

低压管道输水灌溉技术在土地整理工程中的应用

冯忠江, 常春平, 褚英敏

(河北师范大学资源与环境科学学院, 河北 石家庄 050016)

摘要: 水资源是河北省自然资源体系中最紧缺的资源, 在土地整理工程中采用节水灌溉技术, 对缓解项目区的用水矛盾意义重大。低压管道输水灌溉技术, 以其节水、节地、节能等综合优势, 被广泛地应用在土地整理项目中。以河北省阜城县土地整理项目为例, 对低压管道输水灌溉系统规划设计中的诸多实际问题进行了探讨。

关键词: 低压管道; 灌溉技术; 土地整理

中图分类号: S 275

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)04-0203-03

Study on Applying Low-pressure Conduit Transmittal Water Irrigation Technology to Land Arrangement Project

FENG Zhong-jiang, CHANG Chun-ping, CHU Ying-min

(College of Resource and Environmental Science, Hebei Teachers University, Shijiazhuang 050016, China)

Abstract: The water resources is the scantiest natural resources in Hebei Province. It is highly important to relax the contradiction of water utilization in the zone that the low-pressure conduit transmittal water irrigation technology is adopted in the land arrangement project. With its integrated predominance of the saving on water, land and energy, the irrigation technology is applied widely to the land arrangement project. An example is given for discussing many problems in the plan and design of the low-pressure conduit transmittal water irrigation system from Fucheng County land arrangement project in Hebei Province.

Key words: low-pressure conduit; irrigation technology; land arrangement

土地整理在我国是一个较新的学科领域, 面对“21 世纪谁来养活中国?”的严峻挑战, 积极推行土地整理, 已成为解决各方用地矛盾, 实现土地资源可持续利用和保持经济快速、健康发展的必然选择。土地整理的目的就是通过对田、水、路、林、村的综合整治, 提高土地资源质量, 完善基础设施工程, 建设高标准、高效益、高质量的农业生产基地, 使农民的生产生活条件和生态环境得到改善。农田水利工程是土地整理工程中的核心内容, 而采用何种灌溉技术, 又是整个农田水利工程规划设计的关键。

1 河北省阜城县土地整理项目区概况

河北省阜城县土地整理项目, 是国家投资的土地整理重点项目, 建设规模 477 hm², 目前已完成规划设计, 计划于 2004 年 1 月开工建设。

项目区地处华北冲积平原, 地形平坦, 起伏较小, 西高东低, 平均坡降 1/6250。地表水缺乏, 农业灌溉主要依靠深层地下水。属于暖温带半干旱半湿润季风气候, 年平均降水量

588.1 mm, 降水季节分配不均。土壤类型为盐化潮土, 土壤质地为壤土, 肥力较差, 耕性适中。旱灾是最常见的自然灾害, 往往在农作物需水期干旱少雨, 造成大面积农作物减产。

项目区属井灌区, 据测算, 300 m 深井的单井出水量 50 m³/h, 静水位 81 m, 动水位 96 m。主要农作物有小麦、棉花、玉米、花生、大豆等。以小麦为例, 田间持水率(以质量计)一般为 25%, 土壤含水量上、下限分别为田间持水率的 95% 和 65%, 计划湿润层深度 50 cm, 设计灌水定额 525 m³/hm²。根据小麦的需水量, 灌浆期为需水高峰期, 日平均耗水强度为 6.8 mm/d, 灌水周期约需 8 d。灌水次数一般为 4 次, 即返青、拔节、抽穗、灌浆各 1 次灌水。秋旱作物按灌溉两次考虑。针对项目区水资源短缺的实际, 为缓解用水矛盾, 提高水资源利用率, 拟采用以深机井为水源的低压管道输水灌溉技术。

2 低压管道输水灌溉技术的特点

低压管道输水灌溉技术(简称“管灌”), 是以管道代替明

¹ 收稿日期: 2003-06-03

作者简介: 冯忠江(1964-), 男, 河北涪源人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为资源开发与利用及区域可持续发展。

渠将水直接输送到田间沟畦灌溉作物,以减少水在输送过程中的渗漏和蒸发损失的节水灌溉技术。“低压”,是指田间末级水管出水口工作压力与喷灌、滴灌系统相比较,远低于其灌水器的工作压力,一般控制在 3 kPa(0.3 m 水头)以下。

