

新沂山丘区雨水利用蓄水设施复蓄次数的确定

仇锦先^{1 2}, 罗金耀¹

(1. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072; 2. 扬州大学水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009)

摘要:为合理选择山丘区雨水集蓄利用蓄水设施的复蓄次数,结合江苏省新沂市山丘区雨水利用规划的实例,提出蓄水设施复蓄次数的确定方法与步骤,主要包括微型蓄水设施的聚合概化、雨水集蓄利用潜力分析、蓄水设施规模系列的生成、复蓄次数的确定与应用,同时提出推算中应注意的问题。应用实例表明,所采用的方法是可行的,推算结果是合理的。

关键词:山丘区;雨水利用;蓄水设施;复蓄次数

中图分类号:S274.5 文献标识码:B 文章编号:1006-7647(2009)04-0059-04

Determination of re-storage times of rainwater storage facilities in Xinyi hill area//QIU Jin-xian^{1 2}, LUO Jin-yao¹
(1. College of Hydraulic and Electric Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. College of Water Conservancy Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract:

In order to select reasonable re-storage times for storage facilities, a calculation method and steps are put forward according to the rainwater utilization program in the hill area of Xinyi, including convergence of micro-storage facilities, potential analysis of rainwater utilization, expansion of storage facilities scale, and calculation and application of re-storage times. In addition, some problems in the calculation process worthy of attention are described. Finally, an example shows that the method is feasible and the result is reasonable.

Key words: hill area; rainwater utilization; water storage facilities; re-storage times

随着雨水资源化的诞生,雨水利用已成为水资源科学中一个新的生长点,特别是在丘陵山区,雨水集蓄利用已成为缓解当地水资源紧缺、加快山丘区群众早日脱贫致富奔小康的有效措施^[1-4]。由于降雨在时空分布上具有不均匀性和随机性,且降雨量有限,蓄水设施集蓄容积过大,无水可蓄,投资浪费;集蓄容积过小,水无处可蓄,资源浪费。可见,蓄水设施规模是缺水型山丘区雨水集蓄利用规划的重要内容。

1 研究背景

目前,已有学者对雨水集蓄利用蓄水设施容积计算方法进行了探讨,但计算中复蓄次数仍采用经验取值^[5-6]。文献[7]提出了采用容积系数(即复蓄次数的倒数)法确定蓄水设施容积的简化方法,但容积系数的确定尚缺乏必要的资料和理论基础。为减少容积系数法确定蓄水设施容积的误差和随意性,一方面,用新的方法替代容积系数法,有关人员已在场次集流效率试验的基础上研究旬或月的降雨-集

流经验性规律,以确定蓄水设施的容积,但要在全国形成适合各地雨水集蓄工程的比较系统、准确而又实用可行的计算方法,还有大量的工作要做^[8-9];另一方面,复蓄次数是蓄水设施容积确定的一个重要参数,加强其取值的分析研究,即如何合理选择某一灌溉设计保证率下蓄水设施的复蓄次数,对于缺水型山丘区雨水利用规划具有重要的指导意义和经济价值。

关于复蓄次数推算的相关文献并不多,笔者结合新沂市山丘区雨水集蓄利用规划的实例,提出蓄水设施复蓄次数确定的方法与具体步骤。该研究区域包括新沂市沐东岗岭区、沂北分区和高阿分区等高亢地带,土地总面积为 384.85 km²,其中耕地面积为 2.57 万 hm²,多年平均降雨量为 891.5 mm,降雨年际间丰枯不均,丰水年份达 1 358 mm,枯水年份仅为 487.3 mm,多年平均蒸发量为 968.0 mm^[10]。该市丘陵山区经过多年治理,现已初步形成了一套拦蓄本地水和引提外来水的雨水集蓄利用工程系统,但对于雨水

