

桂西南上泥盆统含锰岩系形成古海水深度条件分析

秦元奎, 徐柏安, 姚敬勋

(中南冶金地质研究所, 宜昌 443003)

[摘 要] 桂西南上泥盆统含锰岩系是我国沉积锰矿最主要的赋矿岩系之一, 岩系形成于台间海槽环境。但是对台间海槽的海水深度历来有不同的认识。本文在如下方面作了进一步的研究: 分析了产于含锰岩系榴江组和五指山组中古生物化石种属的特征及其与古生物生存环境的关系; 鉴定了沉积物中可作为形成水深标志的特殊的矿物和岩石结构; 测定了岩系中 Ni、V、Cr 等元素的含量, 并据其比值特征推断了沉积物形成时的氧化还原条件。研究结果认为: 晚泥盆世产于台沟海槽的含锰岩系形成于浅海环境, 古海水深度范围可能为 50 ~ 200 m, 一般水深 0 ~ 150 m。

[关键词] 桂西南 上泥盆统 含锰岩系 古水深

[中图分类号] P618.32 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2010)02-0277-08

Qin Yuan-kui, Xu Bai-an, Yao Jing-qu. Depth of ancient sea related with formation of the upper Devonian Mn-bearing rock series in southwestern Guangxi Province [J]. *Geology and Exploration*, 2010, 46 (2): 0277-0284.

桂西南为我国最重要的锰矿集中产区, 有国内唯一——一个资源储量超过亿吨的下雷锰矿产出, 并有湖润、龙帮等一批大中型锰矿分布, 锰矿赋存于上泥盆统地层中(骆华宝, 2002)。桂西南上泥盆统根据岩性组合、古生物特征和含矿性可分为含锰岩系(五指山组加榴江组 D_{3W+L}) 以及非含锰岩系(融县组 D_{3r}), 前者为一套含锰硅质岩、泥质岩、灰岩组合(其中榴江组在下以硅质岩为主, 五指山组在上以扁豆状灰岩、含锰泥质岩、硅质岩为主); 后者为单一的碳酸盐, 灰岩白云岩组合。

对于含锰岩系形成的古地理条件已有诸多的研究成果(茹廷铨等, 1992; 杨家谦, 1985; 涂光炽等, 1988; 侯宗林等, 1997; 钟铿等, 1991; 范德廉等, 2004), 并形成基本一致的认识: 非含锰岩系融县组与含锰岩系五指山组榴江组为上泥盆世“同期异相”的产物, 融县组形成于浅水台地环境, 五指山组和榴江组形成于深水台沟(台间海槽)环境。但是对于含锰岩系形成水深的尺度并无明确意见, 且理解不一。侯宗林等认为“锰矿沉积地质体体系常出现在凝缩层中, 为半深海、深海相沉积”。按照目前海洋沉积环境分类(陈建强, 2004), 半深海水

深为 200 ~ 2000 m 或更深, 深海水深应超过 2000 m (或 3000 m)。茹廷铨则根据与西欧、北美某些晚泥盆世盆地对比结果, 估计广西晚泥盆世浅海盆地的水深不小于 100 m。毛晓东等(1992)推算与本区构造沉积环境相似的灵山-衡阳台间盆地的深度为 300 m ~ 800 m。

本文拟从含锰岩系的古生物、矿物岩石及地球化学等方面的特征, 对这一问题进行初步探讨, 并试图建立含锰岩系形成古水深的概念性尺度。

1 古生物特征

1.1 融县组含古生物化石属种

融县组含有极为丰富的化石, 在德保燕峒剖面 46 个分层中(总厚 1566.27 m), 几乎每层都有化石产出, 有的分层则化石大量堆积。综合区内融县组地层中所含化石属种, 列于表 1。

藻类是融县组中最主要的化石, 其次是牙形刺和珊瑚, 腕足类分布也较普遍; 介形类和头足类种属少, 且发现不多。藻类的主要属种有: 兰藻(兰绿藻)中的肾形藻、表附藻、古微松藻、胶须藻、球松藻、伍德藻等, 大量藻类与碳酸盐粘结堆积形成叠层石、核形石构造,

[收稿日期] 2009-04-07; [修订日期] 2010-03-22; [责任编辑] 陈喜峰。

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目桂西南-滇东南大型锰矿勘查与评价研究课题(编号 2006BA01A12-4)的资助。

[作者简介] 秦元奎(1970年-), 男, 1991年毕业于北京科技大学, 获学士学位, 高级工程师, 从事地质勘查与研究工作, E-mail: qyk710@126.com。

同时形成兰绿藻礁、表附藻、肾形藻礁,分布于台地各处,尤其台地边缘常见。

表 1 桂西南上泥盆统融县组含化石主要属种
Table 1 Main species of fossils from Upper Devonian in Rongxian formation in southwestern Guangxi

