

柴达木盆地石灰沟地区 下古生界碳酸盐岩储层特征及控制因素

何保¹, 燕亚东¹, 嵇喜准¹, 彭博², 刘起源³, 余苇¹

1 辽宁工程技术大学矿业学院地质系; 2 中国地质科学院地质力学研究所;

3 中煤昔阳能源有限责任公司黄岩汇煤矿

摘要 基于对柴达木盆地石灰沟地区下古生界野外剖面的踏勘实测及样品采集,综合应用薄片观察、扫描电镜,以及常规物性分析方法,对下古生界碳酸盐岩储层的储集特征及控制因素进行了研究。研究表明:储层原生孔隙不发育,物性相对较差,但次生孔隙,如溶蚀性孔洞、裂缝及孔洞-裂缝等孔隙类型优势发育;储层性质的控制因素主要为岩石组构、成岩演化和构造运动等。通过对各种因素的综合分析,认为储层的孔喉结构是以原生孔隙为基础,经后期复杂的成岩作用及多期构造叠加改造而成的;先期的溶蚀是受岩石组构控制的选择性溶蚀,而后期构造运动产生的缝隙是溶蚀性储层发育的关键因素。

关键词 柴达木盆地; 石灰沟地区; 早古生代; 碳酸盐岩储层; 岩石组构; 溶蚀

中图分类号: TE122.2*3

文献标识码: A

0 引言

柴达木盆地北缘构造带是我国中央造山带的重要组成部分,长期以来也是油气勘探开发的重点区域^[1-6]。尤其是近年来,众多学者从沉积环境、成岩环境、成岩演化及孔隙结构等角度,对柴达木盆地北缘(简称柴北缘)的储层特征进行了深入分析,研究发现该区发育良好的烃源岩,具有一定的油气勘探开发潜力^[7-9]。然而,由于研究程度相对较低,对生储盖组合、油气运移及保存等关键问题仍缺乏研究投入。以储层为例,基本的沉积格局尚存争议,导致优势储集相带分布无法预测;加之多期破坏性成岩作用,也导致储层发育规律更加复杂^[10-19],这些都制约着对柴达木盆地东部油气基础地质条件的进一步认识。

碳酸盐岩储层是柴达木盆地重要的储层类型。近期,研究人员发现柴北缘的下古生界碳酸盐岩同样具有较好的储集特征,认为欧龙布鲁克群的碳酸盐岩是比较有利的潜在勘探层段^[20]。本文立足于柴达木盆地东部地区,以野外实测剖面为基础,综合利

用铸体薄片、扫描电镜、孔渗测试等基础手段,针对石灰沟剖面开展了储层特征描述、主控因素剖析,及多种机制控制下储层发育规律的研究;从沉积格局到后期成岩改造,系统分析了孔隙型、缝洞型储层的影响机制,从而实现了对相控储层和非相控储层的刻画,并最终开展了多因素、不同类型碳酸盐岩储层展布的预测。

1 概况

柴达木盆地是我国西部一个大型的中新生代内陆高原含油气盆地,地处欧亚板块南缘和特提斯构造域东部。柴达木地块长期经受西伯利亚板块、印度板块和特提斯洋的挤压,盆地刚性基底被周缘快速隆升的三大山系所环绕,南以近东西向的东昆仑山为界,与青藏高原北缘相连,西以北东向阿尔金山与塔里木盆地相隔,北以北西向南祁连山为界,总面积约 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[21-22]。

研究区位于柴达木盆地东部(简称柴东)欧龙布鲁克隆起构造带上(图1)。结晶基底由一套下元古界

收稿日期: 2017-11-06; 改回日期: 2018-07-31; 网络发表日期: 2019-02-15

本文受国家自然科学基金项目“碳沥青与钒矿物伴生机理研究”(编号:41572099)和中国地质调查局地质调查项目“柴达木盆地及周缘油气基础地质调查”(编号:1212011120964)联合资助

第一作者: 何保,博士,副教授,主要从事盆地分析与矿产评价等方面的研究工作。通信地址:123000 辽宁省阜新市辽宁工程技术大学矿业学院地质系; E-mail: 641935476@qq.com

通信作者: 燕亚东,2018年毕业于辽宁工程技术大学获硕士学位,主要从事石油储层方面的研究。通信地址:123000 辽宁省阜新市细河区中华路47号; E-mail: yanyadong2911@163.com

角闪岩相的深变质岩组成,自震旦纪开始接受盖层沉积,欧龙布鲁克地块的下古生界主要发育一套海相碳酸盐岩建造,从岩石组构来看,大致可划分为开阔台地相、局限台地相、台缘斜坡相、蒸发潮坪相和复理石盆地相等5个沉积相类型。研究区在早古生代整体处于海侵状态,早寒武世经历蒸发潮坪相沉积,中、晚寒武世海侵范围逐渐扩大,接受了一套以浅海碳酸盐岩建造为特点的局限台地相—开阔台地相沉积。早奥陶世基本继承了寒武纪海侵范围,沉积环境向台地边缘浅滩—前缘斜坡转变,直至早奥陶

世晚期,台地相向东南方向迁移,而形成高海平面下的台缘斜坡—欠补偿深水陆棚沉积环境^[23-25]。

研究区自寒武纪以来先后经历了加里东早期的弧后伸展与晚期的弧后挤压,晚海西期—印支期的构造隆升,燕山期的伸展断陷与挤压,以及喜马拉雅晚期构造应力的强烈挤压变形等多期次构造运动的改造,使得研究区的沉积旋回中形成了多个不整合界面,最终导致寒武系—奥陶系碳酸盐岩地层中形成大量溶蚀性孔洞和裂缝,这为研究区致密碳酸盐岩储层的发育提供了有利的先决条件。

