

PE
N

噴灌



PE
N

〔美〕C.H.佩尔主编 姚汉源等译

水利出版社

喷 灌

〔美〕C.H.佩尔主编 姚汉源等译

水利出版社

内 容 提 要

本书较全面地介绍了喷灌系统的用途、类型、设备、设计、安装、维修和管理等内容,对喷灌灌溉制度、草皮喷灌系统、喷洒肥料及化学品、废水喷灌、环境保护喷灌、喷灌的经济学以及滴灌等内容也都用了专门的章节作了介绍。此外,还编入了单位换算一章。

本书可供水利、农业、林业、农机以及城建等部门从事喷灌工作的科技人员使用,也可供有关高等学校和中等专业学校的师生参考。

喷 灌

(Sprinkler Irrigation)

[美]C.H.佩尔主编 姚汉源等译

*

水利出版社出版

(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

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 22号印张 512千字

1980年8月第一版 1980年8月北京第一次印刷

印数 0001—6610册 定价 2.35元

书号 15047·4047

·译 者 的 话

为了适应我国喷灌技术发展的需要,根据洋为中用的原则,我们翻译了美国教科书出版委员会编订的《喷灌》一书。该书是集体编写的,主编是C·H·佩尔。全书共二十一章,多半根据美国各地生产实际资料加以系统总结而写成的,内容较为全面。在国外同类书中,这是一本较好的书,代表了1975年以前美国喷灌的发展水平,可供我国水利、农业、林业、农机以及城建等部门的喷灌工作者和有关院校师生参考。

译文对原书体例基本上未予更动。为了适合我国情况,删去了导言中个别带有唯心主义的词句、附录中反映美国地方特点的数据资料和有关技术合同与标准以及参考文献与名词索引。对于原文中的某些错误与不当之处作了改正。

翻译、校对与整理分工如下:

姚汉源译第1、2、3、4、5、11、13、14、15、18、20、21等十二章和原序、导言;朱厚生译第9、10两章和附录;冯维鉴译第19章;李肇祥译第6章;孙以芳译第8、12两章;王祖纯、胡孝渊、季洪昌、王玉香和聂秉一译第7、16、17三章。

朱声金审校了全书,陈新枚、黄德明校对了部分章节。朱光大、施钧亮参加了部分章次的校阅和整理。朱厚生、窦以松担任全书的校阅、整理和统稿工作。

一九七九年十二月

序 言

喷灌协会对灌溉事业的动态是敏感的，能迅速反应新概念和新方法，它可以更好地保护我们自然资源。这些变化促进了《喷灌》一书第四版的筹备工作。对1969年的第三版，每一章都作了修改，并增添了最新资料，1973年第三版补编内容修改后也合并编入。另外，增加了滴灌和米制换算两章。我们相信，这可使本书成为喷灌这类书籍出版以来的最完善的一本教科书。

本版中相当数量的新资料，严格地说性质上不是“喷灌”。但是，这些资料在更有效地利用水利资源中将起促进作用。在这一点上，本书回顾了技术上最重要的新领域之一，即废水的再利用和再循环，连同其中重要成分的使用，特别是大多数废水都含有植物养料。这里考虑了上述效用并在喷灌协会1975年出版的废水资源手册中有更详细的阐述。

尽管喷灌领域中的新方法、新技术和新概念在发展，喷灌协会在提供这些资料方面将继续领先。同时，我们希望这本《喷灌》第四版对全世界喷灌行业、教师们和学生们来说都是有价值的工具。

