

构造活动与地质灾害的相关性 ——浙西南山地滑坡、崩塌、泥石流分布规律

王帅¹, 王深法², 俞建强²

(1. 浙江丽水市国土资源局, 浙江 丽水 323000; 2. 浙江大学资源科学系, 浙江 杭州 310029)

摘 要: 在近 10a 来地质灾害普查和重点详查的基础上, 对浙西南山地进行了区域地质构造与地质灾害(隐患)点频的相关研究。结果表明, 构造活动可通过地貌、岩性蚀变、土壤发育和断层节理等间接或直接影响崩塌、滑坡和泥石流的形成。从而在其空间自然分布上, 表现为大地构造线控制下的带状分布、新构造运动影响下的垂直分布和火山构造赋予的斑块状分布规律。

关键词: 地质灾害; 大地构造; 新构造运动; 火山构造

中图分类号: P546; P548

文献标识码: A

1 研究区域及研究方法

1.1 研究区概况

1.1.1 区域划分

浙江省地质灾害主要分布于浙西南丽水市辖区的九县(市、区)和浙东南温州市辖区的文成、平阳、永嘉、瓯海等山地, 就地质灾害(患)点相对集中的范围而言, 大致可分为 5 个区域。①浙西南庆、云、龙、景区。包括庆元、云和、龙泉南部、景宁西部和南部, 它是近 10a 年来浙江省地质灾害最为频发、灾情最为严重、隐患点最多的区域; ②浙西南莲都、缙云区。包括莲都区北部和缙云县西部沿交通干线和矿山分布区, 以人为地质灾害为主要表现形式, 以火山构造与期后热液蚀变性质决定其灾害发生为特点; ③浙东南青田东部区。地质灾害(隐患)点主要集中中于黄洋、北山两个矿区, 其形成主要与采矿及暴雨有密切关系, 其次与火山热液和岩浆热液蚀变有一定关系; ④浙东南文成、平阳区。该区是浙江省的地质灾害频发区域, 是“破火山口”和“火山洼地”分布区, 曾被划为“文成一平阳滑坡剧烈活动、水土流失强活动危害段”¹⁾; ⑤浙东南温州瓯海、永嘉区。集中分布

于永嘉县南部和瓯海区北部, 地质灾害的发生类型以台风暴雨激发下的坡面型泥石流为主, 主要发生在山高坡陡和植被破坏、人为垦殖较为严重的地区。

浙西南庆、云、龙、景区与其它四个区域相比, 具有灾害点多而集中、人为作用干扰相对较小的特点, 能较为全面地反映灾害体自然发展的过程和规律。其次, 该区域的地质灾害调查资料也相对较为完整, 故作为本文重点研究、解析之对象。在此基础上对另外四个区域作地质条件对比或数理统计分析。

1.1.2 庆、云、龙、景区区域

该区域在大地构造上, 处于华南褶皱系(一级)、浙东南褶皱带(二级)、丽水—宁波隆起(三级)、龙泉—遂昌断裂(四级)的南部。区域呈北东向展布, 北西由新建—龙泉构造带(南西段)限定, 南东由余姚—丽水深断裂带南延段限定, 南西与福建相接(图 1)。该范围内地质灾害(隐患)点密布, 共计 181 个, 占丽水市辖区内总灾害点的 66.5%。浙江省 2000 年地质灾害防预案中所列的 24 个省级危险点中, 就有 10 个危险点分布于该区域²⁾。

1.2 资料来源与研究方法

1.2.1 资料来源

收稿日期: 2001-07-10; 改回日期: 2001-11-20。

基金项目: 浙江省重点科研项目研究内容之一。

作者简介: 王帅, (1957-), 男(汉族), 1981 年毕业于浙江大学地球科学系。曾在浙江省第七地质大队和丽水地区矿管局从事找矿和矿业管理, 现在丽水市国土资源局地质环境科工作; 联系电话: 0578-2132727。

1) 浙江省地质矿产研究所. 浙江省环境地质调查与评价, 1999. 3.

2) 浙江省 2000 年汛期地质灾害防预案, P. 5~6.

