

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2011.06.014

豫西山丘区雨水集蓄利用的生态功能研究

陈维杰

(汝阳县水利水保技术推广站,河南 汝阳 471200)

摘要 以多维利用雨水资源为目的,针对研究区坡面、沟道等不同的自然地貌条件,研究建立主动利用和被动利用雨水资源的两种开发模式,并通过示范区试验,初步实现人工有限干预水文循环的效果 改善灌溉条件,改良土壤成分,提高粮食单产 促进产业结构调整,稳定农业效益 调控坡面与沟道径流,减少水土流失。

关键词 雨水资源 雨水利用 集雨工程 豫西山丘区

中图分类号 :TV213.4 **文献标识码** :B **文章编号** :1004-6933(2011)06-0059-04

Ecological functions of rainwater storage in hilly area of western Henan Province

CHEN Wei-jie

(Water Conservancy and Water Protection Technical Extension Station of Ruyang County, Ruyang 471200, China)

Abstract :For the purpose of multiple utilizations of rainwater resources, this paper puts forward two development modes of the active utilization and passive utilization of rainwater resources, based on the natural geomorphic conditions of slopes and ditches in the study area. Through experiments in the demonstration area, the following effects of limited manual intervention on the hydrological cycle were preliminarily achieved :improvement in the irrigation conditions, improvement in the soil constituents, increase of the crop yield per unit area, promotion of the industrial structure adjustment, stabilization of the agricultural benefits, regulation of runoff along the slopes and in the ditches, and decrease of soil and water losses.

Key words :rainwater resources ;rainwater utilization ;rainwater collection project ;hilly area of western Henan Province

1 研究背景

豫西山丘区是我国及河南省的国土资源规划试点区,属半干旱地区,历来水资源贫乏、水土流失严重。为了揭示这一地区的水资源特点,寻找开发利用当地水资源的最佳方案,同时最大限度地遏制水土流失,河南省科学技术厅于 2003 年下达了“豫西山区雨水集蓄利用技术研究及工程示范”课题,该课题研究范围包括北界黄河、南至伏牛山岭、西到省界、东接嵩山,总土地面积约 2.68 万 km²,占全省总面积的 16%,其中山地面积为 1.598 万 km²,黄土地貌面积为 6 280 km²,河谷平原面积为 4 070 km²。该地区主要分属于淮河流域和黄河流域(含少许的长江流域),水土流失面积为 1.6 万 km²,侵蚀模数为 500 ~

2 000 t/(km²·a),个别地区超过 5 000 t/(km²·a)^[1-2]。课题组根据当地自然条件和资源分异规律,将全区划分为南部土石山区、中东部黄土丘陵区 and 灵陕黄土塬区 3 种类型,并选择淮河流域的汝阳县和新密市(代表土石山区)、黄河流域的嵩县(代表丘陵区)和陕县(代表塬区)进行试点,认为采取以山坡拦蓄降水、沟道拦蓄径流和开发山泉溪流相结合的主动利用雨水资源与坡地入渗被动利用雨水资源是豫西山丘区水资源多功能开发利用的最佳途径^[3]。豫西山丘区雨水集蓄利用模式如图 1 所示。

