

# 毛竹笋用林动力喷灌系统设计

章建红, 李玉祥 (1. 宁波市农业科学研究院林业研究所, 浙江宁波 315040; 2. 宁波市北仑佳禾园艺有限公司, 浙江北仑 315803)

**摘要** 根据山地毛竹笋用林喷灌系统建设的特点及对灌水系统的要求, 介绍了毛竹笋用林喷灌系统的组成、设计方法及步骤, 并提出相关的问题与建议。

**关键词** 毛竹; 笋用林; 喷灌系统; 设计

中图分类号 S274.2 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)13-05671-03

**Design of Dynamic Spray Irrigation System for Shoot-use Stand of *Phyllostachys pubescens***

ZHANG Jian-hong et al (Institute of Forestry, Ningbo Academy of Agricultural Science, Ningbo, Zhejiang 315040)

**Abstract** According to the characteristics of building spray irrigation system for shoot-use stand of *Phyllostachys pubescens* in mountainous regions and the requirements for the irrigation system, the composition, the design methods and steps of the spray irrigation system for shoot-use stand of *P. pubescens* were introduced. And the correlative problems and suggestions were put forward.

**Key words** *Phyllostachys pubescens*; Shoot-use stand; Spray irrigation system; Design

毛竹笋是传统蔬菜, 它富含各种氨基酸及矿质元素, 素有天然保健食品之称, 深受人们喜爱。但毛竹出笋受天气因素影响比较大, 特别是水分的变化对其影响最为明显。对竹林人工浇水进行研究, 结果表明: 7~8月旱天对竹林进行浇水能促进笋芽分化、幼笋生长, 使鞭笋、冬笋和翌年的春笋产量都有明显的提高, 同时经浇过水的竹笋比较鲜嫩, 品质也有明显提高<sup>[1]</sup>; 秋季供水可以明显地提高单位面积的产量, 其出笋株数、出笋产量、竹笋的单株重均可较大提高<sup>[2]</sup>; 冬季进行喷灌处理也能有效促进冬笋的个体发育和单位面积产量, 提高竹林经营的经济效益<sup>[3]</sup>。浙江省为竹笋的主要产区之一, 但笋竹林多为山地竹林, 天气干旱长期困扰着竹农, 影响竹笋产量和质量提高, 特别是在夏秋季节, 往往是高温干旱, 蒸发量大, 林地失水严重, 对竹林竹笋产量造成较大影响。因此, 在毛竹笋用林地安装喷灌系统意义重大。浙江省余姚市有利用水库与竹林地之间的落差进行自流喷灌的成功例子<sup>[4]</sup>, 尽管这种方法简便有效, 但水库必须在竹林以上, 并且至少要有35 m以上的落差, 局限性较大。因此, 在山地有水源的区域, 如果安装动力自动喷灌系统, 结合项目区竹林为农户分散经营的特点, 在项目区安装管网系统, 在出水口安装控制阀门分区域建立轮灌制度, 既能解决毛竹笋用林供水平衡问题, 又能节省大量劳动力, 有利于推广, 但同时也存在运行费用增加的问题。因此, 山地竹林采用自流喷灌还是动力喷灌要根据项目区的具体情况来确定。该文介绍动力喷灌工程的初步设计方法。

## 1 设计规范及原则

喷头间距不应大于喷头喷洒直径; 喷灌系统的设计灌水均匀度应大于85%; 应设有安全保护装置, 布设排水、泄空及防冻害装置; 灌溉系统的组合喷灌强度应小于土壤的入渗能力; 喷头散落水滴指标应适应毛竹和土壤的耐冲刷能力。

