

章达华,沈永生,刘建国,等.三明市前汛期地质灾害与强降水的关系及其预报[J].暴雨灾害,2011,30(2):182-187

三明市前汛期地质灾害与强降水的关系及其预报

章达华¹,沈永生¹,刘建国¹,邱赠东¹,刘玉¹,
官晓东¹,高丽娥²,余春华¹,谢庆荣¹,王珊珊¹

(1.福建省三明市气象局,三明 365000;2.福建省大田县气象局,大田 366100)

摘要:对1991—2003年前汛期(3—6月)三明市所属11个县(市)所发生的地质灾害进行了统计分析,揭示了三明市地质灾害的时空分布特征;分析地质灾害与前期降水的关系,发现地质灾害发生数量、规模与持续降水过程、暴雨量等的关系十分密切;三明市地质灾害多发生在前汛期,占全年地质灾害总数的89%,并主要集中在4月下旬至6月中旬(占总数的70%);普查地质灾害发生当日850 hPa、700 hPa、500 hPa和地面等天气图资料,对触发地质灾害发生的强降水进行了天气型分析,得出3—4月地质灾害与冷切适中型、冷切偏西型、低涡冷切适中型、冷切偏南型、低涡冷切偏西型等关系最密切;5—6月地质灾害与冷切适中型、低涡冷切适中型、低涡冷切偏西型、切变偏西型关系最密切,上述天气型对地质灾害的预测具有重要的指示意义。

关键词:前汛期;地质灾害;持续降水;相关性

中图分类号:P426.616;P457.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2011)02-0182-06

The Relationship Between Geological Hazard During Pre-flood Season with Strong Precipitation and Its Forecast in Sanming

ZHANG Dahua¹, SHEN Yongsheng¹, LIU Jianguo¹, QIU Zengdong¹, LIU Yu¹,
GUAN Xiaodong¹, GAO Li-e², YU Chunhua¹, XIE Qingrong¹, WAN ShangShang¹

(1.Sanming Meteorological Office of Fujian Province, Sanming 365000;
2.Datian Meteorological Station of Fujian Province, Datian 366100)

Abstract: This paper demonstrates the temporal and spatial distribution characteristics of local geological hazard in Sanming city by analyzing statistically the geological hazard data happened in 11 counties subordinate to the city during pre-flood season from 1991 to 2003. The analysis of geological hazard and antecedent precipitation reveals that the number and the scale of geological hazard are closely related to the process of continuous rainfall and amount of precipitation etc. Most of the geological hazard of Sanming occurred in pre-flood season, which account for 89% of the annual total number of geological disasters, and it mainly occurred from late April to mid-June (account for 70% of the total). By collecting statistics of weather map data on the days hazard occurred on 850hPa, 700hPa, 500hPa and surface, the analysis was made on the weather type of heavy rainfall which triggered geological disaster. It is found that the geological hazard is most closely correlated to the types which are cold shear in the middle, cold shear westward, vortex and cold shear in the middle, cold shear southward, vortex and cold shear westward, etc. from March to April, and the types which are cold shear in the middle, vortex and cold shear in the middle, vortex and cold shear westward, and shear westward, etc. from May to June. The work described above has an important indication meaning to forecast geological disaster.

Key words: Pre-flood season; Geological hazard; Continuous rainfall; Relationship

1 引言

地质灾害是我国最为严重的自然灾害之一,崩塌、

滑坡和泥石流等分布范围广泛,地质灾害给经济建设和人民生命财产造成巨大的损失,三明市地处亚热带季风气候区,北回归线横贯其中,暴雨、台风频繁出

收稿日期:2010-12-30;修订日期:2011-04-18

资助项目:福建省三明市科技局2010年科技计划项目(2010-S-4)

第一作者:章达华,男,1959年生,高级工程师,主要从事天气预报与气候预测研究。E-mail: fjsmzd@yahoocn

现,地质灾害频发。地质灾害是由地貌地质、人类活动和降水等多种因素造成的,具有较大的随机性,又有相当大的规律性,据统计,由强降水引发的泥石流、滑坡等地质灾害占这类灾害总数的 90%以上^[1]。许多气象、地质工作者在地质灾害预报中作了很多的尝试。文科军等^[2]对北京北部山区的泥石流发生情况进行了研究,并建立了统计模型;赵玉春等^[3]对甘肃周曲 2010 年 8 月一次暴雨造成的特大泥石流灾害天气过程进行了成因分析;彭端等^[4]对肇庆市地质灾害与降水的耦合特征及预报方法进行了探讨。

