

# 胶州市万亩示范区节水灌溉 技术浅谈

李振苓 刘本宝 宫云赵

(青岛市水文局, 山东 青岛 266071)

**【摘要】** 本文通过胶州市节水灌溉项目,介绍了项目区的概况,分析了水资源供需平衡,简单概述了示范区各种试点灌溉方式、管道布置和设备组成、灌溉制度。项目区按照“集中连片、做大做强、高效技术、提高效率”的发展思路建成,形成了“因地制宜、技术先进、分类指导、注重计量、突出效益”的节水灌溉技术,产生了较好的社会效益和经济效益。项目区的成功建设和良好效益,为节水灌溉的规模发展起到了应有的示范、带动和辐射作用。对促进节水灌溉事业的发展,保护水生态环境具有重要意义。

**【关键词】** 示范区; 节水灌溉; 效益分析

中图分类号: TV93

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)05-0057-06

## Discussion on water-saving irrigation technology in Jiaozhou ten-thousand-mu demonstration area

LI Zhenling, LIU Benbao, GONG Yunzhao  
(Qingdao Hydrology Bureau, Qingdao 266071, China)

**Abstract:** In the paper, the profile of the project area is introduced, and water resources supply-demand balance is analyzed through Jiaozhou water-saving irrigation project. The irrigation mode of all pilots, pipeline layout, equipment composition and irrigation systems in the demonstration area are described simply. The project area is constructed according to the development idea of ‘centralized close grouping, scale expansion, efficient technique and benefit improvement’, the energy-saving irrigation techniques are formed, namely ‘measure adjustment according to local conditions, advanced technology, classified guidance, focus on measurement and emphasis on benefits’. Better social benefits and economic benefits are produced. Successful construction and good benefits in the project area plays demonstration, promotion and radiation roles for large-scale development of energy-saving irrigation. It has important significance for promoting development of water-saving irrigation career and protecting water ecological environment.

**Key words:** demonstration area; water saving irrigation; benefit analysis

### 1 项目区概况

胶州市节水灌溉示范项目区位于胶州市胶莱镇,大沽河西岸,占家村南,沙梁、王疃村西,西北庄村南,沟里村东,总面积 1.03 万亩,净灌溉面积 9600 亩,以

种植大田蔬菜为主,发展少量大棚蔬菜。示范区采取了多种节水灌溉方式,主要以低压管道灌溉为主,铺设地下管道 32000m,少量半固定式喷灌和 PE 管带喷灌。部分大棚蔬菜区采用滴灌的节水灌溉方式,新建泵房 99 个、机井 38 眼,在示范区还有 10 个自动控制大棚,

其中2个高效全自动大棚,8个一般自动化大棚,大棚区采用滴灌;选取400亩采用半固定式喷灌,100亩采用PE管带喷;其余9180亩均采用低压管道灌溉的节水灌溉方式。项目区内主要种植春土豆、秋大葱、大姜和白菜。项目区位于大沽河西岸,全部采用大沽河谷平原赋存的地下水作为灌溉水源。

## 2 项目区水资源供需平衡分析

项目区水资源丰富,东侧紧靠大沽河,利民河从项目区东北侧穿过,南胶莱河、王珠河距离项目区不足2km,地下水补给充分,地下水量丰富,为项目区发展农业灌溉提供了可靠的水源保障。项目区地下水主要为松散岩类孔隙水,含水层主要为冲积、冲洪积砂砾层,厚度10m左右,含水层分布面积大,富水性强,补给

条件好。含水层分布区多为双层结构,上部为壤土、壤黏土,下部为含水砂层,地下水类型为潜水,部分地段呈现微承压状态,含水量丰富,机井单井日出水量720~1200m<sup>3</sup>。通过抽水试验分析,在此区内建机井群,出水量完全可以满足作物需水要求。根据《胶州市水资源开发利用对策研究》,该项目区开采模数为25.7万m<sup>3</sup>/(km<sup>2</sup>·a),项目区地下水计算面积为16.5km<sup>2</sup>,可开采地下水量为424.05万m<sup>3</sup>/a。因此项目区水源主要依靠傍河开采地下水。

项目示范区主要种植蔬菜,根据《中国主要作物需水量与灌溉》查得项目区主要种植作物需水量、灌区内多年平均气温、相对温度和平均风速等资料,根据彭曼公式,计算求得不同作物不同生育期内的需水量,见表1~表3。

