

广东沿海区域可持续发展中的地质灾害防治

朱照宇^{1,2}, 谢先德^{1,2}, 黄宁生^{1,2}, 周厚云¹, 谢久兵¹, 欧阳婷萍^{1,2}, 文启忠¹

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 广东省可持续发展协会, 广州 510040)

摘要: 广东沿海陆地表层地质灾害时空分布不均匀, 近年来引起地质灾害加剧的主要因素之一是人类活动。人类对边坡和植被的改造是在沿海地区现有的地质环境背景下地质灾害多发的主要动力源。文中提出了广东省防灾减灾的 8 项建议, 这将对本省率先实现现代化和实施区域可持续发展具有促进作用。

关键词: 地质灾害; 人类活动; 防灾减灾; 可持续发展; 广东沿海

中图分类号: P694 文献标识码: A 文章编号: 1000-3665(2003)02-0022-04

根据新的野外考察资料以及近 50 年来文献资料^[1~16]的综合分析, 对广东沿海陆地地质灾害的时空分布特征和规律进行了新的研究, 分析了其发生和加剧的原因, 提出了 8 项防灾减灾措施和建议。

1 地质灾害概况

根据野外考察和收集的 348 个地质灾害点和各县市水土流失状况建立了灾害数据库并编制了灾害分布图。据此, 对沿海各地区地质灾害的空间分布进行了分析(表 1)。

从表 1 可见, 广东沿海东部地区强震($M_s \geq 4.1/4$)

活动次数最多, 地震强度最大^[2]; 由西向东, 强震活动次数和强度逐渐增加, 而且其发生最强地震的年代也逐渐趋晚, 这似乎反映了一种地震活动由西向东逐渐迁移并逐渐加强的趋势。水土流失和港口淤积最严重的是粤东区, 主要发生于饶平、普宁、南澳、惠来、海丰、丰顺、陆丰、揭西、和揭阳等地。粤中区的斜坡灾害(崩塌、滑坡、泥石流)和地面变动灾害(地面沉降、地面塌陷、地基下沉)最为严重, 这些灾害主要发生于东莞、从化、中山、台山、阳江、阳西和新兴等地。地裂缝频发在粤西区的阳江以西和雷州半岛区, 尤其是遂溪、湛江、雷州和徐闻。

表 1 广东省沿海各地区主要陆地地质灾害点及水土流失强度分布

Table 1 Distribution of major geological hazards and soil erosion along the coast of Guangdong Province

市(区)	地 震			斜坡灾害	地面变动灾害	地裂缝	港口淤积	水土流失面积(km^2)	水土流失强度($\%$) [*]
	次数	最大震级	发生年份(a)						
粤东	13	7.1/4	1918	25	4	0	12	1992.8	9.00
粤中	10	5.3/4	1870	78	29	5	3	968.2	2.67
粤西	9	6.1/4	1611	44	4	19	6	1103.4	5.23
雷州半岛	1	4.1/4	1407	18	3	63	2	303.4	4.61
合计或平均	33	7.1/4	1918	165	40	87	23	4367.8	5.38

注: 水土流失强度是指水土流失面积占该地区全部田地面积的比例。

从图 1 描绘的广东省地质灾害月发生频次和月损失量可见, 地质灾害的发生和损失是逐步上升的。例如, 自 1994 年以来, 月发生频次从 1 次逐渐上升到 8 次; 月损失量(死亡人数和经济损失)有两个高峰年, 分别是 1997 年和 2000 年。

2 地质灾害发生因素

广东沿海地质灾害的主要因素为 3 类: 地质环境因

素、气候气象因素和人类活动因素, 前二者为自然因素。

2.1 自然因素

地质环境因素可归为 3 大类, 即构造不稳定、斜坡不稳定和地面不稳定因素。构造不稳定主要问题之一是断裂的活动性。活动断裂是诱发强烈地震的主要构造^[3~5,8], 也是引起崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝和地面塌陷等因素之一^[6,7,16]。另一主要问题是地壳的垂直升降运动, 其导致了隆起区和拗陷区形成与演化, 控制了沉降建造的分布。在沉降区的平原及三角洲地带, 沉积层中夹有大量软土, 持力极差, 因而其危害性极大^[7]; 在隆起区则由于坡度和高差加大而引起斜坡灾害和水土流失的发生^[11]。

