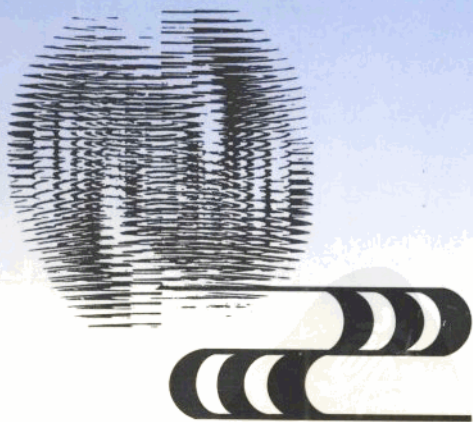


微灌理论 与实践

苏德荣 编著
田 媛



甘肃教育出版社

内 容 简 介

本书结合我国二十多年微灌技术的研究应用经验和国外先进技术,论述了微灌技术的基本原理和在我国的具体应用。全书共分两部分,第一部分着重论述了已由我国研究、消化和生产微灌设备,并且应用较多的几种类型的微灌系统及其设计方法。第二部分简要介绍了我国微灌技术的主要应用领域,包括果树、蔬菜、花卉、日光温室、防护林带以及雨水集蓄微灌。同时,注重本书的实用性,列出了必要的设计数据图表。

本书是当前较为系统、全面地论述适合我国国情,符合高效节水农业发展趋势的一本微灌技术专著。可供从事高效节水农业开发、生产、科研的科技工作者使用,亦可作为高等院校农业、水利、园艺、林学等相关专业的选修课教材和培训教材。

前 言

在当今世界所面临的人口、资源、环境三大主题中，水成为全世界最为紧迫的自然资源问题之一，缺水问题已引起人们对这个地区能否保持社会、经济发展和地区政治稳定的关注和忧虑。我国是一个水资源极为短缺的国家，虽然我国境内的江河及地下径流的年平均径流量位居世界第六位，但以人口平均计算，人均每年水资源的占有量还不到全世界人均水资源占有量的 $1/4$ ，相当于美国的 $1/5$ ，约 2300m^3 ，占世界 109 位。我国有限的水资源量在时空分布上很不均匀，南多北少，东多西少，夏秋多冬春少。占国土面积 60% 的北方地区拥有的水资源的占有量更少。因此，在水资源短缺的条件下，要发展地区经济，其根本出路在于节约用水，高效用水。近年来，随着我国工业化和城市化进程的加快，农业用水的比重已从过去的 85% 下降到现在的 72% 左右，而且还会进一步下降，但农业用水仍然是最大的用水部门。为了发展高效农业，获取农业的最佳经济效益、社会效益和生态环境效益，就必须大力普及和应用高效节水灌溉技术。

微灌，包括地面滴灌、地下滴渗灌、微喷灌和其它输配水管道化的小流量灌水技术，是当今世界上最为先进的高效节水灌溉技术。形成于 20 世纪 60 年代，发展于 80—90 年代的微灌技术，是具有最高灌水效率的灌溉技术的代表，已被世界许多国家，包括美、英、法、德、以色列、南非、澳大利亚等国广泛应用。我国从 1974 年引进微灌技术以来，经过二十多年的发展，技术从无到有，设备从进口到国产，应用面积从小到大，经历了曲折的发展过程，积累了设计、施工、安装、使用、管理等方面成功的经验和失败的教训，这为发展适合我国国情的微灌技术奠定了基础。目前，微灌技术在我国的应用从南到北，从东到西，从山地到平

原，从露地到保护地，从农田到荒漠无处不在；灌溉的作物从粮食作物到蔬菜，从果树到药材，从苗圃到林木无所不有。特别是近年来高效、设施、立体农业的发展，高效、节水的微灌技术在灌水、化肥、营养液的高效滴注、地膜上、下的灌水、控制作物生长小气候等方面具有更强的优点。

