

黔南独山恒丰早石炭世沉积暴露面的发现及其地质意义

朱华利^{1,2}, 谯常¹, 王波¹, 张晗彬¹

(1. 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550000; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

[摘要] 本文报道了黔南恒丰地区首次发现早石炭世沉积暴露面; 基于野外地质调查实测剖面, 对该剖面进行综合研究, 包括岩石地层、沉积相分析及生物化石、全岩微量元素地球化学特征; Sr/Ba、B、U/Th、V/Cr 等进行研究。得出研究区早石炭世存在多期次沉积暴露, 最后一次暴露的时间与区域上祥摆组至上司组沉积时间相当。早石炭世晚期研究区处于较为封闭的混合潮坪相沉积环境, 直到最后一次暴露, 海水完全退出, 该区成为陆相沉积剥蚀区, 导致研究区缺失祥摆组至上司组。剖面下部含鲕状赤铁矿层与“宁乡式”铁矿具相似的沉积环境, 为研究区赤铁矿找矿提供了新的信息。

[关键词] 黔南; 石炭系; 暴露面; 赤铁矿; 岩石地层; 沉积相分析

[中图分类号] P953.45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-5943(2017)03-0150-06

0 引言

古沉积暴露面是地质历史时期海退过程的产物, 伴随着海平面下降或地壳抬升, 原来淹没在海平面之下的沉积物暴露于地表, 遭受风化侵蚀形成的一个具有特殊意义的界面。古沉积暴露面除了能够反映地质历史时期的海岸线, 还是层序地层学中的一个重要的界面。对层序地层学和沉积古地理研究均具有重要的意义。

黔南石炭系, 自 20 世纪 30 年代丁文江(1931)、俞建章(1931)等人研究以来, 经过近一个世纪的调查与研究, 已成为生物地层等方面研究程度较高的地区之一。前人对黔南独山一带石炭系的研究主要集中于泥盆系—石炭系(王约, 1996)和石炭系—二叠系界线附近的地层(谯文浪, 2012)。黔南地区石炭系为扬子地台边缘的滨浅海相沉积, 除下石炭统中有硅质碎屑沉积外, 主要以碳酸盐岩沉积为主。

本文在野外实测地质剖面(图 1)及系统的地球化学微量元素特征分析的基础上, 提出黔南独山地区早石炭世为潮坪相, 且存在多期次的沉积

暴露面, 结合区域地层对其地质意义进行了探讨。

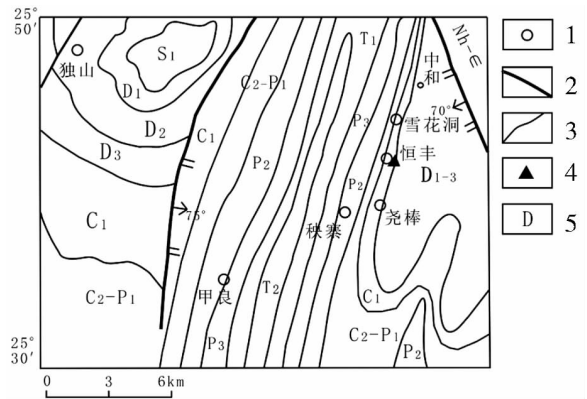


图 1 研究区地质略图

Fig. 1 Geologic sketch of the target area

1—地名; 2—断层; 3—地质界线; 4—剖面位置; 5—地层代号

1 地质背景

贵州石炭系属扬子地层区。根据岩性、岩相及古生物特征的明显差异, 划分为独山—威宁—遵义分区、紫云—普安分区及罗甸—六盘水分区。黔南地区是贵州石炭系发育最好、层序最完整、古生物最丰富、研究程度较高、最具代表性的地区

[收稿日期] 2017-04-09

[基金项目] 中国地质调查局地质调查项目《贵州 1:5 万独山等四幅区域地质调查 (121201010000150011-03)》; 2010 年度贵州省地矿局局管重大科研项目之《贵州区域构造特征、构造演化与矿产空间分布关系研究》; 贵州省地矿局青年地质科学研究项目《贵州松桃—江口地区寒武系炭质粘土岩地球化学特征研究》(黔地矿科合[2012-16 号])资助。

