

宁夏农垦平吉堡农场高效节水灌溉工程中轮灌方式选择

王 童

宁夏沙湖旅游股份有限公司 宁夏 石嘴山 753400

摘 要:平吉堡奶牛场距离银川市西夏区15km,属青铜峡银北灌区,位于西干渠中下游,主要灌溉水源为西干渠。项目区主要以种植玉米为主,轮灌方式有干管轮灌和支管轮灌两种可选用。干管轮灌只需少数控制阀门,增大了干管管径,可省去支管进口的控制阀门,方便管理,资金投入大。支管轮灌可将流量分散,其所设计的干管直径较小,但控制阀门很多,管理相对困难,资金投入较少。本工程采用分干管轮灌的方式从经济效益角度和管理角度综合考虑分干管铺设方式。

关键词:轮灌方式;管网铺设;经济效益;密植作物

1 工程概况

项目建设地点为宁夏农垦平吉堡奶牛场,项目区总面积4万亩,其中灌溉面积3.75万亩,原有灌溉方式为渠道灌溉水源为西干渠,规划为玉米滴灌高效节水工程。

2 工程布置方案

项目区总面积4.0万亩,灌溉面积3.75万亩,全部为玉米滴灌工程。根据水源情况分为五个片区,分别是平吉堡奶牛场A、B、C、D、E片区,其中:A片区水源是A号蓄水池(容积9万 m^3),引水方向为西干渠—扬水泵站—东三扬水渠(北)—A号蓄水池,该片区范围:北至东三支四斗渠、南至西干渠,西至平二支沟、东至银巴高速,该区灌溉面积为10512亩;B片区水源是B号蓄水池(容积7万 m^3),引水方向为西干渠—扬水泵站—东二支一斗渠—B号蓄水池,该片区范围:北至东二支三斗渠、南至西干渠,西至银巴高速、东至东二支渠,该区灌溉面积为7095亩;C片区水源是C号蓄水池(容积9万 m^3),引水方向为西干渠—东二支三斗渠—C号蓄水池,该片区范围:北至东二支五斗渠、南至东二支三斗渠,西至银巴高速、东至东二支渠,该区灌溉面积为8521亩;D片区水源是D号蓄水池(容积5万 m^3),引水方向为西干渠—东二支六斗渠—D号蓄水池,该片区范围:北至桑园沟、南至东三支四斗渠,西至平二支沟、东至平姜南路,该区灌溉面积为5672亩;E片区水源是E号蓄水池(容积5万 m^3),引水方向为西干渠—东二支六斗渠—E号蓄水池,该片区范围:北至桑园沟、南至东二支五斗渠,西至平姜路、东至东二支渠,该区灌溉面积为5700亩^[1]。

滴灌系统采用如下结构:

水源(加压)→计量装置(水表、压力表)→砂石介质自动反冲洗过滤器(进排气装置)→施肥罐(施肥

控制装置)→叠片式自动反冲洗过滤器→干管(埋地PVC管)→支管(浅埋PE黑管)→滴灌带→滴头。

3 轮灌制度设计

3.1 设计耗水强度 E_a (作物日耗水量)

玉米滴灌设计日耗水强度 E_a 按下式计算:

$$E_a = K_c * E_o * K_r * K_s$$

式中: E_a —设计日耗水强度;

K_c —作物修正系数,0.9;

K_r —作物遮阴率对耗水量的修正系数, $K_r = G_c / 0.85$;

G_c —作物遮阴率,0.75;

E_o —作物最大日耗水强度,根据气象资料, $E_o = 6.5\text{mm/d}$;

K_s —与土壤有关的损失系数,项目区表层土质多为沙壤土,土下多为棕漠土,透水性强,取 $K_s = 1.15$ 。

通过计算并结合项目区状况,本次设计最大日耗水强度为:5mm/d。

3.2 灌溉水利用系数 η

根据《规范》确定滴灌灌溉水利用系数 $\eta = 0.9$ 。

3.3 土壤湿润比分析与计算

根据《节水灌溉工程技术规范》查得:玉米滴灌设计土壤湿润比为30%-50%,根据项目区自然条件、作物种类、种植方式和灌溉形式确定:玉米取土壤湿润比 $P = 60\%$ 。

