

李茂稳
马龙田
胡伟林
陈新锁
编著



实用微喷灌技术

水利电力出版社

实用微喷灌技术

李茂稳 马龙田 胡伟林 陈新锁

编 著

水利电力出版社

内 容 提 要

本书主要根据我国近几年来微喷灌技术的科研成果和生产实践，较详细地叙述了微喷灌工程的规划设计、施工安装、运行管理等方面的经验。内容简明扼要，通俗易懂，实用性较强，并附有图表、数据和计算实例。其中设计实例是作者多年参与微喷灌设计、施工经验的总结。本书主要供基层从事微喷灌工作的技术人员使用，也可供有关院校师生参考。

实用微喷灌技术

李茂稳 马龙田 胡伟林 陈新锁 编著

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京朝阳小红门印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.375印张 116千字

1991年5月第一版 1991年5月北京第一次印刷

印数0001—2000册

ISBN 7-120-01266-5/TV·455

定价 3.85元

前 言

随着工农业生产的迅猛发展，用水量急剧增加，水量不足成了当前突出的问题，尤以我国北方地区水资源短缺已成为制约工农业发展的主要因素。因此，建立节水型农业是缓解水资源危机的重要环节，大力推行节水灌溉技术，节约灌溉用水，势在必行。

微喷灌是新型节水灌溉技术。它具有省水、省工、节能、安装简单、操作方便等特点，易为广大群众所掌握。我国是一个多山的国家，山地占66%，在这类地区，果树、茶叶、人参等经济作物占有相当大的比重。就北方山区而言，均处于半干旱地带，水资源较缺，大部分果园无灌溉设施，但这些山区沟沟岔岔常有一些泉水和溪流，可用来发展微喷灌，这对改善山区群众的经济条件将起到促进作用。

为了配合节水灌溉技术的推广，促进微喷灌事业的发展，编写了《实用微喷灌技术》一书。本书主要总结了北方果树微喷灌的科研成果和生产实践，根据我国的实际情况，较详细地叙述了微喷灌工程的规划设计、施工安装、运行管理等方面的经验。并结合科研首次提出微喷灌条件下有效水利用系数和微喷灌喷头组合间距问题。

参加本书编写的有李茂稳、马龙田、胡伟林、陈新锁、聂建中、赵荣政同志。其中聂建中、胡伟林同志负责第二章及第四章部分内容的编写，全书由李茂稳同志负责统稿，由北京水利电力经济管理学院朱尧洲副教授审定。

本书编写过程中曾作为河北省水利厅举办的“微灌技术培训班”教材，教材书稿经水利部农田水利水土保持司冯广志高级工程师、北京水利电力经济管理学院研究生部吴涤非、河北省水利科学研究所王金如等同志认真审阅，并提出了许多宝贵意见，此书插图得到了中国灌排技术公司邹云等同志的帮助，编写工作中得到了很多同志的大力协助。在此表示衷心的感谢。

微喷灌是一门发展中的灌溉新技术，理论与实践还有待进一步完善。由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，衷心希望读者给予指正。

作 者

1990年12月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第二章 微喷灌设备	13
第一节 微喷头	13
第二节 管道	23
第三节 管件	27
第四节 过滤及施肥装置	31
第五节 水泵	35
第三章 微喷灌工程规划设计	40
第一节 工程规划设计内容与原则	40
第二节 工程设计的基本资料	41
第三节 作物需水量与灌溉制度	45
第四节 水源工程	51
第五节 微喷灌系统布置	58
第六节 水力计算	64
第七节 水泵及动力机选配	80
第八节 工程结构设计	84
第九节 编制工程预算	88
第四章 工程施工与安装	91
第五章 管理	106
第六章 微喷灌系统设计实例	115
附 录	150
附录一 水泵规格性能表	150

