

断层是洒勒山滑坡的基础 水和土体重力是它的决定因素

查 小 刚

(国家地震局兰州地震研究所)

1983年3月7日17时46分46.5秒,在甘肃省东乡族自治县果园公社境内,那勒寺河北岸的洒勒山南麓(N: 35°33'40"; E: 103°35'10"),发生了一次大型高速滑坡。它掩埋了洒勒、新庄、苦顺三个生产队,毁房580多间,220人(不包括过路行人)被山体压埋,22人身负重伤,损失大牲畜153头,羊280只。九二水库大部被土体覆盖,王家水库严重受损,毁耕地3,000余亩。

这次滑坡是近年来我国发生的一次规模较大的滑坡,它具有滑动速度快、稳定迅速、能量大、滑体内运动复杂、前兆现象明显等特点。

在滑动之前,当地群众有不同程度觉察,果园公社在3月4日也作了相应的决定。只因认识不足,未能更多的减少这次自然灾害所带来的损失。

一、自然地理条件

本区处于青藏高原隆起东北边缘地带,在地形上,东北及西南高。东北有北西走向的马衔山—兴隆山,西南有北西西走向的太子山,它们海拔高度均在3,000米以上。中部地势较低,海拔2,000—2,400米,属黄土丘陵地区,其间有黄河及其支流大夏河、洮河(图1)。

区内植被稀疏,黄土丘陵地区沟壑纵横,水土流失严重。

这一带属半干旱大陆性气候,日温差大。降水集中在7—9月,约占全年降水量的70%。多年平均降水量484.1毫米。1978—1979年为丰水年,特别是1979年,年降水量649.5毫米,7—9月降水量达509毫米(广河县气象台资料,图2)。

二、地质构造及地貌

1. 区域地质构造及地貌

本区处于北西向马衔山—兴隆山和北西西向太子山断裂带之间的新生代宽阔向斜盆地(临夏盆地)内,“从盆地边缘至中心,地层由倾斜逐渐转为水平,盆地中心大致位于东乡、和政、广河三县之间”。

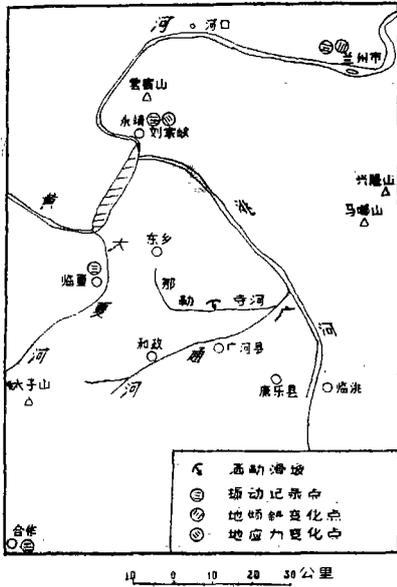


图1 滑坡位置及地震台分布图

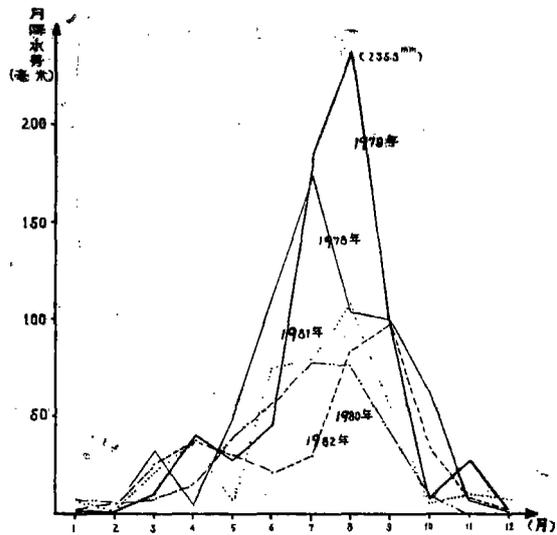


图2 1978—1982年月降水曲线

盆地内，除接受上新统临夏组 (N_2) 沉积外，还接受了更新统的沉积。盆地内断裂、褶皱不发育，卫片上仅沿那勒寺河有呈近东西向张性断裂的显示。区内突出表现为大面积上升运动，河流下切强烈，阶地发育，冲沟密布。黄河有 V 级阶地，洮河有 IV 级阶地，那勒寺河有 III 级阶地。

