

祁连山西段酒西盆地 阶地构造变形的研究^{*}

陈杰 卢演侑

(国家地震局地质研究所, 北京 100029)

丁国瑜

(国家地震局分析预报中心, 北京 100036)

摘要 对祁连山西段酒西盆地晚第四纪阶地的研究表明, 该区早第四纪以挤压褶皱、逆冲为特征的构造变形在晚更新世期间乃至全新世仍继承性地进行着, 表现为横穿褶皱和逆断裂带的河流及冲沟阶地地面的形成、阶地类型的转变、阶地级数的增多和阶地面被断错或发生拱曲变形。其中祁连山北缘大断裂晚更新世晚期以来的垂直运动速率约为 1.92~2.00 mm/a。老君庙背斜-逆断裂带在晚更新世初以来的垂直运动速率约为 1.15~2.56 mm/a。白杨河背斜-逆断裂带晚更新世初以来的垂直运动速率约为 0.32~0.58 mm/a。

主题词 祁连山 构造盆地 新构造运动 酒西盆地 活动背斜-逆断裂带 阶地变形

1 引言

以深部盲逆断层、地表逆断层和活动褶皱为主要构造型式的大陆活动挤压构造区, 其深浅部构造间的关系非常复杂, 通常并不存在一一对应的关系。深部逆断层很少在地表出露, 其构造变形往往以深部的逆冲作用和近地表的褶皱作用为特征。因此, 传统的用于评价走滑断裂带活动性的地表地质方法很难再用于活动挤压构造区。然而横穿这些活动褶皱和逆断裂带的河流及冲沟阶地往往发生了不同程度的构造变形。通过对这些阶地构造变形的研究, 可以从一个侧面了解该区不同时期以来地壳变形的幅度和速率。

祁连山西段酒西盆地位于青藏高原块体、塔里木块体和阿拉善块体的交汇部位。区内第四纪构造运动强烈, 发育了数排活动背斜-逆断裂带(图1)。前人普遍认为该区地壳运动在晚更新世初以来处于相对稳定状态(国家地震局地质所等, 1993; 陈志泰等, 1993)^[1, 2]。但我们发现, 在祁连山北麓横穿这些活动背斜-逆断裂带的河流及冲沟阶地晚更新世初以来发生了不同程度的构造变形。本文对此进行了较详细的研究。

2 第四纪构造格局

祁连山西段第四纪的构造变形以平行山体走向分布的逆冲断裂及其伴随的褶皱为主要特

本文 1997 年 1 月 13 日收到。

^{*} 国家自然科学基金项目(49372128)资助。

第一作者简介: 陈杰, 男, 1966 年 2 月生, 博士, 现主要从事新构造、活动构造、第四纪地质及其年代学研究。

征. 褶皱-逆冲作用依次由 SSW 向 NNE 往山体前缘发展, 构成一由山体向外 (即向北) 逐渐逆冲推覆的前展式挤压推覆构造楔体, 其楔尖指向山外. 在酒西盆地, 这一推覆构造楔自南向北由祁连山北缘大断裂带、老君庙背斜-逆断裂带、白杨河背斜-逆断裂带及新民堡逆断裂带组成 (图 1).

地表地质、地震反射剖面及钻孔等资料反映, 在酒西盆地地下 6 ~ 9 km 深处的软弱层中发育一条低角度的主滑脱面, 所有的褶皱和逆冲变形只发生在滑脱面以上的地层中 (图 1). 祁连山北缘大断裂带由数条分支逆断裂组成, 断面多倾向南西, 倾角 $25^{\circ} \sim 70^{\circ}$, 断面上陡下缓, 呈叠瓦状收敛于此低角度主滑脱面上.

老君庙背斜-逆断裂带由青草湾、鸭儿峡、老君庙、石油沟等略呈雁行排列的短轴状背斜构造组成. 在背斜北翼发育了一组 NW ~ NWW 向的南倾逆冲断层, 这些断层的剖面形态呈上陡下缓的犁式, 向深处变缓并收敛于主滑脱面上.

白杨河背斜-逆断裂带由深部的白南断裂带和近地表的白杨河、惠回堡等背斜构造组成. 白南断裂带是一背冲逆断层带, 总体走向 NW ~ NWW, 由 2 ~ 3 条北倾的逆断层组成, 断层面倾角较陡 (约 60°). 由于沿这组逆断层自北向南的逆冲, 在第三系之上形成了第四纪的表皮滑动构造, 如白杨河、惠回堡等背斜构造. 新民堡断裂发育在盆地北部边缘, 可能是北祁连山推覆构造楔的前缘断层.

