

黄文辉, 沈玉松, 吕作勇, 等. 地震超快速报系统试运行结果评估 [J]. 华南地震, 2016, 36 (4): 1-7. [HUANG Wenhui, SHEN Yusong, LYU Zuoyong, et al. Evaluating the Results of the Earthquake Very Fast Report System[J]. South china journal of seismology, 2016, 36(4): 1-7.]

地震超快速报系统试运行结果评估

黄文辉, 沈玉松, 吕作勇, 康 英

(广东省地震局, 广州 510070)

摘要: 在地震自动处理系统(JOPENS)的基础上, 通过融合地震预警定位算法和震级快速计算方法, 开发了一套地震超快速报系统。系统能够在地震发生后几秒至几十秒内自动确定地震的三要素。系统从 2013 年 3 月部署在广东省地震速报备份中心进行试运行。通过分析系统试运行至 2014 年 7 月间的自动定位结果后发现, 超快速报系统把地震自动速报的用时从分钟级提高到了秒级, 且定位精度并未降低。另对系统的漏报和误报情况进行了进一步的分析。

关键词: 地震超快速报; 自动速报; 定位结果评估

中图分类号: P315.75

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2016) 04-0001-07

DOI: 10.13512/j.hndz.2016.04.001

Evaluating the Results of the Earthquake Very Fast Report System

HUANG Wenhui, SHEN Yusong, LYU Zuoyong, KANG Ying

(Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

Abstract: On the basis of the seismic automatic processing system (JOPENS), a set of earthquake very fast report system was developed by fusion of the earthquake early warning location algorithm and the fast magnitude calculating method. The system can automatically determine the three parameter of earthquake in a few seconds to tens of seconds after the occurrence of earthquake. The system was deployed in the backup center of Guangdong province earthquake quick report since March 2013. Through analysis of the automatic location results from trying to run to July 2014, the author found that the report time of the very fast report system was improved for the minute level to the second level. However, the location accuracy was not reduced. Besides, the paper did further analysis of the reasons of the missing and false report.

Keywords: Earthquake very fast report; Automatic report; Location result evaluation

收稿日期: 2015-10-06

基金项目: 地震行业科研专项(201308008)资助

作者简介: 黄文辉 (1973-), 男, 高级工程师, 主要从事地震台网处理系统的研制。

E-mail: huanghwh@163.com.

0 引言

地震自动速报系统是将地震发生后台站实时传回的地震波形,通过震相自动识别、组合、定位,确定出地震 3 要素(地震的发震时刻、震源位置和震级)的实时数据处理系统。目前,国际上地震监测台网数据处理软件主要使用美国 USGS 的 Earthworm 软件^[1]、德国 GEOFON 台网的 SeisComp 软件^[2]、台湾的 VSN 软件^[3]以及日本的 REIS 软件^[4]。根据台网的台站密度、分布的不同,这些系统都能在几十秒至几分钟之内自动确定地震的三要素。在国内,黄文辉等^[5]开发了 JOPENS 地震自动处理系统,并作为国家自动速报备份系统部署在广东省地震台网中心,该系统能在 1~3 min 左右自动确定出地震的三要素^[6]。金星等^[7]开发了一套区域数字地震台网的实时速报系统,该系统对区域台网内的地震事件能够实现比较快速可靠的自动定位。

随着国内台站建设密度的增加,为进一步减少地震三要素的自动产出时间,提高自动速报的速度,广东省地震局在 JOPENS 地震自动速报系统的基础上,通过融合“着未着”地震预警定位算法^[8],以及地震预警震级的快速计算方法^[9-12],开发出了一套地震超快速报系统。通过利用全国地震台站的实时数据流服务,对国内及周边地区 4 级以上的地震,该系统能够在几秒至几十秒之间,自动产出地震的三要素。从 2013 年 3 月开始,该系统已部署在广东地震台网的国家地震速报备份

系统中,通过自动速报平台 EQIM 向国家地震台网中心提供地震自动超快速报服务。本文选取了至系统部署以来至 2014 年 7 月的超快速报系统的第一次和第三次的自动定位结果,通过与中国地震台网中心的地震人工编目结果进行对比,从而评估该地震超快速报系统的实效性和准确度。

