

# 从金沙江三滩泥石流沟发展趋势探讨整治方案

谢修齐 姚一江

(铁道部科学研究院西南研究所·成都市)

## 提 要

三滩中桥沟是目前成昆铁路南段亟待整治的工点之一。本文在分析了三滩泥石流沟的危害,地质、地貌环境恶化的原因及发展趋势的基础上,提出了对三滩泥石流沟整治的两个方案:(1)拦排结合方案;(2)明洞渡槽方案。并对以上两个方案作了比较。

关键词:三滩泥石流沟 坍塌 滑塌 暴发频率

## Discussion on the controlling plan in view of Developing Trend of Mudrock Flow in santan of the Jinsa River

Xie Xiuqi Yao Yijiang

(The Southwest Research Institute of Academy of the  
Ministry of Railway, Chendu Municipality)

## Abstract

Chiaogou of Santan is at present one of the urgent top-priority to be controlled in the south section of Chenkun Railway line. Based on the analysis of damages caused by the mudrock flow, the worseninig of geological and geomorphological environment and the developing tendency in santan mudrock flow gully, this Paper suggests two plans for controlling over santan mudrock flow gully; (1) the combination of check-ing and drainage; and (2) the construction of open channel aqueduct. Also, the com-parison of two plans is made in this paper.

**Key words:** Santan mudrock flow gully disintegration landslides  
occurence frequency

三滩中桥泥石流沟是目前成昆铁路南段亟待整治的工点之一。成昆铁路通车以来,三滩沟泥石流暴发频率逐年增高,规模逐年增大,危害日趋严重。1989年9月14日暴发泥石流,桥下淤积高度与梁底距离不足2m,严重压缩设计泄洪净空,危及中桥安全。其主要原因是三滩泥石流沟发展趋势日趋严重,流域内下泄泥沙量逐年增多;三滩排导槽末端标高过低,金沙江回水顶托影响严重,导致槽尾泄沙不畅。为确保运输安全,目前以排为主的整治工程应改为拦排结合,或立体绕避。本文从三滩泥石流沟发展趋势来探讨这一问题。

## 一、三滩泥石流沟的现状与发展趋势

三滩沟位于金沙江深切峡谷区右岸,成昆铁路中心里程为K788+761m,桥渡建筑物为1孔32m半穿式栓焊钢梁桥。1989年9月14日,三滩沟暴发了一场较大规模的泥石流,造成桥下严重淤积,对行车安全构成威胁。据调查,泥石流回淤距离超过桥址中心100多m(图1)。桥址中

心的淤积厚度达3.5m,距梁底平均为2.5m,最短距离已不足2m。排导槽下游淤积最大深度达6.5m,平均为4m。下游排导工程昆端侧从桥址上游30m起,成端侧从桥址始,至排导槽末端全部被泥石流淤埋,并向2.5m高的边墙溢出,因原隧道弃渣所阻,溢出宽度1~1.5m、厚度1m,排导槽末端泥石流呈扇形扩散。扩散宽度超过25m。排导槽入口段淤积亦十分严重,在30m范围内,右侧边墙基本被泥石流淤埋,左侧边墙淤积高度1~2m。排导槽内的淤积总量约1.2万m<sup>3</sup>。泥石流在造成桥下严重淤积的同时,并对上游沟床产生了强烈切割与拓宽。沟床平均冲刷深度1~1.5m,最大冲刷深度达2.5m。发育在上游的6级跌水,其基岩床面亦有切割迹象(照片1),与70年代比较,部分跌水已破碎并难以攀登。沟床拓宽严重,流通段沟床平均拓宽2~3m,最大拓宽达12m。

