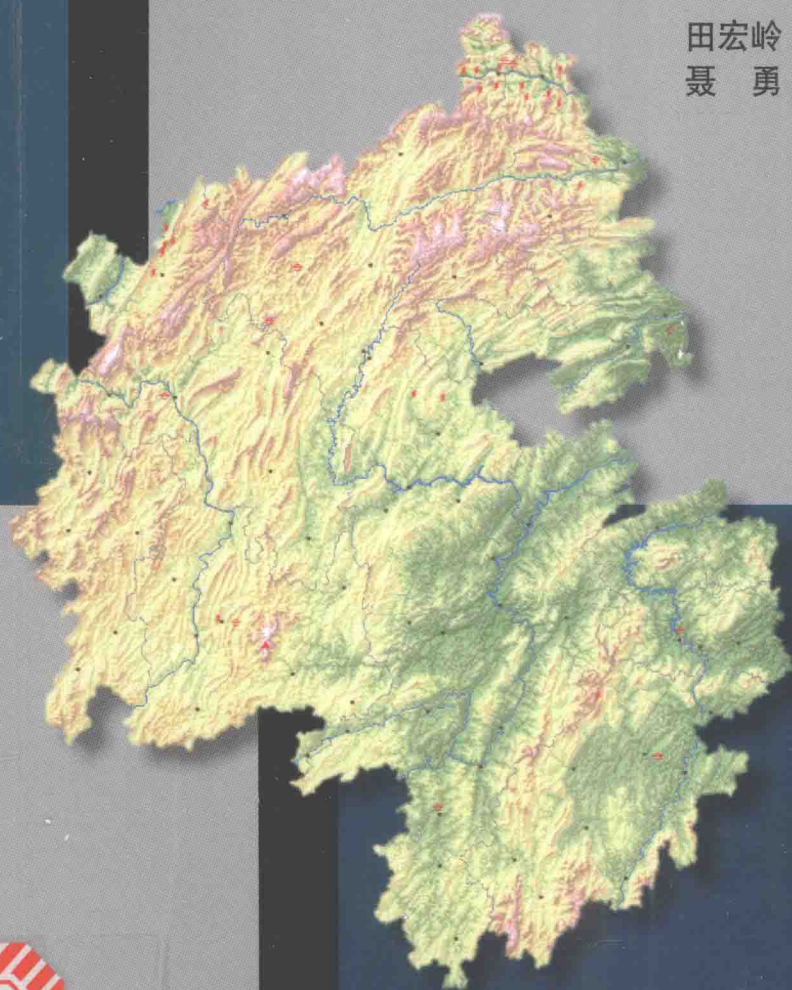


贫困地区山地灾害风险 与监测预警技术研究

田宏岭 张建强 樊晓一 著
聂 勇 杨宗佶 林家元



科学出版社

国家科技支撑课题 (2012BAH33B02)

国家自然科学基金 (41471429)

联合资助

中国科学院 STS 项目 (KFJ-EW-STs-094)

贫困地区山地灾害风险与监测 预警技术研究

田宏岭 张建强 樊晓一 著
聂 勇 杨宗佑 林家元

科学出版社

北 京

内 容 简 介

中国贫困人口主要分布于山区、少数民族区域。以滑坡、泥石流为代表的山地灾害与此范围基本一致,山地灾害严重影响了贫困人口的脱贫,极易造成脱贫人口的返贫现象。本书以贫困与山地灾害关系为出发点,初步揭示了贫困与山地灾害之间的关系。并从风险理念出发,以我国最大的少数民族连片贫困地区——武陵山区为例,示范并建立了适用于贫困地区的多尺度(省区级、地州级、县级)山地灾害监测与预警方法体系,内容包括区域灾害时空特征分析、基于遥感方法的灾害识别、建立于灾害历史数据基础上的区域灾害易发性分析、基于诱发因素的区域灾害危险性趋势预警等。最后,根据风险理念,提出了适用于扶贫的减灾建议。

本书可供民政或国土管理部门参考,也可供相关专业研究人员或技术人员借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

