

大型自压滴灌系统在现代农业节水灌溉上的应用研究

雷雨¹, 王振华² (1. 新疆水利厅, 新疆乌鲁木齐 830000; 2. 石河子大学水利建筑工程学院, 新疆石河子 832000)

摘要 针对干旱缺水灌区水资源严重不足、地下水超采、无电牧区农业以及丘陵山地灌溉困难的现状, 结合滴灌系统, 以地表水为灌溉水源、管道输水的自压滴灌系统是解决当前农业灌溉问题的绿色高效节水灌溉方式。以新疆农业为例, 总结了自压滴灌系统的应用现状, 提出目前存在的问题及建议, 并对其未来的应用前景进行展望, 可为大型自压滴灌系统在现代农业上的推广应用提供理论参考。

关键词 自压滴灌; 节水灌溉; 管道输水; 沉沙池

中图分类号 S 275.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)18-0186-05

Application Status, Problems and Prospects of Large Self-pressure Drip Irrigation System in Modern Agriculture Water-saving Irrigation

LEI Yu¹, WANG Zhen-hua² (1. Xinjiang Water Resources Bureau, Urumqi, Xinjiang 830000; 2. College of Water and Architectural Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000)

Abstract In view of the serious shortage of water resources in the arid and water shortage irrigated area, the over exploitation of groundwater, the agriculture in the non electric pastoral area and the difficulty of irrigation in hilly areas, the self-pressing drip irrigation system with the surface water as the irrigation water and the pipeline transportation is a green and efficient water-saving irrigation method to solve the current problem of agricultural irrigation. Taking Xinjiang agriculture as an example, the application status of self pressure drip irrigation system is summarized, the existing problems and suggestions are put forward, and the prospect of its future application is prospected, which can provide theoretical reference for the popularization and application of large self pressure drip irrigation system in modern agriculture.

Key words Drip irrigation by gravity; Water-saving irrigation; Pipeline infusion; Grit chamber

我国的水资源总量比较丰富, 但是由于人口众多, 人均水资源量严重短缺, 特别是干旱地区水资源贫乏, 经济社会快速发展不断增加的需水量使得水资源供需矛盾愈来愈突出。我国是一个农业灌溉大国, 灌溉用水量约占总供水量的62%。农田灌溉水有效利用系数为0.532, 远低于世界发达国家的0.8, 平均灌溉水生产效率0.8 kg/m³, 与世界先进水平2.0 kg/m³还有很大差距, 农业水的利用效率低下且浪费严重。因此, 当前农业面临着水资源越来越少的严重挑战。农业高效节水中常用的水源形式为地下水, 但地下水超采现象已十分严重^[1], 因此大力推广以地表水为水源的高效节水技术已经成为现代农业可持续发展的一项重要保障措施。

自压滴灌灌溉系统是由水源、首部枢纽、输水管网系统、田间滴灌系统等组成。其工作原理是利用地形的自然高差, 将管道累积起来的重力势能作为灌溉所需的工作压力水头, 充分利用蓄积的地表径流与养分混合, 过滤后经输配水管网输送到农田, 通过毛管上的灌水器以水滴的形式缓慢而均匀地滴入作物根部土壤, 在重力和毛细管的作用下, 水分扩散到整个根部, 使作物主要根区的土壤保持最优含水状况。自压滴灌灌溉系统为丘陵山区以及干旱区水资源高效利用和农田灌溉提供了高保障^[2-3], 是目前干旱缺水地区最有效的一种绿色节水灌溉方式, 以色列等国家对于自压滴灌展开了大量实践与研究^[4]。

新疆是淡水资源短缺、降水量少, 蒸发量大、气候干燥的干旱地区。随着工业发展和区域人口的增多, 农业用水剧增, 用水矛盾日益突出。为提高农田的灌溉效率, 应大力提

倡发展自压滴灌技术。新疆绿洲灌区已经大规模实施了膜下滴灌技术, 结合新疆的地形条件构建从山前到盆地的大型自压管道化输配水系统, 将管道化输水、自压模式、滴灌节水技术紧密有机地连成一个整体, 形成山盆灌区大型现代化管道化输配水的自压滴灌系统模式^[5]。当前新疆生产建设兵团已经在南北疆不同灌区进行了试点示范, 并取得了宝贵的经验和理想效果。

1 应用特点

新疆生产建设兵团第7师泉沟水库灌区^[6]以及第9师乌拉斯台东灌区^[7]利用地形落差, 将其原先分散的加压滴灌进行管道化改造, 从而实现全灌区的自压滴灌。资源节约效果显著, 降低了农民种植农作物的成本。

