

Characteristics and Genetic Analysis for Dolomite Rocks Reservoir of Permian Fengcheng Formation in Hassan Block, the Northern Junggar Basin

Meiyuan Song

Exploration and Development Research Institute, Shengli Oilfield Company of Petroleum, SINOPEC, Dongying Shandong
Email: smy5485161@163.com

Received: Mar. 22nd, 2018; accepted: Apr. 5th, 2018; published: Apr. 12th, 2018

Abstract

Dolomite rock is an important reservoir type and major breakthrough has been made in Wu-Xia Area, Junggar Basin and the exploration of dolomite rocks in Hassan block is also beginning to emerge. The rock types of dolomite reservoirs are complex in Hassan block. There are siltstone, mudstone and tuff of different dolomitic degrees, which have microlayered structure. The reservoir space is two kinds of crack and hole. It is a low porosity and low permeability reservoir and there are two kinds of "dessert" reservoirs, where the dissolution pore and fissure-pore are developed. It is the semi-closed, semi-salinized and salinized reduction lake facies environment in the sedimentary period of the Permian Fengcheng formation in the Hashan area. Most of the dolomite rocks are penecontemporaneous cause, influenced by the hydrothermal and burial effects. The paleoslope background or deep fracture development zone is conducive to the development of dolomite rocks.

Keywords

Penecontemporaneous Cause, Genetic Model, Fengcheng Formation, Hassan Block

淮北哈山地区二叠系风城组云质岩储层特征及成因分析

宋梅远

中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营

Email: smy5485161@163.com

收稿日期: 2018年3月22日; 录用日期: 2018年4月5日; 发布日期: 2018年4月12日

摘要

云质岩作为重要的储集类型,已在准噶尔盆地乌夏地区获得重大突破,哈山地区云质岩勘探亦初见端倪。哈山地区云质岩储层岩石类型复杂,主要为不同程度云化的粉砂岩,泥岩和凝灰岩,常见微层理构造;储集空间为裂缝和溶孔双重介质,整体为低孔、特低渗储层,局部发育溶蚀孔隙型与裂缝-孔隙型两类“甜点”储层;哈山地区二叠系风城组沉积时期为蒸发干燥半封闭半咸化-咸化还原湖相环境,云质岩多为准同生成因,受后期热液和埋藏作用的影响,古斜坡背景或深大断裂发育带利于云质岩发育。

关键词

准同生成因,成因模式,风城组,哈山地区

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

云质岩中蕴含丰富的油气显示,已在准噶尔盆地乌夏地区获得重大突破,如风3井、风城1等井[1][2][3],哈山地区哈浅6、哈山1、哈深斜1井在二叠系风城组云质岩亦见到丰富油气显示,其中,哈浅6井云质岩段酸压试油,峰值日产6.88方,使得二叠系云质岩油气勘探任务提上日程。云质岩作为一类特殊的储集类型,其成因、形成模式等对油气勘探至关重要。多位学者针对准噶尔盆地西北缘风城组白云岩的成因开展了大量的研究工作,冯有良等认为该区白云岩主要为半深湖咸水环境准同生白云岩和成岩期经后生白云石化作用形成的白云岩[3];薛晶晶等将乌夏地区风城组白云岩划分为准同生白云化作用、混合白云化作用、埋藏白云化作用、成岩白云化作用和外来白云岩的风化搬运作用5种成因[4],这些研究和认识主要是针对不同地质环境,结合现有的白云岩形成模式,描述工区的白云岩成因机理[5][6][7][8][9],目前,对于哈山地区二叠系风城组云质岩的储层特征及成因机理尚未开展系统的研究。综合钻井取心、微观薄片、扫描电镜等资料,系统分析云质岩储层发育特征,利用岩矿鉴定技术、地球化学分析技术等查明哈山地区云质岩成因机理,以期指导有利储层的预测,为云质岩勘探部署提供依据。

2. 区域地质概况

哈山地区位于准噶尔盆地西北缘,构造上隶属于准噶尔盆地哈-德(哈山-德伦山)构造带的西端,南邻玛湖生烃凹陷,北以达尔布特断裂为界与和什托洛盖盆地相接,整体上呈北东-南西向展布[10],有利勘探面积逾1000 km²(图1)。

