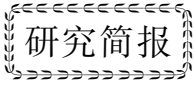


文章编号: 0253-3782(2004)03-0330-04



城市地震影响相关性研究^{*}

潘 华 赵凤新 高孟潭

(中国北京 100081 中国地震局地球物理研究所)

关键词 城市群 地震影响 同步影响率 相关性

中图分类号: P315.9 文献标识码: A

随着我国经济和社会的进步与发展,形成了若干以大城市为中心的城市群,其分布区域往往人口密集、经济发达,是文化政治的中心.而其中有些城市群位于高地震危险区,如以北京、天津为中心的首都圈城市群.这些城市群分布地区一旦发生大地震,其经济损失、人员伤亡以及造成的社会影响都将极其巨大.因此,城市群的防震减灾研究意义重大.城市群中城市之间空间距离接近,在地震发生时,可以作为一个整体统一进行备灾,以减轻单一城市备灾的负担;在震后可以利用近距离的优势及时开展互救,这对于减轻地震灾害损失,尤其是人员伤亡具有重要的意义.科技部社会公益性研究项目“城市群防震减灾综合研究”,即是为了切合这一防震减灾的新形势而确立的.其中城市群中的各个城市之间在地震发生后及时的相互救援策略,是研究的一个重要方面.要达到在城市群中救灾物资储备的合理分布以及震后能够相互间协助的目的,需要城市群中的城市在一次大的地震中,不同时遭遇同样大的地震破坏.因此,在城市分布密集区域划分以震后抗震救灾为目的的城市群就显得很有意义.这要求了解各个城市地震影响的特征和城市地震影响的相关性.城市地震影响特征相似的城市,以及城市地震影响相关性强的城市,遭受同样程度破坏的可能性较大,不利于震时的相互救援,不应划分在同一个救灾互助城市群中.

本文的目的是研究探讨城市地震影响相关性的研究方法和相关性的描述指标,为震后救灾互助城市群的确定提供基本的依据.

1 方法

根据地震目录资料以及地震影响场分布,可以得到每次地震所影响到的城市以及它们的地震影响烈度.假定 n 个城市的地震影响矩阵如表 1 所示,则任意两个城市 C_i 与 C_j 地震影响烈度 i 的发生总次数为 $k(i)$,同步发生次数为 $l(i)$,则地震烈度 i 的同步影响率为

$$\lambda(i) = \frac{l(i)}{k(i)} \tag{1}$$

城市地震烈度的同步影响率反映了地震影响的相关性.

表 1 城市地震影响烈度分布矩阵

影响烈度		城 市			
		C_1	C_2	\cdots	C_n
地震事件	E_1	I_{11}	I_{12}	\cdots	I_{1n}
	E_2	I_{21}	I_{22}	\cdots	I_{2n}
	\cdots	\cdots	\cdots	\cdots	\cdots
	E_m	I_{m1}	I_{m2}	\cdots	I_{mn}

理论上,历史地震目录可用于上述分析.然而,由于历史文献记载的缺失,历史地震目录往往是不完

^{*} 科技部社会公益性研究项目“城市群防震减灾综合研究”资助.中国地震局地球物理研究所论著 03AC1015. 2002-11-18 收到初稿,2003-02-18 收到修改稿,2003-03-14 决定采用.

备的,城市地震影响烈度资料更为缺乏.表 2 列出了我国地震记载较丰富的华北地区省会城市的地震影响烈度分布.数据表明,城市的历史地震资料尚不足以用来进行城市地震影响相关性的统计研究,尤其是高地震烈度资料更加缺乏.

表 2 华北地区省会城市地震烈度分布

城市	烈 度						Σ
	Ⅵ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅸ	X	XI	
北京	5	3	3	1	0	0	12
天津	8	2	2	0	0	0	12
太原	9	7	0	0	0	0	16
石家庄	10	2	0	0	0	0	12
济南	2	1	0	0	0	0	3
郑州	8	0	0	0	0	0	8
呼和浩特	3	0	0	0	0	0	3

为此,本研究设计根据区域地震活动时空统计特征研究的结果,采用模拟方法(潘华等,2004)产生一组地震目录进行上述的分析来评价城市地震影响的相关性.

