

经济型喷微灌

JINGJIXING PENWEIGUAN

奕永庆 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

经济型喷微灌

奕永庆 编著



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书共八章, 主要介绍国内外喷灌与滴灌技术的发展概况; 经济型喷滴灌技术的设计特点、材料设备、工程实例和效益调查; 部分经济作物的需水特性; 土壤、水和植物的关系; 灌溉施肥技术等。旨在水利与农艺结合, 实现科学灌溉, 以适应效益农业、生态农业的需要。

本书力求理论联系实际, 通俗易懂, 可作为基层水利、林业工程师、农艺师及种植、养殖户的培训教材, 也可供高等院校水利、农业、林业、畜牧、园林等专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

经济型喷微灌 / 奕永庆编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2009. 11
ISBN 978-7-5084-6968-3

I. ①经… II. ①奕… III. ①喷灌 IV. ①S275.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第205738号

书 名	经济型喷微灌
作 者	奕永庆 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×230mm 16开本 14.5印张 283千字
版 次	2009年11月第1版 2009年11月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

水是生命之源，水利是农业的命脉。喷微灌技术是水利建设的重要内容，也是现代农业的重要标志。纵观世界上一些农业发达国家，都广泛地应用喷微灌技术，以色列更是运用喷微灌技术创造了沙漠农业的奇迹。

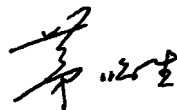
浙江水资源总量虽然比较丰沛，但人均水资源量低于全国平均水平，水资源的空间分布与耕地面积、人口分布以及经济发展状况等生产力布局不相匹配，发展节水型农业是大势所趋。同时，浙江省低丘缓坡资源丰富，主要制约因素是缺水。解决有效灌溉可以说是浙江省现代农业建设的一项重要任务。

喷微灌技术的发展，有效突破了地形、水系等制约，使因缺水而不能发展农业生产的田地变成了生态优良的农业产区，拓宽了农业发展空间。同时，应用喷微灌技术，可以有效提高水、肥料、农药等的利用率，提高农业标准化生产水平和农产品品质，降低人工等生产成本，实现农业节本增效，也促进了节水型社会建设，一举多得。

以奕永庆同志为代表的余姚市水利干部紧密结合实际，紧跟国际国内先进技术，在 10 多年潜心研究、实践探索的基础上，编写了《经济

型喷微灌》一书，立足实践，通俗易懂，不少成果已被广泛应用。希望此书的出版发行，能为各地推广应用喷微灌技术、发展现代农业起到积极的促进作用。

浙江省副省长

Handwritten signature of Cai Yongsheng in black ink.

2009年10月

奕永庆同志的新作《经济型喷微灌》问世了，可庆可贺！

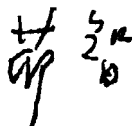
从 21 世纪初以来，作者潜心研究降低喷微灌工程造价的问题。他运用创新思维，针对喷灌系统规划、设计、施工和运行管理各个环节，提出符合实用且费用低廉要求的理论与技术，特别是提出经过精准分析计算确定经济、合理管材、管径与管壁厚度的方法，通过这些理论与技术的应用，使喷微灌工程造价降低 50% 以上，终于形成了“经济型喷微灌”的设计理论和设计模式。

作者可贵之处还在于开拓了新的应用领域，不仅把喷灌应用到竹山、杨梅、板栗、红枫、果桑、杏桃，而且把微喷灌用于畜禽养殖场降温 and 防疫，这是国内外首创。多年的实际应用表明，其经济效益、生态效益十分显著。

从使读者在实际工作中切实得到帮助出发，本书在内容上颇有新意：为使设计者随时考虑工程造价，书中对绝大部分喷微灌材料、设备都提供了市场参考价；喷微灌的对象是作物，只有了解对象，才能实现科学灌溉，书中专设一章介绍主要经济作物的“需水特性”；结合施肥是微灌的重要功能，书中专设一章“灌溉施肥”等，这些必将受到读者的欢迎。

