

不同坡度下压力对滴灌毛管均匀度的影响试验

张天举 , 仵 峰 , 邓 忠 , 范永申

(中国农业科学院农田灌溉研究所 , 河南 新乡 453003)

摘要 : 以内镶式滴灌带和薄壁滴灌带为研究对象 , 测定了平坡、 $\pm 0.5\%$ 坡度和 $\pm 1\%$ 坡度时 , 不同入口压力下滴头沿毛管的流量分布和水力损失 , 并结合滴头的制造偏差 , 计算得出不同坡度和压力条件下滴灌毛管的均匀度。试验结果表明 , 将毛管铺设成恰当的顺流下坡坡度或提高入口压力均可提高毛管的滴灌均匀度。

关键词 滴灌 ; 毛管坡度 ; 入口压力 ; 均匀度 ; 制造偏差

中图分类号 S275.6 文献标识码 : A 文章编号 : 1006-764X(2007)03-0024-03

Experimental study on effect of pressure on capillary tube uniformity in drip irrigation at different slopes//ZHANG Tian-ju, WU Feng, DENG Zhong, FAN Yong-shen(Farm Irrigation Research Institute , Chinese Academy of Agricultural Sciences , Xinxiang 453003 , China)

Abstract : With the in-built drip irrigation belt and thin wall drip irrigation belt taken as examples , the flow rate distribution and hydraulic losses of drippers along capillary tubes at different inlet pressures were measured under the conditions of horizontal slope and slope gradients of $\pm 0.5\%$ and $\pm 1\%$, then the uniformity of capillary tubes was calculated at different slope gradients and pressures in consideration of the manufacture deviation of drippers. Experimental result shows that the layout of the capillary tubes along the down slope at a rational gradient and increase of the inlet pressure are helpful to improve the uniformity of capillary tubes.

Key words : drip irrigation ; slope gradient of capillary tube ; inlet pressure ; uniformity ; manufacture deviation

由于世界水资源和能源日趋紧张 , 采用节水、节能的农业灌溉技术是灌溉技术发展的总趋势。滴灌是目前各种灌水方法中用水量最省、灌水效率最高的一种 , 因此受到各国的重视^[1]。为了使滴灌面积内每株作物获得相同的水量 , 滴灌的均匀性是人们不得不考虑的问题。在田间 , 影响灌水均匀性的因素很多 , 如灌水器的工作压力、制造偏差、堵塞情况以及水温、微地形等^[2]。目前在设计滴灌工程时只能考虑压力和制造偏差这两种因素对均匀度的影响 , 有必要对地面坡度对滴灌均匀度的影响进行试验研究 , 为更准确地计算和设计滴灌系统提供参考。

1 试验设计

1.1 试验目的与内容

通过试验 , 测定两种型号的滴灌带(薄壁滴灌带和内镶式滴灌带) 在不同坡度、不同入口压力条件下的总流量和所选定的 25 个滴头的流量等数据 , 计算滴灌均匀度 , 并结合滴头的制造偏差验证恰当地调整滴灌毛管的铺设坡度和入口压力可以提高滴灌均

匀度 , 从而为田间工程提供技术参考。

1.2 试验材料和仪器设备

试验材料为以色列生产的两种类型的滴灌带(内镶式滴灌带和薄壁滴灌带) 及相应的接头、堵头等配套件 , 厂商给定的水力性能参数见表 1。试验用仪器设备主要包括水泵、流量计、过滤器、稳压罐、精密压力表(0.4 级)、量筒(500 mL)、秒表、温度计、雨量桶以及量杯等。

表 1 两种滴灌带的水力性能参数

滴灌带类型	内径/ mm	出水口间距/ cm	常数 <i>K</i>	常数 <i>X</i>
薄壁滴灌带	16	30	0.56	0.39
内镶式滴灌带	16	40	0.39	0.45

1.3 试验方案

选用两种型号的滴灌带各 1 条 , 长度均为 75 m。调整试验台为平坡 , 将滴灌带固定在试验台上。首部经水泵依次接 200 目过滤器与稳压罐 , 滴灌带进口依次接流量计与压力表 , 尾部接相同型号的压力表 , 并且使压力表与滴灌带处于同一高度。调整首

部压力,待其稳定后观测流量与尾部压力。依据微灌工程的普遍做法,等间距测定 25 个滴头的流量^[1]。滴头间距为:薄壁滴灌带 0.3 m,内镶式滴灌带 0.28 m。每次测量时间为 15 min,每隔 1 h 记录 1 次水温以便于修正测量数据。每个首部压力值重复 3 次试验。然后分别调整坡度为 ± 1% 和 ± 0.5%,重复上述试验过程。

2 灌水均匀度的表示方法

滴灌的灌水均匀度通常以克里斯琴森 (Christiansen) 均匀系数 Cu ^[1]来表示:

$$Cu = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \tag{1}$$

式中: Cu 为滴灌均匀系数; q_i 为各滴头的流量, L/h; $\bar{q}$ 为滴头平均流量; n 为滴头数目。由公式(1)可知,滴灌毛管上的每个滴头的流量越接近平均值,滴灌均匀度越高。

