

文章编号: 1007-4929(2006)06-0065-03

# 渭北黄土台塬灌区雨水资源化的途径

李 奔<sup>1</sup>, 刘雪松<sup>2</sup>

(1. 水资源与水电工程科学国家重点实验室 武汉大学, 湖北 武汉 430072;

2. 中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北 保定 071051)

**摘 要:**渭北黄土台塬, 地处渭河北岸的黄土高原边缘区, 年均降水量仅为 400 mm, 而且时空分布不均, 汛期时雨水集中且多暴雨, 易造成洪涝灾害, 雨水资源大部分被流失掉。冬春季节, 干燥少雨, 造成灌区用水紧张。该地区雨水资源化的途径主要有雨水汇流集蓄和坡田改造等工程措施, 以此充分利用雨水资源, 加强雨水资源的季节调控, 对缓解灌区用水危机具有十分重要的意义。

**关键词:**黄土台塬; 雨水资源; 季节性调控**中图分类号:** S273.1 **文献标识码:** A

## 1 渭北黄土台塬区雨水利用的可行性

### 1.1 降水和产流特性分析

渭北黄土台塬区属温带大陆性气候区, 降水的季节性明显, 雨季集中在 8~10 月, 占全年降水总量的 75%。降水初期雨水主要补充土壤干层, 中、后期为超渗产流, 雨水大量流失, 雨后裸露的土壤很快使蓄存在表层的雨水无效蒸发掉, 并且雨季多以暴雨形式出现, 产流形式主要是超渗产流, 雨水资源大部分以洪水的形式流失掉。再加上黄土的直立性特征很容易在暴雨时发生水土流失, 渭北黄土塬的暴雨与水土流失往往是并存出现的。当地冬春两季多风少雨, 即便是降水也因土壤表层干燥和蒸发量大而不能产流。因此雨水集蓄在兼顾水土环境的前提下以雨季为主, 作为调蓄水源供冬春两季灌区来水量不足时使用。

### 1.2 台塬区雨水资源化的可行性

雨水资源化顾名思义就是使雨水成为能够被人类利用的水源, 它是一个动态的概念。在不同时段, 由于受到自然、社会、经济及环境等因素制约作用, 可开发利用的雨水资源是不同的, 并且是有限的。雨水资源是一种可再生性资源, 具有可通过下渗形成土壤水储存, 受重力、地形和气候影响, 兼有可分配性和蒸发性的特点, 有研究表明雨水资源的可再生周期为 10 d<sup>[1]</sup>。具体到台塬区, 它处在黄土高原的南缘, 北距渭河较远, 汛期多雨, 而冬春少雨, 灌溉用水采用井渠交替灌溉方式仍显水源不足, 雨水资源成为本区的主要补充水源。自然条件下, 由于地下水埋藏深, 雨水入渗补给路径较长, 补给量小<sup>[2]</sup>,

大部分雨水资源以径流的形式排泄掉, 造成水资源的大量浪费。因此通过工程和技术措施使本区雨水资源化, 加强本区水资源调节功能是可行的。

## 2 雨水资源化的途径及措施

黄土台塬区雨水资源化包括区内硬化区域的雨水利用和坡地农田的雨水利用 2 个方面, 若在区内实现雨水资源化, 必须根据区内的实际状况建立相应的雨水利用方案。

### 2.1 灌区硬化区域的雨水利用

渭北黄土台塬灌区的硬化区域主要是区内各种硬化路面以及农民的房屋场院。灌区内的道路按不同的路面覆盖材料, 分为柏油路、水泥路和夯实的黄土路。雨水降落在硬化区域上, 渗漏损失量最小, 产流量最大, 因此硬化区域是雨水集蓄的最佳场所。硬化面的雨水集蓄工程主要由汇流面、汇流槽、输水管、沉淀池和集蓄池构成。见图 1。汇流面的收集雨量可用式(1)计算<sup>[3]</sup>。

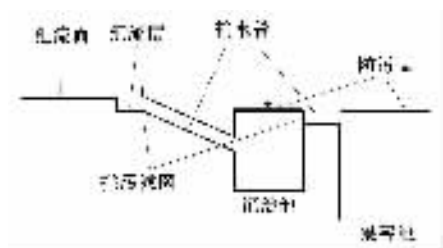


图 1 硬化面雨水集蓄工程示意图

$$M = k \times \frac{R}{1000} \times S \quad (1)$$

收稿日期: 2006-05-08

作者简介: 李 奔(1980-), 助教, 博士研究生, 主要研究方向为河流管理与水利史。

式中:  $M$  为收集水量,  $\text{m}^3$ ;  $k$  为有效集蓄系数;  $R$  为降水量,  $\text{mm}$ ;  $S$  为集水面积,  $\text{m}^2$ 。

