

侯林锋, 周新民, 陈涛, 等. 基于指标体系的市县防震减灾能力评估研究[J]. 华南地震, 2019, 39(4): 10-18. [HOU Linfeng, ZHOU Xinmin, CHEN Tao, et al. Study on Evaluation of City and County Earthquake Disaster Prevention and Reduction Ability Based on Index System[J]. South China Journal of Seismology, 2019, 39(4): 10-18]

## 基于指标体系的市县防震减灾能力评估研究

侯林锋, 周新民, 陈涛, 李敏, 陆吉赞

(浙江省地震局, 杭州 310013)

**摘要:** 基于指标体系的建模和分析是目前防震减灾能力评估中应用最广泛的方法。首先分析评价不同学者的防震减灾能力评估指标体系; 在此基础上, 选取应用最为广泛、评价数据容易规范获取的指标因子, 进行德尔菲法筛选后, 利用层次分析法计算指标因子权重, 给出适合市县部门快速开展防震减灾能力评估的模型, 并以嘉兴市为例给出防震减灾能力的评估结果。

**关键词:** 防震减灾能力; 指标体系; 德尔菲法; 层次分析法

中图分类号: P315.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662(2019)04-0010-09

DOI: 10.13512/j.hndz.2019.04.002

## Study on Evaluation of City and County Earthquake Disaster Prevention and Reduction Ability Based on Index System

HOU Linfeng, ZHOU Xinmin, CHEN Tao, LI Min, LU Jiyun

(Zhejiang Earthquake Agency, Hangzhou 310013, China)

**Abstract:** At present, modeling and analysis based on an index system are widely used to assess and analyze earthquake disaster prevention and reduction abilities. In this paper, various index system for earthquake prevention and reduction ability assessment are compared and analyzed. On this basis, the index factors which are the most widely used and easily obtained are selected. Then, the paper use Delphi survey and AHP method to determine the weight of each index, provide a model suitable for cities and counties to quickly carry out assessments of earthquake prevention and disaster reduction capabilities, and give the evaluation results of Jiaxing's earthquake prevention and disaster reduction ability.

**Keywords:** Earthquake disaster prevention and reduction ability; Index system; Delphi survey; Analytic Hierarchy Process

收稿日期: 2019-01-10

基金项目: 浙江省科技计划项目(地震灾害风险监测与评估技术应用 2018C03045); 浙江省地震局局科技项目(嘉兴市防震减灾能力评估指标体系研究 2018zjj06)

作者简介: 侯林锋(1988-), 男, 硕士研究生, 工程师, 主要从事地震灾害风险评估工作。

E-mail: 393814002@qq.com.

## 0 引言

地震是一种对人类生存环境造成巨大破坏的自然灾害,是人类面临的最为严重的自然灾害之一。当前,地震灾害预报难题尚未解决,防震减灾工作要坚持以预防为主,加强各地防震减灾能力建设是保障国家安全、社会和经济协调发展的客观要求和紧迫任务。近年来,国内外关于防震减灾能力评价的方法和体系繁杂,各有侧重。国外有关研究主要集中在危险性及脆弱性方面,主要是从应用角度开发了一系列应急准备能力评价体系;国内对防震减灾能力的评价主要分为两大类,一类是基于工程抗震能力的评价,另一类是非工程性防御能力。各类研究主要侧重于地震灾害的自然属性和应急工作的需求,对于中国条块分割的政府工作体系如何评价各地的防震减灾能力缺乏可操作的指导性方法。

由此可见,从全方位的角度,将自然科学和社会科学的基本思想加以融合,兼顾市县各项能力评价指标获取的难易程度,对我国防震减灾能力进行评价显得尤为重要。本文就是在深入分析国内外防震减灾能力评估研究的基础上,建立一套适用于市县防震减灾能力评估的指标体系和评估模型,从而为正确认识市县防震减灾能力,实现防震减灾资源的科学配置提供一定的理论依据。

