

松辽盆地晚白垩世青山口组—嫩江组一段介形类壳饰、壳形类型与环境关系分析

张智礼¹ 蔡习尧¹ 张 铭² 李京昌¹ 张 莹²

(1.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,北京 100083;

2.大庆油田有限责任公司勘探开发研究院,黑龙江 大庆 163712)

摘要:本文在对松辽盆地晚白垩世青山口组—嫩江组一段介形类壳饰、壳形类型划分的基础上,对研究层位 12 种壳饰类型与 9 种壳形类型的介形类可能生活的环境及其变化特征进行了探讨。研究表明,松辽盆地晚白垩世刺状壳饰的介形类生活的最佳环境为深湖—半深湖相环境;瘤状壳饰的介形类适宜生活于水质清、矿化度较高、pH 值也较高的浅湖—半深湖相环境;深蜂孔、饰边、长瘤或隆脊壳饰的介形类生活于深湖—半深湖相环境;浅蜂孔、网状、细纹、细脊壳饰的介形类主要生活于滨浅湖相环境。三角形、长方形壳形的介形类生活于深湖—半深湖相环境;低梯形、五边形壳形的介形类部分种类生活的环境为深湖相环境,另外一些种类生活于半深湖—浅湖相环境;高梯形壳形的介形类一般适宜的环境为浅湖相环境;椭圆形壳形的介形类基本生活于滨浅湖相环境;肾形壳形的介形类一般生活于浅湖—半深湖相环境。青山口组一段的介形类群以适应深湖—半深湖相的具饰边壳饰、低五边形壳形的介形类为主;青山口组二、三段介形类的壳饰与壳形类型虽然丰富多样,但与湖泊沉积环境变化也具有很好的对应关系;姚家组介形类的壳饰均以适应浅水相环境的浅蜂孔、细脊壳饰为主,壳形以椭圆形占绝对优势为特征,后期随着湖泊水深增大,出现了少量反映较深水相环境的深蜂孔壳饰与三角形和长方形壳形类型;嫩江组一段介形类的壳饰类型较少,以深蜂孔与浅蜂孔类型为主,壳形类型相对较多,椭圆形、长肾形、长方形、三角形、低梯形类型均有一定含量。

关键词:松辽盆地;介形类壳饰与壳形;青山口组;姚家组;嫩江组一段

中图分类号:P534.53;Q915.819+.6 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2014)01-0135-13

1 前 言

介形类的壳饰是指介形类壳面上的各种纹饰构造,介形类的壳饰与其生活的环境有很好的对应关系^[1]。如在深水环境生活的介形类具刺、瘤、侧翼等壳饰,空心的刺、瘤、侧翼的发育可增加壳体表面积,减小壳体密度,防止介形类壳体因密度过大而陷入淤泥中^[2,3];再比如介形类壳面上的蜂孔不仅可以减轻壳体重量、还可保持其强度,以便适应较深水—深水压力^[4]。

介形类的生活方式不同,其壳形也存在差异。

游泳类型的壳高与壳长大致相等,底栖爬行类型的腹面平坦,钻泥类型的壳体细长、壳面光滑,生活在沙粒间的种类则壳体小、粗短^[5]。介形类的壳形与其生活的水体深度也有关系,如贝加尔湖深水区和抚仙湖水深 50~150 m 的介形类以侧视近梯形、左瓣在背缘强烈叠覆右瓣为特征,*Candona* 现生种 *Candona dorsoconcava* 也是如此^[6,7]。

松辽盆地青山口组—嫩江组一段含有丰富的介形类化石,其壳饰与壳形类型多样,以往对具瘤、刺、蜂孔壳饰类型与环境的关系进行了初步探讨^[8,4],但对其他壳饰及壳形类型与环境关系尚未开展研

收稿日期:2013-05-16;改回日期:2013-09-17

作者简介:张智礼,男,1965年生,博士,主要从事地层古生物、古生态与沉积相方面的研究;E-mail:zhangzl.syky@sinopec.com。

究。张智礼(2006)^[9]、张智礼等(2007)^[10]和 Zhang et al.(2007)^[11]分别建立了松辽盆地青山口组(图1)、姚家组—嫩江组一段(图2)岩心地质综合剖面,编制了主要产出种的地层分布延限图;同时选择泥岩颜色、岩石类型、自生矿物、岩石结构、层理构造、岩相序列、化石(介形类、叶肢介、双壳类、腹足类、植物等化石等)等指标,在岩心地质综合剖面上识别出湖泊和三角洲相沉积体系,并进一步查明了浅湖亚相(包括泥坪、砂泥坪、砂坪、介壳灰岩共4种微相)、半深湖—深湖亚相和三角洲前缘亚相(包括河口坝与远砂坝共2种微相)(图1~2)。介形类微小的钙质薄壳易受波浪、潮流等机械搬运作用而破碎,本次研究涉及的介形类种类丰富,主要产自浅灰色至黑色生物灰岩、泥灰岩、泥岩与粉砂岩,保存完整,大小混生,绝大多数应属原地埋葬。通过分析岩心地质综合剖面上不同介形类壳饰与壳形类型的围岩环境,对研究层位12种壳饰类型与9种壳形类型的介形类可能生活的环境及其垂向变化特征进行了探讨。

2 介形类不同壳饰类型与环境对应关系

本次研究在对研究层位介形类常见种的壳饰类型划分的基础上,进一步分析探讨了这些壳饰类型与环境的对应关系。

2.1 刺状壳饰

所谓刺状壳饰是指壳面突出的细而尖的刺^[12],其功能是增加壳体表面积,减小壳体密度,防止因介形类壳体密度过大而陷入淤泥中^[4]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中具刺类型的较少,仅有 *Cypridea spiniferus*(图3),分布于嫩江组一段萨一油层组、萨二油层组夹层(简称S1/S2夹层)中的深湖—半深湖相黑色泥页岩中,其丰度、分异度偏低、个体大小中等(图2,3)。说明具这种壳饰类型的介形类适宜生活于深水环境。