汇流面的集流效率与汇流面类型、降雨特性和集流面坡度大小等因素有关。在同样降雨条件下,不同类型的硬化面产生的径流量不同。即使是相同的硬化面,受降雨强度的影响也有差异。这在式(1)中主要体现在有效集蓄系数  $k$  上。表1给出了人工降雨条件下,令雨强为  $0.77 \text{ mm/min}$ ,总降雨量为  $38.5 \text{ mm}$  时,不同覆盖材料的硬化面在  $5^\circ \sim 20^\circ$  坡度下相应的  $k$  值(灌区内大部分硬化面坡度都小于  $20^\circ$ )<sup>[4]</sup>。由表1可以看出一般说来较为光滑密实的柏油面 and 水泥面汇流性能比较优异,但是硬化面的坡度与  $k$  值并不呈线性关系,从作用机理分析,降雨量一定时,单位坡面的受雨量随坡度增大而减少,因此产流量会减小;但另一方面,随着坡度的增大,径流在坡面上停留的时间变短,入渗减小,产流量增大。可见,产流量随坡度变化的正负效应同时存在。

表1 不同坡度和不同覆盖材料的  $k$  值

| 坡度( $^\circ$ ) | 水泥面  | 柏油面  | 裸露夯实黄土面 |
|----------------|------|------|---------|
| 5              | 0.82 | 0.79 | 0.78    |
| 10             | 0.83 | 0.81 | 0.74    |
| 15             | 0.83 | 0.81 | 0.71    |
| 20             | 0.82 | 0.78 | 0.69    |

另外受降雨量强度大小的影响,相同硬化区域上的  $k$  值也有所不同,并且对于硬化效果较差的夯实土路和以三合土为覆盖材料的路面来说,还存在着路面冲刷,会产生相当数量的沙土随雨水流进沉淀池,因此确定受雨强影响的  $k$  值和雨水冲刷产生沙土的状况,对确定沉淀池的清理周期很有必要。对渭北黄土塬来说大部分硬化区域为裸露的夯实黄土路面,坡度较缓,表2给出了不同降水强度,硬化面坡度为  $5^\circ$  情况下,夯实黄土面的  $k$  值和产沙率<sup>[4]</sup>。

表2 不同雨强坡度为  $5^\circ$  裸露夯实黄土面的  $k$  值和产沙率

| 雨强/( $\text{mm/min}$ ) | $k$ 值 | 产沙率/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |
|------------------------|-------|---|
| 0.33                   | 0.67  | 6.63                                    |
| 0.55                   | 0.75  | 9.87                                    |
| 0.77                   | 0.78  | 14.52                                   |
| 0.99                   | 0.79  | 28.81                                   |
| 1.10                   | 0.81  | 51.13                                   |
| 1.21                   | 0.82  | 58.38                                   |

集蓄池的容量设计参照当地的降水特点、硬化面的面积以及灌区用水制度用式(2)来确定<sup>[3]</sup>。

$$V_j = M + Y - C - V_c \quad (2)$$

式中:  $Y$  为汛前蓄水量,  $\text{m}^3$ ;  $V_j$  为蓄水池容量,  $\text{m}^3$ ;  $V_c$  为沉淀池容量,  $\text{m}^3$ ;  $C$  为用水量,  $\text{m}^3$ 。

式(2)中收集水量  $M$  以灌区多年(30a)汛期降水量中最大的季为基准,沉淀池根据汛期月平均随雨水进入池中的沙土量为参照,以沙土淤积量不超过沉淀池的  $5\%$  为标准。沉淀池的淤泥清理周期,汛期的  $8 \sim 10$  月以月为周期,其余月份根据实际情况机动清理。

渭北黄土塬降水特点是  $8 \sim 9$  月的降水占全年的  $75\%$ ,而在春季,降水偏少,蒸发量大。另外地下水经过秋冬灌已下降很快,若春灌继续以井灌为主,则有可能使地下水位下降至管井抽水极限,造成水泵吊空,影响管井使用寿命。因此集蓄的雨水资源应作为季节性调节水源使用,即雨季水量丰富,灌溉水源充足,此时雨水以蓄为主,严格控制用水量  $C$ ; 春季灌区来水不足时,灌溉采用集蓄的雨水和地下水结合灌溉的方式,以减轻井灌的压力。当然紧靠灌区硬化面蓄积的雨水资源是非常有限的,为了使雨水资源得到最有效的利用,农业灌溉应当采用非充分灌溉和限额灌溉理论和坐水种、点灌、膜下滴灌和微喷灌等节水灌溉措施。

