

基于 GIS 研究南黄海活动断层与地震的关系

王金艳¹, 马保起¹, 秦志亮²

(1. 中国地震局地壳应力研究所, 北京 100085; 2. 中国地质大学, 北京 100083)

摘要:基于 GIS 缓冲区分析和叠加分析的空间分析方法, 定量研究南黄海活动断层与地震的关系。通过对震中与 10 km 和 20 km 断层缓冲区的叠加分析得出断层缓冲区内地震的数量, 从中看出: 走向 NE~NEE 向断裂是控制地震发生的主要活动断裂; 通过对断层和震中缓冲区的叠加分析得出对地震发生有影响的断层的数量。

关键词:地震; GIS; 叠加分析; 缓冲区分析; 南黄海; 活动断层

中图分类号: P315.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-0844(2008)04-0400-05

GIS-Based study on the Relationship between Earthquakes and Active Faults in the Southern Yellow Sea

WANG Jin-yan¹, MA Bao-qi¹, QIN Zhi-liang²

(1. The Institute of Crustal Dynamics, CEA, Beijing 100085, China; 2. Geoscience University of China (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the buffer and overlay methods of GIS spatial analysis, the relationship between earthquakes and active faults in the Southern Yellow Sea is quantitatively studied. Statistics on the overlay analysis between earthquake epicenters and 10 km, 20 km fault buffers gives the number of earthquakes for each buffer region, and shows that NW~NEE strike faults are the major earthquake-related active faults. Analysis on the overlay analysis between earthquake buffers and active faults gives the number of active faults that influences the occurrence of earthquake.

Key words: Earthquake; GIS; Overlay analysis; Buffer analysis; The Southern Yellow Sea; Active fault

0 引言

南黄海位于中国近海海域, 它北起山东半岛东端的成山角至朝鲜半岛西部的白翎岛一线, 南至长江口的启东角, 东邻朝鲜半岛, 西接鲁、苏陆地^[1]。黄南海海域称为南黄海盆地, 由北向南可以划分为 5 个次一级构造单元: 千里岩隆起、北部拗陷(又称北部盆地)、中部隆起、南部拗陷(又称南部盆地)和勿南沙隆起。历史上南黄海地震发生的频率比较高。

地震活动性主要受到活动断层的影响。由于空间数据的复杂性, 加上缺乏有效的定量分析工具, 以前大多数活动断层与地震关系研究都是定性的。然而地理信息系统(GIS)强大的空间分析功能提供了

一种有效的方法来定量研究活动断层与地震的关系^[2]。本文基本 GIS 缓冲区分析和叠加分析的空间分析方法, 定量研究南黄海活动断层与地震的关系, 研究中用的数据库和空间分析都是基于 Mapinfo 软件平台。

1 数据来源

原数据主要采用各种来源和不同比例尺的空间数据和属性数据。空间数据包括邓启东院士等人编制的 1:100 万的中国地震构造图, 许巍龄论文中的 1:25 万苏北南黄海构造区划图^[3], 作者编制的 1:25 万断层分布图。属性数据来自历史地震记录和活断层的属性数据^[4]。

收稿日期: 2008-04-28

作者简介: 王金艳(1983-), 女(汉族), 吉林抚松人, 硕士, 主要从事地震地质工作。

2 空间方法分析

2.1 地震和断层的缓冲区分析

GIS缓冲区分析是对一组或一类地物按缓冲的距离条件,建立缓冲区多边形图,然后将这一个图层与需要进行缓冲区分析的图层进行叠置分析,得到所需要的结果^[2]。根据不同的属性,GIS可以建立点缓冲区、线缓冲区和面缓冲区。本文分别建立两种缓冲区:震中的点缓冲区和断层的线缓冲区。

