

长江三峡区的重力侵蚀研究

杨艳生 吕喜奎

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

长江三峡区发生重力侵蚀,除地质因素以外,雨量丰沛、降雨集中、山地丘陵区同时降雨、暴雨迭加和雨、旱相等降雨特征以及渐发性土壤侵蚀的发展,也是导致重力侵蚀的发生和加剧的原因。重力侵蚀类型有:滑坡、崩塌、泥石流、陷穴和地裂缝等。各侵蚀类型规模分:小型、中型、大型和巨型;侵蚀劣度分为轻度、中度、强度和恶度;侵蚀发生的可能程度分:平年可能发生,丰水年可能发生,特殊年可能发生;侵蚀物质分巨石、泥、沙和石质。本文还对重力侵蚀的野外调查制图的记述方法和重力侵蚀的预防措施作了阐述。

土壤侵蚀已被列为我国当前10大生态问题之首。重力侵蚀则是突发性的灾害现象,它既同地质因素有关,又是渐发性侵蚀发展的一种结果。重力侵蚀表现为非地表径流冲刷直接引起侵蚀的发生,直接的径流冲刷,常常为重力侵蚀造成发生的条件。在长江三峡区常见的重力侵蚀的形式是崩塌、滑坡。泥石流、陷穴和地裂缝是非地表径流为直接动力所引起,亦暂归入重力侵蚀一类。重力侵蚀在长江三峡区非常严重。如1982年,仅万县地区就发生重力侵蚀7万余处;范围在50亩以上者有600余处,全区共有数十万人受灾。同年该地区的云阳县发生重力侵蚀2000余处,公路塌方6000余处;侵蚀范围在50亩以上者约200余处;全县共损毁农田(土)11.6万亩。

重力侵蚀的规模相差悬殊。大型或巨型的重力侵蚀动土石量高达数百万、乃至数千万立方米。小型者仅有数十立方米,甚至更小。重力侵蚀发生的明显特点是发生突然;侵蚀物质量大,推移势猛。因此,它的发生对生产、建设和人民生命财产构成威胁。研究重力侵蚀发生的原因和特点,提出预防重力侵蚀发生的措施,以避免和减轻重力侵蚀造成的危害是本文要讨论的内容和目的。

一、重力侵蚀的危害和发生原因

在三峡区长江干道及其主要支流沿岸发生的崩塌、滑坡和泥石流,已有较详细报道^[1-3]。据资料介绍,在三峡区长江干道两侧,大型重力侵蚀共发生214处。并多集中于巫山、奉节、云阳、巴东等县境内。如云阳县境的鸡扒子滑坡,1982年推移土石方达1300万 m^3 ,并使滑体前缘180万 m^3 坠入长江,使航道形成了700m的急流险滩;又如秭归县的新滩滑坡,1985年约200万 m^3 土石滑入长江。此土石量,若在枯水期足以将长江就近河床淤满。

同渐发性侵蚀相比,重力侵蚀能在短期内造成以下的巨大危害:

(一)对土壤资源的破坏 特别对耕地资源破坏更为严重。它不仅对重力侵蚀发生区而且对重力侵蚀发生地的下游区,都造成严重威胁。如水道两侧的农地常被水冲、砂淹。被毁坏

的耕地有相当一部分很难再次复垦，重新复垦的耕地，其肥力和耕作条件也大不如前。

(二)对人类生存环境的破坏 严重的重力侵蚀，使侵蚀区和受害区的大部分植被毁灭，使河床、沟床急剧抬高，从而使沟河水断流，使山区出现水荒。如云阳县红狮区，1988年两条大溪沟断流，全区人、畜用水严重缺乏，并导致旱、涝、虫、雹、风灾相继出现，造成生态环境的恶性循环。

(三)对建设和人民生命财产的直接危害 在三峡区条件下，重力侵蚀的直接危害十分严重。如1982年，云阳县有9万多亩耕地受灾绝收，因灾死亡97人，重伤800多人，毁房4万多间，冲毁水库23座，毁坏小水电17处，塌桥46座。

