

# 宿迁市平原区管道输水灌溉工程 适宜布置形式及规模

徐烈辉<sup>1</sup>, 房 凯<sup>2</sup>, 黄秋歌<sup>1</sup>, 余小鹏<sup>2</sup>, 周明耀<sup>1\*</sup>

(1. 扬州大学 水利科学与工程学院, 江苏 扬州 225009; 2. 宿迁市水务勘测设计研究院有限公司, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:**根据宿迁市平原地区农业生产条件的差异性,将其分为小型农户分散种植和规模化生产区两种类型,分析提出适宜系统布置形式。通过相关经济指标模拟,确定工程适宜规模和管道建设定额,为宿迁市平原区推广应用管道输水灌溉工程技术提供参考。

**关键词:**平原灌区;管道输水;布置形式;适宜规模;建设定额

**中图分类号:**S275.1;[TV93] **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2019)11-0021-05

## Appropriate layout and scale of pipeline water supply irrigation project in the plain area of Suqian City

XU Liehui<sup>1</sup>, FANG Kai<sup>2</sup>, HUANG Qiuge<sup>1</sup>, YU Xiaopeng<sup>2</sup>, ZHOU Mingyao<sup>1\*</sup>

(1. School of Hydraulic Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, Jiangsu;  
2. Suqian Surveying and Design Institute of Water Affairs Co., Ltd., Suqian 223800, Jiangsu)

**Abstract:** According to the differences in agricultural production conditions in the plain area of Suqian City, it is divided into two types: small-scale farmers and large-scale production areas, and the appropriate system layout is proposed. Through the simulation of relevant economic indicators, the appropriate scale of the project and the set amount of pipeline construction are determined, which provides a reference for the promotion and application of pipeline water supply irrigation engineering technology in the plain area of Suqian City.

**Key words:** plain irrigation area; pipeline water delivery; arrangement mode; suitable scale; construction quota

## 0 引言

宿迁市地处淮北,平原广阔,水网密布,大、中型灌区较为集中,是江苏省重要的商品粮产区<sup>[1]</sup>。近年来,随着宿迁市农业产业规模的发展,对水资源的质与量提出了更高要求,但中运河、废黄河沿线灌区引水水位和流量却逐年下降,造成灌区灌溉设计保证率达不到规划要求;另一方面,随着插秧期泡田时间大幅度缩短,用水在时空上也更为集中<sup>[2]</sup>。区域内灌溉水资源紧缺,灌溉输水多以渠灌

为主,节水灌溉工程建设相对滞后,灌溉水量损失浪费严重,推进节水灌溉技术发展的需求迫切,是江苏地区未来发展管道输水灌溉工程技术潜力较大的地区之一。

早期,管道输水灌溉工程技术在井灌区有着比较成熟的应用,国内外学者针对管网系统规划设计<sup>[3]</sup>、管件管材<sup>[4]</sup>以及施工运行<sup>[5]</sup>等方面做了大量研究,取得了许多成果。但是,在技术推广实践的过程中缺乏对工程建设定额指标的分析总结<sup>[6]</sup>,尤其缺乏平原地区有关该方面的研究,导致工程规划

收稿日期:2019-06-13

基金项目:国家科技支撑计划项目(2015BAD24B02);江苏省水利科技项目(2017056)

作者简介:徐烈辉(1994—),男,硕士研究生,主要从事节水灌溉理论与新技术研究。

通讯作者:周明耀(1958—),男,教授,博士生导师,主要从事农业水土资源高效利用方向的研究。

设计与项目管理中出现了效果不佳、投资浪费、运行管理困难等问题,工程项目不及预期效果。本文在实地调查的基础上,通过对典型工程的技术经济分析,提出不同类型生产方式下的工程适宜布置形式、建设规模及定额指标,保障管道输水灌溉工程技术在该地区的健康发展。

## 1 平原区管道输水灌溉系统适宜布置形式

根据种植宿迁市种植模式的差异,平原地区可分为小型农户分散种植和规模化种植地区两大类型。田间工程的规划布置关系到农业生产、排涝降渍、交通运输以及运行管理等方面的需求,因此其布置形式应与当地的自然、农业生产条件协调统一<sup>[7]</sup>,宜渠则渠,宜管则管,科学规划。

