

DOI: 10.16108/j.issn1006-7493.2019017

引用格式: 薛志文, 屈争辉, 成捷, 王元杰, 马友生, 许永忠. 2019. 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷剥蚀量恢复及其对油气藏的影响[J]. 高校地质学报, 25 (5): 714-721

## 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷剥蚀量恢复及其对油气藏的影响

薛志文<sup>1,2</sup>, 屈争辉<sup>1,2\*</sup>, 成捷<sup>3</sup>, 王元杰<sup>4</sup>, 马友生<sup>5</sup>, 许永忠<sup>2</sup>

1. 中国矿业大学 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 徐州 221008;
2. 中国矿业大学 资源与地球科学学院, 徐州 221116;
3. 中国石油 华北油田公司勘探事业部, 任丘 062552;
4. 中国石油 华北油田公司勘探开发研究院, 任丘 062552;
5. 中石油 渤海钻探第二录井公司, 任丘 062552

**摘要:** 吉尔嘎朗图凹陷是二连盆地重要的产油基地之一, 早白垩世腾格尔组和赛罕塔拉组沉积末期经历了两次强烈的抬升剥蚀, 沉积地层剥蚀量的恢复对油气成藏评价有重要意义。文章基于钻井泥岩声波时差和镜质组反射率数据对二连盆地吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组和赛罕塔拉组的剥蚀量进行了计算, 恢复了其原始沉积厚度及埋藏过程。研究表明: 研究区腾格尔组和赛罕塔拉组沉积后受构造反转的控制都经历了不同程度的剥蚀, 腾格尔组的剥蚀厚度约为243~1933 m, 赛罕塔拉组的剥蚀厚度约为95~290 m。剥蚀量厚度展布明显受不同方向、不同尺度断层在构造反转期的差异活动性影响, 靠近西北边界断层的罕尼构造带剥蚀量相对较大, 向东南缓坡带逐渐减小。区内不同构造部位剥蚀量的差异对油气成藏有直接影响, 断陷区及后期反转控制的大沉积、强烈剥蚀区, 烃源岩层生烃时间长。而构造反转形成的与构造走向一致的隆升带的剥蚀卸压有利于促使油气沿NE断裂面发生垂向和侧向运移, 并在断裂面两侧有利的圈闭位置成藏。

**关键字:** 吉尔嘎朗图凹陷; 赛罕塔拉组; 腾格尔组; 泥岩声波时差; 剥蚀量; 沉积厚度

中图分类号: P618.13

文献标识码: A

文章编号: 1006-7493 (2019) 05-714-08

## Denudation Restoration in the Jiergalangtu Sag of the Erlian Basin and Its Significance to Hydrocarbon Accumulation

XUE Zhiwen<sup>1,2</sup>, QU Zhenghui<sup>1,2\*</sup>, CHENG Jie<sup>3</sup>, WANG Yuanjie<sup>4</sup>, MA Yousheng<sup>5</sup>, XU Yongzhong<sup>1,2</sup>

1. Key Laboratory of Coalbed Methane Resources and Reservoir Formation Process of the Ministry of Education, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China;
2. School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;
3. Exploration Department, CNPC Huabei Oilfield Company, Renqiu 062552, China;
4. Exploration and Department Research Institute, PetroChina Huabei Oilfield Company, Renqiu 062552, China;
5. PetroChina Bohai Drilling Second Logging Company, Renqiu 062552, China

**Abstract:** The Jiergalangtu sag is one of the important oil production bases in the Erlian Basin. In the early Cretaceous, the Lower Cretaceous Tenggeer and Saihantala formations experienced two intense uplifts and denudations. The recovery of denudation amount of

收稿日期: 2019-02-26; 修回日期: 2019-05-15

基金项目: 国家重大科技专项“低煤阶煤层气富集规律及有利区块预测”(2016ZX05044-02); 中国石油天然气股份有限公司重大科技专项(2017E-15) 联合资助

作者简介: 薛志文, 男, 1991年生, 硕士研究生; E-mail: 1392833866@qq.com

\*通讯作者: 屈争辉, 男, 1981年生, 副教授, 主要从事构造地质学方面的研究; E-mail: quzhenghui@163.com

sedimentary strata has a great significance for the evaluation of hydrocarbon accumulation. Based on data of mudstone sonic log interval and vitrinite reflectance, the denudation thickness of the Tenggeer and Saihantala formations in the Jiergalantu sag is calculated, and the original sedimentary thickness and burial process were restored. Results show that the denudation of the Tenggeer and Saihantala formations has undergone different degrees under the control of structural inversion. The denudation thickness of the Tenggeer Formation is about 243–1933 m, and that of the Saihantala Formation is about 95–290 m. The distribution of denudation thickness is obviously affected by the differential activity of faults in different directions and scales during the tectonic inversion. The denudation of the Hamni structural belt near the northwestern boundary faults is relatively large, and gradually decreases to the southeastern gentle slope zone. The difference of denudation amount in different structural parts of the area has a direct impact on hydrocarbon accumulation. Fault depression area and later inversion controlled large sedimentation and strong denudation area have a long hydrocarbon generation time of source rock. The denudation and pressure relief of uplift zone formed by structural inversion along the structural strike are beneficial to the vertical and lateral migration of oil and gas along NE fault plane and the formation of reservoir in favorable traps on both sides of the fault plane.