3 阶地的分布与变形特点

3.1 老君庙背斜与石油河阶地

老君庙背斜位于酒西盆地南部老君庙逆断裂-背斜带的中段 (图 1), 是一北陡南缓的不对称断展褶皱构造. 背斜北翼发育有向南西倾的庙北逆断裂带, 其断面上陡下缓, 向下逐渐收敛于深处的主滑脱面上, 向上并未出露地表, 其滑动量向扩展端部渐小, 并最终消失于老君庙背斜之下, 成为盲断裂. 研究表明, 老君庙逆断裂-背斜带自上新世末以来至少有过 5 次活动 (陈杰等, 1996; 图 2d)^[3].

石油河是区内较大的河流之一, 自南向北由北祁连山流入酒西盆地. 在酒西盆地南部, 石油河穿切老君庙背斜中部时, 在不同的构造部位, 发育了不同类型和级数的阶地 (图 2). 在背

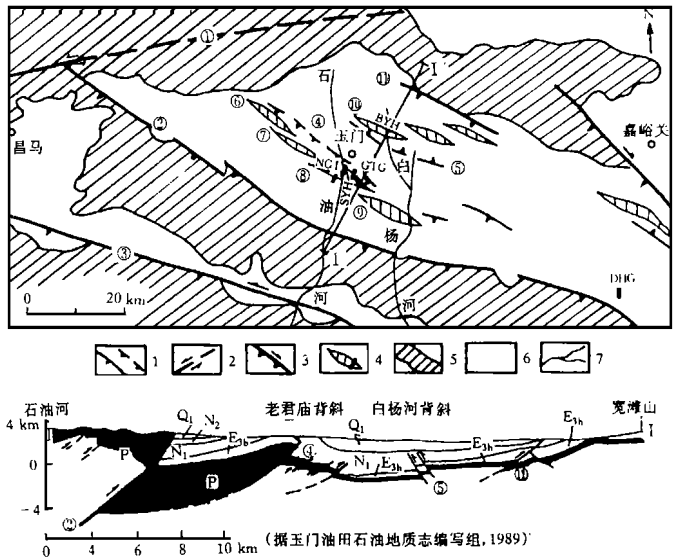


图 1 祁连山西段酒西盆地第四纪构造略图

Fig. 1 Quaternary tectonic map of Jiuxi basin in West Qilianshan mountains

- 1 活动逆断裂 (带齿一侧为断层上盘); 2 活动走滑断裂; 3 活动逆走滑断裂; 4 活动背斜及采样点; 5 山区; 6 盆地; 7 河流. BYH——白杨河, DHG——大黄沟, GTG——胳膊塘沟, NGT——牛胳膊沟, SYH——石油河; Q_1 : 下更新统玉门组; N_2 : 上新统牛胳膊套组; N_1 : 中新统胳膊塘沟组和弓形山组; E_{3h} : 渐新统白杨河组; E_{1h} : 渐新统火烧沟组; P: 前第三系; ①阿尔金断裂; ②祁连山北缘大断裂; ③昌马断裂; ④庙北断裂; ⑤白南断裂; ⑥青草湾背斜; ⑦鸭儿峡背斜; ⑧老君庙背斜; ⑨石油沟背斜; ⑩白杨河背斜; ⑪新民堡断裂带

斜区段阶地最为发育, 共有6级基座阶地. 其中第VI~V级阶地仅残存于背斜核部及其北翼附近, 阶地面高度自南向北渐低. VI级阶地面拔河高度在背斜核部为210~230 m, 在背斜北翼逐渐变为110~120 m; V级阶地面在背斜核部附近高出河床160~180 m, 在背斜北翼逐渐变为90~100 m. 两级阶地向北最终在河流出口处与第IV级阶地汇为一体. 其基座仅在局部地段零星出露, 由疏勒河群红层或早第四纪地层组成, 上部的堆积物为厚8~25 m的冰水砂砾层. 在河西岸V级阶地仅在背斜南翼零星分布, 高出IV级阶地面20~30 m. 阶地面明显向北翘起, 倾向南, 倾角达 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$, 向南逐渐与第IV级阶地汇合.

第IV级阶地在区内最为发育, 分布最广. 沿石油河两岸连续分布, 其中河东岸阶地面宽阔平坦, 玉门市主要建筑区就座落于此. 该阶地在背斜南翼的上游区段为堆积阶地(图2b), 阶地面高出河床100~120 m, 切割很深, 形成近直立的悬崖峭壁. 阶地堆积为厚达上百米的近水平灰色冰水砂砾层, 略显层理. 与老君庙背斜隆起相对应, IV级阶地在穿过背斜时为基座阶地. 第三系红层、下更新统玉门砾岩和中更新统酒泉砾石构成了阶地基座. 其阶地堆积厚度由南而北向背斜核部逐渐变薄, 基座面的高度相应增高, 至核部附近堆积物厚度仅1~2 m左右. 再往北, 其厚度又逐渐增加, 基座面高度相应地降低. 至石油河北口IV级阶地与山前冰水冲洪积扇连为一体, 并过渡为堆积阶地(图2b). 阶地面高出现代河床50~70 m. 再向下游方向, IV级阶地面和冰水冲洪积扇与戈壁面汇为一体, 此时阶地面仅高出河床10余米左右.

