

文章编号: 1009-3850(2014)03-0057-07

## 西昆仑山前地区白垩系分布研究

谢会文<sup>1</sup>, 朱亚东<sup>2</sup>, 曾昌明<sup>1</sup>, 许 勇<sup>2</sup>, 李小娟<sup>2</sup>, 李龙江<sup>2</sup>, 吴晓华<sup>2</sup>

(1. 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000; 2. 中国石油川庆钻探工程公司地球物理勘探公司物探研究中心, 四川 成都 610213)

**摘要:** 白垩系是西昆仑山前地区最重要的储层, 受区域构造演化控制, 其岩性与分布在纵、横向上均发生变化。下白垩统为冲积扇辫状河相沉积的红色砾岩、砂岩夹泥岩; 上白垩统英吉沙群在研究区西部为一套海相碳酸盐岩地层。白垩系在喀什凹陷最厚, 往西、往东、往北均逐渐变薄, 并发生相变与尖灭, 控制储层发育。本文在研究区域首次通过地震相研究, 根据白垩系反射特征精细追踪对比其层位, 确定尖灭位置, 进而确定白垩系分布范围。研究认为, 地震相能在区域上宏观地反映白垩系的沉积特征与分布范围, 进而指导油气勘探, 具有很重要的现实意义。

**关键词:** 西昆仑山前地区; 白垩系; 挤压环境; 地震相; 地层尖灭

中图分类号: P534.53

文献标识码: A

### 引言

白垩系是西昆仑山前地区最重要的勘探目的层系之一, 已先后发现了柯克亚深层油气藏、阿克1气藏等油气田。近年来, 又有柯东1井在白垩系钻获工业油气流。研究区白垩系储集层以大套砂岩和砂砾岩为主, 它们与上覆的古近系膏泥岩构成优质的储盖组合<sup>[1]</sup>。但白垩系在西昆仑山前存在相变与区域尖灭, 如何准确地确定其分布范围, 对于区域油气勘探具有重要意义。

地震相是沉积环境所形成的地震特征<sup>[2]</sup>。地震相研究是确定地层区域宏观分布情况的有效技术手段。沉积体外形、岩层叠置形式及岩性差异在空间组合上分别与地震相单元的外形、地震反射构造和地震反射结构相对应<sup>[3]</sup>。能用于地震相分析的地震参数很多, 但常用的主要是能反射沉积体几何外形、内部反射结构、振幅、频率、连续性和层速

度等的参数, 这些参数也是划分和命名地震相的依据。地震相分析是根据地震资料解释岩相和沉积环境, 即根据一系列地震反射参数确定地震相类型, 并解释这些地震相所代表的沉积相和沉积环境<sup>[4]</sup>。

### 1 区域地质背景

西昆仑山前区位于塔里木板块西南、毗邻青藏高原西北部的帕米尔-西昆仑造山带, 包括塔西南前陆拗陷盆地和山前带。西北起自喀什凹陷, 经中部齐姆根-莎车隆起(鞍部), 向东南为叶城和田凹陷, 走向为近北西-南东。盆地西南与帕米尔-西昆仑衔接处发育大规模逆冲叠瓦推覆构造, 东北通过麦盖提斜坡与巴楚隆起相接(图1)。盆地内沉积了早古生代至新生代的地层, 沉积厚度超过10000m。寒武系底部膏泥岩和古近系底部膏泥岩广泛分布, 是区域性滑脱层。拗陷南部广泛发育的二叠系泥岩也

收稿日期: 2013-01-25; 改回日期: 2013-06-20

作者简介: 谢会文(1967-), 男, 高级工程师, 主要从事地球物理勘探技术与油气勘探工作。E-mail: xiehwtlm@petrochina.com.cn

通讯作者: 朱亚东(1980-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事地球物理勘探与油气地质综合研究工作

资助项目: 国家科技重大专项课题“塔里木前陆盆地油气富集规律、勘探技术与区带和目标优选(2011ZX05003-004)”、中国石油重大专项的“塔西南及新区油气成藏条件研究及目标优选(2010E-2112)”课题共同资助

是一套滑脱层。盆地经历了多期构造运动,西昆仑山前冲断褶皱构造系主要是新生代两次造山活动的产物<sup>[5,6]</sup>。

研究区处于古亚洲构造域与特提斯构造域的叠加部位。古亚洲构造域是在古亚洲洋动力体系作用和影响下形成的一个构造区,北昆仑洋和南天山洋是其组成部分;特提斯洋的开合对西昆仑山前地区中、新生代的演化施加了重要影响<sup>[7,8]</sup>。山前带由西向东分为乌泊尔走滑构造段、齐姆根走滑冲断构造段和柯东冲断构造段3个构造段(图1)。