**Key words:** Jiergalantu sag; Saihantala Formation; Tenggeer Formation; mudstone sonic log interval; denudation thickness; depositional thickness

**Corresponding author:** QU Zhenghui, Associate Professor; E-mail: quzhenghuiy@163.com

吉尔嘎朗图凹陷油气资源丰富, 探明石油地质储量  $3280 \times 10^4 \text{ t}$ , 是二连盆地重要的产油基地之一。阿尔善组和腾格尔组是该凹陷主要烃源岩层, 具有良好的成藏条件(易士威, 2006)。腾格尔组顶部和赛罕塔拉组顶部均存在因抬升剥蚀而形成的不整合面(王帅等, 2017), 对油气的生成、运移与保存产生重要影响(佟彦明等, 2005)。然而, 前人针对研究区及周边的剥蚀量相关研究有限, 系统的工作主要见于查干凹陷, Zuo 等(2016)对该凹陷 14 口井的剥蚀量进行了恢复, 得到该凹陷剥蚀厚度的大致范围, 并以此为基础恢复出较准确的热演化史及生烃史, 但距离研究区较远, 参考价值不大; 针对吉尔嘎朗图凹陷的研究, 仅见余坤等(2018)对区内 3 口钻井进行了剥蚀量恢复, 不足以揭示区内剥蚀量平面分布规律。

本文根据 11 口井的声波时差数据和 5 口井的镜质组反射率数据恢复二连盆地吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组和赛罕塔拉组顶部的剥蚀量及腾格尔组沉积厚度, 揭示其平面分布规律及控制因素, 并探讨剥蚀量平面分布差异性对凹陷油气成藏的影响, 旨在为吉尔嘎朗图凹陷常规油气及非常规煤层气勘探与开发提供基础地质支撑。

## 1 研究区概况

二连盆地是在内蒙古一大兴安岭海西褶皱带基础上发育的一个结构复杂的中生代陆相盆地(漆家福等, 2015), 属于天山—兴蒙造山系大兴

安岭弧盆系内蒙古部分的弧形构造区, 或者称为兴蒙造山带(潘桂棠, 2009; 李锦轶, 1998), 发育有标志着洋盆关闭的两条重要的构造带, 即在弧—弧碰撞形成的二连—贺根山混杂岩带和弧—陆碰撞形成的索伦山—西拉木伦缝合带(Xiao et al., 2003; 王荃, 1986)。盆地基底经历了加里东期、海西期、印支期和早燕山期多期构造演化, 表现为褶皱与断裂构成的强变形带和岩浆岩体、微小陆块等弱变形域镶嵌排列、构造线方向多变的不均一特点(崔永谦等, 2011; 杨冰彬, 2013)。乌尼特坳陷位于 NEE 向的二连—贺根山混杂岩带及两侧褶皱带上(图 1)。

### 1.1 演化与地层

吉尔嘎朗图凹陷位于乌尼特坳陷中西部, 长约 67 km, 宽 20~70 km, 面积约  $1000 \text{ km}^2$ (图 1)(王帅等, 2017), 构造演化分为初始张裂期、断陷期、断坳期、萎缩期、消亡期五个阶段。伴随着构造演化, 研究区在古生界花岗岩、片岩基底之上, 沉积了侏罗系、下白垩统、新生界(任远, 2011; 淡伟宁, 2013; 黄澎湃, 2009)。本次重点研究下白垩统。

下白垩统包含 6 个岩性段, 分别对应于凹陷的不同演化阶段, 自下而上依次为阿尔善组(底部砾岩段)、腾格尔组一段(下泥岩段)、腾格尔组二段(下含煤段、上泥岩段)、赛罕塔拉组(上含煤段、顶部砂砾岩段)(图 2)。

