

三塘湖盆地晚二叠世芦草沟组孢粉组合*

尹凤娟, 刘洪福, 华 洪

(西北大学大陆动力学教育部重点实验室, 陕西西安 710069)

摘要: 三塘湖盆地芦草沟组为一套以灰色泥岩为主的浅湖-半深湖相沉积。泥岩中产丰富的孢粉化石, 计有 26 属 28 种。经研究表明, 芦草沟组孢粉组合是以裸子植物花粉占绝对优势、蕨类植物孢子含量很低为特征。*Cor-daitina*, *Hamipollenites*, *Protohaploxypinus*, *Striatoabietes*, *Striatopodocarpites* 和 *Alisporites* 等花粉在组合中占主导地位。根据孢粉组合特征及其对比, 芦草沟组的地质时代属晚二叠世早期; 孢粉颜色反映当时的古地温应为 60~110℃, 有机质演化属低成熟阶段。

关键词: 孢粉; 有机质; 成熟度; 晚二叠世; 三塘湖盆地

第一作者简介: 尹凤娟, 女, 46 岁, 教授, 古生物地层

中图分类号: Q913.84

文献标识码: A

三塘湖盆地位于新疆维吾尔自治区的东北部。行政区划主要分属巴里坤县和伊吾县管辖。盆地北接蒙古人民共和国西部的科布多省和戈壁阿勒泰省, 东南与甘肃北山地区相邻, 是准噶尔含油气盆地东部边缘的中、小型盆地之一。盆地呈 NW-SE 向展布, 东西长约 500 km, 南北宽约 40~70 km, 面积约 23 000 km² (图 1)。

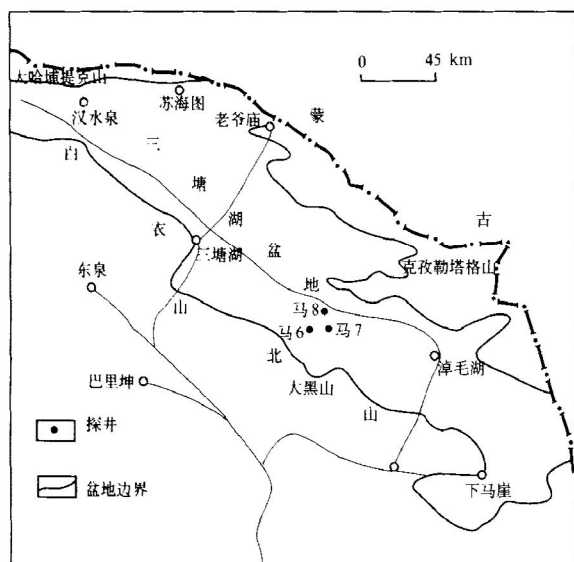


图 1 三塘湖盆地平面位置图

Fig. 1 Plan location map of Santanghu basin

三塘湖盆地较系统的区域地质调查是从 20 世纪 50 年代开始的。新疆石油管理局、煤管局、地矿局、国家 305 项目组都相继对本区进行过地质填图、地层、构造、火山岩、侵入岩和矿产等方面的研究工作, 为本区石油地质的综合研究打下了良好的基础。近些年来, 为全面认识、评价三塘湖盆地前侏罗纪石油地质条件, 争取油气勘探有更大的突破, 三塘湖石油勘探项目经理部、河南油田勘探局和吐哈油田分公司等单位, 先后对本区前侏罗系开展了多学科的综合评价研究, 并对盆地有利圈闭构造进行了预探井的钻探, 取得了较好的效果。为解决三塘湖盆地重要烃源岩——上二叠统芦草沟组的地层划分、对比问题, 笔者对盆地二叠系进行了研究, 系统采集了马 6、马 7、马 8 井芦草沟组孢粉样品, 经分析获得了较为丰富的孢粉化石, 讨论了孢粉组合的时代, 并根据孢粉颜色探讨了古地温和有机质成熟度, 这对三塘湖盆地二叠纪地层的划分和对比及了解二叠纪烃源岩的横向展布, 评价上二叠统油气勘探潜力具有重要意义。

