

东昆仑早—中二叠世生物礁建造特征

田树刚¹⁾ 范嘉松²⁾

1) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037; 2) 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京, 100029

内容提要 本文从造礁群落演替、层序地层和海平面升降等方面, 结合大地构造引起基底沉降的证据, 论述了东昆仑早—中二叠世生物礁的建造特征。东昆仑生物礁中包含 6 种造礁群落, 各群落生物组成和结构与环境因素密切相关, 4 个生物礁发育阶段中群落演替关系显著。礁相地层中可识别 SB₁ 层序界面 1 个和 SB₂ 界面 4 个, 可划分出 5 个三级层序。层序的沉积相序显示清晰, 按曲线形态将海平面升降归为 4 个周期。据区域地层和相分布资料反映的古地理环境变迁, 推论出石炭纪至早—中二叠世造礁期柴达木地块与羌塘地块间聚合离散的 4 个构造期。东昆仑生物礁的生长发育与造礁群落的演化阶段、海平面升降周期和大地构造期彼此吻合, 证明生物礁建造与各控制因素间具密切制约关系。海西中—晚期柴达木地块与羌塘地块的开—合转换, 为生物大规模造礁创造了长期稳定的环境。

关键词 生物礁 早—中二叠世 控制因素 造礁作用 东昆仑

东昆仑造山带最近发现了早—中二叠世生物礁, 与华南二叠纪生物礁(吴亚生等, 1989; 雷卞军等, 1994; 陈学时等, 1999; 姜月华等, 2000)相比, 其规模宏大、建造巨厚、延续时间长、实属罕见(Tian et al., 1997; 王永标等, 1998)。

东昆仑地区是柴达木地块与羌塘地块的边界(曹永清等, 1999; 沈远超等, 2000; 许志琴等, 2001), 东昆仑生物礁为台地边缘礁(Tian et al., 2001), 它的位置应当代表早—中二叠世古华北板块的南缘(东昆仑生物礁分布区地质略图见 Tian et al., 2001), 而生物礁建造主要受生物组成、海平面升降和着生基底沉降控制, 所以东昆仑生物礁的建造过程反映了早—中二叠世东昆仑的构造演化。

与曾允孚等(1983)、吴亚生等(1989)、巩恩普等(1993)及 Hong 等(2000)等的研究不同, 本文将从造礁群落的组成和演替、层序地层和古地理变迁入手, 论述东昆仑生物礁的建造特征, 进而为东昆仑地区的大地构造演变提供新资料。

1 造礁生物群落的演替

1.1 造礁群落

生物群落是指在一定区域内相互共生和彼此依存的生物组合。生物礁作为残存的生物骨架, 显示原

地群落演替序列, 能灵敏地反映造礁过程中周围环境条件(水深、动能、基底沉降等)的变化, 研究生物造礁群落可以恢复当时的古地理环境。巩恩普等(1998)曾研究了我国石炭纪生物礁造礁群落的演化。地层中大量露头观察资料和岩石薄片(图版 1, 图 1)研究表明东昆仑生物礁中主要包括 6 种生物群落。

(1) 海绵群落: 为主要造礁生物群落。造架生物以各种纤维海绵为主, 含量可达 60%~70%; 还有变口目苔藓虫、窗格苔藓虫、管壳石和串管海绵等。这些生物多呈块状, 体表均被古石孔藻包覆粘胶形成坚实抗浪骨架, 骨架进一步被水下胶结物充填胶结, 表面呈结核状。骨架孔隙中生存有少量附礁生物化石, 如腕足类、双壳类、腹足类和孔虫。该群落生存于浪击面附近高能浅水带或礁体向海一侧迎风浪的高能环境。

(2) 海绵-苔藓虫群落: 亦为主要造礁生物群落。造架生物以各种串管海绵、纤维海绵和变口目苔藓虫为主, 含量可达约 60%; 还有少量窗格苔藓虫、管壳石、硬海绵、水螅和海百合等。造架生物呈柱状或枝状, 在相对高能环境中被古石孔藻包覆粘胶成坚实抗浪骨架(深约 20m); 在相对低能或深水环境中起障积作用(深约 30m; 吴亚生等, 2001)。串

注: 本文为国家自然科学基金资助项目(编号 49872001)的成果。

收稿日期: 2001-02-26; 改回日期: 2001-12-04; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 田树刚, 1951 年生。1977 年毕业于北京大学地质地理系古生物地层专业, 1985 年和 1988 年于中国地质大学(北京)分别获得硕士和博士学位。现为地质科学院地质研究所研究员。长期从事古生物地层、古生态、层序地层、沉积学和生物建造研究。通讯地址: 100037, 北京西城区百万庄路 26 号, 中国地质科学院地质研究所; 电话: 010-68328223; Email: sgtian2001@sina.com。

