

文章编号:1004-7824(1999)05-0053-07

晚震旦世陡山沱期后生生物群的古生态环境探讨

杨瑞东

(南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093)

摘要:早期后生生物群是当前古生物学研究热点之一。我国上扬子区的庙河生物群和瓮安生物群是震旦纪的重要生物群,而生物群是怎样繁盛和埋藏保存是研究早期后生生物群的一个重要方面。作者研究认为瓮安生物群是由于洋流上升提供了大量的 SiO_2 和 P_2O_5 等养分,使生物在台地边缘大规模繁盛,其海水由于富 SiO_2 和 P_2O_5 所引起强烈的磷酸岩化及硅化作用,使大量的生物尸体被快速矿化,形成具有抗水动力强的骨架,避免水动力和氧化作用的破坏,因此,矿化作用是生物体保存为化石的另一个重要因素。最后,提出上扬子区陡山沱期为有利于生物群繁盛和保存区域。

关键词:后生生物群;古生态;庙河生物群;瓮安生物群

中图分类号:P534.1;Q143 **文献标识码:**A

1998年美国 and 英国科学杂志 SCIENCE 和 NATURE 同时刊登了在我国贵州瓮安晚震旦世陡山沱期约 580Ma 的磷块岩中发现完整的海绵动物骨骼化石(Li 等,1998)^[1]和动物胚胎化石(Xiao 等,1998)^[2]的论文,引起世界古生物学家的广泛关注,各国古生物学家、生物学家也纷纷先后考察了瓮安北斗山陡山沱组剖面,随后引起了一系列关于是否是海绵动物化石和动物胚胎化石的争论。在此我们不讨论他们发现的化石是不是海绵和动物胚胎的问题,无论他们的观点是否正确,但给我们的启迪是深刻的,它揭示我们在更古老的地层中可能存在比我们原先想象的还多的化石。带着这一问题,探讨瓮安生物群和庙河生物群所产出层位的时代——晚震旦世陡山沱期的沉积古地理特征,以及两个生物群的保存和埋藏条件,在此基础上推测上扬子区有利于早期后生生物群生存和保存区域。

1 上扬子区的古地理特征

南沱冰期之后,气候由寒冷向温暖转变,冰川消融,海水由南东、南西方向大规模侵入扬子区。由于西南周边岛屿不断提供陆源碎屑,导致西部和东部沉积物质的差异。前者为砂岩-碳酸盐岩-页岩组合,后者为页岩与碳酸盐岩互层。陡山沱期西部为陆表海,川滇黔台地已形成。由于南边岛陆提供陆源碎屑,在台地南部形成碎屑岩潮坪;东部为湘黔桂浅海

收稿日期:1999-06-01

基金项目:贵州省科委基金资助

盆,湘北及鄂西为鄂西碳酸盐台地(图1)。上扬于区各沉积相带特征如下:

