

民和盆地石油地质特征及含油气远景评价

张虎权^①

(石油天然气总公司西北地质研究所, 兰州 730020)

本文在前期系统的石油地质综合研究及二次资源评价基础上,对民和盆地石油地质特征及基本石油地质条件进行了总结,展示了盆地良好的含油气前景。

关键词 民和盆地 石油地质特征 生油层 储集层 模拟 评价
作者简介 张虎权 男 33岁 工程师 石油地质

民和盆地位于甘、青两省交界地带,介于西宁和兰州之间,面积11300km²,是在中祁连隆起带上发育起来的断拗山间沉积盆地。区内已钻石油深井59口,其中39口见油气显示;钻煤孔62口,有43口见油气显示,发现地面油苗70余处。经盆地前期及二次资源评价,证实盆地具备油气形成的基本地质条件。

1 区域地质特征

1.1 地层特征

民和盆地地层自下而上分为,侏罗系:下统大西沟组(J_{1d})、中统窑街组(J_{2y})、上统享堂组(J_{3x});白垩系:下统河口组(K_{1h})、上统民和组(K_{2m});第三系:下统西宁群(Exn),上统咸水河组(Nx)和第四系。其中窑街组的暗色泥岩、油页岩及煤层为主要烃源岩,窑街组、享堂组、河口组砂岩为主要储层,白垩系及第三系泥岩为主要区域性盖层。

1.2 构造特征

1.2.1 基底性质

据重磁力、井下资料及露头分析,盆地区域上受祁连褶皱系东端地质条件的制约和影响,使盆地中新生代沉积前的基底为复合基底。盆地内大部分地区为中祁连隆起带前寒武系变质岩基底;盆地内南北边缘部分地区为加里东褶皱带花岗岩基底。

1.2.2 构造单元划分

据重磁电、基底埋深、断裂特征及盆地形成演化

特点,将民和盆地划分为巴州拗陷、周家台低隆起、永登拗陷、皋兰隆起4个一级构造单元和19个二级构造单元(图1)。

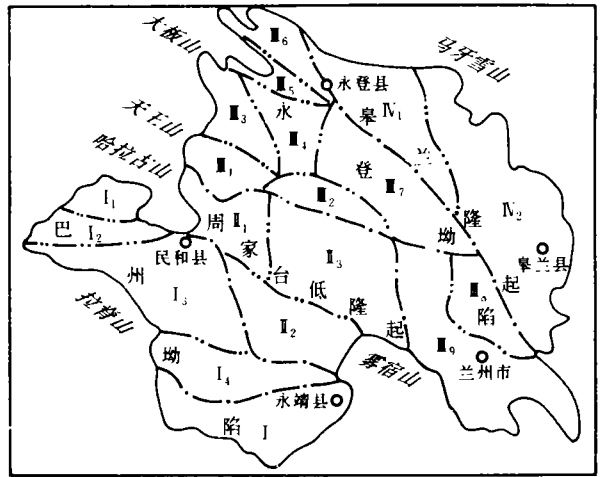


图1 民和盆地构造单元划分图

I₁, 旱地湾凹陷; I₂, 向阳凸起; I₃, 古都凹陷; I₄, 马营凸起; I₅, 王台凹陷; II₁, 海石湾断鼻; II₂, 王坪斜坡; II₃, 马家山城凸起; III₁, 黄涝池凹陷; III₂, 观音庙斜坡; III₃, 牌楼凸起; III₄, 黑喇嘛凹起; III₅, 仁寿山凸起; III₆, 何家营凹陷; III₇, 永进凹陷; III₈, 刘家窑斜坡; III₉, 兰州凹陷; IV₁, 高窑斜坡; V₂, 中川凸起

1.2.3 断裂与局部构造特征

根据重、磁、电、震、钻井及地面地质资料,发现民和盆地发育许多正、逆断层,这些断层对盆地形成演化及构造格局均有一定的控制作用。按断裂发育特征主要分为两个时期,正断层主要在K₁-J时期

① 周炎如、王天琦、王小玉、刘建新参加了研究的部分工作

发育,逆断层主要在 K_2 以后发育;按断裂走向分为 3 组:即 NW 向、近 SN 向、近 EW 向。

由于多次构造运动的影响,盆地内局部构造十分发育,目前已发现 57 个,其中第三系 19 个,白垩系 38 个,以背斜、断背斜、断鼻及断块为主,多成排成带分布。从地面露头与地震深层反射的对比来看,向地下一定的深度,局部构造逐渐消失或存在明显的上下构造高点偏移现象。

