滇东宣威地区宣威组“三气兼探”储层地质条件初步分析

胡琳[1],薛晓辉[1],成鹏[1],杨怡娜[1],陈蓉[2]
(1. 云南煤层气资源勘查开发有限公司,昆明 650034; 2. 中国地质调查局油气资源调查中心,北京 100083)

摘　要:以煤层气、页岩气、致密砂岩气为主的煤系“三气”在非常规油气资源中具有重要的地位。通过滇东宣威地区野外地质调查,发现宣威组煤系地层以河流及三角洲相煤、泥页岩、粉砂岩等岩性为主,地层厚100～270 m,含煤25～60层。结合钻井地震资料,岩性及岩相分析,优选出四个“三气”连续储层;储层煤层气含量较大,泥页岩瓦斯含量最高可达4 m³/t,具备较好的地质和资源潜力。通过分析煤层气、页岩气、致密砂岩气勘探开发特点,结合滇东宣威地区煤炭开发现状,认为在本区进行“三气共探共采”,能够实现地质资源的最大价值,大大提高生产效益,成为云南省非常规天然气勘探开发的新突破口。

关键词:宣威组,三气兼探,地质条件,沉积相,资源概况
中图分类号:P618.1　　**文献标识码:**A　　**文章编号:**1672－4135(2019)01－0013－05

随着全球经济发展对油气资源需求量的不断提升及非常规油气资源勘探开发难度的不断增加,煤层气、致密砂岩气和页岩气等非常规油气资源在能源体系中的比重将日益增加[1-4]。煤系地层中以煤成气为主的煤层气、致密砂岩气、页岩气等“煤系三气”也越来越受到重视。煤层气藏中的气体约占煤化作用生成气体总量的10%,剩余近90%的气体从生烃煤层运移到其他岩层中[5],根据国内多年来的研究,煤层气藏和页岩气藏有可能形成混合气藏[6],在我国一些典型盆地中,煤层气和页岩气共生的特点明显[7],并进而提出了非常规天然气共生赋存模式[8]。

煤层气、致密砂岩气合采开发在美国已经获得成功[9],产量可观,效果显著。笔者收集整理了区域地质资料,对宣威组岩相、沉积环境进行了分析,结合区域煤层气、页岩气、致密砂岩气等资源条件,对煤系地层“三气共采”储层地质特征进行了分析,为后期“三气共采”可行性研究提供理论基础[10-12]。

