

塔里木盆地东北缘盖层不整合序列及其构造演化

孙晓猛¹, 郝福江², 程日辉¹, 刘鹏举¹, 王璞珺¹, 孙庆春¹

1. 吉林大学 地球科学学院, 长春 130026
2. 吉林大学 应用技术学院, 长春 130022

摘要: 塔里木盆地东北缘新元古界—新生界中分布多期不整合界面。它们是不同的地球动力学背景的产物,也是研究塔里木盆地东北缘乃至整个盆地构造演化的重要依据。通过野外地质调查和盆地内地震资料的综合研究,进一步阐述 Nh_2/Nh_1 、 ϵ/Z 、 O_3/O_2 、 S/O_3 、 C/AnC 、 T/AnT 、 J/AnJ 、 E/AnE 和 N_2/N_1 重要的不整合面特征及其形成的地球动力学背景,建立了研究区完整的盖层不整合演化序列。根据不整合面特征,结合地层、沉积和构造特征将塔里木盆地东北缘盖层构造演化划分为3个旋回、6个阶段:(1)南华纪—泥盆纪克拉通内裂解和闭合旋回,(2)石炭纪—三叠纪克拉通边缘裂解—闭合旋回,(3)侏罗纪—第四纪拉张—挤压旋回;①南华纪—奥陶纪克拉通内拗拉槽阶段,②志留纪—泥盆纪挤压隆升阶段,③石炭纪—早二叠世克拉通内拗陷盆地阶段,④早二叠世末期冲断走滑—三叠纪前陆盆地阶段,⑤侏罗纪—古近纪断陷—拗陷盆地阶段,⑥新近纪—第四纪再生前陆盆地阶段。

关键词: 塔里木盆地东北缘;不整合;构造演化

中图分类号: P542.34 文献标识码: A 文章编号: 1671-5888(2007)03-0450-08

Sequence of Unconformities and Tectonic Evolution of the Covers at the Northeast Margin of the Tarim Basin

SUN Xiao-meng¹, HAO Fu-jiang², CHENG Ri-hui¹, LIU Peng-ju¹, WANG Pu-jun¹, SUN Qing-chun¹

1. College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130026, China
2. Applied Technic College, Jilin University, Changchun 130022, China

Abstract: Numerous unconformities occur in the Neoproterozoic-Cenozoic cover sequence at the northeast margin of the Tarim Basin. They are the products formed under different geodynamic settings and provide important clues to the study on the tectonic evolution both at the northeast margin of and of the whole Tarim basin as well. Based on field geological survey and comprehensive study of the seismic materials of the basin, the authors further elaborate the features of the important unconformity interfaces of Nh_2/Nh_1 , ϵ/Z , O_3/O_2 , S/O_3 , C/AnC , T/AnT , J/AnJ , E/AnE , N_2/N_1 and their geodynamic background and try to set up a complete evolution sequence of unconformities in the area. According to the features of the unconformities, strata, deposit and structure, the tectonic evolution of the covers at the northeast margin of Tarim basin can be divided into three cycles and six stages. The three circles are: the Nahuaiian-Devonian intra-craton disintegration and closure, the Carboniferous-Triassic circum-craton disintegration and closure and the Jurassic-Quaternary pull-apart and compression. The six stages are: Nahuaiian-Ordovician intra-craton aulacogen, Silurian—Devonian compression and uplifting, Car-

收稿日期: 2006-06-17

基金项目: 中国石油化工股份有限公司西部新区勘探项目(XBKT2003KY10002)

作者简介: 孙晓猛(1954), 男, 吉林长春人, 教授, 博士, 主要从事区域大地构造及地层古生物研究, Tel: 0431-85210567, E-mail: sunxiaomeng5210@163.com.

boniferous—Permian intra-craton subsidence basin, thrust-strike-slip of the last stage of Lower Permian—Triassic foreland basin, Jurassic—Paleogene fault depression and down-warped basin and Neogene—Quaternary regenerated foreland basin stages.

