

关中地区滑坡的成因和预防

单修政 任俊英 田正逊 杨建文

(陕西省地震局)

1984年秋季以来,陕西省连续发生滑坡,给当地群众的生命财产造成相当严重的损失。如1984年10月2日凌晨4时45分,在铜川市郊区域关二队发生黄土地段的滑坡,滑坡体积6,000立方米,范围2,000多平方米,造成居住在滑坡体上的5户居民中除一人因外出幸存外,其余50人全部遇难;1985年1月4日晚21时在榆林县桐条沟乡张硷村发生一个小滑坡,掩埋了3户人家,压死21人;在关中地区,滑坡更为广泛而密集,仅西安地区,从1984年7月到11月就出现滑坡30余起。目前,在一部分乡民中,对滑坡是否会导致地震这个问题也产生了疑虑。本文着重从我们重点考察过的两个滑坡探讨关中地区滑坡的成因、特点和预防。

一、两个滑坡简介

位于泾阳县蒋刘乡东河滩泾河南岸高边坡与泾河I级阶地交界处的滑坡(以下简称泾阳滑坡),发生在1984年12月2日凌晨7时40分左右。这次滑坡前兆裂缝出现时间短,滑动速度快,滑动距离大。在这次滑坡前两天,即11月30日,才在滑坡体后缘出现新的弧形张裂隙,宽度不超过2厘米。据滑坡时现场目击者介绍,仅在10余秒时间内,滑坡体便滑动了300余米。在这次滑坡的东侧,1982年亦曾发生过规模较小的一次滑坡,压死4人。所以在11月30日裂缝出现后,滑坡体范围内居住的240多人大都撤离危险区,但仍有72人在危险区内搬移财物,滑坡造成20人死亡,9人重伤,11人轻伤,房屋窑洞159间全部被掩埋。滑坡后在现场只能看到破砖碎瓦及醉树、滑坡洼地、滑坡埂和前缘鼓张裂隙等滑坡自然景观(见照片1)。



照片1 泾阳滑坡体上的醉树

位于长安县魏寨乡刘家圪塔村,即汤峪河与沪河交汇处北岸塬坡上的滑坡(以下简称长安滑坡),发生在1984年12月15日晚23时许。这是在一个古滑坡体上又产生的一次较大规模滑坡。该地段是一个滑坡发育的地区,除古滑坡外,还有一些现代滑坡,距今最近的是1964年发生过一次规模较小的滑坡,压死4人,掩埋了部分民房。由于该地区有滑坡的先例,在这次滑坡前一年多,塬坡上原有的裂缝又出现了扩张,当地群众在请专业人员考察的同时加强了

监视,并在滑动前4小时及时作出了预报,群众全部撤离现场,因此,滑坡未造成伤亡。与泾阳

滑坡相比，长安滑坡前兆裂缝出现时间长，滑动速度慢，滑动距离短，在滑坡体上能清楚地看到滑坡阶地、滑坡埂和次生滑动面等现象（见照片2）。

二、滑坡区地质地貌情况

（一）泾阳滑坡。泾河南岸塬面高程452米，泾河I级阶地后缘地面高程383米，塬面与阶地的相对高差69米（见图1）。

全新世初期，由于泾河对其南岸的强烈侵蚀，地形上形成陡峻的高边坡，塬坡的坡比是1:1—1:0.8，坡面上仅有稀疏的草皮覆盖。塬坡倾向泾河，成为开阔的边坡临空面，坡

脚没有任何阻止滑坡的土体，只有群众开挖的窑洞和土坯房。1982年滑坡后，使此次滑坡体在地貌上呈现出向前突出的有利于再次滑动的地形。塬边地层属于中上更新统黄土堆积，中下部见有6—8层古土壤层，上部黄土色浅，多孔隙，很疏松，下部中更新统黄褐色亚粘土亦比较松软。红褐色古

