

水土保持试验径流小区设计探讨

谢颂华^{1,2}, 方少文², 王 农²

(1. 江西农业大学, 江西 南昌 330045; 2. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029)

摘要:径流小区试验是测验径流、泥沙的主要手段。根据国家水土保持试验相关规范,对已规划建设径流小区进行了优劣分析,并以江西水土保持生态科技园径流小区为例,对径流小区主体部分,即围埂、集流槽、导流管(槽)、集流桶(池)、分流箱(桶)进行了具体设计。提出了径流小区设计中应把握的原则:提高试验精度,减少试验误差;节省工程材料,降低工程成本;降低施工难度,提高施工质量;利于后期观测,降低运行成本。

关键词:水土保持;径流小区;小区设计;江西

中图分类号: S157.2 **文献标志码:** A

径流小区试验目前国内外应用已相当普遍,它是水土保持观测试验的重要方法之一,是测验径流、泥沙的主要手段。但径流小区设计时,往往忽略了小区设计对试验结果的影响,从而导致试验结果与实际差异较大。由于我国南北气候差异大,同样的径流小区设计试验结果可能也会不同,因此有必要对不同的径流小区设计进行分析优化。结合在中科院西北水保所、北京师范大学、吉林省水保院、黑龙江省水保院和福建省水土保持试验站等水土保持研究机构考察学习的体会,以及参与江西水土保持生态科技园试验径流小区全过程设计与施工的经验,对径流小区的设计进行了探讨,以供广大水土保持科学研究及监测人员共享。

分,即围埂、集流槽、导流管(槽)、集流桶(池)、分流箱(桶)(见图1)作了具体要求。

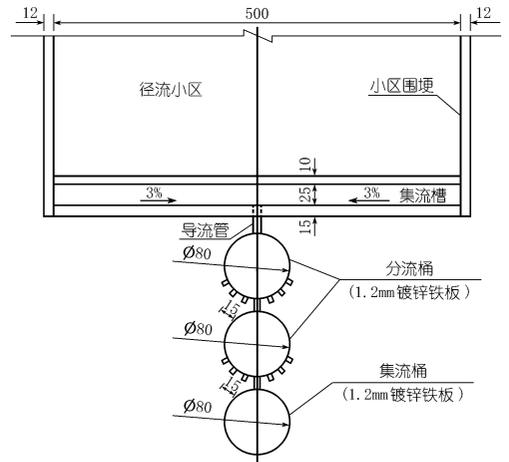


图1 径流小区平面布置示意(单位:mm)

1 径流小区设计的规范要求

根据《水土保持监测设施通用技术条件》(SL342-2006)^[1]和《水土保持试验规程》(SL419-2007)^[2],参考国内相关行业标准,对径流小区主体部

1.1 围埂

围埂为设置在径流小区边界上除下边缘外的隔离

收稿日期:2013-04-10

基金项目:国家自然科学基金项目“红壤坡面径流溶质垂向分层输出过程观测与模拟”(41101266);江西省水利研专项“生产建设项目边坡及弃土水土流失定量研究”(KT201214)

作者简介:谢颂华,男,高级工程师,博士,主要研究方向为水土保持。E-mail:xshzjl3111@163.com

通讯作者:方少文,男,教授级高级工程师,主要研究方向为水土保持。E-mail:swfang800@sina.com

设施。围埂的建筑材料要求为不渗水、不吸水的水泥板或金属板。围埂应互相连(搭)接紧密,埋深牢靠,地表出露 10~20 cm,埋入地下 20~30 cm,上缘向小区外呈 60°倾斜。

1.2 集流槽

集流槽设置在径流小区坡面下缘,垂直于径流流向,一般由混凝土或砌砖砂浆抹面制成,长度与径流小区宽度一致,宽度(槽缘宽和槽身宽)20~30 cm,槽缘与小区坡底同高且水平,槽身由两端向下中心倾斜,倾斜度以不产生泥沙沉积为准,顶部加设盖板。槽身表面光滑,应不拦挂泥污。

1.3 导流管(槽)

导流管(槽)镶嵌在集流槽下游边缘(通常做成小区挡土墙)中部的最低处,以输导收集的径流和泥沙。导流管由镀锌铁皮、金属管或 PVC 管制成,长度一般为 50~100 cm,上部开口与集流槽紧密连接,下部通向集流桶(池)或分流箱。