2.2 瘤状壳饰

瘤状壳饰是指壳面上短而粗的突起^[12],一般认为瘤状壳饰的发育强度与环境因素(比如水体的矿化度等)密切相关^[4-5],其作用是增加壳体的平衡稳

定性,以便适应较深水环境生活^[1]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中具瘤的介形类主要存在于高四油层组(简称G4组)中,有3属12种:*Cypridea dekhoinensis*, *C. perissospinosa*, *C. gibbosa*, *C. bistyloformis*, *C. adumbrata*, *C. aff. adumbrata*, *C. lirata*, *C. tuberculata*, *C. echinata*, *Limnocypridea copiosa*, *Triangulicypris trinoderis*, *T. virgata*等,多数分布于浅湖相的灰、灰白色生物灰岩中,少量分布于深湖—半深湖相黑色泥岩及浅湖相灰色泥岩与泥灰岩中(图1,4)。G4组生物灰岩发育、质纯、陆源碎屑少,并可见有白云岩层,介形类化石壳内充填物为亮晶方解石或镁方解石^①。说明这种壳饰类型的介形类生活的环境为浅湖—半深湖相环境,水体盐度为微咸水(也可半咸水),水质清、矿化度较高、pH值也较高(白云石形成时水的pH值要达到9~10)^[14]。从该层位地层中所含介形类化石数量多,每100 g生物灰岩中含化石100~1000个,且分异度高,每块样品有3~7种充分说明了这种环境条件非常适合介形类生长(图1)。

此外,在青一段上部深湖—半深湖相黑色泥岩中也存在少量具瘤类型的介形类,属种仅有 *Cypridea adumbrata*, *C. aff. adumbrata*, *C. bistyloformis*, *Limnocypridea copiosa*(图1,4),数量也很少。这些属种在后来的G4组沉积时期均得以发展和繁盛。

以上分析说明,具有这种壳饰类型的介形类生活的最佳环境为水质清、矿化度较高、pH值也较高的浅湖—半深湖相环境。

2.3 深蜂孔壳饰

介形类壳面上具有的密集的圆形小坑被称为蜂孔^[12],其直径一般为20~30 μm,其中坑较深、脊较窄的为深蜂孔^[4]。蜂孔的形成与发育情况目前尚无人进行过系统研究,但一些研究者对蜂孔等壳饰的形成发表过意见。侯祐堂等(1980,2002)^[3,15]认为,介形类的壳饰与遗传有关,属种不同,壳饰不同。壳饰的类型由遗传控制,而壳饰的强度由环境(水体离子浓度)控制。据 Carbonel 等(1988)^[16]观察, Arcachon 湾靠岸部分在低水位期离子浓度高,这时的 *Cyprideis* 壳面网饰明显;洪水期离子浓度

①王衡鉴. 太康湖湾沉积特征, 1978: 1-43.

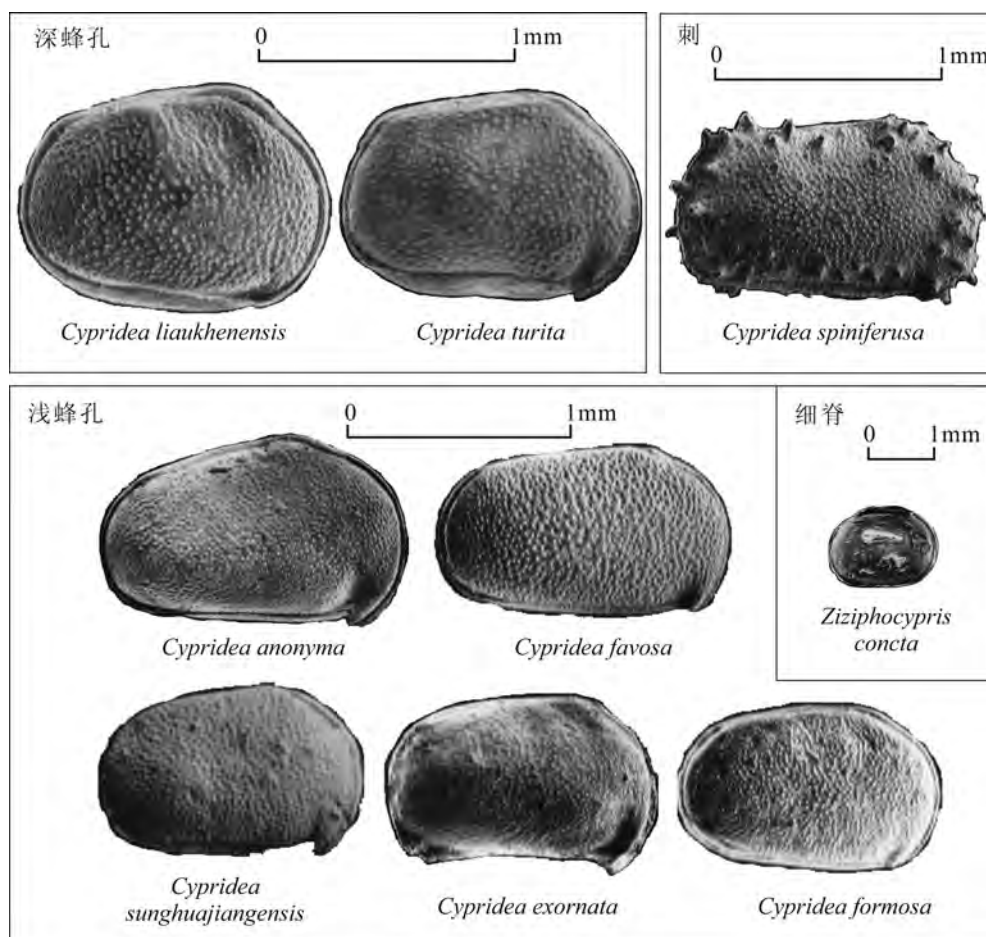


图3 松辽盆地姚家组—嫩江组一段介形类壳饰类型

Fig.3 Types of shell ornament of ostracods from the Yaojia Formation to 1st Member of the Nenjiang Formation in Songliao Basin

