

陇东地区延长组疑源类组合特征及其古环境意义

吉利明^{1,2}, 王少飞³, 徐金鲤⁴

1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 兰州油气资源研究中心, 甘肃兰州 730000
2. 中国地质大学研究生院, 湖北武汉 430074
3. 长庆油田公司勘探开发研究院, 陕西西安 710021
4. 胜利油田地质科学研究所, 山东东营 257015

摘要: 为了明确中晚三叠世延长组形成时期鄂尔多斯盆地陆相沉积的属性, 用孢粉分析方法详细研究了陇东西峰油田钻井岩心的微古植物组合, 在主要源岩层——延长组长7段发现了极为丰富的疑源类, 化石丰度高, 但属种单调; 以光面球藻(*Leiosphaeridia*)绝对占优势, 经常出现具刺的微刺藻(*Micrhystridium*)。同时代疑源类, 特别是具刺型疑源类生态分布和组合特征对比分析认为, 陇东地区中晚三叠世主要为淡水湖泊环境。出现的具刺疑源类不仅类型单调, 而且棘刺明显弱化, 推测是个别海生具刺类型在淡水环境中经历长期演化的结果。本地区主要源岩层长7段沉积时期恰好处于湖水淡化过程, 也是最大湖进期, 大规模的湖水补给来源于陆地, 并非海侵。表明中晚三叠世鄂尔多斯盆地已经结束早中三叠世近海湖泊的性质。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 三叠系; 延长组; 疑源类; 古环境。

中图分类号: P531

文章编号: 1000-2383(2006)06-0798-09

收稿日期: 2006-04-28

Acritarch Assemblage in Yanchang Formation in Eastern Gansu Province and Its Environmental Implications

Ji Li-ming^{1,2}, Wang Shao-fei³, Xu Jin-li⁴

1. Lanzhou Research Center for Oil and Gas Resource, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China
2. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China
3. Research Institute of Exploration and Development of Changqing Oilfield Branch, Xi'an 710021, China
4. Geological Sciences Research Institute of Shengli Oilfield, Dongying 257015, China

Abstract: In this paper, the microfossil assemblage from drilling core samples of Xifeng oilfield is discussed with palynologic analytical method, to clarify terrestrial sediment environment of Yanchang Formation in Ordos basin during the Middle and Late Triassic. The research shows abundant acritarchs in the main oil-source rocks, namely in Chang 7 Section of Yanchang Formation. All these acritarchs, highly abundant in fossils, but monotone in species, are dominated absolutely by Leiophaeids acritarchs *Leiosphaeridia*, often associated with acanthomorphic acritarchs *Micrhystridium*. The contrast in the ecological distribution and assemblage between contemporaneous acritarchs, especially acanthomorphic acritarchs, illustrates that the sedimentary surroundings were fresh lacustrine. These acritarchs, not only monotone in species but also conspicuous in echinulate process, suggest that some acanthomorphic marine acritarchs survived long-time evolution in fresh water. The sedimentary environment of Chang 7 Section, the main source rock in the area, turned into the climax of lake transgression, indicating the supply of the large-scale lake water body from rivers instead of from the rise in sea level. These evidences prove that the Early and Middle Triassic paralic and lacustrine features had already been inactive in the Middle and Late Triassic Ordos basin.

Key words: Ordos basin; Triassic; Yanchang Formation; acritarch; paleoenvironment.

基金项目: 2002年度中国科学院“西部之光”人才培养计划项目; 2003年度甘肃省中青年科技基金项目。

作者简介: 吉利明(1963—), 男, 副研究员, 主要从事微体古生物学与石油地质学研究。E-mail: liming_ji@163.com

0 引言

一般认为包括鄂尔多斯盆地在内的我国中西部主要盆地在晚二叠世晚期已经完成由海相或近海相湖盆的海陆交互相向陆相湖盆的转变,但由于在鄂尔多斯盆地北部及东部地区三叠系地层中相继发现了属于海生类型的古生物化石,对本地区三叠纪存在海侵的认识逐渐被地质学界所接受。例如在陕北三叠系发现的属于海生软骨鱼类的弓鲛(*Hybodus*)化石(薛祥煦,1980)和咸水—半咸水的瓣鳃类、介形类(薛祥煦,1980;张抗,1990),在陕北横山中、下三叠统发现的海生鱼化石群(周晓和和刘宪亭,1957),以及盆地东部的铜川地区中三叠统发现的半咸水瓣鳃动物(张抗,1990)。在渭北地区早三叠世沉积中也发现丰富的海相无脊椎动物化石,包括瓣鳃动物、棘皮动物和腕足动物(杨遵仪等,1979;殷鸿福和林和茂,1979)。仔细考察已报道的这些海生化石的地质时代,基本分布于早、中三叠世,个别晚于中三叠世的化石也不能排除其时代确定的出入。显然,鄂尔多斯盆地北部和东部地区早、中三叠世存在海侵沉积的证据是充分的,该阶段鄂尔多斯盆地属于近海湖泊。

近年来,在鄂尔多斯盆地西南部的属于晚三叠世沉积中也发现海生古生物化石,如华池地区华184井上三叠统延长组长3段发现具典型圆形尾的空棘鱼化石(刘冠邦等,1999),该类鱼化石三叠纪一般出现于海相沉积中。又如盆地西南部上三叠统延长组长2、长3及长6段中发现的属于海生浮游藻类的具刺疑源类化石(徐旺等,2003)。因此,有学者提出中晚三叠世鄂尔多斯盆地可能受到海水的侵入,延长组的某些层段可能存在海相沉积,具有近海湖泊的沉积特征。

鄂尔多斯盆地是我国西北地区重要的石油天然气产地之一,延长组又是盆地中生界油气的主要产层与源岩层,对该沉积阶段盆地属性的认识直接影响油气勘探方向与评价方法,因而鄂尔多斯盆地三叠纪古湖泊环境及其与海域的关系成为石油地质学界关注的焦点。

