

黔南独山地区晚石炭世—早二叠世早期沉积特征及层序地层研究

李国新^{1,2} 范 昱^{2,4} 陈洪德^{2,3} 林良彪^{2,3} 赵 伟⁵ 朱志军⁶ 徐胜林^{2,3}

(1.四川省核工业地质局 283 大队,四川 达州 635001;2.成都理工大学沉积地质研究院,四川 成都 610059;
3.成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室,四川 成都 610059;4.中国石油化工股份有限公司西北油田分公司,新疆 乌鲁木齐 830011;5.江西省核工业地质局 267 大队,江西 九江 332000;6.东华理工大学,江西 抚州 344000)

摘要:晚石炭世—早二叠世早期黔南地区发育一套巨厚层碳酸盐岩沉积,具有分布面积广、地层发育完整、剖面连续性好、沉积环境多样、岩性组合丰富等特点,是研究碳酸盐岩沉积特征及层序地层的理想场所。本文以黔南独山地区甲刀寨剖面为基干,以数条相邻剖面为辅助。运用沉积学及露头层序地层学的有关理论和研究方法对黔南地区露头实测资料进行沉积特征分析、层序划分及对比,认为黔南地区晚石炭世—早二叠世早期主要为碳酸盐局限台地、开阔台地、台地边缘—斜坡、台盆相沉积,而独山地区仅发育局限台地、开阔台地相沉积,整体表现为北北东“台”、南南西“盆”的格局。层序充填特征表现为:早期层序充填主要受控于三级海平面变化;晚期构造运动相对加强,构造活动和三级海平面变化共同控制层序格架内的沉积充填,表现在台地内沉积的填平补齐。

关 键 字:黔南独山地区;上石炭统;沉积特征;层序地层

中图分类号:P539.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2011)02-0346-10

前人对黔南地区做了大量研究并取得了丰硕成果。陈洪德等^[1]对黔桂地区沉积盆地性质及演化作了阐述,明确指出海西—印支期沉积盆地应主要归属于古特提斯构造域,具有被动型裂谷盆地的沉积特征^[1,2]。彭军等^[3]、陈洪德等^[4]、赖生华等^[5]、梅冥相等^[6]对川滇黔桂石炭系层序地层充填动力学及层序格架进行详细研究,但是对碳酸盐岩地区有关沉积层序级别划分、海平面变化驱动机制和不同相带间层序对比方面,还存在着许多不同认识。

1 地质背景

早古生代志留纪末加里东晚期造山运动(即广西运动)进程使早古生代地层发生褶皱和断裂,使中国南方广大隆起区(华南隆起)及剥蚀区与加里东末期存在的川滇、黔中等古陆联成一片,在黔中形成近

东西向的宽缓背斜隆起区,形成“黔中隆起”的雏形^[1,2]共同构成华南陆块,在其边缘发育大洋、海槽,并成为东特提斯洋的一部分,在黔南则形成平缓宽阔的拗陷区^[1,2,7]。在早泥盆世陆壳拉张—伸展离散机制作用下,沿紫云—罗甸加里东期断裂带形成一系列长条形的沉积盆地,并在石炭纪盆内发育了一套厚层且连续的碳酸盐岩沉积,岩性主要为泥晶灰岩、生物屑灰岩及白云岩,平均厚度约 1500 m,部分地区厚度达 2790 m^[8],是中国石炭系地层发育最全的地区之一。

2 沉积特征

2.1 黔南地区岩石地层及岩石学特征

黔南地区晚石炭世—早二叠世早期沉积的岩石类型主要为碳酸盐岩,局部夹硅质岩、页岩、角砾状

收稿日期:2010-06-22;改回日期:2010-08-27

基金项目:中国石油杭州地质研究院项目“黔南桂中海相地层油气资源前景评价”(XQ-2007-01)资助。

作者简介:李国新,男,1974 年生,高级工程师,博士生,主要从事层序地层学与含油气盆地分析;E-mail:ghlgx_2@sohu.com。

灰岩和粉砂质泥岩等,颜色以灰-灰白色为主,局部出现深灰色、灰黑色。包括以下各组:

大埔组(C_2d)

层型剖面位于广西柳城县大埔镇杨柳村剖面。紫云—罗甸以北本组岩性主要为:上部浅灰色厚层白云岩夹同色生屑灰岩;中部为浅灰色灰岩,偶夹云质灰岩;中下部为灰色泥晶灰岩,局部出现燧石结核灰岩;下部为灰色中厚层生屑灰岩,偶夹云质灰岩;底部为含生屑泥晶灰岩,局部发生强烈白云岩化。紫云—罗甸一带本组为深灰色燧石泥晶灰岩、瘤状灰岩、硅质岩夹角砾状灰岩。本组见腕足 *Gondolina*, *Striatifera*, *Gigantoproductus*, 珊瑚 *Yuanophyllum*, *Palaeosmia*, *Arachnolasma*, *Lithostrotion* 等。

黄龙组(C_2h)

层型剖面位于江苏省南京市金丝岗黄龙组剖面。紫云—罗甸以北本组岩性主要为:浅灰、灰白色厚层块状泥-微晶灰岩、生屑灰岩,含筳、珊瑚、腕足类等。与上覆地层马平组底部角砾状或瘤状灰岩、薄层灰岩夹紫红色泥页岩、条带状灰岩及与下伏大埔组白云岩均为整合接触。紫云—罗甸一带本组为深灰色燧石微晶灰岩、泥灰岩、硅质岩,夹暗色薄层生屑泥晶灰岩、瘤状灰岩,局部出现少量角砾状灰岩。本组生物以筳为主,其中 *Fusulina*, *Fusulinella*, *Profusulinella* 等分布广泛。

马平组(C_2-P_1m)