1 区域地质背景

宣威地区处在云南省东部,位于扬子准地台滇东台褶带曲靖台褶束牛首山隆起北侧(图1)。区内

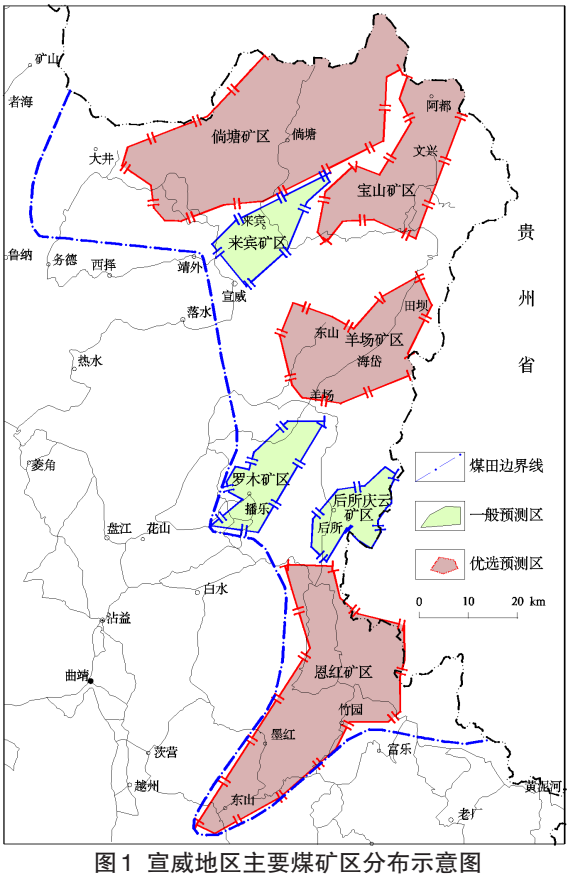

图1 宣威地区主要煤矿区分布示意图
Fig.1 Sketch map of main coal deposit in Xuanwei area

收稿日期:2017-12-22
资助项目:中国地质调查局油气资源调查中心课题“滇东宣威地区岩相古地理与页岩气富集规律综合研究,项目编号:(2015)01-04-03-002-02”
作者简介:胡琳(1989-),女,助理工程师,硕士,2014年毕业于中国矿业大学,现从事非常规油气资源勘查开发工作,E-mail:hulin1509@126.com。

岩层产状平缓，大都在15～30°之间，断裂发育，断裂之间发育着宽缓的短轴褶曲和断陷盆地。主要断层为北东向寻甸–宣威断裂和近南北向富源–弥勒断裂，对区内的地层发育和沉积相的分布具有明显的控制作用[13-15]。

早二叠世末–晚二叠世初，由于东吴运动的影响，昆明–宁蒗区东部海水退缩到罗平八大河–丘北–文山–麻栗坡一线。宣威地区晚二叠世早期大规模的陆相玄武岩浆喷发溢流，形成广布而厚薄不一的岩被。宣威期局部海侵，沉积了河流及三角洲相泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、细砂岩[16]。

宣威组是晚二叠世形成的一套以碎屑岩为主的陆相含煤建造，地层一般厚100～270 m，分为上、中、下三个岩性段。全组一般含煤25～60层，煤层总厚13～27 m；其中可采煤层2～16层，可采总厚1.5～15 m。形成了来宾、倘塘、宝山、羊场等几个主要产煤矿区[17]（图1）。

2 宣威组沉积体系及沉积相研究

2.1 宣威组岩相特征识别

滇东宣威地区宣威组为页岩、泥岩、粉砂岩等不同类型细粒沉积混合发育，且不同层位和区域岩相分异较大，此次研究将煤、泥页岩、粉砂岩作为一个整体，根据组合地层体的岩性、结构和沉积等特征，对宣威组进行层段划分。

