

# 塔里木盆地库车坳陷古近系库姆格列木群底砂岩段沉积古地理和物源体系

刘景彦, 林畅松, 赖兴运, 杨永恒, 阳孝法, 司宝玲

(中国地质大学 能源学院, 北京 100083)

**摘要:** 库车坳陷古近系库姆格列木群底砂岩段沉积可划分为北缘砂砾岩带冲积扇粗碎屑沉积-下切辫状水道充填-河流-三角洲沉积、温宿凸起边缘近端冲积扇-扇三角洲沉积和塔北凸起西南缘的下切谷充填-河流三角洲-滨浅湖滩坝 3 个相带, 中部为干旱盐湖-泻湖-海湾沉积。物源体系分析表明, 西部的温宿凸起、北边的南天山造山带和塔北隆起上的大陆蚀源区为坳陷提供物源。库车坳陷碎屑物基本上来自于南天山和温宿凸起再循环造山带, 坳陷北缘的逆冲造山和隆升作用形成了长期的物源供给区, 沿坳陷东北缘发育了巨厚的冲积扇。西部的温宿凸起早期存在物源, 沿凸起边缘发育有小型的边缘扇或扇-辫状河三角洲。塔北隆起在古近纪早期提供一定的物源, 克拉 201 井附近结晶基底的剥蚀是南部大陆蚀源区的主要物质来源。却勒 1 井、羊塔 5 井等地的碎屑物极可能来自 3 个物源区。研究区物源体系的分析与总体的古构造、古地理格局相一致, 库车坳陷古近系基底东高西低, 有大量陆源碎屑由东向西推进, 东、西两侧的低凸起带和北缘的前陆前渊带构成的古构造特征决定着物源和岩相分布的总体格局。

**关键词:** 沉积古地理, 物源体系, 库姆格列木群, 底砂岩段, 库车坳陷

中图分类号: P512.2; P531

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2008)06-0538-09

## Depositional paleogeography and source rock analysis of the lower sandstone part of Eocene Kumugeliemu Group in Kuqa depression

LIU Jing-yan, LIN Chang-song, LAI Xing-yun, YANG Yong-heng, YANG Xiao-fa and SI Bao-ling  
(Energy School, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The lower sandstone part of Eocene Kumugeliemu Group in Kuqa depression can be divided into three depositional belts, namely the fluvial fan coarse deposit-incised channel filling-fluvial-delta system of South Tianshan Mountain marginal grit belt, the near fluvial fan-fan delta deposit of Wensu uplift margin belt, and the incised valley filling-delta-shore shallow lake shoal bar of Tabei uplift belt. There are dry salt lake-lagoon-sea gulf sediments in the middle of the depression. A source rock analysis shows that the western Wensu uplift, northern south Tianshan Mountain and continent eroded source rocks of Tabei uplift comprised the major source rocks of Eocene Kumugeliemu Group sediments. The clastic materials mainly came from South Tianshan Mountain and Wensu uplift recycle orogenic belts. The thrust orogenesis and the uplift of the northern margin of the depression formed a prolonged source rock supply area. Along the northeastern margin of the depression, there was developed a fluvial fan of great thickness. The western Wensu uplift provided source rock in the early period, and there was developed a small marginal fan or a fan-braided fluvial delta along the uplift margin. The Tabei

收稿日期: 2007-12-25; 修订日期: 2008-07-17

基金项目: 国家重点基础发展规划 973 资助项目(2006CB202302)

作者简介: 刘景彦(1972-), 女, 博士, 副教授, 研究方向: 含油气沉积盆地分析, 电话: 010-82321954, E-mail: ljingyan@cugb.edu.cn

uplift also provided some source materials in the early Eogene, and the erosion of the crystalline basement near Kela 201 well was the major material source of southern continent eroded area. The substance of Quele 1 and Yangta 5 well came probably from the above three source rock belts forming a mixed source area. The result of the source system analysis is consistent to the global paleo-structure and paleogeographic framework. The eastern basement was much higher than western Eogene Kuqa depression, and hence there existed the migration of large amounts of terrigenous detrital materials from east to west. The paleo-structure framework combined with the eastern and western uplift belts and the northern marginal foreland frontal deep belt determined the source system and the paleolithologic distribution.

**Key words:** depositional paleogeography; source system; Kumugeliemu Group; lower sandstone part; Kuqa depression

塔里木盆地库车坳陷古近系库姆格列木群底砂岩段是区内重要的油气储层和产层(张光亚等, 2002; 孙龙德, 2004)。前人对这套特殊岩性段的沉积体系、储层特征、油气成藏等方面都开展过一定的工作(邱芳强等, 2000; 丁孝忠等, 2001; 旷红伟等, 2003; 刘景彦等, 2003; 张振红等, 2004; 张丽娟等, 2006), 但由于库车古近纪前陆盆地构造活动和构造背景相对复杂, 盆地结构和物源体系分隔性强, 对底砂岩段的沉积古地理和物源体系没有形成较系统的认识, 而这些又是区内有利储集砂体展布预测的重要内容。本文以大量露头、钻测井和地震资料为基础, 通过精细的单井沉积微相分析、地震剖面追踪对比、显微镜下砂岩碎屑的物质组成、粒度分布、重矿物特征等分析, 确定了区内的沉积相类型、主要物源体系及其延伸范围, 再造了底砂岩段沉积古地理格局, 为储集体分布预测提供了重要依据。

## 1 区域地质概况

库车坳陷位于塔里木盆地北缘, 北以天山为邻, 南面为塔北隆起, 整体呈北东东向展布, 东西长 500 km, 南北宽 20~70 km, 面积约 2.85 万 km<sup>2</sup>。坳陷内煤炭和油气资源十分丰富, 是目前塔里木盆地勘探程度较高、油气探明储量较大的地区, 克拉 2 气田就位于坳陷的中北部, 是我国西部开发中“西气东输”工程的主要资源基地。