宿迁市沿运灌区,发展管道输水灌溉工程技术能适应其特点,满足输水过程的水头损失要求。田块规格由种植模式不同而分为两类:小型农户分散种植区田块长度为 100 ~ 150 m,宽度约为 30 ~ 50 m,采用封闭式系统,以 PVC 和 PE 管较为常见,系统通常由干、支二级管道构成,直接从支管上的出水口取水灌溉。规模化种植地区田块长度一般为 400 ~ 650 m,格田宽度在 50 m 左右,由于工程控制面积较大,干管可采用加筋混凝土管,为节省投资一般采用管渠结合的布置形式,由支管将水输入农渠,再由农渠分水口将水流输入田间,同时有助于灌水的均匀性。

### 1.1 沟、路、管的布置形式

灌排相邻布置。管道和排水沟相邻布置,单向灌排,适用于地形由单一坡度的地区。此时采用沟—路—管的形式,管道埋置于地下,便于控制地下水位,同时方便农机下田。优点是有助于控制地下水位。

灌排相间布置。管道向两侧灌水,排水沟承泄两侧的排水,适用于地形平坦或略有起伏的地区。采用管—路的布置形式,可充分利用地形,减少管道铺设长度,节省投资。此时末级农沟间距过大,应再增设一级毛沟,及时将田面水排出。灌排相邻、灌排相间布置形式及断面图如图 1 所示。

### 1.2 小型农户分散种植区适宜布置形式

宿迁市小型农户分散种植区,可按灌排相邻和灌排相间形成“梳齿式”和“鱼骨式”两种布置形式,如图 2 所示。斗沟间距均为 100 ~ 150 m,农沟间距 30 ~ 40 m。每个农沟控制面积 4.5 ~ 9 亩,支管沿田

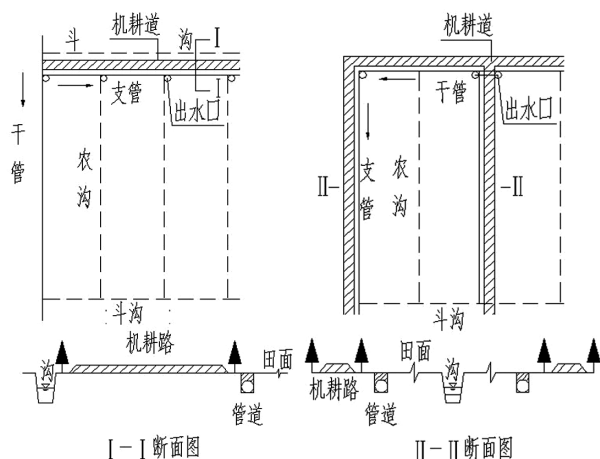


图 1 沟、路、管布置形式

间道路布置,农机由路直接下田,支管上每隔 30 ~ 40 m 设置取水口,灌溉水由取水口流入田块进行灌溉。其中“梳齿式”布置形式适合单一坡向的区域,“鱼骨式”布置形式适合地形平坦的区域。同时由于“鱼骨式”干管向两侧供水,如一侧支管发生损坏,不影响另外一侧供水。通过分析图 2 可知,灌排相间的布置形式下,支管和斗沟的数量较灌排相邻少一倍,但为了控制相同的灌溉面积,就必须选取较大的管径。

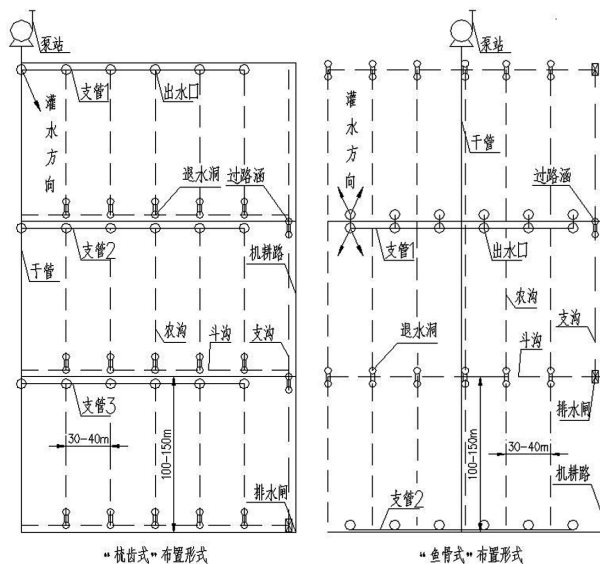


图 2 分散种植区管道输水灌溉系统适宜布置形式

### 1.3 规模化种植区适宜布置形式

在宿迁市形成规模的平原灌区,可分为灌排相间和灌排相邻布置,由图 3 可知,在同一控制面积下,两者管长和管径均相同。两者均采用管渠结合的布置形式,斗沟间距为 400 ~ 650 m,农沟间距 50 m 左右,每个农沟控制面积为 30 ~ 50 亩。农机由机耕道直接下田作业,配水管每隔 50 m 再设置一个出水口。出水口放水入农渠后再由农渠上每

