

初级水利技术培训教材



喷灌与滴灌

林中卉 董文楚 编



吉林科学技术出版社

前 言

“水利是农业的命脉”。建国以来，在各级党委的领导下，依靠群众，民办公助，修建了成千上万处小型农田水利工程，它们在防洪除涝、发展灌溉、养鱼、发电、人畜饮水、多种经营、水土保持等方面都发挥了很大作用。

为了进一步加强农田水利建设和管理，提高基层水利技术人员的业务素质，以适应当前农村联产承包责任制的新形势，满足农业发展的需要，开创农田水利工作的新局面，我们受吉林省水利厅委托组织一批省内外水利科技、教学、科研工作者，编写了这套《初级水利技术培训教材》（共十四种），使其既可供基层水利工作的领导干部和具有初中以上文化程度的水利技术人员阅读参考，又可作为乡镇水利人员培训教材。

这套教材在编写中力求理论联系实际，深入浅出，简明扼要，通俗易懂，学以致用。为了把书编好，不少作者深入实际，调查研究，总结经验，几易其稿，在提高书籍质量上下了不少功夫。尽管如此，我们深感经验不足，时间仓促，难免存在缺点和错误，热忱希望读者提出宝贵意见，以便再版时加以修改。

本书在编写过程中得到省内外许多专家和学者们的指导与帮助，谨致谢意。

吉林省水利科技情报中心站

一九八七年二月

目 录

绪 论	(1)
第一章 喷、滴灌的特点及适用条件	(5)
第一节 喷、滴灌的特点	(5)
第二节 喷、滴灌的灌水质量指标	(8)
第三节 喷、滴灌的适用条件	(12)
第二章 喷、滴灌设备	(14)
第一节 喷头	(14)
第二节 滴头	(29)
第三节 微喷头	(39)
第四节 过滤设备	(42)
第五节 管道及附件	(49)
第六节 喷灌机	(55)
第三章 喷灌系统的规划设计	(67)
第一节 设计内容和步骤	(67)
第二节 喷头的选型与布置	(70)
第三节 灌区来水及用水分析	(75)
第四节 管道布置及其水力计算	(81)
第五节 管径及水泵机组的选择	(91)
第四章 滴灌系统的规划设计	(98)
第一节 滴灌系统的组成与分类	(98)
第二节 滴头类型的选择	(101)
第三节 滴灌系统的规划布置	(103)

第四节	土壤湿润比的计算	(106)
第五节	滴灌灌溉制度的拟定	(112)
第六节	滴灌系统流量和灌溉用水量计算	(117)
第七节	滴灌管道的水力计算	(121)
第八节	水泵及动力机选配	(128)
第五章	喷、滴灌设备的其它用途	(130)
第一节	施肥	(130)
第二节	灭虫洒药	(134)
第三节	喷灌防霜冻	(136)
第四节	几种非农业用途	(138)
第六章	喷、滴灌系统的施工安装和运行管理	(141)
第一节	喷、滴灌系统的施工安装	(141)
第二节	喷、滴灌系统的运行管理	(147)
第七章	喷、滴灌系统的技术经济计算	(160)
第一节	投资及年费用计算	(160)
第二节	经济效益估算	(170)
附表 I	喷头性能	(174)
附表 II	喷灌泵性能	(180)
附表 III	滴灌管道及附件	(181)

绪 论

喷灌和滴灌都是先进的灌水技术。它们利用水泵将水加压，并通过压力输水管道把水送到灌溉地段。喷灌靠喷头将水喷射到空中，并散成细小的水滴，均匀地洒在田间进行灌溉；滴灌则靠滴头消能，将压力水流变成小水滴，一滴一滴地注入作物根部土壤中进行灌溉。