库车坳陷中新世代处于前陆盆地演化阶段(林畅松等, 2002), 露头和探井揭示其中新生代地层发育较全, 以砂泥岩沉积序列为主。古近系库姆格列木群在生产上一般划分为底砂岩段、含膏泥岩段、泥灰岩或白云岩段、含膏泥岩-盐岩段以及顶部的泥岩段(图 1)。其中底砂岩段厚 30~40 m, 分布较稳定,

为区内主要油气储层之一, 与上覆的盐岩、膏泥岩构成优质的储盖组合(付广等, 2001), 并形成重要的油气藏(周兴熙等, 2006)。

## 2 库姆格列木群底砂岩段沉积古地理

库姆格列木群底砂岩段可分为底部和上部两部分, 形成环境有明显差异。底部的砂砾岩沉积分选较差, 磨圆也较差, 具有冲刷充填结构, 显示向上变细的正粒序, 测井曲线为箱状或圣诞树型, 北缘主要为冲积扇砂砾岩沉积, 中南部多属不整合面之上的下切水道或下切谷充填, 以辫状河水道充填为主。上部的砂岩层相对较薄, 在中南部以中细粒砂岩为主, 具反粒序结构, 测井曲线呈倒圣诞树型, 主要为三角洲前缘或滨浅湖砂坝沉积。根据底砂岩的沉积构成总体上可划分出如下 4 个沉积域(图 2)。

### 2.1 坳陷北缘山前砂砾岩带

坳陷北缘的底砂岩段一般厚 20~40 m, 主要为冲积扇粗碎屑沉积和下切辫状水道充填, 在卡普沙良河剖面一带厚度最大, 超过 100 m, 为近源的冲积扇泥石流角砾岩和粗粒辫状河砂砾堆积。泥石流角砾岩一般含有大的漂砾, 呈块状或发育不清晰的递变层理。粗粒的砂砾岩一般可见冲刷充填构造、大型交错层理。在塔拉克、阿瓦特河及克拉苏河剖面相对较薄, 而在卡普沙良河和库车河剖面形成两个相对厚的沉积中心, 可能代表两个主要的冲积扇体和山前河流的注入部位。在库车一带的剖面上可观察到不整合面上的下切谷砂砾岩充填, 见有风化淋滤现象。

