

# 基于 SIMULINK 的排水泵站可视化动态仿真方法

刘兴坡, 周玉文

(上海海事大学, 上海市 200135; 北京工业大学 北京市 100022)

**摘要:** 为了便于排水系统非恒定流模拟技术的应用, 该文在 SIMULINK 平台上对面向结构图的排水泵站可视化仿真途径进行了探讨。首先, 将排水泵站划分为集水池、泵站等模块, 然后应用 M 文件 S 函数接口编写了仿真程序。集水池模块能够模拟池中水位的变化过程, 并通过泵站控制规则与泵站模块相协调。最后, 通过实例验证了该方法的可行性。

**关键词:** 排水泵站; 动态仿真; 可视化仿真; SIMULINK

**中图分类号:** TU992.25 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-7716(2007)03-0048-03

## 0 引言

目前, 对排水管网系统的动态过程进行数字仿真, 首先需要对该系统中的各个环节(如管流演进、集水池调蓄等)建立微分方程或代数方程, 然后对这些方程组成的方程组进行数值计算而得到整个系统的演进过程, 这种仿真方法称为面向微分方程组的数字仿真方法。该方法在编制程序时比较简单, 但是由于系统仿真模型中的各个环节相互耦联, 参数相互制约, 对于系统中一个环节的修改都有可能导致整个系统仿真程序的修改<sup>[1]</sup>。同时, 由于仿真程序常常为复杂的数值计算程序, 往往需要使用者具有相当的专业预备知识, 加之仿真成果的表现方式不直观, 这在一定程度上限制了非恒定流模拟技术的实际应用进程。为此, 本文以排水泵站系统为切入点就面向结构图的可视化仿真方法在城市排水系统动态模拟中的应用进行探讨。

## 1 面向结构图可视化仿真的优势

对于一个动态系统, 其中的每个环节均可由结构图表示, 各个环节之间由协调参数进行连接, 然后以这些仿真结构图为基础, 通过输入、输出相连接构造系统的动态仿真模型, 并通过人机交互方式输入各环节的参数信息进行数字仿真, 这种仿真方法称为面向结构图的仿真方法<sup>[1]</sup>。图 1 所示为动态系统的各个环节, 一般由三个基本元素组成: 输入变量、状态变量和输出变量。其中输出变量  $y$  是输入变量  $u$ 、采样时间  $t$  以及状态变量  $x$  的函数。

面向结构图仿真方法是面向对象的可视化仿真方法, 其优势主要表现在<sup>[1]</sup>:

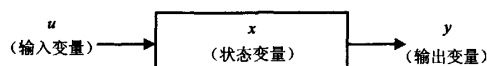


图 1 仿真结构图的基本元素

(1) 该法利用系统结构图组成系统的仿真模型, 使仿真建模过程变得可视化, 具有物理模拟的特点。同时, 由于仿真程序仅对应于相应环节的仿真结构图, 程序更加结构化、模块化和通用性。

(2) 该法以动态环节为单元, 各环节之间以输入、输出参数相联系, 因此系统中不同环节可采用不同算法, 不同的离散单元可采用不同的采样时间, 从而保证各环节都有较好的精度和数值稳定性, 以达到仿真效率与仿真精度的统一。

(3) 该法可以通过参数输入界面随时改变各个环节参数。根据可视化的反馈信息了解系统的性能变化, 可及时有效地控制仿真进程。

MATLAB/SIMULINK 是一个面向结构图的动态系统建模、仿真和综合分析的集成软件包, 它为面向结构图仿真方法的实现提供了一些基本环节的仿真结构图<sup>[2]</sup>, 在 SIMULINK 的图形用户界面(GUI)上, 用户只需鼠标的简单拖拉操作就能构造出复杂的仿真模型。为了满足特定系统仿真的需要, SIMULINK 还提供了系统函数(S-Function)接口, 据此用户可以通过 MATLAB、C、FORTRAN 等语言的扩展编程, 构造自己需要的结构图模块, 满足特殊的专业需求。

## 2 基于 SIMULINK 的排水泵站动态仿真方法

建立排水泵站系统仿真结构图的关键在于:

(1) 识别排水泵站系统的各个动态环节; (2) 确定各个动态环节之间的协调参数; (3) 编制各个环节的仿真程序; (4) 建立参数输入界面; (5) 对各个环节结构图进行封装。

