

# 双孢蘑菇温棚栽培加湿系统设计

伍德林<sup>1</sup>, 陶 鸿<sup>2</sup>, 徐微微<sup>1</sup>, 刘伟伟<sup>1</sup>, 汤 庆<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学 工学院 安徽 合肥 230036 2. 安徽农业大学 园艺学院 安徽 合肥 230036)

**摘要:** 针对温棚栽培蘑菇空气湿度不足的问题, 设计了蘑菇栽培温棚加湿系统。得出: 加湿系统应包括系统的布置、加湿量的确定、喷头的选型与配置、加湿时间的确定、管道的选型及水力计算、水泵的选型等几方面; 该系统投资较低, 安装简便, 使用灵活, 既达到加湿效果又可兼用于喷洒消毒、除病虫的药剂。

**关键词:** 加湿系统; 设计; 温棚; 双孢蘑菇

**中图分类号:** S 646.1<sup>+</sup>9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)23-0062-03

蘑菇因其具有很好的营养价值和保健功效而十分畅销, 进而大棚种植面积逐年扩大。在蘑菇温棚栽培过程中, 温度、湿度、二氧化碳浓度和风速直接影响蘑菇的产量和质量<sup>[1]</sup>。其中菇棚的湿度和培养料含水量的高低, 对菌丝的生长和子实体的形成起至关重要的作用<sup>[2]</sup>。水分不足, 菌丝体生长缓慢甚至停止, 子实体暗无光泽, 单菇重量减少; 水分过高会影响菌丝体的生长, 子实体容易出现红根、锈斑等现象, 亦易导致病虫害发生。

现针对塑料大棚蘑菇集约栽培过程中湿度不足的问题, 研究设计了一套温棚蘑菇栽培的加湿系统, 以期达到改善温棚内空气湿度不足的目的。

## 1 菇棚加湿系统设计

该试验所设计的菇棚地处合肥郊区, 5 栋单栋塑料大棚, 大棚立面尺寸见图 1 所示。温棚均为东西向布置, 并排排列, 棚间距为 2 m, 第 1 个温棚距离水井 6 m, 最后 1 个温棚距离水井 46 m。加湿系统利用水井和井用水泵, 用埋地输水主管将加水分别送入 5 个温棚内。温棚内布置进棚干管、安装喷嘴的配水支管。干管布置离墙边 3 m 处, 利用三通连接支管。支管沿棚纵向布置。温棚内的配水支管上采用涡轮式单出口雾化微喷头, 喷头在管上间距 0.5 m, 靠近山墙两边各扣除 1 个。

进行温棚加湿系统布置时, 应考虑以下环节: 水源(水井、水泵)应尽量靠近温棚, 以便缩短主管, 减少压头损失; 为了减少设备投资, 便于运行管理, 所有温棚均采用布置统一的加湿系统; 配水支管沿纵向布置, 配水支

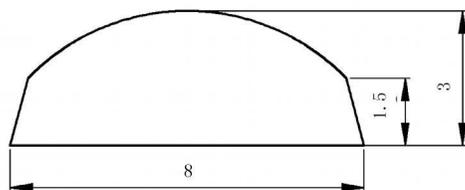


图 1 蘑菇栽培温棚立面尺寸示意(单位: m)

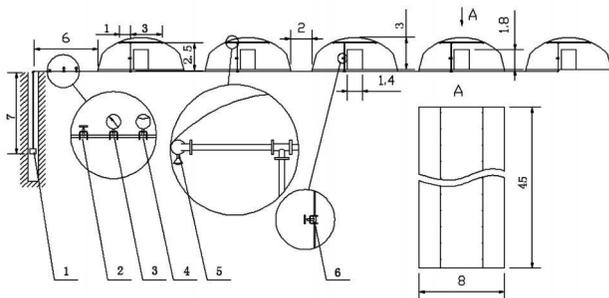


图 2 塑料大棚加湿系统布置图 (单位: m)