2 研究方法与成果

2.1 雨水资源的被动利用模式

雨水资源集蓄利用可分为被动利用和主动利用

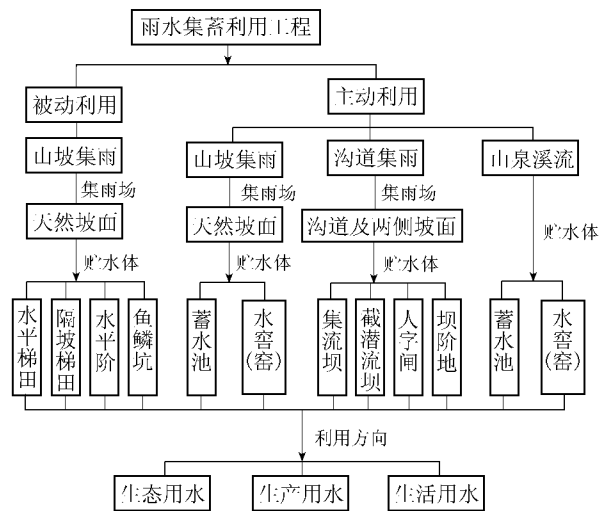


图1 豫西山丘区雨水集蓄利用模式

两大类型,两者的主要区别在于后者更强调对雨水资源的调蓄利用。一般雨水资源的被动利用是指通过一定的工程措施(如梯田、水平阶、鱼鳞坑等)改变径流产生的时间、路径及过程,尽量实现降水的就地拦蓄入渗,从而提高水分的利用效率。豫西山丘区主要是通过梯田工程改变微地形来实现这一目的的。如水利部淮河水利委员会的试点小流域——汝阳县浑椿河小流域内的石坎梯田(图2)在2003年8月29日至9月7日一次降水186.1mm过程中,产生径流的起始雨量为62mm,而同种土质类型的30°荒坡上产生径流的起始雨量则为25mm;嵩县土坎梯田(图3)的产流率仅为坡耕地的27%^[4]。

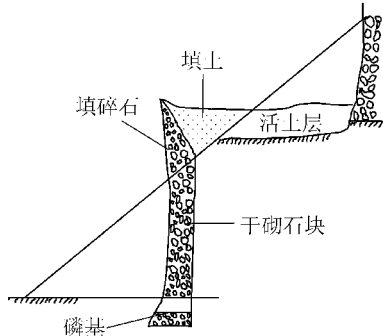


图2 弓形石坎梯田断面示意图

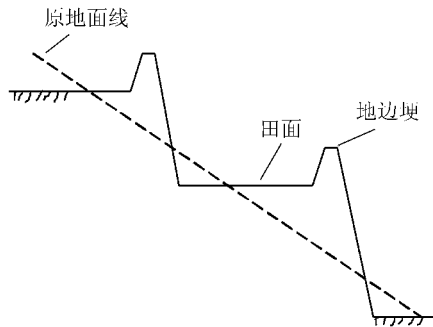


图3 土坎梯田断面示意图

豫西地区现有土、石坎梯田38.13万hm²,年均拦蓄降雨16.588亿m³,同时拦蓄泥沙约0.4亿t,水土保持生态效益十分显著^[1]。

2.2 雨水资源的主动利用模式

雨水资源的主动利用是指通过一定的工程措施,将集雨场产生的径流汇集到蓄水设施(贮水体)中再进行利用^[5],这种措施实际上改变了雨水资源在时间上的分配和转化规律,从水土保持角度看可以认为是‘就地入渗拦蓄’的进一步延伸和拓展,因而更具积极作用和意义。依据贮水体的位置与结构不同,这种模式又可分为以下3种类型。

2.2.1 坡面异地利用

在豫西山丘区,年自然降水的60%以上集中在6—9月份,而旱灾却主要发生在2—5月份。统计资料显示,春旱的发生率高达61%,初夏旱发生率也达46%,伏、秋旱发生率仅为26%~33%^[6],这样就出现了天然降水与作物生长需水的严重错位。为了提高降水在时空分配上的利用效率,豫西各地采取异地利用工程技术,即在小流域的坡面上开挖沟渠,将坡面集水引至需要灌溉的农田附近,然后建造水窖、水窑、水池等储水体,把径流蓄积起来待旱时利用。据调查,1座180m³的蓄水池(或水窖、水窑),依靠汛期蓄满一次水,可以保障0.13hm²冬小麦春旱时浇灌3遍(净灌375m³/(hm²·次)左右,非充分灌溉水利用系数0.83)^[1]。汝阳县十八盘乡马寺村西沟试验小区(3.33hm²)在坡度为30°的灌木野草坡(土质为中性岩始成褐土)上布设容积为60m³的水窖17孔,当一次降雨过程达到127mm时(>25mm时产生径流,这种情况在当地比较常见)就可蓄满水,测算降水利用率为30%^[7]。豫西地区现有水窖(窑、池)13.56万孔,总蓄水能力达1.5885亿m³,可控制有效灌溉面积3.97万hm²,已成为当地农田灌溉的主要工程形式之一^[1]。

