

## 柴达木盆地宗马海湖地区中新统上油砂山组轮藻植物群<sup>①</sup>

李莎<sup>1)</sup> 王贺<sup>1)</sup> 崔庆岗<sup>2)</sup> 张树淇<sup>2)</sup> 王启飞<sup>3)</sup> 张海春<sup>1)</sup>

1) 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越创新中心,  
现代古生物学和地层学国家重点实验室 江苏南京 210008;

2) 中化地质矿山总局山东地质勘查院, 泰安地质分院 山东泰安 271000;

3) 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越创新中心 江苏南京 210008

**摘要:**我国西北地区的柴达木盆地沉积了巨厚而连续的新生代陆相地层,其北缘宗马海湖地区中新统上油砂山组非常发育,在一道梁剖面出露良好。本文首次报道并详细描述了该剖面上油砂山组的岩性特征,主要为褐红色、灰绿色和灰色砂岩、粉砂岩夹泥岩,发育滨、浅湖沉积相。共发现轮藻化石2属2种: *Nitellopsis (Tectochara) merianii* 和 *Lychnothamnus barbatus var. antiquus*。这两个种广泛分布于欧亚大陆,前者的延限从晚始新世至更新世;后者在我国可能为首次报道,之前仅见于欧洲和土耳其某些地区的中新统地层。根据轮藻化石的时代延限,上油砂山组的沉积时代为中新世,与已有古地磁研究结果一致。对上述两种轮藻化石的现生相关类群的生活环境分析表明, *N. (T.) merianii* 和 *L. barbatus var. antiquus* 可能生活于大型冷水、淡水湖泊,这与沉积相分析结果一致。

**关键词:** 中新世, 上油砂山组, 藏卵器, 古环境, 柴达木盆地

中图分类号: P534.62

文献标识码: A

文章编号: 0253-4959(2019)04-0343-09

柴达木盆地位于青海省西北部(35°N~39°N和90°E~99°E之间)、青藏高原东北缘,由阿尔金山脉、祁连山脉和昆仑山脉围绕而成,总面积约121000 km<sup>2</sup>,是我国重要的含油气盆地(王艳清等, 2019)。盆地内中生代—新生代地层发育,自下而上分为侏罗系—白垩系小煤沟组、大煤沟组、采石岭组、红水沟组和犬牙沟组,以及新生界路乐河组、下干柴沟组、上干柴沟组、下油砂山组、上油砂山组、狮子沟组和七个泉组。前人运用生物地层学(唐伦和与狄恒恕, 1991; Sun *et al.*, 1999)和磁性地层学(表1; Sun *et al.*, 2005; Fang *et al.*, 2007; Lu & Xiong, 2009; Ke *et al.*, 2013; Chang *et al.*, 2015; Ji *et al.*, 2017)等方法对盆地内新生代地层进行了研究,使我们对其年代有了比较清晰的认识。

柴达木盆地北缘被划分为苏干湖坳陷、德令哈坳陷和赛昆坳陷,坳陷之间分别被赛什腾—埃姆尼克隆起和马海隆起所分隔(图1; 肖安成等,

2006)。宗马海湖地区位于赛昆坳陷,中新统上油砂山组发育良好,产介形类、轮藻和孢粉等化石。本文将对其中的轮藻化石进行详细的研究。唐伦和与狄恒恕(1991)描述了从小煤沟组到七个泉组的轮藻化石24属215种(包括1个变种),并建立了10个轮藻组合和4个亚组合,为本研究奠定了良好基础。

### 1 地层及化石分布

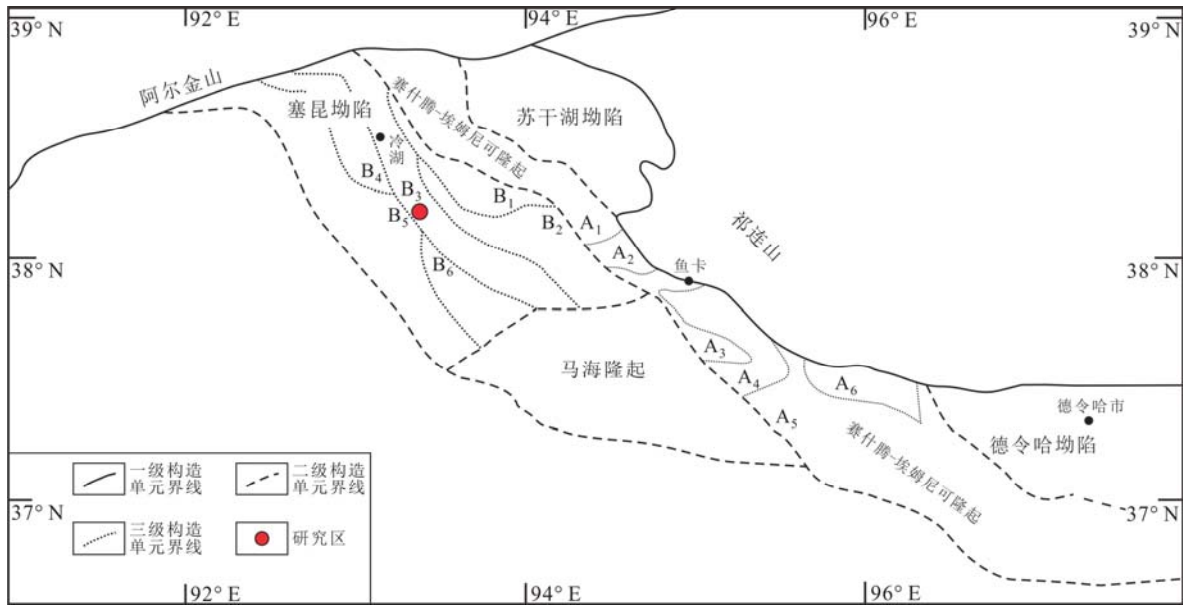
研究剖面位于青海省海西蒙古族藏族自治州冷湖镇宗马海湖地区,属柴达木盆地北缘,起点坐标为38°22.99'N, 93°28.59'E, 终点坐标为38°21.10'N, 93°24.56'E(图1),被命名为一道梁剖面,出露地层为上油砂山组,未见底。其中1—4层为背斜的一翼(地层重复,柱状图中厚度去除,图2),第5层位于背斜轴部(地层重复,柱状图中去除厚度的二分之一,图2)。剖面岩性描述如下:

