

# 膜孔灌田间配水渠的初步研究

魏玉强 许岁明 何星庆

(呼图壁河流域管理处·新疆呼图壁县·831200)

**摘要** 按设计入膜流量向膜畦均匀配水,是膜孔灌水技术系统中的主要课题之一。因常规渠道无法达到膜孔灌设计灌水要求,提出了由放水渠、平衡隔板、配水渠、配水孔、流量控制阀等部件构成的膜孔灌配水渠这一特殊配水装置的工作原理及设计方法,用以解决膜孔灌田间配水问题。

**关键词** 膜孔灌 配水装置 入膜流量

## Preliminary Study on Matching Water Ditch in the Field of Membrane Hole Irrigation

Wei Yiqiang Xu Suiming He Xingqing

(Management Station of Hutubi River Valley, Hutubi County, Xinjiang Hutubi County. 831200)

**Abstract** One of the main subjects in the system of membrane hole irrigation technique is equally matching water to the membrane field on the basis of input membrane fluid quantity designed. Because the common ditch can't reach the goal for membrane hole irrigation, the work principle and project method for this special water installation constituted of import chanal, balance isolateboard, matching water ditch and hole, water control valve, and so on, are drawn out.

**Key words** membrane hole irrigation matching water installation input membrane fluid quantity

膜孔灌水技术是新疆水利科学研究所高级工程师徐首先主持研究的国家自然科学基金资助项目。田间配水装置是膜孔灌水系统三大部分中的一部分。本文介绍了针对膜孔灌特征的田间配水渠的初步研究情况。

### 1 研制田间配水渠的必要性

膜孔灌技术是在膜上灌基础上发展起来的新型节水灌溉技术。膜上灌在我区研究推广已有近10年历史。目前全区已推广膜上灌25万hm<sup>2</sup>,内地部分省区亦有采用。膜上灌技术多年应用实践证明,其理论本身已较为成熟,在干旱、半干旱地区具有显著的节水增产效益。按设计要求控制入膜流量,保证均匀灌水,达到理想灌水效果是膜上灌技术的核心。但在实际操作中,因无理想的

配水装置,只能用麦草压固膜畦口的方法由毛渠向膜畦分水。由于膜畦进口无法精确控制,实际配入畦田的流量往往数倍于设计流量,各畦流量也大小不等。这就产生了灌水时间无法保证、畦间流速各异、达不到设计灌水标准的问题。为此膜上灌只好将畦长缩到30~50m,或在畦田内30~50m打一横埂,作强行淹串灌。这不仅增加了毛渠横埂的占地面积也加大了膜侧无效下渗水量。因而淡化了膜上灌的理论意义,削弱了膜上灌应有的经济效益。

膜孔灌技术是膜上灌技术的发展和延伸。其基本原理是对膜上灌铺膜方法加以改进,研究掌握膜孔土壤渗吸速度、膜畦纵坡、膜畦规格、灌水强度、入膜流量、灌水定额、灌水历时7要素之间的内在联系。调整可以人为控制的后5个要素,使其适应前2个要素,以改进膜上灌膜侧渗不多,均匀灌水困难的缺陷。同时减少毛渠和模埂,将畦长增加到600~900m,充分利用土地。与膜上灌相同,要实现膜孔灌理论,就必须严格按设计要求均匀地向畦田配水。不解决田间均匀配水问题,膜孔灌理论将难以在生产实践中得到全面应用。因此,田间配水装置是膜孔灌水系统不可缺少的组成部分。必须研究解决。

## 2 膜孔灌对田间配水装置的要求

膜孔灌的主要特征是“稳、分、长”。即以稳定的入膜流量,分别给几十甚至上百畦同时灌水,持续足够的灌水时间,达到长畦最优灌水效果。这就提出了田间配水装置的工作要求:

- (1)按膜孔灌设计精确控制入膜流量;
- (2)各畦流量相等,同时向50~100畦配水;
- (3)因各次灌水定额不同,入膜流量在 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ , $0.02\text{m}^3/\text{s}$ , $0.003\text{m}^3/\text{s}$ 之间任意可调;
- (4)在实际灌水过程中,各畦段灌水孔面积,土壤渗吸速度绝对均等。有些区段可能出现微小膜侧渗水。为达到均匀灌水目的,应能对入膜流量进行微调。以保证同时灌水的各畦灌水时间均等。

