

地质与矿产

陆相沉积盆地泥页岩含气量影响因素探讨

——以潍北凹陷为例

彭文泉, 廉永彪

(山东省第一地质矿产勘查院, 山东 济南 250014)

摘要:页岩气以游离态和吸附态赋存于泥页岩中, 泥页岩含气量的多少是页岩气资源潜力评价的重要指标, 也是勘查开发过程中最重要的制约因素。该文利用潍北凹陷大量实测数据, 分别建立泥页岩含气量与有机地化参数、储集物性参数、矿物成分等相关关系图, 探讨各参数与泥页岩含气量的相关性和影响因素。研究表明: 含气量与有机碳含量相关性最好, 相关强度达到中等正相关; 孔隙度与含气量无相关关系; 岩石密度与含气量、有机碳含量均具有中等程度的负相关。提出了间接获取泥页岩含气量的方法和手段, 为准确地评价页岩气资源潜力提供依据。

关键词:陆相盆地; 页岩气; 泥页岩; 含气量; 潍北凹陷

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

引文格式: 彭文泉, 廉永彪. 陆相沉积盆地泥页岩含气量影响因素探讨——以潍北凹陷为例[J]. 山东国土资源, 2017, 33(7): 25-30. PENG Wenquan, LIAN Yongbiao. Study on Influential Factors of Shale Gas Content in Non-marine Sedimentary Basins——Setting Weibei Sag as an Example[J]. Shandong Land and Resources, 2017, 33(7): 25-30.

0 引言

页岩气作为清洁新能源, 在北美已实现规模化商业化开发, 使美国从能源主要进口国变成能源出口国, 我国在南方涪陵焦石坝、长宁、威远等地已实现页岩气商业化勘探开发^[1-4]。随着我国能源进口依存度的不断增高^[5], 对页岩气勘查开发的重视程度与日俱增。

美国页岩气勘查、开发起步于上世纪 80 年代, 美国开发的 Lewis、Ohio、Antrim、New Albany、Barnett^[6-9] 为白垩纪—泥盆纪地层, 我国南方页岩气富集地层为寒武系—志留系, 与美国一致为海相沉积地层^[10-11]。其特点是地层分布范围广, 岩性横向变化慢。山东省页岩气主要赋存于陆相沉积盆地内, 陆相沉积地层非均质性强, 纵横相变化大, 确定含气量的主要影响因素, 可以提高页岩气资源潜力评价精度, 同时提供便捷的参数获取方法。

潍北凹陷为山东省新生代陆相沉积的代表性盆

地, 利用潍北凹陷大量实测数据分别建立含气量与有机地化参数、储集物性参数、矿物成分之间的相关关系图, 探讨各参数与含气量的相关性和影响因素, 明确泥页岩含气量的主要影响因素, 为页岩气资源潜力估算提供依据。

1 含气量的获取方法

1.1 现场实验获取

解析法是测量泥页岩含气量的最直接方法^[12], 现场实验获取的泥页岩含气量为解析气量、损失气量和残余气量之和^[13-15]。其中, 解析气量是从钻井取出岩心后, 短时间内封入解析罐内, 测量在地层温度下从岩心中释放的气量; 损失气量是利用解析前期数据, 采用回归方程计算出已损失或散逸的气量; 残余气量是解析完毕的岩心粉碎后所释放的气量。将解析气量、损失气量、残余气量之和折算到温度 20℃、压力 101.325kPa 下单位质量岩石中的含气量, 即为解析法获取的泥页岩含气量。

收稿日期: 2017-01-11; 修订日期: 2017-02-19; 编辑: 曹丽丽

基金项目: 山东省国土资源厅, 山东省页岩气成矿条件研究和资源潜力预测(鲁勘字[2013]1号); 山东省国土资源厅, 昌潍拗陷页岩气资源潜力调查评价(鲁勘字[2013]2号)