初始张裂期, 对应阿尔善组沉积时期, 该组岩性为砾岩、砂砾岩、细砂岩和粉砂岩与深灰色

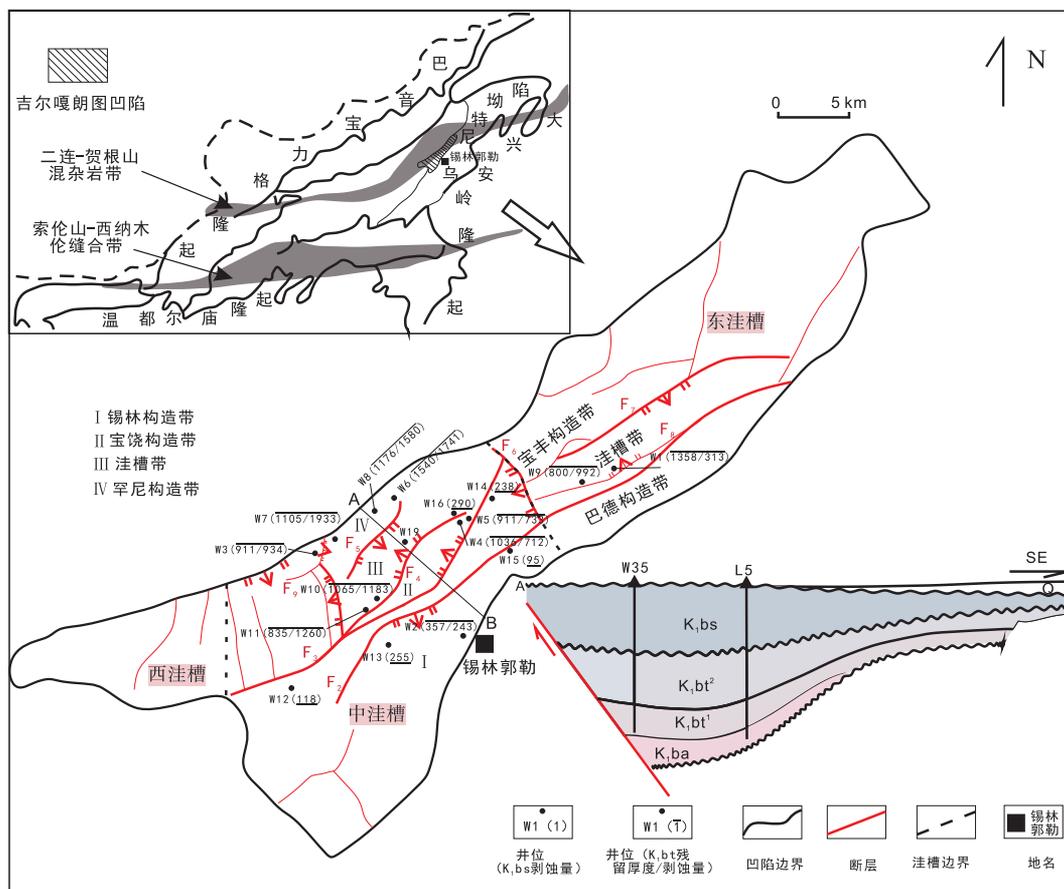


图1 吉尔嘎朗图凹陷位置及构造纲要图(据王帅等, 2017; 漆家福等, 2015)

Fig. 1 Location and structural framework of the Jiergalangtu sag

泥岩呈不等厚互层, 主要分布在中、西部洼槽中, 厚度约100~300 m, 由于资料有限, 该组下部分地层未探明。下白垩统腾格尔组一段, 断裂活动强烈, 凹陷进入断陷期, 下部为泥岩、粉砂岩和砂砾岩, 上部砂岩、粉砂岩与灰色泥岩互层, 在南部斜坡区为杂色砂砾岩与紫红色泥岩间互出现。下白垩统腾格尔组二段初期, 凹陷抬升, 对应断坳期, 下部岩性主要为泥岩夹薄层粉砂岩, 上部为大套泥岩、砂岩段, 厚度约1000 m。赛罕塔拉组, 构造活动萎缩, 凹陷进入萎缩期, 岩性为灰色砂砾岩、砂岩、细砂岩与灰色、灰绿色泥岩和煤层呈不等厚互层, 全凹陷分布, 呈北厚南薄, 东厚西薄趋势, 厚度约300~750 m。晚白垩世至新生代, 凹陷逐渐隆盛消亡, 结束了沉降历史, 进入消亡期, 形成了现今地貌, 部分地区可见第四系, 最大厚度约80 m。早白垩世, 吉尔嘎朗图凹陷受构造运动影响, 在赛罕塔拉组顶面和腾格尔组顶面发生沉积间断, 存在两个区域不

整合接触面(王帅等, 2017)。

## 1.2 构造及分区

吉尔嘎朗图凹陷具有典型单断断槽式结构, 其断裂体系十分复杂, 整体以平行凹陷长轴NE向的断层为主, NNE向、NW向和近SN向断层也较发育, 中西部地区断层最发育, 东部地区断层相对较少。按断裂的规模及对沉积、构造的控制, 可将其划分为三级: 第一级, 为西北侧边界断层 $F_1$ , 控制凹陷的形成和发育, 整体呈NE向延伸, 倾向SE, 受该断层控制, 凹陷整体表现为半地堑结构; 第二级, 控制着区带的形成和展布, 走向以NNE、NE向为主( $F_2$ 断层倾向SE、 $F_3$ 断层倾向NW、 $F_4$ 断层倾向NW、 $F_5$ 断层倾向SE等), 局部发育NW向断层( $F_6$ 断层倾向SW); 第三级, 控制局部构造形态, 为次级规模较小的断层, 如 $F_7$ 断层(图1)。

