

全国中等职业教育水利类精品教材

全国农村水利技术人员培训教材

# 节水灌溉实用技术

主编 汪宝会 郑丽娟 郭振有



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

全国中等职业教育水利类精品教材

全国农村水利技术人员培训教材

# 节水灌溉实用技术

主编 汪宝会 郑丽娟 郭振有



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书系统介绍节水灌溉技术与工程实践, 主要内容包括: 地面科学灌溉、田间混凝土衬砌渠道、水泵及机泵测试改造、水资源供需分析、低压管道输水灌溉、喷灌技术、微灌技术、节水新技术、城市园林绿地节水灌溉。

本书根据节水灌溉技术的科研成果和实践经验进行整理, 突出简明实用的特点, 内容丰富, 并附有设计实例, 适用于中等职业学校农田水利专业的学生学习使用, 可供从事基层水务管理工作参考, 还可作为农业与园林绿化灌溉工程设计参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

节水灌溉实用技术 / 汪宝会, 郑丽娟, 郭振有主编  
— 北京: 中国水利水电出版社, 2015.1  
全国中等职业教育水利类精品教材 全国农村水利技  
术人员培训教材  
ISBN 978-7-5170-2906-9

I. ①节… II. ①汪… ②郑… ③郭… III. ①农田灌  
溉—节约用水—中等专业学校—教材 IV. ①S275

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第020861号

书 名	全国中等职业教育水利类精品教材 全国农村水利技术人员培训教材 <b>节水灌溉实用技术</b>
作 者	主编 汪宝会 郑丽娟 郭振有
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9.75印张 231千字
版 次	2015年1月第1版 2015年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	<b>24.00元</b>

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

水是生命之源、生产之要、生态之基。水利是现代农业建设不可或缺的首要条件。水资源的短缺已成为制约我国国民经济和社会发展的的重要因素之一，而节水的关键在农业，因为农业用水量占总用水量的65%以上。因此，农田水利的发展，要从节水上下工夫，大力推广节水技术，提高水的有效利用率，发展节水灌溉农业。

《节水灌溉实用技术》系统阐述了节水灌溉技术的组成、规划设计及运行管理，其主要内容包括：地面科学灌溉、田间混凝土衬砌渠道、水泵及机泵测试改造、水资源供需分析、低压管道输水灌溉、喷灌技术、微灌技术、节水新技术、城市园林绿地节水灌溉等。

限于编者水平有限，加之时间仓促，错误疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者

2015年1月



# 目 录

前言

绪论	1
第一章 地面科学灌溉	2
第一节 作物需水量及需水规律	2
第二节 土壤水分	4
第三节 节水灌溉制度	5
第四节 地面灌水技术	7
第五节 地面灌水新技术	10
第二章 田间混凝土衬砌渠道	13
第一节 渠道混凝土衬砌的合理规划与设计	13
第二节 渠道混凝土衬砌施工	20
第三节 渠道防渗形式	21
第四节 渠道衬砌冻害防治技术	25
第三章 水泵及机泵测试改造	27
第一节 水泵的工作参数与选型	27
第二节 机泵测试与技改	30
第三节 泵的常见故障	32
第四章 水资源供需分析	35
第一节 供需水量平衡计算	35
第二节 水量供需平衡分析实例	36
第三节 水资源评价与对策	38
第五章 低压管道输水灌溉	41
第一节 概述	41
第二节 管灌的规划设计	42
第三节 管道施工与维护	45
第四节 管道输水灌溉的器材及选用	48
第五节 管灌设计示例	51

<b>第六章 喷灌技术</b> .....	56
第一节 喷灌基本知识 .....	56
第二节 喷灌系统设计 .....	60
第三节 喷灌器材 .....	63
第四节 喷灌工程维护管理 .....	64
第五节 管道系统布置实例 .....	65
第六节 喷灌工程设计实例 .....	68
<b>第七章 微灌技术</b> .....	73
第一节 微灌系统基本知识 .....	73
第二节 微灌系统主要设备 .....	79
第三节 小管出流灌和渗灌技术 .....	87
第四节 微灌工程设计参数 .....	88
第五节 微灌系统的设计 .....	92
第六节 微灌工程施工与管理 .....	99
第七节 微灌工程设计实例 .....	100
<b>第八章 节水新技术</b> .....	112
第一节 喷-管结合灌技术 .....	112
第二节 现代化节水技术 .....	114
第三节 农业节水高产技术 .....	116
第四节 农村水管理技术 .....	119
<b>第九章 城市园林绿地节水灌溉</b> .....	120
第一节 设计基础知识 .....	120
第二节 设计步骤、原则与绘图 .....	124
第三节 灌水器选型与布置 .....	129
第四节 城市绿地节水灌溉模式 .....	136
第五节 绿地灌溉工程设备选型与配套 .....	139
第六节 系统维护与管理 .....	144
<b>参考文献</b> .....	148