一般情况下,在短期内,人类活动和地质因素(斜坡、土壤环境、岩石性质等)可以看成是常量,因此,造成地质灾害的外因主要是降水,降水的冲刷渗透使地表水渗入土体的裂缝、孔隙,使土体结构发生变化,导致其抗震强度降低,同时增加其负荷,达到一定程度就引起土体变形,引发地质灾害。前汛期(3—6 月)是三明市的主要降水期,基于此原因,本文利用三明市 1991—2003 年 13 年间的地质灾害记录和历史气象资料,着重分析这一时期地质灾害发生与强降水,特别是与当日强降水的关系,对引发泥石流、滑坡等地质灾害的强降水环流形势进行天气型分析。旨在提高三

明市地质灾害预测能力。

2 地质灾害概况及其时空分布特征

文中定义凡三明市境内有一地出现泥石流、滑坡等地质灾害现象定为 1 地次地质灾害。对 1991—2003 年 13 年间逐日地质灾害资料统计表明,13 年间三明市全区共出现地质灾害 1 028 地次,其中发生在前汛期的为 919 地次(统计时简称“次”,下同),占全年地质灾害总数的 89%,说明前汛期是三明市地质灾害高发期。13 年内前汛期全市地质灾害日 179 d,历年年平均地质灾害天数 14 d,前汛期地质灾害的发生率为 11.3%。

2.1 地质灾害的时间分布特征

根据统计,1991—2003 年前汛期 179 个地质灾害发生日(表 1)主要集中在 4 月下旬至 6 月中旬,各旬均在 14 d 以上,约占总数的 70%,出现频率最高的是 6 月中旬,约占总数的 26%,其次是 5 月中旬,约占总数的 11%,3 月份各旬出现频率较低(9 d 以下),均小于 6%。另外从地质灾害发生日的平均次数可看出,平均地质灾害次数在 1.8 次以上的旬也主要集中在 4 月下旬至 6 月中旬,说明这一时段三明市地质灾害点多面广,具有较大的危害性。

表 1 三明全区 1991—2003 年前汛期各旬地质灾害出现次数及日数

统计量	3 月			4 月			5 月			6 月			合计
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
地质灾害次数	5	6	9	19	13	26	73	58	27	36	628	19	919
地质灾害日数/d	4	4	9	13	12	14	16	20	15	14	46	12	179
地质灾害日的平均次数	1.25	1.50	1.00	1.46	1.08	1.86	4.56	2.90	1.80	2.57	13.65	1.58	--
历年旬平均地质灾害日/d	0.31	0.31	0.69	1.00	0.92	1.08	1.23	1.54	1.15	1.08	3.54	0.92	--

从气象方面分析,3—4 月中旬期间的降水,一般是入侵华南而变性的冷空气与尾随其后的新的冷空气相交于三明市上空形成的,降水强度不大,一般以连阴雨为主,造成的地质灾害相对较少;4 月下旬至 6 月中旬期间的降水,是由于西南季风爆发,使东亚季风雨带北跳驻留于华南的结果,所以雨势猛烈,造成的地质灾害相对较多,特别是 6 月中旬,为三明市连续性暴雨过程多发时段,普查 1961—2003 年 43 年三明市 11 个县(市)降水资料,结果表明:5—6 月 3 d 或以上的连续性暴雨过程共 16 场,其中 5 月 5 场、6 月 11 场,而 6 月中旬就出现 9 场,占 5—6 月连续性暴雨过程总次数的 56.3%。因此,该旬造成的地质灾害特别多;6 月 28 日(多年平均)副高第一次季节北跳,脊线从 20°N 北跳至 25°N,三明市受其控制,降水结束,同时宣告前汛期结束,因此,6 月下旬地质灾害较少。

2.2 地质灾害的空间分布特征

对地质灾害的空间分布分析表明(图 1),三明市地质灾害的空间分布大致为北部、东部较多(泰宁县除外),西部、南部较少;地质灾害中心位于东部的尤溪县,次中心位于北部的建宁县。