1.2.4 盆地演化发展阶段

按照盆地演化各个时期构造运动的性质和特点,民和盆地的演化发展经历 4 个阶段:①前侏罗纪盆地断陷前隆起阶段:三叠纪,印支运动使盆地以中央古隆起产生了大范围的抬升,形成隆起外围被三叠系地层环抱,隆起上缺失三叠系地层的局面。②侏罗纪—早白垩世盆地断陷阶段:此时盆地以中央古隆起轴部的裂前基岩隆起解体,产生一系列反倾向正断层,形成地堑,进入断陷发展阶段,为盆地主要充填时期。③晚白垩世—第三纪盆地坳陷阶段:此时在区域新的应力支配下,断陷消失,坳陷开始发展,其沉积范围比较广泛,主要沉积上白垩统及第三系地层。④第四纪盆地消亡阶段:第四纪时期,盆地进入坳陷消亡、外流水系发展阶段,形成大小丘陵和山地地形,沉积以砾砂层及黄土层为主(图 2)。

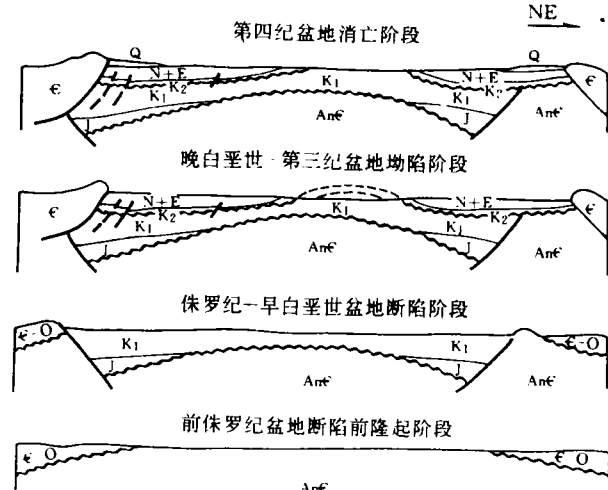


图 2 民和盆地构造演化发展阶段示意图

由上 4 个阶段可知,民和盆地的盆地类型相对较简单,从侏罗纪至早白垩世的断陷型盆地过渡到晚白垩世至第三纪的坳陷型,故盆地具有双层构造。

1.3 沉积相特征

根据地面露头和钻井资料分析,盆地各时期的沉积相类型和平面展布特征如下:

1.3.1 早侏罗世

早侏罗世以普遍发育湖泊水下扇沉积为特征,湖泊水体不深,很少见远端浊积岩沉积,沉积范围较小,岩性横向变化快,主要分布于巴州及永登坳陷深部,沉积速率约 $20\text{m}/\text{Ma}$ 。

1.3.2 中侏罗世

中侏罗世主要发育湖泊沉积,以滨湖-半深湖为主,水体深度稳定,沉积横向稳定,水生生物很发育,沉积范围进一步扩大,有利于有机质的富集和保存,沉积速率约 $16\text{m}/\text{Ma}$ 。

1.3.3 晚侏罗世

此时主要为湖成三角洲、冲积扇及河流相沉积,总体为构造背景日趋稳定,物源区向源后退,沉积范围扩大,沿周家台低隆起东西两端超过,气候为半潮湿-半干旱,沉积速率约 $26.3\text{m}/\text{Ma}$ 。

1.3.4 早白垩世

早白垩世形成的河口组,沉积范围宽广,几乎遍及全盆地。其沉积相自下而上分别为冲积扇、河流相-漫湖、浅湖相-湖岸滩、坝相,沉积速率加快,约 $96.8\text{m}/\text{Ma}$,是断陷湖盆的明显标志。

1.3.5 晚白垩世

晚白垩世形成的民和组,沉积范围很广,但由于后期抬升剥蚀,现今仅分布于坳陷内部,主要为河流相红色碎屑岩沉积,局部为浅湖相沉积。此时,沉积速率减小,约 $24.0\text{m}/\text{Ma}$ 。

