

塔北-塔中区域构造地质大剖面解析及 古隆起成因新解

刘长磊, 张艺琼, 张永, 孙方源, 陈檀俊, 何登发

[中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083]

摘要:塔北隆起和塔中低凸起是塔里木盆地十分重要的油气战略区带,研究和对比二者之间的地层系统、断裂特征和地质结构差异,对下一步的石油勘探研究具有积极意义。为了揭示两个古隆起的地质结构和成因机制,选取了一条过塔里木盆地中部的南北向区域构造地质剖面,结合最新的钻井、测井和地震资料,利用断层相关褶皱理论,对其进行了精细解析和刻画。研究结果表明:塔北隆起和塔中低凸起是受控于基底大型断层转折褶皱的古生代古隆起,由南向北的挤压应力所产生的地层位移,被塔中低凸起吸收后继续经满加尔凹陷向塔北地区传递,最终被塔北隆起吸收,加里东中晚期-海西早期是两个古隆起形成的主要时期。塔北隆起后期因南天山褶皱带的冲断作用而遭受破坏,古生界和中生界遭受大范围剥蚀,新生界自北向南加厚,断层转折褶皱前翼难以识别,塔中低凸起古生界构造运动强烈,中生界未发生大规模断裂活动,古隆起形态稳定。

关键词:构造地质剖面;断裂特征;塔北隆起;塔中低凸起;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Analysis of regional structural cross section of the North and Central Tarim Basin and new insights into paleo-uplift origin

Liu Changlei, Zhang Yiqiong, Zhang Yong, Sun Fangyuan, Chen Jiajun, He Dengfa

[School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China]

Abstract: The Tabei uplift and Tazhong low salient are important strategic plays for oil and gas exploration in Tarim Basin. It will be of positive value for petroleum exploration and research ahead to study and compare their stratum systems, fault characteristics and geological structural differences. In order to reveal the geological structures and origins of the two paleo-uplifts, we selected a large NS-trending regional structural cross section in central Tarim Basin for a fine interpretation and description based on fault-related fold theories, combined with the latest drilling, logging, and seismic data. The results indicate that: the Tabei uplift and Tazhong low salient are the Paleozoic paleo-uplifts controlled by the large-scale basal fault bend folds. Stratum displacement caused by compressive stress from south to north is partly absorbed by Tazhong low salient, and then continues to pass to the northern Tarim area through the Manjar Depression, with the remaining displacement absorbed by Tabei uplift at last. The period from the Middle-to-Late Caledonian to the Early Hercynian is the main formation period of the two paleo-uplifts. However, Tabei uplift suffers damage due to the thrusting of the southern Tianshan fold belt at late stage, the Paleozoic and Mesozoic sequences suffer extensive denudation, while the Cenozoic gets thickened from north to south. Thus it is difficult to recognize the front wings of the fault bend folds. Tazhong low salient experiences intensive Paleozoic tectonic movement, but doesn't experience any large-scale faulting activities during the Mesozoic and Cenozoic, so it is stable in geometry.

Key words: structural cross section, fault characteristics, Tabei uplift, Tazhong low salient, Tarim Basin

下古生界碳酸盐岩是塔里木盆地非常重要的油气勘探层系。前期勘探成果表明,在中深地区古生界寒

收稿日期:2018-05-06;修订日期:2018-06-25。

第一作者简介:刘长磊(1992—),男,硕士,矿产普查与勘探。E-mail:liuchangleicugb@163.com。

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFC0601405-03)。

武系盐下蕴藏了丰富的油气资源^[1-5]。塔北隆起和塔中低凸起作为塔里木盆地典型的古生代古隆起,是盆地内重要的勘探区域。通过对古隆起古斜坡的重点勘探,在沙雅隆起南坡、塔中低凸起北斜坡的下古生界碳酸盐岩层系内都取得了重大的勘探突破,发现了轮南、东河塘、轮台、哈拉哈塘、塔河和塔中等油气田。前人对塔北隆起和塔中低凸起的断裂系统特征、构造演化期次、形成过程、控储机理、油气藏聚集与分布等方面进行了深入系统地研究^[3,6-17]。随着近年来塔北隆起和塔中北斜坡三维地震资料的丰富和完善,对古隆起的研究和认识取得了新的进展^[18-20]。借助于高精度三维地震资料,在塔中北斜坡发现了顺北油田和顺南气田,成为塔里木盆地石油勘探的新亮点^[21]。

基于前人对塔北和塔中两大古隆起取得的成果和认识,本文通过对塔北隆起和塔中低凸起的一条二维区域构造地震大剖面进行精细解析和刻画,揭示了不整合面和断裂几何学特征,并对两个古隆起的形成演化提出了新的见解,旨在对比分析塔北和塔中古隆起在地层发育、断裂几何学和形成演化等方面的内在联系和差异,为研究古隆起成因演化提供新的思路。

1 区域地质概况

塔里木盆地是一个长期发育的大型叠合复合盆地^[16,22-23],具有“隆坳相间”的构造格局,周缘分别为南天山造山带、西昆仑造山带和阿尔金造山带。

塔北隆起位于塔里木盆地北部(图 1),是塔里木盆地油气最富集的构造单元之一。塔北隆起北部为库车坳陷,向西为阿瓦提凹陷,向南为满加尔凹陷,平面上可划分为库尔勒鼻状凸起、轮台凸起、轮南低凸起、英买力低凸起和温宿鼻状凸起等 5 个次级构造单元^[13]。塔中低凸起位于塔里木盆地中央隆起带的中央地带,是一个形成于早古生代的古隆起^[24-25],向北与满加尔凹陷相接,向西和巴楚隆起相邻,向东延伸至塔东隆起,向南与塘古孜巴斯坳陷相接,平面上可划分为塔中北斜坡、塔中南斜坡、中央主垒带和东部潜山等 4 个次级构造单元。

