

康滇古陆西侧黑泥哨组沉积特征与 暗色泥页岩分布

门玉澎^{1,2}, 张 茜^{1,2}, 余 谦^{1,2}, 张海全^{1,2}, 康建威^{1,2}, 闫剑飞^{1,2}, 曹峻锋^{1,2}

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

摘要:晚二叠世康滇古陆东西两侧均发育暗色泥页岩, 沉积充填差异性明显。康滇古陆东侧宣威组(龙潭组)研究程度高, 西侧黑泥哨组研究程度低, 沉积环境和暗色泥页岩展布规律不清。通过对康滇古陆西侧盐源小高山、甲米、宁蒗西漂落、宜底黑泥哨组沉积充填序列和沉积环境分析, 总结研究区沉积展布特征和暗色泥页岩分布规律, 对大凉山地区页岩气勘探具有一定的参考意义。研究结果显示康滇古陆西侧自东向西沉积环境差异明显。黑泥哨组一段自西向东玄武岩层段减少, 沉积时限西部早于东部。黑泥哨组二段沉积环境自东向西呈古陆—沼泽—潮坪—碳酸盐岩台地展布。黑泥哨组三段沉积环境自东向西呈三角洲—沼泽—潮坪—碳酸盐岩台地展布。暗色泥页岩主要分布在黑泥哨组二段和三段沼泽沉积环境中, 平面上以小高山—西漂落地区较为发育, 累计厚度20~30 m, 具有较好的页岩气资源潜力。

关键词:沉积环境; 页岩气; 暗色泥页岩; 黑泥哨组

中图分类号: TE122 **文献标志码:** A

Sedimentary characteristics and distribution of dark mud shale in the Heinishao Formation on the west side of the Kang-Dian Palecontinent

MEN Yupeng^{1,2}, ZHANG Qian^{1,2}, YU Qian^{1,2}, ZHANG Haiquan^{1,2}, KANG Jianwei^{1,2}, YAN Jianfei^{1,2},
CAO Junfeng^{1,2}

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, China;

2. Key Laboratory of Sedimentary Basin and Oil and Gas Resources, Ministry of Natural Resources, Chengdu 610081, China)

Abstract: Dark mud shales are developed on both the east and west sides of the Late Permian Kang-Dian ancient continent, with obvious differences in the sedimentary filling. The Xuanwei Formation (Longtan Formation) on the east side of the Kang-Dian ancient land is highly studied, while the Heinishao Formation on the west side is poorly studied. The depositional environment and the spreading pattern of the dark mud shale are unclear. By analyzing the sedimentary filling sequences and sedimentary environment of the Yanyuan Xiaogaoshan, Jiami, Ninglangxipiaoluo, and Yidi Heinishao Formations on the west side of the Kang-Dian ancient continent, we summarized the sedimentary spreading characteristics and the distribution pattern of dark mud shale in the study area, which has certain reference significance for shale gas exploration in the Daliangshan area. The results show that the sedimentary environment varies significantly from east to west on the western side of the Kang-Dian ancient continent. The basalt intervals of the first member of the Heinishao Formation decrease from west to east and the deposition time in the west is earlier than that in the east. The depositional environment of the second member of the Heinishao Formation shows a paleoland-swamp-tidal platform-carbonate terrace from east to west. The depositional environment of the third member of the Heinishao Formation is a deltaic-swampy-tidal platform-carbonate terrace from east to west. The dark mud shale is mainly distributed in the swamp sedimentary environment of the second and third members of the Heinishao Formation. On the plane, it is more developed in the Xiaogaoshan-Xipiaoluo area, with a cumulative thickness of 20 m to 30 m, and has good shale gas resource potential.

