

# 西部某山体滑坡机理及应急治理措施

魏义亮, 汪家林, 袁和中

(成都理工大学环境与土木工程学院, 成都 610059)

摘要: 分析了西部某县城山体滑坡的成因, 针对该成因进行治理为例, 介绍应急处理的成功经验, 供相似工程的山体滑坡治理参考。

关键词: 山体滑坡; 成因; 应急治理

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)02-0064-02

## The Analysis of Cause of Formation and Urgent Treatment Methodology of Hill Slide in the West

WEI Yi-liang, WANG Jia-lin, YUAN He-zhong

(Environment and Civit Engineering Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

**Abstract:** The cause of formation and harnessing the hill sliding in the western town was analyzed, the successful urgent treatment was presented for other similar hill sliding engineering.

**Key words:** hill slide; cause of formation; urgent treatment

### 1 引言

滑坡是山区基本建设工程中, 最常遇到的一种自然灾害。我国是一个滑坡、崩塌灾害较为频发的国家, 据不完全统计, 近十年来几乎平均每年有一次重大崩滑, 造成灾害事故。斜坡变形破坏过程和它所造成的不良地质环境均可对人类工程活动带来十分严重的危害, 并且还可能对生态环境的失调和破坏, 造成更大范围和更深远的破坏。对正在加速下滑的滑坡进行综合治理前的应急治理是非常重要的, 应急治理能减缓滑坡下滑的速率, 为综合治理赢得了时间。若应急措施不得当, 不但滑坡治理失效, 而且会威胁到综合治理的人员和财产安全。在西部某县城后山滑坡是全国最为典型的滑坡, 对该滑坡的治理有重要的代表性, 并希望有一定的借鉴意义。

### 2 工程概况

该县城建设街南侧在白岷山高陡斜坡下部, 大金河右岸。该滑坡是在古滑坡的基础上发育形成的, 其范围向古滑坡后部左侧有所扩大。纵向长约为 270 m, 宽约为 223 m, 平均厚度为 30 m 左右, 最大厚度超过 40 m, 前后缘高差接近 200 m 总体积约为 150 ~ 230 万 m<sup>3</sup>, 为一特大型堆积层滑坡。根据滑坡变形特性可把滑坡划分成三个区: 主区( ), 后部左侧牵引区( ), 右侧牵引区( )。该滑坡近几年来主要表现为前缘坡体变形, 特别是 2003 年以来, 滑坡逐渐开始复活, 到 2004 年 12 月变形加剧, 变形速度加快, 从 2004 年 10 月起明显加剧。2005 年 2 月起进入加速变形阶段, 后部拉张形成两条基本贯通的不规则的弧形拉张裂缝, 滑体两侧逐渐形成的剪切裂缝, 并与后缘拉裂缝基本贯通, 滑坡前缘受到严重的挤压现象, 坡脚的房屋被挤压变形了。目前的总变形

量达到 70 ~ 80 cm, 最大接近 1 m。这属于典型的山体滑坡, 这关系到县城人们的生命和财产的安全, 引起了中央的高度重视, 有关专家立即组织人员进行勘察, 并制定治理方案。

### 3 滑坡形成的机理

滑坡的生成必须具备下述三个基本条件: 第一, 有生成滑带的地质及水文地质条件和环境; 第二, 在经常有变动的因素及营力下促使滑带营力与强度变化产生有向前滑动的推力; 第三, 在滑体的前方需有一空间允许其滑动。滑坡生产与分析即围绕上述三方面进行。事实上对某一具体滑坡而言, 该三方面亦是互为条件, 不能分开。我们在分析滑坡时要对滑坡在各个阶段的主、次要作用及其变化加以区分明确。

#### 3.1 自然环境因素

该县城属北亚热带干旱河谷气候, 干湿季节分明, 降水量小而局地性强, 空间分布在平面上和高度上极不均匀, 降雨主要集中于夏秋两季, 暴雨次数少, 雨强大。

滑坡区处于青藏高原东部, 新构造运动使东缘的大渡河强烈下切形成了高差大、坡度陡的地形, 为滑坡的发育奠定了有利的地貌条件。

滑坡的平均倾角达到 30°; 滑坡区地层较为单一, 仅分布第四系松散堆积地层和古生界志留系变质岩层, 第四系地层有架空现象, 降雨渗入滑坡层或崩塌积层中, 形成潜水或上层滞水, 不利于水土保持和斜坡的稳定。