### 2.2 坳陷西部温宿凸起东北、东南缘

坳陷西部乌参 1 井揭示的砾岩多为角砾岩层和显示大型交错层理的细砾岩、含砾粗砂岩, 总体是一

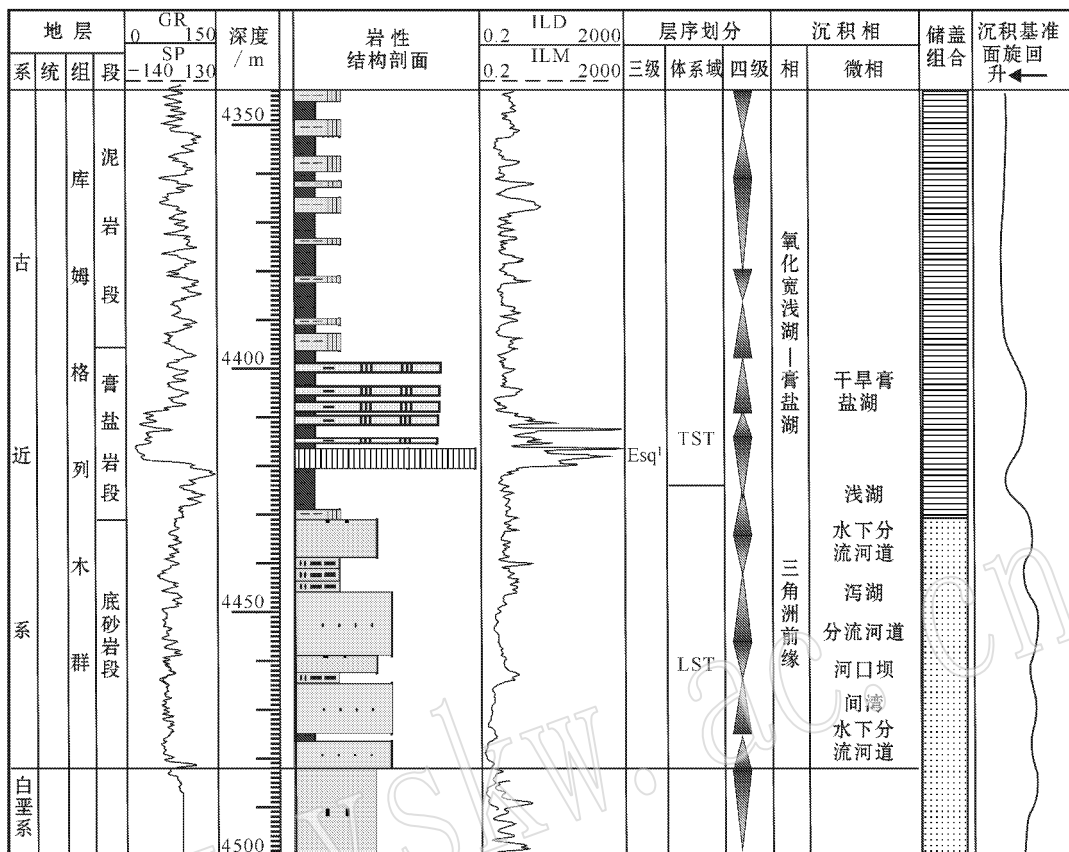


图1 库车坳陷古近系库姆格列木群充填序列

Fig. 1 Filling sequence of Eocene Kumugeliemu Group in Kuqa depression

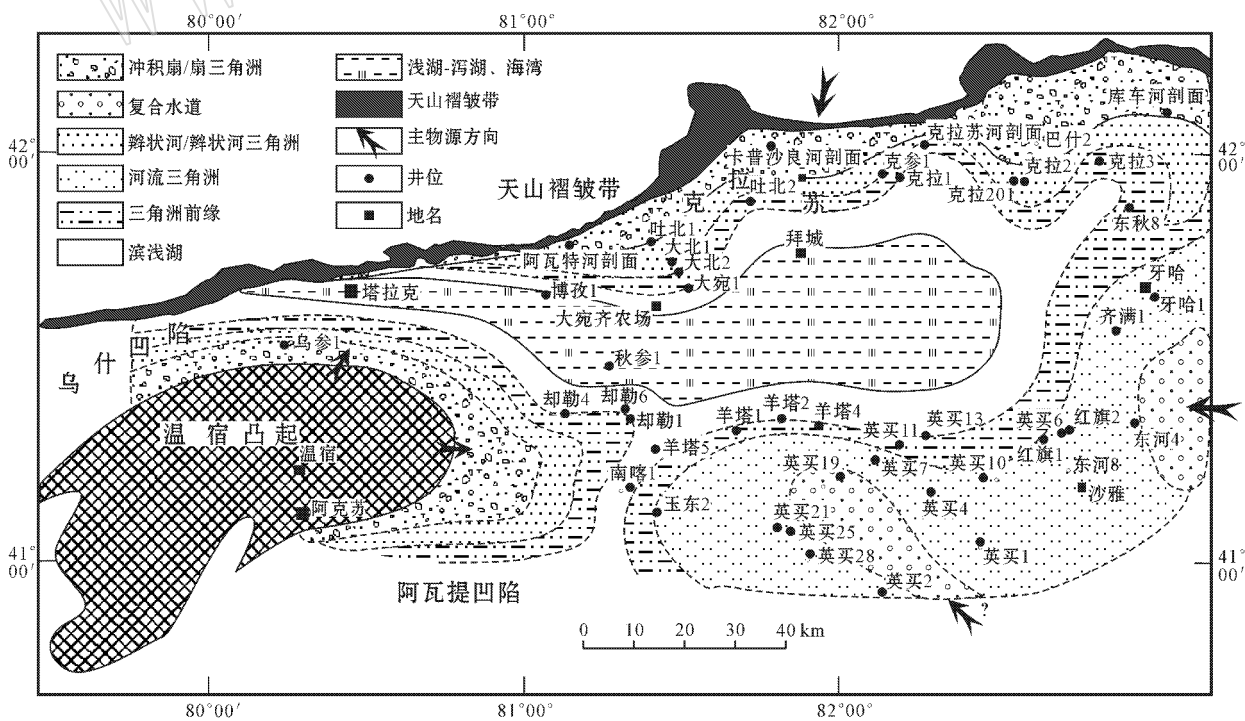


图2 古近系库姆格列木群底砂岩段分布和沉积古地理图

Fig. 2 Distribution and depositional paleogeography of lower sandstone part of Eocene Kumugeliemu Group

套近端的冲积扇沉积,向乌什凹陷中部过渡为辫状河三角洲沉积。沿温宿凸起东北、东南缘的底砂岩与坳陷北缘的相似,地震相和连井剖面对比也证实这一带为近端扇和辫状河三角洲沉积。从温宿凸起向东至却勒井区具有典型的向上变粗的三角洲前缘沉积,物源分析和高精度层序对比表明这些三角洲沉积体系是由西向东推进的,主要发育有两期向东推进的三角洲朵体,在却勒井区一带变薄尖灭。推测沿温宿凸起边缘在早期发育有扇三角洲或辫状河三角洲粗碎屑沉积相带。

### 2.3 坳陷中南部至塔北隆起带

研究区中南部至塔北隆起西南缘的底砂岩相带主要为底砂岩的上部砂体,下部砂体不发育,为水进期早期隆起被淹没时沉积的下切谷充填、河流三角洲、滨浅湖滩坝等,一般由多层砂岩、含砾砂岩与滨浅湖泥岩、河流、河流三角洲叠置而成。羊塔井区的精细层序和微相分析等证实,该区发育滨浅湖砂质泥岩、河口坝、三角洲前缘席状砂、水下分流河道等沉积微相,以河流三角洲前缘沉积为主。从笔者目前的研究资料可圈定两个相对厚的沉积中心,代表早期水道相对集中发育带。从中南部向东这套砂岩体具有时间变新、层位变高的趋势。

### 2.4 坳陷中部干旱盐湖区

在上述3个砂岩带围绕的坳陷中部底砂岩变薄,并发育同期的滨浅湖-泻湖、海湾环境,沉积了较厚层的红色泥岩夹大套盐岩、膏盐和薄层灰岩。灰岩一般厚5~10 m,局部15~20 m,盐岩和膏泥岩厚度大,坳陷中部及向北缘最大厚度达200 m左右,野外剖面颜色呈砖红至暗红,夹大量石膏脉,温宿包孜东剖面在库姆格列木组底部见巨厚盐岩沉积,反映了干旱、闭塞的氧化-蒸发环境。

## 3 库姆格列木群底部沉积物源分析

古近纪库车坳陷处于构造活动的前陆背景,沉积物来源复杂,北缘天山造山带、西部温宿隆起区及东南缘塔北隆起都可能提供沉积物源,这些物源是

否发育及如何制约区内的沉积体系展布是沉积古地理恢复和有利储集相带预测的关键问题。本文从碎屑岩的物质组成特征、粒度结构特征及典型重矿物特征3个方面对本区古近系库姆格列木群的物源分布和来源进行探讨,为区内砂体对比和有利储集相带预测提供线索。

