

文章编号: 1009-3850(2003)04-0071-08

# 青海银石山地区巴颜喀拉前陆盆地 构造变形特征及动力学机制

柏道远, 熊延望, 陈建超, 刘伟

(湖南地质调查院, 湖南湘潭 411100)

**摘要:** 银石山地区巴颜喀拉前陆盆地自北而南可分为冬银山倒转褶皱带、丛鞍山-张公山大型向斜、屏岭-银石山断褶带等3个变形特征迥异的构造单元。三叠纪末,巴颜喀拉板块北缘向北消减过程中具“双层汇聚”机制——硬度较大的基底板块仍沿其二叠纪末与昆仑地块间的俯冲分界面向北消减,相对较软的巴颜喀拉三叠系盖层则沿其底面薄弱面剥离,被动向昆仑地块之上仰冲,从而在单剪应力状态下在其北面形成北倒南倾的等斜褶皱(东部)或轴面南倾的斜歪褶皱(西部)。受昆仑地块南缘“东凸西凹”的古构造格局控制,巴颜喀拉板块在向北消减时东部具右旋走滑,使北东面巴颜喀拉山群褶皱枢纽呈北东东向,并导致北部及中部的构造变形具东强西弱的特点。盖层与基底间界面、巴颜喀拉山群三段与四段间界面等为两个主要滑脱剥离面。受其控制,在中部丛鞍山-张公山一带形成大型向斜,而在南部屏岭-银石山地区则形成中小规模连续褶皱。

**关键词:** 银石山; 巴颜喀拉山群; 构造变形; 动力机制; 青海

中图分类号: P542

文献标识码: A

可可西里-巴颜喀拉三叠纪前陆盆地是青藏高原北部和特提斯构造域的一个重要构造单元。由于自然地理条件的限制,尽管有关该盆地的沉积建造、盆地性质及演化、巴颜喀拉山群的构造变形特征等,前人已有较多论述<sup>[1-9]</sup>,但其中大多只对阿尼玛卿以东部分进行较详细讨论,而涉及盆地西段的内容很少。近年来全面铺开的青藏高原空白区1:25万区域地质调查,在包括盆地西段在内的整个巴颜喀拉三叠纪前陆盆地研究上获得了大量的基础地质资料,并有不少新的发现和成果认识。1:25万《银石山幅》研究区位于盆地西段东部,该图幅南面大部跨巴颜喀拉盆地的北半部(图1)。笔者近三年来在图区进行区域地质调查过程中,对巴颜喀拉前陆盆地进行了包括沉积建造及构造变形等方面的全面研究,并取得一些新的认识,本文将就区内巴颜喀拉山群的构造变形特征予以介绍,并就及其形成机制进行

初步探讨。

## 1 区域地质概况

石炭纪早期,早古生代弧后盆地因强烈拉张而形成古特提斯洋,其南、北两侧分别为昆仑地块与巴颜喀拉板块。尔后洋壳向北消减,至二叠纪末巴颜喀拉板块与昆仑地块碰撞对接,昆仑地块前缘挤压造山,并逆冲加载于巴颜喀拉板块克拉通边缘(前陆),使其岩石圈发生挠曲而形成三叠纪巴颜喀拉前陆盆地,于盆地中形成了巴颜喀拉山群巨厚的复理石、类复理石沉积。巴颜喀拉山群一段为砂岩夹板岩;二段总体为一套砂岩,夹少量板岩;三段为砂岩与板岩互层,其顶部发育一大套碳质板岩;四段与五段分别为灰色和杂色厚层一块状石英杂砂岩,夹极少量厚度不大的板岩。

