

# 黄土高原地区山坡地雨洪径流优化集存技术

## ——池窖联蓄系统研究初报

陈智汉 冉大川 闫晓玲 邱宇宝

(黄委会西峰水土保持科学试验站 甘肃西峰 745000)

**摘要** 对黄土高原地区山坡地雨洪径流优化集存技术——池窖联蓄系统基本涵义、研究背景、设计思路、系统组成、功能特点及设计要点等作了较为详细的介绍。初步试验证明:本系统具有充分拦蓄、有效分离、分区贮存雨洪径流和泥沙的显著优点,是黄土高原干旱半干旱地区提高水资源效率、治理水土流失、改善生态环境和实现经济可持续发展的有效措施,建议在同类地区示范推广。

**关键词** 山坡地雨洪径流 优化集存 池窖联蓄系统

## The Collecting and Storing Flood Runoff Technology in Slopeland

### ——Associated Storing Water System of Pool-vault

Chen Zhihan Ran Dachuan Yan Xiaoling Qiu Yubao

(Xifeng Soil and Water Conservation Scientific Research Station,

Yellow River Management Committee Xifeng Gansu 745000)

**Abstract** The basic meaning, research background, design thought, system composition, function character, and design point of associated storing water system of pool-vault were studied in slopeland. The primary research results revealed this system had possessed such functions of adequately storing and effectively separating flood runoff, might increase precipitation use rate, control soil and water loss, improve ecological environment, and might carry out economy sustainable development in semi-arid and arid region.

**Key words** flood runoff in slopeland optimal collection associated storing water system of pool-vault

## 1 池窖联蓄系统基本涵义、研究背景及设计思路

### 1.1 系统基本涵义

池窖联蓄系统是涝池——水窖联合蓄水系统的简称。它是将我国西北黄土高原干旱半干旱区广泛应用的涝池、水窖等原本单独修建、单独运用的传统蓄水设施优化配套修建于一处,从而

实现联合蓄水的新型水土保持工程措施。

## 1.2 系统研究背景

位于甘肃省陇东北部干旱山区的环县、华池二县为严重缺水区,列属甘肃省18个干旱县。这里的群众自古以来饱尝生产、生活用水严重匮乏的辛酸。千百年来,他们为解决水问题采取了不少措施,其中又以修水窖、涝池等长、短期蓄水设施为主,但仍摆脱不了严重缺水的困境。作者曾于1986~1988年在从事陇东北部干旱山区水窖、涝池利用现状调查研究中发现,造成该区有窖无水、窖池毁坏严重的一个根本原因在于传统的拦蓄洪水方法存在严重弊端,制约了该区雨水资源开发利用率的提高。

## 1.3 系统设计思路

针对陇东北部黄土高原半干旱区群众在利用涝池、水窖等蓄水设施拦蓄天然雨水(尤其是汛期暴雨洪水)径流中普遍存在的问题,通过对该区在降水、径流、集流面类型、涝池、水窖特点及雨水径流拦蓄方式等方面所存在的利弊性分析的基础上,按照最大拦洪、最优蓄清和蓄水拦沙时空错位的原理和思路,探讨本系统的设计方法。其设计基本思路是:

1.3.1 降水产流特征分析 已有研究成果表明:黄土高原干旱半干旱地区的雨水径流主要是由每年汛期(5~10月)少数几次中、高强度的大雨或暴雨所产生。一般汛期径流可占到全年的80%~90%,且主要集中在6~8月份,其暴雨频率可达89.8%~95.0%。说明汛期雨洪径流是该区发展集雨灌溉农业的主要雨水资源。但汛期雨水径流多为高含沙水流,一般含沙量为300~500kg/m<sup>3</sup>,严重的可达到1000kg/m<sup>3</sup>,若直接蓄洪极易对水窖等贮水设施造成严重淤损,应采取水、沙分离措施。

