

基于 GEOPAK 软件的尾矿库全生命周期仿真 管理系统研究

高峰, 郑学鑫, 宋会彬

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 目前我国还没有一套完整的尾矿库全生命周期仿真管理系统,尾矿库设计、施工、生产运行和闭库等阶段管理大多停留在二维层面,各阶段间也没有形成统一的整体。本文创新的应用 GEOPAK 软件建立尾矿库全生命周期仿真管理系统,充分发挥 GEOPAK 软件在三维建模技术、可视化技术、三维仿真技术等方面的技术优势,来描述和分析复杂的尾矿库工程施工及运行等过程。该仿真管理系统包括设计辅助、施工辅助、生产运行辅助和闭库辅助等子系统,可实现三维仿真、精细化运算和可视化展示等功能,同时各子系统之间的模型和运算结果还可以相互调用校核。该生命周期仿真管理系统的提出,填补了国内此领域的技术空白。

[关键词] GEOPAK 软件; 三维建模技术; 可视化技术; 三维仿真技术; 尾矿库全生命周期

[中图分类号] TD926 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2021)03-0019-04

DOI:10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.03.005

0 引言

尾矿库的全生命周期^[1]指尾矿库从设计、施工、生产运行到闭库复垦的全过程。目前我国还没有一套完整的尾矿库全生命周期仿真管理系统,尾矿库设计、施工、生产运行和闭库等阶段管理大多停留在二维层面,各阶段之间也未形成统一的整体。

随着三维建模技术^[2]、可视化技术^[3]、三维仿真技术^[4]等新技术的发展,在尾矿库全生命周期内引入三维仿真管理系统,将尾矿库各阶段管理由传统的二维转变为三维动态管理,能实现更加精准的工程量测算及安全风险管控,建设生产过程的仿真模拟和可视化展示,将大幅提高尾矿库的管理水平,也是未来尾矿库管理的发展趋势。

GEOPAK 是 Bentley 公司出品的一款三维辅助

设计软件,它具有一整套灵活的动态场地设计工具,广泛应用于工程项目,如场地平整,公路、水电站、矿山项目等^[5]。该软件亦可应用于尾矿库辅助设计中,其在三维建模技术、可视化技术、三维仿真技术等方面具有以下技术优势:

(1) 三维建模技术是通过点、线、面等要素将事物构造出来,经过后期处理后通过计算机或者其他视频设备进行输出^[6]。GEOPAK 软件将传统的平面、剖面、截面工程 workflow 与基于参数化关系和约束的创新型三维建模技术相结合,将三维建模、施工驱动型工程以及分析集于一体。

(2) 可视化技术是利用计算机图形和图像处理技术,将二维数据转换为容易接受的三维视觉信息并在屏幕上进行显示的计算方法。依靠 GEOPAK 软件的自然空间分析能力和三维可视化分析能力,减少不确定因素的发生,扩大了对于不确定因素的控制范围^[7]。

(3) 仿真技术通过对系统仿真模型的运行过程进行观察和统计,来掌握系统的基本特性,找出仿真系统的最佳设计参数,实现对真实系统设计的改善或优化^[8]。GEOPAK 软件广泛应用于隧道施工费用预测、土方工程施工仿真、施工过程动态交互仿真,并应用到大型地下洞室群施工、交通运输、土石坝施工等多个方面。

[收稿日期] 2020-10-19

[作者简介] 高峰(1982-),男,北京市人,高级工程师,硕士,主要从事矿山配套尾矿库工程设施的设计与研究。

[基金项目] 国家重点研发计划项目(2017YFC0804600)。

[引用格式] 高峰,郑学鑫,宋会彬.基于 GEOPAK 软件的尾矿库全生命周期仿真管理系统研究[J].有色设备,2021,35(3):19-22.