2 地层发育特征

根据塔北和塔中地区最新的钻井、地震资料,建立

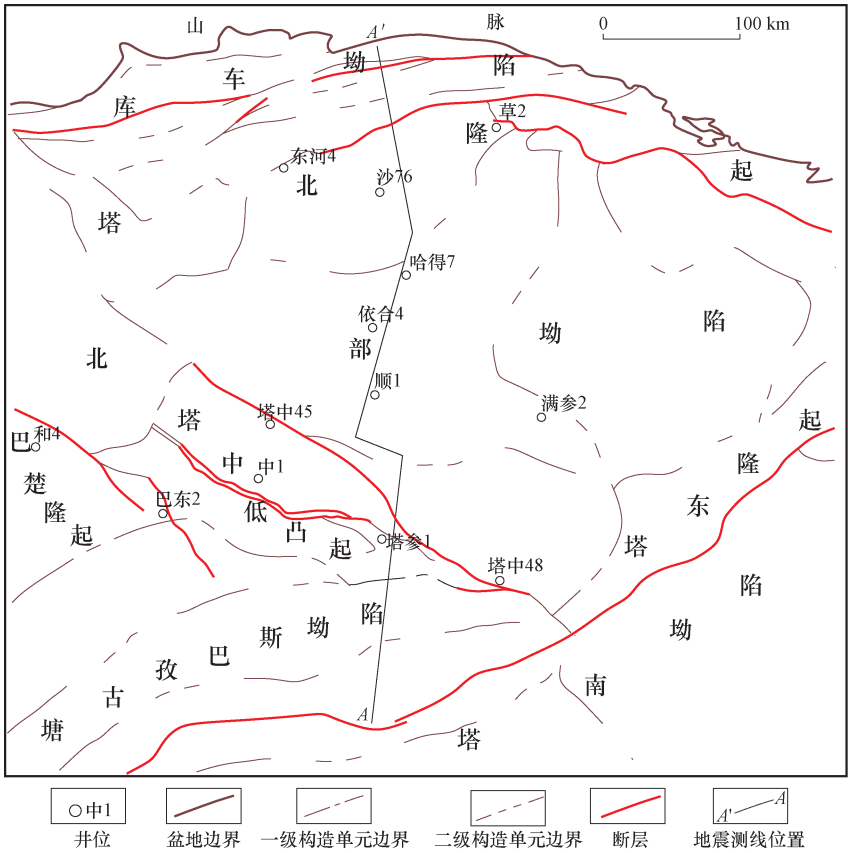


图 1 研究区构造单元划分及地震测线位置

Fig. 1 Tectonic unit division and locations of seismic lines in the study area

了塔北 - 塔中地区的地震 - 地层系统(图 2)。塔北隆起自震旦系到新生界均有发育,隆起自南斜坡向塔北隆起中部的轮台凸起和英买力地区,受强烈抬升剥蚀作用,古生界由南向北逐渐减薄缺失,白垩系以角度不整合覆盖于寒武系之上,中、新生界北厚南薄。塔中低凸起从震旦纪 - 第四纪地层发育齐全,震旦系和志留系从两翼向隆起区逐渐减薄缺失,塔中地区整体缺失侏罗系。受加里东中晚期和海西早期构造活动的影响,塔中低凸起中央主坳带地层剥蚀作用强烈,缺失志留系和中 - 下泥盆统,局部地区缺失上奥陶统和泥盆系,上覆石炭系以高角度不整合覆盖于下奥陶统之上。

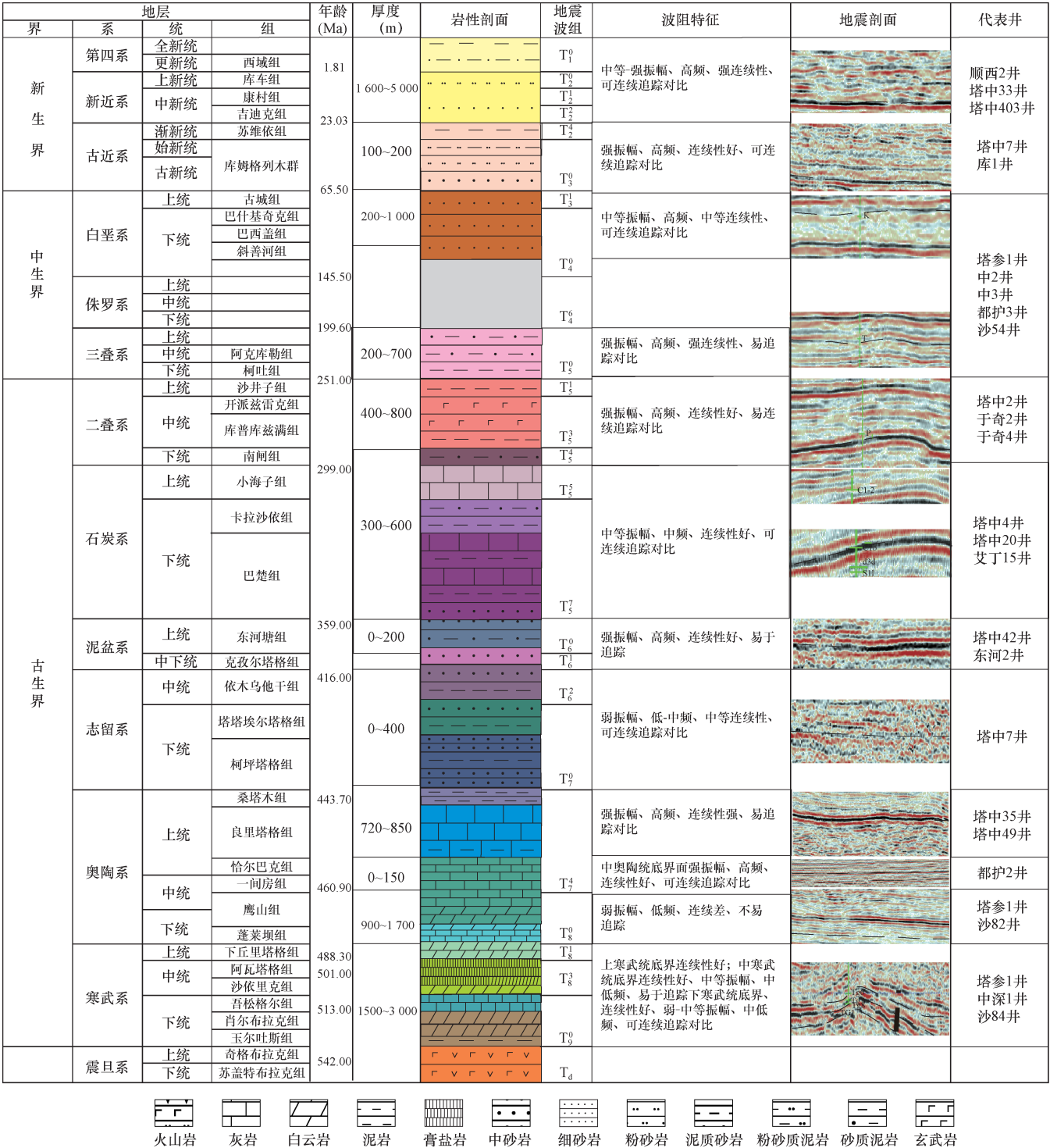


图 2 塔北 - 塔中地区地震 - 地层综合柱状图

Fig. 2 Seismic-stratigraphic composite column in the North and Central Tarim Basin

沉积特征上,塔北-塔中地区寒武系-奥陶系为海相沉积,志留系-二叠系为海陆交互相沉积,三叠系-第四系为陆相碎屑岩沉积。

3 构造地质剖面解析

本文选取了一条塔里木盆地中部南北向构造地震大剖面(图1),依据断层相关褶皱理论^[23,26],对其进行了精细解析和刻画(图3),并选取了一条过塔北隆起轴部的南北向构造地震大剖面进行对比解析(图4)。