利用工程规模确定的理论研究则存在明显不足。

2 复蓄次数的确定

2.1 微型蓄水设施的聚合概化

根据新沂市山丘区的地形特征及水量运行特点,对当地不同规划分区现状微型蓄水工程进行合理的概化处理(图1)。该区为典型的低山丘陵地带,灌溉水源以拦蓄的降雨径流为主,以抽取地下水和调引外来水为辅,并结合该地区当前主要的蓄水设施即小型水库、节制河槽及分散布置且数量较多的蓄水塘(当地称揭盖井)。由于揭盖井的功能或作用相当于一个微型水库(图2),为便于系统的分析与求解,将各分区的微型蓄水工程(揭盖井)分别聚合为一个较大的概化水库,同时将该分区内的小型水库、节制河槽也进行聚合概化处理,并入概化水库。这里的概化水库即为聚合水库,主要针对雨水集蓄利用工程微型蓄水设施数量较多且分散布置的现状,通过适当的聚合概化处理,以减少变量维数,便于问题的分析与求解。

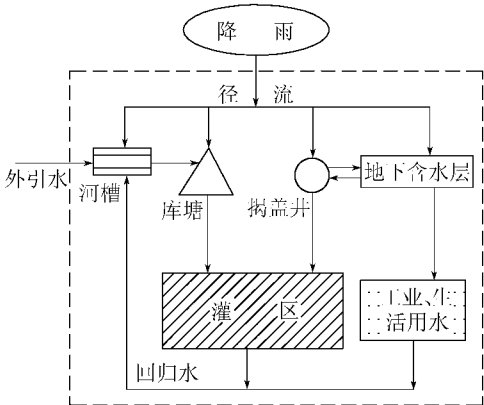


图1 区域雨水集蓄利用水量运行示意图
(图中虚线框表示雨水利用规划分区)

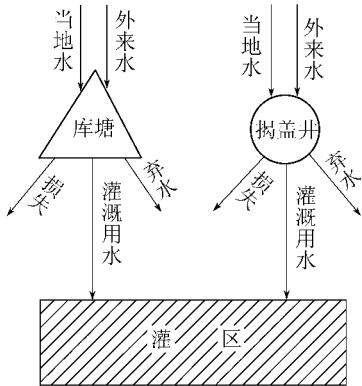


图2 蓄水设施水量进出示意图

2.2 雨水集蓄利用潜力分析

根据各分区蓄水设施的现状规模,分别进行分区雨水集蓄利用潜力分析。具体分析过程如下。

a. 根据各分区不同来水频率典型代表年的逐月

(或旬)降雨径流量、灌溉回归水可利用量及毛灌溉用水量,利用水量平衡原理,建立水库调蓄一般模拟模型,通过编程运算,得到各分区不同来水频率下现有蓄水工程逐月(或旬)拦蓄水量、缺水量、抽水量、引水量和弃水量。程序框图见图3。图3中 $V_{(t)}$ 、 $V_{(t+1)}$ 表示第 t 时段初、末概化水库蓄水量; $V_{\max}$ 表示概化水库最大可蓄水量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段来水量(包括该时段拦蓄的降雨径流量 $W_{\zeta(t)}$ 和灌溉回归水可利用量 $W_{\zeta(t)}$); $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段拦蓄水量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段毛灌溉用水量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段灌溉缺水量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段抽取地下水量; $W_{\zeta\max}$ 表示第 t 时段地下水最大允许开采量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段外引水量; $W_{\zeta(t)}$ 表示第 t 时段弃水量。

