

四川境内成昆铁路泥石流预测预报参数

钟敦伦 谢洪

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

王爱英

(兰州大学)

提 要 在四川境内成昆铁路沿线野外考察的基础上,确定了泥石流数据库预测预报系统的各种参数,提出了泥石流沟谷是否具备暴发泥石流的碎屑物量的判别式:比值=碎屑物聚集总量/暴发泥石流的碎屑物量最低标准。当比值 ≥ 1 时,具备了暴发泥石流的碎屑物条件,应作出可能暴发泥石流的预测。同时还根据泥石流暴发的降水资料,确定了暴发泥石流的降水量标准为日雨量 ≥ 50 毫米。根据暴雨信息可作出泥石流预报。

关键词 泥石流 预测预报参数 积累量 聚集量

若是泥石流沟谷,要暴发泥石流,两个必备条件为:1. 充足的松散碎屑物质,其是泥石流形成的物质基础;2. 丰富的水体补给来源,其既是泥石流形成的动力条件和物质基础,又是泥石流形成的激发因素。若欲实现泥石流数据库应用系统中的泥石流预测预报系统,必须确定与上述两个条件有关的各种参数。

现就四川境内成昆铁路预测预报参数的确定和应用加以讨论。

一、松散碎屑物质量参数的确定和应用

某一流域内,为泥石流提供多少松散碎屑物质(后文简称碎屑物),决定于碎屑物的积累量和聚集量。

(一) 碎屑物积累量

这指某流域内能为泥石流提供条件的碎屑物量。影响其的因素有:自然因素和人为因素。

1. 碎屑物的年自然积累增加速率与自然积累增加量

影响碎屑物年自然积累增加速率的因素主要有地质因素和流域面积。

1) 地质因素

影响碎屑物年自然积累增加速率的地质因素有三个。

(1) 岩性

岩性软硬对碎屑物年自然积累增加速率的影响,主要表现为抗风化能力的强弱。岩石愈硬,抗风化能力愈强,碎屑物年自然积累增加速率就愈慢,反之则快。根据抗风化能力强的岩石所占的比例,将流域的岩性划分为三类:具坚硬岩石的流域,其抗风化能力强的岩石出现几率 $> 70\%$,流域的基本风化速度 < 0.20 毫米/年;具半坚硬岩石的流域,其抗风化能力强的岩石出现几率 $30\sim 70\%$,基本风化速度 $0.20\sim 0.25$ 毫米/年;具软弱岩石的流域,其抗风化能力强的岩石出现几率 $< 30\%$,基本风化速度 > 0.25 毫米/年。

四川境内成昆铁路沿线抗风化能力强的岩石有辉绿岩、辉长岩、玄武岩、闪长岩、石英闪长岩、英安岩、花岗岩、黑云母花岗岩、花岗斑岩、流纹岩、流纹斑岩、石英斑岩、正长岩、未进一步划分岩性的超基性岩、基性-超基性侵入岩、基性火成岩、酸性熔岩、砾岩、石英砂岩、石灰岩、白云岩、白云质灰岩、灰质白云岩、燧石灰岩、硅质灰岩、变粒岩、大理岩、混合岩、石英岩、石英片岩、板岩。

一个流域内岩性判别式及判别标准为:岩性判别系数=抗风化能力强的岩性出现个数/流域内岩性出现的总个数。

岩性判别系数 > 0.7 者,属具坚硬岩石的流域;岩性判别系数 $0.3-0.7$ 者,属具半坚硬岩石的流域;岩性判别系数 < 0.3 者,属具软弱岩石的流域。

泥石流数据库内检索到第四系堆积物时,就以 0 计。

(2)构造活动

其对岩体破坏程度不同。据此将流域的构造活动分为三类:具强烈构造活动的流域,其内断层发育或受构造运动影响明显,构造影响系数 > 1.4 ,对碎屑物年自然积累增加速率影响显著;具中等构造活动的流域,其内无断层存在,但节理裂隙十分发育,受构造运动影响中等,构造影响系数 $1.2-1.4$,对碎屑物年自然积累增加速率影响比较显著;具微弱构造活动的流域,其内无断层,节理裂隙较发育,受构造活动影响轻微,构造影响系数 $1.0-1.2$,对碎屑物年自然积累增加速率影响不甚显著。

