

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 塔里木盆地阿瓦提-满加尔低梁构造特征和形成演化

赵靖舟<sup>1,2)</sup> 贾承造<sup>3)</sup>

1) 西安石油学院, 710065; 2) 中国石油勘探开发科学研究院, 北京, 100083

3) 中国石油股份公司, 北京, 100011

**内容提要** 阿瓦提-满加尔低梁是介于阿瓦提凹陷与满加尔凹陷之间一个特殊的隆起构造,其在东西向上表现为宽缓的隆起形态,而在南北方向上则为凹陷面貌。该区沉积盖层可分为下、中、上3个构造层。下构造层由震旦系—泥盆系构成,所谓阿-满低梁主要即发育于该构造层。上构造层由白垩系—第四系构成,构造形态为一北西倾斜坡。由石炭系—三叠系构成的中构造层则是上、下构造层构造形态的过渡,总体上仍呈北西倾。阿-满低梁自前震旦纪末塔里木运动以来经历了4大演化发展阶段:震旦纪—泥盆纪阿-满低梁形成发育阶段、石炭纪—三叠纪阿-满低梁改造阶段、侏罗纪—早第三纪北东倾斜坡发育阶段与晚第三纪—第四纪现今构造形成阶段。

**关键词** 满加尔凹陷 阿瓦提凹陷 阿-满低梁 构造特征 构造演化史 塔里木盆地

阿瓦提-满加尔低梁(以下简称阿-满低梁)位于塔里木盆地满加尔凹陷与阿瓦提凹陷之间(图1、图2)。该区自20世纪90年代初投入钻探以来,先后部署钻探了满西1、满西2、阿满1、阿满2井等4口区域探井,结果均未取得发现。究其原因,笔者认为主要与该区特殊的构造背景有关。本文拟就阿-满地区的构造特征及其构造演化史加以分析探讨,以便为该区油气聚集条件的评价提供参考。

## 1 现今构造特征

不整合面分布和构造形态特征分析发现,阿-满地区沉积盖层存在着下、中、上3个构造层,分别为震旦系—泥盆系构造层、石炭系—三叠系构造层和白垩系—第四系构造层。各构造层的现今构造形态存在着明显差异(图2、图3、图4)。

### 1.1 下构造层:震旦系—泥盆系构造层

该构造层之下为前震旦纪末塔里木运动形成的震旦系与前震旦系不整合面,上为泥盆纪末早海西运动形成的石炭系与前石炭系不整合面。其形态为一特殊的隆起构造。即在东西方向上表现为隆起构造,高点在满西1井—阿满1井之间;而在南北方向上却呈凹陷形态,凹陷内下古生代地层分别向南北两

侧中央隆起和英买力低隆抬升(图3)。此即以往所称的满西低隆。这种构造面貌在 Tg5' 反射层(下奥陶统顶)构造图上可以清楚看出(图2)。该图反映,阿-满地区下奥陶统顶面为一东西向上介于阿瓦提与满加尔凹陷之间、南北向上介于塔中隆起与英买力隆起之间的宽缓平台状低幅度隆起,隆起轴部下奥陶统顶埋深-6500 m,比相邻凹陷的主体部分(以-7500 m 为界)大约高出1000 m,但比相邻隆起却低约1000 m。考虑到满西低隆构造形态的特殊