哈山地区风城组沉积时期碎屑岩-火山岩-云质岩混积,呈此消彼长的特征。早期为大范围湖侵期,广泛发育滨浅湖-半深湖沉积,且火山活动强烈,砂体不发育,云质岩在区内广布;晚期,火山活动减弱,随着物源供应量加剧,扇体规模迅速扩大,碎屑岩广泛发育,云质岩展布范围明显减小,退至哈山南地区。在研究区风城组,构造运动和大规模频繁的火山活动,均对准同生白云岩化作用产生重要的影响。

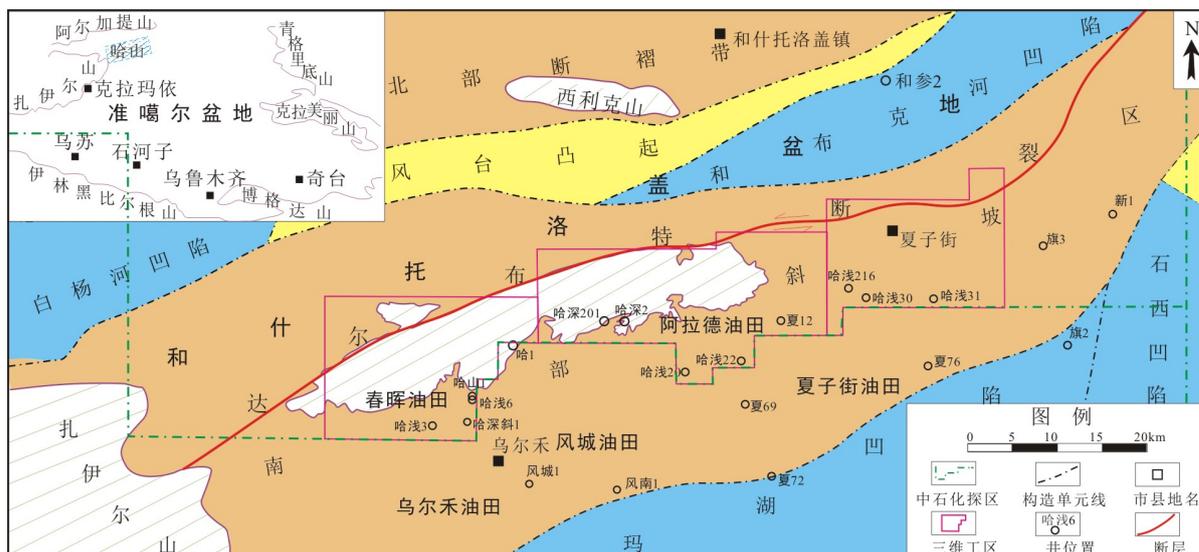


Figure 1. Tectonic location of Hassan block in the northern margin of Junggar Basin
图 1. 准北哈山地区构造位置图

3. 云质岩岩石学特征

3.1. 云质岩岩性结构特征

哈山地区云质岩储层岩石类型多样,白云石含量变化较大,主要分布于 10%~50% 之间,以云质粉砂岩、云质泥岩为主,其次为云质凝灰岩、泥质白云岩。

1) 云质粉砂岩: 主要由粉砂质和粉晶、泥晶白云石组成,粉砂质含量达 60%,泥晶白云石含量为 15%~23%,平均 20%,粒径 0.02~0.07 mm (图 2A),集中发育于哈深斜 1 井区及哈浅 24 井区风城组上部。

2) 云质泥岩: 主要由泥质和泥晶白云石组成,泥质含量约为 32%~53%,平均为 44%,泥晶白云石含量为 15%~20%,平均 18%,粒径 1~8 μm 之间,与泥质沉积物混积生长(图 2B)。

3) 云质凝灰岩: 由凝灰质杂基和泥晶白云石组成,凝灰质杂基含量约为 37%~61%,平均 49%,泥晶白云石含量为 15%~20%,平均 17%,呈晶屑状(图 2C)。

4) 泥质白云岩,白云石含量较高,可达 47%~69%,颗粒细小,粒径主要分布在 2~6 μm 之间,局部可达 8 μm ,与泥质条带及陆源碎屑颗粒互层,泥质条带较细,约 0.2 mm,白云石条带较粗,约 0.6 mm (图 2D)。

