

# 基于数字化技术的渠道自动控制系统\*

尚 涛<sup>1</sup> 刘 永<sup>1</sup>

(1 武汉大学城市建设学院, 武汉市东湖南路 8 号, 430072)

**摘 要:** 利用数字化技术, 结合水利学、模糊控制理论, 讨论了如何建立渠道运行自动控制系统, 并建立了渠道运行的自动控制数学模型, 设计出模糊控制系统, 提出了一套相应的模糊规则、隶属度函数等。最后将系统以实际情况进行模拟、仿真实现, 为渠道自动控制系统的稳定运行与决策提供重要数据和依据。

**关键词:** 虚拟现实; 计算机仿真; 自动化供水; 模糊控制

**中图法分类号:** TP391.41

## 1 概 述

渠道控制系统是利用渠道系统的信息来操作渠系、控制渠道水位、流量的基本系统。任何供水工程必须满足供水适量、适时, 尽可能地满足用户要求, 同时应保证整个和局部系统的稳定。

1952 年, 美国垦务局在 Columbia Basin 工程中安装了称作 Little-Man 的渠系控制系统<sup>[1]</sup>, 主要是基于三点控制, 后来加上比例控制而改造成 Golvin 控制器。1969 年, Wylie 开发了“Gate Stroking 方法”, 通过闸门连续的或不连续的运动, 而改变系统的稳定性<sup>[2]</sup>。但它们都是基于传统的控制理论和方法。1989 年, 王念慎等以渠池首尾水深作为状态变量, 以各闸门开度作为控制变量建立状态空间方程, 用线性二次型性能指标最小寻求最优控制规律是全局反馈控制的例子<sup>[3]</sup>。用模糊控制理论分析渠道系统控制, 可使稳定性大大提高, 但这还只是在理论探索阶段, 实际工程成功应用的例子并不多见。

所谓数字化技术, 就是综合运用遥感、地理信息系统、计算机网络、通讯、多媒体、数据库及虚拟现实等现代高新技术对渠系的地理环境、水利设施、自然资源、流域河网、河道水文、水土性质、监测站分布、渠道运行情况、社会和经济状态等各种信息进行数字化采集与存储、动态监测与处理

分析、综合管理与传输分发, 构建三维监测模型和中央信息及控制平台, 建立适合于渠道控制的栅格图形数据库、矢量图形数据库、属性数据库的控制系统。在此基础上, 操作人员及主管部门可及时了解相关信息, 并能够进行宏观决策。

## 2 渠道控制系统的构建

### 2.1 控制系统设计

系统硬件主要采用平板自动闸门实现自动启闭, 以调节、控制水位的变化, 实现常水位。闸门启闭机包括电机、制动器、调速器、减速度器及闸门开度传感器。对于工控机部分, 有机箱带冗余电源、工业主板、muti 通讯卡、数据采集卡、模拟输出、继电器等。为稳定起见, 计算机配置、中控室采用一台工控机。在子系统中, 每个计算机控制一个闸门。整个控制系统结构如图 1 所示。

