

江西修水二叠系—三叠系界线地层树枝状 微生物岩状岩石成因初解

姜红霞, 吴亚生

中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京, 100029

内容提要: 江西修水二叠系—三叠系界线地层有一段特殊构造的地层, 下部为灰色部分和红色部分组成的斑状构造, 上部为灰色部分和黄色部分组成的树枝状构造。这种树枝状构造的岩石与前人报道自重庆老龙洞剖面的微生物岩非常相似。岩石薄片观察表明, 树枝状构造的暗色部分为残留的灰泥岩; 浅色部分为灰岩经过重结晶、白云石化—去白云石化作用改造而成。在暗色的残留灰岩里有保存很好的丰富的球状微生物化石。研究认为, 岩石中暗色部分和浅色部分的原始组分是同时沉积的; 是成岩作用控制了浅色部分的形成。这一成果应当对认识老龙洞剖面树枝状微生物岩的成因有借鉴作用。

关键词: 二叠系—三叠系界线地层; 树枝状构造; 白云石化; 去白云石化; 成岩作用

中国华南地区二叠系—三叠系界线地层出露完整, 是研究二叠纪—三叠纪过渡时期古环境演化 (Wignall and Hallam, 1993; Lehrmann et al., 2003; 杨遵仪等, 1991)、海平面变化 (Flügel and Reinhardt, 1989; Wignall and Hallam, 1996; 吴亚生等, 2006a, 2006b) 和微生物岩 (Kershaw et al., 1999; Lehrmann, 1999; Ezaki et al., 2003; Adachi et al., 2004; Wu et al., 2007; 姜红霞等, 2007) 等极有代表性的地区。出现在二叠纪—三叠纪过渡时期的钙质微生物岩有两个主要特征: 一是除了纹带状和柱状叠层外, 还有特殊的树枝状或花斑状构造, 二是它的灰泥基质中保留有蓝细菌类微生物化石 (王永标等, 2005)。牙形刺的研究表明各种不同构造的钙质微生物岩一般被归入早三叠世 (Ezaki et al., 2003; Kershaw et al., 2002; Lehrmann et al., 2003; Yang et al., 2006)。

本文研究的是江西修水二叠系—三叠系界线地层剖面 (图 1) 的一段树枝状构造的地层。该地层出现在上二叠统长兴阶生物礁岩的顶部, 与前人描述的树枝状的微生物岩很相似 (Kershaw et al., 1999; Ezaki et al., 2003; 王永标等, 2005)。本文从岩石学、古生物学和沉积学等角度对研究区的二叠系—三叠系界线地层作了全面分析, 认为这段树

枝状构造的地层虽然形似微生物岩, 但是是由成岩作用控制了这种特殊的树枝状构造的形成。

1 剖面特征

笔者等研究的剖面出露在江西省修水县四都镇东岭村西南约 500 m 处 (图 1)。前人对江西界线地层的沉积环境演化 (朱相水等, 1994; 徐桂荣等, 1997) 和牙形刺 (王志浩和朱相水, 2000) 研究认为该地区在晚二叠世长兴期发育生物礁相沉积, 长兴期后期, 该礁停止了发育, 代之以开阔碳酸盐台地相环境, 并发育了泥粒—粒泥岩沉积和亮晶生物颗粒岩沉积。

剖面分为 6 个小层 (图 2)。自下而上分别为:

H1 层为灰色、块状的亮晶生屑颗粒岩, 生屑以有孔虫、棘皮类、筴、钙藻为主。

H2 层为红色亮晶颗粒岩的薄层, 厚度不大 (0.1~0.2 m)。薄片观察表明, 该颗粒岩中的颗粒大部分内部已经白云石化, 白云石为自形到半自形的粉晶。少数未发生白云石化的颗粒保留了某些生物化石的结构。

H3 层为厚达 2 m 的杂色灰岩。露头上看这种岩石由灰色和红色 (下部) 或灰色和黄色 (上部) 两种成分的灰岩杂斑组成。这一段地层即是本文研究的具有特殊的树枝状构造的层位。残留灰泥岩中含囊状的小

