

文章编号: 1004—5589 (2009) 01—0011—09

黔南晚石炭世叶状藻礁灰岩的成岩作用

李金梅, 巩恩普, 孙宝亮, 关长庆, 张永利

东北大学 资源与土木工程学院, 沈阳 110004

摘要: 通过偏光显微镜研究和阴极发光技术, 对黔南晚石炭世叶状藻礁灰岩的成岩作用做了详细研究, 认为礁灰岩主要成岩作用类型有: 生物黏结-障积作用、泥晶化作用、胶结作用、压实-压溶作用、破裂作用、重结晶作用和溶解作用等。根据岩石薄片阴极发光测试结果的观察、分析, 将成岩过程划分为4个阶段: 准同生成岩阶段、早期成岩阶段、埋藏成岩阶段和后生成岩阶段。通过各种成岩作用的标志性特征及它们在阴极发光下的特征, 推测藻礁灰岩主要经历了海底成岩环境、大气淡水成岩环境和埋藏成岩环境。

关键词: 黔南; 晚石炭世; 叶状藻礁; 成岩作用; 成岩环境

中图分类号: P534.45; 588.248 **文献标识码:** A

Diagenesis of Late Carboniferous phylloid algal reefs in southern Guizhou

LI Jin-mei, GONG En-pu, SUN Bao-liang, GUAN Chang-qing, ZHANG Yong-li

School of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China

Abstract: Through the methods of polarizing microscope and cathodoluminescence, the diagenesis of Late Carboniferous phylloid algal reefs in southern Guizhou is studied, which indicates diagenesis are mainly of bio-binding and baffling actions, micritization, cementation, compaction-pressure solution, fracture, recrystallization and dissolution in type. Based on thin section analysis and cathodoluminescence, the diagenesis can be subdivided into four stages, including quasi-contemporaneous diagenesis phases, early diagenesis phase, burial diagenesis phase and epigenetic diagenesis phases. Diagenetic and cathodoluminescent characteristics show that the reefs have gone through marine, meteoric freshwater and buried diagenetic environment.

Key words: southern Guizhou; Late Carboniferous; phylloid algal reef; diagenesis; diagenetic environment

0 引言

叶状藻是石炭纪重要的造礁生物, 在紫云地区晚石炭世地层中广泛发育, 常建成独具特色的叶状藻礁, 在全球范围内叶状藻礁也是晚石炭世重要的造礁类型之一。对叶状藻礁灰岩的研究涉及沉积学和古生物学两个方面, 它是生物礁研究领域内非常

重要的研究课题, 也是目前生物礁研究的热点问题^[1]。

巩恩普教授等曾对紫云晚石炭世叶状藻礁的生长特征和造礁过程进行了系统研究, 对研究区中叶状藻礁的性质、特征, 群落结构和发育规律有了清楚的认识^[2,4]。研究认为叶状藻是一种主动的造礁生物, 具有建造礁体的能力, 能形成骨架礁灰岩,

收稿日期: 2008-07-09; 改回日期: 2008-11-05

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40572014)

通讯作者: 巩恩普 (1958-), 男, 博士生导师, 教授, 从事古生物学与地层学、沉积学方向研究. E-mail: gongep@mail.neu.edu.cn

并系统分析了藻礁造礁群落的发展过程和礁体的生长发育过程,但对藻礁灰岩成岩作用方面还未曾涉及。笔者主要从碳酸盐岩石学和沉积学的角度对贵州紫云晚石炭世叶状藻礁进行研究,并结合叶状藻礁古生物学和古生态学的综合特征,最终取得了紫云晚石炭世叶状藻礁的沉积环境和成岩作用系统的全面认识。