Key words: northeast margin of Tarim Basin; unconformity; tectonic evolution

塔里木盆地东北缘主要指库鲁克塔格隆起区及其邻近的孔雀河斜坡、满加尔坳陷和沙雅隆起区(图 1)。该区地台盖层的地层出露较齐全, 沉积类型复杂多样, 多期次不整合界面广泛分布, 构造现象非常发育, 是研究塔里木盆地东北缘不同构造阶段盆地性质以及整个塔里木叠合盆地构造演化历史的关键地区和重要窗口。本文根据库鲁克塔格隆起区 10 余条不同时代野外地层-构造剖面和孔雀河斜坡-沙雅隆起区 10 余条盆内地震测线构造发育史剖面的综合研究, 建立了研究区较完整的不整合演化序列, 并论述了塔里木盆地东北缘多旋回叠加的演化历程。

1 塔里木盆地东北缘不整合序列

由于研究区位于南天山造山带附近, 自南华纪以来经历了多期次构造运动, 形成了 Nh_2/Nh_1 、 \in/Z 、 O_3/O_2 、 S/O_3 、 C/AnC 、 T/AnT 、 J/AnJ 、 E/AnE 、 N_2/N_1 等多个重要的不整合界面。

1.1 Nh_2/Nh_1 不整合界面

该期不整合面在库鲁克塔格隆起区气象大沟表

现十分清楚, 不整合界面之下为南华系贝义西组火山角砾碎屑岩, 不整合界面之上为阿勒通沟组灰白色含砾砂岩, 不整合面中分布有底砾岩(图版—1)。两组之间主要表现为平行不整合接触。

1.2 \in/Z 不整合界面

该期不整合面在库鲁克塔格隆起区分布十分广泛, 在新疆尉犁县元宝庄一带, 由下寒武统西山布拉克组杂色硅质岩平行不整合于上震旦统水泉组灰白色中厚层白云岩之上。在尉犁县阳平里北山—西水泉一带, 往往缺失水泉组, 西大山组与震旦系育肯沟组呈不整合接触。

1.3 O_3/O_2 不整合界面

前人在塔里木盆地加里东期不整合面研究中, 比较关注 O_2/O_1 之间的不整合界面, 而忽略了对 O_3/O_2 之间地层接触关系的研究^[1]。事实上, 在库鲁克塔格隆起区中奥陶统与下奥陶统之间是连续过渡的整合接触关系, 界面附近沉积岩相并没有明显变化, 均为含草莓状黄铁矿结核的薄层笔石页岩、粉砂岩、灰岩沉积, 代表了相同的深水静水沉积环境, 只是在地震资料中反映出盆地内部中奥陶统与下奥

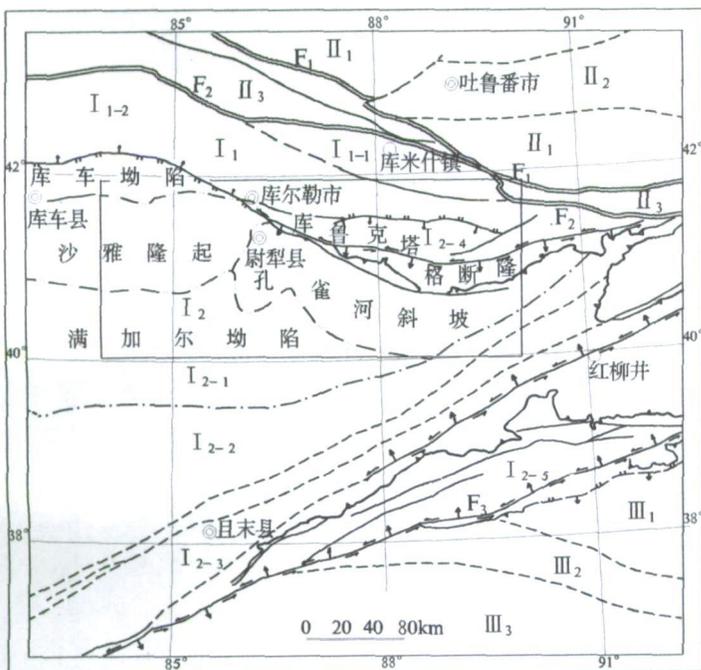


图 1 塔里木盆地东北缘区域大地构造略图
Fig. 1 Tectonic sketch map of northeast margin of Tarim Basin

1. 区域深大断裂; 2. 逆冲断裂; 3. 走滑断裂; 4. 性质未分断裂; 5. 推断断裂; 6. 盆地边界; 7. 盆地一级单元界线; 8. 盆地二级单元界线; 9. 构造单元编号; 10. 区域深大断裂编号; 11. 研究区; I₁, 塔里木板块北部大陆边缘; I₁₋₁, 南天山古生代残余洋盆; I₁₋₂, 哈尔克志留纪被动陆缘盆地; I₂, 塔里木板块; I₂₋₁, 东北坳陷带; I₂₋₂, 中央隆起带; I₂₋₃, 东南断隆带; I₂₋₄, 库鲁克塔格隆起; I₂₋₅, 阿尔金山隆起; II₁, 北天山晚古生代活动大陆边缘; II₂, 吐—哈地块; II₃, 中天山(地块)早古生代岛弧及其基底; III₁, 柴达木地块; III₂, 祁漫塔格早古生代增生杂岩; III₃, 中昆仑地块; F₁, 博罗科努—阿齐克库都断裂带; F₂, 巴仑台—库米什断裂带; F₃, 阿尔金山走滑断裂带