[作者简介] 朱华利(1987—), 男, 助理工程师, 从事区域地质矿产调查研究工作。E-mail: 1007811423@qq.com。

(贵州省地质志,2013)。独山—威宁分区,是贵州石炭系的主体,发育完整,以浅海台地相碳酸盐岩为主,富含珊瑚、腕足类等底栖生物化石,地层厚度 480~1 970 m,底部与下伏上泥盆统呈整合或平行不整合接触。其中独山地区石炭系地层以潮坪相为主。由下向上依次沉积了:(1)汤巴沟组:岩性主要为深灰色泥质灰岩与粘土岩或石英砂岩互层,富含珊瑚化石 *Pseudouralinia* sp.,该化石在区域上仅见于汤巴沟组地层中;(2)祥摆组:岩性主要为浅灰色厚层石英砂岩夹深灰色炭质粘土岩;(3)旧司组:岩性主要为深灰色厚层泥质灰岩夹同色薄层钙质粘土岩;(4)上司组:岩性主要为深灰色厚层泥质泥晶灰岩夹同色薄层钙质粘土岩,富含珊瑚化石 *Kueichouphyllum* sp.;(5)大埔组:岩性主要为浅灰色厚层至块状白云岩,底部多见有生物屑泥晶灰岩或瘤状灰岩产出,富含腕足 *Gigantoproductus* sp. 和珊瑚 *Palaeosmia* sp;(6)黄龙组:岩性主要为浅色砂屑生物碎屑灰岩;(7)马平组:岩性主要为浅灰色厚层块状含生物碎屑泥晶灰岩。由南向北大埔组之下有地层的缺失,恒丰附近大埔组与下“伏汤巴沟组”粘土岩呈平行不整合接触;再向南到秧寨附近大埔组与下伏上司组灰岩呈平行不整合接触。

2 沉积地层特征

笔者在区调填图过程中发现在恒丰北东雪花洞到中和一带,汤巴沟组岩性以碎屑岩为主,局部夹泥质灰岩或灰岩结核;有别于区域上典型的汤巴沟组,本文用带引号的“汤巴沟组”表示。在测制黔南独山恒丰石炭系剖面时发现,在大埔组白云岩之下、“汤巴沟组”砂岩上部,沉积了一套特殊岩性,主要为紫红色块状姜结仁(或钙质结核)粘土岩,紫红色、灰黄色块状含铁质鲕粒粘土岩或铁质鲕粒粉砂岩与灰色、浅灰色厚层至块状泥晶生物屑砂屑灰岩或亮晶生物屑砂屑灰岩互层。该剖面以含铁质鲕粒赤铁矿层与雪花洞“汤巴沟组”地层上部可对比(图 2),该段地层特征如下(图 3):

(1)大埔组(C₁₋₂d):

第 13 层为白云岩,白云岩与下伏灰岩之间接触面平整。

第 12 层为浅灰白色厚层生物屑砂屑灰岩,白云质灰岩,与下伏“汤巴沟组”接触面略有起伏,为平行不整合接触。

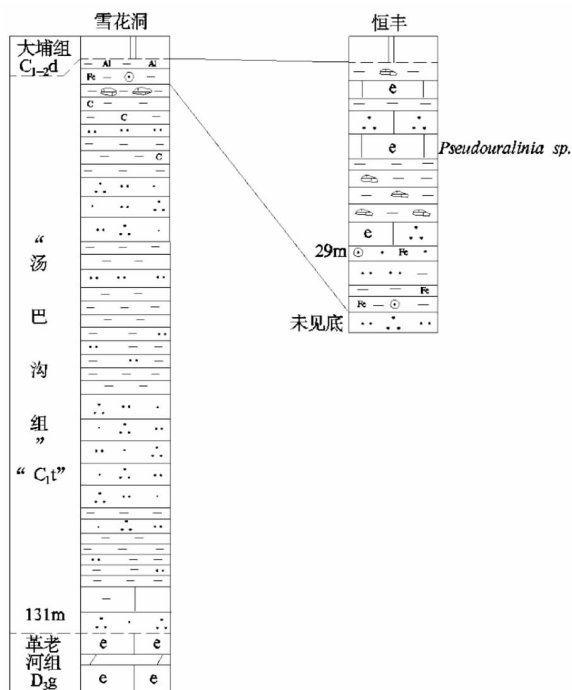


图 2 恒丰剖面与雪花洞“汤巴沟组”地层柱状对比图

Fig. 2 Stratigraphic comparison column of Hengfeng section and Tangbaogou formation in Xuehua cavity

