

南鄱阳坳陷致密油成藏特征及其勘探前景

李尚儒, 吴小力, 黄修保, 方平, 王颖莹, 刘博, 何攀

(江西省页岩气调查开发研究院, 南昌 330002)

摘要:通过对南鄱阳坳陷所发现原油的储层孔渗特征、烃源岩地球化学特征、“源—储”接触关系、原油物理性质及原油显示特征进行分析,初步证明了所发现原油为致密油,确认了南鄱阳坳陷致密油的存在。结合南鄱阳坳陷致密油成藏地质要素、油源对比及流体包裹体成藏年代学研究,揭示了南鄱阳坳陷致密油的主要烃源岩为乐平组老山段含煤泥页岩,致密油为喜马拉雅早期成藏,总结了官山段致密油的成藏过程。在南鄱阳坳陷油气显示特征研究的基础上,初步总结出沉积相、烃源岩及断层为南鄱阳坳陷致密油的成藏主控因素。结合南鄱阳坳陷致密油的成藏条件及主控因素分析,总结了官山段致密油的富集规律,阐述了南鄱阳坳陷具备广阔的致密油勘探前景。

关键词:致密油; 成藏条件; 富集规律; 南鄱阳坳陷

中图分类号:P744.4

文献标识码:A

文章编号:0256-1492(2014)05-0119-08

致密油是继页岩气之后全球非常规油气勘探开发的又一新热点,被石油工业界誉为“黑金”^[1-2]。美国高度重视致密油的勘探开发,试图复制“页岩气”模式,实现“原油自给”。中国致密油勘探起步晚,近年来致密油的概念得到了广泛接受和采用。

狭义的致密油是指以吸附或游离状态赋存于与生油岩互层、紧邻的致密砂岩、致密碳酸盐岩等储集岩中,未经过大规模长距离运移的石油聚集。一般来说,致密油具有4个明显的标志:①大面积分布的致密储层,孔隙度<10%、渗透率<1 md;②广覆盖分布的成熟优质生油层,Ⅰ型或Ⅱ型干酪根,平均TOC大于1%、Ro为0.6%~1.3%;③连续性分布的致密储层与生油岩紧密接触的共生关系,无明显圈闭边界;④致密储层内原油密度大于40°API或小于0.825 1 g/cm³,油质较轻^[3]。储层广泛发育纳米级孔喉系统是致密油的本质特征,“非浮力聚集”为致密油聚集成藏的最主要特征。非浮力聚集的动力以烃源岩排烃压力为主,受生烃增压、欠压实和构造应力等控制,聚集阻力主要为毛细管压力,二者耦合控制着致密油的聚集过程和规模^[4-8]。

实际上,致密油资源在中国主要盆地广泛分布,目前在鄂尔多斯盆地、四川盆地以及松辽盆地已获得了一些重要的勘探发现^[3]。近年来,江西省页岩气调查开发研究院通过对江西省南鄱阳坳陷进行研

究,发现了致密油,证实了南鄱阳坳陷具有很好的致密油勘探前景。本文通过对南鄱阳坳陷发现的原油及其储层的特征等进行分析,确认了南鄱阳坳陷致密油的存在;并通过进一步分析坳陷内原油显示的分布特征,结合区域地质条件的研究,初步总结了南鄱阳坳陷致密油成藏条件、主控因素及其富集规律,阐述了南鄱阳坳陷致密油勘探前景。

1 南鄱阳坳陷致密油的发现

南鄱阳坳陷是鄱阳盆地南部的次级构造单元,坳陷西部明显受南北向赣江走滑断裂体系控制,整体呈近南北向的构造格局,坳陷东部主要受控于晚印支—燕山期北东向逆冲断裂在晚期的反转作用,形成“南断北超”的构造格局(图1)。坳陷基底主要由新元古界双桥山群的变质岩组成,沉积盖层呈典型的“上张下压”的双层式结构。上构造层为白垩系—古近系陆相盆地构造层,为拉张背景下的陆相沉积层;下构造层为中—古生界海相构造层,逆冲挤压型构造是其表现形式^[9-11]。

南鄱阳坳陷区域地层从下石炭统桦山岭组至第四系自下而上依次发育。上二叠统乐平组煤系地层和中二叠统茅口组生物碎屑灰岩以及上三叠统安源组煤系地层为主要烃源岩层位,其中乐平组为一套海陆交互相含煤沉积地层,生储盖组合发育,为南鄱阳坳陷油气勘探的最主要目的层^[12-14]。

2013年,江西省页岩气调查开发研究院在南鄱阳坳陷的鸣西煤矿井下相继发现3处油气显示。原油从煤矿巷道墙壁渗流而出,延伸数米在巷道内的

基金项目:中国地质调查局2013年度工作项目“我国页岩气资源调查评价与勘查示范试点”