Key words: sedimentary environment; shale gas; dark mud shale; Heinishao Formation

中国南方晚二叠世是重要的聚煤期^[1-4]。前人对康滇古陆东侧晚二叠世宣威组和龙潭组沉积环境和暗色泥页岩(含煤岩)分布做了详细研究^[5-7], 康滇古陆西侧盐源—丽江等地黑泥哨组沉积环境

收稿日期: 2022-05-19; 改回日期: 2022-09-28。

第一作者简介: 门玉澎(1981—), 高级工程师, 从事页岩气资源评价研究。E-mail: 404582779@qq.com。

基金项目: 国家科技重大专项“页岩气勘查评价技术试验与应用推广”(2016ZX05034-004)。

和暗色泥页岩研究程度低。在国家科技重大专项(页岩气勘查评价技术试验与应用推广)支持下,本文对康滇古陆西侧盐源—丽江等地地上二叠统黑泥哨组沉积物充填特征和沉积环境进行分析,总结暗色泥页岩分布特征,为大凉山地区页岩气资源勘探奠定基础。

1 区域地质背景

康滇古陆西侧二叠系地层被金河逆冲断裂和小金河逆冲断裂分隔为两个地层小区(图1)。金河断裂以东为康滇古陆,小金河断裂以北为松潘—甘孜地层区^[8],两个断裂夹持区域为盐源—丽江地层

区。除康滇古陆地区无上二叠统沉积外,其它地层区均有沉积。

盐源—丽江地层区上二叠统黑泥哨组岩性由砾岩、砂砾岩、砂岩、粉砂岩、砂质泥岩、炭质泥岩、煤岩、玄武岩、火山碎屑岩和灰岩组成,厚度普遍大于800 m。下部普遍夹数层玄武岩或火山碎屑岩,向东部夹层减少^[9]。据夏茂龙等^[10]、张宏辉等^[11]研究,峨眉山玄武岩共有四期喷发旋回,在盐源—丽江地层区特征明显。

