

动态、多手段、全过程滑坡预警预报研究

谭万鹏¹, 郑颖人¹, 陈卫兵²

(1. 后勤工程学院, 重庆 400041;

2. 中科院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)

摘要:总结了传统滑坡预警预报方法的发展历史和特点, 提出了一种动态、多手段、全过程的滑坡预警预报研究新思路, 在动态评估滑坡稳定性评价因子、及时修正计算条件和强度参数指标的前提下, 综合采用宏观评判、监测评判和计算评判的方法, 建立了滑坡预警预报全程评价体系, 提出了滑坡预报具体实施方法。并结合某工程滑坡实例, 验证了该方法的可行性。

关键词: 动态; 多手段; 全过程; 滑坡预报; 流变; 强度折减

中图分类号: TU433

文献标识码: A

文章编号: 1008-1933(2010)01-106-06

Studies on the land-slope forecast and early warning by more means in full dynamic discourse

TAN Wanpeng¹, ZHENG Yingren¹, CHEN Weibing²

(1. Logistical Engineering University, Chongqing 400041, China;

2. Institute of Rock and Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430071, China)

Abstract: Based on the summarization of the traditional land-slope forecast and early warning methods' advancement and characteristics, presents a new method of the land-slope forecast by more means in full dynamic discourse. Based on the dynamically evaluating on the stable factors of the land-slope, amending the calculating conditions and strength parameters in time. Synthetically evaluating through macroscopic view, monitor data and calculation. Set up the land-slope forecast and early warning evaluating system in full discourse. Present the particular details for carrying out; through some project of the land-slope, proved the feasibility of the new method.

Key words: dynamic; more means; full discourse; macro-trend; the land-slope forecast; rheology; strength reduction technique

0 引言

滑坡是常见的一种地质灾害, 其频发性和严重性都相当惊人。随着研究的不断深入, 人们逐渐认识到滑坡防治应以预防为主, 治理为辅。滑坡预警预报是降低灾害影响、避免人员伤亡、减少经济损失的重要保证^[1,2]。

滑坡的发生与诸多内在因素和环境因素有关, 由于其内在因素的复杂性、多样性, 形成条件、诱发因素的随机性与不确定性, 因而对滑坡的预测成为科学界公认的尖端课题之一。迄今为止, 专家的经验预测仍是预报的主要实用手段。国际上最早是由日本的学者斋藤提出的基于统计学的经验公式, 20世纪80年代以后, 随着数理科学中一些新方法的兴起, 基于统计方法或曲线拟合、回归分析、模糊评判等统计预报方法蓬勃兴起。90年代后, 随着科学的发展, 基于神经网络理论、尖点突变理论等的非线性

预报技术也迅速发展起来。但上述预报方法比较适用于趋势预报, 而且目前也缺乏众多可信的样本, 尤其是在即使有众多监测数据的前提下, 但实际情况下都存在有突变现象, 难以依靠破坏前量测的数据, 对破坏时间进行可靠预测, 所以, 目前的滑坡预报方法的准确性有待提高。

1 滑坡预报新思路

滑坡表面的水平位移能够很好地反映岩土体的变形破坏特征, 是滑坡变形的外在反映, 滑坡变形位移监测作为滑坡稳定性评价的一个主要手段, 在评价滑坡稳定性及其发展趋势、预警预报等方面有着重要的意义^[3]。

传统的预报方法将滑坡变形速度即日位移变形量作为滑坡预报判据, 当其大于某临界值时就会发出滑坡警报, 文献[4]基于现有一些滑坡的统计结果, 提出滑坡发生前的临界变形速率在0.1~1000 mm/d不等, 差别很大^[4]。在实际分析中, 监测点的位移—时间曲线经常出现突变、负值或断点的现象。以某工程监测点JC-09的监测数据为例, 如图1所示。

由图1可知, 从2007年5月9日到8月31日,

收稿日期: 2008-07-29

作者简介: 谭万鹏(1979-), 男, 河南巩义人, 博士研究生, 主要从事岩土工程稳定性分析及数值分析研究。

E-mail: tanwanpeng@163.com

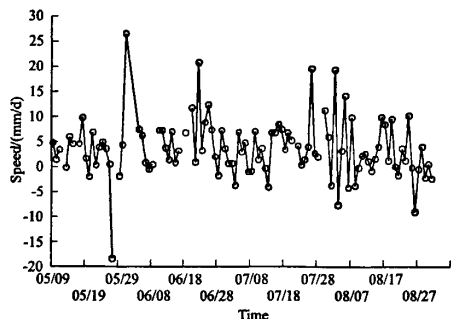


图1 JC-09(2007年5月9日~8月31日)日位移速率
Fig.1 JC-09 (May 9th-August 25th 2007) displacement speed per day

JC-09点日位移速率大于10 mm/d的有10 d,最大26 mm/d,大于5 mm/d更为普遍。如果以5 mm/d为预报标准,就会造成大量误报。同时,多数日位移速率在5 mm/d以下,3个月内位移速率时高时低,不能简单地以某个标准值作为预报的依据,必须对照动态的天气情况及内、外诱因的变化过程,进行具体分析。

突变一般发生在连续降雨期间或降雨后,表明监测点位移速率并非真正很大,地层并非真正出现了大的位移,主要是由于连续降雨之后,土体变软,弹性模量降低所致。天晴后,模量回弹,位移速率变小。

而出现负值的情况,一般是由于土体的干缩。断点主要是由于天气条件恶劣,出现强降雨或云雾等不适合量测的天气,缺少当日数据,当日的变形累计到了随后的测量中。日位移速率的变化与外因天气、内因、土体干缩等因素有关,仅看日位移变化量的增大不能判断滑坡产生和发展阶段。如果只是立足于当天的监测数据,而实际滑坡变形并未达到临界状态就频繁预警,会造成大量误报,习以为常,反而会酿成大灾。

原始的监测数据难以反映滑坡变形的真实规律,但从监测位移总体趋势上来把握滑坡变形规律,情况较为好转。

如图2,3所示,监测位移的总体趋势曲线基本

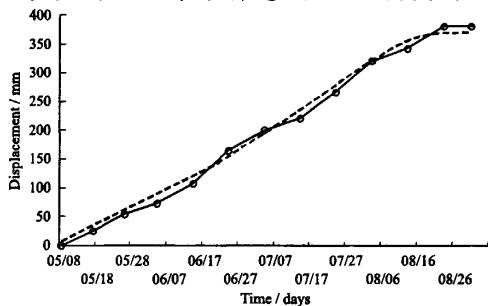


图2 JC-09累计位移变形量总体趋势曲线
Fig.2 JC-09 the overall trend curve of accumulated displacement deformation

