

洒勒山滑坡综合考察报告

甘肃省科学技术委员会

1983年3月7日甘肃省东乡族自治县洒勒山大滑坡灾害发生后,省科委遵照3月11日省长办公会议的决定,组织在兰州的有关科研、教学单位的科技人员组成联合考察组,分别于3月13日和3月28日两次前往滑坡现场,进行了5天考察活动。先后参加的有兰州大学、中国科学院兰州冰川冻土所、铁道部科学院西北研究所、国家地震局兰州地震所、省地质局、省水利水电设计院等17个单位,61名科技工作者,其中教授、副研究员、高级工程师4人,工程师、助理研究员、讲师36人。已写出考察论文、报告18篇,并于3月21—23日和3月31日开了两次学术性交流讨论会。发挥各专业特点,各有侧重,充分发表意见,基本查明了这次滑坡的情况。对学术上有争议的问题,在无充分依据肯定或否定时,先保留各自的观点。现将考察情况,摘要报告如下:

一、洒勒山滑坡的基本概况

洒勒山滑坡位于甘肃省东乡族自治县果园公社西侧3公里,那勒寺河北岸,洒勒山脊的南坡。其地理座标在东经 $103^{\circ}35'10''$,北纬 $35^{\circ}33'40''$ 。滑动及覆盖堆积范围约1.4—1.5平方公里,形如半握的拳头,上窄下宽,南北长1.6公里,东西宽0.8—0.9公里,前缘最宽处达1.4公里。据推算,滑动的总方量约4,000—5,000万立方米。

山体急剧滑动发生于3月7日17时46分。据周围地震台的记录分析,认为确切的发生时间应是46分46.5秒,并记录到两次震动,间距65.5秒。第一次振幅大,滑动造成的地震波相当于一次1.4级地震,运动方向为南—北;第二次振幅小,方向为东—西。据此推断,滑动时先是大规模的山体由北向南滑动,历时约55秒;随后滑坡后缘东西二侧
* * * * *
用。侵蚀沟的发育和地表水的集中下渗,降低了山地的稳定性。因此,需要针对山地的自然灾害,开展多学科的综合研究,不仅需要地质、地理等学科着重揭示灾害发生的规律,更需要生态、农林、水利、水土保持以及经济、历史等学科的同力协作,从合理进行经济活动方面来研讨,制定易发生山地灾害地区的经济开发战略和具体措施,使人类的经济活动不仅能获得预期的经济效益,亦能达到保护环境、消除灾害的目的。把防治灾害的措施寓于本地区的经济发展战略之中,才能防患于未然。

人类经济发展的迫切需要,会带动学科的发展。目前,对洒勒山的滑坡研究工作已有了一个不同单位、不同学科密切配合的可喜开端。可以预计,在今后共同攻关研究过程中,不同学科相互渗透、相互交叉,一门新的山地灾害防治学科将会应运而生。人们将运用发展起来的山地灾害防治科学,揭示自然灾害的奥秘,采取可行的防治措施,传到防患于未然。这正是我们科学工作者应当承担的使命。

失稳，相继下滑。

洒勒山滑坡的特点可归结为：前兆明显、滑体大、覆盖宽、滑时短、滑速快、伤亡大、损失重。

1、**滑坡前兆**。据访问，滑坡壁位置早在1979年9、10月间即见“山头开裂”，洒勒山顶西北部出现宽约10厘米的拉张裂缝，走向北东东，长数十米，同时在苦顺村后缘也有近东西向的裂缝；到1982年5月，裂缝加宽至20厘米左右，同时出现新的裂缝，直至7—8月，裂缝加宽至40余厘米，明显延长达100余米；1983年2月裂缝继续加宽，向东伸延，苦顺村水窖受南北挤压变扁；3月2日老人感到山动；3月3日出现山鸣（声如牛吼），崖坎掉土，泉水变浑，东侧沟边出现南北向裂缝；3月5日山顶北坡裂缝加宽近1米，长达数百米，有的裂缝互相连通，夜间鸡犬异常；3月7日上午崖畔沟旁多处出现坍塌，下午2时许裂缝宽达1米多，深不见底，落石无声，行人无法跳过；下午4时许，东侧上山小路无法通行，直到5时46分，整个南坡山体（越过分水岭）遂急剧下滑。前兆虽如此明显，延续时间又长，但因偏僻山庄，对滑坡危害的知识缺乏宣传、了解，对滑坡范围、滑动速度也估计不足，居民虽几次搬迁仍未迁出险区。公社虽于3月5日下令搬离，也只搬走了部分老幼，致使损失惨重。