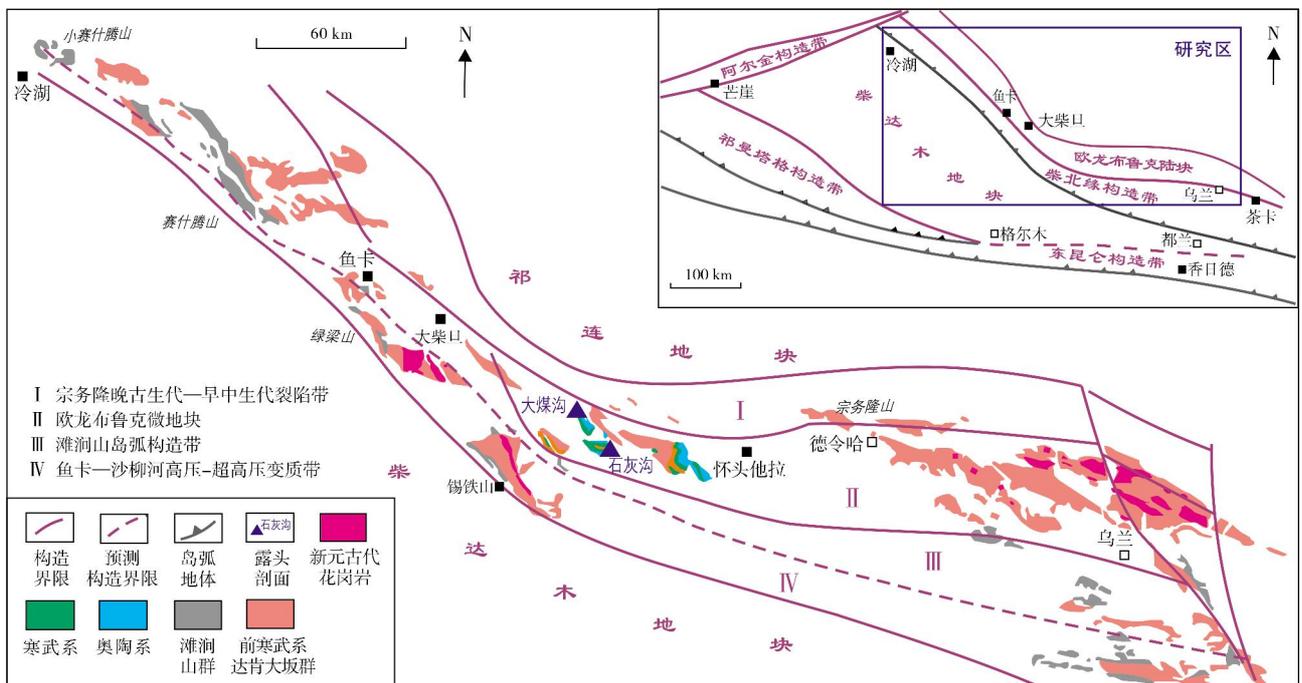


图1 柴达木盆地北缘及邻区构造纲要图(根据文献[25])

本文基于对石灰沟剖面(位置见图1)的野外踏勘,以及对采集样品的各项实验数据分析,依托中国地质科学院地质力学研究所及辽河油田勘探开发研究院的仪器设备,利用常规薄片(65件)对储集岩的矿物类型和岩石组构进行研究;利用扫描电镜照片(57件)和铸体薄片(61件)进行微观结构分析;并利用孔渗仪对126件样品进行孔隙度和渗透率的测试分析。

2 储层岩性特征

研究区下古生界主要以碳酸盐岩沉积为主,依据岩石类型在纵向上将寒武系欧龙布鲁克群分为3个岩性段(图2):上欧龙布鲁克群为灰色—灰绿色薄—中层状含白云质灰岩、颗粒灰岩(图3a);中欧龙布鲁克

群主要发育深灰色厚层—中厚层状生物碎屑灰岩、鲕粒灰岩、灰色竹叶状灰岩及藻粘结灰岩,生物碎屑见介形虫、腕足等,竹叶状灰岩分选中—好,无定向,纵向多套叠加,藻粘结灰岩见窗状孔发育(图3b—3d);下欧龙布鲁克群发育紫红色碎屑岩以及灰色—灰褐色巨厚层状砂屑白云岩,见针孔状溶孔发育,未充填—部分充填(图3e),与下伏全吉群呈不整合接触。奥陶系顶部缺失,下奥陶统发育石灰沟组和多泉山组,且主要以灰色生物碎屑灰岩、深灰色薄层状砂屑灰岩为主,含少量腕足、介形虫碎屑(图3f)。储层中以砂屑灰岩、砂屑白云岩、亮晶颗粒灰岩、泥晶灰岩及藻粘结灰岩等占主导优势,岩石组构的差异为储集空间的发育奠定了良好的岩性基础。