## 2 灌溉工程设计

**2.1 收集有关设计的基本资料** 收集笋用毛竹林地的地形、土壤、水源、气象、电源等资料, 特别是地形资料, 应有

1:10 000的林地地形图作为设计底图。

### 2.2 灌溉系统的组成

**2.2.1 水源。**一般选用笋竹林边上的山地水库作为水源, 在毛竹的整个生长季节, 该水库蓄水量须提供可靠的供水保证, 同时, 水源水质也能满足竹林灌溉水质标准的要求。

**2.2.2 首部枢纽。**其作用是从水源取水, 并对水进行加压、水质处理和系统控制。包括动力设备、水泵以及控制设备。

**2.2.3 管网。**其作用是将压力水输送并分配到所需灌溉的毛竹区域。管网由不同管径的管道组成, 分主管、支管, 通过各种相应的管件、阀门等设备将各级管道连接成完整的管网系统, 并根据需要在管网中安装必要的安全装置, 如进排气阀、泄水阀等。管网埋于地面以下20 cm以上, 边缘可加水泥砼防护, 以免挖笋翻地时破坏管网, 一般采用镀锌钢管或用塑料PPR管。

**2.2.4 喷头。**用于将水分散成水滴, 如同降雨一般比较均匀地喷洒在毛竹林地。喷头是喷灌系统中最重要部件, 喷头的质量与性能不仅直接影响喷灌系统的喷灌强度、均匀度和水滴打击强度等技术要素, 同时也影响系统的工程造价和运行费用。建议使用PY系列摇臂喷头, 其结构简单, 灵活耐用, 射程适度, 水滴均匀, 雾化程度高, 易于装卸维修。喷头外接25或32 mm镀锌钢管, 考虑笋用竹林山地特征, 钢管应高出地表面2 m以上, 下与地埋式支管相连。

### 2.3 灌溉系统主要技术参数设计

**2.3.1 毛竹地设计灌水量的确定。**毛竹地设计灌水量可按下式计算:

$$m_{\text{设}} = h (w_1 - w_2) \frac{1}{K} \quad (1)$$

其中,  $m_{\text{设}}$ : 毛竹地设计灌水量( $\text{kg}/\text{cm}^2$ );  $w_1$ : 土壤容重( $\text{kg}/\text{cm}^3$ );  $h$ : 计划湿润层深度(笋用毛竹林一般定为30 cm左右);  $w_1/w_2$ : 适宜土壤含水量上限、下限(重量百分比), 笋用毛生林一般分别取值30%、17%左右;  $K$ : 喷灌水的有效利用系数, 一般取0.7~0.9。

**2.3.2 土壤允许喷灌强度的校核。**土壤的允许喷灌强度是影响选型的主要因素。它是指单位时间内喷洒在地面上的水深。灌溉系统的设计喷灌强度不得大于土壤的允许喷灌强度。不同质地土壤: 粘土、壤粘土、壤土、砂壤土、砂土, 允许喷灌强度分别为8、10、12、15、20  $\text{mm}/\text{h}$ ; 当坡面坡度大于

基金项目 宁波市农办资助示范基地建设项目。

作者简介 章建红(1976-), 男, 浙江兰溪人, 硕士, 工程师, 从事林木种苗与林业规划设计研究。

收稿日期 2008-02-29

5%, 坡度分别为 5%~8%、9%~12%、13%~20%、>20% 时, 允许喷灌强度依次降低 20%、40%、60%、75%。

**2.3.3 毛竹地灌水周期的确定。**公式如下:

$$T_{\text{设}} = \frac{m_{\text{设}}}{W} \quad (2)$$

式中,  $T_{\text{设}}$ : 毛竹地灌水周期;  $W$ : 日需水量 ( $\text{mm/d}$ ), 取灌水临界期的平均日需水量, 为  $5.0 \text{ mm/d}$ ;  $m_{\text{设}}$ : 喷灌水的有效利用系数, 可根据风速条件选取。当风速低于  $3.4 \text{ m/s}$  时, 取  $0.8 \sim 0.9$ , 风速为  $3.4 \sim 5.4 \text{ m/s}$  时, 取  $0.7 \sim 0.8$ 。

**2.3.4 一次灌水所需时间确定。**计算公式如下:

$$t = \frac{m_{\text{设}}}{P_{\text{系统}}} \quad (3)$$

$t$  为 1 次灌水所需时间;  $P_{\text{系统}}$  为灌溉系统的平均灌溉强度 ( $\text{mm/h}$ ),  $P_{\text{系统}} = 1000 q / (bl)$  [ $b$  为支管间距 ( $\text{m}$ );  $l$  为沿支管的喷头间距 ( $\text{m}$ );  $q$  为 1 个出水口 (支管) 的流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ ), 它的值为同时开启喷头数量与每只喷头出水量的乘积。