## 1 防震减灾能力评估现状

上世纪末,联合国国际减灾10年委员会曾呼吁要对现有大中城市的防震减灾能力进行评估,但由于没有现成的有效方法而使呼吁成为泡影。此后,日本学者Kunihiro<sup>[1]</sup>等通过阪神地震震害分析认为,城市抵御地震的能力或城市地震易损性取决于该城市的多种影响因素,主要有:自然条件、空间结构、社会特性、救灾资源和风险管理能力等,并提出了一种综合性、定量评价城市抗御地震能力的方法,之后对日本13个大城市进行了定量评价和比较;Cutter等<sup>[2]</sup>通过分析美国90年代社会经济和人口资料,构建了美国的社会易损性的评价指标体系;Rose等<sup>[3-4]</sup>分析了灾害影响和政策响应的优缺点,构建了区域灾害经济恢复力定量模型,最后以美国波兰特地区的供水系统为例进行了地震对部门和区域经济影响的定量计算。

我国许多学者也致力于城市防震减灾能力评估的研究,建立了各种各样的评价指标与评价模

型。谢礼立等人<sup>[5-6]</sup>把人员伤亡、经济损失和震后恢复时间3方面作为衡量城市防震减灾能力的准则,围绕这三个准则,归纳6因素建立城市防震减灾能力指数,最后用灰色关联分析方法将3个评价准则综合成一个防震减灾能力指数。苏桂武等认为防震减灾能力是指各地抵御和减轻灾害的综合能力,其研究团队从绝对能力和相对能力两个层面分析了区域防震减灾能力的内涵,给出了中国县级绝对防震减灾能力和相对防震减灾能力分布图。郑宇基于城市可持续发展的研究成果,利用可综合反映地形起伏度和地震灾害频率的生态脆弱性指数来评价地震危险性,选取经济发展水平等指标来衡量社会、经济影响能力,选取震后应急救援与恢复能力指标构建防震减灾评价指标及量化方法,提出了计算城市或区域防震减灾能力评价的公式。李智等以人员伤亡为目标层,采取工程抗震能力、社会经济防灾能力、应急救援与恢复能力为准则层,分析三水准烈度条件下指标权重,建立宏观地震减灾能力层次分析模型。李曼等<sup>[10]</sup>通过发放调查问卷的方法,构建北京市郊区乡镇防震减灾能力评价指标体系,并进行化简分析得到适用的指标体系和赋值权重。郭燕等<sup>[11]</sup>运用模糊综合评价法以震前准备能力、地震应对能力、震后恢复能力为准则,构建指标层作为防震减灾能力评价方法,并以汶川地震作为研究对象构建指标进行可行性分析。周彪等<sup>[12]</sup>采用频率统计法、德尔菲专家咨询法及理论与实践分析法对预选指标进行筛选,选取灾害危险性、易损性和承灾能力指标确定城市防灾减灾综合能力评估的指标体系。郎从等<sup>[13]</sup>抽样部分典型省份的县级防震减灾工作主管部门,得到房屋抗震能力、应急救援能力和非工程性防御能力三个方面的防震减灾能力工作指标,进行主成分分析,得到基层防震减灾能力的指标体系。吴新燕等<sup>[14]</sup>以全国地震重点监视防御区的两次大规模调查问卷为依据,在对组织机构及经费保障、监测预报能力、工程性防御能力、应急准备能力、宣传教育5个方面共16个技术指标进行统计对比的基础上,对研究区县级机构的防震减灾能力进行对比研究。肖遥等<sup>[15]</sup>围绕非工程性防震减灾能力采用层次分析法建立结构模型,确定各因素影响权重,并将其嵌入ArcGIS平台,关联城市空间分布形成数据库,开发了城市非工程性防震减灾能力评价系统。孙柏涛等<sup>[16]</sup>开展地震危险性分析确定概率性和确定性的地面运动分布,进行场地和地形影响修正,调查房屋建

