

Small Watershed Rainfall Runoff Estimation and Its Application Based on SCS Model

Xingming Yang

Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan
Email: 616363039@qq.com

Received: Apr. 1st, 2016; accepted: Apr. 17th, 2016; published: Apr. 27th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

How to estimate small watershed rainfall that can be collected is a technical problem which needs to be solved in rainwater harvesting and utilization currently. In the past, many experts and engineers usually used small-area field fixed-point observation test method and other methods in solving this problem. However, these methods have their advantages and disadvantages. Aiming at this problem, the US Soil Conservation Service proposed a new solution for small-area catchment runoff calculation—Rainfall SCS Method. The advantages of SCS method are simple calculation, few parameters, and simple observational data requirements; the value of surface runoff can be calculated under various precipitation conditions and preconditions using this method. The empirical results using this method show clear model principle, simple calculation, and accurate results. It is a kind of good method for small watershed runoff estimation.

Keywords

SCS Model, Small Watershed, Rainfall Runoff, Estimation

基于SCS模型的小流域降雨径流估算及实例分析

杨星明

成都理工大学, 四川 成都
Email: 616363039@qq.com

收稿日期: 2016年4月1日; 录用日期: 2016年4月17日; 发布日期: 2016年4月27日

作者简介: 杨星明(1991-), 男, 四川人, 大学本科, 主要研究方向: 造价和施工。

摘要

如何估算小流域降雨的可集雨量,是当前雨水集蓄利用中一个亟待解决的技术问题。过去,许多专家学者和工程技术人员在解决这一问题时,大多采用了小面积野外定点观测试验法等,但各有优势和不足。针对这一问题,美国水土保持局提出了解决小面积集水径流计算的新方法——降雨SCS方法。SCS方法的优点在于,计算简便易行,所需计算参数少,对观测数据的要求简单,能够分别计算各种不同前期条件和降水条件下的地表产流量值。应用该方法的实证分析结果表明,模型原理清楚,计算过程简洁,计算结果准确,不失为一种较好的小流域径流估算方法。

关键词

SCS模型, 小流域, 降雨径流, 估算

1. 引言

如何估算集水区的可集雨量,是当前雨水集蓄利用中一个亟待解决的技术问题,对于确定合理的蓄水容池的容积和数量,防止出现过水或无水可集造成的资源浪费或工程建设浪费,有着重要的现实意义。过去,许多专家学者和工程技术人员在解决这一问题时,大多采用了小面积野外定点观测试验法,具体做法是:选择一定的区域,对不同集流材料以及不同地面坡度下的集流面的集流效率进行集流试验[1]-[3],取得了一些可靠研究成果。但该方法也存在一些不足,一是试验范围受到限制,所取得成果的代表性和典型性不强,不能广泛地在不同地区推广;二是缺乏对小流域、沟道、坡地等小型集水区可集水量的系统研究,而其他降雨径流计算方法如等时线法、径流系数法等水文学方法又存在着不适宜进行小型集水区径流量计算的诸多缺陷和不足。针对这一问题,美国水土保持局提出了解决小面积集水径流计算的新方法——降雨 SCS 方法。本文拟就 SCS 方法及其在小流域径流估算中的应用做一分析。

2. SCS 模型原理简介

SCS 方法的优点在于,计算简便易行,所需计算参数少,对观测数据的要求简单,能够分别计算各种不同前期条件和降水条件下的地表产流量值,因而不失为一种计算小面积集流的新方法[4] [5]。其模型实现的具体步骤如下:

先作以下假设:假设集水区实际入渗量($Q_{\text{渗}}$)与实际径流量($Q_{\text{径}}$)之比等于集水区该场降雨前最大可能入渗量(或潜在入渗量 S)与最大可能径流量(或潜在径流量 Q_m)之比,则有下式成立:

$$\frac{Q_{\text{渗}}}{Q_{\text{径}}} = \frac{S}{Q_m} \quad (1)$$

式(1)中, Q_m 为降雨量(P)与由径流产生前的植物截留、初渗和填注蓄水构成的集水区初损 I_a 的差值,

$$Q_m = P - I_a \quad (2)$$

$$Q_{\text{渗}} = P - I_a - Q_{\text{径}} \quad (3)$$

合并(1)、(2)和(3)式,则有

$$\frac{P - I_a - Q_{\text{径}}}{Q_{\text{径}}} = \frac{S}{P - I_a} \quad (4)$$

由(4)式得:

$$Q_{径} = \frac{(P - I_a)^2}{S + P - I_a} \quad (5)$$

结合研究区的情况作如下假设:

$$I_c = 0.2S \quad (6)$$

则(6)式可写成:

$$Q_{径} = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (7)$$

S 是一个空间变量, 与土壤类型、土地利用及坡度等因素有关。引入参数 CN (土壤最大蓄水能力), 建立 CN 与 S 的关系式, 即

$$CN = \frac{1000}{S + 10} \quad (8)$$

则有

$$S = 25.4 \times \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (9)$$

式中 CN 值的确定和土壤类型、气候湿润类型、土地利用方式等有关。

在一般理论分析中, CN 值介于 0~100 之间, 但在实际环境条件下, CN 值处于 30~100 之间, 在另外的数值范围很难出现。分析计算时, 可按照土壤特征, 将土壤进行分类, 具体可划为 A、B、C、D 四类, 并根据不同的土壤类别分别确定相应的 CN 值。A、B、C、D 四类土壤的特征描述如下。

A 类, 该类土壤具有较低潜在径流量。由沙土或砾石土组成, 排水性能良好, 在水分完全饱和情况下入渗速率和导水率较高。B 类则主要由砂壤土构成, 该类土壤有较强的渗透性, 或者是一些在土壤剖面的一定深度的一层弱不透水层。C 类则主要由透水性中等的砂壤土或轻壤土组成, 也或者是由在土壤剖面的一定深度拥有一层不透水层的砂性土组成, 该类土壤在水分完全饱和的情况下入渗速率和导水率也仍然较高。

D 类则主要由透水性很弱的粘土或重粘土一类土壤组成, 该类土壤在水分完全饱和的情况下有很低的渗透率和导水率。可查出降雨前集水区土壤在中等湿润状态下的不同土壤类型和土地利用方式下的 CN 值。在利用曲线数值方法计算径流量时, 要充分考虑前期土壤水分状况对径流的影响。但是量化确定这一数值十分困难, 故而在实际模型应用时, 需要对 CN 值按照各种影响要素进行修正, 这样使计算更为客观真实和有效。实际计算时可依据 CN 值表(表 1), 结合研究区实际情况确定[6]。

3. 基于 SCS 估算模型的降雨径流估算实证分析

选择四川省某县的 60 场降雨资料进行计算[7]。所选地域为沱江中游, 由西向东分别为低山和丘陵, 土壤分布具有明显的地带性。其中低山的西部, 分布为大片砂土, 其土壤的渗透性强, 参考表 1 可选 A 类来计算模型中 CN 参数值; 低山和丘陵接壤地区分布有砂壤土和轻壤土, 其土壤的渗透性也较强, 根据土壤类型, 选择 B 类来计算 CN 参数值; 丘陵区主要为中壤土, 渗透性一般, CN 参数可选 C 类。结合三区不同土地使用情况, 采用面积加权法确定各区的 CN 值。现取三台站 2003 年 4 月 5 号~2007 年 7 月 5 号 5 场典型降雨进行计算。整个计算区土地利用情况: 耕地为 34.3%, 稀疏林地 19.7%, 稀疏牧地占 28.1%; 荒地占 17.9%。参考不同土地利用方式和不同土壤类型下的 CN 值表, CN 值在地面不同覆盖物下的值分别为 76、66、79、85, 则通过加权计算得出整个计算区的加权平均值 $CN = 34.3\% \times 76 + 19.7\% \times 66 + 28.1\% \times 79 + 17.9\% \times 85 = 76.5$ 。

由公式(4)、公式(6)计算可得, $S = 78$, $Q_{径} = 4.76$ 。由此可求得 5 场典型降雨径流的计算值和实测值。如表 2 所示。

Table 1. Different land use and CN value of soil type at moderate wet state
表 1. 不同土地利用方式和土壤类型在中等湿润状态下的 CN 值

土地利用方式	不同土壤类型 CN 值			
	A	B	C	D
荒地	76	85	94	94
块茎作物	70	80	90	90
葡萄园	64	73	82	82
谷类、饲料作物	64	76	88	88
天然草地(繁茂)	49	69	84	84
天然草地(稀疏)	68	79	89	89
永久性人工草地	30	58	78	78
森林地(稀疏)	45	66	83	83
森林地(中密度)	36	60	79	79
森林(高密度)	25	55	77	77
不透水的水泥路面	100	100	100	100

