

文章编号: 1000-0550(2013)06-0980-14

# 库车前陆盆地上侏罗统一白垩统砾岩特征 与构造演化关系<sup>①</sup>

李小陪<sup>1,3</sup> 高志勇<sup>2</sup> 李书凯<sup>3</sup> 冯佳睿<sup>2</sup> 赵雪松<sup>1</sup> 郭美丽<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083; 2. 中国石油勘探开发研究院 油气储层重点实验室 北京 100083;  
3. 山东省第八地质矿产勘查院 山东日照 276826)

**摘要** 库车前陆盆地充填有上侏罗统喀拉扎组砾岩、下白垩统底部亚格列木组砾岩和下白垩统上部巴什基奇克组砾岩,通过对这三套砾岩区域分布特征、岩石学特征、砾态特征、厚度变化特征的详细描述与此三套砾岩沉积古环境的差异对比研究,认为库车前陆盆地中部库车河地区及西部卡普沙良河地区这三套砾岩成份复杂多样,具低成份与结构成熟度;所代表的气候演化特征由早到晚依次为:干旱、半干旱→温暖、湿润→干旱、炎热气候;所反映的沉积相为冲积扇、浊积扇和季节性辫状河沉积。砾岩与构造关系的结果分析表明,喀拉扎组砾岩是晚侏罗世构造活动的标志,亚格列木组砾岩为早白垩世初逆冲推覆活动的开始,巴什基奇克组砾岩则是早白垩世末构造宁静期的沉积响应产物。

**关键词** 库车前陆盆地 上侏罗统一白垩统 砾岩特征 构造演化

**第一作者简介** 李小陪 女 1987年出生 硕士研究生 矿物学、岩石学、矿床学 E-mail: 420923307@qq.com

**中图分类号** P534 **文献标志码** A

陆相盆地中的碎屑沉积,尤其是砾岩沉积记录着盆山转换过程的动力学信息,因此,一直都是国内外地质学家关注的重点<sup>[1-8]</sup>。前人主要从两个方面对砾岩进行研究,一方面朱大岗<sup>[1]</sup>、王建强<sup>[2]</sup>、钱程<sup>[3]</sup>等专门对砾岩组构进行研究,主要是在砾性、砾度、砾态、砾向等方面对砾石进行系统而全面的测量和统计分析,根据测量和统计的结果和图表,因而推断出外营力性质与砾组特征的相关性和规律性,从而恢复砾岩层形成时的地质环境。另一方面是对砾岩沉积特征与构造运动关系方面的研究,其一是砾岩岩石学特征与构造活动发生时间关系的研究,如 Aileen M. Davis<sup>[4]</sup>、揭育金<sup>[5]</sup>、Dario Sciunnach<sup>[6]</sup>等认为,通过野外实地观察以及镜下鉴定,对砾岩中砾石的成份及其含量、磨圆度、分选性等岩石学特征进行研究,特别是对砾岩成份含量变化特征的研究,再结合区域地质资料,可以推断出构造活动发生的时间。其二是砾岩分布特征与构造活动的方向以及强弱变化规律的研究,如曾宜君<sup>[7]</sup>、赵希涛<sup>[8]</sup>等认为通过对砾岩剖面进行实地测量,根据研究区砾岩在横向上的分布特征可以推断出砾岩的沉积环境变化,从而推断出构造活动的方向;同时,依据砾岩在纵向上的韵律特征,则可推断

出构造活动强弱变化规律。

由于塔里木盆地库车坳陷自晚侏罗世末期至早白垩世末期,发育了三套砾岩沉积,这些砾岩沉积的演化反映了不同时期盆地边缘造山带的隆升与盆地沉降的关系,从而隐含着盆地所经历的构造活动的信息。但是,前人在以往的地质研究中主要侧重于沉积相与有利储层评价方面的研究,而反映塔里木库车前陆盆地砾岩沉积特征与沉积环境、构造运动之间关系方面的研究成果未见报道。因此笔者对研究区三套砾岩进行了比较系统的研究,在砾岩基本特征研究的基础之上再对研究区砾岩进行砾岩组构分析,旨在明确晚侏罗至早白垩世库车前陆盆地构造演化特征,同时,这也填补了新疆此三套砾岩研究的空白。

## 1 区域地质概况

库车坳陷位于塔里木盆地北部,与天山褶皱系为邻,北面以南天山山前造山带为界,南部为塔北隆起带,东部止于库尔勒,西缘延伸至乌什盆地,是一个与南天山造山带隆升和逆冲推覆密切相关且耦合发育的负向构造—地貌单元<sup>[9]</sup>,呈北东东向展布(图1),属于中、新生代前陆盆地。库车坳陷地层发育巨厚的

<sup>①</sup>国家科技重大专项课题“中西部前陆盆地构造地质、储层特征及有利区评价”(编号:2011ZX05003-002)、中国石油天然气股份公司科研项目“中西部前陆盆地沉积储层特征与有利储层地质评价”(编号:2011B-0402)联合资助  
收稿日期:2012-09-25;收修稿日期:2012-12-20

中、新生界陆相碎屑岩沉积<sup>[10]</sup> ,其中侏罗系地层发育比较完全 ,白垩系地层主要发育下白垩统。研究区库车坳陷上侏罗统一白垩统地层划分及岩性特征详见表 1。

野外露头剖面实测是从事沉积储集层研究的重要方法和基本手段 ,其直观的砂体展布与叠置样式、丰富的沉积构造与地质现象 ,为对比分析沉积环境、岩石碎屑组分等构造运动的响应特征提供了良好的研究平台<sup>[11]</sup>。因此 ,选择砾岩层出露较完整、并能较好地反映前陆盆地构造运动与砾岩沉积之间紧密关系的剖面尤为重要。由表 1 可以看出 ,库车坳陷的粗碎屑岩主要分布在上侏罗统和下白垩统 ,因此 ,本文所选剖面及研究对象分别为库车河剖面及拜城县卡普沙良河剖面上侏罗统顶部喀拉扎组砾岩 ,下白垩统

底部亚格列木组砾岩及顶部巴什基奇克组砾岩。两条剖面位置及白垩系砾岩厚度见图 1。

## 2 砾岩区域分布特征

### 2.1 喀拉扎组砾岩

喀拉扎组主要分布于卡普沙良河至克孜勒努尔沟之间的北单斜带及直线褶皱带的东部吐格尔明背斜塔拉克河至吐孜洛克沟一带<sup>[12]</sup>。研究区本组岩性主要为块状红褐色、褐色细粒砾岩、中粒砾岩夹褐灰色中—粗砂岩 ,灰色细砂岩、泥质粉砂岩。该套砾岩为上侏罗统最顶部的一套粗碎屑沉积 ,该组顶部褐色砾岩、粗砂岩与上覆下白垩统亚格列木组平行不整合 ,该组底部的褐红色薄层砂岩与下伏齐古组为整合接触关系。喀拉扎组在不同地区出露厚度不一 ,研究

表 1 研究区上侏罗统一白垩统目的层岩性特征

Table 1 Stratigraphical division and lithological features of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in study area

| 界   | 系   | 统                      | 组                             | 资料厚度      | 实测地层厚            | 实测砾岩厚 | 岩性简述   |
|-----|-----|------------------------|-------------------------------|-----------|------------------|-------|--|
|     |     |                        |                               | /m        | /m               | /m    |  |
| 中生界 | 白垩系 | 下统                     | 巴什基奇克组<br>(K <sub>1</sub> bs) | 190 ~ 360 | 库车河剖面<br>288     | 65    | 中上部为褐色、灰色中砂岩、细砂岩; 下部为褐红色、褐色块状砾岩、含砾砂岩、粗砂岩。        |
|     |     |                        |                               |           | 卡普沙良河剖面<br>353.4 | 329.4 |  |
|     |     |                        | 亚格列木组<br>(K <sub>1</sub> y)   | 60 ~ 125  | 库车河剖面<br>64.2    | 41.1  | 上部为灰绿色细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩; 下部为灰绿色砾岩 ,灰色含砾粗砂岩、砾状砂岩、粗砂岩。 |
|     |     |                        |                               |           | 卡普沙良河剖面<br>123.6 | 3     |  |
|     |     |                        |                               |           | 库车河剖面<br>11      | 11    |  |
|     |     |                        |                               |           | 卡普沙良河剖面<br>89.2  | 11    |  |
| 侏罗系 | 上统  | 喀拉扎组(J <sub>3</sub> k) | 11 ~ 90                       |           |                  |       | 褐色、红褐色块状砾岩、夹褐灰色粗—中砂岩 ,部分地区上部发育灰色细砂岩、泥粉砂岩。        |

