

地下水活动与柏树村大型滑坡

薛 振 勇

(核工业部地质学校)

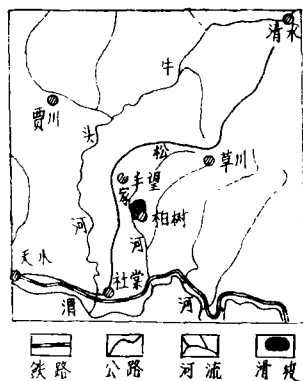


图1 柏树村滑坡位置图

1984年7月13日，甘肃省清水县丰望乡柏树村附近约4,500万立方米土体与丰望梁分离下移，形成了大型灾难性滑坡。滑坡体位于清水县城西南25公里，陇海铁路天水站NE33°，直线距离11公里处（图1）。

7月11日，柏树村北的鲁家湾下八亩地出现宽30厘米、长1华里的地裂缝，并向南北延展，两日后伸入柏树村内。13、14日连续缓慢滑动，致使北起王家崖，南至柏树村的邵家湾，东起老坟园，西到松家河，面积约1.2平方公里的土体向西南滑移，柏树村的415被滑坡切去，倒塌907间房屋，1,002口人无家可归；压死家畜（禽）1,077头（只），埋没粮食近两万斤；摧毁农田1317亩；大树倾倒、道路和高压电路被切断。经济损失估算达百万元。15号起，由于滑坡

体重心降低，地下水部分排出，滑体能量消耗于运动和土体形变之中，转入暂时稳定阶段。由于这次滑坡自发现裂缝到滑动的时间间隔较短，滑动速度小，故人和大牲畜得以转移，避免了伤亡。

滑坡发生后，我们应邀赴灾区调查滑坡体，选择重建村庄的地址。现根据收集到的资料对地下水的活动与该滑坡形成机理谈一点粗浅看法。

一、滑坡区的地质水和文地质条件

柏树村大型滑坡地处黄土覆盖的红土梁岭丘陵区，位于近南北向的丰望梁西侧。其梁顶海拔高1,950米，山梁下的松家河最低点海拔高1,319米，高差331米。自山顶到杨家坪山势较陡，坡度为13°，以下变缓为9.8°。7月13日的滑坡后断壁分布在1,520米高程上下。滑坡区地表沟谷发育，除松家河谷外，滑体上有近东西向的冲沟四条。河谷呈V字型，山梁窄陡。

从原地形图可看到，在7月13日，大滑坡东北部有明显的台地（称为杨家坪、西坪）与上部的山势坡度不协调，坪后有陡坎，李家堆谷（上端叫杨家大沟）和堡子沟双沟同源及松家河向西迁徙（河东侧有老河床沉积物出露），李家堆谷可见第四系底部土层错乱、变形等，表明杨家坪一带是历史上滑动过的老滑坡体。这次大型滑坡体的南侧，有一面积为0.06平方公里的波浪形凹

究，有可能确定滑坡等发生的时间和强度，采取必要的措施能够减轻或避免其危害。

3、结合国土整治和城乡建设规划，重点整治危害性大的塌崩和滑坡，控制人为活动对地质环境的破坏作用，树立长期与崩滑灾害作斗争的思想准备。

参加现场考察的还有榆林地区的朱有信和铜川市的张秉文等同志。

地，据查系五十年代初的新滑动体，群众称为“曳山湾”。

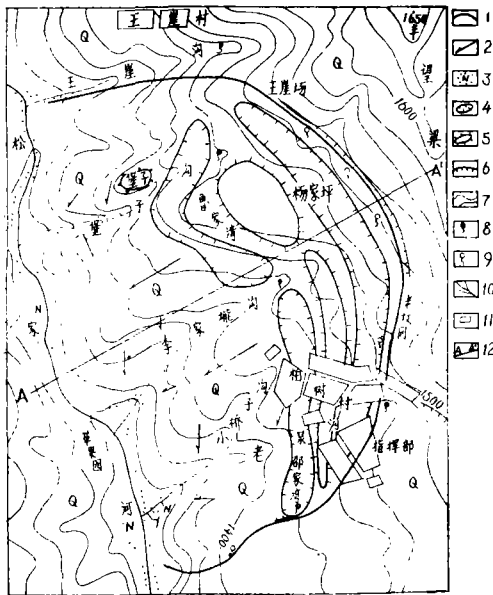
该地区年平均降水量为550毫米。7—9三个月为雨季，降雨量占全年降水量的一半以上。年蒸发量为1,245毫米，为半干旱气候区。