2 计算实例

本文以福建省 9 个地区级以上城市(图 1)为研究对象,探讨城市地震影响的相关性.

模拟地震目录的时间长度取为 5 000 年.地震统计区及其主要地震活动性参数取自《中国地震动参数区划图》中国地震局地球物理研究所方案,其主要参数值列于表 3.

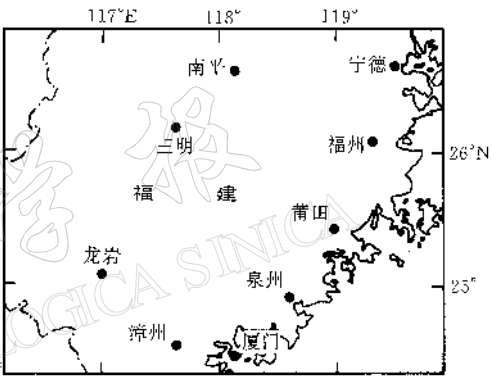


图 1 福建省 9 城市分布示意图

表 3 地震统计区地震活动性参数

地震统计区	b 值	ν_1	M_{uc}	潜在震源区数目
台湾东地震带	1.05	435	8.0	30
台湾西地震带	0.80	18.8	7.5	25
华南沿海地震带	1.17	2.12	7.0	60
长江中游地震带	0.685	2.7	8.0	154

衰减关系采用华南地震烈度长轴和短轴衰减关系(汪素云等,1988)

长轴

$$I_a = 2.401 + 1.586M - 1.429\ln(R_a + 15) \qquad \sigma = 0.536 \qquad (2)$$

短轴

$$I_b = 0.815 + 1.676M - 1.321\ln(R_b + 9) \qquad \sigma = 0.546 \qquad (3)$$

根据地震烈度衰减关系,可以计算得到各个城市地震影响场分布,并获得城市地震影响烈度.在此基础上,计算了各城市间不同地震烈度的同步影响率.其结果列于表 4.

根据表 4 中结果,可以得到以下认识:

1) 因为一次地震的Ⅵ度影响区域较大,所以,同步发生的城市也较多,可以有多个城市相关性较高.从Ⅵ度的同步影响率来看(表 4 中烈度Ⅵ对应的数据),相关的城市大致可分成两个群体:一个包括福州、莆田、泉州、厦门、漳州;另一个包括三明、南平、龙岩.这两群城市在空间分布上呈北东向的两条带.在《中国地震烈度区划图(1990)》(中国地震烈度区划图编委会,1992)上上一个带位于Ⅶ度以上区内,后一

个带位于Ⅵ度及Ⅴ度区内. 每群中城市之间的同步发生率多在 30%以上, 而不同群间城市之间的同步发生率却多在 10%以下. 宁德与这两群城市之间的相关性均较大.

表 4 城市不同地震烈度的同步影响率

城市	烈度	福州	厦门	莆田	三明	泉州	漳州	南平	宁德	龙岩
福州	Ⅵ	1.00								
	Ⅶ	1.00								
	Ⅷ	1.00								
厦门	Ⅵ	0.38	1.00							
	Ⅶ	0.30	1.00							
	Ⅷ	0.00	1.00							
莆田	Ⅵ	0.70	0.36	1.00						
	Ⅶ	0.31	0.23	1.00						
	Ⅷ	0.17	0.18	1.00						
三明	Ⅵ	0.08	0.03	0.02	1.00					
	Ⅶ	0.09	0.06	0.00	1.00					
	Ⅷ	0.00	0.00	0.00	1.00					
泉州	Ⅵ	0.56	0.52	0.67	0.01	1.00				
	Ⅶ	0.29	0.40	0.53	0.00	1.00				
	Ⅷ	0.17	0.30	0.50	0.00	1.00				
漳州	Ⅵ	0.35	0.57	0.29	0.07	0.36	1.00			
	Ⅶ	0.30	0.39	0.23	0.06	0.23	1.00			
	Ⅷ	0.00	0.25	0.13	0.00	0.13	1.00			
南平	Ⅵ	0.11	0.05	0.05	0.72	0.03	0.10	1.00		
	Ⅶ	0.09	0.06	0.00	1.00	0.00	0.06	1.00		
	Ⅷ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00		
宁德	Ⅵ	0.59	0.33	0.39	0.20	0.34	0.36	0.27	1.00	
	Ⅶ	0.36	0.24	0.00	0.40	0.13	0.17	0.40	1.00	
	Ⅷ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
龙岩	Ⅵ	0.09	0.13	0.08	0.43	0.10	0.20	0.33	0.12	1.00
	Ⅶ	0.25	0.11	0.07	0.04	0.00	0.17	0.40	0.25	1.00
	Ⅷ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

