

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.2-3.010

# 滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期沉积环境及古地理格局

陈榕<sup>1,2</sup>, 张子亚<sup>3</sup>

CHEN Rong<sup>1,2</sup>, ZHANG Ziya<sup>3</sup>

1. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京 100083;

2. 中国地质调查局非常规油气地质重点实验室, 北京 100083;

3. 中国地质科学院, 北京 100037

1. Oil and Gas Survey, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

2. Key Laboratory of Unconventional Oil&Gas Geology Center, China Geological Survey, Beijing 100083, China;

3. Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

**摘要:**下石炭统是滇黔桂地区页岩气勘查的重点层位,目前针对滇东—黔西地区下石炭统富有机质页岩展布的研究相对薄弱,开展沉积相与古地理研究能够明确页岩气勘查优势相带的展布。通过剖面沉积相划分、连井剖面对比、古地理图编制等工作,阐明了滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期沉积环境特征,恢复了该地区古地理格局,确定了对页岩气勘查有利的半深水—深水相带。下石炭统打屋坝组可以划分为 2 个四级层序,富有机质页岩主要集中在下段海侵体系域。岩关阶晚期—大塘阶早期,滇东—黔西地区古地理格局呈现北西高、南东低,水体自北西向南东加深的特点,沉积相由潮坪相、台地相、斜坡相、半深水盆地相、深水盆地相自北东向南西渐变过渡,半深水—深水区位于盘县—普安—晴隆—关岭—六枝一带。

**关键词:**富有机质页岩;石炭纪;岩相古地理;滇黔交界区;油气勘查工程

**中图分类号:**P534.45;P512.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2023)02/03-0307-10

**Chen R, Zhang Z Y. Sedimentary environment and palaeogeographical pattern of the Early Carboniferous Late Yanguan—Early Datang stage in eastern Yunnan—western Guizhou area—enlightenment for shale gas exploration. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(2/3): 307–316**

**Abstract:** The Lower Carboniferous is the key layer of shale gas exploration in Yunnan–Guizhou–Guangxi area, but current research on distribution of Lower Carboniferous organic-rich shale in EYWG (Eastern Yunnan–Western Guizhou) is relatively weak. The study of sedimentary facies and palaeogeography can clarify the distribution of the dominant facies for shale gas exploration. In this paper, the sedimentary environment of Early Carboniferous rocks in the EYWG was studied and paleogeographic pattern was restored by dividing the sedimentary facies, comparing the cross-well profiles, and compiling paleogeographic maps. Through these efforts, semi-deep water–deep water facies of Lower Carboniferous in the EYWG have been identified for shale gas exploration. The Lower Carboniferous Dawuba Formation can be divided into two fourth-order sequences, and organic-rich shales are mainly concentrated in the lower TST. The paleogeographical pattern is higher in northwest and lower in southeast during Late Yanguan Early Datang stage in the EYWG. The water deepened from northwest to southeast, with the sedimentary facies transformed from tidal flat, platform, slope, semi Deep water basin to deep water basin, and the semi-deep water–deep water facies is located in Panxian–Puan–Qinglong–Guanling–Liuzhi area.

**Key words:** organic-rich shale; Carboniferous; lithofacies palaeogeography; Yunnan–Guizhou boundary; oil and gas exploration engineering

收稿日期:2020-02-13;修订日期:2020-04-07

资助项目:中国地质调查局项目《南方盆地页岩气调查评价》(编号:DD20221653)、科技部“十三五”重大专项《页岩气资源潜力评价方法与勘查技术攻关》(编号:2016ZX05034)和中国地质调查局项目《滇黔桂地区上古生界海相页岩气基础地质调查》(编号:DD20160178)

作者简介:陈榕(1987-),女,博士,高级工程师,从事页岩气勘查及沉积学研究。E-mail:chenrong@mail.cgs.gov.cn

下石炭统是滇黔桂地区页岩气勘查的重点层位(杜远生等,1997;董大忠等,2010)。滇黔桂地区泥盆纪—石炭纪处于隆—拗相间的沉积格局,岩性组合变化大,存在同时异相的情况,尤其在滇黔交界区,下石炭统沉积相变化更复杂(彭军等,2000;梅冥相等,2007;苑坤等,2019)。前人在滇黔交界区石炭系沉积环境研究方面,较注重局部地区的沉积相研究或大尺度区域性研究,对沉积相与富有机质页岩展布的研究较薄弱。卢树藩等(2016)对黔南地区打屋坝组沉积环境进行了初步研究,孙琦森(2016)编制了滇东北地区石炭纪—二叠纪早期层序岩相古地理图,苑坤等(2019)研究了黔南紫云地区晚石炭世时期的沉积格局,梅珏等(2021)分析了贵州威宁地区下石炭统旧司组页岩气成藏条件。通过研究滇东—黔西地区早石炭世沉积环境特征与古地理格局,能明确富有机质页岩优势相带的展布特征,为该地区下一步页岩气勘查提供技术支撑。

## 1 地质背景

滇东—黔西台褶带位于贵州省西部及云南省东部交界处,东侧以垭紫罗断裂带为界,西界为小江断裂,北东侧与黔西北台褶带相接,南邻黔南凹陷及南盘江盆地(彭军等,2000)。黔西地区主要发育垭都—紫云—罗甸断裂带(垭紫罗断裂带),滇东地区的主要断层为北东向的寻甸—宣威断裂和近南北向的富源—弥勒断裂(图1)。从构造背景看,滇东—黔西地区早石炭世构造格局整体上继承了泥盆纪的构造特点,早泥盆世垭紫罗断层的构造活动对垭紫罗裂陷槽的形成和演化,以及滇东—黔西地区整体沉积特征具有控制作用(毛健全等,1997;汪新伟等,2013)。

下石炭统在滇东—黔西地区广泛发育,仅在部分地区存在剥蚀情况,根据岩性组合,可以划分为睦化组—打屋坝组—南丹组(安亚运等,2015)、汤耙沟组—祥摆组—旧司组—上司组—摆佐组(何江林等,2017)、岩关组—大塘组—摆佐组等(马宏杰等,2014)(表1)。其中,打屋坝组(相当于祥摆组上部—旧司

