

# 洒勒山滑坡的特征及其预报

冯学才 田植甲

(甘肃省地震局)

1983年3月7日下午5时46分,甘肃省东乡县境内的洒勒山发生严重滑坡灾害,造成果园公社宗罗大队220多名东乡族社员死亡。灾情发生后,省地震局立即组织综合预报、工程地震和地质力学研究室的科技人员奔赴灾区。考察组代表省地震局与全体职工向受灾的东乡族人民慰问,同时考察这次滑坡的规模、类型及其成因等,并着重调查滑坡前兆现象及与地震的关系。

## 一、洒勒山滑坡概况

### 1. 滑坡发生时的情况

3月7日下午风和日暖,那勒寺河两岸田野里,社员们有的在耕田,有的在春灌,有的在施肥,一派春耕春播繁忙景象。突然洒勒山顶尘土飞扬,山体滑落下来,瞬时几个村子即被滑坡体吞噬。

洒勒山5,000万立方米山体,突然下落300余米,急速向南滑移1,600米,直抵那勒寺河南岸,将河道堵塞,积水成潭。新庄村被南推800米。苦顺村滑入一座小型水库中,土方将水库填没,其水涌入下游王家水库,造成下游6,700亩土地无法灌溉。东乡县至广河县公路中断,一公里长的路基无踪无影,公路上数十名行人也葬身于“土海”之内。3,000亩良田被毁,附近6个生产队35名在田间耕作的社员被滑坡吞噬。洒勒、苦顺、新庄、达浪四个村庄170多人和帮助搬家的25名亲友被滑坡体压埋致死,74户中有4户全家遇难,22人受伤。毁房500多间,压埋大牲畜150多头,羊280多只。因故不在现场的200余名社员,全部财产葬于地下而一无所有。2平方公里的地面建筑物荡然无存。整个场面犹如一片凝固着的黄色波浪。

### 2. 滑坡的性质与形态

洒勒山位于那勒寺河北岸,海拔2,283米,自然坡度 $40^{\circ}$ 左右,高差为300多米,有四级基座阶地。洒勒山滑坡东西两侧有深沟切割,形成滑坡体的东西边界。滑坡体东西宽800米,南北长900米,其土方量达5,000万立方米。形成的滑坡壁陡直光滑,长800米,高达220余米,走向北西 $80^{\circ}$ ,坡度为 $40^{\circ}$ — $70^{\circ}$ ,具有垂直方向的擦痕。高200米的滑坡壁全为第四系黄土,未见有第三系红色岩层出露。整个滑坡体内与覆盖区均为第四系黄土,仅在滑坡体东西两侧散布着少量的第三系红色岩层。说明滑坡体边缘和滑床底部切穿部分第三系地层,因之洒勒山滑坡主要为黄土滑坡。

滑坡体向南滑动800米,在滑坡壁前形成深60米的滑坡凹地和高70余米的山丘。滑

坡体冲出滑床后，呈现为扇形覆盖区。并将河漫滩的泥土推移翻卷，或将田地拱起，整个覆盖区堆积厚达20米以上的黄土。另外滑坡体滑动时对两侧的挤压剪切，形成两条滑坡影响带，西侧宽50米，东侧宽200米，上面展布着雁行式地裂缝和张性裂缝，受挤压的山坡上布满裂缝。

### 3. 滑坡床的出口位置

从洒勒山滑坡扇形覆盖区的分布形态和新庄南移800米情况分析，滑床的出口位置应在Ⅱ级阶地陡坎下部。但滑床东西的出口部位还有所不同：滑床西部出口位置在新庄以南Ⅱ级阶地陡坎下，因此新庄被滑坡推向那勒寺河谷以南，遇到南岸Ⅱ级阶地突出的尖咀子时被一分为二，一部分被推向尖咀子西侧，一部分被推向尖咀子东侧；而滑床东部出口位置在苦顺村以南的Ⅱ级阶地地面上，这是由于在此Ⅱ级阶地向南突出了300米，形成一个宽200米的阻滑段。根据九二水库西面高30米的Ⅱ级阶地陡坎未遭受破坏情况，

