

薛源, 赵其华. 温州地区台风引发地质灾害影响因子分析[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 72–76. [Xue Yuan, Zhao Qihua. Analysis on Factors of Geological Hazard Induced by Typhoon in Wenzhou[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(2): 72–76.]

温州地区台风引发地质灾害影响因子分析^{*}

薛 源^{1,2,3}, 赵其华²

(1. 数学地质四川省重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室, 四川 成都 610059; 3. 成都理工大学 管理科学学院, 四川 成都 610059)

摘 要: 为定量评价各影响因子对台风引发地质灾害的贡献程度, 获得此类地质灾害的发生机理, 采用 Logistic 回归模型对台风引发地质灾害的影响因子进行分析。以浙江温州地区为研究区, 选取样本点特征因子、台风特征因子以及样本点与其影响台风相对位置因子等 3 类影响因子, 建立相应的回归模型, 并对模型中得到的各项参数进行综合分析, 得出研究区台风引发地质灾害的敏感因素和预测判定方程。结果表明采用 Logistic 回归模型具有较高的可信度, 为台风条件下斜坡稳定性的评价预测提供了可靠依据及有效可行的途径和方法。

关键词: 地质灾害; 影响因子; 台风; Logistic 回归; 温州地区

中图分类号: P694; P642.2; X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2014)02-0072-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.02.016

我国是世界上遭受台风侵袭最多的国家之一, 几乎每年都有强台风袭击我国东南沿海地区, 引发大量山体滑坡、泥石流等地质灾害, 使国家和人民的生命财产遭受重大损失, 影响地区经济发展。近年来, 随着全球气候的异常, 灾害性台风的频率和强度逐渐增大, 台风引发的地质灾害日趋严重, 防台抗灾的形势日益严峻, 其经济代价和技术难度也越来越大, 而国内外在台风引发地质灾害机理和台风条件下斜坡稳定性定量评价预测方面的研究还处于起步阶段^[1-3], 目前只得出了有限的成果^[4-9]。深入开展该领域的研究对保护国家和人民的生命财产安全具有重要实际意义, 同时对丰富地质灾害理论且推动其向更高层次发展具有重大的理论价值。

台风引发地质灾害是多因素影响下的复杂系统问题, 在该研究中, 首先需对其影响因子进行敏感性分析^[10], 确定台风条件下影响斜坡稳定的敏感因素, 从而使台风条件下斜坡的监测及其稳定性的评价预测更具针对性, 使其治理和设计更安全、可靠和经济。目前, 国内外学者在地质灾害影响因子敏感性分析及稳定性评价预测方面已经作了较多的研究, 并获得了一些具有重要价值的成果, Logistic 回归分析是其中重要的研究手段和方法^[11-19]。但这些研究中均未加入台风影响因素进行分析, 其成果无法反映出台风因素对地质灾害的影响作用, 导致对台风引发地质灾害的研

究停滞不前。因此, 本文首次将 Logistic 回归模型方法引入, 对台风作用下影响斜坡稳定的因子进行综合定量分析和评价。

1 Logistic 回归模型

Logistic 回归模型^[20]是二分类因变量(因变量只取两个值)进行回归分析时经常使用的统计分析方法, 又称为二分类或二项 Logistic 回归。Logistic 回归是一种概率型非线性模型, 可以预测一个分类变量每一分类所发生的概率, 克服了多重线性回归的许多条件限制, 不假设因变量与自变量之间呈线性关系, 可以有效地处理非线性效应问题。台风条件下地质灾害的发生可用有或无来表示, 因此可采用 Logistic 回归模型来比较每种因素对地质灾害发生的贡献程度, 即因子的敏感性分析。

设一个样本在一组自变量作用下所发生的结果用因变量 Y 表示, $Y=0$ 表示出现失败的结果, $Y=1$ 表示出现成功的结果。记出现成功结果的概率为 P , 出现失败结果的概率为 Q , x_1, x_2, \dots, x_m 表示对结果 Y 的 m 个影响因素(自变量), 用 Logistic 回归公式表示 P 为

^{*} 收稿日期: 2013-09-25 修回日期: 2013-10-24

基金项目: 国家自然科学基金(40772177); 数学地质四川省重点实验室开放基金(scsxdz2011014)

