引文格式：庞若男,韩成成,谢石文,等. 基于ArcGIS的安徽省地震监测台站空间分布研究[J]. 地理空间信息, 2026, 24(4):37-40. doi:10. 3969/j. issn. 1672-4623.2026.04.008

基于ArcGIS的安徽省地震监测台站空间分布研究

庞若男，韩成成，谢石文，张　炳，杨　波，彭　超
（安徽省地震局，安徽 合肥 230021）

摘　要：通过分析安徽省地震监测台站分布、行政区划、活动断裂带、历史地震之间的空间关系，对安徽省现有地震监测台站的空间分布格局进行客观评估，利用ArcGIS中核密度分析、缓冲区分析、泰森多边形分析揭示了台站分布特征及覆盖均衡性。结果表明：安徽省地震监测台站分布具有不均匀性，存在监测薄弱区域。研究成果为优化地震监测网络布局提供了基础空间数据支撑。

关键词：ArcGIS；地震台站；空间分布；泰森多边形；核密度分析
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）04-0037-04

Research on Spatial Distribution of Seismic Monitoring Stations in Anhui Province Based on ArcGIS

PANG Ruonan, HAN Chengcheng, XIE Shiwen, ZHANG Bing, YANG Bo, PENG Chao
(Anhui Earthquake Administration, Hefei 230021, China)

Abstract: By analyzing the spatial relationships among the distribution of seismic monitoring stations, administrative divisions, active fault zones, and historical earthquakes in Anhui Province, we evaluated the spatial distribution pattern of existing seismic monitoring stations in Anhui Province, and used kernel density analysis, buffer zone analysis, and Thiessen polygon analysis in ArcGIS to reveal the characteristics of station distribution and coverage uniformity. The results indicate that the distribution of seismic monitoring stations in Anhui Province is uneven, with areas of weak monitoring. The research findings provide basic spatial data support for optimizing the layout of seismic monitoring network.

Key words: ArcGIS, seismic station, spatial distribution, Thiessen polygon, kernel density analysis

安徽省地处华北地块与扬子地块的交汇过渡带，地质构造复杂，发育有郯庐断裂带、六安断裂等多条活动断裂，科学合理的台站布局是提升地震监测精度、预警响应速度及震害评估可靠性的关键基础。地震监测台站的空间分布直接影响地震参数的测定精度和预警时效。然而，现有研究对安徽省地震台网的空间适配性缺乏系统性分析，尤其在断裂带敏感区的覆盖密度、台站分布均匀性等方面仍存在优化空间。近年来，地理信息系统（GIS）技术因其强大的空间建模与数据分析能力，为地震台站规划提供了新方法[1-2]。本研究以ArcGIS平台为核心，整合安徽省活动断裂分布、现有站点等多源数据，通过空间叠加、缓冲区分析和核密度估计等方法，定量解析台站空间分布与地质构造、历史地震之间的关系，揭示监测盲区与冗余区，研究成果可为优化安徽省地震监测网络、强化地震动态监测提供科学依据，探究安徽省地震监测台网的布设特征，同时为类似构造背景区域的台站规划提供参考，有助于推动地震监测从经验布设向模型驱动的转变，服务于防震减灾的精准化需求[3-4]。

1　研究方法

本研究基于ArcGIS平台，综合运用核密度分析、空间叠加分析和缓冲区分析等空间分析技术对安徽省台站分布现状进行分析，具体分为3个主要步骤：首先进行安徽省基础数据整合，收集安徽省的行政区划边界数据、活动断裂带分布数据、历史地震数据以及现有站点分布数据等多种空间数据集，通过格式统一化处理后构建完整的空间数据库。随后开展台站空间化处理，将各类地震监测台站的坐标信息转换为矢量点数据，并按照站点观测类型进行分类整理。最后进行空间关联分析，运用ArcGIS中空间统计方法，定量评估安徽省地震监测台站的空间分布数量与密度，地震台站与地震断裂带、历史地震之间的关系，通过分析现有站点的分布特征，为地震监测台网的布局优化和科学规划提供有效的决策支持依据。