本组为一跨时地层单位,按国际新的石炭系—二叠系界线划分方案,马平组上部的一部分已跨入二叠系。王尚彦等^[9]、夏国英等^[10]在对黔西古—中生代地层进行了大量研究后,马平组划分为逍遥阶和紫松阶。逍遥阶以 *Triticites* 的首次出现为下界,其上界止于 *Pseudoschwagerina uddeni*-*Ps.texana* 延限带之底,属于晚石炭世。紫松阶下界起于 *Pseudoschwagerina uddeni*-*Ps.texana* 延限带之顶,止于 *Robustoschwagerina*-*Sphaeroschwagerina* 延限带之顶,属于早二叠世。该组层型剖面位于广西宜州市庆远镇北郊。紫云—罗甸以北本组岩性主要为:灰、浅灰色厚层、块状细粒灰岩、生屑泥晶灰岩、泥晶生屑灰岩及亮晶生屑灰岩,常见核形石、藻团块,偶夹白云岩,底部见数米紫红、灰绿色瘤状灰岩,或薄层条带状灰岩,含筳、珊瑚及腕足类等,向上藻团块及白云岩有增多的趋势。中—下部主要发育开阔台地相沉积,上部出现局限台地相沉积。该组与下伏黄龙组灰岩为整合接触,底部紫红、灰绿

色瘤状灰岩、薄层灰岩或条带状灰岩分布广泛,少数地区为细碎屑岩,是与黄龙组划分的标志层,是达拉期末发生海退至马平初期海侵时形成的钙质风化壳沉积。紫云—罗甸一带本组为深灰色中层(含)生屑泥晶灰岩夹泥灰岩、燧石微晶灰岩、少量角砾状灰岩及泥质粉砂岩,向下同色薄层燧石微晶灰岩增多。本组生物以筳为主,见 *Triticites*, *Pseudoschwagerina*, *Sphaeroschwagerina*, *Zellia*, *Pseudofusulina*, *Quasifusulina* 等。

2.2 黔南独山地区沉积相特征

2.2.1 局限台地

局限台地相水体循环不畅,水体能量总体不高,盐度不正常。和开阔台地相比,生物种类单调、稀少,生物主要有蓝绿藻、介形虫及瓣鳃类;岩性主要为白云岩、云质灰岩、灰质云岩夹藻纹层灰岩。独山甲刀寨剖面中该相主要分布在黄龙组中下部、大埔组中上部(图 2)。根据水动力条件和地形变化,可进一步识别出潮上带、潮间带两个亚相。

潮上带环境最靠近古陆边缘,位于平均高潮线之上,是只有风暴潮可以淹没的地带,为低能潮坪环境。沉积物主要为泥、粉晶白云岩、泥质云岩、藻云岩,并构成云坪。当有大量陆源物质混入时,可形成泥云坪,颜色主要以黄灰色和灰色为主。还伴生有纹层理、干裂、鸟眼和一系列小型暴露标志,局部存在古岩溶、冲刷、钙质风化壳等沉积构造。根据沉积构造、粒泥比、岩石类型、生物类型可进一步分为泥云坪、灰云坪和云坪 3 个微相(图版 I、II)。

潮间带是介于平均高潮线和平均低潮线之间的

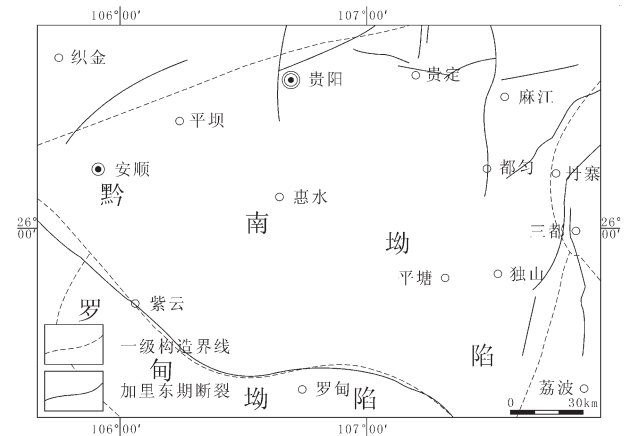


图 1 黔南地区晚石炭世—早二叠世早期重要地质构造简图
Fig.1 Schematic map of key tectonics in Late Carboniferous and early Early Permian period in southern Guizhou

