

渝东南地区下志留统石牛栏组混合沉积作用及对生物礁发育的制约

谭先锋^{1,2}, 李志军^{1*}, 蒋艳霞³, 李航²

(1.复杂油气田勘探开发重庆市重点实验室, 重庆 401331; 2.重庆科技学院石油与天然气工程学院, 重庆 401331; 3.成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059)

摘要:渝东南地区下志留统石牛栏组广泛发育碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积。通过野外观察、薄片鉴定、同位素分析等手段,对研究区石牛栏组混合沉积作用及对生物礁的制约进行了研究。结果表明,渝东南地区石牛栏组主要发育泥质灰岩与砂质泥岩、泥晶灰岩与泥岩、生物灰岩与灰质泥岩3种混积层系和泥质灰岩、砂质/粉砂质灰岩、含粉砂生物礁灰岩(生物灰岩)、灰质粉砂岩、灰质泥岩6种混积岩。沉积环境的演化过程表现为早期浅水混积陆棚—中期生物礁滩—晚期礁前斜坡及浅水混积陆棚;陆源碎屑含量从底部到顶部总体为降低的过程,与海平面的演化规律存在一定的耦合。混合沉积主要发生于浅水混积陆棚及生物礁滩/斜坡2种沉积环境。在石牛栏组生物礁发育过程中,陆源碎屑的注入是制约生物礁及生物群落发育的根本原因。

关键词:混合沉积 混积岩 生物礁 石牛栏组 渝东南地区

中图分类号:TE111.3

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)03-0006-04

混合沉积作用是一种常见的沉积现象,在古代和现代沉积中均有大量发现。Mount最早引入陆源碎屑颗粒、陆源碎屑泥、碳酸盐颗粒及碳酸盐泥四端元组分对混合沉积进行分类,并明确了陆源碎屑含量大于10%的碳酸盐均为混合沉积岩^[1]。早期对于混积岩及混合沉积的研究多数在于对混合沉积现象的定性描述及探讨其形成的环境模式^[2-3]。随着研究的深入,不少学者开始利用地球化学手段对混合沉积的环境进行深入探讨^[4],并对混合沉积作用方式、形成原因、形成模式等进行系统总结^[5-8]。近10 a来,关于混合沉积的报道更加全面、系统。归结起来主要有:①古生代及以前海相地层的混合沉积作用研究。如梅冥相等对南口虎峪中元古界大红峪组混积岩系进行了层序地层划分^[9];董桂玉等对湖南石门杨家坪下寒武统把榔组三段混合沉积进行研究,提出混合沉积的形成模式^[10];郭福生探讨了浙江江山藕塘底组陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征及其构造意义^[11],充分说明了海洋环境中混合沉积作用普遍存在,这些成果均对混合沉积的形成模式进行了探索。②混合沉积还可以发生在中生代之后的湖泊环境。如马艳萍等对大港滩海区

第三系湖相混积岩的成因进行探讨,并对成岩作用特征进行分析^[12];董桂玉等对惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积进行了分析^[13]。这些成果揭示了湖泊沉积体系下陆源碎屑物质与碳酸盐的混合沉积模式和方式有别于海洋沉积体系。随着研究的深入,混合沉积作用与其他学科的交叉结合也越来越受到重视,如探讨层序地层格架内的混合沉积作用,揭示了不同层序部位混合沉积作用方式^[14]。另外,张宁生等探讨了柴达木盆地南翼山混积岩的储层岩石类型及其与油气分布的关系^[15]。当前关于混合沉积与油气关系的探讨还处于探索阶段。渝东南地区下志留统石牛栏组发育陆源碎屑与碳酸盐的混合沉积,笔者在探讨其混合沉积特征、沉积环境及沉积机制的基础上,研究了混合沉积作用对生物礁发育过程的制约。

