

文章编号:0253-9985(2012)04-0541-04

致密油与页岩油的概念与应用

周庆凡,杨国丰

(中国石化 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:通过国内外大量的文献调研,了解和分析了致密油和页岩油术语的不同含义与应用情况,对比了它们之间的异同点,并提出了应用和完善致密油和页岩油概念的建议。致密油含义有广义与狭义之分;页岩油除用于指油页岩加工的石油外,其含义也有广义和狭义之分。致密油与页岩油异同点表现为3种情况:①致密油与页岩油概念完全不同,属于不同的非常规石油资源类型;②致密油与页岩油含义完全相同,可以互换使用;③致密油与页岩油概念既有关系,也有差别。在应用致密油和页岩油术语时,要遵循“尊重习惯、方便交流”的原则。致密油和页岩油有不同含义,不要只从字面上机械理解,要真正理解它们的实际内涵。对于致密油和页岩油术语使用中遇到的问题,应采取“不断完善,适时修正”的原则,不断完善致密油和页岩油术语的定义,使它们的定义和应用更加科学、规范,同时也要方便、适用和与国际接轨。

关键词:概念;致密油;页岩油;非常规资源

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Definition and application of tight oil and shale oil terms

Zhou Qingfan and Yang Guofeng

(SINOPEC Exploration & Production Research Institute, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on a thorough literature investigation and a detailed analysis of the meanings and applications of the tight oil and shale oil terms, this paper compares their similarities and differences, and presents suggestions for a better understanding and application of the two terms. Though shale oil also refers to the crude generated through processing kerogen from shale rocks, both terms bear broad and narrow senses when used to indicate the oil from shale or shale-like formations. The current usage of the two terms can be summarized and described in the following three scenarios: (1) They refer to different kinds of unconventional resources, therefore are regarded as totally different from each other; (2) They are thought to be identical and are used alternatively; (3) They are different but also inherently connected. It is suggested that when using the terms, we shall follow the rule of “showing respect to customs and facilitating communications” and try to understand fully their connotations and extensions instead of only reading the lines. To tackle problems encountered during using or understanding the terms, we also shall adapt the policy of “continuous perfecting and timely modification” so as to achieve a more objective definition of the terms. Meanwhile, their international applicability shall also be taken into consideration.

Key words: definition, tight oil, shale oil, unconventional resource

美国页岩气革命的成功使美国天然气产量快速增长,改变了美国能源市场,也影响了全球能源格局。受页岩气成功经验的启发和天然气价降低的影响,美国又把页岩气开发的新技术和经验引

入了开发曾被认为没有商业开采价值的低渗透页岩及相关层系中的石油资源,这种石油资源被称之为致密油(tight oil)或页岩油(shale oil)。致密油(页岩油)的开发在美国威利斯顿盆地巴肯组

收稿日期:2012-06-10。

第一作者简介:周庆凡(1962—),男,教授级高级工程师,油气发展战略与勘探规划部署。

(Bakken)率先取得成功,并不断向其他地区扩展,也取得了可喜的进展,导致此类油藏产量的大幅度增长,使美国扭转了连续二十多年石油产量下滑的颓势。从2009年开始,美国的石油对外依存度逐年降低,2011年已降至约45%^[1]。因此,像页岩气一样,美国致密油(页岩油)开发成功也引起我国的关注,页岩油、致密油也在成为热门话题。但是由于目前人们对页岩油、致密油的涵义有不同理解,所以在页岩油和致密油术语的使用上存在误解和争论,也给人们在这方面的研究和工作的带来了一些混乱和麻烦。那么页岩油和致密油究竟是什么涵义、它们有何异同呢?本文试图通过美国和加拿大主要能源机构、AAPG和SPE组织以及相关公共媒体等发表和收录的大量相关文献的调研,来了解和分析页岩油和致密油的涵义以及它们异同点,为正确理解和使用页岩油和致密油这两个术语提供帮助。

1 致密油(tight oil)

致密油是英文“tight oil”的中文译名,其英文同义词还有“tight light oil”。致密油(tight oil)作为一般性的描述词在20世纪40年代就出现在AAPG Bulletin杂志中,用于描述含油的致密砂岩^[2],与“tight gas”几乎同时出现,但是致密油作为一个专门术语,代表一种非常规油气资源,并有明确的定义则是近几年的事。尽管目前对致密油还没有一致认可的严格定义,不同机构和学者对致密油的定义也有差异,但是对致密油含义也形成一些共识,即致密油中原油的品质与常规油藏一致,都是属于成熟的原油,不同的是致密油储层致密,渗透性极差,用常规的技术不能经济开发,需要利用水平钻井和多段水力压裂等技术才能经济开采。综合文献调研来看,人们对致密油含义有两种理解:一是广义致密油;二是狭义致密油。