贫困地区山地灾害风险与监测预警技术研究 / 田宏岭等著. —北京: 科学出版社, 2016. 4

ISBN 978-7-03-047832-0

I. ①贫… II. ①田… III. ①贫困山区-山地灾害-风险评价②贫困山区-山地灾害-监测系统 IV. ①P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 058823 号

责任编辑: 张井飞 / 责任校对: 张小霞

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2016 年 4 月第一次印刷 印张: 9 3/4

字数: 188 000

定价: 118.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

经过 30 多年的扶贫，至 2013 年年底，我国仍有 8200 多万贫困人口，如果参考国际标准，还有两亿多人（国务院扶贫办副主任郑文凯，2014-10-14）。而灾害总是与贫困、少数民族地区以及山区紧密相连。其中的山地灾害更是由于其可预报性差、暴发时间短、破坏性大等特点，给山区人民尤其是贫困边缘人群带来巨大的冲击，常常导致脱贫人口返贫或本身就处于贫困之中的贫困户落入更深层的贫困之中。基于上述原因，对山地灾害与贫困风险的研究对于目前的扶贫工作具有积极意义。

在国家科技支撑课题“贫困地区灾害风险评价与灾害管理技术”（2012BAH33B02）、国家自然科学基金资助项目“震后松散堆积层降雨滑坡预警阈值与预警方法研究”（41471429）、中国科学院 STS 项目“川藏铁路山地灾害分布规律、风险分析与防治试验示范”（KFJ-EW-ST5-094）的联合资助下，本书以灾害风险理念为基础，以遥感的快速识别灾害体及受灾对象为主要手段，结合地理信息系统的地质处理模型及数据管理能力，研究贫困地区山地灾害风险与监测预警方法。

本书共分 8 章，各章节内容如下：

第 1 章 贫困。简要介绍著作中所用到的贫困、贫困脆弱性、贫困风险等相关概念。

第 2 章 山地灾害。简要介绍山地灾害的概念与分类、评价方法、监测与预警方法等。

第 3 章 贫困与山地灾害。分析灾害与贫困之间的关系。

第 4 章 武陵山区及其山地灾害与贫困。介绍研究示范区——武陵山区的基本情况，分析示范区灾害特点及成灾机理，贫困与山地灾害关系，恩施土家族苗族自治州（简称恩施州）山地灾害致贫风险评价，山地灾害实地调查。

第 5 章 山地灾害监测预警。以武陵山区典型灾害为例，进行遥感监测；以武陵山区为例，进行降雨诱发山地灾害趋势预警。

第 6 章 基于降雨诱发的区域山地灾害趋势预警系统设计。为软件开发提供相关的系统设计方案。

第7章 县级应用示范。以湖北省恩施州咸丰县为例，展示场地尺度灾害的监测与预警。

第8章 面向扶贫的山地灾害减灾建议。根据研究结果，提供给相关部门扶贫减灾时参考。

其中，张建强编写山地灾害易发性与危险性分析部分，樊晓一编写山地灾害野外调查部分，杨宗佶编写山地灾害预警部分，聂勇、林家元编写山地灾害遥感监测方法，其余部分由田宏岭编写。全书由田宏岭统稿。

本书作为科技支撑计划项目“扶贫空间信息系统关键技术应用与示范研究”成果的一部分，得到了国务院扶贫办，农业部规划设计研究院，研究示范应用区湖北省恩施州、咸丰县民政部门的大力支持与帮助。

研究及著作中用到“湖北省地质环境总站”完成的恩施州、咸丰县地质灾害调查资料及部分结论、山地所汪阳春团队提供部分山地灾害监测所用高分辨率无人机遥感图像；山地所科技信息与传播中心王伟老师给予大量文献资料方面的支持与帮助；国务院扶贫办王小林主任、北京师范大学武建军教授、民政部遥感中心总工杨思全高级工程师等专家给予课题多次指导和详细建议，科学出版社对于本书的出版给予了倾力支持，在此一并感谢！

