

李自芮, 马翀之, 李国斌, 余思汗, 2020. 基于 AHP 法的宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力评估研究. 震灾防御技术, 15 (3): 537—547. doi: 10.11899/zfy20200307

# 基于 AHP 法的宁夏南部中小学地震 应急避难场所减灾能力评估研究<sup>1</sup>

李自芮<sup>1)</sup> 马翀之<sup>1)</sup> 李国斌<sup>1)</sup> 余思汗<sup>2)</sup>

1) 宁夏回族自治区地震局, 地震分析预报中心, 银川 750001

2) 宁夏回族自治区地震局, 地震应急保障中心, 银川 750001

**摘要** 地震应急避难场所在应对灾害事件和提高城市综合防灾能力、减轻灾害影响、增强政府应急管理工作能力等方面发挥着重大的作用。本文运用 AHP 法, 在遵循科学性、优化性和完整性原则的基础上, 构建一个包含 4 个一级指标和 24 个二级指标的中小学地震应急避难场所减灾能力指标体系; 并参照《地震应急避难场所运行管理指南》(GB/T 33744—2017) 中对地震应急避难场所的启用、运行和管理等方面的要求, 建立中小学地震应急避难场所减灾能力综合评价模型, 根据专家问卷调查资料, 计算并分析各指标的相对权重及结果, 将其应用在宁夏南部高烈度区中小学校进行能力检验。结果表明, 宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力相对较弱, 应加强该区域中小学地震应急避难场所的建设, 提升防范和应对地震灾害的能力。

**关键词:** AHP 法 学校地震应急避难场所 减灾能力 宁夏南部

## 引言

地震应急避难场所作为城市防灾减灾体系建设的重要组成部分, 在应对灾害事件和提高城市综合防灾能力、减轻灾害影响、增强政府应急管理工作能力等方面发挥着重大的作用(杨文斌等, 2004; 昂玉洋, 2013)。科学地规划、建设和管理应急避难场所, 对于城市重大突发事件后的应急救援及恢复重建有着重要的意义(吴宗之等, 2005; 沈勇, 2013)。我国的地震应急避难场所最初选择以空旷的室外场地为主, 近年来, 随着地震应急避难场所体系的逐步建立健全, 以及全国中小学建筑设计规范的修订, 大部分中小学已具备成为 II 类甚至 I 类地震应急避难场所的条件, 中小学校正逐步纳入到地震应急避难场所体系中, 补充完善了原本以室外场地作为地震应急避难场所的应急避难体系建设(何力, 2010; 吴辉辉, 2011; 杨斌等, 2014; 郑婷等, 2015; 苏建锋等, 2017; 曹彦波等, 2019)。因此, 非常有必要对中小学地震应急避难场所的减灾能力进行综合评价, 并为提高城市应急避难水平提供定量依据。

本文以地震应急避难场所的评价因素为出发点, 运用层次分析法, 初步构建中小学地震

1 基金项目 宁夏自然科学基金资助项目(NZ17223)

[收稿日期] 2020-06-12

[作者简介] 李自芮, 女, 生于 1983 年。硕士研究生。主要从事地震工程与防灾工程领域研究。E-mail: 281889861@qq.com

应急避难场所减灾能力评价体系, 并通过专家调查方式确立各因素的相关指标, 通过宁夏南部高烈度区中小学实例数据检验后, 得到宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力定量评价结果。

## 1 宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力评估体系建立

地震应急避难场所减灾能力评估体系是由多种因素构成的复杂系统。中小学一般设有活动操场, 具有与居住人口分布较为对应的服务半径、规模以及本身容纳弱势群体的特征, 这使中小学成为地震应急避难场所的综合因素更为复杂(张勤等, 2009; 钱洪伟等, 2013; 熊焰等, 2014; 高娜等, 2014)。为了能将这些因素有机联系起来进行评价, 对因素的筛选环节必不可少。本文遵循科学性、优化性和完整性三个原则, 力求以较少的指标, 较全面系统地反映地震应急避难场所减灾能力的内容。

