

基于Unity3D的尾矿库溃坝模拟与仿真系统设计

刘洪龙 李向阳* 陈振兴 郭睿杨

南华大学资源环境与安全工程学院 湖南衡阳 421001

摘要: 尾矿库是对环境和民众的潜在安全突出问题,尾矿库中的有毒有害物质通过迁移扩散对周围环境生态造成了严重污染。尾矿库溃坝、塌方事故时有发生,造成了重大的人员财产损失。因此对尾矿库进行溃坝模拟与仿真对预测事故发生,事故灾后评价具有极其重要的意义。系统采用Unity 3D物理引擎,实现了多种气象条件、地震条件以及极端耦合条件作用下的尾矿库失稳与污染扩散模拟与仿真。

关键词: 尾矿库;溃坝模拟;地震仿真

引言:

尾矿库作为存储尾矿的构筑物,由尾矿和废石堆砌而成,是潜在的重大危险源。尾矿库事故灾害在国际事故灾害排名18位,尾矿库一旦发生事故,将对人民群众与财产安全造成重大损失,对周边生态环境产生极大破坏。^[1]尾矿库发生事故的主要原因有,坡坝坍塌、洪水漫顶、矿渣废水渗流、坝体结构破坏。尾矿库的形态与结构性质复杂,分析条件有限,因此尾矿技术起步较晚。

在过去几十年来,国内对尾矿库的研究集中于筑坝方法、地震对坝体安全性的影响,在构筑坝体方面积累了丰富的经验,国内外专家通过模型试验和数值模拟对尾矿库溃坝机理进行了大量研究。

1 Unity3D物理引擎

Unity3D是Unity Technologies公司开发的专业游戏引擎,可以让开发者快速构建游戏场景。^[2]Unity3D在游戏制作,汽车、运输与制造,工程建设与数字城市等诸多领域有重要应用。Unity3D具有强大的物理引擎同时集成Nvidia PhysX引擎,模拟物理系统,保证物体正确加速,碰撞,重力模拟,以及其他力的精确响应。^[3]Unity具有丰富的天气系统可以模拟天色、暴风、雾雨雨雪等多种天气状况。

尾矿库仿真系统基于Unity3D物理引擎开发,实现尾矿库仿真系统与尾矿库沙盘模型的软硬件交互。

2 模拟仿真系统设计

尾矿库溃坝模拟仿真系统实现功能如下。

还原尾矿库真实场景,具有尾矿库高程、坝体尺寸、

覆土层结构、尾矿库库内滩面、周围植被情况。包括尾矿库回水装置,监测监控装置等模型要素。具有全场景漫游功能,尾矿库内实时漫游,可近距离观察尾矿库结构细节。

系统集成各类传感器和数据库实时数据,兼容各类传感器,实现系统模拟与硬件交互功能。传感器可实现模拟降雨、多等级地震效果。

模拟仿真系统具有场景渲染和场景仿真功能,支持实时3D渲染,方便用户直观感受极端条件下的尾矿库溃坝过程与污染影响。

可实时接受传感器数据,更新场景信息,反应当前尾矿库运行状况。尾矿库溃坝模拟和仿真系统系统架构图如图1所示。

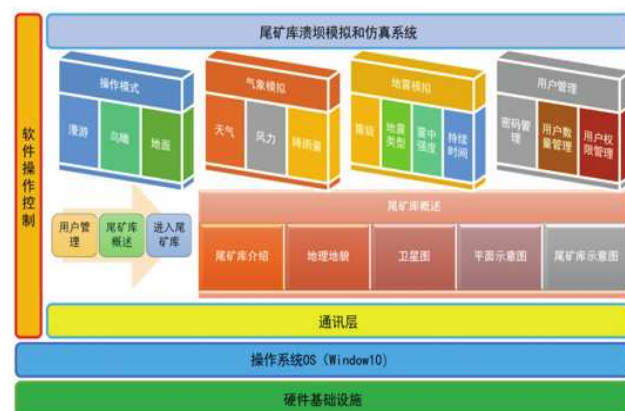


图1 尾矿库溃坝模拟仿真系统架构图

3 尾矿库与周边水域三维建模

根据尾矿库区域实际地面遥感数据,坝体设计图纸,周围田地,河网数据,构建地形模型。天气模拟,可设置风力等级,风力模式(无风、软风、轻风、强风、烈风、暴风、飓风),风向,降雨量、降雪量等天气信息,如图2。

基金项目: 国防科工局“十三五”技术基础科研项目(2018年),项目编号:403B01



图2 尾矿库模型与天气、地震参数设置

地震模拟参数包括震中经纬度、震源深度、震级、地震类型（构造地震、火山地震、塌陷地震、诱发地震）、震中烈度、地震持续时间等。^[4]



图3 地震溃坝模拟

系统设置好天气参数，地震参数后可进行极端条件与多应力耦合作用下的尾矿稳定性模拟。当降雨超过尾矿库安全警戒水位后，则尾矿库发生溃坝，系统对溃坝情况与污水扩散方向进行模拟（如图5）。当地震等级超过5级时坝体发生开裂（如图4），当地震等级大于8级，地震强度超过尾矿库承受强度时，则尾矿库发生坍塌（如图3），尾矿库内尾砂泄露。



图4 尾矿库开裂模拟



图5 尾矿库溃坝污染废水扩散模拟

4 总结

尾矿库溃坝模拟仿真系统高度还原了尾矿库现场的地形地貌；能够尾矿库内的实时漫游，以任意位置、任意角度观测尾矿细貌；多种气象条件、地震条件以及极端耦合条件作用下的尾矿库失稳与污染扩散功能；为尾矿库事故后果展示和事故后果安全评价进行直观演示。

参考文献：

- [1]于广明，宋传旺，潘永战，等.尾矿坝安全研究的国外新进展及我国的现状和发展态势[J].岩石力学与工程学报，2014，33（S1）：3238-3248.
- [2]韦理云.基于Unity3D的尾矿库安全在线监测三维软件开发[J].中国矿业，2018，27（S1）：342-344.
- [3]王豪，黄健，黄祥，袁镜清，贺子城.一种利用Unity3D模拟崩塌三维运动全过程的方法[J/OL].武汉大学学报（信息科学版）：1-10[2021-12-31].DOI: 10.13203/j.whugis.20210237.
- [4]张爱印，邱兆泰，鲍五堂，等.三维可视化技术在地震资料解释中的研究与应用[J].中国煤田地质，2006（04）：53-55.