

构造条件和岩性是洒勒山滑坡的主导因素

余文蔚

(兰州大学地质地理系)

滑坡是组成斜坡的岩层、土体在重力作用下，缓慢地、有时是急剧地沿着一定的软弱面（带）向下滑移的一种变形现象和作用。它是山区和黄土地区最常见的不良地质现象之一。它的存在和发展，严重地影响着人民生命财产的安全。近年来，在甘肃省境内，曾多次发生过巨型的滑坡，如：舟曲滑坡，迫使白龙江断流；兰州市西固区的金沟滑坡，摧毁了村庄，破坏了耕地；铁路沿线，水库两岸也累累发生山坡变形和滑动，给工程建设造成困难和损失。

今年3月7日下午5点46分46.5秒发生在东乡洒勒山的滑坡，其规模之大、方量之多、速度之快，是极为罕见的。一分多钟内，果园公社辖属的洒勒、新庄、苦顺、达浪4个生产队被掩埋，公路被摧毁，河道被堵塞，水库被淤填，3,000余亩耕地被破坏，200余人丧生，鸡犬牲畜也无幸存。滑坡引起的震动，相当于1.4级地震。

一、滑坡区的自然、地质概况

洒勒山滑坡，位于甘肃省东乡族自治县果园公社洒勒山主峰南坡，面临那勒寺河。河流流向由西向东与洒勒山脊走向平行，两岸分布有四级基座阶地。河谷宽600—900米，旱季河水流量0.22立方米/秒，雨季洪水流量达数百立方米/秒。河床面高程为1,950米，洒勒山主峰高程为2,283米，相对高差为313米。村庄大部分布于Ⅰ、Ⅱ级阶地上，临洮至东乡的简易公路在Ⅱ级阶地后缘通过。那勒寺河主流原靠北岸弯曲，后因修建水库改移河道，现已紧靠南岸顺直通过。北岸河漫滩地势平坦，已辟为大片耕地，下游修建有九二水库和王家水库，两库相连。九二水库坝高7米，总库容40万立方米；王家水库坝高13米，总库容60万立方米。Ⅰ级阶地高程1,975米，Ⅱ级阶地高程1,990米，Ⅲ级阶地高程2,020米，Ⅳ级阶地高程2,090米。滑坡东西两侧有南北向冲沟，切割深度5—15米，原始地形坡度 40° — 45° 。本区属强烈切割的黄土梁峁区。

洒勒山山体上部普遍覆盖有上更新统的风成马兰黄土 (Q_{2-1})，浅黄色，松散，具有大孔隙及湿陷性，透水，分布在山脊及梁峁处，厚约60米；中部为中更新统 (Q_{2-2}) 石质黄土，冲积相，红黄色，垂直节理发育，干燥状态坚硬，不透水，估计厚度80—100米；下为半胶结的砂砾石层，透水性良好（该地区因靠近青藏高原，受到影响，地层有缺失，特别是第三纪与第四纪间），其下为第三系临夏统的橘红色泥岩，潮湿状态，颜色较深，致密而坚硬，层理明显，裂隙发育，岩体被切割成菱形块状，遇

水易软化、泥化；底部为紫红色泥岩夹灰绿色泥灰岩（薄层），砂砾岩呈透镜体相夹其中（ N_2L_3 ）， α 型节理发育，致密、坚硬，产状平缓，一般在 $5^\circ-8^\circ$ ，向南倾斜。透镜体厚度2—4米，砾石磨圆度较好，含水。此层厚度98--444米。

橘红色泥岩出露于Ⅳ级阶地的老滑坡陡坎上及东西两沟的沟壁。紫红色泥岩出露于东西两沟的沟底，九二水库岸边，Ⅰ、Ⅲ级阶地下部，向东至果园公社，向西至东乡县公路两侧和那勒寺河两岸，均能普遍见到。滑坡区岩性和产状均表现了较明显的混乱和破碎现象。

