二连盆地下白垩统烃源岩特征及其对油气分布的影响

陈治军,高怡文,李科社,贺永红,刘护创,于珺

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院,西安 710075

摘要 二连盆地石油与天然气勘探始于1955年,目前已发现了扎布油田、吉格森油田等十余个油田,但是二连盆地的勘探也存在着地质情况复杂、勘探难度大、探明程度低等问题。已有研究表明,虽然50余个凹陷都自成一个独立的沉积单元,有相似的烃类生成、运移和聚集特征。但是每个凹陷,甚至是同一凹陷中不同的洼槽,它们烃源岩的展布、烃源岩地球化学特征差别很大。分析了二连盆地20余个凹陷、30余口探井下白垩统烃源岩资料,总结烃源岩的展布、烃源岩地球化学特征,对比它们的差异性以及对油气分布的影响。结果表明,二连盆地下白垩统烃源岩对油气产出情况和油气分布有着很大的影响,暗色泥岩累计厚度大、有机质丰度基本达中等以上、有机质类型更偏腐泥型—I型或II_1型、埋深大于该凹陷生油门限深度的凹陷油气产出情况更好。阿尔善组烃源岩对油源的贡献比腾格尔组更大,阿尔善组烃源岩对油气的分布影响程度更大。

关键词 烃源岩特征;下白垩统;油气分布;二连盆地

中图分类号 TE122.1+13 **文献标志码** A **doi** 10.3981/j.issn.1000-7857.2014.32.008

Characteristics of Lower Cretaceous Source Rock and Its Effects on Hydrocarbon Distribution in Erlian Basin

CHEN Zhijun, GAO Yiwen, LI Keshe, HE Yonghong, LIU Huchuang, YU Jun

Reseach Institute of Shanxi Yanchang Petroleum (Group) Corporation Limited, Xi'an 710075, China

Abstract The oil and gas exploration of Erlian Basin began in 1955, and now more than 10 oilfields have been found, such as Zhabu oilfield, Jigesen oilfield. But, difficulties exist in the exploration of Erlian Basin, due to, for example, the complex of deposit geology and the low level of proven deposits. The previous studies show that there are 50 sags with an independent sedimentary unit of their own, and with their own similar characteristics of hydrocarbon generation, migration and accumulation. But as a matter of fact, even in different subsags of the same sag, the distribution of hydrocarbon source rock and geochemistry characteristics of hydrocarbon source rock are different. This paper analyzes the data of more than 20 sags in Erlian Basin and the Lower Cretaceous hydrocarbon source rocks of more than 30 wells. And then, some common features of distribution and the geochemical characteristics of hydrocarbon source rocks are revealed, and their differences and the effects on the distribution of oil and gas are compared. It is shown that the geochemical characteristics of Lower Cretaceous source rocks have a great influence on the production and distribution of oil and gas in Erlian Basin. Therefore, for the sags with thick dark mudstone, the abundance of organic matter is basically above the medium, the organic matter type is more partial sapropel (type I or II_1), and the dark mudstone is buried deeper than its oil generation threshold depth, and is more conducive to oil and gas output. The contribution of the source rocks of Aershan group to the reservoir is bigger than that of Tenggeer group, so the source rocks of Aershan group have a bigger influence on the distribution of oil and gas.

Keywords characteristics of hydrocarbon source rock; Lower Cretaceous; hydrocarbon distribution; Erlian Basin

收稿日期:2014-05-26;修回日期:2014-08-26

基金项目:陕西延长石油(集团)有限责任公司科研攻关项目(ycsy2011ky-B-78)

作者简介:陈治军,工程师,研究方向为油气勘探,电子信箱:chenzhijun2203@aliyun.com

引用格式:陈治军, 高怡文, 李科社, 等. 二连盆地下白垩统烃源岩特征及其对油气分布的影响[J]. 科技导报, 2014, 32(32): 46-53.

二连盆地位于中国内蒙古自治区中部,东起大兴安岭,西到乌拉特中后联合旗一带,南界阴山北麓,北至中蒙边界,东西长约 1000 km,南北宽 20~220 km,总面积逾 10×10^4 km^2,是中国陆上大型沉积盆地之一,生油含油岩系主要为下白垩统巴彦花群陆相碎屑岩沉积[1]。以中部苏尼特隆起为界,可划分为南、北两大坳陷带,北部坳陷带由马尼特坳陷、乌兰察布坳陷和川井坳陷组成;南部坳陷带包括乌尼特坳陷和腾格尔坳陷[2]。每个坳陷都由若干凹陷和凸起组成,目前已发现的凹陷超过50个,均为发育在海西褶皱基底之上,有其独立的沉积体系、沉积中心的小型断陷盆地[2,3](图1)。