三峡区重力侵蚀严重的原因有：

(一)地质因素 从出露地层看，奉节县以西是中生代侏罗系紫红色碎屑岩类为主的砂泥岩互层；局部出露三迭系须家河组 and 嘉陵江组岩层。东部以古生代、中生代碳酸盐类地层为主，局部亦有红色碎屑岩和煤层。黄陵背斜主要出露震旦系碳酸岩及碎屑岩类，以及前震旦系变质岩和岩浆岩，但是从小地域地层出露的情况看，在严重侵蚀区，不论是东部还是西部，从古生代、中生代到新生代各类地层岩组都有出现。如奉节以西的开县，共出露7个系、31个组的地层；巴县出露4个系，14个组的地层。从地形上看，全区以低中山为主，并呈平行岭谷走向，尤以三峡西部区更为明显。在局部地域上，又常常从河谷阶地、丘陵、低山到中山区的地形系列相间出现。因此三峡区的地质地形特点可概括为：从大范围看，地质构造和岩层出露，东西部差异明显，地形变化较为简单；但从小范围看，地层多变、岩组繁多，地形变化复杂。这一特点，就为严重的重力侵蚀提供了地质、地形条件。

从野外观察可见，较大型的重力侵蚀多出现在不同地层、岩层、岩组的接壤区或迭加区，也多出现在不同地貌类型的转折区。如低山向高丘的转折区等。此外在相同岩层不同岩组的过渡区则是中、小型重力侵蚀频繁发生部位。原因是这些迭加区、转折和过渡区，岩隙比较发育，岩层类别或岩组类型各异，坡度变陡，坡形突起，都有利于重力侵蚀发生。

从岩层结构特点看，西部地区在同一地层中，软质岩层与硬质岩层相间分布，岩层面倾角多在 20° — 50° ；东部地区岩体节理发育，岩层破碎，都构成重力侵蚀发生的条件。

地表岩体风化物的堆积，亦为重力侵蚀提供了疏松物质基础。三峡区在长期的地质变化过程中，形成了坡陡谷窄和深切割地貌。从谷底向上，常出现数级坡度稍缓的坡式台阶面，其上滞留有较深厚的岩石风化物，或称坡积物。坡积物的下垫面，为具不同倾角的岩层面，当坡积物增重到一定负荷，或遇特别丰雨年，坡积物吸水增重和雨水润滑下垫面后，重力侵蚀就极易发生。

(二)气候因素 三峡区的雨量、降雨方式和热量差异，都极易引起重力侵蚀。

1. 三峡区年雨量一般在1100mm以上。而在较大山体的东南坡，年雨量可达1400—1500mm，或更大。此外，雨量的年际变化也很悬殊，遇多雨年，雨量较常年可增加数百毫米。

2. 降雨集中。一般5—9月份降雨量占年雨量70%，而且夏季暴雨频繁。如开县1957—1981年的25年中，日雨量100—200mm或3天连续雨量150—250mm的偏涝年有11年，频率为44%，即约两年一遇。据记载，在近百年中，开县发生4次大洪灾，都导致重力侵蚀严重发生，并造成巨大灾难和损失。

3. 同步暴雨效应突出。三峡区山高谷深、坡陡谷窄，具有明显的立体气候特点。因此各沟河流水线贯穿于立体气候区中的不同气候带。夏季，在东南季风的影响下，在同一沟河体

系的立体气候区内, 就很可能同时出现暴雨, 因此就出现增强洪水效应, 促进重力侵蚀的发生。

4. 暴雨迭加效应。指在一年中连续两次以上出现大暴雨或特大暴雨而导致重力侵蚀严重发生。如开县1945年6月20—21日出现暴雨, 9月29日再次发生洪灾, 致使重力侵蚀严重发生, 造成灾害, 共死亡4—5百人; 1965年7月3日降雨120mm, 7月9日又降雨121mm, 造成重力侵蚀灾害毁田12万多亩, 死41人, 伤507人; 1982年7月16日, 22日, 27日3次出现大暴雨, 累计雨量超过300mm, 引起重力侵蚀发生, 使67人死亡, 伤2千多人。

暴雨对重力侵蚀迭加效应的原因在于: (1)第1次暴雨时雨水对侵蚀物质的浸润, 增加了侵蚀物的总重量, 增大了对支撑面的压力; (2)减小了侵蚀物与承受面的摩擦力, 在其间形成润滑面, 有利于侵蚀体下滑; (3)径流对坡积物基部的冲刷, 对沟床边坡的冲刷, 及对沟底倾斜基岩层面的磨蚀, 都会使地面坡度变陡, 侵蚀体凌空面增大, 击穿侵蚀体支撑面下部的支撑点等。在连续暴雨产生的径流的作用下, 就易使侵蚀体原有的亚稳态破坏, 造成严重的重力侵蚀。