附录二 普通三相异步电动机	161
参考文献	163

第一章 概 述

目前世界上水资源日益紧张，引起了人们极大重视。我国的水资源并不丰富，人均占有量 2600m^3 ，仅为世界人均占有量的 $1/4$ 。

一方面，工农业和人民生活严重缺水，另一方面许多地方用水浪费。随着工业和城市发展，农业用水所占的比例越来越小，耗水量大的传统地面灌溉逐步受到限制。发展节水型灌溉，实行科学用水，充分发挥每一立方米水的经济效益，是解决农业灌溉水源供需矛盾的主要措施之一。节水灌溉技术较多，如喷灌、滴灌、微喷灌、雾灌、渗灌、管灌等。此外，还可以通过加强科学用水管理，建立节水灌溉制度，制定合理的征收水费政策等达到节水的目的。本书仅介绍微喷灌技术，它是近20年来发展起来的介于喷灌和滴灌二者之间的一种先进灌水方法。

一、作物与水、肥的关系

水和光、热、空气、养分一样，是作物生长的基本条件之一。要做到合理灌溉，充分发挥水分对作物及其生长环境的有利作用，避免或减少不利影响，为作物高产稳产创造良好的水分条件，就必须了解作物与水、肥的关系。

（一）水分在作物生长中的作用

水是作物体的主要成分，一般占作物鲜重的一半以上，它又是维持作物生长的重要条件。水分充足时，作物器官和组织内细胞代谢活动旺盛；缺水时，细胞代谢活动减弱，生命活

动受到抑制或破坏。水是重要的溶剂和生命的介质，土壤中的无机盐溶解在水中以后，才能被根系吸收，作物体内的矿物元素和有机物质也是以水溶液的状态被输送到作物的各个部分加以利用。水是作物进行光合作用的主要原料之一，作物的叶子吸收阳光中的辐射能量，以此为动力，把根从土壤中吸收的水分和叶从空气中吸收的二氧化碳在叶绿体中进行还原，产生较高能量的有机物（主要是碳水化合物），从而使光能转变为贮藏在有机物质中的化学能。水还可调节作物体温及其生长的环境。因为水具有较大的比热和汽化热，又是热的不良导体，当作物体内和周围环境中水分充足时，作物体温不易因外界温度的剧烈上升或骤然下降而急剧变化，因而可以避免或减轻作物可能受到的强烈的日光灼伤或低温冻害。综上所述，在作物的生命活动中，水有着极其重要的作用。

（二）土壤中水分的存在特性

水分在土壤中存在的形态有气态、液态和固态三种，其中以液态水为主。液态水又分为吸着水、毛管水和重力水。

吸着水：包括吸湿水和薄膜水两种形式。吸湿水被土粒紧紧吸附于表面，不能自由移动无法被作物利用。吸湿水达到最大时的土壤含水量称为吸湿系数。薄膜水为吸附在吸湿水外部并形成一连续相通水膜的水分，薄膜水粘滞性高，也难于被作物利用。在薄膜水被完全消耗之前，作物就会因水分供应不足而萎蔫。作物发生永久性萎蔫时的土壤最大含水量，叫凋萎系数，亦即可为作物利用的土壤有效水分的下限。

毛管水：土壤水分超过最大分子持水量后，受表面张力

的作用保持在土粒之间的毛管孔隙中的水分称为毛管水。毛管水又根据补给条件分为上升毛管水（地下水补给）和悬着毛管水（降雨或灌溉补给）。悬着毛管水达到最大值时的土壤含水量称为田间持水量，即是旱地土壤有效水分的上限。超过此值，多余水分会因重力作用而下渗流失。因此，灌溉时不应使土壤水分超过田间持水量。不同土壤的田间持水量和凋萎系数见表1-1。

表 1-1 各类土壤水分常数和容重

土壤类别	容 重 (g/cm^3)	田间持水量 (占干土重 %)	凋萎系数 (占干土重 %)
砂 土	1.60	5	2
壤 砂 土	1.55	8	4
砂 壤 土	1.50	14	5
壤 土	1.40	18	8
粘 壤 土	1.30	30	22
粘 土	1.20	40	30

注 引自《滴灌原理与应用》一书。

重力水：土壤含水量超过田间持水量时，过多的水分受重力作用向下移动，这种水称为重力水。重力水下渗到作物根系分布层以下时，可以转化为毛管水，达到地下水面时，则转化为地下水。

