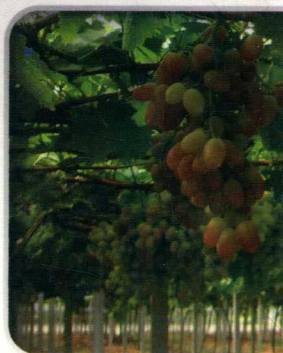


经济作物

设施栽培节水灌溉

实用手册

主 编 童正仙



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

经济作物

设施栽培节水灌溉

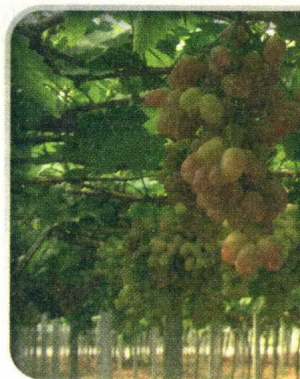
实用手册

主 编 童正仙

副主编 奕永庆 张 雅

卢 成 陆寿忠

主 审 蒋 屏



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内容提要

本书针对现代农业快速发展及微灌在设施农业中的应用效果，以设施农业中发展前景较好的葡萄、草莓、西瓜、甜瓜、番茄、茄子、辣椒等7种主要经济作物为对象，通过微灌设备器材的分析对比、经济作物栽培的观测试验，将理论与实践相结合、农业技术和水利技术相结合、物化技术和活化技术相结合，提出了典型作物在设施栽培环境下的节水灌溉模式和先进实用技术，旨在提高微灌技术在设施栽培中的应用水平，推进现代农业和现代水利快速发展。

本书可供广大葡萄、草莓、西瓜、甜瓜、茄果类蔬菜等设施农业栽培者和基层农业及水利技术人员使用；也可供设施农业技术、园艺类、水利类相关专业学生、教师参考。

图书在版编目（CIP）数据

经济作物设施栽培节水灌溉实用手册 / 童正仙主编

— 北京：中国水利水电出版社，2014.5

ISBN 978-7-5170-2549-8

I. ①经… II. ①童… III. ①经济作物—设施农业—节约用水—灌溉—手册 IV. ①S560.71-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第220895号

书 名	经济作物设施栽培节水灌溉实用手册
作 者	主 编 童正仙
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	北京零视点图文设计有限公司
印 刷	北京印匠彩色印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 8.25印张 152千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	42.00元

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

序

科技发展日新月异，现代农业迈步前行。几年间，在浙江的田野上涌现出一片片大棚、温室，一批批现代农业园区，带给我们现代化的气息和曙光。建设现代农业成为浙江转变经济发展方式的重要任务，发展设施农业成为改变传统农业迈向现代农业的重要特征。

科技的进步，已经可以无土栽培，但还不能无水栽培，农业的发展有赖于水利的支撑。综观世界农业发达国家，都将农业技术与农田水利技术融为一体进行研究、开发、应用。以色列在土地贫瘠和水资源匮乏的环境条件下，通过微灌技术的精准应用，创造了发达农业的奇迹是很好的例证，值得学习借鉴。

浙江人多地少，经济社会快速发展面临用地需求的压力，保障农产品有效供给又需一定规模的种植面积，充分运用农业与水利技术，大幅度提高土地产出率，无疑是缓解矛盾的有效途径。设施栽培技术与微灌技术科学结合、推广应用，不仅是现代农业发展方向的要求，也是经济社会发展的现实需要。

这些年，尽管设施农业迅速增长方兴未艾，但产量和品质与发达国家相比仍有明显差距，反映了综合技术水平不高，管理依靠经验，缺乏量化精准。微灌技术是一种环境友好、最为节水的精细灌溉技术，具有提高产量、改善品质的显著效果，微灌技术的配套应用是设施栽培的关键环节。对此，由农艺、水利科技人员组成的课题组紧密结合浙江现代农业发展方向，围绕设施栽培中微灌技术的应用实际，选取7种主要经济作物为对象，通过微灌设备器材的分析对比、经济作物栽培的观测试验，理论与实践相结合，面向基层服务农业，编写了《经济作物设施栽培节水灌溉实用手册》，具有较好的针对性、适用性，简捷通俗易懂于使用。由衷希望此书的出版发行，能有益于提高微灌技术在设施栽培中的应用水平，促进现代农业的发展。