图1 西昆仑山前构造格局图

Fig. 1 Tectonic framework of the piedmont area of the Western Kunlun Mountains

## 2 区域构造格局与演化

现今的西昆仑山前拗陷是西昆仑山前地区在前震旦纪结晶基底上,由震旦纪以来发育的弧后盆地、周缘前陆盆地及类周缘前陆盆地等原型盆地继承、叠加和改造的结果。现今呈凸凹相间的构造格局。震旦纪至泥盆纪,西昆仑山前地区的原型盆地的发育受塔里木地体北缘板块构造活动控制;石炭纪至古近纪,该地区原型盆地发育受塔里木地体南缘的板块构造活动控制;新近纪至第四纪,在印度板块与欧亚大陆板块碰撞作用的控制下,塔里木区域形成统一的内陆盆地,西昆仑山前地区发育原型为类周缘前陆盆地的巨厚山前磨拉石沉积,成为现今的西昆仑山前拗陷。在周边板块多期碰撞、挤压作用下,西昆仑山前地区多次抬升,形成多个不整合面<sup>[9,10,11]</sup>。

侏罗纪至白垩纪,西南地区由于地壳的伸展作

用,发育了多个北西向的呈条带状分布的断陷,导致侏罗系、白垩系局限分布于喀什-莎车-叶城和田一线以西地带,沉积的厚度自西向东逐渐变薄。侏罗系主要为一套河流-浅湖相、沼泽相的含煤砂泥岩及河流沼泽相的含煤砂砾岩及泥岩。侏罗纪盆地与白垩纪盆地可能形成于两个不同的旋回,因为在一些地区侏罗系与白垩系之间出现不整合面,上侏罗统经常缺失。下白垩统主要为一套洪积-河流相的红色碎屑岩。晚白垩世初期到渐新世,特提斯海水侵没了塔西南喀什、叶城及和田地区,形成了狭窄的西塔里木海湾,晚白垩世主要沉积了一套浅海-泻湖相的碳酸盐岩、膏盐岩及砂泥岩。

侏罗纪时期是该地区由挤压转入拉张的阶段,一般认为侏罗纪盆地与造山期后的调整及应力松弛有关,也可能与几大板块的相对运动有关,相应地形成了一系列伸展构造。区域性伸展作用也是控制侏罗纪盆地发育的一个重要原因。晚侏罗世中晚期出现挤压背景,盆地与周缘山系抬升,这种背景似乎与藏北地体与欧亚大陆的“碰撞”有关,也可能与侏罗纪时期塔里木板块的顺时针旋转受到抑制有关。早白垩世仍以上述伸展作用占主导地位,盆地的发育继承了侏罗纪的格局,盆地沉降缓慢进行。晚白垩世,在全球性海侵的影响下,古特提斯海水东扩,经中亚侵入塔西南地区,形成了一个袋状海湾,沉积了一套浅海-泻湖相的碳酸盐岩、膏盐岩及砂泥岩。

## 3 白垩系沉积特征

### 3.1 地层宏观分布特征

研究区白垩系分为上下两部分,包括下统克孜勒苏群陆相地层和上统英吉莎群(包括库克拜组、乌依塔克组、依格孜牙组和吐依洛克组)海相地层。从区域上看,上白垩统依格孜牙组的灰白色、棕红色厚层-块状白云质灰岩及灰岩,是上白垩统划分的良好标志层;昆仑山前西带库克拜组下段顶部的黄灰色、灰色白云岩化的骨屑泥晶灰岩或细晶白云岩,含沥青,延伸比较稳定,可作为标志层;阿尔塔什组底部的石膏层是划分上白垩统和古近系的良好标志(图2)。据露头 and 钻井资料,下白垩统克孜勒苏群砂岩层物性较好,是西昆仑山前前陆冲断带主力储集层。该套地层沉积时,继承了侏罗系的沉积环境,主要为一套洪积-河流相的红色碎屑岩,对侏罗系顶部起“填平补齐”的作用。晚白垩世,由于古特提斯洋海水侵入,上白垩统沉积了一套浅海-

