

我国节水灌溉的现状与发展

①
98.18(1)
2-7
李英能

(水利部农田灌溉研究所 河南新乡 453003)

S274.3
F 323.213

摘要 鉴于我国水资源紧缺的现状,我国十分重视节水灌溉技术的研究和推广,取得了显著成效。当前适合我国推广应用的节水灌溉工程技术有渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌、田间地面节水灌溉和简易节水灌溉等。我国目前正在大规模发展节水灌溉,应注意:预先作好充分论证,严格掌握标准;与农业增产技术结合,开发多种水资源;选择优质设备;提高管理水平等。

关键词 节水 灌溉 水资源 灌溉技术 农田水利 中国

1 我国节水灌溉现状

对农作物进行灌溉,从水源引水、包括降水利用,到作物耗水形成产量要经过一系列的物理和生物过程。节水灌溉就是要充分有效地利用自然降水和灌溉水,根本目的是通过采用水利、农业、管理等措施,最大限度地减少水从水源通过输水、配水、灌水直至作物耗水过程中的损失,最大限度地提高单位耗水量的作物产量和产值。节水灌溉的内涵一般包含水资源的合理开发利用、输配水系统的节水、田间灌溉过程的节水、用水管理节水以及农业节水增产技术措施五个方面。水资源的合理开发利用包括多水源的科学调度;地面水、地下水、降水、土壤水综合利用;废污水回收处理利用以及咸淡水混合利用;水库、蓄水池的防渗处理等。输配水系统的节水包括输水建筑物改造配套,防止跑、冒、滴漏;渠道防渗;管道输水等措施。田间灌溉过程的节水包括采用喷灌、滴灌、渗灌、膜上灌、膜下灌以及传统的土地平整、大畦改小畦、坐水点种等措施。用水管理节水包括制定不同作物

科学的灌溉制度,健全节水政策法规。农业技术措施包括根据水资源状况调整作物种植结构,推广耐旱作物品种、节水栽培技术,采取深耕蓄水,塑膜或秸秆覆盖、聚肥保墒等旱作农业措施和施用保水剂、抗旱剂等抗旱保墒措施。

鉴于我国水资源日益短缺的现状,早在 50 和 60 年代,水利部门就开展了节水灌溉技术研究和在生产中推广应用。据统计,到 1992 年我国防渗衬砌渠道总长达 55.11 万 km,占渠道总长 306.87 万 km 的 18%;其中干、支渠防渗长度 29.24 万 km,为干、支渠总长度 121.81 万 km 的 24%;斗、农渠防渗长度 25.87 万 km,为斗、农渠总长度 185.06 万 km 的 14%。我国低压管道输水灌溉铺设的管道长度达 2.6 亿 m,其中,固定式管道长 1.68 亿 m,移动式管道长 0.93 亿 m。喷灌面积达 81.6 万 hm^2 ,其中固定式 8.3 万 hm^2 ,半固定式 13.2 万 hm^2 ,移动式 60.1 万 hm^2 。微灌面积达 3.5 万 hm^2 ,其中固定式 2.2 万 hm^2 ,半固定式 1.3 万 hm^2 。按照现阶段的节水灌溉标准计算,我国节水灌溉面积已达 1333.3 万

作者简介:李英能,男,研究员,水利部农田灌溉研究所副所长,从事节水灌溉技术研究,曾发表《华北地区节水型农业技术》等论著。

hm²。另外,近年在南方的广西发展了水稻“浅、薄、湿、晒”面积 173.3 万 hm²,东北地区发展坐水点种面积 226.7 万 hm²,西北的新疆地区发展膜上灌面积 20 多万公顷,宁夏甘肃等地发展水窖水窑集雨灌溉面积也有相当数量。