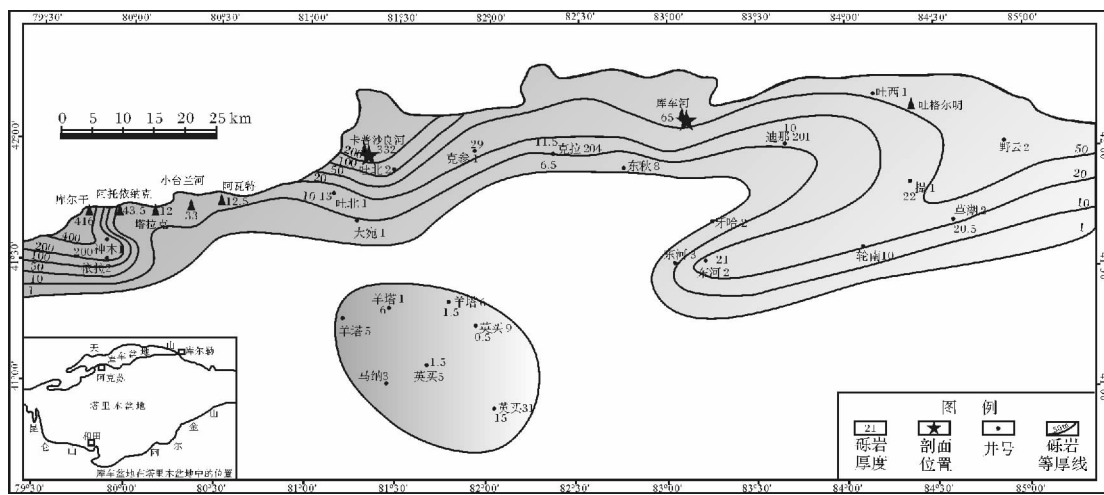


图 1 库车坳陷白垩系砾岩厚度图及剖面位置

Fig. 1 The thickness of conglomerate and position of study section of Cretaceous in Kuqa depression

区内所测喀拉扎组地层及砾岩厚度见表1。

### 2.2 亚格列木组砾岩

亚格列木组主要分布于库车坳陷北单斜带及直线背斜带,覆盖区仅库车坳陷东部依奇克里克、吐格爾明地区。该组属于下白垩统卡普沙良群,底部与下伏上侏罗统喀拉扎组呈平行不整合接触,顶部与上覆舒善河组为整合接触关系。本组下部为厚层状灰绿色、灰褐色、灰色砾岩局部砂砾混杂,上部为灰绿色、灰褐色砾状砂岩、细砂岩、粉砂岩、页岩夹薄层泥岩。由于本组砾岩质地坚硬,地貌陡峭,形似城墙,故有“城墙砾岩”之称。

亚格列木组砾岩为研究区下白垩统第一套砾岩沉积体。该套砾岩仅分布在库车坳陷北部山前地带,亚格列木组地层在及砾岩库车坳陷各剖面出露及各井钻遇厚度见表2、表3,而研究区内实测厚度见表1。由表2及表3可以看出,南北方向上,亚格列木组砾岩厚度由北向南急剧减小,东西方向上砾岩厚度在东、西部较小,中部最大,呈现出厚薄交替变化的趋势。

### 2.3 巴什基奇克组砾岩

巴什基奇克组主要分布于库车前陆盆地中西部露头及钻井剖面,库车坳陷东部缺失。该组与下伏巴西盖组为整合接触关系,与上覆古近系库姆格列木组

呈假整合接触。

该组上部为褐色、褐红色、砾岩、砾状砂岩、不等粒砂岩等,中部为褐色、褐灰色中细砂岩、细砂岩,下部为褐色、褐红色、紫褐色砾岩。巴什基奇克组下部砾岩为研究区下白垩统第二套砾岩沉积体。该套砾岩在东西方向上主要分布于中西部,南北方向上主要分布于库车坳陷北部边缘,但厚度相差较大(表2、表3)。研究区该组地层及砾岩厚度变化亦较大(表1)。由表2、表3可知,盆地北部为巴什基奇克组砾岩主要沉积区,盆地南部该组砾岩厚度只有0.5 m,远小于北部砾岩厚度。同时,该组砾岩在盆地中部沉积厚度比西部大。

## 3 砾岩岩石学特征

### 3.1 喀拉扎组砾岩

#### 3.1.1 中部库车河剖面

本剖面该套砾岩沉积构造不发育,砾石排列比较混杂,没有明显的定向性。砾岩为红褐色、褐色(图版I-A),中细粒砾状结构,块状构造,颗粒支撑,孔隙式胶结。砾石成份多样,其中含量最多的是硅质岩砾石,其次为石英岩砾石,二者含量相当,多为棱角状、次棱角状,这两种砾石含量平均约为43%。另外,岩

表2 库车坳陷各剖面亚格列木组、巴什基奇克组地层及砾岩厚度  
Table 2 Stratigraphical and conglomerate thickness of Yageliemu Formation and Bashijiqike Formation of each section in Kuqa depression

| 剖面   | 库尔干   | 阿托依拉克 | 塔拉克   | 小台兰河 | 阿瓦特   | 卡普沙良  | 克拉苏    | 库车河   | 吐格爾明 | 库尔干  | 塔拉克  | 小台兰河 | 卡普沙良 | 克拉苏  | 库车河  |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 厚度/m | 98.6  | 60.2  | 36.31 | 16.7 | 75.77 | 243.1 | 76.38  | 60.7  | 95.2 | 347  | 36.7 | 38.7 | 237  | 201  | 224  |
| 砾厚/m | 98.6  | 23.4  | 2.9   | 14.4 | 12.66 | 159   | 76.38  | 15.28 | 36.5 | 121  | 8.6  | 18.7 | 111  | 114  | 63.7 |
| 泥厚/m | 0     | 36.8  | 33.41 | 3.4  | 29.98 | -     | -      | -     | -    | 226  | 28   | 20   | -    | -    | -    |
| 砾百分比 | 100   | 38.8  | 8     | 86   | 16.7  | 65.4  | 100    | 25.2  | 38.3 | 34.7 | 23.5 | 48.4 | 46.8 | 56.6 | 28.4 |
| 组别   | 亚格列木组 |       |       |      |       |       | 巴什基奇克组 |       |      |      |      |      |      |      |      |
| 盆地位置 | 西     |       |       | 中    |       |       | 东      |       |      | 西    |      |      | 中    |      |      |

表3 库车坳陷各井钻遇亚格列木组、巴什基奇克组地层及砾岩厚度  
Table 3 Stratigraphical and conglomerate thickness of Yageliemu Formation and Bashijiqike Formation of each well in Kuqa depression

| 井号    | 依南2   | 东河2    | 羊塔6  | 羊塔1  | 英买31 | 吐北1   | 克参1    | 克拉2   | 克拉201 | 提1   | 草2    | 羊塔1   | 英买5   |
|-------|-------|--------|------|------|------|-------|--------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 底界深/m | 3301  | 5497.5 | 5687 | 5524 | 4468 | 4448  | 2962   | 3969  | 3998  | 5122 | 4231  | 5467  | 4677  |
| 厚度/m  | 103   | 47.5   | 38   | 57   | 16.5 | 189.5 | 262    | 396.5 | 347.5 | 104  | 593   | 167.2 | 332   |
| 砾厚/m  | 10    | 21     | 1    | 0.5  | 15   | 13    | 29     | 11.5  | 6.5   | 22   | 20.5  | 5.5   | 0.5   |
| 泥厚/m  | 93    | 26.5   | 37   | 56.5 | 1.5  | 176.5 | 233    | 385   | 341   | 82   | 572.5 | 161.7 | 331.5 |
| 砾百分比  | 9.7   | 44.2   | 2.6  | 0.9  | 91   | 6.9   | 11     | 3     | 1.9   | 21.1 | 3.5   | 3.3   | 0.15  |
| 组别    | 亚格列木组 |        |      |      |      |       | 巴什基奇克组 |       |       |      |       |       |       |
| 盆地位置  | 北     | 中      |      |      | 南    | 北     |        |       | 中     |      |       | 南     |       |

石中含量较多的砾石还有火成岩砾石,含量约24%,主要为次棱角一次圆状。其他成份的砾石有碳酸盐岩(图版II-A)、千枚岩、变质砂岩等。砾石大小不一,最小砾径仅2mm,较大砾径约60mm,个别可达100mm,23~31mm砾石居多(图2A),砾石分选差一中等,主要为次棱角状、次圆状,磨圆度差,抗风化作用弱。填隙物中,胶结物为方解石,岩石中还含有大量褐红色、褐色的砂级岩屑,成份主要为石英岩、硅质岩及火成岩。此外,岩石中亦有少量红褐色铁泥质。

### 3.1.2 西部卡普沙良河剖面

该剖面底部砾岩单层厚约2~3m,夹有厚约3m的灰褐色中粗砂岩,砂岩平行层理发育。中部砾岩单层厚约1~2m,该部分砾石磨圆较好,中间夹3~7m的中粗砂岩,该套砂岩发育小型交错层理、平行层理。本组砾岩为灰褐色(图版I-B),中细粒砾状结构,块状构造,孔隙式胶结。砾岩中,砾石含量最多的为石英岩(35%~40%),其次为碳酸盐岩(15%~18%),再次为硅质岩(13%~15%)(图版II-B),另外还有变质砂岩、千枚岩、火成岩砾石等。砾石分选差,砾径2~400mm不等,以12~29mm砾石为主(图2B)。砾石主要为不等轴状,磨圆差,次棱角状为主,少量为次圆状。方解石胶结,其中充填大量砂级石英岩岩屑、硅质岩岩屑等。

