

宁夏高效节水灌溉配套蓄水池建设规模确定方法研究

刘学军,顾靖超,陆立国,王永平,周立华,雷 筱,朱 洁,武慧芳

(宁夏水利科学研究院,银川 750021)

摘要:针对宁夏高效节水灌溉工程配套蓄水池建设规模确定问题,开展蓄水池调蓄方式研究,结合水源条件,提出边蓄边灌、次灌溉调节、阶段灌溉调节、年灌溉调节等蓄水池有效容积以及淤积库容、蒸发、渗漏损失确定方法。结合宁夏蓄水池建设应用实践,提出蓄水池防渗设计结构。蓄水池规模的合理确定,可保障灌溉用水的时空调节,提高工程投资效益、灌溉保证率。

关键词:高效节水灌溉;蓄水池;调蓄

中图分类号:S274.3;TV93 **文献标识码:**A

The Method of Supporting Reservoir Study to Determine the Scale of Construction in Ningxia Efficient Water-saving Irrigation Table

LIU Xue-jun, GU Jing-chao, LU Li-guo, WANG Yong-ping, ZHOU Li-hua, LEI Xiao, ZHU Jie, WU Hui-fang

(Ningxia Institute of Hydraulic Research, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Efficient water-saving irrigation in Ningxia determined the reservoir construction projects supporting the scale of the problem, the way to carry out regulation and storage reservoir research, regulation of irrigation reservoir sedimentation pond and the effective volume capacity, evaporation, seepage losses determining method. Application of reservoir construction combine Ningxia proposed reservoir seepage design structure. Reservoir size is determined reasonably, it can guarantee temporal regulation of irrigation water, improve project investment returns, normal operation of irrigation guarantee rate and engineering.

Key words: efficient water-saving irrigation; reservoirs; flood storage

近年来宁夏高效节水灌溉发展迅猛,截止2014年底发展高效节水灌溉面积13万 hm^2 ,其中喷灌2.4万 hm^2 、滴灌8.2万 hm^2 。为保证渠系供水过程与高效节水灌溉用水时间、空间的平衡与匹配,以黄河水为水源的高效节水灌溉工程均建设有调蓄水池,起灌溉水量时空调蓄、沉沙、净化水质作用。部分机井灌区也建设了调蓄水池,起调蓄水量和提高水温的作用。调蓄水池的建设规模与建设征地面积、建设投资、工程供水保证率等密切相关^[1]。调蓄水池建设规模过大,征地面积增加、建设投资增大、工程运行维护费提高,造成工程浪费。调蓄水池

建设规模过小、在供水保证率较低时,会造成供水与用水不匹配、供水保证率降低,影响供水区的适时灌溉和工程正常运行。因此合理确定高效节水灌溉工程调蓄水池的建设规模,成为高效节水灌溉工程建设、水资源平衡匹配、时空调节的关键^[2-5]。

1 灌区蓄水池建设概况

宁夏建设的高效节水灌溉工程多配有调蓄水池,现建成的调蓄水池达数百座,建设投资在20~40元/ m^3 ,单座调蓄水池容积0.05~380万 m^3 ,总容积达4000万 m^3 以上。最大的红寺堡鲁家窑、盐池杜窑沟、中卫香山、同心县下马关的蓄水池容积分别达到380、330、180、180万 m^3 ,多数蓄水池的容积在5~30万 m^3 。规划到2020年宁夏高效节水灌溉面积达到27万 hm^2 ,新增高效节水灌溉面积14万 hm^2 ,需新建各类调蓄水池总容积3400万 m^3 。

根据2015年对部分县区高效节水灌溉工程调研,扬黄灌区、引黄自流灌区的周边小型扬水区域,为了满足一次性灌溉所需水量调蓄,配套调蓄水池规模较大,达到300 m^3/hm^2 。在

收稿日期:2015-09-21

基金项目:水利部科技推广计划项目“宁夏引黄灌区经济作物滴灌技术集成示范”(TG1506);国家科技支撑计划项目“黄土高原扬黄灌区(宁夏)增粮增效技术研究与示范”(2015BAD22B05)。

作者简介:刘学军(1965-),男,研究员,从事节水灌溉和水利工程技术研究工作。E-mail:16340002@qq.com。

引黄自流灌区、供水有保证、调蓄水池规模较小,达到 75 m³/hm²,主要是利用灌区沟道进行改造,实行边调蓄边灌。在南部山区机井、水库灌区,配套的调蓄水池达到 45 m³/hm² 左右。各县区建设单位灌溉面积配套的调蓄水池平均容积见表 1。

