引文格式：张树君, 朱耿青, 郑超, 等. 遥感技术在房屋抗震设防能力初判中的应用探析[J]. 地理空间信息, 2023, 21(8): 118-121. DOI:10.3969/J.ISSN. 1672-4623.2023.08.030

# 遥感技术在房屋抗震设防能力初判中的应用探析

张树君[1]，朱耿青[1]，郑　超[1]，郑　韵[1]，林岩钊[1]，王辉山[1]
（1. 福建省地震局，福建 福州 350003）

**摘　要：**通过研究在福建省范围内实施的基于遥感影像区域房屋抗震能力初判工作，快速摸清风险底数，宏观掌握了福建省房屋建筑抗震设防情况。分析结果表明福建省房屋整体抗震能力水平不高，且存在很大的空间差异性；房屋抗震水平高低与当地经济发展成明显正相关，经济发达区福州、厦门、泉州房屋抗震达标率明显高于其他地区。由于房屋建筑复杂多样和遥感技术自身局限性以及个人认知差异，不可避免地导致一定程度的误判，因此在宏观掌握整体房屋的抗震设防能力情况下，开展全面地震灾害风险普查是十分必要。

**关键词：**遥感影像；房屋建筑物；抗震设防
**中图分类号：**P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）08-0118-04

# Application of Remote Sensing Technology in Preliminary Evaluation of Earthquake Resistant Capability from Buildings

ZHANG Shujun[1], ZHU Gengqing[1], ZHENG Chao[1], ZHENG Yun[1], LIN Yanzhao[1], WANG Huishan[1]
(1. Fujian Earthquake Agency, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** By studying the preliminary evaluationofearthquake resistant capability frombuildings based on remote sensing images implemented in Fujian Province, we found out the risks and figured out the overall condition of earthquake resistant capability from buildings. The results show that earthquake resistant capabilityfrom buildings in Fujian is not enough and varies greatly fromdifferent spatial areas. Earthquake resistant capability is positively correlated with local economic development, thus earthquake resistant compliance rates from buildings in economically developed cities like Fuzhou, Xiamen, Quanzhouareobviously higher than other areas. Due to the complexity and diversity of buildings, the limitations of remote sensing technology and personal cognitive differences, it is inevitable to lead to a certain degree of misjudgment. Therefore, it is necessary to carry out a comprehensive earthquakerisk survey when understand the earthquake resistant capability in a general way.

**Key words:** remote sensing image, building, earthquake resistant capability

遥感特别是高分辨率遥感由于其时效性快、直观性强、空间分辨率高等特点在房屋抗震设防能力普查方面有着得天独厚的优势[1-2]。以往在遥感影像房屋建筑物提取方面，国内部分学者已经开展了大量研究应用。这些研究成果很大程度上提升了震后灾情信息的快速获取，人员伤亡和经济损失的准确评定。但在房屋抗震性能方面很少涉及，尤其是在大规模应用遥感技术开展区域房屋抗震设防能力判定方面存在缺失[3]。

本文通过研究在福建省范围内实施的基于遥感影像的区域房屋抗震能力初判工作，以求快速摸清风险底数，宏观掌握福建省房屋抗震设防情况。同时根据实际应用效果，分析全省各地区房屋抗震设防水平，探讨遥感影像在区域房屋抗震能力初判工作中利与弊。

## 1　研究区概况

福建地处中国东南沿海，地势西北高，东南低，呈“依山傍海”态势，素有“八山一水一分田”之称[4]。全省陆地面积12.4万 $km^2$，下辖9个地级市84个县区，常住人口4 154万人，受地形影响，居民多分布于沿海平原地区。

长乐—诏安、政和—海丰、邵武—河源三条北东向断裂带纵贯全闽，福建近海多次发生过7级以上历史地震，陆域有着发生中强地震（最大6.5 级）构造背景[5]。同时台湾地区强震频发，沿海城镇受台湾强震影响较大。目前福建全省房屋抗震设防还存在很多薄弱环节，许多城市还存在大量上世纪以前的旧房

