

\*

# 中国滑坡、泥石流灾害的时空分布特点

李 树 德

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

**摘 要** 环境、生态、灾害是当前人类所面临的重大紧迫问题,同时也构成当代科学研究的最前沿课题之一。我国滑坡和泥石流除在空间表现出明显的分布特征外,在时间上也呈现一定的规律性特点。表现出滑坡、泥石流灾害的宏观动态特征不仅有其特殊的波动特性,而且还显示一定的周期性特征。

**关键词** 滑坡 泥石流 灾害

## The Temporal and Spatial Distribution of Landslide and Debris Flow Disasters in China

*Li Shude*

*(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)*

**Abstract** Environment, ecology and disaster are the three pressing problems facing mankind nowadays, and meanwhile they constitute the leading subjects in current scientific research. Apart from the obvious distributional patterns, landslide and debris flow in China also shows certain regularity in time. Landslide and debris flow disasters, in other words, not only have shown macroscopic features, but have also shown certain cyclical character.

**Key words** landslide debris flow disaster

灾害是天体、地球大气系统中能量交换、物质运动在生态圈的一个客观事件。地球大气系统圈层由岩石圈、水圈、大气圈、生物圈组成,自然灾害由大气灾害、生物灾害及地质灾害相互有机结合而成一个系统。因此,地质灾害的内涵之一即是在自然灾害适宜的外延框架内围限,是岩石圈范围内的灾害系统<sup>[1]</sup>。

我国幅员辽阔,资源丰富,文明历史悠久的国家。但人口众多,自然地理、地质构造、地形地貌、气候条件复杂,地质灾害分布广泛类型多、频率高、强度大,是世界上地质灾害最严重国家之一。按地质灾害的破坏形式、动力作用、物质组成和破坏速率划分,我国地质灾害可分为如下 10 类 31 种: (1)地震:天然地震、诱发地震; (2)岩土位移:崩塌、滑坡、泥石流; (3)地面变形:地面沉

\* 收稿日期: 1999- 09- 25 地震科学联合基金资助项目(198089)。

降、地面塌陷、地裂缝; (4) 土地退化: 水土流失、沙漠化、盐碱(渍)化、冷浸田; (5) 海洋(岸)动力灾害: 海平面上升、海水入侵、海岸侵蚀、港口淤积; (6) 矿山与地下工程灾害: 坑道突水、煤田自燃、瓦斯突出和爆炸、岩爆; (7) 特殊岩土灾害: 湿陷性黄土、膨胀土胀缩、淤泥质软土、冻土、红土; (8) 水土环境异常: 地方病; (9) 地下水变异: 地下水位升降、水质污染; (10) 河湖(水库)灾害: 淤积、塌岸、渗漏。

不同地区地质灾害的类型、组合特征和发育、危害程度各不相同, 具有明显的地域特征和区域变化规律。自西向东, 大体以贺兰山—六盘山—龙门山—哀牢山和大兴安岭—太行山—武陵山—雪峰山为界, 分为三个大区(与我国地形三个阶梯界线基本相近, 又略有差异): 西区为高原山地, 海拔高, 切割深度大, 地质灾害以地震、冻融、滑坡、泥石流、沙漠化为主; 中部为高原向平原的过渡地带, 地形陡峻, 切割剧烈, 主要发育地震、崩塌、滑坡、泥石流、水土流失、土地沙化、地面变形、黄土湿陷、矿井灾害等地质灾害; 东区为平原及海岸带和大陆架, 地形起伏小, 气候潮湿且降雨量丰富, 重要地质灾害为地震、地面变形、崩塌、滑坡、泥石流、河湖灾害、海岸灾害、盐碱(渍)化、冷浸田等。