泻湖相泥岩、碳酸盐岩及膏泥岩。受构造沉积演化控制,白垩系主要发育于西昆仑山前冲断带喀什凹陷西北部,呈北西向狭长的条带状展布,属于断陷盆地沉积。沉积主体位于山前冲断带,往盆地内逐渐超覆减薄,地层厚度由南东往北西逐渐增厚,喀什西北部厚度最大,超过 1000m。从厚度分布看,存在克里阳桑株、苏盖特棋盘、喀什西北部等多个沉积中心<sup>[8]</sup>。

下白垩统克孜勒苏群在喀什北部分布较广,为

一套冲积扇-辫状河相沉积的红色砾岩、砂岩夹泥岩,以库孜贡苏断陷为沉积中心,向西、向东地层厚度减薄。西昆仑山前克孜勒苏群的岩性岩相与喀什北部相似,地层厚度总体由西往东减薄,至和田南一带缺失。主要为一套冲积扇-扇三角洲沉积组合,发育厚层的浅褐红色细砾岩、中砾岩以及粗砾岩岩相组合。沉积建造向上变粗,为一套古地形填平补齐的地层。

上白垩统英吉沙群在研究区西部为一套海相碳

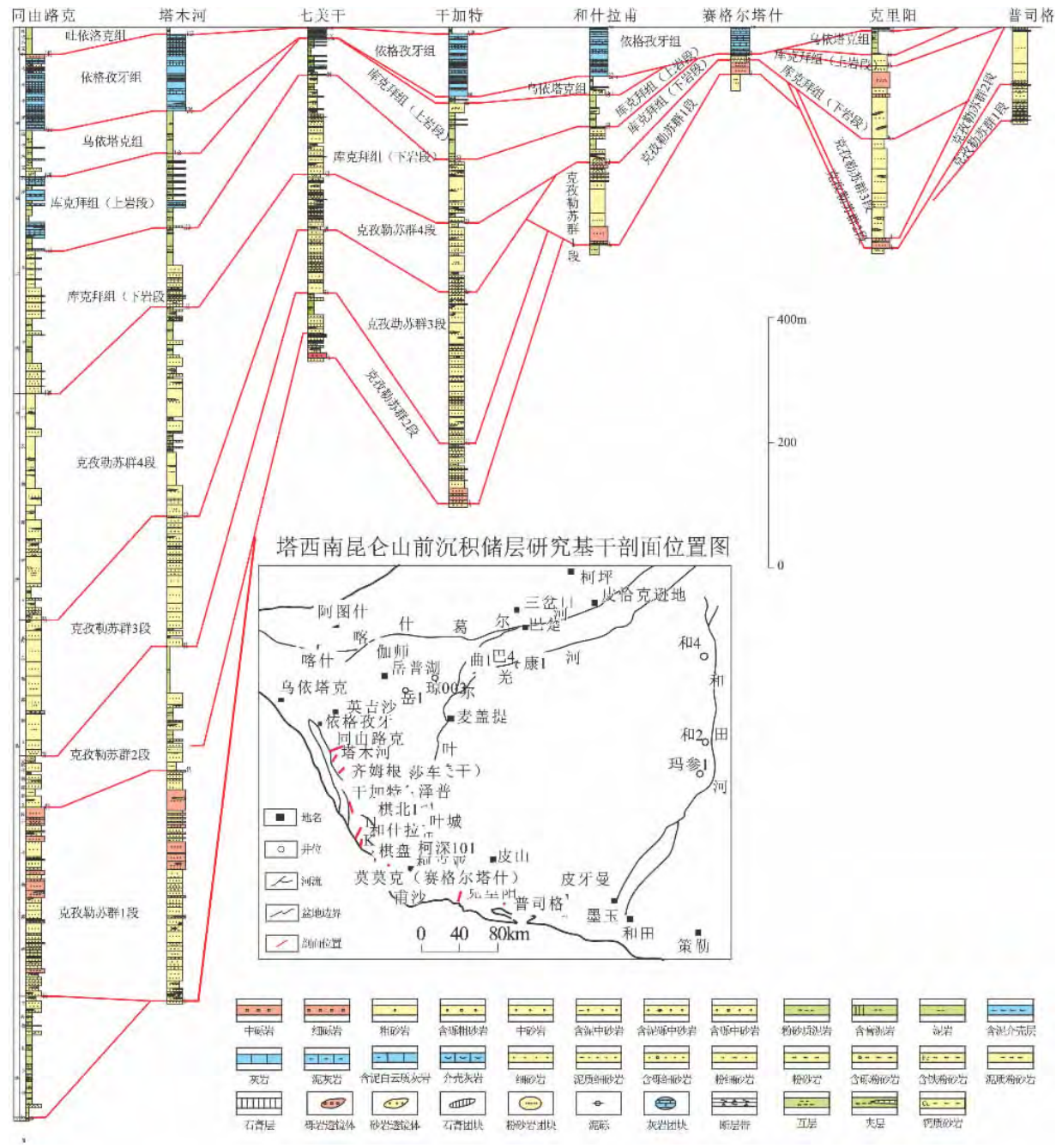


图 2 西昆仑山前白垩系对比图

Fig.2 Correlation of the Cretaceous strata in the piedmont area of the Western Kunlun Mountains



酸盐岩地层,厚度较为稳定,由西向东厚度差别不大;而在研究区东部为一套海陆交互相沉积,沉积厚度有所加大。整体上仍然呈 NW-SE 向展布。在乌拉根凸起和南天山前附近,英吉沙群展布范围要小于下白垩统克孜勒苏群,形成了更大的剥蚀“天窗”。自西昆仑山山前向巴楚隆起一侧,其厚度仍然逐渐减薄,直至尖灭。