显然,上述要求用常规配水设施无法完成。为此设计了一种特殊的田间配水装置,并定名为可调均衡配水渠,用以完成膜孔灌田间配水任务。

## 3 可调均衡配水渠的工作原理及构造

可调均衡配水渠可以代替农渠从斗渠引水,省去毛渠直接向畦田配水。它由进水渠、放水渠、

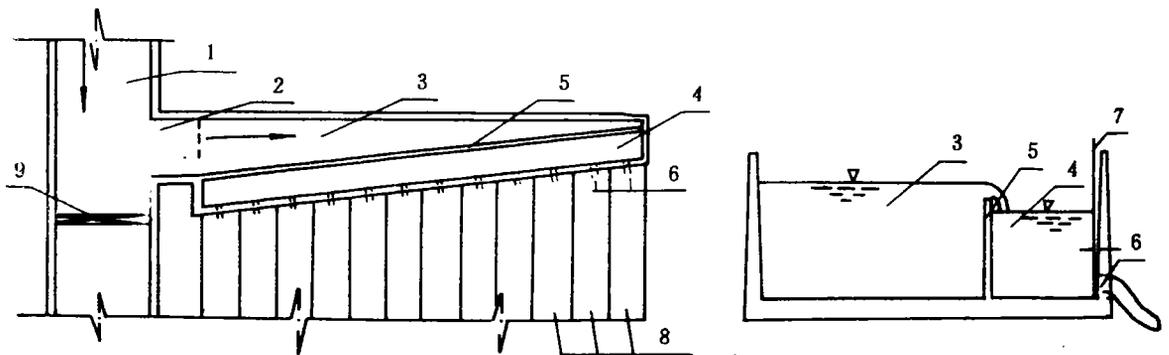


图1 可调均衡配水渠示意图

(1)斗渠;(2)进水渠;(3)放水渠;(4)配水渠;(5)平衡隔板;(6)配水孔;(7)流量控制阀操作杆;(8)畦田;(9)斗渠节制闸。

平衡隔板、配水渠、配水孔、流量控制阀等部件构成。功能如下:

### 3.1 进水渠

进水渠是联接斗渠与放水渠的渠段。它的作用是由斗渠向放水渠引水。其首端水位由斗渠节制闸或自动定量配水闸控制。末端水位要满足放水渠的工作要求。进水流量要满足放水渠需要。断面、底坡渠长根据工程实际选定。但要能够和放水渠良好衔接。如条田靠近斗渠,进水渠可省去,把放水渠口与斗渠直接联接。

### 3.2 放水渠

放水渠以下分为两条渠道。上游侧渠道叫放水渠,其作用是输送水流。放水渠的断面大小、渠底纵坡必须满足膜畦配水系统的工作要求。

### 3.3 配水渠

与放水渠并列的渠道叫配水渠。为保证配水作用水头均等,配水渠内的水深必须沿程相等。因此,配水渠底坡为0,断面以矩形为宜。

### 3.4 平衡隔板

放水渠与配水渠之间的分隔板是平衡板。实际上它是一个薄壁堰,顶面与放水渠水面线平行,顶面高程略低于放水渠水面,其高差即为堰顶水头。这一水头要保证平衡隔板全程均匀溢流,以消除配水渠纵向流速,满足配水渠工作条件。

### 3.5 配水孔

配水孔是从配水渠向膜畦配水的孔口。孔口开在条田侧配水渠边壁底部位置上。孔口形状沿渠道轴向呈长方形设置。孔口面积按设计配水流量确定。水流出渠后,联接短管输入膜畦。短管面积大于孔口面积20%,以防止有压管流对配水流量精度造成影响。孔口面积应使通过不同流量对配水渠水位最为接近。在操作杆上安装调整螺栓,用来微调入膜流量。

### 3.6 流量控制阀

流量控制阀安装在灌水孔出水口上。其作用与一微型闸阀相同。用手动式杠杆操作,操作手柄上设3个档位。各档位单孔出流量为:1档 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ ;2档 $0.002\text{m}^3/\text{s}$ ;3档 $0.003\text{m}^3/\text{s}$ 。1只操作手柄开动10个配水孔。

可调均衡配水渠设于地面以上,高度以各畦田均能自流灌水,且易于操作为宜。它的基本构造是:

