

# 西藏甲马弧内盆地甲马矿区 晚侏罗世海绵礁的发现\*

彭勇民 姚 鹏

李金高

(中国地质调查局成都地调中心)

(西藏地矿厅,拉萨)

**摘 要** 西藏甲马弧内盆地晚侏罗世海绵礁属于台地边缘礁,呈近 EW 向展布,延伸长达 4~5 km,宽约 50 m,建筑在叶巴期火山岩浆弧的正地形上。由北向南展示出礁坪相到礁核相再到礁前斜坡相的侧向演变。其中礁核相主要由海绵骨架岩、障积岩和粘结岩等构成。海绵礁可分为并进礁和中止礁 2 种类型,发育至少 6 套垂向上相互迭叠的礁旋回。研究表明,甲马矿区海绵礁形成的关键因素是海平面变化,其主体的发育与海平面相对上升同步。

**关键词** 海绵礁 礁旋回 并进礁 海平面 西藏

## 1 地质背景

甲马弧内盆地与位于冈底斯火山岩浆弧东段的甲马岛弧演化密切相关,是在具陆壳基底的火山岛弧背景上堆积起来的火山-沉积盆地<sup>[1~3]</sup>。盆地内主要堆积着一套滨、浅海相活动大陆边缘的沉积物<sup>[3,4]</sup>,并以巨厚的弧火山岩和碎屑岩夹少量碳酸盐岩为特征。火山岛弧分别在叶巴期和林子宗期经历了 2 次强烈的火山活动<sup>[5]</sup>,但在晚侏罗世至晚白垩世甲马火山岛弧不活动,厚达 5 000 余米的浅水环境堆积起来的沉积物中没有弧火山岩层。沉积相的演变在纵相上清晰,横向上不甚明显。纵向上,表现为河流、滨岸碎屑岩浅滩、海绵礁相碳酸盐→潮坪相碎屑岩→滨岸碎屑岩夹煤层→滨岸相碎屑岩夹灰岩→障壁海岸碎屑岩→河流相砂、砾岩与泥岩所构成的变浅沉积序列。横向上,从晚侏罗世多底沟组礁相组合研究表明,由西南向东北水体逐渐变浅,沉积相演化为礁前斜坡相→台缘礁相组合→礁后坪相。生物礁相组合仅见于多底沟组( $J_3d$ )中,是甲马矿区的最主要和最重要的赋矿层位。甲马矿区海绵礁的发现无疑将对矿床的成因认识起到积极作用。

## 2 礁体的宏观特征

甲马矿区晚侏罗世台缘海绵礁呈近 EW 向展布,延伸长达 4~5 km,宽约 50 m,建筑在早先的叶巴期火山岩浆弧的正地形上。这些 EW 向连绵伸展的残留火山岛弧时淹时露,构成当时海上或海下比较独特的景观,造礁生物海绵与喜礁生物双壳、腕足、珊瑚、海百合茎和蓝绿藻等共生。很明显,这种大规模的台地边缘海绵礁在冈底斯岛弧带乃至整个青藏高原都

\* 西藏科委重点项目(990107)与国土资源部定向基金项目(97042)联合资助

第一作者 彭勇民,男,1965 年生,博士,副研究员,从事青藏高原沉积学、构造地质学与火山学等研究,邮编 610083

是罕见的<sup>[6]</sup>。

矿区多底沟组灰岩大多被构造和变质重结晶强烈改造<sup>[5]</sup>,以致有时难以找到较好的沉积结构、构造和生物特征等沉积记录。目前,矿区这套碳酸盐沉积物就是由片理或劈理化发育的重结晶灰岩构成的,包括大理岩、粗-中晶灰岩与细、粉晶灰岩。野外露头上,通过详细沉积颗粒、结构、构造与生物性质来恢复当时堆积的岩石类型,确定宏观的沉积相和进行沉积环境的解释。