1.4 集流桶(池)

集流桶用以收集导流管输导下来的全部径流和泥沙。可用厚度超过 0.75 mm 的镀锌铁皮或薄钢板制成,集流池用砖(石)砌成,底部装有排泄阀门(或孔口),顶部加设盖板。当集流桶(池)容积有限时,可多个联用。

1.5 分流箱(桶)

分流桶在产流量大、集流桶容积有限时,或安置区狭小不能增多集流桶等情况下采用,可一级或多级分流。分流箱布置在集流桶前或两个(或多个)集流桶之间。分流箱规格容积较小,可由镀锌铁皮或薄钢板制成圆柱体或长方体,并设若干分流孔,顶部加设盖板。分流孔必须大小一致,排列均匀,并在同一水平面上。使用分流箱前,必须进行校验求得分流系数。

2 设计优劣分析

2.1 围埂

2.1.1 高度

根据规范要求,围埂地表出露 10~20 cm,埋入地下 20~30 cm,但在具体设计时需要确定尺寸。地表出露是为了防止小区外的降雨汇流进入小区内,因此,在雨量小、暴雨少的北方地区地表出露 10 cm 即可,但在雨量大、暴雨多的南方地区以出露 20 cm 为宜。埋入地下部分,从小区使用时间上考虑,若需要 5 a 以上的长期观测,则采用 30 cm,若为短期的试验则 20 cm 即可。

2.1.2 断面形式与尺寸

围埂的断面形式在实际中有很多种,如矩形、三角形、“V”形以及根据规范围埂上缘向小区外呈 60°倾斜的刃形(图 2)。各种形式的围埂优缺点主要为:① 由于测径流量时,矩形围埂无法合理剔除围埂的受雨量,因此适宜于对径流泥沙观测精度要求不高且施工环境条件恶劣的试验,如野外生产建设项目水土流失的观测;② “V”形和刃形围埂剔除了围埂受雨对于径流观测数据的影响,因此适宜于观测精度要求高且施工环境条件较好的试验;③ 三角形围埂则介于上述两者之间。按照规范要求,小区需设置保护带,但在实际试验选址中,由于影响试验布置的因素很多(如用地、经济以及地势等),有时为保证小区背景条件一致(如坡向、土壤等),就需要去除保护带,连续布置径流小区,这时三角形和“V”形围埂就可达到既满足试验要求,又节约用地的目的。

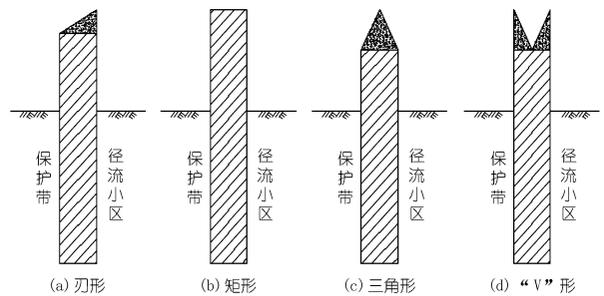


图 2 围埂的断面形式

2.1.3 采用的材料

规范规定围埂材料为不渗水、不吸水的水泥板或金属板,这两种材料各有优劣。水泥板造价低、便于施工,且不易变形,缺点是会吸水、容易冻裂。金属板造价高、不吸水、不易冻裂,但易变形。在北方地区由于冬季气温低,水泥板容易冻裂,因此宜采用金属板,南方地区由于夏季气温高,金属板容易变形且造价高,因此,宜采用水泥板。操作中应根据实际情况以及试验目的区别对待。

2.2 集流槽

按照《水土保持监测设施通用技术条件》,集流槽的设计标准需采用 50 a 一遇 24 h 降雨径流量,并结合小区投影面积的大小进行计算设计。为保证径流泥沙能顺利进入计量设备,规范提出了“槽缘应与小区坡底同高且水平,槽身由两端向下中心倾斜,倾斜度以不产生泥沙沉积为准,顶部加设盖板。槽身表面光滑,应不拦挂泥污”等要求,但没有给出具体的设计。