符合所谓的蠕变三阶段理论。依据不同蠕变阶段的资料可做出相应的滑坡预报,并进行相应的工程措施。在第二阶段必须进行滑坡的加固治理准备工作,如勘察设计工作。在蠕变的加速蠕变阶段必须进行应急抢险滑坡加固施工,并预报滑坡的临滑日期。由于蠕变第二、第三阶段持续时间长短不一,有的漫长,有的时间较短,要进行滑坡加固可能为时已晚。

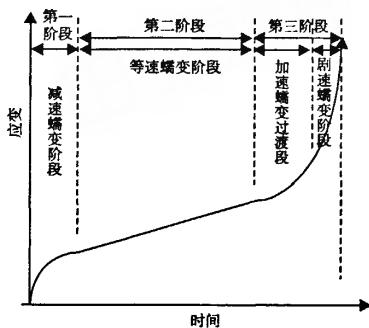


图3 边(滑)坡时间—蠕变曲线三阶段

Fig.3 Three stages of the land-slope time-creep curve

为此,本文以某工程滑坡为例提出了一种动态、多手段、全过程滑坡预警预报新思路。所谓动态是指在研究过程中,同时考虑滑坡内、外诱发因素变化的影响,及时修正计算条件和参数指标,建立动态的全程评价指标体系,满足适时状况。

多手段,即分别从定势、定性、定量的角度对位移监测数据、宏观破坏现象和数值分析结果进行相应的趋势分析和综合判断。

全过程是指具体阶段,具体分析。将滑坡预报分为三个阶段:中长期预报、短期预报、临滑预报。对应时间—蠕变曲线三个变形阶段。不同的预报阶段采用不同的评价指标、不同的预报方法和不同的工程措施。这种方法属于确定性预报,当诱发因素的量级明确时,可给出较为准确的预报结论。

2 工程概况

某工程滑坡始于2006年6月份,园区斜坡相继出现多条地面裂缝,房屋开裂。地面普遍出现下座,滑坡迹象日趋明显。该滑坡威胁工程园区和长江岸岸的安全,危及游客以及附近村民的安全,一旦失稳,经济损失惨重,必须进行应急抢险和工程处理。

根据勘察报告,园区位于老滑坡体上,后缘高程212 m,前缘高程158 m,长约350 m,宽550 m,土层厚度在35 m左右,体积约70万 m^3 ,为大型横长式滑坡。

3 滑坡稳定性评价因子动态分析

滑坡的产生、孕育和发展,是一个复杂的地质力学过程。为了准确反映滑坡发展变化的物理机理,需要对坡体的发展变化过程进行数值模拟。本文所

进行的滑坡预报研究,基于准确的数值计算分析,而现有方法中,监测结果与计算结果存在差异的原因,一般情况下是由于滑坡的实际状况与计算情况存在一定的出入,计算情况一般考虑的是最不利情况;其次是所取参数不当或考虑计算条件不周,以及对未曾考虑到的情况变化估计不周,导致实际强度也会大于设计强度。因此,需要对滑坡稳定性评价因子进行动态的跟踪评估,及时修正计算条件和坡体强度参数。

(1) 滑坡范围与地形(坡高、坡度)。显然该因素对稳定分析结果有影响,但其数据均由实地勘测所得,较为准确。虽然在计算分析中,为了方便计算,无论是用条分法还是有限元法对地形都做一定近似,但其误差影响不大。如果地形有明显起伏,需验算实际与计算的差别,本滑坡 2007 年 7 月以前地形虽有局部削方、填方,对稳定性稍有影响,但总体变动不大,因而对计算不作修正,见表 1。

表 1 某工程滑坡稳定评价因子分析

Table 1 Analysis on the land-slope stable evaluating features of some project

内在评价因子	对稳定系数的影响 比值/%	外部评价因子	对稳定系数的影响 比值/%
滑坡范围、地形 (坡高、坡度)	0	长时间强降雨对坡体的 渗透、浸泡, c, φ 值降低	2
岩土参数 (γ, c, φ)	3	工程开挖与坡脚卸载	0
滑体与滑带的水文地质 特性(地下水位、 渗透系数)	0	上部堆载与下部压脚	0
滑动面位置与形状	0	河岸的冲刷作用	0
计算方法的可靠性	0	库水位升降高度与速度, 0~3.7 地震	0

(2) 岩土参数。滑体与滑带的 γ, c, φ 值的选取,对稳定分析的影响很大,容重 γ 值一般不易选错,且影响较小,而强度 c, φ 恰好相反。通常,从安全的角度考虑,计算时一般 c, φ 值会稍小于实际情况,考虑水库水位上升到 156 m 后,坡体下部长处于浸泡状态,土体强度降低可使边(滑)坡安全系数降低 3% 左右。

(3) 水文地质特性(地下水位高度,渗透系数)。坡体内地下水位受降雨影响而升高,水位越高,斜坡安全系数越小。

(4) 滑动面位置与形状。滑动面位置与形状对稳定系数有很大的影响,本滑坡计算分析采用有限元强度折减法,通过折减强度参数,自动求得滑面,得到的滑面大部分在老滑带上,部分在滑体上,滑面位置与形状分析是合理的。

(5) 计算方法的可靠性。经过严格的论证,采用严格条分法与有限元强度折减法作稳定分析时,一般都可得到准确的结果。

(6) 长时间降雨与强降雨通常是诱发滑坡的主要外部因素,具体表现在对岩土体上部土体的渗透、

浸泡,导致土体强度显著降低。其次是造成地下水位上升,滑体体重增大,增大了不稳定性。从 2007 年 5~8 月得到的监测数据看,经计算,由于降雨,稳定系数降低 2% 左右。

(7) 工程开挖与坡脚卸载。它一般会引起安全系数的降低,但 2007 年 7 月以前,本滑坡未进行这方面的活动。

(8) 上部堆载与下部压脚。前者使安全系数降低,后者会增加安全系数,但 2007 年 7 月以前,本滑坡未进行这方面的活动。

(9) 库水水位升降的高度与速度。库水水位升降高度大、速度快,动水压力会随之增大,对滑坡稳定性不利^[5]。本滑坡由于目前库水水位变动范围较小,在 145~156 m 之间,虽然产生了一部分不利因素,但影响不大,这也是造成滑坡的原因之一。据计算,对安全系数的影响在 0%~3.7%。

2009 年三峡库水水位将增加至 175 m,库水水位升降范围在 145~175 m 之间,有规则的大幅度升降必将对边(滑)坡产生严重的不利影响。而滑体绝大部分受到库水浸泡,滑带与滑体强度还会继续降低,因而 2009 年后,滑坡的可能性极大,必须对该工程进行加固。