陶统之间存在不协调现象。但是在中奥陶统与上奥陶统之间却存在一个较大的岩相截然变化界面。界面之下却尔却克塔格组上部由绿灰色薄片状页岩夹粉砂质页岩组成,水平层理发育,含有反映深水环境的海绵古针;界面之上的上奥陶统乌里孜塔格组底部却分布了数十层巨厚层、厚层砾岩、含砾粗砂岩等,砾岩呈次棱角状、次磨圆状,分选性差,发育大型板状层理。界面上、下地层呈角度相交(图版-2)。反映了在上奥陶统沉积之前,中奥陶统经历了挤压或快速不平衡的隆升作用,致使岩层倾斜,海平面下降。但中奥陶统出露水面时间较短,没有形成底砾岩就迅速接受巨厚砾岩、含砾粗砂岩沉积,形成了 O_3/O_2 之间的不整合接触。在沙雅隆起, O_3/O_2 之间表现为削蚀不整合^[2]。

1.4 S/O₃ 不整合界面

在库鲁克塔格地区阳平里山中奥陶统却尔却克塔格组与下志留统土什布拉克组之间呈平行不整合接触关系(图版-3)。孔雀河斜坡区地震剖面显示,在晚奥陶世末期发生挤压逆冲和剥蚀作用,形成志留系与上奥陶统之间的平行不整合和局部角度不整合接触。在塔东北地区也广泛存在志留系与前志留系之间的角度不整合或平行不整合^[2,3]。这期不整合标志着库鲁克塔格—满加尔坳拉槽消亡,进入志留纪新的构造-沉积演化阶段。

1.5 C/AnC 不整合界面

在库鲁克塔格隆起区可见石炭系不整合于下志留统土什布拉克组之上。沙雅隆起 TBB89—N148.9地震剖面中(图2)寒武—泥盆系发生褶皱、隆升剥蚀,石炭系呈角度不整合覆盖于泥盆系和早古生代地层之上。在孔雀河斜坡区,石炭纪末期和晚二叠世强烈隆升剥蚀,石炭系剥蚀殆尽,使这期不整合面与海西晚期运动所形成的不整合界面叠合到一起。

1.6 T/AnT 不整合界面

该期不整合界面在研究区中表现最为强烈,分布十分广泛,是整个塔里木盆地重要的不整合界面之一。盆内可见三叠系不整合覆盖于下伏不同时期地层之上(图2,3)。这期不整合界面代表了海西晚期运动。

1.7 J/AnJ 不整合界面

侏罗系与三叠系及其前三叠系之间的不整合在塔东北地区分布也十分广泛。在三叠系中形成了大量的继承性褶皱、逆冲推覆和走滑构造。这期运动

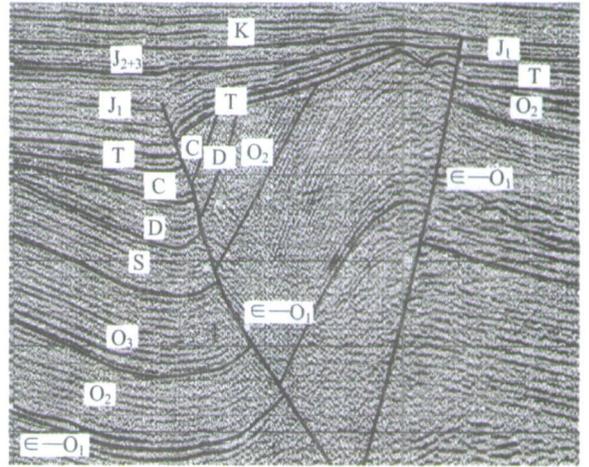


图2 TBB89—N148.9地震测线中D/O₃、C/D、T/AnT之间的不整合界面

Fig. 2 Unconformity interface of D/O₃, C/D, T/AnT in TBB89—N148.9 seismic profile

