

泥石流流速公式探讨

洪正修

(铁道隧道工程局设计院)

摘要 本文首先对常用的泥石流流速计算公式存在的问题进行了分析,然后根据观测数据,建立了精度较高的计算泥石流流速的回归方程。由于参加统计的资料参数变化范围大,地域广,选用的自变量少且可操作性强,故新公式具有推广价值。

关键词: 泥石流 流速 公式

一、概 述

泥石流流速是泥石流动力学性质中最为重要的参数,也是泥石流防治工程设计不可缺少的参数。因此,准确确定泥石流流速既是泥石流计算中重要关键,也是泥石流工作者极为关注的焦点。

目前,国内外确定泥石流流速的方法很多,就其计算方法而言,有理论的、半理论的和经验的,得出的计算公式不下数十种,但均不符合我国实际,很大程度上不能用。因此,国内一些研究泥石流的单位,便根据各自多年的工作实践;或对国外一些公式验证后提出新的改进公式;或综合分析后归纳出新的公式。其中,具有代表性的公式主要有:

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} \cdot \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (1)$$

$$V_c = \frac{m_c}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2} \quad (2)$$

$$V_c = KH^{2/3} I^{1/2} \quad (3)$$

$$V_c = 45.5H^{1/2} I^{1/2} \quad (4)$$

式中: V_c —泥石流断面平均流速 (m/s);

R —泥石流流体水力半径 (m);

H —泥石流断面流深 (或泥石流水力半径 R) (m);

I —泥石流流体水力纵坡 (%);

$\frac{1}{n}$ —清水河槽糙率;

m_c —泥石流沟床糙率系数 (按 И. Б. 巴克诺夫斯基糙率系数表选用);

φ —泥砂修正系数;

$$\varphi = \frac{Q_H}{Q_B} = \frac{r_c - 1}{r_H - r_c}$$

r_c —泥石流流体密度 (10KN);

r_H —泥石流流体中固体物质密度 (10KN);

K —粘性泥石流流速系数, 其值随 H 而变, 可按下列式计算:

$$K = 15 - 2H \quad \text{当 } H < 2.5 \text{ 时按 } H = 2.5 \text{ 计算。}$$

其它还有一些公式, 如:

稀性泥石流流速公式:

$$V_c = \frac{m_0}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2} \quad \text{(西北地区公式)}$$

$$V_c = \frac{m}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2} \quad \text{(北京地区公式)}$$

粘性泥石流流速公式:

$$V_c = \frac{1}{n} K^{2/3} I^{1/2}$$

式中: m_0 —未考虑泥石流特征的粗糙系数, 可采用 15.5;

$$m \text{—粗糙系数, } m = \left(\frac{50}{I}\right)^{0.4};$$

n —泥石流粗糙率, 一般取 0.45;

其余符号意义同前。

(1) 式是 1960 年铁道部第二勘测设计院根据东川支线泥石流观测资料对 M. Φ. 斯里勃内依动力平衡公式 $V_c = \frac{6.5}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2}$ 验证后用满宁清水流速公式 $V_B = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$ 代替斯

式中清水流速 $V_B = 6.5 R^{2/3} I^{1/2}$ 而得出的, 适用于稀性泥石流流速计算; (2) 式是 (1) 式的改进公式, 1963 年由铁道部第二勘测设计院提出, 其实质是用泥石流沟床糙率 m_c 代替 (1) 式

中的清水河槽糙率 $\frac{1}{n}$; (3) 式是计算粘性泥石流流速的经验公式, 由铁道部第二勘测设计院主编的《泥石流防治》一书的编写组重点分析研究了东川大白泥沟、蒋家沟、云南大盈江浑水沟, 甘肃武都泥湾沟、大烧沟、苏联杜鲁德日河等典型粘性泥石流沟的 153 组观测资料, 综合归纳得出的计算粘性泥石流流速的经验公式; (4) 式是中国科学院冰川冻土沙漠研究所总结的适合于粘性泥石流流速计算的经验公式, 它们的适用范围见表 1。

表 1 各计算公式适用范围表

Tab. 1 The suitable scope for application of calculation formula

数据 公式 编号	项 目	r_c (10KN)	I (%)	H (m)	V_c (m/s)
(1) ~ (2)		1210~1610	121~224	0.17~2.00	1.07~5.45
(3) ~ (4)		1200~2350	29~105	0.06~4.90	0.46~15.00

