

膜下滴灌工程设计

李福泽,傅林霞

(凉州区清源水利管理所,甘肃武威 733000;甘肃省农业工程规划院,甘肃兰州 730046)

1 项目位置

国营勤锋农场位于甘肃省河西走廊东端石羊河下游的民勤县境内,场部位于民勤县城西南10km处,民勤县东与北接内蒙古阿拉善左旗和右旗,西靠金昌市,南临武威市,东北被腾格里沙漠包围,西北有巴丹吉林沙漠环绕,中部由石羊河冲积湖积成狭长而平坦的绿洲带。国营勤锋农场处腾格里和巴丹吉林两大沙漠交汇地带,东西北三面环沙,自古号称“民勤西风口”,建场伊始,即为“沙海里拓荒”,目前所处区域已成为西北地区最大的沙尘暴策源地之一。东西宽5.50km,南北长8.30km,场区地势平坦,由西南向东北倾斜,坡降约3‰,海拔在1368~1376m之间。属石羊河下游湖积平原,位于民勤盆地西南边缘。

2 典型规划设计方案

为了项目实施布局和投资估算的准确性,采用由点到面的典型法进行规划设计。

2.1 规划设计原则

根据项目区自然条件、水资源分布状况及现状,综合当地农业区划和中长期发展规划目标,因地制宜,坚持山、水、林、路、田综合治理的原则,进行合理、经济的规划。

2.2 工程规划设计依据与标准

本工程规划设计依据与标准是:

①当地自然资源情况、社会经济状况与发展规划等方面的基本资料。

②《节水灌溉技术规范》SL207-98;

③《微灌工程技术规范》SL103-95;

④建设单位提供的有关资料和已建成工程的有关资料。

2.3 选择合理的滴灌技术形式

2.3.1 鉴于项目区自然条件恶劣、风沙大、紫外线照射强烈,地面滴灌管线易老化,同时考虑为提高棉花品质以及便于病虫害控制和方便看护管理等因素,根据对国内外微灌产品的研究、生产、应用情况的调查了解,确定采用专用于地理滴灌工程的壁厚的滴灌管线。

2.3.2 滴灌管线布置及敷设形式

滴灌管沿棉花行双根布置,滴灌管间距0.40m;根据棉花根系发育规律及需水规律,为保证最佳的灌溉湿润

效果,滴灌管线敷设于地面以下40cm处。

所选用以上滴灌管线具有如下特点:

①滴灌管线所用的滴头为内镶式结构,头在生产过程中直接“焊”于滴灌管的内侧壁上,最大限度的防止机械损伤;

②滴头流量:公称流量3.50L/H(15m压力时),流态指数 $a=0.39$,流量系数 $b=0.45$,流量-压力关系式: $Q=a \times P \times b=0.39 \times P \times 0.45$ 。

③滴灌管线规格-壁厚0.31mm,管壁厚均匀,毛管外径-16.50mm,内径-15.70mm,工作压力6.50~18m;

④滴头结构:紊流流道,流道宽短,抗堵塞性能强,能有效防止滴头堵塞;

⑤毛管材质——由低密度聚乙烯拉制而成。滴管材质的化学配方具有抗环境应力破坏的能力,同时含有抗老化添加剂,可防止管线老化,延长其使用寿命;

⑥为了防止滴头在滴灌系统停止时滴灌管中产生真空倒吸,至使滴头被土壤颗粒堵塞,在滴灌管出水口处设计了一个“舌片”。



⑦制造偏差系数不大于0.03。

2.4 滴灌主要技术参数确定

根据水利部颁发的《节水灌溉技术规范》(SL207-98)和《微灌工程技术规范》(SL103-95)以及国内外滴灌技术发展积累多年的经验,各技术参数定为如下各值:

①本工程设计保证率为 $P=85\%$;

②微灌水利用系数: $\eta=0.95$;

③根据当地水源和农业生产技术条件确定系统日工作小时数:20h;

④微灌土壤湿润比: $P=40\%$;

⑤设计灌水均匀度: $Eu=90\% \sim 95\%$;

⑥设计湿润深度: $Z=0.80m$;

⑦设计日耗水强度: $Ea=6mm/d$ 。

2.5 确定棉花灌溉制度

按照上述的项目规划指导思想,实施节水技术改造

措施后,初步拟定棉花覆膜滴灌的灌溉制度为:

2.5.1 设计灌水定额 m

$$m=0.10\gamma zp(\theta_{\max}-\theta_{\min})/\eta$$

式中 m —设计灌水定额,mm;

γ —土壤容重, $=1.41\text{g/cm}^3$;

z —计划土壤湿润层深度, $z=0.80\text{m}$;

p —设计土壤湿润比, $p=40\%$ 。

$\theta_{\max}, \theta_{\min}$ —适宜土壤含水率上下限(占干土重的百分比),最大田间持水量取为 22%,适宜土壤含水率上下限百分比取为 90%和 75%,则 $\theta_{\max}=19.80\%, \theta_{\min}=16.50\%$;

