

# 中国地震应急地区系数的初步研究<sup>\*</sup>

邓 砚, 苏桂武, 聂高众

(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

**摘 要:** 首先探讨了地震应急地区系数的概念, 认为地震应急地区系数是描述各地区在遭受同等强度地震打击时, 所表现出来的应急紧迫性、应急重要性和应急救援强度的大小的指标; 然后提取了影响地震应急地区系数的因素; 继而建立了地区系数的评价指标体系和评价方法; 最后, 以地市级行政单元为例, 计算出全国各地市的地区系数, 并分析了其空间分布特征。结果表明, 我国各地市地区系数的地域差异明显, 东南部地区明显高于西北部地区; 高值主要集中于华北平原、东南沿海和四川盆地等地区的地市。

**关键词:** 地震应急; 地区系数; 初步研究

**中图分类号:** P315.9    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1000-811X(2008)01-0140-05

## 0 前言

中国是世界上地震灾害最严重的国家之一。据最新统计, 近10年来(1996~2005年), 我国已发生了灾害性地震110次, 约占全球同期灾害性地震发生次数的60%, 共造成811人死亡, 近4.5万人受伤, 直接经济损失约达195.11亿元<sup>[1-3]</sup>。在我国, 地震基本烈度Ⅵ度以上需设防的区域占国土面积的80%, 其中Ⅶ度和Ⅶ度以上区域占国土面积的50%, 74%的省会城市和62%的地级城市都位于Ⅶ度以上的高烈度地区<sup>[4]</sup>。此外, 在未来一段时间内, 我国发生多次6级以上强烈地震的可能性很大<sup>[5]</sup>。由此可见, 采取必要的防震减灾措施, 尽可能地减少地震造成的伤亡和损失是我国面临的一项紧迫而艰巨的任务。经过长期不懈的探索, 提高地震监测预报水平、加强地震灾害预防能力和提高地震灾害紧急救援水平已被国内外防震减灾界公认为减轻地震灾害的三个主要途径, 而其中提高地震灾害紧急救援水平更是因其在现有的科技和经济条件下表现出的“较为现实、投入较少、见效较快、成效显著”等优点, 而受到世界各国的普遍重视<sup>[4]</sup>。

地震应急工作对于减轻任何一个地区的地震

灾害来说, 都是十分重要的。但是, 在整理、研究过去的地震灾害及救灾案例过程中发现, 同等强度地震发生在不同地区, 其地震应急工作的紧迫程度、规模和人力物力投入等都有很大差别。此外, 即使是损失一样的地震, 其救灾工作中投入的人力、物力在不同地区有时也有很大差异, 且总体表现为: 灾区越大城市、发达地区, 政府和社会各界投入的救灾力量就越大。这可能是由于大城市和发达地区担负着更为重要或关键的国民经济建设任务, 同时也是由于这些地区人口稠密, 在政治、社会等各方面的影响更为突出。因此, 一旦地震等突发事件发生, 必须尽快妥善处理, 加快救灾进度, 尽快安置灾民, 以避免其对周围地区乃至全国产生不良的辐射作用。例如, 1998年张北-尚义6.2级地震, 震后的直接救灾投入费用就达0.48亿元, 约为地震直接经济损失的6%, 这个比例远远高于《地震灾害损失评估规定》中“6~7级地震救灾费用取直接经济损失3.5%”的比例。显然, 这同灾区位于首都北京附近, 对首都的社会安定、国内外的政治社会影响较为严重是分不开的。在《国家地震应急预案(2005年)》中明确规定了: “地震发生在边疆地区、少数民族聚居地区和其他特殊地区, 应根据需要相应提高响应级别”<sup>①</sup>。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-07-11

基金项目: 国家社会公益研究专项(2003DIB4J125); 国家科技基础条件平台项目(2004DKA20290-01-02)资助

作者简介: 邓砚(1977-), 女, 北京人, 助理研究员, 博士研究生, 主要从事地震灾害与地震应急研究。

E-mail: bnudy0708@sina.com

① 中国地震局办公室印发. 国家地震应急预案(2005). 14.

