

# 江西省低压管道输水灌溉技术应用分析

## —以瑞昌市石门水库灌区为例

钱荣明<sup>1</sup>, 黄 韬<sup>1</sup>, 邓 升<sup>2</sup>, 杜小盾<sup>3</sup>, 黄泰喜<sup>3</sup>

(1. 江西省水利厅, 江西 南昌 330009; 2. 江西省水利科学研究院, 江西 南昌 330029;  
3. 江西省瑞昌市水利局, 江西 瑞昌 332200)

**摘 要:**本文在分析江西省农业灌溉用水现状及存在问题的基础上,结合低压管道输水灌溉技术特点,以瑞昌石门水库灌区低压管道输水灌溉作为设计实例进行应用分析,并与渠道灌溉做效益对比,充分显示了低压管道输水灌溉工程的优点及适用性,低压管道输水灌溉技术能够节约灌溉用水、节省工程投资、省工、节约维养经费及增加农民收入,是完成我省“十三五”规划高效节水灌溉任务的重要保障。

**关键词:**江西省;低压管道输水灌溉;渠道灌溉;效益对比

**中图分类号:**S275 **文献标识码:**C **文章编号:**1004-4701(2017)05-0348-04

## 0 引 言

党中央、国务院高度重视农业节水工作,2016年中央农村工作会议提出,把农业节水作为方向性、战略性的大事来抓。2017年1月水利部牵头编制了《“十三五”新增1亿亩高效节水灌溉面积实施方案》,指出“十三五”期间,全国新增高效节水灌溉面积1亿亩,到2020年,全国高效节水灌溉面积达到3.69亿亩,占灌溉面积的比例提高到32%以上,农田灌溉水有效利用系数达到0.55以上,新增粮食生产能力114亿kg,新增年节水能力85亿m<sup>3</sup>。江西省到2020年需要新增100万亩高效节水灌溉面积。管道输水灌溉已经成为我省发展高效节水灌溉、完成高效节水灌溉“十三五”规划任务的重要保障。

在农业节水研究方面,王浩等<sup>[1,2]</sup>从工程、管理和农艺各个方面提出了相关节水技术措施,取得较好成效。本文以江西省瑞昌市石门水库灌区为例,通过低压管道输水灌溉技术在江西省灌区节水改造中的实际应用效果分析,说明该项技术在南方地区同样具有广泛适用性和技术经济可行性,以期江西省大规模推广低压管道灌溉技术提供借鉴。

## 1 江西省现有灌溉设施及其存在的问题

江西省地处中国东南偏中部长江中下游南岸,水资源较为丰富,河网密集,雨量丰沛,但降雨时空分布不均。江西省是一个农业大省,农业用水量占全省经济社会用水量的70%以上<sup>[3-5]</sup>,农业作为用水大户,节水潜力巨大。为了合理利用水资源,充分发挥效益,在国家的大力支持下,先后兴建了一大批骨干水利工程。根据灌区普查资料,全省现有各类灌区48 864座,灌区大多是20世纪70年代兴建,渠系水利用效率低,严重影响灌溉效益,目前应用最为广泛的节水灌溉工程技术措施是渠道防渗技术<sup>[6]</sup>。

目前,我省农业灌溉用水矛盾日益突出,如何采取合理的节水措施缓解水资源供需矛盾,提高农业灌溉水利用效率,保证农业可持续发展,是亟需解决的问题。20世纪80年代,随着塑料工业的发展,用塑料管道输水代替明渠输水,对农田进行灌溉,大大减少渗漏和蒸发损失,充分发挥了现有水源的效益,在我国北方井灌区已大面积的推广运用,并取得了很好的效果<sup>[7]</sup>。按照国家“十三五”规划任务要求,我省将大力推广低压管道输水灌溉技术,作为高质量完成新增高效节水灌溉

100万亩目标任务的重要举措。

## 2 低压管道输水灌溉技术

低压管道输水灌溉技术是指以管道为材料来输水的一种工程措施,包括水源工程、首部枢纽、输配水管网、给水装置等,分水设施通过一定的压力将灌溉水输送到田间<sup>[8,9]</sup>,由管道分水口分水入田间沟、畦进行地面灌溉。与传统渠道灌溉相比,管道输水灌溉系统有着出水口流量较大、所需压力较低、节水省地、输水效率高和使用寿命长等优点<sup>[10]</sup>。塑料管道因其质量轻、长度大、输水阻力小、施工简便,在我国北方和部分南方地区得到了大力的推广应用<sup>[4]</sup>。

