

晋西不同林地状况对糙率系数 n 值影响的研究

张洪江

北原曜

(北京林业大学·北京市·100083)(日本国际协力事业团短期专家,日本森林综合研究所·日本茨城·305)

远藤泰造

(日本国际协力事业团黄土高原治山训练项目驻中国北京林业大学专家组组长·北京市·100083)

解明曙

(北京林业大学·北京市·100083)

摘要 在野外小区径流实验基础上,通过经转换的曼宁公式,对不同坡地地表的糙率系数 n 值进行了定量研究。结果表明,林地上的糙率系数 n 值与林地地表残存的枯落物量和生长的草量呈正相关关系,不同土地利用现状的地表糙率系数 n 值按由低到高的顺序排列,依次为土质路面、农耕地、核桃果园、人工刺槐林地、灌木林地和人工油松林地。该文还探讨了糙率系数 n 值与地表水分渗透量的关系,初步结果表明,糙率系数 n 值较大的地表其水分渗透能力也较大。

关键词 糙率系数 渗透 枯落物 土地利用

A Study on Effect of Forest Land Condition Upon Roughness Coefficient in the West of Shanxi Province

Zhang Hongjiang

(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Kitahara Hikaru

*(The Short-time Specialist of JICA, Forestry and Forest Products
Research Institute of Japan, Ibaragi prof. 305)*

Endo Taizo

*(Leader of Specialist Group in BFU of china, JICA, the Soil and Water
Conservation Technical Training project of the Loess Plateau)*

Xie Mingshu

(Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract Based on the field surface shallow flow experiments, the roughness coefficient value (n) on different land have been quantitatively demonstrated by changed Manning Formula in this paper. The result shows that the relationship of roughness coefficient value (n) to litter and grass amount appears to be an orthographic correlation on forest land. And the order of roughness coefficient

cient value (n) from lower to higher on different condition of land use is as follows: soil road, culturing land, walnut plantation, the land of artificial locust forest, the land of shrub forestry and the land of artificial Chinese pine forest. This paper deals also with the relationship between roughness coefficient value (n) and the infiltration of water. the preliminary result shows that the higher the roughness coefficient value (n) is, the more the infiltration of water will be.

Key words roughness coefficient infiltration litter land utilization

不同种类林地及其地面死活地被物对地表径流的拦截、涵蓄、滤过、改善森林水文过程及防止地表径流冲刷作用是近年来世界上森林水文及水土保持学科密切关注和重点研究的课题之一。森林及其地被物对地表径流的影响作用在很大程度上可用经典的曼宁公式(Manning Formula $C=n^{-1}R^{1/6}$)中的糙率系数 n 值来表示。本文通过野外地表径流小区试验,针对晋西几种林地的糙率系数 n 值进行了研究。进而探讨了不同林地 n 值对地表径流的影响。

1 研究目的及意义

地表径流流速 V 及其流量 Q 的大小是导致以水力侵蚀为主地区水土流失发展最根本的外动力,大量研究表明:在地表径流作用下,可移动泥沙重量 M 与它的启动流速的六次方成正比^[1],即:

$$M = CV^6 \quad (1)$$

式中: M ——泥沙重量;

C ——流速系数;

V ——径流流速。

当特定降水(或其它形式的供水)时,地表径流流速 V 的大小除受其流量 Q 的影响外,在很大程度上可由曼宁公式(Manning Formula)中综合反映地表粗糙程度的糙率系数 n 值来决定,不同土地利用类型,由于多种因素的影响,其糙率系数 n 值各不相同,尤其是在林地条件下,由于林分起源、林相结构、林龄、树种组成、林下死活地被物种类、数量及其分布状况等多种因素直接或间接的影响,都使得地表粗糙程度产生较大差别,导致地表糙率系数 n 值出现一定差异,由谢才公式(Chezy Formula):

表1 由不同材料修建成的明渠糙率系数 n 值

明渠渠面材料情况及描述	n
清洁、形态正常	0.023
不通畅、并有杂草	0.030
渠线略有弯曲、有杂草	0.030
挖泥机挖成的土渠	0.030
土渠	
沙砾渠道	0.027
细砾石渠道	0.030
土底、石砌坡岸渠	0.033
不光滑的石底、有杂草的土坡渠	0.035
石渠	
清洁的、形状正常的凿石渠	0.033
粗糙的断面不规则的凿石渠	0.045
光滑而均匀的石渠	0.035
精细地开凿的石渠	0.023
各种材料护面的渠道	
三合土(石灰、沙、煤灰)护面	0.016
浆砌砖护面	0.015
条石砌面	0.015
浆砌块石护面	0.023
干砌块石护面	0.032
混凝土渠道	
抹灰的混凝土或钢筋混凝土护面	0.012
无抹灰的混凝土或钢筋混凝土护面	0.015
喷浆护面	0.018
木质渠道	
刨光木板	0.013
未刨光的板	0.014

$$V = C \sqrt{Ri} \quad (2)$$

式中: V ——流速(LT^{-1}); C ——谢才系数($\text{L}^{1/2}\text{T}^{-1}$); R ——水力半径(L); i ——动水比降(无量纲)。

