

塔中地区中晚奥陶世灰泥丘初步研究

吴光红¹ 张宝民¹ 边立曾² 刘静江¹

1 (塔里木石油指挥部勘探研究中心 新疆库尔勒 841000)

2 (南京大学地球科学系 南京 210093)

摘要 塔中地区中晚奥陶世灰泥丘是在古老碳酸盐岩台地逐渐沉没过程中生长发育的。横向上,它向台地高部位层层爬坡,纵向上,为多旋回叠丘。建造灰泥砂丘的生物主要是菌藻类—奥特藻及其相近的属,尚有珊瑚、苔藓虫、层孔虫、海绵等。其岩石类型主要是泥晶凝块格架岩、泥晶凝块障积格架岩、泥晶藻凝块粘结岩。其沉积相可分为丘中心、丘前和丘间三个相带。灰泥丘的演化受控于海进速率同灰泥丘的增长速率及海水深度与浊度。

关键词 灰泥丘 造丘生物 丘相特征 中晚奥陶世 塔中

中图分类号 P588.245 文献标识码 A

Preliminary Study of Carbonate Mud-mounds, Middle-Late Ordovician, Tazhong Area

WU Guang-hong¹ ZHANG Bao-ming¹ BIAN Li-zeng² LIU Jing -jiang¹

1 (Research Center of Exploration, Tarim Petroleum Exploration and Development Headquarters,
Korla, Xingjiang, 841000)

2 (Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, 210093)

Abstract

Carbonate mud-mounds of Middle-Late Ordovician age in Tazhong area grew and developed on an old carbonate platform when it was progressively sinking below the sea level. Those laterally climbed up the slope toward high position of the platform, and vertically are the multiple superimposed mud-mound. The main mud-mound-building organisms are bacterium and algae, such as *Ortonella* and its kind genus. The secondary organisms are *Tabulati*, *Bryozoa*, *stromatoproids*, *spongea*, and so on. It is considered that the rock types of the mud-mounds are dominantly micrite-thrombolites framestone, micrite-thrombolites baffle-framestone, algal micrite-thrombolites bindstone. Mud-mound facies may be divided into three sub facies such as mud-mound centre, mud-mound talus and intermud mound-deposit. The evolution of mud-mound was controlled by the relationship between the rate of transgressive and the rate of mud-mounds growth, and by the change of water depth and turbidity.

Key words carbonate mud-mound mud-mound-building organisms mud-mound facies features Middle-Late Ordovician Tazhong area.

于1992首次报导了浙赣交界地区晚奥陶世灰泥丘，边立曾等人〔2〕详细介绍了该地区灰泥丘的相类型及其特征。1996年我们对塔中地区中上奥陶统所有井下灰岩岩芯进行了详细观察，系统分析研究，发现其与浙赣交界地区晚奥陶世灰泥丘具有许多相似之处，亦为灰泥丘沉积。本文简要介绍这一研究的初步成果。

1 大地构造位置及古地理框架

研究区位于塔里木盆地中央隆起带中段，其东段为塔东低凸起，西段为巴楚凸起，北邻满加尔凹陷，南靠塘古孜巴斯凹陷。中、晚奥陶世时期，研究区逐渐下沉，被海水淹没，呈现为一“半岛式”向东倾伏的鼻状水下低隆(图1)，并经历了内源台地(碳酸盐岩沉积)到混源台地(碎屑岩夹碳酸盐岩沉积)的演化。向东、向北、向南，水深迅速增加，发育盆地相深灰色泥岩、浊积砂岩、砾岩和等深积粉砂岩。碳酸盐台地在逐渐沉没过程中，从台缘斜坡到台地内部，不同程度发育灰泥丘凝块灰岩。

