

中国南方上震旦统灯影组中的 古喀斯特洞穴磷块岩^①

薛耀松 唐天福 俞从流

(中国科学院南京地质古生物研究所)

提要 晚震旦世,在中国南方存在一个大的碳酸盐台地,即大扬子台地。近来,在大扬子台地的次级单元—鄂西台地南北两侧边缘带的灯影组白云岩中发现古喀斯特洞穴磷块岩。北缘以湖北省南漳县的王家堡为代表,古喀斯特洞穴磷块岩不规则地分布于自灯影组上、下段之间的侵蚀面到其下约 70m 范围内。位于台地南缘的湖南大庸张家溪,古喀斯特洞穴磷块岩也产于灯影组下段白云岩内,据古生物学及地层学研究,张家溪灯影组下段上部白云岩中的洞穴磷块岩形成于早寒武世早期。

古洞穴磷块岩的发现,证明灯影早期末有一次普遍而强烈的地壳运动,灯影晚期海侵的初期是晚震旦世除陡山沱期外的又一重要成磷期。

关键词 古喀斯特磷块岩 震旦纪灯影组 中国南方

第一作者简介 薛耀松 男 51 岁 副研究员 沉积学及地层学

前 言

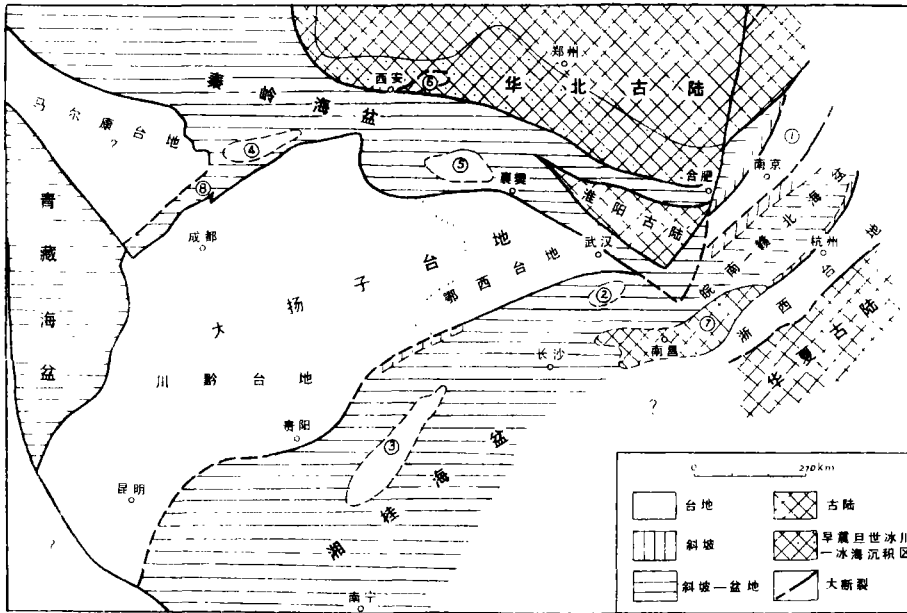
中国南方晚震旦世的磷矿是我国最重要的矿产之一,它已经过许多学者的研究。迄今已在陡山沱组和灯影组中发现八个磷矿层位(唐天福等,1987)。以前,这些磷矿层被认为都是浅水环境中正常沉积成因,与含矿地层同时形成。但是,笔者的调查发现,某些地区灯影组白云岩中的磷块岩实际上为古喀斯特溶洞磷块岩。这一事实表明,震旦纪磷块岩的形成具有多种成因类型,并非金属正常沉积成因。

古喀斯特洞穴磷块岩的发现,不仅为上震旦统地层增加了新的磷矿类型和磷矿层位,而且对晚震旦世地层的划分对比和沉积史的解释方面还提供了新的证据。因此,它兼具理论及实际意义。

一、地质背景

根据我们的调查和分析,在晚震旦世中国南方分布着一系列的海盆(秦岭海盆、青藏海盆、湘桂海盆、皖南—赣北海盆),海盆之间耸立着一个极浅水的大碳酸盐台地,本文称其为大扬子台地。它由川黔台地、鄂西台地及宁巢台地组成,其周围还存在一些小台地,如通山台地、榕江台地、武当台地及文康台地等(图 1)。