1 地质背景

渝东南地区大地构造上属于中上扬子地区,为浅海陆棚沉积环境。志留系龙马溪组为重要的生油岩,龙马溪组黑色页岩、石牛栏组灰岩(或小河坝

收稿日期:2014-03-19。

作者简介:谭先锋,男,副教授,博士,从事沉积学方面的研究。联系电话:(023)65023057,E-mail:xianfengtan8299@163.com。

*通讯作者:李志军,男,副教授,博士,从事油气田开发地质方面的研究。联系电话:15826022750,E-mail:lzjyjk@126.com。

基金项目:重庆市自然科学基金项目“渝东南地区下志留统石牛栏组珊瑚礁及造礁环境研究”(cstc2012jjA90007)。

组砂岩)和韩家店组页岩构成了研究区良好的次级生一储一盖组合^[16]。石牛栏组主要分布于黔北和川南地区,以页岩和灰岩为主;小河坝组分布于川东南地区,主要为粉砂岩与页岩夹少量生物灰岩,石牛栏组与小河坝组为同时异相地层单元^[17-18]。研究区石牛栏组可分为4个岩性段:一段主要为泥质灰岩、粉砂质泥岩、灰质粉砂岩、灰质泥岩等;二段主要为生物灰岩及生物礁灰岩;三段主要为泥质灰岩、粉砂质泥岩等;四段下部主要为生物礁灰岩及生物灰岩,顶部主要为泥晶灰岩与泥质灰岩等。在石牛栏组沉积时期海平面表现为缓慢上升到急剧下降的变化过程,沉积环境的演化过程表现为早期浅水混积陆棚—中期生物礁滩—晚期礁前斜坡及浅水混积陆棚。

2 混合沉积方式及特征

渝东南地区石牛栏组混合沉积方式主要表现为交互式沉积和过渡类岩性的物质混合(过渡类岩性混积岩),交互式沉积的混积层系在野外普遍存在,过渡类岩性的物质混合在室内镜下大量发现。

2.1 混积层系

泥质灰岩与砂质泥岩交互式沉积 该类沉积在研究区广泛分布在石牛栏组中下部,呈薄层状产出。主要表现为灰色(浅灰色)泥质灰岩与黄褐色砂质泥岩呈互层产出。这种现象野外还表现为灰岩层比较坚硬,砂质泥岩层较松软,自然风化条件

下可呈现“夹心饼干”状产出。产出形式可以分为3种:①灰岩为背景,砂质泥岩较少,呈薄层状产出;②灰岩与砂质泥岩呈互层产出;③砂质泥岩为背景,泥质灰岩呈薄层状产出。3种产出形式的差异主要与沉积水动力及陆源碎屑物质的注入量有关。

泥晶灰岩与泥岩交互式沉积 该类沉积主要发生在石牛栏组下部和顶部,呈薄层状产出,主要与沉积作用的间歇式发生和水介质条件有关。表现为浅灰色泥晶灰岩中间夹薄层的泥岩或灰质泥岩,石牛栏组下部主要为泥岩,比较疏松,石牛栏组顶部主要为土黄色灰质泥岩,较坚硬。

生物灰岩与灰质泥岩(泥质灰岩)交互式沉积 该类沉积主要发生在石牛栏组中上部,呈薄—中层状产出。主要为浅灰色的正常含生物碎屑泥晶灰岩与深灰色泥质灰岩的交互沉积,层状较明显。这种现象在野外主要表现为浅灰色的灰岩中有灰质泥岩夹层,如果风化作用明显,则呈夹心产出;如果经历了强烈的差异压实作用,就会形成“眼球状”灰岩,这是石牛栏组中上部特有的岩石类型。这种岩石类型在差异压实作用持续作用下逐步形成砾岩。

2.2 混积岩

按照混合沉积的定义,陆源碎屑物质与碳酸盐混合沉积下来形成的岩石为混积岩。研究区石牛栏组混积岩类型丰富,主要包括泥质灰岩、砂质/粉砂质灰岩、含粉砂生物礁灰岩(生物灰岩)、灰质粉砂岩、灰质泥岩等(图1)。陆源碎屑物质主要为石