1 区域地质概况

黔南晚石炭世叶状藻礁出露于紫云县猴场镇以西约4 km处,大地构造位置属于“滇黔桂盆地”,又称“南盘江盆地”。在石炭纪,盆地内发育了若干孤立的碳酸盐台地,并被发育深水相的台沟所分割^[5],这些碳酸盐台地浅水区适宜生物生存,生物造岩作用强烈,出现了大量的各种类型的滩,其中生物礁、丘发育。黔南晚石炭世叶状藻礁发育在开阔浅海碳酸盐台地的台缘浅滩上,产出地层为上石炭统马平组^[6],岩性主要为块状砂砾屑灰岩、礁灰岩和生物碎屑灰岩。本文研究的叶状藻礁属于大型礁体^[3,4],宽55 m,厚约18 m,礁灰岩的类型主要为叶状藻礁灰岩和生物碎屑灰岩,其成岩历史复杂。笔者在成岩作用理论的基础上^[7-10],采用显微镜下分析与阴极发光技术分析结合的方法对研究区的成岩作用进行初步研究^[11,12]。

2 成岩作用类型及特征

2.1 生物黏结-障积作用

研究区内叶状藻礁中,常见的黏结生物为 *Tubiphytes* 和黏结有孔虫,障积生物为叶状藻(图版 I-1)。*Tubiphytes* 和黏结有孔虫呈结壳状黏结灰泥,叶状藻主要对灰泥和较小的生物碎屑起障积作用而形成叶状藻礁障积岩。

2.2 泥晶化作用

泥晶化作用为穿孔的藻和真菌类对碳酸盐颗粒自外向内反复穿孔,随后被泥晶充填,碳酸盐颗粒逐渐被泥晶交代,最终可使碳酸盐颗粒外表形成泥晶套,甚至还可将整个颗粒泥晶化而使其原始成分极难、甚至不可被识别^[13]。研究区中泥晶化作用主要发育在泥粒灰岩和生屑颗粒灰岩中,约60%以上的颗粒都不同程度地出现泥晶化(图版 I-2),泥晶套的厚度差别较大,0.1~1.0 mm不等。在薄片常见海百合茎片的泥晶网格状构造,其纵

剖面表现为两组斜交的网格泥晶纹(图版 I-3),代表浅滩相中泥晶化作用现象明显。

2.3 胶结作用

胶结作用指矿物质在碎屑沉积物孔隙中沉淀,并使沉积物固结为岩石的作用。一般来说,胶结作用属于破坏性成岩作用。研究区碳酸盐岩的胶结作用发育,胶结物类型丰富,根据其结构特征可分为:

(1) 纤维状方解石胶结物(图版 I-4, II-8)

主要见于亮晶颗粒灰岩中,在粒间或粒内孔隙中,亮晶方解石呈等厚环边纤维状围绕颗粒周缘分布,与较晚期的细粒它形亮晶方解石呈溶蚀不整合接触。生物体腔孔中也可见到纤维状方解石胶结物,在阴极发光下呈橙红色或红褐色。

(2) 柱状胶结物(图版 I-5)

主要见于泥粒灰岩中,在粒间或粒内孔隙中,柱状方解石围绕颗粒呈单层或多层等厚环边状,正交偏光下多呈雾状或浑浊状,发育有解理和双晶纹。柱状胶结物包括多条生长带,最多可数出5条,其中柱状结构和交错片柱状结构交替出现,在阴极发光下呈蓝黑色。

(3) 葡萄状胶结物(图版 I-6)

研究区中发现有葡萄状胶结物充填孔隙现象,主要由放射状紧密排列的纤维状晶体和圆丘状集合体组成。手标本通常呈黑色,而镜下为土黄色,在正交偏光显微镜下为波状消光。葡萄状胶结物通常是海水潜流环境的产物。

(4) 亮晶胶结物

细粒它形-半自形亮晶方解石胶结物(图版 II-1)主要见于亮晶颗粒灰岩的粒间孔、生物体腔孔、铸膜孔及次生溶孔中,晶粒大小为0.1~0.5 mm,它形-半自形镶嵌状接触,阴极发光下呈橙黄色或橙红色,应为浅埋藏成岩环境的产物。