松潘—甘孜地层区上二叠统赤丹潭组岩性由结晶灰岩、大理岩化灰岩、角砾灰岩夹板岩、砂质板岩组成,普遍具浅变质特征^[9]。

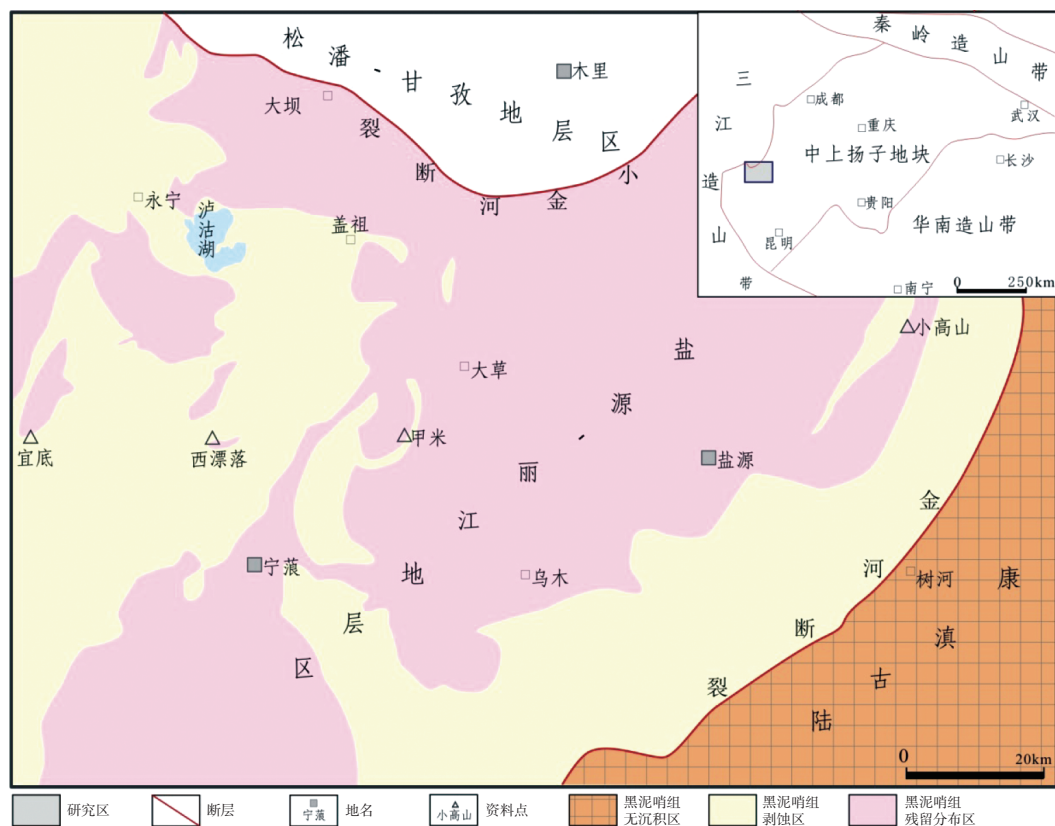


图1 研究区地层分区

2 沉积充填特征与沉积环境

通过对盐源小高山、甲米和宁蒗西漂落、宜底等地黑泥哨组沉积充填差异性分析,总结盐源—丽江地层区沉积环境特征。

2.1 盐源小高山黑泥哨组特征与沉积环境

小高山剖面黑泥哨组自下至上根据岩性特征分为三个岩性段(图2)。

一段岩性由底部砂砾岩和上部玄武岩组成。

底部砂砾岩为峨眉山玄武岩三期和四期喷发间隙形成的滨岸近源沉积物。上部玄武岩为峨眉山玄武岩四期火山溢流相产物。

二段岩性由灰黄色、灰白色、灰绿色细砂岩、砂质页岩、炭质泥岩和煤岩构成数个沉积韵律。泥岩中普遍发育水平层理,可见植物化石碎片和赤铁矿结核。代表了古风化壳之上沼泽—潮坪沉积环境(图3a、图3b)。