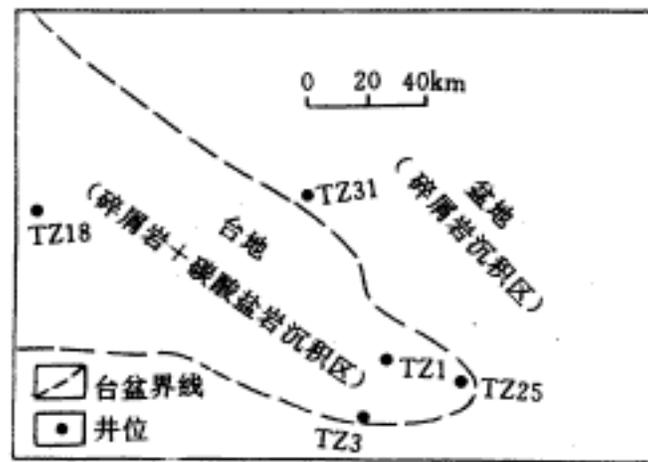


图1 研究区中晚奥陶世岩相古地理格局

Fig.1 Lithofacies and paleogeography of Middle-Late Ordovician in the study area.

研究区灰泥丘的发育除受制于古海底地貌以外，还与整个中、晚奥陶世总体上持续稳定的海进速率同灰泥丘的增长速率大致相当有关。

2 建造灰泥丘的主要生物及其古生态

研究区参与建造灰泥丘的主要生物为菌藻类微生物，次要生物为多门类无脊椎动物。根据灰泥丘中生物生态习性，可以划分为障积型生物，粘结型生物和附丘型生物。

2.1 障积造架型生物

2.1.1 菌藻类

主要是隐藻生物和蓝藻门的奥特藻及其相近的属(*Ortonella* sp. [WTBX]) *Hedstroemia* sp.

Carwoodia sp.) [3]。

[2]。由隐藻生物通过新陈代谢作用和光合作用而形成的泥晶凝块，可以产生具抗浪的块状格架。亦可以障积生屑、砂屑而具囊状体(图版 -1)。凝块格架间为栉壳状亮晶方解石胶结。

奥特藻 奥特藻及其相近属的原植体由明显分枝的管体组成 [3]，管体直径约0.05 mm。数个管体聚集成瘤块状，其大小一般为1.5 mm × 1.5 mm。管体之间相互平行或呈辐射状排列，互不缠绕，少数有微扭曲，管体内部未见分隔(图版 -2)。藻瘤块在灰泥内部有大致相同的生长方向，说明藻类在生长过程中亦产生大量灰泥。藻类的钙质骨骼与其生长中产生的灰泥紧密地堆积在一起，成为可以抗浪的凝块格架。格架间为栉壳状亮晶方解石胶结(图版 -2)。

2.1.2 珊瑚

块状群体 以原日射珊瑚(*Proheliolites sp.*)、植物珊瑚(*Phytopsis sp.*)、多管珊瑚(*Multisolenia sp.*)、拟四分珊瑚(*Paratetradium sp.*)、阿姆塞氏珊瑚(*Amsassia sp.*)等为代表。块体直径一般不超过5 cm，以多世代重叠向上生长或横向生长为特征，形成稳定的生长骨架。骨架间大多为灰泥充填(图版 -3)。

丛状群体 以可疑始弗莱契珊瑚(*Eofletcheria cf. incerta*)、具轴拟短板珊瑚(*Parabrachyelasma cf. virguta Tch erepnina*)为代表。丛状体由粗壮的长圆柱状个体组成，丛状体间大多为灰泥充填，群体高度一般不超过10 cm(图版 -4)。