作者简介:李尚儒(1962—),男,硕士,高级工程师,从事页岩气等非常规油气勘探与地质综合研究,E-mail:1259706972@qq.com

收稿日期:2014-02-15; 改回日期:2014-04-25。文凤英编辑

低洼处聚集(图2)。

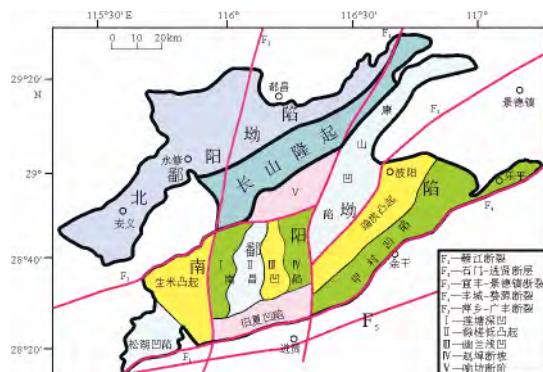


图1 南鄱阳坳陷位置及构造分区(据周松原,2005修改)

Fig. 1 Location and tectonic divisions of the southern Poyang Depression(modified after ZHOU Songyuan,2005)



图2 南鄱阳坳陷鸣西煤矿原油显示

Fig. 2 Oil shows in the Mingxi Coal Mine in the southern Poyang Depression

原油从乐平组官山砂岩中渗流而出,呈棕黄色。经分析,原油组分为:饱和烃 60.16%,芳香烃 24.73%,非烃 8.24%,沥青质 6.87%,反映原油为未经后期生物降解的正常原油。结合甾烷和藿烷的各异构化指标(表1),推测原油成熟度(Ro)范围为 0.6%~0.85%,反映原油为中—低成熟度,并且以低成熟度原油为主。

表1 南鄱阳坳陷鸣西煤矿原油甾烷和藿烷立体异构化指标值及推测成熟度统计

Table 1 The Sterane and hopane stereo isomerization index and the inferred maturity of crude oil found in the Mingxi Coal Mine in the southern Poyang Depression

| 甾烷和藿烷 | 异构化指标值 | 推测成熟度(Ro) |
|--|--------|-----------|
| C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$ | 0.415 | 0.75% |
| C_{29} 甾烷 $\beta\beta/(\beta\beta+aa)$ | 0.571 | 0.85% |
| 藿烷 $(Ts/(Ts+Tm))$ | 0.46 | 0.70% |
| 藿烷 $C_{31}-22S/(22S+22R)$ | 0.585 | 0.60% |

结合前人在南鄱阳坳陷的研究成果,并对所发现的原油成藏条件进行分析,初步证明所发现原油为致密油,确认了南鄱阳坳陷致密油的存在。主要证据有以下几点:

(1)发现的原油储层为中粗砂岩,经实验室测试,储层孔隙度小于 10%,空气渗透率小于 1 md,为典型的致密储层级别(表2)。

表2 南鄱阳坳陷鸣西煤矿原油储层孔隙度与渗透率统计
Table 2 The porosity and permeability of the reservoir in the Mingxi Coal Mine in southern Poyang Depression

| 样品序号 | 岩性 | 有效孔隙度/% | 渗透率/md |
|------|--------|---------|--------|
| 1 | 中粗砂岩 | 7 | 0.652 |
| 2 | 灰白石英砂岩 | 1.6 | 0.04 |
| 3 | 暗红色中砂岩 | 3.1 | 0.24 |
| 4 | 粗砂岩 | 6.2 | 0.67 |

(2)前人研究表明,乐平组官山砂岩储层中油气的烃源岩主要为乐平组老山段泥岩及老山段的树皮煤^[15-18]。发现原油所在的鸣西地区老山段有机质类型主要为 II₁-II₂型,TOC 为 1%~1.5%,成熟度为 0.65%~0.84%,烃源岩处于中—低成熟度的生油窗,与致密油生油岩有机地化特征吻合。

(3)官山段原油储层与其老山段烃源岩层连续分布,为紧密接触的共生关系,为典型的致密油“源储组合”特征(图3)。

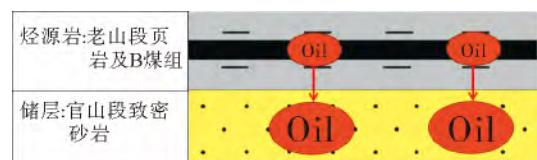


图3 南鄱阳坳陷致密油“源储组合”示意图

(据邹才能,2012修改)

Fig. 3 Diagram showing the “source-reservoir assemblage” of tight oil in southern Poyang Depression
(modified after ZOU Caineng,2012)

(4)对发现的原油进行测试,原油密度为 0.863 2 g/cm³,属于轻质油,原油黏度为 11.03 mPa·s,流动性好,具有致密油物理特征。

(5)通过对南鄱阳坳陷原油显示特征进行分析,发现官山段含油砂岩在平面上广泛分布,储层含油饱和度不均一,试油效果差,岩心取出后局部见原油沿层面溢出,具有致密油“孔孔见油,孔孔不流”的典型特征。

2 南鄱阳坳陷致密油成藏条件

2.1 致密油成藏地质要素

南鄱阳坳陷官山段致密油主要烃源岩为乐平组

老山段泥页岩和B煤组。有机质类型主要为Ⅱ₂~Ⅲ型,TOC为0.6%~1.4%,为中等烃源岩,有机质成熟度Ro为0.53%~1.65%,处于成熟生烃阶段^[15~18]。