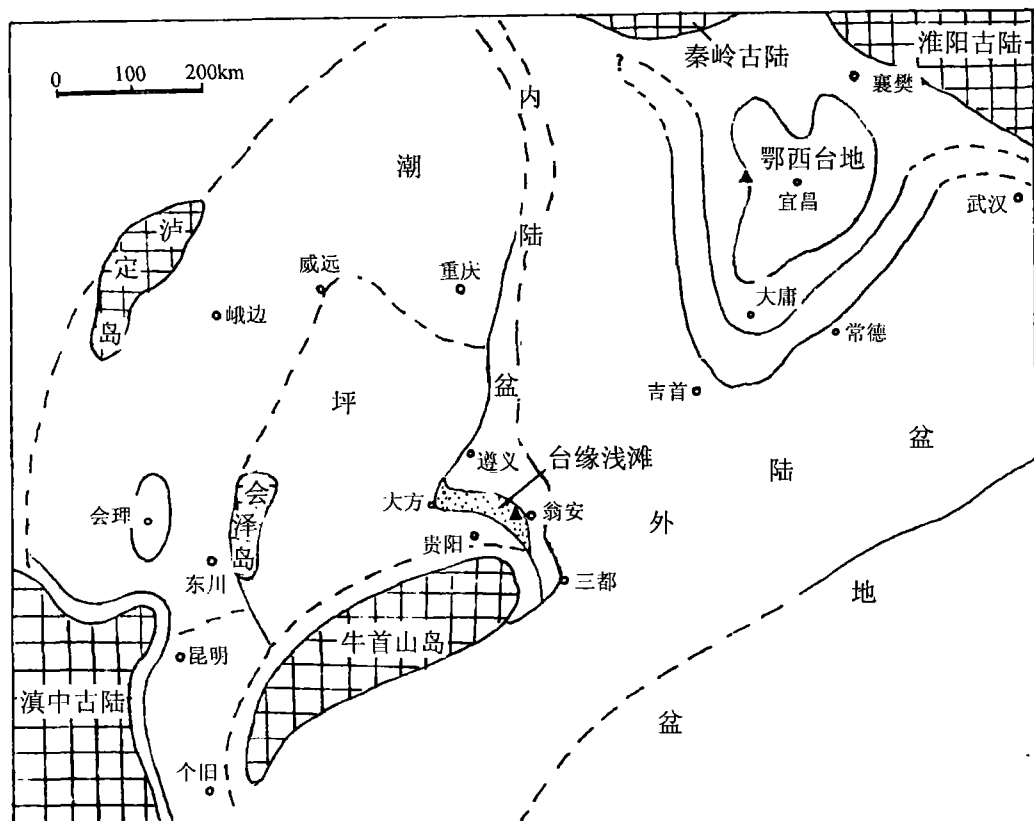


图1 上扬子地区陡山沱期岩相古地理图

Fig.1 Sedimentary facies and palaeogeographic map of the Upper Yangtze area during the Doushantuoan (Late Sinian)

西部峨眉-昆明地区 该区在陡山沱早期,于峨眉-昆明一带由滨岸浅滩发展成为潮上盐湖或海岸萨布哈-潮间-潮下环境。至陡山沱早期末时,这一相带分异成为峨眉-甘洛潮坪,普格-会理潮下潟湖,华坪-盐边潮间-潮下带;昆明以南为前滨-近滨环境。

川南-黔西区 由于该区震旦系未出露,仅由钻孔资料分析。该区在陡山沱早期处于海侵之中,陡山沱晚期为陆源碎屑潮坪沉积。

黔中区 该区指贵州息烽、开阳、瓮安和福泉等地。古地理位置处在川黔碳酸盐台地的东部,为大型磷块岩沉积区。陡山沱期为有障壁型台地边缘浅滩—潮间藻礁环境,沉积物为粉砂岩、含砾石英细砂岩、砂岩、砂砾屑磷块岩、叠层石磷块岩。其中叠层石在开阳、息烽一带很发育,它们在开阳中心—息烽温泉—福泉高坪一线连接成一个向北凸的新月形蓝绿藻礁相(周茂基等,1984)^[3]。

东部地区 该区包括黔北、黔东、川东南、湖南和桂北。

陡山沱早期为台坪沉积的白云岩,尔后沉积黑色页岩、硅质页岩。在湖北大庸,贵州遵义、湄潭和镇远等地为页岩夹白云岩沉积;属浅海外陆棚沉积环境。

陡山沱晚期,湘西-黔东继续沉积黑色页岩并夹有少量白云岩,仍属浅海外陆棚沉积环

境,卢溪-沅陵和遵义-余庆均处于内陆棚,沉积硅质页岩、页岩和含硅质磷块岩;大庸-桃源一带为碳酸盐斜坡滑塌沉积。

鄂西台地区 该区主要分布于宜昌—襄樊一带,为浅海陆棚上发育起来的碳酸盐台地,以碳酸盐岩沉积为主。在鄂西台地外缘分布着襄阳-当阳和兴山-姊归局限盆地,前者以灰绿色/深灰色页岩、粉砂质页岩为特征,缺少碳酸盐岩沉积,后者是在浅海台地间形成的位于陆棚上的洼地,其沉积特征是以粘土岩为主,碳酸盐岩较少。

雪峰山东南区 该区为深色泥岩、硅质页岩沉积,发育水平层理,含丰富的黄铁矿,为陆棚边缘盆地沉积。

2 陡山沱期后生物群保存层位的沉积环境分析

目前在上扬子区内陡山沱期沉积中发现的生物群有两个,即瓮安生物群和庙河生物群。

瓮安生物群系 1997 年中科院南京地质古生物研究所在“地球早期生命演化与寒武纪大爆发”攀登专项中正式命名。早在 80 年代,北京大学等在贵州瓮安北斗山、穿岩洞等地陡山沱组中发现大量的藻类化石(Zhang, 1989; Zhang 等, 1991)^[4,5],同时发现具有雌雄之分的红藻化石。此后在该层位还发现有海百合茎及分类不明的化石碎片和绿藻化石(薛耀松等, 1992; 1995)^[6,7]。随后,李家维和陈均远(1998)在瓮安北斗山陡山沱组上矿层底部(原下矿层)发现了完整的海绵化石(Li Chiawei 等, 1998);同时肖书海等在海绵层位之上的磷块岩中又发现大量的动物胚胎化石(Xiao Shuhai 等, 1998)(图 2)。