滑坡区出露的岩层（体）有：

1、中粒黑云母花岗岩，主要成分有长石、石英及黑云母，呈等粒结构和块状构造，裂隙发育，在松家河畔断续出露。柏树村滑坡体的西南角有一处小于30平方米的露头，呈孤岛状。

2、第三系红层（ N_2 ），以棕红色泥岩为主，局部为灰绿色泥岩。产状近水平，厚层状，结构紧密。干燥时坚硬，浸水时呈泥状，具可塑性。层内含有较多的钙结核，直径8—15厘米。该层在松家河谷两边及较大冲沟下端呈条带状分布。

3、第四系黄土层，下部为褐黄色老黄土（ Q_{1-2} ），厚8—20米，结构紧密、坚硬，垂直节理发育，覆盖于红层之上，在冲沟陡壁上出露。上部是浅黄色粉土组成的新黄土（ Q_3 ），其厚度变化较大，从几米到数十米，质地疏松、均匀、无层理，具大孔隙和垂直节理。该层在滑坡区广布（图2、图3）。



1—滑坡边界；2—滑动方向；3—地层边界；4—沉陷凹地；5—隆起土梁；6—陡坎；7—等高线；8—原有水泉；9—滑坡后出现的水泉；10—河流；11—村舍；12—剖面线。

图2 柏树村滑坡综合平面图

滑坡区的含水地层为黄土层。大气降水沿大孔隙和垂直节理下渗，达第三系泥岩顶面受阻滞留，形成局部孔隙含水层。由于历史上经受过滑动，黄土层裂隙发育，有利于地表径流下渗，形成地下水。地下水沿山坡向河谷径流过程中，一部分在冲沟陡坎之下出露为泉水，其涌水量一般小于0.1升/秒，动态不稳定，在

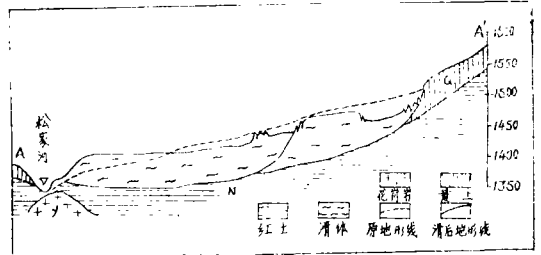


图3 柏树村滑坡A—A'剖面图

大旱年份甚至干涸。1984年7月20日对老泉沟泉实测，涌水量为0.09升/秒。第三系红层为致密的粘土，实际上不含重力水，系滑坡区隔水层。花岗岩出露面积很小，富水情况未作调查。尽管丰望梁地形较陡，但由于岩性和微地貌特点所致，地下径流易于在滑坡地段存留。这是酝酿、造成山体滑动的重要因素。