南鄱阳坳陷官山段致密油储层主要为乐平组官山段上部,岩性主要为灰白色中—粗粒石英砂岩,为前滨—中临滨滩坝砂体。南鄱阳坳陷乐平组沉积后,由于其上覆地层快速沉积,乐平组经历了以压实、压溶作用为主的埋深成岩作用,砂岩原生孔隙遭到较大破坏,其中官山段砂岩孔隙度平均值为7.77%,渗透率平均值约为1 md,属于致密储层^[15~18]。

2.2 油源对比

油源对比是依靠地球化学证据,确定石油及烃源岩间的成因联系,通过对比研究可以判断油气运移的方向和距离^[19],从而进一步明确油气成藏过程。南鄱阳坳陷主要存在三套烃源岩:茅口组、乐平组和安源组,为了进一步查明鸣西煤矿下官山段砂岩的原油来源,主要运用生物标志化合物中甾类烷烃组成特征分析来进行油源对比。

鸣西煤矿官山段砂岩油样分析测试表明,原油以C₂₉甾烷为主,即有机质来源主要为高等植物。结合前人资料,通过对检3井茅口组烃源岩、乐探2井乐平组老山段烃源岩、鸣西煤矿副井B₃煤层和原油中5_α-(C27~C29)甾烷值进行分析对比,得出官山砂岩原油的烃源岩为乐平组或茅口组,特别是老山段的B煤组生烃对原油具有重要贡献(图4)。

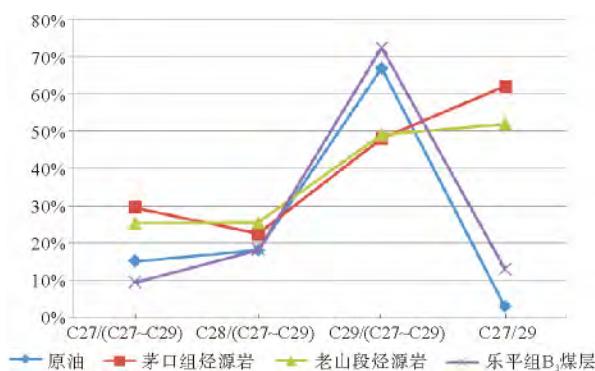


图4 南鄱阳坳陷原油及烃源岩甾烷参数变化趋势

Fig. 4 Changing trend of the Sterane Index of the source rock and the oil in southern Poyang Depression

结合上述生物标志化合物组成特征的分析,可判断鸣西煤矿官山砂岩原油可能为混合来源,乐平组老山段为主要烃源岩,尤其是老山段的煤层生烃

对原油有重要贡献。

2.3 南鄱阳坳陷致密油成藏时间

流体包裹体是成岩成矿溶液在矿物结晶生长过程中,被捕获于晶体缺陷、空穴、晶格空位、位错及微裂缝之中,至今尚在主矿物中完好封存并与主矿物有着相界线的独立封闭体系。流体包裹体是古流体的直接记录,包含了各种地质作用过程(包括油气运聚)发生条件的丰富信息,因此,经常被广泛应用于油气成藏时间的确定和成藏过程的分析^[20]。

本次研究所采样品位于发现致密油所在的南鄱阳坳陷鸣西煤矿井下的乐平组官山段,岩性为中—粗砂岩,采样深度为390 m。经流体包裹体系统测试,在镜下发现大量的流体包裹体,其中包括盐水包裹体和油包裹体,宿主矿物为石英,成因类型为原生型。包裹体一般呈带状或串珠状成群分布,个体形状主要呈椭圆形,大小相差悬殊,直径基本分布于1~20 μm,主要为富液相流体包裹体,气液比为10%左右(图5)。流体包裹体在官山段砂岩中大量发现,说明官山段砂岩经历了明显的地下流体活动;而烃类流体包裹体的发现,直接证明了南鄱阳坳陷官山段砂岩存在油气充注,是油气运聚的目的层。

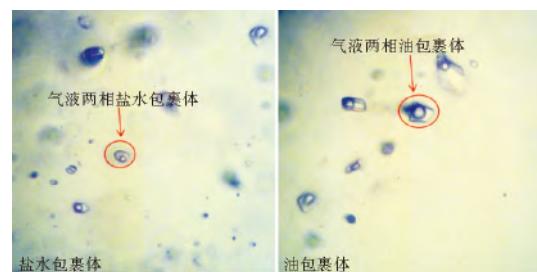


图5 南鄱阳坳陷鸣西地区流体包裹体镜下观测照片

Fig. 5 Photos of fluid inclusions in the Mingxi Area of southern Poyang Depression

