

水电站输水系统水力过渡过程的可视化仿真系统研究

王瑞丰, 胡 明, 余代广, 姚 荣

(河海大学水利水电工程学院, 江苏 南京 210098)

摘要:采用目前广泛使用的面向对象程序设计方法, 运用 OpenGL 技术, 并结合计算机图形学理论, 开发了水电站输水系统水力过渡过程的可视化仿真系统. 应用该系统可以动态演示水电站输水系统水力瞬变过程压力、流量等物理量的变化, 对实际工程应用有一定的参考价值.

关键词:水电站; 输水系统; 水工模型试验; 可视化仿真

中图分类号:TV732; TP391.9

文献标识码:A

文章编号:1006-7647(2003)04-0023-02

水电站输水系统整体水工模型试验和水力过渡过程计算是水电站设计中的关键一步, 通过试验研究, 来确定设计方案的合理性和可行性. 一般模型试验要建立一套与设计方案相应的整体模型, 对不同的工况进行试验研究, 得出压力以及水头损失数据. 在对试验结果数据分析研究的基础上, 进行方案论证. 以往的模型试验, 结果数据只用过程线或等值线等二维图表的形式反映出来, 不仅缺乏三维的直观效果, 也不能体现各物理量的时空动态变化及其内在联系. 随着计算机图形系统的软硬件性能的日益提高和普及以及可视化技术的发展, 使得实现水工模型试验结果的可视化成为可能, 可以形象、直观、同步地动态演示水工模型试验的全过程, 这无疑对提高模型试验的现代化水平具有重要的意义.

本文对可视化系统的整体框架及其中最关键的模块——整体模型的建立及其数据接口进行研究.

1 可视化系统的整体框架

1.1 可视化技术^[1,2]

可视化(visualization)即对计算结果及数据进行深入分析, 以获得对数据的理解和洞察, 实现把计算中所涉及的和所产生的数字信息转变为直观的、以图像或图形信息表示的、随时间和空间变化的物理现象或物理量呈现在专业人员面前, 使其能够观察到模拟和计算过程, 即看到传统意义上不可见的事物或现象, 并提供与模拟和计算的视觉交互手段. 可视化的目的是依靠人的强大的视觉能力, 促进对所观察的数据更深层地了解, 培养出对新的潜在过程的洞察力.

可视化技术是科学计算与图形图像技术的结合, 它涉及到科学与工程计算、计算机图形学、图像处理、人机界面等多个学科和技术领域, 作为一种新兴的技术, 自面世以来获得了飞速的发展, 在各学科中得到了广泛的应用.

1.2 可视化系统的实现

本文采用目前广泛使用的 OOP(object-oriented programming, 面向对象程序设计)方法, 以 VC++ 为开发工具^[3], 运用 OpenGL(open graphics library, 开放图形库)技术^[4], 结合计算机图形学理论进行系统开发. 先自动生成系统的整体模型, 再根据输水发电系统水力瞬变过程计算(或实验)所得各控制管段截面处不同压力水头, 确定管段的颜色显示及其随时间变化过程, 达到动态的模拟效果.

1.3 系统的整体框架设计

水电站输水系统水工模型试验大概分以下几步: ①根据水电站设计布置图, 设计水电站的输水系统模型; ②依据建立的模型, 分别对不同的工况进行试验, 得出试验数据; ③对不同工况下的试验数据进行分析, 得出水头损失系数、调压室涌波等各种数据.

根据模型试验的特点及所涉及的信息, 该系统由模型构造、水力过渡过程计算、试验数据管理、仿真显示四部分构成, 框架结构如图 1 所示.

该可视化系统的主要功能为: ①根据输水系统设计布置图, 生成模型数据库; ②根据模型数据库, 由模型构造模块生成输水系统模型; ③根据模型数据库, 进行水力过渡计算, 产生计算结果; ④根据实际试验所得数据, 通过试验数据管理模块, 生成需要的数据格式; ⑤通过数据接口将以上数据进行仿真显示.

