

# Analysis of 3D Numerical Simulation of Stability of Important Area of Geological Disaster in Taizhen Township

Shuming Jiang Chaofeng Peng

Zhejiang Southern Zhejiang Comprehensive Engineering Survey and Surveying Institute Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310013, China

## Abstract

Heavy rainfall is an important factor in triggering geological disasters. This paper takes the important section of geological disasters in Taizhen Township as the research object, collects relevant data and field surveys to determine the geological conditions and soil and rock physical and mechanical parameters of the important section of geological disasters in Taizhen Township, and generates corresponding digital geological models. Using three-dimensional numerical simulation method, the deformation characteristics and development trend of slope under different rainfall conditions are predicted, and the influence range and degree of affected bodies under different rainfall conditions are classified and controlled.

## Keywords

geological disasters; Taizhen Township; digital geological mode; three-dimensional numerical simulation; stability analysis

## 关于太真乡地质灾害重要地段稳定性三维数值模拟浅析

姜叔明 彭超峰

浙江省浙南综合工程勘察测绘院有限公司, 中国·浙江 杭州 310013

## 摘要

强降雨是诱发地质灾害的重要因素, 深入了解降雨对斜坡稳定性的影响。论文以太真乡地质灾害重要地段为研究对象, 通过调查收集相关资料和野外实地考察, 确定了太真乡地质灾害重要地段的地质条件和岩土物理力学参数, 并生成了相应的数字地质模型, 采用三维数值模拟方法, 对不同降雨工况下斜坡变形特征及发展趋势进行预测, 并对不同降雨工况下的承灾体影响范围及影响程度进行分级管控。

## 关键词

地质灾害; 太真乡; 数字地质模型; 三维数值模拟; 稳定性分析

## 1 引言

太真乡全乡均为地质灾害易发区, 区域内地质环境条件复杂, 社会经济建设工程活动多围绕山体斜坡开展。人类工程活动引发地质灾害的不确定因素仍较大, 地质灾害防治工作仍较繁重, 同时气候异常导致的极端天气及局地强降雨增多, 时空分布不均, 预测难度大, 面临局部强降雨引发地质灾害的风险不容忽视。综合利用新技术、新方法, 查清地质灾害风险隐患, 评估多工况下斜坡的稳定性及其风险性, 对其进行风险量化, 为组织开展地质灾害群测群防、科学搬迁避让、村镇规划与建设提供依据, 支撑地方政府的地质灾害防治管理工作。选用 Midas/GTS 软件进行重要地段进行三维数值模拟, 既能快速给出安全系数和分析云图以供参考, 又能得出位移云图和应力云图<sup>[1]</sup>, 对边坡的变形发展状

况了解更为直观、深入。可反映不同降雨工况及历时下, 斜坡各部位的变形变化情况及其影响, 以达到分区分级风险管控的目的。

## 2 三维数值模拟分析的必要性

三维数值模拟分析可以为地质灾害预测和防治研究提供更多的思路, 也可以结合实测数据和现场监测数据, 对模拟结果进行验证和修正, 提高模拟结果的实用性和适用性。同时, 通过对不同因素的敏感性分析, 确定地质灾害影响因素的重要性和相互作用关系, 为灾害预防和治理提供科学依据。在未来的研究中, 为进一步完善三维模拟分析方法, 提高模拟结果的准确性和可靠性。例如, 结合更多的数据和信息, 如大数据、云计算等, 提高模拟结果的精度和可靠性; 开发更加高效和精细的数值算法, 以适应不同的地质灾害类型和复杂程度; 结合新的技术手段, 如人工智能、虚拟现实等, 开展更为深入和创新的研究。综上所述, 三维模拟分析在地质灾害预测和预防研究中具有不可替代的重要作用, 未

【作者简介】姜叔明(1987-), 男, 中国浙江衢州人, 本科, 工程师, 从事地质灾害勘查设计研究。

来的研究需要进一步完善和推广这一方法，以提高地质灾害的预测和防治水平，为社会经济发展提供保障。

### 3 重要地段三维数值模拟分析

地质灾害预警预报，需解决时间、空间、灾情损失三个关键性预测问题。所以除了地质灾害滑塌距离、能量分析外，还需对坡体变形部位及发展趋势进行预测，并对不同降雨工况下的承灾体影响范围及影响程度进行分级管控。传统二维数值模拟，可以对边坡稳定性具有较为准确的表征，但对斜坡塑性区发展预测情况、局部变形差异的反应等方面存在不足。故采用 Midas/GTS 软件进行重要地段进行三维数值模拟<sup>[2]</sup>。

