

略阳县滑坡与泥石流的成因分析

李昭淑 张平仓

(西北大学地理系)

前言

略阳县位于秦岭南坡,气候温润,植被茂密,水利资源丰富,农业生产发展条件优越,特别是林牧业和山货土特产发展的潜力很大。地质条件复杂,矿产资源丰富。建国以来,工农业生产、交通运输和科学文化等事业,都取得了较大成绩。但对自然环境保护重视不够,故在1981年7、8两月间,遭受暴雨袭击,发生了严重山地灾害。据不完全统计,这次洪灾全县发生山地灾害5,000余处,其中规模较大的有800余处,摧毁铁路和公路,中断交通,冲毁桥梁,淤堵江河,破坏水利设施,淹没城镇,埋盖大片农田,使国家、集体和人民财产遭受巨大损失。

一、滑坡与泥石流形成条件

略阳县境内的滑坡与泥石流形成条件复杂,主要有构造岩性、地貌、气候及人为因素:

1、构造岩性。略阳县处于秦岭褶皱构造山脉的南坡,山地多东西向复式褶皱和经过多期大规模活动的压性断裂,其中以略阳—勉县—洋县断裂规模最大,其它较大的断裂还有状元牌至观音寺断层,横现河至鱼洞子断层,何家岩至接官亭断层及马厂断层等。断裂带的宽度一般在几十米至几百米。沿岩石断裂破碎带,地形陡峻,地表水和地下水活动剧烈,是滑坡和泥石流形成的有利条件。

秦巴山地西部,新构造运动强烈上升,山体大幅度隆起,河流迅速下切,河谷相对高差大,谷坡较陡,故斜坡的临空面大,坡面松散,堆积物稳定性差,易于产生块体运动。沿活动性断层地带,地震活动频繁。如1976年,四川松潘、平武发生7.2级地震,引起这些地方山石滚落。

岩层受构造运动挤压的影响,多呈带状分布。岩层倾角较大,多在 20° 以上,大者达 $70-80^{\circ}$ 。山地出露的岩石以变质岩为主,其次是石灰岩、花岗岩和流纹岩等。坡地上的岩石经过长期风化,疏松的风化岩屑和基岩交界面,形成了理想的滑动面。同时,风化的物质多蒙脱石、伊利石、高岭土和水云母等粘土矿物,具有较高的吸水性、胀缩性及崩解性,当受到地下水浸润后,抗剪强度减低,易于产生滑坡。如页岩浸水后,抗压强度降低49.4%,泥岩降低45.6%。故在沉积岩地区,往往顺着岩层的层面产生顺层滑坡。在千枚岩和板岩出露地区,因受构造运动影响,岩石变质较深,且非常破碎,风化很深,为泥石流形成提供了丰富的物质基础。

2、地貌。略阳山地起伏较大,地势东北高,西南低,海拔一般多在1,000—1,600米,呈

高峰浑人坪高达2,425米,相对高差500—700米,属于中山地貌。河流流向大多与山地构造线垂直或斜交,因受横向岩相带控制,河谷在坚硬岩石地段,往往形成峡谷地貌。在软弱岩石出露区,形成宽谷或平坝。因受断层构造影响,河谷均较开阔。沿嘉陵江及支流河谷,因受新构造运动上升的影响,发育有三级河流阶地:第一二级阶地发育不完整,多在河流的凸岸保存较好;第三级阶地通常保存完整。

山地斜坡相对高度、坡长和坡角的大小,对山地灾害形成有着密切的影响。略阳山地高差较大,坡度较陡,山坡上块体潜在能量很大,稳定性差,一旦块体发生运动,受地形影响,冲力很强。如檀木树湾附近,山坡的崩塌性泥石流,以高出河水面110米向下移动,具有强大的冲击力,越河而过,将一些碎屑物推送到对岸斜坡上。