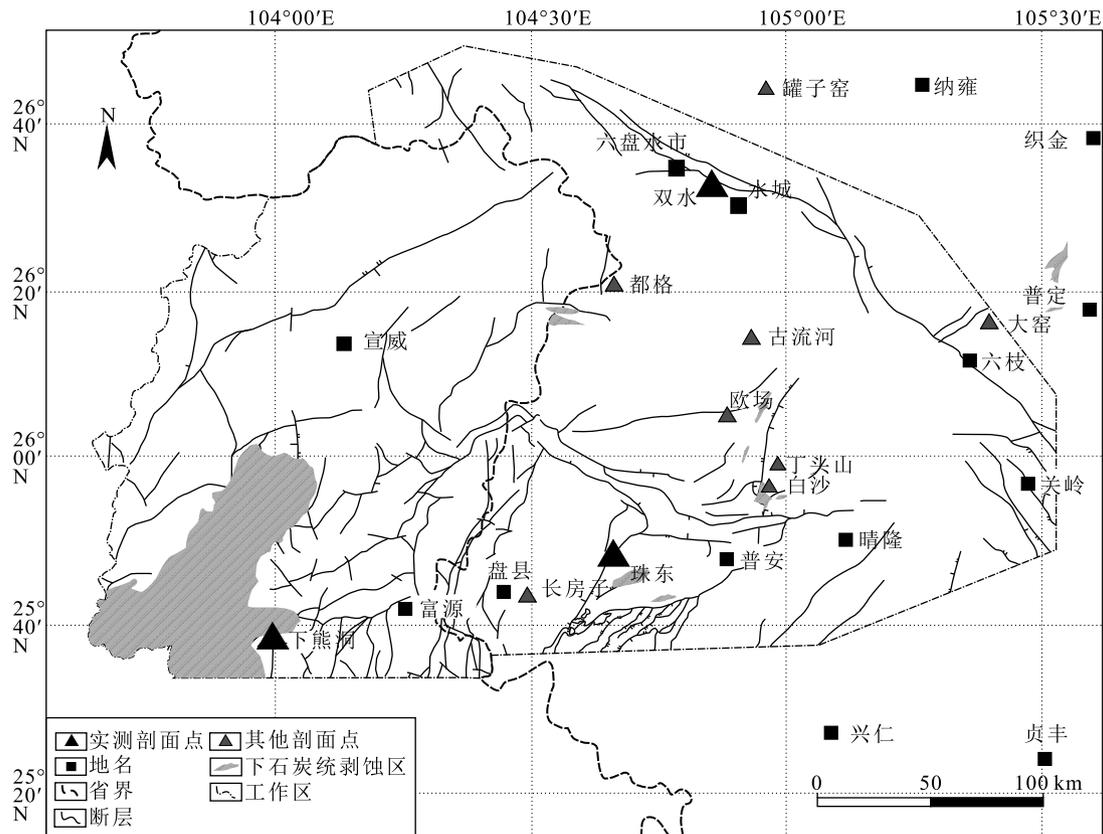


图1 滇东—黔西地区下石炭统分布及构造纲要图

Fig. 1 Distribution of Lower Carboniferous and tectonic setting in eastern Yunnan—western Guizhou area

表 1 滇东—黔西地区石炭系对比(据周志澄,1994;  
李凯,2016;季强等,2017;王学武等,2018)

Table 1 Stratigraphic correlation of Carboniferous in  
eastern Yunnan—western Guizhou area

地层年代		滇东地区	黔西、黔西北地区	黔南、黔西南地区		
石炭系	上统	逍遥阶	马平组		威宁组	南丹组
		达拉阶—德坞阶	威宁组	黄龙组		
		摆佐组	摆佐组			
	下统	大塘阶	大塘组	上司组	打屋坝组	
				旧司组		
		岩关阶	岩关组	祥摆组	陆化组	
		汤耙沟组				

组、大塘组底部)富有机质页岩相对富集,是滇黔桂地区页岩气勘查的潜力层位(卢树藩等,2016;陈榕等,2019)。对该时期滇东—黔西地区沉积环境的研究,有助于了解页岩气优势相带分布,为称呼上的统一,采用下石炭统打屋坝组指代滇东—黔西地区早石炭世大塘阶早期富有机质页岩相对富集时期的地层。

## 2 单井(剖面)沉积相分析

传统沉积学研究中,典型单井(剖面)沉积相识别是区域沉积相研究的基础。本次选取滇东—黔西地区 3 条典型剖面进行沉积相刻画,并结合区域资料进行连井剖面对比。分析了滇东—黔西地区岩关阶晚期—大塘阶早期的沉积环境特征。

### 2.1 水城县双水剖面

水城县双水镇下石炭统打屋坝组实测地层剖面位于双水镇明洞村石垭口附近,未见底,整体出露良好,顶部与南丹组整合接触。该剖面地层总厚 270 m,其中暗色泥(页)岩段出露约 110 m。双水镇打屋坝组剖面从岩性特征上可以划分为 3 段,其中下段以深灰色中—厚层生屑泥质灰岩、灰黑色炭质泥岩为主,夹砂质条带;中段为灰黑色中—厚层泥岩与灰黑色炭质泥岩互层,见透镜体状硅质结核,显示出水体加深、水动力减弱的沉积特征;上段为灰黑色炭质泥岩夹泥灰岩,泥灰岩中发育水平层理,可见条带状灰岩,与中段相比,上段灰质含

量增加,表明水体再次变浅(图 2)。岩性和颜色特征揭示,双水剖面下石炭统打屋坝组可以划分为 2 个沉积旋回,剖面由下而上,水体由浅变深,再由深变浅。沉积构造特征显示,双水镇在早石炭世水体整体较深,水动力条件较弱。因此,整体上,双水镇打屋坝组属于斜坡相—半深水盆地相沉积。