一、喷、滴灌发展概况

喷灌最早出现在十九世纪末，主要用于果园和苗圃。各国初期的喷灌都是固定管道式喷灌系统，管材多为铸铁管，发展速度也很慢，到1939年世界喷灌面积仅150万亩。到本世纪四十年代，即二次世界大战后，随着高效喷头、轻质薄壁铝管及快速接头的出现和不断改进，大大地推动了移动式喷灌系统的发展。随后端拖式、滚移式、时针式、绞盘式、平移式喷灌机相继研制成功。这些新技术的发展，降低了喷灌工程的成本，减轻了喷灌的劳动强度，提高了喷灌效率，使喷灌得到迅速的发展。目前，全世界的喷灌面积每年以10%的速度增长，喷灌已成为蔬菜、果树、经济作物、牧草、环境绿化的主要灌溉方法，据粗略统计，到1983年底为止，全世界已有喷灌面积近2.9亿亩。

我国解放后才开始研究和使用的喷灌，在近十几年来发展特别迅速，全国各地都在进行喷灌机具的研制和推广应用，

并在经济作物灌溉中，在广大山丘地区和北方缺水地区大力发展喷灌，到目前为止，全国已有喷灌面积近1000万亩。

与喷灌相比，滴灌是一种更为省水的近代灌水技术，它是由地下灌溉发展而来的。本世纪四十年代，随着塑料工业的发展，使得滴灌系统在技术上有了新的突破。五十年代后期，研制成功了长流道滴头，在滴灌演变过程中又迈出了重要的一步。六十年代以来，滴灌逐渐发展成为一种新的灌水技术。为了克服滴头易于堵塞的缺点，在七十年代又研制成了微喷滴头（又称喷滴头或微型喷头）和脉冲滴头，为滴灌的推广应用创造了条件。目前，全世界已有滴灌面积近500万亩。

我国自1974年引进滴灌技术以来，已在滴灌的设备研制、滴灌系统规划设计、滴灌田间试验等方面取得了进展，现已在全国各地推广试用。滴灌主要用于果树和蔬菜的灌溉，目前全国已有滴灌面积近20万亩。

二、喷、滴灌的优缺点

与其它灌溉方法相比，喷、滴灌具有许多突出的优点，归纳起来主要有：

1. 适应性强

主要表现在不要求地面平整就可进行灌溉，能够适应各种地形条件，尤其适宜在山丘坡地和难以进行自流灌溉的地方发展。喷滴灌设备主要用于农田灌溉，还兼有施化肥、喷农药等功能。喷灌设备，近年来已广泛用于防尘、降温、防霜冻等多种用途。无论是粮食作物还是瓜果、蔬菜，无论

是经济作物还是牧草，喷灌都能获得良好的经济效益。喷、滴灌设备既适用于大田作物的灌溉，也适用于温室、塑料大棚及人工环境作物的灌溉。

2. 省水

喷灌和滴灌采用管道输水，灌水均匀，减少损失，因而可以节约灌溉用水。同地面灌溉相比，一般喷灌可省水30~50%。由于滴灌没有喷灌时水珠的蒸发飘移损失，因此滴灌比喷灌还要省水。与地面灌溉相比，滴灌一般可省水50~70%。在透水性强、保水能力差的土地上省水效果更为显著。在干旱缺水地区，高扬程灌区和井灌区，省水就意味着节省能耗或扩大灌溉面积。

3. 省工省地

喷、滴灌实现了灌溉机械化和自动化的操作管理，可以减轻灌水的劳动强度，节省大量劳动力。喷、滴灌，不需要对灌溉地面进行大量的土地平整工作，取消田间输水渠道，减少杂草生长的环境，节省田间管理的工时。据初步统计，喷灌可以节省田间管理用工20%，滴灌可节省用工25~40%。喷、滴灌的输水管道多埋设在地下，减少了灌溉渠道所占的耕地。据统计，采用喷（滴）灌后，土地利用率一般可以提高7~10%。