(3)地层

地层新老对碎屑物年自然积累增加速率有影响。一般说来,地层越古老,碎屑物年自然积累增加速率就越快,反之则慢。地层由老至新分为四类:元古界,地层影响系数 > 1.3 ;古生界,地层影响系数 $1.2-1.3$;中生界,地层影响系数 $1.1-1.2$;新生界,地层影响系数 $1.0-1.1$ 。一个流域内,上述某一地层的出现几率超过 60% 者,其地层影响系数,就以这一地层计;若无一个地层的出现几率超过 60%,但其中二个地层出现几率之和超过 80% 者,其地层影响系数可按二者的均值计;若无二个地层出现几率之和超过 80%,但其中三个地层出现几率之和超过 90% 者,其地层影响系数可按三者之均值计;若四个地层的出现几率接近者,其地层影响系数可按四者之均值计。

由上可知,岩石实际风化速度=基本风化速度 \times 构造影响系数 \times 地层影响系数。

2)流域面积

其与碎屑物年自然积累增加速率成正比。流域面积与岩石实际风化速度相乘,即为碎屑物年自然积累增加速率。

流域内碎屑物年自然积累增加量=碎屑物年自然积累增加速率 \times 时间(以年计)。

2. 碎屑物的年人为积累增加速率与人为积累增加量

人类活动(含采矿、采石、筑路和修渠等)对碎屑物积累有影响。流域不同,人为因素影响程度差异较大。因此宜采取:

1)某一流域中,若在一定时段内人类活动强度不变者,则可确定一个碎屑物年人为积累增加速率。

碎屑物年人为积累增加量=碎屑物年人为积累增加速率 \times 时间(以年计)。

2)某一流域中,若人类活动强度不断变化者,则先分别求出逐年的碎屑物人为积累增加量,再相加之,便得某一时段内的碎屑物人为积累增加量。

3. 碎屑物的积累量初值和积累总量

碎屑物积累量初值指某流域内预测预报初始年已存在的、能为泥石流活动提供条件的碎屑物量。现场调查结果表明,通常可根据流域面积的大小来估计碎屑物积累量初值,其实质是估计碎屑物平均厚度。这就是,流域面积 <1.0 平方公里者,碎屑物平均厚度 $1.5\sim2.0$ 米; $1.0\sim5.0$ 平方公里者, $1.3\sim1.8$ 米; $5.0\sim10.0$ 平方公里者, $1.1\sim1.6$ 米; $10.0\sim50.0$ 平方公里者, $0.9\sim1.4$ 米; >50.0 平方公里者, $0.7\sim1.2$ 米。如有碎屑物人为积累量,需加上,才能成为真正的某一流域的碎屑物积累量初值。

四川境内成昆铁路沿线某些沟谷,已存在的并能为泥石流活动提供条件的碎屑物平均厚度:勒古洛夺沟, 1.15 米;拉姑子沟, 1.25 米;普歪沟, 1.35 米;乐跃车站5号沟, 1.50 米;白沙2号大桥沟, 1.50 米;瓦依日呷沟, 1.05 米。

碎屑物积累总量=碎屑物积累量初值+预测预报第二年起的逐年碎屑物积累量-逐年碎屑物输出量。

(二) 碎屑物聚集量

这指某流域内能直接参与泥石流活动的碎屑物量。影响其的因素有:自然因素和人为因素。两者表现为下列各点。

1. 碎屑物年自然聚集速率

其影响因素如下。

1) 降水与植被

四川境内成昆铁路沿线处于亚热带,尽管降水条件有一定差异,但从宏观来看,侵蚀作用仍比较接近,因此降水对碎屑物年自然聚集速率的影响作用差异不大;植被条件亦有一定差异,但就全线而言,植被均较差,对碎屑物年自然聚集速率的影响作用比较接近。降水和植被所产生的影响结果,在岩石基本风化速度中已加以考虑。

