

和朝霞, 韶丹, 孙哲, 等. 基于行政村居民地的地震人员死亡评估方法研究——以陕西礼泉县为例[J]. 灾害学, 2016, 31(2): 84–88. [He Zhaoxia, Shao Dan, Sun Zhe, et al. Evaluation Method of Earthquake Death of Administrative Village Residents——A Case Study on Lique County[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(2): 84–88.]

基于行政村居民地的地震人员死亡评估方法研究

——以陕西礼泉县为例*

和朝霞, 韶丹, 孙哲, 程燕

(陕西省地震局, 陕西 西安 710068)

摘要:以行政村居民地作为研究区域,通过农居调查资料和行政村居民地面积及人口进行双变量回归分析,解决农居建筑物的资料获取问题;选择合适的地震人员伤亡模型进行不同烈度下行政村居民地的地震人员伤亡率的计算,进而建立不同烈度下行政村地震人员死亡和房屋损毁数据库,为县级政府部门提供地震灾害损失结果,实现震后灾害损失的快速评估。

关键词:地震;人员伤亡;评估;多元回归;行政村;居民地

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2016)02–0084–05

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2016.02.017

破坏性地震带给社会的影响深远且沉重。地震发生后,如何快速评估地震所造成的人员伤亡,为政府应急响应分级和抗震救灾提供必要的参考数据,是亟待解决的重要课题。

我国对地震人员伤亡的研究屡见不鲜^[1–8],无论哪个评估模型,应用中首先必须保证基础数据的精确性^[8],否则难以对人员伤亡情况进行评估。部分模型选择以县或者乡镇行政区划为评估单元,由于其人口、房屋等数据的精度不够,评估区人口密度明显小于实际的人口密度,评估结果和实际结果之间存在较大出入。比如,玉树7.1级地震快速评估结果与实际调查相比有比较大的偏差,其主要原因是地震应急基础数据不够详实,所掌握的基础数据没有反映地震灾区房屋和人口分布的真实情况,玉树县总人口10.9万人,县人口密度约为8人/km²,但极震区(Ⅸ度区)覆盖的玉树县结古镇却是人口相对密集的区域,常住人口2.3万,人口密度约28.5人/km²。

随着高精度的卫星遥感数据的发展,大比例的居民地数据更新快捷,获取资料的周期缩短。同时随着地震社会服务工程项目的实施,在人口、农居房屋资料的收集上也有了一定的基础。所以我们把地震灾害快速评估模型的评估单元设定为居民地,以提高预评估结果的精确性和效率。本文以陕西礼泉县为例,对1:10 000居民地和行政

村人口数据、农居房屋调查资料进行空间分析,计算不同烈度下居民地的人员死亡、建筑物毁损情况,并建立基于居民地的地震预评估结果数据库。一旦破坏性地震发生后,县级政府部门可通过提前获取的预评估数据预判所在县的地震损失,为政府救援决策提供依据。

1 地震人员伤亡预评估方法分析

影响地震人员伤亡的因素有很多,若想全面考虑这些因素对人员伤亡数量的影响,需要大量的相关资料。这在短时间内是很难实现的,且关于这些因素如何影响人员伤亡的研究有待深入。因此,现有方法只考虑若干主要因素^[1–8]。

1.1 尹之潜的人员伤亡评估模型

目前在实际的震后评估中,常见的评估模型都还是使用尹之潜的人员伤亡评估模型进行估算^[4,7,9–10]。

尹之潜以房屋的毁坏比为参数,提出了以下两个计算地震时人员死亡的公式^[1]:

(1)平均死亡人数公式

$$\lg d = 12.479C_p^{0.1} - 13.3, \quad (1)$$

式中: d 为人员死亡率; C_p 为房屋毁坏率。

* 收稿日期:2015–10–01 修回日期:2015–11–23

基金项目:陕西省地震局启航与创新基金课题(2013年度);国家“十二五”重点项目“陕西地震社会服务工程”