## 3.2 亚格列木组砾岩

### 3.2.1 中部库车河剖面

该套“城墙砾岩”为亚格列木组标志性地层,本剖面该组砾岩单层厚约10~12m,具有一定的层理性,抗风化能力强。该套砾岩之上为灰色含砾粗砂岩、粗砂岩,整体呈现出明显的正粒序特征。砾岩颜色为灰褐色、灰绿色(图版I-C),中细粒砾状结构,孔隙式胶结,块状构造。砾石成份以石英岩和硅质岩为主,两种砾石含量均约为砾石总量的一半。其次为火成岩,砾石以安山质及流纹质为主(14%~16%)(图版II-C)。再次为碳酸盐岩砾石,含量约8%~10%,主要为灰岩。此外,还有少量千枚岩、变质砂岩、砂岩。砾石呈扁平状,具有一定方向性。次棱角状、次圆状为主,磨圆差一中等,分选差,主要以18~50mm为主(图2C),最大砾径约400mm。砾石间还充填大量石英岩、硅质岩及碳酸盐岩等砂级岩屑,胶结物为方解石。

### 3.2.2 西部卡普沙良河剖面

本套砾岩为砂砾混合带,单层薄30~60cm(砾岩—砂岩),砾岩上部重力流特征明显。本套砾岩为灰色、灰绿色(图版I-D),细粒砾状结构为主,中细

粒砾状结构次之,孔隙式胶结,块状构造。砾石成份主要为石英岩(图版II-D),其次为硅质岩,再次为碳酸盐岩、火成岩,具少量千枚岩与变质砂岩,偶见碎裂岩,未见砂岩。砾石以次棱角状为主,分选差,17~27mm的砾石最多(图2D),最大砾石直径约40mm。填隙物特征与库车河剖面砾岩中填隙物特征相似,只是本套砾岩填隙物中少见碳酸盐岩岩屑。

## 3.3 巴什基奇克组砾岩

### 3.3.1 中部库车河剖面

该剖面巴什基奇克组砾岩单层厚度6~17m不等,自下而上,单层厚度减薄。单层顶部常发育2~3m厚的粗砂岩,该套砾岩中部还发育一套具平行层理厚约12m的褐色细砂岩。砾岩呈褐色、红褐色(图版I-E),中细粒砾状结构,块状构造,颗粒支撑,孔隙式胶结。砾石成份主要为石英岩(35%~40%),其次为硅质岩(20%~30%)、碳酸盐岩(15%~20%),再次为火成岩(12%~14%),并含少量千枚岩砾石,偶见砂岩、碎裂岩砾石,由于重结晶程度不同,部分砾石为石英岩向硅质岩过渡(图版II-E)。本套砾岩砾石磨圆中等,次圆状为主,次棱角状次之,分选差,17~43mm砾石最多(图2E),最大砾径可达600mm。胶结物为方解石,填隙物主要为褐色铁泥质,岩石中还充填有大量砂级碳酸盐岩岩屑及硅质岩岩屑。

### 3.3.2 西部卡普沙良河剖面

该套砾岩为一套巨厚层砾岩,出露在该剖面中下部,单层厚度8~40m不等。砾岩上部层理性较好,可见薄层粗—中砂岩,厚约10~20cm。砾岩为褐色、褐红色(图版I-F),中细粒砾状结构,颗粒支撑,孔隙式胶结。砾石成份多样,其中,石英岩(30%~35%)最多,其次为碳酸盐岩(22%~27%)(图版II-F),再次为硅质岩(20%~25%),并具有少量火成岩、变质砂岩砾石,千枚岩含量很少。砾石磨圆较好,次圆状为主,次棱角状为辅。分选差,砾石砾径14~31mm不等,10mm以下居多(图2F)。在该套砾岩下部,砾石具有定向排列及压实孔隙的特点,砾石间夹薄层粗砂冲刷面。胶结物及填隙物与库车地区相同,并含大量硅质岩、石英岩及碳酸盐岩等砂级岩屑。

## 4 三套砾岩沉积古环境的演化对比

### 4.1 沉积古环境垂向演化

为了对各组砾岩有更精确地认识,更好地对各组砾岩进行对比分析,我们对每一组砾岩砾石的砾径进行了实地测量。根据每一套砾岩厚度的不同,选取的

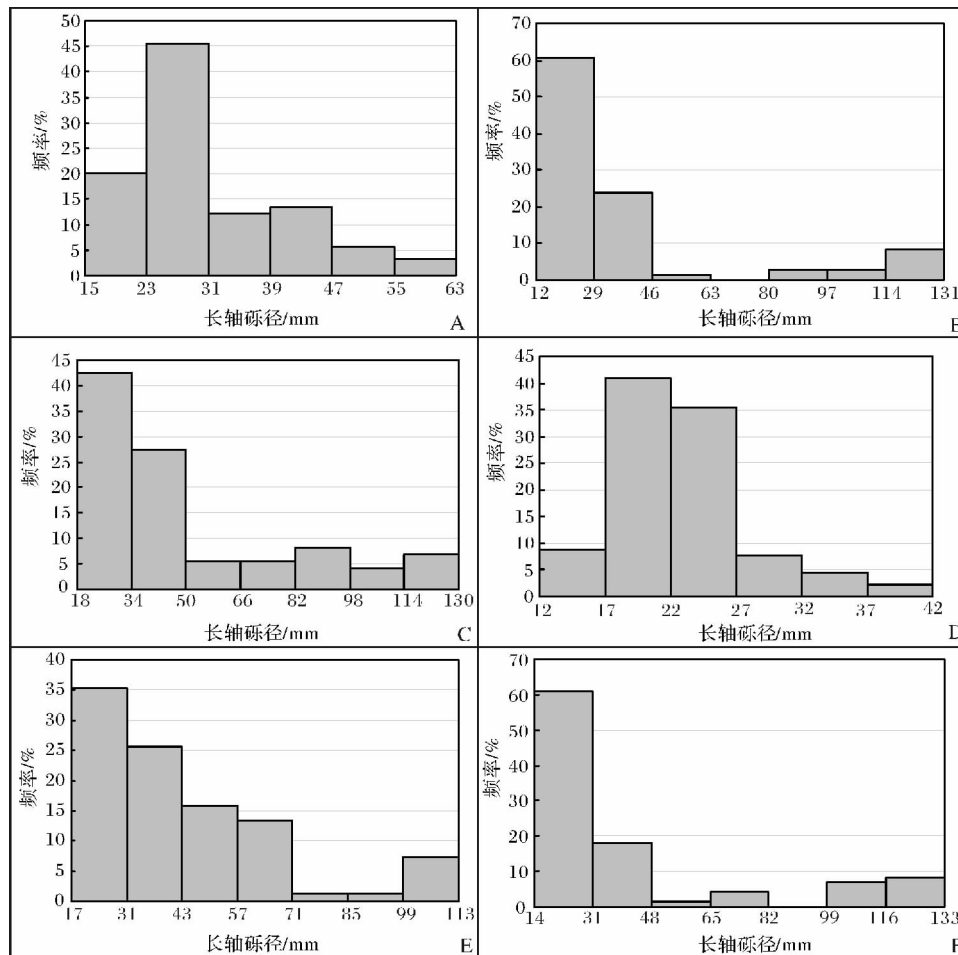


图2 研究区各组砾石长轴砾径频率分布直方图

A. 库车剖面喀拉扎组砾石长轴砾径频率分布直方图; B. 卡普沙良剖面喀拉扎组砾石砾径频率分布直方图; C. 库车剖面亚格列木组砾石长轴砾径频率分布直方图; D. 卡普沙良剖面亚格列木组砾石长轴砾径频率分布直方图; E. 库车剖面巴什基奇克组砾石长轴砾径频率分布直方图; F. 卡普沙良剖面巴什基奇克组砾石长轴砾径频率分布直方图;

Fig. 2 Histogram map of long-axon size-frequency distribution of each formation gravels in study area

测量点也不同,每个测量点面积 $\geq 1\text{ m}^2$ ,测量时,每个点随机选取约100个砾石。之后,对测量结果进行计算做出每套砾岩的长轴砾径累积频率曲线图(图3)以及每套砾岩砾态特征。

#### 4.1.1 中部库车河剖面

该剖面喀拉扎组可见砾石最大砾径约60 mm,亚格列木组最大砾径约400 mm,而巴什基奇克组最大砾径达到了600 mm。结合图2A、C、E,可知自下而上,砾径变大,分选变差。该地区喀拉扎组与巴什基奇克组砾岩均为块状,无层理(图版I-A, I-B),砾石排列杂乱,没有定向性,而亚格列木组砾岩具有一定的层理性(图版I-C)。说明,晚侏罗世至早白垩世晚期山体隆升强烈,并向盆地中心移动,物源逐渐推进的演化过程。