成岩矿物中流体包裹体在形成时所捕获的流体为均一相,随着温度、压力的改变相态发生分异。实验室条件下,通过加热台对包裹体加热至均一相,此时的温度即为均一温度,它可以表征捕获时的最低温度,一般可以看成是包裹体形成的地层温度。通过流体包裹体均一温度—埋藏史图投影的方法,把测得的与烃类包裹体共生的盐水包裹体的均一温度投影到对应的单井埋藏史图上,得到埋藏史图时间轴上所对应的时间,即为油气充注年龄^[21~22]。

通过投影分析,南鄱阳坳陷鸣西地区流体包裹体均一温度测定结果为:115 °C、122 °C和135 °C,再结合采样点的单井埋藏史图,得出南鄱阳坳陷鸣西

地区油气充注时间为 78.9~66.4 Ma, 油气成藏期为喜马拉雅早期(图 6)。

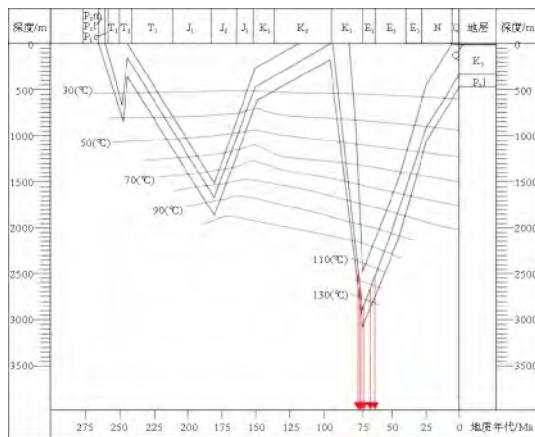


图 6 南鄱阳坳陷鸣西地区官山段致密油成藏年龄投影
Fig. 6 Charging ages of the tight oil in Guanshan Member of the Mingxi Area in southern Poyang Depression

2.4 南鄱阳坳陷致密油成藏过程

在南鄱阳坳陷致密油成藏地质要素研究的基础上,再结合油源对比和致密油成藏时间的确定,总结

南鄱阳坳陷致密油成藏过程。南鄱阳坳陷致密油储层为乐平组官山段砂岩,烃源岩为其上覆的乐平组老山段泥页岩和 B 煤组,两者呈“上生下储”的源储组合关系。南鄱阳坳陷二叠纪时沉积的乐平组在印支—燕山期构造运动中抬升,之后的中晚白垩纪时,随着南鄱阳坳陷白垩系的快速沉积,乐平组再一次沉降埋深。乐平组官山段中—粗砂岩在埋深成岩作用下,砂岩孔隙遭到极大破坏,成为致密砂岩储层;同时,乐平组老山段烃源岩在快速埋藏作用下,有机质成熟生烃。经历了长期的埋深成岩作用,乐平组官山段油气储层与上覆老山段烃源岩紧密接触,在喜马拉雅早期(78.9~66.4 Ma),老山段烃源岩生成的油气在强大生烃增压的驱使下,突破致密储层的毛细管阻力充注到官山段致密储层之中,随着生烃增压的释放,一次充注结束,周而复始,最终油气在官山段致密储层中聚集成藏(图 7)。

3 成藏主控因素分析

研究油气成藏主控因素能更好地认清南鄱阳坳

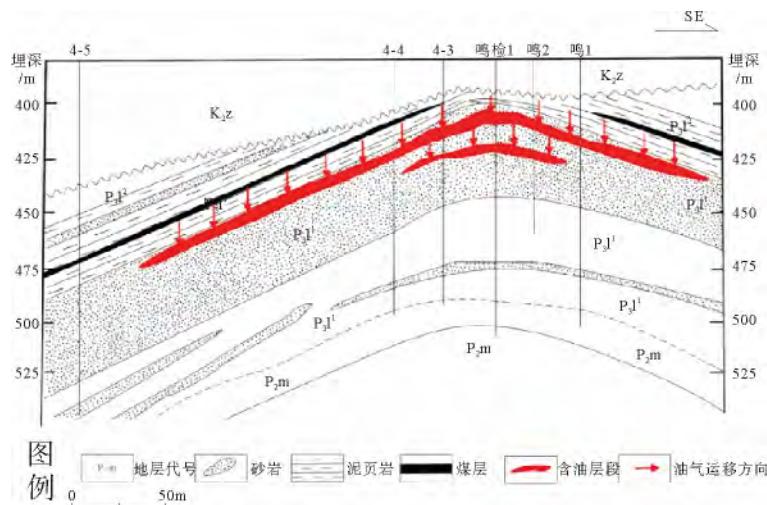


图 7 南鄱阳坳陷致密油成藏过程示意图(据叶舟,2006 修改)

Fig. 7 A schematic diagram showing the accumulation process of tight oil in southern Poyang Depression
(modified after YE Zhou, 2006)

陷致密油的形成机理,从而对致密油聚集特征和分布规律进行更准确的预测,指导南鄱阳地区的致密油勘探。

整个南鄱阳坳陷油气显示丰富,乐平组官山段原油储层以中—粗粒砂岩的粒间孔隙为主,老山段油气储层孔隙类型多为裂缝型,周家店组及其下伏的长兴组、大冶组、茅口组、梓山组油气储层孔隙类型多为与不整合面连通的裂缝—晶洞型^[23]。其中

