

文章编号:1001-6112(2006)05-0499-05

柴达木盆地德令哈断陷石油地质特征及勘探前景

甘贵元,严晓兰,赵东升,熊德明

(中国石油天然气股份有限公司 青海油田分公司 勘探开发研究院,甘肃 敦煌 736202)

摘要:柴达木盆地北缘块断带德令哈断陷是一个勘探程度很低的地区。通过野外露头石油地质考察,结合目前钻井、地震资料综合研究认为,区内广泛发育中生界侏罗系和古生界石炭系泥岩、碳酸盐岩和煤系烃源岩,奥陶系泥岩和碳酸盐岩也是较好—好烃源岩;储层发育,中新界油气储层都为砂岩。德令哈断陷为两凹夹一隆的构造格局,区内构造发育,圈闭类型多样,数量多,面积大,埋藏深度多小于 4 000 m,有利于钻探。预测油气总资源量在 10×10^8 t 以上,是油气勘探的有利地区,有良好的勘探前景。

关键词:构造格局;沉积地层;烃源岩;油气储层;德令哈断陷;柴达木盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

德令哈断陷是柴达木盆地北缘块断带的一个亚一级构造单元,位于柴达木盆地东北部(图 1),范围大致在北纬 $36^{\circ}15'$ 至 $37^{\circ}30'$,东经 96° 至 98° 之间,面积约 15 000 km²。

20 世纪 50 至 60 年代,先后进行过 1:50 万重力和地面磁力调查、1:50 万航磁普查、1:20 万重力普查、1:20 万地面调查和 1:5 万局部地面地质详查,1998 年,开展过航磁、航放勘探工作。

德令哈地区地震勘探始于 20 世纪 80 代初期,目前测网密度从 4 km×8 km 到 6 km×10 km 不等,总长度约 2 465.5 km,计 63 条二维地震测线。勘探程度低,有一半地区尚属于勘探和地质研究的空白区。

区内共有钻井 7 口,其中 6 口有不同程度的油气显示,3 000 m 以上探井仅 2 口,总进尺 12 930 m。

1 构造格局

德令哈断陷三面环山,其东、西和北部均为老

山所环绕,基底发育北西向断裂。根据基底、盖层的沉积构造特征可将断陷分为 3 个一级构造单元,自北向南分别为德南凹陷、中央背斜隆起带和欧南凹陷(图 2)。

德南凹陷南北均为北西向对冲逆断层所控制,基底形态南陡北缓,自西南向北东方向抬升。中新界沉积最大厚度达 9 000 m。

中央背斜隆起带位于断陷中部,近东西向展布,西起欧龙布鲁克山,向东逐渐由北北西转为近东西向。东西两端均为出露的古生界,在隆起带南北两侧,背冲的大逆断层将古生界基底抬升,在中央隆起带上发育有布鲁克、托西、托东、红专、巴依、乌兰、来扎克等一系列有利的构造。

欧南凹陷亦为近东西向展布的狭长断陷,其南北均由对冲的大逆断层所控制。德南凹陷和欧南

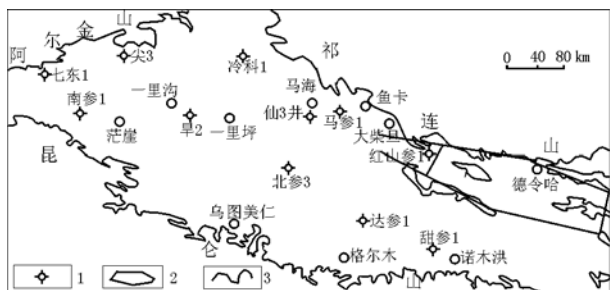


图 1 柴达木盆地德令哈断陷区域位置

1. 城镇;2. 井位;3. 断陷范围;4. 盆地边界

Fig. 1 Regional location of the Delingha Fault-Depression in the Qaidam Basin

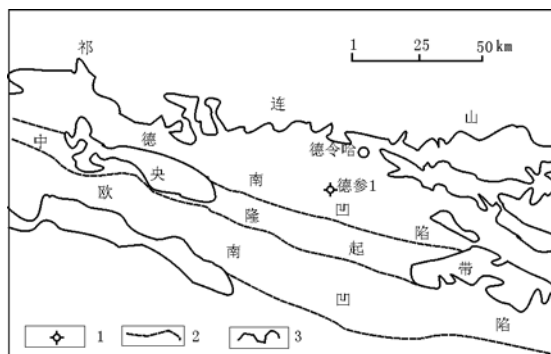


图 2 柴达木盆地德令哈断陷构造单元划分

1. 城镇;2. 井位;3. 构造单元界线;4. 盆地界线

Fig. 2 Structure unit partition of the Delingha Fault-Depression in the Qaidam Basin

