

大棚葡萄滴灌系统设计

陈业芹, 王艾艾

(宿迁市水务勘测设计研究有限公司, 江苏 宿迁 223800)

摘要: 以某大棚葡萄灌溉为例, 设计了节水滴灌系统。该设计通过实地考察确定了葡萄的灌溉方式, 通过计算需水量拟定灌水定额及灌溉制度, 进而选择合适输水体系, 做到定量、准确、高效的灌溉, 同时配以合适的施肥系统, 形成了完整的滴灌系统。为滴灌设计提供借鉴和参考。

关键词: 葡萄; 大棚; 滴灌系统; 设计; 节水

中图分类号: S275.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 01-0021-04

Design of drip irrigation system for greenhouse grape

CHEN Yeqin, WANG Aiai

(Suqian water affair Survey and Design Research Co., Ltd., Suqian 223800, Jiangsu)

Abstract: Taking greenhouse grape irrigation as an example, a water-saving drip irrigation system was designed. The grape irrigation method was determined through on-the-spot investigation. The irrigation quota and irrigation system were determined by calculating water demand, and then the appropriate delivery system could be selected, which could be used for quantitative, accurate and efficient irrigation. Meanwhile, with appropriate fertilization system, a complete system of drip irrigation was formed, which could provide a reference for drip irrigation design.

Key words: grape; greenhouse; drip irrigation system; design; water saving

0 引言

随着现代农业技术的发展, 现在越来越多的果农已经认识到果树滴灌技术所带来的效益, 不仅投资成本低, 节省劳力, 操作方便, 而且果美味香产量高, 减少农药的扩散保护环境。滴灌有如下优点^[1]:

(1) 节水、节肥、省工。滴灌属全管道输水和局部微量灌溉, 使水分的渗漏和损失降低到最低限度。同时, 又由于能做到适时地供应作物根区所需水分, 又使水的利用效率大大提高。灌溉可方便地结合施肥, 实现水肥同步, 提高了肥料的有

效利用率。滴灌系统通过阀门人工或自动控制, 节省劳力投入, 降低生产成本。

(2) 控制温度和湿度。滴灌属于局部微灌, 大部分土壤表面保持干燥, 且滴头均匀缓慢地向根系土壤层供水, 对地温的保持、回升, 减少水分蒸发, 降低室内湿度等均具有明显的效果。出流孔小, 流速缓慢, 每次灌水时间比较长, 土壤水分变化幅度小, 故可控制根区内土壤能够长时间保持在接近于最适作物生长的湿度。

(3) 保持土壤结构。滴灌水分缓慢均匀地渗入土壤, 对土壤结构能起到保持作用, 并形成适宜的土壤、水、肥、热环境。

收稿日期: 2017-10-16

作者简介: 陈业芹 (1985-), 女, 本科, 工程师, 主要从事农田水利规划设计工作。

(4) 改善品质、增产增效。由于应用滴灌减少了水肥、农药的施用量以及病虫害的发生,可明显改善产品的品质。

本文以宿城区某大棚种植葡萄滴灌系统为例,系统地研究了滴灌系统设计的原则、步骤、计算内容。

1 基本资料

土壤:园区内土壤主要成分为粉土,土壤干容重 1.49 g/cm^3 。

水文气象情况:宿城区属于暖温带季风性气候,光热资源比较优越,四季分明,气候温和,有明显的季风区气候特点。年平均气温 14.1°C , 年均日照 2315 h , 全年作物生长期为 310.5 d 。多年平均降水量为 900.6 mm , 全区蒸发相对较为平衡, 多年平均蒸发量 856.6 mm , 蒸降比为 $0.95:1$ 。

园区现状:①位置:大棚葡萄园位于宿城区陈集镇,种植面积 3.6 hm^2 ;②葡萄种植情况:大棚宽度为 6 m 、长度为 50 m , 净距 1.5 m ;每座大棚内葡萄行间距为 2.5 m , 株距 0.4 m , 大棚两侧各留 0.5 m 宽道路。

基本设计参数:根据《喷灌工程设计手册》《微灌工程技术规范》(GB/T 50485-2009)选定滴灌的设计参数:①葡萄设计日耗水 $e=7.0 \text{ mm/d}$;②土壤湿润比为 $P \geq 30\%$;③设计灌水均匀度 95% ;④计划湿润层深度 1.0 m ;⑤灌溉水有效利用系数 0.85 。

2 大棚滴灌总体布置

拟在葡萄园中部施打机井一眼,作为水源,滴灌系统的控制枢纽均安置在水井房内,有利于滴灌系统的布置和管理。

毛管与滴头的布置:滴灌采用内镶式滴灌管。滴灌管垂直于大棚短边,沿葡萄栽培方向南北布置,长 50 m , 间距 2.5 m , 每个大棚布设 3 条毛管,滴灌管滴头间距 0.4 m , 额定工作压力 100 kPa , 流量 3.0 L/H 。