以及目睹滑坡发生时的社员介绍，他们首先看见滑坡西面开始下滑，紧接着东面才开始下滑。说明东面应力还未达到克服这一抗滑段的强度时，滑坡整体已进行滑动，迫使滑床出口在此从Ⅱ级阶地地面上冲出。这也证明九二水库蓄水对该滑坡没有任何影响。

另外这一抗滑段还对滑坡体东部造成三种影响：其一、由于滑坡体遇到这一抗滑段的阻力，使滑坡体的侧向压力增大，造成滑坡体东部的影响带比西部宽和严重；其二、滑坡体向南滑动时，遇到这一抗滑段的阻力，使滑坡扇形覆盖区在此以南向内凹进，呈现为不规则的扇形；其三、滑坡体滑动方向是向南，在东部遇到这一抗滑段的阻力，迫使东侧滑动方向改变，将苦顺村推向东南方向的九二水库中（图1）。

### 4. 滑坡的滑动速度

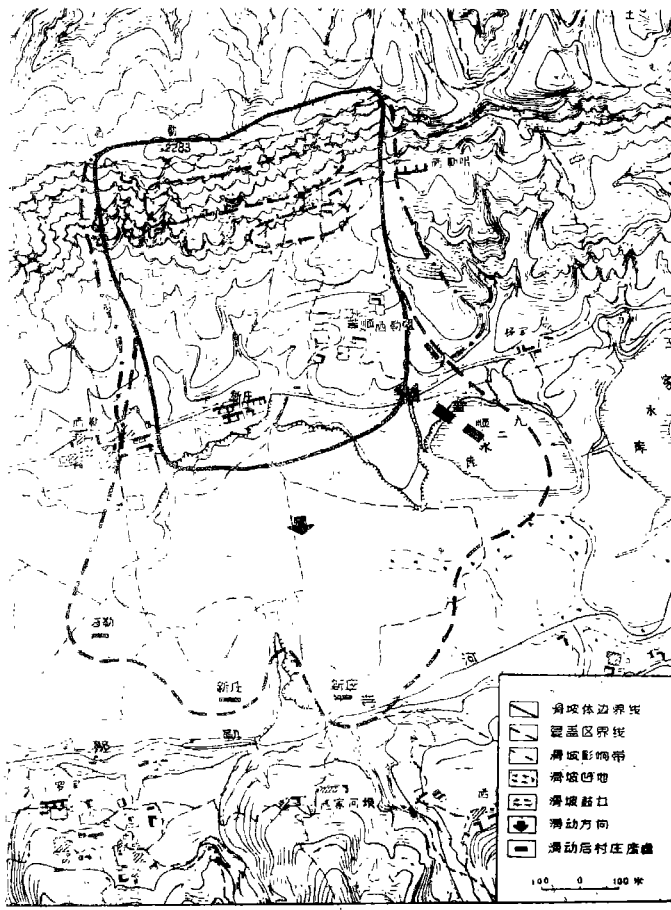


图1 洒勒山滑坡形态图

据滑坡发生时的目睹社员讲，从看见洒勒山顶冒尘土，到山体滑下后停止，前后约一分多钟的时间；有的讲只有“一嘴饭”或“一口烟”的功夫。据在河畔田间劳动的社员介绍，他们看见山体滑下时，快者跑了50米，慢者跑出30米，滑坡体已到脚下。这样估算滑动速度大约每秒为20米。

当时一辆手扶拖拉机从西向东行驶，经过滑坡西部边界时，发现公路上的桥梁已裂开缝，行驶至滑坡东部边界时，滑坡已下来将拖斗一部分压埋。手扶拖拉机每小时时速15公里，公路在滑坡体上为一公里，从滑坡蠕动至滑动结束，整个过程不到2分钟。

由于滑坡速度很快，造成地震波，临夏、刘家峡、兰州、岷县、合作五个地震台记到这次滑坡。经张玲同志对地震记录波型分析，滑坡发生于北京时间17时46分46.5秒，滑坡所产生的地震波，相当于一次1.4级地震。

