

# 内蒙古西部银根-额济纳旗盆地石炭系-二叠系暗色泥质岩有机质丰度变化特征和生烃潜力

陈践发<sup>1</sup>, 卢进才<sup>2</sup>, 唐友军<sup>3</sup>, 魏建设<sup>2</sup>, 朱雷<sup>1</sup>, 姜亭<sup>2</sup>, 王冠男<sup>1</sup>

CHEN Jian-fa<sup>1</sup>, LU Jin-cai<sup>2</sup>, TANG You-jun<sup>3</sup>, WEI Jian-she<sup>2</sup>,

ZHU Lei<sup>1</sup>, JIANG Ting<sup>2</sup>, WANG Guan-nan<sup>1</sup>

1. 油气资源与探测国家重点实验室/中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249;

2. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054;

3. 长江大学地球化学系, 湖北 荆州 434023

1. *China University of Petroleum, Beijing Campus (CUP), Beijing 102249, China;*

2. *Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, Shaanxi, China;*

3. *Yangtze University, Jingzhou 434023, Hubei, China*

**摘要:** 银-额盆地石炭系-二叠系 1100 多个暗色泥质岩样品的有机质丰度、热解分析结果表明, 依据 TOC 的评价标准, 银-额(银根-额济纳旗)盆地石炭系-二叠系暗色泥岩和页岩达到烃源岩标准的样品占总样品数的 50% 以上, 达到好烃源岩标准的样品占总样品数的 15% 以上。纵向上银-额盆地石炭系-二叠系从下部的上石炭统一下二叠统阿木山组/甘泉组、中一下二叠统埋汗哈达组、中二叠统阿其德组/菊石滩组到上二叠统哈尔苏海组, 暗色泥质岩的有机质丰度具有从下到上总体降低的趋势; 平面上同一层段中具有北部地区 TOC 高于南部地区、西部地区 TOC 高于东部地区的分布特征, 这种分布特征与该区的沉积环境相吻合。研究区露头样品热解分析所获的生烃潜量和氢指数结果不能作为评价烃源岩的指标。

**关键词:** 银根-额济纳旗盆地; 有机质丰度; 烃源岩; 生烃潜力

中图分类号: P534.46; P534.45; P618.13

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)06-0859-06

**Chen J F, Lu J C, Tang Y J, Wei J S, Zhu L, Jiang T, Wang G N. Abundance variation characteristics and hydrocarbon-generating potential of organic matter in Carboniferous-Permian dark argillaceous rock of Yingen-Ejin Banner basin, western Inner Mongolia. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(6):859-864**

**Abstract:** Based on statistical analysis of 1100 Carboniferous-Permian dark mud rock samples in Yingen-Ejin Banner basin, the results about organic matter abundance and source rock pyrolysis show that 50% of collected samples meet the standard of source rock, and superior source rocks occupy over 15%. Vertically, organic matter abundance of mud rock from Carboniferous to Permian (from upper Carboniferous to Amushan /Ganquan Formation in lower Permian, Maihanhada Formation in middle-lower Permian, Aqide/Jushitan Formation in middle Permian to Haersuhai Formation in upper Permian) reveals a trend of gradual decrease. TOC content of northern area is over the counterpart from southern area, and the content of TOC in western part is higher than that of the east, which is coincident with the sedimental environment. In addition, it is necessary to declare that the indicators derived from pyrolysis analysis on outcrop samples, such as hydrocarbon-generating potential and hydrogen index, cannot be the efficient way to evaluate source rocks.

**Key words:** Yingen-Ejin Banner basin; organic matter abundance; source rock; hydrocarbon-generating potential

收稿日期: 2011-02-21; 修订日期: 2011-05-03

资助项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》(编号: 1212010733506)

作者简介: 陈践发(1961-), 男, 教授, 博士生导师, 从事石油地质研究和教学。E-mail: jfchen@cup.edu.cn

银根-额济纳旗盆地(简称银-额盆地)地表勘探条件差,勘探程度低。区内早期的油气勘探以中生界(白垩系)为目的层,开展了多项针对中生界目的层的专题研究和地质综合评价工作,对盆地中生界石油地质条件、地质规律和油气勘探前景有了较明确的认识<sup>[1-5]</sup>,但对研究区古生界的石油地质条件的研究很少涉及。