管海绵在骨架中除起支撑作用外,往往缠绕其他造架生物起着联结造架的作用。骨架中生存有大量附礁生物,如腕足类、双壳类、腹足类和孔虫等。群落

占据礁核背海一侧风浪较弱的环境,及礁后滩或礁前浪击面以下的较深水带。

(3) 管壳石-古石孔藻群落: 也是礁中常见的造

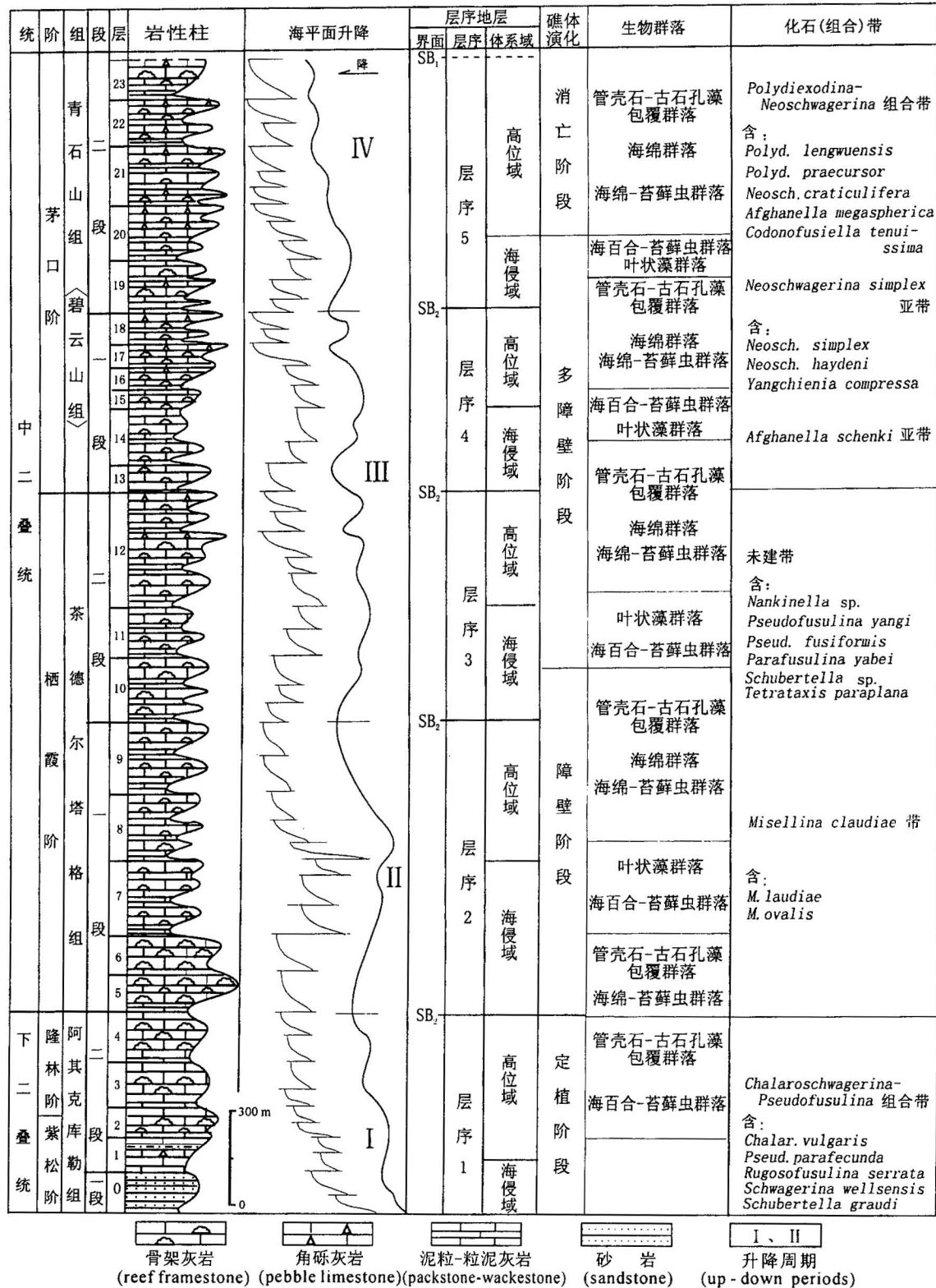


图1 东昆仑生物礁相地层综合柱状图

Fig. 1 The comprehensive stratigraphic column of the reef-facies strata

礁生物群落。主要由古石孔藻覆盖管壳石、管孔藻和骨屑碎片及少量的变口目苔藓虫、粗枝藻和水媳等, 粘结成坚实骨架, 形成结核。结核间往往充填有灰泥和细小内屑。骨架孔隙中生存有少量附礁生物, 如腕足类、双壳类、腹足类和有孔虫等。该群落生存于礁顶浪击面(0~10m)附近或礁前的高能环境, 常形成各种角砾岩和骨屑颗粒岩。

(4) 叶状藻群落: 造礁生物以叶状藻为主, 可占到约50%; 与其共生的有管壳石、粗枝藻、苔藓虫等。叶状藻的周围往往可见被古石孔藻所覆盖成粘骨架; 有的叶状藻滩仅起障积作用, 形成丘状礁。附礁生物丰富, 如腕足类、双壳类、腹足类和有孔虫等。该群落占据低能的礁后或礁侧砂坪带, 或礁前深水环境(<30m)。

(5) 海百合-苔藓虫群落: 造礁生物以海百合和苔藓虫为主, 生物组成约占60%; 还见有叶状藻、纤维海绵、串管海绵和管壳石等。生物或密集形成骨架, 或稀疏仅起障积作用。附礁生物丰富, 含大量有孔虫和小个体的腕足类、双壳类、腹足类等。

(6) 灰泥丘菌-藻群落: 灰泥丘属不能遗留骨骼的生物建造(海草、藻类和细菌等; 范嘉松等, 1985; Pray, 1969; Troell, 1962)。由于生物阻挡水流, 障积灰泥, 及一些复杂的生物化学作用, 形成含生物遗骸很少的灰泥丘状体。灰泥丘见于礁后潟湖或深水陆棚环境。

1.2 造礁群落的演替

东昆仑二叠纪生物礁内的造礁生物与世界其他地区二叠纪的礁一样, 主要有钙质海绵、苔藓虫、海百合类和钙藻。钙质海绵包括纤维海绵(Inozoa)、串管海绵(Sphinctozoa)和硬海绵(Tabulozoa)。纤维海绵和串管海绵均属原地造架生物, 在当时造礁生物中占绝大多数。

钙质海绵主要分布于温暖、盐度正常的浅海。在现代珊瑚礁中(Barnes et al., 1982), 浪击面(约3~10m)以上数量很少, 浪击面以下至约20m深度达到最丰富, 而20~35m内数量属种均迅速减少。

苔藓虫主要包括窗格苔藓虫(*Fenestella*)、笛苔藓虫(*Fistulipora*)和叶苔藓虫等。苔藓虫既能造架也能形成障积礁。在较浅水动荡的滨浅海中, 苔藓虫多呈层状或沥青状, 覆盖在其他造架生物体上或海底碎屑上, 联合造架; 在较深或礁后动能低的水体中常呈枝状、网格状或螺旋状, 偎依在坚硬或松软的海底, 或附在其他生物体上, 障积泥屑和细碎屑。现代苔藓虫大多数种类繁盛于温暖、盐度正常、25~60m

的浅海。

海百合类(Crinoidea)常以根固着于碎屑或灰泥基底上, 群居, 繁盛于其他造礁生物之间, 或动能较低的礁后、礁侧环境, 起障积作用。地史时期主要生活在温暖浅海。现代海百合以底栖生活为主, 大多数生活在水深400~500m水底, 在浅水区多生活在弱光带。

钙藻以古石孔藻属(*Archaeolithoporella*)、叶状藻、管壳石(Tubiphytes)的造架作用显著。还有粗枝藻科的 *Mizzia* 属和 *Pseudovermiporella* 属, 红藻的 *Gmncodium* 属, *Permocalculus* 属以及管孔藻属(*Solonpora*)等。钙藻在温暖的浅海浪击面附近(3~10m)最繁盛; 其分布深度取决于光线强度和水体的混浊度, 一般蓝、绿藻可以分布到水深约30m, 而红藻分布深度可达约250m(Flugel, 1982; Flugel et al., 1992)。