1.1 广义致密油

所谓广义致密油,是用致密油泛指蕴藏在具有低的孔隙度和渗透率的致密含油层中的石油资源,其开发需要使用与页岩气类似的水平井和水力压裂技术。目前大多机构、学者和媒体使用“致密油”这一术语多是指广义致密油,它包括了下文中的狭义致密油和狭义页岩油。如美国EIA在其

发布的《年度能源展望2012》报告中,对致密油的定义是“利用水平钻井和多段水力压裂技术从页岩或其他低渗透性储层中开采出的石油”^[3]。美国国家石油委员会(NPC)的一个研究组在其2011年9月发布的北美地区油气资源评价中有关致密油表述是:“一般来说,致密油蕴藏在那些埋藏很深,不易开采的沉积岩层中,这些岩层具有极低的渗透率(故而称其为“致密”);在有的致密油区,石油直接产自页岩层,不过大多数的致密油则是产自与作为烃源岩的页岩具有密切关系的砂岩、粉砂岩和碳酸盐岩”^[4]。加拿大自然资源协会(NRC)将产自页岩层系的石油称为致密轻质油(tight light oil)或致密页岩油(tight shale oil),它是蕴藏在渗透性极差的沉积岩中的石油资源,这类油藏中从地层流入井筒的油流受致密产层颗粒细、渗透性差的限制。在一些致密轻质油区,石油是直接产自页岩的,不过多数情况下致密油是产自作为源岩的页岩层系中的低孔渗性的粉砂岩、砂岩、灰岩和白云岩夹层。这类石油资源的产层物性相对很差,开发需要利用水平井和水力压裂技术^[5]。加拿大国家能源委员会(NEB)也认为致密油涵盖的范围要比页岩油(指狭义页岩油,见下文)大,除页岩油外还包括致密砂岩、粉砂岩、灰岩及白云岩等致密储层中的石油^[6]。加拿大非常规资源协会(CSUR)对致密油定义似乎更广,它明确把在已发现常规油田周边的含油区因为储层致密而未纳入常规油田产区的区域归属于致密油范畴,称之为“halo play”(边缘区带)。在这些边缘区带,石油通过应用水平井、水压裂等新技术得以开采。西加拿大盆地的Cardium组和Viking组就是属于这一类的致密油藏实例^[7]。我国学者贾承造等在其2012发表的“中国非常规油气资源与勘探开发前景”一文中,指出“致密油主要是指与生油岩层系互层共生或紧邻的致密砂岩、致密碳酸盐岩储集层中聚集的石油资源”^[8]。

1.2 狭义致密油

与广义致密油不同,狭义致密油与致密气(tight gas)对应,是指来自页岩之外的致密储层(如粉砂岩、砂岩、灰岩和白云岩等)的石油资源,它不包括广义致密油中的狭义页岩油那部分。目前北美地区大多致密油区带都可划归狭义致密油范畴。加拿大国家能源委员会(NEB)2012年在其

发布的“Tight oil developments in the Western Canada sedimentary basin”报告中,明确地把致密油(广义)划分为两个主要类型^[6]:1)在作为源岩的页岩中的石油资源,与页岩气相似,通常称其为页岩油(shale oil)。由于页岩的渗透性差,且其中的微孔隙常不能很好的连通,故页岩油藏的储层物性很差。2)从源岩中排出,并运移至附近或远处的致密砂岩、粉砂岩、灰岩或白云岩等地层中的石油资源,与致密气(tight gas)类似,但这类油藏的储层物性比页岩的好很多。其中第一类就下文将提到的狭义页岩油,第二类就是狭义的致密油。加拿大非常规资源协会(CSUR)对致密油进一步细分中也有类似描述,其中“halo play”和“geo-stratigraphic play”两类就属于狭义致密油范畴^[7]。我国学者邹才能等把致密油定义为“致密油是致密储层油的简称,是指覆压基质渗透率小于或等于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的砂岩、灰岩等储集油层^[9]”,这里显然是指狭义的致密油。另外李玉喜、张抗在文章中的使用致密油概念也属于狭义致密油^[10-11]。值得注意的是,尽管有狭义致密油含义的存在,但是狭义致密油含义实际应用并不广泛,目前主要是有些机构和学者在讨论致密油概念时用到。北美有关致密油勘探开发利用方面的统计数据所使用的致密油基本都是指广义致密油,还没有见到把狭义的致密油作为一个单独资源类别进行资源量和储产量统计的报道。

