

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

西藏双湖托纳木区块油气成藏条件分析与评价

陶晓风¹⁾, 李一超²⁾

1) 成都理工大学地球科学学院, 610059; 2) 中国石化集团公司, 北京, 100029

内容提要: 托纳木地区位于西藏北羌塘盆地的南缘, 通过综合油气地质评价, 认为该区块内的晚侏罗世地层中存在有效的储集层和储集体; 生储盖组合配置较好; 烃源岩生烃强度高; 具有适时有效的圈闭构造, 对油气保存条件有利; 托纳木背斜为该区块内最具勘探前景的圈闭构造。

关键词: 西藏; 羌塘盆地; 油气; 勘探评价

西藏双湖地区托纳木区块位于藏北羌塘盆地的南缘。1997年, 笔者参加了由原中国石油总公司青藏项目经理部组织的、在该地区内1:10万石油地质填图, 取得了丰富的油气地质资料, 并对该区内的石油地质条件进行了初步评价, 在地表圈定出托纳木和笙根两个有利的背斜构造, 认为托纳木背斜为羌塘盆地内最具油气远景的大型圈闭构造之一。2004年, 笔者再次参加了由中国地质调查局承担的国家财政部专项计划“青藏高原油气资源战略选区调查与评价”科技工程项目, 在羌塘盆地托纳木地区进行了1:5万石油构造详查与化探, 重点对托纳木地区的地质特征、油气构造、生储盖特征、成藏条件及油气地化等方面进行了调查和研究, 对油气勘探前景进行了综合分析和评价。

1 构造沉积演化

1.1 构造特征

研究区位于西藏的羌塘盆地。在大地构造上, 羌塘盆地位于欧亚大陆与冈瓦纳古陆毗连的特提斯构造域内。特提斯构造域地质构造复杂, 内含不同时期形成的复合造山带或古板块缝合带及其所夹持的稳定地块或沉积盆地, 呈现盆地—造山带或盆地—缝合带共轭格局, 羌塘盆地周边为造山带或缝合带包绕(黄继均, 2001)。

羌塘盆地北界为可可西里—金沙江缝合带, 南界为班公—怒江缝合带, 它是中特提斯的组成部分。羌塘盆地自北而南可分为羌北坳陷、中央隆起带、羌南坳陷一级三个单元。研究区位于羌北坳陷南缘, 南

临中央隆起带基底隆起向东潜没的过渡地带, 也即位处羌北坳陷与中央隆起带毗连地带, 在次级构造单元上为羌北坳陷中的南部复背斜带, 因而从研究区所处的大地构造位置看是研究羌塘南、北坳陷与中央隆起带形成演化的有利地段。

研究区构造演化总体可分为三个阶段: 泥盆纪—中三叠世被动大陆边缘盆地阶段、晚三叠世—侏罗纪前陆盆地阶段和晚燕山—喜马拉雅期碰撞造山—高原隆升阶段, 尤其是燕山期以来的活动对羌塘盆地的形成演化有着重要的控制作用(王成善等, 2001)。

研究区地表构造形迹清楚, 主要发育有褶皱、断层构造。构造线方向与托纳木藏布凹陷的展布方向一致, 仍以北西西向为主, 兼具南北向。从构造变形特征看以挤压变形为主, 兼具旋扭、走滑及拉张构造。褶皱构造多以宽缓褶皱为主, 构造变形强度不大(图1)。

1.2 地层及沉积特征

羌塘盆地是发育在前泥盆纪结晶基底和晚古生代浅变质褶皱基底之上, 以中生界海相沉积为主体的复合型残留盆地(胡明毅等, 2001)。从三叠纪开始, 伴随着班公湖怒江洋的裂开, 羌塘盆地普遍接受浅海沉积及半深海沉积。这种以浅海碳酸盐岩为主的沉积一直持续到侏罗纪末期, 累计厚度达10 km以上。从白垩纪开始, 由于班公湖怒江洋的闭合, 结束了本区海相沉积历史, 此后, 该区一直处于隆起抬升状态。