^①本文为国家自然科学基金委员会资助项目(49070108)



1.宁集台地; 2.通山台地; 3.榕江台地; 4.文康台地; 5.武当台地; 6.华山古陆; 7.鄱阳古岛; 8.龙门山海槽

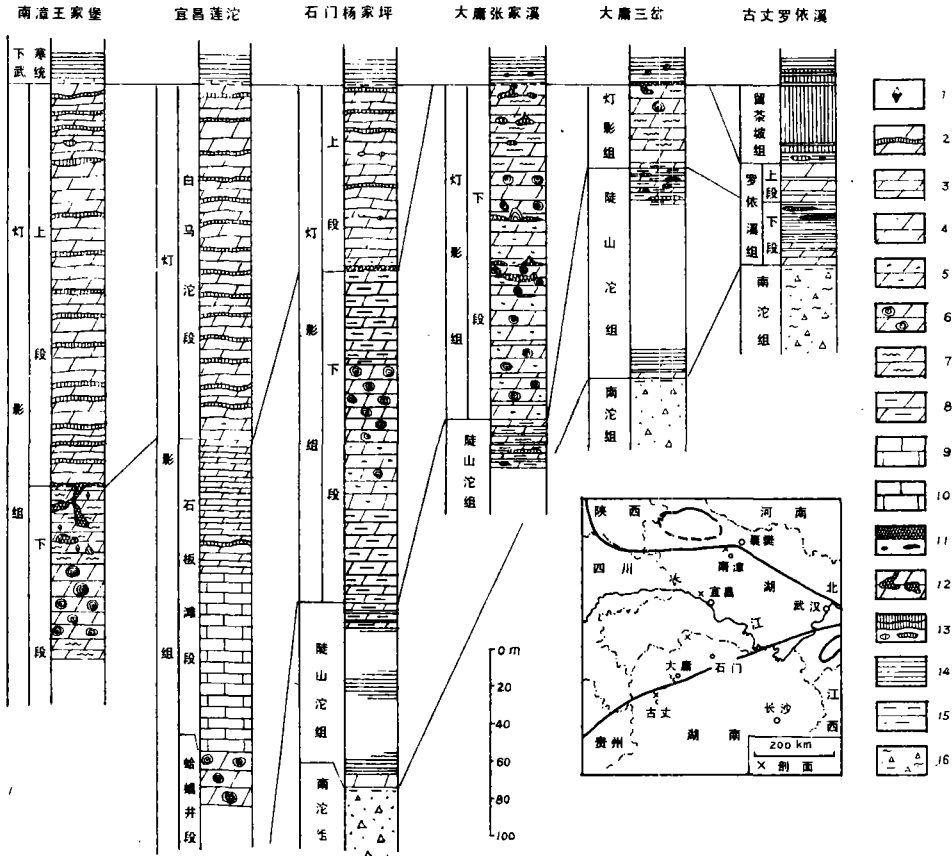
图1 后期构造运动改造过的中国南方晚震旦世古地理图

Fig. 1 Palaeogeographic map that reformed by later tectonic movement, Upper Sinian, Southern China

在大扬子台地上, 上震旦统灯影组普遍被划分为下、上两个岩性段。下段以各种藻白云岩发育为主要特征, 其中渗流结构和钙壳发育; 上段则主要由泥晶白云岩组成, 频夹条带状和条纹状燧石, 大部分地区在其底部有陆源碎屑岩及磷质岩产出, 厚数十厘米至数十米不等 (Cao Ruiji et al, 1983; 曹仁关等, 1985)。中、下段之间普遍为假整合接触关系。最近, 在位于鄂西台地的北缘和南缘的灯影组下段白云岩地层中, 都发现古喀斯特洞穴磷块岩, 前者以湖北南漳县王家堡为代表, 后者以湖南省大庸市张家溪一带发育最佳 (图2)。

