

文章编号: 1000-0550(2010)05-0945-08

# 沙特鲁卜哈里盆地 Unayzah 组砂岩储层特征

张峭楠

(油气藏地质及开发工程国家重点实验室 成都理工大学 成都 610059)

**摘要** 沙特鲁卜哈里盆地 Unayzah 组是中东地区重要的含油气层位,野外地质调查研究和钻井地质研究的结果表明,Unayzah 组的沉积环境是在干旱条件下沉积的风成沙丘、干盐湖、季节性辫状河流以及风化壳。由于 Unayzah 组砂岩中石英含量比较高,岩石类型主要为石英砂岩,成岩作用较为简单,成岩作用对储层的改造和影响比较小。储集空间类型主要为粒间孔隙。Unayzah 组是鲁卜哈里盆地油气勘探的主要目的层。

**关键词** 储层 Unayzah 组 鲁卜哈里盆地 沙特

**作者简介** 张峭楠 男 1957 年出生 教授 博士生导师 E-mail: zsr@cdut.edu.cn

**中图分类号** TE122.2+21 文献标识码 A

鲁卜哈利 (Rub' Al-Khali) 盆地位于波斯湾盆地内大地构造背景最为稳定的二级构造单元中,构造变动较为微弱<sup>[1-3]</sup>。盆地西北部与中阿拉伯穹隆相邻,东部逐渐过渡为东鲁卜哈利次盆的深凹,南部位于西鲁卜哈利次盆的腹地及卡塔尔隆起的南缘倾伏端(图 1)。

Unayzah 组主要为一套紫红色砂泥岩沉积。岩石粒度变化较大,从粉、细砂岩变化至中粒、粗粒砂岩及砾岩沉积。本组出现多层由粗向上逐渐变细的正韵律层序。杂色及灰白色砾岩,砾石以硅质为主,见绿色和白色碎屑,白色碎屑较软。杂色,紫红色含砾中粗粒砂岩,见斜层理、平行层理、交错层理。中细粒砂岩、粉砂岩及砂质泥岩,具小型槽状交错层理及水流波纹;局部见沉积滑动变形。本组地层中部及上部见 2~3 层胶结疏松的石英砂岩,分选和磨圆均好,分析为风成砂岩。Unayzah 组储层岩石学的特征为岩石类型比较多,有石英砂岩、长石石英砂岩和岩屑砂岩。由于在 Unayzah 组沉积时,整个环境主要为干盐湖,季节性的河流以及洪水带入碎屑物质进入盆地,因此,岩石的成分比较复杂。Unayzah 组是阿拉伯盆地重要的产油层位,因此,在盆地的北部研究比较多,而在鲁卜哈里盆地,由于处在勘探的早期,资料比较少,研究程度较低。本研究是在野外地质调查和有限的钻井资料研究的基础上对该层的储层特征进行讨论。Unayzah 组是典型的大陆红层沉积<sup>[4,5]</sup>,它主要有各种砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩沉积组成,在一些钻

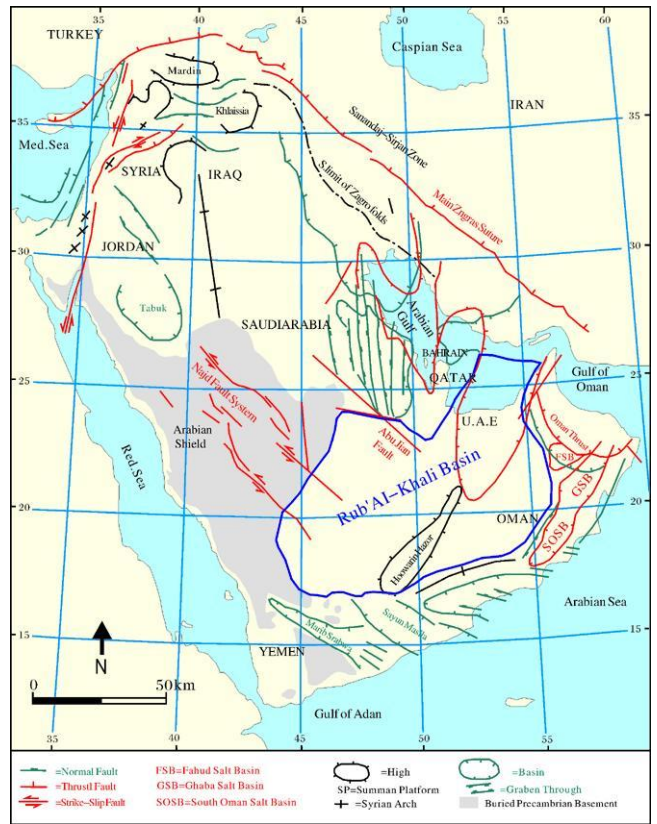


图 1 阿拉伯板块主要构造单元及盆地位置图  
Fig 1 The main tectonic units of Arabia plate and location of Rub' Al-Khali Basin

