

费尔干纳盆地巴特肯地区混合沉积的特征及成因

张丽媛, 刘瑛, 卜晓阳, 刘柯, 高飞, 陈玲玲, 刘阵

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院, 西安 710075

摘要 综合应用岩心、测录井、铸体薄片、扫描电镜等多种资料及测试手段, 对中亚费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混合沉积特征进行研究, 分析混合沉积成因, 并探索混合沉积与油气的关系。结果表明, 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系发育的混合沉积, 包括混积岩和混积层系两种形式, 其中, 混积岩主要为含陆源碎屑-碳酸盐岩和陆源碎屑质-碳酸盐岩, 混积层系主要为碳酸盐岩-混积岩层系和陆源碎屑岩-混积岩层系; 混合沉积在巴特肯地区分布十分广泛, 局限台地相、蒸发台地相、障壁海岸相和浅海陆棚相均有分布; 混合沉积成因主要为相缘混合, 其次为原地混合和间断混合; 混合沉积在烃源层、储集层和盖层三方面均具有一定贡献, 古近系泥灰岩是巴特肯地区主要的烃源岩之一, 同时也可作为区域性盖层, 而白垩系-古近系灰岩储集层也并非严格意义上的纯碳酸盐岩, 多为混积岩或混积层系中的一部分。

关键词 混合沉积; 混积岩; 混积层系; 费尔干纳盆地巴特肯地区; 白垩系-古近系

早在 20 世纪 50 年代, 陆源碎屑与碳酸盐的混合沉积现象就已被认识到^[1-2]。1984 年 Mount^[3] 提出“混合沉积物”的概念是指硅质碎屑与碳酸盐在结构上的相互掺杂, 或者成分上纯的硅质碎屑岩与碳酸盐岩旋回性互层。1990 年杨朝青、沙庆安^[4] 首次提出“混积岩”一词, 将其定义为“同一岩层内陆源碎屑与碳酸盐两种组分相互混杂的产物”。2001 年沙庆安^[5] 认为陆源碎屑岩与碳酸盐岩层之间频繁交替形成的地层剖面上的互层和夹层现象, 也是广义的混合沉积的范畴。2003 年郭福生等^[6] 将上述互层和夹层组合命名为“混积层系”。目前, 国内外学者基本形成了较为统一的认识, 认为混合沉积有狭义和广义之分, 狭义的混合沉积即为混积岩, 而广义的混合沉积则包含混积岩和混积层系两方面含义。随着研究的不断深入, 越来越多的学者认识到混合沉积是一种广泛发育、有一定特殊性且具有重要意义的沉积现象。一方面, 围绕混合沉积所开展的研究有助于了解沉积环境的构造背景、古气候、海平面变化和物源供给等方面的信息^[7]; 另一方面, 混合沉积本身可以作为良好的油气储集层以及固体层状矿床的重要产出层位^[8]。然而, 与碎屑岩体系、碳酸盐岩体系的研究程度相比, 混合沉积方面的研究尚较为薄弱, 有待于进一步地深入研究。本文综合应用岩心、测录井、铸体薄片、扫描电镜等多种资料及测试手段, 对中亚费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混合沉积的特征进行研究, 分析混合沉积的成因, 并探索该地区混合沉积的油气地质意义。

1 概况

费尔干纳盆地地处中亚西部, 是前苏联中亚地区的一个老油气区, 位于中天山与南天山之间, 是天山山系中一个北东东-南西向西延伸的近三角形山间拗陷盆地。盆地面积 40550 km², 横跨 3 个国家, 中心部分位于乌兹别克斯坦的东端, 东部、西南部在吉尔吉斯斯坦国境内, 西北部在塔吉克斯坦境内^[9]。盆地在构造上分为北部逆冲断阶带、北部台阶带、中央地堑和南部台阶带四大构造单元, 其中北部台阶带和南部台阶带圈闭发育, 目前发现的油气主要集中在这 2 个构造单元。本文研究区巴特肯地区位于南部台阶带中部, 如图 1 所示。盆地基底由一套古生界火成岩和变质岩系组成, 沉积盖层自下而上包括上二叠统、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系, 三叠系在费尔干纳盆地巴特肯地区缺失, 如图 2 所示。研究的目的层位为白垩系和古近系, 其中白垩系自下而上依次发育姆扬组、利亚坎组、克济尔皮里亚尔组、卡拉琴组、乌斯特里奇组、亚罗瓦奇组、杂色岩系和羌格尔特什组, 古近系自下而上依次发育布哈尔组、阿莱-苏扎克组、土尔克斯坦组、里士坦组、伊斯法拉组、哈纳巴德组和苏姆萨组。费尔干纳盆地早白垩世-古近纪处于滨浅海的沉积环境, 受构造运动、淡水注入、海水及蒸发量等因素的影响, 水文地质条件变化较频繁, 导致岩石类型多样, 碎屑岩和碳酸盐岩交替出现^[10], 是费尔干纳盆地重要的油气储集层^[11]。20 世纪 30 年代以来, 前苏联曾对巴特肯地区进行过几十年的衰

收稿日期: 2015-12-10; 修回日期: 2016-05-23

基金项目: 陕西省工业科技攻关项目(2015GY088)

作者简介: 张丽媛, 博士, 研究方向为沉积学及储层地质学, 电子邮箱: zhangliyuan426@163.com

引用格式: 张丽媛, 刘瑛, 卜晓阳, 等. 费尔干纳盆地巴特肯地区混合沉积的特征及成因[J]. 科技导报, 2016, 34(18): 209-220; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2016.18.029

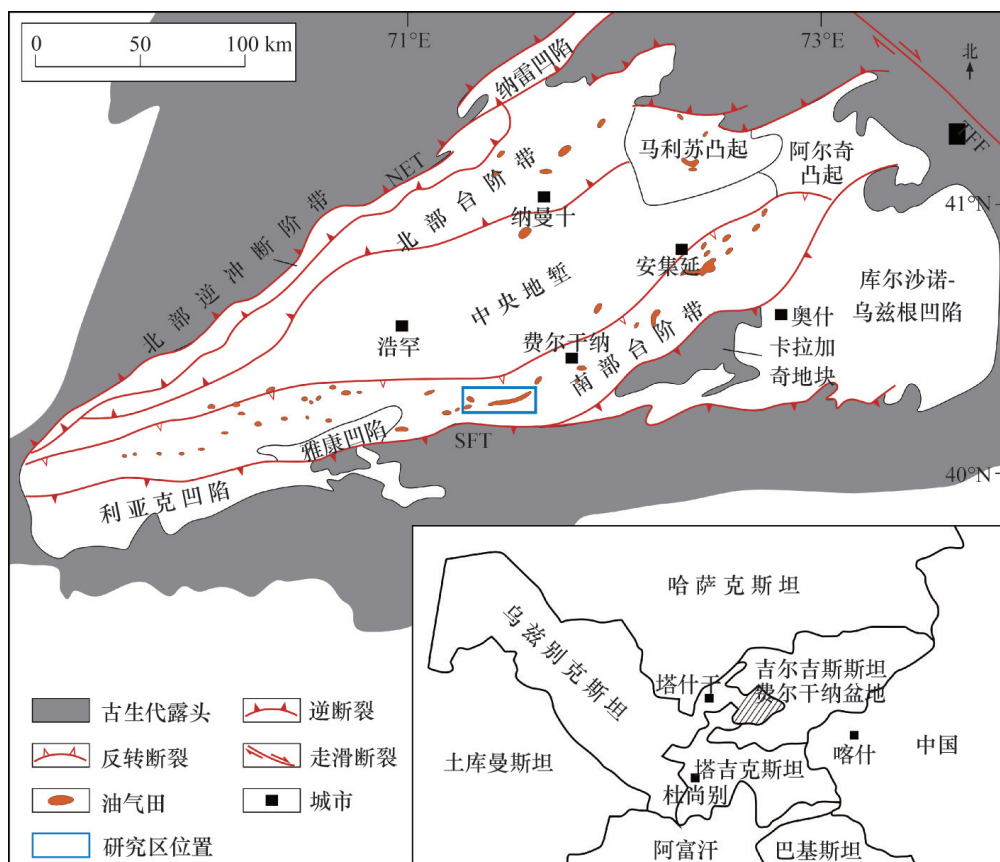


图1 费尔干纳盆地构造单元划分及油气田分布示意

Fig. 1 Tectonic division and oil-gas field distribution of Fergana Basin

竭式开采,累计钻井170余口。2010年以来,为进一步落实区域构造特征、储层分布情况和寻找剩余油气,先后钻井10余口,主要集中在巴特肯地区的西部,各井均有混合沉积发育,为该区混合沉积相关研究提供了重要的基础资料。

