

# 塔里木盆地白垩统沉积相特征 及储集条件<sup>①</sup>

陈 跃

(地矿部石油地质中心实验室, 无锡 214151)

白垩统沉积是塔里木盆地重要的含油气层位, 本文对白垩统地层进行了较系统和详细的沉积相研究, 从沉积相特征及储集岩特征等方面, 阐述了白垩统的油气前景。

关键词 白垩统 沉积相 储集岩

作者简介 陈 跃 男 34岁 工程师 石油地质

## 1 沉积概况

塔里木盆地早白垩世古地理基本上继承了晚侏罗世的格局, 古昆仑山和古天山仍然保持了侏罗纪中高山剥蚀区的面貌。白垩统沉积主要分布于塔东北及塔西南两个大构造的拗陷区内, 在民丰—若羌断陷区仅零星分布于几个小型的山前洼地内, 中央隆起区缺失沉积。白垩统地层大都与下伏侏罗系地层呈角度不整合, 局部超覆在二叠—三叠系地层之上。

### 1.1 塔东北拗陷区

白垩统地层称“卡普沙良群”, 北起天山南缘, 南越过中央隆起到北民丰—罗布庄断隆北侧, 西包括阿瓦提断陷, 东至孔雀河斜坡及其以南地区。面积较三叠—侏罗系分布有所扩大, 最明显的是原先的沙雅隆起已明显下沉, 库车拗陷与阿瓦提—满加尔拗陷连成一个统一的前陆盆地, 发育成一个 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的内陆湖盆, 沉积物主要来源于古天山, 自北至南可分为以下几个沉积区域。

#### 1.1.1 库车拗陷

受天山的逆掩负载作用, 不断向下挠曲成最主要的沉降中心, 卡普沙良河剖面实测厚达1457m, 其下部亚格列木组, 称为“城墙砾岩”, 为略带红色色调的中厚层—块状中、细砾岩及含砾粗砂岩; 中、上部舒善河组及巴西盖组为紫红、棕红色砂质泥岩夹灰绿色细砂岩、粉砂岩薄层。沉积厚度最发育处位于卡普沙良河至库车河沿天山山前一带, 在靠近沙雅水下隆起处一般厚200~300m。

#### 1.1.2 沙雅水下隆起

在三叠—侏罗纪时为隆起, 至早白垩世时, 大部分地区开始接受沉积, 仅残存羊塔克库

<sup>①</sup> 本文是“八五”国家重点科技攻关项目“塔里木盆地中、新生界沉积特征及储集条件研究”的部分成果, 参加工作的有陈荣林、朱洪发、罗月明、刘仿俊、徐良发、李宪祥、方明等同志

都克南、库车东的牙哈、轮台以东等几个孤岛。以沙5井为例,下白垩统厚450m,它位于沙雅隆起北侧的雅克拉构造上,由该井向东西均有变薄趋势。其沉积韵律由下而上反映出一个粗一细一粗的完整旋回,不整合于下侏罗统地层之上。

### 1.1.3 阿瓦提—满加尔拗陷

下白垩统沉积主要发育于阿瓦提断陷东部及满加尔拗陷,并一直向南扩展至北民丰—罗布庄断陷北侧。呈一平坦而开阔的浅盆,沉积厚度一般200~300m,最厚处也仅500m左右(如塔中—井厚381m)。其岩性:下部为褐黄色粉砂岩与灰白、棕黄色细砂岩互层夹棕褐色泥岩薄层,底部见粗砂岩。中部由下往上粒度由粗变细,由砾状砂岩、含砾不等粒砂岩、细砂岩、粉砂岩及少量泥岩构成。上部为棕黄色不等粒砂岩、中砂岩、灰白色细砂岩及浅棕黄色粉砂岩等。

