

陈厚国,潘明,王敏,等. 贵州南部紫页1井威宁组沉积微相特征及其沉积演化[J]. 中国岩溶, 2017, 36(3): 306-312.
DOI: 10. 11932/karst20170303

贵州南部紫页1井威宁组沉积微相特征及其沉积演化

陈厚国¹, 潘明², 王敏¹, 卢树藩¹, 罗香建¹, 朱勋¹

(1. 贵州省地质调查院, 贵阳 550018; 2. 中国地质科学院岩溶地质研究所, 广西 桂林 541004)

摘要: 贵州南部紫云地区的威宁组以台地边缘藻丘沉积为主要特征。紫页1井钻孔岩芯显示: 威宁组总体由台地边缘礁(丘)向局限台地、开阔台地过渡的海退进积层序, 其间包括台地边缘礁(丘)、局限台地、开阔台地三个亚相, 发育生物粘结岩(SMF7)、有骨屑颗粒的生屑灰泥质颗粒石灰岩/颗粒质灰泥石灰岩(SMF10)、核形石砾屑碳酸盐岩/颗粒灰岩(SMF13)、集合颗粒灰岩微相(SMF17)、均质无生物泥晶灰岩微相(SMF23)、岩屑漂浮岩/砾屑碳酸盐岩/角砾岩微相(SMF24)六个微相; 威宁组的沉积充填序列由六个岩性组合基本相同、沉积环境、沉积微相特征大致相似的沉积旋回构成。每一个沉积旋回均以台地边缘礁(丘)相的藻凝块灰岩为主体, 向上则渐变为局限台地、开阔台地相的生物碎屑灰岩, 表明威宁组至少经历了六次海平面升降变化过程; 威宁组的出现代表了罗甸—水城北西向槽盆边缘斜坡相的打屋坝组富有机质泥页岩的终结。

关键词: 紫页1井; 威宁组; 微相特征, 沉积演化; 贵州

中图分类号: P531

文献标识码: A

文章编号: 1001-4810(2017)03-0306-07

0 引言

贵州南部地区紫云—水城一带北西向裂陷槽盆内的石炭纪(特别是早石炭世)岩相古地理、沉积环境演化、沉积相带分布特征等十分复杂, 长期以来的基础地质研究工作并未将该地区石炭系的上述问题完全了解清楚。紫页1井是中国地质调查局油气中心部署的《中国南方页岩气调查基础地质工程》(1:5万晴隆地区页岩气地质调查项目)及《西南岩溶区1:5万地质填图试点》项目中部署的一口针对下石炭统打屋坝组目标层的页岩气调查井, 该井在钻探施工中, 开孔至孔深1800余米一直处于台地边缘相位的威宁组地层中钻进, 而未遇目标层——盆地—斜坡相的打屋坝组; 为了进一步查清该地区威宁组沉积微相及其演化特征, 研究威宁组与打屋坝组的相变关系, 同时为勘测打屋坝组的分布范围提供佐证资料, 作者

针对紫页1井岩芯进行大量的测试分析与研究工作。本文试图通过紫页1井威宁组沉积微相及其演化特征研究, 再现石炭纪时期紫云—水城北西向裂陷槽盆台地边缘相的沉积充填序列及其演化特点, 探讨台地边缘沉积对页岩气目标层——打屋坝组的控制作用。

1 概况

威宁组是由丁文江(1914)命名的“威宁系”及“威宁石灰岩”演变而来; 命名地点在威宁县城南十里铺至飞来石附近。原义自下而上包括簸箕湾页岩、十里铺灰岩、新官厅灰岩和威宁灰岩。20世纪30—80年代各家对“威宁石灰岩”的涵义及时代归属认识不一, 但均认可限指维宪晚期至中石炭世的碳酸盐岩, 并有威宁统、威宁组、德坞组、滑石板组及达拉组等名称出现在地质文献中。吴望始等(1974, 1987)称黔中、黔

资助项目: 中国地质调查局油气资源调查中心《南方地区1:5万页岩气基础地质调查》子项目《贵州晴隆地区1:5万页岩气地质调查》(12120115102001); 西南岩溶区1:5万地质填图试点项目(DD20160061)