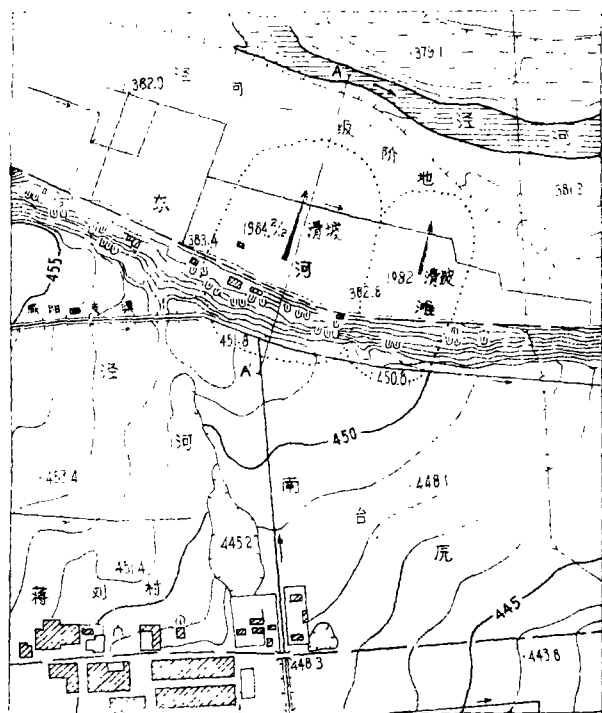
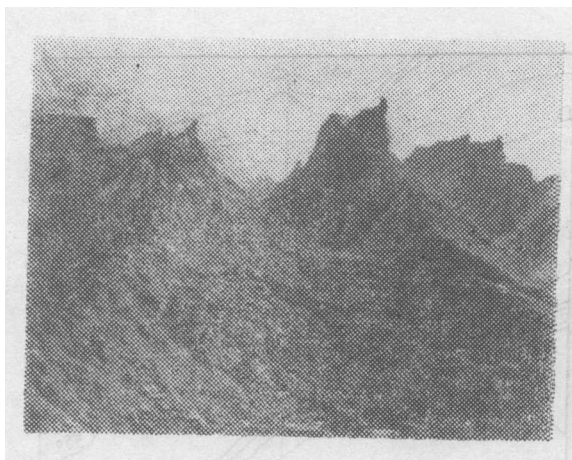


图1 泾阳滑坡平面图

3、泾河北岸塬坡陡而高，古滑坡与现代滑坡互相迭加，连续分布，十分发育。

滑坡体所在的塬坡面在570—650米的高程上，坡度为20°—30°，650米以上为陡坎，570米以下的坡度小于10°。古滑坡的滑坡陡壁在660米附近，这次滑坡的范围在540—660米之间，两次滑



照片2 长安滑坡体上一组滑坡埂及反向动坡面

土壤层粘性则较大，透水性差，遇水后摩擦系数降低，这就容易形成软弱滑动层面。泾河I级阶地宽400米，表面平坦，表层为亚粘土及亚砂土，厚1.5—2.0米，下部为砂卵石及细砂层，埋深4—7米，属泾河河流堆积。泾河I级阶地地下水位埋深4米，塬区地下水位埋深50米，高出泾河I级阶地近20米。地下水径流方向为北北东，由塬区补给泾河，因而塬坡下和群众窑洞中有水渗出及I级阶地前缘—泾河岸边有地下水溢出泉分布。

（二）长安滑坡。泾河北岸塬面高程为680米，河漫滩高程520米，相对高差160米（见图2）。从以下现象说明了这是一个晚近期地壳抬升幅度比较大、新构造运动强烈的地区：