2. 酒勒山一带地质、地貌

这一带出露的地层（自下而上）有：

紫红色泥岩夹砾岩及砂砾石 (N_2^2)，地层平缓，倾角 5° 左右，向南东倾斜。砂砾层底部有泉水出露，水质较差，不宜饮用。

石质黄土 (Q_2)，多由淡褐色粉土组成，密实，具有钙质带纹，裂隙发育。下部含有钙质结核，其直径可达 20 厘米；上部夹有灰绿色亚粘土条带。

风积黄土 (Q_3)，由淡灰黄色粉土组成，质地均匀，疏松，其厚度各处不一。

由航片判读得知，酒勒山南坡，有一条张性断层，其走向为北东 73° 。胡朗沟北山坡上有连续三个三角面，可能就是这条断层在地貌上的显示。它控制着本段滑坡成带、成群发育的基本格架。

那勒寺河阶地保留不完整，III 级阶地仅在南岸部分保留；II 级阶地保存较好，大部分居民点在此阶地上；I 级阶地沿河道断续分布。自 III 级阶地形成之后，地壳处于相对稳定阶段，河流侧蚀加强，II 级阶地受到侵蚀，河床加宽，蛇曲发育。此后地壳上升，下切加强，形成 I 级阶地及河漫滩。河流两岸山坡冲沟发育，沟壁顺直、陡峻，溯源侵蚀强烈。说明这一带目前仍处于上升阶段。