缓冲区的半径是一个非常重要的参数,对于以后进行的叠加分析至关重要。地震与它周围多少公里范围内的活断层有关,这还没有一个明确的数量关系。统计结果表明不同震级档的历史地震大部分都落入断层周围10 km的范围内,仪器记录地震也差不多是这个比例,落入断层周围10 km外的地震较少,约占20%;大地震($M_s > 7.0$)基本上都落在断层周围10 km的范围内,说明大地震与断裂的关系比较密切。中小地震仍有一些落入断层周围20 km的范围之外,说明他们的构造背景不明显。考虑到历史地震震中定位的不精确性,一般都有3~5 km的误差,所以分别以10 km及20 km作为搜索统计半径^[5]。

2.2 地震和断层的叠加分析

叠加分析是GIS中一项非常重要的空间分析功能,它至少涉及两个图层,其中至少有一个图层是多边形图层称基本图层,另一个图层可能是点、线或多边形。叠加分析包括点与多边形(面)叠加、线与多边形叠加、多边形与多边形叠加。空间叠加分析往往涉及到逻辑交、逻辑并、逻辑差的运算^[2]。

地震与活动断层之间的叠加分析包括:(1)震中(点)和断层(线)之间的点与线分析,可以计算出距离震中最近的断层;(2)震中与断层缓冲区(面)之间的点与面分析,可得出断层缓冲区内地震的数量,断层的活动性对地震的影响;(3)断层与震中缓冲区(面)之间的线与面分析,可分析出对地震发生有影响的断层数量;(4)断层缓冲区和震中缓冲区之间的面与面分析;(5)断层缓冲区和中强地震之间面与点的分析,可以得出主断层和沿主断层地震活动参数(比如最大震级,地震的频率等)^[6]。

3 分析结果

3.1 震中空间分布与断层缓冲区的关系

使用参数 f_s 表示断层对地震震中的影响, $f_s = N_s/L_s$,其中 N_s 代表落在断层缓冲区内震中的总数

量, L_s 代表断层的长度。

表1 南黄海断层表

断层序号	断层名称	长度/km	走向	发生期	活动期	消失期
1	胶13-10	71.00	NEE	K2	E1-E2	E3
2	胶4-乳33断层	90.00	NEE	K2	E1-E3	N1
3	乳35-莱31断层	26.00	SE-EW	E2		E3
4	胶19-17断层	58.00	NEE	K2	E1-E3	N2
5	青36-诸23断层	193.00	NEE	K2	E1-E3	N1
6	胶34断层	11.00	EW	K2	E1-E2	N2
7	胶30-诸24断层	105.00	NEE	K2	E1-E3	N2
8	胶35-诸25断层	45.00	NEE	K2	E1-E3	N2
9	诸28-29断层	32.00	EW	K2	E1-E2	E3
10	射5-6断层	26.00	NW	K2	E1-E2	E3
11	射6-淮3断层	53.00	NEE	K2	E1-E2	E3
12	常1-2断层	31.80	NEE	E1		N1
13	常8-4	30.00	NEE	E1	E3	N1
14	常4-11断层	38.00	NW	E1	E3	N1
15	无1-6断层	85.00	NWW-NEE	K2	E2-E3	N1
16	常13-无22断层	158.00	NWW-NE	K2	E1-E3	N1
17	常22-无28断层	97.00	NWW	K2	E1-E3	N1
18	无16-22断层	35.50	EW	K2	E1	N1
19	常26-23断层	57.00	NEE	K2	E1	N1
20	盐23-南19断层	38.80	NEE	K2	E1	N1
21	南20-17断层	53.80	NEE	K2	E1	N1

首先建立10 km和20 km的断层缓冲区,然后将震中与缓冲区分别叠加(图1),分别计算落在每个断层缓冲区内震中的数量 N_s ;利用Mapinfo SQL查询功能,从断层属性表中查询断层的长度 L_s ;最后计算 f_s 。图2和图3分别是10 km和20 km的断层缓冲区 f_s 分布图。