3.2. 云质岩主要矿物特征

哈山地区风城组云质岩矿物主要包括白云石、粘土矿物、陆源碎屑、方解石、重晶石和黄铁矿等,见少量辉石。

1) 白云石: 风城组白云石多呈粉晶、泥晶结构,半自形-他形,与泥岩互呈纹层,形成二元纹层构造,表明其形成于静水低能还原环境(图 2E)。

2) 粘土矿物: 区内粘土矿物主要为伊蒙/混层,呈絮凝状、团块状集合体覆盖于颗粒表面,此外还含有绿泥石和状高岭石充填于孔隙中(图 2F、图 2G)。

3) 陆源碎屑: 风城组云质岩中陆源碎屑粒级较细,多为粉砂级,石英含量大于长石,不均匀分布,分选差;长石多被方解石胶结,后期被白云石交代。

4) 其他矿物: 区内与白云石共生的矿物还有方解石、黄铁矿和重晶石。草莓状黄铁矿较为普遍(图 2H),呈细粒状分散在泥晶白云岩中,为还原条件、 $\text{pH} > 9$ 的沉积环境产物。

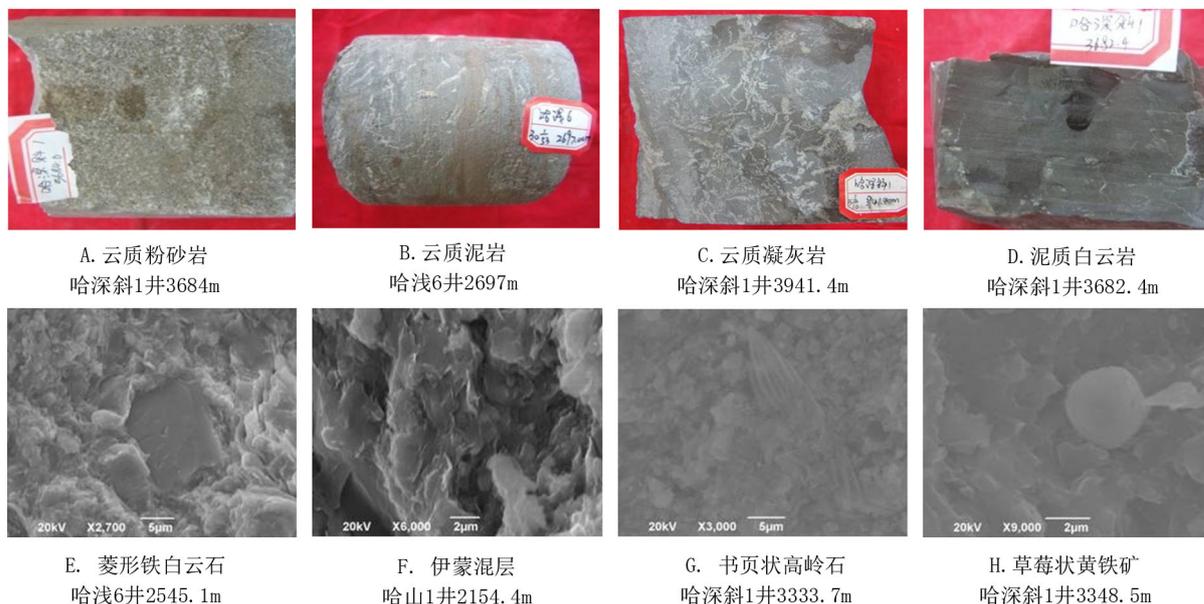


Figure 2. The rock types of dolomite rocks in Hassan block
图 2. 哈山地区云质岩石类型

4. 云质岩储集空间及物性特征

4.1. 储集空间类型

哈山地区风城组云质岩储层储集空间类型多样,以裂缝为主,占储集空间的50%;其次为晶间溶孔、方解石溶孔为主的次生孔隙,占34.4%,粒间孔占15.6%。

裂缝是云质岩储层最重要的储集空间。宏观裂缝包括层理缝、构造缝,扩大溶蚀缝;微观裂缝按其缝宽可分为张开缝和闭合缝、压溶作用形成的纳米级缝。

云质岩储层孔隙类型按成因分为原生孔隙和次生孔隙两种:区内原生孔隙主要为残余原生粒间孔,该类孔隙较为少见;次生孔隙包括粒间溶孔、粒内溶孔、晶间溶孔等,其中粒间、晶间溶孔最为发育。