4. 保持水土和防止次生盐碱化

喷、滴灌可以根据土壤的质地和透水性能来调整灌水量和灌水强度，因此不破坏土壤团粒结构，不会产生地表冲刷和土、肥流失现象，不会产生深层渗漏，而且可防止地下水位上升而引起的土壤次生盐碱化。由于滴灌能使作物根部的土壤经常保持在较高含水量的状态，因此还可以使用含有一定

盐分的水来灌溉作物。

5. 增产

喷、滴灌使用较小的灌水定额进行浅灌勤灌，便于严格控制土壤水分，使土壤湿度经常处在适宜于作物生长的最优范围之内；喷、滴灌不会导致地面板结，喷、滴灌使土壤始终保持疏松、多孔和通气的良好状况，这种状况有利于土壤养分的分解和作物根系的发育，因此保持和提高了土壤肥力；而且喷灌还可以调节田间小气候，增加近地表面的空气湿度，并能冲刷掉落在作物茎叶上的尘埃，有利于作物的光合作用。而滴灌又能把肥料直接送到作物的根系周围，有利于作物对养分的吸收，所有这些都为作物增产创造了条件。各地实践证明，在采用喷、滴灌的地方，粮食作物一般增产10~30%，经济作物一般增产20~50%，蔬菜一般增产30~50%。

但是，喷、滴灌也存在一定缺点。如喷灌受风的影响较大，一般大于3级风时，喷灌的均匀度明显下降。同时喷灌也受空气的温度和湿度影响，当空气湿度过低时，小水滴在未落到地面之前就气化损失了。在干旱高温季节，蒸发飘移损失有时达10~15%。滴灌的主要缺点是滴头容易堵塞，从而影响滴灌的效果。同时滴灌需用较多的塑料管材。无论喷灌或滴灌，其每亩投资（指一次性投资）相对比较高。上述这些缺点，随着我国国民经济的发展和科学技术的进步可以逐渐克服。因此，无论是喷灌还是滴灌，在我国都有广阔的发展前途。

第一章 喷、滴灌的特点及 适用条件

第一节 喷、滴灌的特点

一、喷灌

喷灌是模拟天然降雨，对作物进行灌溉的一种灌水技术，全称为喷洒灌水法。为了在大面积土地上实现均匀灌溉，必须建立由水源、动力机、水泵、管道及喷头组成的喷灌系统（图1-1-1）。喷灌系统的各组成部分协调工作，喷头的喷洒范围相互搭接覆盖，使整个喷灌系统灌水均匀，适时适量地满足作物生长的需水要求。

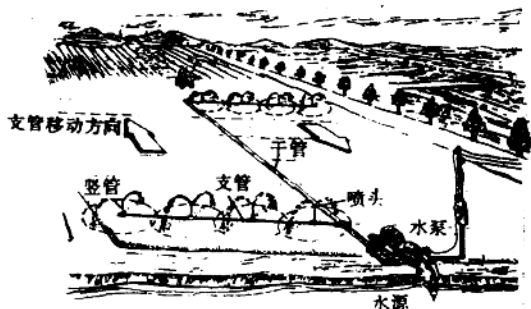


图1-1-1 喷灌系统示意图

喷灌条件下的灌溉水，自上而下地由空中洒落到地面和

作物叶面上，这种独特的灌水方法，使喷灌具有特别强的适应性。喷灌要求水流具有10~20米水柱（1~2公斤/厘米²）以上的压力，使喷射的水舌达到一定的距离（通常将水舌的喷洒湿润半径称作喷头的射程），并使水舌在空中被粉碎、雾化成细小的水滴后，均匀地洒落下来。

为了使水获得一定的压力，就要消耗能源。通常是用电能或燃油来驱动动力机（电动机或柴油机等）。动力机带动水泵旋转做功，使水获得一定的压力，一般称之为机压喷灌。如水源高于灌区，并有足够的水头差时，可以不必消耗电能或燃油，而直接利用天然水头使水获得压力，这就是自压喷灌。此时喷灌系统仅由水源、管道与喷头组成。