3.1 构造几何学特征

剖面A—A'构造单元从南向北依次为塔东南隆起、塘古孜巴斯坳陷、塔中低凸起、满加尔凹陷、塔北隆起,地层从震旦系到第四系发育齐全(图3)。塔东南地区缺失中生界,二叠系与上覆古近系呈角度不整合接触。震旦系在塔中低凸起高部位缺失,寒武系厚度稳定,局部因发育滑脱断层而加厚,上奥陶统从塘古孜巴斯坳陷和满加尔凹陷向塔中低凸起逐渐减薄,在塔中低凸起高部位剥蚀严重,缺失中奥陶统、上奥陶统部分地层、志留系、泥盆系和侏罗系。在塔北地区,下古生界

剥蚀严重,轮台断裂使奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系均遭受剥蚀,白垩系以角度不整合覆盖于寒武系之上。塔北地区不整合面广泛发育,白垩系底界为一个穿时不整合面,削截下伏多个地层。中、新生界由南向北倾斜,地层发生明显加厚(图4)。

断裂体系在塔东南地区、塔中低凸起和塔北隆起较为发育。塔东南隆起发育从南向北冲断的逆冲断裂带,并发育数条反冲断层,逆冲断裂带引起上覆地层强烈变形。塔中低凸起基底发育一条大型断层转折褶皱,使上覆地层向北冲断,形成塔中I号构造带,中央主带发育多条滑脱断层,收敛于中寒武统膏盐层之中,上覆地层受断层活动影响,产生强烈的褶皱变形。

从地震剖面上看(图3),塔中低凸起具有明显的双层结构。石炭系之下构造变形强烈,石炭系之上构造活动相对稳定。塔中低凸起在下古生界表现为古隆起的形态,石炭系之上则为宽缓的背斜。塔北隆起基底发育断层转折褶皱,轮台断裂从北向南冲断,并形成多条反冲断层。从地震剖面A—A'上可以看出,轮台断裂对先存反向逆冲断层的改造作用强烈,上古生界遭受大面积抬升剥蚀,基底与中生界不整合接触,以新生界吉迪克组为滑脱层,新生代发育多条滑脱断层及复

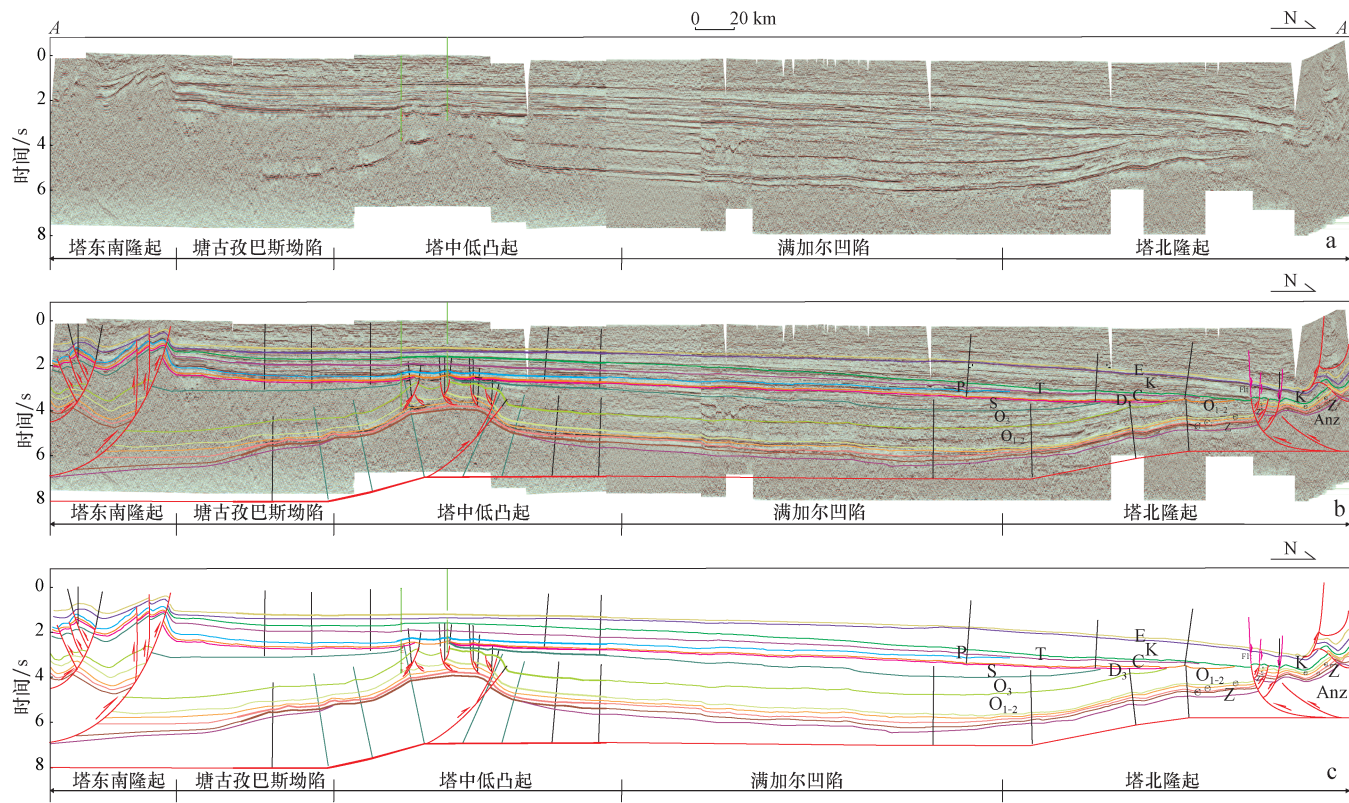


图3 塔里木盆地中部近南北向构造地震大剖面(剖面A—A',位置见图1)

