

沟道密度的统计数学模型

武春龙 鲁翠瑚

(中国科学院西北水土保持研究所)

一、引言

一般来说,沟道切割密度的大小,反映着土壤侵蚀的强弱及沟道发育程度。许多学者(侵蚀地貌、土壤侵蚀和水土保持等),非常重视沟道切割密度这一数量指标。黄土丘陵沟壑区面积为28.56万平方公里,如果逐条一一量测沟道密度,工作量是惊人的。为了减少量算时的工作量,进一步研究沟道切割密度与其它地貌形态数量间的关系是很必要的。本文采用《水土保持通报》1983年第4期“杏子河流域沟道切割密度的量算及分布规律”文中的资料,按小流域进行统计,得出沟道频数与平均沟道长度间成幂相关关系,并建立了沟道密度统计数学模型。

二、数据的索取

采用1/10,000航测地形图作为描绘杏子河流域沟道网的底图。该图系黄土丘陵沟壑区量算沟道密度的最佳底图,其精度可达98%(《水土保持通报》1984年第1期“黄土丘陵区量算沟道密度底图的选择及精度评价”)。因此,利用1/10,000航测地形图绘制的沟道网图能准确地反映沟道切割密度的真实变化。以杏子河流域(1,488平方公里)一级支流小流域为量算单位,依次从主河口的右岸,向上游绕过河源到河口的左岸,共99条小流域(即99个量算单位),分别量算,如表1编号1—99。沟道类型包括河沟、冲沟、大切沟、中切沟。在1/10,000航测地形图上一级支流最小取主河长为15厘米(实际长为1,500米)。沟道网的第一级沟道量算长度最小单位,图上长1厘米(实际长为100米)。在99个量算单位中,沟道小流域面积最小为0.40平方公里,最大为246.76平方公里,平均为13.38平方公里。小流域沟道网的沟道等级划分采用斯湍勒(A.N.Strahler)划分系统:所有无分枝沟道(河源沟道)定为一级沟道,两个同级沟道汇合形成高一级沟道,不同级沟道相遇仍保持高一级沟道级数,用数学式表示为:

$$n \cdot m = \begin{cases} \sup(n, m) & \text{if } m \neq n \\ n + 1 & \text{if } m = n \end{cases}$$

式中, m 、 n 分别为相汇合两沟道的级数, $n \cdot m$ 为汇合后的沟道级数。

从试验区量算小流域的数量及面积变化幅度来看,都具有广泛的代表性。以小流域为单位,绘出透明纸沟道网图及面积图。切剪后,用1/10,000天秤称重,换算其面积,并分别求下列数值:

- 1、用称重法称重,分别得出99条沟道小流域面积— A ;
- 2、分别统计沟道小流域总沟道数— ΣN ;