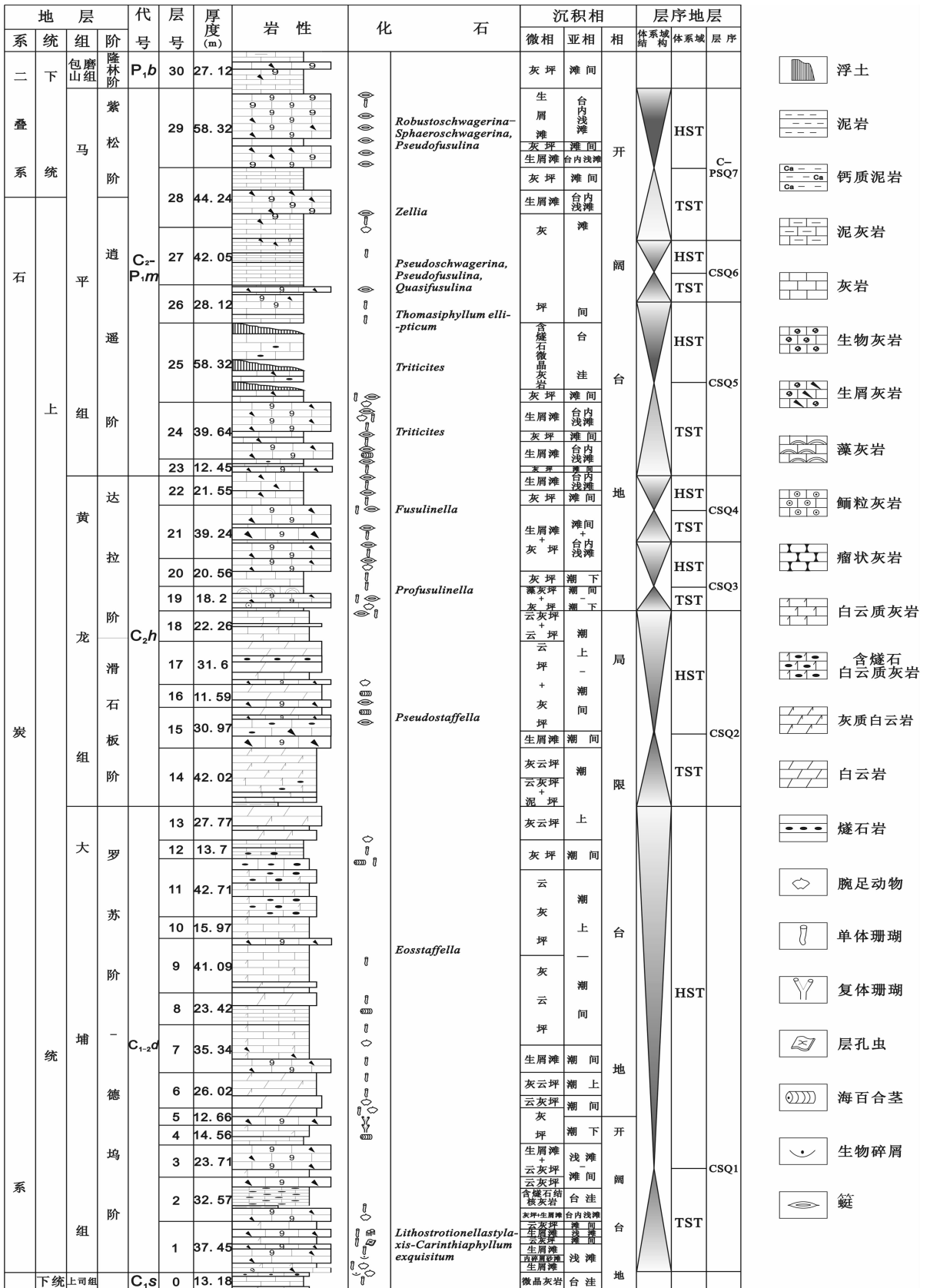
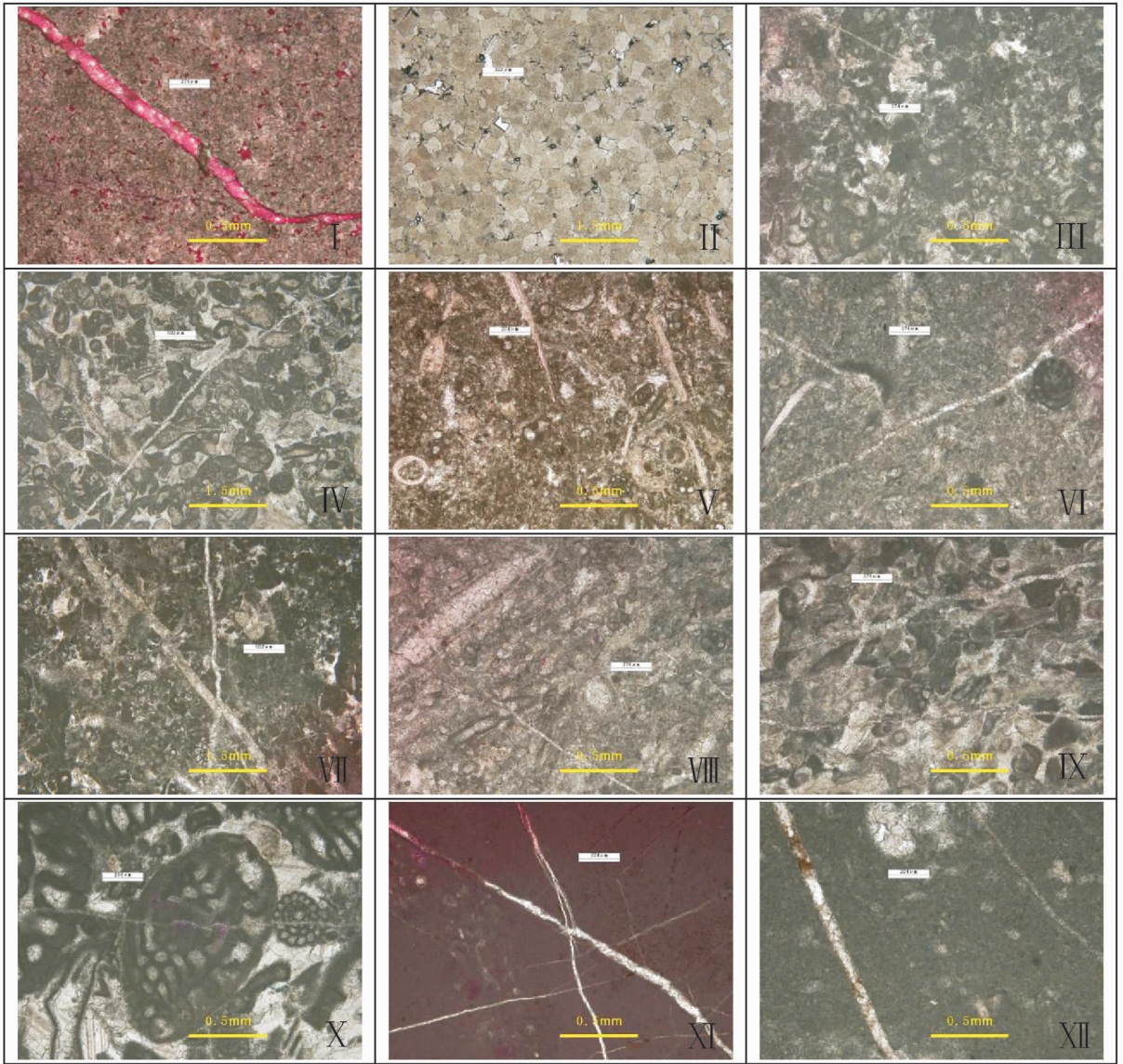


图2 独山县甲刀寨实测剖面沉积相及层序划分特征

Fig.2 Sedimentary facies, sequence division and characteristics of measured stratigraphic profile in Dushan, southern Guizhou

图版



I—微-粉晶白云质灰岩,见微裂缝(-), C_{1-2d} 采自甲刀寨剖面第 13 层; II—粉晶白云质灰岩(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 17 层; III—含生屑藻屑泥晶灰岩(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 14 层; IV—亮晶生屑藻屑灰岩,见瓣(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 19 层; V—含生屑泥晶灰岩,见瓣、腕足、腹足类等化石(-), C_{1-2d} 采自甲刀寨剖面第 1 层; VI—含生屑泥晶灰岩,见瓣(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 20 层; VII—生屑藻砂屑微晶灰岩(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 15 层; VIII—生屑泥晶灰岩,生屑叠瓦状定向排列(-), C_{2h} 采自甲刀寨剖面第 21 层; IX—泥-亮晶藻屑灰岩(-), C_{2m} 采自甲刀寨剖面第 29 层中下部; X—亮晶瓣灰岩(-), C_{2m} 采自甲刀寨剖面第 29 层上部; XI—含燧石结核微晶灰岩,微裂缝发育(-), C_{1-2d} 采自甲刀寨剖面第 2 层; XII—含生物泥晶灰岩,微裂缝发育(-), C_{2m} 采自甲刀寨剖面第 25 层