Fig. 3 Nearly NS-trending structural cross section in the central Tarim Basin(see Fig. 1 for the location of section A—A')

a. 原始地震剖面;b. 解释地震剖面;c. 地震剖面线条图

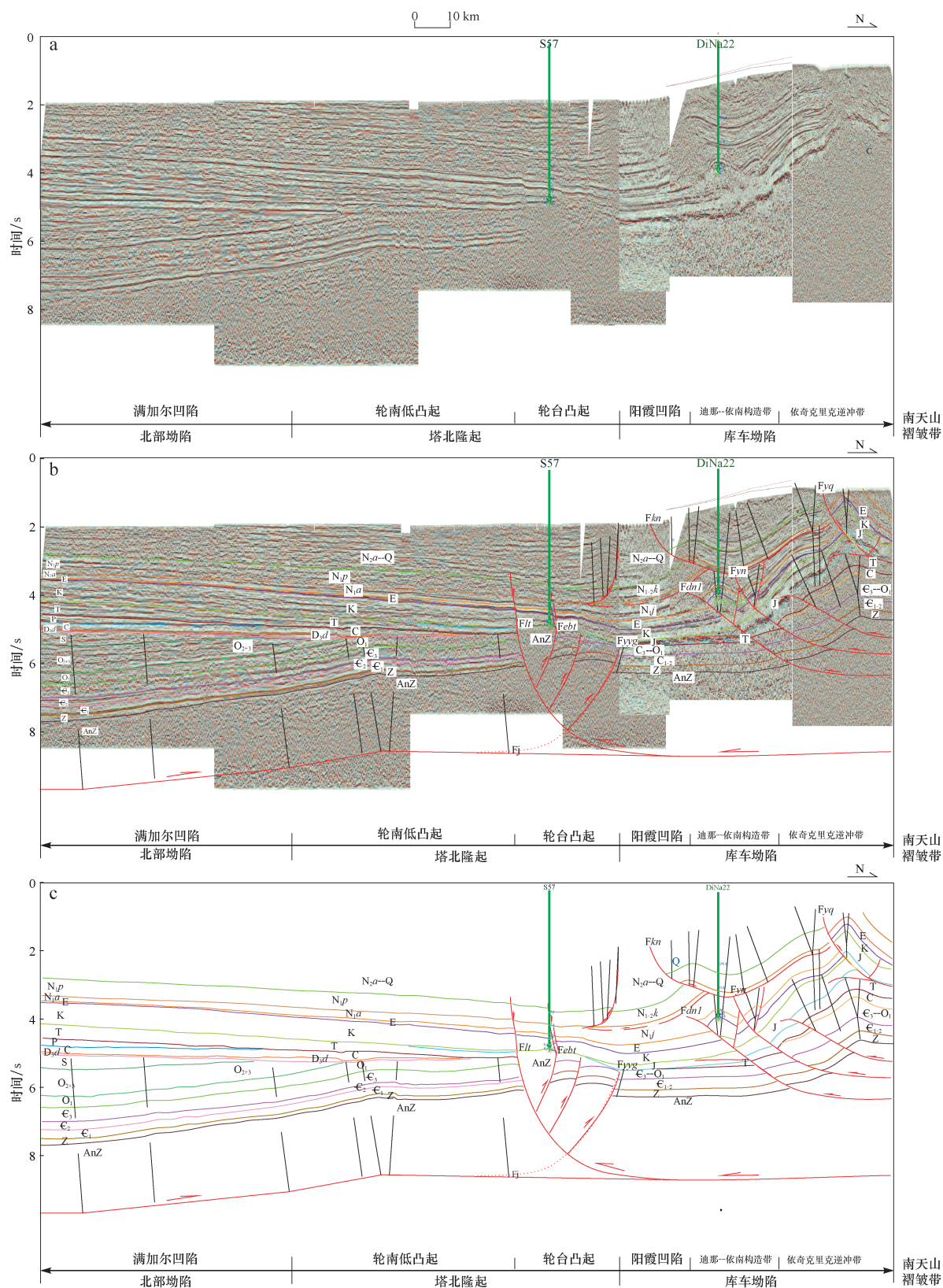


图4 塔北隆起中部近南北向构造地震大剖面(TLMZ45 + DQ263)

Fig. 4 Nearly NS-trending structural cross section in the central Tabei uplift(TLMZ45 + DQ263)

a. 原始地震剖面; b. 解释地震剖面; c. 地震剖面线条图

Flt. 轮台断裂; Febt. 牙哈-二八台断裂; Fyg. 野云沟断裂; Fdn1. 迪那南缘断裂; Fyn. 依南构造带断裂; Fyn. 依奇克里克断裂;
Fj. 基岩内幕折离断裂; Ftn. 库车南断裂

杂褶皱。同时,在地震剖面上,隆起之上的中新生界发育一系列小规模的正断层组合(图 4)。

3.2 不整合面特征

受多期构造运动活动的影响,塔北-塔中地区的不整合面极为发育(图 5)。在地震剖面上可识别出塔北-塔中地区 9 个主要不整合面。

1) 寒武系底界(T_9^0)不整合面

表现为寒武系与下伏震旦系之间的削截不整合,该不整合面主要分布在塔中地区(图 5a)。

2) 上奥陶统底界(T_7^4)不整合面

表现为上-下奥陶统之间的低角度不整合接触,中奥陶世以后,塔里木盆地整体转换为挤压构造环境,中奥陶统普遍抬升遭受剥蚀,该不整合面在塔北和塔中地区较为发育(图 5b)。