**2.3.5 喷灌喷头的布置。**

**2.3.5.1 喷头的组合形式。**主要有矩形、菱形等形式 (图 1、2), 矩形组合适用于地形规则、平整的地方, 优点是设计简单, 容易布置, 但抗风能力差; 菱形组合适用于地形不规则、起伏较大的地方, 其抗风能力强, 喷洒均匀度高, 而且喷头数量较少, 节省投资。但由于各支路水量不均, 计算较为繁琐。

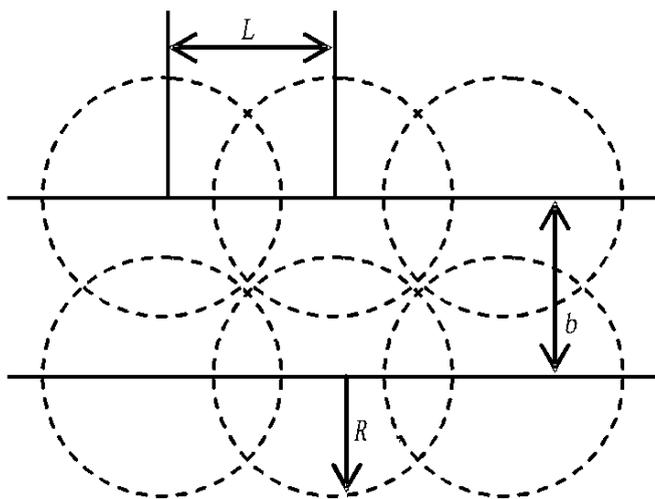


图1 矩形组合

Fig.1 The rectangular combination

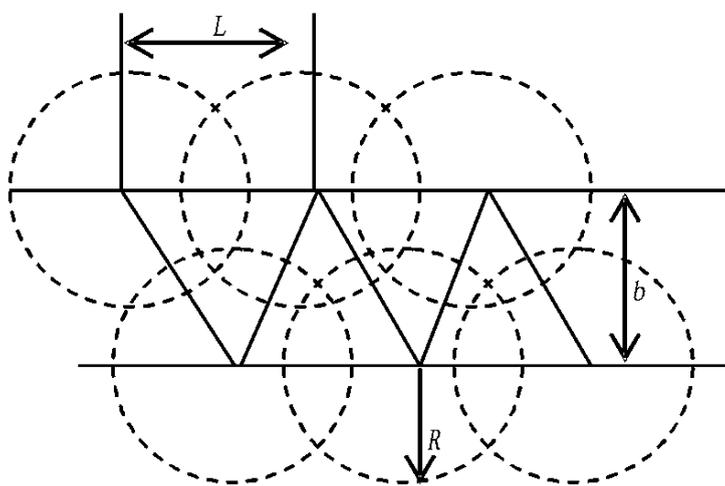


图2 菱形组合

Fig.2 The rhombus combination

在设计时一般支管走向沿等高线, 在计算支管间距  $b$  的时候要考虑到坡度对间距的影响。其中,  $b = L_{\text{坡}} \times \cos(\alpha)$  ( $L_{\text{坡}}$ : 坡长;  $\alpha$ : 坡角)。

**2.3.5.2 喷头组合间距。**表 1 为不同设计风速时不同方向上喷头组合间距的确定方法, 表中  $R$  为喷头射程, 风向多变时采用垂直风向栏内数据。

**2.3.6 建立喷灌制度。**毛竹林地植被单一, 但面积较大, 若项目区同时供水则主管管径、造价都会相当高, 因而灌溉系统的设计工作制度为轮灌, 对系统内管道按支管分布分成若干个区轮流灌溉, 每个轮灌区为 1 只出水口所能控制的区域面积, 原则上每户农户安装 1~2 只出水口。每次轮灌可根据压力与管道布置情况在 1 支主管上开启数个出水口阀门。轮灌采用管网上的控制阀门进行控制, 其优点是造价低, 节约水源, 设备利用率高; 缺点是运行时间长, 不易于管理等。