注: 1. 水泵; 2. 总闸阀; 3. 压力表; 4. 流量计; 5. 雾化喷头; 6. 分闸阀。

管不能过长, 使首尾喷洒量之差不超过 5%<sup>[3]</sup>。

### 1.1 温棚内加湿量的确定

加湿量是根据蘑菇不同生长阶段要求的空气相对湿度与实际生产过程中棚内的空气相对湿度的差来确定的。

单栋温棚体积可根据立面面积和温棚长度来确定, 见图 1 所示。即:

$$V = S \cdot L \quad (1)$$

$$S = \frac{1}{2} \left( 2D - 2 \frac{h}{\tan \theta} \right) \cdot h + 2 \int_0^{3.5} \left( \frac{3}{2} - \frac{6}{49} x^2 \right) dx \quad (2)$$

式中,  $V$ —温棚的体积,  $m^3$ ;  $S$ —温棚的立面端面面积,  $m^2$ ;  $L$ —温棚的长度,  $m$ ;  $D$ —温棚的跨度,  $m$ ;  $h$ —温棚的

第一作者简介: 伍德林(1970-), 男, 安徽桐城人, 副教授, 研究方向为作物节水灌溉技术和设施农业环境智能调控。E-mail: wudelin@126.com。

收稿日期: 2010-09-19

肩高,  $m$ ;  $\theta$ —温棚的立拱倾角。单栋塑料大棚内满足蘑菇生长所需要的加湿量按下式确定:

$$\Delta m_w = (d_2 - d_1) \cdot \rho_a \cdot V \quad (3),$$

式中,  $\Delta m_w$ —某时刻温棚内的加湿量,  $kg$ ;  $V$ —温棚的体积,  $m^3$ ;  $d_1$ —当前含湿量,  $g/kg$  (干空气);  $d_2$ —要求含湿量,  $g/kg$  (干空气)。

而空气含湿量计算:

$$d = \frac{m_w}{m_a} \quad (4),$$

式中,  $m_a$ ,  $m_w$ —干空气、水蒸气的质量,  $kg$ 。

## 1.2 喷头的安装高度和喷雾时间计算

喷头是加湿系统的关键设备之一, 喷头综合技术参数的好坏, 直接影响加湿质量的优劣<sup>[4]</sup>, 进而影响蘑菇的生长发育。为使雾滴喷出后在空气中有足够的漂移的时间, 以便与空气充分接触蒸发, 避免沾湿蘑菇, 喷头安装的高度应高于最低安装高度<sup>[3]</sup>。雾滴从喷头喷出后自由下落, 其完全蒸发完毕所下落的高度按下式计算:

$$h_e = \frac{d_0^3 - 8.2d_0^5}{6 \times 10^{-6}(t - t_w)} \quad (5),$$

喷头的最低安装高度为:

$$h_{min} = h_e + h_0 + 3h_1 + h_2 \quad (6),$$

式中,  $h_{min}$ —喷头的最低安装高度,  $m$ ;  $h_e$ —雾滴完全蒸发完毕所下落的高度,  $m$ ;  $d_0$ —雾滴的初始直径,  $mm$ ;  $t$ ,  $t_w$ —空气的干球温度与湿球温度,  $^{\circ}C$ ;  $h_0$ —培养料铺设的厚度,  $m$ ;  $h_1$ —单个蘑菇菌株的高度,  $m$ ;  $h_2$ —覆土层的厚度,  $m$ 。

根据喷头的各种性能参数, 喷头在塑料大棚内安装的配水支管上的间距取  $0.5 m$  比较合理。为了避免两边喷溅到山墙上, 靠近两边山墙各扣除 1 个喷头。雾化喷头一般喷孔较小, 为避免使用中发生堵塞, 该系统选择在输水管上安装过滤器。温棚的加湿时间即是喷头的喷雾时间, 主要由加湿量和喷头流量决定。加湿时间按下式确定:

$$\Delta t = \frac{Q}{n \cdot q} \quad (7),$$

式中,  $\Delta t$ —加湿时间, 即喷头的喷水时间,  $min$ ;  $Q$ —单根配水管的加湿量,  $L$ ;  $n$ —单根配水管的喷头个数;  $q$ —单个喷头的流量,  $L/h$ 。

## 1.3 管道的选型及水力计算

加湿系统管网管道包括埋地输水主管、进棚干管和配水支管。根据温棚的单位时间加湿量, 可确定出管道系统内各管道内的计算流量, 再选择合理的管内流速, 即可确定出各管道的直径。再根据各种管道的性能, 选择适合大棚种植使用的输水管道。

