

132062

~~195104~~

87.113051
TJJ
2

87.113051
T 27
2

1952.11.1

鐵路工程地質工作經驗

(2)

泥石流洪流的勘测与处理

鐵道部基本建設总局編



人民鐵道出版社



铁路工程地质工作經驗

(2)

泥石流洪流的勘测与处理

铁道部基本建设总局編

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印

(北京市建国门外七条街)

書号1311 开本787×1092 1/32 印張1 字数22千

1959年1月第1版

1959年1月第1版第2次印刷

印数1,310册 [累]1,810册

統一書号: 15043·903 定价(8)0.13元

泥石流洪流的勘测与处理

一、前 言

在西北山岳地区的铁路线上，泥石流洪流的分布是很普遍的，如宝天线、天兰线、兰青等线均有分布。在兰新线的乌鲁木齐至国境段上有像八音沟、古尔图沟这样较大的泥石流洪流。

1951年为了整治宝天线上的泥石流洪流，曾组织了男方及流泥研究小组进行泥石流洪流的研究和处理，并在胡店和天水两地的泥石流洪流沟中进行过造林以及修筑拦石坝工程。此外，因为很多泥石流洪流沟曾冲毁过桥涵，所以在桥渡整理方面也做了很多工作，例如：加大孔径、开挖沟槽、作泻流槽以及上游作导流堤等。这些工作都收到了应有的效果，可以说基本上消除了以往严重影响行车的情况，但是桥渡淤积和漫流现象还未完全消除，还需经常清除。为了彻底根治这种病害，曾在1951年有过与农林方面合作水土保持的规划，但由于牵涉面太广，始终未能实现。

天兰线的修建曾吸取了宝天线的经验，在一些有泥石流洪流的沟谷中采取了较大孔径的桥跨越沟谷。一般采用2~3孔10公尺的钢筋混凝土梁，净空约2~3公尺，迄今还没有发生过冲毁桥梁的情况。但桥渡的淤积还是有的，所以自1955年至1956年，宝兰线（宝鸡至兰州）的改建勘测对泥石流洪流的处理仍是主要项目之一。

从工程地质勘测来说，泥石流不同于其他不良地质情况，其特点是：一方面牵涉范围较大，不是集中在某一点上；其次影响泥石流洪流的因素很多，如地理、气候、地质、地貌等等，从其形成发展来说是长期的、复杂的，因而影响线路工程的程度也不易掌握，在处理上说还缺乏成例可资借鉴，而且很多方法不是短期所能收效的。这样，在一般勘测工作中由于搜集资料不易明确，勘测工作量又大，处理投资往往也很大，所以泥石流洪流的勘测和处理最易引起人们的意见分歧，难以解决。例如：宝天线上元龙四大沟汇水面积达16平方公里，若按一般规定需做1:5000地质图，工作量很大，不敢盲目进行勘测；在宝兰线上有些泥石流洪流沟，流域达10~20公里，但坍塌与淤积情况并不严重，考虑在上游进行勘测，全面水土保持因工作量很大，似觉没有必要，至于完全不作，又很不放心，因而对勘测的原则和方法的决定感到很困难。

宝兰线在大改建中除对主要的泥石流洪流提出了设计文件以外，并于1957年年底对全线较小的泥石流洪流沟及一般山坡制定了水土保持规划。考虑进行分期的投资经常性的整治，但一般仅限于对线路影响较大，整治后并能收到预期效果的地带。

本文编写的主要依据是铁道部设计总局第三届工程地质及路基经验交流的报告文件“宝兰线上泥石流洪流的勘测和处理”一文。主要内容是就已有的勘测资料以及苏联专家的历次建议加以整理，对于泥石流洪流的现像及处理方法作了概略的叙述，其中若干具体的问题及有关一些数据的讨论还待于今后的继续研究和整理。

由于叙述的主要内容仅限于宝兰线，很可能是局部的、片面的，此外把山坡的泥石流也包括在内，讨论得广泛了些。

参加此项专题研究同志工作经验有限，体会得不多，叙述较简单，内容不很丰富，仅提供了一个很浮浅的概念可供同志们参考讨论，其中一些论点也可能有错误，请提出指正。

二、发生泥石流洪流的基本条件

一般说，泥石流洪流即山洪挟带大量固体材料，包括淤泥、泥球、砂粒石块等碎屑物质，以巨大的速度从沟谷上游直奔下游，短时间内泻出沟口。它的发生是突然的、猛烈的，属间歇性沟谷，有巨大的破坏力。泥石流洪流是在一定的地貌条件、地质情况及气象条件下形成的。概括起来，有下列三个基本条件：

1. 流域区地形：汇水面积大，且水汇集在不大的面积上，山坡坡度陡，沟谷纵坡陡，可达 $30^{\circ}\sim 65^{\circ}$ 或更陡。

每一个泥石流洪流域可分为三个区域：

(1) 泥石流洪流供给区：是流域上游的山坡区域，这里最先形成泥石流浆备量。

(2) 泥石流洪流通过区：它具有较顺直的、显著的河床及较陡的纵坡，一般为 $0.2\sim 0.35$ ，其两侧山坡较稳定。

(3) 沉积区：它是泥石流洪流域的一部份，泥石流洪流所带来的固体材料在这里大量沉积，形成洪积扇。

2. 供给区具有强烈的破坏的风化层，和山坡上形成大量的疏松土壤：

形成泥石流洪流浆备量的条件，主要和岩性、地质构造、水文地质、气候因素、植被情况等有关，它们是直接引起山坡岩层强烈破坏和逐渐疏松的主要原因。如山坡和坡下面集有大量的松散材料，并非每次甚至最强暴雨都能引起泥石流洪流，因而这些材料还应处于不稳定平衡或接近不稳定平衡的状态下才可以。

3. 短时间内有大量降雨或雪突然融化：

在山区虽已储备了大量固体材料，仍不能决定发生泥石流洪流，所以必须有足够量、足够强度的山区暴雨或融雪，能够产生足以卷起并沿山坡和河床带走松散材料的水流，它的延续时间，不过几十分钟或几个小时。

