

·研究快讯·

文章编号: 1003—1375(2008)03—0060—05

# 中国部分省级城市地震危险度排名评述

刁桂苓<sup>1</sup>, 马 栋<sup>1</sup>, 梁贵平<sup>2</sup>, 路 正<sup>2</sup>, 冯向东<sup>1</sup>, 王加林<sup>1</sup>

(1. 河北省地震局, 河北 石家庄 050021;

2. 石家庄市地震局, 河北 石家庄 050055)

**摘要:**《中国国家地理》2008 年 6 期刊载的《中国部分省级城市地震危险度排名》引起社会巨大反响, 相应提高了社会公众对于地震风险的警觉。文章提到影响地震危险度的 3 方面因素(导致灾害的强度因子、承灾体的脆弱性指数和响应能力)比较全面。但是中国部分省级城市地震危险度排名的数据不是来源于已经发表的学术论文, 而是一篇硕士学位论文。分析表明: 地震危险度和城市近源等效震级无关; 脆弱性因子没有考虑抗震能力; 响应能力也不包括疏散和救援力量等因素。因此认为《中国部分省级城市地震危险度排名》文章的文字表述与图件的数据依据之间存在显著差别, 中国部分省级城市地震危险度排名缺乏足够的科学性和严谨性。

**关键词:** 城市地震危险度; 等效震级; 相关性分析

**中图分类号:** X43 **文献标识码:** A

## 0 引言

2008 年 5 月 12 日四川汶川发生 8 级大震, 死亡和失踪者近 9 万人, 震动全国, 震惊世界。地震风险引起国人的高度重视。《中国国家地理》迅速刊出中国部分省级城市地震危险度排名的图件(简称排名图)<sup>[1]</sup>, 配发简要的文字说明, 指出排名考虑的 3 个指标: 导致灾害的强度因子(如城市近源地震等效震级)、承灾体的脆弱性指数(人口、GDP、建筑抗震能力)和响应能力(疏散、救援等应急应变能力)。之后中国部分省级城市地震危险度排名图在广东科技馆举办的“地震与思考”地震科普图片巡展上展出, 通过各大网站转载, 在全国引起巨大反响。石家庄的地震危险度以至少高出其它城市 40% 而名列前茅, 作为生活在石家庄的地震工作者有必要对此作出客观的分析。

城市人口密度大, 是重要的政治、经济、文化中心, 地震一旦发生在城市, 对生命财产、社会稳定的威胁极大, 因此对于城市地震风险进行评价, 具有重要意义。国内外对城市地震危险度的评价已经开展了大量的研究工作, 所采用的方法、统计数据和研究重点有所差异, 取得的结果也不尽相同。我国颁布

的国家标准《中国地震动参数区划图》GB18306—2001<sup>[2]</sup>, 就是用于新建、改建、扩建一般建设工程抗震设防, 以及编制社会经济发展和国土利用规划。对于重大工程等需做专门研究, 进行工程场地的地震安全性评价<sup>[3]</sup>。《中国地震动参数区划图》的设防水准为 50 年超越概率 10%。

《中国国家地理》文章<sup>[1]</sup>介绍了北京师范大学徐伟等的研究。可以查到徐伟等(2004)发表在《自然灾害学报》的文章《中国城市地震灾害危险度评价》<sup>[4]</sup>, 相互对照, 发现徐伟等文章只使用了 2 方面的指标, 即中国城市近源地震等效震级、城市地震灾害承灾体易损性指数, 没有响应能力; 城市近源地震等效震级附表缺少 8 个省级城市的数据; 危险度数值比排名图的数值高一个数量级。显然徐伟等已经发表的学术论文不是中国部分省级城市地震危险度排名引用的来源。通过检索在万方数据网中查到 2004 年通过的徐伟硕士学位论文<sup>[5]</sup>, 其中的表 4—1 中国部分省级城市地震危险度评价指标与排名图所使用的一致, 排名图系抽取硕士学位论文表 4—1 中的单栏内容排序制成, 因此认为该硕士学位论文是排名图的数据来源。以下我们主要分析硕士学位论文<sup>[5]</sup>中的资料。