低, *Cyprideis* 壳面网饰不明显。叶得泉等(2002)^[4]通过对松辽盆地具蜂孔类型的介形类研究认为,蜂孔的发育与介形类所在水体深度有关,因为蜂孔的存在可使介形类壳体减轻重量并保持强度,使其适应深水淤泥质湖底生活。

松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中具深蜂孔的属种主要分布于深湖或半深湖相的黑色泥岩以及生物灰岩和泥灰岩中(图2)。如嫩江组一段S1/S2夹层中的 *Cypridea squalida*, *C. turita* 等, 萨零油层组、嫩江组二段夹层(简称N2/S0夹层)中的 *Cypridea liaukhenensis* 等(图3)。此外,具刺和瘤的介形类的蜂孔一般都比较发育,如青一段和G4组中 *Cypridea*、*Limnocypridea* 的具瘤类型的蜂孔发育都很好(图4)。

综上所述,松辽盆地青山口组一段和嫩江组一段具深蜂孔壳饰的介形类主要生活于深湖—半深湖相环境中。

2.4 浅蜂孔壳饰

浅蜂孔指壳面上凹坑浅,直径一般 $<20\ \mu\text{m}$,坑间的脊宽,有的甚至不明显^[3,4,17]。叶得泉等(2002)^[4]认为,具浅蜂孔的介形类适应近岸浅水生活,因其蜂孔浅、孔间脊宽可以耐磨损。松辽盆地青山口组—嫩江组一段中具浅蜂孔壳饰的介形类主要分布于青山口组顶部、姚家组和萨零油层组(简称S0组)中(图1~4)。分布于S0组滨、浅湖相灰、灰绿色泥岩与鲕粒灰岩中的有 *Cypridea gunsulinensis* 等,分布于青山口组顶部滨、浅湖相灰绿、灰、红色泥岩与钙质泥岩中的主要有 *Cypridea panda* (图4), *C.*

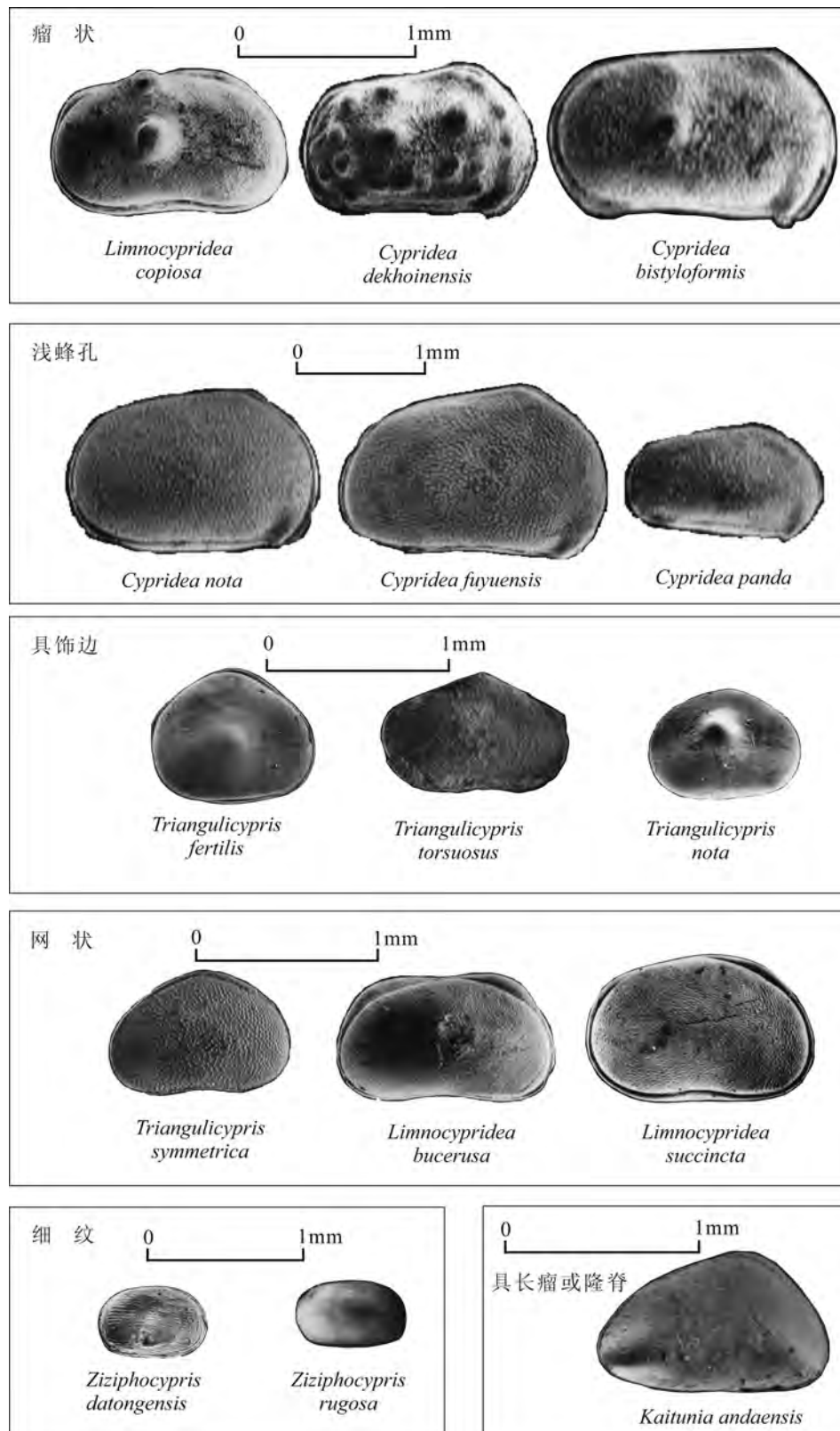


图4 松辽盆地青山口组介形类壳饰类型

Fig.4 Types of shell ornament of ostracods from the Qingshankou Formation in Songliao Basin