实践证明,凡是采用节水灌溉措施的,节水增产效果都十分显著。陕西省洛惠渠灌区,推广长畦改短畦、宽畦改窄畦、大水漫灌改小畦浅灌后,作物生育期灌水量降低 20%~30%;山东省济宁市汶上井灌区实行低压管道输水灌溉后,输水利用系数从 0.6 提高到 0.95 以上,节水率达 40%,节能 33%,节地 1.7%,省工 50%,灌水周期缩短 1/3;陕西省泾惠渠灌区,经过对各级渠道衬砌后,渠系水利用系数由 0.39 提高到 0.858;北京郊区县近几年发展喷灌面积近 7 万 hm²,取得增产 20%,节水 55%,省工 50%,提高土地利用率 23% 的显著效果;河南省濮阳县关帝村,采用以半固定式滴灌为中心,井池结合,提蓄结合,限额供水和滴灌关键水的提、蓄、滴相结合的灌溉模式,利用每小时出水量 20 m³ 的机井,年平均灌溉面积 57.9 hm²,小麦平均用水量 759 m³/hm²,增产 1522.5 kg/hm²;山西省翼城县利民灌区,在对全灌区进行技术改造的基础上,实行地面水和地下水资源统一管理、统一调度,自流灌溉与提水灌溉水费平衡政策,使渠系水利用系数由 0.64 提高到 0.74,灌溉水利用系数由 0.5 提高到 0.6,增产 19.6%;广西采用“薄、浅、湿、晒”节水灌溉制度,实测结果平均节水 1425 m³/hm²,增产 375 kg/hm²。水利部农田灌溉研究所从 1991 年起承担总理基金课题“华北地区节水农业技术体系的研究与示范”在河南、山西、河北建立了三个节水农业示范区,实施节水灌溉综合技术措施,即在节水灌溉的同时配合采用耐旱品种、水肥结合、地面覆盖等农业节水增产技术和施保水剂等化学节水增产技术,分别取得了增产 39.7%,71.5%和 104%;节水 30.4%,45.5%和 55%;提高水分生产率 63.3%,30%和 96.5% 的显著效益。

2 适用我国的节水灌溉工程技术

当前适合我国推广应用的节水灌溉工程技术主要有:渠道防渗技术、低压管道输水灌溉技术、喷灌技术、微灌技术、田间节水地面灌溉技术以及简易节水灌溉技术。

2.1 渠道防渗技术

渠道是我国农田灌溉的主要输水方式,但传统的土渠输水渗漏损失大,约占到水量的 50%~60%,一些土质较差的渠道渗漏损失高达 70% 以上。据有关资料分析,全国渠系每年渗漏损失水量约为 1700 多亿立方米,是灌溉水损失的最主要方面。因此,渠道防渗一直是我国发展节水灌溉的主要技术措施。渠道防渗不仅可以显著地提高渠系水利用系数,减少渠水渗漏,而且可以提高渠道输水安全保证率,提高渠道抗冲能力,增加输水能力。渠道防渗还具有调控地下水位,防止次生盐碱化,减少渠道淤积,防止杂草丛生,节约维修费用,降低灌溉成本等附加效益。据测定,浆砌石防渗较土渠减少渗漏损失 50%~60%;混凝土防渗较土渠减少渗漏损失 60%~70%;塑料薄膜防渗较土渠减少渗漏损失 70%~80%。

渠道防渗的方法很多,根据所使用的防渗材料可分为土料压实防渗、三合土料护面防渗、石料衬砌防渗、混凝土衬砌防渗、塑料薄膜防渗和沥青护面防渗等。混凝土衬砌防渗是使用最广泛的一种渠道防渗措施,可分为现场浇注和预制装配两种,防渗效果好,使用寿命长,特别是使用混凝土“U”形渠槽防渗还可提高渠道流速和输沙能力。塑料薄膜防渗具有重量轻、造价低、运输方便、施工简单及抗腐蚀能力较强的优点。沥青护面防渗是用沥青与其它材料如塑料薄膜、砂石料、玻璃纤维等联合使用起到防渗作用。近年来使用膨胀珍珠岩、矿渣棉板等作为防冻保温材料,收到了良好的效果。利用化学材料作为土壤添加剂,增加土壤防渗性能,也开始在我国渠道防渗中使用。

为了提高渠道防渗工程质量,加快施工进度,降低工程造价,我国先后研制和生产了梯形渠道边坡混凝土震动机,“U”形渠道开挖机,“U”形渠道混凝土浇筑机和切缝机,以及预制混凝土“U”形渠槽和水泥土预制板等施工机械和技术,使我国渠道衬砌从人工施工向半机械化和机械化施工方面迈出了一大步。由于混凝土“U”形渠道的显著优点,我国北方地区的中、小型渠道防渗衬砌,大量采用了这种渠道施工机械。