<sup>①</sup> 国家自然科学基金(41602003, 41688103)、中国科学院战略性先导科技专项(B类 XDB26000000)和中国地质调查局“青海省冷湖行委宗马海湖地区 J46E010015、J46E010016、J46E011016、J46E011017 四幅 1:5 万区域地质调查”(12120113033030)共同资助。

文稿接受日期: 2019-07-01; 修改稿收到日期: 2019-08-30。

第一作者简介: 助理研究员, 主要从事轮藻生物地层学研究; e-mail: shali@nigpas.ac.cn

通信作者简介: 张树淇, 研究员, 主要从事地质技术工作; e-mail: dizhifenyuan@sina.com



赛什腾—埃姆尼克隆起包括: A<sub>1</sub>, 赛什腾凸起; A<sub>2</sub>, 鱼卡凹陷; A<sub>3</sub>, 绿梁山凸起; A<sub>4</sub>, 柴旦凹陷; A<sub>5</sub>, 埃姆尼克凸起; A<sub>6</sub>, 红山凹陷; 赛昆坳陷包括: B<sub>1</sub>, 平台凸起; B<sub>2</sub>, 赛南凹陷; B<sub>3</sub>, 冷湖背斜带; B<sub>4</sub>, 昆特依凹陷; B<sub>5</sub>, 鄂博梁背斜带; B<sub>6</sub>, 伊北凹陷  
 Saishiteng-Aimunike uplift includes: A<sub>1</sub>, Saishiteng uplift; A<sub>2</sub>, Yuka sag; A<sub>3</sub>, Lvliangshan uplift; A<sub>4</sub>, Chaidan sag; A<sub>5</sub>, Aimunike uplift; A<sub>6</sub>, Hongshan sag; Saikun sag includes: B<sub>1</sub>, Pingtai uplift; B<sub>2</sub>, Sainan sag; B<sub>3</sub>, Lenghu anticlinal zone; B<sub>4</sub>, Kunteyi sag; B<sub>5</sub>, Eboliang anticlinal zone; B<sub>6</sub>, Yibei sag

图 1 柴达木北缘地质略图及宗马海湖地区一道梁剖面位置示意图(修改自肖安成等, 2006)

Fig. 1 Schematic geological map of the northern Qaidam Basin showing location of the Yidaoliang section in the Zongmahaihu area, Lenghu Town, Haixi Prefecture, Qinghai Province, China (modified from Xiao *et al.*, 2006)

表 1 柴达木盆地新生代地层及其磁性地层学年代结果(修改自 Ji *et al.*, 2017)

Tab. 1 Cenozoic formations in the Qaidam Basin and their magnetostratigraphic ages (modified from Ji *et al.*, 2017)

	盆地北部: 红三旱剖面 (Sun <i>et al.</i> , 2005)	盆地东北部: 怀头塔拉剖面 (Fang <i>et al.</i> , 2007)	盆地北部: 大红沟剖面 (Lu & Xiong, 2009)	盆地东北部: 锡铁山剖面 (Ke <i>et al.</i> , 2013)	盆地西北部: 花土沟剖面 (Chang <i>et al.</i> , 2015)	盆地北部: 大红沟剖面(Ji <i>et al.</i> , 2017)
七个泉组		<2.5 Ma				
狮子沟组		8.1—2.5 Ma				<8.1 Ma
上油砂山组		15.3—8.1 Ma	13—<8.5 Ma		<12.44 Ma	12.9—8.1 Ma
下油砂山组		>15.3 Ma	(22~20)—13 Ma		ca. 23—12.44 Ma	19.5—12.9 Ma
上干柴沟组	35.5—<26.5 Ma		>34—(22~20) Ma		>ca. 23 Ma	34.2—19.5 Ma
下干柴沟组	>40—35.5 Ma					44.2—34.2 Ma
路乐河组				53.8—<50.7 Ma		>52—44.2 Ma

中新统上油砂山组(N<sub>1y</sub>) 1618.65 m  
 56. 棕红色中、薄层状泥岩。产孢粉化石: 松粉 *Pinuspollenites*、榆粉 *Ulmipollenitise* 和 桉木粉 *Alnipollenites* 38.0 m  
 55. 黄绿色中、薄层状泥岩 3.4 m  
 54. 灰绿色中、薄层状含钙质粉砂岩 9.4 m  
 53. 灰绿色中、薄层状含钙质粉砂岩夹浅褐