延长组是一套以大型内陆凹陷盆地为背景,以河流和湖泊相为主的陆源碎屑沉积,底部和顶部分别与中三叠统纸坊组、下侏罗统延安组或富县组假整合接触。延长组自下而上按岩性可区分出5个岩性段(T_{3Y1} — T_{3Y5}),自上而下依含油性又可划分为10个油层组(长1—长10)(长庆油田石油地质志编写

组,1992)。本文述及的广义延长组包括下部铜川组和上部狭义延长组。前人依据古植物、鱼类及瓣鳃类化石将二者的时代分别确定为中三叠世晚期和晚三叠世(中国地质科学院地质研究所,1980)。中晚三叠世鄂尔多斯盆地气候温暖潮湿,处于湖盆扩张时期,沉积了巨厚的深湖—半深湖相生油岩系,延长组长8—长7段为最大湖泛时期的暗色泥岩和油页岩沉积。

近年来鄂尔多斯盆地西南部陇东地区发现了西峰大油田,其主要油源是延长组长7段的富有机质沉积(付金华等,2004)。为了探讨烃源岩发育时期的生油藻类与古环境特征,笔者用孢粉分析方法对本地区延长组钻井岩心样品进行了处理,得到丰富的以光球型疑源类(*Leiosphaeridia*)和葡萄藻(*Botryococcus braunii*)为主的藻类化石。本文着重讨论发现于延长组长8—长7段疑源类的古生态环境,以期探索鄂尔多斯盆地中晚三叠世湖泊的属性提供依据。

1 疑源类及其生态分布特征

疑源类(Group Acritarch)最早由Evitt(1963)明确定义,指起源尚不明确、具有有机壁的微小化石的集合类群,认为是单细胞原生生物的囊泡,具有异源和多源的特征。最近的研究发现大多数疑源类是各种海洋单细胞浮游藻类的休眠囊泡,也有一部分可能与各种非海相的藻类囊泡、真菌孢型、蓝藻以及非藻类亲缘的生物体有关。实际上,还有一些多细胞或单细胞集合体的有机壁微体化石也被归入疑源类(Wicander, 2002)。

疑源类广泛分布于前寒武纪和古生代各种海相沉积中,因而在确定该阶段地层年代、进行生物地层对比中具有重要作用。疑源类代表了元古代和古生代海洋的初级生产者,对全球海洋生态系统的进化起着重要作用(Vecoli and Herisse, 2004)。因此,它在区域和全球古生物地理学与古环境研究中也具有重要意义。

1.1 古生代疑源类的生态分布

疑源类的发育程度及形态特征与它们所生存的环境之间有密切的联系。一般认为浅海台地—台缘区疑源类类型最为丰富,而在较深水的海盆区及较浅水的滨岸区疑源类组合的分异度和丰度都很低。在海进旋回疑源类分异度增大,海退或平静的海域疑源类分异度小。深海环境疑源类的外壁较厚,近岸浅海环境的疑源类外壁较薄。单一属种占优势的类

群,可能指示近岸的环境,而种类丰富的组合多聚集在滨海环境中。

Jacobson(1979)研究了肯塔基州、俄亥俄州和纽约州中上奥陶统的疑源类后,将独立的疑源类属种归入不同的形态类型(form-class),然后描绘出这些形态类型在各个剖面的相对丰度和分布,从而勾画出了近岸、浅滩和离岸的位置,并认为 *Leiosphaeridia* 为主的组合代表了一种浅水近岸的海洋环境。

Dorning(1981)识别出了威尔士和英格兰西部志留纪的 3 个疑源类组合,近岸地区的组合以低分异度为特征,主要是具刺的 *Veryhachium* 和 *Micrhystridium* 以及薄壁光面的球形类(*Leiosphaeridia*);离岸的陆棚环境以高分异度和适度丰度的组合为主,且没有出现优势的分类单元;深水环境以低分异度的厚壁球形疑源类组合为主。

Stricanea *et al.* (2004) 定量统计了瑞典哥特兰岛晚志留世近岸—远岸剖面上疑源类化石的分布,发现向水深增大方向具刺疑源类含量不断升高,而球形疑源类含量减少。*Micrhystridium* 和 *Dilatisphaera* 是浅水环境的优势类型。具短刺的 *Micrhystridium* 主要出现在近岸,具长刺和刺体分叉的类型则更多地出现在深水环境。

我国古生代碳酸盐岩台地相沉积中普遍发育包括刺面的 *Micrhystridium*、*Veryhachium*, 粒面的 *Gorgonisphaeridium* 和光面的 *Leiosphaeridia* 为主的疑源类组合,如塔里木盆地中上奥陶统分布的浮游生物群(李军和王悒,1999),是该阶段油气形成的主要母质来源。

具刺的 *Comasphaeridium* 与光面的 *Leiosphaeridia* 也曾同时发现于美国宾夕法尼亚志留系,被认为属于陆相来源的浮游藻类(Johnson, 1985)。

这些研究都指示,在古生代以光面球藻 *Leiosphaeridia* 为主的低分异度疑源类组合一般反映海相近岸浅水环境,具短刺的微刺藻 *Micrhystridium* 也是海相近岸环境的优势分子。

1.2 中生代疑源类的生态分布

中生代由于大陆区域的增加,疑源类在普遍衰退的同时,其生存空间向陆地扩展。通常认为低分异度的疑源类是淡水环境的标志,而化石丰度及分异度都比较丰富的疑源类则与海相沉积或明显的海侵有关,如塔里木盆地早三叠世(曲立范等,1996)和青海南部晚三叠世(冀六祥和王从凤,1990) 分布的疑源类组合。

具刺疑源类也广泛分布于中生代的海相沉积中(Brosius and Bitterli, 1961)。Wall(1965)在记述英国早侏罗世疑源类时指出:*Acanthomorphitae*(*Micrhystridium* 为主)的有利分布环境是内滨半封闭海,而 *Veryhachium* 多分布于开阔海沉积。具有长刺的疑源类,如 *Micrhystridium fragile* 多出现在静水沉积地区;而具短刺的疑源类,如 *Micrhystridium deflandrei* 常出现在动荡环境下的含砂沉积中。因此,具有各种刺状突起的疑源类,通常认为是咸水或半咸水海洋环境下生活的类型。