通过对在10 km和20 km断层缓冲区 f_s 以及震中在缓冲区数量的比较,分析出断层和地震活动性的强弱。从图2(a)和(b)可以看出,对于北部盆地,序号为6、5、10和11的断层对地震起主导作用,断裂的走向基本为NNE和NW方向;南部盆地20、12、15等断层影响地震的发生,断裂走向NE-NEE。

为更好地说明不同走向的断层对地震的影响,我们重新计算参数 f_s 。建立了10 km和20 km的断层缓冲区后,通过SQL选择走向相同的断层,分为4组(图3),统计这些断层的总长度 L_s ,计算落在这些相同走向断层缓冲区内震中的总和 N_s ,最后计算 f_s 。表2是统计值。

f_s 反映了走向不同的断层对地震的影响程度, f_s 越大沿该方向的地震越多。从表2中可以看出:NEE和EW的 f_s 比NW和NWW-NEE大很多,即沿NEE和EW方向断层的地震多,说明NEE和EW方向断层活跃,地震发生的频率高。

表2 断层与地震的关系

断层走向	NEE	EW	NW	NWW - NEE
断层数量	12	4	2	3
断层总长度/km	826.4	89.5	64	340
10 km				
≤4.5级地震数量	301	48	18	40
≤4.5级地震频率	0.364 230	0.536 312 849	0.281 25	0.117 647 059
中强地震数量	6	0	1	3
中强地震频率	0.007 260	0	0.015 625	0.008 823 529
20km				
≤4.5级地震数量	830	67	19	94
≤4.5级地震频率	1.004 356	0.748 603 352	0.296 875	0.276 470 588
中强地震数量	12	0	4	2
中强地震频率	0.014 520	0	0.062 5	0.005 882 353

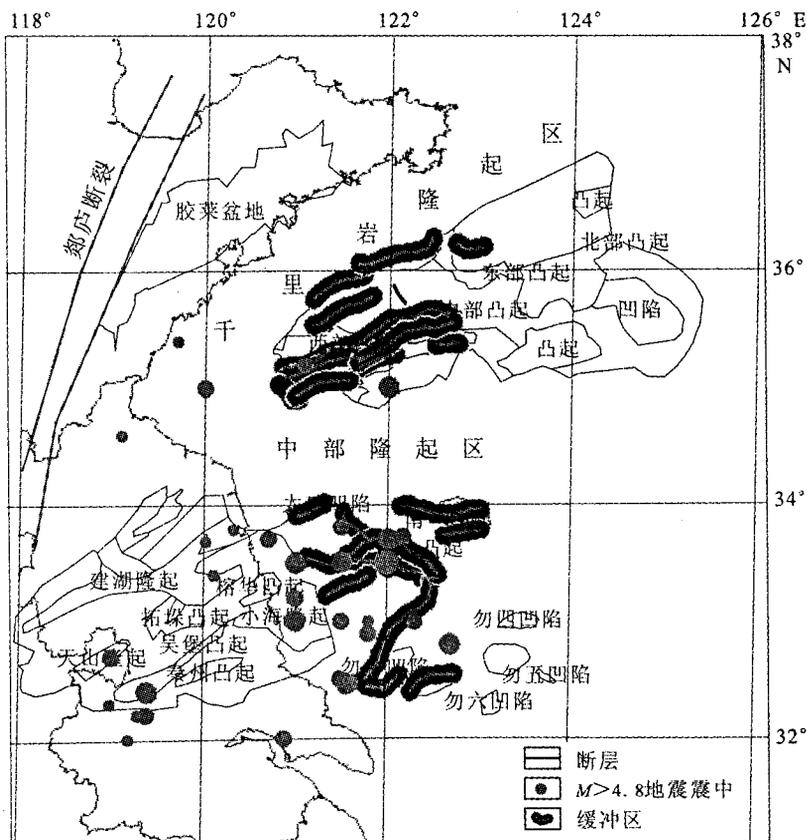


图1 10 km 断层缓冲区与震中(M ≥ 4.8)的叠加分析图

Fig.1 Overlay analysis between earthquakes (M ≥ 4.8) and 10 km buffers of active faults.