水源监测系统可由远程用户计算机、监控主机、计算机网络、视频压缩卡等组成。系统主要功能和技术如下。

1) 图像压缩技术。采用 MPEG 4 压缩标准, 窄带传输带宽 300K。

2) 图像传输系统。多种传输途径远程监视与控制(Internet、ADSL、ISDN)。

3) 图像控制方式。本地和远程端均可控制系统中的镜头的变化。将多个云台与服务器相连,

\* 收稿日期: 2003-03-28。

项目来源: 国家自然科学基金资助项目(59879016)。

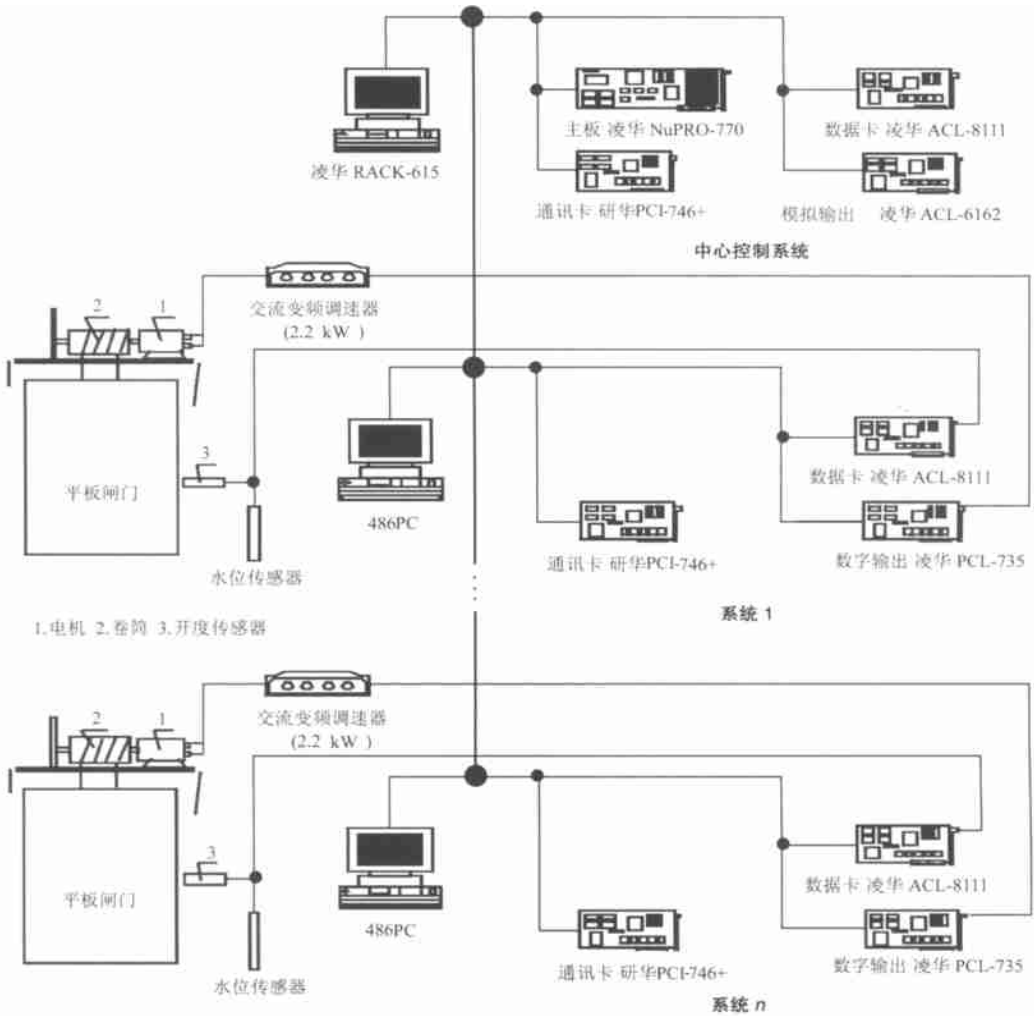


图1 渠道运行自动控制系统结构

Fig. 1 Structure of a Canal Automatic Control System

云台可控制镜头不同方向的转动及变焦、聚焦和光圈的变化以及自动报警,从而达到本地和远程都可通过计算机控制镜头的目的。

4) 硬盘录像。数字视频监控系统将视频图像记录在视频服务器中的硬盘上,它能够长期保存高清晰度的图像,又能对所存储的图像进行快速检索。

### 2.2 虚拟现实与仿真

本系统利用购买的航片经 Virtrozer 数据化后,将空间数据、属性数据、影像数据分类存放在不同的数据库中。由于 MATLAB 6.1 内设有一个虚拟现实模块,可用 VRML 与 Java 混合编程,建立渠道运行中央控制监测系统和视景系统,如图 2 所示。

本系统通过虚拟现实和 GIS 技术可实现空间数据和属性数据的查询与显示,进行空间变化分析,水环境污染、污染源及污染影响范围的分析,流域水环境模拟,在不同区域和不同用户之间进行水资源分配的模拟。

