

DOI: 10.3969/j.issn.1004-6933.2013.02.019

基于虚拟现实的水质预警

赵自越, 张 晨, 高学平

(天津大学水利工程仿真与安全国家重点实验室, 天津 300072)

摘要: 针对传统水质监测与预警的局限性, 提出采用虚拟现实技术进行水质预警可视化研究, 构建模拟真实场景三维可视化模型与水质预警数据库, 并将可视化模块与预警模块结合起来直观准确地反映实时水体水质状况; 把虚拟现实技术应用到某人工湖水质预警系统的构建中, 实现水质预警的可视化。结果表明, 该方法可实现水质信息的实时交互, 为工程管理提供决策支持, 为大中型水库的水质监测与预警提供更直观、有效的途径。

关键词: 虚拟现实技术; 三维可视化; 水质预警; 人工湖

中图分类号: X83 文献标志码: A 文章编号: 1004-6933(2013)02-0091-04

Water quality early warning based on virtual reality

ZHAO Ziyue, ZHANG Chen, GAO Xueping

(State Key Laboratory of Hydraulic Engineering Simulation and Safety, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: To overcome the limitations of traditional methods for water quality monitoring and early warning, a new approach to the visualization of water quality forecasting was developed based on virtual reality. Through development of a three-dimensional visualization model and a water quality database for simulation of the real scene, this approach combines the visualization module and the water quality early warning module to reflect real-time water quality. Virtual reality technology was used to build the water quality forecasting system of an artificial lake. With this method, the visualization of water quality forecasting was achieved. This method achieves the real-time interaction of water quality information and provides scientific decision support for project management. It also provides a more intuitive and effective way of water quality monitoring and early warning in large reservoirs.

Key words: virtual reality technology; three-dimensional visualization; water quality early warning; artificial lake

2007 年江苏太湖蓝藻大规模暴发, 导致水体急剧恶化, 严重影响当地居民的正常生活, 是当年影响民生的十大事件之一。太湖水体污染问题是长期积聚而导致的一场公共危机, 归根结底在于缺乏对水质的实时监控以及对可能出现水质状况的预警。控制水质最有效的方法是防患于未然, 在即将发生恶化之前采取相应的措施延缓并改善水体状况, 减少因水质恶化带来的经济损失和不良影响。因此, 采用科学、先进的手段对水质进行预警十分必要。

长期以来, 计算机技术在水质预警中的应用一直局限于平面设计、数值模拟等方面。近年来关于

生态决策系统的可视化^[1]和水库的信息化系统建设^[2-4]的研究较多, 取得了一定的成果, 有较强的实用价值。但受到硬件或软件平台的限制, 存在很多局限性, 不能进行实时的交互, 很大程度上是一种工程设计成果的三维可视化, 缺乏交互能力。基于此, 笔者引入虚拟现实 (virtual reality, 简称 VR) 技术^[5], 为水质监测与预警提供一种全新的环境^[6-9], 从而探索新的管理方法和理论, 彻底摆脱传统的管理手段和思想带来的局限性。该技术可实现真正的实时交互, 让场景中的水质信息、设施的运行状态实时更新, 为管理与决策提供科学、直观、高效的信息。

基金项目: 国家自然科学基金创新研究群体科学基金资助项目 (51021004)

作者简介: 赵自越 (1989-), 男, 硕士研究生, 研究方向为环境水力学。E-mail: zzyuetju@163.com

1 VR 技术概述

虚拟现实技术是以沉浸性、交互性和构想性为基本特征的计算机高级人机界面。它综合了计算机图形技术、计算机仿真技术、传感器技术、显示技术等多种科学技术。在多维信息空间上创建一个虚拟信息环境,能使用户具有身临其境的沉浸感,具有与环境完善的交互作用能力,并有助于启发构思。当前,VR 已不仅仅被关注于计算机图像领域,而且涉及更广的领域,如电视会议、网络技术和分布计算技术,并向分布式虚拟现实发展。

虚拟现实技术将是 21 世纪信息技术的代表,它的发展将改变人们的工作方式和生活方式。随着计算机技术的发展,在 PC 计算机上实现虚拟现实技术已成为可能。目前虚拟现实系统的运行趋势为单机桌面和互联网两种主要方式,因此它对计算机硬件技术和网络技术的发展和运用也有很大的刺激作用^[4-5]。

随着虚拟技术的发展,虚拟现实开发平台也不断涌现出来。虚拟现实开发平台应用 VC++ 和 OpenGL 进行开发,借助虚拟现实平台上已生成的可视化的基本图元的可重用性,在平台界面上拖拽基本图形元素,并配以一定的操作,能可视化地组建各种三维图形和三维场景。现阶段主流的虚拟现实平台(virtual reality-platform)如 Unity3d、Virtools、Quest3d、VR-P 等在各领域得到了广泛的应用。