在王家堡, 古喀斯特溶洞分布在灯影组上、下段之间的侵蚀面以下约 70m 的范围内。它们被磷酸盐及白云岩的碎屑、陆源砂及粘土矿物等所充填, 杂乱堆积或具纹理。在侵蚀面上有一层厚约 2m 的含磷地层, 由内碎屑磷块岩、核形石及层纹状藻磷块岩、磷质砾岩、砂岩、泥岩 (或页岩) 组成。显然, 这两种类型的磷块岩虽产于不同层位, 但属同期沉积物。

在张家堡, 灯影组上段的全部和灯影组下段的上部已被蚀去, 残留的灯影组下段部分地层直接为下寒武统牛蹄塘组炭质页岩所覆盖, 其间分布着一个明显的古喀斯特侵蚀面, (图版 I, 1); 侵蚀面上普遍分布有一薄层磷块岩, 厚数厘米至数十厘米, 它是牛蹄塘组的最底部地层。在灯影组下段白云岩中, 古喀斯特溶洞广泛发育, 并为磷质和白云质碎屑所充填 (图版 I, 1, 图版 II, 7); 某些大的溶洞中充填有磷酸盐化的藻叠层和重晶石层 (图版 I, 2); 但缺乏陆源硅酸盐砂及粘土。这些磷块岩和重晶石的形成与下寒武统最底部的地层有直接的联系, 可看作早寒武世牛蹄塘早期、甚至早于牛蹄塘早期的沉积。



1.鸟眼构造；2.具条带状燧石的泥晶白云岩；3.泥晶白云岩；4.含砂质泥晶白云岩；5.内碎屑白云岩；6.核形石白云岩；7.层纹状白云岩；8.泥质白云岩；9.灰岩；10.沥青质灰岩；11.磷块岩层及磷酸盐结核或透镜体；12.古喀斯特洞穴磷块岩；13.燧石层及结核或透镜体；14.炭质页岩；15.砂质页岩；16.冰碛岩

图 2 灯影组的划分和对比及古喀斯特洞穴磷块岩的分布

Fig. 2 Figure showing the division and correlation of Dengying Formation and the distribution of phosphorite that formed in palaeocarst cave

二、古喀斯特洞穴磷块岩的岩石学

古喀斯特洞穴充填物的 P_2O_5 含量变化较大，在百分之几至 30% 之间。其含量高低，取决于磷酸盐碎屑的多少和充填物被磷酸盐化的程度。本区古喀斯特洞穴磷块岩或磷质岩，大体上可分成下列类型：

1.藻磷块岩 具波状层纹和半球状叠层石的藻碳酸盐沉积物沉积在大的洞穴中，并被强烈地但不均匀的磷酸盐化，形成藻磷块岩或磷质藻白云岩（图版 I，2）。在藻磷块岩中，球状和丝状蓝绿藻的痕迹常可见到，但保存甚差（图版 I，3、4）。其中由石内藻形成的钻孔非常丰富，常被白云石所充填，在正交偏光下十分清楚（图版 I，5）；它们局部密集，在磷块岩中形成“泥晶化”白云质斑点（图版 I，6）。石内藻钻孔不分枝，根据直径的不同可分为 50 μ m、

30 μm 和15 μm 二类。鸟眼状孔洞为亮晶白云石充填,有时具示底构造(图版II, 1); 骨状碎片偶尔可见(图版II, 7); 在某些藻磷块岩中洞穴发育,它们一般与层理垂直,直径约360 μm (图版II, 5)。

2. 内碎屑(或角砾状)磷块岩 这类磷块岩主要来自磷块岩和白云岩破碎的棱角状砾及粉砂级至砂级白云质基质组成(图版II, 2)。磷酸盐砾包括层纹状白云质磷块岩和藻磷块岩;前者很象是磷酸盐化的溶洞壁垮塌的产物;在藻磷块岩砾屑中,石内藻钻孔也很普遍。粒间孔隙常常由清洁透明的粒状白云石晶粒充填,直径约10—120 μm ,显示它们是异化堆积成因;剩余孔洞由亮晶白云石沉淀充填,有时其洞的残留孔为重晶石占有。由于洞穴充填物中磷酸盐砾减少,内碎屑磷块岩将变为磷质白云石角砾岩。