从地貌上看，本地区是一个古滑坡群，滑坡沿平行山脊呈带状分布；就规模而言，远比本次滑坡为小。从果园公社至那勒寺河的数公里地段内，山坡上发现有多处三角面，尤以滑坡西面更为明显。三角面几乎同处一个高度，可用直线相连。滑坡东侧金鸡沟第三系泥岩内发现有东西向的断裂面，西侧朗朗沟也发现近东西向的断裂多条。裂隙面在橘红色的泥岩中并充填有黄土，宽约5厘米，平行排列。东西两侧山体上均发现有此方向的裂缝，延伸较长。从航片上得知，滑坡区在高程2,020米和2,090米附近存在有两条正断层，其产状与山脊平行，为高角度、阶梯式断层。断层面北侧为下盘，相对上升；南侧为上盘，相对下降。整个断层面倾向河谷，形成时代为第三纪末期，受青藏高原隆升运动的影响所致。此两断层东西延伸达数公里，老滑坡群及多处三角面的形成均与其有关；泥岩中的断裂方向及山体裂缝的发展方向，都受此组断裂的控制。上游老庄水库即因此断层影响而未能兴建。

本地区新构造运动也十分强烈。大面积的抬升运动，形成了那勒寺河两岸的四级阶地，在果园公社附近及滑坡周界的河谷中发展砾石层有被错断和倾斜的迹象。

从卫片解释图上看，那勒寺河即沿着断裂带通过。果园公社附近的沟口有南北向的断层存在，洒勒山山体近南北向的冲沟很发育，河西系北北西向的断裂在整个临夏构造盆地中都是起控制作用的。

本区基本属半干旱地区，地下水集中分布于河漫滩及Ⅰ级阶地的冲积、洪积层内。含水层为砂砾石，水质较好，能饮用。其补给来源除上游河水及地下径流外，两岸支沟径流也是补给来源之一。

洒勒山上部马兰黄土具有透水性。石质黄土不透水，但垂直节理发育，破碎，在有补给条件时，也可形成为含水层。半胶结的砂砾层因分布高程较高，只能是透水层而不能形成含水层。下部第三系泥岩及所夹透镜体，因被两组以上断裂面切割，地下水在该层产生渗流运动。裂隙密集带和砂砾岩透镜体均是主要含水层。大气降水通过新黄土、石质黄土至砂砾层，并沿断裂面渗入第三系红色泥岩及砂砾岩透镜体，因而水量不大，且矿化度较高。滑坡体东西两侧冲沟沟脑陡坎下，分别有被切割出露的下降泉，出水地层为薄层砂砾层。经实地观测，东泉高程2,060米，流量 $Q=250$ 毫升/分；西泉高程2,070米，流量 $Q=2,000$ 毫升/分。据调查。滑坡体内原山坡上有两条冲沟（已被滑落），在沟脑黄土与第三系泥岩接触面上有泉水出露，流量甚微。上述泉水矿化度 >3 克/升，水质苦咸，不能饮用。Ⅱ级阶地后缘有水井，但水量小，矿化度高，亦不能饮用。

山坡表层黄土内，陷穴极为发育，到处可见，洒勒山南、北坡均有分布，尤以冲沟沟脑更为集中，呈串珠状和蜂窝状，深度较大。底部多有暗洞相连，直径一般0.3—1.0

米不等。它起着拦截和聚集地表径流，并使之迅速排泄下渗的不良作用。

二、滑坡的基本特征

滑坡体由北向南逐渐散开呈扇状。上窄下宽，上部（北）宽700米，下部（南）宽1.6公里，南北长1.7公里（包括覆盖部分）。表面高低起伏不平。后缘滑坡陡壁（滑坡体后部和母体脱开的分界暴露在外表的部分），呈圈椅状，高220米；上陡下缓，坡度上75°，中60°，下45°；顶宽600米，底宽700—800米；表面光滑，具有由北向南的擦痕。封闭洼地呈扁椭圆状，四周略高，中间较低，长约100—200米，宽40—50米，深20—30米。东西两侧有槽形地带（系原冲沟滑动后的遗痕，低于周围地段约10米）。洼地南侧与第Ⅰ滑坡平台相连，平台高约60米，呈东西向展布约500米宽。南坡陡而北坡缓，南北长100—200米，上部见有保留完整的东西向的拉张裂隙。地面有许多醉林（大部向北倾斜），具明显的崩塌滑落特征。滑落物中有被切割呈大块的第三系橘红色泥岩和黄土两部分。向南，缓坡与第Ⅰ滑坡平台相连，平台表面起伏不平，规模较大。缓坡上有许多树木东倒西歪，一直平缓伸向对岸，并向东西两侧散开。前缘滑舌宽100—150米。第Ⅰ平台与Ⅱ平台之间，在东西滑槽边缘见第三系红层被挤出。由于强大的推动力，使得位于第Ⅱ级阶地后缘的公路向南推移（错断）达41米。