上述公式虽然是结合我国实际的较新公式, 笔者认为尚存在以下问题:

1. (1) 式用清水河槽糙率 $\frac{1}{n}$ 取代泥石流沟床糙率, 在理论上是讲不通的。
2. (1)、(2) 式所需参数较多, 运算复杂, 要取得这些参数, 不但费时费工, 而且人为

性较大, 很难求准。如 $\frac{1}{n}$ 、 m_c 、 r_c 等参数往往因人而异, 致使计算的 V_c 也随之而异。

3. (3) 式中 K 为一变系数, 应用不方便。另外, 公式作者说: “式中的 H 为泥石流流深 (或泥石流水力半径 R)” 这显然是错误的。因为对任一过水断面而言 $R < H$, 故 $V_c(R) < V_c(H)$ 。若要使 $V_c(R) = V_c(H)$, 则 $V_c(H)$ 和 $V_c(R)$ 应为不同的表达式。

4. 通过对公式作者所列资料校验, (1) ~ (4) 式中的 I 应以小数表示; (1) ~ (2) 式中的 R , 实际用的是 H 。这与公式作者所述不符, 极易造成混乱, 应加以明确。若仍需用 I (%) 及 R 表征, 则公式的有关系数或指数应重新予以订正。据笔者校验, (3) ~ (4) 式需作如下订正方可既符合作者意图, 又达到表三、表四所列的精度 (见表 2)。

表 2 各计算公式订正表

Tab. 2 The revise table of calculation formula

订正前	订正后	备注
$V_c = \frac{1}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$	$V_c = 0.03163N^{-2/3} \frac{1}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$	1. $N = \frac{R}{H}$
$V_c = \frac{m_c}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2}$	$V_c = 0.03163N^{-2/3} \frac{m_c}{\sqrt{r_H \varphi + 1}} R^{2/3} I^{1/2}$	2. 订正后 I 用 (%) 表示
$V_c = KH^{2/3} I^{1/2}$	$V_c = 0.2512KH^{2/3} I^{1/2}$	3. V_c 与 V'_c 比较 (1)、(2) 式 $\frac{V_c}{V'_c} > 10$
$V_c = 45.5H^{1/2} I^{1/2}$	$V_c = 0.1811H^{1/2} I^{1/2}$	(3) 式 $V_c \approx 3.98V'_c$ (4) 式 $V_c \approx 5.52V'_c$

其它公式存在的问题, 与上述类似, 在此就不赘述了。

诚然, 泥石流流速 V_c 与 m_c 、 r_c 、 r_H 、 I 、 H 、 R 等诸多因素均有关系, 但这些因素间也彼此相关, 且其中必有主要因素。笔者认为, 起主导作用的因素是 H 和 I , 而其它因素的影响均综合反映于 H 和 I 中。基于上述分析, 笔者下面即用验证 (1)、(2) 式的 31 组稀性泥石流和验证 (3)、(4) 式的 153 组粘性泥石流观测资料, 以 H 、 I 为影响 V_c 的因素, 进行二元回归分析, 分别建立稀性泥石流和粘性泥石流流速经验公式。(鉴于篇幅限制, 本文未能详列这 184 组观测及验证资料。)

二、经验公式的推导

(一) 推导原理

二元直线回归方程的普遍式为:

$$\hat{y} = a + b_1x_1 + b_2x_2 \quad (5)$$

(5) 式表示一个平面。其中 b_1 、 b_2 叫做回归系数, a 叫做常系数, 通称待定常数。二元回归问题就是如何确定 (5) 式中待定常数的问题。在此用最小二乘法解决, 即是使剩余平方和

$$Q = \sum (y - \hat{y})^2 = \sum (y - a - b_1x_1 - b_2x_2)^2 \text{ 达到极小值, 即让 } \frac{\partial Q}{\partial a} = 0, \frac{\partial Q}{\partial b_1} = 0, \frac{\partial Q}{\partial b_2} = 0$$

化简后得

$$\left. \begin{aligned} b_1 \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + b_2 \sum (x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) &= \sum (x_1 - \bar{x}_1)(y - \bar{y}) \\ b_1 \sum (x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) + b_2 \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 &= \sum (x_2 - \bar{x}_2)(y - \bar{y}) \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\text{以及 } a = \bar{y} - b_1\bar{x}_1 - b_2\bar{x}_2 \quad (7)$$