溶孔与裂缝相互连通,形成良好的储集空间,极大的改善了储层物性。

4.2. 储层物性特征

二叠系风城组云质岩孔隙度较低,多在10%以下,平均4.45%,渗透率集中在 $0.02\sim 10\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,平均 $0.23\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,综合评价为低孔、特低渗储层。

不同构造位置,储层物性存在一定的差异。断裂带云质岩孔隙度平均7.12%,渗透率平均 $7.8\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,最大达 $104\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$;斜坡区孔隙度平均3.6%,渗透率平均 $2.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$;洼陷带物性较差,孔隙度平均2.17%,渗透率平均 $0.2\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,断裂带裂缝、溶孔发育,储层物性明显好于其他地区。

5. 云质岩成因机理研究

不同的沉积背景,云质岩的产出状态不同,因此分析沉积期的成岩环境是解决云质岩成因的关键。

5.1. 沉积成岩环境

主量、微量元素、碳氧同位素等在碳酸盐岩中可以判别沉积环境和研究成岩变化,根据每种元素的质量分数可以分析其成因。

1) 主量元素

白云岩中 Na 含量、Mg/Ca 比值越高说明沉积水体温度越高、盐度越大。从区内主量元素的分析测试来看, Na 含量偏高, Ca/Mg 比值介于 1.44~2.71, 平均值为 1.9, Fe 元素的含量在 30.38~40.74 $\mu\text{g/g}$ 之间, Mn 元素的含量介于 0.61~0.86 $\mu\text{g/g}$, Fe/Mn 平均为 48.1, 说明区内云质岩为蒸发咸水环境下形成的白云岩。

2) 微量元素 Sr 指标

Sr 含量往往反映介质的盐度, 咸化水体中 Sr 质量分数较高, 淡水中 Sr 质量分数较低。杨威等认为现代海水中白云岩 Sr 含量为 1000~2000 $\mu\text{g/g}$, 与蒸发盐有关的超盐水白云岩 Sr 含量通常为 400~550 $\mu\text{g/g}$, 埋藏白云岩 Sr 含量为 60~170 $\mu\text{g/g}$ [11]。区内 Sr 含量主体介于 200~600 $\mu\text{g/g}$, 平均 394.71 $\mu\text{g/g}$, Ba 含量介于 303.7~520.4 $\mu\text{g/g}$, 平均 351.33 $\mu\text{g/g}$, Sr/Ba 比值范围在 0.69~1.45 之间, 均值 1.14, 反映了云质岩是在盐度较高强烈蒸发的咸水环境中形成的, 其与准同生期高盐度孔隙水白云岩化有关, 期间受到埋藏胶结作用以及构造热液流体的改造。

3) 碳氧同位素

根据同位素分馏的原理, 蒸发残留海(湖)水中富含 $\delta^{18}\text{O}$, 而且蒸发作用越强, 残留海(湖)水中盐度越高, $\delta^{18}\text{O}$ 值也越高, 陆上淡水的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值则相对较低[12]。

从区内 28 个样品的碳氧同位素来看, 碳氧同位素系数 Z 在 129.61~136.21 之间, 均大于 120, 平均盐度为 21.9‰, 为咸水湖泊环境, 云质岩成岩温度大多 $< 50^\circ\text{C}$, 平均为 37.64°C , 表明区内云质岩成岩温度低, 为准同生蒸发环境下进行的。结合邻区资料, 分区带绘制了云质岩的碳-氧同位素成因判别图(图 3), 研究区斜坡带大部分云质岩 $\delta^{18}\text{O}$ 介于 -6.6‰ ~ 2‰ 之间, 平均 -3.24‰ , $\delta^{13}\text{C}$ 在 3.2‰ ~ 5.5‰ 间变化, 平均 3.8‰ , 与其他地区典型的准同生蒸发环境形成的白云岩一致; 洼陷带白云岩 $\delta^{18}\text{O}$ 介于 -5‰ ~ -1‰ 之间, 平均 -2.12‰ , $\delta^{13}\text{C}$ 在 1.8‰ ~ 3‰ 间, 平均 2.1‰ , 和埋藏成因白云岩表现出较高的一致性; 断裂带白云岩碳氧同位素值变化范围较大, $\delta^{18}\text{O}$ 介于 -10‰ ~ 0 之间, 平均 -5.73‰ , $\delta^{13}\text{C}$ 在 -2 ~ 4‰ 间变化, 平均 1.8‰ , 为热液作用改造白云岩。