2.2.2 沟道拦蓄利用

降水经坡面的地表径流及土壤内渗流而汇入沟道后,会形成小流域洪水,对沟床产生水力侵蚀。为防止和减轻这种侵蚀,同时有效地开发利用小流域洪水资源,使其变害为利,当地经过长期的生产实践和科学试验,探索出了一种以蓄水为主,兼具削峰、拦沙功能的小型集流坝,其不同地貌类型区的集流坝规划设计参数如表1所示^[8-9]。

表1 豫西不同地貌类型区集流坝规划设计参数经验值

地貌类型区	布坝密度/ (座·km ⁻²)	单坝适宜蓄水 规模/(m ³ ·座 ⁻¹)	坝高H与 库容V的关系
土石山区	0.50~0.60	5000~10000	$V=33H^{2.55}$
黄土丘陵区	0.70~0.75	10000~20000	$V=113H^{2.34}$

豫西地区现有各类集流坝(淤地坝、人字闸、截潜流坝等)2.44 万座,总蓄水能力达 5.6364 亿 m³,相应控制有效灌溉面积 33.25 万 hm²,是山丘区农田灌溉的主要水源工程^[1]。

2.2.3 山泉溪流利用

从传统的角度讲,一般日径流量小于 20 m³ 的山泉小溪即无开发利用价值,而山区由于岩层隙水、土壤渗水等形成的小山泉较多,且含沙率低、水质良好,容易满足分散农户的生活生产需求,因此豫西各地以解决人畜饮水困难为主,对山泉溪流进行了广泛开发。工程形式主要有两种:①“长藤结瓜”式,即先在泉水出露处建一小型蓄水池(可明可暗),然后埋管或修渠(多采用埋管以减少渗漏损失)通往用水地区。若用水户比较分散,就在管道沿线依据用户的分布情况,再布设若干个蓄水池或水窖以调蓄来水,沿线池、窖为并联关系。②“渠道带蛋”式,即先在泉水出露处建一小型蓄水池,然后埋管或修渠,并沿用水线路,每到一用水地点即设置一蓄水池,再由此蓄水池的溢水口向下一蓄水池继续埋管或修渠送水,直至终点,沿线诸池为串联关系。

3 示范区效应

地处淮河流域上游的汝阳县是‘豫西山区雨水集蓄利用技术研究及工程示范’课题选择的示范县,当地多年平均降水量为 660 mm,多年平均蒸发量为 1 165 mm,属于半干旱地区。该县自 20 世纪 80 年代后期开始,先后实施了浑椿河小流域、洪涧河小流域、玉马库西治理片等 15 条小流域治理工程。20 年来,共建成水窖(窑)2 500 孔、蓄水池 816 座、集流坝 270 座(含 3 座小水库),配套谷坊 5 000 道,增加蓄水规模 1 680 万 m³,同时修筑并保持梯田、坝地 0.67 万 hm²,这些工程连年来发挥了巨大的综合效益。

3.1 改善灌溉条件,增加谷物产量

窖(窑)、池、坝等集雨工程的直接经济效益主要是通过农田灌溉获取作物增产而实现的。为较准确地掌握灌溉水的增产数量,汝阳县水利局和十八盘乡水利站在马寺村土质、农作物类型及耕作方式等其他条件均相同的条件下,各选择 0.13 hm² 试验田进行了灌与不灌的对照,结果如表 2 所示^[10]。

由表 2 可见,当地在正常年、干旱年和丰水年 3 种典型年份中种植小麦、玉米,灌与不灌可年均单产

表 2 马寺村小麦、玉米有灌溉与无灌溉产量对照

典型年	小 麦				
	无灌溉总 产量/kg	灌溉 次数	灌溉总 产量/kg	增产量/ kg	单产增加/ (kg·hm ⁻²)
正常年(1994)	502	3	816	314	2 355
干旱年(1999)	444	3	754	310	2 325
丰水年(1996)	554	2	888	334	2 505

典型年	玉 米				
	无灌溉总 产量/kg	灌溉 次数	灌溉总 产量/kg	增产量/ kg	单产增加/ (kg·hm ⁻²)
正常年(1994)	388	2	666	278	2 085
干旱年(1999)	316	2	636	320	2 400
丰水年(1996)	476	1	700	224	1 680