地质灾害的发育分布及其危害程度与地质环境背景条件、气象水文及植被条件、人类经济工程活动及其强度等有着极为密切的关系。其中, 新构造运动是内因, 不良气候条件是主要的诱发因素, 不合理的人类经济工程活动使得地质灾害的发育程度日趋加剧。在所有地质灾害中, 除地震外, 滑坡和泥石流灾害较为突出, 滑坡泥石流灾害以分布广、突发性和破坏性强, 具隐蔽性及容易链状成灾为特点。滑坡和泥石流是两种不同类型的块体运动。在许多情况下, 滑坡和泥石流紧密相连、相伴而生、迅速转化, 难以截然区分, 以致在同一地区的客观自然灾害现象, 有的研究者视为滑坡, 而另一些研究将它视为泥石流。我们发现天水地区和舟曲境内滑坡和泥石流有相伴而生的滑坡型泥石流, 开始先发生滑坡, 而后直接迅速转化发展成泥石流, 为同一过程发展的两个阶段<sup>[2]</sup>。

滑坡和泥石流灾害是造成我国水土流失的主要原因之一, 而水土流失破坏生态环境, 带来系列灾难已成为我国头号环境问题, 从“《水土保持法》颁布实施八周年”座谈会上获悉, 目前全国现有水土流失面积达 367 万  $\text{km}^2$ , 占国土总面积的 38.2%, 初步治理一遍就需 60~70 年。

长期以来, 由于气候变化和不合理开发及掠夺式开采, 滑坡、泥石流更加频繁发生, 水土流失趋势不断加剧, 每年流入江河的泥沙至少在 50 亿 t 以上, 其灾难的广泛性、严重性, 特别是去年特大洪水以及今年南方又出现洪涝灾害, 使人们认识到防治水土流失的紧迫感。下面就我国滑坡、泥石流灾害发生特点作一探讨。

## 1 滑坡灾害发生的时间规律

建国 50 年来, 从我国重大滑坡灾害成灾频次变化(图 1)可以看出: (1) 滑坡灾害随时间呈波状起伏逐渐上升规律, 即周期性活跃波动, 而总体趋势上升; (2) 每年累计成灾频次显示出极为明显的指数上升规律(图 2); (3) 1951~1964 年, 1964~1977 年, 1977~1987 年, 1987~1996 年为滑坡成灾活跃期(即活跃周期)<sup>[3]</sup>, 其中 1957 年、1971 年、1981 年、1991 年分别为四个活跃期的活跃波动峰值最高年份; (4) 图 1 中 5 个波动峰值中, 前两个较低、平缓, 后三个较高、陡峻, 说明随时间向后推移, 成灾频次越来越高; (5) 图 1 中 1、2 峰值相间为 14 a, 其余峰值间隔为 10 a 左