在苏 1 井-阿里瓦同提塔格附近的古隆起附近,由于下白垩统克孜勒苏群已经填平补齐了古地形的高差,因而上白垩统英吉沙群在此厚度较为稳定。在柯克亚地区,上白垩统英吉沙群已经变为海陆交互相沉积,由于与陆相物源更近,受此影响,其原始沉积厚度有所加大,尽管后期构造运动抬升剥蚀,仍然在甫 1 井-甫 2 井一带残留了较大面积和一定厚度。

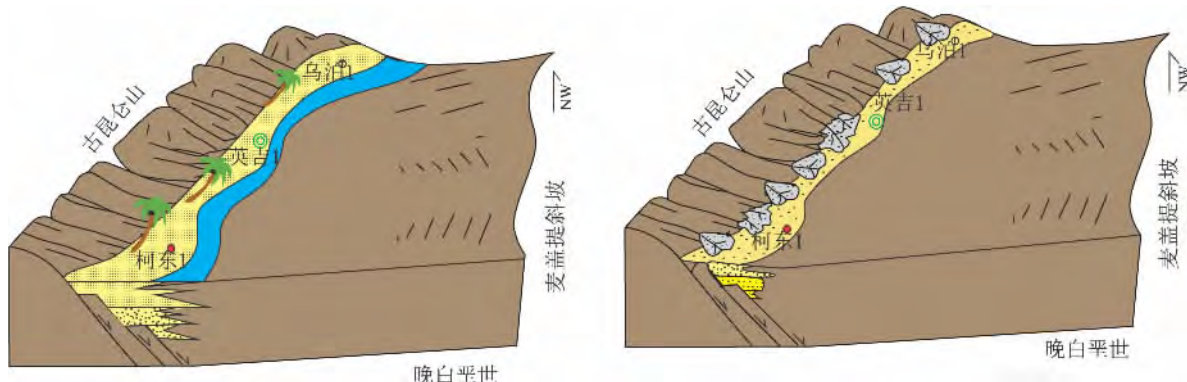


图 3 昆仑山前白垩系沉积模式图

Fig. 3 Sedimentary models for the Cretaceous strata in the piedmont area of the Kunlun Mountains

#### 4 白垩系地震相研究

地震相分析是以地震反射波组的外部形态和内部结构以及能量、连续性、丰度和频率等动力学参数为依据,综合运用沉积学原理、水动力条件、地震反射波的形成条件分析解释地震相的地质属性。在地震相的前期研究中,主要遵循从已知井点归纳目的层(或目标地质体)典型地震反射特征,再从骨干剖面,推广到整个研究区的工作思路。为了确定研究区白垩系的展布情况,本文首次在该区域开展了白垩系地震相研究。

从前人研究中已知,由于沉积环境的变化,在整个研究区域内,白垩系的分布厚度、范围、岩性在横向上都发生了变化。这些变化都在地震反射剖面有所响应。地震反射主要受反射层波阻抗差的影响,而地层岩性、厚度的变化都会导致波阻抗差的变化,从而形成反射时差、同相轴、波组关系等的变化。在研究中,首先对区内典型钻井所钻遇的白

