



山丘坡地高效节水灌溉 实用新型技术

阮清波 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

山丘坡地高效节水灌溉 实用新型技术

阮清波 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书主要内容包括：高效节水灌溉工程系统组成与技术特点；山丘坡地高效节水灌溉灌水参数选择；山丘坡地管网布控技术与应用；山丘坡地管网布控简易配套技术；山丘区集雨太阳能提水调蓄灌溉技术与应用；水锤泵提水调蓄灌溉技术与应用；灌溉自动化控制系统与应用；山丘坡地高效节水灌溉辅助设计软件应用。

本书适合农田灌溉流域的科研、设计及普通技术人员参考，也适合高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

山丘坡地高效节水灌溉实用新型技术 / 阮清波主编

— 北京：中国水利水电出版社，2017.8

ISBN 978-7-5170-5820-5

I. ①山… II. ①阮… III. ①山地—甘蔗—栽培技术—农田灌溉—节约用水 IV. ①S566.107.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第217308号

书 名	山丘坡地高效节水灌溉实用新型技术 SHANQIU PODI GAOXIAO JIESHUI GUANGAI SHIYONG XINXING JISHU
作 者	阮清波 主编
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 (营销中心)
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	天津嘉恒印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 8印张 157千字
版 次	2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	38.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

本书编委会

主 编：阮清波

编写人员：李桂新 黄 凯 吴卫熊 余根坚
 郭晋川 潘 伟 李 林 黄旭升
 于颖多 何令祖 李剑锋 邵金华
 周俭文 张廷强 范海帆 吴昌洪
 韦继鑫 杨秀益 何 昌 卢兴达

广西地处云贵高原东南边缘，地势由西北向东南倾斜，桂东、桂东北、桂中、桂南、桂西地形以中山、山丘为主，间以河谷平原、盆地、谷地；桂西北以石山为主，由于石灰岩地层分布广，岩层厚，质地纯，褶皱纹断裂发育，加上高温多雨的气候条件，形成典型的岩溶地貌。受灌溉条件的限制，广西水田主要分布在河谷平原、盆地、谷地及较低地势的丘陵区，而坡地则以旱作为主。

广西素有“八山一水一分田”之称，广西 6650 万亩耕地中，以种植甘蔗和玉米、红薯、木薯、花生、大豆等旱作物为主的坡耕地为 4300 万亩，其中甘蔗种植面积 1650 万亩，约占全国的 65%。由于山丘坡地地形变化大，传统渠道灌溉难以覆盖，广西坡耕地几乎无任何灌溉设施，坡耕地种植基本处于靠天吃饭、广种薄收的状况。由于缺乏有效灌溉，广西旱作物单产普遍不高，如依靠雨养的甘蔗单产仅为 4.5t/亩，如果有灌溉设施保障灌溉需求，甘蔗单产可提高到 7.0t/亩以上，亩均增产 50%，经济效益显著。

基于高效节水灌溉技术在其他地区的应用实践，为解决山丘坡地种植糖料蔗应用高效节水灌溉技术问题，从 2013 年开始，广西先后立项《广西糖料蔗高效节水灌溉发展模式研究》《广西百万亩糖料蔗高效节水灌溉关键技术集成与示范》等高效节水灌溉研究课题，围绕坡耕地灌水均匀性、灌溉自动化、太阳能提水和山区溪流水锤泵提水等方面，研发了山丘坡地高效节水灌溉在点源灌溉和面源灌溉条件下不同坡度和不同土壤类型的适宜灌水量和灌水强度、坡耕地管网布控技术及其相关简易配套技术、山丘区集雨太阳能提水调蓄灌溉技术、水锤泵提水调蓄灌溉技术以及灌溉自动化控制系统、辅助设计软件等实用新型技术，为山丘坡地规模化发展糖料蔗高效节水灌溉提供了重要支撑，本书即是这些成果的总结。由于广西糖料蔗高效节水灌溉工程

基本是建在山丘坡地上，研究成果也是针对山丘坡地开展，因此糖料蔗高效节水灌溉研究取得的工程技术成果亦可通用于其他作物高效节水灌溉工程。本书可供山丘坡地其他作物推广高效节水灌溉时借鉴应用。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2017年5月