1.1 提高水肥利用效率 自压滴灌系统在进行农业灌溉时, 从水源到田间均采用管道输水, 相比传统的地面灌溉系统和加压节水灌溉系统, 降低了渗漏蒸发损失, 水的利用系数大幅度提高, 节水率比较高, 从而节约了水资源, 节约的水量可用于其他农田或生态林灌溉。

通过表1分析可知, 自压滴灌综合节水达40%左右。新疆生产建设兵团第9师166团通过将加压喷灌、地面灌改为自压滴灌, 灌溉系数由0.65提高至0.70^[8]。新疆生产建设兵团第9师164团通过地面灌溉改自压滴灌, 灌溉水利用系数从0.69提高至0.90^[9]。新疆呼图壁县^[10]、新疆博乐市78团^[11]等地自压滴灌灌区都取得了良好的节水效果。自压滴灌可以根据作物不同生长期的需肥程度, 合理按时地施肥。新疆吉木乃县将合适浓度的水溶性肥料通过施肥罐滴入作物根部, 减少了肥料流失, 可节省肥料用量30%~40%, 肥料利用率可达到70%以上^[2]。

1.2 节省电力资源、改善生态环境 自压滴灌系统可为过滤设施对自身的清洗提供足够的压力水头, 在从水源到实现作

基金项目 国家重点研发计划(2017YFC0403205); 新疆科技计划项目(201230117-01-02)。

作者简介 雷雨(1981—), 男, 河南商丘人, 高级工程师, 博士, 从事水资源规划与管理及高效利用研究。

收稿日期 2018-03-23

物灌溉的过程中不需要用电^[12-13],大大地提高能量的利用率,降低输水灌溉过程中的能量消耗,并且有利于解决因灌溉高峰期电力不足而影响节水灌溉效果的问题,提高了农业保证率,降低运行成本,并且有利于降低温室效应。新疆喀什地区莎车县^[14]、新疆阿勒泰地区福海县等地区通过加压滴灌改自压滴灌,降低了原先水泵加压所带来的能源消耗,节省了大量的电力成本^[15]。自压滴灌可以充分利用地表水,减少当前地表水的无效损失以及地下水开采量,解决因

地下水超采带来的生态和环境问题。滴灌可以随水精心地施用农药,提高农药的使用效率,减少农田污染以及地下水污染,并且可以有效地防止土壤里的农药和化肥残留流入河流和水库,降低农业生产对水质的污染,避免食物链的恶化,减少作物周边的杂草生长,降低病虫害的发生率,使作物周边的环境得到良好的保护。滴灌在防止沙漠化、荒漠绿洲农业生态改良、水土保持等方面也有重要作用^[16],使得生态环境得到改善。

表 1 不同农田灌溉类型灌溉水利用系数比较

Table 1 Comparison of irrigation water utilization coefficients of irrigation types in different fields

灌溉类型 Irrigation types	干渠 Trunk canal	支渠 Branch canal	斗渠 Lateral canal	农渠 Farm canal	渠系水利 用系数 Water efficiency of canal system	田间水利 用系数 Water efficiency in field	灌溉水 利用系数 Water efficiency of irrigation
常规地面灌 Conventional ground irrigation	0.94	0.93	0.91	0.90	0.73	0.84	0.61
加压节水灌溉 Pressurized water saving irrigation	0.94	0.93	0.91		0.81	0.89	0.71
自压滴灌 Drip irrigation by gravity			0.98(管道水利用系数)			0.91	0.89

1.3 节省土地与人工、便于管理 自压滴灌管道输水系统,其管道是埋藏在地下的,不用修毛渠和畦埂,耕地面积的占用率小,增加了农田的可用面积,提高了土地利用率,进而增加了农民的经济收益,国内管灌可比渠灌节省净占耕地2%~4%,国外可达4%~6%。自压灌溉系统运行稳定性高,减少了大量的田间建筑物,节省了修渠、平地、开沟筑畦和渠道维修的用工量,较地面灌溉节省用工40%~50%。安装流量计精确配水并且结合施肥,通过阀门控制浇水时间,管道输水灌溉不仅可以实现规范化、系统化,并为农业机械化、自动化的发展创造了有利条件^[17]。管道输水速度快、时间短,缩短了轮灌期,同样的灌溉面积,灌溉效率可比渠灌提高1倍左右。减少管理工作量,安装、操作和维护简便灵活,技术容易掌握,有利于流域整体水资源高效利用,降低灌溉系统的运行费用,方便农村劳动力转移,实现农民增收,有利于提高灌区管理效率和现代化水平。新疆呼图壁县实行自压滴灌后每年节约运行费105万元、管理费11万元,共计116万元^[10]。