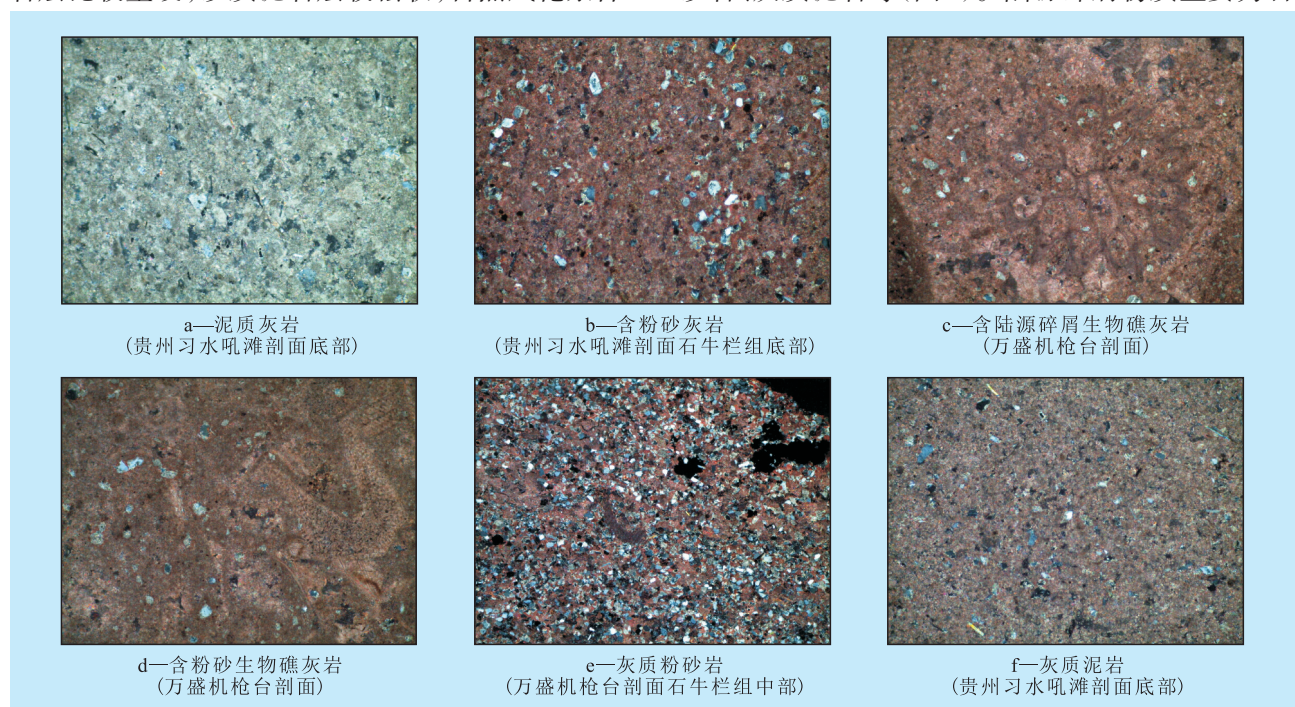


图1 渝东南地区陆源碎屑物质与碳酸盐物质混合沉积类型

英,少见长石和云母,粘土矿物比较普遍,碳酸盐成分主要为方解石,其次为少量白云石。

泥质灰岩 该类型灰岩比较发育,包括含泥灰岩。石牛栏组各个部位均有一定分布,尤其是下部。从陆源碎屑物质含量来看,泥质含量为16%~40%,主要为粘土矿物。岩石中主要成分为碳酸盐矿物,结晶状态较差,晶粒较小,一般不含生物碎屑(图1a)。

砂质/粉砂质灰岩 该类型灰岩主要发育在石牛栏组底部,包括含粉砂灰岩(图1b)。主要特征为碳酸盐矿物背景下含有一定数量的陆源碎屑,陆源碎屑主要为石英,少量云母和长石,石英颗粒一般为粉砂级,少数可达砂级,含量为10%~45%。

含粉砂生物礁灰岩(生物灰岩) 该类型灰岩主要分布于石牛栏组中部及上部,主要特征为生物礁格架内分布少量的陆源粉砂,颗粒较小,含量为5%~15%,主要成分为石英颗粒,一般为粉砂级,基本无砂级的陆源碎屑(图1c,图1d)。

灰质粉砂岩 灰质粉砂岩主要分布在石牛栏组下部,有时可与灰岩构成混积层系。主要特征为陆源粉砂背景下,充填大量的方解石结晶,呈胶结物的形式产出。陆源碎屑物质含量一般大于50%,主要为粉砂级,少数颗粒可达砂级,成分主要为石英,少量粘土矿物充填其间。碳酸盐主要为结晶状,晶粒较小,含量为10%~40%(图1e)。

灰质泥岩 灰质泥岩主要分布在石牛栏组下部以及中上部,发育比较普遍,往往与灰岩构成混积层系。主要为粘土矿物背景下,充填方解石晶体,镜下有时难以辨别。粘土矿物含量较高,可达60%以上。碳酸盐主要为晶粒较小的结晶状,含量为10%~30%(图1f)。

