

# 惠安堡—马家滩地区二叠系煤系烃源岩

白 斌<sup>1</sup>, 刘 哲<sup>2</sup>, 周立发<sup>1</sup>, 张义楷<sup>1</sup>

(1. 西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 中国石油长庆油田分公司 勘探开发部, 陕西 西安 710021)

**摘要:** 综合运用有机岩石学、岩石热解分析及有机地球化学等方法, 以井下暗色泥岩的分析资料为主, 结合地表剖面暗色泥岩样品分析数据, 研究和分析了鄂尔多斯西缘惠安堡—马家滩地区二叠系煤系烃源岩的有机质生烃特征、煤系烃源岩的沉积环境。研究表明: 太原组、山西组煤系暗色泥岩为二叠系主要的烃源岩层系; 有机质类型以Ⅲ型为主。二叠系煤系烃源岩已不同程度进入成熟—高成熟—过成熟阶段。

**关键词:** 暗色泥岩; 煤系烃源岩; 二叠系; 惠安堡—马家滩地区

**中图分类号:** P618.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2007)02-0154-04

## Permian System Coal Hydrocarbon Source Rocks in Huianbu-Majiatan Areas

BAI Bin<sup>1</sup>, LIU Zhe<sup>2</sup>, ZHOU Li-fa<sup>1</sup>, ZHANG Yi-kai<sup>1</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

2. Department of Exploration, Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an 710021, Shaanxi, China)

**Abstract** The hydrocarbon-generating features of the organic matters contained in Permian dark mudstones in Huianbu-Majiatan Areas on the western margin of the Ordos Basin are researched. On the basis of the analyzing geochemical data of the dark mudstones on outcrop sections and borehole specimens by means of organic petrology, rock-eval, geochemistry, the comprehensive test, the sedimentary environments of coal hydrocarbon source rocks are discussed. The study shows that the dark mudstones in Taiyuan and Shanxi Formations are main kind of hydrocarbon source rocks in Permian system, most of the organic matters are type III, and the organic matters have come into the maturity to higher maturity stage respectively.

**Key words:** Dark mudstone; coal hydrocarbon source rock; Permian System; Huianbu-Majiatan Areas

## 0 引言

惠安堡—马家滩地区在构造区划上隶属于西缘逆冲带与天环拗陷的接合地带, 跨越西缘冲断带和天环拗陷两大构造单元(图1)。该区以往多以构造研究为主, 其重点目标层系为中生界且以找油为主要目的<sup>[1]</sup>, 古生界油气勘探程度较低。已有研究成果和油气资源评价结果显示, 二叠系煤系烃源岩应是盆地油气生成的主要烃源岩类型。笔者从露头 and 钻井中共采集了二叠系烃源岩样品 92 块, 其

总体以灰黑色粉砂质泥岩、黑色碳质泥岩、灰黑泥岩和煤为主。对所有样品进行了有机碳、岩石热解分析, 部分样品进行了可溶有机质族组分、干酪根镜质体反射率等分析和测试, 在此基础上对山西组烃源岩进行了较全面地评价。

## 1 烃源岩有机质丰度及评价

通过研究芦参1井、苦深1井、李华1井、定探1井、色1井和惠安堡苦水河剖面的92块泥质烃源岩样品测试结果, 考虑到研究区古生界烃源岩普遍

收稿日期: 2006-09-10

基金项目: 国家重大基础研究计划项目(2002CCC01400、2003CB214601)