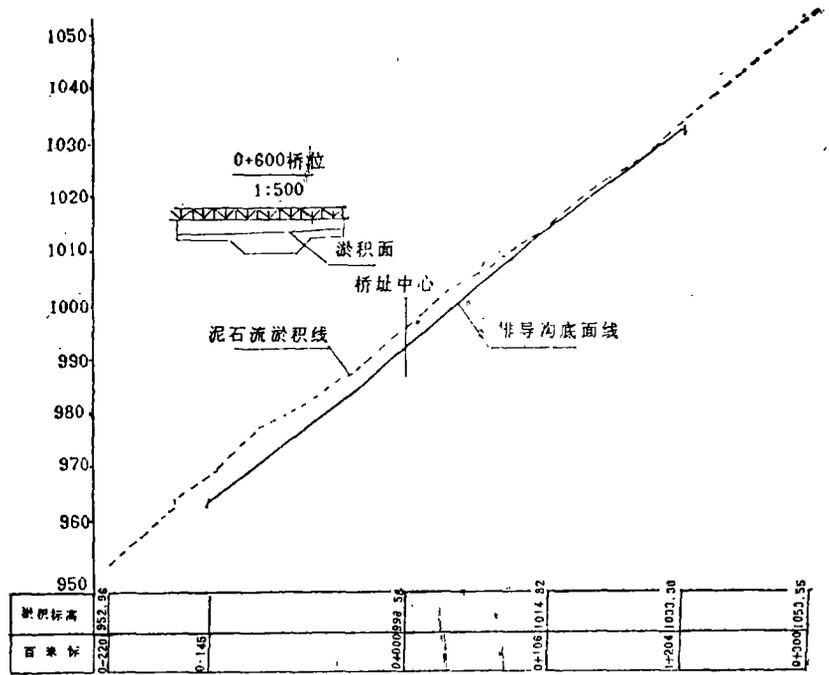


图 1 1989年9月14日三滩沟泥石流淤积纵断面图

剧烈的纵横向切割加剧了山坡失稳,使流域水土流失,沟岸坍塌、滑坡等不良地质现象显著增加。目前流域共有坍塌体3处、滑坡体3处、冲沟4条,其中新坍塌体2处,新生冲沟2条(图2)。距桥址上游200m处的老坍塌体,70年代比较稳定,现已演化成长48m,高约40m,厚约2.5m的大型坍塌

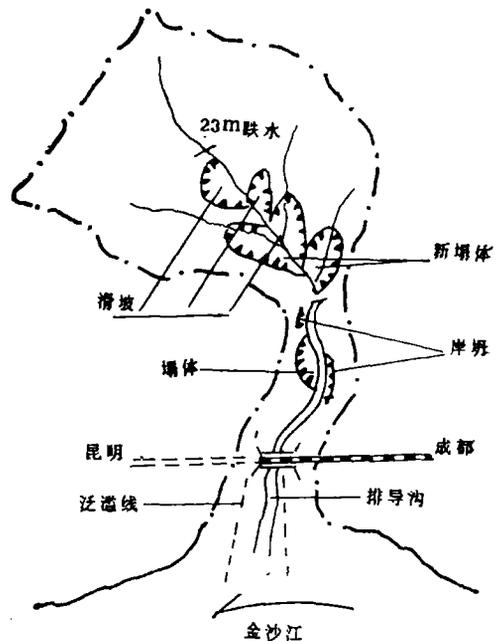
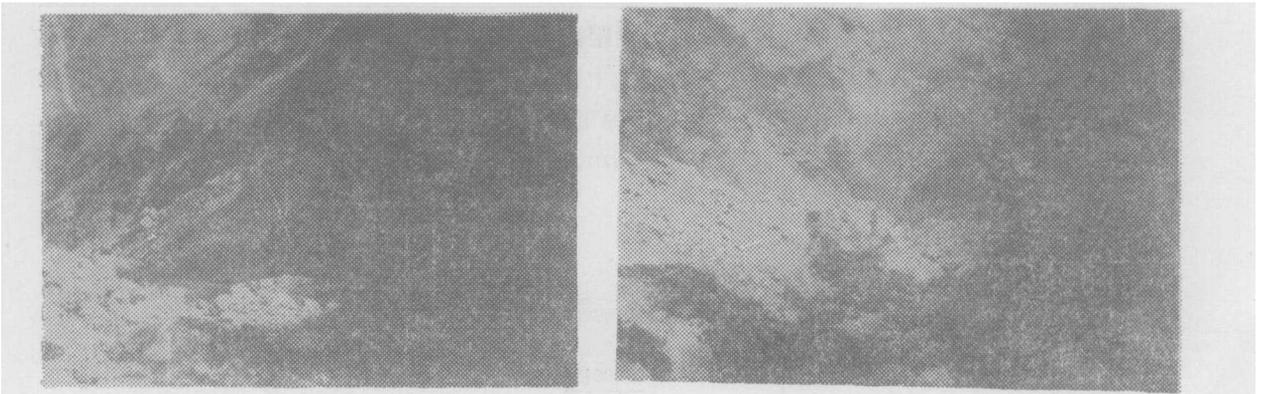


