

三峡工程大江截流三维施工仿真研究

A Study on Emulation of Tridimension Construction in Damming a River of the Three Gorges Project

戴会超

(中国长江三峡工程开发总公司, 博士 宜昌 443002)

一、计算机技术的新前沿——可视化及三维图形技术

可视化和三维计算机图形技术均属当今的前沿科学,是计算机领域最活跃、发展最快的两个分支,好看而且实用,所见亦即所得,一直是人们追求的目标,但是由于其技术上的复杂性——难以描述、数据量大等,又使其发展受到种种限制。直至近些年,随着计算机技术的突飞猛进,三维计算机图形技术及可视化技术终于突破瓶颈,一场以多媒体为代表的,集声音、图像、文字为一体的新一代计算机应用浪潮大有席卷全球之势。它在各个领域的运用,必将带来人们思维方式和观念的变革。在军事和航天领域,三维计算机图形技术和可视化技术应用较早。在军事上,可以将卫星或航拍照片转换成三维地貌,分析敌方的军事基地、研究军事部署等;在航天领域的应用上,美国曾利用卫星发回的照片,将火星表面的地形恢复,为研究火星提供了极大的帮助;工程领域的应用则是近几年才开始的。随着计算机图形技术的发展,美国、德国和日本一些发达国家和地区非常重视运用直观的图形和基于计算机支持的施工组织管理系统指导重要工程及其重要施工阶段的施工。

特别值得一提的是三维计算机图形技术及可视化技术在香港新机场工程中的应用。香港新机场是一项世界著名的特大型工程,在工程设计和管理中,大量引进三维计算机图形技术,取得了明显的成绩和效益,其工程验收、结算最具特色。机场工程是挖山填海工程,工程量巨大、施工场面开阔、施工强度高,而且有大量的水下工程,工程的验收结算如果采用传统的测量方法是不可想象的。因此机场管理局引进了美国 intergraph 的图形扫描仪,利用航拍照片和声纳方法进行陆地和水下测量,通过计算机恢复成水上和水下地貌,这样既可看到工程的进展,也可快速计算出工程量,简化了结算过程,大

大节约了人力、物力、财力和时间,而且精确度高、管理简单、扯皮少。在英—法海峡隧洞及其它大型工程中,三维计算机图形技术也得到了广泛的应用。相比之下,国内三维计算机图形技术及可视化技术应用则只是在建筑界刚刚起步,建筑师们用三维计算机图形技术制作模型,用可视化技术进行渲染;而在水电工程,特别是截流和围堰工程方面则基本处于空白状态。

三峡工程是举世瞩目的跨世纪工程,应尽可能实施现代化的计算机管理,在大江截流和二期围堰这样重要的施工阶段建立基于计算机施工过程的三维仿真模拟是非常必要的。本文正是记述和介绍我们利用计算机可视化技术及三维计算图形技术辅助三峡大江截流工程三维施工的仿真研究和实施工作的。

二、三峡大江截流三维实体模型的建立

1. 三维实体模型建立的意义

三维实体模型是现代最新规划、设计和管理工作的基础。过去,工程上经常制作沙盘模型来形象地表示工程的总体布置。从功能上讲,二者有点类似,都非常形象、直观,整个工程概况尽收眼底。但三维实体模型用途要大得多,广泛得多,不仅好看,更重要的是实用。第一,三维实体模型是按绝对真实的尺寸构造出来的数字化模型,图上的任何要素都是可度量的,而且可以很方便地进行度量;第二,可以对三维实体模型进行无级缩放、多窗口显示,可以从任何角度、方位、高度对任何部位进行观察,还可以定义路径进行漫游、任意切割纵横剖面,体会身临其境的感觉;第三,三维实体模型是可存取的和可恢复的,可以随意规划、随意修改,可以将工程进展情况动态地反映出来,对不满意的规划、设计可以消去重来,而沙盘模型一旦毁坏,很难修复。

因此,三维实体模型可成为一切工作的基础,用途很广,作用很大。建立大江截流及相关工程的

三维实体模型,对大江截流工程的施工进行三维计算机仿真模拟,可反映出大江截流各个阶段的形象,发现工程中存在的问题,对于帮助实施大江截流决策、指导工程施工、科学规划和科学管理等意义重大。

