

基于落石运动特性分析的拦石网设计理念

叶四桥^{1,2}, 唐红梅¹, 祝辉¹

(1. 重庆交通大学岩土工程研究所, 重庆 400074; 2. 西南交通大学土木工程学院, 四川 成都 610031)

摘要: 危岩是我国山地一种主要地质灾害类型, 拦石网是近年应用的一种落石柔性被动防护系统。当前研究一方面重拦石网系统本身, 轻落石运动特性, 缺少初始运动参数; 另一方面落石运动研究成果没有同拦石网系统特点相结合。本文将落石运动简化为综合摩擦运动, 进行了危岩威胁区域预测。将落石在坡面运动状态归结为跳跃、滚动和滑动, 并以危岩起始运动速度作为初始速度, 通过分段计算得到落石沿坡面的完整运动路径。最后, 根据落石运动特性计算结果, 结合拦石网系统特点, 提出了拦石网基于落石特性计算布设的原则和方法。工程应用表明: 同传统刚性被动防护系统相比, 拦石网环境适应性好、施工影响小、造价低、工期短。

关键词: 落石; 起始运动; 运动路径; 拦石网; 设计理念

中图分类号: P642

文献标识码: A

文章编号: 1000-4548(2007)04-0566-06

作者简介: 叶四桥(1978-), 男, 湖北孝感人, 讲师, 博士研究生, 主要从事岩土及地下工程研究工作。E-mail: 9712672@sina.com。

Design conception of safe net system based on analysis of motion trace of rockfall

YE Si-qiao^{1,2}, TANG Hong-mei¹, ZHU Hui¹

(1. Institute of Geotechnical Engineering, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. School of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: Perilous rock is one of main geologic disasters in mountain area of China. Safe net system is a passive control technique for rockfall in recent years. To study safe net system, on the one hand, much attention is paid to system itself without care of characters of rockfall trace and initial motional parameters. On the other hand, study of rockfall doesn't comply with the characters of safe net system. So, the authors simplified the motion of rockfall as equivalent frictional motion, and the imperilled area by rockfall was estimated. Additionally, by classifying the motion of rockfall on slope surface into intersected bouncing, rolling and sliding, the whole trace of rockfall was calculated. Finally based on the results of rockfall trace calculation combined with the characters of safe net system, the authors presented the conception and method of design of safe net system. Engineering application as well as comparison with typical rigid passive control techniques showed that the safe net system had advantages of better applicability to engineering surroundings, less influence on environment, cheaper and shorter time limit for projects.

Key words: rockfall; initial motion; motional trace; safety net system; design conception

0 引言

危岩是我国山区一种多发地质灾害^[1-2], 其防治技术体系可分为两大类: 主动防护技术和被动防护技术。前者包括对单个危岩体进行锚固、支撑、嵌补、封填、注浆、勾缝、排水等, 防止落石发生; 而后者防治理念在于发生落石后进行有效拦截, 使其不致产生危害。被动防护系统又可分传统刚性系统和柔性系统; 前者包括拦石墙、落石槽、拦石栅栏、避让带等, 后者通常指拦石网。同传统刚性系统相比, 拦石网具有拦截能力强, 设计选型简单, 构件工厂化定型生产, 施工简易快捷, 场地适应性好, 环境影响小, 易维护,

造价低等特点^[3]。

拦石网自 1995 年引入中国, 2000 年, 铁道部运输局制定了《SNS 边坡柔性防护系统设计、施工、验收暂行办法》, 2004 年铁道部、交通部和重庆市相继颁布了包含拦石网相关内容的行业及地方标准, 即《铁路沿线斜坡柔性安全防护网》(TB/T3089—2004)、《公路边坡柔性防护系统构件》(JT/T528—2004)、《重庆

基金项目: 国家科技攻关重大项目 (2004BA901A02); 重庆市重点自然科学基金项目 (2005BA7008)

收稿日期: 2006-03-23

市地质灾害防治工程设计规范》(DB50/5029—2004)。阳友奎等^[3]、贺咏梅等^[4]、周迎庆^[5]等、陈德中等^[6]对拦石网应用进行了研究。纵观以上标准及现有研究成果,尽管涉及部分落石坡面运动阶段的计算内容,但均侧重于拦石网本身,而对于落石特性研究的少。工程中重系统本身,轻落石预测,易造成拦截失败,如1997年在南昆铁路进行拦石网现场拦截实验中,15块落石就有1块飞出防护网外^[3]。