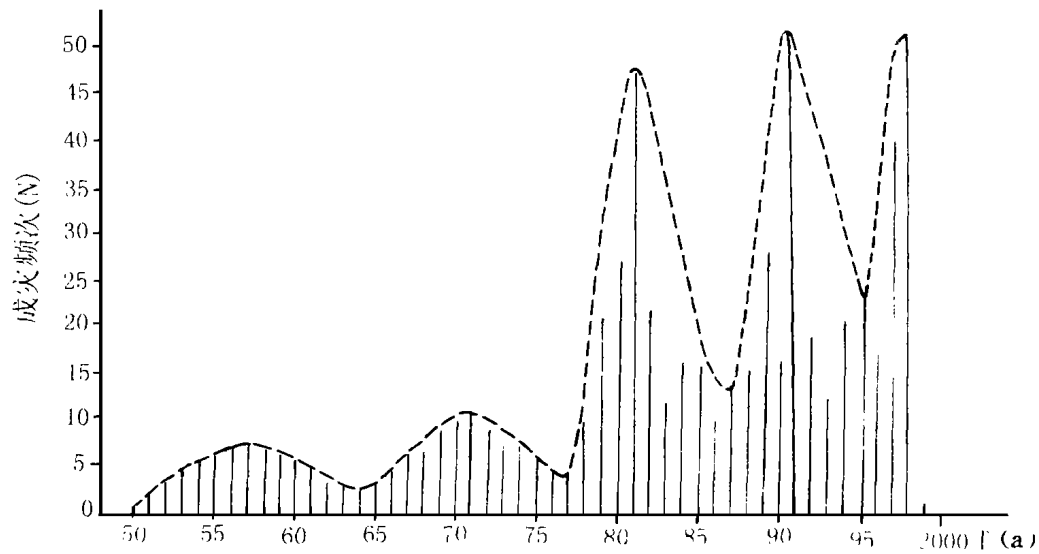


图 1 重大滑坡灾害成灾频次年变化图

右; (6) 1949~ 1978 年间, 各年滑坡成灾频次均小于 10 次/a, 1978 年以后每年均大于 10 次/a; (7) 进入 80 年代以后滑坡进入活跃高潮阶段; (8) 图 1 中滑坡活跃周期发展趋势预测从 1998~ 2001 年为第 5 个活跃期阶段。

2 泥石流灾害发生的时间规律

我国大型泥石流灾害成灾规律从图 3 中可以看出与重大滑坡灾害极为相似, 但在活跃周期发生时间上略有不同。 (1) 同样随时间波状周期性起伏, 总体逐渐上升; (2) 各年累计成灾频次呈明显指数上升规律; (3) 1951~ 1962 年、1962~ 1975 年、1975~ 1986 年、1986~ 1994 年为泥石流灾害成灾活跃期, 其中 1958 年、1972 年、1981 年、1992 年分别为 4 个活跃期波动峰值最高年份; (4) 4 个活跃波动周期中(第 5 个尚未结束), 前两个较低平缓, 后三个较高且陡, 和滑坡灾害一样, 随时间往后成灾频次越来越高; (5) 从 1949~ 1968 年间各年成灾均小于 10 次/a, 1968 年以后每年成灾频次均大于 10 次/a; (6) 从图 3 与图 1 比较看出泥石流灾害于 70 年代后期开始进入活跃周期高潮阶段, 比滑坡灾害高潮上时间上提前了几年; (7) 比较重大滑坡、泥石流各个活跃周期发生的时间规律, 可以看出泥石流灾害较滑坡灾害提前 1~ 2 年到来, 而且活跃周期的峰值年份也是如此规律; (8) 从图 3 活跃周期发展趋势预测从 1998~ 2000 年为泥石流成灾第 5 个活跃期高潮阶段。

3 滑坡、泥石流灾害成灾因素分析

滑坡及泥石流灾害作为地质灾害系统的一个子系统, 由于多种内外、动静因素相互作用产生, 灾害发生周期性时间变化具有明显的动态特征, 因此, 凡具动态特性致灾因素的变化是控制灾害随时间变化的主因。如地形地貌、岩土石体及组合类型、地质结构、地质物理化学作用和赋存环境以及人类工程经济活动的作用, 另气候变异集中降雨、融雪、河流侵蚀、新构造运动、地震等,

加速各种致灾因素发展变化,其中以降雨、人类活动的年度变化幅度最大、最频繁、最广泛,动态特征最活跃。因此,地形地貌、岩土石体及组合类型、地质结构等是物质基础,而降雨、人类活动是激发控制滑坡及泥石流灾害年度变化的主要因素。

3 1 岩土石体组合(岩性特征)的影响

滑坡及泥石流灾害的载体是岩土石体及其组合,工程地质学中常用岩组指征一定的岩土石体组合,岩组特征是灾害发生、发展的物质基础,一定的岩土石体及其组合类型、分布规律、变化特征构成了滑坡、泥石流灾害发生发展的起始控制点。