#### 3.2 白垩系沉积环境与控制因素

何登发(2000)认为下白垩统红色粗粒沉积物(冲积扇和辫状河流产物)代表了继侏罗纪之后另一次断陷作用的开始,并伴随有玄武岩浆的活动,在成因上属典型的裂谷型盆地,而上白垩统是盆地基底在拗陷过程中形成的。上、下白垩统分别代表了当时裂谷型盆地发展的两个不同阶段,即早期裂谷断陷阶段和晚期裂谷拗陷阶段(图 3)。张惠良等(2002)也提出了西昆仑山前地区早白垩世为断陷盆地的观点,并绘制了克孜勒苏群理想的断陷沉积盆地充填模式。陈汉林等(2009)认为早白垩世的沉积受控于晚二叠世-三叠纪变形基础上形成的古地形,对古地形具有填平补齐的作用,认为研究区下白垩统为拗陷盆地早期沉积的产物。

垩系进行精细分析,并对其地震响应特征进行对比研究,总结不同区域的白垩系地震反射特征的特点。

在研究区中部,齐姆根断裂带北部的英吉沙构造带附近,地震剖面上有明显的白垩系对侏罗系“填平补齐”的现象,可以清晰看到白垩系地层反射与下覆地层的超覆和削截等典型的不整合接触关系特征。同时,白垩系内部在地震剖面上还出现由南西至北东的明显前积现象,表明其沉积时物源主要来自于南西方向的隆起带,水流方向多为南西往北东方向,与区域古地理环境与沉积模式吻合(图 4)。在整个研究区,由于白垩系地层厚度与岩性的变化,其地震反射特征也发生变化。通过对实钻过井剖面的分析,在研究区白垩系较厚区域,地震反射时差大于 200ms;在地层厚度超过 500m 的区域,其上部反射为较为稳定的弱振幅特征,与古近系底界反射呈平行关系。表明白垩系上部碳酸盐岩地层间的波阻抗较弱,沉积水动力条件较为稳定,沉积物岩性与物性变化不大;同时,在白垩系和古近

系之间,也没有明显的剥蚀面。在白垩系较薄区域,即时差小于 200ms,厚度低于 500m 的区域,主要是沉积时期的相对高部位,由于水体较浅,沉积物岩性与物性变化也较快,主要为砂泥岩地层;在白垩系顶部,还存在一定范围的剥蚀面,导致与上覆古近系波阻抗差较大。所以白垩系为双强反射下

紧密伴随的弱反射( 图 5)。

通过对过井剖面的精细研究,确定了西昆仑山前不同区带的白垩系反射特征,进而对研究区内近 6000 多千米的二维地震测线开展比追踪,逐条测线地确定白垩系分布,从而较为准确地从地震相上划定了白垩系平面分布范围和尖灭位置( 图 6)。可以

