

水工三维可视化设计系统的技术支撑和实现

袁锦虎¹, 常晓林¹, 邓虹²

(1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 华南师范大学南海学院, 广东 南海 528200)

摘要 通过分析三维可视化工程设计的研究现状, 提出三维可视化水工设计系统的基础支撑和关键技术。针对水工设计行业的特点, 得出实现三维可视化水工设计系统的可行框架和实现方案。通过系统分析, 设计的水工三维可视化设计系统由接口子系统、三维可视化子系统、工程设计子系统和成果子系统四大部分组成。

关键词 水工建筑物; 三维设计; GIS; 集成化

中图分类号 TV314; TP391.72

文献标识码 B

文章编号 1006-764X(2006)S1-0093-03

我国目前的水电工程设计都是在二维地图上进行的, 这种用平面地图表现地形地物的缺陷是缺乏立体感、不直观, 需要有一定地图知识和经验的设计人员才能准确判断地形和地貌的特征, 这就使工程设计和各专业之间的成果交流相当困难。如何实现水电工程设计高效率地进行, 满足我国快速发展的水电工程建设, 一直是水电工作者面临的一大难题。随着计算机图形处理技术的迅猛发展, 三维 CAD 已经在机械、电子等先进行业广泛应用, 三维地理信息系统(GIS)也进展很快, 并开始走向商品化^[1-2], 这为制作具有高度真实感的可量测的地形三维立体模型^[3]、实现三维可视化工程设计提供了可能。

在过去的几年里, 国家空间数据基础设施(NSDI)包括多种比例尺地形数据库相继建成; “数字地球”、“数字城市”等概念早已深入人心, 国家和社会信息化建设正在如火如荼地开展。在工程设计界, 也开始掀起以数字化、可视化、智能化为一体的“设计革命”浪潮, 正是在这一大的框架背景环境下以及水利水电工程建设大发展时期, 充分考虑可视化工程设计的应用需求, 利用 GIS 数字化地形技术和水工三维 CAD 发展的最新成果, 实现两者在水工领域的集成, 无疑对提高水电工程设计水平和设计效率、降低设计成本、加快工程建设管理现代化、创造更大的经济社会价值具有重要的意义。

1 水工三维可视化设计的研究现状

水利水电工程勘测设计和地形、地质、水文等自

然条件密不可分, 三维工程设计必然要求首先建立数字化地形地质、地形地质数字化平台一直作为水工 CAD 的必备支撑系统和水工 CAD 软件一起开发, 也一直被视为水工 CAD 发展的拦路虎^[4]。随着 GIS 技术的发展和应用, 将 GIS 技术引入到水工 CAD 为研究解决地形地质问题提供了一条新的思路。GIS 是一门地学空间数据与计算机技术相结合的新型空间信息技术, 其特有的空间形式和强大的空间数据处理能力为工程设计提供强劲的空间建模能力(如数字地形地质建模、地形填挖分析等)。GIS 发展很快, 目前已广泛应用于城市规划、电力、交通、矿业等许多领域, 在水利行业尤其是工程设计方面则研究很少, 实时动态的三维设计更是少见。要尽早摆脱这种落后的局面, 就要借鉴先进行业 CAD 应用 GIS 的成功经验, 加快我国水工三维可视化工程设计的研究。为此, 下面分析介绍三维可视化工程设计应用在交通(道路)行业较广泛的研究情况。

在国外, CAD 技术应用于铁路和公路路线设计始于 20 世纪 60 年代^[6], 目前, 路线 CAD 技术已发展成集数据采集与处理、设计、分析优化于一体的集成化、系统化技术。其软件共同特点是: 建立在功能强大的三维数字地面模型及结构物理模型上, 基础牢固, 都注重可视化技术、用户界面技术(交互技术), 并寻求一定智能化功能以及系统的集成和设计的一体化。国内研究虽起步较晚但发展迅速, 三维可视化路线设计从基础理论到实际应用都已迈上了新台阶, 研究成果开始进入实用阶段。例如: 中南大学道

路与铁道工程研究所研发了道路设计动态实时三维可视化系统,可以将三维可视化融入设计过程。其技术涉及到较多 GIS 建模、算法以及可视化技术。

虽然 GIS 应用在以地形为基础的一些设计行业有了长足的进步,但在水利水电行业,由于该行业自身的特殊性,如需求有限、开发难度大、应用面窄等,使得这一行业逐渐成为 GIS/CAD 研究和应用“最不成功的行业之一”。非技术因素的客观存在决定了水工 CAD 研究的进一步发展必须首先从技术上取得突破以适应水利水电勘测设计的行业特点。随着计算机软硬件技术的不断发展,一些成熟的具有强大功能的 GIS 商业软件不断推出,这些工具软件为各领域广泛应用 GIS 提供了有力的技术保证, GIS 技术也已开始进入到水电行业的各个方面,并发挥了巨大的作用。总体上看,目前 GIS 技术在水电行业的应用主要集中在旱灾评估、水资源管理、水土保持、生态和水环境监测以及工程规划等方面。而把 GIS 技术应用于水利水电工程具体的设计领域,来辅助工程建筑物设计、动态仿真三维施工过程以及进行地形地质数字化和可视化,是一种新的尝试。