为此, 以 SIMULINK 作为仿真平台, 应用 M 文件 S 函数建立排水泵站系统各个动态环节的仿真

收稿日期: 2006-12-12

基金项目: 上海市科委博士后基金科研项目(05R214144)

作者简介: 刘兴坡(1977-), 男, 河北赵县人, 工学博士, 博士后, 讲师, 研究方向为环境系统分析与评价、给排水系统设计及运行最优化等。

结构图。据此,用户可以由上述的环节结构图来拼装特定系统的动态仿真模型。

2.1 集水池模块

在排水管网系统中,集水池通常设置在排水泵站之前,泵站的运行状况常常由集水池水位进行控制。根据连续性条件,集水池的动态变化过程可表示为:

$$A \frac{dh}{dt} = Q_i - Q_o$$

式中:  $Q_i$ ——集水池入流量;  
 $Q_o$ ——集水池出流量;  
 $A$ ——集水池水面面积;  
 $h$ ——池中水位。

实际中,泵站机组调度一般以泵前集水池的水位作为控制因子。因此,以集水池上、下游的流量作为输入,集水池的水位作为输出,由此可建立集水池的仿真结构图,如图 2 所示。其中,  $Q_{up}$  代表上游入流,  $Q_{down}$  代表下游出流,  $h$  为池中水位。通过排水泵站的控制规则可与下游泵站模块相协调。图 3 为集水池仿真结构图的参数输入界面。如果需要修改参数,只需要双击模块结构图,就可以弹出模块的参数输入界面。

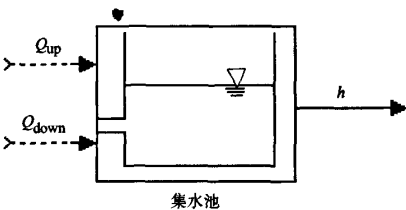


图 2 集水池仿真结构图

2.2 泵站模块

泵站模块上游与集水池模块相连接,其输入为集水池的水位,输出为泵站机组的总排水量。该模块仿真依据的数学模型即为泵站的控制规则。

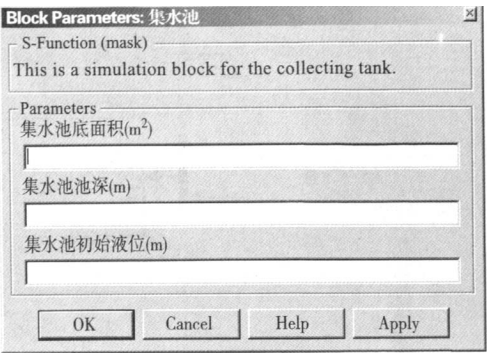


图 3 集水池模块的参数输入界面

3 实例研究

设有一个底面积为 100 m<sup>2</sup>、池深为 5 m 的泵前集水池,其后泵站中有三台同种型号的水泵,抽水能力均为 0.2 m<sup>3</sup>/s。泵站的控制规则为:集水池水位低于 2 m 时,开启一台水泵;集水池水位介于 2 m 与 4 m 之间时,开启两台水泵;集水池水位高于 4 m 时,三台水泵全部开启;上游来水量见图 4(a)所示。设初始状态为:集水池水位为 1.8 m,泵站中有一台水泵开启。此时描述集水池水位和泵站排水量的逐时(每分钟)变化曲线。

由于泵站启停是由集水池水位控制的,因此集水池水位决定了泵站排水量的大小,而集水池的水位又由泵站排水量和上游来水量决定,因此,泵站排水量和集水池水位的变化是相互耦联的。为此,在 SIMULINK 平台上建立该排水泵站的仿真结构图,如图 5 所示。图 4(b)和图 4(c)分别显示了集水池液位和泵站排水量的逐时变化曲线。其中,仿真时间步长为 1 min,仿真时段为 50 min。