目前 GEOPAK 软件广泛应用在辅助设计中,本文创新的将 GEOPAK 软件应用于尾矿库的施工、生产运行和闭库等其他阶段,并建立尾矿库全生命周期的三维仿真管理系统。该系统包括设计辅助、施工辅助、生产运行辅助、闭库辅助等子系统。该系统的突出优点在于对各阶段各项任务的“提前”仿真,在实施之前,提前模拟出各种可能,辅助其他专业软件和工程师的技术经验,选择出最优的方案来实施。避免因方案“错误”导致的经济损失、误工和安全事故,从而大幅提高尾矿库的安全管理水平和效率。系统组成如图 1 所示。

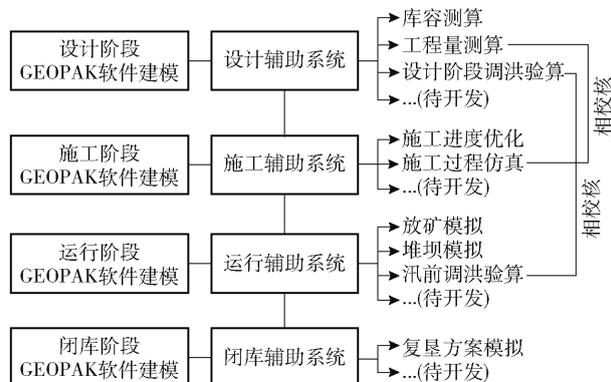


图 1 尾矿库全生命周期仿真管理系统组成

1 尾矿库全生命周期仿真管理系统

1.1 设计辅助系统

在尾矿库设计辅助系统中,首先利用 GEOPAK 软件建立尾矿库构筑物三维模型,通过在三维模型的基础上开发了如下功能:库容测算、工程量测算、设计阶段调洪演算等。

(1)库容测算功能,首先由测量的地形图生成 DTM 数字地面模型^[9-10],在 DTM 数字地面基础上构建尾矿库相关构筑物,如尾矿坝、排水井、输送泵站、隧洞等模型。通过对尾矿库最终堆积标高与地形之间的容积测算可得出总库容、有效库容等参数。有别于传统的在平面图上进行二维库容测算,通过三维仿真可以更好反映地形与构筑物之间的关系,库容测算结果也更加精准。某尾矿库三维仿真示例如图 2 所示。

(2)工程量测算功能,在 DTM 数字地面基础上建立构筑物三维模型,通过 GEOPAK 软件可以很好的模拟出构筑物与原地形间的挖填关系,从而很容易测算出相互间工程量,如尾矿坝清基工程量、尾矿

坝筑坝工程量、上坝道路挖填平衡量、尾矿库周边截洪沟挖填平衡量、隧洞开挖工程量等。对比在二维基础上进行如挖填平衡等复杂工程量测算,该三维辅助系统可节省大量时间,同时测算结果也更加精准。

(3)设计阶段调洪演算功能,在典型标高的尾矿库三维仿真模型基础上,测算出各工况下的调洪库容,再将测算的调洪库容曲线代入水文计算软件,进行调洪演算,从而提出相对应标高下尾矿库的安全控制指标。

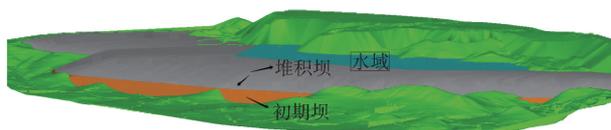


图 2 某尾矿库三维仿真示例

1.2 施工辅助系统

施工辅助系统,通过 GEOPAK 软件建立三维施工模型,并结合施工管理软件,实现施工前优化、施工过程优化等功能,方便施工总承包单位更为精准的施工管理,用于指导施工、优化费用等。

其中施工前优化功能,主要用于施工组织设计的编制和优化,以初期坝施工组织设计为例,主要内容有分部分项工程量测算和施工进度测算。施工前总包单位(或施工单位)可以采用 GEOPAK 软件对筑坝总工程量进行分解,分解为每层填筑的工程量,通过三维仿真模型并结合施工单位的人工、材料、施工机械等情况结合施工管理软件进行进度预测和费用优化,从而提出更为合理的施工组织方案。