前言

1 高效节水灌溉工程系统组成与技术特点	1
1.1 高效节水灌溉工程系统组成	1
1.2 高效节水灌溉技术特点	4
1.3 高效节水灌溉方式的选择和发展要求	10
2 山丘坡地高效节水灌溉灌水参数选择	12
2.1 广西坡耕地主要土壤特性	12
2.2 点源灌溉条件下山丘坡地主要灌水参数选择	13
2.3 面源灌溉条件下山丘坡地主要灌水参数选择	28
2.4 技术参数应用建议	32
3 山丘坡地管网布控技术与应用	34
3.1 坡耕地骨干输水管网安全防护措施	34
3.2 坡耕地滴灌管网布设	37
3.3 坡耕地喷灌管网布设	45
3.4 坡耕地微喷灌管网布设	49
3.5 应用建议	52
3.6 典型分区布局	53
4 山丘坡地管网布控简易配套技术	55
4.1 坡耕地支管调压装置	55
4.2 利于机械化耕作的地埋滴灌系统	63
4.3 灌溉首部净化处理设施	65
4.4 集中经营蔗区应用的旋流施肥装置	67
4.5 适用于分散经营的分布式施肥装置	68
4.6 有利于机械化的喷灌竖管连接装置	70
4.7 地埋滴灌系统的调压防堵装置	71
4.8 具有施肥药功能的光伏喷灌移动装置	73

5	山丘区集雨太阳能提水调蓄灌溉技术与应用	75
5.1	集雨太阳能光伏提水调蓄灌溉技术系统构成	75
5.2	相关雨水资源指标及集蓄能力	76
5.3	太阳能发电提水调蓄灌溉耦合关系	80
5.4	集雨太阳能光伏提水调蓄灌溉技术应用效益	84
5.5	应用建议	86
6	水锤泵提水调蓄灌溉技术与应用	87
6.1	水锤泵工作原理和中高扬程大流量新型水锤泵结构原理	87
6.2	水锤泵站选址原则和布局要求	91
6.3	典型工程布置	95
6.4	效益分析与应用建议	97
7	灌溉自动化控制系统与应用	99
7.1	灌溉自动化控制系统简介	99
7.2	灌溉自动化控制系统典型应用	104
8	山丘坡地高效节水灌溉辅助设计软件应用	109
8.1	软件开发流程	109
8.2	软件主要功能简介	110
8.3	软件特点	116

1 高效节水灌溉工程系统组成与技术特点

1.1 高效节水灌溉工程系统组成

1.1.1 高效节水灌溉工程分类

高效节水灌溉工程是指利用管道为主的输水系统辅以微灌、喷灌和低压管灌等田间灌溉技术建立起来的水利灌溉工程，包括微灌工程、喷灌工程和低压管灌工程。其中，低压管灌工程包括经过管道输水的田间畦灌（沟灌）、软管浇灌等的系统工程；喷灌工程包括固定管道式、半固定管道式、移动管道式、定喷式机组、行喷式机组等的系统工程；微灌工程包括滴灌、微喷灌、涌泉灌等的系统工程。

1.1.2 高效节水灌溉工程系统组成

各类高效节水灌溉工程均由水源取水工程、输配水系统、田间灌水设施、灌溉首部四部分组成。水源有河流、水库、机井、池塘等，取水工程包括水库、江河、塘坝等取水建筑物。输配水系统包括主、干、管径大于 63mm 的支管及管道控制阀门。田间灌水设施包括滴头、喷头、滴灌带或给水栓等各灌溉方式的灌水器和管径小于 63mm 的支管。灌溉首部分为首部枢纽和田间首部两类：首部枢纽包括泵站电机、水泵、过滤器、施肥器及其相应的控制和量测设备、保护装置；田间首部主要包括过滤器、施肥器及其相应的控制和量测设备、保护装置等。项目面积较大时，在水源处和项目区中适当位置分别设置首部枢纽和多个田间首部，小系统常将水源取水工程和灌溉首部合一布置，即不设置田间首部。灌溉控制阀门有手动、自动两种；施肥器根据用户需要配置。为便于集中管理，部分较大系统也采取合一布置，不设置田间首部。