2007 年启动的中国地质调查局国土资源大调查项目《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》,首次将银-额盆地石炭系-二叠系油气地质条件调查列为重点,通过野外油气地质调查与室内研究相结合,对区内油气地质条件和资源潜力进行了初步评价,取得了一些新的认识<sup>[6-8]</sup>。卢进才等<sup>[9]</sup>研究了额济纳旗土壤酸解气探指标的特征,即具有高的烃类背景值和强的烃类异常显示,还具有甲烷 C 同位素偏重、干燥系数大的特点,强异常段与石炭系-二叠系局部构造高有良好的对应关系,指出土壤酸解气异常应为与古生界烃源岩有关的油气赋存信息的反映。卢进才等<sup>[7]</sup>在对额济纳旗及其邻区石炭系-二叠系的分布特征、岩性特征和沉积环境进行初步研究的基础上,又对烃源岩展布、有机质丰度和热演化史进行研究,结合储、盖条件与保存条件评价,总结了区内石炭系-二叠系油气地质条件,指出广泛发育的浅海陆棚相泥页岩具有较好的生烃条件,发育滨岸相砂砾岩、台地斜坡相生物碎屑灰岩、火山碎屑岩(或火山角砾岩)、火山熔岩、风化壳等多种类型的储集层,广泛分布的白垩系为良好的区域盖层,显示区内石炭系-二叠系具有良好的油气资源前景。陈践发等<sup>[10]</sup>采用多项有机质丰度、类型和成熟度指标定量或定性分析了额济纳旗及邻区石炭系-二叠系烃源岩的生烃潜力,证实额济纳旗及邻区的石炭系-二叠系发育了浅海陆棚相以泥页岩为主的烃源岩,发育阿木山组、埋汗哈达组和哈尔苏海组 3 套烃源岩。为了系统了解银-额盆地石炭系-二叠系可能的烃源岩的纵向和平面分布特征,在《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》项目实施过程中,系统采集该区石炭系-二叠系的野外露头样品进行了有机质丰度和热解分析。

## 1 研究区地质背景

研究区构造位置位于天山-兴安华力西造山系的北山-蒙古-吉林造山带<sup>[9]</sup>,包括北天山裂谷裂陷

带、中天山-马鬃山构造岩浆岩带、阿尔金-北山裂谷带、巴丹吉林裂陷(裂谷)带等次级构造单元<sup>[10]</sup>。盆地沉积充填以前南华系变质岩为基底,经历了南华纪大陆地壳裂解阶段,形成大陆溢流玄武岩和双峰式火山岩建造;晚泥盆世-二叠纪后造山伸展阶段,沉积了巨厚的火山-沉积岩(碎屑岩+碳酸盐岩建造);三叠纪-白垩纪内陆盆地演化阶段,沉积了厚度巨大的河流-湖泊相碎屑岩。

研究区石炭系-二叠系处于天山-兴蒙海槽沉积带,为裂谷(裂陷)盆地沉积<sup>[6-7,11]</sup>,以浅海陆棚相和碳酸盐台地相沉积为主。区内石炭系-二叠系残留厚度达数千米,岩性组合为海相碎屑岩+火山岩+碳酸盐岩沉积建造。

## 2 样品的采集与分析

本次研究系统采集了银-额盆地及邻区 31 条石炭系-二叠系露头剖面的样品,采样剖面位置如图 1 所示。其中石炭系和石炭系-二叠系露头剖面 14 条,二叠系露头剖面 17 条。系统采集暗色泥岩和页岩样品共 1127 个,其中石炭系和石炭系-二叠系样品 698 个,二叠系样品 429 个。在本次研究中,样品采集在纵向上和平面上都基本上选择研究区有代表性的剖面,在可能的烃源岩层段按 1~2m 的间隔采样,因此采集的样品具有较好的代表性。所采集的样品先后送中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室和长江大学教育部油气资源与成藏重点实验室进行了有机质丰度和热解分析。