----- 平行不整合 -----

(2)“汤巴沟组”(“C₁t”):

第 11 层底部为一层厚约 40 cm 的砾石层,砾石主要为灰岩砾、其次见为硅质岩砾,灰岩砾石呈椭圆形,长轴顺层展布,长轴 d=20~50 cm,硅质岩砾石呈扁平状顺层产出,砾石长轴 d=10~20 cm,胶结物为土黄色粘土,本层砾岩不稳定;中部为厚约 60 cm 的紫红色含“姜结仁”粘土岩(图版 4)，“姜结仁”物质成分为泥质泥晶灰岩,主要出现在本层中部、呈不规则状、个体小、含量少;上部为灰绿色、灰白色“姜结仁”粘土岩,“姜结仁”呈不规则状顺层产出,含量在 50%以上;本层与下伏灰岩之间接触面起伏不平,最大起伏高度约有 40 cm,具暴露沉积特征。

第 10 层为厚约 1.5 m 的浅灰色、灰色厚亮晶层生物屑、砂屑灰岩;在本层灰岩底部与下伏“姜结仁”粘土岩接触面上见有生物钻孔遗迹,接触面略有起伏。

第 9 层下部为约 40 cm 厚的紫红色、暗紫红色粘土岩;中部为一层厚约 20 cm 的泥灰岩,泥灰岩层厚不稳定,厚度可在一米范围内减薄为数厘米;上部为暴露沉积,为厚约 40 cm 的紫红色“姜结仁”粘土岩,“姜结仁”含量在 10%左右;本层与下伏灰岩之间接触面略有起伏,具暴露沉积特征。

第 8 层为一套厚约 6 m 的泥晶、亮晶生物屑砂屑灰岩夹泥质泥晶灰岩。灰岩底部与下伏粘土岩接触面起伏不平,最大起伏约有 1 m,该接触面具有平行不整合界面特征。

