

秭归县鸡鸣寺滑坡的监测与临滑预警报实例

王 发 读

(湖北省秭归县水保办·秭归县·443600)

提 要

本文以湖北省秭归县鸡鸣寺滑坡的监测与临滑预警报成功的实例,从滑前预测、临滑预警、滑中监测、滑后监护的测报工作中,总结出了一条“经验—数值型”的测报方法。从而,为今后进一步搞好滑坡的监测与临滑预警工作,有一定的参考价值。

关键词: 滑坡 监测 临滑预警

A Specific Example for Monitor and prealarm of Landslide in Jimingsi Temple of Zigui County

Wang Fadu

(office of Water Conservation of Zigui County, Zigui County,
Hubei Province 443600)

Abstract

Taking the successful monitor and prealarm of landslide in Jimingsi temple of Zigui county as a specific example, the author summarized a forecast technique of experience—quantity type from the forecast practice of monitoring before landsilde, prealarming just before landslide, keeping watch on landslide and guarding after it. Thereby, it has a certain referential value for taking further steps to strengthen monitor and prealarm of landslide.

Key words landslide monitor prealarming just before landslide

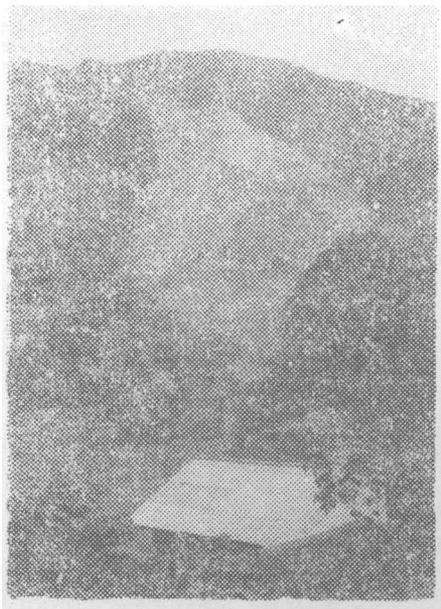
滑坡、泥石流等山地灾害,是山区、丘陵地带水土流失特有的一种剧烈灾变形式。具有突发性、剧变性、急速性等特征。为防患于未然,一方面应合理综合利用水土,保护治理环境;另一方面,对于难以治理的灾害,应采取躲避形式。从预测、预报、预警的角度对其进行监控,以最大限度地减少人、财、物的损失。为此目的,1991年3月在国务院、水利部的直接领导下,长防区泥石流、滑坡预警系统正式组建。1991年6月29日,预警系统秭归二级站首次准确地预报了秭归县鸡鸣寺近70万m³的中型滑坡。从滑前监测、临滑预警、滑中监测,滑后监护的测报工作中,总结出了一条“经验—数值型”的测报方法。为此,对该滑坡的监测和临报过程作一分析介绍。

一、监测手段及控制网络

系统的监测工作是减灾防灾的有效途径之一。

(一) 鸡鸣寺滑坡监测点的选定 鸡鸣寺滑坡(见照片1)位于秭归县郭家坝镇头道河村2组,系秭归盆地东侧边缘,由石灰岩组成的斜坡,坡顶高程1400m,坡脚高程200m,坡度 $45^{\circ}\sim 67^{\circ}$ 。滑体后缘标高480m,其东西长300m,南北宽200m,厚度10~15m,总方量为70多万 m^3 。1990年3月,当地一村民上山割草时发现裂缝。上报后,引起各级领导的重视,经专家论证为顺层滑坡。即布设了简易观测桩,固定2名监测员,开始了监测工作。1991年4月,预警系统秭归二级站成立,确定将鸡鸣寺滑坡作为一个预警点,开始了较系统的监测工作。