可知在一定流量 Q 条件下, 糙率系数 n 值较大的地表, 其地表径流流速 V 较小, 反之地表径流 V 则较大。

可以说不同林相及其林地地面死活地被物对地表径流的拦截、涵蓄、滤过、改善森林水文过程及防止地表径流冲刷的作用, 在很大程度上可由糙率系数 n 值予以量化表示。因此研究不同类型的坡面糙率系数 n 值, 对于森林水文和水土保持方面的工作和研究, 都具有重要的理论价值和现实意义。

虽然人们早已认识到不同林分及林下死活地被物数量及其状态在改善森林水文状况、保持水土方面的重要意义, 从多方面进行了研究, 并取得了许多可喜成果, 但是对于不同林地的糙率系数 n 值及其在实验室内的实验方法还未见前人有过正式报道。

对于糙率系数 n 值的研究, 由于水文水利等方面的迫切需要, 从世界范围来看, 人们已经进行了大量工作, 并在不同领域取得了较为成熟的结果, 但这些结果仅仅限于两个方面, 一是各种人造材料修建而成的沟渠、水路管道等条件下的糙率系数 n 值(见表 1)^[2]; 二是各种天然河槽沟渠内的糙率系数 n 值(见表 2)^[1]。

表 2 天然水流河槽糙率系数 n 值

河槽特征	n
情况良好(即河槽糙率小), 光滑、笔直、畅通、无阻的土质河流	0.025
平原类型的有稳定水流的河槽(大部分是河床与水流都比较好的大河及中河)。河床与水流情况良好的季节性河道	0.033
一般的平原上常稳定的水流, 水流方向略不规则的河道, 或河道虽平直但河底地形不平整者(有浅滩、深潭)	0.040
阻塞显著的河槽。弯曲、多草、多石、水流湍稳。季节性河流, 洪水期内可挟带数量可观的冲积物覆盖的河床。河底为粗砾石或长满植物的整齐河槽	0.050
弯曲、阻塞很严重, 间性水流的河槽。杂草很多, 不平整的河滩水面, 不平整的山溪性石灰质河槽; 平原河流多石滩河段	0.067
阻塞极显著的河道与河谷, 杂草丛生, 水流微弱或有深潭者。山地类型的巨石河道, 水流汹涌, 水花四溅	0.080
河滩情况同上, 但有极不规则的横流、小河弯等等。高山瀑布类型河流, 礁石突出, 水珠飞溅, 致使水流失去透明而呈白色。水声喧腾, 交谈困难	0.100
沼泽类型的河流(有杂草、草丘, 有些地方河水几乎停滞不流)有很大死水区, 有局部深湖的河滩	0.133
由泥土、石子组成的泥石流河滩, 草木密生的河滩(整片原始森林)	0.200

2 糙率系数 n 值试验的基本理论依据

与沟槽水流相比, 虽然坡面水流的单宽流量 q 及流速 V 常常远小于沟槽水流的单宽流量 q 及其流速 V , 坡面水流有时也偶然出现层流流态, 但是当雷诺数 R_e 大于 500 时, 也就是说当单宽流量 q 大于 5ml/s , 水流流态便过渡到紊流状态^[3]。

坡面径流在稳定、均匀、二元条件下的紊流运动, 其流速 V 与水力半径 R (实际上亦可称为水

层厚度 h , 详述见以下有关部分)和坡度之间的关系,可用包含有曼宁公式的谢才公式来表示,谢才系数 C 值常可由下述的曼宁公式或巴甫洛夫斯基公式来推求,但应用最为广泛的当首推曼宁公式^[4]。

2.1 曼宁公式(Manning Formula, 1890)

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (3)$$

式中: C ——谢才系数($L^{1/2}T^{-1}$); n ——糙率系数($TL^{-1/3}$); R ——水力半径(L)。

式(3)以米(m)、秒(s)为单位。式中 n 是衡量边壁形状的不规则性和粗糙程度影响的一个综合性系数,即糙率系数(有时亦称之为粗糙系数)。式(3)是目前水利工程、水文测验等有关理论研究和实践工作中应用最为广泛的公式之一。

本文所介绍的实验方法,采用的基本公式均以曼宁公式为基础。

2.2 巴甫洛夫斯基公式(ПЯТЬОБСКИН, 1925)