## 2.2 坡地农田的雨水利用

渭北黄土塬灌区,地形总体平缓,与平原地区相比,具有一定坡度。分布在坡地上的耕地主要是畦块状分布,遇到暴雨时,冲刷强烈,农田作物损失严重,并且产生水土流失,泥土伴随雨水流动,大片的淤积农田。由于坡形耕地滞水能力较差,土壤表面的干层有时还来不及饱和,就及早的出现超渗产流,使土壤蓄存雨水转化为土壤水的能力大打折扣,雨水资源大部分以坡面流的形式浪费掉。因此,对坡形耕地进行工程改造,增大土壤蓄存雨水资源的能力,减少暴雨对农田的侵蚀与破坏,提高雨水资源利用效率十分必要。其主要工程措施主要包括改坡状农田为小高度(梯田高度)、低密度(阶梯数目)的层层递推状的梯田以及每层梯田配套的排水沟与蓄水池。为防止蓄积的雨水发生无效渗漏和池内雨水对耕种层的长期渗透浸泡,应将池壁进行衬砌。通过对坡形耕地改造,增加了田间的蓄水能力,农田中多余的雨水也可蓄存起来以备旱时使用,虽然短期内进行农田改造需要一定的财力和物力,但从长期来看,对缓解灌区用水紧张,节约用水成本来说,仍具较大潜力。

农田的雨水利用除对耕地本身的考虑外,田间作物的种植方式也有雨水资源化的空间。目前,灌区农民为增加农业的经济收入,大面积的种植大棚蔬菜以及大棚花卉药材等经济作物。大棚里蔬菜和花卉等作物对水的需求是量大且灌溉次数多,如果单纯依靠渠灌或井灌,不但使灌溉成本增加,而且遇到井泵损坏或灌区渠水不足时,大棚作物得不到及时灌溉,会直接影响其产量,从而影响到农民的收入。因此,对于大棚种植来说,应充分利用大棚的塑料覆盖膜截取雨水,就地建造水窖,将水蓄存起来。根据试验,塑料薄膜在平面状态下,截取雨水的能力可达到  $97\%$  以上,就是做成大棚形状,其截取能力也能达到  $85\%$ ,具体水窖的设计可参考式(1)和式(2),只不过集水面积  $S$  在通常情况下采用雨水在大棚上的正投影面积。

## 3 区内雨水资源化存在的问题

渭北黄土塬地区雨水资源的潜力很大,发展前景广阔,对缓解灌区的用水矛盾,节约灌溉成本意义重大。但是灌区现行的法规政策,用水体制还不完善,技术条件还不成熟,农民对雨水的认识还存在误区,所以雨水资源化在灌区内的大范围推广还存一定问题。

### 3.1 认识上存在误区,雨水资源化的积极性不高

渭北黄土塬灌区内居民主要是农民,他们文化程度相对较

低,对雨水的认识还停留在传统的概念上,即天上下雨地下流,雨多涝灾,雨少旱灾。对于雨水资源化,使其转化为一种可以用来灌溉和日常用途的水源,还未能农民头脑中形成一种认可,在他们看来地表水和地下水作为可使用的资源是天经地义的,从而忽略了雨水的作用。另外地方政府部门也并不重视雨水的利用,宣传力度不够;灌区管理部门因担心大力发展雨水利用事业,使农民降低对灌区来水需求,而影响到本单位利益等诸因素使雨水资源化难以付诸实际,导致各方对雨水资源化的积极性不高。

### 3.2 缺乏科技资金投入,技术水平仍需完善

虽然说雨水资源化在国内已有不少地区投入大量人力财力进行研究,并且个别区域进入实际利用阶段。但是这些大部分突出的集中在经济较为发达的地区,尤其是以城市雨水利用为主的领域(比如北京市)。具体到渭北黄土台塬灌区来说,其地处内陆经济欠发达的陕西省,又是相对落后的农村地区,不但经济力量不足,而且也难以引起地方政府注意。因此在区内雨水资源化的研究和实际操作上,科技资金的投入相对缺乏,资助农业雨水利用科研项目相对较少,难以激发广大科技工作者在此方面的研究兴趣,因而雨水利用水平较低,许多技术细节仍需不断完善。

### 3.3 灌区在雨水资源化的管理上缺乏经验

目前灌区用水管理,主要是以灌区管理局为主,地方政府为辅的管理模式进行日常管理。由于灌区管理部门习惯了渠灌的用水管理,并且形成了一套行之有效的管理制度,使之对雨水利用的关注程度不够。加之雨水资源化,并不是农民个体力量所能完成的,它涉及到地方政府、农民和灌区管理局等方方面面。最主要的是雨水利用设施的投资方式及其日常维护、雨水水权的归属以及所收集雨水资源使用的日常管理等方面,对于灌区管理部门来说都是一个陌生领域,所以灌区在雨水资源化管理经验上的缺乏,使雨水资源化实际实施还有一定难度。