我国中生界具刺疑源类主要发现于三叠系,尤其在下三叠统的海相或海陆交互地层中。南方区三叠纪与特提斯海关系密切,沉积中一般多见指示海相环境的具刺疑源类,如江苏南部下三叠统发现的极其丰富的疑源类(黄斌,1991);北方陆相沉积中仅见个别属种单调的 *Veryhachium*、*Micrhystridium* 等具刺类型,如塔里木盆地地下三叠统出现的微体化石组合(刘兆生,1999)。

海陆交互地层中,具刺类型经常与其他类型共生,如北祁连区中三叠统以 *Tremasphaeridium* 为主的疑源类组合,不具刺疑源类与具刺海生疑源类互层出现(冀六祥等,2003),反映了明显海侵时期微体化石组合的特征。浙江煤山 P-T 界线过渡层下部出现的疑源类,以 *Leiosphaeridia changxinggenesis-Micrhystridium stellatum* 为组合代表(Ouyang and Ting, 1990)。塔里木盆地早三叠世微体古生物组合中均发现共生的丰富具刺疑源类,包括 *Veryhachium* 和 *Micrhystridium* 等,曲立范等(1996)认为早三叠世盆地距海较近,发生过较大范围的海侵。

以上研究显示,中生代的海生具刺疑源类虽然不及古生代丰富,但仍然具有相当的丰度。以微刺藻 *Micrhystridium* 等为代表,类型相对单调的组合是该阶段陆相海侵层位的标志。

2 延长组疑源类组合及其发育的古环境

2.1 延长组疑源类组合特征

西峰地区钻井岩心分析,在延长组长 8—长 7 段发现丰富的藻类化石,主要产出于西 17 井、西 36 井和西 44 井,由极其丰富的光面球藻(*Leiosphaeridia*)和葡萄藻(*Botryococcus*)组成。化石虽然很

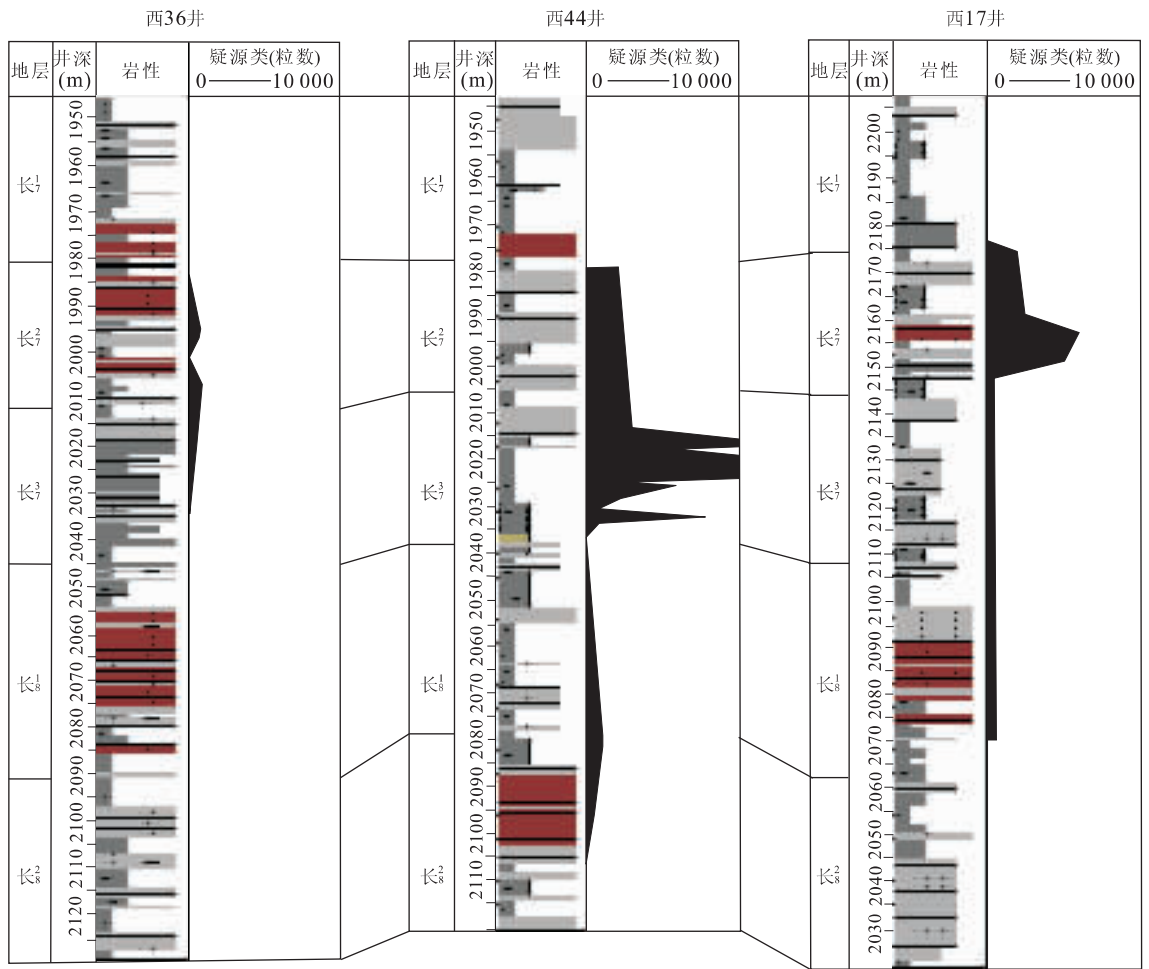


图 1 陇东地区延长组疑源类钻井地层分布

Fig. 1 Distribution of acritarch from well core of Yanchang Formation in eastern Gansu Province