三叠纪末,巴颜喀拉板块与昆仑地块间产生强

收稿日期: 2003-08-02

第一作者简介: 柏道远,1967年生,高级工程师,从事区域地质调查工作。

资助项目: 1:25万《且未县一级电站幅》和《银石山幅》区域地质调查项目(19991300009051)。

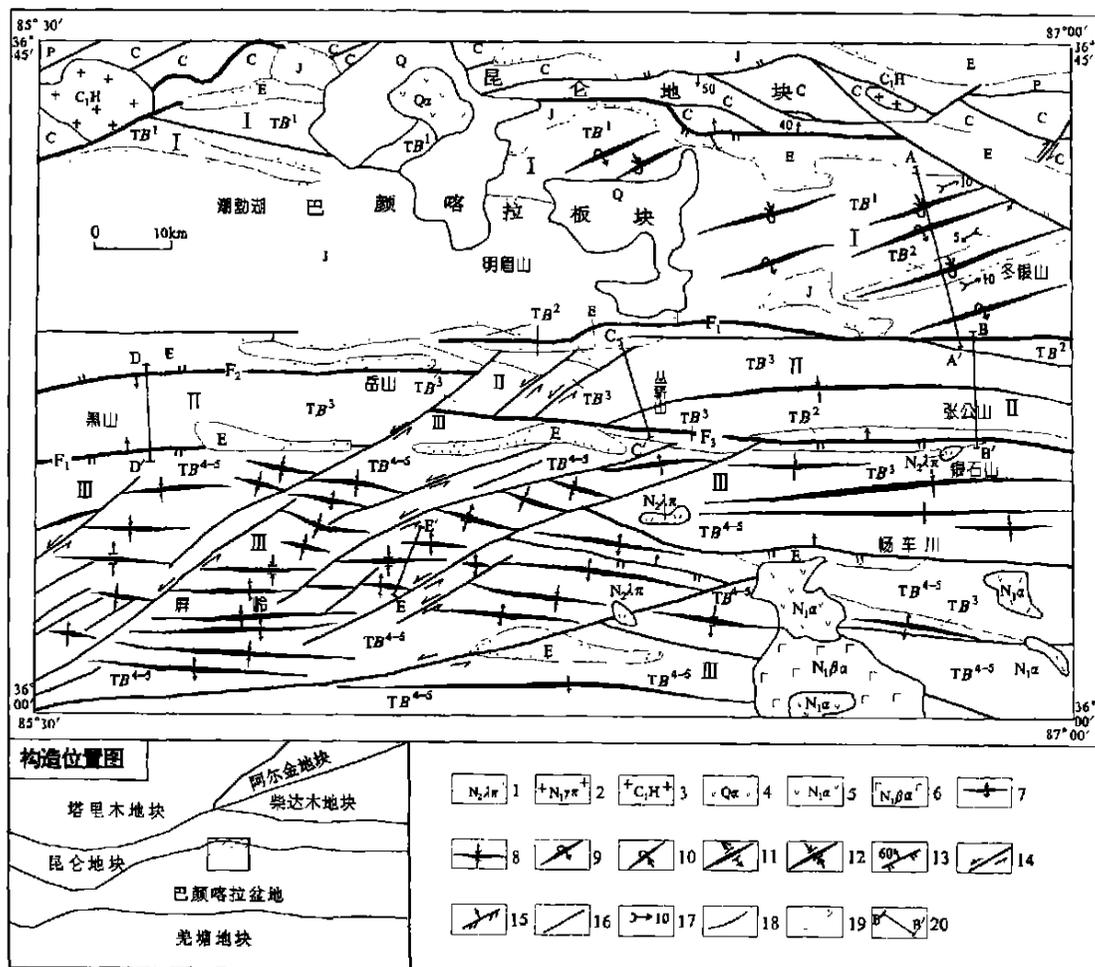


图1 银石山地区地质-构造简图

Q. 第四系; E. 古近系; J. 侏罗系;  $TB^1-TB^5$ . 三叠系巴颜喀拉山群一段—五段; P. 二叠系; C. 石炭系。1. 上新世流纹斑岩或花岗斑岩; 2. 中新世花岗斑岩; 3. 早石炭世横贯梁序列表岗岩类; 4. 第四纪安山岩; 5. 中新世安山岩; 6. 中新世玄武粗安岩; 7. 背斜; 8. 向斜; 9. 倒转背斜; 10. 倒转向斜; 11. 复式背斜; 12. 复式向斜; 13. 逆断裂; 14. 平移断裂; 15. 逆平移断裂; 16. 断裂; 17. 次级褶皱枢纽倾向及倾角; 18. 地质界线; 19. 角度不整合; 20. 剖面位置。I. 冬银山倒转褶皱带; II. 丛岭山-张公山大型向斜; III. 屏岭-银石山断褶带

Fig. 1 Simplified geological-structural map of the Yinshishan region, Qinghai

Q= Quaternary; E= Eogene; J= Jurassic;  $TB^1-TB^5$ = first to fifth members of the Triassic Bayan Har Group; P= Permian; C= Carboniferous. 1= Pliocene rhyolitic porphyry or granite porphyry; 2= Miocene granite porphyry; 3= Early Carboniferous Hengdiliang sequence granites; 4= Quaternary andesite; 5= Miocene andesite; 6= Miocene basaltic trachyandesite; 7= anticline; 8= syncline; 9= overturned anticline; 10= overturned syncline; 11= composite anticline; 12= composite syncline; 13= reversed fault; 14= strike-slip fault; 15= reversed strike-slip fault; 16= fault; 17= dip angle and direction of the hinge of secondary folds; 18= geological boundary; 19= angular unconformity; 20= section location. I = Dongyinshan overturned fold zone; II = Congzhanshan-Zhanggongshan syncline; III= Pingling-Yinshishan fault-fold zone

烈的陆内汇聚作用, 巴颜喀拉盆地回返成陆, 其沉积地层产生较强烈的断裂、褶皱变形, 形成巴颜喀拉山群的主体构造格架。侏罗纪和古近纪两次因区域伸展作用形成陆内裂陷盆地并形成陆相沉积。晚新生代随青藏高原整体抬升而发生强烈隆升, 并因较强

烈的岩浆活动形成安山岩及流纹斑岩(或花岗斑岩)等火山岩。

## 2 构造变形特征

巴颜喀拉前陆盆地北面与昆仑地块相接, 其界

线为印支期近东西向南倾逆冲推覆断裂, 由于后期侏罗纪和古近纪陆相盆地的叠加及风化物覆盖等原因, 断裂未见清楚的地表露头。东西向岳山断裂( $F_2$ )、哈拉木兰河断裂( $F_1$ )和黑山-银石山断裂( $F_3$ )将前陆盆地分成 3 个具不同变形特征的构造单元, 自北而南分别为冬银山倒转褶皱带(I)、丛嶺山-张公山大型向斜(II)和屏岭-银石山断褶带(III)等(图 1)。

