

泥石流综合堵加系数的探讨

韩慕吾

(铁道部第一勘测设计院)

一、简况

泥石流流量是泥石流的重要特征。它反映泥石流的强度、规模和流体性质，决定泥石流防治工程，是铁路、公路桥涵设计的重要依据。

由于我们对泥石流运动和动力特征的研究尚不够深入，缺少观测和试验资料。故目前采用的泥石流流量计算方法多在某些国外公式的基础上按我国实际情况作一些系数的修改，同时也正在研究和创新之中，现在采用的方法有两大类：

一是形态调查法。这种方法在有条件的泥石流沟进行调查计算是比较可靠的。但在人烟稀少的西北地区，必然存在许多困难，如泥石流的水位判识、沟槽冲淤变化、流速计算采用的公式等等，因此只能在有条件的个别典型泥石流沟使用。这是同志们熟知，故不在此详述。

二是雨洪算法。这种方法包括雨洪修正法、综合成因法、地理参数法和暴雨泥石流法等。其中苏联学者就提出有19种公式，中国科学院冰川冻土研究所和成都地理所，分别于1976和1980年考虑粘性阵流的迭加也提出过相应的公式，就不在此赘述了。

铁道部第一勘测设计院在小流域暴雨洪峰流量 (Q_B) 计算的基础上，按泥石流系数加以修正，就能计算各类泥石流沟的流量，较简便适用，故应用较广。我们建议采用的公式是：

$$\left. \begin{aligned} Q_C &= Q_B (1 + \phi) \Phi_k \\ Q_C &= Q_B \left(\frac{1}{1 - X_H} \right) \Phi_k \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

式中： Q_C ……泥石流流量（立方米/秒）；

Q_B ……暴雨洪峰流量（立方米/秒），按我院编制的《西北地区 $Q \sim F$ 曲线》查取；

ϕ ……泥石流系数， $\phi = \frac{\gamma_c - 1}{\gamma_H - \gamma_c}$ ；

γ_c ……泥石流容重（吨/立方米）；

γ_H ……泥石流沉积物的比重（吨/立方米）；

X_H ……泥石流中所含泥石体积的百分数，可通过访问老居民或取样试验求得；

Φ_k ……泥石流综合堵加系数。

这个系数 Φ_k ，既包含有沟槽堵塞溃决，又含有粘性阵流迭加和其他因素的影响，故名泥石流综合堵加系数。由公式（1）简单的数学移项，即得 Φ_k 的推演式：

$$\Phi_k = \frac{Q_c}{Q_B(1+\phi)} = \frac{Q_c}{Q_B \left(\frac{1}{1-X_H} \right)} \quad (2)$$

这一系数是雨洪法计算泥石流流量的突出问题。有的仍沿用1940年斯氏的堵塞附加流量(q), 有的根据东川观测资料改为泥石流堵塞系数(D_u)等等, 但均未考虑泥石流类别不同而有质和量的区别, 显然稀性不同于粘性, 水石型不同于泥流型, 因而在实际应用中出入较大。为此, 根据近年来在宝成、宝天等铁路泥石流调查资料和已有观测资料进行整理分析, 提出本报告和同志们商榷。