为了描述上述这种地震应急的地域差异性, 聂高众等<sup>[6]</sup>在地震应急救援需求模型的研制中提出了地震应急地区等级系数(简称地区系数)概念, 并通过大量分析指出地区系数是一个与各地区经济发展水平和人口分布情况密切相关的参数。基于当时的理解, 他们计算并得出了我国 340 多个地市的地区系数值, 且在地震救灾物资模型等进行了广泛应用。地区系数概念的提出和应用, 不但丰富了我国地震应急区域差异性研究的理论内涵, 而且也使我国分区地震应急对策研究的实用性和计算机模型化提高了一大步。但是, 当时提出的地区系数概念, 其内涵还主要集中在地震应急人力、物力和财力等方面的救助强度的区域差异方面; 同时地区系数的指标体系和计算方法也较为粗略。近年来随着地震应急对策研究的不断深入, 我们觉得地震应急地区系数的概念内涵需要进一步挖掘, 地区系数的算法也需要进一步改进, 以便进一步发挥地区系数概念在地震应急对策研究中的重要意义和作用。

为此, 本文首先将明确地震应急地区系数的概念, 提取影响地震应急地区系数的因素, 在此基础上建立地区系数的评价指标体系和评价方法, 并由此计算我国 345 个地市级行政单位的地区系数, 分析其空间分布的规律, 以期为地震应急的地域差异研究和地震应急的实际工作提供补充和指导。

## 1 地区系数的概念和影响因素

地震应急地区系数是描述各地区在遭受同等强度地震打击时, 所表现出来的应急紧迫程度、应急重要程度和应急救援强度的大小的指标。这一参数大小直接取决于地震灾区的社会经济属性特征, 而与地震本身的强度或大小无关。

通过理论分析、历史地震灾害和地震救灾案例研究、国家政策和法律法规分析, 同时结合国内外有关经验和已有相关研究成果, 可以认为影响一个地区地震应急地区系数大小的因素主要有以下几个。

### 1.1 该地区的人口和财产密集程度

一个地区的人口和财产越密集, 那么该地区遭受地震打击时, 造成的灾害损失和不良影响就可能越大, 需要救助、安置、保护或转移的人数和财产以及需要处理的紧急事务就可能越多, 特别是在得不到及时有效应急救援时, 损失和不良影响及其相互叠加、彼此放大的效应就可能越强烈, 因此应急

的紧迫程度和重要程度就越大, 需要的救助强度就越强, 亦即地区系数越大; 反之亦反<sup>[7,8]</sup>。

### 1.2 是否为政治经济强辐射中心

首都、省会、首府、大城市、经济特区和经济开放区等, 均具有某种重要社会经济地位和角色, 这些地区在遭受地震打击时, 如若得不到及时有效应急, 就有可能激发一系列不良的社会经济连锁反映, 因此地区系数较高<sup>[7,9]</sup>。

### 1.3 是否为贫困人口、少数民族人口、侨胞聚居区

一个地区若为贫困人口、少数民族人口、侨胞聚居区, 那么该地区一旦遭受地震打击, 就需要及时妥善处理一些不可避免的与贫困、民族有关的问题和与国际影响有关的问题, 因此地区系数较高<sup>[7,9]</sup>。

### 1.4 是否为核心生命线工程、重大工业次生灾害危险源密集区

一个地区若核心生命线工程、重大工业次生灾害危险源密集, 那么该地区一旦遭受地震打击, 就更需要集中力量妥善处理与这些工程和危险源有关的紧急处理和保护问题, 否则就有可能造成一系列的次生灾害和不良连锁反应, 从而大大扩展灾害损失与影响的程度, 因此地区系数较高<sup>[7,9]</sup>。