按造礁生物的生存深度和适应的动能条件, 上述造礁群落可以排列成生态序列, 各占据不同的局部环境。管壳石-古石孔藻群落占据的环境水体最浅并且动能最高, 在礁顶浪击面附近或礁前的浅水高能带; 海绵群落次之, 生存于浪击面以下浅水和礁向海一侧的高能带(深可达约20m); 海绵-苔藓虫群落的生存特点是动能较低, 占据浪击面以下礁后一侧和礁前较深水低能环境; 叶状藻群落和海百合-苔藓虫群落都显示低能环境, 出现在礁后—礁侧砂坪, 或滩后陆棚; 灰泥丘菌-藻群落多见于安静水体的礁后潟湖和礁前深水陆棚环境。

根据不同的造礁群落就能够确定礁岩的相位和礁相组合, 恢复群落生态环境与演替序列, 东昆仑生物礁的发展与群落演替可分为4个阶段(图1)。早二叠世生物礁定植期为浅海陆棚上出现孤立的丘状礁, 以海百合-苔藓虫群落和管壳石-古石孔藻覆盖群落为主; 中二叠世栖霞早—中期生物礁迅速生长联结形成障壁, 障壁期以海绵-苔藓虫群落发育为特征, 海绵群落和海百合-苔藓虫群落较少; 中二叠世栖霞晚期至茅口早—中期属多道障壁形成期, 环境分异明显, 各种生物群落均很繁盛, 海绵群落、管壳石-古石孔藻覆盖群落和叶状藻群落特别发育; 茅口中—晚期(青石山组上部)明显属消亡期, 造礁生物以浅水高能的管壳石-古石孔藻覆盖群落占主导, 地层中灰褐、粉红色藻覆盖胶结角砾岩和骨屑颗粒岩非常发育。

2 生物礁层序地层与海平面升降

2.1 副层序类型

生物礁的建造发育与海平面变化和水动力条件密切相关(Heckel, 1974; Longman, 1981)。Neuman 和 Macintyre (1985)曾将生物礁分为同步礁(Keep-up reefs)、淹没礁(Catch-up reefs)和出露礁(Give-up reefs) 3种类型,反映生物礁生长速率与海平面升降速率的相对关系。层序地层学正是通过详细的相序分析,建立不同级别的相对海平面升降周期。

东昆仑生物礁相地层的副层序可识别 14 种(图 2),以向上变浅序列为主,同相加积类型多见于海平面快速上升的层段中;厚度一般十余米至数十米,建造速率较快。副层序内各岩层组成一个小沉积相序,包括 2~3 个生物组合演替过程,代表一个短小海平面升降周期,顶层岩石的成因特征代表了该副层序在整体地层相序中的相位。

(1) 礁前相副层序:地层中常见的副层序,顶层岩石为礁屑角砾岩,下伏各类骨架岩。据岩石组成可分为 3 类(图 2a):高位域晚期、高位域早期和海侵域副层序。高位域内的副层序明显受波浪影响较大,顶层礁屑角砾岩厚度大、层厚稳定,发育管壳石-古石孔藻包覆粘结骨架。海侵域的副层序各种骨架岩厚度大,而顶层角砾岩相对较薄,呈透镜状,分布局限。

(2) 礁核相副层序:地层中数量最多的副层序。据岩石组成可以分为 3 类(图 2b):高位域、海侵域和低能环境的副层序。顶层以古石孔藻包覆粘结岩为特征的一类主要出现在高位域的地层中,属海平面下降高能浅水环境;以亮晶胶结骨架岩发育的一类代表迎浪的高能环境;以灰泥充填骨架岩发育的一类代表背浪或水深的相对低能环境。而在海侵域内当礁生长速率与海平面上升速度相近时,常形成主要由巨厚块状骨架岩组成的副层序。

(3) 礁后滩坪相副层序:副层序包括类型较多(图 2c),以发育障积岩和灰泥内屑充填的各类骨架岩为特征,呈大大小小的丘状礁,代表礁后相对低能的内碎屑滩坪沉积。

(4) 礁后泻湖相副层序:副层序以黑灰色、黑色粒泥-泥粒灰岩、灰泥灰岩、粉砂岩和粉砂内屑灰岩为主,局部出现点礁和礁丘的骨架岩或障积岩。按组成结构,礁后泻湖相副层序大致可以分为 3 类(图 2d),即夹骨架岩的副层序、夹障积岩的副层序,及不夹任何生物建造的副层序。这 3 类的区别在于水介质动能的差异,或代表滞流的还原环境。

(5) 礁顶相副层序:高位域内常见的副层序(图 2e)。受海平面升降缓慢或近乎停滞的影响,礁顶间歇暴露,形成红、粉红、褐色泥质、灰泥、亮晶胶

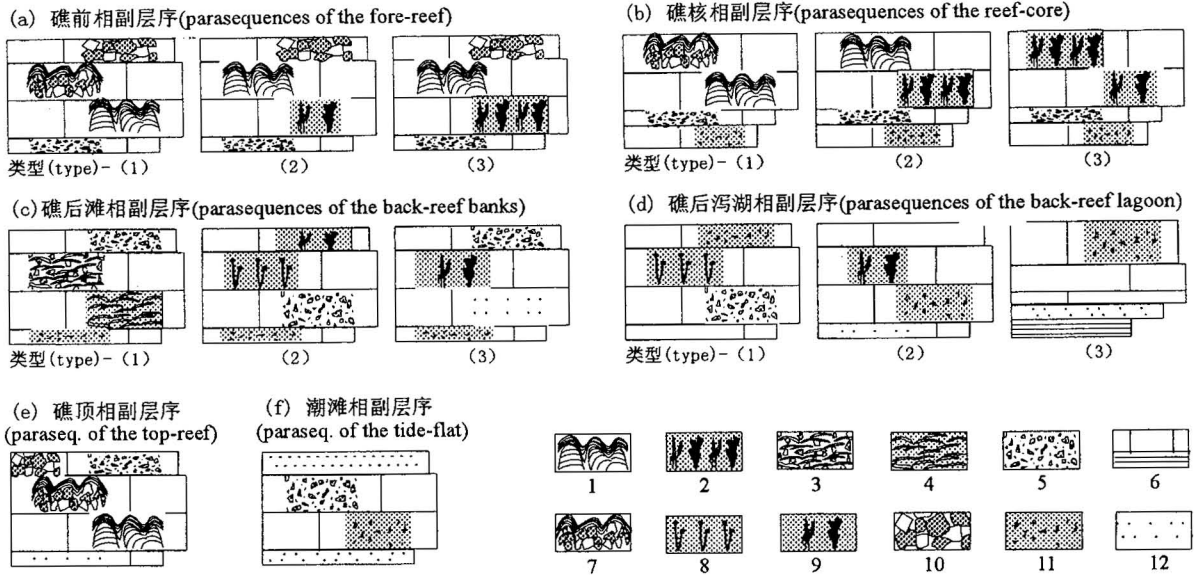


图 2 生物礁相地层中的副层序类型

Fig. 2 Parasequence models in the reef-facies strata

1—海绵骨架岩; 2—海绵-苔藓虫骨架岩; 3—叶状藻骨架岩; 4—叶状藻(海百合)障积岩; 5—砂砾屑颗粒岩; 6—灰泥灰岩-页岩; 7—管壳石-古石孔藻包覆骨架; 8—海百合(水媳)骨架岩; 9—海绵-苔藓虫障积岩; 10—礁屑角砾岩; 11—泥粒-粒泥灰岩; 12—砂岩、粉砂岩; 1—Sponge framestone; 2—sponge-bryozoan framestone; 3—phyllid alga framestone; 4—phyllid alga—crinoid bafflestone; 5—pebble sandy grainstone; 6—micrite, shale; 7—Tubiphytes-Archaeolithoporrella covered framestone; 8—crinoid-hydroid framestone; 9—sponge-bryozoan bafflestone; 10—reef-breccia; 11—packstone-wackestone; 12—sandstone, siltstone