3. 层纹状白云质磷块岩 古喀斯特洞穴的围岩—层纹状白云岩可能首先被磷酸盐化,并洞壁形成一个磷块岩带,其中有由微亮晶级白云石组成的残余白云质纹层(图版II, 4)。磷酸盐化带一般宽几厘米,与母岩层纹斜交,但二者层纹却是相连的(图版II, 2)。

4. 磷质叠层石白云岩 堆积在古喀斯特洞穴中的某些藻白云岩未受强烈磷酸盐化,仅在层纹间的裂隙中分布少量胶磷矿条纹(图版II, 3)。藻白云岩的层纹分别由微晶或细晶级白云石组成,显示经过较强的重结晶作用,但仍表现出明亮层纹和浅棕色层纹的交替变化。

古碎屑磷块岩是洞穴磷块岩中最常见的类型,其余类型仅见于张家溪。

另外,侵蚀面上的磷块岩一般质优于洞穴磷块岩,在厚度上也可能达到可采程度。但是,王家堡与张家溪的磷矿层的性质有显著不同。在王家堡侵蚀面上的磷矿中,除核形石及层纹状藻磷块岩外,内碎屑磷块岩最为重要。它主要由砂级至砾级磷酸盐碎屑组成,其中许多碎屑常常受动物(可能是蠕虫类)钻孔(图版II, 8);交角达30°的大角度交错层常可见及。这些证据表明它们形成了潮坪带的浅水环境。而张家溪地区侵蚀面上的磷矿层,不仅时代上属早寒武世早期沉积,且岩性为黑色薄层状,具层纹构造并常常含有磷酸盐结核、团块和内碎屑(*Protospongia*骨针及石内藻钻孔(直径仅5—10 μm)),局部较丰富,还见到一个软舌螺内核;偶见大量骨针聚集成格架状构造并为胶磷矿包覆成磷酸盐团块,极象磷酸盐化的海绵体(图版II, 6)。这些表明,张家溪的早寒武世磷块岩沉积时,海水要比王家堡灯影晚期初的海深得多。

三、讨论

王家堡灯影组下段的上部遭受显著剥蚀,导致古喀斯特洞穴广泛发育,并于灯影晚期初海侵开始时在侵蚀面上及溶洞中沉积磷矿层及灰质充填物。这些事实说明,鄂西台地北缘的海底在灯影早期未曾强烈上升并在相当长的时期内暴露成陆。虽然震旦系与寒武系之间也普遍为假整合接触关系,甚至显示较大的起伏并在其上有含磷质骨屑沉积物的堆积(如保康的马桥和房县的西营村),但在灯影组上段顶部古喀斯特溶洞及磷块岩不发育。显然,灯影早期末的地壳上升是晚震旦世最强烈的地壳运动之一,而灯影晚期海侵的初期是除陡山沱期外的又一个重要成磷期。近期地壳运动在沉积学和地层学上的表现在大扬子台地及其他台地上多处见及(曹仁义等, 1984; 薛耀松等, 1984; 唐天福等, 1982),甚至在斜坡带也可见到。因此,它是划分灯影组上段和下段界线的一个重要标志。

鄂西台地南缘的大庸市张家溪和三岔一带,灯影组上段完全缺失,但它向南至斜坡带变为深水沉积的燧石,向北至台地内部变为具燧石条带的泥晶白云岩(图2)。在张家溪灯影组下段的

残存白云岩地层(约 180m)中,有多“层”磷块岩。本文所研究的应属最上部的一层洞穴磷块岩,推测其余各层在成因上也可能属古喀斯特洞穴充填类型,很可能是灯影早期末及震旦纪末两次地壳运动后海侵初期的产物。