η —灌溉水的有效利用系数,取 $\eta=0.95$ 。

由以上各参数,得到地块的设计灌水定额:

$$m=0.10 \times 1.52 \times 0.80 \times 40 \times (19.80 - 16.50) = 16\text{mm}$$

2.5.2 设计灌水周期 T

$$T=m/E(0.10+f)$$

滴灌系统设计日耗水强度 $E=6\text{mm/d}$,则:

$$T=m/E=16/6 \times (0.10+0.60)=3.80(\text{d}) \quad \text{取 } T=4\text{d}$$

2.5.3 一次灌水延续时间

$$t=mSpSe/q$$

式中: Sp —滴头间距 m , $Sp=0.40\text{m}$;

Se —毛管间距 m ; $Se=1.20\text{m}$;

q —滴头平均流量 L/h , $q=3.50\text{L/h}$ 。

$$t=16 \times 0.40 \times 1.20/3.50=2.20\text{h}$$

2.5.4 灌水次数和灌溉定额

参照棉花在生育期的灌水需要,确定灌水次数和灌水定额见表 4-1《灌溉制度表》。

表 4-1 灌溉制度

| 灌水次数 | 作物发育阶段 | 灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 净灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 灌水时间 | | 灌水天数(d) |
|------|--------|-----------------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------------------|
| | | | | 起日/月 | 止日/月 | |
| 1 | 蕾期水 | 11 | | 6月16日 | 6月25日 | 10 |
| 2 | | 22 | | 6月28日 | 7月7日 | 10 |
| 3 | 花铃期水 | 22 | | 7月8日 | 7月17日 | 10 |
| 4 | | 22 | | 7月18日 | 7月27日 | 10 |
| 5 | | 22 | 27% | 7月28日 | 8月6日 | 10 |
| 6 | | 22 | | 8月7日 | 8月16日 | 10 |
| 7 | 黄熟水 | 22 | | 8月17日 | 8月26日 | 10 |
| 8 | | 22 | | 8月27日 | 9月5日 | 10 |
| 9 | 成熟期水 | 11 | | 9月6日 | 9月15日 | 10 |
| 10 | 越冬水 | 100 | | 10月27日 | 11月15日 | 19 |

根据《微灌工程技术规范》SL103-95的基本规定,滴灌水利用系数为 0.95。按照棉花 150d 的生长期计算,平均灌水周期确定为 4 天时,全生长期共需灌水 9 次;冬季灌水按 $100\text{m}^3/667\text{m}^2$ 考虑时,在机井提水直供输配水管网和采取覆膜保墒措施的技术配置条件下,灌溉定额为 $291\text{m}^3/667\text{m}^2$ 。

2.6 滴灌工程合理布局

2.6.1 滴灌工程规划布置原则

①根据水源情况,布置时应使管道长度最短且少穿越障碍物;

②满足各用水单位需要,能迅速分配水流、管护方便;

③输配水管道沿地势较高位置布置,支管垂直于作物种植行布置,主管顺应作物种植行布置;

④管道的纵剖面应力求平顺。

2.6.2 平面布置

①灌溉面积的确定:本项目区是井灌区,综合考虑,灌溉系统单位可控面积由下式计算:

$$A=\frac{\eta Q t}{10 I_a}$$

$$I_a=E_a-P_0$$

式中 A —灌溉面积 hm^2

Q —可供流量 m^3/h

I_a —设计供水强度 mm/d

E_a —设计耗水强度 mm/d

P_0 —有效降雨量 mm/d

t —系统日工作小时数 h/d

根据项目区需水高峰期的供水情况综合分析供水水量为 $80\text{m}^3/\text{h}$ 左右。

根据本项目作物的特点,滴灌系统可控面积,代入相应的参数,计算 $A=25.33\text{hm}^2$,因此滴灌系统控制净面积为 25.33hm^2 。

根据项目区情况,选定长 650m,宽 390m 的地块进行布置。详见典型平面布置图。

②平面布置。在进行平面布置时应遵循其原则,根据具体情况进行水源、首部、管网的合理布局。首部枢纽布置:首部布置于水源附近,尽量减少主管长度。主要设备连接顺序为:水泵、施肥罐、压力表、过滤器、流量计和系统控制器。主、支管管网布置:主管道($\phi 160\text{mm}$)沿地块长度方向布置;支管($\phi 110\text{mm}$)垂直于主管方向布置,在支管线两侧各设一排配水管($\phi 90\text{mm}$),竖管采用 $\phi 63\text{mm}$ 。 $\phi 160\text{mm}$ 壁厚 5mm, $\phi 110\text{mm}$ 壁厚 3.50mm, $\phi 90\text{mm}$ 壁厚 3mm, $\phi 63\text{mm}$ 壁厚 2.50mm。各管道的工作压力均采用 0.60Mpa。水头损失按多孔管计算。滴灌管(带)布置:根据地块划分情况及具体地形变化而定,一般敷设长度范围在 67~100m;采用单行直线布置,即按作物种植平行布置。棉花种植模式 40-80-40,膜下棉花行距为 0.25m,滴灌管(带)铺设在地膜下棉行中,行距为