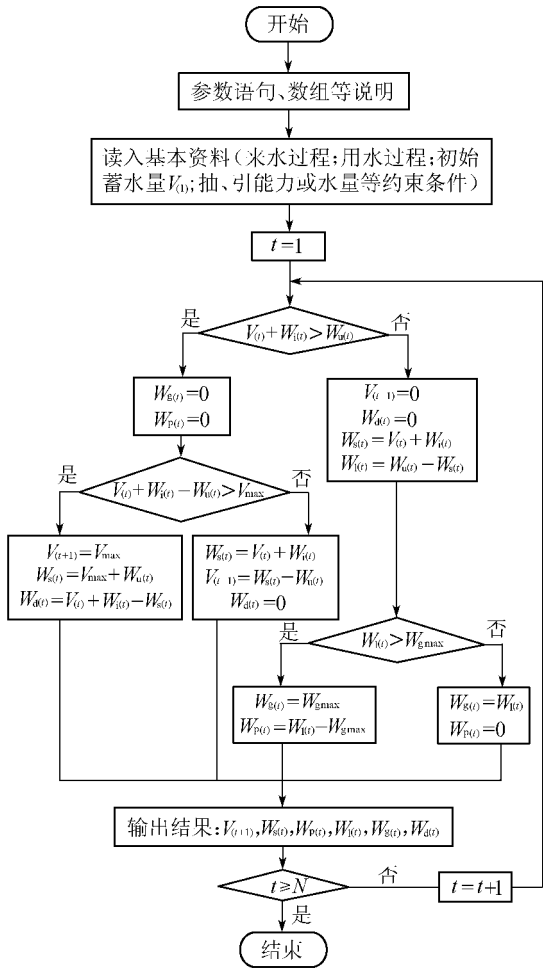


图3 各分区逐时段水量平衡分析程序

b. 概化水库按年调节水库考虑,推算过程中的所有容积采用相对容积,即相对于概化水库死库容的有效容积。

c. 由于当地雨水集蓄利用以农业灌溉为主,对于非农业用水量已在地下水可开采量中扣除,推算过程中不再考虑。

d. 抽水量与外引水量主要考虑每月地下水可开采量和外部可调水量约束,即假设抽水能力与引

水能力足够大。

表 1 给出了高阿分区在现状蓄水规模、75% 来水频率下逐月水量平衡计算过程。

根据各分区现状蓄水工程规模在不同来水频率下的水量供需平衡分析结果可知 :各分区现状蓄水设施规模有限 ,其蓄水量远不能满足作物灌溉的需要 ,而为保证各分区作物的灌溉用水 ,就必须加大外引水量以满足供需平衡 ,同时 ,还有相当数量的降雨径流没有充分拦蓄利用而作为弃水排出。可见 ,各分区雨水集蓄利用潜力很大。

2.3 蓄水设施规模系列的生成与复蓄次数的确定

为充分利用当地降雨径流 ,尽量减少外引水量 ,考虑在不同来水频率下 ,以各分区现状概化蓄水设施的集蓄容积为基数 ,分别按一定比例逐渐加大蓄水设施规模 ,形成一系列不同蓄水规模的方案组 ,再针对每一种已定方案重新采用一般模拟模型进行分区水量平衡分析 ,从而得到各分区不同频率条件下 ,与一系列蓄水设施规模所对应的年拦蓄水量、年抽水量、年引水量、年弃水量及相应的复蓄次数。

各分区不同来水频率下蓄水设施规模按一定比例(即步长)逐渐递增后的水量平衡分析仍采用编程

计算 ,以弃水量为零(枯水年份)或缺水量为零(丰水年份)作为主程序收敛的识别量 ,通过在不同规模下不断调用逐时段水量平衡分析子程序 ,最终可得到主程序收敛时的各种变量的取值 ,程序循环中的递增比例根据收敛速度可以实时调整。表 2 为高阿分区 75% 频率下逐渐增加蓄水工程规模水量平衡分析过程 ,表 3 为 3 个分区在 75% 频率下满足收敛条件时所对应的蓄水工程规模及相应的复蓄次数。考虑到地区性特征与经验取值等因素 ,兼顾面上同步 ,将 3 个分区复蓄次数计算值按控制面积加权平均作为整个规划区域的最终采用值。

表 3 各分区在 75% 频率下的蓄水工程规模及复蓄次数

序号	规划分区	控制面积/ hm ²	现有蓄水工程容积/ 万 m ³	增加蓄水工程容积/ 万 m ³	复蓄次数/次
1	沐东分区	7 313.3	602.6	650.8	2.0
2	沂北分区	8 866.7	270.0	302.4	5.1
3	高阿分区	9 493.3	123.7	927.8	3.1