注: 本文为国家自然科学基金资助项目 (编号 40472015) 和现代古生物学和地层学国家重点实验室开放课题基金资助项目 (编号 053102) 的成果。

收稿日期: 2007-01-12; 改回日期: 2007-03-25; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 姜红霞, 1976 年生, 在读博士生。研究方向: 沉积地质学。通讯地址: 北京 9825 信箱; 电话: 010-62008057; Email: jianghx@mail.igcas.ac.cn。

生物、介形虫、小腹足类、小双壳类化石。

H4层一套厚约0.2 m的泥粒岩和0.4 m厚的亮晶生屑或亮晶砂屑颗粒岩。该层产一些小腕足、小有孔虫、双壳类、介形虫、小腹足类等。

H5层由下部0.4 m的薄层灰泥岩和上部0.4 m厚的亮晶砂屑颗粒岩组成。该层中的生物为一些介形虫、大而薄壳的双壳类、小腕足类、小腹足类、细长海百合,是一个单调的生物群。据前人的研究,*Hindeodus parvus*出现在薄层灰岩底部向上约15 cm处(朱相水等,1994)。与笔者等剖面的薄层灰岩段相对比,二叠系—三叠系界线的位置应该在H5层下部(图2)。

H6层及以上是早三叠的中层状灰泥岩,测量的厚度为1.62 m,含化石很少,主要是小介形虫、大薄壳的双壳类、管状和舌状的小腕足类。

2 树枝状构造的岩石特点和成因分析

2.1 岩石特点

特殊构造的岩石位于本研究剖面的H3层。本层下部具灰色部分和红色部分组成的斑状构造(图版 I-1),上部具灰色部分和黄色部分组成的树枝状构造(图版 I-2)。斑状构造的红色斑点大小在0.1~1.0 cm,灰色斑点大小在0.2~0.6 cm,两者不规则斑杂在一起。树枝状构造的灰色树枝状体与黄色的树枝状体互相平行或交错状,灰色树枝状体的宽度在1~2 cm之间,颗粒较粗;黄色的略窄,在0.2~0.5 cm之间,颗粒较细。树枝状构造的横切面与斑状构造极为相似(图版 I-3)。

薄片上看到这种深浅交错展布的岩石具有三元

组分(图版 I-4):暗色的泥晶部分为残留的灰泥岩(手标本为黄色的),呈斑状;浅色的亮晶部分为颗粒发生重结晶,或者白云石化并发生去白云石化作用的灰岩(手标本为灰色的),也呈斑状;另外还有一部分是残留在去白云石化灰岩之中的白云石晶体,它们往往具有溶蚀孔洞。胶结物有长条状的亮晶方解石和片状的等轴方解石。也就是说,虽然外观上斑状和树枝状构造形态有所不同,但实际上组分是相同的,只是形态不同,因此可能具有相同的成因。在暗色的泥晶里可见到保存很好的丰富的球状微生物化石(图版 I-5),均质薄壁,直径大小在100~500 μm 。