浙江省水利厅厅长

2013年9月

陈川

前言

水是生命之源、生产之要、生态之基。随着经济社会各项产业的快速发展和气候环境的变化,可利用的优质水资源日显紧缺,用水矛盾及水利问题十分突出。2011年中央一号文件《中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定》是新中国成立以来中央首个关于水利的综合性政策文件,文件第一次全面深刻阐述水利在现代农业建设、经济社会发展和生态环境改善中的重要地位,指出水资源供需矛盾突出仍然是可持续发展的主要瓶颈;再次警示我们加快水利建设刻不容缓;要大力发展节水灌溉,推广渠道防渗、管道输水、喷灌滴灌等技术;普及农业高效节水技术。之后几年的中央一号文件仍都强调要大力发展高效节水灌溉,推进农业现代化进程。

设施农业是农业现代化的重要标志,是传统精耕细作与现代物质技术装备相辅相成的集中体现;其效益是传统农业的几倍甚至几十倍。设施农业以温室、大棚为主要基础设施,在大棚里栽培作物,除了通过覆盖起到保温、降温、遮阳等改善环境调节作物生长外,很大一个特点是遮挡了雨水的自然淋润和冲刷,完全靠灌溉供给植物生长发育所需的水分;同时,灌溉也是调节设施内土壤温度、湿度、空气等状况的重要手段,对作物的产量、品质及效益起着极其重要的作用。所以,在设施栽培中,实施有效的节水灌溉、精准灌溉显得尤为重要。

设施农业随着社会经济和现代科技的发展而快速发展。工业化信息化城镇化的快速发展对同步推进农业现代化的要求更为迫切,地少水缺的环境资源约束推进着农业发展方式的转变。在浙江等经济发达地区,随着工业反哺农业等一系列政策的实施,设施农业发展极为迅速,已成为农业产业转型升级的重要举措。浙江省2001年设施栽培面积仅为69.75万亩,2007年发展到127.2万亩,2012年达到273.7万亩,比2011年增8.6%;且大棚档次明显提高,联栋大棚、智能温室数量增加更明显,分别比2011年增19.2%和39.7%。浙江省委还专门下发了《关于加快推进农业现代化的若干意见》(浙委〔2012〕118号):计划通过三年努力,使特色精品农业、生态循环农业、设施智慧农业水平领先全国;计划到2015年,全省设施种植业面积达300万亩,设施种植面积比重达到10%以上,高效节水灌

溉面积占有效灌溉面积的 20%。在设施内推广和实施有效的节水灌溉模式,已成为节约水资源、提高水利用率,增进栽培效益、改善生态环境的重要手段。为推进现代农业和现代水利快速发展,互为促进起到很好的示范引领作用,项目组通过大量探索和实践,将农艺技术和水利技术相结合,将物化技术和活化技术相结合,总结提出了目前浙江等南方地区发展极快、面积较大、效益较好,并具有良好的发展前景的葡萄、草莓、西瓜、甜瓜、茄果类蔬菜等典型作物的在设施栽培特定环境下的节水灌溉模式,以供广大栽培者和基层农业及水利技术人员参考。

本书由童正仙任主编,奕永庆、张雅、卢成、陆寿忠任副主编,蒋屏任主审,沈自力任副主审,参编人员有吕萍、曾洪学、童英富、徐瑛丽、陈瑾、屈兴红、钱浩。本书在编写过程中,得到了胡金龙、骆红群、姜飞、龚闻佳、马骏、陈灵丹等的帮助,为本书编写提供了案例、图片等。书稿初步完成后,承蒙浙江省水利河口研究院郑世宗副所长提出富贵的修改意见和建议;还承蒙浙江省水利厅陈川厅长的厚爱 and 关怀,并在百忙之中为本书作序,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者的专业技术水平、调查研究、实践经验和文字表达能力有限,书中疏漏之处在所难免,敬请有关专家、同行、广大读者批评指正。

编者
2013 年 9 月

目 录

序
前言

第一章 概论

第一节 设施栽培·····	001
第二节 节水灌溉·····	006

第二章 微灌设备及安装

第一节 微灌系统的组成和分类·····	009
第二节 微灌水源·····	011
第三节 首部枢纽·····	013
第四节 输配水管道及管件·····	038
第五节 微灌灌水器·····	044