巴甫洛夫斯基公式与曼宁公式有着极为相似之处^[4],在某一特定条件下,可被转化为曼宁公式。

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (4)$$

式中的指数 y 为一无量纲变数(其它符号意义同前)。其值可查相应表格由公式计算求得,在此不予赘述。

3 糙率系数 n 值计算

在过水断面面积 ω 中,如果各元流流速为 u , 断面平均流速为 V , 那么该过水断面面积上流量 Q 则为^[4]:

$$Q = \int_{\omega} u d\omega = V_{\omega} \quad (5)$$

式中: Q ——流量(L^3T^{-1}); ω ——过水断面面积(L^2); U ——元流流速(LT^{-1}); V ——断面平均流速(LT^{-1})。

将式(3)代入式(2)得:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (6)$$

当过水断面为宽浅式天矩形断面时,其水力半径 R 约等于水深 h ^[5]。

又将式(6)代入式(5)得:

$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \omega \quad (7)$$

又因为 $q = Q/B$ (8)

$$\omega = Bh \quad (9)$$

将式(8)、式(9)代入式(7)并移项整理,即可得糙率系数 n 值求算公式:

$$n = \frac{1}{h^{5/3} i^{1/2}} \quad (10)$$

以上式中: B ——试验小区宽度(L); h ——水流深(L); q ——单宽流量($L^3T^{-1}L^{-1}$)。

其它符号意义同前。

4 野外糙率系数 n 值试验小区的建立

4.1 测定对象的选择

根据研究目的选择不同土地利用类型的坡面作为研究对象。在选择好的地块内建立糙率系数 n 值试验小区。小区地段的基本条件要求是：地表坡形呈直线型，土地利用状况、土壤性质、植被类型、地表死活地被物状况等环境条件应与研究对象地块内的条件相同。

试验前应对研究地块基本情况进行调查，并将有关内容记录。

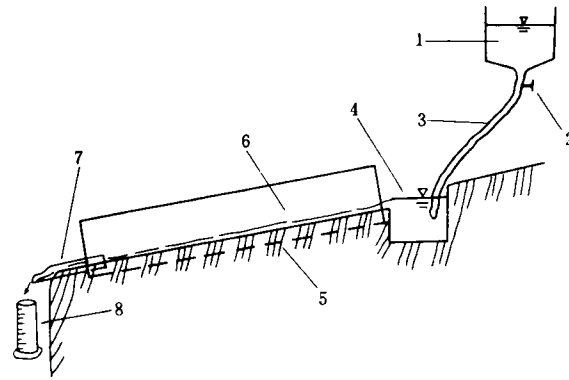
4.2 试验小区的建立

在选择好的试验单元内，建立图 1 所示的糙率系数 n 值试验小区，小区长度应不小于 100cm，宽度不低于 20cm，作为试验小区边壁的铁板宽度应在 20cm 左右，为保证铁板有足够强度，其厚度应等于或大于 3mm。

按设计糙率系数 n 值试验小区几何形状，将作为试验小区边壁的铁板两块用木锤平行打入土层 4~10cm（视土体紧实程度而定），以试验过程中在地表不发生水分外流，在土体内不产生表层土壤水分侧渗为原则，然后在试验小区上游端按装出水水槽，于下游端加装集水槽板。

定水位水箱的安装应与地面安置的出水水槽有一定高差，以保证产生足够的水头压力。

试验过程中应随时向定水位供水水箱加水，以使水头保持在恒定位置。



1. 定水位供水水箱 2. 水量控制阀门 3. 联结胶管
4. 出水水槽 5. 地表土层 6. 试验区铁板
7. 集水槽板 8. 量水器

图 1 野外试验小区示意图

5 糙率系数 n 值试验

5.1 流量 Q 的量测与计算

5.1.1 上游侧流量 Q_u 的测定 在向恒水位水箱内加水至预先设计的刻度后，打开恒水位水箱水量调节阀，测定其出水流量作为试验小区上游流量 Q_u ，其流量最小值 $Q_{u.min}$ 视糙率系数 n 值试验小区的宽度而定，保证单宽流量 q 等于或大于 5ml/s. m。

为最大限度地消除人为误差，上游侧流量 Q_u 的测定至少连续进行 3~5 次重复，当它们的相对相差 $\leq 2\%$ 时，取其平均值 \bar{Q}_u 作为上游测定流量 Q_u 。

5.1.2 下游侧流量 Q_d 的测定 上游侧流量 Q_u 测定完毕后，将水流通过胶管导入出水箱，水流以溢流形式从出水水箱向糙率系数 n 值试验小区供水。

开始时由于地表土壤含水量较低，再加之枯落物层（在林地进行试验时）的水分吸持作用，前一阶段沿程水量损失较多，故需使小区内的地表径流流经一段时间，使土壤水分渗透速率基本达渗率后，再测定下游侧出水水量 Q_d 。 Q_d 的测定与 Q_u 测定方法步骤相同，至少也应进行 3~5 次重复，当相对相差 $\leq 2\%$ 时，取其平均值 \bar{Q}_d 作为下游侧流量 Q_d 。