作为他的研究生导师，我为他取得的成就而欣慰，故乐作此序。

中国工程院院士
武汉大学水利水电学院教授



2009年9月20日

前言

笔者所在的余姚市 1975~1984 年间曾有一个喷灌技术发展的高潮, 10 年间建设固定喷灌 1287 亩, 但此后整整 15 年没有新的发展, 已建的设施没有正常维护使用, 到 20 世纪末基本报废, 整个浙江省也是类似状况。2000 年笔者按常规设计建成一个喷微灌工程, 造价 1300 多元/亩, 加上电脑控制系统的造价 1200 元/亩, 合计单位总成本 2500 多元/亩, 这样昂贵的造价, 使得喷灌、微灌这项现代化的灌溉技术, 在发达地区也推广不开。造价太高的“门槛”阻碍了先进技术的推广, 于是就有了“经济型喷微灌”这个命题。“经济型”(Economical Type) 的含义包括一是造价经济, 即低成本; 二是应用到经济价值高的作物上去, 效益好, 就能受到农民欢迎。

一架现代化的客机上, 95% 以上是经济舱, 经常客满, 而商务舱不到 5%, 且往往空闲。两者的功能和安全性相同, 前者的票价却低 40%, 经济实惠, 人们喜欢“经济型”, 这是一个很好的佐证!

经过近 10 年的探索和实践, 经济型喷微灌技术, 终于初步形成了它是发明创新理论、技术经济学理论、优化设计方法与喷微灌设计实践相结合的产物。

喷微灌, 即喷灌和微灌的简称, 但因为微灌包括微喷灌、滴灌、涌泉灌、小管出流、渗灌等多种方式, 而笔者的研究与实践仅限于微喷灌

和滴灌两种，所以简称为喷滴灌。

从 20 世纪 80 年代以来，一些地方重复引进荷兰、以色列等有滴灌、微喷灌设施的全自动温室，亩均投资三四十万元，但由于没有相应先进的农业科技作支撑，不管种花卉还是蔬菜都赔钱，投资无法收回，没有生命力，现在基本上被作为“盲目引进”的反面教材。同样，造价 3000~5000 元/亩的引进型滴灌技术也在国内推广举步艰难。与之相反，山东省寿光县一位党支部书记总结发明的“保温大棚”，由于造价低、效果好，在我国的北方地区得到了广泛的推广应用。新疆天业集团公司创新完成的具有自主知识产权的膜下滴灌技术，平均投资仅 300~500 元/亩，目前的推广面积已超过 1000 万亩。由此得出，一项先进的农业技术，只有投入省、效益好才能被社会接受，才能转化为生产力，才能实现技术的价值。这就是笔者坚持经济型喷微灌技术研究和推广的动因。

限于笔者的学识水平、实践经验和文字表达能力有限，书中难免有不足之处，敬请读者指正。

关于《经济型喷微灌》的相关资料可在<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>进行查找及下载。

奕永庆

2009 年 8 月

目 录

序一
序二
前言

第一章 国内外喷微灌技术发展现状	1
第一节 国外喷灌、微灌技术发展概况	1
第二节 国内喷灌、微灌技术的发展	2
第三节 喷灌技术	3
第四节 微灌技术	9
第五节 经济型喷滴灌技术	18
第二章 经济型喷滴灌规划设计	20
第一节 基本资料收集	20
第二节 喷滴灌系统类型选择	24
第三节 喷灌系统规划设计	29
第三章 经济型喷滴灌材料设备	55
第一节 管道及管件	55
第二节 喷头	65
第三节 水泵	76
第四节 薄壁多孔管	88
第五节 微喷头	96