三、泥石流洪流的分类

泥石流洪流从其沟谷生成形态、发展过程以及泥、石、水間的相互結構來說，都很复杂，它是綜合了地質构造、岩性特征、地貌特征、水文条件、气候条件和一些不良物理地質現象等的各种因素才发生了的。由于上述各种因素存在着相互影响、互相制約的复杂錯綜的联系，形成了泥石流洪流多种多样的复杂形态，所以要对泥石流洪流进行詳細而具体的分类是困难的。但为了工作所需，須要研究与掌握泥石流洪流的不同特征及对綫路的关系，以便确定处理泥石流洪流的合理方案，必須进行分类。

从泥石流洪流結構成份分类：

1. 混濁的水流：仅由于一般土壤的侵蝕，山間水流带来数量不多的土粒、砂粒或少量石子，比重为 $1.05 \sim 1.1$ ，这些多由于所在地区內缺乏植物复盖，黄土或松散的基本岩层被侵蝕而引起的。此种混濁水流分布较为普遍，但一般对鉄路影响不大，仅属于水土流失而已。严格的讲，混濁的水流不应列入泥石流洪流范围之内，是为了便于和典型的泥石流洪流区别与对比才列入的。

2. 泥流及泥石流：以粘土顆粒为主，含有粉土、砂砾及少量石子者定名为泥流。有时碎屑物相对含量较多者可称泥石流。但基本上属同一类型，都是粘滯結構的流体。当含水量較少时，流体是致密的，固体物質牢固結合互相連接，具有彈性、粘性及塑性。当流动时向二側扩散的能力很弱，停积时泥石堆积似乎仍凝結在一起，表面形成波浪起伏；当更稠密时也称为“泥舌”，有时也与土質地层的表层急流滑坡相似。

泥流及泥石流，由于固体顆粒微細，彼此間吸附力强，故質体間粘結力很强，密度也較大，形成巨大的悬浮力及搬运力。固体物質含量愈多，悬浮力及搬运能力也愈大，它有时能携带 $0.5 \sim 1.0M$ 或更大一些的石块和树木等。

宝兰沿綫的黄土及第三紀紅层的沟谷中易发生泥流，上游黄土沟谷中剧烈沟蝕或紅层中有地下水潛蝕，形成滑坡及塌坍，暴雨时即可能形成泥流。当沟谷內有大量黄土、粘土、碎石以及基岩輕微崩坍时便可能形成泥石流。流体中常夹有大量的泥球。泥球的形成，最初多以上游硬質物体为核心，当向下滚动时，表面粘滿泥浆，形成泥团，愈滚愈大，滚动速度也不断加快，最后悬浮在流体中在下游洪积扇上停积。

泥流及泥石流分布虽广，但一般規模較小，对綫路的影响不大，以宝兰綫来讲，此类泥石流的沟谷規模一般較小，流量不大，动力也不大，同时由于顆粒細小而悬浮力强，在較緩的縱坡上也易于被帶入滑河。但在沉积物多，沟口寬广且平坦时，也常常淤积桥渡。

3. 石流：石流大部份是由石子、砂粒組成，粘土顆粒較少，仅有稀薄的泥流，細粒物質不足以将其連为稠密的混合体，所以它是非粘滯的，具有分散性及紊

流状的特性。运动的主要方式是底部运动；运动速度也因颗粒大小差异而不同，在河床条件改变的情况下，局部石块有时会停止运动，这时经常会发生堵塞和淤积。

石流多发生在深切剧烈、岩层风化破碎的岩质沟谷地带。沟谷已深切基岩，残积层大量剥落，割切了断层带或由新老滑坡、崩塌体而引起的沟岸崩塌。在宝兰线的凤閣岭至元龙關（K1323~K1339），寶家峽至隴西間（K1411~K1528）都很普遍，对綫路威胁很大，在处理上也较困难。

同一个区域内的不同地段会产生不同性质的泥石流。因泥石流的形成是各种因素的綜合表现，因而每一种不同因素都会影响到泥石流的产生、发展类型以及危害程度，如宝兰綫武山附近K1497沟上游两个支沟一为石流，另一个为泥流，这是因为沟谷内的地层情况不同而供应了不同的固体材料。

从沟谷生成形态分类：

1. 山間河谷：

有相当数量的固体物质，泥石流的质体密度为1.1~1.2，上游仍剧烈下切，但沟谷中下游已进入壮年期，流域较长，谷口以上成较广宽的“U”字形，有显著的沟床及较多的淤积物，沟身曲折，沟底局部有瀑布台阶；因沟岸冲刷有局部崩塌现象，在下游一段两岸有显著的河漫滩，沉积物大部已磨去尖棱角，略呈浑圆状，分选较好；在沟谷以外的老冲积扇上形成定向的凹形下切流槽，有时在流槽下游河流一级台地以外的浅滩上再形成小的冲积扇，固体材料可由老冲积扇供给，此小冲积扇的形成与新构造运动有关，但人工建筑物的布置常常决定它发展的形态。

一般的說，山間河谷在上游仍有相当数量的松散物质供应，但它已具有了河流的性质，汇水面积及流量较大，但縱坡已緩，流速不大，搬运力较小，沉积物在未到达沟口以前可能陆續形成沉积；到了谷口以外由于流水的负荷物已減輕，流水开始侵蝕下切，可引用“河流相对负荷系数”大于1形成沉积；到沟口以外縱坡变化不大，但大部份固体物质早已沉积了，“河流相对负荷系数”减少了，当小于1时即开始下切。宝兰綫这种类型较多，一般沟的流域长度为3~9公里。

在冲积扇下端狭窄的河流一级台地上，由于縱坡较陡，距大河主流较近，泥石流淤积物經常被大河主流带走，不致連年淤高。这种类型也属于山間河谷，除宝兰綫外，在兰青綫河口附近的泥石流也有这种情形。如图1。