1 地层概况

三塘湖盆地是西伯利亚板块与哈-准板块于克拉麦里缝合线对接之后, 逐渐演化成的复合型含油气盆地^[1]。据地球物理、露头、钻井等方面的资料, 盆地基底由中奥陶世-晚泥盆世的浅-轻微变质的褶皱岩系组成。盆地盖层由未变质的石炭系、二叠系至中-新生界组成。上二叠统芦草沟组在盆地内

* 高等学校骨干教师资助计划[科技司(2000)65号]及中国石油天然气总公司吐哈油田分公司科研项目资助

收稿日期: 2002-04-29

为一套以灰色泥岩为主的浅湖-半深湖相沉积, 产鱼化石: *Tufania taoshuyuanensis*。本组岩性特征明显, 分布较为稳定, 是区域对比不可多得的标志层。下面将马6、马7和马8井芦草沟组综述如下。

上覆地层: 上二叠统条湖组玄武岩

—————不整合接触—————

芦草沟组 视厚度 116~ 485 m

顶部为灰色碳质泥岩。上部为灰黑色、灰色泥岩、钙质泥岩、凝灰质泥岩、灰色泥灰岩。局部夹灰色安山岩和灰黑色、深灰色玄武岩及灰色凝灰岩。下部为灰色、暗紫色泥岩, 灰褐色、灰色凝灰质泥岩、钙质泥岩, 灰色泥灰岩及灰色泥质粉砂岩。

—————不整合接触—————

下伏地层: 下二叠统卡拉岗组玄武岩

2 孢粉组合及其时代讨论

三塘湖盆地马6井(井深3 102 m, 3 270 m 和3 450 m)、马7井(井深2 055 m 和2 273 m) 和马8井(井深1 539 m) 芦草沟组孢粉化石丰富, 经鉴定计有26属28种(表1), 其组合特征如下: (1) 裸子植物花粉占绝对优势, 平均含量为89.6%。裸子植物花粉中, 单气囊花粉 *Cordaitina* 居显著地位, 平均含量可达72.3%, 个别样品可高达98.0%, 常见 *C. rotata*, *C. duralimita*, *C. tenurugosa*, *C. cf. tenurugosa*, *C. ornata*, *C. subrotata*, *C. major*。 *Crucisaccites ornatus* 和 *C. urumiquiensis* 仅少量出现, 并零星见有 *Vikkipollenites* 和 *Florinites*。具肋双囊花粉在组合中也占据一定位置, 其中 *Hamiapollenites* 含量较高, 占1.5%~16.2%, *Protohaploxypinus* 占0~11.0%, *Striatopodocarpites* 占0~5.5%, *Striatoabieites* 占0~2.2%, 常见的分子有: *Hamiapollenites bullaformis*, *H. tractiferinus*, *H. ruiditaeniatus*, *Protohaploxypinus samoilovichii*, *P. limpidus*, *P. perfectus*, *Striatoabieites striatus*, *Striatopodocarpites tjimensis*。无肋双囊粉含量较低, 共占3.2%, 常见 *Alisporites*, *Platysaccus*, *Pityosporites*, *Sulcatisporites* 和 *Vitreisporites*。此外, 组合中还见有少量的单沟类花粉 *Cycadopites*。(2) 蕨类植物孢子中, 无环三缝孢可达9.2%, 主要有 *Acanthotriletes* (0~11.2%), *Granulatisporites* (0~2.3%), *Calamospora* (0~2.1%), *Cyclogranisporites* (0~2.0%), *Raistrickia* (0.1%~1.9%), *Verrucosiporites* (0~1.2%) 和 *Neoraistrickia* (0~0.7%); 具环三缝孢 *Cingulatisporites* 和

Kraeuselisporites 仅个别出现。

表1 三塘湖盆地上二叠统孢子花粉重要属种含量分布表

Table 1 Distribution table of important species and genera of Sporopollen from the upper Permian in Santanghu basin

