第18卷 第2期 重庆师范学院学报(自然科学版) 2001年6月
Vol. 18 No. 2 Journal of Chongqing Normal University (Natural Science Edition) Jun. 2001

地质灾害防治系统工程方法论及散体滑坡研究*

陈洪凯,唐红梅,翁其能,祝晓寅
(重庆交通学院 岩土工程研究所, 重庆, 400074)

摘 要:地质灾害是地质环境中各因子异变耦合作用的产物,全面认识地质灾害、尽力防止地质灾害致灾环境的构成、有效而适时地改造致灾环境及全过程监测地质灾害,构成了地质灾害防治的系统工程方法论。据此认为,三峡库区的松散土体、水和城区是地质灾害研究及防治过程中必须考虑的主控因子;松散土体吸水蠕变、强度衰减是散体滑坡启动的本质机理;散体滑坡的防治技术应该从散体、水及城区几个方面着手,进行综合治理。

关键词:地质灾害;认识论;滑坡启动;非饱和土;治理技术
中图分类号:P546 **文献标识码**:A **文章编号**:1001-8905(2001)02-0062-04

Systematic Engineering for Preventing and Harnessing Geologic Disasters and the Study and Prevention of the Landstides of Loose Soil

CHEN Hong-kai, TANG Hong-mei, WONG Qi-neng, ZHU Xiao-yin
(Institute of Geotechnical Engineering, Chongqing Jiaotong University, 400074, China)

Abstract: Geologic calamity is the result caused by coupling interactions of each factor in the geologic environment . The systematic engineering methodology is composed of getting aquainted with the geologic disasters, protecting the environment from them, effectivel and timely rebuilding the envirnment and monitoring the geologic disasters in their whole process. The water, loose soil mass and district in the Three Gorges reservoir region are main controlling factors which should be considered in the course of the researching and harnessing of the geologic calamities. The loose soil mass creep and wane in intensity are the startup essence of the kind of landslides. Loose soil mass, water and the district should be taken into account in the technology for a comprehensive prevention and harness of loose soil landslides.

Key words: geologic disaster; epistemology; landslides startup; unsaturated soil; harnessing technology

地质灾害(Geologic Disaster)是指由于自然产生和人为诱发的对人民生命和财产安全造成危害的地质现象,包括10大类共计31种,尤其以崩塌、滑坡和泥石流(简称崩滑流)等类型最为发育。处于城镇规划区内人口比较密集、经济比较发达的区域,地质灾害致灾险情较大,是地质灾害的重点研究、监测及治理对象。我国地质灾害的成灾具有明显的方向性、地域性,其损失与人口密度、经济发达程度呈现正比例关系。国土资源部不完全的统计资料表明,我国的地质灾害发育频繁,每年损失约300亿元。近10年来,我国由于崩滑流造成近万人死亡,全国400多个市、区、县、镇受到严重侵害。1998年仅重庆市便有72亿元人民币的自然灾害损失,其中绝大部分是地质灾害造成的。

重庆市地处四川东部盆地向山地的过渡地带,崩滑流等地质灾害频繁发育,截止到1998年10月底的统计资料显示,区内已调查的地质灾害点1933处,总体积达32.2亿 m^3,其中,城市危岩滑坡共计777处,总面积7 583 m^2 总体积约11.3亿 m^3。特别是主城区沿江一带,每平方公里有危岩滑坡1处以上,渝中区多达5处[1]。重庆库区的城区危岩滑坡具有面广、量多、灾害严重的总体特征[1],85%以上属于松散土体堆积层滑坡[2]。作为三峡工程三大组成部分之一的三峡水库,库区移发是三峡工程成败的关键。在十多年的时间

* 收稿日期:2000-09-25
基金项目:重庆市基金项目(200047)成果之一
作者简介:陈洪凯(1964-),男,重庆江津人,重庆交通学院岩土工程研究所教授、博士,长期从事地质灾害研究及防治、边坡岩体渗流排水及加固,土建新材料等的研究和教学工作。

万方数据

内,三峡移民工程由于城镇迁建和产业结构调整,需要建设数千万平方米的各类房屋和大量的道路、桥梁、供水等基础工程。库区移民址区建设及各类基础工程的迁建均与环境密切相关,地质灾害的正确识别、管理及防治是移民工程的关键技术之一。

