



优质高等职业院校建设项目校企联合开发教材

喷灌与微灌 系统及设备

Penguan yu Weiguan
Xitong ji Shebei

张强 吴玉秀 主编



中国农业大学出版社

CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

优质高等职业院校建设项目校企联合开发教材

喷灌与微灌系统及设备

张 强 吴玉秀 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本教材在编写的过程中紧紧围绕“以市场需求为导向,以职业技能为核心”的理念。根据这些年喷灌、微灌设备发展推广应用情况,就我们常用的喷灌、微灌系统及设备分类及概念、特点、工作原理、技术参数、应用范围等进行论述。该教材共分为5章,内容包括概述、水源工程及首部枢纽、微灌系统管网及灌水器、喷灌系统管网及灌水器、微灌自动控制系统。

本教材主要用于农业职业院校水利工程专业学生与教师,也是自治区大学生村官与新型农民培训和节水技术人员培训用书之一,也可为工程规划设计人员提供参考。此教材既可满足培养节水灌溉职业技术人才的需求,也可以提高基层水利单位人员管理素质,对发展高效节水灌溉工程起到积极的推动作用。

图书在版编目(CIP)数据

喷灌与微灌系统及设备/张强,吴玉秀主编. —北京:中国农业大学出版社,2016.12
ISBN 978-7-5655-1740-2

I. ①喷… II. ①张…②吴… III. ①喷灌 ②微灌 IV. ①S275.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 282752 号

书 名 喷灌与微灌系统及设备

作 者 张 强 吴玉秀 主编

策划编辑 姚慧敏

封面设计 郑 川

出版发行 中国农业大学出版社

社 址 北京市海淀区圆明园西路2号

电 话 发行部 010-62818525,8625

编辑部 010-62732617,2618

网 址 <http://www.cau.edu.cn/caup>

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

版 次 2016年12月第1版 2016年12月第1次印刷

规 格 787×1 092 16开本 8.75印张 215千字

定 价 20.00元

责任编辑 姚慧敏

责任校对 王晓凤

邮政编码 100193

读者服务部 010-62732336

出 版 部 010-62733440

E-mail cbsszs @ cau.edu.cn

图书如有质量问题本社发行部负责调换

编 委 会

主 任 李玉鸿 陈 林

副主任 王海波 张 强

编 委 杨金麒 张双侠 杨万森 陈 俊
林 萍 杨晓军 李宝珠 薛世柱

编写人员

主 编 张 强 吴玉秀

副主编 苟陕妮 杨晓军 李 文

参 编 (按姓氏音序排列)

白安龙 宋艳军 郑梅锋

前 言

我国是一个水资源严重短缺的国家,农业用水量大,农业用水量约占经济社会用水总量的 60%以上,部分地区高达 90%以上,农业用水效率不高,节水潜力很大。因此发展节水农业,采用先进的节水灌溉技术,扩大节水灌溉面积,提高灌溉保证率,是促进水资源可持续利用、保障国家粮食安全、加快转变经济发展方式的重要举措。

30 多年来,在喷灌、微灌技术科学研究和推广中,我国科学技术工作者在学习国外技术的基础上,在实践中创新,研究开发了大量的喷灌、微灌节水灌溉技术、设备和新产品,这些设备及技术应用到大田经济作物、粮食作物、林果及花卉、设施农业等。截至 2013 年底,我国农田有效灌溉面积为 9.52 亿亩,其中,节水灌溉工程面积约占有效灌溉面积的 43%,喷灌、微灌面积仅占有效灌溉面积的 11%,和国外一些发达国家相比,灌溉比例差距较大,因此需要加大力度普及节水灌溉技术,让更多人了解、学习及掌握喷灌与微灌设备应用及技术,更好地促进节水事业发展,大力发展节水灌溉技术不但可以解决我国水资源供需矛盾,提高灌溉水利用率,还可以促进农业优质、高效、高产发展。

为了推广和普及节水灌溉技术,特邀请高等院校、科研单位、管理部门及生产企业的有关专家来新疆农业职业技术学院讲课,并编写教材。由于近年来节水灌溉技术设备发展迅速,有待于进一步研究的内容很多,书中的不足和错误之处,恳切希望读者给予批评指正,再次感谢参与编写的各位专家领导和参与编写、审稿的同志,感谢你们的辛勤付出!

