

Theory and Practice of Separated
Store-flow Irrigation Technology

蓄流分离式灌溉技术 理论与实践

周和平 张江辉 徐小波 吴旭春 聂新山 王和平 张胜江 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

新疆科技兴水项目 (2003-01)
水利部科技创新项目 (2005-533-04)
国家科技支撑计划项目 (2007BAD38B06)

Theory and Practice of Separated
Store-flow Irrigation Technology

蓄流分离式灌溉技术 理论与实践

周和平 张江辉 徐小波 吴旭春 聂新山 王和平 张胜江 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

图书在版编目 (CIP) 数据

蓄流分离式灌溉技术理论与实践/周和平等著. —北京:
中国水利水电出版社, 2008

ISBN 978 - 7 - 5084 - 5673 - 7

I. 蓄… II. 周… III. 灌溉—技术—研究 IV. S275

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 090301 号

书 作 出 版 发 行	名 者 行	蓄流分离式灌溉技术理论与实践 周和平 张江辉 徐小波 吴旭春 聂新山 王和平 张胜江 著 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	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 印 规 格 版 次 印 数 定 价	版 刷 格 次 数 价	中国水利水电出版社微机排版中心 北京市兴怀印刷厂 170mm×240mm 16 开本 10 印张 190 千字 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 0001—2000 册 26.00 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

QIAN YAN

前言

近 20 年来,先进的滴灌、微喷灌、渗灌、膜下滴灌、智能化控制灌溉、低耗高效等农业管理节水技术,已在我国广泛应用和大面积推广,为我国农业节水和水资源的可持续利用发挥了重要作用。

近 10 年来,我国农业节水领域一大批自主创新、具有自主知识产权的节水新理论、新技术、新产品等研究成果相继涌现,令世人瞩目,显著地提升了我国农业节水领域的整体技术水平。

随着经济的发展,我国西部干旱的新疆,大力调整和发展特色林果业经济。但是果树采用现有微喷灌、滴灌等灌溉方法,确实存在着水分蒸发损失多、节水节能效果不理想、投入较多、管理水平要求较高、灌溉运行不够经济等问题。因此,适宜果树生长要求的节水灌溉方法迫切需要科技创新。

基于干旱地区果树园艺类作物灌溉现状和存在的问题,科研人员在研究现有灌溉技术理论和方法的基础上,勇于探索,潜心研究,创新思路和方法,自主创新提出了一种新的蓄流分离式灌溉技术理论与灌溉模式,实现了果树灌溉节水增产、节能低耗的目的,解决了用水量自控和提升灌溉水温的技术难题。

蓄流分离式灌溉模式,既适合于灌区自然低水头条件下的应用,又能与现有加压或自压微灌节水工程相配套。该项技术从 2002 年提出至今,对之已作了全面系统的研究分析、试验及实践,研究成果通过省级专家鉴定为国内首创。随着研究的深入和技术产品的转化,蓄流分离式灌溉技术将在林果业经济作物种植中逐步得到应用,对丰富和推进我国节水技术的多元化发展无疑具有重要的现实意义。

本书全面介绍了该项目的研究背景和国内外发展动向,系统地

研究了蓄流分离式灌溉原理、节水节能、灌溉水增温、用水量自控机理等基本技术理论，研究分析了蓄流分离式灌水器的结构及工作原理、灌水器水力学特征、蓄流灌溉系统的规划布置、蓄流灌溉工程运行管理、果树蓄流灌溉制度及灌溉均匀出流等问题，总结了蓄流灌溉的试验与实践成果。

我们之所以将蓄流分离式灌溉技术的研究成果整理成书，目的是想与水利界同行共谋水利科技创新，促进节水技术理论与实践研究的不断发展，供热心农业节水方面的人士借鉴和交流。

本书在编写过程中得到了许多专家的热情关心和指导，在此，一并向他们表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中欠妥和谬误之处在所难免，恳请同行专家和读者批评指正。

