

郑宝成, 张磊, 刘玉, 等. 震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统设计[J]. 灾害学, 2020, 35(3): 20-23, 33. [ZHENG-Baocheng, ZHANG Lei, LIU Yu, et al. Design of Safety Appraisal System for Building Structure in Post Earthquake Disaster Area[J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(3): 20-23, 33. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.03.004.]

# 震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统设计\*

郑宝成<sup>1</sup>, 张磊<sup>2</sup>, 刘玉<sup>2</sup>, 刘历波<sup>3</sup>

(1. 河北工业职业技术学院 经济贸易系, 河北 石家庄 050091; 2. 河北工业职业技术学院 建筑工程系, 河北 石家庄 050091; 3. 河北工程大学 土木工程学院, 河北 邯郸 056038)

**摘要:** 针对原有建筑结构安全性鉴定系统由于鉴定指标的范围较小造成鉴定结果可靠性较差的问题, 设计了震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统。首先设计鉴定系统的硬件部分, 扩大指标选取范围, 计算指标权重, 构建安全性鉴定模型获取鉴定结果, 根据安全等级划分结果完成建筑安全性鉴定, 完成震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统设计。

**关键词:** 建筑结构; 安全性能; 重灾区; 性能鉴定; 地震

**中图分类号:** X43; TP317; X915.5; P315 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2020)03-0020-05  
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2020.03.004

建筑物的安全性一直以来都是人们关注的焦点话题, 随着经济的不断发展, 人们对建筑物的安全意识愈发重视。建筑物作为人们在灾害发生时的庇护所, 其安全性对于人们的人身安全至关重要<sup>[1-3]</sup>。地震是危害人类安全的主要灾害之一, 针对地震的危害性, 对建筑物在震中与震后的结构安全性鉴定显得尤为重要, 建筑物的震后安全性是保证余震中不造成二次伤害的重要手段之一<sup>[4-5]</sup>。在以往对震后重灾区建筑结构的安全性鉴定中, 由于鉴定系统指标选取范围较小造成鉴定结果有误差。针对以上问题, 在本文中完成新型的建筑结果安全性鉴定系统设计工作。

在此次设计中, 将扩大鉴定指标的选取范围, 选用模糊评价方法与分层评价相结合的方式完成对建筑结构安全性的鉴定过程。根据鉴定软件的相关要求, 设计系统硬件部分。结合上述两部分完成此次设计, 并采用系统测试的方式, 完成对系统性能的研究, 保证此次设计的可靠性。

## 1 震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统硬件设计

针对原有系统在使用中产生的由于鉴定指标的范围较小而造成鉴定结果误差较大的问题, 系统的硬件设计部分, 仅完成指标计算过程所需硬

件与鉴定指标采集硬件设计即可。将本文中设计的硬件部分引用至原有系统硬件之中, 提升鉴定系统的信息处理能力。为保证应用文中设计硬件后的系统可正常运用, 设定新型硬件架构如图1所示。

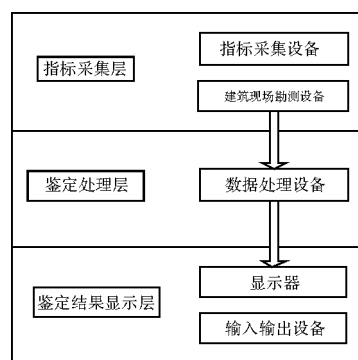


图1 安全性鉴定系统硬件架构

根据以上硬件架构, 完成硬件部分设计工作。针对鉴定指标采集部分硬件, 选用4核处理器的信息采集器作为此次的指标采集设备, 具体设备参数如表1所示。采用以上设备完成对鉴定指标数据的采集工作, 将采集后的数据整理存储至指标鉴定计算硬件中, 通过计算硬件完成对建筑安全性的鉴定, 此次设计的计算硬件参数如表2所示。

\* 收稿日期: 2019-12-13 修回日期: 2020-03-24

基金项目: 国家自然科学基金项目(11202062); 河北省教育厅重点项目(ZD2016121)