1.4 降低造价、扩大适用范围、延长使用寿命 大型自压滴灌系统与传统的灌溉方式相比输配水管网灌溉结构简单,设计方便,造价相对较低,降低了前期水泵机组等基建的投资成本和后期运行管理费用等,并且避免了明渠的冻胀、易破损、维护费用高等问题。适应范围广,对地形和土壤的适应性强,特别适合山区和丘陵区这些地形起伏大、地块狭小、分散、不平整的区域,如:越沟、跨路、拐弯和爬坡等。塑料管以及钢筋混凝土管等管道埋入地下,灌水期间受外界因素影响小,不易破坏,达到适时灌溉,并且抗老化、耐腐蚀性强,相比明渠使用寿命较长。

1.5 作物增产增收、效益提高 自压滴灌系统可使每棵作物都得到同等的水量,它不受地理高度及水源远近的限制使水量均匀分配在作物的周围,可使作物大幅度提高产量和品质。新疆呼图壁县灌区项目区2万hm²农田实施河水滴灌工程建设,1hm²增收3000元,年新增效益600万元^[10]。2004

年新疆阿瓦提县的鲁泰丰收棉业和拜什艾日克镇在长绒棉种植区应用自压软管滴灌技术^[18],新疆博乐市87团采用固定式自压滴灌系统灌溉玉米^[15],新疆生产建设兵团第5师84团采用自压滴灌系统种植万寿菊^[19],新疆生产建设兵团第9师164团种植打瓜^[20]等都取得了丰产丰收。

2 问题建议

2.1 泥沙藻类等处理问题 对于自压滴灌系统,由于其灌水器孔径比较小容易被堵塞,会影响灌水效果,所以对水质的要求很高,应保证水源干净且经过充分过滤才能将水供应整个系统。沉沙池可以清除水中存在的固体杂质,当洪水期河道来沙量太大时,沉沙池可沉降挟沙水流中泥沙颗粒大于设计沉降粒径的悬移质泥沙、降低水流中含沙量,是农田灌溉中对泥沙进行处理的必不可少的构筑物。定期冲洗式沉沙池是一种沉沙与冲洗交替运行连续供水的沉沙池,结构简单,运行可靠,不易发生故障^[21],在工程上较多应用,并且利用地面纵坡较大的特点增设排沙廊道,利用高速水流快速冲沙,自动排沙,能更好地解决滴灌首部沉沙池易淤积、难清淤的问题,减轻了人工清淤的负担^[22],已在新疆莎车县帕克其乡1266.67hm²开心果自压滴灌系统中成功运用。但是定期冲洗式沉沙池需要建设的前池或者是沉沙调节池的规模比较大,占地的面积较大。多位专家学者对滴灌重力沉沙池的设计与应用做了相关研究^[23-27]。新疆生产建设兵团新建38团苏塘灌区,在沉沙调节池放水涵洞前设挡沙墙,保证了淤积泥沙不进入涵洞。在灌溉首部设置沉沙池,进一步沉淀水中泥沙,在放水口设置滤网,防止浮游生物、漂浮物等进入灌溉管网,并且定期清洗滤网,防止堵塞。及时更换破损的滤网,防止影响清水池中的水质。使灌区灌溉用水由高含沙量水变为能够满足滴灌要求的优质水,保证了灌区的可持续发展^[20]。新疆生产建设兵团第5师等采用平流式沉沙池满足了滴灌工程运行对水质的处理要求^[28]。新疆昌吉州呼图壁县采用新式过滤网板代替常规河水滴灌工程配套的沙石+网

式组合过滤器,降低了工程造价^[29]。根据无电牧业灌区灌溉面积的特点,穆哈西等^[30-31]研制了滴水调节器和自压滴灌工程无用电过滤装置,可解决无电灌区水源的过滤、过滤网的自行冲洗、排沙等问题。S Mohanty 等^[31]研制了可用于丘陵山地的新型过滤器,但效率较低。针对滤网的自动反清洗、清淤等问题,新型沉沙池以及新型过滤装备的研发仍需进一步研究^[32]。

2.2 灌水器堵塞以及滴水均匀性问题 自压滴灌系统灌溉季节通常为灌流汛期,未被沉沙池排除的超过灌水器指标的泥沙颗粒就会将灌水器堵塞,使其无法正常工作^[21]。大型自压滴灌系统具有较大的落差,若只采用一种灌水器,在如此大的压力范围变化下,灌水器流量偏差必然很大,从而导致滴水均匀性变差。朱德兰等^[33-34]认为,每个压力区内采用不同耐压规格的管材和不同水力特征的灌水器,不仅能减小流量偏差,提高滴水均匀性,还能降低造价,节省投资。李云开等^[35-36]、魏正英等^[37]对滴灌灌水器水力性能、流道设计以及控制方法做了大量研究。但对于灌水器流道结构、水力性能、材质、堵塞机理等尚有问题存在,仍需要进一步研究。

