



Palaeoworld

This is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship.

PALAEOWORLD Editorial Office

State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy

Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences

Beijingdonglu 39, 210008 Nanjing, PR China

e-mail: palaeoworld@nigpas.ac.cn

PALAEOWORLD online submission:

<http://ees.elsevier.com/palwor/>

PALAEOWORLD full-text (Volume 15 –) available at:

<http://www.sciencedirect.com/science/journal/1871174X>

宝塔相——“时尚”于奥陶纪的 一种生物沉积作用类型*

陈均远

(中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学开放研究实验室)

林德斯冲

张俊明

(瑞典斯德哥尔摩大学)

(中国科学院南京地质古生物研究所)

生物在不断演替。生物通过内部相互作用以及非生物系统相互作用构成了对生物沉积作用的直接参与,使各个地质时期生物沉积作用或多或少表现了某种时代特色。有些生物相在漫长的地质时期变化甚微,具有很长的生存时间;有些则仅“时尚”一时尔后消失。

宝塔相是“时尚”于奥陶纪早中期的一种生物相,在北欧和我国扬子区等地广为分布。除宝塔相外,奥陶纪生物沉积作用主要有以下几种类型:1、藻灰泥相;2、骨屑灰岩相;3、含双壳类碎屑岩相;4、笔石相。其中前3种类型除生物组分发生变化之外,在漫长地质历史中表现其它实质性变化,在现代海洋均有其代表。笔石相,以含笔石黑色页岩为其特征,分布于奥陶纪、志留纪和泥盆纪。部分学者认为笔石相具有时间分布上的专属性。Berry(1988)提出早古生代大洋高度层化是笔石相之所以存在的原因。但黑色页岩在漫长地质时期均有分布,笔石页岩与不含笔石的黑色页岩之间除了笔石存在与否之外,并没有其它实质性的区别。在泥盆纪之后,笔石相的消失仅仅因笔石的消失而消失。

宝塔相,是一种极为奇特的压缩型碳酸盐岩相,可由许多特征加以鉴别。这些特征包括:1.沉积缓慢;2.浅表成岩作用;3.侵蚀性硬底频发;4.硬底多态,包括:糙底、平滑底和矿化底等类型;5.海床表面翘起构造(buckle structure);6.叠层石状构造;7.微型泥丘;8.“龟裂纹状”构造;9.痕迹相以潜穴占优势;10.骨屑以节肢动物和棘皮动物为主要成分;11.头足类丰富,以深水类型占优势;12.固着底栖生物类型十分稀少。

最近研究结果表明:贫营养的海水是宝塔相形成的主要环境背景。由于贫营养,生物生产量以及相关的生物沉积作用维持在较低的水平,沉积速率每千年只有2—5mm。缓慢的沉积作用使成岩作用的前锋有足够的时间向上推移到海床的浅表。浅表成岩作用在宝塔相十分普遍,成岩作用的前锋,由于上覆未成岩盖层为流水所侵蚀,经常暴露于海床表面。所暴露的硬底表面其形态与成岩前锋的形态有关,一般是粗糙不平的。如暴露日久,由于水下的风化作用,硬底表面逐渐可由粗糙状态变得十分平坦。在比较特殊的情况下,由于下伏泥岩排水作用向海床浅表输送含可溶性二价铁的溶液,二价铁在浅表发生氧化而沉淀,在氧化带底部形成针铁矿矿化带。以后的剥蚀作用,常使针铁矿化淀积带直接暴露

* 国家自然科学基金4870119项成果之一。

于海床表面。浅表成岩或半成岩的沉积层，在地震或风暴等激发下，由于水平滑动而产生翘起，翘起层之下常形成大小不等的空腔，为其后内沉积作用所形成的沉积物所充填。由于海床翘起使海床表面变得高低不平，突起的部位为以后菌藻类生物沉积作用提供了有利的条件，并发展成为微型泥丘构造。

由于水体营养贫瘠，不利于底栖生物的生存。浮游或具活动性底栖生活的节肢动物，以及具开阔摄食器的棘皮动物，由于对贫瘠水体具有较高的适应能力，成为宝塔相主要优势生物类型，并积极参与生物沉积作用，为生物骨屑的主要组成部分。

头足类是宝塔相生物群落中强有力的肉食类动物。通过捕食活动以及对食草类活动的抑制作用，为菌藻类生存提供了机会，这是叠层石状构造在宝塔相频繁出现的重要原因。在通常情况下，头足类与相关的食草类居群大小发生频繁互为反相的涨落。由于头足类居群规模大小的下跌，以及相应的食草类居群规模大小的上升，使菌藻类的生存与保存受到周期性威胁，从而叠层状构造往往很薄(只有1—5mm)，与生物扰动灰岩相互成层(如瑞典Lunna灰岩和扬子区牯牛潭组上部)。在不多情况下，头足类居群大小及其捕食活动强度始终保持较高水平，为菌藻类稳定生长提供了机会，连续生长可达1m之厚(如宝塔灰岩)。由于菌藻对海床表面的保护作用，水下侵蚀硬底的现象少见。

由于肉食类的捕食作用，使底栖生物的生存受到威胁，部分生物转为穴居。这是宝塔相潜穴和钻穴较为发育的重要原因。宝塔相底泥一般缺乏营养，促使部分生物营建复杂的多层网状孔穴系统，这种复杂的孔穴系统不仅为生物提供了庇护所，同时也为菌藻类的生长提供了空间，并为水体环流作用提供了条件。菌藻类的生长以及水流携带的食物颗粒为穴居生物的生存提供了保障。暴露于海床表面的多边形槽沟系统也是宝塔相常见的一种造迹方式。这些多边形沟系一般位于微微突起的叠层石丘状构造周边。随着菌藻类生物沉积作用的进行，造迹生物的槽沟也随之向上迁移。槽沟迹在垂直方向常成垛状排列，这种垛状构造布局与生物沉积作用时快时慢有关。这些多边形槽沟垂直方向可延伸很长，最长可达1m左右，构成“龟裂纹状”构造。

宝塔相沉积环境及其水深是一个有争议性的问题。长期以来许多学者以“龟裂纹状”构造和叠层石状构造为由，将宝塔相解释为浅水潮下和潮间带沉积作用的产物。笔者对以上理由及其解释持怀疑态度。根据头足类隔壁强度系数的系统研究结果表明，宝塔相是较深水环境的产物，水深在140—450m之间。此外，1.沉积相侧向稳定；2.广布型生物占优势；3.固着底栖生物贫瘠；4.缺乏潮间带，风暴作用以及浅水沉积构造特征；5.与笔石呈横向或纵向过渡关系等等原因亦均有利于将宝塔相解释为较深水环境下沉积的产物。

宝塔相可进一步划分为若干子相，如1.“龟裂纹”相；2.Lunna相(以薄层状叠层石构造为特征)；3.平底相；4.微型泥丘相；5.糙底相等。