限于研究人员自身的专业和经历，对于贫困问题理解有限；以及研究区域跨越多省市和数个部门，研究资料收集存在相当大的困难，研究当中有认识错误、不足或观点、资料错误之处，敬请指正！

作 者

2016年2月23日于成都

目 录

前言

第 1 章 贫困	1
1.1 贫困的定义	1
1.2 贫困的成因	2
1.3 贫困的识别	2
1.4 贫困与自然灾害	3
1.5 自然灾害加剧山区贫困	4
1.6 贫困地区易受灾原因	4
第 2 章 山地灾害	6
2.1 山地灾害分类	6
2.2 山地灾害种类	6
2.3 山地灾害常见灾种介绍	6
2.4 山地灾害的特点	17
2.5 山地灾害的成因	17
2.6 山地灾害评价	19
2.7 山地灾害监测	23
2.8 山地灾害预警	26
第 3 章 贫困与山地灾害	29
3.1 山地灾害致使贫困的方式与表现	29
3.2 山地灾害致使贫困风险	32
3.3 贫困对山地灾害的反馈——加剧山地灾害	33
第 4 章 武陵山区及其山地灾害与贫困	35
4.1 基本情况	35
4.2 山地灾害	42
4.3 贫困	81
4.4 山地灾害致使贫困风险评价	85
4.5 武陵山区山地灾害与贫困关系再审视	95

第5章 山地灾害监测预警	97
5.1 基于遥感方法的山地灾害监测	97
5.2 基于降雨方法的宏观山地灾害趋势预警	103
第6章 基于降雨诱发的区域山地灾害趋势预警系统设计	120
6.1 背景与相关定义	120
6.2 需求概述	122
6.3 功能需求	123
6.4 性能需求	127
第7章 县级应用示范	129
7.1 研究区简介	129
7.2 山地灾害监测	132
7.3 山地灾害预警	138
第8章 面向扶贫的山地灾害减灾建议	144
参考文献	146

第 1 章 贫 困

本书内容并非主要研究贫困，因此，本章只对书中所涉及的贫困内容进行简要阐释。

1.1 贫困的定义

贫困（Poverty）问题是一个世界性难题。中外学者有关贫困的定义有很多种，“贫困”一词在引入学术研究领域后内涵变得更加丰富。在国外，最初人们只是从收入和消费的角度来定义贫困，以郎特里（Rowntree，1899 年）、加尔布雷斯（Galbraith，1958 年）、汤森德（Townsend，1971 年）为代表。而后，逐渐超越了这一界定。例如，《牛津简明社会学辞典》将贫困解释为：“一种缺乏资源的状态，通常是缺乏物质资源，但有时也包括缺乏文化资源（张大维，2011）。”联合国开发计划署（UNDP）在 1996 年的《人类发展报告》中将贫困界定为：“贫困不仅指低收入，也指医疗与教育的缺失、知识产权与通讯权的被剥夺、不能履行人权和政治权力、缺乏尊严、自信和自尊。”诺贝尔经济学奖获得者阿马蒂亚·森指出：“贫困不仅仅是贫困人口收入低下的问题，而是意味着贫困人口缺少获得和享受正常生活的能力，或者说贫困的真正含义是贫困人口创造收入的能力和机会的贫困。”世界银行在《2000/2001 世界发展报告：反贫困》中对贫困进行了补充，指出，除了上述内容外，贫困还指对灾害的脆弱性和对风险的暴露以及在政治生活中没有声音和权利，这些因素严重束缚了人们选择过上有尊严生活的能力。从某种意义上讲，在一定的条件下，贫困就是灾害，灾害意味着贫困，这种贫困与灾害互为因果的关系在偏远山区和农村地区尤其明显（World Bank，2003）。

在国内，很多学者也对贫困进行了不同的界定。童星、赵冬缓、胡德海、李小云、胡鞍钢、汪三贵、黄承伟等人的界定均产生了较大影响。

借鉴已有研究，本研究将贫困界定为：人们无法获得足够的经济收入来维持一种生理上的要求，及其所拥有的基本生存资源、人力资源及社会参与资源低于其所认同的最低标准的生活状态，一般包括物质、经济、能力和权利等方面的缺乏状态。