1、泾河和汤峪河相对于渭河呈现出由东而西的反向流向；

2、河流比降很大，泾河两岸的河漫滩下切很深，是一种幼年时期河谷地貌；

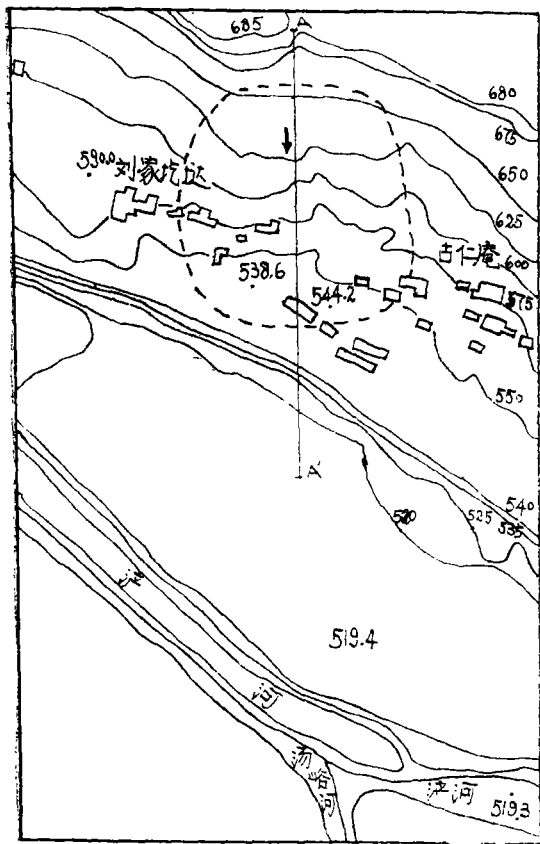


图2 长安滑坡平面图

坡的陡壁似乎重合。塬坡地区的地层为第四系，滑坡体上的地层已为古滑坡所破坏。但从这次滑坡后缘陡壁上仍可看到上部地层为灰黄色、疏松、孔隙度大的亚粘土及亚砂土，并可见到古土壤层，下部为紫红色粘土层，厚度较大。在滑坡体前缘附近，还可见到浅灰色泥岩及灰绿色砂砾石层及细砂层，其下部是红褐色厚层粘土堆积，底部也有砂卵石层。这些都是被古滑坡破坏扰乱了层序的第四系地层。

三、滑坡特征

前边已经提及，泾阳滑坡与长安滑坡是两个特征互异的滑坡：一个裂缝出现时间短，一个长；一个滑动速度快，一个慢；一个滑动距离大，一个小；一个滑动彻底，在滑坡体上不可能再次发生滑坡，而另一个滑动不彻底，形成一系列滑坡阶地和滑坡埂，而且滑坡体的表面坡度与原始坡面的坡度基本相同，以后如遇有利条件，将会再次滑动。以下对两次滑坡的特征分别叙述：

(一) 泾阳滑坡。滑坡体宽370余米，滑坡陡壁到塬边距离为25米左右，由南西 15° 向北东 15° 滑动，最大滑距350米。滑动后形成一个纵向长约370米，横向宽约350米，平均厚度

将近20米的滑坡堆积体，体积约为60万立方米（见图3）。

滑坡堆积物的厚度在横向（东西方向）上变化不大，在纵向上有一定起伏，前缘厚约5—8米，在平面上成舌形展布，围绕着前缘分布有大量的鼓张裂隙。滑坡体中部受到的挤压力最大，产生了类似于地层褶皱、隆起，被拥起的土体再向后倾倒而形成翻滚等现象。在滑坡体后缘形成一条宽约30—40米的滑坡洼地。

滑动面深度问题。在滑坡体前缘有泥浆被挤出10米以外，说明前缘土体的含水量都已饱和。堆积体西北角的水渠不但被挤压扭裂，而且被拥高达2米，这两个现象反映了滑动面深切到塬下地下水面以下，且穿过砂卵石层而达到亚粘土层，即在7米以下。由此可见，这次滑坡属于基底滑动类型。

滑动速度问题。滑坡前兆出现时间的长短及发展变化特征与滑动速度，是影响人民生命财产损失大小的主要因素。这次滑坡的前兆时间短、滑动速度快，是由其特定的地形条件决定的。这次滑坡发生在陡峭的高边坡上，其抗滑力矩仅有滑动体与滑动面上的摩擦力，一旦滑动力矩大于抗滑力矩时，即出现加速向前滑动的趋势。实际上，这次滑坡就是一次没有明显蠕动、没有预滑、没有滑动台阶，仅有单一的一个滑动面的彻底滑动。据一位群众讲，他在几秒钟内随滑坡体被推出240米以外；据另一位群众讲，他在一瞬间——约10多秒钟内，亲眼看到滑坡的全过程。