著 者

2008年3月3日

于乌鲁木齐

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 研究背景与意义	1
第二节 国内外研究现状及展望	11
第三节 研究内容与方法	16
第二章 蓄流分离式灌溉技术理论	22
第一节 蓄流分离式灌溉原理	22
第二节 节水节能机理	28
第三节 蓄流分离式灌溉水增温机理	39
第四节 蓄流分离式灌溉用水量自控机理	50
第三章 蓄流分离式灌溉装置	56
第一节 蓄流分离式灌水器的结构及工作原理	56
第二节 蓄流分离式灌水器的容量设计	64
第三节 蓄流分离式灌水器及出流的水力特征分析	70
第四章 蓄流分离式灌溉系统规划设计	77
第一节 蓄流分离式灌溉系统的布置	77
第二节 蓄流分离式灌溉制度的分析	82
第三节 蓄流分离式灌溉系统的工作制度	90
第四节 蓄流分离式灌溉系统的流量计算	91
第五节 蓄流分离式灌溉系统管道水力计算	92
第六节 蓄流分离式灌溉均匀出流的分析	105
第五章 蓄流分离式灌溉试验与实践	113
第一节 试验研究内容与方法	113

第二节	土壤水分特征分析	120
第三节	节水增产效果分析	124
第四节	节能效果及灌溉水增温效应	126
第五节	蓄流分离式灌溉工程技术经济分析	129
第六章	蓄流分离式灌溉工程运行管理	137
第一节	工程管理与维修	137
第二节	灌溉运行与用水管理	141
参考文献		146

CATALOG

Preface

Chapter 1	Exordium	1
Nodus 1	The Research Background and Significance	1
Nodus 2	The Research Status and Prospect at Home and Abroad	11
Nodus 3	The Contents and Method of The Research	16
Chapter 2	The Theory of Separated Store – Flow Irrigation Technology	22
Nodus 1	The Principle of Separated Store – Flow Irrigation	22
Nodus 2	Principle of Water – Saving and Energy – Saving	28
Nodus 3	Principle of Calefaction for Store – Flow Irrigation Water	39
Nodus 4	Principle of Automation for Store – Flow Irrigation Water Consumption	50
Chapter 3	Equipment of Separated Store – Flow Irrigation	56
Nodus 1	Structure and Work Principle of Separated Store – Flow Irrigation Douche	56
Nodus 2	Capacity Design of Separated Store – Flow Irrigation Douche	64
Nodus 3	Analysis of Douche and Hydraulic Character of Flow in Separated Store – Flow Irrigation System	70
Chapter 4	Programming of Separated Store – Flow Irrigation System	77
Nodus 1	Layout of Separated Store – Flow Irrigation System	77
Nodus 2	Analysis of Separated Store – Flow Irrigation System	82
Nodus 3	Work System of Separated Store – Flow Irrigation System	90
Nodus 4	Flux Calculation of Separated Store – Flow Irrigation System	91
Nodus 5	Hydraulic Calculation of Pipeline for Separated Store – Flow	92

Nodus 6	Analysis of Flow Uniformity of Separated Store – Flow Irrigation	105
Chapter 5	Experiment and Practice of Separated Store – Flow Irrigation	113
Nodus 1	Content and Method of The Experiment	113
Nodus 2	Analysis For The Character of Water in Soil	120
Nodus 3	Analysis For The Effect of Saving Water and Increasing Production	124
Nodus 4	Effect of Saving Energy and Calefaction of Irrigation Water ...	126
Nodus 5	Economic Analysis for Separated Store – Flow Irrigation Engineering	129
Chapter 6	Management of Running for Separated Store – Flow Irrigation Engineering	137
Nodus 1	Engineering Management and Maintenance	137
Nodus 2	Management of Running Irrigation System and Water Usage	141
Reference		146