微灌工程、喷灌工程和低压管灌工程系统组成的区别主要体现在灌水器及其相应配套的设施上，如滴灌工程需配套精细的水质净化过滤系统，而管灌工程一般不需配套过滤系统，喷灌工程一般不需配套过滤系统，但若水源水质较差时需配套粗滤的过滤系统。各类工程系统组成说明如下。

1.1.2.1 管灌工程系统组成

(1) 水源取水工程。水源有井、泉、沟、渠道、塘坝、河湖和水库等，水质应符合 GB 5084—2005《农田灌溉水质标准》，且不含有大量杂草、泥沙等杂物。

井灌区的取水工程应根据用水量和扬程大小,选择适宜的水泵和配套动力机、压力表及水表,依据水泵和配套动力机布置要求规划建设泵房和管理用房;自流灌区或水库、江河、塘坝提水灌区的取水工程还应改进水闸、分水闸、拦污栅及泵房等配套建筑物。

(2) 灌溉首部。加压灌区包括泵站电机、水泵及其相应的控制和量测设备、保护装置,自流灌区仅设置总控制阀,并在田间设置给水栓。

(3) 输配水系统。包括管道输水灌溉系统中的各级管道、分水设施、保护装置和其他附属设施,在面积较大灌区,管网可由干管、分干管、支管和分支管等多级管道组成。

(4) 田间灌水设施。管灌的田间灌水设施指出水口以下的田间部分,一般设置有给水栓,给水栓接田间畦灌(沟灌)时,它仍属地面灌水,因而应采取地面节水灌溉技术,以达到灌水均匀并减小灌水用量的目的。

1.1.2.2 喷灌工程系统组成

(1) 水源取水工程。河流、渠道、塘库、泉井、湖泊都可以作为喷灌水源,但必须在灌溉季节能按时、按质、按量供水,水源取水工程同管灌工程。

水泵及动力机要能满足喷灌所需要的压力和流量要求,水泵可选择一般的农用水泵或专用喷灌泵。动力可采用柴油机和电动机,在山丘区,当水源有足够的自然水头,能满足喷灌压力需要时,可不用水泵或动力机,直接采用自压喷灌,能大幅度节省工程投资和能源费用。这是山丘区优选的喷灌工程形式。

(2) 灌溉首部。在水源水质较差时需配套过滤系统,喷灌工程由喷灌支杆和喷头取代管灌工程的给水栓,其他同管灌工程。

(3) 输配水系统。包括管道输水灌溉系统中的各级管道、分水设施、保护装置和其他附属设施,其作用是把经过水泵加压或自压的灌溉水输送到田间,因此,输配水管道要求能承受一定的压力和一定的流量,一般分为干管和支管两级,在面积较大灌区,可由干管、分干管、支管和分支管等多级管道组成。

(4) 田间灌水设施。包括喷灌支管和喷头,喷头属喷灌的专用设备,也是喷灌系统最重要的部件,其作用是把管道中的有压集中水流分散成细小的水滴均匀地散布在田间。

1.1.2.3 滴灌工程系统组成

(1) 水源取水工程。河流、渠道、塘库、泉井、湖泊都可以作为喷灌水源,但必须在灌溉季节能按时、按质、按量供水,水源取水工程同喷灌工程。

(2) 灌溉首部。较大的滴灌工程灌溉首部一般分为首部枢纽和田间首部,灌溉控制设备设施与提水泵站或高位水池一起布置时属大系统首部枢纽,与田间各加压泵站相应布置时为分系统首部枢纽,灌溉控制设备设施在田间各分区布置时为田间首部。田间首部一般只设置灌溉控制阀、过滤器、肥液注入装置等。

