

雨水集流用水窖的主要类型及其效益*

张 光 辉 陈 致 汉

(中国科学院 水土保持研究所·陕西杨陵·712100) (黄委会西峰水土保持科学试验站)
(水 利 部)

摘 要 该文对黄土高原发展雨水集流的必要性、有利条件、雨水集流系统的组成、集流面的效率、水窖的主要类型、结构、投入作了较为系统深入地论述。

关键词: 雨水集流 水窖 类型 效益

Main Types of Rainfall Collecting Cellar and Its Benefits

Zhang Guanghui

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

Cheng Zhihan

(Xifeng Experimental Station of Soil and Water Conservation, Water Resources
Committee of Yellow River, Xifeng, Gansu, 745000)

Abstract The necessity of developing rainfall collecting in Loess Plateau, advantageous conditions, components of rainfall collecting, efficiency of rainfall collecting slope, main types, structure, investment and benefits of cellar are deeply analysed in this paper.

Keywords: Rainfall collecting system; Cellar; Type; Benefit

水资源短缺已成为全球性热点问题,我国水资源人均占有量仅为世界平均水平的25%,由于水资源南北分布极为不均,长江以北的广大地区,耕地和人口分别占全国的64.1%和45.3%,而水资源却仅占全国的19%,人均占有量只有517m³。水资源的短缺,严重地制约了当地的工农业生产和人民生活水平的进一步改善,特别是雨养农业区更是如此。

黄土高原地区由于降水集中且多暴雨,雨水供应与作物生长发育需水期严重错位、加之剧烈的水土流失引起的土质条件差、蓄水保水能力低等自然条件,导致了黄土高原雨养农业区农业生产长期处于低而不稳的现状。这种现状抑制了雨水资源潜力的发挥,同时也阻碍了黄土高原地区农业生产的进一步发展。黄土高原地区水资源主要来源于天然降水,如何实现农业生产的持续稳定发展,关键就在于如何提高雨水资源的利用效率,充分发挥雨水资源的生产潜力,建立雨水资源化开发利用的良性运行技术体系。

1 发展雨水集流的有利条件

1.1 具备发展雨水集流的降水条件

黄土高原雨养农业区农业生产对雨水的依赖关系十分密切。400mm 降水等值线大致沿河

口镇经东胜、横山、靖边、定边、环县、清原、固原、会宁、榆中到同仁,该线东南侧的广大地区降水量均在400mm以上,秦岭北坡狭长地带平均年降雨量600~800mm,青海东部、甘肃中部、宁夏南部、山西和陕西大多年平均降雨量400~600mm,陇东北部350~400mm,南部400~700mm。降雨量在400~500mm和500mm以上的地区分别占31%和33%,从降雨总量来看,该区具有发展雨水集流的降水条件,而这一区域也是黄土高原主要的雨养农业区。

1.2 土层深厚具有较强蓄水能力

黄土高原土壤类型主要有黑垆土、黄绵土、灰褐土、风积沙土、垆土等,其中黄绵土、黑垆土分布最广,土层深厚、质地均一、透水性强,蓄水保水性能好。1m深的黄土可蓄集200~300mm的降水,2m厚土层可蓄300~600mm。黄土高原南部原区及西部地区均存在90~200cm的“土壤水库”,其中的水分是次年农作物赖以生长的底墒。陕西渭北旱塬小麦播前底墒供给可达120~230mm,占小麦全生育期耗水量的40%^[1]。“土壤水库”的存在,在很大程度上缓解了作物生育期与降水不同步的矛盾。

1.3 具备较高的自然生产潜力

黄土高原具有丰富的光热资源,自然生产潜力很大,目前除生产条件较好的关中平原、汾河平原、河西走廊、河套平原等地以外的广大地区,粮食生产量大多是自然生产潜力的70%左右,而发达地区的粮食产量可高达自然生产潜力的10倍以上,这充分说明如果解决水资源这一限制因素,黄土高原雨养农业区发展农业生产的潜力很大,同时也充分显示了发展雨水集流的美好前景。

1.4 具有发展雨水集流的土地资源

黄土高原雨养农业区具有丰富的土地资源,人均占有土地面积大,地广人稀、房屋庭院占地面积大,住户相对零散,同时林地、草地、坡、道路等适宜修整集流面的闲散土地比例很大,这种特点为发展雨水集流提供了丰富的土地资源,也是该区发展雨水集流的优势所在。

2 雨水集流系统的组成

雨水集流系统是雨水集蓄系统的重要组成部分,也是雨水资源开发利用的基础。其目的是尽量将产生于集流面的径流进行拦截、蓄集、净化、利用,提高雨养农业区农业生产效率和天然降水的利用效率,充分发挥该区优越的光热条件。