第一章

绪论

第一节 研究背景与意义

一、研究背景

进入 21 世纪, 针对我国水利发展要求, 在“十五”规划期间我国就提出了《水利科技发展的十大重点与关键技术》研究项目。十大重点研究内容为: ①水资源开发利用及合理配置; ②防灾减灾; ③水环境与生态问题; ④以节水灌溉为中心的农田水利; ⑤河湖整治; ⑥水利工程建设和管理; ⑦南水北调; ⑧河口、海岸带治理及开发技术; ⑨水土保持和生态脆弱地区的水利科技问题; ⑩高新技术在水利方面的应用研究。

在十大水利科技研究内容中, 以节水灌溉为中心的农田水利研究列于第四位。由此可见, 农田水利节水灌溉技术研究在我国水利科技发展中处于重要地位。

以节水灌溉为中心的农田水利研究主要包括: 研究节水、节能、节肥相结合的高效灌溉新技术, 开发先进、实用的节水灌溉新产品, 以先进的节水灌溉工程技术与管理技术, 推动农业的集约化、产业化和现代化进程。

重点研究领域和关键技术: ①农田水分转化规律与非充分灌溉机理研究; ②高效输水灌溉系统关键技术研究及设备开发; ③农业高效用水管理技术研究与设备开发; ④田间节水灌溉关键技术研究及设备开发; ⑤劣质水灌溉关键技术研究; ⑥节水灌溉综合技术试验示范区建设。

“十一五”期间, 新疆规划发展优质林果基地 26.7 万 hm^2 (400 万亩), 届时, 全新疆优质林果基地将由目前的 40 万 hm^2 (600 万亩) 左右发展到 66.7 万 hm^2 (1000 万亩)。由于果树比其他作物耗水量高, 随着果树种植面积的扩大, 灌区水资源的紧缺程度将进一步加剧。因此, 果树类经济作物的节水灌溉和水资源有效利用研究显得十分迫切和重要。

新疆林果业基地的建设与发展, 给节水农业灌溉提出了新的要求。基于果树类经济作物的需水特点, 需要以“技术创新、先进实用、定额用水、快速供水、节水节能、运用方便”的原则和技术定位进行研究, 需要以节水灌溉的新



方法来适应果树经济类作物的生产。然而,果树类经济作物目前采用的灌溉技术和方法存在的问题较多,不能很好地适应果树类经济作物节水灌溉发展的要求,需要在现有节水灌溉技术的基础上,进行创新设计,探索研究,试验实践。

果树为稀植性园艺类经济作物,应用喷灌、滴灌技术具有一定的节水增产效果,但与棉花等大田密植作物相比效果要差,存在的主要问题表现如下。

首先,水分蒸发大损失多,与果树生长对水分需求不尽适应。新疆灌区干旱,风多,空气湿度小,蒸发强烈,采用喷灌或微喷灌溉,水分空气损失较多,据初步观测,使用喷灌或微喷灌进行果树作物灌溉过程中,约有20%~30%的水分由于空中飘移损失而浪费,因此,灌溉节水效果不理想。

其次,灌溉节能效果不理想。运用滴灌技术,虽然不像喷灌或微喷灌那样产生空中水分飘移损失,但是滴灌单位时间内供水量较少与果树较大的需水量之间存在着“水分供需不平衡”或“水分供需滞后”等现象。如果要满足果树园艺作物的灌水定额,则需要增加供水时间,由于增加了灌水历时,从而导致灌溉系统多耗能;如果加大滴灌系统的滴头出流量,由于滴头流量加大,从而导致滴灌系统的灌溉效果降低。由此来看,果树类经济作物使用滴灌灌溉节能效果并不理想,灌溉工程运行也不经济。

第三,投入较多管理水平要求较高。喷、滴灌溉技术一般要求有一定的水头压力,井灌区加压式灌溉系统,由于作物灌溉的轮灌周期性较长,运行中耗能高、费用多;采用自压式则需要利用当地地形,修建适用于自压条件的工程设施,总之,都需要较大的投入。同时喷灌、滴灌设备和运行管理要求较高管理水平,否则,工程运行后的效果将受到影响。