编 者

2016.10

目 录

第一章 概述	1
第一节 绪论	1
第二节 喷灌系统的组成及分类	2
一、喷灌的概念和特点	2
二、喷灌系统的组成	2
三、喷灌系统的分类	3
第三节 微灌系统的组成及分类	5
一、微灌的概念和特点	5
二、微灌系统的组成	5
三、微灌系统的分类	5
第四节 喷灌与微灌设备	8
一、喷灌与微灌设备的种类	8
二、喷灌与微灌设备的应用现状	10
三、喷灌与微灌设备的研发趋势	13
第二章 水源工程及首部枢纽	21
第一节 水源工程	21
一、沉淀池	21
二、高位重力供水	23
第二节 水泵及变频调速恒压系统	24
一、水泵及其动力机	24
二、潜水泵	25
三、离心泵	25
四、管道泵	27
五、变频调速恒压供水系统	27
第三节 过滤设备	28
一、过滤设备的特性和分类	28
二、旋流水砂分离器(离心过滤器)	29
三、砂石过滤器	30
四、筛网过滤器	31
五、叠片(式)过滤器	32
第四节 施肥(施药)装置	34
一、压差式施肥装置	34

二、文丘里注入器	35
三、注射泵(计量泵)	35
四、射流泵	37
五、敞口式施肥箱	38
第五节 控制、测量与保护装置	38
一、控制装置	38
二、测量装置	43
三、安全保护装置	45
第三章 微灌系统管网及灌水器	47
第一节 微灌用管道与连接件	47
一、微灌用管道与连接件的要求	47
二、微灌管道的种类	48
三、微灌管道连接件的种类	52
四、流量与压力调节装置	56
第二节 滴灌灌水器的要求及种类	57
一、滴灌灌水器的要求	57
二、滴灌灌水器的种类	58
第三节 涌泉灌的特点及材料设备	60
一、涌泉灌的特点	60
二、涌泉灌材料设备	60
第四节 渗灌的类型及渗灌管的技术参数	61
一、渗灌的概念与类型	61
二、渗灌管的技术参数	62
第五节 微喷头的种类及喷头组成	62
一、微喷头的种类	62
二、微喷头组成	64
第六节 微喷带种类及配件	65
一、微喷带的种类	65
二、微喷带的配件	67
第四章 喷灌系统管网及灌水器	68
第一节 喷灌用管道与连接件	68
一、喷灌用管道与连接件的要求	68
二、喷灌管道的种类	68
三、喷灌管道连接件的种类	71
第二节 喷头的种类及性能	74
一、喷头的种类	74
二、喷头的性能	79
第三节 喷灌机	80
一、喷灌机的种类	80

二、定喷式喷灌机	80
三、行喷式喷灌机	84
第五章 微灌自动控制系统	90
第一节 微灌自动控制系统类型	90
一、半自动控制系统	90
二、全自动控制系统	91
第二节 微灌自动控制系统构成	91
一、中央控制系统	92
二、控制器	92
三、电磁阀	92
四、田间信息采集或监测设备	92
五、通信系统和电源	92
第三节 自动化控制设备	92
一、中央控制系统	92
二、控制器	93
三、电磁阀	94
四、田间信息采集系统	96
第四节 变频调节装置	97
一、变频器的主要作用	97
二、变频器分类	97
三、交-直-交变频器	98
附录	100
附录一 QJ 型潜水泵主要技术参数	100
附录二 单级单吸卧式离心泵主要技术参数	111
附录三 其他规格参数	125
参考文献	130

第一章 概 述

第一节 绪 论

水是人类生存和发展不可替代的资源,是实现经济社会可持续发展的基础。我国是一个严重缺水的国家,虽然水资源总量较多,但由于我国是一个人口大国,所以人均水资源占有率极低,淡水资源只占世界总量的 8%,缺水在我国是一个普遍存在的现象,且呈不断加剧的趋势。随着人口的增长和经济的快速发展,我国水资源短缺矛盾更加突出,水的供需矛盾不断加剧,而且我国水资源在地区之间的分布不均,从而导致我国在水资源的开发利用上存在着较大的难度。区域经济快速发展,其用水量超过了其水资源可利用总量的承载能力,为保障实际用水的需求,人类不得不超量对地下水进行开采,从而导致地下水位下降严重,而且导致一些地区地面沉降及一系列环境问题的发生。

