

# 金龙沟泥石流

何其修

(水电部成都勘测设计院)

**提 要** 紧靠二滩水电站导流洞进口的金龙沟支流, 泥石流活动频繁, 来量丰富。为了确保电站施工安全, 本文在调查研究的基础上, 对泥石流的流型、峰值、过程总量进行了估算, 同时根据泥石流来量的大小, 提出了控制泥石流的几种工程硬措施。

**关键词** 金龙沟 泥石流 调查访问 峰值估算 控制

## (一) 问题的提出

雅砻江下游的二滩水电站, 是我国引进外资, 面向国际国内招标承建的大型水电工程。在电站上游围堰左岸的导流洞进口以上 150 米处, 有金龙沟支流注入而形成水流湍急的跌水险滩。险滩的形成, 是流水地貌演变的产物, 它记录了金龙沟泥石流的长期活动历史(当然也不排除干流卵石推移质的搬运堆积), 也证明了该沟泥石流补给量的丰富程度。倘若二滩水电站在施工期内, 一旦金龙沟发生大规模的泥石流活动, 势必有可能影响导流洞的正常泄洪或堵塞洞进口, 引起水漫围堰, 淹没基坑, 造成不可估量的经济损失。为了确保坝体施工安全, 有必要对泥石流形成的条件进行分析论证, 以期对泥石流的流型、峰值, 以及过程总量进行估算, 从而为拟定工程的硬措施, 提供一个较为合理的设计依据。

## (二) 金龙沟支流的自然地理概况

金龙沟支流集水面积 2.5 平方公里, 沟长 3.72 公里, 流域平均宽度 0.67 公里, 河道弯曲系数 1.08, 流域边界海拔 2560 米, 沟口海拔 1020 米, 比高 1540 米, 平均沟底坡降为 348‰; 在沟床 1410 米海拔处, 控制集水面积 1.5 平方公里, 沟长 2.32 公里, 平均沟底坡降为 481‰。支沟左岸分布有印支期侵入的正长岩, 岩石完整, 山坡陡峭, 岩石裸露。右岸分布有二叠系峨眉山玄武岩, 岩体破碎, 多为全风化的堆积物覆盖, 发育有数期堆积地形。

在海拔 1410 米以上, 林深木茂, 植被好, 覆盖率高。在海拔 1410 米以下, 植被以灌木杂草为主, 间有耕地, 其间岩石裸露, 岩体破碎, 风化严重, 滑坡、崩塌现象随处可见。右岸坡情况尤为严重。

金龙沟支流无气象、雨量站点, 据沟口以下 10 公里处小得石水文站统计, 多年平均降水量为 1038.5 毫米, 历年实测年最大降水量为 1530.6 毫米、最小为 623.2 毫米, 雨季常出现在每年的 5—10 月, 占全年降水量的 90%。用短期同步资料分析, 该沟降水有随高度增加而增大的趋势, 在垂直梯度上的变化可达 2—4 倍, 统计各时段的最大降水量(表 1)。

金龙沟洪水, 由强度大的短历时暴雨形成, 加之该沟集水面积小, 坡度陡, 汇流快, 洪水涨落历时短, 峰值相对较高而总量不大。暴雨除引起该沟洪水外, 它对泥石流的形成发

本文改回日期, 1990-10-07.

生,必将起到加剧和激发的作用。

表1 小得石站时段最大降水量

Table 1 Maximum timeinterval precipitation of Xiaodeshi Station

时段(分)	10	20	30	60	90	120	180	240	360	540	720	1440
雨量(毫米)	26.2	40.1	58.4	87.1	97.8	98.7	102.7	108.3	109.5	117.8	122.4	149.3

### (三)金龙沟泥石流的形成因素及发展趋势

1. 基本因素 泥石流一般集中分布于山地和盆地边缘山区。这一带地质构造的一大特点是岩层经过多次构造运动,褶皱强烈、断裂发育、岩石破碎、第四纪堆积物多,地震和新构造活跃,这为泥石流的形成,提供了丰富的固体物质来源。金龙沟支流的固体松散堆积物,绝大部分集中分布在沟谷的右岸坡1410米海拔以下,平均厚度可达几十米,估计总量约有280万立方米。加之当地的地貌特点是山高谷深,岸坡陡峻,坡度远远大于临界休止角,且沟床底坡也陡。一旦山体失稳,便可以崩塌和滑坡的形式,直接进入沟床参与泥石流运动,故十分有利于泥石流的形成和搬运。