晚侏罗世厚达1 315 m的碳酸盐岩占据矿区背斜构造的核部和南北两翼的大部分,展布在甲马铜山和铅山上。远远看上去,下白上红,白色者为多底沟组灰岩,红色为整合于多底沟组之上的林布宗组被氧化了的碎屑岩层所显示的颜色。由SN向横跨矿区多底沟组灰岩,能完整地观察到由砾、砂屑灰岩、泥灰岩、泥晶灰岩与海绵礁灰岩等构成的礁坪相→礁核相→礁前斜坡相的侧向演变。礁前斜坡相的角砾状灰岩与泥晶灰岩和泥灰岩等微相组合在甲马矿区西侧的甘丹寺附近发育得最好。礁核相主要由海绵骨架岩、障积岩和粘结岩等构成,在铅山与铜山普遍可见,伴随礁核相出现的礁坪相由砾-砂屑灰岩、生屑砂屑灰岩组成。宏观上,这套海绵礁灰岩呈孤立的、串珠状丘、隆耸立在山顶、山谷和山坡上,形成凸凹相间的正地形和负地形,礁灰岩中强烈发育的孔、洞、缝使得一个个的小丘峰千疮百孔,奇形怪状。从现有的观察看,矿区至少发育6套海绵礁灰岩,在垂向上相互迭叠,平面上呈EW向沿主要构造线展布。

礁相组合中的礁核相的海绵骨架、障积岩与粘结岩是目前矿区成矿的最佳部位,随处可见与主矿体或次要矿体共生的海绵礁灰岩。在次要矿体或矿体发育欠佳处,柱状、块状纤维与串管海绵的中央腔被亮晶的方解石充填,且沿片理或劈理面发生定向排列现象,这种被构造定向的排列情况在矿区与外围特别普遍,以致于前人多将这种块状的海绵礁灰岩误认为“砾屑灰岩”或作为受剪切影响的“糜棱灰岩”<sup>[5]</sup>。在主矿体层,仍然可以见到由完全交代成矿的矿化体小“透镜”和偶尔未被矿体交代的白亮色方解石小“透镜”构成的海绵中央腔部分被构造定向了的情形,产于海绵礁中的矿体矿石所具有的强烈交代结构与铅山采坑所见的未彻底交代的灰岩条带或孤立灰岩块便是例证。

与矿区海绵礁成矿以及普遍的交代现象不同<sup>[4]</sup>,在矿区外围,尤以东侧的斯布龙沟-多底沟礁灰岩的海绵生物构造特征保存完好,由于未受成矿作用常见的交代作用以及大理岩化作用的影响,生物礁相组合的沉积旋回显得更清晰,礁相组合的岩性、岩相、沉积结构、构造与生物特征较矿区海绵礁更易观察和恢复。

### 3 礁体的微相特征

斯布龙沟海绵礁组合主要由礁核相骨架岩、障积岩-粘结岩、礁后坪泥晶灰岩、泥灰岩、砂、砾屑泥晶灰岩夹生物泥晶灰岩、礁基相泥灰岩、亮晶砂砾屑、生屑灰岩-泥晶灰岩、礁前角砾状灰岩、砂砾屑灰岩与泥灰岩、泥晶灰岩等构成。这些岩石类型具有各自不同的宏观与微观特征(自下而上分别论述)。