## 3 低压管道输水灌溉技术应用实例分析

### 3.1 基本资料

石门水库灌区位于长江水系南阳河流域低残丘陵区,地形南高北低。多年平均降水量1393.6mm,3~7月份降雨量占全年降水量的70%,年平均蒸发量为1013.2mm。项目区为灌区南干渠灌片,位于瑞昌市南阳乡。南干渠始建于1975年,属傍山土渠,总长度7.3km,承担下游约287hm<sup>2</sup>农田的灌溉任务,项目区内以水稻种植为主,灌区复种指数为1.95。然而,渠道运行多年,遭遇山体滑坡和渠道塌方,1987年后便基本无法通水,导致287hm<sup>2</sup>农田无法保证灌溉,已成为当地农民迫切需要解决的问题。

项目区自然条件较好,交通便利,土壤肥沃,但由于项目区位于灌区末端,水源至田间输水距离较长,田间工程设施差,灌区改造前灌水技术落后,灌溉保证率低,严重制约了当地农业生产结构的调整和农业经济的发展。同时,由于地形坡降较大,水土流失及田间土渠冲刷严重,对农业生产和生态环境均产生较大影响。2013年,为彻底解决项目区农田灌溉问题,恢复原有灌溉面积,改善灌溉条件,在灌区改造中将原渠道输水改造为低压管道输水,工程已投入使用3年。

### 3.2 项目区主要技术参数

#### 3.2.1 灌溉设计保证率

灌区以石门水库为水源,根据灌区水土资源条件及农作物种植结构等实际情况及SL207-98《节水灌溉技术规范》,灌区灌溉设计保证率取85%。

#### 3.2.2 灌溉水利用系数

管道系统管系水利用系数取0.96,田间水利用系数取0.95。

#### 3.2.3 灌溉制度

根据当地的调查资料,灌区以水稻种植为主,水稻生育期内所需最大灌水定额在泡田期,且日最大灌水定额为60m<sup>3</sup>/亩。除去有效降雨外,还需供泡田用水量。灌水延续时间与作物种类、灌区面积大小等因素有关,根据该灌区实际情况,灌水延续时间T取12d,系统每天工作时间24h。

### 3.3 工程布置

设计利用石门水库发电站管道引水,使用DN315mm的PE管道输水,在项目区原南干渠所在位置修建低压管道输水工程,沿线设置给水栓和调节、保护设施,利用南高北低地形形成的自然落差进行自流输水。根据灌区地形,项目区设主干管一条,沿东西向布置,直接通向田间,需要时开启给水栓轮流放水进行农田灌溉。

### 3.4 低压管道输水工程设计

#### 3.4.1 灌溉方式确定

根据田块及给水栓的布置情况,同时考虑管理方便和可能出现的集中供水,灌溉分3组轮灌,每组设计灌溉面积取96.67hm<sup>2</sup>。一组轮灌中同时工作的出水口有6个。

#### 3.4.2 设计流量计算

依据《节水灌溉工程实用手册》,灌溉系统设计流量计算公式:

$$Q_0 = amA/(\eta Tt) \quad (1)$$

式中: $Q_0$ 为系统设计流量,m<sup>3</sup>/h; $a$ 为作物种植比例; $m$ 为设计灌溉定额,m<sup>3</sup>/亩; $A$ 为设计灌溉面积,亩; $\eta$ 为灌溉水有效利用系数; $T$ 为设计灌水周期,d; $t$ 为系统每天工作时间,h。

经计算系统设计流量 $Q_0 = 331.96 \text{ m}^3/\text{h}$ ,即 $0.092 \text{ m}^3/\text{s}$ 。

#### 3.4.3 管材与管径选择

依据GB/T20203-2006《农田低压管道输水工程技术规范》中管径选用方法,按经济流速选用管径。

$$D = 18.8(Q/V)^{0.5} \quad (2)$$

式中: $D$ 为管道直径,mm; $v$ 为管道水流流速,取 $1.15 \text{ m/s}$ ; $Q$ 为计算管段的设计流量,m<sup>3</sup>/h。

计算得干管管径 $D = 319.4 \text{ mm}$ 。

理论计算管径为319.4mm,改造时选取了315mm的管径,经对315mm的管径进行管网水力计算和压力校核,复核结果满足输水要求,且施工方便。故主干管采用直径为315mm的PE管能够满足灌溉要求。