### 1.2 西南拗陷区

下白垩统称为“克孜勒苏群”,西起中塔(塔吉克共和国)边境,沿西昆仑山北麓向东南延伸和田一带,构成南厚北薄的箕状形态,往北逐渐向麦盖提斜坡上超覆,分布面积10多万平方公里。普遍不整合或假整合于中、下侏罗统之上,为一套红色碎屑岩系。在层序上可明显地分为两个旋回:下旋回下部为棕红色夹灰绿色块状中—细粒复矿砂岩、棕色砾岩、砂质泥岩等,横向变化大;上部为棕红色厚层—块状细粒砂岩,夹少量砾岩和泥岩,砂岩中交错层理发育;上旋回为杂色中细粒石英砂岩夹泥岩和砾岩条带,常见大型板状及槽状交错层理。实测康苏及乌依塔克剖面,厚度达1200余米。在拗陷区最西端西姆哈纳剖面,以红色色调为主的砂、砾岩厚500余米。拗陷东南部玉力群—杜瓦一带,为褐红色砂砾岩,局部为棕褐色泥岩,厚度较薄,至杜瓦剖面仅厚43m。地震资料表明:下白垩统在叶城至皮山沿和田深大断裂北侧较厚,往北变薄。Y-79-320线反映,克孜勒苏群向麦盖提斜坡逐渐上超,大约在CDP号450处尖灭。

### 1.3 东南断陷区

下白垩统分布于布雅、普鲁、且末等几个很小的凹陷内,为一套红色碎屑岩系与下伏侏罗系呈低角度不整合接触。且末县其格勒克剖面厚302m,可分为两个旋回,下旋回下部为浅黄色中厚层状砾岩及含砾粗砂岩,中部为浅棕红色中薄层状钙质粉砂岩夹细砂岩,上部为灰绿色中薄层状石膏质中—细砂岩;上旋回下部为灰绿色中厚层状含砾粗砂岩,上部为棕红色中薄层状粉砂质泥岩与细砂岩不等厚互层。于田县南普鲁煤矿向斜核部下白垩统为一套褐红、灰紫色砂岩、粉砂岩夹薄层泥岩,厚600余米。

## 2 沉积相

塔里木盆地早白垩世为大陆沉积环境,根据岩性、沉积构造、生物组合、粒度分布及钻井电性特征,全盆从沉积体系可分为3个沉积相组合(图1)。

### 2.1 冲积扇相组合(I)

主要分布于盆地周缘,为山区河流的出口处,沿山坡向盆地呈扇形撒开,局部扇体发育地区,扇体相连叠置呈扇裙,并形成巨大的冲积扇体系。如卡普沙良河剖面亚格列木组中、下部,发育冲积扇扇体及扇中沉积,其沉积特征表现为砾岩及滞留砾岩的成分复杂,大多为中

