

水力学与水利信息学进展

Advance in Hydraulics and Hydroinformatics **2003**

主编 李桂芬 王连祥



 中国标准出版社
www.bzbs.com

水力学与水利信息学进展

2003 目 次

主编 李桂芬 王连祥

TV-53/

86.8083

LG F

中国标准出版社

水利学信息科学进展

2003

李桂芬 李桂芬 主编

图书在版编目(CIP)数据

水力学与水利信息学进展. 2003/李桂芬主编. — 北京: 中国标准出版社, 2003

ISBN 7-5066-3240-3

I. 水… II. 李… III. ①水力学-文集②信息技术-应用-水利工程-文集 IV. TV-53 号

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 065521 号

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街 16 号

邮政编码: 100045

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*
开本 880 × 1230 1/16 印张 30 字数 922 千字
2003 年 9 月第一版 2003 年 9 月第一次印刷

*
印数 1—500 定价 68.00 元

网址 www.bzchs.com

版权专有 侵权必究
举报电话: (010) 68533533

第一届全国水力学与水利信息学学术大会

会 议 组 织

组织委员会

主 任 刘树坤

副主任 刘之平 练继建 王宏江

委 员 李 云 李 嘉 李赞堂 陈永灿

苏祥林 张 玮 吴汉明 祝根领

高盈孟 徐勤勤 梁宗祥 黄真理

曹寅白

学术委员会

主 任 李桂芬

副主任 王志民 刘振邦

委 员 王惠民 冉星彦 肖白云 陈长植

金 生 林可冀 周孝德 赵文谦

钟登华 崔广涛 童显武 程晓陶

秘书处

秘 书 长 王连祥

副秘书长 郭 军 陈振飞 孙永娟

秘 书 陈秀兰 安 刚 刘学军

前 言

由中国水利学会水力学专业委员会、中国水力发电工程学会水工水力学专业委员会和国际水利工程与研究协会(IAHR)中国分会共同发起的《第一届全国水力学与水利信息学学术大会》,经过一年多的精心准备,将于2003年9月24~26日在天津蓟县召开。并约定今后每两年都要举行一次这样的会议,以促进两个学会的三个专业委员会之间的交流。本书是首次交流的成果,记录了两个学会在水利信息学、生态水利与环境水利学、工程水力学、城市水利等方面近年所取得的进展。大会得到国内广大专家和学者的支持,共收到论文144篇,由于篇幅十分庞大,将138篇文章分别收录在《水利学报》2003年第8期、《水利水电技术》2003年第9期和本书内,这三份成果充分显示了本次会议的成功,为今后三个专业委员会之间的交流做了一个良好的开端。

进入21世纪,我国社会经济保持连续快速增长,我国将在不长的时间内全面实现小康社会。伴随社会经济的进步,社会对水利水电事业也不断提出新的要求,水利水电工作者必须面对新的问题,深入研究,努力探索,推进水利水电技术的创新和发展。这次会议所选定的水利信息学、生态水利与环境水利学、工程水力学、城市水利等四项议题都是当前我国水利水电事业发展的热点。信息产业的发展带动了产业的革命,在水利水电行业内以信息技术为支撑的信息管理系统、自动控制系统、决策支持系统、数字流域等正在逐步实施;以水环境改善、流域生态修复、水边景观建设为目标的工程项目开始列入江河流域的综合规划;以三峡枢纽工程为代表的水利水电建设、以南水北调工程为代表的大型水资源配置工程中,凝聚了水利水电工作者几代人的心血,也为工程水力学提出了大量新的课题;城市水利比较集中地反映了城市现代化进程中水利事业的变革,包括了城市防洪排涝、雨洪利用、水质保护、水源地保护、水域景观建设、城市河流生态修复、城市水文化等现代水利的内容。研究和解决这些重大问题不仅是社会发展的需要,也是推动水利水电科学进步的需要。本次会议发表的丰富多彩的论文,展现了已经取得的成果和认识。

专业委员会作为群众学术团体,为广大水利水电工作者创造一些交流的机会和条件,推动技术进步是责无旁贷的,会议的成功是对我们的最大鼓励。我们三个专业委员会借本书出版之机,向一贯指导和支持我们工作的中国水利学会、中国水力发电工程学会表示敬意;对积极参与本次活动的各位代表表示由衷的感谢;感谢天津市水利局、中国水利水电科学研究院、天津大学建工学院等单位的大力支持;感谢为本次会议默默工作的各位工作人员。