## 3 石炭系-二叠系有机质丰度和热解参数的总体分布特征

银-额盆地石炭系-二叠系 1127 个暗色泥质岩样品的有机质丰度分析统计结果如图 2 所示。从图 2 可以看出,该区石炭系-二叠系暗色泥质岩 TOC 的分布范围从 0.1% 到大于 1.4%,其中 TOC 在 0.4% 以下(非烃源岩)的占 47%,TOC 为 0.4%~0.6% 的样品(达到差烃源岩标准)占总样品数的 35%,TOC 为 0.6%~1.0% 的样品(达到中等烃源岩标准)占总样品数的 13%,TOC 在 1.0% 以上(达到好烃源岩标准)的样品占总样品数的 15%。从有机质丰度分析结果来看,银-额盆地石炭系-二叠系地层暗色泥岩和页岩大部分均达到烃源岩标准,达到烃源岩标准的样品占总样品数的 50% 以上;达到好烃

图 1 银-额盆地石炭系—二叠系烃源岩采样位置

Fig. 1 Distribution of collected samples (Carboniferous-Permian source rocks)

图2 银-额盆地石炭系—二叠系烃源岩 TOC 分布频率

Fig. 2 Histogram of TOC distributional frequency of Carboniferous-Permian source rocks

源岩标准的样品占总样品数的 15%以上。

研究区可能的烃源岩生烃潜量( $S_1+S_2$ )和氢指数( $I_H$ )分析结果分别如图 3、图 4 所示。从分析统计结果可知,99%的样品的  $S_1+S_2$  小于 0.1mg/g,所有样品的  $S_1+S_2$  均小于 0.5mg/g;90%的样品的  $I_H$  小于 50mg/g TOC, 除个别样品外几乎所有样品的  $I_H$  值均小于 150mg/g TOC。按照现有的烃源岩评价标准,  $(S_1+S_2)<2\text{mg/g}$  为非烃源岩,  $S_1+S_2$  介于 2~6mg/g 之间为中等烃源岩,  $(S_1+S_2)>6\sim 20\text{mg/g}$  为好烃源岩。依据本次研究所采集的野外露头样品测得的暗色泥岩和页岩的生烃潜量结果, 这些样品均未达到烃源岩的标准。同样依据现有氢指数的评价标准,  $I_H<150\text{mg/g TOC}$  的为 Ⅱ 有机质,  $I_H<50\text{mg/g TOC}$  的通常为非烃源岩。如果依据银-额盆地石炭系—



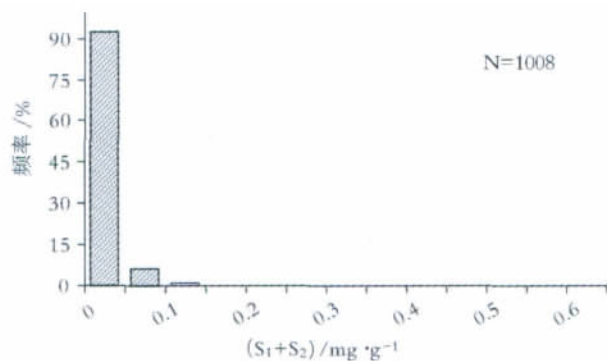


图3 银-额盆地石炭系—二叠系烃源岩  
生烃潜量分布频率

Fig. 3 Histogram of hydrocarbon-generating potential distributional frequency of Carboniferous-Permian source rocks

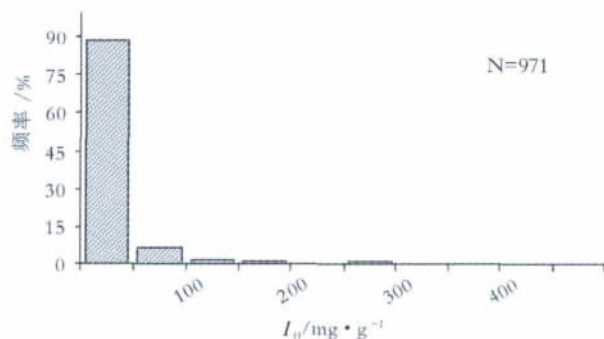


图4 银-额盆地石炭系—二叠系烃源岩  
氢指数分布频率图

Fig. 4 Histogram of hydrogen index distributional frequency of Carboniferous-Permian source rocks