收稿日期：2022-04-19；修回日期：2022-07-11。
项目来源：福建省地震局科技基金专项（SF202205）。
第一作者简介：张树君（1987—），硕士，工程师，主要从事地震应急与数据制图工作，E-mail：junwang3017@163.com。

屋，这种2000年以前的城市建筑抗震设防普遍不达标，抗震设防基础较弱；受经济条件和个人观念局限性影响，农村民居建设基本不设防，存有大量石结构、土坯房屋[6]。为此，摸清全省地震灾害风险底数，显得日益迫切。

## 2　基于遥感影像的区域房屋抗震设防能力初判

### 2.1　技术路线

技术路线包括4个部分：数据准备、影像判别及标绘、现场抽样核查、成果生成。

数据准备阶段主要是软件安装、数据表结构建立、行政区划数据添加、天地图影像加载。影像判别及标绘阶段包含房屋片区标绘、房屋抗震设防类型判定、划定片区内房屋数量、属性数据输入。现场抽样核查工作主要依据遥感影像初步判别结果，结合已有数据资料，根据福建省行政区划和房屋分布，分小组、分片区开展房屋抗震性能现场抽样核查，对初判数据进行修正。最后获取全省房屋抗震设防能力初判成果数据，制作不同市县（区）的房屋抗震能力初步评估图。

最终成果是以《基于遥感影像和经验估计的xx省xx市xx县房屋抗震能力初步评估图》形式生成。

### 2.2　作业平台和数据

选择地理信息领域领航者，拥有强大空间分析和数据制图功能的ArcGIS作为该项工作实施作业平台[7]。数据分两类：一类是福建省、市、县、乡行政区划。另一类是由福建省基础地理信息中心提供的天地图影像，影像金字塔级别主要为16~18级，其中城市是18级影像，空间分辨率为0.5 m；山区、农村多选用16级影像[8]，空间分辨率为2 m。数据采集时间均为2020年，空间参考统一采用CGS2000大地坐标系。

### 2.3　房屋影像标绘

目前，利用遥感影像提取房屋数据包括人工目视判读和计算机自动解译2种方式。其中，人工目视判读精度较高，但费时费力，效率较低[9]。计算机自动解译效率高，但易受周边背景环境影响，特别是高楼阴影、树木遮挡。结合二者优缺点，采用计算机自动解译与人工目视判读相结合的方法，即先通过监督分类方法对遥感影像中房屋建筑物图斑进行提取，剔除林地、水域、道路、田地等其他非建筑区域。进而通过人机交互方式对不同类型房屋分区，绘制相应多边形图斑，即完成房屋影像的矢量化。进行标绘时遵循二条原则。

1）标绘原则1：房屋建筑物分布区域和空地区域划分开来。沿着道路、河流、小区边界绘制多边形，图斑内部应当以房屋建筑为主，不允许有大面积非建筑区域。

2）标绘原则2：图斑内部影像特征有明显变化区域，需要区分开来。

图斑内部，如果有影像特征明显变化的，如图1所示，左侧部分区域为工棚房屋，与右侧大部分区域楼房明显不同，需要单独标绘。

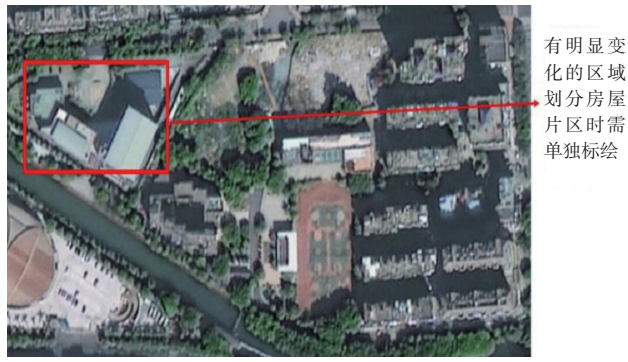



图1　福州市遥感影像图

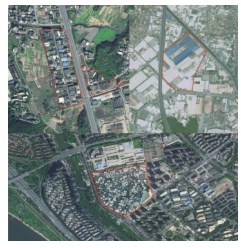
根据中国地震灾害防御中心相关技术规程要求，房屋抗震达标类型分三类：估计抗震能力达标、疑似抗震能力不足、疑似抗震能力严重不足。表1是上述3种类型房屋的判别标准要求。

