

# 两种园林地埋式喷头组合喷洒性能的模拟试验

严海军, 郑耀泉

(中国农业大学水利与土木工程学院, 北京 100083)

摘 要: 根据 Hunter 和 Rainbird 公司分别提供的 PGP 型和 R50 型园林地埋式喷头的径向水量分布曲线资料, 在正方形和正三角形两种布置形式下, 分别进行了不同组合系数的喷洒性能模拟试验。结果表明, 在最大零漏喷范围内, 喷灌均匀系数的大小与组合形式关系不大, 主要取决于喷头结构及径向水量分布曲线的特点; 当组合系数为 0.9~1.4 时, 喷灌均匀系数为 77.5%~95.1%。喷灌均匀系数、分布均匀系数和喷灌草坪水利用系数之间存在较为密切的线性关系, 该文给出了喷灌均匀系数与分布均匀系数及喷灌草坪水利用系数之间的统计回归公式。一般情况下, 喷灌均匀系数越大, 分布均匀系数和喷灌草坪水利用系数呈增大趋势。

关键词: 园林喷灌系统; 地埋式喷头; 喷洒性能; 喷灌均匀系数

中图分类号: S275.5

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)01-0084-03

## 0 引言

近几年, 随着我国人民生活水平的提高, 对城市环境改善的要求也越来越高, 许多城市草坪建设发展较快, 但距联合国生物圈生态环境组织要求的城市最佳居住环境的人均绿地面积  $60\text{ m}^2$  的目标还相差较远<sup>[1]</sup>。在未来几年, 城市绿地建设将更为迅猛。绿地喷灌系统是绿地植被维护与管理中极为重要的一个组成部分。本文主要研究两种常用园林地埋式喷头的不同组合形式和几何参数对喷灌质量、节水效果、工程费用的影响, 为绿地喷灌系统设备选型、配套和设计提供参考。

## 1 试验对象

目前国内园林喷灌系统中常用的喷头主要有地埋摇臂式 (Impact) 喷头和地埋伸缩式 (Pop-up) 喷头<sup>[2]</sup>。这两种喷头以进口为主, 来自美国亨特 (Hunter) 公司、雨鸟 (Rainbird) 公司、托罗 (Toro) 公司、尼尔森 (Nelson) 公司及以色列雷欧 (Lego) 公司等。国内虽也有个别厂商生产, 但仅局限于地埋摇臂式, 如成都川力节水工程公司、广州华润喷泉喷灌公司等。在国内园林喷灌系统中应用范围最广、质量可靠、享有很好声誉的典型代表是 Hunter 公司的 PGP 型和 Rainbird 公司的 R-50 型等中射程喷头<sup>[3]</sup>。所以本项目研究选择这两种喷头, 试验其喷洒性能。

## 2 试验方法

### 2.1 组合形式

园林喷灌系统中, 正方形和正三角形两种布置形式应用最多<sup>[4]</sup>。本文基于 Hunter 和 Rainbird 公司根据 ASAE 标准 S398.1 测试提供的 PGP 型和 R-50 型两种

喷头典型工况下的径向水量分布曲线资料, 进行了正方形和正三角形两种布置形式下组合喷洒性能的模拟分析, 主要工作参数如表 1。组合喷洒模拟时, 两种组合形式的测点量雨筒采用方格网状布置, 将相邻喷头间距和支管间距分成 12 等分, 见图 1a、b。鉴于无风条件下测试获得的单喷头径向水量分布曲线具有水量分布的对称性, 这里只考虑以某个喷头为中心的  $1/4$  喷洒受水控制面积内布置的 49 个量雨筒在一定时间内的接水量。

表 1 试验喷头的主要工作参数

Table 1 Characteristics of the pop-up sprinklers

喷头型号	喷嘴	工作压力 /kPa	流量 /m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	射程 /m
Hunter PGP	8#	344	0.913	13
Hunter PGP	10#	344	1.6	14
Rainbird R-50	3# 雨帘	310	0.863	10.4
Rainbird R-50	3# 标准	275	0.874	10.4