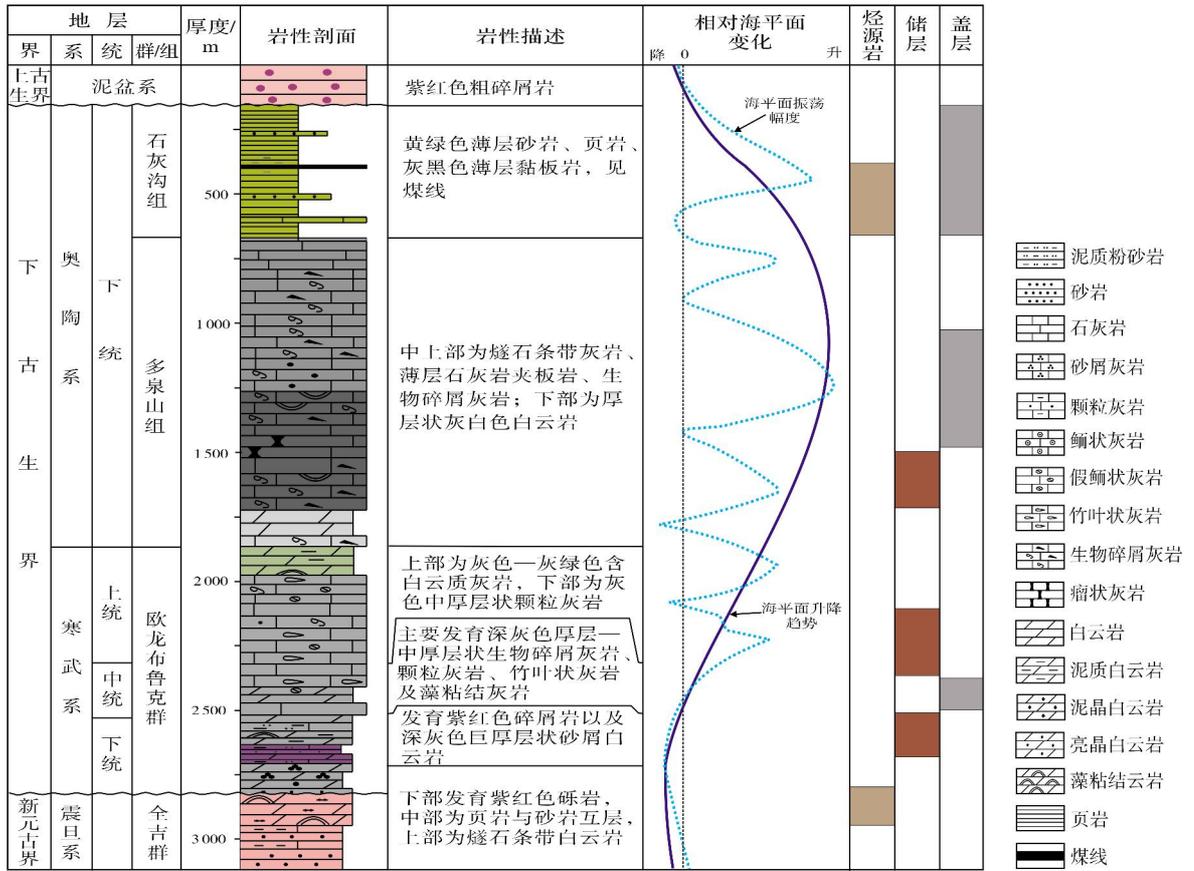


图2 柴达木盆地东部石灰沟剖面下古生界地层柱状图



图3 柴达木盆地东部石灰沟剖面下古生界碳酸盐岩野外照片

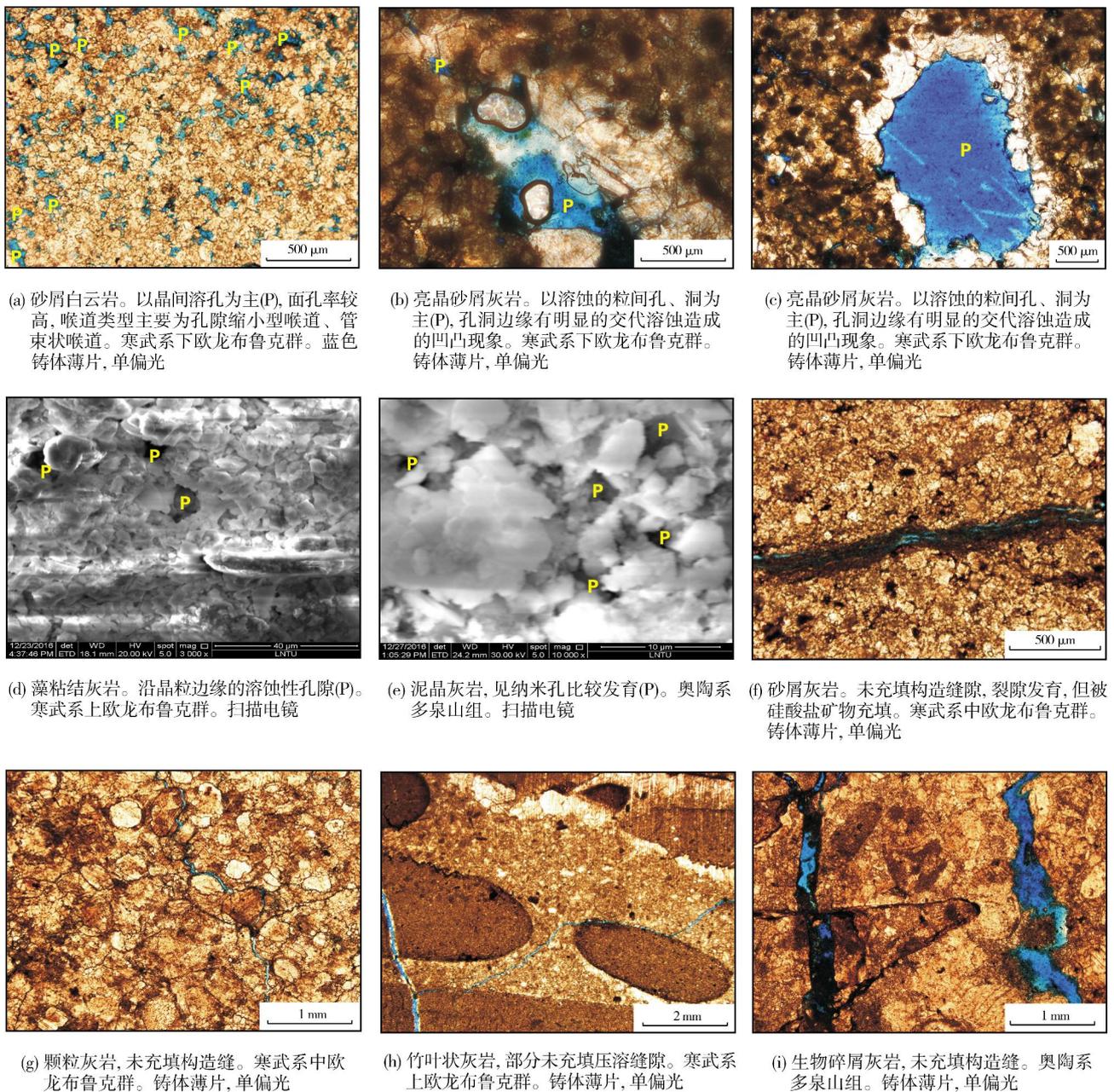
3 孔喉类型及特征

3.1 储层孔隙空间类型及特征

利用铸体薄片和扫描电镜观察, 欧龙布鲁克群储层的储集空间发育, 孔隙组合形式复杂, 类型多样, 主要有粒间溶孔、粒内溶孔、晶间孔、晶间溶孔以及溶洞、裂缝等, 其他储集空间类型较少(图4)。