筑类型构成和结构特点,建立典型房屋地震脆弱性模型,开展基于房屋建筑抗震能力的防震减灾能力评价模型。

表 1 各指标体系中指标内容与指标数量统计

Table 1 Statistics of different index systems

方法	目标层(准则层)	指标层	一级 指标	二级 数量	三级 指标
谢礼立等	城市防震减灾能力(人员伤亡、经济损失、震后恢复时间)	地震危险性评价能力、地震监测预报能力、工程抗震能力、社会经济防灾能力、非工程减灾能力、应急和恢复能力	6	18	-
邓砚等	区域绝对防震减灾能力(环境支撑能力、基础设施和基础资源、基本认知和基本经验)	地形、居民点、房屋建筑性能、交通、通讯、医疗、消防条件、人力、财力资源、地震监测能力、认知水平、经验水平、减灾技能	13	16	-
李智等	人员伤亡(工程抗震、社会经济防灾能力、应急救援与恢复能力)	抗震设防能力、次生灾害防御、居住地类型、人均 GDP、三产比例、地震预报、工程预警、救援医疗、物质储备	9	18	-
郭燕等	防震减灾能力	应急预案、应急组织体系、震害防御能力、监测预警能力、应急救援资源准备;地震灾害管理法制建设、地震应急指挥与联动、震情速报与跟踪、灾情获取;应急资源调度、应急救援抢险、维护稳定、地震损失评估、震后重建、心里干预、解决社会矛盾	16	46	24
周彪等	城市防灾减灾综合能力	灾害危险性指标、易损性指标、承灾能力指标	3	18	-
郎从等	县级防震减灾能力	房屋抗震设防能力、应急救援能力、非工程性防御能力	3	11	-
吴新燕等	县级防震减灾能力	组织机构及经费保障、监测预报能力、工程性防御能力、应急准备能力、宣传教育	5	16	-
李曼等	乡镇防震减灾能力	基础设施条件、基础人力物力财力、专项经验和专项能力	3	11	-
肖遥等	非工程性防震减灾能力	危险性分析和监测预报能力、政治经济人文对外经济、灾害管理能力、应急救援与救助能力	4	13	29
郑宇	城市防震减灾能力	地震危险性、经济、社会发展水平应急救援、恢复能力	5	11	25

为便于比较分析,表 1 列出了上述各评估分析方法中指标体系建立采用的指标内容与数量。从表 1 中可以看出:

(1)防震减灾能力评估指标体系有些是针对全国范围的,有些是针对城市、县级市或者乡镇提出的。从体系上看都由多层级指标因子构成,因此采用指标体系进行防震减灾能力评估得到了广泛的研究与应用。

(2)在指标选取方面,基本考虑了地震灾害的自然属性和承灾体的社会属性,采用权重分析各指标因子在防震减灾能力中的重要程度,以此来评估特定范围内的防震减灾能力。

(3)总体上来说,学者们建立的评估指标体系经历了从简单到复杂的过程,特别是指标因子的

增长幅度很快,这表明防震减灾能力评估涉及地震危险性和社会经济、文化发展等各个方面。但如何快速、简便的评价城市或区域防震减灾能力应是目前实际工作中需要关注的重点。

## 2 市县防震减灾能力评估模型

### 2.1 指标体系构建

本评估模型的基本要求是符合市县防震减灾工作的特点,能够较易获取相关指标数据,对市县防震减灾能力的提升具有指导意义。从这一基本要求出发,评估模型的构建就需要符合两个原则:(1)评价内容体现政府各部门的职责,便于各单位对照检查自身能力状况;(2)指标体系符合防

震减灾工作不同阶段的需求,体现震前、震时和震后的工作特性。

基于此,本文从危机事件发展的角度入手,结合《中华人民共和国突发事件应对法》中政府对突发事件应急管理的工作流程,将防震减灾工作划分为以下 3 个阶段:① 震前预防阶段:尽可能降低地震带来的社会风险;② 地震发生后应急救援阶段:尽可能减少地震导致的人员伤亡和经济损失;③ 震后恢复重建阶段:把灾区重建的更美好。

按照以上思路,将防震减灾能力评价的一级指标因子确定为震前预防能力、地震应对能力和震后恢复能力(图 1),该体系的选取也与国内洪涝灾害、气象灾害的防灾能力评价体系相似<sup>[17-18]</sup>。

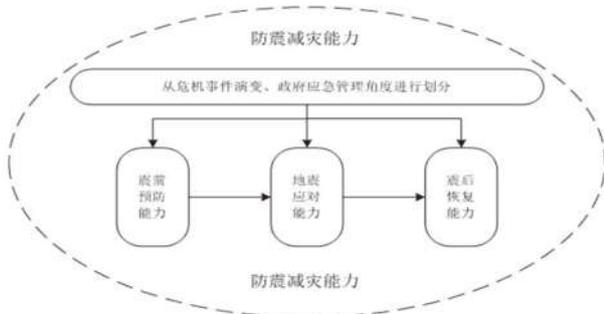


图 1 防震减灾能力影响因素体系结构

Fig.1 Architecture of factors influencing earthquake disaster prevention and reduction capacity

