

水利科学技术丛书之三

噴灌与地下灌溉

水利科学研究院灌溉研究所編

水利电力出版社



前 言

灌溉在提高农作物单位面积产量上有着极其重要的作用。通过1958年农业大跃进的实践，这个作用愈加明显。1958年我国粮食和棉花产量加倍的增长是和广大农民在党的领导下大搞水利运动分不开的。河南省西平县和平社二亩亩产7,320斤的冬小麦卫星田作到了“七水六肥”，其他各种作物的高额丰产实例也都充分说明了灌溉和各种增产措施密切配合下，农作物产量能够成倍甚至几十倍地增长。

目前，我国农田灌溉面积已达10亿余亩。今后灌溉面积更会逐年以高速度扩大，因此，使这数以亿计的广大农田灌好水是极为重要和迫切的事情。这就是农作物灌水方法所要研究的问题。

农作物的灌水方法计有三种：地面灌溉、地下灌溉和喷灌。

千百年来，不论在我国或国外，各种农作物的主要灌水方法是地面灌溉——水在地面流动（或在地面建立水层），再从地面渗入土壤。如旱作物的畦灌、沟灌和水稻的淹灌等。

地面灌水方法存在着一定的缺点，例如灌水时较易破坏土壤结构，引起板结，冲失养分，增加水量的消耗等等，特别是在实行以深翻、多肥、密植精细管理为中心的耕作园田化地区，地面灌溉将会感到一定的困难。因而采用新式灌水方法——喷灌和地下灌溉是农业生产技术发生深刻变革所带来的新要求。目前，许多人民公社的高额丰产田中首先采用新灌水方法

的事实正是说明了这一点。可以预料不久的将来，在崎岖的山地，在实现水利化和电气化的同时，将大量采用喷灌。在平原地区，实现了河网化和园田化，喷灌与地下灌溉的新技术也将普遍地应用，从而使农作物得到最适宜的水分补给。很显然，在农业飞跃发展的形势下，提出的这门新灌溉技术，将由于我国工业的高速度发展为我们提供大量的抽水和喷灌设备、地下管道以及实行鼠道地下灌溉所需的拖拉机和绳索牵引机等而日益发展，并将成为今后灌水方法发展的方向。

为了加快这项新灌水方法在生产中的应用，应当坚决贯彻土洋结合的方针。1958年许多地区采用土办法大搞喷灌与地下灌溉，从而使得这项过去认为“高级”和“神秘”的技术很快地推广开来。坚持因地制宜、就地取材的原则是推行这项技术的关键措施之一。

与此同时，我们要着重指出，现有的地面灌水技术在一个相当长的时期内还有着积极作用，从我国目前生产实践与科学研究的成果看来，地面灌水技术的增产潜力还极大，例如在棉花灌溉，结合农业技术，改畦灌为沟灌，每亩可以增产30~50斤皮棉，改一般沟灌为细流沟灌每亩可以增产20~30斤皮棉。对于小麦等密播作物，在实行园田化的同时，采用小畦灌溉同样收到增产省水的良好效果。因此，在农田灌溉上，还有极为广大的面积使用着地面灌溉，在这种情况下改进这项技术的任务仍然十分重大和必要。在许多地区，从生产上说来，这个任务还是主要的。既研究现有地面灌水技术的改进，又研究新式的喷灌和地下灌溉的新技术，两者都不应偏废。

为了适应形势的需要，我们在总结我国广大群众在喷灌和地下灌溉方面经验的基础上，结合我们和各地生产与研究单位以及国外首先是苏联的研究成果，编写成这本小册子，使之有

助于这門知識的傳布和这門技术的推广应用。

限于我們的水平和我們对国内現有材料的了解，这本冊子介紹的內容是不够全面的，錯誤与缺点也在所难免，为了满足各地发展新式灌溉方法的迫切要求，我們將所知道的和我們自己正在进行的工作情况向讀者作一个簡略地介紹，和提出一些粗淺的意見。

我院苏联专家 B. Я. 齐恰索夫同志对于这项工作給予了极大的帮助与热忱的关怀，这里，我們向专家表示深摯的謝意。

目 录

第 I 部分	噴灌	5
第一章	噴灌設備	7
第二章	噴灌設備的应用	19
第三章	噴肥与噴藥	24
第 II 部分	地下灌溉	28
第四章	地下灌溉的优越性及其种类	30
第五章	管道式地下灌溉	35
第六章	厭道式地下灌溉	48