西藏托纳木区块位于北羌塘坳陷带南部的托纳

注: 本文为四川省构造重点学科建设项目(编号 SZD0408)资助成果。

收稿日期: 2006-04-26; 改回日期: 2006-06-12; 责任编辑: 周健。

作者简介: 陶晓风, 男, 1958生, 教授, 专业方向: 构造地质学。Email: txf@cdut.edu.cn。

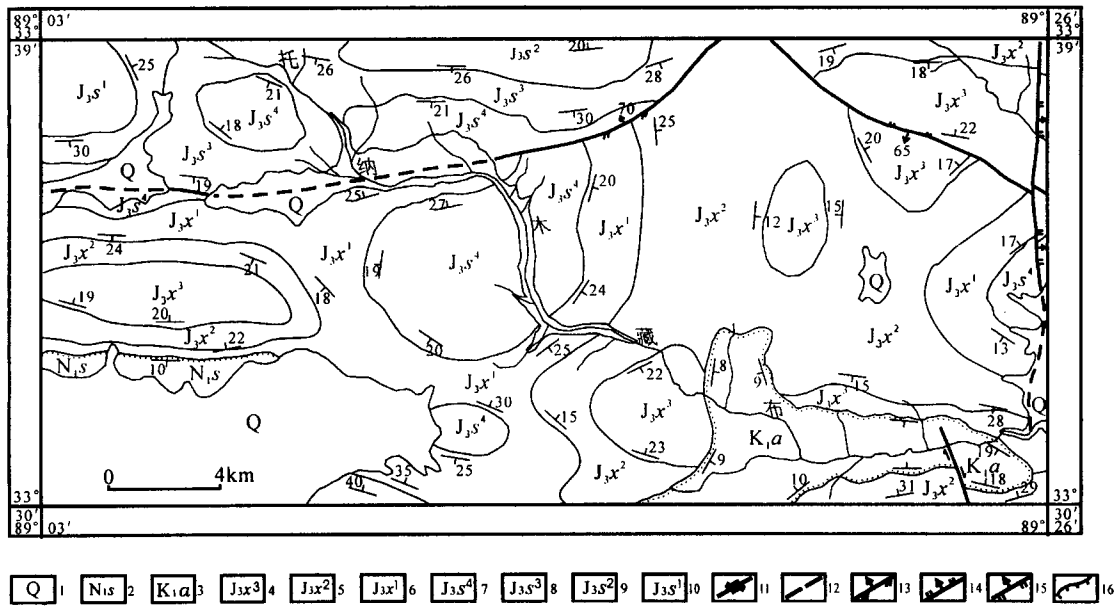


图 1 研究区地质简图

Fig. 1 The sketch geological map of the study area

1—第四系;2—中新统喷呐湖组;3—上白垩统阿布山组;4—上侏罗统雪山组三段;5—上侏罗统雪山组二段;6—上侏罗统雪山组一段;7—上侏罗统索瓦组四段;8—上侏罗统索瓦组三段;9—上侏罗统索瓦组二段;10—上侏罗统索瓦组一段;11—平移断层;12—隐伏断层;13—斜冲断层;14—正断层;15—逆断层;16—角度不整合界线

1—Quaternary; 2—Miocene Suonahu Formation; 3—Late Cretaceous Abushan Formation; 4—the third Member of Late Jurassic Xueshan Formation; 5—the second Member of Late Jurassic Xueshan Formation; 6—the first Member of Late Jurassic Xueshan Formation; 7—the fourth Member of Late Jurassic Suowa Formation; 8—the third Member of Late Jurassic Suowa Formation; 9—the second Member of Late Jurassic Suowa Formation; 10—the first Member of Late Jurassic Suowa Formation; 11—strike slip fault; 12—insidious fault; 13—diagonal reverse fault; 14—normal fault; 15—reverse fault; 16—unconformability of dip

木藏布凹陷内。托纳木藏布凹陷呈北西西向长条状展布,并略呈向南西凸出的弧形,该凹陷内上侏罗统发育齐全,阿布山组及新近系零星分布。托纳木区块内出露地层主要为上侏罗统索瓦组(J_{3s})和雪山组(J_{3x})、下白垩统阿布山组(K_{1a})、中新统喷呐湖组(N_{1s})。各个地层组的分布特征见图1。

研究区出露最老的地层为侏罗系上侏罗统索瓦组(J_{3s}),岩性以一套深灰色中—厚层生物碎屑灰岩、生物介壳灰岩、生物礁灰岩、球粒灰岩、鲕粒灰岩与灰绿—黄灰色钙质泥质粉砂岩、细砂岩、石英砂岩、岩屑石英砂岩不等厚韵律互层为特征,主要为碳酸盐台地、混积碳酸盐台地至混积外滨浅水陆棚环境沉积产物^①。此套地层为研究区内最重要的生油层和油气储集层。

上侏罗统雪山组(J_{3x})整合于索瓦组(J_{3s})之上,主要呈大片分布于研究区东部和向斜构造的核部地区,主要由紫红色—灰绿色中—厚层岩屑长石砂岩、粉砂岩、含砾砂岩及中—细砾岩组成,夹粉砂质泥岩,为一套前三角洲—三角洲前缘—三角洲平原相沉积。雪山组(J_{3x})为研究区重要的油气储层及盖

层。

下白垩统阿布山组(K_{1a})主要分布于研究区的东部(图1),为褐灰—紫红色厚—块状中—粗砾岩、暗紫红色厚层中—细砾岩夹含砾不等粒岩屑石英砂岩,砾石分选差,磨圆差,发育平行层理、槽状交错层理、斜层理构造,为一套冲积扇—河流相沉积。以角度不整合覆盖于上侏罗统雪山组之上。