### 1.1 研究方法

AHP (Analytic Hierarchy Process) 层次分析法, 是 20 世纪 70 年代由美国运筹学家 Saaty 提出的, 可用于存在不确定情况及多种评价标准的决策问题, 是一种解决多目标复杂问题的定性与定量相结合的决策分析方法(庄锁法, 2000; 樊晓一, 2004; 王霞等, 2009; Liang, 2009; 陈志芬, 2010; 钱洪伟, 2010; 刘睿, 2013; 刘军等, 2016)。本文采用 AHP 法对地震应急避难场所减灾能力的诸多影响因素进行综合分析, 建立判断矩阵, 对各因素的重要性进行两两比较, 采用 1—9 标度法对各指标之间的相对重要程度进行定量判断。判断矩阵标度及其含义见表 1。

地震应急避难场所的减灾能力评价是一个涉及多因素的复杂问题, 各环节难以用特定单一的指标对其进行准确地计算, 采用 AHP 法来构建地震应急避难场所减灾能力评估体系, 既保证了评估指标的全面性, 同时考虑定性因素的影响, 利用较少的定量信息实现评估指标的统一量化, 从而达到科学合理的评价目的。

表 1 判断矩阵标度及其含义

Table 1 The scale of judgment matrix and its meaning

| 标度         | 定义(比较要素 i 和 j) |
|------------|----------------|
| 1          | 要素 i 和 j 一样重要  |
| 3          | 要素 i 比 j 稍微重要  |
| 5          | 要素 i 比 j 较强重要  |
| 7          | 要素 i 比 j 强烈重要  |
| 9          | 要素 i 比 j 绝对重要  |
| 2, 4, 6, 8 | 两相邻判断要素的中间值    |
| 倒数         | 当比较要素 j 和 i 时  |

### 1.2 构建指标体系

影响地震应急避难场所减灾能力的因素很多, 参照《地震应急避难场所运行管理指南》(GB/T 33744—2017)(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2017)中对地震应急避难场所的启用、运行和管理等方面的要求, 本文将影响中小学地震应急避难场所减灾能

力的因素划分为环境背景、场地安全保障能力、基础设施保障能力和综合保障能力 4 大类，即 4 个一级指标。其中，环境背景是用来判断是否具备地震应急避难场所的基本条件；场地安全保障能力是地震应急避难场所功能实现的基础，制约并体现了地震应急避难场所的可适性；基础设施保障能力既是安置灾民的基本保障，也是地震应急避难场所功能实现的关键；综合保障能力是地震应急避难场所的社会能力补充。这 4 大类因素，每一类又可划分为多个子因素，即 24 个二级指标，由此构成 1 个 3 层次的中小学地震应急避难场所减灾能力评价模型，如图 1 所示。