2. 典型的泥石流：

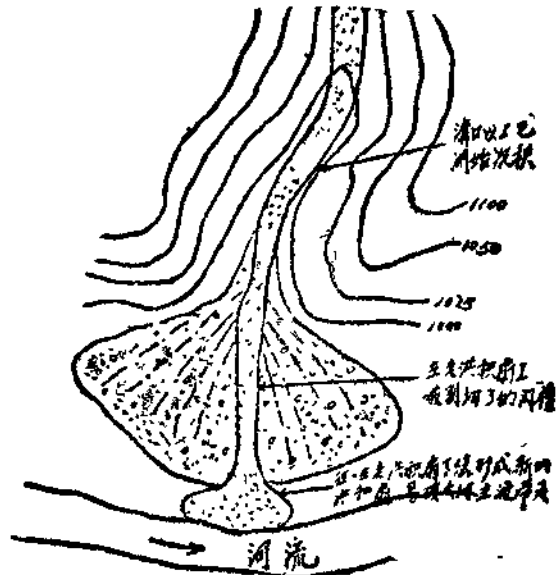


图1. 山間河谷平面示意图

上游有各种物理地质现象，如：滑坡、崩坍、残积层及堆积层的剥落坍塌、地下水的潜蚀、构造破碎带等，形成了大量松散堆积物。具备了足够泥石材料的供应。上游沟谷纵坡达35%以上，两岸山坡也很陡，形成“V”形沟谷，横向支沟也在发展，下切力极强，由于强大的动力使沟床保持顺直。

沟口以外即大量沉积形成洪积扇。一般无显著的流水沟槽，多成分叉状漫流，流向不定，或在小水时形成暂时的浅沟。但另一次洪流又全部淹没原有沉积，洪积扇逐年淤高呈扇形扩展，淹没耕地及建筑物，摧毁树木及房舍。表面新沉积的泥石不生植物。沿线居民为避免泥石淹没耕地，常从沟口起筑石堤或土埂，借以束縛水流以免漫流成灾，但这并不能根本改变沉积情况，堤埂与淤沉仍累年加高，形成凸起的沟槽。由于堤埂不够坚固还经常遭到冲毁，三阳川及洛门至贺家店间，常发生有这种情况。这类沟谷在沟口以上基本上是强烈的下切，属幼年期“V”沟谷，泥石混杂系由巨大动力挟带所致，固体物质挟带愈多悬浮力及割切作用愈大，更增加了泥石数量，这样相互作用，变化剧烈，待进入台地洪水漫流“相对负荷系数”突然增大，便形成这一类型的沉积。这种类型宝兰线分布很多，一般流域较小，约1.0~3.0公里，如K1358，K1416，K1396等。

典型的泥石洪流一般都具有供给区、通过区、沉积区三个重要组成部分，但也有例外情况。如：宝兰线K1349的泥石洪流，仅由供给区及沉积区组成，而没有通过区，这是因为坍方堆积物分布在下游靠近沟口一带，上游汇聚的水流沿急陡的纵坡顺直的沟床急剧而下，具有很大的动力，将下游碎屑堆积物直接冲出沟口形成淤积之故。如图2。

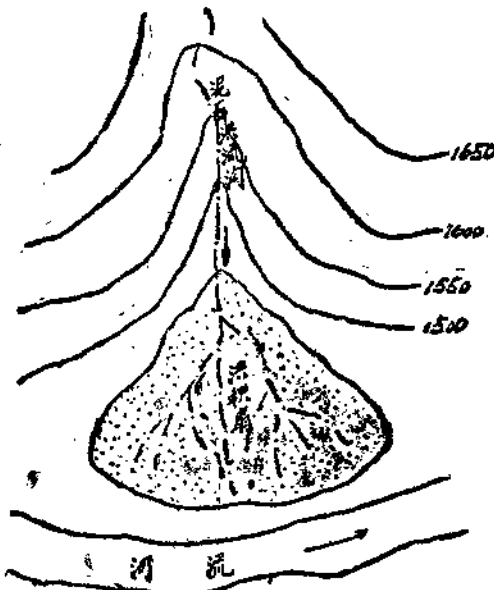


图2. 典型泥石洪流平面示意图

在坡脚，形成范围不大的洪积扇或洪积锥，也有时直接注入河流。以宝兰线为例：此类泥石流规模虽不大，但由于路基桥梁接近山脚，因而数量不大的泥石流也常埋

3. 山坡的泥石流：

大部份发育在较高的山坡上，相对高度约100~150公尺以上。坡顶普遍复盖黄土，下部基岩风化破碎，植被稀少。由于地表水流的汇聚与侵蚀，形成新生沟谷，但一般流域较小，从侵蚀的形式来看属于片蚀或沟蚀的开始，故沟谷的纵坡与原地斜坡相接近，沟谷的宽度和深度均在1~10公尺以内，长度0.2~1.0公里，包括山坡漫流、细沟、浅沟和发展中的沟谷等现象。除了沟谷本身的侵蚀供应了碎屑物外，还应包括山坡的表土剥落，小的滑坡等。由于沟谷尚未发育很好，地表逕流还不很集中，故泥石量不大，没有通过地带，直接沉积

没路基，堵塞涵洞或小桥，也有时灌入隧道口，影响行车安全。这种类型的泥石流宝兰沿线极为普遍，如K1411在斜坡为 35° 、高达150公尺的山坡上，上部为因地震而崩坍的黄土松散物，下部为风化破碎的片麻岩，在山坡下部已形成很多的小沟谷，一般宽3公尺，深5公尺，坡脚经常为碎石淤积。如图3。

K1345黄龙渠一带在坡度为 $35^\circ \sim 40^\circ$ 、高100公尺~200公尺的斜坡上，由于附近断层的影响，闪长岩极度破碎，斜坡普遍剥蚀坍落，暴雨时形成山坡泥石流，严重威胁线路安全曾迫使改线，但线路外移后病害仍未根本消除，泥石流仍不断淤满落石槽，并经常堵塞孔径1.5公尺的涵管。

