

文章编号: 1000-0550(2012)02-0283-08

辽河西部凹陷雷家地区古近系沙四段混合沉积特征研究^①

赵会民

(中国石化长城钻探工程公司地质研究院 辽宁盘锦 124010)

摘要 雷家地区古近系沙四段广泛发育湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积。通过对研究区混合沉积的区域地质背景、岩石学特征、沉积环境等分析,认为该区混合沉积特征为结构混合和互层混合,其中结构混合(狭义的混积岩)在不同构造部位混积岩岩石成分不同,西部以内源型混合沉积为主,中东部以陆源型混合沉积为主,局部为火山岩型混积岩。混合沉积作用类型包括渐变式混合沉积和复合式混合沉积I类,局部发育突变式混合沉积。最后,分析本区白云岩的成因,进而探讨形成混合沉积的地质条件和沉积环境。

关键词 混合沉积 碳酸盐 陆源碎屑 沙四段 雷家地区

作者简介 赵会民 男 1971年出生 博士 石油地质学 E-mail: zhlmzgy1212@sina.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

混合沉积作为一种沉积机理特殊而又有重要意义的沉积现象,主要指硅质碎屑与碳酸盐的混合沉积^[1]。目前,广义的混合沉积不仅包括碳酸盐与陆源碎屑/硅质碎屑的混合沉积,还应包含碳酸盐/陆源碎屑与硫酸盐、硅质岩类的硅酸盐、火山碎屑等的混合产物^[2]。由于混合沉积形成的沉积物有其自身一些独特的特征,因而,研究混合沉积的物质组分、结构构造以及时空分布,不仅有助于了解古沉积环境的构造运动、海(湖)平面变化、沉积动力学、古气候、物源等控制因素,而且在该类沉积中往往具有良好的油气生、储、盖组合,对寻找新的油气勘探区具有重要的实际意义^[3~9]。

在渤海湾盆地古近系沙河街组中,多个凹陷发育湖相碳酸盐与陆源碎屑构成的混合沉积,分布范围广泛,受双重机制制约,具有复杂的沉积模式。以往油气勘探开发中,仅有部分学者将碳酸盐岩与碎屑岩结合起来作为混合沉积进行研究。如罗顺社等^[10]对渤南洼陷沙四段混合沉积特征与模式的研究,马艳萍等^[11]对大港滩海区沙一段混积岩成因与成岩作用特征的研究,董桂玉等^[12]对惠民凹陷沙一段中混合沉积特征及类型的研究,张娣等^[13]对板桥—北大港地区沙一段混合沉积分布规律的研究等。辽河西部凹陷雷家地区作为渤海湾盆地的一部分,古近系沙四段的沉积特征也与渤海湾盆地整体具有相似的特点,即表现为明显的混积岩特征。在过去的研究中,一直将

湖相碳酸盐岩与碎屑岩分开独立进行研究,混合沉积研究还属空白。本文在前人研究成果的基础上,对研究区古近系沙四段混合沉积的岩石学特征、混合沉积特征及混合沉积作用类型等做了详细分析,并探讨了混合沉积的形成原因。

1 区域地质概况

雷家地区位于辽河西部凹陷中段(图1),包括陈家洼陷北部、高升鼻状隆起南翼、冷东断裂背斜带西部,面积约200 km²。该区油气资源丰富,石油地质条件优越,已发现古近系沙一、二段和沙三段的砂砾岩油藏、沙四段白云岩及火山角砾岩油藏、前古近系潜山油藏等多种类型油藏,一直是辽河油田油气的主要产区之一。

雷家地区以陈家洼陷为主体,从南至北,由开阔变为狭窄,呈现西高东低、北高南低的古地貌形态。在东陡西缓的构造格局下,不同构造部位岩石组合类型不同,形成了岩石类型多样、结构复杂的碳酸盐与陆源碎屑以及火山角砾岩的混合沉积。

2 岩石学特征

雷家地区沙四段岩性以湖相碳酸盐岩与陆源碎屑岩为主,火山角砾岩少量。这些岩性大多不纯,碳酸盐岩中含有大量的非碳酸盐矿物,碎屑岩中含有大量的碳酸盐矿物(表1),是在半干旱气候及微咸水条