受三级构造控制, 可将凹陷划分为不同的洼槽和区带: 沿W17井—W18井一线和 $F_6$ 断层一线可将

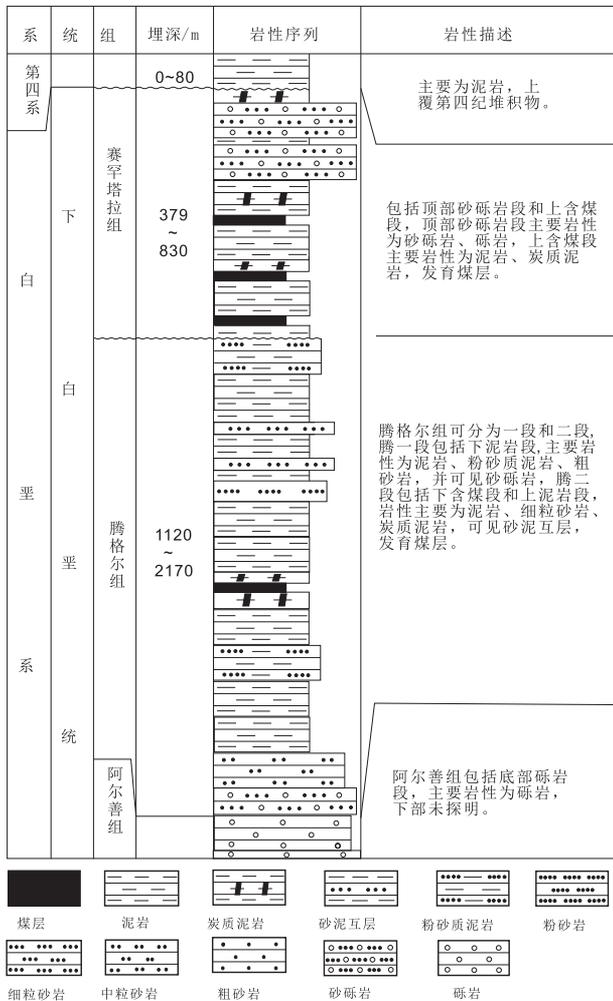


图2 吉尔嘎朗图凹陷地层柱状图

Fig. 2 Stratigraphic column of the Jiergalangtu sag

凹陷分为东、中、西三个洼槽。中洼槽勘探程度最高，从北向南依次以 $F_5$ 断层、 $F_4$ 断层、 $F_3$ 断层为界可细分为四个构造区带：罕尼构造带、洼槽带、宝饶构造带和锡林构造带，是本次研究的重点区域。罕尼构造带位于西北边界断层 $F_1$ 上盘，并受 $F_5$ 断层影响；洼槽带为 $F_4$ 和 $F_5$ 断层组合而成的地堑；宝饶构造带为 $F_3$ 和 $F_4$ 断层组合而成的断阶；锡林构造带位于 $F_3$ 断层下盘，且内部发育 $F_2$ 断层。东洼槽勘探程度次之，以 $F_7$ 断层和 $F_2$ 断层为界，可以划分为宝丰构造带和巴德构造带以及洼槽带。西洼槽勘探程度最低，缺乏基础地质资料，为吉尔嘎朗图凹陷勘探的空白区（黄澎涛等，2009）。

## 2 研究方法

地层剥蚀厚度恢复方法主要有地层厚度趋势法、镜质组反射率法、声波时差法和包裹体均一

温度法。地层厚度趋势法一般适用于地层横向波动幅度较小的地区，研究区构造较复杂，导致地层横向厚度波动较大，因此不适用；包裹体均一温度法需确定地层抬升剥蚀前后最大和最小的包裹体均一温度峰值，具有一定的波动性，无法准确得到最大和最小峰值，因此，通过此法得到的剥蚀厚度值一般小于真实值。镜质组反射率法和声波时差法具有简单、便捷、精确度高的特点（付晓飞等，2004；崔丽君，2017；郭太宇等，2015），为本次工作所采用。声波时差法的应用是基于岩石压实作用具有不可逆性，该方法计算模型基于Athys提出的泥页岩孔隙度与深度之间的指数模型（Athys，1930；田涛等，2016），后经前人多次修改，现在多采用刘景彦于2000年改进后的模型（刘景彦，2000）。拟合W8井声波时差的对数与埋深的线性回归关系，将其外推至 $\ln(650) \approx 6.447$ 处（即古地表），其与 $K_{bs}/K_{bt}$ 不整合面的高程差即为W8井腾格尔组顶面的剥蚀量（图3）。

镜质体反射率的热演化过程具有不可逆性，即有机质镜质体反射率随埋藏温度的升高而逐渐增大，且不会随温度减低而再次降低，因此， $R_{o,max}$ 可以反映地质历史时期地层达到过的最大古地温。基于这一特性，Dow（1977）根据不整合面上下构造层的镜质组反射率的差异，利用差值法进行了恢复剥蚀量的应用实践。陈增智等（1999）、

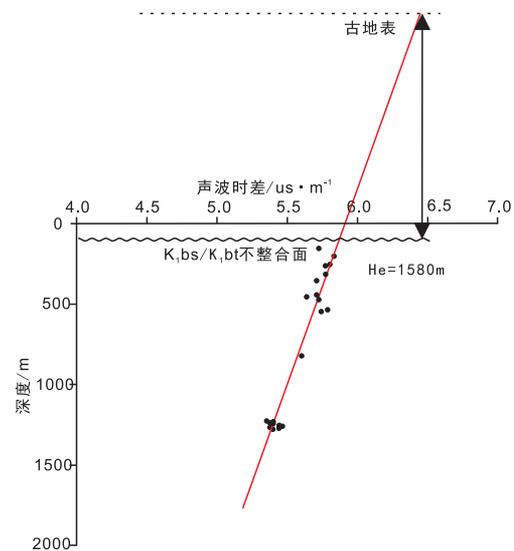


图3 声波时差法恢复W8井腾格尔组顶面剥蚀厚度

Fig. 3 Restoring denudation restoration of the top surface of the Tenggeer Formation by using the method of sonic log interval (Well W8)