表 1 各县区不同灌溉面积配套调蓄水池平均容积 m³/hm²

Tab. 1 County district irrigation area supporting storage pond average volume

县区	容积	平均
沙坡头	80	
贺兰县	45	72
平罗县	78	
惠农区	87	
利通区	216	
同心县	336	
海原县	201	
红寺堡区	371	296
永宁县	179	
兴庆区	300	
西夏区	347	
原州区	420	
隆德县	59	49
彭阳县	39	

2 调蓄水池调蓄容积确定方法

(1)调蓄方式。由于灌区渠系供水与高效节水灌溉用水时间上存在着流量、水量不匹配,高效节水灌溉工程建设需配套蓄水池调节。现灌区调蓄池调节方式依据供水特征,有边蓄边灌(短暂调蓄沉淀)、次灌水调节、阶段调节和年调节等类型。

(2)调蓄水池调节方式选择。根据用水时段,渠系供水保证程度(流量、水量),选择蓄水池的调节方式。①在用水时段,供水流量、水量有保证、只是泥沙含量较高,选择边蓄边灌调节方式;②在用水时段,供水水量、供水流量不满足用水需求,根据调节时段的长短,选择次灌水调节或阶段调节方式;③满足多种用水目的、渠系非供水期有用水需求,蓄水池调节选择年调节方式。

(3)蓄水池有效调蓄容积确定方法。边蓄边灌调节,主要应用于引、扬黄自流灌区,供水流量、水量有保证,但黄河水泥

表 2 不同水深系数 η 值

Tab. 2 Different water depth coefficient η values

水深/m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
η	4	7	9	11	13	14.8	16.4	18	19.5	21

在确定了沉砂池长度 L 、沉砂池水深 h_0 、沉砂池水面宽度 B_1 、底宽 B_2 后,即可确定调蓄水池的有效容积。

②次灌水调节蓄水池有效容积。次灌水调节蓄水池的容积依据工程控制灌溉面积、作物类型、次最大灌水定额确定:

$$W_{\text{有效}} = \sum_{i=1}^n A_i M_i / \eta \quad (4)$$

式中: $W_{\text{有效}}$ 为满足 1 次灌溉调蓄水池的有效容积, m³; A_i 为工

程灌溉控制区域第 i 类作物的面积, hm²; M_i 为第 i 类作物生育期最大灌水定额, m³/hm²。 η 为灌溉水有效利用率, 高效节水灌溉取 0.90~0.95。

③阶段调节蓄水池有效容积。蓄水池的有效容积根据灌溉控制区域灌溉面积、作物类型、调节时段灌溉次数、灌水定额确定:

沙含量较高,需进行短暂的调蓄,使得大部分泥沙能够在沉砂池、调蓄池进行沉淀,调蓄时间满足 1~3 d 用水量的需求,尽可能减少占用农田面积。

次灌水调节:主要应用在引黄灌区和部分供水有保证的扬黄灌区,但渠系供水与灌水时间不匹配,在 1 次灌水前,调蓄本次灌水所需水量,满足项目区 1 次灌溉水量的需要,调蓄水池的有效容积根据 1 次灌溉水量(灌溉面积×灌水定额)确定。

阶段调节:主要应用于扬水灌区,渠系供水流量和水量在某个时段不能满足适时供水需求,需错峰蓄水、进行时段调节(如调节 2 次、3 次灌溉需水量),蓄水池的有效容积根据项目区时段灌溉次数、灌水定额、控制灌溉面积确定。

年调节:主要应用于灌区周边新开发灌区、满足多种用水目的,供水流量和时段均不能满足作物适时灌溉需要,需通过错峰蓄水和老灌区灌溉间歇期蓄水,调蓄水池的有效容积需通过供水过程线、用水过程线调节计算确定。

(4)蓄水池有效容积计算。

①边蓄边灌调节蓄水池有效容积。调蓄水池的尺寸除了要满足正常运行及安全要求,同时应满足黄河水澄清所需的最小尺寸,调蓄水池起沉砂池作用。调蓄池的进水流量为 Q , 进入调蓄池水流的流速为:

$$V_x = 2 Q / (B_1 + B_2) h_0 \quad (1)$$

式中: V_x 为调蓄池水流平均流速, m/s; Q 为调蓄池的进水流量, m³/s; B_1 为调蓄池底宽度, m; B_2 为调蓄池水面宽度, m; h_0 为调蓄池水深, m。