三段岩性由灰绿色砂砾岩、砂岩组成数个沉积

韵律,砂岩中发育斜层理。由小高山岩性剖面可看到,自下至上粒度变粗,砾石所占地层比例增多,代表了沉积环境由三角洲前缘向三角洲平原转变的过程。

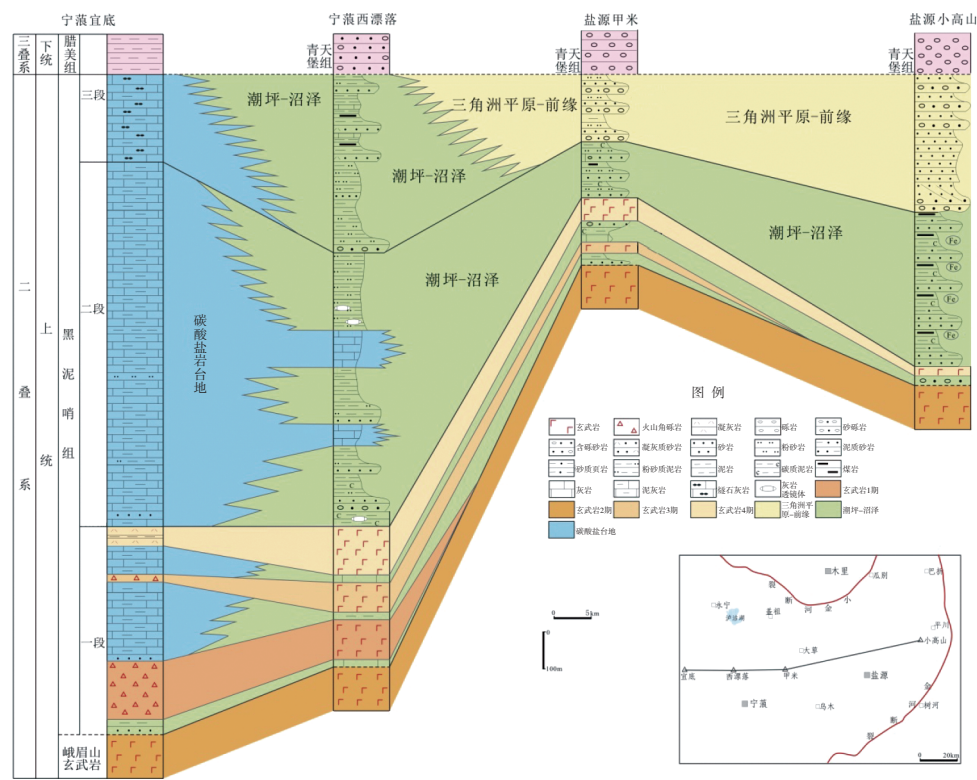


图2 康滇古陆西侧晚二叠世沉积相对比

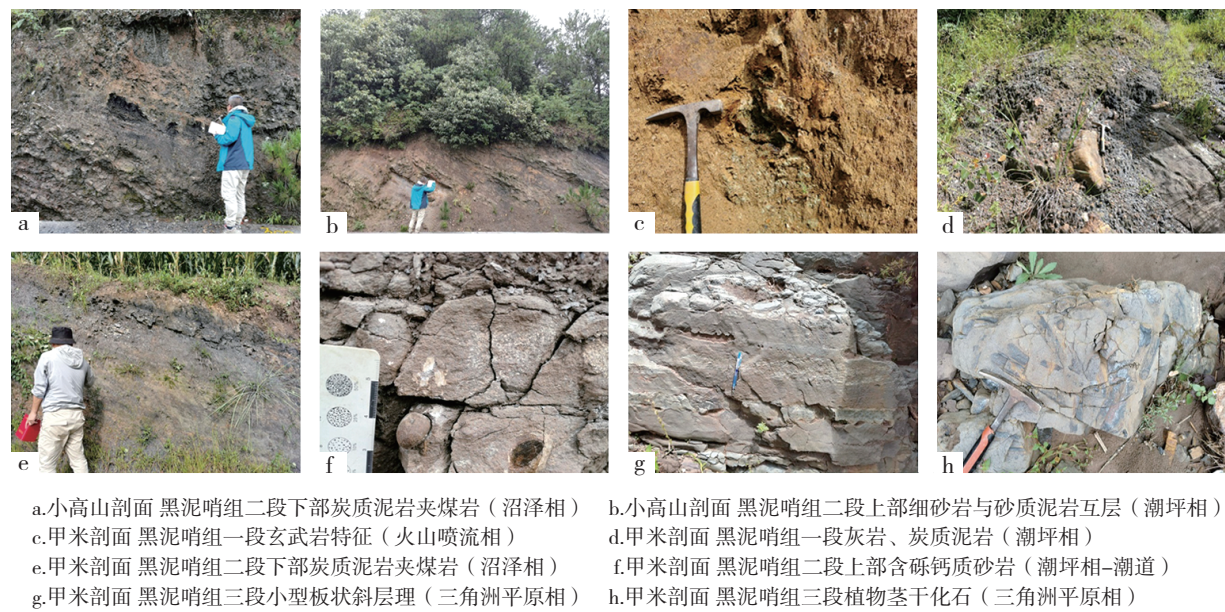


图3 典型沉积特征图版

2.2 盐源甲米黑泥哨组特征与沉积环境

盐源甲米黑泥哨组自下至上分为三个岩性段(图2)。
一段岩性与小高山地区相似,对比小高山地区

多发育一套玄武岩。自下至上由砂泥岩-玄武岩和灰岩、炭质泥岩-砂砾岩-玄武岩构成两个火山间断和喷发旋回,代表了峨眉山玄武岩二期喷发后海侵形成沼泽,三期玄武岩喷发溢流—海侵潮坪(沼

泽), 四期玄武岩喷发溢流的沉积充填过程(图 3c、图 3d)。

二段与小高山地区充填特征一致, 以灰黄色、灰黑色细砂岩、粉砂岩、炭质泥岩和煤层组成数个沉积旋回, 代表峨眉山玄武岩四期喷发后沼泽—潮坪沉积环境(图 3e、图 3f)。