3、气候。境内山地气候复杂多样,南北跨亚热带和暖温带,温暖湿润,且气候垂直差异明显,有“高一丈,不一样”之说。年平均气温约13—14℃,气温年较差22.6℃,年平均降水量北部白水江一带638.0毫米,县城附近841.3毫米,东部观音寺900.2毫米。降水年内分配不均,主要集中在7、8、9三个月,占全年降水量的52.69%。1981年7、8月间,气候变化异常,出现了大雨暴雨接连不断的降水过程:7月份降雨268.9毫米,是历年同期降雨量的1.74倍;8月份降雨689.9毫米,是历年同期降雨量的4.80倍。8月19日和21日降雨达111.9毫米和113.9毫米,降水持续的时间长。8月14—23日10天中,降雨没有中断,降雨量高达557.6毫米,占历年平均年降雨量65%。7、8两月降雨日数36天。8月份日降雨量大于30毫米的降雨过程有10次,大于50毫米的降雨过程7次,特别是8月14—23日10天,降雨过程多数超过30毫米,其中大于60毫米有4天,大于100毫米2天,连日降雨量之多,是历史上罕见的。因而河流的洪峰高、洪量大。略阳站从8月19日至9月7日,出现洪峰5次,最大一次是8月22日4时的8,630立方米/秒,大于1964年实测最大流量5,930立方米/秒,小于前清光绪廿四年(1898年),调查当时历史洪峰流量为10,300立方米/秒。

山地坡面岩石破碎,风化较深,坡陡,沟床比降大。前期降雨使坡面土层含水饱和,土体软化,容重增加,强度减弱,一遇降雨量大、持续时间长暴雨,坡面径流冲刷强烈,立即发生大面积的溜塌、崩塌、滑坡和裂隙,沟谷出现许多泥石流。由于块体运动和泥石流为河流提供了大量泥沙,嘉陵江及其支流的河道淤塞,河床抬高,减小了过洪能力,加剧了洪水泛滥灾害。根据略阳34年资料分析,测站以上年输沙模数为1,680吨/平方公里,1981年最高达4,030吨/平方公里,年平均输沙量为3,230万吨,最高达7,740万吨。1981年8月大范围、长历时、高强度的暴雨作用下,造成非常严重的山地坡面水土流失。

滑坡和泥石流的产生和前期降雨量有着密切的联系。通常坡面滑坡体下滑,是由于块体的下滑力大于抗滑阻力而引起的。而下滑力则与块体本身的重力及坡面状况关系密切。降雨下渗,增加了土体的重力,浸润滑面,并能将滑面上的一些细粒物质冲走。地下水还能溶解颗粒之间的胶结物,减弱块体颗粒之间的粘着力(C),减小物体的内摩擦角(φ),故降雨能使块体的下滑力增大,导致滑坡。根据略阳钢厂黄土滑坡土体测定,一般土体含水量 $W=34.5\%$ 时, $C=0.10-0.17$ 公斤/平方厘米, $\varphi=6-8^\circ$;当 $W=38.2\%$ 时, $C=0.8-1.0$ 公斤/平方厘米, $\varphi=6^\circ$ 。因此地下水的增加使坡面状况进一步恶化,促进滑体下滑。前期降雨量对泥石流形成的影响也很大,由于前期降雨能使泥石流形成区的坡面物质的水分饱和,一旦遇到暴雨,便会发生泥石流。据观测证明,前期降雨量越大,则所需泥石流暴发前10分钟降雨强度越小。如1978年6月30日至7月1日,共16个小时,略阳降雨量160.9毫米,并未造成大面积山地灾害,分析其主要原因,就是没有足够的前期降雨。

1981年8月14—23日10天连续降雨，经过计算，至21日前期降雨量达到最大值。在此之前由于连续降雨，土体已基本处于饱和状态，故在21日暴雨袭击下，发生大量的滑坡和泥石流，直到9月份，虽然降雨已明显减少，而山地灾害还接连不断发生。

