

西双版纳热带森林地表径流场设计的研究^{*}

刘玉洪 张克映 马友鑫 沙丽清 刘文杰

(中国科学院西双版纳热带植物园 昆明 650223)

摘要 讨论了西双版纳地区热带雨林、橡胶林和无林旷地地表径流场的选择与设计,并扼要介绍了地表径流场基建部分和自动记录观测设施建设中应注意的问题。

关键词 西双版纳; 热带森林; 地表径流场; 设计

Study of Designing and Building of Erosion Plots in Tropical Rain Forest in Xishuangbanna

LU Yu-hong ZHANG Ke-ying MA You-xin SHA Li-qing LIU Wen-jie

(Xishuangbanna Tropical Botanica Garden, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223)

Abstract The designing and building of the erosion plots in rain forest, rubber plantation and open field were discussed. The methods to solve the problems in building of the erosion plots and in installation of the auto record systems were also introduced.

Key words Xishuangbanna; tropical forest; erosion plot; design

地表径流是总径流量的一部分,一般由暴雨造成并在一定区域内形成的薄薄的水流层。地表径流的水资源人类大多难于利用,带来的多是灾难性的结果,如造成水土肥流失、洪涝灾害等。开展对地表径流的监测及深入研究,减少水土肥的流失,特别是热带森林的地表径流效应,对揭示森林的功能具有重要的实际意义。

按中国生态系统研究网络项目的要求,径流量是生态系统网络研究中需要长期观测的一个基本项目。因此观测场地的建设除考虑它的代表性、准确性和比较性外,还必须考虑观测工作能长期坚持的可行性。水文观测项目观测场地的建设有一个特点,一般没有一个现成拿来可行的方法。水文部门对于大江大河流域的测站建立了一套完整的建设方案,而科研部门则要根据科研目的和具体情况自行设计观测设施。假如考虑不周,则可能达不到科研目的或不利于长期坚持观测工作或因人为因素造成观测资料系统误差,失去观测意义或使观测资料失去使用价值。

地表径流场的建设只是一种科研手段,其目的是更好的为科研工作服务。而一般对此类观测设施的具体建设,少有人研究。本文是我们对西双版纳生态站所做的径流场及观测设施的设计研究和在建设中应注意的问题作一简单介绍。

1 径流场样地选择

样地选择最基本的原则就是依据科研的目的来决定样地选择。我们为研究不同植被条件下的地表径流特征,即森林对地表径流的功能和效应作用,因此,地表径流场样地选择在具有不同植被类型条件下的山地,其中有原始的热带雨林与人工橡胶林。还在无林的旷地设对比地表径流场观测。

地表径流场的面积为 100 m^2 ,一般均建在具有一定坡度的山地上。 100 m^2 的地表径流场面积指以坡面投影到水平面上的面积,其计算式为:

$$S = (L \times \cos\alpha) \times a$$

式中: S 为径流场面积; L 为山地坡面长度; α 为山地的坡度; a 为径流场的宽度。

一般来讲,径流场的形状设计为长方形,长(约 20 m)与山地坡面一致,即与坡面等高线相垂直;宽为 5 m ,与坡面等高线平行。坡度一般为 $10\sim 30^\circ$;主要依据样地地形而定。但在选择时应注意:①不同植被类型条件下的径流场应尽可能选择在坡度和坡向一致或相近的地形上;②径流场的面积与山地坡面的长度和坡度有关(表 1)。因为径流场的面积是以坡面上的实际长度投影到水平面上的长度与宽度的乘积。如当坡度分别为 $10, 20, 30$ 时,取坡面长度为 20 m ,则投影到水平面上的实际长度分别只有 $19.7, 18.8$ 和 17.3 m ,所以径流场面积实际只分别有 $98.5, 94.0$ 和 86.5 m^2 。而要使径流场面积为 100 m^2 ,则在坡度为 $10, 20, 30$ 的坡面上,宽度为 5 m 时,坡面上的长度则应分别为 $20.3, 21.3$ 和 23.1 m ,才能使径流场面积保证为 100 m^2 。在实践中,一般可先测量出所选好样地的坡度,经计算后定出地表径流场在坡面上的长度和宽度,待地表径流场竣工后,还需实测出地表径流场的长度和宽度,并计算出它们投影到水平面上的长度和宽度,乘积即为所建的地表径流场的实际面积。