### 1.5 其他

如军事要害部位等, 也可影响地区系数的大小。

## 2 地区系数的算法

基于上述分析, 通过不断试验和讨论, 本文给出了地震应急地区系数的计算函数。

$$\text{地震应急地区系数} = f(W_j) \cdot f(S_j), \quad (1)$$

式中:  $f(S_j)$  为地区系数的基数;  $f(W_j)$  为地区系数的修正系数。利用这个计算函数, 以地市级行政单元为例, 计算了我国 345 个地市的地震应急地区系数。实际计算时, 具体计算主要分为以下几步。

### 2.1 地震应急地区系数基数的计算

“人口和财产密度”因素是描述一个地区社会经济状况的较为宏观的因素, 是地震应急工作中影响应急紧迫程度、重要程度和救援强度等方面的, 在社会经济领域最为基础和最具代表性的属性特征, 因此选用“人口经济密度”的指标作为地震应急地区系数的基数<sup>[11]</sup>。

(1) 利用“极大值标准化”即公式  $x'_{ij} = x_{ij} / \max(x_{ij})$   $\left( \begin{matrix} i=1, 2, \dots, m \\ j=1, 2, \dots, n \end{matrix} \right)$ , 对研究地区的人口和

经济数据分别进行无量纲化处理,其中 $x_{ij}$ 为第 $i$ 个地区第 $j$ 个指标实际值, $x'_{ij}$ 为第 $i$ 个地区第 $j$ 个指标的标准化值。

(2) 权重的确定 参照表1可见,死亡1人视同经济损失100万元,因而将人口密度比GDP密度的权重拟定为1:0.01,这充分体现了人的生命价值的放大作用,符合救人是应急的第一要务的指导思想。

表1 中国地震灾度等级划分<sup>[10]</sup>

灾度等级	人口死亡(人)	经济损失(万元)
微灾(E. e)	1~9	$<=10^3$
小灾(D. d)	10~99	$10^3 \sim 10^4$
中灾(C. c)	100~999	$10^4 \sim 10^5$
大灾(B. b)	1 000~9 999	$10^5 \sim 10^6$
巨灾(A. a)	$>10\ 000$	$>10^7$

注:据国家科委全国重大自然灾害综合研究组,1993。

(3) 根据线性加权求和法 即公式 $S_j = \sum_{i=1}^n w_i a_{ij}$ ( $a_{ij}$ 为第 $j$ 对象的第 $i$ 个指标值, $n$ 为指标个数, $w_i$ 为第 $i$ 个指标的权重, $S_j$ 为第 $j$ 个对象的综合值),计算“人口经济密度”指标,即 $S_j = \rho_{\lambda_j} W_{\lambda} + \rho_{GDP_j} W_{GDP} = \rho_{\lambda_j} + 0.01\rho_{GDP_j}$ 。

## 2.2 地震应急地区系数的修正系数计算

结合我国地震应急的实际工作,有必要将一些较为具体的社会经济属性对应急紧迫性、应急重要性和应急救援强度的隐性影响考虑进来,并将它们的影响以恰当的形式表示出来,因为它们实际地震应急工作中经常要面对和处理的基本问题,尤其是近年来这些问题已在我国地震应急工作中表现出了越来越重要的地位,成为地震应急中不应忽视的问题<sup>[9]</sup>,而这些因素在以往这方面的研究中很少考虑。因此,本文提取了地震应急工作中一些较为突出的具体社会经济属性作为修正系数,对地区系数的基数进行了修正。

(1) 指标选取 根据前面对于地震应急地区系数的影响因素的分析,同时结合实际资料情况,选取“政治经济强辐射中心、少数民族聚居区、贫困人口聚居区、侨胞聚居区、大型工业危险源布设区”等5个应急中较具体的社会经济属性因素作为修正中参考的主要因素。需要指出,军事要害部位虽然也是一个较重要的影响因素,但这类数据