表1 春土豆生长期时间划分及需水量

生育期	种植—出苗	出苗—幼苗	幼苗—始花	始花—饱果	合计
起止时间	3月10日—4月2日	4月3日—4月16日	4月17日—5月10日	5月11日—6月20日	3月10日—6月20日
天数	24	14	24	41	103
需水量/mm	59.05	42.95	77.05	124.55	303.6
75%有效降雨/mm	3.17	9.36	31.22	45.73	89.48
需补水量/mm	55.88	33.59	44.83	78.82	214.12

表2 秋大葱生长期时间划分及需水量

生育期	栽植—生根	生根—旺盛生长	旺盛生长—收获	合计
起止时间	6月20日—6月29日	6月30日—8月10日	8月20日—12月10日	3月10日—6月10日
天数	10	42	113	165
需水量/mm	30.65	116.82	306.93	454.4
75%有效降雨/mm	13.23	77.46	99.21	189.90
需补水量/mm	17.42	39.36	207.72	264.50

表3 大姜生长期时间划分及需水量

生育期	种植—出苗	出苗—分蘖	分蘖—旺盛生长	旺盛生长—收获	合计
起止时间	3月15日—4月11日	4月12日—5月12日	5月13日—6月14日	6月15日—12月5日	3月15日—12月5日
天数	28	31	32	174	266
需水量/mm	78.25	106.82	136.25	548.28	869.6
75%有效降雨/mm	18.72	40.33	36.39	257.83	353.27
需补水量/mm	59.53	66.49	99.86	281.89	516.33

示范区内低压管道灌溉区,管道水利用率可达 0.95,田间水利用系数为 0.9,灌溉水利用系数为 0.86;半固定式微喷及 PE 管带喷和大棚滴灌区管道水

利用系数为 0.95,田间水利用系数为 0.99,灌溉水利用系数为 0.95。不同灌溉方式的作物灌溉需水量见表 4。

表 4 灌溉需水量

灌水方式	作物	作物比例	灌溉定额/ ( $\text{m}^3/\text{亩}$ )	总灌溉面积/ 万亩	作物净需水量/ 万 $\text{m}^3$	灌溉水利 用系数	灌溉需水量/ 万 $\text{m}^3$
低压管灌区	春土豆	0.8	142.82	0.918	104.89	0.86	121.97
	秋大葱	0.8	176.42	0.918	129.56	0.86	150.65
	大姜	0.2	344.39	0.918	63.23	0.86	73.52
	小计/万 $\text{m}^3$			663.63		297.68	
大棚滴灌区	春土豆	0.8	142.82	0.002	0.23	0.95	0.24
	秋大葱	0.8	176.42	0.002	0.28	0.95	0.29
	大姜	0.2	344.39	0.002	0.14	0.95	0.15
	小计/万 $\text{m}^3$			663.63		0.65	
PE 管带喷区	春土豆	0.8	142.82	0.01	1.14	0.95	1.20
	秋大葱	0.8	176.42	0.01	1.41	0.95	1.49
	大姜	0.2	344.39	0.01	0.69	0.95	0.73
	小计/万 $\text{m}^3$			663.63		3.24	
半固定式喷灌区	春土豆	0.8	142.82	0.03	3.42	0.95	3.60
	秋大葱	0.8	176.42	0.03	4.23	0.95	4.45
	大姜	0.2	344.39	0.03	2.07	0.95	2.18
	小计/万 $\text{m}^3$			663.63		9.72	
合计/万 $\text{m}^3$							355.47

由表 4 可知,项目区总需水量为 355.47 万  $\text{m}^3$ ,地下水可开采量为 424.05 万  $\text{m}^3$ ,可以满足项目区的灌溉需水要求。

### 3 示范区节水工程技术模式

常用的节水灌溉方式包括:固定式喷灌、半固定式喷灌、PE 管带喷、滴灌、低压管道灌溉等。示范区通过对上述灌溉方式的比较,结合当地实际情况和农民的意愿,考虑管理方便,以及灌溉作物的要求,并起到示范试点的作用,选择如下:在项目区东南侧规划出 20 亩地建 10 个高效蔬菜大棚,采用自动控制的智能节水灌溉方式;300 亩地采用半固定式喷灌;在试点的基础上再推广应用适合当地习惯和管理模式的节水灌溉方式。其他区域均采用低压管道灌溉方式。