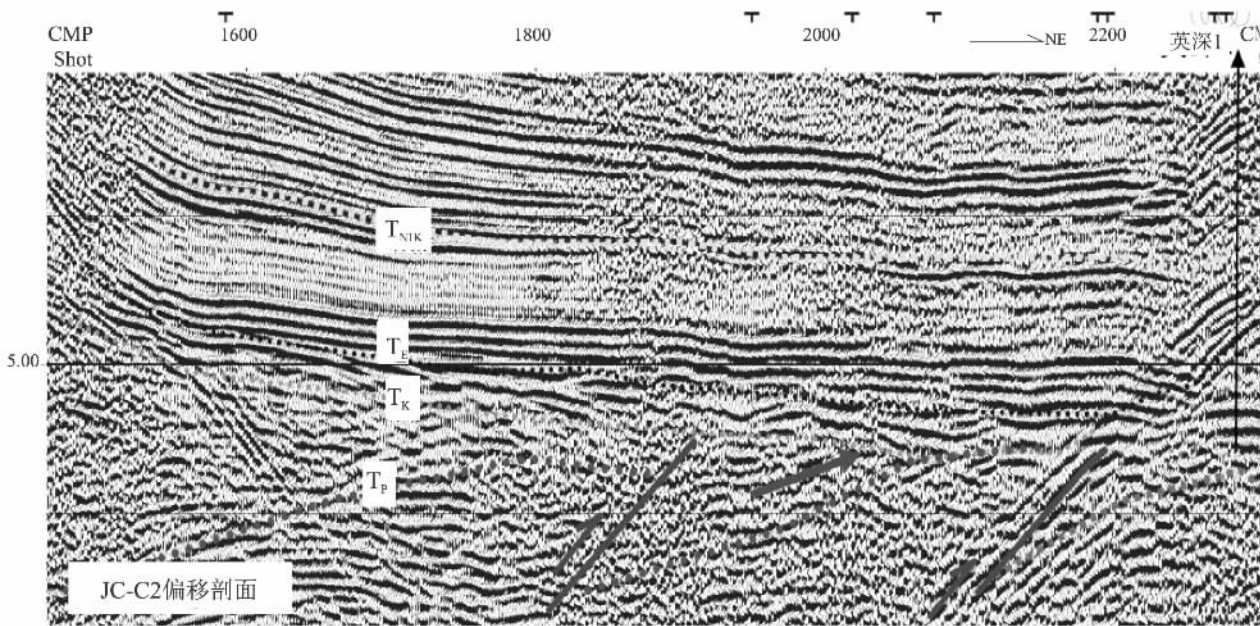


图 4 白垩系“填平补齐”特征图

Fig. 4 Filling up features of the Cretaceous strata in the study area

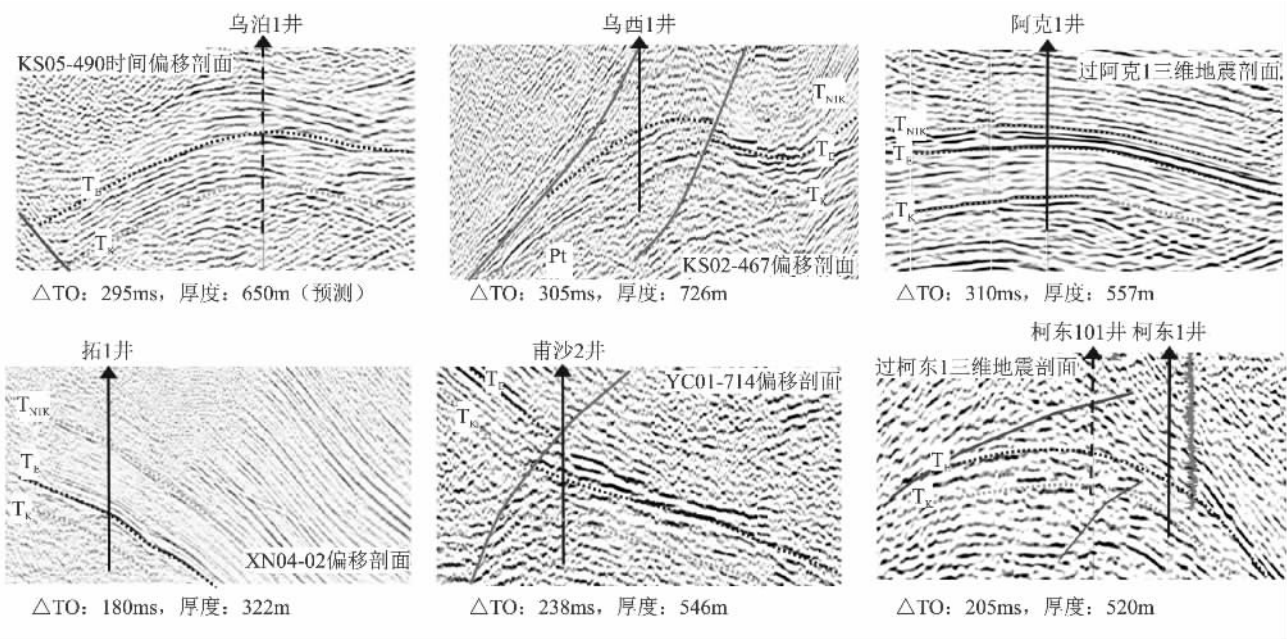


图 5 研究区白垩系地震响应特征图

Fig. 5 Seismic reflection configurations of the Cretaceous strata in the study area

