

确定冲沟侵蚀量的计算方法

E.Φ.卓尼娜

已有的冲沟发育问题，它的增长速度，可能损失的面积，以及在目前无冲沟发育（无黑钙土森林区）的新开发地区存在着的冲沟威胁等问题，引起科学研究和设计部门的注意。不同水土保持措施的采用顺序，以及它们在冲沟上的配置都应该建立在对冲沟发育过程认识的基础上。必须计算出新开发区在沒有水保措施的情况下，冲沟可能带来的损失大小。

土壤侵蚀和河床过程问题的实验室内的冲沟侵蚀部分，试图通过称之为侵蚀量的途径来进行计算。冲沟侵蚀量包含两个意思（一）指坡面上的冲沟数，它与边界条件、径流有关系。（二）指坡面上冲沟最终时的形态的规模（长度、宽度、深度、面积和体积）。

冲沟的数量与汇水区的大小相适应，这些汇水区可能具有一定水文、地貌、地质条件。流域内天然植被和土壤覆盖层的被破坏而形成冲沟。众所周知，坡面上冲沟的数量是坡面上小地形的函数，无论是自然的，或者是开荒、敷设铁路、交通线、放牧和其他形式的人类经济活动的影响下都是如此。适用于计算相类似的冲沟流域面积的公式，而对于河流和巨大的干沟是不适用的。具有不同长度的冲沟常常是沿着坡面均匀交替分布。同时，根据逻辑推理，长 100 米的冲沟所要求的流域面积比长 500 米的冲沟所要求的流域面积要小。可见坡面上百米的冲沟可能比五百米的冲沟要多，然而更多地是在陡短的斜坡上的平行排列的犁沟。为了用图式计算斜坡面上冲沟的数量，可以利用流域的宽度 B_b 和长度 Z 之间的关系式 $B_b = 0.2Z$ ，据国立水文研究所资料，这个关系式用

于狭长的流域是正确的，其流域面积为：

$$F_b = 0.2Z^2 \quad (1)$$

干沟和多分汉冲沟的流域面积关系式为

$$F_b = 0.4Z^2 \quad (1a)$$

为确定流量所运用的一系列已知关系式都是建立在冲沟形成的条件之下。关于流域径流模数的资料是从流域面积大小所获得的。它的大小是对于形成具有一定长度的冲沟和犁沟所必须的。与冲沟相关联的河流及干沟段长度和所计算流域宽度之间的关系式给出了大致的冲沟数。在坡面上冲沟数已确定的条件下，可以利用流域的平均宽度。在干沟和分汉冲沟数已定的情况下，必须用流域宽沿长度变化的资料。冲沟形成在等于或大于冲沟流域长度的河流和干沟的斜坡面上，可以用（1）（1a）关系式。

下面用简单的图解法，根据冲沟流域的平均宽度资料，定坡面上冲沟的数量。冲刷初期量的确定；在水流速度达到接近闭合流域的坡面坡度为 I' 条件下的冲刷速度时，冲刷就可能开始。

计算冲沟的数量时，采用接近冲刷的速度，这个速度将与具有坡面最低部分的坡降 I_0 的均衡剖面相适应，这个坡降可以是：

$$I_0 = \frac{H}{3.6L} \quad (2)$$

式中， H —是地方侵蚀基准高度(米)、 L —冲沟长度(米) (Kocob 等 1977)

流域面积是流量和坡面的平均径流模数的函数，平均径流模数可以从图上或者用计算的

方法得到。按照 Шези 关系式，流量是

$$Q = C\sqrt{h} \omega \quad (3)$$

式中， ω —沟口水流的横断面积， $\omega = Ah^2$

其中 $A = \frac{b}{h}$ —是水流的深与宽之间的关系

式，在沙黄土和亚粘土地区 $A = 10$ ，坚硬土 $A \approx 5$

$$C = \frac{h^{0.167}}{n}$$

$$\text{那么 } Q = A \frac{h^{2.67} I^{0.5}}{n}$$

另一方面，根据 шези 关系式

$$V = \frac{h^{0.167}}{n} \sqrt{hI}; \quad h = \frac{V^{1.5} n^{1.5}}{I^{0.75}}$$

