

渠灌区管道输水节水灌溉技术的研究与推广

李 娟, 杨万龙

(天津市水利科学研究所, 天津 300061)

摘 要:针对天津市农业水资源严重不足的现状,从设计、施工、运行、管理等方面对管道输水节水灌溉技术进行了全面系统的介绍。通过近年的示范推广,证明该项技术是适宜在天津市渠灌区大面积应用的节水灌溉工程技术。

关键词:渠灌区;节水灌溉;管道输水

中图分类号: S275 **文献标识码:** A

天津市是一个严重缺水的城市,人均水资源占有量仅 160 m^3 ,是全国人均水资源占有量的 $1/5$ 。特别是近年来干旱少雨,水资源的供需矛盾日益突出。农业是用水大户,占总用水量的 70% 以上,在供水紧缺的情况下,按照先生活、后工业、再农业的供水方针,农业用水根本没有保障。合理利用有限的水资源,大力发展农业节水技术,是保持农业可持续发展的有效途径。天津市渠灌区面积占有有效灌溉面积的 $2/3$,而渠灌区水的利用率仅为 0.5 左右,水的利用率很低,节水潜力巨大。渠灌区管道输水灌溉技术是适用于渠灌区应用的技术先进、节水效果好、工程造价低、施工管理方便的新型节水灌溉技术。该技术以地表水作为灌溉水源,通过泵站提水加压,利用干、支、毛 3 级塑料管网系统,将水直接输送到田间进行作物灌溉。目前该技术已广泛应用于粮食作物、蔬菜、果树等不同作物区,在天津市已推广 11.755 万 hm^2 ,产生了巨大的经济效益和社会效益。

1 渠灌区管灌系统的组成及系统优化设计

渠灌区灌溉水源为地表水,渠灌区管道输水灌溉系统由首部工程(泵房、水泵机组、控制柜)、管网系统(各级管道、管件)和附属设施(给水栓、出水池、泄水阀等)3部分组成。

综合考虑水源、地形、管材、工程投资等多方面因素,通过研究和试验,确定管网系统的主要技术参数,包括管网布置形式、单个灌溉系统适宜控制规模、管网的设计工作压力标准等。

1.1 管灌系统的管网主要布置模式

管网布置主要是根据水源位置、田间沟渠布置和走向、作

物品种和种植方向等因素确定,主要布置形式可分为梳齿形和鱼骨形 2 种。

1.2 管灌系统适宜规模的确定

渠灌区管灌系统的控制规模不受水源水量的影响,但直接关系到技术、经济、管理各个方面。系统规模越大,意味着流量越大,管径越粗,管线越长。在技术上随着管径增大,对管材的要求相应提高,并且管道接口技术复杂。在投资上,系统规模大,首部工程(泵房、机组、控制柜)单位面积造价低,而管网造价提高,这是因为管材、管件价格随管径加大幅度提高;在施工上,管径大,施工难,效率低,增加施工费用;在管理上,由于每个给水栓的出水量为 $50 \sim 70 \text{ m}^3/\text{h}$,工程规模大,则同时开启的给水栓数量增多,多个给水栓同时运行,对管理协调程度要求较高,产生误操作的几率增加,造成系统破坏的危险增大。相反,系统规模较小时,技术把握大,管理上要求较低,管网投资小,但首部工程单位面积投资较大。

从以上分析可以看出,系统过大、过小都不合适。多大规模比较适宜,必须结合工程实际,进行分析计算。选择典型的梳齿型管网布置形式,泵站在干管中间位置,支管、出水口间距均为 50 m ,支管长度 300 m ,设计灌溉参数相同,在上述条件下,对 $13.3 \sim 53.3 \text{ hm}^2$ 的系统进行工程投资计算分析。计算结果见表 1。

从上面分析计算可以看出,系统面积小于 20 hm^2 或大于 40 hm^2 时,工程投资明显加大, $20 \sim 40 \text{ hm}^2$ 时单位面积投资相差较小。因此,渠灌区单个管灌系统的控制规模最好是 $20 \sim 40 \text{ hm}^2$ 。

收稿日期:2008-11-10

基金项目:本文为天津市科技成果重点推广项目“渠灌区管道输水灌溉节水技术推广应用”部分内容。

作者简介:李 娟(1972-),女,高级工程师,主要从事农田水利科研设计工作。

表1 单系统控制面积与每公顷投资关系

序号	1	2	3	4	5	6	7
控制面积/ hm ²	13.3	20.0	26.7	33.3	40.0	46.7	53.3
每公顷投资/ 元	5 670	4 905	4 710	4 725	4 695	4 965	5 625

1.3 管道的设计工作压力标准

综合考虑管材、电力、单系统规模和水泵等因素,管道的设计工作压力需满足以下几个前提:①管材允许承受的内水压力不大于0.2 MPa;②单系统最佳控制面积20~40 hm²,相应的系统设计灌溉流量为100~300 m³/h;③根据系统流量和压力范围,离心泵是渠灌区管道输水灌溉提水加压的最佳选择。