# 绪 论

我国是个缺水国家，水资源的短缺已成为制约国民经济和社会发展的的重要因素，而节水的关键在农业，因为农业用水占总用水量的60%以上。因此，农田水利的发展，要从节水上下工夫，大力推广节水技术，提高水的有效利用率，发展节水农业。水利部规划在2010年，在全国总灌溉用水量基本稳定的情况下，再净增农田有效灌溉面积2000万亩，有效灌溉面积发展到87亿亩，再新增节水灌溉面积3亿亩，全国节水灌溉面积占总灌溉面积的比重提高到55%以上，农业灌溉水有效利用系数争取达到0.50左右，全国平均综合毛灌溉定额在2005年的基础上再减少20~30m<sup>3</sup>/亩。只有这样，才能使我国的农业生产持续稳定地发展。这是一项十分艰巨的任务，任重而道远。

水资源时空分布不均，受季风气候影响年内和年际差异很大，特别是在北方地区，春旱秋涝，旱涝无常。虽然按光热条件，可一年两熟或两年三熟，但由于降水不能满足作物需要，光热资源难以充分利用，特别是西北干旱地区，无灌溉则无农业。半干旱地区在发展旱地农业同时应发展节水灌溉。发展农业节水技术，改善耕地的水分条件，是我国农业持续发展的重要途径。农业节水涉及水、肥、土、种各种因素，农、林、牧、渔各个行业，以及粮、菜、果等种植结构和合理布局。搞节水型农业建设必须注重水利措施与农业、林果、土壤、农机等措施相结合。节水灌溉是其中最为关键的一环。节水灌溉技术，包括灌溉节水技术、灌溉节水制度、区域水资源平衡，以及在此基础上进行综合配套应用。

## 一、农业灌溉的涵义

在传统农业中，把只利用自然降雨抢播抢种、靠天等雨的做法称为旱地农业。在充分利用降水并结合灌水来补充土壤水分使作物不受旱的做法，称为灌溉农业。为提供维持作物成活所必须进行的人工灌水称之为抗旱灌溉，如保苗水。节水灌溉是对一般灌溉农业而言的，指真正实现了按作物需水而灌，是高水效的农业灌溉。而节水农业是指在充分利用降水和可用的水资源条件下，采取农业和水利措施提高水利用率和水的利用效率的高产农业。节水农业包括合理开发利用水源、节水灌溉工程技术、节水农业措施与节水管理措施。

## 二、目前推广的节水灌溉技术

目前推广的节水灌溉技术主要有以下几种：①地面科学灌溉；②渠道防渗技术；③低压管道输水灌溉技术；④喷灌技术；⑤微灌，包括滴灌、微喷、小管出流灌等；⑥喷-管结合灌；⑦节水灌溉制度与节水灌溉管理。

# 第一章 地面科学灌溉

地面灌溉是我国古老的一种灌水方法，早在数千年以前劳动人民就用来灌溉农作物，创造了格田淹灌、畦灌和沟灌等灌水方式。

地面灌水与其他先进的灌水方法（如喷、滴灌等）相比较，虽然有一定的缺点：如灌水定额较大，灌水的利用率低，容易破坏土壤结构，平整土地工作量大，灌水时费工较多等等。但必须指出，其最大特点是不需要能源。

## 第一节 作物需水量及需水规律

### 一、作物需水量

农作物生长发育过程中，从播种至收获消耗于植株叶面蒸腾和株间蒸发的水分的总和，称为作物需水量，也称为物耗水量或腾发量，它是农田灌溉工程的一项基本参数农田作物水分循环示意图如图 1-1 所示。

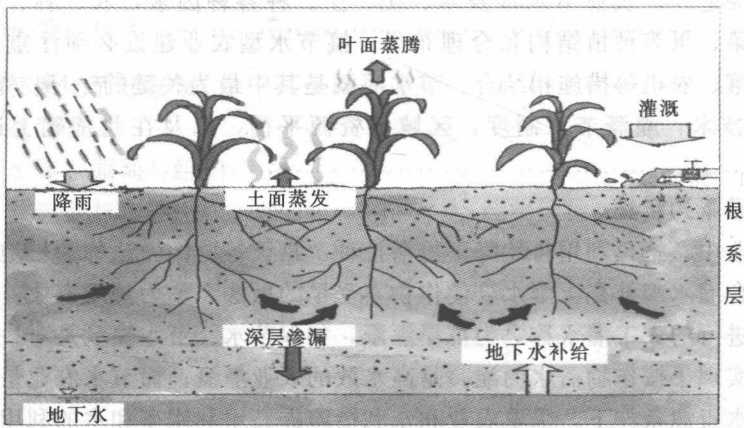


图 1-1 农田作物水分循环示意图

#### 1. 田间实际耗水量的计算

作物田间实际耗水量通过田间灌溉试验中用于作物生长过程的灌水量、有效降水量、土壤水分消耗量和地下水补给量几项数值按水量平衡原理计算而定，如式（1-1）所示：

$$E = M + P + W + D \quad (1-1)$$

式中  $E$ ——作物全生长期需水量（耗水量）， $m^3/\text{亩}$ ；

$M$ ——全生育期灌水量， $m^3/\text{亩}$ ；





$P$ ——有效降雨量,  $m^3/亩$ ;