估计抗震能力达标的房屋类型主要有大型公用建筑（体育馆、展览馆、火车站、汽车站、机场、码头等）、现代化新建住宅、大型工厂、学校、医院。①大型公用建筑一般单体面积大、有方形、椭圆形或其他多边形，颜色为灰色，色调均匀、纹理清晰、边缘整齐；②现代化新建住宅多以长方形为主，阴影较长，颜色为红褐色、深灰色或灰白色，色调均匀，呈规则整齐的小斑块分布。③大型工厂工棚房多以白色、蓝色为主，色调均匀、边界清晰，单体面积较大。④学校的一个显著特点就是有长方形或椭圆形的操场跑道。

疑似抗震能力不足的房屋类型主要有农村和城乡结合部的自建住宅和小型厂房。①自建房多以方形为主，单体面积小，无阴影，区域房屋图斑排列不规则，颜色多灰白色，从空间分布看，单体沿主干道路两侧分布。②小型厂房工棚房多以蓝色、白色为主，单体面积不大，分布不规则。

疑似抗震能力严重不足的房屋类型主要是城中村、城乡结合部单层房屋、农村地区低层自建房屋。这些房屋的特点就是在一定区域空间内内呈簇状分布或沿乡村道路零星分布，遥感影像上呈黑色或深灰色

表1 房屋抗震类型表

| 类型 | 房屋种类 | 具体特征细则 | 样本 |
|---|---|---|---|
| 估计抗震能力达标 | 特征明显，满足抗震设计规范要求的房屋。如城镇中心地区的房屋、城乡结合部4层以上房屋、农村地区6层以上的中高层房屋、农村地区的抗震安居房、大型公用建筑（体育馆、展览馆、火车站、汽车站、机场、码头等）、特种建筑（发电厂、核电站、供热厂、供水厂等）、大型厂房等。这类房屋建筑结构多为框架结构、钢结构，抗震性能良好。 | 大型公用建筑一般单体面积大、有方形、椭圆形或其他多边形，颜色为灰色，色调均匀、纹理清晰、边缘整齐。现代化新建住宅多以长方形为主，阴影较长，颜色为红褐色、深灰色或灰白色，色调均匀，呈规则整齐的小斑块分布。大型工厂工棚房多以白色、蓝色为主，色调均匀、边界清晰，单体面积较大。学校的一个显著特点就是有长方形或椭圆形的操场跑道。 |  |
| 疑似抗震能力不足 | 标准设防设计的特征不太明显，需要进一步的详细调查与鉴定。如城市、农村和城乡结合部的自建住宅、小型厂房等。这类房屋多为钢筋混凝土结构、和少量木结构，具有一定的抗震能力。 | 自建房多以方形为主，单体面积小，无阴影，区域房屋图斑排列不规则，颜色多灰白色，从空间分布看，单体沿主干道路两侧分布。小型厂房工棚房多以蓝色、白色为主，单体面积不大，分布不规则。 |  |
| 疑似抗震能力严重不足 | 具备不达标房屋的一些影像特征，需要进一步的详细调查与鉴定。城镇城中村、城乡结合部单层房屋、农村地区低层自建房屋。这类房屋建筑结构多为土木结构、石结构、砖混结构。整体抗震性能很差。 | 这类房屋一定区域空间内内呈簇状分布或沿乡村道路零星分布，遥感影像上呈黑色或深灰色图斑，无阴影，房屋空间分布比较紊乱。 |  |