### 3.1 碎屑岩的物质组成特征

碎屑沉积物的成分反映了物源、构造运动和气候的影响,尤其是物源区的岩石成分对碎屑沉积物的成分具有决定性的作用。对于库车这种分布范围较小的沉积坳陷,如果只考虑沉积物在横向空间上的分布特征与其物源及构造运动的对应,则气候的因素基本上可以不予考虑,认为气候在整个坳陷的影响是一样的。因此,物源区及构造运动所引起的地壳变形和地形起伏控制着碎屑沉积物形成过程,进而决定了沉积盆地中的碎屑物的组成。因此,可以通过分析碎屑沉积物的组成及其在空间上的分布特征来判断沉积物的物源区及其所处的大地构造位置。

本次研究对近千个岩石薄片的碎屑物质组分分析表明,由不同源区的碎屑物所组成的古近纪砂岩在石英和岩屑的含量上有较大的差别(表1和图3),总体上存在北部天山和西部温宿凸起两个明显的物源区:北部天山物源区石英的含量变化从北至南(由吐北1井向却勒1井方向)逐渐增高,岩屑相对含量逐渐降低,西部温宿凸起物源区岩屑相对含量较高,向东逐渐降低,石英含量乌参1井处最低,只有29.7%,向玉东2井、羊塔5井方向逐渐增加,却勒1井附近达到最高(约58.33%)。塔北隆起区岩屑含量变化不明显,主要因为该区岩石成分为长石砂岩,长石的含量比较高,岩屑相对改变量较小,物源区的特征不明显,总体趋势是由英买19井向英买21井方向石英含量增加。

通过碎屑物质组成在本区划分出3个主要沉积物源区,即天山南侧的再循环造山带、温宿凸起再循环造山带快速抬升区以及塔北隆起或东、东南方向的大陆蚀源区(图4)。不同源区的碎屑物质组成有

表1 古近系库姆格列木群岩石中石英、岩屑含量统计表

Table 1 Content of quartz and clastic debris of Eocene Kumugeliemu Group

井号	乌参1	玉东2	羊塔5	吐北1	吐北2	却勒1	羊塔1	英买19	英买21
石英	29.73	46.50	56.28	41.39	41.00	58.33	56.62	54.61	59.94
岩屑	53.23	30.17	29.72	52.08	49.00	29.76	17.38	18.42	14.98

$w_B/\%$

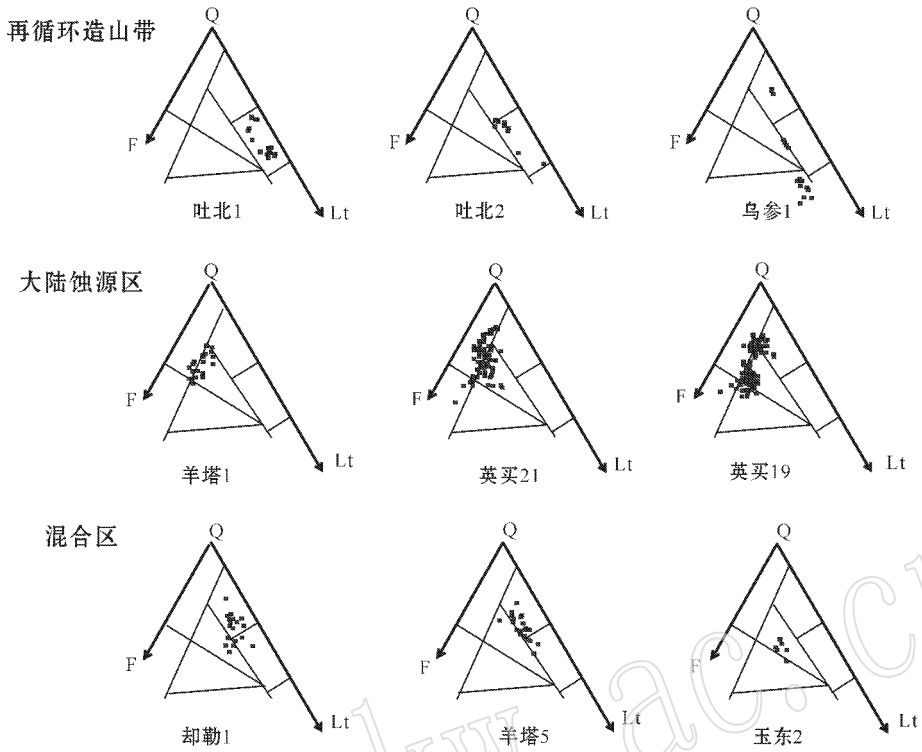


图 3 库车坳陷西部古近系库姆格列木群砂岩碎屑物组成及其构造背景

Fig. 3 Sandstone clastic composition and tectonic background of Eocene Kumugeliemu Group in western Kuqa depression

