

非常规油气勘探领域泥页岩综合分类命名方案探讨

郝运轻, 谢忠怀, 周自立, 田方, 滕建彬, 李博

(中国石化股份胜利油田分公司地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要:页岩油气分类评价中细化泥页岩特征是基础, 统一室内鉴定和录井现场岩性定名的对应关系非常必要。在济阳拗陷古近系和新近系页岩油气勘探实践的基础上, 调研收集了北美及中国多个地区代表性泥页岩段与岩石组成有关的资料, 并进行了类比及对比分析, 明确了泥页岩相关术语的含义。针对当前泥页岩分类不一、含义交叉或覆盖、石油行业术语难以全面反映页岩油气赋存层段岩性特征的现状, 按照岩石学分类命名基本原则, 提出了泥页岩室内鉴定综合分类命名方案, 建议录井现场细化油泥岩和油页岩的分类, 并明确了2种方案的对应关系。该方案能够满足页岩油气勘探分类评价的要求, 又选择性地保留了“油泥”、“油页”等传统行业术语, 既有传承, 又有发展, 便于理解和使用, 且可操作性强。

关键词:非常规油气勘探 泥页岩 岩石学特征 岩石分类 济阳拗陷

中图分类号: TE111.3

文献标识码: A

文章编号: 1009-9603(2012)06-0016-04

作为非常规油气资源, 页岩气在北美地区的勘探开发取得了巨大成功^[1], 引发了全球对页岩气的关注。页岩气中的“页岩”泛指主体为暗色或高碳泥页岩的烃源岩地层^[2-3]。如Barnett页岩即由多种岩石类型组成, 主要为硅质泥岩、泥质灰岩和泥质粒屑灰岩^[4]。随着页岩气研究的深入, 应该对页岩油气资源进行分类评价^[5-7]。首先须落实“页岩”的岩石类型, 掌握其岩石组成, 明确不同岩性与油气富集程度的相关性以及与产能相关的可压裂性。目前泥页岩分类^[8-17]存在术语众多、标准不一、含义模糊或相互交叉等现象。笔者立足济阳拗陷古近系和新近系页岩油气勘探实践, 在中外资料调研、对比的基础上, 提出了非常规油气勘探领域泥页岩综合分类命名方案, 以期能够客观、全面地反映页岩油气赋存层段的岩性特征, 有效服务于页岩油气勘探。

1 概念简析

1.1 泥岩和页岩

广义的泥岩即通常所说的泥岩^[8-11, 18], 包括块状泥岩和层状页岩, 可笼统称为泥页岩, 是由泥级颗粒组成的碎屑沉积岩。泥级颗粒既包括泥级的石英、长石等陆源碎屑, 也包括高岭石、蒙脱石、伊利

石等粘土矿物, 岩石定名中的泥质即泛指这些泥级颗粒。广义泥岩中可混入粉砂等相对大粒级碎屑, 也可混含方解石、白云石等(生物)化学沉积物, 随着混入物含量增加, 相应向其他岩石类型过渡。狭义的泥岩特指块状泥质岩。

页岩气和页岩油气中的“页岩”为模糊概念, 泛指聚集天然气或油气的烃源岩, 该类地层由不同岩石类型构成, 包括泥岩、页岩及灰质泥岩、灰质页岩、泥质灰岩、粉砂质泥岩等过渡岩性, 甚至灰岩、云岩及粉砂岩等其他岩石类型。

1.2 粘土和粘土岩

广义的粘土为泥级颗粒组成的细粒沉积物, 既包括泥级的石英、长石等陆源碎屑, 也包括高岭石、绿泥石等粘土矿物; 这些细粒沉积物形成的岩石即为广义的粘土岩, 其概念与广义的泥岩通用^[13-15]。狭义的粘土指主要由粘土矿物组成的细粒沉积物, 形成的沉积岩即为狭义的粘土岩, 是广义泥岩或粘土岩中的一类。