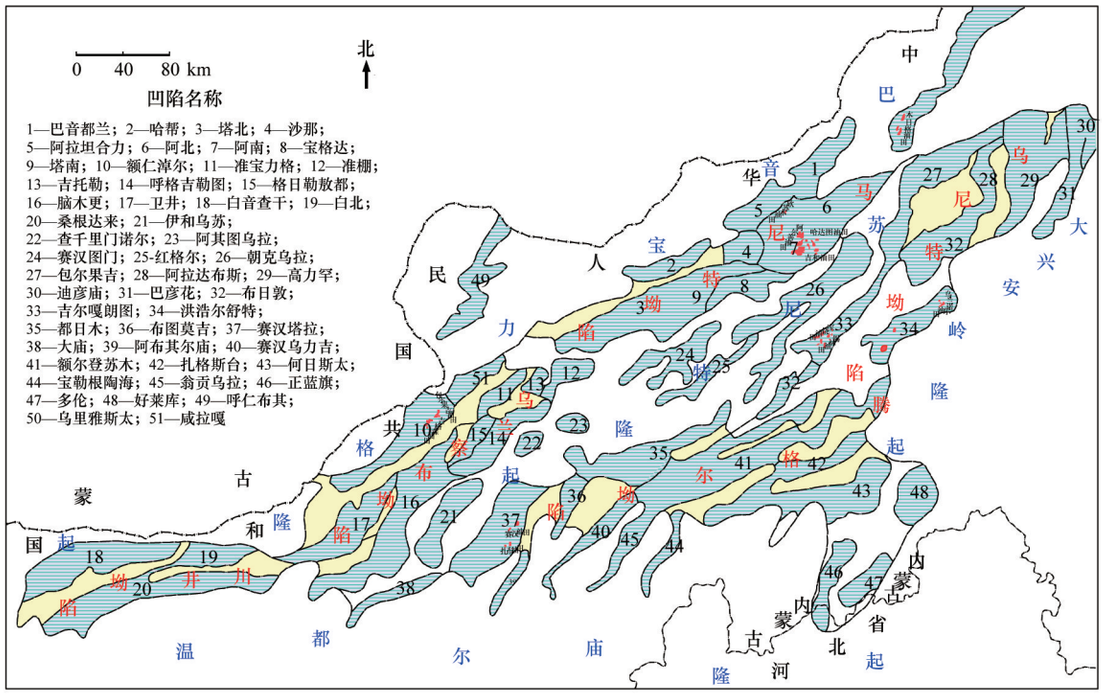


图1　二连盆地构造位置及构造单元划分

Fig. 1　Tectonic position and division of tectonic units of Erlian Basin

二连盆地石油与天然气勘探始于1955年[4],目前已发现了扎布油田、吉格森油田等十余个油田,但是二连盆地的油气勘探也存在着地质情况复杂、勘探难度大、探明程度低等问题。虽然每一个断陷湖盆都自成一个独立的沉积单元,有自己的沉积中心和边缘相带,具有相似的构造沉积发育史,相似的烃类生成、运移和聚集特征[5]。但是每个凹陷,甚至是同一凹陷中不同的洼槽,它们烃源岩的展布、烃源岩地球化学特征差别很大,资源量差异也很大。前人对二连盆地下白垩统烃源岩有了大量研究,但大多都集中在对某一典型凹陷的研究,全面总结二连盆地烃源岩特征能更好地服务于二连盆地的勘探。

1　烃源岩展布特征

下白垩统巴彦花群是二连盆地裂陷期发育的一套以湖相为主的碎屑岩生油建造,地层沉积厚度一般为2000~3000 m,最厚可达4000 m[6]。对二连盆地21个凹陷、31口探井的暗色泥岩厚度进行了统计[1,7-9]。可以看出,暗色泥岩一般厚700~1800 m,最大为2066 m,可占地层厚度的40%~80%,二连裂谷系的暗色泥岩厚度大,为本区油气生成奠定了良好的物质基础(表1)。

从烃源岩纵向展布来看,除川井坳陷外(川井坳陷同时发育都红木组烃源岩),二连盆地各个凹陷主要发育腾格尔组和阿尔善组2套主力生油岩[2,10,11]。腾格尔组发育腾格尔组二段和腾格尔组一段2套暗色泥岩,其中以腾格尔组一段暗色泥岩最为发育,平均约占地层总厚度的60%;腾格尔组二段主要发育煤系烃源岩,在晚盛型的凹陷中,如西部的川井坳陷中发育暗色泥岩,由于埋深较小,大部分未进入成熟门限,只能作为低熟烃源岩。阿尔善组以阿尔善组二段暗色泥岩最为发育,约占地层总厚度的38%。

二连盆地烃源岩展布特征,有以下规律。

1)腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩总体上呈现总厚度大、各凹陷之间差异也很大、腾格尔组厚度大于阿尔善组的特点。2套暗色泥岩总厚度很大,达343~2066 m。各凹陷之间差异也很大,说明各凹陷甚至洼槽都是独立的沉积系统,不存在统一的大湖。腾格尔组暗色泥岩厚度为184~1396 m,平均752 m;阿尔善组暗色泥岩厚度为0~675 m,平均208 m,腾格尔组的暗色泥岩厚度明显大于阿尔善组(表1)。

2)平面上,以苏尼特隆起为界,具有北厚南薄、西厚东薄

的变化趋势,越临近苏尼特隆起,泥岩厚度越大(表1)。在北部的马尼特坳陷,腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩总厚度达343~1828 m,平均1092 m;而在南部的腾格尔坳陷,腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩总厚度为432~1230 m,平均752 m;西部川井坳陷暗色泥岩厚达2066 m,比东部其他坳陷厚度都大(表1)。

表1 二连盆地各凹陷腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩厚度统计

Table 1 Statistics of dark mudstone thickness of Tenggeer and Aershan groups in each sag of Erlian Basin