^①国家重点基础研究发展规划(973)项目(编号:2009CB21930X)资助。
收稿日期:2009-11-15;收修改稿日期:2011-01-30

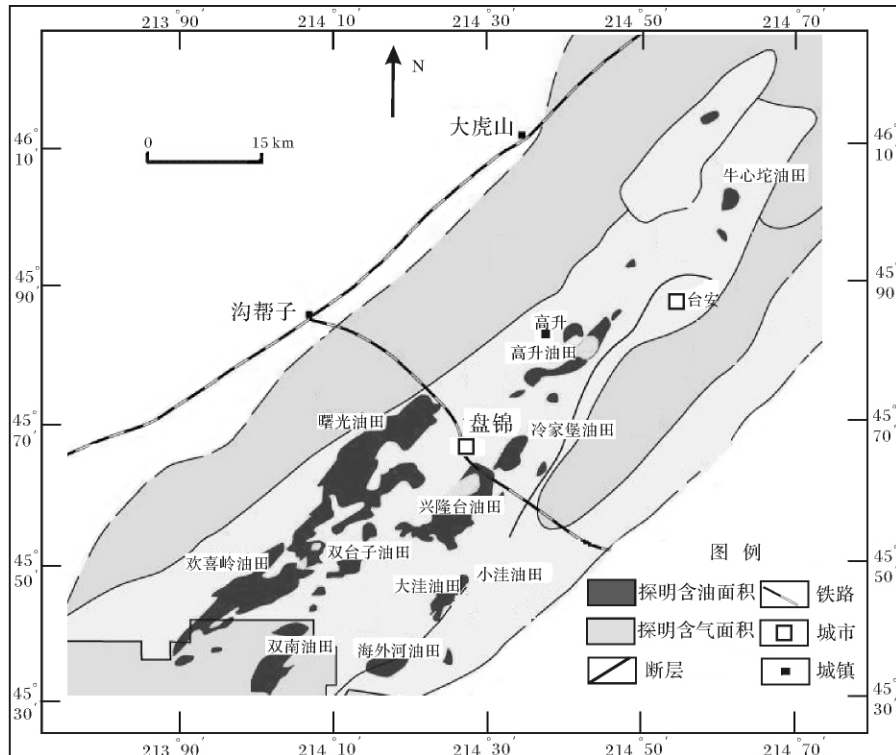


图1 研究区地理位置

Fig. 1 The geographic location of research region

件下的弱还原—还原环境中,由化学沉积与机械沉积交替作用形成的一种混合沉积。

表1 雷家地区混合沉积主要岩石类型的矿物成分平均含量
Table 1 Average percentage of mineral matters in Mixed rocks of Leijia area

岩石类型	石英+长石总量/%	碳酸盐总量/%	黏土总量/%
灰(白云)质砂岩	63.05	25.74	11.21
白云(灰)质泥岩	8.37	34.17	57.46
砂质白云(灰)岩	22.72	69.03	8.25
泥质白云(灰)岩	9.59	58.68	31.73
含灰泥岩	7.36	15.36	77.28

(1) 碳酸盐岩

岩石化学成分鉴定结果显示,区内碳酸盐岩中 Al_2O_3 和 SiO_2 含量比较高, CaO/MgO 比值 <4 的占总样品量的91.3%,表明碳酸盐岩主要以白云质岩类为主,灰质岩类较少。尤以泥质白云岩(图2A)最为发育,其他岩性还有泥晶白云岩、泥质灰岩(图2B)、藻白云岩、砂质云(灰)岩、硅质白云岩、白云质灰岩等。大多数岩石中白云石含量 $>50\%$,陆源碎屑及泥质约占5%~48%不等,由泥质(有机质)和白云石相

对富集而呈暗亮条带的季节性纹层,可见明显的水平纹层理和揉皱变形层理(图2A)。该岩类为本区主要储层,发育溶蚀孔隙、构造缝、层内缝及网状微缝,缝隙常见被石油充填,偶见方沸石晶体。

(2) 砂砾岩类

砂砾岩类包括砂岩、砂砾岩和白云(灰)质砂岩。成分主要为陆源碎屑,以石英为主,少量长石和岩屑。部分岩石含有碳酸盐而成为灰(白云)质砂岩(图2C),碎屑颗粒分选较差,棱角一次棱角状,其孔隙被碳酸盐充填。

(3) 泥岩及油页岩类

泥岩类在研究区广泛发育,部分泥岩因含碳酸盐较多,而成为白云(灰)质泥岩,与上下相邻泥质岩层呈渐变过渡关系。泥岩局部可见介形虫和植物碎片,偶见长石、石英碎屑。油页岩多呈薄层,与泥质岩类互层或夹于其中,水平层理发育。

(4) 火山角砾岩

该岩类分布于研究区东部陡坡和陈家洼陷部分地区,主要为火山碎屑物质。火山角砾成分为玄武质,部分角砾岩碳酸盐化严重(图2D),具有近物源、快速堆积、颗粒结构混杂的特点。

