

畦田灌溉设计中存在问题及其处理方法

李援农<sup>1</sup>, 范兴科<sup>2</sup>

(1 西北农林科技大学水利与建筑工程学院; 2 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘 要: 畦灌法灌水技术应用较为广泛,但是, 设计中存在较多问题。为了更好的应用该项灌水技术, 本文提出了目前畦灌法应用中存在问题并提出相应的解决办法。

关键词: 畦灌灌水技术; 考斯加可夫模型; 入渗参数

中图分类号: S 274. 2 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2002) 02-0048-03

Existent Problems in Border Irrigation Design and Countermeasures

LI Yuan-nong<sup>1</sup>, FAN Xing-ke<sup>2</sup>

(1 College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwesh Sci-tech University of Agriculture and Forestry; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** Border irrigation is used widely, but there are many problems in the technique. In order to make good use of this technique, the problems existing in border irrigation technique and their corresponding solutions are put forward.

**Key words:** border irrigation; Kosjiakf model; infiltration parameter

地面灌水方法是最古老、最常用的灌水方法, 它是将灌溉水流通过田间渠道或低压管道输送到田间, 在灌溉水流推进的过程中借助重力和土壤毛细管力的作用湿润土壤, 而畦灌技术占地面灌水技术的 95% 以上<sup>[1, 2]</sup>。由于地面灌水技术要求低、投资省, 所以, 目前地面灌水技术仍然占主导作用。但是, 由于田间土壤和作物种植情况变化较大, 所以, 畦灌技术在灌溉实践中不断被发展, 如小畦灌、水平畦灌和块灌( 宽长比较大的畦灌法) 等, 但这些发展或正在应用的技术仍然存在一些问题尚待解决。为了提高该类灌水技术的灌水质量, 讨论了畦灌设计中存在问题及对应解决办法。

1 畦灌技术及存在问题

目前, 虽然畦灌灌水技术在全国有较大面积的应用, 但是, 人们在应用该灌水技术时忽略了该技术要素组合, 所以还存在以下主要问题:

1. 1 设计中存在的问题

1. 1. 1 有坡畦灌设计 目前, 有坡畦灌灌水技术要素通常用畦灌法设计方法确定, 且不考虑水流在块田内的横向扩散。

1. 1. 2 无坡畦灌设计 无坡畦灌采用水平畦灌零惯量数学模型解算, 但是, 设计中的横向扩散是影响灌水均匀度的主要问题。

1. 2 畦田规格

目前, 灌水实践中块田的宽度一般为 5 ~ 20 m, 畦块长度为 30 ~ 150 m, 畦块面积一般为 0. 05 ~ 0. 14 hm<sup>2</sup>, 有的面积更大。

1. 3 灌水质量评价指标不够规范

目前, 田间灌水技术设计中普遍选用  $E_a$  或  $E_d$  中的一个指标作为设计标准, 而实施田间灌水则需要采用 3 个指标评估, 但是, 这些灌水质量指标的存在交互影响关系, 有时会产生矛盾。为了更好的利用水资源, 使设计结果更为可靠, 有必要进行讨论。

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-02-25  
基金项目: 国家重大科技产业化示范项目“渠灌类型区高效节水产业化示范项目”(99- 021- 01- 02)。  
作者简介: 李援农, 男, (1962- ), 陕西大荔人, 副教授, 主要从事节水灌溉技术方面的研究工作。

多年来许多农田灌溉专家、学者曾提出了不少个评价田间灌水质量的指标。近年来发表的科技论文表明,国内外倾向于采用如下三项统一指标估计灌溉水在田间的效能<sup>[3]</sup>,特别是用来估计灌水质量。具体如下:

1.3.1 田间水利用率  $E_a$ (即供水效率 Application Efficiency)

$$E_a = \frac{A_1}{(A_1 + A_2 + A_3)} \times 100\%$$
$$= \frac{\text{灌水储存在根层内所蓄的有效水量}}{\text{田间灌水总水量}} \times 100\%$$

(1)

式中: $A_1$ ——作物根区内所蓄的有效水量; $A_2$ ——深层渗漏水量; $A_3$ ——尾部泄水量; $E_a$ 仅仅表示了在一次灌水中计划湿润层内部贮存的水量多少,并未体现出灌水是否合适或者灌水均匀度的标志。

1.3.2 灌溉水储存率  $E_s$ (即储水效率 Storage Efficiency)

$$E_s = \frac{A_1}{A_1 + A_0}$$
$$= \frac{\text{灌水储存在根区的有效水量}}{\text{灌前根区需要的水量}} \times 100\%$$

(2)

