

川滇两省泥石流拦沙坝基础埋深 应考虑的几个点

张 军

(中国科学院东川泥石流观测研究站)

提 要 川滇两省某些泥石流拦沙坝基础遭泥石流掏蚀、侧蚀后,造成悬空,以至溃坝。因此拦沙坝基础埋深问题值得引起重视。这应考虑如下几点:1. 泥石流冲刷坑深度;2. 沟床纵坡的变动,含沟床纵坡的变缓和变陡;3. 局部侵蚀基准面(主支沟汇合处)的下降,含汇合处改至主沟下游而呈现的相对下降和主沟下切而使汇合处下降。这些造成拦沙坝基础出露深度0.7—7.0米,基础埋深至少要考虑此值。

关键词 泥石流 拦沙坝 基础埋深 冲刷坑 局部侵蚀基准面

泥石流拦沙坝是泥石流防治工程的主要建筑物。某些拦沙坝坝下遭泥石流掏蚀、侧蚀后,造成基础悬空,以至溃坝。1973—1976年四川省遭泥石流毁坏的拦沙坝126座^[1],其中65%是坝下基础悬空而失事的^[2]。由此看来,泥石流拦沙坝基础埋深问题值得重视。

现以川滇两省一些泥石流拦沙坝为例,确定其基础埋深时应考虑的几点阐述如后。

一、泥石流冲刷坑深度

通常将泥石流拦沙坝坝下的冲刷坑深度,作为确定基础埋深的主要依据。

的确,由于有一定的坝体上下游水位落差(或坝高),加上溢流口的束窄而造成的单宽流量大,坝体又常建在泥石流堆积物上,泥石流过境时就极易在坝下形成冲刷坑。冲刷坑形成历时短暂,消亡亦迅速,如不作当时实地观测,往往是难以见到冲刷坑的。

云南省盈江县浑水沟泥石流就是一例。浑水沟流域面积仅4.5平方公里。1976—1980年每逢雨季(5—10月份),沟内一般暴发50次泥石流,年输沙量110万—120万立方米,年侵蚀模数65万吨/(平方公里·年)。冲刷坑观测是在1号拦沙坝坝下沟床内进行的。该坝出土高6米,基础埋深仅2米,坝体建在老泥石流堆积物上,坝下游沟床纵坡5%。泥石流暴发前坝下一般未见明显冲刷坑。泥石流过境时,流速一般5—8米/秒,流体密度1.7—2.0吨/立方米。当单宽流量增大至12—16立方米/(秒·米)时,坝下可在数分钟内形成冲刷坑,泥石流越坝后泻入坑内,泥浪翻腾,轰声如雷,震感强烈。曾数次设法测量,但难以接近,目估冲刷坑深度3—5米,坝体基础出现险情。泥石流将结束时,流量随之锐减,冲刷坑逐渐被泥沙所填平;泥石流过境后,冲刷坑一般就消失。