为使方程组 (6) 清晰起见, 令

$$\begin{aligned} l_{11} &= l_{x_1x_1} = \Sigma(x_1 - \bar{x}_1)^2 \\ l_{21} &= l_{12} = l_{x_1x_2} = \Sigma(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) \\ l_{22} &= l_{x_2x_2} = \Sigma(x_2 - \bar{x}_2)^2 \\ l_{1y} &= l_{x_1y} = \Sigma(x_1 - \bar{x}_1)(y - \bar{y}) \\ l_{2y} &= l_{x_2y} = \Sigma(x_2 - \bar{x}_2)(y - \bar{y}) \end{aligned}$$

则方程组 (6) 可写成

$$\begin{cases} b_1l_{11} + b_2l_{12} = l_{1y} \\ b_1l_{21} + b_2l_{22} = l_{2y} \end{cases} \quad (6')$$

解方程组 (6') 得

$$\begin{cases} b_1 = \frac{l_{1y}l_{22} - l_{2y}l_{12}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} \\ b_2 = \frac{l_{2y}l_{11} - l_{1y}l_{21}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} \end{cases} \quad (8)$$

全相关系数

$$r_{\text{全}} = \sqrt{\frac{S_{\text{回}}}{l_{yy}}} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{式中 } l_{yy} &= \Sigma(y - \bar{y})^2 \\ S_{\text{回}} &= b_1l_{1y} + b_2l_{2y} \end{aligned}$$

标准回归系数

$$b'_i = b_i \sqrt{\frac{l_{ii}}{l_{yy}}} \quad (i = 1, 2) \quad (10)$$

标准差

$$S = \sqrt{\frac{l_{yy} - b_1l_{x_1y} + b_2l_{x_2y}}{n - m - 1}} \quad (11)$$

偏回归平方和 P_i

$$P_1 = b_1^2 \left(l_{x_1x_1} - \frac{l_{x_1x_2}^2}{l_{x_2x_2}} \right) \quad (12)$$

$$P_2 = b_2^2 \left(l_{x_2x_2} - \frac{l_{x_1x_2}^2}{l_{x_1x_1}} \right) \quad (13)$$

自变量影响程度判别值

$$T_i = t_i = \frac{\sqrt{P_i}}{S} \quad (14)$$

(二) 经验公式的建立

根据观测资料试算, I、H 和 V_c 的关系按指数型回归平面考虑较妥当。即

$$V_c = AI^{B_1}H^{B_2} \quad (15)$$

两边取对数得

$$l_g V_c = l_g A + B_1 l_g I + B_2 l_g H \quad (16)$$

(16) 式与 (5) 式对比得

$$\begin{aligned} l_g V_c &\Leftrightarrow \hat{y} & l_g A &\Leftrightarrow a \\ l_g I &\Leftrightarrow x_1 & l_g H &\Leftrightarrow x_2 \\ B_1 &\Leftrightarrow b_1 & B_2 &\Leftrightarrow b_2 \end{aligned}$$

这样, 便可根据 (7) ~ (10) 式计算回归方程的待定常数, 建立方程和其它所需参数。

1. 粘性泥石流流速经验公式 (略)

(1) 求回归系数 B_1 、 B_2 , 系数 A 及回归方程, 已知:

$$\begin{aligned} l_{11} &= 3.054 & l_{22} &= 27.249 & l_{12} &= 4.189 \\ l_{1y} &= 3.160 & l_{2y} &= 15.694 & l_{yy} &= 12.764 \\ \overline{l_g V_c} &= 0.800 & \overline{l_g I} &= 1.774 & \overline{l_g H} &= 0.153 \end{aligned}$$

$$\therefore B_1 = \frac{l_{22}l_{1y} - l_{12}l_{2y}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} = \frac{27.249 \times 3.160 - 4.189 \times 15.694}{3.054 \times 27.249 - 4.189^2} = 0.301$$

$$B_2 = \frac{l_{11}l_{2y} - l_{12}l_{1y}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} = \frac{3.054 \times 15.694 - 4.189 \times 3.160}{3.054 \times 27.249 - 4.189^2} = 0.528$$

$$\begin{aligned} l_g A &= \overline{l_g V_c} - B_1 \overline{l_g I} - B_2 \overline{l_g H} \\ &= 0.800 - 0.301 \times 1.774 - 0.528 \times 0.153 = 0.1852 \end{aligned}$$

$$A = 1.532$$

将 A 、 B_1 、 B_2 代入 (15) 式即得经验公式:

$$V_c = 1.532 I^{0.301} H^{0.528} \quad (17)$$

(2) 全相关系数 $r_{\text{全}}$ 及标准回归系数 b' ;