综上所述,目前果树园艺类经济作物,采用现有的喷灌、微灌节水灌溉技术存在以下技术难题,必须尽快加以解决。

(1) 水分蒸发较大、损失较多、在灌溉运行上不够经济,需要有针对性地研究,减少无效的水分蒸发,提高灌溉节水效率的技术方法。

(2) 灌溉效果不够理想,需要研究具有节水增产、省工省地的新方法。

(3) 轮灌作业的持续时间较长,消耗能源较高,需要从灌溉技术设备等方面研究出一种能够明显地缩短灌水时间和轮灌周期,缓解用水矛盾,省时节能、低耗能和有效减少管理运行成本的节水灌溉技术及配套方法。

(4) 井灌区地下水温较低,对果树类作物生长有一定的影响,需要研究具有自动提升和调节灌溉水温效能的灌溉系统设备。

(5) 喷灌、微灌灌水定额的可控量人为因素较大,运行管理中不严格控制将会产生灌溉过程中多用水甚至浪费水的现象,需要研究作物灌水定额与灌溉设施的同步设计,从而完全实现作物灌溉定额的用水计量自控,通过先进科学



的灌溉设施来控制和消除灌溉水浪费现象,使农业用水的节水管理变得容易可行。

鉴于果树园艺类经济作物灌溉现状和存在的上述问题,为适应林果园艺农业产业结构的调整发展,实现水资源的可持续利用,以节水灌溉为技术支撑,在果树节水灌溉技术上必须另辟蹊径探求新的节水灌溉方法。

为探索研究适用于林果园艺类作物生长和需水要求的灌溉理论和原理,研究果树灌溉条件下的节水灌溉机理、节水灌溉技术、节水灌溉设备和装置、运行管理模式等问题,水利科技人员在大量分析研究现有节水灌溉技术理论和灌溉方法的基础上,勇于探索,创新思路、创新方法,潜心研究果树灌溉新理论和节水方法,自主创新提出了一种在井灌区或自然水头条件下,可实现节水节能用水量控制和提高灌溉水温的新灌溉技术方法——蓄流分离式灌溉技术。

蓄流分离式灌溉方法,本着创新节水灌溉技术,提出了果树节水灌溉的新思路、新方法、新技术和新设备,力求节水灌溉方法适用于现有灌区,经济实用、操作简便、易于应用;提出了节水灌溉领域的新技术和新设备,对丰富和推进我国节水事业发展具有重要的现实意义。

二、研究意义

(一) 建立节水型社会

党和国家高度重视节水建设和管理,把节水作为我国一项根本性措施来抓。近年来,我国提出建立节水型社会的基本目标,其中节水型农业的建设是节水型社会的重要内容之一。新疆各级政府和水利部门对全社会节水事业十分关注和重视,在节水灌溉工程建设、节水技术应用和管理性节水政策研究等方面,已取得明显的成效。随着新疆经济社会发展对水资源的不断需求,新疆节水型社会建设的任务更加繁重,新疆建立节水型经济社会任重而道远。

1. 内陆干旱区人水和谐经济社会发展迫切需要节水

新疆位于祖国西北边陲,土地面积达 166 万 km^2 , 占国土面积的 1/6, 是全国面积最大、最为干旱的内陆省区。新疆的天山以南有世界排名第二的塔克拉玛干大沙漠,北疆有我国著名的古尔班通古特大沙漠。现有绿洲面积 1428 万 hm^2 (21420 万亩),其中:天然绿洲 808 万 hm^2 (12120 万亩),占绿洲总面积的 56.6%;可开垦绿洲 620 万 hm^2 (9300 万亩),占绿洲总面积的 43.4%,总灌溉面积约 470 万 hm^2 (7050 万亩),占可开垦绿洲面积的 76%。