1　地质灾害防治的系统工程方法论

系统工程是一门新兴的边缘科学,国内外对其理解至今仍不尽相同。美国国防部认为系统工程是一个技术过程,也是一个管理过程;钱学森教授认为系统工程是组织系统的规划、设计制造、实验和使用方法。系统论是研究物质本身结构的问题,是一动态过程,包括现有系统结构的优化、控制和管理。显然,地质灾害防治是一个系统工程,地质灾害防治的系统工程方法论包括四个方面的主要内容和过程。

1.1　全面认识地质灾害

由于地质灾害系统是由诸多自然、人为因子共同构成的一个动态系统,也是一个远离平衡态的耗散结构系统。因子之间的相互耦合异变作用产生了熵,即熵既含有成分又含有人为作用的成分[3]。根据耗散结构理论,要避免系统熵增,系统必然要从外界摄取负熵,只有当系统的负熵小于熵增时,系统才处于一种有序状态。也可推断,负熵也含有自然和人为两方面的内涵。在短时期内,人为熵化最明显,人为活动在短时间(自然熵相对稳定)可以通过人为熵的协调来达到地质灾害防治的目的。因此,研究库区内地质灾害识别技术、耦合异变规律及防治技术时,首先是要认识地质灾害,从面(区)、线、点三位一体进行全面认识,只有全面认识了“区内”、“线”沿线地质灾害的影响因子及敏感性、类型构成、耦合异变关系及发育趋势后,才能全面、动态地掌握其基本特征和基本过程,为负熵的引入创造条件。

1.2　防止地质灾害致灾环境的构成

由于地质灾害各类致害因子之间的耦合关系非常复杂,地下水的渗排特性、地质体的形态特征及岩体结构模式、人类活动类型及程度等通常均会耦合作用,互为因果,但针对不同地区的地质灾害,或不同地灾的线、点呈现出的主导因子则有可能因环境不同而有所差异。尽力防止地质灾害致灾环境的构成,本质上是避免人为向地质灾害的致灾环境输入正熵,尽量减小对致灾环境的扰动,减小对致灾环境因子异变耦合的触发。

1.3　有效而适时的改造致灾环境

基于对区、线、点地质灾害成灾规律及过程的正确认识,测寻致灾环境敏感因子,利用一系列行之有效的工程结构防治技术去限制敏感因子及触发因子,相当于给地质灾害的致灾环境引入负熵,则地灾系统远离平衡态。

1.4　全过程监测地质灾害

尤其对一些重要区、线、点的地质灾害,监测显得极为重要。由于地质灾害状态要随着各类致灾因子耦合作用模式及程度而演绎,异变熵增,使致灾环境热寂而成灾[4]。因此,监测地质灾害,关键是通过致灾因子的实时观测,掌握其变化过程,据此运用研究得出的地质灾害识别及稳定性测评系统对致灾体进行变形及稳定状态分析,为地质灾害的预报、预警奠定坚实的理论及应用基础。

2　关于散体滑坡的形成及启动问题

地质灾害的研究与防治属于多学科知识联合攻关的典范性边缘课题[5,6],坚持以地质灾害防治的系统工程方法论为指导,岩土力学、工程地质学、岩土渗流力学、结构工程学、非饱和土力学、结构动力学等是关系到致灾体变形与稳定的主要学科知识滋生点。三峡库区内虽然发育有众多著名的大型、特大型基岩滑坡,但发育数量最多、分布范围最广、对移民址区的选择及建设影响最大的仍是散体滑坡。散体滑坡主要由地表第四系松散土体组成,以侏罗泥岩、页岩为主,富含粘土矿物,硅、铝含量高(见表 1);滑动面一般为下伏基岩面。如万县城区的豆芽棚滑坡、重庆北碚的施家梁滑坡,1998 年在重庆库区的丰都、云阳、巫山[7]、涪陵、长寿等发生的众多滑坡均属散体滑坡。坚持滑坡的微观组成认识显得极为重要。

万方数据

表1 重庆库区松散土体化学成分组成表

组成成分	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	TiO	MnO
质量分数/%	66.595	15.135	0.910	5.825	1.900	2.600	0.810	0.750	0.136