作者简介:和朝霞(1977–),女,山西长治人,高级工程师,主要从事地震应急技术保障工作. E-mail: hzx@eqsn.gov.cn

(1) 房屋总面积

以咸阳市礼泉县为例,收集了行政村农居房屋总面积样本数据 100 个,通过与居民地面积、行政村人口数进行双变量相关性分析。

通过双变量相关分析行政村农居房屋总面积与居民地面积,得到的相关系数 R^2 为 0.752 5,回归分析 P 值为 0.000 14,如图 3 所示;通过双变量相关分析行政村农居房屋总面积与行政村总人口数,得到的相关系数 R^2 为 0.769 9,回归分析 P 值为 0.000 004,如图 4 所示。

这一结果表明,行政村农居房屋总面积与居民地面积、行政村总人口均有较强的相关性。

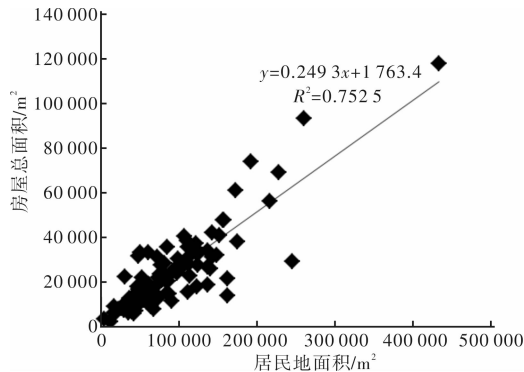


图 3 行政村农居房屋总面积与居民地面积散点图

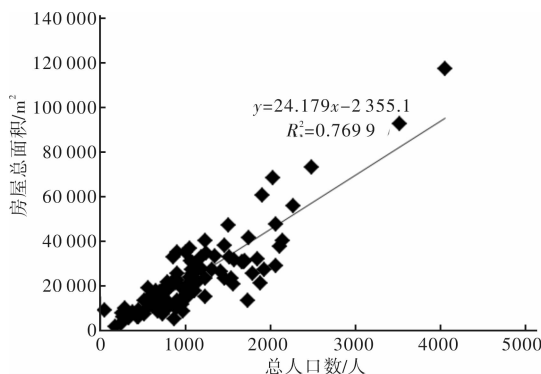


图 4 行政村农居房屋总面积与行政村总人口数散点图

本文采用多元线性回归模型,因变量为行政村农居房屋总面积,自变量分别为行政村居民地面积和行政村总人口数。

利用多元线性回归模型进行建模,可得到如下模型:

$$y = 0.117669x_1 + 14.025791x_2 - 1795.12416 \quad (4)$$

式中: x_1 是行政村居民地面积(m^2), x_2 是行政村总人口(人)。该模型的回归系数为 0.895,说明模型的拟合情况良好,但还需要通过实地调查对数据进一步验证来提高拟合度。

(2) 不同结构房屋面积

行政区居民地内不同结构房屋面积可以通过房屋总面积和房屋不同结构比例计算获得,本文

房屋不同结构比例取每个乡镇收集的样本数据结构比例的平均值。

2.3 县城城区不同结构房屋面积

根据统计数据可以得到每个县房屋总面积和不同结构房屋面积,以全县数据减掉行政村居民地的面积即可得到县城城区不同结构房屋面积。

2.4 房屋破坏矩阵的选择

(1) 房屋分类和破坏等级

按照 GB/T 18208.4 - 2011^[16] 规定,钢筋混凝土房屋:包括高层钢筋混凝土框筒和筒中筒结构、剪力墙结构、框架剪力墙结构、多层和高层钢筋混凝土框架结构等。砌体房屋:包括多层砌体结构、多层底部框架结构、多层内框架结构、多层空斗墙砖结构、砖混平房等;砖木房屋:包括砖墙、木房架的多层砖木结构、砖木平房等;土、木、石结构房屋:包括土墙木屋架的土坯房、砖柱土坯房、土坯窑洞、黄土崖土窑洞、木构架房屋(包括砖、土围护墙)、碎石(片石)砌筑房屋等。

