

沾益区炎方乡来远银杏苗圃 滴灌工程设计

苏继发

(云南卓一工程咨询有限公司, 云南 昆明 650000)

【摘要】 云南省沾益区炎方乡来远银杏苗圃采用滴灌方式灌溉,设计灌溉面积 180hm^2 ,支管、毛管铺设是滴灌设计的核心内容。以项目区基本资料和灌溉制度为基础,通过水力计算来确定支管、毛管铺设参数。项目区分10组轮灌,灌水周期5d,灌水延续时间6h,净灌水定额18mm,毛灌水定额20mm。滴头流量 2L/h ,工作压力水头15m。最终:支管铺设长60m,间距60m,50孔,选用0.8MPa DN63PE100级管;毛管铺设长100m,间距1.2m,100孔,选用0.6MPa DN25PE100级管;选用 $\phi 16(0.15\text{MPa})$ 压力补偿滴头。

【关键词】 滴灌工程设计; 管线铺设; 高效节水灌溉; 来远银杏苗圃

中图分类号: TV93

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)05-0052-05

Drip irrigation engineering design of Laiyuan Ginkgo Nursery in Yanfang Township of Zhanyi District

SU Jifa

(Yunnan Zhuoyi Engineering Consulting Co., Ltd., Kunming 650000, China)

Abstract: Laiyuan Ginkgo Nursery in Yanfang Township of Zhanyi District of Yunnan Province adopts drip irrigation mode. The designed irrigation area is 180hm^2 . Branch pipe and capillary pipe layout is the core content of drip irrigation design. Basic data and irrigation system in the project area are regarded as foundation. Laying parameters of branch pipes and capillary pipes are determined through hydraulic calculation. The project area is divided into ten groups for cycled irrigation. The irrigation cycle is 5d, and irrigation duration is 6h, net duty of water is 18 mm, gross duty of water is 20mm, and water dropper flow capacity is 2L/h , and water head under work pressure is 15m. Finally, branch pipe laying length is 60m, the span is 60m, 50 holes are set, pipes at the level of 0.8MPa DN63PE100 are selected, capillary pipe laying length is 100m, the span is 1.2m, 100 holes are set, pipes at the level of 0.6MPa DN25PE100 are selected, and $\phi 16(0.15\text{MPa})$ pressure compensation water droppers are used.

Key words: drip irrigation engineering design; pipe laying; efficient water saving irrigation; Laiyuan Ginkgo Nursery

1 项目区概况及设计基本资料

云南省曲靖市沾益区炎方乡来远银杏苗圃滴灌面积 180hm^2 ,工程等别为V等5级,设计现状基准年为2010年,设计水平年为2020年,地震基本烈度为Ⅶ度。

滴灌系统布置为:水源→蓄水池→干管→首部枢纽→分干管→支管→毛管。项目区土壤为中壤土,日耗水强度 E_d 为 3.5mm/d ,计划湿润深度 Z 为 0.58m ,土壤干容重为 1.37g/cm^3 ,田间持水率 F_c 为25%(占干土重量的百分数),灌溉水利用系数 η 为0.9,适宜土壤含

水率上限(重量百分比)为90%,适宜土壤含水率下限(重量百分比)为72%。苗圃银杏沿等高线种植,选用 $\phi 16$ (150kPa)压力补偿滴头,滴头流量为2L/h,工作压力水头为15m。

2 灌溉制度设计

2.1 最大净灌水定额或最大净灌水深度

最大净灌水定额或最大净灌水深度按式(1)计算:

$$m_{\max} = 0.001 \gamma z p (\theta_{\max} - \theta_{\min}) \quad (1)$$

式中 m_{\max} ——最大净灌水定额(最大净灌水深度), mm;

γ ——土壤容重, 1.37g/cm³;

z ——计划土壤湿润层深度, 0.58m;

p ——设计土壤湿润比, 50%;

θ_{\max} ——适宜土壤含水率上限, $\theta_{\max} = 25\% \times 90\% = 22.5\%$;

θ_{\min} ——适宜土壤含水率下限, $\theta_{\min} = 25\% \times 72\% = 18\%$ 。

经计算得: $m_{\max} = 17.9\text{mm} = 12\text{m}^3/\text{亩}$ 。

2.2 设计灌水周期

设计灌水周期 T 按式(2)和式(3)确定:

$$T \leq T_{\max} \quad (2)$$

$$T_{\max} = m/E_a \quad (3)$$

式中 m_{\max} ——最大净灌水定额, 17.9mm;

E_a ——设计耗水强度, 3.5m/d;

T_{\max} ——最大灌水周期, d;