砂屑白云岩中孔隙主要存在于晶粒之间, 在长期的成岩演化过程中, 原生孔隙被破坏, 晶粒之间的

胶结物或基质被溶蚀扩大而形成次生孔隙, 其形态极不规则, 分布十分不匀, 但这些次生孔隙往往与其他类型的孔隙形成连通性极好的网状储集空间, 绝大多数的孔隙直径在100~300 μm之间(图4a)。砂屑灰岩中优势发育的粒间溶孔是次生孔隙中的一种主要孔隙类型, 它是由于起支撑作用的颗粒(豆粒、鲕粒等)以及颗粒之间的亮晶胶结物或泥晶基质, 被溶蚀从而扩大所形成的。如图4b—4e, 显示储层以溶蚀粒间孔、洞为主, 孔、洞周边凹凸溶蚀比较明显, 且有较明显的重结晶现象。



(a) 砂屑白云岩。以晶间溶孔为主(P), 面孔率较高, 喉道类型主要为孔隙小型喉道、管束状喉道。寒武系下欧龙布鲁克群。蓝色铸体薄片, 单偏光
 (b) 亮晶砂屑灰岩。以溶蚀的粒间孔、洞为主(P), 孔洞边缘有明显的交代溶蚀造成的凹凸现象。寒武系下欧龙布鲁克群。铸体薄片, 单偏光
 (c) 亮晶砂屑灰岩。以溶蚀的粒间孔、洞为主(P), 孔洞边缘有明显的交代溶蚀造成的凹凸现象。寒武系下欧龙布鲁克群。铸体薄片, 单偏光
 (d) 藻粘结灰岩。沿晶粒边缘的溶蚀性孔隙(P)。寒武系上欧龙布鲁克群。扫描电镜
 (e) 泥晶灰岩, 见纳米孔比较发育(P)。奥陶系多泉山组。扫描电镜
 (f) 砂屑灰岩。未充填构造缝, 裂隙发育, 但被硅酸盐矿物充填。寒武系中欧龙布鲁克群。铸体薄片, 单偏光
 (g) 颗粒灰岩, 未充填构造缝。寒武系中欧龙布鲁克群。铸体薄片, 单偏光
 (h) 竹叶状灰岩, 部分未充填压溶缝。寒武系上欧龙布鲁克群。铸体薄片, 单偏光
 (i) 生物碎屑灰岩, 未充填构造缝。奥陶系多泉山组。铸体薄片, 单偏光

图4 柴达木盆地石灰沟剖面下古生界碳酸盐岩储层孔隙镜下微观特征

裂缝是连通碳酸盐岩各种孔隙、溶洞的通道,它对碳酸盐岩的储集物性有着重要的改善作用。根据成因差异,可将研究区的裂缝分为溶蚀缝和构造缝。溶蚀缝在研究区较为常见(图4f—4h),主要沿颗粒边缘或早期的缝隙向两侧扩大溶蚀而成。构造断裂活动易造成致密的碳酸盐岩产生破碎,从而导致裂缝优势发育,形成研究区典型的构造裂缝(图4i),裂缝内未充填或半充填方解石胶结物,形成了良好的储集空间。

3.2 储层喉道类型及特征

根据喉道结构和类型进行分析统计,柴东石灰沟地区下古生界碳酸盐岩储层中,主要存在孔隙缩小型喉道、网格状喉道及管束状喉道等3种喉道类型(图5)。

孔隙缩小型喉道的孔隙与喉道之间没有明显的

界限,扩大部分为孔隙,缩小的狭窄部分即为喉道。其成因主要是由于孔隙内晶体的生长,以及其他物质的充填等,造成了孔隙空间的缩小(图5a)。孔隙与喉道直径相比,其(等效)直径相差不大。研究区内该类喉道多见于藻粘结灰岩及泥晶灰岩中。

网格状喉道是研究区内最为重要的一种渗流通道,其成因主要是由于溶蚀作用将各种孔隙溶解连通,形成了网状的高渗流通道(图5b)。喉道特征不一,大多数短而粗,大大提高了孔隙之间的连通性。该类型喉道在砂屑白云岩及砂屑灰岩中最为常见。

管束状喉道是常见的3种喉道类型之一,其孔隙与孔隙之间由细而长的管道相连,断面接近圆形,一般形成于溶解孔之间(图5c),或者未完全接触的颗粒之间,该类喉道多见于粒间溶孔和原生剩余粒间孔隙中。上欧龙布鲁克群颗粒灰岩孔隙空间的相互连通通道多为此种类型。