第III、II和I级阶地在背斜区段仅零星分布在石油河两岸, 均为基座阶地, 切割较深, 形成

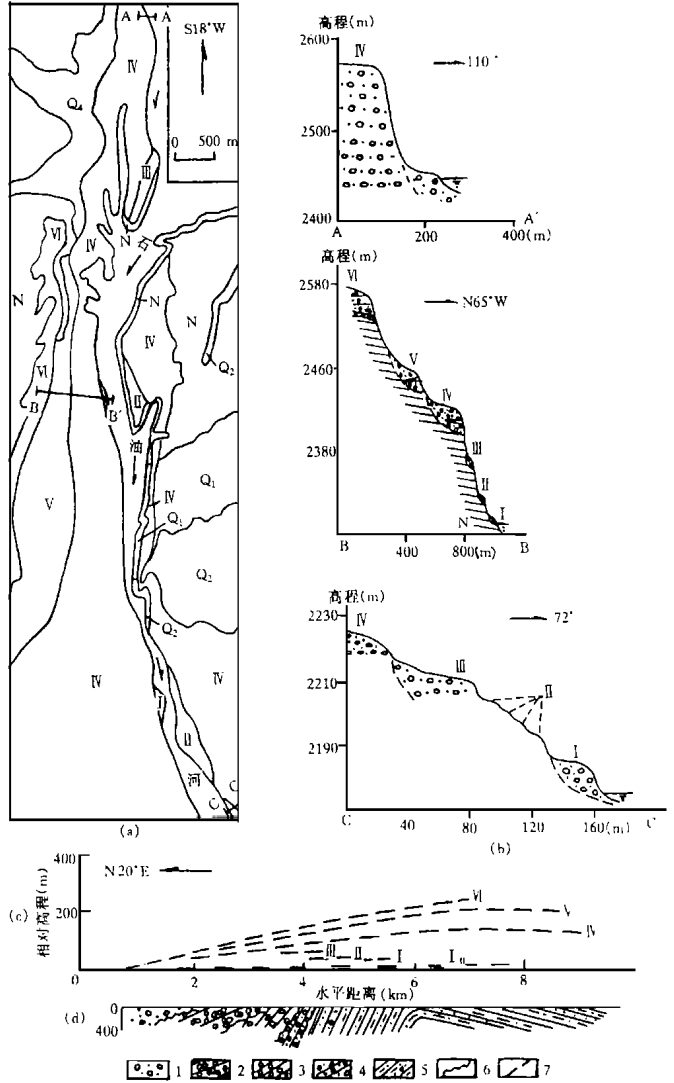


图2 老君庙背斜及石油河阶地分布

Fig. 2 Distribution of Laojunmiao anticline and terraces of Shiyouhe river.

(a) 石油河阶地平面分布图; (b) 石油河阶地横剖面图(剖面位置见图(a)); (c) 校正到水平面的石油河阶地纵剖面(扣除了该地的原始平均坡度29 m/km); (d) 横穿老君庙背斜地质纵剖面: 1 砂砾石; 2 酒泉组(Q₃)砾石层; 3 上玉门组(Q_{1y})砾岩层; 4 下玉门组(Q_{1y})砾岩层; 5 牛胳膊套组(N₂₁)砂质泥岩、砂岩、含砾砂岩; 6 角度不整合; 7 平行不整合; Q₄ 全新统; Q₂: 中更新统酒泉组; Q₁: 下更新统玉门组; N: 上第三系疏勒河群; I₀: 现代河床; I~VI: 阶地

直立状峭壁.其基座或为第三系红层或为早第四纪砾岩.其中Ⅱ级阶地拔河高度50~70余米,阶地堆积物厚3~5 m.Ⅱ级阶地拔河高度20~30余米,阶地堆积物厚度2~10 m不等.Ⅰ级阶地拔河高度10~15余米,阶地堆积物厚度1~5 m不等.这3级阶地往北在石油河北口均转变为堆积阶地(图2b),在两岸断续分布,向北在河流出口迅速与戈壁面汇合.