作者简介: 薛源(1981-), 男, 四川遂宁人, 博士, 讲师, 主要从事岩土工程、地质灾害和数学地质的研究和教学工作。

E-mail: xueyuan07@cdut.cn

$$P = \frac{e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m}}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m}} \quad (1)$$

式中: β_0 为截距(或称常数项), β_j 为 x_j ($j = 1, 2, \dots, m$) 的偏回归系数。

由于 $P + Q = 1$, 根据式(1) 得出:

$$Q = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m}} \quad (2)$$

由式(1)、(2) 可知, 一个样本出现某种结果的概率与相关因素之间呈曲线关系。两个概率的比值为

$$\frac{P}{Q} = e^{\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m}, \quad (3)$$

对式(3) 两边作自然对数运算得到

$$\ln\left(\frac{P}{Q}\right) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m. \quad (4)$$

式(1) 或式(4) 称为 Logistic 回归模型, 常用最大似然估计方法迭代求解其回归系数^[20]。

2 研究区地质环境及过境台风概况

本文选取浙江温州地区(包括温州、永嘉、乐清、瑞安、文成、平阳、泰顺、苍南和洞头等)为研究区。研究区位于浙江省东南部, 东濒东海, 大地构造位置处于华南褶皱系浙东南褶皱带, 中生代以来的活动大陆边缘, 分布大量火山岩、火山沉积岩和侵入岩。地貌以低山丘陵为主, 地势由西南向东北呈梯形倾斜。7-9 月间常有台风, 2004-2010 年间, 共有 11 次台风过境(图 1), 部分台风近中心最大风力达 16 级, 引发大量地质灾害, 具代表性的有: 2004 年 14 号台风“云娜”引发的张溪多处滑坡、2007 年 9 号台风“圣帕”引发的苍南桥墩坑口电站滑坡。

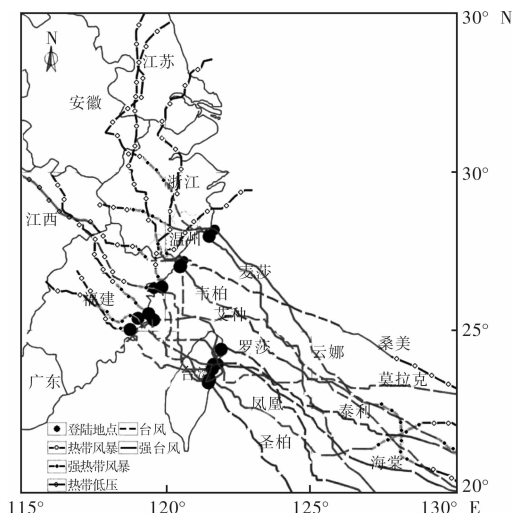


图 1 2004-2009 年温州地区过境台风

3 影响因子选取及分类

本文使用的基础数据来源于作者、项目组研究人员和浙江省第十一地质大队在浙江温州地区调查收集的 2004-2009 年台风引发地质灾害资料, 包括滑坡、崩塌和泥石流共 176 个样本点(图 2)。另外, 若要建立相应的 Logistic 模型并对其进行拟合, 还需要有台风影响但未发生灾害的样本点, 且其数量应与有台风影响并发生灾害的样本数量相当, 因此在研究区内随机提取了 175 个有台风影响但未发生灾害的样本点。所有灾害样本点资料均含: ① 样本特征因子——高程、坡度、坡向、地层岩性、植被、降雨量; ② 影响台风特征因子——近中心最大风力、10 级风圈半径、7 级风圈半径; ③ 样本与其影响台风相对位置因子——样本与其影响台风中心的直线距离、样本与其影响台风中心横轴正向夹角等 3 大类共 11 个数据因子。

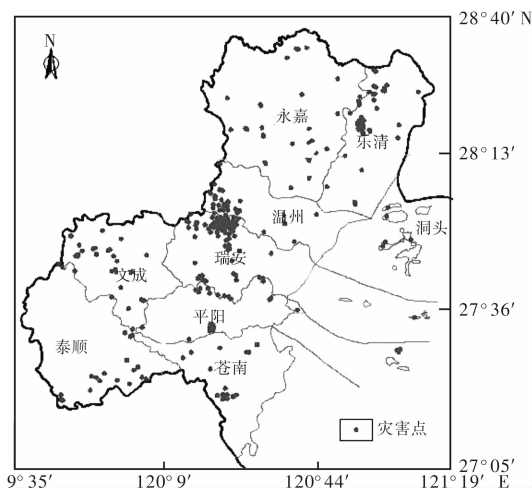


图 2 2004-2009 年间温州地区台风引发地质灾害分布

(1) 高程因子分类 利用高程单因子建立 Logistic 回归模型, 因变量为灾害发生情况, 自变量为高程, 以 50 m 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类: ① ≤ 200 m, 250 ~ 650 m, 750 ~ 800 m, 850 ~ 900 m; ② 650 ~ 700 m, 800 ~ 850 m, > 950 m; ③ 200 ~ 250 m, 700 ~ 750 m。