丰富,但分异度很低,属种单调。*Leiosphaeridia* 是组合的绝对优势成分,几乎所有样品都可见及,30%的样品中较为丰富,近 20%的样品极为丰富,主要分布于长₃¹—长₃²段(图 1),荧光镜下可见各种形态的干酪根完全由密集的块状或层状分布的光面球藻组成,分散的藻体成群分布(图 2)。

经常出现的疑源类还有具刺类型的微刺藻(*Micrhystridium*)和毛发球藻(*Comasphaeridium*) (图 3)。尽管该疑源类组合类型单调,但如此高丰度疑源类的大量发现在国内外都较为少见,无论是对研究该类化石在陆相湖泊中的分布与演化,还是对研究本地区乃至我国陆相石油的母质来源都具有重要的意义。

2.2 延长组疑源类古环境对比研究

中生界只有三叠纪疑源类材料较为丰富,世界各地海相早三叠世微古植物群的基本特征是一致的,除含有 *Lundbladispota* 和 *Taeniaesporites* 为

代表的孢粉外,多含有具刺的 *Veryhachium*、*Micrhystridium*、*Wilsonastrum* 和光面的 *Leiosphaeridia* 为主的疑源类,同时伴生海相动物化石。如加拿大、爱尔兰及以色列下三叠统的具刺疑源类(Jasognius, 1962; Visscher, 1971; Esher, 1992)。中晚三叠系疑源类分布相对贫乏,类型单调,如加拿大北群群岛斯维尔德鲁普盆地出现的海陆交互疑源类组合,以 *Tasmanales*、*Nostocopsis*、*Leiosphaeridia* 为主,伴生沟鞭藻类(Mukhopadhyay *et al.*, 1997)。

欧阳舒和李再平(1980)最早在我国云南富源下三叠统卡以头层发现了海相疑源类。其后,程政武等(1983)在鄂尔多斯盆地岐山地区下三叠统岐山组发现了类型单调的疑源类组合,以 *Veryhachium* 为主,伴有少量 *Baltisphaeridium*,同层中产海相双壳类化石,指示滨岸环境;黄嫫(1991)在南京市郊下三叠统青龙组发现的疑源类非常丰富,*Veryhachium*、*Micrhystridium*、*Leiosphaeridia*等同时代各种常见

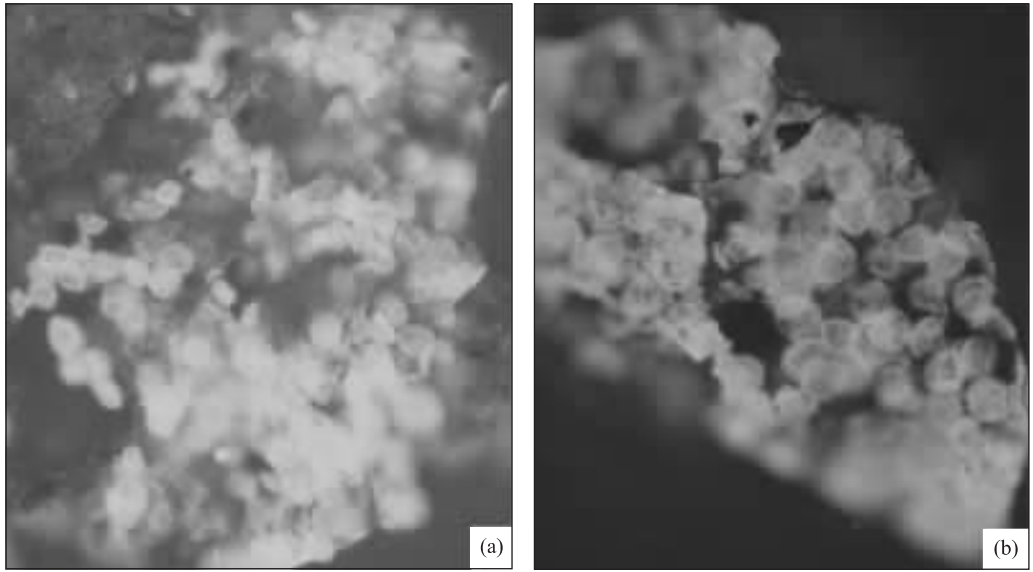


图 2 荧光显示的光球型疑源类(*Leiosphaeridia* spp.)

Fig. 2 Fluorescence image of *Leiosphaeridia* spp.