第一作者简介: 陈厚国(1967—), 男, 高级工程师, 主要从事区域地质调查工作。E-mail: 1076358792@qq.com。

收稿日期: 2016-05-02

西及滇东的中石炭统为威宁组^[1];1:20 万威宁幅(1973)则称为摆佐组及黄龙群^[2];贵州地矿局区调院王洪弟(1996)在《贵州地层典》中将威宁组的涵义修订为限指台地边缘及近陆缘地区的一套纯灰岩,时限为早石炭世晚期至晚石炭世^[3]。1:25 万安顺幅(2003)使用了修订涵义的威宁组^[4]。本文参照《贵州新编地质志》意见,将整合于打屋坝组之上、猴子关组之下的一套总体为台地边缘相,间夹局限台地相、开阔台地相灰岩夹白云岩组合归为威宁组,与南丹组呈

相变关系^[5]。

威宁组主要分布于紫云—普安分区的独山麻尾—平塘八湾—紫云猴场—长顺睦化一带。在普定大窑,六盘水龙滩口、响水河、德坞,普安谢家新寨、白沙,盘县滑石板一带亦有较多分布;册亨赖子山只出露上部灰岩。分布范围大致沿北西向裂隙槽盆呈北西向环带状分布(图 1)。紫页 1 井位于贵州省紫云县城西北约 8 km,所处大地构造位置位于扬子板块西南缘,紫云—亚都断裂带南东段,火花背斜北东翼^[6]。

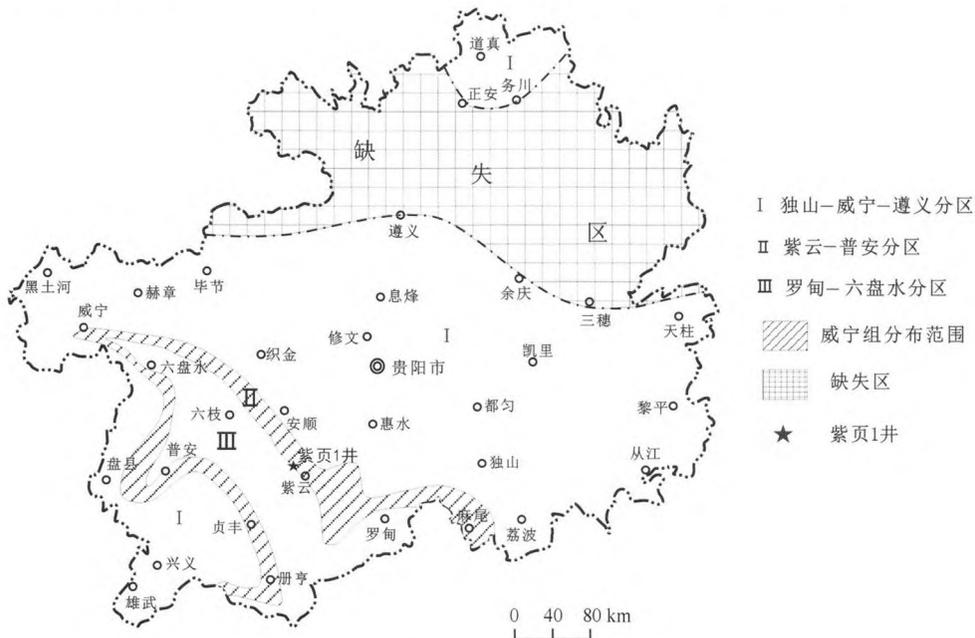


图 1 威宁组分布图

Fig. 1 Distribution of the Weining formation

2 微相特征

据紫页 1 井碳酸盐岩详尽微相分析^[7],可归纳为下列 6 个微相(图 1)类型:

2.1 生物粘结岩(SMF7)

为紫云 1 井主体岩性。岩性见(栉壳状)藻粘结灰岩、(栉壳状)泥—亮晶藻凝块灰岩、泥—亮晶(含藻砂屑含生物屑)藻凝块灰岩、角砾状泥—亮晶藻凝块灰岩。沉积环境具一定水动力能量。这四类岩性共同构成了台地边缘相(FZ5)藻礁(丘)岩石组合。

(1)(栉壳状)藻粘结灰岩见于孔深 449±(图 2-1、2-2)处。粒屑结构。由蓝绿藻及其分泌物粘结方解石矿物颗粒而成,方解石矿物颗粒结晶粒度<2.00 mm、粗—中—细—粉—微—泥晶级,它形粒状,栉壳状产出。

