

滑坡和泥石流——人类活动诱发的山地灾害

姚一江

(铁道部科学院西南研究所)

一、概况

中国是一个多山国家,山地面积占全国面积的 $2/3$ 。解放后,随着山区铁路、公路的修建,沿线经济的发展,人类活动对山体地质环境的破坏作用未加控制,引起地质环境的恶化,造成了不少人为的滑坡和泥石流灾害。

山区铁路修建的特点,多沿着河谷的天然通道,在无河谷阶地可利用的狭窄地带线路多沿山坡设施。在这类地区恰恰是山坡的岩土体处于天然的极限平衡或不稳定状态,滑坡和泥石流是这类山区常遇到的主要灾害,不但数量多,而且危害严重。根据全路回访调查资料,在3万多公里的山区铁路线上;已发现滑坡和泥石流有1,000多处,主要集中在沿线的山区河谷。其中因人类工程活动而产生或复活的滑坡占滑坡总数的 $1/2$ 以上,如:鹰厦线开挖时引起的滑坡就有20处之多;成昆线183处(包括已绕避的)滑坡中,属工程引起的滑坡有77处,占42%;宝成线(宝广段)101处滑坡中属于工程滑坡的有63处;其它各线也有类似情况,只是程度不完全相同而已。泥石流沟的95%以上是分布在西部山区铁路线上,平均每20公里1条,分布密度最大的东川支线,平均每1.1公里1条。因人类活动使铁路遭受和加重泥石流灾害的,约占泥石流总灾害的 $1/3$ 以上。

目前人类对滑坡、泥石流等灾害仍不能完全加以控制,但是人们应当可以掌握和利用自然规律来减轻或防止带来的灾害。如果违背或不善于利用自然规律,那就会招来本来可以避免的灾害。因此,在山区铁路或公路等建设中,要积极控制人为破坏自然条件而造成的灾害,必须重视地质条件,以便有所预测,防治于灾害发生之前。

二、人为的滑坡灾害

(一) 铁路修建中路堑开挖或填方加载引起的滑坡

从鹰厦、宝成、成昆、川黔、湘黔等线产生的滑坡来看,大部分都是因施工挖堑、切割组成斜坡各种成因的堆积层或具软弱结构面的岩层所引起的;另一部分是坡顶人工堆填土加载引起的。由于坡脚开挖或在上部填土造成超载,斜坡应力和地下水状况改变,破坏原有平衡条件,使软弱结构面上剪应力超过其抗剪强度而引起坡体滑动。

鹰厦线滑坡大部分都是线路通过河谷缓坡地带,由于路堑开挖施工中,切割坡积层下部产生的,如K163滑坡,因1956年在该处开挖路堑破坏了平衡与地下水运动,引起古滑坡复活,堑坡

严重变形，迫使线路外移5—6米；1953年宝成线部分车站设计在峡谷中的缓坡，即古滑坡堆积阶地上，经施工开挖，普遍开裂滑动。该线路上的如谈家庄（现改为徽县）车站，位于古滑坡体中，1955年施工切割了坡脚，使上部土体失去支撑，引起古滑坡复活。白水江老滑坡也是因开挖站场大量割切坡脚而复活。根据调查，成昆、川黔、湘黔等线绝大多数滑坡都发生在崩坍、坡积成因的松散层中。铁路无论以挖方通过或填方加载都极易产生滑坡。成昆线铁西滑坡即是由于料石场长期开挖，切割了坡脚，山坡产生蠕动又给沟水渗入创造了条件，促使滑坡发展。1980年7月3日发生大滑动，将铁西车站160米的一段线路全部埋没，平均高14米，滑坡堆积坡脚越过股道伸向牛日河边30米，滑坡体积约200万立方米，使成昆铁路中断40多天。这是我国铁路有史以来运营线上最大的滑坡灾害。

因线路开挖引起的岩石顺层滑坡，如福建永加铁路27公里滑坡，1971年开挖路堑（堑高8—10米）切割砂岩与泥岩层间错动面（倾向线路25°）引起的。线路以路堑通过断裂构造，尤以在断层交汇破碎带部位或平行断裂带，极易形成挖方破碎岩石滑坡。前者如湘黔线镇远和插旗山滑坡，后者如小龙洞车站滑坡群。

加载滑坡，如渡口支线103站滑坡，滑坡上部为人工填土，下部为昔格达组泥质页岩（倾向线路5°），由于填筑路基，1968年产生岩层顺层滑坡。

（二）爆破震动引起的滑坡

岩体为断裂构造切割的场合，爆破震动激发，使斜坡岩土结构破坏，抗剪力降低，极易产生滑坡。如湘黔线水花和桐木寨白云岩地段，六处白云岩顺层滑坡，滑坡的一侧或后壁是断层面或节理面，大爆破施工使岩体进一步震松，在构造控制的边界条件下整体下滑；又如1982年4月27日成昆线丰都庙滑坡，是因后缘人工采石放炮激发引起山体滑动，滑体达37万余立方米，使丰都庙大桥受到影响，中断行车17小时30分。