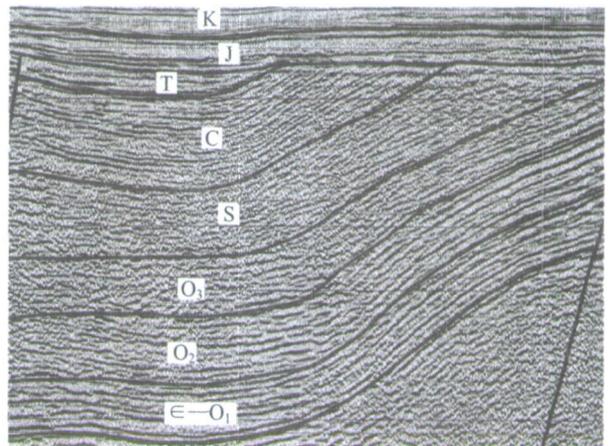


图3 K97—948地震测线中J/AnJ之间的不整合面

Fig. 3 Unconformity interface of J/AnJ in K97—948 seismic profile

使塔里木盆地及其邻区出现最强烈的一次准平原化过程,海西晚期—印支期隆起的古天山、古昆仑山被剥蚀夷平。在孔雀河斜坡侏罗系呈角度不整合覆盖于下伏的寒武系—下奥陶统、中奥陶统、上奥陶统、志留系、石炭系和三叠系之上(图3)。

1.8 E/AnE 不整合界面

这期不整合界面在库鲁克塔格地区表现非常明显。在元宝山和却尔却克山,古近系呈角度不整合覆盖在奥陶系之上,风化剥蚀面以及底砾岩十分清楚(图版-4)。该期不整合界面代表了燕山末期运动。

1.9 N_2/N_1 不整合界面

在库鲁克塔格地区,罗布泊以及南、北天山,昆仑山地区,广泛分布该期不整合界面。在库鲁克塔格元宝山、却尔却克山,可见浅灰色湖相粉砂岩、泥岩角度不整合于古近系一新近系紫红色粉砂岩、泥岩之上,属于超覆不整合(图版—5)。在罗布泊,可见浅灰色湖相粉砂岩、泥岩角度不整合于新近系灰色粉砂岩、泥岩之上(图版—6)。在南天山,浅灰色湖相粉砂岩、泥岩角度不整合于古老变质岩之上。该期不整合界面是喜马拉雅运动的产物。

2 塔里木盆地东北缘盖层构造演化

塔里木盆地是在前南华纪古老陆壳基底上发展起来的大型叠合盆地,盆地盖层的形成经历了3次大规模伸展成盆和3次大规模挤压隆升事件的多旋回构造演化。盆地东北缘不同时期不整合界面是多旋回构造演化的重要产物,因此,它们是研究塔里木盆地东北缘乃至整个盆地构造演化的重要依据。本文根据不整合序列结合地层、沉积和构造特征并参考了何登发^[4]、贾承造^[3,5]、张光亚^[6]资料,将塔里木盆地东北缘盖层构造演化划分3个旋回、6个阶段。

2.1 南华纪—泥盆纪克拉通内裂解和闭合旋回

南华纪—奥陶纪期间,西域板块具有非稳定克拉通多裂解特征。最大坳拉槽发生在库鲁克塔格—满加尔坳陷一线(图1),裂陷由东向西发展^[7],奥陶纪末期坳拉槽闭合。志留—泥盆纪,研究区遭受挤压隆升作用。

2.1.1 南华纪—奥陶纪克拉通内坳拉槽发展阶段

坳拉槽形成与初始裂陷亚阶段 南华纪库鲁克塔格—满加尔坳拉槽开始形成,发生初始裂陷。在库鲁克塔格地区南华—震旦系较为发育,以兴地断裂为界,可分为北带和南带,南带南华系由双峰式大陆裂谷火山岩(图版—7)、玄武岩和玄武质及安山质火山碎屑岩—陆棚—次深海盆地相的碎屑岩—深水冰筏沉积所组成。北带为巨厚陆坡碎屑流—海底扇浊积岩—半深海槽盆相暗色泥岩间互,夹陆棚相沉积和多层酸性及基性火山岩,并含有深水冰筏沉积,厚达3580 m,构成了裂陷与沉积中心^[6,8]。在贝义西期大规模火山喷发以后,地壳隆升,形成了 N_{h2}/N_{h1} 不整合界面。紧随其后由于南华纪强烈火山喷发造成坳拉槽热能的外泄,使岩石圈冷却收缩,造成该区发生大规模海侵,形成阿勒通沟组灰白色含砾砂岩和特瑞爱肯组冰碛泥砾岩。震旦纪裂陷作用进一步

发展,沉积了以三角洲为主的沉积物;水泉组沉积期,构造进入短暂的平静期,剥蚀区地势平缓,沉积区藻类繁盛,形成了藻白云岩和白云质灰岩^[2]。水泉组沉积末期,海水退出塔里木板块,形成 E/Z 不整合界面,该界面形成被认为是由于全球海平面下降所引发的^[1]。

