

山区雨水利用技术及分析计算

乔光建, 吴丽英

(河北省邢台水文水资源勘测局, 河北 邢台 054000)

摘要 邢台市西部山区年降水量集中, 水资源利用率低。结合该区特点, 利用天然山场集蓄雨水, 作为农业灌溉的水源, 取得良好的效果。通过对该区降雨特性及时空分布分析, 对利用自然山场集雨技术进行分析计算, 包括天然山场单位面积集水量计算、蓄水工程容量的设计计算等, 为山区农业发展、雨水利用提供科学依据。

关键词 自然山场 集雨工程 雨水利用技术 邢台市山区

中图分类号 :TV213.9 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-6933(2009)01-0055-04

Stromwater utilization technique in mountainous area

QIAO Guang-jian, WU Li-ying

(Xingtai Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hebei Province, Xingtai 054000, China)

Abstract As the annual precipitation in the mountainous area west of Xingtai City accumulates, the water resources are usually not sufficiently utilized. There is an effective method for gathering stormwater in natural mountain fields for irrigation. On the basis of the spatial and temporal distribution of precipitation, the amount of water gathered in a unit area and the design capacity of water storage projects were calculated. This method is also helpful for agricultural development and stormwater utilization in other mountainous areas.

Key words natural mountain fields; stormwater gathering projects; stormwater utilization technique; mountainous area of Xingtai City

邢台市西部山区降雨年内变化大, 而且与农作物需水时间不完全适应, 汛期降雨集中, 径流占全年比重大, 利用率较低。通过修建蓄水工程, 拦蓄汛期雨水, 为作物需要时提供灌溉水源, 把天然径流在时空上加以重新分配, 充分利用雨水资源。该区利用山场集雨, 为当地的农业和经济发展发挥了重要作用, 取得了良好的效果。

1 山区基本概况

邢台市位于河北省南部, 地处东经 113°45′至 115°50′、北纬 36°45′至 37°45′之间。西靠太行山与山西接壤, 东以卫运河为界与山东省毗邻, 北与石家庄、衡水, 南与邯郸市相连。总面积 12 456 km²。以京广线为界, 西部为山区、丘陵区, 东部为平原区。山区面积范围为海拔 100 m 以上地区, 面积

3 508 km², 占全市面积的 28.2%^[1]。该山区位于太行山隆起带, 构造体系主要为北东向的华夏断裂带、北-北东向的新华夏系断裂带以及相应的北西向断裂带。中低山区岩性主要包括太古界古老变质岩系, 元古界浅变质岩系和震旦纪石英砂岩系。丘陵和山前台地区主要为下古界寒武系奥陶石灰岩和上古生界石炭二迭系, 中生界三迭系、白垩系地层有零置分布。山区分为中低山区、丘陵山区和山前台地三部分。

中低山区面积 2 015.8 km², 海拔一般在 500 ~ 1 000 m 之间, 最高山峰海拔 1 820 m。此区山脉连绵, 河流蜿蜒。较大山川有沙河市渡口川, 邢台县路罗川、浆水川、将军墓川和宋家庄川, 内丘县獐獭川, 临城县郝庄川。该区土壤主要是片麻岩、花岗岩、页岩、石灰岩、坡积物和洪积物以及黄土性母质等。土

类有 山地生草甸棕壤土、褐土及草甸土,分布在邢台县、内丘县和临城县与山西交界的高山区 山地褐土,沙河、邢台、内丘、临城均有分布,在海拔 1 000 m 以下的黄土坡积物和洪积物上,土层明显,保水保土能力较强。

丘陵区总面积 1 313.8 km²,海拔高程 150 ~ 500 m,地面起伏,沿河川两岸分布有带状和裙状一、二级阶地,冲沟较发育,水土流失严重。丘陵区土壤多发育在黄土性母质上。土类有 碳酸盐褐土,此类土分布最广,以内丘、临城县覆盖面积最大,此类土发育于黄土母质及石灰岩风化物,全剖面有石灰反应,石灰含量表层 2% ~ 5% 左右 淋溶褐土,分布在沙河市、邢台县的丘陵区。该类土比褐土湿润。