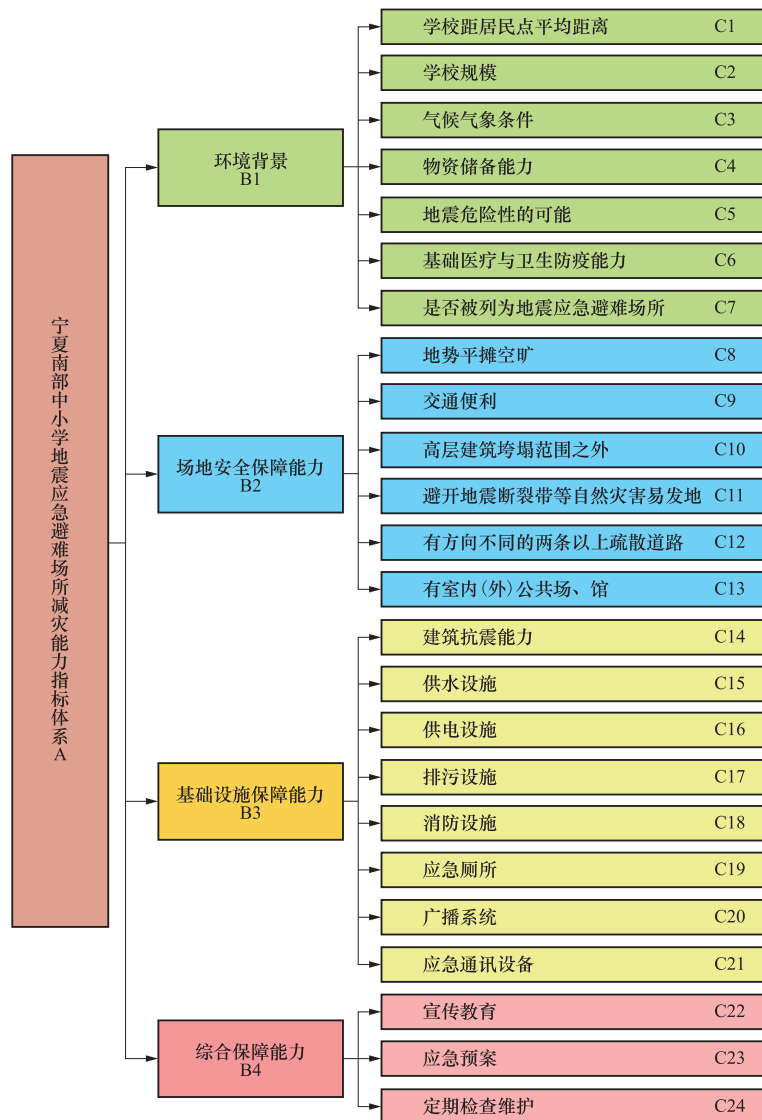


图 1 宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力指标体系

Fig. 1 Index system of disaster reduction capacity of earthquake emergency shelter for middle and primary schools in southern Ningxia

### 1.3 评价体系的量化

本文根据《地震应急避难场所场址及配套设施》(GB/T 21734—2008)(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2008)中提出的各种定性和半定量建设指标, 结合宁夏防震减灾工作的具体特点, 对《地震应急避难场所运行管理指南》(GB/T 33744—2017)、(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2017)《救灾物资储备库管理规范》(CGB/T 24439—2009)(中华人民共和国民政部, 2009)、《城市抗震防灾规划标准》(GB 50413—2007)(中华人民共和国建设部, 2007)、《中小学校设计规范》(GB 50099—2011)(中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012)、《建筑物安全鉴定》(GB 18208.2—2001)(国家质量技术监督局, 2001)、《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)(中华人民共和国卫生部等, 2007)、《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)(国家质量技术监督局, 2004)等一系列规范、标准进行了系统分析和归纳, 给出了宁夏中小学地震应急避难场所减灾能力评估指标的量化标准(表2)。

表2 宁夏中小学地震应急避难场所减灾能力评估指标量化

Table 2 Quantifying indicators of disaster reduction ability in earthquake emergency shelters in primary and secondary schools in Ningxia

| 一级指标                 | 二级指标                | 量化标准   |
|----------------------|---------------------|--|
| 环境背景<br>(7个)         | C1 学校距居民点平均距离       | 距应急避难场所的距离 $\leq 500\text{m}$ 。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C2 学校规模             | 占地面积大于 $2000\text{m}^2$ 。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C3 气候气象条件           | 是否经常有极端天气。符合记0分, 不符合记1分。   |
|                      | C4 物资储备能力           | 距离应急避难场所半径 $1\text{km}$ 范围内有物资储备设施(或周边有商店、饭店、药店、仓库等)。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C5 发生地震危险程度         | 是否在年度地震危险区范围。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C6 基础医疗与卫生防疫能力      | 距离应急避难场所半径 $1\text{km}$ 范围内有卫生站和防疫站。符合记1分, 少一项扣0.5分。   |
|                      | C7 应急避难场所经验         | 是否被列为地震应急避难场所。符合记1分, 不符合记0分。   |
| 场地安全<br>保障能力<br>(6个) | C8 地势平坦空旷           | 地表地势平坦开阔。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C9 交通便利             | 地震应急避难场所的可通达性, 要求抵达避难场所要交通便利。符合记1分, 不符合记0分。  |
|                      | C10 高层建筑垮塌范围之外      | 符合记1分, 不符合记0分。   |
|                      | C11 避开地震断裂带等自然灾害易发地 | 符合记1分, 不符合记0分。   |
|                      | C12 有方向不同的两条以上疏散道路  | 符合记1分, 不符合记0分。   |
| 基础设施<br>保障能力<br>(8个) | C13 有室内(外)公共场、馆     | 是否有操场、体育馆和礼堂。符合记1分, 少一项扣0.3分, 均没有记0分。  |
|                      | C14 建筑物抗震能力         | 建筑物结构是否抗震; 是否不属于旧房危房; 是否进行过加固措施。符合记1分, 少一项或未达标扣0.3分。   |
|                      | C15 供水设施            | 有2种以上的应急供水设施(供水管网、供水车、蓄水池、水井、机井等); 水质达到《生活饮用水卫生标准(GB 5749—2006)》; 每100人至少设1个水龙头; 每250人至少设1个饮水处。符合记1分, 少一项或未满足扣0.25分。 |