3 试验结果与分析

3.1 滴头制造偏差的影响

由于制造工艺和材料收缩变形等因素,灌水器不可避免地会产生制造误差,一般采用制造偏差系数来衡量产品的制造精度。对于微灌灌水器,则是用流量偏差系数来衡量^[1]。在微灌工业界,通常用 25 个灌水器在相同压力下进行流量测定^[3]。测量这两种滴灌带在额定工作压力($P = 0.1$ MPa)下 25 个滴头的流量,其结果如表 2 所示。

表 2 两种滴灌带各滴头流量 L/h

滴头	薄壁滴灌带	内镶式滴灌带	滴头	薄壁滴灌带	内镶式滴灌带
1	1.37	1.13	14	1.36	1.10
2	1.31	1.06	15	1.33	1.12
3	1.34	1.08	16	1.34	1.06
4	1.36	1.06	17	1.32	1.14
5	1.33	1.14	18	1.37	1.07
6	1.33	1.08	19	1.31	1.08
7	1.37	1.11	20	1.39	1.12
8	1.41	1.13	21	1.33	1.12
9	1.39	1.12	22	1.42	1.07
10	1.35	1.08	23	1.29	1.11
11	1.36	1.14	24	1.35	1.13
12	1.34	1.06	25	1.37	1.08
13	1.31	1.13			

流量偏差系数的计算公式^[1]如下:

$$Cv = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \bar{q})^2}{(n - 1)\bar{q}^2}} \tag{2}$$

式中: Cv 为滴头的流量偏差系数; q_i 为所测第 i 个

滴头的流量, L/h; $\bar{q}$ 为所测滴头的平均流量, L/h; n 为所测滴头个数。

将表 2 中数据代入公式(2),计算出薄壁滴灌带的 Cv 为 0.024,内镶式滴灌带的 Cv 为 0.0265,两者均小于 0.03,由此可以看出两种型号滴灌带的制造质量都属于优等。所以滴头制造偏差对本试验所测均匀度的影响可以忽略不计。

3.2 微地形对灌水器流量变化率的影响

任何一块地面,无论如何处理,总是存在高低起伏的现象,张国祥等^[4]推求出了由田面高差 ΔZ 引起的流量偏差率 q_{zv} :

$$q_{zv} = \frac{x\Delta Z}{h_d} \tag{3}$$

式中: q_{zv} 为流量偏差率; x 为流态指数; ΔZ 为田面高差; h_d 为滴头设计水头。式(3)表明影响流量偏差率的因素有 3 个,即田面高差(反映灌区田面状况)、滴头流态指数(反映滴头水力性能)及滴头设计水头。提高滴头设计水头的实质就是要减少田面高差对流量偏差率的影响,亦即提高滴灌系统对地形的适应能力^[5]。所以当滴灌带入口压力提高时,滴灌均匀度也会提高。

3.3 不同坡度下入口压力对滴灌均匀度的影响

众所周知,灌水器的流量公式^[1]为

$$q = k_p h^x \tag{4}$$

式中: q 为滴头流量, L/h; k_p 为流量系数; h 为滴头工作水头, m; x 为流态指数。根据式(4)可知滴头流量与其工作压力有关。而各个滴头的工作压力不仅与毛管的沿程水头损失有关,还与毛管的铺设坡度有关,所以有必要讨论一下除去地形因素条件下滴灌毛管的水头损失。

两种型号的滴灌带在不同压力下的总水头损失见图 1(平坡)。由图 1 可以看出,当入口压力为 40 kPa 时,总水头损失接近 1.5 kPa;随着压力的升高,总水头损失逐渐增大;当入口压力升高到 120 kPa,水头损失在 4.0 kPa 左右。由此可见,即使灌溉小区的地面是水平的,水头损失对滴灌均匀度还是有一定影响的。

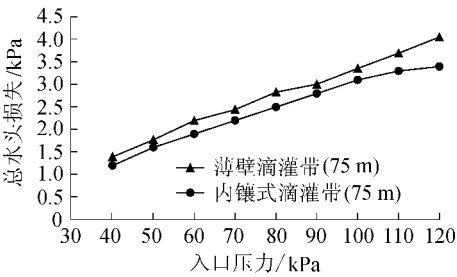


图 1 滴灌毛管总水头损失

由式(4)可知滴头的流量与其工作压力有很大

的关系,为了提高滴灌毛管的滴灌均匀度,应尽量使毛管上每个滴头获得相同的工作压力。通过调节滴灌毛管的坡度可以使进口至某个滴头的摩阻损失正好等于该处的高差,从而使每个滴头的工作压力大致相同,为此本试验进行了不同顺流下坡坡度下的均匀度试验。