2 混合沉积特征

2.1 混积岩特征

有关混合岩的分类方案较多,大多为成分分类方案,考虑到使用方便及岩石名称简明扼要两方面因素,本文采用董桂玉等^[12]2007年提出的陆源碎屑及碳酸盐两端元成分分类方案,具体包括:以碳酸盐为主,陆源碎屑百分含量<25%时,称为含陆源碎屑-碳酸盐岩;以碳酸盐为主,陆源碎屑百分含量为25%~50%时,称为陆源碎屑质-碳酸盐岩;以陆源碎屑为主,碳酸盐组分百分含量为<25%时,称为含碳酸盐-陆源碎屑岩;以陆源碎屑为主,碳酸盐组分百分含量为25%~50%时,称为碳酸盐质-陆源碎屑岩。

按上述分类方案,通过镜下薄片鉴定、岩心观察等,认为研究区白垩系-古近系发育的混积岩主要为以碳酸盐组分为主的含陆源碎屑-碳酸盐岩和陆源碎屑质-碳酸盐岩,其次为以陆源碎屑组分为主的碳酸盐质-陆源碎屑岩。白垩系-古近系混积岩的镜下薄片鉴定及岩心观察结果如图3所示。

以碳酸盐组分为主的混积岩,其陆源碎屑为黏土或粉砂、砂、砾混杂,含量通常在5%~48%之间,粉砂、砂、砾混杂的陆源碎屑其成分以燧石、石英为主,此外有少量长石、中基性喷发岩岩屑等,陆屑多呈棱角状,大小混杂,从0.1~5 mm均有分布,分选差。碳酸盐含量为52%~95%,其组分以泥晶方解石为主(图3(a)),局部发育泥晶白云石,部分方解石或白云石重结晶呈粉晶、细晶结构(图3(b));其次发育砂屑及砾屑,不同混积岩中含量差别较大,与陆屑特征相似,呈棱角状,大小从0.1~10 mm不等,分选差;此外有少量的生屑发育,可见腕足类、腹足类、棘屑、介形虫、有孔虫等(图3(c)),局部有藻球粒发育,呈藻球粒黏结结构,亮晶胶结(图3(d))。

以陆源碎屑组分为主的混积岩,主要为灰质泥岩、云质泥岩(图3(e)),此外有少量的灰质粉砂岩(图3(f)),混积岩中灰质或白云质含量通常在25%~40%之间,分布较均匀。

上述几类混积岩在研究区分布十分广泛,主要分布在白垩系,其次为古近系。白垩系除羌格尔塔什组发育石膏层外,其他各组段均有混积岩发育。古近系布哈尔组和阿莱-苏扎克组混积岩较为发育,土尔克斯坦组和里士坦组仅局部发育。发育混积岩的沉积相带主要为局限台地相及蒸发台地相,其次为障壁海岸相,此外浅海陆棚相也有少量混积岩发育。

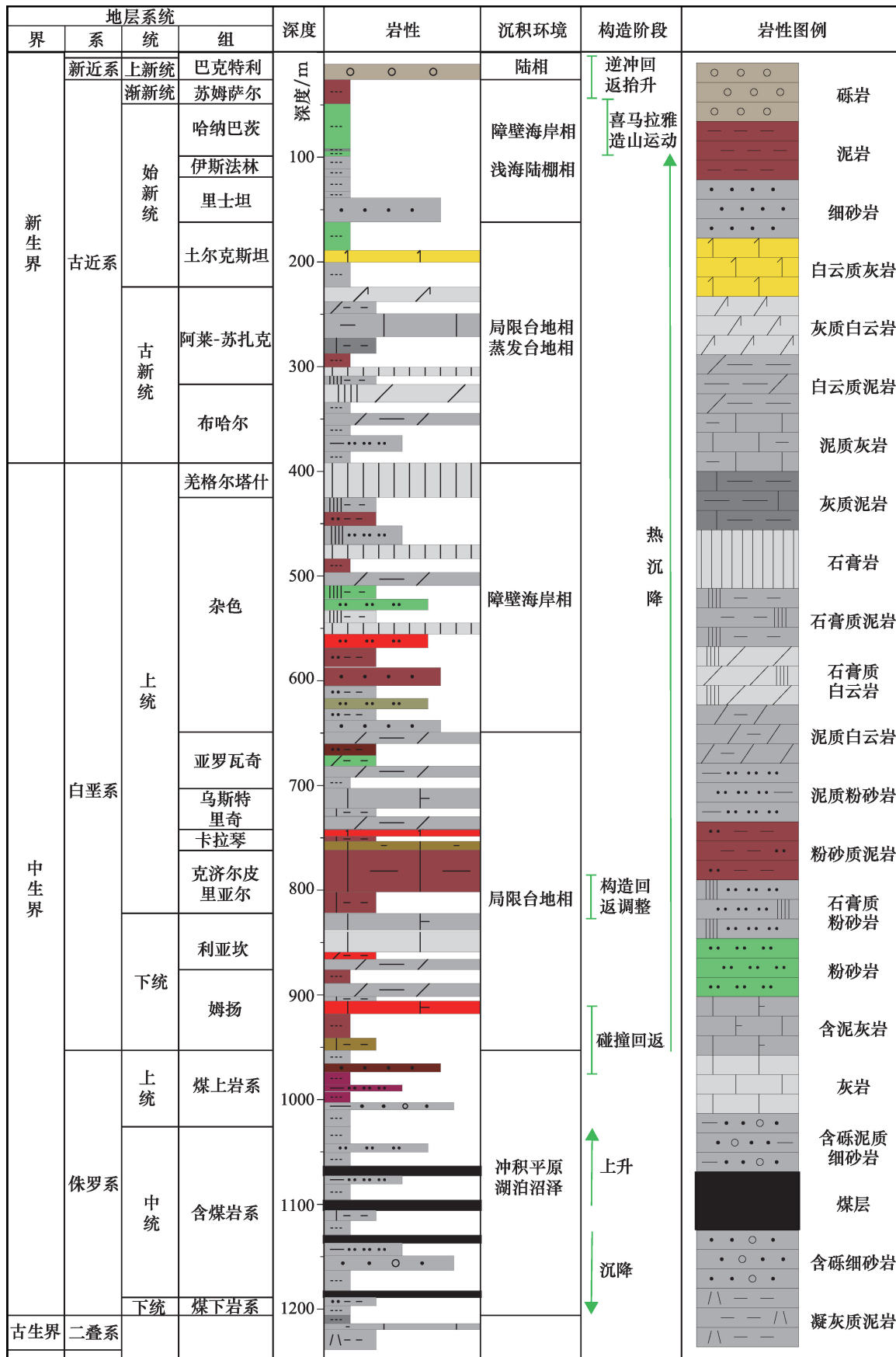


图2 费尔干纳盆地巴特肯地区地层综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of Batken Region in Fergana Basin