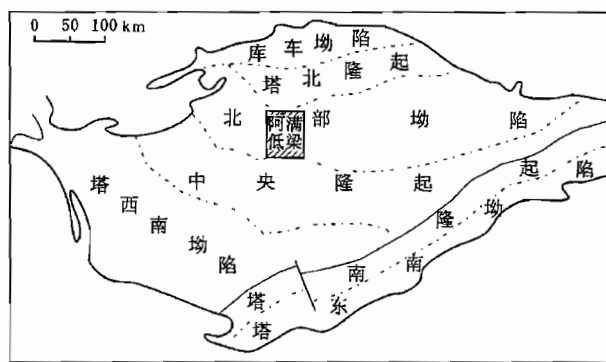


图1 阿-满低梁区域位置简图

Fig. 1 Location of Awati-Manjia'er ridge in the Tarim basin

注:本文为国家“九五”重点科技攻关项目(编号 99-111-03-01-05)的研究成果。

收稿日期:2001-01-05;改回日期:2001-07-03;责任编辑:任希飞。

作者简介:赵靖舟,男,1962年生。1986年获西北大学地质系硕士学位。现为西安石油学院副教授,中国石油勘探开发研究院在读博士。主要从事构造地质、油气藏地质学、天然气地质及地球化学研究。通讯地址:710065,西安市电子二路18号,西安石油学院15-505信箱;电话:029-8383210。

性及其位置介于阿瓦提与满加尔凹陷之间, 本文将其称为阿-满低梁。

### 1.2 中构造层: 石炭系—三叠系构造层

该构造层基本上为一过渡型构造层, 是下构造层与上构造层的过渡。其下界为石炭系与前石炭系不整合面, 上为三叠纪末印支运动形成的侏罗系与前侏罗系不整合面, 在阿满地区因侏罗系缺失而表现为白垩系与三叠系不整合。

在东西方向上, 中构造层在满西地区仍具有隆起形态, 但已非下构造层的阿-满低梁, 而是自轮南向西南方向延伸的一个宽缓鼻状隆起。其轴线大致位于轮南46—吉南5—羊屋1—哈得逊1—羊屋3—线, 隆起最高部位

于满参1与满西2井之间。由于其既不同于轮南凸起, 又不同于阿-满低梁, 因此笔者等将其命名为哈得逊隆起(赵靖舟等, 2001a, 2001b)。其西侧的阿-满地区中构造层在东西向剖面上表现为一宽缓的西倾斜坡, 向阿瓦提凹陷方向斜坡明显变陡。而在南北方向上, 阿-满地区仍略呈凹陷形态, 各层埋深均低于南北隆起, 但凹陷形态不如下构造层明显, 而且由下向上、即由石炭系、二叠系、向三叠系逐渐过渡为北倾斜坡。

上述中构造层构造面貌在本区主要勘探目的层

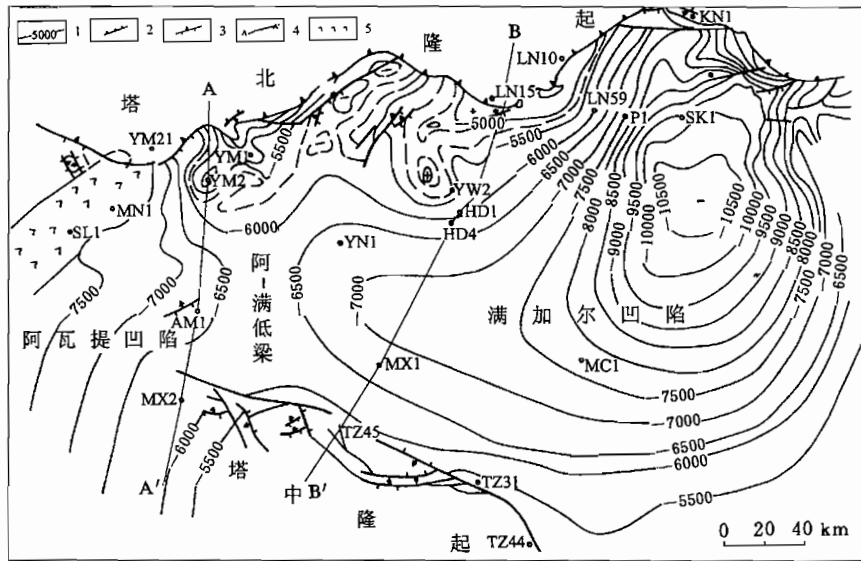


图 2 阿-满地区 Tg5' 反射层(下奥陶统顶)构造图

Fig. 2 Contour map of the top of Lower Ordovician in the Awati—Manjiaer region  
1—下奥陶统顶面构造等高线; 2—中、上奥陶统尖灭线; 3—逆断层; 3—剖面线; 5—岩浆岩体  
1—Contourline of the top of Lower Ordovician; 2—pinch-out line of Middle—Upper Ordovician;  
3—thrust fault; 4—profile line; 5—magmatite