坳拉槽稳定拉张亚阶段 发生于寒武纪—中奥陶世。这一时期坳拉槽大幅度沉降,形成了一套欠补偿的深水盆地相沉积。该阶段主要特征为:①在库鲁克塔格—满加尔地区,寒武纪—早奥陶世含磷硅质岩—泥岩中发育了放射虫—海绵古针—笔石生物组合;②寒武纪—早奥陶世形成了黑色富含有机质的放射虫硅质岩—浊积灰岩—深水溶解相瘤状灰岩—富含草莓状黄铁矿的黑色笔石页岩—砂泥岩—浊积砂岩沉积组合(图版—8),总体反映了深水陆棚—槽盆相环境^[9];③孔雀河斜坡地震剖面结果显示,寒武纪—中奥陶世期间发育一系列高角度正断层(图4)。亦反映强烈拉张构造背景。

新元古代晚期—早中奥陶世,塔里木板块北部可能已经出现了南天山洋。一些学者^[10,11]对塔里木板块南缘东昆仑造山带祁曼塔格—乌妥缝合带(图1)的研究结果表明,新元古代晚期—早中奥陶世为东昆仑洋裂解扩张阶段,因此,塔里木南北缘在新元古代晚期—中奥陶世均呈现出被动大陆边缘环境,在这种构造背景制约下,控制了南华纪—中奥陶世坳拉槽形成与稳定拉张。

中晚奥陶世,准噶尔洋向其南部中天山地块俯冲,出现岛弧火山活动,致使塔里木板块北部南天山洋发生弧后扩张^[12,13]导致向南挤压。中奥陶世末,昆仑洋向中昆仑地块俯冲,致使研究区处于南北挤压环境,孔雀河斜坡10余条盆内地震测线构造发育史剖面表明,寒武纪—中奥陶世同沉积正断层此时发生构造反转,转变为逆冲断层(图4),断层上盘中奥陶统抬升剥蚀形成 O_3/O_2 不整合界面,此后,坳拉槽开始进入充填消亡的发展阶段。

坳拉槽充填消亡亚阶段 晚奥陶世末昆仑洋向昆仑地块剧烈俯冲,形成祁曼塔格俯冲杂岩(图1),至志留纪昆仑洋闭合。南天山洋弧后扩张继续影响本区。在这种南北挤压的宏观大地构造背景下,盆地由拉张向挤压挠曲转换。盆地南北边缘的隆起与发展,为库满坳拉槽沉积提供充足物源,奥陶纪末坳拉槽充填消亡,结束了其演化阶段^[3]。与此同时,强烈的逆冲作用造成盆地内大面积的隆升剥蚀以及形