从地形方面分析,在武夷山、戴云山脉两大山脉主体和迎风坡上,形成了四个明显的降水量较大区,其中位于三明市的有两个,一是位于戴云山脉的尤溪县东南部,另一个是位于武夷山脉西段的泰宁、建宁、将乐等县。因此,这些县出现地质灾害较多;降水量较少是沿沙溪河、尤溪河两岸低海拔地区,如西部、南部宁化、清流、明溪、永安、三明、大田等县,因此,这些县出现地质灾害较少。

从地质方面来看,三明市北部面临武夷山脉,以中、低山为主间夹小面积山间盆地,地质构造复杂,风化剥蚀强烈,岩土体类型较多,坚硬程度不够,最易出现地

质灾害;东部面临戴云山脉,以中、低山为主,相对高差大,地质构造复杂,岩土体类型繁多,硬度不够,最易出现地质灾害;西部、南部以丘陵盆地为主,盆地底部地势平坦开阔,地质构造较复杂,地质灾害相对较少。

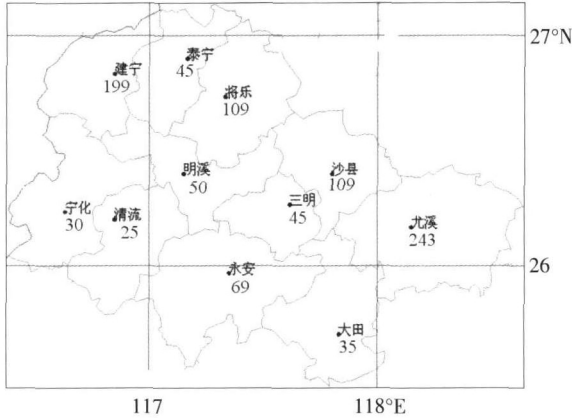


图 1 三明各县市 1991—2003 年前汛期地质灾害次数分布

3 地质灾害与降水的关系

强降水是地质灾害的主要诱发因子^[5],地质灾害的发生数量、规模与降水过程持续时间、暴雨量等的关系十分密切^[6],本文对 1991—2003 年 13 年间的三明地质灾害和相关降雨量进行了统计。

3.1 日降水量与地质灾害的关系

统计结果表明:在所发生的地质灾害日中,有 86.8%的地质灾害日日降水量 ≥ 50 mm。当日降水量在 50~100 mm 时,地质灾害出现率为 14%;当日降水量在 100~250 mm 时,地质灾害出现率为 44%;当日降水量 ≥ 250 mm 时,地质灾害出现率为 100%。且随着降水量级的增加,日平均致灾数也明显增加(表 2)。表

中灾害发生次数指出现相应量级降水时所发生的地质灾害次数;灾害发生的天数指出现相应量级降水时地质灾害发生的天数;日平均致灾数指出现相应量级的降水时平均每天所产生的地质灾害次数;历史相应降水总天数指历史上共出现几天相应的降水;致灾率指在出现相应的降水量级后,出现地质灾害的概率。

表 2 1991—2003 年三明市不同降水量级下地质灾害发生情况

统计值	降水量级/mm			
	≥ 250	100~250	50~100	0~50
灾害发生次数	200	427	235	131
灾害发生的天数/d	3	38	81	73
日平均致灾数	66.67	11.24	2.90	1.79
历史相应降水总天数/d	3	87	588	1810.2
致灾率/%	100%	44%	14%	0.7%

从表中可见,地质灾害的发生日数和次数与降雨量级密切相关,且随雨量增大地质灾害发生率明显增大。

3.2 地质灾害发生时次与降水时次的关系

通过对资料的统计,三明市地质灾害与当日或前期连续降水量同步发生的有 872 次,占 94.9%,有 47 次滞后,占 5.1%,一般滞后 1~3 d,3 d 以上的滞后地质灾害仅占 2%。

3.3 连续性降水、降水总量与地质灾害的关系

地质灾害与连续性降水和降水总量的关系密不可分。前汛期是三明市的主要降水时期,对历史同期全区的旬雨量和暴雨站次进行统计(表 3),统计表明 5—6 月是三明市降水集中和暴雨多发季节,旬平均暴雨站次均在 3 次以上,同时 5—6 月也是三明市雨强比较大的季节,其时段与地质灾害多发期基本相对应。