a. 分散个体, 20—X44, $\times 320$; b. 块状聚合体, 12—X44, $\times 350$

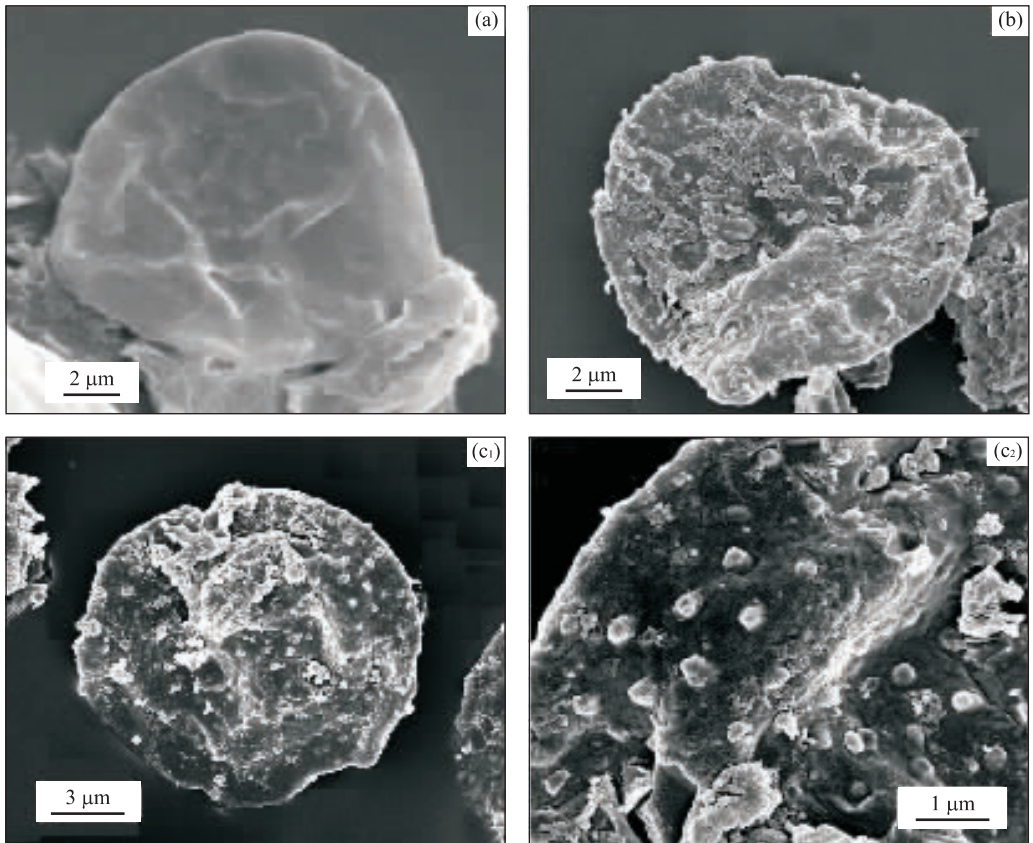


图 3 陇东延长组疑源类主要类型电镜扫描照片

Fig. 3 Scanning photograph of main acritarch types under electron microscope

a. *Leiosphaeridia* sp.; b. *Comasphaeridium* sp.; c. *Micrhystridium* sp.; c₁. 整体, c₂. 局部

类型均有出现, 并含有菊石化石, 为近岸海相环境; 曲立范等(1996)在塔里木盆地北缘、南缘及腹地确

定的早三叠世疑源类组合以具刺 *Veryhachium* 和 *Micrhystridium* 为主,粒面的 *Granodiscus* 和光面的 *Leiosphaeridia* 在部分层位也较为丰富,指示较大范围的海侵。

上述海相或海侵层位的疑源类与陇东地区疑源类组合相比有一定的相似性,都含有丰富的光球型的 *Leiosphaeridia*,也出现有 *Micrhystridium*、*Baltisphaeridium* 等具刺的类型。但差异极为明显,从地质时代来看与海相有关的疑源类主要出现于早三叠世,而本文研究的疑源类组合的时代为中晚三叠世早期。其次,陇东地区疑源类组合在高丰度背景下类型更为单调,以光面球藻占绝对优势,而上述与海相沉积有关的疑源类则含有相当丰富的棒瘤和棘刺类型。

与海相有关的微体组合中均未大量出现葡萄藻,而西峰地区藻类分析中,在近半数样品中见及 *Botryococcus braunii*,少数样品中极为丰富,并且与 *Leiosphaeridia* 同时繁盛于长₃—长₇段。化石葡萄藻常见于第三纪淡水湖泊沉积,现代葡萄藻广泛分布于温带、热带和大陆性气候带的陆地和淡水及微咸水中。研究区中上三叠统大量葡萄藻化石的出现,进一步表征了该层段淡水沉积环境的属性。

此外,与海相有关的组合中一般伴生典型的海生动物化石,而当前组合中未发现任何海相动物化石。因此,陇东地区中晚三叠世可能主要受控于淡水沉积环境。常见的海生具刺疑源类不仅属种繁多,且刺体粗大,其长度可达藻体直径的数倍。而在陇东地区发现的具刺疑源类,不仅类型单调,而且棘刺明显弱化,仅发育微弱的短突起状刺和稀疏的丝毛状刺(图3),它们并不代表海侵或咸化湖泊环境,推测是个别相近的海生具刺类型经历较长期的演化,而适应淡水环境的结果,它们可能来源于早中三叠世该地区残余的北特提斯海,也可能与较早期的海侵相关。

一般认为,海相地层中疑源类化石往往数量多、分异度高,而在非海相沉积中疑源类缺乏或数量稀少,且种类贫乏。陇东地区延长组疑源类组合虽然显示了化石类型单调,分异度低的陆相组合特征,但化石数量极其丰富,说明在淡水湖泊环境也可以发育高丰度的疑源类,这些光球型疑源类的生物来源可能完全不同于海生的类型。

大量研究表明,古代及现代潮湿气候条件的淡水—微咸水湖泊是最富营养型、高生物产率的湖泊,并形成高有机碳含量的沉积物。笔者对延长组孢粉植物群的研究显示,中晚三叠世陇东地区属于温暖

湿润的温带—亚热带暖湿或湿热气候区,因此,当时的古湖泊具备形成优质烃源岩的气候—环境条件,而大量发育的光球型疑源类是本地区中生界原油的重要母质来源。

2.3 鄂尔多斯盆地三叠纪沉积环境

三叠纪我国北方海陆界线沿秦岭断裂带展布,早三叠世海水越过秦岭,侵漫华北地台边缘,形成伸入华北和祁连山地区的海湾,鄂尔多斯盆地当时存在类似的属于古特提斯海的边缘海湾(Yin and Yang, 2000)。早三叠世华北地台与扬子地台在扬子东部地区开始对接,但之间向西开口的古特提斯海仍然较为广阔,中三叠世随着两地块自东向西的逐渐闭合,海域向西退缩,只在盆地以南地区仍有海水的残存。中三叠世晚期至晚三叠世早期二者完全对接,结束了海水对华北地区的影响(赖旭龙等,1995)。