中新统喷呐湖组(N_{1s}),在研究区分布零星,岩性以黄灰色中—厚层砂岩、泥质粉砂岩与紫红—黄灰色中—厚层核形石灰岩、核形石鲕粒灰岩、泥质灰岩、角砾状灰岩不等厚互层为特征,夹有石膏质微晶灰岩。为一套淡水湖泊相沉积。与下伏侏罗系雪山组角度不整合接触。

根据邻区资料可知,索瓦组(J_{3s})之下还有中侏罗统雀莫错组(J_{2q})、布曲组(J_{2b})及夏里组(J_{2x})^②。晚三叠世末—早侏罗世羌北地区发育了一次较为广泛的褶皱运动,形成了中—晚侏罗世沉积盆地的基底,中—晚侏罗世沉积盆地的性质为前陆盆地。中—上侏罗统的雀莫错组(J_{2q})、布曲组(J_{2b})、夏里组(J_{2x})、索瓦组(J_{3s})及雪山组(J_{3x})五个组垂向上总

体有“三砂夹两灰”的组成特点,具有良好的生储盖组合。

1.3 储层特征

研究区大面积出露索瓦组(J_3s)和雪山组(J_3x)地层。自索瓦组一段(J_3s^1)至雪山组三段(J_3x^3),上侏罗统平均总厚度2961.06 m,根据野外多个地层剖面上岩石的岩性、结构特征,初步认定的储集层厚度可达1800 m。其中,碎屑岩储集层主要集中产出上侏罗统雪山组(J_3x),以砂岩为主,包括少量砾岩,总厚度达1350 m;碳酸盐岩储集层仅见于上侏罗统索瓦组(J_3s),储集层厚度达到450 m,岩性主要为颗粒灰岩,并以生物碎屑灰岩居多,包括介壳灰岩,其次为砂屑、砾屑灰岩及部分鲕粒灰岩和礁灰岩。

储层物性主要指储层的储集性能——即孔隙性和渗透性,而其孔隙性和渗透性是用孔隙度(φ)和渗透率(K)两个基本参数来表征的。我们在野外采集的数十件储层样品中选送了18件进行储集物性分析测试。孔隙度最低为0.63%,最高为16.86%,平均值为4.88%;克氏渗透率最低 $<1 \times 10^{-7} \mu\text{m}^2$,最高为 $5.58 \times 10^{-2} \mu\text{m}^2$,平均值为 $4.424 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。虽然平均孔隙度、渗透率不算很低,但高低悬殊较大。本次测试的18组数据中,孔隙度小于6%的样品12件,占将近67%;渗透率低于 $0.25 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品11件,占将近61%。

研究区储层物性的总体特征是:在低孔低渗的背景上,尚有为数有限的储集物性相对较好的中孔中渗储层显露。在上侏罗统索瓦组上部局部产出有微晶白云岩,具有较高的孔隙度,物性分析其孔隙度为16.86%,渗透率为 $0.313 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。肉眼可见孔隙及裂缝。

在储层样品物性分析结果的基础上,我们挑选了14件碳酸盐岩样品和10件碎屑岩样品作了铸体薄片鉴定,样品绝大部分隶属上侏罗统索瓦组(J_3s)和雪山组(J_3x)。其鉴定结果表明,除生物碎屑灰岩样品中个别破裂缝宽度达5 mm,属超毛细管孔隙外,其余样品中的各种溶孔、铸模孔均介于0.5~0.0002 mm之间,裂缝宽度介于0.25~0.0001 mm之间,全部为毛细管孔隙,而属超毛细管孔隙者仅占总孔数的3.32%。

从铸体薄片鉴定结果看,研究区储层次生裂缝和次生溶蚀孔隙似乎同等发育。这反映了后期压力作用以及由此导致储层物性的不均匀性,后者可能更具区域代表性。次生溶孔中以粒间溶孔占有明显的优势,被溶组分多为碳酸盐胶结物(方解石和白云

石);裂缝则以微破裂缝和微裂溶缝为主。推测次生溶蚀孔隙主要形成于成岩晚期,部分溶蚀孔隙(特别是膏模孔)可能是由地表大气淡水溶解作用所致,或对先期孔隙有所改造扩大;铸模孔包括晶模孔和颗粒铸模孔,前者主要为膏模孔,被溶组分可能为石膏;后者被溶组分多为交代颗粒的方解石或白云石;粒内溶孔的被溶组分以交代颗粒的含铁方解石和含铁白云石为主,少量为菱铁矿;碎屑岩储层中的粒内被溶组分主要为少数长石及岩屑;微破裂缝、微裂溶缝及碎屑颗粒边缘的粒缘缝及少量方解石脉中的晶间缝多由后期应力作用产生,部分则继承了岩石中原有的压溶缝合线。缝与缝连通性较好,有时具网状分布特征;较高孔缝率的储层样品也多与这类孔隙有关,虽然其分布不均,仍是研究区内值得注意的一种孔隙类型。