### 2.1 冬银山倒转褶皱带

冬银山倒转褶皱带东部发育完整, 由连续南倾同斜倒转褶皱组成; 分布较窄, 连同其北面的古近纪盆地一起计算宽仅 23km。褶皱带西部为侏罗纪盆地叠加, 三叠系仅于北面少许出露, 发育东西向轴面南倾的斜歪褶皱; 分布较宽, 最西面宽度可达 35km 左右。

冬银山地区构造特征在利阳沟一带因露头良好而表现清楚(图 2)。根据劈理与层理的产状关系、次级层间剪切褶皱的形态、粒序层理等指示岩层面方向的标志, 发现利阳沟剖面共由 3 个倒转向斜和 3 个倒转背斜所构成。中部出露巴颜喀拉山群二段, 两侧发育巴颜喀拉山群一段, 总体上显示为一复式倒转向斜。岩层总体倾向 SSE, 倾角一般为  $45^\circ$  左右。褶皱倒转翼与正常翼岩层倾向总体一致, 倾角相差  $4^\circ$  左右, 已属典型等斜褶皱。据剖面岩层产状及横向上其它路线的野外观察, 褶皱走向约为  $NEE20^\circ$ 。上述连续倒转褶皱显然属单剪变形产物, 褶皱产状反映出褶皱带下部受到了相对向南的剪切作用, 表明褶皱带存在自南往北的推覆作用。

与强烈的主体褶皱变形相伴, 发育大量的次级层间剪切褶皱及小型顺层剪切带。剪切褶皱一般局

限于 5~10m 厚的岩层范围之内, 大多由较强硬的砂岩所组成, 其顶底为沿软弱板岩层发育的顺层剪切断裂。在自北向南的剖面方向上, 次级褶皱在正常翼为“S”型, 在倒转翼为“Z”型, 与层劈关系及粒序层理特征所反映的岩层面方向完全一致, 说明其为主期褶皱变形过程中派生的层间滑动作用所致。次级褶皱的枢纽走向与主体褶皱一致, 为  $NEE$  向, 倾角  $3^\circ \sim 10^\circ$  不等。

岩层中劈理极为发育, 板岩中为延展性极好的板劈理, 而砂岩中则发育稀疏的破劈理。板岩中劈理倾向与岩层倾向一般近于一致, 反映出主期褶皱后未发生过强烈的异向构造叠加。劈理与层面小角度相交, 一般  $10^\circ$  左右, 当薄层板岩夹于厚层砂岩之中时交角小于  $5^\circ$  甚至平行。主体褶皱的翼部普遍发育石香肠, 香肠体略具旋转, 反映出局部挤压与剪切机制的共同作用。

值得指出的是, 冬银山倒转褶皱带的南界哈拉木兰河断裂( $F_1$ )系宽 30~40m 的强挤压变形破碎带(图 3), 由一系列的北倾高角度(倾角  $70^\circ$  左右)次级逆断裂及断夹片所组成。挤压破碎带北面约 500m 范围内岩层产状总体向北倾, 倾角  $30^\circ$  左右; 在 500~900m 范围内发育连续直立中常褶皱, 由 2 个背斜与 3 个向斜组成; 900m 往北岩层产状倒转进入连续同斜褶皱发育区。断裂南面岩层产状倾向南, 为丛嶺山-张公山大型向斜(直立水平褶皱)的南翼。以上特征显然反映出自南而北构造变形机制由纯剪向单剪(由南往北推覆)的转变。

### 2.2 丛嶺山-张公山大型向斜

丛嶺山-张公山大型向斜北界为哈拉木兰河断裂( $F_1$ )和岳山断裂( $F_2$ ), 南界为黑山-银石山断裂

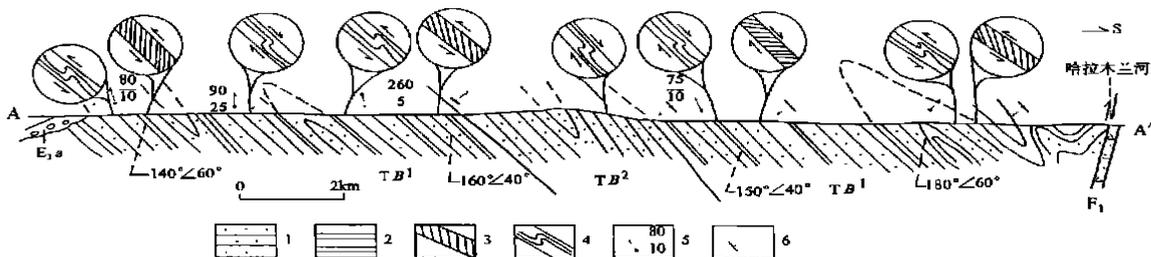


图 2 冬银山利阳沟连续倒转褶皱构造剖面

1. 砂岩; 2. 板岩; 3. 劈理; 4. 层间剪切褶皱; 5. 层间剪切褶皱枢纽倾向及倾角; 6. 地层变新方向。E<sub>3a</sub>. 古近系阿克塔什组

Fig. 2 Structural section through the Liyanggou continuous overturned folds in the Dongyinsan region