孢 粉 名 称	含量/%
<i>Calamospora nathorstii</i>	0~ 1.0
<i>C. sp.</i>	0.2~ 1.1
<i>Granulatisporites in comodus</i>	0~ 0.2
<i>G. granulatus</i>	0~ 0.8
<i>G. sp.</i>	0~ 1.3
<i>Acanthotriletes cf. multisetus</i>	0.2~ 3.3
<i>A. multisetus</i>	0~ 10.8
<i>A. priformis</i>	0~ 3.1
<i>A. sp.</i>	0~ 4.8
<i>Cyclogranisporites sp.</i>	0~ 2.0
<i>Verrucosiporites sp.</i>	0~ 1.2
<i>Neoraistrickia sp.</i>	0~ 0.7
<i>Raistrickia sp.</i>	0.1~ 1.9
<i>Cingulatisporites sp.</i>	0~ 0.1
<i>Kraeuselisporites sp.</i>	0~ 0.3
<i>Sulcatisporites sp.</i>	0.2~ 3.4
<i>Alisporites sublevis</i>	0~ 1.1
<i>A. parvus</i>	0~ 0.8
<i>A. sp.</i>	0~ 1.5
<i>Platysaccus papilionis</i>	0~ 0.7
<i>P. sp.</i>	0~ 1.1
<i>Pityosporites sp.</i>	0~ 0.8
<i>Vitreisporites sp.</i>	0~ 0.3
<i>Crucisaccites ornatus</i>	0~ 0.1
<i>C. urumiquiensis</i>	0~ 0.9
<i>Cordaitina rotata</i>	2.1~ 9.9
<i>C. duralimita</i>	7.0~ 18.4
<i>C. tenurugosa</i>	2.0~ 9.3
<i>C. cf. tenurugosa</i>	10.0~ 22.3
<i>C. ornata</i>	0~ 7.8
<i>C. subrotata</i>	0~ 0.3
<i>C. major</i>	0~ 0.5
<i>C. sp.</i>	15.1~ 28.8
<i>Vikkipollenites sp.</i>	0~ 0.2
<i>Florinites elegans</i>	0~ 0.7
<i>Protohaploxypinus samoilovichii</i>	0~ 1.1
<i>P. limpidus</i>	0~ 1.3
<i>P. perfectus</i>	0~ 0.8
<i>P. sp.</i>	0.1~ 7.8
<i>Striatoabieites elongatus</i>	0~ 1.3
<i>S. sp.</i>	0~ 0.9
<i>Striatopodocarpites tjimensis</i>	0~ 0.9
<i>S. sp.</i>	0~ 4.6
<i>Hamiapollenites bullaformis</i>	0.8~ 4.3
<i>H. tractiferinus</i>	0~ 2.1
<i>H. ruiditaeniatus</i>	0~ 1.4
<i>H. sp.</i>	1.5~ 8.4
<i>Costapollenites impensis</i>	0~ 0.1
<i>Vittatina costabilis</i>	0~ 1.1
<i>V. sp.</i>	0~ 3.4
<i>Ephedripites sp.</i>	0~ 0.8
<i>Cycadopites minimus</i>	0~ 1.0
<i>C. sp.</i>	0~ 3.0

组合中的重要属 *Cordaitina* 是前苏联二叠纪孢粉组合中的重要分子, 该类花粉在我国准噶尔盆地、吐鲁番-哈密盆地、塔里木盆地的二叠系中均有

一定的含量^[2~4]。本区发育的 *Hamipollenites* 是早二叠世的特征分子,它在以色列 Sa' ad 组合和 Arqovo 组下部组合中占优势,在非洲、加拿大西部及我国新疆吉木萨尔大龙口二叠系、棋盘-杜瓦地区棋盘组、克孜里奇曼组都有分布^[5~8]。组合中占一定位置的 *Protohaploxylinus*, *Striatoabieites*, *Striatopodocarpites* 在准噶尔盆地二叠-三叠系、陕甘宁盆地南部下二叠统、山东北部上石盒子组、澳大利亚昆士兰 Bowen 盆地 *Protohaploxylinus microcorpus* 和 *Protohaploxylinus samoilovichii* 组合带都有不同程度的分布^[9~11]。