$W$ ——土壤水分消耗量,  $m^3/亩$ ;

$D$ ——作物生育期内地下水补给量,  $m^3/亩$ 。

2. 利用修正彭曼公式法计算作物需水量

$$E = K_c \cdot ET_0 \quad (1-2)$$

式中  $K_c$ ——作物系数, 受作物种类、发育阶段及气候条件等因素影响;

$ET_0$ ——潜在腾发量,  $mm$  或  $m^3/亩$ 。

$$ET_0 = \frac{\frac{P_0}{P} \cdot \frac{\Delta}{\gamma} \cdot R_n + E_a}{\frac{P_0}{P} \cdot \frac{\Delta}{\gamma} + 1} \quad (1-3)$$

式中  $P_0$ ——海平面的平均气压,  $mb$ ;

$P$ ——计算站点的平均气压,  $mb$ ;

$\Delta$ ——饱和水气压-温度曲线温度  $T_a$  处的斜率,  $mb/^\circ C$ ;

$\gamma$ ——干湿表常数, 等于  $0.66, mb/^\circ C$ ;

$E_a$ ——干燥力,  $mm/日$ ;

$R_n$ ——净辐射。

二、作物需水规律

农作物的需水规律, 决定于作物的特性、气象条件、土壤性质和农业技术措施等。作物在不同地区, 不同年份, 不同栽培条件下, 需水量各不相同。

农作物日腾发量 (即日需水量) 一般在生长的前后期小, 中期大。

作物生长中缺水最敏感期, 一般也是需水最多的阶段, 称为需水高峰期。此时期的灌水称为关键水。如果这个时期缺水, 对作物发育和产量危害最大。几种主要作物的关键灌水期是: 小麦在拔节—抽穗期; 玉米在抽穗—灌浆期; 棉花在盛花期; 水稻在拔节—孕穗期。冬小麦、夏玉米的需水规律如图 1-2。

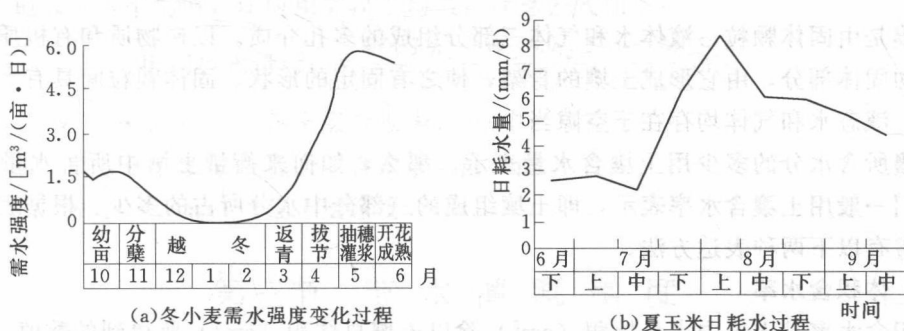


图 1-2 冬小麦、夏玉米需水规律示意图

根据 1984—1985 年在海淀彰化、顺义中滩营、房山南梨园、延庆小丰营开展冬小麦田间试验的数据, 全生育期平均需水强度分别为  $1.96mm/d$ 、 $1.73mm/d$ 、 $1.83mm/d$ 、 $1.79mm/d$ , 见表 1-1。可以看出, 需水量最多的阶段是抽穗—成熟期, 占总需水量的  $34.5\% \sim 50\%$ , 抽穗—成熟期是作物灌溉的重要阶段, 其次是拔节—抽穗期, 占  $16\% \sim$



21.1%。从需水强度来看,抽穗—灌浆以及灌浆—成熟是两个高强度,平均值分别为5.39mm/d和5.72mm/d,后者略高。同时,地理位置的差异对冬小麦各生育阶段需水量的模系数变化有显著影响,海淀彰化与房山南梨园的越冬前需水量,分别为103.5mm和48.8mm,相差近1倍,而这两个处理的产量与需水量相近。冬前需水量一般占20%~30%,冬后需水量一般占70%~80%。