那么流量：

$$\begin{aligned} Q &= A \left(\frac{V^{1.5} n^{1.5}}{I^{0.75}} \right)^{2.67} \frac{I^{0.5}}{n} \\ &= A \frac{V^{4n^3} I^{0.5}}{I_n^{1.5}} = A \frac{V^4 n^3}{I^{1.5}} \quad (4) \end{aligned}$$

式中 V —坡面土壤冲刷速度 M/C I —坡面底部的坡降 (I' 或 I_0) h —沟口水流的深度米， b —沟口水流宽度 M ， n —沟床的粗率系数，流域面积 F_b 等于

$$\frac{Q}{q} = A \frac{V^4 n^3}{I^{1.5} q} \quad (5)$$

根据上述关系式 (1) (1a)

$$Z = 2.2A^{0.5} \frac{V^2 n^{1.5}}{I^{0.75} q^{0.5}} \quad (6)$$

$$B_b = 0.44A^{0.5} \frac{V^2 h^{1.5}}{I^{0.75} q^{0.5}} \quad (7)$$

$$B'_b = 0.63A^{0.5} \frac{V^3 n^{1.5}}{I^{0.75} q^{0.5}} \quad (8)$$

根据冲沟流域面积计算的切沟数 N_1 或坡面上的冲沟数 N_2 ，可以由河流或干沟的长

Z 求出。在流域的平均宽度为 B_b 时，这个计算线性公式是：

$$N_1 = 0.72 + 1.0 \frac{ZI^{0.75} q^{0.5}}{\sqrt{2} n^{1.5}} \quad (9)$$

$$N_2 = 0.3 + 0.4 \frac{ZH^{0.75} q^{0.5}}{\sqrt{2} n^{1.5} I^{0.75}} \quad (10)$$

冲沟的极限长度，由塑造剖面的条件决定，按照关系式 (3) 和 (4) 斜坡最低部分的坡降是

$$I_0 = \frac{V^{2.67} n^2 A^{0.67}}{Q^{0.67}} \quad (11)$$

由此，根据 (2) 和 (11) 定出冲沟的长度是，

$$L = 0.28 \frac{HQ^{0.67}}{\sqrt{2.67} n^2 A^{0.67}} \quad (12)$$

式中 L —冲沟长度 (米)， H —侵蚀基准面高度 (米)。在确定冲沟完成了发育阶段冲沟的极限深度时，有两个问题是有一意义的——冲沟最大深度的量和在纵剖面上的位置。当纵剖面为均衡剖面形态时，沿程的距离和坡降之间的关系式 (据马卡维耶夫 1971)

$$li = \frac{E}{L_i^m} \quad (13)$$

式中 li —某段的坡降 L_i —河床沿程距离， E 是由气候条件决定的常数， m —指数，对于冲沟它等于 I 。如果允许把河床的全长分成 a 个段，河口的坡降就等于 I_0 ，那么上述段的坡降将大于 $\frac{a}{a-1}$ 倍，下一段坡降等于

$$I_0 \frac{a}{a-2} \text{ 等等。最上段的坡降等于}$$

$$I_0 \frac{a}{a-(a-1)} = I_0 a^* \text{。在凸形坡的情况下，}$$

冲沟最深点实际上总是位于在斜坡上。谷底的

*原文 $I_0 \frac{a}{a-(a-1)} I_0 a$ 有误应 $I_0 \frac{a}{a-(a-1)} = I_0 a$

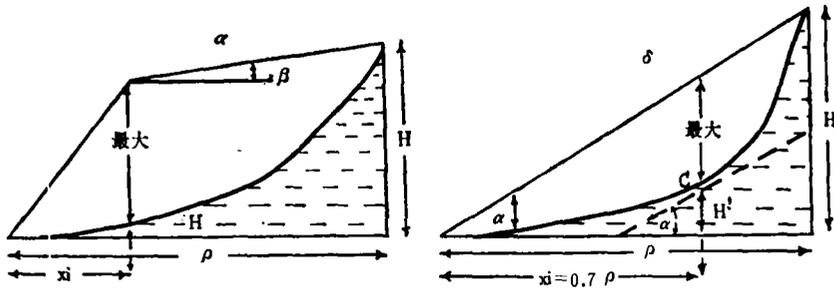


图 1 凸形坡面 (a) 和直线形坡面 (delta) 上的沟谷纵剖面*

边缘部分 (图 1a) 最大深度 h_{max} 可以是:

$$h_{max} = H - H_1 - (L - xi) \operatorname{tg} \beta \quad (14)$$

式中 $H_1 = l_0 \frac{1}{a} \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{x}$ a_i —在 $L - xi$ 斜坡长度上的 a 断面数, 在整个冲沟长度 L 中 a 的大小采用 20 (Кособ 等 1977) X —从 a 至 a_i 之间变化。

在直线坡上, 通常具有凹形剖面的弯曲性质, 最大深度的凹陷点与平行斜坡的切线点相应 ($\alpha = \alpha'$) (图 1delta), $y/x = \operatorname{tg} \alpha$ 在 C 点等于 $\frac{H}{L}$, 当任务是确定距离 xi , 即 L , 在距沟口断面 xi 距离时, 坡降 $\operatorname{tg} \alpha' = l_0 \frac{L}{L - xi}$, 而从另一方面 $\operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L}$ 。按照关系式 (2)

$H = l_0 3.6L$ 。因此, $\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha' 3.6 l_0 = l_0 \frac{L}{L - xi}$
 $= l_0 \frac{20}{20 - xi}$ $xi = 14$, 我们得到塑造纵剖面的最大凹陷位于在离河口 $0.7 (\frac{14}{20})$ 的地方

$$xi = 0.7L \quad (15)$$

在直线坡上冲沟的最大深度可能是

$$h_{max} = 0.7H - 0.32H = 0.38H \quad (16)$$

冲沟谷缘之间最大宽度的地方, 通常是具有最大深度的地方, 宽度的大小取决于冲沟的深度, 土壤的自然休止角, 沟底的宽度。确定沟底的宽度是比较困难的, 因为宽度是一系列可变要素的函数, 目前还不能准确的定出来。众所周知, 沟底的宽度被水流和被冲土壤的特

征, 土壤的休止角所限制。试验表明, 最大宽度通常和发育的最后阶段是不相适应的, 在具有弯曲的宽谷中可见到冲沟的发育过程, 在最终阶段沟底是变直了, 从坡面上下来的物质在冲沟中不能被搬运 (纵比降最小, 速度最低) (Никольская 1977)。沟底的宽度可看作是一个三角形, 河口的宽度最大, 冲沟顶端宽度为零。沟口的宽度可以根据冲沟流域的流量, 冲刷速度 V 和沟口水流横断面之间的关系来确定谷缘间的宽度:

$$B = 2.5 + 3.2 \left(\frac{Q}{V} \right)^{0.5} \frac{L_1}{L} + 2h_{max} \operatorname{Ctg} \alpha \quad (17)$$

式中 L_1 —沟头至最深断面的距离 α —土壤的休止角。

冲沟体积的计算, 就是一系列几何图形的累加, 在冲沟发育的坡面上, 设坡面是从谷缘至坡脚为 90° 图形, 分水岭至谷缘坡度等于 0, 体积可以是两个圆锥体的一半, 沟口至最大凹陷的体积为 V_1 , 最大凹陷至顶端的体积 V_2 , 即 $V = \frac{1}{2}(V_1 + V_2)$, 沟口横断面积为 πH^2 , 最大凹陷地方的面积 $\pi(H - 0.3H)^2$, 沟口的锥体高为 $0.7L$, 这样冲沟的体积就近似等于 $0.9H^2L$ 。

为了得到坡面上沟谷体积, 需要从所得数中计算出体积, 把实际坡度补充到计算式中去, 计算出从分水岭至谷缘的体积, 后者在凸坡上比较小。从谷缘到坡脚计算出来的体积可以是类似的三角形。冲沟发育在谷缘到沟底坡度