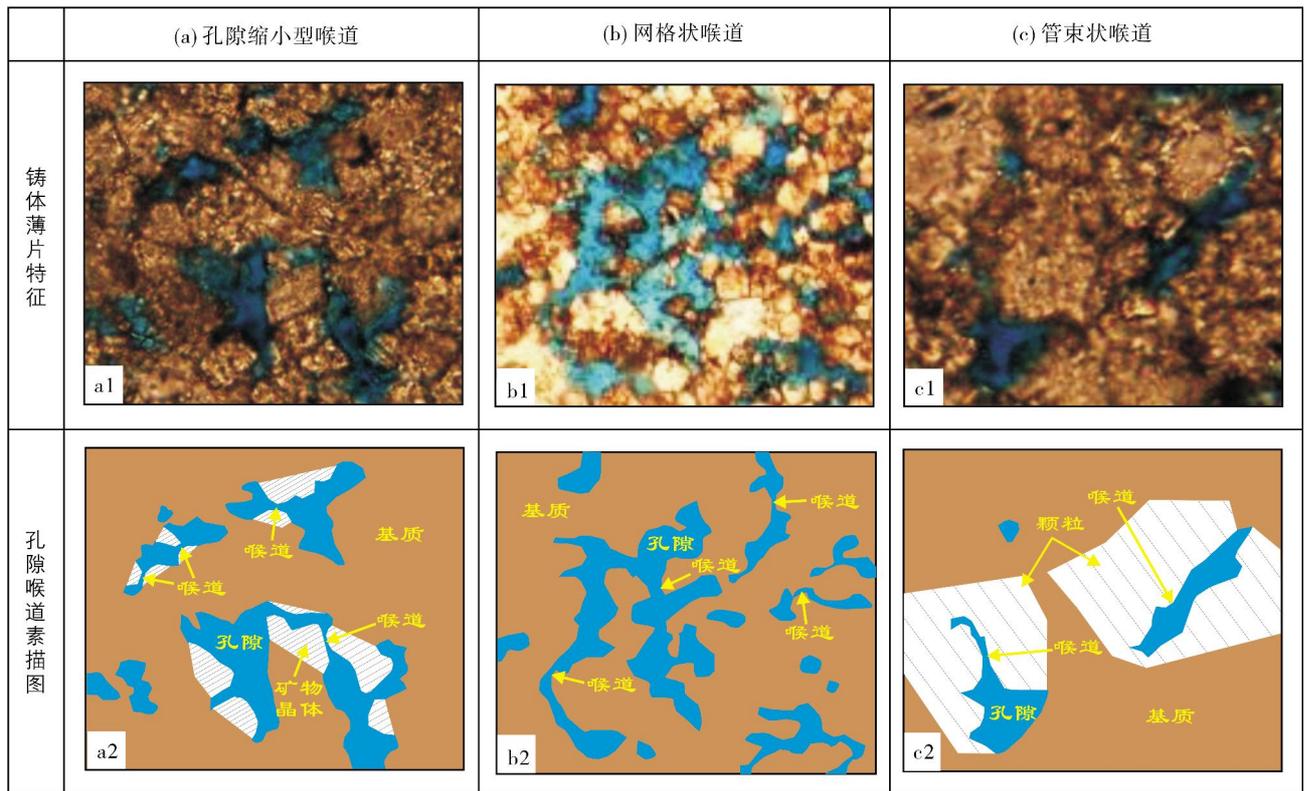


图5 柴达木盆地石灰沟剖面下古生界碳酸盐岩储层主要喉道类型

4 储层物性特征

4.1 储层孔隙度、渗透率的频率分布特征

碳酸盐岩储层的结构和构造,遭受多期叠加的成

岩作用,包括压实作用、压溶作用及交代作用等后期成岩改造,储集空间遭到破坏,致使储层的原生孔隙所剩无几。储层剩余的原生孔隙度和次生孔隙度范围在0.40%~10.94%之间,平均为6.09%;渗透率变化范围为 $(0.003\sim 12.40)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,平均值 $2.96\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,反

映出研究区的下古生界整体为低孔低渗缝洞型储层。

如图6统计所示,样品孔隙度绝大多数小于10% (图6a),但是有92.31%的样品孔隙度大于2%,显示出研究区碳酸盐岩储层的孔隙发育;样品渗透率小

于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的仅占15.38% (图6b),大部分集中在 $(0.1 \sim 10) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的范围,渗透率差异明显,反映出研究区下古生界储层的渗透率范围分布较宽,非均质性较强。

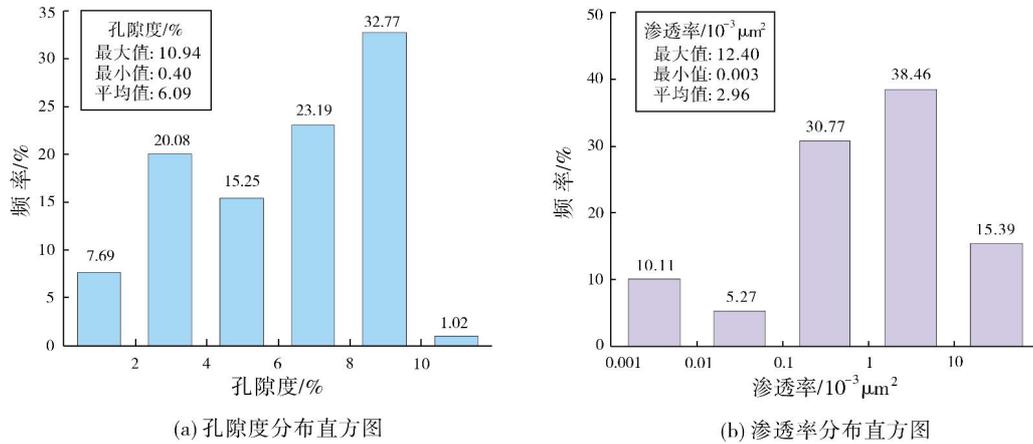


图6 柴达木盆地石灰沟剖面下古生界孔隙度、渗透率直方图

4.2 储层孔渗关系特征

柴东石灰沟地区下古生界碳酸盐岩储层的孔渗关系具有明显的分区特征(图7),可将储层孔渗数据划分出3个区域,以反映出样品物性特征的差异。

A区的物性最好,孔隙度介于2.97%~10.94%之间,渗透率集中在 $(0.33 \sim 12.40) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,主要是由于溶蚀孔、洞、缝(如粒内溶孔、粒间溶孔、晶间溶孔以及裂缝等)混合发育,渗透率和孔隙度均较高,是构成优质储层的主体。

B区样品渗透率中等,最高为 $4.16 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,孔隙

度相对较差,均低于3%,只是由于构造裂隙伴随着溶蚀性孔、洞、缝的发育,从而增大了储层的渗流能力。

C区的物性最差,孔隙度和渗透率均较低,孔隙度多小于2%,渗透率大多低于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,仅仅发育少量粒内溶孔、铸模孔等孔隙类型。