结的砂砾屑颗粒岩或礁屑角砾岩。

(6) 潮滩相副层序:副层序(图 2f)由含砾砂岩、砂岩、粉砂岩和砂屑灰岩组成,岩石中具斜层理和腕足介壳,属潮下滩沉积。

2.2 层序地层划分

区内石炭—二叠系为“海西构造期”的产物,属一级层序;礁相地层是在海西中—晚期大地构造背景下形成的,为二级层序;依据相序转换和界面的识别,礁相地层进一步可识别出 5 个三级层序。三级层序是层序地层学的基本地层单位,描述特征如下(图版 I):

2.2.1 层序 1

该层序包括了中二叠统阿其克库勒组。出现于阿其克库勒湖东侧至卡拉楚卡山,海侵体系域夹有大型丘状礁,为紫红色、灰绿色泥质胶结石英燧石砾岩、钙质细粒石英砂岩及灰色中、厚层大理岩化灰岩。下部为横向侧积副层序,上部为垂相加积的碳酸盐岩副层序,代表碎屑岩陆棚至碳酸盐台地的海侵序列。

最大海泛面附近为 2~3m 灰色、灰绿色钙质页岩和粉砂岩,属深水沉积。

高水位体系域为灰色、浅灰色厚层块状礁骨架灰岩、障积岩和泥粒-粒泥灰岩夹砂岩。代表丘状礁和台地碳酸盐沉积,但这些丘状礁和碳酸盐沉积分布局限,在茶德尔塔格和大九坝下二叠统全部是碎屑岩。

层序的底界由于断层或覆盖不详;顶界为灰色礁坪相礁角砾岩或浅海陆棚相砂砾岩,属沉积连续型 SB₂面。

2.2.2 层序 2

该层序位于中二叠统栖霞阶茶德尔塔格组下部。海侵体系域以巨厚的块状骨架灰岩、厚层泥粒-粒泥灰岩为特征,各剖面形成一个显著的隆起地形,礁角砾岩相对较少,是礁体追逐持续上升的海平面迅速生长的结果。发育同相加积巨厚礁骨架灰岩组成的副层序,证明礁体生长与海平面升降近乎等速。

最大海泛面附近的 1~2 个副层序的下部出现 3~5m 的灰色薄—中层粒泥-泥粒灰岩和灰泥灰岩,上部多为灰泥充填的海绵骨架灰岩和颗粒岩。属礁后沉积的开始,揭示着海平面上升到一定高度后,开始下降。

高水位体系域明显分为上、下二部分:下部的各副层序多由黑色、黑灰色富有机质粒泥-泥粒灰岩、钙质粉砂岩和灰泥充填海绵骨架灰岩组成。形成一

个烃源岩集中段。上部地层的各副层序黑色烃源岩明显减少,以灰色粒泥-泥粒灰岩、颗粒岩、亮晶骨架灰岩为主,出现较多的礁前角砾岩。反映水体由深变浅的过程。

层序顶界往往出现多层灰色灰泥或方解石胶结礁屑角砾岩,属沉积连续型 SB₂面。

2.2.3 层序 3

该层序位于栖霞阶茶德尔塔格组上部。与层序 2 同属中二叠世巨大海侵期沉积,层序发育特征与层序 2 相似。只是海平面上升速率减慢,地层内黑色烃源岩减少,亮晶充填骨架灰岩和礁角砾岩增加。

海侵体系域仍以厚层块状骨架灰岩夹泥粒-粒泥灰岩为主,在各剖面仍形成一个显著的隆起地形。副层序发育礁核相的同相加积类型。

最高海泛面附近的 2~3 个副层序的下部为灰色中、薄层泥粒-粒泥灰岩和灰泥灰岩,上部为障积岩和灰泥内屑充填的骨架岩,属礁后滩相副层序。

高水位体系域以礁核相副层序为主,下部泥粒-粒泥灰岩较多,上部礁角砾岩较发育,并出现红色礁顶相砾岩层,显示短暂的暴露,属沉积间断型 SB₂面。代表海平面上升到一定高度后相对平稳的状态。

2.2.4 层序 4

该层序位于中二叠统青石山组(或碧云山组)的下部,属茅口早期。此时从栖霞期以来的大规模海侵结束,开始海退。在青石山一带为骨架灰岩发育区,沉积巨厚的礁核相灰岩;但在碧云山一带则发育了 >1000m 的黑色礁后潟湖相烃源岩。

青石山一带该层序,海侵体系域的副层序由厚层块状的海绵-苔藓虫骨架灰岩和粒泥-泥粒灰岩组成,为礁核相;而在碧云山一带为灰色中、厚层粒泥-泥粒灰岩、海绵障积岩和灰泥充填海绵-苔藓虫骨架灰岩组成的副层序,明显属礁后静水和滩相沉积。

最高海泛面主要由粒泥-泥粒灰岩、叶状藻障积岩和灰泥充填骨架灰岩组成的副层序,属礁后滩相环境。在碧云山一带为钙质泥岩、粉砂岩和粒泥灰岩,属礁后潟湖相灰泥和粉砂。

高水位体系域为各类厚层块状的骨架灰岩夹颗粒岩、粒泥-泥粒灰岩,夹多层礁角砾岩。在碧云山一带仍以礁后潟湖相灰泥灰岩、粒泥-泥粒灰岩、生物障积岩和叶状藻骨架岩,属烃源岩。

层序顶界在青石山一带为一厚层礁角砾岩,在碧云山为一层点礁相的灰泥充填骨架灰岩的顶部,属沉积连续型 SB₂面。

2.2.5 层序5

该层序位于茅口阶中部青石山组(或碧云山组)的上部,代表茅口期以来大海退的低海平面期。青石山一带礁核相区的副层序普遍具有粉红色,发育礁顶相和礁前相的角砾岩;碧云山区仍以黑色烃源岩为主,只是到层序顶部的骨架灰岩和角砾灰岩呈粉红色。