斜坡不稳定因素主要受控于斜坡坡度、坡长和坡

收稿日期: 2002-09-25; 修订日期: 2002-12-09
基金项目: 广东省重点自然科学基金(021446)和广东省科技攻关项目(960900 和 2002B30905)
作者简介: 朱照宇(1950-), 男, 研究员, 博士, 主要从事环境演化、全球变化与资源-环境-可持续发展研究。E-mail: zhuzy@gig.ac.cn

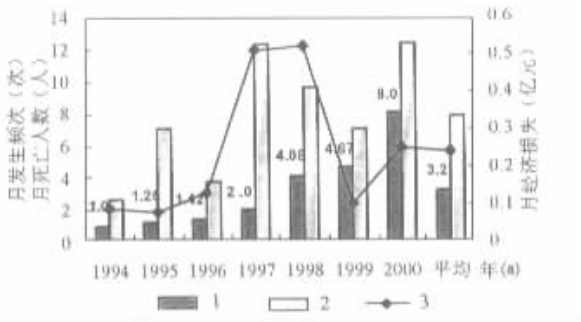


图 1 广东省近年地质灾害损失的每年月平均数值

Fig.1 Mensal loss caused from geological hazards in Guangdong Province in recent years

向。斜坡失稳主要导致水土流失、崩塌、滑坡、泥石流等灾害发生^[10~12,15]。研究结果表明,多数崩塌和滑坡多发生于 30°以上的坡地上。不同的坡向造成日照时间、气温、降雨量和降雨强度的差异。坡长与坡度共同影响着斜坡灾害的产生。

地面不稳定性主要源于某些土体的不良物理化学性质。广东沿海分布较广的、不稳定地面的土体主要有软土、胀缩土和残积风化土。平原区软土的变形、蠕变甚至流动会造成地面变形、沉降、开裂和塌陷。胀缩土由于含有大量蒙脱石和伊利石而具有吸水膨胀和失水收缩两种变形特征,往往使地基随着季节性气候变化产生反复的不均匀沉降进而导致地裂缝的形成^[9];含有高岭石和蒙脱石等矿物的风化残积土主要分布于丘陵、台地或埋藏于三角洲平原松散沉积层之下,极易在水的作用下产生滑动、流动,形成斜坡灾害。

气候气象因素主要源于灾害性天气。广东沿海地区大部分位于北回归线以南,主要属亚热带季风气候区,而雷州半岛则属热带季风气候区。尽管本区热量丰富且雨量充沛,但却存在着台风、暴雨和干旱等灾害性天气。台风活动过程中伴有狂风、雷雨、巨浪和暴雨潮,其多发期为 7~11 月份,占全年总数的 79.8%。此外,在大风和台风引起的海浪作用下会引起海岸侵蚀和崩塌等灾害^[12]。广东沿海年降雨量多在 1360~2050mm 之间,导致各主要入海河流的径流量、含沙量和输沙量较大,同时各河道及港湾淤积严重。通过降水量、降水强度和持续时间 3 个因素影响地表地质灾害的发生,暴雨能在短时间内激化斜坡危险区并使其失稳。此外,长时间连续降水降低了土体力学强度并增加了土体孔隙水压力,这也是坡面失稳的主要因素之一。

2.2 人类活动因素

广东沿海地区到 2000 年人均 GDP 已达 11000 元;

年末人口达 8642.17 万人,增长率居全国前列。人类活动已成为强大的地质动力,对地质环境造成巨大影响。有记录的地面沉降和地面塌陷的 77% 以上是由人类活动造成的(图 2)。我们对粤西区若干地表土壤进行的¹³⁷Cs 同位素示踪研究表明,¹³⁷Cs 在湛江湖光岩山顶土壤中含量最高,在雷州石荊岭山顶次之,而在其它地区的低台地上基本无含量(图 3)。这说明,自 60 年代中期以来,湖光岩(公园游览区)和石荊岭(部队雷达站营区)人类活动破坏小,水土流失较小,而其它地区受频繁的人类活动影响表层土壤已被大量剥蚀,使水土流失加剧。

