

# 滑坡宏观征兆的初步分析与研究

蒋 能 强

(四川省地震局)

## 摘 要

实地调查表明,许多大型滑坡发生之前,往往出现一系列突发性的宏观征兆和异常现象。本文通过这些征兆、异常现象及其时、空分布与形成物理机制的分析研究,探讨了预测大滑坡发生的时间及其可能性。初步研究认为:

1.大、中型滑坡的发生,大多伴有滑前宏观征兆和某些特殊异常现象。这些异常和征兆具有明显的时、空分布和一定的序列特征。

2.根据这些异常和征兆特征及其与滑体运动之间的关系,提出了大、中型滑坡在临近主滑时间的各种宏观标志和异常信息。

3.根据这些标志信息,预测预报大、中型滑坡的发生,鉴定预滑体的稳定性和滑动趋势是可能的。

此外,对滑前宏观征兆与地震宏观前兆的区别问题及其意义,也作了相应的讨论。

滑坡是一种突发性的自然灾害,分布很广,目前已引起了国际科学界的重视。1982年联合国教科文组织(UNESCO)在捷克斯洛伐克的布拉格召开的“岩石圈与环境保护”(Protection of the Lithosphere and Component of the Environment)学术会议上,曾专门讨论了滑坡及其防治技术问题。可见,加强对滑坡灾害(包括分布规律、形成机制、发育模式、预测预报及防治技术等基础理论和应用性方面)的研究,对我国四化建设有着直接的关系和重要的作用<sup>[1]</sup>。

笔者也正是从这一愿望出发,近年来通过大量的野外实地调查、鉴定,收集和发现了有关滑坡的宏观征兆和异常现象,通过这些征兆异常的成因机制分析研究,来预测预报滑坡等山地灾害的发生,以防止或减少对人类造成的危害和损失。

## 一、滑坡的宏观征兆现象

大滑坡发生之前,总是要出现一些程度不同的滑前宏观征兆和异常现象。诸如:地形变、地表微破裂、地物标志的移动、地下水变化、逸出地气味、浑泉、温泉以及各类动物的

行为异常，有时甚至出现地声、火球及发光等现象、

一般说，滑坡与地表、地下各种地质、构造，地貌条件都密切相关，是介于崩塌与泥石流之间的一种过渡型式，宏观外形大多呈一扇状地貌景观。它的孕育、发展和发生是复杂的，但必定要经历一个物理力学的运动过程。从其整个演化来看，相应也必然表现出：滑体的初期蠕动变形、滑动破坏和滑体渐趋稳定或两者过渡等三个不同发育阶段。蠕动变形阶段所产生宏观征兆，则是预测滑体在什么时间发生大滑动的主要依据。

### 1. 滑体蠕动变形阶段产生的宏观征兆

调查结果表明，当滑体（土层或岩层）断离时，滑坡不立即发生。首先是在滑体后缘产生张裂，并在那里逐渐形成滑坡后壁和滑面（它就滑坡先兆）。这时预滑体的整个负荷，逐渐转移到滑体中下部，滑体两侧缘出现羽状剪裂和轻度位移。滑体上的庄稼、树木歪斜，房屋、道路变形，地物标志（大树、石碑、古墓、寺庙、水渠等）产生明显相对位移。滑体表面出现阶状陡坎及微破裂现象，后缘明显张裂，前缘因挤压而形成舌部鼓胀（地面上鼓）及伴生张裂等现象。上述情况反映滑体此时具强烈活动性，在短期内随时都有发生大滑动的危险。因此，利用滑前蠕动变形及其产生的一系列宏观征兆现象，可以初步判定或估计滑体的短期滑动趋势。