将每次 Q_u 与 Q_d 的测定值分别记录。

5.2 流速 V 的测定

流速 V 采用分段测定与全程测定结合的方法进行。

分段测定是自试验小区上游端开始,向下依次将试验小区每 20~30cm 划分为一段,分别测定流经每段距离 L_i 所需时间 T_i ,以计算其分段流速 V_i 。

流速全程测定是指自上游端开始测定径流到达试验小区下游端全程所需时间 T 。

将测定距离和流经该距离内所需时间逐项记录。

测定流速 V 时用染色剂将水体快速染色,以观测该部分水体在试验小区内的流动速度 V 。

为保证流速 V 测定精度和可靠性,并消除流速在试验小区横断面内的不均匀性,应分别在试验小区的左侧、右侧和中间各进行 3~5 次重复测定,当它们的相对相差 $\leq 2\%$ 时,取平均值 V 作为测定流速 V 。

6 内业计算

依据外业试验数据进行内业计算,并逐项将计算结果记录。

6.1 流量 Q 的求算

将上游端平均流量 Q_u 与下游侧平均流量 Q_d 相加除以 2,平均后即得径流试验小区流量 Q ,即:

$$Q = (\overline{Q_u} + \overline{Q_d})/2 \quad (11)$$

式中: Q —— 试验小区流量 (m^3/s); $\overline{Q_u}$ —— 试验小区上游端平均流量 (m^3/s); $\overline{Q_d}$ —— 试验小区下游端平均流量 (m^3/s)。

6.2 流速 V 的求算

将各次计算所得流速 V_i 相加取其平均值作为试验小区的流速 V

$$V = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i \quad (12)$$

式中: V —— 流速 (m/s); N —— 测定次数 (次); V_i —— 第 i 次测得的流速 (m/s)。

6.3 过水断面面积 ω 的求算

根据式(5)及流量 Q 和流速 V 则可计算得过水断面面积 ω ,即:

$$\omega = QV^{-1} \quad (13)$$

6.4 水深 h 计算

根据式(9)及试验小区宽度 B ,可计算得水深 h ,即:

$$h = \frac{\omega}{B} \quad (14)$$

6.5 单宽流量 q 的求算

根据式(8)及试验小区宽度 B ,可计算得单宽流量 q

6.6 动水比降 i

根据地面坡度 θ 计算动水比降 i ,即:

$$i = \text{Sin}\theta \quad (15)$$

6.7 糙率系数 n 值求算

根据式(10)即可直接计算得到糙率系数 n 值。

至此全部内业计算结束。

7 糙率系数 n 值分析

根据各试验小区试验及计算结果,即可分析糙率系数 n 值与不同土壤、林分、林地条件等的相关关系。进而依据分析结果,指出影响糙率系数 n 值的主要因子及其影响程度。并且对所进行试验的不同土地类型水文状况作出评价。尤其是对林地不同糙率系数 n 值情况下的阻水减沙、增加水分入渗等方面进行综合分析和评价。

8 使用的主要器材

- (1)测坡仪一个。
- (2)精度为 1%秒秒表 1 块。
- (3)恒水位水箱一个。
- (4)联结用水管若干。
- (5)小区试验用钢板二块(长 $\geq 100\text{cm}$ 宽 $\geq 200\text{cm}$ 厚 $\geq 0.3\text{cm}$)。
- (6)溢流水槽一个。
- (7)量水器 2~3 个(视情况可采用 1 000ml、500ml、200ml 量筒)。
- (8)称量量程 $\geq 3\text{kg}$ 、感量 1%g 托盘天平一个。
- (9)感量 1%g 电子天平一架。
- (10)普通电热干燥箱一个。
- (11)1m 直钢尺一个。
- (12)支架、板手、铁锹、取土盒及取土器具、 $\phi=1\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 铅丝等。
- (13)实验室常规试验用玻璃器皿。

野外试验时,如条件许可最好配备一辆 1t 轻型小卡车,以拉运试验仪器设备。在无水源坡面进行试验时,配上相应器具,还可作为运水交通工具。

9 研究地区概况及研究方法

9.1 研究地区概况

研究地区位于山西省吉县红旗林场内,属晋西残塬沟壑区中部,地理位置为东经 $110^{\circ}45'$ ~ $110^{\circ}48'$,北纬 $36^{\circ}00'$ ~ $36^{\circ}05'$,海拔 $950\sim 1\ 370\text{m}$,年平均降水量为 575.9mm ,7~9 月份降雨量占全年总降水量的 59.46%,且多以暴雨形式出现。年平均水面蒸发量为 $1\ 732.9\text{mm}$,属暖温带半干旱大陆性气候。研究区内绝大部分地表为第四纪马兰黄土覆盖,厚度为十多米至数十米,局部地段有第四纪离石黄土出露。研究区地带性土壤为碳酸盐褐土。