第 I 部分 噴 灌

噴灌法是本世紀初叶新发展的一种灌溉农作物的技术，它借噴灌机械設備將灌溉水流噴射到空中，以雨滴状态降落到植物和土壤上，达到灌溉的目的。

噴灌对于植物生理有着有利的影响，苏联研究指出：噴灌促使植物体内的温度降低，加强同化作用，能較快地供水給叶片，提高植物的耐热性。在噴灌的情形下，植物的根系主要在浅层发育，这使植物能更好地利用表层土壤的肥力，減輕盐碱化土壤的危害作用。而且噴灌的特点还在于提高植物发育临界期内的空气相对湿度，因而有利于植物的发育。同时，噴灌較之地面灌溉，湿润均匀，水分适宜，灌水質量高，可以提高作物产量。經驗証明：許多作物用噴灌法灌溉，都比地面灌溉法有显著的增产效益。例如蔬菜作物一般增产20~30%甚至一倍以上；粮棉作物一般增产在1~2成以上或更多。

噴灌消除了地面灌溉法产生灌溉水量損失的許多根源，因而能够大大节约宝贵的灌溉水量。实践表明：噴灌較一般地面灌溉能节省水量40~60%左右。这一点对于我国干旱的西北地区，以及缺水的华北平原的农业生产，有着特殊的意义。同时由于噴灌是以机械化的方式进行灌水，因而能把灌溉工作从繁重的体力劳动和手工业生产方式中解放出来，有可能大大的节省劳力并提高生产率。噴灌一般較地面沟灌提高劳动生产率50%以上。其次，采用噴灌法，可以不修或少修明渠灌溉网，大大提高了土地利用系数，減輕工程投資以及杂草和病虫害对

作物的为害，能发挥机械作业的最大效能。喷灌的优点还在于不受地形的限制，节省平整土地的巨大土方工作量，对于丘陵地区或山区的新拓灌区来说更有现实意义。

鉴于喷灌具有上述优点，所以在世界各国有了很快的发展。目前，全世界的喷灌面积已经超过1,500万亩以上。苏联在这方面有着独特的和巨大的发展，现在已有适于不同地形条件和各种作物的喷灌设备或喷灌机。例如，适用于灌溉蔬菜作物的短射程喷灌设备有KAY-55 M；生产效率高的双悬臂式的喷灌机ЛЛА-100 M，以及喷水射程远达60公尺，而且非常机动、灵活的远射程喷灌机ЛЛ-45和一些喷水射程适中而小巧玲珑的中射程喷头如GDH-10等等，都已根据具体条件，大面积的应用于农业生产中，对提高作物产量和促进农业生产的机械化、电气化起了良好的作用。

苏联不仅在喷灌机的形式和结构方面有卓越成就，在喷灌的应用和试验研究方面也积累了大量经验。关于喷灌对土壤的机械组成和物理性能，对小气候^①以及对作物生理等方面的影响，都作了深入细致的观测研究，并得到了优异的成果。

在东欧的一些社会主义国家里，喷灌技术在农田灌溉中也获得了新的成就，在喷灌设备或喷灌机方面也有新颖的形式。譬如匈牙利利用气球悬吊，拖拉机抽水和牵引的低压喷灌设备，控制灌溉地段的长度达400公尺。喷灌船在某些地区也是良好的喷灌设备。民主德国使用生活污水为水源，喷灌作物的面积也很大，而且喷灌系统往往是与明渠自流灌溉系统相结合，利用渠道上可能的跌差水头进行喷灌。

① 地面上1~2公尺内的气象条件，与作物生长的关系最为密切，这一空间的气候，在农业上称为小气候。

資本主义国家，例如美国，在噴灌技术方面以及噴灌面积上，也各有不同程度的发展，但由于社会制度的限制，在生产率高的噴灌机方面可以说没有什么特殊成就。

我国是一个有着悠久灌溉历史的国家，远在两千多年前，灌溉事业及灌溉技术就有了辉煌的成就。近百年来由于帝国主义侵略者的摧残和封建反动势力的統治，水利失修，农业生产停滞，灌溉事业也没有得到发展，当然在灌溉方法方面更不会有甚么改进，噴灌在解放前更是灌溉事业中的一門空白技术。