新疆多年平均年降水量为 147mm,而多年平均年蒸发量高达 2000mm,农业用水占总用水量的 94%左右,农业生产完全依赖于灌溉,没有灌溉就没有新疆的农业,是典型的“荒漠绿洲,灌溉农业”。



新疆河川径流总量为 882 亿 m^3 ，扣除高原、荒漠等难利用水 38 亿 m^3 ，考虑生态需水约 220 亿 m^3 ，以及国际河流出境水量等，可供利用地表水约为 400 亿 m^3 左右。而目前新疆水利工程年引用水量约为 437 亿 m^3 ，其中地表水为 399 亿 m^3 ，地下水为 38 亿 m^3 （占地下水天然补给量 65 亿 m^3 的 58%）。这表明，新疆地表水已基本无开发潜力。

新疆是我国主要的商品棉生产和石油化工基地之一，随着西部大开发战略的实施、经济发展、人口增加，城市用水、工农业用水激增，用水供需矛盾日趋尖锐，给脆弱的生态环境造成极大的威胁。降水稀少、干旱缺水、蒸发强烈、生态脆弱是新疆环境的主要特征。在这样一种自然条件下，水资源有效利用配置和节约保护，对于新疆经济社会、生态环境人水和谐、可持续发展显得非常重要。因此，大力发展农业节水灌溉技术是新疆实现水资源可持续利用的关键所在。

2. 农业节水面临新挑战

新疆地处我国内陆腹地，干旱少雨，蒸发强烈，是我国最大的纯灌溉农业灌区。据 2005 年新疆水利统计资料，农业用水占年引用水总量的 93.8%，其中 90% 为灌溉用水；工业用水和城镇生活用水量仅占年供水总量的 3.6%；生态环境供水占 2.6%。农业灌溉是新疆最大的用水户。

随着工农业生产的发展，水资源供需矛盾必将加大。然而，一方面新疆可供利用水资源十分有限，尤其是春灌期供水缺口达 15 亿 m^3 左右；另一方面灌区农业用水技术与管理水平较低，综合作物的毛灌溉定额高达 $10800 \sim 12750 \text{m}^3/\text{hm}^2$ ($720 \sim 850 \text{m}^3/\text{亩}$)，与可满足作物正常灌溉用水要求的灌溉定额 $9000 \sim 9750 \text{m}^3/\text{hm}^2$ ($600 \sim 650 \text{m}^3/\text{亩}$)，尚有很大的差距。农业用水虽然有 20%~30% 的节水潜力，但面临着节水工程、节水技术、节水政策、节水管理等诸多挑战。

新疆灌区十几年节水工程建设与管理的实践证明，节水工程+节水技术是农业节水的重要基础条件，它的发展与进步，可以显著地提升节水效率，降低水耗，提高灌区农业综合效益；政策节水+管理节水虽然可以产生很好的节水效果，但它是以前节水工程设施和节水技术手段及水平为条件的，否则，灌溉效益发挥将大打折扣，可谓“巧妇难为无米之炊”。因此，新疆农业用水既有很大的节水潜力，但也面临着巨大的节水挑战，节水灌溉意义重大，任务繁重，新疆农业经济的健康发展迫切需要节水新技术、新设备的有力支持。

3. 农业节水技术需要创新发展

目前新疆多种方式节水灌溉技术已大面积应用，产生了很好的社会和经济效益。新疆灌区面积大、分布广，供水线长、水损失较多，少雨干旱，蒸发强烈，耗水量高。近年新疆发展优质林果业基地，由目前的 40 万 hm^2 (600 万



亩)发展到 67 万 hm^2 (1005 万亩), 占总灌溉面积近 1/6, 灌区种植业结构调整较大; 发展棉花生产基地, 由目前的 107 万 hm^2 (1600 万亩) 发展到 140 万 hm^2 (2100 万亩), 占新疆总灌溉面积的近 1/3, 两项种植面积为新疆总灌溉面积的 1/2 之强, 种植业结构调整与扩充, 对灌溉技术和节水设备等提出了新的更高要求。