2.4 复蓄次数在蓄水工程规模确定中的应用

复蓄次数是确定雨水利用蓄水设施规模的重要参数。根据蓄水工程规划年供水量、复蓄次数和蒸发渗漏损失系数 ,参照文献 [7] 第 3.4.2 条给出的蓄

表 1 高阿分区 75% 频率下逐月水量平衡计算结果

<i>t</i>	$W_{\text{引}t}/\text{万 m}^3$	$P_{\text{引}t}/\text{mm}$	$W_{\text{灌}t}/\text{万 m}^3$	$W_{\text{抽}t}/\text{万 m}^3$	$W_{\text{引}t}/\text{万 m}^3$	$V_{\text{引}t+1}/\text{万 m}^3$	$W_{\text{灌}t}/\text{万 m}^3$	$W_{\text{抽}t}/\text{万 m}^3$	$W_{\text{引}t}/\text{万 m}^3$
10	58.0	28.0	0.0	5.5	5.5	0.0	52.5	0.0	0.0
11	58.0	9.6	0.0	5.5	5.5	0.0	52.5	0.0	0.0
12	58.0	15.4	0.0	5.5	5.5	0.0	52.5	0.0	0.0
1	58.0	37.4	0.0	5.5	5.5	0.0	52.5	0.0	0.0
2	58.0	12.7	0.0	5.5	5.5	0.0	52.5	0.0	0.0
3	58.0	49.5	45.4	5.5	50.9	0.0	7.1	0.0	0.0
4	189.9	14.3	0.0	18.0	18.0	0.0	135.8	36.1	0.0
5	1 574.4	101.1	309.0	149.0	458.0	0.0	135.8	980.6	0.0
6	872.6	16.5	0.0	82.6	82.6	0.0	135.8	654.2	0.0
7	651.0	163.5	746.6	61.6	774.7	123.7	0.0	0.0	33.5
8	875.5	258.2	1 659.4	82.8	999.2	123.7	0.0	0.0	866.7
9	252.2	43.9	22.2	23.9	169.8	0.0	82.4	0.0	0.0
合计	4 763.6	750.1	2 782.6	450.9	2 580.7	247.4	759.4	1 670.9	900.2

注 : $P_{\text{引}t}$ 表示 t 时段降水量 ;月毛灌溉用水量由分区各种作物的灌溉用水量面积、月灌溉用水量定额及灌溉水利用系数等计算确定 ;月降雨径流量由文献 [11] 该地区月降雨 ~ 径流关系曲线、汇流面积求得 ;月灌溉回归水量由该设计频率下当地统计的年灌溉回归水可利用量及月毛灌溉用水量占全年毛灌溉用水量的比例估算。

表 2 高阿分区 75% 频率下逐渐增加蓄水工程规模水量平衡推算结果

序号	增加比例/ %	蓄水容积/ 万 m ³	年用水量/ 万 m ³	年来水量/ 万 m ³	年弃水量/ 万 m ³	年抽取地下水/万 m ³	年外引水量/ 万 m ³	复蓄次数/次
1	300	494.8	4 763.6	3 233.5	529.2	407.4	1 652.0	5.5
2	400	618.5	4 763.6	3 233.5	405.5	300.8	1 634.8	4.6
3	450	680.4	4 763.6	3 233.5	343.6	271.6	1 602.3	4.2
4	500	742.2	4 763.6	3 233.5	281.8	271.6	1 540.3	4.0
5	550	804.1	4 763.6	3 233.5	219.9	271.6	1 478.4	3.7
6	600	865.9	4 763.6	3 233.5	158.1	271.6	1 416.7	3.6
7	650	927.8	4 763.6	3 233.5	96.2	271.6	1 354.7	3.4
8	700	989.6	4 763.6	3 233.5	34.4	271.6	1 292.9	3.2
9	725	1 020.5	4 763.6	3 233.5	3.5	271.6	1 262.0	3.2
10	750	1 051.5	4 763.6	3 233.5	0.0	271.6	1 258.7	3.1

水工程容积经验计算公式,就可确定蓄水设施的工程规模。

对于山丘区雨水利用蓄水工程规划,为保证规划区域用水要求,通过水资源供需平衡分析,一般可以确定蓄水工程全年供水量(考虑复蓄),这就相当于已知了概化水库的容积。为进一步将概化水库的容积分解到单位面积平均集蓄容积或分散布置的各蓄水设施的容积,应考虑当地地形特点、蓄水工程自身损失、概化处理损失等因素予以修正。

