

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850.2020.08002

盐源—宁蒭地区早泥盆世古地理特征 及油气潜力分析

邓敏^{1,2}, 程锦翔^{1,2}, 王正和^{1,2}, 余谦^{1,2}, 张海全^{1,2}, 张娣^{1,2}, 陆俊泽^{1,2}

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 四川 成都 610081; 2. 自然资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 四川 成都 60081)

摘要:为了探索康滇地轴以西地质条件复杂地区的油气资源潜力,通过面积性地质调查工作与钻孔资料、分析测试资料结合,对盐源—宁蒭地区下泥盆统黑色页岩开展综合研究。研究表明:盐源—宁蒭地区早泥盆世古地理主要受康滇古陆及古特提斯构造域的构造活动控制,靠近金—箐断裂地区发育滨岸—潮坪相,古隆起围限区出现局限海湾相,远离隆起的西北部地区发育台地、陆棚、盆地相;大瓜坪组(早泥盆世晚期)发育黑色页岩(局部地区发育硅质泥岩),在羊排喜—岩口一带分布较为稳定、厚度大(20~100m),普遍含钙质,有机碳含量较高,具较高的脆性矿物含量,热演化程度适中,是重要的烃源岩和页岩气富集有利层位;黑色页岩主要发育在局限海湾环境中,羊排喜—岩口—茅坪子一线是盐源—宁蒭地区黑色页岩富集区。

关键词:盐源—宁蒭地区;早泥盆世;古地理;黑色页岩;油气

中图分类号:P531;TE122

文献标识码:A

引言

美国众多页岩气田主要以泥盆系黑色钙质页岩为主力开发层位^[1-5],这套黑色岩系也是古生界海相碳酸盐岩气田的主要烃源岩之一^[6],岩性主要以碳质泥页岩为主。受构造与古地理格局影响,我国华南大陆大部分地区缺失泥盆系^[7],而在古陆南部的右江、桂中、湘中陆缘盆地及西部龙门山、西南部盐源边缘盆地深水凹陷中发育较完整的泥盆系沉积,滇黔桂、湘中地区早泥盆世郁江期发育了优质的烃源岩^[8-13],前人对其沉积相、成藏等特征研究较多,近期勘探揭示桂中地区泥盆系页岩中已见有气喷和气显^[14],说明这些陆缘盆地的泥盆系黑色页岩具有良好的页岩气勘探潜力。

宁蒭盆地被认为是康滇地轴西侧一个含油气远景极好的中生代断陷盆地,其周缘泥盆系地层的油苗、沥青众多一直备受学者关注^[15]。邻区楚雄

盆地早期的研究表明,这一地区泥盆系的油苗主要来自其早—中泥盆世的黑色油页岩,少量来自泥晶灰岩^[16-17];黑色泥晶灰岩为主的生油岩厚度大^[18],泥岩厚25m左右^[19];前人通过对宁蒭盆地西部阿冷初地区及东部跑马坪乡泥盆系的研究认为早—中泥盆世发育的黑色页岩有机碳高,热演化程度高于楚雄等地,为中等—较好的烃源岩,推测盆地内为页岩气勘探有利区^[20]。

前期成果显示宁蒭—盐源地区泥盆系具较好的油气成藏潜力,但油气地质研究程度偏低,故本区泥盆系油气勘探工作进展较缓。本次借助面积性的地质调查工作,对盐源—宁蒭地区的泥盆系露头剖面进行了全面摸排,并综合钻孔资料、测试分析等成果,分析了早泥盆世古地理展布,摸清了黑色页岩特征且预测了其分布范围,并探究了其油气地质意义。

收稿日期:2020-04-23; **改回日期:**2020-08-15

作者简介:邓敏(1985—),工程师,博士,主要从事沉积地质、石油地质、非常规油气方面的研究工作。E-mail:dengmin911@126.com。

资助项目:国家科技重大专项“页岩气勘查评价技术试验与应用推广”(编号:2016ZX05034-004)、中国地质调查局油气基础性公益性地质调查二级项目“四川盆地中生代海相页岩气基础地质调查”(编号:DD20160176)资助。