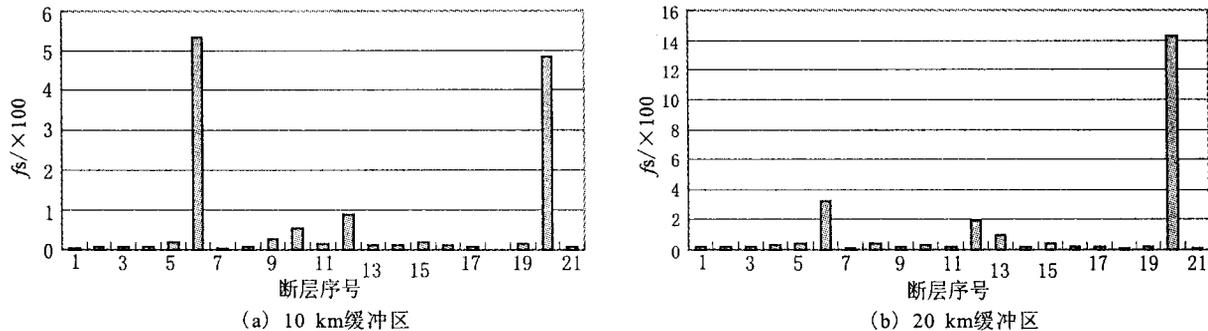


图2 10 km 和 20 km 断层缓冲区的 fs 分布图

Fig.2 Distribution of fs in 10 km and 20 km buffers of active faults.

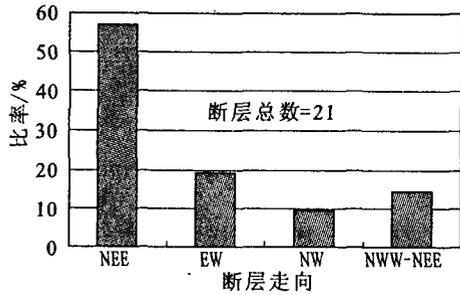


图3 不同走向断层的比率图

Fig. 3 The ratio of fault groups with different strikes.

3.2 地震震中缓冲区与断层的关系

本文选取南黄海自公元701年以来震级 ≥ 4.5 的地震震中21个,并分别建立20 km和30 km的震中缓冲区(图4)。

南黄海震中缓冲区内断层的数量越多,说明在缓冲区内地震发生的可能性越大,同时说明可能是多条断层控制地震的发生。通过图5可以分析出:1853年4月14日6.8级的13号震中,在震中缓冲区30 km之内同时有13、16、17、19号(表1)断层通过;1852年12月16日6.8级的14号震中,在震中缓冲区30 km之内同时有13、17、19号断层通过。