2 岩石学特征

2.1 岩石类型及构造特征

中外调研资料及济阳拗陷古近系和新近系页岩油气勘探实践证实, 蕴含页岩油气的烃源岩岩石

收稿日期: 2012-09-12。

作者简介: 郝运轻, 女, 高级工程师, 从事岩矿鉴定及储层综合研究。联系电话: (0546)8715357, E-mail: haoyunqing.slyt@sinopec.com。
基金项目: 中国石化科研攻关项目“济阳拗陷页岩油富集条件与有利区预测”(P12062)。

类型多样,总体可分为泥岩、碳酸盐岩、粉砂岩及砂岩3大类,岩心常见水平层理或块状构造,镜下观察定向特征明显。

Fort Worth盆地Barnett页岩^[4]由多种岩石类型组成,主要可分为块状一层状硅质泥岩、层状泥质灰岩和含生物骨架的泥质粒屑灰岩3类。济阳坳陷沙四段上亚段—沙三段下亚段泥页岩段普遍含灰质,岩石类型以泥岩、灰岩及二者之间的过渡岩性为主,少量泥岩和粉砂岩石类型过渡岩性及泥岩和白云岩之间的过渡岩性;构造类型以纹层状构造及层状构造为主,块状构造较少,纹层类型主要有泥质纹层、富含有机质纹层、灰质纹层、云质纹层、泥质和碳酸盐矿物混合形成的纹层等。

2.2 矿物组成

页岩油气产层矿物组成^[4,19-25]主要可分为粘土矿物、碳酸盐矿物和陆源碎屑矿物3类,其次见黄铁矿等自生矿物。北美地区页岩气产层^[19-23]主要为泥盆系和石炭系海相页岩,全岩矿物组成以粘土矿物含量低(一般小于25%)、石英含量高(一般大于50%)为特征;其次为中生界页岩,全岩矿物组成则以粘土矿物含量低、石英和碳酸盐岩含量高为特征。中国页岩海陆相并存,单层厚度大、发育层位多、分布面积广、热演化程度高、后期改造剧烈,页岩气形成条件好^[24-25];岩石主要组分包括泥质、碳酸盐矿物、粉砂及砂质3大类,而松辽盆地中生界青山口组泥页岩以混含较多火山物质为特征。

济阳坳陷沙四段上亚段—沙三段下亚段泥页岩全岩矿物组成主要为方解石、粘土矿物及石英碎屑(图1),其次为白云石、斜长石、钾长石、黄铁矿及菱铁矿等。其中,东营凹陷泥页岩陆源碎屑及粘土矿物含量主要为10%~50%,碳酸盐矿物含量主要为5%~80%;沾化凹陷罗家地区泥页岩以碳酸盐矿物含量高为特征,一般大于50%,陆源碎屑和粘土矿物含量分别为15%~30%和10%~40%。

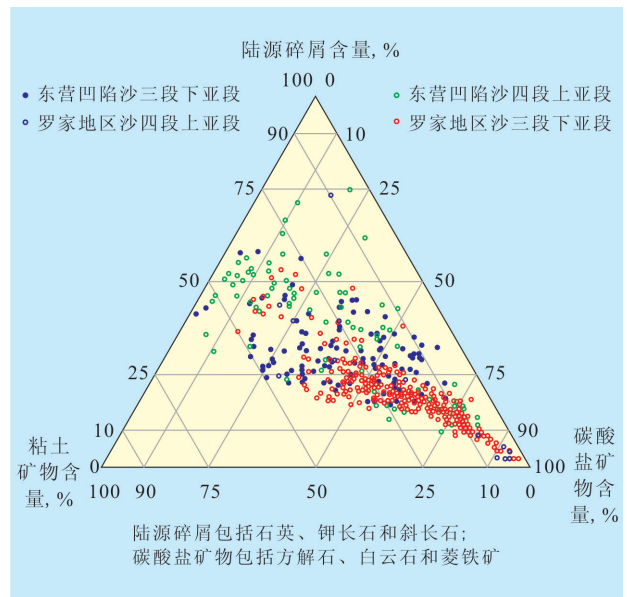


图1 济阳坳陷沙河街组泥页岩全岩矿物组成

3 泥页岩综合分类命名

泥页岩矿物组分的相对含量、结构及宏观构造特征,是细分岩石类型的基础。岩石学分类命名一般遵循成因—结构构造—矿物成分依次递进的原则^[9,12-14,26],针对非常规油气勘探领域泥页岩的特征,提出了室内鉴定分类方案及步骤,并相应地提出录井现场或者岩心、露头观察岩石命名的建议。