### 2.2 盘县珠东乡石坝剖面

盘县珠东乡石坝村下石炭统打屋坝组实测地层剖面位于贵州省盘县珠东乡附近,剖面位于珠东向斜北翼,下伏地层为石炭系陆化组,上覆地层为上石炭统南丹组,露头情况良好。该剖面地层总厚度为 237.57 m,其中黑色含有机质泥页岩段出露约 48 m(图 3)。在岩性特征上,珠东石坝剖面打屋坝组可以划分为 3 段,下段为灰色粉砂质泥岩、黑色薄层炭质页岩,含砂质纹层,可见向上变细的小韵律层;中段为黑色薄层炭质泥岩、黑色薄—中层硅质岩互层,发育水平层理,泥质、硅质含量的增加显示水体加深;上段为灰黑色薄层钙质泥岩、深灰色—灰黑色薄层粉砂质泥岩,夹硅质条带,发育水平层理,与中段相比,上段岩性组合中钙质含量增加,硅质含量减少,表明水体再次变浅。与双水镇打屋坝组相比,珠东石坝剖面打屋坝组同样可以划分出自下而上水体由浅变深,再由深变浅的 2 个沉积旋回。根据岩性组合,珠东石坝剖面硅质含量较高,说明该地区水体更深,属于半深水盆地相—斜坡相沉积。

### 2.3 曲靖沾益下熊洞剖面

沾益下熊洞剖面位于滇东曲靖沾益地区,岩关组厚 77.17 m,岩性以灰岩及白云岩为主,上覆地层为大塘组。在岩性组合特征上,下熊洞剖面岩关组整体为灰白色白云岩、灰绿色页岩及灰色、灰白色鲕粒灰岩,与双水剖面、珠东石坝剖面打屋坝组有较大的区别,但在沉积旋回上,与上述 2 条剖面相似,岩性整体以碳酸盐岩为主。岩石组合下段为灰岩、白云岩;中段为灰岩、泥灰岩夹灰绿色泥岩;上段以灰岩和鲕粒灰岩为主,显示出自下而上,经历了水体由浅变深再由深变浅的过程(图 4)。从颜色和岩性特征看,沾益下熊洞剖面岩关组为台地相沉积,沉积亚相可划分为碳酸盐台地和鲕粒滩。

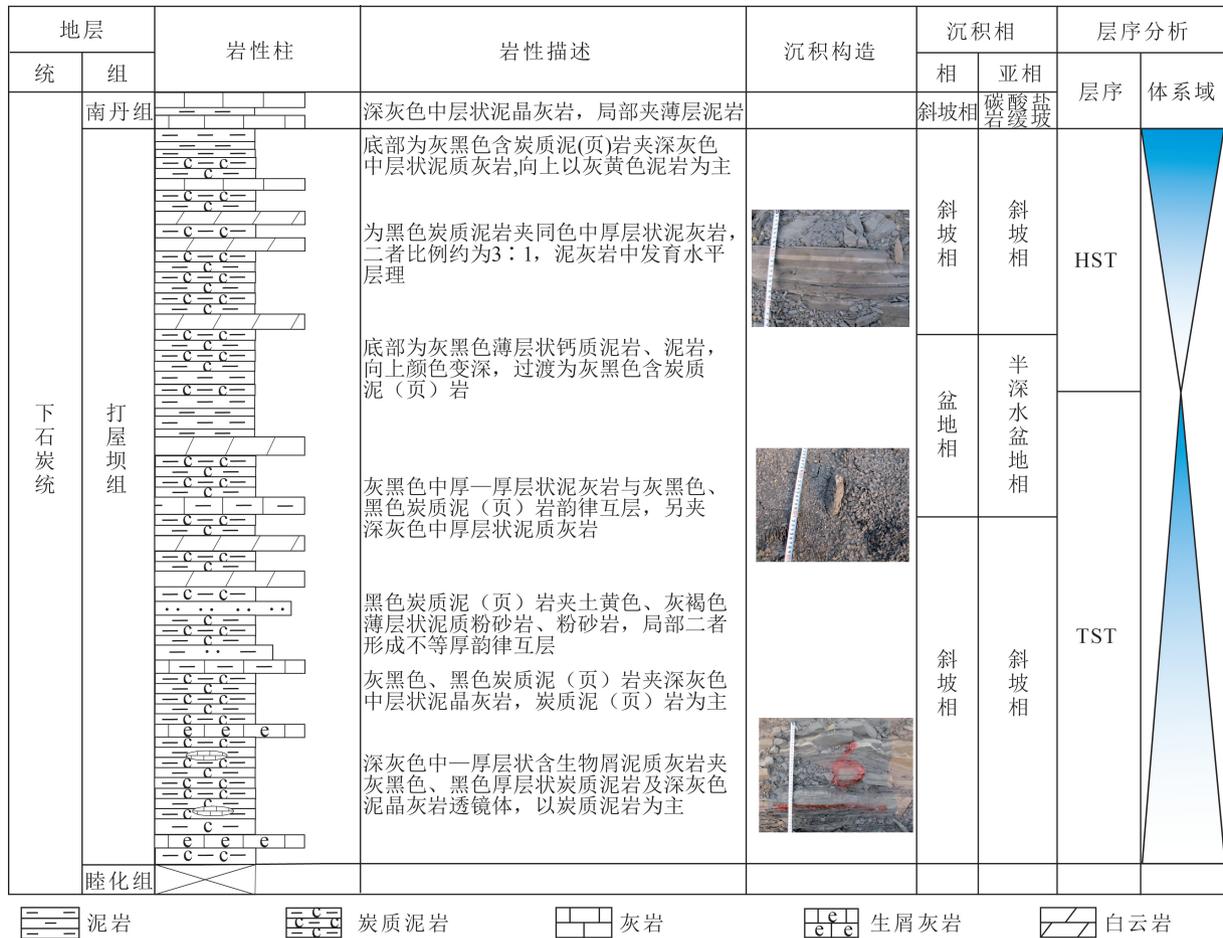


图2 水城县双水剖面综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive lithology column of Shuangshui section in Shuicheng area

### 3 连井(剖面)沉积相分析

在单井和单剖面沉积分析的基础上,本次选择3条剖面,对研究区下石炭统打屋坝组(祥摆组、旧司组)进行了横向对比,分析研究区下石炭统打屋坝组层序地层及沉积相展布特征(图5—图7)。横向上,从2个北东向剖面的地层格架看,打屋坝组显示出中间厚、两侧薄的特征,这在北部的水城地区较明显,在双水地区地层厚度最大,向两侧逐渐减薄(图5)。纵向上,根据沉积旋回特征,打屋坝组可以划分出海侵体系域和高位体系域2个四级层序。

