

高娜, 聂高众, 邓砚. 地震应急救援辐射效应分析——以芦山 7.0 级地震为例[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 170–174.  
[Gao Na, Nie Gaozhong, Deng Yan. Radiation Effects Analysis of Earthquake Emergency Rescue——Taking Lushan M7.0 Earthquake as an example[J]. Journal of Catastrophology, 2014, 29(2): 170–174.]

# 地震应急救援辐射效应分析

——以芦山 7.0 级地震为例\*

高 娜, 聂高众, 邓 砚

(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

**摘 要:** 地震应急救援是一个很复杂的过程, 对地震应急救援辐射的研究需要用一种理论模型来刻画和描述。用辐射能力来反映外部的救援能力, 结合城市空间相互作用的研究理论, 建立了地震应急救援辐射模型, 并以芦山 7.0 级地震为例, 计算了芦山县与四川省其它地级市之间的时间距离及各市对芦山的辐射能力, 在此基础上分析了各地市的地震应急救援辐射能力。辐射能力最强的是成都市, 其次是绵阳、德阳、南充等地市, 辐射能力最弱的是攀枝花、甘孜藏族自治州、阿坝藏族羌族自治州等市州。

**关键词:** 地震应急救援; 辐射效应; 时间距离; 芦山 7.0 级地震

**中图分类号:** X43      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-811X(2014)02-0170-05

**doi:** 10.3969/j.issn.1000-811X.2014.02.032

地震发生后, 高效有序的地震应急救援行动对挽救生命, 减少或者避免人员伤亡, 防止灾害扩大, 尽快恢复社会秩序是至关重要的。据地震应急期救人需求, 震后 1 d 为特急期, 2~3 d 为突击期(联合国救灾署称震后 3 d 内为“黄金时间”), 4~10 d 为紧急期。救援者须在特急期内到达并进入灾区才能救出更多人<sup>[1]</sup>。有资料分析显示: 1976 年唐山 7.8 级地震, 震后第 1 d 救出的存活率为 81.6%, 第 2 d 下降到 33.7%, 3~5 d 分别为 36.7%、20% 和 7%; 1995 年日本阪神 7.3 级地震 5d 存活率分别为 80.5%、28.5%、21.8%、5.9% 和 5.8%, 与唐山地震非常接近<sup>[2]</sup>。这些数字说明救援力量进入灾区时间越短, 越有利于救援工作的开展。

目前对地震应急救援的研究主要集中在建立地震应急救援指标体系<sup>[3-4]</sup>、地震应急救援能力评价<sup>[5-6]</sup>、地震应急救援力量及应急物资调配<sup>[7-10]</sup>、地震应急期划分<sup>[2,11]</sup>、地震应急救援行动<sup>[12-13]</sup>等方面的研究。而对于基于时间距离的地震救援辐射效应研究鲜有文献提及。地震灾害的应急救援是一个系统工程。地震发生后, 除了当地本身的应对能力外, 对较大规模的地震灾害, 都要依赖于外部的救援。芦山地震救援就是一个很典型的例子, 2013 年芦山 7.0 级地震中, 参与救援的医

疗人员共有 12 962 人, 其中本市医疗人员占 73.98%, 省内其它医疗人员占 21.47%, 国家及他省医疗人员占 1.32%, 部队医疗人员占 3.22%。截至 2013 年 4 月 26 日, 中央为灾区下拨帐篷 8 万顶, 省内自筹帐篷 12 000 顶, 省内各市、州支援 5 375 顶, 接受捐赠 2 451 顶<sup>[14]</sup>。这些数字说明地震发生后, 外部的救援力量在救灾过程中占有一定的比例, 如果灾区外围地区能在地震发生后很短时间内向灾区提供一定数量的救援队伍, 救灾物资, 说明灾区外围对灾区的救援能力很强。衡量灾区外围能够提供给灾区的救援能力, 需要用到辐射的概念。