佟彦明和朱光辉(2006)先后对该方法进行了改进,佟彦明和朱光辉(2006)提出了一种利用 $R_{o,max}$ 数据恢复剥蚀厚度的新方法,即 $\ln(R_{o,max})-H$ 线性关系回归法。利用单井不整合面下伏赛罕塔拉组的镜质组反射率数据建立 $\ln(R_{o,max})$ 与埋藏深度的线性回归关系,将其外推至 $\ln(0.2)\approx -1.61$ 处(即古地表),其与 $Q/K_1bs$ 不整合面的高程差即为剥蚀量。采用该方法恢复出赛罕塔拉组与上覆第四纪的剥蚀厚度为W14井的238 m(图4)。对比附近W16井声波时差法恢复结果可知,这两种方法恢复剥蚀量值相近,说明恢复结果准确性较高。

### 3 腾格尔组顶面剥蚀量恢复结果及分析

基于11口钻井的地层埋深、镜质组反射率、声波时差等数据,计算研究区腾格尔组顶面剥蚀量,分析其平面展布规律及控制因素。

#### 3.1 腾格尔组顶面剥蚀量恢复结果

吉尔嘎朗图凹陷的西、中、东三个洼槽分别作为三个次级的研究区,其中中洼槽勘探程度最高,测井数据较为完善,是本次剥蚀量恢复工作重点研究区域。腾格尔组顶部剥蚀量的恢复工作主要分布在中洼槽和东洼槽(图1,表1),不同构造区带间以及同一构造区带内部的剥蚀量表现出规律变化。中洼槽中罕尼构造带W7井剥蚀量最大,为1933 m;W3井剥蚀量最小,为934 m,平

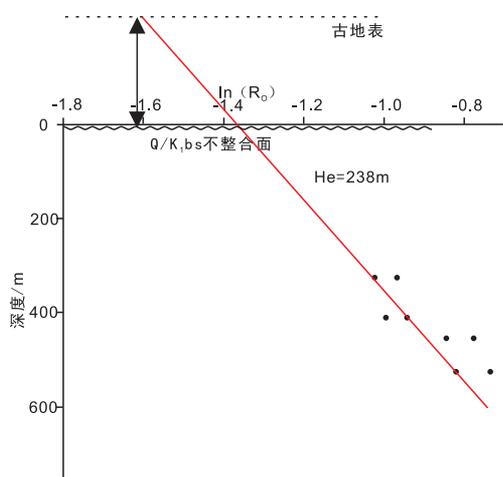


图4 镜质组反射率法恢复W14井的赛罕塔拉组顶面剥蚀厚度

Fig. 4 Restoring denudation restoration of the top surface of the Saihantala Formation surface by using the method of vitrinite reflectance ( $R_{o,max}$ ) (Well W14)

表1 吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组顶面剥蚀量恢复结果  
Table 1 Results of denudation restoration on the top surface of the Tenggeer Formation in the Jiergalangtu sag

序号	井名	剥蚀量/m	序号	井名	剥蚀量/m
1	W1	313	7	W7	1933
2	W2	243	8	W8	1580
3	W3	934	9	W9	992
4	W4	712	10	W10	1183
5	W5	733	11	W11	1260
6	W6	1741			

均1547 m。洼槽带W10、W11井的恢复剥蚀量分别为1183 m、1260 m,平均1121.5 m。宝饶构造带W4、W5井剥蚀量分别为712 m和733 m,平均822.5 m。锡林构造带W2井剥蚀量约为243 m。东洼槽的W9、W1井剥蚀量分别为992 m、313 m。根据各构造带剥蚀量平均值可以看出,凹陷腾格尔组顶部剥蚀量由西北陡坡带向东南缓坡带呈递减的趋势,各构造带内不同井的剥蚀量有较小差异;且东洼槽相对小于中洼槽的剥蚀量。

#### 3.2 腾格尔组顶面剥蚀量与构造关系

晚白垩世腾格尔组末期时期,凹陷处于断拗期(易士威,2006),受燕山运动NW向挤压应力的影响,断层再次活动,上盘地层受力上升,形成正反转构造。

吉尔嘎朗图凹陷处于西北陡坡带边界大断层 $F_1$ 上盘,形成正反转构造时,上盘上升,下盘下降,地层抬升接受剥蚀时受此影响上盘剥蚀量整体相对较大,且越靠近断层受影响越强烈,剥蚀量越大(图5)。

具体到局部次级研究区,罕尼构造带西北部边界控制断层 $F_1$ 整体呈北东向延伸,位于边界控

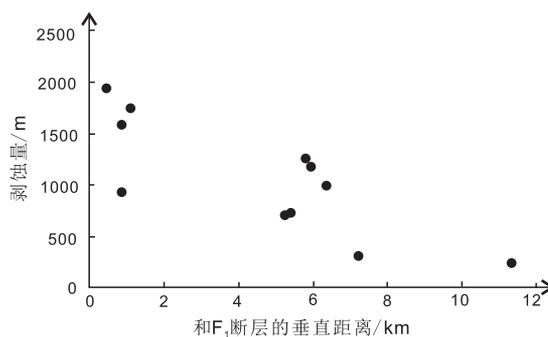


图5 腾格尔组剥蚀厚度与 $F_1$ 断层的关系

Fig. 5 Relationship between denudation thickness of the Tenggeer Formation and fault  $F_1$