第一作者简介: 郑宝成(1981-), 男, 汉族, 河北晋州人, 讲师, 研究方向为软件工程领域工程. E-mail: waxx1981@163.com

通讯作者: 张磊(1981-), 女, 汉族, 河北唐山人, 讲师, 研究方向为工程管理. E-mail: m13730105015\_1@163.com

表 1 采集设备指标参数

| 指标   | 参数                         | 指标   | 参数                         |
|------|----------------------------|------|----------------------------|
| CPU  | 1. 4GHz × 4                | 拓展存储 | tf 卡                       |
| OS   | Android7. 1 <sup>[6]</sup> | 摄像头  | 500 W 像素                   |
| 存储器  | 4GB RAM<br>20GB ROM        | 近场通讯 | Mifare                     |
| 网络   | 2. 4G&5G<br>WIFI           | 显示器  | 5. 0HD                     |
| 蓝牙   | 支持 2. 1/3. 0/4. 0          | 充电设备 | 输入: AC100 ~ 200V<br>输出: 7v |
| GPS  | 内置 GPS                     | 接口   | Type - c                   |
| 电池   | 4. 0V/5000mAh              | 声音   | 双麦克                        |
| 通信方式 | NFC                        | 输入法  | 按键                         |
| 卡槽   | SIM                        | 工作环境 | 均可                         |

表 2 计算硬件参数设定

| 指标   | 参数                 | 使用方向 |
|------|--------------------|------|
| 处理器  | AMD A8 7650        | 数据存储 |
| 主板   | A88                |      |
| 显卡   | AMD RADEON R7 4G   |      |
| 硬盘   | 100 GB 固态硬盘        |      |
| 内存   | 8 G 内存条            |      |
| 读取速度 | 500 MB/s           | 数据计算 |
| 写入速度 | 370 MB/s           |      |
| 计算芯片 | 1 600 MHz          |      |
| 尺寸   | 400 × 180 × 400 mm |      |

采用上述部分完成系统硬件部分的设计工作, 将设计完成的设备应用到原有的系统硬件框架之中, 提升系统的信息整合处理能力, 并以及作为软件开发的平台。

2 震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统软件设计

采用上述硬件设计结果作为此次设计中的软件开发环境, 为保证软件设计中的可控性, 设定软件结构如图 2 所示。

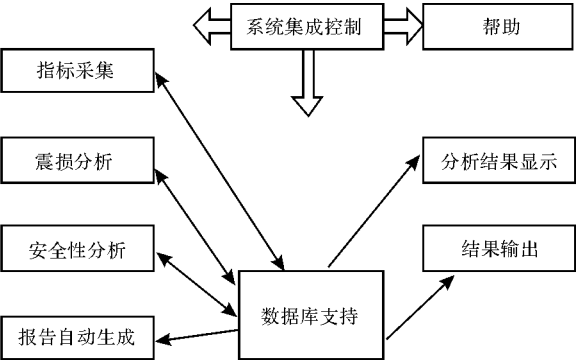


图 2 系统软件结构图

此次设计将就整体安全性分析模型展开优化, 将优化的步骤设定为 3 部分分别为: 重新获取建筑结构鉴定指标、计算指标权重、构建鉴定模型。通过上述部分实现系统对震后建筑安全性的鉴定性能。

2. 1 获取建筑结构安全鉴定指标

针对震后建筑结构的特征与建筑安全性鉴定的相关标准, 将指标的获取范围扩大至建筑材料以及建筑物地基的设定。将此次设计中获取到的建筑结构安全性鉴定指标分类存储, 具体分类结果与指标选取结果如表 3 所示。

表 3 建筑结构安全鉴定指标

| 指标方向 | 种类                           | 指标                       |
|------|------------------------------|--------------------------|
| 主体   | 墙体部分 <sup>[7]</sup>          | 墙体裂缝                     |
|      |                              | 墙体变形                     |
|      |                              | 墙体连接处的连接                 |
|      |                              | 抹灰等装饰                    |
|      |                              | 构架设施                     |
|      | 承重梁、举架的墙体变化 <sup>[8-9]</sup> | 承重梁、举架的墙体变化              |
|      |                              | 自承重墙体                    |
|      | 建筑顶层构件                       | 构件震损情况                   |
|      |                              | 构件松动情况                   |
|      |                              | 构件位移情况                   |
| 材料部分 | 建筑预制板部分                      | 构件倾斜折损情况                 |
|      |                              | 板间裂纹                     |
|      |                              | 预制板破损 <sup>[10-11]</sup> |
|      |                              | 预制板出现裂纹                  |
|      | 砖瓦部分                         | 砖瓦滑落                     |
|      |                              | 砖瓦错位                     |
|      |                              | 顶层装饰瓦破损                  |
|      |                              | 顶棚与墙体之间的连接               |
|      |                              | 抹灰层的变化                   |
| 建筑材料 | 非框架结构部分                      | 顶棚破损                     |
|      |                              | 建筑装饰物破损                  |
|      |                              | 装饰物位移                    |
|      |                              | 装饰倾斜                     |
|      | 建筑地基                         | 地基位移                     |
|      |                              | 地基松动                     |
|      |                              | 地基出现明显裂纹                 |
|      |                              | 砂石液化                     |
|      |                              | 混凝土变化                    |
|      |                              | 木质结构变化                   |

