

# 旱井集雨系统中沉沙池结构优化研究

段喜明, 王治国, 胡振华

(山西农业大学水土保持规划设计研究所, 太谷 030801)

摘 要: 针对当前旱井集雨系统中急需解决的沉沙减淤问题, 利用人工降雨试验, 得出了在各种雨强条件下, 均以设置双重过滤网的沉沙池的沉沙效果最好, 是一种简单、实用的优化结构形式, 为今后旱井沉沙池的应用研究作了有益的探讨。

关键词: 旱井集雨系统; 沉沙池; 优化结构

中图分类号: S 273. 1, S 277. 4 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2000) 04-0029-03

## Study on the Excellent Structure of Deposit Pool in the System of Well Storing Rainfall

DUAN Xi-ming, WANG Zhi-guo, HU Zhen-hua

(Institute of Soil and Water Conservation Planning, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, PRC)

**Abstract:** In accordance with the problems of silt deposit in the system of well storing rainfall at present, based on the experiments of artificial simulating rainfall, it is obtained that the deposit pool of installed double filter cloth has the best effect of silt deposit and it is a simple and implemental type. This is a beneficial study for the practical use of the deposit pool in future.

**Key words:** system of well storing rainfall; deposit pool; excellent structure

### 1 问题的提出

黄土干旱山区利用雨水资源发展集流农业, 具有悠久的历史, 经历了初级、中级和高级三个阶段。利用现代蓄水、节水与高效种植技术相结合而形成了“旱井(窑窖)农业”, 由集水场、引水段、浑水澄清部分(沉沙池)、贮水部分(旱井)和节水灌溉部分组成。

在旱井集雨系统中, 沉沙池作为集流区与旱井的连接部分, 对于沉积泥沙, 延长旱井使用寿命, 起着至关重要的作用。

提高沉沙池的沉沙效果, 可通过两条途径予以实现:

一是尽可能增大沉沙池的断面尺寸。虽然这种方法可使进入旱井的泥沙量明显降低, 但在实用上却不可取。因为沉沙池的过分加大, 不仅会占据有限的耕地面积, 增加投资, 而且还会造成有限雨水资源

的浪费。

二是在沉沙池断面尺寸一定的前提下, 尽可能提高其沉沙效率, 这无疑是一种有效的途径。沉沙池主要用于减少径流中的泥沙含量, 一般建于离旱井 2~3 m 处, 其具体尺寸依径流量而定。

基本沉沙池(即池内无任何隔墙)是根据水流从进入沉沙池开始, 水流所挟带的设计标准粒径以上的泥沙, 流到池出口时正好沉到池底来设计的。设沉沙池长、宽、深分别以  $L$ 、 $B$ 、 $H$  表示, 则标准粒径泥沙的沉降时间为:

$$t_c = H / V_c$$

$$V_c = 0.563 D_c^2 (\gamma - 1)$$

式中:  $V_c$ ——设计标准粒径的沉速, (m/s);  $D_c$ ——设计标准粒径, (mm);  $\gamma$ ——泥沙颗粒密度;  $H$ ——沉沙池水深, (m)。

同时, 设引水流量(集流流量)为  $Q$  (m<sup>3</sup>/s), 则泥

\* 收稿日期: 2000-10-13

沙颗粒的水平运移速度为  $V = Q / BH$ , 在池长  $L$  范围内的运行时间为:

$$t_L = L / V = BH L / Q$$

由设计条件  $t_c = t_L$ , 则  $L = Q / BV_c$

根据目前已有的经验, 以池深  $0.6 \sim 0.8 \text{ m}$ , 长宽比为  $2:1$  较适宜。故沉沙池的设计尺寸为:

$$\begin{cases} H = 0.6 \sim 0.8 \text{ m} \\ L = \frac{2Q}{BV_c} \\ B = \frac{1}{2}L \end{cases}$$

