

李冬梅, 张正帅. 山东年度地震危险区预测效能评估[J]. 华南地震, 2024, 44(S1): 193–196. [LI Dongmei, ZHANG Zhengshuai. Evaluation of Predictive Effectiveness of Annual Seismic Risk Areas in Shandong[J]. South China journal of seismology, 2024, 44(S1): 193–196]

山东年度地震危险区预测效能评估

李冬梅, 张正帅

(山东省地震局, 济南 250014)

Evaluation of Predictive Effectiveness of Annual Seismic Risk Areas in Shandong

LI Dongmei, ZHANG Zhengshuai

(Shandong Earthquake Agency, Jinan 250014, China)

关键词: 年度地震危险区; 预测效能评价; R 值检验; A 值检验

Keywords: Annual seismic risk areas; Predictive effectiveness evaluation; R -value test, A -value test

中图分类号: P315.7

文献标识码: A

文章编号: 1001-8662(2024)S1-0193-04

DOI: 10.13512/j.hndz.2024.S1.71

0 研究背景

地震预测意见是对地震孕育发生过程的客观认识, 其是否准确有效, 必须经过科学的检验和验证, 实证性是科学, 特别是自然科学的一个基本的和显著的特性^[1], 由于地震现象的复杂性, 关于地震的认识和经验只能通过观测进行检验, 即通过地震发生的实际情况和地震预测情况进行对比。自20世纪60年代我国开展大规模地震预报研究以来, 建立了多学科包括地球物理、地球化学、大地形变等地震前兆和测震监测台网, 并逐步形成了长、中、短、临阶段性地震预报的科学思想和工作程序^[2-4]。为了将预测成果更好地服务于社会和经济建设, 我国的中期地震预报主要是以年度预报形式开展。

自八十年代初期, 山东省地震局开展年度会商工作已四十年, 每年度的地震会商工作既是对

过去一年地震预测预报工作的总结, 也是对下一年度地震趋势做出科学判定。为了进一步加强年度预测研究工作, 讨论地震能否预报和当前地震预报的科学能力, 准确评估地震预测效能。本文基于山东测震台网记录的地震目录和历年会商报告资料, 开展山东地区年度地震危险区效能评估, 以期能科学的评价和总结当前预报水平, 进一步优化创新年度危险区预测的技术和方法。

1 研究方法

地震预报效能评价是个重要而复杂的科学问题, 自20世纪70年代以来, 国内外地震学家就一直在寻找探索能比较客观和准确评价地震预报能力的方法。如秦卫平等^[5]提出了Wallen评分、朱令人等^[6]给出了 Z 值评分, 许绍燮^[7]在震兆鉴定方法总结的基础上提出了 R 值评估方法, 其后又经许多地震学者的完善^[8-11]。目前我国的年度地震趋势会

收稿日期: 2024-11-10

基金项目: 山东省地震局科研基金项目(JJ1805Y); 国家重点研发计划(2018YFE0109700-02)联合资助。

作者简介: 李冬梅(1987-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事地震学和地震综合预测研究工作。

E-mail: Ldmeqsd@yeah.net

商和省级会商中还在沿用 R 值评分的评估方法,该方法在优化年度地震危险区预测技术方法上发挥了重要的作用。闫伟等^[12]提出了针对单次有震预测是否准确的定量评价地震预测准确性 A 值评分法,方法可用于地震预测的准确性评价。根据分析和论证,本文采用 R 值和 A 值评分法来进行山东地区年度地震危险区效能评估。

R 值评分方法是许绍燮^[7]提出,是客观和比较准确评价地震预测效能的方法,该方法在时间序列研究中应用较多。其基本思想是报震的成功率扣除随机概率的预报成功率。具体研究原理在此不再赘述。

A 值评分法闫伟^[12]提出,是一种针对单次短期预测准确性的定量评价方法,是短期预测的时间、空间、震级窗口与实际地震对应程度及其精确程度。约定该评分是预测与地震活动实况的对应程度(C 值)与预测窗口的精确程度(E 值)等两方面评价的综合结果。根据研究结果,该方法不仅可用于短期预测的准确性评价,也可用于中长期地震预测评价。地震预测准确性评价标准应考虑地震灾害的区域特点,本文依据山东地区年度中期预测需要,调整了相应的评分标准。

山东地区人口稠密,也是中强震多发地区,开展地震预测研究意义重大。自公元前70年以来,山东内陆发生5级以上地震30次,其中最大地震是1668年郯城8½级地震。山东及其沿海地区中强地震,特别是6级以上地震主要发生在新构造单元边界附近,并多发于断裂交汇部位(图1),显示活动断裂对强震活动有明显的控制作用。