分区	坳陷	凹陷	腾格尔组		阿尔善组		总计		代表井
			暗色泥岩厚/m	泥岩厚/地层厚/%	暗色泥岩厚/m	泥岩厚/地层厚/%	暗色泥岩厚/m	泥岩厚/地层厚/%	
北部坳陷带	川井	白音查干	1396	85	670	59	2066	74	BaC1
		白北	627	91	311	58	938	76	SC1
	马尼特	乌力雅斯太	1227	64	132	25	1359	55	TC1,TC2,T3
		巴音都兰	526	65	199	69	724	66	B1
			1203	79	167	42	1370	72	B9
		阿南	1154	74	675	58	1828	67	A18、A3
		阿北	924	94	373	55	1297	78	AC1
		塔南	638	78	213	55	851	66	TaC1
		塔北	852	62	113	15	965	45	YC1
		宝格达	184	45	159	44	343	45	YZ1
	乌兰察布	额仁淖尔	942	65	▽	▽	942	65	ZC1
		脑木根	802	76	154	61	956	73	MC1
南部坳陷带	乌尼特	高力罕	790	72	0	0	790	54	GC1
			864	65	233	55	1097	58	YG2
		吉尔嘎朗图	427	49	8	7	435	44	J2
			922	49			922	49	J41,J35
		洪浩尔舒特	754	56	156	25	910	46	HC1
	腾格尔	赛汉塔拉	803	58	130	28	933	50	S1,S2
		布图莫吉	485	62	195▽	14	680▽	31	BuC1
		赛汉乌力吉	280	23	152▽	15	432▽	19	LC2
			510	51	185▽	44	695	49	SaC2
		额尔登苏木	645	41	35▽	6	680	31	RC1
		宝勒根陶海	435	40	94	46	528	41	YB3
			794	60	207	93	1001	61	TaC1
		扎格斯台	808	52	422	35	1230	46	TaC2
		何日斯太	566	3	21	3	587	24	Te3

注:“▽”表示该层未钻穿。

3)在同一凹陷(或洼槽)里,暗色泥岩的厚度因受沉积相带的控制,具有环带状分布特征,洼槽中心沉积厚度大,烃源岩厚度也大,向次洼和边缘相带厚度逐渐降低。如川井坳陷白北凹陷阿尔善组烃源岩,呈明显的环带状展布特征(图2)。

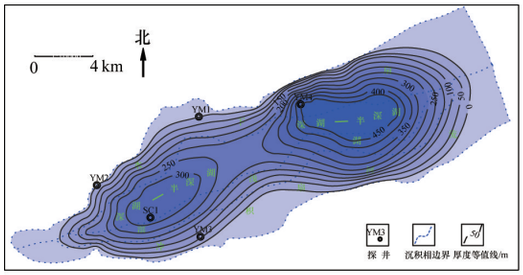


图2　川井坳陷白北凹陷阿尔善组烃源岩厚度等值线

Fig. 2　Contour map of hydrocarbon source rock thickness of Aershan group in Baibei sag of Chuanjing depression

2　烃源岩地球化学特征

2.1　有机质丰度

由于二连盆地很多井未钻穿阿尔善组,影响对阿尔善组烃源岩的全面评价。此外,取样的构造、沉积相带位置也会影响样品的代表性,可以推测在洼槽中心烃源岩品会比斜坡带好。本次统计了二连盆地23个凹陷、31口探井烃源岩(暗色泥岩)有机质丰度指标(表2)[1,7~9],样品多、分布广、分析结果有一定的代表性,可以发现一定的规律。

1) 二连盆地绝大多数凹陷都达到了烃源岩丰度基本标准,总体具有较好的生烃潜力。除了都日木凹陷以外,其他凹陷都达到了烃源岩丰度基本标准,即总有机碳(TOC)的质量分数大于0.4%[12]。其中,白音查干、白北、乌里雅斯太、巴音都兰、阿北、塔北、准鹏、吉尔嘎朗头和洪浩尔舒特凹陷的腾格尔组和巴音都兰凹陷的阿尔善组TOC的质量分数达到2%以上,有机质丰度评价为极好的烃源岩(表2)。

2) 不同的凹陷中2套烃源岩的丰度不同,生油贡献不同。绝大多数凹陷存在腾格尔组和阿尔善组2套有效烃源岩(有机质丰度评价),这些凹陷腾格尔组烃源岩有机质丰度和阿尔善组相当,或者腾格尔组稍好于阿尔善组。也有少数凹陷只有1套有效烃源岩,如赛汉塔拉凹陷只有腾格尔组1套有效烃源岩,阿尔善组为差-非生油岩;额尔登苏木只有阿尔善组1套有效烃源岩,腾格尔组为差-非生油岩(表2)。

3) 烃源岩有机质丰度也以苏尼特隆起为界,具有北高南低、西高东低的变化趋势。在北部的马尼特坳陷,2套烃源岩TOC的质量分数一般在0.90%~3.48%,生烃潜量S_1+S_2多为1.06~14.30 mg/g,氯仿沥青"A"和总烃含量也较高,属于中等-极好烃源岩;而在南部的腾格尔坳陷,2套烃源岩总有机碳的质量分数较低,一般在0.5%~1.6%,生烃潜量S_1+S_2一般为2~4 mg/g,氯仿沥青"A"及总烃含量较低,属于中等烃源岩。西部川井坳陷的丰度也高于东部坳陷烃源岩(表2)。

