

塔里木盆地西南前陆构造分段及其成因^{*}

曲国胜^{**} 李亦纲 李岩峰 J. Canerot 陈新发
尹军平 陈新安 张 宁 J. Deramond

(中国地震局地质研究所, 北京 100029; Lab. de bassin dynamique sedimentaire, Universite Paul Sabatier
Toulouse III, 39, allée Jules-Guesde, 31062, Toulouse, France; 新疆油田公司, 克拉玛依 834000;
塔里木油田分公司勘探事业部, 库尔勒 841000)

摘要 大量野外调查和地球物理资料构造解释发现, 塔里木盆地西南凹陷周边前陆盆地具有沿前陆走向构造分段的规律性, 即在西昆仑-帕米尔和西南天山前陆发育了一系列相间分布的由山系向盆地逆冲的弧形推覆构造系统及由塔里木盆地西南凹陷向山系反冲的弧形反冲构造系统, 逆冲与反冲构造间以走滑或斜冲断层相隔; 塔西南凹陷基底的北东向隆起和凹陷与前陆构造分段具成因联系, 发现薄皮弧形推覆构造段对应基底构造上隆区(小于 10 km), 塔里木盆地反冲构造段对应基底构造下凹区(大于 8 km). 沿造山带走向隆升幅度和速率或变形格局的差异、前陆盆地多个沉降中心及巨厚沉积盖层、盆地基底构造中隆起带和凹陷带及前陆盆地沉积盖层中存在多层膏岩层等软弱层是塔西南盆地前陆构造分段产生的控制因素, 而晚第三纪以来西昆仑-帕米尔与西南天山再造山隆升与塔里木盆地基底构造深浅部不同耦合变形作用是塔里木盆地西南前陆构造分段的主因.

关键词 塔里木西南 前陆盆地 构造分段 基底构造格局

近年来对陆内造山带前陆变形构造样式、深浅部构造耦合关系及其动力学的研究已成为国际地学的焦点^[1-17], 而西昆仑-帕米尔和西南天山陆内碰撞对接区及其前陆变形区则成为这一重大研究的实验场, 对该造山带及其周缘造山带前陆冲断构造、三角带构造的几何学和运动学研究已有很大进展^[3-14], 在塔里木西南盆地前陆也发现了多种前陆冲断带构造类型

并重点对前陆构造分带性及其几何学和运动学特征进行了研究, 但多数学者仅提出了前陆的构造冲断带类型^[18-29], 没有关于三角带构造的论述. 在对前陆推覆构造和三角带构造几何学与运动学研究的基础上, 曲国胜等^[30-35]提出了塔里木西南盆地周边前陆构造沿造山带前缘走向的构造分段性, 陈杰等^[36-38]则较深入探讨了晚新生代前陆构造的变形特征, 但

2003-10-26 收稿, 2004-06-17 收修改稿

^{*} 国家重点基础研究发展规划(批准号: G1999043305)和国家自然科学基金(批准号: 49872075, 49834005)资助

^{**} E-mail: qgsh@263.net

对前陆构造分段的规模和成因未进行深入探讨。

本文在进一步阐述前陆构造分段几何学、运动学的基础上,分析了前陆构造分段与基底构造的关系,发现塔西南前陆盆地前陆薄皮推覆构造段均对应基底的隆起带,而前陆三角带构造及其塔里木盆地的反冲构造段均对应基底的凹陷带,即塔西南前陆构造分段性是造山带前陆冲断构造与盆地基底构造在挤压体制下深浅部耦合作用的产物。

1 区域构造背景

1.1 现今构造分区

西昆仑-帕米尔与西南天山新生代陆内变形碰撞区及其前陆盆地构造复杂,经历了多期构造变形,新生代以来的陆内变形阶段确定了该区特殊的现今构造格局。据已有研究成果^[18-21,27-47],现今构造单元划分为(图 1):天山南缘新生代造山带(I),包括天山南缘厚皮推覆构造根部带(I₁),木兹杜克薄皮推覆构造带(I₂);塔里木盆地西南坳陷区(II),包括西南坳陷边缘前陆盆地构造带(II₁)(进一步划分为乌帕尔前缘推覆构造带(II₁₋₁),齐姆根弧形三角带构造带(II₁₋₂),柯克亚-桑株构造带(II₁₋₃)),巴楚隆起-麦盖提斜坡带(II₂),喀拉俊-柯坪塔格弧形推覆构造带(II₃),阿图什-八盘水磨塔里木盆地反冲构造带(II₄);西昆仑-帕米尔新生代造山带(III),包括西昆仑-帕米尔厚皮推覆构造根部带和西昆仑-帕米尔前缘推覆构造带(图 1)。

1.2 现今构造分段

通过大量野外构造变形调查、石油地震剖面层序构造解释及综合分析发现,自巴楚至和田,沿天山南缘和西昆仑-帕米尔造山带前陆构造带走向可分为若干个由弧形推覆构造、三角带构造及其塔里木盆地反冲构造组成的构造段,即:喀拉俊-柯坪塔格弧形薄皮推覆构造段(I)、八盘水磨-阿图什-乌恰反冲构造段(II)^[30-32]、卡孜克阿尔特-乌帕尔弧形构造段(III)^[36-37]、依格孜牙薄皮弧形推覆构造段(IV)^[35]、齐姆根三角带及其反冲构造段(V)、叶尔羌河-棋盘弧形对冲构造段(VI)、柯克亚推覆构造段(VII)、玉力群-克里阳三角带及其反冲构造段(VIII)和桑株-杜瓦弧形构造段(IX)^[33,34]。