灰色薄层状石膏质细砂岩, 二者量比 4.5 : 1 ~ 5 : 1 22.4 m  
 52. 灰绿色中、薄层状含钙质粉砂岩 5.5 m  
 51. 灰绿色中、薄层状含钙质粉砂岩夹浅褐灰色薄层状石膏质细砂岩, 二者量比 4.5 : 1 ~ 5 : 1 75.4 m  
 50. 黄绿色中、厚层状泥岩 14.5 m

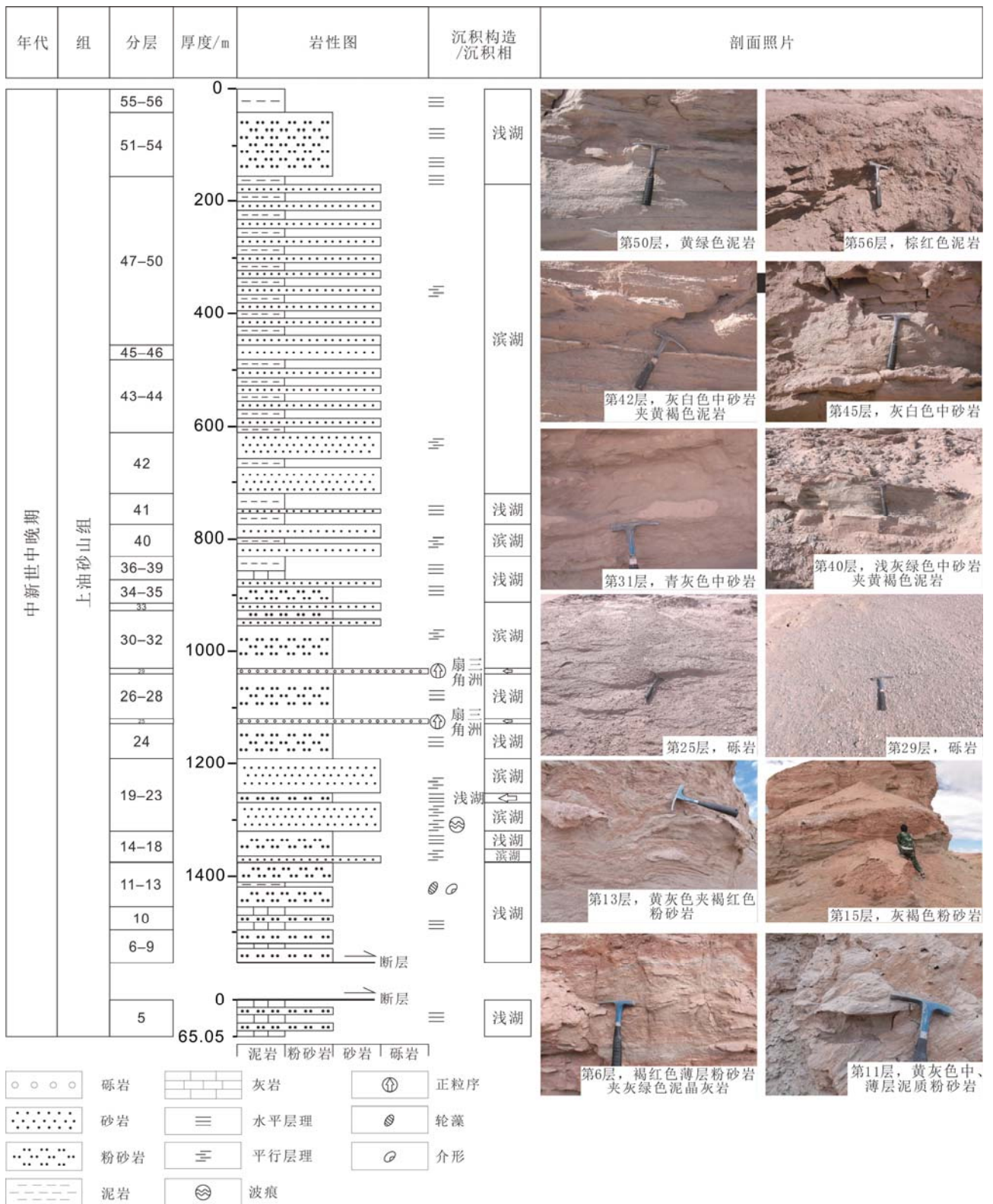


图 2 宗马海湖地区一道梁剖面上油砂山组柱状图

Fig. 2 Lithologic log of the Shangyoushashan Formation in the Yidaoliang section of the Zongmahaihu area