3.4 计划湿润层深度 Z

玉米计划湿润层深度定为0.5m。

3.5 作物轮灌制度

3.5.1 最大净灌水定额

设计灌水定额依据公式 $m_{\max} = 0.001\gamma ZP(\theta_{\max} - \theta_{\min})$,

式中: m_{\max} — 最大净灌水定额, mm;

γ — 土壤容重, 取 $\gamma = 1.46 \text{ g/cm}^3$;

Z — 计划湿润层深度;

P — 设计土壤湿润比;

θ_{\max} 、 θ_{\min} — 适宜土壤含水率上、下限(占干土重的%), 一般 θ_{\max} 为田间最大持水率的90%、 θ_{\min} 为田间最大持水率的65%, 即 $\theta_{\max} - \theta_{\min} = 0.30\theta_{\text{田}}$;

$\theta_{\text{田}}$ — 土壤田间持水量22%;

经计算: 玉米 $m_{\max} = 28.91 \text{ mm}$;

3.5.2 设计灌水周期

设计灌水周期按照公式:

$$T \leq T_{\max}$$

$$T_{\max} = m_{\max} / I_a$$

式中: T — 设计灌水周期(d);

T_{\max} — 最大灌水周期(d);

因为无淋洗要求, $I_a = E_a$

经计算: $T = 5.35$ 天。设计灌水周期取5天。

3.5.3 设计灌水定额

$$m_d = T \cdot I_a$$

$$m' = m_d / \eta$$

式中: m_d — 设计净灌水定额(mm);

m' — 设计毛灌水定额(mm);

$\eta = 0.9$ 。

经计算: 玉米 $m' = 32.1 \text{ mm}$; $21.41 \text{ m}^3/\text{亩}$ 。

3.5.4 一次灌水延续时间应按下列公式确定:

$$t = \frac{m' S_e S_L}{q_d}$$

式中: t — 为一次灌水延续时间, h;

m' — 为设计毛灌水定额;

S_e — 为滴头间距;

S_L — 毛管间距;

q — 灌水器流量。

经计算: 灌水延续时间 $t = 9.46 \text{ h}$, 取 11 h 。

3.5.5 轮灌组N

轮灌组计算公式为

$$N \leq TC/t$$

式中: T — 灌水周期;

C — 一天运行的小时数;

t — 一次灌水延续时间,

经计算: 系统允许的最大轮灌组数 $N \leq 10.00$, 取 $N = 10$ 。

根据项目区地形条件和田块布置, 项目区田间管道布置有以下三种方案:

4 田间轮灌制度与管网布置方案设计

方案一: 田间分干管采用长短管布置, 轮灌方式采用分干管集中轮灌。

该方案一条分干管控制2条地前一部分, 另一条分干管控制2条地后一部分, 轮灌方式: 一次灌溉2条地的前一部分。通过减少单条管道灌溉面积, 达到集中轮灌的要求, 只需少数控制阀门, 增大了分干管管径, 增加了管道长度, 可省去支管进口的控制阀门, 方便管理, 管道型号较统一, 便于施工, 资金投入大, 灌水均匀度高。

方案二: 田间分干管采用长短管布置, 轮灌方式采用支管轮灌, 一次灌一条地。

该方案一条分干管控制2条地前一部分, 另一条分干管控制2条地后一部分, 轮灌方式: 一次灌溉1条地的前一部分。通过减少单条管道灌溉面积后, 通过一次开单侧支管轮灌将流量分散, 设计的分干管管径小, 增加了管道长度, 控制阀门数量多, 且分布田间, 管理相对困难, 管道型号较统一, 便于施工, 资金投入较高, 灌水均匀度一般。

方案三: 田间分干管采用一条分干管控制2条地布置, 轮灌方式采用支管轮灌, 一次灌一条地。

该方案一条分干管控制2条地, 轮灌方式: 一次灌溉1条地, 单条管道灌溉面积大, 同等面积下较前两种方案分干管条数少, 田间阀门井和控制阀较少, 开挖管沟土方量少, 亩均投资低, 通过一次开单侧支管轮灌将流量分散, 流量变化大, 设计的分干管管径变化多, 且分布田间, 管道型号变化多, 施工难度大, 管理相对困难, 资金投入低, 灌水均匀度一般。