增加 4 450 kg/hm²。

3.2 改良土壤成分,提高粮食单产

在修建梯田过程中,由于进行了挖、填、筑埂、平整、深翻,加之施用有机肥,从而使土壤结构变得疏松,活土层得到了加厚和熟化,土壤内微生物含量大幅度增加。登山村梯田与毗邻的干里村坡地土壤监测分析结果(表 3)证明了这一点^[11]。

梯田不仅具有良好的保肥作用,而且还可保水 180 ~ 225 m³/hm²、保土 60 ~ 75 t/hm²,从而更加有利于作物的抗灾和生长。据测算,坡地改造成梯田后,单产可增加 3 225 ~ 4 050 kg/hm²。

坝阶地的‘三保’作用比梯田更强。据测定,一般坝阶地的耕作层与上游坡面相比,细沙增加 10% 左右,黏粒含量增加 10% ~ 13%,土壤毛管持水量增加 5% ~ 6%,饱和持水量增加 8% ~ 9%。同时,由于上游粪肥和植物营养元素的流入,坝阶地的有机质含量和全氮、全磷及速效氮磷钾含量也会不同程度地增加。据农研部门鉴定,豫西一带坝阶地的有机质、全氮、全磷及速效氮、磷、钾含量可分别比上游坡地高 1.8、1.54、1.23、1.41、1.36 和 0.97 倍,粮食增产 1 ~ 1.2 倍^[11]。

3.3 促进产业结构调整,稳定农业效益

汝阳县通过建设集雨工程共发展、改善有效灌溉面积近 0.67 万 hm²,几乎占全县水浇地总面积 1.4 万 hm² 的一半,从而保障了粮食总产及农业效益的不断提高。全县近年在粮田调减(用于改种经济作物,以及建设占地等)0.2 万 hm² 的情况下仍保持粮食总产稳定在 120 万 t 以上,农业总产值稳定在 3 亿元以上,2 项指标分别比 20 世纪 80 年代后期高出 50% 以上。城关镇万果山上的 133.33 hm² 坡耕地原来种植旱作粮食作物时,单产仅有 3 750 kg/hm²

表 3 登山村梯田与干里村坡地 28 个土壤监测点数据对比

地别	土层厚度/ cm	干容重/ (g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	w(有机质)/ (g·kg ⁻¹)	w(全氮)/ (g·kg ⁻¹)	w(速效磷)/ (mg·kg ⁻¹)	w(碱解氮)/ (mg·kg ⁻¹)	微生物量/(万个·g ⁻¹)	
								细菌	固氮菌
登山村梯田	40 ~ 50	1.19	53.1	1.741	0.094	5.9	43.2	7 575.0	4 220.4
干里村坡地	10 ~ 25	1.27	46.4	0.613	0.037	2.5	25.3	4 437.4	2 004.5

表 4 大桥沟和西沟建坝前后相似洪水对比分析

大 桥 沟													
对比时段	降雨 历时/h	降雨量/ mm	平均洪峰 流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	洪水过 程流量/ 万 m ³	洪水输 沙量/t	平均削减洪峰		削减含沙量		减水		减沙	
						数量/ (m ³ ·s ⁻¹)	比例/ %	数量/ (kg·m ⁻³)	比例/ %	数量/ 万 m ³	比例/ %	数量/ t	流量/ (m ³ ·s ⁻¹)
1987-06-20T09 18 ~ 1987-06-20T13 36	4.64	87.6	1.68	2.80	516	0.76	45	13.2	72	1.31	47	439	85
2003-09-01T08 00 ~ 2003-09-01T12 30	4.50	96	0.92	1.49	77								
西 沟													
对比时段	降雨 历时/h	降雨量/ mm	平均洪峰 流量/ (m ³ ·s ⁻¹)	洪水过 程流量/ 万 m ³	洪水输 沙量/t	平均削减洪峰		削减含沙量		减水		减沙	
						数量/ (m ³ ·s ⁻¹)	比例/ %	数量/ (kg·m ⁻³)	比例/ %	数量/ 万 m ³	比例/ %	数量/ t	流量/ (m ³ ·s ⁻¹)
1987-06-20T09 18 ~ 1987-06-20T13 42	4.4	78.1	1.46	2.31	444	0.61	42	11.5	60	0.93	40	337	76
1991-05-31T13 00 ~ 1991-05-31T17 30	4.52	81	0.85	1.38	107								