#### 3.4.4 管道水力计算

(1)管道沿程水头损失

管道沿程水头损失按下式计算:

$$h_f = fQ^m L/D^b \quad (3)$$

式中： $h_f$ 为沿程水头损失，m； $L$ 为管长，m； $Q$ 为体积流量， $m^3/h$ ； $m$ 为流量指数； $f$ 为沿程阻力系数； $D$ 为管

内经，mm； $b$ 为管径指数。

式中参数可由试验得出，也可参考表1得出。

根据 GB/T20203-2006《农田低压管道输水灌溉

表1  $f, m, b$  值

管道种类	$f_1$	$f_2$	$m$	$b$	
混凝土及当地材料管	糙率 0.013	0.001 74	$1.312 \times 10^6$	2.00	5.33
	糙率 0.014	0.002 01	$1.516 \times 10^6$	2.00	5.33
	糙率 0.015	0.002 32	$1.749 \times 10^6$	2.00	5.33
旧钢管、旧铸铁管	0.001 79	$6.25 \times 10^5$	1.90	5.10	
石棉水泥管	0.001 18	$1.455 \times 10^5$	1.85	4.89	
硬塑料管	0.000 92	$0.948 \times 10^5$	1.77	4.77	
铝质管及铝合金管	0.000 80	$0.861 \times 10^5$	1.74	4.74	

注： $f_1$ 用于  $Q$  的单位为  $m^3/s$ ， $D$  的单位为 m 的情况； $f_2$ 用于  $Q$  的单位为  $m^3/h$ ， $D$  的单位为 mm 的情况。

工程技术规范》，取  $f=0.948 \times 10^5$ ， $m=1.77$ ， $b=4.77$ 。按照最不利原则，选择给水栓同时开启时出水口均集中在管道末端的最不利工况，进行管道水力计算，计算所得沿程水头损失为 1.2 m。

#### (2) 管道局部水头损失

管道局部水头损失可按管道沿程水头损失的 10% 计算，即  $h_j = h_f \times 0.1 = 0.12$  m。则主干管入口处所需工作水头  $H_1 = h_j + h_f = 1.32$  m。

计算结果见表 2。

表2 管道水力计算结果

分区	典型管道	总水头损失	地形高差	出水口实际水头
石门灌区南干灌片	主干管 (PE管)	1.32	7.8	6.48

根据管道水力计算结果，在扣除水头损失情况下，主干管能够满足整个项目区的输水要求，恢复和改善农

田灌溉用水条件。

### 3.5 工程效益分析

项目区灌区改造工程投入使用 3 年来的情况表明，低压管道灌溉工程效益十分显著，相对于维修原明渠渠道，工程效益主要表现在节约灌溉用水、节省工程投资等直接效益和省工及节约维养经费、促进当地农民增收等间接效益两个方面。

#### 3.5.1 直接效益

##### (1) 节约灌溉用水

石门水库灌区南干渠原渠道塌方淤堵严重，水流不畅，水资源流失较大；渠道衬砌大都损坏，渗漏、蒸发量大，水资源浪费严重。改造成低压管道后，输水能力提高，基本无渗漏、蒸发，管系水利用系数达到 0.96，灌溉水利用系数由改造前的 0.4 提高到 0.91。分析表明项目区节约了灌溉用水，增加了农田灌溉面积。改造前后节水效益对比计算如表 3，项目区年灌溉用水量可节约 1 993 521.3  $m^3$ 。

表3 节水效益对比计算表

灌溉方式	面积/亩	综合净灌溉定额/( $m^3$ /亩)	净灌溉用水量/ $m^3$	灌溉水利用系数	毛灌溉用水量/ $m^3$
渠道灌溉	4 300	330.89	1 422 827	0.40	3 557 067.5
管道灌溉	4 300	330.89	1 422 827	0.91	1 563 546.2

#### (2) 节省工程投资

原傍山渠道全长 7.3 km，经过几十年的运行，渗漏严重，山体滑坡、渠道塌方，从 1987 年开始就基本无法通水灌溉，仅能灌溉约 40  $hm^2$  的农田，改造成低压管道后，灌水条件明显改善，恢复到可灌溉 287  $hm^2$  农田。项目区维修原渠道需花费 580 元/m，而铺设 DN315PE