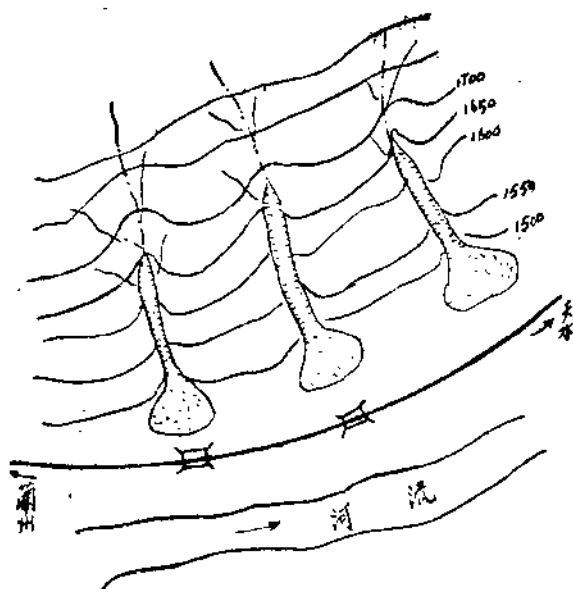


图3. 天兰K 411附近山坡泥石流平面示意图

再如K1324凤阁岭车站右侧山坡约 40° 、高150公尺~200公尺，上部为黄土

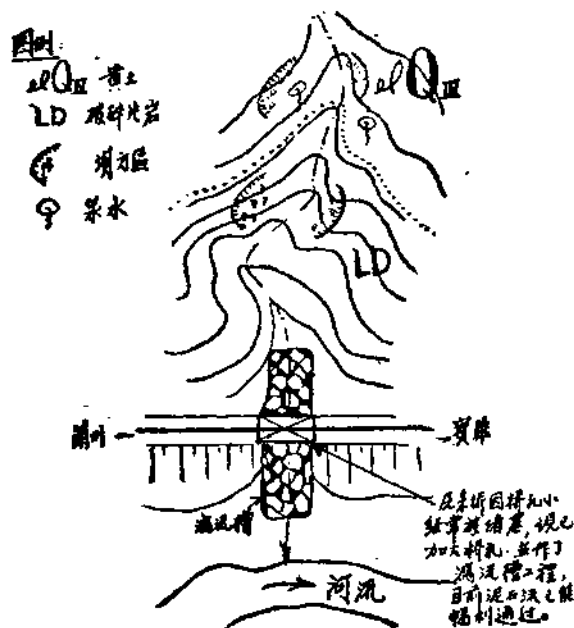


图4. 宝兰线K1324(凤阁岭)加大桥孔与修筑涵洞工程平面示意图

复盖，下部为破碎片岩，有数条沟谷分布在山坡上，流域长约200公尺~250公尺，沟谷陡坡与斜坡近于一致，沟中满布坍落碎屑物及流失黄土，每当暴雨即发生泥石流。但由于山脚下部的线路修建了孔径足够的桥梁，并修建了陡峻而平滑的泻流槽，故泥石流得以迅速排出，线路未受威胁。如图4。

以上的三种形态是基本上的划分，其中也有彼此过渡的形态。山坡的泥石流洪流与一般的崩坍岩堆外表可能相似，但从其生成原因和形态来说是不相同的，应分别开来。

四、泥石流洪流对铁路选线的关系

不同类型的泥石流洪流沟，对铁路工程建筑物有着不同程度的危害性。在山岳地带的河谷线上，一般情况下在沟口都有山洪泥石流所造成的洪积扇及一般由间歇性河所造成的冲积扇，故在山岳地带选线很难避绕的。由于泥石流洪流的严重程度不同，有的继续发展，有的趋于稳定状态。如发现河谷已切入老洪积扇，并且新的洪积扇的沉积物并不显著，那显然是泥石流发展程度已有稳定的趋势，线路位置的选择也就简单了。

典型的泥石流洪流沟沉积物逐年升高，在原有洪积扇上又复盖新的沉积物，这种情况危害最大，选线时须特别慎重考虑，只要线路通过的位置与桥涵孔径选择得妥当，线路还可以通过，但是不要疏忽经济比较，不要为了选择合适的桥位，而使线路长度和坡度就无比的延长和增大，应当在洪积扇上按最短长度的建筑费（包括泥石流洪流的处理）与线路绕过去的建筑费作出经济比较。我们如要选择既安全而又经济的线路就须慎重的考虑。选择什么部位通过能获得经济和安全的效果呢？根据我们几年来的工作提出如下几点意见：

1. 在典型的泥石流洪流中，洪积扇仍在迅速发展，每次山洪下来都有很厚的沉积物，在这样情况下如线路在洪积扇中部通过是会给线路带来灾害，我们认为最好选择于沉积区顶部附近，即沟口地段采用单孔桥渡通过，即可与地面保持5~8公尺高的净空，但要注意防止桥墩台基础的冲刷，其平面位置示于图5。

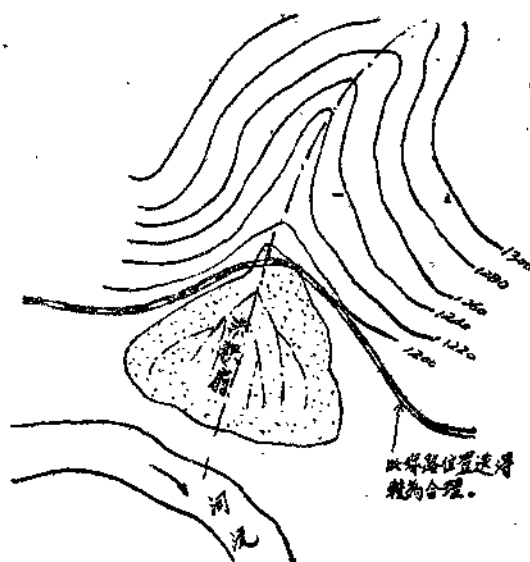


图5. 线路通过洪积扇顶部平面示意图

时首先考虑在洪积扇的顶部通过，发现纵断面上如用足限制坡度还是上不去，只好改至洪积扇底部边缘部份通过，既经济又安全。

但这种做法只限于峡谷地点。在较广宽的台地，线路受到地面标高的限制，经常不易获得这理想的位置。因为洪积扇已高出一般台地标高15~20公尺左右，线路标高比洪积扇还要高，如此抬高线路势必增大土方工程，因此在广宽的台地中让线路在洪积扇的下部边缘通过则比较有利。例如：宝兰线上有几处桥渡因绕行洪积扇下缘部份通过，就大大的减弱了泥石流洪流的危害性，如三阳川（K1416.8）谢家坡附近（K1519）的泥石流洪流沟就是这样；另外，兰青线西宁枢纽站附近有几处发展中的洪积扇，选线

2. 一般說来，如山間河谷泥石流洪流已基本停止发展，也就是泥石流洪流的数量不大，洪积扇已下切沟底維持一定的固定形状，或者还有繼續下切的趋势，在这样情况下虽然有泥石流洪流，也是不可怕的，不会引起对綫路的災害。但不宜采用涵管，应以桥梁通过，最好是单孔，保証有足够的跨度与高度，其高度一般至少3~5公尺。

