

宜川自动径流泥沙测站的设计及其应用

张汉雄 刘向东 郭忠升

(中国科学院
水利部西北水土保持研究所)

提 要

目前,坡面小区的径流泥沙,一般采用集水池或分流式集水箱测定,只能测定一次暴雨的径流量和泥沙量,而不能测定暴雨过程径流量和泥沙量的动态变化,也就难于准确地测定不同暴雨强度的径流量和泥沙量。现有的小流域测流设施大都是人工定时观测,难于准确测定径流随时间的变化,而且观测误差大,资料实用性很差。本文介绍宜川县铁龙湾林场松峪沟内两个实验小流域设置的自动径流泥沙测站,用以评价不同森林条件的减水减沙效益。这两个自动径流泥沙测站,能提供流域径流泥沙研究中极其短缺的洪水径流过程资料,是径流泥沙动态监测的有效工具。

流域径流泥沙测定,是研究水土流失规律和评价小流域综合治理水土保持效益的主要方法。目前,坡面小区的径流泥沙一般采用集水池或分流式集水箱测定,只能测定一次暴雨的径流量和产沙量,而不能测定暴雨过程径流量和产沙量的动态变化,也就难于准确测定不同暴雨强度的径流和产沙量。因而,由小区观测资料评价大面积或流域的侵蚀规律和水土保持效益就没有代表性。现有的小流域测流设施也大都是人工定时观测,难于准确测定径流的时间变化。加之小流域暴雨径流来势猛,暴涨暴落,交通不便,往往失去理想的观测时刻,或观测误差大,资料实用性差。所以,为精确测定各类地形、植被条件的径流泥沙规律和各类保持水土措施的减水减沙效益,设置一种能够自动测定径流泥沙的测流装置是十分必要的,这对于评价流域水土保持效益有重要的实用价值。

本文介绍中国科学院、水利部西北水土保持研究所在宜川县铁龙湾林场松峪沟内两个实验小流域设置的自动径流泥沙测站,即三角堰式和梯形堰式自动径流泥沙测站的设计原理、总体结构布置和运用效果。这项研究用以测定不同森林条件的减水减沙效益,为评价植被的水土保持效益提供依据。

一、实验流域概况

这个自动径流泥沙测站,设置在松峪沟内约1公里的两个小流域乔木林沟和灌木沟的出口处。乔木林沟集水面积0.25平方公里,几乎全为人工油松林和山杨林,林龄均在20年以上,郁闭度约80%左右。沟内平时干枯或仅有渗水基流,仅在较大暴雨时有径流泥沙,灌木林沟在乔木林沟下游约500米处,集水面积0.11平方公里,坡面几乎都是30°的撂荒地和灌木覆盖度约70%。沟内平时亦是干沟,无基流,而暴雨径流较大。两个实验小流域植被条件都很好,且无人干扰破坏,为研究自然环境下森林对降雨的拦蓄、截流、入渗和减水效益创造了良好条

件，同时也为定量评价天然荒坡的水土流失规律提供了理想场所。根据这两个小流域交通不便、径流较小的特点，分别设置两种不同类型的自动测流装置：乔木沟为梯形堰式，灌木沟是三角堰式。

二、设计原理

1、设计来水量的确定。自动径流测站，需按照流域最大洪水流量和设计标准确定测流设施的大小。该观测站属永久性设施，应有较高的设计标准，可按20—30年一遇的暴雨洪水设计。这两个小流域集水面积较小，坡面集流快，属全面汇流造峰。但森林覆盖度大，洪峰径流量相应较小。其来水量可按下述简化公式计算：

$$Q_m = 0.278\alpha hF \quad (1)$$

式中： Q_m ——设计洪峰流量，立方米/秒；

F ——流域集水面积，平方公里；

α ——洪峰径流系数，受汇流历时、流域特征等多种因素影响，计算十分复杂，可由专用图表确定。该流域植被条件好，洪峰径流系数较小，分别采用 α 值为0.33和0.40；

h ——设计暴雨量，毫米。小流域径流主要由历时短、强度大的暴雨造成，可按最大30分钟暴雨强度设计。各地设计暴雨量可参考水文手册，我们曾推导出陕北地区的暴雨量计算式

$$h = \frac{18.1N^{0.301t}}{(t+0.03)^{0.699}} \quad (2)$$

式中： N ——设计暴雨重现期，年；

t ——设计暴雨历时，小时，此处采用 $t=0.5$ 。

根据式（1）和式（2），采用30年一遇的设计频率，计算的两个流域的设计来水量列表1。并借此与调查的近20年发生的最大洪水流量比较，计算的设计流量比较合理，可作为测流堰设计的依据。