从中部库车河剖面岩性柱状图中(图4)可以看出,三套砾岩厚度由晚侏罗时期的11 m增厚至早白垩世初期的41.1 m,到早白垩世末期砾岩厚度达到了65 m。说明不同时期砾岩沉积体规模不同,这也反映了不同时间段构造活动剧烈程度及持续时间有较大差异。自下而上,砾岩颜色依次为红褐色→灰绿色→红褐色、褐色,岩石颜色的转变说明,库车坳陷中部地区在不同时期气候发生了较大的变化,在晚侏罗时期气候干旱、炎热,早白垩世初期气候则相对较为潮湿,而到了早白垩世末又转变为干旱、半干旱气候。

#### 4.1.2 西部卡普沙良剖面

在该剖面砾石砾径测量过程中,喀拉扎组可见最大砾石直径约400 mm,亚格列木组约40 mm,巴什基奇克组约320 mm,由图2B、D、F,可以看出,三套砾

岩砾径分布范围相差较大,相比之下,亚格列木组砾岩分选性相对最好。据图5分析可知,该剖面最为显著的特点是三套砾岩无论是单层厚度还是总厚度相差都极为悬殊,喀拉扎组砾岩厚约11 m,亚格列木组砾岩厚度仅为3 m,而巴什基奇克组砾岩厚度却达到了329.4 m。沉积物研究表明,卡普沙良河沉积相变化较大,自下而上为辫状河沉积→浊积扇沉积→大规模冲积扇沉积。说明不同时期西部地区构造活动强度差异远大于中部地区。

从本剖面岩性柱状图(图5)上可以看出,喀拉扎组砾岩颜色为褐灰色,而亚格列木组、巴什基奇克组砾岩颜色与库车河剖面一致分别为褐色、灰绿色及褐红色。说明在库车坳陷西部地区晚侏罗世末期为半干旱气候,早白垩世时期中西部地区的气候一致。因此,可以看出库车前陆盆地中西部地区古气候垂向变化一致。

#### 4.2 沉积古环境横向对比

库车坳陷中西部地区由于地理位置、古地貌特

征、构造活动等因素的不同,其沉积古环境的演化特征在横向上有一定差异,因此,我们对同一时期不同地区的砾岩沉积古环境进行了对比研究。

##### 4.2.1 喀拉扎组砾岩

从两个剖面喀拉扎组砾岩砾石长轴砾径频率分布直方图(图2A,B)中可以看出,库车剖面砾石砾径主要集中在23~31 mm,而卡普沙良剖面砾石主要砾径为12~29 mm。从两个剖面长轴砾径累积频率曲线图(图3A,B)中可知,盆地中西部砾石砾径分布范围较大,可见两个地区砾岩分选性普遍较差。由表4中可以看出,两个地区砾岩扁度与球度较为一致,由砾态比值可知,两地砾石均为不等轴状,这与野外实地所见砾石特征相一致。

库车前陆盆地中西部地区喀拉扎组砾岩均以褐色为主,结合区域孢粉化石资料,可知晚侏罗世末期中西部地区气候特征一致,均为干旱、半干旱气候。由图4、图5可知,库车河喀拉扎组地层全部为砾岩,且砾石杂乱、分选差,表现出显著地冲积扇沉积特征。

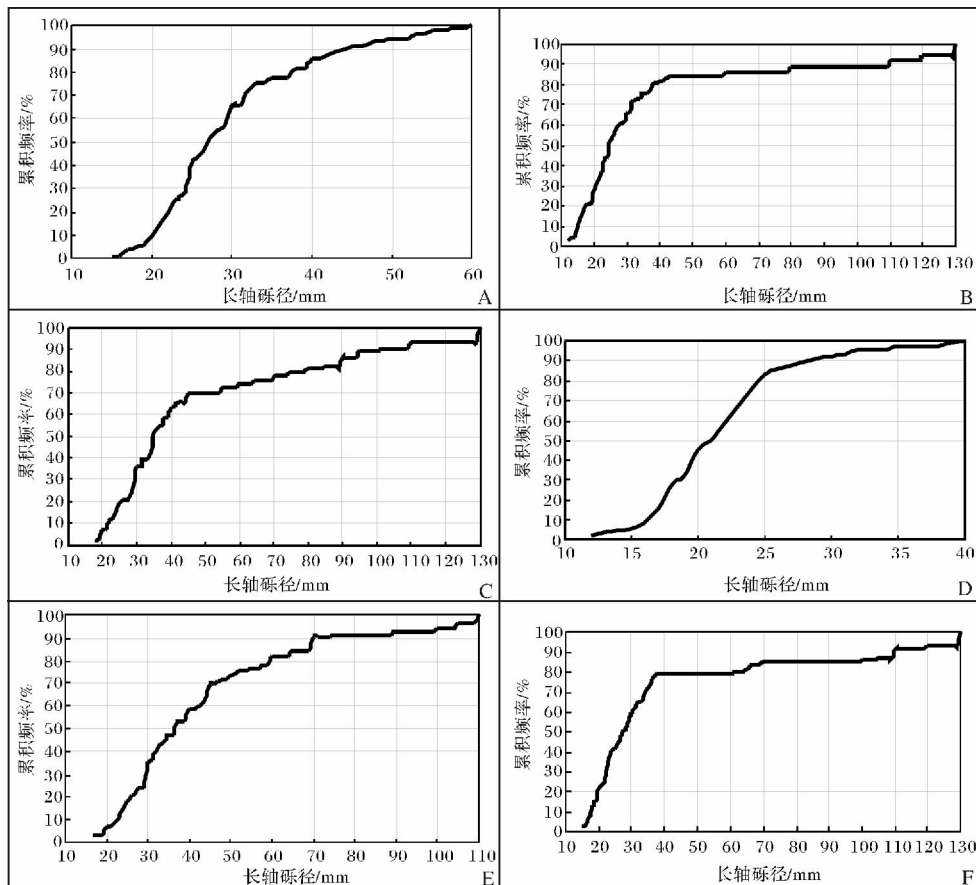


图3 库车坳陷中西部地区各组砾岩砾石长轴砾径累积频率曲线

A. 库车剖面喀拉扎组砾石长轴砾径累积频率曲线; B. 卡普沙良剖面喀拉扎组砾石长轴砾径累积频率曲线; C. 库车剖面亚格列木组砾石长轴砾径累积频率曲线; D. 卡普沙良剖面亚格列木组砾石长轴砾径累积频率曲线; E. 库车剖面巴什基奇克组砾石长轴砾径累积频率曲线; F. 卡普沙良剖面巴什基奇克组砾石长轴砾径累积频率曲线

Fig. 3 Curvilinear map of long-axon size-frequency distribution of each formation gravels in middle-western Kuqa depression

