

管道灌溉在丘陵山区桃园建设项目中的应用

侯 苗¹, 袁新明¹, 王利红¹, 张小林², 胡 信¹

(1. 扬州大学, 江苏 扬州 225000; 2. 溧阳市水利局, 江苏 常州 213000)

摘要: 高效节水管灌溉技术可以有效节约水资源, 具有明显的经济效益。针对溧阳市上兴镇涧东村桃园高效节水灌溉工程进行设计, 并总结出在丘陵地区管道灌溉的布置方式和设计方法, 为管道输水灌溉技术在丘陵区的应用提供依据, 对同类工程有一定的借鉴意义。

关键词: 丘陵地区; 节水灌溉; 管道灌溉

中图分类号: S275.6

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839 (2018) 09-0030-07

Application of pipeline irrigation in peach orchard construction project in hilly area

HOU Miao¹, YUAN Xinming¹, WANG Lihong¹, ZHANG Xiaolin², HU Xin¹

(1. Yangzhou University, Yangzhou 225000, Jiangsu;

2. Liyang Water Conservancy Bureau, Changzhou 213000, Jiangsu)

Abstract: High efficiency water-saving pipeline irrigation technology can effectively save water resources and has obvious economic benefits. In view of the design of high efficient water-saving irrigation project in peach orchard in Jiandong Village, Shangxing Town, Liyang City, the layout and design method of pipeline irrigation in hilly area were summarized, which could provide a basis for the application of pipeline water conveyance irrigation technology in hilly area, and had certain reference significance for similar projects.

Key words: hilly area; water saving irrigation; pipeline irrigation

0 引言

我国是农业大国, 农业是用水大户, 而水资源紧张与农业用水量大并存, 严重影响农业可持续发展, 因此发展节水灌溉技术, 提高灌溉水利用效率成为当前农业水利工程发展的一个趋势, 有利于提高农业综合生产能力。

在农业节水研究方面, 高传昌等人^[1-3]分别从工程节水、农艺节水、管理节水等角度, 提出相关节水措施, 并取得较好的成效; 钱荣明等人^[4-6]对管道输水灌溉技术进行分析; 在丘陵区节水措施研究方面, 汪顺生等人^[7-9]提出管道灌溉是适

合山地丘陵区的节水技术; 傅广仁等人^[10-11]针对山区果树灌溉技术提出节水灌溉的必要性。常规的灌溉系统采取明渠灌溉模式, 而明渠灌溉不仅容易受到水资源概况的限制, 若灌溉区距离水源较远还会增加沿程和局部的水头损失, 降低渠道的灌溉保证率, 此外容易受到地形条件的影响, 若地形复杂, 地势高差变化大则不能满足地区的灌溉要求。管道灌溉是采用耐压的管道代替明渠输水, 利用低耗能的水泵或者地形高差所提供的自然压力, 将水从水源输送到项目区, 进行地面灌溉的技术^[12], 具有节水、节地、节能、省工、投资回收快、提高产品质量等特点。

收稿日期: 2018-05-10

作者简介: 侯苗(1994—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水利工程。

通讯作者: 袁新明(1958—), 男, 教授, 研究方向为水利工程。

丘陵地区地形较为复杂,自然资源丰富,气候条件雨热同期,为我国因地制宜发展农、林、牧等多种经营提供了有利条件。而由于地势高差较大,存在水土流失隐患,灌溉通常依赖自然降雨,多数时候不能满足作物灌溉需求,因此发展节水灌溉工程非常必要。丘陵地区自然条件优越,水资源较丰富,灌溉水源得到保障;而地貌复杂、地势较高,造成交通不便、水源取水也较困难。