作者简介: 白 斌(1981-), 男, 陕西武功人, 博士研究生, 从事石油地质研究。E-mail: bai bin81@126.com

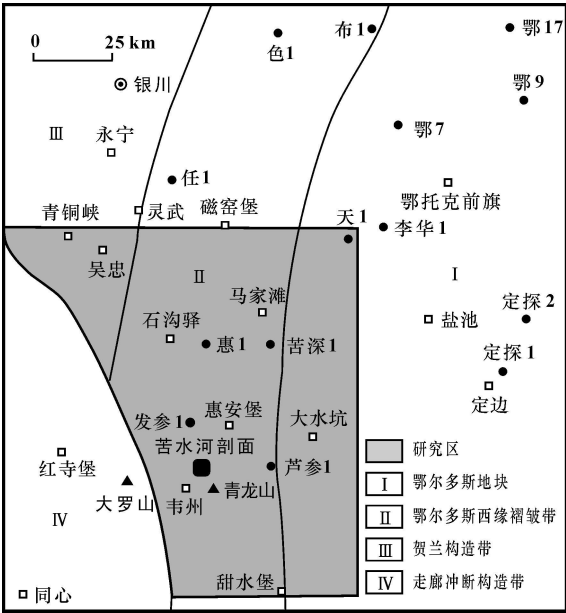


图 1 构造单元划分  
Fig. 1 Tectonic Unit Division

已进入高成熟阶段, 总烃和氯仿沥青“ A ”的质量分数会大大降低, 因此, 在评价惠安堡—马家滩地区上古生界煤系泥岩的有机质丰度时, 主要应用参数为有机碳质量分数和  $w(S_1+S_2)$  (表 1)。研究区二叠系煤系地层发育, 与煤层伴生的煤系泥岩烃源岩中的有机物质主要以陆源高等植物为主, 水生生物相对较少。所以, 煤系地层虽然其有机碳质量分数很高, 但相对生烃潜力仍然较小, 以有机碳来评价

表 1 研究区烃源岩热解分析结果

Tab. 1 Results of Thermolysis Analyses of Source Rocks in Study Area						
层位	剖面位置	暗色泥岩样品数	$w( TOC ) / \%$	生烃潜量/ $10^{-3}$	$T_{max} / ^\circ C$	$R_o / \%$
石盒子组	色 1 井	5	0.29	0.11	452.2	1.0
	李华 1 井	1	0.09	0.05	446.0	0.8
	芦参 1 井	1	0.06	0.04	487.0	1.7
山西组	色 1 井	3	2.52	1.02	453.3	1.0
	李华 1 井	4	2.66	0.89	504.0	2.0
	苦深 1 井	3	0.75	0.31	474.3	1.4
	定探 1 井	6	2.07	0.54	525.8	2.5
	芦参 1 井	1	0.11	0.06	495.0	1.8
太原组	苦水河	52	3.70	4.14	465.0	1.2
	色 1 井	6	1.89	1.89	456.7	1.0
	李华 1 井	1	5.77	1.77	499.0	1.9
	定探 1 井	4	2.20	0.54	533.8	2.6
	芦参 1 井	5	3.72	1.18	484.0	1.6

注: 岩石热解数据 2005 年由西北大学大陆动力学实验室测试

煤系泥岩烃源岩的优劣必须相应地提高标准。综合分析并结合中国陆相生油岩煤系烃源岩有机质丰度评价标准<sup>[2]</sup>, 得出该区泥岩有机质丰度评价标准(表 2)。

表 2 研究区煤系泥岩有机质丰度评价标准

Tab. 2 Estamtion Standard on Mudstone as Source Rocks in Reasach Area					
地化指标	极好	好	中等	差	非烃
$w(S_1+S_2) / 10^{-3}$	> 20	5.0~20	1.0~5.0	0.5~1.0	< 0.5
$w(HI) / 10^{-3}$	> 600	400~600	180~400	65~180	< 65
$w( TOC ) / \%$	> 6	3~6	3~1.5	0.5~1.5	< 0.5

惠安堡—马家滩地区上古生界煤系烃源岩有机质丰度在纵向上以太原组最高, 山西组次之, 因此太原组、山西组应为研究区二叠系最主要的烃源岩层段, 其厚度见图 2。石盒子组有机质丰度最低, 基本不发育烃源岩系。在横向上, 由于不同层段烃源岩在不同区段发育程度不同, 有机质丰度也有所不同, 其表现为研究区北部略高于南部。