1.2 贫困的成因

根据维基百科的定义,从发展经济学角度讲,贫穷就是缺乏生活机会,有以下五个维度:经济的、人类学的、政治的、安全相关的、社会文化的。

以下因素都有可能导致贫困:

(1) 个人因素:“病态性”的因素,即将贫穷视为行为、选择或缺乏能力所导致的后果;

(2) 家庭因素:将贫穷归因于家庭的教养过程;还有可能是因为高昂的医药费而陷入贫穷;

(3) 次文化因素:将贫穷归因于一个社群中借由学习及分享所得的生活模式;

(4) 社会因素:将贫穷视为其他人(包括政府及经济体系)所造成的后果;

(5) 结构性因素:贫穷是社会结构所导致的;

(6) 文化因素:如把贫穷归咎于过度消费;

(7) 气候与环境因素:如气候变暖带来极端气候及影响水资源,使土地不宜耕种及畜牧,形成粮食供应短缺及生计问题而陷入贫穷。

1.3 贫困的识别

贫困人口及其分布区域的有效瞄准和识别是新阶段连片特困区农村扶贫开发需要解决的首要问题。对于贫困人口的判断失误将直接导致扶贫救助资源的浪费,而且把真正需要帮助的人排挤在外,严重损害扶贫工作的效率。

传统的识别贫困区域及贫困人口的贫困测算方法主要是基于农民收入这一指标,单单依靠收入指标往往不能准确识别贫困个体及其贫困特征,造成该扶不扶现象(王艳慧等,2013)。伴随贫困概念向能力与权利方向的延伸,贫困的测度也由单一的收入拓展到教育、权利、资源等多领域的综合度量,多维贫困概念的提出正是该趋势的反映(王素霞、王小林,2013)。利用多维贫困的概念,从多维角度把握贫困的实质,并进行多维贫困的具体度量和分析成为近年来国内外研究的焦点。

贫困识别通常可分为家庭或个体识别和地理识别两种。地理识别是指以不同尺度的地理单元为单位进行的贫困识别。贫困人口数量少且分布较分散的国家贫困识别大多是在个体和家庭尺度开展的,但中国农村贫困面依然很大、剩余贫困人口分布具有明显区域性特征决定了未来较长的一段时期,中国的扶贫

项目瞄准仍需要以区域瞄准为主,即需要对贫困区域进行地理识别和认定(徐勇、刘艳华,2015)。

贫困识别的方法与模型较多,可参考相关文献,并非本研究的主要目标,后续章节中将针对研究示范区进行简单的识别。

1.4 贫困与自然灾害

在我国,贫困地区多处于西北、西南,呈块状、片状分布在高原、山地、丘陵、沙漠、喀斯特等地区,这些地区也是自然灾害的高发区。

不难发现,贫困与灾害总是相伴而生的。一方面,由于贫困地区的脆弱性更高,因此更容易受到灾害的侵袭。灾害过后,发达地区依靠其积累的资本会很容易恢复,而贫困地区如果没有外界的帮助则很难恢复到以前的生活水平。另一方面,灾害的发生加大了贫困地区的贫困程度。贫困人口在很大程度上是由于灾害造成的,“因灾致贫”、“因灾返贫”是造成我国贫困人口数量居高不下的主要原因之一。以汶川大地震为例,此次地震大大加深了灾区的贫困程度,根据试点村和典型村推算,51个极重或重灾区因灾返贫率大幅提高,贫困发生率由灾前的30%上升到60%以上,据110个村的典型调查,农民人均纯收入从2000多元下降到千元以下(中国发展门户,2008)。根据民政部2010年全国民政事业统计季报(2010年第四季度)数据显示,2010年农作物受灾面积3742.6万公顷,受灾人口4.3亿人次,成灾面积占受灾面积的49.5%(民政部,2010)。贫困村大部分农户都受到自然灾害、病虫害和环境退化事件的打击,其比例分别占到76.7%、79.9%和57.9%(李小云等,2004)。