由于滑坡区的原始地形的高差、坡度不同，滑坡在滑动时，各部分向下滑动的速度和受力情况也有所不同。因而，滑坡陡壁后缘山顶上发现有近东西向的拉张裂隙多条，宽约20—50厘米，现仍在不断继续加宽加长。最外一条裂缝已出现错台。目前裂缝仍有向北发展的趋势。东侧边缘原苦顺生产队附近及西侧边缘原清真寺附近，发现有数十条剪切裂隙，其产状大致与滑动方向平行；两侧伴有羽毛状平行排列的次一级裂隙。苦顺村东侧的裂隙较为密集，部分呈斜交。在达浪台地的西北方滑坡边缘的河滩地上和地埂上，发现有鼓胀裂隙，系因滑体受阻，土体隆起所致，其产状垂直于滑坡方向，深度较浅。在伸向南岸的滑体最前端——河漫滩耕地有被翻卷及隆起现象，并大量出现有鼓胀裂隙及扇形张裂隙，其走向分别为320°、350°、355°。

根据现场观察，结合原始地形的估算，滑动体南北平均长1.6公里，东西平均宽0.8公里，平均厚度近30米，滑动面积约为1.3平方公里，滑动体的总土石方量约4,200万立方米左右。

该滑坡具有速度快、距离长、方量多、能量大、破坏力强等特征。滑动体纵向可分为东、中、西三部分：中部为主滑块体，主滑方向为 $350^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ，主滑线（即滑坡体滑动速度最快的纵向线）在南岸Ⅱ级阶地伸向河滩的达浪村尖咀以东50米。前舌有大量第三系红色泥岩被翻卷露于地表，其西边界在达浪村尖咀阶地以西50米。东边界在九二水库尾的Ⅱ级阶地突出尖咀以西。上述东西边界的证据是：两个尖咀阶地中的窑洞均未受到挤压变形，现仍保存完好。中部主滑体，将老公路以南Ⅱ级阶地前缘的新村生产队的全部房舍、果树推移至那勒寺河南岸，并阻塞了河道（清理河道中已挖出新庄生产队的自行车可证）。推移土体在达浪村尖咀处被分割成东西两部分，东部直抵南岸，西部堆积北岸岸边。以新庄生产队推移距离估算，主滑体滑移距离应为800米左右。在主滑块体脱

离山体冲向南岸时，必然对东西两侧产生巨大的排挤动力，其力的方向在西侧为西南方向，在东侧为东南方向。因而使东西两侧的山梁受到冲击影响，形成与推挤方向平行延展的张开裂隙，往往十余条密集成带，裂隙宽达几厘米至十几厘米不等，向两侧方向逐渐消失。东侧块体使苦顺生产队淹埋于九二水库之中，冲出距离达400余米；西侧块体使洒勒生产队大部掀埋于西南方向50余米处（清真寺的砖瓦及寺后大树的移动可证）。

此滑坡在横向上也可分为北、中、南三部分：北部从滑坡陡壁、封闭洼地至第Ⅰ滑坡平台，此段从滑动体的物质中可以清楚看出是分水岭一带的土体滑落物，其中有大块的第三系泥岩堆积于西侧，反映出此段系以崩塌滑落运动为主；中部从第Ⅰ滑坡平台以南的缓坡至新庄生产队以南的原Ⅰ级阶地，此段从滑动体上可以看出，经过滑动的土体虽然疏松，但仍能辨认出原始地面朝北倾斜，树木仅是歪斜，反映出此段系以剪切滑动为主；下部从Ⅰ级阶地至河漫滩，此段可见九二水库中的散落物是越过Ⅱ级阶地飞落的，但仍保持原地面特征，屋舍、房梁、树木以及埋在土层中的人和牲畜均能在滑体表面看到，从Ⅳ级阶地滑落的一棵由幸存夫妇合抱的大树仍直立于滑体中。挖出的家具、物品，也能辨认出是谁家的，毫无混杂紊乱现象，反映出此段系以推动力为主造成的（参看滑坡平面示意图）。