1= sandstone; 2= slate; 3= cleavage; 4= intraformational shear fold; 5= dip angle and direction of the hinge of the intraformational shear folds; 6= direction indicating progressively younging of strata. E<sub>3a</sub>= Eocene Aketashi Formation

(F<sub>3</sub>) (图 1)。组成地层主要为巴颜喀拉山群三段, 东段于两翼出露巴颜喀拉山群二段。由于断裂破坏, 自东向西为完整向斜→残缺向斜→单斜构造 (图 4)。

东段张公山一带向斜保存完整 (图 4a), 南北宽约 13km, 两翼地表出露宽度近相等。两翼岩层均为

东西走向, 倾角 45° 左右, 显示直立水平中常褶皱特征。次级从属褶皱发育, 且自北翼→核部→南翼, 褶皱形态呈现出由“S”型→“M”型→“Z”型的非常规则的变化; 枢纽水平, 走向东西, 与主体褶皱一致; 短翼倾向与长翼相反, 倾角 30°~50°, 反映主体褶皱形成时层间滑动强度一般。

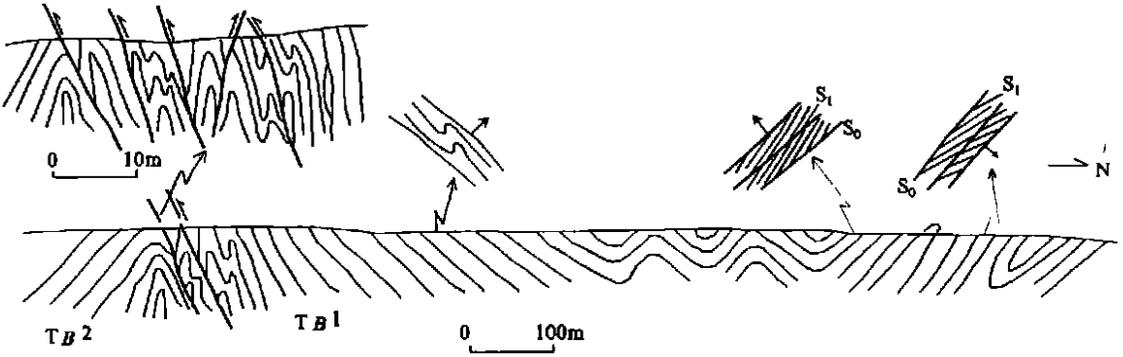


图 3 哈拉木兰河断裂(F<sub>1</sub>)及北面围岩褶皱构造剖面

Fig. 3 Structural section of the Halamulan River fault (F<sub>1</sub>) and its northern folds

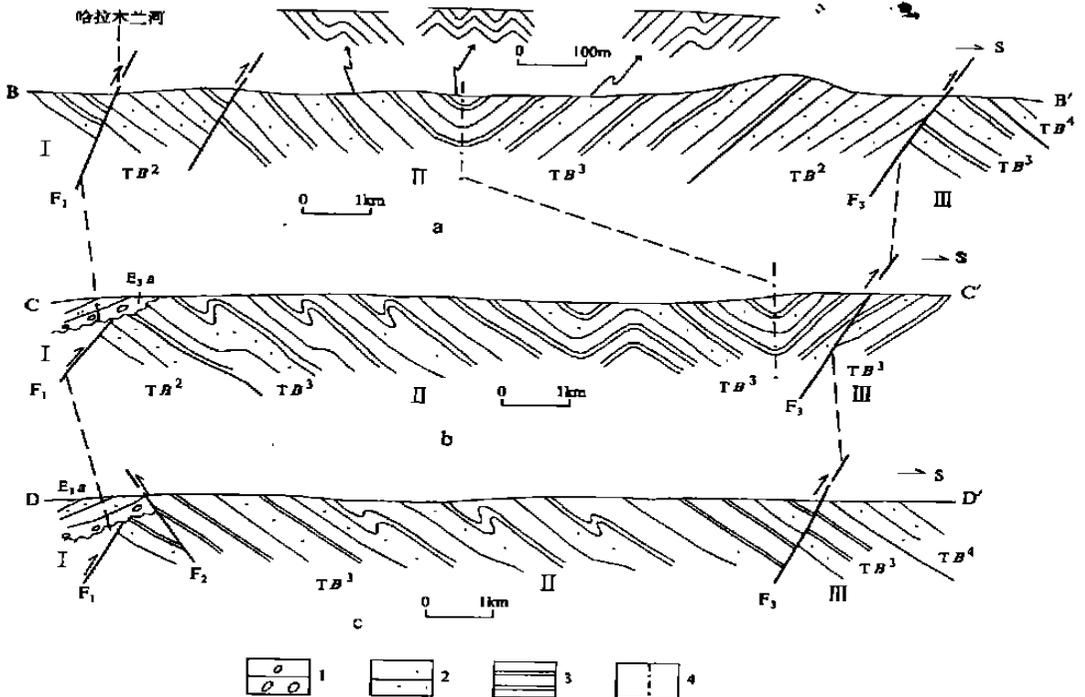


图 4 丛嶺山-张公山大向斜联合剖面图

a. 东段张公山剖面; b. 中段柯河(丛嶺山西)剖面; c. 西段干枝沟剖面。1. 砾岩; 2. 砂岩; 3. 板岩; 4. 向斜轴迹

Fig. 4 Composite sections through the Congzhanshan-Zhanggongshan syncline

a=Zhanggongshan section in the eastern segment; b=Kehe (western Congzhanshan) section in the middle segment; c=Qianzhigou section in the western segment. 1=conglomerate; 2=sandstone; 3=slate; 4=synclinal axial line