落石拦截的效果,除系统本身的拦截能力外,更主要的受控于系统布设平面位置、走向、范围和高度,而以上参数的确定又取决于落石的运动特性研究。Bozzolo等(1986)^[7]、Azzoni等(1995)^[8]、Day等(1997)^[9]、Chau等(2002)^[10]、Guzzetti等(2002)^[11]、唐红梅等^[12]、陈洪凯等^[13]、胡厚田^[14]等对落石运动路径、冲击特性进行了研究。但如何将拦石网系统设置同落石运动特性研究有机结合起来,并增强工程应用中的可操作性,是当前亟待解决的问题。

1 拦石网设计计算理念

拦石网设计包括平面位置、走向、延伸长度、拦截高度的确定和系统选型,受控于现场条件、危岩初始运动计算、落石威胁区域预测、落石运动轨迹计算及落石冲击动能计算等,需要予以综合考虑并确定。落石运动过程复杂,影响因素众多,本文计算遵循以下基本假定:

- (1) 危岩体运动过程中不考虑空气阻力。
- (2) 将落石运动看作竖向平面二维问题,且忽略落石间的相互影响。
- (3) 边坡坡面条件已知。
- (4) 不考虑危岩体在运动过程中解体。
- (5) 不考虑落石形状影响,偏安全的假定为均质球体。
- (6) 落石运动模式为沿坡面的分段跳跃或滚动、滑动。

1.1 危岩崩落的初始运动

当前危岩运动路径研究多集中于落石在坡面的运动,未合理解决初始运动状态和速度问题,而脱离危岩崩落起始运动谈运动轨迹是不完善的。危岩初始运动速度可依文献^[12]修正得到。

(1) 滑塌式危岩

该类危岩主控结构面倾角较缓,通常小于 45° ,其失稳机理表现为压剪应力作用下沿主控结构面的滑动(图1),对其进行受力分析,危岩块受到的下滑力和阻滑力分别为

$$T = G \sin \alpha = mg \sin \alpha \quad (1)$$

$$R = G \cos \alpha \tan \varphi + cl = mg \cos \alpha \tan \varphi + cl \quad (2)$$

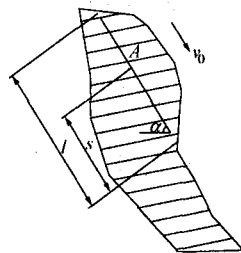


图1 滑塌式危岩初始运动简图

Fig. 1 Initial motion of sliding perilous rock

由牛顿第二运动定律可得岩块运动加速度为

$$a = (T - R) / m \quad (3)$$

由质心运动定理可得

$$v_0 = at = \sqrt{2as} \quad (4)$$

式(1)~(4)中 T 为岩块所受下滑力(N); R 为岩块所受阻滑力(N); G 为岩块所受重力(N); g 为重力加速度(m/s^2); m 为岩块质量(kg); c , φ 分别为主控结构面黏聚力(Pa)和内摩擦角($^\circ$); a 为岩块运动加速度(m/s^2); α 为主控结构面倾角($^\circ$); l 为主控结构面长度(m); s 为岩块滑动距离(m); t 为运动时间(s); v_0 为危岩滑出主控结构面时初始速度(m/s), v_0 与水平方向夹角为 α 。

(2) 倾倒式危岩

该类危岩主控结构面倾角通常大于 45° ,其失稳机理为绕主控结构面底端向外倾覆,表现为拉剪力作用下的倾倒(见图2)。

$$v_0 = \sqrt{(5/3)gb(1 - \cos \gamma)} \quad (5)$$

式中 g 为重力加速度(m/s^2); b 为块体对角线长(m); γ 为岩块对角线转动角度($^\circ$); v_0 为危岩倾覆运动末时刻初始速度(m/s),其与水平方向夹角为 $\gamma - e$, e 为原始位置危岩块体对角线与竖直方向的夹角($^\circ$,见图2)。