官山段孔隙型油气储层含油级别多为油斑—含油,含油饱和度较高,但储层含油饱和度不均,以轻质原油为主,具有致密油特征。由于南鄱阳坳陷油气勘探程度低,资料有限,本部分主要以致密油成藏理论为基础,通过对南鄱阳坳陷鸣西地区及其周边官山段孔隙型油气显示特征进行分析,再结合区域基础地质条件的研究,初步总结南鄱阳坳陷致密油的成藏主控因素,包括沉积相、烃源岩及断层。

3.1 沉积相控制着致密油的北东向带状分布

官山储层主要为滨岸环境滩坝砂体,这些砂体成透镜状沿海岸分布,多呈北东向展布的条带状^[14]。虽然乐平组砂岩经历了以压实、压溶作用为主的后期成岩作用,砂岩孔隙遭到较大破坏,但由于乐平组官山段砂岩为前滨—中临滨中—粗粒石英砂岩,砂体厚度也较大,颗粒成熟度高,后期成岩作用对其孔隙破坏相对较小,使其成为致密储层发育的层位。因此,前滨—中临滨沉积相带成为乐平组官山段致密油显示最好的区域。图8中,官山段原油显示较好的鸣1,鸣2,4-3、4-4井,乐4,乐9,赣9和赣11等都处于这一沉积相带内。

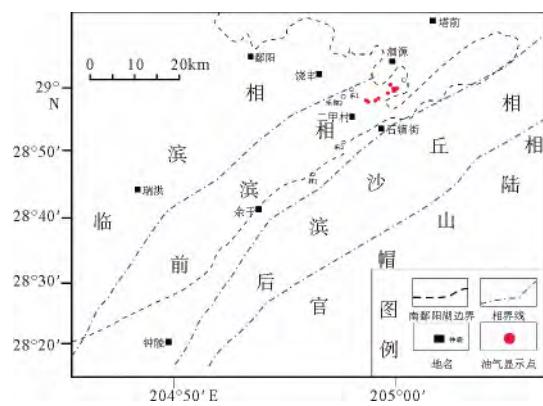


图8 南鄱阳坳陷鸣西地区及其周边沉积相和官山段油气显示分布(据江西省区域地质志,2013修改)

Fig. 8 The distribution pattern of sedimentary facies and the tight oil shows in southern Poyang Depression
(modified after Regional Geology of Jiangxi Province, 2013)

3.2 烃源岩的发育特征控制油气的成藏规模

官山段致密储层孔喉半径小,油气充注时毛细管力为主要阻力。因此,烃源岩的生烃强度及生烃增压决定着致密储层中油气的充注程度。当烃源岩发育比较好,生烃强度大,则强大的生烃增压使烃源岩生成的油气能够大规模地在低孔渗性的致密储层中充注、成藏,油气成藏规模就大;反之则相反。因此,与优质烃源岩邻近的致密砂岩储层,油气充注程度高、成藏规模大。图9中,官山段致密油显示较好的鸣1,鸣2,4-3、4-4井,乐4,乐9,赣9和赣11井等所在位置烃源岩厚度均为80~120 m,都处于优质烃源岩发育带上。

3.3 断层的发育控制着致密油的充注和保存条件

首先,断层及其产生的派生裂缝如果沟通烃源岩,则在油气生成之后,断层—裂缝带成为油气优先运移的通道,使油气沿断层向上倾方向运聚成藏或者散失,使断层带附近的致密储层成为“空圈闭”。其次,在致密油成藏后,如果断层发育,产生沟通致密储层的裂缝体系,成藏后的致密油气也会沿着裂缝渗流、散失,不利于致密油的保存。如图10,在断层附近的乐9井,油气显示主要以裂缝型的荧光显示为主,而其附近离断层较远的乐4井油气显示以孔隙型的油浸为主。同时,鸣西地区原油显示最好的鸣1,鸣2,4-3、4-4井都是处于远离断层的稳定构造位置。

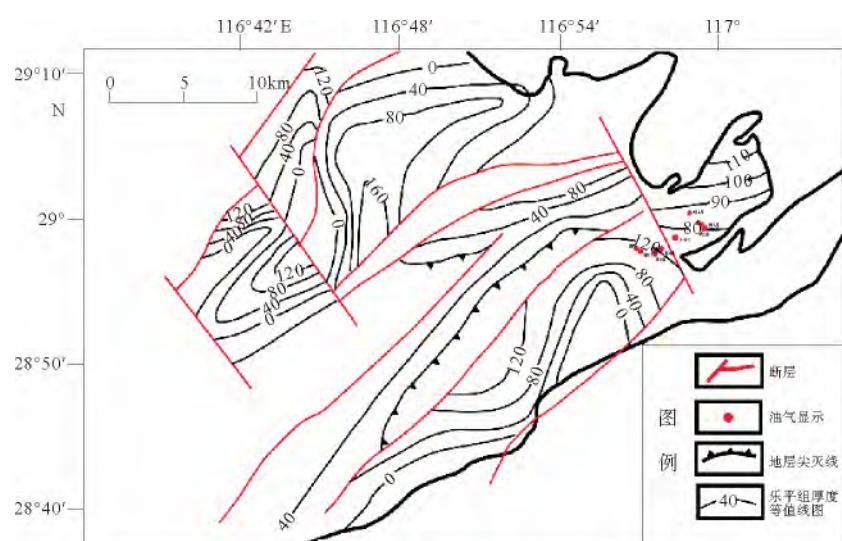


图9 南鄱阳坳陷鸣西地区及其周边烃源岩和官山段油气显示分布(据中石油浙江油田分公司,2006修改)