3) 志留系底界(T_7^0)不整合面

志留系在塔北和塔中地区均遭受较强的剥蚀作用,地层由翼部向隆起高部位减薄缺失,与下伏上奥陶统呈高角度不整合接触,该不整合面是加里东晚期构造活动的结果(图 5c)。

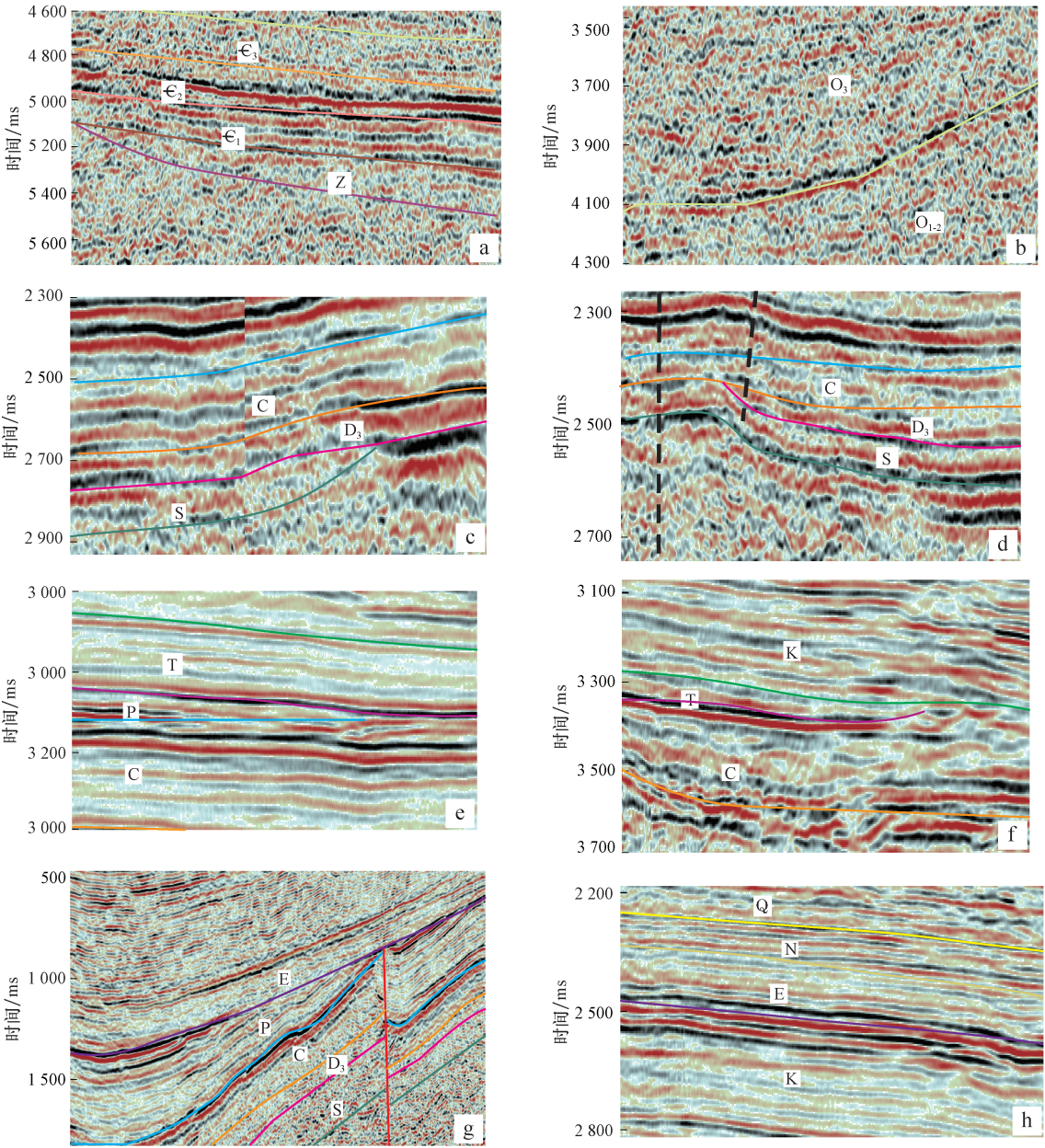


图 5 塔北-塔中地区主要不整合面类型

Fig. 5 Types of main unconformities in the North and Central Tarim Basin

a. 寒武系底界削截不整合;b. 上奥陶统低角度不整合;c. 志留系、上泥盆统底界高角度不整合;d. 石炭系底界高角度不整合;
e. 三叠系底界角度不整合;f. 白垩系底界削截不整合;g. 古近系底界高角度不整合;h. 第四系底界平行不整合

4) 上泥盆统底界(T_6^0)不整合面

塔北隆起和塔中低凸起中-下泥盆统均遭受剥蚀,上泥盆统东河塘组与下伏地层以高角度不整合接触,该不整合面的形成主要受海西早期构造运动的影响(图5c)。

5) 石炭系底界(T_5^1)不整合面

该不整合面在塔北隆起轴部较为发育,表现为上泥盆统与石炭系呈高角度不整合接触,在塔中低凸起主要发育于中央主坳带,石炭系以高角度不整合覆盖于下伏奥陶系之上(图5d)。

6) 三叠系底界(T_3^0)不整合面

该不整合面主要分布在塔北地区,二叠系由斜坡带向隆起高部位减薄,与上覆三叠系呈角度不整合接触(图5e)。

7) 白垩系底界(T_4^0)不整合面

该不整合面在塔北地区隆起高部位普遍发育,并具有穿时性,下伏石炭系、三叠系、侏罗系被上覆白垩系削截,该不整合面属于印支期构造活动侵蚀面(图5f)。

8) 古近系底界(T_3^1)不整合面

该不整合面主要发育在塔东南地区,受车尔臣断裂活动的影响,中生界被大范围剥蚀,古近系以高角度不整合削截下伏地层。在塔北地区,该不整合面之下缺失中-上白垩统,古近系库姆格列木群直接覆盖于下白垩统之上(图5g)。

9) 第四系底界(T_1^0)不整合面

该不整合面是喜马拉雅运动活动形成的不整合面,

与下伏新近系呈平行不整合接触(图5h)。

3.3 年代-地层格架

根据南北向构造地震大剖面A—A',刻画出其年代-地层格架剖面(图6),可以更直观的对比分析塔里木盆地中部由南向北的地层和不整合发育情况。震旦系从塘古孜巴斯坳陷和满加尔凹陷向塔中低凸起削截,缺失年限约100 Ma,寒武系发育完整,为一套稳定的海相沉积,中奥陶统在塔中地区整体缺失,年限约10 Ma,上奥陶统在塔中地区为一套礁滩相沉积。志留系和中-下泥盆统剥蚀严重,在满加尔凹陷发育较为完整,缺失年限约70 Ma,上泥盆统东河塘组厚度较为稳定,石炭系、二叠系在塔北地区局部缺失,年限约100 Ma。三叠系在塔东南遭受剥蚀,向北未有大范围剥蚀,侏罗系在塔北地区局部发育,向南逐渐减薄缺失,年限约55 Ma,白垩系从北向南减薄缺失,年限约75 Ma,新生界整体发育齐全,未有大范围剥蚀。受不同时期构造活动影响,两大古隆起的不整合面在古生界广泛发育(图6),中新生界局部发育。塔中低凸起的地层缺失集中在下古生界,不整合面多为区域不整合面,塔北隆起古生界缺失严重,上古生界剥蚀殆尽,形成多期不整合面。