#### 3.1 海侵体系域

以打屋坝组与睦化组之间的沉积界面作为海侵体系域底面,打屋坝组主要沉积了一套暗色页

岩,夹薄层泥灰岩、粉砂岩、泥质粉砂岩,整体岩性为向上变细的正粒序,最大海泛面位于泥页岩较集中的打屋坝组中上段。从图7可看出,海侵体系域多为半深水—深水盆地沉积环境,地层厚度在西北部的威宁六硐桥及东南部的紫云蛮场一带较大,显示出该时期这2个地区较高的沉积速率。与威宁六硐桥地区相比,紫云蛮场地区富有机质页岩厚度更大,碳酸盐岩含量更少,表明紫云蛮场地区应为深水沉积相带,区域上水体自北西向南东加深。

#### 3.2 高位体系域

高位体系域时期,因水体变浅、生物作用等原因,碳酸盐岩较发育,打屋坝组中上部开始出现泥质灰岩夹泥岩、硅质岩的沉积特征,碳酸盐岩沉积增加。从层序上看,高位体系域时期打屋坝组为向上变粗的逆粒序,岩石从黑色、黑灰色逐渐变为



图 3 盘县珠东石坝剖面综合柱状图

Fig. 3 Comprehensive lithology column of Zhudong Shiba section in Panxian area

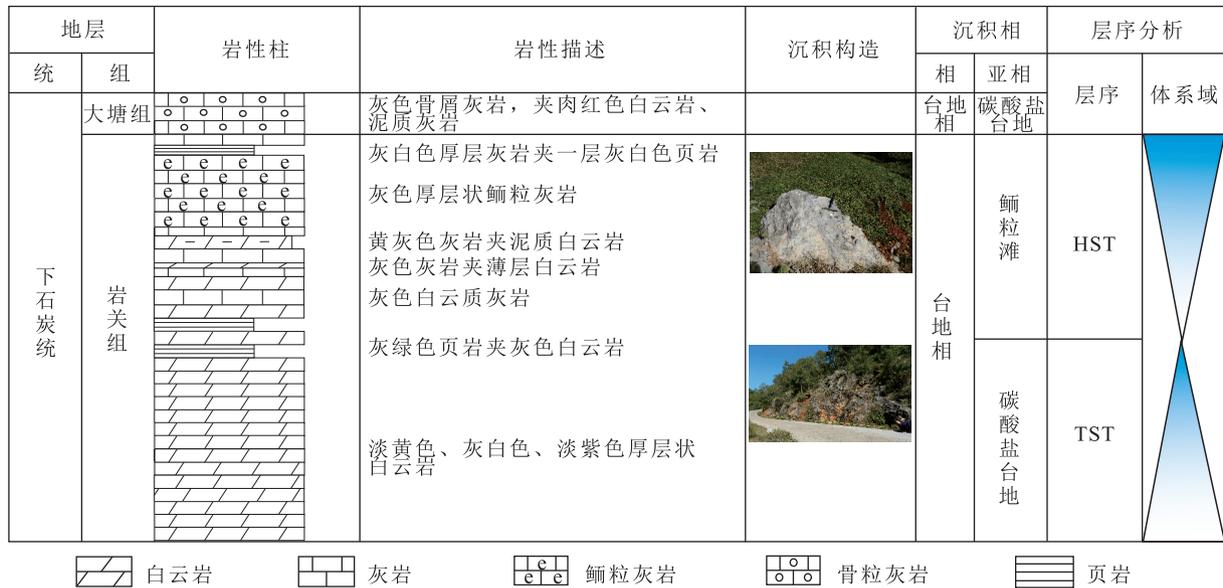


图 4 沾益下熊洞岩关组剖面综合柱状图

Fig. 4 Comprehensive lithology column of Yanguan Formation for Xiaxiangdong section in Zhanyi area

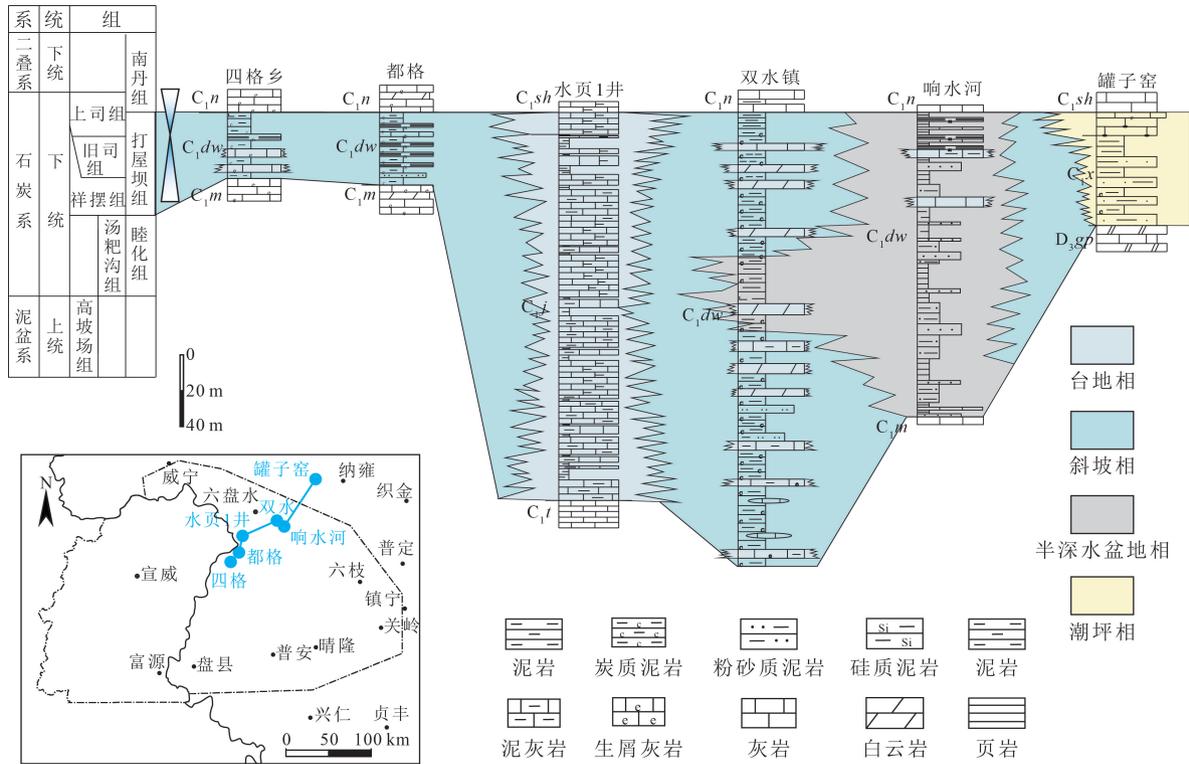


图5 打屋坝组北东向地层格架(四格乡—罐子窑)

