

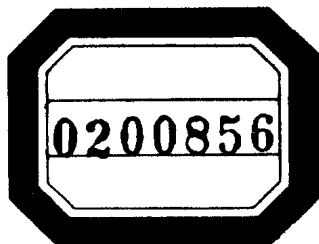
华北水利水电学院

施钧亮 窦以松 朱尧洲

喷灌设备与 喷灌系统规划设计



水利电力出版社



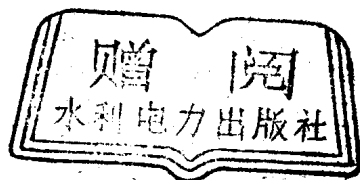
水电部科技情报所	
图书总号	中5758
分类号	S-75.5

喷灌设备与 喷灌系统规划设计

华北水利水电学院 施钧亮 窦以松 朱尧洲



006417 水利部信息所



水利电力出版社

2051/2

喷灌设备与喷灌系统规划设计

华北水利水电学院 施钧亮 窦以松 朱尧洲

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 $14\frac{1}{16}$ 印张 378,000 字

1979年3月第一版 1979年3月北京第一次印刷

印数 00001—39310 册 每册 1.35 元

书号 15143·3412

前 言

喷灌是一种先进的灌溉方法，与地面灌溉相比较，它具有节省用水、少占耕地、减少劳力、保持水土、适应性强和有利于增产等优点，因此近年来国内外发展都比较快，是今后发展农田灌溉的主要趋向。

我国的生产实践和科学实验证明，喷灌是用现代工业和科学技术武装农业、对农业实行全面的技术革新和技术改造、加快农业现代化步伐的一个方面；是我国广大农牧区，特别是干旱缺水的山地丘陵与黄土高原区，深井和高扬程机电提灌区以及土壤瘠薄、渗漏严重的地区，加速实现水利化的一个有效途径，是我国多快好省地进行水利建设的一个带有方向性的措施。它在我国有着广阔的发展前景。

为了配合当前大搞喷灌、促进农业大干快上的新形势，我们编写了《喷灌设备与喷灌系统规划设计》一书。全书共分七章，内容包括概论；喷灌设备的构造、原理、性能和使用；喷灌系统的规划设计；滴灌等部分。重点是喷灌系统的规划设计。考虑到滴灌也是一种先进的灌溉方法，滴灌系统的规划和喷灌有不少类似的地方，因此对滴灌也作了简单的介绍。

本书的特点是：（1）着重阐述了有关喷灌的基本概念和基本原理；为便于读者在规划设计时查用，书中尽可能提供了较多的图表、数据和计算实例。（2）在喷灌设备方面，重点介绍了已研制定型的国家系列产品；为满足现阶段生产上的需要，对较好的地方产品也做了简介。（3）以反映我国目前的科研、生产成果和经验为主，也介绍了国外有关的先进技术。

本书主要供各级水利、农林部门的喷灌技术人员使用，也可供水利院校师生以及其他从事喷灌工作的同志在教学、生产中参

考。编写分工如下：第一、三章和第七章的第一、二节由窦以松执笔；第二、四章和第七章的第三、四节由施钧亮执笔；第五、六章由朱尧洲执笔。全书由朱尧洲负责统稿。

在本书的编写、审稿、定稿、绘图过程中，曾得到黑龙江省水利局、黑龙江省水利科学研究所、黑龙江省绥化地区水利局、黑龙江省绥化县水利科等单位的大力支持和热情帮助。还有不少单位和同志们为本书提供了许多资料。黑龙江省水利科学研究所的杨培枢、常文海、高歌阳、吕长泰和胡湘韩同志对全稿进行了认真的审查，提出了许多宝贵意见，提高了书稿的质量，在此一并表示感谢！

喷灌是一门正在发展的科学，理论还不很完善，生产实践中尚存在不少问题，这些都有待进一步研究和解决；我国地域辽阔，各地自然条件差异很大，规划设计各有特点，使用的设备多种多样，有许多先进经验我们没有来得及学习、总结；加上我们水平有限，书中难免有不妥和错误之处，热忱地希望读者批评指正。