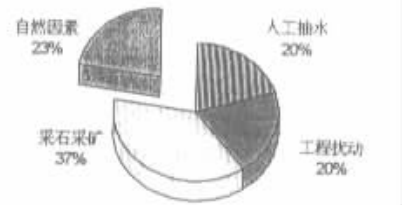
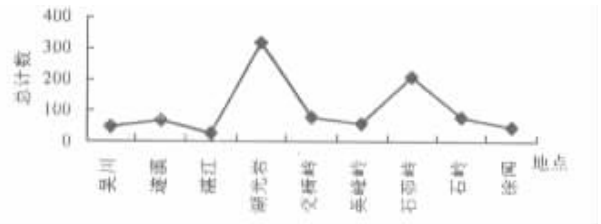


图 2 地面变动灾害成因百分比图

Fig.2 Percentage of hazard origin of surface deformations

图 3 不同地区表土中¹³⁷Cs 总计数Fig.3 Total counts of ¹³⁷Cs of soils in difference areas

灾害类型分布和灾害区划的结果^[17]表明,从广东东部边缘向西到惠东的大鹏半岛一带以及粤西的阳江到电白一带有几个重灾区,且面积较广,地表主要发育了酸性岩浆岩的红壤类风化壳,这是地质灾害频发的不良地质条件。除了北部山地外,大部分地区的地形坡度不大,而植被覆盖率却不高。因此,造成地质灾害较为严重的主要原因之一是由于大量建设工程、城镇建筑、交通和水利设施的兴建,开挖边坡,改变坡形,加大了坡度角,使坡面失稳引起斜坡灾害,其主要分布在铁路和公路沿线、露天开采区及工程建筑开挖区。在粤中区的珠江口两岸也存在两个重灾区,这里分别是东莞-深圳(经济特区)和中山-珠海(经济特区)经济发达地区^[7,16]。近年来这里加强环境保护和地质灾害防治工作,包括植树造林和治理水土流失,这将逐步控制地质灾害的加剧。雷州半岛的重灾区位于由第四系北海组和湛江组碎屑岩层组成的台地地区,其土质松散、含大量胀缩土,这是其易于产生水土流失和地

裂缝的最主要的地质环境原因。而大量种植桉树是本地裂缝产生的诱发因素。雷州半岛的湛江市是广东沿海以地下水作为城市供水主要水源的城市,自 1956 年集中开采地下水以来,该市直径约 22.5km 的范围内产生地下水下降漏斗并诱发区域性地面沉降,至 20 世纪 90 年代初,其累计沉降量已达 85.49 ~ 110.35mm。粤东区的地面沉降主要是由于建设工程基础处理不当,导致的软土地基变形和沉陷而造成的。而粤东区严重的水土流失及其伴随的港口淤积,主要是由于在韩江中上游大量砍伐森林和垦植坡地从而降低了地面抗侵蚀能力所致。

1997 年地质灾害多发且损失严重的直接原因是当年台风暴雨频繁发生。然而,2000 年的气候比较正常,无较大的灾害性天气异常,但该年却是地质灾害的月发生频次和月损失量的高发年。分析了当年发生的主要灾种之后,发现这种高发现象是由人类工程活动直接造成的人员伤亡和经济损失所导致的。从地质灾害时空分布来看,其发育强度与分布规律与地质环境和人类活动密切相关。当前,人类活动所引起的地质灾害的加剧已经可与自然因素相提并论。

3 地质灾害防灾减灾措施

为了保障广东省沿海经济建设健康、安全地可持续发展,提出了 8 项地质灾害防灾减灾建议:

(1) 根据不同的地质环境质量区,采取不同的经济开发利用方式与防灾减灾措施。

在粤东区应重点防范地震、防治地面沉降和水土流失等地质灾害。在潮汕平原,在土地开发利用和重大工程建设中要防范活动断裂的复活和地震发生。同时,要防范饱和砂土地震液化或软土震陷。对于以软土为地基的建筑工程,应充分重视基础的处理和持力层的选择。在北部丘陵山地区,水土流失的治理工作应以小流域为单元进行综合治理,需根据不同的自然条件和流失类型采取不同的方式,如生物治理和工程治理等。