1 数据来源

地震超快速报系统的数据的来源台站的分布如图 1 所示,总的台站数为 1 869 个。其中国内台站为 1 367 个(黑色三角形),数据的实时和连续性较好,数据的传输延时基本都在 2 s 以内,通过 IRIS 共享的国际台站有 502 个(蓝色三角形),数据的实时性较差,传输延时从几秒到几分钟都有。从台站分布图可以看出,台站主要集中在我国境内,国外的台站相对稀少。在国内,台站的密度也有所不同,东部密而西部疏。我们把 2013 年 3 月~2014 年 7 月地震超快速报系统的自动定位结果,与中国地震台网中心(CENC)震级 $M \geq 3.0$ 级的人工地震编目结果进行了对比,从速报用时、精度、误报、漏报四个方面对超快速报系统自动定位的实效性和准确性进行了分析。

2 结果对比分析

超快速报系统于 2013 年 3 月正式部署在广东

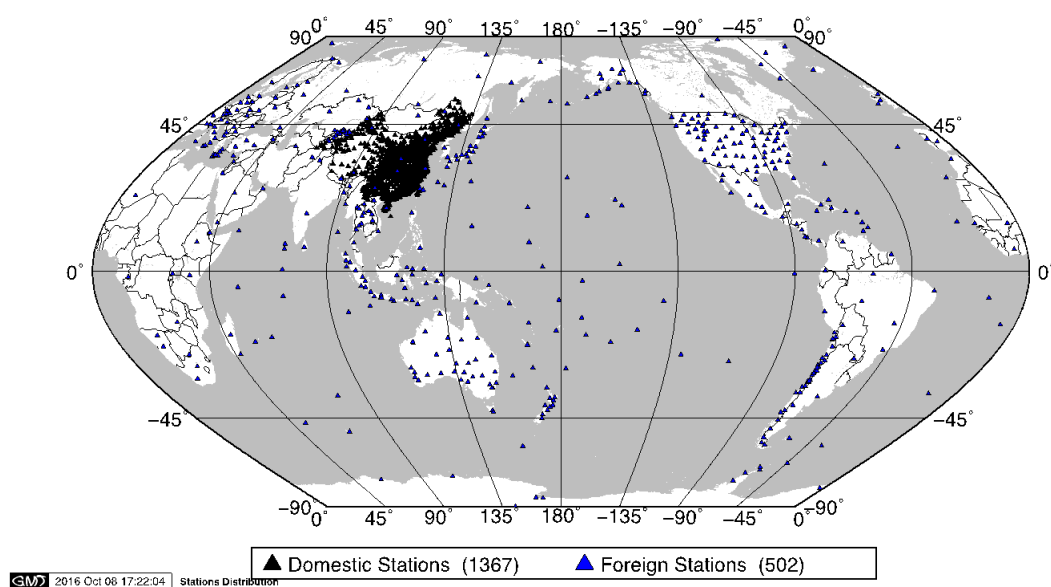


图 1 超快速报系统台站分布图

Fig.1 The station distribution map of the very fast report system

省地震台网中心,至 2014 年 7 月共检测到事件 5 747 个。在中国及其周边地区(纬度 $17^{\circ}\sim 55^{\circ}$, 经度 $72^{\circ}\sim 138^{\circ}$), 其中震级 $M\geq 3.0$ 级的超快速报事件有 856 个, 而同时期的 $M\geq 3.0$ 级的统一编目事件有 1578 个, 其分布如图 2 所示。统一编目事件中, 能够与超快速报事件相匹配的事件有 570 个。通

过图 2 和 3 的对比, 我们可以明显发现, 台站稀疏地区的地震能够匹配上的较少。统一编目匹配事件中, 其与第一次超快速报和第三次超快速报的震级误差分布如图 4 所示, 其中红色为第一次超快速报的误差分布, 平均震级误差为 0.4 级, 蓝色为第三次超快速报的误差分布, 平均震级误差

