

洒勒山滑坡的构造应力分析

张志安 吕鸿图 艾南山 马鸿良

(兰州大学地质地理系)

1983年3月7日,甘肃省东乡族自治县果园公社发生了一次后壁宽约750米、高220米左右的巨大滑坡,造成了严重的损失。为查明该滑坡形成的原因,对滑坡体本身及邻近地区进行了初步调查。现将其构造特征作如下讨论。

滑坡位于洮河支流那勒寺河中游北侧的洒勒山南坡。那勒寺河两侧山脉走向NEE或近EW。洒勒山顶峰高出河床300多米,南陡北缓。河床弯曲强烈,常与河岸或山脉走向近垂直。滑坡体两侧存在有四级阶地。

一、地质概况

(一) 区域地质特征

临夏—临洮广大区域,是在秦岭祁连山中间隆起带上发育起来的新生代盆地,主要由上新统临夏组(N_2L)岩系所组成。南北两侧为高峻的古老褶皱山系,北侧为北西走向的祁连山褶皱带;南侧为北西走向的秦岭褶皱带。临夏组与早成岩系呈断层或不整合接触。临夏组岩系在本区主要构成了一个宽缓的构造盆地,仅在局部边缘部位形成了走向平行盆地边缘的背斜构造,两翼倾角中常或平缓,属歪斜短轴褶皱,趋盆地中心,岩层倾角平缓或近水平。从整个构造盆地岩层产状显示,构造盆地中心约略位于东乡、临夏与和政三县址所圈定的范围内。

构造盆地外围,自前震旦纪构造旋回至印支构造旋回期间,沉积及变质岩系形成了北西及北西西向的褶皱、复式褶皱及断裂。复式褶皱两翼岩层产状正常或倒转,岩层倾角变化较大,自 30° — 80° 不等,大多遭同走向的规模巨大的断裂切割或破坏。于燕山构造旋回期间,本区北及东北部形成了局部的侏罗系和广泛的白垩系沉积,尤其东北部大面积出露,并存在着以康家峡向斜为代表的褶皱构造,走向NNW,东翼倾角缓,为 15° — 20° ,西翼较陡,为 35° — 50° ,呈一轴面向东倾斜的短轴歪斜褶皱形式。此向斜以南的大片地区,白垩系岩层即转为向盆地内部(西南)单式倾斜。

喜马拉雅山构造旋回期间,较显著的褶皱构造发育于构造盆地西南部及西北部。如西部银川沟背斜,由上新世地层组成,走向NNE,东陡西缓;又如西南部的银滩庄背斜,轴向NW,东北陡西南缓,西南侧并被断层所破坏。总之,轴面均有向盆地外侧倾斜的规律。其它地区,如临洮县址近郊洮河两侧,从产状总的分布趋势,主要向洮河方向倾斜,倾角自 5° — 40° 不等。本旋回期内,断裂较为发育。如盆地与秦岭褶皱带间

的太子山逆断层，规模巨大，为二构造单元之间的分界线，使上新统临夏组与上古生界地层呈断层接触。断层走向NW310°，倾向南西，倾角一般在45°左右。该断层有较长久的发展历史，最近一次剧烈活动即在本期构造旋回内，致使临夏组岩层发生了褶皱。又如盆地西及西北部王哥集附近，一逆断层使上新统与下白垩统及加里东中期石英英闪长岩之间呈断层接触。断层走向NE20°，倾向北西，倾角40°—60°左右。盆地北缘三条岷附近，另一逆断层使上新统与上三迭统及下白垩统呈断层接触，断层走向近东西，倾向北，倾角28°—70°不等。东北部洮河西侧的黑石山，加里东期花岗岩由北至南与下白垩统及上新统呈逆断层接触，断层走向北北西，倾向北东，倾角50°—65°之间。总结喜马拉雅山构造旋回时期大规模断裂构造可以看出，无论是继承性的抑或是新生的，均位于新生代临夏构造盆地之边缘，略呈包围之状；同时，断裂面均向外围倾斜，一致地显示受挤压作用，呈逆断层性质。