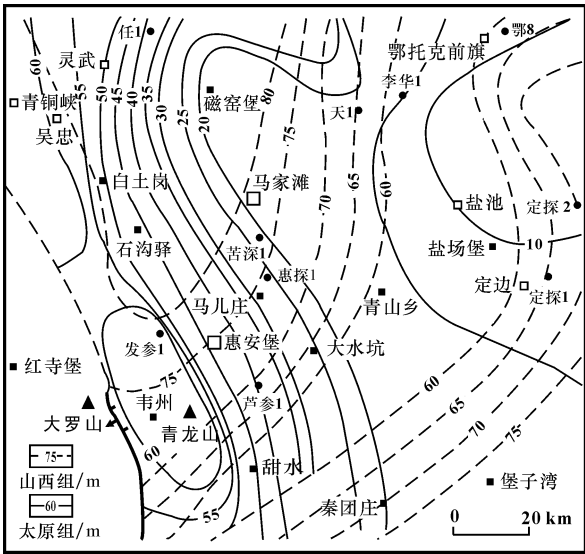


图 2 太原组、山西组暗色泥岩厚度等值线

Fig. 2 Contour Map Showing Darkmadstone of Taiyuan and Shanxi Formation

2 有机质类型

2.1 干酪根的元素组成

干酪根的元素组成, 是表征干酪根类型的重要参数之一。研究区二叠系烃源岩的干酪根元素组成为各层系煤的干酪根和暗色泥岩干酪根, 都为 III 型, 与 Tissot 的 II 型干酪根分布范围吻合, 集中分

布于  $\varphi(\text{H/C})0.5\sim 1.0$ 、 $\varphi(\text{O/C})0.04\sim 0.15$  内,说明研究区内二叠系烃源岩有机质类型以腐殖型干酪根为主。

2.2 烃源岩镜检结果

通过对已有数百个煤样及煤系泥岩的显微组分统计表明,太原组、山西组二套煤系的煤以镜质组占绝对优势,惰质组次之,壳质组极少,这说明研究区内二叠系的煤属于腐殖煤(表 3)。

表 3 太原组、山西组煤系地层煤的显微组分

Tab. 3 Statistics of Macerals of Coal of Taiyuan and Shanxi Coal Fomation  $w_B/\%$

地层	镜质组	惰质组	壳质组	煤岩显微类型
山西组	74.84	20.24	4.92	以微镜惰煤为主,
太原组	79.95	14.48	5.57	有少量微三组合煤

2.3 可溶抽提物组成特征

氯仿沥青“A”族组分分析表明,研究区二叠系各层系的煤和暗色泥岩中以饱和烃及芳烃质量分数较低、非烃和沥青质丰富为其主要特征。饱和烃及芳烃质量分数一般小于 40%,而非烃和沥青质多大于 50%。在族组分三角图解中,样品点比较集中地分布在靠近非烃+沥青质一角,这说明盆地内二叠系烃源岩有机质类型较为一致,主要为腐殖型干酪根。

2.4 干酪根碳同位素组成

热模拟实验及自然演化研究表明,原始生烃母质在热演化过程中,干酪根碳同位素组成仅发生非常微小的变化,因此,它在高成熟—过成熟碳酸盐烃源岩有机质的判断中十分有效。图 3 中主峰为  $(-23\sim -24)\times 10^{-3}$ ,其中 90%的样品为  $(-25\sim -23)\times 10^{-3}$ ,表明研究区有机质主要由 III 型干酪根组成。

3 有机质成熟度

目前,国内外对有机质成熟度评价的指标很多,本研究主要采用镜质体反射率  $R_o$  和  $T_{max}$  值指标。

3.1  $T_{max}$  分析

太原组、山西组、石盒子组烃源岩的  $T_{max}$  分析结果见表 1。研究区太原组以定探 1 井  $T_{max}$  最高(534℃),以色 1 井最低(457℃),其中李华 1 井、定探 1 井和芦参 1 井的太原组烃源岩都已进入生气阶段。山西组烃源岩的  $T_{max}$  平均值以定探 1 井最高,依次是李华 1 井、芦参 1 井、苦深 1 井、苦水河剖面,色 1 井  $T_{max}$  平均值最低(453℃),均已进入生气阶段。石盒子组烃源岩的  $T_{max}$  平均值以芦参 1 井最高(487℃),已进入生气阶段,色 1(452℃)和李华 1 井(446℃)次之,大部分烃源岩样品还停留在生油阶段。