Fig. 5 Northeast stratigraphic framework of Dawuba Formation (Sigexiang—Guanziyao)

C<sub>1n</sub>—南丹组; C<sub>1dw</sub>—打屋坝组; C<sub>1m</sub>—睦化组; C<sub>1sh</sub>—上司组; C<sub>1j</sub>—旧司组; C<sub>1t</sub>—汤耙沟组; C<sub>1x</sub>—祥摆组; D<sub>3gp</sub>—高坡场组

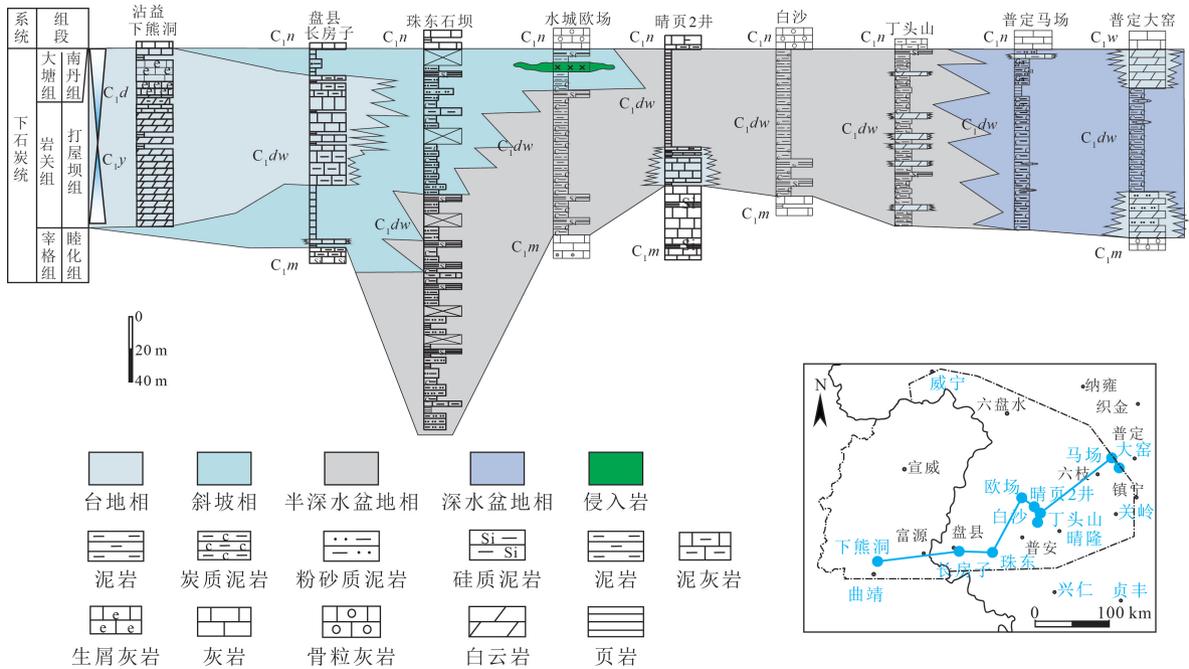


图6 打屋坝组北东向地层格架(下熊洞—大窑)(地层代号同图5)

Fig. 6 Northeast stratigraphic framework of Dawuba Formation (Xiaoxiongdong—Dayao)

C<sub>1d</sub>—大塘组; C<sub>1y</sub>—岩关组; C<sub>1w</sub>—威宁组

深灰色、灰色。由此看出,最大海泛面出现后,海水退却,斜坡—碳酸盐岩台地沉积的范围逐渐增大。高位体系域时期,地层厚度由西北向东南略有增大,说明高位体系域时期沉积中心开始向东南偏移。

#### 4 岩相古地理格局

在全区地层格架对比分析的基础上,进一步开展沉积相的平面展布研究。对打屋坝组(祥摆组、旧司组)沉积相在平面上的展布规律进行分析,同时编制岩相古地理图。横向上,将滇东—黔西地区沉积相展布规律划分为潮坪相→台地相→斜坡相→半深水盆地相→深水盆地相,相带大致呈北西向展布。

##### 4.1 海侵体系域

滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘组早期海侵体系域的潮坪相发育于上扬子隆起区边缘,位于研究区东北威宁一带,其岩性主要为深灰色泥质灰岩,夹灰绿色、灰黄色泥岩、粉砂质泥岩及少量细砂岩,粒度普遍较粗。台地相主要位于滇东地区,整体为碳酸盐台地,岩石多为正常浅海环境下形成的碳酸盐岩,化石中筳、珊瑚及腕足类等底栖生物较多,在都格附近水页 1 井所在位置,局部地区发育孤立碳酸盐岩台地相沉积。斜坡相位于六盘水市—都格—盘县一带,岩性以灰色、深灰色薄层—中厚层状灰岩、粉砂岩、粉砂质泥岩为主,夹灰黑色泥岩。该段中下部黑色页岩较发育,可见水平层理,富含海相动物化石等。半深水盆地相分布于水城—普安—晴隆一带,分布较局限,岩性主要为黑色炭质泥岩夹硅质岩及灰岩透镜体。深水盆地相分布于普定—六枝—关岭一带,呈北西向狭长状,该相带为早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期水体最深的地带,为富有机质泥页岩主要沉积区(图 8)。