2.1.3 层孔虫

枝状硬体 以隐板层孔虫(*Cryptophrmus sp.*)犁沟层孔虫(*Aulacera sp.*)为代表。硬体高度一般不超过5 cm，硬体间多为灰泥充填。

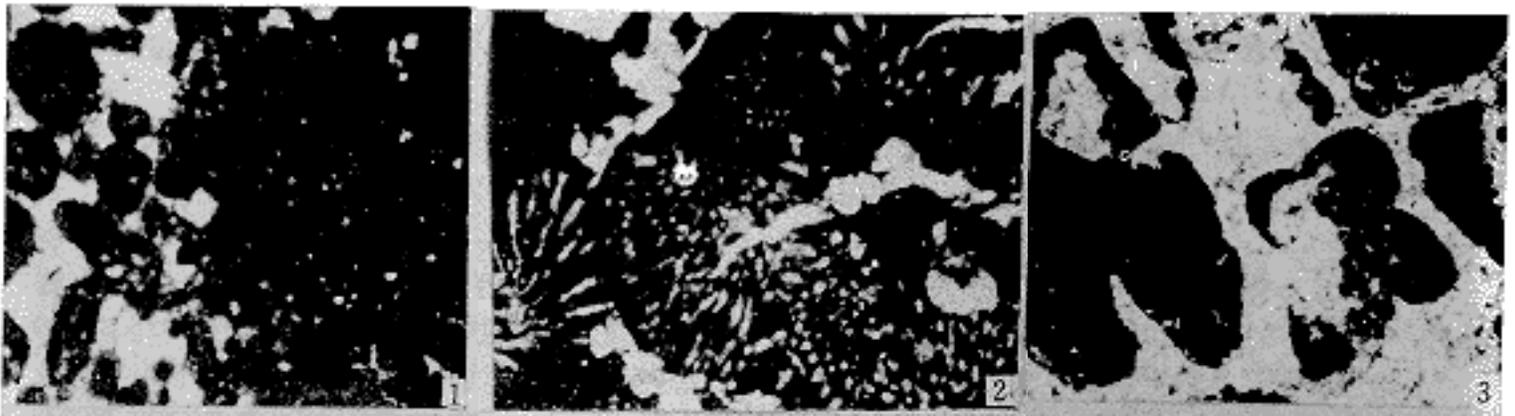
薄板状、穹隆状硬体 以罗森层孔虫(*Rossenella sp.*)、网格层孔虫(*Clathrodictyon sp.*)为代表。厚度不超过1 cm，以横向生长为特征。呈覆盖形式或包绕形式于其它生物之上或泥晶凝块之上生长，形态弯曲而不规则(图版 -5)。

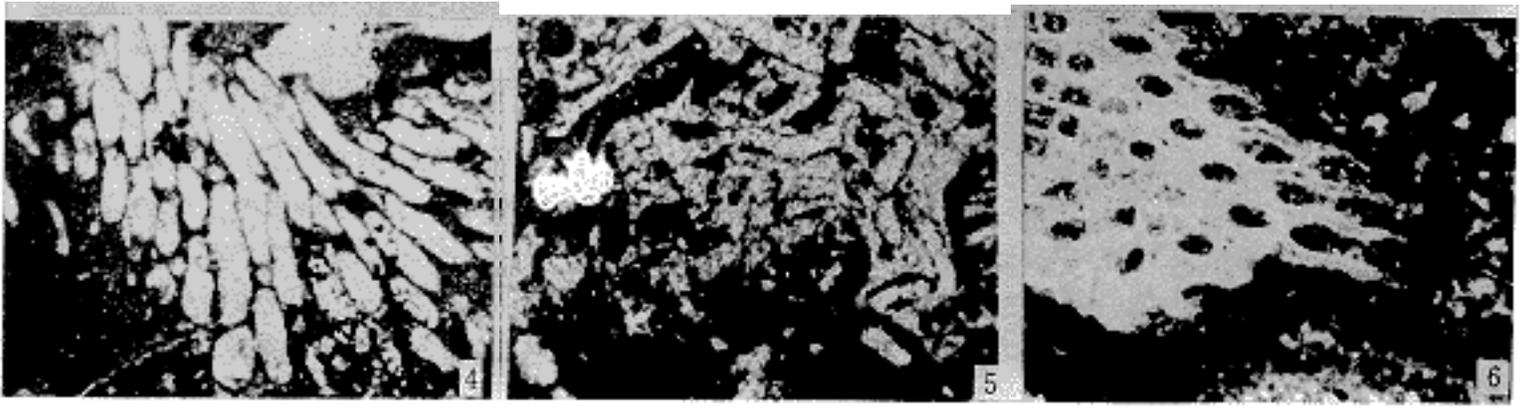
2.1.4 苔藓虫

以叶苔藓虫(*Phylloporina sp.*)、蔓苔藓虫(*Chasmatopora sp.*)、月苔藓虫(*Homotrypa sp.*)、小唇苔藓虫(*Cheiloporella sp.*)、赫尔氏苔藓虫(*Hallopora sp.*)、针苔藓虫(*Stictopora sp.*)等为代表。它们常被藻类包覆构成抗浪格架(图版 -6)。