1.3.6 第三纪

该时期由于喜山运动的影响,盆地抬升接受剥蚀,从而使大部分第三系甚至白垩系遭受剥蚀,此时气候干燥,主要为河流相,以红色碎屑岩沉积为主。

2 油气地质特征

2.1 烃源岩特征

2.1.1 有机质丰度

盆地烃源岩主要为中侏罗统窑街组的暗色泥岩和油页岩。有机质丰度高,有机碳含量一般为 $1\% \sim 14\%$,泥岩的有机碳含量平均可达 1.489% (13 个样),油页岩平均可达 10.25% (16 个样)。“A”含量一般为 $0.0037\% \sim 0.6018\%$,泥岩平均可达 0.0304% (12 个样),油页岩平均可达 0.278% (17 个样)。总烃含量泥岩平均为 289.2×10^{-6} (6 个样),油页岩平均为 1979.3×10^{-4} (13 个样),产烃率可达 $31 \sim 125\text{mg}/\text{g}$ 。

2.1.2 有机质类型

据干酪根组分镜下观察,民和盆地油页岩和井田区井下暗色泥岩干酪根类型主要由大量藻质体组成,其它显微组分较少,为含腐殖质的腐泥型(I_A)干酪根。据族组分、荧光显微组分、元素组成、红外光谱、热解、色谱-质谱分析资料和数据,窑街组的暗色和灰色泥岩主要为腐泥型(I)或腐殖-腐泥型(I_A)。

2.1.3 有机质热演化

据 R^o 、干酪根元素原子比、正构烷烃分布及 OEP 值、生油岩热解数据及盆地模拟结果分析,窑街地区已进入低熟阶段, R^o 为 0.5%~0.8%;海石湾井田区进入油气大量生成阶段, R^o 已达 0.9%~1.1%;巴州坳陷生油岩的 OEP 值已达成熟生油岩标准(1.0~1.1)。巴州及永登坳陷深部, R^o 最大值可达 1.5%,达高熟阶段。

总之,中侏罗统窑街组的暗色泥岩和油页岩是民和盆地主要的一套烃源岩系,为一套浅湖-半深湖相沉积岩,环境相对稳定,有机质丰度高、类型好,热演化程度高,属优质烃源岩。相比之下,上、下侏罗统的泥岩虽有一定生油能力,但其有机质丰度、类型、分布面积、厚度等方面均不及中侏罗统,为差生油层。盆地内广泛分布的侏罗系煤层也具有较高的生烃能力。而白垩系和第三系为红色碎屑岩沉积,基本不具备生烃潜力。据盆模结果分析,坳陷深部生油门限为 2500m。这套烃源岩分布在巴州、永登坳陷及周家台低隆起西端,分布面积大,已知侏罗系分布面积约 3000km²,最大厚度约 400m,暗色泥岩、油页岩等有效生油岩厚 21~180m 不等,是油气生成的基础。

2.2 储盖层特征

2.2.1 储层物性及孔隙类型

从窑街-享堂峡地区 3 个侏罗系地面剖面 78 个样品看,平均孔隙度为 11.69%,平均渗透率为 $50.51 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;井田区井下 171 个样品,平均孔隙度为 6.561%,平均渗透率为 $2.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;巴州坳陷井下 41 个样品,平均孔隙度为 10.47%,平均渗透率为 $3.669 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;巴州坳陷地面 45 个样品,平均孔隙度为 13.683%,平均渗透率为 $204.84 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。由此可见,储层物性并不十分理想,各储层的非均质性很强。

通过铸体薄片和电镜扫描,盆地中生界储层的孔隙类型主要有粒间孔、填隙物内孔、溶蚀粒间孔、溶蚀粒内孔、溶蚀填隙物内孔、溶蚀裂缝孔隙。下白

垩统河口组储层粒间和溶蚀粒间孔为主,侏罗系以填隙物内孔为主。

2.2.2 储集砂体类型

据岩相研究成果,侏罗系储集砂体主要有湖成三角洲、滨浅湖、河道、水下扇、湿型冲积扇、扇三角洲及深水浊积砂体。前两者为有利的储油砂体。白垩系储集砂体有湖成三角洲、扇三角洲、滨浅湖及河道砂体,前两者为有利的储油砂体。