2) 流域面积

流域面积对碎屑物年自然聚集速率的影响显著,决定了碎屑物积累总量中每年能参加碎屑物自然聚集的比例(暂称其为年聚集比)。一般说来,流域面积越大,年聚集比越小,反之则大。实地考察结果证实,年聚集比按不同流域面积分为六级:流域面积 <0.5 平方公里者,年聚集比 $>0.8\%$; $0.5\sim1.0$ 平方公里者, $0.7\sim0.8\%$; $1.0\sim5.0$ 平方公里者, $0.6\sim0.7\%$; $5.0\sim10.0$ 平方公里者, $0.5\sim0.6\%$; $10.0\sim50.0$ 平方公里者, $0.4\sim0.5\%$; >50.0 平方公里者, $0.3\sim0.4\%$ 。

3) 山坡坡度与不良物理地质现象

其对碎屑物年自然聚集速率的影响,可反映在泥石流沟谷的发育阶段上。一般说来,山坡坡度和不良物理地质现象对碎屑物年自然聚集速率的影响程度,按泥石流沟谷发育阶段的递减顺序为:发展期→活跃期→衰退期。

这就是说,泥石流沟谷发育阶段不同,碎屑物年自然聚集速率就有差异。由此提出了泥石流沟谷发育阶段影响系数。发展期,泥石流沟谷发育阶段影响系数 $1.1\sim1.6$;活跃

期, 0.9—1.1; 衰退期, 0.4—0.9。

流域内碎屑物年自然聚集速率 = 碎屑物积累量初值(或碎屑物积累总量) × 年聚集比 × 泥石流沟谷发育阶段影响系数。

2. 碎屑物年人为聚集速率

人类活动(包括森林采伐、陡坡耕作、采矿、采石、筑路和修渠等)会造成碎屑物的聚集。目前, 森林采伐和陡坡耕作是带有普遍性的人类活动。考虑人类活动强度时, 取其平均状况。

凡有森林采伐任务的泥石流沟谷, 按每年采伐面积 1 平方公里计, 碎屑物年人为聚集速率至少增加 1000—5000 立方米。再则, 可视流域面积大小定森林采伐造成的碎屑物年人为聚集速率: 流域面积 < 10.0 平方公里者, 碎屑物年人为聚集速率 1000—2000 立方米; > 10.0 平方公里者, 2000—5000 立方米。

凡有陡坡耕作的泥石流沟谷, 可视陡坡耕作程度定碎屑物年人为聚集速率: 陡坡耕作比较严重者, 碎屑物年人为聚集速率 100—200 立方米/平方公里; 比较轻微者, 10—100 立方米/平方公里。

采矿、采石、筑路和修渠造成的碎屑物聚集因各年不同, 需逐年加上。

流域内碎屑物年人为聚集速率 = 森林采伐造成的年人为聚集速率 + 陡坡耕作造成的年人为聚集速率 + 采矿、采石、筑路和修渠等造成的年人为聚集速率。

3. 碎屑物输出速率

这指某流域内每年被洪水所挟带走的碎屑物量(严格地说是碎屑物年输出速率)。它除与降水(总量、强度)有关外, 还与如下两个因素密切相关。

1) 地表径流量

若沟床比降和碎屑物级配基本相同, 则碎屑物输出速率与地表径流量成正比。暴雨和径流系数基本相同者, 地表径流量与流域面积成正比; 而碎屑物输出速率与流域面积成反比。因此在确定碎屑物输出速率时, 需作如下两个方面的处理。

