

文章编号:1007-2284(2014)07-0024-03

南疆不同控制面积地表水滴灌系统投入、运行费用探析

陈杰¹, 陈林², 李文², 李宝珠², 程莲²

(1. 新疆维吾尔自治区水利厅, 乌鲁木齐 830000; 2. 国家节水灌溉工程技术研究中心(新疆), 石河子 832000)

摘要:以温宿县 108 hm² 地为例, 对不同控制面积滴灌系统的总投入、各项投入及运行费用进行比较, 结果表明滴灌系统控制面积规模应适中, 控制面积过大则运行费用随之增大, 降低了灌水均匀度, 能耗增加, 轮灌管理困难, 系统安全性降低; 而系统控制面积过小初置一次性投入也会随面积减小而增加。滴灌系统的优化方案应由单位面积初置一次性投入成本和运行成本等综合费用共同决定。

关键词:滴灌系统; 投入; 控制面积

中图分类号:S275.6 **文献标识码:**A

An Analysis of Investment and Operating Costs for Drip Irrigation Systems of Different Control Sizes in South Xinjiang

CHEN Jie¹, CHEN Lin², LI Wen², LI Bao-zhu², CHENG Lian²

(1. Xinjiang Water Resources Department, Urumqi 830000, China;

2. National Center of Efficient Irrigation Engineering and Technology Research (Xinjiang), Shihezi 832000, Xinjiang, China)

Abstract: This paper takes Wensu County 108 Ha of for example, comparing investment and operating costs about different control sizes of the drip irrigation system. The results show that the size of drip irrigation system control area should be moderate; control area is too large, the operating cost increases, reducing the irrigation uniformity, has increased energy, difficulty rotation irrigation management and reduced system security. While the system control area is too small, the initial one-time investment will increase as the size decreases. Drip irrigation system optimization should be initial one-time investment costs and operating costs and other costs claim a comprehensive decision.

Key words: drip irrigation system; investment; control area

据我国《节水灌溉发展规划纲要》(2000—2015 年), 我国有效灌溉面积将由 0.53 亿 hm² 增加到 0.58 亿 hm², 但农业用水仍保持 3 900 亿 m³ 现状不变。到 2015 年, 节水灌溉面积由 0.15 亿 hm² 增加到 0.4 亿 hm², 实现灌溉水利用率 20% 以上, 实现节水 600 亿 m³, 新增粮食生产能力 600 亿 kg。在过去 4 年中, 新疆用于农业节水方面的资金已达 90 亿元, 每年新增高效节水灌溉面积 20 万 hm² 以上。截止 2012 年, 新疆地方高效节水灌溉面积达 143.33 万 hm², 其中 92% 为滴灌。到 2015 年, 新疆 50% 以上的耕地将实现高效节水。在大力推广节水滴

灌的过程中, 各地出现了许多问题, 尤其是南疆地区, 一些地表水的滴灌系统盲目做大, 普遍在 100~200 hm² 之间, 造成系统运行管理复杂, 还增加了一次性的投入成本^[1]。本文针对南疆地表水不同规模的滴灌系统, 从投入和运行管理两方面进行分析, 讨论面积与投入、运行费用之间的关系, 从而推荐经济的滴灌系统面积, 提高滴灌运行管理能力。

1 基本情况

以南疆阿克苏温宿县地块为例, 滴灌系统面积为 108 hm², 种植作物为棉花, 株行距配置为机采棉模式, 滴灌带间距为 0.76 m, 水源为河水, 首部及前处理为沉淀池+离心砂石筛网三级过滤。同一地块设计 3 种滴灌系统方案进行比较分析, 分别为 1 个首部、2 个首部和 3 个首部系统, 单系统面积分别为 108、54 和 36 hm² (见表 1), 对 3 个方案的一次性的投入成本、