2.3 管道压力调节以及水锤防护问题 在大型自压输水管道正常运行过程中管道末端所承受的静水压随高差的增大而增大,一旦管路中的阀门突然关闭,管道中可能会瞬间产生升压很大的关阀水锤^[38]。关阀水锤是自压管道输水过程中主要的水锤方式,水锤波的传递周而复始,水柱不断地中断再弥合,对管道造成连续性冲击,管道水压不稳,严重影响自压滴灌的灌溉效果。另外若超过管道承压阈值时,管道爆裂,造成严重的经济损失以及安全事故。国内外许多专家学者针对管道压力分布特征以及水锤防护措施都做了大量研究,在管道起伏的高处设排气装置,低处设泄水装置,阀门前后设水锤防护装置避免产生管道负压等^[39]。但实际工程中压力调节装置以及水锤防护装置都要根据设计方案来计算并选择安装,大型自压管道输水压力调节以及水锤防护具有重要的研究意义,可为农田灌溉的安全运行提供保障基础。

2.4 管网布置及优化问题 灌溉管网优化是在满足水量、水压、流速等约束条件,使管网工程投资、运行费或单位面积上的投资最小,系统可靠性高的设计方案^[40]。大型自压滴灌系统由多级管道组成,各级管道的管径、工作管长和流量不同,产生的水头损失不一样^[41]。管线布置是管网优化的前期工作,管线布置应尽可能避开软弱地基和承压水分布区。支管轮灌可减少田间管网级数和管材管件的使用量,便于运行管理,在“节水增粮”行动中,滴灌支管轮灌模式得到了广泛应用^[42]。张骅^[43]以兵团第5师91团自压滴灌管网为研究对象,以投资最小为目标,应用遗传算法理论与图论法对灌溉管网干管管径与管网布置同步优化。李援农等^[44-45]利用罚函数法处理约束条件,用遗传算法进行优化计算,结果认为双向毛管田间管网在控制面积最大化及单位面积经济型两方面均优于单向毛管田间管网。目前利用不同算法针对灌溉管网进行优化的研究较多^[46-50],但这些优化理论比较复杂,而且计算工程量大,与此同时,随着计算机技术的迅猛

发展,输配水管网的优化设计软件也得到了较大程度的开发,将设计人员的经验以及传统的数学方法、计算机技术有机地融合在一起进行比较,从而寻求适合实际生活的设计方案,是目前亟需解决的新问题。

2.5 管材设备问题 就目前国内外应用于灌溉的管材来看,最常用的有用于小口径的如聚乙烯(PE)、硬聚氯乙烯(PVCU)等塑料管,大口径有钢管、玻璃钢管、玻璃钢加沙管、球墨铸铁管、预应力钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管(PCCP)等,自压滴灌系统对灌溉的管材与设备的要求比较高^[51],应根据设计需要,计算并选择经济适用的管材。常用的管材在某些特殊情况下会达不到工程要求,需要开发应用新管材,例如长洲水利枢纽库区下六河泵站供水管路改造中应用了超高分子量聚乙烯管,并取得了相比钢管更好的安装输水效果^[52]。

2.6 其他问题

2.6.1 冬季维护问题。在灌溉期结束后,应将整个系统埋管道中的水放尽,并且检查阀门口有无堵塞情况,防止水流不尽会造成阀门及管道的冻裂^[53]。

2.6.2 管道连接问题。加强管道之间的连接密封技术,定期检查,避免管道接口因不紧固而脱节,造成系统停水。

2.6.3 人员操作与运营管理问题。灌溉管理人员必须掌握自压灌溉系统运行、维护、安全管理的相关知识和技术,因此必须对管理人员进行严格的技术培训,达标上岗^[21]。

3 应用前景

3.1 地理条件与发展需要 新疆盆地周边高山环绕,山区的降雨与冰雪融化水为新疆的主要灌溉水源,水来自高处,地面坡度大,冲积扇中下游及冲积平原土地联片,有的地方有承压水可以利用,这种独特的地貌条件很适合发展自压滴灌。新疆生产建设兵团拥有20世纪五六十年代通过修建大中型平原水库开发建设起来的大中型灌区,总面积占到兵团总灌溉面积的80%以上,这种类型的灌区大多也是渠道输水加压滴灌的主要耗能灌区。目前引、输水渠系存在过水能力不足、破损等现象,已达不到原设计要求。但这些灌区首尾高差大,骨干输水渠级数多,输水距离长,节水节能改造潜力大^[6]。可以利用老灌区水库积蓄的水为水源并提供压力,将以前的渠道改成现在管道,结合田间的滴灌系统,就可以实现老灌区的自压滴灌。自压滴灌系统对农业可持续发展具有长远的社会效益,在农业灌溉上的应用前景广阔^[2]。有地形条件的地区应大力建设自压滴灌系统。