* 图 1a 内的 H 应为 H_1

近似于 10—15° 的坡面上时,两者体积都颇大,实验研究给出了确定直线形和凸形坡冲沟体积的计算关系式的资料 (Никоская 1977),

图 2 是实验室中冲沟体积和 LH^2 因子之间关系的例子,当对于从谷缘至坡度 25—35° 的凸形坡的体积可以用下列关系式确定:

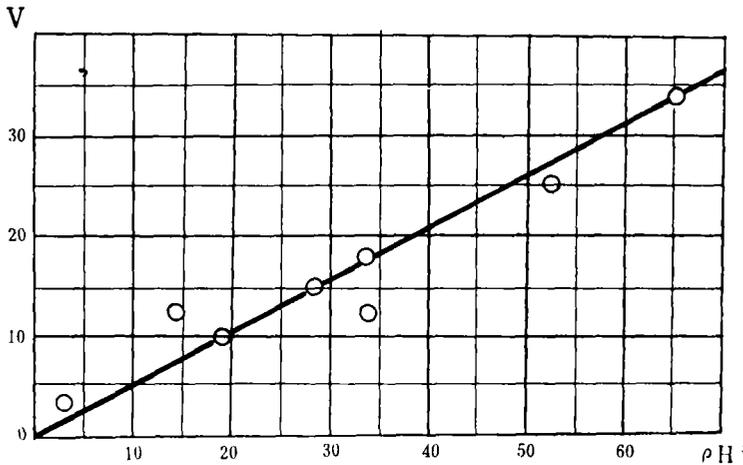


图 2 实验室内的冲沟体积与参数 LH^2 之间的关系

$$V = 0.52LH^2 \quad (18)$$

直线坡上冲沟的体积是

$$0.3 + 0.35LH^2 \quad (19)$$

沿谷缘的冲沟面积按照下面的关系式定:

$$F = (1.2 + 1.5 \left(\frac{Q}{V} \right)^{0.5} + 1.75h_{max})L \quad (20)$$

在这个关系式中冲沟的面积是从梯形和三角形面积之积所得到。梯形的高是沟口至最大深度点的距离,三角形的底是最大深度处断面宽度,长是最大深度点至沟头的距离。最大深度的高度可以根据 (14) 式计算。

图 3 冲沟的纵剖面的例子是根据 1977 年奥尔地区列维区侵蚀沟谷的调查所得。在黄土地区坡面上发育的沟谷是条带状的干沟,坡面上斜线条部分是土壤的自然沟、虚线表示冲沟完成发育最后阶段的纵剖面, A—沟口, A'—调查时的沟头, A''—是冲沟在沒有水土保持措施的情况下,自然发育的最终时刻冲沟头。A'—A'' 距离是冲沟线性增长的能量,图 3a 是坡长在 150—200 米的斜坡上冲沟的纵剖面,地方侵蚀基准面高 20 米。可见,这个冲沟发

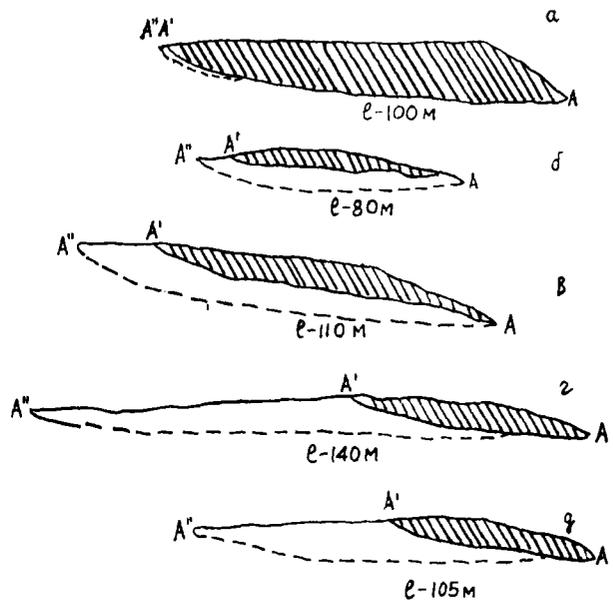


图 3 实际冲沟纵剖面 (斜线部分) 与计算的发育最终均衡剖面 (虚线部分)