2. 诱发因素 通过调查访问,得知1951,1962,1974,1983,1984,1986年不同程度的发生过泥石流,而且有些年份不止发生过一次。对照降水资料分析,发现以上年份的降水量10分钟和60分钟的雨强,大都分别大于20和50毫米。由此可见,超过以上临界值的暴雨<sup>[1]</sup>便有可能发生泥石流。这个结论,基本上符合四川山区暴雨激发泥石流在数量上的分布规律。金龙沟暴雨和泥石流的关系(表2)。

同时进一步调查发现,1936年6月金龙沟发生罕见泥石流,由区域性的特大暴雨激发造成。这次泥石流,引起大量的固体物质倾泻入雅砻江形成门坎,使江水壅高8米,堵江近1—2小时,沟口段河床变形非常厉害。泥石流具有的能量,把原停留在沟口的一块近500立方米的巨石,向下游搬运了约50米的距离。由此进一步说明,在不利的地质地貌条件下,如遇特大暴雨,必然会发生相似于1936年

6月的稀遇泥石流。

另外,人类活动,对金龙沟泥石流的形成和发展,也起到了进一步的促进作用。该沟右岸粘土矿,职工建房由山脚顺山势直至山腰,公路延伸到山顶矿区,大量的倾倒废矿碴和建房修路,加之植被破坏,这就削弱了地面的承载能力。现在已发现多处地基变形拉裂,如不采取一定的防患措施,势必要加剧泥石流的发展进程。

### (四)泥石流的来量估算

金龙沟泥石流,用无因次  $y = (4R/V_c)(\tau_B/\eta)$  来判别其宾汉体的流型<sup>[2]</sup>。式中  $R$  为水力半径,  $V_c$  为断面平均流速,  $\tau_B$  为屈服应力,  $\eta$  为刚度系数。

当  $y > 130$  时,为高含沙水流;

表2 金龙沟暴雨和泥石流关系

Table 2 Relationship between rainstorm and debris flow of the Jinlong Gully

雨强 (毫米) 时段 (分) 发生年份	10	60	1440
1974		60.0	124.0
1983	15.2	48.0	118.7
1984	20.0	37.1	107.8
1986	14.8	55.6	133.2

当  $30 < y < 60$  时,为粘性连续泥石流;

当  $y < 30$  时,为粘性阵状泥石流。

已知1936年6月发生的泥石流,  $R = 3.00$ 米,  $V_c = 5.23$ 米/秒,借用试验观测资料,综合选取  $\tau_B/\eta = 25$ ,求得  $y = 57$ 。由此说明,金龙沟历史上发生的泥石流,应为粘性泥石流,因此选用非稀性泥石流公式进行定量估算。

1. 泥痕调查法 在无实测资料的情况下,通过泥位调查可以推估峰值和总量,并可获得本次泥石流的大致重现期。1936年6月金龙沟发生特大泥石流,依据调查的泥位,进行过流断面面积、泥深、比降测量和实地选择糙率,并按(1)式<sup>(3)</sup>计算粘性泥石流流量 $Q_c$ ;

$$Q_c = K W_c R_c^{2/3} I^{1/2} \quad (1)$$

已知  $K = 1/n_c$ ;糙率  $n_c$  为0.20;过流面积  $W_c$  为57.50平方米;泥深  $R_c$  为3.00米,比降  $I$  为250‰;求得  $Q_c = 301$ 立方米/秒。

2. 沙莫夫公式法 该法是以泥深和河床沉积物为参数而建立流速公式,并计算泥石流流量 $Q_c$ ;

$$Q_c = 5.0 W_c d_{\max}^{1/3} R^{1/6} \quad (2)$$

已知沉积物  $d_{\max}$  为0.80米,取  $W_c$  和  $R_c$  值同前;求得  $Q_c = 321$ 立方米/秒。

3. 扰动流速公式<sup>(5)</sup> 本法主要以流变方程为基础推导而得 $Q_c$ 。

$$Q_c = W_c (\mu_B/\mu_s)^{0.1} (\gamma_B/\gamma_s)^{0.4} V_B \quad (3)$$

根据试验观测资料,已知泥浆体  $\mu_B$  和  $\mu_s$  分别为1.0与10.0泊; $\gamma_B$  和  $\gamma_s$  分别为1.0与1.8吨/立方米; $V_B$  为9.0米/秒; $W_c$  取前值;得  $Q_c = 324$ 立方米/秒。