表1 喷头组合间距

Table 1 Spring of nozzle combination

类型 Type	设计风速 Designed wind speed m/s		
	0.3~1.6	1.6~3.3	3.4~5.4
垂直风向 Vertical wind	1.1 R	1.0 R	0.9 R
平行风向 Parallel wind	1.3 R	1.2 R	1.1 R
无主风向 No prevailing wind	1.2 R	1.1 R	1.0 R

**2.3.7 管道的水力计算。**

**2.3.7.1 确定支管管径。**支管管径 ( $D$ ) 根据支管进口流量 ( $Q_{\text{支}} = q_{\text{喷头}}$ )、支管长度 ( $L$ )、多孔系数 ( $F$ ) 以及允许首尾喷头压力变差 ( $h$ ) 来确定, 可用下列公式反求:

$$D = \left( \frac{1.1fLQ^m}{h} \cdot F \right)^{1/b} \quad (4)$$

$F$ : 多孔系数;  $L$ : 支管长度 ( $\text{m}$ );  $h$ : 首尾压力差;  $b$ : 管径指数, 镀锌钢管为 5.10, PPR 管为 4.77;  $m$ : 流量指数, 镀锌钢管为 1.9, PPR 管为 1.77;  $Q$ : 流量 ( $\text{m}^3/\text{h}$ );  $f$ : 摩擦系数, 镀锌钢管为  $6.25 \times 10^{-5}$ , PPR 管为  $9.48 \times 10^{-4}$ 。其中, 首尾压力差  $h = P_1 \times 20\%$  [ $P_1$ : 出水口工作压力 ( $\text{mH}_2\text{O}$ )]。多孔系数  $F$ :

$$F = \frac{N \left( \frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{m-1}{6N^2} \right) - 1 + X}{N - 1 + X} \quad (5)$$

$N$ : 孔口数;  $X$ : 多孔支管首孔位置系数 (支管入口至第 1 个孔口的距离与孔口间距之比)。

支管管径也可根据经验公式来计算, 即当  $Q < 120 \text{ m}^3/\text{h}$  时,  $D = 13 \sqrt{Q}$ ; 当  $Q > 120 \text{ m}^3/\text{h}$  时,  $D = 11.5 \sqrt{Q}$ 。一般用经验公式计算支管的管径时要注意, 支管的管径除与支管的设计流量有关外, 还要受允许压力差的限制, 同一条支管上任意 2 个喷头之间的工作压力差应在设计喷头工作压力的 20% 以内, 这样才能满足任意 2 个喷头出水量之差  $< 10\%$ , 符合均匀喷洒的原则<sup>[5]</sup>。当地形有坡度时应考虑地面高差的影响:

$$\text{上坡支管 } H_{\text{max}} - H_{\text{min}} < 0.2 H_{\text{B}} - Z \quad (6)$$

$$\text{下坡支管 } H_{\text{max}} - H_{\text{min}} > Z - 0.2 H_{\text{B}} \quad (7)$$

式 (6)、(7) 中,  $H_{\text{max}}$  为支管上最大的喷头工作压力,  $H_{\text{min}}$  为支管上最小的喷头工作压力,  $H_{\text{B}}$  为喷头设计工作压力,  $Z$  为地形高差。

**2.3.7.2 确定主管管径。**主管管径可由灌溉制度中主管每小时的流量来确定, 计算时按每亩设计灌水量乘以每支主管最大控制灌溉面积, 得到一个灌水周期内总用水量, 再除

以灌水周期,即得每天的灌水量,再除以每天灌水工作时数,最终计算出每小时流量。然后根据经验公式来计算。

**2.3.7.3 主管沿程水头损失。**可按以下公式计算:

$$h_f = f \frac{LQ^m}{d^b} \quad (8)$$

$h_f$ : 沿程水头损失( $\text{mH}_2\text{O}$ );  $L$ : 管道长度( $\text{m}$ ),设计时一般计算出水口至最高点距离即可(最高点下去压力呈增加状态);  $d$ : 管道内径( $\text{mm}$ )。其余各参数含义参见式(4)。