灌溉调蓄池的水流多为水平流动,池中水流的水平流速越大,则能沉淀的泥沙相应减少,池中平均水平流速一般应控制在 0.5~2.0 cm/s。

泥沙颗粒在静水中的沉降速度称为水力沉速,颗粒愈粗水力沉速 ω 愈大,其沉降速度为:

$$\omega = (\rho_s - \rho g D^2) / 18 \rho v \quad (2)$$

式中: ω 为泥沙自由沉降速度, m/s; g 为重力加速度; ρ_s 为泥沙密度, g/cm³; ρ 为水的密度, g/cm³; D 为拟沉降泥沙的粒径, mm; v 为液体运动黏性系数。

泥沙颗粒在沉砂池中的沉降运动十分复杂,很难进行严格的泥沙沉降理论计算。现采用半经验性法,沉砂池长度为:

$$L = V_x h_0 / [\omega - (V_x / \eta)] \quad (3)$$

式中: V_x 是沉砂池中的水流平均速度; η 为与水深有关的系数,见表 2。

程灌溉控制区域第 i 类作物的面积, hm²; M_i 为第 i 类作物生育期最大灌水定额, m³/hm²。 η 为灌溉水有效利用率, 高效节水灌溉取 0.90~0.95。

③阶段调节蓄水池有效容积。蓄水池的有效容积根据灌溉控制区域灌溉面积、作物类型、调节时段灌溉次数、灌水定额确定:

$$W_{\text{有效}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_i M_{ij} / \eta \quad (5)$$

式中: $W_{\text{有效}}$ 为满足阶段调节调蓄水池的有效容积, m^3 ; M_{ij} 为第 i 类作物、调节时段第 j 次的灌水定额, m^3/hm^2 ; $i=1\sim n$ (灌溉区有 n 种作物), $j=1\sim m$ (调节阶段计划 m 次灌水)。

④年调节蓄水池有效容积计算。年调节蓄水池多兼有数种用途, 如为作物灌溉供水, 为城市、农村生活供水等。在有效调节容积计算中, 根据供水渠道供水时间、供水过程线以及调蓄水池供水区用水过程线, 考虑蓄水池的蒸发、渗漏损失, 从每年的供水开始日(多为4月1日)进行起调, 在来年的(3月31日)截止, 根据供水流量过程、用水过程流量计算调节容积, 要求调节截止日期(3月31日)蓄水池内的存水达到零。调节过程中的供水渠道最大流量、用水过程最大流量、最大的累计容积分别为向调蓄水池供水泵站的设计流量、调蓄水池向受水区供水泵站设计流量和蓄水池的调节容积。调节容积计算公式:

$$W_i = Q_i T_i - \left[\sum_{j=1}^n W_{ij} + \sum_{j=1}^m V_{ij} + E_i + F_i \right] \quad (6)$$

$$\sum W_{i+1} = W_{i+1} + \sum W_i \quad (7)$$

$$W_{\text{调节}} = \max \sum W_{i+1} \quad (8)$$

式中: W_i 为第 i 调节时段渠系供水与调蓄水池受水区用水、蓄水池蒸发、渗漏的差值, 即第 i 时段调蓄的余缺水量, m^3 ; Q_i 为第 i 调节时段渠系供水流量, m^3/s ; T_i 为第 i 调节时段时间, s ; W_{ij} 为第 i 调节时段、第 j 种作物灌溉需水量, m^3 , $j=1\sim n$ (供水区有 n 种作物灌溉); V_{ij} 为第 i 调节时段第 j 类型的需水量, 如城镇供水、农村人饮供水, m^3 , $j=1\sim m$ (供水区除灌溉以外还有 m 种类型的需水); E_i 为第 i 调节时段蓄水池水面蒸发量, m^3 ; F_i 为第 i 调节时段蓄水池渗漏量, m^3 ; $\sum W_i$ 为第 i 调节时段, 蓄水池累计调蓄的余缺水量, m^3 ; $W_{\text{调节}}$ 为蓄水池累计调蓄