在一般情况下,  $Q = 0.001 \sim 0.015 (\text{m}^3/\text{s})$ ,  $D_c = 0.05$

$\text{mm}$ ,  $\gamma = 2.67$ , 由此可得到沉沙池的基本尺寸为:

$$\begin{cases} H = 0.6 \sim 0.8 \text{ m} \\ L = 1.0 \text{ m} \\ B = 0.5 \text{ m} \end{cases}$$

在得出沉沙池的基本尺寸后, 为尽可能提高其沉沙效率, 作为实用推广目的的沉沙池, 应从山区群众现有条件出发, 遵循经济、合理、便捷的原则, 在充分研究沉沙池中的水沙运动规律, 并借鉴各地现有沉沙池形式的基础上, 设计出多种结构合理的沉沙池模型, 进行沉沙试验。

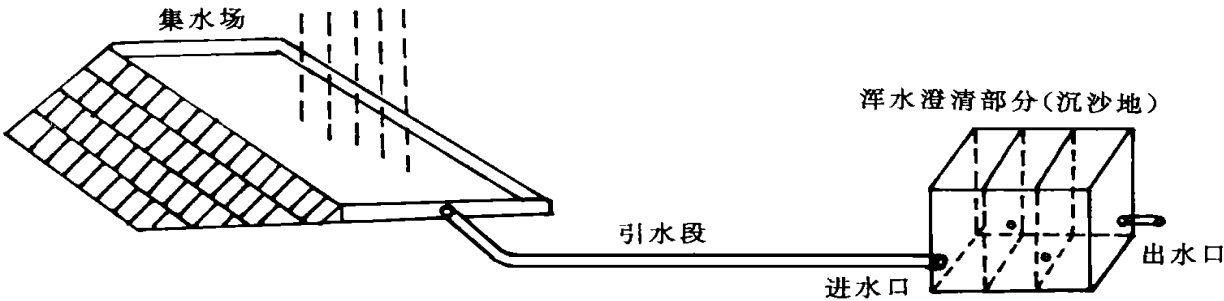


图 1 沉沙池试验工作简图

通过对各种沉沙池模型进口与出口处所取水样含沙率的测定, 可求得其相应的沉沙效率。沉沙效率越高, 表明其结构形式越合理, 亦即对沉沙池结构形式进行了优化。在此基础上, 再将其中较优的 2 种结构形式应用到实际中, 以作为验证、示范及推广样板。

## 2 试验设计与方法

沉沙池结构的优化研究, 可结合集水场的多雨强试验同时进行。

首先, 根据径流小区 (集水场试验模型, 为 5 棵露夯实黄土面) 集流面积 ( $7.2 \text{ m}^2$ ), 按比例制作沉沙池模型, 其基本尺寸为  $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$  (长  $\times$  宽  $\times$  高)。内部可进行不同结构形式设计, 预留进水口与出水口。

其次, 在人工降雨条件下, 给定不同的雨强条件 (可由小到大取 6 ~ 7 种不同的雨强), 将集水场汇集的径流通过引水管与各种沉沙池的进口相连。试验过程中应在各种沉沙池的进、出水口处取样, 以测定各自的含沙率, 计算出相应的沉沙效率, 进而遴选出结构优化的沉沙池模型。