辐射本是一个物理学概念, 是指能量高的物体和能量低的物体通过一定媒介互相传递能量的过程。厉以宁等在《区域发展新思路》<sup>[15]</sup>中用物理学的辐射理论解释现代化和经济发展的辐射问题。经济发展和现代化进程中的辐射是指经济发展水平和现代化程度相对比较高的地区与经济发展水平和现代化程度相对比较低地区进行资本、人才、技术、市场信息等的流动和思想观念、思维方式、生活习惯等方面的传播。经济辐射能力是指在城市群中的中心城市对周边城市和地区的综合影响能力和发展带动能力<sup>[16]</sup>。陈先强<sup>[17]</sup>认为城市圈经济辐射效应是指以中心城市为极, 凭借其

\* 收稿日期: 2013-10-13      修回日期 2013-12-03

基金项目: 地震行业科研专项(201208018)

作者简介: 高娜(1981-), 女, 陕西渭南人, 博士研究生, 主要从事地震应急理论研究. E-mail: uich@163.com

通讯作者: 聂高众(1964-), 男, 山西人, 研究员, 博士生导师, 主要从事应急救援领域相关技术标准与规范研究、地震灾害与地震应急研究. E-mail: niegz@ies.ac.cn

强大的经济、文化、科技、人力资源优势,通过向周边城市和乡村地区的技术转让和创新扩散、产业转移和关联、信息传播和交流、资本输出和优化配置带动其经济、文化、科技和社会的快速发展。

地震应急救援与经济辐射有相似之处,都涉及到两个地区之间人力、物力、财力的流动。结合不同学者对经济辐射概念的描述,地震应急救援辐射能力可以理解为地震灾区周围县、市、省及国家能够提供给灾区的综合救援能力,地震应急救援辐射能力与经济辐射能力是一个相反的过程。地震应急救援辐射能力是外围县、市、省对灾区的辐射能力,而经济辐射能力是经济强区对周边地区的辐射能力。

鉴于地震应急救援辐射研究相对较少,本文提出地震应急救援辐射能力的概念,结合城市空间相互作用理论,建立了地震应急救援辐射模型,并以芦山 7.0 级地震为例,计算了芦山县与四川省其它地级市之间的时间距离及各市对芦山的辐射能力,在此基础上分析了各市对芦山的辐射能力大小。

## 1 空间相互作用理论

空间相互作用是指区域之间所发生的商品、人口与劳动力、资金、技术、信息等的相互传输过程。在长期的研究中,人们发现空间相互作用具有随距离衰减的特征,引力模型被成功应用于城市空间相互作用的描述<sup>[18]</sup>,同时被成功运用到人口迁移模型、城市引力模型和区域综合能力模型等方面。地理学家对牛顿力学引力模型的引用最早源于赖利(Reilly)1929 年发表的对零售关系研究方法的探索<sup>[19]</sup>,此后引力模型被广泛应用于距离衰减效应和空间相互作用的研究中,引力模型揭示了两地的相互吸引力大小与两地的“质量”乘积成正比与“距离”成反比。1990 年以来,王德忠等选取了区域的人口数、工业总产值、空间距离及接受程度系数等指标定量分析了区域的经济联系强度<sup>[20]</sup>;牛慧恩<sup>[21]</sup>等采用城市间的交通距离修正了引力模型,分析了甘肃与毗邻省区经济联系情况;孟德友等采用时间距离修正引力模型,对江苏省各地区间的经济联系强度进行测度<sup>[22]</sup>;随着近年来经济地理学家的关注,引力模型被广泛应用于各类经济、地理、人口的研究领域之中。以往的研究中,常用的引力模型如下:

$$F_{kj} = \frac{\sqrt{P_k G_k} \sqrt{P_j G_j}}{D_{kj}^2} \quad (1)$$

式中: $F_{kj}$  表示  $K$  市  $j$  市的经济联系量; $P_k$ 、 $P_j$ 、 $G_k$ 、 $G_j$  分别表示  $K$  市  $j$  市的人口和 GDP; $D_{kj}$  为  $K$  市和  $j$  市间的空间距离。

## 2 地震应急救援辐射模型

如上所述,引力模型被广泛应用于距离衰减效应和空间相互作用的研究,地震应急救援辐射研究涉及到两个地区的距离衰减问题及空间相互作用,因此文章根据引力模型的思路建立地震应急救援辐射模型。