解放后，在党的领导与关怀下，在学习苏联先进經驗的基础上，1954年首次在上海郊区的350亩蔬菜地上建立了噴灌站，由于它既增产又解除了人力挑水灌溉的繁重劳动，受到該地农民羣众的热烈欢迎。此后，噴灌面积逐年得到发展，但多集中在大城市的郊区，并以灌溉蔬菜为主。1958年农业生产大跃进以后，噴灌有了新的发展，出现了广大农村开始采用的局面。甘肃、河南、河北以及四川的某些县，在党的领导下，解放了思想，破除了迷信，創造了結合当地条件的各种噴灌设备，灌溉着粮棉和油料等重要作物，在我国的噴灌史上揭开了新的一頁。同时，一些水利部門，科学研究机构和机器制造企业，研究試制出多种类型、用不同材料制成的噴灌设备，从而大大的推动噴灌事业的飞速发展。

第一章 噴灌設備

1. 低壓噴灌設備

低壓系指噴头的工作水头較低，一般工作水头在20公尺以下的称为低壓噴灌設備。由于噴灌設備的工作压力低，所以能

將製造噴灌設備的材料種類較多，工藝加工也較為簡單，同時使用的抽水設備生產率較高，單位噴灌水量所需要的動力較小。但是這一類的設備，除了由動力機器牽引移動的是完全活動式的以外，一般來說，需要的勞力較多，機械化程度較低，是其缺陷。下面分別簡單的敘述一些低壓噴灌設備的形式。

(1) 苏联 KAY-55 噴灌設備 這是一種低壓噴灌設備。它是目前在苏联認為用于灌溉蔬菜作物最有成效的一種噴灌設備。由下列一些主要部件構成：

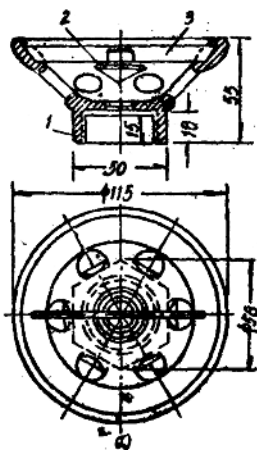


圖1 噴頭

噴頭 它是灌溉水流噴射到大气中并散成雨滴狀態的設備，系由鋁鑄部件構成。形狀如圖1所示。噴口孔和防護罩鑄在一起，噴口孔直徑15公厘，防護罩上面架一橫梁，橫梁上裝一角度為 120° 的圓錐體，錐體尖端距噴口孔為15公厘。

豎管 它是联接噴頭與接頭的一個管件，由普通1吋的黑鐵管作成。

接頭 噴灌設備的接頭有兩種，一種是能联接豎管和灌水管（灌水管包括輔助輸水管和灌水管）的工作接頭；另一種是僅起联接灌水管作用的通路接頭。這兩種接頭在形式和構造上差別不大，都是鋁鑄件，并帶有两个壓鑄的止水橡膠圈，形狀如圖2所示。橡膠圈系借助管道內水壓力緊貼在接頭所联接的兩根管端的外壁上，起防止漏水的作用。

撐腿 它裝在接頭上，用螺釘加以固定。它的作用是把灌

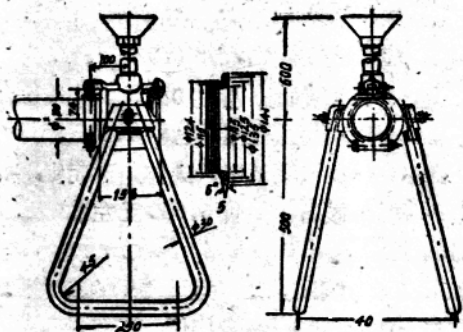


图 2 接头、撑腿全图

水管道架在距地面50公分高的地方。撑腿一般用铁管作成。

灌水管 灌水管是由1.2公厘厚的薄钢板作成，每节管子5公尺长，直径4吋，两端各带有一个环，其中一个环用螺钉固定在接头的一端，另一个环在安装时使用，挂在另一个接头的小钩上。