第一作者简介：庞若男（1998—），硕士，助理工程师，研究方向为地震监测，E-mail：pangruonan0216@163.com。

2 安徽地震监测台站空间分布

2.1 安徽地震监测台站空间密度分析

根据ArcGIS中的统计分析可以计算得出每个行政区内站点的分布数量，统计结果显示，全省现有测震站点62个，预警站点136个，具体分布情况如表1所示。核密度分析是一种用于量化点要素空间分布密度的非参数统计方法，其核心原理是通过计算每个输出栅格像元周围点要素的密度贡献值，生成连续的平滑表面[5]。通过核密度分析方法生成的台站空间分布图（图1、2）直观揭示了以下特征：测震台站分布呈现显著区域差异，密度高值区集中在六安市，特别是霍山地区，这与该区域历史地震活动频繁的特点相符。滁州市、淮南市、宿州市等地区形成明显的低密度区。预警台站分布格局表现为：合肥市作为省会城市形成显著的高密度核心区；亳州市、阜阳市、池州市等地区密度值相对较低。这种分布格局反映了当前监测网络建设既考虑了地震危险性差异（如六安霍山地区），又兼顾了人口经济因素（如合肥市）。然而，部分低密度区域可能存在监测能力不足的问题，建议后续优化布局时予以重点关注。

表1 安徽省地震台站分布

城市	预警站点数量	测震站点数量	城市	预警站点数量	测震站点数量
合肥市	21	5	宿州市	7	3
滁州市	11	3	宣城市	8	6
芜湖市	6	2	铜陵市	6	2
阜阳市	5	5	淮南市	10	1
安庆市	12	5	六安市	19	8
蚌埠市	7	4	亳州市	3	4
池州市	4	4	淮北市	5	2
马鞍山市	6	3	黄山市	6	5

2.2 台站分布与活动断裂带的空间关系

地震与活动断裂之间的关系极为密切，绝大多数强震的震中都位于活动断裂带内部[6]。当地震发生时，能量通常沿活动断裂带释放，因此地震监测台站的布设需重点关注断裂带及其周边区域。根据地震台站布设原则，监测站点应优先部署在活动断裂带上或其两侧，特别是断裂带的端点、拐点等构造关键部位。这些区域不仅是未来地震潜在发生的部位，也是观测地震前兆信息和破裂过程的敏感区域[7-11]。郯庐断裂带作为中国东部最重要的深大断裂带之一，在安徽省境内延伸约450 km，具有较高的地震活动潜力。缓冲区主要是对点、线、面地理实体或主体自动建立它们周围一定距离的带状区，用以确定这些实体或主体对邻近对象的辐射范围或影响度[12]。为评估该断裂带的地震监测能力，本次研究设置3、5、10 km的三级