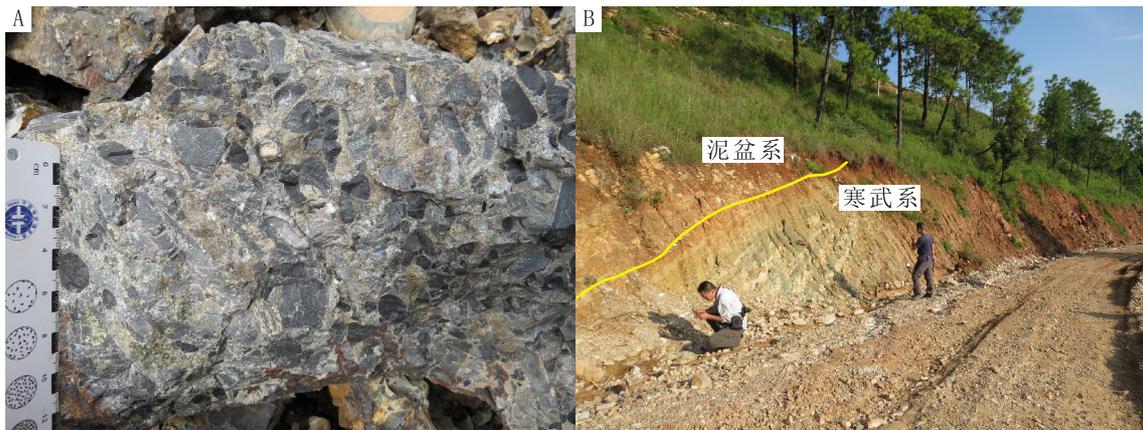


图2 泥盆系底部岩石学特征及不整合界面

A. 泥盆系底部角砾岩(三股水), D_1d ; B. 泥盆系与寒武系不整合接触(密落槽子), D_2/ϵ

Fig. 2 Petrologic features and uncomformable interface at the bottom of Devonian

西部地区泥盆世早期沉积面貌为台地相,中泥盆世随海侵范围扩大,碳酸盐岩建造覆盖至永胜—药山—八二桥以西大面积地区,晚泥盆世主要发育硅质岩为主的盆地相沉积。盆地以西为典型的“南丹型”沉积特征^[25]。泸沽湖—宁蒍—永胜以东地区与中国南方泥盆系典型的“象州型”序列特征类似^[26]。早泥盆世,由于康滇古陆影响,羊排喜—岩口等地发育碳酸盐岩+碎屑岩沉积+黑色泥页岩组合,盐水河、大漕河一带为潮坪—滨岸相砂岩,金河—箐断裂以东的结晶基底之上未见此时期地层沉积;中—晚泥盆世,大部分地区均逐渐被碳酸盐岩建造覆盖,华坪古陆等边缘形成层孔虫、珊瑚礁滩相镶边,结晶基底之上靠近古陆边缘的碳酸盐岩建造底部普遍见一套砂泥岩层或一套砾岩层(图2A)。碎屑岩沉积在多个剖面可见(大槽子、三股水、三龙潭等),这是一套穿时沉积产物,由北向南、自西向东时代逐渐变新^[23],这反映了泥盆纪海侵的方向。

2 下泥盆统主要特征与分布

盐源—宁蒍地区下泥盆统地层分布广泛,共包含三个组,不同地区有不同组名,由底至顶分别为:榕树组(山江组),坡松冲组(阿冷初组),大瓜坪组(坡脚组、班满到地组)^[27]。东部稗子田剖面主要为泥质灰岩夹泥岩,大瓜坪组受断层影响出露不全,特征详见参考文献^[28];后档地区榕树组—坡脚组发育为石英砂岩夹泥岩,大瓜坪组为硅质岩、硅质泥岩沉积。西部阿冷初地区山江组—阿冷初组为碳酸盐岩,大瓜坪组为砂砾岩、灰岩、硅质泥

岩、泥岩沉积。大槽子等地缺失下泥盆统中一下部地层,仅见部分大瓜坪组泥岩夹灰岩。

金—箐断裂—永胜—程海一线南东方向整体缺失下泥盆统地层,靠近南东侧康滇结晶基底之上,中泥盆统地层不整合于寒武系—震旦系地层之上(图2B)。向北、西方向厚度逐渐增加,北部大部分地区厚度介于100~1500m;依据露头及少部分地震资料结合推测,宁蒍盆地南部受古陆影响,极可能缺失大部分下泥盆统地层;阿冷初、羊排喜、后档—大漕河等地区厚度较大,一般厚900~1500m(图1)。

3 古构造格局与沉积演化

3.1 古构造格局

研究区位于西南三江多岛弧体系与扬子大陆交界部位,古生代的沉积演化及构造面貌与特提斯构造域的发展紧密相连。

早期的古生物学的对比研究表明,泥盆纪期间,本区属于华南地块的一部分^[29],之后王怿等(2016)推测盐源稗子田地区志留纪可能为扬子大陆与拉萨地块之间的一些微地块^[30]。李文昌(2011)研究显示:早古生代末期泛华夏大陆群南北及其间的小洋盆已开始闭合,到晚古生代,随着北部洋盆的关闭而形成南部张裂的特提斯演化环境,一些微地块在洋盆间形成,这些地块具亲扬子特征,研究区极可能位于这些扬子板块裂离出来的微地块中^[31]。

泥盆纪,随古特提斯洋分叉状海槽与微地块逐渐形成,研究区位于张裂的环境中,受构造影响及古特提斯洋的开启共同制约。其中,甘孜—理塘洋、

表 1 盐源—宁蒭及邻区泥盆系地层对比简表①②

Table 1 Devonian stratigraphic correlation in Yanyuan-Ninglang and adjacent areas

系	统	阶	盐源-丽江小区				扬子分区	江南-东南区	
			泸沽湖	下胖罗	大槽子	羊排喜	康滇古陆西	昭通 曲靖	
泥盆系	上统	法门阶	未定名	干沟组		三龙潭组	未定名	宰格组	
		弗拉阶		烂泥箐组		上毛牛坪组		曲靖组 红崖坡组 缩头山组 箐门组	西冲组
	中统	吉维特阶	未定名	碳山坪组		拉古德组	坡脚组		
		艾菲尔阶		大槽子组		大槽子组		坡松冲组 翠峰山组	
	下统	埃姆斯阶	班满到地组		大瓜坪组	坡脚组	坡松冲组 翠峰山组		
		布拉格阶	阿冷初组		榕树组	坡松冲组			
		洛赫考夫阶	山江组			榕树组			

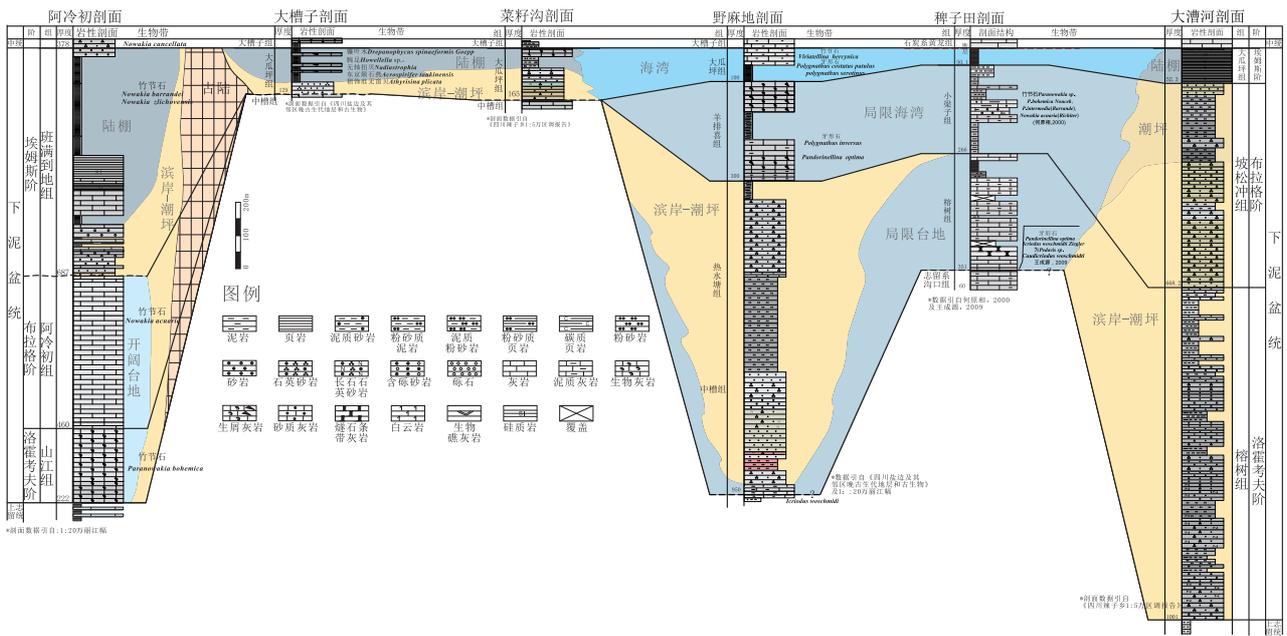


图 3 盐源-宁蒭地区下泥盆统地层-沉积对比(位置见图 1)

