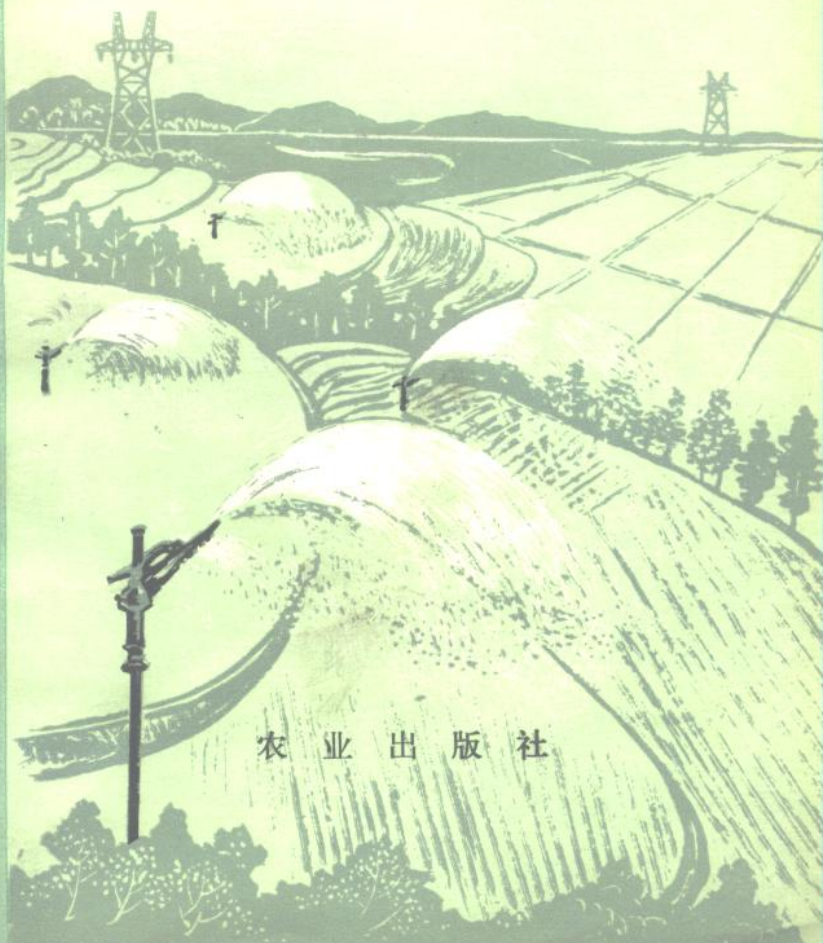




农村科学实验丛书

喷 灌



农 业 出 版 社



农业学大寨



农村科学实验丛书

喷 灌

中国农科院农田灌溉研究所
武汉水利电力学院 编
吉林省农科院

农 业 出 版 社

农村科学实验丛书

喷 灌

中国农科院农田灌溉研究所

武汉水利电力学院 编

吉林省农科院

农业出版社出版 新华书店北京发行所发行

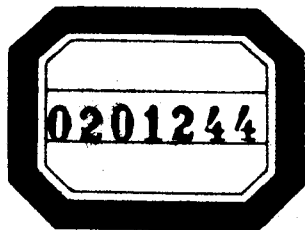
农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 4.625印张 93千字

1978年2月第1版 1979年2月北京第2次印刷

印数 18,501—60,500册

统一书号 15144·518 定价 0.34元



006805 水利部信息所



《农村科学实验丛书》出版说明

当前，我国农村群众性科学实验运动正在蓬勃开展，四级农业科学实验网正在普遍建立。为了适应革命大好形势的需要，切实贯彻执行伟大领袖和导师毛主席提出的“**备战、备荒、为人民**”的战略思想和“**以农业为基础**”的方针，认真贯彻执行华主席和党中央提出的抓纲治国的战略决策和“**全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗**”的伟大号召，使出版工作更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，有关出版社联合出版一套《农村科学实验丛书》。

这套丛书以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，努力宣传“农业学大寨”的革命精神和实现农业现代化的重要意义，突出反映无产阶级文化大革命，特别是揭批“四人帮”以来农业战线上科学实验的丰硕成果。包括以自然辩证法指导农业科学实验活动，农、林、牧、副、渔等方面进行科学实验的基础知识、应用技术和方法，以及有关群众科学实验的重大成果和经验总结。可供农村广大贫下中农、知识青年和基层干部，特别是农村科学实验小组成员参考。

