

渠灌区节水灌溉技术的筛选组装和集成

范兴科, 李援农

(中国科学院水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西 杨陵 712100)

**摘 要:** 渠灌类型区是我国灌区的主要组成部分, 地面灌溉是渠灌区的主要灌水方式, 发展渠灌区节水型地面灌溉对我国的农业节水有着重要作用。以陕西关中西部的宝鸡峡引渭灌区为例, 对现行的节水型地面灌水技术进行了分析和筛选, 结合灌区的现状和灌溉特点, 提出了适宜于本灌区目前应用和推广的节水型地面灌水技术主要是畦田“三改”, 并结合增大入畦单宽流量等技术措施进行组装和集成, 实现提高灌水效率和灌水均匀度, 减小灌溉用水量, 节约用水的目的。

**关键词:** 渠灌类型区; 地面灌水技术; 筛选; 集成

中图分类号: S 274. 2      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409( 2002) 02-0037-04

Sifting, Combination and Collection of the Technology of Water Saving Irrigation in Canal Irrigation Region

FAN Xing-ke, LI Yuan-nong

(Institute of Soil and Water Conservation, the Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

**Abstract:** The canal irrigation region is the main component part of irrigation region in our country, and the surface irrigation is the main way of irrigation in canal irrigation region. It is important to develop the surface irrigation of water saving in canal irrigation region. Take the Baojixia irrigation region in the west of Shaanxi Guanzhong for an example, the technology of water saving surface irrigation in current is analyzed and sifted. Combined with the present situation and characteristic, the authors raise the technology of surface irrigation which is suitable for application and popularization in this irrigation region is “three changes ”of furrow irrigation. By combining and collecting the technology of water saving surface irrigation with increasing the flow of unit width to rise the efficiency, even degree of irrigation, reduce the amount of water use of irrigation, and realize the aim of saving water.

**Key words:** canal irrigation region; the technology of surface irrigation; sifting; collection

利用渠道输水灌溉在我国具有悠久的历史, 早在公元前 4 世纪就开始修渠引水, 灌溉农田。截止目前, 已修建 5 000 多处 667 hm<sup>2</sup> 以上的灌区, 大中型引水灌区的有效灌溉面积达到 2 467 万 hm<sup>2</sup>, 提灌工程的有效灌溉面积达到 1 240 万 hm<sup>2</sup>, 总有效灌溉面积为 3 700 万 hm<sup>2</sup>, 占全国总耕地面积 1. 0 亿 hm<sup>2</sup> 和总灌溉面积 0. 6 亿 hm<sup>2</sup> 的 37% 和 69. 5%。在

渠灌区, 目前田间的配水技术以地面灌水为主, 在今后相当长一段时间内, 地面灌水技术仍是渠灌区的主要灌水方法。

传统的地面灌水方法以沟、畦灌溉为主, 也是目前应用最为广泛的灌溉方法, 全世界 90% 以上的灌溉面积以地面灌为主, 我国的地面灌溉面积则高达 98% 左右。近几十年来, 随着全球水资源的日益紧

<sup>1</sup> 收稿日期: 2002-02-25  
基金项目: 国家重大科技产业示范工程项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范”(99- 021- 01- 02)。  
作者简介: 范兴科, 男, (1964- ), 陕西岐山人, 副研究员, 主要从事节水灌溉技术与水土保持研究工作。

张,节水灌溉成为农田灌溉发展的必然趋势。世界上许多国家围绕减少灌水定额、提高灌水均匀度和利用效率这个目的,开展了节水灌溉新技术和新方法的研究。我国在紧跟世界前沿基础研究的同时,引进和吸收国外先进技术,开展了广泛和深入的地面灌水技术研究,以及与地面灌水技术关系密切的激光平地技术研究,并对沟、畦灌溉技术进行改进,特别是80年代以来,节水型地面灌溉新技术得到迅速发展,提出了小畦灌溉、细流沟灌、分根交替灌、块灌、水平畦灌、膜上灌、波涌灌等多种灌溉技术和方法,经过“八五”和“九五”连续两个5年的科技攻关,相关技术及配套的设备日趋成熟和完善,为节水灌溉技术的示范和推广筑起了坚实的科技支撑。

