

文章编号:1672-9854(2007)-02-0023-10

塔里木盆地牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系碳酸盐岩储层成因类型、特征及油气勘探潜力

沈安江¹,王招明²,郑兴平¹,贺晓苏¹,郑多明²

(1 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究所; 2 中国石油塔里木油田分公司)



沈安江

摘要 牙哈—英买力地区是塔北隆起上的主要油气富集区,古潜山风化壳型储层的观点一直主导着该地区寒武系—奥陶系碳酸盐岩油气勘探的思路。但储层精细描述揭示了牙哈—英买力地区除古潜山风化壳型储层外,还发育有暴露浅滩型、层间古岩溶型、白云岩型储层。其中位于古潜山面之下经风化作用改造的白云岩型储层是最有勘探价值的,勘探成功率高。其次是暴露浅滩型储层,油藏类型有早成藏残留型和晚成藏型。暴露浅滩型、层间古岩溶型和白云岩型储层也是很有勘探价值的储层类型。早成藏型原油气藏,位于寒武系—奥陶系与志留系呈假整合接触的地区,与古潜山无关。古潜山风化壳型储层可以形成晚成藏型油气藏,但目前试油结果均为水层,值得进一步探索。

关键词 塔里木盆地;寒武纪;奥陶纪;碳酸盐岩;储集层;储集层特征;油气勘探潜力

中图分类号:TE112.2

文献标识码:A

沈安江 1965年生,博士,高级工程师。长期从事碳酸盐岩储层及岩性地层油气藏方面的研究工作,发表论文20余篇,专著3部。通讯地址:310023 浙江省杭州市西溪路920号;电话:(0571) 85224983

塔北隆起是塔里木盆地油气最富集的地区之一,牙哈—英买力地区又是塔北隆起上的主要油气富集区,它是继轮南、塔中之后又一个碳酸盐岩油气勘探的亮点。截至2005年底,共部署以寒武系—奥陶系为勘探目的层的探井22口,获工业油流井10口,尤其是牙哈5、牙哈7X—1、英买1、英买7、英买32、英买33井相继获得高产,揭示了该区寒武系—奥陶系碳酸盐岩油气勘探的巨大潜力。受轮南古潜山勘探的影响,长期以来,古潜山风化壳型储层的观点主导着牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系碳酸盐岩油气勘探的思路^①,绝大多数探井均以古潜山为勘探对象,虽然取得了勘探上的突破,但也限制了勘探领域的进一步拓展。本研究根据22口井近500个铸体薄片和3000个普通薄片镜下的精细观察,指出牙哈—英买力地区除古潜山风化壳型储层外,还发育暴露浅滩型、层间古岩溶型、白云岩型储层,这些

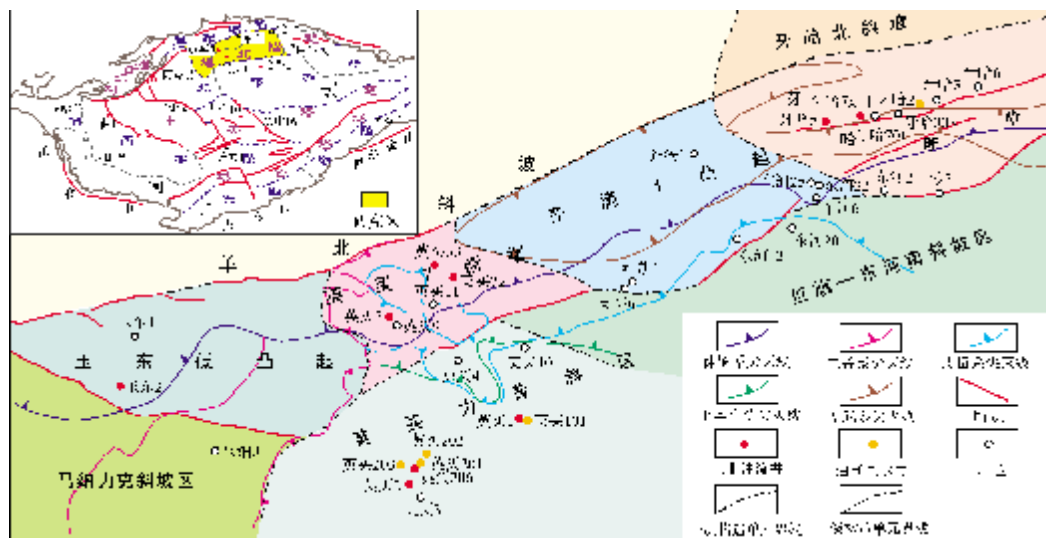
都是更为重要的勘探对象,尤其是位于古潜山面之下的白云岩型储层。现结合沉积—埋藏史,对这四类储层的成因机理、特征及油气勘探潜力作一系统的分析。

1 地质背景概述

研究区主体位于塔北隆起的西部,其北部是库车坳陷的秋里塔格构造带和南部平缓背斜带的南部边缘,中部为塔北隆起的轮台凸起西段,南部为塔北隆起的南喀—英买力构造带和哈拉哈塘凹陷的北部边缘。该区具南北分带、东西分段特征,由北向南依次分为北部斜坡带、中央垒带和南部斜坡带,北部斜坡带包括羊北斜坡和牙哈北斜坡,中央垒带包括玉东低凸起、英买7断褶、齐满1凸起和牙哈断阶,南部斜坡带包括马纳力克斜坡区、英买力背斜含油区和红旗—东河南斜坡区(图1)。