中国水资源总量少于巴西、俄罗斯、加拿大、美国和印度尼西亚,居世界第 6 位。若按人均水资源占有量这一指标来衡量,则仅占世界平均水平的 1/4,排名在第 110 名之后。缺水状况在中国普遍存在,而且有不断加剧的趋势。全国大约 670 个城市中,1/2 以上存在着不同程度的缺水现象,其中,严重缺水的有 110 多个。

中国水资源总量虽然较多,但人均量并不丰富。水资源的特点是地区分布不均,水土资源组合不平衡;年内分配集中,年际变化大;连丰连枯年份比较突出;河流的泥沙淤积严重。这些特点造成了中国容易发生水旱灾害,水的供需产生矛盾,这也决定了中国对水资源的开发利用、江河整治的任务十分艰巨。

自 1952 年 10 月 30 日毛泽东主席提出“南方水多,北方水少,如有可能,借点水来也是可以的”的设想以来,在党中央、国务院领导的关怀下,广大科技工作者做了大量的野外勘查和测量,在分析比较 50 多种方案的基础上,形成了南水北调东线、中线和西线调水的基本方案,并取得了一大批富有价值的成果。

南水北调总体规划推荐东线、中线和西线三条调水线路。通过三条调水线路与长江、黄河、淮河和海河四大江河的联系,构成以“四横三纵”为主体的总体布局,以利于实现中国水资源南北调配、东西互济的合理配置格局,已创造了 6 个世界之最。南水北调工程目的是促进中国南北经济、社会与人口、资源、环境的协调发展。西线工程截至目前,还没有开工建设。规划的东线、中线和西线到 2050 年调水总规模为 448 亿 m^3 ,其中东线 148 亿 m^3 ,中线 130 亿 m^3 ,西线 170 亿 m^3 。整个工程将根据实际情况分期实施,供水面积 145 万 km^2 ,受益人口 4.38 亿人。

我国是一个农业大国,耕地面积较多,这些耕地是我国粮食的主要来源,所以农业用水

需求量较大,但在许多农村,仍沿用传统的地面灌水技术,存在着水渠渗漏的情况,导致灌溉水的利用率极低,造成水资源的严重浪费。从东南到西北几乎所有耕地的绝大多数作物都需要不同程度的灌溉。灌溉是弥补自然降水在数量上的不足与时空上的不均、保证适时适量地满足草坪生长所需水分的重要措施。目前,灌溉面积仅占全国耕地面积的42%,干旱缺水限制了灌溉,也限制了农业和农村的发展。

干旱缺水的基本国情决定了我国农业必须走节水的道路。由于灌溉技术和管理水平落后、灌溉设施老化失修等原因,目前我国灌溉水的利用率仅为40%左右,比发达国家低25~30个百分点;吨粮耗水 $1\,330\text{ m}^3$,比发达国家高 $300\sim 400\text{ m}^3$ 。因此,我国农业节水灌溉发展潜力很大。节水灌溉是提高灌溉水利用率的有效措施,也是农业持续发展的重要内涵。

节水灌溉是指用尽可能少的水投入,取得尽可能多的农作物产量的一种灌溉模式。它是技术进步的产物,也是现代化农业的重要内涵。其核心是在有限的水资源条件下,通过采用先进的水利工程技术、适宜的农作物栽培技术和用水管理等综合技术措施,充分提高灌溉水的利用率 and 水分生产率。节水灌溉体系包括工程技术、农艺技术以及与这些技术相关的节水新材料、新设备等。在21世纪,节水灌溉的实施对实现我国水资源可持续利用保障我国经济社会可持续发展具有十分重要的意义。