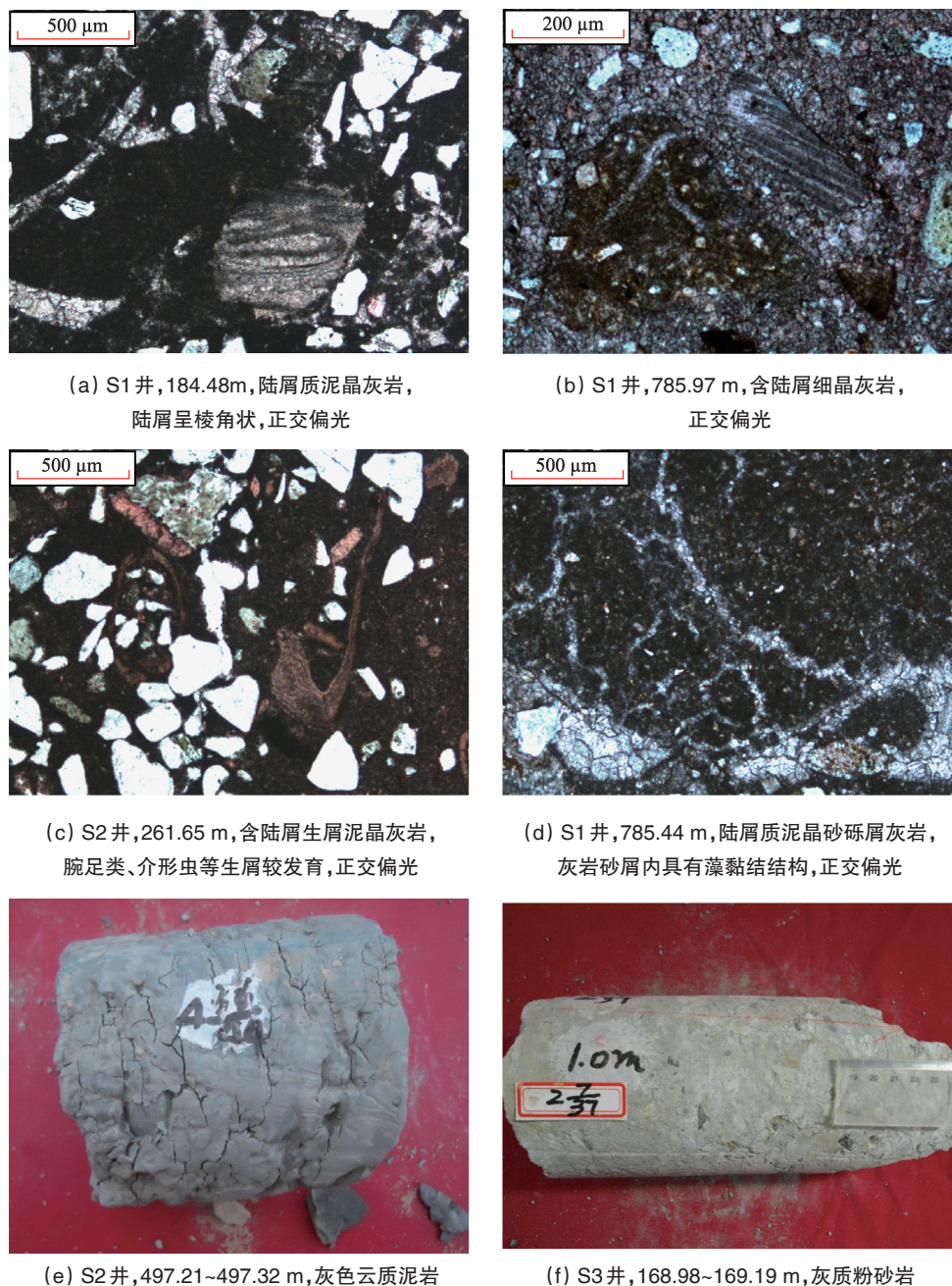


图3 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混积岩镜下薄片及岩心特征

Fig. 3 Microscopic characteristics and core features of mixed rocks from the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

2.2 混积层系特征

对于混积层系采用董桂玉等^[12]2007年所提出的划分方案,具体包括:陆源碎屑与碳酸盐的交互沉积,称为陆源碎屑岩-碳酸盐岩层系;陆源碎屑与混积物交互沉积,称为陆源碎屑岩-混积岩层系;碳酸盐与混积物的交互沉积,称为碳酸盐岩-混积岩层系;混积物本身的交互沉积,称为混积岩层系。

费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系发育的混积层系主要为碳酸盐岩-混积岩层系和陆源碎屑岩-混积岩层系,其次为混积岩层系和陆源碎屑岩-碳酸盐岩层系。混积岩层

系及陆源碎屑岩-混积岩层系的東西向剖面如图4所示,南北向剖面如图5所示。陆源碎屑岩-碳酸盐层系及碳酸盐岩-混积岩层系的東西向剖面如图6所示,南北向剖面如图7所示。

陆源碎屑岩-混积岩层系多为泥岩或砂岩夹薄层的泥质灰岩/泥质白云岩(图4、图5),局部可见泥质白云岩夹薄层的泥岩及泥质粉砂岩。该层系在研究区分布最为广泛,在白垩系的杂色岩系和亚罗瓦奇组、古近系的里士坦组和阿莱-苏扎克组有大面积分布,其他层位仅局部发育,对应沉积相带主要为障壁海岸相和局限台地相。

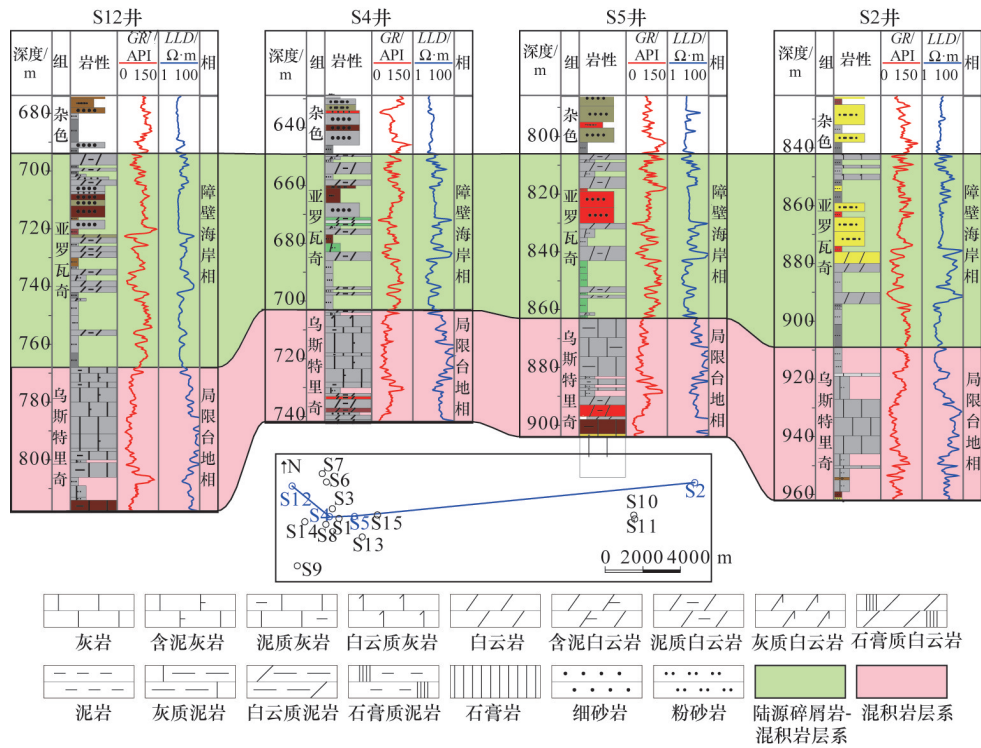


图4 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系混积岩层系及陆源碎屑岩-混积岩层系东西向剖面

Fig. 4 EW trending profile of mixed rock layer series and terrigenous clastic rock-mixed rock layer series from the Cretaceous in Batken Region of Fergana Basin