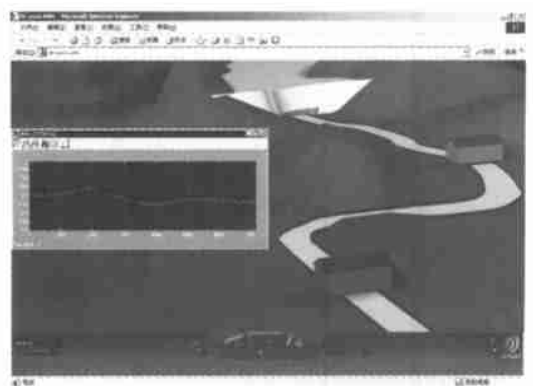


图2 基于数字化的渠道运行监测系统

Fig. 2 A Monitoring System of a Canal Automatic Running by Digital

在安装本系统设备之前,为了考察设计结果,将系统用 MATLAB 的 SIMULINK 进行仿真,可掌握各闸门的开度、渠道流量、水位变化、系统的稳定性等试验数据。其结构与结果如图3所

示。本系统通过计算机仿真技术完成了模糊控制闸门开度过程分析、模糊控制上游流量过程分析、模糊控制上下游水位过程分析,以及它们之间相互影响的分析。

### 2.3 模糊控制与仿真

#### 2.3.1 模糊控制、模糊规则、隶属度函数

模糊控制的特点是不需要建立控制对象精确的数学模型,只要求把现场操作人员的经验和数据总结成较完善的语言控制规则,因此它能绕过对象的不确定性、不精确性、噪声以及非线性、时变性、时滞等的影响。系统具有较强的鲁棒性,尤其适于非线性、时变、滞后系统的控制。需要把精确量(一般是系统的误差及误差变化率)转化成模糊量,按总结的语言规则(规则库中)进行模糊推理,把推理的结果从模糊量转化成可以用于实际控制的精确量。模糊控制器结构及运算原理如下。

- 1)行为规则集:在为系统制定规则时,将人工操作经验写成规则。系统部分规则如下:
  - ① if (level is okay ) then (gate is no-change);
  - ② if (level is low ) then (gate is open-fast);
  - ③ if (level is high ) then (gate is close-fast);
  - ④ if (level is okay ) and (rate is negative) then (gate is close-slow);
  - ⑤ if (level is okay ) and (rate is positive ) then (gate is open-slow)。

- 2)隶属度函数库:对行为规则中模糊概念的

数学定义见表 1。

表 1 隶属度函数变量及其类型

Tab. 1 The Variable and Type of Membership Functions

语言变量	语言值	隶属度函数	
		类型	参数
Level	Okey	gaussmf	[ 0.001 0]
	Low	gaussmf	[ 0.01 0.06]
	High	gaussmf	[ 0.001 0.06]
Rate	Negative	gaussmf	[ 0.02 0. ]]
	Positive	gaussmf	[ 0.02 0. ]]
	No-charge	Trimf	[ 1.71 1.81 1.91]
Gate	Opern-fast	Trimf	[ 2.7 2.85 3]
	Close-fast	Trimf	[ 0 0 0.3]
	Close-slow	Trimf	[ 1.3 1.45 1.6]
	Opern-slow	Trimf	[ 2.2 15 2.3]

3)模糊推理:根据原始数据 $(x_1, \dots, x_M)$ 、行为规则集得到某个控制行为的过程。

4)模糊决断:根据算法库中的某种算法将模糊控制行为转化为确定性控制行为的过程。

#### 2.3.2 渠道运行模糊控制系统设计

对于一段输水线路来说,可看成许多渠段的串联,上一渠段为下一渠段的供水池,而下一渠段为上一渠段的需水池。当下游有需水要求时,下游闸门开启,从而使下游水位降低,经水位传感器获取数据,传入模糊控制器,通过控制算法可实现渠道的自动控制。利用MATLAB内动态仿真模块SIMULINK建模,如图3所示。