2 工程三维可视化设计系统技术支撑分析

水工三维可视化设计系统(VHEDS)从技术角度考虑就是利用计算机强有力的计算功能和高效的图形处理能力,直观地辅助水电工程人员进行工程设计的一种技术。VHEDS 的功能贯穿延伸到水电工程勘测、设计、计算分析、施工、运行管理等各个环节,其发展方向是实现标准化、智能化、集成化和虚拟设计。

按照工程设计流程,水工设计实现三维可视化就要求工程设计条件可视化(包括地质、水文、地形、枢纽布置及施工条件等可视化)、设计建模过程可视化、计算分析过程可视化和设计成果可视化(包括三维真实感图形显示及非空间数据的图表、文档输出)。这里可视化是三维工程设计的核心,数字化则是实现可视化设计的基础。同时,VHEDS 是一个复杂的系统,又是多个基础学科的交叉应用。要实现三维可视化水工设计,除了需要水工技术及工程设计方法的知识外,还要有相应的计算机技术来支撑,最基本的包括:

a. 软件工程技术。水工 CAD 软件一般都比较庞大和复杂,所以开发水工 CAD 软件需要较高的软件工程技术,其中包括软件工程方法、工程数据库技术和面向对象方法技术等。

b. 集成化技术。多专业协同工作是水利水电工程勘测设计的本质特点,水电工程从规划、勘测、

设计(包括计算分析)到施工、运行管理是一个环环相扣的纵向过程,同时各阶段又存在着不同专业(横向)的分工。因此,集成化乃至协同工作、并行设计成为 CAD 系统发展的趋势。

c. 可视化技术。可视化技术是三维设计的基本要求。可视化技术是科学计算与图形图像技术的结合,涉及科学与工程计算、计算机图形学、图像处理、人机界面等多个学科与技术领域,特别是地形地物生成、简化及多分辨率表达是实现设计可视化的研究关键。

d. 地形地质数字化技术。水利水电工程设计离不开地形、地质资料,水工建筑物的不定型和具体地形、地质条件的多样性、复杂性密切相关,所以水工 CAD 软件必须以地形地质数字化平台为支撑,二者集成建模,最好有统一的数字模型。

e. 不定型建模技术。参数化建模技术已在其他行业的 CAD 软件中得到广泛应用,然而却很难适用于水工建筑物的不定型建模,因此水工建模问题仍是本系统建立的难点。

当然,从计算机的实现而言,水工三维可视化设计的过程其实也是工程数据(包括几何数据、拓扑数据、属性数据等)流向和管理的过程。具体地,通过分析可视化工程设计所表现的内容,可以得到水工三维可视化设计的技术支撑体系,见图 1。同时,该图也详细地反映了水工三维可视化设计理论和技术的构成体系,包含了数字模型、设计对象和设计平台 3 个基本层次,前者是后者的基础和核心,后者则是前者的应用和扩展。

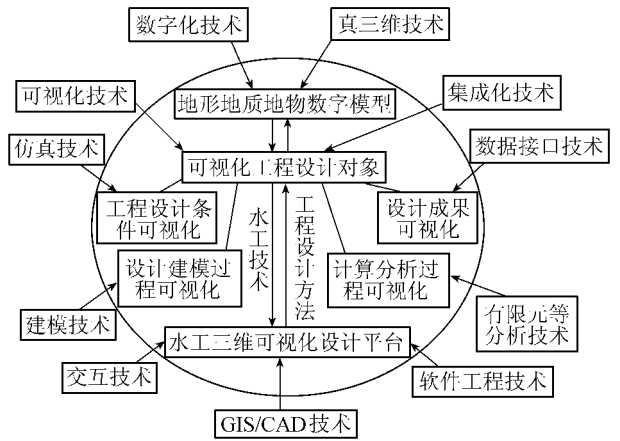


图 1 水工三维可视化设计理论和技术构成体系

3 水工三维可视化设计系统关键技术和实现方法

完整的 VHEDS 是一个非常庞大复杂的系统,在具体实现中只能从基础应用抓起。按照可视化的基本要求,实现三维设计系统平台,就必须集成运用数

字化技术、真三维技术、可视化技术等关键支撑技术,特别是开展大比例尺下三维地形地物统一建模、空间数据处理以及高级图形处理技术在水电领域的应用研究,是实现水工三维可视化设计的重要基础。