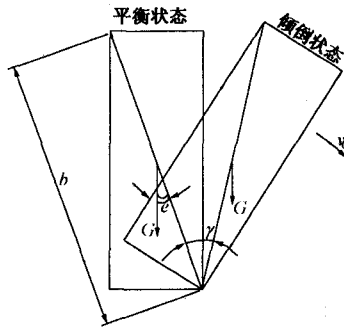


图2 拉剪倾倒型危岩初始运动简图

Fig. 2 Initial motion of toppling perilous rock

(3) 坠落式危岩

该类危岩临空条件好，失稳初始运动为脱离母岩坠落。故其为初始速度为零的自由落体运动，其坠落触地初始速度为

$$v_0 = \sqrt{2gH} \quad (6)$$

式中， H 为危岩体崩落高度 (m)， v_0 方向竖直向下。

1.2 落石威胁区域与拦石网平面布置

拦截区域取决于危岩体的分布情况和可能危及的区域。目前，最直接的办法就是进行危岩滚落的现场试验，以确定落石可以到达的最远距离及平面上最大的分布范围，但不管是从时间、技术条件，还是现场实际来看，一般没有进行试验的条件。危岩落石威胁区域可以通过以下方法确定：

(1) 落石历史调查，从崖底崩落物质分布，历史上落石事件的调查和反演，推断落石运动的最远距离和范围。

(2) 理论计算。

根据 Spang R M (1978)研究成果，危岩起动后落石在斜坡上的继续运动可简化为沿斜坡的综合摩擦运动。根据功能原理，落石的势能变化等于动能变化和克服摩擦所做的功，则有

$$\sum mg \Delta h_i = \frac{1}{2} m (v_i^2 - v_0^2) + \sum mg \cos \beta_i \cdot \tan \varphi_i \cdot L_i \quad (7)$$

式中 v_i 为落石在斜坡上任意位置处的速度 (m/s)； β_i 为各直线段斜坡的平均坡度 (°)； Δh_i 为各直线段斜坡的垂直高度 (m)； φ_i 为落石与坡面之间的综合摩擦角 (°)，可按平均坡角加 1° 计； L_i 各直线段斜坡长度 (m)。当 $v_i = 0$ 时，便可估算 $\sum L_i$ 和 $\sum L_i \cos \beta_i$ ，即为落石最大水平运动距离，由此便可预测危岩落石威胁区域。

万州双河口危岩带分布着 10 余处危岩体，根据崖脚历史崩落物调研，同陡崖岩性相同的岩块崩落范围距崖脚的水平距离最远达到 190 m，少部分进入城区。同时进行落石范围理论计算，各危岩体可能水平位移界于 53.2~213.5 m 之间。综合确定了宽 195~220 m 的落石威胁区。要保护城区安全，可在该区域设置拦石网 (见图 3)，则崖脚到拦石网范围为落石威胁区域，需禁建甚至禁游，拦石网后侧为安全地带，可以利用。拦石网的具体设置位置需综合考虑落石计算，安全经济性能，以及城区用地要求，总的原则是确保有效拦截的情况下，尽量减少落石威胁区域，增加安全带。

1.3 落石运动路径与拦石网布设

拦石网布设包括拦石网距崖脚的水平距离、沿陡崖走向的延伸长度、分段及分级等。取决于危岩分布、布设条件、落石路径预测、防护安全度及经济因素，其关键在于落石运动路径预测和动能计算。

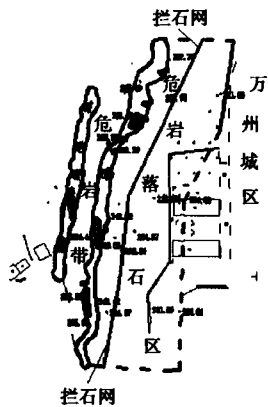


图 3 万州双河口危岩落石威胁区域

Fig. 3 Rockfall imperilled area of Shuanghekou, Wanzhou

落石运动路径影响因素较多，其起始运动可能是坠落后的跳跃状态，也可能是滚动和滑动状态，且在运动过程中各运动状态可能发生转化，必须沿坡面进行分段计算，建立图 4 所示各段起始位置基于落石质心的移动坐标系进行研究^[13]。