前 言

适当的土壤水分是保证农作物正常生长的必要条件。土壤水分除靠降雨补给外，过去常采用地面灌溉的方法（如沟灌、畦灌、淹灌）来解决土壤水分的不足。在生产实践中发现地面灌溉不如用机械喷洒灌溉均匀、省水、有利作物生长。这种喷洒灌溉方式我们就叫它为喷灌。

在毛主席革命路线指引下，在农业学大寨、普及大寨县的群众运动推动下，经农林、水利、机械、轻工等部门密切配合，各地因地制宜、土法上马、土洋结合，喷灌技术发展很快，面积逐步扩大，增产效果显著。

为了更好地推广喷灌技术，促进农业生产的发展，我们根据国内近几年实践经验，编写了这本小册子，简明地介绍了喷灌的基本原理、设计和有关田间试验方法等，供从事喷灌的人员参考。由于水平所限，有不当之处，希予指正。

编者

一九七七年三月

目 录

一、概述与喷灌技术要求	1
(一) 概述	1
(二) 喷灌的主要技术要求	4
1. 喷灌强度	4
2. 水滴直径	7
3. 喷灌均匀度	8
二、喷头	11
(一) 喷头的性能	11
1. 工作压力	11
2. 喷水量	11
3. 射程	12
(二) 喷头的种类和工作原理	12
1. 旋转式喷头	13
(1) 摇臂式喷头 (14)	(2) 叶轮式喷头 (17)
(3) 反作用式喷头 (18)	(4) 手持式喷头 (18)
2. 固定式喷头	19
(1) 折射式喷头 (19)	(2) 缝隙式喷头 (20)
(3) 离心式喷头 (20)	
3. 孔管式喷头	20
(1) 单列孔管 (20)	(2) 多列孔管 (20)
(三) 射流式喷头的水力学原理	21
1. 工作压力、喷水量和射程之间的关系	21

2. 影响射程的其它因素	23
3. 影响水量分布的因素	26
4. 影响水滴直径的因素	28
(四) 摇臂式喷头的结构	30
三、喷灌系统	32
(一) 喷灌系统的类型	32
1. 移动式喷灌系统	32
(1) 移动管道式喷灌系统 (32)	(2) 移动喷灌机组 (33)
2. 固定式喷灌系统	39
3. 半固定式喷灌系统	39
(二) 喷灌系统的规划设计	40
1. 规划设计喷灌系统的基本资料	40
(1) 灌区地势、地形资料 (40)	(2) 水源调查 (40)
(3) 种植制度及群众高产灌溉经验 (40)	(4) 农业气象 (40)
(5) 土壤 (41)	(6) 作物耗水量 (42)
(7) 其它 (43)	
2. 管路 (渠系) 布局和喷头的布置与选择	43
(1) 管道 (渠道) 系统的规划 (43)	(2) 喷头布置及支管 (毛渠) 间隔 (46)
(3) 喷头 (49)	
3. 设计步骤和方法	49
(1) 设计步骤 (49)	(2) 设计计算方法 (50)
(3) 管道水力计算 (54)	(4) 水泵和动力配套 (58)
4. 固定式喷灌系统设计举例	59
5. 半固定式喷灌系统设计举例	64
6. 移动管道式喷灌系统设计	70
7. 单喷头管引式机组喷灌系统设计举例	71
(三) 喷灌系统的施工	73
(四) 喷灌系统的管理	78

四、喷灌田间试验方法	80
(一) 田间试验的基本要求	80
(二) 试验地的选择	81
(三) 试验设计	81
1. 试验处理	81
2. 试验小区的设置	82
3. 试验小区的面积	82
4. 试验小区田间排列方法	83
5. 试验处理原则	84
(1) 基本原则 (84) (2) 作物生育的适宜水分指标 (84)	
(四) 调查观测项目与方法	86
1. 农作物物候期的调查	86
2. 作物长相调查项目与方法	90
3. 收获与考种核产	95
4. 土壤水分的测定	96
5. 土壤温度的测定	100
6. 土壤养分的测定	100
7. 土壤表面状况调查	101
8. 田间小气候观测	101
9. 生理特性的测定	102
10. 基本情况的记载	103
(五) 资料的整理分析	106
1. 特征值的计算	106
(1) 平均数的计算 (106) (2) 标准差的计算 (107)	
(3) 变异系数 (107)	
2. 简单的比较分析	108
(1) 表格比较法 (108) (2) 图形比较法 (108)	
3. 统计分析法	110