第三章 葡萄设施栽培节水灌溉

第一节 葡萄设施栽培类型和方式·····	060
第二节 葡萄设施栽培微灌技术应用·····	062

第四章 草莓设施栽培节水灌溉

第一节 草莓设施栽培类型·····	068
第二节 草莓设施栽培微灌技术应用·····	071

第五章 西瓜设施栽培节水灌溉

第一节 西瓜设施栽培类型·····	076
-------------------	-----

第二节 西瓜设施栽培微灌技术应用·····	077
-----------------------	-----

第六章 甜瓜设施栽培节水灌溉

第一节 甜瓜设施栽培主要类型·····	082
第二节 甜瓜设施栽培微灌技术应用·····	086

第七章 番茄设施栽培节水灌溉

第一节 番茄设施栽培主要类型·····	091
第二节 番茄设施栽培微灌技术应用·····	092

第八章 茄子设施栽培节水灌溉

第一节 茄子设施栽培主要类型·····	096
第二节 茄子设施栽培微灌技术应用·····	097

第九章 辣椒设施栽培节水灌溉

第一节 辣椒设施栽培主要类型·····	100
第二节 辣椒设施栽培微灌技术应用·····	101

第十章 微灌系统设计典型案例

案例一 葡萄避雨栽培滴灌系统设计·····	104
案例二 草莓膜下滴灌系统设计·····	112

参考文献

第一章 概 论

第一节 设 施 栽 培

一、设施栽培的基本概念

设施栽培是以人为手段,运用一定设施和工程技术改变自然环境,对温度、光照、水分、空气等植物生长环境因素进行调控,创造植物生长发育要求的最佳环境,实现农产品的工业化生产和周年生产及土、热、光、水、气等自然资源的最优化利用,形成可持续发展的现代农业生产体系。

二、设施栽培的特点

设施栽培具有高投入、高技术含量、高管理要求、高品质、高产量和高效益等特点,是最具活力的现代新型农业。设施农业是涵盖建筑、材料、机械、自动控制、品种、园艺技术、栽培技术和管理等学科的系统工程,其发达程度是体现农业现代化水平的重要标志之一。具体表现如下。

(1)投入大。设施栽培的设施投入、农业生产物资投入及劳动力投入均较普通栽培大得多。

(2)技术含量高。设施栽培涉及生物、环境等多学科技术及其综合应用技术,对经营者的生产技术和管理水平都要求较高。

(3)资源利用率高。设施栽培对环境调控能力强,可以最大限度地优化和提高土壤、水分、光照、空气等自然资源的利用率。

(4)生产效益好。设施栽培的农产品质量、产量均较高、从而获得的产值和效益也较高,可以是普通露地栽培的几倍甚至几十倍。

(5)农业现代化水平的重要标志。设施农业是生物技术、环境技术、工程技术、建筑科学、材料科学及信息工程等多学科技术的高度体现,是农业现代化发展进

程和水平的重要标志。

三、设施栽培的类型

设施栽培根据栽培的目的可分为促成栽培、延后栽培、避雨栽培、遮阳栽培、防虫防鸟栽培等。

设施栽培根据所用设施的类型可以分为简易设施栽培（包括温床、小拱棚、遮阳覆盖、避雨覆盖等）、普通保护设施栽培（包括大中拱棚和日光温室）、现代温室栽培（包括玻璃或硬质塑料板或塑料薄膜的大型单栋温室和联栋温室，可以实行温度、湿度、肥料、水分和气体等环境条件自动控制）、植物工厂（是设施栽培的最高层次，完全实现了管理的机械化和自动化）等。

目前浙江省发展和应用较多的是塑料大棚和联栋大棚，但随着经济和科技的发展，采用先进工程技术和智能化管理的联栋大型温室也发展越来越快。下面简要介绍几种常见的大棚和温室类型。

1. 钢架大棚

钢架大棚棚型主要以直径 22mm、厚 1.2mm 的镀锌薄壁钢管为大棚骨架材料，棚宽 6m，顶高 2.2 ~ 2.5m，肩高 1.2m，土地利用率 80%，使用寿命 10 年以上。一般棚长 30 ~ 50m，常见为 6m × 30m，俗称为标准棚。一般造价 15 ~ 30 元 /m²，每亩成本 1 万 ~ 2 万元不等。适合种植蔬菜、瓜果、花卉等，缺点是棚宽较小，操作管理工效较低，冬季保温性较弱。是目前应用最广泛的大棚类型。主要用于茄果类、瓜类等园艺作物的冬春季和夏季育苗；草莓的促成栽培，蔬菜、瓜果的春提早、秋延后栽培或从春到秋的长季节栽培（夏季去掉裙膜，换上防虫网，再覆盖遮阳网）；果树的促成栽培、避雨栽培等（图 1-1）。