(二) 监测技术方案 秭归二级站成立后,在原有观测桩点的基础上,以土法



照片1 滑坡全貌图

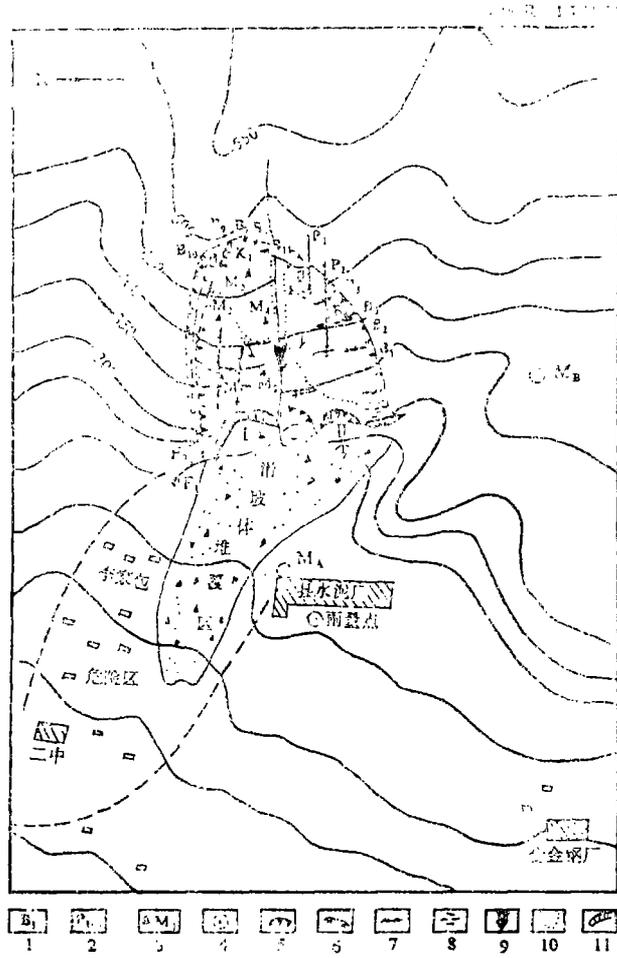
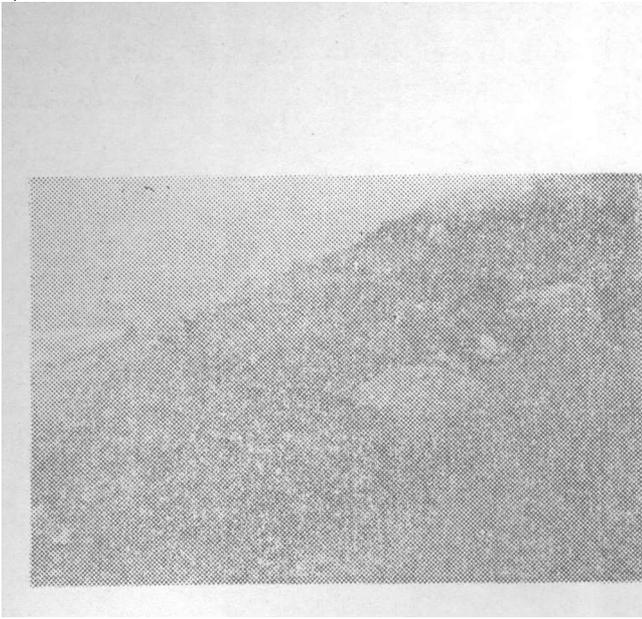


图1 鸡鸣寺滑坡示意图

图注: 1. 裂缝测点及编号; 2. 剖面排桩及编号; 3. 经纬仪三角控制点; 4. 经纬仪置镜点; 5. 已滑边界; 6. 仍有滑移趋势的边界; 7. 地表裂缝; 8. 潮湿地带; 9. 主滑方向; 10. 原圈定边界; 11. 采矿点

为主,立足于整体控制,间以相关因素的观测,着眼于观测的代表性和精确性,布设了如下监测系统。(如图1)

1. 地表形变监测。 (1) 裂缝控制观测点: 采用 $0.15m \times 0.15m \times 0.70m$ 的水泥标桩,扩大桩点间距、加大标桩埋深,对主裂缝的后缘(见照片2)及两侧(见照片3)进行两点及三点控制监测。用钢卷尺测定斜距,水准仪测定高差,计算平面位移量进行测控。对于有代表性的台坎前缘弧形裂缝,增设两点测桩,控制斜向位移,以防梯级式下滑。共设11个测点。(2) 剖面排桩控制点: 由于滑体南部变化比较明显,张缩不一,且裂缝密度大。故纵贯南部后缘基岩稳定部位布设了 P_1 剖面线,共6个桩点。平移20m,又沿滑体南侧轴向部位布设了 P_2 剖面线,亦有6个测点。这样以较密的点距,控制了后缘多级裂缝。前缘控制到 B_1 号桩右侧有鼓胀迹象的陡坎