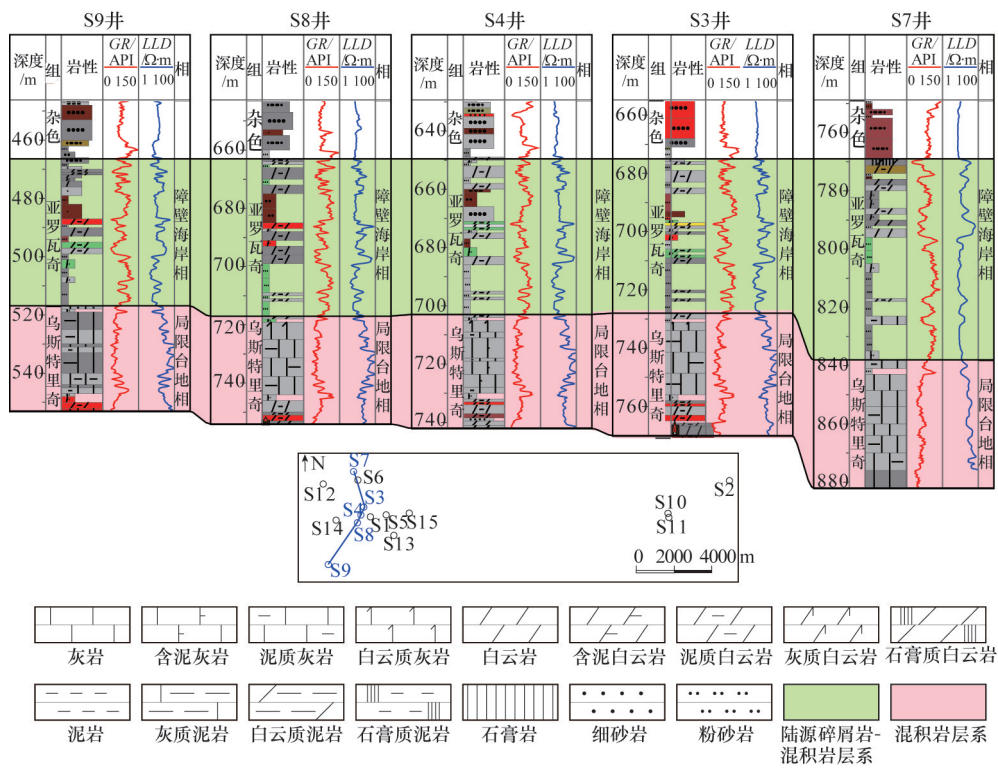


图5 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系混积岩层系及陆源碎屑岩-混积岩层系南北向剖面

Fig. 5 NS trending profiles of mixed rock layer series and terrigenous clastic rock-mixed rock layer series from the Cretaceous in Batken Region of Fergana Basin

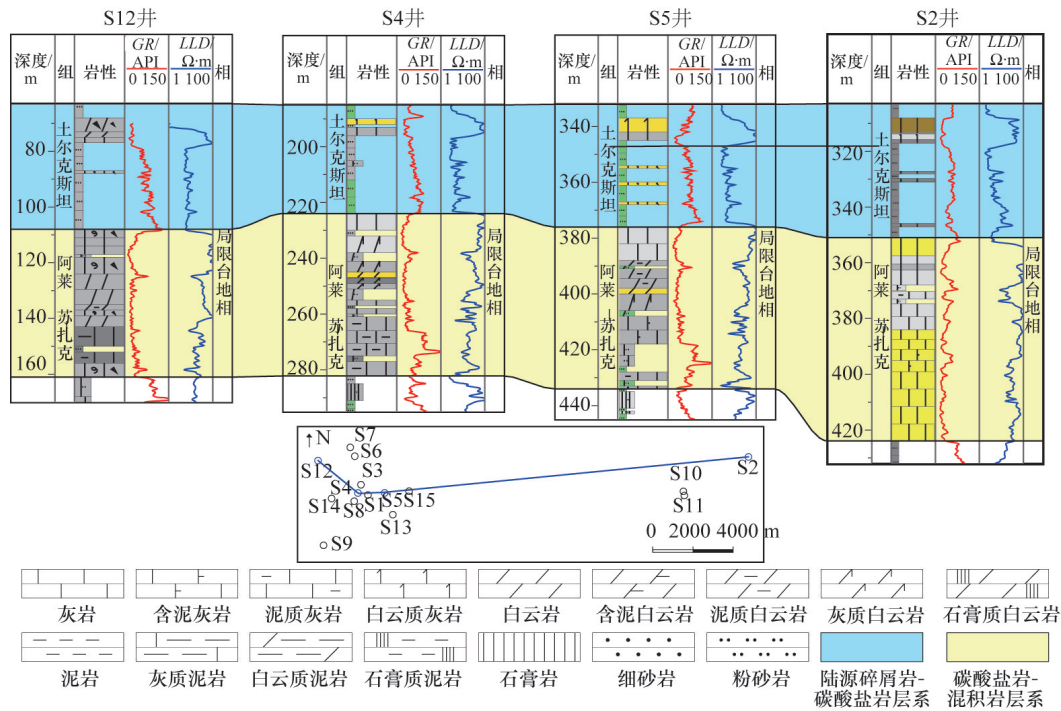


图6 费尔干纳盆地巴特肯地区古近系陆源碎屑岩-碳酸盐层系及碳酸盐岩-混积岩层系东西向剖面

Fig. 6 EW trending profile of terrigenous clastic rock-carbonate rock layer series and carbonate rock-mixed rock layer series from the Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

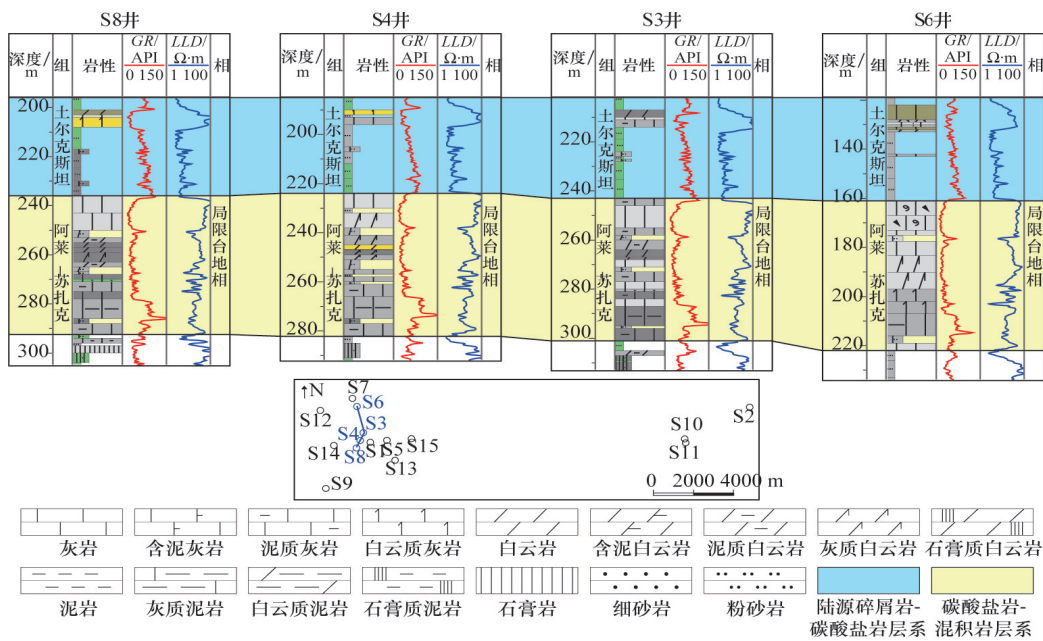


图7 费尔干纳盆地巴特肯地区古近系陆源碎屑岩-碳酸盐层系及碳酸盐岩-混积岩层系南北向剖面

Fig. 7 NS trending profiles of terrigenous clastic rock-carbonate rock layer series and carbonate rock-mixed rock layer series from the Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

碳酸盐-混积岩层系主要为灰岩/白云岩与泥质灰岩/白云岩、灰质/白云质泥岩交互沉积,该相带在白垩系的利亚坎组和古近系的阿莱-苏扎克组有大面积分布(图6、图7),对应沉积相带为局限台地相。

混积岩层系主要为泥质灰岩/白云岩、灰质/白云质泥岩、含泥灰岩的交互沉积,在乌斯特里齐组较为发育(图4、图5),其他层位仅局部发育,对应的沉积相带主要为局限台地相,其次为蒸发台地相。