3.2 自压滴灌与自动化 自压滴灌系统是一个网络互通、水源共享的有机整体,有利于实施自动化控制。常规膜下滴灌系统普遍存在滴灌毛管处实际水压低于水利设计标准值低压情况,甚至出现减产的现象,滴灌自动化控制技术以预先制定程序或以土壤湿度为主参数进行自动灌溉,避免了人为因素影响,保证滴灌系统按照水利设计要求正常运行,并且能够严格执行灌溉制度,不仅实现定时、定量、定次的科学灌溉,而且保证了灌溉的均匀度,提高滴灌系统设备运转效率。自压自动化滴灌系统可以根据作物不同生育期的需水

规律合理分配和调整灌水量,并且可以远程操控,提高了人均管理定额,充分发挥滴灌技术的增产潜力,真正实现精准灌溉。新疆生产建设兵团第1师、第8师都有推广滴灌自动化,是兵团发展现代化精准农业重要的技术保障^[54]。众多专家学者也对自动化进行了设计与试验^[55-57],并对自压滴灌监控系统以及无线智能化做研究及开发^[58-60]。但目前滴灌工程存在的主要问题是自动化水平低,自动化技术还有很大的改进与研发的空间,并且需要加快智能化决策系统及控制系统的研发,大力开发和推广阀门控制无线化方案,大力开发国产设备,采用统一、开放的数据标准,实现数据共享,将管理、农艺、水利、自动化4个方面综合到一起,提高自动化设计水平,为未来自压全自动化滴灌的发展打下坚实基础^[61-62]。

3.3 自压滴灌与水肥一体化 水肥一体化结合滴灌系统可以在给作物提供水分的同时将肥料溶入水中通过滴灌带以补充水分的方式直接渗透入作物根区土壤中,达到即给即用^[63]。并且可以摆脱水肥供应不协调和耦合效应差的弊端,达到水与肥的高效利用。新疆地区已经对水肥一体化对棉花、葡萄等作物的影响做了大量研究,但水肥一体化技术高产高效的机理研究以及配套的设备、全水溶肥的研发内容尚少,需要更进一步的发展^[64]。多地通过种植不同的作物证明水肥一体化的使用可以产生良好的效益^[65-66],应该在农业生产中大力推广应用。

3.4 自压滴灌与清洁能源 太阳能、风能、水能等都是清洁能源,在自压滴灌系统自动化控制过程中阀门的关闭以及传感器数据的传输等会用到电能,为了保证自压滴灌系统绿色无能耗的特点,可以结合清洁能源提供电力。新疆日照时间长,阴雨天数少,很适合发展太阳能,并且印度中南部的海德拉巴农业中心农场^[67]、我国的中原地区^[68]利用太阳能结合滴灌系统取得了良好的效果。刘永鑫等^[69]、蔡长青等^[70]、李加念等^[71]都对太阳能滴灌系统进行了设计与研发。段巍钊^[72]设计了管道水流发电系统,可利用管道自身的水能进行发电,并且降低了自压输水管道末端的压力过大的问题。张国华等^[73]研制了风光互补微动力滴灌系统,比单一的清洁能源更具有稳定性。自压滴灌系统结合清洁能源不仅可以节能降耗,更可为远离供电系统灌溉的地区提供电力保障,具有很高的研发前景以及推广价值。

4 结语

通过以上分析可知,自压滴灌系统所采用的管道输水对于其他灌溉系统无法实现的农业灌溉也可以发挥有效的作用。自压滴灌系统的实施增强了人们的节水意识,提高了水资源利用率,节约能源,改良土壤,改善了环境,适应性强,维护管理方便,节约了成本,提高了农业科技水平,有效促进了农业发展,并带动了林木副业的发展,增加了就业机会以及农民收入,推进了农业高效节水标准化、规范化、规模化建设,是发展设施农业、节水农业和现代农业的具体体现。结合自动化、智能化技术以及清洁能源实现真正的农业现代化精准灌溉和绿色环保农业灌溉。对于水资源贫乏、灌溉难度