二叠系可能烃源岩氢指数分析资料判断,这些暗色泥岩和页岩均为<sub>2</sub>有机质或非烃源岩。从分析资料可知,用生烃潜量和氢指数分析结果与TOC的分析结果对银-额盆地石炭系—二叠系暗色泥岩和页岩的评价具有明显差异。笔者认为,这种差异主要是风化作用对暗色泥质岩的改造所致。长期的风化作用将使出露于地表的暗色泥质岩的生烃潜力和有机质中的氢含量明显降低。而现有的烃源岩评价指标又都是依据井下钻取的新鲜岩心样品制定的。因此笔者认为,在研究区露头样品研究中不能使用岩石热解所获得的生烃潜量和氢指数作为评价烃源岩的指标。风化作用对泥质岩的有机质的丰度也有一定的影响,但总的影响不是很显著,因而岩石中的TOC含量还可以作为一项烃源岩的标准。

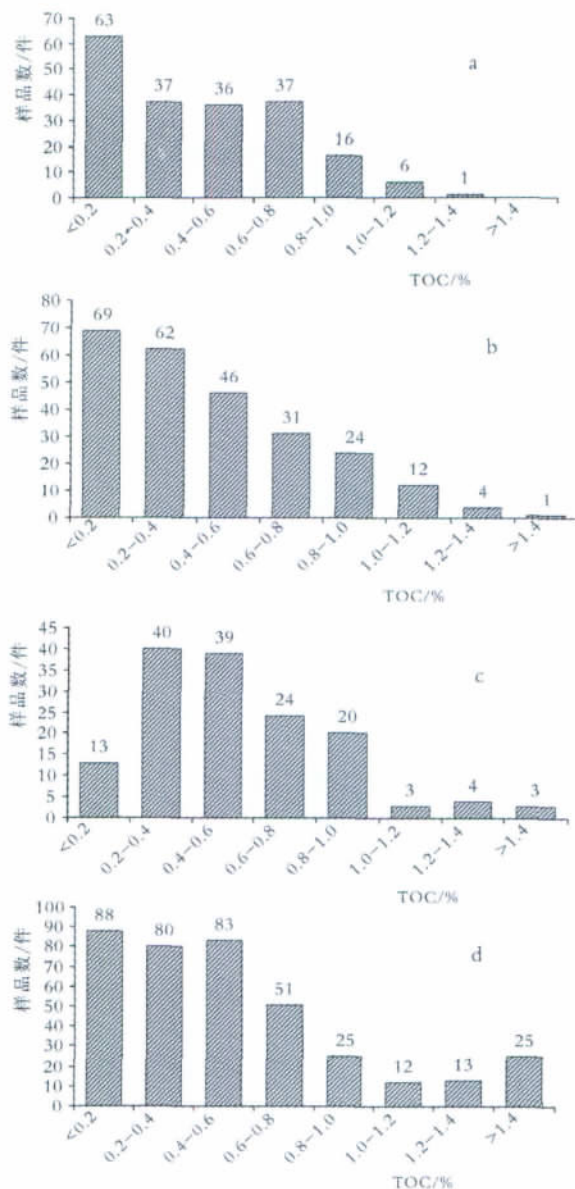


图5 银-额盆地石炭系—二叠系不同层位  
暗色泥岩 TOC 分布对比

Fig. 5 TOC comparison histogram of dark mud rock in different formations  
a—晚二叠世哈尔苏海组;b—中二叠世阿其德组/菊石滩组;c—早—中二叠世埋汗哈达组;d—晚石炭世—早二叠世甘泉组/阿木山组

#### 4 银-额盆地石炭系—二叠系有机质丰度 时空变化特征

从上述石炭系—二叠系暗色泥质岩的 TOC 分析资料可知,研究区总体上有大部分暗色泥质岩达到了烃源岩的标准。为了解石炭系—二叠系不同层

段暗色泥质岩的有机质丰度的变化特征,笔者分别统计不同层段暗色泥岩 TOC 的分布特征,图 5 为银-额盆地石炭系—二叠系不同层段暗色泥质岩有机质丰度对比图。从图 5 可以看出,银-额盆地石炭系—二叠系从下部的上石炭统一二叠统阿木山组/甘泉组、中一下二叠统埋汗哈达组、中二叠统阿其德组/菊石滩组到上二叠统哈尔苏海组 4 个层段有机质丰度分布存在一定的差异,总体上具有由下到上 TOC 含量相对较高( $\text{TOC} > 1.0\%$ )的样品所占比例逐渐降低的趋势。上石炭统一二叠统阿木山组/甘泉组 TOC 含量大于 1.0% 的样品占总样品数的 14%;中一下二叠统埋汗哈达组 TOC 含量大于 1.0% 的样品占总样品数的 7.5%;中二叠统阿其德组/菊石滩组 TOC 含量大于 1.0% 的样品占总样品数的 6.5%;上二叠统哈尔苏海组 TOC 含量大于