第六节	滴灌带和滴灌管	106
第七节	过滤设备	109
第八节	肥药装置	115
第九节	控制阀门与测量仪表	118
第十节	新型微滤首部装置	124
第四章	经济型喷滴灌设计实例	127
第一节	张湖溪村茶园半固定喷灌项目	127
第二节	小路下村蔬菜半固定喷灌项目	128
第三节	章雅山村竹笋高水头自压喷灌项目	130
第四节	上庄村竹笋自压喷灌项目	132
第五节	四联村雷竹高扬程喷灌项目	134
第六节	天华村梨园喷灌项目	136
第七节	临山镇葡萄滴灌项目	138
第八节	科农獭兔场微喷灌降温项目	140
第九节	舜丰鸡场微喷灌降温项目	142
第十节	康宏畜牧场微喷灌降温项目	144
第五章	经济型喷灌与滴灌效益调查	146
第一节	竹笋喷灌	146
第二节	红枫和樱花喷灌	147
第三节	板栗喷灌	148
第四节	葡萄滴灌	148
第五节	西瓜滴灌	150
第六节	蔬菜喷灌	150
第七节	梨园喷灌	151
第八节	兔场微喷灌	152
第九节	鸡场微喷灌	153
第十节	猪场微喷灌	154
第六章	部分经济作物的需水特性	156
第一节	竹笋	156
第二节	葡萄	157
第三节	梨树	158
第四节	桃树	160

第五节	西瓜	161
第六节	杨梅	162
第七节	榨菜	163
第八节	板栗	165
第九节	茶叶	166
第十节	草莓	167
第七章	土壤、水和植物的关系	170
第一节	土壤	170
第二节	水	173
第八章	灌溉施肥	180
第一节	灌溉施肥原理	180
第二节	植物的营养元素及其功能	183
第三节	作物吸收养分的过程	186
第四节	用于灌溉系统的肥料	190
第五节	配制氮、磷、钾贮备液	199
附录		204
参考文献		215
后记		218

第一章 国内外喷微灌技术发展现状

第一节 国外喷灌、微灌技术发展概况

随着全球化水资源紧缺日益严重，节水灌溉方法越来越受到人们的重视，喷灌、微灌等新型节水灌溉技术随之产生并逐渐被广泛应用。

喷灌作为一种灌溉方式，已经应用了 100 多年。1894 年美国俄亥俄州的卡尔发明了喷灌系统，它是在压力作用下运用管道输水以及利用喷灌设备将水输送到丘陵或土地不平整地带；1900 年喷灌开始用于城市草坪的灌溉，以后又用于苗圃和经济作物的灌溉。这种灌溉技术在 20 世纪早期得以广泛应用。

喷灌技术迅速发展是农业灌溉史上的一次革命，而真正应用于农田灌溉还是在 20 世纪 20 年代。德国和意大利开始在农业上采用喷灌，美国也在加州山坡的果园中应用该项技术。由于高效喷头、薄壁铝管、轻质塑料管和快速接头的发明和改进，它的发展速度很快，并应用于多种作物的灌溉。1973~1982 年美国的喷灌面积由 6670 万亩增加到 1.3 亿亩，居世界第一位；1971~1980 年苏联的喷灌面积由 2021 万亩增加到 1.18 亿亩，居世界第二位。两者合计占全球喷灌面积的 3/4。欧洲一些经济发达国家，耕地面积小，气候条件好，工业水平高，劳动力紧张，具备发展喷灌的条件，也是十分必要的。德国 1952 年的喷灌面积为 82 万亩，1982 年增加到 468 万亩，1998 年达到 900 万亩。英国 90% 以上的大田采用喷灌，温室作物主要用滴灌。法国、匈牙利喷灌占灌溉面积的 80% 以上，丹麦、奥地利、捷克占 90% 以上，瑞典几乎达到 100%。日本除了“水田”外，“旱地”也全部采用喷灌。罗马尼亚 1957 年才引进喷灌技术，1978 年就发展到 2640 万亩，占灌溉面积的 80%，年增长率 20%，发展速度居世界第一。