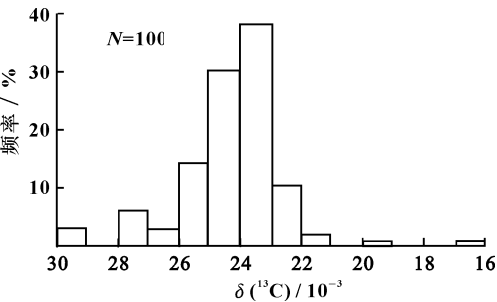
3.2 镜质组反射率分析

研究区太原组、山西组、石盒子组烃源岩的镜质组反射率测试结果见表 1。太原组烃源岩的  $R_o$  值在横向上以定探 1 井最高,整体呈现东部高于西部,北部高于南部。定探 1 井、李华 1 井、芦参 1 井的太原组烃源岩均已进入高成熟—过成熟阶段,以生气为主。山西组烃源岩的  $R_o$  值在横向上仍然以定探 1 井最高,其平均值为 2.5%。定探 1 井、李华 1 井烃源岩已进入过成熟阶段,苦深 1 井、芦参 1 井烃源岩已进入高成熟阶段,苦水河剖面和色 1 井烃源岩已进入成熟阶段。总体评价研究区山西组烃源岩应以生气为主。芦参 1 井石盒子组烃源岩的  $R_o$  平均值为 1.7%,已进入高成熟阶段。

综上所述,惠安堡—马家滩地区二叠系煤系烃源岩所有样品的成熟度均已进入成熟—高成熟—过成熟阶段,  $R_o$  分布为 1.0%~2.6%,普遍具有东部高、西部低,北部高、南部低的特点。

4 古沉积环境

国内许多研究认为,在鄂尔多斯地块西部存在一个近南北向的沉降带,明显控制了晚石炭世的沉积,其沉积厚度较盆地内部大得多。孙肇才等视其为与特提斯连通的一个南北向的“海湾”,沉积了靖远组与羊虎沟组厚度数十米至 4 000 m 的黑色页岩夹砂岩、生物灰岩和煤层<sup>[3-7]</sup>。笔者据其构造沉积特征,将其暂称为贺兰盆地,属于秦祁海的分支。在此基础上,自太原期开始,华北海水自东北部侵



岩石热解数据 2005 年由西北大学大陆动力学实验室测试

图 3 干酪根碳同位素频率分布

Fig. 3 Frequency Distribution of Carbon Isotopes in Kerogen

入贺兰山北部呼鲁斯台一带,并逐渐漫过中央古隆起,与东部华北三角海水连成一片,沉积了由潮坪相、泻湖相和三角洲相组成的太原组。在此沉积阶段内,出现了大片三角洲平原沼泽和泻湖沼泽,从而成为本区地质历史上重要的聚煤期。山西组沉积期,受华力西构造活动的影响,华北地台北缘逐渐抬升,北高南低的古地形格局更加明显,海水逐渐退出本区,代之以冲积河流相及三角洲相的空前发育。研究区总体呈现陆相湖盆三角洲沉积体系的景观,该时期,适宜的古地理、古气候条件有利于煤层的形成,并与太原组、羊虎沟组煤层、暗色泥岩一起组成上古生界的主要烃源岩。下石盒子组沉积期,继承并发展了山西组沉积期的沉积格局,地层继续向南及西南方向超覆,古地理延续了山西组沉积期的轮廓,为河流-三角洲-湖泊体系。上石盒子组沉积期,研究区在继承下石盒子组沉积期古地理格局的基础上,开始向内陆湖盆转化,古地理为以湖泊为主体的河流-湖泊体系并开始发育小型冲积扇。

研究区在二叠纪经历了陆表海盆地形成、发展、衰退以至逐渐消亡的历程,岩相古地理格局随

之经历了以台地-堡岛体系为主逐渐向以湖泊三角洲体系和河流体系为主的演化,并进一步由以河流为主向湖泊体系演化。受到沉积环境的影响,太原期、山西期古地理、古气候条件适宜,期间沉积的煤系暗色泥岩成为二叠系的主要烃源岩。

参考文献:

[ 1 ] 姚素平, 张景荣, 胡文瑄, 等. 鄂尔多斯盆地中生界煤成烃潜力的实验研究[ J ]. 煤田地质与勘探, 2004, 32(1): 24-28.