(1) 据野外考察资料, 碎屑物输出速率可按流域面积大小分为五级: 流域面积 < 1.0 平方公里者, 碎屑物输出速率 > 300 立方米/平方公里 · 年; 1.0—5.0 平方公里者, 270—300 立方米/平方公里 · 年; 5.0—10.0 平方公里者, 240—270 立方米/平方公里 · 年; 10.0—50.0 平方公里者, 210—240 立方米/平方公里 · 年; > 50.0 平方公里者, 180—210 立方米/平方公里 · 年。

(2) 鉴于地表径流量与流域面积成正比, 故可用流域面积乘以上述所划分的并应取的碎屑物输出速率, 便得某流域内的碎屑物输出速率。

2) 沟床比降

沟床比降越陡, 越利于地表径流和碎屑物能量的转化, 故碎屑物输出速率就越大。

这里应提出沟床比降影响系数。实地考察结果表明, 沟床比降影响系数能分为六级: 沟床比降 < 100% 者, 沟床比降影响系数为 1.00—1.05; 100—200% 者, 1.05—1.10; 200—250% 者, 1.10—1.15; 250—350% 者, 1.15—1.20; 350—450% 者, 1.20—1.25, > 450% 者, > 1.25。

流域内实际的碎屑物输出速率=上述受地表径流影响的碎屑物输出速率×沟床比降影响系数。

4. 碎屑物的聚集量初值和聚集总量

碎屑物聚集量初值指某流域内预测预报初始年能直接参与泥石流活动的碎屑物量。通过实地调查确定了下列几条泥石流沟谷的碎屑物聚集量初值:1987年勒古洛夺沟 60.00 万立方米;1984年龙门沟 70.00 万立方米;1987年拉姑子沟 5.00 万立方米;1984年普歪沟 4.00 万立方米;1985年乐跃车站 5 号沟 0.20 万立方米;1986年白沙 2 号大桥沟 0.15 万立方米;1984年瓦依日呷沟 50.00 万立方米。

碎屑物聚集总量=碎屑物聚集量初值+预测预报第二年起的逐年碎屑物聚集量-逐年碎屑物输出量。

5. 碎屑物剩余聚集量

泥石流暴发后的碎屑物剩余聚集量,主要取决于暴雨时间间隔和暴雨强度。后两者的不同,泥石流输移量就不同。正是泥石流输移量的不同,决定了一个流域的泥石流具有周期不一、规模不等、性质不同的特性。再则,碎屑物剩余聚集量,又是预测预报下一次泥石流的碎屑物聚集量初值,它直接影响着下一次泥石流暴发的时间间隔和泥石流的其他特征。因此研究泥石流暴发后的碎屑物剩余聚集量具有重要意义。

目前,确定泥石流暴发后的碎屑物剩余聚集量的最好方法还是实地考察法,有待找出一种简便而准确的方法。

(三)暴发泥石流的碎屑物量标准

通过实地考察和资料分析可知,这个标准的高低与流域面积和沟床比降密切相关。

一般说来,流域面积越小,流程越短,越不利于碎屑物的储存,越利于碎屑物起动,即越利于泥石流暴发;反之则不利于泥石流暴发。因此暴发泥石流的单位面积碎屑物量标准高低与流域面积成正比。

沟床比降越大,越利于碎屑物起动,即越利于泥石流暴发;反之则不利于泥石流暴发。因此暴发泥石流的碎屑物量标准高低与沟床比降成反比。

暴发泥石流的单位面积碎屑物量最低标准按流域面积分为五级:流域面积 < 1.0 平方公里者,暴发泥石流的单位面积碎屑物量最低标准 1.0 万—1.2 万立方米/平方公里;1.0—5.0 平方公里者,1.1 万—1.5 万立方米/平方公里;5.0—10.0 平方公里者,1.4 万—1.8 万立方米/平方公里;10.0—50.0 平方公里者,1.7 万—2.1 万立方米/平方公里;> 50.0 平方公里者,1.9 万—2.4 万立方米/平方公里。

为确定暴发泥石流的碎屑物量最低标准,需用到沟床比降关系系数。该系数按沟床比降分为五级:沟床比降 < 100% 者,沟床比降关系系数 > 1.10;100—200% 者,1.05—1.10;200—300% 者,1.00—1.05;300—400% 者,0.95—1.00;> 400% 者,0.90—0.95。