该地区水土流失严重,侵蚀模数达 $10\ 000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上。主要侵蚀形式有面蚀、沟蚀及重力侵蚀等。地表径流的产生形式以超渗产流为主^[5]。

研究地区属森林草原区,当地的原生天然植物已被破坏殆尽。目前恢复形成的天然植被以干旱和半干旱灌木及草本植物占优势,主要有白草 (*Pennisetum flaccidum* Griseb)、冰草 (*Agropyron cristatum* (L)Gaertn.)、蒿类 (*Artemisia spp.*)、黄刺玫 (*Rosa xanthina* Lindl)、虎榛子 (*Ostryopsis davidiana*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 等。乔木树种主要为人工形成的刺槐 (*Robinia pseudoacacia* Linn) 林、油松 (*Pinus tabulaeformis*) 林,其次为天然次生山杨 (*Populus*

davidiana) 林。

9.2 实验小区布设及其概况

本研究以选择相近坡面坡度、不同植物覆被状况的地表为实验小区布设原则。共布设试验小区 15 个,其中核桃果园 2 个、刺槐林地 4 个、灌木林地 2 个和油松林地 3 个,为进行比较,同时布设农耕地试验小区 2 个和土质公路路面试验小区 2 个。

因当地群众有在林下刮草皮堆肥的习惯,因此在 4 个刺槐林地小区中,有 1 个为刮过草皮 2 年后的,1 个为刮过草皮 1 年后的,1 个为刮草皮当年的和 1 个未刮草皮的试验小区。在 3 个油松林地小区中,也是有 1 个为刮过草皮 2 年后的,1 个为刮过草皮 1 年后的和 1 个未刮过草皮的试验小区。

试验小区布设情况详见表 3。

表 3 试验小区基本情况

试验区号	试验区种类	坡度(°)	坡向	立木密度(株/hm ²)	覆盖度(%)	平均胸径(cm)	平均树高(m)	干草重(g/m ²)	枯落物干重(g/m ²)
1	核桃园	12.5	NE90°	100	10	17.0	5.0	107.5	64.5
2	核桃园	13.0	NE80°	100	10	17.0	5.0	209.7	215.1
3	人工刺槐林 (刮草皮 2 年后)	12.0	SW10°	1 900	60	7.5	8.2	285.0	166.7
4	人工刺槐林 (刮草皮 1 年后)	12.0	SW10°	1 900	60	7.5	8.2	59.1	112.9
5	人工刺槐林 (刮草皮当年)	12.0	S 0°	1 900	60	7.5	8.2	21.5	69.9
6	土质公路路面	8.0	SW40°	—	—	—	—	—	—
7	土质公路路面	8.0	SW35°	—	—	—	—	—	—
8	黄刺梅灌木林	13.0	NW40°	130 000	90	0.9	1.7	43.0	758.1
9	覆盆子灌木林	12.0	SW80°	65 000	90	0.5	0.7	338.7	2 000.0
10	农耕地(绿豆)	12.0	NE60°	100 000	—	—	0.2	—	—
11	农耕地(秋子)	12.0	SE50°	222 222	—	—	0.9	—	—
12	人工油松林	12.0	N 0°	6 660	40	3.5	5.0	21.5	1 833.3
13	人工油松林 (刮草皮 2 年后)	12.0	N 0°	6 660	60	8.5	5.0	—	1 758.1
14	人工油松林 (刮草皮 1 年后)	12.0	NE40°	6 660	60	8.5	5.0	—	483.9
15	人工刺槐林	12.0	NE90°	1 500	55	6.6	7.0	241.9	591.4

注:1.8 号和 9 号试验区平均胸径栏内的值为灌木地径值。

2.10 号和 11 号试验区立木密度及平均树高栏内的值为农作物密度和平均作物株高之值。

10 结果计算及分析

10.1 结果计算

根据式 6~式 15 计算 n 值过程及结果见表 4。

10.2 不同林地刮草皮后年数 Y 与糙率系数 n 值关系

在 4 个人工刺槐林地实验研究小区中,1 个为刮过草皮 2 年后的,即刮草皮后第 3 年($Y = 3$);1 个为刮过草皮 1 年后的,即刮草皮后第 2 年($Y = 2$);1 个为刮过草皮当年的,即刮草皮后第