海侵体系域在青石山一带为灰色厚层块状海绵-苔藓虫和古石孔藻粘结生物骨架灰岩架粒泥-泥粒灰岩和礁角砾岩,地貌上仍呈一个显著的隆起带;碧云山地区为数十米厚的中-薄层夹厚层灰色粒泥-泥粒灰岩夹叶状藻障积岩、海绵-苔藓虫障积岩,属礁后滩相沉积。

最高海泛面附近在碧云山地区为黑色薄-中层灰泥灰岩、钙质粉砂岩和粒泥灰岩;在青石山地区以叶状藻障积岩、叶状藻骨架岩、海绵-苔藓虫障积岩、泥粒灰岩和颗粒灰岩组成的副层序为特征,总体表现礁后低能或滩相环境。

高水位体系域在青石山一带主要是颗粒灰岩,亮晶胶结骨架灰岩和古石孔藻骨架灰岩,以及特别发育的礁屑角砾岩,岩石大多呈粉红色。在碧云山地

区高水位体系域可分为二部分,下部为黑色粒泥-泥粒灰岩、灰泥充填的骨架灰岩;上部渐变为灰色障积岩、泥粒灰岩、灰泥充填生物骨架灰岩;顶部为多层粉红色亮晶胶结礁角砾岩夹亮晶充填骨架灰岩,属礁顶相沉积。

该层序的顶界在3个主剖面为断层接触或覆盖,一些地点见到层序顶部粉红色骨架灰岩上覆的红色礁屑角砾岩,充填物为红色粉砂粘土和亮晶方解石,暴露特征明显,代表海西运动对该区造成的区域剥蚀面(SB₁面)。

2.3 海平面升降周期

通过研究副层序和三级层序的沉积相序,结合上述造礁生物生态资料,用相对水深方法恢复不同级别的相对海平面升降曲线(图1)。其中三级层序对应的海平面升降曲线形态变化明显分为4段,可以称作升降周期。这些周期分别与造礁群落演替反映的4个生物礁演化阶段相吻合。层序1对应的“升降周期I”反映生物礁定植阶段,表现浅海陆棚环境中海水由深迅速变浅的过程;层序2对应的“升降周期II”曲线简单平滑,明显由二次海平面上升夹一次下降组成,表现生物礁联结成障壁时的海平面缓慢

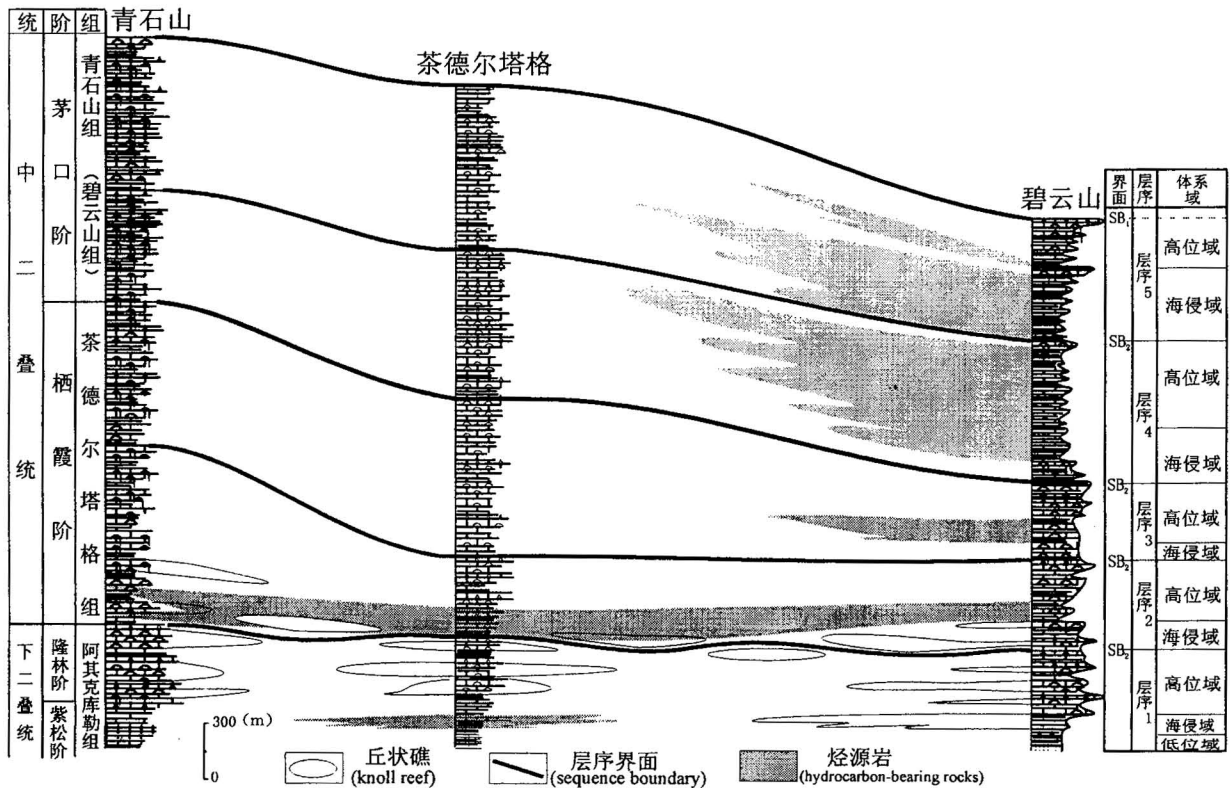


图3 东昆仑生物礁层序地层格架

Fig. 3 The sequence-stratigraphic framework of the reef-facies strata

持续上升;层序 3~4 反映的“升降周期Ⅲ”曲线以海平面小规模频繁升降为特征,表现生物礁形成多障壁时的海平面升降幅度相对稳定;“周期Ⅳ”(层序 5)指示了浪击面附近浅水高能环境,反映海平面迅速下降,生物礁消亡。

2.4 东昆仑生物礁层序地层格架

据区域对比,可得出东昆仑生物礁层序地层格架(图 3)。

3 大地构造对造礁的影响

东昆仑西段石炭纪—二叠纪构造地层分区沿柴达木地块南缘呈东西向条带状分布,从北向南依次为祁曼塔格分区、库木库勒分区、阿尔格分区和巴颜喀拉分区(图 4)。各分区的沉积建造、岩浆活动和变质特征明显不同。生物礁出露区的阿尔格分区属古柴达木地块南缘,南以鲸鱼湖大断裂与古羌塘地块巴颜喀拉分区相隔,北以阿其克库勒湖大断裂与库木库勒分区分界。鲸鱼湖大断裂被认为是原古特提斯洋的位置(姜春发等,1992;贾承造等^①)。早一中二叠世柴达木地块与羌塘地块间的洋壳从扩张向消减的转换,使地块基底逐步抬升,柴达木南缘出现了长期稳定的造礁环境。