编 者

一九七八年十月

目 录

前 言

第一章 概论	1
第一节 喷灌及其优缺点	1
第二节 喷灌设备与喷灌系统	5
第三节 国外喷灌发展概况与趋向	12
第四节 我国喷灌发展概况和前景	20
第二章 喷头	27
第一节 喷头的分类及其工作原理	27
第二节 喷头的基本参数和性能指标	40
第三节 摇臂式喷头的结构	60
第四节 摇臂式喷头的使用、保养和故障排除	79
第五节 多喷头组合的均匀系数和喷灌强度计算	81
第三章 喷灌泵	89
第一节 喷灌泵的特点与种类	89
第二节 离心泵的基本构造、工作原理和性能	90
第三节 自吸离心泵	118
第四节 离心泵自吸装置	138
第五节 全国喷灌泵系列	150
第六节 用于喷灌的井泵	155
第四章 喷灌机	183
第一节 喷灌机及其分类	183
第二节 定喷式喷灌机	184
第三节 行喷式喷灌机	191
第四节 行喷式喷灌机的水力计算	220
第五章 喷灌管材及其附件	230
第一节 喷灌管材	230
第二节 管道附件	262

第三节 快速接头.....	274
第六章 喷灌系统的规划设计	284
第一节 喷灌系统的规划.....	284
第二节 喷灌系统规划设计基本数据.....	286
第三节 定喷机组式喷灌系统的设计.....	307
第四节 行喷机组式喷灌系统的设计.....	331
第五节 管道式喷灌系统的设计.....	333
第六节 自压喷灌系统的设计.....	376
第七章 滴灌	397
第一节 概述.....	397
第二节 滴灌设备.....	407
第三节 滴灌系统的规划设计.....	421
第四节 滴灌系统规划设计实例.....	434

第一章 概 论

第一节 喷灌及其优缺点

一、灌溉的作用

灌溉，就是按农作物的需要，有计划地将水量输送和分配到田间，以补充农田水分的不足，改变土壤中的养料、通气、热状况等环境，使农作物得到正常生长的一种有效措施。

在国外，一些干旱地区，如伊拉克、埃及、墨西哥、叙利亚、伊朗、印度、巴基斯坦、阿富汗等许多国家，如不灌溉，土地就无法耕作。灌溉对欧洲许多雨量充沛的国家来说，也是很重要的，因为年雨量的季节分配并不适应作物对水分的要求。有了灌溉设施，还可以采用优良和喜水品种，结合灌溉施肥，以促进作物高产。

据不完全统计，灌溉土地只占全球总耕地面积的16%，而其产量却占全世界农产品总产量的50%以上。灌溉可使旱地谷物单产大大提高，在其他条件相同的情况下，灌溉的增产幅度一般每亩可达100斤左右，高的可达400~500斤。

我国地域广阔，综合气候和水文状况等方面的特点，可以大体上划分为干旱地区、半干旱地区和水分较为充足地区三种类型。

干旱地区，包括新疆、青海、甘肃、宁夏、陕西北部、内蒙古西部和北部、西藏雅鲁藏布江以西部分、云贵高原西部，为我国主要的农牧兼作区。由于年降雨量稀少（仅在100~200毫米）、蒸发量极大（多年平均值达1000~2000毫米），灌溉在农牧业生产中占极重要的地位，绝大部分地区没有灌溉很难保证农牧业生产正常进行。

半干旱地区，包括华北平原、黄河中游黄土高原、东北松辽平原、淮北平原以及内蒙古的南部地区，为我国的主要棉麦产

区。虽然这一地区的大部分，年平均降雨量在500~700毫米，在平均数量上可以满足作物的大部分需要，但由于年际变差大（比值可达5:1）、且年内分布不均（全年降雨有60~70%集中于六、七、八三个月），因而发展灌溉，抵御干旱威胁，对保证农业高产、稳产十分重要。

水分较为充足的地区，包括南方各省区，为我国主要水稻产区，和一些重要的经济作物种植区（例如，浙江省茶叶、蚕茧和黄麻1976年年产量分别占全国总产量的20%、33%和40%）。本地区雨量充沛，为作物高产提供了有利条件，但因为降雨的分配与主要作物——水稻生长季节（两季或三季）的田间需水不够适应，随地区不同也分别经常地出现春旱、夏旱、秋旱现象，从整个地区及农作物全生长期来看，仍需发展灌溉。农谚说：“有水无肥一半谷，有肥无水望天哭”，正说明了灌溉对农作物生长的重要性。据统计，这一地区急需发展灌溉措施的坡耕地、旱田就有1亿多亩。