指标是评估方法的核心内容,是指标体系的主要组成部分,各个指标是否能起到起到衡量评估目标的作用直接决定了该指标体系的评估能力,反应了该指标体系的科学、有效性。指标的选取借鉴了国内外多种灾害的防灾能力评估指标体系,结合地震灾害的特点以及本次研究的需求,及在浙江省科技计划项目实施过程中相关专家、领导的意见,综合分析、筛选得到(图 2)。

### 2.2 权重分析

多指标建模的过程中,权重分配是一个不可避免的问题。在众多指标评价系统中,权重设计有:德尔菲法、经验权数法、数理统计法、模糊统计法和层次分析法(AHP)等多种方法,这些方法各有优缺点。层次分析法是美国数学家萨迪首次提出的一种比较简单可行的决策方法,其主要优点是可以解决多目标的复杂问题。AHP 法也是一种定性与定量相结合的方法,能把定性因素定量

化,将人的主观判断用数学表达处理,并能在一定程度上检验和减少主观影响,使评价更趋于科学化,是实现从定性分析转到定量分析的桥梁。它可以为决策者提供多种决策方法,在定量和定性相结合中,根据各个决策方案的标准,确定权重数。考虑到 AHP 法和德尔菲法在定量分析与客观状况吻合方面有较多优越性,本文采取德尔菲法与 AHP 相结合的方法确定各指标权重。

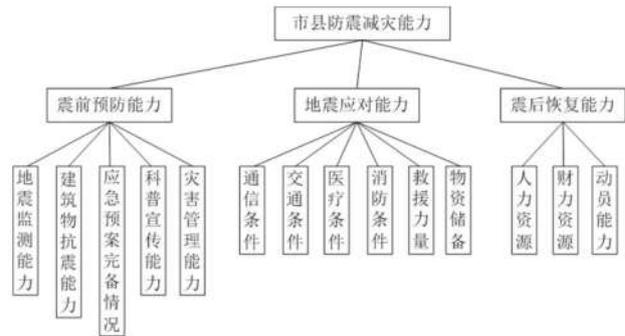


图 2 市县防震减灾能力评估层次体系模型

Fig.2 Hierarchical model for cities and counties assessing earthquake disaster prevention and reduction capacity

#### 2.2.1 德尔菲法调查

本次德尔菲调查中以李克特五级评分法为基础,把每一个指标因子的对防震减灾能力的重要程度分成 5 个级别:非常重要、比较重要、一般、较小、很小。选择了与地震行业相关的几个不同专业的 20 名专家,专家的专业领域包括工程地震、地球动力学、地质、地球物理、地震监测预报、应急管理、社会科学等领域。向专家发放了调查表,请专家对图 2 中所有指标因子的重要程度以五级评分法作出判断,总共进行了两轮调查,在发放第二轮调查表的同时也向专家们反馈了第一轮调查的结果,并针对第一轮调查时专家提出的一些问题作出了说明。经过两轮调查之后,专家对于 14 个指标因子的重要程度等级形成了较为一致的意见(表 2)。

#### 2.2.2 层次分析法

层次分析法是把复杂问题分解成各个组成因素,又将这些因素按支配关系分组形成递阶层次结构。通过两两比较的方式确定各个因素相对重要性,然后综合决策者的判断,确定决策方案相对重要性的总排序。本文采用 yaahp 层次分析法软件,根据各指标的重要程度建立递阶层次结构,构造判断矩阵,进行排序权重的计算以及判断矩阵一致性检验。

表2 德尔菲调查最终结果表  
Table 2 Final results of Delphi survey

总目标	一级指标	二级指标	重要程度级别
市县防震减灾能力	震前预防能力	地震监测能力	比较重要
		建筑物抗震能力	非常重要
		应急预案完备情况	比较重要
		科普宣传能力	比较重要
	地震应对能力	灾害管理能力	比较重要
		通信条件	非常重要
		交通条件	比较重要
		医疗条件	非常重要
		消防条件	比较重要
		救援力量	非常重要
	震后恢复能力	物资储备	比较重要
		人力资源	一般
		财力资源	非常重要
		动员能力	比较重要