余缺水量的最大值, m^3 。

3 蓄水池总容积确定

宁夏建设的灌溉调蓄水池均为开敞式蓄水池, 存在一定的蒸发、渗漏损失, 由于黄河水含沙量大, 必须考虑淤积容积; 在蓄水过程中, 也存在降雨补给, 部分年调节蓄水池由于容积较大, 多建设在局部洼地, 还有一定的降雨径流汇入, 同时蓄水池建设时, 还要考虑一定的超高、风浪造成的爬坡。

$$W_{\text{总}} = W_{\text{有效}} + W_{\text{淤积}} + W_{\text{蒸发}} + W_{\text{渗漏}} + W_{\text{径流}} \quad (9)$$

式中: $W_{\text{有效}}$ 为蓄水池调蓄灌溉及其他供水的容积, m^3 ; $W_{\text{淤积}}$ 为蓄水池清淤间隔期的泥沙淤积量, m^3 ; $W_{\text{蒸发}}$ 为蓄水池调节时段的水面蒸发量, m^3 ; $W_{\text{渗漏}}$ 为蓄水池调节时段的渗漏量, m^3 ; $W_{\text{径流}}$ 为蓄水池调节时段最大一次径流汇入量, m^3 。

(1)蓄水池泥沙淤积量 $W_{\text{淤积}}$ 。由于黄河水泥沙含量较高, 一般在 $0.5\sim 3.0 \text{ kg}/\text{m}^3$, 在蓄水池调蓄期间, 95%以上的泥沙都会沉淀、淤积在蓄水池底部。在蓄水池的设计中, 对小于 1 万 m^3 的蓄水池淤积年限 1 a , 即 1 a 清淤 1 次; $1\sim 5 \text{ 万 m}^3$ 淤积年限 2 a , $5\sim 10 \text{ 万 m}^3$ 淤积年限 3 a , $10\sim 20 \text{ 万 m}^3$ 淤积年限 5 a , $>20 \text{ 万 m}^3$ 淤积年限 $5\sim 10 \text{ a}$ 。

$$W_{\text{淤积}} = 0.001 n \sum W_i C_{s_i} / \gamma_{\text{沙}} \quad (10)$$

式中: $W_{\text{淤积}}$ 为 1 a 内各调节时段淤积泥沙的体积, m^3 ; W_i 为 1 a 内第 i 时段进入调蓄水池的水量, m^3 ; C_{s_i} 为第 i 时段进入调蓄水池水中泥沙含量, kg/m^3 ; $\gamma_{\text{沙}}$ 为淤积泥沙密度, 取淤积泥沙密度 $1.4 \text{ t}/\text{m}^3$; n 为设计清淤年限, a 。

在调蓄池设计中不考虑清淤时, 其淤积容积按淤积年限内泥沙总淤积量计算。2009—2011年黄河下河沿监测站泥沙含量监测结果见表3。

表3 黄河水逐月平均含沙量值(下河沿站)

kg/m^3

Tab. 3 The Yellow River water monthly average sediment concentration value (Xiaheyan station)

年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2009	0.08	0.06	0.28	0.41	0.46	0.90	1.37	4.80	1.61	0.89	0.34	0.19
2010	0.18	0.09	0.10	0.22	1.35	1.49	1.91	3.02	1.70	1.34	0.41	0.20
2011	0.09	0.06	0.18	0.29	0.38	0.53	2.13	2.77	1.92	0.77	0.33	0.22
平均值	0.12	0.07	0.19	0.31	0.73	0.97	1.80	3.53	1.74	1.00	0.36	0.20

(2)蓄水池调蓄阶段水面蒸发量 $W_{\text{蒸发}}$ 。水面蒸发按照每月水面蒸发损失减去当月降雨量计算。水面蒸发损失量按照蓄水池月平均水面面积与当月平均蒸发强度(mm/d)计算确定, 也可粗略按蓄水容积的 $6\%\sim 8\%$ 估算。

$$W_{\text{蒸发}} = \sum_{i=1}^n 0.001 S_i E_i T_i \quad (11)$$

式中: S_i 为调节时段第 i 月蓄水池平均水面面积, m^2 ; E_i 为调

节时段第 i 月蓄水池平均蒸发强度, mm/d ; T_i 为调节时段第 i 月天数, d 。

宁夏扬黄灌区红寺堡多年平均水面蒸发量 1280 mm (E601)、同心县蒸发量 1350 mm (E601)。根据《水利水电工程水文计算规范》(SL278-2002), 计算大型蓄水池水面蒸发量时需对 E601 蒸发皿的蒸发量进行折算。宁夏扬黄灌区各月大型蓄水池水面蒸发量见表4。

