

冯恩国、连凯旋、陈其锋等,2015,基于 ArcGIS 的山东地震台站空间分布特征研究,中国地震,31(3),595~601。

# 基于 ArcGIS 的山东地震台站 空间分布特征研究

冯恩国 连凯旋 陈其锋 王伟  
孙丕锋 李月强 温丽媛 刘保华

山东省聊城地震水化试验站,山东聊城高新区中华南路 24 号 252000

**摘要** 本文以 ArcGIS 为平台,通过对山东省地震台站与行政区划图、活动断裂带图、地震峰值加速度区划图等进行叠加分析及缓冲区分析来研究山东省地震台站的空间分布特点。得出山东省地震台站在空间上分布具有不均匀性,近半数位于活动断裂旁 6km 范围内,绝大部分位于 25km 范围内,位于地震烈度Ⅶ度区划内的数量超过了 60%。

**关键词:** 地震台站 空间分布 地理信息系统

[文章编号] 1001-4683(2015)03-0595-07 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

地震大部分发生在地壳的中上部,且震中易密集成带,并常与一定断裂带相吻合(中国地震局监测预报司,2007),这也是中国地震活动的一个特征,因此地震活动与活动断裂的关系一直备受关注。活动断裂又称活断层,是距今 10 万年以来有充分位移证据证明曾活动过或现今仍在活动,并在未来一定时期内仍有可能活动的断层,其与地震活动及其它的地质灾害密切相关。

地震台站的主要工作目标是保证观测仪器正常工作,并及时准确地提供可靠、连续、完整的观测资料。地震台站位置的选择是产出高质量资料的一个重要前提。

地理信息系统是近些年来引入地震研究领域的新技术之一,该系统是在计算机软硬件支持下,把各种地理信息按照空间分布及属性,以一定的格式输入、存储、检索、更新、显示、制图、综合分析和应用的技术系统(邓炯等,2004)。它是为地理研究和地理决策服务而建立起来的计算机技术系统,其强大的空间分析功能正逐渐应用于地震各学科的研究中。

本文以 ArcGIS Desktop 为主要技术平台,通过对山东省地震台站和行政区图、活动断裂带图层、地震峰值加速度区划等图层进行叠加分析及缓冲区分析来研究山东省地震台站的分布特点。

[收稿日期] 2014-01-16; [修定日期] 2015-08-26

[项目类别] 山东省地震局合同制项目(项目编号: 12Q21)资助

[作者简介] 冯恩国,男,1980 年出生,工程师,主要从事地震地下流体观测及 GIS 在地震研究中的应用研究。

E-mail: sdllcfeg@qq.com

## 1 研究区概述

山东内陆及其附近沿海分布有3条大型活动断裂带,即NNE向的郯庐断裂带、NE向聊考断裂带和NW向的渤海至威海断裂带。此外,还有NW向、NE向、近NS向等多组中小型活动断裂构造。它们共同构成了山东内陆及附近沿海断裂构造的主要格局。有历史地震记载以来,山东及近海共发生5级以上地震70余次,其中20世纪发生了10次。公元1668年郯城8.5级地震是中国东部强度最大的地震,据记载死5万余人。

作为本文研究样本的山东省地震台网由省级地震监测台站与国家级地震监测台站共同构建而成,是山东省地震监测的骨干资源,涵括测震台网、前兆台网等。截止到2012年止,据山东地震台网中心相关资料显示(季爱东等,2011),测震台网有63个台站;前兆台网由流体、形变、电磁等不同学科测项共39个台站构成。

## 2 研究思路与数据选择

首先通过ArcGIS建立空间数据库,统一坐标系,通过外部数据格式转换以及纸介质图件扫描数字化进行数据采集入库。本研究需要的资料包括:山东省行政区划图,采用Mopsis里的中国县界Tab文件,通过通用转换器工具转存为shp格式文件,并将这个县级的行政区划图,通过Dissolve命令合并成山东省地级市要素图层;Dissolve命令可以把多个要素,通过相同的字段建立连接,溶解成一个要素。山东省活动断裂分布图,主要是依据《中国岩石圈动力学地图集》(马杏垣,1989)中的山东地震构造图及其相关资料,通过扫描数字化进行入库。山东省地震动峰值加速度区划图,是通过Mopsis中的中国地震动峰值加速度区划图进行格式转换,并进行裁剪获得的。同样方法可获得山东省地震烈度区划图。山东省前兆台网以及测震台网分布图,则通过台站经纬度直接导入到ArcGIS并入库。之后对断裂带图层做缓冲区,再对点图层与行政区划图、断裂缓冲区、地震峰值加速度图等进行叠置分析,统计上述各个图层中不同区间的台站个数,定量研究山东省地震台站空间分布特征。