2 页岩油(shale oil)

页岩油对应的英文是“shale oil”。“shale oil”在英文文献中出现比“tight oil”早很多,可能有100多年的历史。在20世纪20年代,AAPG Bulletin杂志中发表的文章就有“shale oil”出现^[12],早期的页岩油(shale oil)与油页岩有关,是指来自油页岩中的石油,属于一种人造石油,用“页岩油”来代表页岩层系中轻质原油则是近几年的事。通过查阅相关文献,我们发现“页岩油”一词有3种含义:一是与油页岩有关的页岩油;二是广义页岩油;三是狭义页岩油。第二、第三种含义相关,都是指页岩及相关层系中的轻质原油;而第一种与第二、第三种含义的页岩油只是同名而已,它们无论是成因还是开采方式都完全不同,属于不同的非常规资源类型。但是由于同名,因此经常有人混淆,甚至把它

们视为一回事,尤其在应用外文资料一定要注意,要弄清楚“shale oil”所代表的具体含义,否则就会张冠李戴。

2.1 与油页岩有关的页岩油

与油页岩有关的页岩油是指加工油页岩生产的石油,也称干酪根石油(kerogen oil)或油页岩石油(oil-shale oil),它是通过油页岩的热解、加氢或热液溶解作用从油页岩中提炼得到的一种非常规石油资源。这一用法历史较长,其含义清楚,没有争议,得到普遍认可和使用,现在仍在使用,只是有些机构和学者不局限于这用法,同时用“页岩油”一词来表示页岩油的其他含义,如大英百科全书认为页岩油既可以指油页岩加工生产的石油,也可以指页岩层系中开采的石油。在化石燃料生产中,页岩油有两种含义,一是指利用热解等方法从油页岩(oil shale)生产出的石油,有时也称其为人造(合成)原油;二是指利用水压技术从地下页岩层中采出的石油^[13]。但是部分机构和学者只用“页岩油”一词代表与油页岩有关的页岩油,对于页岩层系中的正常原油用“致密油”称之。如美国国家石油委员会(NPC)一个研究组的报告对页岩油和致密油有清楚的定义,页岩油指利用油页岩生产的石油,而页岩层系所产的石油应称为致密油^[4]。在贾承造等发表的“中国非常规油气资源与勘探开发前景”一文中,页岩油仅指与油页岩有关的页岩油,而页岩层系所产的轻质石油划归了致密油的范畴^[8]。

2.2 广义页岩油

所谓广义页岩油,其含义与广义致密油一致,都是泛指蕴藏在具有低的孔隙度和渗透率的致密含油层中的石油资源,其开发需要使用与页岩气类似的水平井和水力压裂技术。只是由于使用者的习惯和偏好,有的用“页岩油”,有的用“致密油”。部分使用者应用这两个术语时很随意,一会用“页岩油”,一会用“致密油”,有时候在同一地方同时出现这两个术语,后面的用括号标上,表明“页岩油”与“致密油”是同一含义。但是有一点需要指出的是,在细分广义致密油类型是时,一般都把页岩油作为广义致密油其中的一个亚类,而对于广义页岩油往往没有这样的进一步划分,并没有明确广义页岩油包括狭义的致密油。这反映

出有用致密油替代页岩油作为这类非常规油的统称观点。如 Chris Nelder 认为,致密油的范畴要比页岩油大,页岩油指的是产自致密页岩层中的石油,而致密油除了页岩油外,还包括产自页岩气区的天然气液,且开发中都要利用水平井和水力压裂技术^[14]。