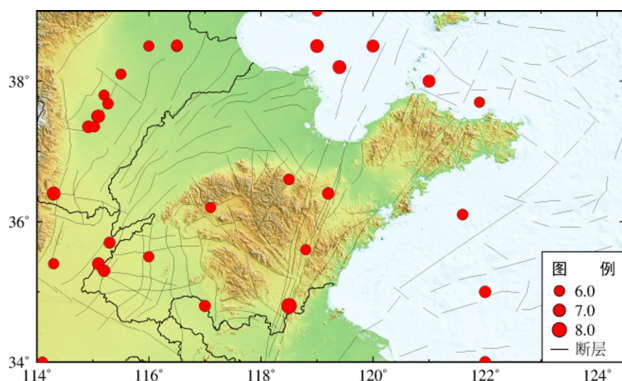


图1 山东地区历史地震($M_s \geq 6$)分布图
Fig.1 Distribution map of historical earthquakes with $M_s \geq 6$ in Shandong

自80年代初山东开展有计划的地震预报研究以来,每年年度会商工作都是根据区域地震活动时空演变特征,以及前兆观测资料异常,吸收数字化地震观测资料、地球物理场观测资料等新的研究成果,对地震活动趋势做出的较为科学的综合判定,综合给出山东省及其附近地区的年度地震趋势预测意见和危险区的判定结论。根据收集整理山东地区历年度会商报告,八十年代未给出明确的预测意见,本文统计整理了1990—2018年度山东地区会商资料,并分析处理危险区数据,统一研究数据格式。另外整理山东地区1990年以来 $M_L 3.5$ 以上地震目录,称为评价地震,即为实际发生地震事件留待检验使用。评价地震一般为预测窗口或其附近的最大震级的地震事件。

2 研究结果

使用 R 值评分法:将山东及邻近海域地区以 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 为网格单元进行统计和 R 值评分,共计161个网格。预报包含时间、空间和震级3个要素。时间均考虑预报年度为1年,山东实际预报中各区域预报震级不同,分区进行 R 值评分。结果显示1992、1993、2016、2019年 R 值评分较高,分区域来看冀鲁豫 R 值评分最高。分析原因可能是山东属于少震地区,地震时间和空间分布来看十分不均匀,且划分区域较大,使虚报网格数太多,导致 R 值较低,甚至负值。另外,2013年发生3次 $M_L \geq 5.0$ 级地震,但是2012年底对2013年预报里未针对黄海给出预测判定意见,黄海海域发生地震一般实际破坏相对较小,不单独圈出海里危险区,只给出陆地的预测意见;胶东半岛地区2013年和2017年以来分别爆发乳山和长岛震群,长岛窗也多次开窗,其对华北地区5级以上地震有较强的指示意义,前兆形变、流体等学科也出现个别异常测项,并且整个中国大陆东部6级缺震显著,所以年度趋势会商意见中多次预测胶东半岛及两侧海域存在发生6级左右地震可能,但一直未发生预期地震,预测震级偏高,导致 R 值评分较低。

使用 A 值评分法:利用 A 值评分算法计算历年年度会商预测意见的准确性。计算过程如图3所示,左侧为时间、空间、震级对应度评分,右侧为时间、空间和震级精确度评分。山东实际预报中各

区域预报震级不同，分区进行A值评分。结果显示山东地区历年预测效能A值评分较低，其中1991、1997、2015年A值评分较高，分区域来看沂沭带A值评分最高。究其原因，胶东半岛及两侧海域评分较低，预测震级偏高，因长期存在6级平静长期背景，出现了长岛震群、震情窗开窗、流体等前兆测项异常，一直延续5~6级左右预测意见，但迟迟未

发生预期地震；1996、2001、2009等年度A值评分相对较低，这种情况是与地震活动密切相关，2009年地震活动非常弱，受2008年汶川地震影响，山东及邻区全年没有4级以上地震发生；2001年地震活动也较弱，2002年地震活动都发生在山东地区外围海域，所以A值均较低。