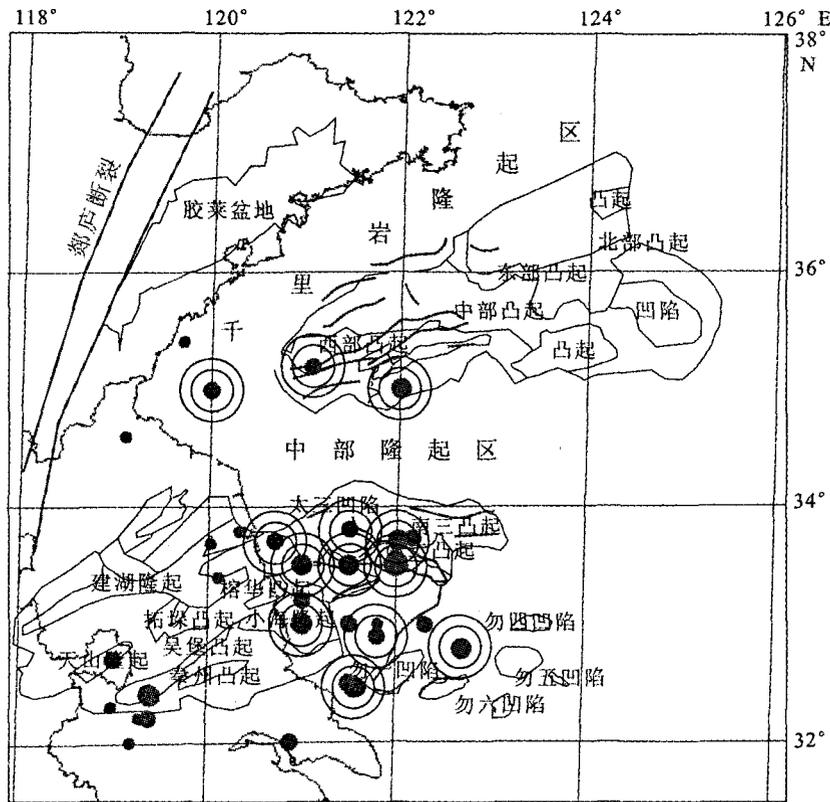


图4 南黄海震中($M \geq 4.5$)20 km和30 km缓冲区与断层叠加示意图

Fig. 4 Overlay analysis between earthquakes ($M \geq 4.5$) and 20 km, 30 km buffers of active faults.

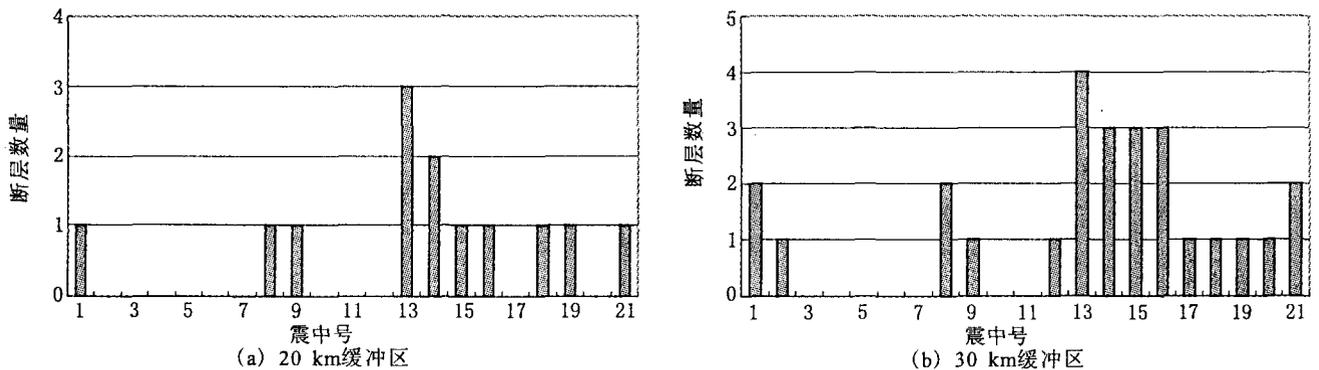


图5 不同震中20 km和30 km缓冲区的断层数量

Fig. 5 Number of faults in 20 km and 30 km buffers of epicenters.

4 结论

(1) 南黄海地震主要集中在南部盆地中南部 20 号断裂(盐 23 - 南 19 断层)附近,也就是勿南沙隆起与南部盆地交界的区域,并且中强地震往往位于规模较大的活动断裂附近。

(2) 南黄海地震的发生主要受到走向 NE ~ NEE 向断裂的控制,沿 NEE 和 EW 方向断层的地震比 NW 和 NWW - NEE 方向的地震多,说明 NEE 和 EW 方向断层比 NW 和 NWW - NEE 向断层活跃。

(3) 绝大多数地震受到多组活动断裂的影响,比如位于南黄海南部的 13、14、15、16 号地震。

[参考文献]