陆源碎屑岩-碳酸盐岩层系为泥岩、粉砂岩与灰岩、白云岩、白云质灰岩、灰质白云岩等交互沉积,主要分布在古近系的土尔克斯坦组(图6、图7),对应沉积相带主要为局限台地相,在蒸发台地相和障壁海岸相偶见该层系发育。从测井曲线特征上看,陆源碎屑岩-混积岩层系与陆源碎屑岩-碳酸盐岩层系的自然伽马曲线特征相似,呈锯齿状,局部呈尖峰状,混积层系或碳酸盐岩层系对应部位的自然伽马幅值较低;混积岩层系与碳酸盐岩混积岩层系的自然伽马曲线特征相似,主要呈齿化箱型,泥质含量高的部位对应的自然伽马幅值相对较高(图4~图7)。

巴特肯地区混积层系具有纵向上发育层位广泛、横向上分布稳定的特点。在纵向上,所有发育碳酸盐岩的层系都有混积层系发育,具体发育的层位包括下白垩统、上白垩统下部、古新统和始新统土尔克斯坦组;相反,厚层纯的碳酸盐岩却较为少见,仅个别并个别层段发育;另外以陆源碎屑岩沉积为主的上白垩统杂色岩系和始新统里士坦组也有混积层系发育。在横向上,混积层系分布也较稳定(图4~图7),个别混积层系在横向上过渡为另一混积层系,通常是由于混入的泥质含量发生变化,使泥质灰岩/云岩渐变为纯的碳酸盐岩,并导致混积层系类型随之发生改变。

3 混合沉积成因

有关混合沉积的成因类型有多种方案^[13,12-14],本文采用Mount在1984年所提出的混合沉积成因分类方案^[9],该分类方案经典且得到了较为广泛的应用^[15-17],具体包括:1) 间断混合,发生必须有突发性的驱动力,一般认为是高强度事件把沉积物从一个沉积环境搬运到另一个沉积环境,如风暴、潮

汐流等;2) 相缘混合,沉积物沿不同相之间的扩散边界发生混合,相过渡带造成的碳酸盐岩与碎屑岩互层也包括在内,是相带频繁迁移的结果;3) 原地混合,碳酸盐组分堆积在碎屑岩基底之内或之上,碳酸盐组分由原地死亡的钙质生物所组成;4) 母源混合,由邻近已石化的碳酸盐源区经侵蚀而提供碎屑碳酸盐,再与硅质碎屑混合。根据对费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混积沉积特征的分析,结合Mount(1984)的成因分类方案,在研究区识别出三种混合沉积成因类型,分别为相缘混合、原地混合和间断混合。

相缘混合为研究区最为发育的一种混合沉积成因类型,在相缘混合的作用下既可以形成混积岩,也可以形成混积层系。形成的混积岩主要为细粒陆源碎屑与碳酸盐组分混积而成的泥质灰岩、泥质白云岩、灰质泥岩、白云质泥岩等。形成的混积层系,其特点为纯的碳酸盐岩(灰岩、白云岩)或以碳酸盐组分为主的混积岩(泥质灰岩、泥质白云岩)与泥岩或以黏土组分为主的混积岩(灰质泥岩、云质泥岩)互层,具体包括碳酸盐岩-混积岩层系、碳酸盐岩-陆源碎屑岩层系和混积岩层系。该成因类型在研究区主要形成于局限台地相和蒸发台地相(主要分布在下白垩统、上白垩统下部及古新统),对应的沉积亚相为潮坪、泻湖亚相,其中潮坪亚相主要包括云灰坪、膏云坪微相,发育碳酸盐岩或以碳酸盐组分为主的混积岩;泻湖亚相主要包括泻湖泥微相,发育泥岩或以黏土组分为主的混积岩。受构造运动、气候、海平面变化等因素的影响,沉积微相在云灰坪、膏云坪与泻湖泥之间迁移,从而形成混积层系,因此从成因上讲,这类混合沉积属于受相带频繁迁移影响所形成的相缘混合,如图8所示。

原地混合在巴特肯地区主要发育在以碎屑岩沉积为主

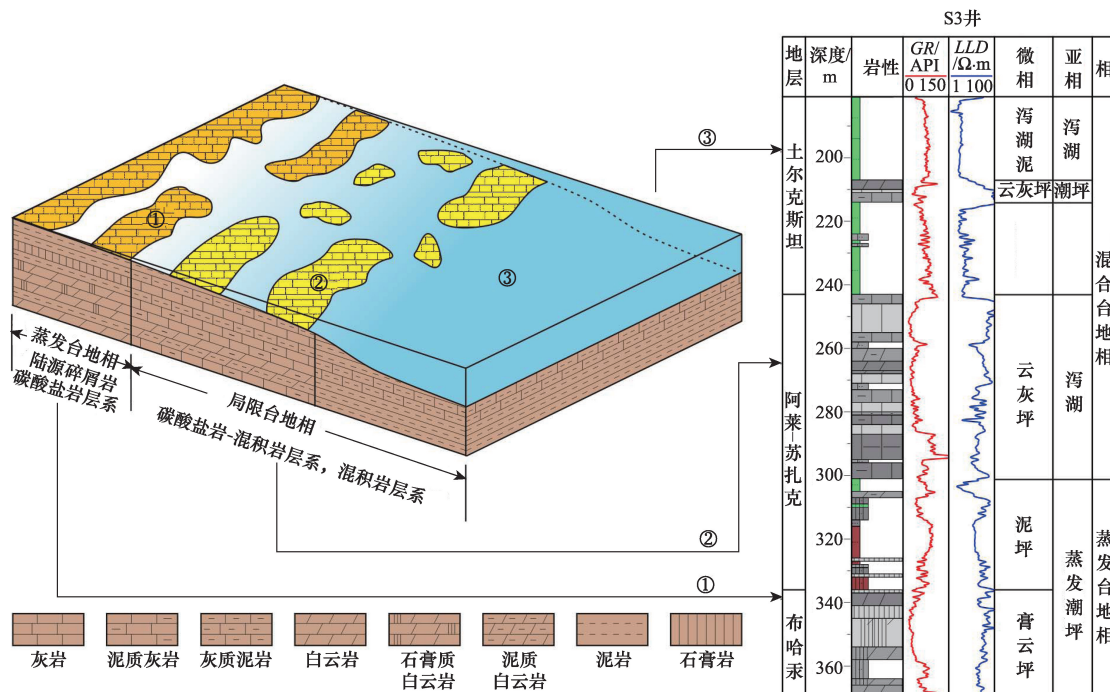


图8 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系相缘混合模式

Fig. 8 Facies mixing model of the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

的障壁海岸相和浅海陆棚相(主要分布在白垩系杂色岩系及古近系阿莱-苏扎克组),主要对应于陆源碎屑岩-混积岩层系,局部为陆源碎屑岩-碳酸盐岩层系。分布在上述2种相带的混合沉积其特点及成因既有相似性又有差异性。其相似性在于两个相带的混合层系在纵向上都是局部出现的,而在横向上展布却较为稳定,说明沉积环境在某一历史时期发生了显著变化,导致岩性发生了变化,从而形成了混积层系。其差异性在于,障壁海岸相发育的混积层系主要为泥岩、粉砂岩夹薄层的泥质白云岩、膏质白云岩,并常与石膏层伴生,

表明其形成于咸化泻湖沉积环境,同时也说明正是由于气候变得炎热干旱,原地死亡的生物产生的钙质在蒸发泵机制下发生了准同生白云石化,并与安静泻湖环境下沉积的黏土质混积在一起,形成了混积层系,如图9所示;而浅海陆棚相发育的混积层系主要为细砂岩、粉砂岩、泥岩夹薄层的灰质泥岩,说明在碎屑岩沉积过程中出现了短暂的物源供给不足时期,导致少量的碳酸盐与泥质共同沉积,如图10所示。上述2种相带的混积层系特征均属于碳酸盐组分堆积在碎屑岩基底之内或之上,另结合其岩性特征、横向展布特征分析认为