## 1 渠灌区的特点及对地面灌水技术的需求

### 1.1 渠灌区的特点

对于大中型渠灌区,不论是引水灌区,还是提水灌区,基本上都是灌溉水源的异地利用,需要修筑干、支、斗、分、引等多级渠道将灌溉用水引入田间地头,然后再配合相应的灌水技术和方法灌溉农田。由于各地的自然、社会和经济条件差异,各渠灌区在建设规划、运行管理及农业结构布局等方面各不相同,以宝鸡峡引渭灌区二支渠为例,主要有以下特点:

灌溉水源为河道引水,以高含沙水流为主,因此渠道在设计时以不冲不淤为原则,最末一级渠道——分渠,除过有一定的比降外,为了避免地头冲刷,渠底基本上与田面齐平,地头引渠多为临时性土渠。

在灌区用水管理方面,目前灌区的量水设施配套还不完善,设有量水设施的最末一级渠道多为斗渠,而且也是灌区管理的最小单位,为了便于管理,通常采用集中供水的方法,在灌水紧张时,根据经验流量,最多开2~3个分渠,因此,田间的供水流量一般较大。在灌水技术方面,仍然以常规畦灌(部分地方采用块灌)为主,大畦大水漫灌现象比较普遍,浪费严重,灌水效率较低。

根据对渠灌区的调查结果,除过城镇郊区的作物种植以经济作物为主外,大部分地方的作物种植结构仍以粮食作物为主,就整个渠灌区,粮食作物的种植面积占总面积的70%以上,而且目前粮食的价格又相当便宜,1 kg粮食的保护收购价为1元左右。

在我国农村,现行的土地经营管理体制为包产到户,承包经营。土地的划分以户为单位,按在册人

口分地,同一块地常被分割成许许多多的小块,特别在内陆自然条件较好,人口稠密地区,人均耕地只有 $0.04 \sim 0.2 \text{ hm}^2$ ,而现在户均人口多在3~6人,因此地块划分的比较小,且大小不等,沟畦宽度不规范,入畦单宽流量很难调整。在土地经营管理方面,很少投入人力和物力进行土地平整,基本维持原来的大平小不平的状况,地面坡度不均。

### 1.2 渠灌区对地面灌水技术的需求

在广大的渠灌类型区,特别是远离城镇的农村,农户是最基本的生产单元,土地是广大农户赖以生存的物质基础,由于受交通、环境、信息和市场的限制,目前的土地生产经营方式仍以传统的种植业为主,如果将生产用工计入成本,基本上没有经济效益。因此农户的经济基础差、底子薄,在土地经营方面,一方面没有实施高投入的能力,另一方面也不愿意高投入,最关键的因素是缺乏高投入会带来高产出的信心。通常能够接受的主要是一些短、平、快的措施,对于没有明显经济效益,而另外需要增加人力和物力投入的事很难实施,由于目前农副产品的价格低廉,而节水增产的效益又不很十分明显,因此,在实施农田灌溉时,农户对地面灌水技术的需求主要体现在以下几个方面:首先技术简单,容易操作,便于推广;其次减少灌溉用工量和劳动强度,降低田间灌水时的材料和燃料消耗,省事、省时,灌水效率高,投资少,见效快;第三田间灌水均匀度高,灌水质量高。

## 2 适宜于渠灌区的节水型地面灌水技术

### 2.1 节水型地面灌水技术及其特点

2.1.1 小畦灌溉技术 特点:水流流程短,灌水相对均匀,只要管理的好,可显著减少深层渗漏,提高灌水均匀度和田间水的利用率,减小灌水定额,达到节水和增产的目的。小畦灌溉投入少,收效显著。

技术要点:畦田规格一般较小,在自流灌区,畦长以30~50 m为宜,最长不超过80 m,畦宽为2~3 m;机井和高扬程灌区畦长以30 m为宜,畦宽为1~2 m为宜,入畦单宽流量控制在 $2 \sim 4 \text{ L/s}$ 。试验和大量的田间调查资料表明,灌水定额一般为 $675 \sim 900 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