涉及国家安全,是高度保密的数据,因此不作为本文的统计指标。

(2) 修正系数的计算方法 对于政治经济强辐射中心( $C_1$ )、少数民族聚居区( $C_2$ )、贫困人口聚居区( $C_3$ )、侨胞聚居区( $C_4$ )、大型工业危险源布设区( $C_5$ )、无突出具体属性特征( $C_6$ )等6项作为参评指标,采用层次分析法(AHP)对各个指标在影响地震应急工作的潜在重要程度进行对比,得出各指标的权重。

①根据专家意见,建立了判断矩阵

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 5 & 5 & 3 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 3 \\ 1/5 & 1 & 1 & 1 & 1/3 & 3 \\ 1/3 & 3 & 3 & 3 & 1 & 5 \\ 1/7 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1/5 & 1 \end{pmatrix}^{\circ}$$

②计算判断矩阵的最大特征根和对应的特征向量,结果为 $W_j = (0.45, 0.09, 0.09, 0.09, 0.24, 0.04)$ , $\lambda_{\max} = 6.12$ 。

③经检验,当 $n=6$ 时, $C. I. = 0.024$ , $R. I. = 1.24$ , $C. R. = 0.02 < 0.10$ ,所以判断矩阵的一致性合格。

其中: $C. I.$ 为判断矩阵一致性指标, $C. I. = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ ;  $R. I.$ 为多阶判断矩阵平均随机一致性指标; $C. R.$ 为随机一致性比率, $C. R. = C. I. / R. I.$ ,当 $C. R. < 0.10$ ,认为判断矩阵具有可以接受的一致性。

④一个地市 $j$ 地区系数的修正系数为 $f(W_j) = \sum_{i=1}^6 w_{ij}$ ,其中 $f(W_j)$ 表示地区 $j$ 中所要考虑的较具体的社会经济属性的权重和,其中 $i$ 是第 $i$ 个参评指标的权重。本文以地市为例,具体修正原则见表2。

表2 应急中较具体的社会经济属性的修正系数

$W_j$	修正依据
0.45	首都北京所在地区,直辖市和省会城市(包括单列市)所在地区,经济特区和沿海开放城市、沿海经济开放区所在地区 <sup>[12]</sup> 等3类地市
0.09	民族自治区、民族自治州和民族自治县 <sup>[13]</sup> 所在地市
0.09	贫困县 <sup>[14]</sup> 所在地市
0.09	主要侨乡 <sup>[15]</sup> 所在地市
0.24	大型工业危险源(我国大型石油、石化和化学企业) <sup>①</sup> 所在地市
0.04	不存在上述5个应急中较具体的社会经济属性

① 国家石油和化学工业局,中国石油和化学企业名录(2001),内部资料。

## 4 中国地市级地震应急地区系数的分布特征

依据上述评估模型, 基于 ArcInfo 平台, 编制了以地市级行政单位为基础单元的中国地震应急地区系数分布图(图 1)。从图 1 可以看出, 我国各地市地区系数的大小地区间差异明显, 总体而言:

我国东南部地区的地震应急地区系数明显高于西北部地区; 高值主要集中位于华北平原、东南沿海和四川盆地等地区的地市。

鉴于地区系数分布的特征, 可以看出, 在遭受同等强度地震打击时, 东南部地区特别是华北地区、东南沿海, 以及四川盆地在地震应急中所表现出来的应急紧迫程度、应急重要程度和应急救援强度将是十分突出的。