井中可以看到硬石膏岩薄层和硬石膏结核。在地层上 Unayzah 组底部为前 Unayzah 组不整合面,其顶部

也为一个区域不整合面。区域地质研究表明, Unayzah组的沉积相类型有冲积扇、风成砂、季节性河流和干盐湖, 这些沉积类型都以红色为基调, 因此, 在野外和钻井岩心中极易识别。

## 1 Unayzah组的沉积相类型

### 1.1 风成砂沉积

风成砂沉积是 Unayzah组的重要组成部分, 而且在盆地的北部也是重要的储集岩石之一, 由于在风成沉积中, 碎屑的分选和磨圆非常好, 因此, 储集性能最为优越。风成沉积在盆地内以两种形式存在, 一种是以风成沙丘的形式, 一种是以风成薄层或者混积在粉砂岩或者泥岩中。

#### 1.1.1 风成沙丘

在野外露头上, Unayzah组的风成沙丘沉积主要表现为具有大型交错层里的沙丘和块状砂岩组合在一起<sup>[6]</sup> (图 2), 在钻井岩心中, 风成沙丘的沉积表现为高角度的交错层理以及松散的砂岩。野外所观察到的风成沙丘在不同的剖面位置所显示出来的规模也有很大差别。在 Buraydah地区, 风成沙丘的厚度较大, 沙丘最厚处可达 2.5 m 在沙丘尖灭处, 交错层理

的角度逐渐变缓, 反映出是一个较为宽缓的沙丘沉积。在 Yadamh地区风成沙丘的厚度较小, 厚度约 60 cm 但是交错层理的角度比较高约为 40°左右, 是典型的风成沉积。在钻井岩心中, 风成沙丘的高角度交错层理清晰可见 (图 3), 一个连续的风成沙丘厚度可达 10 m 和风成沙丘沉积组合在一起的低角度交错层理红色砂岩也是风成沙丘组合的一部分, 它是在风成沙丘之间或者在风成沙丘的背风面, 由于风所携带的沙子经过风成沙丘随能量的减弱而沉积下来。



图 2 二叠系 Unayzah地层中的风成沙丘沉积和风成块状砂岩  
Fig 2 Eolian dune sandstone deposit of Unayzah Formation



图 3 钻井岩心揭示的风成沙丘沉积, 高角度的交错层理, 细到中粒结构, 分选好, 磨圆好。

Shamah-1 井岩心照片

Fig 3 Eolian dune deposit showing high-angle cross bedding in the core which consists of well sorted and roundness and fine to medium grained sandstone Well Shamah-1 core photo

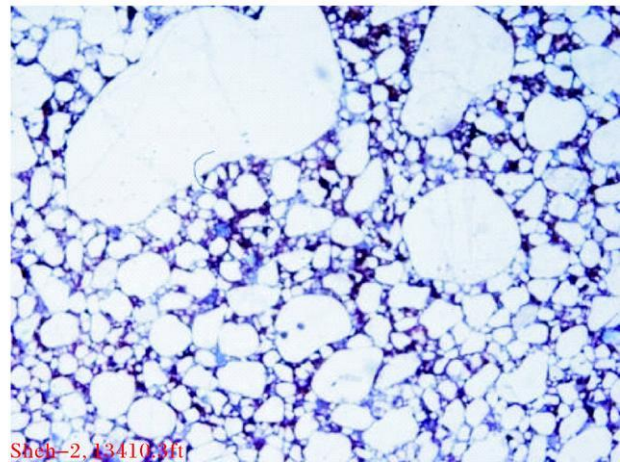
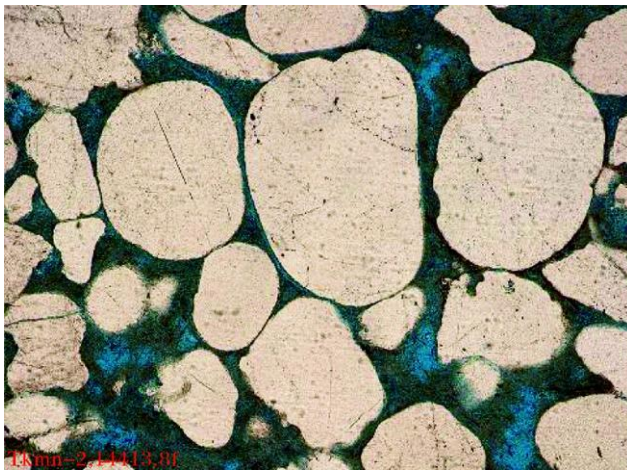


图 4 薄片中的风成砂岩的双峰结构, 细粒沙子充填在粗粒颗粒的空隙之中。碎屑的磨圆度较高。

Fig 4 Bimodal size distribution of eolian sandstones in thin section. Fine sand filled in the pores composed by coarse grains. The coarse grains are well rounded. Photos from thin section of Wells of Tkma-2 and Sheh-0002