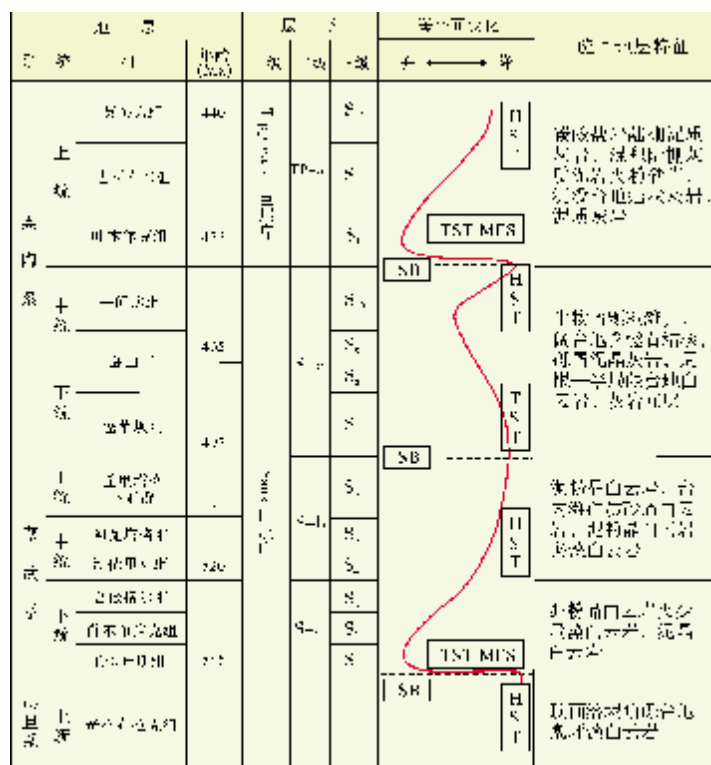
收稿日期:2006-11-14

① 邹义生,王月华,等. 牙哈潜山油气藏勘探成果及含油气远景. 塔里木石油勘探开发指挥部勘探研究中心,1997.

图1 牙哈—英买力地区构造区划图^②

牙哈断阶区地层剥蚀强烈,只出露寒武系;玉东低凸起区和红旗—东河南斜坡区出露的地层为中下奥陶统一间房组和鹰山组,英买7断褶区出露的地

层为下奥陶统蓬莱坝组,马纳力克斜坡区和英买力背斜区奥陶系出露齐全;齐满1凸起区为前震旦系变质岩体。寒武系—奥陶系地层序列见图2。



①: Bank, appearance of the strata in the Taibaling area.
 S-a, S-b, S-c are the stratigraphic units in the Taibaling area.
 S-T: the stratigraphic units in the Taibaling area.

图2 塔北隆起碳酸盐岩地层层序^[1-2]

② 沈安江,贺晓苏,郑兴平. 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系碳酸盐岩沉积储层研究. 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究所,2004.

2 储层成因类型

2.1 暴露浅滩型储层

以牙哈3井、牙哈7X-1井为代表,层位为寒武系和奥陶系,岩性为亮晶颗粒灰岩,颗粒和亮晶方解石胶结物往往发生硅化和云化,但仍保留亮晶颗粒灰岩的组构。

牙哈7X-1井5828.26~5857.73 m井段中途测试,日产油151.73 m³,气88480 m³;牙哈3井5851.14~5940.00 m井段中途测试,日产水828 m³,气9188 m³。

2.1.1 储层成因机理及特征

原岩为各种亮晶颗粒灰岩,以鲕粒为主,形成于高能滩相环境(台地边缘障壁滩或台内滩)。储集岩

为亮晶颗粒白云岩,以牙哈7X-1井为代表(图3a、3b),颗粒组分已白云化但呈泥粉晶结构,为准同生期选择性白云化的结果,粒间充填的亮晶方解石也已白云化但呈细、中晶结构,这说明粒间充填的亮晶方解石在早期大气淡水成岩环境被溶解,残留的亮晶方解石在埋藏成岩环境被白云化呈细、中晶结构。储集空间以粒间溶孔为主,同时发育铸模孔和粒内溶孔。相对海平面下降导致碳酸盐台地暴露、混合水白云化、淡水渗流带亮晶方解石或颗粒组分的溶解、台地被快速淹没是这类储层形成的重要控制因素。早期大气淡水淋溶和埋藏成岩环境有机酸的溶蚀是孔隙形成的关键成岩作用。