4) 在同一凹陷(或洼槽)里,烃源岩有机质丰度因受沉积相带的控制,也具有典型的环带状分布特征。洼槽中心水深大、生物丰富、有机质丰度也大,向次洼和边缘相带厚度逐渐降低。如高力罕凹陷查干诺尔洼槽阿尔善组烃源岩,TOC围绕着湖盆沉积中心呈明显的环带状展布特征(图3)。

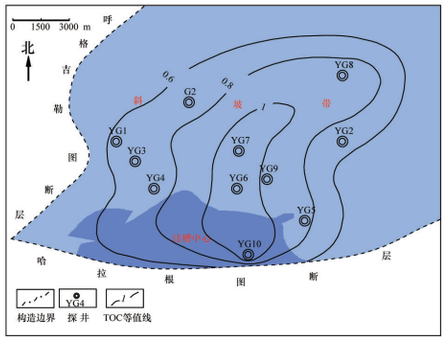


图3　高力罕凹陷查干诺尔洼槽阿尔善组烃源岩TOC等值线

Fig. 3　Contour map of hydrocarbon source rock TOC of Aershan group in Chagannuoer subsag of Gaolihan sag

2.2　有机质类型

1) 二连盆地下白垩统巴彦花群烃源岩整体上以混合型(II_1和II_2)为主[13]。在这些湖盆中,烃源岩主要形成在浅湖、半深湖-深湖环境,由于近陆源,其有机质类型以混合型为主,并含有较多的III型。只有在发育稳定的半深湖-深湖环境时,其中的有机质类型可以达到II_1型,甚至I型。从二连盆地23个凹陷巴彦花群烃源岩的干酪根元素组成和显微组分的组成看出,混合型干酪根占59%,腐殖型干酪根占15%,腐泥型干酪根占26%,干酪根以混合型干酪根为主(图4)。混合型中,偏腐泥型(II_1)占27%,偏腐殖型(II_2)占32%。

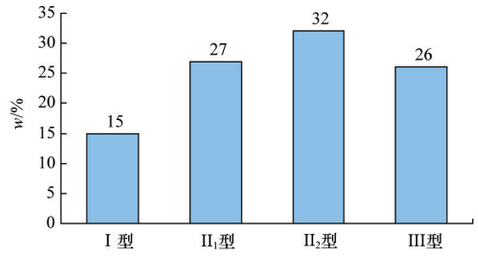


图4　二连盆地23个凹陷单井烃源岩有机质类型分析柱状图

Fig. 4　Histogram of hydrocarbon source rock organic matter type from single-well analysis of 23 sags of Erlian Basin

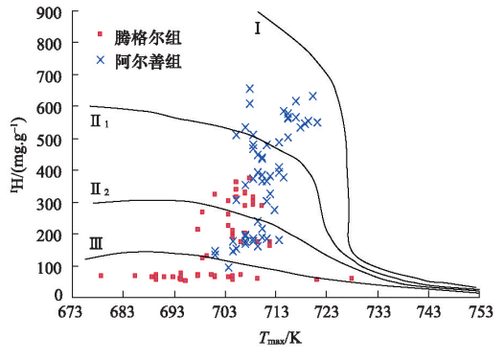
2) 洼槽中心干酪根类型更偏腐泥型,次洼和边缘相带形成更偏腐殖型的干酪根。尽管二连盆地各个凹陷强烈的分割性,凹陷烃源岩独立发育,干酪根类型规律性不强,但是同一凹陷(或洼槽)中,受水深及沉积相带的影响,烃源岩有机质类型的展布也有一定的规律性:洼槽中心水深,水生物丰富,干酪根类型更偏腐泥型;向次洼和边缘相带,水深降低,周边丰富的陆生植物残体被带入水体中,与湖中低等生物混合沉积下来,经历了生物降解和热裂解过程,形成更偏腐殖型的干酪根。如高力罕凹陷查干诺尔洼槽中YG2和YG10井,洼槽中心的YG10井,烃源岩有机质类型以II_1~I为主;而靠近边缘的YG2井,烃源岩有机质以II_1~II_2为主,也不乏III型干酪根(图3,图5)。

表2 二连盆地下白垩统生油岩的有机质丰度统计

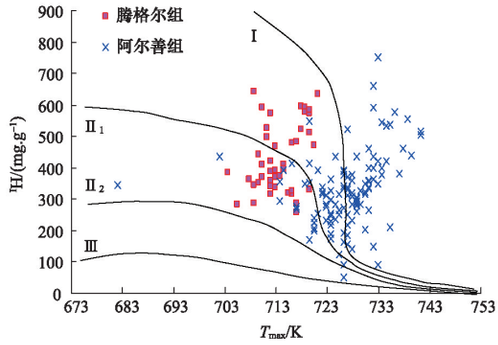
Table 2 The organic matter abundance of source rocks in Lower Cretaceous of Erlian Basin