40 m 一个的放水口向农田配水,灌排分开。

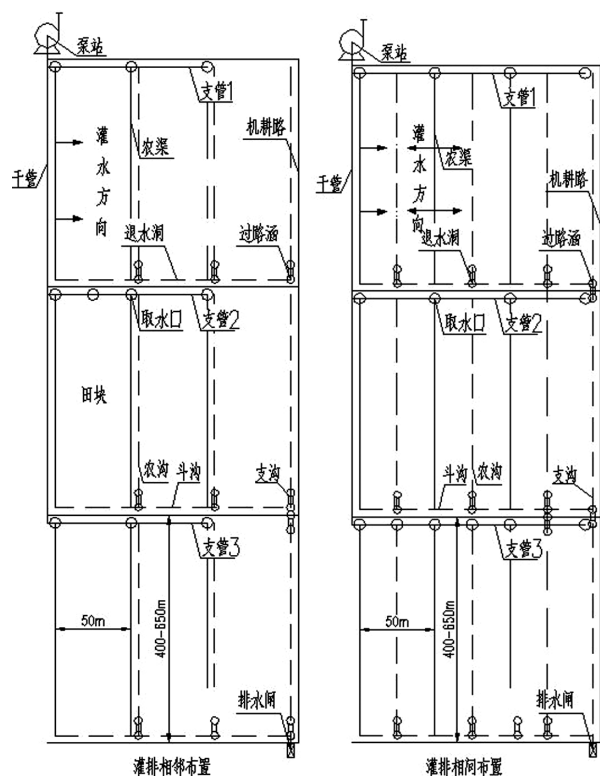


图 3 规模化种植区管道输水灌溉系统适宜布置形式

## 2 平原区管道输水灌溉系统适宜建设规模

不同类型区的水源、作物及农业生产条件将影响管道系统及管道附属设备的布置。同种布置模式下不同的工程控制规模又将影响管网规模,这在技术上直观的表现是管道长度,在经济上则表现为亩均投资、年费用和内部收益率等经济评价指标。

### 2.1 管道输水灌溉工程费用函数

管道输水灌溉工程的费用函数主要包括两个部分,一是管道灌溉工程建设所需的费用,二是运营期需要投入的费用,即年运行费。本文通过模拟不同规模的工程费用函数,以亩均年费用、内部收益率作为目标函数,确定不同类型区工程适宜控制面积。

#### (1) 管道输水灌溉工程建设费用

宿迁市一般平原区水源工程的投资与流量、扬程等指标有关,水泵类型参考当地多为混流泵。水源工程投资如式(1)所示:

$$K_1 = \frac{K_p \gamma Q H}{102 \eta_{\text{装}}} \quad (1)$$

式中:  $K_1$  为水源工程总投资,元;  $K_p$  为泵站投资参数,元/KW;  $\eta_{\text{装}}$  为水泵机电效率;  $\gamma$  为水容重,

kg/m<sup>3</sup>;  $Q$  为水泵设计流量, m<sup>3</sup>/h;  $H$  为水泵扬程, m。

管网投资主要体现在管道投资和配套设施投资(阀门、给水栓等),其中配套附件种类多、用量大,一般采用比例系数法来估算。管网工程的总投资如式(2)所示:

$$K_2 = \left( \sum_{j=1}^n (M_j \times L_j) \right) \times (1 + \chi) \quad (2)$$

式中:  $K_2$  为管道工程总投资,元;  $M_j$  为第  $j$  类管道单价,元/m;  $L_j$  为第  $j$  类管道长度, m;  $n$  为管道种类数目;  $\chi$  为配套附件投资占管网总投资的百分数,一般取 15%。管道工程的总建设费用  $K$  为水源工程投资  $K_1$  与管网工程投资  $K_2$  之和。

#### (2) 管道输水灌溉工程年费用函数

年费用主要由工程总投资年折算费用、年动力费以及年管理维修费三部分组成。年动力费用可用式(3)计算:

$$C_1 = \frac{E \gamma Q H T}{102 \eta_{\text{装}}} \quad (3)$$

式中:  $C_1$  为动力费,元;  $E$  为电费单价,元/KW · h;  $T$  为水泵年运行时间, h,其余各项与式(1)同。

年折算费用是指固定资产在使用过程中由于损耗而逐渐失去的价值经折算成每年所需支出的费用。年折算费可由式(4)计算:

$$C_2 = K \times \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]} \quad (4)$$