如果綫路标高过低，割切了原沟槽，这样不可避免仍会引起淤积。如天兰綫K1516的泥石流洪流沟，流石量不大，已处于稳定状态，但因桥渡太低（高于原沟底仅2公尺左右），此少量泥石流洪流沉积物仍堵住桥孔，还必须进行处理，如桥渡淨空大些根本不須处理了。

3. 一些仅有少量的泥石流洪流或沟谷流域较长（>10公里），已形成广寬的沟谷，上游虽有相当数量的供应，但坡度平缓沒有洪积扇，仅在桥渡处有少量冲积层，在这样情况下，属于普通淤积設計桥渡时适当加大孔径，加强导流设备，可不再作泥石流洪流处理，綫路在任何地方通过問題都不太大。

4. 如綫路必須在典型的泥石流洪流的洪积扇上通过，宜采用較大的单孔桥，淨空应有5~8公尺，从理論上說适宜于洪积扇顶部以下不远，石块粒徑30~40公分，流速1~2公尺/秒，縱坡为5%~6%地点通过。这样不致因流速太大而冲刷墩台，并有足够的洪水流速来推动流泥流石以免堵塞，但还应作其他一些处理。

5. 对于严重的泥石流洪流沟，范围大，处理亦較困难，一般，綫路应采用繞避过河的办法或靠山用隧道或用泥石流洪流排洩道通过（图6）。

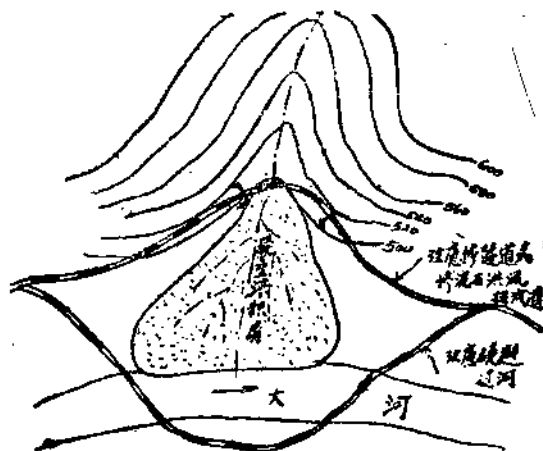


图6. 在极严重的洪积扇上选綫时，应考虑繞避或修隧道通过

这一点，我們还没有这样做过，只是一般書上有这样介紹。

使用泥石流洪流排洩道时，必須保証泥石流洪流能暢利的通过，其适用条件是：流量不应太大（一般为10~20公尺³/秒）；也不应有大的石块滚动。如果泥石流洪流具有很大的流量，以致要求有一个大断面的引水槽时；以及如果泥石流洪流可能带有大的石块（直徑1.5~2公尺的石块），以致在运动时带有大的破坏力时，那末采用这种措施的效果不大。

6. 在泥石流洪流区域范围内应避免作路軌，因为在这种地段上要防护挖方不受泥砂的侵襲是很困难的。有时綫路在洪积扇上无法避过时，除加大桥的孔径外，在路基上方可能被泥砂威胁的各段应该同时設計保护墙、排泥槽、导流堤等工程建筑物。

五、对泥石流处理的方法

泥石流洪流牵涉的范围广、因素多，因而处理工作也就复杂和繁重了。

处理的原则可分为：

1. 预防泥石流的发生：

汇水面积内缺少植物复盖，使土壤或风化岩石呈不稳定的暴露出来，经山坡雨水漫流形成片蚀和沟蚀，引起土壤的侵蚀和风化岩石的剥落，严重的是陡坡崩塌和滑坡的发生，这都为泥石流供应了大量松散材料。发展过程是：山洪挟带固体的材料愈多，则浮悬力愈大，侵蚀力愈强，从一般地表水的漫流到面蚀、沟蚀以致大规模的崩塌、滑坡，终于形成不可抑制的奔泻洪流。如在天成线勘测时，曾见过20公尺宽的沟槽，掀起了2~3公尺高的波浪，约有2公尺直径的块石在浮动。但这汹涌的洪流来源基本上是由于广大的汇水面积内汇流而成。所以预防的办法可采用：

(1) 作好水土保持工作——不仅要保护森林、草皮，而且要在山坡上进行造林，尤其是在发生有泥石流河谷的上游地带。因为树木和草皮稀少易引起泥石流，故保护森林和草皮更有其特别重要的意义，因此，在这里必须禁止放牧与砍伐树木和丛林。

(2) 修水平沟、筑土埂和台阶、整平坡面、改良耕作等高耕植——从全面的分别整理坡面流水，减小坡面的汇水速度和减少侵蚀或截留雨水，有系统的排除以减少坡面侵蚀。在沟蚀地点，还要固定沟脑沟坡。在变形急剧地点，如滑坡、坍方等，也可以考虑采取刷坡和加固的方法，保持平衡坡度，但这种措施的投资往往过大，只有在线路附近范围不大时才可采用。在全面整治中，种树、植草是稳定松散物体，保护坡面，减弱水流最普遍而有效的方法。有时由于山坡较陡，水流冲刷急剧，经常植草种树也有困难，所以有时必须与其他整治方法相配合。

2. 拦截的方法：

防止泥石流威胁线路引起灾害，可用一系列的拦石坝，改变沟谷的纵坡，形成跌水，以减弱洪水的流速；同时可以加固沟底、沟壁，防止下切，使不致引起沟谷的坍塌。这样，一方面减弱了固体材料的供应；同时使山洪带来的大量材料逐步沉积，更重要的是拦石坝能拦一定数量的泥石。拦石坝的布置是应从沉积区往上作，经过一定的计算，各个坝的拦截数量总和、应相当于总的泥石流洪流量。

坝的设置应结合沟谷的地形特点，也要考虑到沟谷纵坡的适当调整。此外，在沟谷上游宽而下游窄的咽喉处和有支沟汇合或坍塌物较多处，均宜设坝。有时也可使用截石沟截留沉积物或筑堤坝将泥石流导向安全地点。在线路与沟口之间如有足够空地，可以作纵向平行线路的堤坝拦截泥石流。关于拦石坝这一措施，一般只能看做是临时性的措施，目前我们作的还很少，尚未取得什么经验。