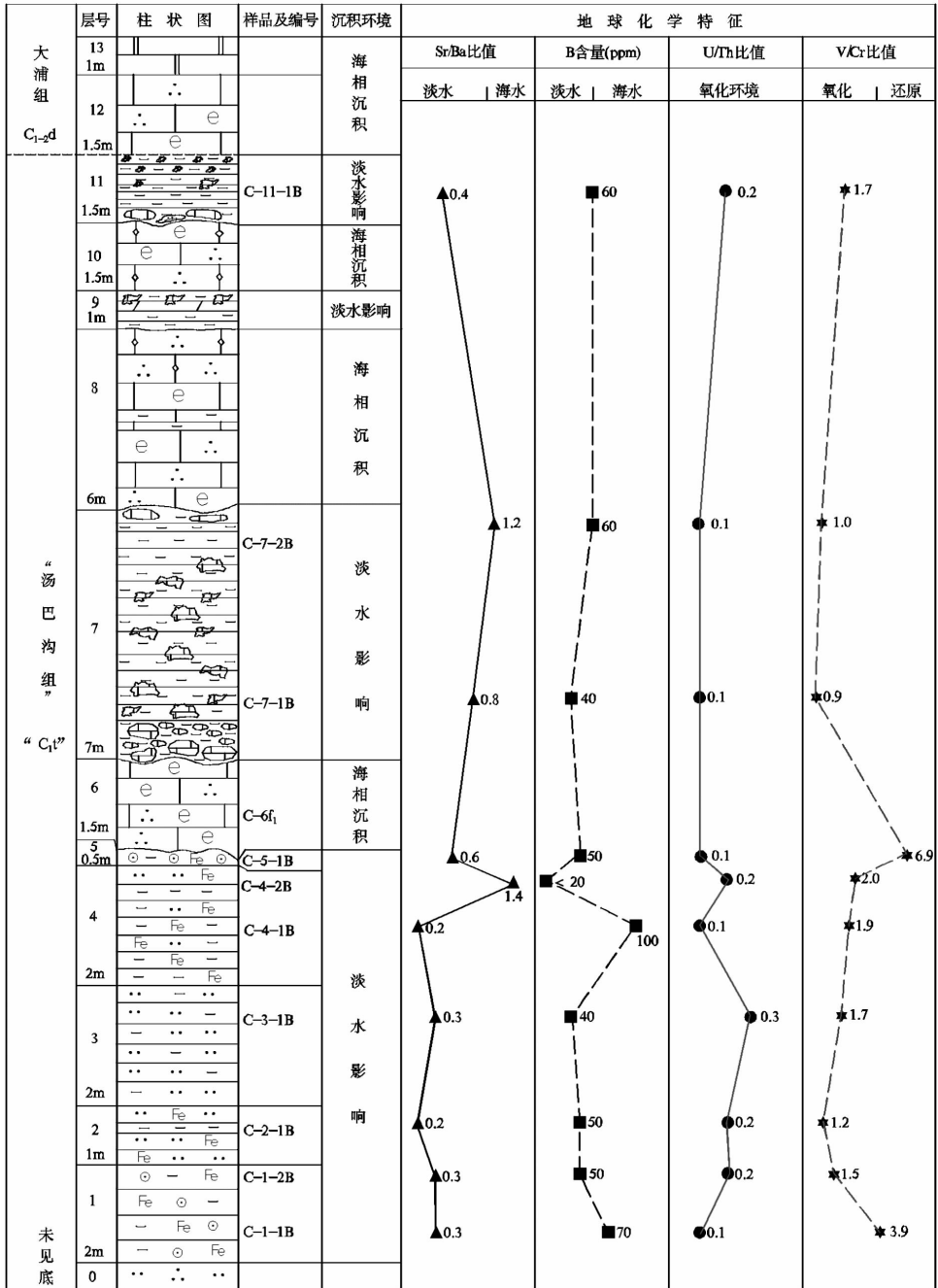


图3 黔南恒丰“汤巴沟组”上部暴露沉积地层实测剖面综合柱状图

Fig. 3 Comprehensive column of tested expose sedimentary stratum on the Tangbagou formation in Hengfeng

第7层底部为一套厚约1m的灰岩砾岩层(图版3),砾石成分为泥晶灰岩或砂砾屑灰岩,多呈次圆状,砾石大小不一,大者直径可达60cm左右,小者直径仅为数厘米,胶结物为紫红色粘土;上为一套紫红色、暗紫红色块状含“姜结仁”粘土岩,“姜结仁”为泥质泥晶灰岩,含量在10%~30%之间,大小不一,外形似生姜,杂乱分布于粘土岩间;顶部为一层厚约30cm的浅灰白色、紫红色硬质粘土岩,与上覆灰岩接触面附近还见有长轴顺层产出的泥晶灰岩砾石,砾石呈椭圆状,长轴d=20~40cm,具暴露

沉积特征。

第6层为一套厚约1.5m的灰色、浅灰色厚层亮晶生物屑砂屑灰岩,岩石中生物屑主要为珊瑚,砂屑颗粒磨圆较好,d=0.2~1mm,含量在30%~50%,与下伏地层接触面起伏不平。在本套灰岩中采获一件珊瑚化石(图版2),经鉴定为*Pseudouralinia* sp. 属于假乌拉珊瑚属,时代为早石炭世早期,区域上仅见于汤巴沟组地层。

第1-5层下部为一套紫红色厚层铁质鲕粒粘土岩(图版1),鲕粒为铁质鲕,d=0.5~5mm,多为1~2mm,含量

在 10%~30%左右,局部可富集达 50%以上;中部为一套暗紫色厚层含铁质粉砂质粘土岩及粘土质粉砂岩组合,粉砂质粘土岩中偶见有透镜状层理,与下伏铁质鲕粒粘土岩渐变过渡;顶部为一层厚约 0.5m 的粘土质铁质鲕粒砂岩,鲕粒特征与下部相同,但鲕粒含量在 60%以上。

未见底。

通过对上述剖面沉积地层特征分析认为,在黔南独山恒丰地区该套地层具有多期次沉积暴露特征。

3 地球化学特征

利用元素的地球化学特征,可以实现对不同沉积环境的判别与示踪。本次在恒丰剖面由下向上共采集了 10 个粘土岩化学样,样品送澳实分析(广州)有限公司测试;测试方法代码为:ME-XRF26d 和 ME-MS61r。测试结果见表(表 1)。

表 1 恒丰剖面样品微量元素含量表($\times 10^{-6}$)