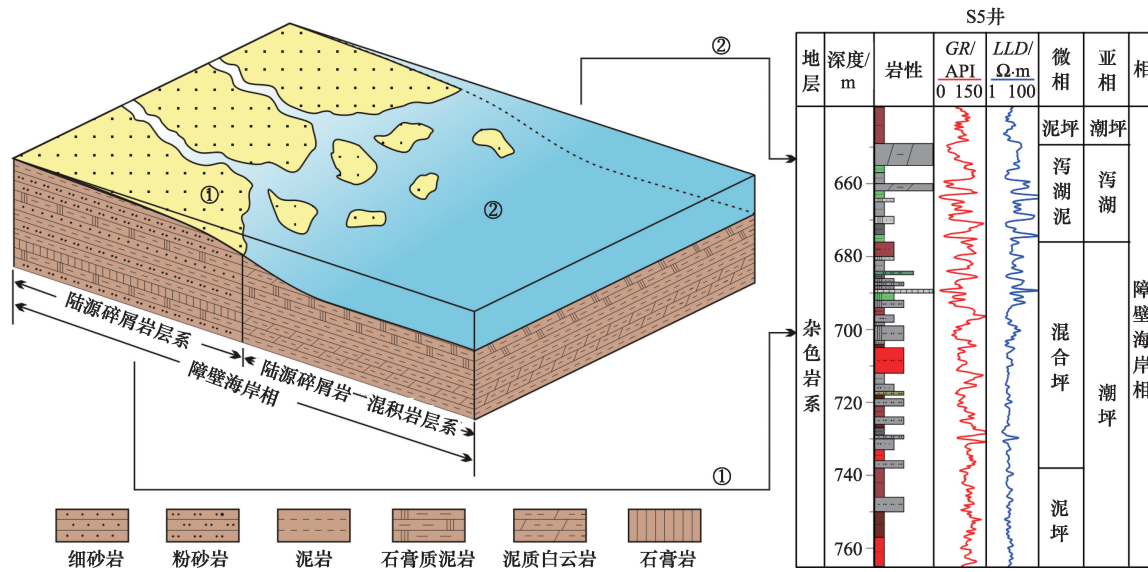


图9 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系障壁海岸相原地混合模式

Fig. 9 Situ mixing model of barrier coast from the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

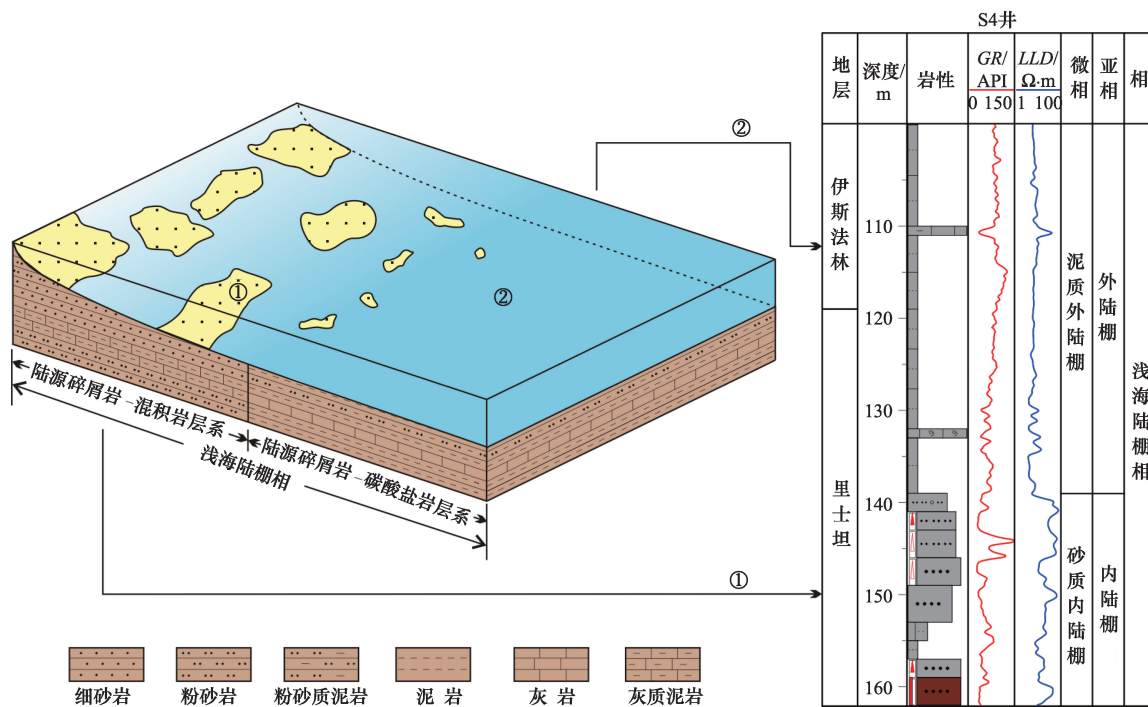


图10 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系浅海陆棚相原地混合模式

Fig. 10 Situ mixing model of neritic shelf from the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin

其碳酸盐来源属原地形成并非经侵蚀而形成的碎屑碳酸盐,因此属于原地混合成因。

间断混合是费尔干纳盆地巴特肯地区一类混积岩的主要成因,相对于前两类混合沉积成因类型来说,间断混合混积岩发育程度相对较差,仅局部发育。这类混积岩具有2个特点,一是以碳酸盐组分为主,主要发育于局限台地相(主要分布在下白垩统、上白垩统下部、古近系阿莱-苏扎克组),偶见于蒸发台地相;二是混入的陆源碎屑粒度较粗,一般为粉砂、砂、砾混杂(图3(a-d))。上述特点说明,水动力条件必须足够强才有可能将这些粗粒的陆源碎屑带入到碳酸盐岩台地中,结合研究区的沉积环境分析,认为可能是岸流、潮汐流或风暴等高强度事件将沙丘砂、海滩砂等粗粒的陆源碎屑带到碳酸盐岩台地,从而导致粉砂、砂、砾与碳酸盐组分共同沉积,因此该类混积岩属于间断混合成因。

4 混合沉积油气地质意义

随着混合沉积相关研究的不断深入,混合沉积与油气关系逐渐得到了学者们的重视,混合沉积不仅可以作为储集层,还可以作为生油层和盖层^[18-22]。

费尔干纳盆地共发育烃源层3套、储集层4套、区域性盖层3套以及局部、准区域性盖层2套。烃源层为:中下侏罗统

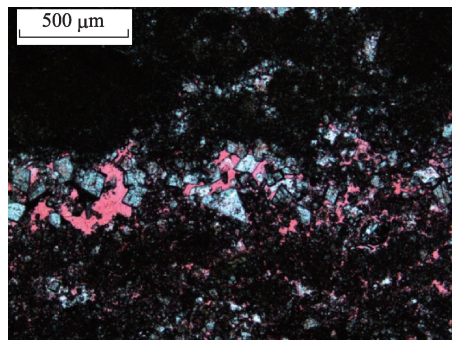
的湖沼相泥页岩,上白垩统的灰色泥岩、介壳灰岩,以及古近系的海相泥岩和泥灰岩。储集层为:侏罗系的砂岩储集层,白垩系的湖相、浅海相砂岩及灰岩储集层,古近系的浅海相、滨岸相砂岩及灰岩储集层,以及新近系的陆相砾岩及粗粒砂岩储集层。区域性盖层为:上侏罗统的泥岩及膏岩,下白垩统的泥岩,上始新统至渐新统的泥岩。局部、准区域性盖层为:古近系古新统至始新统的泥岩、泥灰岩及膏岩,上白垩统的白云岩^[1]。从费尔干纳盆地生储盖岩性特征上看,古近系的泥灰岩是研究区主要的烃源岩之一,同时也可以作为区域性的盖层,而可作为储集层的白垩系-古近系的灰岩也并非通常意义上的纯碳酸盐岩,多为混积岩或者混积层系中的一部分,因此,研究区的混合沉积在烃源层、储集层及盖层三方面都显示出一定的石油地质意义。尤其是储集层方面,研究区混积岩及混积层系具备较好的储集性能,发育裂缝、溶洞、晶间孔及晶间溶孔等储集空间,如图11所示。在S4井白垩系亚坎组碳酸盐岩-混积岩层系试气获得了工业气流,日产气38270 m³,从射孔井段的成像测井资料可以看出,该井段缝洞较发育,储集性能较好,如图12所示。另外,研究区6口老井对应该层系位置也获得了工业气流,产气量在2600~123000 m³/d,尽管多数老井录井资料缺失,但根据研究区混积层系广泛存在且横向上稳定分布的特征,认为上述老井的



