 52(1):279-297.
- [24] Piper D J W. Turbidite muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains [C]//Stanley D J, Kelling G. Sedimentation in submarine canyons, fans and trenches. Pennsylvania; Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 1978, 163-136.
- [25] Mutti E, Ricci-Lucchi F. Turbidites of the northern Apennines: introduction to facies analysis [J]. Internat. Geol. Rev., 1978, 20 (1):125-166.
- [26] Bouma A H. Sedimentology of some flysch deposits: a graphic approach to facies interpretation [J]. Amsterdam: Elsevier, 1962.

- [27] Pickering K T, Stow D A V, Waston M P, et al. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments [J]. *Earth-Sci. Rev.*, 1986, 23 (1): 75-174.
- [28] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 石油工业出版社, 1993:30-80.  
Feng Zengzhao. *Sedimentology of China* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993:30-80(in Chinese with English abstract).
- [29] 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京:地质出版社, 1980:1-497.  
Liu Baojun. *Sedimentology of China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980:1-497 (in Chinese with English abstract).
- [30] 黄颖. 扬子地台及周边地区硅质岩的分布及其与矿产资源之间的关系研究[J]. 中山大学研究生学刊, 2010, 31(1), 60-63.  
Huang Ying. Study on the distribution and the relation with mineral resources of the siliceous rocks on Yangtze Platform and its surrounding regions [J]. *Journal of the Graduates Sun Yat-Sen University*, 2010, 31(1),60-63 (in Chinese with English abstract).
- [31] 蒲心纯, 周浩达. 中国南方寒武系岩相古地理与成矿作用[M]. 北京:地质出版社, 1993:1-96.  
Pu Xinchun, Zhou Haoda. *Cambrian Lithofacies Paleogeography and Mineralization in South China* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1993:1-96(in Chinese with English abstract).
- [32] 吉磊. 赣西南寒武纪-奥陶纪深水沉积 [M]. 地质学报, 1994, 68 (2):173-185.  
Ji Lei. *Cambrian-Ordovician deep-water deposits in Southwest Jiangxi, China* [M]. *Acta Geologica Sinica*, 1994, 68 (2):173-185 (in Chinese with English abstract).

## An analysis of Cambrian sedimentary-tectonic environment in southwestern Jiangxi Province

ZHENG Ning<sup>1</sup>, LI Ting-dong<sup>1</sup>, GENG Shu-fang<sup>1</sup>, SONG Zhi-rui<sup>2</sup>, YAN Li-yan<sup>3</sup>

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 2. *Jiangxi Institute of Geological Survey, Nanchang 330000, Jiangxi, China*; 3. *Geophysical Research Institute of Shengli Oil Field Branch Company, Sinopec, Dongying 257022, Shandong, China*)

**Abstract:** Cambrian strata of southwestern Jiangxi are composed of a set of sandy and muddy flysch sediments. Controversies have long existed as to the sedimentary-tectonic environment of these strata. Based on the theories of sedimentary geology and lithofacies-paleogeography, the authors combined field investigation with indoor laboratory analysis and recovered the sedimentary-tectonic environment through the analysis of stratigraphic framework, basic characteristics of sandstone and lithofacies. It is supposed that this set of flysch is hemipelagic submarine fan facies rock accumulated rapidly in southwestern Jiangxi Province. The provenance of the submarine fan was derived from Cathaysia Block in southeast Jiangxi and then deposited continually in the continental rise on the northern edge of Cathaysia Block. The sea water got deeper gradually from SE to NW in Cambrian period. The sea level rose at the early stage of the lower Cambrian period and then gradually got lowered.

**Key words:** southwestern Jiangxi Province; Cambrian; lithofacies; continental rise; submarine fan

**About the first author:** ZHENG Ning, female, born in 1983, doctor candidate, engages in the study of sedimentology; E-mail: zhengninglaio@163.com.