表 1-1

冬小麦各生育阶段需水量与模系数

站点	生育期	播种— 分蘖	分蘖— 越冬	越冬— 返青	返青— 拔节	拔节— 抽穗	抽穗— 灌浆	灌浆— 成熟	全年 育期	产量 (kg/亩)
海淀彰化	阶段需水量/mm	31.8	71.7	10.5	44.3	107.1	110.5	132	507.9	346.5
	日需水量/mm	1.59	1.53	0.1	1.55	5.35	7.89	5.5	1.96	
	模系数/%	6.3	14.1	2.1	8.7	21.1	21.7	26.0	100	
顺义中滩营	阶段需水量/mm	25.68	56.17	37.7	83.88	100.6	43.74	113.85	461.7	346.5
	日需水量/mm	1.07	1.37	0.3	2.33	4.37	4.86	4.95	1.73	
	模系数/%	5.6	12.2	8.2	18.2	21.8	9.5	24.7	100	
房山南梨园	阶段需水量/mm	26.4	22.4	26	70.3	88.2	83	150.1	466.4	385.8
	日需水量/mm	1.55	0.52	0.26	1.85	4.9	5.53	6.53	1.83	
	模系数/%	5.7	4.8	5.6	15.1	18.9	17.8	32.2	100	
延庆小丰营	阶段需水量/mm	52.5	38.7	94.5	49.5	80.6	80.6	107.7	504	234
	日需水量/mm	1.75	1.84	0.63	2.48	4.03	3.84	5.98	1.79	
	模系数/%	10.4	7.7	18.8	9.8	16	16	21.3	100	

注 模系数为阶段需水量与全生育期总需水量之比。

## 第二节 土壤水分

土壤是由固体颗粒、液体水和气体三部分组成的多孔介质。以矿物质和有机质构成土壤颗粒的固体部分,由它形成土壤的骨架,使之有固定的形状。固体颗粒间具有大小不等的空隙,液态水和气体均存在于空隙当中。

土壤所含水分的多少用土壤含水量表示。那么,如何来衡量土壤中所含水量的多少呢?我们一般用土壤含水率表示,即土壤组成的三部分中水分所占的多少。根据表达方式不同,常有以下两种表达方法。

### 一、体积含水率

体积含水率是土壤中水分体积( $\text{cm}^3$ )除以土壤总体积( $\text{cm}^3$ )所得到的数值,即:

$$\text{土壤含水率} = \text{土壤中水分体积} / \text{土壤总体积} \quad (1-4)$$

例:一个体积为 $100\text{cm}^3$ 的土体,其中含有 $30\text{cm}^3$ 的水,则该土体的体积含水率为: $30\text{cm}^3/100\text{cm}^3=0.3$ 或30%。

例:某人用体积为 $100\text{cm}^3$ 的环刀取土样(即所取得的土样体积为 $100\text{cm}^3$ )称得土样重量为154g,待土样烘干后再称得土样重量为130g,则可以知道土样中水的重量为154—



$130=24(\text{g})$ ，已知水的密度为  $1\text{g}/\text{cm}^3$ ，即体积为  $1\text{cm}^3$  的水重量为  $1\text{g}$ ，因此  $24\text{g}$  水的体积为  $24\text{cm}^3$ 。因此土壤体积含水率  $24\text{cm}^3/100\text{cm}^3=0.24$  或  $24\%$ 。

## 二、质量含水率

质量含水率是土壤中水分的质量 (g) 除以干土质量 (g) 所得到的数值，即：

$$\text{质量含水率} = \frac{\text{土壤中水分的质量}(\text{g})}{\text{干土质量}(\text{g})} \quad (1-5)$$

例：一个质量为  $108\text{g}$  的土体，其中含有  $18\text{g}$  的水，则土质量为  $(108-18)\text{g}=90\text{g}$ ，其质量含水率为  $18\text{g}/90\text{g}=0.2$  或  $20\%$ 。

注意：式 (1-5) 中的分母为干土质量，即为烘箱烘干后土体质量，而不是土样刚从田间取回还没有烘干时的质量，事实上，此时的土样质量称为湿土质量。

体积含水率、质量含水率按定义可用比值表示，也可用百分数表示。例如，质量含水率  $0.21$  与  $21\%$  是一样的，同样体积含水率  $38.6\%$  与  $0.386$  也是一样的。

体积含水率和质量含水率之间可按下列公式进行换算：

$$\text{体积含水率} = \text{质量含水率} \times \text{干容重} \quad (1-6)$$

其中，土壤干容重为干土质量 (g) 除以土壤体积 ( $\text{cm}^3$ )。一般土壤干容重为  $1.1\sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$ ，当土壤为沙土或比较疏松时，土壤干容重值较小，而黏土或压实土壤，则土壤干容重较大。