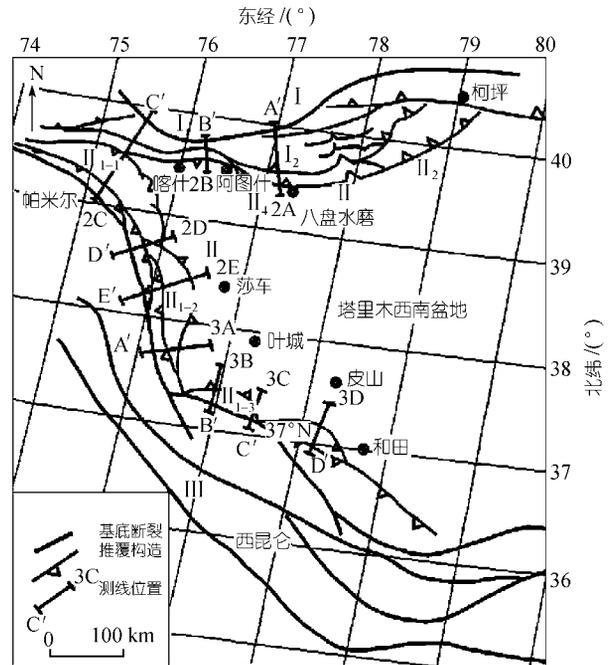


图 1 西昆仑-帕米尔-南天山与塔西南盆地现今构造分区图

各弧形构造段之间以走滑-斜冲断-褶带为界,或以走滑断裂且在弧形构造端部变形消失为界,各构造分段在剖面上的构造样式不同^[30-37](图 2, 3)。

2 前陆构造分段及其几何学和运动学规律

2.1 天山南缘前陆现今构造分段

(1) 喀拉俊-柯坪塔格弧形推覆构造段(I) 该弧形推覆构造段东自柯坪县城附近,西至八盘水磨,东西长 300 km,南北宽 60~140 km,由多条近东西走向平行展布、由北向南逆冲推覆的寒武系~第四系复式倒转背斜(普昌断裂以西)或倒转背斜(普昌断裂以东)组成,即由柯坪塔格、奥兹格尔他乌、托克散阿塔能拜勒-皮羌山、科克布克三及奥依布拉克等 5 排推覆体(普昌断裂以西)或柯坪塔格、塔塔埃尔塔格、衣木干他乌、阿布拉衣布拉克-皮羌山、科克布克三及奥依布拉克等 6 排推覆体(普昌断裂以东)组成^[30-32]。