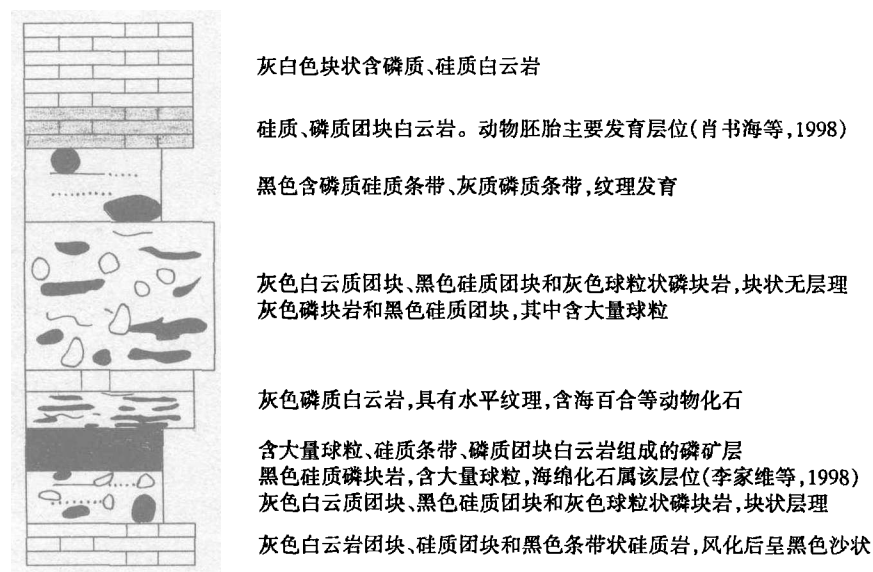


图 2 贵州瓮安北斗山陡山沱组的沉积特征

Fig. 2 Sedimentary sequence through the Doushantuo Formation, Beidoushan, Weng'an, Guizhou

庙河生物群产于峡东庙河—南沱一带陡山沱组上部黑色碳质页岩中。早在 70 年代,陈孟莪等(1989)就在此地陡山沱组中发现大量宏观藻类及后生动物化石^[8]。到 90 年代,随着研究的深入,对庙河生物群开始了系统的总结研究(丁莲芳等, 1992; 1996)^[9,10],到目前已

发现有水母状化石、海绵动物、蠕虫动物及高级宏观藻类、疑源类和遗迹化石,构成了前寒武纪重要的生物群之一。

两个生物群在古地理上都处于碳酸盐台地边缘。瓮安生物群位于川滇黔碳酸盐台地边缘浅滩,而庙河生物群处在鄂西碳酸盐台地内缘的局限盆地。两个生物群产出层位的沉积特征分述如下:

庙河生物群生存在碳酸盐台地边缘海湾内,水动力弱,但水体盐度正常,与周缘浅海相连,生物繁盛,底部水体时而处在滞流缺氧状态,时而处于氧化状态,这是由于当时海平面变化引起氧化界面波动(杨瑞东等,1999)^[11]。

瓮安生物群处于高能台地边缘浅滩—潮坪环境,具有水平或微波状层理,杂基含量相对较高,基底式胶结的球粒磷块岩中。据吴祥和(1998)^[12]对瓮安磷块岩研究,在碎屑状磷块岩中才保存有藻类等化石,而结核状磷块岩和胶泥状磷块岩中很难发现此类化石。