0.40m,滴灌带管径0.02m,壁厚0.31mm,滴头间距0.40m,工作压力0.15Mpa,滴头流量选用3.50L/h。水头损失按多孔管计算。

2.7 轮灌组划分及系统水力计算

2.7.1 轮灌组划分

设计中采用轮灌工作制度。根据水源供水能力、滴灌均匀度控制和管网运行的合理性等综合因素的考虑,水源井轮灌区的划分详见设计图纸。

2.7.2 系统水力计算

灌单单元的水力计算包括毛管与支管的水力设计,最后得出阀门的设计压力与工作流量。由各轮灌组中的各阀门工作压力(本棉花滴灌工程设计中,所有田间阀门的设定压力均为11m),在满足支管道流量和压力的前提下,对干管系统的管道进行试算,选择最合理经济的不同管径的管道组成主管道系统。

由最不利轮灌组的阀门工作压力,加上干管系统的沿程压力损失及局部压力损失,然后加入有关设备的局部水力损失及相关节点的高程差,得到水泵的扬程,再根据此轮灌组的流量选择水泵的流量和扬程参数。

管道沿程损失是依据如下水力学计算公式:

$$h_f = F \times 8.93 \times 10^4 \times Q^{1.77} \times L / D^{4.77}$$

式中: F —多孔管系数;

h_f —沿程摩阻损失水头,m;

Q —流量, m^3/h ;

D —管道内径,mm;

L —管道长度,m。

管道局部损失按沿程损失的10%计;

管道及水泵扬程具体见下表:

表2 滴灌工程管道水头损失表

| 项目 编号 | f | m | B | Q (m^3/h) | d (mm) | L (m) | h_f (m) | h_t (m) |
|----------|------|------|------|--------------------|-------------|------------|--------------|--------------|
| 干管 | 0.45 | 1.77 | 4.77 | 68.42 | 160 | 585 | 1.28 | 0.13 |
| 支管 | 1 | 1.77 | 4.77 | 22.82 | 110 | 378 | 1.56 | 0.16 |
| 配水管 | 1 | 1.77 | 4.77 | 11.41 | 90 | 26 | 0.08 | 0.01 |
| 毛管 | 0.36 | 1.75 | 4.75 | 0.57 | 16 | 65 | 1.50 | 0.15 |

表3 灌溉系统设计扬程计算汇总表

| 项目 编号 | H_t (m) | Z_0 (m) | Z_n (m) | Σh_{f0} (m) | Σh_{f1} (m) | Σh_{f2} (m) | H_t (m) |
|----------|--------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| 滴灌 | 45 | 0 | 45 | 4.62 | 0.46 | 11 | 60.08 |

2.8 首部枢纽设计

2.8.1 水泵机组

根据水源特点本设计全部采用国产QJ系列井用潜水泵,型号为250QJ125-48/3($Q=87.50m^3/h$, $H=63.90m$,电动机功率25kW)。

过滤设备是滴灌系统得以长期、安全可靠运行的关键设备。考虑到项目区水源井水质较好,泥沙含量不大,确定选用目前世界上农业灌溉系统中较为先进的砂石分离式过滤系统。要求该类系统具有坚固耐用、过滤性能可靠,易于维护的特点。过滤系统将被安装在灌溉系统的首部。

2.8.2 施肥设备

该设计中在每一灌溉系统首部选用240L施肥罐。该系统材质均是优质钢材,极耐化学腐蚀,经久耐用,可与控制器相连。特别适用于大田与果园的滴灌系统施肥。

2.8.3 量测设备

位于过滤器后的专用灌溉水表,具有高度的精确性(2‰),灌溉系统首部配置4或6水表,可实现精确量水、精确灌溉,充分满足用户对节水计量的需要。

2.8.4 安全保护装置

在每一灌溉系统首部均设2或3快速释压阀及2“空气阀”,作用是:释压阀—保护主管道系统和泵站。防止系统运行或轮灌组转换时产生超高压;空气阀—在系统开/关时排/进气以保护系统。

2.8.5 灌溉控制系统

根据客户要求,整个项目区灌溉控制方式采用自动控制方式。

3 主要设备和工程设施

3.1 主要设备选择

滴灌工程所需的主要设备有:水源设备(水泵)、首部枢纽(自控设备、水质净化设备、控制及安全保护和量测设备、施肥与化学药物注入装置设备)、管道部分(管材、管件及其它辅助材料)。根据项目的特点和以建成同类工程的运行情况,主要设备拟采用国外进口或国产产品,主要包括在:自控设备、水质净化设备(过滤器等)、滴灌管(带)等,其主要表现在运行稳定、质量可靠、无堵塞现象和自然损坏小等方面。

3.2 工程设施

项目所涉及到的工程设施主要有:水源工程(机井泵、泵房等)、首部枢纽设施及管网的镇墩、阀门井、干支管末端的冲洗排水井。 ■