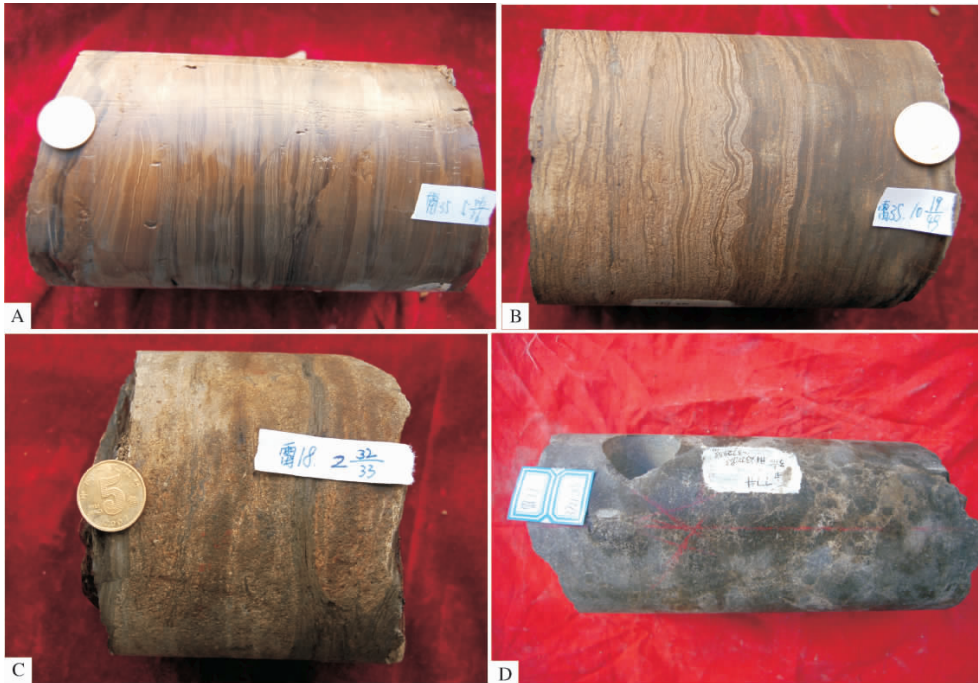


图 2 雷家地区混积岩的主要类型

A. 纹层状泥质白云岩: 黄褐色白云质条带与黑褐色泥质条带互层; 雷 35 井 2 477.9 m (内源型混积岩); B 纹层状泥质灰岩, 雷 35 井 2 502.6 m (内源型混积岩); C 灰质细砂岩, 含泥质条带; 雷 18 井 2 426.7 m, (陆源型混积岩); D 碳酸盐化火山角砾岩, 雷 77 井 3 721.83 m (火山岩型混积岩)

Fig. 2 Types of Mixed rocks of Leijia area

3 混合沉积特征

混积岩的分类和命名目前还未统一, 最早 Mount^[1] 采用砂(陆源碎屑)、异化粒、灰泥和泥质黏土四端元, 并用立体图法对混积岩进行分类。杨朝青等^[14] 采用黏土、陆源碎屑、碳酸盐的三端元进行分类, 将碳酸盐组分 > 25%, 陆源碎屑 > 10% 的混合沉积归为混积岩。张雄华^[15] 在黏土、陆源碎屑、碳酸盐(颗粒或灰泥)三端元图中, 将碳酸盐含量为 5% ~ 95%, 陆源碎屑含量为 5% ~ 95% 的混合沉积称混积岩。梁宏斌等^[16] 则将混积岩划分为 3 类: ①结构混

合沉积(狭义的混积岩), 指碳酸盐岩中含 10% ~ 50% 的陆源碎屑(或碎屑岩中含 10% ~ 50% 的碳酸盐); ②互层混合沉积, 指碎屑岩与碳酸盐岩互层; ③夹层混合沉积, 主要是巨厚的碳酸盐质砂砾岩夹①或②的混合沉积。该分类方案清晰明了, 便于实用。本文在梁宏斌等分类方案的基础上, 结合区内混积岩的特征, 进一步扩大了狭义混积岩的范围和类型, 认为雷家地区混积岩主要有两种类型:

3.1 结构混合沉积(狭义的混积岩)

(1) 内源型混合沉积。主要有泥质白云岩、砂质白云岩等。这类岩石以碳酸盐岩组分为主, 泥质及陆

表 2 雷家地区混合沉积主要岩石类型百分比及分布

Table 2 Percentage and Distribution of mineral matters in Mixed rocks of Leijia area

区域	重点井	地层厚度 /m	岩石类型及百分比					
			泥岩	白云(灰)质泥岩	泥质白云(灰)岩	白云(灰)质砂岩	火山岩及火山角砾岩	碳酸盐化火山角砾岩
西部缓坡	雷 59	380	15.0%	10.0%	75.0%			
	雷 53	441	13.0%	34.8%	52.2%			
	雷 35	364		23.7%	71.0%	5.3%		
东部陡坡	雷 60	587	12.1%	14.7%		73.2%		
	雷 604	450	4.0%			40.0%	37.5%	18.5%
	雷 42	280	10.7%			70.0%		19.3%
陈家洼陷	雷 77	239		36.0%			32.0%	32.0%

