

Research on Characteristics and Preventions of Paroxysmal Geological Disasters in Zhejiang Based on the System Theory of Man and Environment

Lei Zhang^{1,2}, Yishun Zhang², Zhaoli Shen¹

¹ China University of Geosciences (Beijing), School of Water Resources and Environment, Beijing, 100083, China

² Geological Environment Monitoring Center of Zhejiang Province, Hangzhou, 310007, China

Email: geostony@126.com, zys2001ren@163.com, shenzl@cugb.edu.cn

Abstract: Zhejiang Province, located in the coastal areas of southeast in China, is a relatively developed province in China. There are frequent geological disasters in the region, which have been considered as the fourth disaster after traffic accidents, floods and fires. The paroxysmal geological disasters triggered by human activities account for more than sixty percent of the total. Based on the analysis of the present situation of the paroxysmal geological disasters and the inducing factors, this paper puts forward the preventive measures for Zhejiang's geological disasters from the perspective of the system theory of man and environment.

Keywords: the system of man and environment; Zhejiang province; paroxysmal geological disasters

基于人与环境系统论的浙江省突发性地质灾害特征与防治措施研究

张 磊^{1,2}, 张义顺², 沈照理¹

¹ 中国地质大学(北京), 水资源与环境学院, 北京, 中国, 100083

² 浙江省地质环境监测总站, 杭州, 中国, 310007

Email: geostony@126.com, zys2001ren@163.com, shenzl@cugb.edu.cn

摘要: 浙江省是我国东南沿海经济较发达的一个省份, 但同时也是地质灾害频发的省份。地质灾害已成为浙江省仅次于交通、水灾和火灾的第四大灾害。浙江省由人类活动所引发的突发性地质灾害占有地质灾害的六成以上。本文在分析了浙江省突发性地质灾害的现状及诱发因素的基础上, 从人与环境系统论的角度入手, 提出了浙江省应对突发性地质灾害的防治措施。

关键词: 人与环境系统; 浙江省; 突发性地质灾害

1 引言

人类与其赖以生存的环境构成了一个复杂的系统。在这个系统中, 人是主体, 环境处于从属地位, 但环境也会反作用于人这个主体^[1]。它们之间的关系, 就是人对环境的依附和环境对人的影响, 特别是在人的作用下环境产生变化后对人的影响, 也可以说是人对自然环境的利用、改造和自然环境给予人的一切反馈, 是一种互为因果的关系^[2]。

浙江省是东南沿海经济较发达的一个省份。全省陆域面积 10.18 万平方公里(其中突发性地质灾害易发

区面积约 6.67 万平方公里, 占全省陆域面积的 65.5%), 占全国的 1%, 常住人口 4900 万, 占全国的 3.8%, 人口密度为全国之最。近年来, 随着“康庄工程”的完成和“新农村建设”不断深入, 全省农村道路和居住环境大为改善。与此同时, 由于许多不规范的建设活动, 对地质环境的破坏也愈加严重^[3], 加之近年来气候异常, 降雨较多, 地质灾害已成为浙江省仅次于交通、水灾和火灾的第四大灾害。全省已查明的滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷等地质灾害及隐患点 6961 处, 其中 4000 余处地质灾害隐患威胁着数万人的生命与数亿元财产安全。

本文将从人与环境系统论的角度，深入分析浙江省突发性地质灾害的发育特征，阐明人对地质环境的影响，及遭到破坏了的地质环境对人的反作用，提出应对突发性地质灾害的防治措施。

2 浙江省突发性地质灾害现状

浙江省突发性地质灾害主要包括滑坡、崩塌、泥石流和地面塌陷四种类型，主要分布于浙西北、浙西南和中南等丘陵山区^[4]。从2003年到2008年灾情统计表（表1）中可以看出，浙江省突发性地质灾害以滑坡为