通过野外钻井岩心和露头剖面的仔细观察描述，以及以往钻井、地震和测井资料的研究分析，在宣威地区共识别出4套“三气共采”组合气藏（图2）。

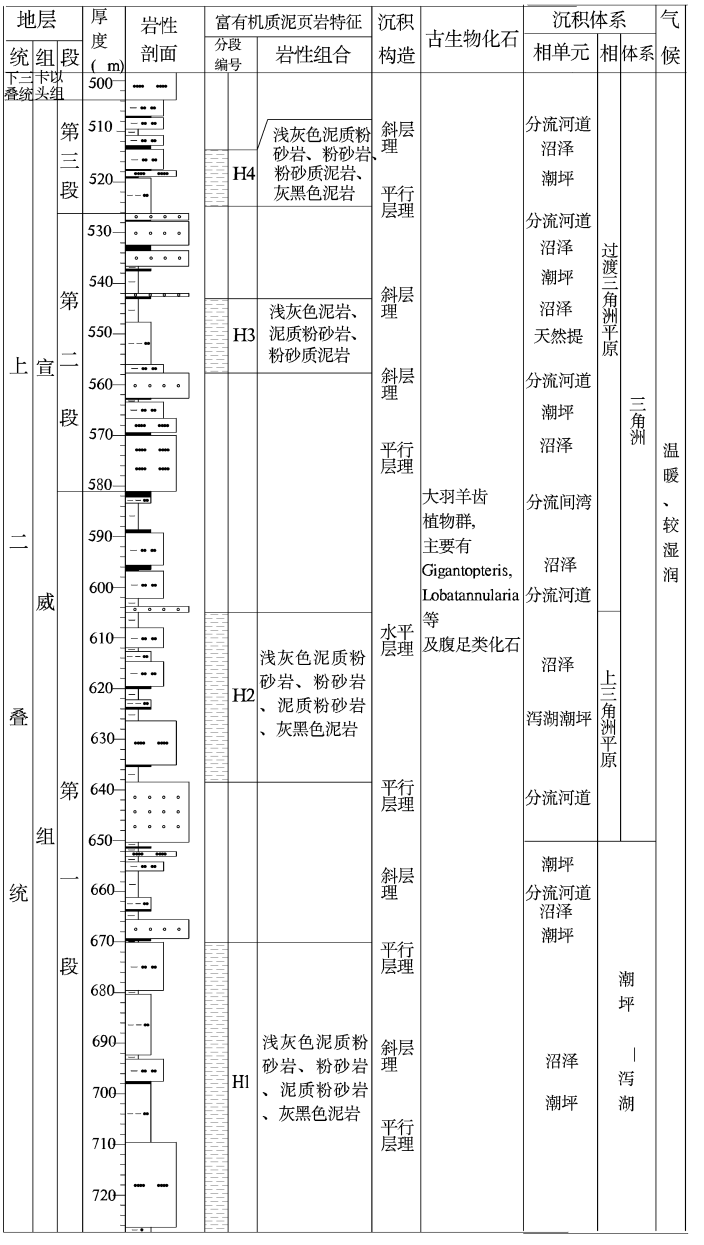

图2 宣威地区宣威组沉积综合柱状图

Fig.2 Comprehensive histogram of sedimentary process of Xuanwei Formation in Xuanwei area

H1段连续分布在宣威组第一段底部，岩性组成为灰-深灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩，含少量泥岩和薄煤层，垂向连续分布。暗色岩系连续厚度介于22.49～57 m之间，平均累计厚度约40.43 m。

H2段连续分布在宣威组第一段顶部，岩性组成为浅灰–灰黑色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、粉砂岩和黑色页岩、泥岩，局部地区该段含薄煤层。暗色岩系连续厚度介于26.47～65.89 m之间，平均37.71 m，垂向较连续。

H3段连续分布在宣威组第二段底部，岩性主要为深灰色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩，含少量泥岩、炭质页岩和薄煤层。暗色岩系连续厚度介于12.21～57.10 m之间，平均29.67 m。

H4段连续分布在宣威组第三段，岩性由灰–深灰色泥岩、泥质粉砂岩组成，羊场一带泥质岩主要位于宣威组第三段底部，暗色岩系连续厚度介于10.93～20.88 m之间，平均13.88 m。