三段由青灰色砂砾岩、细砂岩、粉砂岩构成数个沉积旋回, 向上部砾石含量增多, 发育斜层理和植物化石碎片, 代表晚期海退三角洲砂体充填特征(图 3g、图 3h), 与小高山地区充填特征一致。

2.3 宁蒗西漂落黑泥哨组特征与沉积环境

宁蒗西漂落黑泥哨组自下至上分为三个岩性段(图 2)。

一段岩性与盐源地区相似, 由三套玄武岩和灰岩、粉砂岩、泥岩和煤线组成。自下至上由灰岩—玄武岩—砂泥岩(含煤岩)—玄武岩—灰岩—玄武岩组成三个火山间断和喷发旋回, 代表峨眉山玄武岩一期喷发后形成潮坪—玄武岩溢流(二期、三期、四期)的沉积充填过程。

二段岩性由砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、煤岩和灰岩组成。下部由砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩、炭质泥岩和煤岩夹灰岩透镜体构成较完整的沼泽—潮坪沉积环境。中部由灰岩、泥岩夹粉砂质泥岩、细砂岩组成数个沉积序列, 代表中期最大海泛形成潮坪—浅海台地沉积环境。上部由灰绿色粉砂质泥岩、粉砂岩夹灰岩透镜体组成, 代表晚期海退潮坪沉积环境。

三段岩性由砂砾岩、粉砂质泥岩和煤层组成数个沉积韵律, 代表黑泥哨组晚期海退形成沼泽—潮坪沉积环境。

2.4 宁蒗宜底黑泥哨组特征与沉积环境

宁蒗宜底黑泥哨组自下至上分为三个岩性段(图 2)。

一段岩性由火山角砾岩、凝灰岩、泥灰岩、泥岩和砂岩组成三个火山喷发—间断沉积旋回。下部由灰绿色砂岩、泥岩—火山角砾岩组成, 代表玄武岩一期喷发后海侵至二期喷流沉积环境。中部由砂岩、泥灰岩—火山角砾岩组成, 代表二期喷发后海侵至三期喷流沉积环境。上部由泥灰岩、凝灰岩、泥岩组成, 代表三期至四期玄武岩喷发期浅海沉积环境。

二段岩性由深灰色泥质灰岩夹砂岩、粉砂岩、

粉砂质泥岩和泥岩组成。岩性较为单一, 代表区域浅海碳酸盐岩沉积环境。

三段岩性由深灰色燧石灰岩和泥质灰岩组成, 代表区域浅海碳酸盐岩沉积环境。

综上所述, 康滇古陆西侧自西向东, 黑泥哨组一段玄武岩或火山角砾岩由一套增加为三套, 代表早期玄武岩喷发后西部海侵早于东部。火山喷发间断, 沉积物充填以砂岩、泥岩、炭质泥岩和煤岩为主, 代表了沼泽沉积环境。二段在小高山、甲米以及西漂落地区以砂砾岩、粉砂岩、炭质泥岩和煤层充填为主, 总体为潮坪—沼泽沉积环境, 西部宜底沉积物以泥质灰岩为主, 代表了浅海碳酸盐岩台地沉积环境。三段在小高山和甲米以砂砾岩、粉砂岩充填为主, 代表了晚期海退三角洲沉积环境, 西漂落沉积物以砂岩、泥岩、煤岩充填, 代表了潮坪—沼泽沉积环境, 西部宜底沉积物以灰岩为主, 代表了浅海碳酸盐岩台地沉积环境。

3 沉积模式

根据小高山、甲米、西漂落、宜底黑泥哨组纵向充填序列, 分别建立研究区晚二叠世峨眉山玄武岩四期喷发后以及晚期(长兴期)沉积模式(图 4), 预测暗色泥页岩展布特征。