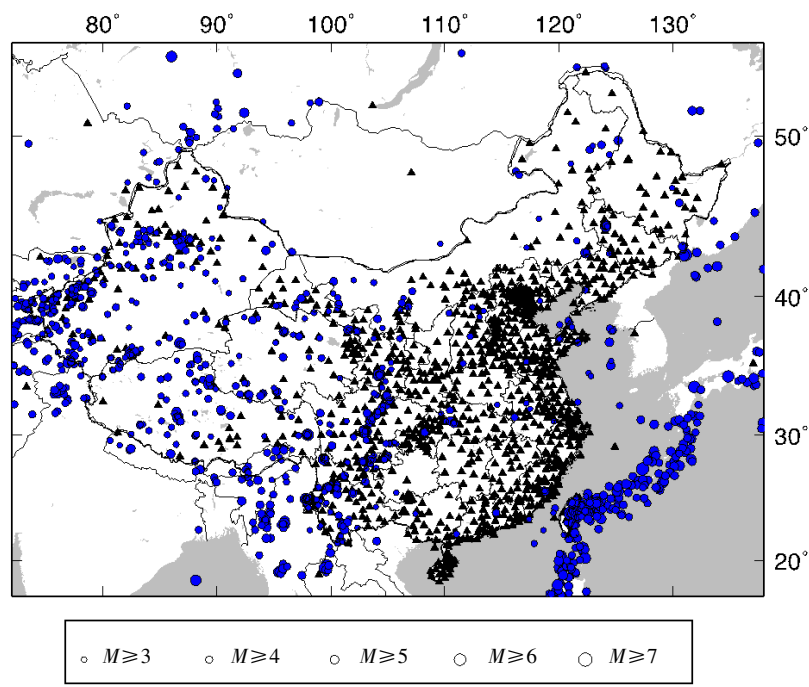


图 2 统一编目 $M\geq 3.0$ 级事件分布

Fig. 2 The distribution of events with $M\geq 3.0$ in unified catalog

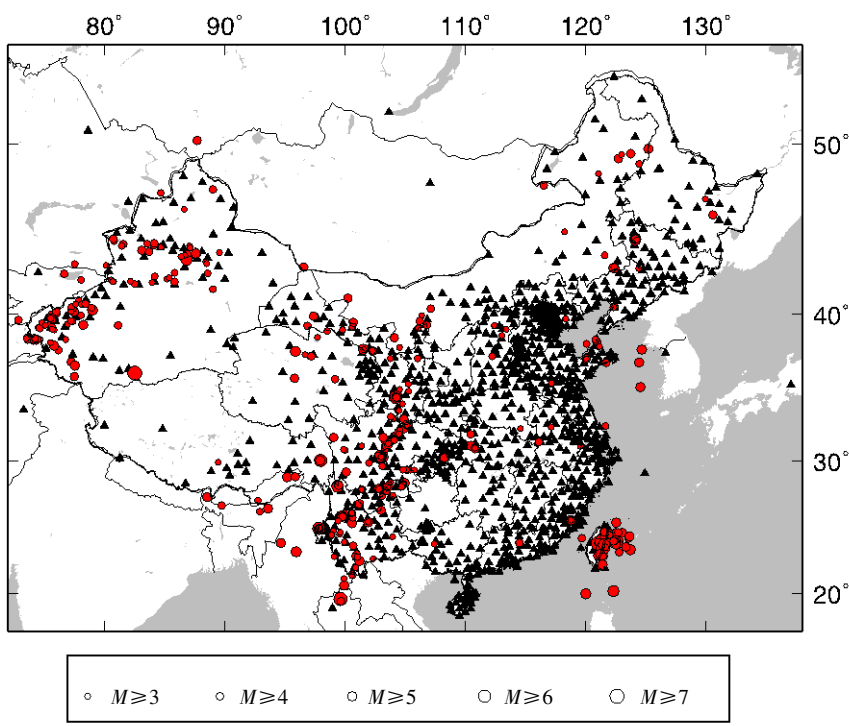


图 3 与统一编目事件匹配的 $M\geq 3.0$ 的超快速报事件分布

Fig.3 The distribution of very fast report events with $M\geq 3.0$ matching with unified catalog