由重力、MT 剖面 and 地震剖面以及地表构造推测,柯坪塔格弧形推覆系统中 5 个推覆体前缘断裂在深部均归并于寒武系底部拆离面,该拆离面南浅北深、

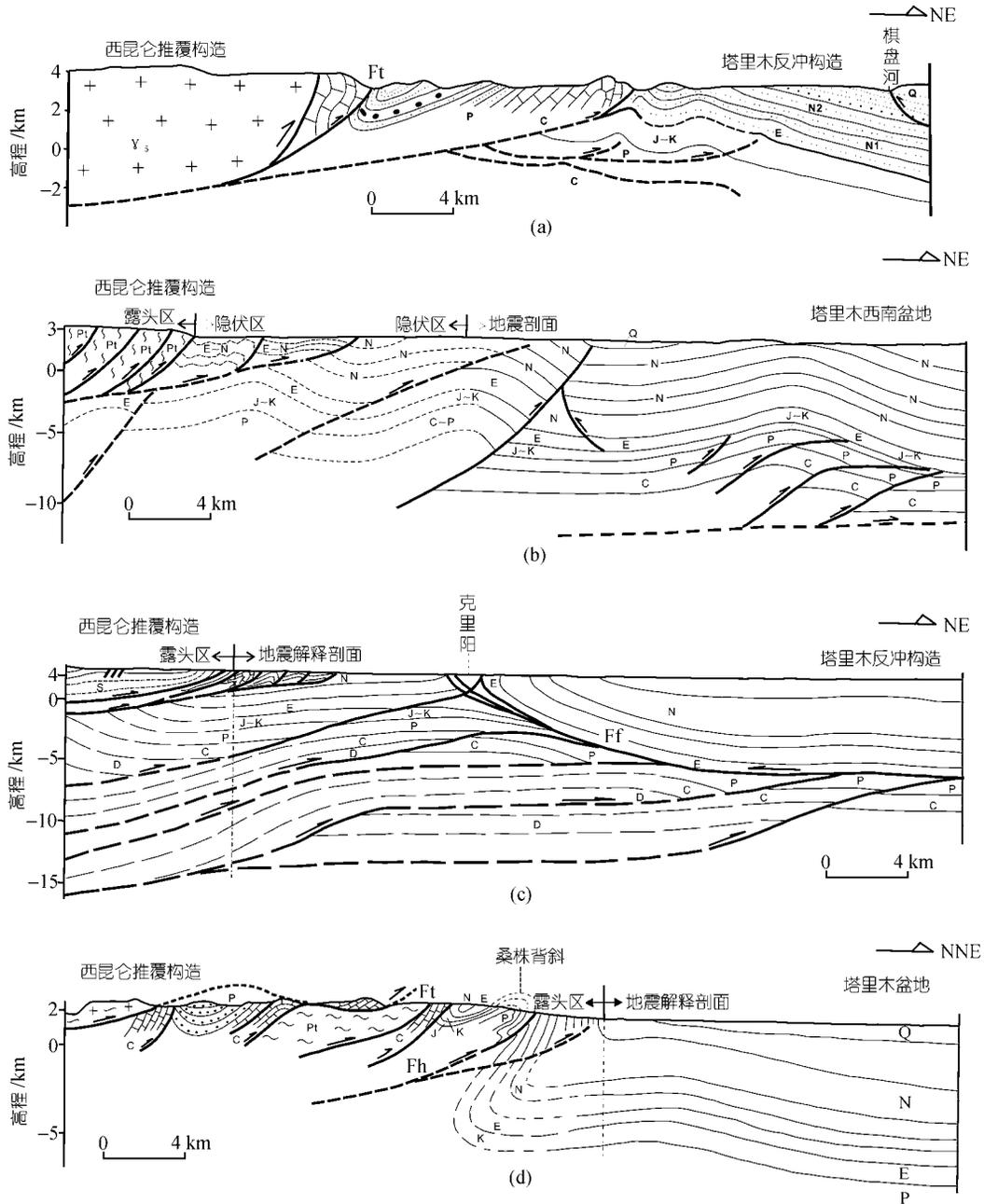


图 3 横穿塔西南前陆东部各构造段的构造剖面图

(a) 叶尔羌-棋盘对冲构造剖面, (b) 甫沙-柯克亚薄皮推覆构造剖面, (c) 克里阳三角带及反冲构造剖面, (d) 桑株-杜瓦薄皮推覆构造剖面. Fh, 和田断裂, Ft, 铁克里克断裂, Ff, 塔里木盆地反冲断裂(其余同图 2)

东浅西深, 总体向北西倾, 在近普昌断裂附近, 拆离面埋深浅(约 6 km)(巴楚隆起在柯坪塔格之下的延伸), 向北西拆离面埋深变大(6~10 km), 由规模较大的统一拆离面变为尚未完全破裂沟通形成为统一拆离面

的多组破裂面组成^[30-32](图 2 (a)).

(2) 阿图什-八盘水磨盆地弧形反冲及三角带构造段(II) 野外调查、地震剖面 and MT 等地球物理剖面综合分析发现, 东自八盘水磨西至中国边境, 存在

阿图什-八盘水磨、乌尔-科克塔木-喀拉套山两个次级由塔里木盆地向天山方向反冲的构造系统,其中发育一系列轴面南倾近平卧、倒转或不对称褶皱及由南向北逆冲的南倾弧形断层系和下盘三角带构造,该系统正常翼中新世单斜层与麦盖提斜坡带相连^[30-32]。

据石油地震剖面^[31]及宽频带台阵结果^[48]分析,在八盘水磨以北及喀拉套山北侧阿图什-八盘水磨塔里木反冲构造系统形成两级反冲前缘断裂,并与天山南缘逆冲推覆构造形成两个由中生界和古生界组成的三角带构造(图2(b));弧形反冲构造系统的拆离面北浅南深,总体向南倾,在深部向塔里木盆地倾伏,与中生代岩系内部的层间拆离面(6~10 km)及更深的塔里木盆地基底与盖层沉积间拆离面(15~20 km)相连接^[30-32,48]。

柯坪塔格弧形推覆构造段与阿图什-八盘水磨反冲及三角带构造段间呈斜冲-走滑断层接触关系,在八盘水磨以北地区,地表可见反冲断层上盘向北东斜冲,逆掩到柯坪塔格第一和第二排推覆体之上,使得柯坪塔格第一排构造在八盘水磨以北地区被逆掩消失^[30-32]。

2.2 西昆仑-帕米尔前陆现今构造分段

帕米尔-西昆仑外缘带由西而东由卡孜克-阿尔特-乌帕尔弧形推覆构造段、依格孜牙薄皮推覆构造段、齐姆根弧形三角带构造段、叶尔羌-棋盘弧形对冲构造段、柯克亚薄皮推覆构造段、玉力群-克里阳弧形三角带构造段和桑株-杜瓦构造段等组成,各构造段间以走滑和斜冲断层为界(图1)。

(1) 卡孜克-阿尔特-乌帕尔弧形构造段(III) 该构造段为帕米尔北缘弧形推覆构造带东段前缘的最新变形带,由卡孜克阿尔特推覆构造及其北缘逆掩断裂带组成,总体形态为向北东凸出的弧形构造,其由卡巴加特弧和乌帕尔弧两个次级弧形构造组成,是一南翼缓、北翼陡倾、直立甚至倒转的线性褶皱构造,地震剖面揭示推覆体上盘为由变形三角带构造组成的向斜,南侧为帕米尔前缘,由下第三系—中更新统组成。卡孜克阿尔特逆断裂带北缘逆冲前锋带以大型平卧褶皱和推覆席体发育为特征,其前缘逆

断裂带是帕米尔前缘的最新活动断裂^[36,37];在康苏煤矿南侧,原塔里木盆地反冲构造与天山前缘逆冲构造形成对冲带(图1,图2(c))。

(2) 依格孜牙薄皮弧形推覆构造段(IV) 依格孜牙薄皮推覆构造系统由中生界和古生界推覆席体、岩片组成,推覆体上盘沿南倾铲式断层由南向北逆掩推覆于前缘隐伏的依格孜牙背斜等下盘背向斜构造之上,表现为浅表和深部上下构造变形的不协调性,即强变形的上部薄皮推覆构造系统和相对弱变形的下背斜构造。由于推覆下盘背斜中的中、晚更新统和全新统地层被变形,表明推覆构造系统第四纪乃至现今仍在活动,地震剖面解释获得的中更新世以来同推覆变形生长地层表明,依格孜牙背斜等下部构造的形成时间略早于依格孜牙薄皮推覆构造系统^[34,35](图2(d))。