酒勒山南坡，为一不完整边坡，滑坡成群分布，按时间可分古、老、新三种类型的滑坡，古滑坡形迹不清楚，滑距大的滑坡前缘多被 I 级阶地所覆盖；

老滑坡 外形轮廓仍可识别，滑坡台阶遭到严重破坏，各处保留不一；

新滑坡 外形轮廓清晰，滑坡形态保留完整。

由于这一带滑坡发育，台阶高程、面积、破坏程度不尽相同，滑壁大部分处在2,100米以上。滑体内落水洞密布，构成极复杂的滑坡带地貌景观（图3）。

山顶北坡，有六条冲沟溯源侵蚀到山顶，沟源为一掌形地，其面积一般30—40平方米，内有数量不等的落水洞。

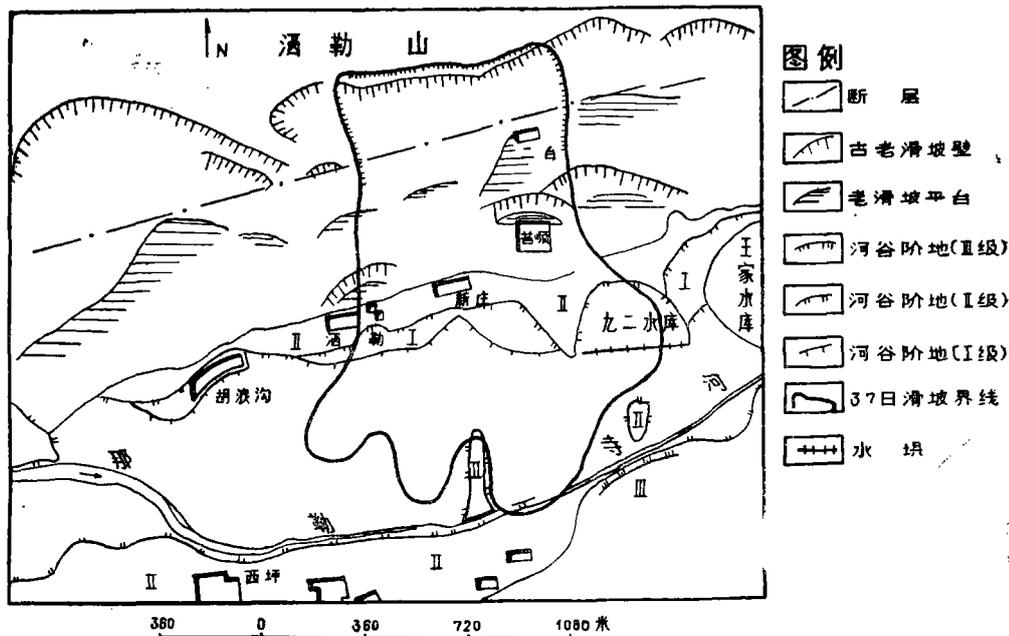
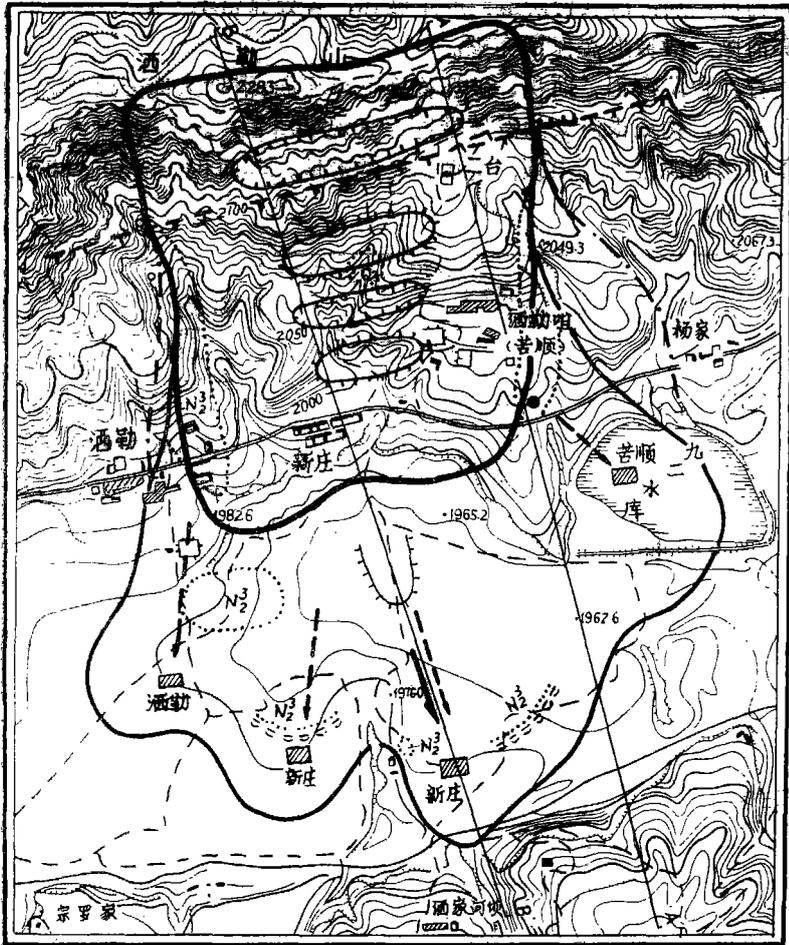


图3 洒勒山前滑坡、阶地、断层平面图

三、洒勒山滑坡的特征

1. 地貌特征

外形犹如“半握的手”，滑体自北向南滑动，轴向南东 18° （图4），表面波状起伏，总坡 6° 。南北长1,600米，东西宽1,300米，覆盖面积约2平方公里，总土方量约5,540万方。滑壁面光滑，伴有大量擦痕，壁高达220米，与水平距离之比为0.148，滑体后缘与前缘的落差120米。滑坡壁长750米左右，由两个弧组成，总的走向北东 80° ，坡度顶部 $70-75^\circ$ ，中部 $60-65^\circ$ ，底部 45° 左右。滑坡东、西二侧基本以冲沟为界。滑坡后缘有一平行滑壁的长条形凹地，现长约500米（原较长，后被东、西二侧再次下滑体所掩盖）。滑坡台地（反坡平台）与凹地平行，高约60米，呈长条馒头状，长约350米。向南为一平缓的小凹地，高差约20米。紧接着是平缓的小台地。过此段后（进入原阶地、河床部分），滑体突向东、西散开。堆积物波状起伏，轴部以近于 4° 坡度向南直冲河对岸（图5），受阻后爬高约10米。滑体内还有近南北向的凹地和土梁，这与