大、用电量大或无电的地区来说,推广应用自压滴灌技术具有深远意义。大型滴灌系统涉及首部设施、输水管道、田间灌溉系统、地形地质等诸多因素,因此在实际施工中会有大量问题存在,需要做好前期研究研发工作,为提高系统的安全性、稳定性做好理论基础。

参考文献

- [1] FEIKE T, KHOR L Y, MAMITIMIN Y, et al. Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern China [J]. *Agricultural water management*, 2017, 187: 1-10.
- [2] 杨鹏年. 自压滴灌在吉木乃县的推广与应用 [J]. *农业与技术*, 2016, 36 (16): 86-87.
- [3] RAY L I P. Efficient water utilization through gravity-fed drip irrigation for hill region [J]. *Conservation agriculture for advancing food security in changing climate*, 2017, 2: 575-580.
- [4] TAL A. Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the Drylands [J]. *Water research*, 2016, 90: 387-394.
- [5] 李小光, 孟彤彤, 梁川, 等. 河西内陆区自流灌区地表水自压滴灌研究 [J]. *甘肃水利水电技术*, 2017, 53 (2): 11-14.
- [6] 张敏. 新疆兵团高效节水灌溉发展中存在的问题与解决思路 [J]. *节水灌溉*, 2013 (7): 79-80.
- [7] 张良, 姜莹. 新疆生产建设兵团第九师乌拉斯台东灌区自压滴灌示范项目骨干管网介绍 [J]. *中国水运*, 2014, 14 (5): 228-229.
- [8] 杨述军. 新疆生产建设兵团第九师农田输水管道设计及实施效益分析 [J]. *中国水运*, 2013, 13 (8): 190-191, 185.
- [9] 贾存坤. 自压滴灌技术在农田灌溉中的应用 [J]. *中国水运*, 2013, 13 (6): 118-119, 121.
- [10] 宋树新, 王爱忠, 郑睿. 新疆呼图壁县大首部枢纽过滤工程在高效节水工程中的应用 [J]. *内蒙古水利*, 2013 (1): 34-35.
- [11] 刘自发, 孔繁宇. 滴灌技术在制种玉米生产上的应用与效果 [J]. *农村科技*, 2008 (5): 15.
- [12] 张志新. 新疆微灌发展现状、问题和对策 [J]. *节水灌溉*, 2000 (3): 8-10, 40.
- [13] KHAN A, ALI W, KIFAYATULLAH. Evaluation of gravity fed drip irrigation system in dera ismail khan [C] // 2nd international conference on sustainable utilization of natural resources. Peshawar: National Centre of Excellence in Geology, University of Peshawar, 2016.
- [14] 邓锦秀. 自压灌溉系统在微灌工程中的运用 [J]. *河南水利与南水北调*, 2014 (9): 63-64.
- [15] 马晓立. 新疆福海县小洼槽草料基地建设项目中自压滴灌技术的应用 [J]. *水资源开发与管理*, 2015 (3): 70-72, 28.
- [16] 张志新. 新疆节水灌溉发展态势和滴灌的生态效益: 与“浅谈现代农业节水新概念——可持续节水”作者商榷 (1) [J]. *节水灌溉*, 2008 (11): 51-54.
- [17] 王文平. 低压管道输水节水灌溉技术在石头河灌区的运用 [J]. *水利与建筑工程学报*, 2011, 9 (3): 156-159.
- [18] 石国梁. 自压软管滴灌节水技术在棉花上的应用趋势分析 [J]. *新疆农业科学*, 2006, 43 (S1): 211-212.
- [19] 陈小军. 万寿菊高产栽培技术 [J]. *农村科技*, 2012 (5): 43-44.
- [20] 方毅, 宣斌德. 新疆苏塘灌溉工程泥沙梯级处理设计 [J]. *东北水利水电*, 2014, 32 (11): 17-18, 39.
- [21] 邓锦秀. 定期冲洗式沉沙池在微灌系统中的运用 [J]. *中国水运*, 2013, 13 (12): 272-273.
- [22] 经敏川. 河水自压滴灌大首部沉沙池及管网设计 [J]. *广西水利水电*, 2015 (5): 21-25, 29.
- [23] 陶洪飞, 杨海华, 戚印鑫, 等. 河水滴灌重力沉沙过滤池的清水流场模拟 [J]. *水电能源科学*, 2016, 34 (10): 114-117, 99.
- [24] 何建村. 河水滴灌重力沉沙过滤池的设计、施工及运行管理 [J]. *节水灌溉*, 2014 (9): 87-90.
- [25] 孙娟. 河水滴灌重力沉沙过滤池的设计与推广研究 [J]. *泥沙研究*, 2014 (3): 71-80.
- [26] 戚印鑫. 河水滴灌重力沉沙过滤池对河水泥沙处理效果的试验研究 [J]. *中国农村水利水电*, 2014 (4): 15-17, 24.
- [27] 戴荣富. 河水自压滴灌平流式沉沙池工程设计要点 [J]. *水利规划与设计*, 2013 (9): 65-67.
- [28] 王婷婷. 河水自压滴灌“大首部”技术应用 [J]. *资源节约与环保*, 2016 (7): 62.
- [29] 穆哈西, 尼亚孜·胡马尔汗, 吾买尔·吐尔逊. 自压滴灌无用电过滤装置与系统流量平衡关系 [J]. *中国农村水利水电*, 2016 (10): 53-55.