**2.3.7.4 管道的局部水头损失。**可按下式计算:

$$h_j = \frac{v^2}{2g} \quad (9)$$

$h_j$ : 局部水头损失( $\text{mH}_2\text{O}$ );  $\xi$ : 局部阻力系数;  $v$ : 管道流速( $\text{m/s}$ );  $g$ : 重力加速度( $\text{m/s}^2$ )。具体项目设计时可取沿程水头损失的10%~20%作为局部水头损失来估算。

**2.3.8 水泵的选择。**根据以下公式计算流量和扬程,即可确定水泵型号。

$$\text{水泵水量: } Q = N_{\text{喷头}} q \quad (10)$$

$$\text{水泵扬程: } H = H_{\text{设}} + H_f + H_j \pm \quad (11)$$

式(10)中,  $N_{\text{喷头}}$ : 同时工作喷头数;  $q$ : 单喷头流量。式(11)中,  $H_f$ : 水泵出水口至最不利喷头间管道沿程水头损失之和( $\text{mH}_2\text{O}$ );  $H_{\text{设}}$ : 喷头设计工作压力( $\text{mH}_2\text{O}$ );  $H_j$ : 水泵出水口至最不利喷头间局部水头损失之和( $\text{mH}_2\text{O}$ );  $\pm$ : 水泵出水口中心线至最不利喷头高差( $\text{m}$ )。

根据计算结果,依据水泵出水量、水泵扬程来选择安装相应流量、扬程、功率的离心水泵,同时应使出水口的公称直径与主管管径相符。

### 3 项目设计说明及建议

(1) 该文的设计为初步设计,因笋用毛竹林为山地,地形

条件复杂,设计时无精密的测量图纸,只是按照1:10000的山林现状图进行估算,无法绘制出精密的管线布置图,而且毛竹地为分散经营,涉及农户多,原则上每户应安装1或2只控制阀,施工时可按设计提供的技术参数沿等高线方向进行布置,并可作适当调整。

(2) 项目设计时的实施面积可根据实际情况作出调整,若项目地与水源点高差增加,可适当扩大实施面积。原则上轮灌1次所需时间的总和应小于毛竹地灌水周期,否则需另外安装动力设备及更新主管管道。

(3) 实际施工中主管走向会影响到主管实际长度 $L$ ,也会影响沿程水头损失,从而影响出水口压力,施工时应尽量使主管沿最短距离走向。

(4) 项目设计时要考虑到PPR管的管壁厚度及抗压强度,常见的PPR管一般为 $\text{PN}=1.25$ ,即可抗最大压强为125 $\text{mH}_2\text{O}$ 。因而水管最低点与出水口的高差应不大于125 $\text{m}$ ,否则要安装安全阀防止水管爆裂。