我国地质条件复杂,各类岩组

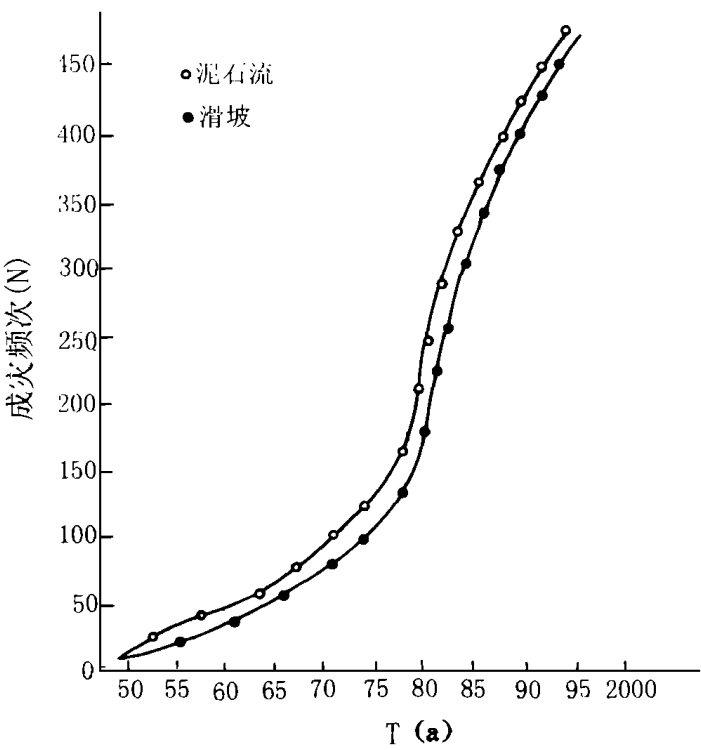


图 2 重大滑坡、泥石流灾害累计成灾频次变化曲线

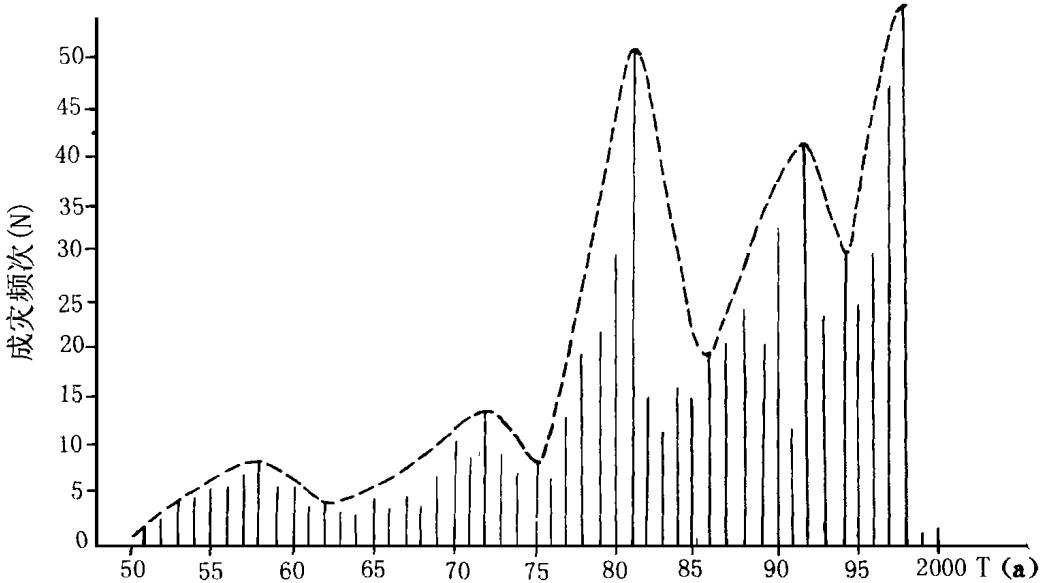


图 3 重大泥石流灾害成灾频次年变化图

分布广泛。物质成份不同,组织结构有别,成岩状态各异,特别是后期经受构造运动对地质体性能的影响,这就导致了岩组类别对滑坡、泥石流灾害特性、强度具有明显的控制作用,这种控制作用