#### 3.1 礁基相

礁基相是海绵礁形成的前提,不同时代不同类型的生物礁都要经历这一礁基建设阶段。在生物礁产生抗浪骨架构造之前,波浪强烈地冲刷、淘选海底生物颗粒与灰泥,形成亮晶砂

砾屑-生屑灰岩、泥灰岩与泥晶灰岩等沉积物。区内礁基相可分为浅滩亚相和开阔台地亚相。

**3.1.1 浅滩亚相** 属碳酸盐台地内部浅滩,主要由亮晶砂屑-砾屑灰岩、亮晶生屑灰岩构成。其中亮晶砂、砾屑灰岩特征为:砂、砾屑颗粒占60%~65%,生物颗粒(如海百合茎、双壳碎片、藻屑等,占5%~10%左右,生物颗粒大小不一,形状极不规则,杂乱排列,磨蚀和磨圆一般。颗粒间为具世代胶结特征的亮晶方解石胶结,说明颗粒是在浪基面上经搬运冲洗而堆积成的高能浅滩。亮晶生屑灰岩为:生物碎屑占65%~80%,其中以海百合茎与海绵碎片为主,占45%~60%,一般为2~3 mm大小;其他生物颗粒见有双壳类、腕足类、藻屑与少量珊瑚、有孔虫等,含量在20%~25%。生物颗粒大小悬殊,分选差,磨蚀较强,但磨圆度差。孔隙间为亮晶方解石胶结。显然,亮晶生屑灰岩系在动荡高能的水体环境形成的。

**3.1.2 开阔台地亚相** 主要由泥灰岩、泥晶灰岩和生屑泥晶灰岩构成。生屑泥晶灰岩的特征为:生物颗粒含量一般为20%~35%,见有双壳、海绵、腕足与少量珊瑚、有孔虫和藻屑等丰富多样的生物碎片,大小不等,分选差,磨蚀与磨圆均较差;生物碎片发育泥晶套,局部具微粒序与底冲刷侵蚀现象,整个岩石中生物分布不均匀,局部富集,呈团块状、斑点状出现。泥晶化的钙质泥含量可达70%~80%左右,具明显的重结晶。说明生屑泥晶灰岩可能是受风暴扰动形成的。从所见多种门类的生物化石和泥灰岩、泥晶灰岩与生屑泥晶灰岩等微组合来看,这套碳酸盐沉积物是在开阔台地相中堆积的。

## 3.2 礁核相

根据造礁生物含量与亮晶、灰泥填隙物的胶结程度可分为骨架岩、障积岩和粘结岩。

**3.2.1 骨架岩** 海绵生物以柱状、块状和囊状原地生长方式为主,含量高达75%~85%,局部高达35%~40%,具个体完整、格架清晰、原地埋藏等特点。造礁生物主要为纤维海绵和串管海绵。纤维海绵呈圆柱状或分枝状,外壁厚实,身体不分节,体内呈脑纹状的水道系统发育。一般直径在1~3 cm之间,长8~15 cm,被亮晶方解石填充的白色中央腔的横切面呈圆形、椭圆形,局部呈不规则状相连。串管海绵常见柱状、串珠状与囊状,其中柱状串管海绵一般直径为2~4 cm,长达2~12 cm,最长者可达30 cm,呈柱状丛生集合体产出,中央腔发育,枝体分节明显;串珠状串管海绵多呈不规则的串珠状、连环状,主要由球形、似球形的房室组成,囊状海绵的中央腔由囊状、泡沫状房室构成,海绵个体小,呈圆柱状或分枝状,外壁厚,与纤维海绵生态特征类似。串管海绵的不同生态特征与其形成环境的水动力条件有关,柱状串管海绵代表了较高能环境,串珠状串管海绵反映了低能环境,囊状海绵发育的环境的能量介于二者之中。在骨架岩中,附礁生物少,含量多为5%~8%,见有双壳、腕足、有孔虫、海百合等。主要由藻组成的粘结生物少见,偶而可见极薄层的长2~3 cm藻纹层小透镜体,与亮晶方解石、砂-砾级生物颗粒与少量灰泥一起构成填隙物。海绵格架就是通过这些填隙物来固结的,由于水动力能量高,孔隙中灰泥的含量少见,被波痕破碎与磨圆的生物颗粒常见,局部富集呈透镜体、团块状填充在造礁生物骨架之间的孔隙中。亮晶方解石胶结和充填海绵中央腔是常见的现象,这些被构造定向了的充填亮晶方解石的中央腔往往误认为是“砾屑”颗粒或“糜棱岩”中的小透镜体,以致对这套实际上为海绵礁灰岩的认识产生了分歧。在海底胶结极为发育的地方,亮晶方解石可见到2~3个世代胶结结构,亮晶为针状、叶状、片状方解石,干净透明,最末一期为三角形贴面接触的簇状方解石。