根据物性总体特征判断,柴达木盆地东部下古生界碳酸盐岩储层属于低孔低渗缝洞型储层,整体趋势线方程为 $y = -0.0384x^2 + 1.251x - 1.2341$,这时的 $R^2 = 0.3135$,孔渗数据拟合较好。储层以A区最为发育,是优质储层发育的基础;B区虽然渗透率相对较高(说明微裂缝或喉道比较发育),但孔隙度较低,储

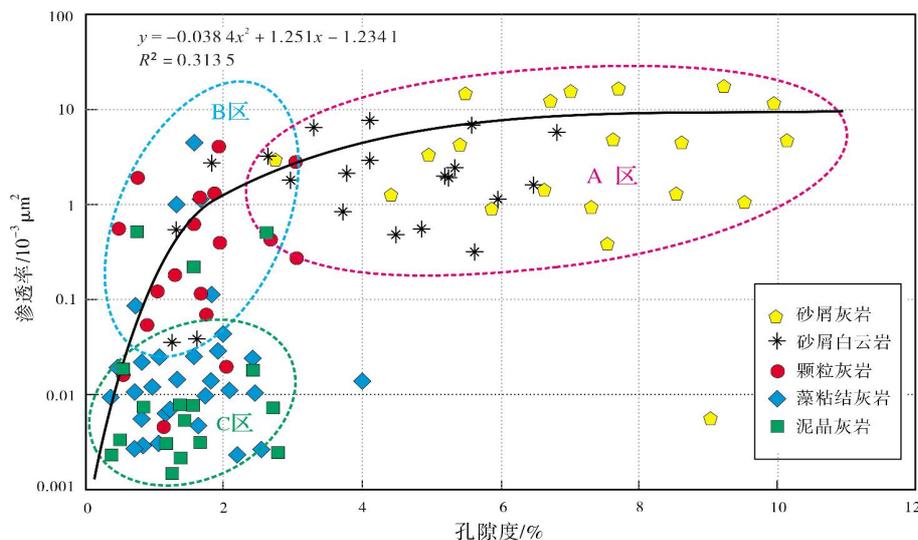


图7 柴达木盆地石灰沟剖面不同岩性的孔渗分布特征

集空间较差,故难以形成有利的储层;C区的孔渗最差,属于欠发育储层。

5 孔隙结构差异的成因及主控因素

5.1 岩石组构对孔隙结构的控制作用

研究区的碳酸盐岩储层均处于中—深埋藏层段,地层沉积年代较老,且遭受多期构造叠加改造,储层在原始沉积环境下所形成的孔喉空间几近破坏,而沉积期后埋藏过程中的成岩演化和构造运动为岩石组构的选择性溶蚀创造了有利条件。研究区主要以滨浅海相—台地相为主,岩石的组成及类型单一,颗粒、碎屑种类较少,故本文选择以砂屑灰岩、砂屑白云岩、颗粒灰岩、藻粘结灰岩和泥晶灰岩作为统计对象。

统计分析表明,岩石组构对研究区的储层孔隙物性具有明显的控制作用(图7,图8)。砂屑灰岩和砂屑白云岩的物性均值特征较好,颗粒灰岩、藻粘结灰岩的物性均值主要集中分布在低孔低渗区。随着灰泥含量的增加,储层的原生孔隙在成岩演化阶段进一步被充填,孔隙结构继续变差。泥晶灰岩的孔隙结构较差,各种类型颗粒的含量总体较少,主要以灰泥为主,总体上处于低孔低渗的区域,但由于碳酸盐岩具有的致密特性,使得其裂缝相对发育,又大大增强

了它的渗透性,故碳酸盐岩总体上位于低孔高渗区域。据资料显示,随着灰泥、云泥的增加,研究区各类岩性储层的孔隙结构整体会逐渐变差,即从高孔高渗向低孔低渗或低孔高渗的趋势转化。

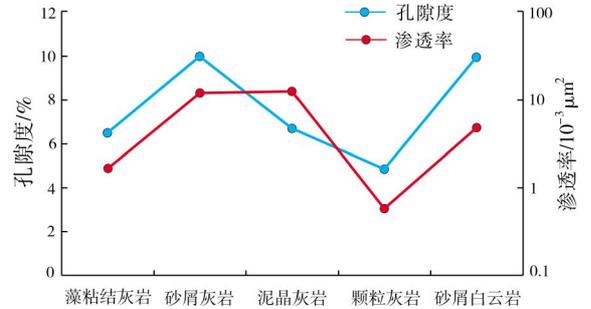
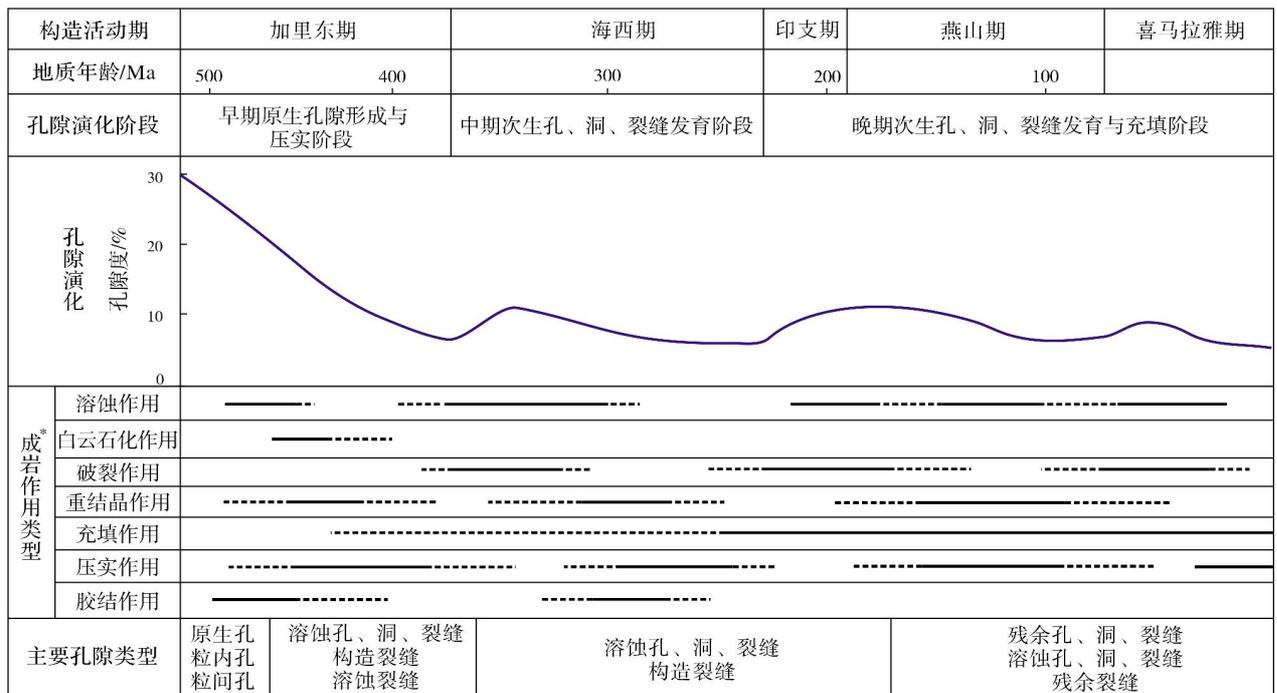