研究表明,地下水是重庆库区散体滑坡孕发过程的主要控制因子,尤其是滑坡的启动在其它条件相同的前提条件下,地下水是典型的敏感因子。滑坡土体吸水蠕变、强度衰减,当强度衰减到达阈值时,滑坡开始启动,构成散体滑坡启动的主要机理。实验资料表明,库区内松散土体粘结力与含水量呈现典型的非线性(见图1),含水质量在15%~18%时,土体的粘结力呈现峰值;内摩擦角总体趋势表现为随含水量的增大而降低(见图2);松散土体强度参数 C、φ 之间也具有非线性规律(见图3)。

滑坡活动与降雨关系具有延滞一致性,如1982年7月15~16日,云阳地区降雨357.7 mm,占月降雨量的56%以上。降雨作用对滑坡活动的影响包括三个阈值参数:最低诱发雨量、最低降雨强度和最短降雨时间(历时)。 1963年8月16日云阳降雨量168.9 mm, 超过了1982年7月16~17日的日降雨(16日为125.8 mm、17日为191.5 mm),但是鸡扒子滑坡和邻近的天宝滑坡并未复活,其原因是此次降雨总量为292.1 mm(历时9天)、平均强度不大(仅为32.5 mm)。虽然1963年8月15日的降雨总量超过了鸡扒子滑坡开始滑动时的290 mm,但因降雨时间长、强度不够而未使滑坡复活(见图4,5)。