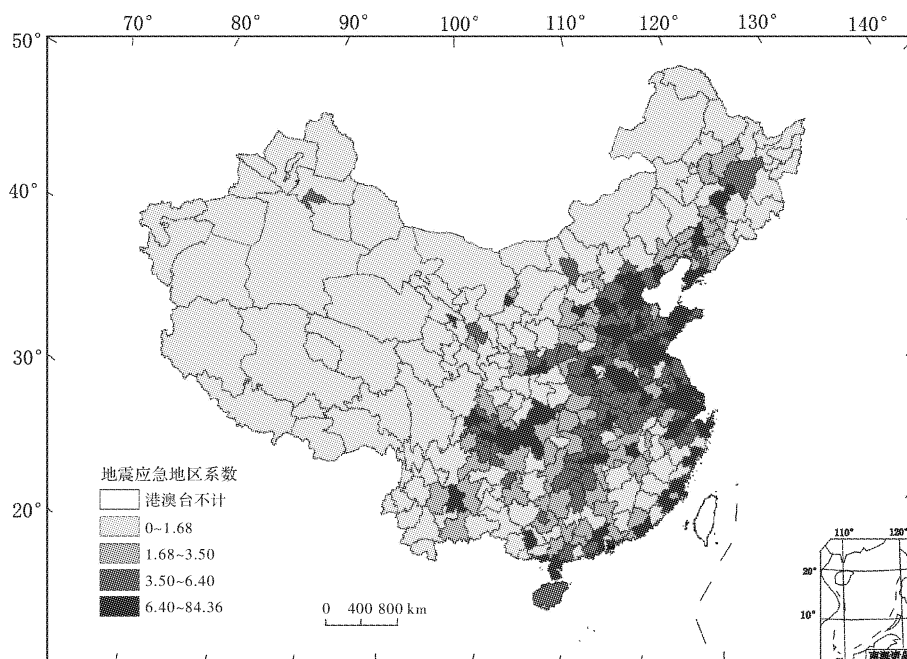


图 1 中国地震应急地区系数分布示意图

## 5 结论与讨论

(1) 地震应急地区系数是描述各地区在遭受同等强度地震打击时, 所表现出来的应急紧迫程度、应急重要程度和所需应急救助强度的大小的指标, 这一参数大小直接取决于地震灾区的社会经济属性特征, 而与地震本身的强度或大小无关。

(2) 影响地区系数的因素主要有该地区的人口和财产经济密度、是否为政治经济辐射中心、是否为贫困人口聚居区、是否为少数民族人口聚居区、是否为侨胞聚居区、是否为核心生命线工程或重大工业次生灾害危险源密集区等。

(3) 本文提出了地震应急地区系数的计算函数, 即地震应急地区系数  $= f(W_j) \cdot f(S_j)$ , 并以地市级行政单元为例, 将“人口经济密度”值作为各地市地区系数的基数, 再选取“政治经济强辐射中心、民族、贫困、侨乡、大型工业危险源”等 5

个应急中较具体的社会经济属性因素, 对各地市的地区系数的基数值进行修正, 最终得出全国各地市的地区系数。

(4) 我国各地市地区系数的地域差异明显, 东南部地区的地震应急地区系数明显高于西北部地区; 高值主要集中位于华北平原、东南沿海和四川盆地等地区的地市, 它们将是今后在我国地震应急中所表现出来的应急紧迫程度、应急重要程度和应急救援强度十分突出的地区。

## 参考文献:

- [1] 李卫平. 1996~2003 年全世界灾害地震统计分析[J]. 华北地震科学, 2005, 23(1): 54-64.
- [2] 李卫平, 赵荣国. 2004 年全球灾害地震的灾情综述[J]. 中国地震, 2005, 21(1): 123-129.
- [3] 赵荣国, 李卫平, 张虹. 2005 年地震灾害综述[J]. 国际地震动态, 2006, (1): 20-23.
- [4] 聂高众, 陈建英, 李志强, 等. 地震应急基础数据库建设