5. 旱涝相间的促进效应。据当地反映, 大旱之后出现暴雨, 重力侵蚀更为严重。三峡区久旱后暴雨的情况常见。云阳县从1950—1982年的33年中, 共出现旱灾26次, 涝灾24次。第1年发生旱灾、第2年发生涝灾者有10次。同一年既发生旱灾又发生涝灾者有18次。旱、涝交替使侵蚀物表现出干湿交替作用。紫红色泥岩有湿胀干缩特点, 据过去观测, 粒径为30cm的岩块, 在4—6月的两个月内, 可崩解成粒径平均为4cm的岩粒。对单一岩体, 经湿胀干缩, 岩层间界面裂缝增加。缝隙加宽, 更有利于重力侵蚀的发生。

(三)人为因素 不合理的各项经济活动, 诱发和加剧了重力侵蚀。

1. 过量砍伐林木。解放初期, 各县林木覆盖率多在20%以上, 植被覆盖率在30%以上。到80年代半数以上的县植被覆盖率在10%以下。如云阳县由21%下降到1980年的8.7%。在现有林被中81%为马尾松, 林下地表裸露, 水土流失严重, 也为重力侵蚀创造了条件。

2. 陡坡耕作。三峡区的陡坡耕作十分普遍。在总耕地面积中, 旱耕地占60%, 而坡度在15°以上的坡耕地约占旱地的50%。如开县, 坡度大于30°的坡耕地占旱地总面积42%。坡耕地的耕种使山丘坡面变陡, 冲刷的泥沙常常就成为重力侵蚀源。

3. 采石、开矿、修路和其他。如水电设施因施工不合理引起的重力侵蚀也十分普遍。

二、重力侵蚀要素

县一级的重力侵蚀调查, 目的在于绘制出重力侵蚀的有关图件, 为进一步作出重力侵蚀潜在危险分区、为县一级重力侵蚀防治提供基本资料。为此, 首先要研究重力侵蚀要素。它们包括: 重力侵蚀类型; 重力侵蚀规模; 重力侵蚀危害程度; 重力侵蚀发生的可能程度和重力侵蚀的物质类型。

(一)重力侵蚀类型 滑坡、崩塌、泥石流、陷穴和地裂缝。但是在实地, 特别在小型重力侵蚀条件下, 泥石流、崩塌同滑坡难于区分, 或者相伴发生。从普遍发生的现象看, 滑坡是指侵蚀体以平动方式下滑移动; 崩塌, 主要指侵蚀体从高处向下坠落; 泥石流, 指粗粒固体物质同径流相混杂, 以滚动方式向前推移。陷穴和地裂缝较少见, 它为日后的重力侵蚀和其它侵蚀型式创造了条件。

(二)重力侵蚀规模 用以反映重力侵蚀的危害和严重程度。它根据侵蚀体的体积和侵蚀

影响范围的大小而定。侵蚀规模分小型、中型、大型和巨型。相应指标如表1。陷穴和地裂缝少见，它以一定面积范围内出现的频度而定。

表1 重力侵蚀规模及相应指标

规模	小型	中型	大型	巨型
侵蚀移动土石方量(万m ³)	<50	50-500	500-1000	>1000

(三)重力侵蚀的劣度划分 根据重力侵蚀对人民生活、国家财产或建设造成损失及构成威胁的程度而定。共分4级。

I. 轻度，或称妨害。就是发生这类重力侵蚀后对当地经济发展和群众生活以间接影响为主，并不构成制约因子。

II. 中度，或称危害。对当地经济发展和生产有轻度影响，但对总体发展不构成制约。

III. 强度，或称灾害。对当地人民生命财产造成损失。

IV. 恶度，或称大灾害。对国家建设和人民生命财产造成重大损失。

(四)重力侵蚀发生的可能程度 根据侵蚀体的稳定度进行划分，用以指示发生重力侵蚀可能性的大小。发生的可能程度分为：平年可能发生；丰水年可能发生；特殊年可能发生。这里的特殊年是指特别干旱年接着为丰水年；或相继两个丰水年；或特大丰水年。

(五)侵蚀物质类型 分为巨石；泥、沙、石；泥。对陷穴和地裂缝分为岩陷穴，风化物陷穴，土陷穴；岩裂缝，风化物裂缝和土裂缝。

为便于在图件中记述，上述各要素及各相应级别均用代码或数码表示(表2)。在实际应用时，根据其排列位置不同，表示不同侵蚀要素的内容。从左到右第1或第1、2位由表2中的侵蚀类型代码组成，随后的4位数字分别表示侵蚀规模、侵蚀劣度、侵蚀发生的可能程度和侵蚀物质类别。如同时发生滑坡和泥石流，则将为主的放于首位。如SM4223，表示某重力侵蚀区，以滑坡为主同时有泥石流发生，侵蚀规模为巨型，产生中度危害，丰水年可能发生，侵蚀物质为泥质。