早在土地革命时期，毛主席就指出：“水利是农业的命脉”，这一科学论断深刻地揭示了发展水利与发展农业生产之间的密切关系。

华国锋同志坚决执行毛泽东同志的革命路线，曾亲自指挥修建了韶山灌区，为多快好省地进行水利建设树立了样板。在五届人大政府工作报告中，华国锋同志又向全国人民提出了到1985年“按农业人口达到一人一亩旱涝保收、高产稳产农田”、“粮食产量达到八千亿斤”的新的战斗任务。我们要在华国锋同志为首的党中央正确领导下，加快水利建设的步伐，促进农业高速度发展，实现农业现代化，为把我国建设成为社会主义的现代化强国而奋斗。

二、喷灌及其优缺点

对作物进行灌溉有以下几种方法：地面灌溉（如畦灌、沟灌、淹灌等）、渗灌、滴灌和喷灌。

喷灌，即喷洒灌溉，它是借助一套专门设备将具有压力的水

喷到空中，散成水滴降落田间，供给作物水分的一种先进的灌溉方法。

大量生产实践和田间试验证明，喷灌有许多优点：

1. 省水

由于喷灌可以控制喷水量和均匀性，避免了地面灌溉时容易产生的地面径流和深层渗漏损失，因而可以大大节省灌溉用水。国内外试验证明，喷灌较地面灌溉一般可以节省水量30~50%，倘若土壤透水性强，省水幅度更大。灌溉水节省了，并使喷灌和小型蓄水工程相结合，能充分地利用有限的水源，更多地浇地，扩大现有灌溉面积，加速实现水利化。对高扬程提水灌区和深井灌区，省水还意味着省动力，降低灌水成本。

2. 省工

喷灌可实现高度的机械化，尤其是采用自动化操纵的喷灌系统，可以大量节约劳动力。由于取消了田间的输水沟渠，减少了杂草生长，免除了整修沟渠和清除杂草的工作，大大减少了田间劳动量。喷灌还可以结合施入化肥和农药，也就省去了施肥和喷洒农药的劳动。据初步统计，在相同的条件下，喷灌所需的劳动量仅为地面灌溉的1/5。

3. 省地

喷灌时用管道输水，无需田间的灌水沟渠和畦埂，比地面灌溉利用耕地要充分得多，一般可增加耕种面积7~10%。

4. 保土

喷灌可以根据土壤质地的轻重和透水性强弱来调整雨滴大小和喷灌强度，不致破坏土壤的团粒结构，不产生地面径流，避免了土壤的冲刷。对于山丘地区的沟坡造林种草、山坡等高耕作等水土保持措施，使用喷灌可以避免水土流失，获得有效的灌溉。

5. 有利于增产

由于喷灌：1）可以采用较小的灌水定额对作物进行浅浇勤灌，便于严格控制土壤水分，使土壤湿度维持在作物生长的适宜范围内；2）对耕层土壤不会产生机械破坏作用，从而保持了团

粒结构,使土壤疏松、孔隙多、通气条件好,促进了养分分解,提高了土壤肥力;3)可以调节田间小气候,增加近地表的空气湿度,在高温的夏季起到降温作用,并能冲掉茎叶上的尘沙,有利于植物呼吸和光合作用,在寒冷的冬季,则可用于防霜冻,因之给农作物创造了良好的生活环境,促进其生长发育,有利于增产。地区不同、作物不同、耕种方法不同,增产的幅度变化很大。大田作物一般增产为10~30%,蔬菜则更大一些。

6. 适应性强

生产实践表明,喷灌是一种适应性很强的灌溉方法。几乎所有作物,无论是大田作物,还是瓜果、蔬菜;无论是小麦、玉米、水稻、高粱、谷子、大豆、花生等粮食、油料作物,还是茶叶、甘蔗、黄麻、棉花等经济作物以及牧场饲草,都可以进行喷灌,而且获得很好的经济效益。有些田地的耕作层表土薄,底土为强透水性的沙质土,非常适合采用喷灌。而地形起伏不平的坡耕地,采用地面灌溉常常比较困难,需要增添不少工程,若用喷灌,收效就比较快。

此外,使用喷灌还有利于防止产生土壤的次生盐碱化和沼泽化,并可用于开垦沙漠。

基于喷灌有以上优点,尤其是节省灌溉用水、适应性强这两方面的突出优点,使得这一先进的灌溉方法在我国有着广阔的发展前途。

喷灌也有一定的缺点和局限性,主要是:

1. 投资较高

建立喷灌系统需要一定数量的机械设备和材料,基建投资在几种农田灌溉方法中,仅少于滴灌。因此需要研究高效、耐用的喷灌设备和布局合理的喷灌系统,尽可能降低喷灌投资,为大面积推广创造条件。

2. 受风和空气湿度的影响大

一般在4级,即风速在5.5~7.9米/秒以上大风时,就能吹散雨滴,使灌溉均匀性大大降低;若空气湿度过低,蒸发损失增

大，灌溉水利用系数就要减小。美国得克萨斯州西南大平原研究中心试验资料指出，对蒸发损失起重要影响的有两个因素，一是风速，一是水汽含量。当风速小于4.5米/秒（相当于3级风），损失在10%以下，风速增至9米/秒时，损失将达30%。为了避免风的干扰，可根据风向风速采用适当的喷头布局，当风速超过5.5米/秒时，应停止喷灌；当白天空气相对湿度过低时，可考虑在夜间喷灌，夜间风小、相对湿度高，这样可以获得较好的喷灌效果。

第二节 喷灌设备与喷灌系统

一、喷灌设备

喷灌设备又称喷灌机具，是进行喷灌的主要手段。按其功用它可分为：

喷洒设备（包括喷头、喷水孔管）；

增压设备（包括喷灌用水泵、动力机及传动设备）；

输水管道设备（包括喷灌管道及其附件等）；

行走设备（包括动力机、传动设备及行走轮等）；

量测设备（包括真空表、压力表、土壤湿度计、热工仪表、电气仪表等）；

控制设备（包括运行、停车、安全保护、同步行走、压力调节等装置）。

一套喷灌设备可以包括以上全部类别，也可以只有其中一些主要部分。图1-1和图1-2分别为以柴油机和电动机为动力的喷灌设备。

下面扼要介绍几种主要的喷灌设备：

（一）喷头

喷头是喷灌的专用设备。其作用是来自水泵、管道的压力水通过孔嘴喷洒出去，在空气或碎水部件的阻力作用下，分散成细小水滴，洒落田间，对作物进行灌溉。根据结构特征和工作特