### 2. 滑体前缘地下水的异常变化

实地调查表明，滑体具有随时滑动的可能。特别是在驱动、预滑坡发生前数天至几小时，于滑体前缘的舌部鼓胀以及所伴生张裂附近，或低地、陡坎处，经常出现湿地、新泉，或泉水增大、变浑，或水温度上升，成为温泉，甚至出现喷泉等现象。例如，1980年8月1日，四川资中县枣树公社滑坡前三天，地面鼓包开裂，冒出浑水。1981年8月，四川旺苍县双河公社王家沟滑坡前两天，见到地面鼓包开裂，冒出红泥浆水，浑泉也随之涌出，湿地遍布。1982年8月18日，四川云阳县鸡扒子大滑坡前一天，滑体地面开裂，到处闻到从地下逸出来的气体的腥臭味，同时于滑体前缘龙头处冒出一股承压自喷浑泉，喷射水头高度2—3米，次日上午8时发生大于1000万立方米的巨型滑坡。

因此，根据滑体前缘地下水的异常变化，可以有效地鉴别滑体的近期滑动危险性。

### 3. 滑前动物行为异常及其序列特征

从目前所积累的资料来看，滑坡前出现行为异常的动物达20余种。但其中反映最普遍的主要有狗、猫、鸡、鸭、鼠、蛇、鸟、鱼及猪、牛、马等100余种。异常峰值一般多集中出现在滑前1天至半天，甚至几小时。

1980年8月1日资中县枣树公社滑坡前1—2天，发现家蜂突然飞逃，大鸟叨着小鸟强行搬迁，次日发生滑坡。

1981年7—8月，四川广元大石区滑坡前，发现蛇和老鼠爬树，事后不久发生大滑坡。同年8月，中江县滑坡前几天，出现老鼠上山吃玉米，两三天把3—4亩的玉米一扫而光，白天定居树上。旺苍县友坝公社大滑坡之前，见到老鼠发呆，不怕人，大鼠背着小鼠搬迁和抢运地里的包谷，过后两天发生大滑坡。同月的云阳大滑坡前，也发现老鼠突然增多，到处乱窜搬迁外逃。

1981年7—8月，四川广元、旺苍、三台、中江、雅安等县的一些大滑坡前，都发现狗有行为异常。较为典型者如旺苍县的前锋滑坡，于滑坡前见到狗对着预滑的山坡日夜奔跑不息，哭叫不止；在滑体附近有些农家的狗坐立不安，惊恐万状，有的狗狂叫、流泪悲啼，给

人以凄惨景象;更有甚者,是旺苍县王家沟滑坡前,家狗突然外逃,几天不回家,大滑坡发生后,狗依然回家。

滑前出现猪、牛等大牲畜的行为异常亦屡见不鲜。如1980年1月6日,四川青神县白果公社滑坡、山崩前,正在耕地的牛,突然惊慌乱跑,根本不听人的呼唤,过后约一刻钟,发生大滑坡和山崩。1981年8月旺苍县的花子坪、檬子的幸福、五丰及陈坪、友坝的红光、曙光等地的大滑坡,于滑前的头晚上出现猪、牛在圈内惊恐不安、大声惨叫,次日上午就发生大滑坡。1982年7月18日,石柱县沙岭滑坡前,于滑体上发现猪拱地,翻圈外逃,耕牛惊叫等反常现象。

除此之外,1981年8月,川陕交界的新华大滑坡前,当地农民普遍感到地下有微振动,时而还听到轻微“地声”(经多次调查核实),次日滑体裂口,事后两天爆发大型滑坡、泥石流伴随巨大声响。同年7月,旺苍县檬子公社毛里坪滑坡之前,人在床上感到摇晃。成都龙泉山仁和滑坡前,人感地面微振动,门窗作响,一瞬之后,门窗关不上,紧按着就发生大滑坡。

## 二、滑坡征兆的时、空分布特征及物理机制分析

从征兆时间的发展看,开始表现以宏观征兆为主,在临近主滑时间时,才以动物行为异常反映最为明显。前者以滑体前缘地下水的异常变化最先出现,而后者则以大动物异常反映最突出。不同种类的动物异常,表现有一定的序列特征:即以穴居地下的动物如蛇、鼠类出现异常最早;紧随其后是小动物如蜂、鸟、鸽、鸡、鸭、猫等出现异常;当临近主滑时,才出现大动物行为异常,如狗、猪、牛等。