图8 柴达木盆地石灰沟剖面不同岩石类型的物性参数对比

5.2 成岩演化对孔隙结构的控制作用

柴东石灰沟地区的碳酸盐岩储层,经历的成岩作用类型多样,包括建设性成岩作用和破坏性成岩作用。建设性成岩作用包括溶蚀作用、白云石化作用和破裂作用;破坏性成岩作用包括充填作用、压实作用及重结晶作用等。这些成岩作用对储层孔隙度的影响见图9。



* —— 主要成岩作用阶段; 次要成岩作用阶段

图9 柴达木盆地石灰沟地区碳酸盐岩储层成岩作用与孔隙演化模式

溶蚀作用首先沿着前期古风化壳中各种类型的残余孔、洞、裂缝发育,孔、洞、裂缝中充填的方解石、白云石等充填物被溶蚀,储集空间可被进一步溶蚀扩大。溶蚀作用的主要特征是受岩石组构控制的选择性溶蚀,岩石组构中的颗粒被溶蚀,被溶蚀后的颗粒空间即可成为油气的有利储集场所。

白云石化作用发生在同生或准同生阶段,以及埋藏阶段。同生期或准同生期的白云岩为泥晶结构,形成于蒸发泵或渗透回流条件下;埋藏阶段的白云岩为粉—细晶结构。白云岩晶间孔中残存的白云石化不彻底的方解石,为成岩晚期遭受溶蚀和形成晶间孔、洞奠定了基础。

另外,胶结作用也存在有利于孔隙发育的一面,这是由于早期的胶结作用封闭了原生孔隙,阻止了大气降水及地表水的渗入,从而避免了碎屑颗粒过早地被溶蚀破坏,这是后期形成溶蚀孔、铸模孔的先决条件。

5.3 构造运动的控制作用

柴东石灰沟地区的碳酸盐岩受到了加里东期、印支期、燕山期及喜马拉雅期构造运动的影响^[26-28],碳酸盐岩储层的形成与演化均受到构造运动的控制。

加里东运动早期的弧后伸展与晚期的弧后挤压造山作用,形成了柴北缘东部的背斜凸起,使得研究区整体抬升,并在奥陶纪晚期遭受剥蚀,致使上奥陶统大面积缺失,形成不整合界面。碳酸盐岩地层在长期经受地表水以及大气降水的淋滤溶蚀后,发育了大量的孔、洞、裂缝,在不整合界面附近的储层孔隙,相比较于远离不整合界面的储层要更发育,且厚度也更大。晚海西期—印支期,柴北缘的构造应力收缩,形成挤压褶皱的运动形式。欧龙布鲁克地块的整体抬升,下奥陶统之上的上古生界再次遭受风化剥蚀,下古生界形成的褶皱与大量断裂经地表水的反复淋滤溶蚀,为油气的储藏与运移创造了有利条件。燕山运动早期的陆内伸展断陷、晚期的因挤压增强而引发的断裂活动,以及喜马拉雅中晚期北东向强烈构造应力的挤压变形,造成多期断裂活动,并对早期形成的断裂进一步切割,这更有利于下古生界缝洞型储层的发育。因此,构造运动造成的地层抬升与剥蚀,以及由此产生的断层及裂缝,是改善柴东石灰沟地区碳酸盐岩储层储集空间、控制油气运移的关

键因素。

6 结论

(1)柴达木盆地石灰沟地区下古生界碳酸盐岩储层主要由砂屑灰岩、砂屑白云岩、亮晶颗粒灰岩、藻粘结灰岩及泥晶灰岩等构成,基质孔渗中等,粒间溶孔、粒内溶孔、晶间孔及溶蚀性的孔洞、裂缝等次生孔隙类型优势发育,且溶蚀孔洞、裂缝等构成的次生孔隙在研究区储集空间中占据主导地位。

(2)岩石组构、成岩演化以及构造运动等各种主控因素的混合叠加,是研究区储层发育的主控因素。通过对各种因素的综合分析,认为储层的孔喉结构是以沉积相带控制的原生孔隙为基础、在后期复杂的成岩演化及构造运动下改造而成的;先期的溶蚀作用是受岩石组构控制的选择性溶蚀,后期构造运动产生的缝、洞是溶蚀性储层发育的关键因素。