- 图例
- 滑坡轴向
 - 滑坡床界线
 - 滑坡床堆积体界线
 - 影响带界线
 - 堆积物地层及时代
 - 顺推界线
 - 堆积体运动方向
 - 村庄移动方向
 - 凹地
 - 土包、泥
 - 可能土质原始形
 - 推测断层
 - 剖面线
 - 原始地形等高线
 - 泉

比例尺 1:10000

图4 酒勒山滑坡综合平面图

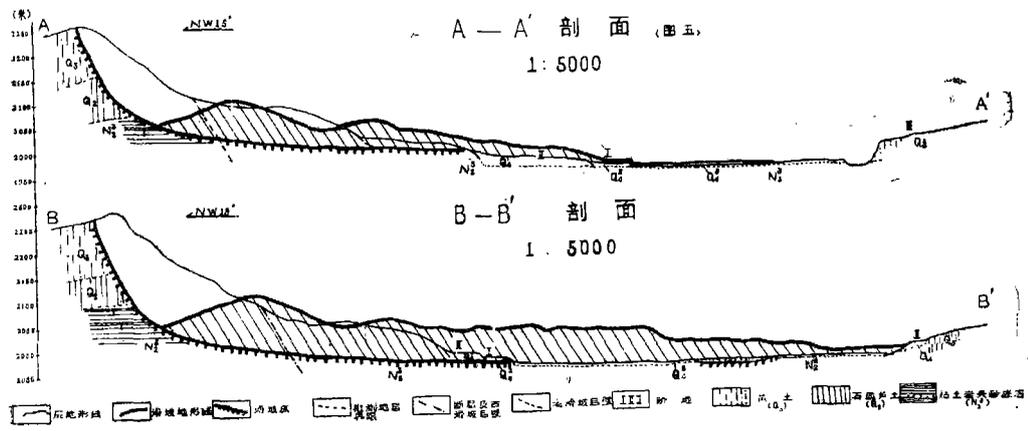


图5 纵断面示意图

原山坡地形关系密切。前缘堆积覆盖轮廓与河滩地形有关。

滑坡在运动过程中，其东、西二侧受其影响，产生一系列雁行张性裂缝，东侧影响带宽达150米左右，西侧影响带宽约50米。

2. 滑体的物质与原山坡物质一致，但结构松散

滑坡体表面主要由黄土构成。在台地南坡坡角下见有多棱石质黄土大碎块，中部西侧有迭瓦状“土林”，大部分是新第三系（ N_3 ）粘土岩直立构成。沿滑体边缘有途中携带的新第三系（ N_3 ）粘土岩碎块。前缘有现河床沉积物及新第三系（ N_3 ）粘土岩翻卷。

3. 滑动速度及滑体内位移

许多目睹者认为，这次滑坡来势猛烈，只有“一嘴饭”、“一口烟”的时间。一社员说：“我正在山上打土块，还没有明白过来，就象坐土飞机一样，连同土块被冲到河滩上”；另一社员介绍：“一见山滑就跑，只跑了40—50步，土就滑到跟前”；等等。可见滑动速度之快。查阅有关地震台的记录，以距滑体33公里的临夏地震台记录最清楚。经临夏、兰州、永靖地震台地震图分析，滑坡发生的时间是：17时46分46.5秒，记录到二次震动（即二次滑动），相距时间65.5秒。第一次振幅大（说明能量大），滑动造成的地震波相当于一次1.4级地震，其运动方向为南—北；第二次振幅较小，其运动方向为东—西。由于波谱成分复杂，一时难以正确定出滑动历时，现估算第一次滑动历时55秒，这与目睹者反映情况大体相当。