在计算单准则下权重向量时,还必须进行一致性检验。这是由客观事物的复杂性与人的认识的多样性所决定的,要求判断矩阵满足大体上的一致性应该是的。如果出现“甲比乙极端重要,乙比丙极端重要,而丙又比甲极端重要”的判断,则显然是违反常识的,一个混乱的经不起推敲的判断矩阵有可能导致决策上的失误。而且上述各种计算排序权重向量(即相对权重向量)的方法,在判断矩阵过于偏离一致性时,其可靠程度也就值得怀疑了,因此要对判断矩阵的一致性进行检验。计算一致性指标:  $C.I.(\text{consistency index}) = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 。

当  $C.I.=0$  时,判断矩阵具有完全一致性;  $C.I.$  越大,判断矩阵的一致性就越差。一般而言 1 或 2 阶判断矩阵总是具有完全一致性。对于 2 阶以上的判断矩阵,其一致性指标  $C.I.$  与同阶的平均随机一致性指标  $R.I.$  (random index) 之比,称为判断矩阵的随机一致性比例,记为  $C.R.$ 。一般当  $C.R. = C.I./R.I. < 0.1$ , 就认为判断矩阵具有令人满意的一致性; 否则,即  $C.R. \geq 0.1$  时,就需要调整判断矩阵,直到满意为止。

经检验,本次构建的判断矩阵均满足  $C.R. < 0.1$ , 获得的市县防震减灾能力指标权重和说明见表 3。

表3 市县防震减灾能力评价指标的含义和权重

Table 3 The definition and weight of the evaluation indicators for cities and counties assessing earthquake disaster prevention and reduction capacity

指标层	含义	权重
地震监测能力	专业台网密度, 表征各评价单元专业地震监测能力	0.0612
建筑物抗震能力	设防建筑面积比例, 表征各评价单元建筑物抵抗地震的能力	0.1837
应急预案完备情况	应急预案覆盖率和演练频率, 表征各评价单元地震应急协调能力	0.0612
科普宣传能力	宣教人员、科普场馆比例, 表征各评价单元公众应急避险能力	0.0612
灾害管理能力	政府应急管理机构和非政府地震组织覆盖率, 表征各评价单元灾害应急管理能力	0.0612
通信条件	应急通信设备覆盖率, 表征各评价单元应急通信可能具有的最大能力	0.1071
交通条件	等级公路密度, 表征各评价单元震后救援交通运输可能具有的最大潜力	0.0357
医疗条件	人均医护人员和床位数, 表征各评价单元救灾过程中专业医疗救援潜力	0.1071

(转下表)

(接表3)

指标层	含义	权重
消防条件	人均消防人员数,表征各评价单元救灾过程中实施专业救援的最大潜力	0.0357
救援力量	人均专业救援人员数,表征各评价单元救灾过程中综合救援能力	0.1071
物资储备	人均物资储备量,表征各评价单元可用于震时应急的物资储备情况,	0.0357
人力资源	青壮年比例,表征各评价单元恢复重建过程中可供调用的劳动力潜力	0.0110
财力资源	人均可支配收入,表征各评价单元民众方面可以投入的最大重建资金	0.0989
动员能力	人均地方财政收入,表征各评价单元政府、社会投入的最大财力、物力	0.0330

### 2.3 评估模型

根据表3中14个评价指标的权重和指标经量化归一的结果,可以采用下式计算出市县防震减灾能力的综合指数。

$$P = \sum_{i=1}^n F_i \cdot W_i$$

式中,  $P$  表示市县防震减灾能力;  $F_i$  表示某市第  $i$  种指标的标准值;  $W_i$  表示第  $i$  种指标所占权重。根据我国地震相关法律法规以及防震减灾工作的现状,市县防震减灾能力综合指数的等级评定可以参考表4。

表4 市县防震减灾能力分级标准

Table 4 Classification standards for cities and counties earthquake prevention and disaster reduction capabilities