当土壤孔隙没有被水充满，孔隙中还有部分被气体所占据时，土壤中的水分处于非饱和状态，称该土壤区域为非饱和带，称其中的水分为非饱和土壤水，简称土壤水。当土壤孔隙全部被水所充满，孔隙中没有空气时，土壤中的水分处于饱和状态，称该土壤区域为饱和带，称其中的水分为饱和土壤水。

## 三、田间持水量

田间持水量是指在田间土层内所能保持的最大含水量，也就是土壤毛管悬着水的最大含量，以占干土重的百分数表示。田间持水量是制定灌水定额的重要依据，其计算方法如下。

田间持水量的计算，由于取样分很多层次，而各层的含水率，厚度和容重都不同。故不应简单地取算术平均值，而应用加权平均值，计算公式如下：

$$\text{田间持水量}(\%) = \frac{W_1 S_1 h_1 + W_2 S_2 h_2 + \dots + W_n S_n h_n}{S_1 h_1 + S_2 h_2 + \dots + S_n h_n} \quad (1-7)$$

式中  $W_1, W_2, \dots, W_n$ ——各土层含水土， $\%$ ；

$S_1, S_2, \dots, S_n$ ——各土层含水土， $\text{g}/\text{cm}^3$ ；

$h_1, h_2, \dots, h_n$ ——各土层厚度， $\text{cm}$ 。

## 第三节 节水灌溉制度

灌溉制度是为农作物高产节水制定的灌水方案，包括灌水次数、灌水时间和施灌水量。图 1-3 为科学灌溉制度、图 1-4 为合理灌溉制度。

灌溉的作用就是调节土壤含水量，使其尽可能保持在适宜含水区内。因此制定灌溉制度的原则，是当土壤含水量接近或达到适宜含水量下限，而且天气预报短期内又无较大降雨的可能，此时应进行灌溉，灌水量的多少是以使根层土壤含水量达到田间持水量为控制

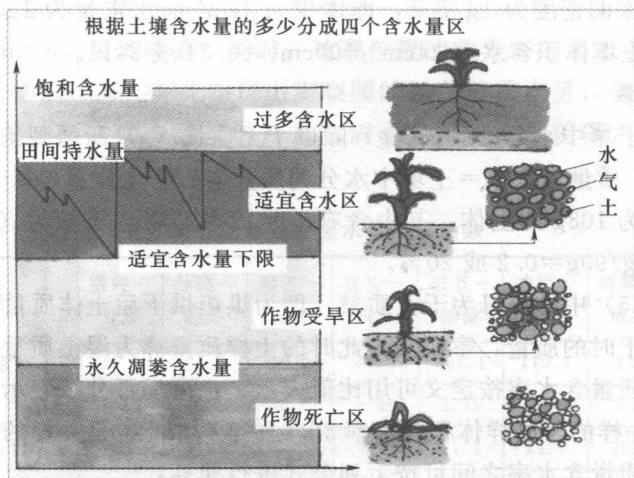


图 1-3 科学制定灌溉制度

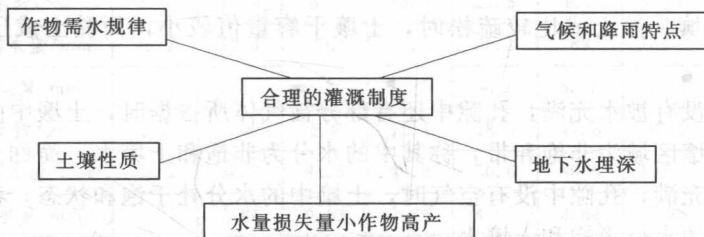


图 1-4 合理灌溉制度

标准。

制定灌溉制度的核心是确定灌水的时间和灌水量，即灌水定额。

### 一、灌水时间

作物何时灌水因作物品种不同而异，但均应在达到适宜含水量下限值时进行灌水。如冬小麦在北京及类似地区适宜含水量下限值取为田间持量的 60%，冬小麦全生育期通常需灌四次水。分别为：①播种期灌水，保证出全苗，长壮苗；②冬灌，表土封冻前灌水，保证越冬期小麦根系的生长；③麦拔节期灌水，促进小麦快速生长；④花或灌浆期灌水，促使小麦灌浆充分而取得高产。

### 二、灌水定额的确定

$$m = 667 \gamma h (\beta_m - \beta_0) \tag{1-8}$$

式中  $m$ ——灌水定额， $m^3$ /亩；

$\gamma$ ——计划湿润层内土壤干容重，一般可按  $1.35 \sim 1.45 t/m^3$  酌定；

$h$ ——计划湿润层的深度， $m$ ；

$\beta_m$ ——田间最大持水量（以占干土重的%计）；

$\beta_0$ ——灌溉前土壤含水率（以占干土重的%计）。

土壤计划湿润层：作物不同生育阶段，其根系发育和扎入土层的深浅各异，需要灌溉





湿润的深度也有差别。因此应通过实际观测，取得各种作物各发育阶段湿润层的深度。如：冬小麦土壤计划湿润层深度拔节前取 0.4m，拔节抽穗取 0.5m，抽穗后取 0.6m。适宜含水率下限值取田间最大持水率的 60%，田间持水量一般砂壤土为 19%~21%，轻壤土为 22%~24%，中壤土为 25%~27%，灌前土壤含水量需灌前实测，一般变化范围大约在 10%~16%。