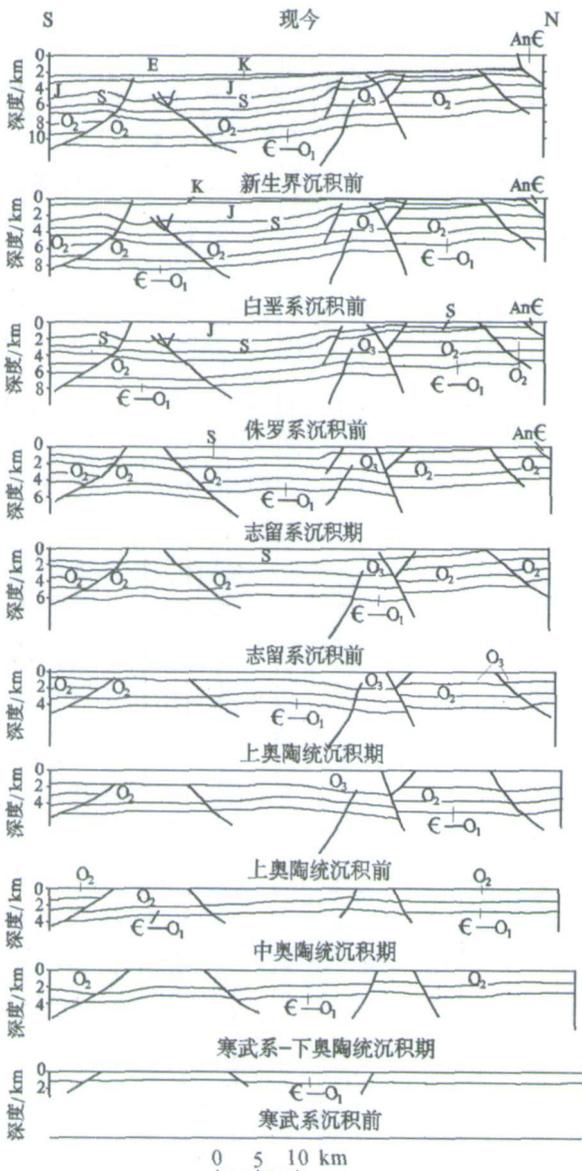


图4 孔雀河斜坡 K97-640 地震测线构造发育史

Fig. 4 Tectonic evolutionary history of K97-640 seismic profile in clino slope

成 S/O₃ 区域不整合。

2.1.2 志留纪—泥盆纪挤压隆升阶段

昆仑洋在中、晚志留世向南俯冲消减完毕,致使早古生代中昆仑地块相继与塔里木板块碰撞、焊接在一起,形成碰撞造山带^[11, 14],同时在塔南地区形成周缘前陆褶皱冲断带和塔南周缘前陆盆地。泥盆纪,塔里木板块南缘继续处于碰撞后陆内挤压环境。塔里木板块北部的南天山洋在志留—泥盆纪向中天山板块俯冲消减,洋盆萎缩^[12, 15],这种构造背景使得塔北地区和孔雀河地区在泥盆纪发生构造隆升形成隆起带。构造隆升不仅使泥盆纪沉积盆地范围大

大缩小,萎缩至草湖一带,而且还使早古生代地层遭受到强烈风化剥蚀,并形成了 C/AnC 不整合界面(图 3, 4)。

2.2 石炭纪—三叠纪克拉通边缘裂解—闭合旋回

石炭—三叠纪,研究区进入克拉通边缘裂解—闭合演化旋回。在塔里木板块北部,南天山洋向北俯冲并未与中天山地块很快聚合,在早石炭世,南天山洋仍分隔了中天山地块和塔里木板块。晚石炭世萎缩成残留海盆^[12],早二叠世末—三叠纪南天山洋封闭,形成广泛分布的天山花岗岩。

2.2.1 石炭纪—早二叠世克拉通内拗陷阶段

研究区在石炭纪—早二叠世时具有克拉通边缘拗陷性质。野外地质调查表明,石炭纪沉积了一套滨浅海相碳酸盐岩—碎屑岩沉积,早二叠世在满加尔凹陷形成了滨浅湖—河流—洪冲积相沉积。目前在孔雀河地区尚未发现下二叠统,是由于该区位于克拉通内拗陷的边缘,受南天山洋晚期闭合影响较强烈,隆起剥蚀程度较高,剥蚀殆尽所致。

2.2.2 早二叠世末期后陆冲断走滑—三叠纪前陆盆地阶段

早二叠世末期,由于塔里木板块北缘与中天山岛弧(图 1)斜向碰撞,使塔里木盆地北部发生强烈的构造变形,致使研究区下伏古生代地层形成一系列逆冲、褶皱构造,同时塔里木盆地东北部地区大面积隆升剥蚀,晚二叠世没有接受沉积,因此,形成研究区广泛的三叠系与下伏地层的不整合(图 2)。

三叠纪在库车形成前陆盆地。由于孔雀河斜坡区与库车前陆盆地相毗邻,具有相同的大地构造背景,因此,孔雀河斜坡区三叠纪盆地也应具有前陆盆地性质。三叠纪末期,由于羌塘地块与塔里木板块发生陆—陆碰撞,塔北和塔东隆起,形成侏罗系与三叠系及其前三叠系之间的不整合界面(图 3)。使塔里木盆地及其邻区出现最强烈的一次准平原化过程。

2.3 侏罗纪—第四纪拉张—挤压旋回

2.3.1 侏罗纪—古近纪断拗盆地阶段

侏罗纪进入应力松弛的断陷—拗陷盆地发展阶段。白垩纪—古近纪,喜马拉雅—冈底斯山弧和欧亚大陆的弧—陆碰撞造成青藏高原北缘广袤的中国西北地区与哈萨克斯坦处在伸展—夷平的拉张环境,大面积准平原、泛盆地化是这个时期的特点^[19]。因此,孔雀河斜坡区在侏罗纪—古近纪总体构造—沉积环境是稳定宽缓的湖泊—河流相环境,地层产状平

缓,由盆缘向盆地中心方向厚度缓慢增加,构造活动微弱。但在侏罗纪与白垩纪之交以及中生代末期,由于中特提斯洋壳的消减闭合,冈底斯地块向北与古亚洲大陆拼合形成了逆冲断裂、宽缓褶皱以及古近系与前古近系之间的角度不整合接触(图4,图版—4)。