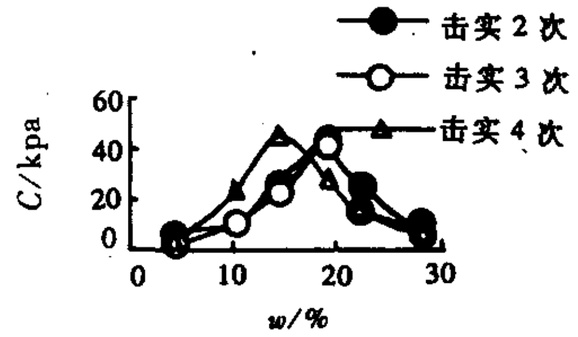

图1 粘结力与含水量的关系图

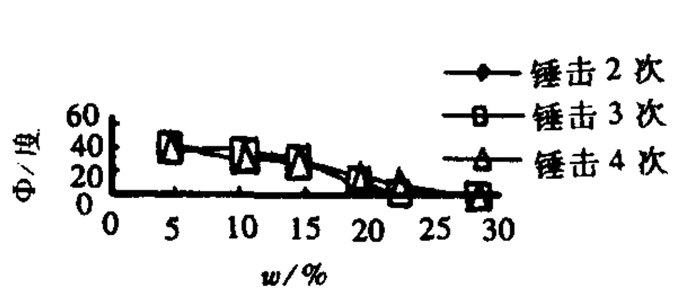

图2 内摩擦角与含水量的关系图

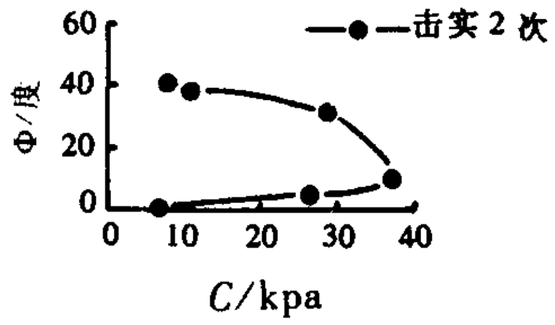

图3 粘结力与内摩擦角之间的关系

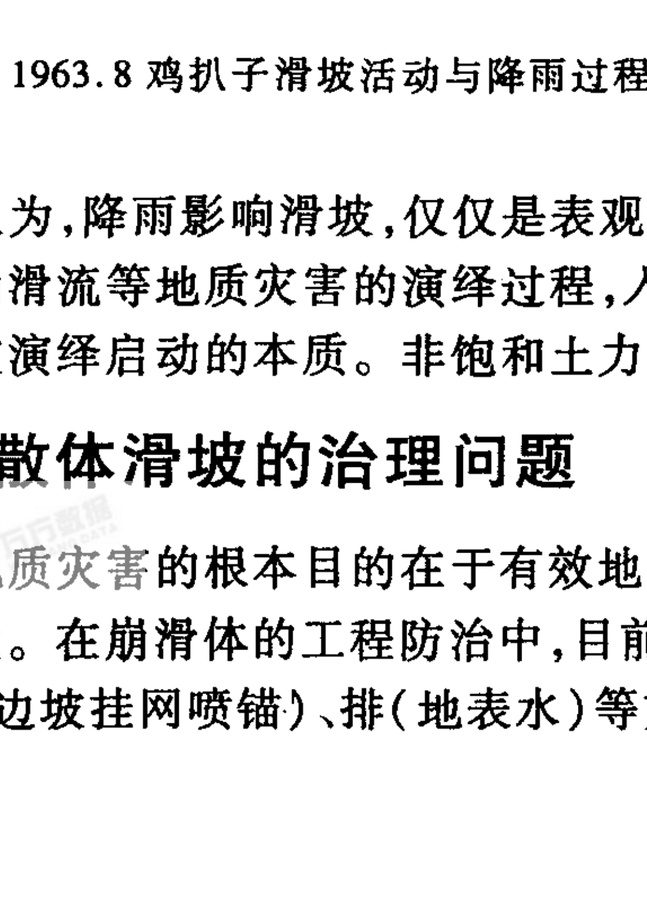

图4 1963.8鸡扒子滑坡活动与降雨过程的关系

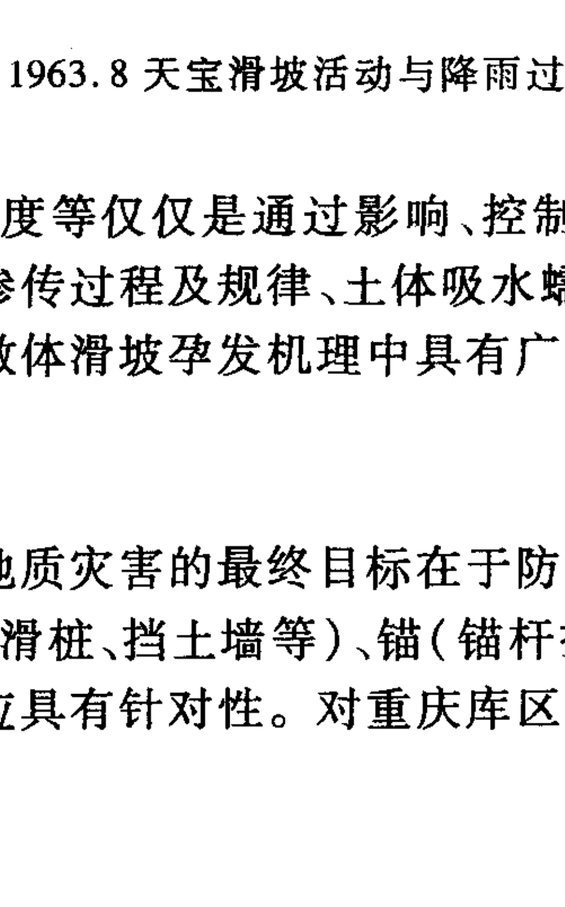

图5 1963.8天宝滑坡活动与降雨过程的关系

研究认为,降雨影响滑坡,仅仅是表观现象,降雨历时、降雨强度等仅仅是通过影响、控制降雨入渗来间接地控制崩滑流等地质灾害的演绎过程,入渗水体在致灾体中的渗传过程及规律、土体吸水蠕变强度衰减才是散体滑坡演绎启动的本质。非饱和土力学及岩土渗流力学,在散体滑坡孕发机理中具有广阔的应用前景。

3 关于散体滑坡的治理问题

研究地质灾害的根本目的在于有效地防治地质灾害,而防治地质灾害的最终目标在于防灾减灾、美化人类生存环境。在崩滑体的工程防治中,目前多数情况均采用挡(抗滑桩、挡土墙等)、锚(锚杆抗滑桩、锚索抗滑柱)、喷(边坡挂网喷锚)、排(地表水)等方法[7],这些防治措施应具有针对性。对重庆库区而言,面对的是

万方数据

移民过程中十分发育的散体滑坡及库岸坍塌,其防治应该是综合性质的,以防治系统工程方法论为指导,从地质灾害的成因去探索防治技术,灵活、有效地使用目前已经具有的防治技术,并着力研发新技术。散体、水和城区是重庆库区地质灾害防治必须面对的三个关键主控因子。针对“散体”,开发有效的滑动面锁固技术是必要的,类似于旧路改造中的路基拓宽镶嵌技术(见图 6);针对“水”,应高度重视滑坡体中的地下水,尤其库岸滑坡,水位增高时库水补给滑坡体,而在水位降落时,滑坡体中的地下水向外渗流,此过程必然导致静水压力和动水压力的产生,且滑坡体因水位降落而失去库水对滑坡的支撑,增大了滑坡体的自重,辅之以地下水对滑坡土体物理力学参数的劣化,滑坡稳定状态必然急剧恶化,因此,滑坡防治过程中要求有效排泄地下水,确保致灾体强度不被衰减,再结合常规的支护结构措施,可以达到有效治理的目的;针对“城区”,地质灾害的治理应坚持灾体治理与利用一体的基本原则,开发有效的承重——支撑一体化防治技术。