由这些部件组成的一套喷灌设备，需要包括喷头24个、工作接头24个、通路接头36个、灌水管60节以及三通两个、90°弯头两个和堵头两个，用这些部件装成两只灌水翼管和一段辅助输水管。每支灌水翼管长120公尺，其上分布有12个喷头。辅助输水管由灌水管子和通路接头组成，共长55公尺，辅助输水管与灌水翼管由弯头联接。



图 3

部分灌水翼管见图3所示。

供給这种噴灌設備灌溉的流量为18秒公升，噴头处的工作水头在10公尺以上，有效噴射直径为10公尺。有重迭时，降雨强度每分鐘約为1公厘，雨点直径平均約1.3公厘，控制灌溉面积約为300亩左右，視灌溉地区的具体条件而定。

制造这样一套噴灌設備，造价6,000元左右，这种設備目前在北京东郊建站应用。

(2)重庆南坪低压噴灌設備 这里使用的噴灌設備，其原理和結構形式与上述低压噴灌設備相似。但是制造噴灌設備使用的材料，根据当地盛产竹材的特点，几乎整个噴灌設備完全用竹材代替了金属材料。由于利用了当地材料，使得設備的制造工作也就无需由机械工厂承担，完全可以由羣众自办，这样可以大大降低設備的成本，縮短了制造時間。

竹制低压噴灌設備也分噴头、接头、撑腿和灌水管等主要部件。噴头由金屬制成，取消了防护罩，带錐体的横梁直接焊接在噴口孔的管壁上，这样构成的噴头，同时也就与豎管固定的联在一起。豎管旋入一个15~20公分厚的木座內，木座底部挖成半圆柱面，其曲率恰与竹管表面吻合，然后豎管对准竹管上的孔口，用麻繩繞紧，使木座固定在竹管上，竹管和木座的接触面，填以較厚的生漆膏灰。

灌水管与灌水管的接头系利用竹管固有的特性，即竹管兩端的口徑不等，作承插式的联接。竹管大口徑的一端用麻繩包以車胎胶皮，胶皮中間凿一适当的圓孔，竹管的小头在离端頂7~10公分的地方加上一个长10~20公分的竹套筒，与竹管緊密結合。并在套筒上設置两个小鉄环，将竹管小头插入另一根竹管的大头之后，大、小头用鉄鈎挂牢，胶皮起防止漏水的作用。这种接头的方法也就变成了竹材管件的快速接头法。

灌水管道采用了特号楠竹制成。为了防腐、防裂和增加其环张应力，在打通竹节，经过烘烤失去80%左右的水分后，刮去竹管上的青皮，涂一薄层生漆，绕上薄而均匀的一层火麻，麻上再刷一层生漆，基本上可以达到上述目的。根据试验，经过这样加固后的竹管，许可环张应力达每平方公分5~14公斤，因而完全可以满足低压喷灌设备的承压要求。而且造价较低，每公尺管道仅1.9元，较口径类似的由薄钢板作成的管件成本约低70%。

喷灌设备的撑腿也是利用裁竹管后剩余的废料作成的。

以竹材为主作成的这种喷灌设备，还有另一方面的意义：即较金属制成的类似的喷灌设备轻便，减轻重量约在三分之二以上，使得操作灵活、方便，从而提高了劳动生产率。

(3)甘肃武山县低压喷灌设备 在水利建设的大跃进中，出现了许多史无前例的奇迹，东梁渠引水上山就是其中之一，已成为山区水利建设的旗帜。但引水上山后，相继而来的是如何发挥水的效益问题。山地非同平原，它具有地形复杂，起伏不平，变化多端，坡陡土异的特点。如果采用平原自流地面灌溉的方法，是非常困难，甚至是行不通的。即使勉强灌上水，灌水质量也很低劣。因而如何进行坡地灌溉，达到省工省水，灌水均匀，不冲不淤，获得丰产的目的，乃是引水上山地区亟待解决的问题。英雄的东梁渠的人民高举红旗，根据当地情况，就地取材，创造出几种喷灌设备；这一工作虽然才刚开始，在具体运用上还存在一些问题，但它给山区引水上山后的灌溉方法指出了方向。他们创造的喷灌设备如下：