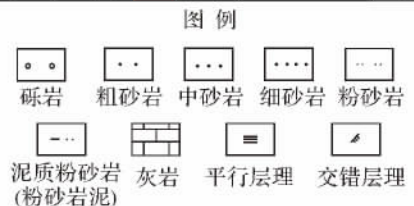
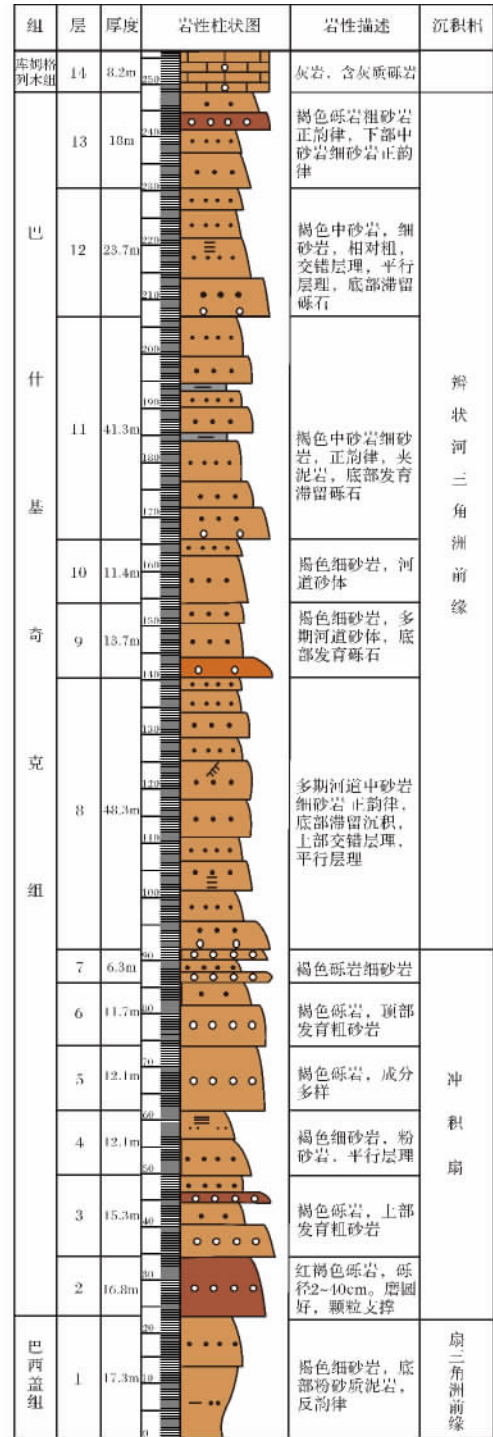
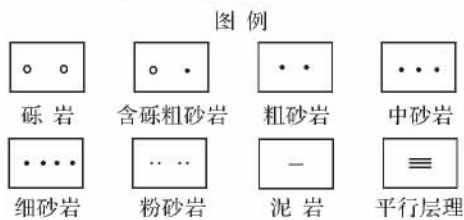
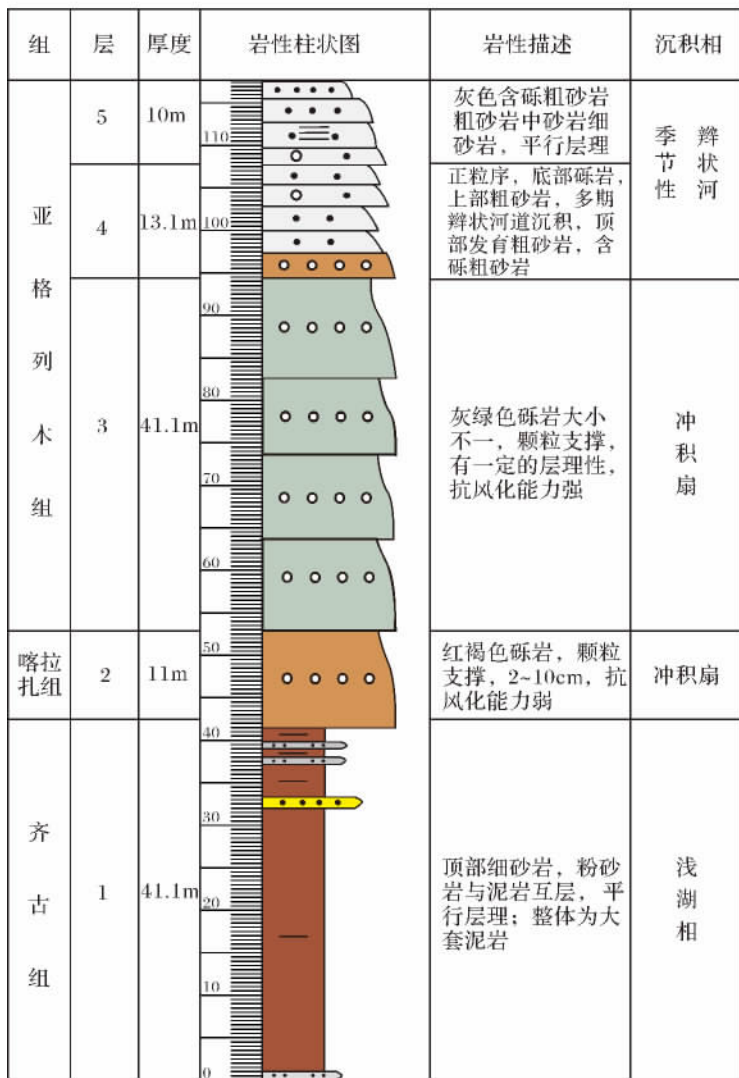


图4 库车河剖面喀拉扎组—亚格列木组—巴什基奇克组岩性柱状图

Fig.4 Lithological column of Kalazha Formation-Yageliemu Formation-Bashjiqike Formation in Kuqa river section



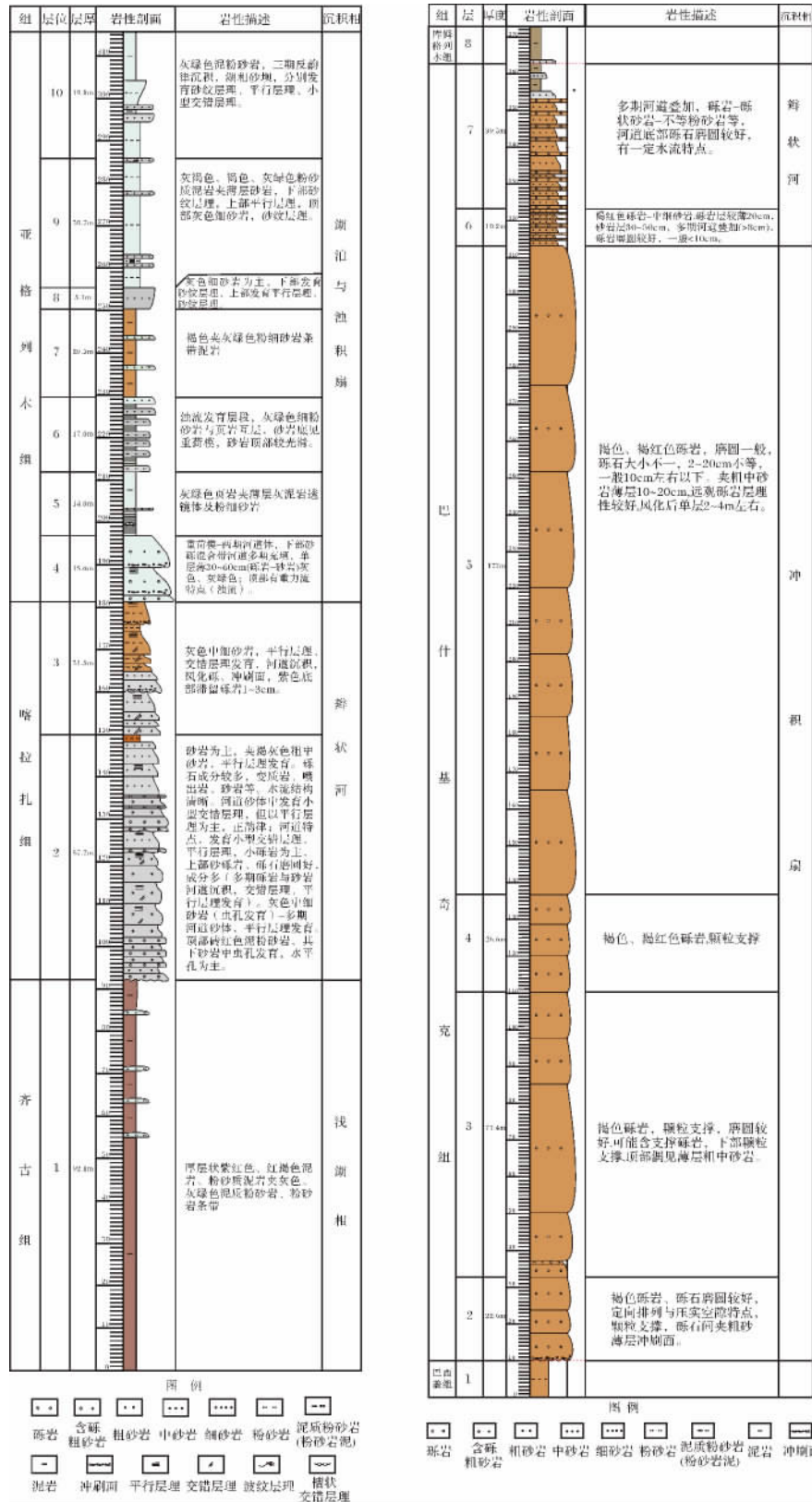


图 5 卡普沙良河剖面喀拉扎组—亚格列木组—巴什基奇克组岩性柱状图  
 Fig. 5 Lithological column of Kalazha Formation-Yageliemu Formation-Bashijiqi Formation in Kapushaliang river section



卡普沙良地区仅在喀拉扎组底部出露多期砾岩,沉积厚度小,上部为灰色粗砂岩、中—细砂岩,该套砂岩交错层理及平行层理发育,且见虫孔。同时,上部可见冲刷面,冲刷面底部发育滞留砾石,顶部为泥粉砂岩,呈向上变细的正韵律特征,属于辫状河沉积体系<sup>[13,14]</sup>。

#### 4.2.2 亚格列木组砾岩对比

由亚格列木组砾石长轴砾径累积频率曲线图(图3C、D)可以看出,中部库车河地区该套砾岩砾径分布范围明显大于西部,前者砾径累积频率曲线形态较后者陡峭,可知库车坳陷中部砾岩分选性比西部差。由亚格列木组砾岩砾态特征(表4)可知,两个剖面砾岩都以不等轴状为主,由砾态比值可知,中部地区比西部地区砾石的不等轴性表现更显著。

研究区亚格列木组砾岩、砂岩均为灰绿色,说明此时库车坳陷中西部地区气候都比较温暖、湿润。库车坳陷中部库车河地区亚格列木组砾岩发育于该组下部,前述已知,属于冲积扇砾岩,上部则为底砾岩—含砾粗砂岩、粗砂岩正粒序特征,为辫状河道沉积。而西部卡普沙良河地区砾岩则主要以砂砾混合带形式分布于该组下部,单层砂—砾混合带厚约30~60 cm,河道底砾岩多期充填,砾岩之上有明显的浊流沉积,该组上部总体为细粉砂岩与泥岩、页岩互层沉积,重荷模发育,因此,库车坳陷西部亚格列木组砾岩为浊积扇辫状水道沉积砾岩。