表 3 1991—2003 年三明市旬降水量与地质灾害关系表

统计值	3 月			4 月			5 月			6 月			合计
	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
地质灾害次数/次	5	6	9	19	13	26	73	58	27	36	628	19	919
历年平均降水量/mm	50.9	74.1	91.3	69.7	54.2	80.4	91.4	72.1	89.0	84.1	148.0	73.2	-
旬暴雨站次	1.2	1.3	2.9	1.7	0.7	2.3	3.7	3.0	4.2	4.1	9.5	3.7	-

根据三明市地质灾害特性,本文对地质灾害发生前 3 d 的过程雨量(R_3 ,下同)和当日雨量(R_0 ,下同)进行了统计分析(表 4),当 $R_3 \leq 50$ mm 且 $R_0 \leq 50$ mm

时,地质灾害数占地质灾害发生总数的 4.4%;当 $50 < R_3 < 100$ mm 且 $R_0 \leq 50$ mm 时,地质灾害数占地质灾害发生总数的 5.7%;当 $R_3 \geq 100$ mm 且 $R_0 \geq 50$ mm 时,地质

表 4 三明市前 3 d 过程雨量(R_3)和当日雨量(R_0)与地质灾害的关系

统计值	$R_3 \leq 50$ mm	$50 < R_3 < 100$ mm	$R_3 \geq 100$ mm
	且 $R_0 \leq 50$ mm	且 $R_0 \leq 50$ mm	且 $R_0 \geq 50$ mm
地质灾害次数/次	40	53	826
占总次数百分率/%	4.4	5.7	89.9

灾害数占地质灾害发生总数的比例高达 89.9%。表明前期过程雨量大于 100 mm 且当日雨量达 50 mm 以上时能较好地反映地质灾害发生的状况,具有较好的指示性。

4 引发地质灾害强降水的天气型分析

为了有效开展泥石流、滑坡等地质灾害预报,需进行降水预报方法的研究。地质灾害与前期降水有密切的关系。在前期降水充分的条件下,当日强降水的触发作用,则是地质灾害发生的主要因素。因此,对触发地质灾害发生当日的强降水进行了天气型分析。

研究过程中,规定当日 08 时天气型对应当日 20 时到次日 20 时的泥石流、滑坡等地质灾害现象;3—4 月、5—6 月触发地质灾害当日强降水的 850 hPa 天气型分别按照《福建省 3—4 月暴雨和强对流天气系统分型规定》^[7]和《福建前汛期暴雨的 850 hPa 天气型规

定》^[8]来划分。1991—2003 年 3—6 月三明市 11 个县(市、区)地质灾害日 179 d,3—4 月份出现地质灾害日 56 d,5—6 月份出现地质灾害日 123 d。下面对触发地质灾害当日强降水的 850 hPa 天气类型与地质灾害的发生频率进行统计分析。

4.1 3—4 月强降水天气型及其与地质灾害的关系

按《福建省 3—4 月暴雨和强对流天气系统分型规定》,3—4 月强降水天气型主要为以下 8 类:冷切适中型(L_M)、冷切偏西型(L_W)、低涡冷切适中型(D_M)、冷切偏南型(L_S)、低涡冷切偏西型(D_W)、高压型(G)、暖切适中型(N_M)、华西槽型(ψ_W)。

冷切型为:850 hPa 天气型上,切变线为东北—西南走向,切变北侧为北或偏北风,南侧为西南或偏西风,依切变的位置又分为:冷切适中型(切变位于汉口—赣州之间)(图 2a)、冷切偏西型(切变位于汉口以西,汉口为西南风)(图 2b)、冷切偏南型(切变位于赣州以南,赣州为偏北风)(图 2c)。