(2)(栉壳状)泥—亮晶藻凝块灰岩见于孔深 1 601.5 m±(图 2-3、2-4)等处。藻凝块含量约 3/4,以粒度基本上<50.00~2.00 mm、以砾级藻凝块最为常见;形状不一、云朵状等,为蓝绿藻类生物体(其杆状体起支撑作用)在生命活动过程中沉淀并粘结方解石质灰泥而成,内部保存蓝绿藻类丝状体的痕迹,矿物构成基本上为结晶粒度<0.004 mm 泥晶级它形粒状方解石。

泥—亮晶方解石填隙物含量约 1/4,结晶粒度<2.00 mm,它形粒状,可见世代结晶,栉壳状产出,对藻凝块起胶结作用(对应于孔隙式胶结)。可具有一定程度成岩白云石化现象。

(3)泥—亮晶(含藻砂屑含生物屑)藻凝块灰岩见于孔深 1 410 m±(图 2-5)、1 567 m±(图 2-6)等处。

粒屑除主份藻凝块之外,还伴有部分含量生物屑、藻砂屑产出;生物屑见及介屑(双壳屑)、棘屑、(红)藻屑、有孔虫屑。生物屑总体显示单一的特征。

具世代结晶的泥—亮晶方解石填隙物较高的水动力能量。

(4)角砾状泥—亮晶藻凝块灰岩见于孔深 1 431 m±(图 2-7)处。

“碎屑”含量约 4/5,粒度基本上<100.00~2.00 mm、以砾级“碎屑”最为多见,呈尖棱角状、棱角状、次棱角状等,具一定可拼合性,成分为泥—亮晶藻凝块灰岩质“碎屑”。

填隙物含量约 1/5,矿物构成基本上为结晶粒度<2.00 mm 不等晶它形粒状方解石,对“碎屑”起胶结作用(对应于孔隙式胶结)。

据贵州省区域地质志(待出版,2013)^[7], (栉壳状)藻粘结灰岩、(栉壳状)泥—亮晶藻凝块灰岩往往产于藻礁(丘)核部,泥—亮晶(含藻砂屑含生物屑)藻凝块灰岩往往产于藻礁(丘)两翼,角砾状泥—亮晶藻凝块灰岩为礁前角砾岩?

2.2 有骨屑颗粒的生屑灰泥质颗粒石灰岩/颗粒质灰泥石灰岩(SMF10)

岩性有三:一为泥—亮晶藻凝块生物屑灰岩,见于孔深 1198.23 m±(图 2-8)、1552m±(图 2-9)处;二为亮—泥晶及泥—亮晶(含)藻砂屑生物屑灰岩,见于孔深 114.5~162m±、1174.3m 处(图版 1-10);三为微—泥晶(含藻迹)生物屑灰岩,见于孔深 14.5~17.19m±处。

除共有的蜓屑、棘屑、(红)藻屑、有孔虫屑、珊瑚屑、介屑等生物屑之外,经比较,三者依次显示出:①生物屑(主)+藻凝块(次)→生物屑(主)+藻砂屑(次)→生物屑粒屑组合变化趋势,②泥—亮晶→亮—泥晶→微—泥晶填隙物变化趋势,③沉积环境水动力能量高→低变化趋势,④分布呈靠台地边缘礁(FZ5)一侧向开阔海(FZ7)展布趋势;属开阔海(FZ7)沉积环境。

2.3 核形石砾屑碳酸盐岩/颗粒灰岩(SMF13)

岩性为亮—泥晶含凝块石核形石灰岩(图 2-11),见于孔深 172 m±。

核形石(又称藻灰结核)含量约 60%,粒度一般<5.00~2.00 mm,圆状、椭圆状、次圆状、次椭圆状等,分选性不佳而圆度良好,圈层由小型封闭同心贫

藻层及富藻层相间构成、而核部往往由生物屑构成,矿物构成多为结晶粒度<0.004 mm 泥晶级它形粒状方解石。

藻凝块含量约 20%,粒度一般<20.00~2.00 mm、砾级藻凝块,形状不一,云朵状等,为蓝绿藻类生物体在生命活动过程中沉淀并粘结方解石质灰泥而成、内部保存蓝绿藻类丝状体的痕迹,矿物构成基本上为结晶粒度<0.004 mm 泥晶级它形粒状方解石。

亮—泥晶方解石填隙物含量 20%,结晶粒度<0.25 mm,它形粒状,对核形石、凝块石起胶结作用(对应于孔隙式胶结)。

微相反映其沉积环境水动力能量偏低,趋向于开阔海(FZ7)沉积环境。

2.4 集合颗粒灰岩微相(SMF17)