图 2 三滩流域内不良地质现象分布图



照片 1 三滩流域内3号跌水切割破碎状况



照片2 桥址上游200m处大型坍体

照片3 三滩流域上游右侧山坡新切割冲沟及坍体

体(照片2),并牵动了覆盖在上面的坡、洪积土层,其面积约828m<sup>2</sup>。流域内的4条冲沟,在该次泥石流活动中异常活跃,从侵蚀形态上看,呈深切V形谷,沟宽多在1~2m,两岸山坡塌滑剧烈,沟口有扇状堆积,加上其间新形成的坍体的滑塌,更显得破碎不堪(照片3)。流域内沿沟山坡水土流失与沟岸坍塌亦十分严重,坡面坍塌物质在坡脚堆积呈锥体状比比皆是。据估算目前三滩流域内松散固体物质动贮量约在每1km<sup>2</sup>11万m<sup>3</sup>以上。

三滩沟是成昆南段一条暴发频率较高的泥石流沟,回顾其发展史,呈增强趋势。据资料记载,1917年、1924年、1937年、1948年、1953年、1956年、1973年、1976年、1979年都暴发过泥石流,暴发周期为3~5年;1980年以后,泥石流暴发频率显著提高,10年内(1980年、1981年、1982年、1986年、1988年和1989年)共发生泥石流达9次。泥石流的规模和危害亦逐年增大,1980年以前,泥石流容重为1.40~1.53t/m<sup>3</sup>,流量在50m<sup>3</sup>/s左右,每年清淤量约4500~8000m<sup>3</sup>;而1989年9月14日泥石流,上述水力要素均有增大,泥石流容重达1.8t/m<sup>3</sup>,流量达90m<sup>3</sup>/s(见附表),淤积量已超过1万m<sup>3</sup>。据有关资料记载,1980年以前,泥石流的冲淤变幅约3~3.5m;1980~1988年泥石流的回淤范围徘徊在桥址以下,最大淤积深度3~4m。到1989年,如前所述回淤范围显著增加,已超过桥址中心100多m,最大淤积深度达6.5m。与70年代、80年代中期比较,三滩沟流域已面貌全非,坍塌、滑坡等不良地质现象剧增,泥石流地面条件严重恶化。三滩沟已由发展期进入旺盛发展期。

从宏观上看,三滩泥石流沟处于抬升区,金沙江的继续下切,将加速该区地貌的塑造过程。因此,从这一大势出发,三滩沟总的发展趋势是下切,其流域地质地貌环境的进一步恶化必将促使三滩泥石流的进一步发展。

从三滩沟的现状分析,流域内的各种不良地质现象正继续发展,要达到新的平衡,还需有一段时期。按泥石流沟严重等级数量化评判法<sup>[1]</sup>,地质、地貌以及河沟特征中的15项因素评分,属有严重危害的泥石流沟,这一评判与实际调查情况基本吻合。

## 二、三滩泥石流沟地质、地貌环境恶化原因分析

三滩沟流域面积1.5km<sup>2</sup>,主沟长1.7km,最高海拔标高1990m,沟口海拔标高960m。主沟槽纵坡为268‰,上游发育有6级跌水,山坡坡度35°~65°,流域呈东西向,水流由西向东直接注入金沙江。三滩沟发育于昔格达断裂带的西盘,流域地层为上震旦系下部观音崖组的下段,岩性底为砾岩,中部为长石石英砂岩,上部为石英砂岩,岩层已轻度变质,流域上部南侧分水岭地带局部出露有华力西期侵入的橄榄岩。