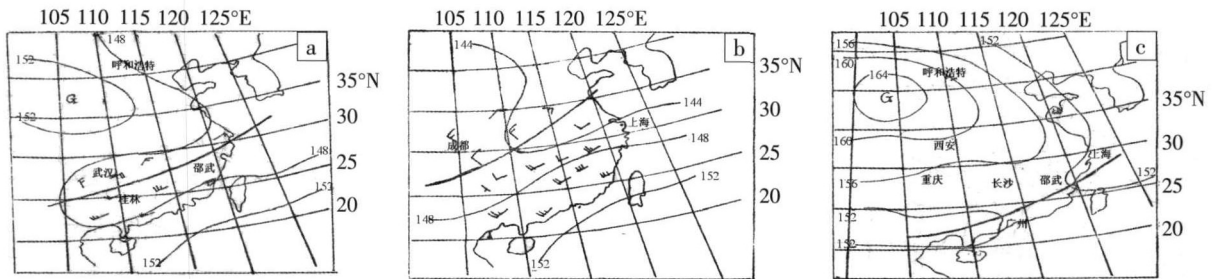


图 2 3—4 月三种 850 hPa 冷切天气型示意图^[7]
(a)冷切适中型;(b)冷切偏西型;(c)冷切偏南型

低涡冷切适中型、偏西型的环流形势表现为:850 hPa 天气型上,在 20°—30°N,105°E 以东地区我国大陆有 ≤144 dagpm 的低压中心或气旋式辐合中心,与其相联系的有东北—西南走向的冷切,依切变的位置又

分为:低涡冷切适中型(切变位于汉口—赣州之间)(图 3a)、低涡冷切偏西型(切变位于 115°E 以西或切变虽过东经 115°E 线,但位于汉口以西,汉口为西南风)(图 3b)。

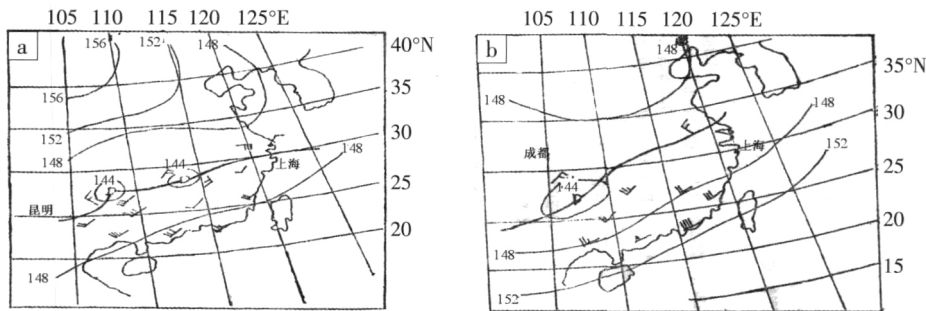


图 3 3—4 月二类 850 hPa 低涡天气型示意图^[7]
(a)低涡冷切适中型;(b)低涡冷切偏西型

上述 5 个天气型均属暴雨型,对预报三明市 3—4 月的地质灾害具有重要的指示意义。

表 5 给出了三明各县(市、区)1991—2003 年 3—4 月各天气型的地质灾害次数及其概括率。从中可见,3—4 月的 56 个地质灾害日中,冷切适中型(L_M)出现

表 5 三明市各县(市、区)1991—2003 年 3—4 月各天气型的地质灾害次数及其概括率

天气型	L _M	L _W	L _S	D _M	D _W	G	N _M	ψ _W
地质灾害日/个	26	7	5	7	5	3	2	1
概括率/%	46.4	12.5	8.9	12.5	8.9	5.4	3.6	1.8

表中概括率指某天气型下地质灾害次数占总次数的百分率。

的地质灾害最多，有 26 个地质灾害日，概括率为 46.4%；其次是冷切偏西型(L_W) 和低涡冷切适中型(D_M)，均出现 7 个地质灾害日，概括率为 12.5%；冷切偏南型(L_s)和低涡冷切偏西型(D_W)均为 5 个，概括率为 8.9%；另外，高压型(G)为 3 个，概括率为 5.4%；暖切适中型(N_M)为 2 个，概括率为 3.6%；华西槽型(ψ_W)为 1 个，概括率为 1.8%。

以上分析表明，3—4 月份地质灾害日与冷切适中型、冷切偏西型、低涡冷切适中型、冷切偏南型、低涡冷切偏西型等的关系最密切，出现了 50 个，占总数的 89.3%。可见上述 5 型在三门市 3—4 月地质灾害预报中具有较好的指示作用。