育的能量沿着长和深在损耗,实际的坡降与计算的坡降是一致的。在图 3d 最初侵蚀基准面的高度为 14—15 米,坡长为 100 米的冲沟纵剖面。由于从沟头来的水流的消失和坡面上形成间隔 15—20 米排列分布的冲沟的产生,冲沟的发展就停止了。坡面的微地形 (开垦、

道路和牲畜走的小路等)限制了相似线状形态的分布。这些冲沟的体积、面积和深度小于已经塑造的纵剖面的极限计算值。图3 B1g 列举了冲沟增长的剖面,它们的长度在不受发育条件限制下,应该分别达到110米、140米、105米。图3冲沟的增长量分别为B—20米 r—80米 g—50米。

冲沟侵蚀量的计算方法,无论在估算冲沟的增长,还是用于评价在大范围内冲沟危害性的比较平均特征值上都被采用。这种估计在苏联欧洲部分的平原上进行了试验。根据冲沟的

长度、体积、平均增长速度,坡面长度,冲沟侵蚀损失的百分数等编制了区划图。在上述的区划领域内计算和确定冲沟形成过程的每个因素的量,编制了要素图。在这个基础上划分出在计算关系式中的平均参数(流量、坡长、侵蚀基准的高度,土壤冲刷量等)有差异的地域。所完成的冲沟发育量的计算评价,为类似研究工作提出了方向。

景可译自《Эрозия почв и русловые процессы》,1979.第7期 龚国元校

遥感信息解译

饭坂让二

分光反射率和植物 物体的颜色是由于它对被照射的和特定波长的阳光,有不同的反射所产生的视觉反映。因此,地面上万紫千红的各种色调,是不同波长阳光反射的结果。在电磁波谱中,可见光、红外线、微波等都有反射作用,但它们的分光反射率各自不同,这是物质和电磁波相互作用的一个重要现象之一。图1是植物的典型分光反射率特性曲线。在可

见光范围内 $0.68\mu\text{m}$ 处为“叶绿素吸收带”,但 $0.5\mu\text{m}$ (绿色)附近反射能量较大。当一到近红外波段,反射能量急骤增大;由于水分影响的红外吸收区域里,可看到较低的反射能量曲线呈谷形,即“水分吸收带”。此反射能量分布曲线是随着植物的种类不同而不同。因而依据“分光反射率”的测量,即可对地表植物种类进行判别。

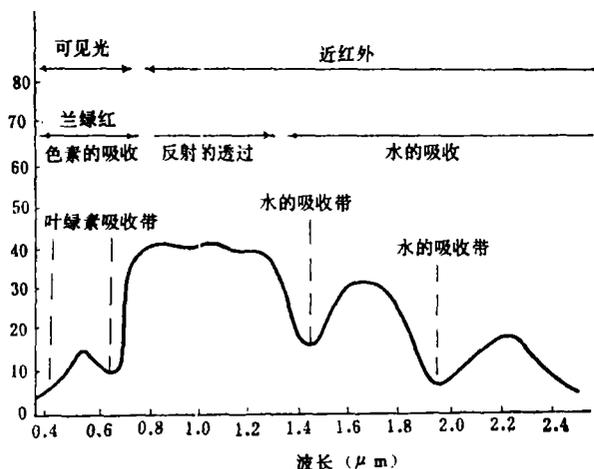


图1 植物的分光反射特性

分光反射率及其季节变化 有些树春天从嫩绿色开始,经夏天枝叶繁茂到秋天变成红叶,季相变化很明显。农作物也是同样,如水稻的叶子秋天由绿变黄……,这都表示分光反射率随着季节和生长期的更替而不同。另外,同是一种植物,由于生态发生了变化,其分光反射率也显示出相应的差异。如因病虫害而逐渐枯萎的植物,其叶中的水分也相应地减少,从而在红外波段水的吸收谷消失了。不言而喻,植物的分光反射率随季节更替而产生的变化是植物发育中的生理学现象,也就是植物有机体中色素变化而引起的。

分光反射率的有效值 除了地表被同一