主要类型，占总数的67.13%；其次是崩塌，占25.17%；泥石流数量较少，占7%；地面塌陷最少，占0.7%。另外，2009年1月至8月，全省共发生各类地质灾害182起，造成18人死亡，13人受伤。在第8号台风“莫拉克”影响期间，全省引发各类地质灾害125起，其中造成人员伤亡的有6起，造成15人死亡、10人受伤，直接经济损失达1.2亿元。据不完全统计，浙江省突发性地质灾害中，60%以上是由人类工程活动所引发的，部分地区这个比例高达90%以上。

表 1. 近年浙江省突发性地质灾害统计表

年份	滑坡(起)	崩塌(起)	泥石流(起)	地面塌陷(起)	总计(起)	死亡人数(人)			经济损失(万元)
						死亡	失踪	受伤	
2003	44	14	2	2	62	1	0	0	354.55
2004	37	52	7	1	97	44	5	1	6182
2005	141	32	2	0	175	36	1	29	8499.88
2006	147	27	16	2	192	37	6	4	4301
2007	38	10	13	0	61	12	0	7	1868.4
2008	65	42	9	0	116	1	0	2	688.5
总计(起)	472	177	49	5	703	\	\	\	\

(注：资料来源于 2003 年~2008 年浙江省地质环境公报)

3 浙江省突发性地质灾害诱发因素

突发性地质灾害的诱发因素可以分为自然因素和人的因素。自然因素包括地形地貌类型、地质环境背景和气象降雨等。人的因素是指人在利用和开发自然环境的过程中对地质环境的影响和破坏。地形地貌类型和地质环境背景可称为是地质灾害发生的内在因素，而气象降雨和人对地质环境的破坏可称为地质灾害发生的诱发因素。

3.1 自然环境因素

3.1.1 地形地貌

浙江省的地形以切割破碎的丘陵山地为主要特色，地势由西南向东北呈阶梯状倾斜。浙西南山地多千米以上山岭，最高峰黄茅尖海拔1929m；中部多500m左右的山地丘陵，河谷盆地相间展布；北部和东部沿海为冲、海积平原、残丘和岛屿，平原高程仅3~7m，地势平缓，河网纵横。我省地貌形态复杂，地域差异明显，一般可分成：山地、丘陵、台岗地、河谷盆地和沿海平原5个类型。由于我省地形复杂，地貌形态多样，山高坡陡，为地质灾害的发生提供了有利条件^[3]。

3.1.2 地质构造

地质构造控制突发性地质灾害的发生与分布^[4]。浙江位于新华夏系第二巨大复式隆起地带的南段，界于秦岭和南岭两个巨型东西向复杂构造带之间，其地壳运动经历了地槽-地台-陆缘活动三大发展阶段和多次构造旋回。境内主要构造体系和构造型式有新华夏系、华夏系、东西向，南北向、北西向及山字型 and 旋扭构造等。华夏系为浙江省较古老的一个多字型构造形式，在浙西北古生界地层分布区保存较完整，有一系列NE40°~60°的褶皱、冲断裂、挤压带、片理，片麻理和一些大型拗陷、隆起及岩体展布。新华夏系是境内起主导作用的构造，以浙东中生代火山岩分布区最为发育，由一系列NE15°~30°的褶皱、冲断裂、挤压带、糜棱岩和一些呈雁行排列的盆地组成。华夏系、新华夏系与东西向构造互相复合，互相干扰，纵横交织，构成了浙江省的基本地质构造格架^[5]。

3.1.3 地层分布与岩土结构

浙江大地，以江山—绍兴大断裂带为界，浙西北为沉积岩地区，以软硬岩性的寒武系、奥陶系和震旦系地层为主，泥页岩或钙质粉砂岩与石灰岩互层较为

普遍，由于岩石成分、性质的差异，粉砂岩和页岩较易形成滑动面，并形成相对吸水层和隔水层，影响了岩体的整体性，较易引发斜坡地质灾害^[6]；浙东南自加里东运动之后，一直处在隆起状态，在变质岩基底上覆盖了深厚的中生代火山岩，是浙江山地灾害发生最多的区域^[7]。