式中: $A_0$ ——根层区渗漏水量; $E_s$ ——反映了在一次灌水中对灌水质量的利用程度。

1.3.3 灌水均匀度  $E_d$ (或称分布效率 Distribution Efficiency)

$$E_d = (1 - \frac{\Delta Z}{Z}) \times 100\%$$

(3)

式中: $E_d$ ——灌水均匀度; $\Delta Z$ ——灌水后沿畦长度各点土壤实际蓄水深度  $Z_i$  与平均蓄水深度  $Z$  的离差绝对值的平均值。

## 2 畦灌法的分类及其设计

根据畦块的坡度情况,把块田通常分为两种情况,即坡度大于 1/3 000 为有坡块灌,坡度小于 1/3 000 为无坡块灌或水平畦灌<sup>[4]</sup>。

### 2.1 分类

根据块灌块田内水流在推进过程中有无横向扩散运动,按地块宽度把块灌法分为无横向扩散情况(即地块宽度  $b \leq 5$  m)、存在横向扩散情况,但横向扩散作用不明显(即地块宽度  $b$  为 5 ~ 10 m)、有横向扩散情况(即地块宽度  $b > 10$  m)<sup>[5,6]</sup>。

### 2.2 畦灌设计

设地表任意一点  $x$  处的水深为  $h$ ,根据福氏和比绍普(Y. S. Fox, A. Bishop, 1965)的研究,地表水深的曲线方程可表示为:

$$h = D_0(1 - t/t_0) \tag{4}$$

根据  $f = K_1 t^{-\alpha}$  由于  $t_0 = bl$ , 则式(4)可写成:

$$h = D_0[1 - (x/l)] \tag{5}$$

积分(5)式可得:

$$V = \int_0^l (1 - x/l) D_0 dx \tag{6}$$

式中: $V$ ——地表存水量, ( $m^3$ )。

2.2.1 渗水量  $F$  由式  $F_t = K_0 t^{1-\alpha}$  计算。对于任意一点  $x$ ,水流推进到该点的历时为  $t_x$ ,则当前锋到达长度  $l$  时(推进时间为  $t_0$ ),  $x$  点经历的渗吸时间为:

$$t = t_0 - t_x \tag{7}$$

$$\text{或 } t = bl - bx = bl[1 - (x/l)]$$
$$= t_0[1 - (x/l)] \tag{8}$$

于是,  $x$  点的渗吸水量为

$$H(x) = K_0 t^{1-\alpha} = K_0 t_0^{1-\alpha} [1 - (x/l)]^{1-\alpha} \tag{9}$$

由图可知,积分(9)式可得:

$$F = K_0 t_0^{1-\alpha} l G \tag{10}$$

$$\text{式中: } G = 1 - (1 - \alpha)/(1 + \alpha) - \alpha(1 - \alpha)/(2(1 + 2\alpha)) \tag{11}$$

将式(6)及(10)代入(3)中,得:

$$l = q t_0 l ( \int_0^l (1 - x/l) D_0 + G K_0 t_0^{1-\alpha} ) \tag{12}$$

此即为推算畦灌水流推进过程的数学模型。已知  $q, K_0, \alpha, D_0$ , 就可推算任意灌水历时  $t_0$  时推进长度  $l$ 。

2.2.2 几个参数的确定 式(12)中  $K_0, \alpha, D_0$ , 应预先确定。 $K_0, \alpha$  为入渗函数经验常数。可通过实验得到。

畦田上游部分正常水深  $D_0$  可用曼宁公式计算得到:

$$D_0 = (nq/S_0^{1/2})^{3/5} \tag{13}$$

建议糙率  $n$  采用美国水保局提供的数值:对于光滑、裸露地表,  $n = 0.04$ ; 小杂粮及近似作物沿畦长纵向播种时  $n = 0.10$ ; 苜蓿和散播杂粮  $n = 0.15$ ; 密生草皮及小杂粮沿畦横向播种时,  $n = 0.25$ 。

为畦灌水流推进函数的指数。随单宽流量,地面坡度土壤入渗特征和种植作物情况变化。根据陕西渭惠渠大量畦灌试验(小麦,中等透水性土壤)资料得到:

$$= 1.77 - 88S_0 - 0.0657q \tag{14}$$

其相关系数:  $S_0$  地面坡度;  $q$  入畦单宽流量 ( $l/s \cdot m$ )。陕西洛惠区的资料表明:

$$= 1.05 - 1.43 (q = 2.86 - 9, S_0 = 1/230 - 1/1000, \text{棉花泡地, 小麦冬春灌})。$$

### 2.3 畦灌灌水技术要素的确定

2.3.1 灌水时间 灌水时间  $T$  内渗入土壤的水量应与计划灌水定额相等,即由式  $f = K_1 t^{-\alpha}$  有:

$$F = m = K_0 T^{1-a} \tag{15}$$

灌水时间为:

$$T = (m/K_0)^{\frac{1}{1-a}} \tag{16}$$

式中:  $m$  以水层深度( cm) 表示;  $K_0$  的单位为 cm/min;  $T$  的单位为 min。

2. 3. 2 畦长 畦首停止放水时, 水流的推进长度  $l$  由式(12)得到(此时  $t_0 = T$ ):

$$l = qT/[ \frac{1}{\beta}(1 + \frac{1}{\beta})D_0 + GK_0T^{1-a}] \tag{17}$$

把式(15)代入上式可得

$$l = qT/[ \frac{1}{\beta}(1 + \frac{1}{\beta})D_0 + Gm] \tag{18}$$

对于封闭畦灌, 因为灌水必须不发生流失, 所以在畦首停止放水时, 进入畦田的总流量与畦长  $L$  上达到灌水定额  $m$  所需的水量相等, 即  $qt = mL$ , 代入式(18)得:

$$\begin{aligned} l &= mL/[ \frac{1}{\beta}(1 + \frac{1}{\beta})D_0 + mG] \\ &= L/[ \frac{1}{\beta}(1 + \frac{1}{\beta})D_0/m + G] = \beta L \end{aligned} \tag{19}$$

其中:

$$\beta = 1/[ \frac{1}{\beta}(1 + \frac{1}{\beta})D_0/m + G] \tag{20}$$

称为改水成数。由式(20), 畦长  $L$  的计算式为

$$L = l/\beta \tag{21}$$

参考文献:

[ 1] 许志方, 陈学敏. 畦田灌水技术试验[ J]. 农田水利与小水电, 1984, 4( 6) .  
[ 2] 我国节水灌溉技术与发展状况综述[ J]. 节水灌溉, 1997, ( 4) .  
[ 3] 林性粹. 农田灌水质量指标的分析与评价[ J]. 水利学报, 1996, ( 11) .

( 上接第 28 页)

在性能价格比计算中, 聚硫密封胶为 0. 185, 胶泥条为 0. 172, 热熔性胶泥为 0. 355, 遇水膨胀橡胶止水条为 0. 039, 可见, 从性能价格比来看, 热熔性胶泥 > 聚硫密封胶 > 胶泥条 > 遇水膨胀橡胶止水条。

## 5 结 语

从试验结果及经济效益分析来看, 遇水膨胀橡胶止水条, 施工时要在缝两侧预留孔隙, 下部垫托, 用料较省, 但由于施工要求高, 价格太高, 为我国渠道工程经济性要求所不允许, 所以, 不是渠道防渗工程用的理想填缝材料。

冷施工胶泥条用作填缝材料时, 因其与缝腔两侧接触不紧密, 需刷粘接剂或制作木屑水泥, 施工较

参考文献:

[ 1] 水利部农村水利司. 中国灌溉排水技术开发培训中心. 渠道防渗工程技术[ M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998.  
[ 2] 许临, 林君辉, 鲁一晖, 等. 聚硫密封胶的研制及其工程应用[ J]. 防渗技术, 1999, 5( 1) : 6- 8.  
[ 3] 李安国. 我国渠道防渗工程技术综述[ J]. 防渗技术, 2000, 6( 1) : 1- 4  
[ 4] 水利水电规划设计总院. 止水防渗专辑. 地下工程技术[ Z]. 1995.  
[ 5] 鲁一晖, 贾金生, 于晓中, 等. 新型 GB 止水防水材料及其在水利工程中的应用[ J]. 防渗技术, 1998, 4( 1) : 1- 9.

式(16), (19), (20), (21) 即为确定畦灌灌水技术要素的公式。

实际中, 当畦长一定时, 可调节单宽流量  $q$  以满足要求。根据中科院孙仁华论证当畦长在 20~90 m 时, 田宽  $B = 0. 134 L - 3. 218$  灌水利用率最高。上述设计中入渗参数选择中一定要注意单位的选择。

## 3 讨 论

畦灌技术设计中主要确定灌水量、畦块长度、畦块宽度等, 但是设计中常常不注意(16) 式中参数的单位, 因此, 使得设计结果差异较大, 为了更好的设计该项灌水技术中的技术要素, 必须注意:

(1) 合理的选择(16) 式中的参数, 并注意其单位, 式(16) 中的  $K$  值单位为 cm/min;

(2) 对于正常的畦灌技术来讲, 利用(16), (19), (20), (21) 四个式子可设计对应灌水技术要素; 进行灌水技术质量评定时, 可用(3) 式对灌水质量进行评定; 对于宽长比较大的畦灌(或块灌) 技术来讲, 应在此方法的基础上考虑灌溉水流的横向扩散或改变配水方法。