(10) 地震及其他强烈的地质构造活动。地震可以造成坡体的移动、运动,使土体液化影响坡体的稳定状态。本次计算未涉及此方面活动。

(11) 河岸冲刷作用。河岸冲刷可以侵蚀坡脚,削弱强度,造成稳定系数降低,是诱发新滑坡、复活老滑坡的因素之一。本次计算未涉及。

据表 1 对本滑坡稳定性评价结论如下:2005 年 5 月~10 月库水水位逐渐上升至 156 m,致使部分滑体、滑带被水浸泡,强度降低,加上水位升降影响坡体变形发展。2006 年 5 月,坡体出现开裂,2006 年雨季以后,宏观变形已较为明显,滑坡进入等速蠕变阶段。2007 年 6 月下旬至 8 月初进入雨季,滑坡变形加剧,安全系数进一步降低,滑坡处于加速蠕变过渡段。2007 年 7 月上旬起,工程应急抢险,削方压脚,8 月下旬变形破坏明显减少,滑坡逐渐处于稳定状态。从上述可见,本滑坡稳定性主要受到降雨与库水浸泡及水位升降的影响。

4 多手段滑坡稳定性评判

4.1 宏观分析评判

在滑坡预报时,最可靠、最有效的办法是综合运用宏观观测和现场监测的方法,将斜坡变形破坏的宏观信息与滑坡监测的资料有机地结合起来^[6]。分析该工程宏观破坏现象,并得出结论如下。

2006 年 6 月起,斜坡相继出现多条地面裂缝,房屋开裂。2006 年 10 月以后,出现平行的雁羽状

地面裂缝,裂缝宽0.5~20 cm,地面普遍出现下座,下座高度1~63 cm。裂缝所经过房屋大多被拉裂。园内厕所后部地面下座达63 cm,不得不拆除。从2006年10月到2007年6月,边(滑)坡由弱变形阶段,逐步过渡到较强变形阶段。5月24日夜间,该工程宾馆与变电所之间围墙发生局部倒塌。6月中旬,坡体库岸中下部,条石护坡已经出现隆起现象,肉眼可辨,该裂缝隆起约3 cm。且随着时间推移,隆起日趋明显。民房后3处出现土溜,土方量在20~25 m³。深部位移测斜管被推移破坏。进入6月下旬,变形继续增强,滑坡已经进入强变形阶段,土溜土方量持续增加,民房烟囱基本被剪断。库岸隆起部分高度、范围增加。公路外部沉降明显,水泥垫层遭到破坏。移民房挡墙后部土体出现裂缝,且与民房位移开展不均匀,距离日趋接近。土溜次数越来越多,裂缝宽度与测点变形明显增大,表明滑坡已进入强变形阶段。直至8月中旬,经过削方、压脚等治理,坡体变形逐渐减小,趋于稳定。

4.2 监测分析评判

依据断面是否在边(滑)坡主轴断面或与其平行的断面上、测点的多寡,位移敏感性的强弱,以及测点变形规律是否明显、监测数据的完整与否,在详细分析测点的日位移速率、位移加速度的基础上,同时根据择优、合理的原则,选取1-1断面为关键测试断面,选取1-1断面的JC-09点为关键监测点。

由于日位移速率变化幅度大,只看单个测点的总位移量和日位移量,难以进行准确预报。而降雨时位移速率的大幅度增长,不能作为滑坡预报的依据,这也是当前预报中容易出现错误预报的原因。为了消除断点、突变及负值影响,真实反映坡体变形总体规律,在保证位移变形总量不变的情况下,得到了JC-09点的日累计位移变形量与时间的关系曲线。单纯的分析该曲线,并不能得出坡体位移变形规律,需要从整体趋势上加以把握。因此,分析了平均15 d的累计位移变形量与时间的关系曲线,如图4所示。

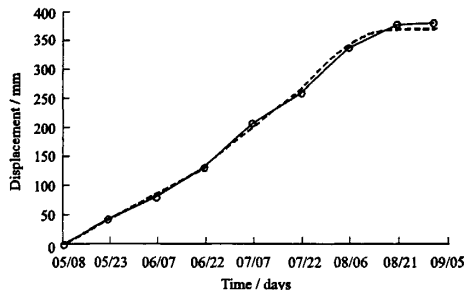


图4 时间-累计位移关系曲线的总体趋势线(15 d)

Fig.4 The overall trend (15 days) of the time-accumulated displacement curve

万方数据

从图4可知,监测位移总体趋势线大致分为三段,6月14日之前,坡体处于直线等速蠕变阶段,6月23日至7月14日,相对于前一阶段,坡体处于速度较高的直线等速蠕变阶段,相当于加速蠕变过渡段。7月14日后,由于采取了削方、压脚等工程措施,总体趋势线呈抛物线状,并于8月3日后逐渐平滑,坡体处于减速蠕变到逐步稳定阶段。

4.3 计算分析评判

依据粘弹塑性力学的岩土体流变理论是滑坡预警预报的基础。以岩土体蠕变理论为基础,研究滑坡变形过程中应力、强度、应变、位移以及应变(位移)速率等随时间变化的物理规律,进而预报滑坡滑动时间,应是滑坡滑动时间预测预报研究的突破口之一^[7]。

因此,本文选用FLAC3D软件中的Burgers模型与Mohr-Coulomb模型串连而成的复合粘弹塑性模型CVISC模型,其一维应力状态下的流变模型如图5所示。该模型由马克斯韦尔模型、开尔文模型和一个塑性元件串联而成。

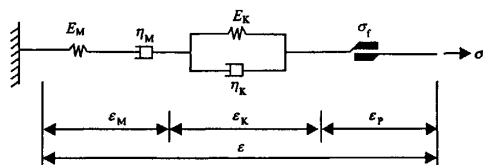


图5 FLAC3D中CVISC流变模型

Fig.5 The CVISC rheology model of FLAC3D

图5中, σ 为岩土体应力; E_M 、 E_K 、 η_M 和 η_K 分别为弹性模量、粘弹性模量、马克斯韦尔粘性系数和开尔文粘性系数; σ_f 为岩土体材料的屈服强度; ϵ_M 、 ϵ_K 和 ϵ_P 分别为马克斯韦尔体、开尔文体的应变和塑性应变。如果上述模型的马克斯韦尔粘性系数 η_M 取为无穷大,则对应的岩土材料只会呈现衰减蠕变。本文所考虑的对象限于仅具有衰减蠕变性质的岩土体,具体实现在计算中将马克斯韦尔模型粘性系数取为无穷大,此时CVISC模型即为广义Kelvin粘弹塑性模型。对关键监测断面1-1,建立计算模型,划分网格如图6所示。