3.2.2 障积岩 生物以囊状、串珠状海绵为主,少量为纤维海绵。造礁生物含量 30% ~ 45% 不等,附礁生物较丰富,含量达 15% ~ 20%,见有双壳、腕足、海百合与少量珊瑚、有孔虫等。障积灰泥达 35% ~ 75%;生物骨架多见藻纹层包壳或包覆,后者在波浪冲洗强烈的地方,与骨架生物与附礁生物一样也发生破碎与磨圆。造礁海绵骨架孔隙仍是通过砂、砾级破碎的生物颗粒、较多的灰泥与偶见的亮晶方解石来固结的。

3.2.3 粘结岩 造礁生物少,生物完整,含量达 15% ~ 25%,以蓝绿藻粘结、包绕或包覆原地生长的海绵骨架现象极为常见,藻纹层发育数层至几十层,单个藻纹层厚数毫米。骨架之间的孔隙多为含生物碎屑的灰泥充填。

值得指出的是,海绵礁灰岩中发育强烈的硅化、长石化与放射状透闪石化,这可能是岛弧活动所提供的  $\text{SiO}_2$  与矿区灰岩交代反应的结果。

### 3.3 礁后坪相

礁后坪相主要由砂屑、砾屑、生屑泥晶灰岩与泥晶灰岩薄互层构成。生屑泥晶灰岩特征为:颗粒碎屑含量 20% ~ 35%,以生物碎屑为主,见有海绵、藻、双壳、海百合与少量有孔虫等碎片,次有砂屑和砾屑。颗粒大小不一,分选较好,磨蚀与磨圆好,杂乱排列,散布于岩石中。岩石呈杂基支撑结构,填隙物为钙质泥。说明生屑泥晶灰岩是高能环境产生的颗粒在低能环境中被钙质泥胶结形成的。泥晶灰岩中藻丝体含量较多,局部富集成藻纹层构造。

### 3.4 礁前相

礁前相为角砾状灰岩、砂砾屑泥晶灰岩和泥晶灰岩、泥灰岩,其特征的微相为角砾状灰岩。角砾状灰岩呈透镜体,强烈侵蚀与切割下伏岩层,主要产出的地点在矿区外围西南侧的甘丹寺,角砾大小不等,一般 5 ~ 10 cm,小者 2 ~ 3 cm,分选差,棱角状、次棱角状,磨圆差,角砾成分多为海绵礁灰岩、具纹层构造的泥晶灰岩、泥灰岩、砂砾屑泥晶灰岩与少量生屑泥晶灰岩等,既有浅水又有深水角砾,以浅水的礁灰岩为主。角砾之间为富含砂、砾级生屑碎片的灰泥充填,含量 20% ~ 35%。岩石呈现杂基支撑结构,块状构造。显然,该角砾状灰岩为台缘斜坡碎屑流沉积。

## 4 礁相模式与成因

矿区晚侏罗世台地边缘海绵礁的沉积相模式如图 1 所示,该模式给出了典型的台缘礁相组合,由 NNE 向 SSW 依次展布着礁后坪相、外围发育而矿区缺乏的礁后浅滩相、礁核相和礁前相组成,代表了一个成熟的生物礁相组合。随着时间的推移,生物礁的生长状态、生长方式和几何形态以及礁相的组合都因海平面的变化而发生改变,矿区晚侏罗世多底沟组中自下而上所识别出的 6 套海绵礁沉积旋回就是这种变化的最好例子。刚开始的时候,海绵礁除高出周围碳酸盐沉积物外,规模还是较小的,生长速率可能也不够快,主要呈加积与退积方式生长,礁的相带相对较窄,由于礁小与所提供的钙质沉积物相对少,不足以产生礁前相的角砾状灰岩透镜体(如多底沟组下部记录的厚度相对薄的第 1、2、3、4 套礁灰岩)。当海平面继续上升,礁的生长速率增加,礁不断加积和进积,使海绵礁明显高出海底,追赶海平面生长,不断长高和加宽的礁规模也增大,变高变陡的海绵礁受海底波浪冲洗、侵蚀的影响以及自身重力的垮塌作用,产生的各种砾、砂级的钙质碎屑被碎屑流搬运并堆积在礁前斜坡相中,形成典型的角砾状灰岩(多底沟组上部记录的厚度相对大的第 5 和第 6 套礁灰岩)。矿

