

③ 长江三峡工程大江截流决策支持系统的研究与应用

17-19.34

戴会超

张超然

TV551.2

(中国长江三峡工程开发总公司 宜昌 443002)

摘要 以数学模型为核心,以计算机模拟为基础,建立了一套较为完整的长江三峡大江截流决策支持系统,在已知流量和上下游口门宽度的情况下,可迅速模拟出流场信息,把三峡工程大江截流施工形象地显示在屏幕上,用以指导大江截流的施工组织管理。

关键词 施工 截流 决策系统 数学模型 计算机应用 三峡水利枢纽

三峡工程

决策支持系统

三峡工程大江截流是三峡工程网络计划中关键路线上的控制点,也是一二期工程的转折点,它受三峡工程左右岸施工进度控制,并直接关系到二期围堰的工期和三峡工程总工期,其成败关系重大。大江截流是在大流量(高达 $14\,000 \sim 19\,400 \text{ m}^3/\text{s}$)、高水深(达 60 m)、高抛投强度($7.58 \text{ 万 m}^3/\text{d}$)、基础地质条件复杂(河床底有深厚新淤沙)和施工期有通航要求等特定的截流条件下进行的,在国内外尚无先例。如何正确组织截流过程的施工,是保证 1997 年大江高质量截流和二期围堰安全建成的前提。通过截流方案比较,采用预平抛垫底,上游围堰单戗双向立堵进占,下游围堰尾随的截流方案。

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,大江截流这样重要的施工阶段建立基于计算机支持的决策系统是非常必要的。为此本文建立了一套完整的大江截流决策支持系统。

1 大江截流决策支持系统的组成

系统组成如图 1 所示,其中工程概况包括大江截流和二期围堰的工程情况;数据库

包括地形数据及平抛垫底基本数据、水文及截流水力学指标、围堰填料特性与参数、右岸导流明渠与纵向围堰施工通航基本数据、左岸临时船闸施工基本数据、大江截流与围堰备料基本数据、施工道路与截流码基本数据以及施工机械基本数据;文件库包括大江截流和二期围堰招标设计审查意见、施工科研的主要成果和三峡总公司有关的会议纪要;图形库包括三维实体图形库和大江截流及二期围堰施工详图。

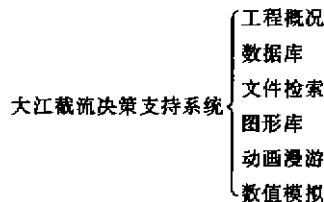


图 1 大江截流决策支持系统的组成

2 大江截流数学模型的建立

为保证大江截流的顺利完成,长江水利委员会作了不同比尺的物理模型实验,但物理模型本身受到费用高、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

作者简介:戴会超,男,博士,高级工程师,从事科技与工程管理,曾发表《坝下消能工紊流特性的数值模拟》等论文。

张超然,男,教授级高工,中国长江三峡工程开发总公司总工程师,从事水工建筑物设计与研究。

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。本文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,可以按照指挥机关的要求,迅速进行方案优选,提供决策。

采用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一重要的决策手段;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)、数量及抛投强度、抛投方式和抛投技术。

根据上述方法计算的典型工况如图 2 和图 3 所示。

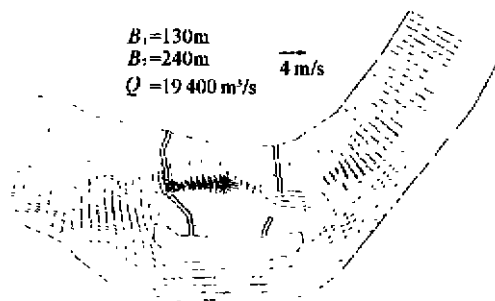


图 2 大江截流龙口形成 11 月上旬流量流场

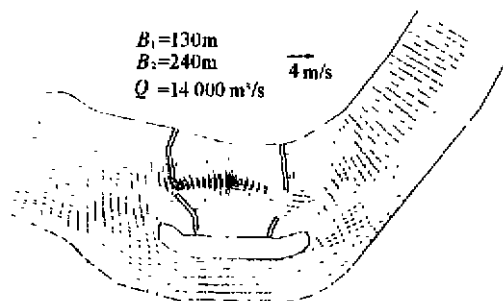


图 3 大江截流龙口形成 11 月中旬流量流场

3 大江截流施工关键时段施工仿真

施工仿真是利用先进的计算机技术,对三峡工程大江截流及二期围堰工程建立三维实体(地形、地质、关键时段建筑物布置)模型,进行三维仿真模拟,使得在实际施工之

前,能迅速、精确、直观地看到所采取的措施将产生的结果,从而对不同的施工方案进行比较研究,为大江截流的正确决策提供强有力的支持。

三维实体模型是规划、设计和管理工作的基础,较之工程以往常用的沙盘模型用途更广泛,且美观实用;①三维实体模型是按绝对真实的尺寸构造出来的数字化模型,图上的要素都是可度量的,而且可以很方便地进行度量;②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、方位和任何高度对任何部位进行观察,还可以定义路径进行漫游,体会身临其境的感觉,可以任意切割纵横剖面;③三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、设计可以恢复重来,而沙盘模型一旦毁坏,很难修复。