流域内暴发泥石流的碎屑物量最低标准=暴发泥石流的单位面积碎屑物量最低标准×沟床比降关系系数×流域面积。

流域内碎屑物聚集量能否满足暴发一次泥石流的需要,可用判别式

比值 = 碎屑物聚集总量/暴发泥石流的碎屑物量最低标准

加以判别。若比值 < 1 者,不能满足;若比值 ≥ 1 者,能满足。

(四)聚集足以暴发一次泥石流的碎屑物量所需时间

流域内预测预报初始年后第 n 年的碎屑物聚集总量 \div 暴发泥石流的碎屑物量最低标准 $= 1$ 者,这个 n 年即为聚集足以暴发一次泥石流的碎屑物量所需时间。 $n=1,2,3,4,5\cdots$

n 年 + 预测预报初始年 = 预测预报的聚集足以暴发一次泥石流的碎屑物量具体时间(年)。

得知某条泥石流沟谷上一次暴发泥石流的时间、碎屑物剩余聚集量、碎屑物聚集速率和碎屑物输出速率等后,便可预测预报下一次具备暴发泥石流的碎屑物量的时间。

二、暴发泥石流的降水量标准

实地考察结果表明,四川境内成昆铁路沿线出现日雨量 ≥ 50 毫米的降水时,降水落区内凡具备暴发泥石流的碎屑物量的沟谷,均可能发生泥石流。由此确定暴发泥石流的降水量标准为日雨量 ≥ 50 毫米。

若收集到天气预报的降水信息出现有日雨量 ≥ 50 毫米降水者,则在降水落区范围内凡具备暴发泥石流的碎屑物量的沟谷,都应作为有可能暴发泥石流的沟谷加以预报。

由于泥石流预测预报工作还处于探索阶段,其参数的确定尚未成熟,上述问题提出来供同行共同讨论,以促进泥石流研究水平的提高。

PREESTIMATE AND FORECAST PARAMETER OF DEBRIS FLOWS ALONG CHENGDU—KUNMING RAILWAY IN SICHUAN PROVINCE

Zhong Dunlun Xie Hong

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy)

Wang Aizong

(Lanzhou University)

Abstract

On the basis of investigation on debris flow along Chengdu—Kunming Railway in Sichuan Province, the debris accumulated volume and aggregated volume, and the parameters of effective factors have been taken out according to debris volume. Here, the debris accumulated total volume = beginning value of debris accumulated volume + debris accumulated volume of every year from next year. The debris aggregated total volume = beginning value of debris aggregated

volume+debris aggregated volume of every year from next year. At the sometime, the discriminant determined whether the debris volume in debris flow gullies causing debris flow has been put out. $\text{Ratio} = \text{debris aggregated total volume} / \text{minimum debris volume for causing debris flow}$. When $\text{ratio} < 1$, the debris volume can not arouse debris flow; when $\text{ratio} \geq 1$, debris flow will occur.

Based on the analysis of data on debris flow occurrence and relative rainfall, the daily rainfall of hard rain causing debris flow should be $\geq 50\text{mm}$.

According to preestimate and forecast, the occurrence of debris flow should be predicted while daily rainfall in the hard rain area $\geq 50\text{mm}$.

Key words debris flow, preestimate and forecast parameter, accumulated volume, aggregated volume

《四川境内成昆铁路泥石流活动现状图》出版

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所编制的《四川境内成昆铁路泥石流活动现状图》(1:20万,彩图),最近已由成都地图出版社出版,内部发行,定价5.00元。

该图是经多年野外考察、收集资料及室内分析整理,在占有四川境内成昆铁路沿线大量泥石流资料的基础上编制而成的。它比较全面地反映了四川境内成昆铁路沿线泥石流发育的地质、地形、水文及人类经济活动等环境条件,反映了铁路沿线泥石流的分布及活动现状、泥石流对铁路及火车站的危害程度及危害方式。该图资料丰富,实用性强,对四川境内成昆铁路泥石流的防治有重要参考价值,对铁路沿线地区地方政府防治泥石流危害,也有重要意义。