表 1 不同坡度条件下 S 与 L 的关系

坡 度($^\circ$)	10	20	30
当 $S = 100\text{ m}^2$ 时 L 的实际长度(m)	20.3	21.3	23.1
当 $L = 20\text{ m}$ 时水平面实际长度(m)	19.7	18.8	17.3
当 $L = 20\text{ m}$ 时径流场面积(m^2)	98.5	94.0	86.5

圈围地表径流场一般可用塑料板或水泥板等材料,我们则选用自制的水泥板围成,两块水泥板接头之间用铁丝串连,并用水泥浆填充焊接,不渗水,较坚固,还不易人为损坏,但是水泥板的制作因工艺水平,上端一般不易做成刀刃状,我们就采用平面处理,在计算径流场面积时,以水泥板水平面宽度的中心点为准,假设降雨在降落至水泥板平面上时,其中有一半溅入地表径流场内,另一半溅入地表径流场外。

2 设计参数

2.1 平均径流量

据年径流设计计算公式^[1]: $Q_{\text{设}} = (1000F_{\text{设}}/T_{\text{年}})Y_{\text{参}}$
式中: $Q_{\text{设}}$ 为平均径流量(m^3/s); $F_{\text{设}}$ 为设计地表径流场的面积(km^2); $T_{\text{年}}$ 为一年的秒数(s); $Y_{\text{参}}$ 为参照地的多年平均径流深度(mm)。

将上式所需各种参数代入公式,计算得地表径流场的 $Q_{\text{设}} = (1000 \times 0.0001/365 \times 24 \times 60 \times 60) \times 764 = 2.4226 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ 。

2.2 平均径流系数

平均径流系数的计算式为: $\alpha = Y/R$ 。式中: α 为平均径流系数; Y 为多年平均径流深度 (mm); R 为多年平均降水量 (mm)。

由此式计算得径流系数 $\alpha = 764/1557 = 0.49$ 。式中的平均径流深度 Y 是当地水文部门的多年平均数, 实际上它是地表径流与地下径流量的总和。所以此径流系数是平均总径流系数, 而地表径流只是总径流量中的一部分。那么, 我们计算所得到的径流系数比实际的地表径流系数有所偏大。另由《西双版纳州水文手册》查得本地区(属补远江流域)的 $\alpha = 0.40 \sim 0.50$, 与计算式所求一致。

2.3 最大径流量

根据中国生态系统研究网络项目的技术要求, 我们建设的地表径流场面积均为 100 m^2 , 在计算最大径流量时取平均径流系数 0.50, 求得 100 m^2 径流场 1 h 最大洪峰产流量(表 2)。当地的 1 h 极端最大降水量为 62.8 mm, 可能产生的径流量为 3.14 m^3 或 $8.72 \times 10^{-4}\text{ m}^3/\text{s}$ (表 3)。一日最大降水量, 勐腊县在 1985 年 8 月 30 日为 199.5 mm, 那么可能产生的径流量为 9.98 m^3 。一般的地表径流观测是以一天观测一次或一次降水过程观测一次, 那么要储蓄大于 10 m^3 径流水的容器是不现实的, 因为此容器深度受一定限制(容器要低于径流场的出水口, 还要能保证从底部自动排水方便)。所以解决暴雨(洪峰)造成的大量径流水只能靠分流来解决, 即三角堰分流^[1], 并用水位计自动记录。

表 2 1 小时不同降水强度可能产生的最大径流量

降水强度 (mm/h)	100	80	60	40	20	10	5
100 m^2 的可能 (m^3/s)	2.78×10^{-3}	2.22×10^{-3}	1.67×10^{-3}	1.11×10^{-3}	5.56×10^{-4}	2.78×10^{-4}	1.39×10^{-4}
最大径流量 (m^3)	10	8	6	4	2	1	0.5
按 $\alpha = 0.50$ 计算的 (m^3/s)	1.38×10^{-3}	1.11×10^{-3}	8.33×10^{-4}	5.56×10^{-4}	2.78×10^{-4}	1.39×10^{-4}	6.94×10^{-5}
可能最大径流量 (m^3)	5	4	3	2	1	0.5	0.25