### 1. 1. 2 风成混合沉积

风成混合沉积是指在其它沉积物中可以识别出有风的作用所沉积下来的碎屑, 最常见的是砾质沙漠 (Regs) 沉积和季节性辫状河道沉积中含有风成沉积碎屑。砾质沙漠沉积在现代的沙漠中比较常见, 在砾石中含有分选好和磨圆好的风成砂, 因此, 在结构上具有典型的双峰结构, 粗粒的峰值部分为粗粒、极粗粒的砂或者砾石, 细粒的峰值部分为粗粉砂或者细粉砂级。砾质沙漠的成因主要是由于风的作用, 细粒部分被风所带走, 而残留下风所不能携带的粗粒物质, 因粗粒部分具有较大的孔隙, 能够允许粉砂级的碎屑保存在孔隙中, 粗粒部分阻挡了风的作用, 使得细粒部分能够保存下来, 形成双峰结构。图 4 表现了在显微镜下这种典型双峰结构的风成砂沉积特征。

在季节性辫状河道沉积物中也可以识别出风成沙的沉积<sup>[7]</sup>, 由于季节性辫状河道长期暴露在大气之中, 在枯水季节, 没有流水沉积, 只有风的作用, 在风的作用下, 河道表面的沉积物被改造, 风所携带的沉积物也可在干枯的河道中沉积下来, 这些沉积物可以形成薄的透镜体, 也可以形成不连续的薄层, 一些风成沙也可以和残积在河道中的滞留粗粒沉积物混合沉积在一起。风成沙常常集中在季节性河道的背风部分或者河道的一侧, 在河道中出现风成沙, 也说明河道具有季节性的特征。

### 1. 2 季节性辫状河流沉积

在 Unayzah 组的野外露头和钻井岩心中经常可见在褐红色的粉砂质泥岩中夹有厚度不等的中粒砂

岩和含砾粗—中粒砂岩, 以及具有密度流特征的砂质粉砂岩。在这些砂岩中交错层理比较发育, 岩石的颜色比较杂, 有灰色、灰黄色和褐黄色以及它们的混合颜色。图 5 是 FYDH-1 井 Unayzah 组季节性辫状河

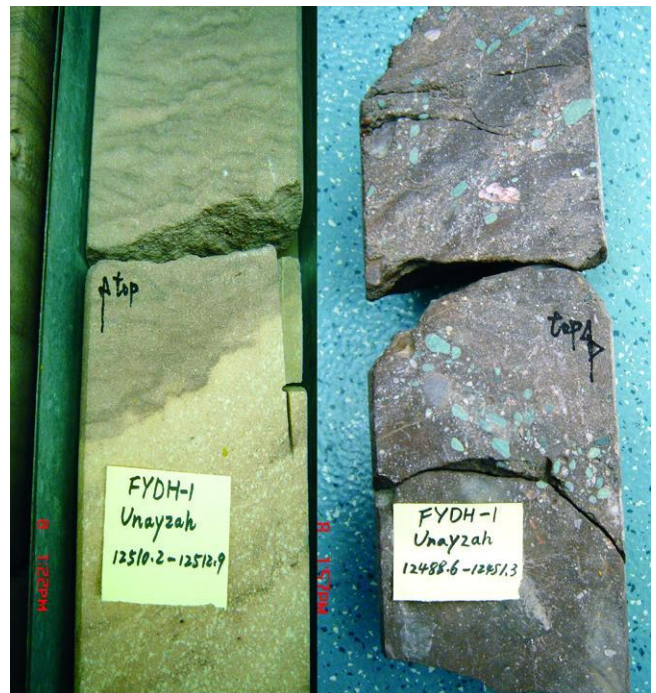


图 5 FYDH-1 井岩芯, 砾质砂岩及含砾砂岩, 冲刷现象明显, 粗粒砾石集中在岩石的底部。频繁的冲刷反映了河道的变迁和阵发性的洪水暴发

Fig 5 Conglomeratic coarse sandstone and pebbly sandstone showing frequently erosion. Conglomerate concentrated on the base which reflected the shifting of braided river and seasonal flooding

流的岩芯照片,从图中可以看出,季节性辫状河流的冲刷性比较明显,灰绿色小砾石多顺层排列,形成交错层理,其上部具有明显的冲刷特征,岩石的分选较差,砾石具有一定的磨圆度,定向排列,砾石成分主要为河道冲刷侵蚀侧向的粉砂质泥岩。粒度较粗的砾石集中在每一韵律的底部。图中也可见到,这种韵律性在不同时期其沉积厚度有较大的变化,可能反映了季节性的变化以及气候的变化,韵律比较厚的沉积反映河流持续时间长,而韵律比较薄的沉积可能反映了河流的频繁改道,说明阵发性的洪水沉积,冲刷频繁,碎屑分选差,杂基含量高<sup>[8,9]</sup>。

薄片粒度分析的结果表明,在季节性辫状河道中粒度曲线有两种特征(图 6)。一种曲线特征表现为粒度分选比较好,曲线斜率高,反映水体能量比较高,而且持续流动的特点;一种表现为粒度分布不集中,曲线斜率低,反映混和沉积的特点。在同一段岩心中,在没有明显的环境变化的情况下,说明了水体流动的不稳定性,在稳定流体的作用下,碎屑分选好,粒度集中,在洪水时期,流体的流态变化比较大,导致碎屑的分选变化也比较大,形成了粒度分布范围较宽的特点。沉积构造的组合表明,冲刷现象比较明显,而