地震应急救援辐射模型涉及到三个要素,即时间距离、区域经济水平和区域救援力量。一个县、市到灾区的时间长短直接影响到救灾速度,所以距离灾区越近,交通发达的县、市对灾区救援能力越强,一个经济水平高、救援力量强大的区域能够提供给灾区的救援能力就越强。因此地震应急救援辐射模型的计算公式如下:

$$F_{kj} = \sqrt{P_k G_k} (\alpha T_{kj} + b) \quad (2)$$

式中: $F_{kj}$  表示  $K$  市对灾区的辐射能力; $P_k$ 、 $G_k$  分别表示  $K$  市救援力量和 GDP; $T_{kj}$  为  $K$  市和灾区间的时间距离; $a$ 、 $b$  为系数。

牛顿引力模型在距离衰减规律上采用幂函数衰减,地震应急救援辐射模型的时间距离衰减规律与震后救活率有关,苏幼坡<sup>[23]</sup>给出了唐山地震救活率与震后时间的关系,表明地震应急救援随着时间的变化接近线性关系。本文根据历史地震人员救活率与时间的关系(表 1)<sup>[2,23]</sup>制作了救活率与震后时间关系图(图 1),并拟合出线性关系式: $y = -0.76x + 100$ 。

表 1 地震救活率与时间关系

时间/h	0.5	24	48	72	96	120
救活率/%	99.5	81	53	37	19	7

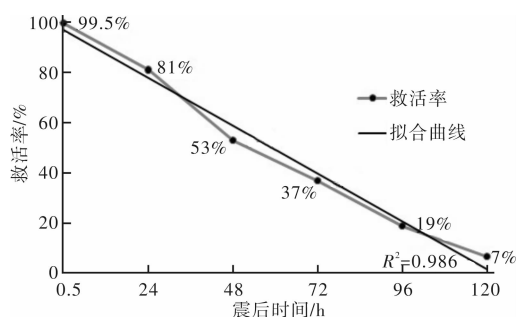


图 1 地震救活率与时间关系

区域经济水平和区域救援力量是影响地震应急救援的引力因素。应急救援力量是震后黄金 72 h 的救援主力军,目前我国的地震应急救援队伍主要有以下三种力量<sup>[24-25]</sup>: ①以公安、消防、武警、军队、民兵预备役为主的突击力量; ②以抗震救灾、矿山危化救援、医疗救护等专业队伍为主的基本力量; ③以企事业单位专兼职队伍、应急志愿者队伍为主的辅助力量。区域经济水平用 GDP 来表示, GDP 是衡量一个国家(或地区)综合实力

的重要指标,在此表示能够提供给灾区的综合救援能力。

时间距离是影响地震应急救援的阻力因素。地震发生后,影响救援速度的不是距离问题,是时间问题,与两个在地理空间上接近的地点相比,两个在时间上联结便捷的地点更有利于救援工作的开展。因此,在进行辐射效应研究时,需要考虑于两地之间的时间距离。

时间距离是指从始发地到达灾区的时间,与路径有关。此处定义从  $P_1$  沿路径  $i$  到  $P_2$  的路径时间为:

$$t(P_1, P_2) = \sum \frac{d_{ij}}{v_{ij}} \quad (3)$$

式中:  $d_{ij}$  表示路径  $R_i$  的第  $j$  段路程;  $v_{ij}$  表示经过路径  $R_i$  的第  $j$  段路程的速度。路程的时速为汽车在该路段的设计时速。如果考虑震后人员集结时间、震后道路的各种情况(堵车,中断等),可以给每一段道路赋一个系数,能较接近真实情况。则时间距离可表示为:

$$t(P_1, P_2) = \sum \frac{d_{ij}}{v_{ij}} \alpha_j + t_k \quad (4)$$

式中:  $t_k$  为震后人员的集结时间;  $\alpha_j$  为  $j$  段道路的系数。由于震后道路的堵车,中断情况复杂,在此不予计算,震后中国国家救援队的集结时间最快为 2 h,因此取该值为震后的人员集结时间。