收稿日期:2005-11-05;修订日期:2006-08-23。

作者简介:甘贵元(1961—),男(汉族),青海湟中人,博士、高级工程师,主要从事石油地质实验和石油勘探地质研究。

基金项目:国家油气资源战略选区调查与评价项目(XQ-2004-1)。

凹陷是德令哈地区有利的生油气区,中央背斜带夹于 2 个生油凹陷中间,是十分有利的油气聚集带。

2 沉积地层

德令哈断陷内地层层序较全,除太古界外,元古界、古生界、中生界和新生界都已出露(表 1)。元古界是一套变质程度较浅的结晶片岩、片麻岩系。古生界寒武系主要是一套海相碳酸盐岩建造,

出露于欧龙布鲁克以及尕斯库勒湖以东;奥陶系为一套海相碳酸盐岩—碎屑岩建造,主要出露于欧龙布鲁克山;泥盆系出露在埃姆尼克山,是一套灰绿、发紫色碎屑岩建造;石炭系是一套海、陆交互相沉积,广泛出露于欧龙布鲁克山;二叠系是一套浅海、深海、滨海相碎屑岩建造。中生界三叠系下统是一套海相碎屑岩—碳酸盐岩建造,中统是一套轻微变质的地层,上统以火山岩为主,出露于怀头他拉北;侏罗系

表 1 柴达木盆地北部地区地层简要表
Table 1 The brief strata in the north area in the Qaidam Basin

地 层				代号	厚度/m	岩 性 描 述
界	系	统	组(群)			
新 生 界	第四系	上更新统		Q ₃₊₄	425	灰、灰黄色砂岩、砾岩层及粉砂、粘土层
		中下更新统	七个泉组	Q ₁₊₂	1250	以土黄色砂岩、浅灰色泥岩与砾岩互层为主
	新近系	上新统	狮子沟组	N ₂ ⁽³⁾	986	以棕色砾岩为主,夹砂岩、砂质泥岩和泥岩
			上油砂山组	N ₂ ⁽²⁾	1 237	以黄、黄褐色含砂泥岩、砂质泥岩为主
			下油砂山组	N ₂ ⁽¹⁾	857	以砂岩、砾岩和砂质泥岩间互沉积为主
	古近系	中新统	上干柴沟组	N ₁	308	以灰绿、灰色砂质岩与棕红色泥质岩互层为主
		渐新统	下干柴沟组	E ₃	664	灰绿、灰色砂质岩与棕红色泥质岩不等厚互层
		上一始新统	路乐河组	E ₁₊₂	337	砾岩、砾状砂岩、含砾砂岩夹砂岩、泥岩等
中 生 界	白垩系		犬牙沟群	K	1 451	桔红色、灰白色砾岩、砂岩和暗棕色泥岩互层
	侏罗系	上统	红水沟组	J _{3 h}	565	浅棕红色泥质岩和兰灰色砂质岩薄层组成
			采石岭组	J _{3 c}	73	紫红色泥质岩、砾岩与灰绿色砂质岩互层
		中统	大煤沟组	J ₂	923	砂岩、砾岩、碳质页岩夹薄劣煤层
			下统	小煤沟组	J ₁	247
	三叠系	上统	八宝山群	T ₃	86	以火山岩为主,具轻微变质的喷出岩系
		中统	古浪堤组	T ₂	100	以凝灰岩、石灰岩、砂碳及板岩为主
		下统	隆务河群	T ₁	693	下部以砂岩、砾岩为主,上部以石灰岩为主
古 生 界	二叠系	上统	德令哈北山群	P ₂	>4 030	下部为砾岩夹石灰岩及白云质板岩,上部以碎屑灰岩、石灰岩、砾岩为主
		下统		P ₁		砂岩、砾岩、石灰岩夹板岩
	石炭系	上统	扎布萨尕秀群	C ₂	764	以灰色灰岩、泥灰岩为主,夹石英砂岩和煤层
		下统	怀头他拉组	C ₁	1 301	由石灰岩、页岩和砂岩组成
	泥盆系	上统	阿木尼克组	D ₃	116	灰绿、灰紫色碎屑岩建造
			牦牛山组		4 992	由蚀变凝灰质砾岩、凝灰岩和含凝灰质砂、砾岩组成
	奥陶系	上统	赛什腾群	O ₃	1 918	由蚀变砂岩、绢云千枚岩和片理化砂岩组成
		中统	大头羊组	O ₂	161	台型碳酸盐岩—碎屑岩建造
			下统	石灰沟组	O ₁	629
		多泉山组		963		以石灰岩为主,夹钙质页岩和泥灰岩
	寒武系	上统	上欧龙布鲁克组	E ₃	258	以石灰岩为主
		中统	中龙布鲁克组	E ₂	607	岩性以石灰岩为主,高产三叶虫化石
		下统	下龙布鲁克组	E ₁	138	硅质白云岩、夹薄层细砂岩、砂质页岩、高产核形石
前古生界						布赫特山出露山云母石英片岩、结晶灰岩、中性火山岩等组成。达肯大板群总厚约 3 000 m