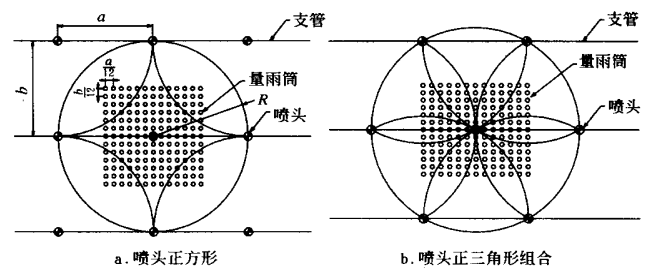


图 1 喷头正方形及正三角形组合测点布置图

Fig 1 Layout of measuring points of sprinkler on square spacing and equilateral triangular spacing

### 2.2 组合几何参数

#### 2.2.1 零漏喷最大组合几何参数的概念及公式

零漏喷最大组合几何参数是指在喷洒受水面积内都能获得喷洒水量的最大喷头间距和支管间距。

由图 1 可推出计算最大零喷组合几何参数的公式

$$a_{\max} = 1.414R \quad (1)$$

$$b_{\max} = 1.414R \quad (2)$$

收稿日期: 2003-02-12 修订日期: 2003-11-20

基金项目: 北京市城市节水办公室资助项目

作者简介: 严海军 (1974-), 男, 讲师, 博士生, 主要从事灌排设备技术与应用研究。北京 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083。

Email: Yanhj88@sina.com

正三角形组合

$$a_{\max} = 1.732R \tag{3}$$

$$b_{\max} = 1.5R \tag{4}$$

式中  $a_{\max}$ ——零漏喷最大喷头间距,m;  $b_{\max}$ ——零漏喷最大支管间距,m;  $R$ ——喷头有效射程,m。

2.2.2 组合几何参数的确定

喷头组合几何参数的通式为

$$a = K_a R \tag{5}$$

$$b = K_b R \tag{6}$$

式中  $a$ ——喷头间距,m;  $b$ ——为支管间距,m;  $K_a$ ——组合系数,又称喷头间距比;  $K_b$ ——组合系数,又称支管间距比。

组合系数  $K_a$  与  $K_b$  之间的关系又可表示为

$$K_b = \beta \cdot K_a \tag{7}$$

式中 正方形组合  $\beta = 1$ , 正三角形组合  $\beta = 0.866$

本文中组合模拟时的组合系数  $K_a$  值取为

正方形组合  $K_a = 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4$

正三角形组合  $K_a = 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7$

2.3 主要喷灌质量技术指标

用于衡量喷灌系统质量优劣的主要技术指标有

1) 组合平均喷灌强度  $\bar{\rho}$ (mm/h)<sup>[5]</sup>, 计算公式

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i}{n} \tag{8}$$

式中  $\rho_i$ ——组合模拟时控制面积内的测点喷灌强度,mm/h;  $n$ ——测量点数。

2) 喷灌均匀系数  $C_u$ <sup>[5]</sup>, 计算公式

$$C_u = 1 - \frac{\overline{\Delta\rho}}{\bar{\rho}} \tag{9}$$

$$\overline{\Delta\rho} = \frac{\sum_{i=1}^n |\rho_i - \bar{\rho}|}{n} \tag{10}$$

式中  $\overline{\Delta\rho}$ ——组合模拟时控制面积内的每一测点喷灌强度的平均偏差值,mm/h;  $\rho_i$ ——同上。

3) 分布均匀系数  $D_u$ <sup>[5]</sup>, 计算公式

$$D_u = \frac{\rho_{\min}}{\bar{\rho}} \tag{11}$$

式中  $\rho_{\min}$ ——组合模拟时控制面积内的最小 1/4 个测点喷灌强度的平均值,mm/h。

4) 喷灌草坪水利用系数  $\eta$

草坪低矮整齐,几乎完全覆盖地表,其冠层截留水量很少,实测困难,因而喷灌草坪的真实水利用系数很难求解。但草坪冠层截留水量是有限的,随着灌水量的增大,截留水量所占比例逐渐降低。因此,本文引入喷灌草坪水利用系数  $\eta$ ,即草坪喷灌时实际获得水量(喷水量扣除蒸发和飘移损失水量)的水利用系数,来近似估计喷灌草坪的水利用系数。工程设计中,喷灌系统工作时间常以组合平均喷灌强度为基础计算得到,因而大于组合平均喷灌强度的受水面积内将出现多余水量。

