

银额盆地及其邻区石炭系—二叠系油气资源 远景调查主要进展及成果

卢进才¹, 陈高潮¹, 李玉宏¹, 魏仙样¹, 赵省民², 党 犇³,
陈践发⁴, 魏建设¹, 姜 亭¹, 刘建利⁵, 卜建军⁶,
杨高印⁷, 史冀忠¹, 韩 伟¹, 李 渭¹

(1. 中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054; 2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037; 3. 长安大学, 陕西 西安 710054; 4. 中国石油大学(北京), 北京 102249;
5. 陕西省地质矿产勘查开发局物化探队, 陕西 西安 710043; 6. 中国地质调查局
武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430223; 7. 西安西凌地球物理技术
开发有限责任公司, 陕西 西安 710054)

摘要: 针对影响石炭系—二叠系油气地质条件与油气资源潜力评价的关键地质问题, 开展产、学、研联合攻关, 采用盆山结合、地质与地球物理结合的工作手段, 在石炭纪—二叠纪盆地形成与演化、沉积体系与沉积相展布、石炭系—二叠系烃源岩评价等方面取得了系列新认识。明确了银额盆地及其邻区石炭纪—二叠纪为典型的裂谷裂陷盆地, 晚石炭世—早二叠世为盆地发育的鼎盛时期, 以浅海陆棚相沉积为主; 发现多套厚度大、横向分布稳定, 且有机质丰度中等—高, 并以 II 型干酪根为主的成熟—高成熟烃源岩, 不存在区域变质; 于上古生界风化壳钻获的天然气和原油地球化学特征指示与石炭系烃源岩具有显著亲缘关系; 初步预测研究区石炭系—二叠系油气资源前景, 圈定了有利勘探区和较有利勘探区。

关键词: 银额盆地及其邻区; 石炭系—二叠系; 烃源岩; 油气资源; 有利勘探区

中图分类号: P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8706(2014)02-0035-10

0 引 言

银额盆地及其邻区位于我国西北地区中部, 包括了多个以古生界为基底的中生代盆地群, 即包括银额盆地群(银根—额济纳旗盆地群)、北山盆地群、河西走廊盆地群等。工作的重点地区是银额盆地及其邻区。地理位置包括了内蒙古自治区的阿拉善盟全部, 巴彦淖尔盟西部, 乌海市西部, 甘肃河西走廊地区和北山地区。坐标范围为: 38°00′—中蒙边界; 97°00′~107°00′(图1)。

该项成果是由中国地质调查局西安地质调查中心承担的国土资源大调查专项 2007—2010 年成

果, 是中国地质调查局启动的我国陆域新区、新层系油气基础地质调查项目。前人在区内进行的油气勘探是以中生界为目的层, 未针对石炭系—二叠系开展油气资源调查与勘探。本项目采用油气地质与基础地质结合、地质与地球物理结合, 产、学、研结合的工作方法, 首次在研究区开展以石炭系—二叠系为目的层的油气远景调查, 针对区内石炭系—二叠系工作程度低的特点, 加大了地表剖面测量力度, 共完成 1:1 000 地质剖面测量 77.87 km, 完成路线地质调查设计 200 km; 样品采集以解决基础地质问题和满足关键地质问题研究和油气地质条件综合评价为原则, 实际完成 10 521 件·次; 完成高精度重力测量和高精度磁测 1 362 km; 完成阵列

收稿日期: 2014-10-15; 改回日期: 2014-10-23。

基金项目: 中国地质调查“西北地区中小盆地群油气资源远景调查(编号:1212010733506)”项目资助。

作者简介: 卢进才(1961—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事石油天然气勘探与开发研究。Email: shiyou2002@163.com。

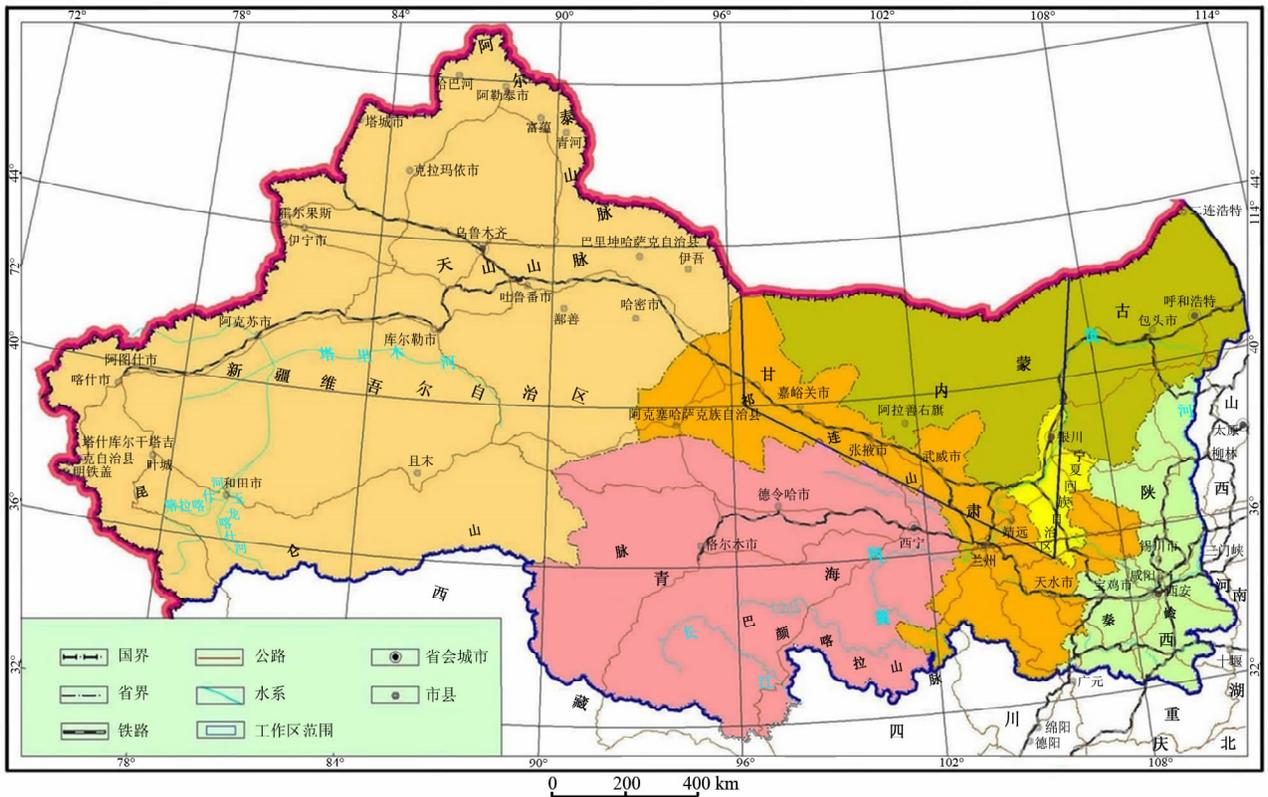


图1 工作区位置图

Fig.1 Location map of Yine basin and its surrounding areas

式电磁法剖面测量 2 936 个物理点,完成土壤油气化探 2 738 个化探点;完成1:50万遥感地质解译 $50 \times 10^4 \text{ km}^2$, 1:5万遥感地质解译 $1.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ [1]。