山前台地面积 178.4 km²,海拔 100 ~ 150 m,主要土壤为褐土。

2 山区降雨径流分析计算

2.1 降雨量时空分布

邢台市西部山区降水量具有年内非常集中的特点,全年降水量的 80% 左右集中在汛期(6 ~ 9 月),而汛期降水量又主要集中在 7、8 月甚至更短的时间内,多以暴雨的形式出现。特别是一些大水年份,降水量更加集中。如獐獏站 1963 年最大 7 天降水量 2 050.8 mm,占全年降水量的 80.5% 最大 30 天降水量 2 151.5 mm,占全年降水量的 84.4%。该区非汛期 8 个月降水量仅占全年降水量的 20% 左右,而非汛期又以 4、5、10 月所占比重较大。

邢台市西部山区降水量年际变化很大,且常有连续几年降水量偏多或连续几年降水量偏少的现象。以历年年降水量最大值与最小值之间的比值 K 来表示年际变化,西部山区各雨量站监测的年降雨量资料分析,各站极值比大都在 4.0 以上,其中,獐獏、侯家庄 2 个雨量站变化幅度最大,极值比分别为 9.4 和 9.2。

2.2 降雨量频率计算

邢台市西部山区面积 3 508 km²,设有 35 个雨量观测站,站网密度 100 km²/站。利用 1956 ~ 2000 年山区降雨量资料系列分析计算,邢台市西部山区多年平均降水量 594.5 mm。对年降雨量系列进行频率计算,频率曲线采用皮尔逊Ⅲ型曲线,频率计算采用适线法。对于变差系数 C_V 值的确定,在适线中,对系列中出现的特大特小值,一般不做处理(由于年降水量相对稳定)。偏差系数 C_S 的取值一般用 C_V/C_S 值来反映。邢台市西部山区不同频率年降水量计算成果见表 1。

表 1 邢台市西部山区年降水量频率计算成果

年平均降水量/mm	参 数					
	C_V	C_V/C_S	$P = 20\%$	$P = 50\%$	$P = 75\%$	$P = 95\%$
594.5	0.45	3.5	778.8	529.1	398.3	297.3

2.3 降水量年内分配计算

按多年平均计算,7、8 月降水量占全年降水量的 60%,6 ~ 9 月降水量占全年降水量的 78.3%。表 2 为邢台市西部山区降水量年内分配成果。

表 2 邢台市西部山区降水量年内分配成果

月份	降水量/mm		月份	降水量/mm	
	平水年	枯水年		平水年	枯水年
1	2.7	2.0	8	162.1	122.0
2	6.0	4.5	9	45.5	34.3
3	10.9	8.2	10	26.8	20.2
4	21.7	16.4	11	12.8	9.6
5	30.7	23.1	12	3.0	2.3
6	53.3	40.1	合计	529.1	398.3
7	153.5	115.5			

通过上述分析,该区在作物需水的季节,降水量稀少 而且年降水量非常集中,因此,大部分雨水以径流的形式流向下游。要充分利用雨水资源,只有把降雨集中时的雨水拦蓄,作为农作物需水季节的补充水源。

2.4 年径流系数计算

根据《邢台市水文计算手册》中多年平均径流系数等值线图,求得西部山区天然状态下年径流系数。流域内年径流系数分布不均匀,采用加权平均计算,根据邢台市多年平均径流系数等值线图,西部山区流域内等值线分为 6 部分,该流域年径流系数可由式(1)计算:

$$R = \frac{\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (R_i + R_{i+1}) \cdot F_i}{F} \quad (1)$$

式中: R 为西部山区流域多年平均径流系数; F 为山区流域面积,km²; F_i 为两相邻等值线间的部分流域面积,km²; R_i 为等值线所代表的年径流系数值; n 为计算流域内等值线分割面积个数。