综上所述, 哈山地区二叠系风城组沉积期为蒸发干燥半封闭咸化还原湖相环境, 云质岩以准同生为主, 后期埋藏和热液成因为辅。

5.2. 成因机理分析

哈山地区云质岩主要发育在二叠系风城组, 泥微晶白云石多为呈半自形-它形与泥质、方沸石等混积共生于基质中, 为蒸发条件下渗透回流作用形成的白云岩。次生白云岩的形成需两个关键因素: 富 Mg^{2+} 流体、适当的流体动力学条件。

1) 富 Mg^{2+} 流体来源

哈山地区二叠系白云石形成过程中 Mg^{2+} 的来源包括: 孔隙卤水及黏土矿物释放的 Mg^{2+} , 火山玻璃脱玻化和地球深部岩浆热液带来的 Mg^{2+} 。由于哈山地区二叠系风城组沉积于盐度和 PH 值偏高的半封闭湖湾, 孔隙水或地层水中富含 Mg^{2+} [5]。此外, 哈山地区二叠系发育多条深大断裂, 深层富 Mg^{2+} 流体沿断层上涌, 增加地层孔隙水的 Mg^{2+} 含量, 且准噶尔盆地二叠纪是火山活动期, 火山玻璃在脱玻化后分离的 Mg^{2+} 和富镁火山岩矿物自身转化或流体淋滤及溶蚀产生的 Mg^{2+} 都是 Mg 的可能来源。

2) 白云石化的流体动力学条件分析

通过对研究区区域地质背景、白云岩岩石学和成岩作用特征的研究, 认为哈山地区云质岩流体的驱动力主要有两种机制: 一是由于蒸发作用在湖水表层形成的重盐水向湖底汇集, 或者通过岩石孔隙向下渗透到更深的地层中; 二是由于地温梯度和研究区深部热液流体的影响, 深部岩层所含地层水温度较高, 由于冷热水密度的差异, 深、浅层水在静压力的作用下沿断层及裂缝对流。