Table 1 Simple trace elements content of the samples in Hengfeng

层位 样品	第 1-5 层						第 7 层		第 11 层	
	C-1-1B	C-1-2B	C-2-1B	C-3-1B	C-4-1B	C-4-2B	C-5-1B	C-7-1B	C-7-2B	C-11-1B
B	70	50	50	40	100	<20	50	40	60	60
Ba	47.7	50.2	100	44.3	131.5	51.2	59.3	22.5	82.1	185
Cs	4.73	5.78	8.74	6.95	20.8	3.19	2.63	13.2	31.5	28.5
Sn	3	3	2	3	4	1	2	6	3	2
V	741	165	87	166	191	80	822	125	95	66
Cr	190	110	70	100	100	40	120	140	100	40
Ga	27.2	16.8	13.3	14.9	20.2	6.5	28.5	29.1	14.5	13.4
Rb	13.3	21.3	37.9	25.4	78.2	17.2	12.6	25.9	82.1	93.1
Sr	16.6	13.9	17.7	12.4	27.8	69.7	36.1	17.3	96.8	75.8
Y	66.3	38	34.5	22.9	35.2	32.7	39.5	28.6	31.5	25.8
Zr	249	454	604	253	292	558	232	252	163	124
Hf	7	11.5	15.7	6.8	8.3	14.1	5.8	7.2	4.7	3.7
Nb	11.7	15.6	15.4	12.5	18.9	7.6	7	21.8	11.4	8.3
Ta	0.8	1	1.1	0.9	1.3	0.5	0.4	1.5	0.8	0.6
U	4.74	3.33	2.71	4.06	2.57	1.71	5.17	2.36	1.47	1.3
Th	35.9	17.85	14.95	16.15	22.7	11.25	52.3	25.6	13	8.24
W	8	8	5	4	4	2	5	5	3	4
La	79.9	54.5	35.8	23.5	52.6	48.6	57.5	34.2	37.5	31.3
Ce	258	116	84.5	32.8	99.5	122.5	116.5	83.9	71.5	65.2
Pr	23	13	8.85	5.03	12.9	14.8	14.95	7.8	8.61	7.15
Nd	91.4	49.1	33.7	18.8	47.9	59.6	55.2	28.6	33.1	28.1
Sm	21.8	10.5	7.77	3.73	9.44	12.05	10.9	5.78	6.49	5.61
Eu	4.1	1.95	1.4	0.69	1.8	2.26	2.1	0.98	1.31	1.15
Gd	17.65	8.02	6.15	3.46	7.26	8.86	8.85	4.32	5.85	4.88
Tb	2.93	1.24	1.06	0.57	1.07	1.25	1.52	0.77	0.86	0.77
Dy	16.1	7.37	6.09	4.1	6.88	6.71	9.6	5.59	5.08	4.72
Ho	2.94	1.51	1.22	0.91	1.5	1.27	1.91	1.18	1.05	0.95
Er	8	4.01	3.83	2.59	4	3.23	4.88	4.01	2.99	2.61
Tm	1.18	0.67	0.63	0.41	0.65	0.5	0.72	0.63	0.45	0.38
Yb	6.71	4.05	4.07	2.44	4.16	3.06	4.4	4.16	2.65	2.56
Sr/Ba	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	1.4	0.6	0.8	1.2	0.4
V/Cr	3.9	1.5	1.2	1.7	1.9	2.0	6.9	0.9	1.0	1.7
U/Th	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2

3.1 Sr/Ba 比值、B 含量分析

王益友等对我国 13 个海底样品统计认为(王益友, 1979):淡水沉积物中 Sr/Ba < 1, 而海相沉积物中 Sr/Ba > 1; 所以 Sr/Ba 是判别淡水沉积与海相沉积的可靠指标。一般海相环境下硼的质量分数多为 80 ~ 125 ppm, 淡水环境下硼的质量分数多小于 60 ppm; 所以 B 元素质量分数也是判别沉积相的有效参数(刘刚, 2007; 李敏, 2010; 熊小辉, 2011; 杨瑞东, 1990)。本次所采 10 件粘土岩样品测试分析的结果 Sr/Ba 比值和 B 元素含量见表 1。

本次测试第 1-11 层所采样品中 C-4-2B 和 C-7-2B 的 Sr/Ba 分别为 1.4 和 1.2, 其余样品均小于 1; B 的质量分数也多在 60 ppm 以下, 除 C-1-1B 和 C-4-1B 分别为 700 ppm 和 100 ppm; 综合 Sr/Ba 和 B 的质量分数两项指标分析认为所采粘土岩样品地层具淡水沉积特征, 但局部也受海洋环境的影响。