本教材主要介绍喷灌与微灌系统及设备。

第二节 喷灌系统的组成及分类

一、喷灌的概念和特点

(一)喷灌的概念

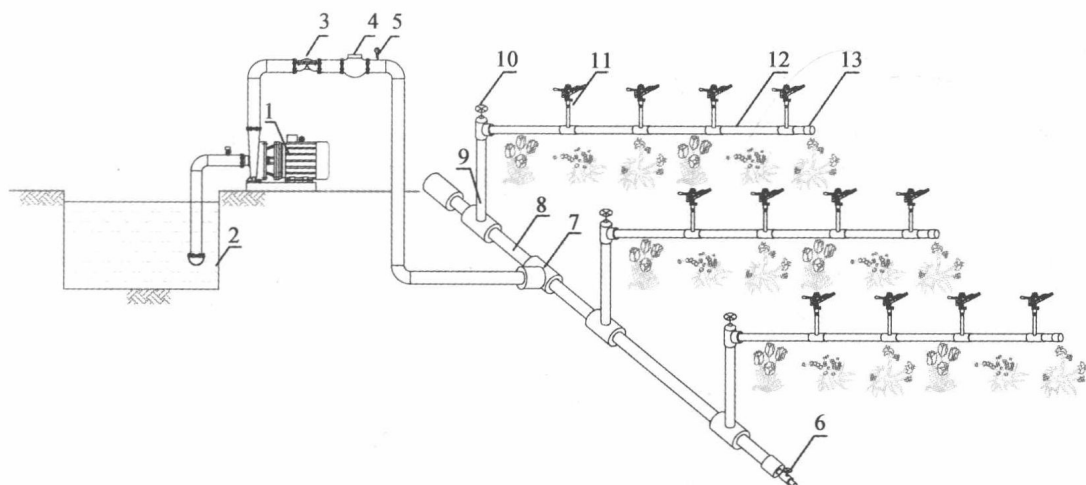
喷灌是喷洒灌溉的简称,是利用水泵加压或自然落差将水通过压力管道输送到田间,经喷头喷射到空中,形成细小的水滴,均匀喷洒在农田上,为作物正常生长提供必要的水分条件的一种先进灌水方式。

(二)喷灌的特点

喷灌采用压力管道输送水灌溉,与传统地面灌溉相比,可以有效减少输水渗漏,提高输水效率;喷灌的田间灌溉采用喷头喷洒完成,一般不会产生径流和深层渗漏,田间水利用系数高;喷灌在喷洒过程中可形成一个相对湿润的田间小气候;喷灌系统容易实现自动化,可有效降低人工的劳动强度。

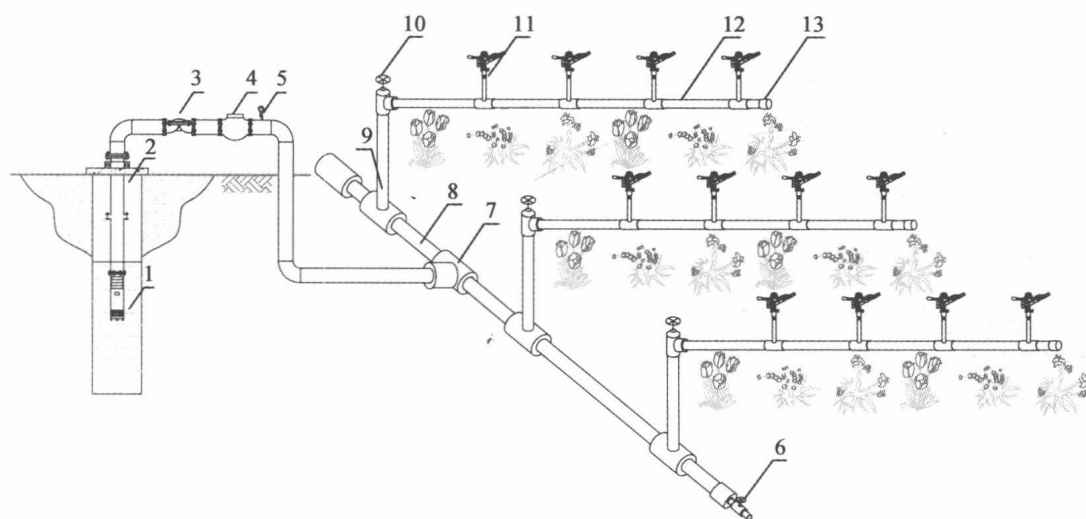
二、喷灌系统的组成

喷灌系统是指从水源取水到田间喷洒灌水整个工程设施的总称。喷灌系统由水源工程、水泵与动力机、管道系统、喷头及附属设备和附属工程组成,在有条件的地区,喷灌系统还设有自动控制设备。图1-1是一种简单的取自地表水喷灌系统组成示意图,图1-2是一种简单的取自地下水喷灌系统组成示意图。