2.2.3 盖层条件

民和盆地中生界地层以互层状的砂、泥岩为主。泥质岩占总厚度的 60%左右。其中第三系泥岩占 60%,白垩系泥质岩占 58%,享堂组泥岩占 50%,窑街组泥岩占 34%,单层厚 16~40m。窑街组、河口组及第三系的这部分泥岩、砂岩泥岩为良好的区域性盖层。同时,盆地受构造运动的影响产生了众多断层,这些断层为油气的运移和封堵起重要作用。

2.3 生储盖组合

据虎头崖油田、海石湾单斜油藏及井田区含油断块区结合巴州井下油气显示分析,盆地主要发育 3 种类型的生储盖组合:

(1) 自生自储,即 J_2y 生油, J_2y^4 , J_2y^5 储油。

(2) 下生上储,即 J_2y 生油, J_3x , K_1h 储油。

(3) 上生下储,即 J_2y 生油, J_2y^2 砂岩及前寒武系变质岩裂缝储油。

3 含油气远景评价

3.1 资源量估算及结果分析

在盆地二次资源评价研究中,根据盆地基本地质条件选取了适合本盆地的地质模型及数学模型,开展了盆地模拟工作,估算了盆地资源量,其结果是:盆地总生烃量为 $15.8 \times 10^8 \text{t}$,排烃量为 $3.93 \times 10^8 \text{t}$,资源量为 $0.795 \times 10^8 \text{t}$ 。然而,通过常规方法计算的资源量为 $0.82 \times 10^8 \text{t}$,两者比较接近。盆地各时期累计生烃强度最大可达 $460 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$,排烃强度可达 $92 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 。从生排烃强度看,巴州坳陷集中了全区油气总量的 70%,应成为目前的重点勘探区。窑街组生烃量几乎占 100%,为全力烃源层,第三纪末生排烃量占 2/3,为全力生排烃期。享堂组储层的资源量占 48%,是盆地的主力储层。

据盆地模拟结果分析,民和盆地侏罗系中统窑街组烃源岩自晚侏罗世末开始生烃,早白垩世末进

入大量成烃阶段,到晚白垩世有所下降,至第三纪进入大量成烃阶段,达生烃高峰。在整个中生代,本区成烃过程此起彼伏,高峰迭起,构成了连续成烃的有利环境,为本区今后寻找多套成油组合创造了条件。

民和盆地是一个煤、油、气伴生的盆地,本文由于受煤资料的限制,未计算煤成烃的资源量,但可相信盆地内巨厚的煤形成的油气资源量仍相当可观,由此认为,民和盆地的资源量预计在 $1 \times 10^8 \text{t}$ 以上,是一个较好的含油气远景区。

3.2 有利区带评价

3.2.1 区带划分

根据盆地基本地质特征将盆地划分为巴州、永登、王台、兰州4个生油区及周家台、皋兰两个非生油区及8类有利圈闭带(图3)。

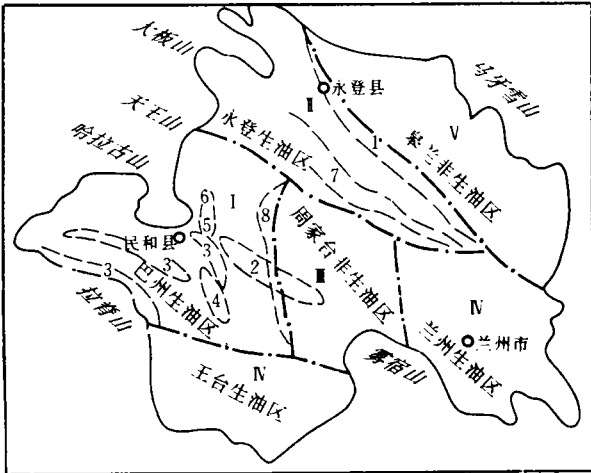


图3 民和盆地地区带综合评价图

1. 正断层下降盘逆牵引背斜构造带; 2. 挤压(褶皱)背斜构造带; 3. 逆冲断裂构造带; 4. 基岩披覆构造带; 5. 断裂间断块、断阶构造带; 6. 基岩潜山构造带; 7. 缓坡岩性圈闭带; 8. 缓坡地层超覆圈闭带。I. 最有利区; II. 有利区; III. 较有利区; IV. 有远景区; V. 远景较差区