祝今后的学术交流更加活跃和发展。

中国水利学会 中国水力发电工程学会
水力学专业委员会 水工水力学专业委员会

主任:刘 峙 主任:刘 之 平

国际水利工程与研究协会
中国分会

主任:李桂芳

2003年9月

· 5 ·

目 录

一、水利信息学

可视化动态信息管理技术及应用*	3
水利信息学概述	13
珠江三角洲水利信息系统	19
无锡市水利信息化建设及近期规划	24
基于 GIS 的地下洞室群施工三维动态演示系统开发与应用	28
洮儿河灌区 GIS & MIS 综合管理信息系统介绍	33
关于引进天津工程管理系统建设的思考	38
长距离复杂输水系统可视化动态仿真研究	43
水利信息学在大型工程施工组织与管理上的应用	50
现代防汛指挥决策支持系统中的堤防工程安全评估	54
混合了灰色系统的时间序列模型在降雨预报中的应用	60
灰色聚类模型方法在水质评价中的应用	63
基于遗传算法的黄河上游梯级水电站优化运用研究	66
计算智能在水信息学中的应用	70
多沙河流上水库初期运用阶段水力学信息的应用	75
基于 GMS 的地下水动态预测分析方法	80
大型河工水工模型自动检测与控制	85
地下水漏斗中心水位预测模型	91
掺气水舌运行微分方程及其数值解法	95
模型联接技术的新思路及其应用	99
非牛顿流体的异常特性与本构关系	105

二、生态水利与环境水力学

生态学在水利工程建设中的价值	111
海河流域超采地下水引起的生态环境效应及其生态恢复对策	116
内蒙古岱海湖泊流域生态环境问题与整治对策*	120
生态修复对防治水土流失的作用探讨*	125
生态水力学的若干问题	129
河流中水利工程下游最小生态流量确定方法研究	134
海河流域水环境的历史演变及其主要影响因素研究	140
京城北环水系水环境污染及治理措施的调查研究	146
浅谈在城市化进程中的水环境保护	151
利用海水改善天津市滨海新区水环境	155
天津引滦于桥水库水源的保护与治理	159
珠江河口大系统洪水模拟研究	162
博斯腾湖富营养化综合加权指数评价	168
我国富营养化湖泊的生态修复技术措施及展望*	172
糯扎渡水库富营养化可能性研究	177
认识湿地	181
对人工湿地系统应用的探讨	187
核电站温排水模拟计算	192
河道水温模型及其在糯扎渡下水水温预测中的应用	199

黄河下游游荡性河道双岸整治后对下游河道冲淤的影响分析	204
21 世纪黄河泥沙处理的基本思路和对策	212
黄河高效造床输沙用水量的探讨	218
永定新河泥沙淤积的影响	220
溪洛渡水库减缓三峡库区泥沙淤积的试验分析	223
海河打造中的环境建设探讨	229
水生植物与生物膜滤床系统净化河道污水研究	232
碱性骨料反应在引滦入津水源保护工程中的研究及应用	237

三、工程水力学

工程水力学的近期发展	243
大朝山水电站泄水建筑物初期运行情况	253
三峡工程明渠通航研究与实践	261
长江三峡工程导流明渠施工通航水力学试验研究	266
动水中抛投材料的抗冲稳定性探讨	271
长湖水电站大坝下游河床冲刷趋势分析	275
三板溪水电站溢洪道挑流鼻坎体型试验研究	281
吉林台一级水电站深孔泄洪洞的水力学问题	285
尾水管脉动压力及扩散方式的研究	291
泄洪隧洞出口挑坎体型优化研究	296
竖井式出水口二元切片水流模型试验研究	301
缓坡条件下凹型掺气坎布置形式研究	305
大流量、小底坡、低 Fr 数泄洪洞掺气减蚀试验研究	311
高水头放空洞关键水力学问题研究	315
V 型掺气坎体型研究	319
宽尾墩消能工在高拱坝水垫塘消能形式中应用的研究*	323
挑流消能泄洪雾化扩散数学模型研究	332
脉动壁压时序信号的正交分解与低阶近似	338
反拱形水垫塘底板整体稳定性试验研究	344
迷宫堰泄流能力及泄洪振动水弹性模型研究	349
充气橡胶坝溢流特性试验研究	355
王屋山水库迷宫堰泄流能力试验研究	358
导流板防沙措施的试验研究	363
悬栅水流场测试及消能分析*	368
干桥水库混凝土防渗墙的防渗效果初步分析	373
尔王庄明渠泵站液闸门自动控制系统	377