对于贫困与灾害关系的研究,已有大量的学者分别从定性与定量的角度予以了分析论证,可以看出灾害是导致我国扶贫工作难有成效的关键因素之一。王国敏定性地指出自然灾害总是与贫困相伴随,且呈正相关关系。自然灾害对人类生产和生活的破坏作用日益加重,从而导致一部分农村人口处在贫困线上,或使一部分已经脱贫的人们重新返贫,使得我国全面建设小康社会的任务更加艰巨(王国敏,2005)。张晓定量地分析了水旱灾害与农村贫困的关系,研究发现:按成灾面积比例和受灾面积比例估算灾害弹性分别为0.26和0.17,即水旱灾害对农业生产的破坏平均每提高10%,农村贫困发生率便会增加2%~3%(1.7%~2.6%)(张晓,1999)。

世界银行在20世纪90年代的研究中发现,80%以上的穷人并不是“总是穷”,而是“有时穷”,原因是他们难以抵挡各种自然灾害侵袭,从而陷入贫困或

返回贫困的境地。国家统计局农村社会经济调查总队调查的结果表明：自然灾害是大量返贫的主要原因，2003 年的绝对贫困人口中有 71.2% 是当年返贫人口。在当年返贫农户中，有 55% 的农户当年遭遇自然灾害，有 16.5% 的农户当年遭受减产 5 成以上的自然灾害，42% 的农户连续 2 年遭受自然灾害（国家统计局农村社会经济调查总队，2004）。

1.5 自然灾害加剧山区贫困

贫困地区往往缺少灾害抵御能力和灾后恢复能力，因此，同样的灾害会造成更为严重的贫困后果。

历史上，最贫困的人一般都居住在最危险的地方，地理上的困难村也大多位于远离交通干道的偏远地区，生态地理和自然环境较差，这些地方更具为脆弱（曲玮等，2010），自然灾害发生的频率也相对较高，而一旦灾害发生，其贫困程度必然加深。

无论是灾害发生前，还是灾害发生时，以及灾害发生后，贫困地区和贫困边缘人群在物质和能力上的不足，也加剧了贫困程度的进一步深化。

灾害发生前，贫困人群的防灾能力相对较差，表现为经济结构单一、文化素质低下、思想观念落后、物资基础薄弱、防范技能缺乏，避灾的可行能力不足。

灾害发生时，贫困人群的减灾能力相对较弱，表现为房屋质量差、抵御能力弱、避灾知识少等。以房屋为例，由于房屋质量普遍较差，这些房屋更易于遭受损坏，贫困者仅有的资产被剥夺也就最彻底。

灾害发生后，贫困人群的重建能力相对缺乏，表现为对原有基础破坏大、可用资金物质少、外界援助进入难、恢复重建难度较大、所需时间长。

更为不幸的是，发生灾害后，贫困程度加深的社区，更为脆弱。如果灾害再次发生，则贫困越陷越深，如此循环往复，导致该区域的极度贫困。

1.6 贫困地区易受灾原因

1.6.1 自然环境脆弱

从自然环境的脆弱性和历史的范畴看，贫困地区往往脆弱性较强，其更容易发生灾害，这就增加了贫困地区加剧贫困的可能。历史上，最贫困的人一般都居住在最危险的地方，困难村也大多位于远离交通干道的偏远地区，生态地理和自

然环境较差,这些地方更具有脆弱性,灾害发生的频率也相对较高,而一旦灾害发生,其贫困程度必然加深。

1.6.2 经济基础设施薄弱,抵御灾害能力有限

从可行能力和现实的范畴看,在灾害发生的前、中、后三个阶段,贫困地区和困难人群表现出防灾、减灾和重建的可行能力不足,从而也加剧了贫困程度的进一步深化。一方面,在灾害发生以前,贫困地区和困难人群的防灾能力相对较差,表现为经济结构单一、文化素质低下、思想观念落后、物资基础薄弱、防范技能缺乏,避灾的可行能力不足;另一方面,当灾害发生时,贫困地区和困难人群的减灾能力相对较弱,表现为房屋质量差、抵御能力弱、避灾知识少等。以房屋为例,由于房屋质量普遍较差,在遭遇灾害时更易倒塌,贫困者仅有的资产被剥夺也就最彻底。