石炭系东河砂岩(也有人认为属泥盆纪沉积)底构造图上反映得尤为清楚(图4)。由该图可以看出, 阿-满地区处于哈得逊隆起向阿瓦提凹陷的过渡部位, 总体呈北西倾的宽缓斜坡面貌, 其上发育了一些石炭系低幅度构造。

### 1.3 上构造层: 白垩系—第四系构造层

由于三叠纪末印支运动造成满西南、阿瓦提及其以南的中央隆起等发生强烈抬升, 从而导致该区缺失侏罗系, 因而阿-满地区上构造层主要由白垩系与新生界组成。该构造层在阿-满地区构造相对简

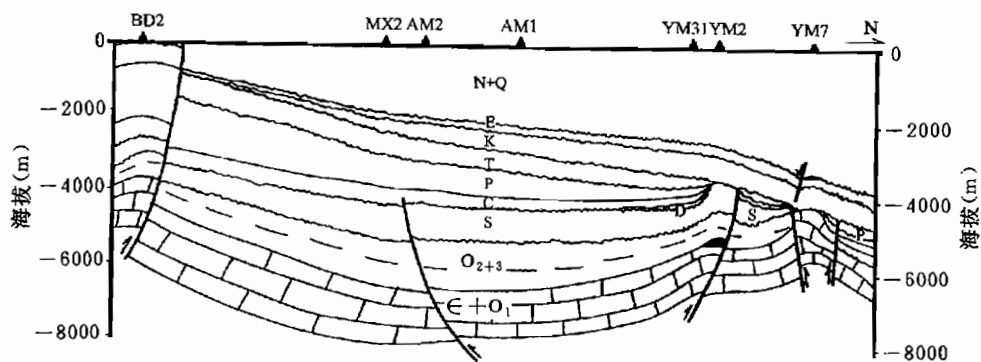


图 3 阿-满地区南北向构造剖面图(图2中 A—A')

Fig. 3 Profile of the Awati—Manjiaer region in south-north direction (A—A' in Fig. 2)

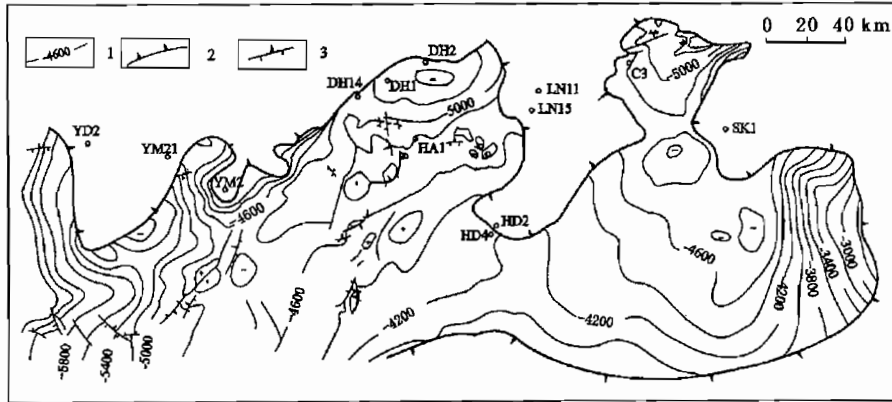


图4 阿-满地区石炭系 Tg3反射层(东河砂岩底)构造图

Fig. 4 Contour map of the bottom of Carboniferous in the Awati—Manjiaer region

1—东河砂岩底构造等高线;2—东河砂岩尖灭线;3—逆断层

1—Contour line of the bottom of Donghe Sandstone; 2—pinch-out line of the Donghe Sandstone; 3—thrust fault