在实际设计施工中,“槽缘应与小区坡底同高且水平,槽身由两端向下中心倾斜”的要求比较容易达

到,但倾斜度较难掌握;顶部加设盖板的要求大多不能做到,因为顶部加盖对于降雨取样后的清洗增加了难度,而且不利于坡面径流汇入集流槽。对于“槽身表面光滑,应不拦挂泥污”要求,实际中一般由混凝土或砌砖砂浆抹面制成,也可采用镀锌钢板制作,槽形状或呈矩形,或呈喇叭口状。喇叭槽误差小,但成本高,维修难,矩形槽虽误差略大,但成本低,便于施工,易维修。因此,精度要求较高的试验采用镀锌钢板喇叭口状的集流槽则更好,精度要求不高的一般试验则采用矩形槽为宜。

2.3 导流管(槽)

规范中对于导流管(槽)提出的要求在实际中一般都能做到,但对于导流管(槽)孔径大小未作规定。由于我国南北方降雨量差异大,导流管孔径大小也不尽相同,在设计导流管孔径时不但要考虑满足径流的要求,还要适当考虑满足泥沙含量高的泥浆水输导的要求,因此应在径流计算的基础上适当扩大孔径,以避免由于集流槽中的浑水排泄不畅而导致径流溢出槽体影响试验结果,一般来说南方要比北方大,管径至少在 10 cm 以上。

2.4 集流桶与分流箱

集流桶与分流箱一般统称为量水设备,用以收集导流管输导下来的全部径流量与泥沙。规范中提出“由镀锌铁皮或薄钢板制成圆柱体或长方体,并设若干分流孔,顶部加设盖板。分流孔必须大小一致,排列均匀,并在同一水平面上。使用分流桶前,必须进行校验求得分流系数”等要求,在实际设计施工中,存在以下问题。

(1) 集流桶和分流箱的直径与高度。对于集流桶和分流箱,除了要满足实验要求外,在实际操作中,还需要考虑到取样人员的工作方便,因此,其直径与高度尤为重要,直径与高度不宜过大,一般直径 70 ~ 100 cm,高度 90 ~ 110 cm 为宜,否则会给后期取样搅拌的工作环节带来极大不便,影响取样速度和试验精度。

(2) 分流孔的数量与排列。由于南方雨量很大,分流是不可避免的,分流孔的数量越多则对观测数据的误差影响越大,一般 5、7 孔分流,最好不超过 9 孔。为保证分流均匀,分流孔为圆形,间距应相等,一般为 10 ~ 15 cm,孔径大小为 3 ~ 5 cm;为避免对径流的影响,孔的排列不仅需要均匀,还要考虑沿坡向在同一水平线上,但在实际加工过程中很难做到,即使做到了,在实际安装过程中由于底座并非水平,所分流的径流量也并不是完全相当。因此,在正式开展试验前,必须进行校核、率定。此外,为防止小区径流携带的草、树

叶等杂物阻塞孔口,实践中,也会在集流桶中安装孔径大于 1 cm 的纱网,这样不仅可以减少大水流波动对分流的影响,还可以保证水流通畅。

(3) 分流箱厚度。分流箱厚度应等同于镀锌铁皮或薄钢板的厚度。一般来说,根据不同材料及其制作工艺,镀锌铁皮厚度 1.2 mm,薄钢板厚度 2 ~ 3 mm,前者更经济一些。

3 径流小区设计实例

3.1 设计对象

江西水土保持生态科技园位于江西省九江市德安县园艺场,2012 年规划建设了一批水土保持径流试验小区,现以其中一小区为例进行具体介绍^[3]。该小区长 10.0 m,宽 5.0 m,坡度分为 1:1.5 和 1:2.0,下端设径流泥沙观测系统。

3.2 设计标准

根据《水土保持监测设施通用技术条件》,径流小区按 50 a 一遇 24 h 降雨径流量设计。据江西省水文手册,项目区 50 a 一遇最大 24 h 降雨量 $H_{24,2\%}$ 为 229.05 mm。

3.3 工程设计

项目所涉及的径流小区最大投影面积为 50 m² (5 m × 10 m),径流小区主体包括小区护埂、集流槽、引水管、量水设备(集流桶和分流桶)。后 3 项尺寸根据设计频率暴雨坡面径流量计算确定。