作者简介: 彭文泉(1979—), 男, 山东齐河人, 高级工程师, 主要从事水工环地质及页岩气勘查工作; E-mail: heshang7474@sina.com

1.2 实验室获取

实验室通过获取泥页岩最大吸附气量和游离气量之和来求取含气量。

(1) 游离气量:通过试验获取样品的孔隙度、含水饱和度和含油饱和度,孔隙中除去含水饱和度、含油饱和度为含气饱和度,利用公式(1)(2)求取样品原温压下的游离气量。

$$V_{\text{游}} = (\varphi \times S_{\text{gi}}) / (\rho \times B_g) \quad (1)$$

$$B_g = (P_{\text{sc}} \times Z_i \times T) / (P_i \times T_{\text{sc}}) \quad (2)$$

式中: $V_{\text{游}}$ —游离气量(m^3/t); φ —孔隙度(%); S_{gi} —含气饱和度(%); ρ —岩石密度(t/m^3); B_g —体积系数(无量纲); P_{sc} —地面标准压力(MPa); Z_i —原始气体偏离系数(无量纲); T —地层温度(K); P_i —原始地层压力(MPa); T_{sc} —地面标准温度(K)。

(2) 吸附气量:将泥页岩粉碎成 60~80 目颗粒,测量地层温度、不同压力下吸附气量数据,获取 Langmuir 体积 V_L 和 Langmuir 压力 P_L ,根据兰格缪尔(langmuir)方程(3),求取样品所在地层温压条件下的饱和吸附气量,该值为理论最大值^[16]。

$$V_{\text{吸}} = (V_L \times P) / (P_L + P) \quad (3)$$

式中: $V_{\text{吸}}$ —吸附气量(m^3/t); V_L —Langmuir 体积(cm^3/g); P_L —Langmuir 压力(MPa); P —地层实际压力(MPa)。

1.3 含气量的可靠性分析

现场解析实验获取含气量的准确性取决于设备的精度和操作的规范程度,在设备和操作人员达到标准要求的前提下,认为获取的含气量值为真实值。实验室获取的含气量值由两部分组成,其中游离气的获取是大家认可的。通过等温吸附试验获取的吸附气量是样品在理想状态下的最大吸附气量^[17],获取的吸附气量一般是解析法获得含气量的 2~3 倍,进一步印证了在天然条件下很难达到理想纯度的气体,岩石并非达到饱和吸附状态。相对实验室获取的含气量,现场解析获取的值更加可靠,因而利用解析法获取的含气量数据进行对比分析。

2 有机地化

2.1 有机碳含量

根据北美页岩气勘探开发成功经验,不同类型的有机质生烃潜量不同,I型、II型干酪根生烃潜量大;相同有机碳含量和干酪根类型,不同演化阶段生

油气量不同。潍北凹陷以 II 型干酪根为主,选取埋深 3 000~3 095 m,镜质体反射率在 1.25%~1.40% 之间的含气量与有机碳含量相对应的数据。

有机碳含量的多少直接影响了岩石的吸附能力,从图 1-a 有机碳含量与含气量关系来看,有机碳含量与含气量正相关,相关性为中等相关。与北美页岩中有机碳含量和页岩含气量具有较好的正相关是一致的^[7-8]。

2.2 镜质体反射率

镜质体反射率是表征有机质成熟度的良好指标,镜质体反射率的大小直接反映了有机质演化成熟的阶段。通过建立镜质体反射率与含气量的关系图 1-b 可看出,成熟度与含气量相关性极差,不能通过有机质成熟度来推断岩石含气量的多少,但不相同演化阶段的相同有机质,在生气量上存在差别。

2.3 生烃潜量

生烃潜量是指有机质已生成烃和剩余能生成烃的总量。 S_1+S_2 认为是已生成液态烃和剩余有机质还能生成的最大烃量。其代表有机质生成烃的能力,与含气量建立关系图 1-c 显示无相关性。

