

文章编号: 1004-7271(2004)01-0088-03

·研究简报·

# 规则灌溉管道网优化设计软件系统的开发

## Development of software system of optimization for regular irrigation pipeline network

张丽珍, 孙涛, 楼文高

(上海水产大学海洋学院, 上海 200090)

ZHANG Li-zhen, SUN Tao, LOU Wen-gao

(Ocean College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China)

关键词 喷灌; 二级管网; 优化设计; 软件开发; 数据库

Key words sprinkling irrigation two-level pipeline network; optimal design; software development; database

中图分类号 TP311.1 文献标识码: A

自动式喷灌系统能有效地控制用水, 便于自动化管理, 是大型绿化场地, 如高尔夫球场、工厂化草坪等的主要灌溉方式。管道是喷灌系统的主要设备, 所占投资比重较大, 因此, 研究管道的优化设计, 以减少管材用量, 对降低喷灌工程投资, 提高喷灌效益具有重要的意义。目前已出现了很多有关对田间管网进行优化研究的方法<sup>[1-4]</sup>, 但这些方法普遍存在两个不足之处, 一是在优化前, 必须知道干、支管的长度、喷头之间的距离及支管的间距; 二是输入数据比较麻烦, 输出结果也不直观, 通用性差。针对这一问题, 我们研制了固定式二级规则绿化喷灌管道网的优化设计软件包。

## 1 软件的研究对象

本软件针对的是用于规则绿化地形喷灌的固定式二级管网, 即喷灌管网由干管和支管组成, 地形都是规则的长方形、圆形、三角形或跑道形, 且考虑到一次灌溉的地形不会很大, 所以在块喷灌地上, 只有一根干管, 多根支管。一般情况下, 干管位于地形的中间, 支管位于干管两侧, 但由于干管可以有纵向和横向两个方向布置, 所以共有七种管网的布置形式。

## 2 运行环境及软件组成

### 2.1 软件系统的软硬件环境

本软件系统的硬件平台为奔腾 II 以上微机, 软件平台为 Windows 98, 选用的开发语言为 Delphi 5.0, 数据库开发软件为 Access 98。

### 2.2 软件系统的组成

本软件系统主要由喷头的自动布排和管网的优化两部分组成, 系统的数据流程见图 1。

### 3 软件的设计

由于本软件系统主要由喷头的自动布排和管网的优化两部分组成,这两部分要调用相应的数据库中的数据,并且喷头的自动布排是管网优化的基础,所以软件的设计主要分喷头的自动布排、管网的优化设计和数据库的开发三部分。

#### 3.1 喷头的自动布排

喷头安装在管道上,管网由喷头的布置情况决定。在喷头的布置过程中,首先要选择喷头的组合形式,喷头的组合形式有两种,正方形组合和正三角形组合<sup>[5]</sup>,本软件只就喷头的正方形组合进行了布置。管道网的喷头布置要求喷灌系统内所有面积必须完全被喷头的湿润面积所覆盖,为了不漏喷,软件中设计了避免规则地形边界处漏喷的算法。

喷头的组合形式确定以后,从喷头数据库中选定了喷头的型号,软件系统根据喷头的工作压力和喷嘴直径自动得到喷头射程,然后根据喷头射程确定喷头间距和支管间距,从而确定所要研究地形上干、支管的长度和支管的根数,并把这些数据保存起来,供管网优化设计时调用。此时可以根据需要把喷头的布排情况在屏幕上显示出来。

#### 3.2 管网的优化设计

喷头布置好以后,在保证喷灌范围内孔口压力不超过允许范围的条件下,如何选择各管段内干、支管尺寸,使管网投资最小,是管网优化设计所要解决的问题。每一管段可由若干种大小不同的标准管径管道组成,管网优化的目标函数为管网投资最小,即

$$\min F = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N C_n x_{mn} + \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N C_n x_{in}$$

式中, $F$ 为管网投资(元), $C_n$ 为管道单价(元/m), $M$ 、 $I$ 分别为干管和支管的管段数, $N$ 为供选用的标准管径数, $x_{mn}$ 为第 $m$ 干管段选用第 $n$ 种标准管径管道长(m), $x_{in}$ 为第 $i$ 支管段选用第 $n$ 种标准管径管道长(m)。

约束条件基本上参照文献<sup>[1 2 3]</sup>所述的方法建立,即根据管网实际水头差不应大于允许水头差建立压力约束,根据管段内各种标准管径长之和为该管段长建立管长约束。