综上所述,石油河在穿过老君庙背斜时具有以下典型特征:(1)除局部地区外,在背斜以南的上游区段和以北下游区段,河谷中仅发育有3~4级堆积阶地.但在背斜区段河流两岸至少发育有6级基座阶地.(2)在背斜北翼近核部,阶地基座出露位置最高,上覆阶地堆积物厚度最薄.向南北两侧基座出露位置渐低,基岩开始向下倾伏并很快被埋藏,阶地堆积物厚度渐增,转变为堆积阶地.基岩出露位置及堆积物厚度的这一变化可能意味着,由于背斜不断的拱曲隆升,河流在穿过背斜时,河流堆积速率在背斜两翼要高于背斜核部.(3)从1:10 000地形图上切出阶地纵剖面位相图,见图2c.从图上可看出,河流阶地及现代河床在横穿背斜时发生了拱曲变形.阶地愈老,拱曲幅度愈大.(4)河床及阶地地面的宽度在穿过背斜时也发生了变化,在背斜区段较窄,在背斜南北两侧明显变宽(图2a).(5)所有阶地由南而北在穿过背斜后均迅速与山前冲洪积戈壁面汇为一体.

上述阶地的分布及变形特征显然是由于晚更新世初以来老君庙背斜-逆断裂带的间歇性断展褶皱作用造成的.

3.2 白杨河背斜与白杨河阶地

白杨河背斜位于酒西盆地中部白杨河背斜-逆断裂带的西部,形态上与老君庙背斜正好相反,为一南陡北缓、轴面北倾的宽缓不对称断展褶皱.在深部白杨河背斜核部近南翼发育有白南断裂带,沿断裂带向上断距渐小(玉门油田石油地质志编写组,1989)^[4].该断裂带向上最终消失在白杨河背斜之下,成为隐伏断裂.白杨河背斜与白南断裂带自中更新世中晚期以来至少有过两次活动(陈杰等,1996)^[3].

中更新世末晚更新世初,在酒西盆地中部,由于白杨河背斜的隆起,其核部开始成为新的分水岭.原流向北的顺向冲沟水系,在核部北侧仍向北流(成为再顺向水系);在南侧则开始倒流,并开始形成流向南的逆向冲沟水系.白杨河是区内另一条较大的由南而北流穿酒西盆地的河流,出山口后在盆地中部被逐渐隆升的白杨河背斜阻挡,在背斜南侧形成汇水湖泊.其中部分水流沿地形较低处切穿背斜继续北流,形成数条分支河流.

横穿白杨河背斜中部的河流两岸不同程度地发育有3~4级阶地.这些阶地在背斜核部及南翼区段均为基座阶地.其基座为中更新统酒泉砾石,靠近背斜核部及南翼,基座出露位置较高,向南北两侧出露位置渐低,最后逐渐过渡为堆积阶地.对背斜核部南侧阶地横剖面的测量结果表明(图3a),Ⅰ级阶地高出河床4~6 m,基座拔河高度3~4 m,上覆1~2 m厚的砂砾层堆积.Ⅱ级阶地拔河高度9~13 m,基座上覆1~1.5 m的砂砾层.Ⅱ级阶地拔河高度15~18 m,基座上覆0.5~1.5 m厚的砂砾石层.Ⅳ级阶地地面拔河高度35~42 m,基座上覆8~11 m厚的富含砂泥质的黄灰色砂砾层夹砂泥岩条带层.这套砂砾层在背斜南翼发生明显变形,向南倾斜,倾角 3° ~ 4° ,与其原始产状倾向相反.在背斜核部,这套砂砾层与酒泉组砾石呈平行不整合接触,产状近水平.在背斜北翼,两者都倾向北,整体上构成一叠背斜构造.

总体上,这些阶地仅在白杨河背斜区段发育,并且在南翼近核部下切幅度最大,向南延伸不远即迅速与戈壁面汇为一体.向北延伸其下切幅度逐渐减小,最后逐渐与戈壁面合二为一.这4级阶地的形成及白杨河背斜现今的地貌格局显然是由构造运动所致,而非气候变化所致.根据1:10 000地形图做出的横穿背斜阶地位相图(图3b)证实了这一点.从图中可看出,

这4级基座阶地是由于背斜的间歇性抬升形成的,自形成以来发生了不同程度的拱曲变形.4级阶地地面的拱曲形态与其基座酒泉砾石构成的背斜形态相似,均表现为一个北缓南陡的不对称宽缓背斜.阶地愈老变形程度愈大,其中IV级阶地地面的拱曲幅度最大.值得注意的是现代河床也发生了拱曲变形,这表明白杨河背斜的断展褶皱作用现今仍在进行.