Table 2. Calculation and measured values of 5 field typical rainfall runoff
表 2. 5 场典型降雨径流的计算值和实测值

降雨时间	面积/km ²	综合 CN 值	降雨/mm	计算水量/m ³	实测水量/m ³
2003.7.20	2.58	76.5	148.1	65357.78	61220
2004.8.3	4.02	76.5	43.6	5354.67	6865
2005.7.12	4.12	76.5	70.7	18662.5	13760
2006.8.13	4.05	76.5	37.4	19272.5	19310
2007.9.13	2.54	76.5	58.8	7489.24	7721

注：表中数据的原始信息取自三台县气象资料[8]。

从计算结果来看，选择三台县几个典型小区的典型降雨进行计算，计算结果与实测结果还是基本一致的，其 CN 参数也与不同土壤类型特性基本一致，如果对 CN 值进行修正的话，该方法在大面积范围内也是适用的。

4. 结论

从实证分析的结果来看，SCS 模型方法用来估算小流域径流是可行的，而且估算结果和实际结果基本一致。其次，从计算过程来看，SCS 的模型原理清楚，计算过程简便，结算结果准确，不失为一种较好的小流域径流估算模型和方法。但由于我国地形的广泛性，在实际应用过程中要注意对参数的适用性进行分析，并与其他方法进行比较应用。

参考文献 (References)

- [1] 裴源生, 赵勇, 张金萍, 等. 广义水资源高效利用理论与实践[J]. 水利学报, 2009, 40(4): 442-448.
PEI Yuansheng, ZHAO Yong, ZHANG Jinping, et al. Generalized theory and practice of the efficient use of water resources. Journal of Hydraulic Engineering, 2009, 40(4): 442-448. (in Chinese)
- [2] 吴普特, 冯浩. 中国雨水利用[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2009.
WU Puter, FENG Hao. China rainwater utilization. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2009. (in Chinese)

- [3] 段喜明, 吴普特, 陈晓兵, 等. 三川河流域雨水资源化潜力分析与评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(6): 146-150.
DUAN Ximing, WU Puter, CHEN Xiaobing, et al. Analysis and evaluation of rainwater resources potential of Sanchuanhe Basin. Journal of Northwest Agriculture and Forestry University (Natural Sciences), 2006, 34(6): 146-150. (in Chinese)
- [4] 余海龙, 吴普特, 冯浩, 等. 黄土高原小流域雨水利用环境效应评价的方法与指标体系[J]. 中国沙漠, 2005, 25(1): 50-54.
YU Hailong, WU Puter, FENG Hao, et al.. Assessment method and index system of small watershed rainwater utilization environmental effects of loess plateau. Journal of Chinese Desert, 2005, 25(1): 50-54. (in Chinese)
- [5] 李勇, 王超, 朱亮, 等. 雨水集蓄利用的环境效应及研究展望[J]. 水土保持研究, 2002, 9(4): 18-21.
LI Yong, WANG Chao, ZHU Liang, et al. Environmental effect and prospect of rainwater harvesting and utilization. Journal of Soil and Water Conservation, 2002, 9(4): 18-21. (in Chinese)
- [6] 李建彪. 初论构造-地表过程-气候耦合系统[J]. 地质科技情报, 2005, 24(3): 9-14.
LI Jianbiao. Discuss on construction-surface processes-climate coupling system. Journal of Geological Science and Technology Information, 2005, 24(3): 9-14. (in Chinese)
- [7] 邢永强, 李金荣, 窦明. 石羊河流域水资源过度开发利用的思考[J]. 河南师范大学学报(自然科学版), 2007, 35(2): 195-198.
XING Yongqiang, LI Jinrong and DOU Ming. Thinking over-exploitation of water resources in the Shiyang River Basin. Journal of Henan Normal University (Natural Science), 2007, 35(2): 195-198. (in Chinese)
- [8] 任立良, 刘新仁, 郝振纯. 水文尺度若干问题研究述评[J]. 水科学进展, 1996, 7(增刊): 87-92.
REN Liliang, LIU Xinren and HAO Zhenchun. Issues of scale in hydrology research review. Journal of Advances in Water Science, 1996, 7(Supplement): 87-92. (in Chinese)