收稿日期: 2014-02-17

基金项目: 国家“863”项目—主要粮食作物滴灌关键技术与装备 (2011AA100508)。

作者简介: 陈杰 (1982-), 男, 工程师, 主要从事高效节水灌溉研究。E-mail: cbc8236@163.com。

运行管理等进行分析。

表 1 滴灌系统划分及设计方案简表			
项 目	滴灌系统划分及方案		
	方案 1	方案 2	方案 3
单系统面积/hm ²	108	54	36
系统(首部)数量	1	2	3
单系统设计流量/(m ³ ·h ⁻¹)	440	220	147
系统设计工作压力/m	40	40	30
水处理及首部配置	沉淀池+砂石筛网组合过滤(120 目)		
最大 PVC 地埋干管	deΦ315	deΦ200	deΦ160

2 滴灌系统一次性投入成本分析

2.1 不同控制面积的滴灌系统投入成本比较

对 3 种不同控制面积的滴灌系统方案的首部枢纽、地埋部分投入、地面部分投入、施工安装等一次性的投入进行对比分析,详见表 2。

由表 2 可以看出:3 个方案的投入存在差异,方案 3 投资最高,比方案 1 每公顷一次性投入增加 1 234 元,增加的都为长期投资,按 20 年折旧,平均每年为 62 元/hm²。方案 3 的地埋部分投入、安装费最少,首部投入、沉淀池和泵房费用较高;方案 1 的首部投入、沉淀池和泵房费用较低,地埋部分投入最多,与方案 3 刚好相反。方案 2 的各项投入几乎都处于 3 个方案

表 2 3 种方案一次性投入比较			
元/hm ²			
项目名称	方案 1	方案 2	方案 3
系统投入	10 193	10 593	11 426
首部投入	977	1 065	1 086
地埋部分投入	3 219	2 076	1 419
地面部分投入	3 327	3 327	3 327
沉淀池	1 050	2 100	3 150
泵房	510	1 020	1 530
施工安装费	1 110	1 005	915

注:①费用按 PVC 管材 8 000 元/t,PE 管材 14 000 元/t,滴灌带 0.18 元/m 计算,沉淀池、管理房等投入采用概算。②方案 1 配套一座沉淀池;方案 2 配套二座沉淀池;方案 3 配套三座沉淀池;不同方案首部管理房数量与相配套的沉淀池数量相同。③高压线、变压器等电力设备投入不计在内。

的中间水平。方案 3 由于单个系统面积小,系统流量小,系统工作压力低,使得地埋部分投入、安装费用较低,分摊了修建 3 个沉淀池、泵房、首部投入所产生的高费用。方案 1 由于系统流量大,系统工作压力大,地埋管的管径变大,导致地埋管造价增加。

2.2 滴灌系统一次性投入成本相关性分析

对影响 3 个方案的滴灌系统一次性总投入高低的各种因素进行相关性分析,由于 3 个方案地面部分投入一样,对一次性总投入不影响,对其不进行分析,一次性总投入与其他因素、其他因素间的相关性分析见表 3。

表 3 滴灌系统一次性总投入相关系数矩阵表						
项目	总投入	首部投入	地埋部分投入	沉淀池	泵房	施工安装费
总投入	1					
首部投入	0.856 6	1				
地埋部分投入	-0.937 7	-0.982 5*	1			
沉淀池	0.980 0*	0.942 1	-0.988 1*	1		
泵房	0.980 0*	0.9421	-0.988 1*	1**	1	
施工安装费	-0.970 2*	-0.956 0*	0.993 9**	-0.999 0**	-0.999 0**	1

注:a=0.05 时,r=0.950 0;A=0.01 时,r=0.990 0。

从表 3 可以看出:滴灌系统总投入与沉淀池、泵房和施工安装费呈显著相关;首部投入与地埋部分投入、施工安装费呈显著相关;地埋部分投入与和施工安装费呈极显著性相关,与泵房、沉淀池呈显著相关;沉淀池与泵房呈极显著相关,与施工安装费呈显著相关。泵房与施工安装费呈极显著相关。说明滴灌系统随着控制面积的增大,系统流量、工作压力、地埋管管径也随之增大,虽然首部投入、沉淀池等工程随着滴灌系统控制面积增大,亩投入降低,但地埋部分投入随滴灌系统控制面积增大显著提高;当滴灌系统控制面积小到一定程度,滴灌系统首部投入将显著增加,使得一次性总投入也会增大;地面管投入大小还要考虑地块形状、所种植的作物、株行距配置和支毛管的类型及布置等因素。