#### 4.2.3 巴什基奇克组砾岩对比

库车坳陷中西部巴什基奇克组砾岩的共同点均为红褐色、褐色,可见到了白垩世末期,两个地区都

比较炎热,均处于干旱、半干旱环境之中。

不同点是中部地区巴什基奇克组砾岩砾径分布范围比西部地区小(图3E、F),前者长轴砾径累积频率曲线形态比后者要平缓,说明,西部卡普沙良地区在该组砾岩分选更差。库车坳陷中部库车地区巴什基奇克组砾岩砾态比值为4.41(表4),在三个组所有砾岩砾态比值中最大,可见巴什基奇克时期,中部库车河地区砾岩不等轴性最明显。由图4、图5可以看出,西部地区巴什基奇克组砾岩为巨厚层块状,层理不发育。而中部地区砾岩厚度远小于卡普沙良地区,发育于该组下部,砾石分布杂乱,无明显定向性,两个地区砾岩均表现出冲积扇特征,但西部地区冲积扇沉积规模更大。

此外,库车坳陷中西部地区三套砾岩厚度不同不但与构造作用有关,还与物源区供给有关。喀拉扎组物源区为再造山旋回带,属于南天山碰撞造山带,物源单一。因此,该组中西部地区在喀拉扎时期砾岩沉积厚度相同。而亚格列木组沉积物来源于两个物源区,一是北部天山物源区,二是西部温宿凸起物源区。巴什基奇克组地层沉积则为多物源供给结果,其中北部造山带和西部温宿凸起为主要物源区,而中部凹陷区则为次要物源区<sup>[15]</sup>,因此,库车坳陷中西部地区巴什基奇克组沉积厚度都比较厚,但两个地区沉积厚度却存在差异。再者,由沉积古环境分析可知,卡普沙良河剖面在早白垩世发育浊流沉积—巨厚冲积扇沉积,表明此时期该地区构造沉降幅度大,发育深水沉积环境;而东部库车河地区构造沉降幅度较小为辫状河—冲积扇的较浅水沉积。

表4 研究区各组砾岩砾态特征

Table 4 Psephitic features of each formation gravels in study area

|                 | 扁度 $F$ | 球度 $B$ | 砾态比值 $F/B$ | 磨圆度 $P$ |
|-----------------|--------|--------|------------|---------|
| 库车河剖面喀拉扎组砾岩     | 2.25   | 0.63   | 3.59       | 19.81   |
| 卡普沙良河剖面喀拉扎组砾岩   | 2.27   | 0.62   | 3.68       | 12.78   |
| 库车河剖面亚格列木组砾岩    | 2.48   | 0.62   | 3.97       | 25.00   |
| 卡普沙良河剖面亚格列木组砾岩  | 2.20   | 0.64   | 3.47       | 20.19   |
| 库车河剖面巴什基奇克组砾岩   | 2.68   | 0.61   | 4.41       | 23.70   |
| 卡普沙良河剖面巴什基奇克组砾岩 | 2.20   | 0.65   | 3.36       | 19.63   |

## 5 砾岩的构造意义

研究区三套砾岩均为陆相粗碎屑沉积,这些特征沉积物形成于特殊的盆地背景,能够反映沉积与构造的演化关系,构造活动直接控制着砾岩沉积体系的建

设,是砾岩体形成的根本原因之一。

### 5.1 喀拉扎组砾岩的构造意义

喀拉扎组与下伏齐古组呈整合接触,但是两者之间沉积物的成份成熟度、结构成熟度以及沉积构造等都发生了重大的改变,沉积体系由滨湖—浅湖相转变

为冲积扇相,表面上是沉积构造的转变,实际上则包含了地层内部由构造作用引起的盆地北部抬升,构造活动性增强和盆地边缘坡度急剧变陡的过程<sup>[16]</sup>。

早侏罗世时,盆地处于相对静止时期,也就是在此时天山造山带南北两侧的山前带形成了一套厚3 000~5 000 m陆源碎屑含煤沉积<sup>[17]</sup>。而从中侏罗世后期至晚侏罗世,天山开始广泛的隆升,晚侏罗世末,南北造山带逆冲活动加剧,造成物源区强烈抬升,以及边缘基底的快速沉降,提供了较大的充填空间。与此同时,盆缘坡度也在不断增大,使整个坳陷呈现出北陡南缓的地势形态,而能证明这一地形的直接证据就是水体古流向。所测得研究区喀拉扎组砾石最大扁平面产状的数据表明,库车坳陷中西部地区喀拉扎组古流向为 $190^{\circ}\sim 212^{\circ}$ ,水流主体自北向南。

因此,在充足的碎屑补给以及强烈的地形差等关键性因素的控制下,该组充填了厚层的砾岩沉积,这标志着侏罗世末库车坳陷由宁静期向活动期的转变,这也是库车坳陷进入新一轮沉降的开始。

## 5.2 亚格列木组砾岩构造意义

晚侏罗世时地层大面积上升,使得喀拉扎组地层不同程度的缺失,因此,亚格列木组与下伏地层上侏罗统喀拉扎组呈不整合接触,这种区域上的下白垩统与上侏罗统的不整合可能与羌塘南侧陆缘与冈底斯弧在侏罗纪末期的碰撞有关,而在此沉积间断之上的亚格列木组砾质粗碎屑沉积暗示着新一幕构造活动导致盆缘坡度急剧变陡的过程<sup>[18]</sup>。

白垩纪初期南天山造山带的强烈逆冲,造山带构造负荷的快速加载引起岩石挠曲、加速下沉,使得盆缘坡度急剧变陡,巨大的沉积空间及较高角度的陡坡带是亚格列木组砾岩主要分布在坳陷北缘的主要原因。根据对库车河地区及卡普沙良河地区砾石最大扁平面产状的测量,库车坳陷中西部地区亚格列木组古流向为 $195^{\circ}\sim 218^{\circ}$ 、 $170^{\circ}\sim 177^{\circ}$ ,可见,自北向南的古流向是逆冲作用使研究区形成北高南低陡坡带的直接证据。

因此,亚格列木组砾岩沉积是逆冲推覆重新活动的标志,也是对逆冲推覆作用“盆山耦合”<sup>[19]</sup>关系的反映。由该套砾岩<sup>[9]</sup>之上的细砂岩、粉砂岩甚至粉砂质泥岩沉积可以看出,白垩纪初期沉积体系由冲积扇向扇三角洲相、浊积扇相、浅湖相、半深湖相沉积演化,该套沉积演化序列也说明此时南天山逆冲减弱,库车坳陷大幅度沉降,表明本组砾岩为构造活动期的沉积响应。

## 5.3 巴什基奇克组砾岩构造意义

尽管本组砾岩与亚格列木组砾岩同为下白垩统粗碎屑沉积,沉积物成份及结构也相似,但二者完全是盆地在不同时期因不同性质的构造活动而形成的,它们所反映的盆山耦合关系是不同的。

由前文可知,巴什基奇克组地层与下伏的巴西盖组地层为整合接触关系。库车坳陷中西部地区巴西盖组上部岩性主要为褐色、褐红色细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、泥岩,粉砂岩中平行层理发育,说明巴西盖组末期水体较深,盆地北部处于沉降状态,根据区域地质资料,此时塔北隆起处于隆升状态。而巴什基奇克组下部岩性为褐色、褐红色厚层砾岩、粗砂岩沉积,两组沉积体结构与成份上跳跃性的转变说明,此时盆地北部开始隆升,塔北隆起开始沉降。例如,对研究区巴什基奇克组砾岩砾石最大扁平面产状进行测量,该时期库车坳陷中西部古流向为 $157^{\circ}\sim 175^{\circ}$ 、 $188^{\circ}\sim 211^{\circ}$ ,说明此时古流向主体由北向南,地层格架为北高南低。

造成地层格局大幅度改变的主要原因是早白垩世末期至巴什基奇克组沉积时期,南天山逆冲作用减弱,岩石圈受到来自南天山的构造应力减小,剥蚀作用使岩石圈负荷减小导致地层回弹隆升,同时塔北隆起开始沉降<sup>[12]</sup>,形成现今的盆地格局。另外,早白垩世初期南天山的逆冲作用致使研究区缺失上白垩统地层。因此,本组砾岩为构造宁静期的沉积响应产物。

## 6 结论

库车前陆盆地中部库车河地区和西部卡普沙良河地区的三套砾岩,成份复杂多样,各不相同,砾石整体分选性和磨圆度都比较差,部分层位磨圆中等,均表现出较低的成份成熟度和结构成熟度。在南北方向上,三个组地层在天山山前沉积厚度最大,向南厚度减小,而在东西方向上喀拉扎组及巴什基奇克组地层中部厚度均小于西部,亚格列木组地层则表现出厚薄交替变化的趋势。三套砾岩上述特征表明:(1)沉积相不同,喀拉扎组砾岩和巴什基奇克组砾岩为大规模冲积扇沉积,而亚格列木组砾岩在库车河地区为辫状河沉积,在卡普沙良河地区为浊积扇沉积;(2)沉积物源不同,区域资料表明晚侏罗统喀拉扎组砾岩为单一物源,而下白垩统两套砾岩均具有多物源性,但是,三套砾岩主要物源区均为南天山造山带;(3)沉积古气候不同,库车前陆盆地在晚侏罗世时期为干

