

基于遗传算法防渗渠优化设计 及全自动现浇成型技术应用

侯 丽¹, 赵亲国², 张天琦¹

(1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210022; 2. 南京市溧水区石湫街道水利站, 江苏 南京 211222)

摘要:为了使灌溉工程更加高效节水,基于工程实例,采用遗传算法,在可控范围内快速搜索最优渠道设计断面,并结合工程经验修正搜索结果后,再正向校核其过流能力,结合工程条件提出全自动现浇成型技术应用。结果可知,采用遗传算法快速搜索的最优设计断面,经修正后输水能力 Q 为 $0.0564 \text{ m}^3/\text{s}$,大于设计流量 $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$,渠道断面尺寸满足需要,且不存在淤积和冲刷问题。在施工过程中采用全自动现浇成型机,可节约大量人力、物力,有效缩短工期。为类似工程提供参考依据。

关键词:遗传算法; 优化设计; 全自动现浇成型技术; 高效节水; 灌溉工程

中图分类号:TV93

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2019)11-0066-03

The optimization design of anti-seepage canal based on genetic algorithm and application of automatic cast-in-place molding technology

HOU Li¹, ZHAO Qinguo², ZHANG Tianqi¹

(1. Nanjing Water Planning and Designing Institute Co., Ltd., Nanjing 210022, Jiangsu;

2. Shijiu Water Conservancy Station of Lishui District, Nanjing 211222, Jiangsu)

Abstract: In order to make irrigation engineering more efficient and water-saving, based on engineering examples, genetic algorithm was adopted to search the optimal design section rapidly within a controllable range, and the search results based on engineering experience were modified after as well as the flow capacity was checked, and the application of automatic cast-in-place molding technology based on engineering conditions was proposed. The results showed that the optimal design section searched quickly by genetic algorithm had a modified water carrying capacity Q of $0.0564 \text{ m}^3/\text{s}$, which was larger than the design flow of $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$. The size of the canal section could meet the needs, and there was no sedimentation and erosion problem. In the process of construction, automatic cast-in-place molding machine could save a lot of manpower and material resources, and shorten the time limit effectively, which could provide reference for similar projects.

Key words: genetic algorithms; optimize design; automatic cast-in-place molding technology; efficient water-saving; irrigation project

0 引言

近年来,党中央、国务院不断加大强农惠农富

农力度,制定出台了一系列政策措施,促进了农业农村持续稳定发展。为了支持粮食生产特别是高标准农田建设,各级政府从不同渠道投入了大量财

收稿日期:2019-06-06

作者简介:侯丽(1985—),女,工程师,硕士,主要从事水利工程设计研究工作。

财政资金,对改善我省农业生产基础设施条件、促进农业、农村经济发展和农民增收、推进社会主义新农村建设发挥了重要作用。其中高效节水灌溉工程被尤为重视,该类工程提高效率的关键在于提高渠道设计施工效率,以及加强土渠及地表漫灌的输水、灌水技术。但是,在对于我国地大物博的情况下,节水灌溉工程往往伴随着投资成本大、人力工作量大、投入范围受限等问题。且我国水资源相对紧缺,传统土渠灌溉模式存在严重的水资源浪费现象,影响了农业的经济发展。本文基于南京市六合区冶山街道岗陈社区共 233.1082 hm² 土地的耕地质量提升片区项目,采用遗传算法针对灌溉用土渠进行设计优化,提出满足该片区灌溉需求的最优设计断面。同时提出一种新型的全自动现浇成型技术,在保证浇筑质量的前提下,有效提高施工速度。对比分析灌溉渠改造前后的节水效率,为类似工程提供参考依据。

1 基于遗传算法的断面优化方法

农业灌溉工程中,渠道的断面形态及尺寸,直接影响着灌溉的效率及工程投资。因此对渠道断面尺寸进行有效的优化,是十分必要的。

1.1 GA 优化算法

遗传算法 (Genetic algorithm, GA) 是一种模拟生物进化论,以及遗传学机理科学的优化算法。具有隐蔽、全局等搜索功能,功能函数不受求导或连续等性质约束,可直接对研究对象进行快速搜索^[1]。该算法是模拟自然界优胜略汰法则,算法包括选择、交换、突变等过程,具有较好的自学能力,能够主动获得搜索范围内的最优结果^[2]。其具体运算阶段详见表 1。

1.2 渠道断面校核公式

根据明渠均匀流水力计算公式可对农渠断面尺寸进行校核。

$$Q = AC(Ri)^{1/2} \quad (1)$$

式中: Q 为渠道输水能力, m³/s; A 为渠道过水断面面积, m²; C 为谢才系数, 根据曼宁公式 $C = \frac{1}{n}R^{1/6}$ 计算, n 取 0.015; R 为水力半径, m; i 为渠道比降。