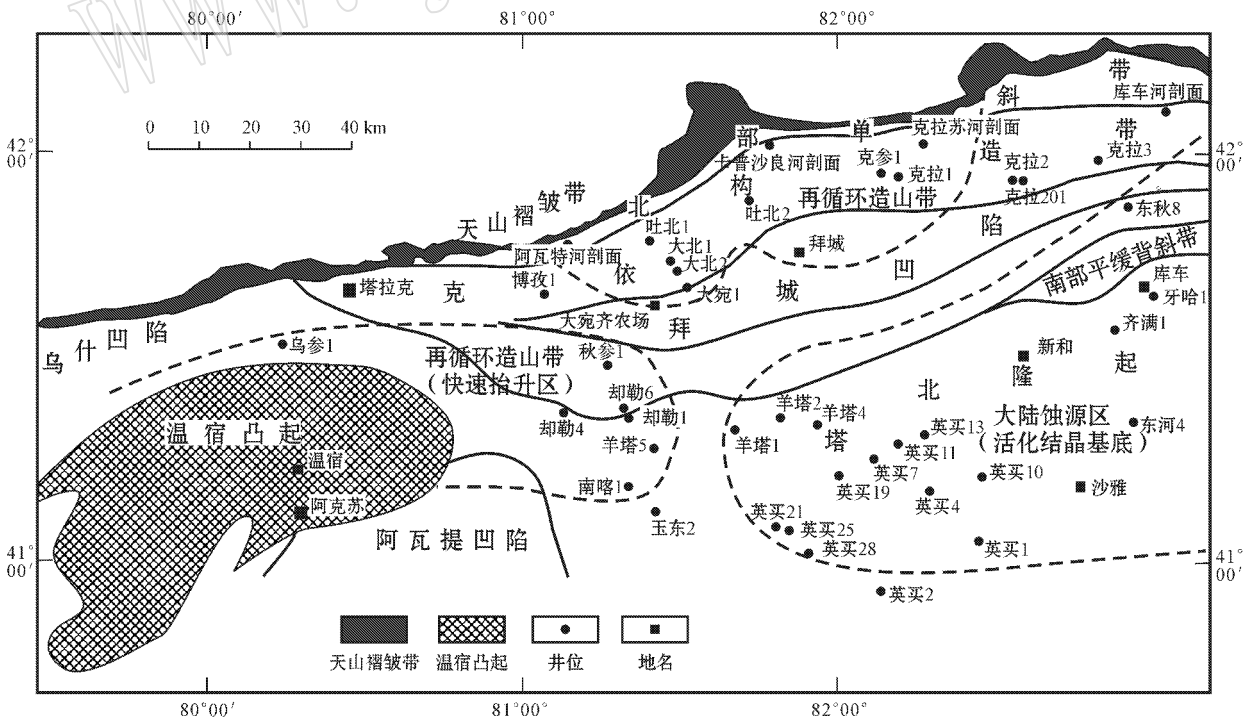


图 4 库车坳陷古近系库姆格列木群沉积物源分区

Fig. 4 Source areas of sediments of Eocene Kumugeliemu Group in Kuqa depression

很大差别。来自南天山造山带和温宿凸起的快速隆升区的碎屑沉积物以典型的岩屑砂岩为主,大部分岩石的石英含量大于岩屑含量,如温宿凸起的乌参1井具有明显的高岩屑含量,反映了其成分成熟度低,靠近物源的特征;来自大陆蚀源区的碎屑沉积物以典型的长石砂岩为主,其中长石含量大于岩屑含量,岩屑含量少反映了碎屑物质主要由结晶基底物源经风化和搬运而成的。大陆蚀源区物源可能代表了天山造山带老结晶基底,碎屑物从北东向南西搬运而来。西部温宿凸起影响的范围较大,有较多的碎屑物从该凸起被搬运到坳陷内。

除了上述3个比较典型的物源区外,库车坳陷一部分古近系沉积物可能是由上述3种源区的混合物质组成,即3个源区的碎屑物质对于这部分沉积岩的形成都有不同程度的贡献,如却勒1井、羊塔5井和玉东2井。这是由于西部温宿凸起碎屑物供应范围在古近纪时扩大化的结果。这些井的古近系碎屑岩的组成基本上落于Q-F-Lt图中的混合区或混合区与再循环造山带源区的过渡范围内(图3)。显然,位于北部天山南侧的再循环造山带和西部的温宿凸起是碎屑物的主要来源。

### 3.2 粒度结构特征

粒度分析是碎屑岩物源分析的一种常用方法。粒度分析中经常使用的粒度参数有粒度平均值、分

选系数、偏度和峰态。粒度平均值可以反映沉积物的平均粒径,在剖面上系统地研究平均值的变化,可了解物质来源及沉积环境的变化。分选系数是表征沉积物分选性的一个重要参数,一般由物源区向沉积区分选系数逐渐增加。根据岩石的粒度参数,可以恢复岩石的沉积环境和沉积物在搬运过程中水流流速的变化,分析古沉积环境,指示古水流的流向。

库车坳陷古近系沉积物砂岩的粒度标准偏差分析(图5)表明,克拉201井的砂岩样品标准偏差最大,标准偏差的平均值为向南西方向的沉积中心逐渐降低,数值由2.818~1.246。其次乌参1井砂岩的标准偏差较大(数值为2.421),向中部逐渐呈现下降趋势,表明乌参1井的分选性较大,岩石的成分比较复杂。吐北1井砂岩的分选性也较差,标准偏差值为2.766,标准偏差向南逐渐降低,而且向吐北2井也有降低的趋势。因此,吐北1井主要应为冲积扇和扇三角洲沉积,可以证明吐北1井较吐北2井更靠近物源区。

根据碎屑岩粒度分析的粒度累积曲线分析,乌参1井的砂岩粒度累积曲线在古近系主要为两段式(图6a),且斜率较大,表明乌参1井附近的水流流速变化较大,从沉积体系上更倾向于冲积扇沉积环境或泛滥平原的沉积。吐北2井的砂岩粒度累积曲线为三段式(图6b),发育有牵引总体、跳跃总体和悬浮