1.3.2 集流面类型分析 该区全境几乎全部为黄土覆盖的疏松型土质地表,自然产流率除道路、场院、村庄等人类频繁活动区较高外,一般农、林、牧地(尤其是农地)等自然集流面的产流率均比较低。在利用这些类型的土地作集流场时应适当采取人工防渗处理措施以提高产流率。目前在黄土高原地区,已开发利用的集流面以道路(包括沥青路面、土质路面)、场院(包括打谷场、居民庭院)、屋面(包括瓦质屋面、水泥砂浆抹面等)及混凝土铺衬、塑膜铺衬、原土夯实等人工防渗型集流场居多;利用天然荒坡、荒沟以及撂荒耕地、暂歇耕地等非耕作区自然产流面作为集流场地的雨水集流方式甚少,这是该区目前在发展集雨灌溉农业上开发雨水资源的一个缺陷或薄弱点。事实上,对黄土高原地区来说,衡量某地雨水资源集流拦蓄率高低的一个重要指标,是看那里非耕作山坡地产流区集流面积利用率及雨水收集率的高低。因为:(1)黄土高原80%以上的土地属于已利用的坡地和可以利用但尚未利用的荒坡等山坡地。其中大于7°的易产流坡地占总面积的55%;(2)荒坡地在黄土高原分布面积大、范围广,是该区尚未垦殖开发利用的土地资源。据调查,荒坡地在高强度降雨过程中的自然产流率可达到0.41~0.67,是黄土高原径流的主要产区;(3)作为集蓄山坡地雨洪径流的池窖联蓄系统,一般宜选择干旱缺水的丘陵山区小流域或由流域内主、支、毛沟分割的众多汇流小区为单元布设。据对以环县西北部为代表的黄土丘陵沟壑河源区众多掌地小流域调查显示:在该类流域地貌立地组成中,除流域下部以分布平坦掌耕地为主的掌面和集流槽(面积权重占15%~20%)外,其掌面以上的流域中上部梁峁坡洼区(面积权重占80%~85%),绝大部分为天然荒地,由于地表藻类植物层厚而致密,极易产生径流,具有布设此系统最理想的地形条件和集流条件。

1.3.3 涝池、水窖特点分析 涝池属于修建在地表的开敞式蓄水设施。它具有施工简单、容量大、取水方便等优点,但受蒸发、下渗影响严重,储水效率低且水质容易污染;水窖属于修建在地下的隐蔽式蓄水建筑物,由于受地温影响小,且防渗程度高,蒸发下渗损失极小,具有较高的储

水效率和稳定的储水质量,但施工略复杂,窖容较小。在实际应用中应扬长避短,发挥优势。

1.3.4 雨水径流拦蓄方式分析 目前该区仍然采用传统的来洪蓄洪方法,即在每次暴雨洪水过程中,以人工监控方式直接将雨洪径流引入水窖。近年来在兴修水窖时,虽也强调加修拦污栅、沉沙池,但因所配沉沙池容积极小(一般为 $1\sim 1.5\text{m}^3$ ),使洪水入池后尚未沉淀就因整池满溢而越池入窖。这种传统的拦蓄雨洪方式的主要弊端是:(1)因泥沙淤积造成对水窖容积的快速减少,清淤工作费劳费人;(2)一旦无人监控,往往因发生超位蓄水而引起水窖的塌陷报废;(3)当大暴雨降于夜间时,一般均因无法在现场监控而将水流截引入沟,形成对可蓄雨水的极大浪费。

根据上述分析结论,作者曾于1990年提出将涝池水窖两类蓄水设施配套修建于一处并联合运用,以实现雨洪径流、泥沙拦蓄在时空上错位这一设计思路和方案并设点试验。

## 2 池窖联蓄系统的组成及功能特点

### 2.1 系统的组成

雨水集蓄系统是雨水集流利用工程系统的重要组成部分,也是雨水资源开发利用的基础。池窖联蓄系统是雨水集蓄系统设计的最新思路和方式,其设计目的是尽量将汛期产生于集流面的径流进行拦截、集蓄、净化、贮存以供利用。本系统主要是由以涝池为代表的洪水集蓄设施和以水窖为代表的清水(即经涝池沉淀后的雨水)贮存设施配套组成。在系统中,涝池的作用主要是短期蓄洪;而水窖的作用则是长期贮水以供人畜饮用和灌溉。本系统与一般雨水集蓄系统一样,同样必须设置集流场、拦污栅、输水渠(管)、放水口等,并配备导水虹吸管,以便将经涝池沉清的雨水导入水窖。所不同的是,本系统是以拦蓄天然荒坡等非耕作型自然集流面雨洪径流为主,对集流场一般不进行人工防渗处理。但为了提高集流场产流效率,也不排斥采用人工防渗措施处理集流场,只是要求所采用的提高产流效率的措施必须以不长久占用和污染集流区土地为前提,如自然植被管理、化学材料处理等方法均可采用。