续表

| 一级指标             | 二级指标       | 量化标准   |
|------------------|------------|--|
| 基础设施保障能力<br>(8个) | C16 供电设施   | 多回路电网供电系统、太阳能供电系统或移动式发电机组(至少有一项);具备防触电、防雷击保护措施。符合记1分,少一项扣0.5分。   |
|                  | C17 排污设施   | 满足应急生活需要的排放管线和简易污水处理设施;与市政管道连接(有条件的可设立独立排污系统);排污管道最小设计流速应符合在设计充满度下0.6m/s。符合记1分,有缺项或不符合扣0.5分。               |
| 基础设施保障能力<br>(8个) | C18 消防设施   | 配置灭火工具或器材设施。符合记1分,不符合记0分。  |
|                  | C19 应急厕所   | 有旱厕(有粪便处理能力)或水冲式厕所。每30-50人设置1个(暗坑式或移动式厕所);应急厕所距离篷宿区30-50m;化粪池容量1.2kg/(人·日)。符合记1分,少一项或未达标扣0.3分。             |
|                  | C20 广播系统   | 符合记1分,不符合记0分。  |
|                  | C21 应急通讯设备 | 有卫星电话或应急车辆。符合记1分,不符合记0分。   |
| 综合保障能力<br>(3个)   | C22 宣传教育   | 进行防灾知识和应急避难场所普及宣传。经常组织,群众普遍了解为1分;组织次数不多(一年一次或一次以上),群众不太了解为0.7分;很少组织(几年一次),群众基本不了解为0.4分。从没组织过,群众完全不了解为0.1分。 |
|                  | C23 应急预案   | 地震应急预案内容里包含:应急疏散方案、应急物资准备。符合记1分,少一项扣0.5分。  |
|                  | C24 定期检查维护 | 管理者对应急设施的维护保养。有设备管理制度并定期检查为1分;没有制度但定期检查为0.5分;没有制度也不检查为0.1分(考虑坏了会维修,给基础分)。                                  |

#### 1.4 地震应急避难场所减灾能力计算

地震应急避难场所整体的减灾能力可用综合指数来表述。其算法如下:设各因素相对于总目标的权重为  $X_n$  ( $n=1, 2, \dots, 24$ );各因素的每项得分为  $A_n$  ( $n=1, 2, \dots, 24$ );地震应急避难场所减灾能力为  $P$ 。则有:

$$P = \sum_{i=1}^n X_n A_n \quad (n=1, 2, \dots, 24) \quad (1)$$

根据我国防震减灾工作的现状,按表3进行地震应急避难场所减灾综合指数的等级评定。

表3 地震应急避难场所减灾综合指数等级评定

Table 3 Evaluation of comprehensive index of disaster reduction in seismic emergency shelters

| 等级   | 优秀      | 良好       | 中等       | 及格       | 不及格   |
|------|---------|----------|----------|----------|-------|
| 能力得分 | 1.0—0.9 | 0.89—0.8 | 0.79—0.7 | 0.69—0.6 | 0.6以下 |

## 2 研究区域及数据源

### 2.1 研究区域

本文研究区域为宁夏南部高烈度区,根据《中国地震动参数区划图(GB 18306—2015)》

附表 C30——宁夏城镇Ⅱ类场地基本地震动峰值加速度值和基本地震动加速度反应谱特征周期值,选取峰值加速度为 0.4g 的地区,即宁夏固原市西吉县沙沟乡和宁夏中卫市海原县李俊乡,共调查学校 28 所,其中有 11 所学校因生源调整,校舍空置,已不运行。

## 2.2 数据源

### (1) 评价指标相对权重数据

根据 AHP 法原则,本文采用专家打分法,即通过专家调查问卷的形式,由专家依据自己的知识和经验对各个评价指标的重要程度进行打分,再经过统计分析后得到指标权数。调查对象为地震科研工作者,调查方式有 3 种:一是采取现场发放现场回收的方式,该方式问卷回收率高,有效避免了空白卷;二是采取邮寄问卷的方式,该方式回收率较高,但回收时间较长;三是采取远程网络问卷的方式,通过 QQ 或邮件等电子传输方式和专家进行沟通,该方式简单快捷,但预约较难。本文调查共发放问卷 90 份,回收有效问卷 77 份,回收率为 86%,符合调查的有效性。计算得到 24 个指标对于总目标中小学地震应急避难场所减灾能力的相对排序权重值,见表 4。