#### 3.2 人为因素

该县城主要坐落在大渡河、大金河右岸白岷山坡麓狭长地带。随着城市建设的发展, 大量的居民和商业用房的新建和改建, 因受场地地形条件限制, 房屋多背靠斜坡脚或削坡倚坡而建。边坡的不合理开挖、破坏了边坡的结构, 使得原本

① 收稿日期: 2005-05-24

作者简介: 魏义亮(1976-), 男, 湖北随州人, 现为成都理工大学环境与土木工程学院硕士研究生, 主要从事岩土工程和信息化施工研究。

较陡的斜坡临空面增大, 使斜坡原有地应力条件发生改变, 造成斜坡坡脚支撑(抗滑力)减弱, 引起边坡变形滑坡。

总之, 不良地质条件, 包括高陡的斜坡, 较厚的松散堆积物, 降雨降雪及地下水活动, 是该滑坡复活变形滑移的地质基础, 人类不合理开挖削坡是滑坡复活变形滑移的主要的引发因素, 降雨降雪促使滑坡变形滑移加剧。

### 3.3 滑坡的性质

从力学性质可以把该滑坡分为: 一号裂缝和二号裂缝之间为牵引式滑坡, 二号裂缝以内, 即 区为推动式的滑坡, 区和 区是牵引式滑坡。

## 4 应急治理方案

滑坡整治工程设计须在滑坡地质条件的基础上, 根据滑坡的性质, 针对滑坡的成因, 结合设计原则和施工条件而定。

经过专家讨论制定了治理滑坡方案, 包括应急治理和综合治理。应急治理的目的是减缓滑坡下滑的速率, 赢得综合治理的时间。

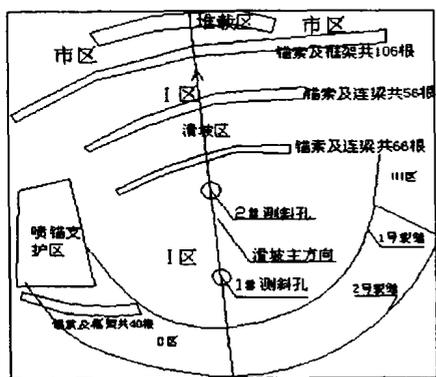


图 1 滑坡应急治理示意图

应急治理采用预应力格构锚索、清方减灾及喷锚支护、裂缝填埋覆盖、前缘堆载等工程措施, 以及修路、配合滑坡监测工程。

应急治理采取的措施:

(1) 对滑坡 、 、 区周界及坡表的裂缝进行填塞, 避免地表水沿裂缝灌入滑体的滑动带, 导致抗滑力减小。沿裂缝两侧各开挖 0.3 m 宽、1 m 深, 回填细粒土并夯实。

(2) 信息化施工的方式, 在地表埋设了 40 多个棱镜, 用全站仪观测地表位移, 随时掌握滑坡的动态。在主滑坡 2-2 剖面上的不同高程上安装了三个测斜仪, 以测定滑坡不同深度的位移情况, 准确的找到滑动面, 以及得到不同深度的位移随时间变化的情况, 对滑坡稳定性进行评估以及指导加固设计。

(3) 对滑坡前缘进行堆载, 增加阻力, 起到减缓滑坡下滑的速率。

(4) 采用预应力锚索进行加固。锚索采用无粘接钢绞线, 锚具采用 9 孔锚具。在 区共设 6 排锚索: 滑坡中部 1965 ~ 1967 高程设 2 排锚索 A、B 序, 水平间距 4 m, 纵向间距设计 6 m(斜距), 横梁连接。C30 锚墩尺寸 A 序为 1 m × 1 m × 0.6 m, B 序为 1.5 m × 1.5 m × 0.8 m。仅 A 序横梁预留钢筋在外侧, 浇筑横梁时要留出以后可能的锚索张拉位置。滑坡中部 1934 ~ 1936 高程设 2 排锚索 C、D 序, 水平间距 4 m, 纵向间距设计 6 m(斜距), 横梁连接。C30 锚墩尺寸为 1.5 m × 1.5 m × 0.8 m。滑坡前缘陡坎设 2 排锚索 E、F 序, 水平间距 3 m, 纵向间距设计 6 m(斜距), 框架连接。C30 锚墩尺寸为 1.