2) 从Ⅶ度和Ⅷ度的同步影响率来看(表 4 中烈度Ⅶ,Ⅷ对应的数据),上述城市分群依然存在. 因此,从城市相关性分类的目的出发,采用Ⅵ度地震同步影响率是可行的. 但考虑到高地震烈度影响对评价城市地震灾害意义更加重大,因此,在城市群划分中,当以Ⅵ度地震同步影响率划分的城市群范围过大时,要同时考虑城市间高烈度地震同步影响率的大小来缩小划分范围.

3) 在 9 个城市中,福州、莆田、泉州、厦门、漳州、宁德相关性较强,不宜划分为同一个城市群中;三明、南平、龙岩相关性亦较强,也不宜划分为同一个城市群.

4) 表 5 给出了这 9 个城市之间的空间距离. 数据表明,距离近的城市地震影响相关性并不一定大,距离远的城市地震影响相关性并不一定小. 这主要与城市所处的地震构造环境有关. 例如,泉州和漳州距离比漳州与龙岩的距离远,但泉州和漳州同属于东南沿海地震带外带,而龙岩却位于东南沿海地震带的内带,地震地质环境和地震活动性存在较大的差异,所以泉州和漳州的地震影响相关程度远大于漳州与龙岩的相关程度.

3 结语

城市之间地震影响的相关性,决定了城市同时受到大的地震破坏影响的可能性. 对于划分以抗震救

表 5 城市空间距离

单位：km

城市	福州	厦门	莆田	三明	泉州	漳州	南平	宁德	龙岩
福州	0								
厦门	219	0							
莆田	77	144	0						
三明	170	202	166	0					
泉州	148	72	71	176	0				
漳州	245	44	170	90	104	0			
南平	129	244	159	74	197	242	0		
宁德	68	285	147	197	216	303	134	0	
龙岩	252	129	202	136	159	91	205	303	0

灾为目的的城市群，城市地震影响相关性指标是重要的依据。本研究通过对城市地震烈度同步影响率的定义和统计分析，得到以下基本认识：

- 1) 城市间确实存在地震影响的相关现象，城市间地震烈度同步影响率可以作为城市地震相关性的描述指标。
- 2) 城市地震影响的相关性，与城市所处的地震构造环境有关，与城市间的空间距离关系不确定。
- 3) 地震烈度Ⅵ度的同步影响率可以作为划分的主要指标，高烈度影响数据较少，对于分析不太适合，但与城市地震灾害影响程度大小关系密切，可作为重要的参考依据。
- 4) 地震烈度同步影响率高的城市，同时遭受大的地震破坏影响的可能性高。灾害性地震发生时，难以相互提供救援支持。城市间地震影响相关性的认识对宏观防震减灾规划的制定是有帮助的。

参 考 文 献

汪素云，刘汉兴，王渝春，等. 1988. 华南地区地震动参数的衰减关系[A]. 见：丁原章，李坪，时振梁等编. 海南岛北部地震研究文集[C]. 北京：地震出版社，284~293

中国地震烈度区划图编委会. 1992. 中国地震烈度区划图说明书[J]. 中国地震，8(4)：1~11

潘华，赵凤新，高孟潭. 2004. 城市地震影响特征研究[J]. 地震学报，26(2)：203~210

STUDY ON THE CORRELATIVITY OF EART-HQUAKE'S IMPACT ON CITIES

Pan Hua Zhao Fengxin Gao Mengtan

(Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China)

Key words: city group; earthquake impact; simultaneous rate of seismic intensity; correlativity