喷咀喷灌 这种喷灌设备是移动式的，在它的支管上装有喷头，喷头由管咀和撑头组成。管咀是用直径3~6公厘粗，5~6公分长的小竹管作成，紧固在支管或干管上，间距1~3公

尺，以噴水的圓面積重迭一部分，不產生空白點為原則。管咀出口，設有木制擋頭，擋頭為 120° 純角的圓錐體，用鉛絲聯結在支管上，懸立空中，尖端向下，對准管咀出口中心，高出管咀出口 $1\sim 3$ 公分，結構如圖4。支管粗細不一，一般管徑為 $3\sim 4$ 公分的竹管作成。管外用雜麻，稻草包平，滿塗瀝青，以便防漏防腐。支管按具體條件，可排成丁字形，排骨形或一字形，適應需要。

接頭用木料制成，形狀為圓形或方形，中間掏空，四周挖有孔洞，其大小決定於所聯接的干支管的粗細，見圖5。

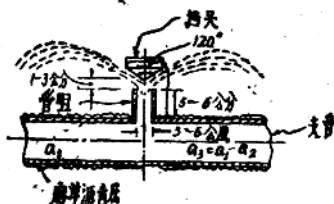


圖4 管咀噴灌器示意图

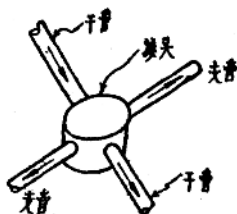


圖5 接头图

撐腿為木制的三角架，其中一腿較長，便于坡地架設，用來支撐管道。

上述幾個主要部件，安裝起來，就構成了管咀噴灌器。

另一種形式的噴灌器稱為十字噴灌器。其部件的構造大部與上述形式類似，唯噴頭較粗且短，只在支管末端才有一個。噴頭有兩種：一種為管筒噴頭，上裝有木擋頭，它的形狀和上面所講相同，但擋頭是用螺絲釘固定在噴管內，可以上下轉動，見圖6。另一種噴頭是白鐵皮作成的，形如漏斗。上端封閉，有兩層格板，上層為突出弧面，正中開一直徑1公分的小孔。下層為平面，近邊緣處打4個小孔，互相對稱。水進入斗內，

从四孔同时向外喷射，射流受上层格板之挡，即向四周分散，水点相互撞击，形成雨点，从上层孔中不断飘出。形状见图7。

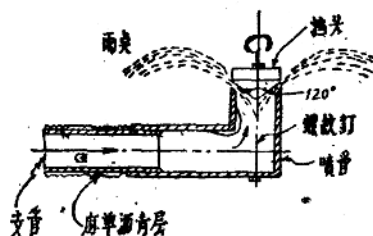


图6 十字喷灌器示意图

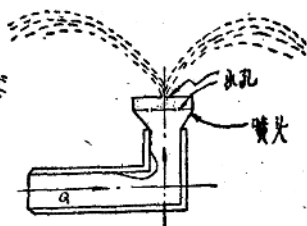


图7 白铁喷头

上述两种喷灌设备，经过试用和试验，以管阻喷头的喷灌设备较好，它的成本低，而且制造简单，能就地取材，同时能人为调节，适应各种水头条件，喷灌效果好，应用范围广。但挡头调节困难，管阻易于堵塞，且流量系数较小是其缺点，有待继续研究，加以改进提高。

(4) 水利科学院1958年试制成的锥体低压58型喷灌设备

根据苏联低压KAY-55型喷灌设备工作原理，结合我国目前具体情况，试制成功了这种形式的低压喷灌设备。它不仅在各个部件上作了修改，并完全采用了代用材料，结果使得设备轻便，成本低廉，且制造简单。

全套喷灌设备的组成元件全貌如图8所示。它是由下列部件构成：

喷头 采用孔口射流，锥体导向的固定形式。喷水孔口直径10公厘，其上相距10公厘处是导向的 120° 的锥体。锥体由26号白铁作成，焊接在孔口外面的梁架上。梁架是用较细的圆铁棍作成。喷水孔口焊接在竖管上，竖管也是由白铁作成。



图 8

灌水管 它是由26号白鉄制成，直径90公厘，每节长3.6公尺。管子一端的直径是90公厘，另一端的直径86公厘。在管子大头的黑边嵌装长80公厘的一薄橡皮筒，橡皮筒伸出管子2~3公分，其伸出端的口径为84公厘，为的是灌水管联接时比较方便。