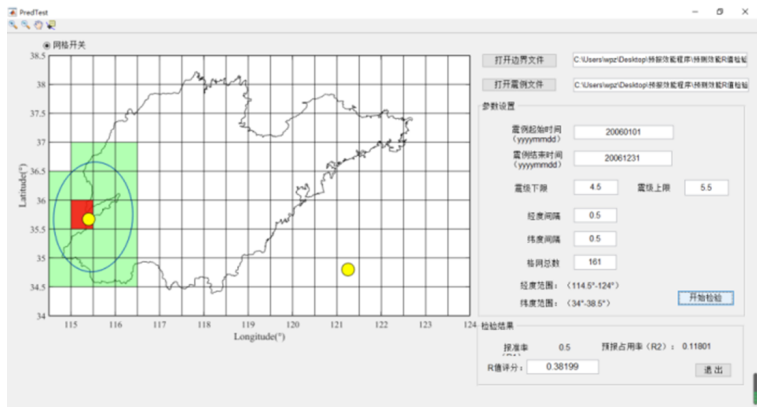


图2 R值效能检验示意图

Fig.2 Schematic diagram of R-value efficiency test

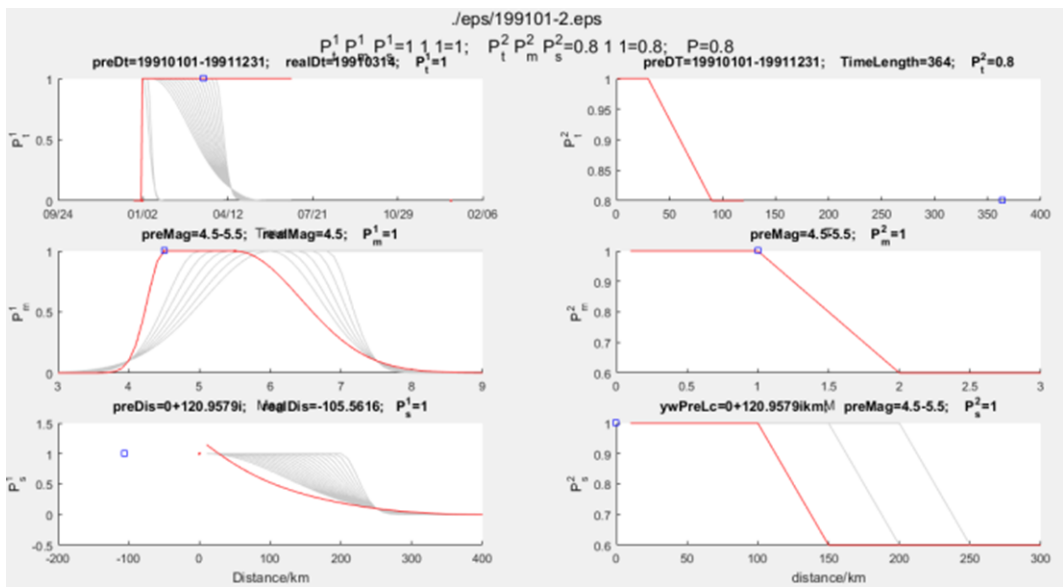


图3 A值效能检验示意图

Fig.3 Schematic diagram of A-value efficiency test

3 讨论与结论

应用R值和A值评分原理进行山东地区地震危

险区预测效能检验，初步分析得到以下结论：

(1)R值和A值评分原理不同，评价标准不同，所以预测效能评估结果有差异，R值是有震报准率减去虚报率，A值是预测与地震活动实况的对应程

度与预测窗口的精确程度等两方面评价的综合结果;

(2) R 值总体上讲还十分低,说明现在的地震预测总体水平还相当低,表现在准确性低和稳定性较差两个方面。比较每年的 R 值变化,显示出 R 值在时间轴上的涨落现象,这种预测效能的不稳定变化,可能正是地震预测目前仍处于探索阶段的客观反映;

(3) R 值较低,甚至有时出现负值, A 值评分也较低,这种情况与地震活动密切相关。山东地区历史上中强震多发,但1970年至2018年期间山东内陆地区仅发生两次 M_s5 以上地震,中强震活动偏弱,地震活动性较低;

(4)目前山东地区地震预报评分还很低,不稳定,很大程度仍是经验性预报,但是近40年对地震和前兆的连续观测记录,只要保证记录的质量,资料积累本身也是极有价值,我们要正视现实,在科学创新研究上多下功夫,不断提高地震监测水平和预测能力,最大限度的减轻地震灾害风险。

致谢:感谢审稿专家、编辑部的指导意见。感谢中国地震台网中心闫伟主任和苑争一博士提供的原始计算程序。

参考文献

- [1] 杨玉辉. 2003. 现代自然辩证法原理[M]. 北京:人民出版社,2003:220-221.
- [2] 丁国瑜,梅世蓉,马宗晋. 地震预报方法[C]//国际地震预报讨论会文选. 北京:地震出版社,1981:174-179.
- [3] 梅世蓉,冯德益,张国民,等. 中国地震预报概论[M]. 北京:地震出版社,1993.
- [4] 张国民,刘杰,石耀霖. 年度地震预报能力的科学评价[J]. 地震学报,2002,24(5):525-532.
- [5] 秦卫平. 一维地震预报评分问题[J]. 地震学报,1991,13(2):234-242.
- [6] 朱令人,朱成熹,洪时中. 地震预报效能评价的研究[J]. 内陆地震,1990,4(1):1-12.
- [7] 许绍燮. 地震预报能力评分[C]//地震预报方法实用化研究文集——地震学专辑. 北京:学术书刊出版社,1989:586-590.
- [8] 石耀霖,刘杰,张国民. 对我国90年代年度地震预报的评估[J]. 中国科学院研究生院学报,2000,17(1):63-69.
- [9] 张国民,刘杰,石耀霖. 年度地震预报能力的科学评价[J]. 地震学报,2002,24(5):525-532.
- [10] 罗兰格. R 值评分方法的再研究[J]. 华北地震科学,2004,22(2):1-5.
- [11] 马宏生,刘杰,吴昊. 基于 R 值评分的年度地震预报能力评价[J]. 地震,2004,24(2):32-37.
- [12] 闫伟,刘桂萍,黎明晓等. 短期地震预测准确性的定量评价方法[J]. 地震学报,2019,41(3):399-409.