*complanata*等,分布于姚家组浅湖相灰黑色、灰绿色、红色泥岩与砂岩互层中的有 *Cypridea favosa*, *C. formosa*等(图2~3)。

上述不同层位的浅蜂孔类型赋存的围岩环境均为滨浅湖相环境,说明松辽盆地青山口组—嫩江组一段具浅蜂孔壳饰类型的介形类生活的环境也应为滨浅湖相环境。

2.5 网状壳饰

指壳面上具多边形网,直径一般为 $40\ \mu\text{m}$ ^[3],具这种壳饰类型的介形类在松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中主要见于 *Limnocypridea* 和部分 *Triangulicypris* 中(图1,4)。其中网纹明显的(深网)是分布于高二油层组(简称G2组)的浅湖—半深相灰、黑色泥岩、生物灰岩中侧视呈低梯形、背缘叠覆明显的 *Limnocypridea bucerusa*(图1,4)。网纹发育差(浅网)、侧视呈高梯形、背缘叠覆明显的是分布于浅湖相灰黑色泥岩、生物灰岩和钙质粉沙岩中的 *Limnocypridea inflata* 及与其共生的 *Limnocypridea succincta*(图3),后者个体数量比前者要少。壳面具细网的是分布于高一油层组(简称G1组)浅湖相生物灰岩、鲕粒灰岩以及灰、灰黑色泥岩和钙质粉沙岩中的 *Triangulicypris symmetrica*(图1,4),仅有模糊不清的细网纹的是分布于高零油层组(简称G0组)下部滨浅湖相灰、灰绿、红色泥岩中的 *Triangulicypris vestilus*。

松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中还有以下几种壳饰类型的介形类,但涉及介形类的种类及个体数量都较少,因此只做简要分析。

饰边是指从壳瓣中伸出的镶边^[12],具有饰边的介形类适应深水生活,其作用是为了在淤泥中起支撑作用^[5]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段具饰边的类型有 *Triangulicypris torsuosus*等(图4)。

长瘤或隆脊是指壳面突起长形的瘤或脊^[12],松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中所见的 *Kaitunia andaensis* 为腹部两侧具长瘤,而腹面宽平的类型(图4)。侯祐堂等^[3]、何俊德^[2]研究认为腹面宽平适应泥底爬行,其生活环境应为较深水低能环境。

细纹是指壳面上具细条纹^[3],其作用是增加壳体强度^[18]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段具此壳饰的有 *Ziziphocypris rugosa*等,其生活环境可能为

较浅水相环境(图1,4)。

细脊是指壳面上突起较高的短而细的条纹或板状^[4],其作用是加固壳体,保持平衡^[18]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段具此壳饰的有 *Ziziphocypris concta*,其生活的环境应该是浅水相环境(图1,3)。

除各种具壳饰的介形类类型外,壳面光滑的介形类种类也很多,而且生活环境广泛。其中生活于滨湖浅水中主要有爬行于泥砂之中的 *Candona cf. daqingensis* 与在湖岸边浅水草丛中游移的 *Mongolocypis cf. infidelis*,两者均保存于姚一段下部红、绿色泥岩中;生活于浅湖中壳面光滑的类型很多,主要种类有 *Lcopterocypris retracilis*, *Lcopterocypris grandis*, *Lcopterocypris subovatus*, *Triangulicypris pumilis*, *Triangulicypris fusiformis*等以及个体较大的 *Mongolocypis tera*, *Mongolocypis infidelis*, *Mongolocypis tabulata*等,共计有几十种;生活于半深湖—深湖中主要有侧视近三角形的 *Advenocypris definite*, *Candona trigona* 与低五边形的 *Triangulicypris torsuosus*等,保存于青一段、嫩一段的黑色泥页岩中(图1~2)。

3 介形类不同壳形类型与环境对应关系

介形类壳形的观察主要为侧视,本文在对研究层位介形类常见种的侧视壳形类型划分的基础上,进一步分析探讨了它们的古生态特征。

(1) 低梯形

该类型侧视呈低梯形,背缘近平或微后倾,前后缘向下倾斜,长高比 >1.5 ,背视呈纺锤形,背缘叠覆明显^[4,12]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中该类型的介形类分布于深湖—浅湖相黑、灰黑色泥岩、生物灰岩中,如G4组的 *Limnocypridea copiosa*, G2组的 *Limnocypridea bucerusa*等(图1,5)。与贝加尔湖、抚仙湖现生的深水型 *Candona* 和渤海湾古近纪 *Candona sagmaformis* 的壳形相似^[6,7,19],其生活的环境应是深湖相—半深湖—浅湖相环境。

(2) 高梯形

该类型侧视呈高梯形,长高比 <1.5 ,背视呈粗纺锤形,背缘强烈叠覆,壳面光滑、壳瓣厚^[4,6]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中该类型介形类主要分布于深湖—半深湖相灰黑、灰色泥岩中(图1),



图5 松辽盆地青山口组介形类壳形类型

Fig.5 Types of shell shape of ostracods from the Qingshankou Formation in Songliao Basin

如高三油层组(简称G3组)上部的 *Cypridea vicina*、*C. suihuaensis*、*Sunliavia tumida* 等(图5)。

(3) 三角形

该类型侧视呈三角形、仅一个背角明显(为最高点),前后端尖(呈锐角)指向斜下方,背视呈细纺锤形、背缘叠覆明显^[4,6]。分布于嫩一段深湖—半深湖相灰黑色泥页岩中的 *Advenocypris definita*、*A. mundulaformis*、*Candona trigon* 等均为这种类型的

介形类(图2,6)。贝加尔湖深水区常见该类型的现生种,分布于渤海湾古近纪深水—较深水相地层中的 *Candona sinensis* 也为该类型^[6],因此该类型介形类生活的环境应为深水—较深水环境。