3.2.2 有利区带评价

民和盆地中侏罗统窑街组生油层在盆地内大面积连片分布,除周家台低隆起东端和皋兰隆起外,其余地区均有生油岩分布。巴州、永登生油区为已证实的烃源岩分布区。王台、兰州生油区为据有关资料推测的烃源岩分布区。可能烃源岩分布面积可达 4500km^2 。生油岩基本都受断陷控制。经地震及钻井资料综合分析,盆地沉积发育历史较长,沉积岩厚度大,埋藏深,烃源岩沉积环境属浅湖相-半深湖相-深

湖相,还原条件好,有利于有机质向油气的转化。巴州、永登生油区均属生储油有利区带。相对来说,巴州生油区较永登生油区更为有利。

据烃源岩分布面积、厚度及生烃量大小,构造特征及储集条件,生油岩埋深、生烃强度及距油源区的远近,已获油气显示,保存条件好坏等原则,综合评价为:巴州生油区为最有利区(I级)、永登生油区为有利区(II级)、周家台非生油区为较有利区(III级)、王台、兰州生油区为有远景区(IV)、皋兰非生油区为远景较差区(V级)(图3)。

3.2.3 有利圈闭带预测

民和盆地的形成和发展,经历了多次构造运动,同时形成了众多的各类构造圈闭,经过构造形成和发展规律的综合研究,预测民和盆地发育8类圈闭,其分布地带是盆地进一步寻找油气的方向(图3)。

(1) 正断层下降盘逆牵引背斜构造圈闭带,这种构造位于正断层下降盘,由地层局部挤压变形引起,往往成排成带分布。

(2) 挤压(褶皱)背斜构造圈闭带,如骆驼山、张家山等背斜带。

(3) 逆冲断裂构造带,如虎头崖-武家断裂构造带、拉脊山北缘逆掩推覆带。

(4) 基岩生长构造带,如MH89-152测线隆治披覆构造。

(5) 断裂间断块、断阶构造带。如海石湾井田区断块断阶构造。

(6) 基岩潜山构造带,如井田区基岩潜山不整合构造。

(7) 缓坡岩性圈闭带。

(8) 缓坡地层超覆圈闭带。

4 结论

(1) 盆地具有双层结构,上、下白垩统之间的构造运动是盆地的转折时限,前期为断陷,后期为坳陷。

(2) 中侏罗统窑街组的暗色泥岩、油页岩为主要生油岩,生油岩分布面积大,有机质丰度高,类型好,为盆地油气生成奠定了基础。上侏罗统享堂组,下白垩统河口组储层为主要储层。

(3) 经多种方法计算资源量近 $1 \times 10^8 \text{t}$,表明盆地具有广阔的含油气前景。

(下转5页)

TAKING A VIGOROUS ACTION TO EXPLORATION OF INORGANIC-SOURCED HYDROCARBON

Chen Husheng

(*East China Petroleum Bureau, CNSPC, Nanjing 210031*)

Abstract

There may be much more hydrocarbon in inorganic-sourced domain than in organic-sourced domain. Conditions for accumulation of inorganic-sourced hydrocarbon are as follows: (1) large deep fault to lithosphere as migration path; and (2) the hydrocarbon was not oxidated in process of migrating to crust surface. The accumulation pattern was suggested in accordance with above conditions and lithospheric structure: (1) traps in rift system or rift basin with thick sediments of reducing environment, which mixed with organic hydrocarbon; and (2) residuals of lifted horizontal zone of fracture neighboring rift basin. The prospects of inorganic hydrocarbon and their exploration method were indicated.

(上接 13 页)

于指导民和盆地的勘探具有深远的指导意义。

(4) 经区带综合评价, 预测盆地发育 8 类圈闭带, 为盆地油气聚集提供了多种类型的储集空间, 对

(收稿日期: 1996 年 10 月 21 日)

PETROLEUM GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND HYDROCARBON-BEARING PROSPECT EVALUATION OF THE MINHE BASIN

Zhang Huquan

(*Northwest Institute of Geology, CNPC, Lanzhou 730020*)

Abstract

Based on the early systematical petroleum geological comprehensive study and secondary resource evaluation, the petroleum geological characteristics and essential petroleum geologic conditions of the Minhe Basin are summarized, and the good hydrocarbon-bearing prospect of the Basin is displayed.