2.3.2 新近纪—第四纪再生前陆盆地发展阶段

古近纪末期(30~25 Ma),雅鲁藏布江最终闭合,青藏高原初次隆升,形成塔里木盆地、柴达木盆地的山前拗陷。新近纪的喜马拉雅运动引起了青藏高原快速隆升,同时准平原夷平的古天山、古昆仑山、阿尔金山等造山带迅速隆升,再度崛起^[6]并向盆地内逆掩推覆,同时形成 N_2/N_1 不整合界面。该时期塔里木盆地进入再生前陆盆地发展阶段。与宏观区域构造背景相呼应,研究区库鲁克塔格山急剧隆升形成断隆,孔雀河断裂向盆地内逆掩推覆。

参考文献(References):

- [1] 汤良杰. 略论塔里木盆地主要构造运动[J]. 石油试验地质, 1997, 19(2): 108-114.
TANG Liang-jie. An approach to major tectogenesis of Tarim Basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 1997, 19(2): 108-114.
- [2] 杨瑞财, 杜岚, 欧阳华, 等. 塔东北地区上震旦统一下古生界沉积演化[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 239-243.
YANG Rui-cai, DU Lan, OUYANG Hua, et al. Sedimentary evolution of Upper Simian—Early Palaeozoic in northeastern Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 239-243.
- [3] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 183-261.
JIA Cheng-zao. Structural characteristics and oil/gas in Tarim Basin of China[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 183-261.
- [4] 何登发, 贾承造, 李德生, 等. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 64-77.
HE Deng-fa, JIA Cheng-zao, LI De-sheng, et al. Formation and evolution of polycyclic superimposed Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 64-77.
- [5] 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚积规律[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177-183.
JIA Cheng-zao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177-183.

- [6] 张光亚. 塔里木古生代克拉通盆地形成演化与油气[M]. 北京: 地质出版社, 2000: 22-41.
ZHANG Guang-ya. Formation and evolution and oil/gas in Tarim Basin of Paleozoic craton[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 22-41.
- [7] 葛肖虹, 刘俊来. 被肢解的“西域克拉通”[J]. 岩石学报, 2000, 16(1): 59-66.
GE Xiao-hong, LIU Jun-lai. Broken “Western China Craton”[J]. Acta Petrologica Sinica, 2000, 16(1): 59-66.
- [8] 康玉柱, 康志宏. 塔里木盆地构造演化与油气[J]. 地球学报, 1994, 15(3/4): 180-191.
KANG Yu-zhu, KANG Zhi-hong. Tectonic evolution and oil and gas of Tarim Basin[J]. Acta Geoscientia Sinica, 1994, 15(3/4): 180-191.
- [9] 段吉业, 夏德馨, 安素兰. 新疆库鲁克塔格新元古代—早古生代裂陷槽深水沉积与沉积构造古地理[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 7-14.
DUAN Ji-ye, XIA De-xin, AN Su-lan. Deep-water sedimentation and sediment-tectonopaleogeography of the Neoproterozoic—Early Palaeozoic aulacogen in Kuruktag, Xinjiang, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(1): 7-14.
- [10] 边千滔, 赵大升, 叶正仁, 等. 初论昆祁秦缝合系[J]. 地球学报, 2002, 23(6): 501-508.
BIAN Qian-tao, ZHAO Da-sheng, YE Zheng-ren, et al. A preliminary study of the Kunlun—Qilian—Qinling suture system[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23(6): 501-508.
- [11] 姜春发, 施希德, 胡金庆. 昆仑开合构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 10-76.
JIANG Chun-fa, SHI Xi-de, HU Jin-qing. Opening and closing structure of Kunlun Mountain[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 10-76.
- [12] 汤耀庆, 高俊, 赵民, 等. 西南天山蛇绿岩和蓝片岩[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 1-96.
TANG Yao-qing, GAO Jun, ZHAO Min, et al. Ophiolite and blueschist in southwest of Tianshan[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1995: 1-96.
- [13] 高俊, 何国琦, 李茂松. 西天山造山带的古生代造山过程[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22(1): 27-32.
GAO Jun, HE Guo-qi, LI Mao-song. Paleozoic processes of western Tianshan orogen[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1997, 22(1): 27-32.