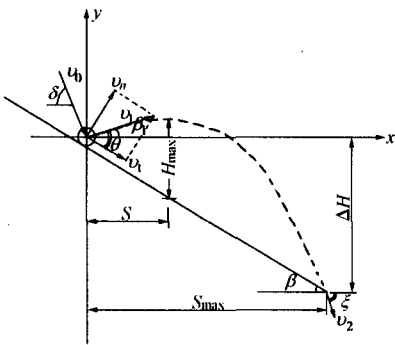


图 4 落石弹跳分析模型

Fig. 4 Analytic model of rockfall bouncing movement

(1) 落石沿坡面滚动或滑动段

根据现有研究成果及现场观测，落石起始运动状态为滚动和滑动，且边坡坡面不变或变缓，或跳跃运动中落石着地后坡面法向分速度趋近于零时，落石运动为沿坡面的滚动和滑动，直至停止，也就是说落石运动路径就是该段边坡坡面方程，不存在弹跳问题。若整个或某一坡段落石运动过程属于这种情况，则在本段设置拦石网，仅需选择动能较小的位置，落石沿程动能可依据式 (7) 所表达的综合摩擦运动计算。

(2) 落石跳跃运动

落石起始运动为滚滑运动，但当坡面由缓变陡时，或落石坠落同坡表碰撞后法向分速度大于零时，落石将脱离坡面，以弹跳运动模式下落。若拦石网布置在落石跳跃运动段，则需要综合选择弹跳高度小和动能小的位置，必须进行路径计算。

将前述初始速度沿坡面法线及切线方向分解为

$$v_n = v_0 \sin(\delta - \beta) \quad (8)$$

$$v_t = v_0 \cos(\delta - \beta) \quad , \quad (9)$$

式中 v_0 为初始速度沿坡面法向分量 (m/s); v_t 为初始速度沿坡面切向分量 (m/s); δ 为初始速度同水平方向的夹角 ($^\circ$); β 为坡面倾角 ($^\circ$)。

令落石冲击速度的坡面法向动力恢复系数为 ε , 按表 1 取值, 则

$$v'_n = \varepsilon v_0 \sin(\delta - \beta) \quad , \quad (10)$$

式中 v'_n 为碰撞后反弹速度法向分量 (m/s)。

若与坡表碰撞后 v'_n 接近 0, 则落石进入滚动和滑动阶段, 反之, 则落石跳跃运动。相应反弹速度 v_1 及其方向 θ 为

$$v_1 = v_0 \sqrt{[\cos(\delta - \beta)]^2 + [\varepsilon \sin(\delta - \beta)]^2} \quad , \quad (11)$$

$$\tan \theta = \varepsilon \tan(\delta - \beta) \quad , \quad (12)$$

$$\beta_1 = \theta - \beta \quad , \quad (13)$$

式中 v_1 为第一次碰撞反弹速度 (m/s); θ 为 v_1 同坡面夹角 ($^\circ$); β_1 为 v_1 与水平方向的夹角 ($^\circ$)。

基于运动学原理建立落石运动轨迹方程为

$$y = \Delta H + x \tan \beta_1 - \frac{gx^2}{2(v_1 \cos \beta_1)^2} \quad , \quad (14)$$

式中 x, y 为弹跳轨迹横、纵坐标值 (m); ΔH 为落石高度降落值 (m)。

落石最大抛程 S_{\max} 为

$$S_{\max} = \frac{v_1 \cos \beta_1}{g} [v_1 \sin \beta_1 + \sqrt{(v_1 \sin \beta_1)^2 + 2g\Delta H}] \quad . \quad (15)$$

落石最大弹跳高度 H_{\max} 和距离起跳点的距离 s 分别为

$$H_{\max} = \frac{s\Delta H}{S_{\max}} + \frac{(v_1 \sin \beta_1)^2}{2g} \quad , \quad (16)$$

$$s = \frac{\sqrt{B^2 + 4AH_{\max}} - B}{2A} \quad , \quad (17)$$

式中, $A = -\frac{g}{2(v_1 \cos \beta_1)^2}$, $B = \tan \beta_1$ 。

则弹跳后落石再次落地时的入射角 ξ 和速度 v_2 分别为

$$\tan \xi = \tan \beta_1 - \frac{gS_{\max}}{(v_1 \cos \beta_1)^2} \quad , \quad (18)$$

$$v_2 = \sqrt{(v_1 \cos \beta_1)^2 + (v_1 \sin \beta_1 - \frac{gs_{\max}}{v_1 \cos \beta_1})^2} \quad . \quad (19)$$

