

基于 GIS 的微灌管网智能化设计系统研究

郑纯辉, 赵 杰

(中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要: 微灌管网智能化设计系统是利用地理信息系统技术, 在对微灌管网水力学优化设计模型研究成果进行可视化技术集成的基础上, 建立的智能化设计系统。该文对该系统的开发原则、功能结构和系统结构进行了详细论述, 并解释了系统实现的技术要点。该系统采用面向对象技术, 具有可视化、智能化、易操作、易扩展等特点。

关键词: 微灌管网; 智能化设计; 地理信息系统

中图分类号: S27; TP182

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2004)05-0101-04

0 引言

微灌系统设计的主要任务是根据要求的平均灌水器流量和灌水均匀度, 设计出投资费用和运转费用最低的管网系统。微灌管网设计过程中, 不仅要进行大量水力学计算, 而且还要考虑设计区域的空间背景信息(如地面坡度变化等), 是一个复杂的系统工程。因此, 开发简单、快速、实用的微灌管网智能化设计软件具有重要意义。

目前多数灌溉管网设计系统都是在计算机辅助制图(CAD)软件基础上进行开发扩展的, 和传统管网设计方式相比, 改进了设计手段, 提高了设计精度。但是由于 CAD 软件自身固有的不足——不能将管网设计区域的空间数据和属性数据进行很好的结合, 不能对设计区域的空间特征进行较好的空间分析——从而导致多数基于 CAD 的灌溉管网设计软件在一定程度上只是设计手段的改进, 却较难提高管网设计的智能化水平。地理信息系统技术提供了一种管理复杂空间数据和属性数据的手段, 它融计算机图形学和数据库于一体, 把地理位置和相关属性有机地结合起来, 根据实际需要, 准确、真实、图文并茂地输出给用户, 满足用户对空间信息和属性信息的综合需求, 其独特的空间分析功能和可视化表达方式对微灌管网辅助设计提供了有力支持, 是微灌系统设计与管理的方向和发展趋势^[1-4]。

本文利用地理信息系统技术, 在对微灌管网水力学优化设计模型研究成果进行可视化技术集成的基础上, 开发出了微灌管网智能化设计软件, 大大缩短了微灌管网的开发周期, 提高了微灌管网设计的智能化水平, 为微灌管网的智能化设计提供了思路。

1 系统开发原则

标准化原则。 系统建立在国际、国内行业相关标准

之上, 内容包括系统设计的整个过程和相关要素, 如空间要素编码、属性数据编码、文件系统命名规则、源文件格式、数据字典、接口规范、制图标准和管件图形符号等。

实用性原则。 系统提供了丰富的向导功能, 把复杂的优化设计模型进行了可视化封装集成, 使不具备微灌管网设计经验的用户也可根据不同的设计条件, 自动地或交互地生成管网平面设计图和工程安装图, 将设计者的工作量减小到最少。

先进性原则。 在微灌管网智能化设计系统研制过程中, 综合了微灌领域内先进的水力学解析设计模型和系统优化模型, 建立了设计模型库和管件数据库, 设计了地形特征空间分类方法; 系统可根据不同的地形特征分析结果集, 选择相应的设计模型和设计方式; 同时, 系统采用三维可视化技术, 能够在三维地形上直接进行微灌管网设计。

开放性与可扩充性原则。 系统设计采用 COM 技术, 同时考虑系统的整体性、开放性和可扩充性, 为系统二次开发和功能扩充, 预留了标准接口^[5]。

人性化原则。 系统界面友好, 提供了丰富的设计向导, 方便设计者操作; 地形的三维显示、漫游和飞行等功能, 使设计者能够全面地了解整个设计区域的空间背景信息。

2 系统分析设计

2.1 系统功能分析

系统的功能模块包括数据库管理模块、模型管理模块、专题图制作模块、图表输出模块和系统服务模块等, 如图 1 所示。

数据库管理模块主要实现微灌管网设计中基础数据的编辑、查询、统计及分析等功能。系统数据库包括属性数据和空间数据。属性数据是指与系统目标功能密切相关的大量文字和数表信息等数据, 以数据库表形式进行管理^[3]。本系统的属性数据主要有: 土地资源数据: 土壤类型和分布面积等; 水资源数据: 水源状况、水资源量及其时空分布等; 农业数据: 主要农作物品种、种植面积、行距和株距等; 管件数据: 各种管件、水泵的

收稿日期: 2003-11-17 修订日期: 2004-03-15

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G19990434M-04)