分区	分组	凹陷	w(TOC)/%	w(沥青"A")/%	总烃/10^{-6}	(S_1+S_2)/(mg·g^{-1})	有机质丰度综合评价	取样井
北部凹陷	腾格尔组	白音查干	2.60(45)	0.224(15)	1070(15)	9.00(45)	好-极好	BaC1
		白北	2.42(39)	0.044(23)	239(18)	11.43(39)	中等-好	SC1
		乌里雅斯太	2.19(327)	0.092(29)	472(29)	2.78(327)	中等-好	TC1,TC2,T3
		巴音都兰	3.30(25)	0.466(9)	992(9)	14.30(25)	好-极好	B9
		阿南	1.75(47)	0.610(21)	790(21)	6.23(37)	好-极好	A18,A3
		阿北	2.24(28)	0.062(6)	359(5)	4.82(28)	中等-好	AC1
		塔南	1.93	0.104	816	10.66	好	TaC1
		塔北	2.05(86)			3.37(86)	中等-极好	YC1
		宝格达	0.20~2.35			0.03~5.33	好	Ba3
		准棚	2.65(77)	0.047(77)	238(12)	5.47(77)	中等-好	BeC1,YZ1
		额仁淖尔	0.84(63)	0.044(24)	293(19)	2.51	差-中等	ZC1
		脑木根	0.57(24)	0.044(8)	475(12)	2.09(24)	差-中等	MC1,MC2
	阿尔善组	白音查干						BaC1
		白北	1.42(14)	0.083(6)	693(4)	5.40(14)	中等-好	SC1
		乌里雅斯太	1.50(30)	0.153(7)	987(7)	2.20(30)	中等-好	TC1,TC2,T3
		巴音都兰	3.48(6)	0.400(1)		11.10	好-极好	B9
		阿南	0.77(13)	0.129(5)	896(5)	1.24(13)	中等-好	A18,A3
		阿北	1.66(25)	0.253(8)	1852(4)	7.16(25)	好-极好	AC1
		塔南	0.57	0.017	93	1.06	差	TaC1
		塔北	0.90(36)			1.40(36)	差-中等	YC1
		宝格达	1.55			0.60	差-中等	Ba3
		准棚	1.42(16)	0.043(2)	207(1)	5.37(16)	差-中等	BeC1,YZ1
		额仁淖尔	1.09	0.121	698	6.41	好	ZC1
		脑木根	0.65(24)	0.050(7)	638(7)	3.01(24)	中等-好	MC1,MC2
南部凹陷	腾格尔组	高力罕	1.94(34)	0.066(9)	242(5)	15.44(36)	中等-好	G2
		吉尔嘎朗图	2.41(147)	0.112 (36)	506(34)	5.88(133)	好-极好	J2,J41,J35
		洪浩尔舒特	2.63(72)	0.044 (18)	262(18)	6.29(125)	中等-好	HC1
		赛汉塔拉	1.21(71)	0.120(34)	733(34)	3.48(71)	中等-好	S1,S2
		布图莫吉	0.75(21)	0.0461(5)	283(3)	1.89(21)	差-中等	BuC1
		赛汉乌力吉	0.42(22)	0.0252(8)	191(6)	0.64(22)	差	LC2
		额尔登苏木	0.69(16)	0.011(11)	63(11)	0.84(16)	非烃源岩-差	EC1
		宝勒根陶海	1.48~10.23	0.055~0.202	329~1300	5.73~64.67	中等-好	TaC1
		都日木	0.43(28)	0.011(16)	36(15)	0.34(28)	非烃源岩-差	DC1
		扎格斯台	0.50~2.00	0.069(15)		0.76~19.25	差-中等	TeC2
		何日斯太	0.55~1.66	0.031		0.52~2.79	差-中等	TeC1
	阿尔善组	高力罕	1.90(20)	0.193(9)	1547(7)	9.06(23)	好-极好	G2
		吉尔嘎朗图	0.84(1)	0.019(1)	382(1)	2.38(1)	差-中等	J2,J41,J35
		洪浩尔舒特	1.37(28)	0.294(7)	1313(7)	3.85(36)	好-极好	HC1
		赛汉塔拉	0.20(1)	0.007(1)	45(1)	0.06(1)	非烃源岩	S1,S2
		布图莫吉	0.99(17)	0.031(3)	141(3)	1.60(14)	差-中等	BuC1
		赛汉乌力吉	0.83(7)	0.020(2)	154(1)	1.53(7)	差-中等	LC2
		额尔登苏木	0.78(13)	0.024(4)	177.5(4)	1.60(10)	差-中等	EC1
		宝勒根陶海	0.49~2.50	0.019~0.085	116~626	0.85~16.03	中等-好	TaC1
		都日木	0.56(23)	0.013(5)	99(5)	0.75(23)	非烃源岩-差	DC1
		扎格斯台	0.3~0.50	0.034(9)		0.38~8.40	差	TeC2
		何日斯太	0.55~1.10	0.014		0.57~8.36	差-中等	TeC1

注:"0.75(21)",0.75表示平均值,21表示样品个数。



(a) YG2



(b) YG10

图5　高力罕凹陷YG2、YG10井烃源岩有机质干酪根$^{I}H-T_{max}$分类

Fig. 5　$^{I}H-T_{max}$ classification of organic kerogen of YG2 and YG10 well in Gaolihan sag