中段柯河一带向斜由巴颜喀拉山群三段组成, 主要出露北翼, 南翼仅余1km多宽(图4b)。北翼岩层倾角 $40^\circ$ 左右; 发育大量的次级层间剪切褶皱或从属褶皱, 其枢纽水平并近东西向, 短翼倒转, 表明主体褶皱翼部层间滑动较强烈。

西段千枝沟一带仅发育向斜的北翼, 实为一倾向南的单斜构造(图4c); 组成地层全为巴颜喀拉山群三段。岩层倾角更缓, 一般为 $35^\circ$ 左右。层间褶皱特征与中段柯河相近。向斜南界黑山-银石山断裂( $F_3$ )为一倾向北的逆断裂, 其在东段导致巴颜喀拉山群二段下部层位上覆于三段上部层位之上(图4a), 而在西段断裂两侧地层则基本连续, 充分反映出其变形、变位作用自东往西由强减弱的特点。

### 2.3 屏岭-银石山断褶带

总体构造面貌表现为北东向或北东东向的平移断裂及东西向连续中小规模褶皱的大量发育, 伴以少量东西向逆断裂。组成地层主要为巴颜喀拉山群四段和五段, 南东面有少许三段出露。

带内褶皱非常发育, 共有大小背、向斜约30个, 除东部畅车川以北两条背、向斜规模较大外, 其它均为中小型褶皱。褶皱轴迹呈东西向或北西西向, 枢纽水平, 两翼倾角基本相等, 一般为 $45^\circ$ 左右, 属直立水平中常褶皱。单个背(向)斜长15~30km为主, 褶皱波长一般2~4km。规模相近的连续背、向斜在南北方向上呈波状发育(图5), 部分规模相对较大者与其两侧褶皱组合在一起略呈复式褶皱特征。褶皱受北东向断裂限制而于断裂分割成的断块中具相对独立的发育特征, 其轴迹大多不穿过断裂, 大致反映出断裂与褶皱同为主构造变形期产物。

带内断裂有北东(或北东东)向与近东西向两组, 主体性质分别为扭性与压性, 与带内褶皱构造同为三叠纪末南北向挤压造山作用下形成, 属同一构

造体系的不同变形表现。北东(或北东东)向断裂主要发育于西面大部, 其长度为10~80km不等。断裂走向一般为 $NE60^\circ \sim 70^\circ$ , 均为近直立产状, 具左行平移性质, 于卫星遥感图像上清楚显示出其左旋走滑形成的巨型“S-C”组构(图6); 一般平移距离可达200m以上, 大者可达5km左右。断裂大多于第四纪再次活动, 旁侧形成了大量的走滑盆地型湖泊。东西向断裂主要分布于东部, 均为北倾的逆断裂。

需指出, 冬银山倒转褶皱带、丛岭山-张公山大型向斜、屏岭-银石山断褶带3个构造单元为基于构造变形特征的差异及各单元间的大断裂所划分, 而在构造变形前作为巴颜喀拉前陆盆地的盖层沉积同为一个整体, 应不存在明显的构造属性差异和构造单元的分野。三叠纪末巴颜喀拉板块北缘向北消减过程中形成了两条北倾的主干断裂, 使得冬银山倒转褶皱带与丛岭山-张公山大型向斜以及丛岭山-张公山大型向斜与屏岭-银石山断褶带间均为高角度逆冲断裂接触。

## 3 构造变形动力学机制分析

根据上述巴颜喀拉前陆盆地构造变形特征, 结合区域构造背景, 对其变形的运动学和动力学机制分析如下:

(1) 三叠纪末, 巴颜喀拉板块北缘向北消减过程中具“双层汇聚”机制——巨厚的巴颜喀拉山群沉积盖层与下伏板块基底间产生自然剥离, 较硬的基底板块仍沿其二叠纪末与昆仑地块间的俯冲分界面向北消减, 而相对较软的巴颜喀拉三叠纪盖层则沿其底面薄弱面剥离, 被动向昆仑地块之上仰冲, 从而在单剪应力状态下于其北面形成北倒南倾的等斜褶皱(图7)。仰冲区的后缘相应处于强挤压状态, 并受俯冲断裂控制而发育向北陡倾的哈拉木兰河逆断裂