据 1:100 万区调图幅资料^②和本文研究,现简要叙述各构造地层分区的构造古地理概况,阐述生物礁展布的古地理位置及生物礁建造过程中大地构

造控制的基底升降。

3.1 东昆仑西段造礁期构造古地理概况

祁曼塔格一带石炭系称大干沟组,为灰—灰黑色中厚层灰岩夹生物灰岩、大理岩,厚 1402m,属稳定的碳酸盐台地环境。在横向上向南加厚(>3000m)且碎屑岩增多,向东迅速减薄(>631~21m),变为滨—浅海相灰岩和砂页岩。二叠系下统称四羊角沟组(上部),为灰—灰白色中厚层灰岩,厚 1987m,属碳酸盐台地沉积,与下伏地层呈不整合。二叠系中统分为下部碳酸盐岩组和上部碎屑岩及灰岩组。碳酸盐岩组为深灰—灰黑色中、厚层燧石条带生物灰岩、灰质白云岩,厚 246m,属浅海碳酸盐台地;碎屑岩及灰岩组为灰黑色厚层块状白云岩、灰岩和紫红色—灰绿色薄层钙质粉砂岩,厚 208m,属碳酸盐台地和潮坪碎屑岩相。祁曼塔格分区始终为稳定的碳酸盐台地,只是到了中二叠世晚期随着海水从本区退出才出现了碎屑潮坪。

在库木库勒西部库木布彦山地区,石炭系大干沟组下部为 >388m 的紫红色英安斑岩和火山碎屑岩;上部为 493m 的灰黑色、灰白色块状灰岩夹白云质灰岩,褐灰色、灰绿色砂砾岩和凝灰质砂岩、粉砂岩。下部代表板块强烈扩张期出现的火山喷发,上部属陆缘拗陷沉积。二叠系仅见下统四羊角沟组,为灰、灰黑色凝灰粉砂岩和灰白色块状灰岩,可见厚度 >905m。代表随着板块的逐步并合,该地区从陆缘

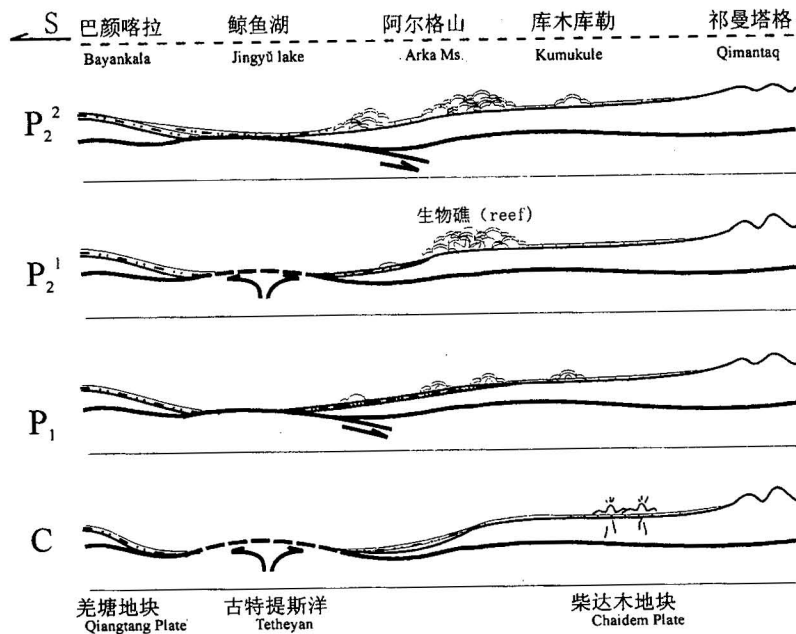


图 4 造礁期古地理和构造演化示意图

Fig. 4 Paleogeography and tectonic evolution in the reef-building period

拗陷逐步转变成为稳定的碳酸盐台地,与祁曼塔格分区环境相近。

阿尔格山出露的石炭系称托库孜达坂组,为浅变质的类复理石沉积,主要为片岩、千枚状砂岩、粉砂岩和炭质页岩夹灰岩和放射虫硅质岩,厚度>1788m,标志大陆斜坡深水环境。二叠系下统称阿其克库勒组,为黑色、灰褐色砂岩、粉砂岩和薄—中层灰岩,厚>1700m;局部夹>270m厚的礁丘灰岩,属碎屑岩陆棚环境,水体明显变迁。二叠系中统可分为3个岩组。下部相当于栖霞阶的茶德尔塔格组,为灰色、黑色、深灰色厚层块状礁相灰岩,厚1381m;中部相当于茅口阶下部的地层称碧云山组(或青石山组),为灰色、深灰色厚层块状礁相灰岩和礁后相灰黑色中—厚层生物屑灰岩、钙质粉砂岩,厚1082.4m(田树刚等,2001)。该区石炭纪为深水陆缘斜坡环境,早二叠世基底抬升出现造礁,中二叠世栖霞期—茅口期为大规模造礁的浅水环境,茅口末期基底抬出水面,多处见到红色风化壳沉积。

属羌塘地块北缘的巴颜喀拉山,其石炭系称古里雅群。为浅变质的灰黑色、灰绿色板岩、千枚岩和砂岩,厚3520~3878m,属大陆斜坡类复理石堆积。二叠系称围山湖组,下部为灰色、深灰色和黑色页岩、粉砂岩、砂岩和灰色薄—中层灰岩,对比为下二叠统下部栖霞阶;上部为褐灰色板岩、硅质岩、钙质粉砂岩和砂岩,对比下二叠统上部茅口阶。属稳定的陆棚内的凹陷环境。巴颜喀拉分区石炭纪—二叠纪始终保持了深水陆棚环境,与柴达木地块南缘不同。

东昆仑西段石炭纪—二叠纪沉积环境和古地理概况显示,板块间的拼合碰撞作用使柴达木地块南缘呈现隆凹相间的褶曲变形。阿尔格山分区为陆缘隆起带,库木库里分区为陆缘拗陷带,祁曼塔格分区为陆内隆起带。正是陆缘隆起带内的浅水和坚硬的基底,以及洋流带来的丰富营养,为大规模造礁创造了极好环境。

3.2 大地构造演变与基底升降

综合上述资料,结合造礁群落演替、层序地层和相对海平面升降证据,东昆仑西段石炭—二叠纪柴达木地块与羌塘地块间聚合离散作用可以分为4个构造期。这种聚合离散造成的基底升降制约着生物礁的着生、建造和发育规模。