3.2 U/Th、V/Cr 比值分析

氧化还原敏感元素 V, U, Co, Ni, Zn, Cd 和 Cr 的变化可以指示水体的氧化还原环境变化(席胜利, 2004; 刘刚, 2007; 常华进, 2009)。U/Th、V/Cr 是对判别沉积环境的可靠指标, 在亚氧环境或缺氧环境下 U/Th、V/Cr 分别大于 1.25 和 4.25; 在氧化环境下 U/Th、V/Cr 分别小于 0.75 和 2。

所采样品测试分析结果 U/Th 在 0.10 ~ 0.25 之间, 均小于 0.75, 反映采集样品的粘土岩地层属于氧化环境沉积; V/Cr 比值在 0.9 ~ 6.8 之间, 其中 C-1-1B 和 C-5-1B 的 V/Cr 比值分别为 3.9 和 6.9, 其余样品 V/Cr 比值均小于或等 2, 反映所采粘土岩地层以氧化环境沉积为主, 局部为还原环境沉积; 综合 U/Th 和 V/Cr 两项指标分析认为采集样品的地层以氧化环境为主导, 局部受还原环境的影响。

4 讨论

4.1 地层暴露时间

笔者在本剖面中第六层采集到的珊瑚化石 *Pseudouralinia* sp., 同时笔者在本剖面以南约 5 km 尧棒附近大埔组白云岩之下的碎屑岩中也

采集到 *Pseudouralinia* sp., 根据生物化石判断该套具暴露特征的地层为汤巴沟组上部, 属于早石炭世早期岩关阶。恒丰附近早石炭世晚期德坞阶大埔组与下伏汤巴沟组呈平行不整合接触。故二者之间缺失了早石炭世中期大塘阶祥摆组至上司组地层。在综合分析认为该套暴露地层暴露时间为早石炭世岩关阶晚期; 到了早石炭世中期大塘阶, 区内发生沉积缺失, 发生暴露剥蚀, 其暴露时间与区域上祥摆组至上司组地层沉积时限相当。直到大埔组沉积时期, 海平面快速上升, 海水淹没了整个黔南地区, 该期暴露才正式结束。

4.2 矿产

恒丰剖面下部 1-5 层含鲕状赤铁矿粘土岩为该地区沉积型赤铁矿含矿地层, 该套地层中见有透镜状层理, 为潮坪沉积。含鲕状赤铁矿粘土岩中, 其鲕粒均匀分布, 局部见偏集现象。粒度在 5 ~ 0.5 mm 之间, 属豆鲕粒; 呈次圆状、圆状、极圆状(图版 5), 类型主要为薄皮豆鲕和正常豆鲕, 其它类型极为少见; 豆鲕核为砂级陆源碎屑、铁质粘土矿物(结晶粒度 < 0.03 mm, 显微鳞片状晶体; 半自形—自形)和绿泥石(结晶粒度 < 0.03 mm, 显微鳞片状晶体; 半自形—自形)构成, 圈层由具铁质的、结晶粒度 < 0.03 mm 的粘土矿物和结晶粒度 < 0.03 mm 的绿泥石相间构成(图版 6)。从其矿物特征和沉积地质特征分析, 与“宁乡式”铁矿(胡宁, 1998)具相似的沉积环境, 故该套地层在黔南恒丰地区具备了赤铁矿成矿条件。该套鲕状赤铁矿的发现为该区域赤铁矿找矿提供了新信息。

4.3 地球化学与沉积环境

Sr/Ba 比值、B 含量、U/Th、V/Cr 比值均反映该剖面上粘土岩受淡水沉积环境控制, 局部受海相控制, 根据上述所采样品的地球化学特征, 结合野外地质特征分析认为, 本套地层存在多次的暴露; 剖面上的粘土岩具淡水沉积特征, 少数样品的指标却具有海相沉积特征。而该套砂岩中发育鲕粒, 显示其受到潮汐周期性作用。故笔者认为在早石炭世, 恒丰地区为一较封闭的混合潮坪沉积环境, 古海岸线在黔南独山恒丰一带随海平面的升降而回来迁移。当海平面下降时, 河流带来的陆源物质在此封闭环境中沉积, 沉积物受淡水沉积环境的控制, 局部暴露于水体表面; 当海平面

上升时,以碳酸盐岩沉积为主。这与剖面上具淡水沉积特征的粘土岩与碳酸盐岩互层产出相吻合。直到早石炭世中期大塘阶,海水完全退出研究区,该区成为陆相剥蚀区,导致研究区缺失了祥摆组至上司组地层。