以管代渠可使渠系水利用系数提高到 95% 以上,可使毛灌水定额减少 30%;与土渠相比,由于渠系水利用系数的提高,使得直接从井中提取的水量大大减少,因此可节约能耗 25% 以上;与喷、微灌技术相比,由于采用低压输水可减少渠道占地,提高土地利用率,一般在井灌区可减少占地 2% 左右;由于输水管道埋于地下,便于机耕及养护,耕作破坏和人为破坏大大减少,加之管道输水速度明显高于土渠,可显著提高灌水效率;低压管道灌溉系统投资相对较低,若使用 PVC 管,公顷均投资 1 500~2 250 元,农民可以承受,便于技术推广。

但是低压管道输水灌溉技术在田间仍采用传统的沟畦灌,因而与喷、微灌技术相比,田间水的利用系数仍较低。

3 低压管道输水灌溉系统的规划设计

3.1 管网的优化布置

管网布置是低压管道输水灌溉系统设计的关键,管道系统投资常占系统总投资的 70% 以上。管网布置必须遵循以下原则:井灌区的管网布置宜以单井作为一个完整系统,力求管线最短;尽量利用地形落差实施自流输水;最末一级固定管道走向应与作物种植方向一致,且管线平顺,以利于田间管理和耕作。

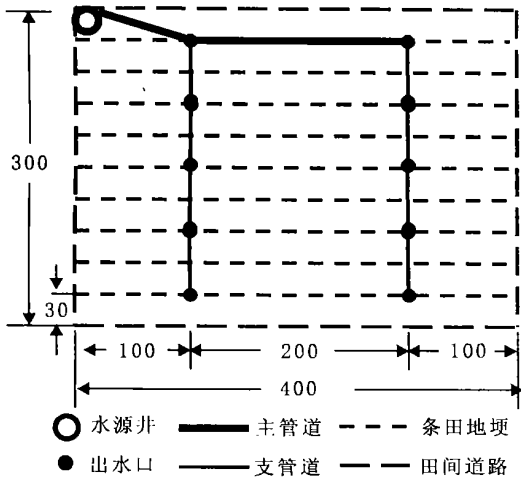


图 1 典型区管网平面布置示意图

据实测资料,项目区 300 m 深井的单井出水量为 50 m³/h。依据机井设计流量和一种主要农作物的灌水定额及灌水周期,可计算出单井有效灌溉面积,其运算公式为:

$$A = (Q \cdot t \cdot T \cdot \eta) / m$$

式中: A —— 单井灌溉面积, hm²; Q —— 单井出水量, m³/h; t —— 每天灌水时间, h; T —— 灌水周期, d; η —— 管道输水效率; m —— 灌水定额, m³/hm²。

我国北方井灌区的设计灌溉面积,可以小麦的灌水定额和灌水周期为主要依据。如取 Q = 50 m³/h, t = 16 h, T = 8

d, η = 0.98, m = 525 m³/hm², 则单井有效控制面积为:

$$A = (Q \cdot t \cdot T \cdot \eta) / m = (50 \times 16 \times 8 \times 0.98) / 525 = 11.9 (\text{hm}^2)$$

据此确定项目区机井数为 40 眼,每眼井控制 1 块方田,布置一套完整的管网系统。管网系统由主管道、支管道和地面软管组成。主管道平行于条田,支管道与主管道垂直,支管间距 200~300 m。在支管上两块条田宽度位置设一出水口,布置在条田中间地埂,间距 45~65 m。出水口接地面软管,长 80~100 m,双向灌水到畦田。如图 1 所示。

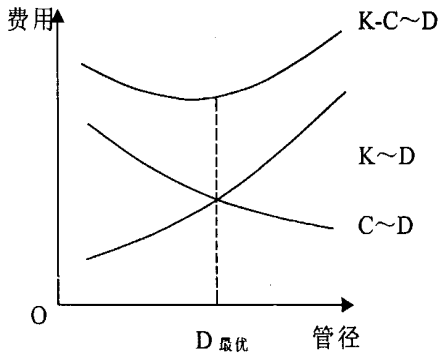


图 2 管网费用与管径关系图

3.2 管材的选择

适宜的管材应兼具强度高、变形小、承插连接方便、止水效果好、质量可靠、施工方便、价格合理等特点。管材的强度和价格是相辅相承的,管材越厚,强度越大,价格越高。项目区地处平原井灌地区,机井配套潜水泵的出水量约 50 m³/s,压力稳定,主支两级管道的设计压力一般都小于 0.15 MPa (15 m 水头),以选用 2.5 mm 薄壁聚氯乙烯管(承压 0.3~0.4 MPa)为宜。