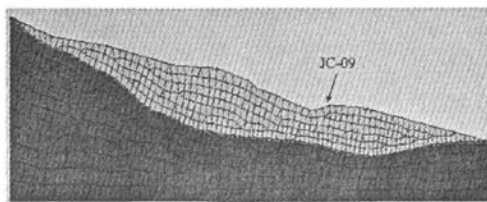


图6 1-1断面计算网格划分

Fig.6 Computing grid division of the 1-1 section

选用的模型及参数:上部滑体及下部滑床选用Mohr-Coulomb模型,中部的软弱滑带选用CVISC模

型,相关参数如下:

(1)滑体土:重度 20.6 kN/m^3 、抗剪强度 $c = 29.43 \text{ kPa}$, $\varphi = 11.03^\circ$, 弹模 $E = 1.3 \text{ MPa}$, 泊松比 $\mu = 0.3$ 。

(2)滑(面)带土:重度 20.6 kN/m^3 , 瞬时弹模 $E_M = 1.3 \text{ MPa}$, 泊松比 $\mu = 0.3$, 流变弹模 $E_M = 0.73 \text{ MPa}$, 抗剪强度 $c = 20 \text{ kPa}$, $\varphi = 9.3^\circ$ 。

(3)滑床(无孔隙条件,不考虑其渗透性):重度 25.1 kN/m^3 , 弹性模量 $E = 13.52 \text{ MPa}$, 泊松比 $\mu = 0.36$, 抗剪强度 $c = 0.27 \text{ MPa}$, $\varphi = 27.2^\circ$ 。

如图7所示,采用强度折减法对流变模型分别计算安全系数为1.08,1.05,1.03时坡体的监测点JC-09位移开展及不同的安全系数所对应的日累计

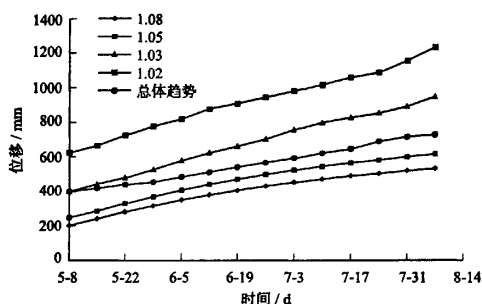


图7 计算累计位移曲线与监测数据总体趋势曲线

Fig. 7 The accumulated numerical displacement curve and the overall trend curve of the monitor data

表2 滑坡预警预报全程评价指标

Table 2 The land-slope forecast and early warning evaluating parameters system in full discourse

变形破坏阶段	稳定状态	弱变形与较强变形状态	强变形状态	临滑状态
安全系数	> 1.10	$1.10 \sim 1.04$	$1.04 \sim 1.01$	$1.01 \sim 1.00$
现场观察指标	边(滑)坡体及其上面的建筑物均无明显变形,无地裂缝	主滑带剪应力超过其抗剪强度而发生蠕变,裂缝逐渐扩大并使牵引段发生拉裂;边(滑)坡体无明显变形;边(滑)坡后缘地表或建筑物上出现一条或数条地裂缝,由断续分布而逐渐贯通;滑坡两侧、滑坡前缘均无明显变形或滑坡两侧出现雁羽状裂缝。坡体中上部出现下沉、下错等现象	主滑段和牵引段滑面形成,滑体沿其下滑推挤抗滑段,抗滑段滑带逐渐形成;坡体中、上部下沉并向前移动,下部受挤压而抬升,变松。后缘主拉裂缝贯通,加宽,外侧下错,并向两侧延长;滑坡两侧中、上部有雁羽状裂缝出现并变宽,两侧剪切裂缝向抗滑段延伸;前缘地面有局部隆起,先出现平行滑动方向的放射状裂缝再出现垂直滑动方向的鼓胀裂缝,时有坍塌,泉水增多或减少	滑体开始整体向下滑移,重心逐渐降低;抗滑段滑面贯通,从地面剪出,整个滑动面贯通,滑坡整体滑移。后缘裂缝增多,加宽,地面下沉,滑坡壁增高,建筑物倾斜;两侧裂缝与后缘张裂缝及前缘剪出口裂缝完全贯通,两侧壁出现;前缘坍塌明显,泉水增多并混浊,剪出口附近出现鼓丘
监测数据指标	位移不大,速度趋于零,加速度为零	位移逐渐增大,速度时大时小,趋于等速,无明显加速,处于等速蠕变阶段	位移增大较快,由等速逐渐转向加速,中等加速,处于加速蠕变过渡段	位移与速度剧增,持续高速增长,不再出现明显下降,剧烈加速,处于剧速蠕变阶段
数值计算指标	位移速率迅速减少,速度趋于零,位移值趋于常数	位移线性增大,速度近似等速,无明显加速,处于等速蠕变阶段	位移增速较大,速度由等速转向逐渐加速,处在加速蠕变过渡段	位移与速度剧增,位移增大两个数量级,计算失真,计算机已无法计算

5 滑坡全过程预警预报实施方法

5.1 两类预警预报对象

实施滑坡全过程预警预报,首先应确定预警预报对象。从滑坡预警预报对变形破坏时间的要求出发,可将滑坡形式分为两类:一类是由于坡体受到长

万方数据

位移变形量^[8]。依据日累计位移变形量与时间关系总体趋势曲线,在直线等速蠕变阶段,直线段斜率即平均日位移速率为 3 mm/d 。依据滑坡变形机理,初始位移速率较小,因此取平均位移速率为 2.53 mm/d ,自2006年雨季后开始,2006年10月到2007年5月之间,滑坡位移估计为 450 mm 。将该初始位移量叠加到2007年5月8日之后的累计位移,对比现场监测数据以及考虑流变情况下,采用有限差分法计算所得的不同安全系数所对应的日累计位移变形量与时间关系曲线。

由图7可知,从5月到6月中旬,坡体安全系数约为1.04,6月中旬到7月底,安全系数逐步降低,大约为1.03左右,8月初安全系数逐渐增大,坡体趋于稳定。同时,综合宏观现象及有限元计算分析结果,建立滑坡预警预报全程评价指标见表2。对比宏观分析评判、监测位移总趋势分析评判、考虑流变情况的计算分析评判结果,依据稳定性评价指标表2,综合分析得出如下结论:该工程于2006年5月出现滑坡迹象,2006年雨季后至2007年6月分别处于等速蠕变阶段与弱变形至较强变形阶段。依据计算,安全系数在 $1.04 \sim 1.07$ 之间;2007年6月中旬至7月中旬,进入加速蠕变过渡段与强变形阶段,安全系数在 $1.02 \sim 1.04$ 之间,未进入临滑阶段。由于7,8月的削方压脚滑坡治理,至8月底,斜坡趋于稳定。