首部枢纽的动力及加压设备包括水泵、电动机或柴油机及其他动力机械,除自压系统外,这些设备是滴灌系统的动力和流量源。

控制、量测设备包括水表和压力表,各种手动、机械操作或电动操作的闸阀,如水力自动控制阀、流量调节器等。安全保护设备如减压阀、进排气阀、逆止阀、泄排水阀等。

水质净化设备或设施有沉沙(淀)池、初级拦污栅、旋流分沙分流器、筛网过滤器和介质过滤器等,可根据水源水质条件,选用一种组合。

筛网过滤器的主要作用是滤除灌溉水中的悬浮物质,以保证整个系统特别是滴头不被堵塞。筛网多用尼龙或耐腐蚀的金属丝制成,网孔的规格取决于需滤出污物颗粒的大小,一般要清除直径 $75\mu\text{m}$ 的泥沙,需用 200 目的筛网。

砂砾料过滤器是用洗净、分选的砂砾石和砂料,按一定的顺序填进金属圆筒内制成的,对于各种有机或有机污物、悬浮的藻类都有较好的过滤效果。

旋流分沙分流器是靠离心力把比重大于水的沙粒从水中分离出来,但不能清除有机物质。

化肥及农药注入装置和容器包括压差式施肥器、文丘里注入器、隔膜式或活塞式注入泵,化肥或农药溶液储存罐等。它必须安装于过滤器前面,以防未溶解的化肥颗粒堵塞滴水器。化肥的注入方式有三种:①用小水泵将肥液压入干管;②利用干管上的流量调节阀造成的压差,使肥液注入干管;③射流注入。

(3) 输配水系统。输配水系统由干管、分干管、支管、分支管和控制阀门组成。管道以 PVC、PE 材料的居多,管道阀门有手动、自动两种。输配水管道应埋设于冻土层以下,没有冻土层时亦应埋设在耕作影响层之下。

(4) 田间灌水设施。包括管径在 63mm 以下的支管、毛管以及附在毛管上的滴头,毛管直径一般小于 25mm,毛管与滴头一起加工制作即为滴灌带。田间用水由毛管流进滴头,滴头将灌溉水流在一定的工作压力下注入土壤,它是滴灌系统的核心。水通过滴头,以一个恒定的低流量滴出或渗出后,在土壤中以非饱和流的形式在滴头下向四周扩散。目前,滴灌工程实际中应用的滴水器主要有滴头和滴灌带两大类。支、毛管及管件全部采用塑料材质,支管材质通常是高压聚乙烯,并做抗老化处理,毛管因可能布置在地表,对抗老化性能要求较高。

1.1.2.4 微喷灌工程系统组成

(1) 水源取水工程。同滴灌工程,微喷灌也是有压灌溉,需利用位差形成自压供水或利用水泵加压供水,一般在水源处相应设置有调节阀、单向阀、流量计、压力表等。

(2) 灌溉首部。为保证微喷灌系统的正常出流,水源取水处常需加装初级过滤设备和施肥装置形成首部枢纽。田间首部的过滤器一般为二级过滤器,过滤器的类型为筛网或叠片式,微喷灌所需的过滤精度一般为 80 目,有田间首部过滤

时,水源处首部枢纽的过滤器可采用 40 目。其他同滴灌工程。

(3) 输配水系统。同滴灌工程,输配水系统由干管、分干管、支管、分支管和控制阀门组成。管道以 PVC、PE 材料的居多,管道阀门有手动、自动两种。输配水管道应埋设于冻土层以下,没有冻土层时亦应埋设在耕作影响层之下。

(4) 田间灌水设施。包括管径在 63mm 以下的支管、毛管及微喷头,毛管直径一般小于 25mm,毛管与微喷头一起加工制作即为微喷带。支、毛管及管件全部采用塑料材质,支管材质通常是高压聚乙烯,并做抗老化处理,毛管因布置于地表,对抗老化性能要求较高。

1.1.2.5 涌泉灌(小管出流)工程系统组成

小管出流灌溉工程由水源取水工程、灌溉首部、输配水系统、田间灌水设施组成。水源取水工程、灌溉首部和输配水系统与滴灌、微喷的类同,包括水泵、动力机、过滤器、施肥装置、调节装置、量测设备和干、支管道等。