2.2 粘结型生物

以蓝藻门的葛万藻(*Cirvanella*)和绵层藻(*Spngiostromata*)为主，其次为绿藻门的粗枝藻(*Dasycladales*)。它们披覆、粘结缠绕其它生物或碎屑、砂屑及泥晶基质，形成藻包壳、藻包柱和藻泥晶凝块(图版 -6)。





图版说明 1.泥晶凝块骨架岩，左侧为砂屑囊状体，亮晶方解石胶结，右侧为泥晶凝块。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ ；2.泥晶藻凝块骨架岩，为奥特藻类群泥晶凝块骨架。亮晶方解石胶结。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ ；3.植物珊瑚骨架岩，亮晶方解石胶结。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ ；4.可疑始弗莱契珊瑚障积岩，为可疑始弗莱契珊瑚纵切面。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ ；5.罗森层孔虫障积—骨架岩。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ ；6.葛万藻粘结岩，为葛万藻包覆粘结苔藓虫。 O_2+3 ，单偏光， $\times 26$ 。

2.3 附丘型生物

主要有腕足类、腹足类、头足类、棘皮类、介形虫、三叶虫等。它们虽然不起明显的粘结格架作用，但却为灰泥丘提供了碳酸钙〔2〕。

3 灰泥丘的岩石类型及沉积相特征

3.1 丘岩类型

3.1.1 骨架岩

主要由泥晶凝块或奥特藻泥晶凝块组成。可分为不规则网状骨架和层状骨架〔2〕，骨架间多为栉壳状亮晶方解石胶结，主要分布于丘核。

3.1.2 障积岩和障积—骨架岩

可分为两类。一类为泥晶凝块障积生屑、砂屑而形成的囊状体障积岩；另一类为原地生长的珊瑚、层孔虫和苔藓虫障积灰泥、砂屑而形成。当生物含量较少(小于30%)时，呈分散状态不易形成丘骨架，为障积岩；当生物含量超过30%时，可形成明显的生长骨架而过渡为障积—骨架岩。主要分布于丘核。