附录一	土壤速效氮(硝态氮和铵态氮)、速效磷、 速效钾的速测方法	111
附录二	土壤结构有关项目的测定方法	113
附录三	试验资料的几种统计分析方法	117

一、概述与喷灌技术要求

(一) 概 述

水利是农业的命脉，农田灌溉是农业增产的一项基本条件，灌溉方法则是影响农业增产幅度的一个重要因素。现在广泛采用的灌水方法是地面灌溉（沟灌、畦灌、淹灌等），但是这种灌水方法只能改变土壤湿度，而对田间小气候影响小，而且灌水定额较大，不便于实行适时适量灌溉，水的有效利用程度低，浪费大等。因此，一百多年前开始出现了一种新的灌水方法——喷灌（即喷洒灌溉）。喷灌所需要的设备一般包括：水源、输水渠系、水泵、动力、压力输水管道及喷头等部分。水泵从水塘、井、明渠或无压暗管取水并加压，经由压力输水管道系统（一般有干管、支管、竖管及管道附件等）送到田间，由喷头将水喷射到空中散成细小的水滴，象下雨一样均匀洒布在灌溉地段上，因此过去也叫做人工降雨。但是，为了便于与在高空撒干冰、碘化银等人工降雨方法相区别，所以把它叫做喷灌。

我国在解放后就开始研究喷灌，最初主要在几个大城市郊区用于喷灌蔬菜。1958年大跃进中，通过批判“洋奴哲学”，打破了对喷灌技术的神秘观点，广大群众因地制宜、就

地取材，土法上马制造出多种短射程喷头，并利用山区静水压力创造了自压式喷灌。1964—1965年一些地区自行设计，自己制造了一批结构较为合理、质量较高的喷灌机，主要用于灌溉蔬菜、果园或苗圃。特别是无产阶级文化大革命以来，在农业学大寨运动蓬勃发展的大好形势推动下，我国喷灌事业发展更快。目前，全国所有省、市、自治区都在因地制宜进行喷灌机具研制与喷灌田间试验，并且广泛开始用于大田灌溉，普遍取得了增产省水的良好效果，为实现我国农业机械化丰富了内容。

喷灌之所以能得到这样广泛的重视，主要是因为与现在的地面灌水方法比较有以下五个方面的优点：

1. 省水 由于喷灌便于控制灌水量，可以使灌溉水比较均匀地保留在作物的根系活动层中，不致于从地表流走，也不会渗漏到土壤的底层去，灌水均匀度可以达到80—90%。因此，水的利用率高，一般可达60—85%。和地面灌溉比较，可以省水30—50%。在透水性强，保水能力差的砂质土或其它类似的土地上，甚至可以省水70%以上。这对于我国北方干旱缺水地区、山区、丘陵区、高扬程灌区、深井灌区和透水性强的地区，扩大浇地面积，大幅度降低农田基本建设投资都具有特别重要的意义。

2. 增产 喷灌可以采用较小的灌水定额，随浇随渗，避免地面积水，而且又能保证灌水均匀，便于严格控制土壤水分。从而使墒情保持在对作物生长最有利的状态，有利于保持肥力，保护土壤团粒结构，避免水、土、肥的流失。这就促进作物根系在浅层发育，有利于充分利用土壤表层肥分。而

且喷灌还可以调节田间小气候，增加近地表层空气湿度，在炎热季节降低气温，有利于作物的生长。还能冲刷掉茎叶上的灰尘，以利于作物的呼吸和光合作用。这些因素都对作物增产有利。玉米、小麦、棉花、大豆等采用喷灌一般比沟、畦灌可增产10—30%，蔬菜喷灌则可增产1—2倍。

近年来我国南方有些省还进行了水稻喷灌试验，在高温季节保持水层并进行喷灌，由于增加了田间空气湿度，降低了温度，增加了日夜温差，空壳率减少，取得了每亩增产一成的效果。

3. 省劳力 由于喷灌的机械化程度高，可以大量减轻劳动强度，节约劳动力。一般移动机组可以成倍提高工效。如果大面积采用固定式喷灌系统工效还会更高。此外，采用喷灌还可以减少修筑毛渠、畦、沟、埂的投工。