#### 3.1 低压管道灌溉

低压管道输水灌溉简称管道输水灌溉,在田间灌水技术上,仍属于地面灌溉类,它是以管道代替明渠输水灌溉系统的一种工程形式。灌水时使用较低的压力,通过压力管道系统,把水输送到田间沟、畦,灌溉农田。低压管道输水灌溉系统,根据各部分承担的功能由:水源(机井)、输水管道、给配水装置(出水口、给水栓)、安全保护设施(安全阀、排气阀)、田间灌水设施等部分组成。示范区低压管道灌溉区净灌溉面积为 9180 亩,机井 113 座,机井房 113 座。每眼机井控制的地块内有 6 个分水口,共分三个轮灌组,每组有两根支管同时灌水,每个轮灌组 2 天灌完,整个地块 6 天内即可全部灌完。

##### 3.1.1 水源

低压管道输水灌溉的水源为当地地下水,配套的

提水动力为机泵。根据该井灌区规划资料,在保证率为75%时,考虑地下水降深及当地已有机井经验,机井深度应为15m。工程灌水流量为 $Q = 25.0\text{m}^3/\text{h}$ ,扬程为19.32m,选用QJ系列井用潜水电泵。水泵有关参数见表5。

表5 200QJ32-26/2型潜水电泵主要技术数据

电泵型号	流量/ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	扬程/ m	电机功 率/kW	额定电 压/V	备 注
200QJ32-26/2	32	26	4.0	380	共113台

为管理方便,每一机井内配置IC卡智能管理设备一套。示范区里地头上的机井小屋安装了预付费智能电子表和电脑刷卡机,农民只需一张IC卡,就可以随时到井上浇地。由于取消了看井员,减少了环节成本,再加上推广低压管灌溉模式,每亩地灌溉成本减少五六元,可谓省水、省时、省力又省钱。这一计量系统被广泛地应用到流域其他节水灌溉项目建设中。

### 3.1.2 输水系统

输水系统是由输水管道、管件(三通、四通、弯头、变径接头等)连接成的输水通道。项目区管道系统布置的基本原则:

a. 管道系统布置应做到排水、道路、林带、供电等系统紧密结合,统筹安排,并充分利用原有水利和其他工程设施。

b. 根据当地的交通、能源、材料供应等条件及经济、技术、劳力等情况。因地制宜地选择管材。

c. 管网布置力求管线总长度短,控制面积大,并做到管线平顺,减少拐弯、起伏等现象,达到投资少、效益高的目的。

d. 支管(田间末级埋地管道)走向应与作物种植方向及地形坡度相适应。

e. 根据现行生产管理体制,确定出水口间距,使之适用于用户管理,有利于轮灌,达到省水、节能的目的。

示范区低压管道灌区主管道选用 $\phi 110\text{UPVC}$ ,管

道压力选用0.4MPa可以满足要求。主管道沿地块北侧纬路路南布置,主管上每54m设分水口一个,此地块共设分水口6个。分水闸房内设三通、立杆、截阀体。支管选用 $\phi 75\text{PE}$ 软管,流量 $12.5\text{m}^3/\text{h}$ ,若6个分水口同时灌水,总流量为 $75\text{m}^3/\text{h}$ ,机井出水量不满足要求,而且造成支管道的浪费;可分3个轮灌组轮灌,即同时开启两个分水口,总流量为 $25\text{m}^3/\text{h}$ ,按每天灌水14h计,7天即可全部灌完。为便于管理,在每眼机井控制地块内设4套PE软管(两备两用)。项目区其中一个地块管、路、沟、涵洞,此地块净灌溉面积为80亩,采用一眼机井供水。主管道沿地块北侧纬路路南布置。

## 3.2 大棚蔬菜滴灌

在项目区东南侧南王疃村西北,10个自动控制大棚占地20亩,采用智能自动控制系统进行控制,其中2个高效全自动大棚,8个一般自动控制大棚。节水灌溉方式为压力补偿式滴灌。滴灌是将具有一定压力的水,过滤后经管网和出水管道(滴灌带)或滴头的形式缓慢而均匀地滴入植物根部附近土壤的一种灌水方法。

### 3.2.1 管道布置和设备组成

项目区范围内地势平坦,塑料大棚的单棚尺寸为70m(长) $\times$ 10m(宽),后背墙及两侧墙采用浆砌砖,棚内支撑采用钢架结构,外罩优质大棚专用塑料膜,自动卷帘。单栋大棚东西向布置,为了避免棚群间的相互遮荫,大棚东西向间距2m,南北向间距5m,整个大棚区采用1眼机井控制。大棚内滴灌系统由水源工程、首部枢纽(包括水泵、动力机、过滤器、肥液注入装置、测量控制仪表等)、各级输配水管道和满头等四部分组成。所采用设备均系目前国内外的优质产品,微灌工程全部采用微机恒压自控系统。