为 0.3 级。统一编目匹配事件中, 第一次超快速报和第三次超快速报的速报用时分布如图 5 所示, 其中红色为第一次超快速报的速报用时, 平均速报时间为 38 s, 蓝色为第三次超快速报的速报用时, 平均速报时间为 48 s。统一编目匹配事件中, 第一次超快速报和第三次超快速报的水平位置误差分布如图 6 所示, 其中红色为第一次超快速报的水平位置误差, 平均水平位置误差为 27 km, 蓝

色为第三次超快速报的水平位置误差, 平均水平位置误差为 12 km。

未能匹配的 1 008 个漏报的编目事件中, M 大于等于 4 级的事件有 431 个, 其中 12 个为 5 级以上地震, 最大 5.7, 其分布如图 7 所示, 其中红色圆圈代表 99 个漏报的国内编目地震事件, 这些事件除了一个东北地区 4.9 的深震, 8 个受之前地震尾波影响未触发外, 其余 90 个事件漏报的主要原

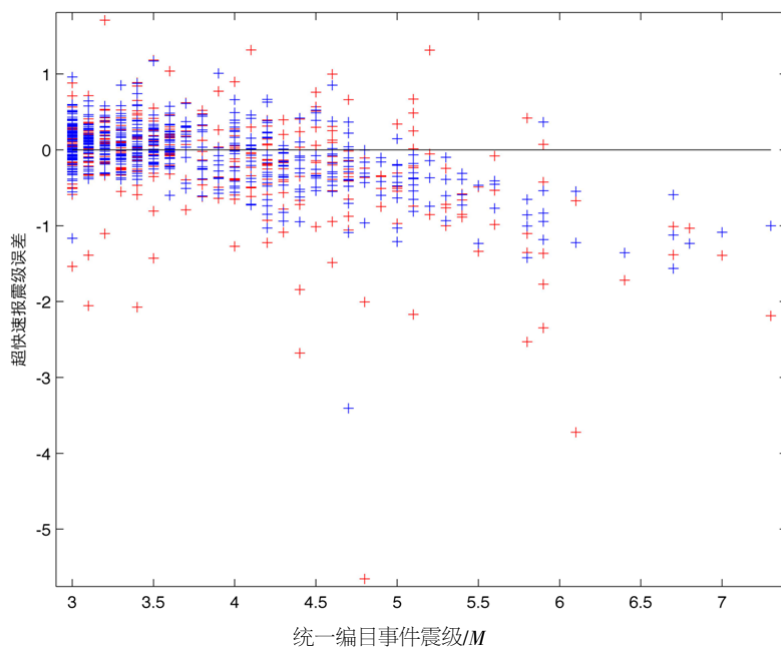


图 4 匹配事件的震级误差分布