2.4 氯仿沥青“A”

氯仿沥青“A”是有机质生成液态烃的量,是表征生烃量的一项重要指标,其与含气量无相关性(图 1-d)。

3 储集物性

3.1 孔隙度

孔隙度是影响游离气量的关键因素,泥岩孔隙越发育,页岩气富集程度越高^[18]。在含气饱和度一定的情况下,游离气量随孔隙度的增高而增大。随着孔隙度的增加,页岩气与有机质或粘土矿物接触的表面积也随之增大,有利于气体的吸附。潍北凹陷测试孔隙度为 4.27%~8.67%,图 2-a 显示孔隙度与含气量无相关性,说明孔隙中赋存的游离气不占主导地位。

3.2 渗透率

泥页岩的渗透率一般极低,潍北凹陷测试渗透率为 0.008~0.096 6 mD。从建立的渗透率与含气量相关来看(图 2-b),二者不存在相关性。

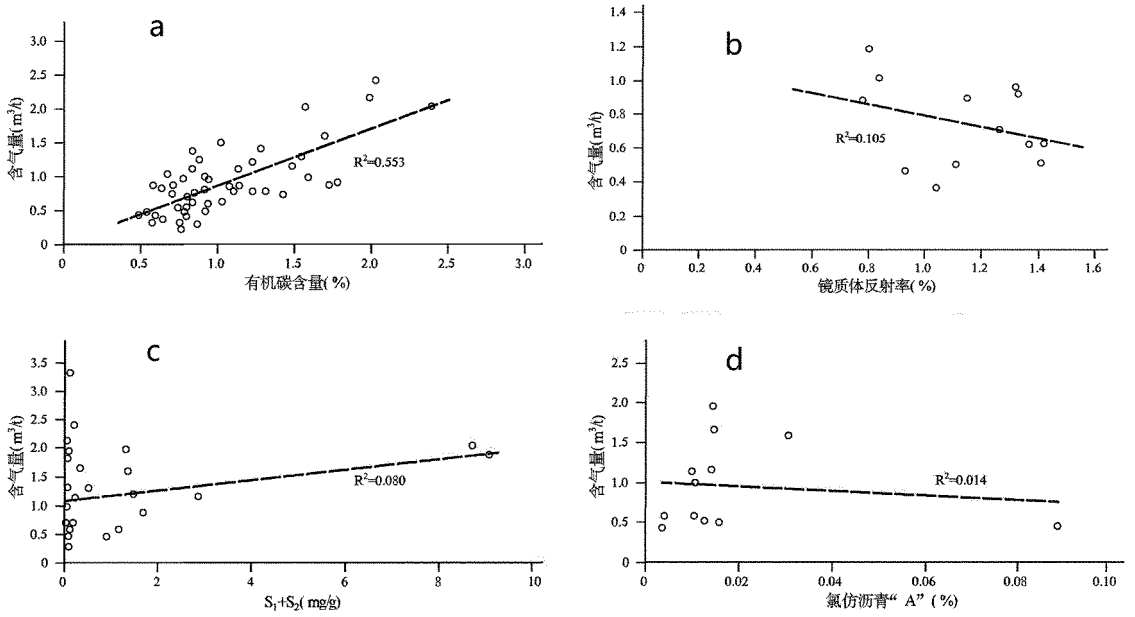


图 1 含气量与有机地化参数关系图

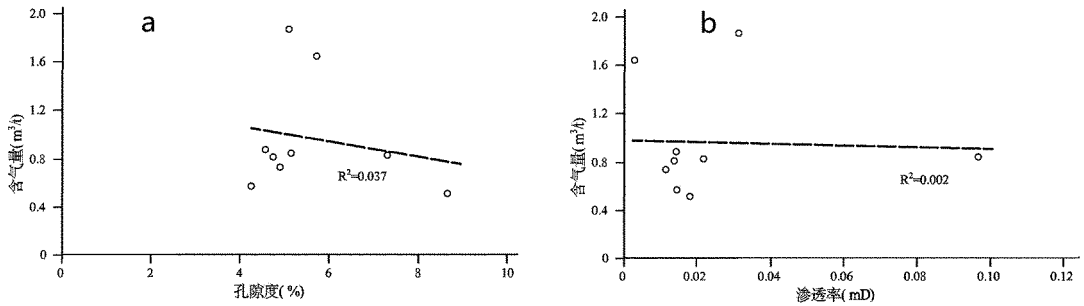