Fig. 3 Correlation of the Lower Devonian stratigraphy and deposition in Yanyuan-Ninglang area

金沙江洋南段的开启及构造活动在较大的程度上控制了早泥盆世的沉积面貌,区内泥盆系相继发育黑色页岩及硅质岩。

据前人研究表明,由于受加里东运动影响,位

于扬子大陆西南缘、盐源—宁蒭以东的“康滇古陆”地区也受上涌地幔影响而抬升,随地幔物质冷却而来的沉降作用使得“康滇古陆”两侧形成断阶式斜坡,断裂和褶皱作用造成本区整体上西部临海,东

① 盐源—丽江小区引自丽江幅、盐边幅、盐源幅、永宁幅 1:20 区调报告
 ② 扬子分区、江南—东南分区引自《中国南方构造—层序岩相古地理图集》

部近陆的大环境,研究区形成南东高北西低的古地形^[18]。由于西部三江地区的古特提斯及分支洋在早—中泥盆世逐渐形成,在晚泥盆世经历洋盆扩张过程^[32-33],造成海侵由西向东逐渐扩大,“康滇古陆”范围逐渐萎缩,泥盆系逐渐超覆沉积。

3.2 早泥盆世沉积演化

早泥盆世早—中期,盐源—丽江边缘拗陷内多地仍然继承了志留纪时期的沉积面貌,因此,志留系、泥盆系是连续沉积的。阿冷初地区志留—泥盆为连续碳酸盐岩沉积^[34],稗子田地区也几乎为连续碳酸盐岩沉积^[28,35],仅缺失较少的地层(可能缺失志留系顶部—少量泥盆系底部),羊排喜野麻地泥盆系底部也为泥灰岩地层过渡,这些特点可以反映此时古陆对这些地区影响不太大,均以清水环境为主(图3),也显示本区内泥盆世早期初次海退较华南其它地区规模小,发育时限与欧美等地的时间相似。

洛霍考夫期古陆的扩大在古陆边缘其它地区形成碎屑岩镶边沉积,大漕河—盐水河及野麻地等地早泥盆世早期为潮坪—滨岸相沉积,主要岩性为暗色长石石英砂岩/细砂岩、石英砂岩,物源来自南部、西南部古陆。宁蒍盆地边界附近地区普遍部分或全部缺失早泥盆早—中期地层,反映此时古陆范围已沿华坪—永胜扩大至宁蒍等地。这使得岩口—稗子田等地海水仅由北面沟通外海,形成了半局限的环境,发育泥质灰岩,含少量腕足化石,底部含硅质条带,未见膏岩,以较为淡化的局限环境为主(图4a)。

早泥盆世第一期海侵事件在布拉格期中期达到高峰,野麻地—稗子田—大漕河坡松冲组中部均发育不同程度黑色泥岩(见双壳、介壳化石),厚度、规模不大,这与丽江西南部的兰坪盆地早泥盆世海侵时间一致^[36]。此时古陆退缩,浅海环境面积逐渐扩大。随后布拉格期的海退事件,区内主要反映在阿冷初剖面班满到地组底部的不整合,在岩可、李子河、三股水地区大瓜坪组表现为夹一层厚几米不等的角砾岩,角砾为燧石、灰岩及砂岩组成,粒径为0.5~2cm,钙质硅质胶结,此套砾岩层在盐水河、大漕河剖面均可见。这在华南、欧美、西伯利亚等地均有表现,是全球早泥盆的共同特征,这表明此时古陆发生了短暂的构造活动,埃姆斯期早期水体受南部物源区供给量增加,区内多数底部沉积为滨—浅海砂砾岩。

随后埃姆斯期海水持续上升,与华南泥盆系海

平面变化特征基本达成同步,变化特征趋于相同^[37],多地开始出现泥岩夹灰岩沉积组合,古陆及滨岸围限的羊排喜—稗子田—岩口—茅坪子—格朗河地区水体受限(图4b),开始发育灰黑色—黑色局限海湾相泥页岩,仅含双壳、介壳等广盐度生物。在盐水河、后档等地发育灰黑色十数米厚的薄层硅质泥岩、粉砂质泥岩。

4 黑色页岩分布特征及油气潜力探讨

4.1 黑色页岩发育、分布特征

较为优质的黑色泥页岩主要发育在大瓜坪组中(早泥盆世晚期),部分地区上延至大槽子组,多数剖面均见有黑色页岩发育,但发育部位有一定差异,并且厚度规模不一。

阿海地区底部为黑色页岩与薄层灰岩互层,向上逐渐过渡为薄层黑色碳质泥岩(图5a),黑色页岩发育在大瓜坪组中—上部;茅坪子剖面底部为含生屑灰绿色泥岩,中部为黑色炭质页岩(图5b),上部为黑色页岩夹灰岩透镜体;岩口剖面黑色泥岩发育在剖面中部,泥岩中夹灰岩透镜体(图5c),上部为黑色炭质页岩;三股水剖面上部为黑色泥岩夹含珊瑚生物层(图5d),生物层特征与右江盆地地下泥盆沉积陆棚生物层灰岩相同,含较多蜂巢珊瑚,顶部向灰岩夹黑色泥岩再向浅灰色灰岩渐变过渡。大槽子等靠近古陆边缘地区黑色页岩发育在大瓜坪上部及中泥盆统底部。

由盆地向古陆,黑色页岩层位发育的时限不断上移。总体发育在碎屑岩基底之上,或受构造影响局部缺失,之后逐渐被碳酸盐岩沉积覆盖,沉积环境为碎屑岩海向碳酸盐岩浅海变迁,黑色页岩为一典型渐变过渡环境沉积产物。