适应性:小畦灌溉主要适用于土壤质地较黏的井灌区和入畦流量不很大的渠灌区,是我国北方小麦播种区一种行之有效的田间节水灌溉技术,在河北、河南、山西、山东、陕西等省均有相当规模的推广和应用。

2.1.2 细流沟灌技术 特点: 水流集中, 湿周小, 推进速度快, 通常沟内需有一个蓄水过程才能满足设计灌水定额的要求。细流沟灌灌水均匀, 节水保肥, 不破坏土壤团粒结构。

技术参数: 细流沟灌的灌水沟规格与一般沟灌相同, 沟长一般为 30~50 m, 用小管或输水沟控制入沟流量, 流量不大于 0.3 L/s, 水深不超过沟深的一半。沟内没有蓄水阶段, 水在流动过程中全部渗入土壤。

适应性: 细流沟灌技术主要适用于地面坡度较大, 土壤透水性小的地区, 在我国北方许多小井灌区实践中多采用细流沟灌技术。

2.1.3 长畦分段灌溉技术 特点: 长畦短灌又称长畦分段灌溉, 将一条长畦划分为若干不打横向畦埂的小段, 用软管或纵向输水沟将水送入各段灌溉, 为了便于管理和控制, 灌水时通常采用由远及近的方法。长畦分段灌溉可以达到小畦灌溉同样的节水效果, 而且减少了田间渠道, 节约了耕地, 也便于农机作业, 易为农民接受。

技术参数: 一般适宜的畦田田面坡度为 0.001~0.003, 最大可达 0.01, 畦田坡度过大, 容易造成土壤冲刷; 畦宽首先根据入畦水量大小决定, 同时参考当地农业机械的宽度调整, 对于井灌区, 畦田一般较窄, 多为 1 m 左右, 而对于渠灌区, 畦田一般较宽, 适宜的畦田宽度为 2~4 m; 畦长一般决定于土壤质地和入畦水量大小, 畦埂断面一般为三角形或梯形, 埂高约 0.2~0.25 m, 底宽 0.4 m 左右。

适应性: 长畦分段灌溉方法不但适用于井灌区, 而且适宜于渠灌区, 是一项推广前景十分广阔的节水增产灌溉技术。适宜于各种行播和散播作物灌溉, 如小麦、玉米、谷子、花生、芝麻、蔬菜和牧草等, 同时也适宜于各种土壤的土地灌溉, 如轻沙壤土、沙壤土、黏壤土和黏土类等。

2.1.4 水平畦田灌溉技术 特点: 水平畦灌是畦灌的一种形式, 田埂所围成的地块呈水平状或近于水平, 灌溉时, 水平畦田内的水流很快向前推进, 直到覆盖整个畦田田块, 并且整个畦田内可以保持均匀的水层, 直到全部渗漏为止。因此, 可以实现比较高的灌水均匀度。

技术要求: 畦田内每一个方向的坡度都很小, 几乎等于零, 即使有坡度, 其坡比小于 1/3 000, 畦田规格取决于入畦流量和土壤, 一般可以达到 2~15 hm<sup>2</sup>。要求灌水流量较大, 能在较短的时间内均匀的分布在整個田块表面。

适应性: 水平畦灌一般需要对土地做精细的平

整, 畦埂要有一定的高度, 以防灌溉水漫埂外流。该方法最适宜于具有中等至低吸水性(土壤吸水速率为 2.0 或以下)和中等至高有效持水量的土壤, 入畦流量至少应当是土壤平均吸水率所需流量的两倍。

2.1.5 块田灌溉技术 特点: 块灌技术属于畦灌范畴, 类似于水平畦灌, 灌溉水流以薄层水在田间土壤表面向前推进, 并主要以重力作用湿润土壤, 其不同点是块田的宽度较大, 通常在 5 m 以上, 水流进入田块后, 不仅有纵向流动(向前推进), 同时还有明显的横向扩散。为了提高灌水均匀度, 在实施块灌时, 常采用增加分水口的方法。