图 2 含气量与孔隙度、渗透率关系图

3.3 岩石密度

潍北凹陷测试获取泥页岩密度在 2.60~2.75 m³/t, 建立泥页岩密度与对应的含气量关系图, 从图 3-a 可以看出岩石密度与含气呈中等负相关, 即随

着岩石密度的增加, 泥页岩含气量降低。图 3-b 显示泥页岩密度随有机碳含量的减小而增大。岩石密度增大时, 有机碳含量减少, 吸附气量随之减小, 导致含气量的减小, 说明该区页岩气以吸附态为主。

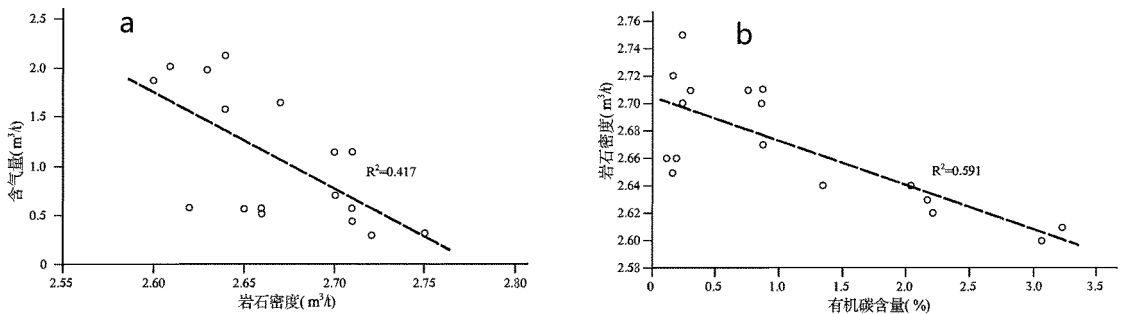


图 3 岩石密度与含气量、有机碳含量关系图

4 矿物成分

4.1 脆性矿物

脆性矿物为天然孔隙、裂缝提供有效支撑,同时随着脆性矿物含量的增加,有利于在外力作用下形

成诱导裂缝。

淮北凹陷泥页岩中脆性矿物以石英、长石、方解石、白云石、黄铁矿、菱铁矿为主。脆性矿物总含量在33.6%~65.2%之间,建立主要脆性矿物与含气关系图显示(图4),脆性矿物与含气量无相关性。