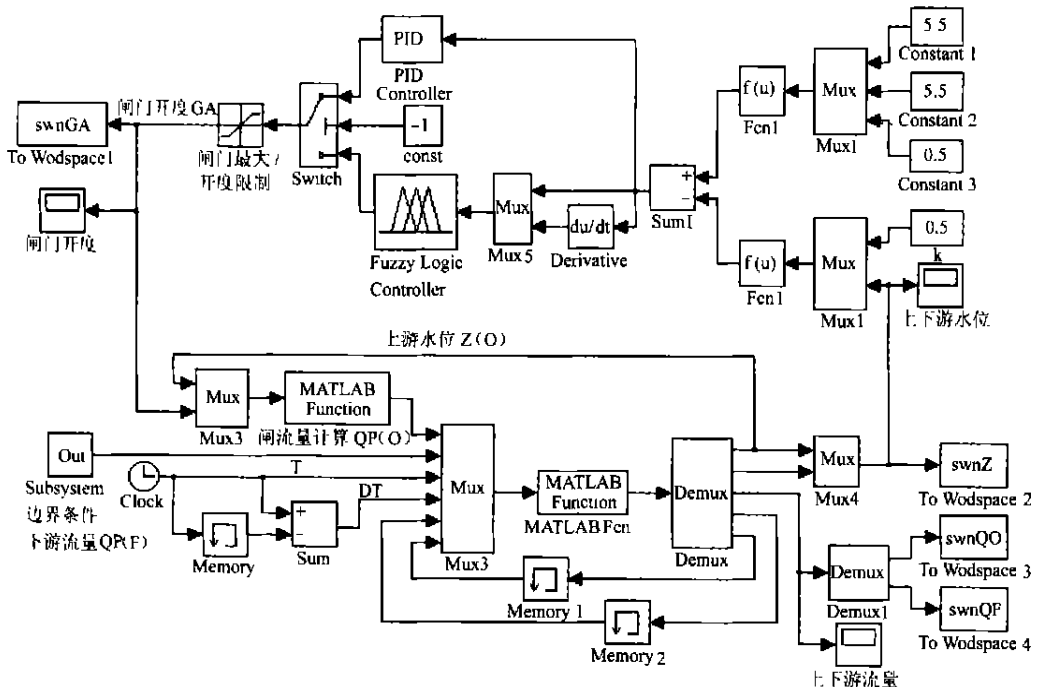


图 3 模糊控制系统仿真模型

Fig. 3 Simulating Mould in the Fuzzy Control System

### 2.3.3 渠道运行模糊控制系统仿真

通过上面的仿真系统,输入上下游初始水位、水深权重等初始参数,通过 Fcn1 计算出控制目标 YT,由 Fcn 得到控制变量的实际值 YF,然后通过模糊控制器和 PID 控制器,算出闸门最大开度,并由闸门前后水位得出过闸流量,再通过圣维南方程<sup>[9]</sup>算出不同时间段的闸门开度、上下游水位及流量。上游闸门开度的变化必将引起下游端水位的变化,反过来又会引起上游端水位的变化,产生超调。从图 4、图 5、图 6 可看出,系统是非常稳定的。

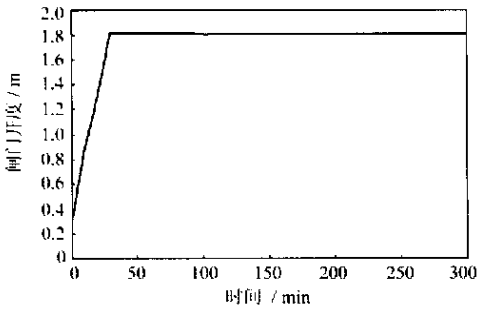


图 4 不同时间段的闸门开度过程

Fig. 4 Gate Open Process in Different Period

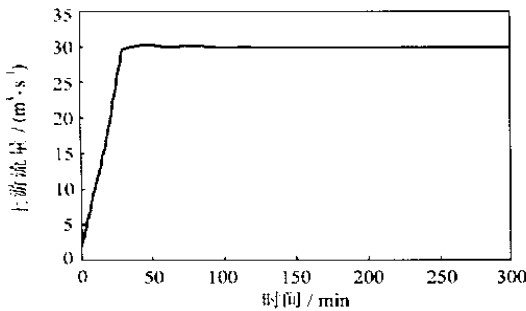


图 5 不同时段的上游流量变化

Fig. 5 Upstream Flow Quantity Change in Different Period

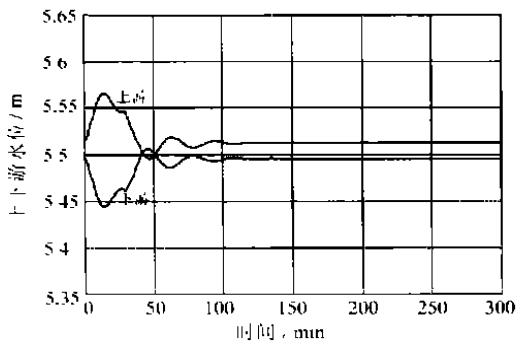


图 6 不同时段的上下游水位变化

Fig. 6 Upstream Water Level Change in Different Period

试验表明,利用模糊控制可使系统的上升时间、调整时间、超调量都得到很大的改善,消除了波动现象,使系统获得了很好的动态性能,达到了反应快、恢复快、超调小的控制效果。其结果如表 2 所示。