\* 收稿日期: 2008-08-19

作者简介: 刁桂苓(1951—), 男(汉族), 天津人, 河北省地震局研究员, 从事地震学研究。

# 1 中国城市地震危险度评价指标分析

根据硕士学位论文<sup>[5]</sup>中的中国城市地震危险度评价指标体系图(文献[5]中图2—3), 可以了解评价指标体系由3方面构成: 致灾因子因素、承灾体因素和灾害响应能力因素。致灾因子因素就是城市近源地震等效震级; 承灾体因素包括(人口密度、国内生产总值、单位面积上的建成区面积、单位面积上的住房面积、单位面积上的道路面积、人均邮电业务量、人均用电量、每万人拥有的公共汽车量); 而灾害响应能力因素包括(地方财政预算内收入、人均可支配收入、人均拥有的医生数、人均拥有的医院床位数、地方财政预算内支出、人均可支配支出、城乡居民年末储蓄存款余额)。《中国国家地理》文章<sup>[1]</sup>所列承灾体的脆弱性指数(人口、GDP、建筑抗震能力)中最重要建筑抗震能力和文献[5]采用的指标无关。至于响应能力(疏散、救援等应急应变能力)显然和文献[5]考虑灾害响应能力因素也没有直接联系。

作为致灾因子的城市近源地震等效震级, 在硕士学位论文<sup>[5]</sup>中给出3种结果, 许多城市存在显著差异, 即便是相同作者所发表的学术论文<sup>[4]</sup>和硕士学位论文<sup>[5]</sup>也不同。由于中国城市地震危险度图采用了硕士学位论文的数据, 我们仍以此为据进行分析。

# 2 中国城市地震危险度评价指标相关性分析

硕士学位论文<sup>[5]</sup>中的表3—1列出中国城市最大等效震级分类统计结果, 我们摘录了排名图使用的30个城市的数据列于表1。文献[5]中的表4—1中国部分省级城市地震危险度评价指标, 全部列入表1, 前4列内容与文献[5]的表4—1内容相同, 只是按排名图调整了顺序。其中 $M_H$ 是致灾因子强度指数,  $V_s$ 是承灾体脆弱性指数、 $A_R$ 是灾害响应能力指数、UERDI是中国城市地震危险度评价指数。为了便于比较, 也列出最大等效震级 $M_{max}$ (因为文献[5]给出的是0.5级的范围, 本文取中间值代替)和《中国地震动参数区划图》中30个城市作为抗震设防水准的地震动峰值加速度PGA(单位: g)。

据文献[5]中的数据(本文表1), 绘图给出中国30个省会城市和直辖市的致灾强度指数 $M_H$ (图1中为四边形)、最大等效震级 $M_{max}$ (图1中为圆点)、

地震危险度评价指数UERDI(图1中为三角形)。  
硕士学位论文<sup>[5]</sup>在构建城市地震危险度指数时, 以最大等效震级 $M_{max}$ 表示致灾震级, 用公式 $E=10^{1.5M+4.8}$ 换算得到等效致灾强度, 并使其隶属于[0.1, 1.0], 得到致灾因子强度指数 $M_H$ 。据文献<sup>[5]</sup>的计算结果, 中国30个省会及直辖市的城市致灾强度指数 $M_H$ 除兰州为0.11, 其余29个城市均为0.10(见表1)。由于文献[5]中未列出致灾因子强度指数 $M_H$ 的具体计算方法和步骤, 故直接引用文献[5]的计算结果进行相关性分析。