白云石晶体大部分呈自形或半自形的粉晶到粗粉晶状,亮边雾心结构(图版 I-6)。发生去白云石化的地方,被方解

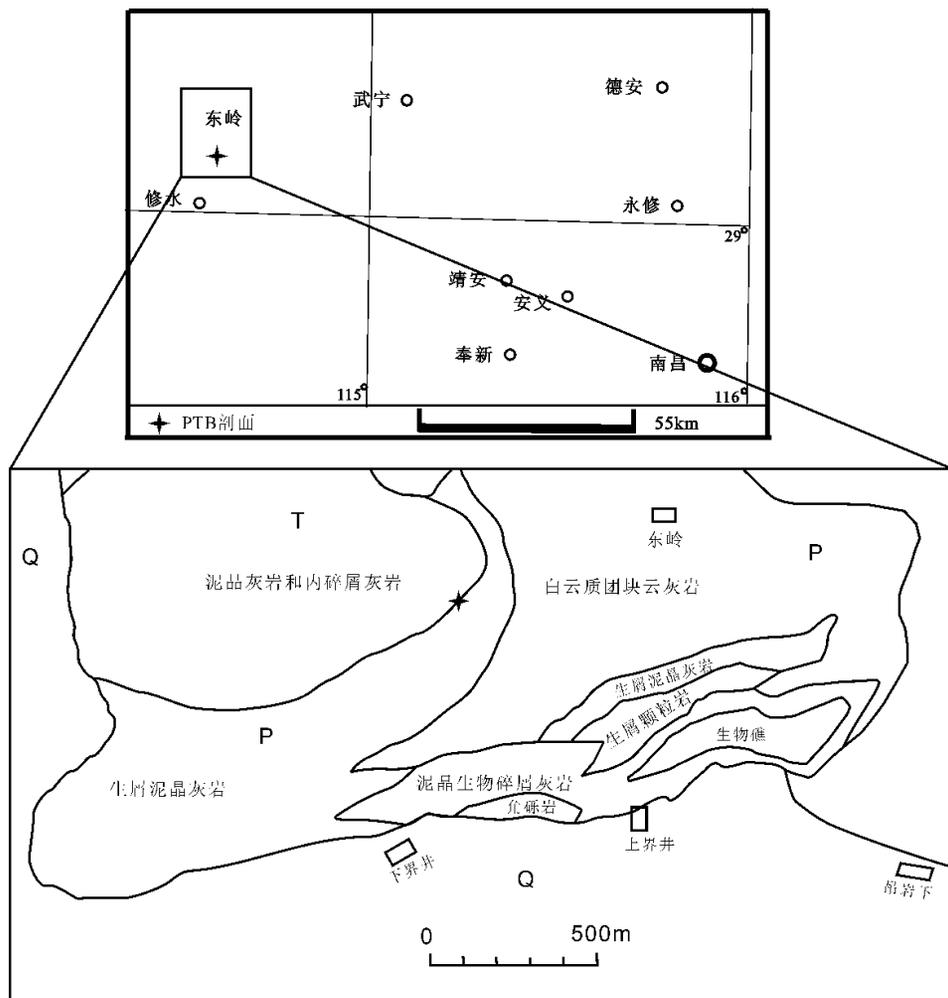


图1 江西修水二叠系—三叠系界线地层剖面的地理位置及地质图

Fig. 1 Location and geologic map of the Permian—Triassic boundary section in Xiushui, Jiangxi Province

石交代后,大部分都保留了原来白云石的晶形和亮边雾心的结构(图版 I-7),方解石晶体一般比较大,呈斑状沿垂直层面方向拉长,其间为残余的灰岩原岩斑块。

在该层下部,白云石化—去白云石化灰岩斑的含量较少,一般为 45% 左右,其去白云石化的程度也低些,一般为 90% 左右。在该层上部,白云石化—去白云石化灰岩斑的含量较高,达 70%,其去白云石化程度也较高,达到 99% 以上。