作者简介: 郑纯辉(1972-), 男, 河南省郑州市人, 博士, 主要从事地理信息系统在节水农业中的应用研究。北京市朝阳区安定门外大屯路甲 11 号 中国科学院地理科学与资源所生态网络中心, 100101。

Email: zch_hcz@sina.com

生产参数和价格等。空间数据是指以空间位置为参照的设计区域地形数据, 主要包括设计区域地形、面积和坡度等。

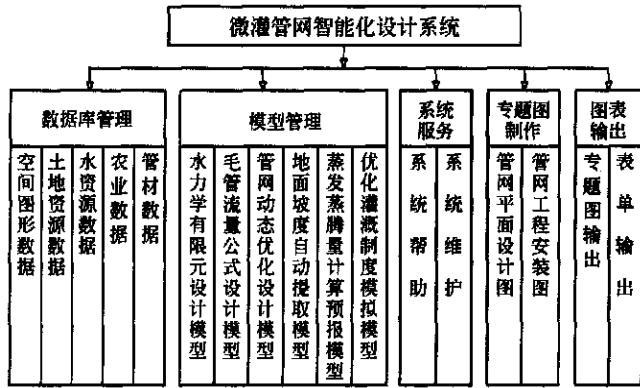


Fig 1 Functions of the system

模型管理模块对微灌管网设计中使用的各种数学模型进行管理与维护。主要包括微灌系统水力学有限元解析设计模型、毛管流量公式解析设计模型、管网动态优化设计模型、地面坡度自动提取模型、作物蒸发蒸腾量计算预报模型和作物优化灌溉制度模拟模型等^[6]。

专题图制作模块实现管网的二维与三维可视化设计功能。在 GIS 技术和 Open Inventor 类库的支持下, 通过专题图制作模块可联接以上数据库与模型库, 使用手

动或自动方式生成微灌管网平面设计方案, 并能够同时自动生成管网工程安装图。

图表制作输出模块可绘制多种与 Office 系列软件兼容的棒图、饼图及表格, 能自动输出平面设计图、工程安装图、施工材料单和施工说明书等。

系统服务模块实现系统的安全维护、工程管理、操作帮助和模型说明等功能。

系统功能描述如表 1 所示, 主要包括空间数据和属性数据转换、地图操作、数据查询、数据分析和模型运算等。微灌管网设计中, 毛管、支管、分干管和干管的沿程坡度变化, 是计算各节点灌溉水压力水头的一个重要参数; 另外, 根据管网设计区域地形空间特征的不同(如均匀坡度、非均匀坡度、规则地形或非规则地形等), 系统应选择不同的管网水力学设计模型, 因此, 系统应具有各级管线沿程坡度自动提取和管网设计区域地形空间特征分析功能。如何判别管网设计区域的地形特征, 从而根据不同的地形条件, 自动地从模型数据库中选择相应的水力学设计模型进行管网设计, 是衡量系统智能化程度的一项重要内容。该系统以管网设计区域地形的坡度变化和边界形状变化反映地形空间特征, 采用坡度分析法和多边形边界分析法实现对设计区域地形特征的空间分析, 生成地形特征空间分析结果集, 依据分析结果集对管网设计模式和管网设计模型进行智能化选择。

表 1 系统基本功能描述表

Table 1 Elementary functions of the system

功能	输入	输出	功能描述
地图数据导入	Shp, Dxf, Mif 数据集	本系统数据集	可导入 ESRI 公司 Shapefile, AutoDesk 公司 Dxf 和 Map Info 公司 Mif 三种地图数据, 数据导入后直接存储为本系统设计的 Mid 数据格式, 以方便微灌管网设计中的模型计算。
地图操作	用户选定的操作	显示相应的地图	打开、关闭、图层次序、漫游、放大、缩小、前一视图、视图范围、还原、三维显示和飞行等高效操作控制功能。
图元查询	选取的图元	图元对象的空间数据及属性数据	确定用户所选择的对象, 求出其地理编码, 然后取得该对象的属性数据和与之关联的对象数据, 用表单形式显示。
空间分析	在地图上选中空间对象	分析结果集	提供微灌管网设计区域的地形特征分类和地面直线的自动提取。根据分析结果集可进行管网设计模式选择和设计模型选择。
工程安装图自动生成	平面设计图与符号库	工程安装图	系统内置了多种管件的图符符号库, 系统能够根据设计方案中的参数, 选择正确的管件图符符号, 自动生成工程安装图。
属性分析	SQL 语句	符合查询条件的空间对象及其属性数据	包括常规的 MIS 查询和基于 GIS 的交叉查询, 可根据查询结果进行常规的统计分析汇总及高维分析, 并进行空间定位搜索。
数理统计分析	统计方式和条件	统计结果表、图	进行多维分组数理统计分析, 形成完整的图表。
自动跟踪翻译	鼠标位置	鼠标处工程的属性数据	进行多图层图元即时翻译, 并能进入信息查询窗口。
热点技术	鼠标双击热点	与热点相关的事件	鼠标双击产生与热点相关的事件(窗口、图像、文本、多媒体等)。