I—Micritic dolomitic limestone, with micro-fracture (-), C_{1-2d} in 13th layer of Jiadaozhai section; II—Powder crystal dolomitic limestone (-), C_{2h} in 17th layer of Jiadaozhai section; III—Bioclastic algal-clastic micrite limestone (-), C_{2h} in 14th layer of Jiadaozhai section; IV—Sparry bioclastic algal-clastic limestone, with fusulinides (-), C_{2h} in 19th layer of Jiadaozhai section; V—Bioclastic micrite limestone, with fusulinides, brachiopoda, gastropoda (-), C_{1-2d} in 1st layer of Jiadaozhai section; VI—Bioclastic micrite limestone, with fusulinides (-), C_{2h} in 20th layer of Jiadaozhai section; VII—Bioclastic algal-sand-clastic micrite limestone (-), C_{2h} in 15th layer of Jiadaozhai section; VIII—Bioclastic micrite limestone, bioclast with imbricated texture (-), C_{2h} in 21th layer of Jiadaozhai section; IX—Algal-clastic limestone with spar or micrite (-), C_{2m} in lower-middle 29th layer of Jiadaozhai section; X—Sparry fusulinides limestone (-), C_{2m} in upper 29th layer of Jiadaozhai section; XI—Nodular chert micrite limestone, with micro-fracture (-), C_{1-2d} in 2nd layer of Jiadaozhai section; XII—Bioclastic micrite limestone, with micro-fracture (-), C_{2m} in 25th layer of Jiadaozhai section

地带,水位变化频繁,经常出露海面,潮汐流双向作用明显。根据水动力条件差异,出现过渡性岩性组合。即潮间上部—中部相对低能带岩石类型主要为藻纹层云质灰岩、含颗粒(颗粒多为内碎屑、藻团粒、团块)泥晶灰岩、含泥泥晶灰岩等,伴有水平层理、纹层理、干裂、鸟眼以及小型冲刷面等构造(图版Ⅲ);潮间中部—下部相对高能带岩石类型主要为(含)内碎屑含云灰岩、(含)鲕粒灰岩等,伴有平行层理、脉状层理、波状层理及虫迹等沉积构造,颗粒含量相对潮间上部—中部明显增高,并与其一起构成云灰坪。当碎屑物质混入时,可出现泥灰坪。潮间带一般呈周期性暴露于地表,普遍发生白云岩化。在潮间带下部可能发育少量燧石结核和条带。根据沉积构造、粒泥比、岩石类型、生物类型可进一步划分为云灰坪、藻灰坪和泥灰坪 3 个微相(图版Ⅳ)。

2.2.2 开阔台地

开阔台地相水体较浅,几米到几十米,一般离陆地较远,无陆源碎屑注入,海域广阔,水循环中等至良好,盐度近于正常,气候温暖,适合大量生物的生存和繁育。开阔台地相进一步可分为潮下带、台内浅滩、滩间、台洼 4 个亚相。独山甲刀寨剖面中该相主要分布在大埔组中下部、黄龙组中上部及马平组(图 2)。

潮下带是平均低潮线以下至滩或礁之后(向陆部分)。其最大特点是长期处于水下,为低能沉积环境。沉积物以泥晶灰岩为主,含少量颗粒。呈块状、厚层状,具有水平层理、纹层理及虫迹,并与滩间呈过渡关系,共同发育灰坪微相。

开阔台地滩间亚相位于正常浪基面以下、透光带及风暴浪基面以上,波浪作用一般较弱或极弱,水动力能量指数及粒泥比较低。生物分异度较高,生物一般属底栖组合,生物化石保存较为完整,可出现完整壳体的腹足类、介形类及腕足类化石个体。基质为灰泥、泥晶。主要发育水平层理。岩性主要为(含)生屑泥晶灰岩和泥晶灰岩,局部含燧石结核。根据沉积构造、粒泥比、岩石类型、生物类型可进一步划分为灰坪(图版Ⅴ)、滩间灰泥(图版Ⅵ)两个微相。

开阔台地台内浅滩亚相位于正常浪基面以上,受波浪作用影响较大,水动力条件稍强,水动力能量指数及粒泥比中等。颗粒主要为生屑、鲕粒、内碎屑等。生物多已破碎,以珊瑚类、棘皮类、腹足类、腕足类为主,部分生物颗粒遭受较强的泥晶化作用。沉积物呈中厚层到块状,主要发育平行层理、冲刷面等沉

积构造。该亚相中颗粒含量远多于灰泥,灰泥受到较充分的冲洗,胶结物以亮晶方解石为主,局部台内浅滩暴露可存在少量白云岩化。岩性类型主要为亮晶颗粒灰岩。根据颗粒类型可进一步划分为鲕滩、生屑滩两个微相(图版Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅹ)。

台洼亚相位于台内风暴浪基面以下,基本不受水动力条件影响,局部可含少量内碎屑及生屑。生物组合以浮游类为主,化石往往保存完整。台洼多以暗色中层含泥微晶灰岩夹薄层瘤状灰岩、燧石结核微晶灰岩为特征。粒泥比低,胶结物以泥—微晶方解石为主,主要发育水平层理。根据岩石类型可进一步划分为燧石结核微晶灰岩、瘤状灰岩等几个微相(图版Ⅺ、Ⅻ)。应当指出的是:台洼亚相明显受开阔台地内部断裂控制,只发育在开阔台地内的次级地堑中,与台外深水相(斜坡相、盆地相)有所差异。