单,已由中构造层过渡形态完全演变为北西倾的斜坡。可以看出,阿-满低梁在阿-满地区实际上仅见于下构造层,在中构造层内逐渐转化为北西倾斜坡,在上构造层内则全转变为北西倾的斜坡构造。

## 2 阿-满低梁的构造形成及演化

构造演化史分析表明,阿-满低梁自前震旦纪末塔里木运动形成基底以来,经历了以下4个演化发展阶段:

### 2.1 前石炭纪:阿-满低梁形成发育阶段

前震旦纪末塔里木运动后,满加尔凹陷和阿瓦提凹陷已初步形成,其南北两侧的塔中、塔北隆起也在塔里木运动后出现雏形。其中塔北隆起主体可能在现今轮南凸起以西至英买力地区,为一EW向宽缓统一的低隆起,即英买力-轮南古隆起。与此同时,在阿瓦提与满加尔凹陷之间也形成了一个大型宽缓的低隆起,隆起高部位大致在满西1井附近,向东可延至满参1井,向西则延至满西2井附近,此即阿-满低梁。这一构造格局可能一直持续到整个早古生代乃至泥盆纪,并对早古生代至泥盆纪的沉积和构造演化起了重要控制作用。

震旦纪一早奥陶世,满加尔凹陷总体处于伸展构造环境,其东部形成库-满坳拉槽(贾承造等,1997),接受了一套浅海陆棚-次深海盆地相碳酸盐岩、碎屑岩和火山岩沉积。满西地区则为克拉通内坳陷,接受一套浅水台地相碳酸盐岩沉积,厚度3000~4500 m,沉积中心位于满参1井附近,其次是阿瓦提凹陷。两者之间即为阿-满低梁,其震旦系到下奥陶

统厚度小于相邻的阿瓦提和满加尔凹陷。中、晚奥陶世,塔里木板块周缘由震旦系到下奥陶统构成的被动陆缘转为活动陆缘,盆地内处于挤压构造环境(贾承造等,1997;张光亚等,1998),从而使库-满坳拉槽快速充填,接受了厚达4000~8000 m的深海槽盆相复理石沉积,沉积中心位于满加尔凹陷东部。此时满西地区仍主要为台地相和台缘斜坡相沉积,沉积厚度一般在1000~3000 m之间;阿-满低梁依然存在,其中上奥陶统沉积厚度仍小于相邻凹陷。

奥陶纪末,满加尔凹陷发生了强烈的晚加里东运动,从而结束了库-满坳拉槽的发育历史(贾承造等,1996,1997)。同时,也使得满西地区南北两侧受到挤压抬升,造成塔北、塔中隆起全面形成,隆起幅度较形成初期有较大提高。位于满西地区北侧的英买力-轮南统一隆起也主要是在这次构造运动后全面隆起形成的,此时的英买力-轮南隆起为一EW向大型宽缓台背斜式隆起。值得注意的是,震旦纪—奥陶纪的阿-满低梁可能是英买力-轮南古隆起向南的倾伏延伸部分,从而在满西至塔北地区形成一统一的巨型低隆起构造。可见,晚加里东运动是满加尔凹陷两侧隆起的主要形成时期。

志留纪—泥盆纪,阿-满低梁继承发育。此时,塔里木盆地南北边缘均为活动大陆边缘,盆地内处于挤压构造环境(汤良杰,1996),从而使满加尔凹陷成为一挤压挠曲坳陷(陈发景等,1996)。其特点是沉积厚度大、补偿速率高,且有明显的挤压变形现象。志留—泥盆系沉积总厚达1500~3500 m左右,是塔里木盆地志留—泥盆纪的沉积中心所在,沉积中心位