(4) 椭圆形

该类型侧视呈椭圆形、背视呈纺锤形,前后背角呈弧形弯曲^[3,4]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中具该壳形的介形类属种类型较多,包括

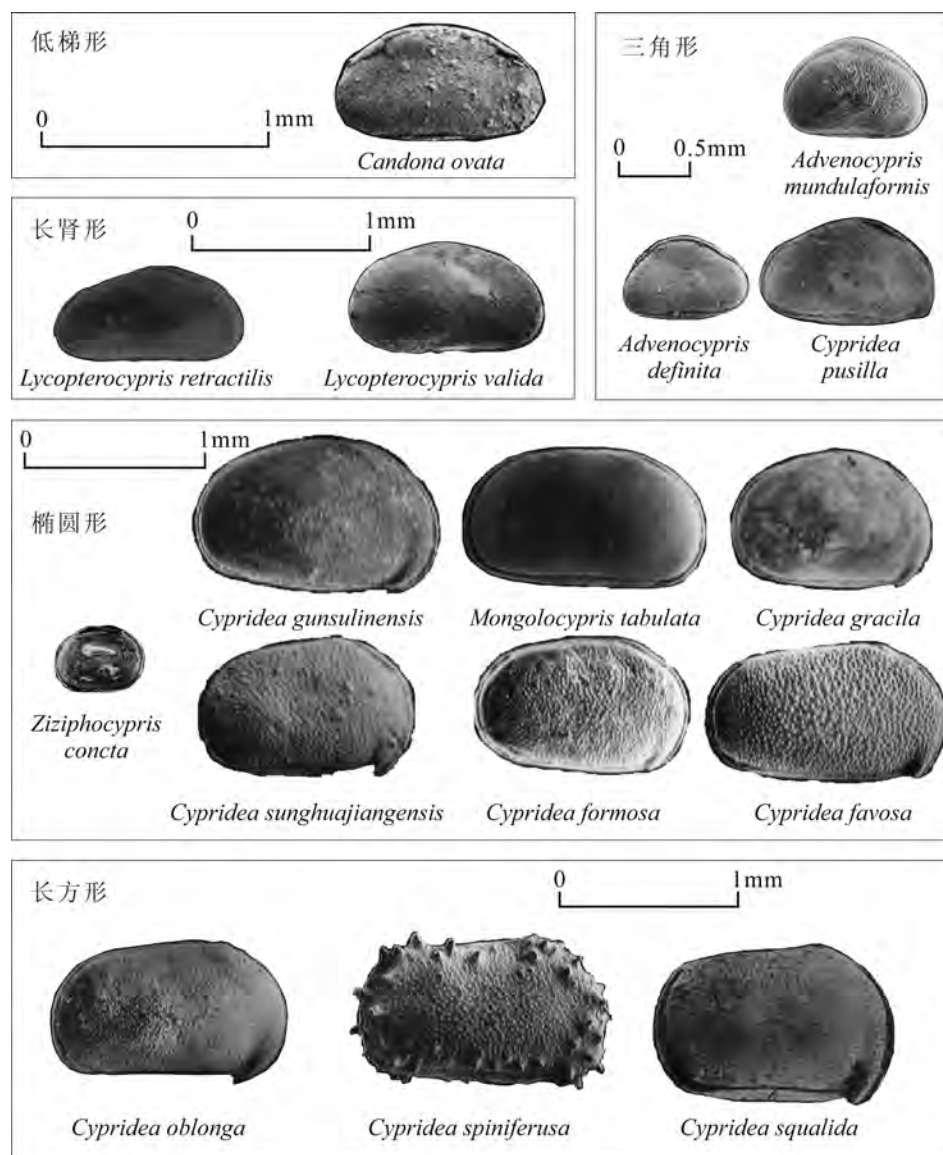


图6 松辽盆地姚家组—嫩江组一段介形类壳形类型

Fig.6 Types of shell shape of ostracods from the Yaojia Formation to 1st Member of the Nenjiang Formation in Songliao Basin

Mongolocypis, *Ziziphocypris* 和 *Cypridea* 的大部分种(图5~6)。该类型介形类主要生活于滨浅湖相环境中,如青山口组上部 *Mongolocypis obscura* 和姚一段下部 *Ziziphocypris concta* 等均见于滨浅湖相红、绿色泥岩中(图1~2,5~6)。在姚二、三段沉积时期繁盛的 *Cypridea favosa*、*C. formosa* 等(图2,6)也都分布于滨浅湖相灰、灰绿、红色泥岩及薄层生物灰岩中。发现于S0组的 *Cypridea. gracila* 等也同样分布于滨浅湖相灰黑、灰绿色泥岩及鲕状灰岩中(图2,6)。但也有少量该类型介形类既可生活于浅

湖环境,也可生活于半深湖—深湖环境,如青二、三段 *Cypridea nota*、S0组 *Cypridea gunsulinensis*。综上所述,该类型介形类生活的环境以滨浅湖为主,少量该类型介形类也可生活于半深湖—深湖环境。

(5)长方形

该类型侧视背、腹缘近于平行,前、后端陡圆状弯曲^[4]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中这种类型的介形类分布于深湖—半深湖相黑、灰黑色泥页岩中,如S1/S2夹层中的 *Cypridea squalida* 和 *C. spiniferusa* 等(图1~2,5~6)。

(6) 肾形

侧视呈肾形,背视呈纺锤形,前后端圆,腹缘凹^[12,4]。长肾形(长高比>1.6)壳形的类型一般营钻泥生活。短肾形(长高比<1.6)壳形的类型一般底栖于沙粒之间^[5]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中常见的该类型的属种有 *Triangulicypris*、*Candona* 的部分种和 *Lycoptero-cypris* 等(图1~2, 5~6)。其中个体短小的种类分布于滨浅湖相灰、灰绿、红色泥岩中,如青山口组顶部的 *Lycoptero-cypris subovatus*、*Triangulicypris pumilis* 等(图1,5)。个体大、较长的种类分布于浅湖—半深湖相黑、灰色泥岩、生物灰岩中,如嫩一段S0组与萨零油层组、萨—油层组夹层(简称S0/S1夹层)中的 *Lycoptero-cypris valida*(图2,6),G2组的 *Lycoptero-cypris grandis* 等。上述分析说明该类型的介形类应该生活于浅湖—半深湖相环境。