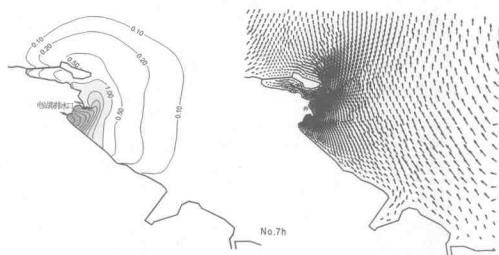
四、城市水利与其他

广州城市水利的发展	383
城市雨水利用研究状况分析	388
马草河治理工程中的雨水利用	393
拉萨市拉萨河城区中段防洪工程模型试验研究	396
美国坦帕湾地区供水策略分析	401
密云白河整治工程中的桥梁外观设计	405
北环水系转河段工程的设计与思考	409
引滦工程潮白新河倒虹吸补强加固工程	414
引滦明渠薄型模袋混凝土护底施工技术	418
土工合成材料在棉湖洲护岸试验工程中的应用	421

官厅水库清淤排泥场的设计分析	426
四川省的水能资源及三大水电建设基地	431
天津地区应用水源热泵技术初探	434
南水北调及大型水利工程装备需求探讨	436
电力工业科技发展探讨	441
中国现行水价政策分析	445
我国水市场机制建立的分析探讨	452
欧洲河道水系考察及水利建设新思路探讨	456
德国与荷兰水利建设与管理及对大都市水利的启示	460
罗斯福“新政”与美国水利建设	464
附录1 水利学报 2003 年 第8期(月刊) 目次	468
附录2 水利水电技术 2003 年 第9期(月刊) 目次	469

* 带“*”者表示该课题受基金资助。

一、水利信息学



可视化动态信息管理技术及应用*

钟登华 毛慕汉

(天津大学水利水电工程系, 天津 300072, dzhong@tju.edu.cn)

摘 要 在当今“信息爆炸”年代,信息技术在各行各业中得到广泛的应用,随着信息技术的发展,这种应用对各个领域的发展起到重要的推动作用。水利工程是我们国家的基础行业,在实现国家现代化的进程中,水利现代化要求我们对水利工程的信息化、数字化作出努力。作者近十年来围绕水利水电工程,针对信息可视化实现技术、可视化动态信息管理技术、可视化仿真、可视化辅助设计技术以及可视化辅助决策技术等方面作了大量的技术理论研究和工程应用研究。本文通过对这些研究和应用的总结,以期体现信息技术在水电工程中的重要应用价值。

关键词 水电工程 可视化 仿真技术 MIS CAD DSS

1 引言

当前,以信息为主要研究对象的信息科学技术在“信息爆炸”年代越来越显出重要的作用。信息科学的研究范围从仙农(C. E. Shannon)提出的狭义信息论领域而深入到系统科学、协同理论、人工智能理论、认知科学、思维科学等领域。作为信息科学的实践手段,信息技术也在支撑技术(机械技术、电子技术、激光技术、生物技术等)进步的推动下获得了在技术理论和应用研究方面的长足发展。信息技术在工业、农业、国防、交通运输、科学研究、商业贸易、医疗卫生、文化教育等各个行业领域广泛应用,改变了传统的、落后的、手工操作的、效率低下的局面;为人类分析、解决问题提供了新的手段。信息技术中最重要的内容是实现对信息的处理,以使“人类的思维器官功能得到延长”^[1],这句话的意思是指:通过计算机技术等信息技术手段,使人类对于信息的发现、理解能力得到增强。

人类认知和理解事物的一个重要特征是利用图形。使用图形来表示信息的主要优点是赋予信息某种虚拟的形态,其目的是辅助我们分析、综合信息及其信息之间的关系,减少理解和认知它们所需的努力。视觉信息也是人类最主要的信息来源。医学和心理学研究表明,人类日常生活中接受的信息80%来自视觉,而50%的脑神经细胞与视觉相联。因此,将信息处理成可视化的图形(图像)可以充分发挥人类的视觉潜能和脑功能。

可视化即科学计算可视化(visualization in scientific computing, ViSC^[2]),它使科学计算的输入过程和计算过程拟人化和形象化,再采用计算机图形和图像处理技术将计算结果直观形象地显示出来并进行交互处理,使研究人员能以更直观和客观的方式发现隐藏在数据中的科学规律^{[3][4]}。可视化技术是科学计算与图形图像技术的结合,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。作为一种新兴学科,自正式确立以来获得了迅速地发展;在许多自然科学和工程领域得到应用,像医学、地质勘探、气象、分子构造、计算流体力学和有限元分析等。