选送的雪山组(J_3x)碎屑岩样品的关键孔隙结构参数 φ 、 K 、 R_d 、 R_{50} 多在非常规层的很致密和超致密层范围,部分样品为常规层中的近致密层。而据渗透率 K 、最大喉道半径 R_d 数据,则少数几个样品可达常规层的低渗和中渗范围;尤其大部分碎屑岩样品歪度系数 $S_k > 1$,具有较低的孔喉体积比,退出效率较高, W_E 多 $> 20\%$ 。但孔隙度 φ 普遍偏低、而最小进汞饱和度($S_{\min}$,即最小非饱和孔隙体积百分比)普遍偏高。雪山组(J_3x)中粉砂岩、细砂岩样品的储集性能多属差—很差,而砂岩、粗砂岩及含砾砂岩样品其孔隙结构参数总体达到中等—较好储集层,总达标率约为61.54%;索瓦组(J_3s)碳酸盐岩孔隙结构参数仅涉及渗透率(K)、中值喉道宽度(R_{50})和孔隙度(φ)。根据孔隙度把压汞分析的索瓦组(J_3s)碳酸盐岩样品孔隙结构参数渗透率或 R_{50} 达标的占60%。它们显示出特低孔特低渗以及低孔低渗储层的特点,主要属Ⅲ—Ⅳ类储层,个别指标达Ⅱ类级别。总的来说,研究区及其附近上侏罗统索瓦组、雪山组储层样品的孔隙结构以细孔小喉型及细孔中喉型为主,部分细孔微喉型。

2 成藏地质条件

2.1 烃源条件

研究区主要烃源层为上侏罗统索瓦组(J_3s),主要出露于研究区西北部和中部托纳木勒一带,厚度大于1296 m。其中索瓦组一段(J_3s^1)为一套碳酸盐台地边缘相沉积,岩性主要为一套灰色、深灰色及少量灰—深灰色中—厚层状微晶灰岩、生物碎屑灰岩、介壳灰岩的不等厚互层,夹鲕粒灰岩、核形石灰岩、砂

屑灰岩、泥灰岩等,本段含有多种类型的化石,以双壳类为主;索瓦组二段(J_{3s}^2)主要为台盆—台地边缘相沉积,为一套灰色、深灰色中—厚层状微晶灰岩夹同色中—薄层状生物碎屑灰岩、介壳灰岩、鲕粒灰岩等,与灰绿色薄—中层状钙质细砂岩、石英细砂岩、粉砂岩、泥岩或与泥灰岩等不等厚互层,本段也含有较丰富的化石,其中仍以双壳为主。索瓦组三段(J_{3s}^3)为台地边缘—扇三角洲相沉积,岩性主要为生物碎屑灰岩、泥灰岩、介壳灰岩和细碎屑岩组合,含大量双壳、珊瑚、层孔虫等化石,并且发育生物礁。索瓦组四段(J_{3s}^4)为扇三角洲—台地边缘相碎屑岩和碳酸盐岩沉积。据上所述,索瓦组具有生油岩发育的良好地质条件。

根据在研究区多条剖面的测量和统计,索瓦组一段(J_{3s}^1)有效烃源岩厚度79.44 m;索瓦组二段(J_{3s}^2)烃源岩厚度81.47 m;索瓦组三段(J_{3s}^3)有效烃源岩厚度25.8 m。整个索瓦组有效烃源岩总厚度大于186.71 m,占该剖面地层厚度的14.4%,具有形成大油气藏的物质基础。

索瓦组(J_{3s})烃源岩中,索瓦组三段和四段烃源岩有机碳含量比索瓦组一段和二段高(平均值)。综合评价认为,索瓦组四段碳酸盐岩和索瓦组三段泥岩为较好烃源岩,索瓦组三段和索瓦组二段碳酸岩盐为中等—较差烃源岩,索瓦组二段泥岩、索瓦组一段泥岩与碳酸盐岩为较差烃源岩(表1)。

在研究区,我们一共做了43个烃源岩样品的干

表 1 研究区索瓦组烃源岩综合评价表

Table 1 The colligation estimate of the Suowa Formation hydrocarbon source rock in the study area

层位	烃源岩岩性	有机质丰度(%)	有机质类型	成熟度		烃源岩评价
				R_o (%)	T_{max} (°C)	
J_{3s}^1	碳酸盐岩	0.124	II_1-III_2	1.11	471	较差
	泥岩	0.160				较差
J_{3s}^2	碳酸盐岩	0.119	II_1-III_2	1.07	480	中等
	泥岩	0.080				较差
J_{3s}^3	碳酸盐岩	0.136	II_1-III_2 , II_2 为主	1.23	510	中等—较差
	泥(页)岩	1.367				好—较好
J_{3s}^4	碳酸盐岩	0.360	II_1-III_2 , II_1 为主	1.09	482	较好