美国喷灌协会主席 詹姆斯.D.皮乔恩

1975年11月

目 录

译者的话

序 言

导言1

第一章 喷灌系统的用途3

水的保持3

土的保持3

农业灌溉3

草皮灌溉4

废水的田间处理4

环境控制4

肥料、化学品和杀虫剂的施用4

其他用途5

发展前景5

需要适当规划5

第二章 喷灌系统6

系统的类型6

喷灌系统的组成8

第三章 系统设计20

编制农场原始资料报告20

农场经营的确定22

喷灌系统设计的程序23

第四章 土-水-植物的关系27

土壤的起源和类型27

干旱和湿润气候区土壤的差异30

土壤中的水分运动32

土壤的入渗速度38

喷灌设计中入渗速度的测定40

根区蓄水容量40

盐碱化的土壤或盐碱土43

测定灌溉水电导度的仪器44

喷灌与开发盐碱土45

植物的一般特性46

土壤水分的测定46

灌溉指南53

第五章 作物和灌溉需水量	56
引言	56
定义	56
影响植物需水量的因素	57
确定腾发量	57
腾发量的估计	59
确定腾发峰值的必要性	73
腾发数值的差异——湿润区和干旱区	73
灌溉需水量	74
灌溉需水量的峰值	81
净灌水量和灌水时距的确定	82
喷灌系统能力的确定	84
制定灌溉程序	84
各类作物的灌溉	86
第六章 灌溉供水	107
引言	107
从现有水源供水	109
污水水源	111
排水的利用	111
灌溉井的开发	114
水质	122
泥砂和废物控制	124
水的量测	125
第七章 喷洒器的水量分布图、间距及其选择	127
影响喷洒器特性的因素	127
喷洒器的观测研究	129
洒水水滴大小对水分渗透和土壤团粒破坏的影响	138
喷洒器的一般组合或分类及其应用	140
第八章 喷灌系统的水力学	143
水力学原理	143
水力损失	145
带接头管路的水流	150
喷洒支管的水力学	151
干管设计	156
第九章 灌溉抽水设备	159
确定运行条件	159
计算所需功率	163
泵的选定	165
叶片泵	171
抽水用的动力	179

泵和动力机组的配套	188
动力传动装置	193
泵的试验	194
灌溉抽水设备的自动化	197
第十章 农业喷灌系统	198
静止式喷灌系统	198
连续机械移动式喷灌系统	198
中心支轴式系统	200
连续平移式支管系统	207
行走式喷灌系统	209
第十一章 草皮喷灌系统	215
引言	215
水质和需水量	216
土壤通气的需要	217
灌溉系统	218
灌溉管理	228
观赏植物	229
第十二章 废水喷灌	231
引言	231
污染物	232
废水量	232
选择适当的场所	232
田间持水量	233
喷灌系统的设计	234
运行	236
其它考虑	237
第十三章 环境控制	238
防风	238
防霜冻	238
防止作物和土壤受热	242
“空气调节”灌溉	243
第十四章 喷施肥料和化学品	247
化学品注入设备及运行	249
注入方法	249
化学品注入器的类型	250
设备选择	251
运行指导	254
正确使用的重要性	255
农药的施用	255
工业用地和非耕地用喷洒器施除草剂	258

用喷洒器施用化学品时避免损伤和损失的预防措施	259
设备的保护	259
腐蚀的防止	260
水质影响	262
第十五章 喷灌的其它用途	263
农场用喷灌防火	263
紧急供水	263
用喷灌设备处理木料	264
用喷洒器使建筑物降温	264
喷灌用于填土建筑	264
人造雪设备	265
沉降灰尘	265
采矿和开挖的排水	265
温室和苗圃的灌溉系统	265
第十六章 喷灌系统的安装	268
施工测量与设立标桩	268
泵的安装	268
管路的安装	270
喷头的安装	271
系统启动前的现场介绍	271
静止的机械移动式系统	272
定位式系统	272
中心支轴式系统	273
行走式喷灌系统	273
第十七章 运行和维修	275
灌水时间	275
系统的启动	275
运行和维修的指导	276
停灌季节的保养	278
安全措施	282
运行中的系统的评定	282
第十八章 喷灌的经济问题	286
设备费和安装费	286
年固定费	287
年运行费和维修费	289
喷灌系统的年费用	294
第十九章 管子	295
钢管	295
石棉水泥管	297
铝管	298

塑料管	298
第二十章 滴灌	322
什么是滴（或细流）灌？	322
滴灌的发展	322
滴灌的范围	323
滴灌的优点	323
滴灌中的问题	324
滴灌系统的组成	324
滴灌设计	326
施肥	328
维修	328
运行要求	328
第二十一章 米制换算	330
英制	330
米制	330
国际单位制（SI）	330
附录（选译）	336

导 言

增加农业产量以供应不断增长的世界人口的需要，正迅速地成为当今世界的主要问题。灌溉是协助解决这一问题的重要办法。

灌溉在很多国家已经实行了若干世纪。

在埃及、伊朗、中国、土耳其、印度、西班牙和英格兰都能找到古代灌溉工程。在西半球，几千年前秘鲁、墨西哥和美国西南部居民就实行了灌溉。

开始，平原土地受洪水淹灌。以后，建成台地用洪水漫灌。二十世纪初期，城市开始用压力水系统来喷灌草地。喷灌从城市草地和公园开始，然后引用到苗圃和昂贵的经济作物。现在喷灌已遍及世界各洲的各类作物。