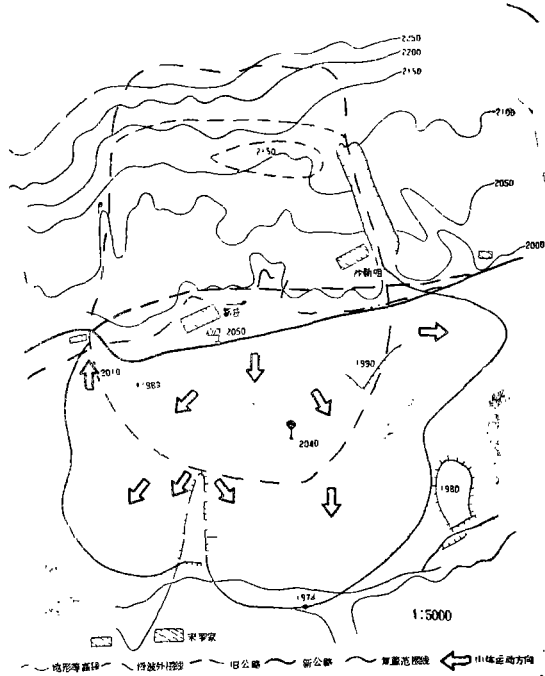


图1 洒勒山滑坡平面示意图

三、滑坡机制分析

滑坡的发生和发展，是极其错综复杂的，影响的因素也很多，其中内在因素是先决条件，外在因素只有通过内在因素方能起破坏作用或促进作用。

本区北北西向的断裂发育，洒勒山南北向的冲沟数十条都是受着此组断裂的控制沿软弱破碎的构造部位而形成的。滑坡东西两侧的周界即两条较大的冲沟，沟底均有红层出露。西侧冲沟的红层中发现有南北向的垂直裂隙，构成了滑坡体的侧向切割面与北北西向断裂、垂直的近东西向的张性断裂，在本区也是极为发育的。洒勒山南坡的古滑坡群就是受此组断裂的控制并沿其带状出现的。附近地段岩层破碎、产状紊乱，即可证明这一点。滑坡陡壁后缘山顶的拉张裂缝也是因此形成。它构成了这次滑坡的横向切割面。就地层而言，山体上部覆盖着巨厚的新老黄土，下部为第三系红色粘土岩夹砂砾岩透镜体及浅绿色的泥灰岩。粘土岩中含有较多的粘土矿物，且具有层理和软弱结构面，因而具有明显的亲水性和各向异性的力学性质。特别是基底，由粘土岩组成的斜坡是极易滑动的，它与

泥灰岩的接触面, 橘红色粘土岩与紫红色粘土岩的接触面, 粘土岩中的层间挤压面, 都是易滑面。

在上述构造、岩性的特定条件下, 地下水的的作用是加速和促进山体变形失稳, 沿不良结构面滑动的不可忽视的因素。大气降水通过马兰黄土, 沿石质黄土中的垂直节理下渗至第三系红层被阻, 储存聚集在红层顶部的薄层砂砾石层中, 并对红层产生了浸润、溶解、软化、泥化等作用。由于静水压力的作用, 使地下水产生了渗流运动。地下水的渗流往往在沟脑陡坎下的地层接触面上便以泉水形式排泄出露, 同时还沿着裂隙面、层间挤压面、断层面、老滑坡面运动, 使原有的岩土和岩体结构受到破坏, 甚至使基岩化学成分发生显著变化, 降低岩土的抗剪强度, 促使滑坡发生。然而, 本区属半干旱地区, 年降雨量在400毫米左右, 大气降水对地下水的补给量是不多的, 加上巨厚的黄土覆盖, 渗入基岩时已为数甚微。何况, 滑坡发生时间并非雨季。因此, 人为因素的影响必须予以充分考虑。那勒寺河流经本区, 主流原冲刷北岸, 使河流阶地的基座泥岩受浸润潮湿、软化; 加之与河争地河流改道, 修建水库蓄水, 地表、地下水位发生变化, 破坏了自然平衡。去冬今春连降几次大雪, 融化下渗, 增加了地下水补给量。滑坡两侧的支沟口, 群众修筑了淤地坝, 拦截洪流和泉水, 就水淤地, 植树造林, 因此水流不能排入河内而渗入地下, 又抬高了地下水位。Ⅱ级阶地上又发展了提灌工程, 有的提到了老滑坡台地上, 灌溉回归水也抬高了地下水位。由于地下水位的抬高, 影响了山体斜坡的稳定性, 对滑坡起到了牵动作用。