3 混合沉积环境及沉积机制

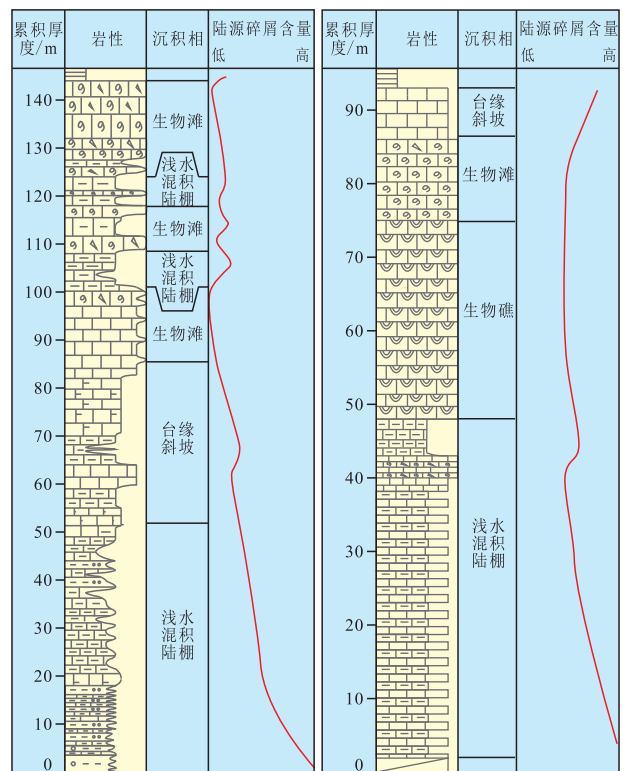
3.1 混合沉积环境

通过野外剖面的实际观察及沉积相的详细划分,建立了渝东南地区沉积相平面演化关系。研究区石牛栏组底部覆盖于下志留统龙马溪组之上,为一套薄层的砂质泥岩、泥质砂岩、泥质灰岩互层。石牛栏组一段主要受陆源碎屑物质的影响,为一套三角洲、浅水混积陆棚及滨岸沉积。石牛栏组二段沉积时期由于海平面的上升,研究区开始变成台缘礁滩沉积,陆源碎屑物质局部减少,从野外观察来看,在贵州习水吼滩剖面发育了少量的生物灰岩及生物礁灰岩。石牛栏组三段总体为浅水混积陆棚

环境,但从演化规律上看,局部发育了少部分的点状滩坝,从沉积物组成特征来看,混入了大量的陆源碎屑石英。石牛栏组四段在贵州习水吼滩剖面主要为带有滑塌沉积构造的生物礁灰岩,在万盛机枪台剖面主要为珊瑚礁灰岩以及生物灰岩,平面上,研究区主要发育大规模的生物礁滩沉积,该时期为生物礁的主要成礁期,陆源碎屑物质含量大幅减少。研究区受雪峰山古物源的影响,陆源碎屑物质大量注入。除了浅水混积陆棚之外,生物礁滩灰岩中也存在大量陆源碎屑物质。

3.2 混合沉积机制

从渝东南地区典型剖面的沉积环境及陆源碎屑物质的纵向演化(图2)可以看出,贵州习水吼滩剖面陆源碎屑物质含量从底部到顶部总体为降低的过程,顶部有局部升高的趋势。底部陆源碎屑物质含量最高可达70%以上,形成粘土岩或者粉砂岩;中部生物灰岩一般陆源碎屑物质含量较小;顶部由于海平面急剧下降,陆源碎屑物质大量注入,其含量有一定的回升。尽管2条剖面所处的位置有所差异,却有着相似的演化规律,从下到上都表现为海平面的缓慢上升,然后到石牛栏组沉积晚期海平面急剧下降。海平面的演化规律与陆源碎屑物质演化规律存在一定的耦合性,是研究区陆源碎屑物质含量变化的重要原因。



a—贵州习水吼滩剖面 b—万盛机枪台剖面

图2 渝东南地区典型剖面沉积环境及陆源碎屑物质纵向演化

研究区总体为浅水混积陆棚沉积环境,在此基础上发育生物礁滩、斜坡等。在石牛栏组沉积早期,整个研究区为继承下覆龙马溪组发育的滨海环境,由于地形比较平缓,来自南部的物源充足,含有大量的石英、粘土矿物等陆源碎屑物质,加之受海平面局部升降和潮汐作用的影响,形成了一套薄层的混合沉积层系。因此在石牛栏组下部多出现多种岩性的薄互层,具体为哪种混积岩石类型,关键在于钙质和陆源碎屑物质谁占主导地位,取决于陆源碎屑物质的注入量。因此,在该时期可以同时出现混积层系和混积岩,是混合沉积发育的主要时期。到了石牛栏组沉积中晚期,受海平面上升的影响,陆源碎屑物质注入减弱,研究区开始出现滨海滩坝沉积,只有少部分陆源碎屑物质带入到了沉积区,出现了少量的石英碎屑颗粒,充填于生物格架之内。另外斜坡环境也有少量陆源碎屑物质的带入,主要为粘土矿物,石英碎屑颗粒极少。该时期混积岩主要表现为生物灰岩及生物礁中出现少量的石英碎屑颗粒。从混积类型上看,2种类型的混积岩均属于渐变型,基本无突发的混积方式。这种混积类型与潮汐为主导的混积类型有所差别,主要是由于陆源碎屑和碳酸盐的共同作用而形成。