(3) 齐姆根弧形三角带构造段(V) 位于莎车以南的齐姆根隆起,由塔西南盆地被动反冲构造系统、铁克里克逆冲推覆构造系统及齐姆根三角带构造组成(图2(e))。

塔西南盆地被动反冲构造系统由沿新第三系泥岩、老第三系底部膏岩和白垩系内部泥岩多层顺层反冲的白垩系—新生界单斜层组成,这些反(逆)冲断裂系统和新生界总体以低倾角的单斜层倾向北北东、北东和北东东,反冲断裂和地层总体倾向为围绕齐姆根弧形构造的弧形,倾角一般变化在 $10^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 间,构成区域上由北东向南西由盆地方向(被动)逆掩反冲到西昆仑-帕米尔前缘构造带上的被动反冲构造系统。铁克里克逆冲推覆系统由二叠系—泥盆系及前寒武系基底岩席和岩片组成,铁克里克断裂为该推覆系统的根部带。齐姆根三角带构造系统位于齐姆根弧形构造核部及其北侧中生界单斜层之下,地表及多条地震反射剖面解释表明齐姆根三角带构造核部发育由侏罗系—泥盆系地层组成的断坡、断坪及pop-up构造,构造组合表明由南向北逆冲楔入的深层双重构造系统向北的活动时间依此变新,变形程度依次减弱(图2(e))。齐姆根弧形构造段北缘上新统与下伏地层明显呈角度不整合,表现为南薄北厚的多序次生长地层,标志着齐姆根弧形构造较强隆升开始于上新世,第四纪以来阶段性强烈隆升。

(4) 叶尔羌-棋盘对冲构造段(VI) 叶尔羌-棋盘对冲构造段由上盘弧形推覆构造和下盘掀斜-反冲构造系统组成^[34]。

上盘弧形推覆构造系统总体由南西向北东方向逆冲推覆, 为由石炭系、变质岩、花岗岩等组成的铁克里克推覆构造根部带及由侏罗系—石炭系倒转背向斜组成的前缘弧形推覆构造系统, 前缘断层为低角度逆冲断层带, 平面上由多级弧形推覆构造及其间多组横向走滑断层组成, 各弧形构造的形成顺序自南西向北东由老逐渐变新, 剖面上与下盘掀斜-反冲构造形成对冲的褶皱-冲断构造系统, 全新世推覆系统仍在活动。

下盘反冲构造系统总体由北东东向南西西方向掀斜-反冲, 自对冲带向盆地由以下构造带构成: 由侏罗系和白垩系组成的轴面北东倾紧密断褶带, 由下第三系砂岩构成的轴面北东倾不对称向斜和宽缓背斜带, 北东缓倾的上更新统砾石层及其中发育一系列倾向北东、由北东向南西逆冲的反冲断层。轴面北东倾不对称褶皱和北东倾逆冲断层指示了下盘塔西南盆地向西昆仑山系的被动掀斜和反冲运动(图 3(a))。

(5) 柯克亚推覆构造段(VII) 柯克亚推覆构造段由甫沙、柯克亚、固满及泽普等 4 排近东西向展布的构造组成, 4 排构造均为轴面南倾的不对称背斜, 由南而北构造强度减弱, 褶皱幅度降低, 变形时代渐新, 为隐伏型推覆构造系统^[34]。

西昆仑前缘推覆带由前寒武系、古生界等岩片组成, 由南向北推覆逆冲; 甫沙背斜为一轴面南倾的由古生界—新生界组成的不对称背斜, 背斜北翼发育一组南倾隐伏铲式逆断层, 背斜形成在早更新世晚期; 柯克亚背斜形成于上新世末, 其北翼略陡, 在古生界—中生界中发育双重构造, 新生界底构成上逆冲断层面; 固满背斜为走向 115°的宽缓背斜, 褶皱主体是古生界构造层, 新生界具披覆形态; 泽普-克拉克沙依背斜为北陡南缓的宽缓短轴背斜, 全新世活动^[34](图 3(b))。

(6) 玉力群-克里阳三角带及其反冲构造段(VIII) 由铁克里克前缘推覆构造系统、深部三角带双重构造系统及塔西南盆地被动反冲构造系统组成^[34]。铁克

里克前缘推覆构造系统由太古界深变质岩、元古界浅变质岩及古生界地层组成的逆冲席构成, 剖面上由南向北逆冲推覆, 平面上呈向北凸出的弧形推覆体。地震剖面揭示在克里阳地表背斜核部之下发育由古生界和中生界组成的深部三角带双重构造系统, 由南向北构成双重构造的断层活动性变新、变形减弱, 由断坡和断坪组成的双重构造逐渐过渡为 pop-up, 并在其正北 20 km 的皮山附近, 前缘隐伏断裂的现今活动导致地震发生。塔西南盆地被动反冲构造系统由塔里木盆地向北倾的中生界和新生界单斜层组成, 地震剖面揭示了反冲断层的存在, 同构造生长地层表明反冲开始于早更新世早期(图 3(c))。

(7) 桑株-杜瓦弧形薄皮推覆构造段(IX) 由北杜瓦-阿卡孜山前叠瓦推覆构造、桑株-南杜瓦倒转-近平卧褶皱和铁克里克根部带构成由南向北逆冲的薄皮推覆构造^[34]。平面上推覆席体呈弧形展布, 剖面上逆冲断层束组成叠瓦扇, 逆冲断层为上陡下缓的铲式断层(图 3(d))。