旱、半干旱气候,在早白垩世初期演变为温暖、湿润,而到了早白垩世末期气候又转变为干旱、炎热;(4)反映的构造活动意义不同,喀拉扎组砾岩是库车前陆盆地晚侏罗世末宁静期的结束,活动期的开始;亚格列木组砾岩是侏罗系和白垩系之间标志性的分界线,不但代表了逆冲推覆活动的开始,也标志着库车前陆盆地差异沉积的开始;而作为下白垩统最顶部的一套粗碎屑沉积,巴什基奇克组砾岩是库车前陆盆地在早白垩世时期构造活动结束的标志。

### 参考文献 (References)

- 朱大岗,赵希涛,孟宪刚,等. 念青唐古拉山主峰地区第四纪砾石层砾组分析[J]. 地质力学学报, 2002, 8(4): 323-332 [Zhu Dagang, Zhao Xitao, Meng Xiangang, et al. Fabric analysis of gravel in Quaternary gravel beds on backbone area of Nianqingtang gulla Mountains [J]. Journal of Geomechanics, 2002, 8(4): 323-332]
- 王建强,贾楠,刘池洋,等. 鄂尔多斯盆地西南部下白垩统宜君组砾岩砾组分析及其意义[J]. 沉积学报, 2011, 29(2): 226-234 [Wang Jianqiang, Jia Nan, Liu Chiyang, et al. Fabric analysis of Yijun Gravels of Lower Cretaceous in the southwestern Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 29(2): 226-234]
- 钱程,韩建恩,余佳,等. 山西榆社盆地新近系马会组砾岩层砾组特征及其地质意义[J]. 现代地质, 2011, 25(4): 778-788 [Qian Cheng, Han Jianen, Yu Jia, et al. Gravel fabric characteristics of the Neocene Mahui Formation in Yushe Basin, Shanxi and its geological significance [J]. Geoscience, 2011, 25(4): 778-788]
- Aileen M D, Jonathan C A, Badengzhu, et al. Paleogene island arc collision-related conglomerates, Yarlung-Tsangpo suture zone, Tibet [J]. Sedimentary Geology, 2002, 150: 247-273
- 揭育金,庄建民,黄泉祯,等. 闽西南“丁屋岭砾岩”地质特征及时代探讨[J]. 福建地质, 2002, 22(1): 13-20 [Jie Yujin, Zhuang Jianmin, Huang Quanzhen, et al. Discussion on the geological characteristics and the time of Dingwuling Conglomerate in southwestern Fujian [J]. Geology of Fujian, 2002, 22(1): 13-20]
- Dario S, Giancarlo S, Fabrizio T, et al. The Monte Orfano conglomerate revisited: stratigraphic constraints on Cenozoic tectonic uplift of the southern Alps (Lombardy, Northern Italy) [J]. International Journal of Earth Science (Geol Rundsch), 2010, 99: 1335-1355
- 曾宜君,杨学俊,李云泉,等. 川西前陆盆地南部中生代砾岩的构造意义[J]. 四川地质学报, 2004, 24(4): 198-201 [Zeng Yijun, Yang Xuejun, Li Yunquan, et al. Tectonic significance of Meso-Cenozoic conglomerate in the south of the west Sichuan Foreland Basin [J]. Sichuan Journal of Geology, 2004, 24(4): 198-201]
- 赵希涛,胡道功,吴中海,等. 青海格尔木早更新世昆仑河砾岩的发现及其地质意义[J]. 地质力学学报, 2010, 16(1): 1-10 [Zhao Xitao, Hu Daogong, Wu Zhonghai, et al. Discovery of the Early Pleistocene Kunlunhe conglomerate in Golmud of Qinghai province and its geological significance [J]. Journal of Geomechanics, 2010, 16(1): 1-10]
- 高志勇,郭宏莉,安海亭,等. 库车坳陷东部山前带古近系不同体系域内扇三角洲沉积砂体的对比研究[J]. 地质科学, 2008, 43(4): 758-766 [Gao Zhiyong, Guo Hongli, An Haiting, et al. Paleogene fan-delta sandbodies of different system tracts in foreland of the eastern Kuqa depression: A comparative study [J]. Chinese Journal Geology, 2008, 43(4): 758-766]
- 《新疆维吾尔自治区区域地层表》编写组. 西北地区区域地层表. 新疆维吾尔自治区分层[M]. 北京:地质出版社, 1981 [The Regional Stratigraphic Table of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Compilation Group. Northwest Regional Stratigraphic Table. The Xinjiang Uygur Autonomous Region Layer [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1981]
- 高志勇,白斌,朱如凯,等. 大巴山与龙门山前晚三叠世构造运动的储集层沉积学响应[J]. 古地学报, 2012, 14(6): 801-812 [Gao Zhiyong, Bai Bin, Zhu Rukai, et al. Reservoir sedimentary response to tectonic movement of the Late Triassic in front of Dabashan and Longmen Mountains [J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(6): 801-812]
- 王招明,钟瑞,赵培荣,等. 库车前陆盆地露头区油气地质[M]. 北京:石油工业出版社, 2004 [Wang Zhaoming, Zhong Rui, Zhao Peirong, et al. Petroleum Geology of Outcrops Areas in Kuche Foreland Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004]
- Gao Zhiyong, Guo Hongli, Zhu Rukai, et al. Sedimentary response of different fan types to the Paleogene-Neogene basin transformation in the Kuqa Depression, Xinjiang province [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(2): 411-424]
- 高志勇,韩国猛,张丽华. 河流相沉积中的准层序——以四川中部须家河组为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(1): 59-68 [Gao Zhiyong, Han Guomeng, Zhang Lihua. Parasequence of fluvial deposit: A case study of the Xujiahe Formation in central Sichuan [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(1): 59-68]
- 朱如凯,郭宏莉,高志勇,等. 塔里木盆地北部地区中、新生界层序地层、沉积体系与储层特征[M]. 北京:地质出版社, 2009 [Zhu Rukai, Guo Hongli, Gao Zhiyong, et al. Sequence Stratigraphy, Sedimentary System and Reservoir Characteristics During Mesozoic and Cenozoic in Northern Tarim Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009].
- 朱如凯,高志勇,郭宏莉,等. 塔里木盆地北部白垩系—古近系不同段、带沉积体系比较研究[J]. 沉积学报, 2007, 25(3): 325-331 [Zhu Rukai, Gao Zhiyong, Guo Hongli, et al. Comparative of different segmentations and zones during Cretaceous and Paleogene in North Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(3): 325-331]
- 田作基. 南天山造山带和塔北前陆盆地构造样式及油气远景[M]. 成都:成都科技大学出版社, 1995 [Tian Zuoji. Structural Styles and Petroleum Prospecting of Southern Tianshan Orogenic Belt and Northern Tarim Foreland Basin [M]. Chengdu: Press of Chengdu University of Science and Technology, 1995]
- 王家豪,王华,陈红汉,等. 前陆盆地的构造演化及其沉积、地层响应——以库车坳陷下白垩统为例[J]. 地学前缘, 2007, 14(4): 114-122 [Wang Jiahao, Wang Hua, Chen Honghan, et al. Research

on the tectonic evolution of foreland basins and their responses to deposition and stratigraphy: An example from the Lower Cretaceous in Kuqa Depression [J]. *Earth Science Frontiers*, 2007, 14(4): 114-122]

19 严德天, 王华, 王家豪, 等. 库车前陆盆地白垩系层序地层样式及

控制因素分析[J]. *沉积学报*, 2006, 24(6): 841-848 [Yan Detian, Wang Hua, Wang Jiahao, *et al.* Analysis of the Cretaceous sequence-stratigraphic pattern and controlling factors in Kuqa Foreland Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(6): 841-848]

## Relationship Between Conglomeratic Characteristics and Tectonic Evolution of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kuqa Foreland Basin

LI Xiao-pei<sup>1 3</sup> GAO Zhi-yong<sup>2</sup> LI Shu-kai<sup>3</sup> FENG Jia-rui<sup>2</sup>  
ZHAO Xue-song<sup>1</sup> GUO Mei-li<sup>1</sup>