T ——设计灌水周期, d。

经计算得: $T_{\max} = 5.11\text{d}$, 取 $T = 5\text{d}$ 。

2.3 设计灌水定额

设计灌水定额按式(4)和式(5)确定:

$$m = TE_a \quad (4)$$

$$m' = m/\eta \quad (5)$$

式中 m ——设计净灌水定额, mm;

m' ——设计毛灌水定额, mm;

E_a ——设计耗水强度, 3.8mm/d;

η ——灌溉水利用系数, 0.9。

经计算得: $m = 18\text{mm} = 12\text{m}^3/\text{亩}$; $m' = 20\text{mm} = 13.34\text{m}^3/\text{亩}$ 。

2.4 设计一次灌水延续时间

一次灌水延续时间按式(6)确定:

$$t = \frac{m' S_e S_i}{\eta q} \quad (6)$$

式中 t ——一次灌水延续时间, h;

m' ——一次滴灌用水量, 20mm;

S_e ——灌水器间距, 0.5m;

S_i ——滴灌管间距, 1.2m;

η ——灌溉水利用系数, 0.9;

q ——灌水器流量, 2.0L/h。

依据式(6), 经计算, 一次灌水延续时间取 $t = 6\text{h}$ 。

2.5 系统工作制度

系统工作制度按式(7)确定:

$$N = (TC)/t \quad (7)$$

式中 T ——灌溉周期, 取 5d;

C ——每天计划工作的时间, 取 12h;

t ——一次灌水延续时间, 取 6h。

经计算, 得 $N = 10$, 即取各区轮灌组数分别为 10 组。

滴灌区分为 10 个片区进行分组轮灌, 每个片区面积为 18hm²。干管的流量由灌区内最大轮灌组的流量确定。

3 灌水小区设计

3.1 灌水小区设计允许水头偏差

a. 流量偏差率 $[q_v]$ 。灌水器设计流量允许偏差率应不大于 20%, 取 $[q_v] = 20\%$ 。

b. 设计允许水头偏差 $[h_v]$ 。滴灌的流态指数 $x = 0.4 \sim 0.6$, 取 $x = 0.5$ 。由式(8)可得:

$$\begin{aligned} [h_v] &= \frac{1}{x} [q_v] \left(1 + 0.15 \frac{1-0.5}{x} [q_v] \right) \\ &= \frac{1}{0.5} \times 0.2 \times \left(1 + 0.15 \times \frac{1-0.5}{0.5} \times 0.2 \right) \\ &= 0.412 \end{aligned} \quad (8)$$

c. 设计允许压力偏差 $[\Delta h]$ 。由公式 $[\Delta h] = [h_v] \times h_a$, 又因 $h_a = h_d = 15\text{m}$, 可得: $[\Delta h] = [h_v] \times h_a = 0.412 \times 15 = 6.18\text{m}$ 。

3.2 灌水小区设计允许水头偏差在支管、毛管之间的分配

项目区田面较均匀,支管和毛管均按均匀坡设计。根据实践经验,灌水小区允许水头偏差在支、毛管间点的分配比例为: $\beta_1 = 0.5, \beta_2 = 0.5$ 。

故, $[\Delta h_{支}] = \beta_1 [\Delta h] = 0.5 \times 6.18 = 3.09\text{m}$;
 $[\Delta h_{毛}] = \beta_2 [\Delta h] = 0.5 \times 6.18 = 3.09\text{m}$ 。

支管上的允许水头偏差 $[\Delta h_{支}] = 3.09\text{m}$; 毛管上的允许水头偏差 $[\Delta h_{毛}] = 3.09\text{m}$ 。

3.3 毛管水力计算

3.3.1 毛管降比

毛管降比按式(9)计算,经计算 $\gamma_{毛} = \pm 1122.4$ 。

$$r_{毛} = \frac{J_{毛} d^{4.75}}{k_{毛} f_{毛} q_d^{1.75}} \quad (9)$$

式中 $\gamma_{毛}$ ——毛管最下游管段的水力坡降;

$J_{毛}$ ——沿毛管的地形比降,取 $J_{毛} = \pm 0.004$;

d ——毛管内径, $d = 16\text{mm}$;

$k_{毛}$ ——水头损失扩大系数,为毛管总水头损失与沿程水头损失的比值,取 $k_{毛} = 1.1$;

$f_{毛}$ ——摩阻系数,取 $f_{毛} = 0.505$;

q_d ——滴头设计流量,取 $q_d = 2.0\text{L/h}$ 。

3.3.2 毛管压比

毛管压比按式(10)计算,经计算 $G_{毛} = 1.19 \times 10^{-7}$ 。

$$G_{毛} = \frac{k_{毛} f_{毛} S q_d^{1.75}}{h_d d^{4.75}} \quad (10)$$

式中 $G_{毛}$ ——毛管最下游管段的总水头损失;