1.6.3 灾后重建能力困难

在灾害发生后,贫困地区和困难人群的重建能力相对缺乏,表现为对原有基础破坏大、可用资金物质少、外界援助进入难、恢复重建难度较大、所需时间长。最后,从贫困和未来的范畴看,这些发生灾害后贫困程度加深的贫困地区,其更大的脆弱性和更低的可行能力又会招致灾害的再次发生,如此循环往复,贫困地区将变得更加贫困。

由此可见,灾害风险、脆弱性、可行能力与贫困具有内在的规律和逻辑关联。在集中连片少数民族贫困地区,这种关联体现得更为充分。从某种程度上说,在同样的灾害发生时,受脆弱性、可行能力等因素的影响,贫困地区的受损会更大。

1.6.4 人口素质不高,灾害风险意识淡薄

人口素质包括知识层次通常是衡量地区发展水平的常用指标,也可反映该地区遭遇灾害时人们的应急反应水平。较高的人口素质可以使受灾者在灾害发生时做出正确的反应,减少灾害损失。但是由于农村贫困地区居民普遍人口素质较低,灾害风险意识淡薄,缺乏应对灾害的技能和基本常识,灾害发生时无法及时做出正确的反应,且灾害发生后自救能力相对较弱,习惯于等待救援,既延误了最佳救灾时机又加大了灾害损失。此外,公共卫生资源的薄弱和匮乏及其发展滞后,既增大了由于对污染和废物处理不当所带给人们的健康风险,又使得在灾害发生后灾民无法得到及时救助,易引发相关疫病(张大维,2011)。

第2章 山地灾害

2.1 山地灾害分类

山地灾害有广义和狭义之分。

广义的山地灾害指发生在山区的各种自然灾害。在中国发生的各种自然灾害中，除海啸和海侵等少数灾害外，大部分灾害均可发生在山区。

狭义的山地灾害指发生在山区的各种特有自然灾害，包括泥石流、滑坡、崩塌、山洪、雪崩等，可被称为山地特有灾害（mountain specific hazard）。

2.2 山地灾害种类

山地灾害较为常见的种类有泥石流、滑坡、崩塌、山洪、冰崩、雪崩、水土流失等7种，前6种为突发性山地灾害，水土流失为渐进性山地灾害，也有人称为缓发性山地灾害。

泥石流、山洪、滑坡、崩塌是我国主要的山地灾害类型，其中泥石流、滑坡危害最为严重，每年都造成大量人员伤亡和财产损失，严重地影响到各地经济的持续发展和社会的安定，引起各国政府的高度重视，被列为联合国《减轻自然灾害十年》的两个重要灾种（王成华、吴积善，2006）。

2.3 山地灾害常见灾种介绍

山地灾害种类较多，其成灾机理由于物质组成的不同而各不相同，如泥石流是固体、液体混合物质；崩塌主要为硬质岩类；而滑坡既有土质滑坡，又有岩质滑坡，更有碎石土滑坡；山洪主要为高速流动的流体。因此各灾种内部机理相差较大。鉴于本书的主要读者对象，本章节汇集了常见的山地灾害灾种：崩塌、滑坡、泥石流成灾机理及近期灾害事例，以便读者参考。