岩性有二:一为不等晶藻砂屑白云岩(图 2-12),见于孔深 50.3 m±、1 774 m±处;另一为泥—亮晶(含)生物屑藻砾砂屑灰岩(图版 1-13),见于孔深 804~889.51 m±处。

两者区别在于:①前者粒屑种类单一,仅见藻砂屑(含量约 65%~70%)。而后者除藻砾砂屑(含量约 50%~55%)之外,另见部分含量生物屑(含量约 20%~25%);生物屑种类见及棘屑、介屑、蜓屑、有孔虫屑、苔藓虫屑、藻屑等。②前者与(含藻迹)不等晶(灰质)白云岩(SMF23)相伴产出,共同构成局限海(FZ8)相组合;而后者则夹持于生物粘结岩(SMF7)内部,则表现出开阔海(FZ7)、台地边缘礁(FZ5)间隔产出的特点。

2.5 均质无生物泥晶灰岩微相(SMF23)

岩性为(含藻迹)不等晶(灰质)白云岩(图 2-14)。见于孔深 37 m±、60 m±、1779~1785 m±处。

白云石含量往往不低于 2/3,结晶粒度<0.50~0.004 mm、微—粉—细—中晶级,它形—半自形,粒状。方解石含量往往不高于 1/3,结晶粒度<0.50 mm、泥—微—粉—细—中晶级,它形,粒状。

由于成岩期白云石化作用的影响,藻迹保存不佳,但镜下个别仍可观察到藻丝体残迹。

与不等晶藻砂屑白云岩(SMF17)相伴产出,共同构成局限海(FZ8)相组合。

2.6 岩屑漂浮岩/砾屑碳酸盐岩/角砾岩微相(SMF24)