峨眉山玄武岩一期喷发后仅西部宁蒗宜底—西漂落地区海侵, 沉积物以砂岩、泥岩、灰岩为主, 代表了早期海侵潮坪沉积环境。该期不发育暗色泥页岩段。

峨眉山玄武岩二期喷发后, 海侵上超至盐源甲米地区, 自东向西呈古陆—沼泽—潮坪—碳酸盐岩台地展布。甲米—西漂落为沼泽—潮坪环境, 沉积物中夹少量煤线和炭质泥岩, 厚度薄。西部宜底为浅海碳酸盐岩台地沉积环境。

峨眉山玄武岩三期喷发后, 海侵上超至小高山地区, 自东向西呈古陆—沼泽—潮坪—碳酸盐岩台地展布。小高山—甲米为沼泽—潮坪环境, 沉积物中夹炭质泥岩和煤线, 厚度薄。西部西漂落和宜底为浅海碳酸盐岩台地环境。

峨眉山玄武岩四期喷发后, 海侵上超至小高山以东地区, 自东向西呈古陆—沼泽—潮坪—浅海碳酸盐岩台地展布。小高山—甲米为沼泽—潮坪环境, 沉积物中煤层和炭质页岩厚度增大, 层数增多。西漂落早期为沼泽环境, 后期为潮坪环境。宜底地区为浅海碳酸盐岩台地环境。