3 系统运行管理分析

滴灌系统的泵房投入对一个系统来说是定值,设备投入含水泵投入和其他设备投入,只要流量一定,设备投入基本是定值,所以影响系统造价的因素主要为管道投入和年运行费,而

年运行费可比较部分为电费^[2,3],当滴灌系统设计流量确定时,系统设计水头决定着水泵的扬程和动力机功率,从而决定了工程的年运行电费^[4]。

对影响 3 个方案的滴灌系统的能耗进行分析,详见表 4。

从表 4 可以看出:系统面积越大能耗和运行费用越高,方案 3 比方案 1 节约电费 24%,平均每公顷年节电 148 kWh,按 0.38 元/kWh 计算,年均每公顷节约电费 56.26 元,108 hm² 地则节约 6 075.67 元;系统面积越大,一部分轮灌小区水泵在非高效区运行,方案 1 中有 16%的轮灌区水泵不在高效区运行,造成能耗上升和易损坏水泵,同时,方案 1 滴灌系统首部装置控制面积的扩大将造成系统灌溉运行的安全性降低,因为所有灌溉面积都由一个首部装置供水,而首部装置设备较多,结构复杂,一旦首部装置在灌水季节出现故障,将影响整个面积的灌溉,其造成的损失将比多个首部控制条件下的损失大。另外,为了保证首部装置能正常工作,就要增加其维护成本,而这部分成本同运行成本一样,也是伴随着生产过程一直存在的。

表 4 不同方案滴灌系统能耗分析表

方案	轮灌组 支管条数	水泵流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	水泵扬程/ m	轮灌组面积/ hm^2	灌溉定额/ ($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	生育期灌水 时间/h	总灌水 时间/h	总用电量/ kWh	运行费用/ 元
方案 1	8 条支管	440	45	9	4 500	92.05	1 105	82 841	31 479.55
方案 2	4 条支管	220	45	4.53	4 500	92.73	2 226	82 344	31 290.81
方案 3	3 条支管	160	30	3.60	4 500	101.25	3 038	66 825	25 393.50

注:①方案 1 中设计水泵流量为 $440 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 45 m,功率为 75 kW;方案 2 中设计水泵流量为 $220 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 40 m,功率为 37 kW,方案 3 中设计水泵流量为 $160 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 30 m,功率为 22 kW;②方案 1 系统共有轮灌组 24 个,有 4 个不在高效区范围内工作,约占总灌溉小区的 16%,这种情况易造成水泵损坏。方案 2 系统共有轮灌组 24 个,有 2 个不在高效区范围内工作,约占总灌溉小区的 8%,这种情况易造成水泵损坏;方案 3 系统共有轮灌组 20 个,均在高效区范围内工作。③每度电按 0.38 元计算。

4 结 语

(1)滴灌系统控制面积规模应适中,系统的投入应综合考虑一次性总投入、年折旧和运行费,建议地表水单滴灌系统控制面积规模在 $33.33 \sim 66.66 \text{ hm}^2$ 较为经济,系统控制面积过小一次性总投入也会随面积减小而增加。

(2)大系统和小系统的一次性总投入相差不大,新疆从 2008 年才开始大面积的发展滴灌系统,且一个系统中往往多种作物,部分农民对大系统运行管理有一定的困难,过大系统从开第一个阀门到最后一个阀门,时差长,降低了灌水均匀度。运行方面,小系统好管理,有利于提高灌水均匀度和运行效率。滴灌系统控制面积增大,运行成本增大,使得系统工作压力和流量增大,导致首部所需加压水泵功率增大,能耗增加,轮灌管理困难,灌溉的安全性降低,

(3)新疆的地表水滴灌系统一般是山上的雪水,在每年的 7 月

份会出现浑水期,单系统面积过大造成沉淀池压力过大,来不及沉淀而堵塞过滤器和滴灌带,造成很多地方在浑水期用备用井水灌溉或浑水期少灌、不灌水,都会额外增加费用或造成减产。