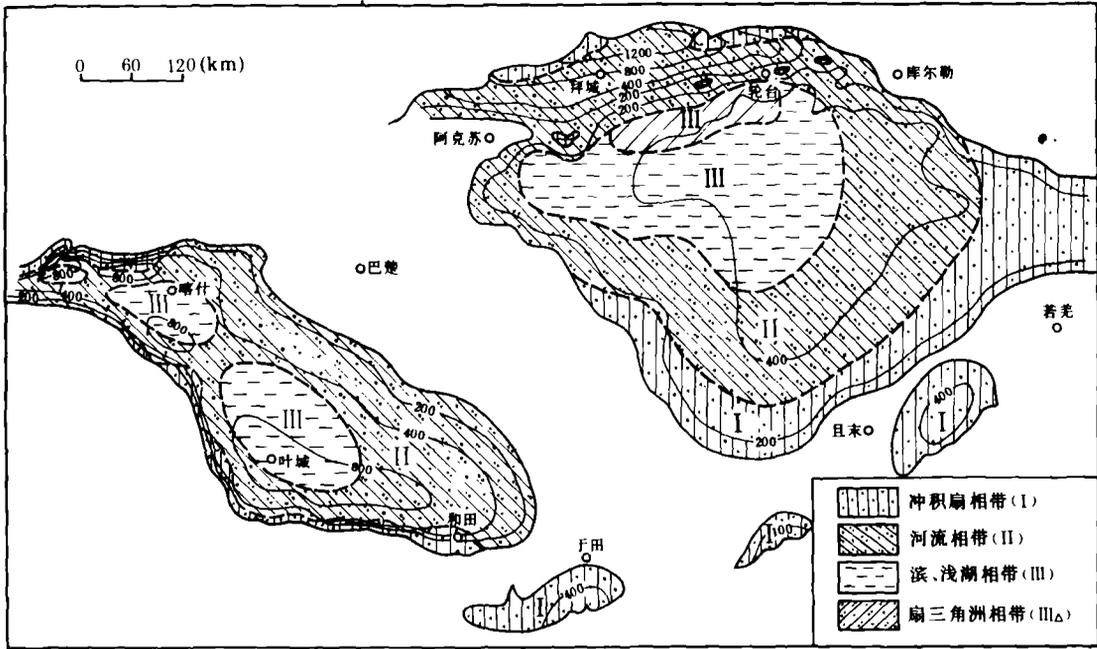


图 1 塔里木盆地早白垩世沉积相图

—粗砾岩,含砾粗砂岩,分选差,棱角-次棱角状,砾岩排列杂乱,层理不显,具底冲刷构造。砾石大小悬殊,一般为中-粗砾,少量砾石可达 20cm,为典型的冲积扇扇根沉积。扇中沉积的砂岩大多为粗-中粒级,砂岩分选差-中等,次棱角状,且常夹砾岩条带;砂岩中大型板状交错层理、槽状交错层理极为发育,并见底冲刷构造。纵向剖面上,上述砾岩常与砂岩互相叠合(图 2),横向上扇体形态常呈指状交错产出。

### 2.2 河流相组合(I)

河流相在盆地中分布广泛,沉积巨厚,以中-细碎屑为主,发育辫状河及曲流河亚相的若干微相。

#### 2.2.1 河道微相

由于河道水体流动属牵引流性质,因而河流携带沉积物的粒度变化大,砂、砾为主要沉积物。由于水流的冲刷分选,不断的将细颗粒物带走而粗粒的砂、砾残留在河床底部形成滞留沉积,常呈透镜状产出,并伴有叠瓦状排列。测井自然电位曲线呈箱形或似箱形,上、下突变,

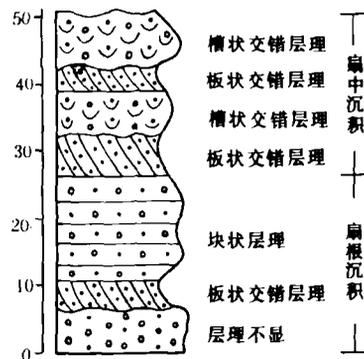


图 2 卡普沙良河剖面亚格列木组中、下部柱状剖面图

幅差 10~50mV(图 3)。

2.2.2 边滩微相

边滩是河流侧向加积作用的产物。具向上变细的沉积序列,底部往往发育冲刷面,向上逐渐由含砾砂岩、粗砂岩向细砂岩、粉砂岩过渡。沉积构造上也由大型斜层理向小型交错层理、波状层理过渡。自然电位曲线上,基线向正向移动,底部突变,曲线呈钟形,箱状负异常,自然伽玛曲线上部为微齿状、下部为微齿箱状(图 4)。

2.2.3 天然堤微相

它是河流沉积的上部旋回,为一套细砂岩、粉砂岩及泥岩组合。具有向上变细的剖面结构,上部泥岩明显增多,发育上攀沙纹层理和水平层理。自然电位曲线呈低—中偏负,钟形后积式,底部突变,顶部渐变。