(5) 中-粗晶方解石胶结物(图版 I-7)

充填于细粒它形-半自形亮晶方解石胶结物所残留的孔隙中或存在于纤维状和柱状方解石充填的残留孔隙中,粒径为0.5~3.0 mm,多为半自形-自形晶。阴极发光下呈橙红色或红褐色,应为深埋藏成岩环境中的产物。

2.4 压实-压溶作用

压实-压溶作用主要发生在埋藏期间,压实作用是由于上覆沉积物的重力而使得沉积物颗粒受挤

压后相互靠拢的作用过程，在晚期埋藏阶段化学压实作用使颗粒接触处发生溶解作用（常称压溶作用）。这两种作用的结果主要表现为颗粒的破碎，溶解缝和缝合线的发育。溶解缝大多沿粒间或颗粒边缘分布，很少横切沉积物，常呈线状、网状和马尾状出现。缝合线构造主要见于灰泥灰岩及泥粒灰岩中，缝合线的振幅多为0.1~5 mm。薄片中的缝合线呈锯齿状或者抛物线状展布（图版 I-8），在缝合线两侧出现溶蚀、胶结作用，后期方解石脉在阴极发光下呈暗蓝色（图版 II-2），为深埋藏环境

的产物。

2.5 破裂作用

岩石受挤压或拉张发生破裂，可以根据裂缝的切割关系及裂缝中充填的矿物将裂缝分为不同的期次。裂隙在各个成岩阶段发育不同，综合野外记录、薄片观察和阴极发光测试结果可将裂隙分为成岩裂隙和构造裂隙，其中构造裂隙中又可划分出3个期次，裂隙内充填有方解石、沥青质或含铁质方解石脉（表1）。

表1 黔南晚石炭世叶状藻礁灰岩的裂缝期次与特征表

Table 1 Fracture terms and characteristics of Late Carboniferous phylloid algal reefs in southern Guizhou

期次	裂隙特征	成因解释
成岩裂隙	裂隙 I 密集排列的7、8条微裂隙在阴极发光下被恢复出来（图版 II-3），其内的方解石呈橙红色	为沉积-成岩期间的产物，被后期的重结晶作用改造以至消失
构造裂隙	裂隙 II 裂隙的宽度较小，近平行排列或交叉排列，两壁较平直，可能为剪性裂隙，阴极发光下方解石充填物呈暗红褐色（图版 II-4）	压实作用同时或之后形成的构造裂隙
	裂隙 III 具有一条主裂隙被亮晶充填，分支裂隙较细窄，延伸不远，与其伴生的有微裂隙，阴极发光下可见两期方解石（图版 II-5），早期呈橙红色，晚期呈暗蓝色或橙黄色	形成于构造回返过程中。由于张应力作用，有后期胶结物进入
	裂隙 IV 裂隙较发育，为破裂裂隙或微裂隙，缝内多被含 Fe^{3+} 亮晶方解石充填	成岩期后作用，为浅埋成岩环境中构造破坏形成

2.6 重结晶作用

在细粒碳酸盐沉积物中，常见重结晶作用导致的矿物颗粒增加。颗粒灰岩中重结晶的亮晶呈镶嵌状，半自形-它形排列。在阴极发光下，重结晶后的亮晶方解石原岩结构被恢复为粒屑结构（图版 II-6），粒屑呈橙红色或粉红色，边缘呈橙黄色。薄片中的7、8条密集近平行排列的微裂隙被恢复，阴极发光下发红色光，周围的原泥晶方解石呈暗蓝色，亮晶呈暗红色。

2.7 溶解作用

溶解作用是次生孔隙形成的一个重要因素，不同的成岩环境可以形成不同的次生孔隙。黔南晚石炭世叶状藻礁灰岩经过了多期溶蚀作用，根据薄片的镜下观察可分为3期：

第一期发生在大气淡水环境中，主要为选择性溶解作用，形成的溶孔规模较小，多被后期物质充填。研究区颗粒岩和泥粒岩中发育粒内溶孔和铸模孔，孔径变化较大，为0.3~4 mm，均被后期亮晶