1 年($Y = 1$); 1 个为未刮过草皮的。

表 4 山西省吉县试验小区 n 值计算表

试验 区号	动水坡 降 i	上游侧流量 Q_1 (ml/s)	下游侧流量 Q_2 (ml/s)	平均流量 Q (ml/s)	流速 V (cm/s)	水力半径 R (10^{-4} m)	渗透水量 S (10^{-4} ml/s · cm $^{-2}$)	糙率系数 n ($n^{-1/3}$ s)
01	0.216 4	15.131 6	9.940 4	12.536 0	7.448 2	9.048 9	27.909 7	0.058 4
02	0.225 0	18.572 3	13.478 0	16.025 2	5.948 2	14.402 7	27.388 7	0.101 1
03	0.207 9	17.740 5	13.200 0	15.470 3	5.629 2	14.775 4	24.411 3	0.105 1
04	0.207 9	15.821 0	12.250 2	14.035 6	7.334 7	10.288 1	19.735 5	0.063 4
05	0.207 9	15.514 8	10.935 2	13.225 0	8.998 1	7.901 9	24.621 5	0.043 3
06	0.139 2	15.209 7	13.988 3	14.598 8	26.776 9	2.931 2	6.566 7	0.006 1
07	0.139 2	14.843 3	14.697 4	14.770 4	25.472 1	3.117 6	0.784 4	0.006 7
08	0.225 0	16.282 3	8.429 8	12.256 1	4.907 3	13.573 1	42.217 7	0.118 3
09	0.207 9	16.082 5	9.822 2	13.952 4	3.522 7	21.794 2	33.657 5	0.214 2
10	0.207 9	16.544 6	13.278 7	14.911 7	10.010 2	8.008 9	17.558 6	0.039 3
11	0.207 9	14.899 3	10.033 1	12.466 2	21.427 5	3.127 9	26.162 4	0.009 8
12	0.207 9	16.245 1	8.598 5	12.417 3	3.261 9	20.466 5	41.110 8	0.225 3
13	0.207 9	15.088 9	11.758 3	13.423 6	3.370 4	21.420 8	17.906 5	0.224 8
14	0.207 9	15.097 9	12.071 8	13.634 9	5.819 4	12.582 5	16.269 4	0.091 2
15	0.207 9	16.454 6	12.324 2	14.389 4	3.707 6	20.865 9	22.206 5	0.200 8

在 3 个人工油松林地试验小区中, 1 个为刮过草皮 2 年后的, 即刮草皮后第 3 年 ($Y = 3$); 1 个为刮过草皮 1 年后的, 即刮草皮后第 2 年 ($Y = 2$); (因现场自然条件所限, 没有找到刮过草皮当年的油松林地进行试验), 1 个为未刮过草皮的。

据现场调查, 人工刺槐林地和人工油松林地自刮过草皮第 4 年开始, 其林下状况及林下所存枯落物量、枯落物状态和林下生长的草种、草量基本相似, 因此我们将未刮过草皮小区之年数定为 $Y = 4$ 。

当年刮过草皮的人工刺槐林地 n 值为 0.043 3, 而刮过草皮 1 年后和刮过草皮 2 年后的 n 值分别为 0.063 4 和 0.105 1, 而未刮过草皮的为 0.200 8。

刮草皮后第 2 年的人工油松林地 n 值为 0.091 2, 刮草皮后第 3 年的为 0.224 8, 未刮过草皮的为 0.225 3。

人工刺槐林地和人工油松林地刮草皮后年数 Y 与其地表糙率系数 n 变动趋势如图 2 及图 3 所示。

导致人工刺槐林地和人工油松林地地表糙率系数 n 值随刮草皮后年数 Y 的延长而迅速升高的原因, 可从其林地地表状况看出, 刮草皮后历时越长, 林下积累生长的死活地被物越多, 这些地被物对 n 值的升高都有积极的影响。

10.3 林下枯落物量和林下草量(地上部分)总重 G 与糙率系数 n 值关系

在本次研究所采用的 15 个试验小区中, 除作为对照的 2 个土质公路路面试验小区和 2 个农作物试验小区外, 其余 11 个试验小区内都有一定量的枯落物存在和草类生长(如表 1 所示)。当地形及地质条件均相似时, 随着林下枯落物量和林下草量的增加, 其地表糙率系数 n 值显著升高(如图 4), 这与前一年同一季节(9 月中下旬)在该地形进行的试验结果基本一致^[7]。