另外,中国二叠纪植物群分布广泛,并可根据其特征及组成划分为4个植物大区,即华夏区、冈瓦纳区、欧美区和安加拉区^[12,13]。本区孢粉组合与前述3个植物区孢粉组合虽有少量共有分子,但组合特征却有显著差别,难以对比。准噶尔盆地芦草沟组(属安加拉区)孢粉组合与当前研究的组合有着良好的对比关系。前者孢粉组合是以裸子植物花粉占绝对优势、蕨类植物孢子含量很低为特征的。在裸子植物花粉中,单囊粉占主导地位,并以 *Cordaitina* 为主;具肋双囊粉在组合中含量很高,主要有 *Hamipollenites*, *Protohaploxylinus* 和 *Striatopodocarpites*;无肋双囊粉常见 *Alisporites*, *Platysaccus* 和 *Pityosporites*; *Vittatina* 占12.7%。蕨类植物孢子主要有 *Punctatisporites*。两区共有的分子为: *Cordaitina rotata*, *C. tenurugosa*, *C. subrotata*, *Florinites*, *Protohaploxylinus perfectus*, *Striatoabieites elongatus*, *Hamipollenites bullaformis*, *H. tractiferinus*, *H. ruditaeniatus*, *Vittatina costabilis*, *Alisporites sublevis* 和 *Cycadopites*。稍有不同的是本区组合缺少 *Punc-*

tatisporites, 而且 *Vittatina* 含量略低。但两区组合可大致对比,时代也应属同期。

与当前组合可大致比较的还有前苏联库兹涅茨克晚二叠世孢粉组合,两区组合裸子植物花粉均很丰富,主要有 *Cordaitina*, *Hamipollenites*, *Protohaploxylinus* 和 *Vittatina* 等,两组合特征有些相似,时代也大致相当。

据野外跃进沟剖面 and 井下岩芯观察,三塘湖盆地芦草沟组含丰富的鱼化石: *Tufania taoshuyuanensis*, 该类化石是北天山地区晚二叠世早期的标准化石,在准噶尔盆地芦草沟组、吐哈盆地桃树园剖面塔尔朗组、艾维尔沟剖面塔尔朗组均有产出。此外,芦草沟组还产有植物化石: *Yavorskia mungatica*, *Phyllothea* cf. *turnaensis*, *Comia* sp. 和 *Cordaitea* sp. 等。

综上所述,三塘湖盆地芦草沟组的孢粉组合、脊椎动物和植物化石组合均指示芦草沟组的时代属晚二叠世早期。

3 孢粉的色变指数与有机质成熟度

随着近代油气资源勘探的深入开展,孢粉学除研究组合特征、确定地质时代及恢复古植被、古气候及古地理外,还可根据孢粉颜色的变化与热变质作用,推测古地温及有机质成熟度,为含油气盆地资源评价提供重要依据。

三塘湖盆地芦草沟组分布较为稳定。根据行业的标准化研究,我们采用了颜色指数统计方法(把样品中的孢粉化石按颜色级别统计其数量,求出每个化石颜色级别的加权平均值),统计出马6井、马7井和马8井5个样品的孢粉颜色指数(表2)。

表2 三塘湖盆地芦草沟组孢粉色变指数与有机质成熟度对应关系表

Table 2 Correlation between Sporopollen color variation index and organic maturation from Lucaogou Formation in Santanghu basin

井号	深度/m	颜色级别及化石数量						色变指数	主要颜色	颜色变化范围	有机质成熟度
		浅黄1	黄2	棕黄3	棕4	棕黑5	黑6				
马6井	3 102	1	25	31	10	6	/	2.9	黄-棕黄	浅黄-棕黑	低成熟阶段
	3 270	/	13	49	8	1	1	3.2	黄-棕黄	黄-黑	
	3 450	1	25	13	28	10	2	3.2	黄-棕	浅黄-黑	
马7井	2 055	1	25	31	10	9	/	3.0	黄-棕黄	浅黄-棕黑	
马8井	1 539	1	8	30	10	6	2	3.3	棕黄	浅黄-黑	