二、泥石流综合堵加系数产生的原因

泥石流是一种含有大量泥沙石块的特殊洪流, 它既不同于一般的暴雨径流, 又是在一定的暴雨条件下形成, 并包含有更多的自然现象和形成因素。它在流动过程中, 由于崩坍、滑坡等不良地质现象发生所冲出的巨大固体物质来源, 或因泥石流体的粘性阵流和暂时性阻塞而溃决所形成的巨大补给量, 因而常出现某种间歇作用。有的呈单峰型或多峰型的连续性翻滚流动(稀性泥石流); 有的暂时断流把大量泥石流能量聚集成阵性流动(粘性泥石流), 从而形成比暴雨洪峰流量(Q_B)大得多的瞬间的最大泥石流流量。这种现象决不是泥石流系数中所能解决的。例如: 宝天铁路伯阳菜子沟和刘家湾沟泥流, 其中菜子沟汇水面积仅0.4平方公里, 主沟长0.9公里, 1978年7月12日暴发灾害性泥流, 由于1956年沟的源头曾有70万立方米的滑坡体堵住盆地出口, 在暴雨激发下, 泥流呈三阵连续下泻, 总历时为半小时, 瞬间最大泥石流最大流量达900—1,000立方米/秒, 为暴雨洪峰流量的67倍。如果按上述公式(2)计算, 则Φ_k为21.5。这说明, 泥流主要由于滑坡堵塞溃决而得的综合堵加系数是相当大的。东川支线的蒋家沟和大小白泥沟粘性泥石流, 其中蒋家沟汇水面积为45.1平方公里, 1975年6月11日一次泥石流过程, 从上午10时开始, 到下午15时结束, 历时5个小时, 共84阵, 断流时间一般都在2—3分钟, 有时长达半小时, 有时短至几秒钟, 总断流时间为4小时28分, 余下的32分钟是阵流连续时间, 瞬时泥石流最大流量达1,124立方米/秒。据1966年14次观测资料, 泥石流最大流量为暴雨洪峰流量的8—23倍, 其Φ_k为2.6—13.4。可知一条粘性泥石流沟综合堵加系数, 不仅数值大而变幅也大, 说明与粘性阵流、沟槽堵塞、暴雨洪峰流量等综合因素有关。宝成铁路北段庙沟和宋家沟是两条稀性泥石流沟, 汇水面积分别为4.3和0.86平方公里, 主沟长分别为4.6和1.35公里, “81·8”暴发泥石流, 其Q_c分别为121.8和26.6立方米/秒, Q_B分别为34.0和7.5立方米/秒, 计算Φ_k为1.8和1.7。说明稀性泥石流综合堵加系数一般较小。

从以上典型泥石流沟说明, 泥石流综合堵加系数随泥石流类型不同而有大的差异, 必须区别对待。同时可以看出, 影响泥石流综合堵加系数有以下原因:

(一) 沟槽堵塞溃决:

- 1、在形成区或流通区, 由于大规模的崩坍、滑坡、错落的大量固体物质堵塞沟槽;
- 2、因沟蚀面蚀作用, 水土流失的固体物质不易排走, 而暂时堵断沟槽;
- 3、因沟道弯曲, 宽窄相间, 支沟汇合, 沟岸冲刷侵蚀, 产生淤积而阻水断流;
- 4、因可动巨石的滚动, 陡坎、卡口的制约而阻水断流;
- 5、因沟床基岩不同, 软硬不均, 纵坡陡缓相间, 沟槽物质再搬运而形成阻水截流。

(二) 粘性阵流迭加。由于泥石流浆体的粘度大小不同而产生间歇性阵流, 形成暴雨洪水累

积，前期含水量补加和阵流中大阵赶上与超过小阵的迭加等等与沟槽堵塞一起，影响综合堵加系数。

(三) 降雨特征。由于暴雨有单峰、双峰或多峰型和前期降雨不同，以及下渗、汇流的复杂变化，动能有强有弱，排泄不畅而产生淤积，影响综合堵加系数。

上述这些原因，显然是不可分割的，似有一定的内在联系，互相制约，造成瞬间最大泥石流流量。

三、系数 Φ_k 的确定

根据泥石流观测资料，对降雨强度、泥石流容重(γ_c)、流速(v_c)、流量(Q_c)等进行分析，见1966年7月30日后坝沟泥石流各参数历时曲线。从中可得到许多有益的启示。例如：泥石流最大流量(Q_c)和暴雨洪峰流量(Q_B)分别为21.5和5.34立方米/秒，而当时后坝沟堵塞并不明显，其 Φ_k 已达1.8；曲线顶峰处前者凸起，后者平滑；而峰量 Q_c 却在 Q_B 后9分钟出现。这些表明，综合堵加系数是由许多因素综合作用的结果。又如粘性泥石流的流动，随 γ_c - T 曲线的增大趋势与 Q_c - T 曲线趋势相调和等等。当然，这些启示有待今后继续研究和认识。现在以泥石流观测资料为主，结合宝成、宝天等线调查资料，通过暴雨洪峰流量的计算对比，特别引用了齐树风等同志1982年在宝成北段所作的“81·8”暴雨径流验算资料进行计算对比，将有关资料在双对数纸上进行相关分析，可以认为泥石流综合堵加系数 Φ_k 与 Q_B 和 $(1 + \phi)$ 的乘积有较密切的关系。它说明，上述公式(2)是基本合理的。但这种关系随泥石流的类型不同而变，其相应指数也不同。见泥石流 Φ_k 关系，并相应建立了以下两个公式：