管径选择关系整个加湿系统投资, 同时管径太小, 管内流速太大, 压力损失太大; 管径太大, 虽然压力损失

较小, 但投资太大, 非常不经济。管径计算为:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4nq}{60\tau v_0}} \quad (8),$$

式中,  $d$ —管道的内径,  $m$ ;  $n$ —单根配水管的喷头个数;  $q$ —单个喷头的流量,  $L/h$ ;  $v_0$ —管内允许流速,  $m/s$ 。

在水源到各温棚的加湿系统布置和连接形式确定后需进行系统水力计算。在管道系统中, 通常由不同直径的管段和各种管道配件组成, 依照总流伯努利方程两断面间的阻力损失应按叠加原理计算<sup>[5]</sup>, 即:

$$H_w = \sum H_f + \sum H_i \quad (9),$$

式中,  $\sum H_w$ —管道系统的总阻力损失,  $m$ ;  $\sum H_f$ —相连接各管段的沿程阻力损失的总和,  $m$ ;  $\sum H_i$ —管段中所有的局部阻力损失的总和,  $m$ 。而管段的沿程阻力损失计算公式为:

$$H_f = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (10),$$

式中,  $H_f$ —相连接各管段的沿程阻力损失,  $m$ ;  $\lambda$ —管段的沿程阻力系数;  $l$ —管段长度,  $m$ ;  $d$ —管道内径,  $m$ ;  $v$ —水在管道内的流速,  $m/s$ ;  $g$ —重力加速度,  $m/s^2$ 。管段的局部阻力损失可按下式计算:

$$H_i = \sum \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (11),$$

$$\zeta = \frac{\lambda}{0.022} \zeta_0 \quad (12),$$

式中,  $H_i$ —管段中所有的局部阻力损失,  $m$ ;  $\sum \zeta$ —管段中各配件的局部阻力系数之和;  $Z$ —管段中各配件的局部阻力之修正系数;  $\zeta_0$ —管段中各配件的局部阻力系数;  $V$ —水在管道内的流速,  $m/s$ ;  $g$ —重力加速度;  $\lambda$ —管段的沿程阻力系数。

## 1.4 水泵的选型

考虑到经济安全, 该加湿系统选用 2 台不同规格的循环水泵, 其中一台水泵的流量和扬程按设计值的 100% 选择, 而另一台水泵的流量可按设计值的 90%、压头按 93% 选择, 后者供加湿量较小时使用。水泵的运行电耗可减少, 同时 2 台水泵中的 1 台还可作为备用水泵。水泵流量可按下式计算:

$$Q_p = KQ_w \quad (13),$$

式中,  $Q_p$ —水泵流量,  $m^3/h$ ;  $K$ —流量系数;  $Q_w$ —所有温棚棚内的单位时间加湿量,  $m^3/h$ 。水泵扬程可按下式计算:

$$H = H_n + H_w + H_i \quad (14),$$

式中,  $H_n$ —喷头设计工作压力,  $mH_2O$ ;  $H_w$ —从水泵进水口到最不利位置喷头之间的总阻力损失,  $mH_2O$ ;  $H_i$ —最不利位置喷头与水源水位高度差,  $m$ 。

在确定系统各管段的流量和各管段的直径后, 采用

允许流速法计算系统所必需的循环作用压力。管道系统的水力计算从系统的最不利循环环路开始,也即从允许的比摩阻最小的一个环路开始计算。该管道系统选择管段编号①—②—③—④作为最不利环路。

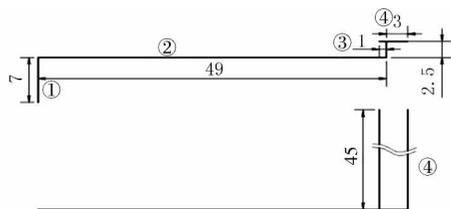


图3 管道的最不利环路(单位: m)