49. 浅灰色薄层状石膏质细砂岩与黄褐色薄层状含粉砂质泥岩互层, 二者量比 1 : 1 ~ 1.5 : 1  
77.3 m

48. 浅褐灰色薄层状石膏质细砂岩与黄褐色薄层状含粉砂质泥岩互层, 二者量比 1.5 : 1 ~ 2 : 1。产介形类化石: 长椭圆形

- 正星介(比较种)*Cyprideis cf. longielliptica*  
Yang 和正星介(未定种)*Cyprideis sp.* 206.0 m
47. 浅灰色中、薄层状泥质粉砂岩夹黄褐色薄层状含粉砂质泥岩, 二者量比 5:1 ~ 5.5:1 2.5 m
46. 灰白色中、薄层状石膏质中砂岩夹灰色薄层状泥灰岩, 二者量比 10:1 5.7 m
45. 灰白色中、薄层状石膏质中砂岩 21.1 m
44. 浅褐灰色薄层状石膏质细砂岩与黄褐色薄层状含粉砂质泥岩互层, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 27.7 m
43. 浅灰色薄层状石膏质细砂岩与黄褐色薄层状含粉砂质泥岩互层, 二者量比 1:1 ~ 1.5:1 100.3 m
42. 灰白色薄层状石膏质细-中砂岩夹黄褐色薄层状含粉砂质泥岩, 二者量比 3.5:1 ~ 4:1 110.0 m
41. 黄褐色中、薄层状含粉砂质泥岩夹灰白色中、薄层状石膏质细-中砂岩, 二者量比 5:1~5.5:1 54.8 m
40. 浅灰绿色中、薄层状含石膏质细-中砂岩夹黄褐色中、薄层状含粉砂质泥岩, 二者量比 4.5:1~5:1 56.9 m
39. 杂色中、厚层状泥岩 16.8 m
38. 浅褐灰色中、厚层状粉-细砂质泥岩 9.5 m
37. 浅灰色薄层状泥质细-粉砂岩 1.7 m
36. 灰绿色中、薄层状含粉砂质灰岩夹黄褐色薄层状含粉砂质泥岩, 二者量比 3.5:1 ~ 4:1。产孢粉: 松粉 *Pinuspollenites*、云杉粉 *Piceapollenites*、冷杉粉 *Abiespollenites*、铁杉粉 *Tsugaepollenites*、双穗麻黄粉 *Ephedripites* 和榆粉 *Ulmipollenitise*; 产介形类化石: 长椭圆形正星介 *Cyprideis longielliptica* Yang 和后斜正星介 *Cyprideis posticlina* Yang 12.4 m
35. 灰色中、厚层状中-细砂岩 5.6 m
34. 浅灰色薄层状泥质细-粉砂岩夹黄褐色薄层状含粉砂质泥岩, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 36.3 m
33. 青灰色中、薄层状含钙质细-中砂岩 13.9 m
32. 褐红色中层状粉砂岩与浅灰色薄层状泥质细-粉砂岩互层, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 15.6 m
31. 青灰色中、薄层状含钙质细-中砂岩 5.7 m
30. 褐红色中层状粉砂岩与浅灰色薄层状泥质细-粉砂岩互层, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 80.8 m
29. 灰绿色中、薄层状砾岩。砾石含量 65%, 最大砾径 30 mm, 多为 5~10 mm, 平均砾径 8 mm, 松散状 9.2 m
28. 浅灰色中、薄层状泥质细-粉砂岩 22.9 m
27. 浅灰色中、厚层状泥质细-粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 5:1 39.5 m
26. 灰绿色中、薄层状钙质粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 3.5:1~4:1 18.0 m
25. 灰绿色中、薄层状砾岩。砾石含量 60%, 最大砾径 30 mm, 多为 5~10 mm, 松散状 4.7 m
24. 灰绿色中、薄层状钙质粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 4:1 67.4 m
23. 青灰色中、厚层状钙质细砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 5:1~5.5:1 59.8 m
22. 灰褐色中、厚层状细-粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 4:1~4.5:1 16.1 m
21. 青灰色中、厚层状钙质细砂岩与褐红色薄层状粉砂岩互层, 二者量比 1:1 ~ 1.5:1。局部夹石膏薄层 4.7 m
20. 青灰色中、厚层状钙质细砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 4:1~4.5:1。见波痕, 局部岩层挤压变形 13.9 m
19. 青灰色中、厚层状钙质细砂岩 33.1 m
18. 褐红色薄层状粉砂岩, 夹青灰色薄层状钙质细砂岩, 局部夹极少量黄褐色中层状泥质粉砂岩, 三者量比 8:3:1 6.2 m
17. 黄灰色中、薄层状泥质细-粉砂岩夹灰白色砂质页岩, 二者量比 4.5:1~5:1 8.4 m
16. 灰褐色中层状粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 5:1 19.1 m
15. 灰褐色中层状粉砂岩 7.5 m
14. 浅灰色中、薄层状泥质细-粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 5:1 15.1 m
13. 黄灰色中、薄层状泥质粉砂岩夹褐红色薄层状粉砂岩, 二者量比 4:1 38.1 m
12. 杂色中、薄层状砂质、粉砂质泥岩夹浅灰色中、薄层状含钙质细砂岩, 二者量比 6:1。产介形类化石: 长椭圆形正星介 *Cyprideis longielliptica* Yang 和狮子沟正星介 *Cyprideis shizigouensis* Yang; 产轮藻化石: 梅里安拟丽藻(有盖)轮藻 *Nitellopsis (Tectochara) merianii* 和具芒松藻古变种 *Lychnothamnus barbatus var. antiquus* 8.3 m
11. 黄灰色中、薄层状泥质粉砂岩, 夹浅灰色中、薄层状含钙质细砂岩, 二者量比 4:1 31.8 m
10. 灰绿色中、薄层状细-粉砂质泥晶灰岩与褐红色薄层状粉砂岩互层, 二者量比 1.5:1 42.7 m
9. 灰色中、厚层状粗砂岩。风化较严重, 呈散砂状 1.3 m

8. 褐红色薄层状粉砂岩夹灰绿色中、薄层状细-粉砂质泥晶灰岩, 二者量比 5:1 8.4 m  
 7. 灰白色中、厚层状含钙质中-细砂岩 1.3 m  
 6. 褐红色中、薄层状含泥质粉砂岩夹灰绿色中、薄层状细-粉砂质泥晶灰岩, 二者量比 5:1。局部见小型揉皱 46.9 m