Fig. 9 The distribution pattern of the source rocks and the tight oil shows in southern Poyang Depression
(modified after PetroChina Zhejiang Oilfield Company, 2006)

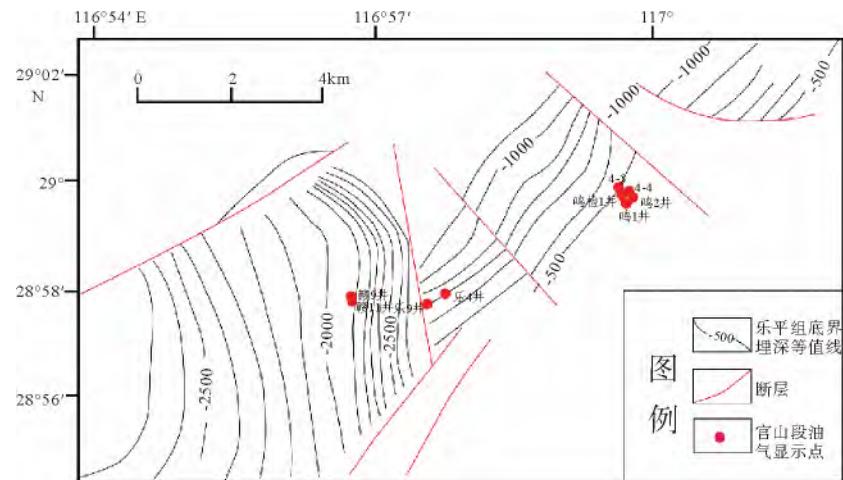


图 10 南鄱阳坳陷鸣西地区及其周边断裂和官山段油气显示分布(据中石油浙江油田分公司,2006 修改)

Fig. 10 The distribution pattern of faults and tight oil shows in southern Poyang Depression
(modified after PetroChina Zhejiang Oilfield Company, 2006)

4 官山段致密油富集规律及勘探前景

从油气成藏条件及主控因素的分析来看,官山段致密油主要受控于滨岸环境滩坝相,储层呈北东向条带状展布,前滨—中临滨砂体成岩作用较弱,原生孔隙保存相对较好,是最有利的致密储层。在烃源岩发育较好的地区,烃源岩在喜马拉雅早期生成的原油在强大的生烃增压的驱使下,在邻近的官山段致密砂岩里充注、成藏。当后期构造比较稳定时,致密油得以很好地保存,成为良好的致密油藏。由此可见,南鄱阳坳陷致密油主要在坳陷内北东向官山砂岩条带上富集,其上叠置的乐平组老山段烃源岩越发育,越有利于致密油富集。另外,断层不发育的、较稳定的构造环境是致密油气的保存和分布有利区带。

南鄱阳坳陷在过去几十年的常规油气勘探中始终没有取得突破,主要因为南鄱阳坳陷经历了印支—燕山期强烈的构造运动,地层遭受强烈的构造挤压、错断,常规油气聚集的理想圈闭不发育,特别是盖层在构造变动中遭受极大破坏,致使常规油气很难规模成藏。近年来,随着非常规油气地质理论的发展和非常规油气勘探开发关键技术的突破,致密油等非常规油气获得了一些重要的勘探发现。致密油由于其丰度低,储层具备自我封盖性等特征,使其对周围封盖层封盖能力要求较低,这样就使复杂构造背景下的盆地具备了致密油形成条件。因此,南鄱阳坳陷具备致密油的成藏条件,致密油勘探前景广阔。

5 结论

(1)通过对南鄱阳坳陷所发现原油的储层孔渗特征、烃源岩地球化学特征、“源—储”接触关系、原油物理性质及整个坳陷油气显示特征进行分析,初步证明所发现原油为致密油,确认了南鄱阳坳陷致密油的存在。

(2)通过油源对比,揭示了乐平组老山段含煤泥页岩为官山致密油的主要烃源岩;运用流体包裹体系统分析,得出南鄱阳坳陷鸣西地区致密油充注时间为 78.9~66.4 Ma,为喜马拉雅早期成藏。中晚白垩纪时,随着南鄱阳坳陷白垩系的快速沉积,乐平组再一次沉降埋深。在喜马拉雅早期,老山段烃源岩生成的油气在强大生烃增压的驱使下,突破致密储层的毛细管阻力充注到官山段致密储层之中聚集、成藏。