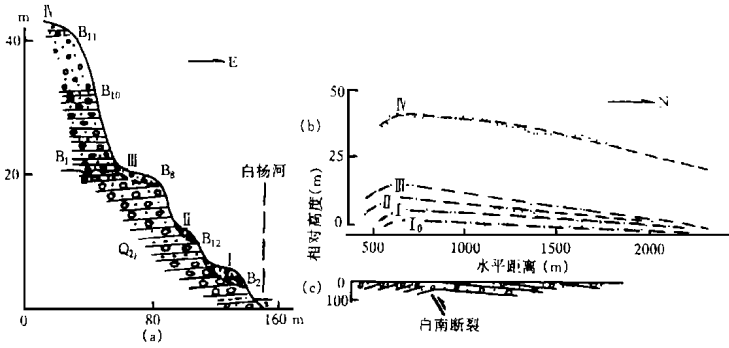


图3 白杨河构造阶地剖面

Fig.3 Terrace profiles along the Baiyanghe river.

(a) 白杨河构造阶地横剖面; (b) 校正到水平面的白杨河阶地纵剖面(黑点为地形点,扣除了该地的原始平均坡度 24 m/km); (c) 白杨河背斜及白南断裂; I₀: 现代河床; I ~ IV: 阶地; Q₂: 中更新统酒泉组

3.3 盆地南缘一级大冲沟及其阶地

在酒西盆地南缘发育有一系列近南北向的一级大冲沟,如冒海头沟、牛酪套沟、酪塘沟、西沟、大黄沟等.这些冲沟沟壁均可见到晚更新世戈壁组砾石超覆不整合于酒泉组、玉门组等一系列老地层之上,并在冲沟北口附近具有 2°~3°的倾角,构成紧靠盆地南部的高位冲洪积扇,向北延伸在出山口与戈壁面汇为一体.这表明这些冲沟成型于晚更新世以后.在这些冲沟两岸常可见有 3~4 级内阶地,这些阶地向北延伸至沟口即行消失.如在冒海头沟两岸鸭儿峡背斜核部附近发育有 4 级小阶地(T₁, T₂, T₃ 和 T₄),除 T₁ 为堆积阶地外,其余均为侵蚀阶地,基岩为玉门组砾岩,上覆极薄层黄土. T₁ 高出沟床 1~2 m,分布较连续; T₂ 实际由 3 级规模更小的阶地地面组成,向北逐渐汇合,高出沟床 5~8 m; T₃ 高出沟床 10~12 m; T₄ 高出沟床 14~16 m. T₃ 和 T₄ 仅零星分布,向北与 T₂ 阶地汇合. T₁ 和 T₂ 向北延伸在出山口附近与山前冲洪积戈壁面汇为一体. T₂ 在出山口时有明显的拱曲变形.这些阶地的形成和发育显然与鸭儿峡背斜的间歇性抬升运动有关.

在酒西盆地东南的大黄沟北口发育有 3 级阶地,由于祁连山北缘断裂的多次逆冲断错,在地表形成了清晰的多层状断错地貌.祁连山北缘断裂在此由南而北由 F₁, F₂ 和 F₃ 三条平行的近 NW 向逆冲断裂组成. I 级阶地在断层 F₁ 之南,为基座阶地,高出沟底 10~12 m.其基座由石炭系杂色砂页岩构成.阶地堆积物下部为冰水冲洪积砾石层,上部是厚达 1~1.5 m 的黄土,内偶含小砂砾,可能属冰水黄土(图 4).第 II 级阶地在断层 F₁ 之南,高出沟底 23~25 m,亦为基座阶地.其基座为第三系红层.第 II 级阶地在断层 F₁ 之南,高出沟底 33~38 m,已为冲沟强烈切蚀,仅零星分布.这 3 级阶地均被断层 F₁ 逆冲断错,阶地面垂直错距均为 7~8 m,形成一近 NW 向延伸的断层陡坎.在基岩中该断层产状为 224°∠28°,石炭系砂页岩在断面附近发生牵引褶曲,并强烈破碎.在 I 级阶地断坎坡脚出露一地层剖面(图 4 之插图),其岩性及沉积结构明显不同于 I 级阶地堆积物,显然是断坎形成后沉积的.该剖面底部亚砂土层的红外释光年龄为 3.7±0.6ka B.P.,表明断层 F₁ 在此之前活动过.

I 级阶地在断层 F_1 之北突变为堆积阶地, 高出沟底 2 m 左右. II 和 II 级阶地在断层 F_1 之北仍为基座阶地. II 级阶地高出沟底 15 ~ 18 m, II 级阶地高出沟床 26 ~ 30 m. II 级阶地堆积物下部为黄灰色冰水冲洪积砂砾层, 厚 4 ~ 5 m, 上部为灰黄色含砾亚砂土, 厚度小于 1 m. II 级阶地堆积物下部为灰色砂砾层, 厚 4 ~ 6 m, 上覆薄层黄土. 这 3 级阶地向北延伸不远均被断层 F_2 断错, 在地表形成近 NW 走向的断坎, 坡向北. 在沟西岸可见 II 级阶地基座面被断错(图 5), 垂直错距达 3.4 m. 基座为第三系油橙色厚层砾质砂岩与细砂砾互层, 产状为 $24^\circ \angle 86^\circ$. II 级阶地上部的灰黄色含砾亚砂土层亦被断错. II 级阶地在断层 F_2 之北延伸不远即转变为堆积阶地. II 级阶地仍为基座阶地. 这些阶地向北延伸在出山口均被 F_3 断错, 在 F_3 以北迅速与山前冲洪积戈壁面汇为一体(图 5).