(7) 五边形

侧视近五边形,两壳瓣近等,前后缘具饰边,有的背缘也具饰边^[4]。松辽盆地青山口组—嫩江组一段地层中仅见 *Triangulicypris* 的部分种,其中青山口组一段 *Triangulicypris torsuosus* 分布于深湖—半深湖相黑色泥、页岩与泥灰岩中(图1,5);G3组的 *Triangulicypris fertilis* 与G4组中具瘤的 *Triangulicypris* 属种等一般见于半深湖—浅湖相生物灰岩和黑、灰色泥岩中(图1)。

以上分析说明,该壳形的介形类部分种类生活于深湖相环境,另外一些种类生活于半深湖—浅湖相环境。

4 不同层位介形类壳饰、壳形类型特征

4.1 青山口组一段

早期:适应深湖—半深湖相环境的具饰边壳饰、低五边形壳形的介形类 *Triangulicypris torsuosus* 等开始产生,其丰度、分异度很低(图1,4,5)。

晚期:或许由于深湖—半深湖相占优势的湖泊长期稳定存在的缘故,或许是湖泊水深与范围略有减小造成沉积环境有一定变化的缘故,该时期除从先前延续下来的适应深湖—半深湖相环境的具饰边壳饰、低五边形壳形的介形类 *Triangulicypris torsuosus* 等继续占优势外,出现了少量适应深湖相与半深湖—浅湖相的具瘤状壳饰、长方形壳形的

Cypridea 和低梯形壳形的 *Limnocypridea* 的一些分子(图1,3,5)。

4.2 青山口组二、三段

早期:对应于G4组沉积时期,该时期以半深湖—浅湖相环境为主^[20],适应这种半深湖—浅湖相环境的具瘤状壳饰、长方形壳形的介形类大量繁盛(图1,4,5)。该时期为介形类的繁盛期,种数达18个,其中具瘤的就有14种,仅 *Cypridea* 就达9种。该层位介形类丰度值很高,垂向上增加很明显,但其分异度却呈现出减小的趋势,并且先前具低五边形壳形的介形类此时数量也已经很少(图1)。

中期:对应于G3组到G2组下部沉积时期,该时期沉积环境以较深水(深湖—半深湖相)环境为主(图1)。为适应这种变化,此时大量出现了适应深湖—半深湖相环境的具饰边壳饰、高梯形、低五边形和低梯形壳形的 *Cypridea*、*Limnocypridea*、*Triangulicypris* 为主的介形类群(图1,4,5)。该时期介形类壳饰、壳形类型多样,丰度仍很高,但分异度略有下降,一般只有2~4种(图1)。

晚期:对应于G2组上部到G1组沉积时期,湖泊变浅^[19],沉积环境转变为以浅湖泥坪与介壳灰岩相环境为主(图1)。为适应环境变化,介形类壳饰、壳形类型也有了新的变化,壳饰以适应浅水相的浅蜂孔和细网状壳饰类型为主,壳形以椭圆形、肾形壳形类型为主(图1,4,5),介形类丰度依然较高,但分异度有所减小(图1)。

末期:对应于G0组沉积时期,湖泊水深继续变浅^[20]。与环境相对应的介形类的壳饰与壳形类型也发生了很大变化,壳饰以光滑类型占绝对优势,壳形以适应滨浅水环境的椭圆形与短肾形为主,壳饰、壳形类型单调,丰度与分异度均较低,并呈现不断减小的变化趋势(图1,4,5)。

4.3 姚家组

早期:对应于姚家组一段沉积时期,为湖泊范围最小、水深最浅时期^[21],虽然在姚一段沉积最晚期曾有过一次水体加深过程^[22],但总体上看,姚一段时期应该为湖泊范围最小、水深最浅时期。与此对应的介形类壳饰以适应滨浅湖相环境的细脊和浅蜂孔类型,壳形以适应滨浅湖相环境的椭圆形类型占绝对优势,并有少量长肾形壳形类型(图2,3,6)。总之其壳饰、壳形类型均比较单调,介形类群

的丰度、分异度也都较低(图2)。

晚期:对应于姚家组二、三段沉积时期,湖泊范围与水深应该有所增大或者至少保持了姚一段最晚期时的水深与范围,并且该时期湖泊水深与范围分布也较稳定。介形类的壳饰虽然仍以反映浅水相环境的浅蜂孔类型为主,但出现了少量反映水深较大的深蜂孔壳饰类型。同样,壳形类型虽仍以反映浅水相环境的椭圆形壳形为主,但也出现了少量反映深湖一半深湖环境的三角形与长方形壳形类型。介形类的丰度和分异度较先前明显增大,但其壳饰、壳形类型依然比较单调(图2,3,6)。

4.4 嫩江组一段

早期:对应于S1/S2夹层沉积时期,该时期湖泊以深湖一半深湖相环境为主,相应的介形类的壳饰以适应较深水相环境的深蜂孔与刺状壳饰类型为主。介形类的壳形也以反映深湖一半深湖相环境的三角形与长方形壳形为主,反映较浅水的椭圆形壳形的介形类则退居次要地位(图2,3,6)。介形类丰度较先前大幅度降低,但分异度反而略有增加,一般为3~4种(图2)。

中期:对应于萨—油层组(简称S1组)、S0/S1夹层、S0组沉积时期,该时期湖泊水深变化频繁,但总体上是以浅湖相环境为主。介形类壳饰以反映浅水相环境的浅蜂孔类型为主,伴有少量深蜂孔壳饰。壳形也以反映浅水相环境的椭圆形与长肾形类型为主,伴有少量长方形与三角形分子(图2,3,6)。介形类的丰度和分异度中等大小(图2)。