(3)南鄱阳坳陷致密油的成藏主控因素包括沉积相、烃源岩及断层。沉积相控制着致密油的北东向带状分布;烃源岩的发育特征控制油气的成藏规模;断层的发育控制着致密油的充注和保存条件。

(4)南鄱阳坳陷致密油主要在坳陷内北东向官山砂岩条带上富集,其上叠置的乐平组老山段烃源岩越发育,越有利于致密油富集。另外,断层不发育的、较稳定的构造环境是致密油气的保存和分布有利区带。

参考文献(References)

- [1] 孙赞东,贾承造,李相方,等.非常规油气勘探与开发(上册)

- [M]. 北京:石油工业出版社,2011. [SUN Zandong, JIA Chengzao, LI Xiangfang, et al. Unconventional Oil & Gas Exploration and Development (upper volumes) [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2011.]
- [2] 邹才能,陶士振,侯连华,等. 非常规油气地质[M]. 北京:地质出版社,2011. [ZOU Caineng, TAO Shizhen, HOU Lianhua, et al. Unconventional Petroleum Geology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2011.]
- [3] 贾承造,邹才能,李建中,等. 中国致密油评价标准、主要类型、基本特征和资源前景[J]. 石油学报,2012,33(3): 343-350. [JIA Chengzao, ZOU Caineng, LI Jianzhong, et al. Assessment criteria, main types, basic features and resource prospects of the tight oil in China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(3):343-350.]
- [4] 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. [ZOU 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): 173-187.]
- [5] 邹才能,杨智,陶士振,等. 纳米油气与源储共生型油气聚集[J]. 石油勘探与开发,2012,39(1): 13-26. [ZOU Caineng, YANG Zhi, TAO Shizhen, et al. Nano-hydrocarbon and the accumulation in coexisting source and reservoir[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(1): 13-26.]
- [6] 宋岩,姜林,马行陟,等. 非常规油气藏的形成及其分布特征[J]. 古地理学报,2013,15(5): 605-614. [SONG Yan, JIANG Lin, MA Xingzhi, et al. Formation and distribution characteristics of unconventional oil and gas reservoirs [J]. Journal of Palaeogeography,2013,15(5): 605-614.]
- [7] 赵靖舟,白玉彬,曹青,等. 鄂尔多斯盆地准连续型低渗透—致密砂岩大油田成藏模式[J]. 石油与天然气地质,2012,33(6): 811-827. [ZHAO Jingzhou, BAI Yubin, CAO Qing, et al. Quasi-continuous hydrocarbon accumulation: a new pattern for large tight sand oilfields in the Ordos Basin [J]. Oil & Gas Geology,2012,33(6): 811-827.]
- [8] 庞雄奇,周新源,董月霞,等. 含油气盆地致密砂岩类油气藏成因及机制与资源潜力[J]. 中国石油大学报:自然科学版,2013,37 (5): 28-56. [PANG Xiongqi, ZHOU Xinyuan, DONG Yuexia, et al. Formation mechanism classification of tight sandstone hydrocarbon reservoirs in petroliferous basin and resources appraisal [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2013,37 (5): 28-56.]
- [9] 梁兴,叶舟,吴根耀,等. 鄱阳盆地构造-沉积特征及其演化史[J]. 地质科学,2006,41(3): 404-429. [LIANG Xing, YE Zhou, WU Genyao, et al. Sedimento-tectonic features and geological evolution of the Poyang Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2006,41(3): 404-429.]
- [10] 梁兴,吴根耀,叶舟,等. 白垩—古近纪鄱阳盆地的基底构造特征[J]. 地质科学,2005,40(3): 415-420. [LIANG Xing, WU Genyao, YE Zhou, et al. Features of basement structures in the Cretaceous-Eogene Poyang Basin [J]. Chinese Journal of Geology,2005,40(3): 415-420.]
- [11] 李尚儒,刘建峰,邓金辉等. 江西省及其周缘上古生界—中生界页岩气资源调查与选区终期报告[R]. 南昌:江西省页岩气调查开发研究院,2013:9-17. [LI Shangru, LIU Jiangfeng, DENG Jinhui, et al. Investigation and selection for shale gas in upper Paleozoic-Mesozoic in Jiangxi province and its peripheral[R]. Nanchang: Shale Gas Investigation and Development Research Institute of Jiangxi, 2013:9-17.]
- [12] 周松原,郑华平,彭军. 南鄱阳坳陷油气地质特征[J]. 新疆石油地质,2005,26(6): 618-622. [ZHOU Songyuan, ZHENG Huaping, PENG Jun, et al. Characteristics of petroleum geology in south Poyang Depression [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2005,26(6): 618-622.]
- [13] 郑华平,周松原,梁兴,等. 南鄱阳坳陷油气成藏条件分析[J]. 天然气工业,2006,26(6): 39-45. [ZHENG Huaping, ZHOU Songyuan, LIANG Xing, et al. Analysis of hydrocarbon reservoiring conditions in south Poyang depression [J]. Natural Gas Industry,2006,26(6): 39-45.]
- [14] 李尚儒,区华焕,刘建峰等. 鄱阳湖经济区油气资源开发利用前景研究[R]. 南昌:江西省页岩气调查开发研究院,2012: 40-46. [LI Shangru, OU Huahuan, LIU Jiangfeng, et al. Study of petroleum resources developing and using in Poyang Lake Economic Zone[R]. Nanchang: Shale Gas Investigation and Development Research Institute of Jiangxi, 2012: 40-46.]
- [15] 叶舟. 中一下扬子区盆地发育特征及其含油气性研究——以洞庭、鄱阳、弋阳及金衢盆地为例[D]. 成都:西南石油大学, 2006. [YE Zhou. Study on developing features and petroliferous characters of basins in middle and lower Yangtze area——Take example for Dongting, Poyang, Yiyang and Jinqu basins[D]. Chengdu: Southwest Petroleum University,2006.]
- [16] 马向军,张廷山,范晓文,等. 南鄱阳坳陷烃源岩生烃潜力探讨[J]. 天然气勘探与开发,2008, 31 (3): 19-23. [MA Xiangjun, ZHANG Tingshan, FAN Xiaowen, et al. Hydrocarbon-generating potential of source rock in south Poyang depression [J]. Natural Gas Exploration & Development, 2008,31(3): 19-23.]
- [17] 李尚儒,刘建峰,曾里,等. 江西省页岩气资源潜力调查及选区评价[R]. 南昌:江西省页岩气调查开发研究院,2014:151-162. [LI Shangru, LIU Jiangfeng, ZENG Li, et al. Investigation and selection for shale gas in Jiangxi province [R]. Nanchang: Shale Gas Investigation and Development Research Institute of Jiangxi,2014:151-162.]
- [18] 李尚儒,王颖莹,刘建峰,等. 《南鄱阳盆地页岩油、致密油富集条件研究及潜力评价》阶段性研究成果[R]. 南昌,江西省页岩气调查开发研究院,2014:15-43. [LI Shangru, WANG Yingying, LIU Jiangfeng, et al. Enrichment conditions and potential evaluation for the tight oil and shale gas in South Poyang Basin [R]. Nanchang: Shale Gas Investigation and Development Research Institute of Jiangxi,2014:15-43.]
- [19] 王启军,陈建渝. 油气地球化学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1988;280-290. [WANG Qijun, CHEN Jianyu. Petroleum Geochemistry[M]. Wuhan: China University of Geosciences