（二）滑坡区地层

综合滑坡两侧，出露岩性自下而上如下：

1. 淡紫红色泥岩，偶夹灰绿色薄层状或条带状泥灰岩，未见底；
2. 砖红色砂质泥岩、夹砂岩及砂砾岩，泥质胶结，砾石直径0.5—1厘米左右，个别达4厘米，扁平砾石具定向排列；
3. 紫红色泥岩、砂岩，内夹钙质砂砾团块层；
4. 灰黑色砾岩，钙质胶结，粒径大多3—5厘米，厚约3米；
5. 橘红色粉砂质泥岩，泥质胶结，内部节理发育；
6. 灰黄色砾岩，泥质胶结，厚约2—3米，砾石主要为灰岩。
7. 褐黄色石质黄土，质地较松散；
8. 土黄色黄土，质地松散。

根据与临夏组区域地层对比，本区除下部地层（1）可能属 N_2L_3 外，大多（2—5）属 N_2L_4 岩系。上部以微角度不整合覆有 O_{1+2} 石质黄土。最上部为 Q_3^2 风积黄土。

（三）滑坡区构造

1. 阳洼断裂。位于滑坡东侧阳洼庄沟内，断裂发生在 N_2L_3 岩层中，使淡紫红色泥岩与砖红色砂质泥岩呈断层接触。该断层走向SE95°，倾角60°左右，断距约10米左右。该断裂往西约150米处的同走向线上，三级阶地冲积层及耕作层，经滑坡发生，业已形成明显的张裂隙或次级雁行状破裂，此无论在平面上或沟壁上，均清晰可见。该断裂之南约40米处，见 N_2L_3 砾岩与淡紫红色泥岩呈断层接触，砾石扁平面走向近东西，倾角近直立，它指示该断裂产状与前述断裂产状相近。另外，此沟两侧地层难以对照，推测沿谷有一近南北向的隐伏断裂存在。

2. 洒勒裂隙密集带。于洒勒村西侧胡朗沟等冲沟内，一密集张裂隙带发育于 N_2L_3 紫红色砂质泥岩内。该带宽7—8米左右，张裂隙计有15—20条左右。裂隙内充填有次生黄土，它呈平行裂面的片状排列，可见是多次张开的结果。裂隙一般宽1—1.5厘米，偶呈宽10—15厘米的纺锤状或扁豆状。张裂隙产状倾向SE170°，倾角72°。此裂隙带之北约50米处，在紫红色泥岩内，发育有成串的呈东西向延伸的三角面，三角面倾向南，倾角约60°左右。这又是一组张裂隙带在地貌上的反映。

3. 滑坡区上新统红色岩系呈平缓的单斜产状, 倾向NNE或NNW, 倾角 5° — 12° , 与地形坡向相反。

三、航空像片判析

(一) 古滑坡分析

在那勒寺河北侧, 多处发现古滑坡的存在, 其主要影象标志是山脊线两侧双沟同源明显, 沟谷切割很深, 滑坡体后部壁高且陡, 迫使河道向外突出, 滑坡周界呈簸箕形, 环谷似圈椅状。

(二) 本滑坡区构造裂隙在航片上的反映及其分布特点

航片上所显示的线性体, 实际是一种构造裂隙的反映。这里主要影象标志如下:

1. 以山脊线为界, 北侧沟谷粗壮稀少, 南侧密集细小, 二者均显示等距平行的特点。这种呈线性负地形影象, 与山区普通冲沟迥然不同, 自成一格。

2. 山脊线两侧节理的展布, 说明节理密度与规模呈反比关系, 即节理级别越大, 其间隔也越大。

3. 山脊南侧细密节理向南延伸约600多米后, 被一条呈等高延伸的线性体所截; 再向南约800多米时, 又被一系列转弯不自然的水系拐点(多个拐点联线也呈等高延伸)所截。二者与山脊线近似平行, 此非偶然。

4. 以山脊为界, 两侧出现一系列的对头沟, 反映此山脊为一条活动的线性体。

5. 第一条等高延伸的线性体两侧, 同样出现对头和对口沟, 这决非偶然现象, 表明裂隙的控制作用。

三、构造应力场分析

据新近的研究揭示, 水系的方向不是一种随机现象, 它们具有系统性, 且受区域构造应力场控制, 由全球性板块构造所决定, 因而, 可分析研究本区域水系的排列方向, 推求区域构造应力场。