2.2.4 决口扇微相

常夹在堤岸沉积物中,为洪水期水流溢出堤岸,在洪泛盆地中形成的舌形扇状体。其岩性特征是粗于堤岸沉积。以细砂岩、粉砂岩和粉—细砂岩为主,发育小型槽状交错层理和上攀沙纹层理,顶部常见水平层理,反映出随着远离主河道水体能量渐减的特征。

2.2.5 泛滥平原微相

为主河道两侧岸后的宽阔地带,枯水期暴露地表,洪水期河水漫过河堤大量进入地势较低的地区。所携带的细砂级物质可随洪水中的悬浮物质一起,一旦能量骤降产生沉积,以粉砂质泥岩、泥岩夹少量粉—细砂岩薄层为主,泥岩中往往含有钙质团块及结核。如沙 17 井卡普沙良群中段发育有泛滥平原沉积(图 5)。

2.2.6 河道砂坝微相

在边滩上发育的弧形槽状沉积,主要发生在洪水淹没边滩时期,是河流垂向加积作用的产物,多呈透镜状。如沙 22 井 4055~4134m 段为一套棕褐、浅灰色砂泥岩互层。砂岩具向上变细的正韵律特征,岩芯中见冲刷面和水平泥岩条带。自然电位呈箱形、箱形—钟形,自然伽玛曲线多呈箱形、钟形(图 6)。属典型的分流河道的砂坝沉积。

2.3 湖泊相组合(■)

受湖泊周围陆地地形、入湖水系、物源区性质、湖盆形态及气候等诸多因素影响,下白垩统的湖泊相沉积主要分布于阿满拗陷及西南拗陷中部的汇水区内,以滨、浅湖相为主,少见半深湖及深湖相沉积。

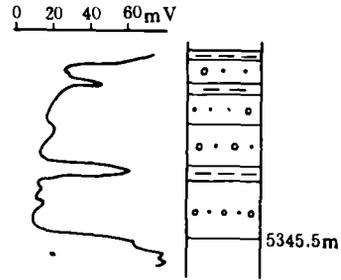


图 3 沙 7 井卡普沙良群(K<sub>1</sub>)底部河道沉积

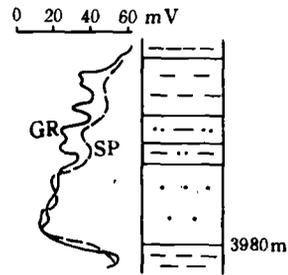


图 4 沙 22 井卡普沙良群(K<sub>1</sub>)边滩沉积

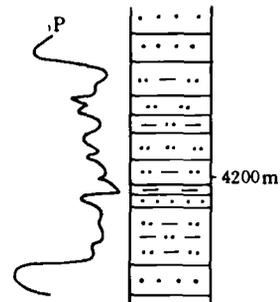


图 5 沙 17 井卡普沙良群(K<sub>1</sub>)泛滥平原沉积

2.3.1 滨湖微相

主要发育灰、黄灰、浅紫红色岩屑石英砂岩、含砾砂岩、粉砂岩夹少量泥岩。具波状层理、平行层理、小型楔状层理及波痕、冲刷等层面特征，在湖岸的高能地区，常含有钙质结核、虫迹、虫孔等构造。如西南拗陷克孜勒苏群下旋回发育厚度颇大的以砂岩为主的沉积层，其中相当部分属滨湖砂坝沉积，分布面积较宽广。

2.3.2 水下扇三角洲微相

近源暂时性洪水携带大量陆源碎屑直接进入湖盆地后在水面以下形成的沉积体。在沙雅水下隆起南侧较为发育，随着水体范围的扩大或缩小，沉积中心在平面上振荡性迁移，而使扇体在纵向上多期叠置，平面上广泛分布。以沙15井为例，其沉积物多为砂砾岩、含砾中—粗粒砂岩及细粒砂岩，夹深灰、灰绿色泥岩薄层(图7)。