三维实体模型是对地面形状的三维几何描述,要精确描述出地表的几何特征,必须有充足的数据,并且要对数据点分门别类,区别处理。大江截流及二期围堰三维实体模型建立的基本数据为:①1996 年 9 月研究区域的水上、水下地形图(1:500);②三峡工程大江截流及二期围堰施工详图;③三峡工程大江截流总体布置规划(左、右岸料场,截流施工道路);④三峡工程混凝土纵向围堰施工详图;⑤三峡工程导流明渠施工详图;⑥三峡工程大江截流及二期围堰施工关键时段形象面貌图;⑦三峡工程一、二期施工期水工模型实验资料及数学模型计算结果;⑧三峡工程施工期有关工程施工图片。

模型建立采用 1 台 IBM Pentium 166(32M 2.5G)微机,使用 Microstation 5.0 和 3DMAX 软件。建立了以下三维实体模型:①地形:1996 年 10 月长江水利委员会实测水下地形和 1996 年航测水上地形图;②道路和料场:长江水利委员会提供的施工布置图;③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;④水面:水面通过数值模拟计算形成三维实体。

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;之后在 Microstation 下形成导流明渠、纵向围堰、关键时段大江截流及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。

4 大江截流决策支持系统的工程应用

4.1 施工形象模拟

在施工之前,大家对大江截流及二期围堰工程缺乏形象、直观的认识,为此我们针对工程设计施工中碰到的关键问题进行施工形象模拟,并对各阶段进行施工仿真,其主要阶段有以下几个:

a. 水下深槽面貌,如图 4 所示。

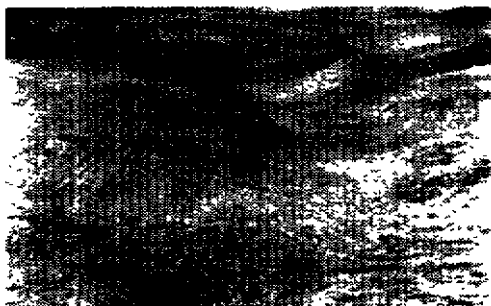


图 4 水下深槽面貌

b. 平抛垫底形象,如图 5 所示。



图 5 上游围堰平抛垫底现象

c. 预进占施工。1996 年汛后,上游戗堤从两岸进占至 1997 年汛期口门宽度 460 m,下游戗堤从两岸进占口门宽度 480 m。

d. 渡汛。设计 $45\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 以下长江通航, $72\,300\text{ m}^3/\text{s}$ 以下时安全渡汛。

e. 非龙口段施工。1997 年 9 月底上游戗堤进占至口门 360 m,下游戗堤进占至口门

380 m。1997 年 10 月底,上游戗堤进占口门宽度 130 m,下游戗堤进占口门宽度 180 m。

f. 龙口段施工。1997 年 11 月 6~8 日,上游戗堤从口门宽度 130 m 进占到合龙,下游戗堤 11 月 6~15 日合龙。大江截流龙口形成形象如图 6 所示。

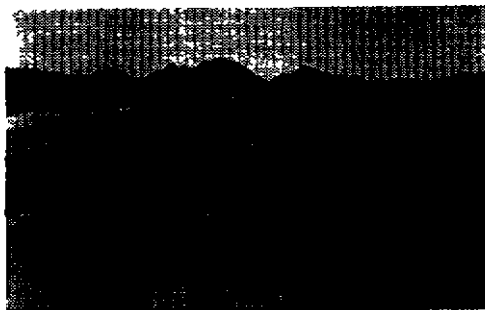


图 6 大江截流龙口形成形象面貌

g. 二期围堰完建。二期围堰完建形象见图 7。

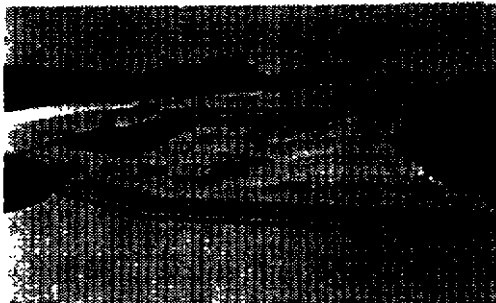


图 7 二期围堰完建形象面貌

通过对地形资料和施工图纸的处理,形成水上与水下地形及建筑物的三维计算机仿真图形,特别是上下游围堰所在下面深槽。通过这次模拟,非常形象、逼真地再现了上下游深槽,特别是上游围堰下左侧陡坡部位,该部位为防渗墙施工的关键部位,工程技术人员对它一直缺乏形象地了解,通过本系统,可以十分精细地对它进行描述。