3.3 管径的确定

大量工程资料的统计分析结果证明,管道管径的大小直接影响管道灌溉系统的费用。该费用包括管网工程基本建设投资和年运行费用两部分。一般情况下,在管道压力、流量一定时,管径小、投资亦小,但管中流速大,使管道水头损失增加,以至增加管网系统的水头,使年运行费用增加;管径大,工程投资大,但运行费用低。最优管径应是投资和运行费用之和最小的管径。管网费用与管径的关系如图 2 所示。

图中横坐标代表管径,纵坐标代表费用, K ~ D 线为管径与管道系统总投资的关系曲线, C ~ D 线为管径与管道系统年运行费用的关系曲线, K - C ~ D 线为管径与管道灌溉系统总费用的关系曲线。显然 K - C ~ D 曲线最低点处的横坐标值(D_{经济})即为系统的最优管径,此时的流速称为经济流速。不同的管材具有不同的经济流速。下表给出了我国北方地区 6 种不同管材的经济流速。

表 1 经济流速表

管材	钢筋 混凝土	砣	石棉 水泥	水泥土	硬塑料	陶瓷
经济流速/ (m · s ⁻¹)	0.8~1.5	0.8~1.0	0.7~1.3	0.5~1.0	1.0~1.5	0.6~1.1

管径、流量及流速之间的关系,通常可用下式来表示:

$$d = \frac{\sqrt{4Q}}{3600\pi v}$$

式中: d ——管道直径(m); v ——管道内水的流速, 此处取经济流速 1.2 m/s; Q ——管内过水流量, 此处取单井出水量 5 0 m³/h。则

$$d = \frac{\sqrt{4 \times 50}}{3600 \times 3.14 \times 1.2} = 0.1214 \text{ m}$$

故主管道应选取管径 \varnothing 125 mm 的 PVC 管。在低压管道输水灌溉系统中, 由于支管沿程泄流, 流量不断减少, 为节省管材, 减少工程投资, 支管道以选取管径 \varnothing 100 mm 的 PVC 管为宜。

3.4 管道的水力计算

3.4.1 水头损失计算

管道水头损失包括沿程水头损失 H_f 和局部水头损失 H_j 。

沿程水头损失是指水流在一定长度的顺直管道内流动时的压力水头损失, 内壁光滑的硬塑料管及地面移动软管的沿程水头损失均用哈—威公式计算:

$$H_f = 1.13 \times 10^9 \times (L/D^{4.871}) \times (Q/C)^{1.852}$$

式中: L ——管道长度, m; D ——管道直径, mm; Q ——管道流量, m³/h; C ——沿程摩阻系数, 塑料管取 150。

因低压输水管道主管、支管及地面软管的过水流量存在差异, 故沿程水头损失需分段计算, 最终计算结果为: H_f = 7.84 m。

局部水头损失是指水流在管道中流动时, 经过各种弯管、变径管、三通、闸门等引起的压力水头损失, 其大小可由下式得出:

$$H_j = \xi v^2 / 2g$$

式中: v ——管道平均流速, m/s; g ——重力加速度, 取 9.8 m/s²; ξ ——局部水头损失系数, 其值可查阅相关资料。

在本项目实际工程中, 局部水头损失按沿程水头损失的 10% 估算, 为 0.78 m。

3.4.2 管首最高水位推算

管首最高水位即管网运行时首部枢纽所需的压力水头, 它是井灌区井泵选配的主要依据, 其值可按下式推算:

$$H_{\text{管首}} = H_f + H_j + 0.2$$

式中: H_f ——沿程水头损失, m; H_j ——局部水头损失, m; 0.2 ——管道出水口的压力, 它是保证水在畦田内流动起码的压力。则

$$H_{\text{管首}} = 7.84 + 0.78 + 0.2 = 8.82 \text{ (m)}$$

3.5 水泵的选配

首先根据单井出水量($Q_{\text{井}}$)选择水泵的设计流量($Q_{\text{泵}}$), 一般需满足:

$$Q_{\text{泵}} \geq Q_{\text{井}}$$

水泵的设计扬程需满足:

$$H_{\text{泵}} \geq H_{\text{泵管}} + H_{\text{管首}} + h + H_{\text{其他}}$$

式中: $H_{\text{泵}}$ ——水泵设计扬程, m; $H_{\text{泵管}}$ ——水泵扬水管水头损失, 按每百米泵管的水头损失 0.07 m 计为 6.72 m; $H_{\text{管首}}$ ——管网首部要求水头, 此处为 8.82 m; h ——动水位埋深,

此处取 96 m; $H_{\text{其他}}$ ——水位年变幅度与水泵使用年限之积, 若井位平均每年降幅 2 m, 水泵使用年限 8 a, 则该值为 16 m。那么

$$\begin{aligned} H_{\text{泵管}} + H_{\text{管首}} + h + H_{\text{其他}} \\ = 6.72 + 8.82 + 96 + 16 = 127.54 \text{ (m)} \end{aligned}$$

故选择型号为 200QJ(R)50-130/12 的潜水泵, 即水泵设计流量 50 m³/h, 设计扬程 130 m, 符合水泵选型的条件。

4 施工安装与运行管理

4.1 施工安装

低压管道输水灌溉工程作为整个土地整理项目的一个环节, 它的施工和管理应当与土地整理的其他各项工程协调进行。要先修渠、路, 搭好骨架, 划定方田; 然后平整土地, 进行方内建设; 最后在平整后的方田内进行管道输水工程建设。在施工安装技术方面, 应严格掌握好以下几点。

4.1.1 搞好放线测量

管线放线就是将设计图纸上的管网布置线路, 具体落实到田块上。测量必须准确, 要用经纬仪定开挖中心线, 在安装给水栓或三通处, 要设立明显的标志。

4.1.2 处理好基槽开挖和基础

项目区地面高程变化不大, 土壤为壤土, 较为坚实。为满足管道的良好受力条件, 管槽底以开挖弧形为宜, 管沟开挖宽度为 0.5~0.7 m。管道埋深要满足农田耕作要求, 不能低于 0.7 m。管线尽量避免软土地基及不均质地带, 如不能避开或遇松软土, 应用碎石垫层或夯实作地基处理, 防止发生不均匀沉降造成管道破裂变形。

4.1.3 硬塑管的安装采用承插式连接

承插式连接(子、母口连接)是应用最为广泛的一种硬塑管安装形式, 该法承接不需预先制作, 有费用低、易操作等特点。安装时沿管沟铺设管材, 母口端正对水流方向, 在每节管的子口端视内水压力装 3~4 个密封止水胶圈, 从上游向下游先安装主管道, 然后安装支管道。

4.1.4 回填土前要先试水

管道系统铺设完毕后, 由项目工程领导小组及专业工程验收单位进行单项工程验收, 并作送水试验, 认真检查接口及管道是否有漏水现象, 确定符合设计要求后方可回填土, 并进行压实, 回填土略高于地面, 以备沉陷。

4.2 运行管理

4.2.1 运行中应注意的问题

为了防止管道压力升高造成管道破坏, 开泵前必须先打开给水栓。要始终保持进排气阀的畅通无阻。本项目区为深井区, 水位深度一般超过 80 m, 如排气阀进气不畅通, 停泵时破坏不了真空, 水锤压力增大, 易造成管道爆裂。经测试, 管道内所形成的负压最高可达到 1MPa, 远远超过管材的承压能力。

4.2.2 主要管理措施

低压管道输水灌溉不同于明渠输水, 技术要求较高, 必须实行科学管理, 才能使工程充分发挥效益。

(下转第 233 页)