田间灌水设施,包括管径在 63mm 以下的支管、毛管及灌水器,毛管直径一般小于 25mm。灌水器采用内径为 3mm、4mm、6mm 的小管及管件组成,呈射流状出流,为使水流集中于作物主要根区部位,需要相应的田间配套设施,如顺流格沟和麦秸覆盖等形式。支、毛管及管件全部采用塑料材质,支管材质通常是高压聚乙烯,并做抗老化处理,毛管因可能布置在地表,对抗老化性能要求较高。

1.2 高效节水灌溉技术特点

高效节水灌溉技术包括高效节水灌溉工程中的微灌、喷灌和低压管灌等田间灌溉技术,低压管灌包括经过管道输水的田间畦灌(沟灌)和软管浇灌;喷灌包括固定管道式喷灌、半固定管道式喷灌、移动管道式喷灌、定喷式机组喷灌、行喷式机组喷灌;微灌包括滴灌、微喷灌、涌泉灌(小管出流)等。各种灌溉方式中,还相应包含是否远程控制、精准施肥(水肥一体化)等智能灌溉模式。

1.2.1 低压管灌技术特点

管道输水灌溉是以管道代替明渠输水灌溉的一种工程形式,水由分水设施输送到田间。管道输水灌溉按固定方式可分为移动式、半固定式和固定式:

(1) 移动式。除水源外,管道及分水设备都可移动,机泵有的固定,有的也可移动,管道多采用软管,简便易行,一次性投资低,多在井灌区临时抗旱时应用,但是劳动强度大,管道易破损。

(2) 半固定式。其管道灌溉系统的一部分固定,另一部分移动。一般是水源固定,干管或支管为固定地埋管,由分水口连接移动软管输水进入田间。这种形式工程投资介于移动式和固定式之间,比移动式劳动强度低,但比固定式管理难



度大，经济条件一般的地区，宜采用半固定式系统。

(3) 固定式。管道灌溉系统中的水源和各级管道及分水设施均埋入地下，固定不动。给水栓或分水口分水后直接进入田间的称为沟、畦灌，给水栓或分水口后连接软管进行人工浇灌的称为软管浇灌。田间毛渠较短，固定管道密度大，标准高，这类系统一次性投资大，但运行管理方便，灌水均匀。有条件的地方应推行固定式。

管道输水有多种使用范围，大中型灌区可以采用明渠水与管道有压输水相结合，有专门为滴灌、微喷、喷灌供水的压力输水管道，还有为田间沟畦和软管浇灌的低压管道输水。低压管道输水灌溉简称管灌，其工作压力低于 0.2MPa，管灌仍属地面灌溉技术，是高效节水灌溉中的粗放型式，适于项目建成后仍为管理比较粗放的分散农户经营管理、地形较平坦、供水能力大、用水成本较低的蔗区应用。管灌的主要技术特点如下：

(1) 出水不堵。管灌给水栓，亦即出水阀，出水口管径规格为 50~90mm，管灌出水口流量大，出口不会发生堵塞。

(2) 应性强。压力管道输水，可以越沟、爬坡和跨路，不受地形限制，施工安装方便，便于群众掌握，便于推广。配上田间地面移动软管可将水小流量、短时间地供应到作物根系分布范围的穴坑中，从而解决零散地块浇水问题，适合分散农户的生产形式。

(3) 节水节能。管道输水可减少渗漏损失和蒸发损失，与土垄沟相比，管道输水损失可减少 5%，水的利用率比土渠提高了 30%~40%，比混凝土等衬砌方式节水 5%~15%。对提水灌区，节水就意味着降低能耗。

(4) 省地、省工。用土渠输水，田间渠道用地一般占灌溉面积的 1%~2%，有的多达 3%~5%，而管道输水，干管和支管埋于地下，只占灌溉面积的 0.5%，提高了土地利用率。同时管道输水速度快，避免了跑水漏水现象，缩短了灌水周期，节省了巡渠和清淤维修用工。