且在砂岩中交错层理也比较发育。

### 1.3 干盐湖沉积

在野外露头区,Unayzah组中的干盐湖沉积及其组合表现为一套红色砾质沙漠,之上为一套红色细砂岩,向上为红色粉砂质泥页岩,中夹多层 0.5 m 厚度石膏层,向上为灰色细粉砂岩,顶面见波痕。这一套沉积特征表明,干盐湖的沉积是短暂的,而且湖水的盐度也只达到膏盐沉积的盐度,说明尽管蒸发作用比较强,即便没有大量水体的供给,也达不到石盐沉积的盐度。其灰色的具有波痕细粉砂岩沉积,可能反映了湖水比较多时的沉积特点。从野外露头的资料看,干盐湖沉积的寿命比较短暂,而且水体的多寡取决于泄水的来源和供给的量。在干旱气候条件下,缺少水的供给就决定了沙漠中湖泊的季节性和暂时性。

在钻井岩心中,干盐湖的沉积表现为连续薄层的粉砂质泥岩,泥岩的纹层构造发育,而在有些钻井岩心中,红色的泥岩成厚层块状,不显示层理特征,尤其是在粉砂质泥岩中表现最为明显。Senalp(2005 workshop discussion)认为由这种简单的粉砂质泥岩和泥质粉砂岩薄互层沉积可能构成了干盐湖的主要