冲刷坑深度 h_1 可用模拟试验来确定。四川省凉山州黑沙河泥石流现场模拟试验结果

显示,若坝高5—10米者,则老泥石流堆积物上的冲刷坑深度为坝高的1/2,新泥石流堆积物上的冲刷坑深度是坝高的2/3^[8]。

在野外调查和模拟试验基础上,借助水利工程冲刷坑深度计算公式,建立了一些泥石流冲刷坑深度 h_1 计算公式(表1)。

表1 泥石流冲刷坑深度 h_1 计算公式

Table 1 Equation for calculating the depth h_1 of debris flow scouring hole

公式名称	公 式 形 式	参数及公式适用范围	引用者
巴特拉谢夫公式	$h_1 = 3.9 \sqrt{q \sqrt{\frac{Z}{d_{90}}}} - h_2$	q 为单宽流量; Z 为上下游水位落差; d_{90} 为沟床堆积物级配曲线上等于90%的颗粒直径; h_2 为下游泥深.公式适用于稀性泥石流,下游沟床为沙、卵石松散体及泥石流堆积物	铁道部第三勘测设计院,桥涵水文,1978,人民铁道出版社,第358—413页
维兹戈公式	$h_1 = K q^{0.5} Z^{0.5}$	q, Z 的含义同上; K 是与沟床质及入射角有关的系数,粗颗粒土石的 $K=1.4-3.3$,松软土的 $K=1.4-4.5$	
利地格公式	$h_1 = \tau [\gamma_1 / (3 \gamma_2 - 2 \gamma_1)]$	τ 为上下游流体密度相等时的贯入深度, $\tau=2Z$; γ_1, γ_2 分别为贯入前流体密度和下游端流体密度	文献[1]
肖克里特希实验公式	$h_1 = (4.75/d_{90}^{0.32}) Z^{0.2} q$	d_{90}, Z, q 的含义同前	
斯德士简化公式	$h_1 = 0.6Z + 3M - 1.0$	Z 的含义同前; M 为进坝洪流流深	
伏谷伊一实验公式	$h_1 = (0.95/d_{90}^{0.32}) [102.04qV_0 - 0.0139(\gamma_s - \gamma_w)d_{90}^{1.81}]^{0.42}$	V_0 为下游水(泥)面流速; γ_s 为沙石密度; γ_w 为水体密度;其余符号的含义同前	

由表1可见,影响泥石流冲刷坑深度的因素众多,主要有:泥深(或流深),单宽流量,上下游落差(或坝高),沟床质颗粒粒径级配,以及泥石流流体密度等.其中有些参数的确定难度较大,各地情况又存在着差异,因此对计算公式应加以选择,确定计算参数时 also 需谨慎.否则同一条泥石流沟,以不同公式计算的结果差异或许很大.然而表1中所列的六个公式对拦沙坝基础埋深的设计仍有适用价值.不过仅凭冲刷坑深度作为泥石流拦沙坝基础埋深的设计依据,是不够全面的.许多坝体的失事,还与下列因素有关.

二、沟床纵坡的变动

(一)沟床纵坡的变缓

泥石流拦沙坝投入使用后,坝下游沟床纵坡会变缓.变缓后的沟床纵坡 i_1 (%) 一般比原始沟床纵坡 i_0 (%) 要平缓(图1).沟床纵坡变缓后的拦沙坝基础出露深度(米) $h_2 = L(i_0 - i_1)$, 式中 L 是局部侵蚀基准面到坝址的沟长(米).

影响沟床纵坡变缓的主要因素有:1. 泥

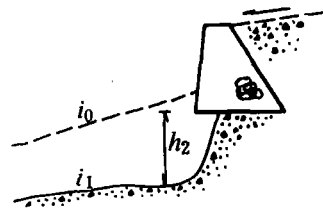


图1 拦沙坝基础出露深度 h_2

Fig. 1 The emerged depth h_2 of sediment dam foundation

i_0 为原始沟床纵坡(%); i_1 为变缓后沟床纵坡(%)

石流粗大颗粒被拦截在坝上游,进入坝下游的一般多为较细颗粒;2. 坝下游的较细颗粒被稀性泥石流和挟沙洪水再次搬运,使沟床质颗粒进一步作整体变细。例如浑水沟治理后的坝下游沟床质颗粒粒径 d_{50} 由2.50毫米变细为0.05—1.00毫米。由于坝下游沟床质颗粒变细,变动后沟床纵坡 i_1 就难以陡于原始沟床纵坡 i_0 。

实例1 云南省梁河县三家村泥石流沟经1980—1984年治理,在主沟内建起20余座拦沙坝群。建坝前原始沟床纵坡 $i_0=15.0\sim20.0\%$;治理后泥石流活动明显减弱,沟床纵坡显著变缓,1988年实测变缓后沟床纵坡 $i_1=5.0\sim7.0\%$,使1,2,6,12号四座拦沙坝基础出露深度 $h_2=0.6\sim0.7$ 米。沟床纵坡比值 $K=i_1/i_0=0.25\sim0.47$ 。

实例2 云南省东川市大桥河是一条以稀性泥石流为主的泥石流沟。该沟流域面积53.1平方公里。20世纪70年代末,沟内建起6座高10米的拦沙坝群,泥石流活动亦明显减弱。拦沙坝间沟床纵坡由5.4,5.8,6.2,7.5(%)分别变缓为4.9,3.5,4.9,6.6(%)。1989年7月调查结果表明,纵坡比值 K 平均为0.80。