===== 断层接触 =====

5. 灰绿色中、薄层状细-粉砂质泥晶灰岩与褐红色中、薄层状含泥质粉砂岩互层, 二者量比 1:1。局部夹厚 1~2 cm 的油脂状结晶程度良好的石膏脉。产介形类化石: 长椭圆形正星介 *Cyprideis longielliptica* Yang、狮子沟正星介 *Cyprideis shizgoensis* Yang 和梨形正星介 *Cyprideis pyriformis* Yang 130.1 m

===== 断层接触 =====

4. 褐红色中层状含泥质粉砂岩与浅灰色薄层状含钙质细砂岩互层, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 81.3 m  
 3. 灰绿色中、薄层状砾岩。砾石含量 70%, 最大砾径 25 mm, 平均砾径 8 mm, 成分复杂, 松散状 9.0 m  
 2. 褐红色中层状含泥质粉砂岩与浅灰色薄层状含钙质细砂岩互层, 二者量比 1.5:1 ~ 2:1 53.3 m  
 1. 灰绿色中、薄层状砾岩。砾石含量 65%, 最大砾径 50 mm, 多为 5~10 mm, 松散状 4.0 m

===== 断层接触 =====

更新统(Qp)

灰白色中、薄层状石膏质中砂岩。风化程度极严重, 仅残留原岩形态

## 2 轮藻化石材料描述

在一道梁剖面第 12 层发现了轮藻化石 2 属 2 种, 分别为梅里安拟丽藻(有盖)轮藻 *Nitellopsis (Tectochara) merianii* Al. Braun ex Unger, 1852 comb. Grambast and Soulié-Märsche, 1972(图 3A~F) 和具芒松藻古变种 *Lychnothamnus barbatus* var. *antiquus* Soulié-Märsche, 1989(图 3G~K)。样品中发现梅里安拟丽藻(有盖)轮藻化石 15 枚, 藏卵器保存良好, 大型, 高 1068~1317  $\mu\text{m}$ , 宽 870~1065  $\mu\text{m}$ , 等轴率 114~135, 宽卵形至椭球形, 侧视螺旋细胞 8~10 环(表 2)。螺旋细胞从平到凸, 赤道处螺旋细胞宽 144~166  $\mu\text{m}$ , 螺旋细胞上无装饰。顶部外形圆, 顶周螺旋细胞宽度减小、厚度变薄, 顶心螺旋

细胞膨胀形成强壮的梅花形突起, 高于顶周平面。底部外形圆或微收缩, 底孔五角形, 具漏斗形外凹陷, 底板为碟状, 厚度很薄(图 3F)。

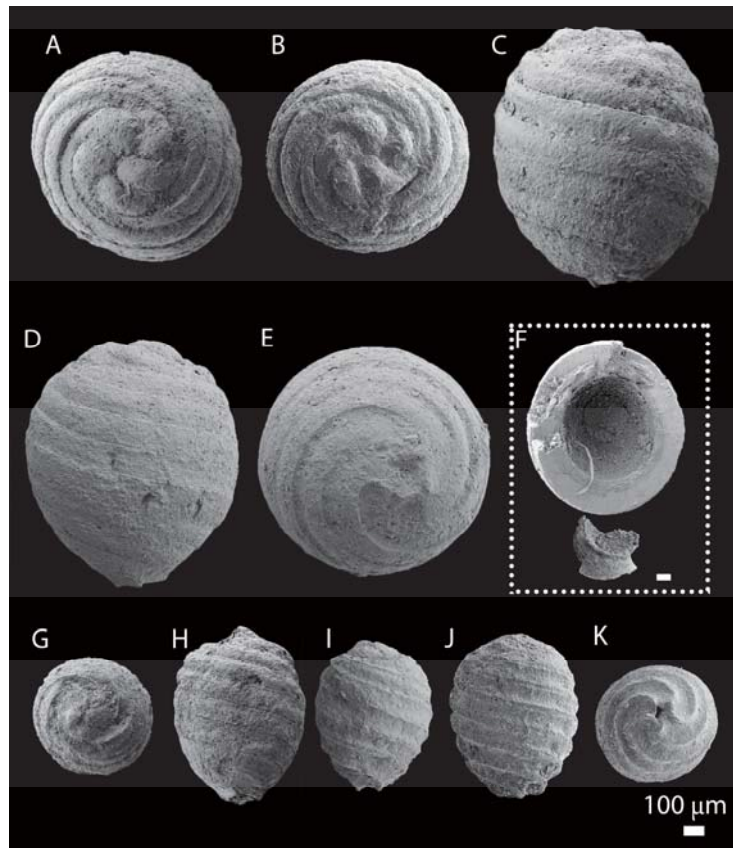
表 2 柴达木盆地梅里安拟丽藻(有盖)轮藻生物特征数据  
 Tab. 2 Biometric data of *Nitellopsis (Tectochara) merianii* in the Qaidam Basin

高度/ $\mu\text{m}$	宽度/ $\mu\text{m}$	ISI(高度/宽度 $\times 100$ )	螺旋细胞环数/环
1200	1022	117	9
1200	913	131	9
1317	995	132	10
1282	987	130	10
1124	870	129	10
1171	898	130	10
1252	1058	118	9
1068	930	115	9
1212	896	135	9
1145	996	115	8
1214	1065	114	9
1168	1007	116	9