从马6井所统计的孢粉化石来看,其颜色指数有随钻井深度加深而增大的趋势。现代孢粉热模

拟试验结果表明,孢粉颜色、大小、形态随温度升高而表现出规律性的变化^[14,15]。实际资料表明,孢

粉化石颜色的变化主要取决于古地温^[15~17],地温越高,孢粉化石颜色越深。而影响古地温的因素很多,如深度就是一个重要因素。此外有断裂、岩浆活动等等。马6井、马7井和马8井孢粉颜色指数为2.9~3.3,所反映的古地温应为60℃~110℃,有机质演化属低成熟阶段。因此,三塘湖盆地芦草沟组为生油的主要层位,其孢粉主色为黄-棕色的生油岩为好生油岩。

参 考 文 献

- 廖卓庭,吴国干. 新疆三塘湖盆地含油气地层[M]. 南京:东南大学出版社,1998
- 侯静鹏,王智. 晚二叠世孢子花粉[A]. 见:中国地质科学院地质研究所,新疆地质矿产局地质科学研究所. 新疆吉木萨尔大龙口二叠、三叠纪地层及古生物群[C]. 北京:地质出版社,1986
- 侯静鹏,王智. 新疆北部晚二叠世孢粉组合[A]. 见:中国地质科学院地质研究所,新疆石油管理局勘探开发研究院. 新疆北部二叠—第三纪地层及孢粉组合[C]. 北京:中国环境科学出版社,1990
- Liao Zhuoting, Wang Yuiing, Zhou Yujing, et al. Permian of Tarim and its adjacents[A]. In: Zhou Zhiyi, Chen Peiji. Biostratigraphy and Geological evolution of Tarim[C]. Beijing: Science Press, 1992
- Eshet Y, Cousminer H L. Palynozonation and correlation of the Permian-Triassic succession in the Neger, Israel[J]. Micropaleontology, 1986, 32(3): 193~214
- Hart T G. Systematics and distribution of Permian miospores[M]. Johannesburg: Witwatersrand Univ press, 1965
- Jansonius J. Palynology of Permian and Triassic sediments, Peace River area, western Canada[J]. Palaeontographica B, 1962, 110: 35~98
- 王蕙. 塔里木盆地棋盘-杜瓦地区早二叠世孢粉植物群及生态环境[J]. 古生物学报, 1989, 28(3): 402~414
- 耿国仓. 鄂尔多斯盆地南部早二叠世微古植物群[A]. 见:中国油气区地层古生物编委会. 中国油气区地层古生物论文集(一)[C]. 北京:石油工业出版社,1985
- 周和仪. 山东北部晚古生代孢粉组合[A]. 见:中国油气区地层古生物编委会. 中国油气区地层古生物论文集(一)[C]. 北京:石油工业出版社,1985
- Foster C B. Spore-pollen assemblages of the Bowen Basin, Queensland (Australia): their relationship to the Permian/Triassic boundary[J]. Review of Palaeobotany and Palynology, 1982, 36: 165~183
- 沈光隆. 二叠纪植物群[A]. 见:李星学. 中国地质时期植物群[C]. 广州:广东科技出版社,1995
- 黄本宏. 安加拉植物群在我国石炭纪-二叠纪的分布及其与华夏植物群的关系[A]. 见:李星学. 中国地质时期植物群[C]. 广州:广东科技出版社,1995
- 赵传本. 现代花粉热模拟试验与孢粉生油[J]. 石油勘探与开发, 1988, 15(4): 44~50
- 金小凤. 用新的加热试验探讨孢粉颜色与油气生成[J]. 地球化学, 1987, (4): 368~375
- 赵传本. 松辽盆地白垩纪孢粉颜色指数与有机质成熟度[J]. 地球化学, 1981, (3): 301~307
- 郑国光. 我国第三系含油气盆地孢粉色变指数研究新进展[J]. 石油学报, 1992, 13(2): 60~70

图版 I 说明

(标本保存在西北大学,所有图片均放大600倍)

