

城市给水管网交互式虚拟仿真平台研究

常 魁¹,高金良¹,袁一星¹,吴文燕²

- (1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 哈尔滨 150090, 19401010@163.com;
2. 斯坦福郡大学 计算机工程与技术系, 英国 斯坦福郡 ST18 ODF)

摘 要: 为克服了传统二维和三维模型结果显示的缺点,应用虚拟现实技术对城市给水管网进行分析研究,建立给水管网视景仿真平台,形成城市给水管网系统研究的新方法.通过给水管网虚拟场景与给水管网数学模型的有机集成,实现虚拟场景中给水管网的交互控制和计算结果的可视化显示.建模过程中将虚拟场景中实体按照相关图集绘制,保证模型具有较高精度,并通过相关算法对模型进行优化.本文通过程序设计建立了城市给水管网交互式虚拟仿真平台,实现了城市给水管网视景仿真系统.该平台不仅具有高度的逼真性,而且具有沉浸性、交互性的特点,用户可以直观的观察到底埋地下的给水管网,对给水管网进行交互控制,对管网工况进行可视化分析.

关键词: 给水管网;数学模型;虚拟现实;视景仿真;交互

中图分类号: TU991.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 0367-6234(2010)10-1596-04

Interactive virtual scene simulation platform of urban water network

CHANG Kui¹, GAO Jin-liang¹, YUAN Yi-xing¹, WU Wen-yan²

- (1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, 19401010@163.com;
2. Faculty of Computing Engineering and Technology, Staffordshired University, Staffordshired ST18 ODF, UK)

Abstract: A urban water network was analyzed by the virtual reality technology in order to build a scene simulation platform of water network. And a new approach was appli on the study of water network system to overcome the shortcomings of traditional two-dimensional and three-dimensional models. The interaction and visual results were achieved in the virtual scene of the water network by integration of water network model and virtual scene. The objects in the virtual scene were built according to the standard atlas, which ensured that the model was with high accuracy. Then the model was optimized with relevant algorithms. The interactive virtual simulation platform of water network was built by programming in this paper and the scene simulation system of water network was realized, which was with the quality of verisimilitude, immersion and interaction. With the platform, the users can observe the water network lied underground directly, control the water network interactively and analyze the operation candition visually.

Key words: water network; mathematics model; virtual reality; scene simulation; interaction

为实现城市给水管网科学化、数字化管理,给水管网模拟技术迅速发展^[1].给水管网微观模型研究实现给水管网工况分析,为制定给水管网优化调度、优化改扩建方案提供科学依据.高金良

等^[2]提出给水管网数字化管理平台,为城市供水管网实现科学管理提供有力工具.地理信息系统(GIS)在给水管网运行管理中的应用使管网建模技术发展到一个新的阶段.国内外分别建立了基于GIS的给水管网建模软件,并且得到广泛的工程应用^[3].本文将虚拟现实技术与给水管网建模技术相结合,进行给水管网交互式虚拟仿真平台研究.

收稿日期: 2008-11-26.

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BA08B03);哈尔滨工业大学科研创新基金(HIT.NSRIF.2008.68).

作者简介: 常 魁(1981—),男,博士研究生;

袁一星(1957—),男,教授,博士生导师.

1 城市给水管网交互式虚拟仿真建模的技术方法

虚拟现实技术是对计算机及其复杂的数据进行可视化操作的方法^[4],已经在军事、医学、建筑、教育等领域取得广泛应用^[5-11]. 沉浸性、交互性、想象性是虚拟现实三大特征. 用户利用虚拟现实技术可以在仿真环境中直接进行自然交互^[4],它能使用户产生身临其境感觉的交互式仿真环境. 虚拟现实技术以视景仿真为最重要表现形式,为研究人员更加直观全面地获取信息提供有力工具.

1.1 给水管网视景仿真模型的技术优势

城市供水管网包含海量数据信息,并且具有多维特征与动态特性,模拟结果难以全面有效的表达. 传统二维表格、文字、图形和图像的数据处理与表示方法可视性不强,难以体现供水管网数据多维特征与动态特性,管网信息整理、分析和计算研究过程存在较大困难.

利用 MATLAB 等工具可以对二维数据进行处理,得到比表格更加直观的二维曲线、罗盘图、直方图等图形,可以更好表示管网信息,但是这些方法很难使研究者建立起供水管网信息的真实感,交互性差,交互手段与交互方式单一. 传统 GIS“2.5”维空间的虚三维环境技术,不能逼真地描述真实三维空间,这和真三维表示和分析还有很大差距,而且对于原始数据处理方法还有待于进一步探讨^[12].