地理信息系统(geographic information system, GIS^[5])是近年来迅速发展起来的,一种地学空间数据与计算机技术相结合的新型空间信息技术。利用GIS特有的空间信息组织与管理方式,不仅可以方便地实现水利水电工程涉及的工程水文、地质、地形、枢纽布置以及施工场地布置等静态信息的数字化,而且其强劲的空间数据处理能力为工程信息管理提供了强大的空间建模能力(如数字地形与数字地质建模、地形填充分析等);利用现有的GIS平台集成,可以大大缩短可视化信息管理系统开发周期和开发费用,为工程动态信息可视化、仿真信息等成果的真实感显示和直观表达,以及动态信息管理交互手段的实现提供了便捷;同时GIS平台提供的标准化的数据格式和数据接口方式,可以方便的与其他开发平台耦合开发。

* 国家“九·五”重点科技攻关(96-221-05-03-02-02);国家自然科学基金(59379410);国家自然科学基金(50179023);教育部优秀年轻教师基金(9801);教育部骨干教师基金(633);高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划(200166)。

近十年来,天津大学系统仿真研究所致力于研究基于 GIS 的动态信息可视化技术,并将该技术运用到水利水电工程中;同时,融合可视化技术与管理信息系统技术、可视化技术与仿真技术,提出可视化动态信息管理系统技术和可视化仿真理论,相应作了大量深入的理论研究和应用研究;对可视化技术与辅助设计技术、可视化技术与辅助决策支持系统技术的结合也作了许多有益的探讨研究,取得了大量富有创新性的研究成果。本文旨在通过对研究中的关键技术实现和研究成果进行总结,以期说明信息技术在未来水电工程中的重要作用。

2 基于 GIS 的信息三维可视化实现技术

可视化技术的关键是三维数据场的可视化实现。不同的研究对象,信息数据类型是不同的。对于水电工程,主要的信息对象是地形地貌、地质构造、工程地物;因此,实现它们的可视化是主要内容。同时,水电工程的工程信息是随着时间不断变化的,动态信息的可视化方法也是重要的一项技术。

2.1 三维地形数字模型及可视化实现方法

2.1.1 地形数字模型 数字地形模型(digital terrain model, DTM)是地形表面形态与属性信息的数字表达,是带有空间位置特征和地形属性特征的数字描述。数字地形模型中地形属性为高程时称为数字高程模型(digital elevation model, DEM)。对于 DTM 的表示一般采用较多的是规则格网模型和不规则三角网模型。

- 规则格网模型,也可以是矩形、三角形等规则网。规则格网将区域空间按一定的分辨率切分为规则的格网单元,每个格网单元对应一个数值,数学上可以表示为一个矩阵。每个格网单元的一个元素,对应一个高程值。格网单元的值是该区域内所有点的高程值,即在格网单元对应的地面面积内,其高程是一致的。规则格网模型的计算机算法实现比较容易,可方便地进行等高线、坡度、坡向、山坡阴影的计算以及流域地形的自动提取。该模型的缺点是不能准确表示地形的结构和细部,且存储数据量过大,给数据管理带来了不便。

- 不规则三角网模型(triangular irregular networks, TIN),是一种根据有限个点将区域按一定规则划分而成的相连三角形网络。区域中任意点的高程可由顶点高程通过线性插值的方法得到,所以 TIN 是一个三维空间的分段线性模型。TIN 模型通常采用 Delaunay 三角剖分法^[6]建立,它能保证所建的 TIN 三角网具有唯一性,且能最大限度地避免产生狭长三角形。通过在局部增加或减少控制点,该模型可方便地实现模型修改,而且能比较充分地表现控制点起伏变化的细节,且模型数据量和运算量较小。但 TIN 的数据存储方式比规则格网复杂,它不仅要存储每个点的高程,还要存储其平面坐标、节点连接的拓扑关系、三角形与邻接三角形的关系等。

规则格网模型与 TIN 模型之间可以互相转换。规则格网模型转成 TIN 模型可以看作是一种规则的采样点集生成 TIN 的特例。TIN 模型转成规则格网模型则可看作是普通不规则点生成数字高程地形的过程,方法是按要求的分辨率大小和方向生成规则格网,对每一个格网搜索最近的 TIN 数据点,按线性或非线性插值函数计算格网点高程。

2.1.2 三维地形可视化方法 一般大型水电工程所处区域的地形较为复杂,因此采用 TIN 模型建立工程地表 DTM 是合适的。采用地理信息系统实现地形三维可视化可以由地形等高线等原始数据按一定的算法生成 TIN 模型,这些算法包括生成 Delaunay 三角形的分治算法、逐点插入法及三角网生长法^[7]。但无论用哪种算法, TIN 模型的生成原则是一致的,即:① TIN 具有唯一性;②力求最佳的三角形几何形状,使每个三角形尽可能接近等边形状;③保证最邻近的点构成三角形,即三角形的边长之和最小。对生成的初始 TIN,应消除由于等高线数据过于密集或采集信息缺乏所造成的细小、狭长三角形。