2.3 狭义页岩油

狭义页岩油与页岩气对应,页岩油(shale oil)专指来自作为源岩的泥页岩层系中的石油资源,其特点是源岩与储层同层,如西加拿大盆地的 Duvernay/Mukwa 组。加拿大非常规资源协会(CSUR)对致密油细分了3类,其中的第三类“shale oil play”就是狭义的页岩油。这类致密油藏岩石组成主要为富含有机质的页岩,该岩层不仅是源岩而且也是储层,其致密程度比砂岩、碳酸盐岩致密油藏更致密。上文中提到的加拿大国家能源委员会(NEB)把致密油划分为两个主要类型,其中第一种类型也属于狭义的页岩油。我国学者张抗、李玉喜文章中使用的页岩油也属于狭义页岩油^[10-11]。值得注意的是,不能按字面意思理解,简单地认为页岩油就一定是产自页岩层系的石油(即狭义页岩油),来自其他岩层的石油就不是页岩油。与狭义致密油一样,尽管有狭义页岩油含义的存在,但是狭义页岩油含义实际应用并不普遍,主要是有些机构和学者在讨论致密油概念时用到。目前北美有关页岩油勘探开发利用方面的统计数据所使用的页岩油也基本都是指广义页岩油,也还没有见到把狭义的页岩油作为一个单独的资源类别进行资源量和储量产量统计的报道。实际上,北美地区真正意义上的狭义页岩油藏实例不多见。

3 总结与建议

综上所述,致密油和页岩油异同点有3种情形。

1) 致密油与页岩油概念完全不同,属于不同的非常规石油资源类型。页岩油只是指加工页岩生产的石油,这种页岩油的概念历史长,但没有过时,还一直在应用。强调不应将致密油与页岩油或油页岩混淆,因为它与后两者的流体密度和粘度以及开采方法完全不同。

2) 致密油与页岩油含义完全相同,可以互换使用,都是泛指蕴藏在具有低的孔隙度和渗透率

的致密含油层中的石油资源,其开发需要使用与页岩气类似的水平井和水力压裂技术。这种理解和用法目前最为常见,相关机构和媒体发布的报道中所提到的致密油或页岩油,如果没有特别说明,基本都是代表广义的致密油或广义的页岩油,两者含义一致。这一点还可从有关北美地区致密油/页岩油的报告或文章中得到印证,不论报告或文章中是叫“致密油”还是叫“页岩油”,只要列举具体实例,几乎都是一致的,如 Bakken, Eagle Ford, Monterey, Niobara, Cardium, Montney, Viking, Exshaw, Duvernay, Muskwa 等^[6-7,15]。尽管有的机构和学者倾向用致密油术语替代页岩油来定义这类石油资源,但是这一做法目前并没有被广泛认可和采纳。

3) 致密油与页岩油概念既有关系,也有差别。它们都属于非常规的轻质油,但是致密油与页岩油储集岩层岩石类型不同,页岩油仅指来自泥页岩层系的石油(狭义页岩油),来自砂岩、碳酸盐岩等其他致密储层的石油则称为致密油(狭义致密油)。这种用法目前并不普遍。

尽管目前致密油和页岩油术语含义与使用情况有不足之处,术语定义不够科学规范,页岩油甚至出现同名而含义相差甚远的情况,易于产生混乱,给人们的理解和使用带来不少麻烦。但是要想改变这种状况却不容易,尤其是约定俗成的习惯用法即使不科学也难以改变,如页岩油不只是指产自页岩层系的石油,它还指产自其他致密岩层中的石油。在应用致密油和页岩油术语时,我们要遵循“尊重习惯、方便交流”的原则,由于致密油和页岩油有不同的含义,不要只从字面上机械理解,要真正理解致密油和页岩油所代表的实际内涵,也不要急于改变已经习惯的用法,以免造成信息对比和交流的混乱。目前使用普遍使用的还是广义的致密油或广义的页岩油概念,建议近期无论是采用致密油还是页岩油术语,都定义为广义的致密油或广义的页岩油,两者内涵相同,这样有利于与国际对比。对于致密油和页岩油术语使用中遇到的问题,应采取“不断完善,适时修正”的原则,不断完善致密油和页岩油术语的定义,在条件成熟时推广应用,使致密油和页岩油术语的定义和应用更加科学规范,同时也要注意方便适用和与国际接轨。

(下转第570页)