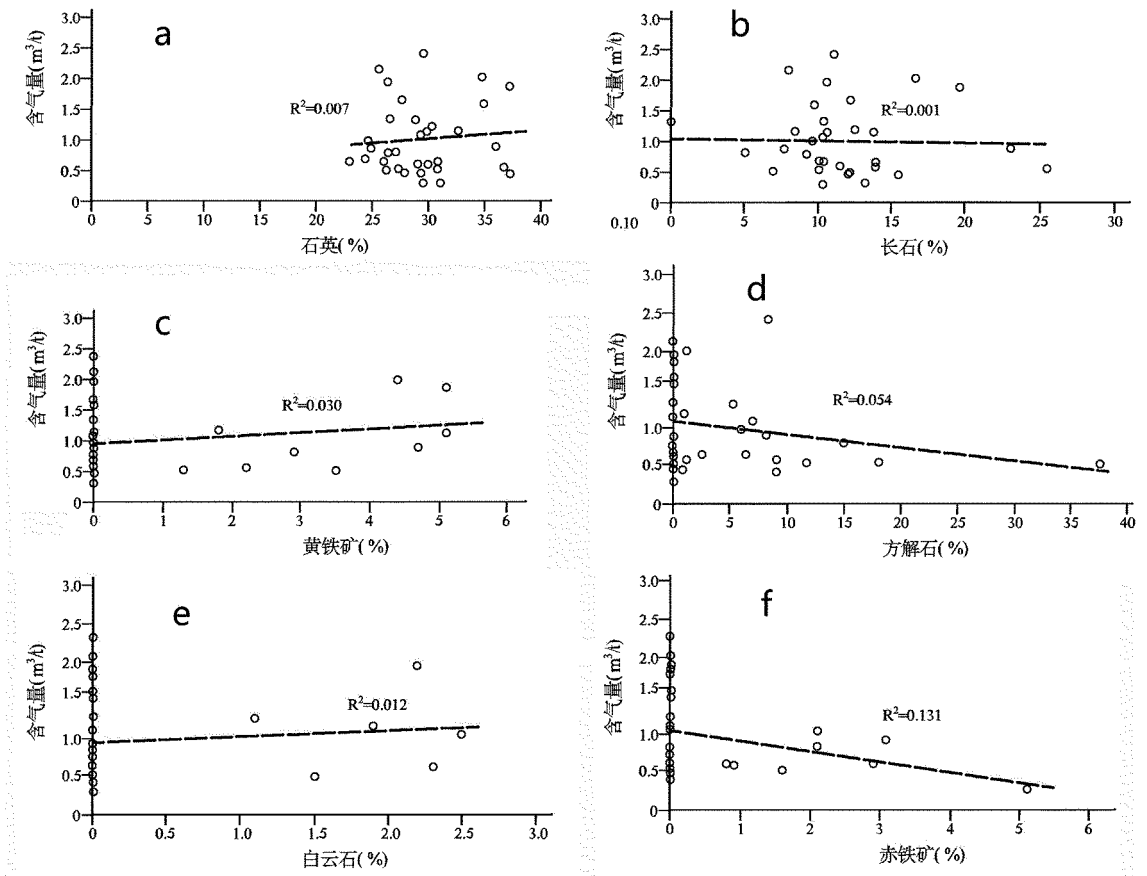


图4 含气量与脆性矿物关系图

4.2 粘土矿物

泥页岩中不仅有机质具有吸附甲烷的能力,粘土矿物亦具有对甲烷的一定吸附能力。

淮北凹陷x射线衍射测试粘土矿物含量为34.8%~66.4%,粘土矿物以伊蒙混层、伊利石、高岭石、绿泥石为主。分别建立伊蒙混层、高岭石、伊利石、绿泥石与含气关系图(图5-a、图5-b、图5-d),可以看出,伊蒙混层、高岭石、绿泥石与含气量相关性极差;伊利石与含气量呈负弱相关关系(图5-c)。因蒙脱石对甲烷的吸附能力最大^[19-20],推测与特定条件下蒙脱石向伊利石转化有关。

5 结论

通过将含气量与有机地化参数、储集物性参数、矿物成分等分别建立关系图,综合分析后认为:

(1)含气量与有机碳含量相关性最好,相关强度达到中等正相关,有机碳吸附气量是影响有机碳含量与含气量相关性的关键因素。说明吸附气量在泥页岩含气量中占主导地位。

(2)孔隙度与含气量无相关关系,说明孔隙中赋存的游离气在泥页岩含气量中不占主导地位。

(3)岩石密度与含气量、有机碳含量均具有中等程度的负相关,说明岩石密度与含气量相关的关联因素为有机碳含量。

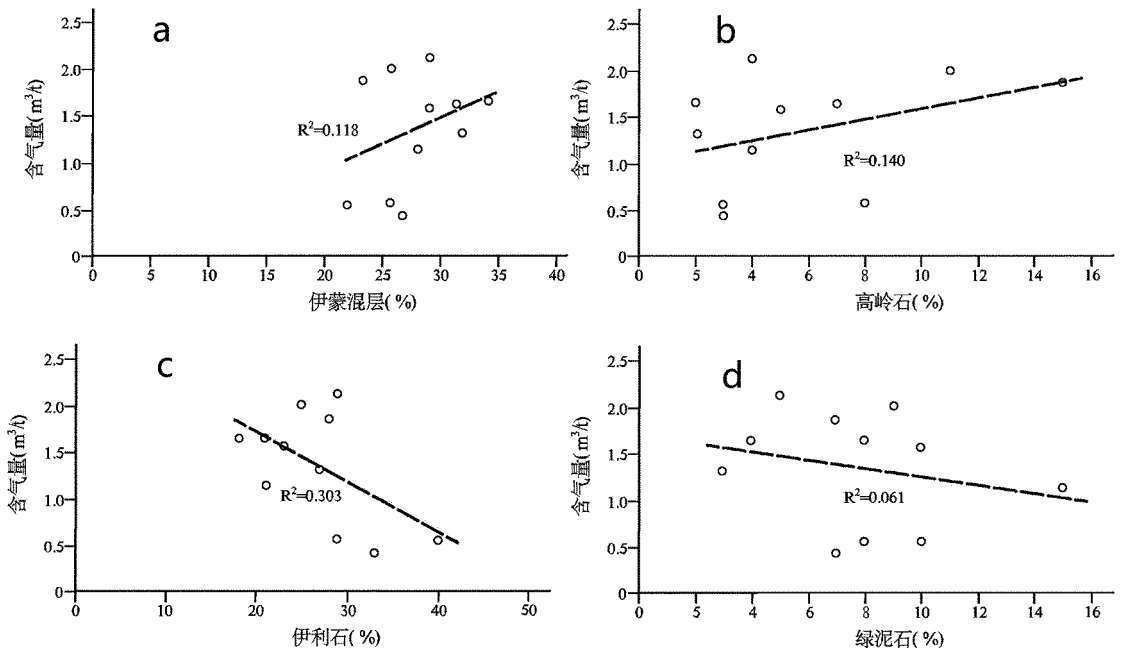


图5 含气量与粘土矿物关系图

(4)将来在淮北凹陷页岩气勘查工作中,以密度与有机碳含量、含气量的相关关系为基础,通过测井数据建立岩电关系,获取连续、准确的页岩气评价参数数据,提高页岩气资源量潜力评价精度。

参考文献:

- [1] 石文睿,张超谟,张占松,等.涪陵页岩气田焦石坝页岩气储层含气量测井评价[J].测井技术,2015,39(3):357-362.
- [2] 郭彤楼,张汉荣.四川盆地焦石坝页岩气田形成与富集高产模式[J].石油勘探与开发,2014,41(1):28-36.
- [3] 李晓天,潘仁芳,鄢杰,等.四川盆地长宁-威远页岩气示范区下志留统龙马溪组泥页岩吸附特征及影响因素分析[J].海相油气地质,2016,21(4):60-66.
- [4] 张增奇,田京祥,张春池,等.国内外页岩气研究进展及山东省页岩气资源潜力[J].山东国土资源,2012,28(10):1-6.
- [5] 董桂才.我国进口市场结构及其依赖性研究[J].内蒙古财经大学学报,2015,13(3):6-11.
- [6] 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):1-6.
- [7] BOWKER K A. Barnett Shale gas production, Fort Worth Basin: issues and discussion[J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 523-533.
- [8] 印斌浩,吴丹丹,徐建永,等.琼东南盆地崖北凹陷构造特征及其对油气成藏的影响[J].地质学刊,2016,40(1):142-148.
- [9] Curtis J B. Fractured shale - gas systems [J]. AAPG Bulletin.