表 1 坡面动力恢复系数

Table 1 Dynamic recovering coefficient of slope surface	
山坡表层覆盖物的情况	恢复系数
1 基岩外露	0.75
2 岩块堆积层, 或基岩埋深浅的山坡(≤ 0.5 m)	0.5
3 长有草皮的坡面、或松散的坡基层, 堆积层等	0.25

随后又对 v_2 进行反弹后法向分速度判断, 若反弹后 v'_{2n} 仍然较大, 则以入射角 ξ 和入设速度 v_2 重复进行弹跳计算, 直至进入滚动和滑动状态, 并最后停止。若滚滑状态突然进入陡坡地带, 则以滚滑运动段终点为起点, 进行弹跳计算, 如此分段反复计算, 便可求出危岩体崩落后的各个坡段的运动状态及整个运动轨迹。进而综合各危岩点的运动路径计算结果, 优选拦石网设置位置。

以万州天生城危岩 2002 年 7 月发生的一起危岩崩落事件为例, 阐述拦石网拦截位置选择原则。对该落石运动路径进行了计算, 并通过现场痕迹调查恢复其运动轨迹 (图 5), 计算路径同恢复轨迹符合较好^[12]。图 5 中拦石网 A、B、C 等位置均为相对较优的可选位置, 其中位置 A 弹跳高度小、动能小, 但下级陡崖上可能坠落危岩无法拦截; 位置 B 两级陡崖可能坠落危岩均可拦截, 但弹跳高度和动能较大; 位置 C 可直接保护公路, 但大量坡表范围成为危险区, 无法利用。实际工程中需要考虑以上所有因素, 并结合相邻危岩体落石计算结果进行优选。

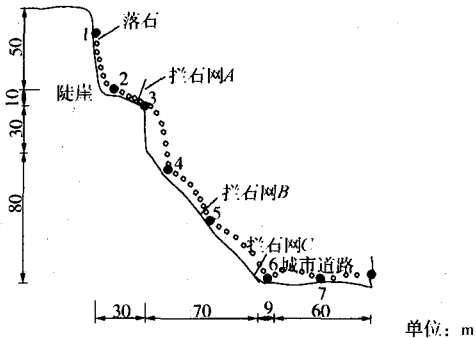


图 5 万州天生城福建小学落石运动路径

Fig. 5 Rockfall trace in Primary School of Tianshengcheng

1.4 拦石网分段、分级和拦截高度

除前述基于危险区域预测、落石计算优选的拦石网平面布置位置外, 由于现场条件限制, 通常可对拦石网进行分段和分级布置, 非常灵活, 其布置可参见文献[3]或有关规范。系统高度同落石运动路径直接相关, 且与平面位置相互制约, 若拦石网布设在落石滑动或滚动区段, 则仅需选择 3 m 的基本高度即可; 若布置在弹跳段, 则一般选择设置位置落石最大弹跳高度加 1 m 安全储备作为拦截高度。

1.5 拦截能级的确定

拦截能级的确定仅需求得设拦石网位置落石动能, 并结合落石防护安全等级, 选择定型系统, 故确定落石动能 E 是关键, 可按文献[3]计算

$$E = 1.2E_T = 0.6mv_i^2 \quad , \quad (20)$$

式中, E_T 为平动动能 (J), v_i 为拦石网设置位置落石运动速度 (m/s)。

2 工程应用

本文成果已成功应用于 3 个危岩防治工程项目, 现以太白岩为例做简要介绍。太白岩位于万州城区后部的长江左岸 IV 级阶地后缘与 V 级阶地夷平面之间的陡斜坡地带, 陡峻的地形、软硬相间的地层结构、强烈的卸荷作用及高强度的降雨孕育了太白岩危岩带。该危岩带共有危岩单体 100 余个, 单个体积 $8 \sim 8152 \text{ m}^3$ 。2002~2003 年在三峡库区地质灾害防治专项资金的支持下进行了治理。对陡崖上已查明危岩体均通过锚固、支撑、灌浆、封填等手段进行了处置。由于该危岩带位于城区以内, 为避免漏勘、漏治, 除主动防护外, 还设置了拦石网和拦石墙作为被动防护, 地势开阔地带采用拦石墙, 陡坡和丛林地带则选用了拦石网。