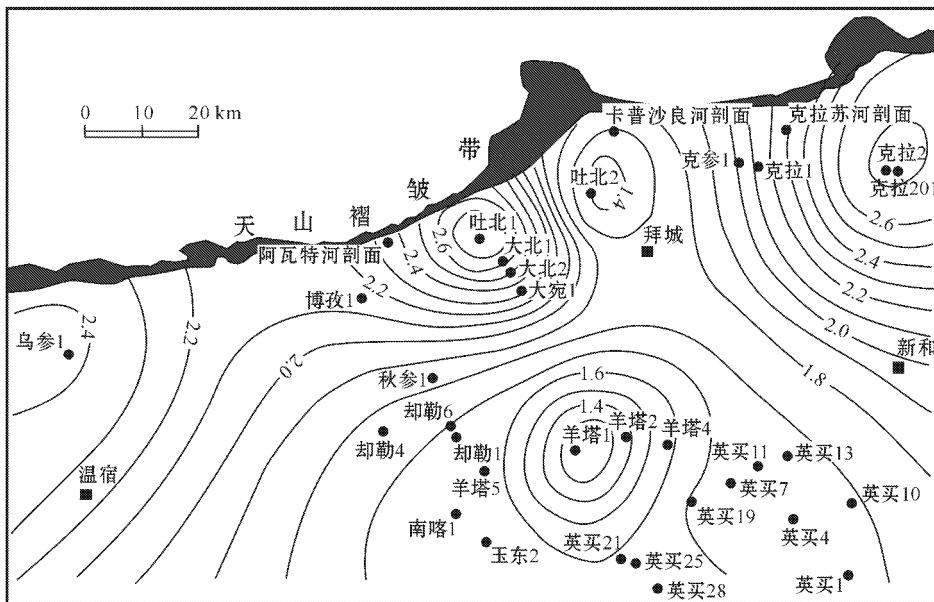


图5 古近系库姆格列木群底砂岩粒度标准偏差平面示意图

Fig. 5 Standard granularity deviation map of lower sandstone part of Eocene Kumugeliemu Group

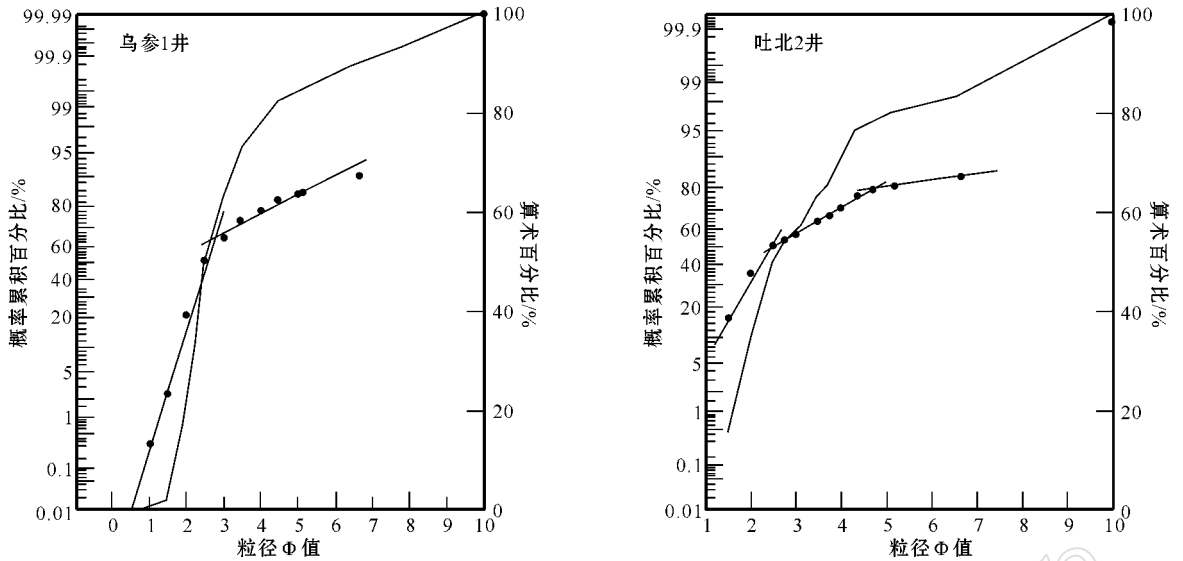


图 6 乌参 1 井、吐北 2 井粒度概率曲线

Fig. 6 Probability curve of granularity of Wucan 1 well (a) and Tubei 2 well (b)

总体,其中牵引总体和跳跃总体所占比例较大,各段粒度累积曲线的斜率较小,是由于吐北 2 井附近水流的流速较稳定,水流流速和密度较大所致。

### 3.3 重矿物特征

古近系重矿物种类主要包括石榴石、锆石、电气石、金红石、重晶石、绿帘石、白钛矿、磁铁矿、黄铁矿、钛铁矿,部分井中还出现刚玉、黑云母、普通辉石、磷灰石、角闪石、褐铁矿。其中锆石、电气石、金红石、磁铁矿、白钛矿、钛铁矿、褐铁矿为稳定矿物组合,石榴石和磷灰石为较稳定矿物组合,重晶石、绿帘石、辉石和角闪石为不稳定矿物组合。研究区母岩类型属于中酸性岩浆岩及其相应的变质岩类,且发育少量沉积岩。重矿物中稳定矿物石榴石及锆石相对含量较高,在全区均有出现,电气石在全区也发育较广泛。

稳定(较稳定)重矿物相对百分含量在乌参 1 井处最低,为 46.49%,其中锆石、磁铁矿的相对百分含量较高,其次为白钛矿,其他稳定重矿物的百分含量均小于 7%。不稳定重矿物中,重晶石的百分含量最高,占重矿物总量的 41.83%,其次为绿帘石,其他不稳定重矿物的百分含量均小于 7%。由于重晶石主要产于碳酸盐岩的热液矿脉中,与物源区的相关性较小。因此,乌参 1 井的重矿物是以富含磁铁矿为特征,重矿物组合为磁铁矿-绿帘石-锆石-白钛矿,与再循环造山带的快速抬升区的重矿物组合特征相近。由乌参 1 井向却勒 1 井稳定重矿物的相对

百分含量逐渐增高,物源区应为温宿凸起。

英买 19 井及英买 21 井重矿物特征相似,稳定重矿物的相对含量较却勒 1 井低。石榴石和白钛矿相对含量很高,均超过 20%,其他重矿物中钛铁矿、锆石、电气石、褐铁矿的百分含量也超过 7%,英买 19 井及英买 21 井为富含石榴石为特征的重矿物组合:石榴石-钛铁矿-白钛矿-锆石,母岩类型为变质岩类,重矿物组合与大陆蚀源区(活化结晶基底)的重矿物组合特征类似。物源主要来自于塔北隆起区。