根据礼泉县的房屋统计资料和样本数据,房屋建筑按结构类型可分为钢筋混凝土房屋、砌体房屋、砖木房屋及土木房屋等四类。

按照 GB/T 18208.4 - 2011 规定,砖木结构和土木石结构房屋为简易房屋,钢筋混凝土房屋和砌体房屋为一般房屋。GB/T 24335 - 2009^[17] 规定钢筋混凝土房屋、砌体房屋等一般房屋破坏划分为基本完好、轻微破坏、中等破坏、严重破坏和毁坏 5 个等级。而对于简易房屋,按《建(构)筑物地震破坏等级划分》规定将毁坏、严重破坏合并为毁坏,将中等破坏、轻微破坏合并为破坏,保留基本完好,划分为 3 个破坏等级。

(2) 房屋破坏矩阵

根据研究区域的房屋结构类型,选择钢筋混凝土框架结构、砌体结构和简易房屋的破坏矩阵,但在人员死亡模型计算时,简易房屋破坏矩阵还按原规范 5 个等级来进行计算(表 1 ~ 表 3)。

表 1 钢筋混凝土框架结构破坏矩阵 %

房屋结构类型	地震烈度	中等破坏	严重破坏	毁坏
钢筋混凝土房屋	Ⅵ	0	0	0
钢筋混凝土房屋	Ⅶ	5	0	0
钢筋混凝土房屋	Ⅷ	21	2.5	0.5
钢筋混凝土房屋	Ⅸ	28	12.5	2.5
钢筋混凝土房屋	X	39.5	25.5	9.5

表 2 砖混结构破坏矩阵 %

房屋结构类型	地震烈度	中等破坏	严重破坏	毁坏
砖混房屋	Ⅵ	4.02	1.06	0.06
砖混房屋	Ⅶ	8.42	2.79	0.62
砖混房屋	Ⅷ	18.76	8.5	2.09
砖混房屋	Ⅸ	25.66	19.36	8.21
砖混房屋	X	21.9	30.51	29.33

表 3 简易房屋破坏矩阵 %

房屋结构类型	地震烈度	破坏	毁坏
简易房屋	Ⅵ	37	3
简易房屋	Ⅶ	35	15
简易房屋	Ⅷ	44	26
简易房屋	Ⅸ	37	49
简易房屋	X	27	70

3 建立基于居民地的地震预评估结果数据库

根据人员伤亡评估模型计算可以建立不同地震烈度(Ⅵ - X度)下人员伤亡和房屋损毁数据库，每个烈度建立一张表，表结构如表 4、表 5 所示。

表 4 Ⅵ - X度地震人员伤亡表

英文字段	中文含义	数据类型	字段长度	备注
ID	编码	char	13	
name	评估区名称	char	40	
death_ day	白天死亡人数	int		人
death_ night	夜晚死亡人数	int		人

表 5 Ⅵ - X度地震房屋损毁面积表

英文字段	中文含义	数据类型	字段长度	备注
ID	编码	char	13	
name	评估区名称	char	40	
rc_ medium	钢筋混凝土房屋中等破坏面积	double		m ²
rc_ serious	钢筋混凝土房屋严重破坏面积	double		m ²
rc_ destroy	钢筋混凝土房屋毁坏面积	double		m ²
brick_ medium	砖混房屋中等破坏面积	double		m ²
brick_ serious	砖混房屋严重破坏面积	double		m ²
brick_ destroy	砖混房屋毁坏面积	double		m ²
simple_ damage	简易房屋破坏面积	double		m ²
simple_ destroy	简易房屋毁坏面积	double		m ²

4 结论与分析

(1)本文使用的方法是在日常工作时就可以建立预评估数据库，而不是在地震发生后才进行评估计算，地震应急时只需进行烈度影响范围估计，然后通过数据库查询得出影响范围人员死亡数据，也可以按照行政区划给出更精细的评估结果(如表 6 所示)。

表 6 礼泉县各乡镇按烈度区统计死亡人数表(白天)