（三）人为改变斜坡原有水文地质条件引起的滑坡

1、路堑开挖，改变地下水运动条件并增大水力坡度，促使滑坡产生或复活。一般在具备滑动条件的山坡前缘或坡脚，人工开挖路堑除了因暴露软弱结构面而引起山坡下滑外，人为改变水文地质条件并增大水力坡度，形成新的地下水通道，实际上是许多滑坡产生的重要条件之一。所以，凡能引起地下水动态明显变化的工程活动区，常有滑坡集中分布。

2、水库水位涨落引起水库岸边滑坡，这与水库水位上涨时对岸坡土体的浸泡软化和水位下降时产生的动水压力有密切关系。这种滑坡常发生于水库蓄水初期。

3、工农业用水设施漏水引起的滑坡。有些山坡并未形成滑坡的水文地质条件，但是由于种种原因，如水渠、水管的漏水及工农业与民用用水的灌入等，都会改变山坡的水文地质条件，使之利于滑动。实例有贵昆线树舍车站由于水管漏水引起侏罗系砂岩、页岩顺层滑坡；成昆线新凉堆积土滑坡是上部水渠漏水造成的；昆河线K206粘土滑坡也因灌渠漏水而加剧滑动；外福线140公里处滑坡产生的主要原因是闽清钢厂在山坡上方开渠引水，未铺砌加固，暴雨后渠水下渗溢流，湿润土体引起滑动；鹰厦线漳平车站滑坡的发生与上部民用水的大量渗入直接有关。这些不同人为原因引起的滑坡，都曾给施工、运营造成很大的困难和灾害。

4、在古滑坡体内或附近设置地下工程，由于工程废弃积水引起滑坡。如原成汶铁路1号隧道（长812米），横穿灌县二王庙滑坡体后部，1960年修建后废弃以来，使古滑坡应力状况和水文地质条件发生明显变化，隧道塌顶，地表沉陷，地面先后出现数条裂缝，铁龙吐水断流，洞内旱季积水深50—80厘米，导致向滑坡体渗水，成为降低二王庙滑坡稳定的原因之一。目前，该古滑坡进入缓慢蠕动阶段，因此有1,500年历史的二王庙古老建筑基础的稳定性开始受到影响。

三、人为的泥石流灾害

(一) 采石场、工矿道路建设中随意弃碴引起的泥石流

在铁路山侧由于采矿、采石和筑路中大量土石不合理的堆放，导致和加剧泥石流暴发成灾，这是不乏其例的。

人为的随意弃碴对泥石流形成的作用，是直接提供固体物质。这类固体物质最易遭受侵蚀或为暴雨径流冲走成灾。如成昆线贯穿新铁村车站的汉罗沟，由于上游修建矿区公路，大量弃碴堆放在山坡上和沟内，1972年5月14日连续两小时的特大暴雨量达127毫米，暴雨径流冲走了弃碴7万立方米，切穿了老泥石流堆积扇，形成沿沟床再搬运，暴发了规模巨大的灾害性泥石流，淤埋车站站线达200余米，行车中断86小时42分，当时恰巧有一列片石车停在三股道，起了拦挡作用，使站房未遭破坏。由于这次古泥石流沟的复活，同年又相继暴发了大小不等的13次泥石流。在成昆铁路施工中，泸沽铁矿盐井沟泥石流曾造成严重的冲击灾害，固体物质主要来源于沟头采矿弃碴。1970年5月26日晚上，突降特大暴雨，将弃碴冲下，由于受沟口左侧山嘴所阻，使它沿公路斜插注入孙水河，冲击河水拍岸数丈，并将沿河数幢工棚瞬时冲毁，104人丧生，沟床冲刷甚剧，深达5—6米，已建桥墩虽偏离沟心未被冲毁，但也处于危急之中，仅差数寸就露出基底。1982年2月回访中发现矿山开矿弃碴又有百余万立方米堆于盐井沟沟头，该弃土场1982年6月5日发生了一次24万立方米的大崩塌，幸亏当时未降暴雨，搬运距离不大，未造成灾害。成昆线大湾子车站靠山一侧的山坡开采石膏矿，掌子面延长达5公里，石膏厂以每年30万立方米的剥离弃碴全部倾入沟中，使坡面泥石流沟群发育，造成对车站安全的严重威胁，1983年迫使该石膏厂停止开采。成昆线沙湾车站由于大渡河钢厂采矿弃碴及铁路采石场碎碴堆积在沟口和斜坡上，造成1967年、1977年、1980年雨季后5次人为泥石流灾害，堵孔、漫道，中断行车26小时。