通过以上3种不同方法的估算,1936年6月金龙沟发生的泥石流,重现期在100年以上,泥石流流量 $Q_c$ 在301—324立方米/秒之间及过程总量 $W$ 为14万吨。为了满足施工设计需要,以调查的1936年6月的泥石流流量和重现期为控制,用雨洪修正法对不同重现期的泥石流流量进行定量估算。雨洪修正法<sup>(3)</sup>的表达式为:

$$Q_c = Q_B (1 + \varphi) D_c \quad (4)$$

式中  $\varphi = (\gamma_s - 1)/(\gamma_B - \gamma_s)$  为泥沙修正数; $\gamma_B$  为泥石流流体中固体物质; $D_c$  为阻塞系数; $Q_B$  按洪峰流量推理公式<sup>(4)</sup>计算:

$$Q_B = 0.278 \varphi_i F$$

式中  $\varphi$  为洪峰径流系数; $i$  为降水强度; $F$  为集水面积。现将金龙沟不同重现期的泥石流设计成果计算如表3。

表3 金龙沟泥石流设计成果表

Talbe 3 Design of debris flow project of the Jinlong Gully

表中的总量计算,按三角形折腰概化,汇流历时  $t = 0.278L/V$  求得, $L$  为沟床长度。

#### (五)控制泥石流的硬措施

金龙沟距左岸导流洞很近,为了防止泥石流对导流洞的正常泄洪带来不利影响,或者发生堵塞,从安全计,针对泥石流形成的因素和该沟的具体

设计值 项目	重现期 (年)					
	100	50	20	10	5	2
$H_{\text{起}}(\text{毫米})$	230	206	172	145	118	80
$S_p(\text{毫米/小时})$	98	87	73	62	50	34
$Q_B(\text{米}^3/\text{秒})$	64	44	34	28	22	11
$Q_c(\text{米}^3/\text{秒})$	320	220	170	140	110	55
$V_c(\text{米}^3/\text{秒})$	5.50	4.90	4.50	4.30	4.00	3.20
$W(\text{万吨})$	14.0	7.7	7.1	5.7	5.0	3.2

条件,采用蓄引、落淤、拦挡、清除相结合的综合治理方案。

1. 在金龙沟泥石流的动力区和流通区的界面位置 1410 米海拔处,修筑低坝拦蓄,并按一定的设计标准在坝的右岸开渠,将水跨流域边界引入邻谷下泄。这样大量的坡面水被截留,松散堆积物的稳定性就会得到加强,减少泥石流发生的机率。同时又在沟床 1332 米、1260 米、1150 米、1120 米四处,修筑高度不等的拦石坝拦蓄以减少泥石流的下泄量。

2. 根据沟底地形特点,在流通区选择适当位置,安排泥石流落淤在坑槽内,待泥石流过后或枯水期将其清淤运走。

3. 在金龙沟右岸的滑坡地段,修筑挡土墙,截留一部分固体物质直接进入沟床参与泥石流运动。

4. 据初步统计,在沟床右岸边坡地段上,近期参与泥石流运动的松散体大约有 40 万立方米,因此必须尽可能的清除以减少其固体物质的来源。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 孟河蔚,1986,1981 年宝成铁路泥石流灾害与降水条件的分析,水文,(6),第 20—23 页。
- 〔2〕 华国祥,1987,水沙两相宾汉流体流型的划分,成都科技大学学报,(2),第 1—6 页。
- 〔3〕 陈光曦等,1983,泥石流防治,中国铁道出版社,第 56—71 页。
- 〔4〕 陈家琦等,1958,研究报告(7),水利电力出版社,第 4—22 页。
- 〔5〕 中国科学院成都地理研究所,1981,泥石流论文集(1),科学技术文献出版社重庆分社,第 83—85 页。

## DEBRIS FLOWS OF THE JINLONG GULLY

He Qixiu

(Chengdu Institute of Survey and Design, Ministry of Energy resources)

### Abstract

The Jinlong Gully is near the diversion intake of Ertan Hydroelectric Power Station. Here, the debris flow activities are frequent. Debris flow once occurs will bring a inestimable loss to the construction of the hydroelectric power station. In order to ensure the safety in construction of the arch dam, the actual investigation on this gully was carried out. Based on the analysis of physical geography, hydrologic and climatic characteristics of the Jinlong Gully, and formation conditions and developing tendency of debris flow, a rational design for the engineering measures to prevent and control debris flows was given.

**Key words** the Jinlong Gully, debris flow, actual investigation, control