此外，土壤类型与山区地质灾害关系十分密切，它不仅关系到山区地质灾害的类型，而且决定山区地质灾害运动的速度。在浙江有发育于泥页岩风化物的黄红泥、前泥盆系浅变质的混合岩风化物上发育的红松泥、黑色凝灰岩风化物形成的红泥土、黄泥土山地等土壤，因风化层深厚、土壤质地粘重、可塑性好，都较易发育突发性山区地质灾害^[4]。

3.1.4 气象降雨

浙江省属亚热带季风气候，全年平均降雨量1200~2200 mm，自西南向东北递减。浙东南沿海地区及西南山区降雨量最多，大约在1630~2200 mm；杭州湾两岸雨量最少，在1200 mm左右。

浙江省全年有二个主要雨季，第一雨季出现在5月初至6月底，即梅雨季，梅雨季节降雨强度不大，但持续时间长，全季雨量在300~700 mm之间，约占全年雨量的25%~38%，是地质灾害的易发生期；第二雨季为7月底至9月，即台风雨季，该季节降雨量受台风影响，降雨强度大，东南沿海一带受台风侵袭次数较多，是地质灾害较易发生期。浙江省突发性地质灾害的月际变化与降雨量一样呈现出明显的“双峰型”，6、9月份发生最频繁^[8]。

3.2 人的因素

据不完全统计，近半个世纪以来，全球半数以上的各类地质灾害是由人类活动诱发的。而对于浙江，由人类活动诱发的突发性地质灾害占六成以上，部分地区这个比例还更高。

浙江省经济发达，人类经济和工程活动规模巨大，在改善居住条件、交通状况和提高经济收入的同时，也使原有的较稳定的地质环境遭到了不同程度的破坏。这些年，由于人口的不断增长，山区群众大量新建房屋、斜坡垦殖和采伐森林等以满足生活需要；政府为改善农村交通状况，实施“康庄工程”，在广大山区实施道路施工。这些工程活动在给人类带来利益的同时，也给广大群众的生命财产安全带来了极大的威胁。原始植被遭到破坏，降低了山体的涵水性和

固土性；削坡建房、斜坡垦殖以及道路施工破坏了自然平衡状态，导致山体表面失衡，为滑坡、泥石流等灾害的发生提供了诱发因素。

2009年8月6日至15日，受第8号台风“莫拉克”影响浙江省发生125起地质灾害，其中造成人员伤亡的有6起，共造成15人死亡，10人受伤，倒塌房屋832间，灾毁耕地2400亩、灾损耕地15000亩，多处交通中断，直接经济损失1.2亿元。造成人员伤亡的6起地质灾害中，除诸暨的坡面泥石流外，其他5处滑坡所在坡体均受到人类工程活动的影响，或筑路切坡，或建房切坡，形成高陡临空面，降低了坡体的稳定性，增大了发生突发性地质灾害的机率。

2009年8月9日13时30分发生的瑞安金川乡李东村李山外自然村滑坡，造成滑坡造成1人死亡，6间二层民房倒塌。其诱发因素为人工切坡修建民房，山体被改造成阶梯状，形成较陡人工边坡，并且边坡安全防护不到位，边坡稳定性差（图1）。



图1. 李山外滑坡受损房屋及滑坡点地形图

2009年8月10日22时30分发生的泰顺县彭溪镇彭溪村老58省道岗头路段滑坡，冲毁下方7间民房，造成2人死亡，4人受伤。其原因也是修筑老58省道时形成的高陡人工切坡，破坏了坡体的稳定性（图2）。