本研究资料来自以下五方面:

1. 1999 年丽水地区矿管局组织地质灾害大调查原始资料;

2. 浙江省地质七队提供的莲都区、庆元县、龙泉市、景宁县、青田县“地质灾害防治规划”中,经实地调查的 272 个地质灾害(隐患)点的原始数据;

3. 笔者对上述 272 个点中的 70 个重要地质灾害(隐患)的实地详查数据资料;

4. 浙江省及丽水地区 1/20 万与部分县市 1/5 万地质区调资料;

5. 2000 年新增地质灾害(隐患)点数据资料。本文中的统计数据如无特别说明,均截止至 2000—01。

1.2.2 研究分析方法

主要利用构造体系图、新构造运动形成的多级剥夷面分布图、火山机构分布图与地质灾害(隐患)点分布图,进行叠置分析。在弄清地质灾害(隐患)点空间分布规律的基础上,对地质灾害(隐患)点与各类构造进行相关性研究。通过研究与各类构造相应产生的热液蚀变引起的斜坡表层构造与物质的变化,进一步确立不同构造及不同蚀变造成的地质环境变化特征。

2 分布特征

2.1 地质灾害(隐患)点生成的自然要素与构造活动密切相关

对以滑坡为主要表现形式的浙西南地质环境问题,历年来已有许多专家、学者进行过调查研究。致灾因素归纳为地貌、斜坡原始组成物质及蚀变性质、构造与蚀变、持续降雨与暴雨和人为作用等 5 个方面。其中后 2 个因素是外因,主要表现为地质灾害的触发(诱发)因素;前 3 个内因,反映出灾害体自身的致灾原因,即地质灾害生成的自然要素。

2.1.1 高山陡坡深谷的地貌

丽水市地处浙闽中山带结合部,辖整个浙西南地区 and 浙东青田县,总面积约为 1.73 万 km^2 。区域内海拔 500m 以上的丘陵山地面积占 94.7%,其中 $\geq 1000\text{m}$ 的中山面积约占 69%; $> 25^\circ$ 陡坡面积占

77.4%,其中 35° 的极陡坡占 35.6%,切割深度通常在 300m~400m。山高、坡陡、谷深是该区域地貌的最显著特征。

新构造运动在该区域以间歇性抬升为主,轨迹大体沿袭区域老构造发展,使得变质结晶基底及上覆的大面积中生代火山岩、陆源碎屑岩上升,进而转变为遭受强烈剥蚀的山地、丘陵地貌。同时由于间歇性的抬升与剥蚀在地貌上出现多级剥夷面,并伴有一定规模的残坡积物堆积,对地质灾害体的形成起了重要作用。

从丽水市地质灾害的垂向分布分析,地面的抬升状况是影响地质灾害是否发生的一个重要因素。据统计,在海拔 500m 以上的丘陵山地,地质灾害的发重量占到全市的 48.2%;特别是在低山—中山山地,虽然活动对山体的影响大为减弱,但灾害的发生量仍占到全市的 35.7%,而且灾情非常严重。可见,高山陡坡深谷的地貌在地质灾害的发生上起了极大的作用。

2.1.2 斜坡原始组成物质及蚀变性质

区域构造格架、火山构造及新构造运动决定了地层岩性的空间展布特征,更为重要的是对岩石的蚀变类型、土壤发生学类型起到了直接的控制作用,即原始组成物质及蚀变性质决定了风化壳的物理、化学特性,决定了土壤的颗粒组成、矿物学成分和土体构型,甚至影响到土壤中的有机质、胶体性质及生物区系。在农业生产中,不同的土壤类型决定了人们对土地不同的利用方式和利用强度。那么,土壤类型和地质灾害的发生情况之间是否有着一定的相关性呢?