本文针对丘陵山区桃园的灌溉需求,提出了高效节水项目方案的设计,其设计和方法可为同类工程提供借鉴和参考。

1 管道灌溉技术应用实例分析

1.1 基本资料

项目区位于江苏省溧阳市上兴镇涧东村南部,属于丘陵山区,地势落差较大,东南至西北向地势高,两侧成坡状。水源位于项目区西北侧。项目区地形图见图1。规划灌溉面积约为 26.67 hm^2 (400 亩),区域均为桃树种植,现有部分桃树及规划种植桃树均为顺坡种植,少数现有桃树沿着等高线种植,种植行距与株距为 $5 \text{ m} \times 3 \text{ m}$,桃树日耗水量 6 mm/d 。土壤类型为:壤土为主,伴有部分红壤土,田间持水量 25%。将项目区西侧的官塘水库作为灌溉水源,其中官塘水库为小(2)型水库,水质

监测分析结果为水质良好,桃树灌溉所需水量为官塘水库总库容的 2.0%,满足项目区桃树灌溉用水要求。

该地区呈现冬季干冷,夏季湿热,无霜期长,光照充足,四季分明的气候特点,年平均气温 15.5°C ,七月平均气温最高,一月平均气温最低,年平均降水量 1149.6 mm ,年平均蒸发量 896.1 mm 。年平均太阳辐射量 $103 \sim 118 \text{ 千卡}/\text{cm}^2$,日照时数年平均为 2006.6 h 左右。年平均最大风速 14.9 m/s ,历年最大风速达 21.44 m/s 。灌溉季节平均风速为 3.1 m/s 。由于降水时空分布不均,与作物生长需要不相适应,影响作物的生长及稳产、高产。项目区现有包括水利设施:官塘水库 1 座,道路设施相对较完善,而农田灌水设施技术水平较低,而且地势高差较大,灌水困难,水资源不能充分利用,造成经济效益较低,成为当地农民迫切需要解决的问题。

1.2 灌溉方式的确定

在丘陵地区,灌溉更多依赖自然降雨,且地势高差较大。若采用传统的灌溉方式,会导致在远处灌不上水,在低处、近处出水太多,导致灌溉质量差、效率低,既浪费水、也浪费较多的人力财力^[13]。