1.3 优化搜索目标函数

此次优化的重要参数为渠道的设计断面,进一步明确为公式(1)中的渠道过水断面面积 A 和水力半径 R 。通过遗传算法寻优过程,快速预测搜索出

表 1 遗传算法运算阶段及内容划分

运算阶段	运算内容
初始化阶段	预先设置进化代数,并随机生成一定数量的个体作为初始群体。
个体评价阶段	计算群体中所有个体的适应度值。
选择运算阶段	通过选择算子评估每个个体的适应度值,选择优秀的个体直接遗传到下一代。
交叉运算阶段	通过交叉算子结合交叉概率选择个别个体,配对交叉产生新的个体遗传到下一代。
变异运算阶段	通过变异算子结合变异概率改动个别个体的某些基因链上的基因值,生成得到下一代群体。
终止判断阶段	若运算达到之前设置的最大遗传代数或适应度值保持不变,将进化过程中所得到的具有最大适应度个体作为最优解输出,然后终止计算。

渠道输水能力值,以预测结果与设计值的均方差 (MSE, 详见公式(2)) 不大于某一设定值作为搜索最优参数的判断精度,力求搜索过程中的最小均方差为优化的目标条件。具体优化搜索流程图详见图 1。

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f(\vec{x}_i) - y_i)^2 \quad (2)$$

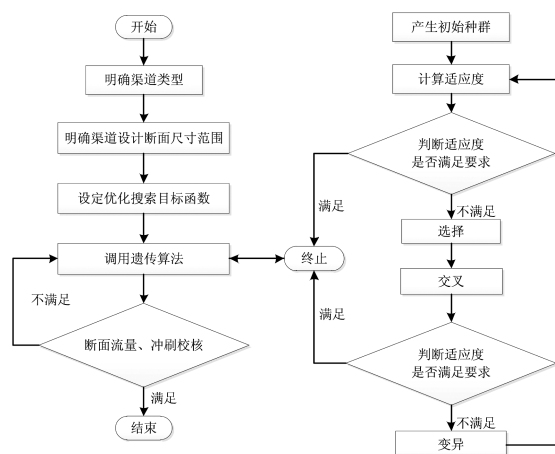


图 1 渠道断面尺寸优化搜索流程图

2 全自动现浇成型技术

2.1 常见渠道施工技术对比分析

目前常见的渠道施工措施主要有现浇、预制、装配式、一次成型等。对比各施工措施优缺点(详

见表 2), 可见一次成型的技术优势非常明显。一次成型的施工效率非常高, 土地平整后, 由一次成型机械进行现场浇筑, 每台套设备日工作进度可达 500 m 左右, 效率是传统工艺的 10 倍^[3]。且其自动化程度高, 整机仅需一人操作。全自动一次成型施工技术采用现浇成型、红外定向、挤压密实、振捣结合、注塑防裂等新技术, 实现了一次成型, 表面光滑、均匀密实。使用寿命长, 机器浇筑出的防渗渠使用寿命可达 30 年以上, 是传统工艺的 6 倍以上。节水系数高, 混凝土现浇式防渗渠无缝隙, 无渗漏, 节水效果十分明显, 可以有效提升水利用系数, 一般可节水 30% 以上, 沙土环境甚至可节水 50% 以上。节地比例高, 混凝土防渗渠坡陡、墙窄, 较土渠少占地 1/2 ~ 1/3。制作工序少, 传统防渗渠施工工艺要求有专门预制场地, 而使用全自动节水防渗渠现浇成型机可以边开挖边进行混凝土浇筑, 大大减少了场地要求, 减少工序, 降低了成本^[4-5]。

表 2 常见渠道施工方案比较分析表

比较项	现浇	预制	装配式	一次成型
施工效率	低下	较高	较高	高
自动化程度	较低	较低	较低	高
工程质量	高	一般	高	高
使用寿命	长	较短	较长	长
节水系数	高	一般	高	高
节地比例	较低	较高	较高	高
制作工序	繁琐	较少	较少	少

2.2 全自动现浇成型机工作原理

全自动现浇成型机的工作原理, 主要分为 3 个阶段: 启动阶段、进料系统工作阶段、浇筑前进阶段。启动阶段是由发电机带动搅拌机、振动机、液压系统等工作机构, 等以上机构全都运行稳定了之后, 开始渠道的浇筑工作。进料系统工作阶段是将水泥导入进料斗后, 下部通过搅拌机进行浇筑。浇筑前进阶段需由液压伸缩系统、振动系统以及推进压实系统, 这 3 个系统共同配合完成。使得现浇成型机随着振动向前推进, 浇筑用水泥经过振动过程变得更加均匀、密实。