1 主要进展和成果

针对影响石炭系—二叠系油气地质条件与油气资源潜力评价的关键地质问题联合攻关,设置银额盆地及其邻区层序地层与沉积体系研究、银额盆地及其邻区石炭系—二叠系划分与对比、银额盆地及其邻区油气地质条件与资源潜力研究、银额盆地及其邻区盆地形成与演化研究、银额盆地及其邻区地球物理特征与盆地基底结构构造研究等5个专题开展综合研究,解决了一系列影响油气地质条件与资源潜力评价的基础地质问题,获得了一系列新进展与新成果。

1.1 区域构造与盆地演化研究认为银额盆地及邻区石炭纪—二叠纪为典型裂谷盆地

对石炭纪—二叠纪盆地演化与盆地基底特征有了明确的认识,认为南华纪—晚古生代中泥盆世

研究区处于洋陆演化阶段,红柳河—牛圈子—洗肠井缝合带、阿尔金东延断裂、恩格尔乌苏断裂带是分割塔里木板块、哈萨克斯坦板块和华北板块边界断裂。中泥盆世古亚洲洋闭合,额济纳旗及其邻区晚泥盆世—二叠纪形成统一的裂谷盆地——北山—巴丹吉林裂谷盆地 [2-4]。

明确将额济纳旗及其邻区构造演化划分为5个阶段:①太古宙—古元古代结晶基底形成阶段;②中、新元古代陆壳裂陷阶段;③南华纪—中泥盆世洋陆演化阶段;④晚泥盆世—二叠纪海陆演化阶段;⑤中生代陆内盆山构造演化阶段。

根据沉积建造特征、火山岩地球化学特征,以及区域构造特征,结合地球物理资料,分别对研究区早古生代—晚古生代中泥盆世、晚古生代晚泥盆世—晚二叠世的构造单元进行了划分。并将北山—巴丹吉林地区石炭纪—二叠纪裂谷盆地进一步划分为3个二级构造单元(图2),即:黑鹰山—额济纳旗坳陷带、马鬃山—拐子湖中间隆起带和柳园—巴丹吉林坳陷带,表现为“两坳一隆”的构造格局 [2,3]。

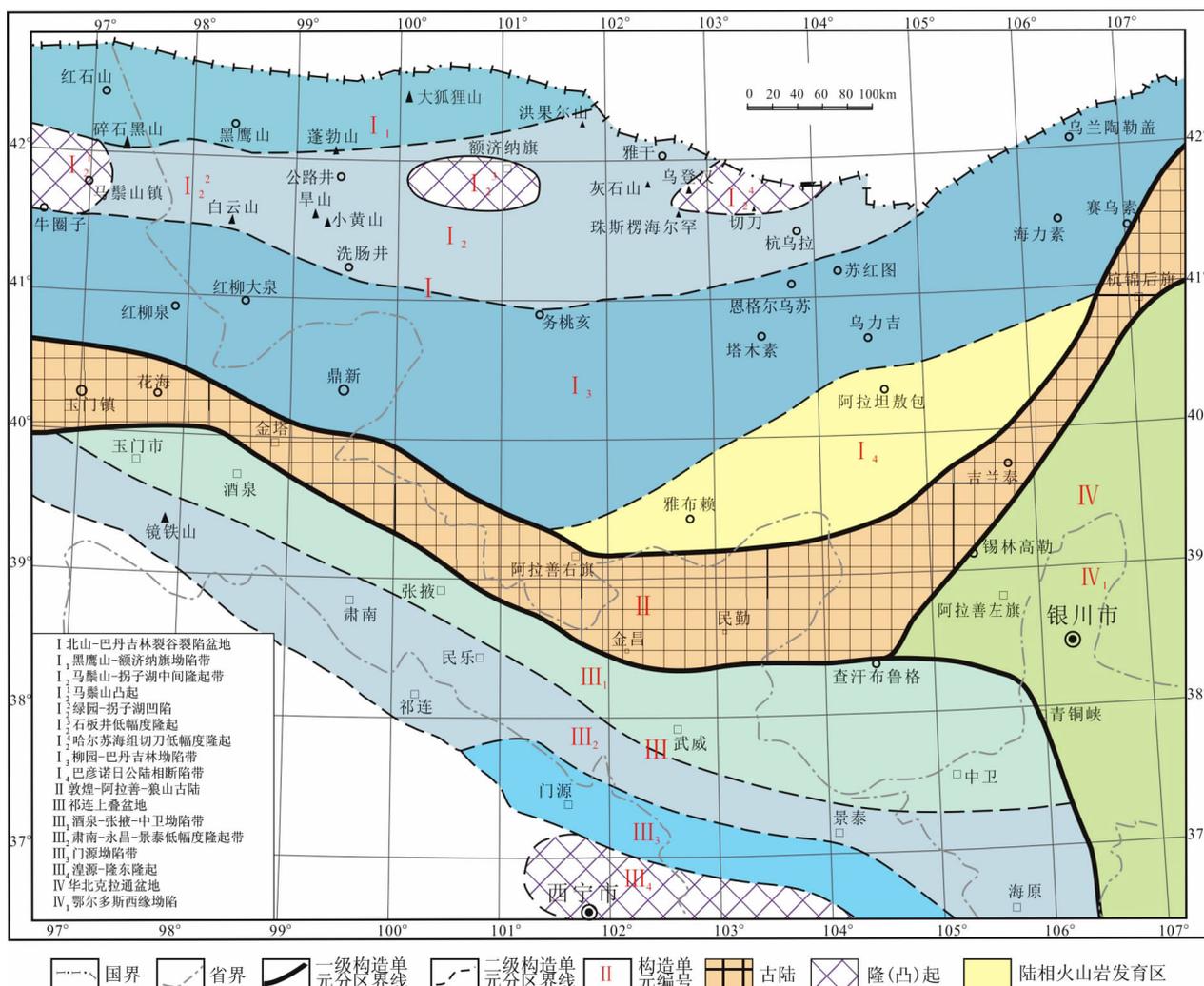


Fig.2 Map of the Permo-Carboniferous tectonic units in Yine basin and its surrounding areas