4、人为因素。略阳森林破坏严重，由于过量采伐，森林资源减少，森林覆盖率仅有28%。这些现有森林多散布在悬崖陡坡的分水岭地区，靠近交通线和居民点附近，除有零星幼龄林外，森林基本被砍光。山坡失去绿色森林覆盖，成为童山秃岭。由于森林面积减少，雨滴直接打击地表，冲刷土壤，破坏了土壤贮蓄水分的能力，降低了山地水源涵养作用，故易发生旱涝灾害。1981年略阳县凡是森林植被未遭受破坏的地方，在其它相同条件下灾害较轻微，甚至没有灾情；而森林植被破坏严重地区，大部分地区灾情严重，损失较大。这说明了森林植被有抑制山地灾害的作用。

略阳县山地坡度大，土层薄，加上乱垦滥伐，严重的陡坡开荒。一般垦种2—3年后，因水土流失，土壤肥力下降，只有弃耕另开新荒。于是山坡越开越陡，地越种越薄，生产力逐渐下降，形成愈垦愈穷，愈穷愈垦的恶性循环。特别是暴雨冲刷能力强，形成严重水土流失，不少河段淤积十分严重，河床推移质明显增多，出现了壅沙磊石堆积江中，洪水泛滥频繁，大量肥沃农田变成石滩。

一些工矿交通等基本建设，没有护岸工程，对废土碎石排放不当，把大量松散物质堆在河道路旁，不仅供给了河流大量泥沙，而且破坏了边坡的稳定性，加剧了斜坡重力侵蚀作用，尤其是公路、铁路经过的不良地质地段，未作砌护工程，崩塌、滑坡经常发生。略阳境内采矿业较多，许多地方采矿弃碴没有很好处理，多堆积在矿体旁边的山坡或河沟中，成为人工制造泥石流固体物质的策源地。还有许多工矿企业不注意环境保护，致使江河污染十分严重。如略阳的八渡河和玉带河已成为黑水河和泥河。

二、山地灾害的类型与分布

略阳县境内的山地灾害种类较多，按其成因分为三类：即河谷洪水灾害、山坡重力灾害和泥石流灾害。它们之间既有区别，又有着密切的联系。

河谷洪水灾害。沿嘉陵江及其支流河谷的谷坡陡峻，受构造和岩性控制，宽窄相间，河床比降大，洪水汇流时间短，传播速度快。洪水具有峰高量大的特征，易于造成洪水灾害。略阳县城位于嘉陵江和八渡河交汇的宽谷平坝，城南出露岩性较坚硬的石灰岩，恰与河流的流向垂直，形成的宽度仅有200米的峡谷卡口，洪水期间，壅水现象非常严重。1981年8月21日，洪水因卡口造成水位抬高，城市中心水深达8.59米，损失极为严重。

山坡重力灾害。斜坡上松散的物质受地表水和地下水影响，在重力作用下，沿着坡面以不同的方式和速度向沟谷移动。其主要移动的方式有溜塌（扒皮、溜鳖、滑塌）、崩塌、滑坡、滚石和裂隙等。其中以滑坡的危害最严重，按其岩性可分为土层滑坡和基岩滑坡，以浅层土质滑坡最为常见。滑坡的特征，表现在形成过程孕育期长，运动速度快，能量大，破坏性强；许多规模较大的滑坡，都发生在高阶地或夷平面“淌湾”的浅洼地里。当滑坡向前移动过程中，一旦遇到河谷基岩陡壁时，滑坡体随着能量加大，运动速度急剧加快，以迅雷不及掩耳之势冲向河谷，灾情十分惨重；在陡峻的山坡上，往往有许多巨大的风化岩块，受暴雨径流冲击，顺坡向下滚动，运动速度很快，能砸毁建筑物，伤害人畜。如略阳钢厂阁老岭办公大楼砖墙一角即被滚石砸坏。裂隙多发生在山坡较陡的结构面，因大量的降雨渗入后，在重力作用下，整体下沉错落，形成