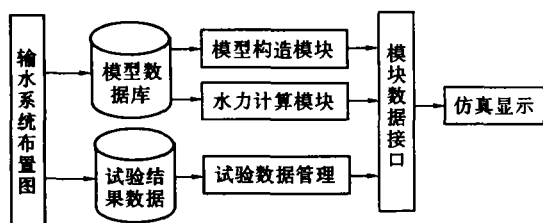


图1 可视化动态演示系统框架

2 整体模型的建立

水电站输水系统的布置并不是千篇一律的,它随着地质地形、水电站的规模等因素的不同而不同,但其基本组成大同小异,如输水隧洞、压力管道和调压室等。这就启发我们在构造基本的模型元件(element)基础上,能够根据系统具体的布置参数,按不同的元件进行组合,由此产生整个输水系统的模型。由不同的基本元件所组成的图形库我们称之为模型库(model library)。

由于输水系统的管段截面在不同的水电站之间的差别很大,甚至在同一座水电站中的不同部分之间也有很大的差异,为了简化系统设计的复杂度,提高系统的通用性,我们对所有输水管段采用圆形管或锥形管,对调压室采用长方体,对水轮机采用圆柱体进行模拟。

2.1 模型库的生成

显然,生成模型库也就是产生各个不同的元件。组成一个水电站模型的基本元件大致有以下几种:压力管道(直管、弧形管、锥形管)、水轮机、调压室等。每一个元件由其相应的尺寸、空间位置等参数决定。我们将每个元件当作一个对象进行定义,对象定义的部分示意代码如下:

```
class CElement
{
public:
    CElement();//构造函数
    ~ CElement();//析构函数
public:
    //元件的类型定义
    enum{CYLINDER = 1/* 圆管 */,CONE = 2/* 锥管 */,
        TORUS = 3/* 弧形管 */,TURBINE = 4/* 水轮机 */,
        TANK = 5/* 调压室 */};
private:
    ElementPositon m_posElement;//元件的位置属性
    ElementSize m_sizeElement;//元件的尺寸属性
public:
    Draw();//绘制元件
};
```

模型库建立以后,根据水电站输水系统布置图输入各个元件的尺寸及位置参数,以生成模型库。

图2为本系统生成的溪洛渡输水系统整体模型。

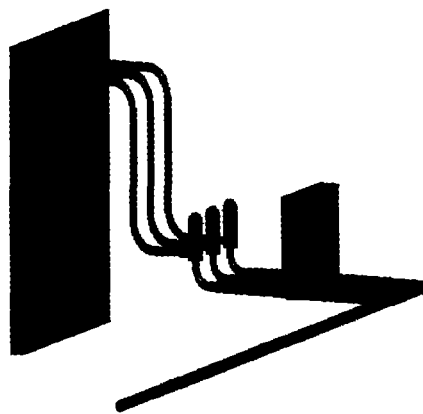


图2 溪洛渡水电站输水系统的整体模型

2.2 数据接口

要动态显示沿管线上压力的变化(即管段颜色的变化),需要实现数据(实验结果数据或计算数据)与整个模型内部位置的精确匹配,对于前面的元件定义还不能实现系统的要求。无论试验数据还是计算数据,都是沿管线来定位的,为了解决匹配的问题,还需要在每个元件中添加沿每一组管线的起始和结束位置的信息。经修改后的元件定义如下:

```
class CElement
{
public:
    CElement();//构造函数
    ~ CElement();//析构函数
public:
    //元件的类型定义
    enum{CYLINDER = 1/* 圆管 */,CONE = 2/* 锥管 */,
        TORUS = 3/* 弧形管 */,TURBINE = 4/* 水轮机 */,
        TANK = 5/* 调压室 */};
private:
    int m_nStart;//沿管线的起始位置
    int m_nEnd;//沿管线的结束位置
    ElementPositon m_posElement;//元件的位置属性
    ElementSize m_sizeElement;//元件的尺寸属性
public:
    Draw();//绘制元件
};
```

得到的数据并不是沿管线所有点的数据,而是某些控制点如试验中传感器所在节点位置、计算中管道截面特性变化处或其他需要的节点处的数据。另外,我们得到的数据在空间上是离散的,并不连续,这时需要用数学插值的方法来确定连续的数值。系统输入以上离散数据的同时也要输入各个点的沿管线位置,再根据元件对象中的起始、结束位置来进行匹配,根据不同的数值用相应的映射算法产生不同的颜色值。这样,就可以根据时间的变化来显示瞬态物理量如压力流量等。

(下转第57页)

级调度中心之间有直接的光纤网络连接,采用一点对多点的传输方式是最经济可行的;采用光纤 2 M 数据口进行点对点的传输方式稳定可靠,抗干扰性强;而采用点对点的网络传输方式要视网络资源而定,若网络资源充足,则该方式可减少分控站的设备(用一对多解码器).采用 MPEG-1 国际图像压缩标准^[3],其纯图像数据码流为 1.15 Mbps.