3. 加速排除，防止桥渡淤积的方法：

如经过山坡整治和沟谷拦截以后，仍不至有泥石流威胁桥渡及路基时，则主要

的处理是如何防止桥渡淤积堵塞。除了加大桥渡的孔径和净空外,还可以作坡度较陡的泻流槽或在上游作泻流槽,紧缩水流加大流速,在为山坡的泥石洪流地带用这种方法是最有效的。

在宝兰线上,有的地方往往是这样的:桥渡距渭河不远(约200~300公尺左右),渭河的水位可以对泥石洪流沟形成侵蚀基准面,也就是说,泥石洪流沟的沉积物到了渭河边缘即被洪水冲走。为了使沉积物达到渭河边缘,可以使用人工开挖的方法使沟槽底形成侵蚀曲线,以便正常排除泥石流不使其淤积。如图7。

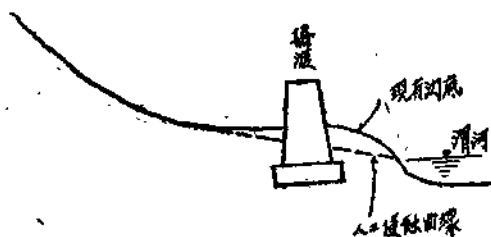


图7. 利用人工侵蚀曲线,促使沉积物在渭河边沉积,便于被主流冲走

对于上述处理方法,仅仅是一般性的,要根据具体情况灵活应用。由于泥石洪流的处理是困难而复杂的,措施恰当可以收到预期的效果,如无原则的使用,则徒加大工程的投资,得不到很大的效果。所以考虑措施时应以防止灾害为目的,从解决铁路工程的主要关键来着眼,处理系统是预防、拦截、排除。

在一般情况下,预防是积极根治的措施,在总的原则来说是对的,但结合铁路工程和区域的特点,这还不得作为公式运用。如宝兰线一带的黄土地区,结合农民的利益,配合黄河治理综合规划,这样来做是完全可能而且必要,例如:天水的团庄地方,在耕地内修土埂和水平沟,沟坡植树,已作到水土不出沟,林木丛生;在武山县城北K1496.9处泥石洪流的上游两支沟,其中一个为黄土上的沟谷,采取了水土保持也很有效果,属于一般山坡泥石洪流类型也应采取这种方法。

目前在连封山造林一时还不能作到的情况下,就有必要采用其他方法;其次种树植草虽是永久的措施,但要在较长时期以后才能收效。在西北,一般山坡植物生长困难,如全部采取这样措施也不一定得到预期的效果。为了维持铁路的正常运营还必须作其他一些工程措施。例如:保持适当的净空和跨度,加大桥渡纵坡,使其有足够排除固体物质的能力,这些都是最现实和安全的措施。在宝兰沿线,过去对于一般的山坡泥石洪流除采取了沟谷整治外,多采取了加大桥渡纵坡的方法,并收到了一定的效果。例如:宝兰线上的胡店泥石洪流沟和元龙车站的泥石洪流沟,因泥石淤积车站高度抬高了两公尺,基本上防止了灾害。所以在选线设计中,在不同情况下,应当首先采用这种最现实和最经济的方法,如忽视了这一点而单纯的依靠水土保持常会使以后的问题难以解决。

其次,如认为排除仍不能保证行车安全时,可以考虑修建拦石坝,作为临时性的措施。总的来说,从单纯水土保持观点考虑到整个面的控制方法,虽然是最根本的方法,但由于铁路工程限于条件,不能全面采用,所以首先应从沟谷桥渡整理方面“从下而上”的考虑还是最主要的。

下面是一些已处理或正拟进行处理的例子:

宝兰线上凤阁岭(K1333.8)的泥石洪流沟已基本稳定,1956年在上游新发生

了一个約50万方的大滑坡，这滑坡的下部受到沟谷割切，供应了泥石流的材料。考虑到处理这滑坡几乎是无效的，但由于汇水面积不大，滑坡不致剧烈发展来供应泥石流，同时在冲积扇上沟谷已开始下切，沟谷两岸是松散土壤，距渭河不远，渭河可作为侵蚀基准面，也是容易形成侵蚀曲线的（在一定的侵蚀割切后形成沟谷底的均衡的縱坡綫），所以可以先用人工开挖上、下游，以到达渭河，形成人工侵蚀曲线，短期內观察是否还有淤积。必要时再采用抬高桥渡的方法，或在上游进行水土保持；至于修筑拦石壩是没有什么效果的，因为沟谷是松散土壤，作拦石壩很易淤积或造成基底被冲刷。

宝兰綫上元龙 K1358.2 是典型的泥石流洪流沟，如图 8。由于历年淤积严重，在 1951 年开挖了沟槽，加大了桥孔，抬高了綫路，做了导流堤；在 1955 年做了拦石壩，但两年就淤满了，桥渡处仍連年淤积，沟上游山坡坍塌范围很大，整治山坡水土保持的工作量很大，所以只从沉积地段起向上游作拦石壩，并在桥渡处作泻流槽就可以了。

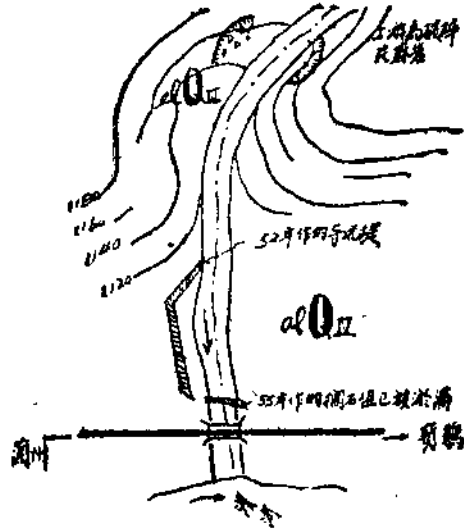


图 8. K1358.2 泥石流洪流沟平面示意图

宝兰綫元龙 K1356.7 的泥石流洪流沟，一般說，泥石流数量还不少，上游也有相当数量的松散物，但桥渡以上 1.5 公里以內，沟谷宽达 100 公尺，泥石流在远离桥渡处由于縱坡和緩，流速減緩已开始沉积。現桥下大部份已长草，桥渡在冲积扇的边緣有可能获得較高的淨空 (5.0 公尺) 目前已挖成宽达 80 公尺，深达 2~3 公尺的流槽，桥渡縱坡为 0.04~0.05，即使有泥石流洪流，也可以排除，所以任何措施都不必要了。