- [1] 陈新,毛正毅,汪福田. 南黄海地质及地震[J]. 地震地质, 1991, 13(3): 205-212.
- [2] 龚健雅. 地理信息系统基础[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 232-243.
- [3] 许巍龄. 苏北南黄海地质构造特征[J]. 上海地质, 1987, (3): 54-64.
- [4] 沿海大陆架及毗邻海域油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987: 301-366.
- [5] 屈春燕, 叶洪. 利用 GIS 分析活动断裂与地震的相关性[J]. 地震研究, 2000, 23(1): 72-75.
- [6] WU Ning-fen, ZHOU Zu-yi, LAO Qiu-yuan, et al. GIS-Based study on the relationship between earthquakes and active faults in Shang Hai and its adjacent offshore region, east China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2005, 29(1): 34-43.
- [7] 徐映深, 李瑞璐. 南黄海 6.2 级地震构造背景的初步探讨[J]. 地震学刊, 1985, (1): 93-97.
- [8] 袁迎如. 南黄海西南部的活动断裂[J]. 海洋科学, 1988, (2): 8-12.
- [9] 杜巧玲. Mapinfo7 中文版[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005: 168-174.
- [10] 李东平, 卢爱刚, 孙建国. 基于 GIS 的地震专题图制图中的功能开发[J]. 西北地震学报, 2006, 28(3): 285-287.
- [11] 宋俊高, 朱元清. GIS 技术应用于城市防震减灾工作[J]. 西北地震学报, 2002, 24(1): 85-91.
- [12] 张苏平, 王兰民, 马尔曼. GIS 技术和神经网络模型在地震地质灾害小区划中的应用研究[J]. 西北地震学报, 2003, 4(25): 331-337.

(上接 399 页)

(6) 基础条件选择

不管是脱气方式还是溢出气方式,都要有一定的气量。作者认为不能小于闪烁室的容积,即 37 mL/min。否则就不适合数字化观测。此外还要有一定的压力。

以上是作者通过实验和多年的工作和研究,提出的一些意见和思考,供同行们在工作实践中参考,欢迎大家实验和指正。

[参考文献]

- [1] 中国地震局. 地震及前兆数数字化观测技术规范(试行)[M]. 北京: 地震出版社, 2001.
- [2] 吴永信, 陈兰庆, 李彤起. 数字化测氢的实验研究[J]. 西北地震学报, 2001, 23(1): 60-65.
- [3] 武建华, 邢玉安, 朱自强, 等. 数字化测逸出氢替代模拟测水氢的理论与实践[J]. 地震, 2002, 22(4): 100-105.
- [4] 唐光伟, 贾东旭, 宋贤志, 等. 数字化测氢脱气装置的安装与调试[J]. 东北地震研究, 2007, 23(1): 78-83.
- [5] 吴永信, 钟心, 陈兰庆. 氢气固体源的准确度、稳定性和重复性及其影响因素研究[J]. 西北地震学报, 2006, 28(2): 184-188.
- [6] 胡凤英, 王志敏, 谢健健, 等. 河南安阳汤参 1 井数字化氢与模拟水氢观测资料的对比研究[J]. 西北地震学报, 2004, 26(4): 377-379.
- [7] 王雪莹, 陶月潮, 张朝明, 等. 庐江台人工测氢与数字化自动测氢对比分析研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2002, 23(3): 26-32.
- [8] 郑小青, 陈莹. 福建数字地下流体网对远处大震映震能力分析[J]. 国际地震动态, 2007, (3): 31-37.
- [9] 高小其, 邓志辉, 车用太. 我国地震地下流体数字化观测的现状[J]. 内陆地震, 2004, 18(4): 317-319.
- [10] 朱方保, 王雪莹, 张朝明, 等. SD-3A 型自动测氢仪在观测中值得注意的几个问题[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28(1): 96-102.