1.2 在厘定研究区石炭系—二叠系主要岩石地层单元关系、层序地层划分的基础上,明确了沉积演化特征与沉积相平面展布特征

以古生物化石为依据,按新的中国地层典和国际年代地层表,重新厘定了研究区石炭系—二叠系主要岩石地层单元的关系,明确了时代归属(表1)。分区建立了石炭系—二叠系标准地层柱,并进行了层序地层划分^[5,6]。

在层序地层划分的基础上,分析了石炭纪—二叠纪沉积演化特征,纵向上石炭纪—二叠纪沉积演化划分为4个阶段,表现了4次海侵过程;横向上具有典型超覆沉积特征,早石炭世—早二叠世早期表现为由北向南的上超沉积,早二叠世中期—晚二叠世表现为由南向北的下超沉积^[2,3]。

根据岩性地层与沉积构造特征,按层序地层单元编绘了沉积相平面展布图。银额盆地及其邻区

石炭纪—二叠纪沉积相平面展布受“两坳一隆”构造格局的控制,沉积物源南部以敦煌—阿拉善—狼山古陆为主要物源,中部和北部以马鬃山—拐子湖中间隆起带为物源。由南向北碎屑岩粒度变细,南部以发育河流相—滨岸相碎屑岩为主,北部以浅海陆棚相和碳酸盐岩台地相为主^[7]。表明额济纳旗及其邻区石炭纪—二叠纪裂谷盆地为一大型盆地。广泛分布的浅海陆棚相泥页岩为良好的烃源岩。

早石炭世—早二叠世紫松阶,表现为由西北向东南的上超沉积,早石炭世大塘阶沉积范围较小,到早二叠世紫松阶沉积范围达到最大。早二叠世隆林阶—中二叠世冷坞阶,表现为显著下超沉积特征,沉积范围逐渐缩小。早石炭世—中二叠世冷坞阶沉积相纵向演化与平面展布特征类似,纵向演化特征为正沉积旋回下部(或底部)以滨海相为主,上部以浅海陆棚相(或碳酸盐岩台地相)为主。沉积

表1 研究区岩石地层对比关系

Table 1 The lithostratigraphic correlation in the study area

中国年代地层			国际标准		生物地层或重要化石	岩石地层分区							统一命名									
系	统	阶	统	阶		明水—嘎顺淖尔	马鬃山—五道明	额旗—杭乌拉		努尔盖	因格井—海力素		东部	西部								
二叠系	乐平统 P ₃	长兴阶	乐平统	长兴阶	<i>Paracalamites, Callipteris, Pecopteris, Spiriferella</i>	方山口组			哈尔苏海组		P ₃ (未命名)	哈尔苏海组	方山口组									
		吴家坪阶		吴家坪阶																		
	阳新统 P ₂	冷坞阶	瓜德鲁普统	卡匹敦阶		<i>Uraloceras-Linoproductus-Stenocisma</i> 组合带	金塔组	金塔组	阿其德组	火山岩段	P ₂ (未命名)	阿其德组	阿其德组	金塔组								
		孤峰阶		沃德阶			菊石滩组 (哲斯组)	菊石滩组		碎屑岩段					菊石滩组							
		祥播阶		罗德阶					<i>Uraloceras-Waagenoconchia-Uncinellina</i> 组合带		双堡塘组	双堡塘组	埋汗哈达组	上碎屑岩段		双堡塘组	哲斯组	埋汗哈达组	双堡塘组			
		罗甸阶		空谷阶			<i>Spiriferella-Kochiproductus-Yakovlevia</i> 组合带	双堡塘组		双堡塘组				碳酸盐岩段	双堡塘组					哲斯组	埋汗哈达组	双堡塘组
	船山统 P ₁	隆林阶	乌拉尔统	亚丁斯克阶		<i>Pseudoschwagerina</i> 带			干泉组		干泉组	阿木山组	碎屑岩段	干泉组		阿木山组	碎屑岩段	阿木山组	干泉组			
		紫松阶		萨克马尔阶			阿瑟尔阶	碳酸盐岩段		干泉组			阿木山组		碳酸盐岩段					阿木山组	火山岩段	
	石炭系	马平统 C ₂ ²	小独山阶	冥夕法尼亚系		格舍尔阶	<i>Triticites</i> 带															
			卡西莫夫阶			莫斯科阶				<i>Pseudostaffella-Profusulinella</i> 组合带			石板山组					石板山组				
威宁统 C ₂ ¹		达拉阶	密西西比亚系	巴什基尔阶																		
		滑石板阶		谢尔普霍夫阶																		
大塘统 C ₁		德坞阶	密西西比亚系	维完阶																		
		上司阶								杜内阶												
	旧司阶																					
岩关统 C ₁	汤把阶																					
下伏地层						D ₂	D ₃	D ₃	Pt ₃	Pt ₂	D ₃	D ₂										

地层接触关系：—— 整合 - - - - - 平行不整合 〰 不整合

相平面展布特征以大范围浅海陆棚相沉积为特征,靠近敦煌—阿拉善—狼山古陆或马鬃山—拐子湖中间隆起带等物源区则以滨海相为主。晚二叠世吴家坪阶—长兴阶海水退出西部和南部,大部分地区以河流相沉积或陆相火山岩为主,滨—浅海相沉积范围仅分布在额济纳旗及其以北地区。晚石炭世—早二叠世早期(图3)为银额盆地演化的鼎盛时期,沉积了广泛分布的浅海陆棚相暗色泥岩,也是优质烃源岩发育的主要时期,对油气地质条件有

利,为油气地质条件评价奠定了基础。

1.3 明确了银额盆地石炭系—二叠系不存在区域变质,而且中生代盆地沉积区石炭系—二叠系变形较弱,对油气地质条件有利

传统认为银额盆地石炭系—二叠系已发生区域变质,也是前人从未针对石炭系—二叠系开展油气地质工作的重要原因。本项目在地质调查与地球物理勘查成果的基础上,探索性编制了银额盆地及邻区石炭系—二叠系变质变形图^[8],明确了银额