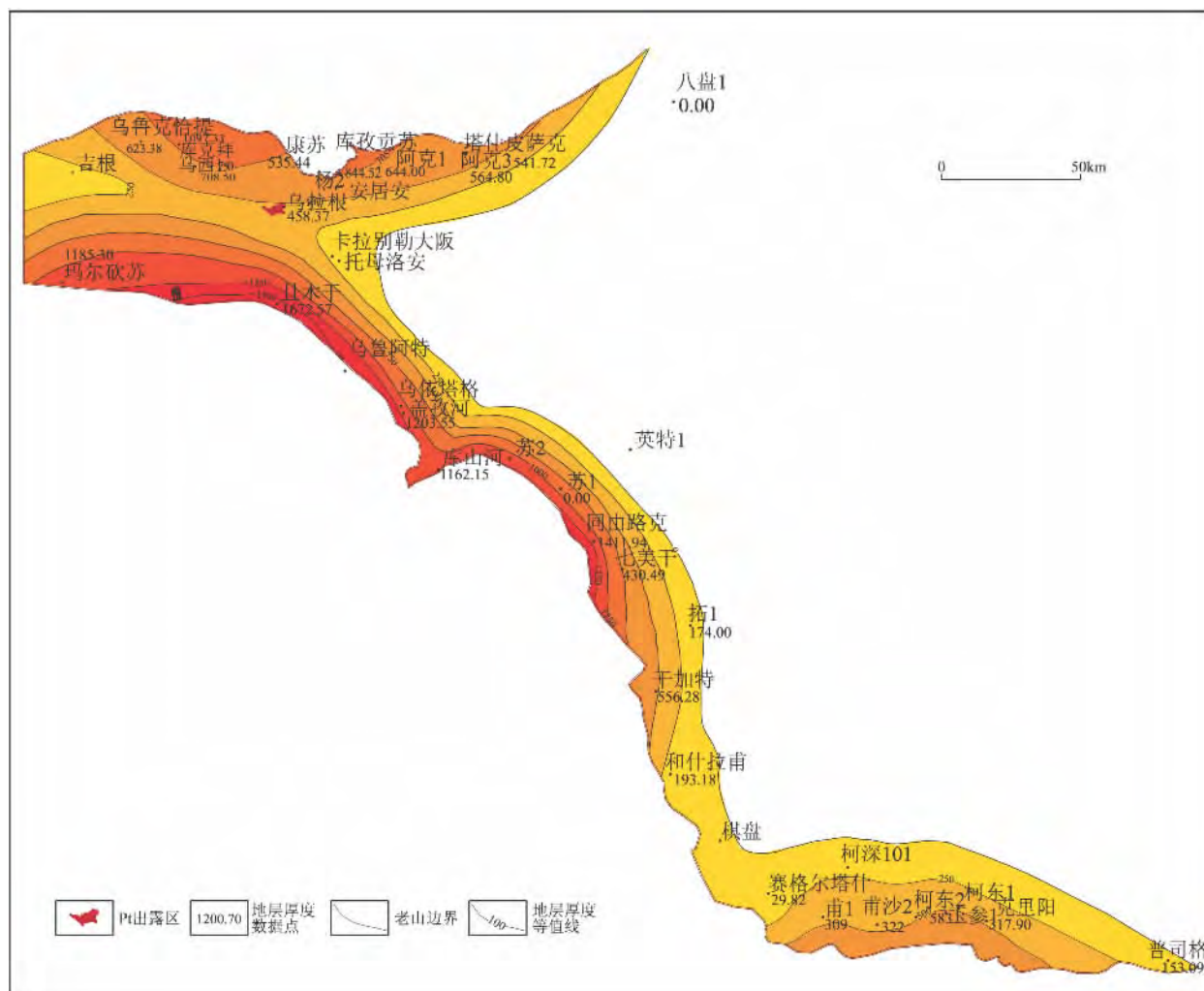


图6 研究区白垩系分布与尖灭图

Fig.6 Distribution and pinching out of the Cretaceous strata in the study area

看出,研究区白垩系主要沿西昆仑山呈条带状分布,与区域分析结果一致。靠近山前近物源区厚度较大,喀什凹陷附近为沉积中心,最大厚度超过了1500m,反映了白垩系沉积时期为断陷盆地的沉积特征。而往北东方向靠近塔里木地台区域,由于水体逐渐变浅,白垩系厚度也逐渐变薄直至尖灭。对白垩系分布范围的准确认识,对于该区域下一步的油气勘探有重要的指导意义。

## 5 结论与认识

(1) 西昆仑山前盆地经历了多期构造运动,南天山山前冲断褶皱构造系和西昆仑山山前冲断褶皱构造系是新生代两次造山活动的产物。在周边板块多期碰撞、挤压作用下,西昆仑山前地区被多次抬升,形成多个不整合面。