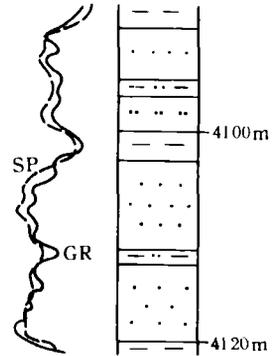


图6 沙22井卡普沙良群(K<sub>1</sub>)河道砂坝沉积

| 群     | 组     | 自然电位<br>30 mV 100 | 岩性 | 沉积构造  | 岩性   | 相      |
|-------|-------|-------------------|----|---|--|--------|
| 卡普沙良群 | 亚格列木组 |                   |    | 水平层理<br>交错层理<br>(低角度)                           | 灰黄、浅灰绿色细粒长石<br>石英砂岩夹同色粉砂岩、泥岩                               | 水下分流河道 |
|       |       |                   |    | 滑塌、包卷<br>构造                                     | 灰绿、绿灰色粉砂、细砂岩<br>夹灰绿色泥岩                                     | 扇前缘    |
|       |       |                   |    | 水流波痕、<br>平行层理；<br>粒序及交<br>错层理；<br>平行层理；<br>粒序层理 | 灰白色粗—粗粒长石石英<br>砂岩与含砾砂岩、细砂岩、粉<br>砂岩及粉砂质泥岩组成由粗<br>—细的多个正粒序旋回 | 水下分流河道 |
|       |       |                   |    |   | 灰白色粗—细粒长石石英砂岩  | 扇根     |

图7 沙15井5240~5290m井段沉积相柱状剖面图

2.4 沙漠相组合(N)

在干旱气候条件下，由于蒸发量大于补给量，形成沙漠环境。其主要地质营力是风力及短暂的间歇性水流，致发育成风成砂丘、旱谷及干盐湖等环境的沉积。在西南拗陷乌恰康苏剖面及乌依塔克剖面，克孜勒苏群下旋回的上部，专题组首次鉴别出近200m厚的沙漠沉积，以风成砂丘沉积为主及部分旱谷沉积。

2.4.1 风成砂丘微相

风成砂丘是沙漠环境的主要沉积，岩性为分选性极好的中—细粒石英砂岩，石英颗粒占75%~85%，胶结物少(5%~8%)，胶结疏松。在粒度直方图上呈单众数或双众数形态(图8)，累积概率曲线(图9)其跃移总体发育，两个次总体斜率近似或已合并为一个总体，约占总量的90%~95%。沉积体的构造常表现为块状，具平行层理及交错层理，交错层以单向性