酪根分离和干酪根显微组分鉴定,从分析结果来看,烃源岩有机质类型主要以 II_2 型为主,其次为 II_1 型,有机质类型中等—较好。其中索瓦组一段和二段为 II_1-III_2 ,索瓦组三段和索瓦组四段 II_1-III_2 均有发育,其中索瓦组三段以 II_2 为主,索瓦组四段以 II_1 为主(表1)。烃源岩样品的碳同位素($\delta^{13}C$)范围在-26.79‰~-20.24‰之间,碳同位素均小于-25‰,有机质中富重碳同位素,从目前侏罗系海相生物研究结果来看,海相浮游生物的 $\delta^{13}C$ 在-27‰~-22.5‰范围,与研究区基本一致,表明本区有机质主要来源于海相低等水生生物。

根据烃源岩样品进行镜质组反射率分析,研究区烃源岩 R_o 最高值为1.38%,最低值为0.95%,表明烃源岩均已达到成熟阶段,除一个样品 R_o 达1.38%,进入高成熟阶段外,其他样品均在成熟阶段。通过烃源岩样品的热解分析, T_{max} 值绝大部分在500℃以下,均为成熟—高成熟,其 T_{max} 值与 R_o 值基本上吻合。由于烃源岩暴露于地表,长期遭受风化、大气水淋滤、紫外线照射等,实测成熟度应该高于其

真实成熟度。同时烃源岩干酪根碳同位素也是判断有机质热演化程度的参数之一,演化程度越高,干酪根碳同位素($\delta^{13}C$)就越重,而原油演化程度越高其碳同位素($\delta^{13}C$)就越低。研究区烃源岩干酪根碳同位素比较重($\delta^{13}C$ 均小于-25‰),其成熟度较高,与烃源岩镜质组反射率值和热解峰温相吻合。综合研究认为研究区的烃源岩为成熟—高成熟。

根据烃源岩和原油色谱图、质谱图、 Ph/nC_{18} 与三环萜烷 C_{20}/C_{23} 关系图、烃源岩 $\delta^{13}C$ 与三环萜烷 C_{20}/C_{23} 关系图、烃源岩和原油三环萜烷 $C_{23}\sim C_{21}$ 与 $C_{21}\sim C_{20}$ 关系图、 Pr/Ph 与三环萜烷 C_{20}/C_{23} 关系图、 $C_{23}\sim C_{21}$ 与 $C_{21}\sim C_{20}$ 关系图,表明该区烃源岩和原油具有较好的亲缘关系,侏罗系索瓦组碳酸盐岩储层中原油的油源来自侏罗系索瓦组烃源岩,研究区油气藏主要为自生自储油气藏。

2.2 生储盖组合评价

含油气盆地生储盖组合划分是盆地含油气系统研究和盆地远景评价的重要内容,从以前对羌塘盆地中生界生储盖分布规律研究来看,盆地中生界可

以划分为四套完整的生储盖组合,即上三叠统肖卡组—下侏罗统曲色组组合(I)、下侏罗统曲色组—中侏罗统雀莫错组组合(II)、中侏罗统布曲组—夏里组组合(III)和上侏罗统索瓦组—雪山组组合(IV)(王成善等,2001)。托纳木地区由于仅出露上侏罗统索瓦组和雪山组地层,相当于整个羌塘盆地中的第IV套组合。

依据研究区生、储、盖层的时空配置关系,可将生、储、盖层划分成一个一级组合和四个二级组合,一级组合与整个羌塘盆地中生界组合IV一致,即以索瓦组碳酸盐岩和泥页岩为烃源岩,索瓦组灰岩和雪山组砂岩为储集层,索瓦组和雪山组上部泥质岩为盖层,构成正常式生储盖组合,该组合可进一步划分为索瓦组一段—二段组合(N_1)、索瓦组三段组合(N_2)及索瓦组四段—雪山组组合(N_3)三个二级组合。①组合 N_1 :该生储盖组合以索瓦组一段和二段微晶灰岩、页岩、泥灰岩等为主要生油岩;生物碎屑灰岩、白云石化生物碎屑灰岩、介壳灰岩和细砂岩等为主要储集层;钙质页岩、致密灰岩、泥灰岩为盖层,构成自生自储式生储盖组合。该组合中生油岩累计厚度为252.90 m,以微晶灰岩、泥岩和泥灰岩为主;储集层累计厚度115 m,以生物碎屑灰岩和介壳灰岩为主,其中白云岩化生物碎屑灰岩和砂砾屑灰岩为较好的储集层;盖层厚度161 m,以致密灰岩和泥岩封盖性能最为优越,其中生油岩和储集层呈互层式,生储层配置较好,是较为有利的生储盖组合。该组合中生油岩以碳酸盐岩和泥岩生油岩为主,从前述生油岩和储盖层特征来看,灰岩有机碳含量0.09%~0.32%,泥岩有机碳含量0.16%~0.20%,有机质类型为 $II_1 \sim II_2$, R_o 平均1.07%~1.11%, T_{max} 处于471~480℃左右,显示有机质处于成熟—高成熟阶段。总体来看该组合烃源岩厚度大、储集层和盖层物性条件相对较好,但生油岩有机碳含量相对较低。②组合 N_2 :该生储盖组合以索瓦组三段泥灰岩、微晶灰岩、页岩(油页岩)和含生物碎屑灰岩为主要生油岩;生物碎屑灰岩、生物礁灰岩为主要储集层;泥灰岩和泥质为盖层,构成自生自储式生储盖组合。该组合中生油岩累计厚度为106.3 m,储集层累计厚度61.07 m,盖层厚度47.36 m。该组合中生油岩以灰岩和页岩为主,并且发现了厚7.7 m的油页岩,表明该组合具有良好的生烃能力;同时该组合储集岩发育较好,不仅厚度较大,而且类型多,大量的储集性能最为优越的生物礁也位于该组合内,该组合中灰岩有机碳平均含量0.136%,泥页岩1.367%,