根据上述侵蚀要素记述方法，对云阳县进行了重力侵蚀分区调查，制出了重力侵蚀分区图，并作了面积统计(表3)。结果表明，该县滑坡以大型为主，其可能发生的区域占全县面积48.5%；多数在平年可能发生；侵蚀劣度以中度者居多；侵蚀物质以泥、沙、石为主。崩塌规模多为中型或大型；劣度中至强度，通常在丰水年更可能发生；崩塌物质主要是巨石。

三、重力侵蚀的预防

重力侵蚀的预防，首先要分析重力侵蚀诱发原因，才能采取有效的预防措施。除了难以控制的自然因素之外，非重力侵蚀的水土流失，也是导致重力侵蚀发生的主要原因。也就是渐发性侵蚀，常常导致突发性侵蚀严重发生。

就三峡区而论，重力侵蚀严重的县，也是通常水土流失十分严重的县。如奉节县水土流失面积占总面积66%，云阳县占88%。从根本上说，重力侵蚀的预防，必须从水土保持工作抓起。

目前对重力侵蚀还只能一防二避，具体的措施有如下几条：

1. 植树造林、封山育林。在植被覆盖度在50%上下的山丘坡面，可封山育林；植被度更小的坡面，应补栽草类、灌木和乔木。这对减弱侵蚀力，减少侵蚀物质源、弱化产生重力

表 2 重 力 侵 蚀 要 素 记 述 代 码

侵蚀要素	代码	类 型 或 级 别									
侵蚀类型		名 称 代 码	崩 塌 C			滑 坡 S		泥 石 流 M		陷 穴、地 裂 缝 U	
侵蚀规模	I	规 模 代 码	小 型 1			中 型 2		大 型 3		巨 型 4	
侵蚀劣度	Ⅰ	劣 度 代 码	轻 度 1			中 度 2		强 度 3		恶 度 4	
发生的可能程度	Ⅱ	可 能 程 度 代 码	平 年 可 能 发 生 1			丰 水 年 可 能 发 生 2		特 殊 年 可 能 发 生 3			
侵蚀物质类别	Ⅳ	类 别 代 码	巨 石 1	泥、沙、石 2	泥 3	岩 陷 穴 4	风 化 物 陷 穴 5	土 陷 穴 6	岩 裂 缝 7	风 化 物 裂 缝 8	土 裂 缝 9

表 3 滑 坡 区 和 崩 塌 区 不 同 侵 蚀 要 素 类 型 区 面 积

滑坡区不同侵蚀要素				相应面积 (km ²)	占总面积%	崩塌区不同侵蚀要素				相应面积 (km ²)	占总面积%
I [#]	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ			I	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ		
1				183.6	5.1	1				53.9	1.5
2				439.9	12.3	2				451.9	12.6
3				1559.6	43.5	3				444.9	12.4
4				385.9	10.7						
	1			169.5	4.7		1			—	
	2			2276.7	63.6		2			476.5	13.3
	3			122.2	3.4		3			474.2	13.0
		1		1736.4	48.5			1		305.3	8.5
		2		761.6	21.3			2		421.0	11.7
		3		70.4	2.0			3		224.4	6.0
			1	162.2	4.5				1	878.9	24.5
			2	2335.6	65.2				2	71.8	2.0
			3	70.4	2.0				3	—	

* 表中罗马数字为侵蚀要素代码。

侵蚀条件有重要意义。

2. 严禁坡耕地弃旧垦新。弃旧垦新坡耕地，不仅破坏了天然植被，又使坡积物大量增加，使沟壑得到发展，促进重力侵蚀发生。

3. 开矿、修路应注意水土保持，特别要注意避免凿穿倾斜岩层的支撑面。对在施工中造成诱发重力侵蚀的危险地段，要有防范措施，以避免重力侵蚀发生。

4. 山塘、水库的兴修，房屋的建造，料石的开采都要经过认真查勘，不能随意采挖、兴建，以免造成重力侵蚀隐患和危害。

5. 不在有厚层风化物或坡积层坡面上缘建造较多或较大的塘、堰。必要时，在暴雨季节应注意堰塘排水。

6. 当在有厚层坡积物的坡面上缘有凹槽或地表凹凸不平，下雨易成积水洼地时，雨季应注意排除地面积水。

7. 在暴雨季节，对可能发生重力侵蚀的地段，及时疏通积水，监视地表动态。