表 4 C 层 24 个指标对中小学地震应急避难场所减灾能力的相对总排序权重值

Table 4 Relative total ranking weights of 24 indicators in C-layer for disaster reduction ability of earthquake emergency shelters in primary and secondary schools

| 二级指标                      | 总权重/%    |
|---------------------------|----------|
| 学校距居民点平均距离 C1             | 0.023657 |
| 学校规模 C2                   | 0.027134 |
| 气候气象条件 C3                 | 0.013801 |
| 物资储备能力 C4                 | 0.025232 |
| 地震危险性的可能(是否划在年度地震危险区内) C5 | 0.033743 |
| 基础医疗与卫生防疫能力 C6            | 0.035237 |
| 是否被列为地震应急避难场所 C7          | 0.032231 |
| 地势平坦空旷 C8                 | 0.057414 |
| 交通便利 C9                   | 0.048605 |
| 高层建筑垮塌范围之外 C10            | 0.064557 |
| 避开地震断裂带等自然灾害易发地 C11       | 0.075180 |
| 有方向不同的两条以上疏散道路 C12        | 0.043125 |
| 有室内(外)公共场、馆 C13           | 0.041689 |
| 建筑物抗震能力 C14               | 0.069287 |
| 供水设施 C15                  | 0.043872 |
| 供电设施 C16                  | 0.033968 |
| 排污设施 C17                  | 0.030067 |
| 消防设施 C18                  | 0.031502 |
| 应急厕所 C19                  | 0.032578 |
| 广播系统 C20                  | 0.023091 |

续表

| 二级指标       | 总权重/%    |
|------------|----------|
| 应急通讯设备 C21 | 0.026909 |
| 宣传教育 C22   | 0.055099 |
| 应急预案 C23   | 0.064817 |
| 定期检查维护 C24 | 0.064047 |

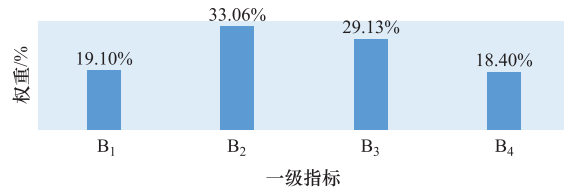


图 2 一级指标影响权重

Fig. 2 Influence weight of first-class index

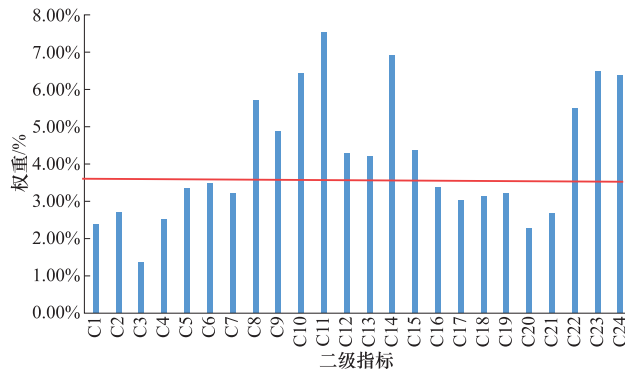


图 3 二级指标影响权重 (红线为均值线)

Fig. 3 Secondary indicator impact weight (mean line in red)

由图 2 和图 3 分析宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力的影响因素,可以看出,在一级指标因素中,按影响程度排序依次为场地安全保障能力、基础设施保障能力、环境背景和综合保障能力。二级指标因素中比较突出的影响因素(超出均值线)有 10 个,分别为 C8 地势平坦空旷、C9 交通便利、C10 高层建筑垮塌范围之外、C11 避开地震断裂带等自然灾害易发地、C12 有方向不同的两条以上疏散道路、C14 建筑物抗震能力、C15 供水设施、C22 宣传教育、C23 应急预案和 C24 定期检查维护。这 10 个指标的累计贡献率达到了 58.8%,在一定程度上能反映出宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力的主要需求。

### (2) 学校调查数据

据宁夏地震局 2018 年应急基础数据库收集结果:研究区域学校总数为 30 所,本文调查 28 所,占学校总数的 93%,样本具有代表性。根据学校运营状况,将调查学校划分为在运行与不运行两类进行计算与分析,得出各个学校地震应急避难场所减灾能力指数和减灾能力等级,如表 5、表 6 所示。