通过上述方案比选, 以2条长度为600m, 宽度为35m的地条为例做方案比选, 控制灌溉面积为63亩^[2]。

管道布置: 单条支管布设35m, 毛管双向布设, 单侧75m, 方案一布设2条分干管, 长管525m, 其中: 管径为de160长375m, 管径为de110长150m。短管225m, 其中: 管径为de160长75m, 管径为de110长150m。轮灌方式为分干管集中轮灌, 灌溉管理方便。方案二布设2条分干管, 长管525m, 其中: 管径为de110长375m, 管径为de90长150m。短管225m, 其中: 管径为de110长75m, 管径为de90长150m。轮灌方式为支管轮灌。方案三布设1条分干管, 长管525m, 其中: 管径为de160长75m, 管径为de125长150m, 管径为de110长150m。短管225m, 其中: 管径为de110长75m, 管径为de90长150m。轮灌方式为支管轮灌。

亩均投资测算：单以管材，方案一投资18195.8元， 元/亩，方案三投资151元/亩。
亩均投资289元/亩。方案二投资10159.8元， 亩均投资161

表 项目区田间管道布置方案比选表

	方案一					方案二					方案三				
轮灌方式	分干管轮灌					支管轮灌									
管道布置方式															
工程及投资对比	管径	单位	数量	单价 (元)	合价 (元)	管径	单位	数量	单价 (元)	合价 (元)	管径	单位	数量	单价 (元)	合价 (元)
	φ160	m	420	32.97	13847.4	φ160	m		32.97	0	φ160	m	70	32.97	2307.9
	φ125	m		20.34	0	φ125	m		20.34	0	φ125	m	140	20.34	2847.6
	φ110	m	280	15.53	4348.4	φ110	m	420	15.53	6522.6	φ110	m	280	15.53	4348.4
	φ90	m		12.99	0	φ90	m	280	12.99	3637.2	φ90	m		12.99	0
	合计		700	-	18195.8	合计		700	-	10159.8	合计		490	-	9503.9
方案对比	<p>该方案一条分干管控制2条地前一部分，另一条分干管控制2条地后一部分，轮灌方式：一次灌溉2条地的前一部分。通过减少单条管道灌溉面积，达到集中轮灌的要求，只需少数控制阀门，增大了分干管管径，增加了管道长度，可省去支管进口的控制阀门，方便管理，管道型号较统一，便于施工，资金投入大，灌水均匀度高。</p>					<p>该方案一条分干管控制2条地前一部分，另一条分干管控制2条地后一部分，轮灌方式：一次灌溉1条地的前一部分。通过减少单条管道灌溉面积后，通过一次开单侧支管轮灌将流量分散，设计的分干管管径小，增加了管道长度，控制阀门数量多，且分布田间，管理相对困难，管道型号较统一，便于施工，资金投入较高，灌水均匀度一般。</p>					<p>该方案一条分干管控制2条地，轮灌方式：一次灌溉1条地，单条管道灌溉面积大，同等面积下较前两种方案分干管条数少，田间阀门井和控制阀较少，开挖管沟土方量少，亩均投资低，通过一次开单侧支管轮灌将流量分散，流量变化大，设计的分干管管径变化多，且分布田间，管道型号变化多，施工难度大，管理相对困难，资金投入低，灌水均匀度一般。</p>				

5 一条分干管控制 2 条地，轮灌方式

一次灌溉1条地，单条管道灌溉面积大，同等面积下较前两种方案分干管条数少，田间阀门井和控制阀较少，开挖管沟土方量少，亩均投资低，通过一次开单侧

支管轮灌将流量分散，流量变化大，设计的分干管管径变化多，且分布田间，管道型号变化多，施工难度大，管理相对困难，资金投入低，灌水均匀度一般。方案3可以有有效的控制项目投资成本，在灌水均匀度的问题上可

以通过电磁阀的加装保证灌水均匀度的问题，最终本工程轮灌方式采用方案3的形式^[3]。

结束语

在宁夏银北灌区玉米种植区域，节水灌溉工程中轮灌方式的选择直接影响到工程布置方案以及工程投资以及后续的运行管理，我们通过多年工程的经验总结，对于玉米这种密植农作物的灌溉方式提出了新的思路。

参考文献

- [1]杜建军 高效节水灌溉项目建后运行管理的探讨[J] 农业开发与装备2021 (7) : 43-44
- [2]马当周 高效节水灌溉工程的建设思路和措施[J] 农家参谋2021 (13) : 15-16
- [3]朱燕玲 农田水利工程高效节水灌溉发展新思路[J] 中国科技信息2020(15) : 33-36