于满加尔凹陷的中东部。另一个次级沉积中心是阿瓦提凹陷,其志留系—泥盆系厚1000~1500 m左右。位于两者之间的阿-满低梁区志留系—泥盆系厚度明显小于相邻凹陷,在南北方向上可见志留系厚度则大于相邻的中央隆起和英买力隆起(图3)。

泥盆纪晚期,由于南天山洋开始自东向西呈剪刀式闭合,塔里木板块北缘与伊犁—中天山陆块发生了强烈的斜式碰撞事件,板块东端首先受到碰撞挤压(卢华复等,1996),因而在塔里木盆地北部产生了东西向或北东—南西向的强烈挤压作用。在这种挤压作用下,一方面早古生代统一的、呈东西向展布的英买力—轮南古隆起发生分化,形成两个相互独立的隆起,即轮南隆起和英买力隆起,在塔北隆起东端还形成了库尔勒鼻隆,其构造轴向均由原来的东西向转为南北向或近南北向。另一方面,早海西运动还造成阿-满低梁进一步抬升,致使轴部缺失泥盆系,志留系也受到一定程度的剥蚀。更重要的是,晚泥盆世塔里木板块东端与中天山陆块的强烈碰撞事件,还使得早古生代宽缓的阿-满低梁因受到东西向强烈挤压而明显收缩变窄,隆起高点也向西发生了明显迁移,高点位置由早古生代的满西1井附近迁至阿满2—英买31井一带。在东西向剖面上,可见泥盆系由西侧阿瓦提凹陷和东侧满加尔凹陷向阿-满低梁一带逐渐削蚀减薄直至尖灭。从其轴部出露地层以及志留系的残余厚度分布来看,阿-满低梁尽管在早海西运动中受到明显抬升,但隆起幅度仍小于相邻的中央隆起和塔北隆起。因此,虽然在东西方向上

阿-满过渡带呈隆起形态,但在南北方向上仍表现为凹陷面貌。可见,早海西运动后的阿-满低梁已与早古生代时有所不同,但基本上仍然是早古生代的延续和发展。

## 2.2 石炭纪—三叠纪:阿—满低梁改造阶段

石炭纪—早二叠世,塔里木盆地再次进入伸展构造环境,满加尔—阿瓦提地区形成克拉通内拗陷和克拉通内裂谷拗陷(贾承造等,1997)。其中石炭系在满加尔为一套滨岸相、半闭塞台地相和蒸发潟湖相沉积,厚度800~1200 m,满西地区石炭系残余厚度一般在300~900 m之间。二叠系在满加尔凹陷普遍缺失上统,仅西部满西2井以西有上统分布。下二叠统在本区主要为一套河流—滨浅湖相和大陆裂谷沉积的碎屑岩和火山岩,残余厚度在满西地区在0~650 m之间,并由东向西增厚。

从石炭系厚度看,此时阿-满低梁依然存在,其石炭系厚度明显小于东西两侧的满加尔凹陷和阿瓦提凹陷。阿满1井石炭系钻厚296 m,而向西满西2井石炭系钻厚为431 m,向东至满西1和满参1井,石炭系厚度分别为476.5 m和769 m。但在南北方向上,石炭系沉积厚度却有向南增大的趋势(图3)。可见,石炭纪的阿-满低梁实际上已是英买力古隆起的向南倾伏延伸部分,与前石炭纪面貌有了显著区别,说明该低梁在石炭纪已开始受到改造。