### 三、执行灌溉制度应注意的问题

1. 结合降水和土壤墒情，及时调整灌溉制度

根据土壤墒情监测结果，结合天气预报，苗情来确定具体施灌时间（即看地、看天、看庄稼）。作物适宜土壤含水量见表 1-2。

表 1-2 主要作物适宜土壤含水量表 %

冬小麦	生育期	播种—出苗	分蘖—返青	返青—拔节	拔节—乳熟	乳熟—收获
	含水量	19~21	19~21	17~18	17~18	14~16
玉米	生育期	播种—出苗	出苗—拔节	拔节—抽穗	抽穗—乳熟	乳熟—收获
	含水量	14~17	15~17	17~20	17~19	17左右
棉花	生育期	播种—出苗	现蕾期	开花成龄期	吐絮期	
	含水量	19~20	16~19	18~20	14~16	

注 含水量是指占干土重的百分数。

2. 结合水源，调整灌溉制度

在水源不足情况下抓关键水，播种干旱时灌保苗水。

3. 执行灌溉制度要讲求改进地面灌水技术

如：冬小麦应选用适合当地土壤条件的畦幅规格及相应的灌水技术参数。

## 第四节 地面灌水技术

地面灌溉方法主要分畦灌、沟灌、淹灌、波涌灌四类。

### 一、地面畦灌

畦灌是把田块用土埂围成畦田，畦田呈条形。灌水时从畦首开口放入，水流以浅薄水层沿畦田纵坡向前流动，整个水流是不稳定的非均匀流。在流动过程中，一部分水量不断渗入土壤，一部分水量在地面继续向前推移，到达一定距离时闭口断流。如图 1-5 所示，布置适宜的畦田，使水流推进通畅。其中，田宽 2~3m，田块长度 50~100m，进畦流量 3~4L/s。

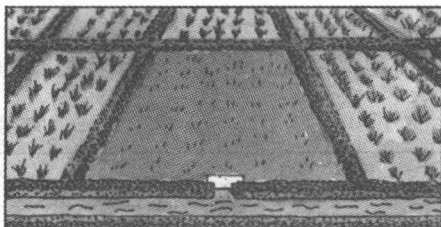


图 1-5 地面灌水技术示意图

1. 畦灌研究理论依据

地面畦灌时，渗水量每时每刻都在改变，水流属于三维的空间变化流。试验研究时，利用水量平衡方程、土壤入渗方程、水流推进方程。



水量平衡方程为

$$HL = QT \quad (1-9)$$

式中  $H$ ——用水深表示的净灌水定额, mm;

$L$ ——畦长, m;

$Q$ ——进畦单宽流量,  $L/(s \cdot m)$ ;

$T$ ——灌水历时。

根据式 (1-9) 计算出砂壤土、轻壤土不同灌水定额和进畦单宽流量下的畦长  $L$  值和水流到达长度  $X$  值, 见表 1-3。

表 1-3 按  $HL=QT$  计算的畦田长  $L$  值和水流到达长度  $X$  值

土质	H/mm 计算值/m Q/[L/(s·m)]	30		40		50	
		L	X	L	X	L	X
砂壤	2	24	19	33	27	51	45
	3	36	29	49	41	76	67
	4	48	38	65	55	101	90
轻壤	2	35	27	47	39	71	64
	3	52	41	70	59	108	96
	4	69	55	94	79	144	128
X/L		80%		84%		89%	

### 2. 对灌水质量的基本要求

- (1) 用灌后实测畦田首、中、尾蓄水深度, 计算灌水均匀度要求达到 80% 以上。
- (2) 实际灌水定额与计划灌水定额相符, 用水效率要求达到 90% 以上。
- (3) 进畦水流要求不冲不溢。

### 3. 田间畦灌灌水要素

田间畦灌适用于窄行密植作物, 如小麦、谷子、牧草和某些蔬菜。畦灌的灌水技术要素包括合理的畦田规格、入畦流量和放水时间。畦田的规格和入畦流量与地面坡度、土壤透水性、作物布局、灌水定额等因素有关。通常畦长不超过 100m, 畦宽为 2~4m, 入畦单宽流量控制在 3~6L/(s·m) 左右, 以水量均匀分布和不冲刷土壤为原则。为了节约用水, 提高灌水均匀度, 常采用较小的灌水畦, 应用时可参考表 1-4 确定。