吐北 2 井重矿物组合为石榴石-绿帘石-磷灰石-磁铁矿,主要母岩类型为变质岩类。却勒 1 井重矿物种类较多,稳定(较稳定)重矿物含量为 85%,其中磁铁矿相对含量高,其次为锆石、石榴石、白钛矿。不稳定重矿物中绿帘石的相对百分含量较高,重矿物组合为磁铁矿-石榴石-锆石-白钛矿-绿帘石。玉东 2 井的重矿物组合同却勒 1 井,母岩类型为中酸性岩浆岩及变质岩类,重矿物特征表明两井物源应属于混合区。

此外,来自大陆蚀源区的碎屑沉积中具有较宽的电气石变化范围(图 7),而且总体上含量较高。来自再循环造山带物源区的碎屑岩中电气石含量明显较低,可能与其物源中有较多的沉积表壳岩相关。英买 19 井电气石的平均含量为 8.36%,变化范围 0.20%~27.70%,结合岩石薄片分析,属于大陆蚀

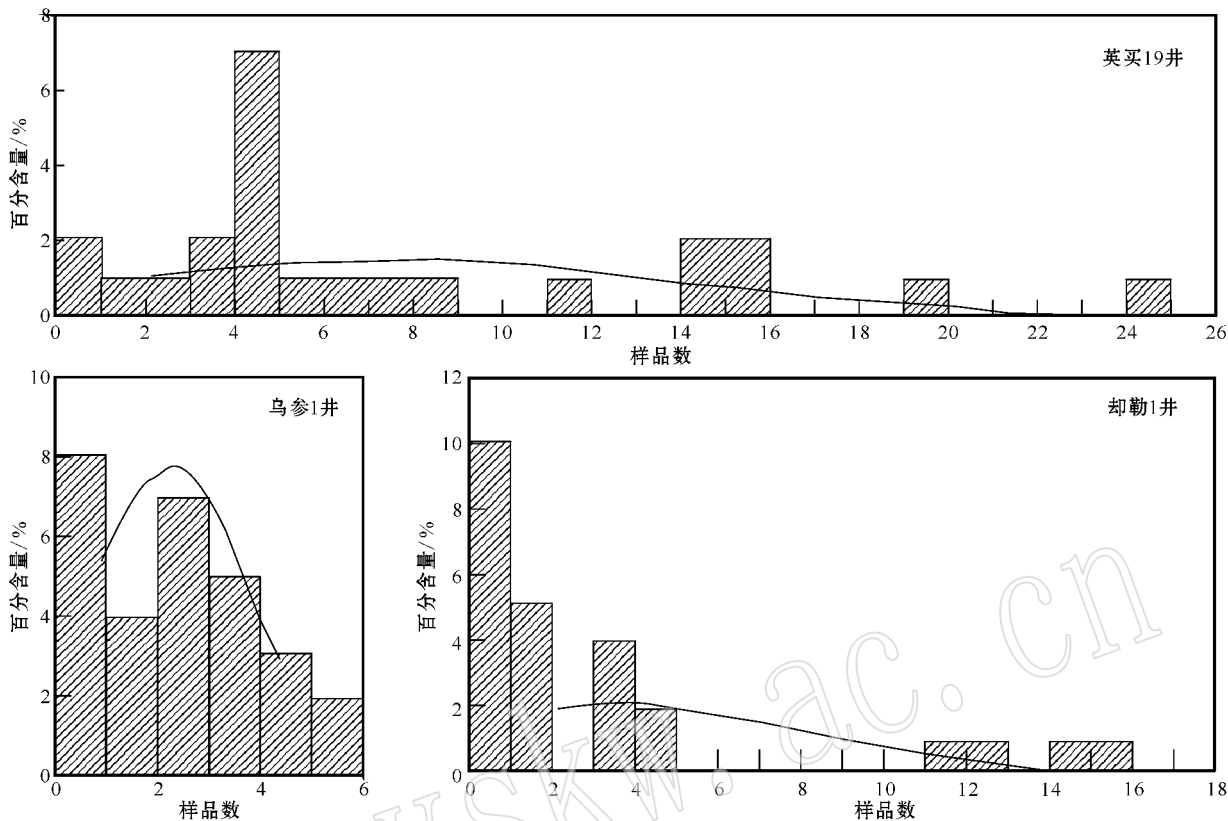


图 7 古近系库姆格列木群电气石统计分布图

Fig. 7. Statistic column of tourmaline in Eogene Kumugeliemu Group

源区的碎屑沉积；乌参 1 井电气石的平均含量为 3.62%，变化范围 0.24%~9.57%，属于再循环造山带的快速抬升区；却勒 1 井的电气石平均含量为 5.94%，变化范围 2.05%~16.0%，主要富集区位于 2%~5%，表明其受乌参 1 井的物源区影响较大。

综上所述，古近系库姆格列木群的物源来自 3 个方向：西部的温宿凸起、北边的南天山造山带和塔北隆起上的大陆蚀源区。库车坳陷中部碎屑物主要来自于南天山和温宿凸起再循环造山带，克拉 201 井附近的结晶基底的剥蚀是南部大陆蚀源区的主要物质来源。西南部却勒 1 井、羊塔 5 井处的碎屑物可能来自于本区的 3 个物源，因此是个混合物源区。

### 4 结论

研究区物源体系的分析与总体的古构造和古地理格局相一致。坳陷北缘的逆冲造山和隆升作用形成了长期的物源供给区，沿坳陷东北缘发育了巨厚的冲积扇。沿北缘前陆的前渊带沉积厚度大，东北