2002,86(11):1921-1938.

- [10] 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.
- [11] 李玉喜,聂海宽,龙鹏宇.我国富有机质泥页岩发育特点与页岩气战略选区[J].天然气工业,2009,(12):115-118.
- [12] GB/T0254-2014.页岩气资源/储量计算与评价技术规范[S].
- [13] 秦晓艳.页岩含气量中损失气确定方法浅析[J].地下水,2015,37(1):231-232.
- [14] 李玉喜,乔德武,姜文利,等.页岩含气量和页岩气地质评价综述[J].地质通报,2011,30(2~3):308-317.
- [15] 张作清,孙建孟,龚劲松,等.页岩气储层含气量计算模型研究[J].岩性油气藏,2015,27(6):5-14.
- [16] 王之跃,彭文泉,宋昭睿,等.页岩气现场解析气量影响因素探讨——以淮北凹陷昌页参1井为例[J].山东国土资源,2015,31(9):22-25.
- [17] 冀昆,毛小平,凌翔,等.页岩饱和含气量的计算机应用[J].江汉石油职工大学学报,2013,26(2):4-9.
- [18] 陈更生,董大忠,王世谦,等.页岩气藏形成机理与富集规律初探[J].天然气工业,2009,29(5):1-5.
- [19] 吉利明,邱军利,张同伟,等.泥页岩主要粘土矿物组分甲烷吸附实验[J].地球科学——中国地质大学学报,2012,37(5):1043-1050.
- [20] 彭文泉.淮北凹陷孔店组二段页岩气资源潜力分析[J].山东国土资源,2016,32(11):36-39.

Study on Influential Factors of Shale Gas Content in Non – marine Sedimentary Basins

——Setting Weibei Sag as an Example

PENG Wenquan, LIAN Yongbiao

(No.1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Shale gas occurred in shale with the form of free and adsorb. Gas content is not only an important index for shale gas resource potential evaluation, but also a restriction factor in the process of shale gas exploration and development. In this paper, correlation diagram of shale gas content and organic geochemical parameters, reservoir physical parameters, mineral composition has been set up by using a large number of measured data of Weibei sag. According to the above curves or number, the relationship and influencing factors between various parameters and shale gas content have been discussed. It is showed that the correlation between gas content and organic carbon content is the best, and the correlation intensity is moderately positive. Porosity and gas content are not related; rock density is negatively correlated with gas content and organic carbon content. Indirect ways and means for acquiring the gas content of the shale has been put forward. It will provide the basis for correctly evaluating shale gas resource potential.

Key words: Non – marine basins; shale gas; shale; gas content; Weibei sag

(上接第24页)

Analysis on Coal Facies of Xishanyao Coal Strata in Eastern Mining Area of Zhundong Coalfield in Xinjiang Uygur Autonomous Region

ZHANG Yuhang, WANG Deli

(1. Comprehensive Geological Exploration Team of Xinjiang Coal Geological Bureau, Xinjiang Urumqi 830009, China; 2. Coalbed Gas Research and Development Center of Xinjiang Coalfield Geology Bureau, Xinjiang Urumqi 830091, China)

Abstract: Based on the theory of sedimentology, coal petrology and coal petrography, using the coal facies classification parameter, coal facies types have been analyzed. According to coal and rock macroscopic and microscopic characteristics of coal strata, it is summarized that the coal forming environment is a relatively dry forest swamp. According to the vertical coal facies parameters change, the study area is divided into three types of coal facies: dry forest swamp, wetland forest swamp I and wetland forest swamp II. Single coal swamp types are generally lower for shallow overburden water forest or swamp wetland forest swamp transition to dry up the forest swamp. It represents the peat swamp environment gradually become dry, wet water level becomes shallow gradually. It will provide the theory basis for coal strata contrast and the recognition of coal accumulating law.

Key words: Coal facies analysis; Xishanyao formation; eastern Junggar coalfield; Xinjiang