雨水集流系统包括田间工程措施和田外工程两大类。前者包括各种田间水土保持措施,如平整土地、水平梯田、鱼鳞坑、带子田、隔坡梯田、草粮带状间轮作等,这些措施的功能都是保持降水资源使之就地入渗、增加“土壤水库”含水容量、提高作物抗旱能力;后者包括水窖、水窑、水池和涝池四大类型。而一般意义上的雨水集流系统仅指后者,它通常由集流面、输水渠、沉沙池、拦污栅、进水管、蓄水设施、放水口等部分组成,各部分相互组合形成完整的雨水集流系统。

2.1 集流面

集流面是经人工整修用以产生径流的场地。其面积大小取决于降水量的大小、集流面的类型、蓄水量的大小,以及集流面的集流效率等因素。黄土高原雨养农业区地广人稀,农户居住一般较为分散,用于解决人畜饮水的集流面,可以庭院、屋面、场等为主,可选用混凝土、水泥瓦、青瓦、机瓦、黄土夯实、塑料膜覆盖等多种材料。而用于发展高效节水灌溉或对作物进行补灌时,集流面应优先考虑现有公路、乡村道路、闲散地及荒山荒面,不同材料的集流面其集流效率差别显著(表1),经济费用各异(表2)。因此集流面的选择应综合考虑各地的条件、经济能力、集

流的目的等多种因素,灵活地确定适宜于当地自然条件的集流面。

表1 各种材料集流雨在不同降水量等级与保证率的集法效率表^[2]

降水等级 (mm)	保证率 (%)	E%							
		混凝土	水泥瓦	水泥土	塑膜覆砂	机瓦	青瓦	黄土夯实	三七灰土
200~300	50	77.9	71.0	47.0	41.3	41.2	34.0	19.8	10.3
	75	75.4	66.0	39.5	34.0	34.2	28.3	16.5	8.0
	95	72.8	61.6	33.0	28.0	30.0	23.6	13.5	5.0
300~400	50	80.0	74.5	52.2	46.0	49.0	40.0	25.7	17.5
	75	78.2	71.6	40.3	40.6	42.0	34.0	20.8	12.4
	95	75.6	67.0	40.0	34.2	37.2	29.2	17.0	8.2
400~500	50	80.0	75.3	53.0	46.5	50.2	40.5	25.3	16.6
	75	79.4	74.0	51.0	44.6	48.0	38.2	23.0	13.7
	95	76.5	69.0	41.5	35.5	39.0	30.7	18.8	10.5

表2 不同材料集流面单位集流量费用分析表^[3]

项 目		混凝土	水泥瓦	水泥土	塑膜覆砂	机瓦	青瓦	黄土量实	三七灰土
全年集流效率	50%	80	75	52	46	49	40	26	18
	75%	78	72	46	41	42	34	21	12
	90%	75	67	40	34	37	29	17	8
全年可集水量	50%	0.211	0.198	0.138	0.122	0.130	0.106	0.068	0.048
	75%	0.173	0.160	0.103	0.091	0.094	0.076	0.047	0.027
	90%	0.128	0.115	0.068	0.058	0.063	0.050	0.029	0.014
每 m ² 造价(元)		4.82	4.96	3.64	1.94	3.98	3.0	0.25	3.08
使用年限(年)20		25	15	10	25	20	4	8	
运行费占造价百分数		3	2	4	8	2	3	20	15
使用期造价+运行费(元)		7.71	7.44	5.82	3.49	5.97	4.80	0.45	6.78
单位水量	50%	1.82	1.50	2.81	2.85	1.84	2.27	1.66	17.70
费用	75%	2.23	1.86	3.78	3.82	2.56	3.18	2.40	31.40
(元/m ³)	90%	3.02	2.60	5.70	6.02	3.79	4.83	3.90	60.60

根据宁夏、甘肃等地雨水集流利用工程的经验,集流面的面积可按下式计算:

$$Rp \cdot \sum_{i=1}^n Ai \cdot \eta_i = Wd$$

式中: Rp — 对应于某一频率的全年降雨量; Ai — 某种集流面的面积; η_i — 该种集流面的全年集流效率; n — 集流面的种类数; Wd 为全年蓄水量。

近年来,随着集流面工程技术的不断发展,出现了一种移动式塑膜集流面,在雨季将塑膜覆于集流区地表,用绳网将地膜压住,雨季过后将塑膜取掉,恢复种植,起到集流、生产两不误,一地两用的功效。