样品中发现具芒松藻古变种轮藻化石 33 枚。藏卵器表面轻微磨损, 中型到大型, 高 602~989  $\mu\text{m}$ , 宽 468~660  $\mu\text{m}$ , 等轴率 113~158, 卵形, 侧视螺旋细胞环数 7~10 环(表 3)。螺旋细胞从凹至平, 赤道处螺旋细胞宽 100~110  $\mu\text{m}$ , 螺旋细胞上无装饰。顶部外形平至圆, 顶心凸起, 顶周螺旋细胞厚度减小、宽度无变化。底部外形收缩, 底孔五角形。

## 3 讨论与结果

在一道梁剖面发现了轮藻化石 2 属 2 种: *Nitellopsis (Tectochara) merianii* 和 *Lychnothamnus barbatus* var. *antiquus*。其中, *N. (T.) merianii* 广泛分布在欧亚大陆, 也见于非洲的摩洛哥, 时代从始新世晚期延续至上新世(Sanjuan & Martin-Closas, 2015, 及其所含文献, 如: Ettinghausen, 1872; Mädler, 1955; Grambast, 1962; Grambast & Paul, 1965; Iva *et al.*, 1970; Feist-Castel, 1971; Touraine, 1971; Kissling, 1974; Feist & Ringade, 1977; Mädler & Staesche, 1979; Riveline, 1986; Choi, 1989; Juliá de Agar, 1991; Feist *et al.*, 1994; Reichenbacher *et al.*, 1996; Schwarz, 1997; Baciú & Feist, 1999; Sanjuan & Martín-Closas, 2012); 在中国, 该种见于柴达木盆地的下干柴沟组上段、下油砂山



A~F, 梅里安拟丽藻(有盖)轮藻; A~B, 藏卵器的顶视; C~D, 藏卵器的侧视; E, 藏卵器的底视; F, 底板; G~K, 具芒松藻古变种; G, 藏卵器的顶视; H~J, 藏卵器的侧视; K, 藏卵器的底视

A~F, *Nitellopsis (Tectochara) merianii*. A~B, Apical view; C~D, Lateral view; E, Basal view; F, Basal plate. G~K, *Lychnothamnus barbatus* var. *antiquus*. G, Apical view; H~J, Lateral view; K, Basal view

图 3 宗马海湖地区上油砂山组轮藻化石

Fig. 3 Charophytes from the Shangyoushashan Formation in the Zongmahaihu area

组、上油砂山组、狮子沟组和七个泉组,时代从始新世晚期延至上新世(唐伦和与狄恒恕, 1991; Fang *et al.*, 2007)。*L. barbatus* var. *antiquus* 发现于欧亚大陆中新统(Soulié-Märsche, 1989), 包括西班牙(González-Pardos, 2012; Suárez-Hernando *et al.*, 2013)、法国南部(Soulié-Märsche, 1989)、葡萄牙(Antunes *et al.*, 1992)和黑山共和国(Krstić *et al.*, 2010), 以及土耳其(Mazzini *et al.*, 2013)。该亚种在我国可能为首次报道。根据这两个种的时代延限, 推测上油砂山组的时代为中新世, 与已有古地磁研究结果一致。

一道梁剖面的沉积相分析表明, 上油砂山组大部分为湖相沉积, 偶夹三角洲相沉积, 轮藻化石所在层位(第 12 层)为浅湖沉积相(图 2)。*N. (T.) merianii* 被认为是现生种 *Nitellopsis obtusa* 的祖先(Sanjuan & Alqudah, 2018), 后者常生活于碱性、冷

水湖泊中, 湖水深度可达 4~12 m(Krause, 1985; Soulié-Märsche *et al.*, 2002), 植物体生长高度可达 2 m。据此推测, *N. (T.) merianii* 应该生活于大型冷水湖泊(Sanjuan & Alqudah, 2018)。当盐度达到 5% 以上, *N. obtusa* 很快消失(Katsuhara & Tazawa, 1986); Sanjuan 和 Martín-Closas(2012)在泥灰岩和石灰岩中发现了含有 *N. (T.) merianii* 的轮藻植物群落, 并通过沉积相分析发现该植物群生活在淡水湖泊中, 因此推测 *N. (T.) merianii* 也为淡水种。*L. barbatus* var. *antiquus* 被认为是现生种 *L. barbatus* 的祖先(Sanjuan & Alqudah, 2018), 后者在欧洲通常生活于贫营养(偶见富营养)的冷水中(Krause, 1997; Soulié-Märsche & Martín-Closas, 2003), 生活水深为 2~8 m, 常形成 1 m 高的植物体(Krause, 1986), 该种从未发现于咸水环境中(Sanjuan & Alqudah, 2018)。因此推测 *L. barbatus* var. *antiquus*

也生活在冷水、淡水湖泊。

表 3 柴达木盆地具芒松藻古变种生物特征数据  
Tab. 3 Biometric data of *Lychnothamnus barbatus* var. *antiquus* in the Qaidam Basin

高度 /μm	宽度 /μm	ISI(高度/宽度 ×100)	螺旋细胞 环数/环
770	619	124	9
690	536	129	9
781	589	133	9
782	525	149	10
673	536	126	8
796	623	128	8
813	623	130	9
672	595	113	8
714	525	136	8
753	568	133	8
762	565	135	9
711	468	152	10
816	565	144	8
989	660	150	10
779	519	150	8
674	519	130	9
717	490	146	8
685	565	121	9
758	552	137	9
708	488	145	9
602	474	127	8
822	596	138	8
860	543	158	9
920	596	154	9
708	531	133	7
839	622	135	8
778	527	148	8