石炭纪为洋壳扩张、地块离散期。洋壳拉张使柴达木地块南缘内原加里东期中昆地块与柴达木地块缝合线附近薄弱区局部出现断陷(如库木布彦山地区),带来火山强烈喷发,堆积火山岩和火山碎屑岩。

阿尔格山一带当时属大陆斜坡,沉积巨厚的类复理石和放射虫硅质岩。

早二叠世洋壳出现一次消减,两地块相向位移。洋壳消减于地块之下,柴达木地块南缘基底抬升。阿尔格地区的大陆斜坡迅速变成了浅水碎屑岩陆棚,使丘状礁在坚硬的基底上着生。但这时海水还有一定深度,生物造礁发育处于初期,丘状礁相互孤立,礁规模不一;造礁生物以枝状的苔藓虫、海百合、管孔藻和古石藻为主。

中二叠世早期两地块又进入一个小离散期。洋壳扩张,地块基底缓慢下降,海平面持续稳定地相对上升;丘状礁追逐海平面稳步生长,横向相互联结,形成障壁。这一时期的特点是发育巨厚的加积副层序,造礁生物以枝状的海绵-苔藓虫群落发育为特征。

中二叠世晚期,随着海西运动的加剧,柴达木地块与羌塘地块迅速相向移动直至并合,洋壳潜入地块之下,基底抬升,海水明显变浅。生物礁受海水频繁升降的影响显著,副层序相序组成复杂多变。这一阶段生物礁发育特点是形成多道生物礁带(障壁),发育礁顶相和礁前相角砾岩;局部区域礁后相烃源岩沉积巨厚(碧云山地区可达1000余m);此时繁盛多种造礁群落,以海绵群落、海绵-苔藓虫群落和叶状藻群落为主。

中二叠世末期,受海西运动影响基底抬升,海水退出本区,全区缺失晚二叠世沉积。

图版说明

图版 I

1. 古石孔藻包覆结构,×40,采集号:QT3-4;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。
2. 古石孔藻包覆结构×40,采集号:QT5-6;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。
3. 灰泥充填结构中的苔藓虫,×25,采集号:QS3-3;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。
4. 灰泥充填结构中的变口目苔藓虫,×25,采集号:QS3-3;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。
5. 灰泥、细粒充填及纤维状方解石包覆结构中的苔藓虫,×25,采集号:QS9-6;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。
6. 灰泥、细粒充填结构中的苔藓虫,×25,采集号:QT15-4;产地及层位:茶德尔塔格剖面下二叠统茅口阶青石山组。
7. 灰泥、细粒充填结构中的绿藻,×25,采集号:QT15-4;产地及层位:茶德尔塔格剖面下二叠统茅口阶青石山组。
8. 灰泥、细粒充填结构中的绿藻,×25,采集号:QT9-3;产地及层位:青石山剖面下二叠统茅口阶青石山组。

图版 II

1. 下二叠统阿其克库勒组的大型丘状礁,地点:卡拉楚卡山;礁体

- 巨厚块状, 无层理, 表面显示障积或包覆结构; 右下角示层状砂岩和泥岩。
- 中二叠统茶德尔塔格组礁相地层中的多个副层序, 地点: 且地塔格; 虚线表示副层序界面; 箭头指示地层倾向。
 - 灰泥和内屑充填古石孔藻包覆粘结的海绵骨架灰岩, 地点: 青石山; 层位: 中二叠统青石山组。
 - 副层序顶部的礁屑角砾岩, 地点: 青石山; 层位: 中二叠统青石山组。
 - 副层序顶部的短暂暴露面, 地点: 茶德尔塔格; 层位: 中二叠统青石山组顶部。箭头指示暴露面, 下伏层为海绵-苔藓虫骨架灰岩, 上覆层为红色、粉色泥质胶结的礁屑角砾岩。

注 释

- 贾承造, 魏国齐, 王书良, 等. 1998. 塔里木盆地构造特征与油气聚集. 石油总公司项目研究报告.
- 新疆地质矿产局区调队. 1982. 阿牙克库木湖地区区域地质调查报告、阿其克库勒湖地区区域地质调查报告.

参 考 文 献

- 曹永清, 罗照华, 邓晋福, 赵国春, 荆旭华. 1999. 东昆仑—柴达木北缘地区早古生代火山活动与构造演化. 地质论评, 1999, 45(增刊): 1002~1009.
- 陈学时, 耿忠霞. 1999. 广西十万大山盆地二叠统生物礁古油藏及隐伏礁预测. 地质学报, 73(4): 350~359.
- 范嘉松, 张维. 1985. 生物礁的基本概念、分类及识别特征. 岩石学报, 1(3): 45~59.
- 范嘉松. 1988. 古代生物礁研究中的若干问题, 兼论我国西南地区二叠系生物礁的类型. 石油与天然气地质, 9(1): 46~55.
- 巩恩普. 1993. 湖南新邵巨口铺中泥盆统中泥盆世生物礁生长动力学研究. 地质学报, 67(3): 276~286.
- 巩恩普, 关广岳. 1998. 中国石炭纪生物礁造礁群落演化. 地质论评, 44(2): 160~164.
- 洪天求, 黄明, G. 弗莱斯. 2000. 中国西南地区泥盆纪的生物礁. 地质学报(英文版), 74(4): 727~739.
- 姜月华, 岳文浙, 柳祖汉, 杨孟达, 金善鹇, 武金云. 2000. 湖南晚二叠世生物礁成岩作用的碳、氧同位素研究. 地质论评, 46(2): 190~196.
- 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 朱至直, 赵民, 柴耀楚. 1992. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社.
- 雷卞军, 强子同, 文应初. 1994. 川东及邻区上二叠统生物礁的白云岩化. 地质论评, 40(6): 534~543.
- 沈远超, 杨金中, 刘铁兵, 李光明, 曾庆栋. 2000. 新疆东昆仑祁漫塔格地区发现蛇绿岩. 地质论评, 46(1): 90.
- 田树刚, 王增吉. 2001. 东昆仑早—中二叠世生物礁相地层层序. 地球学报, 22(3): 243~248.
- 王永标, 张克信, 龚一鸣, 张志, 骆满生. 1998. 东昆仑地区早二叠世生物礁带的发现及其重要意义. 科学通报, 43(6): 630~632.
- 王永标, 徐桂荣, 林启祥, 龚淑云. 2000. 东昆仑早二叠世礁—岛海洋沉积物中稀土元素的分布. 地质学报(英文版), 74(1): 68~73.
- 吴亚生. 1989. 广西隆林下二叠统生物礁的综合研究. 地质论评, 35(1): 52~59.
- 吴亚生, 范嘉松. 2001. 根据生物礁定量计算茅口期全球海平面变化幅度. 中国科学 D, 31(3): 233~242.
- 许志琴, 李海兵, 杨经绥, 陈文. 2001. 东昆仑山南缘大型转换挤压构造带和斜向俯冲作用. 地质学报, 75(2): 156~164.