### 2.1 沉沙池模型结构形式

现给出 6 种沉沙池设计模型的具体形式 (图

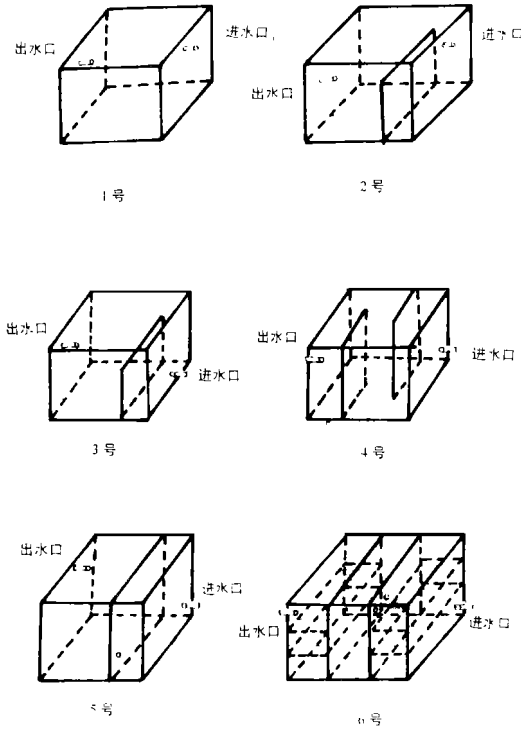


图 2 沉沙池模型示意图

2)。

1 号: 为沉沙池基本模型, 内无隔板, 进水口位于右侧壁中线, 距顶部 5 cm 处; 出水口位于左侧壁中线, 距顶部 8 cm 处。孔径均为 2 cm。

2 号: 在沉沙池基本模型的基础上, 内设一隔板, 隔板与右侧壁平行, 相距 13 cm ( $\frac{L}{3}$ ), 高 23 cm, 进、出水口位置与 1 号模型相同。

3 号: 基本形式与 2 号模型相似, 不同之处在于进水口为距底部 5 cm 处。

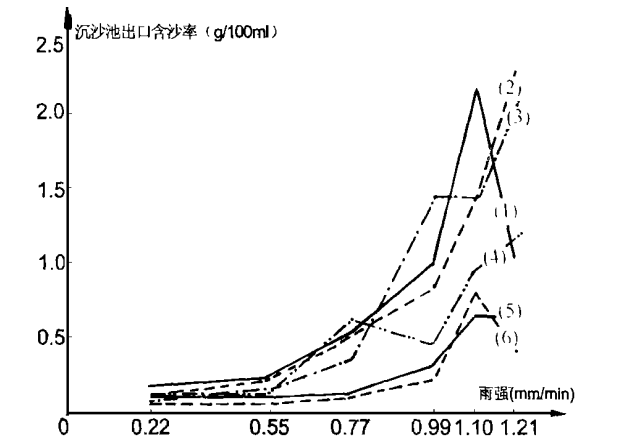


图 3 不同结构型沉沙池模型出口含沙率与雨强关系曲线图

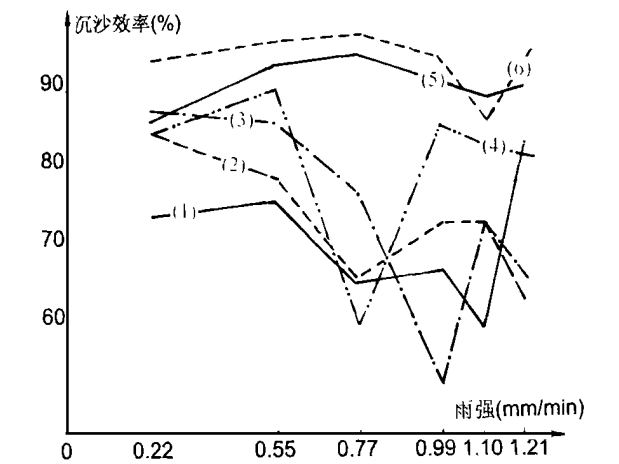


图 4 不同结构型沉沙池模型沉沙效率与雨强关系曲线图

4 号: 在沉沙池基本模型的基础上, 内设两块隔板, 沿沉沙池长度方向均匀布设。隔板高 30 cm, 宽 35 cm, 留出 5 cm 空隙让水通过。进、出水口与两块隔板的布设应使得池内水流呈“S”形流过, 尽可能延长水的流路。且进水口位于右侧壁右下角 5 cm × 5 cm 处; 出水口位于左侧壁左上角 5 cm × 5 cm 处。