3.1.3 粘结岩

主要由葛万藻、绵层藻粘结生屑、砂屑和泥晶基质而形成。主要形成于丘顶、丘坪。

3.1.4 粒泥岩或泥岩

主要由生物和灰泥组成。一般分布在丘间。

3.1.5 塌积角砾岩

由丘核、丘顶塌积而形成。角砾岩呈棱角状、次棱角状，大小不等，可拼合。主要分布于丘前侧翼。

3.1.6 颗粒岩

主要由鲕粒或砂屑组成。亮晶方解石胶结。一般分布在丘基。

研究区灰泥丘建造可分为丘中心、丘前和丘间三个沉积相带，各相带由若干亚相组成(图2)。

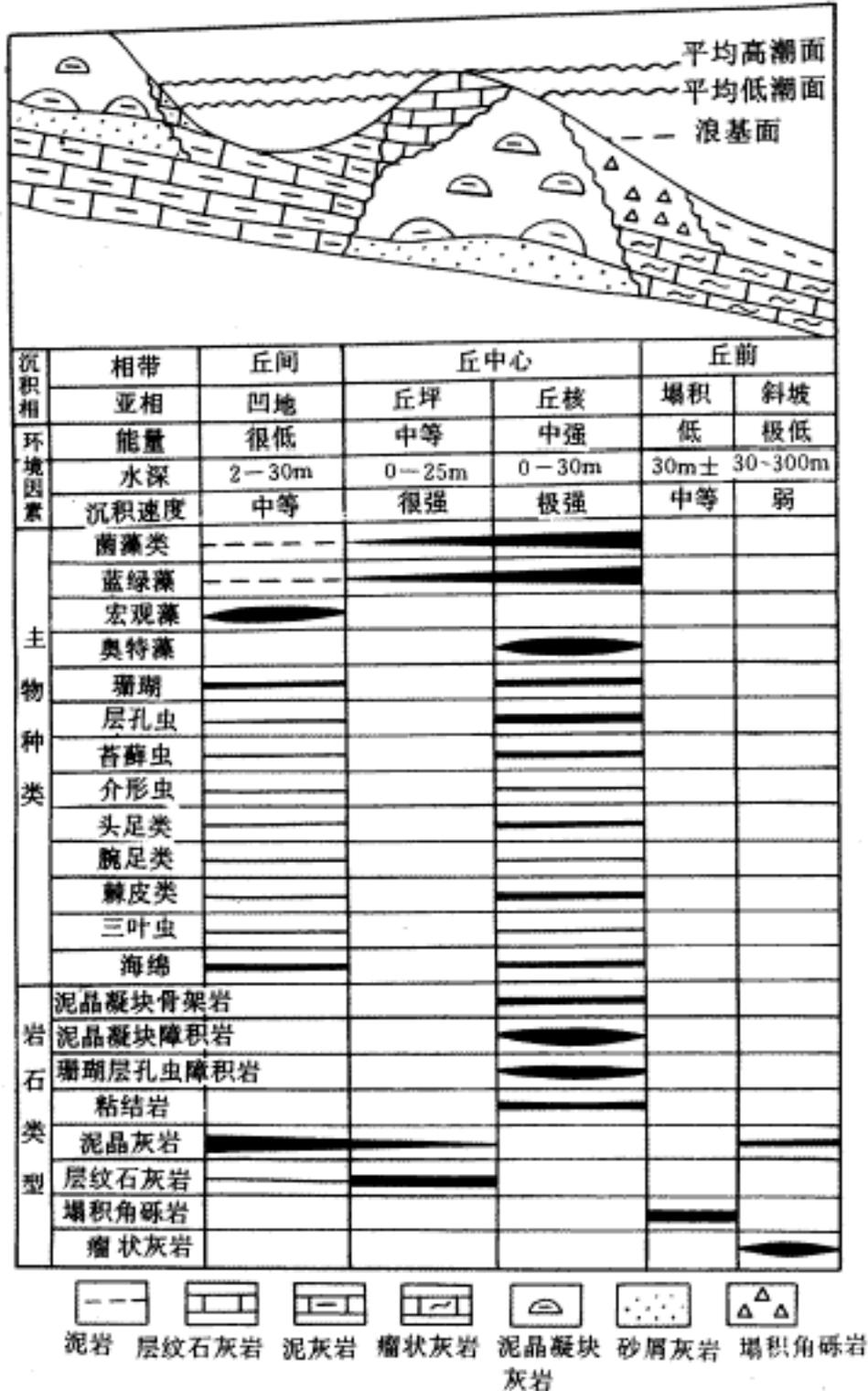


图2 研究区中晚奥陶世灰泥丘沉积相模式
 Fig.2 Sedimentary facies model of carbonate mud-mounds

3.2.1 丘中心

主要位于台地边缘波浪作用较强的斜坡带，也是沉积厚度最大的丘主体。可分为丘基、丘核、丘顶和丘坪。

丘基位于灰泥丘的最底部，为最高能量带沉积，缺少完整个体生物。其单层厚度一般可达20~30 m。由亮晶砂(砾)屑灰岩微相、亮晶鲕粒灰岩微相构成。

丘核 位于灰泥丘的中部，为泥晶凝块骨架岩，泥晶凝块障积骨架岩，珊瑚、层孔虫障积骨架岩等较强能量带沉积。主要由泥晶凝块灰岩微相、生物泥晶凝块灰岩微相构成。泥晶凝块之间可以是亮晶胶结孔隙系统接触、砂(砾)屑充填孔隙系统接触，亦可以是缝合线接触、泥灰质包绕接触。泥晶凝块内部除了菌、藻类微生物以外，还有细小的完整个体介形类、腕足类、瓣鳃类等生物，不含或含少量障积型珊瑚、层孔虫等生物。丘核以栉壳状胶结的格架或层状孔洞发育为典型特征。其单层厚度一般为5~6 m。

丘顶 位于灰泥丘的顶部，与丘核呈过渡接触。主要由泥晶藻凝块灰岩微相、生物泥晶藻凝块灰岩微相构成。生物除与丘核有某些相似以外，还有葛万藻、绿藻等粘结粉砂屑、生屑和泥晶凝块。丘顶以斑马状构造、席状窗格构造发育为特征。其单层厚度一般不超过0.5 m。前期形成的丘顶沉没后往往成为下一个丘旋回发育的基础。