制断层上盘，受正反转构造影响，

越靠近西北陡坡边界大断层  $F_1$  剥蚀量越大，与恢复结果一致。W3 井位于  $F_9$  断层的下盘，构造反转时，下盘下降，剥蚀量受边界断层  $F_1$  和  $F_9$  断层的叠加影响，较该构造带其他三口井小。

洼槽带处于  $F_3$  断层和  $F_4$  断层的上盘，整体呈地垒构造， $F_3$  断层为反向正断层， $F_4$  断层是顺向正断层，形成正反转构造时，上盘上升，受西北边界大断层的叠加影响，剥蚀量应较罕尼构造带小，且内部靠近  $F_4$  断层的剥蚀量应较大。

宝饶构造带位于  $F_4$  断层下盘，同时位于  $F_3$  断层上盘， $F_3$  断层为顺向正断层，呈 NNE 向延伸， $F_3$  断层再次活动时，上盘地层相对上升，靠近断层影响较大，即剥蚀量较大。

锡林构造带位于中洼槽最南部，主要发育  $F_2$ 、 $F_3$  断层， $F_3$  断层是锡林构造带北部边界， $F_2$  断层是反向正断层，发育在锡林构造带内部，锡林构造带整体上属于  $F_3$  断层的下盘，即上升盘。 $F_3$  断层再次活动时，下盘地层受力相对下降，因此接受剥蚀时，锡林构造带地层受此影响剥蚀量理应整体偏小。

中洼槽的剥蚀量相对东洼槽大，应为西北边界大断层  $F_1$  存在活动性差异造成的，与中洼槽接触的部分活动性较大，向东洼槽减小。但为何东洼槽靠近  $F_6$  断层的 W9 井剥蚀量明显高于中洼槽  $F_6$  断层附近的 W4 和 W5 井的剥蚀量？其原因应为，凹陷受 NW 向挤压应力发生构造反转，NW 向  $F_6$  断层处于拉张状态，W9 井位于该断层下盘应相对上升，故剥蚀量反而增加。

由此可见，研究区腾格尔组顶部剥蚀量主要受腾格尔组沉积末期构造反转的控制，不同方向与规模断层在构造反转期的差异活动决定了区内不同构造部位剥蚀量的大小：NE 向为主要控制断层，NW 向为辅助调节断层，一级和二级断层分别控制整个凹陷和各个区带的剥蚀量展布，三级断层起到局部的调节效果。整体受边界大断层影响，剥蚀量呈现陡坡带向缓坡带方向逐渐变小的趋势；边界大断层存在活动性差异，与中洼槽接触部分活动性较大，中洼槽向东洼槽剥蚀量逐渐减小，同时受 NW 向断层调节作用，在 NW 向断层附近产生相反的变化规律；局部次级区带受次级断层的叠加影响，

剥蚀量呈相对应的局部变化，位于正断层上盘的越靠近断层，剥蚀量越大，位于正断层下盘的越靠近断层，剥蚀量越小。

#### 4 赛罕塔拉组顶面剥蚀量恢复结果及分析

基于 5 口钻井的地层埋深、镜质组反射率、声波时差等数据，计算研究区赛罕塔拉组顶面剥蚀量，分析其平面展布规律及控制因素。

吉尔嘎朗图凹陷赛罕塔拉组顶面剥蚀量恢复的恢复结果如表 2 所示。东、西洼槽数据支撑不足，无法进行赛罕塔拉组顶面剥蚀量的恢复工作，恢复井位集中在中洼槽。

二连盆地在早白垩世晚期即赛罕塔拉组沉积时期，断陷作用减弱，赛罕塔拉组沉积以后，在蒙古—鄂霍茨克洋最终闭合并导致在区域性盆地反转背景下，二连盆地形成了一幕正反转构造（肖安成等，2011；马新华和肖安成，2000），吉尔嘎朗图凹陷在这一区域性挤压应力作用下，压应力优先在早期形成的正断层处释放，造成先前正断层下盘下降、上盘上升的现象，从而控制赛罕塔拉组顶面剥蚀量，其规律与腾格尔组相类似。

位于洼槽带的 W16 井恢复剥蚀量较位于锡林构造带的 4 口井大，可见赛罕塔拉组顶面剥蚀量与腾格尔组顶面整体趋势一致，陡坡带向缓坡带剥蚀量逐渐减小。在锡林构造带内部， $F_3$  断层为顺向正断层，形成构造反转时，上盘上升、下盘下降，上盘剥蚀量较大，且越靠近该断层受影响越明显；同理， $F_2$  断层剥蚀量有相同的影响。对比图 1 中恢复结果：W14 井靠近  $F_3$  断层，位于下盘，剥蚀量较位于上盘的 W16 井小，W12 井位于  $F_3$ 、 $F_2$  断层下盘组成的地垒构造中，受叠加影响，剥蚀量最小，W13 井位于  $F_2$  断层上盘，剥蚀量大于 W12 井。

表 2 吉尔嘎朗图凹陷赛罕塔拉组顶面剥蚀量恢复结果  
Table 2 Denudation thickness of the top surface of the Saihantala Formation in the Jiergalangtu sag