通过上述获取的鉴定指标对震后建筑结构安全性进行鉴定, 根据上述指标获取建筑物对应部分的数据, 将数据代入指标存储数据库, 计算指标的比重。

2. 2 计算安全性鉴定指标权重

根据上述获取的指标, 采用模糊评价指标权重计算方式完成对安全性鉴定指标的计算过程。设定安全性鉴定结果为  $O$ ,  $P_i$  表示安全鉴定因素,

且  $P_i \in P$ ,  $P_{ij}$  表示  $P_i$  对  $P_j$  的相对重要性权重, 设定 ( $j=1, 2, \dots, n$ ),  $P_{ij}$  的取值通过判断矩阵标度完成取值工作。判断指标矩阵  $P$  为:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

根据上述矩阵, 获取安全鉴定指标中的最大特征所具备的特征向量, 完成权数的分配。设定矩阵的元素最大乘积为  $R_i$ :

$$R_i = \prod_{j=1}^n p_{ij}, (i, j = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

$R_i$  的次方根  $y$  为:

$$y = \sqrt[n]{R_i} \quad (3)$$

对特征向量展开归一化处理<sup>[12-13]</sup>:

$$y_i = \bar{y} / \left( \sum_{j=1}^n \bar{y} \right) \quad (4)$$

最大特征根  $t_{\max}$  为:

$$t_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{nR_i} \quad (5)$$

式中:  $P_i$  表示判断矩阵中的第  $i$  个元素。则有:

$$P_i = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \cdots \\ r_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

通过以上公式完成鉴定指标的权重计算过程, 将计算结果结合指标完成鉴定指标的处理部分, 设定指标权重并将其应用于安全性鉴定模型构建中。

### 2.3 构建安全性鉴定模型

使用指标权重构建结构安全性鉴定模型, 在模型构建的过程中, 采用设定模型构建流程的方式提高模型构建中的可控性与稳定性。根据结构安全性鉴定标准, 设定鉴定模型构建流程如图 3 所示。

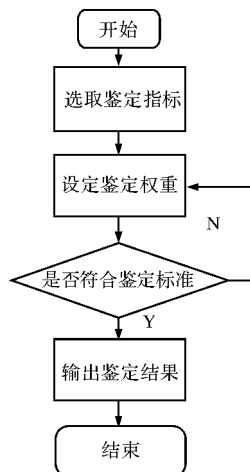


图3 鉴定模型构建流程

通过上述流程, 完成模型的构建工作, 将模型结果分为 5 种类别, 使用分类结果实现对灾区建筑结构安全性的鉴定性能, 具体分类结果如表 4 所示。使用上述等级划分结果划分鉴定模型结果数据, 实现对鉴定结果的划分工作。并根据划分结果完成对重灾区建筑结果安全性鉴定与分析工作。结合上述设计的硬件与软件部分, 震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统设计完成。

表4 鉴定结果等级划分<sup>[14-16]</sup>

| 等级  | 安全性鉴定结果 | 特征状态     |
|-----|---------|----------|
| I   | 安全性极好   | 无震损      |
| II  | 安全性较差   | 符合一类震损要求 |
| III | 安全性适中   | 符合二类震损要求 |
| IV  | 安全性较差   | 符合三类震损要求 |
| V   | 安全性极差   | 不符合震损要求  |

## 3 系统测试分析

结合上述硬件设计与软件开发, 完成震后重灾区建筑结构安全性鉴定系统设计过程。为保证此次设计的系统具有可行性且可弥补原有系统使用过程中的不足, 设定系统测试环节。采用与原有系统对比的方式, 完成对文中设计系统上的性能测试。

### 3.1 系统运行环境

在此次实验中, 为保证原有系统与文中设计系统可在同一实验环境中运行, 构建实验平台为两种系统提供实验环境。现将选用实验平台参数设定如表 5 所示。采用以上内容完成对系统测试平台的组建, 在此次测试中, 针对两种系统的鉴定指标选取范围作为对比对象。设定原有系统中的鉴定指标为对照组数据, 本文设计系统的指标范围为实验组数据, 通过对比两组数据的区别, 获取实验结果。