在粤中区和粤西区,应重点防治软土地基变形和斜坡灾害。在珠江三角洲,应根据软土层分布范围、影响范围、影响程度和风险度,结合社会经济发展进行防治规划,对软土地基要进行加固处理和动态监测。在台地丘陵区,应建立斜坡(尤其是工程建设所造成的高危险斜坡)稳定性监测防护体系,防治崩塌、滑坡、泥石流的发生。在岩溶和泥页岩发育区,应严格控制地下水开采量,监督矿山开发的安全措施,防止地面塌陷等灾害的发生。

在雷州半岛,应重点防治地裂缝、地面沉降和水土流失等灾害,并防范台风、带的风暴潮引发的海岸地质灾害。应开展地裂缝灾害成因的专题勘查,采取以生物治理为主以工程治理为辅的有效措施。在湛江市应建立地面沉降动态、监测、预报和防治系统,限制地下水开采量。在海岸工程建设中应考虑防范、避让风暴潮灾害的措施。

(2) 根据《全国地质灾害防治工作规划纲要》制定广东省新的“减灾十年、持续发展”规划。并且在近年来发布了一系列有关地质环境保护和地质灾害防治的文件。新规划的制定将可以遏制地质灾害的加剧。

(3) 由省人民代表大会立法,制定地质环境管理和地质灾害防治的法规和条例;建立并健全在制定区域发展规划以及申报建设项目之前必须进行地质环境评价和地质灾害评估的规章制度;规定凡在广东省行政区内从事工程建设活动的单位和个人必须遵守这些法律和法规条例。

(4) 建立广东省防灾减灾与环境管理专家咨询机构,协助政府和有关部门制定、完善和执行有关法律法规,其中包括建设项目地质灾害危险性评估的规范和细则,使评估工作真正达到有量化依据可循。

(5) 建立和完善广东沿海海陆地质灾害与自然灾害数据库和地理信息系统以及监测-预警-应急系统。向各级政府决策部门及其它相关机构提供地质灾害的信息,为政府部门进行灾害治理和预防预报工作、为减灾防灾教育等提供依据,并为相关机构进行地质灾害调查和研究工作提供辅助手段。可以由省国土资源行政主管部门统一协调,由各县、市、省有关部门和有关科研机构、高等院校和企业协同,建立地质环境与灾害管理系统、监测系统和预警系统,定期对地质环境问题和地质灾害进行全面系统的调查研究和监测,定期发布公报或年鉴。对地质灾害作出预测和预警,在发生地质灾害后能够及时采取应急救援和减灾措施。

(6) 建立广东沿海若干典型地质灾害防治试验区,实施防灾减灾工程和预警-应急系统,以点带面。

(7) 以先进理论为指导,积极推广已经成熟的应用技术,充分应用现代技术方法,加速微电子技术、信息技术、计算机技术、新物探技术、3S(遥感、地理信息系统、全球定位系统)技术^[18~20]、同位素示踪技术及地应力测量技术等新技术的推广和应用,加快灾害监测仪器的研制和推广应用,引进必要的技术装备。

(8) 加快开展海洋地质资源和地质环境的调查、研究和开发利用。广东省海岸线长达 3368km,海岛 759

个,大小海湾、港湾 510 个,海域面积 $35 \times 10^4 \text{ km}^2$,这是发展广东海洋经济的巨大优势。尽快开发海水资源、海洋药物资源、稀有金属、稀土金属和粘土矿物资源,开发海底旅游和 21 世纪新能源—海洋天然气水合物等,这是目前我国海洋资源勘查与开发的重大研究和投资热点之一。

致谢:本研究得到了广东省科学技术厅、广东省地质环境监测总站、广东省地质矿产局水文地质工程地质一大队、广东省地质资料中心、水利部珠江水利委员会水政处和科学研究所以及广东沿海各地方政府的大力支持和热情帮助,在此一并致以诚挚的谢意!