- Calamospora sp.
玻片号: ML-1(8)
- Granulatisporites sp.
玻片号: ML-1(7)
- Cyclogranisporites sp.
玻片号: ML-4(2)
- Acanthotriletes cf. multisetus (Lub.) Naum.
玻片号: ML-1(7)
- Neoraistrickia sp.
玻片号: ML-19(2)
- Verrucosporites sp.
玻片号: ML-1(2)
- Apiculatisporis sp.
玻片号: ML-4(2)
- Lophotriletes sp.
玻片号: ML-4(2)
- Cordaitina duralimita Hou et Wang
玻片号: ML-19(1)
- C. sp.
玻片号: ML-4(8)
- C. cf. tenurugosa Hou et Wang
玻片号: ML-19(3); ML-4(3)
- C. major (Pautsch) Pautsch
玻片号: MQ-8(2)
- Virkkipollenites sp.
玻片号: ML-1(3)
- Sulcatiporites sp.
玻片号: ML-4(8)
- Vittatina sp.
玻片号: MB-19(1)
- Hamiipollenites sp.
玻片号: MQ-8(5)
- H. ruiditaeniatus Hou et Wang
玻片号: ML-19(3)
- H. bulliformis (Samoilovich) Jansonius
玻片号: MQ-8(1)
- Crucisaccites ornatus (Samoilovich) Jansonius
玻片号: ML-4(8)
- Protohaploxypinus sp.
玻片号: ML-19(1)
- Cycadopites sp.
玻片号: ML-19(5)
- Striatoabietes sp.
玻片号: ML-1(5)
- Striatopodocarpites sp.
玻片号: ML-1(9)

LATE PERMIAN SPOROPOLLEN ASSEMBLAGE FROM LUCAOGOU FORMATION IN SANTANGHU BASIN

Yin Fengjuan Liu Hongfu Hua Hong

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi)

Abstract: Lucaogou Formation in Santanghu basin consists of a set of shallow lacustrine – semi lacustrine deposits mainly in gray mudstone. Abundant spores and pollen grains including 28 species of 26 genera are recognized in the mudstone. It is indicated by studying that Lucaogou Formation sporopollen assemblage is characterized by the dominance of *Gymnospermous Polle* grains and a small amount of *Pteridophyte spores*. *Cordaitina*, *Hamiapollenites*, *Protohaploxypinus*, *Striatopdocarpites*, *Striatoabieites* and *Alisporites* are dominant in the mudstone. It is believed that Lucaogou Formation belongs to the early late Permian in age based on its feature of sporopollen assemblage and comparison. *Sporopollen* colors may reflect then ancient temperature between 60 °C~ 110 °C and evolution of organic material in low maturation stage.

Keywords: Sporopollen; organic material; maturation; Late Permian; Santanghu basin

(上接 391 页)

CHARACTERISTICS OF DETRITAL RESERVOIRS AND REGULARITY OF GAS CONCENTRATION IN SULIGEMIAO GAS FIELD

Li Wenhui¹ Wei Honghong² Ma Zhenfang³ Qu Hongjun¹ Liu Ruie¹ Chen Quanhong¹

(1. The Key Laboratory of Continental Dynamics, the Ministry of Education; Department of Geology, Northwest University, Xi'an;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC, Beijing; 3. Changqing Oil company Xi'an, Shanxi;)

Abstract: Quartz sandstone, lithic quartz sandstone and lithic sandstone are main types of reservoir rock in Shan Member– I , II of Shanxi Formation and He Member – VIII of Shihezi Formation in the Permian in Suligemiao region. Those rocks, with good maturation in composition and moderate maturation in texture, have experienced diagenesis of compaction, cementation and dissolution and have formed secondary solution pore, primary residual inter – granular pore space and intercrystalline pore. Reservoir in the region can be divided into four types on the basis of its physical property, capillary pressure curves and relations of pore combination. It is discovered by studying that braided and meandering stream channel sand bars, delta plain branch channels and underwater branch channels in braided and meandering stream delta front are favorite reservoir belts in this region, which control the distribution of highly permeable reservoir. The well graded quartz sandstone with high content of quartz and coarse quartz is the foundation for forming good reservoir. The development of secondary pore is the key for forming highly permeable reservoir.

Key words: Suligemiao; reservoir; diagenesis ; pore texture; facies belt