### 2.2 系统功能特点

本系统的核心技术在于解决了拦洪蓄水与防冲防淤的矛盾。具体讲就是:在历次可产径流的降水(特别是大雨或暴雨)过程中,先将洪水拦蓄于涝池(或蓄水堰)这些开敞式蓄洪建筑物中,首先让洪水中的泥沙在涝池中尽可能的沉淀一段时间(一般为 $24\sim 36\text{h}$ ),然后再通过输水渠或导流虹吸管将经涝池沉淀的清水或半清水(含沙量小于 $5\text{kg}/\text{m}^3$ )导入水窖。这种给水窖配修涝池的集存洪水方式具有以下特点:(1)可根据需要做到充分拦洪贮水,大幅度提高雨洪利用率,保证生产、生活对水窖要求的需贮水量和质量;(2)基本消除了泥沙对水窖的严重淤损,既节省窖容,又节省人力。虽然涝池中的淤泥尚需定期掏挖,但省工省事且被清除的淤泥尚可作为加固涝池或填沟造地的土料;(3)用户可根据生产、生活需要,在庄前屋后或农田区有利地形处布设本系统。池、窖数量可多可少,容积可大可小。既可一池一窖配套,也可一池多窖或多池多窖配套,以形成可供大田灌溉的供水网络;(4)因拦洪水和蓄清水有了时间差,用户只需要在雨后方便的时候到现场向水窖导水,避免了以往怕放水过量泡塌水窖而必须在降雨径流阶段守候现场收水的被动局面,也避免了暴雨洪水对人的危害;(5)本系统在千家万户、千沟万壑的实施,将实现大范围分散减流减沙的目的。

## 3 池窖联蓄系统工程设计要点

### 3.1 系统选址原则

本系统选址应主要考虑以下4个方面:(1)集流面汇流条件优越;(2)有设计要求的集流场面

积;(3)有修建涝池、水窖的有利地形和结构良好的土质;(4)蓄水区与用水区应保持一定高差,以便自压供水。

### 3.2 系统建筑物型式选择

3.2.1 涝池类拦洪设施 以涝池为主,在以小流域(或小汇流区)为独立集流单元时,拦洪宜采用在集流槽修微型坝堰拦洪工程。

3.2.2 水窖类贮水设施 以水窖为主,对宜发展集雨灌溉的地方,可建容积较大的水窖或混凝土蓄水池。

3.2.3 输水、导水、供水设施 以敷埋塑料管道为主。

### 3.3 系统建筑物大小确定

3.3.1 集流场面积的确定 根据宁夏、甘肃等地雨水集流工程的经验,集流场的面积可按下式计算:

$$W_d = R_p \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i$$

式中:  $W_d$  ——集流场全年集流量;  $R_p$  ——对应于某一频率的全年降水量;  $A_i$  ——场内某种集流面的面积;  $n_i$  ——该种集流面的全年集流效率;  $n$  ——集流面种类。

3.3.2 拦洪涝池容积的确定 按 20a 一遇最大 24h 降水量的设计集流面上的产洪量确定,其单池容积可按下式计算:

$$W_{P(5\%)} = R_{P(5\%)} \cdot \sum_{i=1}^n A_i \cdot \eta_i + W_{防} + W_{淤}$$

式中:  $W_{P(5\%)}$  —— $P = 5\%$  的 24h 最大降水过程中的单池容积(拦洪量);  $R_{P(5\%)}$  —— $P = 5\%$  的 24h 最大降水量;  $A_i$  ——场内某种集流面面积;  $\eta_i$  ——该种集流面在  $P = 5\%$  的 24h 最大降水量下的产流系数;  $W_{防}$  ——涝池防洪容积;  $W_{淤}$  ——涝池允许最大淤积容积,  $W_{防}$ 、 $W_{淤}$  一般各取单池拦洪容积的 10%。

单个涝池容积一般宜确定在  $50 \sim 100 \text{m}^3$ , 最大  $200 \text{m}^3$ 。当拦洪量大于  $200 \text{m}^3$  时,应分池拦蓄,当拦洪量大于  $500 \text{m}^3$  时应采取修微型坝堰方法拦蓄。

3.3.3 水窖总容积、单窖容积的确定 水窖总容积应按总用水量确定。单窖容积一般为  $20 \sim 30 \text{m}^3$ , 大于  $50 \text{m}^3$  多采用窑窖或砣蓄水池。