表 5 在运行学校地震应急避难场所减灾能力计算结果

Table 5 Calculated results of disaster reduction ability in earthquake emergency shelter in running school

| 序号 | 所属市县(乡镇)  | 学校名称      | 减灾能力指数      | 等级  |
|----|-----------|-----------|-------------|-----|
| 1  | 中卫市海原县李俊乡 | 李俊中学      | 0.950719819 | 优秀  |
| 2  | 固原市西吉县沙沟乡 | 叶沟小学      | 0.82863708  | 良好  |
| 3  | 固原市西吉县沙沟乡 | 沙沟中学      | 0.875539352 | 良好  |
| 4  | 中卫市海原县李俊乡 | 中心小学      | 0.886162959 | 良好  |
| 5  | 固原市西吉县沙沟乡 | 大寨小学      | 0.764246956 | 中等  |
| 6  | 固原市西吉县沙沟乡 | 满寺小学      | 0.764246956 | 中等  |
| 7  | 固原市西吉县沙沟乡 | 阳庄小学      | 0.758603808 | 中等  |
| 8  | 中卫市海原县李俊乡 | 蔡祥小学      | 0.764029696 | 中等  |
| 9  | 中卫市海原县李俊乡 | 红星小学      | 0.764029696 | 中等  |
| 10 | 固原市西吉县沙沟乡 | 陶堡小学      | 0.699690096 | 及格  |
| 11 | 中卫市海原县李俊乡 | 联合小学      | 0.688849229 | 及格  |
| 12 | 固原市西吉县沙沟乡 | 顾沟教学点     | 0.535893554 | 不及格 |
| 13 | 固原市西吉县沙沟乡 | 梁庄教学点     | 0.460713087 | 不及格 |
| 14 | 固原市西吉县沙沟乡 | 代沟教学点     | 0.460713087 | 不及格 |
| 15 | 固原市西吉县沙沟乡 | 中口教学点     | 0.460713087 | 不及格 |
| 16 | 中卫市海原县李俊乡 | 红星村大坪教学点  | 0.535893554 | 不及格 |
| 17 | 中卫市海原县李俊乡 | 红星村三百户教学点 | 0.535893554 | 不及格 |

表 6 不运行学校地震应急避难场所减灾能力计算结果

Table 6 Calculated results of disaster reduction ability of school earthquake emergency shelter

| 序号 | 所属市县(乡镇)  | 学校名称     | 减灾能力指数      | 等级  |
|----|-----------|----------|-------------|-----|
| 1  | 固原市西吉县沙沟乡 | 东沟小学     | 0.525808624 | 不及格 |
| 2  | 固原市西吉县沙沟乡 | 后塘初小     | 0.493578005 | 不及格 |
| 3  | 固原市西吉县沙沟乡 | 甘沟初小     | 0.493578005 | 不及格 |
| 4  | 固原市西吉县沙沟乡 | 上卷初小     | 0.493578005 | 不及格 |
| 5  | 中卫市海原县李俊乡 | 李套教学点    | 0.535893554 | 不及格 |
| 6  | 中卫市海原县李俊乡 | 猫儿沟教学点   | 0.460713087 | 不及格 |
| 7  | 中卫市海原县李俊乡 | 团结村金佛教学点 | 0.460713087 | 不及格 |
| 8  | 中卫市海原县李俊乡 | 团结村牛堡教学点 | 0.460713087 | 不及格 |
| 9  | 中卫市海原县李俊乡 | 岷岷教学点    | 0.460713087 | 不及格 |
| 10 | 中卫市海原县李俊乡 | 海口教学点    | 0.460713087 | 不及格 |
| 11 | 中卫市海原县李俊乡 | 蒿滩教学点    | 0.535893554 | 不及格 |



### 3 宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力评估

根据表 5、表 6、图 4 和图 5 结果分析可以看出：宁夏南部中小学地震应急避难场所减灾能力相对较弱，优秀率仅为 3%，有 61% 的学校不能满足地震应急避难场所的条件；在运行学校中，优秀率也仅有 6%，有 35% 的学校仍不能达到地震应急避难场所的标准要求。