滑体内各质点运动方向和位移各不相同，如表所示。

	洒 勒	新 庄	苦 顺	
位移方向	南西9°	南西5°	南东22°	南东55°
距离（米）	420	660	740	440
速度（米/秒）	7.64	12.0	13.45	8.0

由表可见，沿滑体轴部运动速度快，滑距长；边缘部分滑距短，速度慢。滑体进入开阔地带后，则向东、西散开。

四、滑坡形成过程及原因分析

1. 滑坡形成过程

任何事物都有其发生、发展及衰亡的过程。滑坡也是一样。这次滑坡形成的全过程，大体可分4个连续的阶段：

开裂变形阶段（应力积累阶段）。1979年9—10月，洒勒山顶北坡出现宽约10厘米的裂缝，断续长达数十米，同时在二台后缘也出现裂缝。1982年5月，北坡裂缝加宽到20厘米左右，同时出现新的裂缝。二台后缘裂缝同样加宽，并出现新的裂缝。1982年8—9月，山顶北坡裂缝继续扩大达40余厘米，单条断续延伸百余米。山坡上出现南—北向张性裂缝。

蠕变变形阶段（应力预释阶段）。1983年2月中，二台水窖变形、开裂，南—北向纵张裂缝扩大。3月2日老人感到山动，山坡上堆土开裂；3日出现山鸣，崖坎掉土，泉水变浑，东侧沟边出现南—北向裂缝；5日山顶北坡裂缝加宽近1米，断续长达数百米，有的裂缝互相沟通；7日下午2时许山顶北坡裂缝宽达1米多，深不见底，行人无法通过，4时许，滑坡东侧上山小路无法行走。

滑动破坏阶段（应力释放阶段）。临滑前3分多钟，新庄桥变形开裂，局部坍落；滑体西缘开始掉土；紧接着大规模山体滑动；历时55秒；随后滑坡后缘东、西二侧失稳，相继下滑。

逐步稳定阶段（应力调整阶段）。洒勒山滑坡总体下滑后即稳定。仅滑壁顶部还有小规模坍塌，但它不影响整个滑坡体的稳定。从稳定角度看，洒勒滑坡属超稳定型滑坡。

2. 滑坡成因的初步分析

综上所述，洒勒山滑坡是在古、老滑坡群的基础上进一步发展起来的一大型滑坡，而近东—西的张性断裂，是这一带滑坡形成、发展的基本因素。

张性断裂，破碎的古、老滑坡体，垂直节理发育的黄土，密布的落水洞等，皆是地表水渗入地下的良好通道。断裂、滑体并且是地下水储存、径流的良好场所。1978—1979年连续二年丰水年，特别是1979年7—9月大量降水，势必就地增大地下水的补给量，浸润老滑面，同时使主滑段的土体重量加大。因此，在滞后一个多月的9—10月山顶及二台后缘同时开裂是可以解释的。由于滑带浸润范围逐渐扩大，主滑土体不断向前、向下运动，反应到地表裂缝不断加宽，新裂缝不断出现，这更有利于地表水渗入。地表水渗入使局部地段孔隙水压增高，年复一年的恶性循环，浸润的广度、深度也逐渐加剧，更降低了山坡土体的内聚力，滑带的抗剪力逐渐减小，特别是粘性土（ N_2^3 ）抗剪强度随土的含水量增加而显著降低，致使主滑体向下、向前的推力不断作用于抗滑段上，这样在地表相继出现纵张裂缝。原地形反应抗滑段就很单薄，加上近年发展了提灌等，无疑增大了地下水的补给量，使其土体强度降低，并扩大了浸润范围，增加了浸润强度，降低了抗滑段的抗滑能力。上部主滑段的作用力不断增加，下部抗滑段的抗滑力逐渐减弱到极限平衡。在上部作用力不断增强，突然剪断抗滑带的局部地段（锁固段），在孔隙压力作用下，即产生高速运动，这就是此次滑坡产生的原因。概括起来，断层奠定了基础，水与上部土体的重量是决定因素。