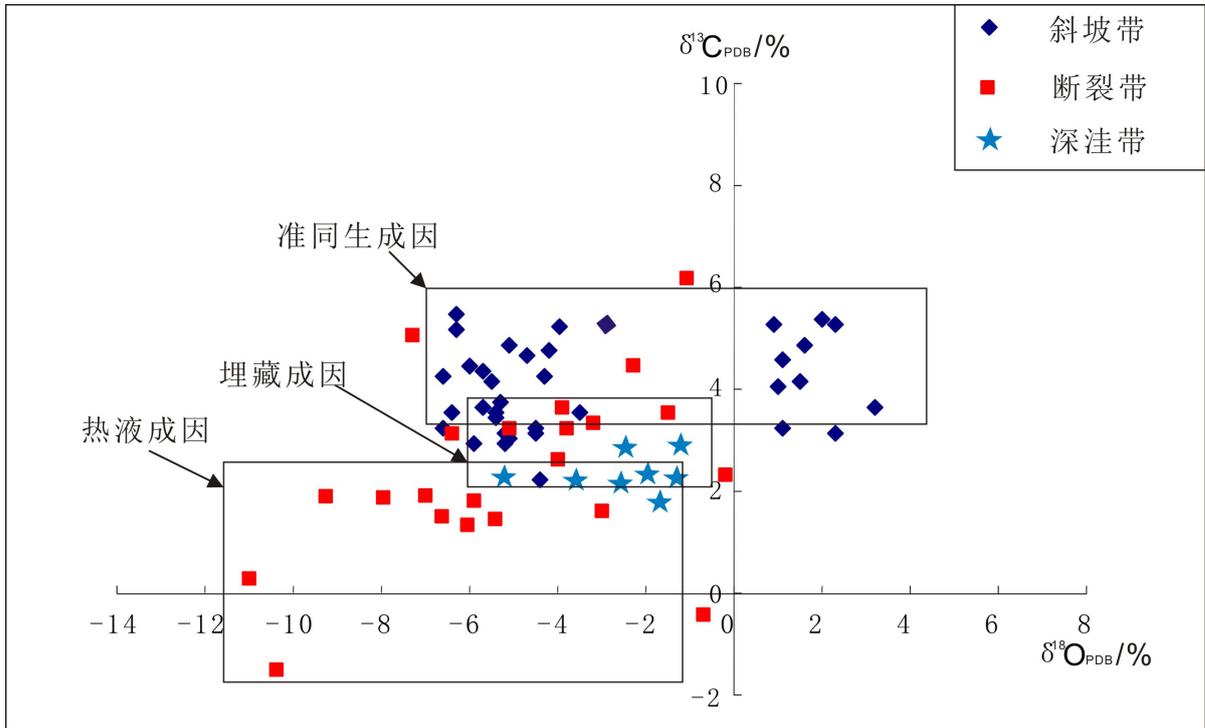


Figure 3. $\delta^{18}\text{O}-\delta^{13}\text{C}$ genetic discrimination diagram of dolomite in Hassan block
图 3. 哈山地区白云石 $\delta^{18}\text{O}-\delta^{13}\text{C}$ 成因判别图

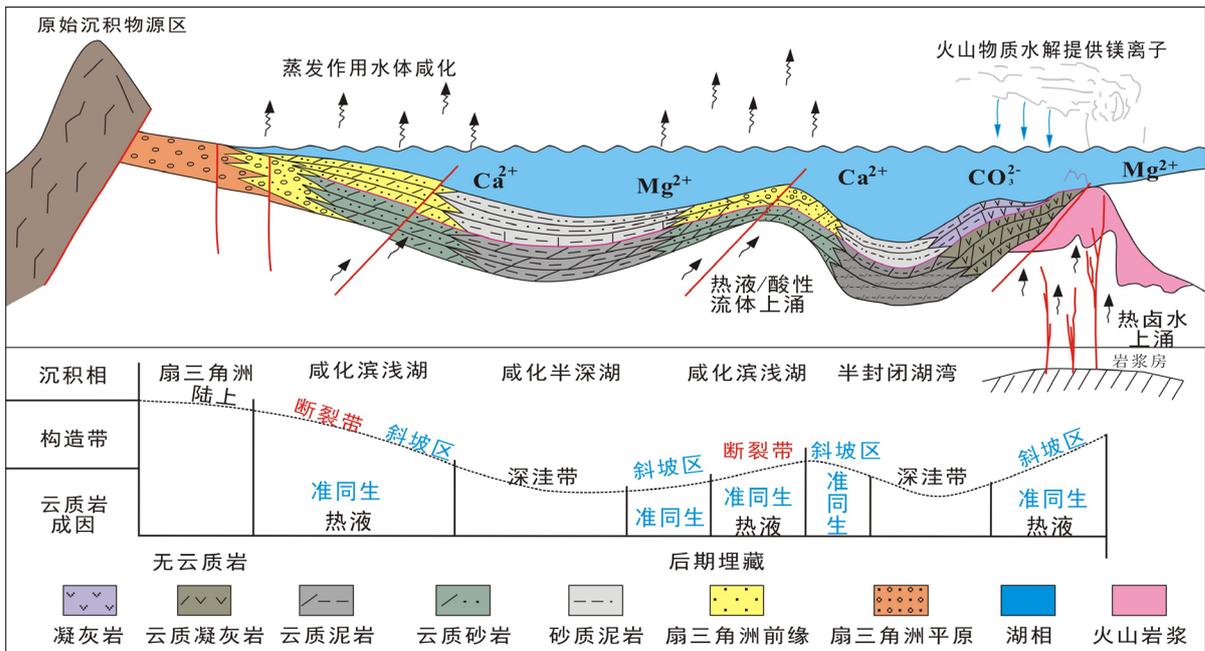


Figure 4. Development pattern of dolomite rocks in Hassan block
图 4. 哈山地区云质岩发育模式图