## 3 空间分布特征研究

### 3.1 台站空间分布密度

通过对山东省地震台站站点图层与山东省地级市行政区划进行叠加分析,统计落入山东省不同地级行政区内地震站点的个数(图1、表1),依此研究山东省地震台站空间分布密度。

由图1和表1可知,山东省地震台站分布是不均匀的,前兆台站最多的地市是临沂,有9个,其次为菏泽和潍坊(各4个),而淄博没有前兆台站;统计每万平方千米面积上的前兆台站数,全省平均值为2.55个,其中密度最高的是威海市(5.52个),其次为临沂和莱芜,均多于4个,每万平方千米平均前兆台站个数超过3个的有日照、菏泽、济南,不足1个的地市有淄博、济宁和青岛。测震台站数最多的依然为临沂市(9个),其次为烟台和济宁(各8个),莱芜市没有测震台站;全省的测震台站(补同前的统计范围)平均值为4.01个,其中密度最高的为日照(7.53个),密度超过5的还有威海、济宁、烟台、青岛和临沂,不足1个的为莱芜市。从总数上来说,全省17地市中地震台站最多的为临沂市(18个),其次为烟台和潍坊,

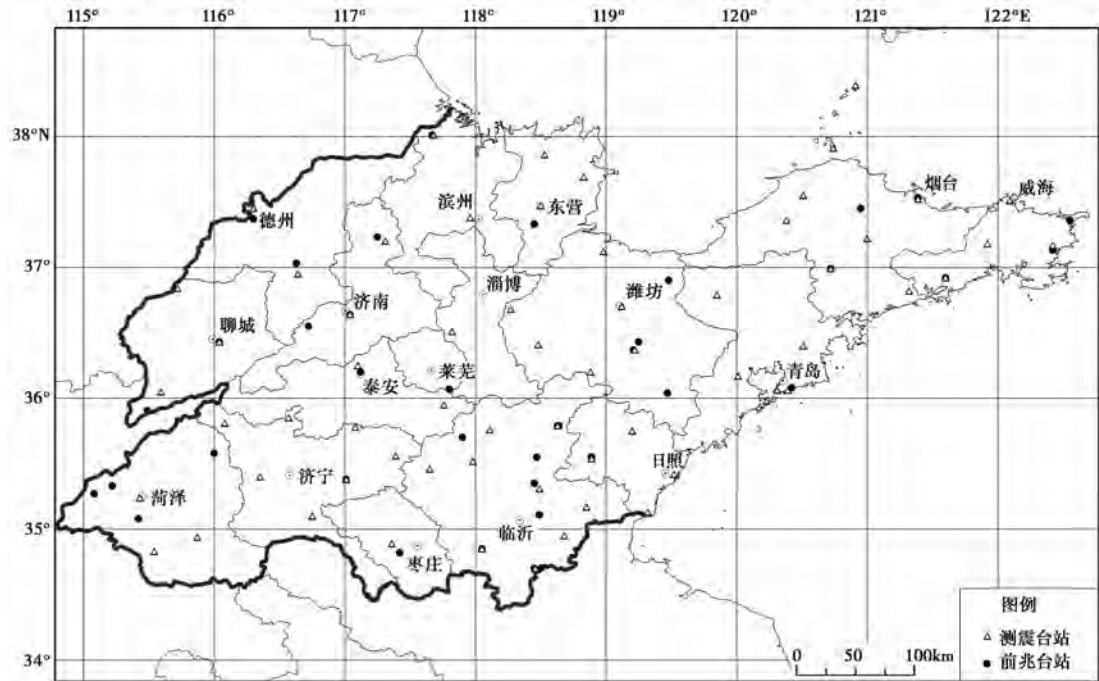


图 1 山东省各地市行政区划与地震台站分布图

表 1 各地市台站分布数统计

城市	前兆台站/个	测震台站/个	城市	前兆台站/个	测震台站/个
济南	3	2	日照	2	4
德州	2	2	青岛	1	6
聊城	1	3	烟台	3	8
泰安	1	2	威海	3	4
莱芜	1	0	潍坊	4	6
菏泽	4	3	淄博	0	1
枣庄	1	1	滨州	2	2
济宁	1	7	东营	1	3
临沂	9	9	小计	39	63