从我们对丽水市庆元县土壤类型与地质灾害发生情况的相关性研究来看,土壤类型与地质灾害的发生有较为密切的关系,即不同的土壤类型之间,灾害的发生情况有着极大的差异。土属级土壤分类和灾害的发生情况统计显示:在 22 个土属中,有 9 个土属发生了地质灾害;其中,黄泥土和山黄泥土发生量最大,黄泥田、黄泥砂田和红泥土发生密度相对较高(表 1)。而这几类正是构造破碎带发育、分布最广的土壤。

表 1 庆元县不同土类发生地质灾害的情况

Table 1 The statistics of geological hazards by soil genus in Qingyuan County

土属	红松泥	红泥土	黄泥土	山黄泥土	酸性紫砂土	石砂土	红泥田	黄泥田	黄泥砂田
面积(km ²)	113.814	43.966	350.742	797.9153	4.788	314.783	22.041	44.834	9.189
灾害点(个)	12	6	27	26	1	6	1	11	15
灾害比例(%)	11.4	5.7	25.7	24.8	1.0	5.7	1.0	10.5	14.3
灾害点密度 (个/100km ²)	8.97	13.65	7.70	3.26	20.89	1.91	4.54	24.53	16.32

此外,原始组成物质之间、原始组成物质与蚀变风化物质之间,即不同岩性之间和岩、土之间的组合关系,也是影响岩土体的斜坡稳定性的重要因素。

2.1.3 构造与后期蚀变

调查资料表明,在宏观上灾害(隐患)点有沿断裂构造两侧一定宽度带有较高的分布密度。在丽水市,北东向展布的“新建—花桥构造带”与北北东向

展布的“壶镇—江根断裂带”之间,就呈现为一北东向展布的条带状地质灾害多发区。在面积约为8000km²的区域内,集聚了206个地质灾害(隐患)点,占丽水市总数的75.7%(图1)。这是由于断裂带内构造节理发育、岩体破碎、高岭土化强烈,所以的发生量明显高于其他区域。