3.1 室内鉴定分类方案

泥页岩常常混入其他组分,进而向其他岩石类型过渡。在沉积成因限制下,泥页岩分类重点考虑其岩石组成及结构,并综合岩石颜色、构造类型及有机质特征,形成多要素岩石综合分类方案(表1)。岩石颜色能在一定程度上反映氧化或者还原环境;构造类型可以反映岩石沉积时水动力情况及沉积速度;有机质能够反映气候条件及水体营养度;矿物组成是陆源输入—沉积作用及(生物)化学

表1 泥页岩多要素综合分类命名方案

岩石颜色	构造类型	有机质	结构—成分命名		
			泥质含量, %	xx质含量, %	岩石类型
黑色	块状	含炭屑	>90	<10	泥岩
深灰色	层状	富含炭屑	75~90	10~25	含xx质泥岩
灰褐色	纹层状	含有有机质	50~75	25~50	xx质泥岩
浅灰色	页状	富含有机质	25~50	50~75	泥质xx岩
.....			10~25	75~90	含泥质xx岩
			<10	>90	xx岩

注:xx质包括方解石、白云石、砂质、黄铁矿等,xx岩包括灰岩、白云岩、粉砂岩、砂岩、硬石膏岩等。

沉积作用共同作用的结果,矿物结构可提供离岸远近及成岩环境等信息。

3.2 镜下鉴定

室内岩性鉴定首先对手标本进行观察,宏观把握颜色、构造特征及其变化信息,然后有针对性地进行镜下观察及岩性定名。

3.2.1 成分分类

根据泥页岩主要矿物组分,采用泥质—粉砂—碳酸盐三端元图解可基本反映各岩石类型(图2)。结合表1,可确定泥页岩段端元岩石类型主要为泥岩、粉砂岩及砂岩、灰岩及白云岩(未列出组分占主要地位时,须将其命为主名);随着混入组分含量的增加,则形成过渡岩石类型,复杂过渡岩石类型可以根据3组分的相对含量以“少前多后”的原则命名。

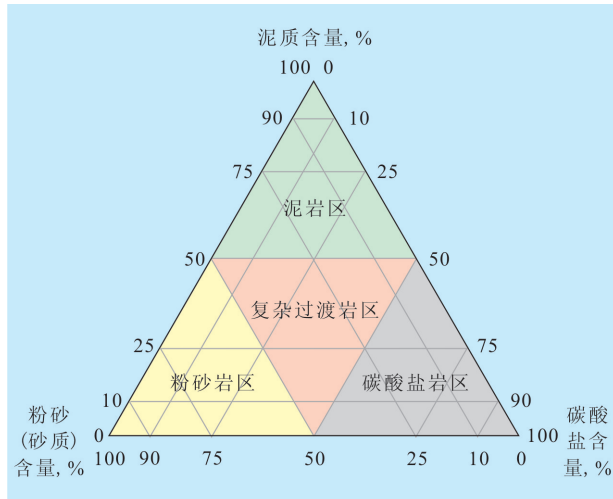


图2 泥页岩分类矿物组成三端元图解

3.2.2 结构特征

不同岩石组分的结构特征可以反映矿物类型、沉积水动力条件或者成岩变化。如:定向性强的鳞片状泥质主要为粘土矿物组成;隐晶方解石一般认为系原生或者准原生成因,亮晶碳酸盐则往往是重结晶的结果。

3.2.3 有机质特征

有机质是烃源岩的重要表征组分,其类型、含量及赋存状态是页岩油气评价的重要依据。偏光显微镜下可根据形态及类型将岩石基质有机质分为I型和II—III型,前者以炭屑笼统称之,后者以有机质笼统称之;暂时以2%和4%为界,相应以“含xx”和“富含xx”为前缀定名。