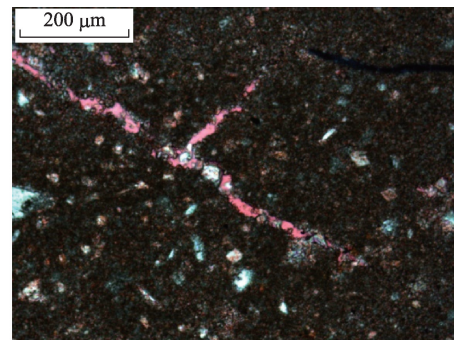
(a) S2井,263.3-263.45 m,含陆屑生屑泥晶灰岩,原地混合,裂缝发育



(b) S1井,780.79-780.90 m,含陆屑砾屑粉晶灰岩,相缘混合,溶洞发育



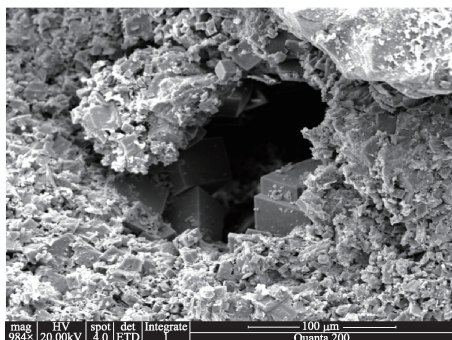
(c) S4井,741.45 m,含陆屑泥晶白云岩,相缘混合,晶间孔及晶间溶孔,正交偏光,红色铸体



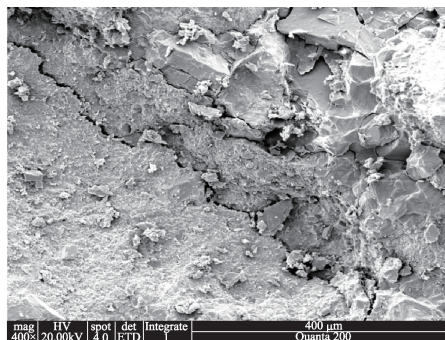
(d) S4井,741.87 m,含陆屑细粉晶白云岩,相缘混合,局部发育裂缝,正交偏光,红色铸体

图11 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混积岩储集空间特征

Fig. 11 Reservoir space characteristics of mixed rocks from the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin



(e) S6井, 718.72 m, 陆屑质泥晶灰岩, 相缘混合, 碳酸盐溶孔发育



(f) S1井, 785.09 m, 陆屑质含中晶砂砾屑灰岩, 相缘混合, 微裂缝及残余孔隙

续图 11 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混积岩储集空间特征

Fig. 11 Reservoir space characteristics of mixed rocks from the Cretaceous-Paleogene in Batken Region of Fergana Basin (Continuations)

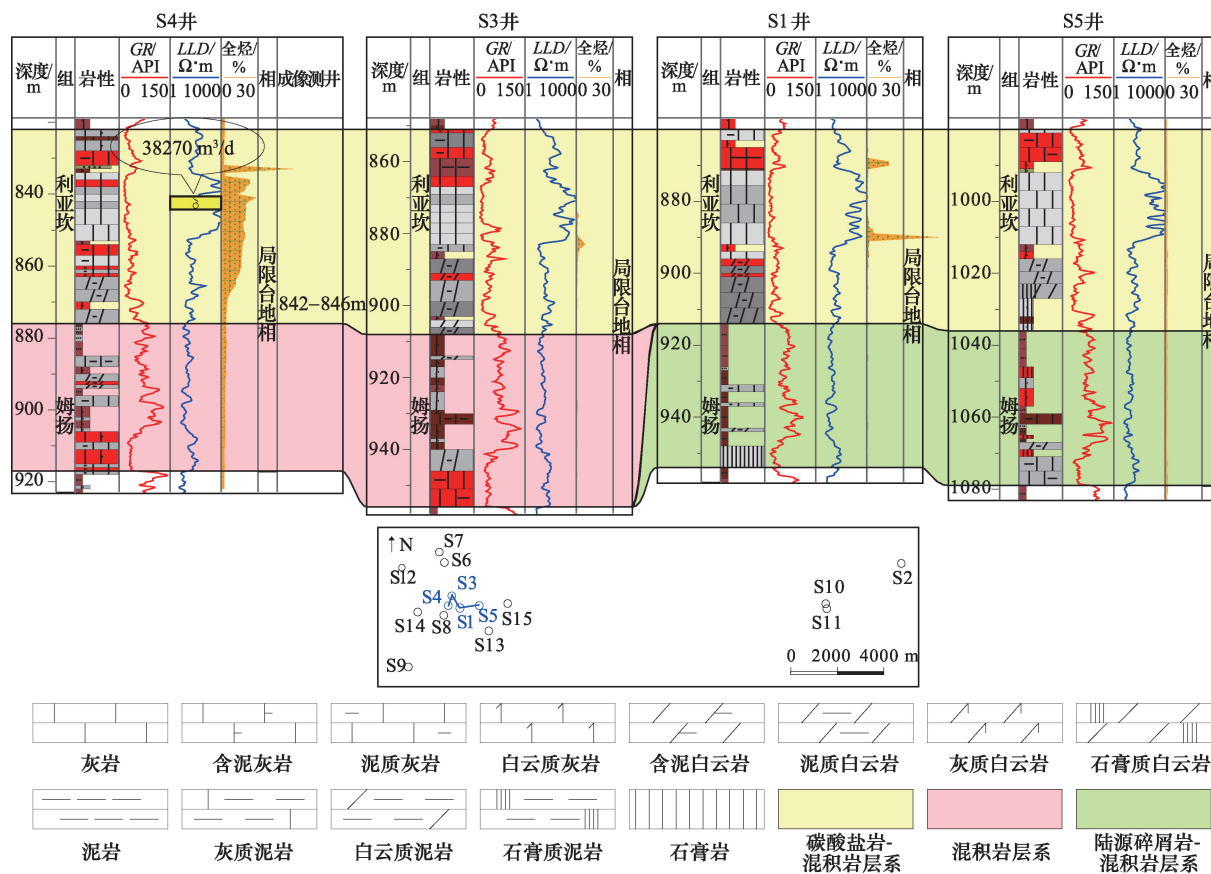


图 12 S4井与周围邻井白垩系利亚坎组碳酸盐岩-混积岩层系气测显示对比

Fig. 12 Contrasting of gas logging of carbonate rock-mixed rock layer series between well S4 and its adjacent wells from the Liyakan Formation of Cretaceous in Batken Region of Fergana Basin

产气层位均属混积层系。然而,值得注意的是,与S4井相邻的其他井在该层段气测显示并不理想(图12),说明混合沉积储层非均质性较强,储层变化较快,因此混合沉积储层预测工作需进一步确定储集空间的主要类型及成因,并在此基础上进行预测。

5 结论

1) 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系发育的混积岩主要为含陆源碎屑-碳酸盐岩和陆源碎屑质-碳酸盐岩,其次为碳酸盐质-陆源碎屑岩;混积层系主要为碳酸盐岩-混积岩层系和陆源碎屑岩-混积岩层系,其次为混积岩层系和陆

源碎屑岩-碳酸盐岩层系。混合沉积在研究区分布十分广泛,白垩系的绝大多数层位和古近系的大部分层位均有混合沉积发育,对应的沉积相类型以局限台地相和蒸发台地相为主,其次为障壁海岸相和浅海陆棚相。

2) 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系的混合沉积成因,主要为受相带频繁迁移影响所形成的相缘混合,其次为受气候、物源影响的原地混合;此外,局部还有受岸流、潮汐流或风暴等高强度事件影响的间断混合。

3) 费尔干纳盆地巴特肯地区白垩系-古近系混合沉积,在生油层、储集层和盖层方面都显示出一定的石油地质意义,尤其是储集层方面潜力较大。古近系的泥灰岩既可以作为烃源岩,也可以作为区域性的盖层,而白垩系-古近系的灰岩储层多属于混合沉积范畴。