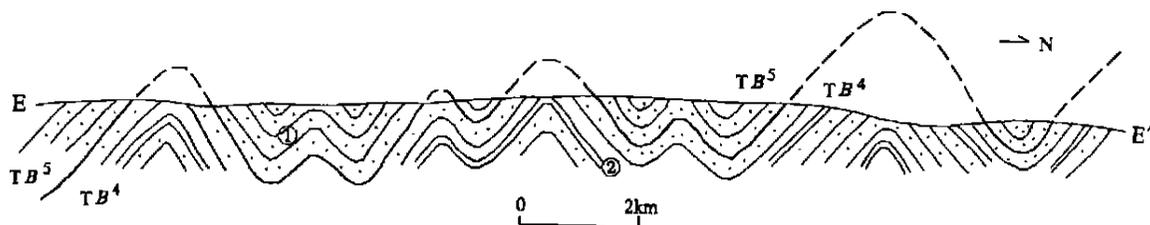


图5 鲸鱼湖一带连续直立褶皱构造剖面

① 砂岩; ② 板岩

Fig. 5 Structural section through the continuous vertical folds in the Jingyuhu region

① = sandstone; ② = slate

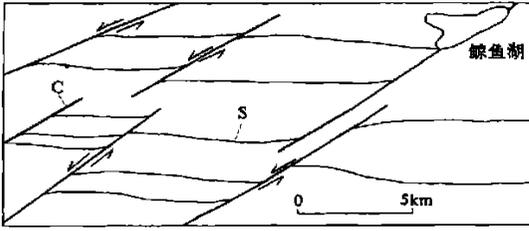


图6 鲸鱼湖地区大型“S-C”结构(据卫星影像)

Fig. 6 Large-scale S-C structures in the Jingyuhu region

以及银石山-黑山北倾逆断裂。

巴颜喀拉盆地的基底是洋壳还是陆壳, 一直存在争议。近年来的资料越来越清楚地表明其为陆壳的可能性更大。如有调查发现盆地东段存在火山岛链, 其基底为二叠纪构造混杂岩系(1:25万《阿拉克湖幅》, 中国地质大学·武汉); 可可西里一带于盆地火山岩中发现片麻岩包体(1:25万《可可西里幅》, 青海地调院)等。区域地质资料及图区的构造-岩相单元的空间配置特征(1:25万《银石山幅》, 湖南地调院)等均表明二叠纪末古特提斯洋向北俯冲消减, 即巴颜喀拉板块向昆仑地块之下俯冲消减作用的存在, 区域重磁资料也反映昆仑地块与巴颜喀拉板块间为深大断裂接触, 深部断裂倾向北(1:25万《木孜

塔格幅》, 新疆地调院)。从造山演化的客观规律及地球动力学角度分析, 三叠纪末巴颜喀拉板块向北与昆仑地块发生陆-陆碰撞时, 其基底作为块体的主体当继承性地向昆仑地块下俯冲。软弱的巴颜喀拉山群盖层和相对强硬的陆壳基底间存在明显的力学性质不连续面, 其间极易产生剥离滑脱, 使得盖层在板块向北汇聚时与基底剥离而向昆仑地块之上仰冲, 从而形成独特“双层汇聚”作用。值得指出的是, 受板块俯冲带的控制, 前陆盆地褶皱轴面多倾向造山带<sup>[7~10]</sup>, 而银石山地区巴颜喀拉盆地北部的褶皱轴面却倒向造山带并反映出向北的仰冲。笔者认为只能以上述机制解释。银石山地区剥离-汇聚作用的存在应与碰撞板块的结构、组成、形状、俯冲角度等诸方面的特殊性有关, 其具体控制机制有待于更深入的研究。

(2) 哈拉木兰河断裂以南, 盖层总体处于南北向的纯挤压应力作用之下, 因此形成丛嶺山-张公山大型向斜和屏岭-银石山断褶带轴面直立的水平中常褶皱。而两构造带褶皱规模的显著差异显然与控制褶皱规模的底部滑脱面的深度密切相关。

在纯挤压收缩变形中产生了下、上两个主要滑脱剥离面, 分别为巴颜喀拉山群盖层与下伏基底间界面及巴颜喀拉山群三段与四段间的分界面。如前

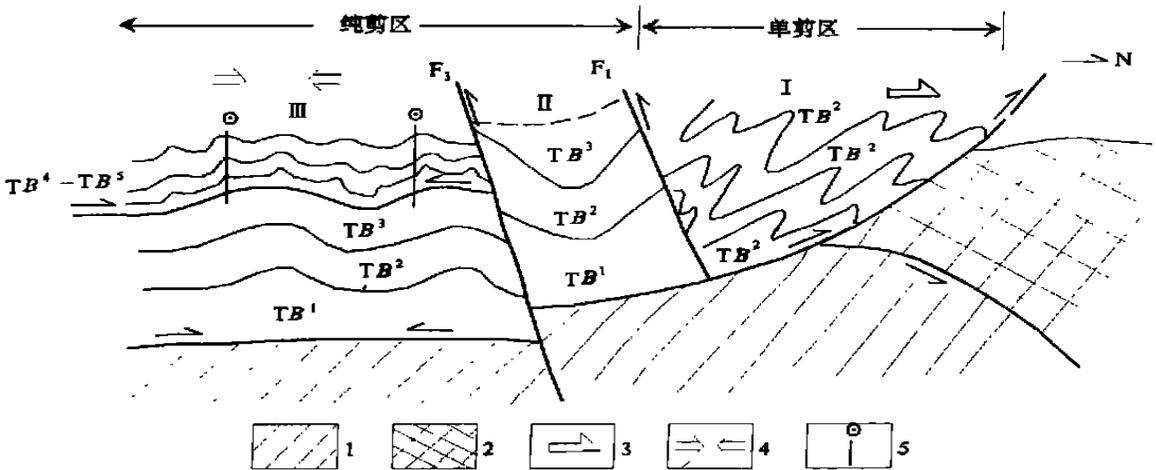


图7 巴颜喀拉前陆盆地沉积构造变形特征动力学解释

I. 冬银山倒转褶皱带; II. 丛嶺山-张公山大型向斜; III. 屏岭-银石山断褶带。1. 巴颜喀拉前三叠纪基底; 2. 昆仑地块; 3. 示单剪变形作用; 4. 示共轴纯剪变形作用; 5. 示平移断裂

Fig. 7 Structural deformation and dynamic interpretation of the Bayan Har foreland basin