过去, 曾用科尔贝克—沙伊德格尔(Kohlbock—Scheidegger)统计分析方法计算水系排列的优势方向, 这个目前国内一般计算机上很难实现。余庆余等根据水系优势方向是内营力系统性表现这一特征, 发现更恰当的方法不是采用研究随机现象的参数估计方法, 而应采用研究系统性规律的确定性数学方法, 并为这一新的方法编制了相应的程序。

运用水系研究应力场已形成了一套完整方法。为此, 我们根据兰州以南临夏地区的水系图, 将河流的自由端点或干、支流的交汇点作为结点, 然后将这些结点连接起来, 将弯曲的河道交成了折线, 图1就是研究区水系折线图。对各线段自北起在 0° — 180° 范围内测量它们的方位作为该河段的走向, 将该线段的长度定义为相应的权重。这样每条线段可用两个量(方位角和长度)来表示, 全部505个河段(总长34,040公里)就形成了505个包含两个变量(α 、 L)的序对集。将这些数据输入省计算中心的WANG—2000T

型计算机进行计算，并在其控制的平板绘图仪上作出水系分布玫瑰图（图2）。又用余庆余等编制的新程序，输入兰州大学DJ-21型计算机，求出两个优势方位，即

$$\text{Max I: } 80^\circ \quad \text{Max II: } 175^\circ$$

如果将河谷优势方向视为沿构造应力场作用下发育的一组剪切面方位，那么它们就是压应力为NE38°的区域应力场作用的结果。

这个结果是与我们用震源机制、大地测量、宏观地震断裂和水系等资料研究陕、甘、宁、青构造应力场的结果是符合的。在板块内，应力方位的变化应是连续的，80°和175°这两组方位在西北地区是广泛发育的，在青海、甘肃的河湖结构上有体现，其优势方位为88°和163°，在祁连山冷龙岭的冰川分布上也有体现，它们是89°或75°和165°。因而可以推断，如果滑坡地区也受到这一构造应力场影响的话，它们的优势剪切破裂方位也必然是近似于这个方位。

为此，在滑坡体两侧的上新统红色岩系中，测量了45个节理产状。根据沙伊德格尔研究，节理是构造应力场作用下的剪切破裂面，将这些资料输入WANG-2000T型计算机，由该机控制的平板绘图仪画出节理等密度图（图3）。图3中出现两个主要密集点，由于这些节理都是高倾角的，所以也可以画出玫瑰图（图4）。它们都显示出节理的优势走向。再通过赵镇新设计的程序，用计算机计算它们的优势“平均”方位，其产状为倾向NE3°，倾角85°和倾向NE75°，倾角80°，即相当于走向为SE92°和165°，可计算出区域应力场主压力方向为N38°E。两者都与河流的优势方向相近。

另外，对临夏地区大规模的断裂亦用上述方法作玫瑰花图（图5），其走向分别为NE85°和SE175°，计算出主压应力方向为N40°E。

总之，无论节理还是大规模的断裂，其形成的应力方位与形成本区水系的应力方位（P=37°，T=127°）相近，差异性的存在，仅属于地区性的变化。也就是说本区发育的近东西和近南北向的断裂是受区域应力场控制的。