S ——毛管上出水口(滴头)间距, $S = 0.5\text{m}$;

q_d ——滴头设计流量,取 $q_d = 2.0\text{L/h}$;

h_d ——滴头设计水头, $h_d = 15\text{m}$ 。

3.3.3 毛管极限孔数

a. 顺坡毛管极限孔数 $N_{m顺}$ 。顺坡降比 $\gamma_{毛} = 1122.4 > 1$,按下述方法确定顺坡毛管极限孔数

$N_{m顺} = 248$ 。

计算 p'_n :

$$p'_n = (1 + 1122.4^{0.571}) = (1 + 1122.4^{0.571}) = 56$$

计算 Φ :

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{[\Delta h_{毛}]}{G h_d} \cdot \frac{1}{r_{毛} (p'_n - 1) - \frac{(p'_n - 0.52)^{2.75}}{2.75}} \\ &= \frac{2.06}{1.19 \times 10^{-7} \times 15} \times \frac{1}{1122.4 \times (56 - 1) - \frac{(56 - 0.52)^{2.75}}{2.75}} \\ &= 28.8 \end{aligned}$$

计算 $N_{m顺}$:因 $\Phi = 28.8 > 1$,故 $N_{m顺}$ 的计算按式(11)计算。

$$\begin{aligned} \frac{[\Delta h_{毛}]}{G h_d} &= \frac{1}{2.75} (N_{m顺} - 0.52)^{2.75} - \\ &\frac{1}{2.75} (p'_n - 0.52)^{2.75} - r_{毛} (N_{m顺} - p'_n) \quad (11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{即: } \frac{2.06}{1.19 \times 10^{-7} \times 15} &= \frac{1}{2.75} \times (N_{m顺} - 0.52)^{2.75} - \\ \frac{1}{2.75} (56 - 0.52)^{2.75} &- 1122.4 \times (N_{m顺} - 56) \end{aligned}$$

经试算, $N_{m顺} = 248$ 。

b. 逆坡毛管极限孔数 $N_{m逆}$ 。逆坡降比 $\gamma_{毛} = 1122.4 < 1$,按下述方法确定逆坡毛管极限孔数。

$$\begin{aligned} \frac{[\Delta h_{毛}]}{G h_d} &= \frac{1}{2.75} (N_{m逆} - 0.52)^{2.75} - r_{毛} (N_{m逆} - 1) \quad (12) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{即: } \frac{2.06}{1.19 \times 10^{-7} \times 15} &= \frac{1}{2.75} \times (N_{m逆} - 0.52)^{2.75} - \\ 1122.4 \times (N_{m逆} - 1) \end{aligned}$$

经试算, $N_{m逆} = 213$ 。

3.3.4 毛管极限长度 L_m

$$L_m = S(N_m - 1) + S_0$$

式中 S ——滴头间距, $S = 0.5\text{m}$;

S_0 ——毛管的进口至第一个滴头的距离, $S_0 =$

0.25m 。

顺坡毛管的极限长度: $L_{m顺} = S(N_{m顺} - 1) + S_0 = 0.5 \times (248 - 1) + 0.25 = 123.75\text{m}$

逆坡毛管的极限长度: $L_{m逆} = S(N_{m逆} - 1) + S_0 = 0.5 \times (213 - 1) + 0.25 = 106.25\text{m}$

3.3.5 顺坡毛管的最大压力差 Δh_{max}

毛管总长度为 $L_{毛} = 100\text{m}$, 毛管间距 $S = 0.5\text{m}$, 因此毛管上的出水口数目为: $100/0.5 = 200$ 个, 由前面计算可知, $N_{m顺} = 213$ 个, 实际孔数取 $N_{m顺} = 100$ 个。

a. 最大压力孔 P_m :

因

$$\frac{2.75(N-1)r}{(N-0.52)^{2.75}} = \frac{2.75 \times (100-1) \times 1122.4}{(100-0.52)^{2.75}} = 0.9802 < 1 \quad (13)$$

则, 最大压力孔在首孔, 即: $P_m = 1$ 。

b. 最小压力孔 P_n :

$$P_n = N - INT(r_{毛}^{0.571}) = 200 - INT(1122.4^{0.571}) = 145 \quad (14)$$

c. 顺坡毛管的最大压力差 Δh_{max} 按式(15)计算:

$$\Delta h_{max顺} = Gh_d \left[\frac{(N_{顺}-0.52)^{2.75} - (N_{顺}-p_n+0.48)^{2.75}}{2.75} - r_{毛}(p_n-1) \right] \quad (15)$$