丘坪 位于灰泥丘的顶部后侧，与丘顶交错接触。主要由层纹石灰岩微相组成。生物除隐藻以外，未见其它生物。具鸟眼孔、帐篷构造。其单层厚度一般为1~2 m。

3.2.2 丘前

为丘前斜坡沉积，垂向剖面上由塌积角砾灰岩微相与瘤状泥灰岩微相组成。反映间歇性特大风暴对沉积作用的影响。当特大风暴来临时，灰泥丘丘体破碎垮塌，滑积于丘前浪基面之下，构成扇状碎石裙；而特大风暴结束后，则沉积瘤状泥灰岩。角砾呈不规则团块状，可拼合，部分有磨蚀，砾径一般为2~10 cm，砾间充填细小灰岩砾及灰质泥。塌积角砾灰岩向下斜坡减薄，角砾含量快速递减。

3.2.3 丘间

位于两个丘中心之间，为洼地沉积。主要由咖啡色、黑灰色泥晶灰岩微相与生物泥晶灰岩微相构成。生物以完整个体介形虫、薄壳有铰腕足、串管海绵和宏观藻较丰为特征，见单体珊瑚、苔藓虫、层孔虫、小个体三叶虫等。由于受丘中心的屏障作用，丘间可出现半闭塞环境。其单层厚度一般为1~2 m。它与丘中心指状交错接触。

4 灰泥丘生长发育模式及演化控制因素

4.1 生长发育模式

研究区灰泥丘建造生长发育过程大致可划分为三个阶段，每一个阶段均由多个灰泥丘生长旋回叠置而成，且每一旋回均不同程度地发育上述三个沉积相带，并在总体海进背景下呈间歇式向上变浅和向陆上超的加积—退积序列，经历了丘基、丘核、丘顶和丘顶淹没或被向陆上超的丘前掩埋的过程(图3)。