4.2 5—6 月强降水天气型及其与地质灾害的关系

按《福建省前汛期暴雨的 850 hPa 天气型规定》，5—6 月强降水天气型主要包括以下 8 类：冷切适中型(3 型)、低涡冷切适中型(1 型)、低涡冷切偏西型(4 型)、

切变偏西型(6 型)、高压型(7₁ 型)、切变偏南型(7₂ 型)、暖切适中型(5 型)、冷切偏北型(8₁ 型)。

5—6 月冷切适中型(3 型)为：850 hPa 上，冷切位于 26°—30°N (与 115°E 线相交的切变应过汉口)之间(图 4a)；低涡冷切适中型(1 型)为：850 hPa 上，准东—西向的冷切上有 ≤148 dagpm 的闭合气旋环流，切变位于北纬 26°—29°N 之间(与 115°E 线相交的切变应过汉口)，低涡位于 25°—29°N、103°—117°E 之间(图 4b)；低涡冷切偏西型(4 型)为：850 hPa 上，东北—西南向(或南—北向)的冷切上有 ≤144 dagpm 的闭合气旋环流，切变位于长沙以西，低涡位于北纬 25°—30°N、东经 105°—112°E 之间(图 4c)；切变偏西型(6 型)为：850 hPa 上，冷切(东北—西南向或南—北向)位于长沙以西，暖切(东—西向)位于 30°N 以北、115°E 以东(图 4d)。上述 4 个天气型均属暴雨型环流。

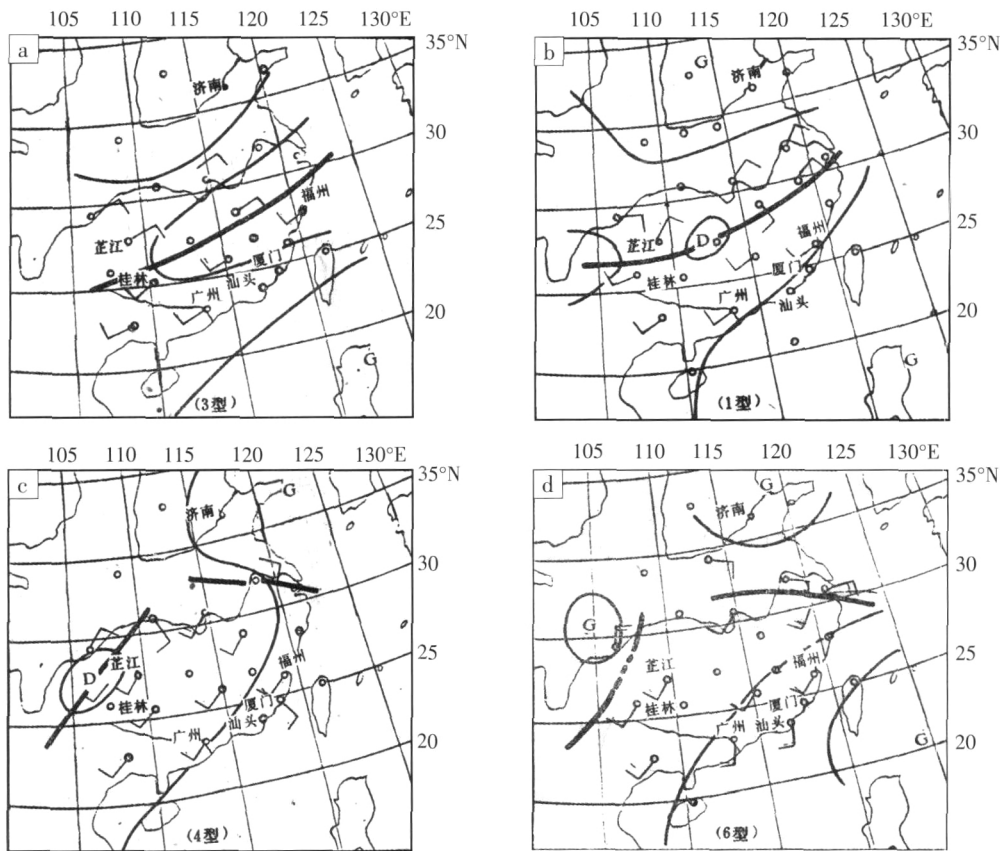


图 4 5—6 月 4 类强降水 850 hPa 天气型示意图^[8]