2.2 低压管道输水灌溉技术

低压管道输水灌溉简称“管灌”,是利用低压输水管道代替输水土渠将水直接送到田间灌溉作物,以减少水在输送过程中的渗漏和蒸发损失的技术措施。这项节水灌溉技术近几年在我国北方平原井灌区发展非常快。低压管道输水灌溉具有许多优点:一是省水,由于以管代渠可以减少输水过程中的渗漏和蒸发损失,使渠系水利用系数提高到0.95以上,可使毛灌水定额减少30%左右;二是节能,与土渠输水相比,由于提高了渠系水的利用系数,使从井中抽取的水量大大减少,因此可减少能耗25%以上;三是可以减少土渠占地,提高土地利用率,一般在井灌区可减少占地2%左右,在扬水灌区可减少占地3%左右;四是管理方便,省工省时,这是由于低压输水管道埋于地下、便于机耕和养护,耕作破坏和人为破坏大大减少,另外由于管道输水流速比土渠大,灌溉速度大为提高,可显著提高灌水效率。

目前我国生产和应用的低压管道输水灌溉设备主要有下面几种。

a. 双壁波纹塑料管。这是一种内光外波纹双壁聚氯乙烯塑料管,是由同时挤出一层内壁和一层外壁经模具吹压熔结而成。双壁波纹管不仅是目前适用于低压管道输水灌溉最好的管材,而且可广泛用作滴灌、微喷灌输水管道、井管、泵管、农田排水管、工民建筑供排水管等。尽管该种管材质优,但价格相对较高,在低压管道灌溉中应用投资较大,

因而发展仍受一定限制。

b. 薄壁PVC塑料管。它是对原应用于输水管道的薄壁管,将厚度减薄,开发出的一个新品种。管材的壁厚比现行国家标准管减薄近一半,单位长原材料的消耗减少了45%左右,管材投资可减少30%以上。

c. 当地材料管。它是以当地砂石材料生产的水泥制品等作为低压管道输水灌溉的管材,因其价格低廉,可就地取材和生产,减少运输费用,使低压管道的总投资大为降低,发展迅速。我国目前已建低压管道输水灌溉面积,大部分是应用这种管材。当地材料管主要有水泥砂管、水泥土管及水泥炉渣管等。使用得最多的是水泥砂管,但这种管道由于接头多,施工质量不易控制,容易产生接头漏水或管道开裂,因而有逐渐被塑料管取代的趋势。

d. 地面移动塑料软管,也称作“小白龙”,是一种超薄塑料软管,用作移动式低压管道输水灌溉的输水管道。这种管道虽然造价低,使用比较灵活,但寿命短,灌溉质量差,移动麻烦,特别是在作物长高后更不方便,因而有条件的地方应发展埋地低压输水管道。

低压管道输水灌溉比较适合当前农村生产责任制,因而发展较快,但由于田间灌溉大多仍属传统地面灌,田间水利用率仍较低,随着我国水资源紧缺情况加剧,农民投入能力增强,农业规模经营的发展,低压管道输水灌溉有可能逐步被喷灌、微灌取代的趋势。

2.3 喷灌技术

喷灌是利用专门的设备(动力设备、水泵、管道等)将水加压(或利用水的自然落差加压)后送到喷灌地段,通过喷洒器(喷头)将水喷射到空中,并使水量散成细小水滴后均匀地洒落在田间进行灌溉的一种灌水方法。和地面灌水方法相比,具有节约用水30%~50%、节约劳力、少占耕地,可提高产量,对地形和土质的适应性强,能保持水土等优点,因此,喷灌得到越来越广泛的应用。据统计,到1992年,我国已具有生产轻小型喷灌机20万台(其中小型机5万台)的能力,自动化水平