- 曾允孚, 王正瑛, 田洪均. 1983. 广西大厂龙头山泥盆纪生物礁的研究. 地质论评, 29(4): 321~330.

References

- Barnes R S K, Hughes R N. 1982. An introduction to marine ecology. Oxford London: Blackwell Scientific Publications.
- Cao Yongqing, Luo Zhaohua, Deng Jinfu, Zhao Guochun and Jin Xuhua. 1999. Paleozoic volcanic activities and tectonic evolution of the East Kunlun Mountains—the north margin of the Qaidam Basin. Geological Review, 45(supp.): 1009~.
- Chen Xueshi and Geng Zhongxia. 1999. Reef Palaeopool and Prediction of Buried Reefs in the Lower Permian Series from Shiwandashan Basin of Guangxi Province. Acta Geologica Sinica, 73(4): 350~359(in Chinese with English abstract).
- Fan J. 1988. Some problems in the study of ancient reefs—Discussion of the type of the Permian reefs in Southwest China. Oil and Gas Geology, 9(1): 46~55 (in Chinese).
- Fan J, Zhang W. 1985. On the basic concept and classification of organic reefs and their main identifying criteria. Acta Petrologica Sinica, 1(3): 45~59 (in Chinese).
- Fluegel E. 1982. Microfacies analysis of limestone. New York: Springer-Verlag.
- Fluegel E. et al. 1992. Phanerozoic reef evolution: basic questions and date base. Facies, 26: 167~278.
- Gong Enpu. 1993. Growth dynamics of the Middle Devonian Jukoupu bioherm, Xinshao, Hunan. Acta Geological Sinica, 67(3): 276~286(in Chinese with English abstract).
- Gong Enpu and Guan Guangyue. 1998. Evolution of the Carboniferous Reef Communities in China. Geological Review, 44(2): 164~.
- Heckel P H. 1974. Carbonate buildups in the geologic record: a review. In: Laporte L F. ed. Reefs in time and space. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Pub., 18: 90~154.
- Hong Tianqiu, Huang Ming, Flajs G. A study of Devonian reefs from southern China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 74(4): 727~739.
- Jiang Yuehua, Yue Wenzhe, Liu Zuhan, Yang Mengda, Jin Shanyu, Wu Jinyun. 2000. An application of carbon and oxygen isotopes to Late Permian reef diagenesis in Hunan Province. Geological Review, 46(2): 196~.
- Jiang C, Yang J, Feng B, Zhu Z, Zhao M, Chai Y. 1992. Opening closing tectonics of Kunlun Mountains. Geol. Pub. House, Beijing, Geol. Memoirs, 5 (12) (in Chinese).
- Lei Bianjun, Qiang Zitong, Wen Yingchu. 1994. Dolomitization of the Upper Permian organic reefs in eastern Sichuan and its adjacent area. Geological Review, 40(6): 534~543.
- Longman M W. 1981. A process approach to recognizing facies of reef complexes. In: Toomey D F. ed. European fossil reef models. Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists Spec. Pub., 30: 9~40.
- Pray L C. 1969. Micrite and carbonate cement: genetic factors in Mississippian bioherms (Abstract). J. Paleontology, 43: 895.
- Shen Yuanchao, Yang Jinzhong, Liu Tiebing, Li Guangming, Zeng Qingdong. 2000. Ophiolite found in the Qimantag area, East Kunlun Mountains, Xinjiang. Geological Review, 46(1): 90.
- Tian S, Cui J, Xu Z. 1997. Discovery of a huge Early Permian reef zone and its significance in the Tethyan evolution. Continental Dynamics, 2 (1): 70~72.

- Tian S, Fan J. 2001. Early—Middle Permian reef frameworks and reef-building models in the eastern Kunlun Mountains. *Acta Geologica Sinica*, 75 (2): 115~125.
- Tian S, Wang Z. 2001. Stratigraphic sequence of the Early—Middle Permian reef in western East Kunlun Mountains. *Acta Geoscientia Sinica*, 22 (3): 243~248 (in Chinese).
- Troell A R. 1962. Lower Mississippian bioherms of southwestern Missouri and northwestern Arkansas. *J. Sed. Petrology*, 32: 629~664.
- Wang Y, Zhang K, Gong Y, Zhang Z, Luo M. 1998. Discovery and its significance of Early Permian reefs in the East Kunlun area. *Chinese Science Bulletin*, 43 (6): 630~632 (in Chinese).
- Wang Yongbiao, Xu Guirong, Lin Qixiang, Gong Shuyun. 2000. Distribution of rare earth elements in Early Permian reef-island ocean sediments in eastern Kunlun. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 74(1): 74~83.
- Wu Yasheng. 1989. The Early Permian organic reefs, Longlin county, Guangxi province. *Geological Review*, 35(1): 52~59.
- Wu Y, Fan J. 2001. Calculation of Maokouan eustatic ranges based on reefs. *Science in China (D)*, 31(3): 233~242.
- Xu Zhiqin, Li Haibing, Yang Jingsui, Chen Wen. 2001. A large transtension zone at the south margin of the east Kunlun Mountains and Oblique subduction. *Acta Geological Sinica*, 75(2): 156~164 (in Chinese with English abstract).
- Zeng Yunfu, Wangzhengying, Tian Hongjun. The study of the Devonian Longtoushan organic reef in Dachang, Guangxi. *Geological Review*, 29(4): 321~330.

Reef-building Mechanism in the Early—Middle Permian, the East Kunlun

TIAN Shugang¹⁾, FAN Jiasong²⁾

1) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037*

2) *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029*

Abstract

Reef-building was controlled by the community succession, sea-level elevation and basement changes caused by tectonics. Six kinds of reef-building communities have been sorted out, which possessed different compositions and occupied respective ecological sets. Types and thrivingness of communities were distinctive and replaced one after another in the four stages of reef development. Sedimentary cyclothems are clearly discernible in the reef-facies strata, which could divide into five sequences and fourteen types of parasequences. These sequences represent varied degrees of rising-falling cycles of the sea-level, which limited community distributions and reef-building velocities. Based on the analysis of community succession, sea-level elevation and paleogeographic variation in the working area, four stages of tectonic evolution in the Hercynian can be distinguished, which made up two open-closing cycles between the Qaidam plate and the Qiangtang plate. The reefs were built in the open-closing transitional period of the mid-late Hercynian, while southern margin of the Qaidam plate kept a stable condition continuously.

Key words: East Kunlun reefs; the Early—Middle Permian; reef-building factors