1.4 系统优化设计

采用多目标方法进行系统优化设计,其思路为:建立模型、确定非劣解集,然后根据决策者的偏好信息选择最满意解。

(1)优化目标。多目标包括3个方面:经济性,指年费用最小;可靠性,指系统在规定条件和规定时间内完成设计功能的能力;适应性,指系统适应多种作物和采用不同的节水灌溉方式需要的能力。

(2)决策变量。包括灌区划分、管网布置形式、支管和给水栓间距、各管段管长及相应管径、附属部件布置、水泵选型。

(3)数学模型。根据优化的多目标,建立数学模型:

$$\min F = \min \left(\frac{1}{t} F_g + F_y \right)$$

$$F_A = \frac{P_{\max} - H_{y\max}}{P_{\max}} \times 100\%$$

$$\mu_R = \mu_{\text{模糊}}(R) \quad R$$

式中: $\min F$ 为最小年费用; F_g 、 F_y 分别为系统基建费用和系统年管理运行费; F_A 为系统的未来适应性; $P_{\max}$ 为管材最大许可工作压力; $H_{y\max}$ 为管网最大工作压力; μ_R 为模糊可靠度; R 为经典可靠度; $\mu_{\text{模糊}}$ 为在 R 下不同功能子集下的隶属度。

(4)约束条件。管网允许工作压力0.2 MPa,流速约束为1~2 m/s,管径约束为商品管径,水泵工作点约束为高效区工作,基建投资约束为0.4~0.6万元/hm²。

(5)改进的不完全信息下的偏好估计(IPAII)。不完全信息下的偏好估计(PII)方法属于不精确偏好规划方法,它要求决策者对目标权重和方案结果的不完全信息处理为价值区间和控制关系。同时,决策者可通过新的信息描述或调整原来的判断改进偏好估计。但当缺少有效的手段决策时,可构造不确定性指数(AI),引导决策者调整原来的判断,并形成改进的不完全信息下的偏好估计方法(IPAII)。

(6)目标优化设计。管网系统多目标优化设计计算复杂,为此开发了计算软件。软件将计算过程分为地形处理、管网布置、方案优化3部分。输入相应的计算参数,软件可设计出多套可行方案,然后进行方案优化,同时显示各可行方案的基建投资、年费用等计算结果。最后,根据决策者的偏好输入多目标权重,产生最优方案。其中包括:基建投资最少方案、年费用最少方案、系统未来适应性最大方案,同时推荐多目标评价最优方案。

(7)实例分析。以武清区示范工程为例,工程控制面积25.3 hm²。输入相应的地形坐标和管道参数后,软件计算出24

套可行方案。然后,进行方案优化,屏幕上会显示出各可行方案的投资(包括基建投资、年费用等)。在这些工作完成之后,就可以进行多目标评价了。输入多目标权重:经济性权重0.8,可靠性权重0.1,适应性权重0.1。此时,软件推荐方案产生基建投资最少方案,年费用最少方案,系统未来适应性最大方案等等,同时也推荐出多目标评价最优方案为第5套方案(见表2),并显示对应的管网布置图。

表2 渠灌区管网优化设计方案5

参数	参数	参数
支管个数6	轮灌组数2	运行策略3
支管间距100 m	给水栓间距66 m	给水栓个数6
支管管径127.66 mm	支管总长度2 376 m	支管选型D135
干管最大管径221.11 mm	干管总长度500 m	干管选型D250
水泵流量207.24 m ³ /h	水泵扬程13.14 m	水泵选型IS150-125-250
系统总价167 247.59元	首部造价46 660.00元	管网造价92 712.99元
每公顷造价3 318.00元	年运行费6 426.14元	

2 管材、管件的开发研制

在渠灌区管道输水灌溉工程中,管材对工程质量和工程造价的影响举足轻重,解决好管材问题是该技术成功的关键所在。同时,一个完整的压力管道系统,除管材外,配套管件、给水栓也是必不可少的。

2.1 管材选型

渠灌区管灌系统管材采用轻型双壁塑料波纹管,双壁塑料波纹管与相同性能的光壁管相比具有造价低、施工连接方便、施工质量容易保证等优点。干管、支管分别采用PVC、PE双壁波纹管,干管口径为160~315 mm,支管口径为110~135 mm。管材的性能参数见表3。

表3 管材规格及性能参数

项目	数 值					
公称直径/mm	110	135	160	200	250	315
内径/mm	100	124	144	184	231	294
管长/(m·根 ⁻¹)	6	6	6	6	6	6
环刚度/kPa	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4	≥4
工作压力/MPa	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
爆破压力/MPa	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

2.2 管件选型

管灌系统三通、四通、弯头等主要采用铸铁机加工件、注塑件或塑料焊接管件,实践证明:采用铸铁机加工管件效果最好,在天津市得到普遍应用,并已形成系列化配套产品。给水栓目前主要采用的是固定式单向出水铸铁给水栓。