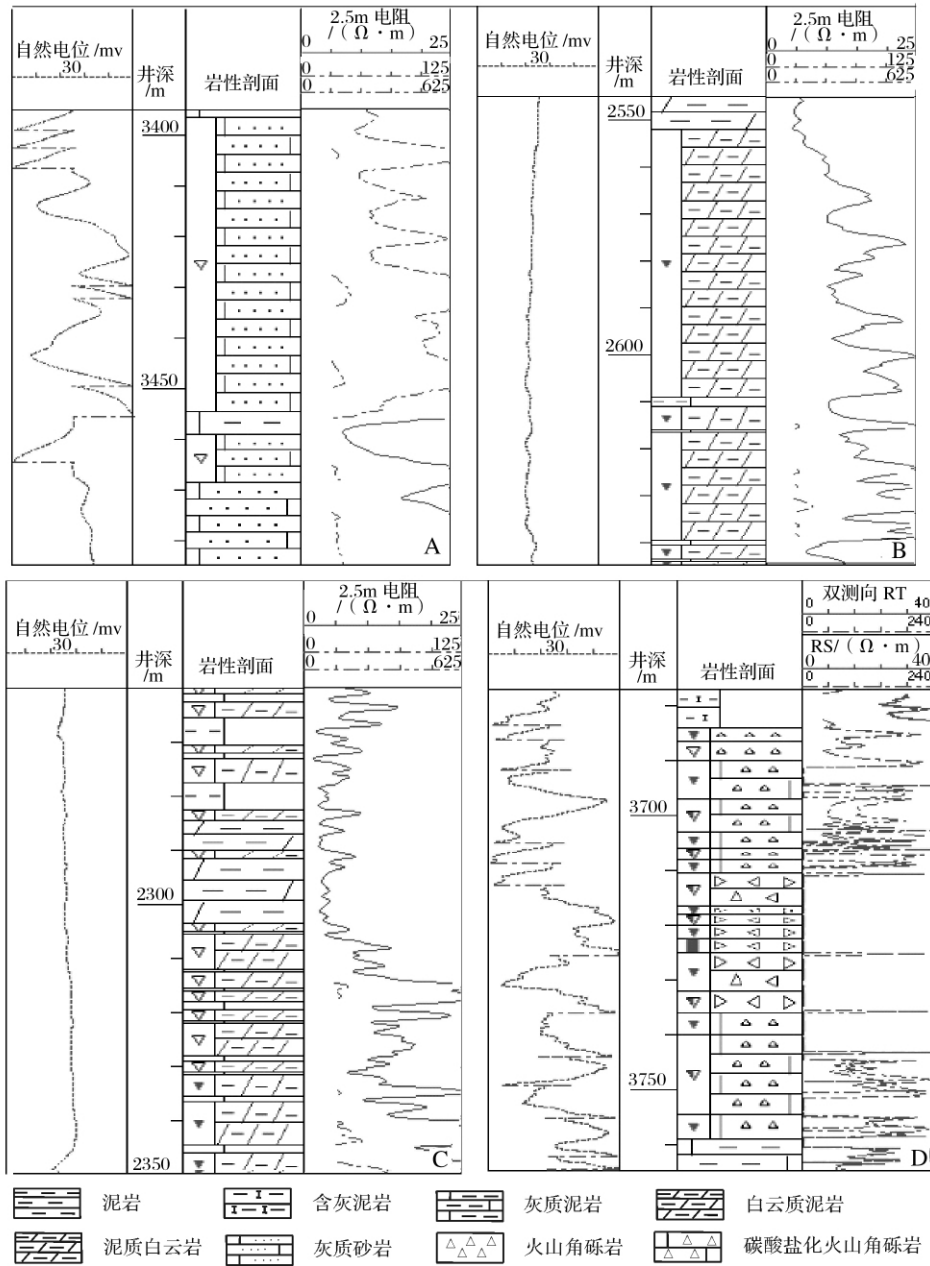


图3 雷家地区混合沉积岩性图

A. 雷60井 3395~3485m; B. 雷59井 2545~2645m; C. 雷58井 2260~2350m; D. 雷77井 3677~3765m

Fig.3 Lithologic columnar sections of Mixed rocks in Leijia area

源碎屑次之。此种类型多发育于区内西部缓坡(表2图3B)如雷53井沙四段2540~2990m井段发育450m厚的泥质白云岩,雷59井沙四段2420~2780m井段发育360m厚的泥质白云岩。其形成一方面是由于该部位周边水系不发育,水动力微弱,碎屑物质注入较少;另一方面,又因湖盆宽阔宁静,滨岸地势平缓,湖水为碳酸盐的饱和溶液,因而形成以碳酸盐岩为主要成分的混积岩。

(2) 陆源型混合沉积。这类岩石以陆源碎屑石

英、长石及富含有机质的泥质为主,其次为碳酸盐岩组分。如白云(灰)质砂岩、白云(灰)质砂砾岩、白云(灰)质泥岩等。此种类型多发育于东部陡坡(表2,图3A)如雷60井沙四段3150~3550m井段发育近400m厚的灰质砂岩夹灰质泥岩,雷61井沙四段2930~3240m井段发育近300m厚的灰质泥岩和白云质泥岩。其成因是由于东部陡坡离物源区较近,受主干断裂强烈活动的影响,陆源物质供应较为充足,而湖泊水体含有一定量的碳酸盐组分,形成以陆

源碎屑为主要成分的混积岩。在雷家地区中部除了发育泥岩外,局部还形成以泥质为主要成分的陆源型混积岩。

以上两类混积岩都是较为常见的混积岩类型,也是狭义混积岩的主要组成。从表 2 中可以看出,本区还发育一种新的混积岩类型——即火山岩型混合沉

积。这类岩石以(玄武质)火山角砾岩为主,其次为碳酸盐岩组分。此种类型多发育于中东部雷 77、雷 64 等井区,其成因是由于火山沉积岩相的角砾岩顺陡坡滑塌入湖后,受当时碳酸盐含量较高水质的改造,使得火山角砾岩发生严重碳酸盐化,形成以火山角砾岩为主的混积岩(图 3D)。该类混积岩的发现,