本项目采用管道灌溉,可以减少土渠占地,以

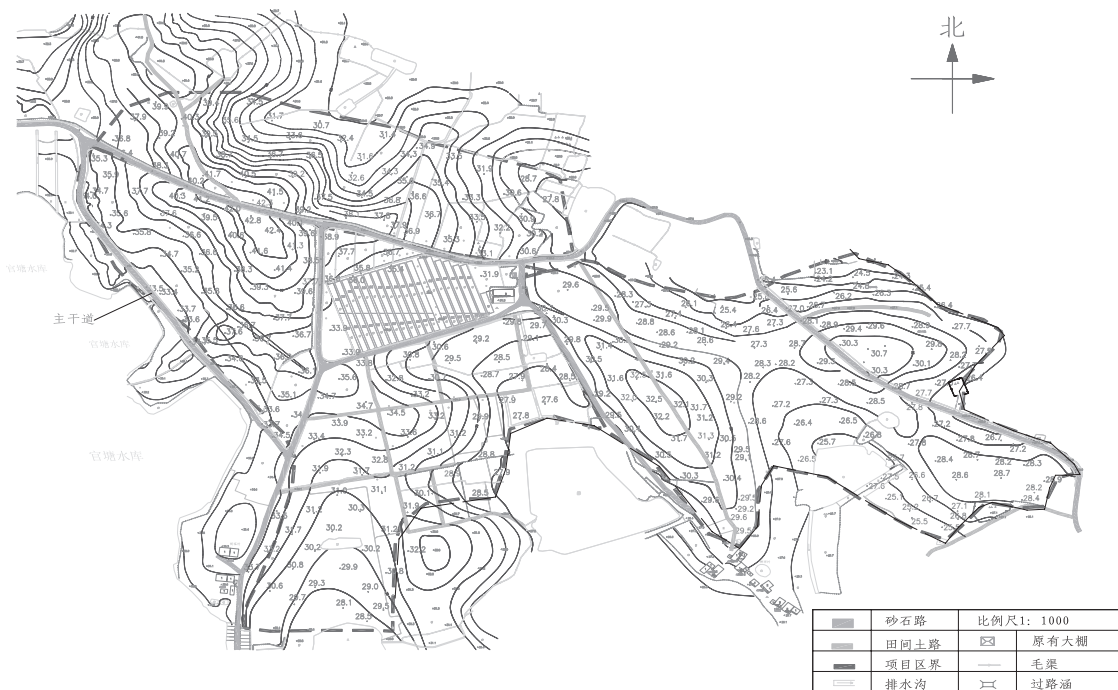


图1 项目区地形图

管代渠在井灌区一般比土渠减少占地 2% 左右,而且管网埋在地下便于交通和机械操作,此外管道灌溉完成后,软管可以收回卷成盘,随身带走,便于保管^[14]。

1.3 管道布置

为了发挥管道输水灌溉工程的效益,管道布置应该从当地实际出发,利用好现有的资源,与灌区渠道、道路等整体规划相协调,以扩大灌溉面积、力求管道总长度短、管线平直应减少折点和起伏、避开填方区和可能产生滑坡或受山洪威胁的地带等为原则进行设计^[12]。项目区为丘陵地,为了便于灌溉并提高管灌系统的灌溉效率和使用寿命,选择移动式管道输水灌溉。根据地形东南至西北向地势高,两侧成坡状;水库水源位于项目区西北侧,取水泵站选取在项目区西侧,泵站位置地质较好,没有淤泥,靠岸水较深。

灌溉系统的管道包括:水泵进水管、干管、分干管、支管等。其中水泵出水管接着干管,将干管沿着山脊和主干道铺设;在干管上布置分干管,并通过闸阀控制,按照灌溉面积和项目区现状道路,布置 3 个分干管,将分干管沿着道路和山脊布置;支管垂直于分干管,基本沿等高线和道路布置;在支管上每隔 10 m 安置 1 个给水栓,给水栓距离地面高 50 cm,软管通过给水栓与支管连接,沿着桃树种植方向布置。软管进口与末端水压力差

值控制在 20% 以内。管道具体布置见图 2。

2 管道灌溉系统设计

2.1 设计基本参数

项目区作物的日耗水量为 6 mm/d,设计灌溉保证率为 90%,管道灌溉水利用系数 85%。给水栓采用 SN66(外壳玻璃钢),管道外径 66 mm,出口内径 50 mm,工作水头 2 m,按照孔口放水恒定出流计算公式 $Q=VA$,计算得 $Q=10.6 \text{ m}^3/\text{h}$,按照 1 个给水栓控制 2 排树计算(即支管每隔 10 m 布置 1 个给水栓,1 个给水栓上安装 1 个 PE 软管,1 根 PE 软管浇灌 2 排树),1 个给水栓放水时间约 3 h。

2.2 灌溉制度

(1) 设计灌水定额

根据公式(1)计算[15]:

$$m=1000\gamma_s h(\beta_1-\beta_2) \quad (1)$$

式中:

m —设计灌水定额, m^3/hm^2 ;

γ_s —土壤容重,根据本地区土壤资料取 $14.5 \text{ kN}/\text{m}^3$;

h —计划湿润层深度,根据桃树日需水量等资料,取 0.5 m;

β_1, β_2 —适宜土壤含水量上、下限(占干土重量的百分比),分别取 90% 和 70%;