以陆相沉积为主,是一套陆相煤系地层;白垩系是一套陆相红色碎屑岩系。新生界古近系、新近系和第四系为陆相碎屑岩建造,沉积厚度大,分布范围广。

3 烃源岩

在柴北缘,以侏罗系为烃源岩的油气勘探已经在冷湖构造带和马海—大红沟凸起区获得突破,以石炭系为烃源岩的油气勘探才进入初期研究阶段,对奥陶系烃源岩的研究尚处在萌芽时期^[1~6]。可以认为德令哈断陷存在3套烃源岩:中侏罗统的暗色泥岩和煤系地层;石炭系泥岩、煤系地层和灰岩;下奥陶统泥晶灰岩、泥岩。预测侏罗系油气资源量为 4×10^8 t,石炭系为 6×10^8 t,总资源量在 10×10^8 t以上。

3.1 侏罗系烃源岩

在蒙甘青宁地区大区域背景上,柴北缘地区早、中侏罗世时属于吐拉—柴北缘走滑断坳盆地,是在走滑伸展张应力条件下形成的^[7]。在柴北缘块断带,德令哈断陷在早侏罗世时,除大煤沟有少量河流—沼泽相沉积外,其他地区均未接受沉积;在中侏罗世时,德令哈地区广泛接受沉积,形成了以沼泽相、滨湖—浅湖亚相为主的泥质岩和煤系烃源岩^[8]。

根据邻区所钻红参1井和德令哈断陷周边野外露头调查,结合二维地震解释分析,认为德令哈断陷内大面积分布侏罗系烃源岩。红参1井钻遇170 m厚的下、中侏罗统河流—沼泽相沉积地层,其中暗色泥岩占45.63%,其2 034 m和2 050 m深度处泥岩的镜质体反射率分别为0.61%和0.69%,表明已进入生烃门限,处在有机质演化的低成熟阶段;另外,在上侏罗统底部见油斑显示,表明已经发生过油气运移。德令哈断陷周边的大煤沟、柏树山、花石沟、牦牛沟、旺尕秀等地均有侏罗系烃源岩出露,其中大煤沟为下、中侏罗统,其他地区为中侏罗统;烃源岩样品的分析表明以Ⅱ型和Ⅲ型干酪根为主,大部分样品的有机碳含量在1.5%以上,镜质体反射率值在0.59%~1.25%之间,跨越有机质演化的低成熟—成熟—高成熟阶段;结合整个柴北缘侏罗系烃源岩有机质演化研究^[9]和大多数样品的分析结果,可以认为该区中侏罗统烃源岩主要处在有机质演化的成熟阶段。二维地震资料解释认为,侏罗系分布从东向西中间厚、两边薄,从南到北,在凹陷内分布相对较厚,在凸起部位变薄;德令哈断陷侏罗系最大厚度达1 600 m(图3)。根据野外露头烃源岩分布特征和地震属性分析,认为在德令哈断陷侏罗系烃源岩厚度最大可达800 m。