(8) 各构造段间的斜冲-走滑断裂系统 地表构造调查、地震剖面解释以及重磁异常结果表明, 上述各弧形构造段间以横向斜冲-走滑断裂系统为界, 这些横向斜冲-走滑断裂分割了不同构造样式和构造组合的构造段。

地表构造和地震剖面构造解释表明, 齐姆根弧形构造段向北西沿塔木-昂塔克斜冲-走滑断层斜冲到依格孜牙弧形段之上, 向南东沿叶尔羌河北东向斜冲-走滑断层斜冲到叶尔羌河-棋盘弧形构造段之上, 两构造段的地表斜冲-走滑带重磁异常明显, 推测深部基底存在走滑断裂^[34]。

塔木-昂塔克左旋斜冲-走滑断层沿塔木河谷地展布, 东南侧齐姆根构造段第三系地层产状呈弧形展布, 侏罗系-白垩系红色砂岩和砂砾岩等地层组成轴面东倾的倒转背斜, 并在倒转翼发育由南东东向北西西斜冲的铲式断层; 西北侧依格孜牙弧形段由侏罗系灰色湖相砂岩组成的轴面近水平南西缓倾的平卧褶皱、倒转背斜及斜冲断层指示了由南西向北东斜冲推覆的运动学特征; 二者沿斜冲-走滑断层呈左旋斜冲的几何学和运动学特征^[35]。

柯克亚构造段发育的 4 排推覆构造在叶尔羌-棋

盘对冲构造段和玉力群-克里阳三角带及其反冲构造段中均不发育,而代之为塔里木西南盆地的反冲构造,重磁异常及地震剖面上揭示了分割上述构造段走滑断层的存在,柯克亚构造段西北边界走滑断层为左旋走滑,东南边界为右旋走滑断层。

总结上述,塔里木西南盆地前陆构造段间的走滑断层具有以下特征:以反冲/推覆相间的走滑断层表现为左旋走滑,以推覆/反冲相间的走滑断层表现为右旋走滑,划分前陆盆地构造分段的斜冲-走滑断层与前陆推覆构造和塔里木西南盆地反冲构造在运动学上形成了前陆盆地统一的变形运动学图像(图4)。

3 塔西南盆地前陆构造分段性成因探讨

3.1 塔西南盆地航磁异常与基底构造

塔西南盆地和麦盖提斜坡带航磁异常呈北东向正异常和负异常带相间分布,与西昆仑近东西向新生代造山带呈斜交关系,而塔中-巴楚表现为航磁的正异常带^[49];地震剖面显示塔中-巴楚航磁正异常带对应基底的隆起带,塔中-巴楚隆起为西昆仑-帕米尔前陆冲断带的中央隆起带^[18-20, 27-29],而伽师附近航磁异常表现为负异常区域,地震剖面揭示伽师附近麦盖提斜坡带的基底埋深也大,即航磁负异常带对应基底凹陷带。根据塔中-巴楚基底隆起、麦盖提斜坡带基底埋深与航磁正负异常的对应关系,塔西南盆地中北东向正异常带对应基底隆起带,而负异常带对应基底凹陷带,由此获得的塔里木盆地西南凹陷的基底构造起伏不平,由北东向基底隆起和凹陷相间带构成(图4)。

3.2 盆地基底构造与前陆构造分段分析

将由航磁异常获得的巴楚-塔中基底隆起、阿图什基底凹陷与西南天山推覆和反冲构造分段性进行相关分析,发现喀拉俊-柯坪塔格弧形薄皮推覆构造段(图4, I)对应基底的巴楚隆起带(基底埋深在6~8 km),而阿图什-八盘水磨塔里木反冲构造段(图4, II)则对应麦盖提斜坡带基底埋深大于8 km的区域,基底埋深约8~10 km的区域对应逆冲和反冲构造系统的转换带。在喀拉俊-八盘水磨剖面,柯坪塔格薄皮逆冲断层和主底板断层面深度约10 km,而塔里木盆地反冲构造系统沉积盖层的厚度急剧增厚,向伽师

附近,基底构造埋深约15~20 km^[48](图4)。塔里木盆地西南凹陷的基底构造起伏不平,由巴楚隆起向麦盖提斜坡带总体沉积盖层加厚、基底埋深增加,喀什凹陷的新生界厚度约14 km,以典型的反冲三角带构造发育为特征^[36,37]。

将由航磁异常获得的塔西南盆地北东向基底隆起和凹陷构造与西昆仑-帕米尔前陆盆地冲断带和三角带构造及其反冲构造系统的构造分段进行相关对比分析,发现存在以下分布上的规律性:帕米尔前缘的卡孜克阿尔特-乌帕尔弧形推覆构造段为被改造的早期反冲和三角带构造重新形成前缘推覆构造,对应基底的喀什深拗陷(图4, III);依格孜牙薄皮推覆构造段对应基底隆起带(图4, IV)、齐姆根三角带及塔里木盆地反冲构造段(图4, V)和叶尔羌-棋盘对冲构造段(图4, VI)对应基底凹陷带、柯克亚薄皮推覆构造段(图4, VII)对应基底隆起带、玉力群-克里阳三角带及塔里木盆地反冲构造段(图4, VIII)对应基底凹陷带,桑株-杜瓦薄皮推覆构造段(图4, IX)对应基底隆起带。