上述两地区的古喀斯特洞穴磷块岩均形成于地壳上升结束后的海侵初期阶段。它们分别属于灯影晚期的早期及早寒武世早期。洞穴发育及充填物形成的阶段大致可以归纳如下:(1)海底上升并暴露成陆,致使部分地层受到侵蚀,在淋溶作用下造成喀斯特溶洞带;(2)当台地下降并为浅水覆盖时,藻碳酸盐沉积物在海底和某些大的溶洞中发育;(3)由上升流带来的磷质溶液迅速交代海底及洞穴中的藻碳酸盐沉积物,或者以胶磷矿的形式在海底沉淀;部分磷质溶液进入未被充填的洞穴并交代洞壁围岩;(4)在交代和沉积形成的磷块岩中,石内藻迅速和大量繁盛,在石内藻死亡和分解后,钻孔为白云石充填;(5)由海底及洞穴中的磷块岩和喀斯特溶洞带母岩的灯影组下段白云岩破碎而成的磷酸盐碎屑及白云岩碎屑被带入喀斯特溶洞中堆积,粉级及砂级的白云石及白云岩碎屑则填满粗碎屑间的大部孔隙;(6)亮晶白云石在鸟眼孔、潜穴及基质充填后的残余粒间孔中沉淀;(7)白云石沉淀后的余留孔隙最后为重晶石填满,在未全部填满的大溶洞中,重晶石可沉积成层。这几个形成阶段的顺序不是固定不变的,事实上它们常常重叠或反复发生,3、4、5、6几个阶段尤其如此。

证据表明,两次地壳运动的强度是不一样的:灯影早期末,台地北缘的运动强于南缘;震旦纪末则相反。另外,台地南缘的浅水边缘相与深水斜坡一盆地相仅由一条大断裂相隔,台地北界也是以大断裂(襄广断裂)为界。这说明鄂西台地的边界当时受大断裂的控制,并可进一步推测整个大扬子台地的边界也具类似性质。这些边界断裂不仅控制了台地的形态和沉积相带的性质及分布,而且在后来的运动过程中显著地改造了台地,直到造成现在的形状和分布位置(图1)。

参 考 文 献

- (1) 唐天福、薛耀松、俞从流, 1987, 沉积学报, 5卷, 3期, 113-124页。
- (2) 唐天福、薛耀松、俞从流, 1982, 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 第四号, 57-75页。
- (3) 曹仁关、张为鹞、李季, 1985, 地层学杂志, 9卷, 3期, 170-179页。
- (4) 薛耀松、唐天福、俞从流, 1984, 地层学杂志, 8卷, 1期, 1-9页。
- (5) Cao Ruiji and Xue Yansong, 1983, Vadose pisolites of the Tongying Formation (Upper Sinian System) in Southwest China. In: Coated Grains (ed. by T. M. Peryt), Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo, p. 538-547.

①湖南省地矿局 403 队, 大庸天门山磷矿张家溪矿段初步普查地质报告。(1984)

Paleokarst Cave Phosphorites of the Upper Sinian Dengying Formation in Southern China^①

Xue Yaosong Tang Tianfu Yu Congliu

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

The Upper Sinian Dengying Formation of Yangtze region is subdivided into the Lower and Upper members, between both the parallel unconformity occurs commonly. Recently, the paleokarst cave phosphorites are found in the upper part of the Lower member dolostones of the Dengying Formation at the southern and northern margins of Western Hubei Platform which is a subordinate unit of the Great Yangtze Platform (Text-fig. 1 and 2).