2 水质预警系统的建立

2.1 水质预警 VR 建模

本研究建立的水质预警系统可分为两个模块:可视化模块、水质评价与预警模块。两模块间既有一定的独立性,又保持数据的实时互通。对于可视化模块,运用虚拟现实平台,以节点的形式对场景内的物体进行管理,赋予每个物体独立的属性。通过外接数据库使得 VR-P 场景内的各物体的几何信息和物理信息通过其字段号联系起来,使得虚拟空间内的各物体属性与水质预警系统建立映射关系,系统内信息与状态的变化会通过这层映射关系反映到可视化模块中。以高效的虚拟现实平台软件 VR-P 为内核,将所有的静、动态模型按相互间的空间逻辑关系有序地组织到统一的场景中,同时添加各类特效,例如天空、光源、雾化等,形成一个具有交互性、构想性和沉浸感的三维可视化系统,水质预警系统框架如图 1 所示。对于水质评价与预警模块,笔者采用水质状态预警,通过水质数据的采集、数据库的整合与比对,对水质现状进行综合评价,得出各个区域的水

质优劣状况,以此为基础提出是否警报;与此同时将实时的水质信息传递给可视化模块展现出来。

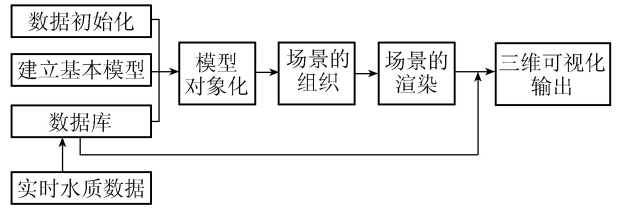


图 1 水质预警系统框架

2.2 模型的建立与拾取

在水质预警系统中的模型均属于静态,即随着时间的推移模型的各定点的几何数据及空间拓扑关系保持不变,包括静态的物体如湖体周边的建筑和景物、湖内的岛屿、水面等,以及可运动的物体如各进出水口的控制闸门等。对于这类模型,通过改变其空间坐标及尺寸、颜色、贴图等进行模拟。为满足模型的视觉效果和精度上的要求,采用 AutoCAD、3DSMax 等模型工具建立三维模型,并在 3DSMax 内对模型进行渲染达到预期效果后进行烘焙,并通过工具转化为标准的网格形式存入模型库。对于可以运动的物体,分析其运动的基本规律,运用 3DSMax、Maya 等工具建立骨骼动画并存入模型库。

将制作好的模型、骨骼动画等导入 VR-P,并在 VR-P 中进一步对模型进行修改达到理想的效果。接着在 VR-P 中设置相机,创建一个行走相机用于在场景内自由巡视;创建若干个定点相机用来观测各监测点所控制的区域,提供近距离的景象。在系统的应用过程中,需要对场景内的物体进行拾取操作并查询各物体的信息。调用点击触发函数、查询函数;通过鼠标拾取或键盘输入,就可以得到需要的实体对象集合,进而得到实体对象指针,这样就可进行实体信息查询。在场景大致设置完毕后可通过 VR-P 自带的语句在界面内编辑若干按钮,来完成切换摄影机镜头、环游场景、显示物体信息等操作,使得界面更加丰富生动,同时也方便操作。最后将虚拟的场景连接至数据库,赋予物体所对应的信息。

2.3 预警模块的建立

数据库是水质评价与预警的基础,是连接水质预警模块和可视化模块的桥梁。在数据库中对实时的水质数据进行分析比较,得出当前的水质状况后,将信息反映到对应的物体上。

监测数据评价分析是水质评价与预警的核心。读取各监测点的水质信息数据(包括各区域的水温、pH 值、电导率、TN、DO、COD_{Mn}、BOD₅、TP 等),通过已保存的固定格式导入数据库;接着运用数据库的内部语句,采用模糊数学方法^[10-11]进行水质评

价,根据监测数据建立各指标对各类标准的隶属度集,形成模糊关系矩阵;将指标权重矩阵与模糊关系矩阵进行合成运算,获得1个综合评价集;根据评价对象对各级标准的隶属度,得出评价结果并与设定好各项参数的预警警戒线进行比对,并保存相应的数据。对于缺少水质参数的湖泊,选取该区域已知的水质信息作为主要水质参数,读取这些已知水质信息后,采用单因子水质评价法^[7]进行水质评价,将这些污染物实测浓度与该种污染物的评价标准进行比较以确定水质类别。即将每个水质监测参数与GB3838—2002《地面水环境质量标准》进行比较,确定水质类别,最后选择其中最差级别作为该区域的水质状况与设定好各项参数的预警警戒线进行比对,并保存相应的数据。将上述操作设定为一个循环,在下次读取水质数据的时候重复上述操作。