2、**关于滑体**。若按出口在Ⅰ级阶地前缘，则滑动区南北长约900米，相对高差约300米，东西以两条冲沟为界，宽700—800米。区内原地形包括Ⅰ级阶地，相对高差20米，台面约200米；Ⅱ级阶地相对高差60—70米，台面约100米；Ⅳ级阶地相对高差140—150米，台面不完整，已变成山咀；其后为相对高差达180余米的山坡。滑坡后出露的后缘陡壁，其顶部与坡底高差220—240米，则后部山体的滑动深度应大于240米，Ⅱ、Ⅳ级阶地的滑动深度应大于70米。若滑动区面积以0.7—0.8平方公里、平均厚度以60—70米计，则滑体体积为4,000—5,000万立方米；若出口在河漫滩中，则滑体更大。

3、**关于覆盖区**。主要为原河漫滩，南至对岸坡脚，东至九二水库，西至洒勒村西南约600米，由于山前开阔无阻，滑体展开呈扇形，面积约0.7—0.8平方公里。主滑舌前缘在强大推力的推动下，冲向南岸Ⅰ级阶地坎下，堵塞河道240米，造成西部滩地积水；东侧滑体将苦顺村民房推入九二水库；西侧滑体将洒勒村向西南推移400余米。覆盖最大宽度达1,400米，南北长约800米，覆盖平均厚度约30米，边沿厚2—5米。

4、**滑时与滑速**。据幸存者及对岸山上劳动的农民回忆，“始末只有点燃一根火柴的时间”，或“快跑四五十步的时间”；据邻近的地震台分析，剧滑历时55秒，大家估算约为1分多钟。其滑速之快，据5位幸存者回忆，无论从劳动的山坡上，或从自家的院子里滑到800—1,000米外的河滩上，都有在土浪中腾空飞越，如“坐土飞机”之感。按中间主滑体上新庄房屋被滑移800米计，其滑速达每秒13—14米；东侧苦顺村被推移440米，其滑速为每秒8米；西侧洒勒村被推移420米，其滑速为每秒7.6米。又据兰州大学艾南山等采用沙伊德格尔公式计算，其滑动面最低点的最大滑速达每秒40余米。铁道科学院西北研究所推算，21秒前按 $1.33\text{米}/\text{秒}^2$ 加速度下滑，最大速度为每秒28米；其后按 $-0.53\text{米}/\text{秒}^2$ 减速至滑动停止。与宕昌县邓桥滑坡历时十多分钟、天水吴家寺滑坡历时半小时、武都徐家湾滑坡时速10米、舟曲锁儿头滑坡年速1—2米相比，滑时甚短，滑速快十倍至数千倍。

5、**伤亡与损失**。据果园公社初步统计，滑坡涉及9个生产队，遭毁灭性损失的是苦顺、新庄、洒勒、达浪等4个生产队，共死亡220人，伤22人；摧毁房屋585间，毁坏农田3,343亩；压死大牲畜153头，羊280只；埋没手扶拖拉机一台，架子车81辆，机房两座，化肥18吨，煤32吨，粮食13万余斤，按最低估算损失折价几十万元。另使库容40万立方米的九二水库被填，王家水库1.8公里的进水渠道被淤毁，毁坏公路2公里，农用线路4公里，提灌站3处。4个生产队原有84户，其中72户房屋受损（倒塌埋没的为61户），70户有伤亡（全家死亡的4户）。现存80户344人中，有孤儿44人，仅余大牲畜4头，未毁坏的农田121亩，急需重建家园（省、州、县已有安排）。