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

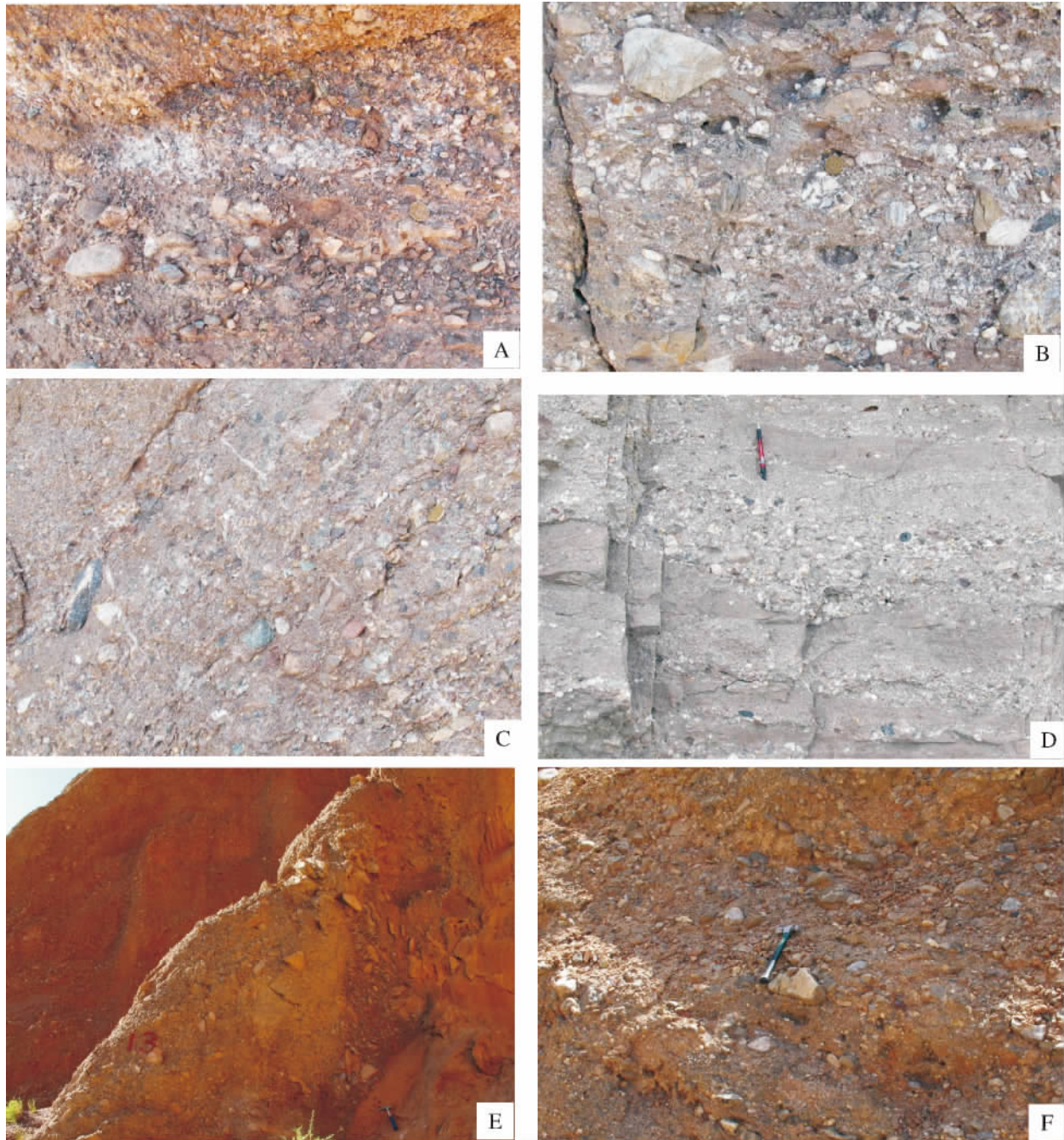
2. Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir of CNPC, Beijing 100083;

3. Eighth Geological Mineral Exploration Institute of Shandong Province, Rizhao, Shandong 276826)

**Abstract:** Kuqa foreland basin is filled with three sets of conglomerate, which are Kalazha conglomerate at the top of Upper Jurassic, Yageliemu conglomerate at the bottom of Lower Cretaceous and Bashijiqi Formation at the top of Lower Cretaceous. Through the detailed description of regional distribution, petrological features, sephitic features, variation in thickness and comparison difference in depositional paleoenvironment between the three sets of conglomerate, conclude that these conglomerates have complex composition, low-compositional maturity and low-textual maturity. The characteristics of climate evolution which these conglomerates represent from early to late are arid, semi-arid → warm, moist → arid, hot. It reflects that these conglomerates are composed of three main sedimentary facies: alluvial fan, turbidite fan and seasonal braided river deposit. The relationship between conglomerate and tectonic activity indicates that the Kalazha conglomerate is the sign of tectonic activity during Late Jurassic. Yageliemu conglomerate is the result of over thrusting activities during the beginning of Early Cretaceous. And the conglomerate in Bashijiqi Formation is a sedimentary response to structural stillstand during the end of Early Cretaceous.

**Key words:** Kuqa foreland basin; Upper Jurassic-Lower Cretaceous; conglomerate characteristics; tectonic evolution

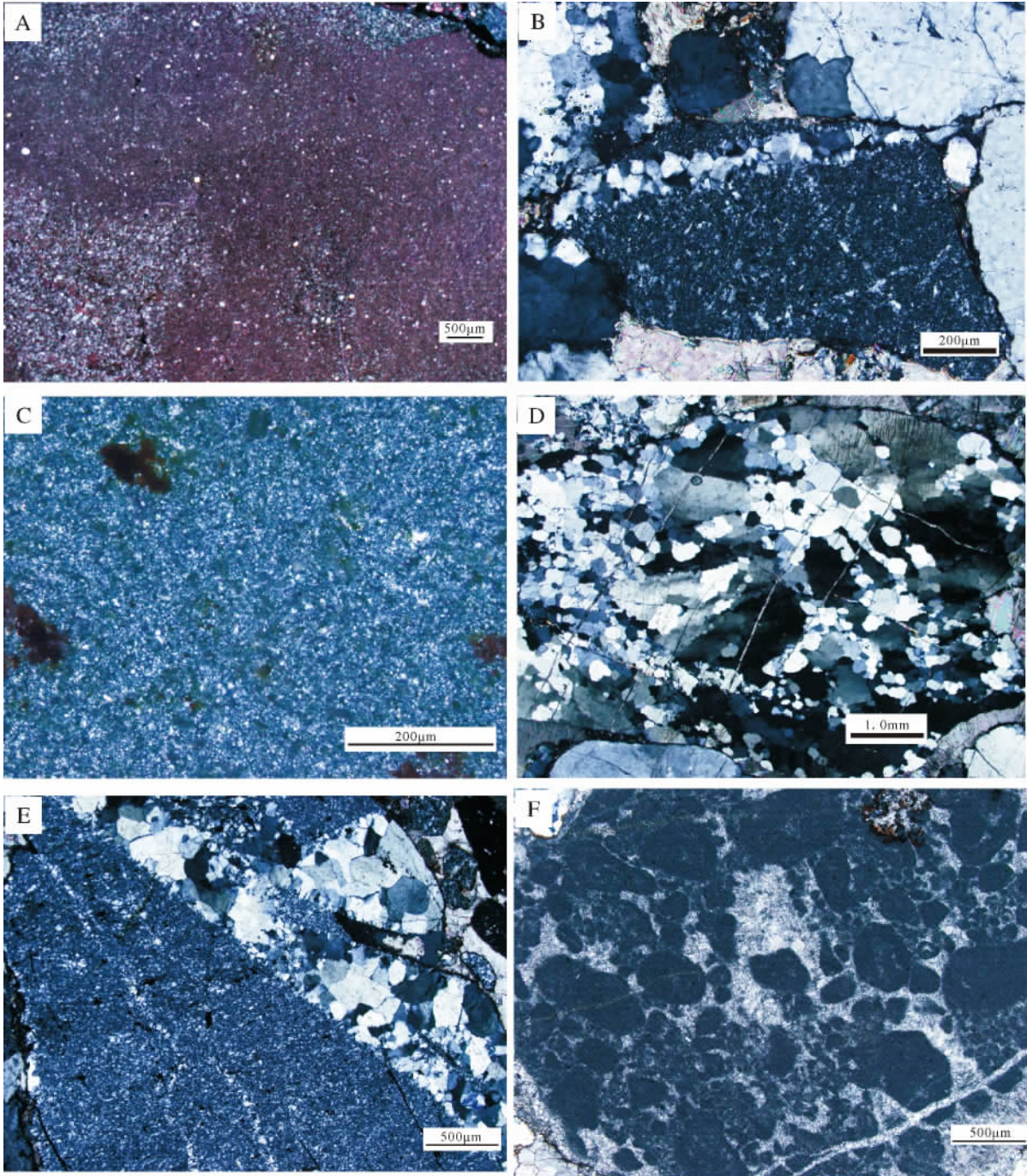




图版 I 库车坳陷中西部地区各组砾岩野外露头砾径、砾态特征

A. 库车河剖面喀拉扎组砾岩; B. 卡普沙良河剖面喀拉扎组砾岩; C. 库车河剖面亚格列木组砾岩; D. 卡普沙良河剖面亚格列木组砾岩;  
E. 库车河剖面巴什基奇克组砾岩; F. 卡普沙良河剖面巴什基奇克组砾岩





图版 II 研究区各组砾岩砾石镜下显微结构特征

A. 库车河剖面喀拉扎组砾岩中泥晶灰岩砾石(正交光,10×10倍); B. 卡普沙良河剖面喀拉扎组砾岩中硅质岩砾石(正交光,10×10倍); C. 库车河剖面亚格列木组砾岩中硅质火山岩砾石(正交偏光); D. 卡普沙良河剖面亚格列木组砾岩中石英岩砾石(正交偏光); E. 库车河剖面巴什基奇克组砾岩中硅质岩向石英岩过渡砾石(正交偏光); F. 卡普沙良河剖面巴什基奇克组砾岩中灰岩砾石(正交偏光)