鄂尔多斯盆地三叠纪湖泊含盐度分析也表明,中上三叠统长8—长7段沉积时期恰好处于湖水淡化过程(中国科学院兰州地质研究所,1981),而该阶段也是最大湖进时期,表明大规模的湖水补给来源于陆地降水,而非海侵。早中三叠世鄂尔多斯盆地濒临南部的古特提斯海,受海洋性气候的影响,形成了近海湖泊环境。中晚三叠世盆地不仅完全脱离海水的直接影响,而且印支期强烈的差异性构造活动使盆地区快速沉降,导致大型湖泊的形成,湖泊缺乏与海域的连通,属于逐渐被大气降水冲淡的泻水湖泊。

延长组沉积时期在内的中晚三叠世正处于华北地台与扬子地台的逐渐对接过程,古特提斯海在该阶段的演化直接影响着鄂尔多斯盆地当时的古环境(颜佳新和赵坤,2002)。三叠纪早期阶段,鄂尔多斯盆地南部古特提斯海尚未封闭,与广泛发育具刺疑源类组合的华南海域连通,海侵将具刺疑源类带入盆地南部陆相沉积区,中晚三叠世华北地台与扬子地台完成对接后,海水结束对研究区的影响,该阶段疑源类分异度大大减小,以淡水光球类为主要特征,残余了个别具刺疑源类。

现代湖泊生物群的研究发现,一些与海洋无空间联系的内陆湖泊中也存在通常分布于海水中的生物(Cann and Deckker, 1981),包括有孔虫、海生介形虫、瓣鳃类、腹足类等。这些源自海洋,但已适应内陆环境的生物被称之为“海源陆生生物”(汪品先,1995)。对于鄂尔多斯盆地西南部晚三叠世地层中发现的具刺疑源类以及空棘鱼类,笔者认为均属于“海

源陆生生物”，它们是早期海生类型在湖泊中的残存。有证据表明，目前全球范围内所发现空棘鱼类的海相地层不仅均为中、下三叠统，而且都共生菊石等典型海生无脊椎动物化石，如东格陵兰和北美发现的空棘鱼 (Stensio, 1932; Scheafer and Mangus, 1976)。

西峰地区延长组长 8—长 7 段的各项地球化学指标也反映中晚三叠世本地区为淡水湖泊沉积环境。Sr/Ba 比值经常用来作为区分淡水和咸水沉积的标志，在我国中生代陆相盆地中的应用表明该比值是反映盐度的有效指标 (邓宏文和钱凯, 1993)。陆相淡水沉积中 Sr/Ba 值一般小于 1，海陆过渡相则介于 1~2 之间，海相沉积该比值大于 2。在咸化湖泊环境 Sr/Ba 比值可达到 2.5~15 以上 (史忠生等, 2003)。西峰地区西 30 井长 8—长 7 段 Sr/Ba 比值多分布 0.17~0.43 之间，最高为 0.70，平均值为 0.33 (N=43)。西 44 井长 7 段 Sr/Ba 比值多分布 0.23~0.59 之间，最高为 0.81，平均为 0.39 (N=31)。均指示典型的淡水沉积环境。

伽玛蜡烷是来源于原生动物的五环三萜类生物标志物 (Venkatesan, 1989)，目前研究表明伽玛蜡烷随着水体盐度升高而增加，它的大量出现是膏盐环境的特征标志 (Zhu *et al.*, 2005)，因此成为指示盐度的指标，常用伽玛蜡烷指数 (γ -蜡烷/ $0.5 \cdot C_{31} \alpha^{\beta}$ 藿烷) 来表示 (Peters and Moldowan, 1993)。研究区西 17 井长₇¹—长₇²段伽玛蜡烷指数为 0.26~0.41，长 8 段为 0.26~0.62；西 30 井长₇³段为 0.19~0.31；西 44 井长₇²—长₇³段分布在 0.16~0.35 之间，均代表典型的淡水沉积有机质特征。此外，大量有机地球化学分析显示，本地区长 8—长 7 段普遍缺乏四甲基甾烷及甲藻甾烷类生物标志化合物，而该类标志物一般指示海相或咸化湖泊环境。

综合这些研究结果，笔者认为鄂尔多斯盆地在中三叠世中期之前，可能普遍存在海侵沉积，中三叠世晚期，即延长组长 8 段沉积时期以后盆地整体结束海侵的影响。盆地西南部陇东地区在中上三叠统长 8—长 7 段主要烃源岩发育时期未发生明显的海侵事件，属于典型的陆相淡水湖泊沉积，因此该阶段鄂尔多斯盆地区已脱离早、中三叠世的近海湖盆属性，并且表明内陆淡水湖泊沉积也能够发育富有机质的优质烃源岩。

References

Brosius, M., Bitterli, P., 1961. Middle Triassic hystri-

sphaerids from salt-wells Riburg -15 and -17. *Bull. Ver. Schweizer. Petrol-Geol. Ing.*, 28:33-49.

Cann, J. H., Deckker, P. D., 1981. Fossil Quaternary and living *Foraminifera* from athalassic (non-marine) saline lakes, southern Australia. *Journal of Paleontology*, 55(3):660-670.

Cheng, Z. W., Qu, L. F., Hou J. P., et al., 1983. The *Eumorphotis* bearing "Shihchienfeng Formation" strata in the Qishan County, Shaanxi Province. *Journal of Stratigraphy*, 7(3):161-168 (in Chinese with English abstract).

Deng, H. W., Qian K., 1993. Sediment geochemistry and environment analyse. Gansu Science and Technology Publishing House, Lanzhou, 4-120 (in Chinese).

Dorning, K. J., 1981. Silurian acritarch distribution in the Ludlowian shelf sea of South Wales and the Welsh Borderland. In: Neale, J. W., Brasier, M. D., eds., *Microfossils from recent and fossil shelf seas*. Ellis Horwood Limited, Chichester, 31-36.

Editorial Committee of Petroleum Geology of Changqing Oil Field, 1992. Changqing oilfield. Petroleum geology of China (Vol. 12). Petroleum Industry Press, Beijing, 124-145 (in Chinese).

Esher, Y., 1992. The palynofloral succession and palynological events in the Permian-Triassic boundary interval in Israel. In: Sweet, W. C., Yang, Z. Y., Dickins, J. M., eds., *Permian-Triassic events in the eastern Tethys*. Cambridge University Press, Cambridge, 134-145.