图 1-1 装配式钢管大棚

2. 简易竹架大棚

简易竹架大棚棚型是用直径4cm的圆竹或5cm宽的竹片做拱杆而成的大棚。一般宽5~6m,顶高2~3.2m,侧高1~1.2m,拱杆间距1~1.1m。其优点是造价低,取材方便,每亩成本约0.3万元,但棚内柱子多,遮光率受影响,作业不方便,使用寿命短,抗风雪性能差。由于成本低,该类型也是目前应用较多的类型之一(图1-2)。



图 1-2 简易竹架大棚

3. 钢竹混合大棚

钢竹混合大棚棚型结构与钢架大棚相同,间隔用钢管和竹竿做拱杆,具有节约钢材、降低造价、操作便利等特点,有一定的应用面积,性能与成本介于钢架大棚和竹架大棚之间。

4. 提高型钢架大棚

提高型钢架大棚棚型与普通钢架大棚相比增加了棚体的高度、宽度,提高了棚侧通风窗的高度、宽度,增大了棚内空间,有利于提高管理工效和保温性,提高了土地利用率。该棚型通常采用直径28~32mm、厚1.5mm的镀锌管,顶高3.2~3.5m,肩高1.8m,棚体空间大,适宜种植高蔓蔬菜、瓜果等。但设施成本大幅度提高,一般造价30~45元/m²,每亩成本2万~3万元,主要适合于农业示范园区及有一定经济实力的农户应用(图1-3)。



图 1-3 提高型钢架大棚

5. 联栋大棚

大型联栋式塑料大棚是近十几年开发并得到迅速发展的一种大棚。通常跨度在6~8m,开间在4m左右,肩高3~4m。以自然通风为主,有侧窗通风和顶窗通风,使

用侧窗和顶窗联合通风,效果更好。最大宽度在 50m 以内,最好在 30m 左右。造价在 100 ~ 200 元 /m² 不等,每亩成本约 6.7 万 ~ 13.4 万元。

该类大棚比单体大棚具有更稳定的环境性能,以及更方便的操控性,近年来在葡萄、草莓、瓜果蔬菜、花卉的促成栽培中应用越来越广(图 1-4)。



图 1-4 联栋大棚

6. 塑料温室

塑料温室的基本结构与联栋大棚基本类似,常用的型号有 7430 型(即跨度 7m,间距 4m,肩高 3m,下同)、8430 型、7340 型、8340 型等。通风有侧窗,也有顶窗,以机械通风为主。温室最大宽度可扩大到 60m,但最好控制在 50m 左右;温室长度,最好控制在 100m 以内,但没有严格的要求。温室内通常除安装有水帘、风机等通风降温系统外,还配置有加温、遮阳等系统,具有温度、光照、湿度、空气等调控能力,这是与联栋大棚的最大区别。由于其覆盖材料主要为塑料薄膜,对架材及基础的强度要求比玻璃温室低,所以其应用范围高于玻璃温室,成为现代温室发展的主流。造价在 200 ~ 800 元 /m² 不等,每亩成本在 13.4 万 ~ 33.5 万元。此类温室主要用于蔬菜、花卉、果树的促成栽培及种苗生产(图 1-5)。



图 1-5 塑料温室

7. 玻璃温室

玻璃温室是以玻璃为透明覆盖材料的温室。由于玻璃质量重，对基础和架材的要求较高，目前通常使用的玻璃温室多数为 Venlo 型玻璃温室，如图 1-6 所示。

Venlo 型玻璃温室为多脊联栋型，其标准脊跨为 3.2m 或 4.0m，单间温室跨度为 6.4m、8.0m、9.6m 等，大跨度的可达 12.0m 和 12.8m。柱间距 4.0 ~ 4.5m，柱高 2.5 ~ 4.3m，脊高 3.5 ~ 4.95m，玻璃屋面角度为 25° ，通常配置加温系统、降温系统、遮阳系统等环境调控系统。一般造价在 600 ~ 1000 元 / m^2 ，亩成本在 40 万 ~ 80 万元。



图 1-6 Venlo 型玻璃温室

单脊联栋温室的标准跨度为 6.4m、8.0m、9.6m、12.8m。造价在 800~1200 元 / m^2 不等，亩成本为 53.5 万 ~ 80 万元。

此类温室主要用于高档蔬菜、花卉、果树的促成栽培（图 1-6）。

8. 避雨棚

这类棚以顶部覆盖塑料薄膜避免雨水直接淋洗植株为主要目的。避雨棚的覆盖宽度和高度一般因植物种类和栽培方式而定，宽度通常以避免雨水淋刷植株为度，一般与畦宽同宽，或 2 ~ 4 畦宽共一个顶，即 2 ~ 4 畦宽，棚高以不影响植物正常生长、不致使植株灼伤为度，一般离植株顶部 50cm 以上。每亩成本在 0.3 万 ~ 0.7 万元。这类棚主要用于不适宜雨水直接淋洗和空气湿度太大的作物，如浙江省等南方地区的葡萄避雨栽培。如部分支架与葡萄支架共用，则成本更低（图 1-7）。