二叠纪阿-满低梁的构造面貌基本是石炭纪的延续。南北方向上可见其沉积厚度向南显著增大。但在东西方向上,二叠系由阿瓦提凹陷向满西2井以东

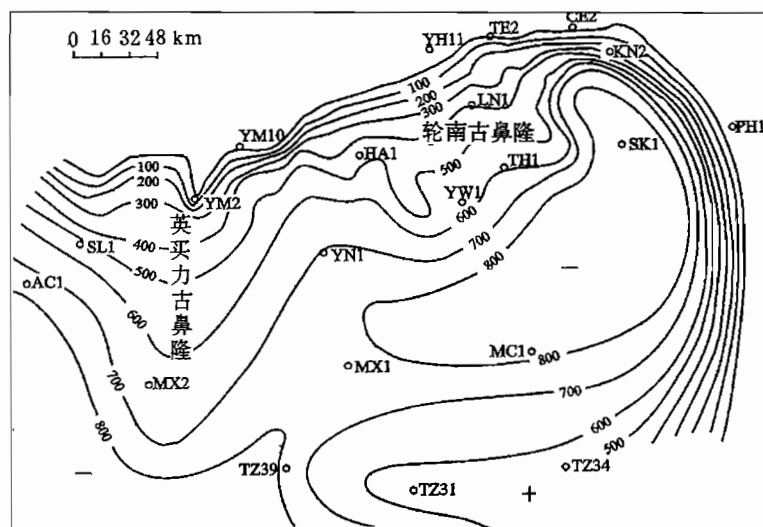


图 5 满西地区三叠系等厚图

Fig. 5 Isopach map of the Triassic system in Western Manjiaer

逐渐减薄,至满参1井已完全缺失上二叠统。这可能与二叠纪晚期海西末期运动的抬升剥蚀有关。

三叠纪,塔里木板块已成为欧亚大陆板块的南缘,其南为古特提斯洋和羌塘地块。盆地周围均为陆缘隆起,盆地北缘为库车前陆拗陷,而包括满加尔凹陷在内的盆地中部地区则为类前陆拗陷(贾承造等,1997)。此时满西地区主要为河-湖相沉积,厚度在500~800 m之间,沉积中心位于满西1(MX1)—满参1(MC1)—赛克1(SK1)井一带(图5)。

由三叠系沉积厚度图(图5)及前文图3可以看出,此时阿-满低梁依然继承了石炭纪—二叠纪的面貌,是英买力低隆的向南延伸部分,两者一起构成向北抬升、向南倾伏的大型鼻状隆起,阿-满低梁区即处于该鼻状隆起的“鼻梁”位置。三叠纪末,由于羌塘板块与塔里木板块的强烈碰撞作用,塔里木盆地发生了广泛的印支运动,造成三叠系普遍受到剥蚀。在阿瓦提和满西地区,这次运动最突出的影响就是导致满西南、阿瓦提、柯坪、巴楚乃至塔中等地广泛抬升,从而在盆地西部地区形成一个巨型的古隆起,即塔西隆起(贾承造等,1997;谢晓安等,1998),进而造成阿-满低梁的面貌自此消失。

可见,石炭纪—三叠纪是阿满低梁的强烈改造阶段,它使得前石炭纪存在的阿-满低梁演变为向南倾没的英买力鼻状隆起的“鼻梁”构造。

### 2.3 侏罗纪—早第三纪:北东倾斜坡发育阶段

侏罗纪,阿瓦提—满西南地区继续保持隆起剥蚀状态,造成侏罗系在该区未接受沉积,而由塔北—满北地区及满加尔凹陷东部向本区超覆尖灭。但由塔北—满加尔地区侏罗系厚度分布情况推测,此时的阿-满地区基本上为一北东倾的斜坡构造。

白垩系在满加尔凹陷主要为一套红色洪冲积—河流—浅湖相沉积,厚度在200~1300 m左右。沉积中心有2个,一个位于满参1井—赛克1井之间,最大沉积厚度为1300 m。另一个位于哈拉哈塘凹陷一带,最大沉积厚度1100 m。由过阿-满地区的东西向和南北向构造剖面图可以看出,白垩系沉积厚度具有由南向北、由西向东增大的明显趋势,说明此时的阿满地区仍为一北东倾斜坡。

