

2.2 面板堆石坝精细化模拟与动态控制关键技术研究

➤ 简要信息

【获奖类型】应用一等奖

【任务来源】河南省河口村水库工程建设管理局

【课题起止时间】2013年1月~2014年12月

【完成单位】中国水利水电科学研究院、河南省河口村水库工程建设管理局、南京水利科学研究院、中国地质大学（北京）

【主要完成人】魏迎奇、李永江、蔡正银、严俊、于沐、严实、梅钢、谢定松、张茵琪、建剑波

➤ 背景

随着混凝土面板堆石坝坝高的增加、坝基条件复杂程度的提升，其安全控制要求也越来越高，考虑渗流场及温度场的影响，建立堆石材料的尺度效应、时间效应、剪胀特性、湿化特性与渗流特性等模型，能显著提高其应力变形分析水平。建立水-热-力耦合数学模型，研究面板堆石坝动态控制精细化模拟中结构模拟、材料模型、加速算法等，开展大坝全生命周期应力变形性状预测方法研究，对提高面板坝变形控制水平、确保大坝成功建设与安全运行都具有极其重要的意义。

➤ 主要内容

本项目综合采用理论分析、地质勘察、原位测试、室内试验与数值模拟等手段，重点研究了面板堆石坝精细化模拟与动态控制中的关键技术问题：

- 基于三场耦合的混凝土面板堆石坝理论构建与数值分析方法研究
- 三维数字大坝模型一体化构建技术
- 面板坝大规模精细化模拟 GPU 并行加速算法
- 堆石材料的力学特性与本构模型
- 安全监测与数据分析方法
- 面板堆石坝动态控制与分析方法研究
- 混凝土面板堆石坝精细化模拟与动态分析平台建设

➤ 创新点

- 通过水-热-力全耦合理论架构的构建，建立了基于三场耦合理论的混凝土面板堆石坝安全分析数学模型，提出了耦合求解的有限元数值分析方法。
- 提出了堆石材料 E-B 模型参数 K 与最大粒径的对数模型、流变幂函数模型、八参数湿化模型、多内在状态变量的剪胀方程，完善了粗粒料渗透试验的缩尺准则与方法，提出了面板坝垫层料和过渡料的设计准则。
- 基于多源异构、非结构化数据特征，建立了融合地质-地形-坝体结构的一体化三维数字大坝构建体系，提出了模型网格离散优化方法；提出了基于 GPU 并行技术的网格与数值迭代求解的优化算法。
- 设计研发了大坝分层沉降的分布式光纤监测新方法；提出了监测数据的贝叶斯不确定性反分析等模型；考虑应力变形、渗流稳定、温度控制等多指标控制，提出了基于数据可靠性、重要性权重的综合反演分析理论方法。

➤ 推广应用情况

项目研究成果成功应用于河口村水库、吉林台一级、出山店水库、前坪水库等工程施工控制中，提高了工程的科技含量，确保了工程的正常建设，带来了极大的社会效益和生态效益。