## 二、洒勒山滑坡成因分析

洒勒山滑坡为黄土重力推移式滑坡，其成因是多种因素综合作用的结果。它与西北黄土高原区的许多滑坡成因相似，主要有以下几点：

1. 东乡一带出露的地层，上部为100余米厚的上更新世马兰黄土和厚50多米的中更新世石质黄土，底部有数米厚砂砾石，形成这一带的主要含水层。下部为第三系红色泥岩和砂岩，形成不透水层。地下水从这里渗出地表，形成山泉。

洒勒山滑坡的形成即是第四系黄土与第三系红色泥岩的接触面，长期在地下水的浸润作用下被泡软，造成摩擦力减小，耐剪性能降低。在5,000万立方米山体的重力作用下使山体失稳，使滑床后缘底部逐渐错开而发生位移，上部黄土便产生张性地裂缝，形成滑坡的初始形态。洒勒山滑坡体东西两侧均有深沟切割，沟中有泉水出露，这是滑坡体两侧的边界条件。洒勒山山顶北侧从1979年9月出现地裂缝，至1983年初裂缝逐年增长变宽，是滑坡进入失稳阶段。果园公社以北的山顶也出现地裂缝，说明该滑坡已是失稳阶段，应引起高度重视。

当第四系黄土与第三系红色泥岩接触面完全塑化以后，滑床后缘基本错开，中部开始蠕动位移。这使已有的地裂缝加宽的速度变快，滑坡体中部出现新的地裂缝；使地面发生倾斜，造成屋架发响，窑洞和水窖变形，泉水由清变浑；同时出现山鸣、鸡犬不宁和人感地动等。1983年2月中至3月6日这是滑坡进入破坏阶段。

在滑床中部完成蠕动位移后，应力高度集中于滑床前缘，使前缘发生形变，出现地裂缝，建筑物变形开裂。当滑床前缘的应力超过其抗滑段强度时，滑坡体即冲出滑床，高速向下滑落，这是滑坡的滑动阶段。

2. 洒勒山南坡地形坡度大，而且第三系岩层略向南倾，它与山坡的坡度方向相一致，是发生滑坡的有利条件。因此那勒寺河北岸滑坡成群分布，规模也大，五家公社北面的老滑坡，其规模与洒勒山滑坡相当。而南岸山坡坡度较小，又与第三系岩层倾斜方向不一致，所以滑坡也较少。

3. 洒勒山滑坡发生于3月份，这时正值春融季节。洒勒山北坡的积雪开始融化，田地解冻，土质反潮，这是发生滑坡的外界因素。外界因素促发洒勒山滑坡。

另外，洒勒山滑坡的地裂缝是1979年9月出现的。这一年为丰水年，降雨量达649.5毫米，比往年多32%，而7—9月份的降雨量达509毫米，占全年总降雨量78%。由于降雨量大，使许多地方发生滑坡灾害：7月26日广河县城关公社堡子山，因大雨发生滑坡，毁坏房屋193间，压死耕牛二头，驴一头，压埋耕地10亩；8月6、9两日，东乡降雷雨，使汪集公社盘子和新庄发生滑坡，压死1人，牛2头，羊50多只，压埋房屋96间，压毁农田200多亩；同时永靖县5个公社发生滑坡，造成24个生产队的130户的房屋埋于滑坡中，923间房屋遭到破坏而无法居住，压毁农田共3,096亩。

外界因素促发滑坡在东乡这一带很普遍。据历史记载，临夏回族自治州自明朝以来，所发生的滑坡在7—9月份占73%，3—5月份占15%，其它时间仅占4%，地震造成的滑坡占8%。例如：清康熙四年（1665年）8月，雷雨暴起，东乡干头沟发生滑坡，二山相合，压埋村民七十一口；清光绪二年（1876年）秋，天大雷雨，东乡红崖子南山发生大滑坡，压死男女八十二口。这二次滑坡造成的灾害与洒勒山相当。这一带多年平均降雨量为484.1毫米，其中7—9月份的降雨量即占全年总降雨量的70%，是滑坡发生的高峰季节。