期内外因素的影响,逐渐发展变形而至破坏,这就是通常所指的需要预警预报的滑坡;另一类是指由于某种特殊原因,如坡体堆载、削脚或遇到特大暴雨、连续强降雨、地震等突发因素的影响,坡体变形剧烈发展,从而诱发突然而来的破坏。这类滑坡所对应的坡体,可以是原本处于稳定状态,毫无变形迹象的

安全体,也可以是正处于发展中的变形体。这两类滑坡形式都是滑坡预警预报的对象。

5.2 三级预警预报模式

根据滑坡变形发展速度与出现危险的可能性大小不同,可将预警预报分成三种等级模式:一是注意预警(三级预警)。表示应引起预警预报相关工作人员的高度注意,进行相关的宏观调查,查清位移快速增长的具体原因,并将有关情况汇报与相关领导管理部门;二是警示预警(二级预警),表示滑坡变形发展很快,有出现滑坡的可能性,应及时对当地居民进行警示;三是临滑预警(一级预警),表明滑坡进入临滑阶段,经领导部门同意下令,居民必须及时强制撤离,以减少生命财产的损失。

5.3 三个阶段的具体实施办法

针对上述的两种滑坡类型,分别对三个预警预报阶段提出具体的实施方法。

(1)中长期预报。首先应根据监测数据,明确滑坡变形发展趋势,确定滑坡预报阶段。当处于中长期预报阶段时,对第一类型的滑坡一般只作三级预警,当日位移速率明显增大,增长速率为前期平均速率的2倍以上,或出现前所未有的最大速率,可做出三级预警。同时立即进行宏观观察,检查周边工程扰动情况,对照天气、水文等各种因素,提出位移迅速增长的原因,确定滑坡预警预报类型。如属于第一类滑坡形式,后继位移速率迅速降低,则可取消预报。如果后继位移持续增长,可根据宏观观测、安全系数计算分析、监测数据与预警预报指标,调整预警等级为二级。如属第二类预报类型,除调整预警等级为二级外,尚应立即采取措施,消除其不利因素,如位移继续迅速增长,且坡体内多个测点大幅度增长,在计算分析后,认为已经进入临滑阶段的,经领导批准后,迅速调整为一级预警。

(2)短期预报。短期预报对应二级预警,发生滑坡的可能性大大增加,初估滑坡时间在数月之内,预报工作人员应增加监测次数,适时进行分析,将近期可能发生滑坡的消息及时警示,发挥群测群防的力量,鼓励群众观察滑坡变形变动情况。无论何种类型滑坡,如位移继续迅速增长,且坡体内部多个测点都出现大幅度增长,在计算分析后,认为已经进入临滑阶段的,经领导批准后,迅速调整为一级预警,并按照预定的滑坡预报方案,预报滑坡日期。

(3)临滑预报。进入临滑预报阶段,预警等级应调整为一。滑坡将在数天内发生,工作人员在密切关注滑坡发展趋势和主要影响因素变动情况的同时,预报滑坡时间,并依据实际情况,对滑坡时间的预报进行及时调整。此外,由政府部门下令,通知当地居民及时撤离,以减少生命财产的损失。工作人员也应撤至安全区域,运用其他多种手段进行继

续监测,尽可能地收集各种相关资料,以便作出准确预报。

结合该工程实例,由图1~4可知,进入2006年6月份,坡体变形明显,位移平均速率持续增长,经调查分析,该滑坡属于第二类型预报形式,主要受库水水位升降和降雨的影响。6月下旬开始,受连续降雨的影响坡体位移速率加速增长,根据计算分析,安全系数约为1.04,已进入短期预报阶段,预警等级应调整为二级,7月中旬开始,由于采取了削坡、压脚等工程干预措施,坡体位移增长速率逐渐趋于平缓,但累计位移持续增长,至8月初,坡体日趋稳定。

6 结 论

(1)由于突变、断点、负值的存在,原始的监测位移一时间曲线难以反映滑坡变形的真实规律。

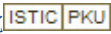
(2)简单地把滑坡日位移变形量即位移速率作为滑坡预报的判据是不科学的,必须在考虑工程实际的基础上,对影响滑坡变形发展的稳定性评价因子进行动态的评估,及时修正计算条件和坡体的强度参数指标。

(3)运用监测位移总体趋势分析、宏观破坏现象经验分析、考虑流变的数值计算分析,来综合判定滑坡发展阶段、进而对滑坡进行时间预报的动态、多手段、全过程滑坡预警预报方法是可行的。

如何提高预报的准确度,还有待于提高监测的精度和运算时参数选择的准确性,根据现有的监测数据通过位移反分析来确定FLAC计算模型的参数,可为综合判断提供有力的判据,具体细节将在另文中加以论述。

参 考 文 献:

- [1] 郑颖人,陈祖煜,王恭先,等.边坡预滑坡工程治理[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [2] 王恭先,马惠民.我国滑坡防治综述[A].第十届土力学及岩土工程学术会议论文集[C].重庆:重庆大学出版社,2007:69-70.
- [3] 王恭先.滑坡学与滑坡防治技术[M].北京:中国铁道出版社,2004.
- [4] 李秀珍,许强,黄润秋,等.滑坡预报判据研究[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(4).
- [5] 郑颖人,唐晓松.库水作用下的边(滑)坡稳定性分析[J].岩土工程学报,2007,27(8):1115-1121.
- [6] 许强,黄润秋,李秀珍.滑坡时间预测预报研究进展[J].地球科学进展,2004,19(3).
- [7] 黄润秋.论滑坡预报[J].国土资源科技管理,2004,(6):15-16.
- [8] 陈卫兵,郑颖人,冯夏庭,赵尚毅.考虑岩土流变特性的强度折减法研究[J].岩土力学,2008,29(1).

作者: 谭万鹏, 郑颖人, 陈卫兵, TAN Wanpeng, ZHENG Yingren, CHEN Weibing
作者单位: 谭万鹏, 郑颖人, TAN Wanpeng, ZHENG Yingren (后勤工程学院, 重庆, 400041), 陈卫兵, CHEN Weibing (中科院武汉岩土力学研究所, 湖北, 武汉, 430071)
刊名: 四川建筑科学研究 
英文刊名: SICHUAN BUILDING SCIENCE
年, 卷(期): 2010, 36(1)
被引用次数: 0次

参考文献(8条)