图2. 彭溪滑坡受损房屋滑坡点遥感影像图

2009年8月13日23时30分发生的临安梓棚坞滑坡就是因为滑坡前缘切坡修路，形成边坡，改变了坡面的原始状况，降低了山体的稳定性。该滑坡掩埋通

村公路近 50 米，摧毁三层民房一栋，造成 11 人死亡，2 人受伤（图 3）。

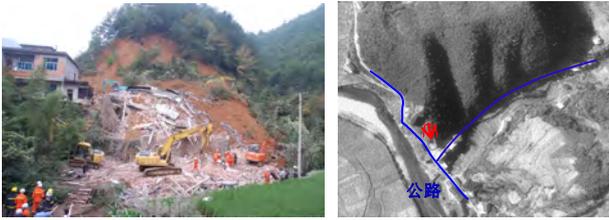


图 3. 梓棚坞滑坡现场滑坡点遥感影像图

在自然条件和地质环境因素一定情况下，处于人与环境这个系统中主动地位的人类，应在深入认识所处环境特点的基础上，合理开发和利用周围环境，只有这样，才能使环境充分为人类服务，从而有效避免类似于上述悲剧的重演，达到人与环境和谐共存。

4 浙江省突发性地质灾害防治措施

自古就有“七山一水二分田”的浙江，地质环境极其脆弱。但经历了漫长的地质演化过程后，天然的地质环境处于相对稳定的状态。结合这样的实际情况，笔者认为浙江省防治突发性地质灾害应该从人与环境这个系统的角度考虑。消除人对地质灾害的消极影响，应成为浙江省突发性地质灾害防灾减灾的重点。

第一，加强宣传教育，提高群众防灾意识。群众是受灾的主体，应利用广播、电视、报纸等新闻媒体和基层宣传板报、宣传标语以及宣传材料，加大对地质灾害的诱发因素、危险性、简单发灾讯号和避险措施等的宣传力度。加大广大中小学生地质灾害相关知识的教育，从娃娃抓起，使地质灾害防灾减灾知识深入人心。对广大企事业单位干部和职工进行集中教育，充分发挥广大干部职工在防灾减灾工作中的骨干作用。

第二，加强工程建设管理，从源头保护地质环境免遭破坏。浙江省 60% 以上的突发性地质灾害都是由人为工程活动诱发的，因此，必须严格执行重大建设项目地质灾害危险性评估制度。对在地质灾害易发区内的建设项目，在规划时就应该认真做好地质灾害危险性评估工作，并对有可能产生的地质灾害实施有效的防治措施，以尽量减少建设工程遭受、诱发或加剧地质灾害的风险。

第三，深化农村基层地质灾害防治工作，规范农民建房和生产活动。对农民选址建房进行严格管理，

广大基层土管员和村干部应该结合地质灾害基本知识，协助农民建房选址。对于农民斜坡垦殖和森林砍伐应加强检查，对于在有可能发生滑坡或为泥石流发生提供启动物源的边坡上进行的耕种和植被破坏要严格禁止。

第四，结合地质灾害调查工作，主动处置地质灾害隐患。对于已调查出的地质灾害隐患点进行详细分析，对于方便治理的，视情况采取生物防治和工程治理，排除隐患；对于难于治理或治理费用较高的隐患点，采取搬迁避让的措施。

第五，建立专业监测与群测群防互补的长效机制。由于地质灾害点多面广，专业监测人员和力量有限，这就要发动广大群众，建立地质灾害群策群防机制。群测群防具有监测人员多、持续时间长、监测范围广、成本低等特点，能有效的弥补专业监测队伍的不足。这样逐步实现对重大地质灾害隐患点实施专业监测预警，对其他地质灾害隐患则发动当地群众开展群测群防，实现专业监测与群测群防互补的长效机制，从容有序的应对突发性地质灾害^[9]。