甘肃省其它地区的滑坡，一般也多发生于春季和秋季，因此3、4月份与雨季的7、8、9月份是发生滑坡的危险季节。

4.洒勒山滑坡的速度异乎寻常之快，滑动距离达二里之远，其原因有三点：一是山高坡度大，提高了滑动速度。由于速度增大时摩擦系数减小，造成了大型滑坡的异常速度；二是滑床后缘和中部发生蠕动位移后，应力高度集中于滑床前缘的抗滑段，当应力超过前缘抗滑段的强度、抗滑力为零时，滑坡体就高速冲出滑床，形成异常速度；三是滑床后缘和中部发生的蠕动位移，使滑床面产生很大的热能量，这些热能量使滑床面上的含水层发生气化现象，形成一个气垫层。这种气垫层不但能支撑滑坡体，而且还起着润滑作用。一旦滑坡滑动，气垫效应将使滑坡获得很快的速度。洒勒山滑坡在滑动前，有的社员看见地裂缝向外冒火，说明滑床面有很高的温度，可以使含水层发生汽化现象，而形成气垫层。

另外，那勒寺河谷较开阔，也为滑坡体的滑动较远距离提供了有利条件。

5.由于洒勒山滑坡主要属于黄土滑坡，其岩性松软，耐剪性能很低，因此临夏、兰州、刘家峡等地震台记录到这次滑坡波型震相中，纵波和横波极为微弱，而长周期波较显著。一般基岩滑坡由于岩性坚硬，耐剪性能高，横波有明显反映。

### 三、洒勒山滑坡前兆现象及特征

#### 1.滑坡前兆现象

1979年东乡降雨量比往年多，仅8月6日降雨达86毫米，使许多地方发生滑坡，造成灾害；也使洒勒山山顶北侧于9月出现长约100米、宽1—2厘米的地裂缝，以后逐年长度增加，宽度加大。1982年春季，地裂缝发展到数百米长，宽达20余厘米，这时当地社员即担心滑坡发生。县、社派人察看后决定每户发搬迁费500元，将洒勒咀七户社员从山上搬到山下。由于群众不了解这次滑坡的规模，结果这七户仍被滑坡掩埋了。

1983年2月中旬，洒勒山顶北侧的裂缝宽度已到40厘米，滑坡体东西两侧出现裂缝，苦顺二台子也出现新地裂缝。3月初，山顶的裂缝加宽到80厘米，村中的窑洞和水窖发生变形。3月3日晚屋架发响，有的老人感到山动，同时听到山啸，许多崖边出现裂缝，并向下掉土。这些现象引起县、社的重视，立即决定对四个生产队进行搬迁。首先将老人、儿童疏散，暂宿亲友家中，群众已将大型农具和粮食转移。同时派人监视山体动向，要求群众一律不准晚上住宿家中，并制定出紧急疏散路线。

3月5日沟中的泉水由清变浑，村中鸡犬不宁，崖边掉土现象加剧。3月6日山顶地裂缝加宽至1米，东西两侧的裂缝也达70—80厘米。

3月7日滑坡前缘一些地方出现裂缝和形变，公路上的桥梁已变形开裂，山体上大的地裂缝发生崩塌现象，有的地裂缝向外喷溢热气与尘埃，紧接着滑坡体快速向南滑动。

由于群众对滑坡前兆现象认识不够，也没估计到滑坡规模如此巨大，滑动速度这样迅速，又正值春耕大忙季节，故未能免除这次滑坡灾难。因此向广大农村宣传和普及滑坡知识是很重要的。

## 2. 滑坡前兆现象的时、空分布特征

从洒勒山滑坡前兆现象的出现时间、发展程度和空间分布变化，可将前兆异常划分为三个阶段：

**早期前兆异常。**从1979年9月份开始至1983年2月中旬，主要是地裂缝出现，其特征表现为地裂缝出现初期，发展速度较缓慢，后期裂缝发展速度逐渐加快。地裂缝主要分布于滑坡体的后缘及两侧，其原因是滑坡体进入失稳阶段，使滑坡体后缘顶部产生张性裂缝，形成滑坡壁的初始形态，显示出滑坡的规模大小。