3.2.4 构造特征

在济阳拗陷页岩油气勘探实践的基础上,借鉴文献[12-14]中微层(厚度小于0.01 m)、薄层(厚度

为0.1~0.01 m)、细层(厚度小于1 mm)、纹层(即细层)等概念及厚度界限,将构造类型划分为层状、纹层状、页状和块状4类。层状构造的层理厚度多大于1 mm;纹层状构造的层理多小于1 mm,然而,当相邻层成分差异大,如泥质纹层与亮晶方解石纹层互层时,岩石黑白相间互层特征明显,层厚虽超过1 mm,亦归属为纹层状构造;页状构造系纹层状构造的特例,单层薄、易顺层剥离成片;块状构造岩石成分较均匀或相互混杂,是悬浮物快速堆积、沉积物来不及分异、或重力流堆积而形成的。

3.2.5 综合描述

在岩石各项特征观察及参数测量的基础上,对其进行了综合描述,与SY/T 5368—2000^[18]相比,定名前缀增加了颜色、构造及有机质特征等描述内容。

3.3 室内与录井现场定名的对应关系

由于方法和手段不同,室内岩性定名与录井现场岩性定名往往存在差异。以罗69井2 911.00~3 140.75 m系统取心段为例,录井现场定名有5种:油泥岩、泥岩、油页岩、灰质油泥岩、灰质泥岩,油泥岩和油页岩段的确定能有效服务于烃源岩研究及地层对比,但过于简单,不利于页岩油气的分类评价;室内定名则较为精确,能更为全面和客观地反映岩石组构特征,有利于非常规页岩油气分类评价。但岩石主名的前缀变化多,对“油泥岩”、“油页岩”段的细化分解不利于传统对比。因此,有必要确定这2种定名方案的对应关系。

通过分析室内、录井现场定名的差异性及产生原因、某些岩石类型之间的对应关系,借鉴录井现场对泥岩、页岩、油泥岩、油页岩的分类经验,客观对待油泥岩和油页岩矿物组成变化多样、不能单纯归属泥岩和页岩的事实,从服务非常规页岩油气勘探开发的出发点,以泥岩—灰岩系列为例,室内鉴定岩性与录井现场定名对应关系如表2所示,并建议录井根据岩石矿物组成将笼统的油泥岩及油页岩细化,表2中的油泥岩及油页岩均归属狭义范畴,对应传统研究中的最优质烃源岩。

无论室内鉴定还是现场录井,岩石命名均采用综合(复合)法,如室内命名的页状富含有机质灰岩,录井可根据荧光强度,分别对应油页灰岩和页灰岩。尊重传统录井将广义泥岩划分为狭义泥岩(块状构造)和页岩(层理发育)2类,方案中所谓块状构造的块可以省略,如室内命名的块状富含有机质灰岩,录井可根据荧光强度,分别对应油灰岩和灰岩,而非油块灰岩和块灰岩。