1. 动力及加压设备 2. 地表水水源 3. 逆止阀 4. 水表 5. 压力表 6. 排水阀 7. 地下管网连接管件
8. 地下管网 9. 出水栓 10. 取水阀 11. 喷头及连接件 12. 喷灌用地面管 13. 管堵

图 1-1 地表水喷灌系统组成示意图



1. 动力及加压设备 2. 地下水水源 3. 逆止阀 4. 水表 5. 压力表 6. 排水阀 7. 地下管网连接管件
8. 地下管网 9. 出水栓 10. 取水阀 11. 喷头及连接件 12. 喷灌用地面管 13. 管堵

图 1-2 地下水喷灌系统组成示意图

三、喷灌系统的分类

喷灌系统有多种类型,按水流获得的压力方式可分为机压式、自压式和提水蓄能式喷灌系统;按喷灌设备的形式可分为管道式和机组式喷灌系统;按喷洒方式可分为定喷式和行喷式喷灌系统。

中国一般将喷灌系统划分为移动式、固定式和半固定式三种类型。移动式喷灌系统从田间渠道、井、塘直接吸水,其动力、水泵、管道和喷头全部可以移动,这种系统的机械设备利用率高,应用最为广泛。如 20 世纪 60 年代以前,苏联等国采用较多的双悬臂式喷灌机,它是一种由拖拉机拖带的单喷头远射程喷灌机;70 年代以后,美、苏等国采用的配带动力水泵的时针式喷灌机和平移式喷灌机,中国采用的小型喷灌机组是由多级管道组成的全移动管道式喷灌机组和有动力水泵配套的绞盘式喷灌机等。固定式喷灌系统动力、水泵固定,输(配)水干管(分干管)及工作支管均埋入地下。喷头可常年安装在与支管连接伸出地面的竖管上,也可按轮灌顺序轮换安装使用。这种形式虽然运行管理方便,并便于实现自动控制,但因设备利用率低,投资大,竖管妨碍机耕,世界各国发展面积都不多。一般只用于灌水次数频繁、经济价值高的蔬菜和经济作物的灌溉。半固定式喷灌系统动力、水泵固定,输(配)水干管(分干管)埋入地下,工作支管和喷头可以移动,由连接在干管(分干管)伸出地面的给水栓向支管供水。移动支管可以采用人工移动,也可以用机械移动。滚移式、端拖式、不带动力水泵的时针式(图 1-3)、平移式(图 1-4)、绞盘式(图 1-5)等,是世界各国采用较多的几种机械移管方式。由于半固定式喷灌系统设备利用率较高,运行管理比较方便,故为世界各国广泛采用。