表1 中国部分省会及直辖市地震危险度评价指标

|      | $M_H$ | $V_s$ | $A_R$ | UERDI | $M_{max}$ | PGA  |
|------|-------|-------|-------|-------|-----------|------|
| 石家庄  | 0.10  | 0.75  | 0.25  | 0.35  | 5.75      | 0.10 |
| 合肥   | 0.10  | 0.46  | 0.23  | 0.25  | 4.75      | 0.10 |
| 西宁   | 0.10  | 0.35  | 0.19  | 0.24  | 6.25      | 0.10 |
| 海口   | 0.10  | 0.39  | 0.22  | 0.23  | 5.25      | 0.25 |
| 长沙   | 0.10  | 0.48  | 0.28  | 0.22  | 4.25      | 0.05 |
| 南昌   | 0.10  | 0.37  | 0.22  | 0.22  | 4.25      | 0.05 |
| 杭州   | 0.10  | 0.49  | 0.32  | 0.21  | 4.75      | 0.05 |
| 乌鲁木齐 | 0.10  | 0.33  | 0.25  | 0.19  | 6.25      | 0.20 |
| 成都   | 0.10  | 0.38  | 0.31  | 0.18  | 5.75      | 0.10 |
| 郑州   | 0.10  | 0.33  | 0.27  | 0.18  | 5.25      | 0.15 |
| 南京   | 0.10  | 0.45  | 0.34  | 0.18  | 4.75      | 0.10 |
| 兰州   | 0.11  | 0.23  | 0.23  | 0.17  | 6.75      | 0.20 |
| 福州   | 0.10  | 0.30  | 0.27  | 0.16  | 5.25      | 0.10 |
| 哈尔滨  | 0.10  | 0.29  | 0.29  | 0.16  | 4.75      | 0.05 |
| 太原   | 0.10  | 0.28  | 0.26  | 0.16  | 5.25      | 0.20 |
| 西安   | 0.10  | 0.29  | 0.31  | 0.15  | 5.75      | 0.20 |
| 银川   | 0.10  | 0.16  | 0.20  | 0.14  | 6.25      | 0.20 |
| 济南   | 0.10  | 0.25  | 0.30  | 0.14  | 5.25      | 0.05 |
| 贵阳   | 0.10  | 0.18  | 0.23  | 0.13  | 4.75      | 0.05 |
| 南宁   | 0.10  | 0.19  | 0.25  | 0.13  | 5.25      | 0.05 |
| 长春   | 0.10  | 0.19  | 0.25  | 0.13  | 5.25      | 0.10 |
| 沈阳   | 0.10  | 0.24  | 0.35  | 0.13  | 5.25      | 0.10 |
| 呼和浩特 | 0.10  | 0.16  | 0.20  | 0.13  | 5.25      | 0.20 |
| 昆明   | 0.10  | 0.17  | 0.30  | 0.11  | 6.25      | 0.20 |
| 广州   | 0.10  | 0.33  | 0.64  | 0.11  | 4.75      | 0.10 |
| 武汉   | 0.10  | 0.18  | 0.38  | 0.11  | 4.25      | 0.05 |
| 天津   | 0.10  | 0.23  | 0.47  | 0.11  | 6.75      | 0.15 |
| 北京   | 0.10  | 0.27  | 0.57  | 0.11  | 5.75      | 0.20 |
| 重庆   | 0.10  | 0.16  | 0.38  | 0.10  | 4.75      | 0.05 |
| 上海   | 0.10  | 0.46  | 1.00  | 0.10  | 4.25      | 0.10 |