第二次世界大战以后，快接轻质钢管和铝管的投产，连同冲击式喷洒器的出现，为发展喷灌提供了设备，使喷灌几乎可以用于全世界干旱和湿润地区的所有作物。最初的喷灌系统是定位的或人工移动的可移支管式。许多新方法的出现，已经进一步设计成田间机械移动的支管装置或连续移动的喷洒器。这些新发展进一步减少了灌溉时所需要的劳动。1946年以来，喷灌从美国的个别地区几乎扩展到全世界各个国家。

对灌溉作为现代农业高产必需的措施这一重要性的认识，是灌溉得以迅速发展的重要原因。良好的土壤管理、适当的施肥、控制病虫害、培育良种和机械化操作配合喷灌，能为最好的收成提供必不可少的土壤水分控制。

灌溉在湿润地区，能消除代价最大的、意外的、在作物生长关键时刻缺水的危险。1962~1964年干旱时，美国东北部农民净缺水量相当于一个正常年份的降雨量。结果这一时期喷灌面积增加了一倍。消灭了干旱后，农民的种植、施肥，对设备和劳动力投资，就不会遭到很大的损失了。过去几年，在仅仅肥料一项损失就以千元计的地区，这种冒险曾经引起了每个人的极大注意。应当再着重提出，单独控制水分是不够的。但是，湿润地区和干旱地区一样，它对作物的生长和收获是一个很重要和很可能是限制性的因素。

几乎所有各州都进行研究，得出的结论是干旱时期灌水会增产，更不用说象过去那样持续干旱了。灌溉加上其他相应措施，往往显著地改善了农产品的质量，又能提高产量，现在湿润地区的农民正考虑高产。只要能供应充足水分，他们就不再需要稀植各种抗旱作物。无需再顾虑施肥是否会在发生干旱时造成损失。在最佳水分情况下，大量（适当配合）施肥，并种植多种作物能获得最大收益。为了高产的需要，作物的密度可以调整。所以农民可以肯定他们会稳定的高产，而且灌溉是有效益的。

很多作物，产品质量和收获数量同样重要，甚至更重要。烟草、菜豆角、莴苣、浆果、某些水果和其他罐头或冷藏品等都是如此。俄勒冈州威拉米特河流域某些罐头认为产品的质量是最重要的，罐头厂和生产者签订下季合同时要求这一地区的种植场先有喷灌设备。

喷灌适应性强，能有效地控制用水，可以灌溉多种土壤，因而改变了土地利用的分

类，使大量土地划为可灌溉的。结果之一是，在美国各地区数以千英亩计的土地现在正在进行喷灌。

适当时期、适当水量可造成某些作物的发芽和早期生长的大不相同。通过控制水分，可以避免晚熟，这样生产者就可能把产品及时供应市场。用喷灌对甜菜和蔬菜进行这一重要的水分控制，早在1930年已在加利福尼亚及其他西部灌区实行。东海岸最大的一家蔬菜生产和加工厂发展了水分控制程序，因而能在同一土地上在整个生长季节按预定日程接连生产几种产品。所以每种产品都在最有利的时期成熟以供应市场。

喷灌最初用于浇灌农作物。现在同一系统可用于防止霜冻，产品冷却，施用杀虫剂、除草剂和肥料，因而变单一用途为多种用途。由于农场规模的扩大，为了经济地使用大型农业机械，可以采用较大的田块。喷灌在田块加大时并不降低灌溉效率。

新用途：人类日益关心他们的生活环境导致了喷灌的许多新用途。有些是利用城市、工厂和人类其他活动的污水和废水来开发土地，包括利用这些废水来改善农业生产、草皮和游览场所。

河道整治对灌区回归水的含沙量有限制，使得许多农场改为采用喷灌。家畜饲养场的灰尘控制和废物在田间处理都通过喷灌系统进行。

滴灌在美国的出现是最近五年的事。多孔帆布软管形式的滴灌想法在1934年曾由罗比用于实验工作中。第二次世界大战后，带有各种滴头的管路已在欧洲制造并在温室中使用。这种温室设备于1960年引入以色列，在那里做了许多改进这种灌溉方法的研究工作。滴灌和喷灌有许多相似处，象用管道输水到施灌点，以滴头代替喷洒器来浇灌，但和喷灌不同，不把整个灌溉面积浸湿。