1. 郑颖人, 陈祖煜, 王恭先 边坡预滑坡工程治理 2007
2. 王恭先, 马惠民 我国滑坡防治综述 2007
3. 王恭先 滑坡学与滑坡防治技术 2004
4. 李秀珍, 许强, 黄润秋, 汤明高 滑坡预报判据研究[期刊论文]-中国地质灾害与防治学报 2003(4)
5. 郑颖人, 唐晓松 库水作用下的边(滑)坡稳定性分析[期刊论文]-岩土工程学报 2007(8)
6. 许强, 黄润秋, 李秀珍 滑坡时间预测预报研究进展[期刊论文]-地球科学进展 2004(3)
7. 黄润秋 论滑坡预报[期刊论文]-国土资源科技管理 2004(6)
8. 陈卫兵, 郑颖人, 冯夏庭, 赵尚毅 考虑岩土流变特性的强度折减法研究 2008(1)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 赵永国, 谈应鹏, 穆国兵 黄土地区公路路基下伏洞穴的探查技术 -西部探矿工程2002, 14(z1)
陇西地区公路沿线黄土陷穴、人工洞穴及采空区等洞穴不良地质体发育分布广泛, 严重影响公路的施工、运营安全和工程建设的规模及投资效益. 下伏陷穴及采空区具有类型多样、隐伏性强、空间分布规律性差的特点, 为提高探测精度, 对其探查应坚持多阶段动态探查和多手段综合运用原则, 达到逐步发现和减少隐患的目的.
2. 学位论文 索安宁 黄土高原典型区土地利用/覆被变化的生态水文演化过程研究 2006
以水土流失为主要生态水文过程特征的中国黄土高原, 多年来一直受到国内外学者的高度关注. 影响水土流失的因素很多, 其中气候变化和地表植被变化是两个很重要的因素. 二者对于不同时空尺度的不同流域, 其影响的程度又大不相同. 泾河流域位于黄土高原中部的六盘山和子午岭之间的相对封闭区域, 是黄土高原黄土层最为深厚的地区, 也是黄土高原水土流失最为严重的地区. 近年来该流域面临着植被退化、土地沙化等原因导致的水土流失问题困扰. 本文以泾河流域土地利用/覆被变化的水土流失效应为主线, 在以流域为单元的空间尺度上, 对土地利用/覆被变化与水土流失之间关系展开了多尺度、多视角、多手段的剖析, 以为从大尺度上定量研究土地利用/覆被变化的生态水文效应探索新的思路.
本文首先从泾河流域整体入手, 通过构建基于水土流失过程的景观格局指数, 分析了各种土地利用/覆被空间格局的水土流失风险程度, 并采用多元分析方法探讨了不同土地利用/覆被格局下水土流失的发生特征. 为了进一步剖析土地利用/覆被变化的水土流失演化过程机理, 本文通过气候-植被之间的关系模拟出了泾河流域的潜在植被指数时空格局和植被冗亏的时空格局. 在此基础上, 剖析了植被-降水的年内动态耦合与水土流失时空态势的关系. 在以上整体分析的基础上, 选择了泾河流域西南部的泾河小流域, 深入分析了该流域近30年来的土地利用/覆被变化及其与水土流失演化过程之间的数量关系, 并采用分布式生态水文模型SWAT分别模拟了该流域5种可能的土地利用/覆被情景下和25种气候变化模式下径流深度和侵蚀模数的空间格局演化过程, 分析了土地利用/覆被变化和气候变化分别对流域径流、侵蚀空间安全格局的影响.
本文在遥感、地理信息系统、生态水文模型等技术支持下, 通过对泾河流域土地利用/覆被变化的水土流失演化过程的分析, 得到以下结论:
●景观坡度指数和景观空间负荷对比指数对水土流失具有较好的响应, 其中耕地坡度指数和低覆盖草地坡度指数及各种林地的坡度指数与流域侵蚀模数有较好的响应关系; 流域侵蚀模数随景观空间负荷对比指数的增大呈显著的指数下降趋势, 流域径流深度随景观空间负荷对比指数增大存在上升趋势. 说明景观空间负荷对比指数和景观坡度指数对流域水土流失, 尤其是对流域土壤侵蚀具有很好的指示作用, 可以作为流域水土流失和其他非点源污染空间风险评价的有用方法.
●泾河流域水土流失过程沿景观格局存在明显的梯度变异, 子午岭林区的三水河子流域以森林景观为主, 植被覆盖度高, 景观格局简单, 流域水土流失以年径流量小, 年内、年际变化小, 河流输沙量、含沙量小为主要特点, 土壤侵蚀不明显; 森林-农业用地复合景观的泾河和达奚河子流域, 径流深度和产流系数大, 但河流输沙量和含沙量比较小, 水土流失年内、年际变化都比较大; 以农业用地为主的洪河、黑河子流域, 景观结构相对复杂, 以农业景观占绝对优势, 水土流失以高输沙率、高含沙量、径流和输沙年内变化极大为主要特点, 水土流失极为严重; 在农业用地和其他景观类型的复合景观中, 景观格局复杂, 稳定性差, 水土流失年际变化大.
●各类自然植被类型与降水的年内动态有着较好的耦合关系, 这种耦合关系对地表水文过程发挥着重要的调控作用. 由于各种人类活动对地表植被的干扰, 改变了自然植被的空间分布格局和年内动态变化, 从而也改变了植被与降水的动态耦合关系, 尤其是人类活动产生的农田覆被及其各类草地与降水的年内动态表现出明显耦合偏离. 这种植被-降水的动态耦合偏离改变了地表水文过程, 增大了流域径流的变异系数和土壤的侵蚀程度, 从而加剧了黄土高原地区水土流失.
●渭河流域近30年来, 水土流失变化存在持续的走低趋势, 10年尺度的平均值, 径流深度减少了32.75mm, 侵蚀模数减少了778t/km². 水土流失的变化存在明显的季节差异, 汛期径流深度平均减少69.47mm, 侵蚀模数平均减少1063.26t/km², 枯季径流平均仅减少11.6mm. 对降水和土地利用变化的不同情景模拟发现, 水土流失的变化主要由土地利用/覆被等地表变化引起的, 其径流贡献率达到65%以上, 侵蚀贡献率达到80%以上. 地表属性变化导致的年径流深度和年侵蚀模数变化都对耕地面积变化有一定的相关关系, 耕地的变化可能是导致流域水土流失显著减少主要原因.
●应用分布式水文模型SWAT的模拟结果表明, 在5种可能的土地利用/覆被情景中, 年径流总量产生的大小顺序是: 耕地、低覆盖度草地>裸地、沙化土地>当前土地覆被>疏林、草地>林地; 年泥沙输出量大小顺序是: 裸地、沙地>耕地、低覆盖度草地>当前土地覆被>疏林、草地>林地. 随着土地覆盖度的增高, 流域径流量减小, 输沙量也减小, 蒸发量增加, 径流深度和侵蚀模数的空间异质性变小, 水土流失的风险降低. 降水变化是导致径流、输沙变化的主要气候因素, 径流量和输沙量都随降水量的增大而增加. 针对黄土高原水土流失的情况, 水增加20%, 同时温度降低2℃时, 径流(水资源)、泥沙流失最多; 在降水减少20%, 同时温度增加2℃时, 径流、泥沙流失最少.
3. 会议论文 徐淑媛, 孙静芸, 冯丙江 鱼腥草中活性成分的动态变化研究 2005