表1 两个小流域的设计来水量

流 域	集水面积 (平方公里)	径流系数 (α)	设计雨量 (毫米)	设计流量 (立方米/秒)	实测流量 (立方米/秒)
灌木沟	0.11	0.40	39.3	0.48	0.35
乔木沟	0.25	0.33	39.3	0.90	0.50

2、过堰流量计算。三角堰的流量计算公式为

$$Q = 1.373tg \frac{\theta}{2} H^{5/2}$$

当堰顶角 $\theta = 90^\circ$ 时，则标准三角堰流量公式为

$$Q = 1.373H^{2.5} \quad (3)$$

式中： H ——过堰水深，米。

采用设计最大过堰水深 $H = 0.7$ 米，计算得三角堰的过水流量

$$Q = 1.373 \times 0.7^{2.5} = 0.56 \text{ 立方米/秒}$$

大于设计来水流量，故溢流安全。

梯形堰的流量可按下述简化公式计算

$$Q = 1.86BH^{1.5} \quad (4)$$

式中： B —梯形堰口底宽，米； H —堰上水深。

采用梯形堰口底宽 $B = 0.6$ 米，设计最大堰上水深 $H = 0.9$ 米，按式（4）计算的过堰流量

$$Q = 1.86 \times 0.6 \times 0.9^{1.5} = 0.95 \text{ 立方米/秒；}$$

大于设计来水量，故可选用。

这两个量水堰均按三角堰和梯形堰的标准规格制作，堰槛后亦有0.6—0.7米的跌坎，过堰溢流均为自由溢流，因而计算的流量都符合标定的过堰流量。

由式（3）和式（4）计算不同水深时的流量，绘制这两个堰的水位~流量关系曲线（图1），可很方便地将水位过程线转换为流量过程线。

3、测流设施结构。测流设施由进水前池、测流堰槛、出水槽、测井、水位计和观测房六部分组成。为充分利用狭窄的沟道地形和节省工程量，总体结构布置紧凑，联接为一整体（图2）。两个径流

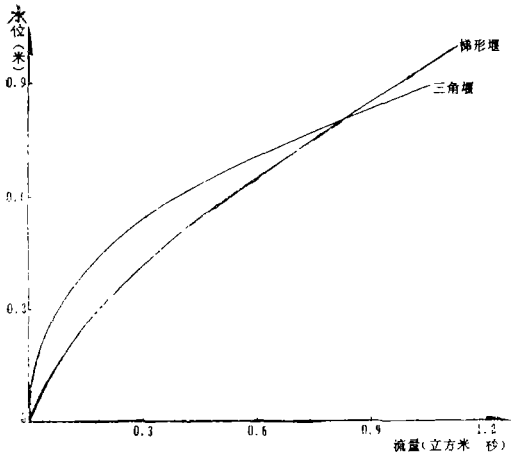


图1 三角堰和梯形堰的水位与流量关系曲线

测站除测流堰型式不同外，其它结构型式全相同。

测流堰采用薄壁式量水堰。梯形堰断面底宽0.6米，上口宽1.05米，高0.9米，梯形边的斜度为4:1；三角堰断面是一个顶角90°的对称等腰三角形，高0.7米，上口宽1.4米。两个堰板都用4毫米厚的钢板制作，表面涂防锈漆，其过水断面边缘均割成向下游倾斜的锐角，完全符合薄