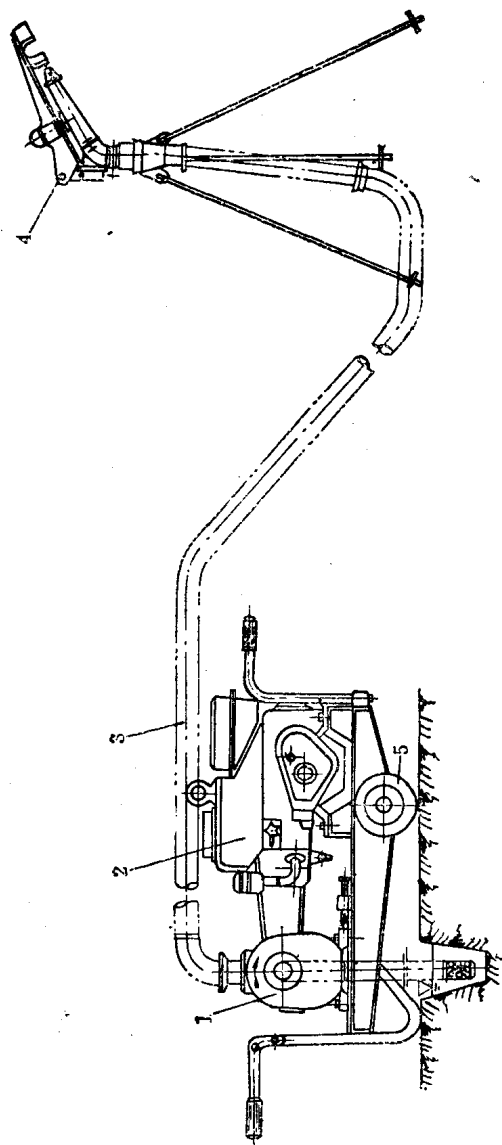


图 1-1 以柴油机为动力的喷灌设备
1—水泵；2—柴油机；3—输水管；4—喷头；5—行走轮

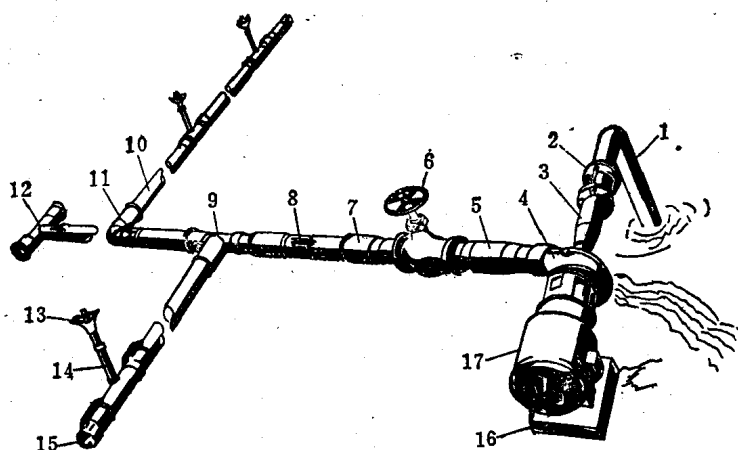


图 1-2 以电动机为动力的喷灌设备

1—进水管；2—伸缩接头；3—变径接头；4—水泵；5—逆止阀；6—闸阀；
7—干管；8—快速接头；9—干支管分水三通；10—支管；11—干支管分水
弯头；12—干支管双向分水三通；13—喷头；14—竖管；15—堵头；16—底
座；17—电动机

点，可将喷头分成固定式和旋转式两大类。旋转式喷头中，根据施加旋转力矩的方式，又分为反作用式、叶轮式和摇臂式三种。目前国内外应用最普遍的是摇臂式喷头。

(二) 喷灌系

用于喷灌的水泵，称为喷灌泵。喷灌泵的作用是给灌溉水增压，以保证喷头要求的工作压力。常用的喷灌泵有离心泵、自吸离心泵、长轴井泵、深井潜水电泵、气垫密封式潜水电泵、射流泵等。

(三) 动力机

喷灌泵常用电动机、风冷或水冷柴油机、手扶拖拉机与拖拉机的动力输出轴驱动；有的地方，也有用汽油机拖动的。

(四) 喷灌输水管道及其附件

喷灌输水管道的作用是把经过喷灌泵加压的水送达喷头，因此要求能承受一定的压力，通过一定的流量。喷灌输水管道常分成干管和支管两级。为了避免作物的茎叶阻挡喷头的水舌，常在

支管上装有竖管，在竖管上再装喷头。为了连接和控制管道系统，配有一定规格和数量的弯头、三通、各种接头（如伸缩接头、变径接头、快速接头）、各种阀门（如闸阀、逆止阀）和堵头等附件。如果需要利用喷灌系统进行施肥，还要配备化肥罐及注入装置。

（五）喷灌机

将喷洒、增压、输水管道、行走等设备联成一个可以移动的整体，称之为喷灌机组或喷灌机。根据移动方式的不同，喷灌机分为人工移动式（简称手移式，包括手抬式、手推车式和人工滚移式）、机械移动式（简称机移式，包括机械滚移式、端拖式、悬挂式、拖车式、双悬臂式、绞盘牵引式）和自动行走式（简称自走式，包括时针式、平移自走式、平移——转动式）三大类；如按喷灌机的作业特征，则又可分为定喷式喷灌机和行喷式喷灌机两种，前者是机子停下来作定点喷洒，后者是边走边喷。

二、喷灌系统

把灌溉水源、喷灌设备和田间工程联系起来，以达到将灌溉水均匀地喷洒到田间，来满足农作物生长对水分的要求，这样一种水利设施称之为喷灌系统。

喷灌系统的水源可以是河流、渠道、库塘、井泉等，它们应当满足喷灌系统在水量和水质方面的要求。

喷灌系统的田间工程，包括输水渠道、渠系建筑物和土地平整工作。它们应当规整，符合规划设计的要求。

喷灌系统类型很多，其分类方法也有多种。

（一）按系统获得压力的方式分类

1. 机压式喷灌系统。靠机械加压使系统获得工作压力。
2. 自压式喷灌系统。利用地形自然落差来获得工作压力。

（二）按系统的喷洒特征分类

1. 定喷式喷灌系统。喷洒设备（如喷头）在一个位置上作定点喷洒，如各类管道式喷灌系统和定喷机组式喷灌系统。

2. 行喷式喷灌系统。喷头在行走移动过程中进行喷洒作业，

如由时针式、平移自走式等行喷式喷灌机组成的喷灌系统。

(三) 按系统的设备组成分类

1. 管道式喷灌系统。水源、喷灌泵与各喷头间由一级或数级压力管道连接, 由于管道是这类系统中设备的主要组成部分, 故称之为管道式喷灌系统。根据管道的可移程度, 这类系统又分为: 固定管道式喷灌系统、半固定管道式喷灌系统和移动管道式喷灌系统。