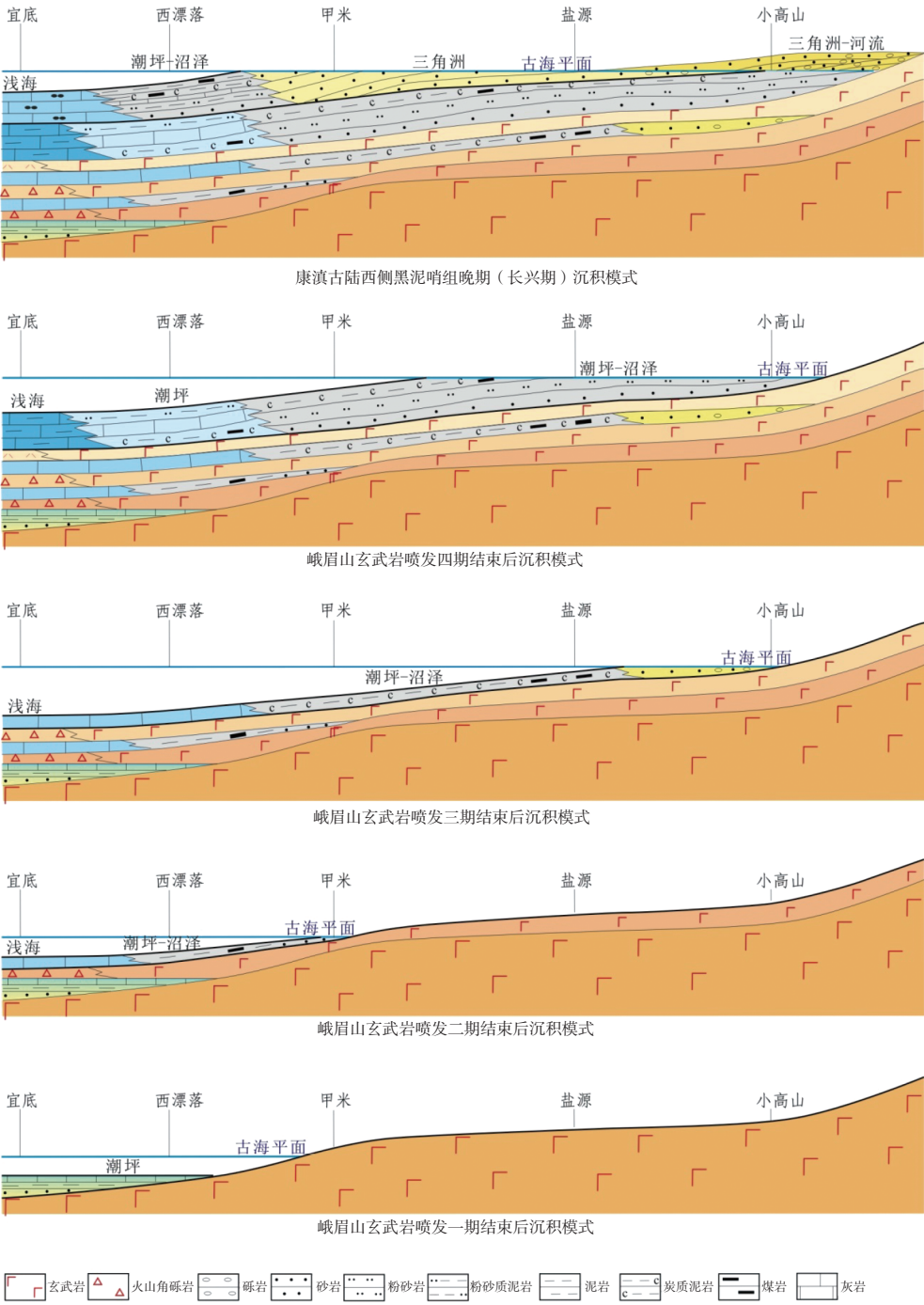


图4 康滇古陆西侧晚二叠世沉积模式

黑泥哨组晚期(长长期)整体为海退进积沉积体系,在小高山—甲米地区为三角洲平原沉积环境,发育数个砂砾岩—细砂岩—粉砂岩沉积序列,不发育煤层和炭质泥岩。在西漂落为沼泽—潮坪环境为主,由砂岩—粉砂质泥岩—炭质泥岩—煤层构成数个沉积序列,发育煤层和炭质泥岩。宜底地区仍为浅海碳酸盐岩台地沉积环境。

综上所述,黑泥哨组一段包括峨眉山玄武岩一期喷发后沉积物至四期玄武岩,西部普遍含三套玄

武岩或火山角砾岩,向东部至小高山仅含一套玄武岩。一段玄武岩段层间夹沼泽相炭质泥岩和煤岩主要分布在西漂落—甲米地区。黑泥哨组二段包括四期玄武岩喷发后至长长期早期沉积物,东部靠陆为沼泽环境,西部为浅海碳酸盐岩台地环境,沼泽相炭质泥岩和煤岩分布在西漂落—小高山地区。黑泥哨组三段为长长期海退三角洲—浅海碳酸盐岩台地环境,沼泽相炭质泥岩和煤岩分布在西漂落地区。

4 暗色泥页岩分布特征

本文暗色泥页岩是由炭质泥岩和煤层构成的复合层段。

根据沉积充填模式,康滇古陆西侧黑泥哨组暗色泥页岩纵向上主要分布在二段和三段,平面上主要分布在小高山—甲米—西漂落地区(图5)。

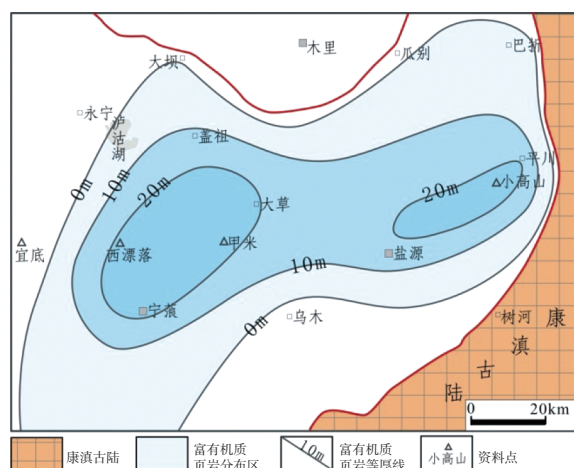


图5 康滇古陆西侧晚二叠世暗色泥页岩厚度分布

小高山地区暗色泥页岩段主要分布在黑泥哨组二段,岩性由炭质泥岩和煤层组成,层间夹细砂岩、粉砂岩。暗色泥页岩累计厚度26 m;有机碳含量介于0.56%~14.93%,平均含量为5.32%;镜质体反射率介于1.69%~1.88%,处于成熟阶段;干酪根碳同位素表明干酪根类型为Ⅲ型。矿物组成以黏土为主,石英等脆性矿物含量低。厚度和有机地化特征表明该地区具有较好的页岩气资源潜力。