市县防震减灾能力指数 $P$	评定等级	状态
1.0~0.7	优秀	城市防震减灾能力强,总结经验
0.45~0.69	良好	城市防震减灾能力较强
0.30~0.44	中等	城市防震减灾能力一般,需要查找风险
0.15~0.29	及格	城市防震减灾能力较弱,需要采取措施提高
0.00~0.14	不及格	城市防震减灾能力很弱,需要立即采取措施提高

## 3 嘉兴市防震减灾能力评估

### 3.1 研究区概况

嘉兴市地处弱震区,长期以来地震活动水平较低,震级偏弱。根据历史材料记载,最大震级为1678年发生在海盐的4 $\frac{3}{4}$ 级地震和1867年发生在海宁的4 $\frac{3}{4}$ 级地震。从中国地震动峰值加速度区划图来看,自第五代区划图实施后,嘉兴市75%的镇(街道)的地震基本烈度由VI度设防提升至VII度设防。从历史震例来看,嘉兴市虽少震弱震,但地处长三角地理中心,经济发达、人口稠密,交通、电力、燃气等重大工程星罗棋布,因此,全部行政区域被国务院、省政府列为全国、全省地震重点监视防御区。嘉兴市行政区划内下辖7

个区县,面积约4223 km<sup>2</sup>,人口约356万<sup>①</sup>。

### 3.2 数据处理与获取

嘉兴市防震减灾能力评估所需的基础数据,主要来源于嘉兴市统计年鉴、各区县国民经济和社会发展统计公报和嘉兴市防震减灾工作市县考核、嘉兴市实施防震减灾法律法规基本情况等报告。

本次研究指标体系构建主要根据突发事件应对的三个环节,其中震前预防能力数据主要来源于防震减灾和应急管理部门提供的工作统计和市县考核材料,包括监测台站、应急预案、科普宣传和灾害管理能力等相关数据;地震应对能力和震后恢复能力的大部分指标与政府各部门日常统计数据相一致,包括通信条件、交通条件、医疗条件、消防条件、救援力量、物资储备和人力资

① 嘉兴市统计局. 2017年嘉兴市国民经济和社会发展统计公报,2018.

源、财力资源、动员能力,这些指标可以直接从各区县国民经济和社会发展统计公报中获取。本次研究的经济、人口数据主要来源于嘉兴市统计局公布的《嘉兴统计年鉴 2017》<sup>①</sup>,该部分数据大都可以直接引用(比如人均 GDP、人口密度、万人病床数等),有些数据只需进行简单的处理(比如物资储备、动员能力等)。

数据的归一化处理是一种简化的计算方法,即将有量纲的表达式,经过变换,化为无量纲的表达式,成为纯量,归一化后的数值位于 0~1 之间。能力评价指标因子分为正向指标和逆向指标,对于正向指标,标准化后的数值=原始数值/max(原始数值);对于逆向指标,标准化后的数值=min(原始数值)/原始数值。各项指标的原始值见表 5。

表 5 嘉兴市各区县防震减灾能力指标原始值

Table 5 The original values of index of earthquake prevention and disaster reduction capacity of all districts and counties in Jiaxing City

防震减灾能力指标	南湖区	秀洲区	嘉善县	平湖市	海宁市	海盐县	桐乡市
地震监测预报能力	0.009 11	0.005 47	0.005 92	0.010 83	0.006 95	0.006 84	0.005 50
建筑物抗震能力	0.1205	0.1204	0.0763	0.0697	0.585	0.304	0.0667
应急预案完备情况	1.0044	1.0363	1.2850	0.8104	0.6601	1.3673	1.0104
科普宣传能力	0.0803	0.1554	0.0514	0.142	0.0293	0.1052	0.0866
灾害管理能力	23.3628	15.9067	15.0347	17.3015	11.8233	11.9642	6.5098
通信条件	1.5066	1.4249	1.9047	1.5316	1.3889	1.3050	1.8108
交通条件	1.5945	1.4051	1.5404	1.0971	1.6450	1.7162	2.8198
医疗条件	58.63	18.47	22.32	20.89	24.10	20.79	23.32
消防条件	0.0201	0.0259	0.0257	0.0203	0.0147	0.0263	0.0144
救援力量	1.0044	1.2953	1.3700	1.2156	0.7335	0.7889	0.4330
物资储备	10.3031	13.0560	13.3886	12.2731	12.7046	12.0983	11.5850
人力资源	0.6087	0.6088	0.6040	0.6139	0.6044	0.6232	0.6120
财力资源	401 51	354 12	383 58	399 13	439 63	396 55	401 99
动员能力	0.1645	0.0949	0.0824	0.1025	0.0834	0.0602	0.0798