2. 三维实体模型的基本概念

三维实体模型就是地面形状的三维几何描述,实际上可以是任何三维表面,并不仅仅限于地表。线由点组成,面通过点和线来描述,实际上也是由点组成。从数学上讲,不在同一线上的三点可以确定一个唯一的平面,这也是建立三维实体模型的理论依据。三维实体模型就是通过对数据点的三角化处理生成的,因此一个大的面(surface)就是由无数个小的三角平面(Triangle)拼接而成的。实际的地表一般是非常复杂的,山区地形更是如此,地表起伏不平、沟壑相间,通常存在若干不连续面和若干建筑物、道路、桥梁、河流湖泊等,因此要精确描述出地表的上述特征,必须有充足的数据,并且要对数据点分门别类、区别处理。

3. 大江截流及二期围堰三维实体模型建立的基本数据

为确保三维实体模型的准确与实用,本次研究采用的有关三峡工程的基本资料如下:1996年9月研究区域的水上、水下地形图(1:500);大江截流及二期围堰施工详图;二期围堰总体布置规划(左、右岸料场,截流施工道路);砼纵向围堰施工详图;导流明渠施工详图;大江截流及二期围堰施工关键时段形象面貌图;一、二期施工期水工模型实验资料及三维施工仿真计算结果;施工期有关工程施工图片。

4. 三维实体模型建立所依靠的软件与硬件

随着计算机的飞速发展,以往在工作站上才能实现的大范围的三维实体模型,目前已可以在高档微机上运行。本次研究主要采用如下硬件设备:1台IBM,Pentium 166,32M Memory,2.5G;主要采用如下软件:Microstation 5.0,3DMAX for NT。

5. 三维实体模型的建立

包括:**地形** 1996年10月“长江委”实测水下地形和1996年航测水上地形图;**道路和料场** “长江委”提供的施工布置图;**建筑物** 导流明渠、纵向围堰、关键时段大江截流及二期围堰施工情况;**水面** 水面通过大江截流数学模型计算形成三维实体。

以往导截流设计和施工基本上以物理模型为依据,不仅费时耗物,且受比尺效应的影响,不能形象地反映真实的流动情况。相比之下,数学模型具有花费少、适应能力强、提供详细的流场资料、便于方案比较等优点。人们愈来愈重视运用数值模拟手

段预测各种复杂的水流现象及流场的内部结构。国际上一些享有盛名的单位已由过去的以物理模型为主要决策依据转化为以数学模型为主要决策依据。为保证大江截流的顺利完成,“长江委”作了不同比尺的物理模型实验,但是物理模型存在着费用高、周期长、比尺效应的限制。三峡工程大江截流期间,截流指挥机关势必要按当时的长江来水条件、戗堤进占形象及施工机械配置等具体条件相机进行截流工程的决策安排和临场指挥。我们在大量的物理模型基础上,采用经过物理模型验证的数学模型,用以形成自由表面和水流流场的三维实体。

所采用的数学模型的方法及技术路线如下:

(1)为适应三峡工程比较复杂的河床流态,引入曲线坐标系统。

(2)应用深度平均的N—S方程对大江截流过程中的水流流态(包括施工期通航水流条件)进行数值模拟,为施工方案的选择提供重要的决策手段。

(3)通过动态显示技术,把计算结果形象地显示出来。

(4)通过上述模拟,确定各分区抛投材料的类型、重量(含尺寸)等。

首先利用实测的地形图通过数字化仪在计算机内形成二维地形,然后用Microstation形成三维地形图,之后Microstation再形成导流明渠、纵向围堰、关键时段二期围堰三维实体模型,最后在3DMAX进行动画制作,漫游施工现场。(部分三维图示请参见本期封三彩图)

三、本模型在大江截流决策支持系统工程中的应用

1. 施工形象模拟

在施工之前,大家对大江截流及二期围堰缺乏形象、直观的认识,通过本模型的施工仿真,使人们提前看到了大江截流惊心动魄的一幕,如同身临三峡工程的施工现场。使我们能在实际施工之前,能迅速、精确直观地看到所采取的措施将产生的结果,可对不同的施工方案进行比较研究。这些都为大江截流的正确决策提供了强有力的支持。《人民日报》在10月28日中这样评价:“三峡总公司已开发研制了一套完整的大江截流决策支持系统,它包括工程概况、文件检索、图形库数值模拟等部分,开创了我国大型水电工程中运用计算机技术的先河。……三峡工程建设者应感到幸运。因为他们借助现代科技的力量,正在为自己铺造一条坦途。”《科技日报》10月24日以“目睹大江截流”为题报道称:施工之前,只要输入来流量和龙口坐标就可迅速、准确、直观地看到详细的流场信息和水力学参数;这