基于三维可视化的虚拟现实技术可以充分发挥用户生理感知功能,在很大程度上弥补了传统技术的不足. 因此,把虚拟现实技术与供水管网模拟技术结合起来,可以增强研究者的参与感,大大提高供水管网信息的可视性和交互性.

本文基于虚拟现实技术与供水管网建模技术建立城市给水管网交互式虚拟仿真平台,以沉浸、交互的方式对供水管网进行安全调控. 用户通过鼠标、菜单以及对话框等方式在城市给水管网虚拟仿真场景中对管网进行交互操作,用户不再是被动的观察者,而是主动的参与者.

1.2 城市给水管网视景仿真总体框架研究

供水管网仿真环境制作主要包括:模型设计、纹理设计制作、场景构造、特效设计等等,要求构造出逼真三维模型,制作逼真纹理和特效. 供水管网仿真驱动主要包括:场景驱动、模型调入处理、分布交互、大地形处理等,要求高速逼真再现仿真环境,实时响应用户操作等. 城市给水管网视景仿

真模型总体框架如图 1 所示.

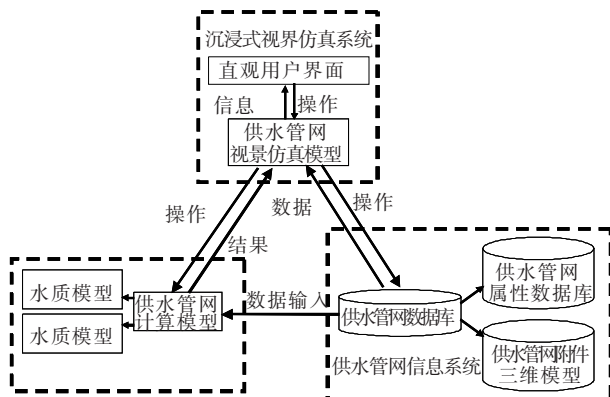


图 1 城市给水管网视景仿真框架

图 1 中管网数据库是建立城市供水管网仿真系统的基础,城市供水管网规模庞大,管网附件数量众多,翔实、准确的基础数据对提高模型精度具有重要意义. 三维场景中各附件三维模型按照给排水相关图集建立,保证模型具有较高的精度. 本文利用供水管网数学模型,通过三维引擎对供水管网三维模型进行驱动,形成供水管网三维视景仿真控制平台,即城市给水管网交互式虚拟仿真平台.

1.3 城市给水管网视景仿真模型制作

根据图 1 所示的城市给水管网视景仿真总体框架,采用虚拟建模软件 MultiGen Creator 和实时视景驱动软件 Vega 进行供水管网视景仿真模型制作,开发实时应用程序,如图 2 所示.

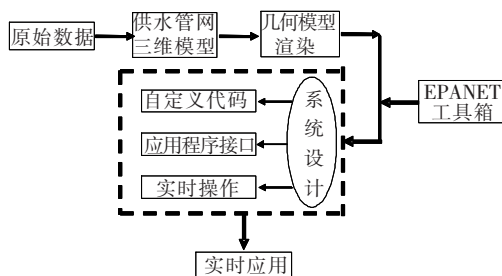


图 2 三维实时视景仿真应用程序流程

供水管网视景仿真系统首先利用建模工具将供水管网现实空间转换成各种计算机模型数据,再通过三维引擎将模型实时渲染,用户各种操作信息传递给三维引擎以改变模型状态. 通过 MultiGen Creator 建立城市供水管网三维模型,利用 Vega 软件进行供水管网三维场景设置和模型驱动.

在 VC++6.0 集成环境中进行程序设计,实现对虚拟城市供水管网实时交互控制. 通过城市供水管网视景仿真模型、水力模型、水质模型^[1]

及 EPANET 工具箱^[13]进行程序设计,对城市给水管网进行延时模拟、实时交互仿真,进行给水管网交互式虚拟控制,将城市给水管网信息可视化表达。

2 城市给水管网交互式虚拟仿真平台的建立

城市给水管网交互式虚拟仿真平台在给水管网领域有着重要的应用,对于给水管网信息化建设具有重要作用。本文根据图 2 所示城市给水管网视景仿真应用程序流程建立给水管网交互式虚拟仿真平台。

2.1 城市给水管网工程数据库的建立

城市给水管网工程数据库包括管网属性信息、地理信息、给水管网动态信息、三维场景信息等子数据库。

管网属性子数据库、地理信息子数据库、给水管网动态信息子数据库包含给水管网基本信息^[1],是建立三维场景数据库的基础。

本文通过 Multigen Creator 建立城市给水管网三维场景数据库,并且利用 Creator 简化工具进行优化,在保证效果前提下,提高渲染速度^[14]。城市给水管网规模庞大、拓扑结构复杂,管道附件数量众多。给水管网仿真系统建模过程中分别建立典型管段、典型附件三维模型,通过实例化技术在给水管网模型中分别引用各附件、管段模型。实例化技术使模型文件大大减小,建模效率得到提高。