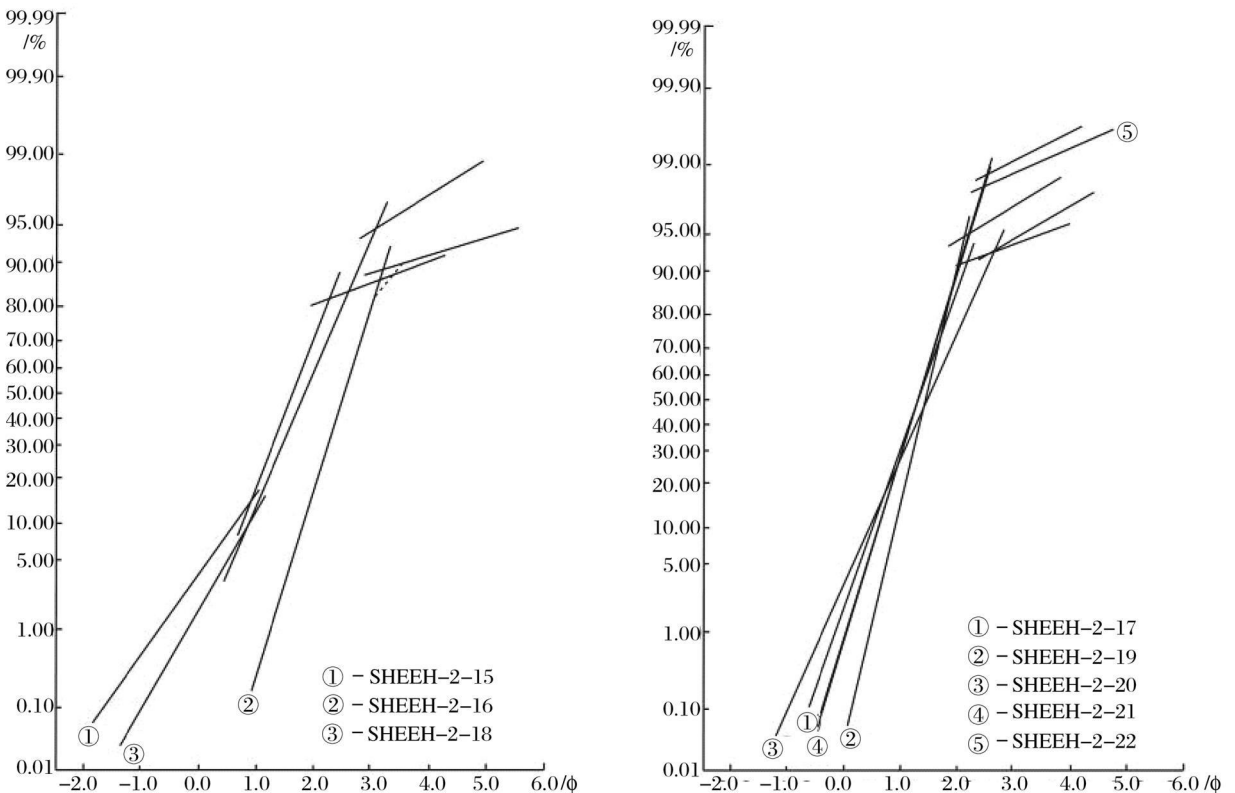


图 6 季节性辫状河道沉积的粒度概率分布曲线

Fig 6 Grain size distribution of ephemeral braided river deposit

沉积类型,在野外的一些露头上,它们常常和泥流沉积很接近,而这些泥流沉积是冲积扇的末端沉积特征。纹层状的泥岩沉积常夹在厚层状的泥岩和粉砂岩地层中。纹层状泥岩代表了湖水短缺时的沉积,而厚层的或者没有层理的泥岩和粉砂岩则代表了洪水季节向湖中补充水量时的沉积特征。在泥岩中有时可以见到干裂作用,在干裂中充填的物质可以是和干裂泥岩相同的物质,也可以是粉砂或者泥质粉砂。此外,在野外的剖面中还可见到的另一种地质现象就是古土壤。通常人们把古土壤作为一个层序的界面,代表了一次较大规模的构造活动,也就是人们常说的古风化壳。因为干燥的气候条件、季节性的湖水泛滥,暂时性的湖泊,季节性的辫状河流沉积,这些沉积环境都说明在 Unayzah 组绝大部分时间沉积物是暴露在大气之中,并遭受风化作用,在长期没有接受到沉积作用的地方,所经历的就是风化作用,因此古土壤的存在也证明了干盐湖的暂时性发育的特征。古土壤带的发育特征主要表现为与周围岩性的不协调,为含有钙质结核和硅质结核的松散红色泥土。

## 2 UNAYZAH 组的储层岩石学特征

UNAYZAH 组在岩心观察中主要为一套紫红色砂泥岩沉积。岩石粒度变化较大,从粉细砂岩变化至中粒、粗粒砂岩及砾岩沉积。本组出现多层由粗向上逐渐变细的层序。杂色及灰白色砾岩,砾石以硅质为主,见绿色和白色碎屑,白色碎屑较软。杂色,紫红色含砾中粗粒砂岩,见斜层理、平行层理、交错层理。中细粒砂岩、粉砂岩及砂质泥岩,具小型槽状交错层理及水流波纹;局部见沉积滑动变形。本组地层中部及上部见 2~3 层胶结疏松的石英砂岩,分选和磨圆均好,分析为风成砂岩。粉砂岩及泥岩中见干裂。本组织地层岩心中裂缝不发育,偶见裂缝存在。

在显微镜下,通过薄片鉴定,UNAYZAH 组储层岩石学的特征为岩石类型比较多,有石英砂岩、长石石英砂岩和岩屑砂岩。石英砂岩:在石英砂岩中石英的含量多为 98% 左右,在一些薄片,石英砂岩的石英含量可达 100%。石英碎屑的圆度比较高。胶结物可见有硅质胶结、钙质胶结和泥质胶结三种类型,一般胶结物类型组合为钙质和硅质胶结组合,硅质和泥质胶结组合。钙质胶结通常为斑块状,或者单个粗大的方解石晶体充填粒间孔隙作为胶结物,偶尔可见方解石交代石英的现象。硅质胶结是最为常见的胶结物类型,基本上都是以石英次生加大的形式产出。

泥质胶结为泥质杂基全充填于粒间孔隙,阻碍了石英的次生加大,因而没有硅质的沉淀。在石英砂岩中,尤其在泥质石英砂岩中,可见岩石具有双峰结构特征,两种粒度的石英碎屑混杂沉积,不论粒度大小,石英碎屑的圆度都非常好,呈圆状和次圆状。这种石英砂岩可能属于风成沉积成因。岩屑砂岩:岩屑石英砂岩主要见于 MKSR-1 井的薄片,表现为碎屑的成分主要为石英和岩屑两种类型,石英的含量在 65%~67% 之间,石英的分选和圆度比较差,石英为棱角状。填隙物为泥质,泥质含量较高,一般为 10%~15% 左右;岩屑类型主要为泥质岩岩屑,表面比较脏,受压而变形。在这种填隙物的岩石中,成岩作用比较简单,几乎没有石英的胶结作用发生。岩屑石英砂岩:主要见于 MKSR-1 井中,石英碎屑的分选较好,次生加大明显,石英含量约 80% 左右;岩屑为泥质岩屑为主,岩屑多顺层排列,集中分布,长石少见。填隙物可见斑状的钙质胶结 2%,石英次生加大胶结明显,含量约 6% 左右。长石石英砂岩:长石石英砂岩在薄片较为少见,仅在 TKMN-2 井中有一块薄片为长石石英砂岩,长石含量约为 4% 左右,长石的溶蚀现象明显,长石大部分被溶,仅留下零星的长石残余。石英含量 94% 左右,石英的圆度高、分选好。填隙物主要是泥质杂基。

除了上述的几种主要岩石类型外,在薄片下还可见到石英杂砂岩类型,石英碎屑局部呈漂浮状分散在泥质基质中,这可能是由于洪水作用造成的,由于孔隙不发育,不属于储集岩类。

## 3 储层成岩作用特征

由于 UNAYZAH 组是在干燥气候条件下沉积的岩石,气候的变化以及水流的变化对早期岩石的成岩作用影响较大,主要表现为随季节的变化,沉积物经常暴露在大气之中,在浅埋藏的深度,亦即在活跃的地下水影响范围内,成岩作用最为复杂。根据薄片鉴定的结果,UNAYZA 组砂岩的成岩作用有:风化作用、细粒物质的机械渗入作用、硅质和钙质的结核作用、溶解作用、胶结作用、压实作用和自生矿物的形成作用。