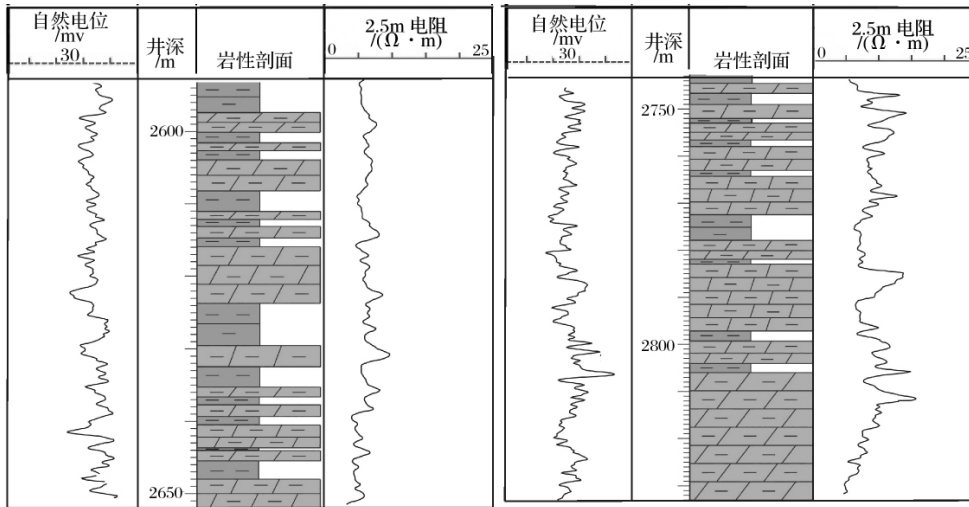


图 4 泥岩与泥质白云岩互层的混合沉积

雷 59 井 2 595 ~ 2 650 m (左), 雷 53 井 2 745 ~ 2 830 m (右)

Fig. 4 Sedimentary type of mudstone interbedded micrite dolostone of Mixed rocks

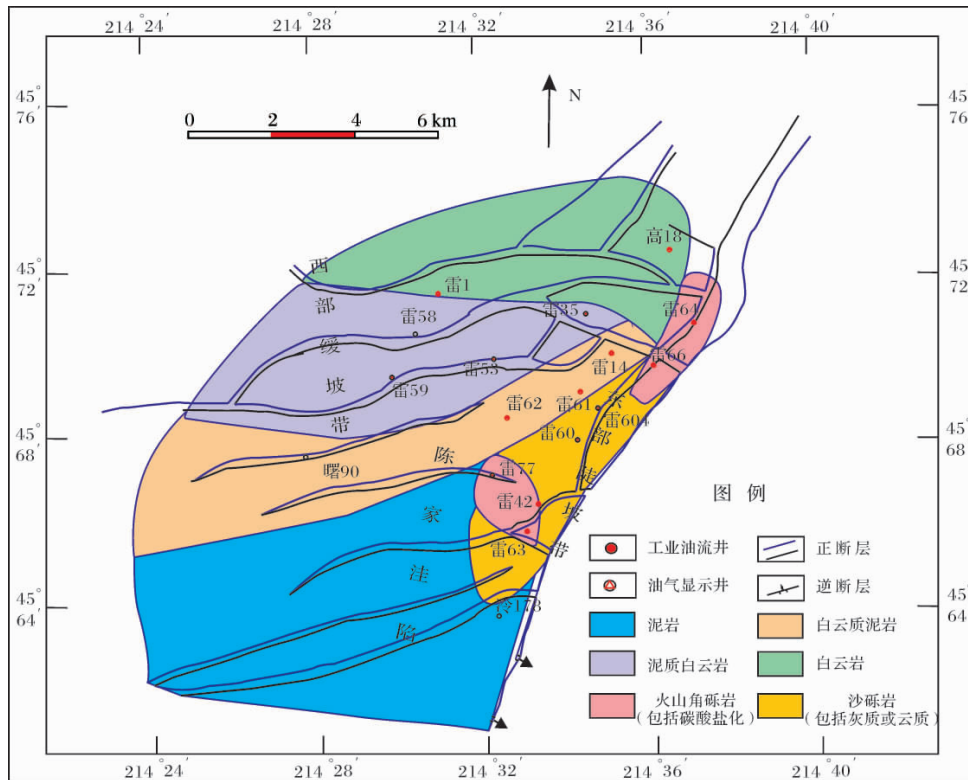


图 5 雷家地区主体构造及混合沉积岩性分布图

Fig. 5 Distribution of the main structure and types of mixed rocks of Leijia area

扩大了混积岩类型范围,丰富了混合沉积理论研究。

3.2 互层混合沉积

此类混合沉积主要由白云(灰)质泥岩与泥质白云岩组成互层韵律(图4),有时含丰富的有机质。由于受离物源区的远近、物源供应的多少及所处部位的不同影响,混合沉积特征主要为泥质岩类与白云岩类互层沉积或以夹层的形式出现或零星分散于另一种类型的岩石之中。

综上所述,雷家地区沙四段混合沉积总体特征是:岩性以成分不纯、相互混杂的碳酸盐、泥质和砂质沉积为主,岩石类型复杂,沉积类型多样。西部以内源型混合沉积为主,中东部以陆源型混合沉积为主,局部为火山岩型混积岩(图5)。