二、洒勒山滑坡的形成条件

洒勒山滑坡从山体开裂变形，经蠕动到剧滑破坏，经历了3年多的发展阶段。这次滑动既非雨季，又无地震，其基础因素和诱导因素经考察、讨论、分析认为：

（一）特定的地质构造和特殊的地质岩性，是滑坡产生的内在条件，是基础，但它在相当长的时间内是相对恒定的。

地质构造。洒勒山位于临夏红层盆地内，自新生代以来，受邻近上升运动影响，使第三系红层保持水平产状，河谷多次下切，形成基座阶地；其后上覆第四系黄土。第三纪末期，洒勒山脊南侧临夏组红层中产生平行于山脉走向的阶梯状断裂，断层走向近于东西，延展达4公里以上（省地质局资料），且南北向断裂亦甚发育，致使那勒寺河两岸南北向冲沟平行密布。从航片上可见，洒勒山滑坡的东西两侧均有老滑坡群成带状分布，这些滑坡的后壁经剥蚀后所呈的三角面多作直线状延伸，这就是特定的地质构造的佐证。它对老滑坡的复活、新滑坡的发生，起控制、影响作用。这对追踪、监测、预防新滑坡的危害是有现实意义的。洒勒山滑坡后，省地质局、兰州冰川冻土所、兰州大学已对其西侧的八峰山、东侧的王家山、石拉泉山等产生的裂缝进行了专题考察，并布置了监测网点。

地质岩性。对地层厚度的具体划分尚有分歧，但对本区出露的只有第三系(N)红层和上覆厚度不等的第四系(Q)黄土是一致的。红层出露随原始基座阶地地形由河谷向北岸山坡逐步升高。黄土覆盖厚度也依次加厚。主要层次由上而下可分三层：

1.第三系红层(N₂L₃)，以紫红色（或棕红色）泥岩为主，夹有砂砾及灰绿色薄层泥灰岩，产状近水平，裂隙尚发育，干时坚硬，遇水后软化，可呈粘泥状，是河漫滩及各级阶地的基座。

2.N₂L₃之上的橘红色（或微红色）泥质半胶结-胶结层是有分歧的一层。有的认为应划为第三系，属N₂L₄，为临夏组橘红色粘土岩；有的认为应划入第四系，属Q₁₋₂，为石质黄土。这层厚达80—100米，垂直节理发育，结构紧密，硬度比马兰黄土大，干时难于捏碎，断面光滑。

3.再上为第四系马兰黄土(Q₃)，浅灰黄色，粉砂质，结构疏松，较均一，无层理，具孔隙。柱状节理及陷穴发育，地表溶蚀现象较为严重。主要分布于山顶及谷坡表面。

主要地质岩性的现实意义是，渗水性、透水性较好的岩层为地表水转化为地下水提供了可能条件；易于泥化的紫红色泥岩及其上的砂砾石薄层为地下水的活动提供了隔水

层和含水层的条件。

(二) 地下水在不良地层的软弱面上的长期作用，是使接触面抗剪强度逐渐减弱、山体失稳、裂缝及滑动面连通而产生滑坡的诱导因素。即特定的地质构造和岩层特性控制了本区的水文地质条件，水文地质作用又反过来使产生滑坡的基础条件变成滑坡发生的现实。

1. 水文地质条件。大气降水通过疏松的马兰黄土地表上的孔隙、陷穴、裂缝、溶孔进入第二地层，而该层垂直节理发育，具透水性，故继续下渗，直达第三系红色泥岩顶部受阻而在其上的薄层砂砾岩内形成含水层。地下水在此层汇集，在冲沟陡壁或沟脑出露而成山泉，在滑坡体东西两侧沟脑可见，标高分别为2,050、2,070米，流量较小，每秒0.02—0.1升。据访问，Ⅰ级阶地后缘有水井，但矿化度较高，不能饮用。地下水还沿红层中的裂隙、断裂、滑动破碎面继续下渗到红层中砂砾岩透镜体或夹层内，形成较深部的含水层。由于地层近水平，地下水排泄条件不畅通，它对滑坡的形成和发展提供了条件。