3.4 断裂活动特征

根据对构造地震大剖面的轴面分析(图3,图4),结合地层变形及断裂发育特征,从塔东南隆起到塔北隆起的基底变形,基本符合断层转折褶皱形态。前期研究

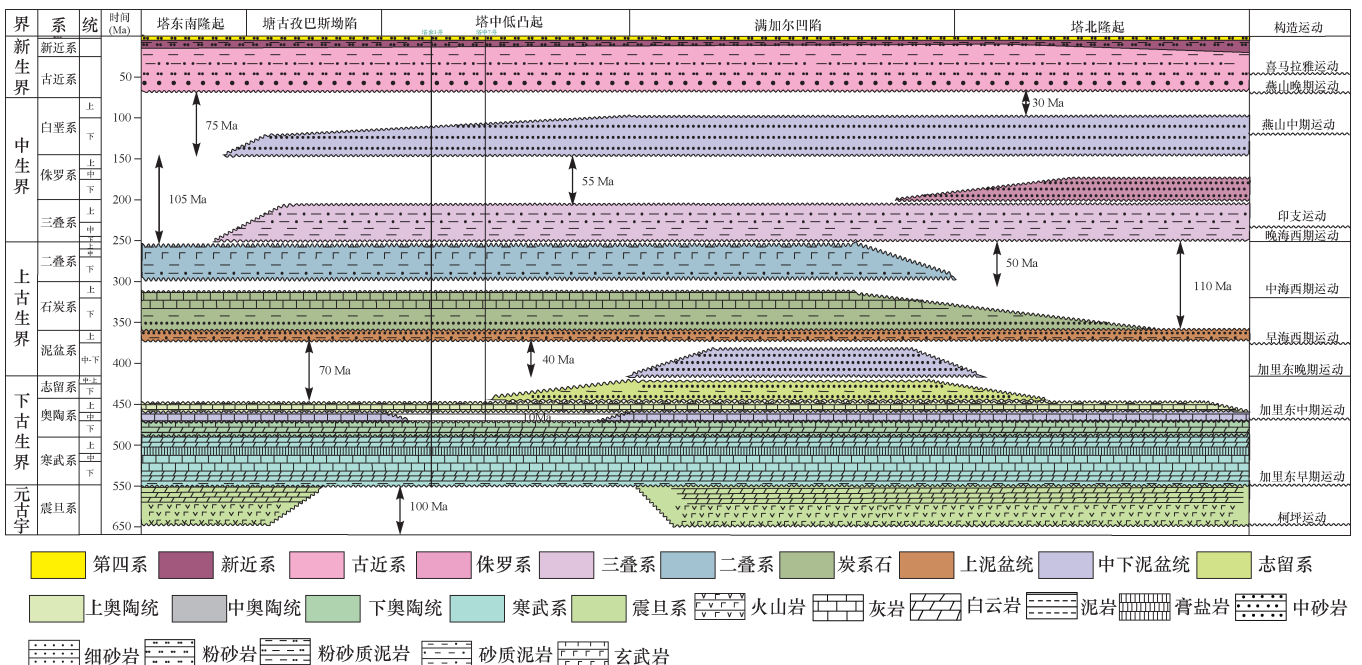


图6 塔北-塔中地区年代-地层格架剖面

Fig. 6 Chrono-stratigraphic framework profile of the North and Central Tarim Basin

表明,新元古代南北塔里木板块完成碰撞拼合,拼合过程中在中央隆起带发生碰撞造山,并在塔中北缘形成了高磁异常带,碰撞造山使塔中地区存在近东西向及北东向的地壳薄弱带^[27]。受西昆仑造山带的影响,中奥陶世以后,由南向北的冲断作用使基底开始活动,塔中基底发育大型断层转折褶皱。由基底断层转折褶皱产生的位移,一部分被塔中低凸起吸收,一部分经过满加尔凹陷,继续向塔北地区传递。基底断层转折褶皱在塔中地区形成了以塔中 I 号构造带为代表的北西向逆冲断裂体系,塔北地区亦在断层前翼发生冲断活动,在基底断层之上形成早期的逆冲断裂带。

加里东中晚期—海西早期,是基底断层活动的主要时期,也是两大古隆起形成的主要时期。海西晚期—印支期,南天山的褶皱—冲断作用,使塔北隆起遭受由北向南的强烈挤压作用,发生大规模构造变形,在塔北隆起北侧形成沙雅—轮台断裂带,该断裂带对早期反向逆冲断层强烈改造。基底断层转折褶皱的前翼因由北向南的冲断作用而遭受破坏,在地震剖面上难以识别出前翼的向斜轴面。

从地震剖面上可以看出(图3),塔北隆起和塔中

低凸起的成因具有一定的相似之处,二者均受基底断层控制,吸收了基底断层转折褶皱由南向北传递的位移。塔中低凸起是受基底断层转折褶皱活动而隆升形成的早古生代古隆起,地震剖面上可以清晰地识别出断层转折褶皱的向斜轴面和背斜轴面。塔北隆起是由南向北传递的位移传至塔北地区时,基底再次形成断层转折褶皱,从而引起地层抬升,形成隆起。塔中低凸起形成后,以继承性活动和微弱改造为主,中新世断层活动较弱。塔北隆起形成后,被南天山褶皱带冲断作用强烈改造,并在中新世发育张扭性断裂系统。

4 形成演化特征

盆地周缘洋盆的开启、闭合与造山活动是古隆起深层断裂及古隆起形成演化的主要动力学机制。本文通过对区域构造地震大剖面的精细解析,并根据两大隆起的地层发育和不整合面特征、断裂发育特征、地质结构特征,对塔北、塔中古隆起的成因提出了新的认识(图7)。