这次滑坡滑动过程中，临夏、永靖、兰州、合作等地震台皆接收到清晰波的信息；岷县等接收到的信息不明显。另外滑坡发生时，兰州倾斜，刘家峡的地应力皆有明显的变化，但很快恢复正常。说明这次滑坡产生的能量较大，其原因是速度快，土体重量大造成的。

五、几个问题

关于滑坡的出口问题。推测在I级阶地第四系（ Q_2^3 ）与新第三系（ N_2^3 ）的接触面上，即在1,970米高程附近。

关于滑坡壁地层出露问题。现滑壁表面全为黄土，但从堆积体中发现有新第三系(N₂)粘土岩和中更新统(Q₂)石质黄土碎块。后者分布位置较高(平台南缘坡角处)约2,010米。说明滑壁是由黄土、石质黄土和粘土岩组成。根据堆积物不同物质分布高度和范围，以及波谱曲线初步分析，这次滑动主要在松散介质(黄土)中运动。因此，初步推测滑壁主要是由黄土组成，其底面高程2,160米，石质黄土高程2,075米以下为粘土岩，属切层—顺层滑坡。

关于滑床出口东、西边界问题。据现场调查，西界在原洒勒清真寺附近，原因是清真寺向南西位移仅20米左右，地形抬高约9米，原始地面保留完整。它受滑体下滑时侧向压力推、挤而造成，因此说明清真寺处于滑床西侧边缘。在东侧九二水库西Ⅰ级阶地咀未动。原苦顺与九二水库之间(原公路附近)经开挖，发现未动的原始地面(标高为1,993米)，充分说明东侧滑坡界线在该点以西。

关于前缘第三系地层翻卷的问题。由于滑体下滑能量大、速度快，在原河滩中由于地形向南缓缓升高，滑体受阻而将河滩的淤泥质亚粘土等(约4米厚)及下部粘土岩卷出。

综上所述，洒勒山滑坡属大型、高速切层—顺层、推移式、超稳定型的滑坡。它是在古、老滑坡基础上进一步发展而成的，构造是控制因素，水、土体重量是这次滑坡形成的决定因素。从滑坡坡形来看，推测滑坡床最深处约125米，出口在Ⅰ级阶地第四系和第三系地层接触面上，其外形具有滑坡特定的形态外，也含有原始地形的特征。

滑坡堆积物质地松散，厚度大，故不宜在此进行居民点的建设，以免日久造成破坏。

黄土地区滑坡发育，对高陡边坡和居民点密集的地段，应加强科普宣传与山体稳定的监测、预报工作，以防滑坡的突然袭击。

(上接第49页)土整治的试点，并为国土整治和少数民族地区的开发积累经验。其中，当务之急是搞好滑坡灾害的研究和预报工作。据调查了解，不仅洒勒山滑坡的残余部分尚不稳定，而且下游果园公社和水管所等住地的后山，也产生了裂缝和错动，距离达几十厘米。甘肃省庄浪县大庄公社的滑坡灾害是有名的，当地叫“走山”，他们在防治方面取得了一些经验。例如该社的杨湾五队1975年9月发现山体产生裂缝后，便积极采取造林种草、修水平梯田、建设连环涝池等防止地表水汇集并流入裂缝，几年来山体一直没有再活动；还有的采取垫填并夯实的办法对付裂缝，效果也很好。洒勒山的裂缝已产生多年，近二年发展较快，今年以来还发现窑洞、水窖变形，畜禽不安宁，夜深人静听到山啸。情况的恶化，已引起县社领导机关的重视。3月4日开了动员会，疏散工作也在进行，但是由于对时间和规模仍然估计不足以及部分群众的侥幸心理和迷信思想，扩大了灾情。这同时又表明，滑坡是可以预测预报甚至是可以防治的，经验教训也是深刻而沉痛的。只是需要专业人员、专门机构同群众结合，对滑坡的发生、发展和分布规律，防治或缓解措施，观测、预报技术及组织办法等等，进行系统的研究和提高，并普及到群众中去，使之成为群众自觉地向自然斗争的有力武器，从必然王国里获得更多的自由。