4.2 平抛垫底工程

平抛垫底工程是确保大江截流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,如何了解其未来的形象对工程的影响很大。根据招标文件上游平抛范围作出仿真图,提出右岸应当补抛。修改的垫底范围对二期上游围堰右岸接头的稳定及 1997 年渡汛大有好处。

(下转第 34 页)

沙量对涡流消能及洞壁的影响等有待进一步研究,在达到消能的情况下,如何尽可能增大泄量,也有不少工作要做。

参考文献

- 1 柴恭纯,高坝施工导流洞改建为永久泄洪洞的探讨.泄水工程与高速水流,1994(3):1~41
- 2 斯里斯基 C M.高水头水工建筑物的水力计算.毛世民,杨立信译.北京:水利电力出版社,1984.225~248
- 3 夏维洪.苏联的转旋水流消能.河海科技进展,1991,11(3):29~40
- 4 马泽章等.单向涡旋内消能工的试验研究.见:泄水工程与高速水流论文集.成都:成都科技大学出版社,1994.77~83
- 5 崔陇天,吕端平.涡流式消能工水力特性初探.见:水动力学研究与进展编辑部.93全国水动力

学研讨会文集.秦皇岛,1993

- 6 钱莺莺等.同轴反向涡旋内消能工的试验研究.见:泄水工程与高速水流论文集.成都:成都科技大学出版社,1994.71~76
- 7 倪汉根,郭琰.旋流式竖井溢洪道的流量系数.见:泄水工程与高速水流论文集.成都:成都科技大学出版社,1994.342~345
- 8 Willi H H. Head-discharge relation for vortex shaft. Journal of Hydraulic Engineering, 1985, 111(6)
- 9 Willi H H. Vortex drop inlet for supercritical approaching flow. Journal of Hydraulic Engineering, 1990, 116(5)
- 10 Michael C Q. Analysis of spiral vortex and slot vortex drop shafts. Journal of Hydraulic Engineering, 1990, 116(3)
- 11 哈煥文等.泄洪洞两级孔板宣泄含沙水流消能及空化特性的原型试验研究.水利学报,1989(7)

(收稿日期:1996-07-03 编辑:马敏峰)

(上接第19页)

4.3 渡汛

上游460m口门,下游540m口门形象为招标文件确定的1997年渡汛形象,通过对此形象的计算机仿真分析及数学模型计算,考虑工程施工情况,下游左岸戗堤继续进占60~80m,与原工况水流条件差别很小。最终上游口门宽460m,下游口门宽480m。按照设计 $72300\text{m}^3/\text{s}$ 渡汛计算,则能冲走60cm以下的石渣或砂卵石,而垫底的石渣料一般小于60cm,砂卵石最大粒径小于15cm,护底块石为30~50cm,可见如果来大流量,垫底砂砾石将被冲刷。考虑砂砾石料粒径较小易冲刷,用大块石保护又影响以后防渗墙的施工,砂砾石汛前最好少抛。由于导流明渠5月分流,导流明渠提前通航,汛后10月1日主河床施工可以不考虑通航的要求,汛后抛填砂粒石是满足通航和施工要求的。

4.4 大江截流水力学指标

我们根据1996年水下地形图和水上航测图,建立了三峡工程大江截流的数学模型,

只要输入流量,上下游口门宽度即刻计算出流场的信息,现场指导截流施工。长江水利委员会所作的招标之前截流模型试验建立在1979年的地形基础上,模型上反映的截流水力参数偏小。

5 结 语

我们以数学模型为核心,建立了长江三峡大江截流决策支持系统,在已知流量和上下游口门宽度的情况下,可迅速模拟出流场信息,提供决策,同时也为截流和围堰设计及施工提供了一种新的决策方法。为进一步开展工作,特提出如下建议:①在已建立的大江截流和二期围堰三维地理模型上进一步开展工作,一方面不断根据工地实际情况,进行修改跟踪,另一方面不断完善系统本身,充实资料(如增加地质构造),继续进行围堰防渗墙、高喷墙的三维模拟;②在此基础上,全面完成三峡工程施工技术决策支持系统,对各个子项目进行可以度量的三维施工仿真。

(收稿日期:1997-06-18 编辑:熊水斌)