滴灌的构想最早产生于 20 世纪 30 年代初的以色列。当时恩格·申巴·布拉斯受邀去滨海的一个小农场参加傍晚茶会，他发现主人的众多葡萄园中有一棵长得特别大，但是这棵树并没有明显的灌溉水源。进一步调查发现一条通往房子的很细的饮用水铁管在此处有一个裂口，从这个裂口流出的水可湿润范围仅为 25cm^2 ，而这棵树的树冠直径为 10m。这么大一棵树竟能从容积如此小的土壤中获得所需水分，这个现象

使布拉斯产生了采用滴灌进行灌溉的想法。但当时研究滴灌存在许多实际困难,以至于这个想法无法实现。直到1959年塑料管在农业灌溉中的应用使这个想法的实现成为可能,经过3年的反复试验终于使滴灌技术获得成功。与喷灌和沟灌相比,采用滴灌技术后的番茄产量增加1倍,黄瓜产量增加了2倍。

随着水资源的日益紧缺,微灌技术愈来愈受到世界各国的推崇,尤其在水资源贫乏的国家更是如此。以色列在20世纪70年代中期把发展重点由喷灌转向微灌,90年代初微灌面积已占总灌面积的 $2/3$;1981~1991年,美国的微灌技术发展很快,微灌面积增加了3倍以上;在80年代后期,随着保护地栽培技术的迅速发展,日本对微灌技术也十分重视,发展迅速。

20世纪50年代以后,为了适应水资源极度短缺地区灌溉的需要,以塑料为原材料的滴灌和微喷灌系统逐渐发展起来。到了70年代中期,澳大利亚、以色列、墨西哥、新西兰、南非和美国6个国家开始推广滴灌,当时全世界滴灌面积总计约85万亩,到1991年全世界的滴灌和微喷灌面积已达到2400万亩。以色列创造了农业用水的新概念,即给作物浇水,而不是给土壤浇水。将灌溉水减到了最低水量,在半沙漠地区出现了现代化农场。在以色列南部的内格夫荒漠,年降水量不足50mm,但气温适宜,光热充足,当地农户在沙漠中建起了温室大棚,用滴灌技术种植瓜果、蔬菜、花卉等,出口欧洲,以色列已成为各国节水的典范

第二节 国内喷灌、微灌技术的发展

我国农业灌溉有着悠久的历史,从余姚河姆渡遗址发现的骨耜(锹),证明先人早在7000年以前就掘土开沟、引水种稻,这是最原始的灌溉。但千百年来,旱田多采用大水漫灌,水田多采用串畦淹灌的传统灌水方法,不仅浪费了大量水资源,同时还严重影响农作物产量。1950~1970年这20年间,我国基本上处于充分灌溉发展阶段,主要是开发新水源、建设新灌区和改建扩大旧灌区,采取渠道防渗新技术。按作物需水量进行灌溉,20世纪50年代末期,我国开始从国外引进先进的节水灌溉技术和设备。

20世纪70年代,我国北方有些地区水资源已明显减少,进入了非充分灌溉阶段。这时期渠道防渗和低压管道输水有了较大发展,喷灌、微灌也有了相应的发展。

我国自1974年开始引进滴灌技术,并结合我国国情对进口设备进行了研究和试制,取得了一系列成果。20世纪80年代初期,滴灌技术已广泛应用于温室、大棚等蔬菜保护地和山区果园中。目前,该技术从灌溉区域上看,已由干旱地区向半干旱地区延伸;从技术上看,已从单一的节水向施肥、调温、植保、改善作物生长环境的综