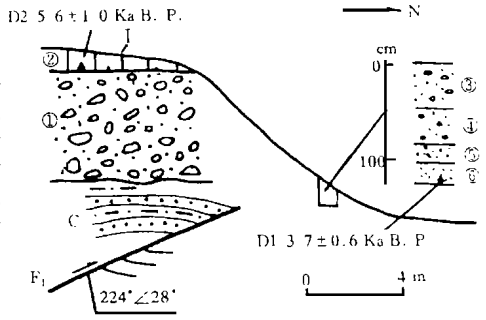


图 4 大黄沟北口南 I 级阶地断错剖面

Fig. 4 Profile of the faulted first terrace at north mouth of Dahuanggou gully in southeast Jiuxi basin.

C: 石炭系砂页岩; ① 富含砂土的砾石混杂堆积; ② 冰水黄土(含细砂砾); ③ 富含砾石之砂土; ④ 灰黄色泥砾; ⑤ 棕灰色含砾粗砂; ⑥ 偶含细砾亚砂土

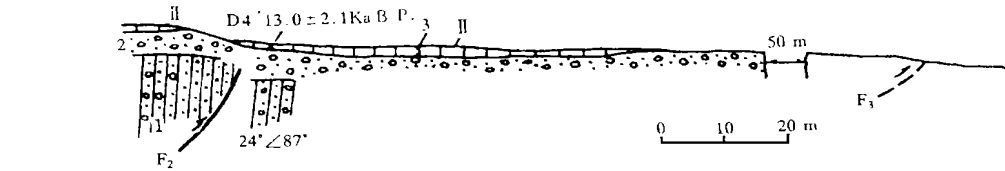


图 5 大黄沟北口 II 级阶地断错剖面

Fig. 5 Profile of the faulted second terrace at north mouth of Dahuanggou gully in southeast Jiuxi basin.

1 第三系碎屑岩; 2 黄灰色砂砾岩; 3 含砾亚砂土

4 阶地变形的定量研究

4.1 阶地形成年代的研究

阶地的形成年代是指先形成的宽谷河漫滩被抬升和下切, 最终超出最高洪水位而被废弃的时代. 如上所述, 酒西盆地地处干旱区, 阶地均为冰水冲洪积物. 由于缺乏可供 ^{14}C 等方法测年的物质, 我们用红外释光和热释光方法对这些阶地堆积物进行了系统测年*. 测年结果表明, 石油河阶地、白杨河阶地和大黄沟阶地被废弃、抬升的年代分别约为: 93, 70, 44, 29, 20, 13 和 5.6 ka B. P. 前后(表 1).

4.2 阶地的变形量

上面我们已详细地讨论了横穿活动背斜-逆断裂带的晚第四纪阶地的拱曲变形现象. 由于这些阶地大多连续性较差, 对于连续性较好的阶地来说, 在被拱曲抬升以后, 又遭受了强烈的侵蚀破坏和现代人工改造, 因此很难进行较精确的地形测量. 我们利用 1: 10 000 地形图和局部实测资料对阶地变形量进行了分析. 首先在地形图上求出该地的原始平均坡度(即未受构造运动影响的地形坡度), 用这一平均地形坡度去校正横跨活动背斜-逆断裂带的每一阶地地面地形剖面, 即得到校正至水平的阶地变形地形剖面曲线(图 2d, 3b). 由此可求得阶地自形成以来

* 国家地震局兰州地震研究所的石晓 菲同志协助采集了部分地质样品.