参考文献

- [1] 马寅生,尹成明,刘成林,等.柴达木盆地石炭系油气资源调查评价进展[J].地球学报,2012,33(2):135-144.
- [2] 高俊,夏露,李英杰,等.柴达木盆地东部石炭系页岩气储层渗流特征研究[J].地学前缘,2016,23(5):103-112.
- [3] 史仁灯,杨经绥,吴才来,等.柴达木北缘超高压变质带中的岛弧火山岩[J].地质学报,2004,78(1):52-64.
- [4] 高长海,查明.柴达木盆地北缘北西(西)向断裂及其油气地质意义[J].地球学报,2007,28(3):283-290.
- [5] 刘成林,马寅生,周刚,等.柴达木盆地石炭系生烃证据[J].石油学报,2012,33(6):925-931.
- [6] 代昆,刘成林,肖敦清,等.柴达木盆地欧龙布鲁克地区构造演化研究[J].地学前缘,2016,23(5):33-44.
- [7] 寇福德,朱玉洁,李建明.柴达木盆地北缘冷湖地区下侏罗统储层特征研究[J].内蒙古石油化工,2005(12):86-90.
- [8] 甘贵元,严晓兰,赵东升,等.柴达木盆地德令哈断陷石油地质特征及勘探前景[J].石油实验地质,2006,28(5):499-503.
- [9] 刘洛夫.柴达木盆地东部地区烃源岩的生源与沉积环境[J].古地理学报,2001,3(2):82-91.
- [10] 王英华.碳酸盐岩成岩作用与孔隙演化[J].沉积学报,1992,10(3):85-95.
- [11] 张万选,张厚福.石油地质学[M].北京:石油工业出版社,1981.
- [12] 强子同.碳酸盐岩储层地质学[M].东营:石油大学出版社,1998:16-69.
- [13] LUCIA F J. Carbonate reservoir characterization[M]. Berlin: Springer-Verlag,1999:188-222.
- [14] KLASS V,GREGOR P E, RALF J W. Effect of pore structure on electrical resistivity in carbonates[J]. AAPG bulletin, 2011,95(2):175-190.

- [15] LUCIA F J. Petrophysical parameters estimated from visual descriptions of carbonate rocks: a field classification of carbonate pore space[J]. *Journal of petroleum technology*, 1983, 35(3): 629-637.
- [16] 王雷,史基安,王琪,等. 鄂尔多斯盆地西南缘奥陶系碳酸盐岩储层主控因素分析[J]. *油气地质与采收率*, 2005, 12(4): 10-14.
- [17] 邓虎成,周文,郭睿,等. 伊拉克艾哈代布油田中—下白垩统碳酸盐岩储层孔隙结构及控制因素[J]. *岩石学报*, 2014, 30(3): 801-812.
- [18] 秦瑞宝,李雄炎,刘春成,等. 碳酸盐岩储层孔隙结构的影响因素与储层参数的定量评价[J]. *地学前缘*, 2015, 22(1): 251-259.
- [19] 曹中宏,张红臣,刘国勇,等. 南堡凹陷碳酸盐岩优质储层发育主控因素与分布预测[J]. *石油与天然气地质*, 2015, 36(1): 103-110.
- [20] 庄毓凯. 柴北缘古生界储层特征研究[D]. 东营: 中国石油大学(华东), 2014.
- [21] 吕宝凤,张越青,杨书逸. 柴达木盆地构造体系特征及其成盆动力学意义[J]. *地质论评*, 2011, 57(2): 167-174.
- [22] 戴俊生,叶兴树,汤良杰,等. 柴达木盆地构造分区及油气远景[J]. *地质科学*, 2003, 38(3): 413-424.
- [23] 汤良杰,金之钧,张明利,等. 柴达木盆地北缘构造演化与油气成藏阶段[J]. *石油勘探与开发*, 2000, 27(2): 36-39.
- [24] 刘文平,刘成林,万茂霞,等. 柴达木盆地德令哈地区下古生界成藏地质条件研究[J]. *地学前缘*, 2016, 23(5): 119-126.
- [25] 马帅,陈世悦,孙娇鹏,等. 柴达木盆地北缘欧龙布鲁克微地块早古生代岩相古地理[J]. *中国地质*, 2016, 43(6): 2011-2021.
- [26] 王惠初,陆松年,莫宣学,等. 柴达木盆地北缘早古生代碰撞造山系统[J]. *地质通报*, 2005, 24(7): 603-612.
- [27] 辛后田,王惠初,周世军. 柴北缘的大地构造演化及其地质事件群[J]. *地质调查与研究*, 2006, 29(4): 311-320.
- [28] 商琳,戴俊生,夏瑞杰,等. 柴达木盆地北缘东段石炭纪至白垩纪构造演化模式及地层缺失原因探讨[J]. *地质论评*, 2014, 60(4): 780-789.

编辑:黄革萍

The characteristics and controlling factors of the Lower Palaeozoic carbonate reservoirs in Shihuigou Area, Qaidam Basin

HE Bao, YAN Yadong, ZHUO Xizhun, PENG Bo, LIU Qiyuan, YU Wei

Abstract: Being an important type of reservoir in Qaidam Basin, carbonate reservoirs developed widely in the northeast of Qaidam Basin. Based on the field profile survey and samples collection of Lower Palaeozoic in Shihuigou Area of Qaidam Basin, the characteristics and controlling factors of the Lower Paleozoic carbonate reservoirs were studied by means of thin section observation, scanning electron microscopy(SEM) and conventional physical property analysis. The results show that the reservoir primary pore does not develop and the physical property is relatively poor. However, secondary pores such as the dissolution pore, fractures and other type of pore develop. The controlling factors of reservoir properties are selective dissolution, diagenesis and tectonic movement. Through comprehensive analysis of various factors, it is concluded that the pore throat structure of the reservoir is based on the primary pores and reformed by complex diagenesis and the superposition of multi-period tectonism in the later period. The early dissolution is the selective dissolution controlled by the rock fabric, while the crevice produced by the later tectonic movement is the key factor for the development of dissolution reservoir.

Key words: carbonate reservoir; rock fabric; dissolution; Early Palaeozoic; Shihuigou Area; Qaidam Basin

HE Bao, First author: Associate professor, PhD. Add: Department of Geology, Liaoning Technical University, Fuxin, Liaoning 123000, China

YAN Yadong, Corresponding author: MSc, focused on petroleum reservoir research. Add: No. 47 Zhonghua Rd., Xihe District, Fuxin, Liaoning 123000, China