有机质类型为 $II_1 \sim II_2$, R_o 分布于1.02%~1.47%, T_{max} 处于454~578℃,有机质成熟度处于成熟—高成熟阶段。同时该组合中生储配置较好,以互层式为特征,生储层厚度比例适宜。由此可见,该组合中生储盖层配置关系较为合理,有利的生油岩系与储集层发育较好,表明该组合是研究区最为有利的成藏组合,具有一定的勘探价值。③组合 N_3 :该生储盖组合以索瓦组四段灰岩、含生物碎屑灰岩、粉砂质泥岩为生油岩,索瓦组四段和雪山组砂岩、岩屑砂岩为储集层,雪山组粉砂质泥岩为盖层组成的正常生储盖组合。该组合中生油岩累计厚度为91.6 m,储集层累计厚度大于299.12 m,盖层厚度大于52.0 m。总体来看,该组合生油条件较好,灰岩有机碳平均含量0.36%,有机质类型为 $II_1 \sim II_2$, R_o 分布于1.00%~1.18%, T_{max} 处于470~506℃,有机质成熟度处于成熟—高成熟阶段。与组合 N_1 和组合 N_2 相比,属于研究区相对较差的生储盖组合,勘探意义不大。

2.3 圈闭类型及特征

经过对研究区详细地质填图,结合大量区域地质资料研究后表明,以烃类生烃期、排烃期、聚集期相匹配的适时的构造为主线,并考虑后期构造叠加、沉积条件、成岩作用、岩性、构造破裂系统等因素配置的复合型圈闭。认为研究区的圈闭类型主要有构造圈闭、岩性圈闭及不整合圈闭三大类。

在构造圈闭中,我们认为以研究区中部的托纳木背斜为最为有利的含油气构造(图1、2)。该背斜属于短轴背斜,在剖面上转折端呈平缓开阔圆弧形,枢纽倾伏角度较小,该背斜基本呈对称分布,这样形成穹隆状圈闭的闭合高度小,但闭合面积相对较大,也就是说它的有效容积大。背斜核部出露地层是上侏罗统索瓦组四段(J_3s^4)泥岩、粉砂岩与生物碎屑灰岩、泥灰岩不等厚互层,翼部是上侏罗统雪山组一段(J_3x^1)的砂岩、粉砂岩。该背斜处于托纳木凹陷的中心,有很好的生油层(生物碎屑灰岩)、储油层(砂岩)及盖层(泥岩、粉砂岩),加之地表出露地层为较新的索瓦组(J_3s^4),且保存完整,圈闭形态好,有效容积大,可供勘探的层位多,再结合区域地质和地层特征分析,认为该背斜有利于油气的生成和聚集,是我们看好的靶区之一。

研究区中最为有利的岩性圈闭为生物礁。在研究区内北部发现大量的生物礁、它们呈串珠状顺层夹在上侏罗统索瓦组三段地层中,单个礁体为东西向展布的透镜体,长约1000 m,宽约250 m,其造礁生物主要为珊瑚和少量层孔虫,生物礁的顶盖与底