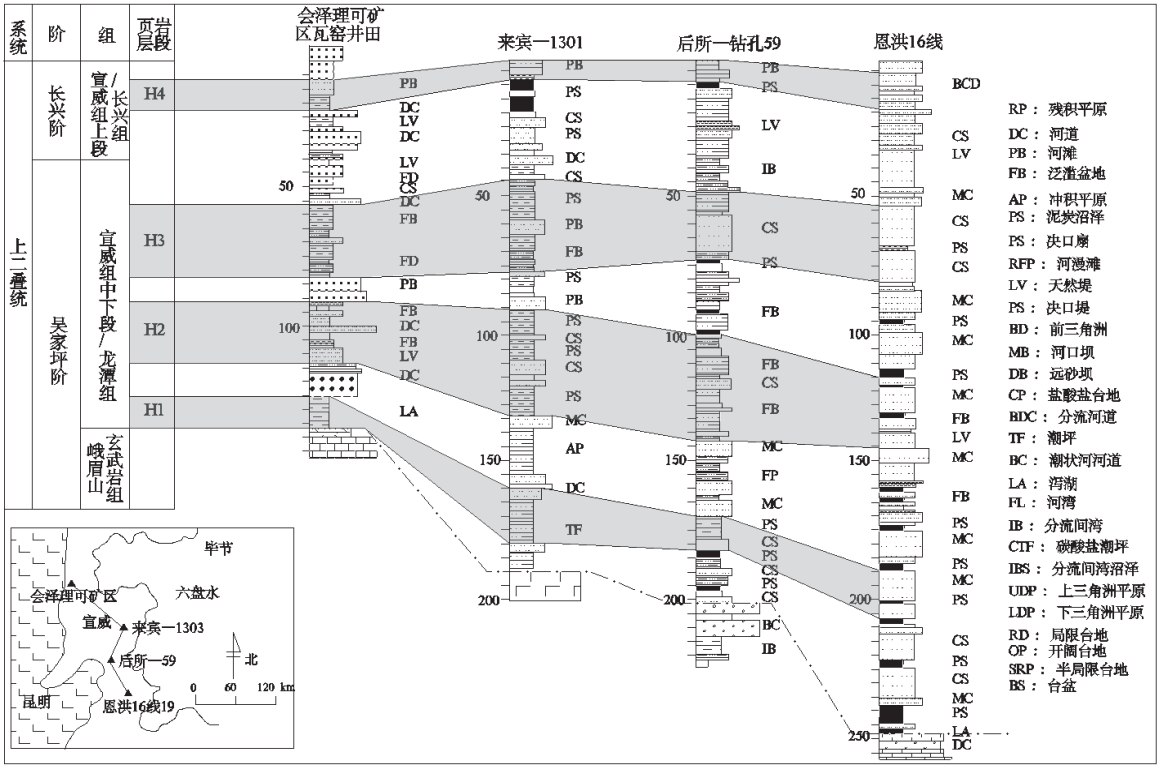

图3 宣威组区域沉积相对比图

Fig.3 Comparison of regional sedimentary facies in Xuanwei Formation

2.2 宣威组沉积相及展布特征

从会泽理可矿区瓦窑井田、来宾-1301井、后所-59井及恩洪16线的沉积相对比图中可以看出(图3),整个宣威一带宣威组沉积厚度较为稳定,基本位于137~248 m左右,其中H1段主要发育在泻湖、河道和决口扇沉积相中,以泥岩和粉砂质泥岩为主,厚度连续性较好,往南部后所地区岩性加粗;H2段主要发育在泛滥盆地和决口扇沉积相中,岩性变化较大,以泥质粉砂岩为主;H3段主要发育在河道、泛滥盆地和决口扇沉积相中,以泥岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主;H4段主要发育在边滩、决口扇沉积中,岩性往南加粗,富源一带以粉砂质泥岩为主。总的来说,宣威地区晚二叠世宣威期沉积较稳定,主体以曲流河沉积为主,晚期往东部盘县一带变为河控三角洲环境。

3 宣威组非常规气体资源概况

根据调查,宣威地区主要煤田煤层气地质资源量342.11亿立方米,占全省煤层气地质资源量的6.39%,平均资源丰度0.31亿立方米/平方公里;可采资源量184.90亿立方米,分矿区煤层气资源量统计见表1[18]。羊场矿区、宝山矿区、倘塘矿区、后所庆云矿区属中型煤层气田,仅来宾矿区属小型煤层气田。

据邻区(威信观音山煤矿、恩洪矿区)对煤系泥岩采样测试,泥岩含气量达到4 m³/t[13],具有较好的资源前景。

表1 宣富煤田分矿区煤层气资源量统计表

Tab.1 Statistics of coalbed methane resources of the Xuan Fu coalfield

矿区名称	含煤面积 / km²	煤炭资源量 / 10⁴t	煤层气资源量 / 10⁸m³		资源丰度 / 10⁸m³/km²	
			地质资源量	可采资源量	地质丰度	可采丰度
后所庆云	129.33	57 725	30.77	8.58	0.24	0.07
来 宾	69.84	33 293	20.91	9.65	0.3	0.14
羊 场	148.82	166 800	152.53	98.26	1.02	0.66
倘 塘	477.29	89 278	58.24	28.56	0.12	0.06
宝 山	288.82	116 490	79.66	39.85	0.28	0.14
煤田合计	1114.1	463 586	342.11	184.9	0.31	0.17