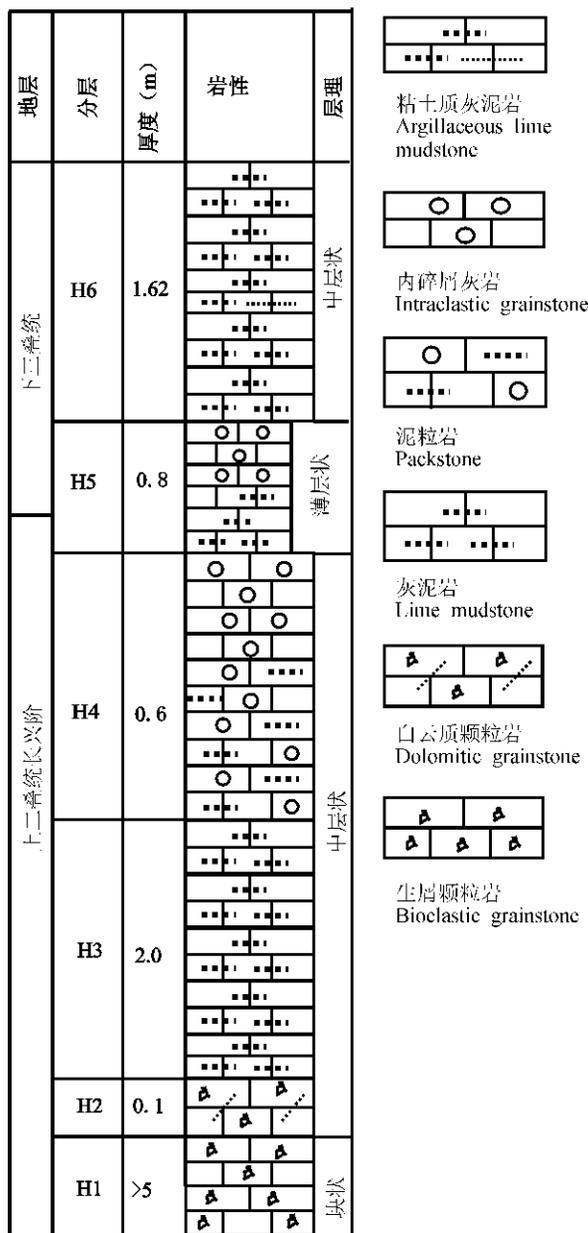


图 2 江西修水二叠系—三叠系界线地层剖面的岩性柱状图

Fig. 2 Lithology and bed division in the Permian-Triassic boundary section in Xiushui, Jiangxi

2.2 岩石成因

在修水的这套树枝状构造的岩石中发现了丰富的球状微生物化石,那么它的成因是微生物活动占主要地位,还是别的什么原因呢?

我们先从一个薄片(图版 I-8)上的组构特征来分析岩石中的泥晶与亮晶两者之间的关系:a 处以一个生物为界,假如是亮处先沉积,那么生物作为外壁是不好理解的,怎么没有掉下去的? b 处也是,亮处先沉积的话,不会留下如此圆滑的边界;c 处形态使我们想到深色处不大可能是先沉积的,否则怎么会让后来的浅色沉积物充填得如此充实,而没有因为遮蔽效应出现一些空隙呢?比较合理的解释是:泥晶和亮晶是同时沉积的,但浅色部分是受成岩作用改造了的,所以形成了这种不规则的港湾状形态。微生物越多的地方经受成岩改造的程度越强,成岩作用后颗粒颜色变浅,晶体结构变得不同。由此可见,修水的这段斑状和树枝状构造的岩石中两种不同成分的同时沉积,不存在后期充填的可能,而且是成岩作用控制了这种构造的形成。

通过薄片观察可知这些沉积物颗粒经历了白云石化和去白云石化等成岩作用。由于白云石化的程度高,所以我们先来分析白云岩的成因。关于白云岩的成因机理,就目前已经提出来的可以归纳为以下几种:潮上带毛细管蒸发浓缩白云化、回流渗透白云化、混合水白云化、正常海水白云化、埋藏白云化、玄武岩淋滤白云石化模式、生物白云石化等等(冯增昭, 1993; 金振奎和冯增昭, 1999; 彭阳等, 2000)。

本文研究的是二叠系—三叠系界线地层剖面,在出现树枝状构造的这一段地层(H3)中,含丰富的球状微生物、介形虫、小腹足类和小双壳类化石,物种分异度低,而且位于生物礁之上的局限碳酸盐台地上,反映的是浅水相的潮上带的沉积环境。潮上带沉积环境很容易推断出本地区发生的是毛细管浓缩作用——即准同生白云化作用。实际上,岩石中自形—半自形的粉晶白云石,分布于一套浅水相沉积物的顶部、波状起伏的似遭受过风化作用的顶面、上伏地层的未白云石化等一系列特征都说明这种白云石化可能与沉积物曾经遭受蒸发卤水的影响有关。

该段界线地层经历了至少两次海平面下降事件,而且古水深最深不超过 50 m(吴亚生等, 2006a)。在这种环境中,由于潮上带的蒸发浓缩作用,使粒间的盐水浓度增加,密度也随之增加,然后高密度的流体由于重力作用沿下伏沉积物下渗,使

未固结或半固结的灰泥发生白云石化。而笔者等从残留白云石的结构特点、云化斑呈垂向延伸的不规则树枝状、云化斑的含量自上而下降低等现象来看,都说明云化流体是自上而下垂向运动的。也就是说,重力是云化流体运动的驱动力。H3 地层中下部的斑块是不规则的,说明流体在向下运动时,由于其他的阻力作用,重力不再占主导地位,渗流的方向就不再以垂向为主了,斑块出现水平方向拉伸成为不规则的斑点而已。