这类储层的白云化颗粒在埋藏成岩环境下受硅质热液作用和交代,可形成硅质岩储层,以牙哈3井为代表(图3c、3d),但仍保留亮晶颗粒灰岩的组构。

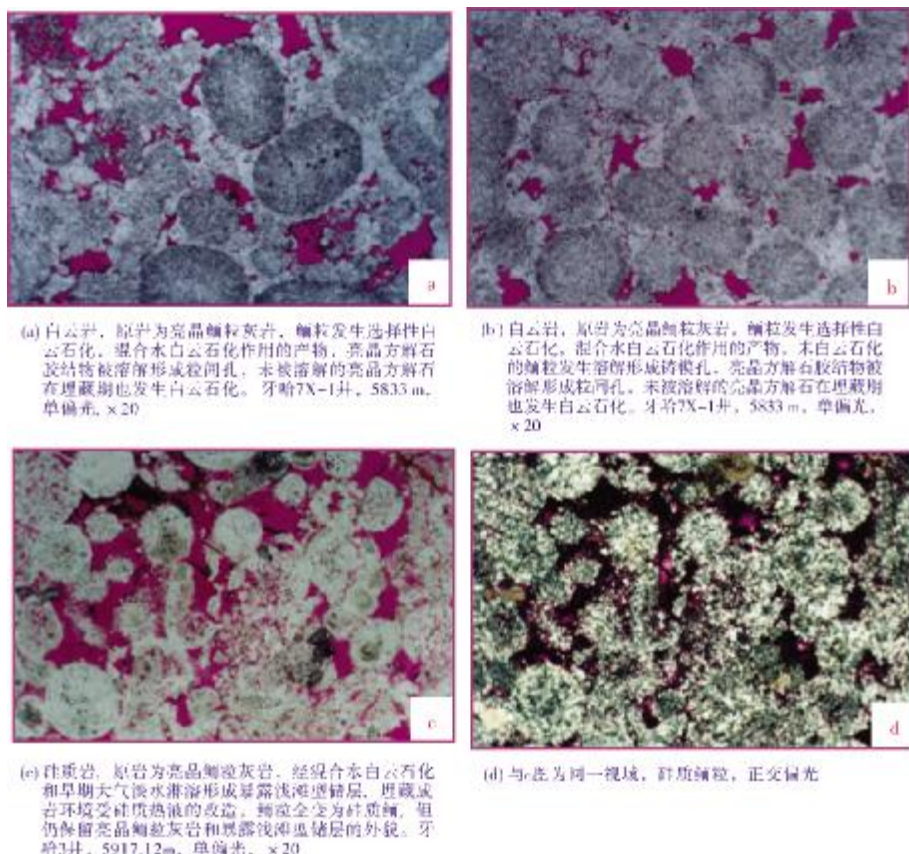


图3 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系暴露浅滩型储层特征

2.1.2 成岩序列及孔隙演化史

沉积—埋藏史 这套储层经历了海水、混合水和蒸发海水、早期大气淡水、埋藏、晚期大气淡水和再埋藏成岩环境(图4)。其成岩序列为:海底胶结

作用→准同生期混合水白云化→淡水淋溶→淡水胶结→压实压溶作用→埋藏白云化(或硅化作用)→有机酸溶蚀→裂隙作用→淡水胶结→淡水淋溶→再埋藏。

孔隙演化史(图4) 海水成岩环境的两期亮晶方解石胶结物使原生粒间孔隙消失殆尽,准同生期混合水白云化使鲕粒白云化,白云石鲕粒具泥粉晶结构。粒间次生溶孔的形成可能与早期大气淡水渗流带溶蚀作用有关,也可能与埋藏成岩环境的有机酸溶蚀有关,或者两者兼而有之。埋藏白云化的标志

是粒间未被溶解的亮晶方解石白云化,而且具晶粒结构,而与鲕粒白云石的泥粉晶结构不同,以牙哈7X—1井为代表。硅化作用的标志是颗粒被硅质交代,硅质颗粒间的粒间孔同样与早期大气淡水渗流带溶蚀作用有关,也可能与埋藏成岩环境的有机酸溶蚀有关,或者两者兼而有之,以牙哈3井为代表。

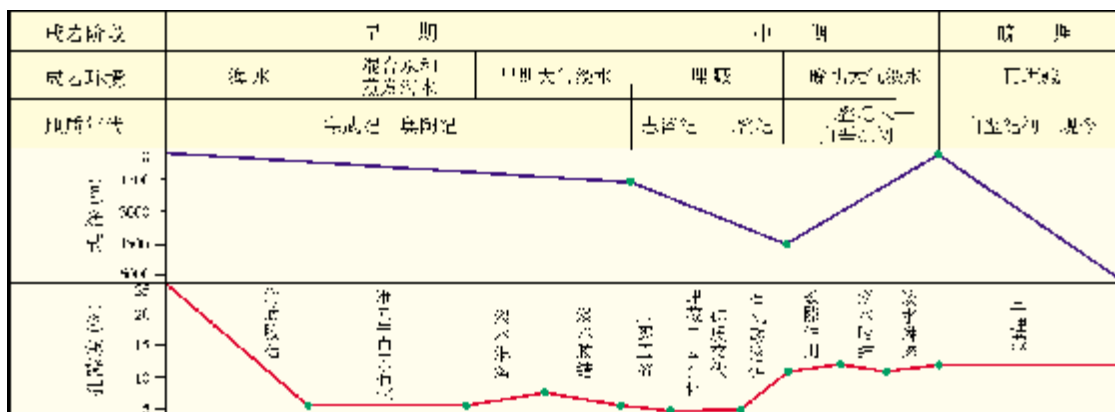


图4 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系暴露浅滩型储层成岩—孔隙演化示意图

2.1.3 储层预测及评价

储层发育受相对海平面升降的控制,由于颗粒灰岩的渗透性好,短期海平面下降和碳酸盐台地暴露就可形成这类储层。未固结和半固结沉积物接受大气淡水淋溶,淡水渗流带形成的各类溶孔在潜流带之所以没有被亮晶方解石完全充填而得以保存,是由于随后相对海平面的快速上升使暴露台地快速淹没,孔隙发育带在淡水潜流带来不及滞留就被埋藏进入埋藏成岩环境的缘故,埋藏溶蚀作用使储层物性得到进一步的改善。

这类储层预测的关键是相对海平面升降分析,代表台地暴露和快速沉没的交界面以下的滩相地层往往会发育这类储层。这类储层与古潜山面的关系不大,实际上在古潜山部位因地层被剥蚀,孔隙发育带也同时被剥蚀。真正的孔隙发育带位于寒武系—奥陶系与志留系呈整合或假整合接触的地区,顺层分布(图5),多套叠置。上奥陶统未见滩相沉积,中奥陶统一间房组台内滩发育,主要见于英买力地区;中一下奥陶统鹰山组中亮晶鲕粒灰岩、亮晶球粒灰岩滩,障壁滩和台内滩均有发育,主要见于英买力地区;下奥陶统蓬莱坝组也发育少量的亮晶鲕粒灰岩、亮晶球粒灰岩滩,障壁滩和台内滩,也主要见于英买力地区。上寒武统发育亮晶球粒灰岩滩,以障壁滩为

主,主要见于牙哈地区,中、下寒武统发育亮晶鲕粒灰岩滩,以障壁滩为主,主要见于牙哈地区。

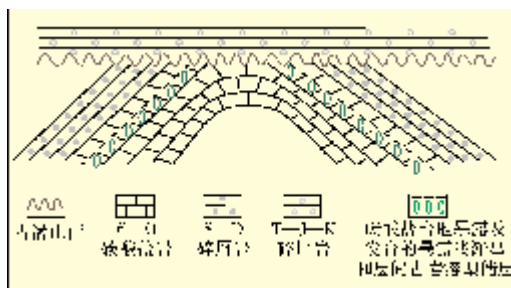


图5 牙哈—英买力地区寒武系奥陶系暴露浅滩型储层和层间古岩溶型储层预测模型

这类储层相对较为均质,属基质孔型储层。最大面孔率为4%~5%,最大孔隙度为7%~8%,平均孔隙度为4.76%,平均渗透率为 $1.56 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储层规模受滩体发育规模的控制,垂向上可多套叠置,综合评价为Ⅱ类储层,是牙哈—英买力地区较有勘探价值的储层类型之一。