综上所述，毛管水可直接被作物吸收，是最宝贵的。重力水虽可被植物吸收，但它不能存蓄在根系层中，故利用率很低。

(三) 水、气、热在土壤中的关系

为了使作物生长发育得好，需使土壤中的水分状况与气、肥、热等条件相互协调，并达到最优状态。

水、气、热在土壤中的关系如何？我们可以把土壤看作是一种多孔介质，即存有固体、液体、气体的三相统一体。土壤水和空气都处于土壤孔隙之中，土壤中水分的多少可直接影响空气的增减和交换，水多时空气少，会造成土壤闭气；水少时空气增加，则土壤通气性变好。对大多数土壤来说，适宜的水气比大致为6:4或7:3。可以认为，水 and 气是土壤中各矛盾因素中起着重要的，甚至是主导作用的一对矛盾。可以通过调节土壤中的水、气关系来调节土壤中的养分与温度条件。一方面作物对养分的吸收必须以水为媒介，肥分必须溶解于水才能被作物根系所吸收，如果没有水分，则肥分再多也不能被作物吸收。另一方面，如土壤中水分含量适当且有较多的空气，则好气性微生物活动强烈，有机质可以分解成能溶于水的速效养分，以供作物吸收；但如果分解过快，作物来不及吸收就容易被雨水冲刷而流失。所以，土壤中水和养分也是互相制约的，土壤水分既是作物生长的基本条件之一，又是影响土壤肥力发挥作用的一个重要因素。

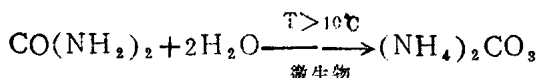
(四) 干旱对作物生长的影响

土壤干旱是由于降水太少，造成土壤水分不足，根系吸水困难。作物受旱后体内细胞由于缺水、膨压降低，叶片和幼嫩茎秆不能保持固有形状而卷曲下垂。水分供应减少同时也减少了溶解于水的无机营养的输送与吸收。干旱还使作物体内水分失去平衡，叶片上的气孔缩小或关闭，二氧化碳吸收减少，光合作用效率降低，有机营养物质的制造和输送也受到影响。以上几方面都影响作物的生长，最终影响作物产

量。例如，某地苹果灌溉试验资料表明，苹果开花后遇旱，将影响当年果品产量6%左右；果实膨大期遇旱，将减少果品产量23%左右。

(五) 施肥与灌溉相结合对作物的影响

作物生长需要养分，这些养分中主要的元素有氮（N）、磷（P）、钾（K）、镁（Mg）、钙（Ca）、硫（S）。微量元素有铁（Fe）、锌（Zn）、锰（Mn）、铜（Cu）等。上述元素对作物的生长起着重要作用，在干物质中N对作物起光合作用，并形成蛋白质和叶绿素的主要元素，含量占1%~3%；P是形成细胞机体的元素，含量0.05%~0.2%；K是组成作物细胞液的主要元素，含量2%~4%；Ca是细胞壁的重要组成元素，含量2%~8%。所有能被作物吸收的元素，必须溶于水。例如



上述化学式表示了由尿素转化为作物能吸收的元素，必须有水和适宜的温度。在干土中尿素是不会转化为铵和碳酸根离子。

施肥与灌溉相结合是促进肥料转化为供作物在生长、开花、成熟不同阶段所吸收的养分。按作物需要的养分供应，单位用量肥料就能得到较大的作物增产量。因此对作物的灌溉，不仅是为作物提供水分的需要，并起到发挥肥效的作用。

二、微喷灌的特点与系统组成

(一) 微喷灌的特点

微喷灌是通过低压管道系统，以小的流量将水喷洒到土壤表面进行灌溉的一种灌水方法。它是在滴灌和喷灌的基础上逐步形成的一种新的灌水技术。微喷灌时水流以较大的速

度由微喷头的喷嘴喷出，在空气的作用下粉碎成为细小的水滴落在地面。由于微喷头出流孔口的直径和出流流速（或工作压力）都比滴灌滴头大，从而大大地减少了堵塞。另外，在配水方式上，微喷灌是将水灌到土壤表面，利用空气作为主要配水介质，以吸水方式湿润土壤。而滴灌是通过土壤配水，以滴水方式湿润土壤。