5 m × 1.5 m × 0.8 m。

区滑坡共设锚索 2 排 G、H 序, G、H 序为框架连接, 水平间距 4 m, 纵向间距设计 6 m(斜距), 框架连接。C30 锚墩尺寸为 1.5 m × 1.5 m × 0.8 m。H 序锚墩外侧预留两根 Φ20 钢筋, 作为以后挂网用。锚索施工的方向角, 主滑面按滑坡方向, 两侧随坡形而定且垂直坡面。锚固角一般为 15 ~ 26 。

锚索长度由自由段、锚固段和张拉段长度确定: 为了更加稳定, 锚孔施工时的见基面深度为自由段长度。根据锚索张拉的需要, 张拉段长度确定在 1 ~ 1.5 m。

A 序应先施工锚墩, 拉张到 1 000 kN 2 d 后, 可浇筑连梁。其余各序锚墩和连梁同时施工, 待相邻两序锚墩受力后再施工肋柱。

(5) 对于 区前缘溜滑体采用在清方的基础上进行喷锚支护, 以免危及到人们的生命和财产安全。 区后缘进行卸载清方处理。

## 5 取得成效

图 2 和图 3 中是测斜仪分别在 1# 和 2# 测斜孔测出的孔口位移数据, A 向是顺滑坡主滑方向, 并向滑体外, B 向是垂直主滑方向, 合位移是 A 向与 B 向的合矢量量。从图 2 和图 3 中可以看出, 主滑面的地表变形速率已由堆载前的 2 ~ 3 cm/d 降低到 0 ~ 2 mm/d(因为 1# 和 2# 测斜孔在主滑面上的剖面上, 其速率能代表滑坡地表速率), 经过应急处理滑坡已经处于基本稳定状态, 取得了预期的效果。

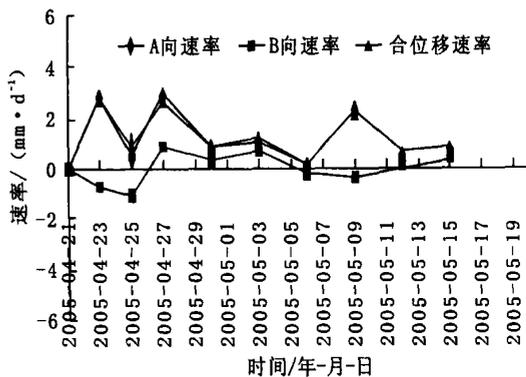


图 2 1# 测斜孔孔口位移速率—时间曲线

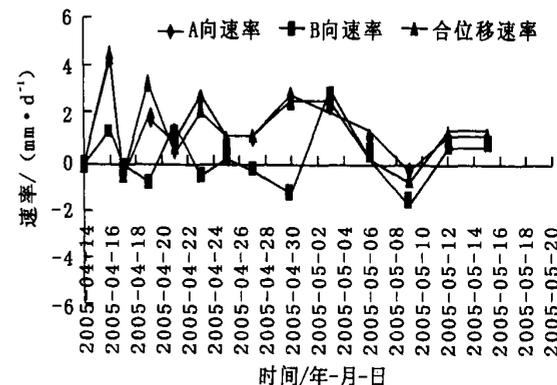


图 3 2# 测斜孔孔口速率—时间曲线

## 6 结 语

该滑坡体经过以上的应急治理, 已经基本上稳定, 说明这种对滑坡体的应急处理措施是科学的, 有效的。对于滑坡

(下转第 77 页)

表 2 参数综合分析反算成果表

方案	内聚力 kPa	内摩擦角/°	稳定性系数							
			1—1 剖面		2—2 剖面		3—3 剖面		4—4 剖面	
			①	②	①	②	①	②	①	②
W-1	35	28	0.949	0.975	0.920	0.981	0.947	0.975	0.921	0.968
W-2	35	28.5	0.953	0.980	0.923	0.985	0.948	0.977	0.923	0.972
W-3	36	29	0.957	0.983	0.931	0.993	0.959	0.988	0.931	0.980
W-4	36	29.5	0.962	0.989	0.924	0.988	0.945	0.974	0.933	0.983

备注:①为瑞典条分法;②为传递系数法。

## 参考文献:

- [1] 马骥. 滑坡推力计算中强度指标的反算[A]. 第三届土力学及基础工程学术会议论文集[C]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.
- [2] 潘家铮. 建筑物的抗滑稳定和滑坡分析[M]. 北京: 水利出版社, 1980.
- [3] 祝玉学. 边坡可靠性分析[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993.