表 1-4 畦灌灌水技术要素

地面坡度 要素	≤0.002		0.002~0.005		0.005~0.01	
	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]
强	25~50	5~6	30~60	5~6	50~70	4~5
中	30~60	5~6	40~70	4~5	60~80	4~5
弱	40~70	4~5	50~80	3~4	80~100	3~4



畦灌时，为了使畦田上各点土壤湿润均匀，就应使水层在畦田上各点停留的时间相同。在实践中往往采用及时封口的方法，即当水流流到畦长的70%、80%、90%或100%时，就封闭入水口，使畦内剩余水流向前继续流动，至畦尾时则全部渗入土壤。停留时间按畦长根据试验或经验而定，通常情况下水流长度达到畦长的80%即可封口。

4. 北京地区开展地面灌水技术研究的成果

地面畦灌的入畦水流受到土壤渗透性能、地面坡降、糙率的影响；也因灌水定额、灌水历时、单宽流量、畦长和水流成数不同而异。前者属于自然因素，各地不同；后者属于人为因素，即通常所说的灌水技术要素。因地制宜地掌握灌水技术要素，是实现地面科学灌溉重要条件。

地面畦灌畦长是已定的，灌水技术关键是选定单宽流量，控制好水流成数。科技工作者多年试验实践总结出适合北京郊区的灌水技术参数，北京典型试验点灌水技术参数见表1-5。

表 1-5 地面畦灌灌水技术参数表

试验点名称		大兴半壁店	房山大宁灌区	怀柔北台上灌区	密云西田各庄
土壤质地		砂壤	中壤	轻壤	砂壤(通体)
地面纵坡		1/800~1/1200	1/500~1/800	1/300~1/400	1/300~1/400
适宜畦长/m		60	80~100	100	60~70
播种—拔节	单宽流量	5~4	6~5	8	8~7
	水流成数	7~8	7~7.5	6.5~7.5	6.5~7.0
拔节—抽穗	单宽流量	4~3	5~4	6~5	7~6
	改口成数	8~9	7~8	8	7~7.5
抽穗—灌浆	单宽流量	3~2	4~3	3	5
	改口成数	9~10	8~8.5	9~9.5	7.5~8.0

二、田间沟灌技术要素

沟灌是在作物行间开沟引水，水在沟中流动时，通过毛细管和重力作用向两侧及沟底浸润土壤，沟灌是宽行中耕作物较好的地面灌水方法，沟灌土壤湿润示意图如图1-6所示。

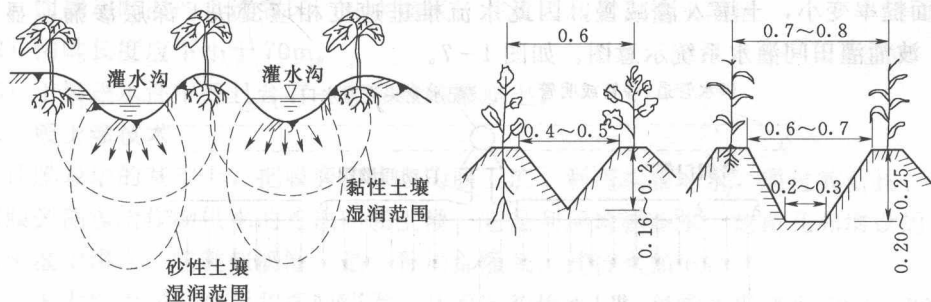


图 1-6 灌水沟土壤湿润示意图



田间沟灌技术使用于宽行距的中耕作物，如玉米、棉花、薯类作物及某些蔬菜。适宜的灌沟坡度在 0.003~0.008 之间。一般灌水沟沿地面坡度方向布置，当地面坡度较大时，可以与地形等高线成锐角，使灌水沟获得适宜的比降。

沟灌的技术要素有灌水沟的间距、长度、入沟流量和放水时间。灌水沟间距视土壤性质而定，还要结合作物的行距来考虑。通常情况应用可参考表 1-6 确定。

表 1-6 不同土质条件下的灌水沟间距 单位：cm

土质类型	轻质土壤	中质土壤	重质土壤
间距	50~60	65~75	75~80

灌水沟长度一般为 30~50m，最长可达 100m，入沟流量以 0.5~3.0L/s 为宜。应用时可参考表 1-7。

表 1-7 灌水沟适宜规格参数

项目	地面坡度					
	≤0.002		0.002~0.005		0.005~0.01	
	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]	畦长 /m	单宽流量 /[L/(s·m)]
土壤透水率 强	30~40	1.0~1.5	40~60	0.7~1.0	60~80	0.6~0.9
中	40~60	0.7~1.0	70~90	0.5~0.6	80~100	0.4~0.6
弱	50~60	0.5~0.6	80~100	0.4~0.5	90~100	0.2~0.4