Evitt, W. R., 1963. A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystriospheres, and acritarchs. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 49, 158-164.

Fu, J. H., Luo, A. X., Yu, J., et al., 2004. Geological features of reservoir formation and exploration strategy of Xifeng oilfield. *Acta Petrolei Sinica*, 25(2):24-29 (in Chinese with English abstract).

Geological Institute of the Geological Academy of China, 1980. Mesozoic stratigraphy and paleontology of Shaan-Gan-Ning basin, Vol. 1. Geological Publishing House, Beijing, 2-29 (in Chinese).

Huang, B., 1991. Early Triassic sporopollen and acritarchs in suburbs of Nanjing. *Acta Palaeontologica Sinica*, 30 (4):458-479 (in Chinese with English abstract).

Jacobson, S. R., 1979. Acritarchs as paleoenvironmental indicators in Middle and Upper Ordovician rocks from Kentucky, Ohio and New York. *Journal of Paleontology*, 53(5):1197-1212.

- Jasonius, J., 1962. Palynology of Permian and Triassic sediment, Peace River area, western Canada. *Palaeontographica*, 110(B): 35—98.
- Ji, L. X., Bao, C. Y., Wang, S. L., et al., 2003. Discovery and significance of Middle Triassic Epoch sporopollen in the northern Qilianshan of Qinghai. *Earthquake Research in Plateau*, 15(3): 57—72 (in Chinese with English abstract).
- Ji, L. X., Wang, C. F., 1990. Late Triassic spore-pollen and acritarchs in Jieza Group, southern Qinghai Province. *Experimental Petroleum Geology*, 12(4): 438—447 (in Chinese with English abstract).
- Johnson, N. G., 1985. Early Silurian palynomorphs from the Tuscarora Formation in central Pennsylvania and their paleobotanical and geological significance. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 45(3—4): 307—359.
- Lai, X. L., Yin, H. F., Yang, F. Q., 1995. Reconstruction of the Qinling Triassic paleo-ocean. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 20(6): 648—656 (in Chinese with English abstract).
- Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, 1981. Generation, evolution, and migration of terrestrial oil in China. Gansu People's Publishing House, Lanzhou, 25—66 (in Chinese).
- Li, J., Wang, Y., 1999. Middle-Late Ordovician acritarch assemblages from the Tarim basin, Xinjiang. *Journal of Stratigraphy*, 23(2): 124—129 (in Chinese with English abstract).
- Liu, G. B., Zhu, Z. X., Zhang, X. L., et al., 1999. A coelacanthid fossil from Huachi area, Gansu Province. *Geological Journal of China Universities*, 5(4): 474—480 (in Chinese with English abstract).
- Liu, Z. S., 1999. Triassic palynological assemblages from the northern margin in Tarim basin of Xinjiang, NW China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 38(4): 474—504 (in Chinese with English abstract).
- Mukhopadhyay, P. K., Goodarzi, F., Kruge, M. A., et al., 1997. Comparison of source rock geochemistry of selected rocks from the Schei Point Group and Ringnes Formation, Sverdrup basin, Arctic Canada. *International Journal of Coal Geology*, 34: 225—260.
- Ouyang, S., Li, Z. P., 1980. Micropaleofloras of Kayitou series from Fuyuan in Yunnan and their significance of stratigraphy and paleobotany. In: Late Permian coal-bearing strata and paleontological communities in West Guizhou and East Yunnan. Science Press, Beijing, 123—183 (in Chinese).
- Ouyang, S., Ting, J., 1990. Palynology of Upper Permian and Lower Triassic rocks, Meishan, Changxing County, Zhejiang Province, China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 66(1—2): 65—103.
- Peters, K. E., Moldowan, J. M., 1993. The biomarker guide: Interpreting molecular fossils in petroleum and sediments. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 110—265.
- Qu, L. F., He, Z. S., Dong, K., L., 1996. Discovery of the Lower Triassic acritarchs in Tarim basin. *Acta Geoscientia Sinica*, 17(3): 332—339 (in Chinese with English abstract).
- Scheafer, B., Mangus, M., 1976. A Lower Triassic fish assemblage from British Columbia. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, 156(5): 519—563.
- Shi, Z. S., Chen, K. Y., Shi, J., et al., 2003. Feasibility analyse of the Sr/Ba ratio to determine sediment environment. *Fault-Block Oil and Gas Field*, 10(2): 12—16 (in Chinese).
- Stensio, E. A., 1932. Triassic fishes from East Greenland. *Meddr. Groland, Kobenhavn*, 83(3): 17—74.
- Stricanea, L., Munneke, A., Prossa, J., et al., 2004. Acritarch distribution along an inshore-offshore transect in the Gorstian (lower Ludlow) of Gotland, Sweden. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 130: 195—216.
- Vecoli, M., Herisse, A. L., 2004. Biostratigraphy, taxonomic diversity and patterns of morphological evolution of Ordovician acritarchs (organic-walled microphytoplankton) from the northern Gondwana margin in relation to palaeoclimatic and palaeogeographic changes. *Earth-Science Review*, 67: 267—311.
- Venkatesan, M. I., 1989. Tetrahymanol: Its wide spread occurrence and geochemical significance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53: 3095—3101.
- Visscher, H., 1971. The Permian and Triassic of the Kingscourt outlier, Ireland. *Geol. Spec. Pap.*, 1: 114.
- Wall, D., 1965. Microplankton, pollen and spores from the Lower Jurassic in Britain. *Micropaleontology*, 1: 151—190.
- Wang, P. X., 1995. Talassogenous fauna and “Cenozoic transgressions” in China. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 23(Suppl.): 129—135 (in Chinese with English abstract).
- Wicander, R., 2002. Acritarchs: Proterozoic and Paleozoic enigmatic organic-walled microfossils. In: Hoover, R. B., Levin, G. V., Paepe, R. R., eds., Instruments, methods, and missions for astrobiology IV. Proceedings