(5) 投资小、效益高。管灌投资比喷、微灌投资要低，同等水源条件下，由于能适时适量灌溉，满足作物生长期需水要求，因而起到增产增收作用。

1.2.2 喷灌技术特点

喷灌是利用专用设备将有压水流通过喷头喷洒成细小水滴，落到土壤表面进行灌溉的方法。喷灌系统种类繁多，根据其设备组成可分为管道式和机组式喷灌。管道式喷灌又可分为固定式、半固定式和移动式管道喷灌。机组式喷灌可分为轻小型机组式、滚移式、时针式（中心支轴式）、大型平移式和绞盘式等形式，总的分两类，一是定喷式机组喷灌，二是行喷式机组喷灌。目前应用较多的是固定式管道喷灌、半固定管道式喷灌和轻小型机组式喷灌三种。另外，针对南方山丘坡地地形变化，提出了梯田喷灌、软管喷灌（自压喷灌、机动喷灌、微型喷

灌)等形式。

喷灌是通过喷头将水喷射到空中,形成细小的水滴,均匀地洒落在地面,湿润土壤并满足作物需水的要求。喷灌几乎适用于所有的旱作物,既适用于平原,也适用于山区;既适用于透水性强的土壤,也适用于透水性弱的土壤;不仅可以用于灌溉,还可以用于喷洒农药、肥料、防霜冻和防尘等。喷灌技术特点主要如下:

(1) 节水省肥。灌溉深度和灌溉水量高度控制,可适时适量为作物提供适宜的水分条件,且水分和养分主要分布在作物根系层,灌溉根据土壤的入渗系数确定,不产生地表径流、积水,不产生明显的深层渗漏,提高了水分养分的利用率;喷灌后地面湿润均匀,均匀度可达 0.8~0.9。

(2) 对地形和土质适应性强。山丘区地形复杂,修筑渠道难度较大,喷灌采用管道输水,管道布置对地形条件要求较低;另外,喷灌可以根据土壤质地轻重和透水性大小合理确定水滴大小和喷灌强度,避免造成土壤冲刷和深层渗漏。

(3) 增湿增产。喷灌像下雨一样灌溉作物,不会破坏土壤结构,还可以调节田间小气候,增加近地表空气湿度,并能冲掉作物茎叶上的尘土,有利于作物呼吸和光合作用,同时喷灌主要湿润作物根系分布层的土壤,土壤水分的运动为非饱和运动,不影响土壤的通气性,利于作物生长,因此有明显的增产效果。

(4) 操作简单,易于推广。喷灌系统支管(支杆,含喷头)与干管连接处有快速接头,易于连接和拆卸;支管为轻型材料,易于移动。

(5) 设备利用率高。喷灌系统的支杆可移动,可在不同地块循环利用支杆,提高了设备利用率,降低了投资成本。

(6) 节地省工。喷灌利用管道输水,固定管道可以埋于地下,与传统渠灌相比,没有渠系和田埂占地,减少沟渠占地,比明渠输水的地面灌溉减少占地 5%~15%;喷灌如利用自动化控制,可大大减轻劳动强度,节省大量劳动力。

(7) 天气情况对喷灌质量影响较大。主要是受风的影响大,当风级在 3 级以上时,水滴在空中易被吹走,从而降低均匀度,增加蒸发损失。其次是天气干燥时,水滴在空中的蒸发量也加大,不利于节约用水。因此,在多风或干旱季节,应在早上或晚上进行喷灌。

常用固定式、移动式、半固定式管道喷灌和轻小型机组式喷灌比较见表 1-1。

1.2.3 微灌技术特点

微灌是通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器,将水和作物生长所需的养分以较小的流量,均匀、准确地直接输送到作物根部附近土壤的一种灌水方法。微灌属局部灌溉范畴,是一种局部灌溉方式,微灌系统工作压力小于 0.25MPa,主要包括滴灌、微喷灌、涌泉灌(小管出流)等,微灌主要技术特点如下:

表 1-1 常用固定式、移动式、半固定式管道喷灌和轻小型机组式喷灌比较表

类 型		优 点	缺 点
管道式	固定式	使用方便, 劳动生产率高, 节省劳力, 运行成本低 (高压除外), 占地少, 喷灌质量好	需要管材多, 一次性投资大
	移动式	投资最少, 移动方便, 动力便于综合利用, 设备利用率高	沟渠占地多, 移动劳动强度大, 喷灌质量差
	半固定式	投资和管材量介于固定式和移动式之间, 占地较少, 喷灌质量好, 运行成本低	操作不便, 移动管道时易损坏作物
轻小型机组式		形式简单, 适用灵活, 单位面积设备投资最低, 东北、西北发展较多	沟渠占地多, 喷灌质量差