在白云石化作用之后,但是在被沉积物覆盖之前,富含硫酸根离子的大气水自上而下射流,影响白云石化的地层,使之发生去白云石化。去白云石化流体向下运行时的流体形态是不规则的,所以去白云石化部分的形态也是不规则的。去云化斑的含量自上而下降低的规律,也说明了流体在自上而下流动的过程中,随反应的进行,下部的去白云石化程度慢慢降低。

于是,在宏观上地层顶部就出现了我们现今所观察到的树枝状展布的形态,而底部则不过是斑斑点点的形态。所以这种岩石的构造形态实际上是岩石发生毛细管蒸发浓缩白云石化作用和去白云石化作用的结果,是受后期成岩作用改造的。

3 讨论

微生物岩最重要的特征是,微生物的骨骼构成岩石的主要成分;或由微生物的生长

或生理活动引起沉积物沉淀所形成的岩石(Burne & Moor,1987)。吴亚生等将已经描述的二叠系—三叠系界线地层的微生物岩分为6种类型(Wu et al.,2007)。微生物岩可以有各种不同的构造(Riding,2000),如现代热泉的微生物岩可以具有树枝状构造。二叠系—三叠系界线地层的为树枝状构造的岩石首先由 Kershaw 等(1999)描述自重庆老龙洞剖面。他们认为树枝状的这种外貌与现代热泉(Guo and Riding,1994)微生物岩的形态非常接