5 结论

(1)这是首次在黔南独山恒丰地区早石炭世晚期地层中发现沉积暴露面(图版7、8),该暴露面的发现对黔南地区岩相古地理研究具有重要的地质意义;

(2)通过对黔南独山恒丰地区早石炭世晚期沉积暴露地层的野外地质特征及地球化学特征分析认为在早石炭世晚期,该区处于较为封闭的混合潮坪相沉积环境,且受淡水沉积环境控制;

(3)该套暴露沉积地层沉积时限为早石炭世早中期,岩关阶晚期频繁暴露,大塘阶测区完全处于暴露剥蚀环境,缺失相当于祥摆组至上司组沉积;

(4)黔南独山县恒丰暴露沉积地层下部鲕状赤铁矿含矿地层与“宁乡式”铁矿具相似的沉积环境,故该套含鲕状赤铁矿粘土岩的发现为黔南恒丰地区赤铁矿找矿研究提供了新信息。

[参考文献]

- 常华进,储雪蕾,冯连君,等. 氧化还原敏感微量元素对古海洋沉积环境的指示意义[J]. 地质论评,2009,55(1):91-99.
- 丁文江. 1931. 丰宁系之分层[J]. 中国地质学会志,10(1):28-31.
- 胡宁,徐安武. 1998. 鄂西宁乡式铁矿分布层位岩相特征与成因探讨[J]. 地质找矿论丛,13(1):40-47.
- 刘本培,李儒峰,尤德宏. 1994. 黔南独山石炭系层序地层及麦粒艇带冰川型全球海平面变化[J]. 地球科学,19(5):553-564.
- 刘刚,周东升. 2007. 微量元素分析在判别沉积环境中的应用[J]. 石油实验地质,29(3):307-314.
- 李敏. 2010. 不同沉积地球化学特征对沉积环境的指示意义[J]. 内蒙古石油化工,16:41-43.
- 谯文浪,安亚运. 贵州独山—广西天峨地区中二叠世岩相古地理特征、相类型及几何形态[J]. 贵州地质,29(4):301-306.
- 王约,王训练. 1996. 贵州独山泥盆系—石炭系界线附近的遗迹化石[J]. 地层学杂志,20(4):285-290.
- 王益友,郭文莹,张国栋. 1979. 几种地化标志在金湖凹陷阜宁群沉积环境中的应用[J]. 同济大学学报,7(2):51-60.
- 席胜利,郑聪斌,李振宏. 2004. 鄂尔多斯盆地西缘奥陶系地球化学特征及其沉积环境意义[J]. 古地理学报,6(2):196-206.
- 熊小辉,肖加飞. 2011. 沉积环境的地球化学示踪[J]. 地球与环境,39(3):405-412.
- 俞建章. 1931. 丰宁系(中国之下石炭统)之时代带[J]. 中国地质学会志,10(1):1-30.
- 杨瑞东. 1990. 贵州晚二叠世硅质岩类型及其沉积地球化学环境[J]. 贵州地质,7(2):171-176.

Discovery and Its Geologic Significance of Sedimentary Free Face of Early Carboniferous in Hengfeng, Dushan, South Guizhou

ZHU Hua-li^{1,2}, QIAO Chang¹, WANG Bo¹, ZHANG Han-bin¹

(1. Guizhou Academy of Geologic Survey, Guiyang 550005, Guizhou, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

[Abstract] In this paper, it reported the sedimentary free face of early Carboniferous was found the first time in Hengfeng area. Base on the tested section of field geologic investigation, it did the comprehensible study, include the lithostratigraphy, sedimentary facies analysis and whole rock trace elements geochemical characteristics (Sr/Ba, B, U/Th, V/Cr), it's known that many times sediment exposure existed of Early Carboniferous in the target area, the time of last exposure is the same as the sediment time from Xinangbai formation to Shangshi formation in this area. The target area is be in a closed tidal-flat facies sediment environment in late Early Carboniferous, this area became continental sedimentary denuded zone until the sea water exited with the last exposure, so from Xiangbai formation to Shangshi formation lost in this area. The oolitic hematite bearing stratum under the section had similar sedimentary environment with 'Ningxiang type' iron deposit, it affords new information for hematite exploration in the target area.

[Key words] South Guizhou; Carboniferous system; Exposure plane; Hematite; Rock layer; Sedimentary facies analyses