图斑，无阴影，房屋空间分布比较紊乱。

### 2.4 现场抽样核查

遥感影像是空间地物表层光谱特征的客观映射，它仅能体现房屋建筑物外部特征[10]。同时个人主观判断失误也有可能导致房屋抗震设防类型判断与实际不符，因此安排专业人员进行现场抽样核查十分必要（表2）。

表2 外业核查情况表

| 地市 | 抽检正确率/% | 抽查点个数 | 抽查房屋总栋数 | 误判房屋栋数 |
|---|---|---|---|---|
| 福州市 | 70.22 | 150 | 6 339 | 1 888 |
| 厦门市 | 77.71 | 48 | 3 657 | 815 |
| 莆田市 | 94.05 | 41 | 2 066 | 123 |
| 三明市 | 86.21 | 92 | 3 801 | 524 |
| 泉州市 | 91.51 | 168 | 12 180 | 1 034 |
| 漳州市 | 81.33 | 117 | 7 374 | 1 377 |
| 南平市 | 89.41 | 50 | 2 049 | 217 |
| 龙岩市 | 83.04 | 81 | 5 112 | 867 |
| 宁德市 | 75.68 | 47 | 1 879 | 457 |
| 福建省 | 83.58 | 794 | 44 457 | 7 302 |

根据城镇和农村的房屋结构分布特征，分小组分片区对每个县市开展房屋抗震设防能力现场抽样调查。抽样调查数量达到全省遥感影像初步判别结果房屋栋数8‰。其中位于八度设防区的石狮市、晋江市、漳浦县、龙海市抽样比达5%。如图2所示整个现场抽样核查实施步骤包含以下3个方面：

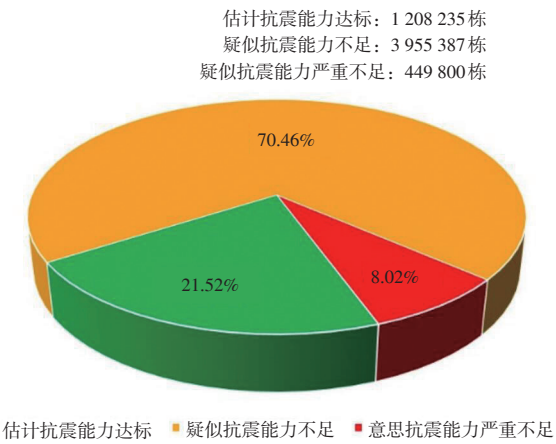



图2 福建省房屋抗震能力情况图

1）内业制作调查表格、绘制遥感专题图件：根据外业抽样调查实际需要，制作外业核实调查表、遥感专题图件。表中的图符号、ID编码与图中一一对应，便于外业人员使用。

2）外业调查核实：外业调查人员根据内业制作表格和图纸前往各个调查点进行现场确认。对于内业判别与实地不符的，进行备注说明。

3）内业成果修正：内业标绘人员根据外业调查核实结果，对与实际情况不符的成果进行修改。

按照相关技术规程，在各个县区城区、城乡结合部、农村等具有代表意义地点布置核查点，各县区房屋抽检率均超过1‰，个别八度设防区的县市抽检率

达5%。共设置抽样核查调查点794个，调查核实房屋44 457栋，通过调查核实，全省遥感影像内业判别准确率达83.58%。

## 3 成 果

福建全省9地市84县区基于遥感影像的房屋抗震能力初步评估工作，共处理遥感影像总面积123 276 $km^2$，绘制图斑325 366个，判别房屋5 613 422栋（图2）。

其中，估计抗震能力达标的1 208 235栋，占21.52%；疑似抗震能力不足的3 955 387栋，占70.46%；疑似抗震能力严重不足的449 800栋，占8.02%。