- [30] 穆哈西,杰恩斯·马坦,吾买尔·吐尔逊.基于自压滴灌工程过滤装置尺寸确定及应用[J].节水灌溉,2017(1):79-82.
- [31] MOHANTY S,SRIVASTAVA R C,SAMAL K P.Development of a low cost low head filter for gravity fed drip irrigation in hilly areas[J].Journal of the institution of engineers agricultural engineering division,2005, 86(2):49-51.
- [32] 杨晓军,刘飞,吴玉秀,等.新疆农田节水灌溉系统首部过滤设备选型探讨[J].中国农村水利水电,2014(5):76-80.
- [33] 朱德兰,吴普特,王健,等.微灌滴头设计工作压力取值理论研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2006,34(10):189-191,196.
- [34] 朱德兰,吴普特,张青峰,等.微地形影响下滴灌均匀度设计指标研究[J].排灌机械,2006,24(1):22-26.
- [35] 李云开,宋鹏,周博.再生水滴灌系统灌水器堵塞的微生物学机理及控制方法研究[J].农业工程学报,2013,29(15):98-107.
- [36] 李云开,杨培岭,任树梅,等.重力滴灌灌水器水力性能及其流道内流体流动机理[J].农业机械学报,2005,36(10):61-65.
- [37] 魏正英,马胜利,周兴,等.压力补偿灌水器水力性能影响因素分析[J].农业工程学报,2015,31(15):19-25.
- [38] 董玉娥.大流量大高差重力流水过程的水锤防护研究[D].西安:长安大学,2014.
- [39] 魏珂.输配水管网水锤压力分布特征研究[D].石河子:石河子大学,2011.
- [40] 付玉娟.基于 GIS 的灌溉输配水管网优化研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [41] 李明思,蓝明菊,吕廷波.滴灌加压泵站离心泵并联总流量分析模型[J].农业工程学报,2012,28(13):72-76.
- [42] 窦超银,孟维忠.滴灌支管轮灌模式中管网布置形式的改进研究[J].节水灌溉,2015(6):95-97.
- [43] 张骅.第五师灌区自压输水管道优化设计研究[D].石河子:石河子大学,2016.
- [44] 李援农,马朋辉,胡亚瑾,等.灌区自压微灌独立管网系统优化设计研究[J].水利学报,2016, 47(11):1371-1379.
- [45] 李援农,朱锋.基于最大控制面积和最低费用的微灌小区管网优化[J].农业工程学报,2015,31(23):80-87.
- [46] 白丹,李占斌,宋立勋.模糊线性规划在微灌干管网系统优化中的应用[J].水利学报,2003(7):36-41.
- [47] 杨建军,丁玉成,赵万华.基于双重编码遗传算法和图论的自压树状管网优化[J].农业机械学报,2010,41(1):81-85.
- [48] 白丹.重力单水源环状管网优化设计的遗传-线性规划算法[J].水利学报,2005(3):378-382.
- [49] 朱家松,龚健雅,郑皓.遗传算法在管网优化设计中的应用[J].武汉大学学报(信息科学版),2003,28(3):363-367.
- [50] 王广宇,解建仓,张建龙.基于改进蚁群算法的供水管网优化计算[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2014, 42(1):228-234.
- [51] 姜训宇,段生梅,牟利.浅谈自压节水灌溉系统在新疆农业灌溉上的应用[J].安徽农学通报,2011,17(9):201-202,238.
- [52] 黄式流.超高分子量聚乙烯管在长洲水利枢纽的应用[J].红水河,2017,36(2):108-111.
- [53] 陈磊,马占清.地理式自压滴灌的运行与管理[J].农村科技,2008(5):89.
- [54] 毕显杰,王雪,张新国.滴灌自动化控制技术在兵团的推广应用[J].新疆农垦科技,2008,31(3):57-59.
- [55] 邹健.自压式灌溉监控系统的设计与应用[J].水利信息化,2014(1):28-32.
- [56] 徐宝山,任晓文,闫晓婷.基于 TCC 控制模式节水自动化灌溉体系应用[J].节水灌溉,2017(2):115-117.
- [57] 匡秋明,赵燕东,白陈祥.节水灌溉自动控制系统的研究[J].农业工程学报,2007,23(6):136-139.
- [58] 王斌,孙培钦,龙燕,等.基于 MS10 的田间无线精准灌溉系统[J].节水灌溉,2017(3):92-96.
- [59] 王莉,赵艳阳,惠延波,等.基于 ZigBee 网络和机械臂的智能灌溉系统设计[J].农机化研究,2017,39(7):137-142.
- [60] 李凌雁,李鑫,曹世超.基于 ZigBee 和 GPRS 智能监测的节水灌溉装置设计[J].农机化研究,2017,39(8):212-215.
- [61] 王春素.自动化滴灌技术在新疆地区的应用与推广[J].陕西水利,2015(2):157-158.
- [62] 张凡.农业滴灌自动化控制技术的应用和发展前景[J].节水灌溉,2011(5):70-72.
- [63] 路永莉,白凤华,杨宪龙,等.水肥一体化技术对不同生态区果园苹果生产的影响[J].中国生态农业学报,2014,22(11):1281-1288.
- [64] 赵吉红.水肥一体化技术应用中存在的问题及解决对策[D].杨凌:西北农林科技大学,2015.
- [65] 章伟.渭北旱塬苹果及葡萄水肥一体化技术研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [66] 王锐,孙权.基于水肥一体化的酿酒葡萄高效栽培与效益分析[J].农业机械学报,2016,47(10):115-121.
- [67] KUMAR M,REDDY K S,ADAKE R V, et al.Solar powered micro-irrigation system for small holders of dryland agriculture in India[J].Agricultural water management,2015, 158:112-119.
- [68] 李应生,孔新红.一种为滴灌系统供电的太阳能高效发电装置[J].中国农村水利水电,2016(1):65-67,70.
- [69] 刘永鑫,洪添胜,岳学军,等.太阳能低功耗滴灌控制装置的设计与实现[J].农业工程学报,2012,28(20):20-26.
- [70] 蔡长青,张学敏.全自动太阳能滴灌系统设计[J].农机化研究,2015(5):109-112.
- [71] 李加念,洪添胜,倪慧娜.基于太阳能的微灌系统恒压供水自动控制装置研制[J].农业工程学报,2013,29(12):86-93.
- [72] 段巍钊.基于有限元分析的微型管道水流发电系统设计[D].太原:太原理工大学,2016.
- [73] 张国华,谢崇宝.风光互补微动力滴灌系统[J].中国水利,2015(19):70-72.