新疆绿洲农业与水资源可持续发展, 需要更加经济实用、切实可行的节水灌溉技术给予支撑, 已有的节水灌溉技术需要在实践的基础上不断地发展, 更需要结合灌区和种植业结构特点, 自主创新研发新的节水技术。这是新的条件下, 新疆节水农业发展必然选择和历史赋予的重任。因此, 针对目前制约农业节水中的关键技术加以研究是一项十分迫切而重要的课题。

(二) 发展农业节水灌溉

随着节水技术和设备的应用和发展, 各种节水灌溉技术趋于成熟, 喷灌、微喷灌、滴灌、膜下滴灌、渗灌、低压管道灌等节水灌溉技术, 已普及应用。据统计, 新疆已发展喷、微灌及管道灌面积达近 40 万 hm^2 (600 万亩), 节水达 30%~70%, 增产达 15%~30%, 效果明显; 常规地面灌改进技术, 如膜上灌、小畦沟灌已大面积应用, 近年开展了波涌灌溉示范应用, 这些改进的地面灌技术与常规灌溉相比具有明显的节水增产效果。

从国内外的灌水技术看, 无论是高效节水灌溉技术还是常规灌、改进的地面灌方式, 都有一个共同的特性, 即作物每次灌水的始末, 是一个不断供水的过程, 即水源不断供给作物灌溉, 直至某次灌水完成。这种常规的供用水灌溉运用和实施, 会产生以下几种形态。

(1) 作物灌溉用水与供水时间同步性, 引起轮灌周期和灌水作业的时间加长, 增加了劳动时间和工作强度。

(2) 加大了灌溉用水管理成本和运行费用, 如井灌区体现在灌水过程中的人力作业和能源(耗电耗油)的双重消耗; 自流或自压灌区, 集中体现在灌溉管理上的人工作业管理费用增加。

(3) 灌溉供水紧张, 尤其是春灌期, 传统的灌溉方式轮灌耗时增加了灌溉用水的紧张程度, 因供水和需水矛盾, 作物灌水不及时或未能完成灌水作业, 而引起作物局部受旱减产, 降低了灌溉效益。

(4) 灌溉作业是不断供水的过程, 这种传统的灌溉方式, 人为产生不同程度的超量用水或少用水, 以及灌水时间人为操作带来的多灌水量, 因此, 不利于灌溉工程的节水型管理。

基于上述, 需要从现有的灌溉运行方面找出新的突破口, 探求一种新的灌溉模式, 从而改变目前这种灌溉与供水同步的传统方法, 消除此方式而导致的上述问题, 以一种新的节水灌溉理念和灌溉方法, 即把作物所需的灌溉用水



量,通过工程性节水设备一次性地输送至田间作物需水根系之处,由灌溉系统实现均匀自流灌溉,从而突破和改变了传统的“供、配、灌、停”同步灌溉模式。

(三) 探索研究创新发展

1. 探索研究新技术

我国是一个农业大国,农业用水占用水总量的70%以上,新疆农业灌溉用水量占全年引用水总量的94%。随着工农业生产和城镇生活用水的需求,农业节水日显重要。目前我国多种灌溉方式和节水灌溉设备研究应用不断出现。但是,必须指出,当前的节水灌溉技术研究的方法,都是基于常规的供水与灌溉同步的用水原理而设计和研制的,如果在原有的灌溉理论上,不进行有益的探索,不改变目前传统的灌溉用水方式,那么,节水灌溉理论技术的进步将会局限于原有的技术领域内,很难产生新的突破。因此,基于新的用水机理,研究开发新型节水灌溉技术设备具有重要的现实意义。