表 3 1 小时内最大降水量可能产生的径流量

时间 (min)	5	10	15	20	30	45	60
最大降水量 (mm)	16.4	21.5	27.0	34.7	42.4	52.5	62.8
按 $\alpha = 0.50$ 计 (m^3/s)	2.73×10^{-3}	1.79×10^{-3}	1.50×10^{-3}	1.45×10^{-3}	1.18×10^{-3}	9.72×10^{-4}	8.72×10^{-4}
算的可能径流量 (m^3)	0.82	1.08	1.35	1.74	2.12	2.63	3.14
(mm)	8.2	10.8	13.5	17.4	21.2	26.3	31.4

3 径流量自动记录设施

地表径流量的测定, 多数采用观测径流总量的方法, 如每天观测一次日总径流量或每一次降水过程结束后就观测一次总径流量, 而对于径流量随时间的动态变化则研究较少, 这主要受限于技术条件与经费。径流量随时间变化的动态观测记录, 在当今技术条件下是完全有可能进行的, 而且有多种方法可供选择, 如果在经费保证的前提下, 可以设计得比较现代化。只是目前国内少有人对此做专门的研究, 如今没有一种现成的方法和与之配套的专用仪器, 而国外的专门观测仪器使用又是受经费限制。

我们设计地表径流自动记录观测设施的初衷是: ①在有限的经费条件下, 尽可能的完善观测设施; ②观测资料具有代表性、准确性, 尽可能的使用仪器观测, 排除观测员的人为系统误差; ③充分考虑到长期定位观测研究的困难; ④观测到径流量和降水量随时间分布的动态变化, 可以提高观测资料的使用价值, 即可提高研究的深度和水平。

地表径流的自动记录装置是由基建部分与记录仪部分构成。基建部分包括沉沙池、测流池、静水池和仪器室等几部分组成。沉沙池是地表径流流经的第一个蓄水池,其功能是截留沉积地表径流水中所含的沙土。测流池安装有 6 左右的三角堰,在有暴雨时产生的过量径流由此分流,分流的径流量可由水位计上显示的水位高低经查算而知。静水池,是安装水位计浮筒的池子,池内的水应相对保持平静。仪器室,安放水位计自记部分,要求相对宽松,便于更换自记纸,并且尽可能的保持相对干燥。

基建部分施工是较关键的部分,应注意几个问题:

- (1) 施工时,各个池子的墙面要求平整规则,保证计算径流量时的精度;
- (2) 三角堰的堰口应安装在水池一定高度上,实际上在一般降水(如中、小降雨强度)条件下产生的径流并不从堰口处外溢流走,而是储于池中,由地表径流水在池中的深度乘以池子的面积即可得地表径流量。只有在大暴雨时,蓄水池中过多地表径流水才从堰口外溢分流;
- (3) 三角堰的角度一般在 5~10 为好,角度太小时,水因水面涨力影响不易流出;角度太大则影响测流精度;
- (4) 三角堰的角度可用两块钢板裁成一定角度后组装而成。三角堰的实际角度应由三角堰的高度及堰上部开口的宽度计算而得。

记录仪部分,我们采用日记式水位计,此仪器的特点是性能稳定,价格相对便宜,并有专门的生产厂家。缺点是观测资料的统计工作量较大,完全是靠人工查算统计。

另外,在同一地区,为便于对比研究,不同植被类型条件的径流场建设应建成统一规格,除植被类型不一样外,其它条件如坡向、坡度等,应尽可能选择相同或相近,以减少由于观测场地不一致而造成的系统误差。