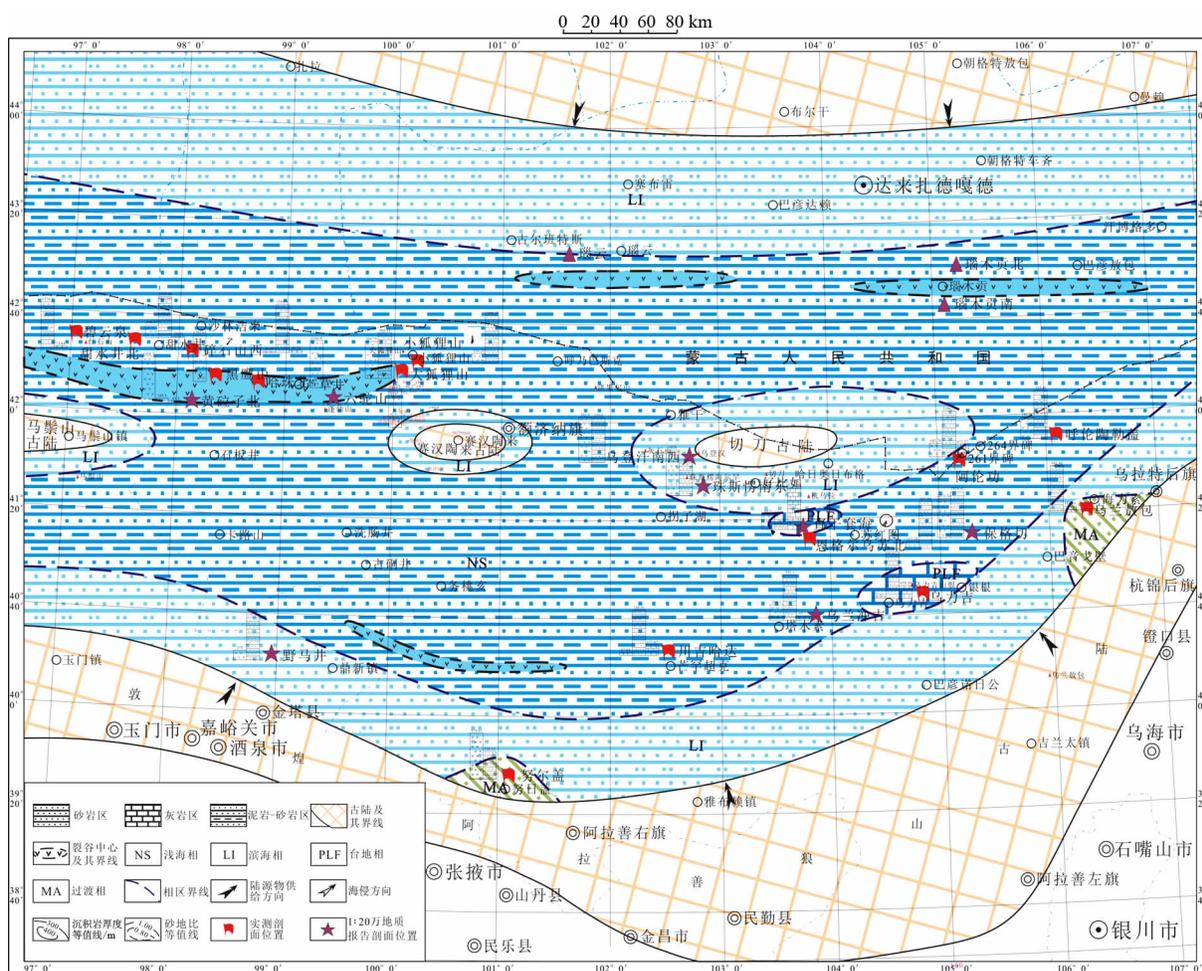


图3 银额盆地及其邻区晚石炭世晚期—早二叠世早期(干泉期)沉积相图

Fig. 3 Sedimentary facies map of late period of Late Carboniferous-early period of Early Permian (Ganquan Period) in Yin basin and its surrounding areas

盆地及邻区石炭系—二叠系烃源岩演化以成熟—高成熟为主,不存在区域变质,局部受构造动力作用影响或受华力西期岩浆热接触作用的影响,烃源岩演化过成熟。尽管北山地区和洪果尔山地区石炭系—二叠系强烈变形,但银额盆地中生界覆盖区地震及钻井揭示石炭系—二叠系变形较弱,对油气地质条件有利。

1.4 发现石炭系—二叠系多套厚度大、横向分布稳定,有机质丰度中等—高,干酪根类型以II型为主的烃源岩

发现石炭系—二叠系阿木山组(干泉组)、埋汗哈达组(双堡塘组)、阿其德组(菊石滩组—金塔组)和哈尔苏海组等多套厚度大,横向分布稳定,有机质丰度中等,以II型干酪根为主的烃源岩^[9]。烃源岩演化程度主要受埋藏史的影响,以成熟—高成熟为主,局部受热变质和构造动力变质作用的影响

达到过成熟。xrzk0-1井阿木山组下段暗色泥岩130 m(未穿),27件样品TOC平均3.53%,总烃(HC)平均含量 4.323×10^{-6} ,生烃潜量($S_1 + S_2$)平均含量12.81 mg/g,达到好—最好的烃源岩标准。

1.4.1 烃源岩展布特征

晚石炭世—晚二叠世暗色泥页岩分布受沉积相控制,各剖面、各层组泥岩发育程度存在差异(表2),总体由南向北泥页岩厚度(或泥岩/碎屑岩)增大,盆地南部靠近敦煌—阿拉善—狼山古陆的努尔盖剖面几乎没有泥岩分布,乌兰敖包剖面泥岩仅占碎屑岩厚度的2.2%。距敦煌—阿拉善—狼山古陆较远的剖面泥岩厚度均大于160 m。通常每个沉积旋回(正)下部泥岩/碎屑岩较小,中上部泥岩/碎屑岩增大,泥岩集中层段泥岩/碎屑岩可达90%以上。

参照卢双舫等陆相碎屑岩烃源岩评价标准^[10],并考虑TOC含量受热演化影响,将 $TOC \geq$

1%作为好的烃源岩,0.5%~1.0%为中等烃源岩,0.3%~0.5%为差烃源岩,≤0.3%为非烃源岩,对各剖面烃源岩的发育特征与分布规律进行了分析(表2),烃源岩展布特征受石炭纪—二叠纪构造单元与沉积相控制,由南向北烃源岩厚度增大,中

等—好的烃源岩比例增加。烃源岩纵向分布受沉积旋回控制,中等—好的烃源岩主要发育在正沉积旋回的中上部泥岩单层厚度大的层段,单层厚度最大可达50 m以上,大部分剖面中等—好的烃源岩累计厚度大于40 m,最厚可达218 m。

表2 主要剖面的烃源岩分类统计表^[11]

Table 2 Table of source rocks classification in the main profiles^[11]