#### 4 结 论

本文首次对柴达木盆地北缘宗马海湖地区一道梁剖面的上油砂山组进行了研究, 包括岩性描述和沉积相分析; 并对所含轮藻化石进行了测量和鉴定, 发现 2 属 2 种: *N. (T.) merianii* 和 *L. barbatus* var. *antiquus*。*N. (T.) merianii* 广布于欧亚大陆, 时代延限较长; 而 *L. barbatus* var. *antiquus* 地理分布范围相对较小, 仅发现于中新统, 具有重

要的地层意义。它们都生活于大型冷水、淡水湖泊, 有一定的环境指示意义。今后将进一步对柴达木盆地的剖面进行轮藻化石研究, 希望能够建立完整的新生代轮藻生物地层序列, 同时进行沉积环境分析。

#### 参 考 文 献

- 唐伦和, 狄恒恕. 1991. 柴达木盆地轮藻化石. 北京: 科学技术文献出版社.
- 王艳清, 刘占国, 杨少勇, 魏学斌, 李森明, 吴颜雄. 2019. 柴达木盆地英雄岭构造带新近系碎屑岩发育特征及油气勘探方向. 中国石油勘探, **24**(1): 60-71.
- 肖安成, 杨树锋, 程晓敢, 党玉琪, 陈新领, 陈元忠, 王 亮. 2006. 柴达木盆地北缘的右行走滑冲断系统及其动力学. 石油与天然气地质, **4**: 482-487, 494.
- Antunes M T, Soulié-Märtsche I, Mein P & Pais J. 1992. Le gisement de Asseiceira, Portugal (Miocène supérieur). Données complémentaires sur Freiria de Rio Maior. Ciências da Terra (UNL), **11**: 219-253.
- Baciu C & Feist M. 1999. Les charophytes oligocènes du nord-ouest de la Transylvanie (Roumanie). Acta Palaeontologica Romana, **2**: 27-29.
- Chang H, Li L Y, Qiang X K, Garzzone C N, Pullen A & An Z S. 2015. Magnetostratigraphy of Cenozoic deposits in the western Qaidam Basin and its implication for the surface uplift of the northeastern margin of the Tibetan Plateau. Earth and Planetary Science Letters, **430**: 271-283.
- Choi S J. 1989. Les Charophytes du Bassin Potassique Catalan (Nord-Est de l'Espagne) à la limite Eocène-Oligocène. Paléobiologie continentale, **26**: 1-67.
- Ettinghausen C. 1872. Die fossile Flora von Sagor in Krain. Denkschriften der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften/Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe, **32**: 159-202.
- Fang X M, Zhang W L, Meng Q Q, Gao J P, Wang X M, King J, Song C H, Dai S & Miao Y F. 2007. High-resolution magneto stratigraphy of the Neogene Huaitoutala section in the eastern Qaidam Basin on the NE Tibetan Plateau, Qinghai Province, China and its implication on tectonic uplift of the NE Tibetan Plateau. Earth and Planetary Science Letters, **258**(1-2): 293-306.
- Feist-Castel M. 1971. Sur les charophytes fossiles du bassin tertiaire d' Alès. Géobios, **4**: 157-172.
- Feist M, Anadón P, Cabrera L, Choi S J, Colombo F & Sáez M. 1994. Upper Eocene-Lowermost Miocene charophyte in the Ebro Basin (Spain). Contribution to the charophyte biozonation in Western Europe. Newsletter Stratigraphy, **30**: 1-32.
- Feist M & Ringeade M. 1977. Etude biostratigraphique et paléobotanique (charophytes) des formations continentales d'Aquitaine, de l'Eocène supérieur au Miocène inférieur. Bulletin de la Société Géologique de France (series 7), **19**(2): 341-354.
- González-Pardos M. 2012. Carófitos del Mioceno Inferior de la Formación Tudela(Cuenca del Ebro, Navarra). Master's Thesis, Universitat de València, 1-68.
- Grambast L. 1962. Aperçu sur les Charophytes tertiaires du Languedoc et leur signification stratigraphique. Comptes Rendus Sommaires des Séances de la Société Géologique de France, **10**: 313-314.
- Grambast L & Paul P. 1965. Observations nouvelles sur la flore de charophytes du Stampien du bassin de Paris. Bulletin de la Société