宝兰綫 K1349.6 的泥石流洪流沟 (图 9)，植物生长較多，且发生泥石流洪流地区較集中。曾經考虑过采取預防的方法，即在坍方体附近

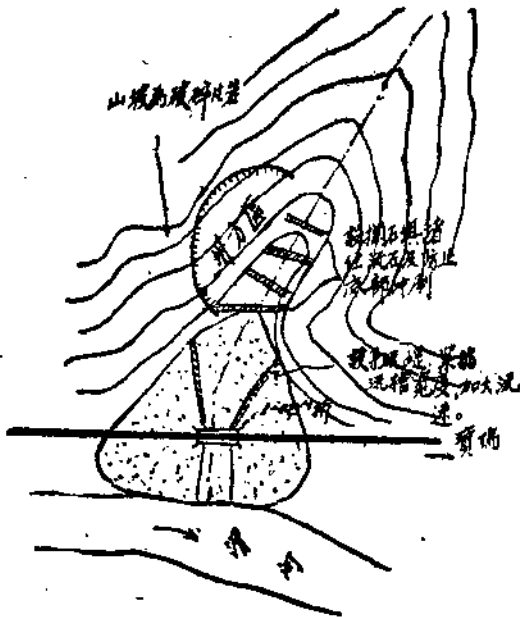


图 9. 宝兰綫 K1349.6 泥石流洪流沟平面示意图

采取整治坡面和集中地表水流，进行植草种树的措施。整治坡面是用柳条編織拦石

塌的方法；也可以在劈方体上用砌石作小平台，以后逐步种草以稳定山坡。但是由于在破碎岩体上进行这一工作很困难，一时得不到效果。同时考虑到桥渡及洪积扇上的縱坡大于10%，綫路在相当于沟口的地点通过。在这种情况下，不应有太多的沉积。但目前情况恰好相反，形成了大量沉积。其原因可能是因为桥渡孔径突然放大4倍于原有流槽宽度使流速减緩而引起沉积。所以也可以采用导流堤，紧縮流槽宽度加大流速的方法来排除泥石流洪流，同时在上游考虑再作一些数量不多的拦石壩、作为輔助措施。

宝兰綫K1411山坡泥石流洪流，数量不大，山坡脚外10公尺就是綫路，山坡坡度較緩，上部是黃土坍塌体，下部为破碎岩层，由于流水侵蝕，沟谷正在发展。针对这种情况，完全有可能采取水土保持的方法，整平山坡，加作水平沟，把山坡汇水集中在几个主要沟谷内，避免漫无目标的冲刷，再加以植草。这是最适宜采用水土保持方法的一个例子。

宝天K115滑坡东侧的山坡泥石流洪流沟，汇水面积不大，由于沟谷在割切斜坡，形成大量泥石流洪流，曾摧毁桥涵。在1955年进行了沟底鋪砌并加作桥涵以后，由于防止了下切，泥石流洪流就中止了，这也是整治山坡泥石流洪流的一例。

以上为几年来在山岳地带泥石流洪流工作中的体会。一般說都是宝兰綫的例子，因为宝兰綫地质情况比较复杂，并在已修成的工程建筑物上容易看出泥石流洪流的危害性。

六、泥石流洪流地区工程地质調查

1. 泥石流洪流沟谷及洪积物的鑑定：

(1) 沟谷形态及縱坡：

发生泥石流洪流的沟谷，一般长度短、坡度陡，供給区供应的碎屑物质，借助于降雨水流及重力作用，将碎屑物质堆积于沟口，部分零散地分布于斜坡上。在降雨时，进行平面冲刷的水流在地面較陡的斜坡上（一般 $30 \sim 65^\circ$ ）上汇成較大的急流，以巨大的力量沿山坡往下流，冲毀自己前进道路上的一切障碍物，到达沟口后，急流分成以扇状向各处流散的支流，因而水流的力量变弱，水的毁坏作用逐渐停止，而順山坡上部携带来的岩石碎屑就在此处沉积，随着沟口距离的加大，这种沉积作用增加，发生这种现象与沟谷的形态及縱坡有密切的关系，它的水流源地，类似漏斗，狭窄的一端，朝向山坡的下方。

集水漏斗区域的支沟，斜坡坡度一般为 $30 \sim 65^\circ$ 或更陡，此处即为碎屑物质的供給区。

沟谷的谷道順直，且窄及陡，呈“V”字形（新生沟谷多有泥石流洪流），上游縱坡坡度为 $0.20 \sim 0.35$ ，而下游坡度則驟然变緩，一般为 $0.02 \sim 0.05$ 。

(2) 洪积扇的形状及洪积物的形态：

泥石流洪流到达沟谷的出口处后，向各处分散，其深度、水面坡度及其流速，将

急剧地减小。在这里的水份，部份被蒸发掉，部份渗入松土洪积层内，所有被水带来的物质，就沉积起来。由于搬运路程短，沉积快，因而沉积着大而具有稜角的碎石和块石。较小粒屑，经过一段距离后，由于支流成扇形流散而沉积起来。这种地形表面平凸，边缘渐趋低落，扇面被许多支流分割。在支流前进的道路上，若有障碍物，支流或因而暂时消失，或因而改道。支流也可能暂时有轻微的下切。

洪积扇是由粗径分选的物质形成的。在扇顶附近积有大块物质——角砾、砾石、页岩块等等；离洪积扇顶稍远处是不大的颗粒；最后在洪积扇边缘沉积下的是细粒土壤。

在洪积扇表面的支流多叉，无固定的沟床，在下次较大的洪水时，掩盖了旧的而形成扇形沉积面。由洪积扇的表面和下部看来，沉积物因而是杂乱的堆积体。洪积扇没有草木生长，无耕地和庄舍等。