根据上述两个现象分析，这次滑坡的滑动速度应大于20米/秒。

(二) 长安滑坡。这次滑坡的坡面长约300米，宽约250米，滑动体厚度平均按25米计算，滑动体体积约180万立方米（见图4）。其滑动特征如下：

1、滑动面深度。滑动面深度也就是滑动层厚度，如上所述为25米，且与堰坡面平行；

2、裂缝出现时间。滑坡前一年多，原有的裂缝已开始扩张。据群众反映，1983年秋季以来，滑坡体前缘有泉水溢出现象。1984年11月15日，考察人员在滑坡体上自上而下发现9条相互平行、形态相似的新裂缝，同时堰坡上的梯田已经变形，呈现出反向地面形态，特别是在滑坡的后缘位置，已产生1米左右的落差，反映了开始缓慢地预滑；

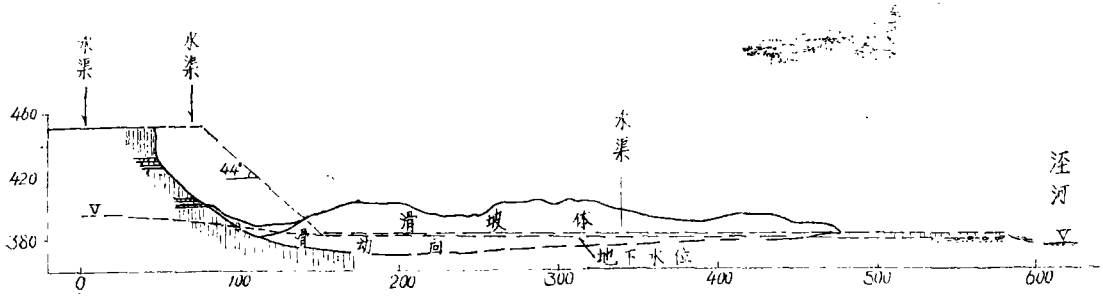


图3 泾阳滑坡剖面图 (A—A')

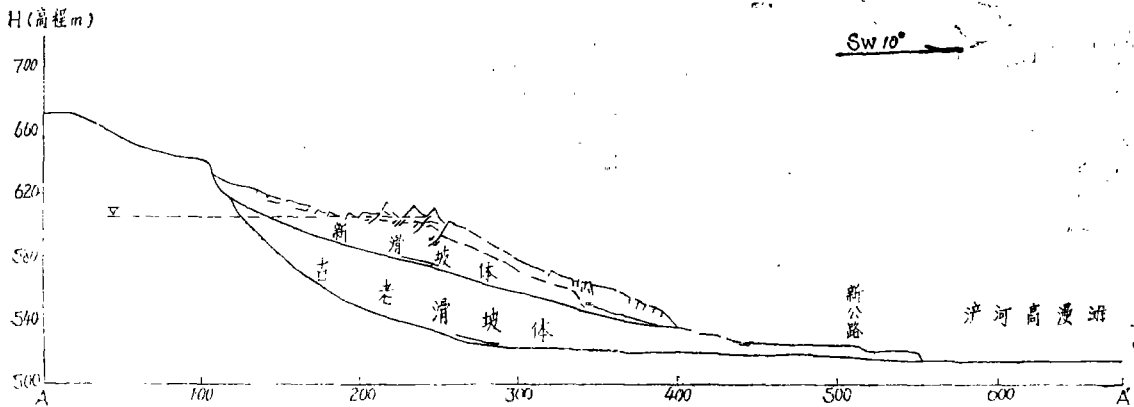


图4 长安滑坡剖面图 (A—A')