另外,浑水沟1976年下游沟床纵坡为5.4%,筑坝后沟床纵坡从1980年的4.9%变缓为1985年的4.1%。

国外泥石流工作者对纵坡变动的研究结果证实,坝高5—10米者,回淤纵坡一般为原始纵坡的40—80%;美国洛杉矶拦沙坝建成后,沟床纵坡变缓20—25%^[4]。

因此可用 K 值求 i_1 值,即 $i_1=K i_0$,并以此为求拦沙坝基础出露深度的参数。

确定 K 值时应考虑到的是:1. 泥石流体的类型。一般说来,粘性泥石流的 K 值>稀性泥石流沟的 K 值,而前者的 i_0 值<后者的 i_0 值,由此两者的 i_1 值十分接近。2. 同一条泥石流沟内不同沟段的回淤纵坡(相当于变缓后沟床纵坡 i_1) 值各异。一般说来,上游回淤纵坡较陡,下游回淤纵坡较缓,这与沟床质颗粒由上游向下游作整体变细有关。1989年7月实地调查得知,大桥河下游是1号拦沙坝所在处,其上游的回淤纵坡为5.2%(3°);往上是2号拦沙坝,它上游的回淤纵坡为7.0%(4°)。

(二)沟床纵坡的变陡

弯曲沟道内暴发较大规模泥石流时,往往会发生裁弯取直(图2)。裁弯取直后沟道流程变短,沟床纵坡变陡,继而溯源侵蚀并刷深。

1987年6月中旬在蒋家沟原实验坝(三块石)处从泥石流沟引水修渠(图3)。当年7月5日,7月7日暴发两场规模较大的泥石流(流量>1000立方米/秒),蒋家沟下游沟道被裁弯取直,底宽20米的沟床下切5米,致使

引水渠取水口相应悬空5米而失去作用。与此同时,沟道溯源侵蚀直至引水渠取水口上游300米处的东川泥石流观测研究站1号观测楼,使楼下沟旁的导流护岸工程基础出露,以至发生冲毁。

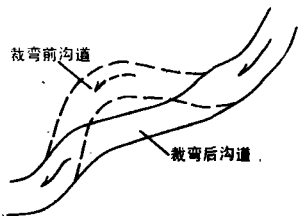


图2 沟道裁弯取直

Fig. 2 Channel cutoff

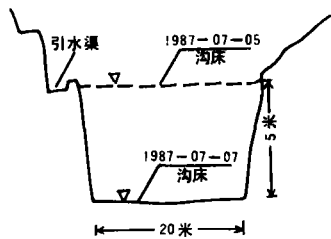


图3 裁弯取直后沟床下切

Fig. 3 Downcutting of the gully-bed after the channel cutoff

三、局部侵蚀基准面的下降

这里仅把泥石流沟与其他沟谷的汇合处视作为局部侵蚀基准面. 随着时间的推移, 外界条件的变化, 局部侵蚀基准面亦会发生变动. 兹讨论局部侵蚀基准面(汇合处)下降对基础埋深的影响.

(一) 汇合处改至主沟下游而呈现的相对下降

泥石流出口后进入堆积扇, 其沟道若改向主沟下游, 汇合处就要由上游改至下游, 新汇合处低于老汇合处, 即汇合处相对下降(图4).

本世纪60年代后, 浑水沟泥石流活动频繁, 1973年以前泥石流一直由老汇合处汇入大盈江. 海拔968米; 1974年雨季一场大规模泥石流使沟道经堆积扇而改向下游, 出现新汇合处, 海拔958米(见图4), 新老汇合处两者相对高度10米. 此后浑水沟沟道迅速溯源侵蚀并刷深, 使汇合处以上1300米的1号拦沙坝基础出露深度达6—7米, 1974—1976年期间其安全受到严重危胁.

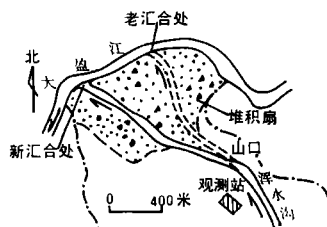


图4 浑水沟汇合处改至主沟下游

Fig. 4 Turning the junction of the Hunshui Ravine to the lower reaches of the main gully

(二) 主沟下切使汇合处下降

盈江县水文站和浑水沟工程指挥部的实测资料表明, 与大盈江相汇的浑水沟汇合处在下降, 海拔由1978年的961米降至1986年的953米(表2). 浑水沟汇合处以上800米的沟内于1980年初建有1座钢筋混凝土测流槽. 至1986年因主沟逐年下切使汇合处下降, 而使测流槽基础出露深度6米.