黑色页岩平面上主要分布在金—箐断裂以北,宁蒍盆地东北民生村、格朗河村、茅坪子、羊排喜、大槽子、三股水以及宁蒍盆地西北部阿海电站、阿冷初等地。以盐边岩口村公路边剖面出露黑色页岩段最为完整,黑色钙质炭质泥岩及灰黑色钙质炭质泥页岩总厚约100m;在茅坪子剖面,黑色泥页岩总体厚度大于55m;羊排喜剖面前人多次报道,黑色泥岩规模较大,厚度70余米;格朗河地区黑色泥岩出露不完整,零星露头可见品质较纯的黑色炭质粉砂质页岩,累计厚度均55m左右;三股水及大槽子剖面位于宁蒍盆地的边缘,主要发育黑色泥岩与灰岩互层沉积序列,黑色泥岩累加厚度在35~45m左

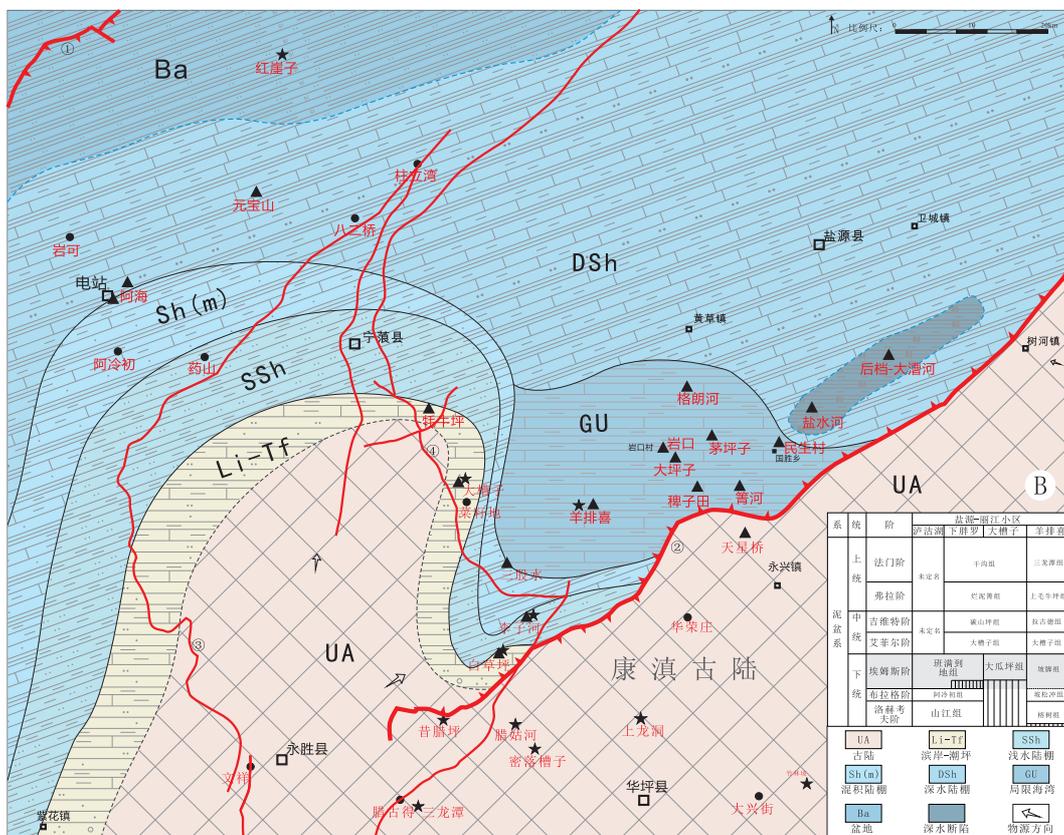
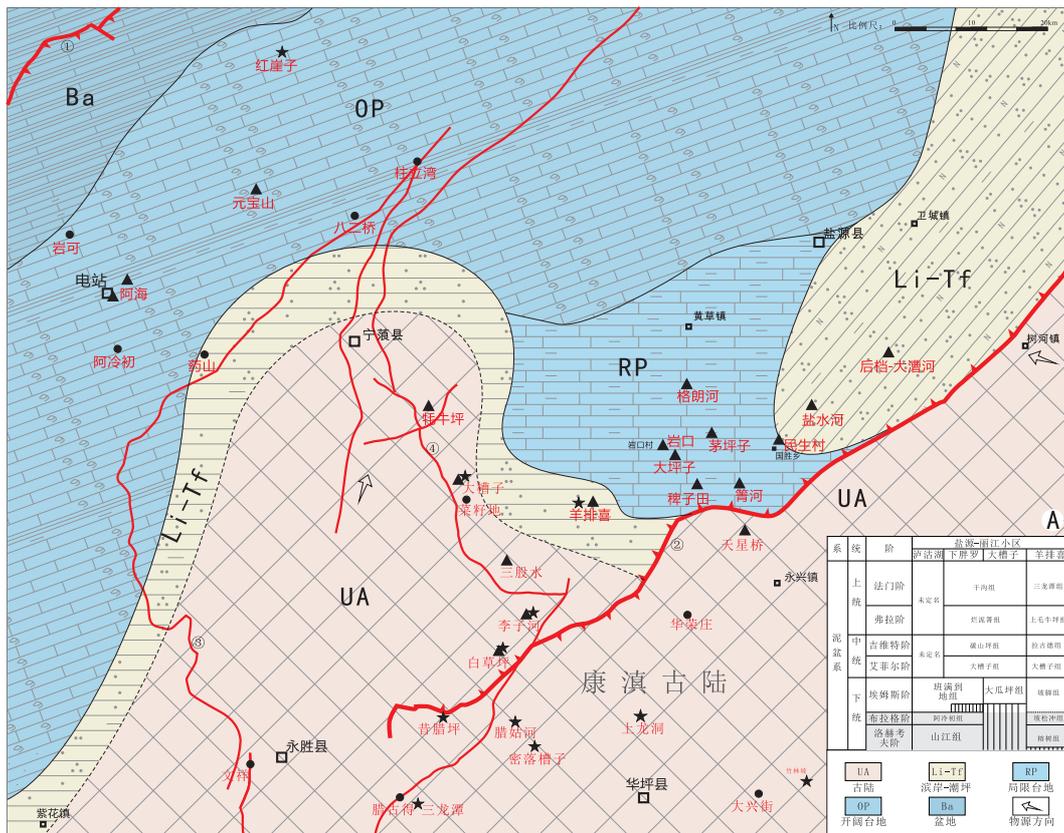