综上所述, 造成西勒山山体滑动的原因, 是多种因素的综合, 特定的构造条件和岩土性质是主要的, 地下水的运动起到了加速和促进滑坡滑动的积极作用。

四、结 语

从现场考察获得的资料分析, 滑坡东西边缘的冲沟内有第三系红色泥岩分布, Ⅳ级阶地上的老滑坡陡坎上第三系红层裸露, 滑坡堆积物中见到大量第三系红色泥岩滑碎体, 滑坡前缘有被翻卷的第三系红色泥岩, 这些都说明滑动面已切入第三系红层。滑坡体是沿着一个圆弧形滑动面下滑的, 而滑动面又是沿着第三系红色泥岩中的不良结构面发展的。由于第三系红色泥岩的滑动, 带动了上覆的深厚黄土层崩落滑移。因此, 该滑坡应属于基岩滑坡。

从滑落物体的静象分析, 土体、房舍、树木、草皮等大部保持原地面形态, 尤其是Ⅳ级阶地上滑移至河漫滩的一棵大树, 目前尚挺拔直立在那里, 有夫妇俩合抱此树随土流而下, 滑移近1,000米未受损伤。因此说明该滑坡是基底式的整体滑动。又由于滑动面呈圆弧形, 滑动体沿圆弧转动, 故又可称为转动式滑坡。

上述类型的滑坡, 其特征是滑动面的最低点应低于滑坡出口的地面, 因此, 该滑坡的出口不应在Ⅰ、Ⅱ级阶地上而应在河漫滩中(参看滑坡纵剖面示意图)。

该滑坡经历了从蠕滑—后缘受拉—潜在剪切面剪切扰动三个过程。当Ⅰ、Ⅱ级阶地向坡下蠕滑时, 后缘产生拉应力, 而后缘山体早已发育有陡倾坡内的软弱结构面, 因而拉裂更易发生。后缘被拉裂后, 造成潜在剪切面上的剪应力集中, 促进了最大剪应

性较大的地区应设点专人定期进行观测、记录，及时预报，对先进的一些监测手段要引进推广，不断提高预测质量。

2. 从果园公社至那勒寺地段内，新老滑坡成群分布，范围大小不等，建议立即组织专业人员进行勘察，建立预测网；不安全地带的村、户要规划搬迁。果园公社后山和胡朗沟山顶，目前均已发现裂缝多条，并正在发展延伸中，有关部门要严加监视，并有计划地组织社员搬迁。

3. 洒勒山滑坡，现虽处于稳定阶段，但滑坡现场必须进行彻底根治。滑坡后缘陡壁山顶20—30米地段内，存在有东西向的拉张裂缝多条，其宽约20—50厘米，并处于加宽、加深的扩展中；最外缘已有错台出现。在高度210米的陡壁上，不时发生土体崩落现象。在雨季前，如不及时采取措施，还会导致更大规模的土体滑落。建议在陡壁后缘不稳定地段，削缓坡度，清理危险体，如工程量较大，一时无法组织力量清理，必须专人定点进行观测，及时报告裂缝发展情况，采取果断的必要的措施。据初步估算，滑坡陡壁高210米×长600米×厚30米，最大坍滑量可达近400万立方米。

4. 滑坡陡壁前的封闭洼地，长约200—300米，宽约40—50米，深10—20米，雨季有聚水可能。一则聚水下渗，可引起滑动体的局部滑动，特别对南临的反坡平台，有直接影响；二则聚水冲开，两侧槽地疏松土层可能发生泥石流灾害，影响下面的公路，危及农田基本建设。滑坡东西两侧的两大冲沟，土层松散，在地表径流的作用下，也可能造成严重的泥石流灾害。建议将陡壁削坡土料填平封闭洼地，整治地表径流，防止泥石流危害。

5、东西两侧泉水，特别是西泉，其流量达100—200立方米/昼夜，长期聚积下渗，对滑体也有严重影响。建议对泉水进行整治，疏通引流，排出滑体以外，或在泉水出露处进行清理，浆砌片石围圈，投放砂砾石，防止漫流。

6、新村建筑区必须选择在稳定地段为宜。滑坡体内土质松软，地基均需工程处理才能修建。为避免滑坡后缘陡壁的威胁，位置越向南越安全，在现“指挥部”以南100米为好。但经济投资较大，工期较长，需斟酌考虑。那勒寺河南岸平台及达浪台地尖咀可作为建筑区选择方案。