较高的大型时针式和平移式等喷灌机亦能批量生产。喷头除完善 PY1 系列外,1988 年研制并投产 PY2 系列,并研制投产我国特有的全射流喷头系列。1987 年从国外引进了奥地利的摇臂式喷头(ZY 系列)、薄壁铝管、薄壁热浸镀锌钢管三条生产线,研制并投产 ZY 型喷头,带单挂钩承插式和双挂钩球接式两种快速联接管的移动轻金属管道系统及八种地埋管道。目前,ZY 喷头已生产 20 余万只,薄壁铝管年产量达 50 余万米。我国生产的喷灌设备的厂家约有 23 家,在数量上已基本能满足国内的一般要求。我国主要生产和应用的喷灌设备有下面几种。

a. 喷头。目前生产批量最大、使用得最普遍的喷头形式是旋转式喷头,一般由喷嘴、喷管、粉碎机构、转动机构(摇臂、射流元件)、扇形机构、弯头、空心轴、轴套等部分组成。金属摇臂式喷头是我国生产应用最广泛的喷头。最主要的摇臂式喷头有 PY₁ 系列、PY₂ 系列和 PY₃ 系列以及 ZY 系列喷头。

b. 喷灌管道及附件。按照喷灌管道使用条件可分为固定管道和移动管道两大类。常用的固定管道有石棉水泥管、塑料管、钢筋混凝土管、铸铁管、钢管。常用的喷灌移动管道有软管、半软管和硬管三种。其中薄壁铝管和镀锌薄壁钢管为喷灌专用管道。喷灌管道附件包括控制件和连接件两大类,控制件如阀门、压力调节器、空气阀等;连接件如弯头、三通、四通、异位管、堵头等。我国的喷灌管道附件大多是借用现有市场出售的管道附件,喷灌专用管道附件,除薄壁铝管附件外,其它尚未能大批量生产。

c. 喷灌泵。喷灌专用泵按结构型式分为自吸离心泵(BPZ 型)与普通离心泵(BP 型)两种,自吸离心泵按水气混合的位置,又分内混式和外混式两类。我国目前生产的 BPZ 型泵有 8 种,BP 型泵有 2 种,我国的喷灌专用泵一般是与喷灌机配套生产的,在数量上已基本能满足国内的需求。

d. 喷灌机。它是自成体系,能独立在田

间移动喷灌的机械,一般由动力机、水泵、管道系统、支承系统、行走系统和喷头组成。常见的喷灌机可分为单喷头喷灌机、人工移动管道式喷灌机、绞盘式、双悬臂式、纵拖式、液移式、时针式和平移式喷灌机。其中轻、小型喷灌机在我国应用最为广泛。

e. 自动调压喷灌泵站(又称恒压喷灌)。它可根据灌区不断变化的实际喷灌用水量,自动调节泵站内泵的运行台数,使泵站供水量始终与实际喷水量相适应,从而使管网在一个规定的压力范围内工作,因而具有节能、节水、管道设备不易破坏及喷洒质量好等优点。自动调压泵站的设备由水泵、调压罐、压气供应系统、压力水位传感器和水泵程序控制器组成。1983 年由农田灌溉研究所和三门峡水工机械厂合作,在河南省郑县建成我国第一座自动调压喷灌泵站,喷灌面积 446.7 hm²,至今设备仍保持完好,继续发挥效益,但因投资相对较高,管理技术要求也较高,没能在其它地方推广应用。

2.4 微灌技术

微灌是一种新型的高效用水灌溉技术,包括滴灌、微喷灌和涌泉灌。它能根据作物需水要求,通过管道系统与安装在末级管道上的灌水器,将作物生长所需的水分和养分以较小的流量均匀、准确地直接输送到作物根部附近的土壤表面或土层中。相对于地面灌和喷灌,微灌一般属于局部灌溉。与传统地面灌溉比较,微灌一般可节水 50% ~ 80%。微灌一般包括首部枢纽、输配水管网和灌水器。首部枢纽由水泵及动力机、控制阀门、水质净化装置、施肥装置、计量和保护设备组成。输配水管网包括管道和管件,常用塑料管道。灌水器是微灌的专用设备,也是微灌系统中最重要的组成部分,有滴头、微喷头、涌水器 and 滴灌带等形式。微灌所需的设备在我国基本都能生产。目前成批投产的设备主要有下面几种。