为主,局部有双向性,颗粒递变韵律明显。石英颗粒在电镜下常见蝶型撞击坑,颗粒表面多覆盖有5~10 $\mu\text{m}$ 厚的氧化铁薄膜而岩石呈红色。

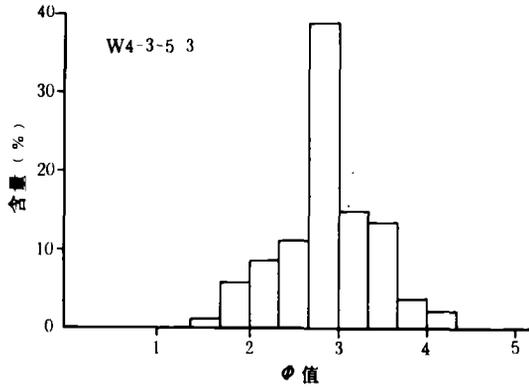


图8 砂岩粒度分布直方图

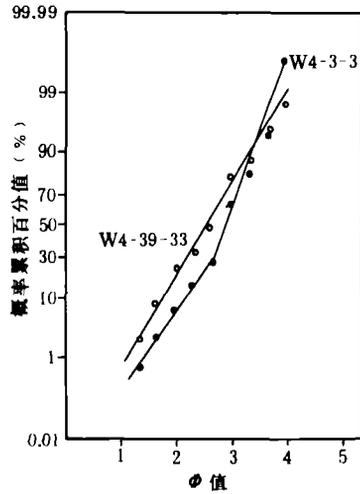


图9 砂岩粒度分布累积概率曲线

#### 2.4.2 旱谷沉积微相

沙漠环境中的短暂性水流常常在砂丘沉积过程中夹有旱谷沉积物,以棕红色调为主的粉砂质泥岩、泥岩及少量呈透镜状产出的含砾砂岩。常见小型交错层理、波状层理及水平层理。泥岩具干裂纹、波痕及角砾状泥砾等极浅水标志,均为与流水作用有关的旱谷沉积物。

### 3 沉积相带的划分与展布

主要根据实测地表剖面的岩性组合、沉积构造、粒度分布、生物组合、生态特征、有机相分析、钻井的电阻率、自然电位、自然伽玛测井与地震剖面,并考虑到盆地沉积相区的相关性及其中较为特征的“相”来代表其所属的相带,对塔里木盆地的沉积相带进行了以下划分(图1)。

#### 3.1 塔东北拗陷区

##### 3.1.1 天山山前冲积扇相带

位于包孜东—卡普沙良河、克孜勒努尔—依奇克里克一带,发育厚度颇大的砾岩、砂岩。下段亚格列木组砾岩极为发育,向上渐变为砂岩、砂质泥岩、泥岩。砾岩普遍含砂、泥杂基,砂岩以中—粗砂岩为主,磨圆、分选差,属于距物源区较近的沉积。

##### 3.1.2 塔东北洪泛平原相带

从库车拗陷开始向东至轮台以东,然后折向南包括满加尔东部的大部分地区,由库车拗陷向西至阿瓦提,然后折向东南呈环带状分布。是陆源区至汇水区的过渡地带。其主要地质营力是河流作用,主要的沉积相为与河流相沉积环境有关的河道、边滩、泛滥平原等沉积。自新和—库车及轮台一线以北为冲积-洪积沉积环境,主要发育一套较粗的碎屑沉积,厚度自北向南递减,横向变化较大,据钻井揭示,其沉积物多为水动力条件较强的环境下快速堆积

陆源碎屑物。

### 1.3 沙西—阿克库勒的扇三角洲相带

塔北沙雅隆起向南倾斜至中部低洼地汇水区。由孤岛上大量河流携带的碎屑物,在湖盆边缘地带所形成的一系列三角洲沉积体。由于水体较浅,且不稳定,沉积中心在平面上呈振荡性迁移,纵向上多期叠置。该沉积相在新和—轮台一线以南近塔里木河一带为多口钻井所揭示,以沙 15 井为例,该井 5242.5~5291.5m 段为灰白色含砾粗—中砂岩,浅绿、灰白色长石岩屑中砂岩、灰白色长石中砂岩、细砾岩及泥质粉砂岩夹薄层褐色泥岩组合。自然电位曲线呈箱形—似箱形,上下为突变。砂岩普遍含有丰富的黑色植物碎屑以及斑状、团块状黄铁矿晶体,可见这种三角洲沉积与典型的河流入海(或入湖)三角洲有较大区别,有人称为扇三角洲,为冲积扇体系提供物质而沉积在水下的沉积体,因而在水下部分或接近水下部分受水体作用,而具三角洲平原沉积特征,尤其与辫状三角洲有相似性。

### 3.1.4 满加尔滨、浅湖相带

位于满加尔拗陷区内,以棕褐、暗棕、黄褐色泥岩、砂质泥岩及薄层砂岩为主。在沉积中期。水体趋于弱氧化—氧化环境,加上蒸发量大于降水量,一度接受了一套富含氧化铁的棕褐色泥岩夹粉砂岩及灰绿色泥岩的浅水湖泊相沉积。