1.0% 的样品占总样品数的 3.5%。也就是说,从上石炭统到上二叠统好烃源岩所占比例明显降低。这一变化趋势可能反映了该区沉积环境从上石炭统到上二叠统从相对还原到相对氧化的变化过程和研究区沉积水体由深变浅的总体趋势。

为探讨银-额盆地石炭系—二叠系暗色泥质岩有机质含量的平面变化特征,笔者对比分析了研究区中二叠统阿其德组/菊石滩组 TOC 的平面分布特征(图 6)。从图 6 可知,同一层段不同地区的暗色泥质岩 TOC 也存在一定的差异,总体上具有北部地区 TOC 高于南部地区,西部地区 TOC 高于东部地区的特点。暗色泥质岩中 TOC 的这种分布特征与该区沉积环境相吻合。卢进才等<sup>[7]</sup>通过对银-额盆地石炭系—二叠系沉积环境研究后认为,在石炭纪—二叠纪期间该区总体北部水体相对较深,西部

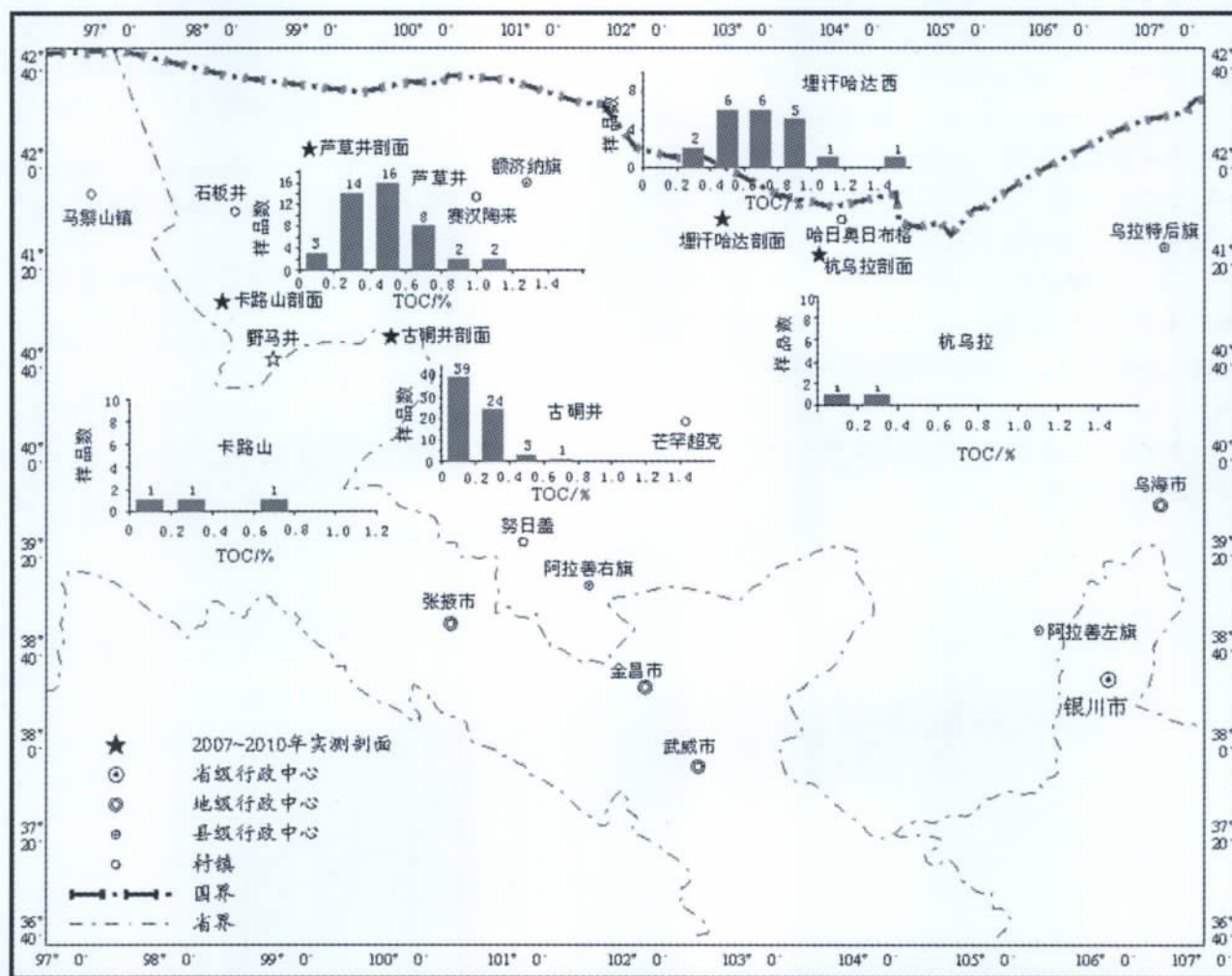


图 6 银-额盆地中二叠统阿其德组/菊石滩组不同剖面暗色泥质岩 TOC 分布频率对比

Fig. 6 Comparison histogram of TOC distributional frequency in different profiles

地区较东部地区水体更深。

## 5 主要认识和结论

通过对银-额盆地石炭系—二叠系 1100 多个暗色泥质岩样品的有机质丰度、热解分析统计获得如下主要认识。

(1)从银-额盆地石炭系—二叠系暗色泥质岩有机质丰度分析结果来看,大部分暗色泥岩和页岩均达到烃源岩标准。其中达到烃源岩标准的样品占总样品数的 50%以上,达到好烃源岩标准的样品占总样品数的 15%以上,表明银-额盆地石炭系—二叠系暗色泥质岩具有好的烃源岩分布。

(2)由于本次研究所采集的样品均为露头样品,其生烃潜力和氢指数分析结果严重偏低,不能真实地反映其地球化学特征,因此该区露头样品的热解分析结果不能作为评价烃源岩的指标。

(3)银-额盆地石炭系—二叠系从下部的上石炭统—下二叠统阿木山组/甘泉组、中—下二叠统埋汗哈达组、中二叠统阿其德组/菊石滩组到上二叠统哈尔苏海组暗色泥质岩的有机质丰度从下到上总体具有降低的趋势,表明从上石炭统到上二叠统好烃源岩所占比例具有降低的趋势。

(4)总体上研究区内同一层段中具有北部地区相对南部地区、西部地区相对东部地区 TOC 含量较高的分布特征,这种分布特征与该区沉积环境相吻合。