目前在瓮安生物群中发现的藻类化石有 *Thallophyca*, *Thallophycoides*, *Wangania*, *Corticina*, *Paramecia* 等(Zhang, 1989; Zhang 和 Yuan, 1991; 赵东旭, 1986)^[13], 海百合茎 *Sinocyclocyclicus* 及类似锥石的方形管 *Quadratitubus* (薛耀松等, 1992)。上述化石的结构均较结实,具有较强的抗浪能力,这与它们产出层位的沉积水动力较强有关。如红藻叶状体的形态呈结核状、柱状和卵圆形,部分叶状体很不规则,并且聚集在一起组合成疑块状、树枝状等复杂形态,叶状体常已破碎成碎屑,叶状体大小为 0.1~2mm,一般小于 1mm。至于最近在其中发现完整海绵骨骼及动物胚胎化石,从沉积环境水动力条件分析是很难保存下来的。在鄂西台地间局限海湾内,水动力很弱,在底部水体呈滞流状态的情况下,也仅发现海绵骨针化石,没有发现完整的海绵骨骼化石。在庙河生物群中,有保存完好的藻类呈枝状体。而瓮安生物群中的藻类是呈球状、块状或粗枝状,两者代表不同的水动力条件,前者水动力弱,后者水动力较强。由此可以推测在瓮安北斗山剖面保存完好的海绵骨骼化石是困难的。但通过现代生物的实验埋藏学分析,水动力、氧化还原和快速的埋藏环境并不一定是生物尸体得以保存为化石的绝对条件。

就生物生存环境来说,在陡山沱期,由于冰期后海平面上升,洋流上涌,大量的有机盐及磷质从海底涌入浅海区,在台地边缘一带普遍有磷块岩沉积,同时在台地边缘一带有丰富的营养组分供给,藻类及其它生物大量繁盛,当时上扬子区正处在低纬度区,洋流发育。据杨卫东(1997)对滇黔磷块岩的氧碳同位素计算当时水体盐度正常,氧同位素计算得到磷块岩形成的温度为 50~60℃,Ce 负异常反映为缺氧条件下形成的产物^[14]。因此磷块岩的温度和氧化还原指标与正常的浅海浅滩沉积特征相反,这可能是上升洋流水团具有深海底水体的特征所致。其它稀土元素和微量元素也与深海沉积特征相似。目前也有人认为磷块岩是由于热水爆破形成的,但其成因与该地区磷块岩的区域分布不吻合,难以解释磷块岩在区域上呈带状分布的特征。

3 陡山沱期后生生物群生存机理探讨

陡山沱期是洋流的上升时期,大量富含有机组分及 SiO_2 和 P_2O_5 的海水上涌进入浅水台地区,在其边缘形成富含藻类(叠层石)的磷块岩沉积,同时在这大量的藻类繁盛的环境中生存着丰富的动物群。这些生物群得以大量保存为化石,主要有几个重要因素:

磷酸盐化、硅化作用 磷酸盐化在生物尸体被保存为化石方面起着重要作用,由于早期

后生物往往缺少坚固的硬体构造,因此生物体要保存下来必须快速矿化,这是生物体被保存下来的重要因素。以前只认为生物尸体被快速埋藏是保存化石主要条件,而忽略了生物尸体被矿化时保存起的重要作用,这种作用比起生物尸体被快速埋藏来保存的因素要重要得多,因为生物尸体虽然被埋藏了,但氧化作用仍然在进行,生物尸体也能被腐烂。但生物尸体被矿化后,就很难再被氧化分解。瓮安生物群产于陡山沱组含磷岩系中,而这些含磷物质的形成目前大部分人认为是由于洋流上升将深海底富含 P_2O_5 、 SiO_2 等水体涌入浅水台地区,由于物理化学条件的变化,在浅水台地边缘大量沉淀形成磷块岩(吴祥和等,1998;周茂基等,1984),在这样富含 P_2O_5 、 SiO_2 的水体中不仅生物繁盛,而且生物尸体也被快速地磷酸盐化或硅化,这种生物体被磷酸盐化或硅化现象在岩石薄片中普遍可见(吴祥和等,1998)。肖书海等(1998)报道的动物胚胎化石在翁安北斗山剖面上有 0.9m 厚,无论它是动物胚胎还是藻类化石,要形成这样厚的化石层一般是很困难的,但是磷酸盐化作用可将藻类或动物胚胎保存下来。从化石的一些特征分析,笔者认为肖书海等(1998)报道的动物胚胎化石应为藻类化石。首先,这些大量的球状化石具有一凹坑,它可能是藻类(疑源类)的脱囊,要是动物胚胎那在有机质分解过程中应产生气体,类似于罐头或饮料在过期时所产生的膨胀现象,不可能形成凹坑。其次,类似的藻类在贵州下震旦统大塘坡组菱锰矿中发现,并认为是属于古石囊藻 *Eoentophysalis*, 休仑球藻 *Huroniospora* (郑光夏等,1987)^[15]。大塘坡组菱锰矿中的球状化石与瓮安生物群中的球状化石很相似,都是在矿层中大量密集分布,也具有薄壳体和球体上有一凹坑的特征,只是大塘坡组菱锰矿中球状化石比瓮安生物群中的球状化石小一些,为 $1.5 \sim 7\mu m$ 。再次,这种富集的化石层只有藻类才能形成,动物胚胎化石是难以解释的,因为目前还没有找到有说服力的动物化石(Xue 等,1999),Li 等(1998)发现的海绵动物化石其大小与肖书海(1998)报道的动物胚胎化石大小近似,用海绵动物胚胎难以解释。藻类则有可能形成这样的化石层,如现代大西洋海岸沟鞭藻在高浓度养料的水体中特别丰富(Darcy, 1971),Darcy 在南非开普敦西南地区沉积物中发现大量的沟鞭藻,因为在那里 Benguela 寒流与 Agulhas 暖流混合,提供了大量的养料。Cross(1966)在研究加州海湾南部海底沉积物发现含有丰富的沟鞭藻,可达 17000 个/克,并认为化石如此丰富是由于洋流上升提供丰富养料所致。根据加州海湾南部海底沉积物中 17000 个沟鞭藻/克,瓮安生物群中形成 0.9m 厚的球状化石层也有可能。大量的藻类 + 保存不仅与丰富的藻类生存有关,而且磷酸盐化作用对生物体的保存起着重要作用。这种所谓动物胚胎的化石在矿化层中很丰富,这是生物当时生活环境有丰富的矿化物质使生物尸体得到快速的矿化有关,这种矿化作用是生物体保存为化石的重要因素的一个很好例子。