充填。

第二期为埋藏成岩环境下的非选择性溶蚀，常形成晶间孔，或沿缝合线两侧发生溶解，形成伴生溶孔或沿缝合线分布的断续溶孔，溶孔内部被亮晶方解石充填。

第三期发生在晚期的浅埋成岩环境中，溶解作用伴随构造裂隙发育而产生，分布上具明显的方向性或呈网状，多为含高价铁亮晶方解石胶结。

3 成岩作用序列与成岩阶段

3.1 叶状藻礁的成岩作用序列

成岩序列揭示了沉积物从沉积开始到现今所经历的各种成岩作用的先后顺序。黔南晚石炭世叶状藻礁灰岩的成岩作用依次为：①生物碎屑沉积（藻类、有孔虫、腕足和棘屑等）；②颗粒发生泥晶化，铸膜孔和溶孔的生成（颗粒的选择性溶解）及等厚环边纤维状胶结物的生成；③葡萄状胶结物、柱状胶结物的生成；④压实-压溶作用，重结

表 3 叶状藻礁灰岩的成岩环境

Table 3 Diagenetic environment of phylloid algal reefs

成岩环境	主要成岩作用类型	标志性特征	阴极发光特征
海底成岩环境	生物黏结-障积作用、泥晶化作用、胶结作用	等厚环边纤维状方解石，颗粒边缘形成的泥晶套以及在海百合茎片内部形成的泥晶网格构造，在藻礁中可能由于后期重结晶作用的影响，导致部分泥晶化环边不太清楚	阴极发光下纤维状方解石多呈暗红色和暗红褐色，说明当时成岩环境中较富 Mn^{2+} ，贫 Fe^{2+}
大气淡水成岩环境	大气淡水渗流环境 溶蚀作用	叶状藻在此带里形成大量的铸模孔和粒内溶孔，颗粒主要形成选择性溶蚀孔隙	
成岩环境	大气淡水潜流环境 胶结作用明显、溶解作用较弱	等厚柱片状方解石胶结物和交错片柱状方解石胶结物	阴极发光下呈暗蓝色，说明成岩环境中 Mn 的含量较低
埋藏成岩环境	浅埋藏成岩环境 重结晶作用、溶解作用、胶结作用及压实作用等	浅埋 I：方解石胶结物主要为细粒。浅埋 II：主要是中等它形-半自形方解石充填于构造回返过程中形成的裂隙及次生溶孔中	浅埋 I 阴极发光下呈橙黄色或暗橙红色。浅埋 II 方解石在阴极发光下呈暗蓝色或橙黄色
	深埋藏成岩环境 重结晶作用、压实作用、压溶作用等	大量发育压溶缝合线和溶蚀缝构造、压实变形构造等，早期的灰泥方解石重结晶形成微晶；方解石颗粒较浅埋藏环境中粗大，解理和双晶现象较多，部分会出现解理面的弯曲	阴极发光下发光较弱，主要呈深褐色或暗红褐色，说明成岩环境中贫 Mn^{2+} ，富 Fe^{2+}

分泥晶化环边不清晰。阴极发光下纤维状方解石多呈暗红色和暗红褐色（图版 II-7），说明当时成岩环境中较富 Mn^{2+} ，贫 Fe^{2+} 。

4.2 大气淡水成岩环境

海平面的波动很容易使沉积物埋藏变浅，导致不同的成岩变化。淡水成岩作用可以发生在淡水渗流带和淡水潜流带两种环境中^[9]。

大气淡水渗流环境：这一带处在陆地表面和大气潜流带之间，包含气体的氧化环境。叶状藻礁在此带内主要发生大气淡水溶蚀作用，形成大量的铸模孔和粒内溶孔，颗粒主要形成选择性溶蚀孔隙，随后沉淀早期的方解石。

