

大型水利水电工程地质信息三维统一建模的实现与应用分析

徐济刚

(江西省水利投资集团有限公司,江西 南昌 330001)

摘要:基于计算机辅助的大型水利水电地质信息建模与分析是当前研究领域的重点问题.本文对建模的优点和缺点进行了分析,对建模的过程进行了研究,并以三维统一建模的结果为基础,结合某大坝的地质信息和施工的具体情况,对基于地质建模的分析与应用进行了研究,给出了部分实例结果,对相关领域的研究具有一定的指导意义.

关键词:大型水利水电工程;地质信息建模;三维统一模型

中图分类号:P628+.3

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2016)02-0087-04

0 引言

随着经济社会的快速发展和西部大开发战略的实施,我国的大型水利水电工程越来越多,由于水利水电工程地质勘察获得的地表地形、地层界面、断层、地下水位、风化厚度等地质信息都是不连续的离散数据,传统的地质分析方法无法方便准确地进行分析,地质工作者无法得到其中的分布规律和相互影响关系,也就不能对大坝的设计与施工等进行有效的指导.随着计算机辅助设计技术的快速发展,建立水利水电工程的空间可视化三维地质模型并进行分析成为当前亟待解决的问题.

1 大型水利水电工程地质信息建模的优点和难点

地质信息建模是基于数学地质理论、计算机图形学、科学计算可视化技术和地理信息系统技术等理论发展起来的地质分析方法^[1],其实质是将地质信息以计算机的数据表达方式进行重构,并以简单直观的方式呈现给用户.

大型水利水电工程地质信息建模主要有以下优点:一是通过建模可以辅助地质人员对人工设施的勘探和施工进行指导和优化;二是可以方便快捷地进行地质分析,大大减少工程设计人员的绘图工作量;三是可以辅

助进行工程的优化设计,提高设计的水平和效率.

水利水电工程地质信息三维建模研究的重点和难点可归纳为:一是水利水电工程地质信息的数据结构不能满足建模需要.由于地质数据繁多且数据量大,按照目前的数据机构进行三维建模,其模型精度和数据存储量都无法满足应用需求,需要探求数据量更小、精度更高的数据结构才能满足模型的快速分析要求;二是地质体属性的不确定性.原始数据不充足、信息源相互矛盾、地质体本身的复杂性等都是影响地质体属性不确定的因素;三是全面准确的原始地质数据难以获得.在实际工程中,一方面是技术和经费限制了资料的获得,另一方面有些原始数据本身就缺乏解释或者来源较为模糊.

2 水利水电工程地质信息三维建模方法体系

2.1 总体结构设计

基于计算机辅助设计的地质信息三维统一建模的总体结构如图1所示^[2].建模的具体过程为:首先以面向对象技术为基础,将原始地质勘探数据和工程数据进行分类,然后分别对自然地质对象和人工对象进行插值、拟合和几何建模,分别构建出三维地质模型和工程建筑物模型,最后通过对这两种模型进行布尔运算完成工程地质三维统一模型.

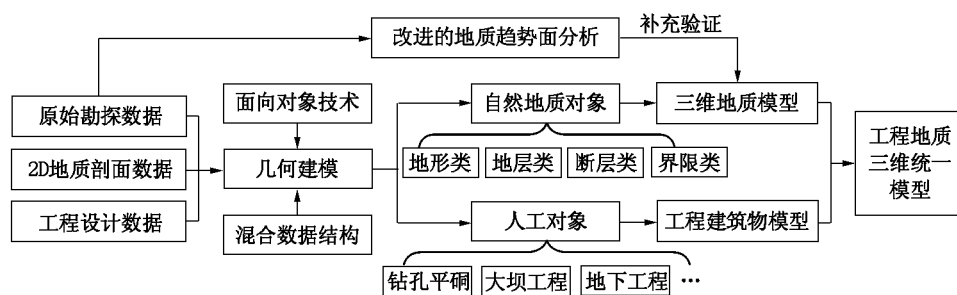


图1 水利水电工程地质建模总体结构

2.2 三维地质建模实现框架

对地质对象的三维地质建模是三维统一建模体系研究的重点,其总体实现过程如图2所示。由图可知,整个模型由地形模型系统、地质结构面模型系统和地质体模型系统3个子系统组成。