(1) 寻求和探索新的节水灌溉技术方法,突破传统的灌溉模式,为节水新技术领域的拓宽进行技术创新。

(2) 在灌溉新技术理论的框架下,根据新的灌溉技术原理,开展节水灌溉技术体系的试验研究。

(3) 试验研究新技术产品的设计效果,通过实验研究灌溉实践应用,完善节水灌溉技术设备,最终形成节水灌溉技术设备的系列产品。

2. 自主研究开发

我国应用于农田灌溉技术含量较高的节水灌溉技术主要是喷灌、微灌和低压管道灌溉,除低压管道灌为我国自行研发外,喷灌、微灌主要是引进国外技术消化后并逐步实现节水灌溉设备的国产化。因此,研究具有我国技术创新、知识产权和自行研发的节水灌溉技术设备,并且实现低投入、易管理,符合国情、利于普及的节水灌溉设备是十分必要的。

蓄流分离式灌溉节水技术的研发意义,在于创新了节水灌溉方法原理,拓展了灌溉用水方式,提出了节水灌溉新设备,为我国节水灌溉领域提出了新思路、新方法、新技术和新设备,促进了我国灌溉技术理论和节水灌溉技术发展。

3. 推进农业节水设备产业化

据新疆2004年统计,当年实际灌溉面积为424.9万 hm^2 (6373.5万亩),比1990年的350.5万 hm^2 (5257.5万亩)增加74.4万 hm^2 (1116万亩);渠道防渗率由1990年的13.6%提高到2004年的41.6%;喷灌、微灌、低压管道灌溉面积由1990年的1.03万 hm^2 (15.45万亩)增加到2004年的40万 hm^2 (600万亩)。1990~2004年的15年间,毛灌溉定额由13065 m^3/hm^2 (871 $\text{m}^3/$



亩)降至 $10470\text{m}^3/\text{hm}^2$ ($698\text{m}^3/\text{亩}$), 平均节水 20%; 渠系水利用系数由 0.47 提高到 0.52, 平均增加 5 个百分点。这说明, 随着农业节水工程的建设 and 先进灌溉技术的推广, 以及我国节水设备的国产化和产业化的进程, 先进的灌溉技术得到了广泛的应用, 农业节水灌溉效益已发挥了明显的经济和社会效益。

新疆石河子的膜下滴灌技术, 是将滴灌与地膜栽培方法进行技术集成创新, 从而形成了新型的膜下滴灌节水灌溉新技术, 并将节水灌溉技术设备进行自主开发生产, 形成了研发、生产、应用与回收一体化的产业链, 使得膜下滴灌技术的单位面积投入由过去的 $15000\text{元}/\text{hm}^2$ ($1000\text{元}/\text{亩}$ 左右) 降到目前的 $6000\text{元}/\text{hm}^2$ ($400\text{元}/\text{亩}$ 左右)。近几年, 新疆膜下滴灌推广面积迅速扩大到 26.7万 hm^2 (400 多万亩), 有效地适应了市场需求和发展, 新疆灌区甚至国内的一些省、自治区前来观摩取经, 在社会上产生了很大的反响。

新疆石河子垦区的膜下滴灌技术和产业化生产给了人们以下启示: 我国节水市场是广阔甚至是积极主动的, 关键的问题是节水灌溉技术和节水设备应具有低耗高效、实用易行以及技术管理配套的性能, 应符合和顺应我国的基本国情。

蓄流分离式灌溉节水技术以新的思路, 改革传统的灌溉方式, 着眼于低耗高效、实用经济、易管理, 并能实现节水增产、节能低耗、提高灌溉水温和用水定额控制的目标, 适应国情和区情, 其有利条件有以下方面。

(1) 蓄流分离式灌溉系统设备投入 $6750\sim 9000\text{元}/\text{hm}^2$ ($450\sim 600\text{元}/\text{亩}$), 一次性投入低, 设备可连续使用 $6\sim 10$ 年左右, 年均投入 $750\sim 900\text{元}/\text{hm}^2$ ($50\sim 60\text{元}/\text{亩}$), 对于果树类经济作物灌溉而言, 属经济型节水灌溉产品。