1、稀性泥石流(多数是水石型)

$$\Phi_k = 3 \left[Q_B (1 + \phi) \right]^{-0.2} \quad (3)$$

2、粘性泥石流(不含泥流型)

$$\Phi_k = 7 \left[Q_B (1 + \phi) \right]^{-0.35} \quad (4)$$

对于泥流型则因崩坍、滑坡的规模大小不同，资料点据分散，其定量关系并不明显。

根据以上的分析和认识，结合形成泥石流沟的特征、泥石流容重大小、堵塞程度等分类整理，初步提出泥石流综合堵加系数 Φ_k 分类表。

1、对于稀性泥石流，主要考虑堵塞的严重程度，结合泥石流容重大小不同而确定 Φ_k ，见表1。

表 1 稀性泥石流 Φ_k

堵塞程度	沟槽中值粒径 d_{50} (厘米)	泥石流容重 γ_c (吨/立方米)	Φ_k	
			水石型	泥石型
一般的	≤ 2	≤ 1.8	1.1—1.3	1.1—1.4
中等的	3—15	1.8—2	1.3—1.5	1.4—1.7
严重的	≥ 15	> 2	1.5—1.8	1.7—2.0

2、对于粘性泥石流，主要考虑泥石流沟的主要特征和容重大小而确定 Φ_k ，见表3。

表 2

粘性泥石流 Φ_k

泥石流沟的特征	γ_c (吨/立方米)	Φ_k
由水土流失面蚀与沟蚀形成的一般弯曲、有轻微堵塞的粘性泥石流沟	≤ 1.7 1.7—1.9	1—2 2—3
由侵蚀加其他破坏因素形成弯曲较大的、有中等堵塞的粘性泥石流沟	≤ 1.8 1.8—2.0	1.5—2.5 2.5—3.5
由崩塌、错落等不良地质现象形成有几条很弯曲、多陡坎和跌水、有严重堵塞的粘性泥石流沟	≤ 2.0	2—3
	> 2.0	3—4

3、对于泥石流，主要考虑泥石流沟的不良地质现象和容重大小而确定 Φ_k ，见表3。

表 3

泥 流 Φ_k

泥石流沟的不良地质现象	r_c (吨/立方米)	Φ_k
有局部崩塌、错落、浅层溜塌，沟槽宽窄相间，一般堵塞。	≤ 1.6	2—5
有小规模滑坡、崩塌、错落，沟槽深切弯曲，中等堵塞。	1.6—1.9	5—8
有大型或多处中小型滑坡、陷穴、崩塌、错落，沟道很弯曲，造成多处陡坎、跌水、卡口，严重堵塞。	> 1.9	8—20

注：表3的选用可按两种情况考虑：

- 1、当泥石流对建筑物威胁严重，而建筑物又十分重要时，按此表系数设计；
- 2、当泥石流对建筑物威胁当前较轻，可降低标准按灾害工点设计，进行监视观测。

四、结束语

泥石流流量是泥石流防治工程和铁路、公路桥孔设计的重要依据，不可忽视。但因泥石流的运动形式，有阵性断流、堵塞溃决、掏刷、淤积、漫流等各种特征，而流域内形成泥石流的大量固体物质来源和分布情况又异常复杂，影响因素众多，使泥石流最大流量的形成机理、汇流过程和运动内部阻力等相当复杂，因而计算方法很多，差别也大，很难定论。目前只能从现实出发，提出半经验性的简易方法，供泥石流地区铁路、公路勘测设计试用。希在今后进行一系列观测试验之后，找出反映泥石流较完整的物理模式和数学表达式，逐步创立泥石流最大流量的计算方法。为泥石流地区建设服务！