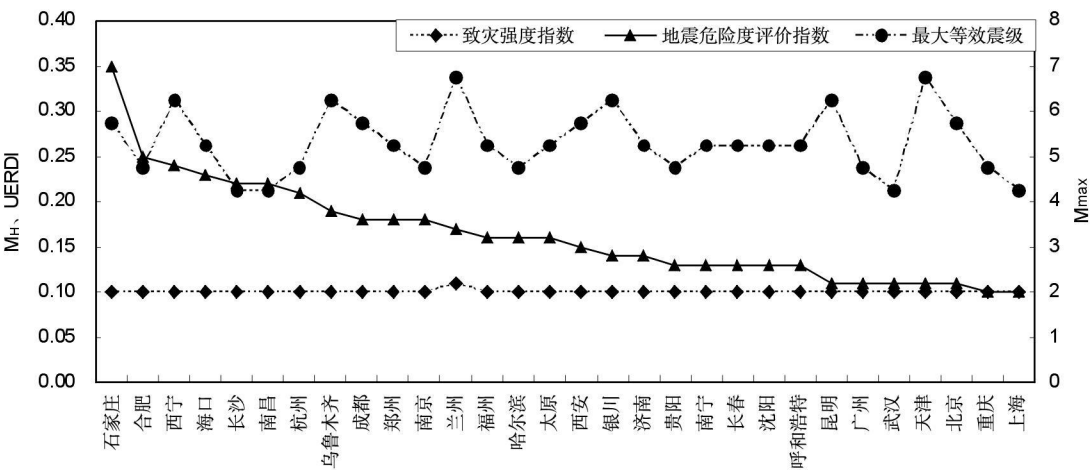


图1 中国部分省会及直辖市致灾强度指数、地震危险度评价指数(与排名图相同)、最大等效震级对比图

线性拟合相关性分析和计算:

由式(1)计算致灾强度指数  $M_H$ 、地震危险度评价指数  $UERDI$  的相关系数  $r_1=0.0190$ ; 地震危险度评价指数  $UERDI$ 、最大等效震级  $M_{max}$  的相关系数  $r_2=0.0241$ ; 致灾强度指数  $M_H$ 、最大等效震级  $M_{max}$  的相关系数  $r_3=0.3786$ ; 地震危险度评价指数、承灾体的脆弱性指数的相关系数  $r_4=0.8002$ ; 地震危险度评价指数、灾害响应能力指数的相关系数  $r_5=-0.4543$ 。(文献[5]的表3-1中给出了最大等效震级的范围,为计算方便,在计算相关性时取每个最大等效震级为文献[5]中给定范围的中值)。计算结果见表2。

$$r = \frac{\rho_{xy}^2}{\rho_x \rho_y}$$
$$= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}}$$

(1)

相关系数的取值范围是:  $-1 \leq r \leq +1$ , 正值表示正相关, 负值表示负相关。从计算结果可以看出, 致灾因子强度指数  $M_H$ 、地震危险度评价指数  $UERDI$  的相关系数为 0.0190, 可见二者的相关性非常小, 而致灾因子强度指数  $M_H$ 、地震危险度评价指数  $UERDI$  应该具有较大的相关性, 即致灾因子强度越大地震危险度评价指数越高。最大等效震级  $M_{max}$ 、地震危险度评价指数  $UERDI$  的相关系数为 0.0241, 相关性也较弱, 但在实际应用中最大等效震级和地震危险度评价指数应该有较强的相关性, 最大等效震级越高地震危险度也应该越大。也就是说地震危险度评价指数居然和地震因素无关, 这另人难以置信。地震危险度评价指数  $M_H$ 、最大等效震级  $M_{max}$  的相关系数为 0.3786, 虽然较前两个相关系数大, 但从相关性方面分析, 其相关性仍不明显。至于地震危险度评价指数和承灾体的脆弱性指数以及灾害响应能力的相关系数都较大, 它们是相关的。

表2 相关系数及统计量计算表

| 指标1               | 指标2               | 相关系数 r        | 统计量 t         |
|-------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 致灾因子强度指数 $M_H$    | 地震危险度评价指数 $UERDI$ | $r_1=0.0190$  | $t_1=0.1006$  |
| 最大等效震级 $M_{max}$  | 地震危险度评价指数 $UERDI$ | $r_2=0.0241$  | $t_2=0.1276$  |
| 致灾因子强度指数 $M_H$    | 最大等效震级 $M_{max}$  | $r_3=0.3786$  | $t_3=2.1645$  |
| 地震危险度评价指数 $UERDI$ | 承灾体脆弱性指数 $V_s$    | $r_4=0.8002$  | $t_4=7.0602$  |
| 地震危险度评价指数 $UERDI$ | 灾害响应能力指数 $A_R$    | $r_5=-0.4543$ | $t_5=-2.6985$ |