**短期前兆异常。**从1983年2月中旬至3月6日，前兆异常现象有地裂缝、窑洞和水窖变形，房屋倾斜，崖边掉土等，另外有地声，地下水、动物异常和人感地动等。其特征是前兆现象从滑坡体的后缘，发展到滑坡体的中部。这是由于滑坡进入破坏阶段，山体在重力作用下使滑床的后部和中部发生蠕动位移，造成滑坡体后缘裂缝加宽的速度变快，中部山体产生倾斜，而引起屋架发响、窑洞和水窖变形，并产生新的地裂缝和崖边掉土等。蠕动位移时岩石摩擦所产生的超声波与热能等，引起山鸣现象和鸡犬不宁。蠕动位移又造成含水层径流紊乱，使泉水变浑等。

**临滑前兆异常。**前兆现象出现于滑坡发生前一日和当天，主要为形变异常。其特征表现为形变现象由滑坡体的中后部发展到滑坡体的前缘，使前缘产生新的地裂缝，建筑物变形开裂，后缘地裂缝继续加宽，并出现坍塌现象。这是由于滑坡体进入滑动阶段，使滑坡体前缘出现形变现象，蠕动位移所产生的摩擦热能，使含水层发生汽化，造成较热的气流与尘埃沿地裂缝向外溢出。一位社员在滑坡发生前看到地裂缝向外冒火，即是这种现象。

# 四、滑坡预报问题

## 1. 滑坡预报的必要性及意义

滑坡在我国极为普遍，是我国主要山地灾害之一。甘肃省地处黄土高原，新构造运动十分强烈，滑坡不但多，而且规模大，历来给人民生命财产造成巨大的损失。东乡县

洒勒山滑坡以血的教训说明，必须开展滑坡预报的科学研究，只有作好滑坡预报，才能保障滑坡地区人民生命财产的安全，同时对现代化的铁路、水库、电站、厂矿等重要工程建设也有重要的现实意义。我国“四化”建设和人民的需要，已将滑坡预报问题提到议事日程，这也是历史赋予我们的光荣责任。

由于滑坡对铁路、水库、电站、厂矿等建筑物危害很大，社会主义建设事业中早已重视对滑坡的治理研究，许多设计和建设部门已研究出一些治理滑坡的有效方法与措施。但滑坡治理一般工程规模大，工艺复杂，投资也大，这些在广大农村是无法实现的。况且，目前对一些大型滑坡还无法治理。所以只有准确地做好滑坡预报，提前搬迁滑坡体上的村庄，在滑坡发生后再重建家园和平整土地，这种投资比滑坡治理的投资不但少的多，而且工艺也简单。因此从经济效益考虑，在滑坡发育区的广大农村，滑坡预报比之滑坡治理效果更好。

## 2. 实现滑坡预报的可能性

地质界对各种类型滑坡的成因、发展过程与有关影响因素等，已有成熟的理论和较一致的认识，专业技术人员经过实地考察，即可对发生滑坡的地点和规模作出判断。滑坡预报中的地点、规模、时间三要素中，目前最困难的是发生时间预报。滑坡的发生有一个量变到质变的过程。洒勒山滑坡前兆现象的时、空分布特征，为滑坡预报发生时间提供了很好的事例。另外，我国历史上也有用山鸣现象预报滑坡的实例，1838年8月30日湖北省恩施县下塘坝，地忽作裂帛声，居民尽移他处，越三日夜山崩。这次滑坡不但作了预报，而且避免了人畜伤亡。洒勒山滑坡在5日前出现山鸣现象，说明地声现象可作为预报滑坡发生时间的警界指标。

实现滑坡预报，需认真调查和总结各种类型滑坡在不同的地质条件和地理环境中出现的前兆种类，研究前兆现象的时、空分布特征和规律，可以攻克时间预报的难关。

## 3. 滑坡预报应开展的监测方法

洒勒山滑坡出现前兆异常的种类及其时、空分布特征，为开展滑坡预报提供了研究方法和监测手段。在滑坡体上安置倾斜仪、伸缩仪，布设水准和三角测量，观测各种形变现象的数值变化，了解滑坡孕育发展过程中各阶段形变的时、空分布特征；架设长周期地震仪、地声仪与超声探测仪等，接收滑坡发展过程中所产生的各种波形变化，研究滑坡蠕动位移时的各种波形变化特征；另外还应开展地电流、地下水、地应力、深层地温及动物等观测项目，全面了解滑坡孕育发展过程中的物理化学变化。这些都可为滑坡预报提供连续可靠的各种前兆数据，以便获得滑坡发展过程中各种前兆异常的时、空分布特征与变化规律，以获得具体预报指标，最终实现准确的滑坡预报。