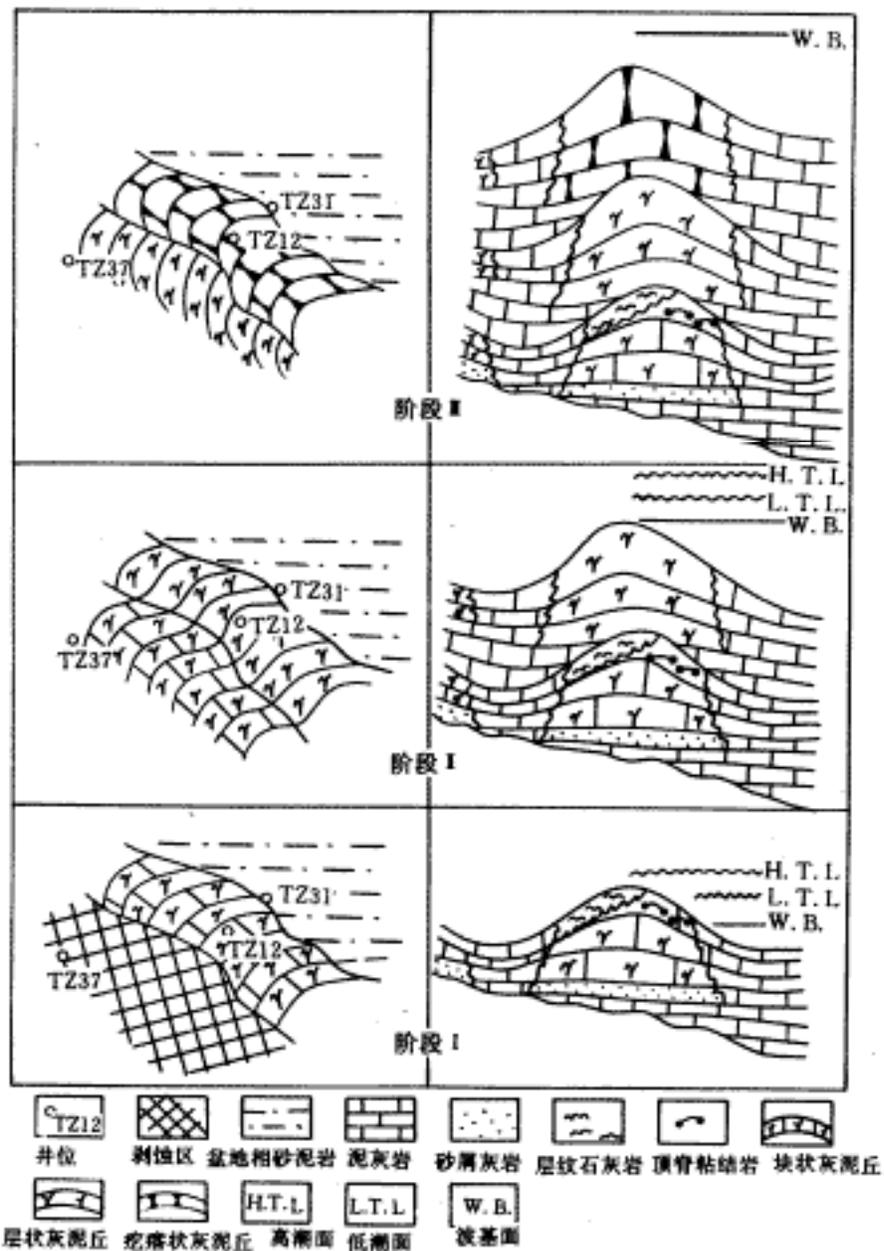


图3 研究区中晚奥陶世灰泥丘发育演化示意图

Fig.3 Evolution section of growth and development of carbonate mud-mounds of the Middle-Late Ordovician in the study area.

阶段 I 一块状灰泥丘发育阶段。此阶段以海水深度较小，灰泥丘的泥晶凝块间为缝合线接触、亮晶充填孔隙系统接触或砂(砾)屑充填孔隙系统接触为特征。台缘斜坡生屑滩、砂屑滩等活动底质被固定而形成丘基，开始发育块状泥晶凝块灰泥丘。而菌、藻类等微生物在稳固的丘基上开始大量繁殖，通过新陈代谢作用、光合作用、早期粘结硬化形成块状泥晶凝块格架，营造丘核。尔后，加积作用为主，珊瑚、层孔虫、苔藓虫等生物参与建造泥晶凝块格架，障积灰泥，丘体快速增长，以追赶相对快速上升的海平面，形成上隆的丘状隆起地貌和丘前、丘中心、丘间三个沉积相带的分异。随着隆起的灰泥丘主体接近相对上升的海平面，丘顶便开始发育顶脊粘结岩。当

丘体赶上或略超出相对上升的海平面，生长到潮间带，较浅的海水便抑制了灰泥丘向上，促使丘旋回逐渐进入暂时终止生长期。当区域性海平面上升，致使灰泥丘整体下沉淹没，进入浪底，便开始下一个灰泥丘生长旋回〔4〕。

阶段 一层状灰泥丘发育阶段。此阶段以海水深度中等，灰泥丘泥晶凝块间为亮晶充填孔隙系统接触或砂(砾)屑充填孔隙系统接触、波纹状、层纹状泥灰质包覆泥晶凝块接触为特征。该阶段灰泥丘的生长旋回基本上同于阶段 ，所不同的是，泥晶凝块侧向粘结硬化较发育，形成层状泥晶凝块，而垂向生长速率不及海平面上升速率，局部常被波纹状、层纹状泥灰质所分隔。而且，珊瑚、层孔虫等障积岩、丘顶顶脊粘结岩不及阶段 发育。

阶段 一疙瘩状灰泥丘发育阶段。该阶段以海水深度较大，灰泥丘泥晶凝块间为网状灰泥质包绕接触为特征。该阶段灰泥丘的增长旋回基本同于阶段 ，所不同的是，泥晶凝块常粘结成具圆滑边缘的疙瘩状、团块状，其间为灰泥质所分隔，而且，灰泥丘丘顶、丘坪不发育，但却发育被波浪打碎的丘前塌积，丘体常被退积的丘前瘤状泥灰岩所掩埋。