剖面	地层	碎屑岩厚度/m	暗色泥页岩/m	泥页岩/碎屑岩	烃源岩分类评价						累计厚度/m
					好烃源岩		中等烃源岩		差烃源岩		
					厚度/m	比例/%	厚度/m	比例/%	厚度/m	比例/%	
雅干霍东哈尔	哈尔苏海组上段	314.9	189.90	0.603	13.6	12.5	82.6	75.9	12.6	11.6	108.8
雅干南478	哈尔苏海组下段	2 531.59	389.18	0.154	—	—	172.64	73.7	61.48	26.3	234.12
埋汗哈达	阿其德组	1 120.21	258.91	0.231	38.75	16.0	179.52	73.9	24.53	10.1	242.8
古铜井	菊石滩组	858.5	669.30	0.780					28.25	100	28.25
芦苇井	菊石滩组	394.3	165.10	0.419	8.63	7.6	61.69	54.2	43.45	38.2	113.77
埋汗哈达	埋汗哈达组	622.7	296.90	0.477	6.36	2.6	130.58	53.6	108.62	44.2	245.56
杭乌拉	埋汗哈达组	449.7	160.10	0.356	22.2	26.4	45.5	54.0	16.5	19.6	84.2
大狐狸山	干泉组下段	986.31	231.30	0.235	63.0	27.2	121.6	52.6	46.7	20.2	231.3
261	阿木山组上段	977.41	281.40	0.288	—	—	70.36	88.2	9.44	11.8	79.8
264	阿木山组中段	153.87	48.40	0.315	2.02	3.8	45.5	84.9	6.05	11.3	53.57
查古尔	阿木山组下段	256.57	52.03	0.203	—	—	40.85	78.5	11.16	21.5	52.01
乌兰敖包	阿木山组下段	700.25	15.64	0.022	2.85	14.3	17.14	85.7	—	—	20.0
芒罕超克	阿木山组	645.88	180.83	0.280	47.19	38.87	41.93	34.54	32.27	26.58	121.39

1.4.2 烃源岩地球化学特征

1.4.2.1 有机质丰度

TOC(总有机碳)含量是评价烃源岩有机质丰度的最直接指标,通过大量实测剖面采集的泥页岩

样品的 TOC 含量分析,除古铜井剖面菊石滩组 TOC 含量较低以外,其他剖面 TOC 含量均值分布在 0.49%~0.84% 之间(表3)。考虑到地表剖面受风化作用的影响,以及区内整体演化程度较高对

表3 烃源岩地球化学特征

Table 3 The geochemical characteristic of source rocks

地区或剖面	层位	TOC/%	S ₁ +S ₂ (mg 烃/g 岩)	氯仿沥青“A”/%	δ ¹³ C(PDB)/‰	R _o /%	T _{max} /℃	饱和烃/%	芳烃/%	饱和芳/芳	非烃+沥青质/%	Pr/Ph	甾烷相对含量有机质类型划分/%			
													I	II ₁	II ₂	III
雅干	哈尔苏海组上段	0.73(33)	0.02	0.002(24)	-20.3	3.8	441	29.2	15.0	2.6	46.8	0.68	—	100	—	—
雅干南478	哈尔苏海组下段	0.56(31)	0.02	0.013(6)	-22.1	2.0	503	33.1	6.2	5.3	60.7	0.70	—	100	—	—
埋汗哈达	阿其德组	0.72(21)	0.02	0.036(6)	-22.47	1.70	510	50.5	8.9	5.7	40.6	0.88	—	50	50	—
古铜井	菊石滩组	0.21(67)	0.03	0.002(6)	-23.4	2.1	469	36.7	16.7	2.3	41.8	0.41	—	—	66.7	33.3
芦苇井	菊石滩组	0.49(45)	0.07	0.001(8)	-21.5	2.1	449	37.8	13.4	3.9	42.0	0.39	—	—	87.5	12.5
埋汗哈达	埋汗哈达组	0.53(85)	0.03	0.012(13)	-23.0	1.0	502	29.5	9.6	3.7	57.5	0.69	—	61.5	38.5	—
杭乌拉	埋汗哈达组	0.72(42)	0.04	0.003(6)	-22.6	0.8	498	27.1	16.6	1.9	52.7	0.54	—	66.7	33.3	—
大狐狸山	干泉组下段	1.01(36)	0.04	0.010(15)	-22.6	4.6	487	38.6	13.2	3.4	48.2	0.77	—	91.7	6.3	—
261号界标	阿木山组上段	0.49(45)	0.04	0.005(12)	-21.9	1.0	487	47.9	15.3	4.0	36.3	0.74	—	50	50	—
264号界标	阿木山组中段	0.58(42)	0.05	0.013(14)	-21.7	0.8	501	42.4	11.7	3.9	45.9	0.76	—	78.6	21.4	—
查古尔	阿木山组下段	0.56(40)	0.03	0.018(10)	-21.8	2.2	496	45.3	11.3	4.0	43.4	0.83	—	63.6	36.4	—
乌兰敖包	阿木山组下段	0.84(10)	0.05	0.026(4)	-26.1	0.8	517	50.1	10.1	5.0	39.8	0.47	—	100	—	—
芒罕超克	阿木山组下段	0.73(99)	0.02	0.018(22)	-25.2	3.3	468	38.6	5.8	6.6	55.6	0.50	—	14.3	85.7	—

备注:数据为样品分析平均值,括号内为样品数, S₁+S₂、T_{max}、TOC 样品数相同,δ¹³C、R_o、饱和烃、芳烃、非烃+沥青质与氯仿沥青“A”样品数相同。

TOC 含量的影响^[11-13], 取有机质丰度下限为 0.3%, 则多数剖面 TOC 含量平均值可达到中等丰度。各剖面内部 TOC 含量差别较大, 部分层段 TOC 含量中等—较高。如芒罕超克剖面阿木山组下段 TOC 平均含量为 0.65%, 第 12~22 层暗色泥岩厚度为 55.8 m, 32 件样品 TOC 含量平均为 1.36%, TOC 含量大于 1% 的样品占 82.6%。

热解产油潜量($S_1 + S_2$)、氯仿沥青“A”等也是烃源岩有机质丰度评价的重要指标。对地表剖面采集的样品, 受风化作用的影响产油潜量($S_1 + S_2$)和氯仿沥青“A”较钻井岩心样品低许多, 仅作为地表剖面样品评价烃源岩有机质丰度的参考指标。研究区内采集的样品产油潜量($S_1 + S_2$)分布范围为 0.02~0.07 mg/g, 氯仿沥青“A”含量分布范围为 0.001%~0.036%, 较烃源岩评价标准低许多。值得注意的是, 2009—2010 年样品采集过程中尽可能剥离风化严重的岩石, 采集较新鲜样品, 氯仿沥青“A”含量较 2007—2008 年采集的样品高出一个数量级。前者分布在 0.010%~0.036% 之间, 后者分布在 0.001%~0.005% 之间。对比已证实为烃源岩的三塘湖地区石炭系地表剖面样品, 氯仿沥青“A”主要分布在 0.002%~0.004% 之间, 剥离风化岩石后的氯仿沥青“A”含量较三塘湖盆地石炭系地表剖面样品氯仿沥青“A”高很多^[14,15], 而三塘湖盆地石炭系钻井岩心样品氯仿沥青“A”含量达到正常烃源岩评价标准。