3、计算沟道频数—F（沟道小流域总沟道数/总面积）；

4、平均沟道长度—L（沟道小流域总沟道长度/总沟道数），单位为公里/条。

统计及处理结果，如表1所示。

表1 杏子河流域沟道频数F与平均沟道长度L统计表

编号	F	L									
1	45.7	0.166	26	31.0	0.209	51	21.2	0.232	76	32.6	0.261
2	36.6	0.204	27	31.9	0.255	52	27.5	0.239	77	34.7	0.228
3	46.8	0.173	28	35.5	0.228	53	21.3	0.233	78	24.8	0.259
4	38.3	0.194	29	30.1	0.230	54	26.2	0.272	79	27.7	0.246
5	37.0	0.143	30	27.4	0.257	55	24.8	0.275	80	25.3	0.249
6	40.1	0.203	31	34.4	0.236	56	18.4	0.332	81	23.7	0.283
7	38.6	0.221	32	37.5	0.212	57	29.6	0.244	82	24.6	0.263
8	48.8	0.196	33	27.1	0.273	58	31.3	0.256	83	28.6	0.215
9	30.2	0.197	34	30.7	0.230	59	22.4	0.272	84	27.4	0.249
10	42.2	0.199	35	27.0	0.300	60	33.9	0.258	85	30.8	0.278
11	45.9	0.196	36	24.0	0.285	61	22.9	0.287	86	47.4	0.182
12	48.4	0.194	37	21.8	0.306	62	24.4	0.236	87	58.0	0.170
13	71.4	0.166	38	25.1	0.249	63	21.7	0.300	88	74.0	0.139
14	74.6	0.177	39	23.8	0.275	64	21.3	0.281	89	50.6	0.166
15	33.7	0.231	40	26.7	0.250	65	28.8	0.245	90	59.1	0.165
16	88.2	0.133	41	25.9	0.253	66	25.0	0.243	91	68.2	0.153
17	36.0	0.259	42	23.8	0.228	67	30.2	0.248	92	50.3	0.196
18	14.2	0.396	43	33.0	0.215	68	23.7	0.260	93	53.6	0.161
19	18.9	0.408	44	27.1	0.255	69	30.5	0.232	94	39.5	0.173
20	26.6	0.245	45	29.4	0.233	70	32.5	0.260	95	49.1	0.170
21	20.5	0.301	46	29.3	0.245	71	30.6	0.236	96	37.7	0.175
22	21.7	0.301	47	30.8	0.241	72	29.8	0.225	97	54.0	0.150
23	27.1	0.259	48	29.5	0.250	73	35.7	0.243	98	37.1	0.199
24	33.0	0.219	49	21.0	0.264	74	33.0	0.245	99	32.6	0.213
25	30.6	0.246	50	25.9	0.260	75	37.3	0.231			

三、统计数学模型

沟道频数（F）与平均沟道长度（L）之间的定量关系，可以通过作图给以直观显示。以LnF为横坐标，LnL为纵坐标，绘制直角坐标图（如右图所示）。从图中可见，LnF与LnL之间存在直线相关关系。假设相关方程为：

$$L = aF^b$$

对于杏子河流域99个沟道小流域的资料拟合假设的相关方程，通过拟合表明沟道频数和平均沟道长度之间存在着显著的幂函数关系。统计分析结果为：

$$L = 1.680F^{-0.571}$$

相关系数 $\gamma = -0.90$,

显著性水平 $\alpha = 0.001$

鲁翠瑚等同志根据流域地貌形态和沟道密度分布特征,把杏子河流域分为5个地貌区。据统计学原理,考虑到两个过渡区的划分不宜作统计分析。因此,本文将杏子河原划分的两个过渡区分别归为上、下游区,这样就把全流域分为三个地貌区。

用上述统计方法,分别对三个地貌区进行数量分析,结果为:

下游区 $L = 0.947F^{-0.427}$ $\gamma = -0.72$ $\alpha = 0.001$

中游区 $\bar{L} = 1.993F^{-0.617}$ $\gamma = -0.85$ $\alpha = 0.001$

上游区 $\bar{L} = 1.389F^{-0.513}$ $\gamma = -0.77$ $\alpha = 0.001$

以上统计分析结果表明:沟道频数的对数与平均沟道长度的对数成负相关,也就是说平均沟道长度随沟道频数的增加而呈指数递减。

根据沟道密度的定义及以上分析结果,可得沟道密度统计数学模型:

$$D = aF^{b+1}$$

杏子河流域及三个地貌区的沟道密度统计数学模型为:

$$D_{全} = 1.680F^{0.429}$$

$$D_{上} = 1.389F^{0.489}$$

$$D_{中} = 1.993F^{0.383}$$

$$D_{下} = 0.947F^{0.573}$$

式中 D = 沟道密度

为了评价模型的精度,以模型估计杏子河流域及各分区的沟道密度。评价结果见表2。

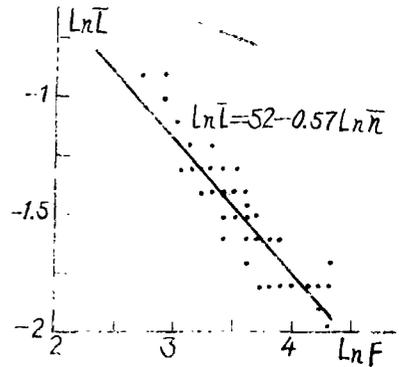


表2 沟道密度模型精度评价表

地貌区	平均量算沟道密度	平均估计沟道密度	平均估计沟道密度的相对误差	估计沟道密度相对误差均值
上游区	6.88	6.87	0.1%	4.8%
中游区	7.45	7.37	1.1%	6.1%
下游区	8.62	8.71	1.0%	8.1%
全流域	7.58	7.55	0.4%	6.8%

由表2可见,用该模型估计全流域或各分区的平均沟道密度的精度是令人满意的。但对估计单个沟道小流域的沟道密度其误差较大。

另外值得指出,沟道密度统计数学模型中的参数 a 、 $b+1$ 的值可能与环境有关。不过 $b+1$ 较为稳定,变化于0.4—0.6之间,而 a 变化幅度大。对于 a 、 b 值与环境的的关系有待研究。

ICP-AES法测定土壤流失过程中的迁移元素

程浦海 陈俊卿

(中国科学院西北水土保持研究所)

在土壤流失的过程中往往伴随着化学元素的迁移,由此引起元素的分散或富集。元素在土壤中的迁移是由于受了能量作用的结果,其中包括水蚀、风蚀和重力侵蚀。其迁移能力的大小取决于元素的化学性质:有的迁移能力强,如钾、钠、钙、镁、铝和铁;有的迁移能力弱,如钛、锑、铂。由于元素的迁移,土壤化学组成也随之改变,这种变化有时是很微小的。由于分析测试手段的限制,目前人们对因水土流失引起的元素迁移的研究仅限于三个主要的植物营养元素——氮、磷、钾。本文采用电感耦合等离子体发射光谱法同时测定土壤中9种元素的含量。样品经酸溶解后,不需加任何试剂,即可由仪器进行测定,并由打字机打印出各元素的含量。

电感耦合等离子体发射光谱分析技术简称ICP-AES,是用电感耦合等离子体作为激发光源的一种新的发射光谱分析方法。该方法的基本原理与原子发射光谱法相同,使样品在光源中被激发而发光,根据发射谱线强度的大小作为定量分析的依据。不同的是在光源部分用氩气等离子体代替了火花和电弧。ICP-AES法具有灵敏度高、精确度好、基体成份干扰小、被测元素浓度变化的线性范围宽以及能进行多元素同时分析等突出的优点而受到普遍重视。

一、方法的基本原理

任何元素的原子,都由带正电荷的原子核和围绕着它运动的带负电荷的电子组成。每个电子处在一定的能级上,具有一定的能量。在正常情况下,原子处于稳定状态,其能量是最低的,这

四、结 语

1、黄土丘陵沟壑区沟道小流域的沟道密度与沟道频数(在显著性水平 $\alpha = 0.001$ 下)有关系:

$$D = aF^{b+1}$$

杏子河流域 $a = 1.680$, $b = -0.571$

用该模型估算流域平均沟道密度是可靠的,估算值的相对误差约为1%。

2、沟道频数 F 是沟道小流域的一个重要计量参数。在沟道密度相同的条件下,若平均沟道长度减小,则沟道频数增大,说明单位面积内沟道条数增多,沟道溯源侵蚀严重。因此,与沟道密度相比,沟道频数与当地侵蚀状况的关系更加密切。

3、量算沟道切割密度工作量大,而通过沟道频数推算沟道切割密度,提高了工效。

4、该模型的建立对黄土丘陵沟壑区流域侵蚀地貌形态特征、发育演变过程及土壤侵蚀类型、侵蚀区划等的研究是有益的。