二、滑坡体特征

柏树村滑坡，以规模大、滑动面多、次级滑动发育、地表破坏严重等为其主要特征。

滑坡体自王家崖沟起，沿杨家坪、老坟园到邵家湾，形成一条长达2,500多米的圈椅形断

崖，向南西西方向下滑。滑体周界东西纵长1,249米，南北横宽1,618米，平面上形似长轴南北向的大半个椭圆（图2）。滑坡体由后缘海拔高程1,520米降到1,340米左右的松家河滩，构成一片波浪起伏的塌滑地形。滑坡体有前后两个主滑面，还有众多受冲沟控制的次滑面。滑移有一定的顺序。13日10时，前主滑面首先运动，牵引后部土体形成后主滑面；后部土体一起滑动受阻后，又产生了向冲沟运移的次级塌滑。次级滑动面切割主滑面的痕迹，指示着滑动的先后。后主滑面陡壁可见高度10—20米，倾角 68° — 79° 间，有大量滑动擦痕。从滑坡后缘向西分布着前后两条低凹的沉陷带，两沉陷带之间为相对隆起区。后沉陷带宽80—150米，深10—25米不等，地貌上形成了一条沿后断崖展布的槽沟。带内裂缝密布，延伸方向和滑坡后壁方向一致。地面被切割成宽0.3—2米的条带，反倾，叠瓦式地横卧在凹地中。老泉沟两侧，还发育着与上述宽大裂缝斜交的和老泉沟方向一致的另一组裂隙，地表被切为菱形块体，房屋几乎全被夷平，树木和农作物根系被错断而枯萎。与后沉陷带相接的是相对隆起台地。在主、次滑动面控制下，杨家坪前形成了一座高20余米、面积4,500平方米的山包。在柏树村一带成为一条宽80米左右的“古城墙”式墙堑。“墙堑”范围内地面相对位移较小，裂隙发育，房屋多因墙壁被拉开而破坏。该相对隆起区宽窄变化大，连续性较差。隆起区西以前主滑面陡壁为界。陡壁之下是前沉陷带，其特点如前述，只是连续性变差。这些高低相间的条带，构成了滑坡体上部的自然特征。

滑坡体中下部鼓丘遍布。鼓丘的土体松散，发育着 $SE20^{\circ}$ 左右的鼓张裂隙和NW、SW向的剪切裂隙。滑体前缘地带部分土体呈泥石流状，向松家河位移50—100米不等，形成舌状体。在河右苹果园一带，舌体抵对面山脚，堵塞松家河，形成一宽30—50米、长200余米的水域，后经疏通和河水侵蚀下切，水体才逐渐缩小。从总体上看，该滑坡滑动距离不大，滑下的土体除堆入冲沟外，还堆积在松家河左畔，形成大小不同的土丘。这种现象可能与河边基底花岗岩的抗滑作用有关（图3）。

柏树村滑坡后，陡壁在杨家坪一带和老滑坡形成的悬崖相吻合；向东延伸后，又与邵家湾近期滑坡后缘的展布方向平行，在其后相距100余米的部位断开的。这次滑坡床还迁就了原先滑坡的滑坡床，同样沿第三系和第四系地层的接触面滑动的。在王崖场南50米处，滑坡床局部出露，第三系粘土层被滑体擦成镜面，且有地下水在红黄土接触面渗出，形成泥流。7月中旬土体失稳后，其滑速、滑距均受原滑坡造就的地形、地层结构、受力状态的影响，表现为滑速慢，滑距短，地面建筑物破坏严重。

在大型滑坡体上，次级塌滑发育。次级滑动面分布在深切冲沟（深20—30米）两侧，延展方向和冲沟方向一致。如滑坡体西部，从鲁家湾始，沿 $SW62^{\circ}$ 方向延伸一条长350余米、顶宽不足1米的刀刃状“土脊”。其北侧，土体向北西方向的堡子沟滑动（几乎和主滑方向相反），形成数条5—10米高的断壁和一系列下滑面。滑面间距8—25米，延伸数百米，构成阶梯式下降地形。“土脊”南侧向南滑移，断壁走向和李家壩谷走向相近。老泉沟等冲沟两侧也都有类似的次级滑坡发育着。

三、滑坡成因分析

在重力作用下，斜坡具有不断受改造而降低其重心的倾向。影响斜坡稳定的主要因素，是组成斜坡的岩土性质与结构、水文地质条件、岩土的风化程度、地震和人类活动等。对柏树村滑坡来说，丰望梁的土层性质和老滑坡造成的地貌特点及土层结构是内因，过量降水引起的地下水变化是触发因素。