2.2 层间古岩溶型储层

此类储层以英买10、11、1、101、2、201、202、203、206、3井为代表,主要见于英买力地区,层位为奥陶系,被巨厚的志留系—泥盆系所覆盖,它们之间

呈平行不整合接触。

英买 11 井 5719.98~5 800.21 m 井段中途测试, 日产水 84.40 m³; 英买 1 井 5 359.00~5376.00 m 井段完井测试, 日产油 211.3 m³; 英买 201 井 6 089.00~6 070.00 m 井段完井测试, 日产水 2.02 m³、油 8.06 m³; 6 052.00~6 041.00 m 井段完井测试, 日产水 8.9 m³、油 16.30 m³; 5 985.00~5 970.00 m 井段完井测试, 日产水 16.76 m³、油 6.28 m³; 5 960.00~5 948.00 m 井段完井测试, 日产水 20.16 m³、油 5.16 m³; 5 885.00~5 844.00 m 井段完井测试, 日产油 4.07 m³; 英买 202 井 6 022.00~6 003.00 m 井段完井测试酸化, 日产油 4.41 m³、水 0.86 m³; 5 897.00~5 879.00 m 井段完井测试, 日产油 5.73 m³、水 13.95 m³; 英买 206 井 5 950.00~5 864.48 m 井段中途测试, 日产油 34.2 m³; 英买 2 井 6 050.00~5 795.65 m 井段中途测试, 日产油 1.52 m³。

2.2.1 储层成因机理及特征

原岩为形成于台地、潟湖和潮坪环境的各种泥晶灰岩、藻泥晶灰岩、泥晶生物屑灰岩和生物屑泥晶灰岩等, 溶孔、溶洞、溶缝发育, 后期还可叠加构造缝, 储集岩与原岩岩性一致。相对海平面下降导致碳酸盐台地暴露、早期大气淡水淋溶未固结或半固结的灰质沉积物是储集空间形成的主要原因。由于泥晶灰岩不如颗粒灰岩的渗透性好, 与暴露浅滩型储层不同, 中长期海平面下降和碳酸盐台地暴露才能形成这类储层。

这类储层的储集空间组合分两种类型: 一是小型的溶孔溶洞溶缝组合, 通过铸体薄片鉴定和岩心就能观察到, 英买 11、1、201、202、206、2 井普遍见有这类储集空间组合, 面孔率小于 1%; 二是大型的溶孔溶洞溶缝组合, 铸体薄片鉴定几乎见不到孔洞缝, 但可通过岩心洞穴充填物或未被充填的孔洞缝、钻时加快、井漏、井喷、钻井放空、渗流粉砂等现象加以判断。如英买 11 井 5 733 m 泥浆外溢 30 m³, 5 798 m 泥浆外溢 15 m³ 和漏失 20 m³, 5 800.02 m 泥浆漏失 5.7 m³, 岩心显示孔洞缝发育; 英买 203 井 6 131.53~6 139.14 m 井漏 224.64 m³ 泥浆, 放空 7.61 m。

2.2.2 成岩序列及孔隙演化史

沉积—埋藏史 这套储层经历了海水、混合水和蒸发海水、早期大气淡水、埋藏、晚期大气淡水和再埋藏成岩环境(图 6), 其成岩序列为: 海底胶结作用→早期大气淡水渗流带溶蚀作用→早期大气淡水潜流带胶结作用→压实压溶作用→裂隙作用。早期大气淡水渗流带溶蚀作用是导致这类储层形成的关键性成岩作用。

孔隙演化史(图 6) 海水成岩环境的两期亮晶方解石胶结使各种原生孔隙消失殆尽, 早期大气淡水渗流带溶蚀作用可以形成不同规模的溶孔、溶洞和溶缝组合。这些孔洞缝因台地快速淹没得以保持, 虽然后期也经历过其它成岩作用的改造, 但已不占主导地位。

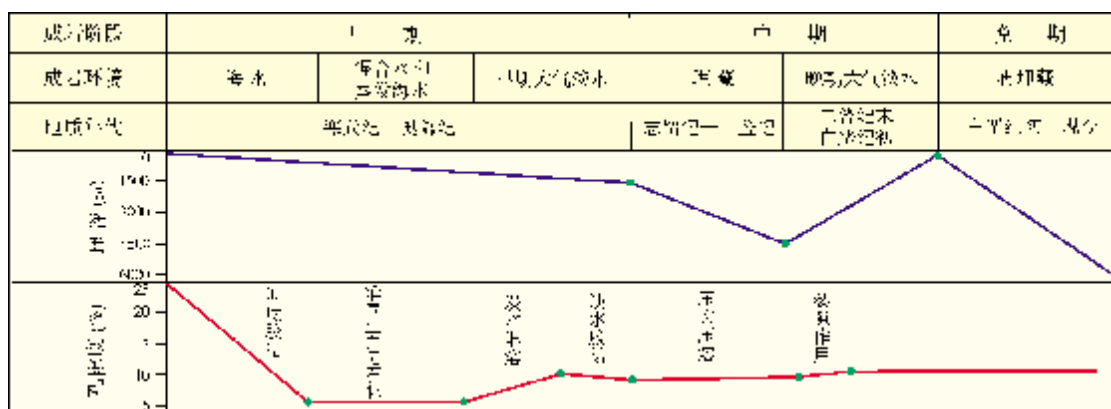


图 6 牙哈—英买力地区寒武系奥陶系层间古岩溶型储层成岩—孔隙演化示意图

2.2.3 储层预测及评价

牙哈—英买力地区至少在以下几个层位具备发育层间古岩溶型储层的条件: ①奥陶系和志留系接触的平行不整合面, 相当于英买力组的顶部, 代表较

长时间台地暴露和沉积间断, 并为英买 3、201、202、206 井所证实; ②一间房组和吐木休克组的沉积间断面, 代表较长时间的台地暴露, 在一间房组的顶部和吐木休克组的底部发育层间古岩溶型储层, 并为

英买1、101、203井所证实;③寒武系和奥陶系接触的平行不整合面,相当于丘里塔格下亚群的顶部,代表较长时间台地暴露的沉积间断面。

上述三个代表台地暴露的沉积间断面恰好与牙哈—英买力地区相对海平面升降旋回的最低点相吻合(图2),由此可以预测震旦系奇格布拉克组顶部也有可能发育这类储层,因震旦系和寒武系之间的平行不整合面也代表较长时间的台地暴露和沉积间断。