径流深公式为

$$H = P \times k \quad (1)$$

式中, H 为径流深, mm; P 为降雨量, mm; k 为径流系数(裸露地径流系数确定为 0.8;植物措施径流系数确定为 0.4)。

径流量公式为

$$W = H \times F \quad (2)$$

式中, W 为径流量, m³; H 为径流深, m; F 为集水区面积, m²。

3.3.1 集流槽与引水管

根据公式(2)得到小区 50 a 一遇 24 h 降雨径流量 W :

$$W = H \times F = 229.05 \times 0.8 \times 50 \times 10^{-3} = 9.2 \text{ m}^3$$

径流小区的洪峰流量(Q_m)采用经验公式计算:

$$W = \frac{1}{2} Q_m t \quad (3)$$

式中, t 为洪水历时, h; $Q_m = 2W/t = 2 \times 9.2 \div 24 = 0.77 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

集流槽横断面面积计算公式为

$$S = \frac{Q_m}{V} \quad (4)$$

根据谢才公式

$$V = C \sqrt{RJ}, \text{ 又 } C = \frac{1}{n} R^{1/6}, \text{ 则 } V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2} \quad (5)$$

式中, n 为糙率, 取 0.015 (混凝土浇筑); V 为流速, m/s ; R 为水力半径, m ; J 为比降。

设集流槽横断面为矩形, 底宽 0.20 m, 深 0.15 m, 比降 0.03, 则断面面积 $S = 0.20 \times 0.15 = 0.03 \text{ m}^2$, 湿周 $X = 0.20 + 2 \times 0.15 = 0.50 \text{ m}$, $R = \frac{S}{X} = 0.03 \div 0.50 = 0.06$, $Q = S \times V = S \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times J^{1/2} = 0.03 \times \frac{1}{0.015} \times 0.06^{2/3} \times 0.03^{1/2} = 191 \text{ m}^3/\text{h} \gg 0.77 \text{ m}^3/\text{h}$ 。则集流槽符合设计要求。

引水管选用 $\text{Ø}100 \text{ mm}$ PVC 管, 安装比降取 0.05, 则 $R = 0.025$, 糙率 n 取 0.013。 $Q = S \times V = S \times \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times J^{1/2} = 41.56 \text{ m}^3/\text{h} \gg 0.77 \text{ m}^3/\text{h}$, 则 $\text{Ø}100 \text{ mm}$ 引水管符合设计要求。

3.3.2 量水设备

径流观测方法采用体积法。由于径流量大, 量水设备采用分流桶、集流桶。利用分水设备将实验区内全部径流加以分割, 只取其小部分通过量水设备, 最后按分水比例还原计算, 以避免过大的量水设备。采用 7 孔分流法, 分流孔用 $\text{Ø}50 \text{ mm}$ 分流管。

设计公式如下:

$$r^2 \pi h_{\text{分}1} + 7r^2 \pi h_{\text{分}2} + 49R^2 \pi h = W \quad (6)$$

式中, r 为分流桶半径, m ; R 为集流桶半径, m ; $h_{\text{分}1}$ 为 1 级分流桶分流孔孔底高度, m ; $h_{\text{分}2}$ 为 2 级分流桶分流孔孔底高度, m ; h 为集流桶进水孔孔底高度, m ; $W_{\text{设}}$ 为总量水体积, m^3 。

设计分流孔孔底高度 0.6 m, 集流桶进水孔孔底高度 0.6 m, 分流桶与集流桶直径均为 0.8 m, 见图 1。其核算结果如表 1。

表 1 量水设备核算结果

h/m	$h_{\text{分}1}/\text{m}$	$h_{\text{分}2}/\text{m}$	r/m	R/m	$W_{2\%}/\text{m}^3$	$W_{\text{设}}/\text{m}^3$
0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	9.2	17.2

由表 1 可知, $W_{\text{设}} > W_{2\%}$, 集流桶、分流桶尺寸符合设计要求。

考虑到制作误差因素, 使用中, 首先必须对各桶逐

一进行量测, 然后根据实际尺寸, 对观测成果进行计算。

3.3.3 其他附属设施

小区护埂采用砖砌结构砂浆抹面, 护埂宽 0.12 m, 基础深 0.45 m, 高出地面 0.30 m, 基础两侧的回填土要夯实。为便于施工, 护埂顶部做成倾角 45° 的单面刃形斜坡, 斜面朝外, 以防护埂处的降雨因滴溅进入小区, 影响观测精度。