- [J]. 地震, 2002, 22(3): 105-112.
- [5] 姜立新, 帅向华, 张建福, 等. 地震应急指挥管理信息系统的探讨[J]. 地震, 2003, 23(2): 116-120.
- [6] 聂高众, 高建国, 苏桂武, 等. 地震应急救助需求的模型化处理[J]. 资源科学, 2001, 23(1): 69-76.
- [7] 邓砚, 聂高众, 苏桂武. 地震应急的影响因素分析[J]. 灾害学, 2005, 20(2), 27-34.
- [8] 苏桂武, 邓砚, 聂高众. 中国地震应急宏观分区的初步研究[J]. 地震地质, 2005, 27(3), 382-395.
- [9] 邓砚、苏桂武、聂高众. 中国地震应急二级分区的初步研究[J]. 防灾减灾工程学报, 2005, 25(4): 458-467.
- [10] 国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组. 中国自然灾害区划研究的进展[M]. 北京: 海洋出版社, 1998: 94.
- [11] 国家统计局综合司, 新华财经信息咨询有限公司. 中国区域统计年鉴(2000)[M]. 北京: 海洋出版社, 2000: 215-516.
- [12] 中教育星多媒体教育资源库 & 平台. 中国城市职能体系[EB/OL]. 2004. [http://zhjyx.hfjy.net.cn/Resource/Book/Edu/JXCKS/TS090063/0032\\_ts090063.htm](http://zhjyx.hfjy.net.cn/Resource/Book/Edu/JXCKS/TS090063/0032_ts090063.htm).
- [13] 中华人民共和国国家民族事务委员会. 中华人民共和国民族区域自治法(2001年修正版)[S]. 2004. [http://www.seac.gov.cn/policy/zhonghe/law01\\_1.htm](http://www.seac.gov.cn/policy/zhonghe/law01_1.htm).
- [14] 国家统计局农村社会经济调查总队. 中国县(市)社会经济统计概要-2000[M]. 北京: 中国统计出版社, 2000: 997-1002.
- [15] 中国侨网. 中国侨乡[EB/OL]. <http://www.hsm.com.cn/zgqj/zgqx/index.shtml>.

## The Preliminary Study on the Regional Index (RI) of Earthquake Emergency Response (EER) of China

Deng yan, Su Guiwu and Nie Gaozhong  
(Institute of Geology, CEA, Beijing 100029, China)

**Abstract:** This paper firstly discusses the definition of RI. It is thought that RI is the index that describes the regional difference in emergency, importance and intensity of EER when different regions are attacked by the earthquakes of the same intensity. RI is directly based on the social-economic attributes, instead of the earthquake intensity. Then the factors that influence the RI are picked out and the index system of RI and function are set up. Finally, taking a city as an example, the RI and regional difference of different cities in our country are analyzed. The result shows that there are obvious regional differences among the cities. The RI in the southeast is higher than that in the northwest. The cities with the highest RI are located in the North China Plain, the southeastern coastland and Sichuan basin.

**Key words:** earthquake emergency response (EER); regional index; preliminary study

## 欢迎订阅 2008 年《灾害学》杂志

随着《灾害学》杂志内在质量的不断提高和社会知名度的不断扩大, 其订户日益增多, 稿源日益丰富。为了满足广大读者和作者的心愿, 尽可能多地刊发高质量的稿件, 本刊已从 2007 年起, 改为大 16 开, 增加到 144 个页码。改版扩容后的《灾害学》杂志仍为季刊, 每季末月 20 日出版, 80 克胶印纸印刷, 彩色插页, 国内统一刊号: CN61-1097/P。

《灾害学》杂志 2008 年定价每期为 12.5 元, 全年 50 元(含邮费)。另外, 编辑部还存有少量 1988-1990 年、1994-2007 年的各年的精装合订本, 每册定价 60 元。

《灾害学》杂志编辑部热忱欢迎广大读者和作者订阅该刊。订阅方式有:

(1) 通过邮局直接汇款至编辑部, 即: 西安市边家村水文巷 4 号《灾害学》杂志编辑部, 邮编: 710068。

(2) 通过银行转帐, 单位: 《灾害学》杂志编辑部; 帐号: 3700023109014486285; 开户行: 工行西安市支行含光路分理处。

款到后即寄杂志和正式发票。需要征订单来函或来电即寄。

编辑部电话: 029-88465341

E-mail: zhx@eqsn.gov.cn      zhx02988465341@163.com