4 混合沉积作用类型

混合沉积是一种特殊的沉积现象,有关混合沉积类型(过程)众说纷纭。Mount^[1]提出4种混合沉积类型,即:间断混合、原地混合、相源混合和蚀源混合。王国忠等^[17]将混合沉积作用分为随机混合沉积、相变式混合沉积和随机一相变式混合沉积3种类型。张雄华^[15]将混合沉积作用归为5种类型:事件突变沉积混合、相缘渐变沉积混合、原地沉积混合、侵蚀再沉积混合和岩溶穿插沉积混合。董桂玉等^[12]按照“沉积事件和剖面结构”原则,将混合沉积作用分为3类:渐变式混合沉积、突变式混合沉积和复合式混合沉积(I类和II类)。该方案较为符合既科学又实用的分类总原则。本文通过对区内混合沉积特征的归纳,沿用董桂玉等对混合沉积作用类型的划分,认为雷家地区广泛分布渐变式混合沉积和复合式沉积I类,局部发育突变式混合沉积。

(1) 渐变式混合沉积是由正常沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石在成分、结构、构造方面为渐变过渡关系,没有突变标志。区内由于不同的构造部位导致沉积环境的差异,不同的沉积环境下就会产生不同类型的沉积物,或形成内源组分的混积岩,或形成陆源组分的混积岩。二者互为消长,形成不同类型的混积岩。如西部缓坡的雷58井(图3C),岩性从上至下依次发育泥岩、白云质泥岩和泥质白云岩。从沙四段岩性分布平面图上也可看出,由湖区向滨岸(即从陈家洼陷至西部缓坡)岩性依次由泥岩、白云质泥岩和泥质白云岩渐变为白云岩。

(2) 复合式混合沉积I类指由正常沉积事件形成的一类岩石,其与上下岩石为岩性突变接触。区内

滨浅湖亚相出现的白云岩及少量灰岩,很少含有陆源碎屑,为正常沉积事件沉积。但其与上下的泥岩为岩性突变接触,因此,此类混合沉积属复合式混合沉积I类。

(3) 突变式混合沉积:主要是指本区发育的碳酸盐化火山角砾岩。火山物质喷发后沉入湖中,与周围的泥岩为岩性突变接触,应属于该混合沉积类型。

5 混合沉积的形成条件

前已述及,本区沙四段岩性以碳酸盐岩与陆源碎屑岩为主,而碳酸盐岩中又以白云质岩类占优势。因此,白云质岩类是雷家地区沙四段混合沉积重要的物质基础,白云质岩类的形成也是本区产生混合沉积的关键因素。

(1) 白云岩的形成作用

白云岩成因假说自从被提出以来,人们从不同角度对白云岩的成因进行研究,并提出了多种成因模式^[18~22]。通过对区内白云岩类沉积特征的研究可以看出,沙四段白云岩是次生交代的产物,主要属准同生白云岩。

本区的白云石有序度约为0.56,属低有序度白云石,说明 Mg^{2+} 置换 Ca^{2+} 的速度较快,在离子面上来不及进行有规律的排列。低有序度白云石通常是准同生时期形成才具有的特征。在准同生成岩环境中,成岩流体的金属阳离子丰度较高,这势必加快矿物离子交换(或晶出)的速度,使白云石晶出时间变短,从而形成的白云石晶形细小(不超过0.03 mm)、自形程度差。而准同生期以后生成的白云石由于结晶速度慢,通常形成晶体较大的粉晶—中晶白云石^[23]。从区内白云石的结晶特征来看,无论是内源型混积岩中的泥质白云岩还是纯白云岩,都是以泥晶或微晶为主。因此,白云岩类应属准同生期的产物。

(2) 白云岩及混积岩的形成条件

白云岩存在的本身就说明当时水体具有形成碳酸盐的物质基础和地质环境。从古气候条件看,雷家地区沙四段沉积时期基本为中等干热古气候,有利于白云岩的形成。受构造活动影响,湖盆加深扩张,西部缓坡陆源碎屑不足,水体清澈,适宜生物繁衍,有利于碳酸盐岩的发育。如白云岩中发育一定量的藻云岩、假鲕粒灰岩等,说明湖水中以藻为主的古生物吸附 Ca^{2+} 和 CO_2 ,死亡后形成以碳酸钙为主的生物灰岩。由于海侵作用的影响^[24],湖水中 Mg^{2+} 的相对浓度不断增加, Mg^{2+} 交代早期形成的生物灰岩中的Ca,

形成准同生白云岩。

由于混积岩是碳酸盐岩与陆源碎屑岩同时混合沉积而成,因而白云岩形成时所具备的地质条件,如较高的盐度、较高 Mg/Ca 比较高的 pH 值(弱碱性—碱性),还原环境及较高温度(28~35℃或更高)等,也就是本区当时湖盆水体能够发生混合沉积所特有的地质条件和沉积环境。