## 2 结果与分析

根据合肥地区室外计算温度和湿度要求,取棚内计算温度为 $35^{\circ}\text{C}$ ,且假定加湿过程中温度不变,相对湿度为40%,要求的相对湿度取上限值95%,计算出单个塑料大棚的体积为 $821.25\text{ m}^3$ ,加湿量为22 kg,每个喷头的流量为8 L/h,计算出加湿时间为1 min。喷头的最低安装高度计算值为2.32 m,结合实际生产,确定喷头的安装高度为2.5 m。温棚内采用的是上海爱润绿化配套设备有限公司生产的涡轮式单出口雾化微喷头,工作压力 $20\text{ mH}_2\text{O}$ ,流量为8 L/h,雾粒直径在 $70\sim 110\ \mu\text{m}$ ,完全满足雾滴的雾化要求。

根据喷头的选择和布置,单根配水支管的喷头流量为8 L/h,喷头个数为89个。配水支管选择管内流速为 $0.65\text{ m/s}$ ,支管计算直径为20 mm;进棚干管选择的管内流速为 $0.8\text{ m/s}$ ,其直径为25 mm。输水主管选择的管内流速为 $1.0\text{ m/s}$ ,计算后直径为50 mm。根据温棚对管道的性能要求及管道直径的要求,选择为广东粤塑管业有限公司生产的直径50 mm PE输水主管,长度为49 m;

进棚干管直径25 mm PE管,长度为2.5 m,配水支管的直径20 mm PE管,长度分别为48 m和46 m。将所有温棚棚内单位时间加湿量,代入公式,可确定常用水泵的流量为 $8\text{ m}^3/\text{h}$ ,备用水泵的流量为 $6\text{ m}^3/\text{h}$ 。由管道系统的水力计算,从水泵进水口到最不利位置喷头之间的总阻力损失为3.2392 m;由水源距井口4 m,喷头距水源的水位高差为6.5 m,将这些数值代入相应公式,可确定常用水泵的扬程为30 m,备用水泵的扬程为28 m。

## 3 结论

针对蘑菇不同生长阶段所需的湿度不同,该系统配备2个水泵可供不同程度的加湿,既达到加湿效果,又节约能耗,其中一台水泵还可备用。该加湿系统,通过管网将水井中水送至温棚内的雾化喷头,通过喷头喷出雾直径在 $70\sim 110\ \mu\text{m}$ 的漂浮雾粒,迅速扩散蒸发,达到高效加湿的目的。

配合适时通风换气,可以给蘑菇生长发育提供一个良好的环境。同时,由于每次加湿有时间限制,该系统在输水主管上和进棚干管上安装闸阀以控制加湿时间;在蘑菇管理中,通风换气、温度、湿度三者之间密切相关,相互影响,应协调综合管理<sup>[9]</sup>。

### 参考文献

- [1] Paul Stamets Chilton J S. The mushroom cultivation [M]. Olympia Washington; Agarikon Press 1983: 141-148.
- [2] 朱继敏. 蘑菇生长对环境条件的要求[J]. 合肥科技, 1992(2): 15-16.
- [3] 马承伟, 苗香雯. 农业生物环境工程[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005.
- [4] 孙泉, 谢群弟, 李蕾. 高架式微喷灌系统的喷头选型实验[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(5): 73-74.
- [5] 唐晓寅. 工程流体力学[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2007.
- [6] 郭倩, 凌露芬, 王志强, 等. 双孢蘑菇工厂化栽培过程中环境因子的调控[J]. 食用菌, 2002, 9(3): 38-41.

## Design of Humidification System for Cultivation of *Agaricus bisporus* in Plastic Greenhouse

WU De-lin<sup>1</sup>, TAO Hong<sup>2</sup>, XU Wei-wei<sup>1</sup>, LIU Wei-wei<sup>1</sup>, TANG Qing<sup>1</sup>

(Engineering College, Anhui Agricultural University, Anhui Hefei 230036; Horticultural College, Anhui Agricultural University, Hefei Anhui 230036)

**Abstract:** Aim at problem of air humidity insufficient of mushrooms cultivation in greenhouse, the humidification systems was designed. The results showed that the design of humidification system details including the humidification system layout, determine of humidity amount, selection and configuration of nozzle, determination of wetting time, the selection of pipes and hydraulic calculations, pump selection and so on. This humidification system with low investment, easy installation and flexible management, can achieve humidifying effects and also used for spraying disinfection and the disease concurrently.

**Key words:** humidification system; design plastic greenhouse; *Agaricus bisporus*