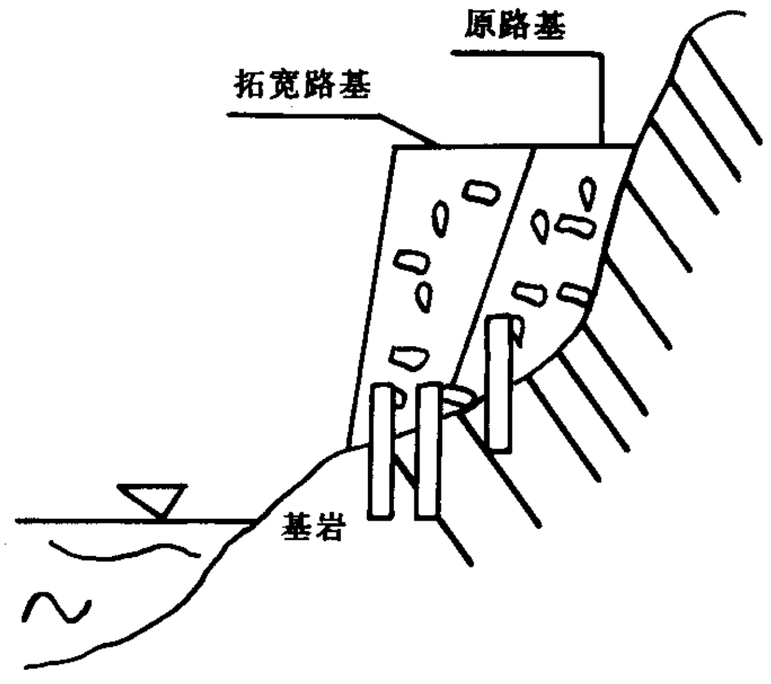

图 6　路基拓宽锁固技术

4　结论

(1) 全面认识地质灾害、尽力防止地质灾害致灾环境的构成、有效而适时地改造致灾环境及全过程监测地质灾害,构成了地质灾害防治的系统工程方法论。地质灾害防治系统工程方法论是指导地质灾害研究及防治的科学思维方法。

(2) 散体、水和城区是三峡库区地质灾害防治必须面对的三个关键主控因子。

(3) 三峡库区散体滑坡的形成、发育与“水”密切相关,前期降雨量与降雨强度的组合是滑坡孕发的根本原因,滑坡体中地下水的渗排特性及过程直接控制着滑坡的整体稳定性,影响着滑坡的治理效果。

(4) 三峡库区散体滑坡的发育直接受控于滑坡体岩土物理力学参数的吸水衰减特性。

(5) 在库区城集镇岸坡库岸再造过程中,镶嵌拓宽锁固技术、排水与加固联合技术等是滑坡防治的有效措施。

参考文献:

[1] 周中生,张建华,胡善铨. 重庆市近年地质灾害的特点及 防治对策 [J]. 地下空间,2000,20(1):27-30.

[2] 刘喜忠. 重庆地貌与经济建设[M]. 北京:中国科学技术出版社,1995. 1-100.

[3] 陈洪凯. 公路水毁学[M]. 北京:科技文献出版社,2000. 20-30.

[4] 陈洪凯. 山区公路水毁学与地质环境的关系研究[J]. 重庆交通学院学报,1994,13(4):30-36.

[5] 王智济,魏海燕. 论自然灾害和环境效应[J]. 中国地质灾害与防治学报,1999,10(1):1-7.

[6] 殷坤龙. 瑞士滑坡及其研究概况[J]. 中国地质灾害与防治学报,1999,10(4):104-107.

[7] 欧正东,卿春和. 重庆市巫山县城北门坡地质灾害发育特征及工程防治方案研究[J]. 中国地质灾害与防治学报,1998,9(3):21-28.

(责任编辑　蒋崇玲)

万方数据