表2 浑水沟汇合处的海拔

Table 2 The altitude at the junction of the Hunshui Ravine in Yingjiang County, Yunnan Province during 1973—1986

年份(年)	1973 ¹⁾	1974	1976	1977 ²⁾	1978	1979	1980	1981	1982	1984	1985	1986
海拔(米)	968	958	960	952	961	956	959	959	960	955	955	953

1) 1973年老汇合处的海拔; 2) 1977-09-04暴发特大泥石流后的海拔.

综上所述, 确定泥石流拦沙坝基础埋深时, 应根据具体情况, 对前述各点需加以综合考虑, 以确保拦沙坝运行安全, 使之有效发挥作用.

参 考 文 献

- [1] 周必凡、高考, 1983, 拦沙坝消能工的特点, 全国泥石流防治经验交流会论文集, 科学技术文献出版社重庆分社, 第88—93页.
- [2] 陈光曦等, 1983, 泥石流防治, 人民铁道出版社, 第164页.
- [3] 吴积善, 1982, 泥石流拦沙坝消能防冲设施初探, 泥石流(2), 科学技术文献出版社重庆分社, 第62—67页.
- [4] C. M. 弗莱施曼(姚德基译), 1986, 泥石流, 科学出版社, 第294—297页.

SOME PROBLEMS ON THE BURIAL DEPTH OF DEBRIS FLOW DAM FOUNDATION IN SICHUAN AND YUNNAN PROVINCES

Zhang Jun

(Dongchuan Debris Flow Observation and Research Station, Chinese Academy of Sciences)

Abstract

Some Sediment dam foundations were surpended and even broken under scouring and lateral erosion from debris flows. During 1973—1976, 65% in sediment dams broken by debris flows in Sichuan Province suffered from hanging of foundation. So the burial depth of sediment dam foundation should be paid attention. The following aspects should be considered.

1. The depth of debris flow scouring hole h_1

h_1 is decided by dam height Z , unit discharge of debris flow q (Table 1) and the natures of debris flow deposits at dam foundation, etc. In Hunshui Ravine of Yingjiang County, Yunnan Province, there is 1st sediment dam, $Z=6.0\text{m}$, the burial depth of the foundation is only 2.0m , the dam body is on old debris flow deposits. When the debris flow passes, $q=12-16\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{m})$, $h_1=3.0-5.0\text{m}$, the dam body will be in denger. In the debris flow gullies at Heisha River of Liangshan, Sichuan Province, if $Z=5.0-10.0\text{m}$, on old debris flow deposits h_1 would be $1/2$ of Z , on new debris flow deposits h_1 would be $2/3$ of Z .

2. The variation of the gully-bed gradient

1) The gully-bed gradient at the lower reaches of sediment dam will get gentle while the grain size is fine. After the gradient getting gentle, the emerged depth of sediment dam foundation $h_2=L(i_0-i_1)$, where L is the gully length from local erosion basis (the junction of main and branch gullies) to dam site; i_0 is original gully-bed gradient; i_1 is the gully-bed gradient to be flat-
ted (Fig. 1). During 1980—1984, more than 20 sediment dams had been built in the debris flow gully at Sanjiacun of Lianghe County, Yunnan Province. $i_0=15-20\%$, $i_1=5-7\%$. Among them, 4 sediment dams, $h_2=0.6-0.7\text{m}$. 2) After channel cutoff, the gully-bed gradient will be more steep. For example, in this caes, a sediment dam in Jiangjia Ravine of Dongchuan, Yunnan Province was broken while $h_2=4.0\text{m}$.

3. Lowering of the local erosion basis (the junction of main and branch gullies)

1) The junction will get to lower relatively, if the debris flow channel on the accumulated fan was turned to the lower reaches of the main gully. The altitude of the old junction of Hunshui Ravine is at 968m ; a large debris flow in 1974 turned the junction to the lower reaches of the main gully, the altitude of new junction is at 958m (Fig. 2). Headward erosion is up to 1st sediment dam, $h_2=6.0-7.0\text{m}$. 2) The junction lowered because the main gully cut down. For example, at the junction of Hunshui Ravine, it lowered from 961m in 1978 to 953m in 1986 (Table 2). Headward erosion is to a flow-measuring flume, $h_2=6.0\text{m}$.

For reason given, the discussed problems will help to correctly determine the burial depth of sediment dam foundation.

Key words debris flow, sediment dam, burial depth of foundation, scouring hole, local erosion basis