图4 盐源—宁蒗地区早泥盆世古地理特征(图例同图1)

Fig. 4 Paleogeographic features of the Early Devonian in Yanyuan-Ninglang area

右,但单层厚度薄,规模小于羊排喜—岩口—茅坪子等地;其余剖面点由于风化及覆盖出露较少,个别露头黑色泥岩品质较好,但未能精确测量其准确厚度(表2)。而在宁蒗盆地东南部百草坪、李子河等地及靠近宁蒗县附近的泥盆系反复追索后并未见黑色页岩出露。

由野外露头统计的结果可知,盐源—宁蒗地区下泥盆统黑色页岩主要以岩口—羊排喜为厚度中心,优质页岩厚度大,最大厚度达70~100m,整体为北西—南东方向展布,向西、南均逐渐减薄至不发育。下胖罗—阿海等地发育小规模黑色页岩,厚度及范围不及岩口—羊排喜等地,优质黑色页岩累计厚度仅20m左右。

通常,水进过程是各类构造环境中烃源岩发育的有利时期,盆地伸展过程的广泛水进超覆最有利于烃源岩的大面积分布^[38],区内泥盆系黑色页岩是古特提斯洋开启引起的水进超覆作用发生后逐渐

沉积;古隆起的构造活动控制了可容纳空间;早—中泥盆世古地理展布控制了页岩发育范围;三者共同作用,制约了泥盆系黑色页岩的发育分布。

4.2 黑色页岩油气潜力

针对上述各剖面点泥盆系大瓜坪组黑色页岩采样测试结果显示,黑色页岩岩性主要为黑色—灰黑色薄层状、叶片状钙质(云质)炭质泥岩(图6a),钙质含量15%~40%不等(矿物成分以方解石为主,少量为白云石);发育少量黄铁矿,含量约1%~10%;富含竹节石、腕足、植物化石碎片(图6b);岩性较软且严重污手,富含方解石细脉,井下样品颜色较深,由于黏土含量高(>40%),露头样品颜色较浅,风化后为灰黑色、土黄色、灰白色,易破碎,多处剖面均破碎成片状、块状(图6c、d)。主要矿物含量从多到少依次(40个样品平均值)为黏土、石英、方解石(白云石),含少量黄铁矿和长石,黏土主要为伊利石,脆性矿物含量为44%~69%,平均值为

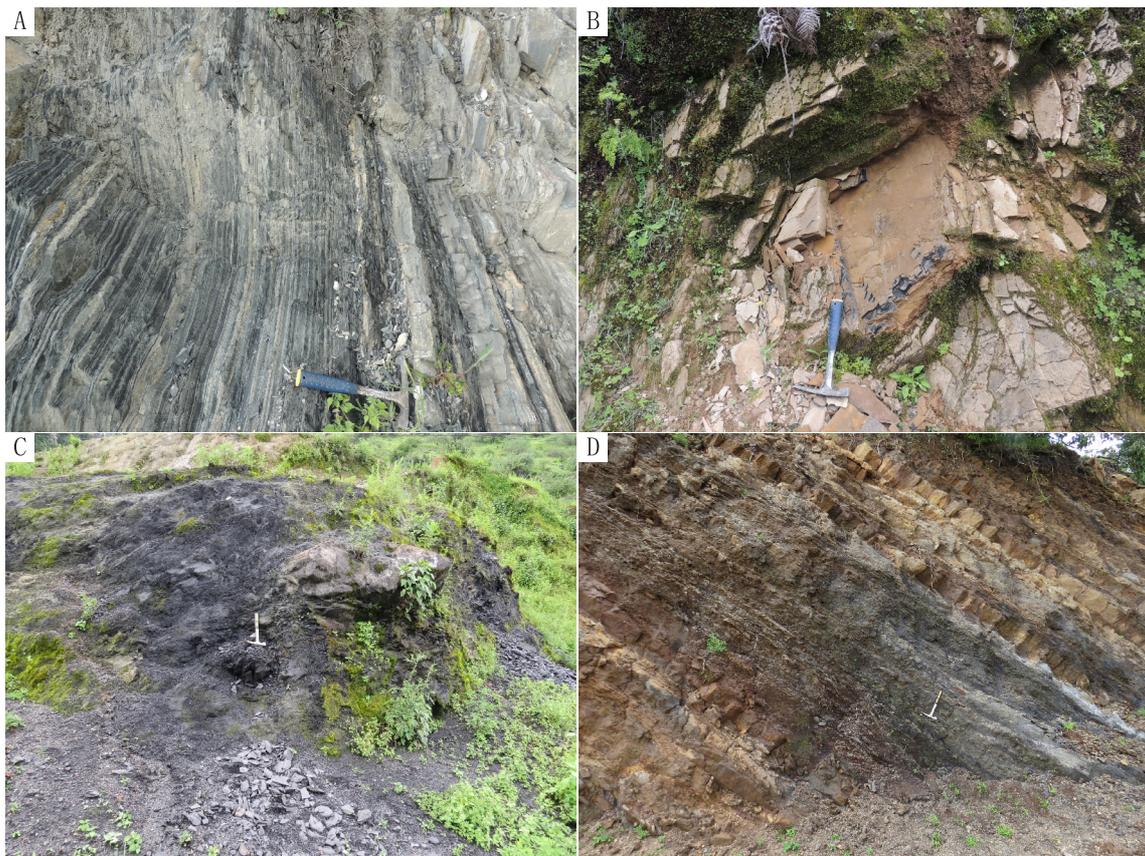


图5 大瓜坪组黑色页岩沉积特征

a. 黑色碳质页岩与灰岩薄互层,阿海 D₁d; b. 薄层黑色碳质页岩,茅坪子 D₁d; c. 黑色钙质页岩夹灰岩透镜,岩口 D₁d; d. 黑色碳质页岩与灰岩互层,三股水 D₁d