岩性为角砾岩(图 2-15)。见于孔深 33.65 m±处。

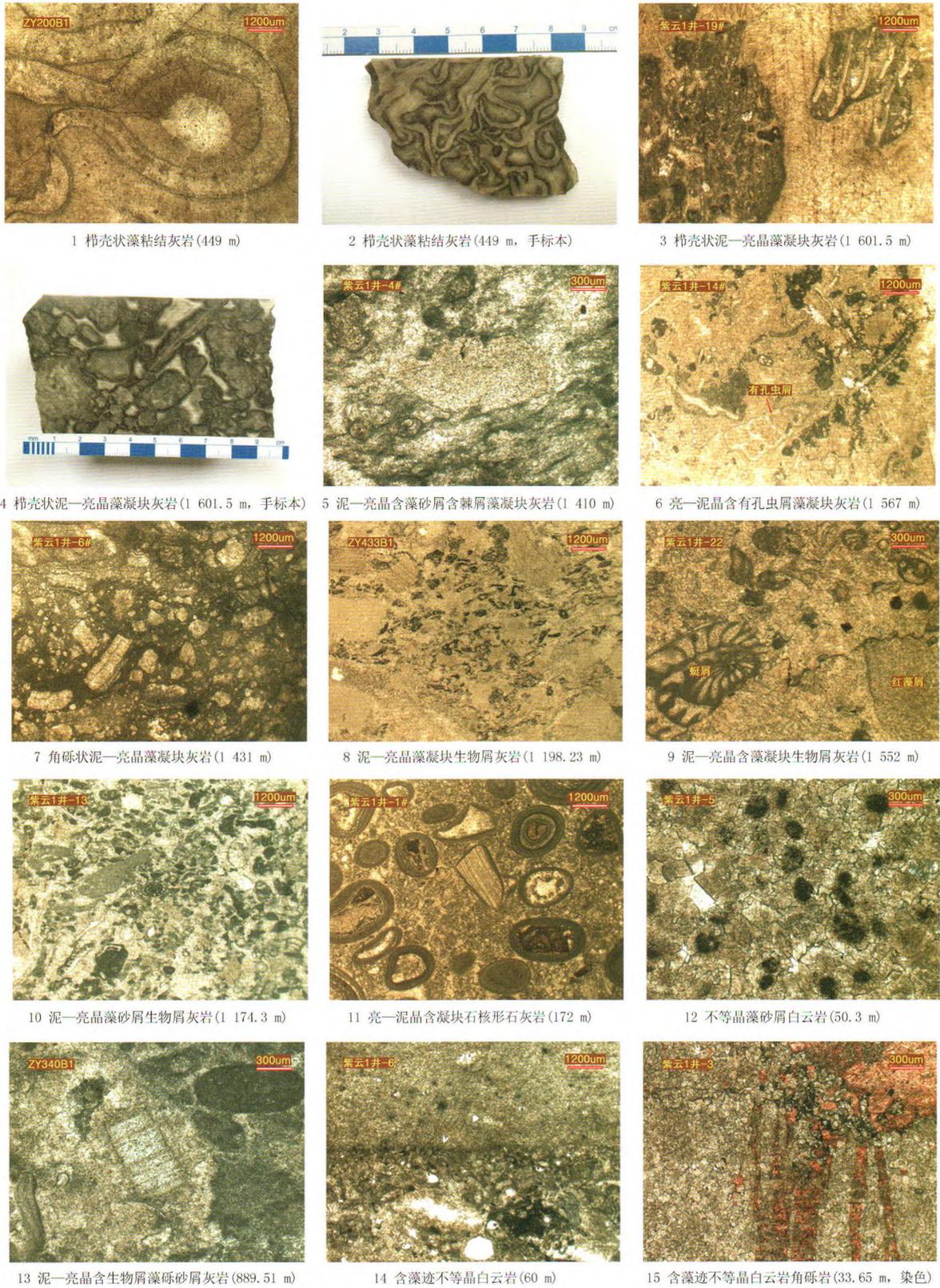


图 2 紫云 1 井威宁组岩性及微相特征图版

Fig. 2 Plate I lithology and the sedimentary microfacies characteristics of the Weining formation from the Well Ziye-1
1-7-生物粘结岩微相(SMF7) 8-10-有骨屑颗粒的生屑灰泥质颗粒石灰岩/颗粒质灰泥石灰岩微相(SMF10) 11-核形石砾屑碳酸盐岩/颗粒灰岩微相(SMF13) 12-13-集合颗粒灰岩微相(SMF17) 14-均质无生物泥晶灰岩微相(SMF23) 15-岩屑漂浮岩/砾屑碳酸盐岩/角砾岩微相(SMF24)(白云岩为灰岩成岩白云石化之产物)

“碎屑”含量约80%，粒度基本上 $<100.00\sim 2.00\text{ mm}$ ，呈尖棱角状、棱角状、次棱角状等，具一定可拼合性，成分为白云岩质“碎屑”、灰岩质“碎屑”。填隙物含量约20%，矿物构成基本上为结晶粒度 $<2.00\text{ mm}$ 不等晶它形粒状方解石，对“碎屑”起胶结作用（对应于孔隙式胶结）。与（含藻迹）不等晶（灰质）白云岩（SMF23）相伴产出，共同构成局限海（FZ8）相组合。

3 沉积充填序列及其演化

3.1 沉积充填序列

威宁组自下而上可分为6个旋回构成的岩性组合段，即I、II、III、IV、V、VI段（图3）

I段：孔深1771~1828.25 m，下部（孔深1785~1828.25 m）灰色泥—亮晶含生物碎屑藻凝块灰岩、不等晶含生物碎屑藻凝块灰岩、白云质灰岩及白云岩；上部（孔深1771—1785 m）依次逐渐过渡为不等晶含藻砂屑白云岩、灰质白云岩及细—粉晶藻砂屑白云岩、白云质灰岩。按照马永生等（2006）的分类^[7]，藻凝块灰岩、白云质灰岩及白云岩为碳酸盐岩台地边缘藻丘沉积，不等晶含藻砂屑白云岩为丘后局限台地潮坪沉积环境，细—粉晶藻砂屑白云岩及白云质灰岩为开阔台地沉积。

II段：孔深1552~1771 m，主体为灰色泥—亮晶藻凝块灰岩，局部为含栉壳状、角砾状泥—亮晶藻凝块灰岩；顶部（孔深1552~1561 m）过渡为含藻凝块生物碎屑灰岩，生物碎屑有红藻屑、有孔虫屑、蜓屑、棘屑等。藻凝块灰岩为台地边缘藻丘沉积，栉壳状、角砾状藻凝块灰岩的出现推测可能存在短暂暴露；生物碎屑灰岩为开阔台地沉积。

III段：孔深1174~1552 m，主体为灰色泥—亮晶（或亮—泥晶）藻凝块灰岩，局部（孔深1431 m、1476 m、1494 m）为含栉壳状、角砾状泥—亮晶藻凝块灰岩；顶部（孔深1174~1201 m）过渡为含藻凝块生物碎屑灰岩、藻砂屑生物屑灰岩，碎屑有棘屑、珊瑚屑、有孔虫屑、蜓屑等。藻凝块灰岩为台地边缘藻丘沉积，栉壳状、角砾状藻凝块灰岩的出现推测可能存在短暂暴露；生物碎屑灰岩为开阔台地沉积。