已知:

$$S_{\text{回}} = B_1 l_{1y} + B_2 l_{2y} = 0.301 \times 3.160 + 0.528 \times 15.694 = 9.2376$$

$$\therefore \text{全相关系数} \quad r_{\text{全}} = \sqrt{\frac{S_{\text{回}}}{l_{yy}}} = \sqrt{\frac{9.2376}{12.764}} = 0.85$$

$$b'_1 = B_1 \sqrt{\frac{l_{11}}{l_{yy}}} = 0.301 \sqrt{\frac{3.054}{12.764}} = 0.147$$

$$b'_2 = B_2 \sqrt{\frac{l_{22}}{l_{yy}}} = 0.528 \sqrt{\frac{27.249}{12.764}} = 0.771$$

(3) 求标准差 S

$$S = \sqrt{\frac{l_{yy} - b'_1 l_{x_1 y} + b'_2 l_{x_2 y}}{n - m - 1}} = \sqrt{\frac{12.764 - 0.301 \times 3.16 + 0.528 \times 15.694}{153 - 2 - 1}} = 0.1518$$

(4) 求 P 值

$$P_1 = 0.301^2 (3.054 - \frac{4.189^2}{27.249}) = 0.22$$

$$P_2 = 0.528^2 (27.249 - \frac{4.189^2}{3.054}) = 5.99$$

∵ $P_2 > P_1$

∴ H 是主要影响因素。

(5) 求 T 值

$$T_1 = t_1 = \frac{\sqrt{P_1}}{S} = \frac{\sqrt{0.22}}{0.1518} = 3.1$$

$$T_2 = t_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{S} = \frac{\sqrt{5.99}}{0.1518} = 16.1$$

∵ $T_2 > 2$

$T_1 > 1$

∴ H 是主要影响因素, I 是次要影响因素, 但均不可忽略。

(6) 相关系数检验

设显著水平 $\alpha = 0.05$, 则置信度为 95%, 自由度 $n - 2 = 153 - 2 = 151$, 查表得 $0.159 < r_{\alpha} = 0.85$, 说明回归方程有意义。

2. 稀性泥石流流速经验公式 (略)

(1) 求系数 A, 回归系数 B_1 、 B_2 及回归方程

已知:

$$l_{11} = 0.119 \quad l_{22} = 2.234 \quad l_{12} = 0.135$$

$$l_{1y} = 0.097 \quad l_{2y} = 1.039 \quad l_{yy} = 0.962$$

$$\overline{l_v V_c} = 0.408 \quad \overline{l_v I} = 2.232 \quad \overline{l_v H} = -0.323$$

$$\therefore B_1 = \frac{l_{22}l_{1y} - l_{12}l_{2y}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} = \frac{2.234 \times 0.097 - 0.135 \times 1.039}{0.119 \times 2.234 - 0.135^2} = 0.309$$

$$B_2 = \frac{l_{11}l_{2y} - l_{12}l_{1y}}{l_{11}l_{22} - l_{12}^2} = \frac{0.119 \times 1.039 - 0.135 \times 0.097}{0.119 \times 2.234 - 0.135^2} = 0.446$$

$$l_v A = \overline{l_v V_c} - B_1 \overline{l_v I} - B_2 \overline{l_v H}$$

$$= 0.408 - 0.309 \times 2.232 + 0.446 \times 0.323 = -0.1376$$

$$A = 0.7284$$

将 A、 B_1 、 B_2 代入 (15) 式即得经验公式:

$$V_c = 0.7284 I^{0.309} H^{0.446} \quad (18)$$

(2) 全相关系数 $r_{\text{全}}$ 及标准回归系数 b'_i

已知:

$$S_{\text{回}} = B_1 l_{1y} + B_2 l_{2y} = 0.309 \times 0.097 + 0.446 \times 1.039 = 0.4934$$

$$\therefore \text{全相关系数} \quad r_{\text{全}} = \sqrt{\frac{S_{\text{回}}}{l_{yy}}} = \sqrt{\frac{0.4934}{0.962}} = 0.72$$

$$b'_1 = B_1 \sqrt{\frac{l_{11}}{l_{yy}}} = 0.309 \sqrt{\frac{0.119}{0.962}} = 0.11$$

$$b'_2 = B_2 \sqrt{\frac{l_{22}}{l_{yy}}} = 0.446 \sqrt{\frac{2.234}{0.962}} = 0.68$$