### 3 研究区域及数据处理

#### 3.1 芦山 7.0 级地震概况

北京时间 2013 年 4 月 20 日 08:02 四川省雅安市芦山县(30.3N, 103.0E)发生 7.0 级地震,震源深度 13 km,震中距成都约 100 km,截至 2013 年 4 月 24 日 10:00,共发生余震 4 045 次,3 级以上余震 103 次,最大余震 5.7 级,受灾人口 152 万,受灾面积 12 500 km<sup>2</sup>[26]。据中国地震局网站消息,截至 24 日 14:30,地震共计造成 196 人死亡,失踪 21 人,11 470 人受伤[26]。地震发生后,四川省立刻启动一级应急响应,成都军区部队紧急出动 2 000 人赶往芦山,省地震灾害紧急救援队、省应急救援总队已于 8:40 集结完毕,赶赴雅安开展救援工作。11:00 左右,四川省地震局现场工作队伍和四川省地震灾害紧急救援队已到达芦山地震现场。11:48,成都军区铁拳师炮兵团第一梯队 300 余人已到达受灾最严重的芦山县。10:50,四川医院救援医疗队已经出发到达雅安。下午 16:00 左右,第一批救灾物资抵达灾区,首批 500 顶帐篷在灾区陆续搭建,为灾民提供生活保障,家庭包及食品也陆续发给灾民(图 2)。地震当日,全国各地心理救援队开始奔赴灾区,参加心理救援。此次地震应急救援的速度与 5 年前的汶川

8.0 级地震相比有了很大提高。

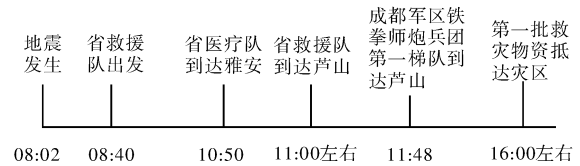


图2 芦山 7.0 级地震灾后救援时间表

#### 3.2 数据处理

依据全国 1:100 万基础地理信息数据库的公路网络数据,并将四川省 21 个地级市抽象为道路网络中的节点,利用 ArcGIS 网络分析功能获取芦山与其它节点间的最短时间距离。由于采用的是旅行时间距离[22],因此要在设定不同等级公路行驶速度的基础上进行实际道路距离和时间距离的换算,根据《中华人民共和国公路工程技术标准》,公路根据使用任务、功能和适用的交通量分为高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路五个等级。高速公路一般选用 120 km/h 的计算行车速度,当受条件限制时,可选用 100 km/h 或 80 km/h 的计算行车速度。对个别特殊困难路段,允许采用 60 km/h 的计算行车速度。在平原微丘地区的一级、二级、三级、四级公路的计算行车速度应分别采用 100 km/h、80 km/h、60 km/h、40 km/h;山岭重丘地区的一级、二级、三级、四级公路的计算行车速度分别采用表列 60 km/h、40 km/h、30 km/h、20 km/h。平原微丘、山岭重丘根据地形起伏度划分[24],在 ARCGIS 软件中提取了基于 16 km<sup>2</sup> 尺度的地形起伏度,根据起伏度和公路等级共同确定道路的行车速度(表 2)。另外,文中所涉及到的其它属性数据主要来源于《四川省统计年鉴(2012)》。利用公式(2)、(3)、(4)计算得到芦山与其他 20 个地市的时间距离及地震应急救援辐射能力(表 3)。

### 4 辐射效应分析

地震发生后如果不考虑人员集结时间,不考虑道路拥堵及道路受损中断情况,2 h 内能到达芦山县城的只有眉山市,距离芦山县城 3 h 的城市有成都市、乐山市、德阳市和资阳市;距离芦山县

表 2 等级公路行车速度

公路等级	起伏度	速度/(km/h)	公路等级	起伏度	速度/(km/h)
高速路	<200	120	二级	<200	80
高速路	200~500	100	二级	≥200	40
高速路	500~700	80	三级	<200	60
高速路	700~1 000	60	三级	≥200	30
一级	<200	100	四级	<200	40
一级	≥200	60	四级	≥200	20

表 3 地震应急救援辐射能力

地市	时间距离	辐射能力	地市	时间距离	辐射能力
成都市	4.15	3 384	自贡市	5.92	1 065
绵阳市	5.12	1 520	广元市	7.40	1 061
德阳市	4.81	1 284	泸州市	6.58	1 060
南充市	5.93	1 275	内江市	5.57	1 049
达州市	8.10	1 244	广安市	6.60	1 023
宜宾市	6.42	1 187	巴中市	8.30	878
乐山市	4.50	1 116	眉山市	3.96	842
遂宁市	5.46	1 099	攀枝花市	10.57	814
凉山彝族自治州	7.25	1 098	甘孜藏族自治州	6.58	687
资阳市	4.99	1 089	阿坝藏族羌族自治州	12.46	559