项目区内土壤为壤土,允许灌水强度 $12\text{mm}/\text{h}$ ,采用 $\phi 16\text{mm}$ 滴管带,考虑到蔬菜的密植根浅,一次滴灌定额较小,拟定滴管带的间距为0.5m,滴头的间距为0.3m,滴灌带参数见表6。

表6  $\phi 16\text{mm}$  滴灌带参数

编 码	滴头间 距/m	单滴头流量 (7m水头)/(L/h)	百米带流量 (7m水头)/(L/h)
EA5xx1245	0.3	1.10	359

a. 微灌系统的动力和流量源选用潜水泵为提水机具,根据管网设计流量  $Q = 25.67\text{m}^3/\text{h}$  和扬程  $H = 10.56 + 15(\text{机井深}) = 25.56\text{m}$ ,选用 200QJ32-26/2 型潜水泵。大棚滴灌区潜水电泵技术参数见表 7。

表7 大棚滴灌区潜水电泵技术参数

电泵型号	流量/ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	扬程/ m	电机功率/ kW	额定电压/ V	备 注
200QJ32-26/2	32	26	4.0	380	共 1 台

b. 由于机井中含有一定的有机物等,在渠首设置过滤装置,并应设置压差式施肥罐、压力表和 IC 卡智能管理系统一套。由于该灌区以机井为水源,主要以过滤砂石为主,故采用离心式过滤器和叠片式过滤器。选择离心式过滤器的型号为 LX300  $\times$  80  $\times$  80,最小流量  $10\text{m}^3/\text{h}$ ,最大流量  $40\text{m}^3/\text{h}$ ;叠片式过滤器选择流量为  $25\text{m}^3/\text{h}$ ,其中每两个一组并联与离心式过滤器组成过滤系统。

施肥罐应装在过滤前,以滤掉肥液中的杂质。施肥罐的前面应加逆止阀,防止肥液倒灌,污染水源和腐蚀水泵,压力表、逆止阀、控制阀等设备均应按图纸要求安装。

过滤器及施肥罐性能见表 8。

表8 过滤器、施肥罐性能

序号	产 品 名 称	流量/ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	水头损失/ mm	重量/ kg	容积/ L
1	离心式过滤器	10~40			
2	叠片过滤器	25	1.6	—	—
3	压差式施肥罐	—	—	25	30

### 3.2.2 滴灌制度

示范区大棚滴灌灌溉水利用系数 0.95,灌水定额为  $25.73\text{m}^3/\text{亩}$ ,设计灌水周期为 13d,一次灌水时间为

5.54h。系统日工作小时数根据规范规定,设计系统日工作小时数应根据当地水源和农业技术条件确定,为 14h。按照项目区的地块布置,项目区内共有大棚个数 10 个,确定经济合理的轮灌制度不仅可以节省管材,而且能满足棚室内种植不同蔬菜品种的要求。每条支管上同时允许滴灌的棚数为 1 个,即每个机井控制的地片内同时灌溉的大棚数为 5 个,按系统每天工作时间 14h,则每个机井控制的大棚一次灌水周期为

$$T = \frac{Nt_{\text{棚}}}{n_{\text{棚}}t}$$

式中  $N$ ——每个机井控制的大棚总数,为 10 栋;

$t_{\text{棚}}$ ——单棚一次灌水延续时间,为 5.54h。

$n_{\text{棚}}$ ——同时运行的大棚个数,为 5 个;

$t$ ——系统日工作时间, $t = 14\text{h}$ 。

则  $T = \frac{10 \times 5.54}{5 \times 14} = 0.8\text{d} < 13\text{d}$ ,因此,采用上述的

轮灌方法比较经济合理。

### 3.3 半固定式喷灌区

示范区大棚区东侧 300 亩地,采用半固定式喷灌。此区采用 4 眼机井供水。半固定式喷灌主管固定、支管和喷头移动使用,该系统由于造价较低、使用方便,目前国内农业灌溉上占有比较大的市场份额,主要用在棉花、玉米、小麦、蔬菜等作物灌溉上。