2.2 系统结构分析

从图 2 可以看出, 地图数据集与关系数据库表采用了并行方式, 它们的上层与下层分别是应用管理程序和数据处理与系统维护程序, 这两个核心程序将系统各部分有机地联系在一起。用户通过应用管理程序界面可以进行软件的各种操作, 所有操作结果集都直接进入数据处理与系统维护程序, 通过该程序可以进行空间数据和属性数据动态联接的建立与维护、模型管理和工程管理

等功能。

由于在微灌管网设计过程中要同时考虑设计区域的空间数据和属性数据, 系统提供了空间数据和属性数据之间的动态关联功能。动态关联能够实现由图到属性和由属性到图的双向查询, 使用户可以同时操作空间和属性数据, 获取全面的信息, 从而进行空间分析和专题分析。由图到属性的操作: 当用户点击地图时, 系统可求出该动作的参数, 锁定被选中的图元, 并从数据库中取

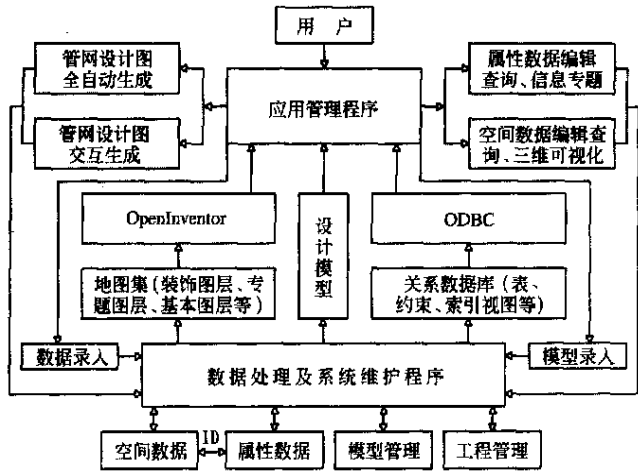


图 2 系统结构示意图

Fig 2 Structure of the system

得其属性数据进行显示; 由属性到图的操作: 当用户由属性查询窗体输入查询条件时, 符合查询条件的结果集能够根据不同的需求以图形或图表的方式进行显示。

为了实现以上操作, 在地图数据库与属性数据库联接方式的设计上, 系统采用唯一字段联接。每一个图层都是一类对象的集合, 图层名与属性库主表名一一对应, 主表的每一条记录对应于地图上一个相应对象。在属性数据库中, 每个主表记录都对应有唯一的 D 值, 地图上的每个相应对象也具有相同且唯一的 D 值, 并存储在地图数据库中。系统利用这些 D 值进行匹配关联, 将属性数据和地图数据联接起来。属性库中的关联表分别通过关键字与主表相关联, 通过数据处理与系统维护程序进行管理和维护, 这样可对空间数据库和属性数据库进行即时更新, 保证系统的开放性和时效性^[1]。

3 系统实现技术要点

3.1 可视化技术

3.1.1 数据编辑可视化

在数据编辑过程中, 通过可视化录入界面, 实现编辑界面表格的页面切换、记录间漫游、字段缺省值、数值型字段范围、字符型字段下拉选择、记录自动序列编号、自动获取当前日期等, 还可以根据用户录入的信息, 自动获取背景数据库信息, 如土壤状况、水资源状况等^[7-9]。

3.1.2 模型维护可视化

通过模型维护可视化界面, 可自由选择微灌管网设计类型(如单向毛管、双向毛管、单向支管或双向支管等), 可通过复选框与单选框选择管网设计的前提条件(如是否考虑毛管盲管、是否考虑支管供水管和灌水器供水管等), 选择结果集能够以文字报告形式提供给设计者, 供设计者检查, 这样不但提高了录入效率, 减少人为错误, 而且符合人们的思维习惯^[10-12]。