## 3.2 塔西南拗陷区

### 3.2.1 南天山山前冲积扇前缘相带

分布局限,部分被南天山逆冲掩埋,在拗陷区最西端西姆哈纳等地下白垩统底部较为发育,厚 520m,为一套暗棕、灰绿、褐红色砾岩,交错层理发育,含钙质团块。多为冲积扇体系或辫状河流的心滩、河道及少量泛滥平原相沉积环境沉积。

### 3.2.2 西昆仑铁克里克前缘滨湖—风成砂丘相带

西起康苏以南,沿西昆仑山山前过乌依塔克地区至阿尔塔什(剖面出露不全),呈一狭长的条带,厚达千米,前人研究认为是滨湖三角洲或滨湖沙堤沉积。作者等经剖面实测研究认为,其下旋回上部一套厚约 200m 的砖红色厚层—块状砂岩,从岩性、层理、碎屑结构特征、碎屑物的粒度分布及扫描电镜观察,表明其为风成砂岩。是原滨湖环境中形成的沙堤或沙滩由于干旱气候及强大的风力作用影响、改造下形成的沙漠沉积。

### 3.2.3 滨、浅湖相带

分布于拗陷区中部,在玉力群至杜瓦一带零星出露,为浅棕红色、玫瑰红色泥岩,见菱铁矿等。局部相变为褐红色砂岩及少量砂砾岩,厚仅数十米,发育有少量淡水介形类化石,以滨湖的沙滩沉积为主。据地震剖面 Y-79-320 线,由麦盖提斜坡上曲 1 井附近往南,大约到 CDP 号 740 附近  $T_1^0-T_1^2$  之间,几组相同轴有明显的前积特征,方向向南,即由斜坡向凹陷内发育,且沉积厚度颇大。从其前积特征推测,下白垩统发育三角洲沉积,属滨湖相沉积环境。

## 3.3 民丰—若羌断陷区

沿东昆仑及阿尔金山北侧断续分布,以冲积扇及河流相沉积为主,其格勒克、普鲁等地主要为紫红、砖红、棕、灰棕色粗碎屑岩。砂泥比均大于 8,尤其是下旋回,以浅黄绿色中厚层状砾岩及含砾砂岩为主,上旋回沉积物相对较细,表明物源区有所后退,以河流相为主的砂岩、粉砂岩较为发育。

### 4 储集岩特征及含油气性

塔里木盆地白垩统发育有重要的油气储集层(下部砂岩段)及良好盖层(上部泥岩段),其本身就构成了很好的储盖组合。近几年的勘探,已在塔北雅克拉地区探明了相当规模的下白垩统凝析油气藏(沙5、沙7、沙15等井已获高产工业油气流),并在沙西(英买1井等)、阿克库木(沙9井)、库车(东秋1井)等地见到了该层位的油流或显示。因此,系统地研究塔里木盆地白垩统的沉积、岩相古地理特征及储集条件,具有重要的现实意义。

#### 4.1 塔东北地区

在东西向的沙雅水下隆起带,下白垩统下部发育大型东西向的扇三角洲沉积相带,扇三角洲内大型河道(水上、水下)反覆的迁移、叠置,发育了很好的砂体。砂体内一般由细、中粒长石岩屑砂岩组成,碳酸盐胶结物极少,这些皆有利于深部次生溶蚀,而构成高孔渗,其平均孔隙度  $\phi=15\%$ ,平均渗透率  $K=95 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。同时滨湖砂堤亦是重要的有良好储集性能的相带。

值得指出的是局部地区,如阿克库勒地区,底块砂岩以上砂岩储集性能亦十分优良(康玉柱等,1990)。砂岩层数增多,厚度加大,孔隙以粒间的次生孔隙为主,其孔隙度、渗透率见图10。为此,在今后勘探工作中应予以重视。