6 结语

①辽河西部凹陷雷家地区古近系沙四段湖相碳酸盐岩与陆源碎屑岩的混合沉积发育,混积特征明显;②混合沉积分为结构混合和互层混合,结构混合在不同构造部位混积岩石成分不同,西部以内源型混合沉积为主,中东部以陆源型混合沉积为主,局部为火山岩型混积岩,形成了岩石类型多样、结构复杂的混合沉积;③混合沉积作用类型包括渐变式混合沉积和复合式混合沉积 I 类;④雷家地区沙四段白云岩形成时的地质条件和环境,同时也是发生混合沉积的地质条件和环境。

参考文献(References)

- Mount J F. Mixing of siliciclastics and carbonate sediments in shallow shelf environments[J]. *Geology*, 1984, (12): 432-435
- 李祥辉. 层序地层中的混合沉积作用及其控制因素[J]. *高校地质学报*, 2008, 14(3): 395-404 [Li Xianghui. Mixing of Siliciclastic-Carbonate Sediments within systems tracts of depositional sequences and its controlling factors [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14(3): 395-404]
- 郑荣才,周刚,董霞,等. 龙门山甘溪组谢家湾段混积相和混积层序地层学特征[J]. *沉积学报*, 2010, 28(1): 33-41 [Zheng Rongcai, Zhou Gang, Dong Xia, et al. Discussion on mixing deposit, Hunji rock and Hunji sequence [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(1): 33-41]
- 郭福生. 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[J]. *沉积学报*, 2004, 21(1): 136-141 [Guo Fusheng. Characteristics and tectonic significance of mixing sediments of siliciclastics and carbonate of Outangdi Formation in Jiangshan, Zhejiang Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 21(1): 136-141]
- 郭书元,张广权,陈舒薇. 陆表海碎屑岩—碳酸盐岩混积层系沉积相研究——以鄂尔多斯东北部大牛地气田为例[J]. *古地理学报*, 2009, 11(6): 611-627 [Guo Shuyuan, Zhang Guangquan, Chen Shuwei. Study on sedimentary facies of mixed clastic-carbonate sediments strata system in epicontinental sea: A case of Daniudi Gasfield in northeastern Ordos [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2009, 11(6): 611-627]
- 罗芳,牟中海,罗晓兰,等. 柴达木盆地南翼山构造油砂山组混积沉积相特征[J]. *石油地质与工程*, 2009, 23(6): 5-11 [Luo Fang, Mu Zhonghai, Luo Xiaolan, et al. Mixed sedimentation facies of Youshashan Formation in Nanyishan structures of Qaidam basin [J]. *Petroleum Geology and Engineering*, 2009, 23(6): 5-11]
- Camp bell A E. Shelf-geometry response to changes in relative sea level on a mixed carbonate-siliciclastic shelf in the Guyana Basin [J]. *Sedimentary Geology*, 2005, 175: 259-275
- El-A zabi M H, El-Araby A. Depositional framework and sequence stratigraphic aspects of the Coniacian-Santonian mixed siliciclastic/carbonate Matulla sediments in Nezzazat and Ekma blocks, Gulf of Suez, Egypt [J]. *Journal of African Earth Sciences*, 2007, 47: 179-202
- 江茂生,沙庆安. 碳酸盐与陆源碎屑混合沉积体系研究进展[J]. *地球科学进展*, 1995, 10(6): 551-554 [Jiang Maosheng, Sha Qing'an. Research advances in the mixed siliciclastic-carbonate depositional systems [J]. *Advances in Earth Science*, 1995, 10(6): 551-554]
- 罗顺社,刘魁元,何幼斌. 渤南洼陷沙四段陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征和模式[J]. *江汉石油学院学报*, 2004, 26(4): 19-21 [Luo Shuashu, Liu Kuiyuan, He Youbin. Mixed sedimentary characteristics and mode of terrigenous clastics and carbonate in Es4 of Bonan depression [J]. *Journal of Jianghan Petroleum Institute*, 2004, 26(4): 19-21]
- 马艳萍,刘立,大港滩海区第三系湖相混积岩的成因与成岩作用特征[J]. *沉积学报*, 2003, 21(4): 607-613 [JMa Yanping, Liu Li. Origin and diagenetic characteristics of Paleogene lacustrine "Hunji" rock in beach district, Dagang [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(4): 607-613]
- 董桂玉,何幼斌,陈鸿德,等. 惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积[J]. *沉积学报*, 2007, 25(3): 343-350 [Dong Guiyu, He Youbin, Chen Hongde, et al. Mixed sedimentation of carbonates of lagoonal facies and terrigenous clastics of the middle sub-member of Member 1 of Shahejie Formation in Huimin Sag: Taking Shanghe area in Shandong Province for an example [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(3): 343-350]
- 张娣,侯中健,王亚辉,等. 板桥—北大港地区沙河街组沙一段湖相碳酸盐岩沉积特征[J]. *岩性油气藏*, 2008, 20(4): 92-97 [Zhang Di, Hou Zhongjian, Wang Yahui, et al. Sedimentary characteristics of lacustrine carbonate rocks of the first member of Shahejie Formation in Banqiao—Beidagang area [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2008, 20(4): 92-97]
- 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 [Yang Chaoqing, Sha Qing'an. Sedimentary environment of the Middle Devonian Qujing Formation, Qujing, Yunnan Province: A kind of mixing sedimentation of terrigenous clastics and carbonate [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1990, 8(2): 59-66]
- 张雄华. 混积岩的分类和成因[J]. *地质科技情报*, 2000, 19(4): 32-34 [Zhang Xionghua. Classification and origin of mixed sedimentite [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2000, 19(4): 32-34]
- 梁宏斌,旷红伟,刘俊奇,等. 冀中坳陷束鹿凹陷古近系沙河街组三段泥灰岩成因探讨[J]. *古地理学报*, 2007, 9(2): 167-174 [Liang Hongbin, Kuang Hongwei, Liu Junqi, et al. Discussion on