3.2 三维技术

系统利用 Open Inventor 三维可视化类库开发了微灌管网的二维与三维设计方法, 使用该方法能够直接在

二维等高线图或三维模拟地形图上进行微灌管网设计, 设计方案能够以二维平面或三维立体方式提交, 无论是针对二维方案还是三维方案都提供了漫游、飞行和 360 全方位浏览等功能。

3.3 模型选择智能化

微灌管网设计中, 不仅要考虑平均灌水器流量、灌水均匀度和作物种类等因素, 还要综合考虑管网设计区域的空间背景信息(如管线的沿程坡度变化等因素), 从而根据设计区域地形特征变化, 选择不同的水力学优化设计模型。因此, 在微灌管网设计系统中, 应当具备设计区域地形特征空间分析功能。本系统采用坡度分析法实现了对设计区域地形特征的空间分类, 依据空间分析结果集可自动选择不同的水力学优化设计模型进行管网智能化设计, 大大提高了管网设计效率和模型选择的准确性。

4 结论

微灌管网智能化设计系统是利用地理信息系统技术, 在对微灌管网水力学优化设计模型研究成果进行可视化技术集成的基础上, 建立的智能化设计系统。在利用该系统进行微灌管网设计时, 只需在系统绘图环境中简单地划出从水源位置到最不利支管单元的干管管线, 并设置管线的布置模式(如单向毛管、双向毛管、单向支管、双向支管等), 系统就能够自动运算得出毛管、支管和干管各管段的管径与长度, 并且能够同时确定管网系统所需水泵的型号。具有易操作、可视化和智能化等特点。

使用该系统可以方便地进行各种地形条件下(规则地形、非规则地形、均匀坡度、非均匀坡度)微灌管网的设计工作, 大大缩短了微灌管网的设计周期, 提高了工作效率。同时该系统可作为微灌系统自动化管理的基础平台, 为高效节水农业的推广和普及打下了坚实基础。

[参 考 文 献]

- [1] 虞开森, 宋立松, 王杏会, 等. GIS 在浙江海塘管理中的应用[J]. 水科学进展, 2001, 12(2): 243- 248
- [2] 彭盛华, 赵俊林, 袁弘任. GIS 技术在水资源和环境领域中的应用[J]. 水科学进展, 2001, 12(2): 264- 269
- [3] Zhao C J. Progress of agricultural information technology [M]. Beijing International Academic Publishers, 2000
- [4] Mohan S, Arumugam N. Expert system application in irrigation management - an overview [J]. Computers & Electronics in Agriculture, 1997, 17(3): 263- 280
- [5] 周正朝, 毛明策, 刘晓东, 等. 旱作农业区化学节水专家系统的研制[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(2): 41- 44
- [6] He Chansheng, Riggs James F, Kang Yung-Tsung. Integration of geographic information system and a computer model to evaluate impacts of agricultural runoff on water quality[J]. Water Resources Bulletin, 1993, (6): 891.
- [7] 陈立平, 王东辉, 赵春江, 等. 掌上电脑农业专家系统开发平台的研究与开发[J]. 农业工程学报, 2002, 18(3): 142- 145

- [8] Watkins D W, et al Use of geographic information system in ground-water flow modeling[J]. *J Water Resource Plng and Mgmt*, 1996, (2): 88- 96
- [9] Conor Shea, et al Integrated GIS and hydrologic modeling for countywide drainage study[J]. *J Water Resource Plng and Mgmt*, 1993, (2): 112- 128
- [10] 李 靖, 傅 骅, 顾世祥 基于地理信息系统的灌区水管
理系统初步研究[J]. *农业工程学报*, 2001, 17(6): 153-
155
- [11] 周振红, 杨国录, 周洞汝 基于组件的水力学数值模拟可视化系统[J]. *水科学进展*, 2002, 13(1): 9- 13
- [12] 魏文秋, 于建营 地理信息系统在水文学和水资源管理中的应用[J]. *水科学进展*, 1997, 8(3): 269- 300

Intelligent design system for micro irrigation pipe-network based on GIS technology

Zheng Chunhui, Zhao Jie

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The intelligent design system for microirrigation pipe-network was set up by using the technology of geographic information system (GIS) to integrate the achievements of scientific research on the hydraulic analysis and design model. In this paper, the design principle, the function framework and the system framework were discussed, and the key technology was further explained for this intelligent design system. Object-oriented technology was adopted in the pipe-network intelligent design software, and it has visualized graphical interfaces and can be used and extended easily.

Key words: microirrigation pipe-network; intelligent design; GIS