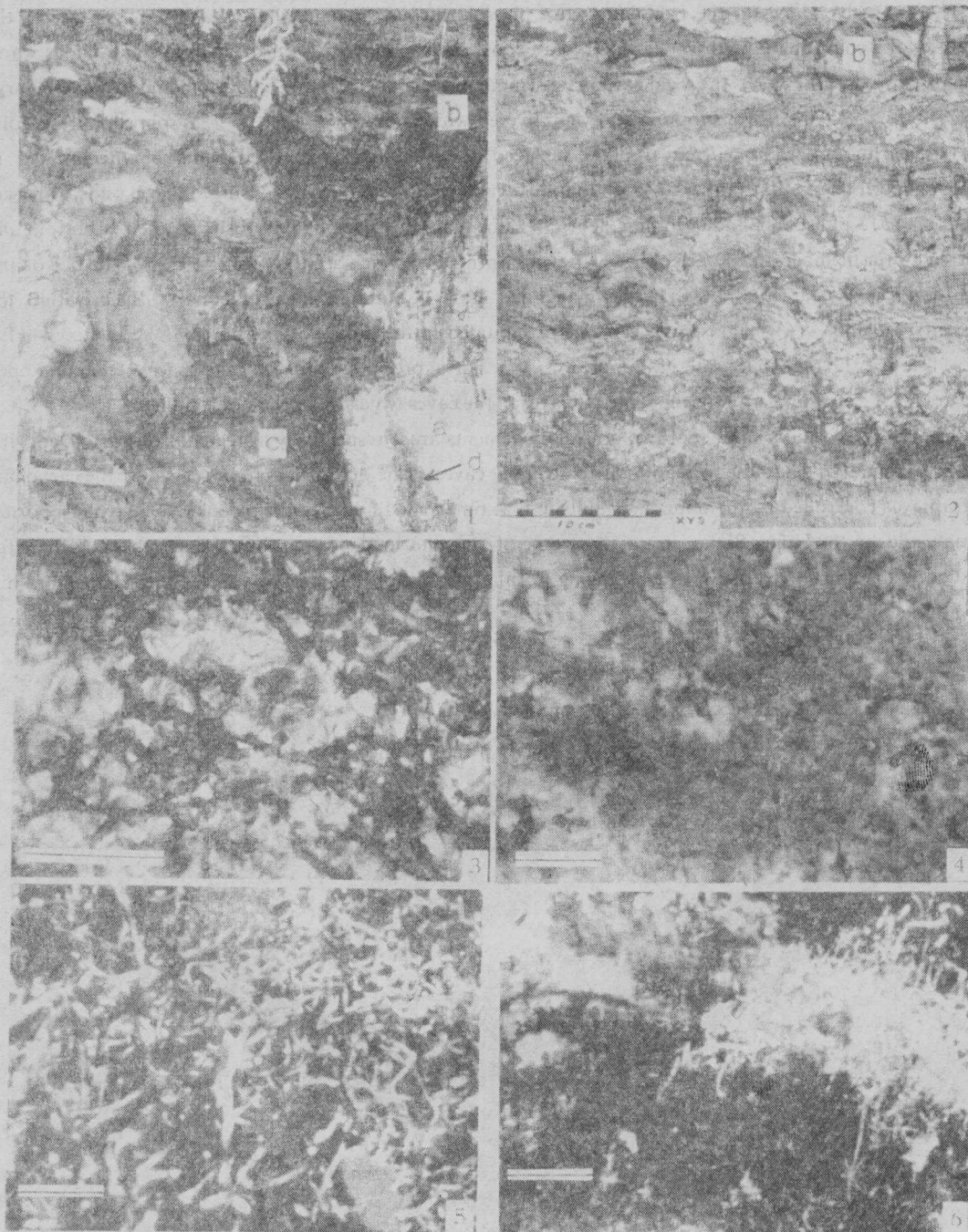
At Wangjiabao area, Nanzhang County, located in the northern margin of Western Hubei Platform, the paleokarst cave phosphorites range from the eroded surface between the both members of the Dengying Formation downwards to 70 m and consist of phosphorite and dolostonedetritus, terrigenous sands and clay minerals, disorderly or laminatedly. A bed of phosphorites, about 2 m in thickness, composed of intraclastic phosphorite (Pl. II, 14), oncoïd and laminated algal phosphorite, and phosphorous conglomerate, sandstone and mudstone or shale, extends on the eroded surface. This horizon of the paleokarst caves was formed because of exposure of the platform margin into land at the end of Early Dengying age, whereas the filling process took place in the beginning time of later Dengying transgression.