2.2 城市给水管网模拟结果的可视化表达

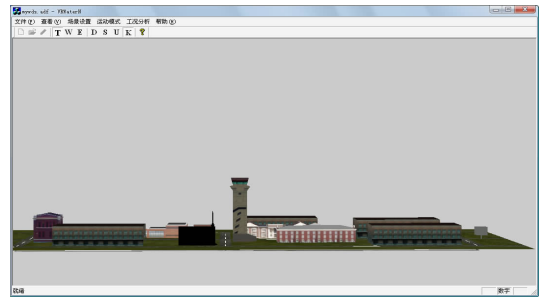
虚拟现实技术沉浸性、交互性、想象性的特征为城市给水管网模型信息可视化表达提供了技术支持。通过纹理、光照、透明度以及建立粒子系统等手段将复杂的管网信息生动的展现在用户面前。

管段中水流通过粒子系统^[15]表示,粒子系统中每一个粒子都具有形状、大小、颜色、透明度、运动速度、运动方向、生命周期等相关属性,而其中很多属性都是时间的函数。管段流量、流速、水质等数据信息充分利用粒子系统自身属性加以表达,通过粒子数量、颜色、透明度、运动速度的变化表示不同的管段流量、流速、水质信息。

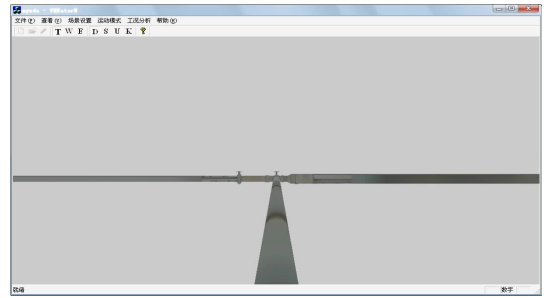
2.3 城市给水管网交互式虚拟仿真平台的功能构成

根据三维实时视景仿真应用程序流程建立城市给水管网交互式虚拟仿真平台,其主界面如图 3 所示。用户可以选择显示地理图元信息和隐藏地理图元信息,显示地理图元时可以直观观察管

道与建筑物之间的位置关系,隐藏地理图元则可以清晰表达管道拓扑结构。



(a) 显示地理信息图元



(b) 未显示地理信息图元

图 3 给水管网交互式虚拟仿真平台主界面

城市给水管网交互式虚拟仿真平台将数据存储和管网建模完全在统一的平台下实现,完成编辑数据、生成模型文件、运行模拟、计算结果可视化表达的过程。利用该平台可以进行城市给水管网水力计算、水质计算、管网属性信息查询、给水管网运行工况可视化分析,用户可以在给水管网虚拟场景中进行空间漫游,对管网中可控部件进行调控。

交互式虚拟仿真平台设置了四种漫游模式供观察者在虚拟场景中漫游。这四种漫游模式分别是旋转模式、驾驶模式、UFO 模式和键盘模式。其中旋转模式、驾驶模式和 UFO 模式通过鼠标进行空间漫游,键盘模式通过键盘进行空间漫游。观察者可以根据不同需求采用不同的漫游方式。

工况分析菜单由管网参数设置、管网计算、数据查询、结果分析和阀门调节等子菜单组成,实现给水管网参数设置、水力与水质计算、管网信息查询以及管网工况分析功能。管网工况分析包含节点高程分析、节点自由水压分析、节点绝对水压分析和管段流速、管段负荷分析、管段水质分析等。

工况分析菜单所实现的功能是给水管网交互式虚拟仿真平台进行工况分析、安全调控的核心。通过此菜单可以实现给水管网工况可视化分析和交互控制。

3 城市给水管网交互式虚拟仿真平台的应用

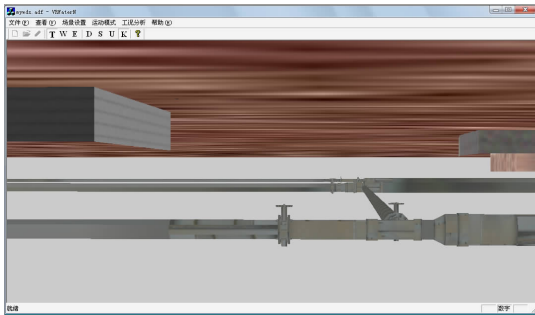
3.1 系统配置

基于虚拟现实技术建立给水管网交互式虚拟仿真平台,对城市给水管网进行交互控制.研究中所使用计算机配置如下:CPU 采用英特尔 Q6600,内存为 2G,显卡采用微星 3800 显卡.结果表明该配置可以满足给水管网视景仿真要求,图形显示流畅.