度量衡制度几乎世界所有国家已经改用或正在改用米制，只有美国例外。希望在近期内美国也改用米制。为度量衡单位的这种改变作准备，编写了喷灌中使用的主要计量单位的米制换算一章。

第一章 喷灌系统的用途

水的保持

水利资源的保持是当前世界的最重要课题之一。许多地区的多次干旱和供水失调已尖锐地促使世界注意缺水问题。工业不断增长和人口增加的需要，也对我们的有限水源提出了迫切要求。

最充分地利用我们现有或可能开发的水利资源，就必须以可能达到的最高效率来使用水。因为灌溉用水超过其他任何用水至少十倍，常使其他用水量可以忽略不计，我们必需谋求效率尽可能高的灌水方法。喷灌和滴灌系统从水源通过管道输水到用水地点几英尺以内，损失机会远较地面灌溉方法为少。

用水要达到最高效率，在作物不同生长阶段应当按需供水。灌水量应当受作物用水和土壤蓄水能力的限制。灌溉期的水量损失应当缩小到最小限度。

土的保持

土的损失是太经常了。综合措施对全面控制损失是必不可少的。喷灌和它不形成径流的原则，对达到这一重要目标是最有帮助的。在陂陀起伏地和坡地，要采取土壤保持措施，以缩小水对土壤的冲蚀，这可能需要保护台地和种草水道以及实行等高耕作。使用喷灌是没有困难的，因为它不致于破坏台地形式、等高耕作或其他重要的保土措施。

由于喷灌设备的可移动性和喷灌的适应性，它可以广泛应用于建立种草水道、谷沟种植、防风林及其他保土种植。在大旱时期，这些措施可能失效或需要恢复，少量用水就能保证这类种植发芽和早期生长，这些植物长成后，自然含水量就足够用了。喷灌系统也用于栽植河岸防护林。

沿公路占用的地带布置喷灌系统，利用附近水源，也能帮助公路部门建立控制冲蚀的和美化的林带。这样，植物可以迅速成长，在公路新填及开挖部分形成护坡植被。

农业灌溉

世界产粮的农业灌溉面积，据报导是5773170000英亩（2335824582公顷）。根据1969年美国农业调查，在1959年~1969年期间农业灌溉面积增加了18%。同时期，喷灌面积从1959年的3652860英亩（1477947公顷）增加到1969年的8782639英亩（3553456公顷），即增加了140%。1974年灌溉季节，美国估计灌溉面积是53029332英亩（21455668公顷），其中12128704英亩（4907274公顷）是喷灌的。

1973年爱达荷州喷灌调查指出：1972年喷灌面积增加了36100英亩（14606公顷），其中15670英亩（6340公顷）是新开垦的耕地，20430英亩（8266公顷）是从其他灌溉方法改变过来的。

在过去五年中，喷灌机械化增长很快。上述爱达荷州的调查指出：现有的351400英亩（142176公顷）或现用喷洒器的38.9%是用机械移动装置搬移的。

五十年代喷灌的状况是个人拥有的40~160英亩的小块面积。过去七年的趋势则是发展到2000~10000英亩（809.2~4046公顷）的合营农场。这里面包括抽水扬程达到700英尺（213.2米）的。这些区域开发时，仅平整到农业机械能通过就行了，表层土几乎未动。肥沃表土原地不动，用最新耕作法就获得了高产。用喷灌进行需要的水分调节，工人并不熟练，第一年耕种的田地就获得了丰收。

草 皮 灌 溉

草皮是一种永久性的草覆盖，在庭园草地、公园内、高尔夫球场上、墓地内、联邦和州公路的占地上、大工厂内、游览场所、学校里、医院里和飞机场上都有。有人估计过，美国除庭园草地外，就有10000000英亩（4046000公顷）草皮。不是所有这些草皮面积都用喷灌，但是过去五年内喷灌系统的装设增加得很快，是整个喷灌事业的一大部分。