### 3.3 评估结果

根据文中给出的防震减灾能力评估公式,可

以计算出嘉兴市各区县的防震减灾能力指数(表 6,图 3)。

表 6 嘉兴市各区县防震减灾能力要素组成

Table 6 Composition of earthquake prevention and disaster reduction capabilities in all districts and counties of Jiaxing City

	南湖区	秀洲区	嘉善县	平湖市	海宁市	海盐县	桐乡市
震前预防能力	0.100 721	0.096 864	0.136 295	0.163 725	0.088 720 2	0.137 152	0.090 863
地震应对能力	0.147 867	0.130 294	0.147 867	0.126 008	0.109 293	0.112 293 2	0.113 579
震后恢复能力	0.019 292	0.016 291	0.016 576	0.017 72	0.018 291 2	0.016 576 4	0.017 148
防震减灾能力	0.267 88	0.243 449	0.300 738	0.307 453	0.216 304 4	0.266 021 6	0.221 59

## 4 结论与讨论

### 4.1 嘉兴市防震减灾能力分析

(1)评价体系中震前预防能力和地震应对能力

对防震减灾综合能力的影 响较大,权重系数均为 0.4286;在所有指标因子中,建筑物抗震能力在防震减灾能力评估中占比最大,达 0.1837,表明建构 筑物的抗震能力至关重要,是抵御地震灾害风 险的重要工程性措施,提升各地区建构 筑物的抗

① 嘉兴市统计局. 2017 年嘉兴市统计年鉴,2018.

震能力,将显著提高本地区的防震减灾能力。

(2)平湖市、嘉善县的防震减灾能力处于中等状态,是因为两县市在第四代地震动参数区划图中设防水准已经是Ⅶ度区,而其他区县能力处于及格状态,归因于第五代区划图实施后相关地区的抗震设防水准由Ⅵ度提高到Ⅶ度,按新规范的

抗震设防比例偏低。南湖区、秀洲区的防震减灾能力很大部分得益于主城区的经济社会发展,各项社会组织机构和政府管理职能较为突出,灾害管理能力、科普宣传能力、医疗条件、消防条件等方面指标能力较强,因此在地震预防和应对方面能力相比较较高。

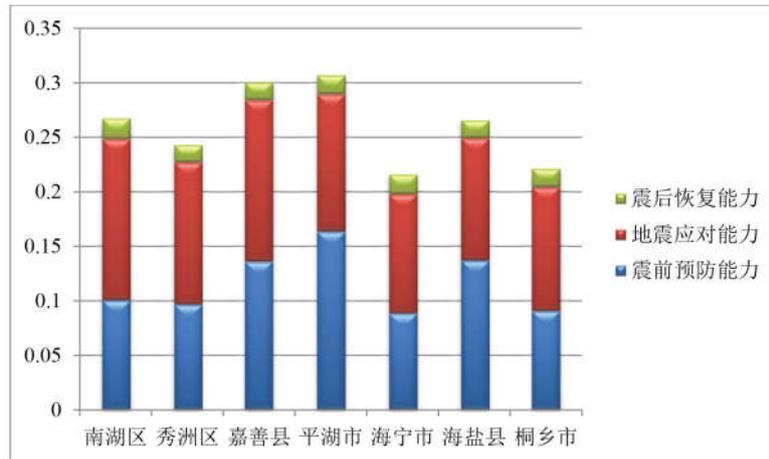


图3 嘉兴市各区县防震减灾能力分布

Fig.3 The distribution of earthquake prevention and disaster reduction capabilities in all districts and counties of Jiaying City