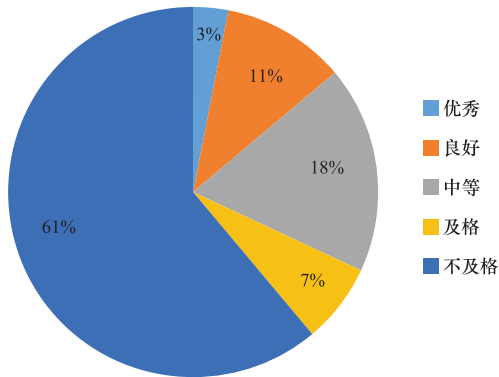


图 4 学校地震应急避难场所减灾能力等级分布

Fig. 4 Percentage of disaster reduction

ability rate in school earthquake emergency shelters

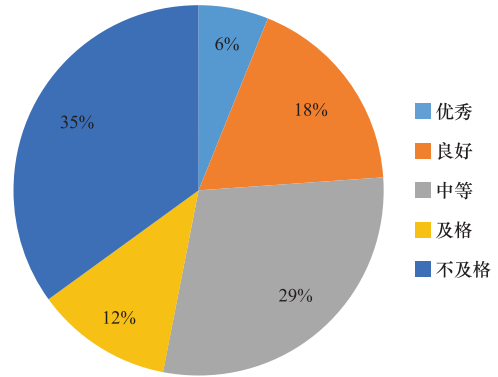


图 5 在运行学校地震应急避难场所减灾能力等级分布

Fig. 5 Percentage of disaster mitigation capabilities rate

in schools operating earthquake emergency shelters

本文研究区域为宁夏南部高烈度区域，属于土石山地，受地理环境条件制约，学校场地选址不合理，大部分学校依山而建，建设场地选址未能避开地震断裂带、滑坡等自然灾害易发地，且受当地经济不发达和人口稀少等因素影响，学校在地理分布上不集中，建设规模较小，调查学校有接近一半为教学点，无操场或空地，仅能满足教学要求；因当地水利资源匮乏，调查学校的饮水大多为机井抽水或水窖存水，厕所均为旱厕，规模较小的中小学无化粪池、消防设施未配齐全。除上述客观因素以外，研究区域内中小学对于地震应急避难场所的宣传教育工作仍有待加强。

### 4 结论

我国中小学作为地震应急避难场所的建设刚刚起步，本文采用层次分析法，评估了多种复杂因素对中小学作为地震应急避难场所的复杂影响程度，同时，通过专家调查法能够相对合理地确定各因素对总目标的相对权重，通过计算综合减灾能力指数，较为全面地反映出中小学地震应急避难场所的减灾能力情况，对于加强宁夏高烈度区中小学地震应急避难场所的建设、提升防范和应对地震灾害能力具有科学化的指导意义。

### 参考文献

- 昂玉洋, 2013. 基于灾害风险评估的城市应急避难场所建设研究——以南京市为例. 南京: 南京邮电大学.
- 曹彦波, 张原硕, 邓树荣等. 2019. 云南省县(市)区应急备震能力评估方法研究及应用. 震灾防御技术, 14(2): 387—400.
- 陈志芬, 李强, 陈晋, 2010. 城市应急避难场所层次布局研究(II)——三级层次选址模型. 自然灾害学报,