(2) 西昆仑山前地区白垩系下部为拉张拗陷背景下冲积扇、辫状河相红色砾岩、砂岩夹泥岩沉积,

以库孜贡苏断陷为沉积中心,向西向东地层厚度减薄,至和田南一带缺失;上白垩统英吉沙群在研究区西部为一套海相碳酸盐岩地层,厚度较为稳定,由西向东厚度差别不大;而在研究区东部为一套海陆交互相沉积,沉积厚度有所加大。

(3) 西昆仑山前区白垩系地震相受上下地层接触关系和自身厚度与岩性变化的影响,主要表现为对侏罗系的“填平补齐”、内部的前积、与古近系的平行反射和内部的弱反射等特征。

(4) 地震相研究是确定研究区地层分布的有效手段。通过地震相研究,根据白垩系反射特征精细追踪对比,确定尖灭位置,进而确定白垩系分布范围。

## 参考文献:

- [1] 杨帆,贾进华. 塔里木盆地乌什凹陷白垩系冲积扇-扇三角沉

- 积相及有利储盖组合 [J]. 沉积学报, 2006, 24(5): 681-689.
- [2] 徐怀大, 王世凤, 陈开远. 地震地层学解释基础 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990.
- [3] 于兴河. 碎屑岩系油气储层沉积学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002.
- [4] 陆基孟. 地震勘探原理及资料解释 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1991.
- [5] 罗金海, 车自成, 刘良. 喀什凹陷的成因及找油方向 [J]. 西北大学学报(自然科学版), 1998, 28(5): 435-438.
- [6] 孙龙德. 塔里木盆地库车坳陷与西昆仑山前坳陷早白垩世沉积相与油气勘探 [J]. 古地理学报, 2004, 6(2): 252-260.
- [7] 张惠良, 沈扬, 张荣虎, 等. 塔里木盆地西南部昆仑山前下白垩统沉积相特征及石油地质意义 [J]. 古地理学报, 2005, 7(2): 157-168.
- [8] 牟中海, 唐勇, 崔炳富, 等. 西昆仑山前地区地层剥蚀厚度恢复研究 [J]. 石油学报, 2002, 23(1): 40-44.
- [9] 肖安成. 塔里木盆地西南缘西昆仑前陆逆冲-褶皱带主滑脱面深度 [J]. 江汉石油学院学报, 1996, 18(1): 19-23.
- [10] 杭州石油地质研究所. 西昆仑山前中生界沉积储层研究 [J]. 2002.
- [11] 塔里木油田分公司勘探开发研究院、浙江大学. 《昆仑山山前中生界分布与盆地恢复》 [J]. 2009.
- [12] 朱亚东, 李龙江, 师骏, 等. 中国石油川庆物探公司, 塔里木油田分公司勘探开发研究院. 《塔西南昆仑山前区带成图及目标优选》 [J]. 2011.

## Distribution of the Cretaceous strata in the piedmont area of the Western Kunlun Mountains, Xinjiang

XIE Hui-wen<sup>1</sup>, ZHU Ya-dong<sup>2</sup>, ZENG Chang-ming<sup>1</sup>, XU Yong<sup>2</sup>, LI Xiao-juan<sup>2</sup>, LI Long-jiang<sup>2</sup>, WU Xiao-hua<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Tarim Oil Field Company, CNPC, Korla 841000, Xinjiang, China; 2. Geophysical Prospecting Company, Chuanqing Drilling Engineering Co., Ltd., CNPC, Chengdu 610213, Sichuan, China)

**Abstract:** The Cretaceous strata occur as the most important hydrocarbon reservoirs in the piedmont area of the Western Kunlun Mountains, Xinjiang. The Lower Cretaceous strata consist of alluvial fan-braided stream red conglomerates and sandstones intercalated with mudstones. The Upper Cretaceous strata in the Yengisar Group are composed of marine carbonate rocks. These Cretaceous strata occur in the maximum thickness in the Kashi depression, and become progressively thinner and even pinching out westwards, eastwards and northwards. The seismic facies analysis is presented in the present paper for the first time to trace and correlate stratigraphic horizons, and delineate the extent of the Cretaceous strata. The seismic facies may well mirror the macroscopic features and distribution of the Cretaceous strata, and thus have realistic implications for the hydrocarbon exploration in the study area.

**Key words:** piedmont area of the Western Kunlun Mountains; Cretaceous; compressional environment; seismic facies; pinching out