(5) 项目设计时还要考虑到水源容量,按无水源补给情况灌水4~6次来计算水源可供设计实施面积,如水源可补给可另行增加项目实施面积。

#### 参考文献

- [1] 毛恩平,陆志敏,余通海.毛竹笋用林旱季人工浇水试验初报[J].浙江林业科技,2003,23(1):35-37.
- [2] 何奇江,汪奎宏,翁甫金,等.毛竹笋用林供水试验初报[J].浙江林业科技,2001,21(5):17-19.
- [3] 郑经池.不同喷灌处理对毛竹冬笋生长和综合效益的影响[J].林业勘察设计,2006(2):98-101.
- [4] 沈立铭,郑传江,丰晓庆.毛竹笋用林喷滴管设施安装及应用效果初报[J].浙江林业科技,2003,23(6):34-36.
- [5] 喷灌工程技术规范.GB85-85[S].1985.
- [6] 董超宇,赵辉,张镭,等.超临界 $\text{CO}_2$ 从烟草中提取天然烟碱[J].化学工程师,1998(5):51-52.
- [7] 廖华卫,吕华冲,李晓蒙,等.超临界流体萃取烟草中天然烟碱[J].广东药学院学报,2002,2(18):89-90.
- [8] CHORIYK O T, SCHLOZHAUER W S. Increasing selenium in cigarettes and smoke[J]. J Ag Food Chem, 1984, 12(4):992-997.
- [9] 李文松,杨运泉,段正康,等.夹带剂在超临界萃取烟草有效成分中的应用[J].精细化工中间体,2005,35(6):11-13.
- [10] 李烈,马振元,丛晓东.超临界 $\text{CO}_2$ 从烟叶中萃取茄尼醇的研究[J].中国药科大学学报,2002,33(4):351-353.
- [11] 位华,宓鹤鸣,柳正良.超临界流体萃取结合柱色谱法从废次烟叶中分离纯化茄尼醇的研究[J].中草药,2005,36(5):690-692.
- [12] 杨群力,吴建华.茄尼醇的提取工艺:CN294111A[P].2001.
- [13] 朱尊权.我国卷烟降焦与发展混合型卷烟是一项艰巨的系统工程[J].烟草科技,1999(3):3-5.
- [14] SONGS Q, ASHLEY DAMD L. Supercritical fluid extraction and gas chromatography/mass spectrometry for the analysis of tobacco-specific Nitrosamines in cigarettes [J]. Anal Chem, 1999, 71(7):1301-1308.
- [15] 田景州,金革,马亚萍,等.用 $\text{CO}_2$ 溶剂从烟草(烟末)中萃取烟精的研究[J].中国烟草学报,1995,2(4):75-79.
- [16] 高勇,朱友民,吴庆之.烟草净油的超临界流体技术提取[J].烟草科技,1995(5):28-30.
- [17] 张明福,张建平.烟草二氧化碳超临界萃取物的初步研究[J].烟草科技,2001(8):24-27.
- [18] 李雪梅,杨叶昆,徐若飞,等.利用超临界流体技术制备烟草净油的研究[J].中国烟草学报,2004,6(3):1-5.
- [19] UEMASU H, ISENT, TAKEUCHI M, et al. Interior container for soluble matter extraction device: JP6134203[P].1994.
- [20] YONET Y, KITAMI H, ITOJ, et al. Method for extracting soluble substance of natural solid raw material. JP6154506[P].1994.
- [21] FRANCIS E S, EATOUGH D J. Capillary supercritical fluid chromatography with nitro- and nitroso-specific chemiluminescence [J]. J Microcolumn Sep, 1994, 6(4):395-401.
- [22] PROKOPCZYK BOGDAN, HOFFMANN DIETRICH, COX JONATHAN E, et al. Supercritical fluid extraction in the determination of tobacco-specific Nitrosamines in smokeless tobacco [J]. Chem Res Toxicol, 1992(3):336-340.
- [23] PROKOPCZYK BOGDAN, WU MING, COX JONATHAN E, et al. Improved methodology for the quantitative assessment of tobacco-specific Nitrosamines in tobacco by supercritical fluid extraction [J]. Agric Food Chem, 1995, 43(4):916-922.
- [24] STAHL E, SCHLIZ W. Chromatography with supercritical fluids [J]. Chem Ing Tech, 1976, 48:773.
- [25] REVERCHON E, DONSI G, BARCA L. Tobacco smoke: new technique to control biological impact [J]. Russ Chim, 1989, 41(6):265-270.
- [26] 车国勇,庞浩,廖兵,等.超临界 $\text{CO}_2$ 萃取薰衣草挥发性组分的研究[C].第五届全国超临界流体技术学术及应用研讨会论文集,2004:165-168.
- [27] 杨叶昆,李雪梅,周瑾,等.超临界 $\text{CO}_2$ 流体萃取降低上部烟叶中的烟碱[J].烟草科技,2006(1):38-40.
- [28] UCHAMA KENSUKE, IDOGAWA KIYOSHI. Extraction essential oil from rosemary leaves. JP03127975[P].1991.

(上接第5474页)

烟草科技,1998(5):20-22.