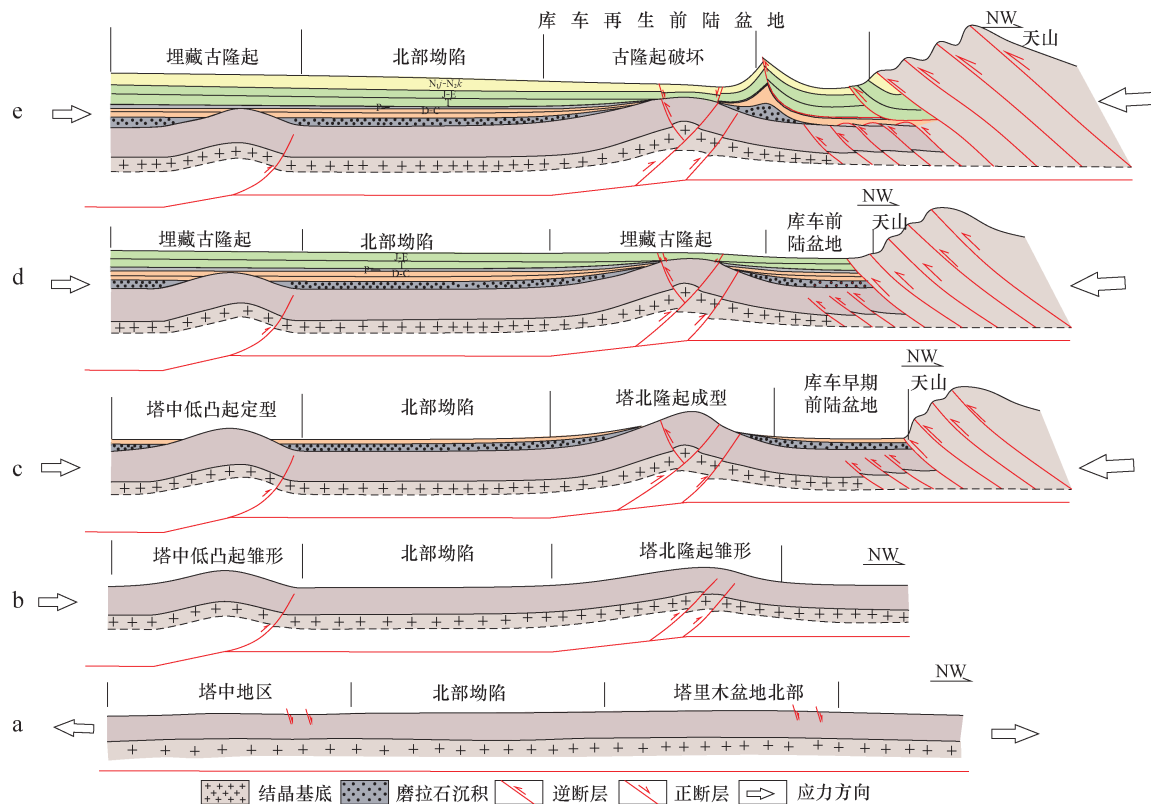


图7 塔北—塔中构造演化模式

Fig. 7 Tectonic evolution pattern of the North and Central Tarim Basin

a. 震旦纪—早奥陶世稳定碳酸盐岩台地建设阶段; b. 中—晚奥陶世—泥盆纪挤压体制下古隆起形成阶段; c. 石炭纪—二叠纪古隆起定型和库车前陆盆地发育阶段; d. 三叠纪—古近纪稳定沉降、沉积阶段; e. 新近纪—第四纪塔北古隆起破坏和塔中古隆起深埋阶段

加里东早期,受海侵活动影响,盆地内发育多个碳酸盐岩台地(图7a)。早奥陶世末,受塔里木盆地自南向的挤压应力作用,前寒武纪基底转折破裂,形成基底断层转折褶皱,基底断层前缘形成冲断体系,使中上奥陶统和志留系遭受大面积剥蚀,中奥陶世-志留纪是塔北和塔中地区基底断层转折褶皱强烈活动的时期,地层持续抬升,古隆起初见雏形(图7b)。

海西早期,受南天山活动影响,塔里木盆地的持续挤压应力引发自北向南的冲断活动,形成了以轮台断裂为主的逆冲断裂体系(图7c),对塔北古隆起造成了破坏和改造作用。在此时期,塔中地区受挤压持续抬升,中-下泥盆统被剥蚀殆尽,形成多个区域不整合面。海西晚期,受南天山洋闭合和造山活动影响,南天山褶皱带与库车早期前陆盆地形成并在前陆盆地之下形成一系列叠瓦状逆冲断裂带(图7c),塔北隆起继续遭受由北向南的强烈挤压作用,发生大规模构造变形,基底断层活动减弱,塔北地区的轮台断裂继续活动,塔中地区断裂活动也明显减弱,塔中古隆起基本定型。

中、新生代,塔中古隆起以微弱改造调整和深埋为主,古隆起保存完整(图7d)。塔北隆起经历燕山期-喜马拉雅期的缓慢沉积调整后,地层缩短程度减缓。经历了喜马拉雅晚期的构造活动后,库车山前带地层强烈挤压缩短变形,塔北古隆起再次遭受强烈的改造作用(图7e)。

5 结论

1) 结合最新的钻井和地震资料,塔北-塔中地区可识别出寒武系底界、上奥陶统底界、志留系底界、上泥盆统底界、石炭系底界、三叠系底界、白垩系底界、古近系底界和第四系底界等9个不整合面。根据不整合面的发育特征,可以看出,塔北隆起古生界、中生界构造运动较为强烈,地层遭受大面积剥蚀,塔中低凸起不整合面集中发育在古生界,指示塔中地区在古生代经历强烈构造运动。

2) 基底大型断层转折褶皱是塔北隆起和塔中低凸起形成的主要原因,由南向的挤压应力所产生的地层位移,被塔中低凸起吸收后继续经满加尔凹陷向塔北地区传递,最终被塔北隆起吸收,形成古生代古隆起。

3) 塔北隆起形成后,受南天山褶皱带冲断作用的影响,由南向的挤压作用使古生代隆起遭受破坏,断层转折褶皱前翼被反向冲断而不易识别。塔中低凸起

形成后,以继承性活动和微弱改造作用为主,新生界进入快速埋藏期,古隆起未遭受大范围的破坏作用,隆起具有明显的双层结构,下古生界表现为古隆起形态,石炭系之上表现为一个宽缓的背斜形态。

参 考 文 献

- [1] 郑和荣,吴茂炳,邬兴威,等.塔里木盆地古生界白云岩储层油气勘探前景[J].石油学报,2007,28(2):1-8.
Zheng Herong, Wu Maobing, Wu Xingwei, et al. Oil-gas exploration prospect of dolomite reservoir in the Lower Paleozoic of Tarim Basin [J]. Acta Petroli Sinica, 2007, 28(2): 1-8.
- [2] 王招明,谢会文,陈永权,等.塔里木盆地中深1井寒武系盐下白云岩原生油气藏的发现和勘探意义[J].中国石油勘探,2014,19(2):1-13.
Wang Zhaoming, Xie Huiwen, Chen Yongquan, et al. Discovery and exploration of cambrian subsalt dolomite original hydrocarbon reservoir at Zhongshen-1 well in Tarim Basin [J]. China Petroleum Exploration, 2014, 19(2): 1-13.
- [3] 黄太柱,蒋华山,马庆佑.塔里木盆地古生界碳酸盐岩油气藏特征[J].石油与天然气地质,2014,35(6):780-787.
Huang Taizhu, Jiang Huashan, Ma Qingyou. Hydrocarbon accumulation characteristics in Lower Paleozoic carbonate reservoirs of Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(6): 780-787.
- [4] 漆立新.塔里木盆地古生界碳酸盐岩大油气田勘探实践与展望[J].石油与天然气地质,2014,35(6):771-779.
Qi Lixin. Exploration practice and prospects of giant carbonate field in the Lower Paleozoic of Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(6): 771-779.
- [5] 张纪智,王招明,杨海军,等.塔里木盆地中深地区寒武系盐下白云岩油气来源及差异聚集[J].石油勘探与开发,2017,44(1):40-47.
Zhang Jizhi, Wang Zhaoming, Yang Haijun, et al. Origin and differential accumulation of hydrocarbons in Cambrian sub-salt dolomite reservoirs in Zhongshen Area, Tarim Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2017, 44(1): 40-47.
- [6] 徐国强,刘树根,李国蓉,等.塔中、塔北古隆起形成演化及油气地质条件对比[J].石油与天然气地质,2005,26(1):114-121.
Xu Guoqiang, Liu Shugen, Li Guorong, et al. Comparison of tectonic evolutions and petroleum geological conditions in Tazhong and Tabei palaeohighs in Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 114-121.
- [7] 安海亭,李海银,王建忠,等.塔北地区构造和演化特征及其对油气成藏的控制[J].大地构造与成矿学,2009,33(1):142-147.
An Haiting, Li Haiyin, Wang Jianzhong, et al. Tectonic evolution and its controlling on oil and gas accumulation in the northern Tarim Basin [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(1): 142-147.
- [8] 程海艳,李江海,赵星.塔北隆起古生代构造样式和构造反演[J].中国地质,2009,36(2):314-321.
Cheng Haiyan, Li Jianghai, Zhao Xing. Paleozoic structural styles and evolution of the North Tarim Uplift [J]. Geology in China, 2009, 36(2): 314-321.