（二）微喷灌的优点与存在问题

微喷灌不仅和地面灌相比具有许多优点，在某些方面还优于喷灌和滴灌。微喷灌的主要优点有：

1. 管理简便，节省劳力

微喷灌管理简便，且在灌溉的同时可进行其它（如果园管理等）作业，所需管理人员比地面灌溉时少。这对劳力少和劳动费用高的地方，尤为重要。例如，河北省隆化县西地村山楂园微喷工程，农业劳动费用每工日5元，微喷灌比原地面灌溉时年节省用工176个，节省用工费用880元。

2. 能控制用水和用肥

微喷灌是通过管网系统，直接将水输送到作物根部的土壤表面，可以准确地控制用水量，又可以减少输送水时渗漏损失。对缺水或灌溉费用高的地区，效益更为明显。管理较好的微喷系统比一般喷灌用水少20%~30%，比地面灌溉省水50%左右。河北省宽城、隆化二县试验研究表明，苹果、山楂微喷灌比地面灌溉系统用水少50%~65%。

另外，微喷灌可将可溶性化肥随灌溉水直接喷洒到作物根系周围的土壤表面，提高施肥效率，节省化肥用量。

3. 容易控制杂草生长

微喷灌在果园应用时，将水喷洒在果树根部附近，可使树冠投影面积以外的土壤表面保持干燥，抑制杂草生长，因

而便于果园田间管理。

4. 能充分利用小水源和节省能耗

微喷灌系统的工作压力相当于喷灌系统的一半左右，因而可降低能耗，节省运行费用。微喷灌系统要求的流量比地面灌和喷灌都小，在山区可充分利用来水量小的山泉和浅井。

5. 不易堵塞

微喷灌与滴灌相比不易堵塞，其主要原因是微喷灌系统工作压力较滴灌高，微喷头的流道和出流孔口较滴头大，因此不易被细小的固体颗粒、微生物及化学沉淀物所堵塞。一旦造成微喷头出流孔口堵塞，也易于发现，处理也很简便。

6. 较好的喷洒降温效果

保护地蔬菜、全光谱育苗、黑木耳等生长时期，需要控制一定的温度。在高温情况下进行微喷灌可降低田间近地气温 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，且可增加空气湿度，有利于作物生长。据陕西省商南县微喷茶叶试验，在高温干旱季节，微喷补水降温，增加空气湿度，与不灌相比亩增产茶叶 14kg 。

7. 防止土壤冲刷和板结

微喷灌可根据土壤质地的轻重和透水性大小，设计喷洒强度，不破坏表层土壤结构，不产生地面径流；对盐碱地，可避免地下水位上升，防止土壤次生盐碱化。

微喷灌存在主要问题有以下三点。

1. 受风的影响降低灌水均匀度

在大于3级风的情况下，微喷水滴易被吹走，灌水均匀度大大降低，一般不宜进行喷洒。河北省承德地区的试验研究表明，3级风以上时将降低喷洒水利用系数 $20\%\sim 40\%$ ，喷洒均匀度降低 $10\%\sim 20\%$ 。

2. 限制果树根系的发展

微喷灌应用在果园时属于局部灌溉，果树根系一般集中在湿润区。如湿润区小，根系就不能充分伸展，抗旱能力较低，如供水发生中断，势将影响果树的正常生长发育。所以，微喷头喷洒的位置不能任意更换，并确保供水可靠。

3. 水质处理要求较高

为了预防可能的堵塞，微喷灌水源的水质不应有杂质。对地下水进行简单的过滤处理即可；对渠系水则要采取严格的过滤手段，并要求定期对过滤设备进行清洗和冲刷。

应当指出，微喷灌的优点和缺点，是在一定条件下同其它灌溉方法比较而言的。微喷灌作为一种先进灌溉方法，并不能取代其它灌溉方法，而应根据实际情况，因地制宜地加以发展。微喷灌的适用重点应是地面灌溉水量不足，土壤透水性较强，劳力紧张，其它灌溉成本高的地方的经济作物和观赏作物的灌溉。

（三）微喷灌系统组成

微喷灌系统的组成主要有以下四个部分（见图1-1）。

1. 水源

微喷灌的水源应为符合农田灌溉水质要求的地上水或地下水，如河、渠、水库、塘坝、井、泉等。

2. 控制中心

控制中心位于微喷系统的首部，所以也称首部枢纽。它的作用是从水源取水送入管道系统，并根据微喷灌的要求对水量、水质和压力进行控制。主要包括水泵、动力机、过滤器、化肥罐、阀门、压力表、水表等设备。水泵及动力机是微喷灌系统的核心，它从水源取水并将无压水变成满足微喷灌要求的有压水；过滤器的作用是对水源的水进行净化处