表5 实验平台设计参数

| 实验平台方向 | 设备     | 型号          |
|--------|--------|-------------|
| 硬件环境   | CPU    | AMD A8 7650 |
|        | 输入设备   | 键盘          |
|        | 显示设备   | 高清液晶显示设备    |
| 软件环境   | 数据库    | SQL2013     |
|        | 数据处理计算 | Windows 8   |

### 3.2 实验样本

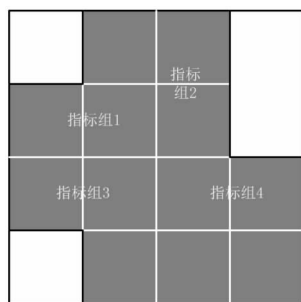
将实验样本设定为 4 类鉴定指标, 采用原有系统指标、文中设计系统指标与样本指标进行对比, 获取结果差异。实验样本指标具体内容设定如表 6 所示。每一组鉴定指标组设定为 4 个指标, 将上述指标作为实验的样本数据, 通过对比指标数据的形式完成此次设计, 测试结果通过图像形式显示。

表 6 实验样本指标选定结果

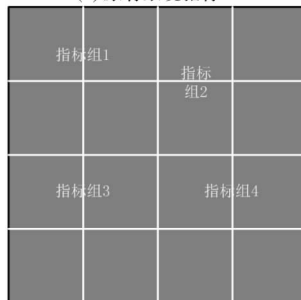
| 指标组序号 | 指标组       | 内容          |
|-------|-----------|-------------|
| 指标组 1 | 墙体部分      | 墙体连接处的连接    |
|       |           | 抹灰等装饰       |
|       |           | 构架设施        |
| 指标组 2 | 建筑顶层构件    | 承重梁、举架的墙体变化 |
|       |           | 构件震损情况      |
|       |           | 构件松动情况      |
|       |           | 构件位移情况      |
|       |           | 构件倾斜折损情况    |
| 指标组 3 | 顶棚部分      | 顶棚与墙体之间的连接  |
|       |           | 抹灰层的变化      |
|       |           | 顶棚破损        |
|       |           | 建筑装饰物破损     |
| 指标组 4 | 建筑地基及建筑材料 | 地基位移        |
|       |           | 地基松动        |
|       |           | 地基出现明显裂纹    |
|       |           | 砂石液化        |

### 3.3 结果分析

在图 4 中, 灰色的部分为系统指标中涵盖样本指标中的部分, 空白部分为指标中不包含的部分。通过图像可知, 文中设计系统指标中涵盖实验样本中的全部内容, 原有系统的指标范围无法做到涵盖全部的实验样本指标。由此可知, 本文设计系统在鉴定指标选取方面由于原有系统。通过使用文中设计系统与原有系统对建筑物进行鉴定也可知, 文中设计系统的鉴定结果精度高于原有系统。综上所述, 扩大鉴定指标范围有助于提升鉴定结果的可靠度与精度, 本文设计系统对建筑物的鉴定性能优于原有系统鉴定性能。



(a) 原有系统指标



(b) 文中设计系统指标

图 4 系统测试结果对比

## 4 结束语

在原有系统的使用过程中, 常因鉴定指标范围选取不当鉴定结果可靠性较差的问题。在此次设计中, 采用重新选取指标的方式结合模糊评价方法完成对原有系统不足的弥补工作。通过系统测试环节可明确的了解到文中设计系统的使用性能高于原有系统的使用性能。在未来的灾区建筑测定与重建工作中, 提高建筑物鉴定结果的可靠性, 保护当地人们的人身安全以及财产安全。