3、滑动距离。根据民房、陡坎及树木等的移动距离分析，滑距仅有10米左右；

4、滑动过程比较缓慢，并呈现出一阶一阶地分次向下滑动的形态，因此在滑坡堆积物上可以清楚地看到滑坡阶地、多个滑动面、滑坡埂及醉树等现象；

5、滑坡前缘位置较高，高出古滑坡15—18米，主滑坡壁与古滑坡壁重合或略有高出，在主滑坡壁与反向滑动面之间形成一个滑坡洼地；

6、在滑坡体中部，即在580—610米高程之间，呈现有多条反向滑动面，其倾角达55°，成为反向滑动陡壁；

7、滑坡体呈圆弧形，至考察时止，在滑动体两侧及后缘，仍出露有多条同心圆状的地表裂

缝，从这种现象及滑坡现场看，滑坡中部落差大，滑距也大，周围相对小一些；

8、从滑坡体两侧滑坡壁上遗留的擦痕及擦痕倾角分析，这次滑坡既向前滑动又向下跌落，且跌落分量大于向前滑动分量。

四、滑坡成因分析

滑坡发生在具有一定坡度的塬坎沟岸上，显然坡度越大，越容易发生滑坡。在以厚层黄土沉积为主的关中地区，滑坡主要受以下因素的影响：

1、**岩性**。上部是比较疏松、多孔隙、透水性比较强的亚砂土及亚粘土或具有裂缝的土壤层，下部是粘性比较大、透水性差的粘土层或古土壤层，在上下两层之间往往还夹有砂层或砂砾石层，因而在地表水下渗过程中，易于在上下层之间形成软弱滑动层面。泾阳和长安两个滑坡都具有上述岩性特征，这也是关中各类滑坡产生的典型岩性特征。

2、**滑坡空间**。滑坡之所以发生在塬坎沟岸边，就是因为在这些地段，具有滑坡临空面，尤其是泾阳滑坡，在1982年那次滑坡之后，1984年的这次滑坡体几乎有三个面都处于临空状态。

3、**人为因素**。由于人工开挖坡脚形成高陡的边坡，从而减小了抗滑力矩而增大了滑动力矩，这样就破坏了自然边坡的稳定状态，这是人为因素导致滑坡的主要原因。在关中地区，沿着塬边开挖窑洞，或在塬坡上修建梯田，也是导致近年来滑坡增多的一个因素。长安滑坡就有在塬坡上修建梯田而破坏了边坡稳定性，并增加了雨水下渗这两个因素；泾阳滑坡则与在塬上修渠灌溉，从而使大量地表水沿塬边裂缝渗漏有很大关系，这也是一种人为因素引起的滑坡现象。

4、**地下水**。绝大多数滑坡的滑动面都是沿着饱含水地下水的软弱层面产生的，所以地下水位升高是产生滑坡的一个主要因素。据了解，在关中的宝鸡峡灌区，由于灌溉，地下水位普遍大幅度上升，在很多塬坎边缘都产生了新泉水，因而近年来屡次发生滑坡。在泾阳和长安两个滑坡区，塬上地下水位也都是大幅度上升。

5、**降雨**。据调查统计，90%以上的滑坡都与降雨有关，因而群众中流传着“大雨大滑，小雨小滑，无雨不滑”的说法。根据气象统计资料，从1981年以来，关中地区连续4年降雨量明显比正常年份偏高，尤其是1983年的降雨量高出正常年份的1/3，而1984年夏秋的降雨量又特别集中，这就是滑坡增多的最根本原因。在泾阳滑坡附近，1982年的那次滑坡和在长安滑坡附近，1964年的那次滑坡，都是发生在降雨量高的年份里。陕西省最大的一次滑坡——1955年8月18日发生在陇海铁路宝鸡以东卧龙寺车站附近、体积达2,000万立方米的那次滑坡，同样发生在下着大雨的一天。由于近年来西北东部地区降雨量明显偏高，在甘肃东部、宁夏和陕西等地，滑坡极为频繁，1984年仅甘肃省就发生大小滑坡3,000余次，在关中地区，亦达数百次之多。

从以上分析结果看，降雨量增大既是泾阳和长安两个滑坡，也是关中绝大多数滑坡发生的主导因素，但是，具体到每一个滑坡，则应具体分析。比如，长安滑坡可以说是降雨量增大，因而塬上水位上升和大量雨水沿塬边裂缝渗入地下，从而形成一个饱水的软弱滑动层面的结果；而泾阳滑坡则是降雨和塬区修渠灌溉导致塬上地下水位大幅度上升及塬下水位也相应上升，还有雨水和灌溉水大量渗入塬边裂缝等多种因素共同作用的结果。