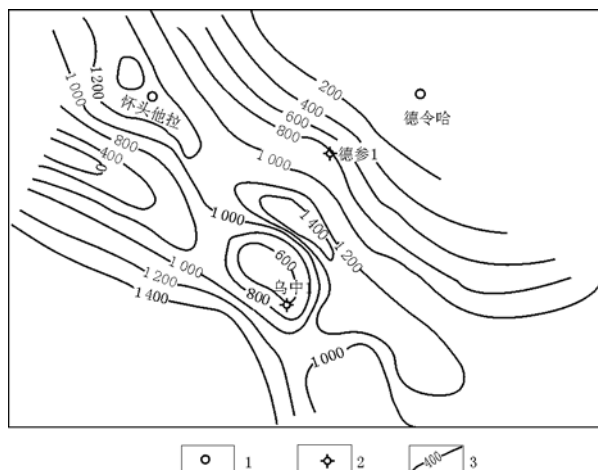


图3 柴达木盆地德令哈断陷侏罗系残余厚度分布

1. 城镇; 2. 井位; 3. 等厚度线/m

Fig. 3 Distribution of the Jurassic residual thickness in the Delingha Fault-Depression, the Qaidam Basin

3.2 石炭系烃源岩

区内仅有1958年在锡铁山—牦牛山隆起所钻的乌中1井,于655.25~666.63 m深处钻遇石炭系,未见底。邻区的霍参1井,在1 876~2 150 m深处钻遇下石炭统怀头他拉组,厚274 m,岩性为灰—深灰色泥岩、砂岩及深灰色灰岩,其中发育暗色泥岩44层,厚104.5 m,占地层厚度的38.14%;还有深灰色灰岩101.4 m,其有机碳含量在0.20%~0.42%之间,平均0.30%。

在德令哈断陷周边山区广泛出露的石炭系烃源岩为灰黑色灰岩、泥岩和碳质页岩等煤系地层,累计厚度可达1 000 m。分析认为断陷内石炭系海相沉积有槽盆相、浅海陆棚相、台地边缘斜坡相、滨岸相和碳酸盐岩台地相^[10](图4)。石炭系海相沉

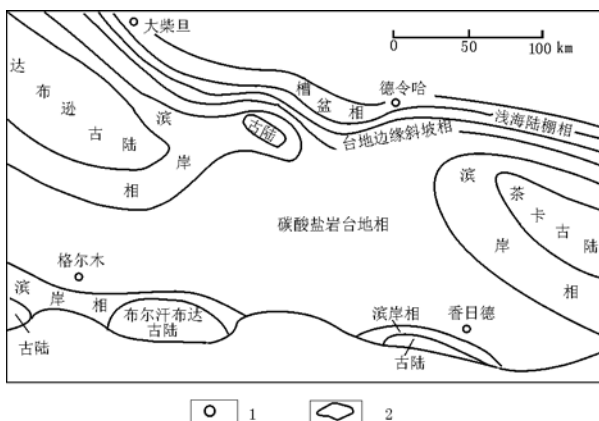


图4 柴达木盆地东部石炭系沉积相

1. 城镇; 2. 沉积相分界线

Fig. 4 Carboniferous sedimentary facies in the east of the Qaidam Basin

积厚度超过 800 m 以上的分布范围约 5 000 km²。野外露头样品的分析表明,泥质岩有机质含量在 0.47%~1.39%之间,平均为 0.80%;碳酸盐岩有机质含量在 0.05%~4.53%之间,平均为 0.625%,均达到好烃源岩的标准。I、II型有机质占 45.72%,III型占 54.28%;镜煤反射率在 1.13%~1.55%之间,平均为 1.303%,有机质处在成熟阶段后期。

3.3 奥陶系烃源岩

文志刚、王正允等^[11]对德令哈断陷欧龙布鲁克山出露的下奥陶统进行了研究:下奥陶统多泉山组总厚 431.6 m,暗色地层为泥晶灰岩,厚度为 168.97 m,其恢复后的原始有机碳含量平均为 0.21%;而石灰沟组总厚 537.4 m,暗色泥(页)岩厚 220 m,其残余有机碳含量为 0.40%~1.60%,平均 0.88%,恢复后的原始生烃潜量为 3.18~12.71 mg/g,属于较好—好烃源岩。