2. 泥石流中几个数据问题：

(1) 泥石流流物的容重：

泥石流既然是漂石、卵石、块石、沙及粘土，有时杂夹草根等的混合物，因此在其运动过程中，容重是很难确定的，一般采用间接办法来计算。具体算法如下：

1) 先确定泥石流洪积物的容重，再估计出水和固体颗粒所占重量的比例。利用И. И. 赫利赫烏利澤公式进行计算

$$\gamma_c = \frac{100\gamma_n}{\gamma_n(100-p) + p}$$

式中 γ_c ——山洪泥石流的容重；

γ_n ——山洪泥石流中，固体物质的容重（吨/公尺³）；

p ——山洪泥石流中，固体物质的含量百分比（按重量）。

2) 将泥石流沉积物的固体成份所占体积的百分比，分别乘以不同的比重，相加后，被它们的总体积来除，即可得到平均的固体容重。所求出的容重因为缺少水的因素在内，所以比实际的情况要大。

3) 泥石流的沉积物质，如属于泥流，或颗粒不大时，可取样送化验室确定容重。

确定泥石流容重时，应研究拟作建筑物附近的样品，如拦泥壅址处、桥渡处等，如果太靠下游，颗粒偏小；太靠上游，则颗粒偏大。

泥石流容重的参考数字为1.1~1.8⁷/M³。在实际运用时，应当根据访问的资料和平常注意到一般泥石流情况，加以对比。为了确定正在流动的泥石流的容重，就要大概的估计出水和固体物质的体积百分数。一般的泥石流，如很猛，则水约占60%，土壤占40%，但这是大概的数字。如从科学研究着想，可进行观测，但从铁路观点来看，就不必要那样精确了，这种估计只是大致的。

当没有关于泥石流的天然资料时，有效粘度及容重可根据下表中所列数字采用。

表 1

生成泥石流洪流的特性 斜坡的特性	泥石度洪流特性	粘度人約值 η	容重 γ 克/公分 ³	附 注
砂 粘 土	液 体 泥 狀	1~2	1.3~1.4	录自泥石流及其
"	稠 泥 狀	5~8	1.4~1.6	散布区的道路設
粉土及砂粘土	泥 体 泥 狀	3~5	1.2~1.3	計一書131頁
"	稠 泥 狀	9~12	1.4~1.6	
"	稠 漿 狀	20~30	1.7~1.8	
粘 土	稠 泥 狀	10~20	1.2~1.3	
"	稠 漿 狀	30~40	1.4~1.5	
"	极稠的漿型	50	1.5	

(2) 泥石流洪流的流量:

在洪积扇上,时常可以看到粗略成层的埋藏情况,它通常代表着一次泥石流洪流的沉积。分析成层剖面的情况,就可确定泥石流洪流的厚度特征及洪积扇增长速度。

一次泥石流洪流量的估计,可根据沉积的范围和厚度来计算。如在已开挖的沟槽中进行,可以调查它的长度和厚度。

根据И·И·赫尔赫烏利澤的公式計算流量:

設 Q_n 为固体物質的流量(立立方)

$$Q_n = \frac{P}{\gamma_n(100-P)}$$

設 Q_w 为泥石流洪流中水的流量(立立方)

$$Q_w = \left[\frac{100}{\gamma_c(100-P)} - 1 \right] Q_n$$

設 Q_c 为泥石流洪流的流量(根据与水之流量 Q_w 計算的)

$$Q_c = a Q_n \quad (\text{立立方})$$

$$a = \frac{P}{\gamma_n(100-P)} + 1 = \frac{100}{\gamma_c(100-P)}$$

(3) 泥石流洪流运动的速度 V (公尺/秒)与洪积物的顆粒大小有关,可根据下列公式計算

$$V_{np} = 3 \sqrt{d} \sqrt{(\gamma_n - 1)(1 - 1.01p)}$$

式中 d ——顆粒直徑(公尺)。

因該 V_{np} 为不带冲积物水流的极限速度,結果数字应为 $1.5V_{np}$ (根据П·В·波克罗夫斯基建議)。

根据“泥石流及散布区的道路設計”一書中139頁所列的資料,在敞式槽中所进行的实验結果得出平均含量为25~30%的中細度砾石和块石的流动体(石流)。

值列于表 2。

表 2

d (公尺)	v (公尺/秒)	d (公尺)	v (公尺/秒)
0.05	1.0	0.5	3.8
0.1	2.2	1.0	5.5
0.2	3.0	2.0	7.3
0.3	3.3		

在确定砾石最大尺寸时,必须确信所选出的泥沙确是被水由上游搬来的,而不是由侵蚀或河底冲刷而出现于河床的。

3. 野外调查工作及应绘制的图件:

泥石流洪流域内资料的搜集,重要的是对泥石流洪流供给区、流动区、沉积区以及搜集过去的泥石流洪流资料。

(1) 对供给区的调查:

研究流域面积大小,风化程度,厚度,估计供给量;还须注意植被情况;并应确定和划出能形成泥石流洪流冲积物疏松的及非粘性土壤区的边界,划出已在斜坡上和坡脚下冲积物堆积地区的边界。供给区内,若地下水很发达,平时容易造成“流方”,在暴雨时,也是泥石流洪流冲积物备料处之一。特别是粘性土壤地区,可能形成较大的滑坡。因此,同样应注意地下水分布的范围。

(2) 泥石流洪流通过区的调查任务:

- 1) 把通过区和泥石流洪流生成区分开;
- 2) 确定通过区的长度及其平均和最大坡度;
- 3) 搜集通过区线路本身及防护建筑物设计可能性的材料;
- 4) 当通过区同时又是生成区时(山谷斜坡上有受过侵蚀和风化的疏松土壤复盖),则必须确定有泥石流洪流危险区的界限,并估计来自山坡的泥石容积。
- 5) 为了查明线路在通过区与山谷相交的设计可能性,必须调查其下游斜坡,找出并划出适宜修建桥渡的坚固稳定的岩石区。那里山谷河床是直的?岸壁是固定的?岸边高出最高泥石流洪流水位是多少?在这些区域上作河谷两侧的横断面,并进行岸壁区及斜坡地质土壤的调查。

(3) 泥石流洪流沉积区的调查:

- 1) 发展区边界;
- 2) 外形是凸出的或是凹进的;
- 3) 河道网在洪积扇中发展的特性及改道的可能性;
- 4) 颗粒成分及其埋置情况;
- 5) 根据已形成的洪积扇及流域中泥石流洪流发生的过程,应该得出洪积扇以后增长的速度及其发展的方向;