式中:  $C_2$  为年折算费,元;  $K$  为灌溉工程总投资,元;  $i$  为年利率或折算率(%),一般取基准折现率 8%;  $n$  为年复利期数,根据《水利建设项目经济评价(SL72-2013)》,机电灌排站可取 20 年。

其中年管理维修费用可按管道输水灌溉工程总投资的一定比例求得。因而管道灌溉工程年费用可以表示为:

$$C = \frac{E \gamma Q H T}{102 \eta_{\text{装}}} + K \times \left( \frac{i(1+i)^n}{[(1+i)^n - 1]} + k \right) \quad (5)$$

式中:  $C$  为管道灌溉工程年费用,元;  $k$  为比例系数,其余各项与式(3)、(4)同。

#### (3) 经济内部收益率

经济内部收益率 EIRR,即在计算期内对不同渠管结合情形下净年效益现值进行累加,当累加值达到零时所取的折现率,即:

$$\sum_{t=1}^n (B - C)_t (1 + \text{EIRR})^{-t} = 0 \quad (6)$$

式中:  $B$  为年效益,万元;  $C$  为费用万元;  $t$  为计算期各年的序号。

## 2.2 一般平原区管道输水灌溉工程适宜控制规模

根据《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》(GB/T20203-2017)进行不同控制面积下的管道设计。得到分散种植区管道输水灌溉工程亩均投资与控制面积的关系,如图4所示。两种布置形式的亩均投资随着控制面积的增大均呈指数上升的趋势。在工程控制面积较小时,采用“梳齿式”布置形式投资较少,随着控制面积的增大,采用“鱼骨式”的布置形式投资迅速增加。主要原因是“鱼骨式”向两侧供水,节约管长的同时势必增大管径来保证供水,在管径较小时,可以节省工程投入,但当管径大于400 mm时,导致亩均投资快速增加。

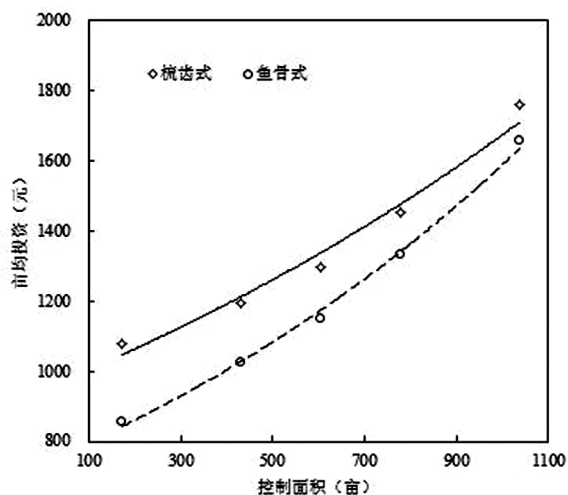


图4 一般平原区亩均投资与控制面积变化关系

一般而言,管道输水灌溉工程控制面积越小,管径越小,一次投入越少,但此时水头损失大,年费用反而增加许多。本文以亩均年费用最小作为目标函数,研究宿迁市管道输水灌溉工程适宜控制面积及定额标准。两种布置形式的亩均年费用如图5、图6所示。