图 1-7 避雨棚

第二节 节水灌溉

一、节水灌溉的基本概念

节水灌溉是根据作物需水规律及当地供水条件,为了有效地利用降水和浇灌水,获取农业的最佳经济效益、社会效益、生态环境效益而采取的多种措施的总称。因此,凡是在灌溉水从水源到田间这些环节中能够减少水量损失、提高浇灌水使用效率和经济效益的各种措施,均属节水灌溉范畴。

广义的节水灌溉技术内容十分广泛,包括工程、技术、农业、管理、政策法规等多方面的措施。狭义的节水灌溉技术措施,主要包括提高用水管理水平、降低渠道水量损失、采用节水灌溉方法和技术等,其中节水灌溉方法主要有节水型地面灌溉、低压管道灌溉、喷灌、微灌等。

微灌是以上灌溉方法中节水效果最好、对作物生长最有利、对生态小环境破坏最小、调节最有效的灌溉方法,是设施农业中应用最多的灌溉方法,也是设施农业和现代农业发展的重要标志。本书重点介绍微灌技术。

二、微灌的种类与特点

1. 微灌的种类

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。微灌可以按不同的方法分类,按所用的灌水器及出流形式不同,主要有滴灌、微喷灌、小管出流灌和渗灌四种,这里着重介绍本省设施农业中常用的滴灌和微喷灌。

(1) 滴灌。滴灌是利用安装在末级管道(毛管)上的滴头,或与毛管制成一体的滴灌带将压力水以水滴状湿润土壤。通常将毛管和灌水器放在地面,也可以把毛管和灌水器埋入地面以下 30 ~ 40cm。前者称为地表滴灌,后者称为地下滴灌。滴灌灌水器的流量为 2 ~ 12L/h (图 1-8)。

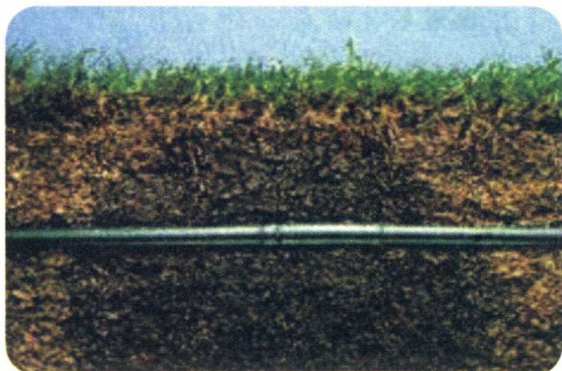


图 1-8 滴管灌溉示意图

(2) 微喷灌。微喷灌是利用直接安装在毛管上, 或与毛管连接的微喷头将压力水以喷洒状湿润土壤。微喷头有固定式和旋转式两种。前者喷射范围小, 水滴小; 后者喷射范围较大, 水滴也大些, 故安装的间距也大。微喷头的流量通常为 $20 \sim 250\text{L/h}$ (图 1-9)。



图 1-9 微喷灌示意图

还有一种水带微喷灌, 即在很薄的水带上打上小孔, 水带充水后, 细小的丝状水柱从小孔射出, 形成毛毛细雨喷洒作物 (图 1-10)。

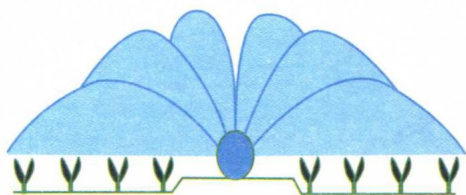


图 1-10 水带微喷灌示意图

2. 微灌的优缺点

(1) 优点。微灌可以非常方便地将水施灌到每一株植物附近的土壤，满足作物生长需要。微灌具有以下诸多优点：

1) 适应性强。微灌是采用压力管道将水输送到每棵作物的根部附近，可以对不同的栽培方式（包括立体栽培）及在任何复杂的地形条件下有效工作，甚至在某些很陡的土地或乱石滩上种的树也可以采用微灌。