(1)位置设于灌水条田高程较大的一端,方向和膜畦垂直,长度根据条田宽或灌水畦数乘单畦宽决定。

(2)配水渠由工厂按设计制造,现场装配。材料可用钢丝网水泥,也可用其它适宜的材料。每个装配渠段长5m,在接头处安装联接板,安装时两渠段间夹入止水橡皮,用螺栓上紧。

(3)根据渠道设计安装高度,在地面上设置支墩,每个安装渠段设2个支墩,间距3m。

(4)配水孔每个畦田开设1个,2孔间距按膜畦宽决定。

(5)以钢丝网水泥结构,最大荷载计算可调均衡配水渠为:渠底厚8cm,边壁及平衡隔板底部厚5cm、顶部厚3cm(结构见可调均衡配水渠示意图)。

## 4 水力计算

### 4.1 计算条件

钢丝网水泥结构;控制灌溉100畦;单孔出流量 $0.003\text{m}^3/\text{s}$ ,1次灌50畦,渠道过流量 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ 。

单孔出流 $0.002\text{m}^3/\text{s}$ 和 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ 时,100畦同时灌水,渠道过流量分别为 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ 和 $0.1\text{m}^3/\text{s}$ 。

#### 4.2 计算目的

平衡隔顶沿程均匀溢流;配水渠水深沿程均等无纵向流速,在不同级别流量状态下水位变化最小;精确控制闸阀在1,2,3档时配水孔配出流量分别为 $0.001\text{m}^3/\text{s}$ , $0.002\text{m}^3/\text{s}$ , $0.003\text{m}^3/\text{s}$ 。

#### 4.3 计算程序

配水渠的最终要求是按设计需要每个配水孔等量配水。因此,保证配水渠每个流量级别下的恒定工作水深(即孔口作用水头)就成了计算关键。为此,必须由下向上推求各部位水流特征参数。计算程序如下:

配水孔配出流量→孔口面积→配水渠工作水深→平衡隔板末端高度→放水渠水面线→板顶溢流水头→板顶纵坡→放水渠首端水位。

#### 4.4 配水孔孔口面积与配水渠水深计算

由于配水孔出流无淹没,按自由闸孔出流计算。计算公式:

$$Q = \mu \cdot e \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - \epsilon \cdot e)}$$

式中:  $Q$  —— 配水孔单孔出流量;  $\mu$  —— 流量系数,  $\mu = \epsilon \varphi$ ;  $e$  —— 闸阀开度;  $b$  —— 孔口宽;  $H$  —— 配水渠水深。

经反复调整计算,配水孔开口 $8\text{cm} \times 6\text{cm}$ 时,可以满足设计要求。计算结果列于表1:

表1 配水渠水深计算

档位	$b$ (cm)	$e$ (cm)	$\Sigma$	$\varphi$	$\mu$	$g$	$Q$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	$H$ (cm)
1	8	2	0.615	0.97	0.597	9.8	0.001	22.4
2	8	4	0.620	0.97	0.601	9.8	0.002	20.9
3	8	6	0.625	0.97	0.606	9.8	0.003	19.5

注:配水孔孔口面积 $8\text{cm} \times 6\text{cm}$ 。

配水渠以3个流量级别配水时,渠内平均水深为 $21\text{cm}$ 。

#### 4.5 平衡隔板末端高度

为满足配水渠工作条件,末端板顶要比配水渠最高水位稍高,其高度以配水渠最高水位时板顶自由溢流确定。按配水渠 $22.4\text{cm}$ 的最大水深取隔板末端高度为 $25\text{cm}$ 。

#### 4.6 放水渠水面线计算

因放水渠中流量沿程侧向溢出,所以通过放水渠的流量沿程减小,这是放水渠沿程水头损失的主要因素。故推求放水渠水面线必须求出包括沿程分流在内的沿程水头损失。因放水渠末端水深由隔板高加板顶水头决定,则首端水深应为:

$$h_{\text{首}} = h_{\text{末}} + h_f$$

式中:  $h_{\text{首}}$  —— 放水渠首端水深;  $h_{\text{末}}$  —— 放水渠末端水深,  $h_{\text{末}} = 25\text{cm}$ ;  $h_f$  —— 包括沿程分流在内的放水渠水头损失。