(2) 该技术具有缩短灌溉的轮灌周期, 灌溉具有很高的时效性, 较好地解决了用水紧张期产生的用水管理矛盾, 具有明显的节水、节能、省地、省力、控制水量、提升灌溉水的温度等综合效益。

(3) 该技术设备简便, 可工厂化生产不同系列产品, 操作简单, 且适用于自流灌区, 也可以和已运行的滴灌区配套, 蓄流分离式灌溉装置——蓄流分离式灌水器可以替代滴灌系统中的滴头, 便于配套和运行管理。

三、研究简况

(一) 研究过程

本研究内容由于具有创新性, 2002 年被列入新疆水利厅“科技兴水”研究项目, 于 2003~2005 年进行了项目课题的初步研究。

2003 年为课题的初步研究阶段, 提出了项目课题并对相关问题进行调研、可行性研究、项目规划、技术设计、实施方案研究设计, 并根据蓄流分离灌溉的原理, 初步设计和研制了蓄流灌溉雏形设备——蓄流灌水装置, 在田间进行



初步试验研究：蓄流灌溉装置和供输水软管的设计及制作，生产试验所用的这些初试样品，以及该试验研究的装置，均为厚度 0.5mm 左右的塑材输水管和蓄水灌溉设施，通过输水管将灌溉水注入蓄流灌溉设施之中，将蓄流灌溉设施一次性注水充满，蓄流灌溉设施下部有少量微孔，灌溉水通过小孔滴入作物根部。同年 7 月在项目试验区巴州水管处的千亩葡萄基地，分别进行了棉花和葡萄两种作物的初步试验与验证工作。同年 6 月向国家知识产权局申请“蓄灌节水技术装置”实用新型技术专利。

2004 年，在初步试验的基础上，对初始设备进行了技术改进，由初步研究到中间试验阶段，进行了相关的试验观测和技术研究分析：①改软管输水为硬质管输水，采用圆形、环形两种蓄流灌溉设施进行田间试验比较并取舍；②选择稀植类果树（石榴）种植区与常规灌溉方式比较试验；③进行田间用水、土壤水分等项目观测。按果树生长要求，中试工作于同年 11 月中旬完成。同年 9 月 8 日国家知识产权专利局授予专利证书（ZL：03 2049 234）；初步完成了蓄流灌溉分离式原理的验证工作，首篇论文《自流蓄灌节水新技术应用研究》发表在我国核心期刊《节水灌溉》（2004 年第 4 期）杂志上。

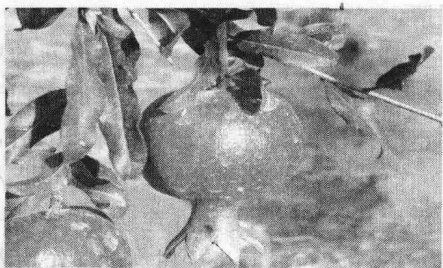


图 1-1 石榴果树蓄流灌溉田间试验

2005 年在中间试验的基础上，提出改进后的蓄流灌溉主要设备的设计方案并生产和配置蓄流灌溉系统所需部件。以《灌溉试验规范》（SL 13—90）为依据，按照“蓄流灌溉田间试验设计实施方案”要求，进行石榴果树的田间试验和观测分析（图 1-1）。

（二）研究成果

经过 3 年的研究，主要获得以下初步成果。

- （1）蓄流灌溉田间节水试验初步分析。
- （2）提出项目综合研究成果报告。
- （3）蓄流灌溉技术设备研究效果评价。
- （4）蓄流灌溉技术运行管理实践。
- （5）蓄流灌溉技术要素与灌溉制度分析。
- （6）蓄流灌溉技术与其他灌溉方法技术经济指标比较分析。