的拱曲幅度,此即该背斜-逆断裂带的累积抬升量。

由上述方法,我们得到了晚更新世初以来不同时期活动背斜-逆断裂带的抬升速率(表 1)。由于现今所测之地形面并非阶地原始沉积面,而是阶地被变形后保存的侵蚀面,而且阶地的一翼(在老君庙背斜区是北翼,在白杨河背斜区是南翼)现大多已被掩埋于山前冲洪积面之下。另一方面,表 1 中的阶地年龄是该阶地顶部堆积的沉积年代,因此要稍老于阶地形成年代。所以表中给出的背斜-逆断裂带抬升速率及阶地抬升速率是一极小值。

表 1 祁连山西段酒西盆地河流及冲沟阶地的形成年代及变形幅度

河流及冲沟	切穿之构造	阶地	阶地形成年代 (ka)	抬升幅度 (m)	抬升速率 (mm/a)
石油河	酒西盆地南部 老君庙背斜	VI	93	230	2.56
		V	70	180	2.57
		IV	44	120	2.73
		III	29(?)	70	2.41
		II	19(?)	30	1.58
		I	13	15	1.15
白杨河	酒西盆地中部 白杨河背斜	IV	70	41	0.58
		III	46	15	0.33
		II	29	10	0.34
		I	20	6.5	0.32
大黄沟	酒西盆地南缘 祁连山北缘断裂带	III	19(?)	38	2.00
		II	13	25	1.92
		I	5.6	11	1.96

从表 1 中可看出,晚更新世初以来,祁连山北缘大断裂仍有强烈活动,老君庙背斜和白杨河背斜的抬升速率总体上有减小的趋势。另外,邻近祁连山体一侧的构造变形强烈,远离山体构造变形渐弱。

5 结论与讨论

(1) 上述研究表明,祁连山西段酒西盆地早第四纪以挤压褶皱、逆冲为特征的构造变形在晚更新世期间乃至全新世仍继承性地进行着,表现为横穿活动背斜-逆断裂带的河流及冲沟阶地地面的形成、阶地类型的转变、阶地级数的增多和阶地面被断错或发生拱曲变形。这一变形过程反映了祁连山西段晚更新世初以来构造运动的脉动性。

(2) 通过对这些阶地结构和纵向微位相剖面的研究,可以获得有关背斜-逆断裂带的最新活动资料。祁连山北缘大断裂晚更新世晚期以来仍有强烈活动,其垂直运动速率约为 1.92 ~ 2.00 mm/a。老君庙背斜-逆断裂带在晚更新世初以来的垂直运动速率约为 1.15 ~ 2.56 mm/a。白杨河背斜-逆断裂带晚更新世初以来的垂直运动速率约为 0.32 ~ 0.58 mm/a。邻近祁连山体一侧的构造变形强烈,远离山体构造变形渐弱。

(3) 上述祁连山西段阶地变形所反映的最新构造变形特征在中国西部活动构造挤压区普

遍可见. 例如在天山北麓所有横穿活动背斜-逆断裂带的河流均发育有3~4级阶地. 这些阶地都发生了不同程度的拱曲变形 (Molnar et al., 1994; 张培震等, 1995; 杨晓平等, 1995)^[5, 6, 7]. 另外, 在喜马拉雅山南麓巴基斯坦 Peshawar Basin 的戈壁面上也发育有类似的构造变形 (Yeats, et al, 1989)^[8]. 国外在类似的活动挤压构造上发生中强地震的例子并不少见, 如美国加州的 Coalinga 地震 (M_S 6.5) 和阿尔及利亚的 El Asnam 地震 (M_S 7.3) (Stein et al., 1984, 1989)^[9, 10]. Stein 等称之为“褶皱地震”. 国内也有类似的例子, 如发生在南天山山前的 1987 年 1 月 24 日乌什 6.4 级地震, 发生在帕米尔-西昆仑山山前的 1985 年 8 月 23 日乌恰 7.4 级地震 (陈杰等, 1992)^[11] 及发生在北天山山前的 1906 年玛纳斯 7.7 级地震 (张培震等, 1994)^[12]. 这些“褶皱地震”具有以下特征: ①这些地震都发生在年轻的活动褶皱-逆断裂带之下. 主震往往由褶皱构造之下隐伏逆断裂的滑动引起. ②地震时的地表变形以褶皱隆起为主. 发震断层往往不在地表形成破裂, 或只形成极小的地表位移. 地表破裂长度远小于深部发震断层, 其滑动量大都消耗在地表褶皱的增长中. ③这些褶皱-逆断裂带第四纪活动强烈. 横穿褶皱-逆断裂带的河流阶地及现代河床均发生了拱曲变形或断错 (Stein et al., 1984, 1989; 陈杰等, 1992; 张培震等, 1994)^[9, 10, 11, 12].

酒西盆地北部曾于 1785 年发生了惠回堡地震 (M_S 6.0). 另外对阿尔金走滑断裂带东段古地震事件的研究表明 (国家地震局阿尔金活动断裂带课题组, 1992; 丁国瑜, 1995, 1996)^[13, 14, 15], 其古地震活动期与酒西盆地阶地被抬升、废弃的时期基本吻合. 由此看来, 不能排除祁连山西段未来有发生中强地震的可能性, 因此, 有必要开展更为细致的工作. 通过对这一地区的最新构造变形进行更加深入的研究, 不仅有助于对现代构造运动及相关地质灾害的认识和评估, 而且对于解决各种与此相关的工程建设问题也有实际意义. 本文仅对此进行了初步研究, 以期起到抛砖引玉的作用.