表4 宁夏扬黄灌区大型蓄水池逐月水面蒸发量

Tab. 4 Large reservoir irrigation area in Ningxia monthly water surface evaporation

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
红寺堡 E601 蒸发量/mm	21.8	34.6	79.4	144.6	174.1	188.2	208.6	181.8	108.8	65.3	47.4	25.6	1280.2
同心县 E601 蒸发量/mm	40.7	47.8	93.2	155.0	196.5	201.9	180.6	152.5	104.0	82.8	54.0	41.0	1350.0
折算系数	0.73	0.73	0.74	0.80	0.76	0.77	0.81	0.86	0.91	0.92	0.80	0.73	0.81
红寺堡水面蒸发量/mm	15.9	25.3	58.8	115.7	132.3	144.9	169.0	156.3	99.0	60.1	37.9	18.7	1033.8
同心县水面蒸发量/mm	30	35	69	124	149	155	146	131	95	76	43	30	1094

(3)蓄水池调蓄阶段渗漏量 $W_{\text{渗漏}}$ 。蓄水池渗漏损失主要包括池体、池基渗漏,调蓄水池的渗漏损失因防渗材料的不同差异较大,可按照实测资料进行计算。现宁夏建设的蓄水池多采用 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜进行池底、边坡防渗,正常情况下渗漏量很小。考虑施工质量等因素,通常按照蓄水池水面面积乘日渗漏量 2 mm 进行估算。

(4)蓄水池调蓄阶段一次性进入蓄水池的最大径流量 $W_{\text{径流}}$ 。部分大型蓄水池建设在地势低洼区域,存在径流入池现象。根据蓄水池建设具体情况、控制流域范围、设计洪水频率进行洪水调控演算,确定一次入池洪水量。

4 调蓄池设计

调蓄水池布局:根据水源类型、特点及水源与灌溉控制区的位置关系,调蓄池可布置于灌区内或灌区边缘、泵站压力管道出口处等。调蓄池布置应尽量利用天然地形条件,如天然沟壑、局部洼地等,尽量少占耕地,遵循节约耕地、节俭投资和方便的原则。调蓄池进、出水口的位置应尽量布置于短边两侧,以尽量增大流程,提高调蓄池的沉淀、澄清效果。

调蓄池形式:调蓄规模大于 5 万 m^3 ,采用沉淀与调蓄一体布置;调蓄规模小于 5 万 m^3 ,宜分开布置沉淀池与调蓄池。调蓄沉淀池一般采用长方形水池,根据地形、地质条件和地基处理要求合理确定水深^[6],一般为 4~9 m,无明显地质问题取较大值。对调蓄规模小于 10 万 m^3 的调蓄沉淀池,长度不小于 100 m;对调蓄规模大于 10 万 m^3 的调蓄沉淀池,长度不小于 200 m。

超高:容积 10 万 m^3 以下为 0.8 m,10~20 万 m^3 为 1.0 m,20~50 万 m^3 为 1.2 m,50 万 m^3 以上为 1.5 m。

边坡系数:结合工程地质和水文地质条件,在边坡稳定计算基础上,可采用合理边坡值。采用卵膜结构的内边坡,边坡系数一般取 1:4~1:6;采用板膜结构的内坡,边坡系数一般取 1:2.5~1:3。

池底防渗结构:①复合土工膜+土料结构。具体规格为 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜+厚 60~80 cm 土料结构。土料可以为全土料,也可采用土石混合物。②复合土工膜+预制混凝土板(或现浇)混凝土板结构。具体规格为 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜及以上规格的二布一膜+6~8 cm 厚预制混凝土板或厚 12~16 cm 现浇混凝土板。复合土工膜的幅宽为 6~8 m。对大型、重要的蓄水池取偏上标准^[7]。

内坡面防渗结构:①复合土工膜+砂砾石+预制混凝土板(或现浇)结构,由 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜+20~30 cm 砂砾石+5~8 cm 预制混凝土板或 12 cm 现浇混凝土板组成。②复合土工膜+卵砾石结构,由 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜+30~40 cm 卵砾石组成。③复合土工膜+土料结构,由 200 g/0.5 mm/200 g 复合土工膜+40 cm 土料结构组成。对于小型(小于 5 万 m^3 蓄水池)、短期应用的蓄水池,可采用直接铺膜的方式,膜厚一般为 0.5 mm,膜下为压实壤土。