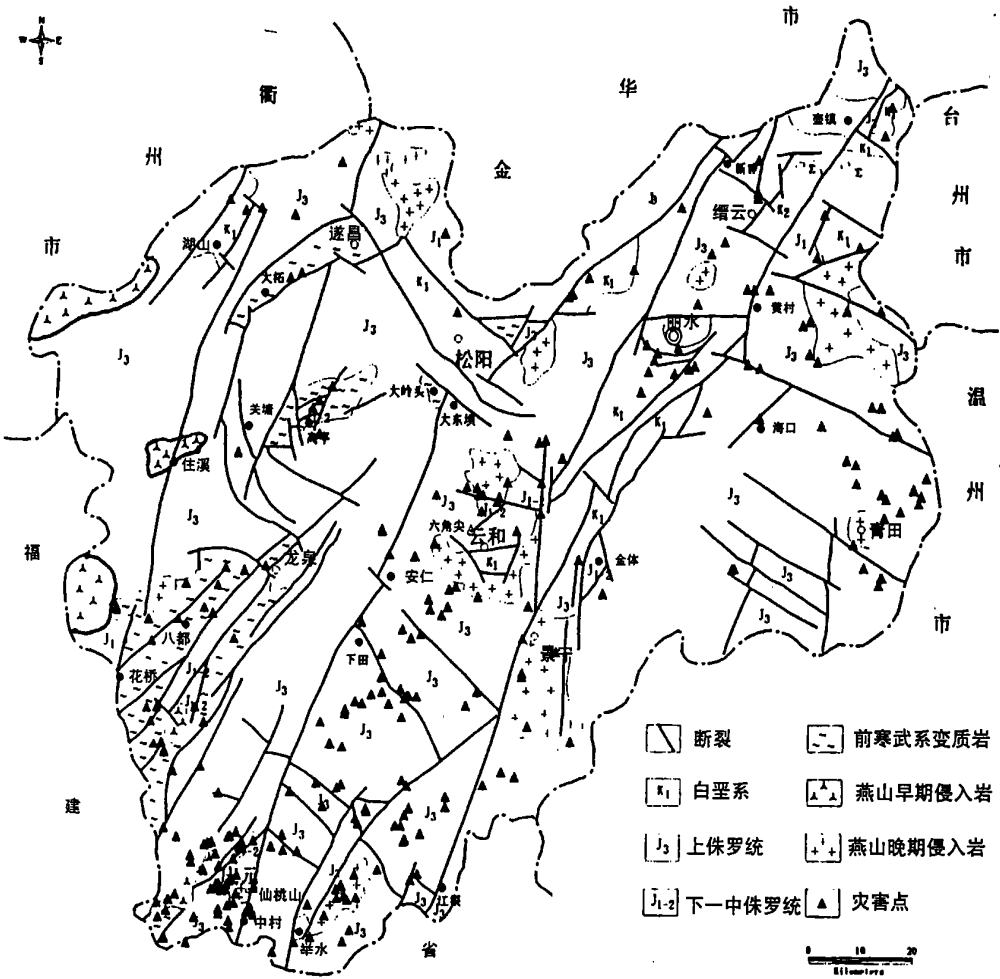


图 1 丽水市区域地质构造与地质灾害点分布图

Fig. 1 The map of regional geological structures and distribution of geological hazards

从微观上看,多数崩塌、滑坡的后缘壁,由断裂带组成或沿一组断层节理或多组断层节理追踪而成。1999 年发生在“丽浦公路”(3.25 崩塌)和“金温铁路”线上(4.21 崩塌)的两起山体崩塌就发生在这样的地质背景下。“3.25”崩塌位于云和县石塘镇西南 6km 范围内,该区域地质构造极其复杂,为多组断层线交汇处。其中最主要的有:40°、315° 和正南北走向的三组,形成交叉构造。实地测得岩体节理,有接近上述三组构造线的断层节理十分发育,分别为 25°、320° 和正南北走向节理。“4.21”崩塌同样处在三组构造线的交叉区,有三组断层线相交,即 45°~55°、330°~310°、10°在实地测得有两组节理特别发育(60°、310°),还有一组接近正东西向节理。从泥石流的发生情况看,它多发生在断层谷地中。例如 1991—09—17 萧山市许贤乡西山村的泥石流生在 N35° E 的断层谷地中,有二组几乎正交的节理(40°、倾角 90°;300°、倾角 70°)特别发育。

2.2 大地构造线控制下的带状分布规律

丽水市的地质灾害分布,展现了以北东向构造为主的总体格局(图 1)。多发区的南西部即为庆、云、龙、景区域,限定该区域的“新建—花桥构造带”南西段、“壶镇—江根断裂带”南段、“平阳—松阳大断裂带”中段(大东坡—金钟段),累计长度约为 200km,受其影响的带两侧总共有地质灾害(隐患)点 72 个,占丽水市总量的 26.54%。

“新建—花桥构造带”南西段长约 80 余 km,主要由龙泉背斜及一系列北东向压扭性断裂组成,走向 NE45° 左右,属华夏系构造。北东端在松阳大东坝附近,南西端在龙泉花桥附近入闽。在该构造带影响范围内分布有 14 个滑坡、泥石流(隐患)点。

“余姚—丽水深断裂带”为浙江省四条深大断裂之一,呈北北东向展布,新华夏系构造,过主水南延后有发散的趋势。南延段主断面贯穿庆、云、龙、景区域,在区域中长约 70 余 km,北北东端在景宁县金

钟附近,南南西端在庆元县江根、举水一带分枝入闽。该断裂带南延段两侧分布有 52 个灾害(隐患)点,其中景宁县的澄照、大地、毛洋曾是死亡多人的重灾区;庆元县的竹坪、张村、贤良是受威胁人口达数百至上千人的省一级重大隐患区。

“松阳—平阳大断裂带”呈北西(330°)展布,将“龙泉—遂昌断隆”一分为二。它是庆、云、龙、景区的北东边界,相应两端分别为松阳县大东坝和景宁县金钟,长约 40km。断裂带(区域内)两侧分布有云和六角尖火山机构和景宁县的金钟垄、赤岩、五香庙、香火降等火山机构,伴有多处灾害(隐患)点。断裂带向南东延伸出区域与“文成为山洼地”、“南雁荡破火山构造”及“矾山破火山构造”相连。据全省统计,截止 1997 年沿“松阳—平阳大断裂带”两侧分布有各类地质灾害点 32 处。