#### 3.1 模型建立

##### 3.1.1 建模流程

建模过程以下槽坞洞口斜坡为例，应用 Midas 有限元分析软件进行建模分析，具体流程如图 1 所示。

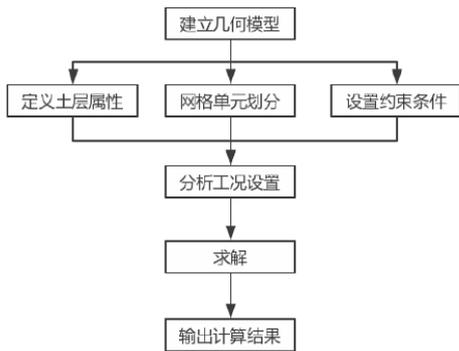


图 1 Midas/GTS NX 计算流程图

##### 3.1.2 建模范围与参数选取

选取整个斜坡作为建模范围，裁剪范围内实测 CAD 地形线，导入 Midas/GTS NX 内“地形生成器”模块，生成真三维地表形态模型。

根据钻探及取样测试成果，进行实体分层切割，并输入各层位属性参数（包括：强度参数、天然重度、饱和重度、孔隙比、泊松比、渗透系数、弹性模量等），根据野外定性，本斜坡发展趋势为覆盖层土层滑坡，所以实体模型分层简化为覆盖层、岩体两层（参数见表 1），再对实体赋属性、网格化后形态如图 2 所示<sup>[3-5]</sup>。

表 1 数值模拟计算参数

层位	弹性模量 E (kPa)	泊松比 (ν)	天然重度 (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度 (kN/m <sup>3</sup> )	天然孔隙比 (e)	渗透系数 (cm/s)	粘聚力 c (kPa)	内摩擦角 φ (°)
砂岩地区覆盖层	30000	0.35	17.5	19.5	1.06	2.00E-04	22	20
岩体	300000	0.28	26	26	0.5	2.00E-07	400	35

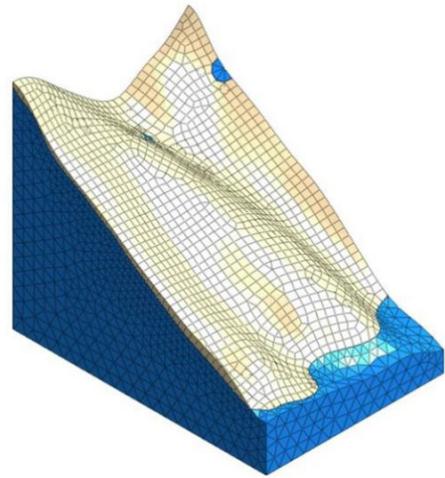


图 2 建模网格化后形态

##### 3.1.3 计算工况

考虑不同降雨强度的影响，设定 4 种工况，如表 2 所示，由于当降雨的强度非常高，在坡面上以积水的形式呈现，但是坡体内部的总水头并没有瞬间随着降雨量的增大而急剧升高，依然维持原来的水平，所以设置当  $q > K_{sat}$  时，总水头等于位置水头。

表 2 三维数值模拟计算工况

工况	大雨工况	暴雨工况	大暴雨工况	特大暴雨工况
降雨量 (mm/24h)	35	75	175	250

#### 3.2 计算结果

随后完成对边坡的约束条件以及自重条件进行设置，同时对渗流边界以及水位进行约束。接下来设置分析工况，将已完成的土层和荷载组进行激活。选择需要计算的施工阶段，选取“应力—渗流—边坡”分析模块，采用强度折减法（SRM）进行求解以及输出结果。其中最大剪应变反映潜在滑移面位置，位移云图反映该工况下斜坡各部位运动趋势大小，可据此对前缘承灾体的承灾概率进行分区划分。

三维数值模拟计算结果如图 3 所示：天然工况，根据水头稳定渗流条件下，斜坡中上部为裸露基岩，斜坡的变形主要分布在坡前斜的覆盖层分布区；大雨工况下，降雨入渗，降雨量较小，影响深度有限，塑性区的发展由基覆界面周边开始形成；随雨量增大至暴雨工况，降雨入渗的影响逐渐明显，坡脚处塑性变形加剧，滑面开始逐步贯通；大暴雨~特大暴雨工况下，降雨量远大于入渗量，大部分雨量开始转化为地表径流，坡体渗流逐渐由进入稳态，塑性区的发展范围增加，变形加剧，塑性区的发展总体维持在表层，与野外定性及二维数值模拟成果基本吻合<sup>[6-8]</sup>。

稳定性计算结果分析，斜坡明显变形范围仅限坡脚 5 ~ 20m 范围，斜坡一旦发生破坏对前缘房屋的影响范围有限，故设定对紧邻的第一排房屋产生影响是合适的。珠头片斜坡承灾体平面分布范围如图 4 所示。