4 “三气共采”理论分析

煤层气和页岩气为自生自储连续性非常规天然气藏[19],煤系烃源岩生烃过程中,发生短距离运移集聚于上覆砂岩中形成致密砂岩气,组成“三气”气藏。煤系“三气”气藏具有层位相邻、重复叠置、多旋回性特点,存在多类型气藏组合,共生调节机制。

根据国内学者十多年的研究成果，煤层中垂直裂隙发育，裂缝方向渗透率约为其垂直方向5倍，生气过程中产生异常高压，易发生垂向运移，表现为层间调节作用；泥页岩中裂隙不发育，但水平层理发育，层理方向渗透率约为其垂直方向的2～9倍，横向运移较易，表现为层内调节作用；致密砂岩发育一定的裂隙，有一定的孔隙度，作为他源型气藏，表现为协调调节作用。各类气藏空间上重复叠置，共生调节机制下，整体处于统一能量系统，成藏差异性又表现为独成次一级能量系统[20-23]。

页岩、煤层与致密砂岩层均为低孔、低渗非常规天然气储层，在后期开发过程中均需要水力压裂。页岩气-煤层气-致密砂岩气的共探共采可将页岩储层、煤储层及致密砂岩储层共同压裂，同时形成页岩气流通、煤层气流通与致密砂岩气流通的人工裂隙。因此实现煤层气、页岩气与致密砂岩气共探共采，一方面将解决深部煤层气的开采难题，另一方面将极大的节约非常规气的勘探开发成本，同时亦有巨大的环保意义与能源战略价值[24]。

滇东宣威地区煤炭采矿权分布较少，适于开展煤层气、页岩气及致密砂岩“三气共采”研究，为云南省非常规天然气勘探开发提供新的突破点[25]。

5 结论

（1）随着非常规油气资源的发展，“三气共采”将会展现越来越重要的作用，滇东宣威地区宣威组发育有较厚的煤、泥岩、粉砂岩地层，具备较好的地质条件。

（2）根据岩相识别与对比，滇东宣威地区宣威组具备四套“三气”储层，最大单层厚度达40余米，区域分布较为稳定，具有较好的生烃潜力。

（3）滇东宣威地区，以宣威组为主的典型矿区煤矿瓦斯含量高，煤层气资源丰富，泥页岩含气量高，非常规天然气资源潜力大。

（4）煤系三气存在多类型气藏组合，共生调节机制，同时进行宣威地区煤层气、页岩气、致密砂岩气勘探开发，能够有效利用三者的优势，提高非常规天然气的地质价值和生产效益。

参考文献：

[1] 胡文瑞.中国非常规天然气资源开发与利用[J].东北石油大学学报，2010，34(5):12-19+168.

[2] 邱中建，邓松涛.中国非常规天然气的战略地位[J].天然气工业，2012，32(1):1-5.

[3] 邹才能，朱如凯，吴松涛，等.常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例[J].石油学报，2012，33(2):173-187.

[4] 郭本广，许浩，孟尚志，等.临兴地区非常规天然气合探共采地质条件分析[J].中国煤层气，2012(4):110-112.

[5] 梁冰，石迎爽，孙维吉，等.中国煤系“三气”成藏特征及共采可能性[J].煤炭学报，2016，41(1):167-173.

[6] 琚宜文，颜志丰，李朝锋，等.我国煤层气与页岩气富集特征与开采技术的共性与差异性[A].中国煤炭学会煤层气专业委员会、中国石油学会石油地质专业委员会.2011年煤层气学术研讨会论文集[C].中国煤炭学会煤层气专业委员会、中国石油学会石油地质专业委员会:中国煤炭学会，2011:8.

[7] 姜文利，赵素平，张金川，等.煤层气与页岩气聚集主控因素对比[J].天然气地球科学，2010，21(6):1057-1060.

[8] 曹代勇，姚征，李靖.煤系非常规天然气评价研究现状与发展趋势[J].煤炭科学技术，2014，42(1):89-92.

[9] 傅雪海，德勒恰提·加娜塔依，朱炎铭，等.煤系非常规天然气资源特征及分隔合采技术[J].地学前缘，2016，23(3):36-40.