At Zhangjiayi of Dayong County situated in the southern margin of the platform, the lower member of the Dengying Formation is overlaid with the Niudutang Formation black shale of the lower Cambrian for lack of the upper member. Usually, a thin bed of phosphorites occurred at the base part of the Niudutang Formation black shale, several to tens of centimeters in thickness, commonly bearing collophanite lumps, concretions and intraclasts, in which *Protospongia* spicules and endolithic algal or fungous borings (5 to 10 μm in diameter) are very abundant locally. A sink hole is found. It spreads from the eroded surface downwards into the lower member dolostones of the Dengying Formation and is filled with the Niudutang Formation shale and phosphorites (Pl. I, 1). The paleokarst caves distribute in the upper part of the Lower member dolostones of the Dengying Formation in horizon, and are filled with phosphorite and dolostone clasts, sometimes with laminated algal phosphorite and barite layer in some of large caves (Pl. I, 2). Poorly preserved filaments and coccoids of blue-green algae (Pl. I, 3 and 4) are occasionally seen in the algal phosphorite, while endolithic algal borings (15 to 50 μm in diameter) filled with dolomite can be frequently found (Pl. I, 5 and 6). The skeleton-like fragment also occurs in the collophanite layer deposited within paleokarst cave (Pl. II, 13). Obviously, this horizon of paleokarst cave phosphorites was formed in the early stage of Early Cambrian.

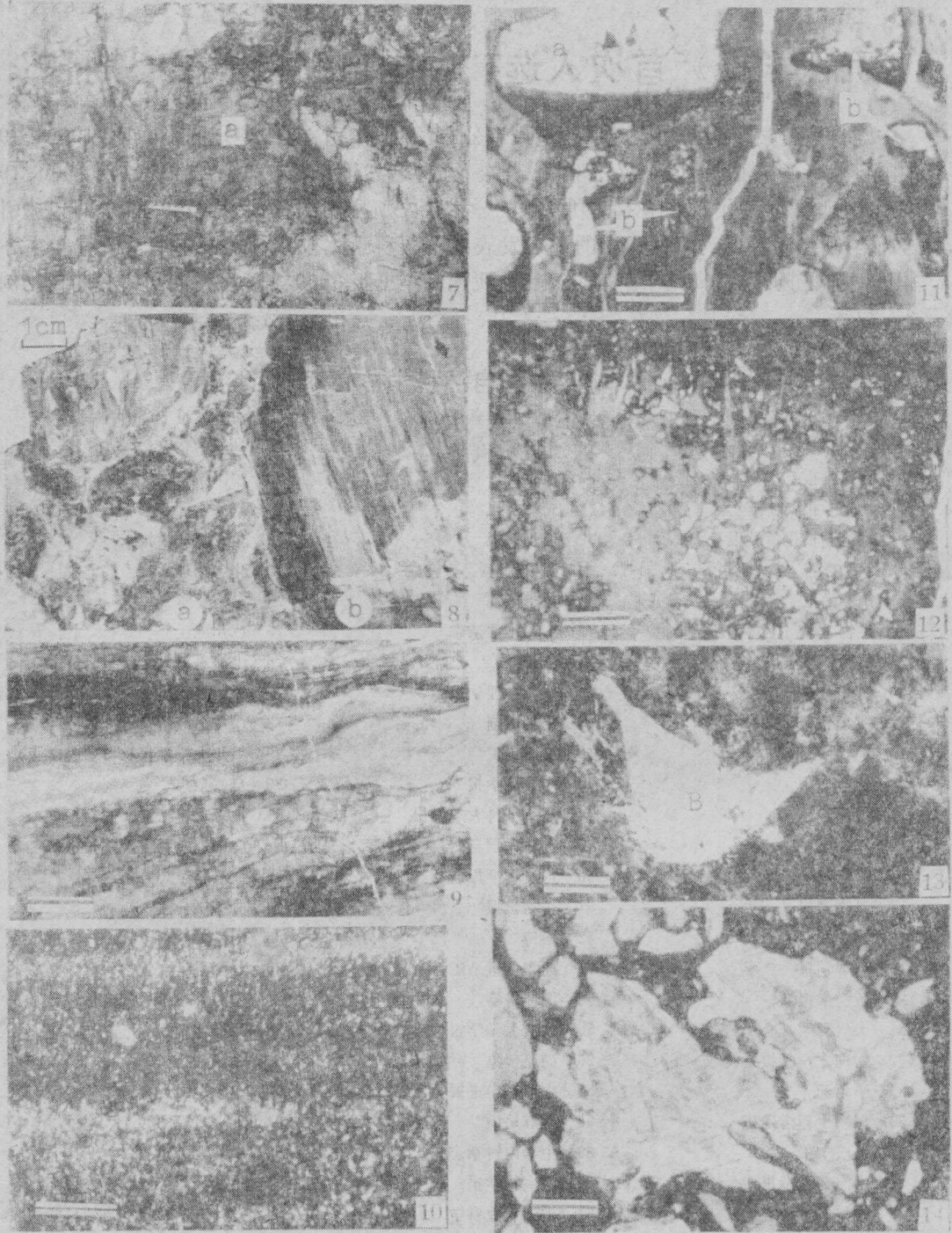
^①The project supported by National Natural Science Foundation of China, No. 49070108.