乡镇	Ⅷ度	Ⅶ度	Ⅵ度
城关镇	61	8	0
叱干镇	19	3	0
烽火镇	17	3	0
骏马镇	19	6	0
南坊镇	32	11	0
阡东镇	14	3	0
石潭镇	27	8	0
史德镇	31	12	0
西张堡镇	19	3	0
烟霞镇	19	3	0
昭陵镇	57	18	0
赵镇	31	10	0

(2)建立预评估震害结果数据库把空间分析的复杂计算过程变为简单的数据库查询，提高了震后预评估结果快速产出的效率，并且可以提前对重点监视防御区应急风险进行合理化的分析和评估。

(3)可以进行基于居民地的不同地震烈度下房屋毁损情况可视化展示，反映每个居民地房屋的抗震设防水平，为日常抗震设防管理提供相应的参考资料，有效提高防震减灾的抗震设防管理能力。

5 结语

通过本文研究，考虑居民地面积和人口与建筑物面积的关系解决农居建筑面积资料获取难的问题，从而实现对人员死亡进行更精细化的评估，为地震现场救援提供更好的信息支撑，并可每年提交震害评估数据给县级政府部门，为抗震设防管理和震后了解本县的灾害情况提供参考依据。但本文研究也只是考虑了最主要的致人员死亡因素 - 房屋倒塌，而实际地震中致人员死亡原因很多，比如地质次生灾害会加重地震的人员死亡、同样的房屋结构建造时的构架不同可能导致的死亡人数不同等^[18]。因此在为政府提供评估时，要考虑震区的自然环境和房屋建造情况。而且每个居民地虽同属一个地震烈度区，但距离震中的远近是不是对人员死亡会有不同的效应，还需要做进一步的研究工作。

参考文献：

[1] 尹之潜. 地震灾害及损失预测方法[M]. 北京：地震出版社，1995.

[2] 马玉宏，谢礼立. 地震人员伤亡估算方法研究[J]. 地震工程与工程振动，2000，20(4)：140 - 147.

[3] 杨天青，姜立新，杨桂岭. 地震人员伤亡快速评估[J]. 地震地磁观测与研究，2006，27(4)：39 - 43.

- [4] 许建东, 危福泉, 张来泉, 等. 地震人员伤亡与压埋人员评估方法的初步研究[J]. 地震研究, 2008, 31(4): 382 - 387.
- [5] 高惠瑛, 李清霞. 地震人员伤亡快速评估模型研究[J]. 灾害学, 2010, 25(Supp. 1): 275 - 277.
- [6] 刘金龙, 林均岐. 基于震中烈度的地震人员伤亡评估方法研究[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(5): 113 - 119.
- [7] 施伟华, 陈坤华, 谢英情. 云南地震灾害人员伤亡预测方法研究[J]. 地震研究, 2012, 35(3): 387 - 392.
- [8] 李媛媛, 苏国峰, 翁文国, 等. 地震人员伤亡评估方法研究[J]. 灾害学, 2014, 29(2): 223 - 227.
- [9] 李西, 郭君, 陈坤华, 等. 基于 GIS 的初评估方法在盈江 5.8 级及缅甸 7.2 级地震后的应用[J]. 地震研究, 2012, 35(1): 104 - 109.
- [10] 谢晓峰, 袁中夏, 姚琳, 等. 宁夏南部地区破坏性地震人员伤亡快速评估[J]. 内陆地震, 2009, 23(4): 475 - 481.
- [11] 王艳茹, 王宝光, 戴君武, 等. “5.12”汶川大地震人员伤亡的时空分布特点[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(6): 52 - 56.
- [12] 陈洪富, 戴君武, 孙柏涛, 等. 玉树 7.1 级地震人员伤亡影响因素调查与初步分析[J]. 地震工程与工程振动, 2011, 31(4): 18 - 25.
- [13] 张维佳. 强震人员死亡率及经济易损性研究探讨 - 以汶川地震为例[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
- [14] 徐立平. 陕南山区中小学校舍震害及人员伤亡预测[D]. 西安: 长安大学, 2012.
- [15] 田丽莉. 地震灾害人员伤亡影响因素分析及人员伤亡估算公式研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2012.
- [16] GB/T18208.4 - 2011 地震现场工作 第 4 部分: 灾害直接损失评估[S]. 北京: 标准出版社, 2011.
- [17] GB/T 24335 - 2009 建(构)筑物地震破坏等级划分[S]. 北京: 标准出版社, 2009.
- [18] 侯建盛, 李洋, 宋立军, 等. 2014 年云南景谷 6.6 级地震与云南鲁甸 6.5 级地震致灾因素分析[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 100 - 101, 143.