喷灌草坪水利用系数  $\eta$  的计算公式

$$\eta = 1 - \frac{\overline{\Delta\rho_u}}{\bar{\rho}} \tag{12}$$

$$\overline{\Delta\rho_u} = \frac{\sum_{i=1}^n (\rho_i - \bar{\rho})}{n} \tag{13}$$

式中  $\overline{\Delta\rho_u}$ ——组合模拟时,控制面积内大于组合平均喷灌强度的测点喷灌强度的平均偏差值,mm/h;  $\rho_i$ ——大于组合平均喷灌强度的测点喷灌强度;  $n$ ——大于组合平均喷灌强度的测点数。

喷灌均匀系数  $C_u$  反映喷灌面积内水量分布的均匀程度,喷灌分布均匀系数  $D_u$  反映喷灌面积内受旱程度的大小,喷灌草坪水利用系数  $\eta$  可计算出喷灌有效喷洒面积内的实际受水的利用效率。以上 3 个技术指标从不同角度都可用来衡量园林喷灌系统质量的高低,我国常采用喷灌均匀系数  $C_u$ 。

3 模拟分析与结果

3.1 喷头组合形式及其几何参数对  $C_u$  的影响

在正方形和正三角形两种布置形式下,不同的组合系数  $K_a$  对喷灌均匀系数  $C_u$  的影响分别见图 2a、b 所示。由图 2 可知,正方形组合时,  $K_a$  对  $C_u$  影响不大;正三角形组合时,当  $K_a$  增大(即喷头间距变大),总体上喷灌均匀系数  $C_u$  稍有下降。两种组合形式下,在零漏喷范围内,  $K_a = 0.9 \sim 1.4$  (约占组合系数取值范围的 90% 以上)时,喷灌均匀系数  $C_u$  为 77.5% ~ 95.1%,完全可满足工程设计规范要求,表明要达到高喷灌均匀系数,并非组合系数越小越好。

在实际园林喷灌系统设计中,应充分了解喷头水力特性(尤其是不同工作压力时径向水量分布曲线),确定合理的组合形式和组合系数,在满足工程设计需要的前提下,应增大组合系数,降低投资。

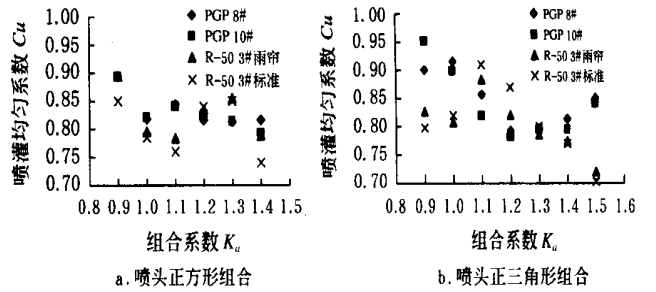


图 2 喷头正方形及正三角形组合时  $K_a$  与  $C_u$  的关系

Fig 2 Relationship between  $C_u$  and  $K_a$  on square spacing and equilateral triangular spacing

3.2 喷头组合形式及其几何参数对  $D_u$  和  $\eta$  的影响

图 3a、b 分别表示喷头在两种组合形式下,不同组合系数  $K_a$  值时的分布均匀系数  $D_u$  与喷洒均匀系数  $C_u$  的关系。图 4a、b 分别表示喷头在两种组合形式下,不同组合系数  $K_a$  值时的喷灌草坪水利用系数  $\eta$  与喷灌均匀系数  $C_u$  的关系。

由图 3、4 可见,  $C_u$ 、 $D_u$  与  $\eta$  三者之间关系密切。本文给出了在正三角形和正方形两种组合形式下的线性回归公式,见式(14) ~ (17)。其中,是最基本的计算参

数,只要确定  $Cu$  值,则  $Du$  值和  $\eta$  值可由给出的统计回归公式近似求得。

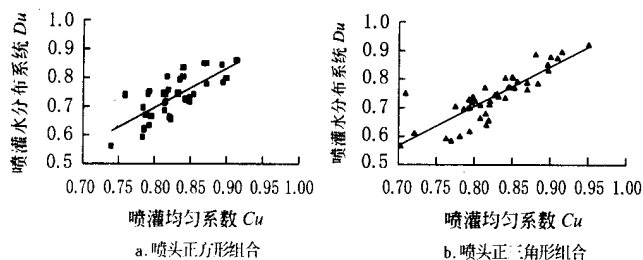


图3 喷头正方形及正三角形组合时  $Du$  与  $Cu$  的关系

Fig 3 Relationship between  $Du$  and  $Cu$  on square spacing and equilateral triangular spacing