Fig. 5 Sedimentary sequence of black shale in the Early Devonian Daguaping Formation

表 2 盐源—宁蒗地区泥盆系黑色页岩出露点分布表

Table 2 Outcroppings of Devonian black shale in Yanyuan-Ninglang area

剖面点	阿海	大槽子	三股水	羊排喜	岩口	格朗河	茅坪子	箐河	民生村
发育部位	大瓜坪组 中—上部	大瓜坪组 中—上部	大瓜坪组 上部	大瓜坪组 上部	大瓜坪组 上部	大瓜坪组 上部	/	大瓜坪组 上部	/
厚度	>25m	35m	35m	70m	100m	55m	55m	>23m	>20m
沉积序列	灰色泥岩, 泥质粉砂岩夹薄层粉细砂岩, 下部为黑色炭质泥岩, 形成多个旋回	黑色炭质泥岩夹灰岩	黑色炭质泥岩与深灰色泥灰岩夹生屑泥晶灰岩互层, 由下向上增加, 炭质泥岩减少	黑色炭质泥岩, 夹深灰色生屑灰岩	黑色页岩夹炭质灰岩透透镜、深灰色黑色碳质页岩	黑色炭质泥岩, 深灰色泥晶灰岩	黑色炭质泥岩, 深灰色泥晶灰岩	黑色、灰黑色碳质泥岩	黑色泥页岩, 轻微变质
生物特征	竹节石	竹节石	植物碎片、竹节石	植物、竹节石、介壳	植物碎片、竹节石	竹节石	竹节石	竹节石	竹节石

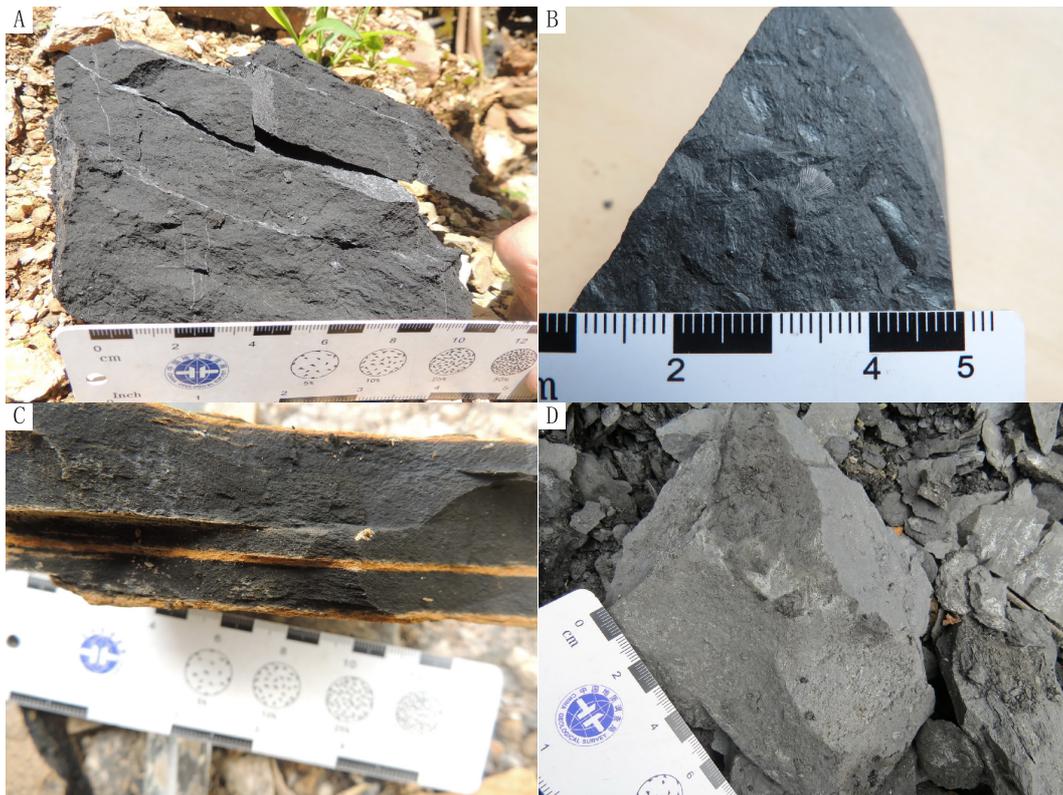


图 6 大瓜坪组黑色页岩特征

a. 黑色钙质炭质粉砂质泥岩, 盐源格朗河村 D1d; b. 黑色炭质泥岩中生物碎片发育, 盐地 1 井 D1d; c. 黑色炭质页岩面风化成黄色泥岩, 茅坪子 D₁d; d. 黑色炭质页岩风化后成灰黑色, 岩口 D1d

Fig. 6 Characteristics of black shale in Daguaping Formation

61%; 黑色页岩有机碳含量较高, TOC 值范围为 0.36% ~ 3.10%, 平均值为 1.45 (27 个样品); R_o 值范围为: 2.79 ~ 3.25, 平均值为 3.01 (14 个新鲜样品测试), 成熟度较高可能是受上覆二叠系火山岩影