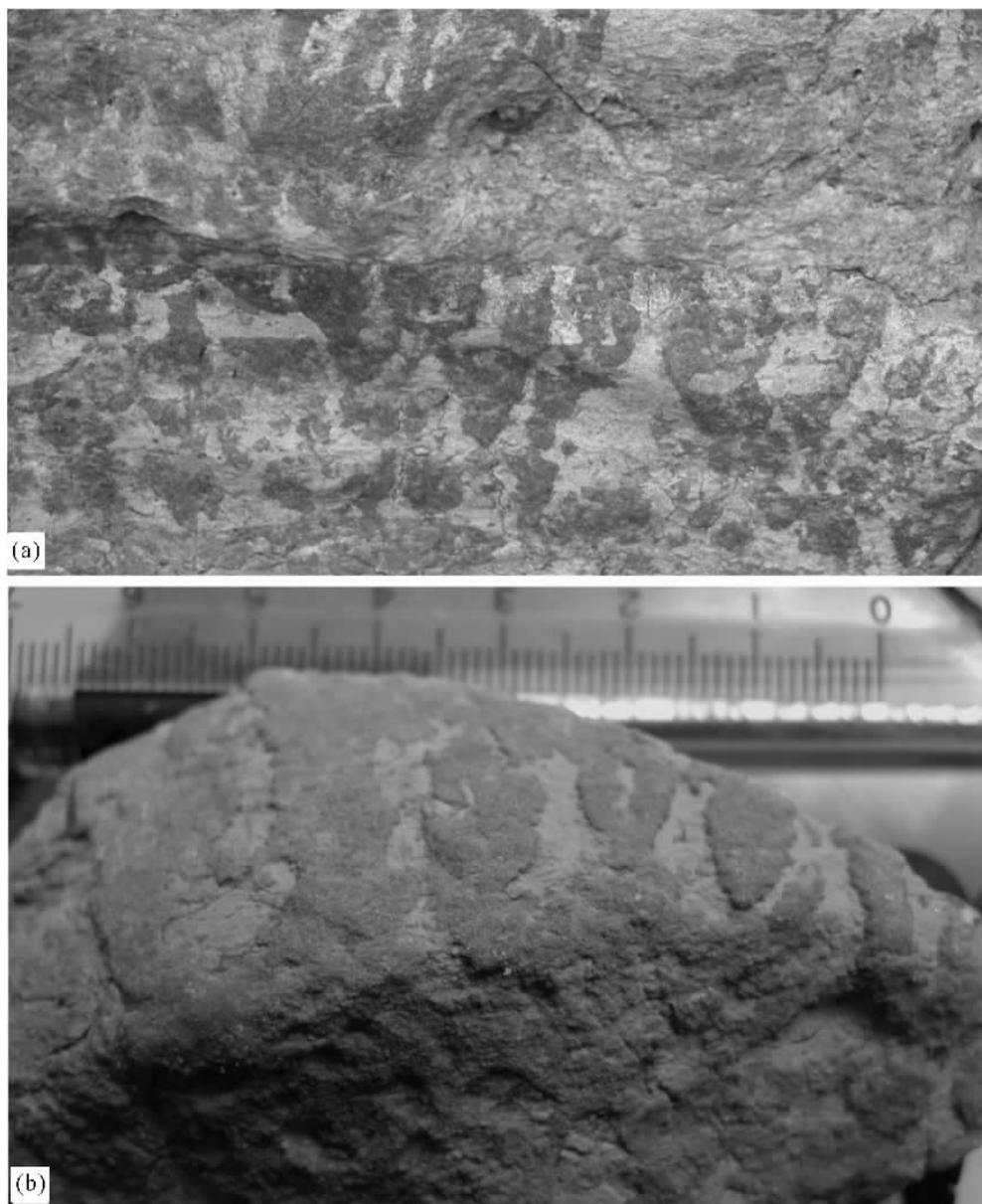


图3 不同地区树枝状构造岩石的对比

Fig. 3 Comparison of dendroid structure rocks in Xiushui, Jiangxi Province (b) to that in Laolongdong, Chongqing (a)

(a) 重庆老龙洞树枝状构造岩石露头照片: 深色区域为树枝体, 成份主要为重结晶的方解石、亮晶胶结物, 灰白色区域为泥晶灰岩; (b) 江西修水树枝状构造岩石标本照片: 深色的树枝状区域为发生白云石化和去白云石化的灰岩, 浅色区域为残留的泥晶灰岩

近,但大小不一致。除了形态之外,两者没有其他的相似之处。所以他们不能肯定这种树枝状构造的岩石就是微生物岩。在亲自对老龙洞的树枝状岩石作研究之前,笔者等不能确定老龙洞的树枝状岩石究竟是不是微生物成因的。根据笔者等对老龙洞剖面的考察,以及 Riding 对笔者等当前材料的观察和确认,当前剖面的树枝状岩石与老龙洞剖面的树枝状岩石在形态上是完全一样的。而当前研究表明,修水剖面的树枝状岩石的树枝状构造的形成主要是由成岩作用控制的。这个认识应当能为认识老龙洞剖面的树枝状构造的成因提供一点启迪。

在形成环境上,以前的看法是尽管这种沉积物形成的水体很浅,但海平面自晚二叠世开始一直是上升的(Wignall and Hallam, 1996; Kershaw et al., 1999)。不过后来的研究认为在老龙洞剖面的二叠纪海百合灰岩和其上的树枝状岩石(Kershaw et al. 称之为“? microbialite”)之间可能存在一个短暂的沉积间断或暴露事件(Kershaw et al., 2002; Ezaki et al., 2003)。吴亚生等(2006b)的研究确定,老龙洞二叠系—三叠系界线地层剖面的微生物岩顶部发生过一次海平面下降事件。吴亚生等(2006a)在江西修水二叠系—三叠系界线地层剖面的 H3 层,即树枝状构造的地层的顶部也发现有一次海平面下降事件。这说明两个不同地区的同时代剖面有相似的沉积环境变化。据此似可推论:两处的树枝状岩石有相似的成因,都是受成岩作用控制形成的。

4 研究意义

江西修水的二叠系—三叠系界线地层剖面的一段树枝状构造的岩石与前人报道的重庆老龙洞剖面微生物岩在外观上极为相似(图3)。本文的研究认为,修水剖面的树枝状岩石的形成主要由成岩作用控制,由沉积物发生白云石化和去白云石化作用形成。这一研究成果对于完全揭示重庆老龙洞的树枝状岩石的成因,以及认识二叠系—三叠系界线附近的碳酸盐岩的成岩作用、研究白云石化作用和去白云石化作用的机理具有重要的参考价值。