喷灌设备（机、泵、管、头）可以是移动的，也可以是固定的。因此，按喷灌设备在灌溉季节的移动程度，可将喷灌系统分为固定式、半固定式和移动式三种，其相应特点及适

表1-1-1 不同形式喷灌系统的比较

系统型式	固 定 式	半 固 定 式	移 动 式
喷灌设备的移动程度	除喷头外全部固定，固定泵站管道一般埋入地下	固定泵站，干管固定，喷洒支管及喷头可以移动	机、泵、管、头全部都可移动
优 点	使用方便，灌水劳动生产率高，可改善灌水的劳动条件 占地少，不会损伤作物，便于实现灌水自动化，灌水质量易于控制	优、缺点介于固定式与移动式之间	投资少，管道用量省，利用率高，运用灵便，动力机可供它用，不妨碍机耕

续表

系统型式	固 定 式	半 固 定 式	移 动 式
缺 点	投资大, 管道用量多, 且利用率较低。竖管有碍机耕		操作较麻烦, 人工移动灌水, 劳动强度较大, 移动管道时易损伤作物
亩 设 备 投 资	200~500元	150~200元	100~200元 (带管道) 20~50元 (不带管道)
适用条件	城郊蔬菜及经济价值高、灌水频繁且劳力紧张的经济作物; 用移动式喷灌机行走困难的陡坡地	适用范围广	经济价值不太高的大田作物、抗旱或其它临时性灌溉若干年后需要换地种植 (如人参) 或灌水次数不多的经济作物

用条件归纳如表1-1-1。

二、滴灌

滴灌是一种仅向作物根区直接供水的局部灌溉方法, 全称滴水灌溉法。滴入作物根区土壤的水靠重力和毛细管吸力的作用, 下渗和扩散。由图1-1-2可知, 滴灌可将地表流失、深层渗漏及棵间土壤水分蒸发等水量损失减小到最低限度。在现有的灌水方法中, 滴灌的用水量最省。

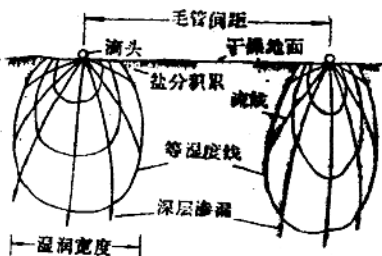


图1-1-2 滴灌的土壤湿润模式图

为了在田间进行较大面积的灌溉，应由水源、动力机、水泵、管道及滴头等组成滴灌系统。滴灌最怕堵塞，对水源水质的要求较高，必须对灌溉用水进行严格的过滤。因此，滴灌系统的首部枢纽除动力机、水泵外，还设有过滤器、化肥罐等设备。为防止微生物繁殖，铺设地面的管道、滴头应采用黑色避光的塑料材质。

通常滴头工作压力均在1公斤/厘米²左右。因此，滴灌能耗比喷灌少，滴灌系统的管道用量较多，干管、支管埋入地下，毛管铺设在田面，亩投资约120~250元。为了降低亩投资，可将田间毛管移动使用，移动滴灌系统的亩投资约下降至50~150元左右。

近年来，随着世界性能源紧张，喷、滴灌有趋于一体的倾向，出现了喷、滴结合的微喷滴灌。微喷滴灌的滴头不再消刹管道输水剩余的能量，而利用这微小的能量，将压力水雾化成雾状水珠，象喷灌一样洒在作物根部附近，更有效地湿润作物根区土壤。它综合了喷灌和滴灌的优点，克服了喷灌怕风、能耗高、滴灌怕堵塞等缺点，是一种节能高效的先进灌水技术。

第二节 喷、滴灌的灌水质量指标

灌溉效率是衡量灌水质量好坏的主要依据。所谓灌溉效率，就是田间灌水的效率，其含义：一是指灌溉水的有效利用程度，通常用灌溉水的有效利用系数来表示；二是指灌溉水的分布均匀程度，通常用均匀系数来表示。