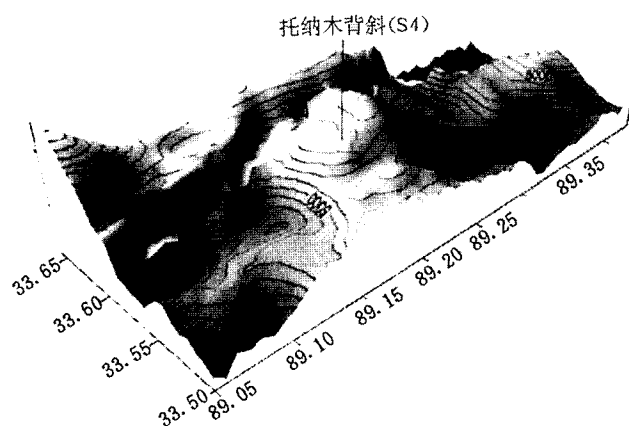


图2 研究区构造等值线三维展布图

Fig. 2 The three-dimensional structure drawing of the study area

以索瓦组与雪山组的界面作图,基面坐标为经纬网

The surfer is the interface of Xueshan Formation and Suowa Formation. The coordinate of base level is longitude and latitude

板多为泥灰岩、泥岩、粉砂岩等包围,形成典型的岩性圈闭,这些生物礁对油气的聚集非常有利。

研究区中的不整合圈闭主要有两处,均分布在南部,一个是上新统喷呐湖组(N_2s)与上侏罗统雪山组(J_3x)的不整合面;另一个是下白垩统阿布山组(K_1a)与上侏罗统雪山组(J_3x)的不整合面(图1)。前者由于分布面积小,其勘探意义不大;后者分布面积较大,并且阿布山组中夹有粉砂岩、泥岩及泥灰岩,可作为良好的封闭层,并且下伏的雪山组中发育大量的粗碎屑岩,可作为良好的储层。因而此类圈闭也是值得研究的。

2.4 油气运移及注入时间

根据对羌塘盆地构造运动、圈闭形成时间、流体包裹体测温、镜质组反射率和有机质热解峰温及盆地模拟综合分析,羌塘盆地中生界烃源岩在侏罗纪末和第三纪有两次生排烃高峰,油气有两期成藏及两个关键时刻。第一个是在侏罗纪末—早白垩世早期,是主要的关键时刻;第二个是在新近纪沉积之后。其中北羌塘坳陷中部索瓦组在侏罗纪末期进入生油门限(130~140 Ma),从研究区在羌塘盆地内所处的构造位置来看,托纳木地区地处北羌塘中部,因此索瓦组进入生油门限时间应在侏罗纪末。

2.5 油气运移与圈闭形成时间

只有形成于成烃前和与成烃同期的构造圈闭才能成为油气聚集成藏的有利空间。托纳木区块内发育规模较大、以侏罗系为主体构成的大型背斜构造

(托纳木背斜),那么大型背斜的形成、定型、定位时代是否与成烃时间一致,能否作为圈闭构造是区块油气聚集成藏和评价盆地油气资源潜力和勘探前景的关键。

根据我们对羌塘盆地油气系统的地质要素与事件的分析,油气系统的基本要素在空间上配置良好,而且各种成油作用在时间上的配合关系也比较好。索瓦组(J_3s)进入生烃门限的时间与托纳木区块圈闭构造定型时间具有一致性,从构造事件形成时间来看,区内在侏罗纪末期曾发生区域性构造事件,表现在上侏罗统雪山组与白垩系阿布山组间的不整合,从时代来看,雪山组生物化石组合、ESR 年龄值、地层之间的相互关系及区域地层资料表明,研究区雪山组主要属晚侏罗世中晚期,即基末利期(Kimmeridgian)至提塘期(Tithonian)的沉积,阿布山组的地层层序、地层之间的接触关系、ESR 年龄值及区域地层资料显示其时代为上白垩统,表明区内大型背斜构造圈闭形成于侏罗纪末,与索瓦组(J_3s)烃源岩进入生油门限基本一致,油气生成与圈闭形成同步。

3 油气成藏主控因素

3.1 构造与油气藏的关系

羌塘盆地构造基本定型期是晚侏罗世末,这一时期,侏罗系的生油岩埋深大致在1000~4000 m(易积正等,1996),正是侏罗系烃源岩大量生成和排出油气并向储集层大量运移的时期,晚侏罗世末形成的构造圈闭,给油气聚集提供了适时的场所。

研究区的构造系统也是在晚侏罗世末,由南北向挤压体制下形成,构成逆冲断层与挤压褶皱联合组成的断层-背斜型圈闭构造,其构造圈闭形成期与油气运移期匹配良好,有利于油气的聚集。

新近纪时期,研究区还经历了短暂的東西向的水平挤压应力场,以横跨方式叠加于早期近东西向的褶皱之上,使早期东西向的褶皱枢纽起伏弯曲,在早期的背斜轴部形成穹状的构造高点,这些构造高点控制了局部的油气圈闭构造,同时也为油气二次运移,提供了更为有利的聚集空间。如托纳木大背斜(图1、2)现今空间形态应是两期变形叠加的结果。

断裂构造在形成过程中,在断裂带附近产生大量构造裂隙和次生断裂,它们不仅增加了油气运移的动力,也创造了油气运移的通道,可促进油气的运移和聚集。另一方面,由于断层活动对研究区的油气藏会有一定的破坏作用。