照片2 滑坡后缘多级裂缝



照片3 滑坡侧缘裂缝

下。对于出现下座，拉裂变化较大的后缘裂缝（ B_0 点），为提高点控精度，沿垂直主裂缝方向布设了短剖面测桩，以增加控制多级裂缝。（3）前缘经纬仪观测：因北部滑体地形较陡，前缘采矿掌子面较危险，只能采取非接触的观测。故在北部滑体上布设了5个经纬仪三角控制桩。前两个位于前缘基岩体上，中部两个埋设于后缘堆积层上，最上部一个与 B_{11} 桩相互验证。用经纬仪前方交汇法，以角度控制、测算5个点的座标，推算其位移量。

2. 相关因素观测：为了解滑体变形的相关诱发因素——降雨量，在水泥厂房楼顶安置了1台虹吸式雨量仪，测量降雨量。

3. 地表形变迹象调查及宏观现象统计。在观测过程中，观测人员采用调查分析的方法，充分收集滑体形变迹象及滑前征兆，对预报及成因的综合认识提供可信的资料。

由于滑体布设了一个综合监测动态测控网络。观测频次由原来2天1次，增至1天1次，最后加密到1天2次。上述观测系统，虽然以土法为主，但克服了以前木桩间距小，裂缝开裂造成破坏，人为因素影响大的问题，而且扩大了测控范围，提高了数据的可信性和精确度，对临滑预报提供了关键性的量化指标。

二、滑坡发展趋势及阶段划分

滑坡发育阶段的判定是预报的基础，而阶段的划分又在于测量数值与宏观现象的统一，条件与实证的对比。

据实测数据，各观测桩点在1990年4月24日至1991年4月17日期间，裂缝位移速率较缓，仅为 $0.001\sim 0.2119\text{cm/d}$ 。从宏观来看，形变体上，除主裂缝逐步贯通和出现许多新生小裂隙成雁行状排列外，横张裂隙亦较少。结合以上观测数据，把此阶段划定为滑坡发育的蠕变阶段；自1991年4月17日至6月10日，裂缝位移量明显加大，变位速率加快，为 $0.24\sim 1.29\text{cm/d}$ 。并在较长时间内，以一个较为均匀的速率梯度增长。坡体上，新生裂隙逐渐增多、增宽，横向张裂缝分级成弧形出现。此外，滑坡后缘高差变化明显， B_7 点附近增至 -2.43m ， B_0 点附近也增至 -1.8m 左右。由此证明，滑床已基本形成，滑体在开始启动，这一阶段属滑体缓慢滑动

阶段;自6月10日起,滑体位移速率加速增长, B₅点的日均变化量已达9.417cm,最后增至46.67cm。同时,滑体前缘出现挤压鼓丘,反翘台坎形成,纵向扭张裂缝多级出现,且与横向张裂缝贯通,滑体表面逐步分离成块,小的土石体开始撒落,这一加速变形阶段为剧滑阶段。裂缝位移量见表1。阶段划分及变位速率如表2。

表1 主裂缝观测算桩斜向位移数值表

桩号	1990年4月24日 (基数)	1991年4月 17日	1991年6月 10日	1991年6月 28日	1991年6月份 总变化量	1991年6月 10日—28日 变化量
B ₁ (cm)	61.5	78.5	136.2	260.8	145.1	88.7
B ₃ (cm)	35.0	109.8	142.2	279.7	148.1	82.3
B ₅ (cm)	59.0	132.3	196.4	365.9	187.0	113.9
B ₇ (cm)	80.0	115.9	159.3	202.1	54.8	39.7
B ₉ (cm)	33.0	68.6	91.8	135.6	50.3	24.5

表2 滑坡阶段划分及变化速率表

发育阶段	桩号											备注
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	
	阶段变化速率 (cm/d·a)											
蠕变 (1990年4月17日 ~1991年4月27日)	0.0548	0.0613	0.2119	0.0106	0.2076	0.1312	0.1017	/	0.1008	0.0249	0.001	B ₉ B ₁₀ 至今未下 滑
滑动 (1991年4月17日 ~1991年6月10日)	0.9948	0.3569	0.6113	0.1155	1.2090	0.7962	0.819	/	0.4377	0.2472	0.2408	
剧滑 (1991年6月10日 ~1991年6月28日)	7.3294	7.8118	7.639	1.736	9.417	5.6	2.378	2.3	2.435	0.867	5.32	
临滑前 (1991年6月28日 ~1991年6月29日4h)	44.0	41.6	33.6	2.67	46.67	26.67	25.6	4.8	8.0	2.67	23.47	