本文对鱼腥草中活性成分的动态变化进行了研究。文章采用多手段多指标的考察方法进行定期取样，探索了挥发性成分及黄酮类成分动态变化规律，以此为秋季栽培的鱼腥草合理采收期的确定提供科学依据。

4. 学位论文 [郭彬 青年道德建设中“德性—德行”关系及现状探析](#) 2006

道德教育历来是国家和社会关注的重点，特别是对青年的道德教育，摆在突出的位置。本文从伦理道德动态体系中德性与德行关系的角度分析当前青年道德建设中德性与德行的现状和问题以及产生的原因，并结合这些现状和原因的分析，论述了加强青年道德建设的途径。本文作者较详细地阐述了伦理道德体系中德性、德行的概念和其与之间的关系，并运用了心理学、社会学、伦理学等多手段、多角度、多层次地加以分析。本文具体分为四部分：

- 第一部分是引言，包括研究的意义，要解决的问题和国内外文献综述。
- 第二部分重点对德性、德行以及德性与德行的动态关系做详细解析，分析德性与德行的一致性、非一致性以及导致德行选择的复杂性、突变性的原因。构建正确的理论知识，以求理论上的基础。
- 第三部分通过从不同方面，不同角度研究当前青年德行状况的表现以及原因，分析当前青年道德行为选择存在的问题，为寻求一条行之有效的解决办法和途径奠定基础。
- 第四部分主要论述了提升青年德性，规范青年德行，加强青年道德建设的途径。从社会、青年主体自身、教育者角度运用多种方法，多角度的加以分析和阐述。提出了提倡德行代价补偿机制以及提倡团体式教育等多种行之有效的的方法和途径。

5. 学位论文 [张丹 数字矿山三维克里格储量计算方法及其应用](#) 2007

矿山勘探与开发信息的数字化、可视化，是当今矿业软件开发的热点。地质体是经历长期、复杂的地质作用而形成的，要真实地再现地质体及其演化过程，是地球科学领域共同面临的研究内容，也是一个难点问题。随着“数字矿山”概念的提出和现代空间信息技术的飞速发展，地质体信息的可视化已成为当今地质信息化研究的一个重要研究课题。通过地质数据生成三维地质体，模仿真实环境，并在此基础上进行地理信息显示与空间分析，是建立“数字矿山”的重要组成部分。

克里格储量计算方法，在很多意义上被很多专家学者直接叫做是地质统计学方法。地质统计学是目前西方各国地质和矿业界非常通行的一种地质研究和储量计算方法，它是以矿石品位和矿床资源量/储量的精确估算为主要目的，以区域化变量理论为基础，以变异函数作为主要工具，以电算为手段，对既具有随机性，又具有空间结构性(相关性)的变量(如品位、厚度等)进行统计学研究。它实质上是一种高技巧的统计插值模型，能够把矿体中有限的探矿工程取测试资料传递到矿床任何一个局部地段，能最大限度地有效利用这些信息；因为在估算时，充分考虑了品位(变量)的空间变异性和矿化强度在空间的分布特征，使估算结果更加符合地质规律，置信度高。在矿床勘查过程中，运用这种方法，针对矿床的地质特征，能帮助选择勘探与开采方法，还能制定或检验合理的勘探工程间距。可以看出，它具有最充分利用各种信息量的能力，能够给出每一估计量相对应的估计方差，而且这种估计是最优和无偏的，具有传统地质学所无可比拟的优越性。2001年新颁布的固体矿产资源/储量分类标准及相关的规范也将其为一种主要的储量计算方法，虽然地质统计学在我国尚处在尝试和推广阶段，但随着我国加入世贸组织与国际接轨，使用地质统计学方法进行矿产资源评估势在必行。

克里格储量计算分为三大步骤：首先建立矿区数学模型，也就是克里格估值模型；然后在估值模型基础上进行克里格块段估值，即建立品位插值模型；最后建立储量计算模型，进行各块段或矿区储量计算及汇总。由于前两个主要步骤与矿床工业指标是否确定没有任何直接的因果关系，所以该方法尤其适应当今矿产品市场价格频繁波动的环境，具有良好的数据输入/输出接口功能，可与诸多基本应用软件进行数据交换。矿产资源储量为为主的多组工业指标动态圈定矿体，动态计算矿体储量，计算矿区任意块段、中段(台阶、分层)的分块、框块储量以及储量精度、工程控制程度、储量级别、预测储量精度，选择合理工业指标和技术经济评价的有效方法。实现了储量计算、储量认定、储量预测、储量评价一体化。能够实现矿床勘查、设计、开采、各阶段储量计算的系列化。

本文主要研究介绍普通克里格储量计算方法的基本原理及其主要关键技术，通过分析金、铜品位的统计分布特征，结合紫金山矿区的生产实际，进行多角度、多手段的观察和思考，进行变异函数计算及结构分析，建立起三维克里格储量计算的矿床数学模型，并在此模型基础上进行品位估值和储量计算，过程中系统还设计实现了动态指标下的储量计算，即根据市场需求和政策的变动，科学地自动调节品位再进行重新估算，方便快速而准确。同时系统建立了相应的地质信息数据库，将三维地质模型与数据库信息链接起来，实现工程地质信息的可视化管理与查询，实现矿山数字化、可视化、信息化研究。克里格储量计算方法不仅适用于工作程度高、工程分布密集的矿产资源详查、勘探阶段，也适合工作程度较低的普查、预查阶段，为工程地质条件的分析预测评价提供方便、简捷、灵活性、互动性的手段。该系统涉及地质学、数学、矿业工程、计算机等多个专业，为多学科交叉领域，实现矿山数据可视化 and 紫金矿区多源多维信息化管理，同时实现矿山勘测集成应用。通过系统化的研究和开发，本文所取得的主要成果为：