类别	属种
藻类	Cyanophyta 兰藻;Ranalcis 肾形藻、Epiphyton 表附藻、Palaeomicrocodium 古微松藻、Sphaerocodium 球松藻、Garwoodia 伍德藻、Parivularia 胶须藻;绿藻、红藻。
牙形类	Pseudo ploygnathus sp. 假多颚刺、Spathognathodus sp. 窄颚刺、Palmatolepis rugosa 粗糙掌鳞刺、Pa. gracilis 细掌鳞刺、Drepanodus sp. 镰刺、Polygnathus styriacus 安息香多颚刺、Pa. perlobata 小叶掌鳞刺、Neoprioninodus Smithi 史密斯新锯齿刺、Palmatolepis grabra 光滑掌鳞刺、Pa. minuta 小掌鳞刺、Pa. quadrantimodosa 方疔掌鳞刺、Pa. triangularis 三角掌鳞刺、Pa. Subperllobata 亚小叶掌鳞刺、Pa. gigas 巨大掌鳞刺、Ancyrorell sp. 小锚刺、Polygnathus asymmetricus 不对称多颚刺、Ozarkodina sp. 奥泽克刺、Polygnathus pseudofotiatius 假叶多颚刺。
腕足类	Cyrtospirifer senensis 弓石燕、C. Chaoi 赵氏弓石燕、C. lebedianicus 黎伯第安弓石燕、Tenticospirifer tenticulum 帐篷帐幕石燕、T. vilis 中庸帐篷石燕、T. Subhayasakai 亚早板帐幕石燕、Hunanospirifer cf. ninghsiangensis 宁乡湖南石燕(近似种)、Yunnanella mesoplicata 中褶云南贝、Y. abrupta 陡缘云南贝、Y. Supersynplicata 超合褶云南贝、Y. Synplicata 合褶云南贝、Yunnanellina triplicata 三褶准云南贝、Hypothyridina lungtungpeensis 龙洞背隐孔贝、Pugnoides triaequali 三等拟狮鼻贝、Schizophoria macforlarvi 马氏裂线贝。
珊瑚	Pseudozaphrentis difficile 粗糙假内沟珊瑚、Disphyllum langi 朗氏分珊瑚、Hexagonaria brevisseptata 短隔壁六方珊瑚、H. yohi 乐氏六方珊瑚、H. involuta 卷曲六方珊瑚、H. amylovesiculosa 窄鳞板六方珊瑚、Domia Sinensis 中华顿河珊瑚、Spongophyllum diphyphyllloidea 似双形珊瑚(勺板珊瑚)、Campophyllum SP. 扭珊瑚、Peneckiella SP. 潘涅克珊瑚、Billing-sastraea SP. 比林星珊瑚。
介形类	Leperditia sp. 豆石介、Mennerites sp. 曼奈尔介、Briatina sp. 希里尔特介
头足类	Pseudorthoceras sp. 假直角石、Hipparinoceras sp. 马尾角石古生物种属鉴定据广西地质矿产局。

藻类的生存条件就水体深度而言,范围比较窄,是典型的浅水生物,因为藻类属低等植物,需要阳光进行光合作用进行自养。现代淡水藻类生长深度一般在水深0~5 m 的范围内,如太湖,平均水深 1.85 m,最大水深 3.34 m,绿藻十分繁盛。现代海生钙藻的分布深度,据 Wray(1977),如图 1 所示,其中兰藻、松藻等分布深度应在 0~30 m 左右。古代海水藻类分布深度据 Heckel(1972)提出的生物分布模式(图 2),其中兰绿藻、绿藻、红藻的分布深度也在 0~30 m 范围内。

融县组中所含珊瑚化石主要属有六方珊瑚、潘涅克珊瑚、假内沟珊瑚等,多为群体珊瑚形成礁体,或与

其他生物共同形成礁体。群体珊瑚要求水域清彻、透光性好,水温 15~40℃,盐度 27~48‰的环境,最适宜生长在正常盐度,浑浊度低的浅海,水深 5~50 m 范围内(表 2)。

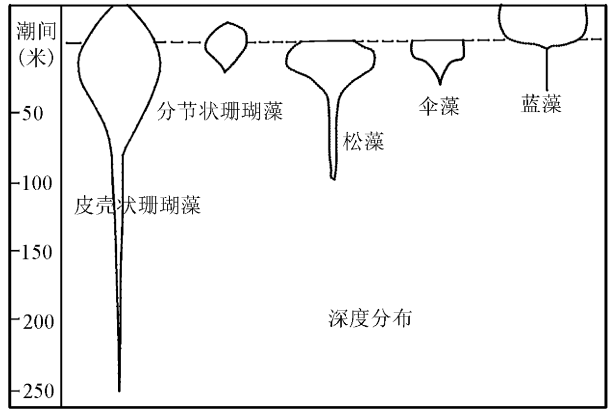


图 1 现代海生钙藻主要各类的深度分布
(据 J. L. Wary, 1977)

Fig. 1 Depth distribution of main marine calcareous algae at present (after J. L. Wary, 1977)

表 2 珊瑚形态类型与环境因素关系
Table 2 Relationship between corals shapes and environment

	形态	能量	水深	盐度	温度
单体	弯角锥型	高	5~20m	32‰-正常-38‰	温暖
	直角锥型	中-低	10~30m	32‰-正常-38‰	温暖
	小型角锥型	低	20~50m	32‰-正常-38‰	冷水
群体	块状壳型	高	5~20m	32‰-正常-38‰	温暖
	丛状粗枝型	中-低	10~30m	32‰-正常-38‰	温暖
	丛状细枝型	低	20~50m	32‰-正常-38‰	冷水

冷水融县组中腕足类化石主要属有弓石燕、帐篷石燕、云南贝、准云南石燕、狮鼻贝、裂纹背等,云南贝和石燕等为厚壳属种,反映其生活在浅水环境中。

牙形刺是融县组中分布与藻类一样广泛的一种微体化石(个体大小 0.1~5 mm)。牙形刺化石一百多年前 Pande 最早发现和命名,在我国 60 年代以前还尚未发现(郝诒纯等,1961),直到七十年代后才大量发现,并进行鉴定研究。德保燕峒融县组剖面 46 个分层中有 22 层发现牙形刺化石,并与藻类伴生。主要属有:多颚刺、假多颚刺、窄鄂齿刺、掌鳞刺等。迄今为止,牙形刺的生物分类位置仍有争议,虽然越来越多的人认为牙形刺是一种绝灭了的海生牙形动物的器官组分,但仍有人把它当成是蠕形动物的颚器等(余素玉,1982)。因此对牙形刺的生活