## 第五节 地面灌水新技术

### 一、波涌灌技术

波涌灌溉是以一定或变化的周期，循环、间断地向沟畦输水，即向两个或多个沟畦交替供水。当灌水由一个沟畦转向另一个灌水沟畦时，先灌的沟畦处于停水落干的过程中，由于灌溉水的下渗，水在土壤中的再分配，使土壤导水性减少，土壤中黏粒膨胀，孔隙变小，田面被溶解土块的颗粒运移和重新排列所封堵密实，形成一个光滑封闭的致密层，从而使田面糙率变小，土壤入渗减慢，因此水流推进速度相应变快，深层渗漏明显减少，“双管”波涌灌田间灌水系统示意图。如图 1-7。

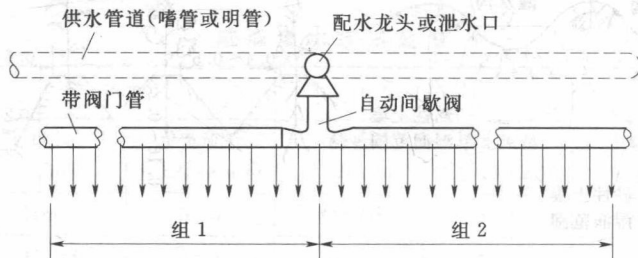


图 1-7 “双管”波涌灌田间灌水系统示意图





### 1. 波涌灌的特点

波涌灌溉也称间歇灌溉或涌流灌溉，是一种节水型地面灌溉新技术。它是按一定的时间间隔，周期性地向灌水沟畦供水以湿润土壤水方法。其基本做法是：用加大流量把水灌到部分沟长时暂停供水，过一段时间，再加大流量供水，如此时断时续，使水流呈波涌状推进，在用相同水量灌水时，波涌灌的水流前进距离为连续灌的1~3倍，它具有以下几方面特点。

(1) 节水、节能。据陕西经惠渠区试验表明，波涌灌平均节水率为21%，美国的试验资料表明，波涌灌节水率达30%~50%。在井灌区和抽水灌区，波涌灌不但节水而且节能，节能率与节水率相同。

(2) 水流推进速度快，省时。波涌灌水流在田面推进速度快，平均推进速度为连续灌的1.2~1.6倍，提高浇地效率21%，可缩短灌水周期。

(3) 灌水均匀度较高。与连续灌水相比，波涌灌减少了畦首入渗量和深层渗流损失，减小畦首和畦尾入渗量的差距，使灌水更加均匀。从而也解决了长畦（沟）灌水难的问题。

(4) 波涌灌使用的设备费用少，可实现灌溉自动化。

### 2. 波涌灌的技术参数

(1) 周期和周期数。一个放水和停水过程称为周期。完成灌水需要放水和停水的次数称为周期数。周期数过少则均匀度降低，过多灌水效果也不再提高。一般畦长200m以上时，以3~4个周期为宜；200m以下时，以2~3个周期为宜。

(2) 放水时间和停水时间。放水时间有周期放水时间和总放水时间。周期放水时间是指一个周期向灌水沟（畦）供水的时间。总放水时间等于各周期放水时间之和。其值根据计算或灌水经验估算。停水时间是两次放水时间的间隔时间，一般等于放水时间，也可大于放水时间。

(3) 循环率。循环率是周期放水时间与周期时间的比值。一般循环率多采用1/2，在总放水时间段，土壤透水性较弱，田面阻力大时亦采用1/3。

(4) 放水流量。指向各沟畦的放水量。应根据水源、田面和土壤状况确定。放水流量大，田面流速大，节约水量，但以不冲土壤、满足田间灌水量要求为原则。

### 3. 适用条件

(1) 连续沟畦灌的自流灌区、抽水灌区、井灌区和管道输水灌区。

(2) 沟畦长度应不小于70m。

(3) 土壤透水性中等且含有一定黏粒的壤质土。

## 二、膜上灌技术

在地膜栽培的基础上，把膜旁流水改为膜上流，利用地膜输水，通过放苗孔、专用灌水孔和膜旁侧渗给作物供水的方法叫膜上灌。它是利用地膜输水，放苗孔和增设的专门渗水孔向土壤中渗水，它类似滴灌，是一种局部灌溉。其特点如下：

(1) 大大减少深层渗漏和棵间蒸发，从而节约用水，一般能实现节水20%~30%。

(2) 与无膜土沟灌相比，膜上灌可通过调整膜畦首尾的渗水孔数及孔的大小，来调整畦（沟）首尾的灌水量，提高灌水均匀度。