管护道路:蓄水池管护路面一般宽为 3~4 m,铺设 12 cm 厚的砂砾石。防护栏一般采用高速公路简易防护网。

5 典型工程应用实例

宁夏高效节水灌溉工程已建成调蓄水池 200 余座,调蓄总容积大 4 000 万 m^3 以上。已建成的典型工程调蓄水池规模确定见表 5。

表 5 给出了不同调节方式蓄水池调蓄容积确定的应用实

表 5 调蓄水池规模确定典型工程实例

Tab. 5 The storage pool to determine the scale of typical engineering examples

调节方式	地址	用水类型	灌溉面积/ hm ²	次灌溉水量/ 万 m ³	年需水量/ 万 m ³	调蓄水池有效容积/ 万 m ³	淤积、蒸发、渗漏量/ 万 m ³	调蓄水池总容积/ 万 m ³
边蓄边灌	中卫沙坡头城关	玉米滴灌	86.7	2.60	20.8	0.550	0.050	0.6
	中宁城关镇	供港蔬菜喷灌	33.3	0.37	60.0	0.073	0.027	0.1
次调节	中宁县北滩	枸杞滴灌	133.2	4.00	64.0	4	1.0	5.0
	玉泉营农场	葡萄滴灌	133.3	4.00	60.0	4	1.0	5.0
阶段调节	盐池县杜窑沟	日光温室、大拱棚、经果林、红枣、马铃薯滴灌	2 253	66.50	864.0	320.0	11.0	331.0
	同心县石狮镇满春	枣树小管出流	202.7	2.17	12.7	7.1	0.4	7.5
	固原市原州区三营镇甘沟村	枸杞滴灌	333.3	9.00	72.0	18.9	1.1	20.0
年调节	红寺堡鲁家窑	城区居民生活用水(人)、城区工业用水	62 500		298.5			
		工业园区用水			286.3	251.9	128.0	380.0
	红寺堡生态移民	葡萄、拱棚滴灌	840	32.6	326.0			
		葡萄、设施农业滴灌,甘草、马铃薯喷灌	840	25.2	359.5	48.0	7.0	53.0
		移民生活用水/人	12 500		24.3			

(下转第 8 页)

表 5 直观分析评价结果

Tab. 5 Evaluation results of intuitive analysis

评价 序号	射程/ m	喷灌强度峰值/ (mm · h ⁻¹)	组合均匀性 系数/%	y_i^*
1	4.98	39.48	83.98	5.48
2	5.98	36.18	83.36	7.08
3	6.45	40.68	59.12	4.23
4	5.46	19.24	75.33	9.15
5	5.93	24.84	83.99	9.36
6	5.97	27.26	75.11	8.03
7	5.41	20.12	54.53	6.84
8	5.43	15.82	71.77	9.44
9	5.97	14.77	91.43	12.16

将 y_i^* 作为直观分析评价进行指标极差计算分析如表 6 所示。由表 6 可以看出,影响非旋转折射式喷头射程、喷灌强度峰值与组合均匀性系数因素的主次顺序分别为 A>C>D>B,即喷嘴直径>流道出口形状>喷头组合间距>工作压力。

表 6 多指标评价结果分析

Tab. 6 Analysis of multi-index evaluation results

y_i^*	A	B	C	D
\bar{y}_1^*	5.596	7.155	9.001	9.001
\bar{y}_2^*	8.845	8.628	9.461	7.316
\bar{y}_3^*	9.480	8.138	6.809	7.605
S_j^*	3.884	1.473	2.653	1.685

3 结 语

(1)不同喷嘴直径、工作压力和流道出口形状的单喷头移动水量分布形式有差异,主要表现在水量集中于喷洒区域的区域不同,喷灌强度峰值不同。喷嘴直径、工作压力和流道出口形状对喷头射程均呈显著影响。相同喷头间距下,喷嘴直径为 2.98 mm,工作压力为 100 kPa,流道出口形状为 Y 形折射式喷头的组合均匀性系数均高于 85%。

(2)基于综合评分法,得到各因素对射程、喷灌强度峰值和组合均匀性系数的综合评价指标影响的主次顺序为:喷嘴直径、流道出口形状、喷头组合间距、工作压力;使射程最远、喷灌

强度峰值最低且组合均匀性系数最高的最优组合为:喷嘴直径为 2.98 mm,喷盘流道出口形状为 Y 形,喷头组合间距为 2.5 m,工作压力为 100 kPa。 □