上式可以求出放出渠任意断面水深。计算关键是  $h_f$ 。

设放水渠长度为  $L$ ,平衡隔板沿程均匀溢流,单宽溢流量为  $q$ ,  $M$  断面到渠道首端距离为  $X$ 、则该断面放水渠过流量为

$$Q_x = q(L - x)$$

由上式可知,当  $x = 0$  时  $Q_x$  为放水渠首端流量;当  $x = L$  时放水渠流量  $Q_x = 0$ ,为末端流量。在放水渠上取微段  $dx$ ,设放水渠  $dx$  段为均匀流,其水头损失为

$$dh_f = \frac{(Qx)^2}{k^2} dx$$

将  $dx$  段水头损失对全渠段积分即得放水渠全长范围内水头损失计算式:

$$\begin{aligned} h_f &= \int_0^L \frac{1}{k^2} (Qx)^2 dx \\ &= \frac{q^2}{k^2} [L^2 x - Lx^2 + x^3]_0^L \\ &= \frac{1}{3} (q/k)^2 L^3 \end{aligned}$$

将  $q = Q/L$  代入上式得

$$h_f = \frac{1}{3} (Q/k)^2 L$$

式中:  $Q$  ——放水渠首端流量;  $k$  ——流量模数(由实验取得)。

由于放水渠末端流量为0, 断面亦应为0, 因此放水渠末尾侧壁与平衡隔板重合; 由水力计算求出可调均衡配水渠主要断面尺寸为放水渠首端宽70cm, 末端宽0、灌水渠宽30cm; 放水渠: 分别通过3个不同流量时, 平衡隔板溢流水头如表2。因平衡隔板上水头微小, 板顶设置应由实验验证。

表2 平衡隔板溢流水头

放水渠流量(m <sup>3</sup> /s)	平衡隔板顶水头(cm)
0.1	0.5
0.15	1.5
0.2	1.0

## 5 经济效益分析

计算单位:  $1 \times 800 \text{m}^2$ 。

### 5.1 建设投资

按现价计算, 常规混凝土板护面农渠造价39.39元/m; 可调均衡配水渠造价57.6元/m, 比常规农渠投资多18.21元。

### 5.2 维护费

在新疆地区, 由于受冻融和沉陷影响, 常规渠道年维护费占建设投资的2.5%, 为0.98元/m; 可调均衡配水渠可以基本上不作维修, 以建设投资的0.5%计算, 年维修费为0.29元/m, 比常规渠道少0.69元。

### 5.3 修毛渠费用

用常规农渠灌溉, 田间必须修筑毛渠、横埂。每个计算单位修毛渠费用为144元; 用可调均衡配水渠灌溉可省去毛渠、横埂, 节省费用144元。

### 5.4 节约土地

用可调均衡配水渠灌溉由于省去了田间毛渠横埂, 每个计算单位可增加耕种面积80m<sup>2</sup>, 增加农业纯收入14.4元。

### 5.5 节省浇地劳动力

用可调均衡配水渠灌溉浇地劳动力仅为常规灌溉用工的40%~50%, 每个计算单位可节省

(下转第22页)

的试验中,研究膜孔入渗条件下的土壤入渗对 Kostikov 公式中入渗参数的影响以及膜孔入渗与垂直入渗之间的相关关系,使膜孔入渗方程得到进一步改进和完善,使之更加符合实际。

#### 参考文献

- 1 王文焰,张建丰.田间土壤入渗试验装置研究.水土保持学报,1991(4)
- 2 雷志栋,杨诗秀,谢森传.土壤水动力学.清华大学出版社,1988年10月
- 3 D. 希勒尔.土壤和水.农业出版社,1981年7月

---

(上接第17页)

人工费1元。

由以上分析看出,用可调均衡配水渠代替农渠灌水,每个计算单位可增加经济效益141.88元。折合每公顷增加效益1773.5元。

## 6 结 论

可调均衡配水渠不但是膜孔灌技术的配套设施,也可用作其它灌水方法的田间配水装置。它具有配水精度高、流量可调,使用方便、投资效益高等优点,如用塑料、红砖等材料制作造价还会降低。因此,可调均衡配水渠是具有生命力和革新意义的田间配水工程。它的使用将会对农田灌溉产生深远影响。

#### 参考文献

- 1 徐首先.一种新的灌溉技术——膜上灌.农田水利与小水电,1988(5)
- 2 徐首先.膜上灌技术.农业节水技术,水利电力出版社,1991年
- 3 徐首先.膜孔灌技术.新疆水利,1994(6)
- 4 华东水利学院水力学教研室.水力学(上册).高等教育出版社,1984年8月