这类储层与古潜山风化面无关(图5),非均质性大,属非基质孔型储层,因此,往往导致岩心实测的物性没有代表性,尤其是大型的溶孔溶洞溶缝组合,实测岩心的物性可以很差,但产能却可很高,综合评价为Ⅱ类储层,是牙哈—英买力地区较有勘探价值的储层类型之一。

2.3 白云岩型储层

白云岩型储层大多位于古潜山面之下,实际上是白云岩储层叠加了古潜山风化作用的改造,不能简单地理解为古潜山风化壳型储层,以牙哈5井、牙哈7X-1井和英买32井、英买7井为代表,这类储层是牙哈地区寒武系和英买力地区下奥陶统(蓬莱坝组)非常重要的储层类型。

牙哈5井5801.50~5807.00m井段中途测试,日产油29.08m³、气12782m³;5801.50~5829.70m井段中途测试,日产油2.94m³、气6525m³、水19.94m³;5800.00~5815.00m井段完井测试,日产油37.90m³、水172m³、气29580m³。牙哈7X-1井5817.91~5826.42m井段中途测试,日产油66.59m³、气87003m³;5851.82~5877.85m井段中途测试,日产油131.14m³、气52748m³、水2.64m³;5814.00~5826.00m井段完井测试,日产油145m³、气76337m³。英买32井5407.00~5414.31m井段完井测试酸化,日产油118m³、气3805m³。英买7井5216.00~5266.00m井段完井测试酸化,日产油225.70m³。

2.3.1 储层成因机理及特征

储集岩为细、中、粗晶白云岩,白云石洁净明亮或具雾心亮边,半自形—自形晶。孔隙类型有白云石晶间孔、晶间溶孔和裂缝,孔隙中有硅质充填。据未见有亮晶颗粒结构残余分析,原岩为泥晶灰岩、藻泥晶灰岩、准同生期粉晶白云岩。

这类储层的成因与深埋藏成岩环境下富Mg²⁺

成岩介质导致的白云化和有机酸的溶蚀作用密切相关^[3-5]。原岩在准同生期因白云化作用已成粉晶白云岩或白云质灰岩、灰质白云岩,沿缝合线分布的扩大的次生溶孔、裂缝为高温富Mg²⁺成岩介质提供了通道,奠定了白云岩型储层发育的基础。

进入深埋藏成岩环境后,大致相当于石炭纪—三叠纪,为牙哈—英买力地区主要的岩浆活动期,这时,寒武系—奥陶系埋深也达到5000m以下,高温富Mg²⁺成岩介质导致白云化、白云石重结晶的发生,表现为以下几种形式。

白云化作用 深埋藏成岩环境下灰岩白云化的实质是高温富Mg²⁺成岩介质中的Mg²⁺交代灰岩中的Ca²⁺,交代不完全时,会有未白云化的钙质残余(图7a)。同体积灰岩转化成同体积白云岩时,可增加13%的孔隙度(图7b),以晶间孔、晶间溶孔为主。深埋藏成岩环境下白云化形成的白云石以自形、半自形细—中晶为主,甚至可出现粗晶白云石,它形粉晶白云石主要形成于准同生成岩环境。

粉晶白云石的重结晶作用 准同生期形成的粉晶白云岩在地热(或附近有高温岩体)、高温成岩介质的作用下发生重结晶,形成细—中晶甚至粗晶白云岩,并形成白云石晶间孔、晶间溶孔(图7c)。

有机酸的溶蚀作用 深埋藏成岩环境下未白云化的灰质残余经有机酸的溶蚀形成晶间溶孔(图7d)。

硅质热液作用 白云岩储层的晶间孔、晶间溶孔中往往有硅质充填,这是硅质热液作用的结果。硅质热液的作用包括硅质交代和硅质充填两种类型,牙哈3井因硅质交代成为硅质岩储层,而牙哈5井、英买7井则以硅质充填为特征。

2.3.2 成岩序列及孔隙演化史

沉积—埋藏史 这套储层经历了海水、混合水和蒸发海水、早期大气淡水、埋藏、晚期大气淡水和再埋藏成岩环境(图8)。其成岩序列为:海底胶结作用→准同生期白云化作用→早期大气淡水渗流带溶蚀作用→早期大气淡水潜流带胶结作用→浅埋藏压实作用→裂隙作用Ⅰ及随后的亮晶方解石充填→压溶作用(低幅缝合线)→沿缝合线发育的溶蚀作用→沿缝合线发育的白云化作用→裂隙作用Ⅱ及随后的亮晶方解石充填→高温富Mg²⁺成岩介质中的Mg²⁺交代灰岩中的Ca²⁺白云化作用→硅质充填→

裂隙作用→晚期大气淡水胶结→晚期大气淡水淋溶→再埋藏。

孔隙演化史(图8) 海水成岩环境的两期亮晶方解石胶结使各种原生孔隙消失殆尽,准同生期白云化作用形成的泥粉晶结构白云岩对孔隙增减作用不大,早期大气淡水渗流带形成的次生溶孔在潜流带也很快被亮晶方解石充填,埋藏成岩环境经历

的压实压溶作用、裂隙作用、胶结作用和溶蚀作用使孔隙有增有减,但总量基本平衡,不足以形成有效储层,真正有意义的是高温富 Mg^{2+} 成岩介质中 Mg^{2+} 交代灰岩中的 Ca^{2+} 导致白云化形成大量的晶间孔和晶间溶孔,有机酸还可使未白云化的残留灰质溶蚀形成少量的溶孔,常见硅质充填晶间孔和晶间溶孔。