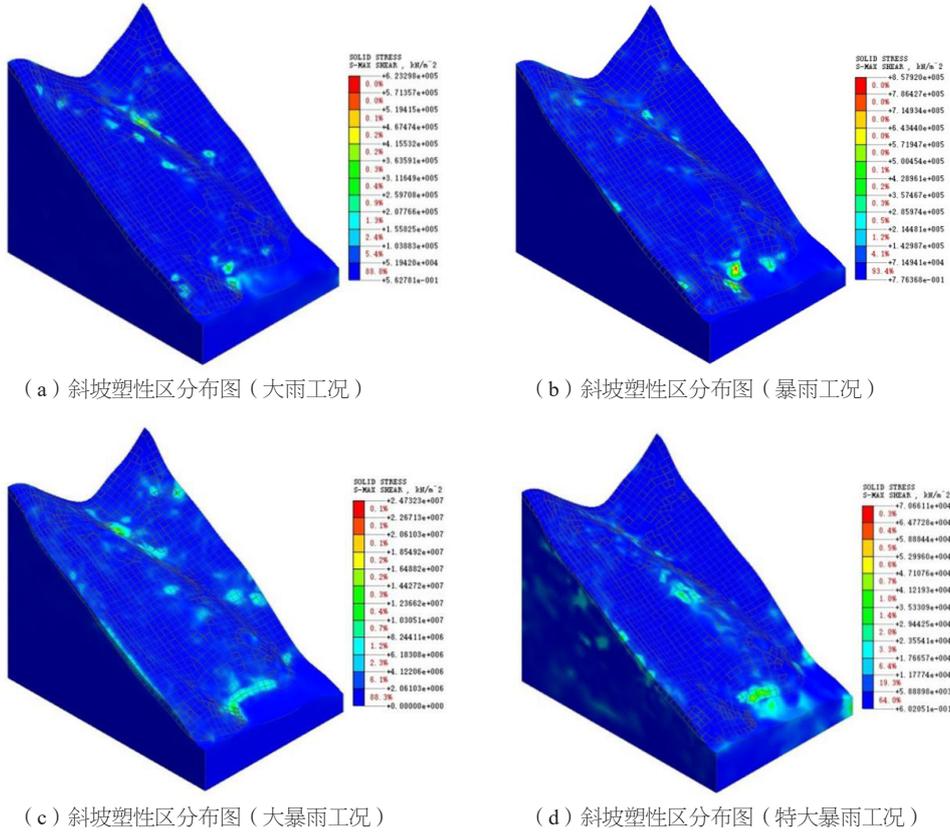


图3 三维数值模拟计算结果

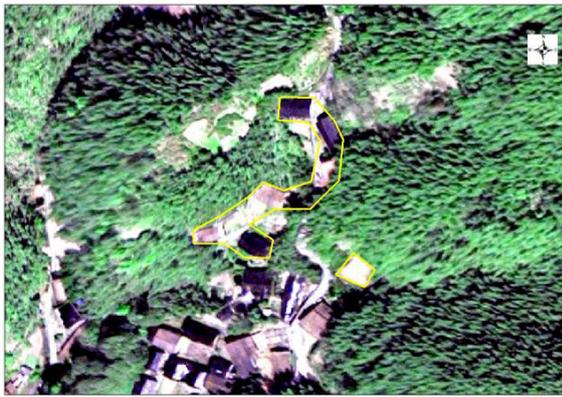


图4 珠头片斜坡承灾体平面分布范围

## 4 结论

综上所述,研究区边坡变形趋势总体随降雨增大越发强烈,本次三维数值模拟充分考虑降雨引起边坡渗流场变化与边坡应力的耦合关系,试图对不同降雨强度工况下斜坡稳定性分析,判别塑性区发展趋势;但由于降雨对边坡稳定性影响机理的复杂、软件模块受限,未能充分反映出下渗不及引起地表径流对斜坡表层的影响、降雨导致坡体水位的变化影响以及表层饱和土体强度的折减等因素的影响,需进一步完善数值模拟(评价)计算模块,可采用多种数值计算方法,

以适应不同的地质灾害类型和复杂程度;也可结合实测数据和现场监测,进行实时监测和反馈,以提高模拟结果的实用性和适用性,更加精确反映不同降雨工况及历时下,斜坡各部位的变形变化情况及其影响,以达到分区分级风险管控的目的。

## 参考文献

- [1] 王佳,王军,张维.三维有限差分法在边坡稳定性分析中的应用[J].岩土工程学报,2011,33(6):873-878.
- [2] 董国新,赵洪岩,王文忠.基于三维数值模拟的矿山边坡稳定性研究[J].采矿与安全工程学报,2014,31(2):233-239.
- [3] 谷大红,胡建民,杨峰.基于三维数值模拟的高边坡稳定性分析[J].矿业研究与开发,2011,31(3):94-97.
- [4] 李振,郭俊林,孙慧.基于三维数值模拟的边坡稳定性分析与评价[J].工程地质学报,2011,19(6):851-857.
- [5] 胡晓东,张晓军,钟丽华.基于三维数值模拟的高边坡稳定性分析[J].岩石力学与工程学报,2011,30(1):147-154.
- [6] 王立娟,马志刚,李文超.基于三维数值模拟的岩体边坡稳定性分析[J].岩石力学与工程学报,2012,31(3):419-426.
- [7] 马志刚,王立娟,覃海涛.基于三维数值模拟的边坡稳定性分析与预测[J].岩土力学,2012,33(5):1435-1442.
- [8] 王文忠,董国新,邓世富.基于三维数值模拟的边坡稳定性分析[J].岩土力学,2013,34(9):2721-2727.