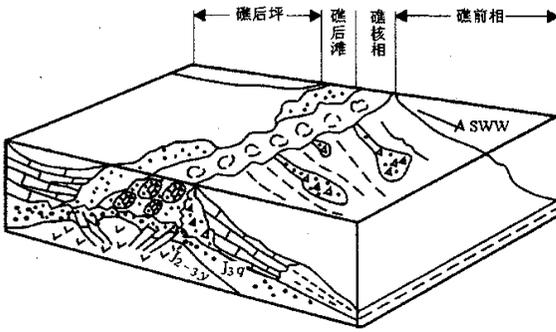


图1 上侏罗统多底沟礁相模式

Fig.1 Reef model of Duodigou Formation upper Jurassic

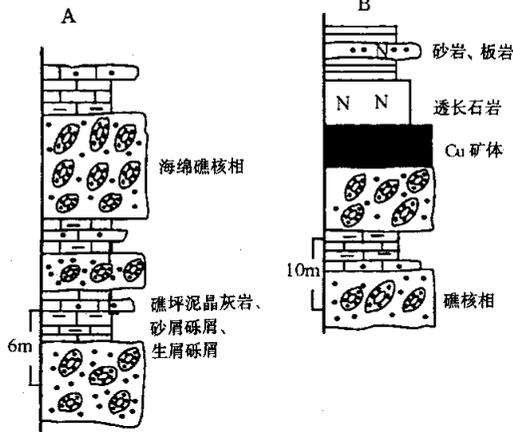


图2 海绵礁类型与礁的生长速率关系

Fig.2 Relationship of divisions and growing rate of sponge reef

A-铅山东坡并进礁 B-铜山中止礁

区内海绵礁的发育主体与海平面上升同步,类似于现今处于全球海平面上升期生长的南海珊瑚礁<sup>[7]</sup>。

根据礁的生长速率与海平面的关系,将矿区海绵礁分为并进礁和中止礁2种类型(图2)。①并进礁(图2-A)是以礁灰岩和礁后坪相砂屑泥晶灰岩与泥灰岩为特征,纵向上相互迭置,无明显的水体加深和变浅序列的趋势,总体上表现为海绵礁的生态生长序列,并以骨架礁灰岩为主。这种类型的礁反映了礁的生长保持与海平面上升速率相一致的特点。(矿区多底沟组下部的第1套至第4套礁旋回);②中止礁以礁的生长被中断、淹没或毒害而死亡为特征,图2-B的情形说明,随海平面的突然下降,陆源砂、泥质沉积物中断了海绵礁的生长,导致礁的死亡。在矿区第6套海绵礁的顶部灰岩中发生了白云石化、淡水透镜体现象,向上砂、泥质碎屑增多,再向上过渡为陆源泥岩沉积。因而矿区海绵礁是因海平面下降,陆源砂、泥质物的输入而灭亡的。

礁的成因受礁的基座、礁的生长速率、海平面变化、构造及其成岩固结、海水温度、透光性等多种因素的制约。研究表明,矿区海绵礁形成的关键因素是海平面变化。晚侏罗世近EW向展布的海绵礁是在由俯冲导致的真正地形的叶巴期火山岛基座上发育起来的(图