合增产措施发展。

1975年在山西省祁县召开了全国第一次喷灌机具技术经验交流会,使人们认识到国产喷灌设备与国外的差距。为此,国家有关部委组织技术人员对喷灌设备进行攻关,同时从美国、德国等国家引进大型喷灌机和加工喷头、薄壁铝管、薄壁镀锌钢管生产线;组织专业技术人员编写《喷灌工程设计手册》、制定国家标准和行业标准,组团到美国、日本、以色列等十多个国家考察喷微灌工程和生产企业,对发展我国的喷微灌技术起到了很大的促进作用。国家为了发展节水灌溉技术,从1985~1997年共发放节水灌溉专项贴息贷款48.9亿元,还评定了300个节水示范县,进一步推动节水灌溉的发展。

1990年以后,国内一些厂家引进国外先进生产线,使全国微灌发展明显加快。同时,国外生产厂家纷纷到国内设分公司或办事处,采取各种办法争夺我国的微灌市场,这种竞争也促进了我国微灌技术的发展。

截至1996年底我国喷灌工程应用面积为1600万亩,微灌工程应用面积为90万亩。自20世纪90年代中期以来,我国微灌技术和灌溉施肥技术得到迅速推广。截至2001年,全国微灌面积达400万亩,居世界第三,灌溉施肥面积约占微灌面积的20%。

经过数十年的引进、吸收和开发,我国灌溉施肥设备材质及配方、工艺制造得到很大改进和提高,部分产品初步形成系列化,系统自动化控制装置研制成本并批量生产,全部设备已实现国产化。目前,全国共有100余家灌溉施肥设备生产企业具备了规模化生产的基础,产品数量已基本满足国内市场需求。

1982年我国加入了国际灌排委员会,并成为世界微灌组织成员之一。20多年来,国际技术交流频繁,先后召开了10多次全国性微灌技术交流与研讨会。

第三节 喷 灌 技 术

喷灌技术是当今世界上最主要的节水灌溉技术之一。它是利用水泵加压或自然落差将灌溉水通过喷灌系统输送到田间,经喷头均匀地喷洒在农田里,为作物正常生产提供水分的一种灌溉方法。喷灌技术是大面积机械化解解决大田作物、草坪、蔬菜和经济林等高效节水灌溉与施肥问题的主要形式。

我国的喷灌技术水平已基本成熟,喷灌设备生产初具规模,但与世界发达国家相比仍然存在较大差距。随着20世纪90年代中期全球性缺水呼声的日益高涨和我国水资源环境的恶化,国家将发展节水灌溉作为一项基本国策,投入了大量资金,并将喷灌作为节水农业的一部分列入国家发展规划,为喷灌的稳步发展奠定了基础。随着科

学技术的突飞猛进和灌溉施肥设备的日新月异，喷灌技术已发展成为一项集灌溉、施肥和自动化管理于一体的现代化农业生产技术体系。

一、喷灌系统的组成

喷灌系统一般由水源工程、首部装置、输配水管道系统和喷头组成。

1. 水源工程

喷灌用水源工程的作用是集蓄、沉淀及过滤，为系统提供满足喷灌在水量和水质方面要求的水源。喷灌的设计保证率一般要求不低于 85%，在来水量足够大、水质符合喷灌要求的地区，可以不修建水源工程。对于轻小型喷灌机组，应配套满足其流动作业要求的田间水源工程。

2. 首部装置

为了管理和操作方便，喷灌系统中将控制器、电气设备、过滤器、压力表、进排气阀、逆止阀和施肥设备等集中安装在整个喷灌系统的开始部分，故称为首部装置，而把其他位于田间的装置（管道、控制阀、支管、竖管、喷头等）称为田间系统。首部装置包括加压（水泵、动力机）、计量（流量计、压力表）、控制（闸阀、球阀、给水栓）、安全保护（过滤器、排气阀、逆止阀）、施肥（施肥罐、施肥器）设备等。喷灌系统首部枢纽示意图如图 1-1 所示。