太白岩危岩带也是万州太白岩公园所在地, 景观要求高, 丛林密布, 陡崖及台阶上点缀着晋朝以来的佛像、碑牌、雕刻等文物及公园建筑, 且施工运输条件非常差。运用本文设计理念, 选用了 RX-050 型拦石网, 系统高度 5 m, 中段累计总长 1400 m, 视陡崖分级和落石预测情况, 设置了 1~2 级拦石网作为被动防护措施。同期实施了累计总长 1240 m 的拦石墙, 综合比较, 拦石网施工环境破坏小, 丛林及场地适应性好, 且造价仅约拦石墙造价的一半, 工期仅为拦石墙工期的三分之一。施工期拦石网充当了上部陡崖危岩清除时的临时拦挡结构物, 人工清除的滚石和落石无一漏网。从 2002 年 12 月实施完成迄今, 陡崖发生了多次小规模落石事件, 落石均被拦石网成功拦截。

3 结 论

(1) 危岩崩落后起始运动状态是进行后续落石运动路径计算及预测的基础。起始运动状态可通过动力学和运动学有关计算理论得到。

(2) 通过将落石运动简化为综合摩擦运动, 并运用功能原理, 结合现场及落石历史调研, 可进行危岩威胁区域预测, 为拦石网位置比选提供依据。

(3) 以危岩起始运动速度作为初始速度, 通过计算将落石在坡面的运动状态分为跳跃段和滚滑段, 经过分段计算得到落石沿坡面的完整运动路径。

(4) 拦石网系统设置应根据落石运动计算结果, 优选落石动能小、弹跳高度小、施工条件好的区段, 并依据防治安全度、经济性、用地要求等综合考虑, 必要时可分段和分级, 布置灵活。

(5) 同传统刚性被动防护系统相比, 拦石网环境适应性好, 施工影响小, 拦截能力强, 造价低, 工期

短。

参考文献:

- [1] 陈洪凯, 唐红梅, 叶四桥, 等. 危岩主控结构面损伤模型研究[J]. 应用数学和力学, 2006, 27(7): 845 - 851. (CHEN Hong-kai, TANG Hong-mei, YE Si-qiao. Research on damage model of control fissure in perilous rock[J]. Applied Mathematics and Mechanics, 2006, 27(7): 845 - 851. (in Chinese))
- [2] 陈洪凯, 唐红梅, 王 蓉. 三峡库区危岩稳定性计算方法及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(4): 614 - 619. (CHEN Hong-kai, TANG Hong-mei, WANG Rong. Calculation method of stability for unstable rock and application to the Three Gorges Reservoir[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(4): 614 - 619. (in Chinese))
- [3] 阳友奎, 周迎庆, 姜瑞琪, 等. 坡面地质灾害柔性防护的理论与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2005. (YANG You-kui, ZHOU Ying-qing, JIANG Rui-qi, et al. The theory and practice of flexible protection for geological hazard of slope[M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese))
- [4] 贺咏梅, 阳友奎. SNS 边坡柔性防护系统的标准化问题[J]. 路基工程, 2002(3): 18 - 23. (HE Yong-mei, YANG You-kui. Standardized problems of SNS flexible protection system for subgrade side slope[J]. Subgrade Engineering, 2002(3): 18 - 23. (in Chinese))
- [5] 周迎庆, 阳友奎. 治理边坡地质灾害的 SNS 柔性防护系统[C]//滑坡文集(第十四集). 北京: 中国铁道出版社, 2000. (ZHOU Ying-qing, YANG You-kui. Flexible protecting systems of treatment dangerous slopes [C]//Proceedings of Landslide in China (Vol.14). Beijing: China Railway publishing house, 2000. (in Chinese))
- [6] 陈德中. 岩质高边坡综合治理施工技术[J]. 铁道工程学报, 2004, 83(3): 85 - 88. (CHEN De-zhong. Construction technique for treatment of high rock side-slope[J]. Journal of Railway Engineering Society, 2004, 83(3): 85 - 88. (in Chinese))
- [7] BOZZOLO D, PAMINI R. Simulation of rockfalls down a valley side[J]. Acta Mech, 1986, 63: 113 - 130.
- [8] AZZONI A, LA BARBERA G, ZANINETTI A. Analysis and prediction of rockfalls using a mathematical model[J]. Int J Rock Mech Min Sci, 1995, 32(7): 709 - 724.
- [9] DAY R W. Case studies of rockfall in soft versus hard rock[J]. Environmental and Engineering Geoscience, 1997, 3(1): 133 - 140.