通过前面的分析,将水工三维可视化设计的研究思路概括为:从基于地形的工程设计等实际应用需要出发,通过收集国内外有关三维 GIS 数据模型、计算机图形学、可视化仿真技术等资料,深入了解目前在基于地形的三维景观建模和交互式设计领域的研究现状及存在问题,从国内外学者在相关行业相关领域已有的一些研究成果中吸收借鉴有益的思想,研究基于地形的、适合水工设计的三维数据模型,特别对交互式设计及空间模型集成分析等若干关键技术提出相适应的算法;考虑 OpenGL 在三维图形开发中的主流地位,故采用面向对象技术,用 VC++ 作为开发语言,以 OpenGL 作图形编程接口,进行实验系统的开发设计,并结合应用实例论证相关理论、实现技术和算法的正确性和可行性。

因此,VHEDS 的关键技术及实现内容包括:

a. 建立基于地形的三维数据模型(考虑对设计成果的实时计算分析,设计模型还应与分析模型统一)。

b. 三维地形地物景观可视化与虚拟环境下三维交互关键技术和实现算法,包括真实感地形景观的构建技术、三维交互操作和编辑技术等实现技术与算法。

c. 基于地形景观交互式设计和集成分析的关键技术与相关算法,包括交互式地形设计、基于地形的工程集成分析等实现技术与算法。

d. 基于三维景观模型和交互式景观设计理论、技术与方法,研究和开发实验系统,结合应用实例,对所提理论与方法进行验证。

以上研究内容构成了 VHEDS 的技术核心,它是实现三维可视化水工设计的关键。基于地形的 VHEDS 最大的特点是工程三维地形地物数字模型的建立,并在此基础上实现可视化的设计、分析和应用。三维地形地物数字模型建立方法很多,不同对象可采用不同的方式建模。比如一般水电工程所处区域复杂,采用 TIN 模型建立工程地表 DTM,对于水工建筑物,采用 B-rep 法结合参数化建模对于快速精确建立三维实体是合适的,对于不规则水体则需要采用基于粒子系统的水流建模等等。

4 VHEDS 系统框架及主要模块设计

三维可视化工程设计的技术难点是系统组成和功能集成,二者组织的好坏直接影响工程设计的效

率和结果。由于水工设计过程的多样性、复杂性和软件本身的实用性要求,决定了系统软件功能必须全面概括整个工程设计的进程,同时各个功能模块之间相互支持,功能设计操作简单、高效。通过系统分析,设计 VHEDS 的软件框架原型见图 2,系统由接口子系统(包括数据输入输出模块、数据转换模块)、三维可视化子系统(包括三维地形可视化建模模块、水工建筑物三维建模模块)、工程设计子系统(包括方案设计模块、结构断面设计模块、工程量分析模块等)和成果子系统(包括三维模型库和设计成果景观漫游)四大部分组成。

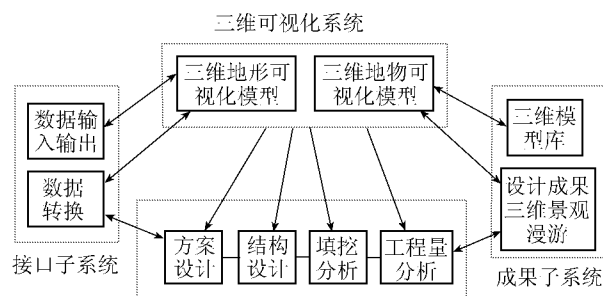


图2 可视化水工设计基本框架结构

5 结 语

水工三维可视化设计克服了目前二维设计不直观、作业周期长、工作量大、重复性工作多等缺点,大大减轻了工作人员的工作量、节省投资,同时提高了设计精度和效率。水工三维可视化设计系统的研究和应用必将加速推动水电工程设计施工管理一体化、智能化的进程,推动水电建设的高速发展。

参考文献:

- [1] 郭伦,刘瑜,张晶,等.地理信息系统——原理、方法和应用[M].北京:科学出版社,2000.
- [2] 钟登华,刘东海,郑家祥.基于GIS的水电工程施工动态可视化仿真方法及其应用[J].水利学报,2003(7):101-106.
- [3] 徐青.地形三维可视化技术[M].北京:测绘出版社,2000.
- [4] 乔书光.基于设计流程管理的水工协同CAD模型研究[D].河海大学,2003.
- [5] 杨玉明.浅谈构建水利工程设计集成化应用系统[J].北京水利,2002(4):34-35.
- [6] 汪树立.计算机辅助设计[M].北京:中国水利水电出版社,1998.

(收稿日期 2005-12-09 编辑 高建群)