I = Dongyishan overturned fold zone; II = Congzhanshan-Zhanggongshan syncline; III = Pingling-Yinshishan fault-fold zone. 1 = Bayan Har pre-Triassic basement; 2 = Kunlun block; 3 = simple shear deformation; 4 = coaxial pure shear deformation; 5 = strike-slip fault

述,巴颜喀拉山群盖层和相对强硬的陆壳基底间存在明显的力学性质不连续面。按现今有关构造变形的概念,盖层在褶皱过程中必然会与基底产生剥离滑脱,产生的剥离面通常成为控制盖层褶皱的主要滑脱面。从此意义上讲,尽管研究区因出露条件限制未见巴颜喀拉山群与基底间的接触关系露头,但二者间存在大的剥离面当无疑问。

巴颜喀拉山群三段与四段间存在主要剥离面可以从理论和客观证据两方面得以说明。巴颜喀拉山群一段至三段为砂岩、砂岩夹板岩或砂岩与板岩互层,其中板岩层厚度均不大,受此岩性组合之力学特点的控制,褶皱过程中该套地层内部不能产生大规模的剥离滑脱,而只是形成一些小规模的层间剪切并形成大量小的次级剪切褶皱。三段为砂岩与板岩互层,四段为砂岩夹极少量板岩,二者之间岩性力学性质差异极大。而三段顶部则为一大套极软的碳质板岩,该套板岩在褶皱过程中自然成为一主要的剥离面。野外调查中多处可见该套板岩因滑脱、剪切作用而强烈变形,表现为横向上的增厚与拉薄、紧闭褶皱及形态与产状复杂多变的揉皱等现象,此为主要的剥离面的客观反映。

研究表明,圆柱状褶皱的规模大小主要取决于参与褶皱岩层的厚度,亦即褶皱岩层底部滑脱面的深度<sup>[11]</sup>。巴颜喀拉山群一至三段厚度巨大(总共达7500m以上),由其形成的丛岭山-张公山大型向斜规模宏大;相反,南部的屏岭-银石山断褶带主要出露巴颜喀拉山群四、五段,厚度总共仅2600m左右,受三段顶部的滑脱剥离层的控制,形成中小规模连续褶皱样式。可以推测,屏岭-银石山断褶带的下部亦发育大规模褶皱(图7)。

(3)从地层的出露发育情况来看,巴颜喀拉板块与昆仑地块分界线在图区东部呈北西西向,西部则呈东西向,明显反映出昆仑地块南缘在区内呈东侧凸出、西侧凹进的特点。上述古构造格局导致了南部巴颜喀拉山群横向上构造变形格架的某些特征。首先,受昆仑地块“东凸西凹”的古构造格局控制,巴颜喀拉板块在向北消减时东部具右旋走滑,受右旋剪切应力的叠加作用,冬银地区地区的褶皱枢纽呈北东东向,而西面主要表现为正向汇聚,因此形成的褶皱为东西走向。哈拉木兰河断裂以南已基本不受斜向俯冲剪切应力作用的影响,因此形成的褶皱总体呈东西向。其次,这种构造格局使得巴颜喀拉板块在向北运动过程中先以其东侧边缘与昆仑地块接触和碰撞,然后逐渐向西发展到全线碰撞,这一过程使

得巴颜喀拉板块北缘在东段率先褶皱变形且变形时间更长,向北仰(俯)冲的距离更大。加上在碰撞后变形过程中西段较东段有更宽的范围来消化缩短变形量,这两个因素共同造成了冬银地区发育等斜褶皱,而西面则发育斜歪褶皱的横向变形差异。此外,丛岭山-张公山大型向斜自东向西的形态变化及黑山-银石山断裂造成东、西段地层错位量不一等,反映出东面构造变形强度较西面大,可能也与上述构造格局有关。

(4)屏岭-银石山断褶带中北东向断裂对东西向褶皱大多只有限制而没有切割错位,显然是由于北东向断裂下切较深,已将表壳分割成相对独立块体所致。北东向断裂走向一般为 $NE60^\circ$ 左右,其反映出的理想主压应力方向应为 $NNE30^\circ$ ,但考虑到断裂在新生代受南北向的持续挤压其方向已发生过向东的偏转<sup>[12]</sup>,因此估计断裂形成时的真正主压应力方向大致为 $NNE15^\circ$ 左右。在此主压应力下,理论上应存在北东向和北北西向两组共轭剪裂,但实际上则只有前者发育。造成这一情况的原因可能与基底的边界条件有关,同时还可能与岩层东西走向,使得与其交角较小的北东向断裂更易发育有关。