- of SPIE, 4495: 331—340.
- Xu, W., Wang, W. Y., Zhang, Q., 2003. Primary discussion on the recent development of the petroleum geological theory in China. *China Petroleum Exploration*, 8(2): 19—33 (in Chinese with English abstract).
- Xue, X. X., 1980. New materials of hyodontidae in Gansu and Shaanxi. *Vertebrate Palasiatica*, 18(1): 9—14 (in Chinese with English abstract).
- Yan, J. X., Zhao, K., 2002. Coupling of the Permian-Triassic paleogeographical, paleoclimatic and paleoceanographical evolution of eastern Tethys and multisphere event of earth surface. *Science in China (Series D)*, 32(9): 752—759 (in Chinese).
- Yang, Z. Y., Yin, H. F., Lin, H. M., 1979. Marine Triassic faunas from Shihchienfeng Group in the northern Weihe River basin, Shaanxi Province. *Acta Palaeontologica Sinica*, 18(5): 465—474 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Lin, H. M., 1979. Triassic marine sediments from northern Shaanxi with note on the age of the Shih-chienfeng Group. *Journal of Stratigraphy*, 3(4): 233—241 (in Chinese with English abstract).
- Yin, H. F., Yang, P. Q., 2000. The Triassic of China and its interregional correlation. In: Permian-Triassic evolution of Tethys and western circum-Pacific. Elsevier, Amsterdam, 197—220.
- Zhang, K., 1990. Relationship between the Ordos basin and sea area from Late Permian to Mid-Jurassic. *Sedimentary Facies and Palaeogeography*, 5: 8—12 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X. H., Liu, X. T., 1957. Fossil fishes from Qilingou in Hengshan area, Shaanxi Province. *Acta Palaeontologica Sinica*, 5(2): 295—305 (in Chinese).
- Zhu, Y. M., Weng, H. X., Su, A. G., et al., 2005. Geochemical characteristics of Tertiary saline lacustrine oils in the western Qaidam basin, Northwest China. *Applied Geochemistry*, 20: 1875—1889.
- 附中中文参考文献**
- 程政武, 曲立范, 侯静鹏, 等, 1983. 陕西岐山产 *Eumorphotis* 的“石干峰组”地层问题. *地层学杂志*, 7(3): 161—168.
- 邓宏文, 钱凯, 1993. 沉积地球化学与环境分析. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 4—120.
- 长庆油田石油地质志编写组, 1992. 长庆油田. 中国石油地质志(卷十二). 北京: 石油工业出版社, 124—145.
- 付金华, 罗安湘, 喻建, 等, 2004. 西峰油田成藏地质特征及勘探方向. *石油学报*, 25(2): 24—29.
- 中国地质科学院地质研究所, 1980. 陕甘宁盆地中生代地层古生物, 上册. 北京: 地质出版社, 2—29.
- 黄缤, 1991. 南京近郊早三叠世孢粉及疑源类. *古生物学报*, 30(4): 458—479.
- 冀六祥, 包存义, 王树林, 等, 2003. 青海北祁连区中三叠世孢粉的发现及其意义. *高原地震*, 15(3): 57—72.
- 冀六祥, 王从凤, 1990. 青海南部晚三叠世结扎群孢粉和疑源类. *石油实验地质*, 12(4): 438—447.
- 赖旭龙, 殷鸿福, 杨逢清, 1995. 秦岭三叠纪古海洋再造. *地球科学——中国地质大学学报*, 20(6): 648—656.
- 中国科学院兰州地质研究所, 1981. 中国陆相油气的形成演化 and 运移. 兰州: 甘肃人民出版社, 25—66.
- 李军, 王怿, 1999. 塔里木盆地中、晚奥陶世疑源类组合. *地层学杂志*, 23(2): 124—129.
- 刘冠邦, 朱兆信, 张兴良, 等, 1999. 记甘肃华池的一件空棘鱼类化石. *高校地质学报*, 5(4): 474—480.
- 刘兆生, 1999. 塔里木盆地北缘三叠纪孢粉组合. *古生物学报*, 38(4): 474—504.
- 欧阳舒, 李再平, 1980. 云南富源卡以头层微体古植物群及其地层和古植物学意义. 见: 黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群. 北京: 科学出版社, 123—183.
- 曲立范, 何卓生, 董凯林, 1996. 塔里木盆地早三叠世疑源类的发现. *地球学报*, 17(3): 332—339.
- 史忠生, 陈开远, 史军, 等, 2003. 运用锶钡比判定沉积环境的可行性分析. *断块油气田*, 10(2): 12—16.
- 汪品先, 1995. “海源陆生化石”与中国新生代“海侵”问题. *同济大学学报(自然科学版)*, 23(增刊): 129—135.
- 徐旺, 王文彦, 张清, 2003. 我国近年来石油地质理论新进展. *中国石油勘探*, 8(2): 19—33.
- 薛祥熙, 1980. 甘肃窑街、陕西安塞弓鲛类化石新材料. *古脊椎动物与古人类*, 18(1): 9—14.
- 颜佳新, 赵坤, 2002. 二叠—三叠纪东特提斯地区古地理、古气候和古海洋演化与地球表层多圈层事件耦合. *中国科学(D)*, 32(9): 752—759.
- 杨遵仪, 殷鸿福, 林和茂, 1979. 陕西渭北石干峰群的海相化石. *古生物学报*, 18(5): 465—474.
- 殷鸿福, 林和茂, 1979. 陕西渭北地区三叠纪海相化石层并论石干峰群的时代. *地层学杂志*, 3(4): 233—241.
- 张抗, 1990. 晚二叠世至中侏罗世鄂尔多斯盆地与海区关系的讨论. *岩相古地理*, 5: 8—12.
- 周晓和, 刘宪亭, 1957. 陕西横山麒麟沟鱼化石. *古生物学报*, 5(2): 295—305.