三、临滑预警报与避灾措施

(一) 临滑预报及防范措施 1991年4月以来,鉴于滑体形变幅度加大,速率增快的实情,各级政府和部门充分做好了人员、资金、物资的应急准备,由秭归二级站协同郭家坝政府提出了详细的避灾方案,明确了疏散路线,预警信号,加强了指挥人员。6月21日晚1号采石场前缘掌子面下滑100余m³的土石体,监测组结合监测数据,提出了预报。6月24日,成立了鸡鸣寺滑坡现场指挥部,由副县长任总指挥长,设监测组、通讯组,安全组、抢险组、坚持值班,首先组织险区内人员撤迁。监测组在搞好1天2次数据监测的同时,还增设固定哨所,安置探照灯,昼夜值班,通讯组利用电台、对讲机层层联络。形成一个以监测组为中心的防灾网络。如图2所示。

(二) 临滑预警依据及分析 1. 观测数据及宏观伴生现象的综合分析。自1991年6月10日, 滑体开始加速变化, 至6月24日后, 滑体位移速率则成倍增长。据观测数据统计, B₁点从6月10日至6月24日, 斜向位移增量为25.9cm, 而6月24日至6月28日晚临滑前, 位移净增量为98.1cm, 约为前一阶段的4倍, 由此反映了滑体变动逐步加速的趋势。宏观来看, 自6月24日后滑体上出现土石撒落现象, 且撒落间隔逐渐趋向连续, 撒落部位逐步增多, 撒落频次的增长几乎与位移增长幅度一致。如图3所示。尤其是6月28日下午1h内土石撒落频次骤增为43次。与此同时, B₅点的位移速率已达46.67cm/d·a, 观测数据与宏观前兆的同步暴增, 给滑坡预警提供了直接的依据。位移变化速率可以形象地比喻为滑体变动的脉搏, 而宏观前兆则是预警的“启火器”。

2. 历时位移曲线法的间接推算。在观测过程中, 选定有代表性的B₅点(变化最明显, B₂点(变化速度居中)及变位最慢的B₁₀点作历时位移曲线图, 见图4。

从曲线形态, 可以直观看出来, 滑体自6月10日加速变形以来, 6月24日后, 位移速率几乎成直线上升。用曲线外延法, 定性推定突变滑动时间最早可能在6月28日, 滑坡下滑后反验对比, 可以看出预测曲线与实测曲线基本拟合。预测滑移时间与实滑时间几乎一致, 误差仅为4h30min。这表明, 历时位移曲线法推定滑坡滑移时间, 无疑是一种简明直观而又有效的间接分析法。

3. 排桩剖面的整体反映。通过排桩剖面的整体控制, 从6月25日与6月28日的观测数据对比来看, 滑体总体呈拉张解体势态, 局部出现挤压性质, 与宏观所见的拉张裂缝, 挤压鼓丘、拉张台槽, 挤压反翘台坎相一致。由此进一步证实了滑体过体位移的同步性, 符合顺层滑坡的特点, 见表3。