1.4.2.2 有机质类型

区内样品受地表风化作用的影响, 许多常规评价烃源岩有机质类型的指标难以进行有机质类型评价。如干酪根元素 H/C-O/C 和氢指数——最大热解温度(T_{max})等。干酪根碳同位素受热演化作用影响显著偏大, 亦不宜作为干酪根类型评价指标。氯仿沥青“A”族组分分析受演化程度较高的影响饱和烃含量偏大, 评价的干酪根类型偏好。生物标志化合物作为干酪根类型评价的指标越来越受到重视, 本文采用甾烷相对含量进行有机质类型划分^[16,17]。

指示高等植物生源的生物标志化合物具有 C_{29} 甾烷优势^[13-15]。因此, 人们通常将 $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 、 $C_{29}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 的相对含量进行干酪根类型的划分, I_1 型干酪根 $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 相对含量 $\geq 55\%$, $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)/C_{29}\alpha\alpha\alpha - (20R) \geq 2$; II_1 型

干酪根 $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 相对含量 35%~55%, $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)/C_{29}\alpha\alpha\alpha - (20R) = 1.2 \sim 2$; II_2 型干酪根 $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 相对含量 20%~35%, $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)/C_{29}\alpha\alpha\alpha - (20R) = 0.8 \sim 1.2$; III 型干酪根 $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)$ 相对含量 $\leq 20\%$, $C_{27}\alpha\alpha\alpha - (20R)/C_{29}\alpha\alpha\alpha - (20R) \leq 0.8$ 。

通过对 12 条剖面 131 件样品的统计, 区内以 II_1 — II_2 型干酪根为主, II_1 型干酪根占 55.7%, II_2 型干酪根占 42.0%, III 型干酪根占 2.3% (图 4), III 型干酪根全部分布在研究区西部的古铜井和芦草井剖面 (表 3)。

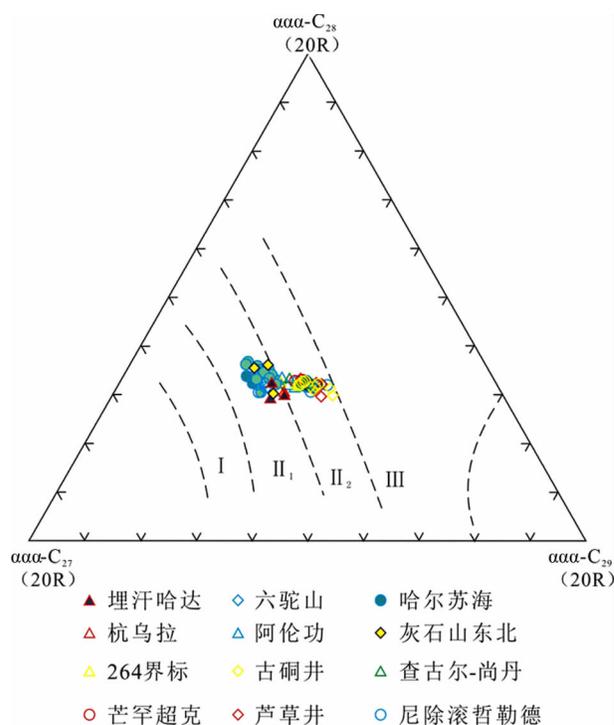


图 4 甾烷相对含量干酪根类型划分图

Fig. 4 Kerogen type diagram with sterane relative content

1.4.2.3 烃源岩演化程度

由于研究区面积大, 各剖面埋藏史与构造改造史差别亦大, 有机质演化程度存在较大差异。镜质体反射率(R_o)分析结果显示, 在构造变形相对较弱的区带, 主要受埋藏史的控制, R_o 分布在 0.8%~1.7% 之间, 处于成熟—高成熟阶段。在构造变形较强或强烈的区带, 有机质演化程度除与埋藏史有关外, 受构造动力作用的影响显著, 有机质演化达到过成熟, $R_o > 2.0\%$, 其中, 芒罕超克剖面阿木山组下段和雅干哈尔苏海组上段 R_o 分别为 3.3% 和 3.8%。

各种生物标志化合物在热演化过程中向 S 构

型转化^[16],形成 R+S 构型的混合物, $C_{27} - C_{29}$ 甾烷的 $20S/(20S + 20R)$ 随成熟度的升高而增大。因此, $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 作为成熟度分析指标得到越来越广泛的应用。通常认为, $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 0.38 ~ 0.50 为成熟阶段, 0.50 ~ 0.52 为高成熟阶段, >0.52 为过成熟阶段。根据区内 111 件样品饱和烃色谱分析成果所作的 $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 与 $C_{29}\beta\beta/(\beta\beta + \alpha\alpha)$ 关系图, $C_{29}20S/(20S + 20R)$ 分布于 0.4 ~ 0.50 之间的样品占 77.5%, 0.5 ~ 0.52 的样品占 13%, >0.52 的样品为 9%, 表明多数样品为成熟—高成熟阶段。

1.5 获得了一系列与石炭系—二叠系烃源岩有关的油气赋存信息, 指示了良好的油气(页岩油气)资源前景

前人在银额盆地以中生界为目的层的油气勘探于前中生界钻遇油气显示, 部分井获工业油气流, 由于认为古生界缺乏烃源岩, 认为古生界油气藏为新生古储。本项目通过油气地球化学特征分析与油-源生物标志化合物对比, 明确了银额盆地前中生界所获得的油气显示及工业油气流均与石炭系—二叠系烃源岩具有良好的亲缘关系, 修正了新生古储的认识^[18,19]。银额盆地土壤油气化探具有烃类异常强度大、干燥系数高、甲烷碳同位素重

的特点, 指示为与石炭系—二叠系高热演化烃源岩有关的化探异常。明确了银额盆地及邻区石炭系—二叠系具有良好的油气资源前景。依托该项成果在居延海坳陷施钻的额探 1 井、额探 2 井于二叠系钻遇良好的油气显示。

同时, 土壤油气化探具有高的烃类背景和强的烃类异常显示, 并具有甲烷碳同位素偏重、干燥系数大的特点, 指示为与石炭系—二叠系烃源岩有关的高热演化油气信息; 地表剖面石炭系—二叠系碎屑岩孔缝中广泛分布沥青; 石炭系—二叠系碎屑岩和火山岩岩石流体包裹体普遍检测到烃类。