技术要点: 田面要求比较平坦, 即使田面有坡降, 也只有纵向坡降, 而无横向坡降。根据灌区实验结果, 未经精细平整的土地, 块田的规格不宜太大, 对于渠灌区, 块田的规格以 0.1 hm<sup>2</sup> 为宜, 对于井灌区, 块田的规格以 0.05 hm<sup>2</sup> 为宜。

适应性: 块灌实际上是一种宽畦灌, 因此, 主要适用于我国北方人少地广, 地势平坦的井渠灌区, 目前主要在新疆、甘肃、宁夏和内蒙古等地采用。

2.1.6 地膜覆盖灌水技术 特点: 地膜覆盖灌水技术分膜上灌水和膜下灌水, 膜上灌又分为膜上沟灌和膜上畦灌, 利用膜上输水灌溉, 可以减少灌溉用水量, 提高灌水效率和灌水均匀度; 膜下灌溉主要为膜下滴灌。地膜覆盖灌水技术是一种局部灌溉, 可有效地防止深层渗漏, 减少棵间无效蒸发。一般情况下可节水 20%~30%, 提高灌水均匀度 10%~25%, 增产 10%~15%。

技术参数: 沟畦宽度取决于膜料的宽度, 目前主要采用机械覆膜, 沟畦长度一般为 50~80 m, 入膜流量的大小主要根据沟畦宽度、土壤质地、地面坡度及单位长度膜孔入渗强度的大小确定。

适应性: 地膜覆盖具有增温保墒的作用, 所以覆膜灌溉主要适应于降雨量少、气候干燥、积温较少、水资源比较缺乏的旱寒地区非黏性土壤灌溉。目前这项田间节水增产灌溉技术主要应用于新疆、甘肃、宁夏、陕西、山西、内蒙古和河南等地。

2.1.7 波涌灌溉技术 特点: 波涌灌溉又称间歇灌溉, 把传统的连续供水灌溉划分为几个供水周期, 采用交替间歇供水形式, 将水引入田间, 由于不是连续供水, 先期湿润段内的地块表层土壤结构会发生明显的变化, 田面形成的致密层会减小再次供水时土壤的入渗能力和糙率, 有助于水流向下游的推进, 减少深层渗漏, 提高灌水均匀度, 改善灌水质量。

技术参数: 波涌灌溉分波涌沟灌和波涌畦灌, 由

于采用多次供水,所以适宜的沟畦长度为 200~400 m,宽度及垅沟尺寸同一般的沟畦灌溉。对于采用间歇阀自动控制的波涌灌溉,阀门前至少需要有 0.5 m 以上的工作水头,人工闸板控制的波涌灌溉同一般的沟畦灌溉。另外,波涌灌溉时需要的灌水流量较大。

适应性:波涌灌溉技术特别适宜于我国北方土地广阔、田面平整、沟畦较长的非沙性土壤农田灌溉。

2.2 适用于渠灌区的节水型地面灌水技术的筛选

适用于渠灌类型区的节水型地面灌水技术较多,如果根据各种灌水技术的要求,对灌区进行改造,上述的几种节水型地面灌溉技术均可应用于渠灌区的田间灌溉。但就目前的实际情况,从根本上大范围的改造灌区,则困难较大。只有因地制宜,根据各灌区的实际现状选择灌溉技术比较可行。在大流量条件下,比较适宜的节水灌溉技术主要有块田灌溉,水平畦田灌溉,波涌灌溉,膜上灌溉以及长畦分段灌溉技术等;在田面不平和田块划分较小的情况下,一般不具备块灌和水平畦灌的条件;在田间引水口没有工作水头或压力的条件下,波涌灌溉时间的间歇调节只能依赖于人工操作,由于增加了工作量,所以波涌灌溉的推广将受到制约;在关中西部灌区,由于秋雨较多,土质黏性较大,对覆膜带来较大的麻烦,所以覆膜灌溉难以实施,综上所述,在杨凌渠灌类型区农业高效用水科技产业示范区(属宝鸡峡引