### 3.1 风化作用

在岩心观察中发现 NYM-2 井 8 634~8 653 ft 和 BRDH-1 井中 4 593~4 606 ft 的取心中可见都有将近 1 m 厚的风化壳沉积特征,如图 7 所示,岩石已经风化成蜂窝状,表明风化作用的强度比较大,也反

映了在 UNAYZAH 组的沉积过程中曾经历了明显的构造抬升作用,或许有些沉积物被风化剥蚀掉。这种风化作用可能有利于下伏沉积物次生孔隙的发育。



图 7 岩心中见风化作用特征,岩石已被风化  
成蜂窝状钙结壳

Fig 7 The rock has been deeply weathered as honeycomb  
being calcrete core photo of Well NYM-2

### 3.2 机械渗入作用

机械渗入作用最早是由 Walker T R<sup>[8,9]</sup>提出来的,通过对美国西南部和墨西哥西北部新生代冲积物的研究,以及对现代活动的冲积扇表面、干谷、常年河流河道的研究,并通过室内模拟发现,在粗粒冲积物中,当其刚沉积时,由于强的水流冲刷,孔隙间基本上不存在杂基,而对钻井收集的全新世样品的研究表明,在距地表几英尺之下的粗粒碎屑中出现了丰富的粘土矿物杂基,他认为造成这种现象的原因是地表径流在流动过程中,流体所携带的细粒物质在流经这些粗粒沉积物时向下渗流所造成的。Walker 根据渗入物质在孔隙中的分布和排列特征划分出四种成因机制:在渗流带的聚集作用;近潜水面的聚集作用;在不透水层之上的聚集作用;近源渗入作用。刘宝珺等<sup>[10]</sup>对于干旱气候条件下陆相红层沉积的砂岩成岩作用中,根据成岩结构特征建立了近地表成岩环境,在不同的成岩环境中,机械渗入作用的表现形式不同。根据对 UNAYZAH 组岩石薄片的观察,可以识别出两种作用机理,即渗流带的杂基聚集作用和潜流带的聚集作用。

由于在 UNAYZAH 组沉积时,整个盆地的气候属于干旱气候,在盆地沉积为干盐湖,因此,具有发育机械渗入作用的条件。在所观察的薄片,这种作用仅

见于 TKMN-2 井中,从沉积背景看,在 UNAYZAH 组中都应该有这种成岩作用,可能是取心的原因,或者薄片取样的原因在 MKSR-1 井中没有观察到,此外, MKSR-1 井中仅有三块薄片,不能代表整个井和 UNAYZAH 组的实际情况。下面就薄片观察的成岩现象进行描述。

**渗流带的机械渗入作用:**由于在渗流带内孔隙水是不饱和的,是饱气带,水体的存在方式为颗粒表面的薄膜水或者呈悬挂的水滴,当表面径流携带碎屑物质流经多孔的沉积物时,细小的物质受薄膜水表面张力的作用而在颗粒表面排列,呈包壳的形式沉淀在颗粒的表面,如在 TKMN-2 井,井深为 14 429.4 ft 处,可见这种特征。细粒的粘土物质围绕颗粒沉淀,埋藏后的重结晶作用使其具有光性特征。此外,如果细粒物质比较多,沉积物孔隙发育,则有可能出现粒间孔隙被所有细屑物质所充填。在渗流带,由于重力的影响,细屑物质是从上向下聚集,渗入的深度取决于渗流带的发育深度。

**潜流带的机械渗入作用:**在渗流带内,在重力作用下,水流的流动方向与潜流带明显不同,在潜流带,由于孔隙中是饱和水的,因此,细屑物质到达潜流带就从垂向运移变为横向运动,因此,其细屑物质的产出特征与渗流带完全不同,表现为近于水平的泥质纹层,如 TKMN-2 井,深度为 14 408.5 ft 处的填隙物特征,可见多处都有近于水平方向发育的泥质纹层。在同一块薄片,出现有两种的机械渗入作用的产物,表明,当时的这一深度处于渗流带和潜流带的交替深度(图 8)。

### 3.3 结核作用

结核作用在 Unayzah 组主要表现为硅质结核的发育,如在薄片可见各种类型的硅质结核,结核物质的矿物成分为玉髓,在正交偏光下,光学性质为波状消光。这种硅质结核的形成可能是在潜流带内由于孔隙水中硅质过饱和而呈结核沉淀下来。因为,如果是在成岩后期形成,则不可能有如此发育的空间,只能在沉积物沉积后不久就发生这种成岩作用,因为压实作用很弱,加上淡水的溶蚀作用,就有空间使得硅质结核形成,也有水流不断的供应硅质。因此,结核作用应该发生在成岩作用的早期。也可能在机械渗入作用之后就发生了。