3 黔南独山地区及邻区层序地层研究

3.1 上石炭统层序划分

根据露头层序地层原理及工作方法,重点考虑关键性界面和区域追踪对比性、相序变化特征及准层序叠置形式等特征,参考陈洪德等^[11]中国南方震旦系—中三叠统层序划分方案、梅冥相等^[6,12]三级海平面变化以及层序界面的识别特征^[13-18],将上石炭统地层划为 7 个三级层序,其中 CSQ1 由德坞阶和罗苏阶组成,CSQ2 由滑石板阶组成,CSQ3 和 CSQ4 由达拉阶组成,CSQ5、CSQ6 及 C-PSQ7 下部由逍遥阶组成,C-PSQ7 上部由紫松阶组成。平均每个三级层序延续时值为 6.0 Ma。另外参见了传统的 Exxonian 层序模式,完整的层序是由低水位体系域(LST)或陆架边缘体系域(SMST)、海侵体系域(TST)和高水位体系域(HST) 3 部分组成。但在碳酸盐台地层序模式中往往只见到海侵体系域和高水位体系域,低水位体系域以大型塌积角砾岩形式出现于台缘斜坡趾部位,因此研究区各层序主要发育 TST 和 HST,而 LST 相对不发育。在发育有 LST 的层序中,其多以碎屑流成因的薄层角砾状灰岩、钙屑浊积岩为特征,层序底面可见砾屑灰岩与下伏地层的轻微截切关系。考虑到 LST 多发育于台缘斜坡—台盆,且厚度较薄,故将 LST 并入 TST(TST+LST)代表真正意义上的 LST+TST。

按底面性质又可划分为 5 个 I 型层序(CSQ1, CSQ4, CSQ5, CSQ6, C-PSQ7) 和 2 个 II 型层序

(CSQ2, CSQ3)。CSQ1 至 C-PSQ7 构成了一超层序(SS),该超层序由晚石炭世的德坞阶、罗苏阶、滑石板阶、达拉阶、逍遥阶及紫松阶地层所构成。超层序的 TST 期沉积:该期沉积相相当于罗苏阶地层,与 CSQ1 三级层序的 TST 沉积是一致的,总体表现为生物灰岩和泥质灰岩所组成的向上变深的沉积序列;超层序的 HST 期沉积:相当于滑石板阶、达拉阶、逍遥阶及紫松阶地层。总体表现为向上变浅的沉积序列(图 3)。

3.2 三级层序特征描述如下:

CSQ1 层序

该层序是超层序(SS)内的第一个三级层序,相当于德坞阶—罗苏阶,底界面为古风化壳。界面之上的 TST 也正是超层序(SS)的 TST,沉积环境主要为开阔台地。在甲刀寨剖面、卡洛剖面、长顺剖面、麦秆剖面中,该层序 HST 上部出现局限台地相沉积,岩性由白云岩、灰质云岩、生屑灰岩等组成;TST 主要为灰色云质灰岩与同色生屑灰岩的不等厚互层,顶部出现薄—中层燧石结核灰岩,层序底界面为古风化壳及古岩溶。在纳水剖面中,该层序下部为台盆相灰黑色燧石微晶灰岩、硅质岩夹薄层瘤状灰岩、含生屑泥晶灰岩,底部偶夹角砾状灰岩,代表 TST (TST+LST)期的产物;上部出现灰色中层生屑泥晶灰岩,代表 HST 期的产物。层序结构总体表现为 HST 大于 TST,且整体厚度较大,具有大规模快速海侵—缓慢海退的特征。

CSQ2 层序

该层序对应于黄龙组下部地层(滑石板阶地层)。在卡洛剖面、长顺剖面及麦秆剖面中,由开阔台地相的生屑灰岩、鲕粒灰岩组成,HST 略大于 TST。在甲刀寨剖面中,TST 主要由含燧石灰质云岩组成;HST 主要为中—厚层灰质云岩,夹薄层生屑灰岩,为局限台地相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面。在纳水剖面中出现灰黑色燧石微晶灰岩、硅质岩夹薄层瘤状灰岩、含生屑泥晶灰岩的台盆相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面。层序结构总体表现为 HST 略大于 TST,但整体厚度不及 CSQ1 层序,具有中等规模快速海侵—缓慢海退的特征。

CSQ3 层序

该层序对应于黄龙组中下部地层(达拉阶下部地层)。甲刀寨剖面、卡洛剖面、长顺剖面及麦秆剖面均为开阔台地相沉积,其 TST 主要为灰色含燧微晶

灰岩,夹少量藻灰岩;HST 主要为灰白色中—厚层生屑灰岩、鲕粒灰岩,层序底界面为岩性岩相转换面, TST \approx HST 或 HST 略大于 TST。在沫阳翁洗剖面中出现台地边缘—斜坡相灰色生屑灰岩夹泥晶灰岩,层序底界面为岩性岩相转换面及冲刷侵蚀面, HST 略大于 TST。仅在纳水剖面出现深灰色生屑泥晶灰岩夹薄—中层燧石微晶灰岩的台盆相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面。层序结构总体表现为 HST 略大于 TST 或 TST \approx HST,整体厚度偏薄,具有小规模快速海侵—快速海退的特征。

CSQ4 层序

该层序对应于黄龙组上部地层(达拉阶上部地层)。甲刀寨剖面、卡洛剖面、长顺剖面及麦秆剖面均为开阔台地相沉积,其 TST 主要由薄—中层微晶灰岩组成;HST 由中—厚层生屑灰岩及生屑微晶灰岩组成,层序底界面为古风化壳及冲刷侵蚀面, HST \approx TST。在沫阳翁洗剖面中,TST(TST+LST)主要由薄—中层角砾状灰岩、泥灰岩、泥岩及少量泥质粉砂岩组成;HST 有中厚层生屑灰岩组成,底界面为冲刷侵蚀面,界面之上的少量泥质粉砂岩及角砾状灰岩相当于 LST 期的产物,HST 略大于 TST (TST+LST),为台地边缘—斜坡相沉积。在纳水剖面出现灰黑色泥晶灰岩、瘤状灰岩,偶夹薄层细粒钙屑浊积岩的台盆相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面及局部冲刷侵蚀面,HST 略小于 TST (TST+LST)。层序结构总体表现为 TST \approx HST,整体厚度偏薄,具有小规模快速海侵—快速海退的特征。

CSQ5 层序

该层序对应于马平组下部地层(逍遥阶—中部地层)。甲刀寨剖面、卡洛剖面、猴场剖面、长顺剖面及麦秆剖面均为开阔台地相沉积。在卡洛剖面中,此层序主要为一套浅灰色中厚层生屑灰岩,底部出现灰色中层微晶灰岩及少量藻灰岩,相当于该层序的 TST;顶部存在区域性古风化壳和古喀斯特岩溶,为隆升侵蚀后形成的不整合界面。在甲刀寨剖面、猴场剖面、长顺剖面及麦秆剖面中,该层序的 TST 多为中层微晶灰岩夹少量燧石结核,底部出现少量生屑灰岩;HST 由微晶灰岩、生物碎屑灰岩组成,层序底界面为冲刷侵蚀面及古风化壳。在沫阳翁洗剖面中,该层序下部为角砾状灰岩,向上泥晶灰岩逐渐增多,层序底界面为冲刷侵蚀面及岩性岩相转换面,HST \approx TST,为台地边缘—斜坡相沉积。在纳水