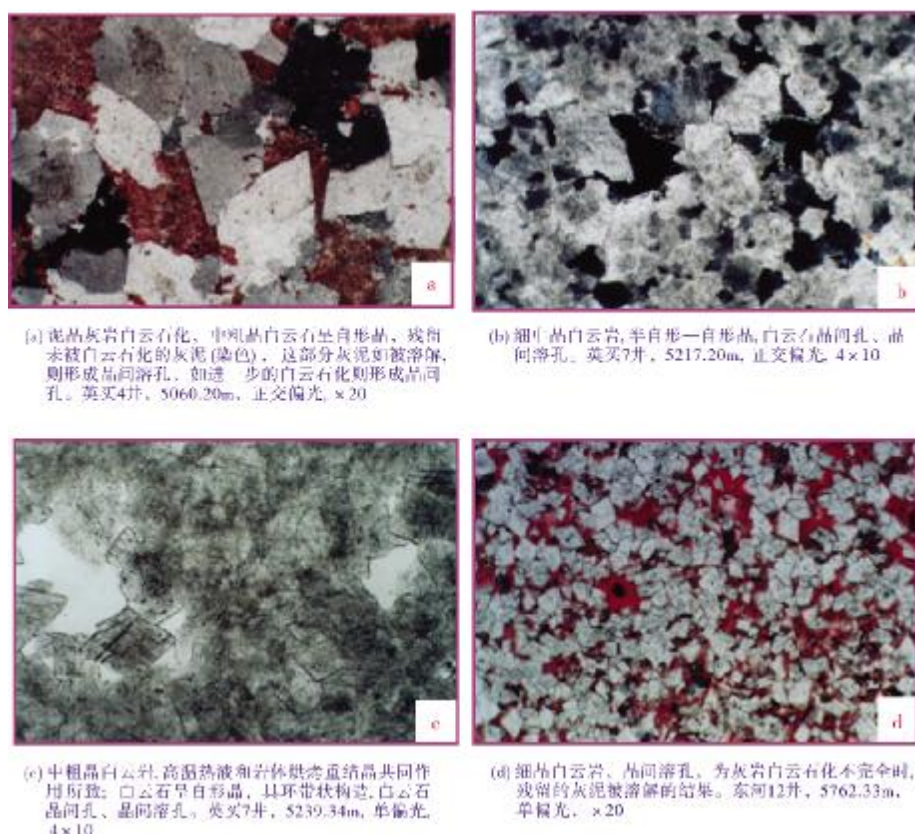


图7 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系层间古岩溶型储层特征

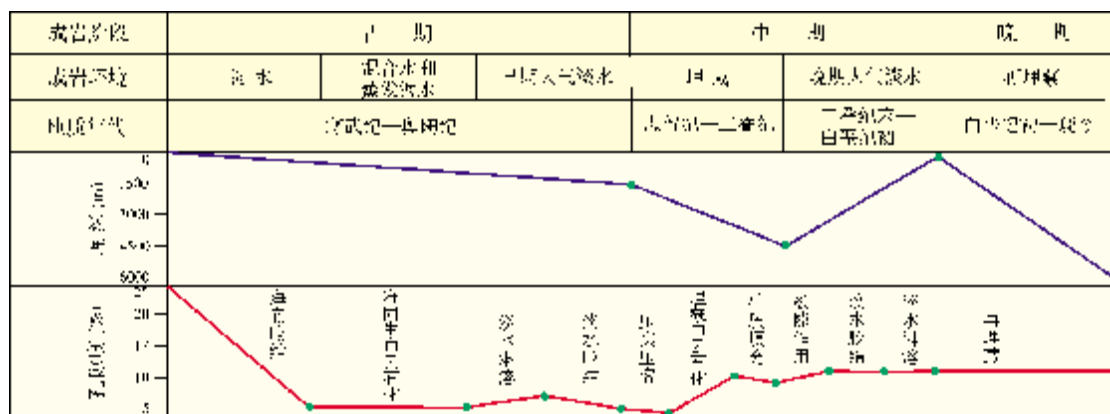


图8 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系白云岩型储层成岩—孔隙演化示意图

2.3.3 储层预测及评价

这类储层的发育与深埋藏成岩环境下热液(硅质热液、高温富 Mg^{2+} 区域地下卤水、有机酸)作用密切相关。储层分布受深埋热液的活动范围所控制,储层预测要围绕下述两个基本原则:一是有深埋热液形成条件的地区;二是深埋热液的流体通道,沿热液通道的附近是这类储层的有利发育区,断层、古潜山面、层序界面、基底拆离面、裂缝系统是常见的流体通道(图9)。牙哈地区的寒武系和英买力地区下奥陶统蓬莱坝组及之下的地层以白云岩为特征,沿热液通道的附近均可发育这类储层,其勘探范围远远超出古潜山所分布的范围。

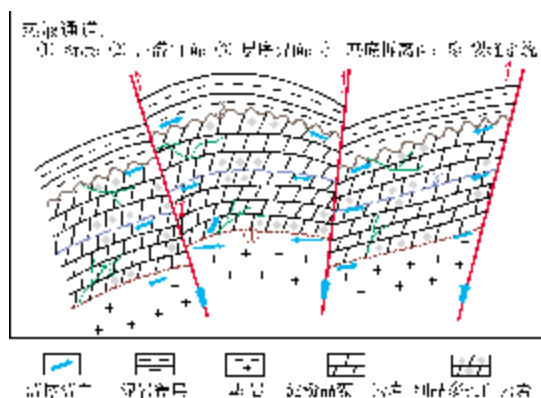


图9 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系白云岩型储层预测模型

有效储层本身属基质孔型储层,较为均质,但并不是所有的白云岩均为有效储层,大多数白云岩都是致密的,只有断层、古潜山面、层序界面、基底拆离面、裂缝系统附近热液活动活跃的地区才发育有效储层。最大面孔率为3%~4%,最大孔隙度为4%

~6%,平均孔隙度为2.96%,平均渗透率为 $0.86 \times 10^{-3} \mu m^2$,综合评价为I类储层,是牙哈—英买力地区最有勘探价值的储层类型。

2.4 古潜山风化壳型储层

前已述及,牙哈—英买力地区古潜山风化壳型储层并不发育,大多数为位于古潜山风化面之下的白云岩储层叠加古潜山风化作用的改造,真正的古潜山风化壳型储层以英买4、6、9井和红旗2、玉东2井为代表(表1)。