管仅需 460 元/m，低压管道输水工程投资比维修原渠道要节约 12 万元/km，总投资节约 87.6 万元，大大降低了工程建设的一次性投入。

#### 3.5.2 间接效益

##### (1) 省工及节约维养经费

原渠道傍山而建，渠道淤堵、塌方严重，杂草丛生，

需经常进行清理和加固处理,日常运行维护和管理难度大、投工多、费用高,据调查原渠道每年投入的维养经费约8万元左右。改造成低压管道后,管道铺设于地面以下,三年来虽未进行大的维修,管道依然运行正常,日常管理用工也大幅度减少,调查表明能够节省维养和管理用工40%左右,减少了工程运行成本,减轻了农民负担。

#### (2) 促进当地农民增收

改造成低压管道后,项目区农田灌溉水流通畅,灌水历时大幅缩短,灌溉条件显著改善,农田灌溉得到有力保障,引来种植大户洽谈流转承包,除当地农民自己种植受益外,还可以300~400元/亩的价格承包出去,促进当地农民增收。

## 4 低压管道输水灌溉技术应用前景

石门水库灌区南干渠灌片由原明渠渠道输水改造成低压管道输水,运行3年以来,项目区农田灌溉条件明显改善,灌溉面积得到全部恢复,灌溉水利用效率显著提高,年灌溉用水量节约56%。而且,采用低压管道输水灌溉相对于采用传统明渠输水灌溉,工程效益十分突出,工程建设一次性投资较低,且可减少工程建设占用耕地;工程建成投入使用后运行维护简单,管理方便,费用较低,并可减少当地农民投工投劳,减轻农民负担,增加农民收入。

由此可见,低压管道灌溉技术实用先进,具有广泛的适用性,在我省乃至全国的农业高效节水灌溉中具有非常广阔的应用前景,将成为我省高质量完成“十三五”规划新增高效节水灌溉100万亩目标任务的重要举措和保障。

#### 参考文献:

- [1] 王兴,袁晓奇,史尚. 南方地区节水减排面临的形势及对策[J]. 人民长江,2016,47增刊(1):9~12.
- [2] 王浩. 淮河流域农业节水技术和措施研究[D]. 南京:河海大学,2007.
- [3] 熊剑英,李慧婧. 江西省水利普查农业取水量计算方法浅析[J]. 人民珠江,2014(1):45~47.
- [4] 李晓峰. 低压管道输水灌溉技术在我国渠灌区的应用研究[D]. 西北农林科技大学,2010.
- [5] 罗江锋. 灌区低压管道灌溉技术的应用研究[J]. 科技前沿,2014(17):33,39.
- [6] 欧阳球林,李娜. 江西省干旱成因分析与节水灌溉[J]. 节水灌溉,2007(4):65~66.
- [7] 李宗尧. 灌区管理与调度[M]. 南京:河海大学出版社,2006.
- [8] 魏闯,李明思,雷成霞. 新疆管道输水灌溉技术的应用条件及面对的问题[J]. 节水灌溉,2010(5):71~74.
- [9] 梁春玲,刘群昌,王韶华. 低压管道输水灌溉技术发展综述[J]. 水利经济,2007,25(5):35~37.
- [10] 王蒙. 江苏地区低压管道输水工程技术适宜性评价及模式研究[D]. 扬州大学,2014.

编辑:张绍付

## Analysis of irrigation technology of low – pressure pipeline in Jiangxi province

—Take the Shimen reservoir irrigation area of Ruichang city as an example

QIAN Rongming<sup>1</sup>, HUANG Tao<sup>1</sup>, DENG Sheng<sup>2</sup>, DU Xiaodun<sup>3</sup>, HUANG Taixi<sup>3</sup>

(1. Jiangxi Provincial Water Resources Department, Nanchang 330009, China;

2. Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China;

3. Ruichang Municipal Water Conservancy Bureau of Jiangxi Province, Ruichang 332200, China)

**Abstract:** Based on the analysis of the status of water – saving and existing problems in Jiangxi province, the application of low – pressure pipeline irrigation in Shimen irrigation area of Ruichang was used as design example which is combined with the characteristics of low – pressure pipe irrigation technique, comparing low pressure pipe irrigation engineering with channel irrigation shows the advantages of low pressure pipe irrigation engineering and adaptability, the application of low – pressure pipeline irrigation technology could save irrigation water, invest, maintenance and income. To complete the 13th Five – Year plan tasks on efficient water – saving irrigation in our province, pipeline irrigation is one of the important guarantee.

**Key words:** Jiangxi province; Low pressure pipe irrigation; Channel irrigation; Benefit comparison

翻译:钱荣明