a. 灌水器。按出水方式把它分为滴水式(如管式滴头、孔口滴头、涡流滴头等)、喷

水式(又可分为射流旋转式和折射式两种)、涌泉式、渗水式和间歇式5种。我国现阶段生产的灌水器主要有微管、管式滴头、孔口滴头、双腔毛管(又称双壁管或滴灌带)、管上式滴灌管、内镶式滴灌管和折射式微喷头。

b. 管道与连接件。主要采用塑料制品,特别是对过滤器以后的管网则全部采用塑料管道及连接件。微灌管道一般可采用目前市场上生产供应的国标塑料管,主要有聚乙烯管、聚氯乙烯管和聚丙烯管三种。微灌管道连接件有接头、三通与四通、弯头和堵头。国内都能成批生产毛管一级的专用连接件均能批量生产供应市场。

c. 控制、量测与保护装置。它包括阀门、流量表和压力表、流量和压力调节器、安全阀、进排气阀等,在国内均能批量生产。

d. 净化设备。它包括水砂分离器、砂(介质)过滤器、滤网式过滤器等。已能成批生产网式过滤器、叠片式过滤器。

e. 施肥(农药)装置。常用的施肥装置有压差式施肥罐、开敞式肥料桶、文丘里注入器、注入泵等。我国尚未有定型产品,仍处于研制试验阶段。

当前我国微灌技术主要应用于灌溉经济作物和温室大棚蔬菜,随着设备价格进一步降低和农村经济实力增强,适合大田作物的微灌设备研制和开发将会逐渐向大田粮食作物扩展,在干旱缺水的粮食产区将会成为主要灌溉手段。

2.5 田间地面节水灌溉和简易节水灌溉技术

田间地面节水灌溉和简易节水灌溉技术包括膜上灌、波涌灌、坐水种以及平整土地、沟畦改造等技术。膜上灌是利用地膜输水,通过膜孔和膜边侧渗对作物进行灌溉,其设备是塑料薄膜,我国已大批生产。波涌灌的设备主要是间歇阀,我国尚处于研制阶段,没有定型产品。坐水种是利用坐水单体播种机,使开沟、浇水、播种、施肥、覆土一次完成。坐水种在东北地区推广很快,投资省,效果显著,很受农民欢迎。但坐水种机械还没有定

型,未进行专业化生产。平整土地、划小畦块、细流沟灌、隔沟灌等,这是农民群众最易掌握,投入最低的简易节水灌溉技术。我国目前传统的地面灌溉约占总灌溉面积的98%,基于我国国情,今后相当长的时期内,传统的地面沟畦灌仍将占主导地位。因此,在有条件的地方积极发展高水平的节水灌溉技术的同时,仍应在经济条件较差的地区大力推广行之有效的简易节水灌溉工程技术,这对提高我国总体灌溉用水的效率有着重要的意义。

3 发展节水灌溉应注意的几个技术问题

根据最近水利部组织完成的《中国灌溉农业节水规划》预测,到2000年我国节水灌溉工程面积要达到1867万 hm^2 ,2010年达到2933万 hm^2 ,到2020年全部灌溉面积均应达到现阶段节水灌溉工程的标准。又根据当前水利部正在全国起动的建设300个节水增产重点县和建设节水型井灌区的计划,要在“九五”期间新增节水灌溉面积200万 hm^2 ,发展节水型井灌面积100~133.3万 hm^2 ,可见我国今后节水灌溉将有大规模的发展。为了吸取以往在发展节水灌溉过程中的经验教训,应注意以下几个技术问题。

3.1 对选择何种节水灌溉技术应预先作好充分论证

目前可供选择的节水灌溉技术有很多种,但都有其一定的适用范围,我国地域辽阔,各地自然条件和经济条件差别很大。因此,必须因地制宜,做好调查研究,进行充分论证和多方案比较,选择最适合本地区发展的高效用水灌溉技术措施。如经济实力强、灌溉水源特缺的地区宜发展喷灌和微灌;如经济实力弱则可考虑采用简易的田间节水灌溉技术或采用节水灌溉制度;如灌溉经济作物、果树、蔬菜等产值高的作物可考虑采用喷灌或微灌;如灌溉大田作物宜选择渠道防渗或低压管道输水;如高扬程灌区节水宜选择喷灌或微灌等等。切忌主观盲目,互相攀比,不按经济规律办事,不考虑本身条件,一味追