附表 成昆线三滩中桥1989年9月14日泥石流水力要素表

泥 石 流 流 量 计 算 参 数 值										
清水流量 $Q_B$ ( $m^3/s$ )	泥石流容量 $r_c$ ( $s/m^3$ )	泥石流修正系数 $\phi$	泥石流阻塞系数 $D_u$	泥 比 石 重 泥石流泥沙 $rH$ ( $s/m^2$ )	形态勘测断面面积 $A$ ( $m^2$ )	水加半径 $R$ ( $m$ )	泥石流内部阻力系数 $a$	糙率系数 $m_0$	河床纵坡 $I$ (‰)	搬动最大粒径 $d_{max}$ ( $m$ )
31	1.80	0.941	1.5	2.65	27	1.149	1.87	8.8	213	1.41
雨 洪 法					形 态 断 面 勘 测 法					
东川泥石流流量改进公式 $Q_C = Q_B (1 + \phi) D_u$					斯氏1940年流速计算公式 $V_c = \frac{mc}{d} R^{-\frac{2}{3}} \cdot I^{-\frac{1}{4}}$		吉利泥石流流速计算公式 $V_c = 4.54 \sqrt{d} \cdot \sqrt{\frac{rH - V_c}{r_c}}$			
$Q_C = 90.26 m^3/s$					$Q_C = 94.7 m^3/s$		$Q_C = 110.7 m^3/s$			

注 1. 形态断面勘测法断面位于排导沟入口上游约85m处。

2. 表中泥石流容重  $1.8t/m^3$  是由泥石流浆体拌样试验，按日本高桥保（1977年）提出的在松散堆积层床面上泥石流运动达到均衡状态时，其平均体积浓度  $C$  与河床纵坡角  $\beta$  之间的关系式

$$C = \rho \cdot \tan\beta / (\sigma - \rho)(\tan\alpha - \tan\beta) \tag{1}$$

$$\text{和 } \gamma_c = \sigma \cdot C + \rho(1 - C) \tag{2}$$

求得：式中  $\alpha$  为颗粒体的内摩擦角； $\sigma$  为固相颗粒的密度； $\rho$  为液相介质的密度。其中  $\rho$  值经浆体拌样试验为  $1.21t/m^3$ ， $\alpha$  值按与河床质均值粒径相同的颗粒堆积体的休止角测得为  $33^\circ$ ， $\beta$  为水文断面河床纵坡为  $0.213$ ， $\sigma$  值按  $2.65/m^3$  取值， $C$  值经计算为  $0.411$ 。

流域植被条件较好，以草本、灌丛为主，覆盖度为  $50\% \sim 70\%$ ，近期三滩泥石流沟地质、地貌环境恶化主要原因分析如下：

**（一）从地壳形变资料分析**<sup>[2]</sup> 三滩附近的昔格达断裂现今仍在活动，石家湾至拉蚌段从1957~1967年断裂东盘相对西盘上升  $14.7mm$ ，形变速率为  $1.3mm/a$ ；1971~1974年则表现为下降，形变速率达  $2 \sim 4mm/a$ ；1974~1984年形变资料反映，东盘相对西盘下降，下降速率达  $0.7mm/a$ 。表明该断裂现今活动仍是强烈的，且沿断面的活动并不是同步上升或下降，而是有升有降，表现出一种不均匀的升降运动。这表明，三滩处于差异新构造运动强烈的地段，近期以相对抬升为主，受其影响加剧了三滩沟谷下切侵蚀，不利于沟坡稳定。

**（二）从地震活动资料分析** 三滩处于石棉—元谋地震带的南段，在南段强震（5~6.7级地震）主要集中在鱼蚌、拉蚌附近。1955年9月23日鱼蚌、拉蚌6.7级地震后，该区附近发生多处崩塌、滑坡，使许多泥石流沟活动加剧，如上格达、下格达、花棚子、三滩等，成为著名金沙江泥石流发育带。近期小震活动频度较高，从1970年以来，该地段共记到1.5~1.9级地震127次；2~2.9级地震112次；4~4.5级地震3次<sup>[2]</sup>。由此可见三滩区地震活动频繁，造成斜坡失稳，给泥石流活动提供了大量物质源地，使其规模增大。

**（三）三滩流域中段为面积较大的古崩滑区** 在海拔标高  $1200 \sim 1400m$  范围内，山坡处于

不稳定状态,其中左岸极不稳定。崩滑的发生、发展始于坡脚,逐渐向山腰扩展,新的崩滑体又使老崩滑体松动、卸荷,造成持续不断地崩滑,牵动较大范围覆盖层的松散土体向沟床输移。它与前述距桥址200m处的大型坍体,已成为三滩沟松散固体物质的主要源地。