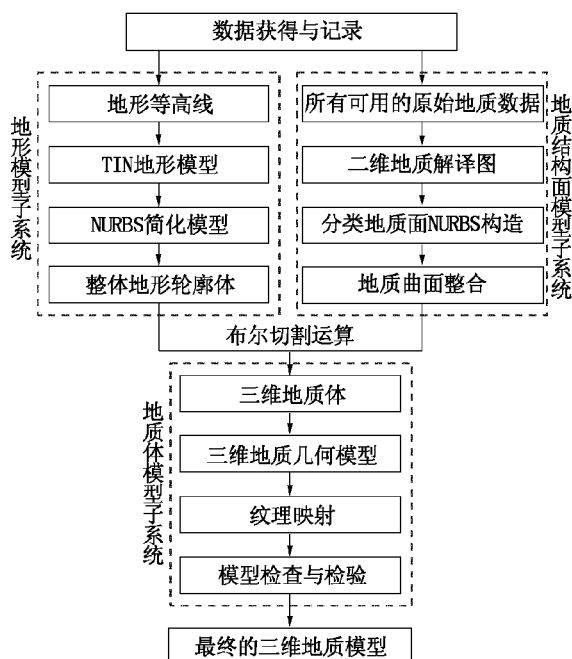


图2 三维地质建模的实现框架

2.3 三维统一建模的关键技术

2.3.1 面向对象的分析方法

面向对象的分析方法是利用对象的实体、关系、属性等要素进行分类分析的方法^[3],是把现实世界模型化的一种方法。面向对象技术的基本概念主要有:对象、类、方法、消息、抽象性、封装性、继承性等。基于面向对象的分析方法,可以将水利水电工程地质对象分为地形地质类、断层类和界限类,而工程建筑物对象可分为大坝地上工程类、大坝地下工程类和土方开挖工程类。

2.3.2 地质曲面的拟合技术

地质曲面的拟合技术是基于数学地质学的基础进行的,通过定量研究地质学基础理论和定量探寻地质资源,将离散不规则分布的地质勘探结果进行插值和逼近,形成区域性的整体数据。在地质曲面构造中运用较多的插值和逼近方法包括接近点距离加权平均法、按方位取点加权法、双线性插值法、移动曲面插值法等。图3是基于插值思想的蒙皮法进行地质曲面拟合得到的数据。

2.3.3 三维几何对象的任意布尔算法

三维地质模型基于NURBS技术和BRep结构来实现地质体重构的,所以面与体、体与体的布尔切割运算的基本原理是相同的。基本步骤为:一是检查是否相交;二是计算交线;三是进行表面的判定分类;四是删去与结果无关的边界,建立新的数据结构。

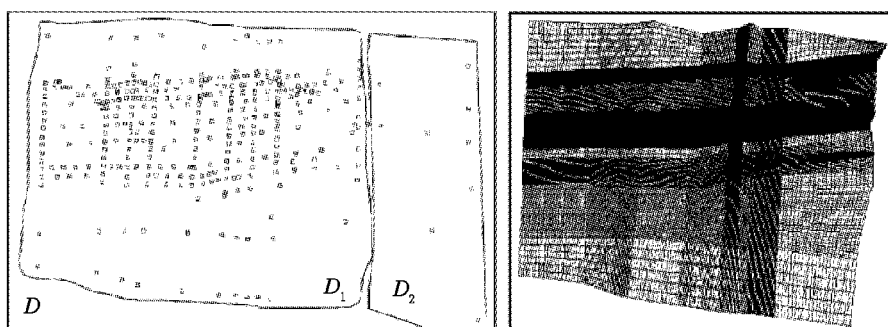


图3 地质曲面的拟合实例

3 基于水利水电工程地质信息建模的地质信息分析

建立三维地质模型的目的是为了指导工程设计和施工建设,提高工程地质分析的效率,所以需要利用建立的三维地质统一模型进行分析,下文以某大坝的工程地质分析为例进行研究。

3.1 大坝建基面设计与工程地质分析

通过上文建立的三维地质模型可对大坝建基面工程地质条件作以下方面的分析。一是建基面开挖与基础处理分析。首先根据不同的建基面设计方案进行建基面的三维建模,然后结合岩级模型进行布尔运算,将各方案的基础处理措施进行三维建模,最后将建模结果与岩级模型进行整合即可进行剖切分析与岩体质量对比;二是与大坝工程相关的剖切分析。在对建基面开挖与分析的基础上,可将构建的模型进行沿坝轴线剖切分析、沿拱坝半径向剖切分析、基础处理横剖等,得到预期的分析结果;三是建基面方案选择与调整。以上文得到的三维地质模型或岩级模型为基础,水工设计人员可以对建基面的设计方案进行方便快捷的调整,并及时将调整结果在地质模型中更新。

3.2 地下工程地质模型分析

基于三维地质模型或岩级模型的地下工程地质分析主要有:一是模拟地下洞室地质开挖。将三维几何模型与三维地质或岩级模型一起作体与体之间的布尔差运算,进行地下洞室开挖模拟;二是与地下洞室相关的地质模型剖切。根据上文得到的开挖后三维地质或岩级模型,可对主厂房、主变室、调压室等地下建筑物进行剖切分析;三是地下洞室地质模型与施工过程动态分析的结合。选取不同的施工参数,考虑不良地质构造对施工进度影响,可以得到更加合理可靠的模拟成果^[4]。图 4 为结合三维地质模型的某隧洞施工动态分析图。