2.3 新构造运动影响下的垂直分布规律

浙西南地区新构造运动主要表现为沿老区域构造发展、以间歇性抬升为主的垂直差异运动,使本区在地貌上形成 1 000m~1 200m、650m~750m 和 400m 三级剥夷面,并伴有广泛的山前残坡积物。按现今地貌和山前堆积情况估量新构造运动的抬升幅度,可将本区域划分为强—强烈抬升区(以 600m 为下界);中—强抬升区(以 300m 为下界)和升降过渡区(300m 以下)。统计表明,新构造运动抬升使山前残坡积物形成和老滑坡容易重新活动,表层岩土蠕动及形成坡面型泥石流的概率增大。结合灾害(隐患)点上的资料可以发现,在海拔高程上相对集中分布于 300m~600m 范围内,灾害(隐患)点 110 个,约占 40.4%(表 2)。而重大灾害和重要危险点则多集中在 1000m~1200m 和 650m~750m 两个夷平面之下的陡坡地段及其山前残积物附近(表 3)。这里需要说明的是,高海拔地段灾害(隐患)点数少与村落、人口相对稀少有关,许多滑坡、泥石流对人类不构成威胁,仅是一种自然现象,未列入调查统计数据。

表 2 丽水市地质灾害(隐患)点垂向分布频率统计表

Table 2 The statistics of vertical distribution of geological hazards in Lishui

标高 (m)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
点数(个)	16	27	22	36	40	34	24	18	15	17	13	5	5	
抬升区	升降过渡区			中等-强抬升区			强~强烈抬升区							

表 3 新构造运动不同抬升区地质灾害(隐患)点分布特点汇总
Table 3 Distribution characteristic of geological hazards in different neotectonic movement district

抬升分区	标高 (m)	点数/ 占全 区比例	灾害(隐患)点分布 位置及分区面积比	典型地段及典型灾害情况(村高)
升降 过渡区	0~300	65/23.9%	山间及河谷盆地、低矮丘陵区、主要城镇、重要交通线。12%	松阳西屏—古盆地(<200m), 遂昌湖山盆地(300m~250m), 丽水碧湖盆地(<100m), 合计面积>420km, 仅见人为诱发灾害点 8 处, 大多为一般级
中—强 抬升区	300~600	110/40.4%	丘陵及丘陵—中山结合部, 大部分乡镇及重要居民点所在地, 交通支线、矿山。19%	庆元县张村乡所在地张村、田头村滑坡群威胁人口 459 人(510m~490m); 青田县黄洋乡所在地石平川村滑坡威胁人口 1000 人(450m); 庆元县松源镇山徐村滑坡威胁人口 400(400m); 庆元县铅锌矿滑坡—泥石流威胁 110K 变电所、公路(550m~420)
强—强烈 抬升区	600	97/35.7%	低山—中山山地、独立居民点分用村落、辅助交通线及部分交通支线。69%	景宁县澄照乡岩下村滑坡—泥石流 1993 年 8 月死 13 人(625m)景宁县毛洋乡新建洋村崩—滑—流, 1998 年 6 月死 23 人(700m~550m); 云和县崇头镇苍铺村滑坡—泥石流, 1990 年 8 月死 8 人(965m); 庆元县贤良镇库坑滑坡—泥石流威胁人口 600 人(1100m ² ~650m); 庆元县左溪镇竹坪村滑坡—泥石流威胁人口 1848 人(940m~850)

2.4 火山构造及期后岩浆热液蚀变赋予的斑块状分布规律

浙西南火山岩分布广, 火山构造类型多, 不同火山期后热液蚀变对表层岩土成份影响也不同, 进而形成的地质灾害(隐患)类型和产出形式也有其特殊性(表 4)。较为典型如: 庆、云、龙景区域中的庆元火山穹隆、云和六角尖火山机构和区域北东端的莲都北部—缙云火山机构。三处火山构造共发生 77