(四)从金沙江泥石流发育带历史演变资料分析 金沙江洪水涨落变幅(一般20~30m)对三滩沟地面环境恶化,亦具有一定影响。当泥石流发生在金沙江低水位时,因泥石流沟的出流基准面低,将产生强烈的沟床下切侵蚀。例如,1966年在三滩以南,距三滩约4 km的迤不苦沟泥石流一次就冲深13m;在三滩以北,距三滩约8 km的上格达沟泥石流一次冲深7 m;1976年7月3日三滩沟一次冲深3.3m。由于泥石流的纵向切割,加剧山坡失稳促进地面环境恶化。1980年以来,三滩沟由于下游沟床铺砌,以及排导槽末端标高过低,10年来下切现象不明显。但1980年以前,三滩沟曾发生过多次冲刷切割,使沟床纵坡达200%以上,为近年泥石流发展提供了有利的地形条件。当泥石流发生在金沙江涨洪时,由于排水基准面抬高,受洪水顶托而产生淤积。例如,1969年8月30日三滩建桥期间,一次泥石流就几乎淤埋桥孔,漫过桥面,淤积厚度达4~5 m,1973年一次泥石流使桥下淤积厚达3.3m。

### 三、三滩泥石流沟整治方案探讨

对于三滩泥石流沟的整治方案,主要根据三滩沟泥石流的发展趋势和危害程度、自然地理条件及三滩沟现有排导槽的工程效益等,具体考虑以下因素:

首先,如前所述,三滩沟处于抬升区,金沙江继续下切,将促进流域地质、地貌环境进一步恶化。目前,流域内的坍塌、滑坡等不良地质现象十分活跃,松散固体物质动贮量达 $11.0 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,已成为有严重危害的泥石流沟,今后流域内下泄的泥沙量将有增多趋势。

其次,从三滩沟地貌环境分析,三滩泥石流沟处于金沙江右岸花棚子至三滩凹岸的南端,金沙江主流偏向左岸,洪积扇的发育比较完整。同时受洪水顶托影响,易造成回淤堆积。因此,金沙江在三滩沟口河段的携带能力将受到一定影响。1989年9月14日泥石流洪积扇面增长超过1974年的洪积扇面(图3),这表明三滩沟泥石流的规模与洪积扇又有新的发展,该情况除与近年三滩流域环境恶化,泥沙下泄量增大有关外,尚与上述三滩沟口河段的携带能力有关。

另外,三滩现有排导槽经10年运行,多次泥石流检验,有一定工程效益。但是,由于以下原因,排导槽工程没有完全收到预期整治效果。其一,排导槽末端与金沙江的衔接点处理不当。如前所述,由于排导槽末端标高低于1974年洪积扇面4m多(图3),由排沙受阻而导致泥石流泄沙不畅,从末端开始发生回淤堆积。造成这一现象的主要原因是三滩沟沟口出流基面,受控于金沙江水位变幅的缘故。如图3所示,三滩沟1989年以前泥石流的淤积剖面均未超过1974年的洪积扇剖面,1989年泥石流淤积剖面略有超过,这表明三滩沟1974年的洪积扇面与目前金沙江在三滩沟沟口河段的携带能力是相适应的,是近期三滩泥石流沟综合因素影响下形成的自然剖面,显然,排导槽末端标高低于该剖面,必然会产生泄沙受阻和回淤堆积。其二,排导槽横断面的宽度与断面形式。现排导槽底宽分上、中、下三段,分别为8 m、10m、8 m,是按浆砌块石的容许流速(平均水深1m时,容许流速5~6m/s)和 $Q_c^{.1}\%$ ( $49.8 \text{ m}^3/\text{s}$ )等,以挟沙洪水的输沙能力均衡为条件确定的。断面形状为梯形平底。根据三滩泥石流为水石型,浆体中粘性颗粒少,固相(主要为石英砂岩,次为橄榄岩)比重较大(石英砂岩2.65~2.80,橄榄岩2.94~3.20),泥石流容重达 $1.50\sim 1.80 \text{ t}/\text{m}^3$ 。三滩泥石流运动时具有明显的多变性,流速、流向、容重都在不断变化,水、石时合时分,拉槽与堆积交错发生。当固、液速差小时,流态较为平稳,巨石以推移为主;速差大时,流速、流向以及表面流态极不稳定,表现为浪花翻滚,主流摆动,巨石速度较低,常