干、支管的布置:干管从水源起南北方向布置至大棚边缘,支管东西布置,接分支管。

3 灌水定额和灌水周期的拟定

(1) 设计最大毛灌水定额
按照设计灌水定额公式计算:

$$m = \frac{1000\gamma_s h p (\theta_{\max} - \theta_{\min})}{\eta} \quad (1)$$

式中:

m —设计最大灌水定额, mm ;

h —作物土壤计划湿润层的深度, 采用 $h=1.0$

m ;

γ_s —土壤容重, 取 1.49 g/cm^3 ;

θ_{\max} —灌后土层允许达到的含水量的上限, 取田间持水率的 95% , 砂土地区田间持水率的 25% ;

θ_{\min} —灌前土层含水量下限, 取田间持水率的 70% ;

η —灌溉水有效利用系数, 取 0.85 ;

p —土壤湿润比, 取 0.30 。

$$\text{则, } m = \frac{1000 \times 1.49 \times 1 \times 0.3 \times 0.25 \times (0.95 - 0.7)}{0.85}$$

$=32.88 \text{ mm}$ 。

(2) 设计灌水周期

设计灌水周期按下式计算:

$$T = \frac{m}{e} \times \eta \quad (2)$$

式中:

T —设计灌水周期, d ;

e —作物耗水最旺时期的日平均耗水量, mm/d , 葡萄取 $e=7.0 \text{ mm/d}$ 。

$$\text{则, } T = \frac{32.88}{7.0} \times 0.85 = 4 \text{ d}, \text{ 取 } 4 \text{ d}, \text{ 即灌水周期为 } 4 \text{ d}。$$

4 拟定喷灌工作制度

1 次灌水所需时间 t 按下式计算:

$$t = \frac{m \times a \times b}{q} \quad (3)$$

式中:

t —1 次灌水所需时间, h ;

q —一个滴头的流量, L/h ;

b —滴灌带间距, m ;

a —滴头间距, m 。

$$\text{带入计算得 } t = \frac{m \times a \times b}{q} = \frac{32.88 \times 0.4 \times 2.5}{3}$$

$=10.96 \text{ h}$, 取 $t=11 \text{ h}$ 。

5 灌溉制度

葡萄园区域一共有大棚 80 个,考虑到节约投资与管理方便,将 80 个大棚分为 4 个轮灌组,1# ~ 20# 为轮灌组一,21# ~ 40# 为轮灌组二,41# ~ 60# 为轮灌组三,61# ~ 80# 为轮灌组四。4 个轮灌组同时工作,每组轮灌组 5 个大棚同时工作,即 4 个轮灌组同时工作 20 个大棚,每天工作 11 h。

6 管道设计

(1) 分支管设计

滴灌带间距 2.5 m,滴头间距 0.4 m,由此可知每个大棚总共需布置 3 条滴灌带,每条滴灌带上总共 125 个滴头。

按管道设计流速选择管径,计算公式如下:

$$d = 1.13 \sqrt{\frac{Q}{3600v}} \quad (4)$$

式中:

Q —设计流量, $Q=3 \times 125 \times 3=1125$ L/h;

v —设计经济流速,取 1.2 m/s^[2]。

代入公式(4)计算得 $d=18.23$ mm,所以分支管选 $\phi 25$,壁厚 2 mm 的 PE 管,内径为 21 mm。

(2) 支管管径选择

每个轮灌组同时工作的大棚为 5 个,每条支管控制 2 个轮灌组,则支管的流量为: $Q=1.125 \times 10=11.25$ m³/h,代入公式(4)得 $d_{\text{支管}}=57.7$ mm,支管选 $\phi 75$,壁厚 4.5 mm 的 PE 管,内径为 66 mm。

(3) 干管管径选择

干管控制 2 条支管的工作,则干管的流量: $Q=11.25 \times 2=22.5$ m³/h,代入公式(4)得 $d_{\text{干管}}=81.6$ mm

干管选 $\phi 110$,壁厚 6.6 mm 的 PE 管,内径为 96.8 mm。

7 管网压力计算

取最不利工作点作为计算点,取离水井较远的位置进行管网压力计算,即 20# 大棚或 80# 大棚起计算管网压力。

(1) 计算支管入口压力

采用公式(5)计算分支管、支管的水头损失^[3]:

$$h = \frac{kfLQ^m}{d^b} \left[\frac{N(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2}) - 1 + X}{N-1+X} \right] \quad (5)$$

式中:

h_f —等距多孔管沿程损失, m;

S —分流孔间距, m;

S_0 —多孔管进口至首孔的间距, m;

N —分流孔总数;

Q —单孔设计流量, L/h;

k —损失系数

f 、 m 、 b —管道沿程水头损失计算系数、指数。

管道采用 PE 管,所以 $f=0.505$, $m=1.75$,

$b=4.75$, $k=1.1$ 。

每条分支管长 6 m,每间距 2.5 m 布置 1 条长为 50 m 滴灌带,每条滴灌带的流量为 375 L/h,分支管的流量为 1.125 m³/h, $d_{\text{内径}}=21$ mm, $S=2.5$ m, $S_0=0.5$ m, $N=3$ 。