城 4 h 的城市有绵阳市、遂宁市、南充市、内江市和自贡市。距离芦山县城最远的是攀枝花市和阿坝藏族羌族自治州,其时间距离分别为 8.57 h 和 10.46 h。如果考虑人员集结时间,则从成都到达芦山县城需要 4 h 多(表 3),地震发生后,四川省地震局现场工作队伍和四川省地震灾害紧急救援队于 11:00 到达芦山地震现场,成都军区铁拳师炮兵团第一梯队于 11:48 到达芦山县。计算结果与地震发生后救援队达到灾区的时间接近。

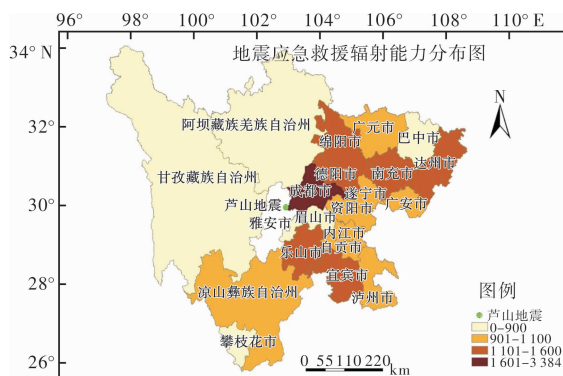


图 3 地震应急救援辐射能力分布图

针对芦山 7.0 级地震而言,辐射能力最强的是成都市,其次是绵阳市、德阳市、南充市、达州市。根据表 3 中的数据将四川省的其它 20 个城市按照辐射能力大小分成 3 个等级(图 3)。成都市是第一优先等级,其辐射值远大于其它地市。成都是四川省的省会城市,其经济实力、救援力量、救灾物资储备能力都是最强的,并且成都拥有一个中央级救灾物资储备库,储备库总占地面积 10.55  $\text{hm}^2$ ,总有效库容 3.7 万  $\text{m}^3$ ,拥有近万个货位,可储备帐篷 5.41 万顶、棉被 10.83 万床、棉衣裤 21.65 万套等各类救灾物资和冲锋舟、橡皮艇、救生圈、发电机、挖掘机等各类应急救援工具,可满足紧急转移安置人口 86.6 万、救助 21.65 万人所急需的救灾物资储存、调运等紧急任务,并能保障两架直升机同时起降<sup>[27]</sup>。芦山 7.0 级地震后,成都是救援的主力军,成都军区、华西医院、地震专业救援队等救援人员都在第一时间赶赴灾区。

德阳、绵阳、南充、达州、宜宾、乐山、遂宁、凉山、资阳、自贡、广元、泸州、内江、广安,这几个市的辐射能力相对成都市小了很多,其辐射值大于 1 000,他们是提供地震应急救援力量的第二优先城市。芦山 7.0 级地震发生后,绵阳、乐山、德阳、南充、内江、自贡等地纷纷向芦山灾区提供救援人员和救援物资。例如:地震后,泸州市立即组织卫生、消防、矿山救护、民兵预备役等应急救援队伍,启动应急预案,迅速调集队伍和救援设备。上午 10:00,泸州市泸医附院和附属中医院派出 3 辆救护车 27 名医务人员赶赴灾区<sup>[28]</sup>;南充市派遣了红十字会专业搜救人员 19 人,救护车 2 辆,医护人员 20 人,筹集救灾帐篷 500 顶、卫生救援大帐篷 4 顶、家庭救灾包 1 000 个等,支援雅安救灾<sup>[29]</sup>。巴中、眉山、攀枝花、甘孜和阿坝作为提供救援能力的第三优先城市,与四川省内的其它地市相比,他们的辐射能力最弱。地震发生后,他们也提供了自己的力量,例如:地震后,眉山市政府向雅安提供了 100 万元救灾资金、50 万元救灾物资援助雅安灾区。同时,向雅安灾区派出抢险救援队伍<sup>[30]</sup>。甘孜消防队共出动两批救援力量、武警攀枝花市消防支队在接到上级指令后,第一时间抽调 68 名精干人员成立了专业救援队赶赴灾区<sup>[31-32]</sup>。