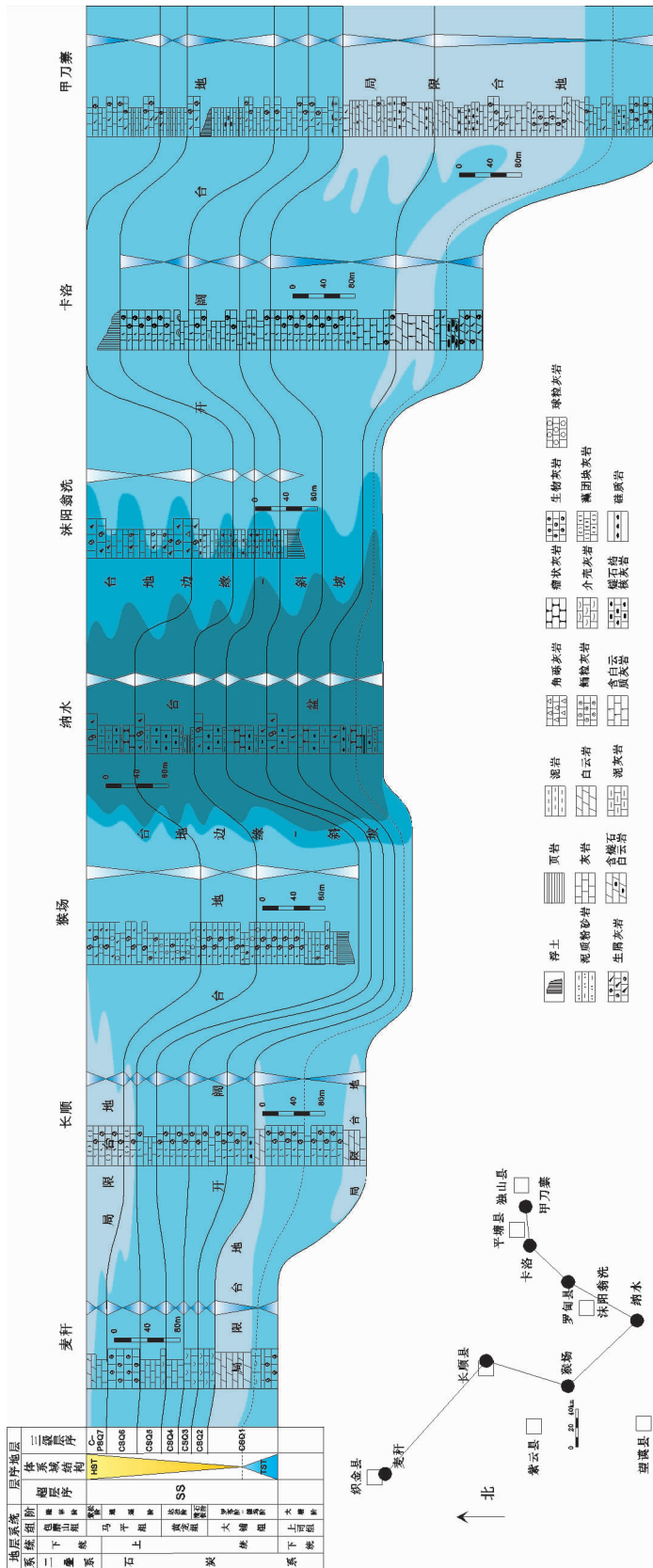


图3 黔南拗陷上石炭统织金麦杆—长顺—紫云猴场—罗甸纳水—罗甸沫阳翁洗—平塘卡洛—独山甲刀寨沉积相及层序对比图
 Fig.3 Sedimentary facies and sequence correlation map of upper Carboniferous period from Zhijin Maigan to Dushan Jiadaozhai in southern Guizhou depression

剖面中,底部少量薄层泥质粉砂岩相当于 LST 期的产物,中部出现灰黑色燧石泥晶灰岩相当于 TST 期的产物,上部出现深灰色薄—中层生屑泥晶灰岩相当于 HST 期的产物,为台盆相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面及局部冲刷侵蚀面,HST 略大于 TST(TST+LST)。层序结构总体表现为 HST \approx TST(TST+LST),整体厚度不大,具有中—小规模快速海侵—快速海退的特征。

CSQ6 层序

该层序对应于马平组中部地层(逍遥阶中—上部地层)。甲刀寨剖面、卡洛剖面、猴场剖面及麦秆剖面均为开阔台地相沉积,该层序的 TST 多为中层微晶灰岩夹少量生屑灰岩;HST 由灰白色块状生屑灰岩组成,层序底界面为岩性岩相转换面,层序结构表现为 HST \approx TST,其特征与 CSQ5 相似。在长顺剖面中,该层序内出现泥—亮晶藻团块灰岩与生屑团粒灰岩的组合,代表着局限台地潮间亚相沉积环境,层序底界面为岩性岩相转换面及冲刷侵蚀面,其层序结构为 HST \approx TST。在沫阳翁洗剖面中,该层序下部出现灰色中层角砾状灰岩夹薄层泥质粉砂岩相当于 LST 期的产物,中部为薄层泥岩,向上出现生屑泥晶灰岩、生屑亮晶灰岩,层序底界面为岩性岩相转换面及冲刷侵蚀面,为台地边缘—斜坡相沉积,HST 略小于 TST(TST+LST)。在纳水剖面中,该层序下部出现薄层泥岩、泥质粉砂岩相当于 LST 期的产物,向上出现灰黑色燧石泥晶灰岩,上部夹薄—中层生屑泥晶灰岩,为台盆相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面及局部冲刷侵蚀面,HST \approx TST(TST+LST)。层序结构总体表现为 HST \approx TST(TST+LST),而整体厚度差异较大,说明该时期基底升降对层序发育的控制已强于三级海平面变化,整体表现为台盆上升、台地下降、可容纳空间趋于减小。