5 号: 在沉沙池基本模型的基础上, 内设一与沉沙池侧壁尺寸完全相同的隔板, 将沉沙池一分为二, 进水口部分占 1/3, 出水口部分占 2/3, 进水口位于右侧壁右下角 5 cm × 5 cm 处, 隔板水孔位于板的左下角 5 cm × 5 cm 处, 出水口位于左侧壁右上角 5 cm × 5 cm 处, 同样为使池中水流呈“S”形流动。

6 号: 在沉沙池基本模型的基础上, 内设两块隔板, 将沉沙池完全隔开, 分为大小相同三部分, 为提高其沉沙效率, 在两边隔槽内分别设置两层纱网, 两侧壁与隔板呈对角开孔, 且上部开孔应在上层纱网之上。

2.2 试验选型

沉沙池模型的结构形式给出后, 即可依照前述程序进行沉沙试验研究。通过分析计算各种形式沉沙池沉沙效率的大小, 确定出最优结构形式。

各种沉沙池模型试验结果如表 1 所示。

表 1 不同雨强条件下沉沙池进出口含沙率及沉沙效率计算分析

雨强/(mm·min <sup>-1</sup> )	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号
0.22	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
	0.18	0.11	0.09	0.11	0.10	0.05
	72.73	83.33	86.36	83.33	84.85	92.42
0.55	0.99	0.99	0.89	0.99	0.99	0.99
	0.25	0.22	0.15	0.11	0.08	0.05
	74.75	77.78	84.85	88.98	91.92	94.95
0.77	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
	0.52	0.51	0.35	0.60	0.10	0.07
	64.64	64.83	75.86	58.62	93.10	95.17
0.99	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88	2.88
	0.98	0.81	1.39	0.45	0.29	0.21
	65.97	71.88	51.74	84.38	89.93	92.71
1.10	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11	5.11
	2.13	1.44	1.42	0.93	0.63	0.77
	58.32	71.82	72.21	81.80	87.67	84.93
1.21	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84	5.84
	1.0	2.19	2.05	1.14	0.63	0.41
	82.88	62.50	64.90	80.48	89.21	92.98
平均沉沙效率/%	69.80	72.02	72.65	79.58	89.45	92.19

表格中“雨强栏”相应数据的含义为: 沉沙池进口含沙率  
备注: ( $\frac{g}{100\text{ ml}}$ ) 沉沙池出口含沙率( $\frac{g}{100\text{ ml}}$ ) 沉沙池的沉沙效率(%)。

3 结 语

通过以上试验研究发现, 在黄土干旱山区, 考虑当地的具体条件, 遵循经济、合理与实用的原则, 在具体实施旱井集雨系统时, 可修建一个 5 左右的裸露夯实黄土面集水场, 并配置一个结构优化的沉沙池(如本文的第  $\frac{1}{2}$  或第  $\frac{3}{4}$  种模型)。这样, 即可达到最大限度地提高沉沙效率的目的, 使旱井集蓄尽可能清的雨水, 从而满足节水系统灌溉要求, 并延长旱井的使用寿命。

(下转第 59 页)

全部底施的基础上, N 肥在施用时期上, 以 30% 作基肥, 70% 拔节期重追, 肥料报酬最高, 穗粒数可增加 166. 6 粒, 千粒重提高 17. 8 g, 可达 9 750 kg/hm<sup>2</sup> 以上, 增产 37. 8%。

3. 1. 4 沟谷地玉米中后期补灌洪淤增产显著 玉米生长中后期小水补灌和洪水淤地增产显著。在需水最关键的小喇叭口时期利用小泉小水补灌适量水, 可增产玉米 2 171. 5 kg/hm<sup>2</sup>, 增产率可达 89. 27%, 灌水生产效率为 3. 217 kg/mm; 增产主要在穗部结构上, 穗长增加, 秃尖减少, 穗粒数和千粒重增加, 且补灌可大大提高肥料的增产效应, 磷肥提高 95. 1%, 氮肥提高 28. 3%。玉米生长中后期洪淤可增产 19. 7% ~ 38. 7%, 0 ~ 60 cm 土壤贮水量可增加 69. 9 mm, 为来年抗旱增产创造了有利的土壤水分条件。