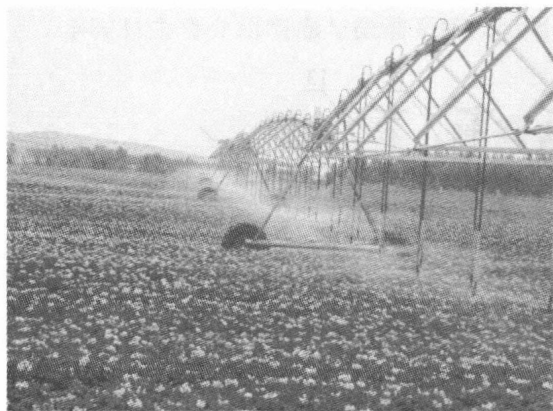


图 1-3 时针式喷灌系统

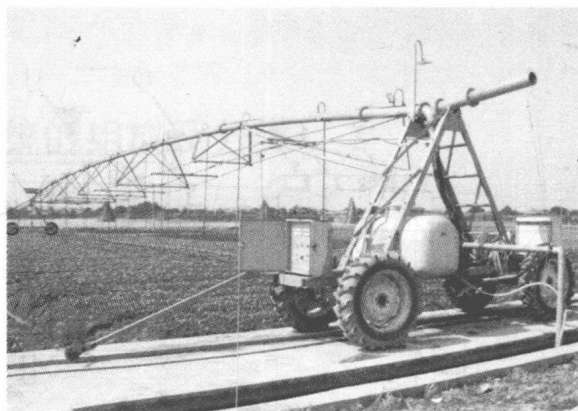


图 1-4 平移式喷灌系统

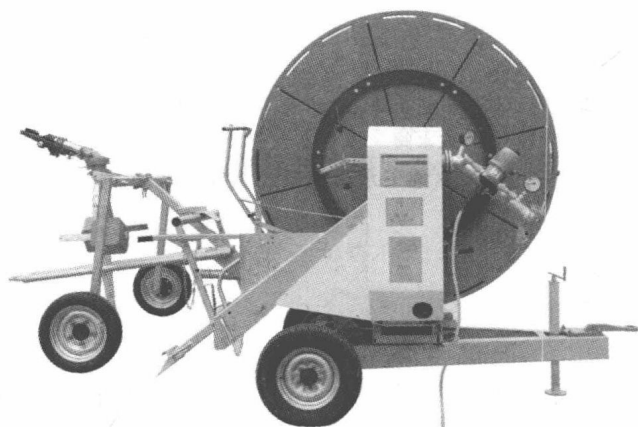


图 1-5 绞盘式喷灌系统

第三节 微灌系统的组成及分类

一、微灌的概念和特点

(一)微灌的概念

微灌是根据作物需水要求,通过低压管道系统与安装在末级管道上的灌水器(滴头、微喷头、渗灌管和微管等),将作物生长所需的水分和养分以较小的流量均匀、准确地直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中的灌水方式,使作物根部的土壤经常保持在最佳水、肥、气、最适宜的温度状态的灌水方法,包括滴灌、微喷灌和涌泉灌等。

(二)微灌的特点

微灌与喷灌相比,它属于局部灌溉,灌水流量小,一次灌水延续时间长、周期短,需要的工作压力低,把水和养分直接输送到作物根部附近的土壤中,满足作物生长发育之需要,具有省水节能、灌水均匀、适应性强、操作方便等优点。微灌是一些水资源贫乏的地区和发达国家非常重视的一项灌水技术。微灌系统已普遍推广应用自动化,并已研发出相应的成套设备,极大地降低了人工的劳动强度。

二、微灌系统的组成

微灌是利用微灌设备组装成微灌系统,将有压水输送分配到田间,通过微灌灌水器以微小的流量湿润作物根部附近土壤的一种局部灌水技术。典型的微灌系统通常由水源、首部枢纽、输配水管网和灌水器 4 部分组成。

水源:江河、渠道、湖泊、水库、井、泉等均可作为微灌水源,但其水质需符合微灌要求。

首部枢纽:包括水泵、动力机、肥料和化学药品注入设备、过滤设备、控制器、控制阀、进排气阀、压力流量量测仪表等。

输配水管网:输配水管网的作用是将首部枢纽处理过的水按照要求输送分配到每个灌水单元和灌水器,输配水管网包括干、支管和毛管三级管道。毛管是微灌系统的最末一级管道,其上安装或连接灌水器。

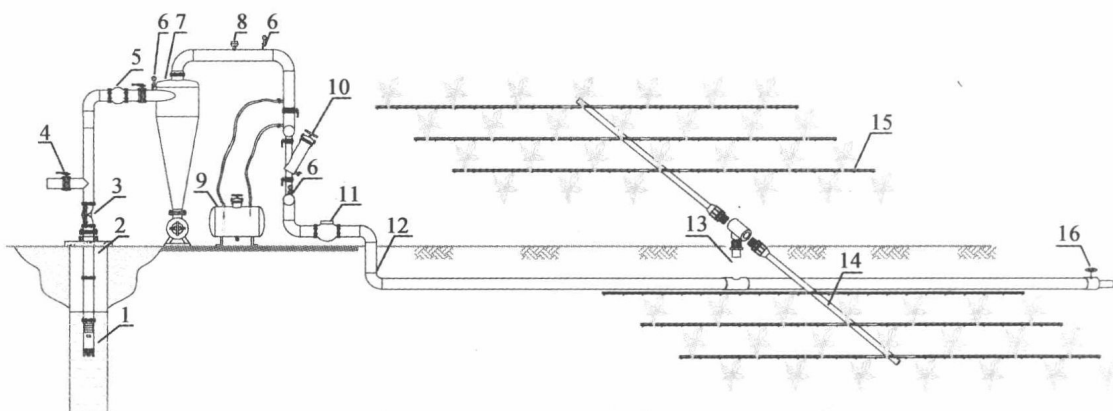
灌水器:灌水器是直接施水的设备,其作用是消减压力,将水流变为水滴、细流或喷洒状施入土壤。