- origin for marls of the Member 3 of Shahejie Formation of Paleogene in Shulu Sag of Central Hebei Depression [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2007, 9(2): 167-174
- 17 王国忠. 南海北部大陆架现代礁源碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积作用[J]. *古地理学报*, 2001, 2(3): 48-49 [Wang Guozhong. Mixed sedimentation of recent reefoid carbonates and terrigenous clastics in the north continental shelf of the South China Sea [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2001, 2(3): 48-49]
- 18 Sherman G D, Kanehiro Y, Fujimoto C K. Dolomitization in semiarid hawajian soil [J]. *Pacific Science*, 1974, 1: 38-44
- 19 Adams J E, Rhodes M L. Dolomitization by seepage reflux [J]. *AAPG Bulletin*, 1960, 44: 1912-1920
- 20 Badiozamani K. The dorag dolomitization model: application to the Middle Ordovician of Wisconsin [J]. *Journal of Sedimentary Petroleum*, 1973, 43: 965-984
- 21 Carballo J D, Land L S, Miser D E. Holocene dolomitization of supratidal sediments by active tidal pumping [J]. *Sugar Loaf Key*, 1987, 57: 153-165
- 22 Vahrenkamp V C, Swart P K. Late Cenozoic dolomites of the Bahamas: Metastable analoges for the genesis of ancient platform dolomites [J]. *Sedimentology*, 1994, 21: 133-153
- 23 廖静, 董兆雄, 翟桂云, 等. 渤海湾盆地歧口凹陷沙河街组一段下亚段湖相白云岩及其与海相白云岩的差异 [J]. *海相油气地质*, 2008, 13(1): 18-24 [Liao Jing, Dong Zhaoxiong, Zhai Guiyun, et al. Frature of Oligocene Shahejie Lower-1st Member lacustrine dolostone in Qikou Depression, Bohaiwan Basin, and difference of it from marine dolostone [J]. *Marine Origin Petroleum Geology*, 2008, 13(1): 18-24]
- 24 田景春, 尹观, 覃建雄, 等. 中国东部早第三纪海侵与湖相白云岩成因之关系 [J]. *中国海上油气: 地质*, 1998, 12(4): 250-254 [Tian Jingchun, Yin Guan, Qin Jianxiong, et al. The relationship between the transgression of Eogene and the origin of lacustrine dolomite in eastern china [J]. *China Offshore Oil and Gas: Geology*, 1998, 12(4): 250-254]

Characteristics of Mixed Sedimentation in the Meber 4 of Shahejie Formation of Paleogene at Leijia Area of Western Sag of Liaohe Oilfield

ZHAO Hui-min

(Geology Institute of CNPC Grentwall Drilling Compary, Panjin, Liaoning 124010)

Abstract: Mixed rocks is composed of lacustrine carbonates and terrigenous clastics, which is neither typical carbonate rocks nor classic clastic rocks. As a special type of rock, it develops extensively in the Meber 4 of Shahejie Formation of Paleogene in Leijia area of Western Sag of Liaohe Oilfield. Based on detailed observations of cores and thin sections combined with comprehensive analyses of testing data, the mixed sedimentation of Leijia area is studied carefully, such as geological setting, petrological characteristic and depositional environment, etc. The characteristics of mixed sedimentation are textural mixed and interbedded mixed. The former is between terrigenous fragment constituent and carbonate constituent in one layer. The latter is between terrigenous fragment and carbonate of lacustrine facies in high frequency. Various tectonic settings develop in different mineral matters in textural mixed rocks of Leijia area. Mixed rocks that mostly consist of intrabasinal composition develops in the west gently slope belt, which the lithologies are mainly composed of argillaceous dolomite, argillaceous limestone, dolomite-bearing sandstone, limestone-bearing sandstone and so on. Mixed rocks mainly composed of terrigenous components develops in the east steep slope belt and the middle part, which the lithologies are mainly composed of dolomitic sandstone, dolomitic mudstone, calcareous mudstone, calcareous sandstone and so on. Carbonated volcanic breccia distributes in local region, which the new type of mixed deposit is discovered for the first time by this paper. Mixed sedimentary action types include blended mixed deposits and complex mixed deposits I, salutary mixed deposits are developing in the local region. Through the study of dolomite genesis on theory, the penecontemporaneous dolomitization is pointed out in this area and the transgression and palaeoclimate have exerted an important effect on the formation of the dolostones. At last, the geological conditions and sedimentary environment for the formation of mixed deposits are discussed.

Key words: mixed sedimentation; carbonate rocks; terrigenous clastics; the Meber 4 of Shahejie Formation; Leijia area