1.6 探索了适合银额盆地及其邻区石炭系—二叠系地质条件的非地震物探方法组合, 解译了断裂体系特征与主要地层单元分布

以石炭系—二叠系为目的层的综合物探方法, 解译了断裂体系特征与主要地层单元分布。探索了适合银额盆地及邻区石炭系—二叠系地质条件的非地震物探方法组合。尤其是在对不同地层单元电性特征研究的基础上, 利用阵列式大地测深 (CEMP) 方法能较好地进行石炭系—二叠系解译。对盆地基底结构构造、断裂体系有了新认识, 通过大量岩石物性特征研究, 明确了石炭系—二叠系地球物理响应, 解译了石炭系—二叠系的分布(图 5)^[20]。

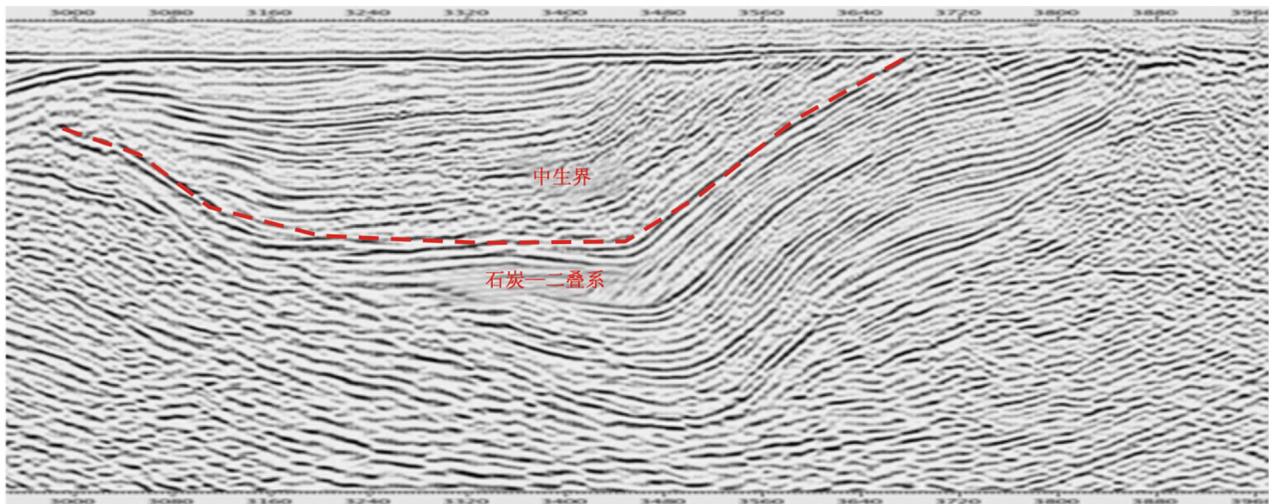


图 5 银额盆地石炭系—二叠系地震剖面

Fig. 5 Seismic section of Permo-Carboniferous formation in Yine basin

探索了叠合盆地深层二维地震野外采集方法, 通过增加激发能量、提高覆盖次数, 加大排列长度, 能有效获取石炭系—二叠系反射信息。通过综合物探(重、磁、电)剖面测量, 以及区域重磁资料、地震资料及钻井资料的综合研究, 对盆地基底结构构

造、断裂体系, 主要地层单元的分布等有了进一步认识。

1.7 明确了银额盆地及其邻区石炭系—二叠系油气资源前景, 预测了有利勘探目标区

通过地质—地球物理勘探资料的综合研究, 优

选有利勘探区面积约 $4.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 较有利勘探区 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图6)。初步估算银额盆地及邻区石炭系—二叠系油气资源量 $50.79 \times 10^8 \text{ t}$ (石油资源量为 $44.05 \times 10^8 \text{ t}$), 天然气资源量为 $6\ 737.34 \times$

10^8 m^3 。其中, 北山地区油气资源量 $5.54 \times 10^8 \text{ t}$, 银额地区油气资源量合计为 $45.25 \times 10^8 \text{ t}$ 。综合评价圈定有利勘探区面积约 $4.6 \times 10^4 \text{ km}^2$, 较有利勘探区 $1.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

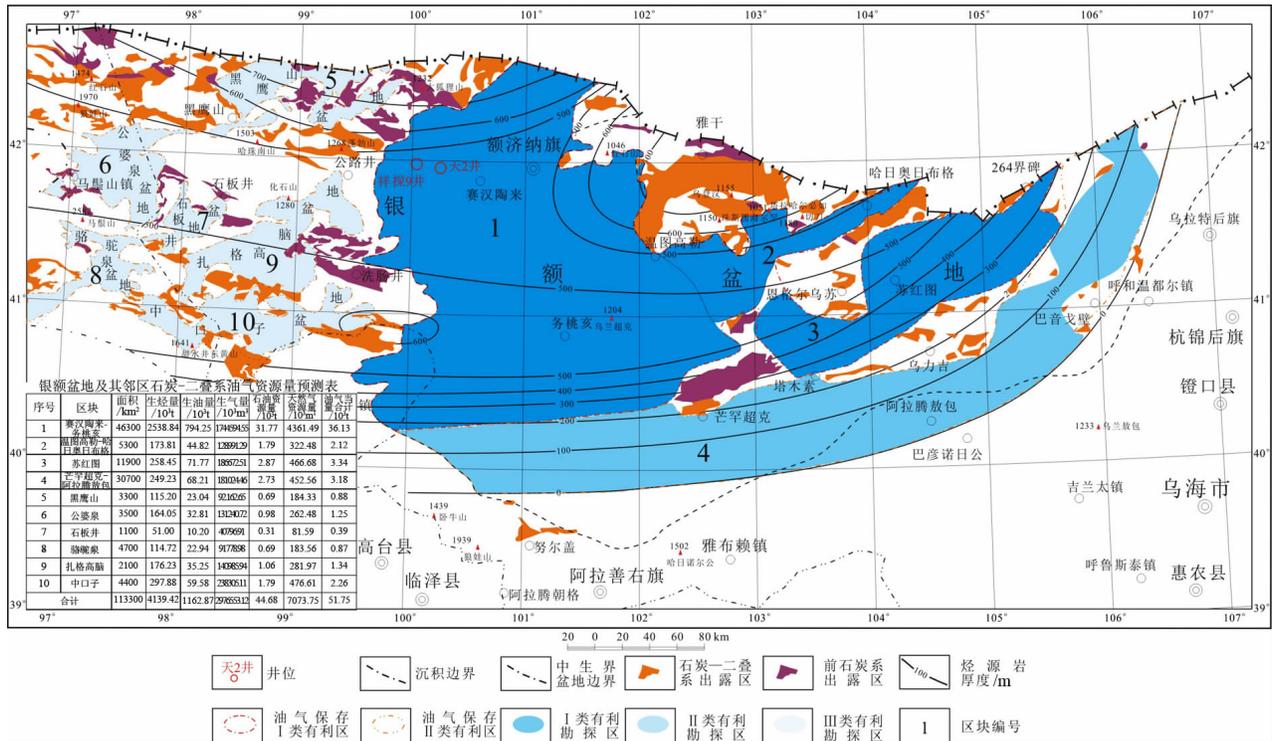


图6 银额盆地及其邻区石炭系—二叠系有利勘探目标区预测图

Fig. 6 Forecasting map of the favorable Permo-Carboniferous prospecting areas in Yine basin and its surrounding areas