图 1-6 是一种简单的取自地下水微灌系统组成示意图,图 1-7 是一种简单的取自地表水微灌系统组成示意图。

三、微灌系统的分类

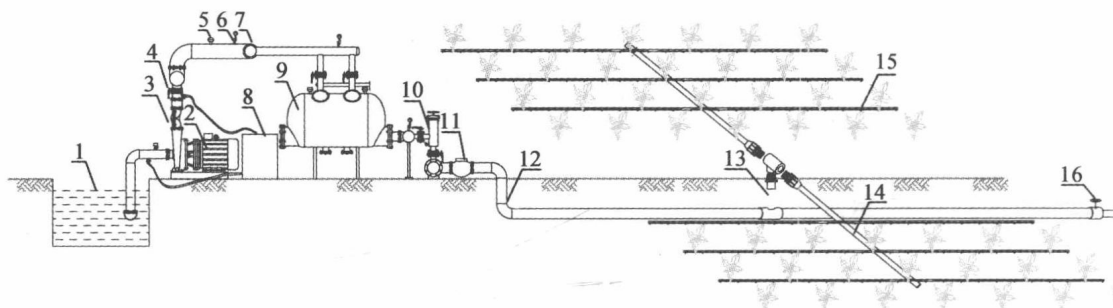
根据组成微灌系统的灌水器和水流出水方式的不同,微灌分为以下 4 种类型:

滴灌,是通过末级管道(称为毛管)上的灌水器,即滴头,将一定压力的水消能后以间



1. 动力及加压设备 2. 地下水水源 3. 逆止阀 4. 控制阀 5. 软连接 6. 压力表
7. 离心式过滤器 8. 排气阀 9. 施肥罐 10. 网式过滤器 11. 计量表 12. 地下
管道及连接件 13. 出水栓 14. 地面管 15. 毛管与滴头 16. 排水阀

图 1-6 地下水微灌系统组成示意图



1. 动力及加压设备 2. 地表水水源 3. 逆止阀 4. 控制阀 5. 排气阀 6. 压力表
7. 连接管 8. 施肥箱 9. 砂石罐 10. 网式过滤器 11. 计量表 12. 地下管道
及连接件 13. 出水栓 14. 地面管 15. 毛管与滴头 16. 排水阀

图 1-7 地表水微灌系统组成示意图

断或连续的水流形式灌到作物根区附近土壤表面的灌水形式,见图 1-8,使用中可以将毛管或灌水器放在地面上,也可以埋入地下适宜深度,前者称为地表滴灌,后者称为地下滴灌。

渗灌,微灌系统尾部灌水器为一根特制的毛管埋入田间地下一定深度,低压水通过渗水毛管管壁的毛细孔以渗流的形式湿润其周围土壤,水直接施到地表下的作物根区,其流量与地表滴灌相接近,可有效减少地表蒸发,是目前最为节水的一种灌水形式,见图 1-9。

微喷灌,是利用直接安装在毛管上或与毛管连接的灌水器,即微喷头,将压力水以细小的水雾喷洒状喷洒在作物叶面或根区附近土壤表面的一种灌水形式,简称微喷。微喷灌还具有提高空气湿度,调节田间小气候的作用。但在某些情况下,例如草坪微喷灌,属于全面积灌溉,严格来讲,它不完全属于局部灌溉的范畴,而是一种小流量灌溉技术,见图 1-10 微喷带、图 1-11 微喷头示意图。

涌泉灌,涌泉灌是利用直径 4 mm 的小塑料管作为灌水器,即涌水器,将管道中的压力

水通过灌水器,以小股水流或以细流状的形式局部湿润到土壤表面的一种灌水形式。这种灌溉技术抗堵塞性能比滴灌、微喷灌高,通常用它灌溉果树,国内称这种微灌技术为小管出流灌溉,见图 1-12。