3.2 高原隆升—剥蚀作用对油气藏的影响

研究区同青藏高原一起在喜马拉雅期经历了强烈的抬升运动, 由于强烈的剥蚀作用使羌塘盆地绝大部分地区在地表直接出露侏罗系地层, 总的来说这对油气藏有一定的破坏作用。但研究区与羌塘盆地其他地区相比, 地表出露地层主要为上侏罗统顶部的索瓦组和雪山组以及白垩系阿布山组和第三系喇嘛湖组, 这说明研究区相对于羌塘盆地的其他地区来说, 其隆升和剥蚀程度较小, 整个侏罗系生储盖组合的绝大部分得以保存。这种抬升与剥蚀作用, 对于具有多套生储盖组合的侏罗系来说, 其影响是有限的, 造成的资源量损失不大。另外地表地层的分布表明研究区也存在抬升-剥蚀的差异, 这种差异剥蚀直接影响到研究区内油气藏的保存。研究区西北部抬升较高, 遭受剥蚀相对较大, 上侏罗统顶部的雪山组(J_{3x})被剥蚀殆尽, 索瓦组(J_{3s})直接出露地表(图1), 同时研究区内发现的大量油气显示也位于该区域内, 表明较高抬升和强烈的剥蚀对油气具有显著的破坏作用; 而中部和南部处于逆冲断层的下盘, 抬升幅度较小, 地表绝大部分被上侏罗统雪山组(J_{3x})及其以新的地层覆盖(图1), 是油气保存相对有利的地区。

4 结论

根据对西藏双湖地区托纳木区块成藏地质条件分析, 可得出如下结论:

(1) 烃源层主要发育于索瓦组(J_{3s}), 其中索瓦组三段烃源岩最好, 索瓦组一段、二段及四段次之。

(2) 储集层主要为索瓦组(J_{3s})碳酸盐岩和雪山组(J_{3x})碎屑岩, 碎屑岩储层储集物性总体上优于碳酸盐岩。储集层的主要储集空间以次生溶蚀孔隙为主, 其中雪山组三段碎屑岩储层的储集性能较佳。

(3) 盖层主要为上侏罗统索瓦组(J_{3s})致密灰岩和泥页岩, 累计厚度大于500 m, 并以各种低孔低渗—特低孔特低渗的致密灰岩为主, 在研究区内具有分布广、连续性好和封盖能力较强的特点, 其中索瓦组一段(J_{3s}^1)盖层可作地区性盖层, 索瓦组二段(J_{3s}^2)和四段(J_{3s}^4)盖层为局部性盖层。

(4) 综合石油地质、油气化探、封盖条件和圈闭构造评价, 认为研究区中部的托纳木背斜规模大、形态好, 有利于油气的聚集和储集, 是值得进一步勘探的油气有利圈闭构造。

注 释

- ① 中国地质大学(北京), 成都理工大学. 2005. 羌塘盆地托纳木区块1:5万石油构造详查与化探研究报告, 中国地质调查局.
- ② 成都理工大学. 1997. 西藏羌塘盆地双湖地区石油地质调查报告. 中国石油天然气总公司青藏项目经理部.

参 考 文 献

- 胡明毅, 文志刚, 等. 2001. 羌塘盆地上侏罗统索瓦组沉积体系及生烃潜力. 江汉石油学院学报, 23(1): 5~8.
- 黄继钧. 2001. 藏北羌塘盆地构造特征及演化. 中国区域地质, 20(2): 178~18.
- 王成善, 伊海生, 李勇, 等. 2001. 羌塘盆地地质演化与油气远景评价. 北京: 地质出版社, 184~215.
- 易积正, 邓光辉, 张修富. 1996. 藏北羌塘盆地成油气地质条件探讨. 地球科学, 21(2): 141~142.

Hydrocarbon Pool-Forming Condition in the Tuonamu Area, Shuanghu, Tibet

TAO Xiaofeng¹⁾, LI Yichao²⁾

1) Chengdu University of Technology, Chengdu, 610059; 2) China Petrochemical Corporation, Beijing, 100029

Abstract

The Tuonamu area locates at southward edge of the North Qiangtang Basin, Tibet. From analysis of hydrocarbon geology, it is considered that the Upper Jurassic stratum in the Tuonamu area has effective reservoir beds and reservoir bodies. The Upper Jurassic stratum in the Tuonamu area is characterized by a good generation-reservoir-seal assemblage, and it has hydrocarbon source rocks of high hydrocarbon-generating capability, effective and timely traps, and favorable conducting and preservation conditions. The trap of the Tuonamu anticline is considered to have a favorable exploration potential of hydrocarbon.

Key words: Tibet; Qiangtang Basin; hydrocarbon; exploration evaluation