裂隙。如略阳两河口阳山村千枚岩的斜坡裂隙，延伸长达500米。

泥石流是由于重力作用形成的大量固体物质，在洪水的作用下，沿着陡比降沟床运动的特殊洪流，暴发突然，破坏力强大。略阳县泥石流多系暴雨产生，故称为暴雨型泥石流。这种泥石流多发生在水源条件充足，构造破碎的地带及岩屑丰富的地方。按固体物质成分，将泥石流分为泥流，水石流和稀性泥石流三种。泥流的粉粘粒含量占80—90%，砂、砾、碎石占10—20%；水石流的粉粘粒含量占10%，其余都为砂、砾、碎石和漂砾；稀性泥石流的粉粘粒含量占10—30%，砂、砾约占40—50%。略阳粘性泥石流多发生在黄土覆盖的山坡，以河流高阶地和夷平面洼地为主，黄土堆积厚度较大，有些地方可达10米左右。黄土是以粉砂为主，故易形成泥流。如略阳钢厂选矿车间附近的泥流，容重1.7—2.7吨/立方米，且有明显的形成区、流通区和堆积区（图1）。水石流多发育在致密坚硬的花岗岩、石灰岩、白云岩等地区，形成区重力作用产生的岩屑非常粗大，所以泥石流搬运的物质粒径也大。如焦岩子水石流（图2、图3），是发育在石灰岩和混合岩区，形成区地形陡峻，断层错综复杂，块体运动活跃，泥石流搬运物丰富，块体大小混杂，分选很差，最大的岩块直径有6米。泥石流扇埋没了公路，并将河流推向对岸。稀性泥石流以黑河坝公社黄家河发育较典型（图4），形成区发生崩塌滑坡体，泥石流覆盖于河流第一级阶地上。