2.2 三维地质构造数字模型及可视化实现技术

2.2.1 三维地质构造数字模型 数字地质模型(digital geological model, DGM)其实是地质信息在计算机中的数据表达方式,包括数据存储的结构和可进行的操作。这种数据表达方式即为数字地质三维模型的数据模型。一种好的数据表示方法有利于空间数据的插值。近年来,对构造三维数字地质模型的数据模型国内外已有不少研究与探索,比较典型的有三维栅格模型、TIN 模型、八叉树体元模型以及混合模型等。

- 三维栅格模型,三维栅格模型是将研究空间剖分为许多个规则的三维格网,然后用相应的栅格组合来描述地质体。三维栅格模型的特点是运算简单,不足之处是巨大的数据集和计算工作量。

- TIN 模型, TIN 模型是一种由分散的控制点按一定的规则构成的三角形网,它可以用一系列不规

则的三角形面片来描述地质构造的三维形态。但是,由于 TIN 的构造机理决定了它不能描述多值曲面, TIN 模型对于描述复杂的地质构造(如翻卷的地层)存在困难。

- 八叉树体元模型,为了克服三维格栅模型数据量巨大的弊端,把二维的四叉树模型在三维中进行推广,发展了线性八叉树模型。该模型的优点就是可根据勘探工程的控制疏密程度来调节体元的大小,变化小、控制稀疏的部位,可加大体元,变化大、控制密集的部位,可调小体元。但是,该模型的算法实现比较上述两种方法要复杂得多。

- 混合模型,混合模型是指用两种或两种以上的模型来共同建立地质构造三维数字模型的方法。对于描述复杂地质构造,采用三维格栅模型与 TIN 模型相结合的方法可能是比较有效的。

2.2.2 三维地质构造可视化实现方法

地质构造体的三维可视化主要针对地层及断层的三维可视化实现。根据水电工程地质特点,采用混合数据模型,即 TIN 模型和三维格栅模型相结合,来建立地质的三维数字模型。

- 地层的三维可视化方法。地层作为体的表现,可采用地层层面、层底、以及前后左右地层边界的缝合来实现。因此,地层三维可视化的实现需要两个主要环节,即地层层面的三维可视化及地层层面的缝合。

地层层面的三维可视化。通过以下几个步骤:(1)拟合插值。由于在地质勘探中所得到的地层数据是钻孔坐标及其对应的高程、厚度等离散的信息,因此要把地层层面三维可视化,首先必须对其进行拟合插值。(2)地层层面边界确定。地层在区域上的分布并不一定是连续的,有时是分区分布的,那么就需要确定地层的分区边界。同时,需要增加限制条件以保证地层在空间上是按一定的层序叠加的。(3)地层层面 TIN 模型建立。在地层分布区域内进行插值后,生成符合一定精度的离散数据点。这样对于地层曲面的三维分布,就可采用不规则三角形网模型(TIN)来描述,模型生成采用 Delaunay 三角剖分法。

地层层面的缝合。由地层面构造的不规则地层三维实体,必须保证与相邻地层体接触面上的无缝重合。这就需要采用地层面缝合方法,基本思路是:依序上下连接该地层面上下面边界的三角网格节点,来完成层面间三角片曲面的重构,从而在地层上下层面间建立三角形网构成的环状曲面。在建立三角形环状曲面时,如果地层上下层面边界上的节点数不一致,则需要在节点相对较少的层面多边形边界上进行插值,使上下地层面边界多边形上的节点数相同,且尽量使节点均匀分布,从而避免狭长三角形的产生。这样,把上下边界多边形上的节点依次相连,就可以构建地层实体边界的环状三角网。

- 断层的三维可视化。同样,对断层进行三维可视化前,首先需对其进行数学模拟。拟合出断层的趋势面。对断层面进行函数拟合后,可与地层面的三维可视化构造方法一样,先按一定精度进行插值,然后确定断层的边界,再用 Delaunay 三角形来构建断层面的 TIN 模型。

2.3 动态实体参数化数字建模技术

按照实体对象的属性,可将其分别用点、线、面、体等四类图形数据结构来表达。动态实体的数字模型尚需反映其属性信息,几何图形与其属性的一一对应关系建立可利用 GIS 的空间数据组织结构来实现。同时为反映工程施工的动态过程,在其数据结构中除了描述几何特征及属性外,还体现时间特征。