宝成线在泥石流沟内开矿采石有20余处，在1981年8月21日洪灾中，一些工点采石采矿弃碴参与或加大了泥石流的灾害。如银河沟内开矿弃碴加大该沟泥石流的规模，桥孔被堵，线路被埋。

陇海线宝天段元龙四大泥石流沟之一——堡子沟，曾于1982年暴发灾害性泥石流，摧毁了元龙镇；近期由于在山口内400米处有两个较大采石场，大量碎碴堆入沟床，增加了砂石来源，形成常年受淤积危害的典型工点，清淤出的砂石已在两岸堆积成两条长堤。毛家庄石碴场采石弃碴造成的危害，是经常堵塞两端的两座桥梁。

属兰州局管辖的铁路沿线，泥石流沟共224条，由于采石、采矿弃碴造成有泥石流危害的49条，占22%，不少工点还是相当突出的。如天兰段田家沟，由于大量开山采石，斜坡稳定性遭到严重的破坏，随着斜坡下部花岗岩料石向纵深开采，引起上部覆盖黄土普遍崩坍，造成严重水土流失；大量崩积黄土及弃碴堆积在沟内约50万立方米，目前仍在继续开采。该沟曾于1969年8月29日由于采石碎碴引起人为泥石流，冲走一孔15米钢梁，中断行车62小时。兰州车站附近的大洪沟内，因市煤建公司在沟口开山放炮，动用挖掘机挖取黄土，山体遭受人为的严重破坏。兰青线K87—K88连续7条沟中，有6条沟都是由于近年来社队在沟内长年放炮采石，大量弃碴堆入沟中，潜伏着人为泥石流的危险。河口至西宁段普遍存在掏沙洞，取河谷阶地下部砾石来压砂田或作建材，大量掏采砾石形成采空区，引起上覆黄土坍塌、崩坍、滑坡，使一般沟谷变为泥石流沟。兰新线仅中堡、屯沟湾两地，从五十年代起，先后修建了水泥厂6座，到处开山采石，大量的弃碴堆积在沟内，挤压、堵塞沟床，为泥石流的形成提供物质条件，使得原来经过工程整治已经衰退的

泥石流又重新复活，造成新的威胁，如K125+971、K131+742等，沟内现存的人为弃碴均在10万立方米以上，严重威胁铁路的安全，五十年代兰武补强修建的坝群均已填平。

铁路史上最早受泥石流灾害的石太线娘子关车站，从1956年遭受一次较大的泥石流灾害后，建有九道拦碴低坝，多年来未发生泥石流活动。近几年来，地方开采奥陶系中统马家沟灰岩，致使K71+223沟流域内下游区山体破坏，山坡及沟床大量堆积灰岩弃碴，已达40万立方米以上，在暴雨汛期必将重新威胁娘子关车站的安全。

(二) 滥伐森林及开垦陡坡引起的泥石流

在山高坡陡、地质不良的山区，由于无计划的砍伐树木，开垦农田，森林植被破坏，增加侵蚀作用，加速岩石物理风化过程，促进崩塌、滑坡活动，一遇暴雨，大量径流迅速汇集，造成严重的水土流失，招致泥石流暴发。据有关单位调查，在东川、西昌、武都等地区，在历史上都是层峦叠嶂，古树参天，后来由于历代滥砍乱伐，引起水土流失加剧，泥石流暴发，以致后来成为强烈的泥石流活动区，后患延至今日。这里修建的铁路、公路都受到泥石流的严重袭击。又如陇海线元龙四条大沟，据访问调查，原先并没有泥石流现象，只因在前清末年年不断砍伐林木，山坡失去保护，在1867年一次大雨，四条沟谷普遍出现泥石流，毁坏农田、村舍，形成宽1公里、长至3公里的堆积扇。西北黄土分布地区，铁路遭泥石流灾害与森林植被衰败的关系最为密切。黄土高原目前最大的问题是森林植被稀少，山坡失去保护。

陡坡垦荒，清除森林来种植农作物，常常事与愿违。如宝成线橡子湾沟，1981年8月21日泥石流将流域内耕地上的土体全部带走，在李家河车站上堆积4,000立方米以上；成昆线尔都芦苦沟，流域面积不超过1平方公里，泥石流早已停止活动，前些年在谷坡上开荒造田，土体松动，1973年7月21日一场暴雨激发，流下泥石流量数万立方米，直冲埃岱车站，掩埋三股轨道，并将原车站站房填埋过半，迫使站房迁移，中断行车4时26分。又如流经联合乡车站的石头沟，由于陡坡毁林开荒，1983年7月1日23时在强大的暴雨径流下，再次暴发泥石流。人称“山上开荒，山下遭殃；上游开荒，下游遭殃”。成昆线乐跃车站的山坡型泥石流沟群活动与陡坡上无限制地溜放原木有关。该山坡由于伐木溜放，破坏山坡植被，切开坡面坡积松散层，数次发生泥石流；目前陡坡坡面上可见悬挂15条大小不等的泥石流，沟床纵坡达35°，泥石流淤堵涵洞，翻越掩埋线路。