IV段：孔深804~1174 m，中下部为灰色泥—亮晶藻凝块灰岩，上部为泥—亮晶生物碎屑藻砂屑灰岩，生物屑有棘屑、介屑、有孔虫屑、苔藓虫屑、蜓屑等。藻凝块灰岩为台地边缘藻丘沉积，生物碎屑藻砂

屑灰岩为开阔台地沉积。

V段：孔深114~804 m，下部（孔深540~804 m）为灰色泥—亮晶藻凝块灰岩；中部为泥—亮晶含生物碎屑藻凝块灰岩、藻凝块核形石灰岩，局部（孔深449 m）见栉壳状藻粘结灰岩；上部（孔深114~162 m）泥—微晶含藻砂屑生物屑灰岩，生物碎屑有棘屑、蜓屑、有孔虫屑、介屑等。藻凝块灰岩为台地边缘藻丘沉积，栉壳状藻粘结灰岩的出现推测可能存在短暂暴露；生物碎屑灰岩为开阔台地沉积。

VI段：孔深0~114 m，中下部为灰色不等晶含藻砂屑白云岩；上部为泥—亮晶生物碎屑灰岩，生物屑有蜓屑、棘屑、藻屑、介屑、有孔虫屑、珊瑚屑等。不等晶含藻砂屑白云岩为局限台地沉积，生物碎屑灰岩为开阔台地沉积。

从上述六个岩性组合段沉积特征看出：威宁组岩性组合呈现出规律性变化，这种规律性变化反映到沉积环境和沉积相上也呈现为规律性变化。总体上看，威宁组自下而上为台地边缘向开阔台地沉积环境转化过程，总体为海退沉积层序特征；单个岩性组合段亦体现为由台地边缘藻丘向开阔台地逐渐转化的进积层序特征。

3.2 沉积演化

威宁组是一个时间跨度长（几乎涵盖整个石炭纪）、沉积厚度大的地层单位，其沉积演化是在泥盆纪时期发生断裂沉陷、形成裂陷盆地的基础上继承和发展起来的^[8]；具体而言，紫云地区威宁组是在继承泥盆纪裂陷槽盆的基础上，在早石炭世早期进入槽盆边缘斜坡（记录打屋坝组富有机质泥页岩），随后造台形成以台地边缘礁（丘）相为主体的威宁组。紫页1井威宁组的沉积充填序列、沉积环境、沉积微相、以及物探测井资料等反映（图3），威宁组总体处于裂陷槽盆边缘的造台阶段，其间记录了六个岩性组合基本相同、沉积环境、沉积微相特征大致相似沉积旋回。每一个沉积旋回均以台地边缘礁（丘）相的藻凝块灰岩为主体，向上则渐变为开阔台地相的生物碎屑灰岩，这种岩性与岩相的多次反复出现，表明石炭纪时期的威宁组至少经历了六次的海平面升降过程。总体上看，威宁组是早石炭时期罗甸—水城北西向裂陷槽盆边缘快速造台的结果，其沉积充填序列整体反映了由台地边缘礁（丘）向开阔台地逐渐过渡的海退沉积层序演化特点；另一方面，台地边缘相——威宁组的出现，代表槽盆边缘斜坡相——富有机质泥页岩的打屋坝组结束。