左右,2000 年建成 22 座集雨水塘及 8 km 配套渠道和 12.6 km 管道而实现水利化后,将种植结构全部调整为经济林(金太阳杏、美国黑李等),近年平均收益达 200 万元以上,比过去高出 2 倍多。

3.4 生态、社会效益显著

汝阳县集雨工程的主要生态效益是调控坡面与沟道径流,控制泥沙出沟,减少水土流失。十八盘村大桥沟坝系(坝控面积 0.8 km²、总库容 1 万 m³)和干里村西沟坝系(坝控面积 0.74 km²、总库容 6 000 m³)的观测数据验证了这一点^[10]。

从表 4 可以看出,大桥沟末坝下游观测断面处在建坝前后的相似洪水过程中(假设前期影响雨量相同),其减水效益是削减产流过程平均洪峰的 45%,同时推迟洪峰形成时间约 2 h,减少沟道径流量 47%,减沙效益是削减输沙量 85% ;西沟末坝下游观测断面处在建坝前后的相似洪水过程中,其减水效益是削减产流过程平均洪峰的 42%、减少沟道径流量 40%,同时还推迟洪峰形成时间约 1.5 h,减沙效益是削减输沙量 76%。两处坝系的相似效益可以近似地说明,削减 42% ~ 45% 的洪峰和减少 40% ~ 47% 的径流量以及减少 76% ~ 85% 的输沙量可以使其下游的土壤侵蚀模数得到相应的降低。当然,对于治理区面积较大的情况,集雨工程措施的削峰减沙作用不可能有如此高的比例,但事实表明,大力实施集雨工程措施以及配套必要的生物措施、耕作措施等,其产生的生态效益仍然是令人欣喜的。据汝阳县出境干流河道上的北汝河紫罗山水文站观测资料,20 世纪 80 年代监测到漫滩水流泥沙挟带量为 14 kg/m³ 左右,近 10 年来通过同等规模洪水时的挟沙量则降到了 6 ~ 8 kg/m³,主河床淤积速度也由过去的年均 4 ~ 5 cm 降到了 2 ~ 3 cm。

汝阳县集雨工程的主要社会效益是结合农田灌

溉用水解决了全县山区 15 万人的饮水困难问题。

4 结 语

降雨时空的严重失衡与地面水土流失的不断加剧犹如一双孪生兄弟,任何单一手段都难以从根本上遏制这种自然灾害的发生与发展。研究表明,从雨水资源的主动利用与被动利用入手,采取双管齐下的措施,可以收到积极而有效的结果。

参考文献：

[1] 河南省水土保持科学研究所,汝阳县水利水土保持技术推广站. 豫西山区雨水集蓄利用技术研究及工程示范[R]. 郑州: 河南省水土保持科学研究所,2003.

[2] 河南师范大学地理系,河南自然地理研究室. 豫西中部山地区自然条件与自然资源[R]. 开封: 河南师范大学,1983.

[3] 陈维杰. 豫西雨水资源开发利用刍议[J]. 中国水土保持科学,2005,3(3) 51-55.

[4] 陈维杰. 山坡雨水资源的水土保持开发利用模式与关键技术[J]. 中国水土保持,2007(10) 22-23.

[5] 陈维杰. 集雨节灌技术[M]. 郑州:黄河水利出版社,2003.

[6] 薛巧玲,陈维杰,远铁拴. 汝阳气候与生态研究[M]. 北京:气象出版社,2004 37.

[7] 陈维杰. 降水变化对不同下垫面的水土流失之分异影响[J]. 水土保持通报,2008,28(1) 73-75.

[8] 陈维杰. 豫西山丘区构建径流聚集工程体系研究[J]. 中国水土保持科学,2008,6(4) 89-93.

[9] 陈维杰. 沟道水资源的水土保持开发利用模式研究[J]. 水利天地,2010(11) 44-45.

[10] 陈维杰. 水土保持综合治理措施效益分析[J]. 水利经济,2006,24(2) 22-25.

[11] 陈维杰,李重新,刘金星. 汝阳县旱作农业开发刍议[J]. 山西水土保持科技,1999(3) 5-8.

(收稿日期 2010-08-21 编辑 徐 娟)