### 3.4 系统主要建筑物结构形式

(1)涝池的结构形式一般选用类似半球体开挖内衬式。池底部宜采用粘土胶泥填层防渗、三合土填层防渗等;池壁可用塑膜围衬防渗。

(2)水窖的结构形式较多。按窖体几何形状分,有圆筒形、酒瓶形、方形和窑洞形等;按防渗层材料分,有胶泥窖、砣薄壳窖、砖砌窖等。目前常用水窖大多为砣薄壳水窖。

## 4 池窖联蓄系统的几种主要形式

本系统依据修建目的、配套规模、集流面类型等因素,可分为以下 3 种形式:

### 4.1 庭院型

本型池窖联蓄系统一般是 1 个涝池与 2~3 个水窖相配套。其拦洪涝池容积  $30 \sim 50 \text{m}^3$ , 水窖总容积  $60 \sim 100 \text{m}^3$ , 单个水窖容积  $20 \sim 30 \text{m}^3$ , 年调蓄水量  $100 \sim 150 \text{m}^3$ 。除满足人畜饮水外,可发展  $0.1 \sim 0.2 \text{hm}^2$  庭院经济,在黄土高原农村可家家户户实施,类似甘肃省的 121 雨水集流工程。

(下转第 72 页)

生产要求,梨生产具有广阔的前景。另外,苹果栽培技术的普及也为梨栽培技术的提高创造了条件。在梨生产中积极采用包括抗旱栽培技术在内的新技术将大有作为。应用抗旱技术措施,能有效提高水分利用效率,缓解水资源的供需矛盾,并对促进树体生长发育具有明显的效果。在积极推广其他栽培管理技术的同时,也要综合应用推广聚流、节灌、整地、覆草、覆膜等技术措施,促进梨生产持续发展。根据果业生产趋势,天水地区的梨树也应按矮化、密植、早果、优质、减少成本、集约化发展趋势确定其发展目标。即:发挥自然优势,针对市场要求,发展对路产品;大力加强技术培训;提高管理水平,努力提高单产;搞好优质示范园,引导广大果农依靠科技进步,提高果园效益。

(上接第39页)

所不同的是:本系统配有拦洪涝池,集流场大多选用荒坡荒洼或小道、胡同等自然集流面。特别适应丘陵山区居住分散的农户充分利用庭院周围的有利地形条件发展自压节灌型庭院经济。

#### 4.2 路边型

本型池窖联蓄系统一般是1个涝池与3个以上水窖相配套。其拦洪涝池容积 $50\sim 100\text{m}^3$ ;水窖总容积 $200\sim 300\text{m}^3$ ,单个水窖容积 $20\sim 50\text{m}^3$ 不等,大于 $50\text{m}^3$ 宜修水窖或砼蓄水池,年调蓄水量 $500\text{m}^3$ 以上,是一种可利用主公路沥青路面及乡、村公路土质路面等条带形集流面实施的路边型雨水集流工程。它可以充分利用道路产流在两边集水排洪沟汇集的径流及有利地形进行集流拦蓄,如通过对路边集水沟、涵来水的疏通和连网,大多可形成集水量相当可观的供水单元,是发展路边型节水灌溉业、开发雨水资源的有效措施。

#### 4.3 流域型

本型池窖联蓄系统一般是由两个以上池窖联蓄子系统构成的池窖联蓄网络。其拦洪涝池单池容积 $100\sim 200\text{m}^3$ ,总容积 $500\sim 1\ 000\text{m}^3$ 以上,所有涝池大多分布于流域支沟集流槽旁。在集流面积大于 $1\text{km}^2$ 的集流单元中,多用蓄水堰拦洪,其拦洪容积一般均大于 $500\text{m}^3$ 以上;水窖的总容积可达 $1\ 000\sim 2\ 000\text{m}^3$ ,单个水窖(或水窖)容积 $20\sim 100\text{m}^3$ 不等,年调蓄水量可达 $2\ 000\text{m}^3$ 以上。是一种可以用小流域上中游水路网分割的汇流小区为集流单元的流域型雨水集流工程。它可以因地制宜,充分利用流域各集流单元的自然汇流条件分散拦蓄、联网使用,发展较大规模的旱区绿洲高效节灌农业及林果业,特别适用于山区经济开发和小流域综合治理。

## 5 启示与建议

(1)介绍的池窖联蓄系统对拦蓄天然雨洪径流优势明显,是我国黄土高原乃至整个北方干旱半干旱地区充分、优质、高效开发利用雨水资源的新思路、新措施。

(2)建议进一步开展深化研究。