(3) 求标准差 S

$$S = \sqrt{\frac{l_{yy} - b'_1 l_{x_1y} - b'_2 l_{x_2y}}{n - m - 1}} = \sqrt{\frac{0.962 - 0.309 \times 0.097 + 0.446 \times 1.039}{31 - 2 - 1}} = 0.129$$

(4) 求偏回归平方和 P

$$P_1 = b_1^2(l_{x_1x_1} - \frac{l_{x_1x_2}^2}{l_{x_2x_2}}) = 0.309^2(0.119 - \frac{0.135^2}{2.234}) = 0.01058$$

$$P_2 = b_2^2(l_{x_2x_2} - \frac{l_{x_1x_2}^2}{l_{x_1x_1}}) = 0.446^2(2.234 - \frac{0.135^2}{0.119}) = 0.4139$$

(5) 求 T 值

$$T_1 = t_1 = \frac{\sqrt{P_1}}{S} = \frac{\sqrt{0.01058}}{0.129} = 0.8$$

$$T_2 = t_2 = \frac{\sqrt{P_2}}{S} = \frac{\sqrt{0.4139}}{0.129} = 5.0$$

(6) 相关系数检验

设显著水平 $\alpha=0.05$, 则置信度为95%, 自由度 $n-2=31-2=29$, 查表得 $0.355 < r_{\alpha} = 0.72$ 。

(7) 结论: 由于 $R > 0.355$, 说明回归方程有意义。但因 $T_2=5 > 2$, $T_1=0.8 < 1$, 故 H 是主要影响因素, I 是可以忽略的次要影响因素。

根据上述结论, 稀性泥石流流速主要与 H 相关。据此, 笔者分别按直线型、抛物线型、对数型和指数型四种曲线相关进行计算, 其结果见表3。

表3 相关方程一览表
Tab. 3 Table of interrelated equation

项 目 相关 曲线 类型	经验公式	公式代号	相关系数 r	相关系数检验 $\alpha=0.05$	结论
直线型	$V_c = 1.559 + 2.071H$	(20)	0.80	$0.355 < r$	推荐式
抛物线型	$V_c = 8.3413H - 4.1326H^2$	(21)	0.70	$0.355 < r$	相关精度差
对数型	$V_c = 3.7235 + 2.9552 \ln H$	(22)	0.73	$0.355 < r$	相关精度差
指数型	$V_c = 1.8105H^{0.465}$	(23)	0.11	$0.355 > r$	不相关

(三) 经验公式的精度

新经验公式——现行公式计算的泥石流流速与实测流速对比情况见表4、表5。

表4 粘性泥石流流速现行公式、新公式与实测流速比较表

Tab. 4 Contrast among viscous debris flow velocity formula in effect, new formula and real measure velocity

误差 范围 (%)	项 目	资料个数			所占比例(%)			累计比例(%)			备注	
		(3)式	(4)式	(14)式	(3)式	(4)式	(18)式	误差范围 (%)	(3)式	(4)式		(18)式
<10		48	29	53	31.4	19.0	34.6	<10	31.4	19.0	34.6	观测 数据 共153 组
10~20		37	29	39	24.2	19.0	25.5	<20	55.6	38.0	60.1	
20~30		31	27	28	20.3	17.6	18.3	<30	75.9	55.6	78.4	
30~40		13	35	20	8.5	22.9	13.1	<40	84.4	78.5	91.5	
40~50		14	19	9	9.2	12.4	5.9	<50	93.6	90.9	97.4	
>50		10	14	4	6.4	9.1	2.6	>50	6.4	9.1	2.6	