2.3　有机质热演化特征生油门限对比

2.3.1　有机质热演化特征

沉积岩中有机质的丰度和类型是生成油气的物质基础，但有机质只有达到了一定的热演化程度才能开始大量生烃。勘探实践表明，在成熟烃源岩分布区才有较高的油气勘探成功率。在二连盆地，由于下白垩统普遍埋藏较浅，有机质的成熟度就成为评价烃源岩生油能力的关键，也是决定在各凹陷中油气勘探成败的关键。成熟度是表示沉积有机质向石油转化的热演化程度，目前用于评价生油岩成熟度的常规地球化学方法，应用较广的有镜质体反射率、孢粉热变指数、岩石热解参数、可溶抽提物的化学组成特征等，其中最常用、最有效的是镜质体反射率R_o[14]。

本次统计出了二连盆地9个凹陷腾格尔组和阿尔善组烃源岩R_o，根据陆相烃源岩有机质演化阶段划分与判别指标，在进入低成熟、成熟及高成熟时，R_o分别为0.5%、0.7%和1.3%。虽然由于地温梯度、埋藏深度、以及所处沉积相带的差异，使得二连盆地各个凹陷之间、同一凹陷不同构造位置烃源岩有机质成熟度存在一定的差异，但二连盆地腾格尔组和阿尔善组烃源岩整体上成熟度较低：腾格尔组烃源岩R_o为0.46%~0.79%，为未成熟-低成熟烃源岩；阿尔善组烃源岩R_o为0.67%~1.41%，为低成熟-成熟烃源岩(图6)。

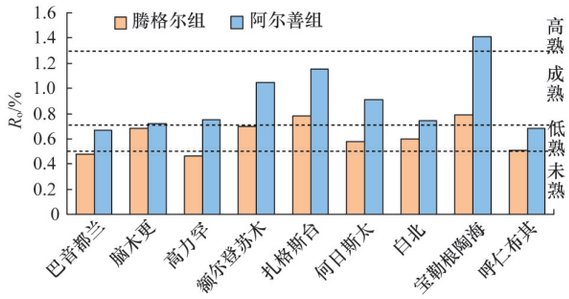


图6　二连盆地部分凹陷腾格尔组和阿尔善组烃源岩R_o对比

Fig. 6　Comparsion of hydrocarbon source rock R_o between Tenggeer group and Aershan group of part of the sags in Erlian Basin

2.3.2　生油门限对比

烃源岩在地质历史中随着埋藏在地下的深度加大，受到的压力和温度增加，其中有机质逐步转变成油或气，当生油岩的埋藏到达大量生成石油的深度(与深度相应温度)时，称为进入生油门限。从镜质体反射率、热解峰温、正构烷烃奇偶优势等方面综合分析，可以确定不同井的生油门限。

从图7中可以看出，由于地温梯度、埋藏史等的差异，二连盆地各个凹陷生油门限深度有一定的差异，变化范围由白北凹陷的950 m到宝格达凹陷的2000 m。同时，在同一凹陷，一般洼槽区地温梯度低于隆起区和斜坡区，洼槽区的生油门限深度也大于隆起区和斜坡区。

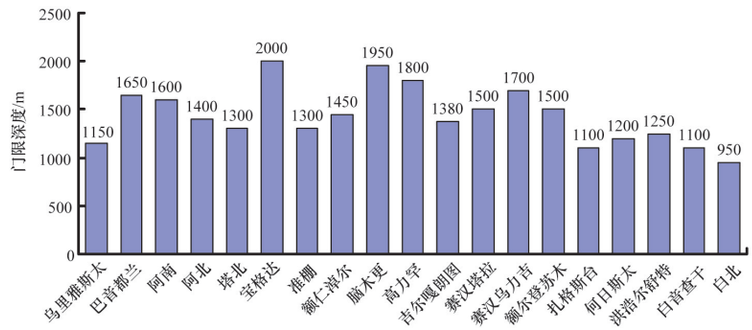


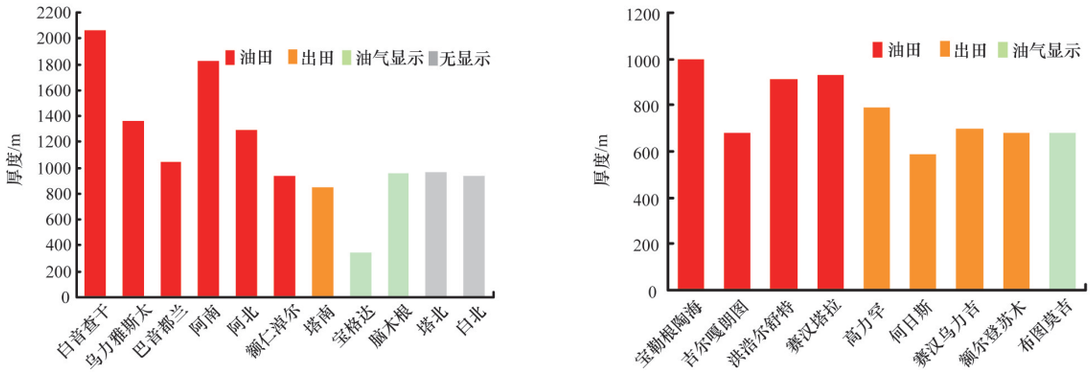
图7　二连盆地部分凹陷现今生油门限深度对比

Fig. 7　Comparison of current oil threshold depth of part of the sags in Erlian Basin