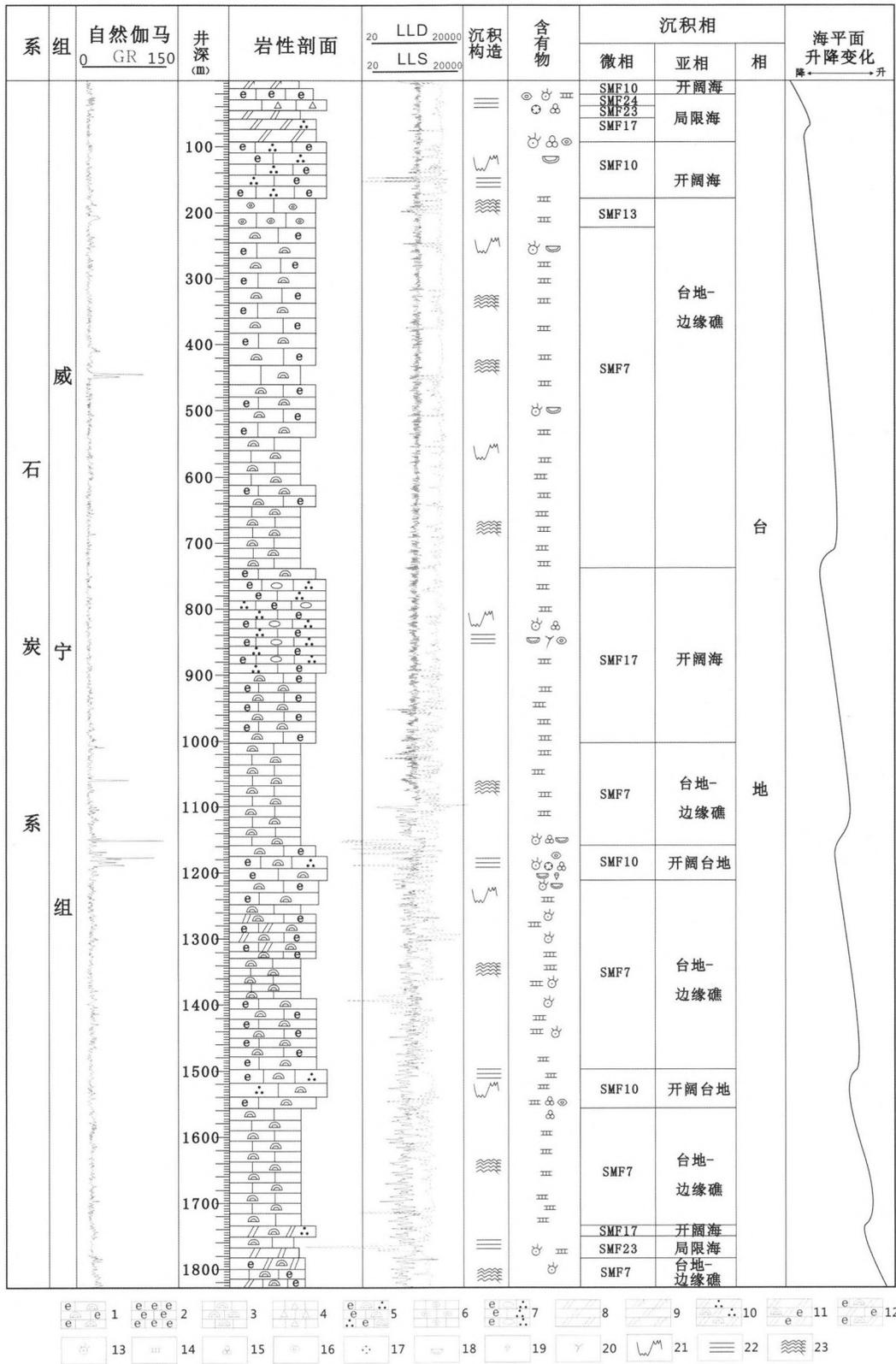


图 3 紫页 1 井钻孔综合柱状图

Fig. 3 The synthesis columnar section of borehole Ziye-1

- 1-含生屑藻凝块灰岩 2-泥-亮晶生物屑灰岩 3-泥-亮晶凝块灰岩 4-灰岩角砾岩 5-微泥晶含藻砂屑生物屑灰岩 6-含藻块核形石灰岩
- 7-含生物屑藻砾砂屑灰岩 8-不等晶白云岩 9-不等晶含灰质白云岩 10-细-粉晶藻砂屑白云岩 11-亮-泥晶含生物屑藻凝块白云岩
- 12-亮-泥晶含生物屑藻凝块白云质灰岩 13-棘皮屑 14-藻类化石 15-有孔虫 16-核形石 17-珊瑚 18-介屑 19-双壳 20-苔藓虫
- 21-缝合线 22-水平纹层 23-藻纹层

4 结 论

(1)紫云地区的威宁组以藻丘沉积为主要特征,其间包括台地边缘礁丘、局限台地、开阔台地三个亚相,发育生物粘结岩(SMF7)、有骨屑颗粒的生屑灰泥质颗粒石灰岩/颗粒质灰泥石灰岩(SMF10)、核形石砾屑碳酸盐岩/颗粒灰岩(SMF13)、集合颗粒灰岩微相(SMF17)、均质无生物泥晶灰岩微相(SMF23)、岩屑漂浮岩/砾屑碳酸盐岩/角砾岩微相(SMF24)六个微相;