参考文献

- 1 国家地震局地质研究所, 国家地震局兰州地震研究所. 祁连山-河西走廊活动断裂系. 北京: 地震出版社, 1993.
- 2 陈志泰, 魏顺民, 戴华光, 向宏发. 祁连山-河西地区断层活动及其动力作用. 见: 中法合作活断层对比研究. 北京: 地震出版社, 1993. 29~50.
- 3 陈杰, 卢演侑, 丁国瑜. 祁连山西段及酒西盆地第四纪构造运动的阶段划分. 第四纪研究, 1996, (3): 263~271.
- 4 玉门油田石油地质志编写组. 玉门油田. 见: 中国石油地质志(13卷). 北京: 石油工业出版社, 1989. 53~57.
- 5 Molnar P, Brown E & Burchfiel B C, et al. Quaternary climate change and the formation of river terraces across growing anticlines on the north flank of the Tien Shan, China. Journal of Geology, 1994, (102): 583~602.
- 6 张培震, 邓起东, 杨晓平, 冯先岳, 彭斯震, 赵瑞斌. 天山北麓的冰水冲洪积地貌与新构造运动. 见: 活动断裂研究(4). 北京: 地震出版社, 1995. 63~78.
- 7 杨晓平, 邓起东, 张培震, 冯先岳, 彭斯震. 利用阶地变形资料研究北天山吐鲁谷逆断裂-背斜带晚更新世以来的褶皱变形特征. 见: 活动断裂研究(4). 北京: 地震出版社, 1995. 46~62.
- 8 Yeats R S and Hussain A. Zone of Late Quaternary deformation in the southern Peshawar Basin, Pakistan. Geological Society of America Special Paper 232, 1989. 265~274.
- 9 Stein R S and King G C P. Seismic potential revealed by surface folding; 1983 Coalinga, California, earthquake. Science 224, May 25, 1984. 869~872.
- 10 Stein R S and Yeats R S. Hidden earthquakes. Scientific American, June, 1989. 48~57.
- 11 陈杰, 南凌. 活动褶皱研究及其识别. 内陆地震, 1992, 6(1): 25~37.
- 12 张培震, 邓起东, 徐锡伟, 冯先岳, 彭斯震, 杨晓平, 赵瑞斌, 李军. 盲断裂、褶皱地震与新疆 1906 年玛纳斯地震. 地震地质, 1994, 16(3): 193~204.

- 13 国家地震局阿尔金活动断裂带课题组. 阿尔金活动断裂带. 北京: 地震出版社, 1992.
- 14 丁国瑜. 阿尔金活断层的古地震与分段. 第四纪研究, 1995, (2): 97~106.
- 15 Ding Guoyu. Paleoseismicity and rupture segments along the Altun fault in the past 22 ka. *Seismology and Geology*, 1996, 18 (suppl.): 38~48.

THE LATEST QUATERNARY TECTONIC DEFORMATION OF TERRACES OF JIUXI BASIN IN WEST QILIANSHAN MOUNTAINS

CHEN Jie LU Yanchou

(*Institute of Geology, SSB, Beijing 100029*)

DING Guoyu

(*Center for Analysis and Prediction, SSB, Beijing 100036*)

Abstract

The Jiuxi basin with several kilometers Cenozoic deposits in west Qilianshan mountains is located in the junction of the Tibet, Tarim and Alashan blocks. It is one of the regions which are characterized by strongly active folding and faulting with NW ~ NWW trend, where surface thrusts, blind thrusts and active folds are the main structural style. Tectonic deformation since early Quaternary has continued to the present time and is confirmed by warped and faulted stream terrace surfaces, and tilted flood deposits.

When the Shiyouhe river and Baiyanghe river have cut into the cores of the anticlines in the basin, different types and numbers of terraces have developed at different sites. The warping of river terraces demonstrates that anticline growth continues. These features obviously result from the intermittent folding and thrusting of the north Qilianshan fold-and-thrust wedge since the late Pleistocene.

Luminescence dating of sediments from these terraces demonstrates that the formation periods of terraces of Shiyouhe, Baiyanghe and Dahuanggou are at about 90, 70, 44, 29, 20, 13 and 5.6 ka B.P. respectively.

Amplitude and rate of terrace uplift are estimated, which represent the cumulative uplift rates of the fold-and-thrust belts. The uplift rates are larger near by the Qilianshan mountains than far away from it.

Key words Qilianshan mountains Tectonic basin, Neotectonic movement, Jiuxi basin, Active folding and faulting belt, Terrace deformation