处灾害(隐患)点, 占全区总数的 28.3%。

2.4.1 庆元火山穹隆

呈椭圆形北东向展布, 南西端入闽。中心大致位于星光附近, 为仙桃山岩休所占据。由于斯后岩浆热液蚀变以强烈的高岭土化为主, 火山构造上部形成了巨厚的风化壳。居于该火山穹隆范围内的 41 个灾害(隐患)点一般以发生于土壤层中的土质浅层滑坡为主, 滑动面常位于土层之中。

表 4 火山构造中不同的热液蚀变与地质灾害产出类型比照表
Table 4 the comparison of different hydrothermal alteration in volcano—tectonic and types of geological hazards

一般成灾部位	岩性	成灾原因及过程	灾变形势
火山构造, 火山热液活动、火山期后岩浆热液活动强烈区; 动力地质作用强烈区	中生代侏罗纪火山岩系及其风化蚀变产物	例: 庆元火山穹隆 期后热液蚀变→粘土质矿物、水敏性矿物→巨厚风化壳、土壤盖层。	规模性滑坡
		云和六角尖火山穹隆 期后岩浆热液活动强烈→火山岩盖层强硅化→风化层、土壤层薄→土体岩体分界处形成构造薄弱面。	表层滑坡 小规模坡面型泥石流、小型岩质崩塌
		莲都北部—缙云火山穹隆 断裂构造发育人类活动强烈, 火山热液活动强烈→表层岩土体自上而下的风化砂土层和风化岩石与砂土混合层空隙高, 易形成容水、透水的薄弱层间构造。	顺层滑坡、坡面型泥石流
沿区域大构造产出的岩体; 沿火山构造环状裂隙、放射状裂隙产生的侵入体; 沿构造裂隙以岩脉、岩枝、岩株产出的脉岩	岩浆岩及其风化蚀变产物	强烈破碎蚀变, 风化壳莫厚	滑坡、泥石流
		火山期后热液活动→强蚀变、矿化、多组节理发育。 侵入脉岩与两侧围岩蚀变、风化差异大, 时常受多组节理切割	滑坡、坡面型泥石流、小型崩塌 危岩、崩塌

2.4.2 云和六角尖火山构造

主体为一火山穹隆, 呈圆形, 北西端为一破火山构造。沿环状、放射状断裂有大面积花岗岩入侵, 灾害(隐患)点基本沿环状、放射状断裂两侧分布。由于该火山机构的期手岩浆热液蚀变以强硅化为主, 进而风化层很薄, 岩、土界面明显, 常由半风化碎岩块及岩块及岩屑组成。该范围内 14 个灾害(隐患)点大部分以坡面型泥石流或小型表层滑坡为主, 滑移面常在岩、土体之间的成土母质层。

2.4.3 莲都北部—缙云火山构造

呈椭圆形北东向展布, 南西端为“莲都破火山构造”, 北东为“缙云火山穹隆”。由于多组断裂切割该火山机构, 人类活动在该区也较为强烈, 因而该范围分布的 22 个地质灾害(隐患)点通常与人为活动引起的崩塌、滑坡有关。

参考文献:

- [1] 王深法, 王志航, 等. 丽水地区两起山体崩塌交通事故的成因分析[J]. 浙江地质, 2000, 16(2): 59~61.
- [2] 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, 1999, 18(4): 373~376.

A Study on the Relationships Between Neotectonism and Geological Hazards ——The Distributing Regulations of Landslide, falling and Dedris Flow in the South-West of Zhejiang Province

WANG Shuai¹, WANG Shen-fa² and YU Jian-qiang²

(1. Bureau of Land and Resources in Lishui, Lishui 323000, China;

2. Dept. of Resource Sciences, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: Based on the general survey and the key detailed survey of geological hazards in recent ten years, we studied the relationships between regional geological structure and the distributing of geological hazards. The results showed that neotectonisms affect the forming of landslide, falling and debris flow directly or indirectly by means of topography and geomorphology, erosion degree of rock, soil development, faults and joints. As a result, the spatial distributions of geological hazards have zonal distribution along the discordogenic fault, vertical distribution under the effect of neotectonic movement and porphyritic distribution under the effect of volcano-tectonic.

Key words: geological hazards; discordogenic fault; neotectonic movement; volcano-tectonic