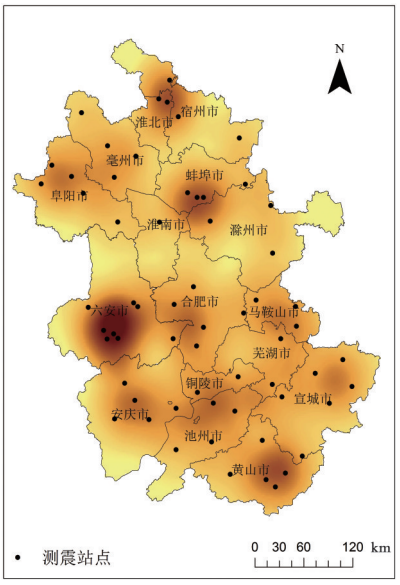


图1 测震站点核密度

审图号：GS(2024)0650

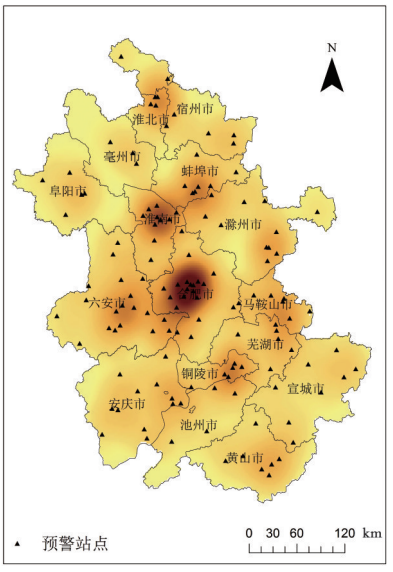


图2 预警站点核密度

审图号：GS(2024)0650

缓冲区，主要基于地震波传播特性、断裂带影响范围及台站监测效能的综合考量，并结合了研究区域内断裂带与台站分布的实际特征：从地震波传播规律来看，3 km缓冲区对应近场地震监测范围。地震发生后，此范围能有效捕捉断裂带活动直接引发的微震信号，与台站需近距离监测断裂带精细活动的需求相匹配。5 km缓冲区参考了测震台站与断裂带的安全距离规范及中等影响范围，同时该距离既能避免台站因过近受断裂带地质活动干扰，又能保证对断裂带周边中等强度地震的有效监测，10 km缓冲区则覆盖了断裂带影响的外围区域。此范围能反映断裂带活动引发的区域地震活动趋势，可用于评估台站对断裂带外围地震的监测覆盖能力。通过空间连接统计断裂带不同距

离范围内的测震站点和预警站点数量。得到缓冲区内站点数量统计，如表2和图3所示。

表2　断裂带和地震站点的分布关系

地震带缓冲区/km	测震站点落入地震带的个数与分布频率	预警站点落入地震带的个数与分布频率
0~3	25（40.3%）	29（21.3%）
3~5	12（19.4%）	26（19.1%）
5~10	10（16.1%）	28（20.6%）
>10	15（24.2%）	53（39.0%）

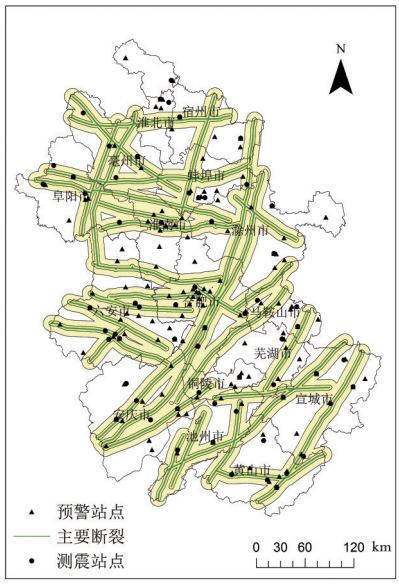


图3　活动断裂带与地震站点叠加分析

审图号：GS(2024)0650

2.3　台站分布与历史地震的空间关系

收集2014—2024年安徽省M1.0级以上地震信息，生成近十年安徽省地震热力图，如图4所示。通过核密度分析工具，将地震点数据转换为连续的热力图栅格数据集，反映地震活动的空间分布特征。核密度分析能够有效反映地震活动在空间上的聚集程度和分布特征，不同颜色的热力图区域直观地展示出地震活动频繁区域和相对较少区域。例如，通过分析可以发现，安徽省肥东县、六安市所在区域由于地震发生频次较高，在热力图上呈现出明显的高值区域，表明该区域地震活动较为活跃。本研究将地震热力栅格数据集与安徽省现有地震预警站点、测震站点的空间分布数据进行联合叠加分析。结果显示：六安市及合肥市内的预警与测震站点分布密度较高，站点空间覆盖度与当地地震活动强度呈现较好的匹配性；而宿州市、亳州市、阜阳市、淮北市等皖北地区的站点分布则相对稀疏，站点数量及空间覆盖密度与该区域的地震监测需求存在一定差距。基于此分析结果，建议在宿州市、亳州市、淮北市等地震发生次数较多且站点稀疏区域适度加强站点布设，以提升上述区域地震监测能力，进一步优化全省地震监测网络的整体效能。