海平面脉动作用 庙河生物群的埋藏机理以前被认为是局限滞流海盆环境下的沉积埋藏,局限滞流海盆上部水体与正常浅海水体一致,而下部水体则处于滞流状态。由于下部水体宁静,氧不能到达海底,导致海底相对缺氧,这种相对还原环境的存在,以及大量细粒泥质沉积发育,使得庙河生物群中各门类生物保存为精美完好的化石。然而,这种埋藏机理确不能很好地解释生物群中藻类大部分具有固着器和保存有生活时的生长状态,按这个机理,藻类就生活在滞流还原环境中,据现代藻类生活环境,藻类主要生活在含氧水体,何况庙河生物群中藻类有红藻、褐藻、绿藻、蓝藻和硅藻等如此丰异度、丰富度很高的藻类植物群,将其生活环境解释为还原环境不妥。因此,这一埋藏机理也无法解释营底栖生活在正常海水中的海绵生物。同样也解释不了为何生物群几乎只保存在紧邻粉砂岩层之上的泥页岩层下

部,而在泥页岩层上部或很厚的泥页岩中很少有化石的现象。

通过对保存庙河生物群的陡山沱组沉积特征和沉积序列分析,结合化石保存和沉积地球化学特征,笔者认为庙河生物群埋藏机理是由海面脉动引起,即海平面降低时,水体处于动荡的氧化环境,这时由于海平面下降,陆上侵蚀作用加强,有大量的陆源碎屑供给,结果形成了含有丰富生物碎片的具有波状层理的粉砂岩层,随后海平面上升,水体加深,水动力减弱,这时在泥质海底上开始生活大量的藻类、海绵和在近海底生活类水母生物。随着水体愈来愈加深,环境变为缺氧的滞流海盆,大量生活在海底的生物死亡,并得到完整地保存。而在海盆完全缺氧时沉积的泥质物质——黑色泥页岩中就很少有底栖生物化石。海平面的这种脉动形成一系列粉砂岩、泥页岩韵律层,所产化石层位也间隔性出现。这一埋藏机理能较合理地解释庙河生物群的埋藏问题(杨瑞东等,1999)。

综上所述,从瓮安生物群和庙河生物群的保存环境及埋藏特征分析,可得以下认识:

(1)碳酸盐台地边缘水体相对较浅,但水体局限,为水动力较弱的环境,有利于生物群生存。该环境有丰富的养分供给,水动力又弱,藻类植物繁盛,为大量的动物提供了养分和生存空间。这种局限环境沉积速率也比较快,水体底部氧化条件相对弱,同时磷酸盐化、硅化作用强,有利于生物尸体保存。

(2)根据陡山沱期古地理分布特征,在鄂西台地北缘的襄阳与宜昌之间存在一个局限海湾,是有利的生物生存区域。

(3)在福泉-瓮安-开阳浅滩带内缘,由于浅滩带藻类繁盛,其后缘为碎屑潮坪环境,在两个相带的过渡部位为相对低洼区域,一方面有丰富的养分供给,有利于生物大量繁殖,另一方面水动力较弱,有陆源碎屑的快速沉积,为有利于生物生存和保存的区域。