表5 稀性泥石流流速现行公式、新公式与实例流速比较表

Tab. 5 Contrast among less viscous debris flow velocity formula in effect, new formula and real measure velocity

误差范围 (%)	项目	资料个数			所占比例(%)			累计比例(%)			备注	
		(1)式	(2)式	(20)式	(1)式	(2)式	(20)式	误差范围 (%)	(1)式	(2)式		(20)式
<10		10	10	13	32.3	32.3	42.0	<10	32.3	32.3	42.0	观测数据 共31组
10~20		11	5	5	35.5	16.1	16.1	<20	67.8	48.4	58.1	
20~30		7	3	4	22.5	9.7	12.9	<30	90.3	58.1	71.0	
30~40		1	7	4	3.2	22.5	12.9	<40	93.5	80.6	83.9	
40~50		0	3	1	0.10	9.7	3.2	<50	93.5	90.3	87.1	
>50		2	3	4	6.5	9.7	12.9	>50	65	9.7	12.9	

三、结 论

1. 用新公式(17) 计算粘性泥石流流速,只需参数 I 和 H,用(18)式计算稀性泥石流流速则只需参数 H,而对于 V_c 、 r_H 、 $\frac{1}{n}$ 、 m_c 、R 等较难取得,可操作性又差的参数,一概不用。因此,不但可省却若干调查试验工作,节省大量人力、物力和时间,而且因避免了人为因素的影响而使之更接近实际。

2. 对于粘性泥石流,新公式较现行公式(3)、(4) 式的精度高(见表4),且无变系数;对于稀性泥石流,新公式的精度介于(1) 式和(2) 式之间,但因其不需要很难准确求得的 r_H 、 r_c 、 $\frac{1}{n}$ 、 m_c 等人为因素影响较大的参数,故其结果不会因人而异,就此意义而言,新公式的精度是高于现行公式的。若与订正前的公式相比,无论对稀性泥石流、粘性泥石流,新公式的精度均高于现行公式。

3. 由表1及上述分析可知:新公式统计的泥石流参数变化范围大,涉及地域广(既有国内的,也有国外的,既有西南的,也有西北的),观测数据较多,且具有精度高、所需参数少和计算简便等优点。因此就适用的观点而言,新公式是可推广使用的。

4. 因参加统计分析的泥石流沟还不够多(特别是稀性泥石流),新公式是否具有普遍意义,尚有待在今后实践中加以检验。

参 考 文 献

- (1) 陈光曦、王继康、王林海编, 泥石流防治, 中国铁道出版社, 1983年版.
- (2) 铁路泥石流工程地质勘测规则(初稿), 铁道部第二勘测设计院编(1987年版)
- (3) 工程地质手册(第三版), 中国建筑工业出版社, 1982年版.

(下转第25页)

参 考 文 献

李大心编著, 探地雷达方法与应用. 1994 年第一版. 41~47 页, 地质出版社.

**GEORADAR INVESTIGATION FOR HIDDEN
DANGER IN RIVER DYKES**

Li Daxin Qi Mingsong Wang Chuanlei

(China University of Geosciences, Wuhan)

Abstract

This paper gives the brief introduction to precision location and high resolution of georadar in its application for investigating of underground targets and inferring the collapsing cause on the river dyke of material deposit farm of Chongqing Iron and Steel Group. Another example of application of the georadar test is the Yellow River embankment, where the soil fissures, of the burst clam at the hastily filled part and the culvert have been found out. The examples stated above reveal that in detecting hidden danger of river dykes, georadar investigation possesses wide prospects.

Key words: georadar, hidden danger of river dykes

~~~~~  
(上接第 33 页)

**THE DISCUSSION ON FORMULAE FOR CALCULATING  
VELOCITY OF THE DEBRIS FLOW**

Hong Zhengxiu

*(Design Institute of Tunnel Engineering Bureau, Ministry of Railway)*

**Abstract**

The paper discussed the problems which present in the formulae generally used for the calculation of current velocity of debris flow and find a solution for the problems. Then based on the observed data (153 groups of viscous debris flow, 31 groups of rarefied debris flow), a regression equation for calculating the current velocity of viscous and rarefied debris flow with a higher precision is established. Due to the parameters included in statistical data change with a wide scope and extensive area, less independent variables are chosen, so the new formulae with a maneuver-ability are worthy to be popularized.

**Key words:** debris flow current velocity formula