预警因子及警戒线是水质评价与预警的标准。为了能够全面地反映水体的水质状况以及对所处区域的影响度,应适当地从水质等级、水温、pH、电导率、TN、DO、COD_{Mn}、BOD₅、TP等选取若干个作为水质评价因子。同时,参照国家相关的水质标准以及选中的因子对所处地区的影响程度,确定预警评价的警戒线(表1)。

表1 水质预警因子及警戒线

警戒线	pH	预警因子					水质评价等级
		$\rho(\text{TN}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{DO}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	
轻警	<6.0 或 >8.0	1.2	4	6	0.25	20	III
中警	<5.5 或 >8.5	1.6	3	8	0.35	30	IV
重警	<5.0 或 >9.0	2.0	2	10	0.45	40	V

在设定好水质预警警戒线之后,通过系统的运行,数据库的自动比较,当水质情况超过了警戒线时进行预警,根据警报程度的不同给出相应的提示。随着水质情况的更新^[12],系统内的信息也随之变化,实时反映当前的水质情况。

3 工程应用

3.1 湖区模型建立

某人工湖水域面积 5.6 km², 水岸线长度 43.865 km, 正常蓄水位为 85.50 m, 平均水深 4.5 m, 最大水深 7.0 m, 相应的水体体积为 2680 万 m³。首先根据工程实际构造整个湖区的 VR 模型, 在 3DSMax 中突出对水面的渲染使其更真实。接着根据水质监测点的布置原则, 选取 5 个监测点将湖区划分为 5 个相对独立的区域, 每个监测点的水质信

息代表各区域的水质信息。利用上述方法对该人工湖在图形仿真的基础上实现可视化查询操作。

3.2 湖区漫游

以高效的图形处理内核为前提, 使得在 PC 上处理大幅的三维场景成为可能, 并添加天空体, 花草树木、周边建筑等实体, 用户可以在虚拟场景中任意漫游, 充分了解各区域的水质状况和景物。包括交互式的漫游和自动式的漫游, 前者采用外设对漫游路径、方向进行控制, 比较灵活; 后者是按照给定路径进行演示, 用于展现某些细节。

3.3 水质预警

建立好水质预警模块, 选取水温、pH 值、电导率、TN、DO、COD_{Mn}、BOD₅、TP 等作为预警因子, 根据各监测点监测所得的实时数据经过模块的分析, 得到实时的水质信息; 并与设定好的水质预警因子进行比较, 提出相应警报, 如图 2 所示。同时设定每天早上 8 时系统自动更新水质信息与警报等级。

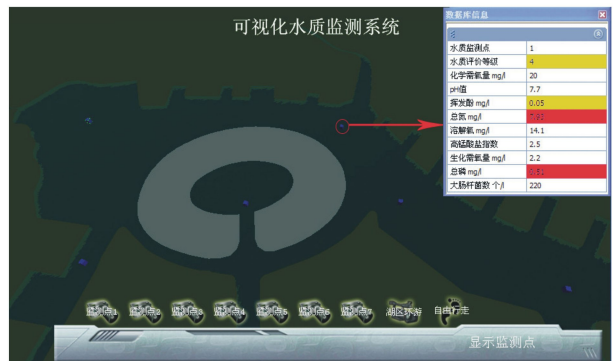


图2 水质信息的查询及预警界面

4 结语

水质监测与预警是一个复杂的系统, 大多数研究呈现出来的是大量的枯燥的数学字符与文字信息。本次研究根据水质监测与预警的特点, 采用基于虚拟现实技术的水质监测与预警的方法, 实现了直观的水质信息的实时交互与可视化, 将原本枯燥繁琐的信息直观简要地展现出来。研究表明, 基于 VR 的水质预警系统使人与信息数据之间的交流方式发生了改变, 许多冗繁而枯燥的数据变得直观, 基于 VR 的水质预警系统将水库调度决策问题清晰、科学地展现在管理决策者面前, 为决策者提供可视化的环境。

参考文献:

[1] 赵蔚, 段红. 虚拟现实软件研究[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(2): 229-233. (ZHAO Wei, DUAN Hong. Research of virtual software[J]. Computer Technology and Development, 2012, 22(2): 229-233. (in Chinese))