3 结 论

a. 对于丘陵山区雨水集蓄利用工程,可以将小型水库或微型塘坝等蓄水设施进行一定的聚合概化处理,以便于模型的建立与决策求解。通过实例运用,表明该处理过程是必要的和可行的。

b. 通过计算分析,蓄水工程规模对复蓄次数的确定有直接的影响。由于与现状蓄水规模所对应的复蓄次数较大,不能在规划中直接采用,同时现状仍有弃水存在,这与丘陵山区雨水利用规划原则不符。为充分利用当地雨水资源,减少外引水量与弃水量,必须增加蓄水规模以充分拦蓄降雨径流,重新进行水量平衡计算。

c. 从一般模拟模型分析的过程可知,用水过程对水量平衡计算有着直接的影响。因此,在推算中要结合当地小流域综合治理、土地整治、种植业结构调整等相关规划,对用水过程的合理性和前瞻性作出准确的判断。

d. 来水过程对水量平衡计算也有直接的影响,若有长系列降雨资料,一方面可以根据某一设计来水频率选择多个代表年(即可以得到多个降雨过程),再分别推算各个代表年下的复蓄次数,最后取其均值作为采用值;同时,也可以采用随机模拟模型模拟某一设计来水频率下的降雨过程,再推算相应的复蓄次数,对采用值进行适当修正。

e. 实例表明确定复蓄次数的分析方法是可行的,采用值也是符合当地实际情况的。因此,复蓄次数的确定,提高了山丘区雨水利用蓄水设施规模确定的可靠性和准确性,对我国其他山丘区雨水利用规划蓄水设施规模的确定具有很好的参考价值。

参考文献：

[1] 刘昌明,牟海省.我国水资源可持续开发中的雨水利用 [M].徐州:中国矿业大学出版社,1998.
[2] 刘小勇,吴普特.雨水资源集蓄利用研究综述 [J].自然资源学报,2000,15(2):189-193.
[3] 张祖新,龚时宏,王晓玲,等.雨水集蓄工程技术 [M].

北京:水利水电出版社,1999:1-6.

[4] 王健,蔡焕杰,林性粹.雨水集蓄利用研究进展 [J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2001,29(增刊):89-93.
[5] 付国岩.雨水集蓄利用工程蓄水设施容积计算 [J].防渗技术,1999,5(3):11-13.
[6] 李少斌.雨水集流工程中蓄水窖经济容积的计算方法 [J].防渗技术,2000,8(2):16-21.
[7] SL267—2001,雨水集蓄利用工程技术规范 [S].
[8] 朱强,李元红.论雨水集蓄利用的理论和实用意义 [J].水利学报,2004,35(3):60-65.
[9] 雨水利用专业委员会.雨水集蓄利用学科发展与展望 [J].中国水利,2004(11):31-33.
[10] 新沂市水文中心站.新沂市水资源开发利用现状调查分析报告 [R].徐州:新沂市水利局,2003.
[11] 江苏省水文总站.江苏省水文手册 [R].南京:江苏省水利厅,1976.

(收稿日期:2008-09-08 编辑:方宇彤)

(上接第58页)增大;在相同掺量条件下,复掺比例采用 $P:F=6:4$ 能使胶砂更为密实,强度更高。

d. 复掺 PF 料时,粉煤灰的掺量对各龄期胶砂抗压强度的影响系数均比磷矿渣大。

e. 采用 PF 料复掺不仅可以延迟水化热放热峰值出现的时间,还充分发挥了磷矿渣早期活性高和粉煤灰后期强度增长快以及对耐久性有利的优势,达到优势互补。

参考文献：

[1] 杨华全,董维佳,林育强.粉煤灰与矿渣粉对水泥水化热及胶砂强度影响 [J].人民长江,2007,38(5):108-111.
[2] 陈秀铜,刘德富,李璐.掺磷矿渣混凝土性能试验研究 [J].水力发电学报,2007,26(6):57-60.
[3] 杨南如.碱胶凝材料形成的物理化学基础 [I] [J].硅酸盐学报,1996,24(2):209-215.
[4] 方永浩,王成,朱丹红,等.碱-磷渣-粉煤灰胶凝材料的性能研究 [J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(5):549-552.
[5] 陈霞,易俊新,曾力,等.掺粉煤灰和磷矿粉混凝土的性能研究 [J].粉煤灰综合利用,2006,1(1):22-23.
[6] 陈磊,朱卫明,贾冬.粉煤灰和磷矿渣复掺技术在碾压混凝土中的应用 [J].粉煤灰,2006(4):33-35.
[7] 聂强,陈磊,牛文阁.不同掺合料对水泥水化热的影响 [J].粉煤灰,2007(3):3-5.

(收稿日期:2009-01-05 编辑:方宇彤)