(上接第 170 页)

3.8 建筑小品规划 结合小区的设计主题、功能需求和景观需求,综合考虑,建筑小品规划以下内容:文化景墙、十二风水球、紫云落瀑、卧牛啐祥、瑞云亭、座椅座凳、儿童游戏设施、景观铺装、景观照明等。

4 结语

设计后的东源庄园,将以生态学、景观学为指导,以服务居民为基础,在全国建立起一个良性循环的生态、景观系统,使植物与硬质景观有机结合,各种模式物尽其用,相互融合,从而提高小区的综合服务能力,为东源庄园的可持续发展提供充足的动力^[8]。同时为传统文化与现代文明的结合提供

了引领性的探索,设计后的小区必将为提升居住区的整体形象打下坚实的基础,同时东源庄园绿化景观设计提升了整个社区的文化和经济价值。

参考文献

- [1] 刘滨谊.现代景观规划设计[M].南京:东南大学出版社,1999.
- [2] 陈浩.现代居住区景观设计浅析[J].城市,2006(4):56-58.
- [3] 王枫.雕塑·环境·艺术[M].南京:东南大学出版社,2003.
- [4] 王艳辉.走向新社区:城市居住社区整体营造理论与方法[M].南京:东南大学出版社,2003.
- [5] 凯文·林奇.城市意象[M].北京:华夏出版社,2007.
- [6] 曹伟.城市·建筑的生态图景[M].北京:中国电力出版社,2006.
- [7] 曹林梯.中国园林文化[M].北京:中国建筑工业出版社,2005.
- [8] 张华.生态美学及其在当代中国的建构[M].北京:中华书局,2006.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号,不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm^2 (公顷)、 m^2 (平方米),不用亩、 尺^2 等;质量用 t (吨)、 kg (千克)、 mg (毫克),不用再担等;表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg 、 mg/L 或 $\mu\text{L/L}$ 。