(2) 坡度因子分类 利用坡度单因子建立 Logistic 回归模型, 因变量为灾害发生情况, 自变量为坡度, 以 5° 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类: ① $\leq 35^\circ$, 40° ~ 55°, > 60°; ② 55° ~ 60°; ③ 35° ~ 40°。

(3) 坡向因子分类 利用坡向单因子建立 Logistic 回归模型, 因变量为灾害发生情况, 自变量为坡向, 以 45° 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类: ① 325° ~ 360°; ② 135° ~ 180°; ③ $\leq 135^\circ$, 180° ~ 325°。

(4) **地层岩性因子分类** 采集的样本点所属地层岩性大部分以中生代火山岩为主,岩性主要以凝灰岩为主,其种类主要为白垩系馆头组或朝川组(K_1)、侏罗系磨石山组(J_3);另外有部分样本点地层岩性为花岗岩类,种类包括燕山晚期花岗岩(γ_3^3)、钾长花岗岩($\varepsilon\gamma_3^3$)、花岗闪长岩($\gamma\delta_3^3$)、花岗闪长斑岩($\gamma\delta\pi_3^3$)以及花岗斑岩($\gamma\pi_3^3$)等;还有部分样本点地层岩性为白垩系(K_1)或第四系(Qh)砂岩、粉砂岩。花岗岩类强度最高,属坚硬岩类;凝灰岩类强度中等,属半坚硬岩类;砂岩、粉砂岩类强度相对较低,属较软岩。故将研究区样本地层岩性划分为3类。

(5) **植被因子分类** 根据研究区样本点的实际植被情况,其植被类型可分为低草、灌木、木质化草本植物(竹)、高大乔木(松树、杉树)4类。

(6) **降雨量因子分类** 利用降雨量单因子建立 Logistic 回归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为过程降雨量,以 50 mm 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 300 mm;②300 ~ 350 mm;③ > 350 mm。

(7) **台风近中心最大风力因子分类** 利用影响样本点的台风近中心最大风力单因子建立 Logistic 回归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为台风近中心最大风力,以风力等级划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 11 级;②11 ~ 12 级;③ > 12 级。

(8) **台风 10 级风圈半径因子分类** 利用影响样本点的台风 10 级风圈半径单因子建立 Logistic 回

归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为台风 10 级风圈半径,以 50 km 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 350 km;②350 ~ 400 km;③ > 400 km。

(9) **台风 7 级风圈半径因子分类** 利用影响样本点的台风 7 级风圈半径单因子建立 Logistic 回归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为台风 7 级风圈半径,以 50 km 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 50 km;②50 ~ 100 km;③ > 100 km。

(10) **样本与其影响台风中心直线距离因子分类** 利用样本与其影响台风中心直线距离单因子建立 Logistic 回归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为样本与其影响台风中心直线距离,以 50 km 间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 50 km;②50 ~ 100 km;③ > 100 km。

(11) **样本与其影响台风中心横轴正向夹角因子分类** 利用样本点与其影响台风中心横轴正向夹角单因子建立 Logistic 回归模型,因变量为灾害发生情况,自变量为样本点与其影响台风中心横轴正向夹角,以 5 弧度间距划分。根据回归系数大小聚类为 3 类:① ≤ 1 弧度;②1 ~ 1.5 弧度;③ > 1.5 弧度。