参考文献:

- [1] Kincaid D C. Application rates from center pivot irrigation with current sprinkler types[J]. Applied Engineering in Agriculture, 2005,21(4):605-610.
- [2] Yan H J, Jin H Z, Qian Y C. Characterizing center pivot irrigation with fixed spray plate sprinklers[J]. Science China Technological Sciences, 2010,53(5):1 398-1 405.
- [3] Faci J M, Salvador R, Playán E, et al. Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 2001,127(4):224-233.
- [4] 蔡振华. 中心支轴式喷灌机关键灌水组件开发及试验研究[D]. 北京:中国农业机械化科学研究院, 2009.
- [5] 李桂芬,高季章,刘清朝. 窄缝挑坎强化消能的研究和应用[J]. 水利学报, 1988,(12):1-7.
- [6] 柴春岭,杨路华,脱云飞,等. 可调式微喷头出水口流道形式对喷洒水性能影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2005,21(3):17-20.
- [7] Kohl R A, Deboer D W. Drop size distributions for a low pressure spray type agricultural sprinkler[J]. Transactions of the ASAE,1984,27(6):1 836-1 840.
- [8] 韩文霆,王 玄,孙 瑜. 喷灌水量分布动态模拟与均匀性研究[J]. 农业机械学报, 2014,45(11):159-200.
- [9] Christiansen J E. Irrigation by sprinkling (California Agricultural Experiment Station Bull. No. 670)[R]. Davis: California University, 1942.
- [10] GB/T50085 2007. 喷灌工程技术规范[S].
- [11] 李世英. 喷灌喷头理论与设计[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.
- [12] 刘俊萍,袁寿其,李 红,等. 全射流喷头射程与喷洒均匀性影响因素分析与试验[J]. 农业机械学报, 2009,39(11):51-54.
- [13] 吴建民. 综合加权评分法的研究[J]. 农业机械学报, 1993,(2):66-70.
- [14] 吴建民,陶菊春. 用综合加权评分法优化钻井泥浆配方的研究[J]. 农业工程学报, 2002,18(2):45-48.

提高工程运行经济效益意义重大。 □

参考文献:

- [1] 刘 荣. 同心县高效节水灌溉项目规划设计关键技术及效益分析[J]. 宁夏农林科技, 2012,(9):66-68.
- [2] 李 帆. 农村饮水安全工程调蓄水池设计[J]. 甘肃水利水电技术, 2011,(12):40-42.
- [3] 高 琴,薛 梅,张在刚. 浅谈节水灌溉项目水源工程—河床渗渠、调蓄水池的设计要点[J]. 内蒙古水利, 2014,(5):31-32.
- [4] 赖建华. 蓄水池在高山缺水地区的应用[J]. 浙江水利科技, 2000,(3):37-38.
- [5] 尹正杰,王小林,胡铁松,等. 灌区田间灌溉蓄水工程的规模优选[J]. 农业工程学报, 2006,(1):53-56.
- [6] 余侃柱. 调蓄水池湿陷性黄土地基特性及处理措施[J]. 水利规划与设计, 2013,(6):58-61.
- [7] 薛塞光,刘 佳. 宁夏中部干旱带调蓄水池设计与应用[J]. 人民黄河, 2010,(10):93-94.

(上接第 4 页) 例。边蓄边灌调节、次调节、阶段调节蓄水池规模相对较小,年调节、特别是多用途的大型调蓄水池,如红寺堡鲁家窑调蓄工程,考虑 30 a 淤积、蒸发、一次洪水入池等,增加调蓄容积较大。对淤积年限的确定,应进行经济对比分析,在保证供水可靠性的基础上有效降低调蓄水池容积、降低工程投资。

6 结 语

调蓄水池的有效容积与工程的供水对象(灌溉、生活、工业)、控制灌溉面积、水源条件、供水规模、调节周期、调蓄方式密切相关,应该根据供水水源条件、工程建设供水对象,遵循调蓄方式确定原则,合理确定蓄水池的调节方式,选择采用边蓄边灌调节、次调节、阶段调节、年调节,通过满足供、用水过程平衡调配,确定调蓄水池的有效容积。综合考虑蒸发、渗漏、淤积年限、径流入池等,合理确定调蓄水池的总规模。蓄水池规模的确定,对降低工程投资、保证高效节水灌溉工程供水可靠性,