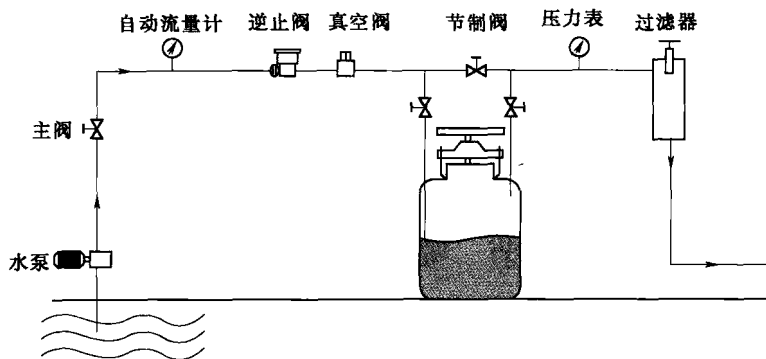


图 1-1 喷灌系统首部枢纽示意

在没有自然水头压力的地区，喷灌系统的工作压力需要水泵提供，与水泵配套的动力机在有供电的情况下应尽量采用电动机，无电地区只能采用柴油机、汽油机或拖拉机，轻小型喷灌机组移动方便，通常采用喷灌专用自吸泵。

计量设备是为保证系统正常运行进行监测的装置，如通过过滤器两侧压力表差值可以及时判断过滤器的堵塞情况和管道系统有无破裂漏水；而安全保护设备则对喷灌

系统起安全保护作用,过滤器可防止水中杂物进入管道系统堵塞喷头,排气阀则一般安装在系统最高处或局部最高处,在系统启动及停止时排气与补气,逆止阀主要防止水流的倒流,对防止水锤、保护水泵有重要作用。

控制设备除控制系统水流流向按喷灌要求向系统内各部分分配输送水流外,还为以后系统维修提供方便。为了保证喷灌系统安全越冬,应在灌溉季节结束后排空管道中的水,故需设泄水阀。施肥设备是通过喷灌系统对作物进行施肥的装置,一般有施肥罐、文丘里施肥器和泵前侧吸储肥装置等。

3. 输配水管道系统

管道系统的作用是将压力水流输送到田间喷头上,喷灌管道系统常分为干管和支管两级,大型喷灌工程分干管和二级以上支管。干管起输配水的作用,将水流输送到田间支管中去。支管是工作管道,其上按一定间隔安装竖管,竖管上安装喷头,压力水通过干管、支管、竖管、经喷头喷洒到田面上。管道系统的连接和控制需要一定数量的管道连接配件(直通、弯头、三通等)和控制配件(给水栓、闸阀、电磁阀、进排气阀等)。管道根据铺设状况可分为地埋管道和地面移动管道。喷灌机组的工作管道则一般和行走部分结合为一个整体。

4. 喷头

喷头是喷灌系统的重要部件,其作用是将管道内的有压水流喷射到空中,分散成众多细小水滴,均匀地洒布到田间。为适应不同地形、不同作物种类,喷头有高压喷头、中压喷头、低压喷头和微压喷头;有固定式、旋转式和孔管式喷头;其喷洒方式有全圆喷洒和扇形喷洒。

二、喷灌系统分类

喷灌系统的形式很多,按获得压力的方式,可分为机压喷灌系统和自压喷灌系统;按系统构成的特点、运行方式分类,可分为管道式喷灌系统和机组式喷灌系统;按可移动的程度分类,可分为固定式喷灌系统、移动式喷灌系统和半固定式喷灌系统。

1. 固定管道式喷灌系统

固定管道式喷灌系统的全部设备在整个灌溉季节甚至常年都是固定不动的,除竖管及喷头外,其他所有管道及田间设备全部埋于地下,水泵、动力机及其他首部枢纽设备安装在泵房或控制室内。固定式系统具有操作使用方便,生产效率高,运行费用低,占地少,易实现自动化等优点,但设备利用率低,单位面积投资大。适合于经济发展水平高,劳动力紧张,种植经济价值高,灌水频繁的蔬菜、水果等经济作物的地区,也适合于面积较大或种植单一的草坪、园林、草原、农场。固定式喷灌系统应采