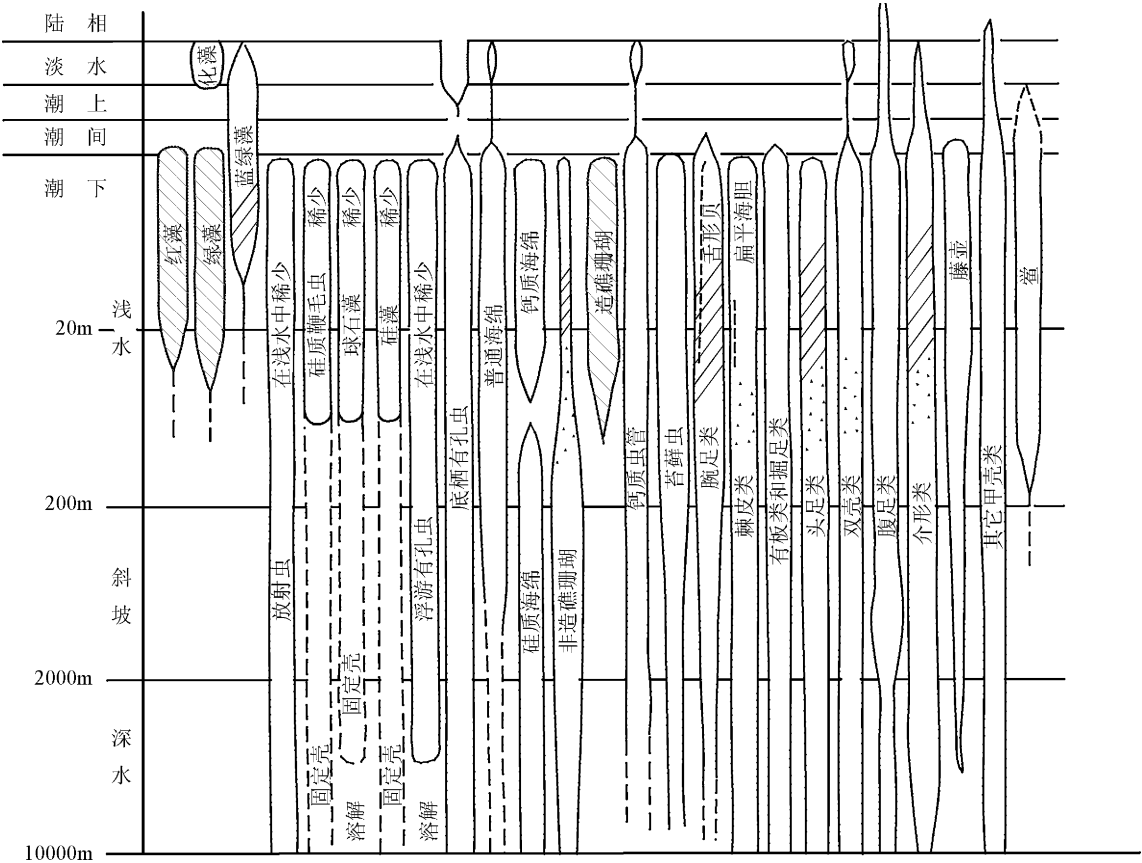


图 2 生物门类分布与水体深度关系(据 P. H. Heckel, 1972)

Fig. 2 Relationship between distribution of living beings phylum and marine water depth (Modified after P. H. Heckel, 1972)

斜线表示融县组中所含化石;黑点为五指山组和榴江组中出现的化石

oblique line-species from Rongxi formation; black dot-species from Liujiang and Wuzhishang formation

习性和生存条件也尚无明确意见,但根据其与海生腕足类、介形虫、腕足类、头足类、瓣鳃类和鱼化石相伴生,应是生活在浅海环境。桂西南融县组中牙形刺与藻类及珊瑚相伴生,说明牙形刺可生活在水深 5 ~ 50 m 环境。

1.2 榴江组和五指山组的生物化石

五指山组和榴江组中所含主要生物化石见表 3、4。

五指山组与榴江组均为台沟相沉积,所含化石相似:主要为牙形刺、珊瑚、介形类、头足类,此外还发现竹节石、腕足类及少量放射虫、瓣鳃类及海绵骨针。整个古生物面貌具如下特征:

① 古生物化石十分丰富,种类多样,下雷锰矿榴江组和五指山组剖面 17 个分层(总厚 292.16 m)有 10 个分层化石分布普遍;大新土湖同样层位的剖面每一分层中都有大量化石产出,反映含锰岩系形成时水体中生物十分繁盛,台沟水深应不超过

200 m。

② 古生物种类组合以珊瑚、牙形刺、介形类、头足类(角石和菊石)等底栖和浮游生物为主,未见兰藻类,但出现少量一般生活在较深水体中的竹节石、放射虫和薄壳瓣鳃类和颗石藻(钟铿等,1991),据 Heckel 提出的判断古水深的生物门类分布标准,本区台沟总体水深应大于 50 m,小于 200 m,一般深度可能为 80 ~ 150 m。

③ 五指山组和榴江组所含化石与融县组相比,存在着明显的差别,前者以浮游生物为主,后者以藻类及低栖生物为主,出现同一门类化石,属种也有差别,反映了两者形成时水体深浅的差异;另一方面,也存在着某些相似性,提示两者都应同是浅海条件下的沉积(表 5)。五指山组、榴江组和融县组中相同的牙形刺化石有:多颚刺、窄颚刺、掌鳞刺、奥泽克刺、新锯齿刺、小锚刺等,占融县组中发现的牙形刺化石属种的 70%。珊瑚类中相同的属有假内沟

表 3 桂西南上泥盆统榴江组含化石属种

Table 3 Species of fossils from Upper Devonian Liujiang formation in southwestern Guangxi