根据等值线图查的数据,按式(1)计算出邢台市西部山区多年平均径流系数为 0.21。在西部浅山区,地质构造分布有寒武系、奥陶系灰岩裸漏区 338.6 km²,该区降水入渗系数在 0.6 ~ 0.7 之间,大部分降水渗入地下补充岩溶地下水,使得降雨径流系数明显减小,部分地段几乎不产流。所以,在裸露岩区利用天然山场集雨受到影响。

3 天然山场单位面积集水量和蓄水工程容量计算

山区、坡地地区山高坡陡,岩石裸露,天然集雨

场充足,集流效率高,且建筑材料丰富。雨水集蓄工程适应土地零星分散、建造常规水利工程难以实现的地方。在干旱的丘陵区,集雨工程也可作为一种有效的补充灌溉措施。

3.1 单位面积集水量计算

在自然降雨条件下,自然集水面的径流产生过程十分复杂,与降雨量、降雨强度、雨型、前期土壤含水量、植被盖度和坡度等都有关系。根据对邢台市西部山区降雨径流关系分析,西部山区年降雨径流系数为 0.21,采用年降雨径流系数作为山场集流面集流效率计算,则单位面积集水量可用式(2)计算:

W_a = k\eta_{集} R_p A_{集} \tag{2}

式中:k 为单位换算系数;A_{集} 为山场集水面积, hm^2; R_p 为对应 P 频率的年降水量, mm; \eta_{集} 为山场集流面集流效率; W_a 为天然降雨条件下单位面积年集水量, m^3/hm^2。

按照枯水年计算,年降水量为 398.3 mm,降雨径流系数采用 0.21,则有效降雨为 83.6 mm。单位面积集水量为 836 m^3/hm^2。不同保证率降雨情况下单位面积集水量见表 3。

表 3 天然山场单位面积集水量计算结果

典型年	年降水量/ mm	集流 效率	单位面积产 净水量/mm	单位面积集水量/ (m^3·hm^-2)
平水年	529.1	0.21	111.1	1 111
枯水年	398.3	0.21	83.6	836

3.2 集水工程容积计算

山区集水工程主要包括山塘、石河堰、小水库等类型。通常有蓄水坝、引水区和溢洪道组成。主要是拦蓄坝址上降雨径流及溪流,作为农田灌溉的水源。坝址选择应考虑离灌溉区较近、比灌溉区位置高、引水渠短、沿线渗漏少等条件。

按照技术、经济合理的原则,确定蓄水工程的容积是集水工程建设的一个重要方面。影响蓄水容积的主要因素有地形、土质条件、不同用途要求、当地经济水平、技术能力等。蓄水设备的容积可按式(3)计算[2]:

V = \frac{KW}{1 - \alpha} \tag{3}

式中:W 为全年需水量, m^3; \alpha 为蓄水工程蒸发、渗漏损失量,取 0.05 ~ 0.1; K 为容积系数,在半干旱区,灌溉供水工程取 0.6 ~ 0.9。

按照设计要求,计算年需水量为 1 000 m^3 的蓄水要求,则蓄水工程容积为

V = K \cdot W / (1 - \alpha) = 0.8 \times 1000 / (1 - 0.05) = 842(m^3)

储存系统是集水系统的一个有机组成部分,该区

常用的蓄水设备有池塘、水窖等。蓄水设备的大小和位置的选择,需考虑集流、灌溉、地形等条件,即选择降雨后能形成地表径流且有一定集水面积的地方,而且选在灌溉农田附近,引水、取水都比较方便,还要利用地形高差的特点,建设自流灌溉的蓄水灌溉工程。

4 自然山场集流灌溉实例

采取工程措施将无农作物生长地面上的降雨汇集起来,用于有农作物的土地上,以期达到降水资源的高效利用。用于对农作物在一定时期一定量的补充灌溉,以改善作物生长的局部资源环境,实现局部条件的优化。