这一成果还从岩石学的角度肯定了晚二叠世末期曾经发生过海平面下降事件,为研究二叠纪末期海平面变化提供了部分佐证资料。

致谢:论文的野外工作得到江西师范大学朱相水教授的大力帮助;英国卡迪夫大学 Robert Riding 教授观看薄片并进行有益讨论。谨此致谢。

参 考 文 献 / References

- 冯增昭. 1993. 沉积岩石学. 北京:石油工业出版社, 321~338.
- 姜红霞, 吴亚生. 2007. 重庆二叠系—三叠系界线地层微生物岩新认识. 岩石学报, 待刊.
- 金振奎, 冯增昭. 1999. 滇东—川西下二叠统白云岩的形成机理——玄武岩淋滤白云化. 沉积学报, 17(3): 83~87.
- 彭阳, 章雨旭. 2000. 华北地台下古生界白云石化问题探讨. 地球学报, 21(1): 78~87.
- 王永标, 董金南, 王家生, 周修高. 2005. 华南二叠纪末大绝灭后的钙质微生物岩及古环境意义. 科学通报, 50(6): 552~558.
- 王志浩, 朱相水. 2000. 江西长兴组顶部与大冶组底部牙形刺的再研究. 微体古生物学报, 17(1): 57~63.
- 吴亚生, Yang W, 姜红霞, 范嘉松. 2006a. 江西修水二叠纪—三叠纪界线地层的海平面下降的岩石学证据. 岩石学报, 22(12): 3039~3046.
- 吴亚生, 姜红霞, 廖太平. 2006b. 重庆老龙洞二叠系—三叠系界线地层的海平面下降事件. 岩石学报, 22(9): 2405~2412.
- 徐桂荣, 罗新民, 王永标, 周良勇, 肖诗宇. 1997. 长江中游晚二叠世生物礁的生成模型. 武汉:中国地质大学出版社, 67~75.
- 杨浩, 张素新, 江海水, 王永标. 2006. 湖北崇阳二叠纪—三叠纪之交钙质微生物岩的时代及基本特征. 地球科学, 31(2): 165~170.
- 杨遵仪, 吴顺宝, 殷鸿福, 徐桂荣, 张克信. 1991. 华南二叠—三叠纪过渡层地质事件. 北京:地质出版社, 3~14.
- 朱相水, 王成源, 吕桦, 穆西南, 张遵信, 覃兆松, 罗辉, 杨万容, 邓占球. 1994. 江西二叠—三叠系界线. 微体古生物学报, 11(4): 439~452.
- Adachi N, Ezaki Y, Liu J B. 2004. The fabrics and origins of peloids immediately after the end-Permian extinction, Guizhou Province, South China; Sedimentary Geology, 164 (1~2): 161~178.
- Burne R V, Moore I S. 1987. Microbialites: organic sedimentary deposits of benthic microbial communities. Palaios, 2(3): 241~254.
- Ezaki Y, Liu J B, Adachi N. 2003. Earliest Triassic microbialite micro- to megastructures in the Huaying area of Sichuan Province, South China: implications for the nature of oceanic conditions after the end-Permian extinction. Palaios, 18: 388~402.
- Flügel E, Reinhardt J. 1989. Uppermost Permian reefs in Skyros (Greece) and Sichuan (China): implications for the Late Permian extinction event. Palaios, 4 (6): 502~518.
- Guo L, Riding R. 1994. Origin and diagenesis of Quaternary travertine shrub fabrics, Rapolano Terme, central Italy. Sedimentology 41, 499~520.
- Kershaw S, Guo L, Swift A, Fan JS. 2002. ? Microbialites in the Permian—Triassic boundary interval in central China: structure, age and destruction. Facies, 47: 83~90.
- Kershaw S, Zhang T, Lan G. 1999. A ? microbialite carbonate crust at the Permian—Triassic boundary in South China, and its paleoenvironmental significance. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleocology, 146: 1~18.
- Lehrmann D J. 1999. Early Triassic calcimicrobial mounds and biostromes of the Nanpanjiang Basin, south China. Geology, 27: 359~362.
- Lehrmann D J, Payne J L, Felix S V, Dilleit P M. 2003. Permian—

Triassic boundary sections from shallow-marine carbonate platforms of the Nanpanjiang Basin, south China: Implications for oceanic conditions associated with the end-Permian extinction and its aftermath. *Palaios*, 18 (2): 138~152.