类别	属种
牙形类	<i>Palmatolepis triangularis</i> 三角掌鳞刺、 <i>P. gigas</i> 巨大掌鳞刺、 <i>Ancyrognathus triangularis</i> 三角小锚刺、 <i>Polygnathus asymmetricus</i> 不对称多额刺、 <i>Ancyrodella nodosa</i> 瘤锚刺、 <i>Palmatolepis subpebobata</i> 亚小叶掌鳞刺、 <i>Palmatolepis provera</i> 前伸掌鳞刺
珊瑚	<i>Peneckiella guangxiensis</i> 广西潘涅克珊瑚、 <i>P. liujingensis</i> 六景潘涅克珊瑚、 <i>Neotemnophyllum</i> sp. 新切珊瑚、 <i>N. furcatum</i> 叉状新切珊瑚、 <i>Tabulophyllum subgracile</i> 亚纤细隆板珊瑚、 <i>Amplexocarinia</i> ? <i>crassa</i> 原脊板包珊瑚、 <i>Pseudozaphrentis</i> sp. 假内沟珊瑚、 <i>Columnaria</i> (<i>paracolumnaris</i>) <i>liujingensis</i> 六景柱珊瑚(副柱珊瑚)。
介形类	<i>Bertillonella Subcircularis</i> 近圆小贝尔提隆介、 <i>Ungerella latesulcata</i> 侧槽小翁盖尔介、 <i>Bertillonella cicatricosa</i> 瘢痕小贝尔提隆介、 <i>Entomozoe</i> (<i>Nehdentomis</i>) <i>tenera</i> 柔嫩纳赫德足虫介、 <i>Bertillonella reichi</i> 赖氏小贝尔提隆介、 <i>Bertillonella</i> cf. <i>erecta</i> 敏捷小贝尔提隆介(相近似种)。
头足类	<i>Manticoceras Cordatum</i> 心形尖棱菊石、 <i>Probeloceras applanatum</i> 扁平原箭菊石、 <i>Manticoceras kweipingense</i> 桂平尖棱菊石、 <i>Eobeloceras anguisellatum</i> 角始箭菊石、 <i>Beloceras acutum</i> 尖形箭菊石、 <i>Ponticeras kwangsiense</i> 广西海盘菊石。
竹节石	<i>Striatostyliolina luofuensis</i> 罗富肋壳节石、 <i>S. rariestrata</i> 稀浅肋壳节石、 <i>Metastyliolina nahaensis</i> 那恰类光亮节石、 <i>Nowakia cancellatoides</i> 似格子塔节石、 <i>Viriatellina multicostata</i> 多肋准低环节石、 <i>Styliolina</i> sp. 光亮节石、 <i>Tentaculifex</i> sp.

古生物属种鉴定据广西地质矿产局。

表 4 桂西南上泥盆统五指山组含化石属种

Table 4 Species of fossils from Upper Devonian Wuzhishang formation in southwestern Guangxi

类别	属种
牙形类	<i>Bispathodus costotus</i> 肋脊双铲刺、 <i>Polygnathus styracus</i> 安息香多额刺、 <i>Scaphignathus velifera</i> 帆船额刺、 <i>Palmatolepis quadrantinodosa</i> 方疔掌鳞刺、 <i>P. rhomboidea</i> 菱形掌鳞刺、 <i>P. minuta minuta</i> 小掌鳞刺小亚种、 <i>P. gracilis simoidalis</i> 细掌鳞刺 S 形亚种、 <i>Ozarkodina homoarcuata</i> 同曲奥泽克刺、 <i>Palmatolepis gracilis</i> 细掌鳞刺、 <i>P. Perlobata perlobata</i> 小叶掌刺小叶亚种、 <i>P. glabra pectinata</i> 光滑掌鳞刺梳状亚种、 <i>P. perlobata</i> 小叶掌鳞刺、 <i>Bispathodus Jugosus</i> 结合双铲齿刺、 <i>Spathognathodus brevatus</i> 矩窄额齿刺、 <i>S. strigosus</i> 泉窄额齿刺、 <i>Neopriodontus smithi</i> 史密斯新锯齿刺、 <i>Protognathodus</i> sp. 原额齿刺、 <i>Palmatolepis crepida</i> 拖鞋掌鳞刺
珊瑚	<i>Tabulophyllum subgracile</i> 亚纤细隆板珊瑚、 <i>Amplexocarinia</i> sp. 板包珊瑚、 <i>Temnophyllum</i> (<i>Temnocaris</i>) <i>linjingensis</i> 六景切珊瑚、 <i>Pseudozaphrentis curvata</i> 弯曲假内沟珊瑚、 <i>P. minor</i> 小假内沟珊瑚
介形类	<i>Ungerella sigmoidale</i> S 型小翁盖尔介、 <i>U. carcarta</i> 矩状小翁盖尔介、 <i>Richterina</i> (<i>Richterina</i>) <i>striatula</i> 条纹利希特介、 <i>R. (R.) costata</i> 棱脊利希特介(利希特介)、 <i>Maternella hemisphaerica</i> 半圆形马氏介、 <i>M. dichotoma</i> 异饰马氏介、 <i>Entomozoe</i> (<i>Richerina</i>) <i>serratostrata</i> 纳赫德足虫介、 <i>Entomozoe tenera</i> 柔嫩纳赫德足虫介
头足类	<i>Clymenia</i> sp. 海神石、 <i>Wocklumeria</i> sp. 乌克曼菊石、 <i>Paraworklumeria</i> sp. 似乌克曼菊石、 <i>Imitoceras</i> sp. 仿效菊石、 <i>Kosmoclymenia</i> sp. 宇宙海神石