均有 10 个或 10 以上地震台站,除淄博和莱芜仅有 1 个外,其他地市均有 2 个以上的地震台站。从全省地震台站分布密度来看,最高的为威海市(12.88 个),其次为日照和临沂,均超过 10 个,其余地市除烟台和济宁超过全省平均值(6.56 个)外,均低于全省平均水平。

### 3.2 台站分布与活动断裂的空间关系

世界上 90% 以上的地震以及几乎所有的破坏性地震均为构造地震。构造地震由地壳断裂发生突然错动而引起。山东省范围内分布着郯庐活动断裂带、渤海-威海活动断裂带、聊考活动断裂带等 3 大断裂带,共计 80 多条活动断裂(晁洪太等,1997)。

地震台站布设原则之一是要在活动断裂带上或其两侧,最好是布在活动断裂带的端点、拐点处,这些点位是未来地震可能发生的部位,也可能是观测地震信息敏感的部位(汪成民

等,1990)。因此,可以通过研究地震台站分布和断裂带的空间关系来检验地震台站的空间布设质量。

通过对山东省活动断裂带图层进行宽度分别为 3km、6km 的缓冲区分析,统计落入山东省活动断裂带图层缓冲区内地震站点的个数(图 2、表 2), 依此研究台站与活动断裂的关系。断裂的缓冲区半径是重要参数,对于以后的叠加分析至关重要。台站布设距断裂原则是  $\leq 3\text{km}$ , 但考虑到一定的误差范围,我们认定 6km 也是合理的。依此,分别做半径为 3km、6km 的断层缓冲区(图 2)。通过对图 2 的统计分析发现,前兆台站距断裂  $< 3\text{km}$  的有 18 个,占 46.2%; 测震台站距断裂  $< 3\text{km}$  的有 22 个,占 34.9%。前兆台站距断裂  $< 6\text{km}$  的有 24 个,占 61.5%; 测震台站距断裂  $< 6\text{km}$  的有 36 个,占 57.1%。前兆、测震台站距断裂  $< 6\text{km}$  的台站比例均超过了半数。刘峰等(2009)通过研究活动断裂与地震的关系后发现,80% 的破坏性地震都落入到距活动断裂 25km 缓冲区内。由表 3 可知,山东省的全部前兆台站和绝大部分测震台站都落入到距活动断裂 25km 缓冲区内。