## 4 结论与讨论

(1)银石山地区三叠纪末巴颜喀拉板块北缘向北消减过程中具“双层汇聚”机制,较硬的基底板块仍沿其二叠纪末与昆仑地块间的俯冲分界面向北消减,相对较软的巴颜喀拉三叠纪盖层则沿其底面薄弱面剥离,被动向昆仑地块之上仰冲,从而在单剪应力状态下于其北面形成北倒南倾的等斜褶皱(东部)或轴面南倾的斜歪褶皱(西部)。

双层汇聚机制在巴颜喀拉板块北缘是否具有普遍性,尚需进行系统的分析总结。近年来开展的青藏高原北缘1:25万区域地质填图已为此提供了有利条件。格尔木东南面的阿拉克湖地区巴颜喀拉山群盖层北缘的变形特征与银石山地区具相似性,发育北倒南倾的倒转褶皱(1:25万《阿拉克湖幅》),暗示该地区双层汇聚作用的存在,说明双层汇聚机制至少在巴颜喀拉板块北缘某些区段存在。

(2)受昆仑地块南缘“东凸西凹”的古构造格局控制,巴颜喀拉板块在向北消减时东部具右旋走滑,使北面巴颜喀拉山群褶皱枢纽呈北东东向;并导致北部及中部的构造变形均呈现出东强西弱的特点。

(3)盖层与基底间界面、巴颜喀拉山群三段与四段间界面等为两个主要滑脱剥离面,受其控制,中部

丛鞍山-张公山一带形成大型向斜, 南部屏岭-银石山地区形成中小规模连续褶皱。

### 参考文献:

- [1] 饶荣标, 徐济凡, 陈永明, 等. 青藏高原的三叠系[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [2] 殷鸿福, 杨逢清, 黄其胜, 等. 秦岭及邻区三叠系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.
- [3] 殷鸿福, 张克信. 东昆仑造山带的一些特点[J]. 地球科学, 1997, 22(4): 339-342.
- [4] 陈明, 杨恒书. 青藏高原三叠纪沉积盆地与古生物特征[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(2): 14-19.
- [5] 侯光久, 王国灿, 张克信, 等. 东昆仑造山带前陆盆地的叠加褶皱及其变形机制[J]. 地球科学, 1999, 24(2): 125-128.
- [6] 潘桂棠, 陈智梁, 李兴振, 等. 东特提斯地质构造形成演化[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [7] 王华, 吴巧生, 李绍虎, 等. 前陆盆地类型及其沉积动力学研究综述[J]. 地质科技情报, 1998, 17(3): 12-18.
- [8] 陈发景, 汪新文, 张光亚, 等. 中国中、新生代前陆盆地的构造特征和地球动力学[J]. 地球科学, 1996, 21(4): 366-372.
- [9] 刘和甫. 前陆盆地类型及褶皱-冲断层样式[J]. 地学前缘, 1995, 2(3): 59-68.
- [10] PRICE R A. The Cordilleran foreland basin thrust and fold belt in the southern Canadian Rocky Mountains [A]. McClay K R, Rince N J. Thrust and Nappe Tectonics [C]. London: Chapman & Hall, 1981. 427-428.
- [11] 颜丹平, 汪新文. 川鄂湘边区褶皱构造样式及其成因机制分析[J]. 现代地质, 2000, 14(1): 37-43.
- [12] 潘裕生. 青藏高原的形成与隆升[J]. 地学前缘, 1999, 6(3): 153-162.

## Structural deformation and dynamic mechanisms of the Bayan Har foreland basin in the Yinshishan region, Qinghai

BAI Dao-yuan, XIONG Yan-wang, CHEN Jian-chao, LIU Wei  
(Hunan Institute of Geological Survey, Xiangtan 411100, Hunan, China)

**Abstract:** The Bayan Har foreland basin in the Yinshishan region, Qinghai may be divided, from the north to the south, into three tectonic units, i. e. Dongyinshan overturned fold zone, Congzhanshan-Zhanggongshan syncline, and Pingling-Yinshishan fault-fold zone. A “double-layer collision” mechanism once operated when the northern margin of the Bayan Har plate subducted northwards during the latest Triassic. The harder basement subducted northwards beneath the Kunlun block, while the softer Bayan Har Triassic cover was splitted off and passively obducted onto the Kunlun block, resulting in the formation of the isoclinal (east) or inclined (west) folds in the north created by simple shear stress. Constrained by the “east-convex and west-concave” palaeotectonic framework of the southern margin of the Kunlun block, the Bayan Har plate displays dextral strike slipping, and caused the axial lines of the Bayan Har Mountains Group folds to be oriented NEE when the plate was moving northwards. The tectonic deformation in the northern and central parts appeared to be intense in the east and weak in the west. There exist two strike-slip planes, i. e. the cover-basement boundary and the boundary between the third and fourth members of the Bayan Har Group, which resulted in the formation of the large-scale syncline in the Congzhanshan-Zhanggongshan zone in the central part and of small-scale continuous folds in the Pingling-Yinshishan zone in the southern part.

**Key words:** Yinshishan; Bayan Har Group; structural deformation; dynamic mechanism; Qinghai