晚期:对应于嫩二段与萨零油层组夹层(简称N2/S0夹层)沉积时期,湖泊水体变深,以深湖一半深湖环境为主。介形类壳饰以反映水深较大的深蜂孔类型为主,壳形也以反映水深较大的低梯形与三角形类型为主(图2,3,6)。介形类群的丰度和分异度此时都变得很低(图2)。

5 结 论

松辽盆地晚白垩世刺状壳饰的介形类生活的最佳环境为深湖一半深湖相占优势的环境;瘤状壳饰的介形类生活的最佳环境为水质清、矿化度较高、pH值也较高的浅湖一半深湖相环境;深蜂孔、饰边、长瘤或隆脊壳饰的介形类生活的环境为深湖一半深湖相环境;浅蜂孔、网状、细纹、细脊壳饰的

介形类生活的环境主要为滨浅湖相环境。三角形、高梯形、长方形壳形的介形类生活的环境为深湖一半深湖相环境;低梯形、五边形壳形的介形类的一些种类生活的环境为深湖相环境,一些种类生活的环境为半深湖—浅湖相环境;椭圆形、肾形壳形的介形类生活的环境一般应为浅湖一半深湖相环境。

从松辽盆地晚白垩世介形类壳饰、壳形组合面貌看,虽然不同时期介形类壳饰、壳形面貌存在不同程度的差异,但均与湖泊沉积环境变化具有很好的对应关系。

参考文献 (References):

- [1] Kilenyi T I. Transient and balanced genetic polymorphism as an explanation of variable nodding in the Ostracode *Cyprideis torosa*[J]. *Micropaleontology*, 1972, 18 (1): 47–62.
- [2] 何俊德. 广西南宁盆地第三纪介形类动物群[J]. 中国科学院南京地质古生物研究所刊, 1981, 3: 211–240.
He Junde. Early Tertiary ostracods from the Nanning Basin in Guangxi[J]. *Bulletin of Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica*, 1981, 3: 211–240(in Chinese with English abstract).
- [3] 侯祐堂, 勾韵娴, 陈德琼. 中国的介形类化石(第一卷)Cypridaece和Darwinulidaceae[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1–108.
Hou Yutang, Gou Yunxian, Chen Deqiong. Fossil Ostracoda of China (Vol. 1): Superfamilies Cypridaece and Darwinulidaceae[M]. Beijing: Science Press, 2002: 1–108(in Chinese with English abstract).
- [4] 叶得泉, 黄清华, 张莹, 等. 松辽盆地白垩系介形类生物地层学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 11–144.
Ye Dequan, Huang Qinghua, Zhang Ying, et al. Cretaceous ostracoda biostratigraphy in Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2002: 11–144(in Chinese with English abstract).
- [5] 张永铭, 刘冠邦, 边立曾, 等. 古生物学[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 196–208.
Zhang Yonglu, Liu Guanbang, Bian Liceng, et al. *Palaeontology*[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988: 196–208(in Chinese).
- [6] 蔡治国, 郑国光, 崔占堂, 等. 冀中油气区第三纪地层及微体古生物群[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 354–375.
Cai Zhiguo, Zheng Guoguang, Cui Zhantang, et al. Tertiary Stratigraphy and Micropalaeontology of the Central Hebei Petroliferous Area[M]. Beijing: Science Press, 1998: 354–375(in Chinese with English abstract).
- [7] 姚益民, 梁鸿德, 蔡治国, 等. 渤海湾盆地油气区分册[C]//中国油气区第三系(IV). 北京: 石油工业出版社, 1994: 21–144.