经计算, $\Delta h_{max顺} = 0.06\text{m} < [\Delta h_{毛}] = 3.09\text{m}$ 。

3.3.6 逆坡毛管的最大压力差 $\Delta h_{max逆}$

当 $\gamma \leq 1, p_m = 1, P_n = N$ 时, Δh_{max} 按式(16)计算:

$$\Delta h_{max逆} = Gh_d \left[\frac{(N_{逆}-0.52)^{2.75}}{2.75} - r_{毛}(N_{逆}-1) \right] \quad (16)$$

经计算, $\Delta h_{max逆} = 0.004\text{m} < [\Delta h_{毛}] = 3.09\text{m}$ 。

3.3.7 顺坡毛管进口工作压力

a. 第一个出水口至最后一个出水口的水头损失 $\Delta H = 0.202\text{m}$, 按式(17)计算:

$$\frac{Gh_d(N_{顺}-0.52)^{2.75}}{2.75} = \frac{1.19 \times 10^{-7} \times 15 \times (100-0.52)^{2.75}}{2.75} = 0.202 \quad (17)$$

b. 毛管上第一个出水口的水头 $h_{1毛}$ 按式(18)

计算:

$$h_{1毛} = h_d + R\Delta H - 0.5(N_{顺}-1)J_{毛}S \quad (18)$$

$$h_{1毛} = 15 + 0.7297 \times 0.38 - 0.5 \times (100-1) \times 0.004 \times 0.5 = 15.56\text{m}$$

式中 R ——平均磨损比, 根据出水口个数 N , 当 $N = 100$ 个时, $R = 0.7297$ 。

c. 毛管进口工作压力 $h_{0毛} = 15.56\text{m}$ 按式(19)

计算:

$$h_{0毛} = h_{1毛} + \frac{k_{毛}f_{毛}S_0(N_{顺}q_d)^{1.75}}{d^{4.75}} - J_{毛}S_0 \quad (19)$$

即: $H_{0毛} = 15.56 + 1.1 \times 0.505 \times 0.25 \times (100 \times 2.0)^{1.75} / 16^{4.75} - 0.004 \times 0.25 = 15.56\text{m}$

3.3.8 逆坡毛管进口工作压力

逆坡毛管工作压力应与顺坡毛管工作压力相等。

3.3.9 毛管铺设

毛管总长度取 $L_{毛} = 100\text{m}$, 种植株距 0.5m , 行距 1.2m , 毛管的顺坡最大压力差 $\Delta h_{max顺}$ 与毛管的逆坡最大压力差 $\Delta h_{max逆}$ 均不大于毛管上的最大允许压力差 $[\Delta h_{毛}]$, 毛管顺坡的孔数 $N_{顺}$ 和逆坡的孔数 $N_{逆}$ 均为 100 个, 每隔 1.2m 布置一条内径 16mm 滴灌管, 选用 0.6MPaDN25PE100 级管。

3.4 支管水力计算

3.4.1 参数确定

初选外径 63mm , 内径 $D = 58.3\text{mm}$ 的 PE100 级管。

a. 支管的降比 $r_{支}$ 同式(9)计算, 式中参数同前, 经计算 $r_{支} = \pm 49.06$ 。

$$r_{支} = \frac{J_{支}D^{4.75}}{k_{支}f_{支}Q_{毛}^{1.75}} = \frac{\pm 0.004 \times 58.3^{4.75}}{1.1 \times 0.505 \times 400^{1.75}} = \pm 49.06$$

b. 支管的压比 $G_{支}$ 同式(10)计算, 式中参数同前, 经计算 $G_{支} = 6.3 \times 10^{-6}$ 。

$$G_{支} = \frac{k_{支}f_{支}S_{支}Q_{毛}^{1.75}}{h_{0毛}D^{4.75}} = \frac{1.1 \times 0.505 \times 1.2 \times 400^{1.75}}{15.56 \times 58.3^{4.75}} = 6.3 \times 10^{-6}$$

3.4.2 顺坡支管的最大压力差 Δh_{max}

支管长度为 $L_{支} = 120\text{m}$, 毛管间距 $S_{支} = 1.2\text{m}$, 支管

上的出水口数目为 $120/1.2 = 100$ 个,取 $N_{顺} = 50$ 个,则 $N_{逆} = 50$ 个。

$$\text{最大压力孔 } P_m = \frac{2.75 \times (N - 1) \times r}{(N - 0.52)^{2.75}} = \frac{2.75 \times (50 - 1) \times 49.06}{(50 - 0.52)^{2.75}} = 0.145 < 1$$