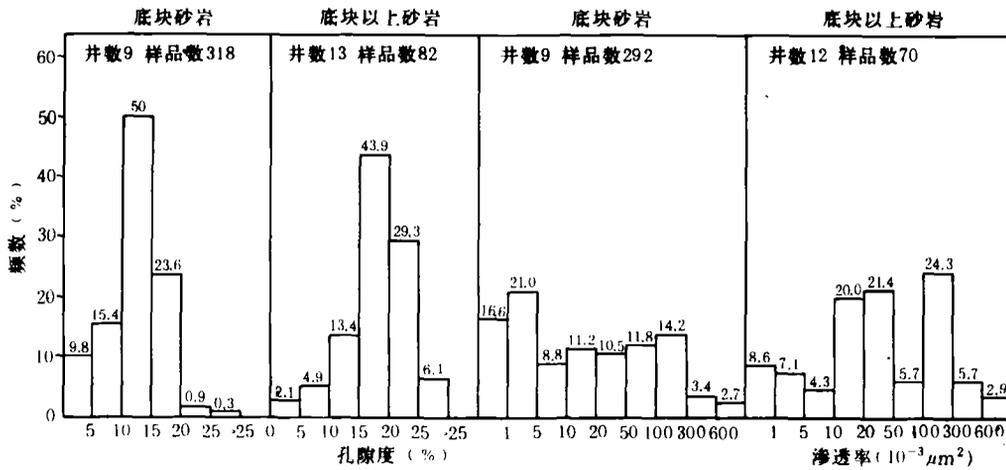


图10 卡普沙良群孔隙度、渗透率频率直方图  
(据康玉柱等)

#### 4.2 塔西南地区

喀什凹陷区乌恰康苏—阿克陶乌依塔克一带,下白垩统克孜勒苏群下旋回上部厚200余米的砖红色厚层块状风成砂岩是油气聚集的极好储集体。其分布面积广,岩石成分单一,分选极好,胶结物少,结构疏松。砂岩单层厚一般在1m以上,个别可达5m。其孔隙度一般在8%~20%,最大可达26%。渗透率一般为(50~90) × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,最大可达1108 × 10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>。

如此好的储集性能在西南拗陷区乃至整个塔里木盆地都是罕见的。同时在麦盖提斜坡区,下白垩统地层亦有一定的厚度和一定的分布范围,据地震资料厚约400余米,其由斜坡向塔西南拗陷内发育的具有前积特征的三角洲砂体亦是油气聚集的有利沉积相带。

## 5 结 语

(1) 储集体有利相带发育的地区,在塔北为轮台大断裂两侧的扇三角洲及滨、浅湖席状砂体沉积,塔西南地区则以康苏—乌依塔克一带的风成砂沉积最佳。

(2) 储集体的纵向分布,在塔北以下部的底块砂岩为主,局部地区还应重视底块砂岩以上的细—中粒长石岩屑砂岩;塔西南地区克孜勒苏群下旋回上部的风成砂岩为有利的油气储集层位。

承蒙陈荣林、朱宏发高级工程师的指导与支持,在此表示感谢!

(收稿日期:1994年12月12日)

### 参 考 文 献

- 1 陈荣林等.塔里木盆地西南拗陷下白垩统风成砂岩的发现及其意义.科学通报,1994,39(1)

## THE CHARACTERISTICS OF SEDIMENTARY FACIES AND THE CONDITIONS OF STORAGE AND ACCUMULATION IN THE LOWER CRETACEOUS SERIES OF TARIM BASIN

Chen Yue

(Central Lab of Petroleum Geology, MGMR)

### Abstract

Lower Cretaceous deposit is an important hydrocarbon bearing horizon of Tarim Basin. In this paper, more systematic and detailed research is carried out on the sedimentary facies of Early Cretaceous strata, and the oil/gas prospects of Lower Cretaceous series are also expounded from various respects as the characteristics of sedimentary facies and reservoir rocks and so on.