The formative stages of the paleokarst cave phosphorites at Zhangjiayi seem as follows: (1) the margin of the coarbonate platform elevated and exposed subaerially to form paleokarst caves under warm and moist condition; (2) the algal carbonate sediments developed on the sea bottom and in some of large karstcaves when the platform subsided and was covered with shallow seawater; (3) phosphorous solution carried by upwelling current rapidly replaced the algal carbonate sediments or precipitated in phosphanite on the sea bottom; (4) endolithic algal borings and burrows occurred in the phosphate sediments; (5) phosphate and dolomitic debris, came from the phosphate deposits on the sea bottom and from the lower member dolostones of the Dengying Formation which are the country rock of the paleokarst caves and the fundamental of Late Dengying and Early Cambrian intergressions, filled within the paleokarst caves; (6) dolosparite cements precipitated in the birdseye-like pores, the burrows (Pl. II, 11) and the remainder intergrain pores; (7) barite precipitated in the cave spaces remaining open after dolomite cementation, or sedimented in layer in the caves which had been not full filled.

The above evidences show that two crustal movements arose respectively at the ends of Early Dengying age and of Sinian to cause the formations of paleokarst caves at the platform margins. Thereby the carbonate platform was controlled by the boundary faults in that time. The finding of the paleokarst cave phosphorites not only adds to the Upper Sinian strata a new type of phosphorite deposits, but also supplies evidences for the subdivision and correlation of the Dengying Formation and for the interpretation of the sedimentary history in Late Sinian time.



图版 I 大庸张家溪灯影组中的古喀斯特洞穴磷块岩。 1.灯影组下段(a)与牛蹄塘组(b)之间为喀斯特侵蚀面,一个落水洞自侵蚀面向下延伸(c),灯影组白云岩中的古喀斯特洞穴为磷质碎屑充填(d)。 2.大的洞穴中被磷酸盐化藻白云岩充填,其上有重晶石薄层沉积(b)。 3.上述磷酸盐化藻白云岩中,局部保存磷质藻经体。比例尺为0.5mm。 4.保存不好的蓝绿球状体残余,已完全磷酸盐化。比例尺为0.05mm。 5-6.藻白云岩充填物已完全磷酸盐化,其中石内藻钻孔发育,并被白云石充填。正交偏光,比例尺为0.5mm。



图版 II (本版标本, 除注明者外, 均采自大庸张家溪) 7.灯影组下段白云岩中的古喀斯特洞穴磷块岩 (a)。8.古喀斯特洞穴中的磷质和白云质砾屑充填物 (a), 层纹状白云岩洞壁表面被磷酸盐化 (b), 光面。9.藻白云岩层纹间的胶磷矿条纹。比例尺为 1mm。10.层纹状白云质磷块岩。正交偏光, 比例尺为 0.5mm。11.洞穴磷块岩中的鸟眼状孔及潜穴 (b), 其中有示底沉积和白云石充填 (a)。比例尺为 1mm。12.胶磷矿团块中的 *Protospongia* 骨针团。张家溪牛蹄塘组底部, 薄片。比例尺为 1mm。13.洞穴磷块岩中的硅质骨状碎片。比例尺为 0.25mm。14.南漳王家堡灯影上段底部的砾屑磷块岩, 磷砾中发育潜穴, 比例尺为 1mm。