由图 4 可以看到,在模拟期间,通过示波器窗口可以同时观察到上游来水量、集水池水位以及泵站排水量的实时动态变化。而且,需要修改模拟

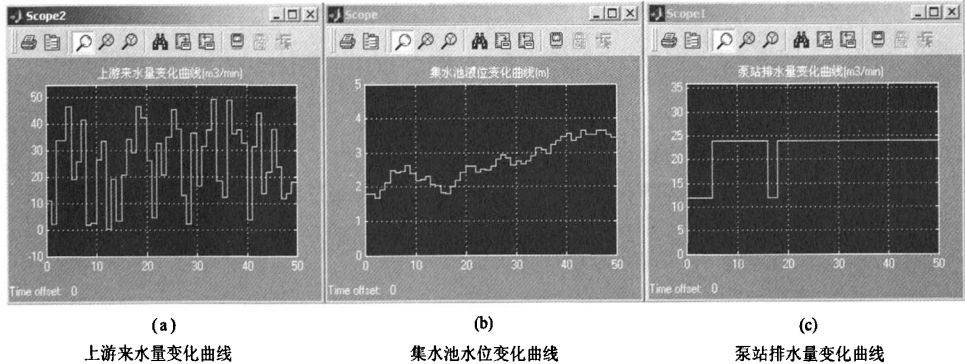


图 4 仿真结构图的输入与输出

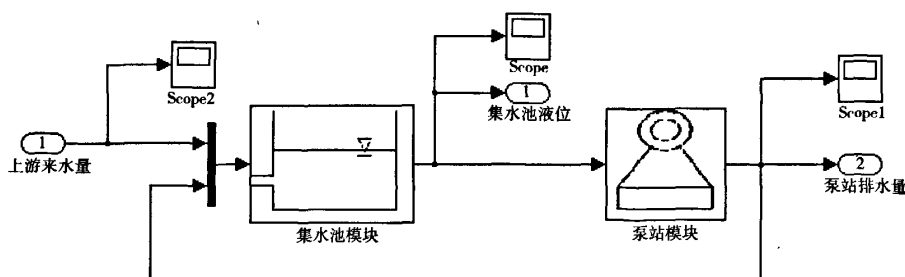


图 5 Simulink 仿真结构图

模型参数时,不必终止模拟进程,参数修改成功,模拟进程也会随之发生改变。

此外,借助 SIMULINK 和 MATLAB 平台,还可以对泵站的运行控制方案进行蒙特卡洛仿真,从而确定运行控制方案在不同来水情境条件下的效果。

#### 4 结语

本文以排水泵站为切入点,对基于 SIMULINK 平台的可视化仿真方法进行了探讨,模拟实例证明

该方法便于排水系统非恒定流模拟技术的实际应用。为此,今后应加强排水管网系统的可视化动态仿真方法研究,以加速排水系统非恒定流模拟技术的应用进程。

#### 参考文献

- [1]钟登华,熊开智,戚蓝.输水系统可视化动态仿真研究[J].水科学进展,2004,15(2):238-242.
- [2]姚俊,马松辉.Simulink 建模与仿真[M].西安电子科技大学出版社,2002:1-12.

## 广西今年将斥资 200 亿元打造水陆交通网

由于“国际大通道”概念的提出,今年广西交通不但要投入 200 亿元巨资打造现代交通网络,还将从全局出发,把公路、水路、铁路、航空等“揉”为一个整体,向泛珠三角地区,以及东盟方向延伸。

广西今年要确保交通基础设施建设力争达到 200 亿元;新开工高速公路 300 km 以上,力争达到 500 km;建成投产高速公路 300 km 以上,力争年内高速公路通车里程达到 1 800 km 以上。

今年新开工的高速公路项目有 6 个,其中隆林至百色、兴安至桂林、筋竹至岑溪高速公路已经开工,另外还要争取开工建设鹿寨至阳朔、六寨至河池、河池至宜州的高速路,力争开工崇左至钦州、玉林至铁山港高速公路中的一个。

此外,今年广西还有 10 个续建高速公路项目。其中桂林绕城线东段、桂林至阳朔、阳朔至平乐 3 个高速公路项目今年将建成通车,南宁(坛洛)至百色高速公路也有可能建成通车。

今年计划新改建农村公路 6 840 km,其中通达工程 3 500 km、通乡油路 3 340 km,并建农村客运站 105 个、便民候车亭 120 个、便民码头 30 个。

在沿海方面,广西北部湾投资开发有限责任公司和北部湾(广西)国际港务集团有限公司组建后,要加强与交通部门的对接,推进北海、钦州、防城港 3 大港口资源整合,加快形成布局合理、优势互补的现代港群体系。