#### 3.3.1 管道布置和设备组成

半固定式喷灌区净灌溉面积 300 亩,4 眼机井供水,每个机井控制的地片内配备 2 套支管、支架、竖管和喷头,一备一用,即整个地片需要 8 套移动喷灌设备,干管采用 UPVC 管,支管采用 PE 软管,喷头采用 ZY-2 型摇臂式喷头,喷头的性能参数见表 9。

表9 ZY-2 型摇臂式喷头性能参数和工作参数

型号	接口外 径/mm	喷嘴直 径/mm	工作压 力/kPa	喷水量/ ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	射程/ m	雾化 指数
ZY-2	33	6.0 $\times$ 3.1	300	2.97	18.5	5000

#### 3.3.2 灌溉制度

整个地块由 4 眼机井控制,主管沿地块北侧东西

向布置,1号机井和2号机井各控制20条支管,3号机井和4号机井各控制26条支管。支管流量为 $29.7\text{m}^3/\text{h}$ ,每眼机井同时开启的支管数为1条,喷灌区内同时开启的支管为4条,喷头个数为40个。喷头在一个工作点上喷洒的工作时间 $2.83\text{h}$ ,1号、2号机井各控制20条支管,在5d内可全部灌完。3号、4号机井各控制26条支管,在6.5d可全部灌完,均在允许灌水周期13d内。

### 4 示范区效益分析

#### 4.1 经济效益分析

经济效益主要表现在节水、省工节能、增产、增收等方面。

a. 节水:实施节水灌溉后,示范区节水 $30\% \sim 50\%$ 左右,年可节水 $108.06\text{万m}^3$ 。

b. 省工节能:年均亩省工效益为100元,每年节能效益为103万元。

c. 扩大有效种植面积:由于用管道输水,省去田间渠道,扩大有效种植面积计200亩,以亩收入5000元计,共收入100万元。

d. 增产增收:根据已建工程的统计,低压管道灌溉年可增收918万元,滴灌高效大棚亩均可增收1万元,半固定式喷灌亩均可增收0.3万元,示范区年均增收1058万元。

#### 4.2 社会效益

节水灌溉社会效益显著。一是节约了大量的农业用水,有效地缓解了城乡水资源的供需矛盾,增加了工业及城市用水保证率,对促进工业生产快速增长和提高全社会的物质文化生活水平,将产生深远的影响。二是有利于提高作物的抗旱能力,提高当地农业综合生产能力,促进了粮食增产和农民增收,群众生活水平不断提高,进一步稳定农村社会。三是有利于农业种

植结构的调整,将使农业生产结构更趋合理,促进农村经济快速发展。四是农业的发展能够带动农产品加工业的发展,促进国民生产总值的增长,增加地方财政收入。项目建成投入使用后,通过采用经济效益较高的综合节水灌溉模式,能够按照不同季节、不同气候条件和农作物不同生长期的实际需要科学用水,提高了灌溉水的利用率,增强了广大农民的节水意识,节省的部分水源可转向城镇供水和工业用水,有效遏制了地下水位急剧下降的趋势,避免了水环境恶化。

示范基地生产出的蔬菜产量高、品质好,不出基地就被抢购一空,供不应求,平均每个大棚每年纯收益在10万元以上。新科技的应用使农民种地成本明显下降,节水灌溉促进了农业产业结构的调整,促进了传统农业向现代高效农业的快速转变。

#### 4.3 生态效益

发展高效节水灌溉可以有效地防止地下水的过量开采和水质的恶化;同时,有利于改良土壤颗粒结构,有效防止耕地盐碱化,减少水土流失;有利于提高农民重视节约、保护水土资源、树立可持续发展的意识,促进生态环境的良性循环;节水灌溉的形式多样,可以调节区域小气候,美化农村环境,形成路、林、沟、田和谐统一的格局,为发展观光农业奠定了基础。◆

#### 参考文献

- [1] 陈明忠,赵竟成,王晓玲,等. 农业高效用水科技产业示范工程研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,2005.
- [2] 邵东国,刘武艺,张湘隆. 灌区水资源高效利用调控理论与技术研究进展[J]. 农业工程学报,2007,23(5):249-255.
- [3] 孙景生,康绍忠. 我国水资源利用现状与节水灌溉发展对策[J]. 农业工程学报,2000,16(2):1-4.
- [4] 杜贞栋,谷维龙,王华忠. 农业非工程节水技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [5] 许迪,龚石宏,李益农. 农业高效用水技术研究与创新[M]. 北京:中国农业出版社,2007.