总结上述前陆构造样式及其分段性,发现在塔西南前陆存在以下规律性:薄皮推覆构造段发育的前陆区对应北东向基底构造的上隆区(基底埋深小于10 km),三角带及塔里木盆地反冲构造发育的前陆区对应基底构造的下凹区(基底埋深大于8 km),前陆构造分段是晚第三纪以来前陆构造区冲断变形的结果。

3.3 控制前陆盆地构造分段的因素

综合上述塔西南前陆盆地构造分段性、其空间展布特点和前人研究成果,本文认为控制前陆盆地构造分段的因素包括:1)边界动力导致前缘变形和位移量的不同,即沿造山带走向应力与应变的非均匀分布,导致前陆冲断带隆升幅度和变形速率的差异,形成沿造山带走向具不同边界几何学、运动学和动力学的造山带前陆构造分段格局;2)塔西南前陆盆地具有多个巨厚沉积物的沉降中心和相对较薄沉积的隆起带,这些沿前陆盆地纵向分布的沉降中心导致了前陆盆地构造的分段;3)盆地基底构造中先存隆起和拗陷的存在决定了前陆构造的盆山耦合样式,即前陆盆地的盖层变形耦合样式、造山带根部与盆地基底间的变形耦合样式;4)塔西南盆地基底凹陷带

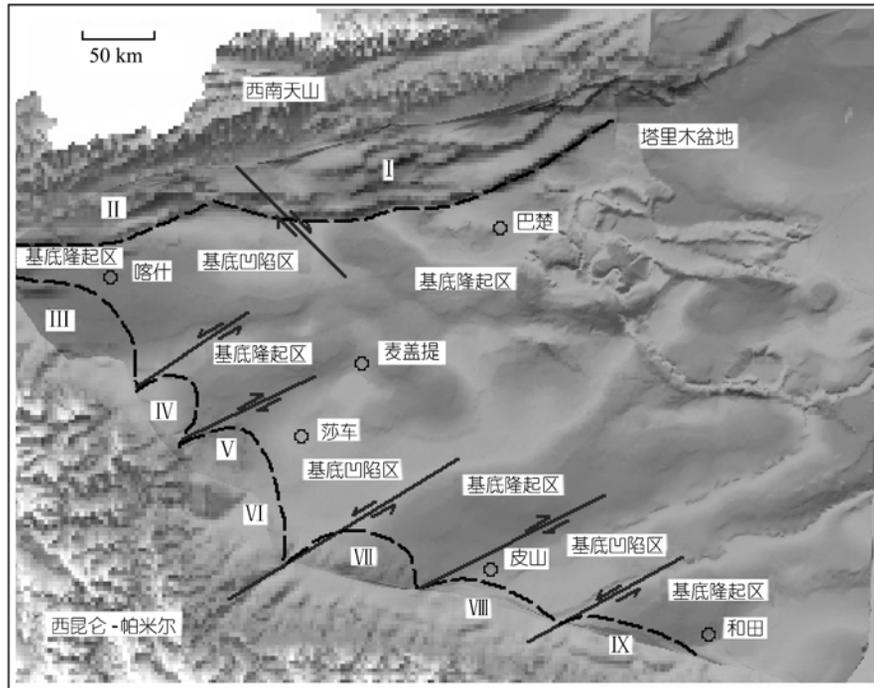


图 4 塔西南前陆盆地分段与基底隆起和凹陷的构造对应关系图

该图为塔里木盆地周缘 1:25 万数字地形高程图与塔里木盆地航磁异常图的叠合图, 其中深色代表航磁正异常带(基底隆起区), 浅色为航磁负异常带(基底凹陷区). I-IX 代表前陆构造分段, 构造段间的分界线为走滑断层及其运动方向

内沉积巨厚的古生界—新生界沉积盖层, 发育中、下寒武统底部膏岩层、白垩系泥岩、下第三系底部阿尔塔什组膏岩层、上第三系乌恰群泥岩等多层滑脱层^[18-20,27-29,45-47], 这些滑脱层构成了塔里木盆地向天山和西昆仑-帕米尔反冲构造或多层次反冲构造的断层系统。

3.4 前陆盆地构造分段的动力学机理及演化讨论

(1) 新生代以来西昆仑-帕米尔与天山再造山产生南北向挤压构造应力场, 西昆仑-帕米尔和天山分别向塔里木盆地方向挤压推覆, 受盆地先存基底隆起和凹陷构造的控制, 逐渐形成具有不同造山推覆位移量的弧形造山带和前陆多中心的凹陷区, 造山带前陆构造样式和变形格局出现分异。

(2) 在盆地基底隆起区, 持续的造山带推覆挤压作用使前陆变形区形成薄皮推覆构造, 以前陆发育推覆根部带和前缘推覆带等多排褶皱-冲断推覆构造为特征, 向盆地方向的推覆位移量很大, 刚性基底在

薄皮推覆构造区未参与变形。

(3) 在基底凹陷区, 来自造山带的持续推覆挤压不仅作用在浅表, 也作用在凹陷区的深部, 使前陆变形区的深浅部变形样式发生变化; 造山带根部带的深部构造挤压使基底凹陷区的深部沉积层在较深部位发生向盆地方向的推覆变形, 形成深部的向盆地推挤的双重构造; 而在前陆盆地基底凹陷中心的浅表, 由于中生代盖层中存在多层滑脱面, 深部双重构造变形推覆被滑脱面限制, 推覆变形未波及到浅表, 而是使浅部沉积层沿某些滑脱面被动反冲, 形成盆地山体的相对反冲, 反冲构造与前陆推覆构造间的区域为三角带构造, 以盆地整体呈单斜层向造山带反冲为特征, 向盆地方向的推覆位移量在浅表小, 而在深部较大。