### 3.4 溶解作用

在薄片下观察到的溶解作用主要为长石和极不稳定矿物的溶解,以及粘土杂基的溶解作用。长石

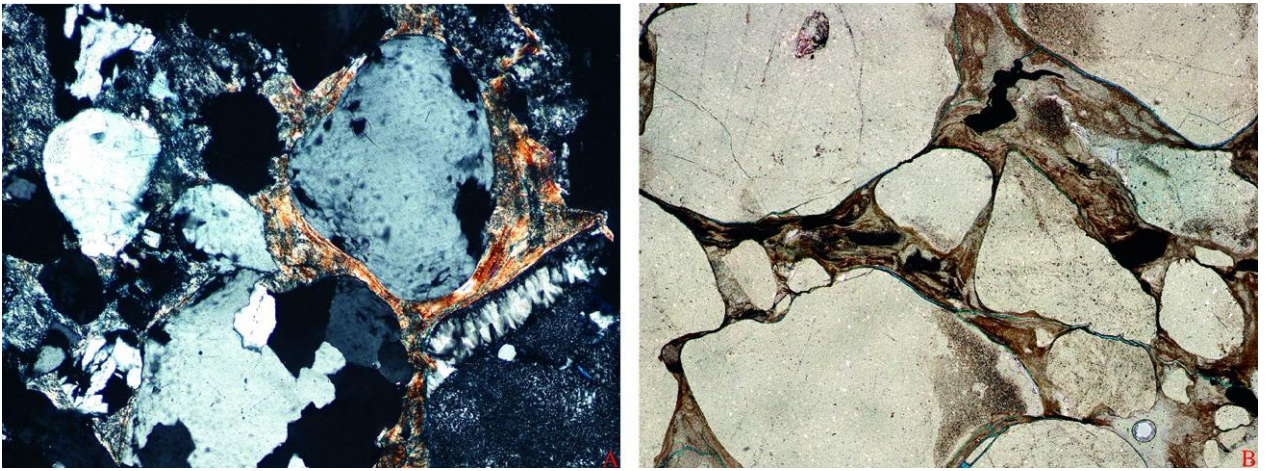


图 8 机械渗入作用。A 为在渗流带大气淡水携带细粒物质向下渗入, 在颗粒周围形成粘土的富集, 同时有硅质的结晶作用; B 为在潜流带流体由纵向改变为横向流动, 携带的的细粒物质沉积在粒间大孔隙中, 可见有纹层状的特征, 因压实作用而发生变形。Tkmm-2 井, 14 408 5 ft

Fig 8 Mechanic infiltration A Fresh water with fine clast penetrated downward into sediments and deposited around the clast and silica precipitated in the pore in the vadose zone B Fresh water flow in the horizontal direction in sediments the fine fragments along with the water deposited in the pores and shows the laminated layer and deformation by compaction Thin section photo from Well Tkmm-2 14 408 5 ft in depth

的溶解作用可见长石部分溶解的现象。杂基的溶蚀作用在 Unayzah 组较为常见, 可见粒间充填的杂基具有明显的溶蚀作用, 孔隙中还残留有部分杂基, 这种溶蚀作用有利于次生孔隙的发育。在 TKMN-2 井中的薄片观察表明, 在杂基胶结的石英砂岩中, 由于杂基溶蚀而形成的孔隙为主要的储集空间类型。

### 3.5 胶结作用

胶结作用在 Unayzah 组主要为方解石的胶结作用、石英的胶结作用。方解石的胶结作用可以分为两种类型, 一种是方解石呈连晶结构, 呈斑状胶结, 含量可达 15%, 彻底破坏粒间孔隙; 一种是后期的粗晶方解石胶结作用, 半充填粒间孔隙, 并对碎屑石英具有交代作用, 从薄片观察统计的结果看, 方解石的胶结作用局部发育, 并非普遍存在。石英的胶结作用在 Unayzah 组比较发育, 而且胶结作用比较强, 石英呈次生加大的方式充填于粒间孔隙, 对孔隙的破坏较强, 所观察到的石英胶结作用几乎彻底破坏了粒间孔隙。

### 3.6 压实作用

压实作用在细粒砂岩中比较发育, 在中粒和较粗粒砂岩中不发育, 在中粒砂岩中颗粒的接触关系主要为点接触, 少量的线接触, 凹凸接触不常见, 因此, 压实作用在 Unayzah 组不太发育。

## 4 储层物性特征

Unayzah 组的储层物性特征, 从孔隙度分布特征看 (图 9), 孔隙度的分布比较散乱, 仅有 5% 的孔隙度分布频率高一些, 同时也可以看出, 在 Unayzah 组, 孔隙度较大的样品也存在比较好的孔隙度, 由于在 MKSR-1 井中 Unayzah 组的厚度比较薄, 相对于其它储集层段而言, 储集条件稍差。在 TKMN-2 井的 Unayzah 组的孔隙度分布在 4% 出现主峰值, 在 15% 左右也有一个高峰值, 说明储层变化比较大。薄片鉴定的结果表明, 在 Unayzah 组中, 孔隙类型主要为残余的粒间孔隙, 少量粒间溶蚀孔隙。在风成沙丘和季