(三) 农田水利设施破坏引起的泥石流

由于农田水利设施的破坏，如上游水库溃决、渠道漏水等，对泥石流形成的作用是突然增加峰值流量和水动能条件。成昆线弯丘车站上游3公里的农田水库，由于坝基质量不佳，于1973年9月16日引起水库溃决，瞬间大量水体奔腾而下，沿沟岸冲刷掏蚀，激发而形成泥石流灾害，淤埋了车站。乌斯河车站内的新寨子沟，由于上游750米处的右侧山坡1976年开挖的灌溉水渠漏水，引起山坡大范围崩塌、滑坡，堵塞主沟床达160米，导致泥石流的严重危害。东川老干沟、拖查沟等上游崩塌区修筑引水渠而发生大量漏水，也是使灾害发展的重要因素。

四、经验教训

1、人为所造成的灾害，我们可以事先加以注意，只要采取措施，还是可以避免的。如引渭渠道通过陇海线卧龙寺古滑坡，事前对其形成的地质条件弄清了，采取了相应措施，至今没有出现问题的；湘黔线场坪顺层滑坡预先施工锚固桩，在路堑开挖前预先做好桩，而后开挖路堑，从而保证了安全。也就是说，既要考虑修建工程的本身问题，也要考虑由于工程给地质环境带来的影响；广东韶关大宝山铁矿为解决大量采矿弃碴问题，专门修建了一座50米高的李屋拦碴坝。

泥石流的整体观和铁路泥石流防治的总体性

陈 光 曦

(铁道部第二勘测设计院科研所)

一、泥石流的整体观

山区铁路的沿河段和沿山麓段,常通过泥石流呈片状或带状发育的地区。这些地区的泥石流或沿河谷一岸或沿山麓集中分布,堆积扇相邻很近。它们或者两翼相连成花边状,甚至相互掩盖汇为一个大扇;或者沿河谷两岸犬牙交错分布;或者夹河对峙,使主河往复变迁及沿河两岸山体坍塌,从而向主河两岸扩散其危害作用。因此,山区铁路、公路和生产、建设遭遇的泥石流沟不是数条,而是数十条数百条;不是一条条单独的泥石流,而是彼此沟通,互相影响的泥石流群。

促使泥石流固体物质大量而快速积聚的地震因素,及组成并激发泥石流的水源条件总是周期性的出现,因而泥石流发生、发展具有一定的周期性。泥石流地区在发生强烈地震后的一个时期内,常是泥石流的活跃期。如果多雨期,尤其是淫雨后大周期暴雨与地震影响重叠,则将出现泥石流活动高潮期,原有泥石流沟将发生稀遇的泥石流,某些山沟形成新的泥石流,甚至泥石流区域扩大。然而,由于形成和影响泥石流的自然条件和人为因素以及它们的组合不尽相同,各条泥石流沟的发展也有差异,每条泥石流和泥石流群的发生不会是简单重复。泥石流地貌变迁更具有累积性。随着山区的开发,违背山区自然规律的人为活动日益加剧,有可能使某些泥石流甚至整个区

2、山区铁路、公路通过河谷缓坡或潜在滑坡区时,首先应查清构成斜坡岩石土体的软弱结构面(或滑动面)所处位置及其强度,工程上应避免深挖高填,迫不得已时必需采取预防性工程措施,恢复山体平衡条件。

3、避免施工不当造成病害。施工时间应避开雨季,雨季施工滑坡的发生率很高;施工方法忌大面积开挖基坑。成昆线甘洛车站2号滑坡的最初滑动,就是采用推土机全面开挖挡土墙基坑而发生的。路堑开挖宜采用分段开挖,而湘黔线镇远车站采用一次拉通开挖,遭致发生两处滑坡。

4、为了减少人为活动造成和扩大的泥石流灾害,对所有能造成大量弃碴的厂矿工程的建设内严禁与投资,都必须要求对弃碴的堆放作出有力措施之后才允许动工。铁路、公路两侧分水岭以滥垦、滥伐,保护好自然环境和森林植被状态,多种树,加速恢复森林植被,保护好生态平衡。要加强防灾管理,防止出现引水渠道漏水,堤坝溃决,对高坝需进行检算。

5、人类在与自然的斗争中不断地总结经验,加深对自然的认识,趋利避害。如北京市延庆县佛峪口沟,该沟流域面积为52平方公里,曾有泥石流和洪水灾害史。1970年后修建一座高拱坝,蓄水库容205万立方米,上游荒山又兴建林场,把不利因素变为有利因素,变害为利。