响; 经 20 个样品统计结果显示, 干酪根类型主要为 II 2 型。

结合页岩油气评价中的页岩连续厚度、有机碳含量 (TOC)、有机质成熟度 (R_o)、岩石矿物含量

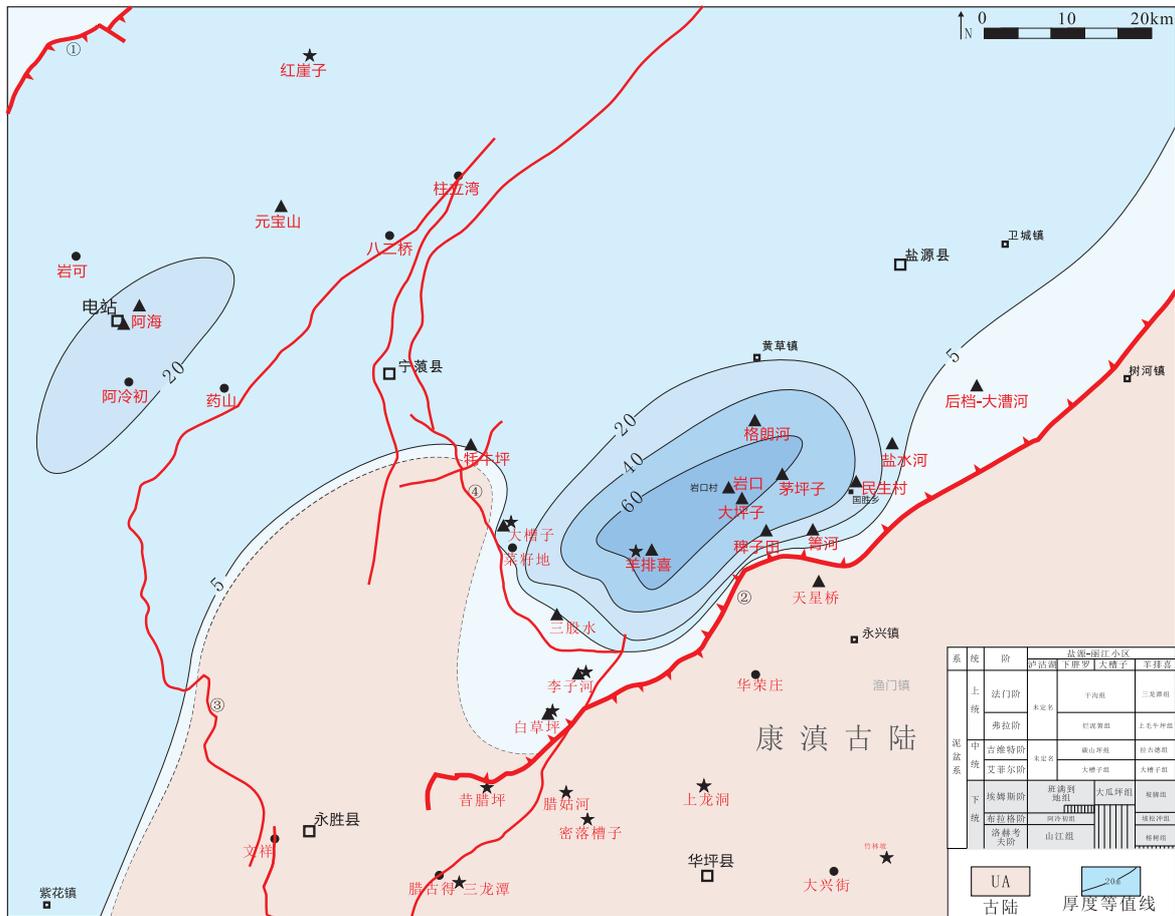


图7 大瓜坪组黑色页岩厚度分布图

Fig. 7 Thickness map of black shale in Daguaping Formation

[12,39,41] 和常规烃源岩主要考虑的暗色泥岩厚度、有机质类型及类型、成熟度(R_o)^[42-44] 等标准初步分析,区内泥盆系黑色页岩具有良好的油气生烃潜力,羊排喜—岩口—茅坪子一线为黑色页岩富集中心(图7),泥页岩厚度大,有机碳含量高,具有良好的页岩气基本地质条件。

5 结论

(1)受康滇地轴演化及古特提斯洋开启作用影响,盐源—宁蒍地区早泥盆世经历了台地(滨岸—潮坪)、局限台地、陆棚—海湾的沉积演化过程,最后被中泥盆统碳酸盐岩超覆。

(2)埃姆斯期海侵期间,大瓜坪组在羊排喜—岩口一带为局限海湾环境,广泛发育一套黑色碳质钙质页岩。页岩最厚处约100m,以羊排喜—岩口—寨子田—茅坪子地区为厚度中心,向西、南、东三个方向厚度减薄。页岩富含竹节石、植物碎片及介壳,夹灰岩层或透镜体。由盆地向古陆区,页岩发

育层位逐渐升高。

(3)盐源—宁蒍地区黑色页岩具较好的油气地质条件,无论是常规油气,还是页岩气勘探均具有良好的远景潜力。

参考文献:

- [1] 周德华,焦方正,郭旭升,等.川东北元坝区块中下侏罗统页岩油气地质分析[J].石油实验地质,2013,35(6):596-600+656.
- [2] 冯子齐,黄士鹏,吴伟,等.北美页岩气和我国煤成气发展历程对我国页岩气发展的启示[J].天然气地球科学,2016,27(3):449-460.
- [3] 李新景,吕宗刚,董大忠,等.北美页岩气资源形成的地质条件[J].天然气工业,2009,29(5):27-32+135-136.
- [4] 李建青,高玉巧,花彩霞,等.北美页岩气勘探经验对建立中国南方海相页岩气选区评价体系的启示[J].油气地质与采收率,2014,21(4):23-27+32+112.
- [5] 孟庆峰,侯贵廷.阿巴拉契亚盆地 Marcellus 页岩气藏地质特征及启示[J].中国石油勘探,2012,17(1):67-73+8.