3 烃源岩对油气分布的影响

二连盆地烃源岩对油气产出情况和油气分布有着很大的影响：

1）烃源岩厚度与凹陷(或洼槽)的出油情况关系密切,暗色泥岩厚度大是出油的必要条件。烃源岩是油藏形成的基础,要形成油气藏,必须具有大体积的富含成熟有机质的沉积岩,对二连由一系列发育不同的次级凹陷组成的裂谷盆地尤为重要。从二连盆地凹陷含油情况与暗色泥岩厚度统计情况可见,油田、出油井所在凹陷暗色泥岩厚度大,有油气显示而未出油或无油气显示的凹陷暗色泥岩厚度相对较低(图8)。



(a) 北部凹陷　　(b) 南部凹陷

图8 二连盆地部分凹陷腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩厚度对比

Fig. 8 Comparison of dark mudstone thickness in Tenggeer and Aershan group of part of the sags in Erlian Basin

2）好的烃源岩有机质丰度与凹陷好的油气产出情况有一定的关联。油田或出油井所在的凹陷烃源岩有机质各项指标综合评价以好-极好的烃源岩为主,即TOC基本上都大于1%,总烃大于500 mg/kg,生烃潜量(S_1+S_2)大于6 mg/g;有油气显示或无显示的凹陷烃源岩有机质各项指标综合评价以差-中等的烃源岩为主,TOC基本上都小于1%(图9)。

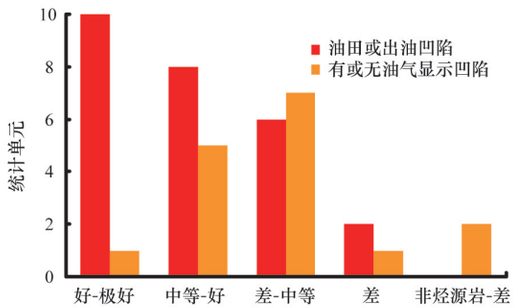


图9 二连盆地部分凹陷腾格尔组、阿尔善组烃源岩有机质丰度分析柱状图

Fig. 9 Histogram of hydrocarbon source rock organic matter abundance in Tenggeer and Aershan group of part of the sags in Erlian Basin

3）产油凹陷烃源岩有机质类型有明显变好的趋势。对于二连盆地众多的小断陷湖盆而言,有机质类型可能是比丰度更为重要的因素,因为有机质类型决定了有机质的热降解率。根据二连盆地23个凹陷与其中15个有油气产出凹陷烃源岩有机质类型对比结果看,全部23凹陷烃源岩I型+II型所占比例为42%,15个产油凹陷烃源岩I型+II_1型所占比例为60%,产油凹陷烃源岩有机质类型明显有变好的趋势(图10)。

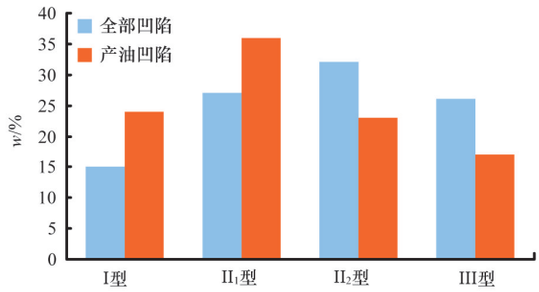


图10 二连盆地部分凹陷有机质类型分析柱状图

Fig .10 Histogram of organic matter type in part of the sags of Erlian Basin

4）阿尔善组烃源岩对油源贡献比腾格尔组更大。对比腾格尔组和阿尔善组2套烃源岩,它们的有机质丰度、有机质类型没有明显的区别,但它们的成熟度差别很大。腾格尔组暗色泥岩虽然厚度大,但大多埋藏浅,为未成熟-低成熟烃源岩;阿尔善组暗色泥岩虽然厚度小,但埋深大,基本为低成熟-成熟烃源岩。因此,从烃源岩的综合分析来看,阿尔善组烃源岩对油源的贡献应该比腾格尔组更大。

终上所述,二连盆地下白垩统烃源岩对油气产出情况和油气分布有着很大的影响,暗色泥岩累计厚度大、有机质丰度基本达中等以上、有机质类型更偏腐泥型—I型或II_1型,埋

深大于该凹陷生油门限深度的凹陷油气产出情况更好。阿尔善组烃源岩对油源的贡献比腾格尔组更大,阿尔善组烃源岩对油气的分布影响程度更大。

4　结论

1）二连盆地下白垩统主要发育腾格尔组和阿尔善组2套主力生油岩。腾格尔组和阿尔善组暗色泥岩总体上呈现总厚度大、各凹陷之间差异也很大、腾格尔组厚度大于阿尔善组的特点。平面展布以苏尼特隆起为界,具有北厚南薄、西厚东薄的变化趋势,越临近苏尼特隆起,暗色泥岩厚度越大。在同一凹陷(或洼槽)里,烃源岩厚度因受沉积相带的控制,具有环带状分布特征。

2）绝大多数凹陷腾格尔组和阿尔善组烃源岩都达到了烃源岩丰度基本标准,即TOC大于0.4%,说明二连盆地绝大多数凹陷都具有较好的生烃潜力。不同的凹陷中2套烃源岩的丰度不同,生油贡献不同。烃源岩有机质丰度平面展布也以苏尼特隆起为界,具有北高南低、西高东低的变化趋势。在同一凹陷(或洼槽)里,烃源岩有机质丰度也具有典型的环带状分布特征。