[ 2 ] 程克明, 王铁冠, 钟宁宁, 等. 烃源岩地球化学[ M ]. 北京: 科学出版社, 1995.

[ 3 ] 汤锡元, 郭忠铭, 陈荷立, 等. 陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[ M ]. 西安: 西北大学出版社, 1992.

[ 4 ] 孙国凡, 谢秋元, 刘景平, 等. 鄂尔多斯盆地的演化叠加与含油气性[ J ]. 石油与天然气地质, 1986, 7(4): 356-366.

[ 5 ] 汤锡元, 郭忠铭, 王定一. 鄂尔多斯盆地西部逆冲推覆构造带特征及其演化与油气勘探[ J ]. 石油与天然气地质, 1988, 9(1): 1-10.

[ 6 ] 孙肇才, 谢秋元. 叠合盆地的发展特征及其含油性——以鄂尔多斯盆地为例[ J ]. 石油实验地质, 1980, 2(1): 13-21.

[ 7 ] 张晓莉. 鄂尔多斯盆地中部上古生界沉积相演化[ J ]. 地球科学与环境学报, 2005, 27(3): 26-29.

(上接第 148 页)

参考文献:

[ 1 ] 张舒亭, 王 锋, 黄海华. 廊固凹陷西部大兴砾岩体油气藏形成条件研究[ J ]. 西安石油学院学报, 1998, 13(4): 31-34.

[ 2 ] 王连山, 朱庆忠. 廊固凹陷大兴砾岩体隐蔽油气藏储层预测研究[ J ]. 物探化探计算技术, 2003, 25(4): 308-311.

[ 3 ] 朱庆忠, 李春华, 杨合义. 廊固凹陷大兴砾岩体成因与油气成藏[ J ]. 石油勘探与开发, 2003, 30(4): 34-36.

[ 4 ] 张金亮, 沈 凤. 乌尔逊凹陷大磨拐河组近岸水下扇储层特征[ J ]. 石油学报, 1991, 12(3): 25-35.

[ 5 ] 张 萌, 田景春. “近岸水下扇”的命名、特征及其储集性[ J ]. 岩相古地理, 1999, 19(4): 42-52.

[ 6 ] 孙连浦, 刘招君, 李本才, 等. 水下扇岩相特征及形成机制[ J ]. 世界地质, 2001, 20(3): 249-256.

[ 7 ] 张荣红, 余素玉, 邬金华. 陆相湖盆中沉积物供给因素对层序地层分析的影响[ J ]. 地球科学——中国地质大学学报,

1997, 22(2): 139-144.

[ 8 ] Prabir D. Architecture and facies pattern of a sublacustrine fan, J haria Basin, India[ J ]. Sedimentary Geology, 2002, 148: 373-387.

[ 9 ] 李淳单. 家寺油田湖相斜坡扇沉积特征[ J ]. 石油大学学报: 自然科学版, 1999, 23(2): 11-13.

[ 10 ] 鄢继华, 陈世悦, 姜在兴. 东营凹陷北部陡坡带近岸水下扇沉积特征[ J ]. 石油大学学报: 自然科学版, 2005, 29(1): 12-16.

[ 11 ] 张文朝, 崔周旗, 韩春元, 等. 冀中拗陷老第三纪湖盆演化与油气[ J ]. 古地理论, 2001, 3(1): 45-54.

[ 12 ] 田景春, 陈洪德, 覃建雄, 等. 层序-岩相古地图及其编制[ J ]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(1): 6-12.

[ 13 ] 赵红格, 刘池洋. 大兴断裂分段性研究[ J ]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 368-371.

[ 14 ] 梁苏娟, 刘池洋, 王定一. 冀中拗陷下第三系构造背斜成因分类[ J ]. 西安工程学院学报, 2002, 24(1): 25-28.