对于实体的几何图形属性建模采用参数化建模方法。参数化实体建模是一种通过相关几何关系组合一系列用参数控制的特征部件而构造整个几何结构模型的技术。整个建模过程可描述成一组特征部件的组装过程,而每个部件都由一些关键的参数来定义,它将几何形状定义成一系列的特征点;几何约束表示成一组代数方程,其中特征点的坐标作为方程组的变元。约束模型不仅表示对象的几何信息,而且还要表示它们之间的几何约束关系。将几何约束蕴含于图形数据结构中,建立起参数化模型,一般几何约束可分为结构约束与尺寸约束,结构约束指几何元素间关系的隐式条件,不是变动对象,尺寸约束用来确定几何元素间的相对位置,是变动对象。参数化建模方法的特点是:(1)以变参数的几何模型为基础;(2)具有交互实现参数驱动的功能;(3)提供定义参数化约束的手段。

2.4 地形动态填挖

地形填挖表现为 DTM 模型的修改,实质上是对地形 TIN 模型进行操作。即用足够大的开挖(填筑)初始形体面转化的 TIN 模型,与地形 TIN 两者生成相交边界,再从地形 TIN 上沿相交线切去填挖初始形体面所包含的地形区域,同时从填挖形体 TIN 模型中以相交线为边界切去多余的开挖(填筑)边坡区域,最后把两个修正后的 TIN 合并构成一个经填挖后的地形 DTM。在填挖计算过程中可同时得到填挖区域表面积与填挖体的工程量。某工程地形、地物、地质三维可视化实现过程见图 1。



图1 某工程地形、地物、地质三维可视化实现图

2.5 基于 GIS 的三维动态演示方法

基于 GIS 的三维动态演示是对任意时刻系统信息的再现,它反映了信息数据的动态变化过程。利用设计或仿真模块得到工程系统的动态信息,包括时间、建筑物几何形状及其属性等,生成工程施工系统各环节某一动态变化单元 i 对应的图元(施工单元、水位单元等)任意时刻 t 的面貌 $V_i(t)$,则 t 时刻的工程整体面貌可表示为 $V(t) = \sum_{i=1}^n v_i(t)$, n 为总的图元数。其中, $v_i(t) = f_i(X_i, Y_i, Z_i, t)$, 表示在动态施工过程中,包含时间信息的 i 图元的几何形状,它随时间的变化而变化。把工程施工任意时刻的整体面貌贮存在图形库中,并与其一一对应的属性数据建立联系,从而在动画演示时,按时间顺序读取图形库中的形体数据及相对应的属性信息,不断更新绘图变量和属性变量赋值,同时不断刷新屏幕显示。这样就实现了整体工程施工过程的三维面貌及相应信息的动态显示。

3 基于 GIS 可视化技术的扩展应用

在信息可视化实现的基础上,我们将其与管理信息系统技术、仿真技术、计算机辅助设计技术和决策支持系统技术相结合,开展了水电工程可视化动态信息管理系统(visual management information system, VMIS)、可视化仿真(visual simulation, VS)、可视化辅助设计(visual computer aided design, VCAD)和可视化辅助决策支持系统(visualized assistant decision support system, VADSS)等技术和应用的研究。

3.1 可视化动态信息管理技术及应用

将可视化技术与信息管理系统技术结合,可以实现工程信息的可视化查询、可视化管理,以及对工程动态信息进行四维可视化实现。

3.1.1 三维动态可视化信息管理研究 在水利水电工程施工导流设计和管理过程中,往往需要涉及大量的数据及图形信息,如坝区的水文、地形、地质资料以及枢纽设计、施工场地布置和施工导流方案设计等各种数据及图纸。高效、简便地对这些信息进行管理,是提高设计效率及施工管理水平的关键之一。同时,施工导流方案设计是施工组织设计的重要环节,其设计过程复杂,对不同的导流方案很难进行直观的比较,所以实现施工导流形象直观的表达具有重大的现实意义。

为此,提出水利水电工程施工导截流三维动态可视化仿真理论与方法,并实施工导截流可视化信息管理与三维动态演示系统(CDMIS)。此系统充分利用地理信息系统(geographic information system, GIS)的强大空间数据分析与处理能力,建立三维施工导截流场地布置模型,以及在此基础上实现可视化的信息查询及管理等功能,从而实现设计过程中信息的可视化管理,同时实现施工导截流三维动态演示。水电站施工导截流可视化信息管理与三维动态演示系统的研制与开发成功,不仅给施工导截流设计与管理提供强有力的分析工具,为决策分析提供迅速的信息支持,大大提高施工导截流设计的现代化水平,而且应用前景十分广阔。水电工程施工导截流三维动态可视化仿真系统(CDMIS)结构图见图2。图3、图4为实现成果图。