- [2] 程晨健,李天文,王超,等.利用 WASP 模型和 GIS 可视化集成的水质监测与模拟[J].地下水,2011,33(2):52-55. (CHENG Chenjian, LI Tianwen, WANG Chao, et al. The water quality monitoring and simulation based on WASP method and GIS visualization in the lower reach of Weihe River[J]. Ground water, 2011, 33(2):52-55. (in Chinese))
- [3] 黄燕菊,王立林.于桥水库水质信息管理系统方案研究[J].水利水电技术,2005,36(11):133-139. (WANG Yanju, WANG Lilin. Study on scheme of water quality information management system for Yuqiao Reservoir[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2005, 36(11):133-139. (in Chinese))
- [4] 葛从兵,陈剑.水库信息化探讨[J].水利建设与管理,2006(4):54-56. (GE Congbing, CHEN Jian. Discussion on informatization of reservoir[J]. Water Resources Development and Management, 2006(4):54-56. (in Chinese))
- [5] 罗玉华,左军,李岩.虚拟现实技术及其应用[J].科技信息,2010(1):52-53. (LUO Yuhua, ZUO Jun, LI Yan. Virtual reality technology and its application[J]. Science and Technology Information, 2010(1):52-53. (in Chinese))
- [6] CALEB B, OLIVER O, GUSTAVIOUS P W, et al. Dynamic multidimensional visualization for water quality data in rivers[C]//American Society of Civil Engineers. Bearing Knowledge for Sustainability. Palm Springs, CA, U S: [s. n.], 2011: 4811-4819.
- [7] 张海明. Flex 在水质监控与预警可视化中的应用[J].中国建设信息,2010(11):38-42. (ZHANG Haiming. Applications of Flex in water quality monitoring and early warning visualization [J]. Information of China Construction, 2010(11):38-42. (in Chinese))
- [8] CASSANDRA M, PAUL H, ZHANG Huajun, et al. Web-based decision support and visualization tools for water quality management in the Chesapeake Bay Watershed [C]//IEEE Computer Society. Proceedings of 2009 17th International Conference on Geoinformatics. Fairfax, VA, U S: [s. n.], 2009: 1-6.
- [9] 张忠贵,杨之江.水质信息管理系统及可视化平台搭建技术研究[J].建设科技,2012(5):86-87. (ZHANG Zhonggui, YANG Zhijiang. Research on the technology of water quality information management system and visualization platform [J]. Construction Science and Technology, 2012(5):86-87. (in Chinese))
- [10] 张晨,刘万宏,高学平,等.模糊数学在水库水质综合评价中的应用[J].安全与环境学报,2009,9(1):90-92. (ZHANG Chen, LIU Wanhong, GAO Xueping, et al. Application of fuzzy mathematics in the evaluation of the water quality of reservoirs [J]. Journal of Safety and Environment, 2009, 9(1):90-92. (in Chinese))
- [11] 尹海龙,徐祖信.我国单因子水质评价方法改进探讨[J].净水技术,2008,27(2):1-3. (YI Hailong, XU Zuxin. Discussion on China's single-factor water quality assessment method [J]. Water Purification Technology, 2008, 27(2):1-3. (in Chinese))
- [12] 韩路跃,杜行检.基于 MATLAB 的时间序列建模与预测[J].计算机仿真,2005,22(4):105-108. (HAN Luyue, DU Xingjian. Modeling and prediction of time series based on Matlab [J]. Computer Simulation, 2005, 22(4):105-108. (in Chinese))

(收稿日期:2012-09-21 编辑:徐娟)

(上接第 85 页)

- [15] 乔光建,孙梅英,王斌.河北省平原湿地减少原因分析[J].水资源保护,2010,26(3):33-37. (QIAO Guangjian, SUN Meiyang, WANG Bin. Analysis of cause of sharp decrease of wetlands in Hebei Plain [J]. Water Resources Protection, 2010, 26(3):33-37. (in Chinese))
- [16] 董娜.白洋淀湿地生态干旱及两库联通补水分析[D].保定:河北农业大学.2009.
- [17] 孙才志,张蕾.中国农产品虚拟水-耕地资源区域时空差异演变[J].资源科学,2009,31(1):84-93. (SUN Caizhi, ZHANG Lei. Changes in spatial and temporal differences of agricultural product virtual water versus cultivated land in China [J]. Resources Science, 2009, 31(1):84-93. (in Chinese))
- [18] PETRESCU D C, BRAN F, PETRESCUMAG R M. The water footprint and its impact on sustainable water consumption [J]. Metalurgia International, 2010, 15: 81-86.
- [19] 赵旭,杨志峰,陈彬.基于投入产出分析技术的中国虚拟水贸易及消费研究[J].自然资源学报,2009,24(2):286-293. (ZHAO Xu, YANG Zhifeng, CHEN Bin. Study on Chinese virtual water trade and consumption in an input-output framework [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(2):286-293. (in Chinese))
- [20] YANG Z F, MAO X F. Wetland system network analysis for environmental flow allocations in the Baiyangdian Basin, China [J]. Ecological Modelling, 2011, 222: 3785-3794.

(收稿日期:2012-06-28 编辑:彭桃英)