滴灌有相当高的灌溉水的有效利用系数（ $\eta_{\text{水}} > 0.9$ ），但由于制造及安装等方面的原因，同一毛管上各个滴头的灌

水量并不均匀。因此，常以灌水的均匀系数来控制滴灌的灌水质量：

$$E_a = 1 - \frac{\Delta q}{q} \quad (1-2-1)$$

式中 E_a ——滴灌的均匀系数

q ——滴头平均流量

Δq ——滴头流量的平均偏差绝对值，即

$$\Delta q = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q|}{n}$$

n ——毛管上的滴头数

在喷灌条件下，灌溉效率的两种含义具体体现为喷灌的三大技术要求。

一、适宜的喷灌强度

喷灌强度是单位时间内喷洒在单位面积上的水量或单位时间内喷洒在灌溉土地上的水深，以毫米/小时为单位。喷灌强度表示喷灌水洒落的缓急程度，设计喷灌系统时应使喷灌系统的组合喷灌强度小于土壤的允许喷灌强度，如果喷灌强度过大，喷灌水不能及时入渗，就会在田间产生积水或径流，土壤湿润深度又不足，结果灌溉水的有效利用系数下降，灌水质量低劣。

喷灌系统的组合喷灌强度用下式计算

$$\bar{\rho}_{\text{系}} = \frac{1000 q_s \eta}{S_L \cdot S_M} \quad (1-2-2)$$

式中 q_s ——喷头的喷水量，即喷头的出流量（米³/小时）

η ——喷灌水的喷洒有效利用系数，一般为0.8~0.9

S_L ——支管上喷头的间距（米）

S_B ——支管间距（米）

二、良好的均匀度

喷灌均匀度是指喷灌面积上水量分布的均匀程度。表示喷灌均匀度的常用方法有：

1. 喷洒均匀系数

$$C_s = 1 - \frac{|\Delta\bar{\rho}|}{\bar{\rho}} \quad (1-2-3)$$

式中 $\bar{\rho}$ ——喷灌面积上的平均喷灌强度

$|\Delta\bar{\rho}|$ ——喷灌强度的平均偏差绝对值

$$|\Delta\bar{\rho}| = \frac{\sum_{i=1}^n |\rho_i - \bar{\rho}|}{n}$$

ρ_i ——各点的喷灌强度

n ——观测计算喷灌强度的点数

测定喷灌强度及喷灌均匀度，可在喷洒湿润面积内均匀地布设一定数量的量雨筒，喷洒一定时间后测量量雨筒内的水量，按下式计算各点喷灌强度：

$$\rho_i = \frac{10W}{t\omega} \quad (\text{毫米/分}) \quad (1-2-4)$$

式中 W ——量雨筒承接的水量（厘米³）

t ——试验时持续喷水的时间（分）

ω ——量雨筒开敞口面积（厘米²）

显然，水量分布愈均匀， $|\Delta\bar{\rho}|$ 值越小，均匀系数愈大，

但均匀系数始终小于1。

2. 水量分布图

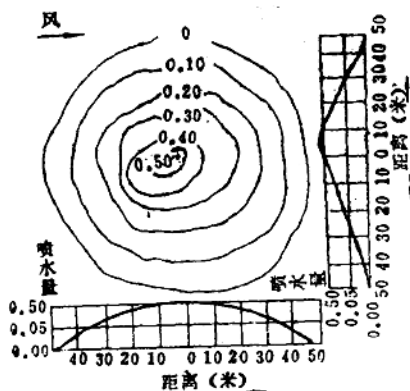


图1-2-1 单喷头水量分布图

×-喷头位置，喷水量（单位，毫米/分）

水量分布图就是喷洒范围内的等水量图，它象地形图一样，准确、直观地标示出喷洒水量在喷洒面积上的分布情况。一般常用此法表示单喷头的水量分布情况(图1-2-1)。无风时旋转均匀的单喷头水量分布图近似一组同心圆。