4.2 控制因素

4.2.1 海侵速率

研究还发现从西到东、从北到南生长发育面积约4800 km²，厚约100~500 m的灰泥丘沉积建造，是在海侵速率与灰泥丘的增长速率大致相当的条件下去进行的。在海水深度较小的条件下，当海侵速率略大于或等于灰泥丘的增长速率时，灰泥丘的生长空间大，以垂向加积为主，发育灰泥丘丘核；当海侵速率小于灰泥丘的增长速率时，灰泥丘由垂向加积生长转为侧向退积生长，发育层纹石灰岩；当海侵速率再一次略大于灰泥丘的增长速率时，则产生下一个灰泥丘生长旋回〔4〕。在海水深度较大的情况下，当海侵速率小于或等于灰泥丘的增长速率时，利于菌、藻类等微生物繁殖，发育灰泥丘丘核；当海侵速率大于灰泥丘的增长速率时，海水深度变为不利于菌、藻类等微生物繁殖。灰泥丘的增长受到限制，泥晶凝块间被层纹状、网状泥灰质、灰泥质所分隔；当海平面波动适合于菌、藻类微生物繁殖时，便又开始发育泥丘丘核。

4.2.2 海水深度与浊度

研究区在不同时期、不同部位有不同厚度、不同类型的灰泥丘生长期与消亡期，这与各个时期在不同部位有不同的海水深度与浊度有关。

中奥陶世宝塔期末，研究区古老碳酸盐岩台地开始沉没，逐渐被海水淹没，斜坡高部位水浅清洁，适于菌、藻类等微生物繁衍，开始生长发育块状灰泥丘。晚奥陶世临湘期早、中期，研究区块状灰泥丘生长达到鼎盛时期，形成了厚度较大的向斜坡高处层层逐渐爬坡的块状灰泥丘建造，同时，在靠近盆地的斜坡部位，早期形成的块状灰泥丘，由于水深不断增加，逐渐演变为厚度较小的层状灰泥丘与疙瘩状灰泥丘。临湘期中、晚期，斜坡部位海水加深变混浊，不利于灰泥丘生长而被淹死，从而结束了该部位的灰泥丘建造；而隆起高部位的中央断垒带，此时期疙瘩状灰泥丘建造达到鼎盛阶段。临湘期末，研究区全部被海水淹没，灰泥丘皆被淹死而终止生长。

5 结论

(1)参与建造灰泥丘的生物主要是菌、藻类等微生物其次为多门类无脊椎动物。根据生物的生态习性，可以分为障积造架型生物、粘结型生物和附丘型生物。

(2)灰泥丘的岩石类型主要是泥晶凝块格架岩、泥晶藻凝块格架岩、泥晶凝块障积

(3)灰泥丘可划分为丘中心、丘前和丘间三个相带。中心由丘基、丘核、丘顶和丘坪组成。

(4)研究区泥丘建造可划分为三个阶段，即块状灰泥丘发育阶段、层状灰泥丘发育阶段、疙瘩状灰泥丘发育阶段。每一阶段均由多个灰泥丘生长旋回叠置而成。

(5)研究区灰泥丘的生长发育受控于海侵速率、海水深度和浊度。海侵速率与灰泥丘的增长速率大致相当，利于灰泥丘生长发育。海水较浅利于发育块状灰泥灰，海水较深利于发育层状灰泥丘与疙瘩状灰泥丘，海水很深和变浑浊，导致灰泥丘消亡。

致谢：新疆地矿局王宝瑜教授高级工程师为本研究鉴定了部分无脊椎动物化石；塔指实验中心北京研究院岩矿室为本研究鉴定了所有的岩石薄片；南京大学地球科学系边立曾副教授对本研究给予了热情帮助和指导，在此一并致谢。

第一作者简介 吴光红 男 1958年出生 高级工程师 沉积学与储层地质

作者单位：吴光红 张宝民 刘静江(塔里木石油指挥部勘探研究中心 新疆库尔勒 841000)

边立曾(南京大学地球科学系 南京 210093)

参考文献

[1] 俞剑华,边立曾.浙赣交界地区晚奥陶世生物礁初步研究[J].南京大学学报(地球科学版),1992,4(2):1~3

[2] 边立曾,方一亭,黄志诚.浙赣交界区晚奥陶世生物礁类型及其特征[A].见:范嘉松主编,中国生物礁与油气[C].北京:海洋出版社,1996.54~75

[3] 张永轲,刘冠邦,边立曾等主编.古生物学[M].北京:地质出版社,1988.350~400

[4] 郑荣才.湖南西部花垣县渔塘早寒武世藻礁[A].见:范嘉松主编:中国生物礁与油气[C].北京:海洋出版社,1996.29~38

收稿日期:1998-03-04 收修改稿日期1999-01-08