对于施工过程中的优化,通过 GEOPAK 软件可以很好的进行施工全过程仿真和分阶段仿真。还以初期坝施工为例,各施工阶段都可以与三维仿真相结合,例如在坝体清基完成后,以清基后的地形建立 DTM 数字模型,在模型上进行坝体填筑仿真,可以模拟出每一层填筑坝体的外形与容积。还可以在每一层填筑完成后,以完成的坝体为基础建立 DTM 数字模型,在模型上进行下一填筑层的仿真,测算出下一段填筑坝体的工程量,根据施工条件进行进度、费用优化。以此不难看出,此施工辅助系统更适用于以设计单位为主体的总承包模式,可以更为熟练的运用相关软件,进行工程量测量、方案优化和施工预报。

1.3 生产运行辅助系统

生产运行辅助系统,在尾矿库运行过程中建立仿真模型并结合水文计算软件、放矿计划等,可以建立起一套生产运行辅助系统,该系统能实现放矿模拟、汛前调洪演算等功能,从而实现对尾矿库的精细化运行管理。

其中放矿模拟功能,方便每年年初或者每季度初制定下阶段放矿计划,首先通过运行现状建立 DTM 数字地面模型,在此模型基础上对下阶段库容进行仿真模拟,并结合选矿厂的尾矿排放计划,测算出放矿量与堆坝库容的平衡,从而制定合理的放矿计划。同时放矿模拟功能还能实现对不同排放方式(坝前、周边和库尾放矿)仿真模拟,从而测算出不同放矿区域对应的有效容积,进行放矿优化和调整。例如,某尾矿库单一坝前放矿和坝前、库尾同时放矿模拟示例如图 3 所示。

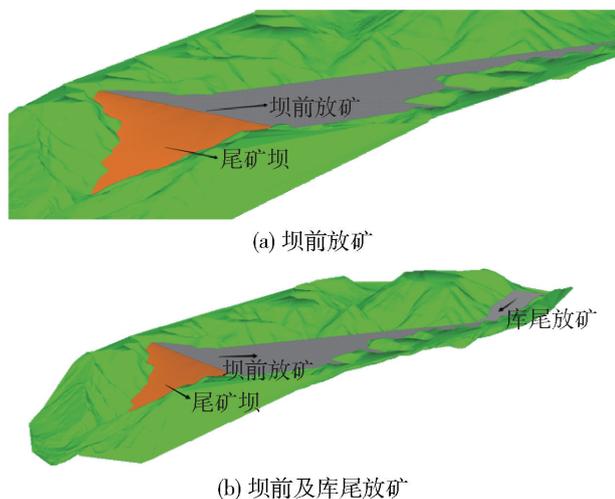


图 3 某尾矿库放矿模拟示例

其中堆坝模拟功能,在尾矿库运行过程中,采用尾矿进行子坝堆筑。在每期子坝堆坝前,以运行现状建立 DTM 数字地面模型,在此模型基础上对下一级堆筑子坝进行仿真,以确定堆筑子坝的工程量、筑坝尾矿开挖区域,方便尾矿库管理单位进行子坝堆筑施工。

其中汛前调洪演算功能,因为尾矿库是动态的运行过程,根据安全监督管理规定要求,每座尾矿库在汛期前需要进行调洪演算,并提出汛前安全控制指标。通过 GEOPAK 软件可实现更为精准的数据测算,通过三维仿真模型测算的调洪库容比二维测算更为精确,将调洪库容曲线代入水文计算软件进

行调洪演算,提出准确的汛前安全控制指标供管理单位使用。运行现状仿真模型还可以与设计模型相互校核调整,便于管理单位精准了解尾矿库运行状态。

1.4 闭库辅助系统

在尾矿库完成服务期后需要进行闭库,这也是尾矿库全生命周期的最后一个阶段。闭库辅助系统,可实现对尾矿库复垦方案的模拟仿真,从而确定最优的复垦方案,并指导复垦施工。

复垦方案模拟,通过 GEOPAK 软件建立复垦前的 DTM 数字地面模型,在模型基础上对多个复垦方案进行仿真模拟,对比不同方案的复垦工程量和对周边安全环境影响,通过技术经济比较确定最合理的复垦方案。