(3)嘉兴市在新的区划图实施后,应对抗震设防水平提高的地区进行建构物抗震能力普查,摸清设防底数,必要时开展抗震鉴定和加固工作。政府各职能部门应根据各自职责,查找分析能力薄弱项,进行区县横向分析比较,补足在防震减灾能力建设中的短板。例如震后恢复能力中人力资源、财力资源各区县指标标准值相差不大,工作重心应关注补上动员能力的短板。此外,社会组织和公众应更加关注非工程性防震减灾能力的提升,加强科普宣传,提高应急演练频率,提升全民防灾避险能力。

## 4.2 讨论分析

本文关于指标因子的选择,虽然参考了国内外大量相关研究的成果,在专家调查法工作中也吸取很多宝贵的意见,但是防震减灾能力的评价指标体系未形成规范的标准,指标因子的确定仍有一定的选择空间。只要防震减灾工作还在继续,对于其评估指标、评估要素的讨论和研究就不会停止,而且随着社会、经济、科技的发展和变化,未来的指标因子也应随之变化,没有一劳永逸的评估模式,也没有最准确、最可靠的评估结果,只有更科学的评估体系和更贴近实际的数据统计方法。

随着社会经济的发展,地震灾害的风险必然会日渐增高,而人类目前的科学技术能力还难以对地震发生做到有力掌控,因此,增强防震减灾能力就显得尤为突出和重要,这需要广大地震工作者和政府部门共同努力,从软实力(政府、群众的应急处理能力)和硬实力(建构物抗震能力、救援、医疗设备等)两方面提高防震减灾能力,减轻地震灾害的风险。

## 参考文献:

- [1] Kunihiro A, Takahisa E, Toshio M. Intercity comparison using evaluation techniques on vulnerability of earthquake disaster—A case study of ordinance-designated city [J]. Japan Society for Natural Disaster Science, 2000, 18(4): 489-500.
- [2] Cutter SL, Boruff BJ, Shirley W L. Social vulnerability to environmental hazards [J]. Social Science Quarterly, 2003, 84(2): 242-261.
- [3] Rose A. Defining and measuring economic resilience to disasters [J]. Disaster Prevention and Management, 2004, 13(4): 307-314.
- [4] Rose A, Liao SY. Modeling Regional Economic Resilience to Disasters: A Computable General Equilibrium Analysis of Water Service Disruptions [J]. Journal of Regional Science, 2005, 45(1): 75-112.
- [5] 谢礼立. 城市防震减灾能力的定义及评估方法[J]. 地震

- 工程与工程振动,2006,26(3):1-10.
- [6] 张风华,谢礼立,范立础.城市防震减灾能力评估研究[J].地震学报,2004,26(3):318-329.
- [7] 邓砚,苏桂武,仵焕杰.中国区域防震减灾能力的综合评估[J].地震地质,2013,35(3):584-592.
- [8] 郑宇.城市防震减灾能力评价指标与应急需求研究[D].南京:南京工业大学,2003.
- [9] 李智,赵晓辉,曲乐.区域防震减灾能力评估方法研究[J].防震减灾学报,2011,27(3):1-6.
- [10] 李曼,苏桂武.北京市郊区乡镇防震减灾能力评价指标体系的化简分析[D].北京:中国地震局地质研究所,2012.
- [11] 郭燕,薄涛,刘晓静.防震减灾能力评估方法及其在汶川地震中的应用[J].自然灾害学报,2013,22(5):36-43.
- [12] 周彪,周学军,周晓猛,等.城市防灾减灾综合能力的定量分析[J].防灾科技学院报,2010,12(1):104-112.
- [13] 郎从,高孟潭,伍国春,等.典型地区县级防震减灾能力评价指标体系及其比较研究[J].地震工程与工程振动,2014,34(增刊):1046-1053.
- [14] 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].中国地震局地球物理研究所,2006.
- [15] 肖遥,丁浩,王超,等.基于层次分析法的城市非工程性防震减灾能力综合评价模型[J].防灾减灾学报,2015,31(4):35-42.
- [16] 孙柏涛,张桂欣.中国大陆建筑物地震灾害风险分布研究[J].土木工程学报,2017,50(9):1-7.
- [17] 胡俊锋,杨佩国,杨月巧,等.区域防洪减灾能力评价指标体系和方法研究[J].自然灾害学报,2010,19(3):82-87.
- [18] 章国材.气象灾害风险评估与区划方法[M].北京:气象出版社,2009.