2.4.1 储层成因机理及特征

原岩为形成于局限或开阔台地、潟湖和潮坪环境的各种泥晶灰岩、藻泥晶灰岩、泥晶生物屑灰岩、生物屑泥晶灰岩等,储集岩与原岩岩性一致,溶孔、溶洞、溶缝发育。构造运动导致地层暴露剥蚀,裂隙作用和晚期大气淡水淋溶是储层形成的关键成岩作用,构造抬升过程中形成的断裂和裂缝为大气淡水渗流提供通道。

这类储层为已固结的碳酸盐岩被大气淡水淋溶的产物,以大型的溶孔溶洞溶缝组合为特征,铸体薄片鉴定几乎见不到孔洞缝,但可通过岩心洞穴充填物或未被充填的孔洞缝、钻时加快、井漏、井喷、钻井放空、渗流粉砂等现象加以判断。上覆地层为侏罗系或白垩系,垂向上可叠置发育,储层的发育受古潜山面控制,离古潜山面深度不超过200m(表1)。

2.4.2 成岩序列及孔隙演化史

沉积—埋藏史 这套储层经历了海水、混合水

表1 牙哈—英买力地区古潜山风化壳型储层特征

井号	上覆地层	井段 (m)	放空厚度 (m)	泥浆漏失 (m ³)	潜山面埋深 (m)	距潜山面深度 (m)	试油
红旗2	K	5505.00	5.28	83.15	5445.50	59.50	—
玉东2	J	4949.00~4956.90	7.90	112.40	4945.00	4.00	—
		5025.90~5042.00	16.15	124.30		80.85	
		5118.40~5350.00	231.61	904.00		173.39	
英买4	J	5088.00~5102.00	14.00	—	5036.00	52.00	水 107 m ³ /d
		5123.00~5126.00	3.00			87.00	
		5127.80~5133.30	5.50			91.80	
		5215.90~5233.90	18.00			179.90	
英买6	J	5467.05~5600.00	—	—	5450.00	17.05	水 81.3 m ³ /d
英买9	K	5131.31~5516.00	—	—	5125.00	6.31	水 20.6 m ³ /d

和蒸发海水、早期大气淡水、埋藏、晚期大气淡水和再埋藏成岩环境(图10)。其成岩序列为:海底胶结作用→早期大气淡水渗流带溶蚀作用→早期大气淡水潜流带亮晶方解石胶结作用→浅埋藏压实作用→裂隙作用Ⅰ及随后的亮晶方解石充填→压溶作用(低幅缝合线)→沿缝合线发育的溶蚀作用→沿缝合线发育的白云化作用→裂隙作用Ⅱ及随后的亮晶方解石充填→裂隙作用Ⅲ导致岩石角砾化→晚期大

气淡水渗流带溶蚀作用及溶蚀角砾岩。

孔隙演化史(图10) 虽然在构造抬升和接受晚期大气淡水淋溶前经历过各种复杂的成岩作用,孔隙有增有减,但总量基本平衡,不足以形成有效储层,真正有意义的是裂隙作用Ⅲ及由此导致的角砾化、晚期大气淡水渗流带溶蚀作用及由此导致的溶蚀角砾岩,形成不同级别的溶孔、溶洞和溶缝,并在随后的再埋藏成岩环境中得以保存。

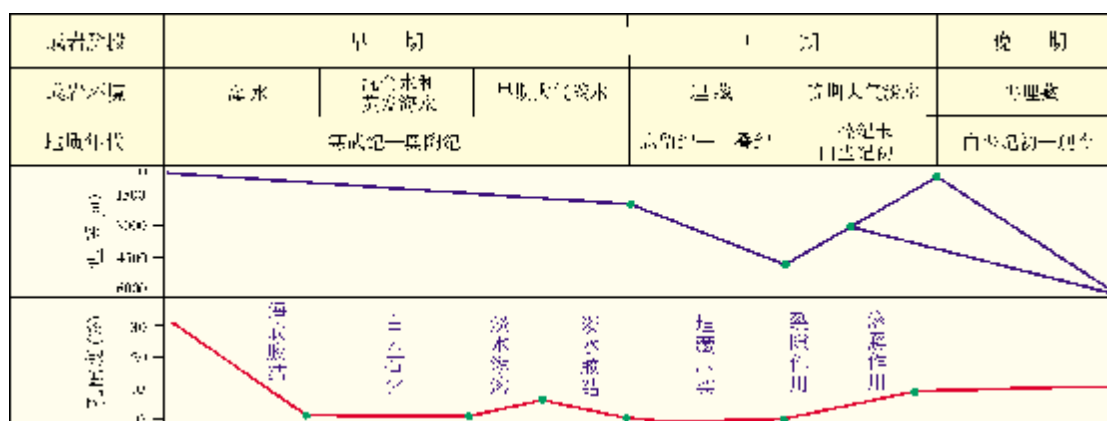


图10 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系古潜山风化壳型储层成岩—孔隙演化示意图

2.4.3 储层预测及评价

储层分布于古潜山面之下的奥陶系灰岩、白云质灰岩及灰质白云岩分布区,溶孔溶洞溶缝成排分布,并不是分布在古潜山的最高点,而是分布在古潜山的腰部或底部,随着潜水面的变化,可以在不同的深度发育几排平行的溶孔溶洞溶缝。

这类储层非均质性大,属非基质孔型储层,导致岩心实测的物性没有代表性,尤其是大型的溶孔溶洞溶缝组合,岩心实测的物性可以很差,但产能却很高,综合评价为Ⅱ类储层,是英买力地区较有勘探价值的储层类型之一。

3 勘探潜力分析

牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系油气藏按油气来源的不同^[6]可分为两类油气系统,一是库车油气系统,二是满加尔油气系统。

满加尔油气系统的油气来自满加尔凹陷的下古生界烃源岩,其中,中—上奥陶统泥灰岩和中—下寒武统泥质烃源岩有机质丰度约1%,母质类型为腐泥型,属优质烃源岩。成熟度较高,寒武系烃源岩处于高一过成熟期,奥陶系也达成熟晚期—高成熟期,