则:最大压力孔在首孔,即 $p_m = 1$ 。

$$\text{最小压力孔 } P_n = N - INT(\gamma_{支}^{0.571}) = 50 - (49.06^{0.571})P_n = 41。$$

顺坡支管的最大压力差同式(15)计算,式中参数同前, $\Delta h_{max顺} = 1.59 < [\Delta h_{支}] = 3.09m$ 。

$$\Delta h_{max顺} = G_{支} h_{0毛} \left[\frac{(N - 0.52)^{2.75} - (N - P_n + 0.48)^{2.75}}{2.75} - r_{支}(P_n - 1) \right]$$

3.4.3 逆坡支管的最大压力差 $\Delta h_{max逆}$

当 $\gamma \leq 1, p_m = 1, P_n = N$ 时, $\Delta h_{max逆}$ 同式(16)计算, $\Delta h_{max顺} = 1.60 < [\Delta h_{支}] = 3.09m$ 。

$$\Delta h_{max逆} = G_{支} h_{0毛} \left[\frac{(N_{逆} - 0.52)^{2.75}}{2.75} - r_{支}(N_{逆} - 1) \right]$$

3.4.4 支管铺设长度

$$L_{m顺} = N_{m顺} \times S_{支} = 50 \times 1.2 = 60$$

$$L_{m逆} = N_{m逆} \times S_{支} = 50 \times 1.2 = 60$$

3.4.5 支管进口的工作水头

第一个出水口至最末一个出水口的水头损失计算同式(17), $\Delta H = 1.78m$ 。

$$\Delta H = \frac{G h_{0毛} (N_{支} - 0.52)^{2.75}}{2.75} = \frac{6.3 \times 10^6 \times 15.56 \times (50 - 0.52)^{2.75}}{2.75} = 1.78m$$

第一个出水口的 $h_{1支} = 16.7m$ 计算同式(18)。

$$h_{1支} = h_{0毛} + R\Delta H - 0.5(N_{支} - 1)JS = 15.56 + 0.726 \times 1.78 - 0.5 \times (50 - 1) \times 0.004 \times 1.2 = 16.7m$$

支管进口工作水头 $h_{0支} = 16.8m$ 同式(19)计算。

$$h_{0支} = h_{1支} + \frac{kfs_{0支}(N_{支} Q_{毛})^{1.75}}{d_{支}^{4.75}} =$$

$$16.7 + \frac{1.1 \times 0.505 \times 1.2 \times (50 \times 400)^{1.75}}{57.2^{4.75}} = 16.8m$$

3.4.6 支管铺设

支管地形取均匀坡 $J_{支} = \pm 0.004$,分干管的位置应使上坡支管与下坡支管产生相等的最大压力差。支管总长度取 $L_{支} = 60m$,间距 $60m$,支管的顺坡最大压力差 $\Delta h_{max顺}$ 与毛管的逆坡最大压力差 $\Delta h_{max逆}$ 均不大于毛管上的最大允许压力差 $[\Delta h_{支}]$,且两者的相差百分数小于 5% ,即 $\Delta h_{max顺} = \Delta h_{max逆}$,支管顺坡的孔数 $N_{顺}$ 和逆坡的孔数 $N_{逆}$ 为 50 个。采用外径 $63mm$ 型号支管符合要求,故选用 $0.8MPaDN63PE100$ 级管。

4 结 语

云南省沾益区炎方乡来远银杏苗圃滴灌面积 $180hm^2$,种植株、行间距分别为 $0.5m$ 和 $1.2m$ 。分 10 组轮灌,以灌水小区为计算单元,确定支管、毛管铺设。灌水周期 $5d$,灌水延续时间 $6h$,净灌水定额 $18mm$,毛灌水定额 $20mm$ 。每根支管总长度 $60m$,间距 $60m$,孔数 50 个,选用 $0.8MPaDN63PE100$ 级管。每根毛管总长度 $100m$,孔数 100 个,选用 $0.6MPaDN25PE100$ 级管。

参考文献

- [1] GB/T 50363—2006 节水灌溉工程技术规范[S].北京:中国计划出版社,2006.
- [2] 张志新.滴灌工程规划设计原理与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2007.
- [3] 范美师,何向英.浅谈会泽县人畜饮水项目的实践[J].中国农村水利水电,2006(11):133-134.
- [4] 范美师.基于可持续发展的会泽县农村饮水安全建设[J].云南水力发电,2011(5):125-127.
- [5] 范美师.会泽县迤车灌区高效用水农业的有效途径[J].节水灌溉,2008(1):58-60.