- Press, 1988:280-290.]
- [20] 刘德汉, 卢焕章, 肖贤明. 油气包裹体及其在石油勘探和开发中的应用[M]. 广州: 广东科技出版社, 2007: 171-218. [LIU Dehan, LU Huanzhang, XIAO Xianming. Hydrocarbon inclusions and its application on the petroleum exploration and development [M]. Guangzhou: Guangdong Technology Press, 2007: 171-218.]
- [21] 刘文斌, 姚素平, 胡文蠹, 等. 流体包裹体研究方法及应用[J]. 新疆石油地质, 2003, 24(3): 264-268. [LIU Wenbin, YAO Suping, HU Wendu, et al. The research methods and
- application of fluid inclusion[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2003, 24(3): 264-268.]
- [22] 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 等. 流体包裹体地质学[M]. 北京: 科学出版社, 2004. [LU Huanzhang, FAN Hongrui, NI Pei, et al. Fluid Inclusion[M]. Beijing: Science Press, 2004.]
- [23] 胡秋祥. 南鄱阳盆地油气显示与资源前景分析[J]. 江西能源, 2001(3): 7-10. [HU Qiuxiang. Oil and gas shows and resource prospects in south Poyang basin[J]. Jiangxi Energy, 2001(3): 7-10.]

ACCUMULATION CHARACTERISTICS AND EXPLORATION PERSPECTIVE OF THE TIGHT OIL IN SOUTHERN POYANG DEPRESSION

LI Shangru, WU Xiaoli, HUANG Xiubao, FANG Ping, WANG Yingying, LIU Bo, HE Pan

(Shale Gas Investigation and Development Research Institute of Jiangxi, Nanchang, 330002)

Abstract: The integrated study of the reservoir porosity and permeability, the geochemistry of hydrocarbon source rocks, the contact relationship of the source rocks and reservoir, the physical properties of crude oil and the crude oil display characteristics suggests that the crude oil in the southern Poyang Depression is a kind of tight oil. In combination of the geology elements for petroleum accumulation, oil-source correlation and petroleum accumulation geochronology with fluid inclusion, it is revealed that the major source rocks in the Poyang Depression is the coaly shale in the Laoshan Member of the Leping Formation and the tight oil was formed in the early stage of Himalayan. The accumulation process of the tight oil in the Guanshan Member was studied. Based on the study of the display characteristics of oil and gas in southern Poyang Depression, it's believed that sedimentary facies, source rocks and faults are the main control factors for the accumulation of tight oil. The mechanism of enrichment of tight oil in the Guanshan Member is summarized in this paper. All the data bring us to the conclusion that the tight oil has broad exploration prospects in the southern Poyang Depression.

Key words: tight oil; southern Poyang Depression; accumulation conditions; enrichment mechanism