[10] 胡进奎，杜文凤.浅析煤系地层“三气合采”可行性[J].地质论评，2017(B04):83-84.

[11] 秦勇，申建，沈玉林.叠置含气系统共采兼容性——煤系“三气”及深部煤层气开采中的共性地质问题[J].煤炭学报，2016，41(1):14-23.

[12] 申建，张春杰，秦勇，等.鄂尔多斯盆地临兴地区煤系砂岩气与煤层气共采影响因素和参数门限[J].天然气地球科学，2017，28(3):479-487.

[13] 蒋天国，陈尚斌，郭秀钦，等.云南省页岩气资源潜力调查评价[M].北京：科学出版社，2016.

[14] 云南省地质矿产局.云南省区域地质志[M].北京：地质出版社，1990.

[15] 薛晓辉，胡琳，张郁云.滇东下寒武统筇竹寺组页岩气储层特征[J].中国煤炭地质，2016，28(3):35-39.

[16] 云南省地质矿产局.云南省岩相古地理图集[M].昆明：云南科技出版社，1995.

[17] 云南省地质矿产局.云南省岩石地层[M].武汉：中国地质大学出版社，1996.

[18] 云南省煤田地质局.云南省煤层气资源潜力评价 [R].昆明: 云南省地质矿产局.2011.

[19] Ross D J K, Bustin R M. Characterizing the shale gas resource potential of Devonian- Mississippian strata in the Western Canada sedimentary basin: application of an integrated formation evaluation. [J].Aapg Bulletin, 2008, 92(1):87-125.

[20] 朱炎铭，侯晓伟，崔兆帮，等.河北省煤系天然气资源及其成藏作用[J].煤炭学报，2016，41(1):202-211.

[21] 郭晨,夏玉成,卢玲玲,等.黔西比德——三塘盆地多层叠置独立含煤层气系统发育规律与控制机理[J].天然气地球科学,2017,28(4):622-632.
[22] 姚海鹏,李玲.鄂托克旗煤系“三气”共采地质条件研究[J].中国战略新兴产业,2017(12).
[23] 谢英刚,孟尚志,万欢,等.临兴地区煤系地层多类型天然气储层地质条件分析[J].煤炭科学技术,2015,43(9):71-75.
[24] 苏育飞.山西省海陆过渡相煤系“三气”共探共采展望[J].中国煤层气,2016(6):7-11.
[25] 李金龙,罗星云.浅析云南省油页岩勘探开发现状及存在问题[J].云南科技管理,2012,25(2):56-58.

Preliminary analysis of geological conditions of "three gas and exploration" reservoir of Xuanwei Formation in Xuanwei area

HU Lin[1], XUE Xiao-hui[1], CHENG Peng[1], YANG Yi-na[1], CHEN Rong[2]

(*1. Yunnan CBM Exploration and Development Co.,Ltd, Kunming 650034;*
2. Oil & Gas Survey Center, China Geological Survey, Beijing 100083)

Abstract: The "three gas" dominated by coalbed methane, shale gas and tight sandstone gas plays an important role in unconventional oil and gas resources. In Xuanwei Yunnan, The coal measures in Xuanwei Formation is made of mainly fluvial and delta facies, such as coal, shale, siltstone and so on. This set of strata has 100 ~ 270 m thick and contains 25 ~ 60 layers of coal. According to lithology and lithofacies characteristics, four "three gas" continuous reservoirs are selected. The coalbed methane content is large, the shale gas content up to 4 m^3/t, It has good geological and potential resources. Analysed the characteristics of coalbed methane, shale gas, tight sandstone gas exploration and development, combined with the status quo of coal exploitation in Xuanwei Yunnan. It is suggested that carry on the "three gas extraction" combined with the characteristics of reservoir system, it can realize the maximum value of geological resources and form a better production benefit, at the same time, it provides a new breakthrough for unconventional gas exploration in Yunnan province.

Keywords: Xuanwei Formation; three gas exploration; geological conditions; sedimentary facies; resources survey