3.1.2 水利水电工程施工总布置三维动态可视化信息管理研究

工程施工总布置是一个复杂的系统,内部涉及了施工场地地形地质、枢纽布置设计、永久及临时工程施工等大量的信息。工程施工过程是一个高度动态变化的过程,随着工程进度计划的推进,施工活动总处于动态变化过程中,这必然引起施工场地布置有关信息的多次变动,无疑给设计人员增加了工作量。

如何对这些不断变化的大量信息进行有效的管理,是提高施工组织设计与决策效率的关键。因此,基于可视化技术和信息管理系统技术,针对某工程,开发施工总布置三维动态可视化信息管理系统(CLMIS),结构图见图5,对施工总布置这一复杂动态过程进行直观再现与描述;实现施工总布置信息的高效应用与科学管理;实现设计成果的可视化表达,为枢纽施工设计与管理者决策分析提供直观形象迅速的信息支持,提高工程设计水平与效率。图6、图7是工程总布置三维动态可视化信息系统实现效果。

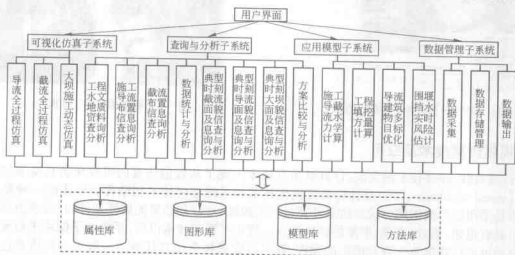


图2 CDMIS 总体结构

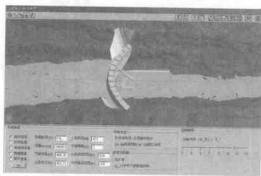


图3 施工导流三维面貌

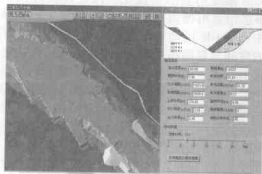


图4 施工截流三维面貌

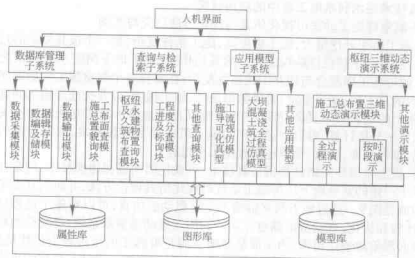


图5 CLMIS 总体结构



图6 某工程总布置动态信息查询



图7 工程渣场布置三维面貌图

3.2 可视化仿真技术及应用

随着计算机软、硬件技术的发展,计算机仿真技术出现了从数值仿真向可视化仿真发展的趋势。可视化仿真(visual simulation, VS)是计算机可视化技术和系统建模技术相结合后形成的一种新型仿真技术,其实质是采用图形或图像方式对仿真计算过程的跟踪、驾驭和结果的后处理,同时实现仿真软件界面的可视化,具有迅速、高效、直观、形象的建模特点。使用可视化技术以后,系统的子模块用形象的图形来表示,并可通过鼠标在屏幕上直观形象的操作,就可以完成整个仿真任务。一般可视化仿真包含三个重要的环节,即仿真计算过程可视化、仿真结果可视化,以及仿真建模过程的可视化。

3.2.1 基于GIS的交互式可视化仿真系统结构

基于GIS系统仿真的可视化表现在建模过程中利用GIS的信息可视化采集,以及在仿真可视化操作过程中利用GIS的动态信息可视化表达。由于GIS特有的空间信息组织机制,使得其实现这些功能有着先天的优势。同时,在系统仿真中,用户可根据显示的图像交互控制仿真的各个阶段,直到对所模拟的现象获得理解与洞察。在这一过程中,用户可以通过系统提供的操作界面随着可视化仿真系统反馈的结果来同步保持交互对仿真过程的控制。

图8表示的是基于GIS的系统交互式可视化仿真的框架模型,此模型中反映出GIS与系统仿真结合的关键环节,以及用户控制仿真进程的实现手段。



图8 基于GIS的可视化仿真框图

3.2.2 可视化仿真技术在水利水电工程中的应用研究

3.2.2.1 复杂地下洞室群施工动态可视化仿真与优化方法研究与实例

地下厂房系统施工由于开挖量大,施工强度高,施工条件复杂,是一个极其复杂的过程。由于工序的作业时间的随机性,容易产生随机排队现象而影响其他作业;由于地下洞室系统纵横交错,布置密集,高差大,施工通道少,使得各工序配合与相互干扰错综复杂;在安排各个洞室施工先后顺序及隧洞施工顺序时,需要顾及对工程的总工期、围岩稳定、通风排烟条件、施工强度、以及交通运输等问题的影响。各个洞室施工在时间、空间上的逻辑关系复杂,传统横道图难以直观地揭示其间复杂的时空关系。因而仅靠设计人员采用传统的方法分析计算,难以确定合理的施工机械配备方案、制定合理的施工进度计划和施工组织设计方案,难以全面、快速、准确地掌握施工全过程。