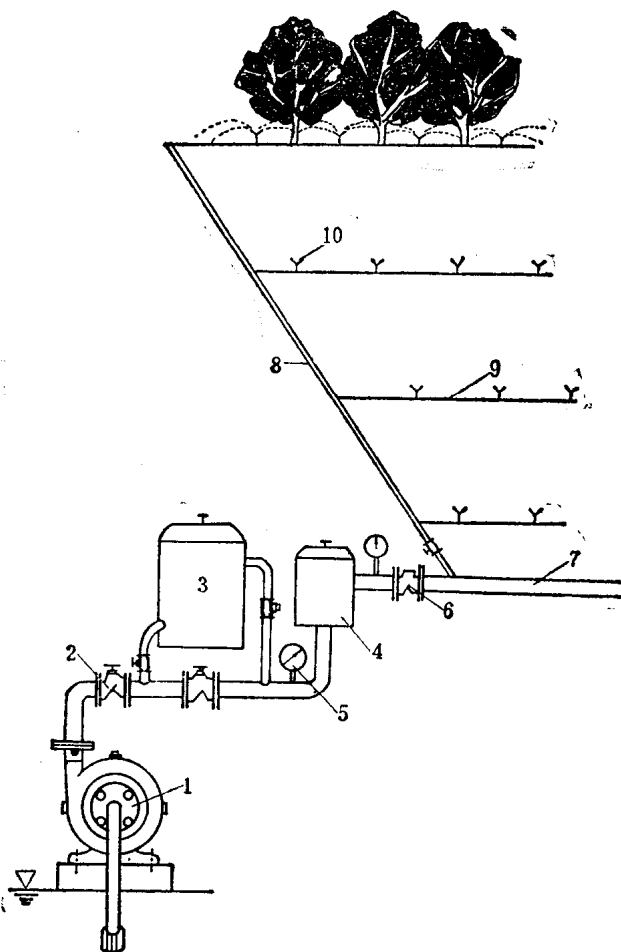


图 1-1 微喷系统示意图

1—水泵；2—闸阀；3—化肥罐；4—过滤器；5—压力表；6—水表；
7—干管；8—支管；9—毛管；10—喷头

理；化肥罐是用来溶解和稀释化肥并将其送入管道系统；阀门是开关和调节水流的设备；压力表用来检测控制中心各部位的壓力。

3. 管网系统

管网系统为输水管道和配水管道的总称，一般分为干管、支管、毛管和连接管等级数，其作用是将经过控制中心处理的水按灌溉的要求输送到田间各微喷头。另外，管网系统还包括各级管道的控制设备。

4. 微喷头

微喷头是整个微喷灌系统的关键设备，其作用是把压力水喷洒到作物根部附近的土壤表面。

三、微喷灌的效益

微喷灌作为一种灌溉新技术被人们所重视，与它所产生的经济效益有直接关系。据实地调查和有关资料介绍，微喷灌应用于果园、茶园、保护地蔬菜、苗圃、木耳等经济作物，经济效益都比较显著。微喷灌应用于园林绿地，花卉等观赏植物，其社会效益比较突出。

果树：据河北省宽城县下板城村山地苹果微喷灌（面积120亩）试验资料表明，微喷苹果亩产量达3200kg，地面灌亩产量2897kg，旱作亩产2408kg（生育期降雨423.9mm）。微喷灌与地面灌相比亩增产303kg，增产率为10.46%；微喷与旱作相比亩增产792kg，增产率为32.9%。微喷还比地面灌节水49.4%，省工78%。赞皇县许亭村苹果微喷灌（面积10亩）比坑灌节水39%，增产21.3%，省工75%。隆化县西地村山楂微喷灌（面积150亩）节水65%，省工73%。

蔬菜：据《微喷信息》介绍，河南省焦作市郊区保护地芹菜微喷灌（面积0.315亩）与地面灌相比增产芹菜56kg，