早第三纪沉积在满西地区厚度不大,一般在100~200 m之间。该时期阿-满地区的构造面貌可能仍是白垩纪时构造面貌的继承和延续。

### 2.4 晚第三纪—第四系:现今构造形成阶段

早第三纪始新世末,印度板块与欧亚板块发生碰撞,并在晚第三纪以来向北持续强烈挤压,从而在

塔里木盆地产生了广泛而强烈的喜马拉雅晚期运动。在塔里木盆地北部,印-欧板块碰撞导致古天山造山带再次碰撞复活(卢华复等,1996),库车前陆逆冲带在晚第三纪开始向盆地内强烈逆冲推覆,从而造成库车-阿瓦提地区在晚第三纪发生强烈沉降,形成库车-阿瓦提前陆拗陷(贾承造等,1997),且其沉降中心在晚第三纪不断向东南方向迁移。受其影响,晚第三纪的满西地区与塔北隆起一起,形成了一个北西倾的区域大斜坡,成为库车前陆拗陷的前陆斜坡,其上接受了厚达1000~2800 m的上第三系陆相沉积。在过阿-满地区南北向和东西向剖面上,可见上第三系—第四系沉积明显向北西方向增厚。

与晚第三纪—第四纪北西倾前陆斜坡形成同时,阿-满低梁区中构造层及上构造层的白垩系、下第三系等也一改其沉积时的古构造面貌,形成现今北西倾斜坡面貌。下构造层可能也受到了一定影响,但其低梁面貌基本上未受到改变。可见,晚喜马拉雅期是阿-满低梁区演化史上一个十分重要的阶段,是阿-满低梁区现今构造的形成时期。同时,也由此足见喜马拉雅晚期构造运动的强烈程度和意义。

## 3 结论

阿-满低梁自前震旦纪末塔里木运动以来,经历了震旦纪—泥盆纪阿-满低梁形成发育阶段、石炭纪—三叠纪阿-满低梁改造阶段、侏罗纪—早第三纪北东倾斜坡发育阶段与晚第三纪—第四纪现今构造形成阶段等4个演化发展阶段,形成了下、中、上3个构造层。下构造层由震旦系—泥盆系构成,构造形态为一特殊的低隆起;上构造层由白垩系—第四系构成,构造形态为一北西倾斜坡;由石炭系—三叠系构成的中构造层则是上、下构造层构造形态的过渡,总体上仍呈北西倾。所谓阿-满低梁主要即位于下构造层,为一介于阿瓦提凹陷与满加尔凹陷之间的特殊的隆起构造,其在东西向上表现为宽缓的隆起形态,而在南北方向上则为凹陷面貌。

## 参 考 文 献

- 陈发景,汪新文,张光亚,李光,曹守连,罗传容. 1996. 新疆塔里木盆地北部构造演化与油气关系. 北京:地质出版社. 177.
- 贾承造,魏国齐. 1996. 塔里木盆地的古生界古隆起和中、新生界前陆逆冲带构造及其控油意义. 见:童晓光,梁狄刚,贾承造主编. 塔里木盆地石油地质研究新进展. 北京:科学出版社. 225~234.
- 贾承造等. 1997. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京:石油工业出版社. 438.
- 卢华复,贾东,蔡东升,吴世敏,陈楚铭,施央申. 1996. 塔里木和西天山古生代板块构造演化. 见:童晓光,梁狄刚,贾承造主编. 塔里

木盆地石油地质研究新进展. 北京: 科学出版社, 235~245.

汤良杰. 1996. 塔里木盆地演化 and 构造样式. 北京: 地质出版社, 136.

谢晓安, 胡素云, 卢华复. 1998. 探讨塔里木盆地巴楚断隆的正反转构造. 地质论评, 44(1): 1~6.

张光亚, 宋建国. 1998. 塔里木克拉通盆地改造对油气聚集和保存的影响. 地质论评, 44(5): 511~521.

赵靖舟, 田军. 2001a. 满西地区构造演化史. 石油与天然气地质, 22(2): 108~113.

赵靖舟, 庞雯. 2001b. 满加尔凹陷西部地区不整合分布与构造运动. 石油实验地质, 23(2): 149~153.