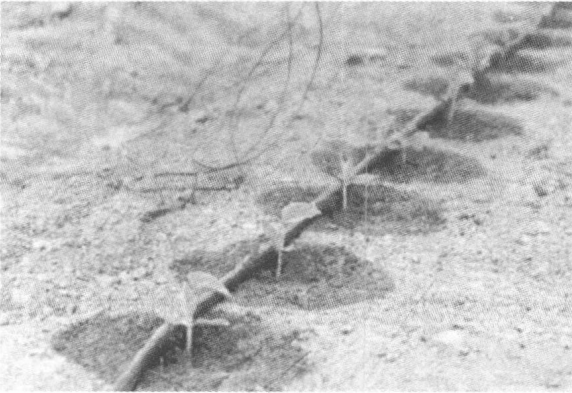


图 1-8 滴灌示意图



图 1-9 渗灌示意图

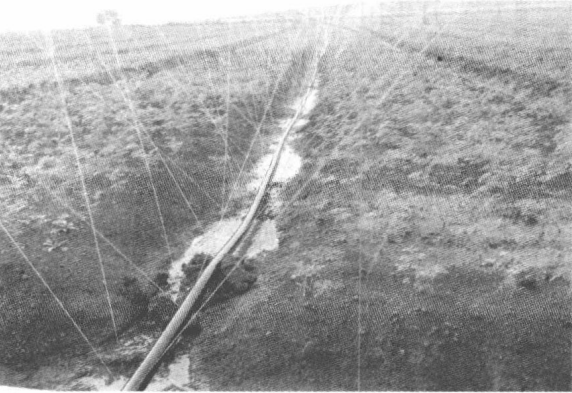


图 1-10 微喷带效果示意图



图 1-11 微喷头效果示意图



图 1-12 涌泉灌效果示意图

第四节 喷灌与微灌设备

一、喷灌与微灌设备的种类

(一) 喷灌的主要设备

1. 喷头

喷头是喷灌系统的主要组成部分,它的作用是把有压水流喷射到空中,散成细小的水滴后均匀地散落在它所控制的灌溉面积上。因此,喷头结构形式及其制造质量的好坏直接影响到喷灌质量。

2. 管道及附件

(1) 管道

管道是喷灌系统的主要组成部分,按其使用条件可分为固定管道和移动管道两类。

(2) 附件

管道附件是指管道系统中的控制件和连接件,是管道系统不可缺少的配件。

(二) 微灌的主要设备

1. 灌水器

灌水器的作用是把末级管道(毛管)的压力水流均匀而又稳定地灌到作物根区附近的土壤中,灌水器质量的好坏直接影响到微灌系统的寿命及灌水质量的高低。灌水器种类繁多,各有其特点,适用条件也各有差异。按结构和出流形式不同灌水器主要有滴头、滴灌带、微喷头、涌水器、渗灌管(带)5类。

2. 过滤设备

微灌系统通过灌水器来调节流量,灌水器的流道直径均很小,极易被灌溉水中的物理和化学杂质堵塞,因此,在微灌系统中必须配置适宜的过滤设备,常见微灌系统过滤设备根据水质条件有两级或三级过滤,以地下水为灌溉水常采用旋流离心分离器+网式(叠片)过滤器两级组合,如图 1-13 所示,以地表水为灌溉水,首先将水中含沙量超过 200 mg/L 或水中含有氧化铁修建沉沙池进行水质处理,常采用砂石过滤器+网式(叠片)过滤器两级组合,如图 1-14 所示,对于含沙量较大的灌溉水,除了进行沉淀池处理,还需要三级过滤:旋流离心分离器+砂石过滤器+网式(叠片)组合,如图 1-15 所示,随着滴灌技术的不断发展、改进与创新,研制适合中国国情灌溉水质标准的过滤器,如叠片过滤器组合如图 1-16 所示、自动反冲洗砂石过滤器如图 1-17 所示、自清洗网式过滤器如图 1-18 和泵前渗透微滤机如图 1-19 所示,近年来,泵前渗透微滤机因其对含有较多杂物的水质有很好的过滤效果,在地表水滴灌灌溉系统上应用也较多。

3. 管道及附件

(1) 常用管道

微灌系统大量使用塑料管,主要有聚氯乙烯(PVC)、聚丙烯(PP)和聚乙烯(PE)管,在首部枢纽连接也使用一些镀锌焊接钢管。