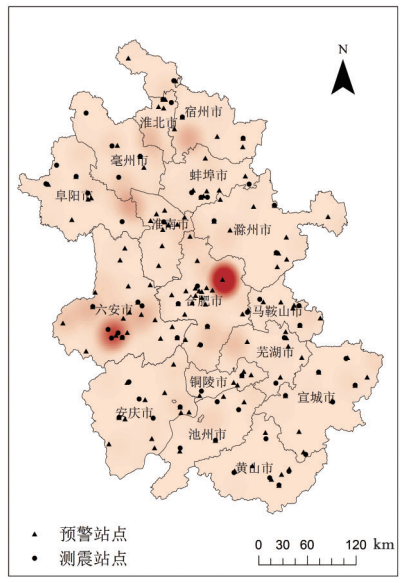


图4　历史地震与地震站点叠加分析

审图号：GS(2024)0650

2.4　覆盖均衡性

泰森多边形（thiessen polygon）是由荷兰气候学家AThiessen提出的一种空间分割方法。该方法通过对平面空间进行划分，使得每个多边形区域内的任意一点到该区域内的控制点的距离都小于到其他控制点的距离，且每个多边形只包含一个控制点。泰森多边形因其空间划分的均衡性，常被用于解决最近邻点、最小覆盖圆等问题，以及在空间分析中的邻域关系、可达性评估等方面。其应用领域广泛，包括城乡规划中的公共服务设施布局、森林防火监测点选址、大气污染物时空分布研究等各种空间分析与优化问题[13-16]。这种方法的优势在于能够客观反映空间要素的影响范围，为各类空间决策提供科学依据。本研究利用泰森多边形划分安徽省地震站点空间区域，使每个多边形内的任意位置到其对应台站的距离最近。通过该分析可以评估台站空间分布的均匀性，识别监测盲区，即多边形面积过大区域。通过ArcGIS对安徽省测震站点、预警站点进行泰森多边形分析，利用安徽省边界数据裁剪泰森多边形，去除省外冗余区域，通过几何计算工具计算每个多边形的面积。得到测震与预警站点泰森多边形面积图如图5、6所示，通过分析测震站点Voronoi图得到：最小服务面积为豹子崖台（仅413 km^2），最大服务面积为颍上台（达4 393 km^2），测震站点皖北地区的泰森多边形面积普遍超过3 000 km^2，而皖南山区多边形面积较小，普遍小于3 000 km^2，反映北部台站稀疏；郯庐断裂带西侧部分段落无台站覆盖，应在泰森多边形面积>3 000 km^2的台站稀疏处加密固定台站部署。通过预警站点布局

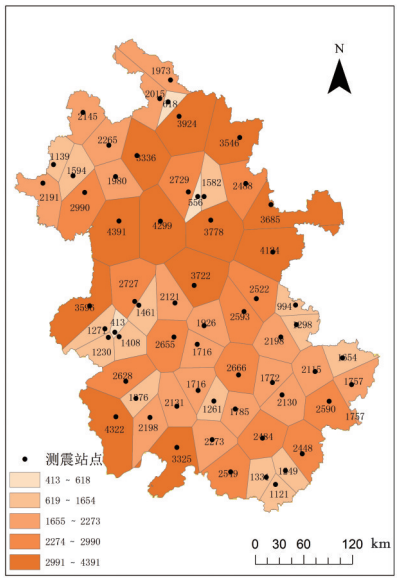


图5　测震站点泰森多边形

审图号：GS(2024)0650

注：本论文中所使用自然断点法对测震站点和预警站点泰森多边形数据进行划分，可以直观表现出每个服务面积的最小区域，对安徽省内测震和预警站点的最小服务面积和最大服务面积进行对比。因此没有使用国际通用规律进行数字分段。下同。