参考文献(References)

- [1] Bruckner W D. Cyclic calcareous sedimentation as an index of climatic variation in the past[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1953, 23(4): 235-237.
- [2] Carozzi A. Some remarks on cyclic calcareous sedimentation as an index of climatic variations[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1955, 25(1): 78-79.
- [3] Mount J F. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments[J]. *Geology*, 1984, 12(7): 432-435.
- [4] 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 Qingan. 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.
- [5] 沙庆安. 混合沉积和混积岩的讨论[J]. *古地理学报*, 2001, 3(3): 63-66.
Sha Qingan. Discussion on mixing deposit and hunji rock[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2001, 3(3): 63-66.
- [6] 郭福生,严兆彬,杜杨松. 混合沉积、混积岩和混积层系的讨论[J]. *地质学前沿*, 2003, 10(3):68.
Guo Fusheng, Yan Zhaobin, Du Yangsong. Discussion on mixed sediments, mixed rocks and mixed layer series[J]. *Earth Science Frontiers*, 2003, 10(3):68-70.
- [7] 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 Qingan. Research advances in the mixed siliciclastic-carbonate sedimentary systems[J]. *Advance in Earth Sciences*, 1995, 10(6): 551-554.
- [8] 张锦泉,叶红专. 论碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积[J]. *成都地质学院学报*, 1989, 16(2): 89-92.
Zhang Jinquan, Ye Hongzhan. A study on carbonate and siliciclastic mixed sediments[J]. *Journal of Chengdu College of Geology*, 1989, 16(2): 89-92.
- [9] 刘洛夫,朱毅秀. 滨里海盆地及中亚地区石油地质特征[M]. 北京: 中国石化出版社, 2008: 76-91.
Liu Luofu, Zhu Yixiu. Petroleum geological characteristics of Pre-Caspian Basin and Central Asia[M]. Beijing: China Petrochemical Press, 2008: 76-91.
- [10] Hecker R T, Ossipova A I, Belskaya T N. Fergana Gulf of Paleogene sea of Central Asia, its history, sediments, fauna, and flora, their environment and evolution [J]. *Bulletin of the American Association Of Petroleum Geologists*, 1963, 47(4): 617-631.
- [11] 朱毅秀,刘洛夫,林畅松. 中亚地区费尔干纳盆地油气地质特征[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2005, 41(1): 25-31.
Zhu Yixiu, Liu Luofu, Lin Changsong. Petroleum geology of Fergana Basin in Central Asia[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2005, 41(1): 25-31.
- [12] 董桂玉,陈洪德,何幼斌,等. 陆源碎屑与碳酸盐混合沉积研究中的几点思考[J]. *地球科学进展*, 2007, 22(9): 931-939.
Dong Guiyu, Chen Hongde, He Youbin, et al. Some problems on the study of the mixed siliciclastic-carbonate sediments[J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22(9): 931-939.
- [13] 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, 3(2): 47-54.
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, 3(2): 47-54.
- [14] 王金友,张立强,张世奇,等. 济阳拗陷沾化凹陷沙二段湖相混积岩沉积特征及成因分析——以罗家—邵家地区为例[J]. *地质论评*, 2013, 59(6): 1085-1096.
Wang Jinyou, Zhang Liqiang, Zhang Shiqi, et al. Sedimentary characteristics and origin of lacustrine mixed rocks of the Second Member of the Eocene Shahejie Formation in Zhanhua Sag, Jiyang Depression: Taking Luoia-Shaojia area for an example[J]. *Geological Review*, 2013, 59(6): 1085-1096.
- [15] 张廷山,兰光志,陈晓慧,等. 川西北早志留世陆源碎屑-碳酸盐沉积缓坡[J]. *沉积学报*, 1995, 13(4): 27-35.
Zhang Tingshan, Lan Guangzhi, Chen Xiaohui, et al. Early Silurian siliciclastic-carbonate ramp deposits in NW Sichuan[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1995, 13(4): 27-35.
- [16] 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.
- [17] 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): 33-39.
Zheng Rongcai, Zhou Gang, Dong Xia, et al. The characteristics of hybrid facies and hybrid sequence of Xiejiaowan Member of Ganxi Formation in the Longmenshan Area[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(1): 33-39.
- [18] 张宁生,任晓娟,魏金星,等. 柴达木盆地南翼山混积岩储层岩石类型及其与油气分布的关系[J]. *石油学报*, 2006, 27(1): 42-46.
Zhang Ningsheng, Ren Xiaojiao, Wei Jinxing, et al. Rock types of mixosedimentite reservoirs and oil-gas distribution in Nanyishan of Qaidam Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(1): 42-46.
- [19] Palermo D, Aigner T, Geluk M, et al. Reservoir potential of a lacustrine mixed carbonate/ siliciclastic gas reservoir: the lower Triassic Rogenstein in the Netherlands [J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2008, 31(1): 61-96.
- [20] 徐希坤,刘树根,时华星,等. 中伊朗盆地Kashan地区油气地质条件研究[J]. *西南石油大学学报(自然科学版)*, 2009, 31(3): 62-68.
Xu Xikun, Liu Shugen, Shi Huaxing, et al. The hydrocarbon geology conditions of Kashan Area in Central Iranian Basin[J]. *Journal of Southwest Petroleum University(Science& Technology Edition)*, 2009, 31(3): 62-

- 68.
- [21] 傅宁, 邓运华, 张功成, 等. 南海北部叠合断陷盆地海陆过渡相烃源岩及成藏贡献——以珠二坳陷白云凹陷为例[J]. 石油学报, 2010, 21(4): 559-566.
- Fu Ning, Deng Yunhua, Zhang Gongcheng, et al. Transitional source rock and its contribution to hydrocarbon accumulation in superimpose rift-subsidence basin of northern South China Sea: Taking Baiyun Sag of Zhu II Depression as an example[J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 21(4): 559-566.
- [22] 冯进来, 胡凯, 曹剑, 等. 陆源碎屑与碳酸盐混积岩及其油气地质意义[J]. 高校地质学报, 2011, 17(2): 297-307.
- Feng Jinlai, Hu Kai, Cao Jian, et al. A review on mixed rocks of terrigenous clastics and carbonates and their petroleum-gas geological significance[J]. Geological Journal of China Universities, 2011, 17(2): 297-307.

Characteristics and origins of mixed sediments in Batken region of Fergana basin

ZHANG Liyuan, LIU Ying, BU Xiaoyang, LIU Ke, GAO Fei, CHEN Lingling, LIU Zhen

Research Institute of Shaanxi Yanchang Petroleum (Group) Corporation Limited, Xi'an 710075, China

Abstract By means of various data and measurements such as rock cores, well logging, mud logging, cast thin-sections and scanning electron microscope, this paper investigates the characteristics and origins of mixed sediments and their relation with petroleum-gas resources from Cretaceous-Paleocene in Batken region of Fergana basin in the central Asia. It is considered that mixed sediments from Cretaceous-Paleocene in the research area developed with two forms: mixed rocks and mixed layer series. The mixed rocks are dominantly terrigenous clastic bearing-carbonate rock and terrigenous clastic-carbonate rock. And the mixed layer series are mainly carbonate rock-mixed rock layer series and terrigenous clastic rock-mixed rock layer series. The mixed sediments in the research area are widely distributed in various environments, including restricted platform, evaporated platform, barrier coast and neritic shelf. Furthermore, the main origin of the mixed sediments is facies mixing, followed by in situ mixing and punctuated mixing. In addition, the mixed sediments in the research area made some contribution to source-reservoir-cap rocks. To be more specific, the marlite of Paleocene is one of the main source rocks as well as regional cap rocks for the research area. Besides, the limestone reservoirs of Paleogene and Cretaceous are not pure carbonate rocks. Instead, most of them are mixed rocks or part of the mixed layer series.

Keywords mixed sediments; mixed rocks; mixed layer series; Batken region of Fergana basin; Cretaceous- Paleogene

(责任编辑 韩星明)