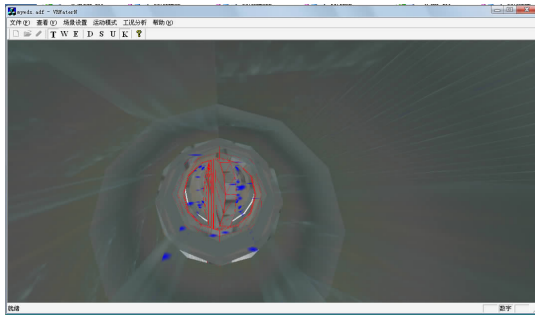
3.2 给水管网交互式虚拟仿真平台功能应用

基于虚拟现实的城巽给水管网交互式虚拟仿真平台将给水管网系统复杂数据信息进行可视化分析,充分发挥使用者生理感知作用,深入分析城市给水管网信息空间中各种信息,使城市给水管网管理水平达到更高层次.

如图 4 所示,用户视点可以位于管道内侧与管道外侧.当视点位于管道外侧,用户可以直观的观察管道与管道、管道与建筑物、阀门布置以及管道埋设等管网布置信息.当视点位于管道内侧时,用户可以直观的观察管道中水流水质、流速以及阀门调节状态等信息.



(a)视点位于管道外侧

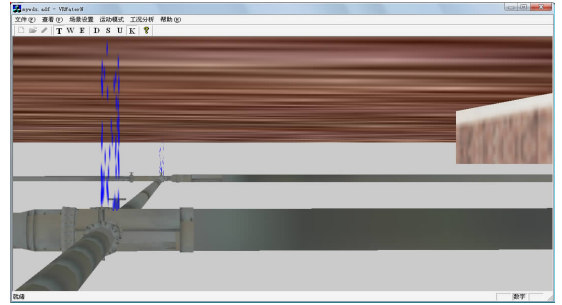


(b)视点位于管道内侧

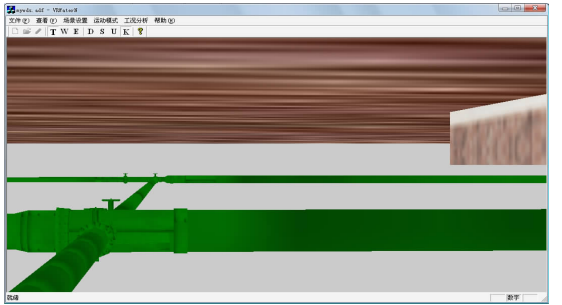
图 4 用户视点位置

城市供水系统管理人员只能通过监测数据了解管网的个别特征参数信息,如水源供水压力,日供水量,监测点的压力信息等.城市给水管网交互式虚拟仿真平台不仅可以计算所有节点压力、管段流量、流速、水头损失等,还可以将这些参数进

行可视化表示.该平台包含一整套虚拟显示、交互式查询、可视化分析模块,实现给水管网计算结果清楚、形象、准确、逼真的显示,以色阶图、等值线图、粒子系统等手段显示管网整体或局部节点压力、管段流量的分布情况;交互式查询节点压力、管段流量、流速、水头损失的准确数值;可视化分析管网各部分的负荷情况、各水源的供水区域、各节点的供水主路线、各管段的水流方向等.其中节点自由水压与管道负荷结果显示图如图 5 所示.



(a)节点自由水压



(b)管道负荷分布图

图 5 节点自由水压与管道负荷结果

由图 5(a)可以形象地表达给水管网节点压力的大小,将满足用户所需压力和未满足压力要求节点的自由水压以不同颜色表示,图中所示节点满足压力要求;图 5(b)表示给谁管网管道负荷分布情况,将管道负荷分为低负荷、经济负荷、略高负荷和严重高负荷等情况,并以不同颜色表示,该图表明该部分管道均处于经济负荷.

4 结 论

1)结合虚拟现实技术与城市给水管网建模技术,建立城市给水管网虚拟仿真场景,通过程序设计实现城市给水管网交互式虚拟仿真平台,对给水管网运行工况进行可视化分析.

2)应用成果表明:虚拟现实技术可以将复杂的管网信息可视化表示,极大地发挥用户联想功能和生理感知功能,为实现城市给水管网数字化管理提供有效工具与必要的技术支持.

3)虚拟现实技术与给水管网建模技术相结

(下转第 1641 页)