- [10] CHAU K T, WONG R H C, WU J J. Coefficient of restitution and rotational motions of rockfall impacts[J]. Int J Rock Mech Min Sci, 2002, 39: 69 - 77.
- [11] GUZZETTI Fausto, CROSTA Giovanni, DETTI Riccardo, et al. Stone: a computer program for the three dimensional simulation of rock-falls[J]. Computers & Geosciences, 2002, 28: 1079 - 1093
- [12] 唐红梅, 易朋莹. 危岩落石运动路径研究[J]. 重庆建筑大学学报, 2003, 25(1): 17 - 23. (TANG Hong-mei, YI Peng-ying. Research on dangerous rock movement route[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2003, 25(1): 17 - 23. (in Chinese))
- [13] 陈洪凯, 唐红梅, 叶四桥, 等. 三峡库区危岩发育链式机理及失稳运动路径研究[C]//第八次全国岩石力学与工程学术大会论文集. 北京: 科学出版社, 2004: 820 - 825. (CHEN Hong-kai, TANG Hong-mei, YE Si-qiao, et al. Research on bond mechanism and move path for unstable rock in the Three Gorges area[C]//The 8th Proceedings of Chinese Rock Mechanics and Rock Engineering Society. Beijing: Science Press, 2004: 820 - 825. (in Chinese))
- [14] 胡厚田. 崩塌与落石[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998. (HU Hou-tian. Collapse and rockfall[M]. Beijing: China Railway Publishing House, 1989. (in Chinese))

第九届全国渗流力学学术讨论会第四轮会议通知

兹定于2007年5月12日~14日在陕西西安召开“第九届全国渗流力学学术讨论会”, 具体要求通知如下:

一、会议主题:

节能、安全与渗流力学。

二、会议时间:

2007年5月12日~14日(11日报到, 16日离会); 2007年5月12日下午~5月13日上午: 开幕式、大会主题报告; 2007年5月13日下午~5月14日下午: 分组报告、大会总结与闭幕式; 2007年5月15日安排参观。

三、参会人员:

①特邀专家: 渗流力学界院士和知名专家 10 人; ②论文作者: 要求录用论文至少一名作者参加会议; ③各科研院所、大专院校、相关单位学者及专家教授。

四、会议论文:

大会共收到论文 210 篇, 录取 158 篇, 计划安排 36 篇列为分组会议报告, 大会计划安排报告 20 篇。大会特邀专家及报告人有: 中国科学院郭尚平院士, 中石油大庆油田公司王德民院士, 重庆大学鲜学福院士, 长安大学李佩成院士, 中国石油勘探开发研究院韩大匡院士, 中国石油大学(北京)葛家理教授, 中国科学技术大学孔祥言教授, 中国矿业大学副校长缪协兴教授, 中国石油大学(华东)姚军教授, 华中科技大学郁伯铭教授等专家。

五、会议主要研讨方向:

①资源新能源(石油、天然气、煤层/成气、地热、太阳能、核能等)与渗流力学; ②实验渗流力学; ③计算渗流力学(数值模拟); ④非达西、非牛顿、非等温、非线性渗流理论; ⑤生物渗流力学; ⑥环境化工与渗流力学; ⑦物理化学渗流力学; ⑧岩土与水利渗流力学; ⑨分形、分叉、混沌及多尺度渗流理论; ⑩多场耦合作用渗流理论。

六、论文出版:

本届会议录取的论文由西安石油大学学报自然科学版正式出版。

七、主办单位:

中国力学学会, 中国石油学会, 中国水利学会, 中国地质学会。

承办单位

西安石油大学。

协办单位

中国石油长庆油田分公司, 河海大学。

八、会议费用:

参会代表会务费 900 元(含会议费、资料费等), 食宿统一安排, 费用自理。

九、会议联系方式:

承办单位: 西安石油大学; 联系电话: 029-88233878; 联系传真: 029-88276166; 联系人: 刘晓静; 电子邮件: xa200705@126.com。

(西安石油大学石油工程学院 供稿)