3 工程应用

3.1 工程概况

六合区冶山街道岗陈社区上陈等组耕地质量

提升片区项目, 位于六合区冶山街道。根据六合区统一部署, 结合冶山街道社会主义新农村及乡村振兴战略建设需要, 本次将位于冶山街道岗陈社区共 233.1082 hm² 土地的耕地质量提升片区项目, 主要建设内容包括土地平整工程、高效节水灌溉工程、田间道路工程、土壤改良工程、农田防护与生态保持工程等。本文重点分析基于全自动化成型技术的农渠设计及应用效果。项目区土渠在灌溉季漏水、阻水现象严重, 既浪费了水资源, 又严重影响农作物的生长发育, 需要重新规划建设。现状灌溉水利用系数为 0.45, 灌溉保证率为 55%。根据水利现代化要求, 灌溉水利用系数为 0.75, 因此, 目前项目区节水灌溉规模还不能满足项目区灌水要求。

3.2 U 型混凝土农渠优化设计

渠道断面常见有矩形、梯形、U 形、复合形以及弧形底梯形等形式。根据当地的习惯及业主要求, 结合地形条件限制, 采用 U 型渠形式, 需新建 8.991 km。确定片区灌溉渠道按续灌方式进行水力计算。渠道输水流量均小于 0.1 m³/s, 根据《灌溉与排水工程设计规范》(GB 50288-99) 表 2.05, 工程级别为 5 级, 5 级渠道岸顶超高按不小于 0.1 m 控制。由公式 (1) 可知, 本次我们搜索的变量为渠道的过水断面面积, 约束条件为渠道流量计算值不小于渠道的设计流量 0.05 m³/s, 搜索目标为工程造价最小, 即简化为水泥使用方量最小。经运行优化程序, 所得优化尺寸为上口 0.5786 m, 深 0.446 m, 底弧半径 0.1897 m。

结合设计经验修正尺寸为上口 0.6 m, 深 0.45 m, 底弧半径 0.2 m, 比降均为 1/2000, 水深 0.35 m。正向校核结果输水能力 Q 为 0.0564 m³/s, 大于设计流量 0.05 m³/s, 渠道断面尺寸满足需要, 此时渠道平均流速 V = 0.42 m/s, 大于 V 不淤 (0.3 m/s) 且小于 V 不冲 (5 m/s), 不存在淤积和冲刷问题。农渠优化设计断面示意图见图 2。

3.3 全自动现浇成型技术效果分析

经跟踪调研, 采用全自动现浇成型技术制作的防渗渠, 具有防渗效果好、输水能力强、强度高等优点。

4 结论

(1) 本文结合遗传算法的强大搜索功能, 达到快速寻找到相关试算参数的最优值, 在节省了试算的重复工作时间的同时, 也规避了使用非优参数的

(下转第 72 页)

(上接第 68 页)

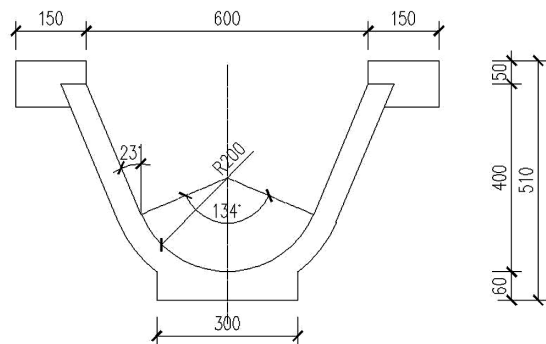


图 2 农渠优化设计断面示意图

风险,使得计算结果更加科学合理。

(2)全自动现浇成型技术为本项目高效节水灌溉工程增添了亮点,其自动化程度高、高效节能等优点为增强水利沟渠灌溉产业发展,提供了先进的技术支撑。项目实施后,项目区灌溉保证率达到 85%,良种覆盖率达到 100%,机耕、机播、机收、秸秆还田面积均达 95% 以上。

(3)通过防渗渠道修建,提高了灌溉保证率及渠系水利用系数,水资源得到充分利用;结合项目

区灌排设施,建设田间道路工程,以提高农业机械化水平、农产品运输,从而大大提高农业综合生产效率,促进现代化农业生产发展。实施后,项目区将呈现出一个“田成方、路成框、林成网、灌得顺、排得畅”的现代化生态高效农业耕作区。

参考文献:

- [1] 云庆夏,王占权,等. 遗传算法和遗传规划[M]. 北京:冶金工业出版社,1997.
- [2] 王璐. 遗传算法与遗传规划的对比性研究[D]. 吉林:吉林大学,2011.
- [3] 刘俊. 现浇混凝土渠道的施工技术[J]. 水利建设与管理,2009,29(3):33-34.
- [4] 毛正杰,汤沛. 全自动节水防渗渠现浇成型机应用及发展趋势[J]. 机械研究与应用,2017,30(4):128-130.
- [5] 郭爱荣. U型砌块成型机设计及其自动控制系统的研究[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2003.