古生物属种鉴定据广西地质矿产局。

珊瑚、潘涅克珊瑚,介形类中相同的属有小翁盖尔介、纳赫德足虫介等。古生物群的相似性说明台沟和台地水体相通、空间相邻,且水深条件相差不会十分悬殊。

2 矿物岩石特征

2.1 标志性矿物

五指山组和榴江组中出现两种可作为古水深标志的自生矿物:鲕绿泥石和胶磷矿。鲕绿泥石含在五指山组的锰矿层中,产于碳酸锰矿鲕粒间。胶磷矿夹于榴江组的局部地段,如大新榄圩、天等巴荷等地的榴江组硅质岩中含数毫米厚的胶磷矿纹层和含磷泥质岩。Taylor 和 Porrenga (1967) 曾对含铁自生矿物海绿石和鲕绿泥石的形成水深作过研究,提出

海绿石形成于水温较低(<15℃)、水深较大(>125 m)的区域,而鲕绿泥石则相反,形成水温较高、水深较浅的环境。我国南方泥盆系中的宁乡式沉积铁矿有大量鲕绿泥石产出,与赤铁矿构成了鲕绿泥石-赤铁矿矿石。据赵一鸣研究(2004),这些鲕绿泥石是浅海一近岸环境下的产物。

胶磷矿及磷块岩一般形成于水浅的海湾环境,最适合磷酸盐形成的水深为数十米,只有当其形成于与上升洋流毗邻的陆棚边缘时水深可达数百米。南非厄勒斯浅滩上沉积的磷块岩是世界上最大的海底沉积物富集区之一,水深只有 50 m (Kennett, 1992)。五指山组和榴江组中同时出现上述两种矿物是其形成深度为浅海环境的重要证据。

表 5 桂西南上泥盆统融县组、榴江组、五指山组含化石属对比

Table 5 Comparison of fossils species from Rongxian, Liujiang and Wuzhishang formations in southwestern Guangxi

类别	属名	融县组	榴江组	五指山组	类别	属名	融县组	榴江组	五指山组
牙形刺	多颚刺 Polygnathus	++		++	珊瑚	新切珊瑚 Neotemnophyllum		+	
	假多颚刺 Pseudoploygnathus	+				柱珊瑚 Columnaria		+	
	窄颚齿刺 Spathognathuodus	+		++		板珊瑚 Tabulophyllum		+	
	掌鳞刺 Palmatolepis	+++	++	+++		切珊瑚 Temnophyllum	+		+
	奥泽克刺 Ozarkodus	+		+	介形类	豆石介 Leperditia	+		
	双铲齿刺 Bispathodus			+		曼奈尔介 Mennerites	+		
	镰刺 Drepanodus	+				希里尔特介 Briatina			
	新锯齿刺 Neopriionodus	+		+		小翁盖尔介 Ungerella		+	+
	小锚刺 Ancyrodell	+	+			利希特尔介 Richterina			++
	原颚刺 Protognathodus			+		马氏介 Maternella			++
	帆船颚刺 Velifera			+		纳赫德足虫介 Entomozoe		+	++
						小贝尔提隆介 Bertillonella	+	++	
珊瑚	假内沟珊瑚 Pseudozaphrentis	+	+	+	头足类	假直角石 Pseudorthoceras	+		
	分珊瑚 Disphyllum	+				马尾角石 Hipparinoceras			
	六方珊瑚 Hexagonaria	++				海神石 Clymenia			+
	德河珊瑚 Domia	+				乌克曼菊石 Wocklumeria			+
	扭珊瑚 Compophyllum	+				似乌克曼菊石 Parawocklumeria			+
	潘涅克珊瑚 Peneckiella	+	++			仿效菊石 Imitoceras			+
	比林星珊瑚 Billingsastraea	+				尖棱角石 Manticoceras		++	
	板包珊瑚 Amplexocarinia		+	+		箭角石 Beloceras		+	

2.2 岩石组合和结构构造

融县组的岩石组合为:浅灰、灰白色灰岩,藻灰岩,鲕状灰岩夹白云岩,总体表现为色浅、质纯、层厚的特征,是典型的碳酸盐台地沉积。

榴江组的岩石组合为:灰白色薄层硅质岩夹页岩粉砂岩,灰黑色薄层硅质岩夹杂色页岩,含钙粘土岩及碳质粘土岩。五指山组的岩石组合为:灰色泥质硅质岩,灰黑色硅质灰岩,扁豆状灰岩及碳酸锰矿层。两者均呈现色深、质杂、层薄的特征,与融县组在外观上有明显差别。榴江组和五指山组含锰岩系发育有微水平层理、微波状层理。锰矿层中发育有豆鲕粒构造:以碳酸锰矿物为主组成大小 0.5 ~ 20 mm 的豆鲕粒,豆鲕粒多为椭圆状,内部具有同心环带构造,鲕粒间有鲕绿泥石分布。尽管对锰矿中豆鲕粒构造的形成有不同的解释,但将其视为浅海沉积特征无疑是可能性较大的一种。

3 地球化学特征

根据海水中溶解氧随深度而变化的规律,可通过沉积物中保留的氧化还原特征推断形成时的水

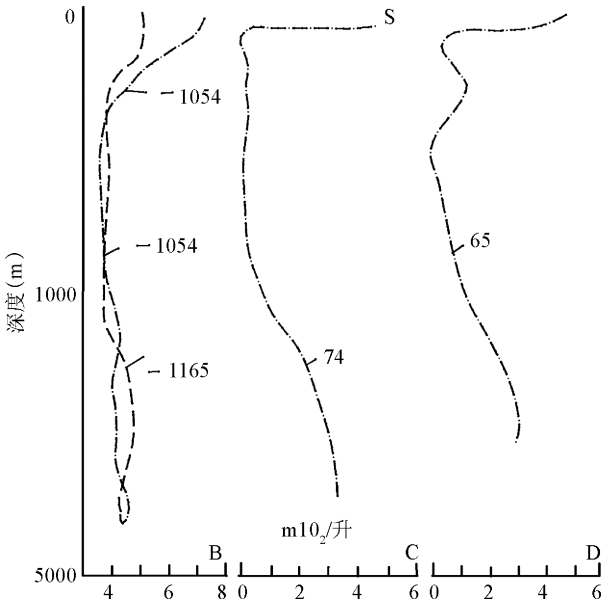


图 3 溶解在海水中氧的典型垂直剖面

Fig. 3 Typical vertical section of oxygen dissolved in sea water (after Liu Ying-jun, 1984)