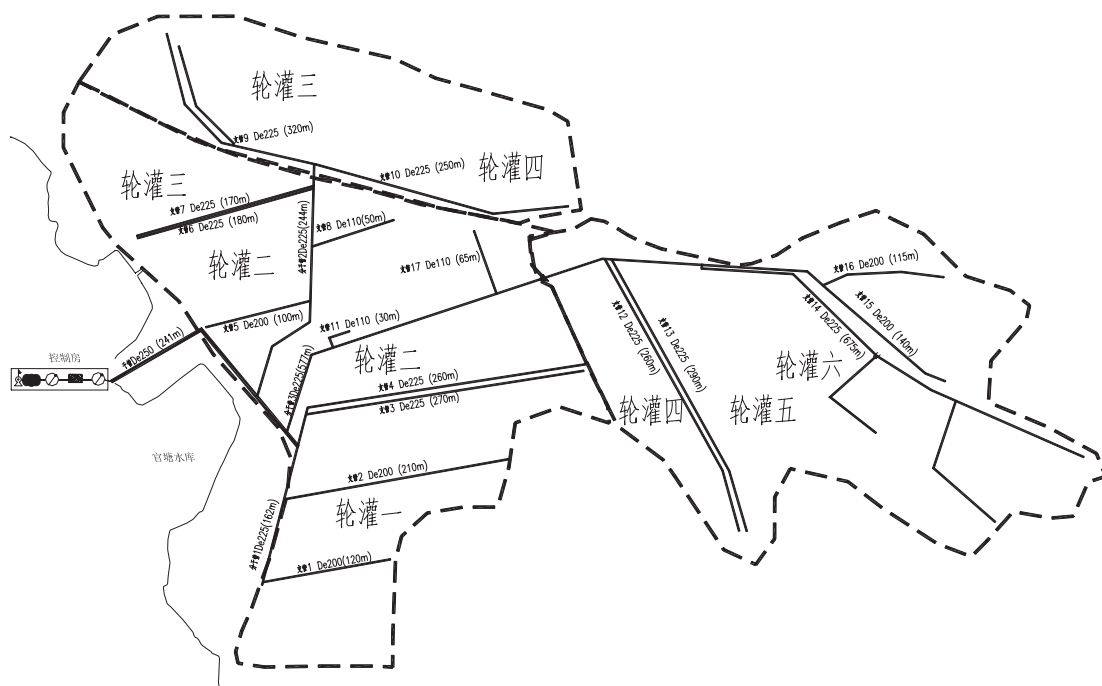


图 2 项目区管道布置图

当地土质为壤土,其田间持水率取 25% (重量百分比),计算得: $m=36.25\text{ mm}$, 取 40 mm 。

(2) 设计灌水周期的确定

设计灌水周期根据公式 (2) 计算^[15]:

$$T = \frac{m}{E_{\max}} \quad (2)$$

式中:

m —设计灌水定额, mm;

E_{\max} —作物设计耗水强度, mm/d。

计算得 $T=6.7\text{ d}$, 取灌水周期为 6 d 。

2.3 轮灌制度

根据桃树的生长习性,设计每棵桃树浇灌 90 s , 每棵树的灌水量为 0.3 m^3 。

采用干管、分干管续灌、支管轮灌的方式,每天 2 条或者 3 条支管工作。

每条支管工作给水栓数量为 $2 \sim 52$ 个, 1 个轮灌组同时工作 $18 \sim 20$ 个给水栓,灌溉分 18 个轮灌组,按照灌溉面积和支管数量规划每天工作 3 个轮灌组。

3 管道灌溉系统管道设计

3.1 管道材料选择

管道材料的选择取决于输送流量的大小、管道承受的水压、外部荷载、地质及施工条件、市场供应、工程造价等因素。工程中通常可采用的管材有以下几种: 钢管 (SP); 球墨铸铁管 (DP); 预应力钢筋混凝土管 (PCP); 玻璃钢夹砂管 (RPMP); 塑料管 (ABS、PE、PP、UPVC)。从工程造价、安装、耐用性等综合方面考虑选用 UPVC 管作为本次工程的管材。干管和支管均采用 UPVC 管,其中干管、分干管采用 1.0 MPa 的 UPVC 管,支管采用 0.6 MPa 的 UPVC 管,管道埋于地面以下 0.8 m 。软管采用 PE 管。

3.2 管道流量设计

3.2.1 管网流量推求

灌溉系统设计流量按照公式 (3) 计算:

$$Q_0 = \frac{amA}{Tt\eta} \quad (3)$$

式中:

Q_0 —灌溉系统设计流量, m^3/h ;

a —灌水高峰期作物的种植比例, 取 0.8 ;

m —桃树灌溉定额, $27\text{ m}^3/\text{亩}$;