(1) 小流量、长时间、高频率灌溉。

(2) 水和液体肥料通过灌水器供应到作物根系分布的土壤内, 为典型的局部灌溉。

(3) 灌水器流量根据土壤的入渗率和扩散率确定, 地表湿润范围小。

(4) 滴灌除了灌水器附近、涌泉灌和微喷灌除了射流洒落的地方可能出现局部的饱和区外, 其他地方土壤水分运动均为非饱和运动。

(5) 不影响土壤的通气性, 不明显影响土壤温度。

(6) 增产、节水、节肥、省工、节能, 提高作物品质, 并可使作物提早上市。

(7) 不需要平地, 不影响田间管理与收获活动。

1.2.3.1 滴灌技术特点

滴灌是利用专门灌溉设备, 灌溉水以水滴状流出浸润作物根区的灌水方法。相对于传统灌溉技术, 滴灌具有投资小、节省劳力、节水增产效果更加突出的特点, 配合高密栽培、水肥耦合等农艺技术, 作物单产可实现突破性的飞跃, 广受农民欢迎, 是目前较为成功的高效节水灌溉模式之一。滴灌以水滴的形式缓慢而均匀地滴入植物根部附近土壤, 其按灌水器在田间的布设形式分为地下滴灌和地表滴灌, 按系统首部设施及输配水管道固定形式分为固定式、半固定式、全移动式, 按系统工作压力来源分为加压式和自压式, 按种植作物可分为粮食经济作物滴灌、瓜果蔬菜甘蔗滴灌和经济林、生态林滴灌, 按智能灌溉模式可分多用户远程控制 IC 卡系统及精确施肥灌溉模式、统一管理 IC 卡电表计费系统及精确施肥灌溉模式、集约化管理远程遥控和实时监控精确施肥模式、统一管理手动控制模式、统一管理全自动控制模式、精确施肥灌溉重力模式, 滴灌带分为贴片式滴灌带和迷宫式滴灌带。滴灌主要技术特点如下:

(1) 在滴灌条件下水的有效利用率高, 灌溉水湿润部分为土壤表面, 可有效减少土壤水分的无效蒸发。同时, 由于滴灌仅湿润作物根部附近土壤, 其他区域

土壤水分含量较低，因此，可防止杂草的生长。滴灌系统不产生地面径流，且易掌握精确的施水深度，非常省水。

(2) 环境湿度低滴灌灌水后，土壤根系通透条件良好，通过注入水中的肥料，可以提供足够的水分和养分，使土壤水分处于能满足作物要求的稳定和较低吸力状态，灌水区域地面蒸发量也小，这样可以有效控制保护地内的湿度，使保护地中作物的病虫害的发生频率大大降低，也降低了农药的施用量。

(3) 提高作物产品品质由于滴灌能够及时适量供水、供肥，它可以在提高农作物产量的同时，提高和改善农产品的品质，使保护地的农产品商品率大大提高，经济效益高。

(4) 滴灌对地形和土壤的适应能力较强。由于滴头能够在较大的工作压力范围内工作，且滴头的出流均匀，所以滴灌适宜于地形有起伏的地块和不同种类的土壤。同时，滴灌还可减少中耕除草，也不会造成地面土壤板结。

(5) 省水省工，增产增收。因为灌溉时，水不在空中运动，不打湿叶面，也没有有效湿润面积以外的土壤表面蒸发，故直接损耗于蒸发的水量最少；容易控制水量，不致产生地面径流和土壤深层渗漏；可以比喷灌节水 35%~75%。对水源少和缺水的山区实现水利化开辟了新途径。由于株间未供应充足的水分，杂草不易生长，因而作物与杂草争夺养分的干扰大为减轻，减少了除草用工。由于作物根区能够保持着最佳供水状态和供肥状态，故能增产。