(4) 塔里木西南盆地基底隆起带上的薄皮推覆构造段和基底凹陷区上的反冲构造及其三角带构造段沿前陆构造区相间分布, 其成因在于在前陆挤压作用下基底隆起与凹陷格局对构造变形机理的控制,

导致前陆深浅部构造耦合变形样式不同。

(5) 各构造段间的斜冲-走滑断层起到了调整造山带前陆薄皮推覆与盆地反冲构造间运动学和位移量差异以及构造分段的作用; 当造山带前陆推覆越过前陆基底凹陷区而再次推覆到基底隆起区上时, 早期的反冲和三角带构造将变为前陆推覆体的一部分。

4 结论

塔西南前陆盆地沿造山带前陆的走向具有明显的构造分段性, 由天山南缘前陆到西昆仑-帕米尔前陆, 可以分出相间分布的前陆薄皮推覆构造段、塔西南盆地被动反冲及其三角带构造段及过渡型构造段等。塔西南前陆构造段可分为喀拉俊-柯坪塔格弧形薄皮推覆构造段、八盘水磨-阿图什-乌恰-康苏反冲构造段、卡孜克阿尔特-乌帕尔弧形构造段、依格孜牙薄皮弧形推覆构造段、齐姆根主弧三角带及其反冲构造段、叶尔羌河-棋盘弧形构造段、柯克亚推覆构造段、玉力群-克里阳弧形三角带及其反冲构造段和桑株-杜瓦弧形推覆构造段等。

塔西南周缘山系前陆薄皮推覆构造段发育的前陆区对应北东向基底构造的上隆区(小于 10 km); 塔里木盆地被动反冲及其三角带构造段发育的前陆区对应基底构造的下凹区(大于 8 km)。沿造山带走向隆升幅度和速率或变形格局的差异、前陆盆地多个沉降中心内巨厚沉积盖层、盆地基底构造中的隆起带和凹陷带及多层膏岩层等软弱层等是塔西南盆地前陆构造分段产生的控制因素。晚第三纪以来, 造山带的持续挤压使前陆冲断带在前陆盆地的基底隆起与凹陷区深浅部构造的变形样式、格局和位移量等方面产生差异是前陆构造分段的主因。

参 考 文 献

- Berberian M. "Blind" thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics. *Tectonophysics*, 1995, 241: 193-224[DOI]
- Brusset S, Souquet, P, Deramond J, et al. Partition between collision and subduction accretionary prisms along an inherited transcurrent fault zone: New insights on the Taiwan fold and thrust belt. *Tectonics*, 1999, 18 (3): 546-558[DOI]
- Canerot Joseph, Qu Guosheng. The Jurassic basin in the south-west of Tarim, Xinjiang (China). *Himalayan cycle evolution and comparison with the north-east of the Tethys*. *Cuadernos de Geologia Iberica*, 1998, 24: 311-331
- Hildebrand P R, Searle M P, Shakirullah Van Heijst H J. Geological evolution of the Hindu Kush, NW Frontier Pakistan: active margin to continent-continent collision zone. In: Asif Khan M, Treloa, P J, Searle M P, et al, eds. *Tectonics of the Nanga Parbat syntaxis and the Western Himalaya*. *Geol Soc Lond Spec Pub*, 2000, 170: 277-294
- Jadoon I A K, Lawrence R D, Lillie R J. Balanced and retrodeformed geological cross-section from the frontal Sulaiman Lobe, Pakistan: Duplex development in thick strata along the western margin of the Indian Plate. In: McClay K R, ed. *Thrust Tectonics*. London: Chapman and Hall, 1992. 343-356
- Jadoon I A K, Frisch W. Hinterland-vergent tectonic wedge below the Riwayat thrust, Himalayan foreland, Pakistan: Implications for hydrocarbon exploration. *AAPG Bulletin*, 1997, 81 (3): 438-448
- Jaswal T M, Lillie R J, Lawrence R D. Structure and Evolution of the Northern Potwar deformed zone, Pakistan. *AAPG Bulletin*, 1997, 81 (2): 308-328
- Jamison W R. Mechanical models of triangle zone evolution. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 1996, 44 (2): 180-152
- Pavlis T, Das S. The Pamir-Hindu Kush Seismic zone as a strain marker for flow in the upper mantle. *Tectonics*, 2000, 19:103-115[DOI]
- Qu Guosheng, Canerot J. Comparative studies of Cenozoic and Mesozoic tectonics and evolution between west Kunlun-Pamir (China) and Pyrenees (France). In: Xiao Xuchang, Liu Hefu, eds. *Proc 30th Int'l Geol Congr*, 1997, 6: 133-140
- Jones P B. Triangle zone geometry, terminology and kinematics. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 1996, 44 (2): 139-152
- Pegler G, Das S. An enhanced image of the Pamir-Hindu Kush seismic zone from relocated earthquake hypocenters. *Geophys J Intl*, 1998, 134: 573-595[DOI]
- Searle M P, Asif Khan M, Fraster J E, et al. The tectonic evolution of the Kohistan-Karakoram collision belt along the Karakoram highway transect, north Pakistan. *Tectonics*, 1999, 18: 929-949[DOI]
- Searle M, Hacker B R, Bilham R. The Hindu Kush seismic zone as a paradigm for the creation of ultrahigh-pressure diamond and coesite-bearing continental rocks. *The Journal of Geology*, 2001, 109: 143-153[DOI]
- Coward P J T, Chamber, A F, Izatt C N. et al. Thrust geometries, interferences and rotations in the Northern Himalaya. In: McClay K R, ed. *Thrust Tectonics*. London: Chapman and Hall, 1992. 325-342
- Mashak S. Kinematics of orocline and arc formation in the thin-skinned orogens. *Tectonics*, 1988, 7 (1): 73-86