表2 泥岩—灰岩系列综合分类命名方案

室内鉴定综合分类命名					录井综合分类命名(建议)			
构造	有机质	结构—成分命名			岩石基质 荧光性	构造	成分	综合定名
		泥质含量,%	灰质含量,%	岩石类型				
页状		>90		泥岩	(油)	页状	泥岩	(油)页岩
	含炭屑	10~25	75~90	含灰质泥岩	(油)	页状	灰质泥岩	(油)页灰质泥岩
	含有机质	50~75	25~50	灰质泥岩	(油)	页状	泥质灰岩	(油)页泥质灰岩
	富含炭屑	25~0	50~75	泥质灰岩	(油)	页状	灰岩	(油)页灰岩
	富含有机质	10~25	75~90	含泥质灰岩	(油)	页状	泥岩	(油)页岩
			>90	灰岩	(油)	页状	灰岩	(油)页灰岩
			>90	泥岩	(油)	页状	泥岩	(油)页岩
			>90	泥岩	(油)	页状	灰质泥岩	(油)页灰质泥岩
纹层状	含炭屑	10~25	75~90	含灰质泥岩	(油)	页状	灰质泥岩	(油)页灰质泥岩
	含有机质	5~75	25~50	灰质泥岩	(油)	页状	泥质灰岩	(油)页泥质灰岩
	富含炭屑	25~50	50~75	泥质灰岩	(油)	页状	灰岩	(油)页灰岩
	富含有机质	10~25	75~90	含泥质灰岩	(油)	页状	泥岩	(油)页岩
			>90	灰岩	(油)	页状	灰岩	(油)页灰岩
			>90	泥岩	(油)	块状	泥岩	(油)泥岩
			>90	泥岩	(油)	块状	灰质泥岩	(油)灰质泥岩
			>90	灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
层状	含炭屑	10~25	75~90	含灰质泥岩	(油)	块状	灰质泥岩	(油)灰质泥岩
	含有机质	50~75	25~50	灰质泥岩	(油)	块状	泥质灰岩	(油)泥质灰岩
	富含炭屑	25~50	50~75	泥质灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
	富含有机质	10~25	75~90	含泥质灰岩	(油)	块状	泥岩	(油)泥岩
			>90	灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
			>90	泥岩	(油)	块状	泥岩	(油)泥岩
			>90	泥岩	(油)	块状	灰质泥岩	(油)灰质泥岩
			>90	灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
块状	含炭屑	10~25	75~90	含灰质泥岩	(油)	块状	灰质泥岩	(油)灰质泥岩
	含有机质	50~75	25~50	灰质泥岩	(油)	块状	泥质灰岩	(油)泥质灰岩
	富含炭屑	25~50	50~75	泥质灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
	富含有机质	10~25	75~90	含泥质灰岩	(油)	块状	泥岩	(油)泥岩
			>90	灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩
			>90	泥岩	(油)	块状	泥岩	(油)泥岩
			>90	泥岩	(油)	块状	灰质泥岩	(油)灰质泥岩
			>90	灰岩	(油)	块状	灰岩	(油)灰岩

注:陆源组分参与定名时要明确粒级,灰岩岩石类型定名要体现结构。

4 结束语

随着非常规油气勘探的发展,针对页岩油气勘探开发,细化泥页岩特征研究、统一岩石学术语势在必行。关于泥页岩的室内鉴定综合分类命名方案、建议现场录井综合分类命名方案及二者的对应关系方案,能够适应页岩油气勘探分类评价的要求,又保留了“油泥”、“油页”等传统行业术语,有传承,有发展,室内和录井对应关系明了,便于使用,可操作性较强。

致谢:中国石化股份胜利油田分公司地质科学研究院岩心室、地层室、地化室、开发实验室等相关人员为岩心分析化验付出了辛苦劳动,中国石化集团胜利石油管理局录井公司慈兴华、杨庆宝、李云新、牛强等高级工程师及张书同首席技师交流现场录井技术及经验,王永诗、刘惠民、赵铭海、王学军

等教授级高级工程师对文章进行了审阅并提出修改意见,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 张林晔,李政,朱日房.页岩气的形成与开发[J].天然气工业,2009,22(1):124-128.
- [2] Scott L Montgomery, Daniel M Jarvie, Ken A Bowker, et al. Mississippian Barnett Shale, Fort Worth Basin, north-central Texas: Gas-shale play with multi-trillion cubic foot potential[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89(2): 155-175.
- [3] Curtis J B. Fractured shale-gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1 921-1 938.
- [4] Robert G Loucks, Stephen C Ruppel. Mississippian Barnett Shale, lithofacies and depositional setting of a deep-water shale-gas succession in the Fort Worth Basin, Texas[J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 579-601.
- [5] 聂海宽,何发岐,包书景.中国页岩气地质特殊性及其勘探对策[J].天然气工业,2011,31(11):111-116.
- [6] 卢双舫,黄文彪,陈方文,等.页岩油气资源分级评价标准探讨

(下转第24页)