2.3.1 崩塌

崩塌概念分广义与狭义两种。

狭义的崩塌指斜坡上的岩土块体在长期重力作用下向坡下弯曲，最终发生断裂、倾倒的块体运动现象（国家防汛抗旱总指挥办公室等，1994）。广义的崩塌还包括坠落。

坠落是指斜坡上呈悬空状态的岩土块体长期在重力作用下弯曲而折断，以自由落体方式运动的现象。

斜坡上的岩土体已有变形迹象，但还没有崩塌坠落下来，称为危岩。

2.3.1.1 崩塌类型

崩塌分类方案有多种，表 2-1 列出常见的分类方案。

表 2-1 常见的崩塌分类方案

分类依据	类型	简述
块体方位	坠落式 倾倒式	斜坡上悬空的岩土体呈悬臂梁受力状态而发生断裂，以自由落体方式脱离母体； 斜坡上岩土体受重力发生弯曲，最终断裂、倾倒而脱离母体
体积/m ³	特大型 大型 中型 小型 落石	>1000 100 ~ 1000 10 ~ 100 1 ~ 10 <1
物质	岩崩 土崩	物质为岩质； 物质为土质
块体规模	崩塌 坠落 剥落	大规模整体运动，范围大； 个别块体的运动，范围小； 岩屑崩落，剥落后所暴露出的坡面依然是稳定的
运动方式	坠落式 跳跃式 滚动式 滑动式 复合式	崩塌块体呈自由落体方式自由运动； 崩塌块体碰撞地面呈跳跃方式运动； 崩塌块体沿坡面呈滚动方式运动； 崩塌块体沿坡面呈滑动方式运动； 崩塌块体在坡面上呈多种复合方式运动

2.3.1.2 崩塌的发育环境条件

崩塌多发生于温差很大的大陆性气候区,新构造运动强烈的抬升地区,尤其是间歇式抬升地区和高山峡谷区,以及寒冻风化地带。

崩塌的发生环境条件可划分为内部条件和外部条件两大类。

1) 内部条件

地层岩性、坡体结构、高陡的临空面等。

2) 外部条件

降雨、温差、地下水、地表水、地震、植被、人为活动等。

其中,内部条件是崩塌发生的根本,外部条件常常起到激发或加剧的作用。

2.3.1.3 近期灾害

2014年5月24日上午10时左右,由于连续强降雨,湖南省古丈县境内省道S229线56~57km处,罗依溪镇黑潭坪路段多处山体滑坡、路基冲毁,造成S229省道交通中断,200余台车辆无法通行。

2014年11月28日13时20分左右,受连日阴雨影响,恩施土家族苗族自治州巴东县绿松坡镇锦衣村发生一起山体崩塌,崩塌体250余立方米,坠落高度约100m,造成两人死亡,部分基础设施受损。

2.3.2 滑坡

滑坡是斜坡岩土体在重力作用下,沿着贯通的剪切破坏面所发生的整体滑移的现象。

2.3.2.1 危害

滑坡常常给工农业生产以及人民生命财产造成巨大损失,有的甚至是毁灭性的灾难。

滑坡对乡村最主要的危害是摧毁农田、房舍、伤害人畜、毁坏森林、道路以及农业机械设施和水利水电设施等。位于城镇的滑坡常常砸埋房屋,伤亡人畜,毁坏田地,摧毁工厂、学校、机关单位等,并毁坏各种设施,造成停电、停水、停工,有时甚至毁灭整个城镇。发生在工矿区的滑坡,可摧毁矿山设施,伤亡职工,毁坏厂房,使矿山停工停产,常常造成重大损失。

2.3.2.2 分类

为了更好地认识滑坡和治理滑坡,需要对滑坡进行分类。但由于自然界的地

质条件和各种作用因素复杂,各种工程分类的目的和要求又不尽相同,因而可从不同角度进行滑坡分类,根据我国的滑坡类型可有如下的滑坡划分。

1) 按规模

- (1) 小型滑坡: 滑坡体积小于 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$;
- (2) 中型滑坡: 滑坡体积为 $10 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3$;
- (3) 大型滑坡: 滑坡体积为 $100 \times 10^4 \sim 1000 \times 10^4 \text{ m}^3$;
- (4) 特大型滑坡 (巨型滑坡): 滑坡体体积大于 $1000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

2) 按滑动速度

(1) 蠕动型滑坡: 人们只凭肉眼难以看见其运动, 只能通过仪器观测才能发现的滑坡;

(2) 慢速滑坡: 每天滑动数厘米至数十厘米, 人们凭肉眼可直接观察到滑坡的活动;

(3) 中速滑坡: 每小时滑动数十厘米至数米的滑坡;