### References

Chen Fajing, Wang Xinwen, Zhang Guangya, Li Guang, Cao Shoulian, Luo Chuanrong. 1996. Tectonic evolution and its relation to oil and gas accumulation. Beijing: Geological Publishing House, 177 (in Chinese).

Jia Chengzao, et al. 1997. Structural characteristics and petroleum accumulation of the Tarim basin, China. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 438 (in Chinese).

Jia Chengzao, Wei Guoqi. 1996. Paleozoic paleo-uplifts and Mesozoic Cenozoic forland thrust belts and their controls on petroleum accumulation in the Tarim basin. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang, Jia Chengzao, ed. New advances in petroleum geological studies of the Tarim basin. Beijing: Petroleum

Industry Publishing House, 225~234 (in Chinese).

Lu Huaifu, Jia Dong, Cai Dongsheng, Wu Shimin, Chen Chuming, Shi Yangshen. 1996. Tectonic evolution of the Tarim and West Tianshan Paleozoic plates. In: Tong Xiaoguang, Liang Digang, Jia Chengzao, ed. New advances in petroleum geological studies of the Tarim basin. Beijing: Petroleum Industry Publishing House, 235~245 (in Chinese).

Tang Liangjie. 1996. Tectonic evolution and structural styles of Tarim basin, Northwest China. Beijing: Geological Publishing House, 136 (in Chinese).

Xie Xiaolan, Hu Suyun, Lu Huaifu. 1998. Discussion on the normal reversed structure of Bachu faulted uplift, the Tarim basin. Geological Review, 44 (1): 1~6 (in Chinese with English abstract).

Zhang Guangya, Song Jianguo. 1998. Control of basin reworking on hydrocarbon accumulation and preservation in the Tarim cratonic basin, Northwest China. Geological Review, 44 (5): 511~521 (in Chinese with English abstract).

Zhao Jingzhou, Tian Jun. 2001a. Tectonic evolution history of the west Manjiaer depression, the Tarim basin. Oil & Gas Geology, 22(2): 108~113 (in Chinese with English abstract).

Zhao Jingzhou, Pang Wen. 2001b. Unconformities and tectonic movements in the west Manjiaer depression, the Tarim basin. Experimental Petroleum Geology, 23(2): 149~153 (in Chinese with English abstract).

## Structural Characteristics and Tectonic Evolution of the Awati—Manjia'er Ridge, the Tarim Basin

ZHAO Jingzhou<sup>1,2)</sup>, JIA Chengzao<sup>3)</sup>

1) Xi'an Petroleum Institute, Xi'an, 710065

2) Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, Beijing, 100083

3) Petrochina Company Limited, CNTC, Beijing, 100011

### Abstract

The Awati—Manjiaer (or A-Man) low ridge of the Tarim basin is a special uplift between the Awati and Manjiaer depressions. In a west-east direction, it is a wide, gentle uplift, whereas a depression between the North Tarim and Central Tarim uplifts is in a south-north direction. Its sedimentary formations can be divided into lower, middle and upper structure layers. The lower structure layer consists of the Sinian to the Devonian, in which the A-Man low ridge is observed. The upper structure layer is composed of the Cretaceous to the Quaternary, which shows a large slope dipping northwestward. The middle layer of the Carboniferous to Triassic displays a transitional shape from the lower layer toward the upper. Since the Tarim movement at the end of the Pre-Sinian, the A-Man low ridge has experienced 4 major tectonic evolution stages: the stage of formation of the A-Man low ridge in the period of Sinian to Devonian, stage of reform of the A-Man low ridge in the period of Carboniferous to Triassic, stage of formation of a slope structure dipping northeastward in the period of the Jurassic to Paleogene, and that of the formation of the present structure in the period of the Neogene to Quaternary.

**Key words:** Awati depression; Manjia'er depression; A-Man low ridge; structural features; tectonic evolution; the Tarim basin