3. 恰当的雾化度

雾化度是指喷洒水滴被粉碎的程度，常以洒落在地面或作物叶面上的水滴直径大小来表示。水滴太大容易破坏土壤表层的团粒结构并形成板结，甚至会打伤作物幼苗；水滴太小，受风的影响大，使空中飘移蒸发损失增大，灌溉水的有效利用系数下降，而且能源损耗加大。因此，要根据灌溉作物、土壤性质等因素选择恰当的水滴直径。

测定水滴直径的方法很多，如滤纸法、面粉法等。由于空气阻力和水舌内部涡流的作用，喷头喷洒出来的水滴大小不一，即使在同一位置的水滴直径也有大有小，一般近处小水滴多一些，远处大水滴多一些，常以该处的平均水滴直径为代表值。一般喷头射程末端的平均水滴直径以1~3毫米为宜。

水滴直径大，一般说水滴对土壤或作物的打击强度也大，但也不是绝对的，因为打击强度还决定于水滴降落速度及密度（落在单位面积上的水滴数目）等，但直接测定水滴打击强度，目前还有困难，仍然以水滴直径来表示雾化程度的好坏。

第三节 喷、滴灌的适用条件

喷灌和滴灌均有一定的适用条件，必须根据当地的自然条件及设备、能源供应情况、技术力量、用户经济负担能力等社会经济条件，因地制宜地选用。具体采用什么方法，应综合考虑以下因素。

水源：在水源来水量小，水质清洁，水中污物经仔细过滤后，不致使滴灌系统堵塞，如小流量的山泉水，即可用作滴灌水源。此外，含盐的水也可用来滴灌。喷灌对水源水质没有滴灌要求严格，但水源来水量必须要有足够保证。

地形：利用地形可以获得自然水头时，应优先发展自压喷灌或自压滴灌，滴灌所要求的水头比喷灌低，山间零星耕地均可考虑采用滴灌。一般在地形起伏、地面灌溉工程艰巨或无法进行地面灌溉的地区，可考虑喷（滴）灌。但同时还

应综合考虑灌溉工程的艰巨性，从技术经济上充分论证喷（滴）灌工程的必要性与可能性，如果经济上不如旱作农业（仅靠农业技术措施来增加土壤的蓄水、保水能力，不进行任何灌溉）合算时，就不应勉强修建喷（滴）灌工程。

作物：对果树等非密植作物，滴灌较为适宜。喷灌虽可用于多种作物，现阶段宜喷灌经济价值高、灌水频繁及有特殊要求（如调节田间小气候、小水勤浇等）的作物，如花生、棉花、蔬菜、茶叶、木耳、甜菜等经济作物。

土壤：在透水性强的沙土上采用喷、滴灌，可有显著的省水效益。在透水性差的粘性土上，喷灌往往湿润深度不足，甚至出现径流或积水，采用时要慎重，但可以采用微喷滴灌。

气象：在炎热干燥、多风地区，喷灌往往不如滴灌，如在蒸发大于降水、气候极端干热的沙漠地，滴灌甚至是唯一可取的灌溉方法。

能耗：喷灌与滴灌需要消耗一定的能源来给水加压，但在提水灌区，灌溉水本身已经消耗了能源，喷、滴灌省水就意味着节省能源，喷（滴）灌多耗的能源与节约相抵，喷（滴）灌的总能耗可能比地面灌溉高，也可能比地面灌溉低，显然应当尽量采用能耗低的节能灌溉方法。一般提水灌区的提水扬程愈高、土壤透水性愈强、提水泵站装置效率愈低时，喷（滴）灌省水节能的效果愈明显，此时采用喷（滴）灌往往比地面灌溉节省能源。