- [9] 韩剑发,王招明,潘文庆,等. 轮南古隆起控油理论及其潜山准层状油气藏勘探[J]. 石油勘探与开发,2006,33(4):448-453.
Han Jianfa, Wang Zhaoming, Pan Wenqing, et al. Petroleum controlling theory of Lunnan paleohigh and its buried hill pool exploration technology, Tarim Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(4):448-453.
- [10] 郭光辉,李启明,肖中尧,等. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探[J]. 大地构造与成矿学,2009,33(1):124-130.
Wu Guanghui, Li Qiming, Xiao Zhongyao. The evolution characteristics of Palaeo-Uplifts in Tarim Basin and its exploration directions for oil and gas [J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(1):124-130.
- [11] 郭光辉,杨海军,屈泰来,等. 塔里木盆地塔中隆起断裂系统特征及其对海相碳酸盐岩油气的控制作用[J]. 岩石学报,2012,28(3):793-805.
Wu Guanghui, Yang Haijun, Qu Tailai, et al. The fault system characteristics and its controlling roles on marine carbonate hydrocarbon in the Central uplift, Tarim basin [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(3):793-805.
- [12] 李曰俊,吴耀耀,孟庆龙,等. 塔里木盆地中央地区的断裂系统:几何学、运动学和动力学背景[J]. 地质科学,2008,43(1):82-118.
Li Yuejun, Wu Genyao, Meng Qinglong, et al. Fault systems in central area of the Tarim Basin: Geometry, kinematic and dynamic settings [J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1):82-118.
- [13] 李曰俊,杨海军,张光亚,等. 重新划分塔里木盆地塔北隆起的次级构造单元[J]. 岩石学报,2012,28(8):2466-2478.
Li Yuejun, Yang Haijun, Zhang Guangya, et al. Redivision of the tectonic units of Tabei Rise in Tarim Basin, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(8):2466-2478.
- [14] 任建业,胡德胜,阳怀忠,等. 塔中隆起带断裂系统及其对碳酸盐岩台地的控制[J]. 中国地质,2011,38(4):935-944.
Ren Jianye, Hu Desheng, Yang Huaizhong. Fault system and its control of carbonate platform in Tazhong uplift area, Tarim basin [J]. Geology in China, 2011, 38(4):935-944.
- [15] 孟祥霞,王宏斌,姚清洲,等. 塔北隆起构造演化特征及对奥陶系碳酸盐岩的控储控藏作用[J]. 天然气地球科学,2015,26(S1):109-120.
Meng Xiangxia, Wang Hongbin, Yao Qingzhou, et al. Tectonic evolution characteristics of Tabei Uplift and its controlling effect on the reservoir and hydrocarbon accumulation of Ordovician carbonate [J]. Natural Gas Geoscience, 2015, 26(S1):109-120.
- [16] 汤良杰,漆立新,邱海峻,等. 塔里木盆地断裂构造分期差异活动及其变形机理[J]. 岩石学报,2012,28(8):2569-2583.
Tang Liangjie, Qi Lixin, Qiu Haijun, et al. Poly-phase differential fault movement and hydrocarbon accumulation of the Tarim Basin, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2012, 28(8):2569-2583.
- [17] 汤良杰,邱海峻,云露,等. 塔里木盆地多期改造-晚期定型复合构造与油气战略选区[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2014,44(1):1-14.
Tang Liangjie, Qiu Haijun, Yun Lu, et al. Poly-phase reform-late-stage finalization composite tectonics and strategic area selection of oil and gas resources in Tarim Basin, NW China [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2014, 44(1):1-14.
- [18] 周新源,吕修祥,杨海军,等. 塔中北斜坡走滑断裂对碳酸盐岩油气差异富集的影响[J]. 石油学报,2013,33(4):628-637.
Zhou Xinyuan, Lv Xiuxiang, Yang Haijun, et al. Effects of strike-slip faults on the differential enrichment of hydrocarbons in the northern slope of Tazhong area [J]. Acta Petrologica Sinica, 2013, 33(4):628-637.
- [19] 张艳萍,吕修祥,于红枫,等. 塔中隆起两组走滑断裂对岩溶储层发育的控制机制[J]. 石油与天然气地质,2016,37(5):663-673.
Zhang Yanping, Lyu Xiuxiang, Yu Hongfeng, et al. Controlling mechanism of two strike-slip fault groups on the development of the Ordovician karst reservoirs in the Tazhong Uplift, Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2016, 37(5):663-673.
- [20] 宁飞,金之钧,张仲培,等. 塔中北斜坡走滑断裂成因机理与油气成藏[J]. 石油学报,2018,39(1):98-106.
Ning Fei, Jin Zhijun, Zhang Zhongpei, et al. Mechanism of strike-slip faulting and hydrocarbons accumulation in the northern slope of Tazhong area [J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(1):98-106.
- [21] 焦方正. 塔里木盆地顺托果勒地区北东向走滑断裂带的油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2017,38(5):831-839.
Jiao Fangzheng. Significance of oil and gas exploration in NE strike-slip fault belts in Shuntuoguole area of Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(5):831-839.
- [22] 贾承造,魏国齐,王良杰,等. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997,1-438.
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Wang Liangjie, et al. Tectonic characteristics and petroleum Tarim Basin China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997, 1-438.
- [23] 何登发,Suppe J,贾承造. 断层相关褶皱理论与应用研究新进展[J]. 地学前缘,2005,12(4):353-364.
He Dengfa, Suppe J, Jia Chengzao. New advances in theory and application of fault-related folding [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(4):353-364.
- [24] 何登发,周新源,杨海军,等. 塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型[J]. 地学前缘,2008,15(2):207-221.
He Dengfa, Zhou Xinyuan, Yang Haijun, et al. Formation mechanism and tectonic types of intracratonic paleo-uplifts in the Tarim basin [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2):207-221.
- [25] 李传新,王晓丰,李本亮. 塔里木盆地塔中低凸起古生代断裂构造样式与成因探讨[J]. 地质学报,2010,84(12):1727-1734.
Li Chuanxin, Wang Xiaofeng, Li Benliang. Paleozoic faulting structure styles of the Tazhong Low Uplift, Tarim Basin and its mechanism [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(12):1727-1734.
- [26] Suppe J, Connors C D, Zhang Y. Shear fault-bendfolding [J]. AAPG Memoir, 2004, 82(82):303-323.
- [27] 胡德胜. 塔里木盆地塔中隆起带主干断裂系统及其油气地质意义[D]. 武汉:中国地质大学,2010.
Hu Desheng. Research on the Main fault systems and their implication to petroleum geology in Tazhong Uplift Area, Tarim Basin [D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2010.