4. 提高土地利用效率 采用喷灌可以大大减少沟渠占地，不仅节省土石方工程，而且能腾出5—15%的沟渠、地埂占地扩大作物种植面积。

5. 防止土壤冲刷和盐碱化 喷灌可以根据土壤质地的轻重和透水性大小合理确定水滴大小和喷灌强度，以保护土壤的团粒结构，避免造成土壤冲刷。在土壤盐碱化的地区，采用喷灌控制湿润深度，消除深层渗漏，可以防止地下水位上升和盐碱化。

喷灌具有许多优点，但是也有一些缺点。主要是受风的影响大，一般在3—4级风以上，部分水滴在空中被吹走，灌溉均匀度大大降低，就不宜进行喷灌。其次，空气相对湿度过低时，水滴未落到地面之前，在空中的蒸发损失可以达

到 10%。因此，考虑到一般晚上风小，常采取夜间喷灌的办法来避免风的影响和减少空中蒸发。第三、对土壤表层湿润比较理想，而深层湿润不足。但是近年来，一些单位采用低强度喷灌（即慢喷灌），使喷头的平均喷灌强度远低于土壤的入渗速度，并延长喷灌时间（可达到 12 小时），这样使水分能充分地渗入土壤下层，而又不会产生积水和地表径流。第四，需要一定的机械设备，在水源比较丰富的平原地区一般投资较高。目前，我国单位面积喷灌设备和基建投资（即‘亩投资’，不包括水源、干、支渠工程）如下：固定式喷灌系统约 300—400 元/亩；移动式喷灌系统约 20—50 元/亩；半固定式喷灌系统，则介于两者之间。由上述数值可知，由于喷灌系统的不同，亩投资的变化幅度很大。因此，因地制宜地正确选择喷灌系统的型式和满足喷灌的技术要求是很重要的，如果能够处理得当，完全有可能大大降低喷灌设备和基建的投资。

（二）喷灌的主要技术要求

为了达到增产省水的目的，喷灌时应符合一定的技术要求，否则同样会破坏土壤，浪费水量，甚致造成作物减产。喷灌的技术要求有喷灌强度、水滴直径（即雾化程度）和喷灌均匀度三项。

1. 喷灌强度 即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，一般用毫米/分或厘米/小时表示。喷灌强度有点喷灌强度 ρ_i 和平均喷灌强

度（面积和时间都平均） $\bar{\rho}$ 两个概念。

点喷灌强度 ρ_i 是指在一定时间 (t) 内，喷洒到某一点土壤表面的水深 h ，即：

$$\rho_i = \frac{h}{t} \quad (1)$$

其观测方法一般在无风天气，在喷头射程范围内设置雨量筒进行测量。

平均喷灌强度 $\bar{\rho}$ 是指在一定面积上（一个喷头，或许多喷头，或喷头设置点控制的面积），各点在单位时间内的喷灌水深的平均值，用平均喷灌水深 h_0 与相应喷灌持续时间 t 的比值表示。

$$\bar{\rho} = \frac{h_0}{t} \quad (2)$$

一个喷头在 t 时间内喷洒的总水量，可以按喷头喷水量计算，即 qt (q 是一个喷头的流量)；也可以按喷洒到地面的水深来计算，即 $h_0 A$ (A 是一个喷头控制的灌溉面积)。当不考虑水滴在空中的蒸发损失和风将水滴吹洒到控制范围之外的水量损失时，这两个水量是相等的，即：

$$qt = h_0 A, \quad \text{或} \quad \frac{h_0}{t} = \frac{q}{A}$$

因此，一个喷头的平均喷灌强度，也可如下式所示：

$$\bar{\rho} = \frac{q}{A}$$

通常喷头流量 q 以立方米/小时为单位，控制面积 A 以平

方米为单位，那么上式就可以写成：

$$\bar{\rho} = \frac{100q}{A} \quad (\text{厘米/小时}) \quad (3)$$

由这个公式可以看出：一个喷头在正常工作情况下，它的流量和控制面积不变时，平均喷灌强度也是不变的，这是喷头的一个重要参数。

在不考虑多喷头或多喷点的喷灌面积必有部分重叠的条件下，一个喷头的控制面积 A ，为半径等于喷头射程 R 的圆形或扇形面积。对于全圆周喷洒的喷头其控制面积为：

$$A = \pi R^2$$

代入 (3) 式，可以得出全圆周喷洒喷头平均喷灌强度的计算公式：

$$\bar{\rho} = \frac{100}{\pi} \times \frac{q}{R^2} = 31.8 \frac{q}{R^2} \quad (4)$$

