维普资讯 http://www.cqvip.com

浙江地质灾害发育类型和分布特征*

唐增才，袁 强

（浙江省地质调查院，浙江 杭州 311203）

摘 要：从地形地貌、地质构造、岩土结构、水文气候及人类活动等方面简述了浙江地质灾害的发生背景，并进一步论述了浙江地质灾害的发育类型及时空分布特征。

关键词：地质灾害；地质环境；时空分布；浙江

中图分类号：P642 **文献标识码**：A **文章编号**：1000－811X(2007)01－0094－04

浙江省地处东海之滨，位于我国东南沿海的黄金地带——长江三角洲的南翼。全省面积10.18万km^2，海岸线总长2 253.7 km，岛屿众多。

1 地质灾害现状概述

浙江省突发性地质灾害主要表现为滑坡、泥石流、崩塌和地面塌陷等四种山地灾害（表1），主要分布于浙西北、浙西南和浙中南等丘陵山区。另外，地面沉降是浙江平原区最主要的地质灾害，目前以杭嘉湖平原、宁奉平原两地地面沉降最为严重（表2），温黄平原、温瑞平原两地也出现明显的地面沉降迹象[1]。

表1 近年浙江省突发性地质灾害统计表

年份	总数(起)	滑坡(起)	崩塌(起)	泥石流(起)	地面塌陷(起)	人员死亡(人)			经济损失(万元)
						死亡	失踪	受伤	
2003	62	44	14	2	2	1	0	0	454.55
2004	96	37	52	7	1	44	5	1	6 182
2005	198	141	32	2	0	36	1	29	8 499.88

表2 近年杭嘉湖、宁波地区地面沉降统计表

mm

区域	地面沉降评价因子	2003年	2004年	2005年
杭嘉湖平原沉降中心	累计沉降量	860	870.1	882.5
	年度沉降量	18.4	10.1	12.4
宁奉平原沉降中心	累计沉降量	489.2	494.4	497.9
	年度沉降量	4.6	5.2	3.5

2 地质灾害影响因子

2.1 地形地貌条件

浙江省地形复杂，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，最高山峰黄茅尖海拔1 929 m；中部多500 m左右的山地丘陵，数十个大小“红层”盆地错落分布其间；东北部平原区属长江三角洲一部分。按地表形态的相似性和地域间的差异性，全省大致可分成浙北平原区、浙西北中低山丘陵区、浙中丘陵盆地区、浙东低山丘陵区、浙南中低山地区和浙东南沿海丘陵、平原及滨海岛屿区等6个地貌单元（图1）。

浙北平原区 包括杭州湾以北的杭嘉湖平原和杭州湾以南的宁绍平原，受钱塘江强烈的潮流作用影响，两岸地貌动态变动较大。

浙西北中低山丘陵区 位于杭嘉湖平原和金（华）-衢（州）盆地以西，包括钱塘江中上游，最高峰清凉峰海拔1 787 m。

浙中丘陵盆地区 位于钱塘江中游，其干流衢江和支流婺江等横贯其间，形成一系列北东－南西向展布的地堑盆地，呈台丘或岗地和缓起伏。

* 收稿日期：2006－07－18

作者简介：唐增才(1980-)，男，江苏姜堰市人，工程师，主要从事区域地质、环境地质、灾害地质工作.
E-mail：xs_ tzc@163.com

维普资讯 http://www.cqvip.com

浙东低山盆地丘陵区　包括浦阳江、曹娥江、甬江等流域，以低山丘陵为主要地貌，山地之间分布着新昌、诸暨等白垩系红层断陷盆地。

浙南中低山区　位于金衢盆地和浙东低山丘陵区以南，面积约 3.3 万 km^2。

浙东沿海丘陵平原区　为陆上山脉伸入东海的延续部分，由丘陵和相间的河谷(或海湾)平原组成。

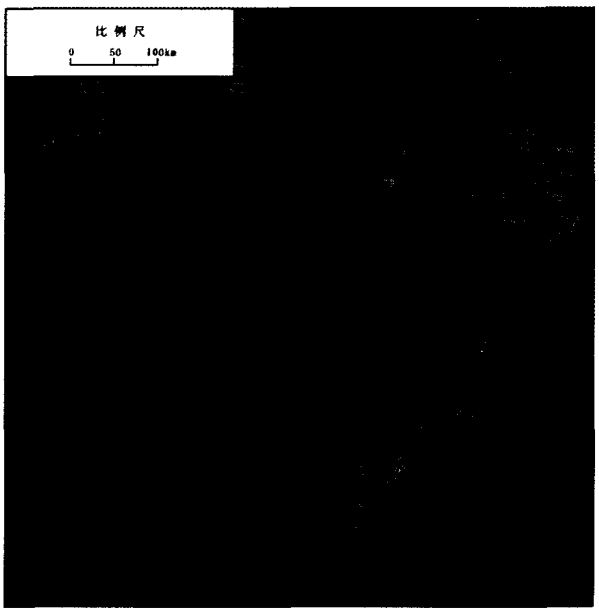


图 1　浙江省地形地貌分区图

2.2　地质构造背景

地质构造控制突发性地质灾害的发生与分布。首先，深大断裂发育区域，地质灾害呈带状分布；其次，火山构造分布区域，地质灾害呈斑块状分布；再次，新构造运动区域，地质灾害呈垂直分布[2]。