(a)冷切适中型；(b)低涡冷切适中型；(c)低涡冷切偏西型；(d)切变偏西型

从表 6 给出的三明各县(市、区)1991—2003 年 5—6 月各降水天气型的地质灾害日及其概括率可知，5—6 月的 123 个地质灾害日中，冷切适中型(3 型)、低涡冷切适中型(1 型)两型出现的地质灾害日最多，分别为 40 个、37 个，其概括率分别为 32.5%、30.1%；其次是低涡冷切偏西型(4 型)、切变偏西型(6 型)两型，

表 6 三明各县(市、区)1991—2003 年 5—6 月各天气型的地质灾害次数及其概括率

	1 型	3 型	4 型	5 型	6 型	7 ₁ 型	7 ₂ 型	8 ₁ 型
地质灾害日/个	37	40	12	6	10	7	7	4
概括率/%	30.1	32.5	9.8	4.9	8.1	5.7	5.7	3.3

表中概括率表示某天气型下地质灾害次数占总次数的百分率。

分别为12个、10个,其概栝率分别为9.8%、8.1%;另外,高压型(7_1 型)和切变偏南型(7_2 型)均为7个,概栝率为5.7%;暖切适中型(5型)6个,概栝率为4.9%;冷切偏北型(8_1 型)4个,概栝率为3.3%。

可见,5—6月地质灾害日与冷切适中型、低涡冷切适中型、低涡冷切偏西型、切变偏西型等的关系最密切,出现99个,占总数的80.5%。上述4型环流形势对5—6月三明市地质灾害具有较好的指示作用。

5 结论

(1) 三明市地质灾害多发生在前汛期,占全年地质灾害总数的89%。前汛期历年年平均地质灾害天数14 d,发生率为11.3%。主要集中期在4月下旬至6月中旬,占总数的70%。全市地质灾害的空间分布东北部较多,西南部较少。

(2) 强降水是地质灾害的主要诱发因子,地质灾害的发生数量、规模与持续降水过程时间、暴雨量等的关系十分密切。据统计,当日降水量在50~100 mm时,地质灾害出现率为14%;当日降水量在100~250 mm时,地质灾害出现率为44%;当日降水量 ≥ 250 mm时,地质灾害出现率为100%。

(3) 过程雨量对地质灾害的发生具有较好的指示作用。当前3日过程降水量 $R_3 \geq 100$ mm且当日降水量 $R_0 \geq 50$ mm时,地质灾害数占地质灾害发生总数的

89.9%。表明前期过程降水量大于100 mm且当日降水量达50 mm以上时能较好地反映地质灾害发生的状况,具有较好的指示性。

(4) 3—4月地质灾害与冷切适中型、冷切偏西型、低涡冷切适中型、冷切偏南型、低涡冷切偏西型关系最密切;5—6月地质灾害与冷切适中型、低涡冷切适中型、低涡冷切偏西型、切变偏西型关系最密切。上述9型对预报三明市前汛期的地质灾害具有重要的指示意义。

参考文献:

- [1] 罗元华.我国滑坡泥石流崩塌灾害分布与经济损失评估[J].国土开发与整治,1994,4(1):49-55.
- [2] 文科军,王礼先,谢宝元,等.暴雨泥石流实时预报的研究[J].北京林业大学学报,1998,20(6):59-64.
- [3] 赵玉春,崔春光.2010年8月8日舟曲特大泥石流暴雨天气过程成因分析[J].暴雨灾害,2010,29(3):289-295.
- [4] 彭端,王文波,温坚陪.肇庆市地质灾害与降水的耦合特征及预报方法[J].气象与环境科学,2009,32(增刊):189-192.
- [5] 刘传正.区域滑坡泥石流灾害预警理论与方法研究[J].水文地质工程地质,2004(3):1-4.
- [6] 单九生,刘修奋,魏丽,等.诱发江西滑坡的降水特征分析[J].气象,2004,30(1):13-15.
- [7] 严光华,洪微,林仲平,等.福建省3~4月暴雨和强对流天气系统分型规定[G]//福建省气象局业务处.福建省(3~4月)强对流天气预报技术汇编.1992:100-107.
- [8] 叶榕生,林仙祥,黄一晶,等.福建重要天气分析和预报[M].北京:气象出版社,1989:225-230.