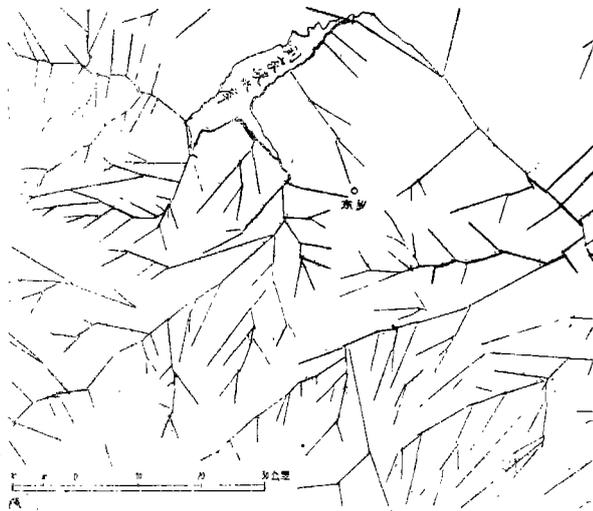


图1 临夏地区水系折线图

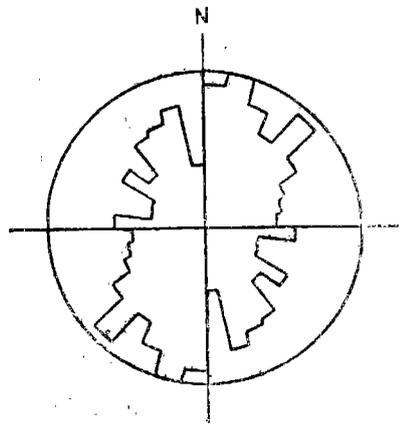


图2 临夏地区水系玫瑰图

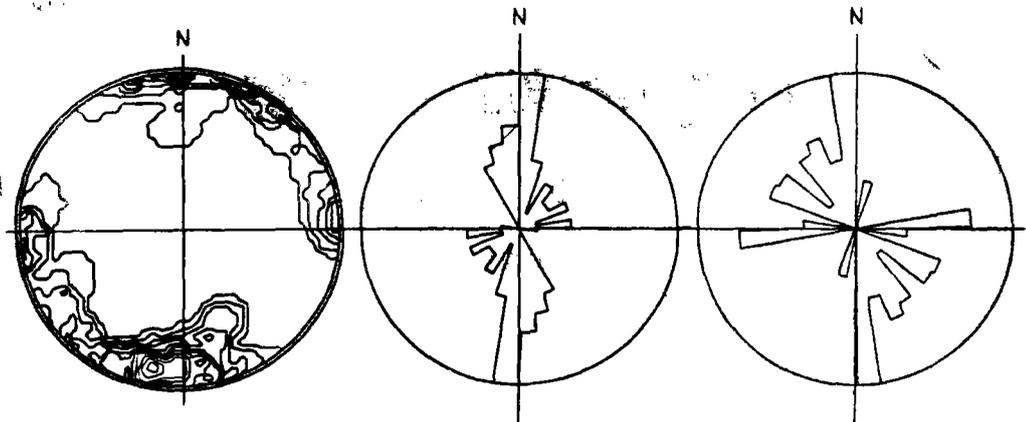


图3 东乡地区节理等密度图

图4 东乡地区节理玫瑰图

图5 临夏地区断裂分布玫瑰图

四、滑坡体外围变形规律

由于滑坡体强烈的扭错和挤压作用，导致滑坡体及松散堆积物外围地段发生了显著的变形。

(一) 张裂隙

滑坡体外围张裂隙随处可见，影响宽度自30米至70米不等。

1. 东侧张裂隙走向主要有两个方位：于第一平台东侧，发育一组走向 $SE163^\circ$ 的折线状或平缓波状的张裂隙，倾角近直立，与滑体运动方向近于一致；其它部位主要发育有与滑坡体运动方向斜交的张裂隙，该裂隙系统走向 $SE135^\circ$ 左右，倾角近直立，呈楔形，且常发生西南侧下降的垂直位移，最大位移量可达80厘米左右。张裂隙有时以次一级裂隙呈雁行状排列，无论在平面上还是在剖面上均表现为左列型式。这样既反映了滑坡与围体的相对扭动，同时也反映出同一张裂隙曾遭受到顺时针的剪切作用。

2. 两侧张裂隙主要亦为斜交形式，但走向已发生改变，主要走向为 $NE20^\circ$ 左右。不同之处在于这组张裂隙有时是追踪两组（ $NE65^\circ$ 和 $SE150^\circ$ ）裂隙而发育的，这时裂面平直。偶然还可见到裂隙呈帚状展布，北部收敛，向西南撒开，可能与底部阻挡而造成的扭动有关。

3. 后壁外缘张裂隙主要出露于东西两端，走向 $NE70^\circ-80^\circ$ 左右，倾角近直立。其共同特点是至末端发生连续性的强烈弯曲，即与簸形滑动弯曲面平行一致。

(二) 波形构造

这类变形仅发育于第一封闭凹地东侧外围的局部地段，表现在地表形成波浪形弯曲面，波峰浑圆状，高20—30厘米，宽1米左右，波长1—4米不等。其波脊走向 $NE30^\circ-40^\circ$ 左右。

从上述资料分析可以看出，该滑坡体的形成与发展，与区域构造应力场形成的断裂构造有着密切的联系，滑坡体运动方向为SSE，且切入上新统红色岩系之内。