本书就是在微灌技术在我国大力发展的前景下，结合我国微灌技术研究和应用二十多年的成功经验和国外的先进微灌技术，从理论与实践的结合上，论述了微灌技术的基本原理和在我国的具體应用。全书共分两部分，第一部分着重介绍了微灌技术包括的设备、微灌工程的规划和微灌系统的水力设计理论，主要阐述了已经由我国研究、消化和生产微灌设备，并且应用最多的几种类型的微灌系统及其设计方法，这些方法简捷、实用，适合我国国情。在介绍理论的同时，注重本书的实用性，列出了必要的供设计用的数据图表。第二部分简要介绍了我国微灌技术的主要应用领域，包括果树、蔬菜、花卉的微灌；日光温室的微灌；防护林带的微灌以及利用雨水的微灌。这些内容主要以本书作者近年来的研究成果、应用经验和工程设计实例为主，特别强调了微灌技术在设施农业、非农产业的防护林带（包括铁路、公路、城市、工厂防护林带等）以及集雨微灌的应用经验，这是我国微灌技术应用发展的新趋势。

本书在编写过程中，得到了甘肃省“两西”农业建设指挥部、甘肃省扶贫开发办公室的大力支持，在此表示衷心的感谢。由于作者水平有限，书中的缺点和错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

编 者

1998年12月于兰州

目 录

第一篇

1	绪论	(1)
1.1	微灌系统的分类	(1)
1.2	微灌系统的组成	(6)
1.3	微灌系统的优点与问题	(9)
1.4	微灌的发展	(12)
2	微灌用水量	(16)
2.1	微灌作物需水量	(16)
2.2	微灌用水量	(28)
2.3	微灌的灌溉制度	(36)
2.4	微灌的工作制度	(44)
3	微灌系统设备	(47)
3.1	微灌灌水器	(47)
3.2	微灌管道与管件	(56)
3.3	净化设施与过滤器	(64)
3.4	施肥装置	(72)
3.5	控制、量测与保护装置	(76)
4	微灌系统规划与布置	(81)
4.1	微灌系统规划的前提	(81)
4.2	微灌水源分析	(86)
4.3	微灌系统选型	(93)
4.4	微灌系统的布置	(100)
5	管道水力计算	(106)

5.1	管道流量	(106)
5.2	管道直径的计算	(113)
5.3	管道水头损失的计算	(118)
5.4	多孔管的水力计算	(130)
5.5	多孔管的压力分布规律	(140)
6	微灌系统设计方法	(150)
6.1	微灌系统设计的均匀性准则	(150)
6.2	允许压力变差的设计方法	(156)
6.3	变微管长度的设计方法	(164)
6.4	变灌水器孔口尺寸的设计方法	(168)
6.5	支管设计方法	(183)
6.6	干管和首部设计	(191)

第二篇

7	果树微灌	(199)
7.1	果树的需水量	(199)
7.2	果园微灌系统的选择	(207)
7.3	果园微灌的水管理	(216)
8	蔬菜、花卉微灌	(223)
8.1	蔬菜、花卉的种植特点	(223)
8.2	蔬菜、花卉微灌系统的类型	(226)
8.3	蔬菜、花卉微灌的水管理	(238)
9	日光温室微灌系统	(244)
9.1	日光温室的结构	(244)
9.2	日光温室的微灌系统	(248)
9.3	日光温室的水分管理	(253)

10	防护林带的微灌	(258)
10.1	防护林带的规划特点	(258)
10.2	防护林带微灌系统规划	(259)
10.3	微灌系统自动控制	(266)
11	利用雨水的微灌系统	(272)
11.1	雨水利用的现状	(272)
11.2	利用雨水的微灌系统	(279)
11.3	21 世纪利用雨水发展微灌的展望	(286)
	附录	(291)
	附录 A 管道局部水头损失系数表	(291)
	附录 B 塑料管道局部水头损失的当量长度	(292)
	附录 C 生活饮用水水质标准	(293)
	附录 D 农田灌溉水质标准	(295)
	参考文献	(297)