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、北西向及山字型和旋扭构造等。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[3]。

2.3　地层分布和岩土结构特征背景

浙江大地，以江山－绍兴深大断裂为界，浙西北长期承受沉积的作用，以古生代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[5]；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[4]。

此外，土壤与山地灾害关系十分密切，它不仅关系到山地灾害的类型，而且决定山地灾害运动的速度。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地灾害[5]。

2.4　水文气候条件

浙江省属亚热带季风气候区，年降雨量 1 200～2 200 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 1 600～2 200 mm；杭州湾两岸雨量最少，在1 200 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；第二雨季始于 7 月底至 9 月，即台风雨季，该季节降雨强度大，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。对应于雨季月际的“双峰型”[6]，浙江省突发性地质灾害也呈现出明显的“双峰型”。

2.5　人类活动因素

纵观地质灾害的成因、发展、发生的全过程，除自然因素外，人类工程活动是更重要的诱导因素。据不完全统计分析，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。

浙江省是全国经济较发达的省份之一，人类工程活动规模宏大，在给人类自身带来巨大利益的同时，也产生了许多严重环境工程地质问题，诸如矿山地下开采引起的地表沉降和地面塌陷问题；人工切坡、水耕梯田等引起的边坡失稳问题；排土场形成的泥石流灾害问题；大量抽取地下液体矿产引起的大面积地表沉降问题等等。

此外，生态环境、海洋环境、温差变化等也是影响地质灾害发生的重要因素。

维普资讯 http://www.cqvip.com

3 地质灾害类型和分布特征

地质灾害系统是一个复杂的开放系统和耗散体系。从形成演化上来看，当地质灾害系统远离平衡状态时，不可逆过程的非线性动力学机制所演化出的多样化“自组织”现象，如物质的分散与集中两种对立过程共同组成了地质灾害系统的动力机制；地质灾害系统的线性与非线性特征并存；有序性与无序性贯穿于地质灾害系统的整个发展演化过程中；模糊与精确两种数据并存于地质灾害系统中等[7]。

地质灾害较少孤立存在，在适宜条件下，常呈同类多发或异类伴生、派生、链生形成的群体[8]。如斜坡地质灾害群通常为彼此分离的滑坡、崩塌、泥石流构成或者崩塌引起滑坡，进一步引发泥石流；城市地质灾害群通常包括地基沉降、地面变形、垃圾堆放及水土污染；以及地面沉降引起的地下咸水入侵、土壤盐碱化、地下管道和隔水层破坏、水质污染等等。

3.1 突发性地质灾害

突发性地质灾害，主要指山地斜坡地质灾害，是水流和岩土地质体相互作用下致使岩土体发生变形破坏、滑移、坠落或流滚而酿成的灾害。它主要发生于山地小流域中，包括山体崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害。

斜坡系统作为开放体系，是由相互制约、相互联系的若干部分结合在一起的具有特定功能的整体，组成斜坡系统的各个部分之间以及系统与外部环境之间的物质、能量和信息的交换使系统不断地实现无序→有序、平衡态→近平衡态→远离平衡态的演化和发展，是一种确定性与随机性共存的过程[9]。

斜坡地质灾害具有点多、面广、来势凶、危险性强等特点，如2005年9月3日晚19～23时，临安市西部昌化地区遭遇特大强降雨，引发多处泥石流灾害，冲毁民房132间，死亡9人。

当前，斜坡地质灾害是浙江省危害最严重的地质灾害灾种。截止2005年底，浙江省滑坡、崩塌、泥石流等突发性地质灾害及隐患点5 865处，主要分布于杭州、温州、金华、丽水、衢州等地区（表3）。

表3 浙江省突发性地质灾害点分布统计表（至2005年底）

地区	滑坡（处）	崩塌（处）	泥石流（处）	合计（处）	2005年度			
					滑坡	崩塌	泥石流	合计
杭州	866	318	46	1 230	11	33	5	49
宁波	161	115	19	295	20	19	2	41
温州	608	465	43	1 116	47	49	8	104
湖州	137	37	3	177	14	0	0	14
衢州	404	182	30	616	1	1	0	2
绍兴	269	71	5	345	9	0	0	9
金华	556	249	87	892	20	8	10	38
台州	184	100	10	294	22	10	4	36
丽水	573	174	48	795	36	6	3	45
舟山	39	56	0	95	18	15	0	33
合计	3 807	1 767	291	5 865	198	141	32	371