10.4 不同土地利用现状的糙率系数 n 值分异规律

林地地表的糙率系数 n 值随林下生长的草量和残存的枯落物量的增加而升高, 在 2 个土质

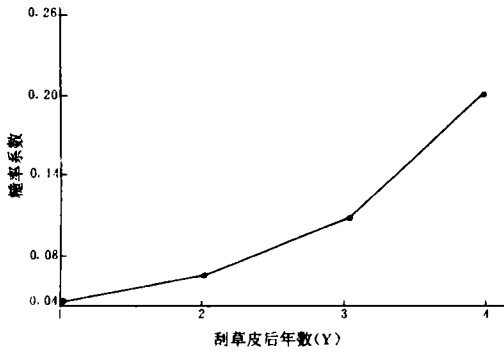


图 2 人工刺槐林地刮草皮后年数 Y 与其地表糙率系数 n 值变动趋势

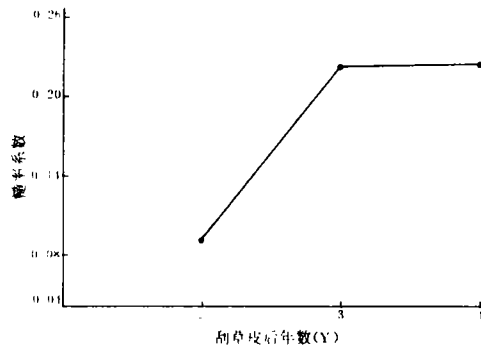


图 3 人工油松林地刮草皮后年数 Y 与其地表糙率系数 n 值变动趋势

公路路面小区和 2 个农耕地小区的试验中,我们发现在地质、地形条件基本相同时,其地表的糙率系数 n 值与林地上的截然不同。

在两个农耕地试验小区中,绿豆地表和秫子地表的糙率系数 n 值分别为 0.039 3 和 0.009 8,前者为后者的 4.01 倍。两种农耕地糙率系数 n 值较高的绿豆地之 n 值 0.039 3 仅与当年刮过草皮的人工刺槐林地糙率系数 n 值 0.043 3 相当。如果与未刮过草皮的人工刺槐林地 n 值(0.200 8)和未刮过草皮的人工油松林地 n 值(0.225 3)相比,它们的地表糙率系数 n 值分别为绿豆地表的 5.11 倍和 5.73 倍。

在所进行的 15 个小区糙率系数 n 值径流试验中,2 个土质路面上的 n 值最小,分别为 0.006 1 和 0.006 7,二者相差甚微,其平均值为 0.006 4。据现场观察,导致这种现象的主要原因是公路路面较坚硬、光滑,故表现出阻滞地表径流流速的糙率系数 n 值较小所致。此时其地表的土沙冲刷量也较严重,土地利用现状与糙率系数 n 值分异状况见图 5。

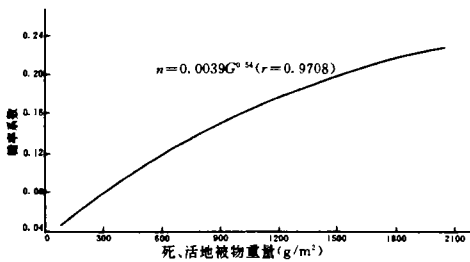


图 4 不同林地地表枯落物量和地上部分草量总重 (G) 与糙率系数 n 值关系曲线

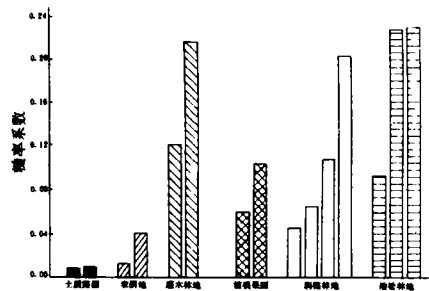


图 5 土地利用现状与糙率系数 n 值分异状况图

10.5 糙率系数 n 值与地表水分渗透量关系

试验结果表明:糙率系数 n 值较大的地表,其水分渗透能力也较大,二者呈正相关关系,其关系式为:

$$n = 5.1104E-8 \cdot S^{0.8553} \quad (r = 0.6767)$$

式中: n ——曼宁公式中的糙率系数; S ——水分渗透速率(10^{-4} ml/cm²)。

这种现象产生的主要原因是:(1)由于林下糙率系数 n 值较高的地表,其径流流速变小,促使地表水分的渗透量增大。(2)糙率系数 n 值较高时,林下往往残存有较多枯落物,这些枯落物一方面能很好地改善林地的土壤结构,提高其入渗性能,另一方面枯落物本身也具有很好的储水性能^[8]。(3)由于林木根系形成的根孔透水作用,使林地的透水性和保水性都得以提高^[9]。

11 结论与问题讨论

11.1 结论

11.1.1 不同土地利用现状糙率系数 n 值 在所研究的土质公路路面、农耕地、核桃果园、灌木林地、人工刺槐林地及人工油松林地 6 种类型,15 个试验小区中,其糙率系数 n 值依次升高。

11.1.2 相同林分内糙率系数 n 值的差异 相同林分时,糙率系数 n 值的大小在很大程度上取决于林地地表残存枯落物量和地面杂草生长的多少。

11.1.3 糙率系数 n 值与地表径流冲刷能力关系 本研究还表明糙率系数 n 值较大的地表,其水分渗透能力也较大,而且其地表径流流速较小,根据谢才公式(Chezy Formula) $V = \sqrt{RI}$, (其中 $C = n^{-1}R^{1/6}$, 其它符号意义同前),糙率系数 n 值较大时,其地表径流可能具有的冲刷能力变小^[4]