渭灌区),比较适宜且最容易推广实施的节水灌溉技术是以畦田“三改”,实行长畦分段灌溉为主,根据实际情况,兼顾采用块灌和膜上畦灌。

2.3 节水型地面灌水技术的组装和集成

我们知道波涌灌溉是一种间歇灌溉,其原理是将传统的连续供水灌溉划分为几个供水周期,采用大流量(相对于常规沟畦灌溉)和交替间歇供水形式,加速水流在田面的推进速度,减小二次供水时土壤的入渗能力和入渗量,提高灌水效率。对长畦和长沟而言,可以缩短灌水时间,提高灌水均匀度,节水效益明显。第一次供水灌溉基本上类似于传统的沟畦灌溉;另外,块灌和水平畦田灌溉也有一个共同的特点,除过要求地面平整外,就是通过采用大流量,使水流尽快的分布于每一个角落。因此对于以畦灌为主的渠灌类型区农业高效用水科技产业示范区,通过采用长畦改短畦,宽畦改窄畦,大畦改小畦,改善传统的畦灌条件,消除或减小田间纵向和横向的地表不平,同时借鉴波涌灌溉、块田灌溉和水平畦田灌溉等节水型灌水技术的操作方法,适当的增加入畦单宽流量,改进畦灌技术,提高灌水质量。

2.4 灌水效益评价

有关研究已证明:长畦短灌和小畦灌都是节水型地面灌水技术。在渠灌项目示范区,通过长畦改短畦,宽畦改窄畦,大畦改小畦,采用不同畦田规格和入畦单宽流量进行灌溉试验,灌水结果见下表:

表 1 畦灌技术灌水结果							
灌水方法	地块/m <sup>2</sup>	畦田/m <sup>2</sup>	单宽流量 /(L·s <sup>-1</sup> ·m <sup>-1</sup> )	冬灌/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )		夏灌/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	
				畦田数	灌水量	畦田数	灌水量
长畦短灌	127.6×9.5	64×4.75	8.5	4	1300	4	795
	57.5×5.75	57.5×5.75	7.0	1	1185	1	735
宽畦窄灌	119×10.35	119×3.45	11.0	3	1435	3	870
	119×5.17	119×5.17	8	1	1575	1	975

结果表明:短畦的灌水量明显小于长畦,在畦宽基本相同的情况下,畦长由 120 m 减小为 60 m,次灌水定额减少 250~400 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水 25%;窄畦的灌水量小于宽畦,在畦长相同的条件下,畦宽从 5.2 m 调整到 3.5 m,田间引水量不变,次灌水定额减少 100~150 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,节水 10%,同时也可以发现,在不产生冲刷的条件下,适当增大入畦单宽流量可以减小灌溉用水量。在本项目区,作物复种指数较高,不论是冬灌还是夏灌,田间都有较好的作物覆盖,因此,适当的增大入畦单宽流量一般不会产生明显的冲刷,根据测试,入畦单宽流量最大可以达到 10 L/

s 左右。

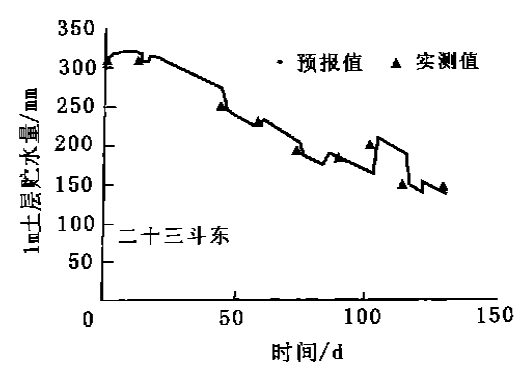
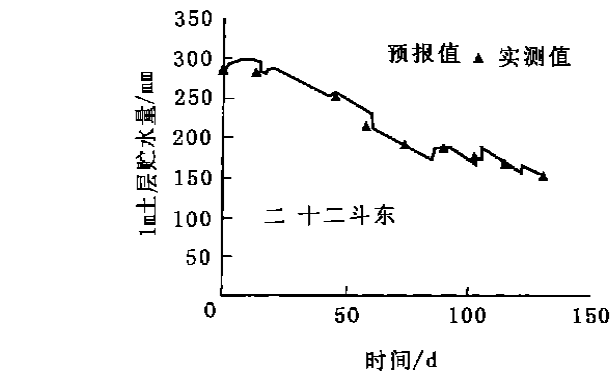
### 3 结 论