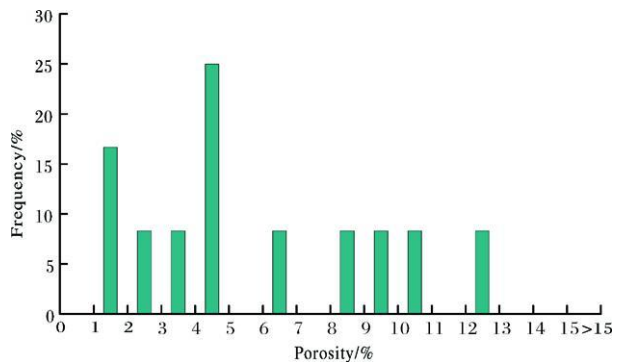


图 9 MKSR-1 井 UNAYZAH 组岩心分析孔隙度分布

Fig 9 Distribution of sandstone porosity of

Unayzah Formation

节性辫状河道砂岩中,岩石的储集物性较好,可能会出现高的孔隙度。从区域分布看,Unayzah组是主要的勘探目的层之一。

## 5 结论

根据对 Unayzah组的沉积特征、岩石学特征、成岩作用和物性特征的分析,表明 Unayzah组具有较好的储集性能,尤其是在风成砂和季节性辫状河道砂岩发育良好的优质储层。受成岩作用的影响,在中到粗粒石英砂岩中由于不稳定矿物的溶解以及较弱的压实作用,粒间孔隙得以保存,成为有利的储集岩石。

此文恰逢刘宝珺院士 80诞辰,作为刘宝珺老师的学生谨以此文祝贺刘宝珺老师寿辰,感谢刘宝珺老师多年来对我的培养、关怀和照顾!也愿刘宝珺老师身体健康,为我国沉积地质事业的发展培养更多的人才,促进沉积地质学的发展。

### 参考文献 (References)

- Ziegler M A. Late Permian to Hobeocene paleofacies evolution of the Arabian plate and its hydrocarbon occurrences [J]. *GeoArabia* 2001, 6 (3): 445-504
- Stoesser D B, Camp V E. Pan-African micro-plate accretion of the Arabian shield [J]. *Geological Society of America Bulletin* 1985, 96: 817-826
- Wendor L E, Bryant J W, Dickens M F, et al. Paleozoic (Pre-Khuff) hydrocarbon geology of the Ghawar Area, Eastern Arabia [J]. *GeoArabia* 1998, 3(2): 273-302
- Sharland P R, Archer T, Casey D M, et al. Arabian Plate Sequence Stratigraphy [M]. *GeoArabia Special Publication 2*. Gulf PetroLink Bahrain, 2001: 371
- Sharland P R, Casey D M, Davies R B, et al. Arabian plate sequence stratigraphy-revisions to SP2 [J]. *GeoArabia* 2004, 9(1): 199-214
- Walker R G, James N P. Facies Models [M]. *Geological Association of Canada* 2002
- 张哨楠, 王成善, 余光明. 西雅尔岗地区晚白垩和老第三纪冲积扇及扇三角洲环境 [J]. *矿物岩石*, 1985, 5(3): 39-51 [Zhang Shaonan, Wang Chengshan, Yu Guangming. The alluvial fan and fan delta environment of late Cretaceous and Paleogene Period in Xiyagong district, Tibet, China [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology* 1985, 5(3): 39-51]
- Turner P. Continental Red Beds. *Developments in Sedimentology* 1980, 29
- Walker T R. Diagenesis in first-cycle desert alluvium of Cenozoic age, southwestern United States and Northwestern Mexico [J]. *Geological Society of America* 1978, 89(1): 19-32
- 刘宝珺, 余光明, 王成善, 等. 西藏北部西雅尔岗地区白垩一第三系红层的成岩作用及成岩环境 [J]. *沉积学报*, 1989, 7(1): 11-28 [Liu Baojun, Yu Guangming, Wang Chengshan, et al. Diagenesis and diagenetic environments of Cretaceous-Tertiary red-beds in the Xiyagang Region of Northern Tibet [J]. *Acta Sedimentologica Sinica* 1989, 7(1): 11-28]

# Characteristics of Sandstone Reservoirs in Unayzah Formation in Rub Al Khali Basin Saudi Arabia

ZHANG Shao-nan

(State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

**Abstract** Unayzah Formation is one of the most important exploration target in Rub Al Khali Basin Saudi Arabia. The depositional facies analysis based on the studies of field investigation and well cores and thin section research shows the dune, seasonal river, playa and paleosol environments. The rocks are mainly quartzite which has the high porosity and fair permeability. The sandstone diagenesis of Unayzah Formation has experienced the mechanic infiltration, concretions, dissolution, cementation and compaction. The diagenesis has relatively less influenced the quality of sandstone reservoirs because of the weak compaction and cementation. The pore types are mainly intergranular pores maintaining the good reservoir space.

**Key words** reservoir; Unayzah Formation; Rub Al Khali Basin; Saudi Arabia