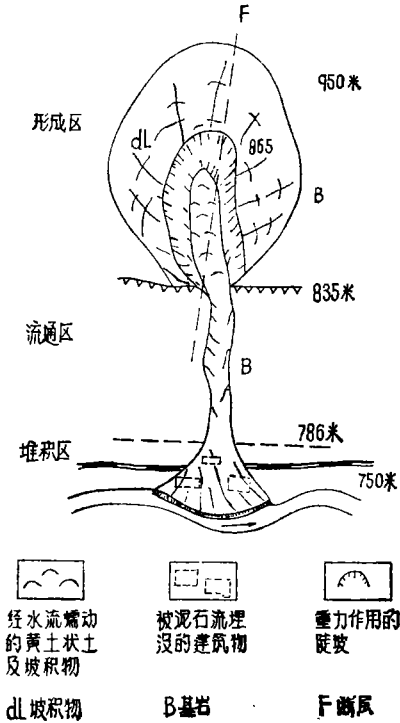


图1 略阳钢厂选矿车间附近泥石流

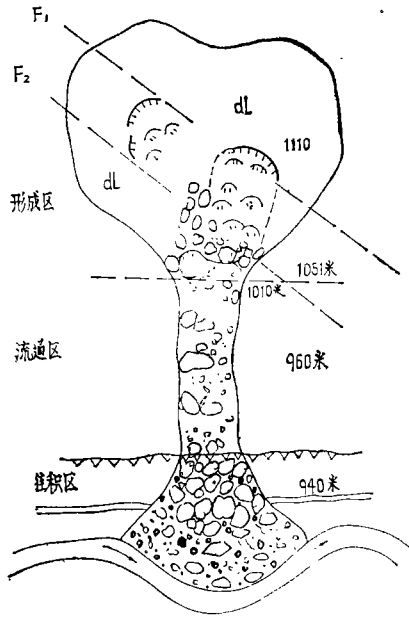


图2 焦岩子水石流平面图

滑坡与泥石流分布，有以下几点特征：
1、沿断裂带成群分布。沿断裂带，地形高差大，岩石破碎，风化较深，地表水和地下

滑坡与泥石流分布，有以下几点特征：
1、沿断裂带成群分布。沿断裂带，地形高差大，岩石破碎，风化较深，地表水和地下

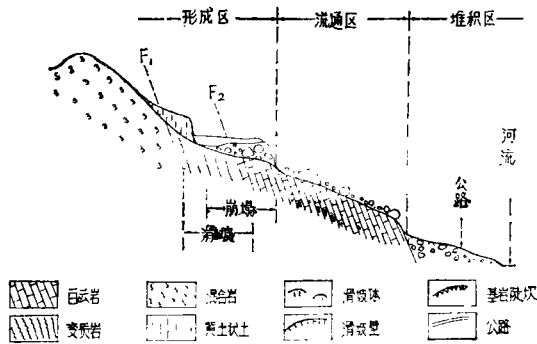


图3 焦岩子水石流剖面图

水垂直运动剧烈，块体运动活跃，故滑坡、泥石流分布密集。

2、沿岩相变化带滑坡分布较多。在软硬岩石变化地带，受新构造运动影响，岩石节理发育。当降雨渗入后，顺着层面或节理，形成润滑面，易发生滑坡或崩塌。

3、滑坡与泥石流多形成于夷平面或河流高阶地。沿河谷两岸的高阶地或夷平面上，长期受外营力剥蚀，形成圆弧形浅洼地，群众称为“淌湾”。基岩上覆较厚的第四纪堆积物，有黄土状亚粘土、坡积物和风化的岩屑。“淌湾”微地形，是地表水和地下水汇集场所，故许多大型滑坡都发生这种地形上。

4、在森林被植破坏严重的地方，滑坡分布的密度大；植被覆盖好的地方，滑坡分布少。

三、滑坡与泥石流发育的规律

滑坡与泥石流是自然地理环境的产物，其发育受到各种自然条件的制约。地质构造、岩石性质和地貌等是形成滑坡与泥石流的内在因素，暴雨及人类活动是形成滑坡与泥石流的外部条件（图5），外因通过内因而起作用，形成了山地灾害。即使在自然环境中，各个因素相互作用、相互联系、相互斗争的必然结果。滑坡与泥石流发展过程，也和自然地理环境发展过程一样，是从低级到高级的发展过程，泥石流是这一过程的最终阶段。泥石流的形成是物质和能量逐渐累积和快速释放的过程，累积过程长，释放过程非常短。泥石流的形成必须具一定地形条件、固体物质储存量 and 激发因素。泥石流的暴发，能改变坡面和河谷形态，破坏能力很强。