(4)在滴灌系统设计中应做出多个不同面积规模的滴灌系统方案,并对这些方案进行比较,只有当单位面积初置一次性投入成本和运行成本等综合费用较低时方为较优方案。 □

参考文献:

- [1] 沙克娅·沙力丸. 浅谈影响农户级实用标准滴灌系统投入的因素[J]. 中国水运, 2013, 13(1): 185—186.
- [2] 郑耀泉. 滴灌系统设计供水比对滴灌费用的影响[J]. 农业工程学报, 1993, 9(3): 45—52.
- [3] 施熙灿, 蒋水心. 水利工程经济[M]. 北京: 水利电力出版社, 2000: 52—53.
- [4] 李宝珠. 滴灌系统设计水头与工程输配水管网投资及运行的关系分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 72—76.

(上接第 23 页)

式中: N 为样本个数; $y(i)$ 为系统实际测量值; $\bar{y}$ 为系统实际测量值的平均值; $y_m(i)$ 为模型仿真输出值。

经计算得到按照作物系数法模型计算出的作物需水量相对误差 $RE=8.2\%$, 有效性指数达到 $EF=89.3\%$, 由此说明本文所得的作物系数及模型具有较好的有效性和可靠性。

4 结 论

本文通过田间试验,利用单作物系数法计算温室番茄作物系数 K_c ,并对试验结果进行分析,得到如下结论:

(1)温室膜下滴灌番茄作物需水量与温度、辐射关系密切,呈现正相关关系;室内作物系数 K_c 较外界 K_c 值大,且与温度、辐射不存在明显的线性关系。

(2)利用实测数据对作物系数法需水量计算模型进行验证,结果表明模型拟合精度较高,所得作物系数有较好的可靠性。

(3)本文结论是在特定温室作物和特定条件下得到的,具有一定的局限性,但可为日光温室膜下滴灌作物需水量和灌溉制度的研究提供一定的理论指导。

(4)最后须指出,本文得到作物系数与室内温度、辐射虽然不存在明显线性关系,但不排斥 K_c 与两者间存在其他函数关系,此类问题有待进一步深入研究。 □

参考文献:

- [1] 彭世彰,丁加丽. 用 FAO-56 作物系数法推求控制灌溉条件下晚

稻作物系数及验证[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 30—34.

- [2] 龚元石, 李子忠, 李春友. 应用时域反射仪测定作物需水量和作物系数[J]. 中国农业大学学报, 1998, 3(5): 61—62.
- [3] 杨晓光, B A M Bouma, 张秋平. 华北平原旱稻作物系数试验研究[J]. 农业工程学报, 2006, 22(2): 37—41.
- [4] 彭世彰, 李荣超. 覆膜旱作水稻作物系数试验研究[J]. 水科学进展, 2001, 12(3): 312—317.
- [5] 刘 钰, L S Pereira. 对 FAO 推荐的作物系数计算方法的验证[J]. 农业工程学报, 2000, 16(5): 26—30.
- [6] 雷志栋, 罗 毅, 杨诗秀, 等. 利用常规气象资料模拟计算作物系数的探讨[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 119—123.
- [7] 肖 娟, 雷廷武. 西瓜和蜜瓜咸水滴灌的作物系数和耗水规律[J]. 水利学报, 2004, (6): 118—124.
- [8] 王 健, 蔡焕杰, 刘红英. 利用 Penman—Monteith 法和蒸发皿法计算农田蒸散量的研究[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 67—68.
- [9] 彭世彰, 索丽生. 节水灌溉条件下作物系数法和土壤水分修正系数实验研究[J]. 水利学报, 2004, (1): 17—21.
- [10] 汪志农. 灌溉排水工程学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [11] 罗金耀. 节水灌溉理论与技术[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [12] 李援农. 保护地节水灌溉技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.
- [13] Kumar M, Raghuwanshi N S, Siongh R, et al. Estimating evapotranspiration using artificial neural network[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE, 2002, 128(4): 224—233.