MICROIRRIGATION PRINCIPLES & PRACTICES

CONTENTS

PART I

1 Introduction	(1)
1.1 Classification of microirrigation system	(1)
1.2 Components of microirrigation system	(6)
1.3 Advantages and problems of microirrigation	(9)
1.4 Development of microirrigation	(12)
2 Microirrigation water requirement	(16)
2.1 Crop water requirement	(16)
2.2 Microirrigation water requirement	(28)
2.3 Microirrigation regime	(36)
2.4 Operation rules of microirrigation system	(44)
3 Equipment of microirrigation system	(47)
3.1 Irrigators in microirrigation system	(47)
3.2 Pipes and fittings	(56)
3.3 Water cleaning facilities and filters	(64)
3.4 Fertilizer applicators	(72)
3.5 Control, measurement and protect equipment	(76)
4 Plan and layout of microirrigation system	(81)
4.1 Principles of microirrigation system planning	(81)
4.2 Analysis of water supply	(86)
4.3 Selection of microirrigation system	(93)

4. 4	Layout of pipe system	(100)
5	Pipe hydraulics	(106)
5. 1	Pipe discharge	(106)
5. 2	Pipe diameter calculation	(113)
5. 3	Friction head losses in pipes	(118)
5. 4	Hydraulic analysis of multiple-outlet pipe	(130)
5. 5	Pressure distribution along multiple-outlet pipe	(140)
6	Design methods for microirrigation system	(150)
6. 1	Uniformity of water application	(150)
6. 2	Design method with permissible pressure variation	(156)
6. 3	Design method with varying micro-tube length	(164)
6. 4	Design method with varying orifice size	(168)
6. 5	Design of submains	(183)
6. 6	Design of mains and the control head	(191)

PART II

7	Microirrigation for orchards	(199)
7. 1	Water requirement of fruit trees	(199)
7. 2	Selection of orchard microirrigation system	(207)
7. 3	Water management for orchard microirrigation	(216)
8	Microirrigation for vegetables and flowers	(223)
8. 1	Planting characteristics of vegetables and flowers	(223)
8. 2	Selection of vegetable microirrigation system	(226)

8. 3 Water management for vegetable microirrigation	(238)
9 Microirrigation for solar energy greenhouse	(244)
9. 1 The structure of solar energy greenhouse	(244)
9. 2 Microirrigation system in solar energy greenhouse	(248)
9. 3 Water management in solar energy greenhouse	(253)
10 Microirrigation for shelter belts	(258)
10. 1 Planning features of shelter belts	(258)
10. 2 Microirrigation system in shelter belts	(259)
10. 3 Automatic control of microirrigation systems	(266)
11 Microirrigation using rain water	(272)
11. 1 introduction of rain water utilization	(272)
11. 2 Microirrigation using rain water	(279)
11. 3 Tendency of rain water harvesting for micro- irrigation in the 21 st century	(286)
APPENDIXES	(291)
A. Coefficient table of local head losses for Microirrigation pipe fittings	(291)
B. Equivalent length for local head losses for plastic pipe fittings	(292)
C. National standard for drinking water	(293)
D. National standard for irrigation water	(295)
REFERENCES	(297)

1.1 微灌系统的分类

微灌就是按照作物的需水要求,通过输水管道系统把灌溉水以及营养液从水源输送到灌水器,经过灌水器将水精确地、微量地、均匀地灌到作物根区的土壤表面或根区土层中。以满足作物正常生长的需要。

微灌的基本特点是,输水、灌水流量小,系统工作压力低,灌水精确而均匀,输水、灌水设备、管道尺寸小。根据微灌的不同特点,可将微灌系统按不同方式进行分类。

1.1.1 按灌水方式分类

微灌系统是各种微量灌溉系统的总称,一般说来,微灌系统包括滴灌(Drip Irrigation)、地下滴灌(Subsurface Drip Irrigation)、微喷灌(Micro-Spray or Micro Sprinkler Irrigation)等三类小流量管道输水灌溉系统。这些灌溉方法的共同特点是利用一系列管道系统,将灌溉水从水源输送到田间,准确而均匀地把灌溉水分配到作物根区周围的土壤表面或土壤层中供作物吸收利用。