# 五、滑坡与地震的关系

滑坡主要有重力滑坡与地震滑坡二种成因，重力滑坡实质上是一种慢地震。因此，滑坡前兆现象与地震前兆异常有许多相似之处，滑坡预报与地震预报，二者之间有着密切的关系。

## 1. 地震造成的滑坡灾害

一次大地震造成的滑坡，在数量和规模上远比重力滑坡要大得多，其灾害也特别严

重。1920年海原8.5级地震，造成657处大滑坡（极震区的海原、固原、西吉县未统计）。地震时滑坡犹如瀑布飞泻，滑坡体移动数里之外，有的被推向对面半山腰，滑坡体到处堵塞河道，形成星罗棋布的堰塞湖。仅隆德县西积滩滑坡，即压埋伊斯兰教首领马元章一家60余口及教徒600人。这次地震造成24万人死亡，其中很大一部份人是死于滑坡灾害。

1786年，四川康定—泸定发生7.5级地震，泸定磨面山滑坡阻塞大渡河，造成河水断流；10日后阻塞之处突然决口，高数十丈的水头汹涌而下，将沿河两岸居民和财产一扫而光，洪水一直冲至湖北宜昌后才逐渐减退。这次地震仅造成四、五百人死亡，而滑坡造成的次生灾害，使数十万人丧生。

## 2. 滑坡区的大震对策问题

地震发生在滑坡发育区与滑坡不发育区，虽然震级一样，但震害轻重差别却很大。1654年天水南发生8级地震，震中区出露古生代砂、板岩与第三系红色岩层和第四系黄土，属滑坡不发育区，因此地震造成的滑坡不多，仅造成3万余人死亡。而1718年通渭发生7.5级地震，震中区广泛出露第三系红色泥岩和第四系黄土，属滑坡发育区，造成数量众多、规模巨大的滑坡群，使7万余人死亡。1976年四川松潘发生7.2级地震，震中区广泛出露古生代石灰岩，属非滑坡区，没有造成滑坡，仅使数十人受伤。

以上事实说明，在地震预报中需考虑滑坡问题，首先应了解地震预报地区是否滑坡发育区，并掌握滑坡发育区内的滑坡危险程度，有多少滑坡处于失稳状态，预报的震级能使多少滑坡发生。这与地震预报中需了解和掌握各地民房抗震性能与地震影响场一样重要。同时还应研究不同震级会触发处于什么状态下的滑坡发生，以便考虑预报震级时多大的震级，需对外公开发布预报，提前使滑坡体上的居民撤离。像酒勒山滑坡从1979年便处于失稳状态，这期间附近如果发生3—4级地震，即可能触发它提前发生。

另外应研究滑坡发育区的大震对策问题。地震预报的目的是将震害减轻到最低限度，因此地震预报中需研究处于滑坡体上与滑坡滑动范围内的居民，在什么时候撤离，疏散到那些地方最安全。并研究地震滑坡的滑动速度以及对铁路、水库、电站和厂矿等建筑设施的危害程度，提出防震对策。否则即是有准确的地震预报，也达不到减轻震害的目的。

## 3. 滑坡预报与地震预报的关系

酒勒山滑坡规模大，速度快，所出现的前兆种类和时、空分布特征，与地震前兆异常相似。目前开展滑坡预报，可采用和借鉴地震预报的一些监测手段和方法。虽然地震发生于地壳内，滑坡发生于地壳表层，但都是在力作用下的结果，二者在地面造成的破坏现象也很相似。因此二者所观测的前兆现象与特征，可以相互验证，监测手段和方法可以相互补充。由于滑坡发生的地点和规模易于判断，而且滑坡又经常发生，所获得的经验和规律，又可促进地震预报工作，加深对地震前兆异常本质的认识，并可弥补地震活动周期长，实践次数少的不足。