那勒寺河谷的地下水（第四纪潜水）含水层薄（2—5米），水质较好。水来源于上游河川地表和地下径流，次为两岸支沟地表和地下径流补给，与滑坡形成无关。

2. 大气降水。据广河县气象台资料，本区年平均降水量484.1毫米，7—9月降水量约占全年降水量的70%。1978—1979年为丰水年，特别是1979年总降水量达649.5毫米，比历年平均降水量高34.1%，其中7—9月降水量达509毫米，比历年同期高62.1%。这与1979年9—10月洒勒山顶出现裂缝有密切关系；而1982年的冬季降水增多，10—12月达66.3毫米，为1980年同期9.2毫米的9倍以上，这对已具裂缝的山体提供了地下水的补给来源，对今春解冻、溶雪下渗，导致滑动有直接关系。

3. 提灌工程的灌溉回归水。近几年，Ⅰ级阶地、Ⅱ级阶地上发展了提水灌溉，灌溉回归水起到了抬高地下水水位的作用。且滑动期正值春灌，应与此有关。

三、洒勒山滑坡的机理分析

洒勒山主峰海拔2,283米，那勒寺河水面1,950米，相对高差300余米。山前为一套以第三系红层为基座的阶地，上覆第四系黄土。特定的地质构造和老滑坡的活动，使山体内裂缝、裂隙发育，为地下水活动提供了条件。第三系红层的不透水性使地下水在此层顶面长期浸润、软化而形成易滑面。1979年降水增多，土体发生相对位移，而使山顶地表及Ⅳ级阶地后缘产生裂缝，裂缝的发育又为其后的地表水渗入提供了条件。加之灌溉回归水对地下水的补给，恶性循环，使滑动面水量增加，粘土层进一步软化，抗剪强度减小，应力加大到使山体失去平衡而发生骤然下滑。故地质构造、地层岩性是内因，是基础；而地下水的长期作用使滑体形成由量变到质变，起到了诱导作用。

关于滑体的运动方式，无论从纵向或横向分析，均有分块运动的特点。

从纵向上可分解为中、东、西三块，中滑体为主滑体，东滑体和西滑体为分支滑体或次生滑体。剧滑时主滑块体先动，由北向南（ $170^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ）以平均每秒14米的滑速向前滑动，在达浪台地尖咀受阻又分为东西两部分，将新庄队的房屋一部分推到尖咀以西50米，一部分推到尖咀以东，并将河漫滩挤到对岸Ⅰ级阶地坎下，阻塞河道240米，其主滑

线在尖咀以东50米，滑动距离800—1,000米；东滑体受主滑体排挤力较大，向东南方向滑动，以Ⅰ级阶地后缘为出口，使Ⅱ级阶地上的苦顺村越过Ⅰ级阶地淹埋于九二水库中，滑距440米，平均滑速每秒8米，九二水库西北部Ⅰ级阶地陡坎仍保持原地形是其佐证；西块体受主滑体排挤力略小，向西南方向滑移，洒勒村靠西侧边沿的房屋（包括清真寺）滑动距离仅40—50米，接近东侧主滑体的房屋推移约420米，其强大的推挤力使东西两侧山梁受到扰动，形成剪裂缝与扭张裂缝。

从横向上由北向南可分解为上部崩塌滑落带（受牵引带）、中部滑动带（主滑段）和前部滑动土体散落带三段。中部滑动带包括Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级阶地，沿阶地后缘老滑壁或断面（60°—70°坡度）与横向滑移面剪通首先滑动，发出一声巨响，黄尘四起，紧接着后部陡壁受到牵引发生崩塌性滑落。而Ⅰ级阶地前缘又为开阔的河漫滩，畅滑无阻，故滑动土体呈开扇形散落覆盖。

关于滑坡发生后的地表微地貌特征。

总的景象是土浪起伏、高低不平、洼地与土丘相间，地形高度由北向南逐渐减低。在滑动区依次有：1.后缘陡壁，已越过分水岭，相对高差220—240米；2.东西侧壁；3.主洼地（第一封闭洼地）；4.主平台（第一反坡平台或鼓丘）；5.次洼地；6.次平台（第二反坡平台）；7.局部洼地。在覆盖区有“小树”平台、土林地形等，前缘受扰动耕地有挤压隆起及裂缝。

四、有争议的问题

（一）关于滑坡类型，有两种不同看法

一为基岩滑坡，依据是滑坡堆积物中发现大量第三系红层碎块，且滑壁东西两侧红层出露较高，推测后缘陡壁1/3—1/2处应有红层，故滑床已深切基岩，滑动面应在第三系红色泥岩中的不良结构面上。