2) 灌水均匀。微灌系统能够做到有效地控制每个灌水器的出水流量，因而灌水均匀度高，一般可达 80% ~ 90%。

3) 省水省工。微灌按作物需水要求适时适量地灌水，仅湿润根区附近的土壤，因而显著减少了水损失和浪费。微灌是管网供水，操作方便，劳动效率高，而且便于自动控制，因而可明显节省劳力。同时微灌是局部灌溉，大部分地表保持干燥，减少了杂草的生长，肥料和药剂可通过微灌系统与灌溉水一起直接施到根系附近的土壤中，提高了施肥、施药效率和利用率。微灌灌水器工作压力一般为 50 ~ 150kPa，比喷灌低得多，又因微灌比地面灌溉省水，对提水灌溉来说意味着减少了能耗。

4) 改变小环境，增产增效。微灌能适时、适量地向作物根区供水、供肥，为作物根系活动层土壤创造了良好的水、热、气、养分状况，保证了作物的良好生长发育，减少了杂草生长，抑制病虫害的发生和繁殖；同时，避免了病虫害随灌溉水的田间流动等传播，能有效减少病虫害的发生和发展。因而可实现高产、稳产，提高产品质量，从而实现高效。

(2) 缺点。

1) 灌水器易堵塞。灌水器出口很小，易被水中的矿物质或有机物质堵塞，使系统局部失效。

2) 对首部过滤要求高。

3) 工程造价相对较高。

4) 使用维护要求高。

第二章 微灌设备及安装

第一节 微灌系统的组成和分类

一、微灌系统的组成

微灌系统由水源、首部枢纽、输配水管网、灌水器以及流量、压力控制部件和量测仪表等组成。

1. 水源

江河、渠道、湖泊、水库、井、泉等均可作为微灌水源，其水质需符合微灌要求。

2. 首部枢纽

首部枢纽包括水泵、动力机、肥料和农药注入设备、过滤设备、控制阀、进排气阀、压力及流量量测仪表等（图 2-1）。

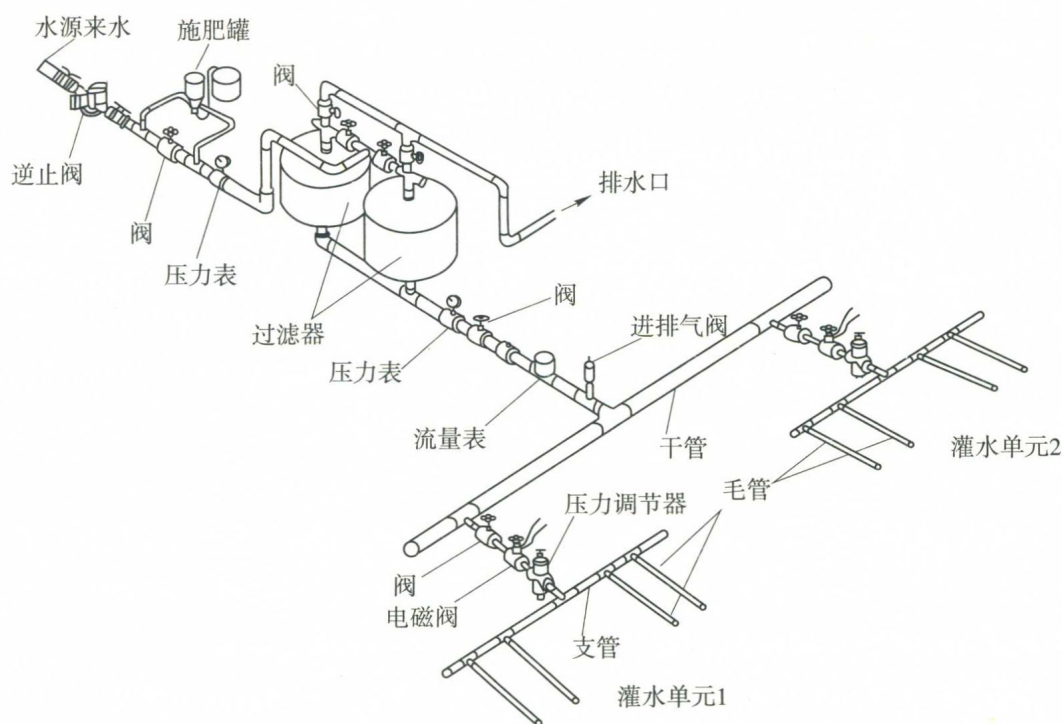


图 2-1 微灌系统组成示意图