## 参考文献:

- [1] 韩瑜, 马佳鹏, 高华, 等. 基于结构检测和计算分析的老旧建筑安全性评定及处理方案[J]. 建筑结构, 2018, 48(S2): 730-734.
- [2] 王浩, 冯照平, 王宁, 等. 某钢柱支撑的大跨网壳安全性鉴定分析[J]. 科技创新导报, 2018, 15(34): 125-127, 129.
- [3] 杨明飞, 王辛. 既有单层工业厂房安全性检测与分析[J]. 皖西学院学报, 2018, 34(5): 120-123, 147.
- [4] 代建波, 吕刚. 某电石炉厂房及配料站火灾后结构安全性鉴定及加固[J]. 工程抗震与加固改造, 2018, 40(4): 118-123.
- [5] 杨明飞, 邵浩, 王天坤, 等. 大跨网架结构安全性诊断与分析[J]. 长江大学学报(自科版), 2018, 15(13): 50-56, 6-7.
- [6] 刘云. 对建筑结构安全性鉴定与抗震鉴定在应用中如何统一问题的探讨[J]. 中国建材科技, 2018, 27(3): 9-10.
- [7] 聂瑞. 强震环境下建筑复合节能墙体抗震性能评估模型[J]. 华北地震科学, 2019, 37(4): 78-83.
- [8] 吴武玄. 某近海环境混凝土框架结构安全性鉴定及病害分析[J]. 福建建设科技, 2018(2): 48-50, 66.
- [9] 徐殿富, 张晓宇. 某建筑物火灾后结构安全性鉴定与抗震分析[J]. 工程质量, 2017, 35(12): 30-32.
- [10] 李勤, 裴兴旺, 孟海. 某厂房火灾后检测鉴定与绿色再生利用设计[J]. 科技通报, 2017, 33(4): 227-230, 248.
- [11] 卢一麟, 尹凤霞, 郭献洲. 超限高层建筑结构抗震设计加强措施和建议——以某超限高层建筑为例[J]. 地震工程学报, 2018, 40(6): 1252-1258.
- [12] 许兰兰, 余云燕. 建筑结构在地震作用下的主动减振控制方法[J]. 兰州交通大学学报, 2018, 37(6): 7-13.
- [13] 尹新生, 李燕莹, 李百隆, 等. 交错混凝土桁架剪力墙结构 Pushover 分析[J]. 吉林建筑大学学报, 2018, 35(6): 11-14.
- [14] 冯晓九, 丁琪, 许梓楠, 等. 地震激励下相邻建筑结构碰撞动力响应分析[J]. 常州大学学报(自然科学版), 2018, 30(2): 77-86.

(下转第 33 页)

robot automatically locates the monitoring position according to polar coordinates and the triangular elevation; analyzes the interaction between the parameters and uses the SLIDE model to obtain slope instability data; sets the deformation data sequence, removes singular values, and uses the sequence mean and standard deviation to interpolate the encrypted monitoring data; use the curve cut angle theory to determine the slope geological deformation speed, and realize the dynamic real-time monitoring of the mountain slope geological instability. The experimental results show that compared with the traditional monitoring methods, the proposed monitoring method can still maintain the continuity of the monitoring data after removing error data and singular values, making the monitoring results of geological instability real and reliable. It can be seen that the proposed monitoring method is more suitable for mountain slope geological monitoring.

**Key words:** leica survey robot; mountain slope; geological instability; monitoring method

(上接第 23 页)

[15] 许庆虎, 王建国, 康小方, 等. 地震激励下参数不确定的相邻建筑结构重叠分散保性能混合控制方法[J]. 应用力学学报, 2017, 34(4): 615-621, 810.

[16] 刘成清, 杨巍, 赵必大. 基于中日规范强震作用下的隔震结构响应对比分析[J]. 工程抗震与加固改造, 2017, 39(2): 67-77.

## Design of Safety Appraisal System for Building Structure in post Earthquake Disaster Area

ZHENG Baocheng<sup>1</sup>, ZHANG Lei<sup>2</sup>, LIU Yu<sup>2</sup> and LIULiBo<sup>3</sup>

(1. Economics and Trade Department, Hebei College of Industry and Technology, Shijiazhuang 050091, China;  
2. Department of Building Engineering, Hebei College of Industry and Technology, Shijiazhuang 050091, China;  
3. School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China)

**Abstract:** In order to solve the problem that the reliability of the original building structure safety appraisal system is poor due to the small range of the appraisal index, the building structure safety appraisal system in the disaster area after the earthquake is designed. The hardware part of the identification system is first designed, the selection range of the index is expanded, the weight of the index is calculated, the safety identification model is constructed to obtain the identification result, and the building safety identification is completed according to the safety level dividing result. Combined with the above earthquake disaster area building structure safety appraisal system design completed. Build the system test link, obtain the system test results. Compared with the original system, the index of this system is more widely selected and the accuracy of identification is higher. It can be seen from the above that the performance of the system is superior to that of the original system.

**Key words:** building structure; safety performance; severe disaster area; performance appraisal