此外，岩溶塌陷是浙江省的另一种突发性地质灾害，是可溶岩中的岩溶（含溶洞、溶孔和溶隙）发育到一定程度时，岩溶地质环境的平衡条件（一定发育程度的岩溶、岩溶上方一定厚度的岩土体和岩溶地下水系统）遭到破坏，岩溶上方岩土体产生直接或间接陷落的一种由岩溶动力地质作用所形成的自然灾害地质现象[10]。

浙江省岩溶塌陷灾害要发生于浙西北古生代地层之中，集中分布于浙西北中低山丘陵区和浙中丘陵盆地区。

3.2 缓发性地质灾害

地面沉降是一种累积性的地质灾害，具有影响范围大、影响时间长及不可逆的特点，对防洪排涝、土地利用、城市规划建设、航运交通等造成严

维普资讯 http://www.cqvip.com

重危害[10]。引起地面沉降的因素很多，诸如新构造运动、海平面上升、欠固结土的自然固结，以及地下流体运移引起土层压缩均可造成地面沉降。

杭嘉湖平原的地面沉降状况表现为以嘉兴城区为沉降中心，嘉兴王江泾、桐乡崇福、屠甸、乌镇、濮院、海宁长安、平湖城关、海盐武原等地下水集中开采的城镇为次一级漏斗中心的地面沉降漏斗[11]。

宁波地区地面沉降继续得到基本控制，2005年沉降漏斗面积190 km^2，中心年度沉降量3.5 mm。

温黄平原地区地面沉降迹象明显，累计沉降量超过50 mm的区域面积约550 km^2，最大累计沉降量超出1 000 mm，最大沉降速率超过30 mm/a。温岭横峰—牧屿—潘朗沉降区中心最大沉降量约1 000～1 300 mm。

温瑞平原永强地区地下水开采量持续增加，地下水位急剧下降，地面沉降发展迅速，中心累计沉降量大于300 mm，沉降中心沉降速率在30 mm/a左右。此外，乐清市天成、瑞安市汀田也出现。

另外，由于地下水开采，导致流场改变，在台州、温州局部地下水开采的地段，出现咸水内侵，淡水体缩小，水质变化等现象。

4 结语

当前，地质环境恶化已成为浙江经济发展的重大制约因素，地质灾害防治是一项十分艰巨的任务。在防治过程中，应以人口—资源—环境相互协调为原则，加强以下几方面的工作：

(1)加强地质灾害防治的理论研究工作，提高地质灾害的防治水平，建立地质灾害防治信息系统，逐步实现地质灾害监测、设计、施工一体化。

(2)加强地质灾害防治调查工作，采用全面规划与重点投入相结合的原则部署减灾活动，根据不同区域的地质灾害特点和减灾需要及减灾能力，进行分区减灾。

(3)加强地质灾害防治科普宣传工作，提高全民地质环境保护意识，共同做好环境保护和地质灾害防治工作。

(4)加强决策者、规划者与地质工作者之间的交流，协调好社会经济发展与合理利用自然资源的关系，积极发展循环经济，积极推进和谐社会的可持续发展之路。

参考文献：

[1] 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.

[2] 俞建强，王深法，王帅. 浙江突发性山地灾害与区域地质构造的相关性研究[J]. 浙江大学学报，2001，27(6)：606－610.

[3] 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.

[4] 王深法，王援高，胡珍珍. 浙江山地滑坡现状及其成因[J]. 山地学报，2000，18(4)：373－376.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 郭跃，林孝松. 地质灾害系统的复杂性分析[J]. 重庆师范学院学报，2001，18(4)：1－7.

[8] 刘广润. 地质灾害的群族性规律[J]. 中国地质灾害与防治学报. 1994，5(1)：1－4.

[9] 秦四清，张倬元. 非线性工程地质学导引[M]. 成都：西南交通大学出版社，1993.

[10] 史俊德，连冬香，杨士臣. 论岩溶塌陷问题[J]. 华北地质矿产杂志，1998，13(3)：264－267.

[11] 赵建康. 浙江省地面沉降现状及防治对策[A]//全国地面沉降学术研讨会论文集[C]. 上海：上海市地质调查院，2002：383－392.

Types and Distribution of Geologic Disasters in Zhejiang Province

Tang Zengcai and Yuan Qiang

(*Zhejiang Institute of Geological Survey*, *Hangzhou* 311203, *China*)

Abstract: This paper introduces background of geologic disasters in Zhejiang Province, in terms of physiognomy, geologic tectonics, rock-soil structures, hydrometeorology and human activities. The types of development and characteristics of spatial-temporal distribution of geologic disasters in this region are described also.

Key words: geologic disaster; geologic environment; spatial-temporal distribution; Zhejiang