求高新技术,以免造成不良后果。

3.2 要严格掌握节水灌溉技术的标准

尽管当前各地采用的节水灌溉技术措施很多,但节水到什么程度才算节水,效益到什么程度才算高效,用那些标准来衡量,目前还没有一个统一的标准。由于没有定量可操作的标准,过去修建的节水灌溉工程质量相差很远,有不少所谓节水工程,片面追求降低投资,工程很简陋,节水效果甚微;有的只在输水部分采取某种单项措施,而田间却是大水漫灌,种植粗放,虽然减少了输水损失,但增产效益却很低。如果不能用科学的方法反映节水灌溉的标准,不但会给宏观决策带来困难,而且会直接影响到节水灌溉的投入产出和已建工程的巩固。最近水利部农水司组织制定我国节水灌溉技术标准,从用水指标、工程指标和效益指标三个方面建立现阶段节水灌溉技术的指标体系。今后发展节水灌溉技术应严格按照标准实施,以确保工程质量,真正起到节水增产的作用。

3.3 节水灌溉工程技术应与农业节水增产技术紧密结合

过去在发展节水灌溉过程中,往往只注意单项的工程技术,如渠道防渗、低压管道输水、喷灌、微灌等,而没有很好将农业增产措施予以配套,因此常造成节水但产出效益并不高。当前农业节水增产技术一般包括:水肥耦合技术;蓄水保墒的耕作技术;适雨种植的作物合理布局,提高作物抗旱能力的栽培技术;秸秆或地膜覆盖技术;采用化学药剂的抑制作物蒸腾、抗旱、吸水保水技术;耐旱品种的选育技术等,应根据当地具体情况选择,进行组装配套,发挥整体的节水增产效益。

3.4 重视开发多种灌溉水资源

随着工业和城市生活用水量的增加,农业用水日趋紧张,要保持和增加灌溉面积;除大规模发展节水灌溉外,还必须充分开发多种灌溉水资源。目前最具开发潜力的灌溉水资源有雨水、劣质水和回归水。雨水是最古老也是最没有充分利用的灌溉水资源,今后

不但应在西北半干旱地区利用密管集雨发展节水灌溉,而且在华北地区,由于地下水位大幅度下降,可修建地下水库、平原水库,拦蓄洪水发展节水灌溉。劣质水包括含有一定盐分的地下水、城市生活污水和某些工业废水,经过处理达到国家颁布的灌溉水质标准后可用作灌溉水源。我国灌区目前的灌溉回归水量大,特别是南方水稻种植地区,汇采后可直接用于灌溉。

3.5 认真选择优质的节水灌溉设备

在我国发展节水灌溉的历程中,一个很重要的经验教训是由于采用的节水灌溉设备不过关,造成不少已建节水灌溉工程不能正常发挥效益,甚至报废。因此,必须把选择优质的节水灌溉设备作为建设节水灌溉工程的一件大事来抓。当前我国各地生产节水灌溉设备的厂家很多,质量相差很远,一旦选择不当,会造成严重后果。各地在选择购买节水灌溉设备时,一定要打破地方保护主义,选择那些经过国家法定检测中心检测合格的产品,以确保节水灌溉工程质量。

3.6 提高节水灌溉管理水平

我国农田灌溉用水量目前浪费比较严重,其中有相当一部分是由于管理不善而引起的。灌溉用水管理的核心内容是计划用水,根据作物的需水规律,控制调配水量;以最大限度满足作物对水分的需求。其内涵包括土壤墒情监测预报,灌溉用水计划制订,灌溉预报,输配水与灌水量的量测和流量调节控制,水价核定等。当前我国灌溉用水管理水平较低,管理技术还比较落后,应研究应用适合我国国情的节水灌溉管理新技术,并制定有利于发展节水灌溉的政策措施和保障体系,如按成本收取水费,限额用水、超标罚款,根据节水率大小给予不同的补助等。

参考文献

- 1 胡毓骥,李英能.华北地区节水型农业技术.北京:中国农业科技出版社,1995

(收稿日期:1997-10-17 编辑:马敏峰)