在河北省邢台县西部深山区的前南峪生态经济沟内,在观光旅游上面,有部分地段是天然次生林,在天然林下面的公路旁,选择合适的位置,建设水窖蓄水设备,为山下种植作物提供水源。

在公路的上游,采用自然坡面集流→汇流沟汇流→沉砂池过滤→水窖蓄水的模式。在该区的上游,山场面积全部是天然林,在山场的底部坡面集流可为下游用水形成自然高差。当地利用山区现有的沙石料,因地制宜,就地取材。水窖的大小根据地形、地质条件和用水量确定,利用自然坡面集流,分散建窖,实现高水低用,以用定需的目的使下游梯田就近用水[3]。

水窖位置选择在产流汇流条件好的地段。该生态沟水窖全部设置在环山公路两侧,公路的排水沟汇集上游径流。在公路的内侧开挖排水沟,宽 0.6 m,深 0.5 m。排水沟与水窖连通。建造水窖的材质,全部采用水泥和岩石浆砌。规格:直径 4 m,深 4 m,圆形,墙厚 40 cm,底厚 30 cm,容积一般在 50 m^3。在该区天然林山坡的底部,全部建造水窖蓄水集雨工程。沿环山公路共建造水窖 70 个。邢台市山丘区水窖集雨系统示意图见图 1。在汇流集中的地段,选择合适的地形位置,建蓄水池 2 个,规格:直径 7 m,深 3.5 m,圆形,单池蓄水量 135 m^3。选用石料浆

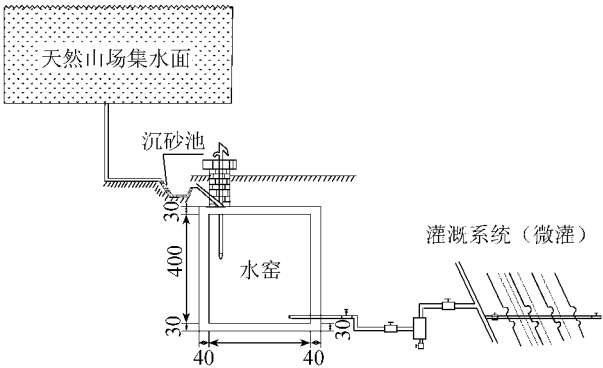


图 1 邢台市山丘区水窖集雨系统示意图(单位:cm)

砌,墙厚 70 cm,底厚 30 cm,有效积蓄雨水。水窖蓄水池蓄水总量 3 770 m³。

需水量根据节水灌溉方式和田间种植作物情况而定。常用参数有:净灌水定额、年灌溉次数、灌溉面积、灌溉水利用系数、用水量等。目前,根据前南峪生态沟的特点,节水灌溉方式主要有微喷灌溉、滴灌和管灌等,按节水灌溉要求,微喷灌溉水定额为 220~280 m³/hm²,灌溉水利用系数为 0.85;滴灌灌水定额为 150~185 m³/hm²,灌溉水利用系数为 0.9;管灌灌水定额为 530~750 m³/hm²。

根据节水用水规划,不同蓄水形式的蓄水工程,按照蓄水量设计其灌溉面积。有效灌溉面积按式(4)计算:

$$A = \frac{\eta W_{\text{蓄}}}{mM} \tag{4}$$

式中: $W_{\text{蓄}}$ 为蓄水工程蓄水量,m³; η 为灌溉水利用系数; M 为不同节水灌溉方式的灌溉水定额,m³/hm²; m 为年灌溉次数。

前南峪生态沟内的精品水果园在水窖下方,植于水平台田内,上游的水窖、蓄水池总蓄水量为 3 770 m³。灌溉方式采用滴灌技术,年灌溉 5 次,则灌溉面积为 4.2 hm²。