C-PSQ7 层序

该层序对应于马平组上部地层(逍遥顶部及紫松阶地层)。独山地区继承了 CSQ6 期台地沉降的格局,并在台地内形成了新的次级沉积中心,表现在甲刀寨剖面中该层序厚度明显增大。在甲刀寨剖面中,该层序的 TST 为大套灰色中—厚层含燧石微晶灰岩、燧灰岩夹少量生屑;HST 顶部出露不全,上部为灰白色块状生屑灰岩,下部出现灰色中—薄层微晶灰岩,为开阔台地相沉积,层序底界面为岩性岩相转换面,其层序结构为 HST \approx TST。在长顺剖面中,该

层序顶部出现藻团块灰岩、生屑灰岩夹泥—亮晶砂屑灰岩,说明长顺地区发生了进一步的差异隆升,致使水体进一步变浅,出现了大范围的局限台地相沉积,HST \approx TST。在麦秆剖面中,该层序也有向上变浅响应,并在 HST 开始出现局限台地相灰质云岩沉积。在沫阳翁洗剖面下部为灰色中层含生屑微晶灰岩的台缘滩间亚相沉积,向上出现台缘浅滩亚相灰白色中厚层—块状亮晶生屑灰岩,层序底界面为冲刷侵蚀面,HST 略大于 TST。应当说明的是该层序顶部存在差异性古风化壳和古喀斯特岩溶,因此有些地区出现隆升侵蚀不整合界面,有些地区该层序上部保存较好,但无外乎均表现为向上变浅的沉积序列。

4 结 论

(1)黔南地区晚石炭世—早二叠世早期主要为碳酸盐局限台地、开阔台地、台地边缘—斜坡、台盆相沉积。独山地区仅出现局限台地、开阔台地相沉积,根据沉积构造、粒泥比、岩石类型、生物类型及薄片资料划分数种亚相及微相。

(2)黔南地区晚石炭世—早二叠世早期地层可划分为 1 个超层序和 7 个三级层序。超层序发育 TST 和 HST,超层序的 TST 期相当于罗苏阶,并与 CSQ1 三级层序的 TST 是一致的,总体表现为生物灰岩和泥灰岩所组成的向上变深的沉积序列,在岩相古地理展布上表现为:长顺—独山一线以北东为局限台地相,该线以南西为开阔台地相。整体表现为从北东向南西水体变深,依次发育局限台地→开阔台地→台地边缘→斜坡→台盆沉积,在紫云县南—罗甸纳水一线发育台盆相深水沉积;超层序的 HST 期沉积,相当于滑石板阶、达拉阶、小独山阶地层。该期沉积格局没有发生大的变化,伴随着二级海平面的相对下降,沉积盆地水体相对变浅,沿古陆边缘沉积了相带狭窄的一套局限台地相藻团块灰岩,总体表现为向上变浅的沉积序列。超层序表现为 HST 远大于 TST,即具有快速海侵、缓慢海退的特征。各三级层序主要发育 TST 和 HST,仅分布在深水区的个别三级层序保留了少量 LST 期的沉积记录。按底面性质又可划分为 5 个 I 型层序(CSQ1,CSQ4,CSQ5,CSQ6,CSQ7)和 2 个 II 型层序(CSQ2,CSQ3),区内具有较好的对比性。三级层序明显受控于海平面变化及构造沉降,从下至上 I 型层序出现

频率增高,在台缘地区各 I 型层序 LST 的滑塌角砾状灰岩、钙屑浊积岩呈明显增厚趋势。层序充填特征整体表现为:早期层序充填主要受控于三级海平面变化;晚期构造运动相对加强,构造活动和三级海平面变化共同控制层序格架内的沉积充填,表现在台地内沉积的填平补齐。

(3)晚石炭世—早二叠世早期黔南地区处于构造活动相对稳定期,主导构造体制是受断裂控制的断块差异性升降运动,导致沉积体系的差异性分化。换句话说是该时期紫云—罗甸加里东期断裂对沉积相演化、沉积厚度有明显控制作用,即在高位断块上出现局限台地相、开阔台地相沉积;在低位断块上发育台盆相深水硅质岩沉积;台地边缘—斜坡相带沿加里东期断裂分布,范围狭窄。整体表现为北北东“台”、南南西“盆”的格局。

参考文献(References):