该图也是较全面的泥石流专题地图。对如何在图中反映泥石流综合分类及泥石流发育阶段方面,编者进行了探索与尝试,并将泥石流的各种特征有机地反映在图上,使泥石流制图的内容突出、鲜明,读者一目了然;在泥石流制图方面有其新颖、独到之处,目前在泥石流制图领域处于领先地位,促进了泥石流制图学的发展。

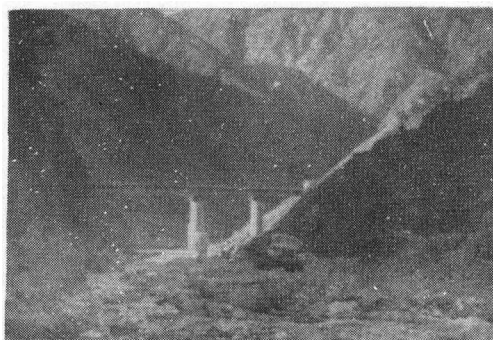
该图可供从事泥石流研究与防治的科技人员,从事山区铁路、公路建设的有关工程技术人员和地学工作者以及四川境内成昆铁路沿线地方政府、环境、规划、国土、水利等部门的工作人员参考、使用。

联系地址:成都市一环路南二段10号中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所“成昆铁路北段泥石流及防治研究课题组”,邮政编码:610015。

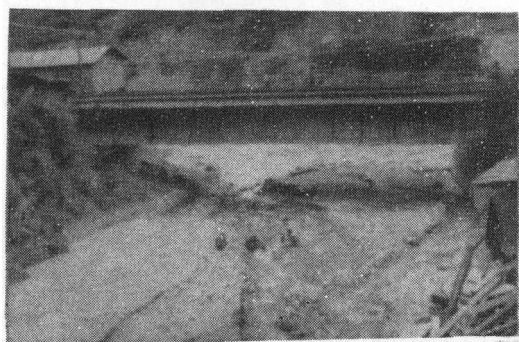
成昆铁路北段泥石流及防治研究课题组



照片 1 蔡家沟泥石流危害铁路



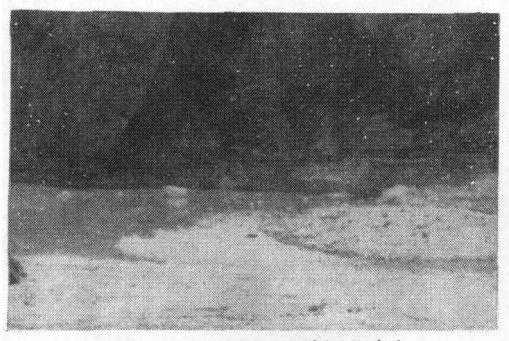
照片 2 盐井沟铁路桥中墩受泥石流威胁



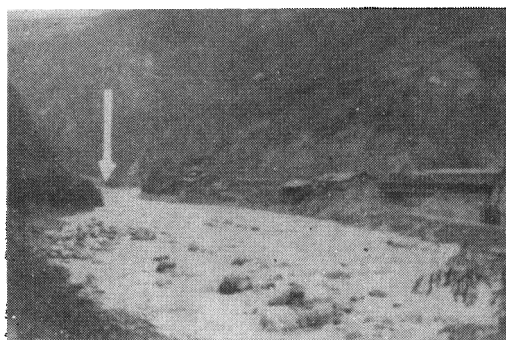
照片 3 勒古洛夺沟铁路桥桥下净空小,
受泥石流威胁



照片 4 乌斯河车站受新寨子沟泥石流威胁



照片 5 资勒沟泥石流堵河并溃决



照片 6 泥石流造成凉红车站处牛日河淤积,箭头处
为资勒沟口,右侧为勒古洛夺沟口