(4) 高速滑坡: 每秒滑动数米至数十米的滑坡。

3) 按滑坡体的物质组成和滑坡与地质构造关系

(1) 覆盖层滑坡, 本类滑坡有黏性土滑坡、黄土滑坡、碎石滑坡、风化壳滑坡。

(2) 基岩滑坡, 本类滑坡与地质结构的关系可分为均质滑坡、顺层滑坡、切层滑坡。顺层滑坡又可分为沿层面滑动或沿基岩面滑动的滑坡。

(3) 特殊滑坡, 本类滑坡有融冻滑坡、陷落滑坡等。

2.3.2.3 形成条件

一是地质条件与地貌条件; 二是内外营力 (动力) 和人为作用的影响。第一个条件与以下几个方面有关:

1) 岩土体类型

岩土体是产生滑坡的物质基础。一般说, 各类岩、土都有可能构成滑坡体, 其中结构松散, 抗剪强度和抗风化能力较低, 在水的作用下其性质能发生变化的岩、土, 如松散覆盖层、黄土、红黏土、页岩、泥岩、煤系地层、凝灰岩、片岩、板岩、千枚岩等及软硬相间的岩层所构成的斜坡易发生滑坡。

2) 地质构造条件

组成斜坡的岩、土体只有被各种构造面切割分离成不连续状态时, 才有可能向下滑动的条件。同时, 构造面又为降雨等水流进入斜坡提供了通道。故各种节理、裂隙、层面、断层发育的斜坡, 特别是当平行和垂直斜坡的陡倾角构造面及

顺坡缓倾的构造面发育时,最易发生滑坡。

3) 地貌条件

只有处于一定的地貌部位,具备一定坡度的斜坡,才可能发生滑坡。一般江、河、湖(水库)、海、沟的斜坡,前缘开阔的山坡、铁路、公路和工程建筑物的边坡等都是易发生滑坡的地貌部位。坡度大于 10° ,小于 45° ,下陡中缓上陡、上部成环状的坡形是产生滑坡的有利地形。

4) 水文地质条件

地下水活动在滑坡形成中起着主要作用。它的作用主要表现在:软化岩、土,降低岩、土体的强度,产生动水压力和孔隙水压力,潜蚀岩、土,增大岩、土容重,对透水岩层产生浮托力等。尤其是对滑面(带)的软化作用和降低强度的作用最突出。

就第二个条件而言,在现今地壳运动的地区和人类工程活动的频繁地区是滑坡多发区,外界因素和作用,可以使产生滑坡的基本条件发生变化,从而诱发滑坡。主要的诱发因素有:地震、降雨和融雪、地表水的冲刷、浸泡、河流等地表水体对斜坡坡脚的不断冲刷;不合理的人类工程活动,如开挖坡脚、坡体上部堆载、爆破、水库蓄(泄)水、矿山开采等都可诱发滑坡,还有如海啸、风暴潮、冻融等作用也可诱发滑坡。

2.3.2.4 时间分布规律

滑坡的活动时间主要与诱发滑坡的各种外界因素有关,如地震、降雨、冻融、海啸、风暴潮及人类活动等。大致有如下规律。

1) 群发性

有些滑坡受诱发因素的作用后,立即活动。如强烈地震、暴雨、海啸、风暴潮等发生时,进行不合理的人类活动,如开挖、爆破等时,都会有大量的滑坡出现。

2) 滞后性

有些滑坡发生时间稍晚于诱发作用因素的时间。如降雨、融雪、海啸、风暴潮及人类活动之后。这种滞后性规律在降雨诱发型滑坡中表现最为明显,该类滑坡多发生在暴雨、大雨和长时间的连续降雨之后,滞后时间的长短与滑坡体的岩性、结构及降水量的大小有关。一般讲,滑坡体越松散、裂隙越发育、降水量越大,则滞后时间越短。此外,人工开挖坡脚之后,堆载及水库蓄、泄水之后发生的滑坡也属于这类。由人为活动因素诱发的滑坡的滞后时间的长短与人类活动的强度大小及滑坡的原先稳定程度有关。人类活动强度越大、滑坡体的稳定程度越