Riding R. 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial—algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 47 (Suppl. 1): 179~214.

Wignall P B, Hallam A. 1993. Griesbachian (Earliest Triassic) palaeoenvironmental changes in the Salt Range, Pakistan and southeast China and their bearing on the Permo—Triassic mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 102: 215~237.

Wignall P B, Hallam A. 1996. Facies change and the end-Permian mass extinction in S. E. Sichuan, China. *Palaios*, 11: 587~596.

Wu Ya Sheng, Jiang Hong Xia, Yang Wan & Fan Jia Song. 2007. Microbialite of anoxic condition from Permian—Triassic transition in Guizhou, China. *Science in China, Series D*, 50. (in press)

图版说明 / Explanation of Photos

1~4. 江西修水二叠系—三叠系界线地层的树枝状和斑状构造岩石。

1. 灰色和红色间杂的斑状构造岩石的手标本照片。灰色斑块为发生成岩作用改造后的灰岩,红色杂斑为原始的灰泥岩。
2. 灰色和黄色间杂的树枝状构造的岩石,手标本,纵切面。灰色树枝体为发生成岩作用改造的灰岩,黄色条带为残留的原始灰泥岩。
3. 灰色和黄色树枝状构造的岩石,手标本,横切面。成分同2。
- 4.

树枝状构造的岩石,薄片,人工透射光,纵切面。深色条带状区域为残留的泥晶灰岩,浅色的树枝体为发生重结晶、白云石化和去白云石化的灰岩。比例尺长度 1cm。

5~8. 树枝状岩石的显微照片。

5. H3 层,含丰富的球状微生物化石,比例尺长度 0.5 mm。

6. H3 层的白云质灰岩,原岩发生白云石化,后遭受溶蚀,再被方解石胶结(染色成红色),比例尺长度 0.5 mm。

7. H3 层的白云质灰岩,原岩发生白云石化—去白云石化作用,方解石(Cal)保留了原先白云石的菱形晶形和亮边雾心构造,有亮边雾心白云石的残余(Do),方解石染色成红色,比例尺长度 0.5 mm。

8. H3 层,示深色部分与浅色部分之间的关系。比例尺长度 0.5 mm。Mb: microbial fossil, 微生物化石; Do: dolomite, 白云石; Cal: calcite, 方解石。

1~4. Speckled structure rock (1) and dendroid structure rock (2, 3, 4) from the Permian—Triassic boundary section in Xiushui, Jiangxi Province. 1, 2, and 3 are photographs of polished rock sample. 4 is photograph of a thin section.

5~8. Photomicrographs of thin sections of the dendroid rocks in Permian—Triassic boundary section in Xiushui, Jiangxi Province.

5. limestone of the light-colored areas of the dendroid rock, containing microbial fossils.

6. dolomitic limestone of the dark areas of dendroid rock.

7. dolomitic limestone of the dark areas of dendroid rock, noting the calcites (stained as red) remains form and banded structure of precursor dolomite rhombi.

8—contact between dark part and light part of dendroid rock.

Origin of Microbialite-like Dendroid Rocks in the Permian—Triassic Boundary Section in Xiushui, Jiangxi Province

JIANG Hongxia, WU Yasheng

Key Laboratory of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100029

Abstract

This paper deals with the origin of dendroid-structured rocks in the Permian—Triassic boundary section in Xiushui, Jiangxi Province. The dendroid structure in Xiushui resembles that described as "microbialite crest" from the P—T boundary section in Laolongdong, Chongqing by previous researchers, and is composed of dendroid light-colored part in dendroid dark-colored rock part. This study reveals that the dark areas are residual lime mudstone; while the light areas are derived from recrystallization, dolomitization—dedolomitization of original limestone. The dark residual lime mudstone contains abundant spherical microbial fossils. Diagenesis such as recrystallization, dolomitization—dedolomitization is the controlling factor in the formation of the dendroid structures in Xiushui.

key words: Permian—Triassic boundary section; dendroid structure; dolomitization; dedolomitization; diagenesis

姜红霞等:江西修水二叠系—三叠系界线地层树枝状微生物岩状岩石成因初解

图版 I