- [1] 陈洪德,曾允孚. 右江沉积盆地的性质及演化讨论 [J]. 沉积与特提斯地质, 1990, (01):1-10
Chen Hongde, Zeng Yunfu. Nature and evolution of the Youjiang basin[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 1990, (01):1-10 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈洪德,张锦泉,刘文均. 泥盆纪—石炭纪右江盆地结构与岩相古地理演化[J]. 广西地质, 1994, 4(2):15-23.
Chen Hongde, Zhang Jinquan, Liu Wenjun. Structure of Youjiang basin in Devonian—Carboniferous period and its evolution of lithofacies and Palaeogeography [J]. Guangxi Geology, 1994, 4(2): 15-23(in Chinese with English abstract).
- [3] 彭军,陈洪德,田景春,等. 川滇黔桂地区石炭系层序地层研究[J]. 沉积学报, 2000, 18(2):190-197.
Peng Jun, Chen Hongde, Tian Jingchun, et al. Sequence stratigraphy study on the Carboniferous strata in Sichuan, Yunnan, Guizhou and Guangxi[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2): 190-197(in Chinese with English abstract).
- [4] 陈洪德,彭军,田景春,等. 上扬子克拉通南缘中泥盆统—石炭系高频层序及复合海平面变化[J]. 沉积学报, 2000, 18(2):181-189.
Chen Hongde, Peng Jun, Tian Jingchun, et al. The middle Devonian to the Carboniferous high-frequency sequences and composite sea-level changes on the southern margin of the upper Yangtze craton basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2): 181-189(in Chinese with English abstract).
- [5] 赖生华,陈洪德. 南盘江坳陷石炭系层序地层格架及古地理环境 [J]. 云南地质, 2004, 23(2):233-240.
Lai Shenghua, Chen Hongde. The framework of sequential stratigraphy and palaeogeographic environment of Carboniferous in Nanpanjiang SAG [J]. Yunnan Geology, 2004, 23 (2):233-240(in Chinese with English abstract).
- [6] 梅冥相,马永生,邓军,等. 滇黔桂盆地及其邻区石炭纪至二叠纪层序地层格架及三级海平面变化的全球对比[J]. 中国地质, 2005, 32(1):13-24.
Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Deng Jun, et al. Carboniferous to Permian sequence stratigraphic framework of the Yunnan—Guizhou—Guangxi basin and its adjacent areas and global correlation of third-order sea-level change [J]. Chinese Geology, 2005, 32(1): 13-24(in Chinese with English abstract).
- [7] 侯中健,陈洪德,田景春,等. 右江盆地海相泥盆系—中三叠统层序界面成因类型与盆地演化[J]. 沉积学报, 2000, 18(2):205-209.
Hou Zhongjian, Chen Hongde, Tian Jingchun, et al. Genesis of sequence boundary and basin evolution in Youjiang basin during the Devonian to the middle Triassic [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(2):205-209(in Chinese with English abstract).
- [8] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社, 1987:194-226.
Bureau of Geology and Mineral, Guizhou. Regional Geology of Guizhou Province[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 194-226(in Chinese with English abstract).
- [9] 王尚彦,张慧,等. 贵州西部古—中生代地层及裂陷槽盆的演化 [M]. 北京:地质出版社, 2005:27-80.
Wang Shangyan, Zhang Hui, et al. Strata of Palaeozoic—Mesozoic and Evolution of the Chasmic Furrow in Western Guizhou Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2005:27-80(in Chinese).
- [10] 夏国英,丁蕴杰. 中国上石炭统上部及下二叠统海相地层中阶的划分[J]. 中国地质, 2002, 29(1):20-29.
Xia Guoying, Ding Yunjie. Stages of upper Upper Carboniferous and Lower Permian marine strata in China [J]. Chinese Geology, 2002, 29(1):20-29(in Chinese with English abstract).
- [11] 陈洪德,田景春,刘文均,等. 中国南方海相震旦系—中三叠统层序划分与对比[J]. 成都理工学院学报, 2002, 29(4):355-379.
Chen Hongde, Tian Jingchun, Liu Wenjun, et al. Division and correlation of the sequences of marine Simian system to middle Triassic series in the south of China [J]. Journal of Chengdu University of Technology, 2002, 29 (4):355-379 (in Chinese with English abstract).
- [12] 梅冥相,孟庆芬,易定红,等. 黔桂地区石炭系层序地层格架及海平面变化[J]. 地球学报, 2004, 25(1):39-46.
Mei Mingxiang, Meng Qingfen, Yi Dinghong, et al. Carboniferous sequence framework in Guizhou and Guangxi, Southern China[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2004, 25 (1):39-46 (in Chinese with English abstract).
- [13] 陈洪德,钱奕中,刘文均,等. 层序地层学原理及工作方法[M]. 成都:四川科技出版社, 1994.
Chen Hongde, Qian Yizhong, Liu Wenjun, et al. The Principle of Sequence Stratigraphy and Working Methods [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1994 (in Chinese).
- [14] 彭军,陈景山,陈洪德,等. 黔桂地区石炭纪 I 型层序界面沉积

- 记录及成因分析[J]. 地球学报, 2000, 21(4):433-440.
- Peng Jun, Chen jingshan, Chen Hongde, et al. Genetic analyses and sedimentary records of Carboniferous type I sequences in Guizhou and Guangxi [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2000, 21(4): 433-440(in Chinese with English abstract).
- [15] 林小兵, 李国忠, 田景春, 等. 黔南石炭系层序地层格架中碳酸盐岩成岩作用研究[J]. 成都理工大学学报, 34(3):267-272.
- Lin Xiaobing, Li Guozhong, Tian Jingchun, et al. Study on diagenesis of the carbonate rocks in the Carboniferous sequence stratigraphic framework of South Guizhou [J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2007, 34(3):267-272(in Chinese with English abstract).
- [16] Vail P.R., 徐怀大译. 序. 见:威尔格斯 C.K.等编, 层序地层学原理[M], 北京:石油工业出版社, 1993.
- [17] Vail P.R. Xu Huaida (translated). Principles of Sequence Stratigraphy [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1993 (in Chinese)Andrew D. Miall, Principles of Sedimentary Basin Analysis [M].Springer-Verlag New York Inc, 1990.
- [18] Dorrik A V. Stow, Sedimentary Rocks in the Field—A Colour Guide[M]. Manson Publishing Ltd, 2005.

Sedimentary characteristics and sequence characteristics of Late Carboniferous and early Early Permian period in Dushan, southern Guizhou Province

LI Guo-xin^{1,2}, FAN Yu^{2,4}, CHEN Hong-de^{2,3},
LIN Liang-biao^{2,3}, ZHAO Wei⁵, ZHU Zhi-jun⁶, XU Sheng-lin^{2,3}

(1. No. 283 Geological Party, Sichuan Bureau of Geology for Nuclear Industry, Dazhou 635001, Sichuan, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 4. Northwest Company of SINOPEC, Urumqi 830011, Xinjiang, China; 5.No.267 Geological Branch, Jiangxi Nuclear Industry Geology Bureau, Jiujiang 332000, Jiangxi, China; 6. East China Institute of Technology, Fuzhou 344000, Jiangxi, China)

Abstract: Carbonate rock deposition of great thickness occurred in Upper Carboniferous period in southern Guizhou, characterized by wide distribution, integrated strata, well stratigraphic continuity, diverse depositional environments and abundant lithologic combinations. Southern Guizhou is an ideal location for studying carbonate rock sedimentary characteristics and sequence stratigraphy. Based on field measured data (mainly dependent on Jiadaozhai section of Dushan area in association with other sections), this paper employed the relevant theory and methods of sedimentology and outcrop sequence stratigraphy to analyze sedimentary characteristics of outcrop, and then divided sequences and made correlation. It is recognized that southern Guizhou mainly developed restricted platforms, open platforms, platform marginal slopes, and platform basins, whereas Dushan developed only restricted platforms and open platforms. In general, they appear as NNE-trending platforms and SSW-trending basins. The characteristics of sequence filling show that sequence filling was controlled by the third-order sea-level changes at the early stage, and was controlled by both tectonic activity and third-order sea-level changes at the late stage, finding expression in filling and leveling in the carbonate platform.

Key words: Dushan, southern Guizhou; Upper Carboniferous; sedimentary characteristics; sequence stratigraphy

About the first author: LI Guo-xin, male, born in 1974, senior engineer and doctor candidate, majors in sequence stratigraphy and application of petroliferous basin analysis; E-mail: ghlgx_2@sohu.com.