- 19 (5): 13—19.
- 樊晓一, 乔建平, 陈永波, 2004. 层次分析法在典型滑坡危险度评价中的应用. 自然灾害学报, 13 (1): 72—76.
- 高娜, 苏桂武, 邓砚等, 2014. 3类人群对地震应急救援影响因素重要性认知的调查与分析——以唐山市为例. 地震地质, 36 (2): 536—546.
- 国家质量技术监督局, 2001. GB 18208.2—2001 地震现场工作 第二部分: 建筑物安全鉴定. 北京: 中国标准出版社.
- 国家质量技术监督局, 2004. GB 18306—2001 中国地震动参数区划图. 北京: 中国标准出版社.
- 何力, 2010. 中小学防灾避难设计策略初探. 重庆: 重庆大学.
- 刘军, 苏桂武, 孙甲宁等, 2016. 新疆地区县(市)地震应急能力指标体系的建立与区域差异初探. 震灾防御技术, 11 (4): 814—822.
- 刘睿, 苏伟, 张晓东等, 2013. 芦山地震震后次生滑坡灾害风险评价研究. 震灾防御技术, 8 (4): 423—433.
- 钱洪伟, 2010. 应急避难场所规划环境影响评价体系初探. 防灾科技学院学报, 12 (3): 1—5.
- 钱洪伟, 尹香菊, 佟艳, 2013. 基于制约因素的城市应急避难场所运行能力评价指标体系构建——以汶川地震时某城市应急避难场所为例. 中国安全科学学报, 23 (6): 158—164.
- 沈勇, 2013. 浅谈莆田市地震应急避难场所建设. 城市建设, (12): 82—83.
- 苏建锋, 薄万举, 2017. 城市地震应急避难场所展示系统的设计与实现. 震灾防御技术, 12 (2): 392—398.
- 王霞, 吴沈辉, Tawana M. M. 等, 2009. 基于 AHP 法的城市灾害应急能力评价. 山西能源与节能, (1): 42—46.
- 吴辉辉, 2011. 中小学校抗震能力分析. 西安: 西安建筑科技大学.
- 吴宗之, 黄典剑, 蔡嗣经等, 2005. 基于模糊集值理论的城市应急避难所应急适应能力评价方法研究. 安全与环境学报, 5 (6): 100—103.
- 熊焰, 梁芳, 乔永军等, 2014. 北京市地震应急避难场所减灾能力评价体系的研究. 震灾防御技术, 9 (4): 921—931.
- 杨斌, 马朝晖, 2014. 基于地震应急基础数据的山西地震应急能力评价指标体系建设. 震灾防御技术, 9 (1): 118—125.
- 杨文斌, 韩世文, 张敬军等, 2004. 地震应急避难场所的规划建设与城市防灾. 自然灾害学报, 13 (1): 126—131.
- 张勤, 高亦飞, 高娜等, 2009. 城镇社区地震应急能力评价指标体系的构建. 灾害学, 24 (3): 133—136.
- 郑婷, 周园, 梁海娟, 2015. 作为地震应急避难场所的中小学规划设计. 河北建筑工程学院学报, 33 (3): 44—47.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2008. GB 21734—2008 地震应急避难场所场址及配套设施. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2017. GB/T 33744—2017 地震应急避难场所 运行管理指南. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国建设部, 2007. GB 50413—2007 城市抗震防灾规划标准(附条文说明). 北京: 中国建筑工业出版社.
- 中华人民共和国民政部, 2009. GB/T 24439—2009 救灾物资储备库管理规范. 北京: 中国标准出版社.
- 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会, 2007. GB 5749—2006 生活饮用水卫生标准. 北京:

中国标准出版社.

中华人民共和国住房和城乡建设部, 2012. GB 50099—2011 中小学校设计规范. 北京: 中国建筑工业出版社.

庄锁法, 2000. 基于层次分析法的综合评价模型. 合肥工业大学学报(自然科学版), **23**(4): 582—585, 590.

Liang S. Y., Wang Y., Zhou Z. Q., et al., 2009. Geological hazard assessment of small towns based on EAHP. In: Proceedings of 2009 International Conference on Management and Service Science. Wuhan, China: IEEE.

## Evaluation of Disaster Reduction Capability of Earthquake Emergency Shelters in Middle and Primary Schools in Southern Ningxia Based on AHP

Li Zirui<sup>1)</sup>, Ma Chongzhi<sup>1)</sup>, Li Guobin<sup>1)</sup> and Yu Sihan<sup>2)</sup>

1) Ningxia Earthquake Agency, Center for Earthquake Analysis and Prediction, Yinchuan 750001, China

2) Ningxia Earthquake Agency, Earthquake Emergency Support Center, Yinchuan 750001, China

**Abstract** Earthquake emergency shelters play an significant role in dealing with disaster events, which improving the city's comprehensive disaster prevention ability, reducing the impact of disasters and strengthening the government's administrative capacity. Based on the principles of Scientificity, optimization and integrality, an index system of disaster reduction capacity for earthquake emergency shelter in primary and secondary schools is constructed by using AHP method. Referring to the requirements on the opening operational management of earthquake emergency shelters in the "guide to the operation and management of earthquake emergency shelters" (GB/t 33744—2017), this research shows a comprehensive evaluation model of disaster reduction capacity of earthquake emergency shelter in primary and middle schools. According to the results of this research, an appropriate correlation weight coefficient and index could be applied to the primary and secondary schools in the high intensity area in the south of Ningxia. The result also shows that the ability of earthquake emergency shelter of middle and primary schools in the south of Ningxia is weak and the construction of earthquake emergency shelter should be strengthened. As well as the capacity of resisting and responding to earthquake disasters should be improved.

**Key words:** AHP method; School earthquake emergency shelter; Disaster mitigation capacity; South of Ningxia