对以上计算的相关系数进行显著性检验 ( $\alpha = 0.05, n = 30$ )

计算检验的统计量:  $t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ ; 得到  $t_1 = 0.1006, t_2 = 0.1276, t_3 = 2.1645, t_4 = 7.0602, t_5 = -2.6985$

$$|t_1| = 0.1006 < t_{\alpha/2}(30-2) = 2.0484;$$

$$|t_2| = 0.1276 < t_{\alpha/2}(30-2) = 2.0484;$$

$$|t_3| = 2.1645 > t_{\alpha/2}(30-2) = 2.0484;$$

$$|t_4| = 7.0602 > t_{\alpha/2}(30-2) = 2.0484;$$

$$|t_5| = 2.6985 > t_{\alpha/2}(30-2) = 2.0484$$

从显著性检验的结果分析, 致灾强度指数  $M_H$ 、地震危险度评价指数 UERDI 的相关关系不显著; 地震危险度评价指数 UERDI、最大等效震级  $M_{\max}$  的相关关系不显著; 至于地震危险度评价指数和承灾体脆弱性指数以及灾害响应能力指数的相关关系都较为显著。

### 3 中国城市地震危险度评价指标问题讨论

硕士学位论文<sup>[5]</sup>给出的表格(见表1、图1)中的30个省级城市最大等效震级  $M_{\max}$  范围在4.0~4.5到6.5~7.0, 最大和最小的震级差达2.5级, 计算出的能量差达数千倍。但是致灾强度指数有29个城市是0.1, 一个城市是0.11, 也就是说29个城市致灾强度相等, 唯一的兰州仅比其它城市高10%。无论是文献[4]还是文献[5]都没有找到由城市近源地震等效震级计算灾害强度因子的具体方法, 但是分析表1, 我们无法理解  $M_{\max}$  和  $M_H$  的关系。29个城市的近源地震等效震级按每0.5级分档, 能够划分入5个档次, 怎么计算出相同的致灾强度因子? 因此就可以认为致灾强度因子数值和城市近源地震等效震级基本无关。

地震承灾体的脆弱性应当体现在抗震能力上, 按照国家标准《中国地震动参数区划图》GB18306—2001<sup>[2]</sup>, 30个省级城市的抗震设防水准已经列入表1末栏。其中有9个城市的设防水准低于石家庄市, 石家庄市作为地震承灾体的脆弱性大大高于其它城市缺乏有力证据。况且石家庄属于1966年以后快速发展起来的新兴城市, 老旧房屋并不多。石家庄市的一般工业与民用建筑都是按照规定的地震动加速度0.1g即地震基本烈度7度设防<sup>[3]</sup>。重大建设工程要开展地震安全性评价工作并依据评价结

果设防<sup>[3]</sup>。

至于响应能力的疏散、应急救援方面, 在石家庄市已经得到迅速发展。河北省成立的专业地震灾害紧急救援队, 就驻扎在石家庄, 汶川地震时赶赴现场开展了大量的应急救援工作; 石家庄市在全国率先组织了地震紧急救援志愿者队伍; 石家庄市目前已经建成了16个地震应急避难场所; 还在石家庄市组织过国际地震应急演练活动, 这些都为今后的应急救援积累了丰富的经验。石家庄市民的防震减灾意识也较强。石家庄市民对地震以及地震自救互救等知识有较深入的了解。