2 结论

笔者基于 GEOPAK 软件建立了尾矿库全生命周期仿真管理系统,该系统充分发挥了 GEOPAK 软件在三维建模技术、可视化技术、三维仿真技术等方面的技术优势,实现了对尾矿库全生命周期的三维仿真模拟,将尾矿库管理由传统的二维上升至三维动态管理。

该仿真管理系统包括设计辅助、施工辅助、生产运行辅助、闭库辅助等子系统。通过 GEOPAK 软件建立的三维仿真模型,设计辅助系统实现了更为精准的工程量测算功能和设计阶段调洪演算等功能;施工辅助系统实现了施工前仿真、施工过程仿真;生产运行辅助系统实现了放矿模拟、堆坝模拟和汛前调洪演算;闭库辅助系统实现了复垦方案仿真等功能,对于其他功能尚在进一步开发之中。

这套仿真管理系统的核心特点在于事前仿真和精确计算。在尾矿库全生命周期每阶段的各项工作实施之前,提前模拟出各种可能,辅助其他专业软件和工程师的技术经验,选择出最优的方案来实施。从而避免了“错误”方案而导致的经济损失、误工和安全事故,大幅提高了尾矿库的安全管理水平和效率。

该系统将 GEOPAK 软件在辅助设计中的优势延伸到施工、生产运行和闭库等其他阶段,在尾矿库全生命周期管理中实现了仿真模拟和精细化测算,大幅提高了尾矿库日常管理水平,填补了国内此领域的技术空白。

[参考文献]

- [1] 李全明,张红,李钢. 中国与加拿大尾矿库安全管理对比分析[J]. 中国矿业,2017(1):21-24.
- [2] 王堃,周桂松,张浩,等. 基于实景三维建模技术的绿色矿山规划研究与应用[J]. 采矿技术,2020(6):10-1.
- [3] 张云亮. 三维可视化技术在矿山开采设计中的应用[J]. 世界有色金属,2020(4):63-65.
- [4] 耿铭,卢国斌,王朕. 数字化矿山三维仿真技术的研究[J]. 现代矿业,2009(8):57-59.
- [5] 何强. 基于 GEOPAK Site 的三维开挖辅助设计[J]. 河南水利水电,2017(6):30-32.
- [6] 谢玉强,查松山. 基于 Bentley 平台中实景模型与 BIM 融合的方法研究[J]. 治淮,2020(10):42-44.
- [7] 耿敬,李明伟,耿贺松,等. 水利枢纽建设三维动态可视化管理[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2017.
- [8] 严屹人,淡松敏. 三维设计软件在施工组织设计中的应用[J]. 东北水利水电,2016(5):18-22.
- [9] 何塞·米格尔·拉米拉斯,保罗·法里尼亚·马克斯,原茵,李傲雪. 数字地面模型新进展:TIN2.0、3D 表面塑型线和自由形态建模工具[J]. 中国园林,2020,36(9):36-41.
- [10] 岑建,郑学鑫,严俊. 某中线式尾矿坝三维渗流特性分析[J]. 中国矿山工程,2020,49(6):60-63.

Study on Life Cycle Simulation Management System of TSF Based on GEOPAK Software

GAO Feng, ZHENG Xue-xin, SONG Hui-bin

Abstract: At present, there is no full life cycle simulation management system of TSF in China. The management of TSF design, construction, production and operation and closure mostly stay at the two-dimensional level, and there is no unified whole between each stage. This paper innovatively applies GEOPAK software to establish the whole life cycle simulation management system of TSF, and gives full play to the technical advantages of GEOPAK software in three-dimensional modeling technology, visualization technology, three-dimensional simulation technology, etc. to describe and analyze the complex process of TSF engineering construction and operation. The simulation management system includes design assistant, construction assistant, production operation assistant and closure assistant subsystems, which can realize the functions of three-dimensional simulation, fine operation and visual management. At the same time, the model and operation results of each subsystem can be called and checked each other, so as to simulate and manage the whole process of TSF life cycle, It fills the technical gap in this field in China.

Key words: GEOPAK software; 3D modeling technology; Visualization technology; 3D simulation technology; Life cycle of TSF