工作成果方面：标绘shp格式的面域图斑325 366个，制作各县（区）专题图件84幅。

## 4 结 论

通过全省基于遥感影像的区域房屋抗震设防初判结果分析可知：福建全省大部分房屋属于疑似抗震能力不足，占70.46%，疑似抗震能力严重不占8.02%，估计抗震能力达标房屋仅占21.52%。福建省整体房屋抗震设防能力存在很大空间差异性，沿海与内地在房屋抗震能力达标方面呈现两极分化，全省整体抗震能力水平并不高。

通过遥感影像对房屋抗震设防类别进行判定也存在一些弊端：①遥感影像展现的是房屋建筑物表层光谱特征，仅从颜色和形态来判定房屋抗震类型，容易导致误判。②从个人认知上讲，由于存在主观认知差异，即使是统一标准尺度，每个人理解不同，而全省各地房屋又千差万别，如果仅从遥感影像上进行判读，很容易出现判别误差。③相比较而言，基于房屋建筑面积的统计比基于房屋栋数的统计更能科学的评估一个区域的抗震设防水平，受先期条件限制，本文所有成果都是基于房屋栋数开展的，这也是此项工作一大弊端。

针对上述弊端，现阶段已有相应技术手段解决问题。①虽然从遥感图像上仅能观察房屋建筑的表面特征，但在当今大数据时代，各种网络在线地图提供了街景照片（例如百度街景、360°街景），这对我们全面、真实可靠了解区域房屋的抗震能力提供了更加直观的途径。当然，工作量也相应大大增加。②个人认知确实存在差异，如果仅仅通过人工判别无论如何都无法达到标准统一，近些年人工智能技术飞速发展，特别是深度学习领域更是日趋成熟，通过建立房屋建筑物模型库，运用深度学习框架，进行模拟训练，可以有效避免判别标准不统一的问题。③在遥感测绘领域，倾斜摄影技术已经普及，房屋面积的统计也已不是难题，在今后的工作中使用建筑面积指标代替栋数指标完全可以实现，但大区域范围内的倾斜摄影成本也会相应的增加。

在未取得详细地震风险调查数据的过渡时期，遥感技术是一种快捷、经济的手段，可迅速掌握房屋整体分布与数量，从宏观上把握房屋抗震设防情况，能为以后全省防灾减灾工作开展提供重要数据参考依据。

## 参考文献

[1] 郑树平,程紫燕,赵杰,等. 遥感技术在山西房屋抗震普查中的应用[J]. 江西科学,2021,39(1):89-93

[2] 郭建兴,张宇翔,姬建中,等. 利用居民地建筑物数据和高分遥感影像评估地震烈度的方法初探[J]. 地震地质,2020,42(4):968-980

[3] 刘耀辉. 面向地震风险评估的高分辨率遥感影像建筑物信息提取与研究[D]. 北京:中国地震局地质研究所,2020

[4] 张树君. 基于GIS的福建省区域经济时空格局研究[D]. 福州:福州大学,2014

[5] 李细兵,熊振,范小平,等. 福建地区地壳上地幔顶部三维速度结构及构造意义[J]. 地震地质,2019,41(5):1 206-1 217

[6] 郑国琛,祁皑,张颖,等. 福建省农村民居抗震能力现状调查与分析[J]. 地震工程与工程振动,2014,34(3):255-263

[7] 廖微,姚琪,廖林,等. 基于地理信息系统的空间统计学方法在地震统计中的应用[J]. 中国地震,2021,37(3):695-703

[8] 朱达逊,王东明. 基于遥感影像的建筑物空间分布方法在地震灾害损失预评估中的应用[J]. 震灾防御技术,2021,16(3):510-518

[9] 李姜,张合,刘志辉,等. 基于遥感影像的建筑抗震能力分析:以张家口万全区为例[J]. 震灾防御技术,2021,16(2):371-379

[10] 段志强,张娜,王挺,等. 基于遥感影像的违章建筑监测实践[J]. 地理空间信息,2020,18(10):41-45