### 3. 2 沟谷地玉米生态抗逆高产栽培技术体系及其技术规范

根据以上研究结果, 我们以充分发挥沟谷地的生态优势和育壮苗、攻大穗、增粒重的玉米高产规律为结合点, 组建了以秋耕顶覆保全墒, 选用紧凑型“三大”品种, 施足底肥重攻拔节肥、利用径流洪淤补灌等四项技术为核心的生态抗逆高产栽培技术体系, 其栽培技术操作规范是:

3. 2. 1 秋耕顶覆保全墒技术 秋收后趁墒秋耕翻 25 cm 深, 并按 100 cm 宽起 10 cm 高的沟垄, 待来

春顶凌期表墒尚饱时修垄覆膜; 4 月下旬在膜上打孔播种两行玉米, 膜上两行玉米宽 40 cm, 株距 33. 3 cm, 每穴播籽 3 ~ 5 粒, 播深 6 ~ 8 cm, 种籽要求药剂包衣; 出苗后及时疏苗, 为防晚霜冻害发生, 5 月中旬视天气情况再定苗, 留苗密度为 60 000 株/hm<sup>2</sup>; 为了提高覆膜的增温保墒育壮苗的效果, 及时整膜和封口, 以闷死萌发的杂草。

3. 2. 2 选用紧凑型“三大”高产玉米品种 选用紧凑型的大穗、大粒、大日期的“三大”玉米高产品种晋单 35、农大 108 等。

3. 2. 3 施足底肥, 重攻拔节肥的施肥技术 沟谷地高产玉米最佳施肥量为 N 411. 6 ~ 512. 0 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240. 6 ~ 278. 9 kg/hm<sup>2</sup>, 有机肥 35 404. 7 ~ 55 844. 7 kg/hm<sup>2</sup>。其中磷肥、有机肥全部底施, 氮肥 30% (约 123 kg/hm<sup>2</sup>) 底施, 其余 70% (约 290 kg/hm<sup>2</sup>) 留作拔节期追肥施用。

3. 2. 4 抓住时机进行洪淤补灌 6 ~ 7 月份是旱季, 利用小泉小水补灌, 在土地不平整难以进行灌溉的地块, 可开展小型管道式活动喷灌, 解决前期干旱问题。另外, 径流洪水是个季节性的丰富水资源, 6 月中下旬一般就有一两次降雨发生, 7、8 月更是大雨、暴雨发生的主要季节, 及早修整渠系和进排水口, 抓紧时机进行补灌, 一般于玉米中后期洪淤一到两次是可能的, 另外对一些低洼地块, 也要注意及时排水, 防止玉米遭受渍害。

#### 参考文献

1 何启明. 旱作沟垄地膜覆盖农田气候工程集水率的计算及其效应评价[J]. 干旱地区农业研究, 1992, (10)

(上接第 31 页)

#### 参考文献

1 李克煌. 论降雨径流的集存[J]. 水土保持学报, 1994, 8(8)  
2 王文龙, 等. 黄土高原雨水人工汇集研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(2): 77 ~ 81  
3 李占斌, 等. 干旱半干旱地区雨水利用实验研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(5): 73 ~ 78  
4 水利部农村水利司. 节水灌溉技术标准选编[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998  
5 王文焰, 等. 黄土浑水入渗能力的试验研究[J]. 水土保持学报, 1994, 8(1): 59 ~ 62  
6 段喜明, 等. 晋西黄土残塬区旱井集雨技术研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(3)