基于上述问题,提出集循环网络计算机仿真技术、可视化面向资源建模技术、网络计划分析与优化技术及动态演示技术于一体的复杂地下厂房施工系统可视化仿真理论方法,并研制开发了相应的计算机软件ESAS,其基本构成见图9。通过地下洞室群施工全过程动态仿真,可以对施工过程进行定量计算与分析,进行多方案的比较和优化,直到得出满意方案。利用三维动态演示系统,将复杂的地下洞室群施工全过程用运动着的画面形象地描绘出来,为全面掌握地下洞室群施工的全过程提供快捷的途径,为地下洞室群施工组织设计提供有力的分析工具,极大地提高地下洞室群施工设计与管理的现代化水平。

地下厂房系统三维动态演示图见图10,地下厂房系统均衡为洞挖强度图见图11。

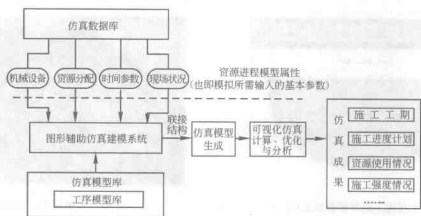


图9 ESAS 的基本组成结构

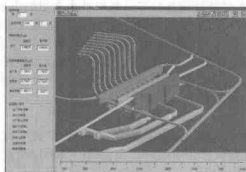


图10 地下厂房系统三维动态演示图

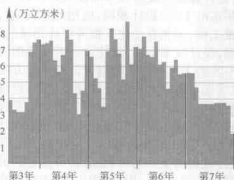


图11 地下厂房系统均衡后洞挖强度图

3.2.2.2 混凝土坝施工过程三维动态可视化仿真与优化方法研究

混凝土坝施工,考虑到温度、应力、浇筑机械设备布置和浇筑能力等因素的影响,需将混凝土坝体按一定的原则进行分缝分块浇筑。由于混凝土坝浇筑量大,浇筑块数以千、万计,浇筑块之间的施工约束条件十分复杂,这就给安排浇筑顺序和进度带来极大困难,使人工安排浇筑块、浇筑顺序几乎成为不可能。目前在制定混凝土坝施工组织计划时,传统的方法是凭经验用类比的方法按月升高若干浇筑层和混凝土浇筑强度等指标来控制施工计划的进程。这种方法由于缺乏系统的定量计算分析,在论证施工各阶段的筑坝进度以及各混凝土坝段升高过程是否能满足大坝施工各方面的要求总感论据不足。

随着计算机和系统仿真技术的迅速发展,尤其是系统仿真技术在复杂系统运行中的推广应用,使我们有在计算机上实现对混凝土坝施工的动态过程的仿真实验。事先拟定不同的混凝土坝施工方案,并对其施工动态过程进行仿真,可预测不同施工方案下混凝土坝施工进程的各项定量指标,这对制定合理的混凝土坝施工进度计划将提供科学可靠的决策依据。在充分考虑各种浇筑施工影响因素的情况下,建立混凝土坝施工系统的数学逻辑模型。并在此模型基础上编制计算机仿真软件。通过选取各种可能的机械配套方案及输入不同的施工技术参数进行大坝施工过程的仿真计算,可得到最优机械配套的数量、机械的利用率、混凝土月浇筑强度、逐月累计混凝土浇筑方量过程曲线。同时还可得到相应某施工方案下大坝浇筑施工的详细进度计划、各控制阶段的筑坝进程面貌等。而且通过混凝土坝浇筑仿真还可对其不同的浇筑规则对坝体上升进程的影响进行分析和研究。

同时,利用基于GIS的三维动态演示系统来表现复杂混凝土坝施工过程。GIS特有的空间数据组织形式能够充分反映混凝土坝施工系统复杂的空间关系和施工过程。通过建立坐标系,把现实世界的事物在计算机中对应位置重现出来,建立实体的数字模型,并按照一定方式将实体与其属性一一对应,从而反映实体的静态空间特征。同时利用过程信息,生成三维动画,为描述复杂的施工过程提供可视化手段。

大坝施工进度面貌剖面图见图12,大坝施工三维面貌见图13。