A —设计灌溉面积; 为 400 亩 ;

t —灌水高峰期作物 1 次灌水延续时间, 为 6 d ;

t —系统日工作时间, 9 h ;

η —灌溉水利用系数, 取 0.85 。

经计算 $Q_0=235.29\text{ m}^3/\text{h}$ 。

3.2.2 管道管径计算

管道流速初定为 1.5 m/s , 管径按公式 (4) 计算:

$$D = 1.13 \sqrt{\frac{Q}{3600v}} \quad (4)$$

式中:

D —管段内径, m;

Q —管段流量, m^3/h ;

V —经济流速, m/s , 取 1.5 。

根据计算得出管道管径和设计流量, 列入表 1。

3.3 管道水力计算

根据轮灌组的划分, 选择最高处的第四天灌溉区域以及最远处的第六天灌溉区域作为管道水力计算的最不利区域, 将得出的结果作为计算泵所需流量和扬程的依据。

3.3.1 水头损失计算

管道水头损失由两部分组成: 沿程水头损失和局部水头损失。

沿程水头损失按公式 (5) 计算:

$$H_f = \frac{kfFQ^m}{D^b} L \quad (5)$$

式中:

h_f —沿程水头损失, m;

f —管材摩阻系数;

Q —管道的设计流量, m^3/h ;

L —管长, m;

D —管内径, mm;

m —流量指数;

b —管径指数;

F —多口系数。

其中 $F=0.360$ (管道局部水头损失按管道沿程损失的 10% 计算)。

查《农田低压管道输水灌溉工程技术规范》, UPVC 管材、PE 管管材摩阻系数均为 0.948×10^5 , 流量指数为 1.77 , 管径指数为 4.77 。计算结果见表 2。

表 1 各管段设计参数计算表格

管道	管道设计流量 (m ³ /h)	管径 (mm)	管道长度 (m)
干管	235.29	250	241
分干管 1	190.80	225	162
分干管 2	190.80	225	244
分干管 3	190.80	225	577
支管 1	127.20	200	120
支管 2	148.40	200	210
支管 3	190.80	225	270
支管 4	190.80	225	260
支管 5	106.00	200	100
支管 6	190.80	225	180
支管 7	180.20	225	170
支管 8	42.40	110	50
支管 9	190.80	225	320
支管 10	190.80	225	250
支管 11	31.80	110	30
支管 12	190.80	225	260
支管 13	190.80	225	290
支管 14	190.80	225	675
支管 15	74.20	200	140
支管 16	116.60	200	115
支管 17	21.20	110	65

表 2 不利区管道水头损失

轮灌 4			
灌溉组	管道	直径（mm）	水头损失（m）
第一组	干管	250	2.00
	分干管 2	225	6.80
	支管 10	225	1.00
水头损失汇总			9.80
第二组	干管	250	1.33
	分干管 2	225	0.29
	分干管 3	225	1.28
	支管 10	225	4.80
	支管 11	110	0.26
	支管 12	225	1.00
水头损失汇总			8.96
第三组	干管	250	1.34
	分干管 3	225	7.15
	支管 12	225	1.99
水头损失汇总			10.48
轮灌 6			
灌溉组	管道	直径（mm）	水头损失（m）
第一组	干管	250	1.02
	分干管 3	225	2.96
	支管 17	110	0.99
	支管 14	225	0.50
水头损失汇总			5.47
第二组	干管	250	1.11
	分干 3	225	4.26
	支管 14	225	1.61
水头损失汇总			6.98
第三组	干管	250	1.22
	分干 3	225	4.64
	支管 14	225	3.85
水头损失汇总			9.71

计算得到, 轮灌组4的第三组灌溉为最不利工况, 水头损失为10.48 m(此外与管道出口的地势差10.8 m)。则最大水头损失为 $H=10.8+10.48=21.28$ m, 给水栓工作压力水头为2 m, 则管道最大工作压力水头 $H_{\max}=21.28+2=23.28$ m, 满足管道工作压力要求。