3) 哈山及邻区云质碎屑岩成岩模式

综合白云石地球化学特征、白云岩形成环境和形成机理，建立了哈山地区云质岩发育模式(图 4)。安静的半封闭咸水湖相沉积的文石和高镁方解石随泥质、粉砂质和凝灰质同时沉积，由于气候炎热，蒸发

作用强烈,使水体盐度升高,在成岩早期发生准同生白云岩化;成岩后期强烈的构造活动,间歇的火山活动,深部富镁热液沿断裂上升,形成埋藏成因和热液成因的白云石。就其分布特点来看,斜坡带主要发育准同生成因的云质岩,受后期埋藏和构造运动影响,局部发育埋藏和热液成因云质岩,在深洼带以埋藏成因云质岩为主,热液成因云质岩主要发育在断裂带附近。不同成因云质岩由于控制因素及成岩环境不同,从而导致其储层物性存在一定的差异,热液成因云质岩储层最好,其次为准同生白云岩。

6. 结论

哈山地区云质岩储层主要发育在二叠系风城组,岩石类型以云质砂岩、云质泥岩为主,其次为白云质凝灰岩、泥质白云岩,受原始矿物组成的影响,有效储集岩主要为云质砂岩。储集空间为裂缝和溶孔双重介质,属低孔、特低渗储层,局部发育溶蚀孔隙型与裂缝-孔隙型两类“甜点”储层,断裂带溶孔与裂缝相互连通,形成良好的储集空间,储层物性明显好于其他地区。

哈山地区二叠系风城组沉积期为蒸发干燥半封闭咸化还原湖相环境,云质岩以准同生为主,后期埋藏和热液成因为辅。斜坡带主要发育准同生成因的云质岩,受后期埋藏和构造运动影响,局部发育埋藏和热液成因云质岩,在深洼带以埋藏成因云质岩为主,热液成因云质岩主要发育在断裂带附近。不同成因云质岩由于控制因素以及成岩环境不同,其云质岩储层物性存在一定的差异,热液成因云质岩储层最好,其次为准同生白云岩。

基金项目

国家科技重大专项(2016ZX05002-002)和中国石油化工股份有限公司科技重大攻关课题(P13020)联合资助。

参考文献

- [1] 郭建钢,赵小莉,刘巍,等. 乌尔禾地区风城组白云岩储集层成因及分布[J]. 新疆地质, 2009, 30(6): 699-701.
- [2] 刘敏,张顺存,孔玉华,等. 准噶尔盆地西北缘风城地区二叠系风城组沉积相研究[J]. 新疆地质, 2013, 31(3): 236-242.
- [3] 冯有良,张义杰,王瑞菊,等. 准噶尔盆地西北缘风城组白云岩成因及油气富集因素[J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(6): 685-692.
- [4] 薛晶晶,孙靖,朱筱敏,等. 准噶尔盆地二叠系风城组白云岩储层特征及成因机理分析[J]. 现代地质, 2012, 26(4): 755-761.
- [5] 朱世发,朱筱敏,陶文芳,等. 准噶尔盆地乌夏地区二叠系风城组云质岩类成因研究[J]. 高校地质学报, 2013, 19(1): 38-45.
- [6] 张杰,何周,徐怀宝,等. 乌尔禾—风城地区二叠系白云质岩类岩石学特征及成因分析[J]. 沉积学报, 2012, 30(5): 859-866.
- [7] 蒋宜勤,文华国,祁利祺,等. 准噶尔盆地乌尔禾地区二叠系风城组盐类矿物和成因分析[J]. 矿物岩石, 2012, 32(2): 105-114.
- [8] 尹路,瞿建华,祁利祺,等. 准噶尔盆地风城地区二叠系白云岩化模式[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(5): 542-544.
- [9] 潘晓添. 准噶尔盆地西北缘风城组湖相热液白云岩形成机理[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2013.
- [10] 王圣柱,林会喜,张奎华,等. 准噶尔盆地北缘哈山构造带油气输导系统研究[J]. 特种油气藏, 2015, 22(6): 30-34.
- [11] 杨威,王清华,刘效曾. 塔里木盆地和田河气田下奥陶统白云岩成因[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 544-548.
- [12] 邢秀娟,焦存礼,王毅,等. 塔北地区寒武系白云岩特征与成因研究[J]. 石油试验地质, 2011, 33(2): 130-136.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2163-3967，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org