##### 4.2 高位体系域

滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期,高位体系域的潮坪相同样发育于上扬子隆起区边缘,位于六盘水市—威宁一带以北区域,范围较海侵体系域时期有所增加,其岩性主要为深灰色泥质灰岩,夹灰绿色、灰黄色细砂岩、粉砂质泥岩及灰黄色钙质泥岩,局部夹煤线。台地相分布在宣威—富源一带,同时水城都格地区

附近,继承了海侵体系域时期的孤立碳酸盐岩台地相沉积。另外,在盘县长房子一带开始出现碳酸盐岩台地边缘相沉积,主要为灰色、深灰色泥质灰岩、泥晶灰岩,夹薄层状泥岩、粉砂质泥岩。斜坡相分布于水城—欧厂—珠东一带,主要岩性为灰黑色薄层钙质泥岩、泥岩、灰黑色含炭质泥岩,偶含硅质条带。半深水盆地相发育于丁头山—白沙—晴隆以东,水城以南,岩性主要为灰色、深灰色薄层—中厚层状泥质灰岩夹黑色炭质泥岩、粉砂岩、粉砂质泥岩等。深水盆地相面积较海侵体系域减小,分布于六枝—关岭一带,较局限,继承了海侵体系域的沉积特征,主要为黑色、灰黑色炭质泥岩(图 9)。

#### 5 讨论

在页岩气勘查过程中,深水相带通常是页岩气富集的优势相带,深水相带中泥页岩相对发育,有机质含量较高,寻找深水相带通常也是页岩气勘查的重要手段之一(李玉喜等,2011;郭旭升,2014)。在早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期,滇东—黔西地区深水盆地相的分布与垭紫罗断裂带展布基本一致,进一步表明垭紫罗断裂带的展布特征与滇东—黔西地区深水盆地相的分布具有一定的联系。垭紫罗断裂带形成于泥盆纪,晚泥盆世—早石炭世该地区出现了一次大规模的海退活动(姜建军,1994;王旭日等,2013)。受断裂活动的控制,滇黔桂地区泥盆纪沉积以隆—坳相间为特征,岩性组合横向变化大(关士聪等,1980;杜远生等,1997;刘智荣,2007)。许多学者认为,该地区在早石炭世继承了晚泥盆世的沉积格局,垭紫罗裂陷槽进一步发育(毛健全等,1997;王尚彦等,2006;张荣强等,2009;汪新伟等,2013),早石炭世的海侵使裂陷槽周缘地区的半深水—深水范围逐渐扩大,同时导致滇东—黔西地区开始发育斜坡相、半深水盆地相等过渡型相带,进一步形成潮坪相—台地相—斜坡相—半深水盆地相—深水盆地相的古地理格局(图 10)。滇东—黔西地区的早石炭世深水盆地相与垭紫罗断裂带的发育有一定的联系,近年黔水地 1 井、黔宁地 1 井的发现,也验证了垭紫罗裂陷槽区域页岩气的勘查潜力(高珊等,2022;林拓等,2022),后期的页岩气勘查工作可以围绕垭紫罗断裂带进一步展开。

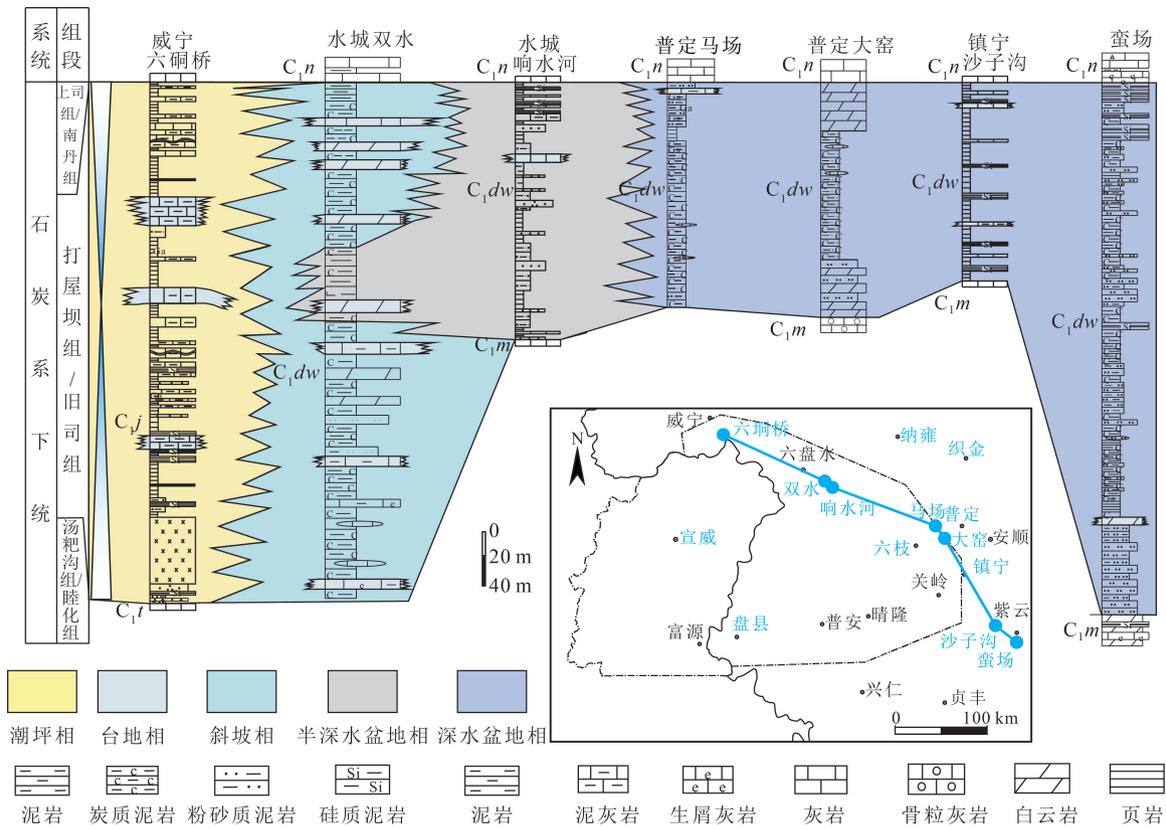


图7 打屋坝组北西向地层格架(六塘桥—蛮场)(地层代号同图5)