新高尔夫球场说明了草皮面积的大量增加。美国湿润地区，大多数高尔夫球场浇灌草坪，而浇灌球道的也不少。一份报导说，1973年开设了208个新场，扩充了114个旧场。

很多草皮喷灌系统有自动控制装置，用以减少灌溉需要的劳动力，同时也是为了适应夜间浇水和较好的系统运行控制的需要。

废 水 的 田 间 处 理

公法92-500条禁止污染水泄入任何河、湖或地下水源内，曾促使喷灌系统广泛用污染水浇灌田地，在那里经过土壤的渗滤，水变清洁了，而且在很多情况下，污染物可作为肥料补充田间作物的需要。第十二章对这种喷灌系统的用途有更详细的叙述。

环 境 控 制

用喷灌改变环境，如需要防霜冻的地区可以提高气温，某些农作和牧畜单位的气温超过最优生产条件时可以降温。喷灌可用以清除某些牧场污染空气的灰尘。第十三和第十五两章有详细叙述。

肥料、化学品和杀虫剂的施用

喷灌系统仅能灌溉的单一应用概念已为通过系统的灌溉水施用肥料、化学品和杀虫剂

等多方面应用概念所代替。定位式和连续移动式系统用于这些工作。第十四章详细叙述喷灌系统的这类用途。

其 他 用 途

喷灌系统曾用于农场和家庭防火、紧急供水、建筑工程、人造雪和排除洪水。第十五章详细叙述喷灌系统的这些用途。

发 展 前 景

发挥世界农业生产的潜力，以赶上世界人口的增长和维持一定水平的食物和衣着，是人类必将面临的挑战。改良种子、改进耕作技术、更好地管理和加工都是必不可少的。这些措施配合有成效的喷灌，来开发新耕地和灌溉干旱土地，使其增加生产，对增加人类食物和纤维的供应，已经提出了一种解决办法。

美国的耕地面积逐渐减少，每年将近100万英亩被工业扩展、公路、公园和其他非产粮用途的用地侵占了。用于种植草皮的面积，随上述各种非农业用途的增加而增加。由于系统自动化的趋势和省水、省肥、省工的精确灌溉日程的制定，总灌溉面积可能有所增加。

需 要 适 当 规 划

成功的灌溉系统规划必须适应土壤、气候、水源、作物的不同需求和农业、草皮或其他用途的管理需要。喷灌设备已经有了许多重要改进，目前在合理操作、喷洒器间距、压力、管嘴大小、天气条件和系统设计等方面都有较多可用的资料。这就使喷灌几乎在任何条件下都可能应用并保证高度均匀地喷水，以获得灌溉或其他用途的效益。

世界各地的研究指出：喷灌可以毫无困难地、经济地用于所有可耕土壤、各种气候和各种作物。认识到这一广泛适应性，已经对可灌土地的分类和开发开辟了一个新的途径。同农牧业高产耕作办法相结合，这个途径为确定世界任何地区灌溉农业的可能性提供了较好基础。

第二章 喷 灌 系 统

喷灌系统是带有把水喷洒到地面的喷头或喷嘴的管网。这些系统可以按喷洒面积分为：田间系统、农场系统和跨农场系统。另一种按系统安装及运行方式分为：永久式、半永久式和可移动式。

系统的类型

田间系统：田间喷灌系统是为了用于同一农场或几个农场的—个或更多田块而设计的。设计所依据的规定条件是：播前灌溉、秋灌或春灌、催芽灌溉或轮种周期中特定的作物灌溉等。对动力经济、配水效率和劳动力使用的考虑，田间系统可能和全农场系统完全不同。图2-1是一个田间系统的示意图。