甲米地区暗色泥页岩段主要分布在黑泥哨组二段和一段上部,岩性由炭质泥岩和煤层组成,间夹砂岩、粉砂岩和泥岩。暗色泥页岩累计厚度为23 m;有机碳含量介于1.06%~10.54%,平均含量为3.89%;镜质体反射率介于1.92%~2.06%,总体处于成熟阶段;干酪根碳同位素表明干酪根类型为Ⅲ型。矿物组成以黏土为主,石英等脆性矿物含量低。厚度和有机地化特征表明该地区具有较好的页岩气资源潜力。

西漂落地区暗色泥页岩段主要分布在黑泥哨组二段下部和三段上部。岩性由炭质泥岩、煤层组成,间夹砂岩、粉砂岩。暗色泥页岩累计厚度27 m;有机碳含量介于1.05%~15.21%,平均含量为3.84%;镜质体反射率介于1.41%~2.02%,总体处于高成熟阶段;干酪根碳同位素表明干酪根类型为Ⅲ型。矿物组成以黏土为主,石英等脆性矿物含量低。厚度

和有机地化特征表明该地区具有较好的页岩气资源潜力。

5 结论

(1)黑泥哨组一段峨眉山玄武岩段自西向东减少,沉积时限西部早于东部,沉积环境属于火山喷流—火山间断潮坪环境。黑泥哨组二段沉积环境自东向西呈古陆—沼泽—潮坪—浅海碳酸盐岩台地展布。黑泥哨组三段沉积环境自东向西呈三角洲—沼泽—潮坪—浅海碳酸盐岩台地展布。

(2)黑泥哨组暗色泥页岩分布在沼泽—潮坪沉积相带内。纵向上主要分布在二段和三段下部,平面上主要分布在盐源小高山和宁蒗西漂落—盐源甲米地区,厚度20~30 m,具有较好的页岩气资源潜力。

参考文献:

- [1] 陈洪德,覃建雄,王成善,等.中国南方二叠纪层序岩相古地理特征及演化[J].沉积学报,1999,17(4):13-24.
- [2] 邵龙义,高彩霞,张超,等.西南地区晚二叠世层序-古地理及聚煤特征[J].沉积学报,2013,31(5):856-866.
- [3] 张德民.华南二叠纪赋煤带划分及褶皱形态特征[J].中国煤炭地质,2021,33(7):12-18,66.
- [4] 阳伟,苏时才,唐晓林,等.盐源盆地煤系聚煤环境及控煤构造研究[J].煤炭技术,2015,34(2):71-73.
- [5] 尹中山,蒋琦,熊建龙,等.川南煤田龙潭组煤系泥页岩气与煤层气组合模式及合采前景分析[J].中国煤炭地质,2019,31(5):30-35.
- [6] 韩永胜,黄小青,尹开贵,等.筠连煤层气气藏地质特征及产气规律[J].中国煤层气,2020,17(04):19-23.
- [7] 门玉澎,陈小炜,戚明辉,等.川南古叙矿区煤层气资源有利区优选[J].沉积与特提斯地质,2019,39(1):68-74.
- [8] 四川省地质矿产局.四川省区域地质志[M].北京:地质出版社,1991.
- [9] 薛代福.永宁幅G-47-5 1/20万区域地质调查报告[DS].全国地质资料馆,1980.DOI: 10.35080/n01.c.68440.
- [10] 夏茂龙,文龙,李亚,等.四川盆地简阳地区二叠系火山喷发旋回、环境与模式[J].天然气工业,2020,40(9):11-22.
- [11] 张宏辉,吴亮,李鸿,等.滇东北乌蒙山地区峨眉地幔柱活动与火山-沉积盆地的响应关系[J].现代地质,2022,36(1):225-243.

(编辑 刘义梅)