第五，加强行政管理，建立健全地质灾害防治机构与制度。多方筹集地质灾害防治资金，为地质灾害防治工作提供经费保障。

5 结语

由地形地貌、地质构造、地层分布与岩土结构等因素构成的浙江省地质环境条件极为脆弱，加之 5、6 月份的梅雨季和 6 月至 9 月的台风雨季降雨量较大，以及不合理的人类工程建设活动对地质环境的破坏，使突发性地质灾害成为威胁我省人民生命财产安全的重要因素。

虽然自然环境因素不可控制，但人类可以认识它的规律，在利用环境的同时，减轻环境对人类的威胁，从而达到人与环境的和谐共处。因此，在实际工作中，要正确实施人类工程建设活动，合理开发和利用环境为人类提供的空间和资源，尽可能减少对地质环境的破坏；对于已发现的地质灾害隐患，应发挥人的主观能动性，主动出击，消除隐患。只有这样，才能顺利完成“社会主义新农村”建设，实现构建“和谐浙江、平安浙江”的目标，使浙江能够真正实现可持续发展。

References (参考文献)

- [1] Long Shengzhao. The Basic Theory and Application of Man-Machine-Environment System Engineering[M]. Beijing: Science

- Press, 2004.122(Ch).
龙升照.人-机-环境系统工程理论及应用基础[M].北京:科学出版社.2004.122.
- [2] Long Shengzhao. Advances in Man-Machine-Environment System Engineering[M]. Beijing: Maritime Press, 2005.258-261(Ch).
龙升照.人-机-环境系统工程研究进展[M].北京:海洋出版社.2005.258-261.
- [3] Wang Zhouping. Current situation of geological disasters and the prevention measures in Zhejiang Province. *Journal of catastrophology*, 2001, 16(4):63-66(Ch).
王洲平.浙江省地质灾害现状及防治措施[J].灾害学, 2001, 16(4):63-66.
- [4] Tang Zengcai, Yuan Qiang. Types and Distribution of Geologic Disasters in Zhejiang Province. *Journal of catastrophology*, 2007, 22(1):94-97(Ch).
唐增才, 袁强.浙江地质灾害发育类型和分布特征[J].灾害学, 2007, 22(1):94-97.
- [5] Zhejiang Bureau of Geology and Mineral Resources. Regional Geology of Zhejiang[M]. Beijing: Geological Publishing House(in Chinese). 1989:499-526(Ch).
浙江省地质矿产局.浙江省区域地质志[M].北京:地质出版社. 1989:499-526.
- [6] Wang Shenfa, Yu Jianqiang, Chen Heping, et al. Study on the correlation between mountain hazards and soil genesis category in Zhejiang province. *Journal of Zhejiang University (Agric. & Life Sci.)*, 2003, 29(2):220-224(Ch).
王深法, 俞建强, 陈和平等. 浙江山地灾害与土壤发生学类型的相关研究[J]. 浙江大学学报, 2003, 29(2):220-224.
- [7] Wang Shenfa, Wang Yuangao, Hu Zhenzhen. Actuality of Hill Sliding and Its Cause in The Mountainous Region of Zhejiang Province. *Journal of Zhejiang University*, 2000, 18(4):373-376(Ch).
王深法, 王援高, 胡珍珍. 浙江山地滑坡现状及成因[J]. 山地学报, 2000, 18(4):373-376.
- [8] Chen Haiyan, Pan Xiaofan, Wu Lihong. Analysis of Meteorological Feature of Mud-rock Flow in Zhejiang. *Journal of catastrophology*, 2005, 20(1):61-64(Ch).
陈海燕, 潘小凡, 吴利红. 浙江泥石流气象特征分析[J].灾害学, 2005, 20(1):61-64.
- [9] Gou Min. Developing Characteristics and Preventions of Geological Disasters in Yunnan Province. *Journal of Hebei University of Engineering (Social Science Edition)*, 2009, 26(2): 15-17(Ch).
苟敏.云南地质灾害的发育特征及防治对策[J].河北工程大学学报(社会科学版), 2009, 26(2):15-17.