## 5 结论

地震应急救援辐射能力是地震灾区周围县、市、省级国家能够提供给灾区的综合救援能力,地震应急救援是在人为干预的条件下,灾区外围各区域的物质、能量、人员、信息快速向灾区集聚的一个过程,是一种空间相互作用,只不过这种空间作用发生速度快,物质、能量、人员、信息的流动更迅速。本文结合城市空间相互作用的研究理论,建立了地震应急救援辐射模型,并以芦山 7.0 级地震为例,计算了芦山县与四川省其它地级市之间的时间距离及各市对芦山的辐射能力,在此基础上给出了芦山地震应急救援的三个辐射

优先级。结果表明, 芦山 7.0 级地震后, 第一优先救援城市为成都市, 第二优先救援城市为绵阳、乐山、德阳等地市, 第三优先城市为甘孜、巴中、攀枝花和阿坝等, 相对于四川省的其它地市, 他们的辐射能力最弱。

## 参考文献:

- [1] 高建国, 肖兰喜. 2003 年中国地震救灾评价[J]. 国际地震动态, 2004(2): 1-5.
- [2] 高建国. 中国紧急救援理论[J]. 华南地震, 2006, 26(2): 118-125.
- [3] 李亦纲, 吴建春, 张媛, 等. 地震应急救援能力评价指标与计算方法研究[J]. 震害防御技术, 2011, 6(2): 172-179.
- [4] 陈虹, 宋富喜, 闻明, 等. 地震应急救援标准体系及其关键标准研究[J]. 中国安全科学学报, 2012, 22(7): 164-170.
- [5] 吴新燕. 城市地震灾害风险分析与应急准备能力评价体系的研究[D]. 北京: 中国地震局地球物理研究所, 2006.
- [6] 邓砚, 聂高众, 苏桂武. 县(市)绝对地震应急能力评估方法的初步研究[J]. 地震地质, 2011, 33(1): 36-44.
- [7] 李亦纲, 张媛, 李志伟. 地震灾区救援力量优化调配模型[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(3): 150-154.
- [8] 王绪柱. 重大灾害后应急物资调配模糊优化研究[J]. 科技和产业, 2012, 12(1): 68-72.
- [9] 李晋, 袁志祥. 地震应急救援物资最优分配问题初探[J]. 四川地震, 2007(2): 22-25.
- [10] 魏昌盛, 陈维锋, 黄丁发, 等. 一种基于最短路径的地震救援力量部署模型[J]. 灾害学, 2012, 27(2): 130-133.
- [11] 王海鹰, 孙刚, 欧阳春, 等. 地震应急期关键时间阶段划分研究[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 166-170.
- [12] 韩伟, 陈维锋, 顾建华, 等. 地震救援行动的影响因素分析[J]. 灾害学, 2012, 27(4): 131-137.
- [13] 席梅, 侯建盛, 刘爱兵. 国际地震救援行动中的医疗力量配置分析. 灾害学, 2007, 22(4): 138-142.
- [14] 四川省民政厅门户网. “4·20”芦山 7.0 级地震救灾物资统计日报汇总表[EB/OL]. (2013-04-26)[2013-09-24]. <http://www.scmz.gov.cn/InfoDetail.asp?ID=12271>.
- [15] 厉以宁. 区域发展新思路[M]. 北京: 经济日报出版社, 2000.
- [16] 魏后凯. 区域开发理论研究[J]. 地域开发与研究, 1988(1): 16-19.
- [17] 陈先强. 武汉城市圈经济辐射效应研究[J]. 湖北社会科学, 2011(12): 71-73.
- [18] 饶会林. 城市经济学[M]. 大连: 东北财经大学出版社, 1999.
- [19] Reilly W J. Methods for the study of retail relationships[M]. Bureau of Business Research, University of Texas, 1929.
- [20] 王德忠, 庄仁兴. 区域经济联系定量分析初探——以上海与苏锡常地区经济联系为例[J]. 地理科学, 1996, 16(1): 51-57.
- [21] 牛慧恩, 孟庆民, 胡其昌, 等. 甘肃与毗邻省区区域经济联系研究[J]. 经济地理, 1998, 18(3): 51-55.
- [22] 孟德友, 陆玉麒. 基于引力模型的江苏区域经济联系强度与方向[J]. 地理科学进展, 2009, 28(5): 697-703.
- [23] 苏幼坡, 刘瑞兴. 城市地震灾害紧急救助的时序特性分析[J]. 灾害学, 2000, 5(2): 33-37.
- [24] 顾小豹, 杨西龙, 彭楦晶. 应急需求[J]. 物流科技, 2009(12): 54-56.
- [25] 涂汉明, 刘振东. 中国地势起伏度最佳统计单元的求证[J]. 湖北大学学报: 自然科学版, 1990, 12(3): 266-271.
- [26] 百度百科. 4·20 雅安地震[EB/OL]. (2013-04-23)[2013-9-24]. [http://baike.baidu.com/link?url=zUgipdSp3-Tf5PWZmhDROLu7f-J9Z3H0pqynTOP9hZG0oXPj6wvviRISl\\_DAwbbuf-vjeCK3IngipTFdSfazUBysgPlp9ziOKDVOqIvuZJlAWdHlKFPDh-tRN-PaQXnxMRdSbmWQNa6WpzbJ9SaK\\_7SIX02UHKFFXojgu](http://baike.baidu.com/link?url=zUgipdSp3-Tf5PWZmhDROLu7f-J9Z3H0pqynTOP9hZG0oXPj6wvviRISl_DAwbbuf-vjeCK3IngipTFdSfazUBysgPlp9ziOKDVOqIvuZJlAWdHlKFPDh-tRN-PaQXnxMRdSbmWQNa6WpzbJ9SaK_7SIX02UHKFFXojgu).