3.3 岩体分布面积与体积计算

利用三维地质模型快速方便地计算相应的表面面积和填挖处理的岩体体积是模型分析的重要部分。由于本文建立的三维地质模型是基于 NLJRBS 数据结构实现的,采用了插值、拟合等近似方法,会产生较大的逼近误差,所以需要采用 Gauss—Lgeneder 求积公式来对 NLJRBS 自由曲线曲面的积分量运算^[5],这里不再赘述。以某大坝拱坝区域的三维岩级模型为例,分别对拱坝建基面岩体面积和坝区岩体分类体积进行对比,可以精确地计算得到建基面岩体面积和坝区岩体体积的统计结果,如表 1 所示。

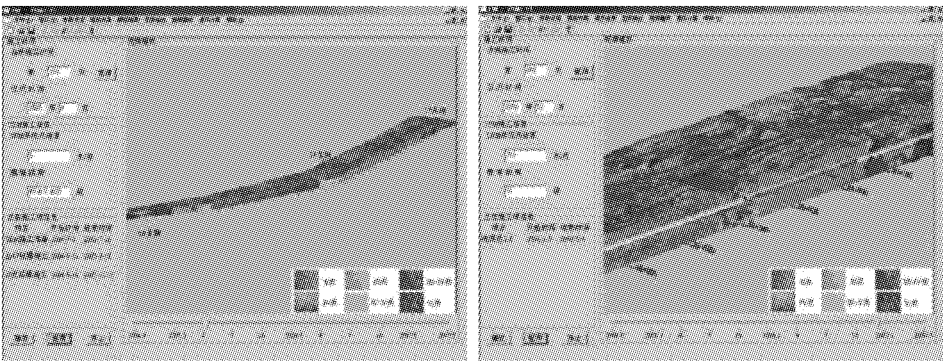


图 4 基于三维地质模型的隧洞施工动态分析

表 1 某坝区岩体质量分级统计

岩级分类	建基面岩体面积统计		坝区岩体体积统计			
	面积 /m ²	百分比 /%	原始体积 /(× 10 ⁻⁴ m ³)	百分比 /%	开挖处理后体积 /(× 10 ⁴ m ³)	百分比 /%
Ⅱ + Ⅲ ₁	38 201.35	89.46	26 962.24	61.50	26 887.48 *	61.83
Ⅲ ₂	2 571.42	6.02	14 682.15	33.49	14 630.71	33.65
Ⅳ ₁	0.00	0.00	1 420.17	3.24	1 220.37	2.81
Ⅳ ₂	1 522.54	3.57	470.34	1.07	460.11	1.06
V	405.97	0.95	308.53	0.70	284.25	0.65
合计	42 701.28	100.00	43 843.43	100.00	43 482.92	100.00

4 结 语

本文针对传统地质信息分析的缺点,研究了在大型水利水电工程的地质信息分析中,采用三维统一建模的方法和实现该方法的关键技术和步骤,并以某大坝为例,运用三维统一模型对典型部位的分析和计算进行了研究并给出了实例结果,对大型水利水电工程的地质信息分析具有一定的参考意义。

参考文献:

- [1] 王正. 水利水电工程三维地质建模可视化技术研究[D]. 中南大学, 2013.
- [2] 汪志超. 大型水利水电工程地质信息三维建模与分析研究[J]. 科技风, 2013(07): 138.
- [3] 王刚, 李明超, 周四宝. 水利水电工程多源地质数据集成处理与分析[J]. 水利水电科技进展, 2015(02): 73 ~ 76 + 84.
- [4] 张春峰, 周小娟, 贾新会, 等. 水电工程地质信息三维可视化研究及应用[J]. 资源环境与工程, 2015(05): 726 ~ 730.
- [5] 谢济仁, 乔世范, 钱骅, 等. 虚拟钻孔技术在水利水电三维地质建模中的应用[J]. 铁道科学与工程学报, 2014(03): 123 ~ 128.

编辑: 张绍付

Implementation and application analysis of 3D unified modeling of geological information in large – scale water conservancy and hydropower project

XU Jigang

(Jiangxi Provincial Water Conservancy Investment Group Limited Corporation, Nanchang 330006, China)

Abstract: Computer based modeling and analysis of geological information in large – scale water conservancy and hydropower project is a key issue in current research. This paper assessed the advantages and disadvantages of modelling, studied the process and based on the result of 3D unified modeling of a certain dam's geological information, the paper studied the application of geological modelling. Some practical results was given and they can give certain reference value to related researches.

Key words: Large – scale water conservancy and hydropower project; Geological information modeling; Three – dimensional unified model

翻译: 邹晨阳