4 混合沉积作用对生物礁发育过程的制约

研究区石牛栏组中存在一定规模的生物礁,生物礁的类型主要为台地边缘礁,局部为点礁。生物礁的发育主要受构造升降、海平面变化、水体环境、陆源碎屑物质的影响^[19-20]。研究区石牛栏组沉积早期陆源碎屑物质非常充足,生物在此环境下很难生存。到石牛栏组沉积中期,活动的南部雪峰山变得平静,陆源碎屑物质的泥质含量减少,加上早期带来的陆地微生物的沉淀,研究区水体变得适宜生物的繁殖,大量生物群落开始在此群居,出现了生物灰岩、砂屑灰岩等类型,间歇式地夹带一定的泥质成分。在石牛栏组沉积中晚期,雪峰山的物源逐步稳定,碎屑物质逐渐减少,加上海平面缓慢上升,到达研究区的陆源碎屑物质非常少,只有少量的石英碎屑颗粒。石牛栏组沉积中期生物的大量繁殖,生物滩坝的大量形成,为珊瑚礁开始在此大量繁殖、形成大量的珊瑚礁体创造了条件。万盛机枪台剖面发现大量的群居生物寄生在生物礁的格架内,证实了该时期生物的大量繁盛。在石牛栏组沉积晚

期,海平面急剧下降,陆源碎屑物质再次带入,在此繁盛的生物群落难以适应当时的环境,大量的生物逃亡或死亡堆积下来,充填在生物礁体里。海平面的下降导致生物礁的集群灭绝,原地堆积,形成了如今的生物礁。

研究结果表明,陆源碎屑物质制约着研究区生物礁及生物群落的大量繁盛。陆源碎屑物质的大量注入不利于生物的大量繁盛,尽管成礁期也出现了陆源碎屑石英,但是总体的水体条件是非常适宜生物礁及生物群落生长的。因此,陆源碎屑的注入才是制约生物礁及生物群落是否发育的根本原因。

5 结论

渝东南地区下志留统石牛栏组普遍发育混合沉积现象,主要包括混积层系和混积岩。宏观上主要有泥质灰岩与砂质泥岩、泥晶灰岩与泥岩、生物灰岩与灰质泥岩3种混积层系,泥质灰岩与砂质泥岩交互沉积主要发育在石牛栏组中下部,泥晶灰岩与泥岩交互沉积主要发育在石牛栏组下部及顶部,生物灰岩与灰质泥岩交互沉积主要发育在石牛栏组中部;混积岩主要有泥质灰岩、砂质灰岩、粉砂质灰岩、含粉砂生物礁灰岩(生物灰岩)、灰质粉砂岩和灰质泥岩6种类型,石牛栏组下部主要发育泥质灰岩、砂质灰岩及灰质粉砂岩和灰质泥岩,中部及上部主要发育含粉砂生物礁灰岩,顶部主要发育粉砂质泥晶灰岩和灰质泥岩等。

研究区沉积环境的演化过程表现为早期浅水混积陆棚—中期生物礁滩—晚期礁前斜坡及浅水混积陆棚,混合沉积主要发生于浅水混积陆棚及生物礁滩/斜坡2种沉积环境。陆源碎屑物质的大量注入不利于生物的大量繁盛,尽管成礁期也出现了陆源碎屑石英,但是总体的水体条件是非常适宜生物礁及生物群落生长的。因此,陆源碎屑的注入才是制约生物礁及生物群落是否发育的根本原因。

参考文献:

- [1] Mount J F. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments[J]. *Geology*, 1985, 12(7): 432-435.
- [2] 蔡进攻,李从先. 内蒙西南部石炭系碎屑岩-碳酸盐岩混合沉积特征[J]. *石油与天然气地质*, 1994, 15(1): 80-86.
- [3] 杨朝青,沙庆安. 云南曲靖中泥盆统曲靖组的沉积环境:一种陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积[J]. *沉积学报*, 1990, 8(2): 59-66.

(下转第14页)