本优化设计数学模型属于线性规划模型,因此选择二阶段单纯形法作为本软件的优化算法。

#### 3.3 数据库的开发

本软件开发了两个数据库,即喷头数据库和管道数据库,前者用于喷头的自动布排,后者用于管网的优化设计过程。数据库用 Access 软件建立。

##### 3.3.1 喷头数据库

支管间距及每根支管上的喷头数取决于喷头的射程,而同一型号的喷头射程与工作压力和喷嘴直径等因素有关,喷头数据库如表 1。由于喷头型号与喷头射程是一对多的关系,所以程序采取逐级筛选的方法进行处理。在使用时,用户首先选择某一喷头型号,程序根据用户选择的喷头型号对数据库进行第一次搜索,把对应于此喷头型号的工作压力过滤出来,输出到界面,然后用户选择所需的工作压力,程序根据喷头型号和工作压力对数据库进行第二次搜索,把相应的喷嘴直径过滤出来,输出到界面,最后用户选择所需的喷嘴直径,程序根据喷嘴型号、工作压力和喷嘴直径对数据库进行第三次搜索,直到得到唯一的喷头射程。喷头数据库具有插入、检索、修改和删除的功能。

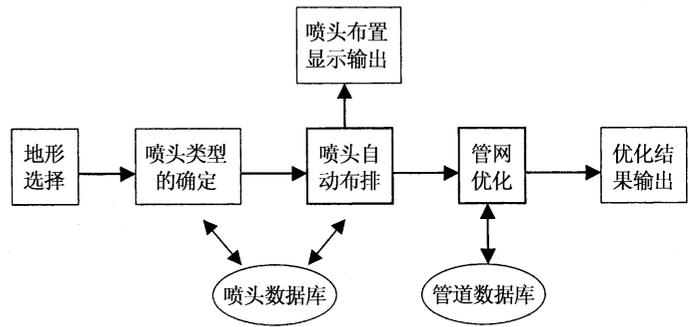


图 1 软件数据流程

Fig. 1 The data flow of the software

表 1 喷头数据库结构  
Table 1 The database structure of nozzles

型号	喷嘴直径( mm )	工作压力( Kpa )	射程( m )
PY120	6	400	21.6
PY120	6	300	19
PY120	7	300	20.8
PY130	9	300	24.2
PY130	9	400	24.6
...	...	...	...

### 3.3.2 管道数据库

每条干、支管由几种不同管径的管子组成,根据实际情况,在优化时选用四种标准管径来进行优化。本软件中使用的管材是目前普遍使用的 PVC 管,管子的数据结构如表 2。在优化的过程中,根据管道流速的范围计算出管径值,在管道数据库中选出与之最接近的四种管径作为备选管径进行优化。

表 2 管道数据库结构  
Table 2 the database structure of pipes

ID	压力( Mpa )	管径( mm )	壁厚( mm )	单价( 元 )
1	0.6	63	2.0	9.1
2	0.6	75	2.2	12.1
3	0.6	90	2.7	17.4
4	1.0	40	2.0	5.7
5	1.0	50	2.4	8.5
...	...	...	...	...

### 3.4 人机界面的设计

为了方便用户使用,本软件设计了友善的人机界面,界面图文并茂,软件还带有界面友善的帮助文件。管道布置和优化所需的原始数据通过界面很容易输入,大部分数据如地形、喷头组合、喷头型号等只需通过提示作相应的选择即可,少量数据输入时,会为用户提供帮助,以避免输入错误。某些数据如喷头射程等不需输入,它们通过已输入的有关数据自动到数据库中去检索得到。本软件还设计了图形界面输出结果,用颜色的不同反映出每根干、支管选用不同管径及长度的情况。

## 4 结束语

本软件测试使用效果较好,用户使用该软件时,首先选择地形(长方形、三角形、圆形或跑道形),再输入地形尺寸,选好喷头类型,输入坡度等值,就能得到规定地形上的喷头布排情况图和优化结果。但本软件有一定的局限性,如只考虑了一次喷灌的情况,在同一喷灌区中只选用同一类型的喷头,只适用于四种规则地形等等。尽管本软件是针对喷灌二级管网来研制的,但也适用于微灌系统,只要是规则地形的二级管网,且由一根干管和多根支管组成,都能适用。

### 参考文献:

- [1] 白丹. 自压喷灌干管管网的优化计算[J]. 农业机械学报, 1995, 26(2): 43-46.
- [2] 白丹, 王云涛. 自压喷灌管网系统优化设计[J]. 农业机械学报, 1996, 27(1): 36-40.
- [3] 白丹. 机压喷灌干管管网优化[J]. 农业机械学报, 1996, 27(3): 52-57.
- [4] 梁文经. 固定式喷灌系统支管的优化设计[J]. 喷灌技术, 1993, 68(2): 20-25.
- [5] 陈大雕, 林中卉. 喷灌技术[M]. 北京: 科学出版社, 1992.