- [27] 中国网络电视台. 揭秘成都中央级救灾物资储备库[EB/OL]. (2011-05-13)[2013-9-24]. <http://news.cntv.cn/20110513/105241.shtml>.
- [28] 四川新闻网. “4·20”雅安芦山地震 泸州市启动地震应急预案[EB/OL]. (2013-04-20)[2013-09-24]. <http://scnews.newssc.org/system/2013/04/20/013764371.shtml>.
- [29] 四川在线. 南充: 应急驰援雅安芦山地震[EB/OL]. (2013-04-22)[2013-09-24]. [http://sichuan.scol.com.cn/ncxw/content/2013-04/22/content\\_5069813.htm?node=954](http://sichuan.scol.com.cn/ncxw/content/2013-04/22/content_5069813.htm?node=954).
- [30] 四川新闻网. 眉山市举行抗震救灾新闻发布会[EB/OL]. (2013-04-23)[2013-9-24]. <http://ms.newssc.org/system/20130423/001019108.html>.
- [31] 中国消防在线. 甘孜消防完成芦山地震搜救任务归建[EB/OL]. (2013-04-24)[2013-09-24]. [http://119.china.com.cn/qxjy/txt/2013-04/24/content\\_5903985.htm](http://119.china.com.cn/qxjy/txt/2013-04/24/content_5903985.htm).
- [32] 攀枝花新闻网. 攀枝花专业救援队伍抵达芦山地震灾区[EB/OL]. (2013-04-24)[2013-09-24]. <http://www.pzhnews.org/html/20130421/56398.html>.

## Radiation Effects Analysis of Earthquake Emergency Rescue ——Taking Lushan M7.0 Earthquake as an example

Gao Na, Nie Gaozhong and Deng Yan

(Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100209, China)

**Abstract:** Earthquake emergency rescue is a very complex process. Research on earthquake emergency rescue radiation needs to be characterized and described by a theoretical model. By using radiation ability to express the disaster relief come from cities or counties outside of disaster area, and combing with the theory of urban spatial interaction studies, an earthquake emergency rescue radiation model is established. Taking Lushan M7.0 earthquake for example, time distance between Lushan and other prefecture-level cities in Sichuan Province and the radiation ability of other prefecture-level cities to Lushan are calculated. Radiation ability of those prefecture-level cities are analyzed, and results show that Chengdu has the strongest radiation, Mianyang, Deyang, Nanchong etc. have the moderate radiation, Panzhihua, Ganzi Tibetan Autonomous Prefecture and Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture etc. have the weakest radiation.

**Key words:** earthquake emergency rescue; radiation effect; time distance; Lushan M7.0 earthquake