Evaluation Method of Earthquake Death of Administrative Village Residents ——A Case Study on Liquan County

He Zhaoxia, Shao Dan, Sun Zhe and Cheng Yan
(Earthquake Administration of Shaanxi Province, Xi'an 710068, China)

Abstract: Taking administrative village residents as study areas, the rural residence survey data and administrative village residential area and population are analyzed by bivariant regression analysis to solve the rural residential building data acquisition; Choosing appropriate seismic casualties model administrative village residents to seismic casualty rate under different intensity calculation, and the establishment of different intensity earthquake personnel of the administrative village of death and houses damaged database, we provide earthquake disaster loss results for the county government departments to realize rapid evaluation of earthquake disaster losses.

Key words: earthquake; casualties; assessment; multiple regression; administrative village; residents

《灾害学》编辑部关于作者投稿方式的重要声明

《灾害学》杂志是由陕西省地震局主办的把灾害问题作为一门科学在我国最早创办(1986年)的核心学术期刊。近期网上有很多的假冒《灾害学》杂志的网站或假冒与《灾害学》编辑部签订有代理协议的网站, 骗取作者的审稿费和版面费。为此, 《灾害学》编辑部做出重要的声明:

- (1) 《灾害学》编辑部没有授权任何第三方代理机构代收、代写、代投、代发稿件, 请作者朋友小心上当受骗。
- (2) 作者投稿请登录《灾害学》唯一的官方网站(www.zaihaixue.com)注册后上传稿件或者直接把稿件发到编辑部信箱的形式投稿, 并请注明详细联系地址、邮编和电话。
- (3) 作者投稿如需参考《灾害学》已经发表的文章格式, 可以到《灾害学》网站 www.zaihaixue.com 免费下载最新的《灾害学》登载文章的电子版作为格式参考。
- (4) 来稿需保证为原创作品, 与灾害研究密切相关, 有自己的思想和一定的创新, 无一稿两投, 没有抄袭, 并且不涉及保密及其他与知识产权有关的侵权问题。文责自负。
- (5) 凡经本刊录用的文章, 需与本刊签订“投稿协议书”, 把文章的专有许可权和独家代理权授予本刊。本刊对文章具有以下专有使用权: 汇编权、发行权、印刷权和电子版的复制权、信息网络传播权以及代理许可国内外文献检索系统或数据库收录权。不同意者, 请另投他刊。
- (6) 来稿经过专家审读、编辑部审查通过, 才会按所占版面多少通知作者交纳论文发表费和审稿费, 一经发表, 亦将按采稿通知的约定付给作者稿酬, 并赠送本期期刊 3 本。
- (7) 投稿需提供电子文稿。稿件请自留底稿, 自投稿之日起, 3 个月内未接到刊用通知者可改投他刊。
- (8) 《灾害学》编辑部有独立的编辑部银行账户, 接受期刊主办单位陕西省地震局的财务、审计部门的监管, 作者请勿将审稿费、版面费等任何款项打入任何个人账户。

《灾害学》编辑部

地址: 陕西省西安市碑林区边家村水文巷 4 号《灾害学》编辑部
邮编: 710068 电话(传真): (029)88465341
电子信箱: zhx@eqsn.gov.cn zhx02988465341@163.com
网站地址: www.zaihaixue.com