关于改善北京大气环境的对策建议*

Solutions to Improving Beijing's Air Environment

中国能源研究会

一、北京能源环境形势严峻

北京市面积 1.68 万平方公里。1996 年常住人口 1 070 万人,流动人口约 300 万人;国内生产总值 1 616 亿元,其中工业占 44.1%,重工业又占工业总产值的 66.2%;煤炭占能源总消费量的 60%,燃煤量达 2 700 万吨。北京地处华北常驻型低压环流带,气象条件不利大气污染物扩散。因此北京大气污染一直是一个突出问题。近 10 年来,在人口增加、经济高速发展的情况下,市区环境质量基本保持稳定,实属不易。但大气主要污染物浓度居高不下。1996 年,总悬浮微粒、二氧化硫和氮氧化物浓度年均值分别为 364、100 和 117 微克/立方米,分别超过国家二级标准 82%、67%和 134%;采暖期尤为严重,二氧化硫浓度超标率达 245%。根据联合国

环境规划署的监测,在全球大气污染最严重的 10 个大城市中,北京已排名第三。

北京大气污染的症结在于产业结构和能源结构不合理。污染源主要是燃煤设备和机动车。目前,90%的二氧化硫和 80%的颗粒物是燃煤排放的,40%~60%的一氧化硫和氮氧化物来自机动车。首钢所在的石景山,煤炭消费量占全市的 30%,是北京最大污染源。此外,3 000 多个扬尘的工地也是主要污染源。

过度发展的重化工业,以煤为主的能源结构,加上环保投入不足、体制不顺、管理薄弱,使北京大气环境面临严峻的形势。据专家预测,若按目前趋势发展下去,到 2015 年,除一氧化碳外,各种污染物均将超过国家三级标准。

严重的大气污染,不仅损害居民健康,而且有损国家的形象和声誉,影响北京经济社会发展。与

套系统在整个截流过程中坚守阵地,为大江截流的正确决策提供强有力的支持。《三峡工程报》、《长江日报》、《香港文汇报》、《光明日报》、《中国青年报》都在显要位置报道了三峡工程大江截流施工仿真研究应用的情况。中央电视台在新闻联播节目中多次播放了这套模型的演示,使人们提前看到了大江截流盛况,如身临三峡工程的施工现场。

2. 平抛垫底工程

平抛垫底工程是确保二期围堰成功和二期围堰稳定的关键项目之一,其范围、高程分区均十分重要,且为水下工程。了解其未来的形象对工程的影响至为重要。根据招标文件上游平抛范围作出仿真图后,我们据以判断,认为右岸应当补抛。按此意见修改的垫底范围对随后的二期上游围堰右岸接头的稳定及 1997 年渡汛均大有好处。

3. 渡汛形象的确定

本模型以招标文件中上游 460 米口门、下游 540 米口门的规定为依据确定了 1997 年渡汛形象。

通过本系统数学模型计算,我们提出:考虑到现场的施工情况,下游左岸戗堤应继续进占 80 米。模型显示,这样补改后与原工况水流条件差别很小,故最终确定使上游口门宽保持 460 米,而下游改为 480 米。

4. 三峡工程大江截流施工跟踪

通过三维水力学仿真,建立了导截流的数学模型。只要输入流量、口门宽度和水文数据,即可计算出三峡施工现场的截流水力学指标和整个流场的信息,可为现场的施工和决策提供支持。

5. 确立了三峡工程施工整体模拟的基础

如在上述基础上推广应用,全面建成工程管理系统,并在对三峡工程的各子项目进行模拟研究的基础上,进行总体模拟,必将大大地加强对整个工程的宏观认识和控制能力。进行这种模拟技术决策,对于建成世界第一流的工程,将是非常重要和刻不容缓的。

(责任编辑 蔡德诚)

* 此建议系中国能源研究会于 1997 年末在京召开的“北京能源环境研讨会”上形成的。会议由研究会理事长黄毅诚倡议,获北京市政府支持,有 120 名能源、环境专家与会。