2.2 输水系统

输水系统包括输水渠、沉沙池、拦污栅、进水管等几部分。输水渠一般位于集流面的下坡坡底,断面多呈梯形,大多采用混凝土衬砌,底宽和深度多采用20cm。庭院、屋面、场等集流面一般不设专用的输水渠,而是将集流面修成一定坡向,使收集的雨水直接流向沉沙池;对于沥青公路、村庄道路集流面,可利用公路两边原有的排水沟作为输水渠;对于利用天然荒坡、林草地作为集流面的,应适当修筑截水沟,集中水流并能消减水流流速,最后经输水渠流入沉沙池。沉

沙池是雨水集流系统中不可缺少的部分,它具有消减水流动能和沉沙净化水流的双重作用,其大小由来水量和集流面的类型决定,一般采用长2~3m,宽1.5~2m,深1m的混凝土池子,其位置高于进水口,距蓄水设施2~3m的地方。拦污栅设在高于沉沙池底0.4m的地方,位于进水管的前面,形状多为圆形,其上有由钢筋作成的正方形网格,其主要作用是防止水流中飘浮物进入蓄水设施和分散水流削弱动能。

2.3 蓄水设施

常用的蓄水设施有水窖、水窑、水池和涝池4大类。其中以水窖最为普及,在甘肃庆阳、山西晋西等地也有将水窖和水池配合使用的情况,即所谓的高位水池。水窖、水窑、水池都应建筑在比较紧实、完整、没有裂缝的黄土层内。水窖和水窑适用于黄土层,具有稳定的垂直壁面,水池则多用于水窖和水窑结构不稳定的砂土地区,涝池多位于地势较低易于集水的地区,可用塑膜覆砂覆土或沥青抹面的形式进行防渗处理,其优点是投资少、施工简单、蓄水量大,但其缺点是蒸发损失量大,很难将蓄集的水进行跨平度使用。蓄水设施的大小可根据用途及地形进行确定,一般用于人畜饮水的蓄水设施容积在15~30m³,用于发展和集雨节灌或集雨补灌工程的蓄水设施,其容积为50~100m³。

3 水窖的形式、结构及效益

水窖是雨水集流蓄水设施中最为常见的类型,也是雨水集流系统的核心。常见水窖的形式有球形水窖、瓶形水窖、圆柱形水窖和窑式水窖四大类型。球形水窖蓄水量大多在20~30m³,多采用混凝土修筑而成,其特点是经久耐用,但施工要求技术较高;瓶形水窖容积多为20~50m³,可用混凝土、砖砌、胶泥、塑膜等材料修成,其特点是施工简单,深度可以较大;圆柱形水窖容积多在50m³左右,蓄水量较大、多用混凝土现浇和砖砌修建而成,由于体积较大所以对防渗处理要求较严;窑式水窖是一种容积较大,断面呈长方形的蓄水设施,蓄水量在50~100m³之间,由于跨度较大,施工要求较高,尤其对窑拱的修建要求更是如此,因其体积大、投资高,该类水窖多用于经济效益高的果园或经济作物。

不同形式、不同材料的水窖投资差别较大,一口容积20~30m³的水泥窖,材料费约700元,劳工500元;而用3层塑膜作防渗处理的20m³水窖,投资仅600元左右;一容积为100m³的砖砌梯形窑形水窖,需材料费约1800元,开挖用工费400元,砌砖费

表3 不同形式水窖技术参数表

窖形	体积 (m ³)	直径 (m)	深度 (m)	防渗处理
球形	20~30	3~4	5	1:3水泥砂浆反动抹面或塑膜
瓶形	20~50	2~4	5	1:3水泥砂浆抹面或胶泥抹面
圆柱形	50	4	4	1:3水泥大砂浆抹面或胶泥抹面
窑形	50~100	3	4	1:3水泥砂浆抹面

500元,总共投资为2700元。水窖的投资也随着地理位置的不同而有所差异,地理位置偏僻的山村,可以适当考虑就地选材,建造小型的胶泥水窖。

水窖的效益十分显著,在一些偏远的人畜饮水有困难的山村更是如此,一般平水年份一口窖积为20~30m³的水窖可蓄集雨水40~50m³,若一方水按1元计算,一般水窖的投资仅用15~20年就可以收回。如果结合高效节灌技术,对农作物或果园进行节水灌溉或补充灌溉,其效益则十分可观,从而大大地缩短投资回收年限,一般大田作物5~6年,经济作物3~4年,果园2~3年。发展雨水集流不但具有显著的经济效益,同时还具有深远的社会和生态效益,目前我国还有5000万人口饮水有困难,发展雨水集流,就地解决人畜饮水问题,提高天然降水的利用效率大有潜力可控。

本项目野外考察期间,承蒙黄委会西峰水保站、甘肃省农科院旱科所镇原试验站、庆阳地区水利处、环县水利局、中科院水保所上黄试验站、定西地区水保所等单位的大力协助,在此谨表致谢!