- 17 Mitra S, Mount V S. Foreland basement-involved structures. AAPG Bulletin, 1998, 82 (1): 70~109
- 18 何登发, 李德生, 著. 塔里木盆地构造演化与油气聚集. 北京: 地质出版社, 1996. 50~79
- 19 何登发, 吕修祥, 林永汉, 等. 前陆盆地分析. 北京: 石油工业出版社, 1996. 31~80
- 20 何登发, 赵文智. 中国西北地区盆地动力学演化与含油气系统旋回. 北京: 石油工业出版社, 1999
- 21 丁道桂, 王道轩, 刘伟新, 等著. 西昆仑造山带与盆地. 北京: 地质出版社, 1996. 48~92
- 22 董大忠, 肖安成, 编著. 塔里木盆地西南坳陷石油地质特征及油气资源. 北京: 石油工业出版社, 1998. 50~73
- 23 董云鹏, 张国伟. 造山带与前陆盆地结构构造及动力学研究思路 and 进展. 地球科学进展, 1997, 12(1): 1~6
- 24 胡望水, 陈毓遂, 肖安成, 等. 塔西南坳陷主要断裂带构造特征及其控油作用. 新疆石油地质, 1997, 18(3): 201~207
- 25 伍秀芳, 汪新, 杨树峰, 等. 利用平衡剖面技术与磁性地层学估算地壳缩短速率——以帕米尔-西昆仑前陆褶皱带为例. 地学前缘, 2003, 10(1): 52~58
- 26 肖安成, 杨树峰, 陈汉林, 等. 西昆仑山前冲断系的结构特征. 地学前缘, 2000, 7(增刊): 38~43
- 27 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 盆地构造演化与区域构造地质. 塔里木盆地油气勘探丛书. 北京: 石油工业出版社, 1995. 12~112
- 28 贾承造主编. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京: 石油工业出版社, 1997. 112~119
- 29 贾承造, 何登发, 雷振宇, 等. 前陆冲断带油气勘探. 北京: 石油工业出版社, 2000. 70~86
- 30 曲国胜, 陈杰, 陈新发, 等. 伽师中强震震群成因及其未来地震趋势初探. 地震危险性预测研究. 北京: 地震出版社, 1998. 158~168
- 31 曲国胜, 陈杰, 许建东, 等. 阿图什-八盘水磨塔里木盆地反冲构造系统研究. 地震地质, 2001, 23(1): 1~12
- 32 曲国胜, 李亦纲, 陈杰, 等. 柯坪塔格推覆构造几何学、运动学和动力学演化. 地学前缘, 2003, 10(特刊): 142~152
- 33 曲国胜, Canerot J, 姜春发, 等. 造山带弧形构造. 地质科学, 1996, 31 (4): 295~307
- 34 曲国胜, 陈杰, 陈新安, 等. 西昆仑-帕米尔造山带及其北缘前陆盆地板内变形构造. 地质论评, 1998, 44(4): 419~429
- 35 曲国胜, 许建东, 王俞, 等. 西昆仑-帕米尔前陆依格子牙薄皮弧形推覆构造分析. 地球学报, 1999(增刊), 20(57): 82~91
- 36 陈杰, 曲国胜, 胡军, 等. 帕米尔北缘弧形推覆构造带东段的基本特征与现代地震活动. 地震地质, 1997, 19(4): 301~312
- 37 陈杰, 尹进辉. 帕米尔卡兹克阿尔特山的晚新生代构造变形. 第四纪研究, 1998, 18(3): 286~291
- 38 陈杰, 丁国瑜, Burbank D W, 等. 中国西南天山山前的晚新生代构造与地震活动. 中国地震, 2001, 17(2): 134~155
- 39 成守德, 王元龙. 新疆大地构造演化基本特征. 新疆地质, 1998, 16(2): 97~107
- 40 何国琦, 李茂松, 刘德权, 等. 中国新疆古生代地壳演化及找矿. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1994. 1~76
- 41 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 1992. 5~31
- 42 潘裕生. 西昆仑山构造特征与演化. 地质科学, 1990, 25(3): 224~231
- 43 潘裕生. 喀喇昆仑山-昆仑山综合考察导论. 北京: 气象出版社, 1992. 167~201
- 44 潘裕生, 王毅, Matte Ph, 等. 青藏高原叶城-狮泉河路线地质特征及区域构造演化. 地质学报, 1994, 68(4): 295~307
- 45 宋立勋. 塔里木盆地西南坳陷的形成、演化与找油方向. 新疆石油地质, 1989, 10(1): 28~34
- 46 新疆维吾尔自治区地质矿产局编. 新疆维吾尔自治区地质图 (1:2000000). 北京: 地质出版社, 1985. 10~41
- 47 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区区域地质志. 北京: 地质出版社, 1993. 50~81
- 48 刘启元, 陈九辉, 李顺成, 等. 新疆伽师强震群区三维地壳上地幔 S 波速度结构及其地震成因的探讨. 地球物理学报, 2000, 43(3): 356~365
- 49 鲁新便, 何发岐, 赵洪生. 塔里木盆地西南缘构造带的地球物理特征、构造及其演化. 石油勘探, 1997, 36(1): 43~52