大气淡水潜流环境：此带中沉淀和胶结作用明显而溶解作用较弱。岩石薄片常见此带中的等厚柱片状方解石胶结物和交错片柱状方解石胶结物，阴极发光下主要呈暗蓝色（图版 II-2），说明当时成岩环境中 Mn 含量较低。

4.3 埋藏成岩环境

埋藏成岩环境可细分为浅埋藏成岩环境和深埋藏成岩环境，具有不同的成岩标志：

浅埋藏成岩环境：浅埋藏成岩环境可以划分为两个过程，沉积物进入深埋藏过程中要经历的浅埋藏成岩环境（浅埋 I），岩石因构造抬升由深埋藏

环境返回至地表-近地表的过程中也要经历相当深度的浅埋藏成岩环境（浅埋 II），但两者的成岩作用特征不同^[8]。浅埋 I 主要发育重结晶作用、溶解作用、胶结作用及压实作用等，方解石胶结物主要为细粒，在阴极发光下往往呈橙黄色或暗橙红色。浅埋 II 主要是中等它形-半自形方解石充填于构造回返过程中形成的裂隙及次生溶孔中，在阴极发光下呈暗蓝色或橙黄色。

深埋藏成岩环境：随着埋深增加、压力增大、温度升高和压溶作用加强，颗粒和胶结物普遍发生重结晶作用，大量发育压溶缝合线和溶蚀缝构造、压实变形构造等，构造裂隙发育。早期的灰泥方解石重结晶形成微晶，呈补丁状与没有结晶的灰泥岩相间分布，有些沉积组构由于重结晶作用而消失。重结晶作用及沉淀胶结形成的方解石颗粒比浅埋藏环境中粗大，解理和双晶现象较多，由于压实作用影响还可以出现解理面的弯曲，其产物在阴极发光下发光较弱，主要呈深褐色或暗红褐色，说明成岩环境中贫 Mn^{2+} ，富 Fe^{2+} 。

5 叶状藻礁灰岩的孔隙演化特征

晚石炭世，研究区以浅水碳酸盐岩台地沉积为主，叶状藻礁灰岩中原生孔隙较多，孔隙度较高，

可达40%~50%，其中叶状藻片圈闭的原生孔隙含量较高。海水成岩作用使孔隙度降低，但当海平面降低，沉积物埋藏较浅时，便会遭受间歇性的暴露，受大气淡水溶蚀作用影响，形成大量选择性溶蚀孔隙等。由于胶结作用，粒间孔隙和生物体腔孔几乎完全被充填。

随着地壳下降，本区进入浅埋藏成岩环境，压实作用使颗粒紧密接触，大部分基质微孔隙被破坏，残余孔隙进一步缩小，但溶解作用形成了少量的次生溶孔。进入深埋藏环境后，压溶作用、胶结作用和重结晶作用几乎封闭了所有的残留孔隙，但埋藏溶解作用的发生，形成了缝合线伴生溶孔、溶蚀缝等。此外，构造裂隙也受到溶蚀作用的影响，在裂隙内部和边缘处均有沥青质和黑色碳质岩石出现，表明这类孔隙或裂隙形成后可能有油气或含高有机质的水体运移。后期，岩石因构造抬升由深埋藏回返至地表-近地表环境的过程中，形成少量的裂隙及次生溶孔，但大多被淡水方解石充填。

参考文献:

- [1] Riding R. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds; concepts and categories [J]. *Earth-Science Reviews*, 2002, 58 (1/2): 163-231.
- [2] 巩恩普. 中国石炭纪生物礁 [M]. 沈阳: 东北大学出版社, 1997: 1-132.
GONG En-pu. Carboniferous reefs of China [M]. Shenyang: Northeastern University Press, 1997: 1-132.
- [3] 巩恩普, 张永利, 关长庆, 等. 黔南石炭纪生物礁造礁群落的基本特征 [J]. *地质学报*, 2007, 81 (9): 1183-1194.
GONG En-pu, ZHANG Yong-li, GUAN Chang-qing, et al. Primary features of reef-building communities of Carboniferous reef in the South Guizhou Province [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2007, 81 (9): 1183-1194.
- [4] 张永利, 巩恩普, 关长庆, 等. 贵州紫云石炭纪叶状藻礁: 藻类繁盛的标志 [J]. *沉积学报*, 2007, 25 (2): 177-182.
ZHANG Yong-li, GONG En-pu, GUAN Chang-qing, et al. Carboniferous phylloid algal reefs in Ziyun County, Guizhou (South China): evidence of algal blooms [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25 (2): 177-182.
- [5] 焦大庆, 马永生, 邓军, 等. 黔桂地区石炭纪层序地层格架及古地理演化 [J]. *现代地质*, 2003, 17 (3): 294-302.
JIAO Da-qing, MA Yong-sheng, DENG Jun, et al. The sequence-stratigraphic framework and the evolution of palaeogeography for Carboniferous of the Guizhou and Guangxi areas [J]. *Geoscience*, 2003, 17 (3): 294-302.
- [6] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1987: 215-248.
Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou Province. Regional geology of Guizhou Province [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987: 215-248.
- [7] 王英华, 杨承运, 张秀莲, 等. 碳酸盐岩的成岩作用 [M] // 冯增昭, 王英华, 刘焕杰, 等. 中国沉积学. 北京: 石油工业出版社, 1994: 199-237.
WANG Ying-hua, YANG Cheng-yun, ZHANG Xiu-lian, et al. Diagenesis of carbonate [M] // FENG Zeng-zhao, WANG Ying-hua, LIU Huan-jie, et al. *Sedimentology China*. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 199-237.
- [8] 陈子蚪, 沈安江, 金善燊, 等. 安徽铜陵茅口期 *Tubiphytes*-叶状藻丘成岩作用研究 [J]. *南方油气地质*, 1995, 1 (4): 19-24.
CHEN Zi-liao, SHEN An-jiang, JIN Shan-yu, et al. Diagenesis of the Maokou phase of *Tubiphytes*-phyllid algal mounds in Tongling, Anhui Province [J]. *South China Petroleum Geology*, 1995, 1 (4): 19-24.
- [9] 李淳. 川东地区上石炭统碳酸盐岩成岩作用 [J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 1998, 22 (5): 19-22.
LI Chun. Carbonate rock diagenesis of upper Carboniferous in the east of Sichuan Province [J]. *Journal of the University of Petroleum; Natural Science Edition*, 1998, 22 (5): 19-22.
- [10] 牟传龙, 马永生, 王瑞华, 等. 川东北地区上二叠统盘龙洞生物礁成岩作用研究 [J]. *沉积与特提斯地质*, 2005, 25 (1/2): 199-202.
MOU Chuan-long, MA Yong-sheng, WANG Rui-hua, et al. Diagenesis of the Upper Permian Panlongdong organic reefs in northeastern Sichuan [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2005, 25 (1/2): 199-202.
- [11] 黄思静. 碳酸盐的阴极发光性与其 Fe, Mn 含量的关系 [J]. *矿物岩石*, 1992, 12 (4): 74-79.
HUANG Si-jing. Relationship between cathodoluminescence and concentration of iron and manganese in carbonate minerals [J]. *Mineralogy and Petrology*, 1992, 12 (4): 74-79.
- [12] 宋志敏. 阴极发光地质学基础 [M]. 武汉: 中国地

质大学出版社, 1993: 43-170.

SONG Zhi-min. Geologic basis of cathodoluminescence [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1993: 43-170.

- [13] 韦龙明. 菌藻对碳酸盐颗粒的泥晶化作用研究—以滇西保山地区下石炭统研究为例 [J]. 沉积学报, 1995, 13 (3): 89-97.

WEI Long-ming. Study on the micritization of carbonate grains by bacteria and algae—the example of the Early Carboniferous in Baoshan, western Yunnan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13 (3): 89-97.