多泉山组暗色泥晶灰岩有机质干酪根类型以 II₁ 型为主,而石灰沟组暗色泥岩有机质类型以 II₂ 型为主,II₁ 型次之。根据沥青反射率换算得到的镜质体反射率(R_o)为 1.36%~1.56%,反映有机质演化处于高成熟阶段。

在与柴达木盆地西部相邻的索尔库里环形山地区,曾发现奥陶系深灰色泥晶灰岩节理缝中有油浸,可以认为在德令哈断陷乃至整个柴东地区,以奥陶系为烃源岩的油气勘探存在潜力。

4 油气储层

德令哈地区砂岩储集层在中、新生界各层中均有分布,如侏罗系大煤沟组(J₂)、采石岭组(J₃),白垩系犬牙沟组(K),第三系下干柴沟组(E₃)、上干柴沟组(N₁)、上下油砂山组(N₂),其中均有碎屑岩储集层的分布。

柴北缘中生界有利和较有利的储集砂体主要有辫状河三角洲砂体、滨湖席状砂体、滨浅湖滩坝砂体、河道砂体、浊积扇砂体和近岸水下扇砂体等 6 种。在各类型砂体中,主要的储集岩类型有粉砂岩、砂岩、含砾砂岩和砾岩。不同地区碎屑岩储集物性差别较大,孔隙度一般在 5%~12%之间,渗透率多数小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;储集条件比较好的储层,其孔隙度为 13%~22%,渗透率在 (9.6~50) $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间。储层评价认为,侏罗系优质储层主要分布在冷湖三号、潜西、赛什腾、红山和德令哈等地^[12]。德令哈断陷地面露头侏罗系砂岩孔隙度变化范围 6.7%~31.3%,平均 12.8%,渗透率均小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

在德参 1 井钻遇的 111.6 m 上侏罗统地层中,解释出砂岩渗透层 6 层,厚 36 m,占地层总厚度的 32%;新近系上油砂山组(N₂²)至古近系下干柴沟组(E₃),电测解释出渗透层 60 个,厚 456.8 m。在 4 071~4 078 m 井段下干柴沟组 6 块砂岩岩心样品的分析显示,有效孔隙度为 11.8%~15.2%,平均 13.01%,渗透率最大 $415.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。这些均表明在德令哈断陷,砂岩储层发育,储层物性较好。

碳酸盐岩储层在该区目前所钻各井中尚未钻遇或尚未进行过研究,但野外露头样品的分析表明,石炭系等碳酸盐岩储层在德令哈断陷广泛存在。分布于石炭系怀头他拉组中的碳酸盐岩,孔隙度为 6.6%~14.5%,平均 9.65%,可以成为有效的油气储层。

5 圈闭类型

德令哈断陷有 10 多个地面构造,主要有大浪、牙乌拉、乌兰、红专、托西、巴依、怀头他拉、可鲁克、埃北、巴图等。二维地震资料连片处理解释发现,在德令哈断陷构造发育且面积较大,初步确定的构造有 13 个,层圈闭总计达 70 个,其圈闭面积最小 4.5 km²,最大 243 km²,一般在 20 km² 以上;圈闭类型有背斜、断背斜、断鼻、断块等,埋藏深度大多小于 4 000 m。这表明德令哈地区构造发育,圈闭类型多样,圈闭面积较大,埋藏深度适中。

6 结论

柴达木盆地德令哈断陷勘探程度低,地质认识较为肤浅。断陷两凹夹一隆的构造格局,为油气运移和聚集成藏创造了良好条件,是油气勘探的有利地区。断陷内有 3 套烃源岩,其中侏罗系和石炭系烃源岩已经初步确定在德令哈断陷内广泛分布。侏罗系烃源岩为有机碳含量高且处于有机质演化成熟时期为主的泥岩和煤系地层;石炭系泥岩、煤系地层和碳酸盐岩均为处于有机质演化到后期的好烃源岩。有机质处于高成熟期的奥陶系泥质和碳酸盐岩较好—好烃源岩在断陷内的分布尚待落实。德令哈断陷构造发育,圈闭类型多样,数量多,面积大,埋藏深度大多小于 4 000 m,有利于钻探。初步预测德令哈断陷侏罗系油气资源量为 4×10^8 t,石炭系的油气资源量为 6×10^8 t,总资源量在 10×10^8 t 以上,是油气勘探的有利地区,有良好的勘探前景。