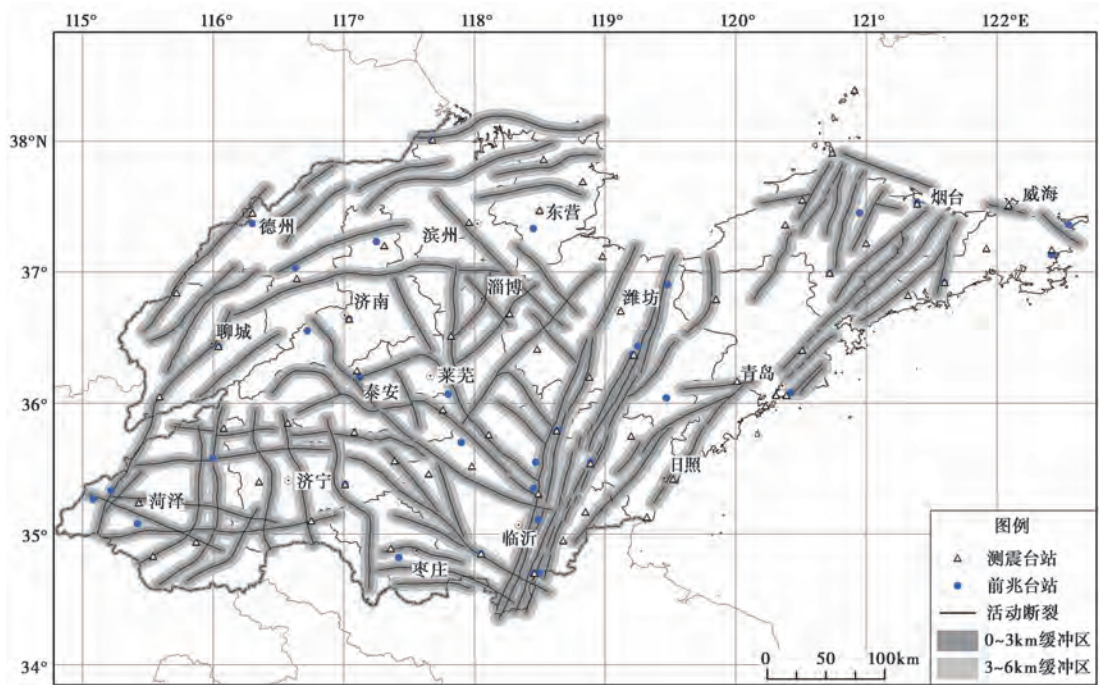


图 2 活动断裂缓冲区与台站叠加结果

表 2 活动断裂不同缓冲区台站分布

缓冲区半径 /km	前兆台站 个数及占比	测震台站 个数及占比
0~3	18(46.15)	22(34.92)
3~6	6(15.38)	14(22.22)
>6	15(38.46)	27(42.86)

表 3 活动断裂不同缓冲区台站分布

缓冲区半径 /km	前兆台站 个数及占比	测震台站 个数及占比
0~10	35(89.74)	51(80.95)
0~15	36(92.31)	57(90.48)
0~20	38(97.44)	58(92.06)
0~25	39(100.00)	61(96.83)

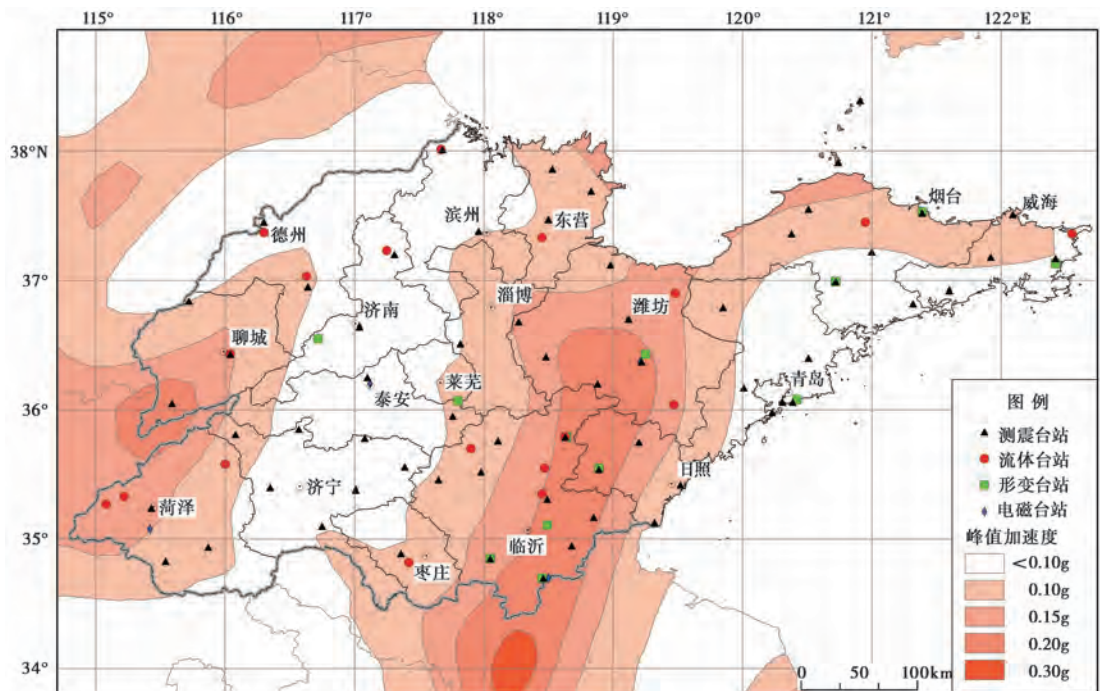


图3 地震峰值加速度区划图与台站叠加结果

表4 各地震峰值加速度区内的台站分布

地震动加速度 /g	前兆台站 个数及占比	测震台站 个数及占比
<0.10	12(30.77)	24(38.10)
0.10	9(23.08)	22(34.92)
0.15	9(23.08)	8(12.70)
0.20	9(23.08)	9(14.29)