深。溶解在海水中氧的典型垂直剖面见图 3。处于

高纬度的南极考察站(B)和处于中低纬度的东太平洋考察站(C、D)海水中溶解氧的数量有差别,但随深度加大有同样的变化规律,即在某一水深溶解氧含量迅速减少,曲线出现一个平台,这一位置标志着氧化条件的激变,即氧化界面。在该界面以下水体处于微氧和缺氧环境,在界面以上则为氧化环境,并随深度减小,氧化程度越高。南极剖面 and 东太平洋剖面的情况有所不同,前者曲线拐点的位置比较深,

溶解氧的数量也大得多,可能与气温低有关。考虑到桂西南泥盆纪时的古纬度比现今的还低,同时大气中氧分压与现代相近,因此参考东太平洋的测定数据,确定含锰岩系形成时古海水氧化界面的深度为 100 m 左右或更深,这一结果和关士聪(1980)提出的中国古海域沉积环境综合模式中提出的氧化界面的深度是基本一致的。

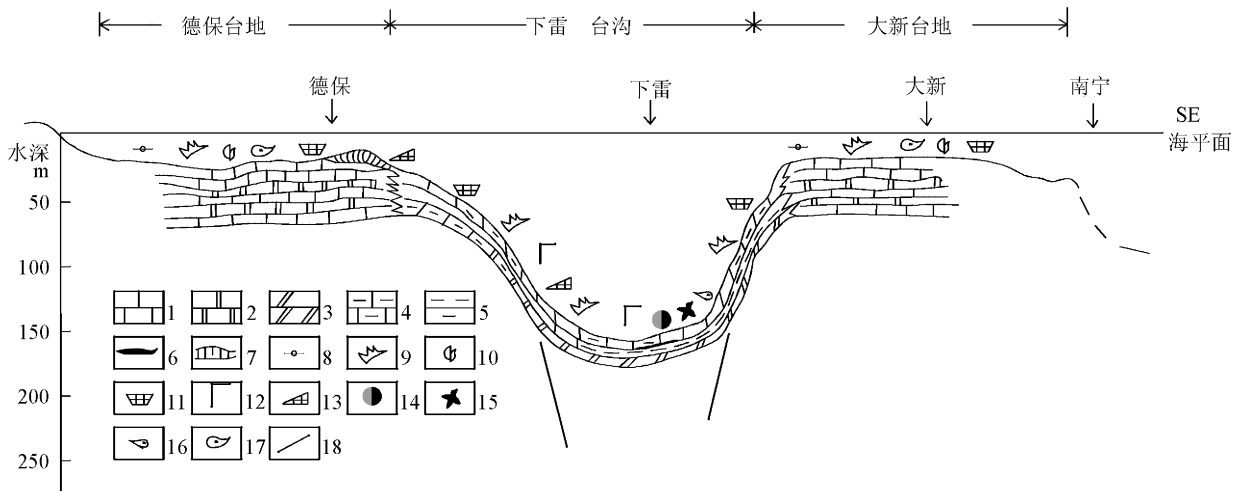


图 4 桂西南晚泥盆统碳酸盐台地相-台沟相沉积古水深条件示意剖面图

Fig. 4 Schematic diagram of ancient sea water depth related with carbonate platform-trough facies in southwestern Guangxi

- 1-灰岩;2-白云岩;3-硅质岩;4-扁豆状灰岩;5-泥质岩;6-锰矿层;7-生物礁;8-蓝藻;9-牙形刺;10-腕足类;11-珊瑚;12-菊石;13-角石;14-海百合;15-放射虫;16-瓣鳃类;17-介形虫;18-同沉积断裂
- 1-limestone; 2-dolomitite; 3-silicite; 4-lenticular limestone; 5-mud stone; 6-manganese ore; 7-bioreef; 8-blue-green algae; 9-conodont; 10-brachiopoda; 11-corals; 12-ammonid; 13-manticoreas; 14-crinoid; 15-radiolaria; 16-lamellibranchia; 17-ostracode; 18-syngenetic rift

桂西南含锰岩系形成时的氧化还原条件,根据以下方法确定:

(1) 微量元素特征: 沉积物中 $V/(V+Ni)$ 值可反映沉积物形成时的氧化还原环境 (Jones B 1994)。他们根据沉积盆地底水中溶解氧的含量将盆地水体分为氧化的、弱氧化的、微氧化的和缺氧的,其溶解氧的含量分别为 (ml/l): $>2, 2 \sim 0.2, 0.2 \sim 0.0, 0$ 。当 $V/(V+Ni)$ 的值为 $1 \sim 0.83$ 时为静海环境, $0.83 \sim 0.57$ 时为缺氧环境, $0.57 \sim 0.46$ 为弱氧化环境, <0.46 为氧化环境。取自下雷锰矿的样品矿层 $V/(V+Ni)$ 为 $0.12 \sim 0.27$, 顶底板和夹层为 $0.43 \sim 0.68$ 表示锰矿形成时处于氧化环境, 顶底板和夹石形成时为氧化环境至弱氧化环境。Dill (1986) 提出沉积物中 V/Cr 的值 <2 时表示氧化环境, >2 时为缺氧环境, 下雷锰矿的这一比值为 $0.11 \sim 1.17$, 所得结论与前相同。