具一定的空间级序性。使易形成滑坡、泥石流的岩土建造在分布上具有区域性规律和时空规律。

### 3.2 人类经济活动影响

人类工程经济活动(如开矿弃渣、筑路弃土、滥伐森林、陡坡垦荒、过度放牧等)作为一种强大的地质营力破坏地表生态结构,加速了地壳表层的演化,强化地球各圈层的物质运动,能量交换,破坏了生态环境,越来越剧烈地激发了各种不同的地质灾害。人类活动引起的破坏速度和强度而言,已与自然地质作用相当,甚至更有甚者,不管是方式上,还是从剧烈程度,人类活动对自然地质环境干扰是空前浩大的。掠夺式的利用自然资源和开发环境,常常导致地质环境恶化、激发加剧了滑坡和泥石流灾害发生,人类活动在灾害的形成发展过程中具有强烈的参与性。据不完全统计,全国重大滑坡、泥石流约有95%主要是降雨和人类活动诱发而形成。

### 3.3 降雨激发致灾影响

我国幅员辽阔,山地面积大,地质岩性结构复杂,加上有利的地形和气候条件,成为世界上滑坡、泥石流最发达的国家之一。我国黄土高原、天山、祁连山、昆仑山、秦岭、太行山、北京西山、辽宁山地、吉林长白山、西藏东部、横断山山区、云南境内(滇西、滇东北等)、四川西部及甘肃武都地区则更是暴发频率高,危害严重的典型地区。滑坡、泥石流灾害实质上是在多种因素影响下连续发展的过程,由于某些连续变化因素之间的变化及其相互作用而引起突然变化的事件,常表现为突变性态,某个因素的连续的变化可导致系统性态的变化。而降雨是激发滑坡、泥石流产生、发展成为灾害的极为重要因素。土石体重量 $Q$ 不断增加,使下滑启动力 $\tau = Q \sin \alpha$  ( $\alpha$ 为地形坡角)增大,在降雨作用影响下,土石体内孔隙水增加,使内摩擦角 $\varphi$ 和内聚力 $c$ 值减小,最后导致临界启动力 $\tau_0 = \tan \varphi + c$ 减小。式中 $Q$ 为土石体对地形坡面由 $Q$ 引起的垂直坡面的正压力<sup>[4]</sup>。

当 $\tau = \tau_0$ 时,土石体处于极限平衡状态,在 $\tau > \tau_0$ 时,土石体即迅速发生运动成灾。例如,1983年3月7日17时46分,甘肃省东乡县南部的巴谢河北岸洒勒山发生3100多万 $\text{m}^3$ 土体在几十秒钟内急剧下滑,摧毁三个村庄;1985年6月12日3时45分,湖北省秭归县龙江区长江北岸新滩镇发生震惊全国的大滑坡,新滩镇全部被摧毁,长江被迫停航12d,均是在连续降雨和暴雨情况下激发成灾。另据不完全统计,全国约有96%的泥石流灾害由于降雨影响形成,降雨激发泥石流比滑坡更直接容易,在暴发时间上较滑坡提前。特别是云南、四川和甘肃更是如此,例如云南东川地区,每年5~10月为雨季,降水量占全年降水量约85%以上,11月到次年的4月为干季,降水量不足全年降水量的15%,泥石流暴发随雨季的到来而开始,随雨季的结束而停息。又如1976年6月29日成昆铁路三滩锋面雨激发的泥石流;1979年11月2日四川雅安地区暴雨激发的泥石流;1984年8月4~5日甘肃省天水地区刘家堡滑坡型泥石流等,都是在连续降雨或暴雨山洪作用下形成。

### 参考文献

- 1 徐卫亚 孙广忠等 论地质灾害学研究 北京:海洋出版社,1992
- 2 李树德 论泥石流的另一种类型——滑坡形泥石流,水土保持学报,1988 2(4)
- 3 李树德 武都白龙江流域滑坡活动性探讨,水土保持通报,1997,17(6)
- 4 李树德 滑坡型泥石流形成机理 北京大学学报(自然科学报),1998,34(4)第6卷第4期