《中国国家地理》刊出中国部分省级城市地震危险度排名<sup>[1]</sup>和徐伟的文章<sup>[4]</sup>以及硕士学位论文<sup>[5]</sup>之间存在差异。大家不能要求基于2000年数据在2004年完成的硕士论文结论现在依然适用。2008年6月号杂志刊载的图件一般理解为根据新数据得到的新结果, 但是其文字表述和制作图件的依据之间不一致, 尤其是确定城市地震危险度3个指标都不相符。对于科学普及文章, 应当尊重基本事实, 论述和依据必须匹配, 不能违背科学原则。

### 4 结论

《中国地震动参数区划图》GB18306—2001<sup>[2]</sup>是我国颁布的国家标准, 适用于新建、改建、扩建一般建设工程抗震设防, 以及社会经济发展和国土利用规划的编制。对于重大工程等则需做专门研究, 进行工程场地的地震安全性评价<sup>[3]</sup>。这应当是分析地震危险的主要依据。当然开展科学研究, 发现不足, 改进工作, 更有利于促进防震减灾事业的发展。

《中国国家地理》刊载的《中国部分省级城市地震危险度排名》<sup>[1]</sup>引起社会极大反响, 应当承认这提高了社会公众对于地震风险的警觉, 文中提到影响地震危险度的3方面因素(导致灾害的强度因子、承灾体的脆弱性指数、响应能力)也比较全面。但是中国部分省级城市地震危险度排名的数据来源不是已经发表的学术论文<sup>[4]</sup>, 而是一篇硕士学位论文<sup>[5]</sup>。而制作中国部分省级城市地震危险度排名图的依据存在一些问题: (1)致灾强度因子和城市近源等效震级基本无关; (2)承灾体的脆弱性因子没有考虑抗震能力; (3)响应能力也不包括疏散和救援力量。因此认为《中国部分省级城市地震危险度排名》文章介绍的指标<sup>[1]</sup>与图件的数据依据<sup>[5]</sup>之间存在明显的差别, 中国部分省级城市地震危险度排名缺乏足够的科学性和严谨性。

参考文献:

[1] 《中国国家地理》编辑部, 中国部分省级城市地震危险度排名[J]. 中国国家地理, 2008(总 572), 122-124.  
[2] 国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准地震动参数区划图[S]. GB18306—2001.  
[3] 国家质量技术监督局. 中华人民共和国国家标准工程场地地震安全性评价[S]. GB17741—2005.  
[4] 徐伟, 王静爱, 史培军, 周俊华. 中国城市地震灾害危险度评价[J]. 自然灾害学报, 2004(2), 9-15.  
[5] 徐伟. 中国城市地震危险度评价(硕士学位论文)[D]. 北京: 北京师范大学, 2004.

Comment on the Earthquake Risk Degree Ranking of  
Some Chinese Provincial Capitals

DIAO Gui-ling<sup>1</sup>, MA Dong<sup>1</sup>, LIANG Gui-ping<sup>2</sup>, LU Zheng<sup>2</sup>, FENG Xiang-dong<sup>1</sup>, WANG Jia-lin<sup>1</sup>

(1. Earthquake Administration of Hebei Province, Shijiazhuang 050021, China;  
2. Earthquake Administration of Shijiazhuang City, Shijiazhuang 050055, China)

**Abstract:** “The Earthquake Risk Degree Ranking of Some Chinese provincial capitals”, published in Chinese National Geography (CNG) (Jun. 2008), brings great social response and causes the public paying more attention to earthquake risk. The three factors to influence the city earthquake risk degree in this paper, which is Intensity factor of causing disaster, vulnerability index of hazard bearing bodies and response ability index respectively, is relatively comprehensive, however, the datum used is not from published academic paper but from a master degree thesis. Study shows that the earthquake risk degree is irrelevant to equivalent magnitude of near source earthquake, the vulnerability factor should consider aseismic capability, and the response ability should not include the factors of evacuation and rescue force, etc. Thus, the expression in the paper is inconsistent with its chart datum. So we believe that the paper lacks scientific and rigorous demonstration.

**Key words:** city earthquake risk degree; equivalent earthquake magnitude; correlation analysis