另一种看法为黄土滑坡，依据是后缘陡壁220米高度内未见红层出露，也无地下水显露迹象，滑坡体主要为马兰黄土和石质黄土所组成，滑动面在第四系黄土与第三系红层接触面上，滑动中微切Ⅰ、Ⅱ级阶地基座红层，应属巨厚层接触面黄土滑坡或大型重力式黄土滑坡。持此种观点的单位较多。由于未经钻探，对滑床位置及滑动面岩层均无确切资料，两种观点均系推测分析。

（二）关于滑坡出口，也有两种分歧意见。

多数单位认为主滑体出口应在Ⅰ级阶地前缘，因滑坡区Ⅰ级阶地几乎被剥蚀殆尽，Ⅱ级阶地前缘是与河漫滩交界的陡坎，具临空面。且Ⅱ级阶地上的新庄队民房平推至河边，虽被松土掩埋，但相对位置未变，其前部再无别的景物。

另一种观点认为出口在河漫滩中，具体位置在达浪台地尖咀以北100米处，这是与基岩滑坡的观点相联系的，认为滑床已深切基岩，滑体沿圆弧形的滑床转动式滑移，滑床应低于出口，故出口在河漫滩中。并将基岩滑坡全称定为基底整体转动式基岩滑坡。

（三）对高速滑动中气垫效应的解释也有两种看法。

其一认为气垫效应产生于滑床之内，即滑体在滑动过程中压缩滑层之间的空气，同时高速滑动中因摩擦而产生的巨大热量使滑层中的水分汽化，形成封闭的气垫层，对滑体起

到减少摩擦的作用，故滑速甚快。

另一种解释是产生于滑体脱离滑床出口之后。巨大的滑体从相对高差300多米的位置上滑下，具有很大的势能。滑动到最低点之前，势能转化为动能所产生的加速度，必然使滑动体在脱离滑床之后产生强大的惯性，而Ⅰ级阶地前缘与河漫滩之间尚有数米高差，其间的空气受到挤压而产生气垫效应，对滑体起到抬托作用而飞滑一段距离，故有高速飘浮之感。

五、几点建议

1. 洒勒山滑坡的基础条件是与地质构造和地层岩性密切相关的，而甘肃省有类似情况的地区甚广，大体沿兰州、定西、静宁、庄浪一线以北，均有第三系红层出露，上覆第四系黄土，黄土滑坡灾害也屡见不鲜。如1973年4月24日，历时5小时的82毫米降水，就促使静宁、庄浪两县发生180多次滑坡。据兰州冰川冻土所、省交通科研所统计，甘肃省近30年之内，在白龙江、渭河、泾河流域及黄河谷地，已发生过的大小滑坡就有593次（详见《甘肃泥石流》，人民交通出版社1982年版）。因此，滑坡灾害对甘肃省山区人民的生命、财产危害甚大。加上伴随滑坡之后产生的泥石流灾害，构成山区主要地质灾害。建议成立专业研究机构，开展灾害性地质问题的研究工作。

2. 在专业研究机构未成立之前，组织各有关业务技术单位组成协作调查组，开展对全省的滑坡灾害普查，对已发生、可能发生的滑坡进行分类编目，编绘滑坡分布图、边坡稳定图防治区划及开展预测预报提供依据。

3. 洒勒山滑坡对黄土地区既有代表性，又有其特殊性，已引起国内外的重视，日本已提出要派代表团来甘肃省进行技术交流。因此应尽快组织科研力量，尽可能采用先进测试手段，把洒勒山滑坡的机理研究清楚，同时对相邻7个主峰的老滑坡带进行对比研究，从解剖典型中探索普遍性的规律是完全必要的。

4. 开展滑坡科学知识的宣传普及工作。运用已掌握的资料，编写通俗科普小册子、拍摄科教电影、编制幻灯片等，在可能滑坡的地区广泛进行宣传教育，以防止再发生类似洒勒山滑坡的严重伤亡事件。

本文是根据各单位考察报告写的综合稿，由张继文同志执笔整理。