- [14] 潘裕生. 西昆仑山构造特征与演化[J]. 地质科学, 1990(3): 225-231.
PAN Yu-sheng. Tectonic feature and evolution of west Kunlun Mountains[J]. Scientia Geologica Sinica, 1990(3): 225-231.
- [15] 肖序常, 汤耀庆, 冯益民, 等. 新疆北部及其邻区大地构造[M]. 北京: 地质出版社, 1992: 1-123.
XIAO Xu-chang, TANG Yao-qing, FENG Yi-min, et al. Tectonics of northern Xinjiang and the adjacent region[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1992: 1-123.
- [16] 葛肖虹, 任收麦, 刘永江, 等. 青藏高原末次快速隆升与“亚澳”陨击事件[J]. 第四纪研究, 2004, 24(1): 67-73.
GE Xiao-hong, REN Shou-mai, LIU Yong-jiang, et al. Last rapid uplift of Qinghai-Xizhang plateau and the Australasian event of meteorites[J]. Quaternary Sciences, 2004, 24(1): 67-73.
- (N_{H1})之间平行不整合接触及其底砾岩。
- 新疆库鲁克塔格地区却尔却克山中奥陶统却尔却克塔格组(O_2)与上奥陶统乌里孜塔格组(O_3)之间不整合接触。
 - 新疆库鲁克塔格地区阳平里山中奥陶统却尔却克塔格组(O_2)与下志留统土布拉克组(S_1)平行不整合接触关系。
 - 新疆库鲁克塔格地区元宝山古近系(E)与奥陶系(O)之间角度不整合。
 - 新疆库鲁克塔格地区元宝山上新统湖相粉砂岩、泥岩(N_2)角度不整合于古近系一中新统粉砂岩、泥岩($E-N_1$)之上。
 - 新疆罗布泊浅灰色上新统湖相粉砂岩、泥岩(N_2)角度不整合于中新统灰色粉砂岩、泥岩(N_1)之上。
 - 新疆库鲁克塔格地区气象大沟南华系贝义西组玄武质凝灰岩与流纹质凝灰岩互层产出。
 - 新疆库鲁克塔格阳平里北山下奥陶统巷古勒塔格组含草莓状黄铁矿笔石页岩。褐色球形体为氧化后的草莓状黄铁矿。

图版说明

1. 新疆库鲁克塔格地区南华系贝义西组(N_{H2})与阿勒通组

(上接449页)

- [20] 倪健, 吴继友. 山东省台上金矿区荆条反射光谱的“红移”和“蓝移”现象[J]. 植物资源与环境, 1995, 4(4): 17-21.
NI Jian, WU Ji-you. The studies on spectral reflectance's "red shift" and "blue shift" of vitex negundo Var. hetrophylla at Taishang gold area in Shandong Province[J]. Journal of Plant Resources and Environment, 1995, 4(4): 17-21.
- [21] 吴继友, 杨旭东, 张福军, 等. 山东招远金矿区赤松针叶反射光谱红边的季节特征[J]. 遥感学报, 1997, 1(2): 124-129.
WU Ji-you, YANG Xu-dong, ZHANG Fu-jun, et al. Seasonal characteristics spectral reflectance of Korean pine leaves in the gold mine area of Zhaoyuan City in Shandong Province[J]. Journal of Remote Sensing, 1997, 1(2): 124-129.
- [22] 郭妮. 植被指数及其研究进展[J]. 干旱气象, 2003, 21(4): 71-75.
GUO Ni. Vegetation index and its advances[J]. Arid Meteorology, 2003, 21(4): 71-75.
- [23] 曹宇, 陈辉, 欧阳华, 等. 基于多项植被指数的景观生态类型遥感解译与分类[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 481-489.
CAO Yu, CHEN Hui, OUYANG Hua, et al. Landscape ecological classification using vegetation indices based on remote sensing data: a case study of Ejin natural oasis landscape[J]. Journal of Natural Resources, 2006, 21(3): 481-489.
- [24] 罗亚, 徐建华, 岳文泽. 基于遥感影像的植被指数研究方法述评[J]. 生态科学, 2005, 21(1): 75-79.
LUO Ya, XU Jian-hua, YUE Wen-ze. Research on vegetation indices based on the remote sensing images[J]. Ecologic Science, 2005, 21(1): 75-79.
- [25] 安国强, 吴泉源, 高守英, 等. 招远市金矿区环境遥感调查研究[J]. 国土资源遥感, 2003, 15(2): 30-34.
AN Guo-qiang, WU Quan-yuan, GAO Shou-ying, et al. Remote sensing investigation of the gold mining area in Zhaoyuan City[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2003, 15(2): 30-34.
- [26] 宋明辉, 潘军, 邢立新. 东昆仑祁漫塔格地区找矿预测遥感研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2006, 36(增刊): 210-214.
SONG Ming-hui, PAN Jun, XING Li-xin, et al. The remote-sensing study of metallogenic prognosis in the Qimantage region, Eastern Kunlun[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2006, 36(Sup.): 210-214.

图版