对于作扇形喷洒的喷头，控制面积可按下式计算：

$$A = \frac{\beta}{360^\circ} \pi R^2$$

式中： β ——扇形面积的中心角 (图 1)，以度为单位。

$$\bar{\rho} = \frac{360 \times 100q}{\pi \beta R^2} = 11460 \frac{q}{\beta R^2} \quad (5)$$

喷灌时，不产生地表径流，才能保护土壤团粒结构和不致造成土壤冲刷现象，这就必须使喷洒到地表的水，能立即渗透到土壤中去，也就是说平均喷灌强度应与土壤的透水性相适应，即喷灌强度不超过土壤的渗吸速度，这是进行喷

灌时的一个重要技术要求。

2. 水滴直径 即落在地面或作物叶面上的水滴直径, 用符号 d 表示, 以毫米为单位。由于水舌在空气阻力和内部涡流的作用下, 粉碎成水滴的过程是逐渐变化和均匀的。因此, 从喷头喷洒出来的水滴大小远近不一, 在同一范围内, 水滴直径也有大有小。如将离喷头某一距离所观测到的水滴直径的数值按大小排列, 可以绘出水滴由小到大的直径累积曲线, 如图 2 所示。这样的曲线对于不同的喷头是不同的。对于同一个喷头距离远近也不相同。为了便于比较, 常用水滴中数直径来代表这一曲线的特征。水滴中数直径就是大于和小于它的水滴数目相等的直径

值, 如图 2 中虚线所标示的, 其水滴中数直径就等于 2.5 毫米。

比较简便的水滴直径观测方法, 一般采用滤纸法。首先把不同大小水滴在涂色纸 (如曙光滤纸) 上所形成的色斑直径量出, 并绘制率定曲线。观测时, 用涂色滤纸接收瞬时内的

的喷洒水滴, 再从率定曲线查出每一水滴的直径, 绘出水滴直径累积曲线, 求得水滴中数直径。对每一种喷头在不同工

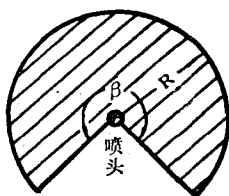


图 1 单喷头扇形喷洒面积示意图

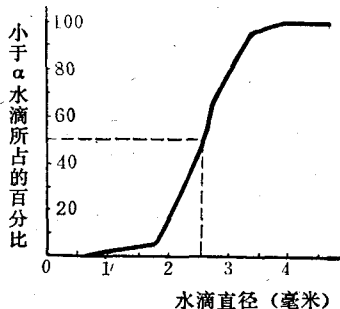


图 2 喷头水滴直径累积曲线图

作压力下，均应测得远、中、近三点的水滴中数直径，以了解其最大值、最小值。

水滴太大，容易破坏土壤表层的团粒结构，造成土壤板结，甚至会打伤作物的幼苗或造成某些作物倒伏，还会把土溅到作物叶面上影响作物的生长。水滴太小，在空中蒸发损失大，受风的影响也大。因此，要根据灌溉作物和土壤性质选择恰当的水滴直径。一般情况下要求水滴中数直径为1—3毫米。

3. 喷灌均匀度 就是喷灌面积上水量分布的均匀程度。它与喷头结构、工作压力、喷头布置形式、喷头间距、喷头转速的均匀性、竖管的倾斜度、地面的坡度和风速风向等因素都有密切关系。

喷灌均匀度一般以喷洒均匀系数K表示，其计算方法如下：

$$K = \frac{\bar{\rho}}{\bar{\rho} + |\Delta\bar{\rho}|} \quad (6)$$
$$|\Delta\bar{\rho}| = \frac{\sum |\rho_i - \bar{\rho}|}{n}$$

式中： $\bar{\rho}$ ——整个喷灌面积上的平均喷灌强度；

n ——观测计算喷灌强度的总数；

ρ_i ——各点的喷灌强度；

$|\rho_i - \bar{\rho}|$ ——不计正、负的绝对值。

在喷灌面积上的水量分布越均匀， $|\Delta\bar{\rho}|$ 值越小，K值越大。K值最大时为1，即各点喷灌强度完全一样，但实际上是不可能的。