五、滑坡与地震的关系

目前，地震是一个很敏感的问题，人们动不动就把某些自然现象的变异和地震联系在一起，现在又怀疑如此大量的滑坡会不会与灾难性的大地震有关。以下对这个问题予以讨论。

如前所述，影响滑坡的因素很多，应该指出的是，地震也是主要因素之一。据统计，发生在沟岸山崖地区的几乎所有7级以上的大地震都将引起滑坡，6—7级的地震也普遍产生滑坡，甚至4—5级的地震也有滑坡出现，可见滑坡是大地震必不可免的伴生现象。其原因是大地震时地壳的强烈高频振动，破坏了自然边坡的稳定性，或是由于振动在边坡的含水层上形成软弱滑动层面（或称砂土液化所致）。所以，在发生大地震时，要注意滑坡所造成的灾害，这一点在黄土地区尤为重要。1556年发生在陕西省华县的8级大地震，在整个关中地区到处都产生了滑坡、崩塌等次生灾害，居住在沟坡塬边上的群众大都是因这个原因丧生的。

然而，绝大多数滑坡并不是地壳构造运动的表现形式，它和地震没有成生联系。陕西省近年来出现的大量滑坡，其原因前边已经陈述，它不会引起强烈地震。但是，在某些大地震之前，如果有地面脉动或断层蠕动等前兆现象，有可能在邻近的极不稳定的边坡地段引起个别滑坡，可是目前在陕西省还未发现具有这种迹象的滑坡。

六、滑坡的预测预防

有些滑坡是不可避免要发生的，有些在采取某些防范措施后则可以避免发生；对所有滑坡来说，只要严密监视，都可以免除人畜伤亡和最大限度地减轻损失。下边提一些讨论意见，亦可供居住在容易发生滑坡地区的人们参考。

预防滑坡的措施，这里亦包含黄土地区滑坡的整治：

- 1、疏通塬坡上的排水渠道，防止降雨季节雨水大量下渗；
- 2、塬上灌溉一定要远离塬边，严防把水灌入塬边的裂缝洞穴之中；
- 3、当塬区地下水位高出塬下地面时，如有条件，可以在塬上抽水排水，以降低塬上水位；
- 4、在容易发生滑坡的塬坡上，不应修造梯田和开挖窑洞，也不应进行大爆破；
- 5、目前，工程抗滑措施主要是在滑动体下缘修建水泥柱体等建筑物以阻挡土体下滑，也有在滑坡体内打抗滑桩或烘烧滑动面土体，使之胶结，增大抗滑强度。

总之，在考虑滑坡的预防和治理时，应首先弄清楚引起滑坡的原因和类型，再设计出主要的治理方案，进行综合治理。

在必不可免地要发生滑坡的地区，预测安全措施如下：

- 1、在无法治理时，彻底的安全措施是尽早撤离危险区。比如在泾阳滑坡的两侧，将必不可免地还要发生滑坡，治理的费用太大，不合算，而且滑距特别大——300多米，显然该地段的整个泾河滩（泾河南岸I级阶地），都将是未来滑坡的受灾区，不宜再住人，群众应搬到塬上远离塬边的安全地带；

- 2、几乎所有滑坡之前都有裂缝出现，有些滑坡的裂缝在几个月甚至一二年前就已产生，因此应派专人监测裂缝的扩张变化和发展趋势。长安滑坡等一些滑坡，事前及时根据裂缝的活动变化作出预报，使全村数百人幸免于难；

- 3、居住在滑坡发育地区的群众都知道下雨与滑坡的关系，因此在陕西省夏秋雨季，应特别警惕滑坡事件的发生；

- 4、滑坡还与冻融作用有关。冰冻层融解后岩石的抗滑强度降低，抗滑摩擦力减小，再加上解冻的融溶水下渗形成软弱层，容易发生滑坡。所以，在陕西省北部地区，由于近年来雨量充沛，并已多次发生滑坡，应更加注意开春以后冻融季节滑坡的出现；

（下转第11页）