滴灌就是滴水灌溉,是将大量的、集中的水源利用滴灌系统中的各级管道及滴头(也叫灌水器),将有压力的水流经过灌水器的消能,使水流缓慢地、精确地、一滴一滴地灌到作物根系的土壤表面,经过入渗和扩散,使作物根系比较发达区域的土壤经常性保持适宜的土壤湿度,并使土壤中的水、肥、气、热、微生物活动始终处于良好状态,为作物正常生长发育创造最有利的条件。滴灌法是微

灌系统中应用最为广泛,节水、增产效果最为显著的节水灌溉方法。

微灌系统中的地下滴灌或渗灌法与传统的地下渗水陶土瓦管渗灌不同,它是利用现代工业产品聚氯乙烯塑料(PVC)管或聚乙烯塑料(PE)软管,将水从水源通过管道输送到田间,再通过地下配水管和水渗透装置—渗头或灌水器,将水均匀渗入到作物根区的土壤中。由于通过渗头的渗透水量也是将管道中的压力水流经过渗头消能以后渗入土壤,所以微灌系统中的渗灌法与地面滴灌法相似,水缓慢地渗透到作物根系比较发达的区域,在一定时期内作物根系层的土壤水分保持最佳状态。地下滴灌法与地面滴灌相比,由于灌水管道埋入地下,克服了地面管道在太阳辐射作用下容易老化的问题,并防止灌水管道的损坏和丢失,同时有利于田间作业,便于管理。

微喷灌就是工作压力、喷洒半径和喷洒水量都比较小的喷灌,它是利用各种微型喷头,如折射式喷头、旋转式喷头或辐射式喷头,将管道输送来的压力水流喷洒在作物的叶片或作物根区的土壤表面,管道系统与滴灌相似,但有时需要将微喷头用支架支起来,以便将水喷洒在需要喷洒的作物部位。微喷灌既可以喷灌增加土壤水分又可以提高空气湿度,起到调节田间小气候的作用,很适合于对土壤水分和空气湿度均有要求的作物灌溉。

1.1.2 按灌水湿润方式分类

微灌系统与地面灌溉系统和喷灌系统的基本区别就是灌水量微小。由于在一定面积上的灌水量小,田间灌水以后所湿润的面积也与地面灌和喷灌不同。根据作物根系周围灌水所湿润的范围,可将微灌系统分为局部灌溉和非局部灌溉。

局部灌溉就是灌溉水湿润局部地表或局部根系层土壤的灌溉方式。大部分滴灌、地下滴灌就是这种局部灌溉。在局部灌溉中,有点源湿润的局部灌溉和线源湿润的局部灌溉。

点源湿润,就是在田间向作物灌水时,以逐点或逐个作物供水,湿润区域以滴水点为中心向周围扩散,形成以滴水点为中心的湿润圆,湿润圆之间不搭接不交叉。点源湿润的局部灌溉主要用于株、行距比较大的作物,例如,果树、盆栽花卉等。

线源湿润,就是在田间向作物灌水时,供水点间隔很小以至点湿润区域沿灌水管(毛管)长度方向相互搭接、交叉,沿支管方向由于灌水管间距较大,两条灌水管道的湿润区域不搭接,最后形成线形带状的湿润区域。线源湿润的局部灌溉主要用于行播作物,如棉花、蔬菜等。滴灌带、渗灌带就是这种线性带状湿润的微灌灌水管。

非局部灌溉就是灌水湿润整个地表的灌溉。喷灌、地面灌溉就是全面灌溉。微灌系统中微喷灌有时是全面灌溉,有时是局部灌溉,这主要取决于作物布局和作物种植方式,也与所选用的喷头类型和喷头的喷洒射程有关。

所以,微灌系统中的地面滴灌、地下滴灌一般来说属于局部灌溉,微喷灌介于两者之间。

1.1.3 按加压方式分类

根据微灌系统的加压方式和压力调节方式,可分为三类微灌系统:

◆ 自压微灌系统

在山丘地区,如果水源位置比灌溉地面高,就有可能利用高位水源所形成的压力作为微灌系统的工作压力,建设自压微灌系统。一般如果水源位置高出灌溉地面 10 米左右,就有可能利用地形高差形成的自然压力,使微灌系统获得所需的工作压力进行自压微灌。这类微灌系统不需要配备加压水泵,不用电不用油,建设投资小,运行成本低。只要地形具备自然压力的条件,水高地低,首先应当发展这类微灌系统。自压微灌系统建设中的主要技术问题在于合理进行压力分区,合理布置管道和管径的优化。如果地形高差较

大,如 50 米以上,就有必要在管道系统的适当部位配置一定的减压措施,以防压力不均衡造成灌水不均匀,同时减小高压对管道系统的破坏。

◆人工自压微灌系统

人工自压微灌系统也可以称高位水池加压、高位水箱、水塔加压的微灌系统。在许多情况下,灌溉水源位置都比较低,而要灌溉的土地高于水源,这种情况可在灌溉地面附近有高差足够的自然高地上修建高位蓄水池,如果没有自然高地,可修建水塔或高位水箱向微灌系统加压。这种人工自压微灌系统需另设泵站系统向高位水池或水箱供水,经水池储存、调节,再引下来实现自压微灌。这种形式一般来说建设投资比较大,因为它有从水源到水池和从水池到灌水器两套压力管道。但是,当电源供应不稳定、水源水量不充足、灌溉作物种类及用水单位较多时,采用这种方式将使微灌系统的运行管理更为机动灵活,用户使用更为方便。如果水源与高位水池的高差很大,即水源泵站的扬程很高,则电动机的功率较大,同时如果微灌的作物种类多,用水量各时段不一致,若直接用水源泵加压,水泵出流量变化较大,不利于电机的高效运行和安全保护。所以,在土地位置高而水源位置低的地形条件和其他条件限制的情况下,应当采用这种微灌系统。

◆机泵加压微灌系统

机泵加压微灌系统就是微灌系统所需要的压力直接由机泵提供。这种形式适应平原地带和山区坡地。它的主要特点是由机泵直接加压,在压力水管上直接连接微灌系统的过滤器、干管、支管、毛管及灌水器,开机就可以微灌。相对来说这种系统建设费用低,是比较简单的一类微灌系统,但也是国内应用较多的微灌系统。它的应用特点是一般适应于灌溉面积比较小,灌溉作物比较单一,灌溉土地比较集中的情况。

1.1.4 按设备的可移动方式分类

根据微灌管道的移动方式,可把微灌系统分为以下几类:

◆地面固定式微灌系统

微灌系统中的所有设备,包括机泵、首部控制系统、各级管道系统以及灌水器等在整个使用期内都固定在地面不移动的系统称为地面固定式微灌系统。这种系统主要用于株行距比较大的果园微灌,也用于行播作物的微灌。地面固定式微灌系统一般采用滴头式灌水器或滴灌带,也可以使用微喷头。这种系统的优点是安装简单,拆卸、清洗灌水器方便,也便于检查灌水器的出流量变化和土壤湿润情况,运行管理方便,使用省时省工,灌水效率高。缺点是灌水管道路及灌水器均铺设在地面,易于损坏和老化,并影响田间管理的各种作业。

◆地下固定式微灌系统

近年来随着微灌技术的不断发展,微灌灌水器的堵塞问题减少,因而出现了将微灌管道全部埋入地下的地下固定式微灌系统。与地面固定式微灌系统相比,地下固定式微灌系统的首部枢纽仍在地面,但它免除了毛管在田间作物种植和收获时的安装、拆卸工作,不影响田间管理的各种操作,延长了使用寿命。但是灌水器的出流量变化不易检查,灌水器堵塞后的修复、更换比较麻烦。

◆半固定式微灌系统

这种系统的干管、支管一般说来是埋入地下固定不动的,移动部分包括地上毛管和部分支管。毛管主要在作物的行间进行。这种方式主要用在全年灌溉完成后,拆卸地面上的管道,卷起放回室内保存,地下部分不变。或在灌水时期内,人工移动毛管在作物行间进行灌溉。

◆移动式微灌系统

在灌水期间,毛管、灌水器或整个系统由一个灌水位置灌水完成后移动到另一位置进行灌水的系统叫移动式微灌系统。根据毛管、灌水器或整个系统的移动方式不同又分为人工移动和机械移