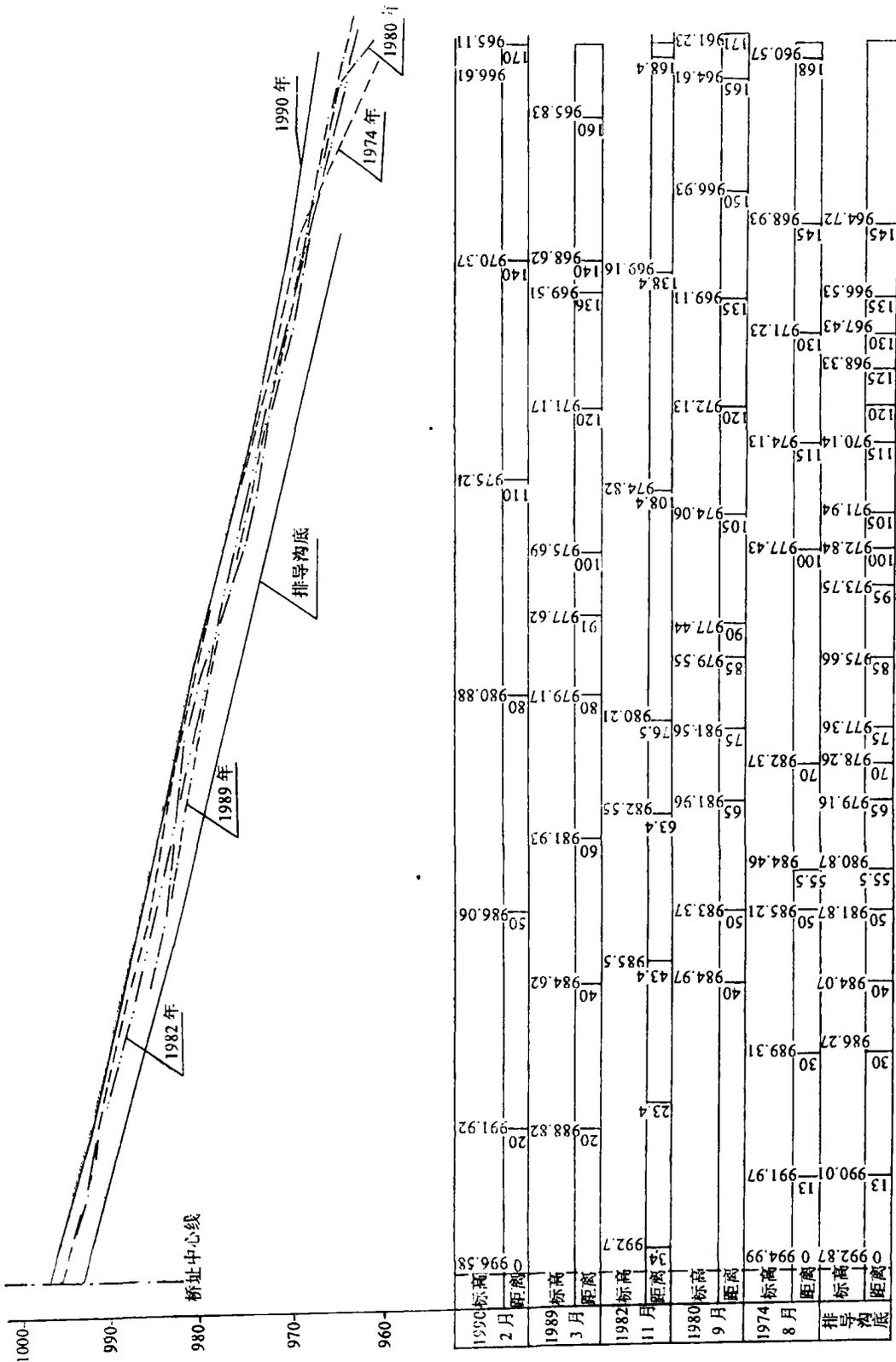


图 3 三滩沟历次泥石流桥下淤积纵断面图

被速度较高的流体挤到两侧停积,呈带状堆积,运动速度一旦减小,固、液速差立即增大,沿程极易产生淤积。按照现排导槽横断面的宽度与断面形状,泥石流过流形态为宽浅状态(槽宽8~10m,平均水深1m),当泥石流的规模为中小型时,过流形态显得更为宽浅,对照以上泥石流组成物质与运动特征,这种宽深比较大的泥石流流体在床面上易发生淤积,中小规模泥石流的淤积则更为严重。所以,现三滩排导槽槽底宽度过宽和梯形平底断面形态,不利于排泻泥沙。其三,三滩排导槽长358m,分四段变坡,桥位上游99.24m~190m纵坡为0.175,桥位上游50m~99.24m纵坡为0.229,桥位下游50m至桥位上游50m的纵坡为0.220,金沙江至桥位下游50m纵坡为0.181。从桥位上游50m至桥位上游99.24m段始,纵坡向下游逐段减小,显然,这种纵断面形状是不利于泥石流宣泄的。

综合上述因素,笔者认为,抬高现有排导槽末端标高后,现排导设施仍将发挥其输沙能力。因此,在本整治方案中,仍应考虑这一排导优势。但考虑到目前三滩沟流域的发展趋势,流域内泥石流下泄量正在增加和金沙江在三滩沟沟口河段的携带能力状况,有必要在流域内增设拦挡工程。今后,视发展情况,亦可考虑立面绕避方案。

**(一) 拦排结合方案** 根据三滩沟目前流域泥石流活动正在进一步发展的趋势,流域内宜选适当位置修建一些拦挡工程,以减少固体物质的输移量,减轻下游排导槽的压力。拦挡工程形式可以采用格栅坝和挡墙。目前,急需在桥址上游200m处右岸崩塌体下修筑,以稳固沟床,避免继续恶化,控制该处沟槽的纵横向侵蚀,减轻沟岸坍塌。以后再视发展情况在上游增建拦挡坝。