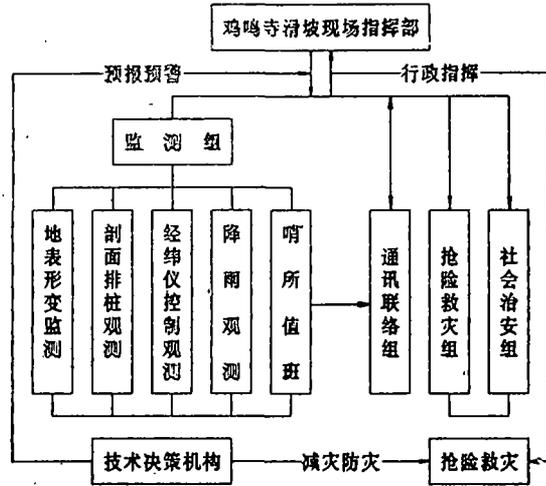


图2 防灾网络框图

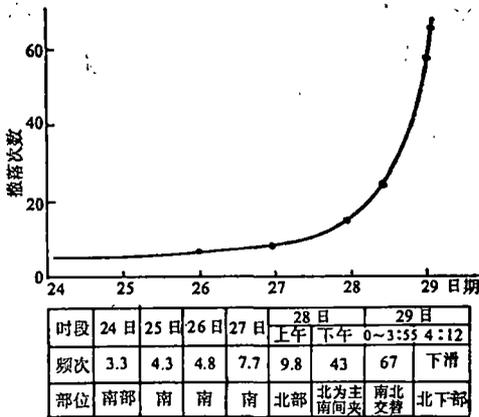


图3 土石撒落频次曲线图

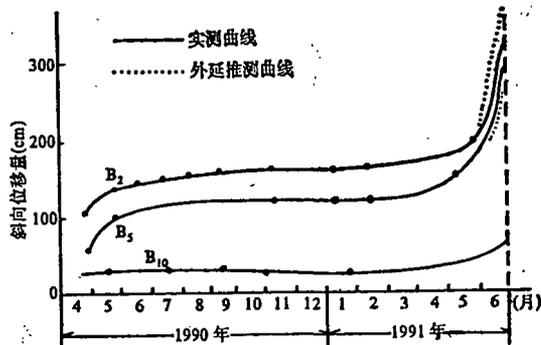


图4 历时位移曲线拟合图(区段统计)

表3 排桩剖面对比分析表

剖面号	6月25日总长 (cm)	6月28日总长 (cm)	变化量 (cm)	变化速率 (cm/d)	性质反映	备注
P ₁	6 224.2	6 267.8	+ 43.6	+ 14.53	张性	变化集中于5—6点之间
P ₂	7 779.6	7 828.2	+ 48.6	+ 16.2	拉张	5—6点变化20.1cm, 表现挤压性质

综合上述三个方面, 利用经验判断加数值分析, 把局部现象与整体趋势相结合的方法, 监测组于6月28日晚零点左右提出临滑预警。6月29日凌晨3 h55min拉响警报, 4 h58min滑体第1次整体下滑, 滑坡预警成功。在整个预警过程中, 各级领导果断地进行指挥, 监测组融合观测数据, 宏观现象及各项分析, 起到了技术参谋作用, 提供了可靠的临滑判断。

四、滑坡损失及预警效益分析

滑坡灾害, 直接给生态、经济和工农业生产及群众生活带来了严重的损失。据统计, 这次70万m³的滑坡, 毁灭淤埋地表自然植被约70万m²。同时, 较深层的土石滑移近175万t, 相当轻度侵蚀区(500~2 500t/km²·a) 700km²~3 500km²的流失量, 直接经济损失达153.2万元。

自发现滑坡, 开始监测至最后滑移, 历时15个月。通过监测预警, 避免了险区内2 504人的伤亡, 财物的损失也减轻到最小程度。按国际自然灾害损失计算法推算, 这次监测、预警及防灾过程中共投入30人·年(30人一年创造的产值), 而直接减少的财物损失为280人·年。减少覆盖区内的人员伤亡39 140人·年。以上共减少损失39 420人·年, 减免与投入比为1 314:1。此外, 还减轻了移民安置等善后工作, 显示了良好的社会效益和经济效益。

五、结 语

这次滑坡由踏勘、桩点布设、监测预报至最后预警, 坚持土法监测, 把定性判断与定量分析相结合, 对该滑坡比较成功地总结出“经验——数值型”的测报方法。从监测角度可以归纳如下几点体会:

(一) 预警结果表明, 土法监测所取得的资料是可信的, 而且也能满足预警的需要。

(二) 对于滑体的监测, 应弄清滑移方式。观测桩点的布设应有代表性, 不能重后缘轻前端。同时, 坡体形变综合调查无选择性, 力求全面。

(三) 预报过程中, 既要注重所测数据, 又要对滑体进行全面踏勘调查, 收集各种宏观信息及伴生现象, 两者应进行同步分析, 其拟合性往往具有重要的指导意义。

(四) 数值分析是趋势预报的定量指标, 滑前征兆则是临滑预警的直观信息。

(五) 临滑预警的成功, 关键在于监测工作与行政指挥的统一。