参考文献:

- [1] 中国科学院南海海洋研究所. 华南沿海第四纪地质 [M]. 北京: 科学出版社, 1978, 31—41.
- [2] 陈恩民, 黄咏茵. 华南十九次强震暨南海北部陆缘地震带概述 [J]. 华南地震, 1984, (1): 11—32.
- [3] 刘以宣. 华南沿海的活动断裂 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1985, (3): 11—21.
- [4] 黄玉昆, 邹和平, 雷琼新生代断陷盆地构造特征及其演化 [J]. 中山大学学报论丛, 1992, (1): 1—10.
- [5] 张虎南, 陈伟光, 黄坤荣, 等. 华南沿海新构造运动与地质环境 [M]. 北京: 地震出版社, 1990, 1—295.
- [6] 谢浩球. 广东地质灾害概述 [J]. 广东地质, 1991, (3): 1—8.
- [7] 李建生. 珠江三角洲地区若干地质灾害问题 [J]. 水文地质工程地质, 1992, (5): 42—44.
- [8] 刘以宣. 南海新构造与地壳稳定性 [M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [9] 雷严问. 雷州半岛地裂缝基本特征及其发展趋势 [J]. 广东地质, 1995, (3): 43—49.
- [10] 夏法, 黄玉昆. 广东的地质灾害与地质环境 [J]. 自然灾害学报, 1995, (3): 83—91.
- [11] 朱照宇, 郑洪汉, 陈英旋, 等. 广东东江中上游水土流失综合灾害系 [A]. 资源、环境与持续发展战略 [C]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995, 557—560.
- [12] 詹文欢, 钟建强, 刘以宣. 华南沿海地质灾害 [M]. 北京: 科学出版社, 1996, 4—28.
- [13] 广东省国土厅. 广东省自然灾害图集 [M]. 广州: 广东地图出版社, 1996, 56—67.
- [14] 广东省防灾减灾年鉴编辑委员会. 广东省防灾减灾年鉴 (1997 年) [M]. 北京: 气象出版社, 1997, 14—62.
- [15] 李定强, 姚少雄. 水土保持与可持续发展理论与实践 [M]. 广州: 广东省地图出版社, 1998, 1—161.
- [16] 朱照宇, 周厚云, 钟健强, 等. 广东沿海陆地地质灾害时空分布特征 [J]. 热带海洋学报, 2002, 21(1): 18—26.
- [17] 朱照宇, 周厚云, 黄宁生, 等. 广东沿海陆地地质灾害区划 [J]. 地球学报, 2001, 22(5): 453—458.
- [18] 武强, 陈, 董东林, 等. 山西榆次地裂缝灾害评价的 GIS 与 ANN 耦合技术研究 [J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(2): 6—9.
- [19] 朱照宇, 周厚云, 文启忠, 等. 广东沿海陆地地质灾害系统与灾害动力学 [J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(3): 14—16.
- [20] 武健强, 余勤, 陈福春. 基于 GIS 的苏锡常地区地质环境现状评价 [J]. 水文地质工程地质, 2002, 29(3): 63—97.

Prevention and cure of geological hazards for regional sustainable development along the coast of Guangdong Province

ZHU Zhao-yu^{1, 2}, XIE Xian-de^{1, 2}, HUANG Ning-sheng^{1, 2}, ZHOU Hou-yun¹

XIE Jiu-bing¹, OUYANG Ting-ping^{1, 2}, WEN Qi-zhong¹

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China ;

2. Guangdong Association of Sustainable Development, Guangzhou 510040, China)

Abstract : The space-time distribution of geological hazards is uneven in the coast along Guangdong Province. One of the main forcing factors for the increasing of the hazards is the human activity, including destroying the slope and the vegetation in recent years. The 8 items of the suggestion about prevention and cure of geological hazards for the achievement of modernization and sustainable development in Guangdong Province are presented in this paper.

Key words : geological hazards ; human activity ; prevention and cure of geological hazards ; sustainable development ; Guangdong coast

编辑 赵继昌