序号	井名	剥蚀量/m	序号	井名	剥蚀量/m
1	W12	118	4	W15	95
2	W13	255	5	W16	290
3	W14	238			

## 5 腾格尔组的沉积和剥蚀过程与油气成藏

研究区腾格尔组厚度与剥蚀量远高于赛罕塔拉组,沉积厚度更是如此,故腾格尔组的沉积与剥蚀过程是影响阿尔善组和腾格尔组烃源岩生排烃的主要因素。

### 5.1 腾格尔组沉积厚度

吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组时期(约110~100 Ma)中洼槽为沉积、沉降中心,断裂活动剧烈,派生了一系列的二级、三级断裂。根据腾格尔组顶面剥蚀量恢复结果和现今地层厚度数据可以计算出各典型井的沉积厚度(表3),绘制出等值线图(图6),沉积厚度最大为3281 m,最小低于1000 m。

腾格尔组中洼槽的沉积厚度较东洼槽大,整体显示出西北高、南东低特点,并存在W6井和W7井两个沉积中心。

### 5.2 腾格尔组的沉积和剥蚀过程与油气成藏

腾格尔组发育厚度较大的烃源岩层,有机碳含量为1.95%,生烃潜量为 $10.16 \times 10^{-3}$ ,母质类型为II1型(易士威,2006;余小林等,2013),有利于油气藏的生成。研究区油气藏集中分布于罕尼构造带W6井和W7井一带,以及宝饶构造带F4断层一线(余小林等,2013;刘昌毅,2006),与中洼槽腾格尔组沉积最大和剥蚀量最大的区域相吻合,说明吉尔嘎朗图凹陷,断层控制下的深埋和强剥过程与凹陷油气成藏息息相关,其中的关键应是对烃源岩生排烃的控制。不考虑热异常事件

表3 吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组恢复沉积厚度结果

Table 3 Results of restoring the total sedimentary thickness of the Tenggeer Formation in the Jiergalangtu sag

序号	井名	残留地层厚度/m	剥蚀厚度/m	沉积厚度/m	序号	井名	残留地层厚度/m	剥蚀厚度/m	沉积厚度/m
1	W1	1358	313	1671	7	W7	1105	1933	3038
2	W2	357	243	600	8	W8	1176	1580	2756
3	W3	911	934	1845	9	W9	800	992	1792
4	W4	1036	712	1828	10	W10	1065	1183	2248
5	W5	911	733	1644	11	W11	835	1260	2095
6	W6	1540	1741	3281					

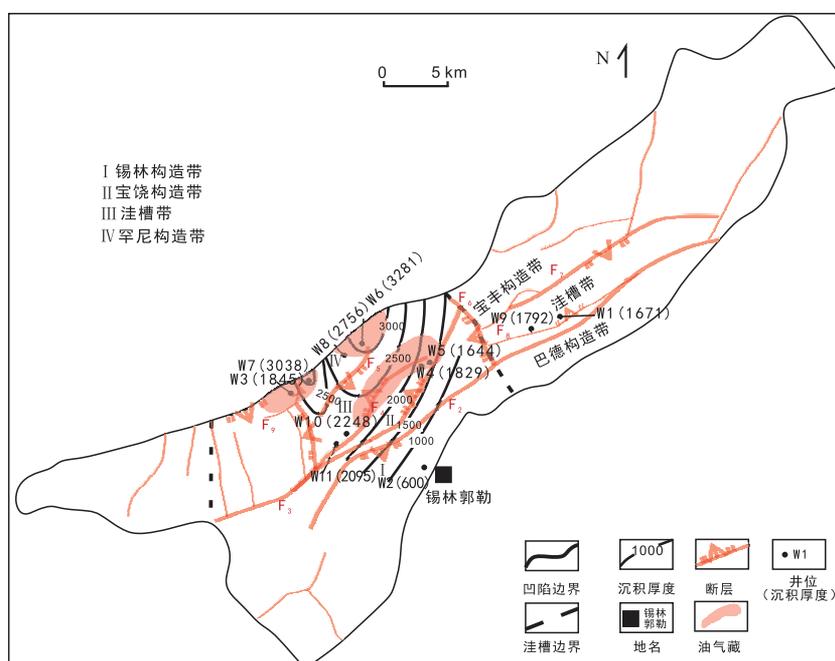


图6 吉尔嘎朗图凹陷腾格尔组恢复沉积厚度等值线和油气藏展布图

Fig. 6 Contour map of restoring sedimentary thickness isogram and distribution of oil and gas reservoirs of the Tenggeer Formation in the Jiergalangtu sag

的影响, 凹陷腾格尔组沉积最大的地方, 下伏烃源岩层厚度最大, 生烃时间最长, 如果生烃母质相同, 则生烃量亦最大。构造正反转背景下的强剥蚀的影响效应表现在两个方面, 其一, 挤压环境好比对烃源岩层施加了与主构造线方向垂直的侧向驱动力; 其二, 上部地层的强烈隆升剥蚀则大大降低了烃源岩层垂向上的束缚压力, 两个因素配合促使油气沿 NE 断裂面发生垂向和侧向运移, 并在断裂面两侧有利的圈闭位置成藏。该油气成藏过程, 可以为断陷盆地油气藏的勘探提供重要的启示, 断陷及后期反转控制下的大沉积强剥蚀区的断裂带两侧应为油气勘探的重点区域。