从空间上看,滑坡虽然分布广泛,但它也有一定的区域性分布规律。因此,滑坡宏观征兆的空间分布往往是与这种区域性展布规律相对应。一般说,它们大多出现在山区、丘陵、汇水盆地周边,或易滑地层、边坡失稳以及陡坎地带。明显受构造、岩性、地貌外营力及诱发等因素所控制<sup>[1]</sup>。总而言之,尽管滑坡征兆展布零星,但亦可明显看出,异常的绝大多数是显现在滑体之上或其附近,与滑坡展布的规律具有很好的一致性。

关于滑坡宏观征兆物理机制的分析研究问题,目前国内外给予了足够的重视,但从事这方面的研究工作却仍然不多。笔者通过数十个滑坡典型实例分析,认为宏观征兆与滑坡效应的物理机制有着密切关系。如前所述,滑坡的孕育、发展和发生,必定要经历一个物理力学的过程。从其演化的特点来看,当滑体开始蠕动变形或整个滑体进入微破裂的预滑阶段时,其滑面上支撑的应力状态平衡被打破,这时必将出现地形变、地表微破裂、地物标志的移动、地下水变化、逸出地气味、温泉、浑泉等一系列宏观征兆现象,以适应新的应力平衡状态。当滑体发生大规模滑动时,才伴随有地声、火球及发光等现象。

应当指出,预滑体因滑前应力失衡和即将释放滑动能量的微破裂过程中,某些动物可能比人更易于感觉到滑前某些特殊类型的短临前兆信息。

据蒋锦昌等同志的研究<sup>[3、4、5]</sup>,某些鸟类对声发射和低频微振动,具有极宽的频率响应能力,特别是家鸽,更为敏感。不仅如此,家鸽对地面运动加速度也极为敏感,其敏感阈值可达 $10^{-3}g/秒 \sim 10^{-4}g/秒$ ,并能觉察到小至30伽玛的微弱磁场变化。所以某些动物受外界阈值刺激而产生兴奋,其兴奋的反映强烈程度与刺激强度和时间的长短直接有关。又如鼠穴居地下,狗也是经常俯耳贴地睡觉,他们对来自地下的低频声、微振动及特殊地气味等都极

为敏感。鼠还能接收和发射 $10^5$ 赫芝以上的超声波，狗并能听到 $6 \times 10^4$ 的超声波。滑坡发生前或主滑时，局部或滑体附近因应力场变化而产生电磁场和空气离子的变化，从而造成对动物肌体的刺激效应也是很有可能的。例如，当空气正离子增加时，将引起动物肌体的血清素增加，因而造成动物出现烦躁不安等异常行为。当正、负离子平衡状态急剧变更时，也将致使老鼠正常活动发生明显的改变……等等。总之，电—磁场的变化对某些动物的行为肯定是有影响的，特别是微弱波场对哺乳动物的神经系统（神经脉冲信息）、心肌和行为（电感觉）都可能产生影响。此外，蜜蜂不仅能感测到偏振光，而且与白蚁一样也能觉察到微弱磁场的变化。蛇对于地下温度的微弱变化（ $0.001^\circ\text{C}$ ）也能敏感觉察。狗、猪、牛和某些鱼类的味觉、嗅觉，也具有特殊辨别能力。

综上所述，不难看出滑坡前某些动物如鸟、蜂、鸽、鸡、鼠、蛇、狗、猪、牛等飞禽、家禽、家畜及爬行动物等出现行为异常，可能都因滑体蠕动，预滑及微破裂过程中所产生的低频声、地面微振动及地面运动瞬时加速度变化等刺激引起的。

### 三、滑坡宏观征兆与地震宏观前兆的区别及其意义

如前所述，滑坡宏观征兆具有的特点是：

1. 宏观征兆的种类少、数量少，而且主要集中表现在滑前的蠕动变形阶段。

2. 滑坡宏观征兆在空间上，大多出现在易于发生滑坡的特殊区（带），如山区、丘陵、活动断裂带及地震活动区等，而平原区则相对较少。一般只局限在滑体或邻区，与滑体所处地形地貌、岩性、构造及环境条件密切相关。