表5 地震峰值加速度与烈度对照

地震动峰值 加速度分区/g	0~0.05	0.05~0.1	0.10~0.15	0.15~0.20
地震基本 烈度值	VI	VII	VII	VIII

### 3.3 台站分布与峰值加速度区划的关系

以《中国地震动参数区划图》(中国地震局,2001)为背景,统计区划图上在一定程度上代表未来地震危险性的地震动峰值加速度值达到 0.1g 以上的区域中地震台站的分布,依此研究台站与地震峰值加速度区的关系。

山东省内地震动峰值加速度值均在 0.2g 以下(图 3、表 4),即山东省最大基本烈度为 VIII 度(表 5)。山东省地震台站分布在地震动峰值加速度值达到 0.1g 以上区域(即烈度区大于 VII 度)的个数,前兆台站为 27 个,占 69.2%;测震台站为 39 个,占 61.9%。山东省地震台站位于地震动峰值加速度值达到 0.1g 及以上(即地震烈度 VII 度区及以上)的区域超过了 60%。

## 4 结语

基于以上分析,可对山东省地震台站空间分布得出以下结论:

(1)山东省地震台网在空间分布上是不均匀的,台站总数临沂最多,为18个,其次为烟台和潍坊;全省每万平方千米面积上的地震台站分布值最高的为威海市(12.88个),其次为日照和临沂,均超过10个。

(2)前兆、测震台站距离断裂 $<6\text{km}$ 的台站比例均超过了半数,全部前兆台站和绝大部分测震台站都落入到距活动断裂 $25\text{km}$ 缓冲区内。前兆台站距活动断裂越近其映震能力越强,从这一点来讲,山东地震台网的布局尚有一定的提升空间,新布设的台站应尽可能靠近活动断裂。

(3)山东省地震台站位于地震动峰值加速度值达到 $0.1g$ 以上(或地震烈度Ⅶ度区及以上的)数量超过了60%。根据测震台站的性质,应布设在未来地震活动危险性较大的区域。

**致谢:**在本文的修改过程中,匿名审稿专家提出了详尽而中肯的修改意见和建议,谨此表示诚挚的感谢。

### 参考文献

- 晁洪太、王琦、李家灵等,1997,山东省地震构造图,济南:山东省地图出版社。
- 邓炯、路晓明、马惠,2004,运用“3S”技术推进土地管理工作现代化,河南国土资源,(6),40~41。
- 马杏垣,1989,中国岩石圈动力学图集,北京:中国地图出版社。
- 刘峰、张家声、黄雄南等,2009,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,中国地震,25(4),394~404。
- 汪成民、李宣瑚、王铁成等,1990,中国地震地下水动态观测网,北京:地震出版社。
- 中国地震局,2001,中国地震动参数区划图(GB18306-2001),北京:中国标准出版社。
- 季爱东、钟普浴、于澄等,2011,山东数字地震台网定位子台网选取对定位结果的影响,地震地磁观测与研究,32(4),62~66。
- 中国地震局监测预报司,2007,地球物理学概论,北京:地震出版社。

## Study on spatial distribution characteristics of seismic stations in Shandong Province

*Feng Enguo Lian Kaixuan Chen Qifeng Wang Wei Sun Pifeng*

*Li Yueqiang Wen Liyuan Liu Baohua*

Liaocheng Seismic Hydrochemistry Station, Liaocheng 252000, Shandong, China

**Abstract** On the platform of ArcGIS, this paper researches on the spatial distribution of seismic stations in Shandong Province based on overlay and buffer analysis of seismic stations, administrative zoning map, active fault zone and seismic acceleration zoning map. The conclusion shows the nonuniform distribution of seismic stations in Shandong Province; nearly half the seismic stations are within 6km of the active faults, most of them are within 25km, and more than 60% of the seismic stations are within the area of seismic intensity VII on the seismic zoning map.

**Key words:** Seismic stations Spatial distribution GIS