接头和撑腿 根据灌水管的情况，接头是承插式的快速接头。同时这种方法也允许一定的弯曲，因而可以适合微地形的变化。撑腿的作用在于支撑和固定灌水管于地面上，系由厚4公分、高15公分的木料制成。撑腿上带有白鉄环，而环是用螺钉固定在灌水管直径较大的一端，环上装有挂钩，用于扣接插入管，使其两个管互相牢固的联接。至于木撑腿与白鉄环之间，则是用普通洋钉固定联接，并尽可能的加固。

由上述部件构成该种喷灌设备的一个组成元件。用这样16节元件组成一支长为57公尺的灌水管，上面共分布有8个喷头。灌水管的长短，视抽水设备的能力和灌溉地段等具体条件决定。使用此种喷灌设备建立的喷灌站，应该有这样的灌水管两只，为的是交替进行喷灌，可以大大地提高生产效率。

2. 中压喷灌设备

一般认为喷灌的工作水头在20~40公尺时，称为中压喷灌

机。使用这种工作水头的噴灌設備，在世界各国較為普遍和流行。基本的特点是采用管咀射流的旋轉噴头。促使噴头旋轉的原动力是压力水流。至于傳动方式，一般說来有下列几种：

(1) 噴射水流冲击叶輪而带动齿輪傳动系統，促使噴咀圍繞一固定軸旋轉；

(2) 借水流噴射到空气中所产生的反作用力，促使噴咀轉动；

(3) 或者利用噴射水流冲击到一个小錘之类的东西上，产生扭力而使其噴咀旋轉。

苏联在中压噴头方面多利用第一种轉动方式，制造出几种成效很好的噴头。

水利科学研究院对中压噴头，在学习苏联先进經驗的基础上也作了一些研究工作。已經試制成功有前一种轉动方式的中

压噴头，如图 9 所示。其工作原理系借助噴射水流冲击上部的叶輪，由于叶輪的旋轉，带动减速器盒中的两套蝸輪和蝸杆轉动，从而推动噴咀圍繞着中心軸旋轉。整个噴头由 32 个零件組成。噴咀的轉速，根据工作水头不同，而有所变化。噴咀的出水断面直径是 10 公厘，当它的工作水头是 25 公尺时，



图 9

轉速每分鐘为 0.67 轉，噴射流量为 1.75 秒公升，平均雨点直径为 2.5 公厘，平均射程約为 14.7 公尺；当工作水头 20 公尺时，

則轉速变为每分鐘 0.6 轉，噴射流量 1.45 秒公升，平均射程約 14.3 公尺。

噴頭用銅、鋁和鋼材等金屬，經過鑄造和機械加工制成。體積輕小，使用機動靈活。經過初步生產試驗，工作可靠。當灌水定額每亩為 30 公方時，只工作一晝夜，大約可灌溉 17 亩左右的土地（按降雨強度，每分鐘 0.54 公厘計算）。同時由於使用它進行灌水，實現了高度的機械化，從而大大提高了勞動生產率。這種形式的噴灌設備是較好的一種。

中壓噴頭的工作水頭並不算高，因而有可能不用重金屬，而採用代用材料來製造。經試制，用 24 號白鐵作成了一種中壓噴頭。這樣不僅造價大大降低，而且構造簡單，製造容易，基本上可以不用機械工廠加工，一般的黑白鐵手工業社都可生產，可以為當前推廣中壓噴頭解決材料和加工上的問題。

這種中壓噴頭的工作原理與齒輪傳動的中壓噴頭相似，但形式上不同。它是在一個噴頭上有兩個噴咀噴水，其中一個噴咀的部分噴射水流推動噴咀上的一個直徑 44 公分大的水平葉輪旋轉，此旋轉葉輪的中心軸



圖 10

下端，沿着噴頭上的一個直徑為 20 公分的摩擦輪滾動，從而帶動噴咀圍繞着噴頭的軸旋轉，另一噴咀的噴射水流則完全作灌溉之用。噴頭形狀見圖 10。

摩擦輪是在白鐵作的一個輪子上包了一層橡皮，為的是葉輪中心軸沿