(6) 灌水器出口很小，易受水中的杂质、矿物质和有机物影响，使毛管滴头堵塞；对管理人员的能力要求较高，后期滴灌带消耗更换工作量较大，维护管理成本较高。

1.2.3.2 微喷灌技术特点

微喷灌是利用专门灌溉设备将有压水送到灌溉地块，通过安装在末级管道上的微喷头进行喷洒灌溉的方法。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，其安装间距也相对大些，微喷头的流量通常为 20~250L/h。另外，微喷带也属于微喷灌系列，微喷带也称为多孔带、喷水带，是在可压扁的塑料软管上采用机械或激光直接加工出水小孔，进行微喷灌的材料。

微喷灌按照作物需水要求，通过微喷头将作物生长所需的水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，使作物根部的土壤经常保持在最佳水、肥、气等状态。微喷灌的灌水流量小，一次灌水延续时间长，需要的工作压力较低，能够较精确地控制灌水量，灌水均匀度高，有利于增产、提高产品质量。微喷灌除具有滴灌的技术特点外，也兼具有喷灌的部分技术特点，具体如下：

(1) 节水效果更好，微喷灌可以有选择地对局部作物根系集中的地方喷洒灌

水，减少了土壤无效耗水，因而节水效果比喷灌更好。

(2) 灌水质量高，微喷灌喷水如牛毛细雨，有利于作物根系发育，且不会引起土壤板结，还能改善田间小气候，使株间湿度提高 20%，温度降低 3~5℃，消除作物“午睡”现象，促进作物正常生长；同时微喷灌水滴小，无打击力，不会损伤作物嫩叶幼芽。

(3) 适应性强，微喷灌由于水量微小，不会在黏性土壤中产生径流，也不会沙性土壤中产生渗漏，对土质的适应性强。既可用于平原，也可用于丘陵坡地，对地形的适应性强。

(4) 防堵性能好，微喷头的出水孔径和出水流速大于滴头，所以相比滴灌堵塞的可能性大大减少。同时也降低了对水质过滤的要求，相对降低了过滤设备成本。

(5) 应用范围广，微喷灌系统可以进行水肥同灌，叶面和地面共施，提高了施肥喷药的效率，节省了肥药用量。

(6) 布置在田间的设施密度较高，在大田作物中安装受到一定限制；对水源水质要求比喷灌高。

1.2.3.3 涌泉灌（小管出流）技术特点

涌泉灌也称为小管出流，是利用水泵加压或地面的自然坡降产生的压力水，通过管道系统与末级配水管上的灌水器（塑料小管），将水呈射流状输送到作物附近的环沟内或顺行格沟内的灌水方法。

涌泉灌（小管出流）是用塑料小管与插进毛管管壁的接头连接，把来自输配水管网的有压水以细流（或射流）形式灌到作物根部的地表，再以积水入渗的形式渗到作物根区土壤。涌泉灌的关键部件是稳流器（即灌水器），其要求的工作压力范围为 1~3.5 kg/cm²，稳流流量有 30L/h、40L/h、50L/h、60L/h、70L/h、80L/h。涌泉灌（小管出流）的主要技术特点如下：

(1) 堵塞问题小，水质净化处理简单。过滤器只需要 60~80 目/英寸即可，冲洗次数少，管理简单。

(2) 省水效果好，比渠灌省水 60% 以上；但涌泉灌灌溉水为射流状出流，地面有水层，需要相应的田间配套工程使水流集中于作物主要根区部位。

(3) 浇地效率高，劳动强度小，管理方便，运转费用低。管网全部埋于地下时，小管也随之埋于地下，只露出 10~15cm 的出水口，不会受自然力和人为的破坏，维修费少；加之小管出流灌溉的工作水头较低、耗电量少，运行费用低。

由于在灌溉时，当水流的下渗及侧渗与来水在达到一定平衡且来水大于入渗速度后，水流才能靠自身积聚的水头向前流动，因此平坡时，由于水分在土壤中的下渗较快，难以形成地面径流，土壤湿润只能依靠侧向渗吸来缓慢地扩大其范