1、土层性质和结构，为大气降水转化为地下水提供了条件。遍布丰望梁的新老黄土层，粉

粒含量高，垂直节理发育和垂向较横向的透水性强的特点，使大气降水易于下渗而难于排出，因下伏的红粘土层不透水，连续不断的降水渗入，使其上的黄土含水层逐渐增厚。渗入水又能使红、黄土接触面软化、泥化，土粒间的粘结力和摩擦力减小，抗剪强度下降，以致在上部土体重力作用下产生缓慢挤压、形变，酝酿着滑动。

2、新老滑坡对土层结构的破坏和造就的地貌特点，影响着地下水的补给、径流和排泄，为这次滑动提供了必要条件。新老滑坡体的活动既破坏了地层的原始结构，使裂隙纵横、沟谷发育、地面支离破碎，造广众多的临空面，又造成了上陡下缓的地貌条件，使高于滑坡体陡段汇水区的地表和地下径流，到滑坡区后流速变慢，下渗滞留于该地段内。沟谷发育既有利于地表和地下水的径流排泄，减少滑动带土体水量（因冲沟上部没切穿黄土层及黄土水平方向透水性差，排出量受一定限制），又使地下水的水力坡度变大，增强了冲蚀和潜蚀的能力，影响斜坡的稳定性，又为这次大滑动中的次级塌滑提供了空间条件。

3、过量降水使地下水储量增大，诱发了滑坡发生。1984年5月到7月10号时段内，淫雨连绵，降雨量达280.9毫米，为同期平均降雨量的2.31倍。在上述土层岩性、结构特定条件下，降水进入新老黄土形成异常数量的地下水。这一过程，不仅加大了土体重量，又使土体的结构和物理性质发生进一步变化，润滑老滑动面，使其稳定性降低。静水压力的作用，削弱了老滑动面上滑体重量所产生的法向力，降低了抗滑作用。地下水位升高，水力梯度变大，形成较大的动水压力，增大了下滑力。7月20日，在这次滑坡后缘找到6处出水点，杨家坪、老泉沟一带出露的泉水，形成大于100平方米的地面积水。滑坡体上的冲沟内，也都有地下水渗出，汇集后流量在1—4升/秒之间。由此说明，滑坡体滑动前富集着相当量的地下水。地下水的蓄集量达到一定值后，导致了老滑坡的复活、蠕动，并牵引两侧土体，产生剪切破坏。当滑动力积累到大于锁固力时，开始滑动。调查中，没有发现松家河的冲蚀作用与该次滑坡的形成有直接关系。

综上所述：

1、柏树村大型滑坡是先前滑坡体的再次活动、扩展和联合的结果，按滑动面和层面的关系及岩土类型分类，并考虑到运动方式，该次滑坡属蠕动式顺层黄土滑坡；

2、过量降水使先前滑坡体内的地下水位抬高，将整个滑动面置于潜水面以下。在静、动水压力作用下，土体失稳沿浸泡、润滑后的滑动面（即黄红土接触面）下滑；

3、地面深切冲沟存在，致使次级滑动丛生，分散了主滑力量，加重了地面破坏。

四、新村址的选择和滑坡处理问题

柏树村滑坡破坏了村庄和田园，给当地群众的生活、生产带来了极大困难。在党和政府关怀下，群众正在重建家园。

1、新村庄选在基底稳定的地段。滑坡体土层松软，不能建村。鉴于原柏树村周围新老滑坡遍布的客观条件和新村要方便生活、生产等，只能选在7月13日的滑坡体南侧、近东西延伸的带形高地上。其总地势东高西低，高差70米。虽地表还是黄土层，但下部河畔有连续花岗岩体分布，稳定性较好。新村址分为上平台、陡坡、下平台三片。建议新村主要布置于下平台。

2、柏树村滑坡虽已处于稳定阶段，但位于滑坡体南端断壁以上的“指挥部”一带的房舍，地表已有牵引裂隙出现，时有崩滑的危险，必须尽快拆迁。

3、滑坡后部的沉陷凹地，需要开挖沟渠，疏通水路，预防雨季大量积水，诱发新的滑动或形成泥流，堵塞松家河，进而危及天宝铁路安全。对滑坡后壁外露的泉水，也应砌护泉口和导流，遏止其漫流、积水成灾。滑坡体上的土地，让其自然沉陷后再规划修整。（下转第28页）