1)叶巴组(J<sub>2-3</sub>)弧火山岩夹砂板岩后来又受到以挤压应力为主的逆冲断裂所破坏和挠动,隆升暴露出海平面之上接受了却桑温泉组下部陆相粗碎屑沉积,相对短时间的陆上暴露之后,矿区发生了海进。初期的海侵通过填平补齐作用在火山岛隆凹不平的地形上,建立起由却桑温泉组上部滨、浅海碎屑沉积构成的碎屑陆架。继续的海平面上升发育了多底沟组的海绵礁,自下而上所识别出的6套礁灰岩和礁的沉积旋回与礁的生长方式、生长速率和追踪海平面变化的能力有关。海平面上升的初期,海绵礁可能依赖于火山岛正地形而成长,到后来的成熟礁时期,海底地形取决海平面变化和礁的垂向与侧向生长方式,与地形和地貌的关系变得不明显,礁相带变宽,进积作用更强烈,并发育礁前相斜坡碎屑流成因的角砾状灰

岩透镜体。除 6 套相互迭置的礁相沉积旋回记录出海平面变化之外,矿区并进型海绵礁也反映了礁的生长速率同海平面上升同步,且海绵礁追踪海平面的变化能力很强。同样,晚侏罗世矿区中止型礁与海平面下降一致。到目前为止,叶巴期火山喷发所诱发出的高温环境是否加热了海水尚不得而知,如果真是这样,无疑非常有利于礁的生长和发育。

总之,矿区晚侏罗世的海绵礁相组合属典型的台地边缘礁相模式,它是在叶巴期火山岛构成的正地形基座上发展起来的。随着火山岛弧的不活动与海平面的上升,海绵礁从早中期不成熟的并进型礁演化到中晚期成熟的礁,最终因海平面的下降,礁趋向于灭亡。

### 参 考 文 献

- 1 肖秋苟,黄宗和. 藏南拉萨、江孜、岗巴、定日三个盆地的油气远景分析. 西藏地质, 1997, 18(2):47~54.
- 2 黄泽光,余琪祥,袁玉松等. 西藏南部地区中生代盆地原型的划分. 西藏地质, 1997, 18(2):55~67.
- 3 潘风维,粟登逵,姚 鹏等. 西藏甲马喷流砂卡岩型铜多金属矿床特征. 西藏地质, 1997, 18(2):62~75.
- 4 余光明,王成善等. 西藏特提斯沉积地质. 北京:地质出版社, 1990.
- 5 杜光树,姚 鹏,粟登逵等. 喷流成因砂卡岩与成矿——以西藏甲马铜多金属矿床为例. 四川:四川科学技术出版社, 1998.
- 6 刘宝,余光明,王成善等. 珠穆朗玛峰地区上侏罗统生物礁的发现. 矿物岩石, 1981, 2(3):1~16.
- 7 张明书,何起祥,业治铮等. 西沙生物礁碳酸盐沉积地质学研究. 北京:科学出版社, 1989.

## The Discovery of Late Jurassic Sponge Reef in the Jiamia Ore District within Jiamia Intra-arc Basin, Tibet

Peng Yongmin Yao Peng

(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources)

Li Jingao

(Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources, Lhasa)

**Abstract** The Jurassic sponge reef is a kind of platform marginal reef existent in Jiamia intra-arc basin of Tibet. Stretching in EW direction, it is 4 ~ 5 km in length and 50 m in width, lying on the early positive topography of the volcano - magmatic arc of Yeba Stage. It has evolved laterally, showing reef flat, core and front from north to south. The reef core consists of sponge framestone, baffestone and bindstone. The sponge reef can be divided into keep-up type and give-up type with the development of at least six vertically superimposed reef cycles. It turns out that the key factor for the formation of sponge reef was sea level changes and that the growth of reef was in concord with relative eustasy rise.

**Key words** sponge reef reef cycle keep-up reef sea level Tibet