4 模型计算检验及结果分析

由前面各单因子回归模型可得出各单因子的敏感程度排序,按敏感程度从小到大排列,对各类变量进行赋值编码见(表 1)。

表 1 Logistic 回归模型分类变量编码

高程	分类	≤ 200 m, 250 ~ 650 m, 750 ~ 800 m, 850 ~ 900 m	650 ~ 700 m, 800 ~ 850 m, > 950 m	200 ~ 250 m, 700 ~ 750 m
	X_1	0	1	2
坡度	分类	$\leq 35^\circ$, $40^\circ \sim 55^\circ$, $> 60^\circ$	$55^\circ \sim 60^\circ$	$35^\circ \sim 40^\circ$
	X_2	0	1	2
坡向	分类	$325^\circ \sim 360^\circ$	$135^\circ \sim 180^\circ$	$\leq 135^\circ$, $180^\circ \sim 325^\circ$
	X_3	0	1	2
地层岩性	分类	砂岩、粉砂岩类	凝灰岩类	花岗岩类
	X_4	0	1	2
植被	分类	低草	灌木	木质化草本植物
	X_5	0	1	2
降雨量	分类	≤ 300 mm	> 350 mm	300 ~ 350 mm
	X_6	0	1	2
台风近中心最大风力	分类	≤ 11 级	> 12 级	11 ~ 12 级
	X_7	0	1	2
台风 10 级风圈半径	分类	≤ 350 km	> 400 km	350 ~ 400 km
	X_8	0	1	2
台风 7 级风圈半径	分类	≤ 50 km	> 100 km	50 ~ 100 km
	X_9	0	1	2
样本与其影响台风中心直线距离	分类	≤ 50 km	> 100 km	50 ~ 100 km
	X_{10}	0	1	2
样本与其影响台风中心横轴正向夹角	分类	≤ 1 弧度	> 1.5 弧度	1 ~ 1.5 弧度
	X_{11}	0	1	2

在选定上述因子及各分类变量编码的基础上,将采集样本的各影响因子按表 1 进行编码,使用 matlab 和 SPSS 编制程序并进行 Logistic 模型回归计算,结果见表 2。

表 2 温州地区台风引发地质灾害影响因子敏感性 Logistic 回归分析

	B	S. E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
X_1			0.000 786	2	0.067 5	
$X_1(1)$	-0.404 7	0.066 7	0.000 369	1	0.054 4	0.667 2
$X_1(2)$	-0.302 9	0.043 2	0.000 49	1	0.048 3	0.738 7
X_2			0.005 613	2	0.006 0	
$X_2(1)$	1.043 7	0.062 1	0.002 824	1	0.009 3	2.839 8
$X_2(2)$	1.435 8	0.083 6	0.00294 7	1	0.008 6	4.203 0
X_3			0.000 493	2	0.078 2	
$X_3(1)$	0.133 4	0.049 9	0.000 072	1	0.078 9	1.142 7
$X_3(2)$	0.265 6	0.044 1	0.000 363	1	0.054 7	1.304 2
X_4			0.000 077	2	0.096 2	
$X_4(1)$	0.002 7	0.035 6	0.000 000	1	0.099 4	1.002 7
$X_4(2)$	-0.074 5	0.036 7	0.000 041	1	0.083 9	0.928 2
X_5			0.000 259	3	0.096 8	
$X_5(1)$	0.421 2	0.103 6	0.000 165	1	0.068 4	1.523 7
$X_5(2)$	0.487 4	0.104 1	0.000 219	1	0.063 9	1.628 1
$X_5(3)$	0.479 3	0.102 8	0.000 217	1	0.064 1	1.614 9
X_6			0.000 127	2	0.093 9	
$X_6(1)$	0.114 9	0.041 3	0.000 077	1	0.078 1	1.121 8
$X_6(2)$	0.133 6	0.038 3	0.000 121	1	0.072 7	1.142 9
X_7			0.000 377	2	0.082 8	
$X_7(1)$	0.541 9	0.090 1	0.000 362	1	0.054 7	1.719 3
$X_7(2)$	0.373 0	0.094 9	0.000 154	1	0.069 4	1.452 2
X_8			0.000 285	2	0.086 7	
$X_8(1)$	-0.041 9	0.064 6	0.000 004	1	0.094 8	0.959 0
$X_8(2)$	-0.390 6	0.077 8	0.000 252	1	0.061 6	0.676 7
X_9			0.00 0223	2	0.089 4	
$X_9(1)$	-0.482 5	0.111 8	0.000 186	1	0.066 6	0.617 2
$X_9(2)$	-0.004 6	0.085 2	0.000 000	1	0.099 6	0.995 4
X_{10}			0.000 389	2	0.082 3	
$X_{10}(1)$	-0.074 5	0.064 6	0.000 013	1	0.090 8	0.928 2
$X_{10}(2)$	0.385 0	0.084 3	0.000 209	1	0.064 8	1.469 7
X_{11}			0.000 084	2	0.095 9	
$X_{11}(1)$	-0.173 9	0.077 0	0.000 051	1	0.082 1	0.840 4
$X_{11}(2)$	-0.053 8	0.074 3	0.000 005	1	0.094 2	0.947 6
Constant	-0.639 4	0.145 3	0.000 194	1	0.066 0	0.527 6