## 6 结论

(1) 研究区腾格尔组和赛罕塔拉组顶部剥蚀量厚度展布规律相类似, 主要受该组沉积末期构造反转的控制, 不同方向与规模断层在构造反转期的差异活动决定了区内不同构造部位剥蚀量的大小: NE 向为主要控制断层, NW 向为辅助调节断层, 一级和二级断层分别控制整个凹陷和各个区带的剥蚀量展布, 三级断层起到局部的调节效果。

(2) 凹陷中洼槽腾格尔组沉积最大和剥蚀量最大的区域与油气藏发育区相吻合, 断层控制下的深埋和强剥过程与凹陷油气成藏息息相关, 可以为断陷盆地油气藏的勘探提供重要的启示。

(3) 断陷及后期反转控制下的大沉积强剥蚀区, 烃源岩层生烃时间长, 构造反转期, 与主构造线方向垂直的侧向挤压驱动和上部地层的强烈隆升剥蚀卸压, 促使油气沿 NE 断裂面发生垂向和侧向运移, 并在断裂面两侧有利的圈闭位置成藏。

## 参考文献(References):

崔丽君. 2017. 常用剥蚀量恢复方法在格日勒敖都凹陷的应用[J]. 石化技术, 24(1): 108-108.

崔永谦, 童亨茂, 李先平, 等. 2011. 二连盆地早燕山期构造体制及原型盆地推测[J]. 地质学报, 85(8): 125-126.

陈增智, 柳广弟, 郝石生, 等. 1999. 修正的镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法[J]. 沉积学报, 17(1): 141-144.

谈伟宁. 2013. 二连盆地阿尔凹陷石油地质综合研究[D]. 荆州: 长江大学.

付晓飞, 李兆影, 卢双舫, 等. 2004. 利用声波时差资料恢复剥蚀量方法研究与应用[J]. 大庆石油地质与开发, 23(1): 4-4.

郭太宇, 李德勇, 冉伟民, 等. 2015. 声波时差法恢复东海丽水凹陷明月峰组剥蚀量[J]. 内蒙古石油化工, (8): 34-36.

黄澎涛, 武学维, 马占琴. 2009. 内蒙古自治区二连盆地构造和聚煤特征[J]. 中国煤炭地质, 21(s1): 9-11.

刘昌毅. 2006. 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷宝饶构造带构造特征及其控藏作用[J]. 油气地质与采收率, 13(3): 35-38.

刘景彦. 2000. 用声波测井资料计算剥蚀量的方法改进[J]. 石油实验地质, 22(4): 302-306.

李锦秩. 1998. 中国东北及邻区若干地质构造问题的新认识[J]. 地质论评, 44(4): 339-347.

马新华, 肖安成. 2000. 内蒙古二连盆地的构造反转历史[J]. 西南石油学院学报, 22(2): 1-4.

潘桂棠. 2009. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质, 36(1): 1-28.

漆家福, 赵贤正, 李先平, 等. 2015. 二连盆地早白垩世断陷分布及其与基底构造的关系[J]. 地学前缘, 22(3): 118-128.

任远. 2011. 二连盆地阿尔凹陷中生界沉积相及储层特征研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东).

田涛, 任战利, 杨鹏, 等. 2016. 多种剥蚀厚度恢复方法在内蒙古雅布赖盆地侏罗系和白垩系中的应用及其地质意义[J]. 古地理学报, 18(6): 1002-1011.

佟彦明, 宋立军, 曾少军, 等. 2005. 利用镜质体反射率恢复地层剥蚀厚度的新方法[J]. 古地理学报, 7(3): 417-424.

佟彦明, 朱光辉. 2006. 利用镜质体反射率恢复地层剥蚀量的几个重要问题[J]. 石油天然气学报, (3): 215-217.

王荃. 1986. 内蒙古中部中朝与西伯利亚古板块缝合线的确定[J]. 地质学报, (1): 33-45.

王帅, 邵龙义, 孙钦平, 等. 2017. 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷煤层气储层特征及勘探潜力[J]. 煤田地质与勘探, 45(4): 63-69.

肖安成, 杨树锋, 陈汉林, 等. 2001. 二连盆地形成的地球动力学背景[J]. 石油与天然气地质, 22(2): 127-140.

杨冰彬. 2013. 二连盆地裂谷构造演化[J]. 内蒙古石油化工, 39(14): 51-55.

余坤, 屈争辉, 据宜文, 等. 2018. 二连盆地胜利煤田含煤地层埋藏史及热史分析[J]. 沉积学报, 36(5): 903-913.

易士威. 2006. 二连盆地岩性地层油藏勘探理论与实践[D]. 成都: 成都理工大学.

余小林, 杨会丽, 祖志勇, 等. 2013. 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷勘探实践及勘探方向[J]. 中国石油勘探, 18(6): 51-55.

Athy L F. 1930. Density, porosity, and compaction of sedimentary rocks [J]. Aapg Bulletin, 14(1): 1-24.

Dow W G. 1977. Kerogen studies and geological interpretations [J]. Journal of Geochemical Exploration, 7(2): 79-99.

Xiao W, Windley B F, Hao J, et al. 2003. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt [J]. Tectonics, 22(6): 8-1.

Zuo Y, Wang C, Tang S, et al. 2016. Mesozoic and Cenozoic thermal history and source rock thermal evolution of the Baiyinchagan depression, Erlian Basin, Northern China [J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 139: 171-184.