3 渠灌区管灌系统的安全保护措施

为保证管网系统的安全运行,防止因误操作而产生水锤、真空等造成系统的破坏,可因地制宜地采取了3种系统安全防护技术措施。

(1)电接点压力表控制法。在出水管上安装一个电接点压

力表(压力表量程一般不超过 0.4 MPa),根据管道的工作压力设定压力表的压力值,当发生误操作,管道中压力升高到设定压力值时,由电接点压力表控制水泵自动停泵。

(2)安装多功能安全阀。这种安全阀具有压力升高自动卸水减压和进排气功能,完全水力自控,安全可靠。

(3)安装恒压变频装置。保证管网系统恒压运行,系统使用更加灵活可靠。

3 种安全保护措施进行比较:电控法和多功能安全阀的优点是造价较低,适宜在大田等作物区使用;恒压变频装置安全可靠,运行管理方便、节能效果好,但造价较高,建议在有条件的地方或使用过程中系统流量变化较为频繁的地方使用。

4 系统的施工工艺与运行管理

渠灌区管灌工程的施工是一个非常关键的环节,必需严格按照技术要求和施工程序进行,才能确保工程的施工质量。

工程建成后,要保证最大限度发挥效益,运行管理也不可忽视。系统运行管理必须严格执行操作规程,并定期对水泵和管网系统进行维护保养。同时还要结合田间节水灌溉技术,进行科学的灌溉管理。

5 渠灌区管灌技术的应用与经济效益分析

渠灌区管道输水灌溉工程社会效益和经济效益明显,下面以渠灌区冬小麦和夏玉米 2 茬平播为例,以土渠灌溉为参照,对大田作物管道灌溉的经济效益给予综合评价。

(1)降低了灌溉定额,节水效果显著。灌溉定额是作物全生育期内的灌溉总水量,它由作物生育期内的灌水次数和灌水定额所决定。根据试验资料,管道灌溉与土渠灌溉的灌溉定额见表 4。

表 4 管道灌溉与土渠灌溉的灌溉定额比较 m^3/hm^2

作物	管道灌溉	土渠灌溉
小麦	3 000	4 500
玉米	750	1 125
合计	3750	5625

由表 4 可知,管道灌溉较土渠灌溉在冬小麦、夏玉米 2 茬作物上,年可节水 $1\,875\,m^3/hm^2$,节水 33 %。

(2)提高了灌溉水利用系数。管道灌溉将水直接送入田间,减少了输水过程中的蒸发渗漏损失,使灌溉水的利用系数比土渠大大提高。采用土渠灌溉水的利用系数仅为 0.4~0.5,而管道灌溉可达到 0.8 以上。

(3)减少占地。管灌工程由于将管道全部埋于地下,与土渠相比节省了占用耕地,将原有输水土渠填平,可增加 3 % 的耕地面积^[1]。

(4)扩大灌溉面积。利用土渠输水,一部分土地因地形坡度所致重力水达不到,而低压管道能够很好地解决这一问题。此外,采用低压管道输水灌溉,由于灌水量减少,同样的供水量可灌溉更多的面积,从而使灌溉面积扩大 30 % 以上,或提高原灌溉面积的灌溉保证率。

(5)增产增收。管灌增加了灌溉面积,改善了灌溉条件,可达到增产 20 %,每公顷增收 900~7 500 元。

(6)减小工程维护工作量。管道工程埋于地下,既不用清淤,也可防止冻害,且便于机械化耕作,仅对给水栓一年上一次润滑油即可。

(7)工程使用寿命长。塑料管道埋于地下不易老化,管材抗腐蚀,保守估计可使用 30 年。

截止到 2006 年底天津市管灌节水工程推广面积达到 $11.755\,万\,hm^2$ ^[2],涉及全市 12 个郊区县,应用的作物有小麦、玉米、水稻、果树、林木、蔬菜、经济作物等。增加耕地面积 $0.13\,万\,hm^2$,实现年节水 $0.4\,亿\,m^3$,年增经济效益 2 800 万元。

6 结 语

渠灌区管道输水节水灌溉技术,是适用于提水渠灌区多种作物应用的节水灌溉技术,已形成系统设计、设备选型、工程施工、灌溉管理等成套技术体系,具有节水、省地、省工和工程造价低、施工简便、使用管理方便及工程寿命长、增产效益显著等多种优势。这项技术作为天津市和国家科技部农业节水重点推广技术,在全市得到广泛应用,深受农民欢迎。该技术的应用对缓解水资源危机,提高农业生产水利设施条件,改善农业生态环境,增加农民收入发挥了重要作用。建议在大力推广该项技术的基础上,加强用水的计量管理,严格按照作物的经济灌溉定额,进行科学的灌溉,进一步提高水的利用率和生产效率。

参考文献:

[1] 吴普特,牛文全,郝宏科.现代高效节水灌溉设施[M].北京:化学工业出版社,2002:138-139.
[2] 金 锐,丛 英.天津水利年鉴[Z].天津:天津市水利局,2007:98-99.
[3] 刘文俊,吴玉柏.江苏省灌区低压管道工程主要技术参数研究[J].中国农村水利水电,2008,(10):69-71.

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告