前南峪生态沟总面积 376 hm²。通过对生态沟综合治理,完善了防洪水道、沟道谷坊等水土保持工程。已建成塘坝、水窖、扬水站等水源工程,配套微喷、滴灌、管灌等节水设施,实现旱能灌、涝能排的防汛抗旱体系。通过对流域内可集水量计算,按平水年($P=50\%$)计算,可集水量为 417 736 m³,目前采用塘坝、水窖等蓄水工程拦蓄的总水量为 35 370 m³,占流域内平水年可集水量的 8.47%。枯水年($P=75\%$)该流域可集水量为 314 336 m³,占流域可集水量的 11.3%,可以满足流域内作物正常灌溉的用水需求。而且,生态沟治理为减少洪水灾害也发挥重要作用。1996 年该流域发生特大暴雨,洪水过后,周边很多土地和小型水利工程被冲毁,而前南峪生态沟其状如初,看不到洪水冲刷的痕迹。当年村总收入达 260 万元,单产值比 1995 年提高 20%。由于生态沟植被好,小流域内拦蓄雨水多(用于灌溉后以渗流的形式排出),在最干旱的年份,大部分河流干涸,而生态沟下游常年有潺潺溪流,生态沟治理为改善小流域生态环境发挥了重要作用。

5 结 论

利用天然山场收集雨水,集雨技术简单易行。降雨集存系统工程投资小。工程完成后,可在不需要燃料和电力条件下提供水量,而且能适应各种复

杂地形。蓄水工程规格宜大则大、宜小则小、宜方则方、宜圆则圆,便于施工和维护。

在干旱区,根据山区的特点,利用天然山场集蓄雨水,使降雨成为一种额外的水量来源。它直接来源于降雨,无污染,收集储存后直接用于农田灌溉,为加速山区农业和经济发展发挥重要作用。

参考文献:

[1] 乔光建.区域水资源保护探索与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2007:186-195.
[2] 崔毅.农业节水灌溉技术及应用实例[M].北京:化学工业出版社,2005:181-206.
[3] 李国正,苏晓红,简明凯.河北省“非常规水资源”现状、潜力分析及对策[J].水资源保护,2005(3):58-60.

(收稿日期 2007-08-30 编辑 傅伟群)

(上接第 54 页)

自身抗干涸的能力大幅度下降,从水量上已经出现退化趋势。因此,为了维持白洋淀湿地的生态平衡,缓解干涸危机,必须进行人工调水。

参考文献:

[1] 白洋淀国土经济研究会.白洋淀综合治理与开发研究[M].石家庄:河北人民出版社,1987:2-6.
[2] 河北省大清河河务管理处.白洋淀生态环境调查及生态抗旱技术体系研究研究报告[R].2005.
[3] 张玉田.浅谈白洋淀汛后蓄水位[J].河北水利水电技术,2002(2):21-22.
[4] 刘立华,程伍群,刘春光.白洋淀当前水量供需状况的研究[J].南水北调与水利科技,2005,3(3):22-23.

(收稿日期 2007-07-06 编辑 傅伟群)

·简讯·

中国社会学学会人口与环境社会学专业委员会
理事会换届会议在中国人民大学隆重举行

中国社会学学会人口与环境社会学专业委员会第四届理事会于 12 月 20 日下午在中国人民大学隆重召开。来自全国高校及科研单位的 46 位理事参加了会议,会议选举产生了新的一届理事会,中国人民大学社会学理论与方法研究中心副主任洪大用教授当选为会长,河海大学社会学系主任陈阿江教授、中央民族大学包智明教授、中山大学麻国庆教授、吉林大学林兵教授、北京大学秦明瑞教授、南京大学张玉林教授和第三届理事会副会长沈建宇先生当选为副会长,中国人民大学陆益龙教授当选为此届的秘书长,河海大学高燕等 4 人被推荐为副秘书长,施国庆教授等 59 人为理事。中国社会学学会的名誉会长郑杭生先生到会祝贺并发表讲话。

(本刊编辑部供稿)