(2) 矿石和岩石 Eh 和 PH 的测定: 根据广西地质矿产局试验室 1988 年 21 个样品测定结果, 下雷锰矿顶底板及夹石 PH 和 Eh 的数值都相近, PH 值为 $8.25 \sim 9.95$, 平均 9.51 , Eh 值为 $240 \sim 314$ mv, 平均 276 mv。表明矿物和岩石形成于碱性弱氧化环境。

(3) 矿石矿物组合: 桂西南锰矿中原生锰矿石的主要锰矿物为菱锰矿和钙菱锰矿, 同时在下雷、龙帮、湖润等矿区还出现原生褐锰矿, 根据锰矿物 Eh-PH 相图 (姚敬劬, 1997), 当 PH 9.5 左右, 只有在 Eh 大于 0.2 V 时才可能出现褐锰矿。

既然含锰岩系形成于氧化至弱氧化环境, 当时发生沉积作用的海底深度就应在氧化界面 (水深 100 m) 附近。至于含锰岩系中也有有机碳和黄铁矿的出现, 这是由于海平面位置的变动使海底沉积环境某些时段可能处于氧化界面以下的缺氧还原环境。

4 结论

(1) 桂西南上泥盆世处于被动大陆边缘裂谷环境,由那坡、右江等断裂带拉张走滑作用形成的右江沉积盆地,接受了一套碳酸盐、硅质岩和泥质岩沉积。盆内受次一级同沉积断裂分割,造成了台拗相间的古地理格局,控制了岩相的分布。其中台地发育了碳酸盐台地相沉积,台间拗地则分布由硅质岩、泥质岩、碳酸盐和锰矿层组成的台沟(台间海槽)相沉积。无论是台地抑或台沟,均应为浅海相沉积,台沟只是广阔的浅海盆地相带中相对深拗的部分,并不属于大陆坡或深海槽的范畴。台沟的地貌形态类似于许东禹等(1997)对现代“黄海槽谷地”的认识:“这种夹于两个台地间的地形单元名曰‘海槽’,并不是地貌学上大陆坡上的大型负地形海槽,而是南黄海陆架平原上一个长条状宽浅的洼地”。

(2) 根据桂西南上泥盆统沉积岩系的古生物、矿物岩石及地球化学特征分析,右江沉积盆地中台地和台沟相形成时的古水深条件可能是:台地水深 5 ~ 50 m,一般水深 10 ~ 30 m;台沟水深 50 ~ 200 m,一般水深 80 ~ 150 m(图 4)。

(3) 桂西南上泥盆统主要沉积锰矿分布于由下雷-灵马同沉积断裂控制的拗陷带内,拗陷带北东南西走向,延长超过 60km,宽 10 ~ 20km,呈狭长条状,成为夹于大新-武鸣和德保两个台地之间的台沟。上泥盆世榴江期在台沟中沉积了含锰硅质岩,为以后的次生氧化锰矿形成提供了矿源;上泥盆世五指山期则形成含锰灰岩、泥质岩及硅质岩,并发生大规模的碳酸锰沉积,造就了下雷、湖润、土湖等一批大中型锰矿。

[References]

- Andrew D M. 1984. Principles of sedimentary basin analysis [M]. New York: Springer-Verlag: 65-79
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region. 1985. Regional geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region [M]. Beijing: Geological Publishing House: 97-143
- Chen Qun, Hu Da-xian Xu Ye-bing. 1999. Significance and suggestion on the investigation of high quality manganese resources in south China [J]. Geology and Exploration, 35(5): 1-4
- Chen Jian-qiang, Zhou Hong-rui, Wang Xun-lian. 2004. Sedimentology and sedimentary palaeogeography [M]. Beijing: Geological Publishing House: 87-90
- Dill H. 1986. Metallogenesis of Early Palaeozoic graptolite shales from the Graegenthal Horst (northern Bararia-Federal Republic of Germany) [J]. Econ. Geol, 81: 889-903
- Duan Li-qin, Song Jin-ming, Xu Si-si. 2009. V, Mo, Tl, Ga and their environmental marker function in marine sediment [J]. Geological Review, 55(3): 420-427
- Hou Zhon-lin, Xue You-zhi, Lin You-huan, Liu Hong-jun, Yao Jing-qu, Zhu Kai-jun. 1997. Mn are in Yangzi platform peripheries [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 36-41
- Jones B, Marning D A C. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in mudrocks [J]. Chemical Geology, 111: 111-129
- Li Ying. 1990. Hot water sedimentation in sedimentary basin evolution at continental peripheries [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, (4): 226-228
- Liu Bao-jun, Zeng Yun-fu. 1985. Lithofacies and paleogeography and method of study [M]. Beijing: Geological Publishing House: 58-56
- Liu Ying-jun, Cao Li-ming, Li Zhao-lin, Wang He-nian, Chu Tong-ging, Zhang Jing-rong. 1984. Geochemistry of element [M]. Beijing: Science Press: 450-458
- Luo Hua-bao. 2002. The direction of prospecting for high quality manganese ore resource in China [J]. Geology and Exploration, 38(4): 8-11
- Mao Xiao-dong, Chen Ze-yun, Duan Qi-ja. 1992. The characteristics and evolution of the Lingshang-Hengyang interplatform basin [A]. In: Collected papers of lithofacies and paleogeography (7) [C]. Beijing: Geological Publishing House: 173-191
- Peng San-guo, Fu Qun-he, Zhang Dian-chun. 2008. Characteristics and ore resource prospects of Ordovician manganese metallogenic belt in central Hunan province [J]. Mineral Deposits, 27(5): 622-630
- Ru Ting-keng, Wei Ling-dun, Shu Gao. 1992. Guangxi manganese ore geology [M]. Beijing: Geological Publishing House: 27-32
- Tu Guang-zhi. 1988. Geochemistry of stratabound ore deposits in China [M]. Beijing: Science Press: 195-206
- Wang Hong-zhen. 1985. Atlas of the palaeogeography of China [M]. Beijing: Geological Publishing House: 58-66
- Xu Dong-yu, Liu Xi-qing, Zhang Xun-hua, Li Tang-gen, Zhen Bong-yan. 1997. China offshore geology [M]. Beijing: Geological Publishing House: 8-9
- Yang Jing-qian. 1985. Geological characteristics of Xiaolei manganese deposit in Guangxi [A]. In: Geological corrected works of Chinese manganese ores [C]. Beijing: Geological Publishing House: 86-79
- Yao Jing-qu, Su Chang-guo, Zhang Qing-cai. 1998. Paleotectonics Mn-bearing basin and Mn ore prospecting in central and south Hunan [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 125-129
- Yao Pei-hui. Records of China's manganese deposits [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press: 368-348
- Yu Su-yu. 1982. Fossil carbonate [M]. Beijing: Geological Publishing House: 15-36
- Zhao Yi-ming, Bi cheg-si. 2000. Distribution and evolution of Ningxian type sedimentary iron deposit [J]. Mineral Deposits, 19(2): 357-358
- Zhong Keng, Wu Yi, Yin Bao-an, Liang Yan-ling, Yao Zhao-gui, Peng Jin-xing. 1991. Devonian system in Guangxi [M]. Wuhan: China Geological University Press: 166-195