(2)威宁组的沉积充填序列总体显示为由台地边缘礁(丘)向开阔台地逐渐过渡的海退进积层序,其间由六个岩性组合基本相同、沉积环境、沉积微相特征大致相似的沉积旋回构成。每一个沉积旋回均以台地边缘礁(丘)相的藻凝块灰岩为主体,向上则渐变为开阔台地相的生物碎屑灰岩,表明威宁组至少经历了六次海平面升降演化过程;

(3)台地边缘相——威宁组的出现,表示罗甸—水城北西向槽盆边缘斜坡相——富含有机质泥页岩的打屋坝组已经结束,因此,了解和掌握威宁组的沉积演化、时空分布规律对预测该地区页岩气目标层——打屋坝组分布范围、页岩气资源潜力等具有重要的指示意义;同时,通过对威宁组沉积演化时期海平面升降变化规律的研究和总结,对比研究页岩气目

标层——打屋坝组的沉积充填序列演化规律、分析打屋坝组的沉积环境和沉积微相变化特点、总结富含有机质泥页岩发育分布规律具有重要的鉴定意义,也为紫云地区乃至罗甸—水城北西向裂隙槽盆内打屋坝组页岩气资源预测评价提供新的基础资料。

致 谢:本文相关岩矿鉴定工作由贵州省地质调查院测试鉴定中心完成,成文过程中得到刘爱民高级工程师的指导,在此一并深表谢意。

参考文献

- [1] 吴望始等. 贵州西部石炭系生物地层[M]. 南古所集刊. 1974, 第6号. 科学出版社, 1989.
- [2] 贵州省地矿局. 中华人民共和国区域地质1:20万威宁幅区域地质调查报告(上册)[R]. 贵州省地质矿产局, 1973.
- [3] 贵州省地矿局区域地质调查研究院. 贵州地层典[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1996.
- [4] 贵州省地矿局区域地质调查研究院. 中华人民共和国区域地质1:25万安顺幅区域地质调查报告(修测)[R], 2003.
- [5] 贵州省地质调查院. 贵州省区域地质志[M]. 待出版, 2013.
- [6] 贵州省地矿局区域地质调查研究院. 《中华人民共和国区域地质图1:5万紫云县幅》[Z], 2003.
- [7] Erik Flügel 著, 马永生译. 碳酸盐岩微相分析、解释及应用[M]. 北京: 地质出版社, 2006.
- [8] 王尚彦, 张慧, 彭成龙, 等. 贵州西部古—中生代地层及裂隙槽盆的演化[M]. 北京: 地质出版社, 2005.

Characteristics of sedimentary microfacies of the Weining formation and its evolution in the Well Ziye-1, located in southern Guizhou Province, China

CHEN Houguo¹, PAN Ming², WANG Min¹, LU Shufan¹, LUO Xiangjian¹, ZHU Xun¹

(1. Guizhou Geological Survey, Guiyang, Guizhou 550018, China; 2. Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin, Guangxi 541004, China)

Abstract The sedimentary rock of the Weining formation in the Ziyun area is characterized by platform margin algal mound deposits. Intensive study of borehole core from the well Ziye-1 shows that the sedimentary facies of the Weining formation is in total an upward grading sequence due to sea regression taking place under platform marginal reef to open platform environment. Meantime, it includes three subfacies as platform margin algal mound, restricted platform and open platform subfacies which can be further divided into six microfacies, i. e. biological bounded stone (SMF7), bioclastic argillaceous limestone with skeletal fragment/grain lime-argillaceous limestone (SMF10), oncolite rudstone/grained limestone (SMF13), aggregate grained limestone (SMF17), homogen abiological micrite (SMF23) and clastic floating rock/ rudstone/breccia (SMF24). Sedimentary filling sequence of the Weining formation also consists of six sedimentary cycles which is lithologically similar to the above sedimentary microfacies. Each sedimentary cycle mainly comprises limestone algae clot formed under a platform marginal reef environment. However, the lithology slowly changes to bioclastic limestone produced in upward open platform condition. The results indicated that the Weining formation had experienced at least six times of sea-level fluctuation; Furthermore, The emergence of the Weining formation marked the end of the organic-rich mud shale of Dawuba formation produced at a slope facies along the northwest trough-basin margin in Luodian-Shuicheng area.

Key words Well Ziye-1, Weining formation, characteristics of sedimentary microfacies, sedimentary evolution, Guizhou Province

(编辑 张玲)