- Géologique de France, **7**: 239-247.
- Juliá de Agar J J. 1991. Contribución al estudio de carófitas fósiles de la Cuenca Terciaria de Loranca (provincia de Cuenca, España). Coloquios de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, **43**: 57-78.
- Mädler K. 1955. Zur taxonomie der tertiären charophyten. Geologisches Jahrbuch, **70**: 265-328.
- Mädler K & Staesche U. 1979. Fossile Charophyten aus dem Känozoikum (Tertiär und Quartär) der Türkei. Geologisches Jahrbuch B, **33**: 81-157.
- Iva M, Margarit M & Margarit G. 1970. Asupra citorva caracee din stratele de Turbuta de Pe Valea Hirtoapelor (Nord-Vesul Baxinului Transilvaniei). Studii si cercetari de Geologie, Geofzica, Geografie, Seria Geologie, Bucuresti, **15**: 419-430.
- Ji J L, Zhang K X, Clift P D, Zhuang G S, Song B W, Ke X & Xu Y D. 2017. High-resolution magnetostratigraphic study of the Paleogene-Neogene strata in the Northern Qaidam Basin: Implications for the growth of the Northeastern Tibetan Plateau. Gondwana Research, **46**: 141-155.
- Katsuhara M & Tazawa M. 1986. Salt tolerance in *Nitellopsis obtusa*. Protoplasma, **135**: 155-161. <https://doi.org/10.1007/BF01277008>.
- Ke X, Ji J L, Zhang K X, Kou X H, Song B W & Wang C W. 2013. Magnetostratigraphy and Anisotropy of Magnetic Susceptibility of the Lulehe Formation in the Northeastern Qaidam Basin. Acta Geologica Sinica-English Edition, **87**(2): 576-587.
- Kissling D. 1974. L'Oligocène de l'extrémité occidentale du bassin molassique Suisse. Stratigraphie et aperçu sédimentologique. PhD dissertation Université de Genève, 188.
- Krause W. 1985. Über die Standortsansprüche und das Ausbreitungsverhalten der Sternarmleuchteralge *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) J. Groves. Carolina, **42**: 31-42.
- Krause W. 1986. Die Bart-Armleuchteralge *Lychnothamnus barbatus* im Klopeiner See. Carinthia, **176**: 337-354.
- Krause W. 1997. Charales (Charophyceae). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Band 18. Gustav Fischer Verlag, Jena: 1-202.
- Krstić N, Soulié-Marsche I, Žic J, Đorđević-Milutinović D & Savić L. 2010. Miocene Charophyta of Maoče, Pljevlja (Northern Montenegro), in Proceedings of the XIX CBGA Congress, Aristotle University of Thessaloniki. Scientific Annals of the School of Geology, **99**: 85-90.
- Lu H J & Xiong S F. 2009. Magnetostratigraphy of the Dahonggou section, northern Qaidam Basin and its bearing on Cenozoic tectonic evolution of the Qilian Shan and Altyn Tagh Fault. Earth and Planetary Science Letters, **288**(3-4): 539-550.
- Mazzini I, Hudáčková N, Joniak P, Kováčová M, Mikes T, Mulch A, Rojay B, Luci-Fora S, Esu D & Soulié-Marsche I. 2013. Palaeoenvironmental and chronological constraints on the Tuğlu Formation (Çankırı Basin, Central Anatolia, Turkey). Turkish Journal of Earth Sciences, **22**: 1-31.
- Reichenbacher B, Berger J. P & Weidmann M. 1996. Charophytes et otolithes de la Molasse d'eau douce inférieure oligocène de Moutier (Jura Suisse). Abhandlungen Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, **202**(1): 63-93.
- Riveline J. 1986. Les charophytes du Paléogène et du Miocène inférieur d'Europe occidentale. Cahiers de Paléontologie. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique.
- Sanjuan J & Alqudah M. 2018. Charophyte flora from the Miocene of Zahle (Beeka Valley, Lebanon). Biostratigraphic, palaeoenvironmental and palaeobiogeographical implications. Geodiversitas, **40**(10): 195-209.
- Sanjuan J & Martín-Closas C. 2012. Charophyte palaeoecology in the Upper Eocene of the Eastern Ebro basin (Catalonia, Spain). Biostratigraphic implications. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **365-366**: 247-262.
- Sanjuan J & Martín-Closas C. 2015. Biogeographic history of two Eurasian Cenozoic charophyte lineages. Aquatic Botany, **120**: 18-30.
- Schwarz J. 1997. Charophyten aus dem Tertiär des Oberrheingraben (Mitteleozän-Untermiozän). Palaeontographica Abt. B, **243**: 1-84.
- Soulié-Marsche I. 1989. Etude comparée de gyrogonites de charophytes actuelles et fossiles et phylogénie des genres actuels. Imprimerie des Tilleuls. Millau, France, 1-237.
- Soulié-Marsche I, Benammi M & Gemayel P. 2002. Biogeography of living and fossil *Nitellopsis* (Charophyta) in relationship to new finds from Morocco. J. Biogeogr., **29**: 1703-1711.
- Soulié-Marsche I & Martín-Closas C. 2003. *Lychnothamnus barbatus* (charophytes) from the upper Miocene of la Cerdanya (Catalonia, Spain): taxonomic and palaeoecological implications. Acta Micropalaeontologica Sinica, **20**(2): 156-165.
- Suárez-Hernando O, Martínez-García B, Gonzálezpardos M, Pascual A, Larraz M, Ruiz-Sánchez F J, Cruz-Larrasoña J & Murelaga X. 2013. Preliminary palaeontological data from the Loma Negra section (Bardenas Reales de Navarra, Lower-Middle Miocene). Geogaceta, **54**: 63-66.
- Sun Z M, Yang Z Y, Pei J L, Ge X H, Wang X S, Yang T S, Li W M & Yuan S H. 2005. Magnetostratigraphy of Paleogene sediments from northern Qaidam Basin, China: Implications for tectonic uplift and block rotation in northern Tibetan plateau. Earth and Planetary Science Letters, **237**(3-4): 635-646.
- Sun Z C, Feng X J, Li D M, Yang F, Qu Y H & Wang H J. 1999. Cenozoic Ostracoda and palaeoenvironments of the northeastern Tarim Basin, western China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **148**(1-3): 37-50.
- Touraine F. 1971. L'Oligocène nord-varois. Sa position stratigraphique et sa signification dans la tectogenèse subalpine (état des connaissances actuelles). Annales Guébbard, **47**: 394-421.