泥沙，防洪抗旱。

4、川道治理。川道是富县的米粮川，分布着大面积的川台黄壤土、淤土和水稻土，地势较平坦，水利条件好，一般旱涝保收。但随着河床下切，川台地的坡度在逐渐增大，水土流失加重，向坡地演变。同时受两岸沟谷洪水横切，逐渐分割破碎；河水泛滥改道，两岸川台地常被冲毁。为了保护川台地，必须做好川道治理：（1）修梯田、筑软埝。基本平整的川台地可筑软埝；坡度较大的（ $>10^\circ$ ）川台地应修成水平梯田。川台地比较平坦，交通方便，在修梯田中充分使用推土机等机械，不但是必要的，也是完全可行的。有条件的地方，应尽可能地应用，以求多快好省；（2）修筑排洪渠道。在沿岸各个沟口至河道，修筑固定的排水渠道，以防洪水冲毁台地；（3）修筑河堤。沿河修堤，固定河岸，既可与河争地，又可防止两岸台地受洪水冲刷。

5、山地治理。富县山地面积较大，地貌特点是山大沟深，交通不便，人烟稀少，大部都有天然植被覆盖，水土流失不甚严重。但随着经济建设的发展，人为活动的频繁，加之前段对保护植被重视不够，天然植被遭到破坏，面积减少，质量变劣，水土流失日益加重。所以保护、恢复、增加山区植被，是山地治理的中心；（1）封山育林。深山区应实行封山育林，使天然林木尽快生长繁茂起来；（2）坚决制止乱砍乱垦，有计划地采伐森林，实行人工更新和复壮；（3）浅山、低山疏林稀草地应逐步通过人工造林，增加森林植被。但人工造林，必须适时、适地、适土、适种，方可取得预期效果。根据富县情况可归纳为“高山松柏低山橡，阳坡杜梨阴坡杨，沟道柳树、水桐树，洋槐树长在沟壑上”。

六、结 语

水土保持是一项综合性很强的工作，要搞得好的，既要有得力的组织措施，又要有可行的技术措施。所以必须统一组织，全面规划，领导重视，依靠群众，科学种田，坚持“一靠政策，二靠科学”。以户承包治理小流域是新政策、新形势下产生的新事物，具有很大的生命力。要使这个新事物健康发展，一是必须政策落实，责任明确，使承包户放手大干；二是必须在技术上加强指导，把他们的热情与科学性结合起来，加快治理速度，提高治理效益。

（上接第37页）

修整时，陡坡沟壑部位应弃耕还林，平坦处建为粮田时，要布置地面排水系统。

4、与丰望梁情况一样的黄土层（下伏红粘土），在清水县及天水地区大面积分布，黄土滑坡常有发生。如历史上有“明神宗万历八年（公元1581年）夏六月，秦州（今天水）清水县雨至八月，汤峪（位于清水县城东10公里）山崩。”“清咸丰元年（公元1851年）春，礼县淫雨四十余日，地泄山崩，大伤禾稼”的记载。去年（1984年）天水地区雨水偏多，清水、天水、礼县、西和等县先后发生较大的滑坡407处，造成人畜伤亡和很大的经济损失。如经过多年修整的天水水土保持站梁家坪实验场西侧梯田区，发生较大面积的黄土滑坡，其机制和柏树大滑坡相同。这种灾害不断发生，是数百年来林木惨遭破坏，生态失去平衡，水土流失严重，沟谷溯源侵蚀，不断形成悬崖陡壁，致使沟壑纵横，地面支离破碎的必然后果。要改变这种现状，就需尽快对黄土区进行综合治理，特别是植树种草，封沟育林，给光山秃岭“穿衣戴帽”，削弱暴雨洪水的侵蚀冲刷能力，蓄水保土，增强抗御地质灾害的能力。