缘粒度粗，以扇或辫状河三角洲沉积为主。现今的西北缘的沉积较细，原始边缘可能要向北延伸。研究区东侧的塔北隆起总体上是一水下低凸起，除缺失底部的少部分地层外，各层段都有发育，但厚度较薄，粒度较细，并向东缘粒度变粗。在古近纪早期提供一定的物源，坳陷基底东高西低，有大量陆源碎屑由东向西推进。西部的温宿凸起早期存在物源，沿凸起边缘发育有小型的边缘扇或扇-辫状河三角洲。东、西两侧的低凸起带和北缘的前陆前渊带所构成的古构造特征决定着物源和岩相分布的总体格局。

### References

Ding Xiaozhong, Guo Xianpu, Peng Yang, et al. 2001. An analysis of Cretaceous-Tertiary sedimentary facies and reservoirs in Tarim Basin, Xinjiang [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 20(2): 146~156 (in Chinese with English abstract).

Fu Guang, Wang Pengyan and Fu Xiaofei. 2001. Seal characteristics of Eogene mudstone caprock in Kuche Depression and its importance in controlling accumulation of oil and gas [J]. Geological Journal of



- China Universities, 7(4): 475~482( in Chinese with English abstract ).
- Kuang Hongwei, Gao Zhenzhong, Zhai Yonghong, *et al.* 2003. Characteristics of Tertiary reservoir in Kuqa depression of Tarim Basin [ J ]. *Acta Petroleum Sinica*, 24(1): 25~30( in Chinese with English abstract ).
- Lin Changsong, Liu Jingyan, Zhang Yanmei, *et al.* 2002. The characteristics of Eogene tectonic sequence stratigraphy and effecton response of foreland tectonic movement of the Palaeogene Kuqa depression[ J ]. *Science in China( Series D )*, 32(3): 177~183( in Chinese with English abstract ).
- Liu Jingyan, Lin Changsong, Li Xichen, *et al.* 2003. High resolution sequence stratigraphic study on the Palaeogene Kumugeliemu and its significance in oil & gas exploration in the Kuqa Depression[ J ]. *Acta Geoscientia Sinica*, 24(5): 429~434( in Chinese with English abstract ).
- Qiu Fangqiang, Ding Yong and Wang Hui. 2000. Source analysis on deposits of Kuche basin[ J ]. *Xinjiang Geology*, 18(3): 252~257( in Chinese with English abstract ).
- Sun Longde. 2004. Progress of sedimentological research in Tarim Basin [ J ]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 22(3): 408~416( in Chinese with English abstract ).
- Zhang Guangya and Xue Liangqing. 2002. Hydrocarbon occurrences and exploration suggestions in the foreland basins of central western China[ J ]. *Petroleum Exploration and Development*, 29(1): 1~5 ( in Chinese with English abstract ).
- Zhang Lijuan, Li Duoli, Sun Yushan, *et al.* 2006. Analysis of characteristics of sedimentary reservoir between Cretaceous and Palaeogene in the western part of the Kuqa depression[ J ]. *Natural Gas Geoscience*, 17(3): 355~360( in Chinese with English abstract ).
- Zhang Zhenhong, Lu Xiuxiang, Yang Minghui, *et al.* 2004. Petrogeologic feature of Wushi sag in Talimu Basin[ J ]. *Journal of Xi 'an Shiyou University ( Natural Science Edition )*, 19(4): 29~31( in Chinese with English abstract ).
- Zhou Xingxi, Jia Jinhua, Zhou Dongyan, *et al.* 2006. Gas pool forming process in Wushi Sag of Kuqa Depression, Tarim Basin[ J ]. *Petroleum Exploration and Development*, 33(2): 184~188( in Chinese with English abstract ).

## 附中文参考文献

- 丁孝忠, 郭宪璞, 彭阳, 等. 2001. 塔里木盆地白垩纪-第三纪沉积相及储集体分析[ J ]. *岩石矿物学杂志*, 20(2): 146~156.
- 付广, 王朋岩, 付小飞. 2001. 库车坳陷下第三系盖层封闭特征及其对油气成藏的控制作用[ J ]. *高校地质学报*, 7(4): 475~482.
- 旷红伟, 高振中, 翟永红, 等. 2003. 塔里木盆地库车坳陷第三系储层特征研究[ J ]. *石油学报*. 24(1): 25~30.
- 林畅松, 刘景彦, 张燕梅, 等. 2002. 库车坳陷第三系构造层序的构成特征及其对前陆构造作用的响应[ J ]. *中国科学(D 辑)*, 32(3): 177~183.
- 刘景彦, 林畅松, 李喜巨, 等. 2003. 库车坳陷古近系库姆格列木组高精度层序地层分析及其勘探意义[ J ]. *地球学报*, 24(5): 429~434.
- 邱芳强, 丁勇, 王辉. 2000. 库车盆地的沉积物源分析[ J ]. *新疆地质*, 18(3): 252~257.
- 孙龙德. 2004. 塔里木含油气盆地沉积学研究进展[ J ]. *沉积学报*, 22(3): 408~416.
- 张光亚, 薛良清. 2002. 中国中西部前陆盆地油气分布与勘探方向[ J ]. *石油勘探与开发*, 29(1): 1~5.
- 张丽娟, 李多丽, 孙玉善, 等. 2006. 库车坳陷西部古近系-白垩系沉积储层特征分析[ J ]. *天然气地球科学*, 17(3): 355~360.
- 张振红, 吕修祥, 杨明慧, 等. 2004. 塔里木盆地乌什凹陷石油地质特征[ J ]. *西安石油大学学报(自然科学版)*, 19(4): 29~31.
- 周兴熙, 贾进华, 周东延, 等. 2006. 库车坳陷乌什凹陷东部成藏作用初步研究[ J ]. *石油勘探与开发*, 33(2): 184~188.