- [14] 郭一华, 强子同. 碳酸盐成岩环境的特征 [J]. 矿物岩石, 1981, 6: 1-8.

GUO Yi-hua, QIANG Zi-tong. The features of diagenetic environment of carbonate [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1981, 6: 1-8.

- [15] 郭一华, 强子同. 碳酸盐成岩环境的标志 [J]. 矿物岩石, 1983, 1: 76-82.

GUO Yi-hua, QIANG Zi-tong. The features of diagenetic environment of carbonate [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1983, 1: 76-82.

- [16] Robin B. 碳酸盐沉积物及其成岩作用. 中国科学院地质研究所译 [M]. 科学出版社, 1977: 1-399.

Robin B. Carbonate sediments and its diagenesis. Translated by Chinese Academy of Sciences Institute of Geology [M]. Science Press, 1977: 1-399.

图版说明

图版中除特别注明外, 均为单偏光下照片, 其中白条尺代表1 mm, 图版II中为阴极发光照片, 照片由中油辽河油田公司勘探开发研究院试验中心提供。

图版 I

1. 叶状藻障积岩, 藻片内部为灰泥和小的生物碎屑。
2. 泥晶化作用, 颗粒具泥晶外套, 部分颗粒的泥晶外套被后期重结晶破坏

3. 泥晶化作用, 海百合茎片单晶中具明显的两组斜交的泥晶网格构造, 茎片内有后期的两条裂隙, 与边界处均被亮晶充填, 正交偏光下。

4. 纤维状胶结物, 呈放射状, 被后期的裂隙穿过, 裂隙内充填亮晶方解石。

5. 柱状胶结物, 垂直颗粒的边界向外平行生长, 有时生长不均呈柱片状交错, 其内部为中粗粒状方解石, 正交偏光下。

6. 葡萄状胶结物, 光面上呈黑色丘状体, 图中标尺每小格代表1 cm。

7. 亮晶胶结物, 中-粗粒状方解石, 多为半自形-自形晶, 解理明显, 部分具双晶现象, 正交偏光下

8. 压溶缝合线, 岩石先经过压溶作用形成似抛物线状的缝合线, 后又遭受溶蚀形成断续的溶孔, 被亮晶方解石充填。

图版 II

1. 珊瑚格架, 阴极发光下, 珊瑚骨架呈橙红色, 第一期胶结物犬牙状胶结物呈橙黄色, 内部为细粒-中等粒状方解石镶嵌状分布, 呈橙红色、暗橙红色, $\times 40$ 。

2. 缝合线, 阴极发光下, 原岩呈橙红色、橙黄色, 溶蚀边界处有一个粉红色边, 溶蚀内部方解石呈暗蓝色, $\times 40$ 。

3. 微裂隙, 阴极发光下, 早期消失的微裂隙被恢复, 微裂隙内的方解石呈橙红色, 其周围岩石呈暗蓝色和橙红色, $\times 40$ 。

4. 构造裂隙, 缝隙全被细粒、它形亮晶方解石充填, 阴极发光下方解石充填物呈暗红褐色, $\times 40$ 。

5. 构造裂隙, 缝隙内被细粒-中粒、它形-半自形方解石充填, 阴极发光下可见明显的两期充填物, 早期充填方解石呈橙红色, 晚期方解石呈暗蓝色或橙黄色, $\times 40$ 。

6. 重结晶后的亮晶方解石在阴极发光下, 原岩结构被恢复为粒屑结构, 粒屑呈橙红色或粉红色, 其边缘呈橙黄色, $\times 40$ 。

7. 阴极发光下纤维状方解石多呈暗红色和暗红褐色, 后期的裂隙内亮晶方解石呈橙黄色, $\times 40$ 。

8. 柱状方解石胶结物, 阴极发光下主要呈暗蓝色, 其内部有几条裂隙, 充填物主要呈橙黄和橙红色, $\times 40$ 。