Fig. 7 Northwest stratigraphic framework of Dawuba Formation (Liudongqiao—Manchang)

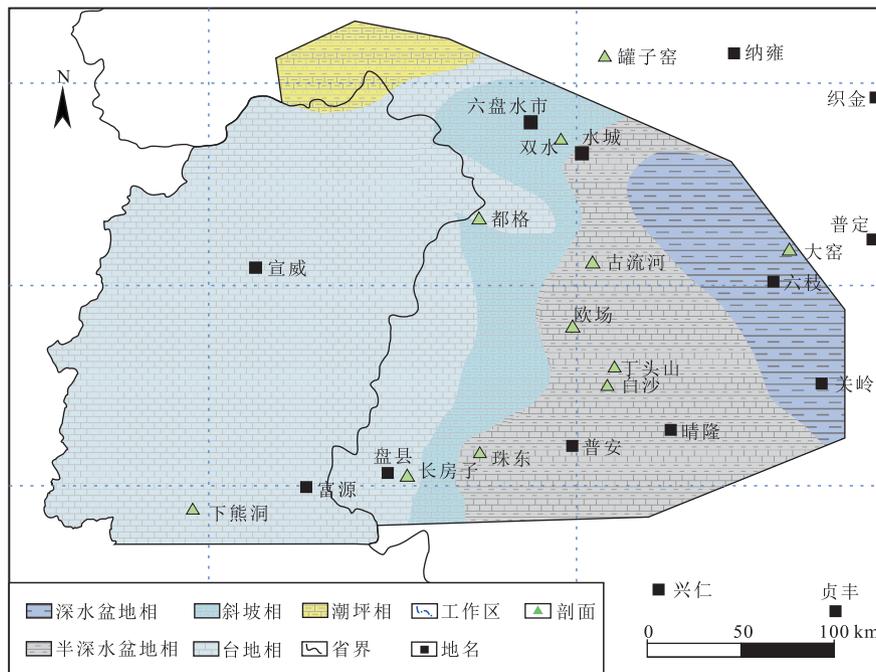


图8 滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期海侵体系域古地理格局

Fig. 8 Palaeogeographic pattern of TST in the Late Yanguan—Early Datang stage of Early Carboniferous in eastern Yunnan—western Guizhou area

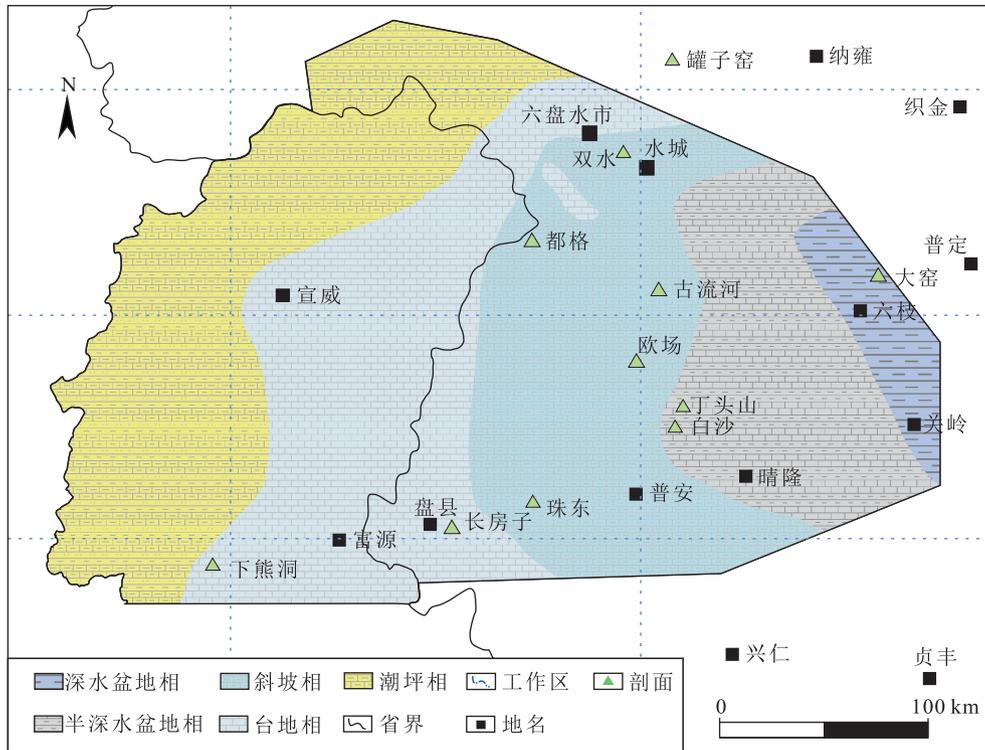


图 9 滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期高位体系域古地理格局

Fig. 9 Palaeogeographic pattern of HST in the Late Yanguan—Early Datang stage of Early Carboniferous in eastern Yunnan—western Guizhou area

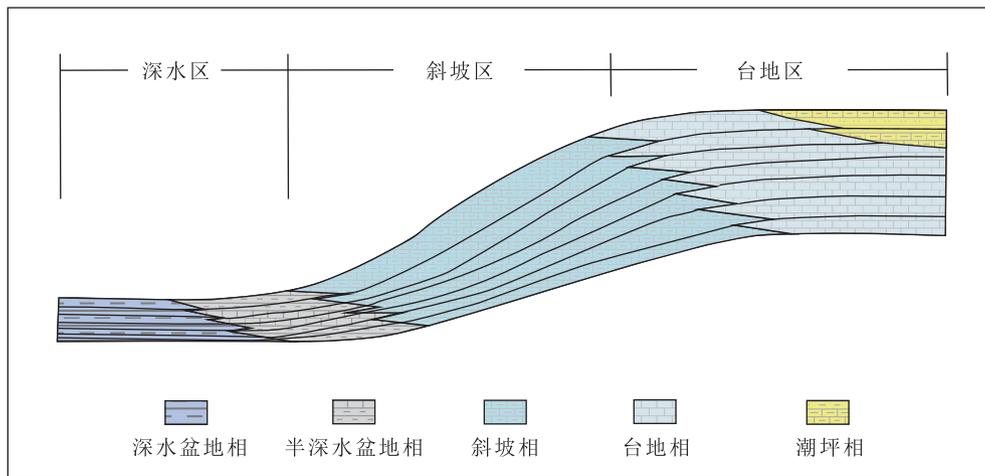


图 10 滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期沉积模式图

Fig. 10 Sedimentary model of Late Yanguan stage—early Datang stage of Early carboniferous in eastern Yunnan—western Guizhou