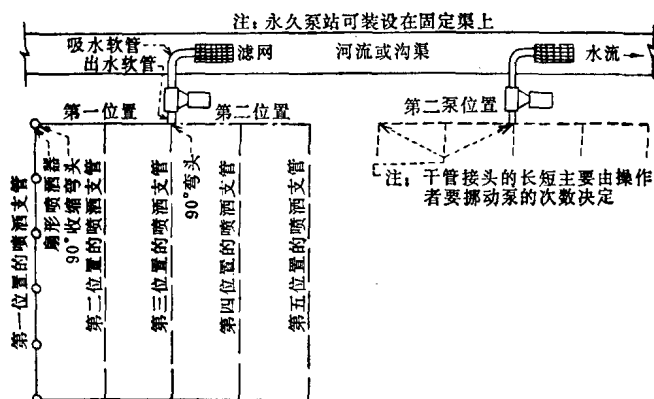


图 2-1 田间喷灌系统的典型布置

农场系统：一个全农场系统是专为某一设计面积或某一农场单位设计的。全农场系统的设计要考虑特定设计面积上的所有作物、作物茬口和各类土壤。

农场喷灌系统包括全部喷灌干支管路、泵站和增压泵、运行控制设备以及为灌水需要并保证灌溉农业获得成功的其他附属设备，参见图 2-2。

从田间系统扩大到农场系统：在这两种系统之间的是不完整的农场系统，开始用作田间系统以后变成全农场系统的一部分。由于没有清楚地认识到最终需要，曾经导致许多零碎系统的开办费和年用水费过多。应着重指出这种情况并不一定是设计者的错误，因为他可能不知道将来是否要扩大。

使用者在最初购置田地时也可能同样不知道将来如何，或者以后可能卖给别人，而后者决定充分扩充喷灌计划。不管什么情况，喷灌推广者制定田间系统的计划时，考虑将来可能的发展，就能改进他与使用者的关系。

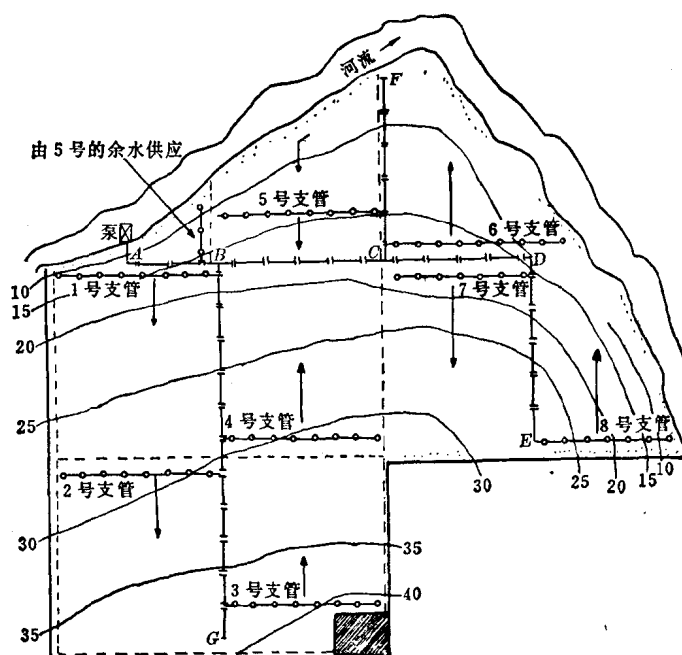


图 2-2 农场喷灌系统的布置

跨农场系统：很多灌溉工程正在实施，其中美国垦务局、灌溉行政区和个人等开发的供水系统，供各个农场或田间喷灌系统使用，跨农场系统为2~100个或更多的农场服务。

某些跨农场系统从河流或井中抽水到环行管路系统，并输水至各个农场，备有足够压力，用以保证农场喷灌系统运行。其他跨农场系统从水源通过明渠输水，在明渠中设置增压泵压送，增压泵是农场喷灌系统的一部分。几个农场系统可由一条或几条明渠从同一水源供水。

永久式系统：永久式喷灌系统是由永久设置的管道系统组成，管道一般埋在地下。某些架空管道系统用于苗圃。竖管及喷洒器是永久设置的。目前，因灌溉劳动力缺乏，永久式系统的数目已经增加了。

永久式系统用于永久性牧场、果园、苗圃、柑桔林、浆果区、甘蔗田、马铃薯田以及其他昂贵的经济作物。较高的开办安装费，必须以系统使用期间节省劳力和改进产品质量与增加产品数量来补偿。永久式系统在灌溉领域中已引进了综合使用的概念，除原有的灌水作用外，还用以施肥、控制环境、除草、杀虫等。所有这些附带用途都能降低生产成本和分摊开办投资。

半可移式系统：半可移式喷灌系统由永久设置的管道及可移管道组成，它们共同组成田间或农场系统。大多数半可移式系统设有永久干管或分干管，配以可移的喷洒支管。从美国法律上讲，半可移式、永久式、可移式系统的定义，在决定这一系统是否系土地的附属物时可能很重要。干管虽在一处不动，但组装后置于地面，仍算是可移的。

可移式喷灌系统：一个可移式喷灌系统，从泵站或压力水源直至最后喷洒器，全部是由可移管道组成的。只要能在另一位置用人工拆卸或组装时就是可移的，管道接头不一定