油气生成高峰期 of 海西期。盖层为上奥陶统及志留系泥质岩,油气藏属早成藏型(图11a)。

库车油气系统的油气来自库车前陆盆地三叠系和侏罗系烃源岩,三叠系烃源岩以湖相暗色泥岩为主,厚约230~470 m,有机碳含量0.32%~10.1%,均值2%左右。侏罗系烃源岩以沼泽相煤、碳质泥岩及湖相暗色泥岩为主,厚约250~565 m,泥岩的有机碳含量0.22%~13.47%,均值1.62%~3.78%,有机质类型为腐植型。该烃源岩中新世后进入生烃高峰,以成熟—高成熟为主,部分地区达到过成熟。盖层以白垩系卡普沙良群泥岩为主,油气主要聚集在垒带及其以北的地区(图11b),油气藏属晚成藏型。

暴露浅滩型、层间古岩溶型和白云岩型储层形成时间早,与满加尔油气系统油气运移高峰期相匹配,形成早成藏型油气藏。这类油气藏与古潜山面的关系不大,实际上在古潜山部位因地层被剥蚀,孔隙发育带也同时被剥蚀,早成藏型的油气藏也因抬升和暴露地表而遭到破坏,或变为沥青,或成为残留油气藏;与这类储层相关的油气藏位于寒武系—奥陶系与志留系呈假整合接触的地区,勘探领域远大于古潜山,目前所钻的探井几乎都打在古潜山高点上,实际上是忽视了与这类储层相关的油气藏的勘探。

古潜山面之下的储层类型复杂,不仅是古潜山风化壳型储层,还有早期的暴露浅滩型、层间古岩溶型和白云岩型储层或油藏经过叠加改造,都可形成残留油气藏,或与库车油气系统油气运移高峰期相匹配而形成晚成藏型油气藏。实际上,古潜山风化壳型储层的成藏条件并不好,英买4井、英买6井、英买9井试油结果均为水层,而白云岩型储层和暴露浅滩型储层的成藏条件较好,牙哈3井、牙哈5井、牙哈7X-1井和英买32井、英买7井试油均获工业产能,油藏类型有早成藏残留型和晚成藏型。

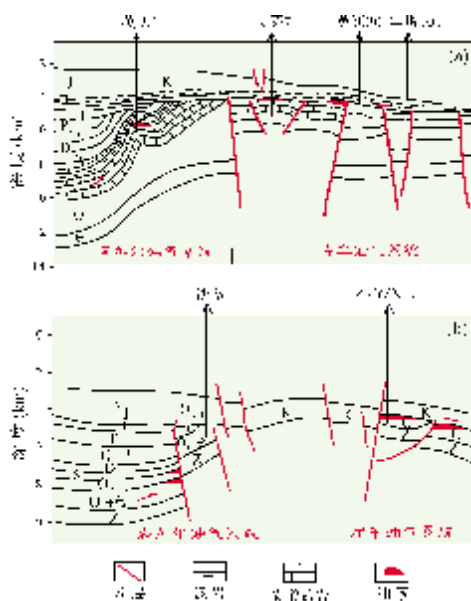


图11 牙哈—英买力地区寒武系—奥陶系油气成藏模式

由此可以分析牙哈—英买力地区不同类型储层的勘探潜力。位于古潜山面之下的白云岩型储层叠加古潜山风化作用改造是最有勘探价值的储层类型,勘探成功率高。其次是暴露浅滩型储层,油藏类型有早成藏残留型和晚成藏型。暴露浅滩型、层间古岩溶型和白云岩型储层也是很有勘探价值的储层类型。早成藏型原生油气藏,位于寒武系—奥陶系与志留系呈假整合接触的地区,与古潜山无关;古潜山风化壳型储层可以形成晚成藏型油气藏,但目前未有成功的勘探实例,试油结果均为水层,是值得进一步探索的储层类型。

参考文献

- [1] 赵治信,张桂芝. 塔里木盆地井下奥陶纪牙形石及地层[C] // 童晓光,等. 塔里木盆地油气勘探论文集. 新疆科技卫生出版社,1992:64-74.
- [2] 赵治信,张桂芝,肖继南. 新疆古生代地层及牙形石[M]. 北京:石油工业出版社,2000.
- [3] Deffeyes K S, Lucia F J, Weyl P K. Dolomitization of recent and Plio-Pleistocene sediments by marine evaporite waters in Bonaire, Netherlands Antilles [C] // Pray L C, Murry R C. Dolomitization and Limestone Diagenesis. SEMP Spec. Publ. 1965,13:71-88.
- [4] Badiozamani K. The dorag dolomitization model-application to Middle Ordovician of Wisconsin [J]. J. Sed. Petrology,1973,43:965-984.
- [5] Mattes B W, Mountjoy E W. Burial dolomitization of the Upper Devonian Miette Buildup, Jasper National Park, Alberta [C] // Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L. Concepts and Models of Dolomitization. SEMP Spec. Publ., 1980, 28: 259-297.
- [6] Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum system [J]. AAPG Bull., 1991, 75(10):1626-1643.

编辑:金顺爱

Genesis Classification and Characteristics of Cambrian-Ordovician Carbonate Reservoirs and Petroleum Exploration Potential in Yaka-Yengimahalla Area, Tarim Basin

Shen Anjiang, Wang Zhaoming, Zheng Xingping, He Xiaosu, Zheng Duoming

Abstract: Oil and gas are concentrated in Yaka-Yengimahalla Area in Tabei Uplift, where the Cambrian-Ordovician carbonate reservoirs have been before taken for weathering crust of buried paleohill in exploration attempt. Recent fine description of reservoirs reveals that there are other types of reservoirs such as exposed shoal, interbedded paleo-karst and dolostone reservoirs. The weathering-reformed dolostone reservoir beneath buried paleohill surface is best expectant to exploration success, and the exposed shoal reservoir is next. The exposed shoal reservoir can be classified into the remnant one of early hydrocarbon accumulation and the one of late hydrocarbon accumulation. The primary reservoir of early hydrocarbon accumulation is irrelative with the buried paleohill in this area. The weathering crust reservoir of buried paleohill may be late accumulated but the producing test shows it is an aquifer.

Key words: Ordovician; Carbonate reservoir; Reservoir Characteristics; Hydrocarbon potential; Yaka-Yengimahalla Area; Tarim Basin

Shen Anjiang: male, Doctor, Senior Geologist. Add: Hangzhou Institute of Petroleum Geology, RIPED, PetroChina, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China