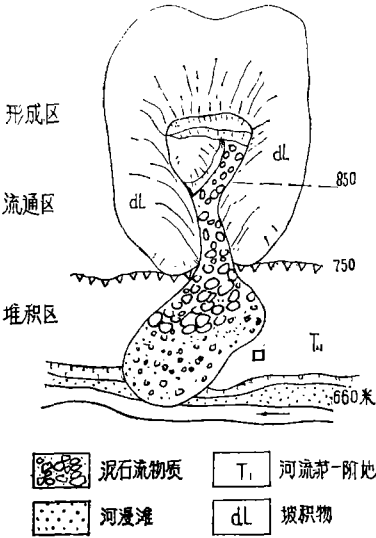


图4 黑河坝公社黄家河泥石流

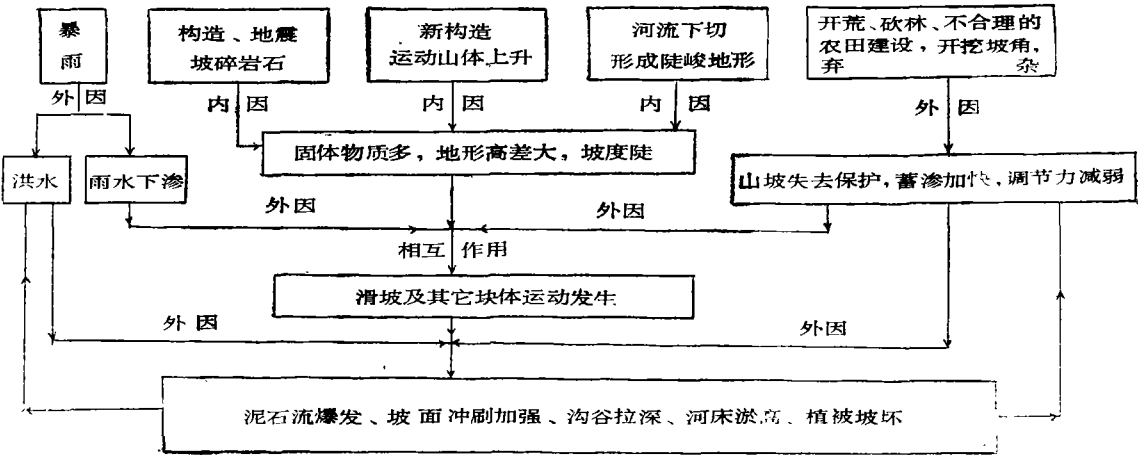


图5 略阳滑坡与泥石流发展过程模式

四、山地灾害的防治

随着国民经济建设发展，应十分重视加强山地灾害的防治工作。其防治的原则，应以防为主，防治结合。在广大山区人烟稀少的地方，宜以防为主；厂矿、城镇居民点，宜防治结合，以治为主。

1、认真做好山地灾害调查研究工作。组织科技人员对山坡结构、断层破碎带、裂隙状况和淌湾滑坡蠕动情况进行调查，找出滑坡与泥石流隐患的位置，划出危险区。尤其是对居民点、工厂、矿山建筑物有危害的地方，要加强预防和治理措施。今后在山区建设中必须加强规划工作，考虑山地灾害的影响。

2、利用降雨观测做好防灾预报工作。略阳境内，山区设有许多雨量观测站，应提高观测质量，把预报山地灾害列入业务工作计划。根据1981年降雨产生滑坡与泥石流资料分析，多处灾害的发生，决定于前期降雨和暴雨量。如前期连续降雨超过7天，且日平均降雨量 >30 毫米时，可能暴发滑坡、泥石流的日降雨量为80毫米；如前期连续降雨超过4天，而日平均降雨量大于25毫米时，可能暴发滑坡与泥石流的日降雨量为140毫米；如3日降雨量超过200毫米，1小时降雨量超过60毫米，10分钟降雨量超过5毫米时，就应动员群众防范滑坡和泥石流的产生。

3、组织群众对滑坡位移观测。滑坡发生和发展可分为三个阶段，即蠕动变形、急剧滑动和趋向稳定阶段。在蠕动变形阶段，斜坡上出现许多呈弧状裂缝，应对裂缝变化进行简易动态观测。在垂直裂缝方向打几排木桩，其中一个或几个要打在不动的土体上，定时观测，记录裂缝变化情况。雨季时，观测次数应该加多。如发现裂隙错位扩大，有连通等现象时，立即动员附近居民搬迁。

4、注意滑坡前兆。通常滑坡在滑动前都有前兆。有些滑坡在滑动前的1—2天，有山鸣谷啸的现象，或有鸡猪不进窝，牛不进棚，老鼠搬家等动物异常现象。这些异常现象是当斜坡上的土体开始滑动时，剪切力逐渐增大，有低频发声，许多动物具有对低频感受的能力，引起惊恐而产生异常反应。这些宏观征兆可做为预测滑坡的参考。

5、保护山坡，防止山地灾害。山地灾害的防治关键，是保护和合理利用山坡，严禁滥砍过伐，破坏森林植被；严禁陡坡开荒，乱垦乱种；提倡植树造林、种草及坡面合理耕种等措施，利用植物保护山坡。因植物能够增加地面覆被，涵养水源，保持水土，避免暴雨径流冲刷山坡，抗击坡面重力作用，且能促进农业生产。故利用植物防治山地灾害，是山区长期结合生产的一项主要任务。

（上接第89页）一部分下渗至林下土层，形成壤中流，使土体饱和，内聚力降低，抗剪强度减弱，土体容重增加，有利于浅层溜塌和表层滑塌的产生。据调查分析，宝略段81·8形成的大面积浅层溜塌和表层滑塌即为此因所造成。值得提出的是，这种现象在裸暴山坡和基岩山体上则很少发生。据此看来，在连续大雨的特殊情况下，植被对稳定坡面，防止泥石流的暴发也是无能为力的。还必须辅以工程措施才行。