- Yao Yimin, Liang Hongde, Cai Zhiguo, et al. The series of Bohai Gulf Basin[C]/Tertiary in Petroliferous Regions of China(IV). Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 21-144(in Chinese).
- [8] 高瑞祺, 张莹, 崔同翠. 松辽盆地白垩纪石油地层[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 1-136, 235-263.
- Gao Ruiqi, Zhang Ying, Cui Tongcui. Cretaceous oil and Gas Strata of Songliao Basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 111-135, 235-268(in Chinese with English abstract).
- [9] 张智礼. 松辽盆地晚白垩世姚家组介形类生物地层研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006, 36(增刊): 199-204.
- Zhang Zhili. The study of Ostracoda biostratigraphy of Late Cretaceous Yaojia Formation in Songliao Basin[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2006, 36(Supp.): 199-204(in Chinese with English abstract).
- [10] 张智礼, 刘振文, 张民, 等. 松辽盆地上白垩统嫩江组一段介形类生物地层研究[J]. 古生物学报, 2007, 46(2): 257-266.
- Zhang Zhili, Liu Zhenwen, Zhang Min, et al. A study of Ostracod biostratigraphy of Late Cretaceous 1st Member of the Nenjiang Formation in Songliao Basin[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2007, 46(2): 257-266(in Chinese with English abstract).
- [11] Zhang Zhili, Liu Zhenwen, Wang Baichang, et al. Ostracod biostratigraphy of the Late Cretaceous Qingshankou Formation in the Songliao Basin[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 8(5): 727-738.
- [12] 郝治纯, 茅绍智. 微体古生物学教程(第二版)[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1993: 44-67.
- Hao Yichun, Mao Shaozhi. The Tutorial of Micropaleontology (2nd)[M]. Beijing: China University of Geosciences Press, 1993: 44-67(in Chinese with English abstract).
- [13] 勾韵娴, 彭金兰. 青藏高原若尔盖盆地更新世介形类瘤饰探讨[J]. 微体古生物学报, 2011, 28(1): 7-21.
- Gou Yunxian, Peng Jinlan. On the nodal ornamentation of Pleistocene ostracoda from the Zoige Basin, Eastern Qinhai-Xizang(Tibetan) Plateau[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2011, 28(1): 7-21(in Chinese with English abstract).
- [14] 黄杏珍, 邵宏舜, 闫存凤, 等. 泌阳凹陷下第三系湖相白云岩形成条件[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 207-213.
- Huang Xingzhen, Shao Hongshun, Yan Cunfeng, et al. Sedimentary condition of lacustrine dolomite in the Lower Tertiary Biyang depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(2): 207-213.
- [15] 候祐堂, 杨恒仁. 中国中、新生代介形类特征及其生活环境的探讨[J]. 石油学报, 1980, 1(1): 21-30.
- Hou Yutang, Yang Hengren. A study of the Mesozoic and Cenozoic ostracode faunas of China with special reference to their ecological aspects[J]. Acta Petroleum Sinica, 1980, 1(1): 21-30(in Chinese with English abstract).
- [16] Carbonel P. Ostracodes and transition between fresh and saline water[C]/Deckker D P, et al, (ed.). Ostracoda in the Earth Sciences, London: Elsevier, 1988: 157-173.
- [17] 叶得泉. 松辽盆地明水组二段介形类化石组合特征及其时代[C]/微体古生物学论文选集. 北京: 科学出版社, 1985: 131-135.
- Ye Dequan. Ostracod assemblage characteristics and age of the 2nd Member of Mingshui Formation from Songliao Basin[C]/Collected Papers on Micropalaeontology. Beijing: Science Press, 1985: 131-135(in Chinese).
- [18] Dodd J R, Stanton R J. Paleocology: Concepts and Applications[M]. New York: John Wiley and Sons, 1981: 1-559.
- [19] 石油化学工业部石油勘探开发规划研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所. 渤海沿岸地区早第三纪介形类[M]. 北京: 科学出版社, 1978: 1-43.
- Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica. Early Tertiary Ostracode Fauna from the Coastal Region of Bohai[M]. Beijing: Science Press, 1978: 1-43(in Chinese with English abstract).
- [20] 大庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷二)大庆、吉林油田(上册)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 115-116, 276-302.
- Compilation Team of the Petroleum Geology of the Daqing Oilfield. The China records of petroleum geology (No.2) Daqing and Jinlin oilfield(Part 1)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 115-116, 276-302(in Chinese).
- [21] 高瑞祺, 乔秀云, 何承全. 松辽盆地白垩纪非海相沟鞭藻、绿藻及疑源类[M]. 南京: 南京大学出版社, 1992: 17-56.
- Gao Ruiqi, Qiao Xiuyun, He Chengquan. Cretaceous Non-marine Dinoflagellate, Green Algae and Acritarchs from the Songliao Basin[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 1992: 17-56(in Chinese with English abstract).
- [22] 程日辉, 王国栋, 王璞珺, 等. 松科1井南孔白垩系姚家组沉积序列精细描述: 岩石地层、沉积相与旋回地层[J]. 地学前缘, 2009, 16(2): 272-287.
- Cheng Rihui, Wang Guodong, Wang Pujun, et al. Description of Cretaceous sedimentary sequence of the Yaojia Formation recovered by CCSD-SK-Ñs borehole in Songliao Basin: Lithostratigraphy, sedimentary facies and cyclic stratigraphy[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(2): 272-287.

An analysis of the relationship between types of ostracoda shell ornaments and shell shapes and the environment from Late Cretaceous Qingshankou Formation to 1st Member of Nenjiang Formation in Songliao Basin

ZHANG Zhi-li¹, CAI Xi-yao¹, ZHANG Ming², LI Jing-chang¹, ZHANG Ying²

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China*; 2. *Limited Liability Company in Daqing Oil Field Exploration and Development Research Institute, Daqing 163712, Heilongjiang, China*)

Abstract: Based on classification of shell ornaments and shapes of ostracods from the Qingshankou Formation to the 1st Member of the Nenjiang Formation in Songliao Basin, the authors studied the possible living environment of ostracods and variation characteristics of 12 types of ostracoda shell ornaments and 9 types of ostracoda shell shapes in the above strata. Studies show that, in the Late Cretaceous in Songliao Basin, ostracods with spinalis ornament were adapted to a deep or semi-deep lake; the species with nubble ornament preferred to live in clean, high pH value and high mineralized semi-deep or deep lakes, the species with deep alveoli, ornamental edge, long nubble or hunch were concentrated in deep or semi-deep lakes, and those with shallow alveoli, reticulation, veins, narrow hunch lived in the shore or shallow lake. It has also been found that the species with a triangular or rectangular shell were abundant in a deep or semi-deep lake; those with low trapezia or pentagonal shells lived in a deep, semi-deep or shallow lake, those with high trapezia shells lived in shallow water, those with ovoid shells lived in a shallow or shore lake, and those with reniform shells lived in a semi-deep or shallow lake. The ostracods in the 1st Member of Qingshankou Formation are dominated by individuals with ornamental edge and pentagon shells. Although shell ornaments and shapes of ostracods are varied in the 2nd and 3rd Members of Qingshankou Formation, they keep a corresponding relationship with the change of depositional environment in the lake. The ostracods in the Yaojia Formation are dominated by individuals with shallow alveoli and vein ornaments and ovoid shells, but a few individuals with deep alveoli ornaments and triangular and rectangular shells appear in the upper Yaojia Formation with the increasing depth of the lake. Although very few types of ostracoda ornaments are known in the 1st Member of Nenjiang Formation and dominated by deep and shallow alveoli ornaments, comparatively varied types of shell shapes are present in this member, such as ovoid, long reniform, rectangular, triangular and trapezia shells.

Key words: Songliao Basin; ostracoda shell ornaments and shapes; Qingshankou Formation; Yaojia Formation; 1st Member of Nenjiang Formation

About the first author: ZHANG Zhi-li, male, born in 1965, doctor, mainly engages in the study of stratigraphy and paleontology, paleoecology and sedimentary facies; E-mail: zhangzl.syky@sinopec.com.