通过测定所选定的两种滴灌带的滴头流量,按照公式(1)计算出其均匀度,绘制出这两种滴灌带在不同坡度下滴灌均匀度与入口压力的关系曲线,见图2。从图2可以看出:当滴灌带入口压力为40 kPa时,滴头的滴水均匀度集中在95%左右,且随着入口压力的提高,滴头的滴水均匀度呈上升趋势;入口压力达到120 kPa时,均匀度接近98%。也就是说,入口压力提高了80 kPa,滴灌均匀度提高了大约3%。在相同压力下,+1%的顺流下坡的均匀度比-1%顺流上坡的均匀度大约提高了1%,随着滴灌毛管入口压力的提高,顺流下坡的均匀度与顺流上坡的均匀度之差的增加并不是特别明显。

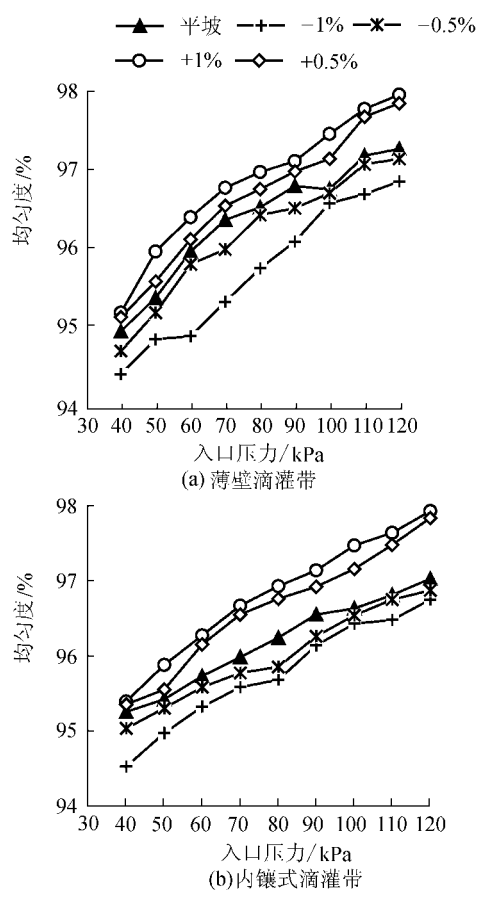


图2 毛管滴灌均匀度

这种现象可以解释如下:由于滴灌毛管首部入口至第1个滴头的距离非常近,这一段的沿程水头损失可以忽略不计,所以可以假定入口压力就是第1个滴头的工作压力。设 q_i 为第 i 个滴头的流量, h_1 为第1个滴头的工作压力, Δh_i 为由入口至第 i

个滴头的总水头损失,根据式(4)可以得出:

$$q_i = k_p h_1^x \left(1 - \frac{\Delta h_i}{h_1}\right)^x \quad (5)$$

令 $\alpha_i = 1 - \frac{\Delta h_i}{h_1}$,则式(5)可以转化为

$$q_i = k_p (\alpha_i h_1)^x \quad (6)$$

由公式(6)更容易看出顺流下坡时,地形坡降能够抵消一部分水力坡降,从而提高了灌水均匀度,正如试验结果所示,适当地调整滴灌毛管的铺设坡度和提高工作压力均可提高灌水均匀度。

4 结 语

本文研究证实了坡度和入口压力对滴灌毛管均匀度有一定的影响;当顺流上坡、压力较低时滴灌的灌水均匀度不到95%;而当顺流下坡、压力较高时滴灌的灌水均匀度接近98%;对于同一坡度,顺坡的均匀度要高于逆坡的均匀度。其原因归根到底是各个滴头的工作压力不同。适当的顺流下坡可以抵消一部分水头损失的影响,而提高工作压力可以减小流量偏差率。

在实际的滴灌工程设计中,应选择制造偏差率较小的滴灌产品,滴灌区内要尽量平整土地^[6],最好能使滴灌毛管铺设时形成一定的顺流下坡来抵消其水头损失,因为依靠提高工作压力提高均匀度的做法会带来更多的能量损耗。同时综合考虑投入产出比最小或净收益最大的原则,选定系统的设计灌水均匀度^[7],确定滴灌的设计压力,以达到减少投资及运行成本的目的。

本实验得到了彭贵芳研究员的悉心指导,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 傅林,董文楚,郑耀泉,等.微观工程技术指南[M].北京:水利电力出版社,1988.
- [2] 北京农业机械学院《喷滴灌译丛》编译组.喷滴灌译丛[M].北京:农业出版社,1981.
- [3] 水利部农水司.微灌工程技术[M].北京:中国水利水电出版社,1999.
- [4] 张国祥,吴普特.滴灌系统滴头设计水头的取值依据[J].农业工程学报,2005(9):20-22.
- [5] 牛文全,吴普特,范兴科.微灌系统综合流量偏差率的计算方法[J].农业工程学报,2004(6):85-88.
- [6] 常凤生,张顶山.关于滴灌均匀度的探讨[J].东北水利水电,2003,21(12):38-39.
- [7] 陈渠昌,郑耀泉.微灌工程设计灌水均匀度的选定[J].农业工程学报,1995(2):128-132.

(收稿日期 2006-12-28 编辑 骆超)