滴灌带设计进口压力 $h_p=100$ kPa,约合 10 m 水头,考虑到分水管和连接管的水头损失,取 0.5 m,则分支管出口压力水头为

$$h_{\text{毛}} = h_p + h_{\text{毛}} + 0.5 = 10 + 0.14 + 0.5 = 10.64 \text{ m}$$

支管分成两段计算:轮灌组一最远处的工作组为 17# ~ 18# 大棚,该 4 个大棚同时工作时轮灌组的其余大棚均不工作,故在 17# 大棚之前的支管无分流,故将支管分成两段计算。第一段为支管与干管分流处至 17# 大棚处,总长 175 m,第二段为 17# ~ 18# 大棚棚前支管,总长 25 m。支管的流量为 11.25 m³/h, $d_{\text{内径}}=66$ mm。第二段 $S=6$ m, $S_0=0.5$ m, $N=4$ 。

$$h_{\text{支}} = 2.77 + 0.15 = 2.92 \text{ m}$$

(2) 干管水头损失采用式(6)^[3]计算

$$h = \frac{kfQ^m L}{d^b} \quad (6)$$

式中:

h —水头损失, m;

f 、 m 、 b —管道沿程水头损失计算系数、指数;

L —干管长度, m;

Q —干管流量, L/h。

干管设计流量 $Q=22.5$ m³/h,工作长度 $L=15$ m, $d_{\text{内径}}=96.8$ mm, $k=1.1$, $f=0.505$, $m=1.75$, $h_{\text{干}}=0.13$ m。

则总设计压力为 $10.64+2.92+0.13=13.69$ m。

8 首部枢纽设计

滴灌系统首部枢纽设计包括水泵选型、过滤、施肥、控制、量测和安全设备配置等。

8.1 水泵选型及动力配套

(1) 水泵设计流量

水泵设计流量应为全部同时工作的滴头流量之和, 即 $22.5 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

(2) 水泵设计扬程

水泵设计扬程公式为

$$H=H_{\text{总}}+\Sigma h_{f1}+\Sigma h_{j1}+\Delta Z_1 \quad (7)$$

式中:

$H_{\text{总}}$ —总干管入口压力水头, 为 13.69 m ;

Σh_{f1} —水泵吸水管路的沿程水头损失之和, 取 1.5 m ;

Σh_{j1} —水源至总干管入口所有局部水头损失之和, 取 1 m ;

ΔZ_1 —水泵安装高程与水源水位之间高差, 取 5 m 。

则水泵所需扬程为: $H=13.69+1.5+1+5=21.19 \text{ m}$ 。

(3) 泵型及配套动力

根据泵站设计扬程 $H=21.19 \text{ m}$ 和设计流量 $Q=22.5 \text{ m}^3/\text{h}$, 选择 1 台套 200QJ32-26/2 型水泵, 设计扬程为 33 m , 设计流量为 $32 \text{ m}^3/\text{h}$, 满足设计工况, 该水泵配套电机转速 2850 r/min , 功率为 4 kW 。

8.2 过滤器、施肥罐选用

过滤器在滴灌系统中是对水源过滤处理的重要设备, 通过过滤拦截把各类杂质百分百拦截, 让水和水溶肥通过, 通过管道输送到滴灌带, 来满足葡萄水肥的生长需要^[4]。本次在首部枢纽中选用离心网式过滤器施肥罐组合, 在每根分支管上安装网式过滤器。

8.3 控制、量测和安全设备配置

为监测管网工作状态, 在管网首部安装压力表。为防止停机后管网水流回灌, 引起水泵倒转, 在水泵出口处安装逆止阀。为控制各支管的工作, 支

管首部设控制闸阀, 各闸阀砌筑阀门井保护^[5]。为防止支管控制阀启闭过快, 使管道内产生水锤引起爆管, 经计算, 支管阀门的启闭时间在 10 s 以上, 即防止水锤效应的发生。

在地埋管路中, 为防止管线充水时发生位移, 在干管、支管三通、弯头、变径接头、堵头、阀门及出水口处有不平衡力作用的地方设置镇墩, 通过它安全地把力传递给地基, 使管道定位。

9 结束语

滴灌的配水方式有别于传统的漫灌方式, 是从每一个滴水源遵循土壤水力特性规律向土壤渗透的过程, 仅在作物根系范围内进行局部灌溉, 也可根据需要把化肥和农药等随水滴入作物根系。因此, 滴灌设计中, 为了提高滴灌系统的水分和养分的有效利用, 提高滴灌系统的水分和养分的有效利用率, 滴头间距和滴头流量必须与土壤的湿润特性和作物的灌水频率周期及灌水时间相适应。

参考文献:

- [1] 王留远, 杨路华. 低压管道输水灌溉工程技术 [M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2011.
- [2] 郭元裕. 农田水利学 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [3] 王文焰, 迟道才. 节水灌溉理论与技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011.
- [4] 黄秋生. 实用农业节水灌溉工程规划与设计 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [5] 吴持恭. 水力学 (第四版) [M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.