动两种。人工移动一般只是小型的微灌或仅移动灌水毛管；机械移动可平行拖移灌水毛管或机械移动灌水器。按作物种植行移动，按行轮灌；按作物种植区移动，实行按小区轮灌。移动式微灌系统与固定式微灌系统相比，设备投资较小，但管理费工，设备容易损坏。

◆脉冲式微灌系统

脉冲式微灌系统也叫间歇式微灌。其工作原理是微灌系统每隔一定时间产生一次脉冲水流，使灌水器的流量较大，因而灌水器的出流孔口也较大，这样一来就减少了孔口堵塞问题。脉冲式微灌系统与一般微灌系统的区别在于灌水器的性能。

1.2 微灌系统的组成

一个微灌系统通常由水源工程、首部枢纽、输配水管网和灌水器四大部分组成。主要包括：水源，加压水泵，过滤器，施肥罐，计量水表，进、排气阀，输水干、支、毛管及管件，控制闸阀，灌水器，冲洗、放空闸阀等。一个典型的微灌系统见图 1—1、图 1—2。

1.2.1 水源工程

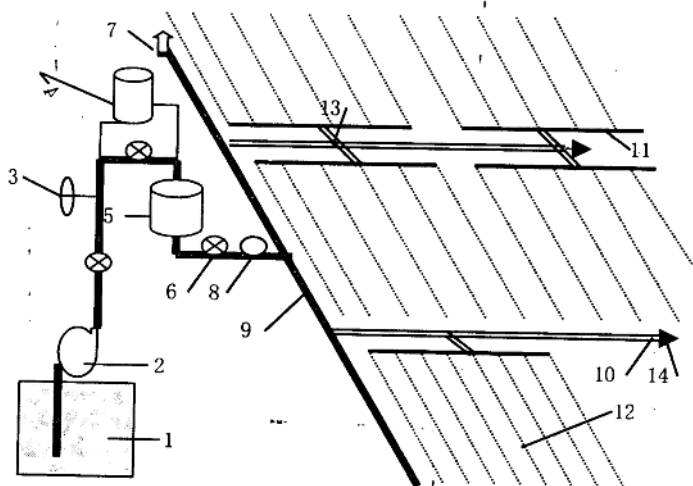
只要符合灌溉水质标准的水源，均可作为微灌水源，有时甚至达不到水质标准的微咸水也可作为微灌的水源。河流、湖泊、塘坝、沟渠、井、泉、雨水集蓄等水源，只要水质基本符合微灌的要求，都可作为微灌水源。水源工程包括引水、蓄水、集雨、提水工程和与之相配套的动力装置，如引水渠、蓄水池、泵站、高位水池、机井等。动力装置有电动机及输、配电设备，柴油机，汽油机，甚至手动加压泵等。有些情况下还包括水源的初级净化工程，如泥沙沉淀池、杂质过滤等。

1.2.2 首部枢纽

微灌系统的首部枢纽一般由水泵及动力机、控制闸阀、水质净化装置、液体肥料注入装置、量测和保护装置等设备组成。

水泵根据微灌系统的流量和压力要求选配。由于微灌系统流量小,要求的压力低,因此水泵也比较小,相应动力系统的功率也较小。

控制闸阀包括水泵出水闸阀、逆止阀、底阀,如果采用自动控制,还应装电磁阀。



- 1—水源水池;2—水泵、电机;3—压力表;4—施肥罐;5—过滤器;
6—总控制闸阀;7—自动排气阀;8—计量水表;9—干管;10—支管;
11—配水管;12—毛管/灌水器;13—单元控制闸阀;14—冲洗排污阀

图 1-1 有配水管的微灌系统组成示意图

水质净化装置主要有砂石过滤器、筛网过滤器、螺旋流除砂装置等。如果水质较清,一般采用砂石过滤器或筛网过滤器;如果水质浑浊度较大,要采用两级过滤,即砂石过滤器和筛网过滤器联合运用;如果水源含有粗颗粒泥沙,可采用螺旋流除砂装置。