最后,在地表径流场设计还需注意的一个问题,蓄积径流量的几个池子的面积大小主要根据径流场面积与降水强度的大小而定,而各个池子的深度一般没有多少可调节的余地。所以说各个池子的面积过大或过小,都会影响观测资料的精度。在实践中有一个实验与经验积累的过程。理论上讲,蓄集径流量的池子应是又深又小,即细长形状的池子,这样是最理想的,可以提高测流精度,而实践中蓄水池的深度有一定的局限,要调节蓄集径流量多少只能通过调节蓄水池子的面积达到目的。就是说要照顾到一年中多数天数的小径流量与少数天数的大径流量的矛盾。如在西双版纳地区,日降水在 0.1~9.9 mm 的天数一年有 120~150 多天(表 4),占年降水日数的 71.5%~80.9%,但降水量不足 300 mm,仅占年降水量的 18.8%~22.5%;而对于降水量 ≥ 10.0 mm 的日数,虽天数少(占年总降水日数的 19.1%~28.5%),但降水量则较大(占年降水量的 77.5%~81.2%);对于更大降水强度的降水日数则更少,但降水量占年总降水量的比重也相对较大。地表径流量的变化趋势也是与降水量一致。所以在设计地表径流量的观测设施时,上述这些因素都应予以权衡综合考虑。

表 4 不同降水强度的降水日数与降水量

降水强度 项 目		0.1~9.9mm		≥ 10.0mm		年总量	
		降水日数	降水量	降水日数	降水量	降水日数	降水量
		(d)	(mm)	(d)	(mm)	(d)	(mm)
景 洪	数 量	156.3	269.1	36.9	926.9	193.2	1196.0
	占年总量(%)	80.90	22.5	19.1	77.5	-	-
	数 量	122.8	287.1	48.9	1240.0	171.7	1527.1
勐 腊	占年总量%	71.05	18.8	28.5	81.2	-	-

4 小 结

水文观测一般均具有原理简单, 但操作复杂的特点。通过对西双版纳热带森林地表径流场的建设, 现小结如下:

(1) 长期水文观测应使用自动记录仪器, 这样可以在培训观测人员的基础上得以长期坚持, 并使观测资料能真实反映自然规律, 提高观测资料的使用价值, 还可排除人为的观测误差。

(2) 在地表径流场的建设中, 一般相同类型的径流场应建 2 个以上, 使观测数据有重复的机会, 以验证资料的代表性。我们在西双版纳的原始热带雨林、人工橡胶林和无林旷地上分别建有相同的地表径流场各 2~3 个。

(3) 地表径流场面积应是投影至水平面上的面积, 而不应该是山地坡面的面积。特别在坡度较大时, 面积差异较大, 经订正至水平面上的地表径流场可排除坡度影响和相互对比。

(4) 三角堰的设计是为了应付大雨或暴雨时所产生的大量径流(洪峰), 起分流作用。如在少有暴雨或少雨的地区, 蓄水池能够贮存所有径流水的前提下, 可以不用三角堰, 而采用全部径流水都贮集于池子内, 用水位计记录下水位高低, 即可实测得到径流量。那么, 观测资料比用三角堰分流更精确, 因三角堰测流在换算过程中会产生一些系统误差。

参考文献

- 1 华东水利学院. 工程水文学. 北京: 水利出版社, 1982. 64~72
- 2 水利电力部水利司. 水文测验手册. 北京: 水利电力出版社, 1977. 430~432

(上接第 23 页)

表 4 是 1998 年 6 月中旬一次暴雨后, 不同田块排水中泥沙和养分的平均含量。从中可知, 不同田块排水中的泥沙和养分含量有很大的变化, 统计分析表明, 排水中泥沙含量与土壤中水分散性粘粒显著相关($r = 0.9610, n = 8$), 与水稳定性团聚体也存在相关($r = 0.8206, n = 8$), 但与粘粒含量无显著相关; 排水中的全 N 与土壤水解性 N 显著相关($r = 0.8567, n = 8$), 排水中全 P 量与土壤速效 P 呈正相关($r = 0.9227, n = 8$), 排水中全 K 与土壤速效 K 呈正相关($r = 0.6312, n = 8$)。由此可见, 排水中养分含量与土壤肥力水平有关, 肥力较高的土壤, 养分从排水中流失的量也较大。

致谢: 本研究得到了浙江省绍兴县漓渚镇潘伟海农技员的帮助, 深表谢意。

参考文献

- 1 刘鸿章, 金相灿, 屠清瑛等. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社, 1987
- 2 刘秉正, 李光录, 吴发启等. 黄土高原南部土壤养分流失规律. 水土保持学报, 1995, 9(2): 77~86