地面灌是渠灌类型区的主要灌水方式,目前可用于渠灌区的节水型地面灌水技术和方法很多,但由于各种节水型地面灌水技术都要求一定的使用条件,而且渠灌类型区的条件各不相同,所以就某一个具体的灌区,可供直接选择利用的技术并不很多。在陕西关中西部的宝鸡峡引渭灌区,一直沿用传统的畦灌技术,灌溉用水量大,灌水效率较低。本专题从

(下转第 96 页)

消退指数可以反映该农田水分消退过程, 利用消退指数进行田间土壤水分的预报, 仅需时间和降雨及

灌水资料, 结果稳定可靠, 精度较高。



( 图中的时间以 2001 年 1 月 25 日为起点)

图 2 1 m 土层的土壤贮水量的预报与实测对比

表 2 不同深度的土壤贮水量的预报与实测误差对比

土壤深度/m	(二十二斗东) 平均误差/%	(二十三斗东) 平均误差/%
0.6	12.41	15.21
0.8	8.92	9.80
1.0	3.38	7.35
1.2	7.62	11.58
1.5	10.44	13.90

4 结 论

通过本文的研究可以得出以下几点结论:

(1) 土壤消退指数随作物生长期时间不同而显著变化, 随其深度的增大而减小, 其离散程度也随深

度有所变化, 在中等深度, 消退指数离散程度较小, 较为稳定, 可作为预报的基础资料。

(2) 利用消退指数法预报土壤含水量具有公式简单, 仅需降雨和灌水及前期土壤水分资料, 所需参数少而且容易获取, 预报结果稳定可靠, 预报精度能满足实用要求, 是一种适合野外大田土壤水分预报的实用方法。

(3) 由于各地土壤特征和作物吸水状况的不同, 在不同作物种类的消退指数的变化规律及其区域特征还有待进一步的研究, 以便能将该方法用于更大范围的土壤水分预报。

参考文献:

[ 1 ] 康绍忠, 刘晓明, 熊运章. 土壤- 植物- 大气连续水分传输理论及应用[ M ]. 北京: 水利电力出版社, 1994.  
[ 2 ] 康绍忠, 张富仓, 梁银丽. 玉米生长条件下农田土壤水分动态预报方法的研究[ J ]. 生态学报, 1997, 17( 3 ): 245- 251.  
[ 3 ] 康绍忠. 土壤水分动态随机模拟的研究[ J ]. 土壤学报, 1990( 1 ): 17- 24.  
[ 4 ] 朱志龙. 土壤水分消退规律分析[ J ]. 水文, 1994( 1 ): 36- 39.  
[ 5 ] 尚松浩, 雷志栋, 杨诗秀. 冬小麦田间墒情预报的经验模型[ J ]. 农业工程学报, 2000, 16( 5 ): 31- 33.  
[ 6 ] 康绍忠, 贺正中, 张学. 陕西省作物需水量与分区灌溉模式[ M ]. 北京: 水利电力出版社, 1991.

( 上接第 40 页 )

当地的实际情况出发, 选择易于实施和推广的畦田“三改”技术, 长畦改短畦, 宽畦改窄畦, 大畦改小畦, 作为项目区的主要节水灌溉技术。借鉴波涌灌溉、块

田灌溉和水平畦田灌溉等节水型灌水技术的特点, 适当增大入畦单宽流量, 对畦灌进行技术的组装和集成, 有利于改进畦灌技术, 提高灌水效率和质量, 减小灌溉用水量。

参考文献:

[ 1 ] 水利辉煌 50 年编撰委员会. 水利辉煌 50 年[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.  
[ 2 ] 林性粹, 赵乐诗, 等. 旱作物地面灌溉节水技术[ M ]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999.  
[ 3 ] 汪志农主编. 灌溉排水工程学[ M ]. 北京: 中国农业出版社, 2000.  
[ 4 ] 许迪, 等. 田间节水灌溉新技术应用研究[ J ], 节水灌溉, 2001( 4 ).  
[ 5 ] 王文焰, 等. 波涌灌溉试验研究与应用[ M ]. 西安: 西北工业大学出版社, 1994.