3）下白垩统巴彦花群烃源岩整体上以混合型(II_1和II_2)为主。洼槽中心干酪根类型更偏腐泥型,次洼和边缘相带形成更偏腐殖型的干酪根。

4）腾格尔组和阿尔善组烃源岩成熟度总体较低,腾格尔组为未成熟-低成熟烃源岩,阿尔善组为低成熟-成熟烃源岩。各个凹陷生油门限深度有一定的差异,变化范围为950~2000 m。

5）二连盆地下白垩统烃源岩对油气产出情况和油气分布有很大的影响,暗色泥岩累计厚度大、有机质丰度基本达中等以上、有机质类型更偏腐泥型—I型或II_1型、埋深大于该凹陷生油门限深度的凹陷油气产出情况更好。阿尔善组烃源岩对油源的贡献比阿尔善组更大,阿尔善组烃源岩对油气的分布影响程度更大。

参考文献(References)

[1] 杜金虎. 二连盆地隐蔽油藏勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
Du Jinhu. Concealed reservoir exploration in Erlian Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.

[2] 于英太. 二连盆地演化特征及油气分布[J]. 石油学报, 1990, 11(3): 12-20.
Yu Yingtai. Evolution characteristics of Erlian Basin and the distribution of oil and gas deposits[J]. Acta Petrolei Sinica, 1990, 11(3): 12-20.

[3] 马新华, 肖安成. 内蒙古二连盆地的构造反转历史[J]. 西南石油学院学报, 2000, 22(2): 1-4.
Ma Xinhua, Xiao Ancheng. Structure reversal history of Erlian Basin in Inner Mongolia[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2000, 22(2): 1-4.

[4] 降栓奇, 陈彦君, 赵志刚, 等. 二连盆地潜山成藏条件及油藏类型[J]. 岩性油气藏, 2009, 21(4): 22-27.
Jiang Shuanqi, Chen Yanjun, Zhao Zhigang, et al. Reservoir accumulation conditions and patterns of buried hill in Erlian Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2009, 21(4): 22-27.

[5] 方杰, 郑宪, 张宏. 二连裂谷系下白垩统烃源岩成油模式[J]. 石油学报, 1998, 19(4): 35-40.
Fang Jie, Zheng Xian, Zhang Hong. Generation model of sourocks of Lower Cretaceous sinerlianrift[J]. Acta Petrolei Sinica, 1998, 19(4): 35-40.

[6] 祝玉衡, 张文朝. 二连盆地层序地层样式及油气意义[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(4): 49-53.
Zhu Yuheng, Zhang Wenchao. Type of stratigraphic sequence in Erlian Basin and its significance in oil/gas exploration[J]. Petroleum Exploration and Development, 1999, 26(4): 49-53.

[7] 焦贵浩, 王同和. 二连裂谷构造演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003.
Jiao Guihao, Wang Tonghe. Evolution and hydrocarbon of rift tectonic in Erlian Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003.

[8] 赵澄林, 祝玉衡, 季汉成, 等. 二连盆地储层沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
Zhao Chenglin, Zhu Yuheng, Ji Hancheng, et al. Reservoir sedimentology of Erlian Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.

[9] 费宝生, 祝玉衡, 邹伟宏, 等. 二连裂谷盆地群油气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
Fei Baosheng, Zhu Yuheng, Zhou Weihong et al. Oil and gas geology of rift-basins group in Erlian Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001.

[10] 张文朝. 二连盆地下白垩统沉积相及含油性[J]. 地质科学, 1998, 33(2): 204-213.
Zhang Wenchao. Sedimentary facies and hydrocanbon- bearing of Lower Cretaceous strata in Erlian Basin[J]. Sientia Geologica Sinica, 1998, 33(2): 204-213.

[11] 杜维良, 李先平, 肖阳, 等. 二连盆地反转构造及其与油气的关系[J]. 科技导报, 2007, 25(11): 45-47.
Du Weiliang, Li Xianping, Xiao Yang, et al. Reverse structures in Erlian Basin and their relations with hydrocarbon[J]. Scinece & Technology Review, 2007, 25(11): 45-47.

[12] 中国石油天然气总公司. SY//T5735-1995 陆相烃源岩地球化学评价方法[S]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
China National Petroleum Corporation. SY//T5735- 1995 Continental hydrocarbon source rock geochemical evaluation method [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996.

[13] 方杰, 鱼占文, 沈敬茂. 二连盆地烃源岩有机质类型及有机相[J]. 西安石油学院学报, 1998, 13(5): 11-16.
Fang Jie, Yu Zhanwen, Shen Jingmao. Organic matter types andorganic facies of hydrocarbon source rock in Erlian Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1998, 13(5): 11-16.

[14] 李鑫, 尚鸿群, 李继宏, 等. 烃源岩热演化指标研究现状[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(3): 379-383.
Li Xin, Shang Hongqun, Li Jihong, et al. A review of indicators of thermal evolution of source rocks[J]. Xinjing Petroleum Geology, 2007, 28(3): 379-383.

（责任编辑　赵业玲）