(4)金沙—遵义一带的陡山沱期存在一个向台地内凹的内陆棚海,沉积以磷块岩、白云岩、页岩和粉砂岩为主,水体较浅,水动力条件较弱,养分充丰,并在遵义一带已发现有丰富的宏观藻类化石。因此这一区域为有利于生物群生存和保存的环境。

参考文献:

- [1] LI CHIAWEI, CHEN JUNYUAN and HUA TZUEN. Precambrian sponges with cellular structures[J]. Science, 1998, 279:879-882.
- [2] XIAO SHUHAI, ZHANG YUN and KNOLL A H. Three-dimensional preservation of algae and animal embryos in a Neoproterozoic phosphorite[J]. Nature, 1998, 291:553-558.
- [3] 周茂基等. 中国南方震旦纪的成磷环境和成磷作用[A]. 第五届国际磷块岩讨论会论文集(2)[C]. 北京:地质出版社,1984.
- [4] ZHANG YUN. Multicellular thallophytes with differentiated tissues from Late Proterozoic phosphate rocks of South China [J]. Lethaia. 1989, 22:113-132.
- [5] ZHANG YUN, YUAN XUNLAI. New data on multicellular thallophytes and fragments of cellular tissues from Late Proterozoic phosphate rocks, South China[J]. Lethaia. 1991, 25:1-18.
- [6] 薛耀松,唐天福,俞从流. 贵州瓮安-开阳地区陡山沱期含磷岩系中的大型球状绿藻化石[J]. 古生物学报,1995,34(6):688-706.
- [7] 薛耀松,唐天福,俞从流. 贵州晚震旦世陡山沱期具骨骼动物化石的发现及意义[J]. 古生物学报,1992,31(5):530-539.
- [8] 陈孟莪,鲁刚毅,萧宗正. 皖南上震旦统蓝田组的宏观藻类化石——蓝田植物群的初步研究[A]. 中国地质科学院

地质研究所刊(6)[C]. 北京:地质出版社, 1994, 252—267.

[9] 丁莲芳, 李勇, 胡夏嵩等. 震旦纪庙河生物群[M]. 北京:地质出版社, 1996.

[10] 丁莲芳, 张录易, 李勇等. 扬子地台北缘晚震旦世—早寒武世早期生物群研究[M]. 北京:科技文献出版社, 1992.

[11] 杨瑞东, 赵元龙. 我国早期后生物群特异埋藏机理探讨[J]. 沉积学报, 1999, 17(1): 161—165.

[12] 吴祥和等. 贵州磷块岩[M]. 贵阳:贵州科学技术出版社, 1998.

[13] 赵东旭. 震旦系陡山沱组磷质红藻的发现[J]. 沉积学报, 1986, 4(1): 126—127.

[14] 杨卫东等. 滇黔磷块岩沉积学、地球化学与可持续发展战略[M]. 北京:地质出版社, 1997, 1—72.

[15] 郑光夏, 刘翼锋. 贵州震旦纪沉积菱锰矿床的藻类成矿作用及成岩序列[J]. 贵州地质, 1987, 12(3): 339—350.

Palaeoecology and fossil preservation of the early metazoan biotas during the Doushantuoan (Late Sinian)

YANG Rui-dong

(*Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China*)

Abstract: This approach addresses the current research in palaeoecology which focuses on the early metazoan biotas in China during the Doushantuoan (Late Sinian). Two important categories have been classified for the Sinian biotas: Miaohé and Weng'an biotas on the Upper Yangtze platform. Of particular significance is why and how these biotas flourished and were preserved during geological time. The author contends that abundant SiO_2 and P_2O_5 supplied by the upwelling currents permitted the living organisms to get thriving on a larger scale on the margins of the platform. The steady increase in SiO_2 and P_2O_5 resulted in intense phosphatization and silicification; that is to say, the abundant organic remains were rapidly phosphatized and silicified, and got out of oxidization and decomposition. It can be seen that mineralization (phosphatization, silicification and manganesation) may be interpreted as an important factor in the preservation of the organic remains as fossils, and that the Upper Yangtze area is a favourable region in China for the flourishing of organisms during the Doushantuoan (Late Sinian).

Key words: metazoan biota; palaeoecology; Miaohé biota; Weng'an biota