根据表 2 的计算结果,各回归系数对应的估计量标准差(S. E.)均小于 0.15,检验统计量值(Wald)大部分小于 0.000 8,最大不超过 0.006, Wald 检验显著性概率均小于 0.1,并且灾害发生

样本的判对率为 84.3%,灾害不发生样本的判对率为 80.6%。因此,该模型所选因子联合作用的影响显著,模型拟合程度较好,具有较强的预测能力。根据回归系数(B)可得到回归方程(研究区斜坡点在台风作用下是否发生灾害的预测判定方程)为:

$$P = \frac{e^{-0.639 4 - 0.404 7[x_1 = 1] - 0.302 9[x_1 = 2] + \dots - 0.053 8[x_{11} = 2]}}{1 + e^{-0.639 4 - 0.404 7[x_1 = 1] - 0.302 9[x_1 = 2] + \dots - 0.053 8[x_{11} = 2]}} \quad (5)$$

根据回归系数(B)的大小,可得出研究区台风引发地质灾害因子按影响力从大到小排列为:坡度 > 台风近中心最大风力 > 植被 > 台风 7 级风圈半径 > 高程 > 台风 10 级风圈半径 > 样本与其影响台风中心直线距离 > 坡向 > 样本与其影响台风中心横轴正向夹角 > 降雨量 > 地层岩性,可看出与台风相关的各因素对该类地质灾害的发生起着重要的促进作用。

另外,根据回归系数(B)的大小还可得出研究区台风引发地质灾害的敏感条件,即研究区内斜坡及其影响台风若同时满足以下条件就很可能发生地质灾害:①斜坡坡度为 $35^\circ \sim 40^\circ$;②影响台风近中心最大风力大于 12 级;③坡面植被为木质化草本植物(竹);④影响台风 7 级风圈半径为 50 ~ 100 km;⑤斜坡高程处于 ≤ 200 m 或 250 ~ 650 m 或 750 ~ 800 m 或 850 ~ 900 m;⑥影响台风 10 级风圈半径大于 400 km;⑦斜坡与台风中心直线距离为 50 ~ 100 km;⑧斜坡坡向为 $\leq 135^\circ$ 或 $180^\circ \sim 325^\circ$;⑨斜坡与台风中心横轴正向夹角 ≤ 1 弧度;⑩斜坡范围内某次过程降雨量为 300 ~ 350 mm;⑪地层岩性为凝灰岩类。上述敏感条件与在研究区进行实地考察分析后得出的结果是相符的。

5 结论

本文针对台风引发的地质灾害进行了以下的研究工作:

(1)建立了温州地区台风引发地质灾害的 Logistic 回归模型;

(2)对台风引发地质灾害的各影响因子进行了科学客观的综合定量分析和评价,得出了各因素按影响力大小的排序以及研究区台风引发地质灾害的敏感条件;

(3)得出了能对研究区斜坡在台风条件下是否发生灾害进行较为准确可靠判定的 Logistic 回归方程。

上述工作和结果为台风作用下发生地质灾害的研究提供了可靠的前期结论,使用的模型方法能得出初步的预测结果,对研究区内选择实施防台减灾的措施也能起到一定的指导作用。但这些

工作只是对该类地质灾害的前期研究,其深层次的发育发生机理还有待更加深入的研究。

参考文献:

- [1] 郑清江,赵振平,曹舜评等.台湾坡地校园土石灾害案例制初步探讨[C]//“海峡两岸山地灾害与环境保育研究”论文集第三卷.昆明:第三届海峡两岸山地灾害与环境保育学术研讨会,2002:266-272.
- [2] 蔡光荣,王嘉烨,候峻棕等.台湾南部横贯公路边坡崩塌灾害之调查研究[C]//“海峡两岸山地灾害与环境保育研究”论文集第三卷.昆明:第三届海峡两岸山地灾害与环境保育学术研讨会,2002:188-195.
- [3] 彭社琴,陈明东.张溪滑坡—台风诱发滑坡成因分析[J].山地学报,2005,23(6):725-728.
- [4] 赵其华,韩俊,陈光平等.台风“云娜”与斜坡地质灾害时空关系特征分析[J].中国科技在线,2011,4(21):1917-1923.
- [5] 陈光平.台风引发温州市斜坡地质灾害的发育分布及影响因素研究[D].成都:成都理工大学,2011.
- [6] 陈长坤,纪道溪.基于复杂网络的台风灾害演化系统风险分析与控制研究[J].灾害学,2012,27(1):1-4.
- [7] 韩俊,赵其华,韩刚等.温州市台风引发斜坡地质灾害影响因子分析[J].地质灾害与环境,2012,23(1):30-34.
- [8] 韩俊.温州地区台风滑坡形成机理物理模拟研究[D].成都:成都理工大学,2012.
- [9] 孔维伟,赵其华,韩俊.台风滑坡变形破坏机制模型试验研究[J].工程地质学报,2013,21(2):297-303.
- [10] 李雪平,唐辉明,周顺平.区域滑坡因子敏感性的 Logistic 回归分析[J].地球科学与环境学报,2005,27(4):14-18.
- [11] Ohlmacher Gregory C, Davis John C. Using multiple logistic regression and GIS technology to predict landslide hazard in Northeast Kansas, USA[J]. Engineering Geology, 2003, 69(3): 331-343.
- [12] Appt J eremy, Skaugset Arne, Pyles Marvin. Discriminating between landslide sites and adjacent terrain using topographic variables[C]// Geological Society of America, Cordilleran Section, 98th annual meeting. Geological Society of America, 2002.
- [13] Lee S, Ryu J, Min K, et al. Development and application of landslide susceptibility analysis techniques using geographic information system (GIS) [J]. International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2001, 1: 319-321.
- [14] Rowbot ham David N, Dudycha Douglas. GIS modelling of slope stability in Phewa Tal watershed, Nepal [J]. Geomorphology, 1998, 26(1): 151-170.
- [15] 李雪平,唐辉明.基于GIS的分组数据 Logistic 模型在斜坡稳定性评价中的应用[J].吉林大学学报:地球科学版,2005,35(3):361-365.
- [16] 李雪平,唐辉明,陈实.基于GIS的 Logistic 回归在区域滑坡空间预测中的应用[J].公路交通科技,2005,22(6):152-155.
- [17] 李铁锋,丛威青.基于 Logistic 回归及前期有效雨量的降雨诱发型滑坡预测方法[J].中国地质灾害与防治学报,2006,17(1):33-35.
- [18] 王卫东,钟晟.基于GIS的 Logistic 回归模型在地质灾害危险性区划中的应用[J].工程勘察,2009(11):5-10.
- [19] 王卫东,陈燕平,钟晟.应用 CF 和 Logistic 回归模型编制滑坡危险性区划图[J].中南大学学报:自然科学版,2009,40(4):1127-1132.
- [20] 王济川,郭志刚. Logistic 回归模型方法与应用[M].北京:高等教育出版社,2001.

Analysis on Factors of Geological Hazard Induced by Typhoon in Wenzhou

Xue Yuan^{1, 2, 3} and Zhao Qihua²

(1. Geomathematics Key Lab of Sichuan Province, Chengdu 610059, China; 2. State Key Laboratory of Geological Hazard Prevention and Geological Environment Protection, Chengdu 610059, China; 3. College of Management, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: For quantitatively evaluating the contributed extent of factors influenced geological hazard induced by typhoon and acquiring the mechanism of this kind of geological hazard, Logistic regression are used to analyze the factors. Wenzhou in Zhejiang is chosen as a research area. The regression model is built that in independent variables are three kinds of factors: characteristic factors of sample, characteristic factors of typhoon, relative position between sample and typhoon. All of parameters from this model are comprehensive analyzed and sensitivity factors and equation for forecasting and deciding of geological hazard induced by typhoon in research area are acquired. It is concluded that the Logistic regression model is more dependable. The result has provided dependable information, effective way and method for evaluating and forecasting stability of slope on the condition of typhoon.

Key words: geological hazard; factor; typhoon; Logistic regression; Wenzhou