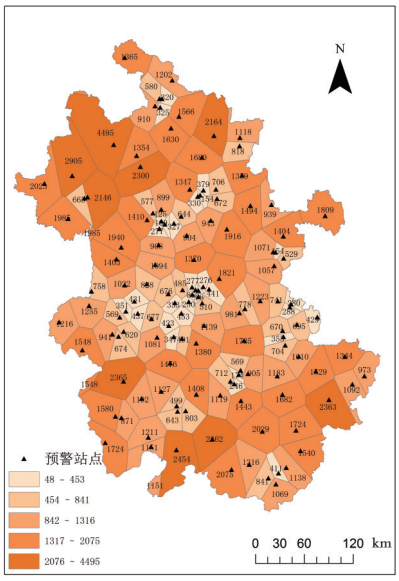


图6　预警站点泰森多边形

审图号：GS(2024)0650

可知：最小服务面积为合肥庐阳三孝口基本站（仅48 km^2），最大服务面积为亳州涡阳城西基本站（达4 495 km^2），在皖北和皖南地区泰森多边形服务面积较大，皖中地区较小，如在合肥区域较小，站点服务面积大部分在700 km^{2}以下。在亳州、阜阳、安庆、宿州地区，站点服务面积较大，大部分在1 500 km^{2}以上。

3　结　语

安徽省地震监测台站分布存在区域差异。测震台站六安市密度最高，滁州、淮南、宿州等地稀疏；预警台站合肥布设密度最大，亳州、阜阳、池州等区域较少。部分地区监测能力弱，存在空白或覆盖不足。断裂带附近，3 km缓冲区内测震和预警站点密集，5 km和10 km缓冲区内测震站点减少，预警站点分布较均匀。皖北地区测震台站服务面积大，皖南山区小；皖中预警台站服务面积小，皖北、皖南大。建议在台站密度低、服务面积大的区域增设站点，优化布局，提升监测预警能力。

参考文献

[1] 恩国,连凯旋,陈其锋,等. 基于ArcGIS的山东地震台站空间分布特征研究[J]. 中国地震,2015,31(3):595-601

[2] 梁子晗,徐久晟,彭籽壹,等. 基于ArcGIS的湖北地震监测台站空间分布特征研究[J].地震地磁观测与研究,2024,45(1):145-152

[3] 张有林,张嘉宜,凌学书,等. 安徽地震监测发展回顾与思考[J]. 防灾科技学院学报,2006,8(1):53-55

[4] 叶伸,吴灿灿,王欣. 基于GIS的安徽省地震潜在危险度评价[J].河北北方学院学报(自然科学版),2018,34(3):5-7

[5] 吴文斌. 基于GIS的核密度分析法在船舶航路优化中的应用研究[J]. 珠江水运,2024,31(21):104-106

[6] 李树德. 试析地震与断裂的关系[J]. 北京大学学报(自然科学版),2001,37(3):6-8

[7] 崔瑾. GIS支持下银川盆地地震与活动断裂关系研究[J].地震研究,2014,37(3):5-7

[8] 秦润君,吴虹,许浩,等. 基于ETM+遥感数据的闽南地区断裂活动性评价探讨[J]. 山东国土资源,2012,28(5):17-20

[9] 邬宁芬,周祖翼,劳秋元,等. GIS支持下地震与活动断裂关系研究:以上海及邻近海域为例[J]. 大地构造与成矿学,2004,28(3):6-8

[10] 刘峰,张家声,黄雄南,等. 利用GIS方法研究南北地震带和中央造山带交汇区活动断裂与地震的关系[J].中国地震,2009,25(4):11-13

[11] 孙强,陈时军,张正帅. 基于GIS等方法的淄博市地震灾害风险区划研究[J]. 地理空间信息,2022,20(11):57-63

[12] 黄杏元. 地理信息系统概论(修订版)[M]. 北京:高等教育出版社,2001

[13] 孙忠秋,高金萍,吴发云,等. 基于机载激光雷达点云和随机森林算法的森林蓄积量估测[J]. 林业科学,2021,57(8):68-81

[14] 张睿,左盛楠,姚能昌,等. 基于泰森多边形法的森林管护站点布局优化研究:以云南省罗平县为例[J]. 绿色科技,2023,25(23):179-186

[15] 黄涛. 基于GIS的快递末端自提网点布局研究[D]. 西安:长安大学,2017

[16] 王玉德. 基于ArcGIS的泰森多边形法计算区域平均雨量[J]. 吉林水利,2014,33(6):4-6