根据径流小区的汇流特点或者试验要求, 合理确定集流槽、引水管流量的设计标准以及量水设备的容量。由于小区试验为生产建设项目护坡小区, 集流槽断面为矩形, 采用混凝土结构, 表面用 M10 的水泥砂浆抹面, 中部通过引水管与分流、集流设备相连, 槽底部设计为两侧向中间倾斜的形式, 坡度 0.03, 便于水流向引水口集中和减少泥沙淤积。集流槽中的水位应低于顶部 5~8 cm, 防止水流外溢和滴溅。

分流桶、集流桶均采用 1.2 mm 镀锌板焊接而成, 顶部加盖、加锁, 分流桶的分流孔采用钢管焊接在分流桶外壁, 选择中间一孔将分流量引入下一分流桶或集流桶中。分流桶、集流桶底部连接钢管, 并安装阀门, 作为排水孔。

4 讨论

通过以上分析可以看出, 不同地区、不同试验要求, 均会影响径流小区的具体设计。为使径流小区的设计既符合试验要求, 又经济合理, 在实际设计施工中, 应把握以下设计原则: ① 提高试验精度, 减少试验误差; ② 节省材料, 降低工程成本; ③ 降低施工难度, 提高施工质量; ④ 便于后期观测, 降低运行成本。在水土保持试验径流小区的设计与施工中, 以上设计原则将有助于提高试验观测数据的精度, 获取科学的试验结论。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. SL342-2006 水土保持监测设施通用技术条件[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 中华人民共和国水利部. SL419-2007 水土保持试验规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.
- [3] 武艺, 王农, 谢颂华. 江西水土保持生态科技园建设现状与发展探索[J]. 中国水土保持, 2012, (12): 65-67.

(编辑: 朱晓红)

(下转第 113 页)

(上接第 75 页)

Possible failure mode analysis for a dam based on event tree analysis methodology

DONG Jianliang¹, WU Huanqiang², FU Qionghua¹

(1. Jiangxi Provincial Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China; 2. Guangdong Zhurong Engineering Design Co., Ltd, Guangzhou 510635, China)

Abstract: Once dam – break occurs, it would threat downstream people's life and property severely. The flood load of Youluokou Reservoir is considered as an initial event, then the possible failure mode and break possibility of the dam is analyzed by the event tree analysis methodology. The results show that the most possible failure mode is identified as dam piping and the responding dam – break possibility is much higher than the acceptable standard. The analysis results are in well accordance with the realistic dangerous problems of the dam and provide a theoretic basis of dam – breaking prevention for the reservoir administrative department.

Key words: event tree; failure mode; dam – breaking possibility; Youluokou Reservoir

(上接第 79 页)

Simulation research on hydraulic characteristics of conical X – shaped flaring gate piers in lock chamber

XUE Yang, XU Jianrong, PENG Yu, XU Lingjun

(Hydrochina Huadong Engineering Corporation, Hangzhou 310014, China)

Abstract: In order to accurately simulate the flow field of hydraulic structures, 3 – D numerical simulation was carried out for flood discharge and energy dissipation process of conical X – shaped flaring gate piers in a hydropower project by using Coupled Level Set and VOF (CLVOF) method and RNG $k - \varepsilon$ turbulent model. The variation laws of flow pattern, water surface profile, velocities and pressure distributions in lock chamber with conical X – shaped flaring gate piers were obtained. The results of numerical simulation were compared with the model test data and good agreement was found, which verifies the reliability of CLVOF method.

Key words: CLSVOF method; RNG model; conical X – shaped flaring gate piers; discharge through surface hole

(上接第 86 页)

Discussion on design of runoff plot in soil and water conservation experiment

XIE Songhua^{1,2}, FANG Shaowen², WANG Nong²

(1. Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China)

Abstract: Runoff plot test is a principal method for research of soil and water conservation, and also the main approach of runoff sedimentation measurement. The pros and cons analysis is conducted for the planned construction of runoff plot according to relevant national soil and water conservation specifications. The main part of a runoff plot, located in eco – science and technology park of Jiangxi Province, including boundary ridge, collecting channel, diversion tube/flume, collecting tank/pool, and flow – dividing box/tank are designed specifically. The paper proposed the principles in design of runoff plot: improving the accuracy and decreasing the error of tests; saving construction materials and cutting down project costs; reducing the difficulty of construction and enhancing construction quality; as well as being conducive to post observations and lessening operating costs.

Key words: soil and water conservation; runoff plot; plot design; Jiangxi Province