前仍存在多龙管水的问题, 特别对城镇供水水的管理缺乏行之有效的权威管理机制, 这和西部大开发的要求极不协调。目前, 迫切需要协调流域水资源管理和行政区水资源管理的关系, 以水资源优化配置为目标, 重点强化流域水资源统一管理, 进行水资源总量控制, 加强对地表水和地下水、供水和需水、水量和水质、开源和节流、经济用水和生态用水的统一管理。黄河下游自 1972 年首次出现断流以来, 到 90 年代断流时间更长次数更多。造成黄河断流的原因是多方面的, 而沿黄各地无序引水使本来水量不足的黄河雪上加霜, 1999 年黄委会统一发出“调水令”, 对黄河流域进行水资源统一配置, 使断流时间缩短 40 天。水资源的统一管理要充分体现市场经济作用, 体现水价对水资源合理配置的促进作用, 以水资源优化配置为前提, 走水与经济、社会、环境持续协调发展的现代水利即资源水利的道路。有专家指出, 水价提高 10%, 将使家庭用水降低 7%。宁夏今年调整水价以来, 在四、五月用水高峰期节约黄河水 1.5 亿 m³, 农民节水减少水费等农业生产支出 180 多万元。西北地区发展相对落后, 农民对水价一时难以承受, 从“工程水利”到“资源水利”刚刚起步, 但这是生产力发展到一定水平的必然要求, 也是面对水资源挑战的必然选择。

2.4 研究西北植被状况, 确定生态建设目标, 进行综合治理, 努力涵养水源

西北的植被类型必须以水文气象条件为主, 借助地理分析来确定。应从气象、水文、地理、土壤等方面进行综合研究, 确定生态建设目标, “因地制宜”, “适地适树(草)”, 实行工程

措施和生物措施结合, 按照“全拦降水、集流入渗、覆盖保墒、高效利用”的雨养农业节水方针, 在充分考虑水资源环境容量的前提下, 以水来定植被类型、覆盖度等, 积极推广应用径流林业等抗旱农林业技术, 尽快恢复西北地区的植被, 从而更好地涵养水源。

2.5 科学选比, 适时启动南水北调工程, 从长计议务必调水
水资源匮乏是造成西北地区生态环境恶化的根本原因, 针对西北水少而西南水多的现状, 为改变水资源空间分布和时间分配的不平衡性, 必须进行水资源合理调配。国家有关部门已召开多次南水北调工程论证会, 对西线南水北调的各种方案进行综合对比, 按实施的可能性排出时间表进行前期工作。当前应着重研究黄委会提出的西线方案, 从战略的眼光考虑, 向西北干旱盆地调水或实施西线方案。

3 结 语

西北地区水资源匮乏、水源枯竭、水体污染严重、用水浪费, 是制约西北区域经济发展关键因素。科学利用降水资源、经济可行, 是水资源合理科学利用的一个途径; 科学配水, 全民节水, 建设节水型社会; 理顺管理关系, 优化配置水资源, 综合治理, 确立生态农业, 涵养水分, 改善生态环境; 从长计议, 启动南水北调工程, 是解决西北地区水资源短缺、改善生态环境的战略之计。以水为切入点, 采取有效措施改善现状, 支持区域经济可持续发展, 就能够实现江总书记提出的“再造一个山川秀美的西北地区”的战略目标。

参考文献:

[1] 成建国. 水资源规划与水政水务管理实务全书[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2001. 3- 83.
[2] 陈霁巍. 黄河治理与水资源开发利用[M]. 郑州: 黄河水利委员会出版社, 1998. 3- 25, 291- 365.
[3] 水利部农村水利司, 中国灌溉排水技术开发培训中心. 水土资源评价与节水灌溉规划[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1998. 1- 47, 66- 88.

(上接第 205 页)

一要建立健全管理组织机构, 要以村为单位统管, 实行单井承包, 负责安排灌水作业的组织和实施。二要建立健全用水管理制度, 主要是按照管道灌溉系统的灌溉面积、种植计划和农作物需水要求, 制定科学的用水计划、轮灌计划, 合

理调配水量, 使农作物得到适时适量灌溉。三是认真作好水费征收, 按上级规定的计费标准由村委会统一征收, 其中工程设施折旧费由项目所在地的码头镇水管站统一管理, 用于工程设施的维修和更新改造。

参考文献:

[1] 国土资源部土地整理中心. 土地开发整理标准(TD/T 1011~ 1013- 2000)[S]. 北京: 中国计划出版社, 2000.
[2] 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, 2001.
[3] 水利部农村水利司. 管道输水工程技术[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 1998.
[4] 吴建华. 供水泵站工程新技术[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2002.