致谢:中国地质调查局西安地调中心李玉宏、陈

高潮高级工程师和长安大学党彝副教授一同参与野外地质考查和样品采集,中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室和长江大学教育部重点实验室协助完成有关样品的分析测试,在此一并诚挚衷心的感谢。

## 参考文献

- [1]郭彦如,王新民,刘文岭.银根-额济纳旗盆地含油气系统特征与油气勘探前景[J].大庆石油地质与开发,2000,19(6):4-8.
- [2]吴茂炳,王新民.银根-额济纳旗盆地油气地质特征及油气勘探方向[J].中国石油勘探,2003,8(4):45-49.
- [3]卫平生,张虎权,林卫东,等.银根-额济纳旗盆地油气勘探远景[J].天然气工业,2005,25(3):7-10.
- [4]卫平生,张虎权,陈启林.银根-额济纳旗盆地油气地质特征及勘探前景[M].北京:石油工业出版社,2006:150-158.
- [5]卫平生,张虎权,陈启林,等.银根-额济纳旗盆地与二连盆地石油地质特征比较分析[J].中国石油勘探,2007,12(1):33-37.
- [6]卢进才,魏仙样,李玉宏,等.额济纳旗土壤油气地球化学特征及其意义[J].新疆石油地质,2009,30(1):6-8.
- [7]卢进才,魏仙样,魏建设,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系油气地质条件初探[J].地质通报,2010,29(2/3):330-340.
- [8]陈践发,卢进才,石正勇,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系烃源岩的发育特征和生烃潜力评价[J].地质通报,2010,29(2/3):346-350.
- [9]任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等.从全球看中国大地构造[M].北京:地质出版社,1999:11-17.
- [10]卢进才,陈践发,郭建军,等.古亚洲与特提斯交汇带盆地群油气资源潜力[J].西北地质,2006,39(3):39-46.
- [11]夏林圻,夏祖春,徐学义,等.天山及邻区石炭纪—早二叠世裂谷火山岩岩石成因[J].西北地质,2008,41(4):1-68.