### 6 结论

(1)滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期可以划分出 2 个四级层序,其中海侵体系

域半深水区—深水区位于研究区东南部盘县—普安—晴隆—关岭—六枝一带,高位体系域时期半深水区—深水区范围缩小至晴隆—关岭一带,富有机质页岩主要集中在下段海侵体系域。

(2)滇东—黔西地区早石炭世岩关阶晚期—大塘阶早期古地理格局总体上呈北西高、南东低的特征,海水自北西向南东逐渐加深,沉积相由潮坪—碳酸盐岩台地—斜坡—半深水盆地向深水盆地渐变过渡,沉降中心位于研究区东南部。

(3)晴隆—关岭—六枝一带作为早石炭世打屋坝组沉积时期的深水相带区,有利于滇东—黔西地区下石炭统打屋坝组的页岩气勘查工作。

**致谢:**贵州省地质调查院符宏斌工程师和云南煤层气资源勘查开发有限公司薛晓辉工程师在资料收集和成文过程中提供了帮助,石砥石教授级高工、苑坤高工对文章提出了宝贵的建议,在此一并表示感谢。

## 参考文献

- 安亚运,符宏斌,陈厚国,等.黔南下石炭统打屋坝组页岩气储层物性特征及控制因素——以长页1井储层为例[J].贵州地质,2015,32(3): 181-189.
- 陈榕,苑坤,张子亚,等.黔西地区打屋坝组富有机质页岩地球化学特征及其意义[J].石油实验地质,2019,41(1): 10-15.
- 董大忠,程克明,王玉满,等.中国上扬子区下古生界页岩气形成条件及特征[J].石油与天然气地质,2010,31(3): 288-299.
- 杜远生,龚一鸣,吴诒,等.黔桂地区泥盆纪层序地层和台内裂陷槽的形成演化[J].沉积学报,1997,(4): 13-19.
- 高棚,林拓,苑坤,等.垭紫罗裂陷槽西北缘黔宁地1井钻获石炭系页岩气[J].中国地质,2022,49(4): 1348-1349.
- 关士聪,演怀玉,丘东洲,等.中国晚元古代至三叠纪海域沉积环境模式探讨[J].石油与天然气地质,1980,(1): 2-17.
- 郭旭升.南海相页岩气“二元富集”规律——四川盆地及周缘龙马溪组页岩气勘探实践认识[J].地质学报,2014,88(7): 1209-1218.
- 何江林,刘伟,余谦,等.贵州下石炭统旧司组页岩气地质特征及有利区优选[J].地质科学,2017,52(1): 203-217.
- 季强,王旭日.中国早石炭世早期阶和亚阶的划分与对比[J].地质学刊,2017,41(2): 171-176.
- 姜建军.黔南早石炭世牙形石及泥盆—石炭系界线[J].中国区域地质,1994,(1): 21-27.
- 李凯.威宁—水城下石炭统旧司组页岩气成藏条件[J].特种油气藏,2016,23(5): 48-51.
- 李玉喜,乔德武,姜文利,等.页岩气含气量和页岩气地质评价综述[J].地质通报,2011,30(2/3): 308-317.
- 林拓,苑坤,陈相霖,等.贵州黔水地1井探获中国南方石炭系页岩气工业气流[J].中国地质,2022,49(3): 995-996.
- 刘智荣.贵州南部泥盆系层序地层划分和层序地层格架的建立[J].地质通报,2007,26(2): 206-214.
- 卢树藩,何森,杜胜江.黔南代页1井下石炭统打屋坝组页岩气地质条件及勘探前景[J].中国地质调查,2016,3(4): 6-11.
- 马宏杰,张世涛,程先锋,等.云南会泽石炭系摆佐组白云岩地球化学特征及其成因分析[J].沉积学报,2014,32(1): 118-125.
- 毛健全,张启厚,顾尚义.水城断陷的地质特征及构造演化[J].贵州工业大学学报,1997,(2): 4-9.
- 梅珏,计玉冰,任景伦,等.滇黔北坳陷下石炭统旧司组页岩气成藏条件[J].天然气工业,2021,41(S1): 51-59.
- 梅冥相,马永生,邓军,等.滇黔桂盆地及邻区二叠系乐平统层序地层格架及其古地理背景[J].中国科学(D辑),2007,(5): 605-617.
- 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,(2): 190-197.
- 孙琦森.滇东北及其邻区石炭纪—二叠纪紫松阶下部层序地层学及古地理演化研究[D].昆明理工大学博士学位论文,2016.
- 汪新伟,郭彤楼,沃玉进,等.垭紫罗断裂带深部构造分段特征及构造变换作用[J].石油与天然气地质,2013,34(2): 220-228.
- 王尚彦,张慧,王天华,等.黔西水城—紫云地区晚古生代裂陷槽盆充填和演化[J].地质通报,2006,25(3): 402-407.
- 王旭日,季强.一条新发现的深水相泥盆系—石炭系界线剖面: 中国贵州紫云火花剖面(英文)[J].地质通报,2013,32(7): 977-987.
- 王学武,瞿亮,严城民,等.云南省石炭纪—二叠纪岩石地层的划分与对比[J].地层学杂志,2018,42(4): 461-467.
- 苑坤,陈榕,林拓,等.贵州南部晚石炭世沉积环境与古地理特征[J].石油实验地质,2019,41(1): 38-44.
- 张荣强,周雁,汪新伟,等.贵州西南部威—紫—罗断裂带构造特征及演化[J].地质力学学报,2009,15(2): 178-189.
- 周志澄.贵州长顺代化石炭系中间界线的沉积相研究[J].地层学杂志,1994,(1): 1-8.