- [6] 王大鹏,白国平,徐艳,等.全球古生界海相碳酸盐岩大油气田特征及油气分布[J]. 古地理学报,2016,18(1):80-92.
- [7] 董榕生.中国南方大地构造演化及泥盆纪古构造格局[J]. 成都地质学院学报,1992,(2):61-67.
- [8] 谭旭航,王雁,侯明才,等.桂中坳陷南丹地区中一下泥盆统塘丁组富有机质页岩储层特征[J]. 天然气勘探与开发,2017,40(2):26-31.
- [9] 苑坤,方欣欣,闻涛,等.桂中坳陷西北部桂页1井泥盆系页岩气聚集条件研究[J]. 中国石油勘探,2017,22(4):90-97.
- [10] 黄俨然,曹运江,杨荣丰,等.湘中坳陷泥盆系页岩气生储特征及勘探潜力研究[J]. 非常规油气,2017,4(3):8-14.
- [11] 孟江辉,潘仁芳,陈浩,等.滇黔桂盆地泥盆系页岩气成藏条件及资源潜力分析[J]. 现代地质,2016,30(1):181-191.
- [12] 王鹏万,陈子焯,贺训云,等.桂中坳陷泥盆系页岩气成藏条件与有利区带评价[J]. 石油与天然气地质,2012,33(3):353-363.
- [13] 贺训云,姚根顺,贺晓苏,等.桂中坳陷泥盆系烃源岩发育环境及潜力评价[J]. 石油学报,2011,32(2):273-279.
- [14] 周雁,朱东亚,孟庆强,等.桂中盆地页岩气地质条件及潜力分析[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2014,41(5):529-537.
- [15] 王振华.宁蒗盆地油气勘探远景分析[J]. 云南地质,2000,(4):443-448.
- [16] 梁兴.楚雄盆地含油气系统分析及勘探目标选择[J]. 海相油气地质,1998(2):35-46+5.
- [17] 陈坚,余成文.楚雄盆地龙云凹陷山油苗油源对比[J]. 云南地质,2000,(4):423-432.
- [18] 张孝林,王建民.楚雄盆地及邻区晚古生界沉积相及含油性探讨[J]. 石油勘探与开发,1987,(6):1-7.
- [19] 林宗满.楚雄盆地油气资源亟待勘查发现[J]. 地质力学学报,2012,18(4):359-378.
- [20] 董林.宁蒗盆地油气勘探有利区分析[J]. 能源与环保,2017,(2):155-159.
- [21] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等.中国大地构造单元划分[J]. 中国地质,2009,36(1):1-16+255+17-28.
- [22] 葛肖虹.川西盐源推覆构造的探讨[J]. 长春地质学院学报,1984,(1):36-43.
- [23] 孔磊,钟端,周铁明.滇西宁蒗、永胜地区的泥盆系[J]. 地层学杂志,1985,(2):136-141.
- [24] 韩征,余素玉.滇西宁蒗—丽江地区泥盆系白云岩的成因[J]. 沉积学报,1990,(2):51-58.
- [25] 王钰,俞昌民,许汉奎,等.华南泥盆纪生物地层[J]. 地层学杂志,1979,(2):81-89.
- [26] 俞昌民.华南泥盆系研究中的几个地层问题[J]. 地层学杂志,2000,(2):87-89+119.
- [27] 王正和,邓敏,程锦翔,等.康滇古陆西侧断裂及岩浆活动对油气保存条件的影响:以盐源盆地为例[J]. 地球科学,2018,43(10):3616-3624.
- [28] 何原相,钱咏臻.四川盐边稗子田志留系与泥盆系的界线划分及地质意义[J]. 沉积与特提斯地质,2000,(1):98-112.
- [29] 曹美珍,王尚启.论大槽子组和碳山坪组的地质时代[J]. 地层学杂志,1989,(2):144-147+119.
- [30] 王恽,戎嘉余,唐鹏,等.四川盐边稗子田剖面志留系新认识[J]. 地层学杂志,2016,40(3):225-233.
- [31] 李文昌.“西南三江”古特提斯构造演化研究新进展和新问题[C]. 中国科学技术协会学会学术部,2011:11.
- [32] 从柏林,吴根耀,张旗,等.中国滇西古特提斯构造带岩石大地构造演化[J]. 中国科学(B辑),1993,(11):1201-1207.
- [33] 李龚健.三江特提斯复合造山带构造演化与典型矿床成矿过程研究[D]. 中国地质大学(北京),2014.
- [34] 王成源.云南丽江上志留统和下泥盆统牙形刺[J]. 古生物学报,1982,(4):436-448+519-520.
- [35] 王成源,王平,杨光华,等.四川盐边稗子田志留系牙形刺生物地层的再研究[J]. 地层学杂志,2009,33(3):302-317.
- [36] 孙硕.滇西兰坪盆地东缘晚古生代海平面变化和沉积演化[D]. 中国地质大学(北京),2013.
- [37] 陈代钊,陈其英.华南泥盆纪沉积演化及海水进退规程[J]. 地质科学,1994,(3):246-255.
- [38] 云金表,金之钧,解国军.塔里木盆地地下古生界主力烃源岩分布[J]. 石油与天然气地质,2014,35(6):827-838.
- [39] 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+308.
- [40] 邹才能,董大忠,王社教,等.中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发,2010,37(6):641-653.
- [41] 聂海宽,唐玄,边瑞康.页岩气成藏控制因素及中国南方页岩气发育有利区预测[J]. 石油学报,2009,30(4):484-491.
- [42] 陈建平,梁狄刚,张水昌,等.中国古生界海相烃源岩生烃潜力评价标准与方法[J]. 地质学报,2012,86(7):1132-1142.
- [43] 梁狄刚,郭彤楼,边立曾,等.中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三)南方四套区域性海相烃源岩的沉积相及发育的控制因素[J]. 海相油气地质,2009,14(2):1-19.
- [44] 孟元林,申婉琪,周新桂,等.东部盆地群下白垩统烃源岩特征与页岩气勘探潜力[J]. 石油与天然气地质,2016,37(6):893-902.

A study on paleogeography of the Early Devonian and potential of hydrocarbon resources in Yanyuan-Ninglang area, southwest of China

Deng Min^{1,2}, Cheng Jinxiang^{1,2}, Wang Zhenghe^{1,2}, Yu Qian^{1,2}, Zhang Haiquan^{1,2}, Zhang Di^{1,2}, Lu Junze^{1,2}

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Key Laboratory of Sedimentary Basins and Oil and Gas Resources, Ministry of Natural Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: In order to explore the potential of oil and gas resources in areas west of the Kangdian Earth' axis, a comprehensive study of the Early Devonian black shale in Yanyuan-Ninglang region is carried out by combining the regional geological survey work with drilling and testing data. The results indicates that: (1) The early Devonian paleogeography of Yanyuan-Ninglang area is mainly controlled by the Kangdian Paleo-land and the activities of the Paleo-Tethys tectonic domain. Littoral tidal flat facies developed in the area close to the Jinhe-Qinghe fault, restricted bay facies appeared in the local area surrounded by the Paleo-uplift and platform, while continental shelf and basin facies developed in the northwest area far from the uplift. (2) In the late early Devonian, the Daguaping Formation developed the black shale, which is relatively stable in distribution and thick (20m to 100m) in the Yangpaixi-Yankou area and generally contains calcium, high contents of organic carbon and brittle minerals and with a moderate thermal evolution. It is an important source rock and favorable shale gas horizon. (3) Black shale develops in a restricted bay environment, and places such as Yangpaixi, Yankou, Maopingzi, are the most favorable areas in the Yanyuan-Ninglang region.

Key words: Yanyuan-Ninglang region, Early Devonian, Paleogeography, Black shale, Oil and gas