- 分析[J]. 天然气工业, 2004, 24(7): 9-11.
- Fu Xiaofei, Lu Yanfang and Sun Yonghe. Analyzing the main control factor of forming Kela-2 gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(7): 9-11.
- [14] 吕海涛, 陈红汉, 唐大卿, 等. 塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(3): 300-309.
- Lu Haitao, Chen Honghan, Tang Daqing, et al. Determination of hydrocarbon charging events and timing of accumulation in the Triassic of Tahe area, the Tarim Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2009, 30(3): 300-309.
- [15] 丁勇, 王允诚, 黄继文. 塔里木盆地塔河地区三叠系油气勘探现状与对策[J]. 石油实验地质, 2008, 30(6): 552-573.
- Ding Yong, Wang Yuncheng, Huang Jiwen. Exploration actuality and countermeasure of the Triassic oil reservoirs in Tahe Oil-field of the Tarim Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2008, 30(6): 552-573.
- [16] 周红涛, 柳建华. 核磁共振和MDT测井在塔河油田碎屑岩储层评价中的应用[J]. 石油物探, 2011, (5): 526-529.
- Zhou Hongtao, Liu Jianhua. Application of nuclear magnetic resonance and MDT logging in the complex clastic reservoir in Tahe Oilfield[J]. Geophysical Prospecting for Petroleum, 2011, (5): 526-529.
- [17] 姜涛, 逢铭玉, 胡洪浩, 等. 渤海湾盆地新北油田网毯式油气成藏体系[J]. 石油地质与工程, 2010, 24(3): 5-8.
- Jiang Tao, Peng Yuming, Hu Honghao, et al. The meshwork-carpet type oil and gas accumulation system in the Xinbei oil-field, Bohai Bay basin[J]. Petroleum Geology and Engineering[J], 2010, 24(3): 5-8.

(编辑 高岩)

(上接第544页)

参 考 文 献

- [1] Energy Information Administration. U S crude oil production, Imports & Exports [EB/OL]. [2012-05]. http://www.eia.gov/dnav/pet/pet_move_wkly_dc_nus-z00-mbblpd_4.htm.
- [2] Ledingham, Glen W, Santiago Pool, Kern County, California; Geological note[J]. AAPG Bulletin, 1947, 31(11): 2063-2067.
- [3] Energy Information Administration. Annual energy outlook 2012 [EB/OL]. [2012-02]. <http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=4910>.
- [4] The unconventional oil subgroup of the resources & supply task group. Potential of North American Unconventional oil resource [M]. Working Document of the NPC North American Resource Development Study, 2011: 8-11.
- [5] National Resources Canada. North American tight oil [EB/OL]. [2012-05]. <http://www.nrcan.gc.ca/energy/sources/crude/2114#oil1>.
- [6] National Energy Board. Tight oil developments in the Western Canada sedimentary basin [EB/OL]. [2011-12]. <http://www.neb-one.gc.ca/clf-nsi/rnrgynfmrn/nrgyrprt/l/tghtdvlpmntwscb2011/tghtdvlpmntwscb2011-eng.html>.
- [7] Canadian Society for Unconventional Resources. Understanding tight oil [EB/OL]. [2011-11]. http://www.csur.com/images/CSUG_publications/TightOil_v2.pdf.
- [8] 贾承造, 郑民, 张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 129-136.
- Jia Chengzao, Zheng Min, Zhang Yongfeng. Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 129-136.
- [9] 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, 2(33): 174-187.
- Zhou Caineng, Zhu Rukai, Wu Songtao, et al. Types, characteristics, genesis and prospects of conventional and unconventional hydrocarbon accumulations: taking tight oil and tight gas in China as an instance[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(2): 174-187.
- [10] 李玉喜, 张金川. 我国非常规油气资源类型和潜力[J]. 国际石油经济, 2011, 3: 61-67.
- Li Yuxi, Zhang Jinchuan. Types and potential of China's Unconventional resources[J]. International Petroleum Economy, 2011, 3: 61-67.
- [11] 张抗. 从致密油气到页岩油气——中国非常规油气发展之路探析[J]. 国际石油经济, 2012, 9: 9-15.
- Zhang Kang. From tight oil & gas to shale oil & gas—An approach to developing unconvention oil & gas in China[J]. International Petroleum Economy, 2012, 9: 9-15.
- [12] Trager Earl A. A resume of the oil shale industry, with an outline of methods of distillation [J]. AAPG Bulletin, 1920, 4(1): 59-71.
- [13] Encyclopedia Britannica. Shale oil (petroleum) [EB/OL]. <http://www.britannica.com>.
- [14] Chris Nelder. Energy independence, or impending oil shocks? [EB/OL]. [2012-02]. <http://www.smartplanet.com/blog/energy-futurist/energy-independence-or-impending-oil-shocks/375>.
- [15] Energy Information Administration. Review of emerging resources: US shale gas and shale oil plays [EB/OL]. [2011-07]. <http://www.eia.gov/analysis/studies/usshalegas/>.

(编辑 高岩)