现排导槽工程的改造方案,应提高排导槽末端标高,提高到1974年或1989年洪积扇面以上。按现排导槽桥址下游145m处1974年和1989年洪积扇面分别与排导槽工程末端标高差考虑,末端出口标高抬高4.5~5m。现排导槽纵坡的排泄能力是足够的,与现在洪积扇纵坡相比尚有潜力。现排导槽末端抬高4.5~5m后,槽底纵坡仍可达161~154%。该纵坡仍可保证排导槽的宣泄能力,由于该纵坡与三滩沟近期河滩自然剖面一致,这样原末端排沙不畅现象,可以缓解。另外,将现排导槽槽底由浆砌块石改为用旧钢轨作筋的钢筋混凝土铺砌,增大槽底抗磨蚀性能,提高容许流速压缩排导槽断面。并将现排导槽形态为梯形平底的横断面改为较窄底宽的复式梯形断面或更有利于排导的槽底断面。为保证桥下净空,现桥址槽底标高不变,桥址下游纵坡不宜分段减小,以一个坡度为好,以利泥石流特别是中小规模泥石流的宣泄。

**(二) 明洞渡槽方案** 明洞渡槽是目前用来对付有严重泥石流危害而采用其它措施又难以奏效的立面绕避排导设施。从目前成昆北段已建的瓦洪沟、勒古洛夺沟等多座明洞渡槽来看,尽管投资较大,工程效益是显著的。因此,从目前三滩沟严峻的现状出发,亦可采用明洞渡槽方案。

两方案相比各有利弊。第一方案可利用现有工程,工程量相对较小,但是若流域情况今后继续恶化时,上游增建拦挡工程的难度也较大。第二方案目前投资较大,但防治效果较好。

从拦排结合工程预期效益和目前三滩沟泥石流的危害程度以及投资能力权衡,笔者建议当前宜采用第一方案。若今后流域泥石流地面条件继续恶化,再考虑第二方案为当。

#### 参 考 文 献

- [1] 谭炳炎. 泥石流严重程度的数量化综合评判. 《水土保持通报》, 1986年, 第1期
- [2] 四川省地震局. 攀西地区地震危险性研究. 成都: 四川科技出版社, 1986年