[附中文参考文献]

陈 群,胡达骧,徐叶兵. 1999. 开展中国南方优质锰矿矿产资源调查评价的意义和实施建议[J]. 地质勘探, 35(5):1-4

陈建强,周洪瑞,王训练. 2004. 沉积学及古地理学[M]. 北京:地质出版社:87-90

段丽琴,宋金明,许思思. 2009. 海洋沉积物中钒、钼、铈、镓及其环境指示意义[J]. 地质论评, 55(3):420-425

广西壮族自治区地质矿产局. 1985. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社:97-143

侯宗林,薛友智,黄金水,林有焕,刘红军,姚敬勋,朱恺军. 1997. 扬子地台周边锰矿[M]. 北京:冶金工业出版社:36-41

李 英. 1990. 大陆边缘沉积盆地演化中的热水沉积作用[J]. 矿物岩石地球化学通讯, (4):226-228

刘宝珺,曾允孚. 1985. 岩相古地理基础和工作方法[M]. 北京:地质出版社:58-86

刘英俊,曹励明,李兆麟,王鹤年,储同庆,张景荣. 1984. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社:450-458

骆华宝. 2002. 我国优质锰矿的勘查方向[J]. 地质与勘探, 38(4):8-11

毛晓冬,陈泽云,段其发. 1992. 灵山-衡阳台间盆地的特征及其演化[A]. 见:岩相古地理文集[C]. 北京:地质出版社:173-191

彭三国,付群和,张殿春. 2008. 湘中奥陶纪锰矿成矿带成矿特征及资源前景[J]. 矿床地质, 27(5):622-630

茹延锵,韦灵敦,树 皋. 1992. 广西锰矿地质[M]. 北京:地质出版社:27-32

涂光炽. 1988. 中国层控矿床地球化学(第三卷)[M]. 北京:科学出版社:195-206

王鸿祯. 1985. 中国古地理图集[M]. 北京:地质出版社:38-66

许东禹,刘锡清,张训华,李唐根,陈帮彦. 1997. 中国近海地质[M]. 北京:地质出版社:8-9

杨家谦. 1985. 广西下雷锰矿床地质特征[A]. 见中国锰矿地质文集[C]. 北京:地质出版社:86-79

姚敬勋,苏长国,张清才. 1998. 湘中湘南古构造造成锰盆地及锰矿找矿[M]. 北京:冶金工业出版社:125-129

姚培慧. 1995. 中国锰矿志[M]. 北京:冶金工业出版社:368-438

余素玉. 1982. 化石碳酸盐[M]. 北京:地质出版社:15-36

赵一鸣,毕承思. 2000. 宁乡式沉积铁矿床的时空分布和演化[J]. 矿床地质, 19(2):357-358

钟 铿,吴 治,殷保安,梁演林,姚贵肇,彭金星. 1991. 广西的泥盆系[M]. 武汉:中国地质大学出版社:166-195

Depth of Ancient Sea Related with Formation of the upper Devonian Mn-bearing Rock Series in Southwestern Guangxi Province

QIN Yuan-kui , XU Bai-an , YAO Jing-qu
(*Central south Institute of Geology and Metallurgy, Yichang 443003*)

Abstract:The Upper Devonian Mn-bearing series of south west Guangxi is the most important formation in China. Although it is commonly accepted that this series formed in a sea trough setting of between platforms, the ancient sea depth at which the Mn-bearing sediments settled is controversial. In this paper we present features of fossils species from Liujing and Wuzhishang formation and relationship between distribution of Living beings phylum and environment. We identify particular minerals and rock structures as the indicator of ancient sea depth. We analyze the content of V, Ni, and Cr and determine the oxidize-reduce condition in sedimentation. According to the results, we suggest that the Mn-bearing series formed in a shallow sea environment of inter-platform channel and the possible range of ancient sea depth is 50 ~ 200 m, and the general depth is 80 ~ 150 m.

Key words:southwestern Guangxi, Upper Devonian, Mn-bearing series, ancient sea depth