(上接第 53 页)

- [32] 谢运球. 恢复生态学[J]. 中国岩溶, 2003, 22(1): 28- 34.
- [33] 吴祥云. 荒漠化防治中的恢复生态学研究热点[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(3): 290- 294.
- [34] 章家恩, 徐琪. 恢复生态学研究的一些基本问题探讨[J]. 应用生态学报, 1999, 10(1): 109- 113
- [35] 杜晓军, 高贤明, 马克平. 生态系统退化程度诊断: 生态恢复的基础和前提[J]. 植物生态学报, 2003, 27(5): 700- 708.
- [36] 米文宝, 等. 宁夏西海固贫困少数民族地区可持续发展研究[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001. 96- 98.
- [37] 彭少麟, 陆宏芳. 恢复生态学焦点问题[J]. 生态学报, 2003, 23(7): 1251.
- [38] 刘培哲. 可持续发展理论与中国 21 世纪议程[M]. 北京: 气象出版社, 2001. 31.

(上接第 65 页)

的应急治理要做好以下几点: (1) 通过堪察的地质资料和监测资料找准滑坡的原因和滑动带, 然后有针对性的进行制定有效的治理方案; (2) 要根据现场的施工条件进行制定方案;

## 参考文献:

- [1] 徐邦栋. 滑坡分析与防治[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2001. 63- 72.
- [2] 二滩水电开发有限责任公司. 岩土工程安全监测手册[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999. 458- 483.

(上接第 68 页)

- [22] 江忠善, 王志强, 刘志. 应用地理信息系统评价黄土丘陵区小流域土壤侵蚀的研究[J]. 水土保持研究, 1996, 3(2): 84- 97.
- [23] 江忠善, 王志强, 刘志. 黄土丘陵区小流域土壤侵蚀空间变化定量研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 1- 9.
- [24] 游松财, 李文卿. GIS 支持下的土壤侵蚀量估算- 以江西省泰和县灌溪乡为例[J]. 自然资源学报, 1999, 14(1): 62- 68.
- [25] 蔡崇法, 丁树文, 史志华, 等. 应用 USLE 模型与地理信息系统 IDRISI 预测小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报, 2000, 16(2): 19- 24.
- [26] 倪九派, 傅涛, 李瑞雪, 等. 应用 ARC/INFO 预测芋子沟小流域土壤侵蚀量的研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 46- 50.
- [27] 徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣. 基于 GIS 的土壤侵蚀评价研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2002, 26(4): 43- 46.
- [28] 陈一兵. 土壤侵蚀建模中 ANSWERS 及地理信息系统 ARC/INFO 的应用研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(2): 1- 13.
- [29] 马修军, 谢昆青. GIS 环境下流域降雨侵蚀动态模拟研究- 以 PCRaster 和 LISEM 模型为例[J]. 环境科学进展, 1999, 7(5): 137- 144.
- [30] 李清河, 孙宝平, 孙立达. 黄土区小流域土壤侵蚀系统模拟的研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 1- 4.
- [31] 卫海燕, 张科利, 王敬义. 分布式侵蚀预报模型中网格面积的选定- 以黄土高原丘陵沟壑区为例[J]. 地理研究, 2002, 21(5): 578- 584.
- [32] 曹瑜, 杨志峰, 袁宝印, 等. 基于 GIS 黄土高原土壤侵蚀因子的厘定[J]. 水土保持学报, 2003, 17(2): 93- 96.
- [33] 李锐, 杨勤科. 空间信息技术在水土保持规划中的应用[J]. 水土保持通报, 1999, 16(1): 114- 118.
- [34] 门宝辉. VB5.0 在初步开发小流域水土保持规划信息系统中的应用[J]. 水土保持通报, 1999, 19(6): 36- 38.
- [35] 史志华, 蔡崇法, 丁树文, 等. 基于 GIS 和 RUSLE 的小流域农用地水土保持规划研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 172- 175.
- [36] 刘高焕, 刘俊卫, 朱会义. 基于 GIS 的小流域地块单元划分与汇流网络计算[J]. 地球科学进展, 2002, 21(2): 139- 145.
- [37] 杨联安, 杨凯. GIS 软件在小流域规划与管理中的应用初探[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2002, 32(6): 672- 676.

## 3.2.3 建议参数

对比分析各种分析结果, 边坡的变形发展过程及现状以及当时的降雨特征, 我们认为, 参数反算模型中宜不考虑地下水水位。根据这个条件所得到的强度参数为, 内聚力  $C$  为 35 kPa, 内摩擦角为 28°:

## 4 结论

在边坡的稳定性分析中要确定抗剪强度参数, 反算法填补了试验法和经验数据法的缺陷, 成为一种比较有效的方法。