3. 滑前宏观征兆异常出现的时间很短，多数集中在预滑1—2天。一般说，大多出现在暴雨、绵雨季节（或时间稍滞一些）。但有时因人为加速和诱发等因素影响，促成滑坡在任何时候都可以发生。滑前宏观异常和征兆的出现，也具有同时性和统一性，即各类不同的异常均可同时、同地出现。

4. 滑前动物行为异常在出现时间上，也表现一定的序列性。先是爬行或穴居地下的动物出现异常，接着是小动物，当逼近主滑时间段时，才出现大动物异常。一般最多是显现1—3天，主滑前1天或半天甚至几小时，异常达到高值，随后才发生大规模滑动。

5. 当滑体滑动之后，异常即行消失，不再重复。因此，无几起几落，或出现发散、收敛的时空变化特点。

众所周知，地震前一般所表现的宏观前兆主要特点是：异常种类数量多，在空间上具有呈带、片分布的特点。无论平原或山区，海洋或陆地均可出现，与发震的深、浅地质构造背景密切相关。在时间上，不受季节性限制，任何时间都可以发生。其最大特点是在震区内反映出的各种宏观异常具有明显的同时性和统一性。尤其是动物行为异常的序列特征更为清楚明显。就一般情况而言，震前宏观异常出现的时间相对滑前宏观征兆出现的时间稍长，多数由几天一几十天，甚至断续长达一个多月之久（视震级大小而定），分布也较广泛。有的震前短期发散，临震收敛，而异常数量在震前1—2天，甚至几小时—几分钟达到最高潮，有的甚至表现几起几落的盛衰特点。主震后的余震阶段，由于应力调整，宏观异常逐渐衰落，直至最后消失。

以上表明，滑前宏观征兆与震前宏观异常无论是在种类上、数量上或时、空分布或短临信

息特征上,均表现有显著的差异。因此,凭借现场的实地观察,结合环境因子及具体条件加以综合分析判定,即可将二者明显区别开来。

(本文1982年12月收到)

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 四川省地理学会滑坡专业委员会、中国科学院成都地理研究所, 滑坡分析与防治, 科学技术文献出版社重庆分社, 1984.
- [ 2 ] T.H.Erismann, 大型滑坡的机理, 国外地质, № 8, 1981.
- [ 3 ] 蒋锦昌, 动物异常是一种临震前兆, 地震学报, Vol. 2, № 3, 1980.
- [ 4 ] 蒋锦昌, 奇异的本领, 地震出版社, 1980.
- [ 5 ] 蒋锦昌等, 震前声发射与动物异常关系, 地震学报, Vol. 3, № 3, 1981.
- [ 6 ] A.И.巴钦斯基等, 阎喜杰译, 物理学手册, 商务印书馆, 1960.

## PRELIMINARY ANALYSIS AND STUDY ON THE MACROSCOPIC PRECURSORS OF LANDSLIDE

Jiang Nengqiang

(*Seismological Bureau of Sichuan Province*)

### Abstract

The field investigation has told us that a series of macroscopic precursors and anomalous phenomena suddenly arise before many of large-middle scale landslides happen. In this paper, to forecast both the time and the probability of the occurrence of large--middle scale landslides is discussed by analysing and studying the precursors and the anomalies, their temporal--spatial distribution and their physical mechanism. Results of primary study are:

1. The occurring of most of large--middle scale landslides is accompanied, before the events with macroscopic precursors and some particular anomalous phenomena which are of obviously temporal--spatial distribution and characteristics of some sequences.

2. According to the relationship between the macroscopic precursors (or anomalies) and the motion of the slide--body, the author has raised several macroscopic symbols and anomalous messages which appear close to the time when major slide of large--middle scale landslides occurs.

3. The result shows that it seems probable to forecast and predict the occurring of large--middle scale landslides, and to identify the stability and the slide tendency of the slide--body according to these symbols and messages.

4. In addition, it has been also discussed how to distinguish the macroscopic precursors of both landslide and earthquake.