综合以上几点,林地条件下,尤其是林下保存有完好的枯落物时,糙率系数 n 值明显比其它用地地表的糙率系数 n 值要高,本研究表明此时林地的水分渗透能力且地表径流流速较小,保存有较多林下枯落物条件下的森林能够较好地发挥其涵养水源、改善森林水文过程等作用。

11.2 问题讨论

人们已从多方面对森林及其林下死活地被物改善陆地水文过程作用进行了长期观测研究,但对林地及其地表死活地被物与糙率系数 n 值的关系研究所见正式报道还不多。本文通过曼宁公式对从不同森林及其林下死活地被物对糙率系数 n 值的影响进行了研究,并初步探讨了林地的水文变化特点。自 1992 年下半年开始至今进行了近两年的工作,虽然取得了一定的研究成果,但尚有不少问题有待深入研究探讨,主要有以下几点。

11.2.1 糙率系数 n 值的季相变异规律 即使是在同一林分,林内死活地被物状况也会随季节产生较大的变化,这势必直接影响到糙率系数 n 值的季相变异。为深入研究林地涵养水源、改善水文过程的年内变化特征,深入研究同一林分糙率系数 n 值的季相变异规律具有重要的理论和现实意义。

11.2.2 地面坡度的影响 相同林内状况时,地面坡度对糙率系数 n 值有否影响?影响程度如何?这一问题应是本研究近期首先突破的重点。

11.2.3 枯落物性状的影响 枯落物种类(针叶、阔叶)及其状态(分解、半分解、全分解以及它们各自所占比重)对糙率系数 n 值的影响如何?也应是本研究中需要探讨的重要方面之一。

参 考 文 献

- [1] 中山大学,北京大学等编.自然地理学(上册).北京:人民教育出版社,1978年
- [2] 华东水利学院编.水力学(第二版上册).北京:科学出版社,1983年
- [3] 北京大学,南京大学等合编.地貌学.北京:人民教育出版社,1978年
- [4] 清华大学水力学教研组编.水力学(上册).北京:人民教育出版社,1980年
- [5] 日野辨雄.明解水理学.日本东京:丸善株式会社,1983年
- [6] 于维忠,1988,水文学原理,北京:水力电力出版社,1988年
- [7] 张洪江等.晋西残塬区坡面 n 值及其与土壤侵蚀量关系的初步研究,《北京林业大学学报》1993年
- [8] 李宪浩,芝野博文.リタ一层中な流下する雨水の理水理特性,日林志,1990年
- [9] R. P. C. Morgan. 1979, Soil Erosion. Published in the United States of America by Longman Inc, New York. 15~25

(上接第 5 页)

是单纯防护型治理的指导思想,无助于发展小流域经济。当然,这种支持是有偿的,而且不能单靠水保部门,各级领导和有关部门都要在经费上给予扶持,农民群众也要舍得投入,共同集资兴办。其次,基础设施建设应成为流域治理开发规划的一项重要内容,与建设商品生产基地紧密结合,同时安排。甘肃省在这方面的做法值得提倡,他们要求“小流域治理到哪里,道路修到哪里,有条件时水利设施也要建到哪里”,取得了很好的效果。第三,基础设施建设规划的实施可能根据轻重缓急,急事先办,但对基础设施规划设施计划的标准质量要从长远考虑,适应今后进一步发展的需要,以免过几年拆毁重建,造成浪费。

第五,要加强社会服务,为群众分忧解愁,促进小流域经济发展壮大。没有完善的社会服务,小流域经济很难顺利发展。小流域经济要面向市场,而农民市场意识淡薄,信息不灵,容易产生盲目性。即使开发项目对路,也难于指望一家一户的农民能解决治理开发中遇到的一系列难题。现在,农民发展小流域经济所需的服务,主要在生产经营方面诸如开发项目的选定、规划、技术指导及产品加工、包装、贮运、销售和市场信息等,尤其需要治理开发的启动资金。这些方面得不到帮助,不仅会挫伤农民的积极性,也会给正在发展的小流域经济造成严重损失。

搞好小流域经济的社会化服务,各级水保部门责无旁贷。但光靠水保部门一家不行,还必须农、林、牧、水、商业、供销、金融、交通、电力等有关部门积极参与,共同努力。关键是要各级政府做好组织协调工作。在此基础上,逐步建立健全基层服务组织,不断增强服务功能,改进服务质量,提高服务水平,扩大服务范围,为农民群众提供配套、有效、及时的服务。服务体系本身形成产业,推向市场,在市场竞争中,通过有偿服务,自我积累,实现服务的良性循环。