(上接第 64 页)

位矛盾,减轻干旱地区用水危机,解决人畜饮水困难,提高粮食产量,发展农村经济具有举足轻重的作用。

### 5.1 初步解决了人畜饮水困难的局面

从“121”工程到目前人饮解困工程的实施,已经 15 年了,这 15 年中先后发生了 1997、1999、2000、2001 年 4 次特大干旱和 2003 年 10 月以来的局地特大干旱,群众饮水没有发生大的问题,异地运水、送水救灾的现象基本消失。

### 5.2 促进了水土保持和生态环境建设

雨水利用工程具有集水、储水、节水灌溉等功能。以小流域为单元,进行梯田、道路、退耕还林(草)、集流场、水窖等综合治理。可有效改善当地生活水平和居住环境。会宁县大山顶小流域,涉及 3 个乡,6 个村,长期以来,实行单一治理,效果不太理想。1998 年采取高起点,高标准,统一规划,综合治理,共建成水平梯田 333.3 hm<sup>2</sup>,水窖 1 693 眼,硬化集流场 576 m<sup>2</sup>,配套引水渠 760 m,取得了良好的经济、社会、生态效益。

### 5.3 加快了农民增收的步伐

随着雨水利用规模开发和利用率的提高,农民开始备水而耕,科学种田,发展集雨节灌高效农业。景泰县利用旱沙地较

## 4 结 语

针对以上存在的问题建议尽快建立完善雨水资源化的各项政策于管理制度,把雨水作为一种宝贵的资源看待,改变民众对雨水传统的落后的认识,在广大群众中建立雨水也是资源的概念。加大科技投入力度,促进灌区雨水资源化事业发展。在雨水利用设施的投资与管理上,采用政府直接投资,农民按土地面积承包的方法,雨水资源和农民承包的土地资源捆绑在一起,消除了因农民自建蓄存雨水设施水平的差异带来的雨水利用权的依附关系,实现灌区高效利用公共雨水资源的目的。此外工程设施归国家所有,水权归农民所有,日常维护费,由承包农户承担,消除了政府在雨水利用设施建成后,对农民没有维护设施积极性的担心。这种权利明确,政府干预,农民自维护利用公共雨水资源的方式相对于政府完全干预,成本大为减少,在经济上也具有可行性,是现阶段灌区很有前景的一种利用雨水资源的方式<sup>[5]</sup>。

### 参考文献:

- [1] 刘昌明. 二十一世纪中国水资源若干问题的讨论[J]. 水利水电技术, 2002, 33(1): 15-19.
- [2] 刘俊民. 渭北黄土台塬灌区地下水及开发利用的可持续性研究[D]. 陕西杨陵: 西北农业大学, 1996, 11.
- [3] 刘雪松, 刘俊民. 利用雨水收集回用系统实现城市小区雨水资源化[J]. 人民黄河, 2005, (9 增刊).
- [4] 段喜明, 吴普特. 晋西黄土残塬区人工集流场形式优化设计[J]. 农业工程学报, 2005, 4.
- [5] 谭 荣, 曲福田. 中国西北地区公共雨水资源利用的制度均衡与改进[J]. 中国农村经济, 2005, (7).

多和井泉水、工程尾水丰富的优势,大力发展以种植瓜类、大葱、辣椒等为主的经济作物,产值平均 2.1 万元/hm<sup>2</sup>,增产值为 1.05 万元/hm<sup>2</sup>,其效益优于同类地区的水浇地。同时,由于没有了远距离、长时间的排队运水问题,从而解放了劳动力,使一部分劳动力能以外出打工来增加收入。

### 5.4 拓宽了水利发展思路

雨水集蓄利用技术的诞生和发展,实现了天然降雨的资源化,为干旱山区发展农业生产找到了一条出路。白银市大规模的开展雨水工程建设,开辟了干旱山区抓水抗旱、扶贫致富的新途径,形成了以引黄提灌工程为主,井灌工程为辅,集雨工程为补充的水利建设新格局。

### 参考文献:

- [1] 林 文,魏以听. 白银市雨水集蓄利用示范研究总结报告[R]. 白银: 白银市水局, 1998.
- [2] 魏以听. 白银市贫水富集抗旱高产栽培试验研究[J]. 中国水土保持, 2002, 24(2): 21-25.
- [3] 王子森. 白银市轮歇地塑膜集流场试验研究总结报告[R]. 白银: 白银市农业科学研究所, 1998.