2 结论

(1) 银额盆地石炭纪—二叠纪为典型的裂谷盆地, 发育多套厚度大、分布广、有机质丰度中等—高、干酪根类型好的成熟—高成熟的烃源岩, 并获得了油气藏赋存的信息, 指示了良好的油气资源前景。(2) 石炭系—二叠系沉积之后虽然经历了多其其次构造改造, 北山地区和红果尔山地区石炭系—二叠系强烈变形或变质, 但银额盆地内部石炭系—二叠系变形弱, 而且烃源岩演化适中, 对油气地质条件有利, 是有望取得油气勘探突破的新区。

参考文献:

[1] 中国地质调查局西安地质调查中心. 西北地区中小盆地群油气资源远景调查成果报告[R]. 陕西西安: 中国地质调查局西安地质调查中心, 2011.
 [2] 卢进才, 陈高潮, 李玉宏, 等. 银额盆地及邻区石炭系—二叠系油气地质条件与资源前景[M]. 北京: 地质出版社, 2012:

197—200.
 [3] 卢进才, 魏仙祥, 魏建设, 等. 内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系沉积建造与生烃条件[J]. 地质通报, 2011, 30(6): 811—826.
 [4] 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.
 [5] 金玉环, 范影年, 王向东, 等. 中国地层典——石炭系[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
 [6] 金玉环, 范影年, 王向东, 等. 中国地层典——二叠系[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
 [7] 赵省民, 陈登超, 邓坚, 等. 内蒙古西部银根—额济纳旗地区石炭纪—二叠系碳酸盐岩沉积模式[J]. 地质通报, 2010, 29(2/3): 351—359.
 [8] 长安大学. 额济纳旗及其邻区石炭—二叠纪盆地演化与构造改造研究 2011 年度工作总结[R]. 陕西西安: 长安大学, 2011.
 [9] 卢进才, 魏仙祥, 魏建设, 等. 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.
 [10] 卢双舫, 张敏. 油气地球化学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 201—212.
 [11] 陈践发, 卢进才, 石正勇, 等. 内蒙古西部银根—额济纳旗地

- 区石炭纪—二叠系烃源岩发育特征和生烃潜力[J]. 地质通报, 2010, 29(2/3): 346-350.
- [12] 卢进才, 魏仙样, 魏建设, 等. 额济纳旗雅干地区二叠系埋汗哈达组烃源岩特征[J]. 地质通报, 2010, 29(2/3): 341-345.
- [13] 钟宁宁, 卢双舫, 黄志龙, 等. 烃源岩生烃演化过程 TOC 值的演化及其控制因素[J]. 中国科学(D 辑), 2004, 34(增刊 I): 120-126.
- [14] 伍新和, 王成善, 伊海生, 等. 新疆三塘湖盆地烃源岩特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004(5): 511-516.
- [15] 罗珪, 陈珺. 三塘湖下含油气系统地质条件及勘探方向[J]. 吐哈油气, 2007, 3: 210-212.
- [16] 王万春, 徐永昌, Schidlowski M, 等. 不同沉积环境及成熟度干酪根的碳、氢同位素地球化学特征[J]. 沉积学报, 1997, 15(增刊): 133-137.
- [17] 彭兴芳, 李周波. 生物标志化合物在石油地质中的应用[J]. 资源环境与工程, 2006, 20(3): 279-282.
- [18] 曹洁, 魏仙样, 严小鳞, 等. 内蒙古西部额济纳旗祥探 8 井华力西期风化壳原油地球化学特征[J]. 地质通报, 2012, 31(10): 1639-1644.
- [19] 魏仙样, 卢进才, 魏建设. 内蒙古银额盆地西部路井凹陷油气地球化学特征与油气源[J]. 地质通报, 2013, 32(10): 1665-1672.
- [20] 刘建利, 申安斌, 陈小龙. 大地电磁测深方法在内蒙古西部银根—额济纳旗盆地石炭系—二叠系油气地质调查中的应用[J]. 地质通报, 2011, 30(6): 993-1000.

Main Progress and Achievements of the Permo-Carboniferous Petroleum Prospective Survey in Yine Basin and its Surrounding Areas

LU Jin-cai¹, CHEN Gao-chao¹, LI Yu-hong¹, WEI Xian-yang¹, ZHAO Xing-min², DANG Ben³,
CHEN Jian-fa⁴, WEI Jian-she¹, JIANG Ting¹, LIU Jian-li⁵, BO Jian-jun⁶,
YANG Gao-yin⁷, SHI Ji-zhong¹, HAN Wei¹, LI Wei¹

- (1. Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 2. Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3. Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China; 4. China University of Petroleum (Beijing), Beijing 102249, China; 5. Geophysical & Geochemical Exploration Team of Shaanxi Geology & Mineral Exploration Development Bureau, Xi'an, Shaanxi 710043, China; 6. Wuhan Center of Geological Survey, China Geological Survey, Wuhan, Hubei 430223, China; 7. Xi'an West Approaches Geophysical Technology Development Co. Ltd., Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: As a production-study-research team, we solved the key problems affecting the petroleum geological conditions, and petroleum resources potential evaluation of the Permo-Carboniferous strata in Yingen-Ejina basin. Several new propositions about the formation and evolution mechanism of the basin, the distribution of sedimentary system and sedimentary facies, and source rocks have been established based on the theory of basin mountain coupling, as well as the geological and geophysical technology. The Yingen-Ejina and its surrounding area is a typical rift basin formed in Permo-Carboniferous period, and the source rocks are mainly deposited in the neritic shelf environment of Late Carboniferous and Early Permian. We found many sets of large thickness, stable lateral distribution, with little regional metamorphism, and mature-to-high-mature source rocks in the Permo-Carboniferous formation, accompanied by medium-to-high abundance marine organism and II type kerogen. Geochemical characteristics of natural gas and crude oil from the Upper Paleozoic weathered crust have significant relation with that of the Carboniferous source rocks. In addition, we forecasted the prospecting potential, favorable prospecting areas, and the relative benefit areas in the Permo-Carboniferous formation.

Key words: Yingen-Ejina Basin and its surrounding areas; Permo-Carboniferous; source rocks; petroleum resources; favorable prospecting areas