3.3.2 水泵选型与配套动力

水泵进水管至泵室高差约为1.5 m, 考虑吸水管路水头损失为 $23.28 \times 0.1=2.4$ m, 此外, 1个肥料罐的水头损失取3 m, 则水泵所需最大扬程为 $23.28+2.4+1.5+3=30.18$ m。

泵站最大设计流量 $235.29 \text{ m}^3/\text{h}$, 最大扬程30.18 m, 选用IS125-100-200型离心泵, 转速2900 r/min, 设计流量 $240 \text{ m}^3/\text{h}$, 扬程为44.5 m, 配套电机功率为45 kw, 电机型号Y225M-2, 泵站启用软启动, 加SG-55kVA变压器, 并使用变频器变频调速, 使其出口压力不超过规定值, 确保灌溉系统的正常使用的功能。

4 结语

发展高效节水灌溉技术有利于节约水资源, 改变传统的农业灌溉方式, 提高水资源利用率, 特别是对于地形较复杂的丘陵地区和水资源匮乏的地区有示范作用。溧阳市上兴镇涧东村高效节水灌溉工程实施后, 不仅可以提高该镇的农业生产水平, 提高经济效益, 增加农民收入, 而且对溧阳市全市农业发展节水灌区的水利产业政策均具有一定的指导意义, 对同类型的项目也具有一定的借鉴意义。

本项目实施后, 根据经济效益评价分析, 在作物增产、节省土地、节约用水等方面均产生相应的经济和社会效益。每亩桃树可以增产100 kg, 年均增加产值250万元。此外在桃树需水期较大的季节可以保证灌水条件, 对土壤结构形成保护作用, 并形成适宜的土壤、水等环境, 有效地改善当地生态环境。

参考文献:

- [1] 高传昌, 王兴, 汪顺生, 等. 我国农艺节水技术研究进展及发展趋势[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(01): 146-150.
- [2] 胡和平. 农艺节水技术在农艺发展中的应用探究[J]. 农技服务, 2017, 34(13): 177.
- [3] 王兴, 袁晓奇, 史尚. 南方地区节水减排面临的形势及对策——以江西省为例[J]. 人民长江, 2016, 47(S1): 9-12.
- [4] 钱荣明, 黄韬, 邓升, 等. 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[J]. 江西水利科技, 2017, 43(05): 348-351.
- [5] 冯忠江, 常春平, 褚英敏. 低压管道输水灌溉技术在土地整理工程中的应用[J]. 水土保持研究, 2003(04): 203-205+233.
- [6] 刘群昌. 低压管道输水灌溉技术[J]. 中国水利, 2008(23): 64-65.
- [7] 汪顺生, 高传昌. 管道输水灌溉技术在丘陵地区的应用[J]. 排灌机械, 2004(05): 32-34.
- [8] 文峰, 孟玉川. 适合山地丘陵区节水灌溉技术——低压管道[J]. 水利技术监督, 2003(06): 39-41.
- [9] 闫顺喜. 山地丘陵区发展农业节水灌溉研究[J]. 山西水利科技, 2007(02): 34-35.
- [10] 傅广仁. 管道灌溉技术在辽阳山区果树灌溉中的应用[J]. 科技创新导报, 2008(09).
- [11] 霍书新, 张小红. 节水灌溉技术在果园中的应用[J]. 北方果树, 1997(03): 10-11+14.
- [12] 艾伟, 付飞熊. 管灌、滴灌技术在陕西省黄陵县节水农业中的应用研究[J]. 北京农业, 2013(21): 137-138.
- [13] 易兴翠, 卢荣安. 低压管道灌溉技术在丘陵地区土地整理中的运用研究——以赤壁市车埠等两个(乡)镇低丘岗地改造项目(丛林片)为例[J]. 科技信息, 2010(02): 100-101.
- [14] 王明旭. 低压管道输水灌溉及工程设计探究[J]. 河南水利与南水北调, 2016(08).
- [15] GB/T20203-2006, 农田低压管道输水灌溉工程技术规范[S].