- 1、三维克里格储量计算方法优化模型的研究。详细具体包括下面几点：
 - (1)改变传统一维的点克里格法和二维的线、面克里格方法，而将克里格法扩展加深运用到三维环境中，建立矿山块体模型；并将此三维克里格储量计算方法结合现有的具体项目，应用于生产实际——紫金山铜金矿的储量评估中。
 - (2)建立块体模型时，采用两种处理方式：自定义建立块体模型和块体填充矿体模型。
 - (3)在建立插值品位模型过程中，改变传统的求待测块影响范围内的各观测样平均值信息，而是充分考虑搜索影响范围内这些观测样与待测块间的空间结构关系，同时考虑到数据量的超大情况，而巧妙的采用分组法以及用三向的搜索圆锥体样来求取变差函数值，而且在结构套合时设计成动态的调节方式，建立克里格方程组，用约当消去法求解方程组，这样更简便化且误差更小化了。
 - (4)在块体提取模型中采用多种提取方式：按高程、按品位、按边界范围以及按矿区等，简单方便。
- 2、数字矿山系统中克里格储量计算方法的集成应用；而且针对不同矿种的资源本系统也同样适用，即通用变通性强。
- 3、克里格储量计算模型设计为变品位模式，以满足矿山市场波动情况的实时储量计算的支持方法研究，方便快捷明了，具有很好的实用价值。

6. 期刊论文 [丁香. 王晓青 基于MaPInfo的中长期地震预测动态系统](#) -中国地震2002, 18(1)

“中长期地震预测动态系统”(MapDEP 2000 For Windows)是以强震时空-空概率增益综合预测模型与单项地震预测模型的预测效能评价方法为理论基础，以强大的数据库为支持，集成桌面地图信息系统(MapInfo)的主要功能而研制完成的运行于Windows 9x或以上环境下的地震综合预测系统。系统具有中长期单项预测方法的计算、异常提取、效能统计、概率增益统计、外推预测和概率增益综合预测等计算与各种输入/输出、图形显示等强大而实用的功能，为运用数据库和GIS实现多手段、多尺度、动态和交互的信息综合，进行地震预测提供了一套实用的系统和完整的解决方案。本文对该系统的科学依据、设计思想和主要功能进行了介绍。

7. 期刊论文 [甄君. 张建华. 员建厦. 周涛. 张东坡 雷达与通信信号一体化侦察系统半实物仿真](#) -舰船电子对抗

2010, 33(1)

阐述了雷达与通信信号情报侦察一体化系统的组成及结构,建立了一体化电子侦察半实物仿真系统.系统仿真试验验证了雷达与通信信号一体化电子侦察系统的信息流程,以及系统具有的资源共享、动态重构、多手段侦察信息综合应用等功能.

8. 期刊论文 [李恒宝 三峡库区地质灾害防治工程监测系统设计与应用](#) -西部探矿工程2009, 21(12)

长江三峡库区防治工程监测系统是服务于地质灾害防治、保障工程建设安全的基础性工作.需同时采用多种方法进行监测,以便进行对比和综合分析.通过对滑坡、边坡变形、防治工程及环境条件全方位多手段立体监测,随时掌握其变形动态和变形原因,为塌岸、滑坡变形的预测与防治提供可靠的依据.结合工程实例,通过现场综合监测数据的分析,证明了它的应用价值.

9. 学位论文 [李邵军 边坡安全性评估的三维智能信息系统研究](#) 2005

本文针对岩土工程中的边坡这一重要研究对象，开展基于专业特点的GIS技术与开发研究，并结合边坡安全性评估的进行综合集成分析，实现面向专业分析功能的系统信息可视化、智能化、网络化、集成化研究。为边坡的设计、施工和安全监测提供一个有效的综合决策平台，主要研究内容和研究成果概括如下：

- 1、针对岩土边坡变形非线性位移的预测问题，开展了基于时间序列分析的遗传进化、进化神经网络、进化支持向量机研究，对边坡变形的非线性位移进行了多方法、多手段的预测分析。
- 2、基于动态聚类分析的基本思想，利用现场监测资料，提出了边坡危险性分区的进化支持向量机方法，在系统集成信息分析平台上生成三维可视化

边坡危险度演化图,为边坡危险性区划的空间预测和评估提供重要参考。

3、开展了边坡三维场景的数字建模与分析研究,建立了包括边坡地层信息、施工开挖、三维洞室、断层、水位分布、典型监测设施和工程措施的边坡场址真三维模型。提出了边坡三维模型的空间自适应地层生成算法,以及基于地层信息的三维洞室仿真方法。此外,基于四叉树结构DEM模型的递归生成和DEM中的视锥裁减算法,实现了三维场景的快速显示。

4、对边坡的安全性评估和边坡三维信息系统进行了集成研究,探讨了集成分析系统的总体设计和开发实现,介绍了系统的综合分析功能。

5、利用VC++和DirectX开发工具,基于动态链接库和控件编程的思想,开发了独立底层、自主知识产权的数字边坡安全性评估三维信息集成分析软件系统(IGIAS),并基于Internet网络技术,利用TCP/IP协议,采取客户机/服务器模式,实现了系统的三维矢量数据、属性数据、图像数据的网络发布。

6、以龙潭水电站高边坡工程和福宁高速公路八尺门滑坡工程为实例,对开发的集成分析系统进行了实际工程应用,验证了系统的理论研究意义和实际工程应用价值。

10. 学位论文 张永泰 刘桥矿区六煤底板水动态特征及防治技术研究 2003

本论文在分析、统计刘桥矿区已有的地质、水文地质资料的基础上,以防治太灰水害威胁,实现六煤安全开采为目的,以矿井地质构造特征及地质构造控水规律研究为工作重点,采用多学科多手段相互配合的方法,综合分析开采矿层所处的地质构造环境、应力状态,研究了太灰水特征、状态、危害程度和边界条件和介质条件,探讨了地质构造对水文地质条件(尤其对太灰岩溶水赋存和径流状态)的控制,提出了矿区防治水对策。论文对矿区地质构造展布规律,区域地质构造环境、地壳运动演化历史进行了较深入的研究,确定了新构造导水性裂隙的优势方向及力学机理。煤系地层砂岩的石英光轴组构方向分析和砂岩有限应变测量分析表明,矿区地质构造主应力方向为NNW向。通过应力场数值模拟,展示了矿区构造形迹的边界应力方式和内部变形过程基本规律。运用水文地球化学理论对矿井深层地下水开展了系统的水文地球化学场研究。根据地下水样品的放射性和稳定同位素测定结果,判断矿区地下水来源于东北部的相山灰岩裸露区。通过分析研究放水试验反映出的地下水位降落漏斗形态与演变特点,表明井田内太灰含水层严格地受构造控制,并具有各向异性,整体导水性较好,但补给性能较弱。根据断层位置、水动力方式和参数独立性,将该矿井分为8个区,并运用有限元数值模拟方法求出各分区水文地质参数,为刘桥矿区防治水工作奠定了基础。依据构造地质分析和水动态特性观测分析,指出刘桥矿区内大中型断层在垂向上普遍具有较好的隔水性,突水点通常受新构造运动产生的裂隙控制。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_scjzkxyj201001030.aspx

授权使用: 重庆大学(cqdx), 授权号: a2319198-bcd6-4bef-8e3f-9da400fb5a28, 下载时间: 2010年6月29日