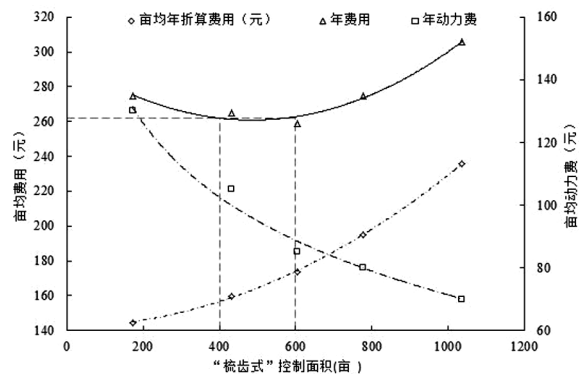


图5 “梳齿式”年费用与控制面积变化关系

比较图5、图6可以发现,两种布置形式下,亩均年费用函数随着控制面积的增加表现为先增大

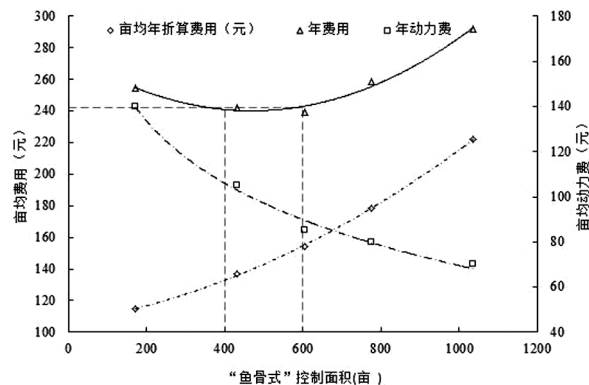


图6 “鱼骨式”年费用与控制面积变化关系

后减小的趋势。由于亩均年费用主要由亩均年动力费和亩均年折算费这两部分组成,在管道控制面积较小时,管网提水成本高而基建成本较低,随着控制面积的增大,这两部分费用呈相反的变化规律。两种布置形式下适宜控制面积均为400~600亩。此时“梳齿式”布置形式为“沟-路-管”,亩均费用投资为1200~1300元/亩,亩均管道长度为10~12 m/亩;“鱼骨式”布置形式为“路-管”,亩均投资为1000~1200元/亩,亩均管道长度为5~7 m/亩。

## 2.3 规模化种植区管道输水灌溉工程适宜控制规模

规模化种植区两种布置模式投资相同,以内部收益率作为目标函数,通过模拟分析确定适宜规模和相应建设标准,规模化种植区内部收益率*i*、管道输水灌溉工程亩均投资与控制面积的关系如图7所示。

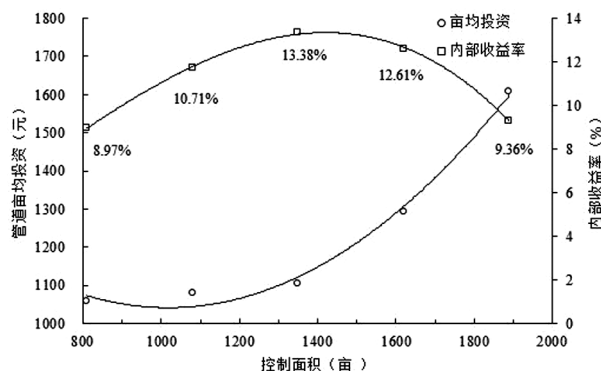


图7 规模化种植区内部收益率及亩均投资与控制面积关系

由图7可知,规模化种植区采用管渠结合的布置形式,内部收益率随着控制面积的增大呈先增加后减小的趋势,适宜控制面积为1300~1600亩,此时内部收益率大于12%,亩均管道长度为3~5 m/亩,亩均投资为1100~1300元/亩。

### 3 结论

通过模拟分析,以亩均年费用函数和内部收益率作为评价指标,讨论了宿迁市平原区管道输水灌溉工程适宜控制规模及相关建设标准。小型农户分散种植区两种布置形式下适宜控制面积均为 400 ~ 600 亩,“梳齿式”亩均投资为 1200 ~ 1300 元/亩,管道长度为 10 ~ 12 m/亩;“鱼骨式”亩均投资为 1000 ~ 1200 元/亩,亩均管道长度为 5 ~ 7 m/亩;规模化种植区两种布置形式投资相近,适宜控制面积为 1300 ~ 1600 亩,亩均投资为 1100 ~ 1300 元/亩,亩均管道长度为 3 ~ 5 m/亩。上述定额指标在江苏淮北平原地区管道输水灌溉工程技术推广应用中具有重要的指导意义。

#### 参考文献:

[1] 马娜. 苏北平原农业资源调查及利用评价[J]. 中国

农业资源与区划, 2018, 39(08):83-88.

- [2] 许广东, 潘光毓. 宿迁市 2016 年度水资源公报[R]. 宿迁:江苏省水文与水资源勘测局宿迁分局, 2017.
- [3] 翟秋凤. 低压管道输水灌溉技术在灌区节水改造中的设计与应用[J]. 中国水运, 2016, 16(03):200-201.
- [4] 于贤磊, 陈松山, 杨夏威, 等. 大型灌溉管网减压阀特性数模分析与试验研究[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(09):824-829.
- [5] 汤树海, 刘辉, 王飞, 薛蕾, 张建. 平原区低压管道灌溉推广应用的问题及对策研究[J]. 江苏水利, 2017(04):21-24.
- [6] 王蒙, 冯兆云, 刘建华, 等. 江苏地区农田低压管道输水灌溉工程技术模式研究[J]. 灌溉排水学报, 2014, 33(03):59-63.
- [7] 郭丹萍. 江苏省田间工程典型布置模式研究[D]. 扬州大学, 2012.