2. 机组式喷灌系统。以喷灌机(组)为主体的喷灌系统, 称为机组式喷灌系统。机组式喷灌系统又分为: 定喷机组式喷灌系统和行喷机组式喷灌系统。

现根据后一种分类方法, 并结合我国生产实际, 将目前采用的各类喷灌系统的结构特征及优缺点简述如下:

(一) 定喷机组式喷灌系统

是在田间布设一定规格的输水明渠或暗管, 并每隔一定距离设置抽水坑(或抽水井)。喷灌机沿渠道或暗管移动, 在每个预定的抽水点(即抽水坑)处作定点喷洒。华北喷灌机具联合设计组研制的华北12C小型喷灌机, 就可用于这类喷灌系统。

定喷机组式喷灌系统形式简单, 施工方便, 使用灵活, 一套机组反复使用并省去了压力管道系统, 故单位面积设备投资最低(约10~50元/亩), 动力又便于综合利用, 比较适合我国农村初期发展喷灌的需要, 因此目前使用得最多。其缺点是机组移动频繁, 管理劳动强度大, 机具在泥泞中移动十分困难, 渠路占地多, 喷灌质量亦不易保证。

定喷式机组配备一定长度的管道, 可以增大输水渠的间距, 减少渠路工程占地。目前常见的是一个水泵机组带动一个喷头, 若带多个喷头, 即可称为移动管道式系统。

(二) 移动管道式喷灌系统

一个可移动的水泵及动力机组, 配有一定数量的可移动管道(一级或数级), 并带有多个喷头工作的喷灌系统, 称为移动管道式喷灌系统。这种系统可采用低压小流量喷头, 能量消耗小,

水滴小，射程不一定要求太远，受风的影响小，容易保证喷灌质量。一套设备可在不同地块轮流使用，故其设备利用率较高，投资较低，但因增加了管道系统，造价比定喷机组式系统略高（一般亩投资在100元以下）。管道等设备的拆装移动，工作条件较差，劳动强度较大，且易损坏庄稼。

管道的移动一般是由人工进行的，为了减轻劳动强度和提高生产率，管道及其附件要求轻便。我国现用轻质硬管有塑料管（聚氯乙烯管、聚丙烯管、聚氯乙烯-钙管等）和薄壁钢管，国外常用铝合金管。软管有锦纶塑料管、维纶塑料管、挂胶亚麻管等。为了搬移的方便，硬管常分成4~10米一节，软管为10~20米一节，各节管子间应有专门的快速接头连接。

（三）固定管道式喷灌系统

固定管道式喷灌系统如图1-3所示，包括管道在内的系统的各组成部分，在整个灌溉季节，甚至常年均固定不动，动力与水泵构成固定的泵站，管道多埋入地下（也有固定于地面的），喷头装在固定于支管的竖管上。但在很多情况下，喷头可装卸轮灌于各竖管间。

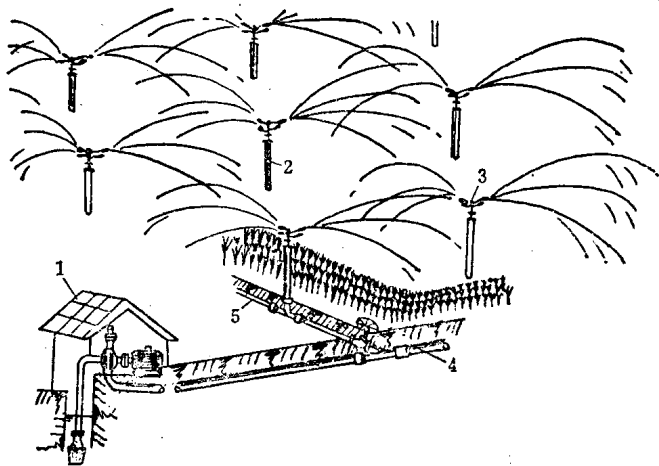


图 1-3 固定管道式喷灌系统示意图

1—泵站；2—竖管；3—喷头；4—干管；5—支管