表 2 两种运行方式的比较

Tab. 2 Comparison Between Two Control Styles

控制方式	调整时间/min	超调量/(%)			
		闸门开度	上游流量	上游水位	下游水位
P+PR	100	21.55	36.9	0.73	0.18
Fuzzy	60	11.05	20.13	1.63	0.18

## 3 结语

利用数字化技术进行城市供水,改变了整个渠道控制的方式,传统的渠道运行控制理论将得到更新。在信息化发展时代,人们对人居环境、资源管理更加关注,而网络基础设施及信息服务将成为基础,城市的空间形态将发生重大变化。

## 参 考 文 献

- 1 Rogers D C, Goussard J. Canal Control Algorithms Currently in Use. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1998. 214~217
- 2 Falvey H T. Philosophy and Implementation of Gate Stroking Paper Presented at ASCE Symposium. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 1987. 132~136
- 3 王念慎, 郭军, 董兴林. 明渠瞬变流最优等容量控制. *水利学报*, 1998, 12: 12~16
- 4 美国内务部垦务局. 渠系自动化手册(第一册). 北京: 中国水利水电出版社, 1996. 31~42
- 5 美国内务部垦务局. 渠系自动化手册(第二册). 长江水利委员会, 1998. 59~86
- 6 徐正凡. 水力学. 北京: 高等教育出版社, 1986. 32~61
- 7 尚涛, 石端伟, 安宁, 等. 工程计算可视化与 MATLAB 实现. 武汉: 武汉大学出版社, 2002. 372~288

第一作者简介: 尚涛, 副教授。现从事计算机图学、VR 研究等。  
E-mail: Tshang@public.wh.hb.cn

(下转第 375 页)

- 11 裴树军, 孙名松. 基于 NOTES 的 OA 办公自动化系统. 信息技术, 2002(6): 2~4
- 12 李长树. 办公自动化系统的设计方法与实现策略. 计算机应用研究, 2000, 17(7): 47~50

作者简介: 韩琼, 副研究员, 博士生。现主要从事国土资源管理和研究工作。

E-mail: emailhanqiong@sina.com

## Design and Implementation of Land Management Office Automatic System

HAN Qiong<sup>1</sup>

(1 School Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, 1 Lumo Road, Wuhan, China, 430074)

**Abstract:** This paper analyzes the working flow of land management and establishes a database sub-system for automation of land management. On the basis of this, this paper implements the third generation OA.

**Key words:** land management; OA; knowledge management; database

**About the author:** HAN Qiong, associate researcher, Ph. D candidate. Her main research interest is land management and the study of land information system.

E-mail: email-hanqiong@sina.com

(责任编辑: 晓晨)

(上接第 371 页)

## Design of Urban Supplying Water Automatic Control System by Digital Technique

SHANG Tao<sup>1</sup> LIU Yong<sup>1</sup>

(1 School of Urban Studies, Wuhan University, 8 South Donghu Road, Wuhan, China, 430072)

**Abstract:** Taking use of digitizing technique, this paper discusses how to develop a canal automatic control system, combining with theories of Hydraulics, Fuzzy control, set up the mathematics mould of canal automatic moving system, design a fuzzy control system, present its fuzzy rules and membership functions etc, so that the system is more stable and more rational. At last, the system actual parameters are simulated in MATLAB, providing important data and basis for making decision and canal system moving automatically.

**Key words:** virtual reality; computer simulation; automatic water supply; fuzzy control

**About the first author:** SHANG Tao, associate professor. His major studies are computer graphics and VR.

E-mail: Tshang@public.wh.hb.cn

(责任编辑: 平子)