致谢:柴达木盆地德令哈断陷侏罗系残余厚度分布引自周从安等《柴达木盆地东部格尔木—德令

哈地区二维地震资料解释成果报告》(1998),地震解释圈闭描述引自王秀玲、季玉新等《柴达木盆地德令哈地区二维地震资料处理解释及综合研究》(1999),在此一并致谢。

参考文献:

- 1 汤锡元,罗铸金. 柴达木盆地北缘块断带的石油地质特征[J]. 石油与天然气地质,1986,7(2):183~191
- 2 王明儒,胡文义. 柴达木盆地北缘侏罗系油气前景[J]. 石油勘探与开发,1997,24(5):20~24
- 3 胡受权,曹运江. 柴达木盆地侏罗纪盆地原型及其形成与演化探讨[J]. 石油实验地质,1999,21(3):189~195
- 4 汤良杰,金之钧,张明利等. 柴达木盆地北缘构造演化与油气成藏阶段[J]. 石油勘探与开发,2000,27(2):36~39
- 5 薛光华,杨永泰. 柴达木盆地北缘油气分布规律研究[J]. 石油实验地质,2002,24(2):141~146
- 6 郑孟林,李明杰,曹春潮等. 柴达木北缘西段侏罗纪盆地构造特征及其演化[J]. 石油实验地质,2004,26(4):315~318
- 7 左国朝,刘义科,李相博. 蒙甘青宁地区侏罗系开合盆山构造格局及原型盆地沉积特征[J]. 地质通报,2004,23(3):261~271
- 8 谢庆宾,管守锐. 从岩相古地理看柴达木盆地侏罗系的油气前景[J]. 古地理学报,2003,5(4):475~483
- 9 王永卓,徐景祯. 柴北缘中、下侏罗统生、排烃史模拟[J]. 石油勘探与开发,2003,30(1):49~53
- 10 翟光明,顾树松,徐旺等. 中国石油地质志—青藏油气区[M]. 北京:石油工业出版社,1990. 38~71
- 11 文志刚,王正允,何幼斌等. 柴北缘下奥陶统烃源岩有机地球化学特征[J]. 天然气工业,2004,24(4):7~9
- 12 谢庆宾,管守锐. 柴达木盆地北缘侏罗系沉积类型及储集层评价[J]. 石油勘探与开发,2000,27(2):40~44

PETROLEUM GEOLOGIC CHARACTERISTICS AND EXPLORATION PROSPECT OF THE DELINGHA FAULT-DEPRESSION IN THE QAIDAM BASIN

Gan Guiyuan, Yan Xiaolan, Zhao Dongsheng, Xiong Deming

(Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Oilfield, PetroChina, Dunhuang, Gansu 736202, China)

Abstract: The Delingha Fault-depression in the north margin of the Qaidam Basin is a frontier of petroleum exploration. Combining the field petroleum geologic review on the outcrops with the well and seismic information, the mudstone, carbonate rock and coal-measure hydrocarbon source rocks in the Mesozoic Jurassic and Paleozoic Carboniferous are considered widely developing in the Delingha Fault-Depression. The mudstone and carbonate rock in the Ordovician are also good hydrocarbon source rocks. The sandstone reservoirs developed in both the Mesozoic and the Cenozoic. The Delingha Fault-Depression is of two segs mingle with one uplift in structural framework. In the Delingha Fault-Depression, the tectonics developed and the traps are characterized by various types, large quantities and area as well as burial depth less than 4 000 meters. These are favorable for drilling. The total forecasting oil/gas reserve in this area is above 10 million tons. It is a favorable area for oil and gas exploration, and has well exploration prospect.

Key words: structural framework; sedimentary stratum; hydrocarbon source rock; oil and gas reservoir; the Delingha Fault-Depression; the Qaidam Basin