4 系统功能的设计

远程图像监控在水电厂主要实现以下功能:

a. 远程监视.远方的梯级调度中心、总工室等生产管理部门在各自办公室的计算机上就能便捷地切换和操作终端的摄像机、云台和灯光,以便监视远方设备运行的实际情况;运行工作人员在中央控制室就能对终端设备进行自动巡检.对前端设备的控制权有优先级设置,并具备控制权协商功能.

b. 安全监视.终端的红外报警装置、电子围栏、深井水位报警器、消防报警系统等报警装置发出报警信号时,自动启动报警系统,如报警灯亮,启动摄像机并录像,并弹出告警画面.对于电厂重要开关、闸刀的变位信号,则能自动将与其相关的前端摄像机快速跟踪到变位点,并使电子地图上告警点闪烁,在监视器上推出故障点图像,发出音响告警.对于前端的设备能进行自动检测,当发现前端设备发生故障或被盗时,能在系统发出相应的报警信号.

c. 电子地图、本地及远方自动手动录像等.

5 工程设计施工中应注意的问题

a. 在无人值班(少人值守)的水电厂,都具备水电厂自动化监控系统、自动消防系统、MIS 系统等,因此在设计远程图像监控系统时,要充分考虑与其他系统的接口和通讯,考虑系统的兼容性.

b. 水电厂监视点的设置主要应考虑运行人员需巡检的设备和部位,以及保卫部需监视的地点、消防需监视的区域等.

c. 摄像机的安装部位既要考虑安全距离,又要考虑维护的方便性.对于高部位的摄像机可考虑安装升降机,这样有利于日后不停电维护检修.

d. 防强电磁场干扰和防止感应雷的袭击.在开关站等区域,都具有强电磁场,会影响图像数据等信号,因此视频信号传输电缆、控制信号传输电缆都应使用带屏蔽的电缆,并有良好的接地和隔离保护措施.对于户外球形摄像机要做好防雷措施,对于监控系统电源和计算机数据信号接口均要装设电涌防护器.

e. 电源的可靠性.由于是无人值班(少人值守)的运行方式,系统的电源一定要可靠,一般分控站子

系统设备电源应选择不间断电源,终端子系统的备用电源可选择主供电电源间断时备用电源自动投入式电源装置.

乌溪江水力发电厂远程图像监控系统于 2000 年底建成投入使用,在这 2 年多的时间内,该系统发挥了重要的作用,大大减轻了工作人员的劳动强度,提高了工作效率,如利用远程图像监控系统进行设备的正常巡检、监视设备远方操作的执行情况、监视重点监控设备的运行情况等,为梯级水电厂无人值班(少人值守)运行方式的实现提供了很好的保证.从乌溪江水力发电厂的远程图像监控系统运行情况来看,它已成为运行人员必不可少的助手和设备安全运行的可靠保障.

参考文献:

- [1] 王定一.水电厂计算机监视与控制[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [2] 唐慧明,张健.变电站远程图像监控系统设计[J].电力系统自动化,2000(7):56~58.
- [3] 王汇源,王峰.一种用于远程图像监控系统的视频编码方案[J].计算机工程,2000(4):22~23.

(收稿日期:2002-09-11 编辑:熊水斌)

(上接第 24 页)

3 结 语

可视化技术是近几年兴起的新技术领域,目前已对科学和工程的许多方面产生了重大的影响,它为专业人员提供了在计算机上从任意视点及方向实时观察所要了解的客观事物的手段,使他们可以更全面地掌握该事物的内在规律及变化趋势.将可视化技术应用于水电站的模型试验,使专业人员可以直观、形象地观察到试验的整个动态变化过程,也可以减少试验过程中的工作量,从而降低试验成本.随着系统研究的不断深入,水电站输水系统模型试验可视化系统将趋于完善,对专业人员会有更大的参考价值.

参考文献:

- [1] 钟登华,熊小平,冯志军,等.水利水电工程施工场地总布置可视化动态演示系统研究[J].水利水电技术,2001,32(12):29~31.
- [2] 董文锋,袁艳斌,杜迎泽,等.流域三维地形仿真及洪水演进动态模拟[J].水电能源科学,2001,19(3):37~39.
- [3] Kruglinski D J. Visual C++ 6.0 技术内幕[M].北京:希望电子出版社,2000.
- [4] 乔林,费广正. OpenGL 程序设计[M].北京:清华大学出版社,2000.

(收稿日期:2002-09-11 编辑:熊水斌)