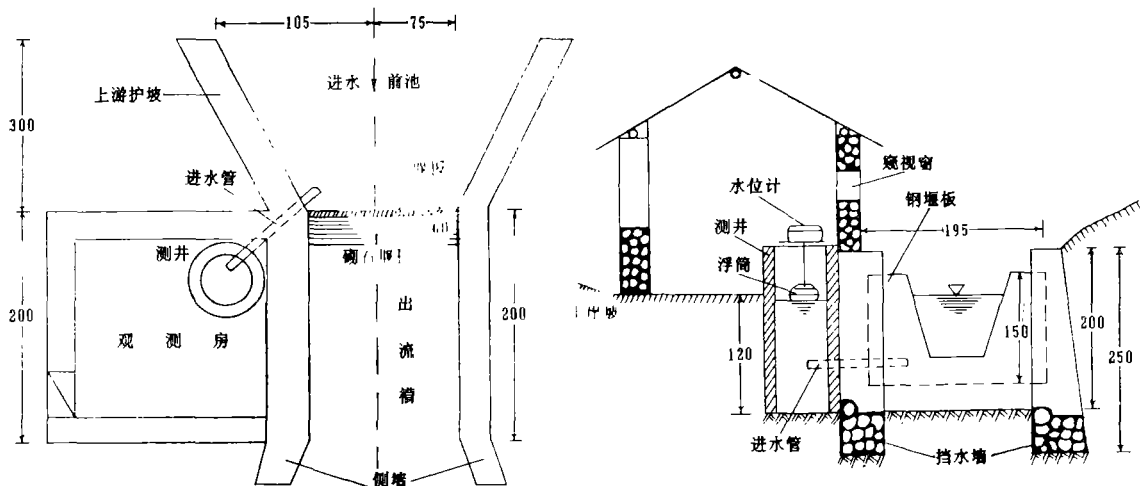


图2 自动径流测站结构略图

壁堰的设计要求。为使过堰水流平稳，水位测定精确，堰槛（即堰断面底部）比测流槽底高出约0.6—0.7米，并有一长约3米的护坡段，使堰前的进水前池保持一定的死水位。钢制堰板两边和底部均镶入堰槛的砌石体内，刚性稳定良好，出水槽为矩形砌石渠，过堰水流经堰板下游的圆弧形溢流段跌水出水槽，再排入沟道出口。

测井、水位计和观测房，用于自动测定堰槛上游的水位。测井为一内径0.8米的圆井，内壁用水泥抹面，以防止漏水；并有一进口朝下的弯头进水管与堰前水池相通，以防止泥沙堵塞。进水管直径为80毫米，约为测井内径的1/10，使堰前水位波动不致影响井内水位波动。测井底部与进水前池底部位于同一高度，在无过堰溢流时井内亦保持与堰前相同的死水位。测井高度一般高于最大过堰水位约0.5米，即使测井水位与堰前水位保持同一高度。自记水位计安装在测井顶部平台上。水位计的浮筒随测井水位的上升与下降而变化，水位计的自记装置将自动地把每一时刻水位的变化过程记录下来。一旦径流停止，堰上不溢流，水位过程线则为一直线。根据上述计算的水位~流量关系曲线，即可把自记水位计记录的水位过程线转换为流量过程线。

三、初步运用效果

这两个自动径流测站于1988年5月建成，并对安装的自记水位计调试。这年汛期暴雨洪水较多，但该流域产生的较大径流仅有3次发生过堰溢流。汛期运用中，每天定时更换自记纸和标定记时钟，水位计都能准确地自动记录每次洪水过程的水位变化。记录的水位精度可达 ± 1 毫米，与堰前实际水位误差小于 $\pm 5\%$ 。测井水位能消除沟道不稳定流产生的堰前水位波动的影响，可测定流域渗出流量（即基流），满足径流泥沙研究中的测流要求。值得注意的是，施工质量对观测精度影响很大，由于这两个测站站址的沟床基础是有裂隙的破碎基岩，加之施工中灌浆质量不实，初次过水时在下游砌石体下部和岸坡中渗漏严重，影响小径流测定。后来经修复和防渗处理，渗漏基本消除。

自动径流泥沙测站能提供流域径流泥沙研究中极其短缺的洪水径流过程资料，是径流泥沙动态监测的有效工具。这个设施初步应用效果良好，可在小流域径流观测中和其它测流设施中推广应用。

The design and application of the stations with automatic measurement of runoff and sediment in Yichuan

Zhang Hanxiong Liu Xiangdong Guo Zhongsheng

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation under the Chinese
Academy of Science and the Ministry of Water Conservancy)*

Abstract

The runoff and sediment on slope plot are measured with water concentrate pond or box currently, which could measure amount of runoff and sediment of a single storm rainfall but not the dynamic change of them during the process of rainfall, and could not determine the amount of runoff and sediment under various intensities accurately. Because the installations currently used in small watershed are mostly for artificial measurement at fixed time, it is difficult to determine the variation of runoff with time precisely and is with greater error in measurement, the practicality of the data is poor. The paper introduces the station to measure runoff and sediment automatically, set in two experimental small watersheds in Sunjigou gully at Tienongwan Forestry Field of Yichuan county, to evaluate the benefits of forest in reduction of water and sediment. The two stations may provide the data on the flow process of flood short in the study of runoff and sediment, being thought as the efficient tools for the dynamic monitoring of runoff and sediment.