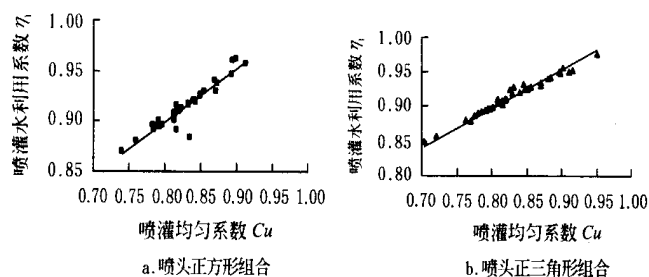


图4 喷头正方形及正三角形组合时  $\eta$  与  $Cu$  的关系

Fig 4 Relationship between  $\eta$  and  $Cu$  on square spacing and equilateral triangular spacing

#### 正方形组合

$$Du = 1.3639Cu - 0.3953 \quad (R = 0.7415) \quad (14)$$

$$\eta = 0.5244Cu + 0.4792 \quad (R = 0.9401) \quad (15)$$

#### 正三角形组合

$$Du = 1.3793Cu - 0.3985 \quad (R = 0.8447) \quad (16)$$

$$\eta = 0.5673Cu + 0.4433 \quad (R = 0.9509) \quad (17)$$

## 4 结 论

1) 在零漏喷范围内,当正三角形和正方形组合形式下,组合系数  $K_a = 0.9 \sim 1.4$  时,喷灌均匀系数  $Cu$  约 77.5% ~ 95.15%。 $Cu$  的大小主要取决于喷头结构及自身的水力性能、径向水量分布曲线的特征,与组合形式和组合系数关系不明显。

2) 喷灌均匀系数  $Cu$ 、分布均匀系数  $Du$  与喷灌草坪水利用系数  $\eta$  之间关系密切,本文给出了  $Cu$  与  $Du$ 、 $Cu$  与  $\eta$  之间的线性回归公式。 $Cu$  值越大,  $Du$  值和  $\eta$  值也越大。

3) 本文首次提出的喷灌草坪水利用系数  $\eta$ ,并可近似估计喷灌草坪的水利用系数,供园林喷灌系统的工程设计参考。

#### [参 考 文 献]

- [1] 夏欣欣 草坪喷灌水系统设计[J] 中国给水排水, 2001, (3): 41~ 43
- [2] 兰才有,冯大明 从雨鸟园林灌溉喷头看我国的差距[J] 节水灌溉, 1998, (6): 36~ 37
- [3] 严海军,郑耀泉 园林灌溉喷头的水力性能测试及应用研究[J] 排灌机械, 2001, 19(2): 32~ 34
- [4] Richard B. Choate Turf Irrigation Manual[M] The Weathermatic Division of Telsco Industries 1994: 148~ 153
- [5] Jack Keller, Ron D. Bliesner Sprinkle and Trickle Irrigation[M] Van Nostrand Reinhold 1990: 87~ 97

## Simulating sprinkler performance of two combined pop-up sprinklers

Yan Haijun, Zheng Yaoquan

(College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract** Based on water application profile for two pop-up sprinklers named PGP and R50 provided respectively by Hunter and Rainbird company, and in accordance with ASAE Standard S398.1. Sprinkler performance was simulated under square spacing and equilateral triangular spacing layout and different geometrical parameters in this paper. Results show, under the maximum application coverage of combined distribution, water application uniformity is mainly depended on sprinkler performance itself and has no obvious relation with sprinkler layout. Simulated under combined geometrical coefficient within a range of 0.9 and 1.4, water application uniformity was about 77.5% ~ 95.1%. water application uniformity was closely related to water distribution uniformity and sprinkler lawn application efficiency. And their linear statistical regression formulas were presented.

**Key words:** landscape irrigation system; pop-up sprinkler; sprinkler performance; coefficient of water application uniformity