Fig.4 Magnitude error distribution of matching events

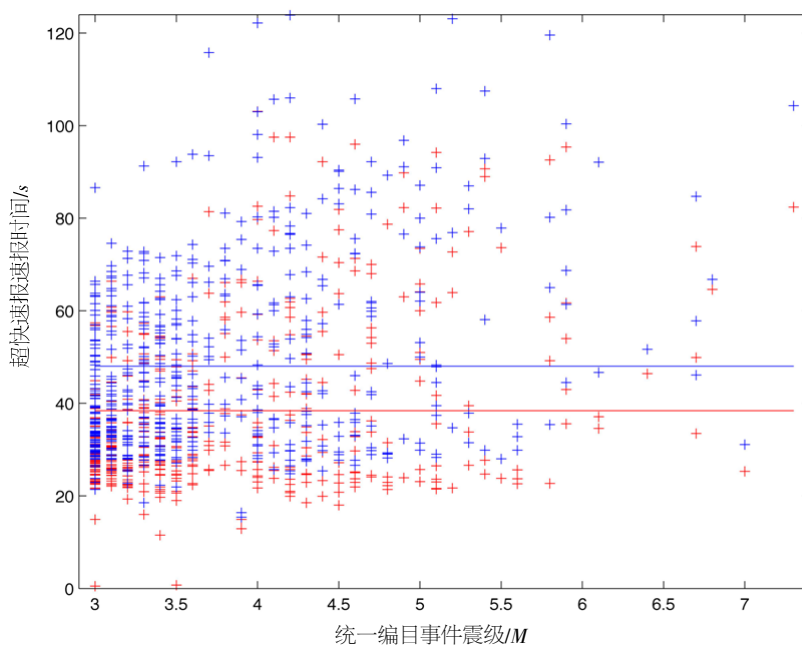


图 5 匹配事件的超快速报时间分布

Fig.5 The very fast report time distribution of matching events

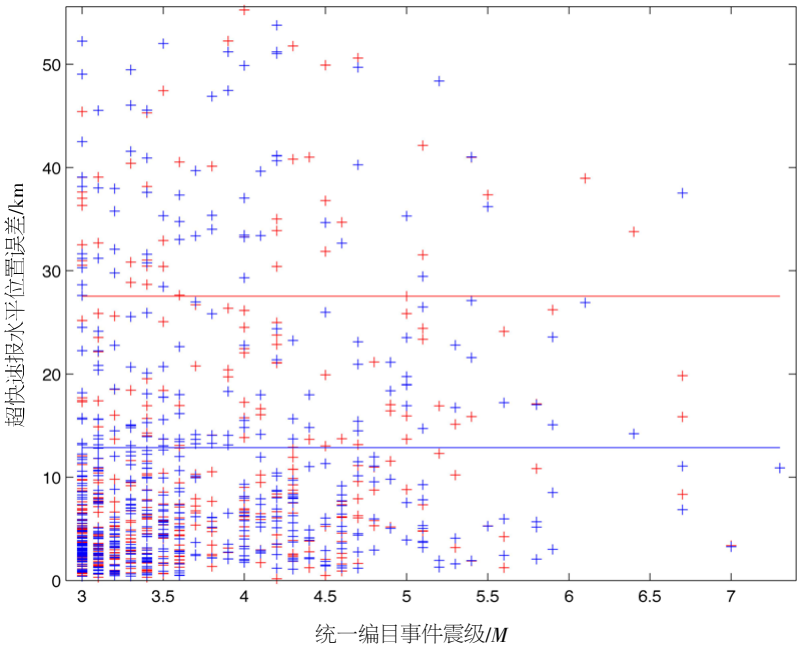


图 6 匹配事件的水平误差分布
Fig.6 Horizontal error distribution of matched events

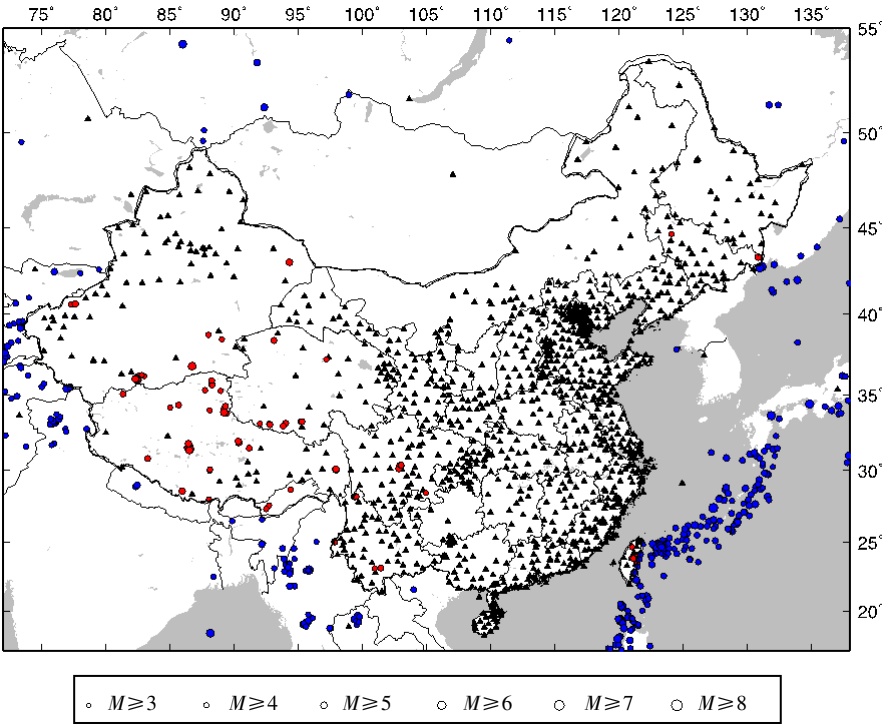
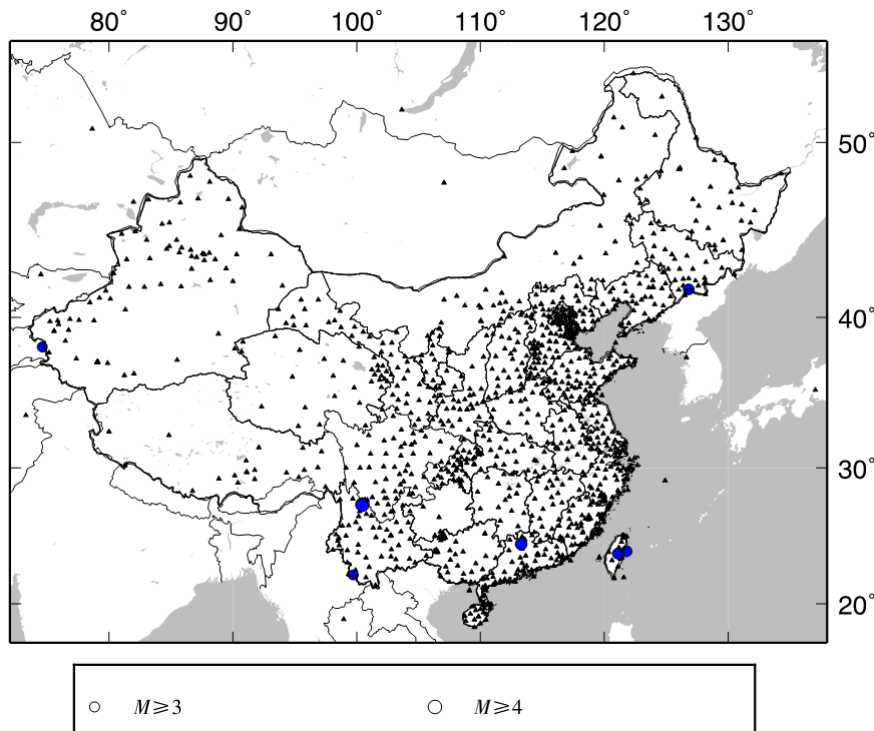


图 7 漏报事件分布($M \geq 4.0$)
Fig.7 The distribution of missing events with $M \geq 4.0$

因为台站稀少且分布不均。
在超快速报系统速报的 856 个 $M \geq 3.0$ 级的事件中, 发送到 EQIM 上的事件有 442 个, 能够跟编目事件目录相匹配的事件有 434 个, 未能匹配的事件有 8 个, 其中 4.1 级地震 1 个, 3.4 级以下 7 个。这 8 个未能匹配的误报事件的分布如图 8 所

示。从图中可以看出, 8 个误报事件的震级都比较小, 且有 4 个事件只是由于初报时的位置偏差较大引起的, 2 个误报事件是由于位于台湾地区, 且震级较小, 很可能是该事件未入全国编目报告引起的, 只有两个分别位于东西部网缘的误报事件, 且最大震级为 3.2。

图 8 误报事件分布图($M \geq 3.0$)Fig.8 The distribution of false report with $M \geq 3.0$

3 结语

通过对地震超快速报系统的运行结果分析可以看出,超快速报的速度和精确度跟台站的分布密切相关,超快速报系统第一次速报的平均耗时为 38 s,平均水平位置误差 27 km,震级误差为 0.4 级;第三次速报的平均耗时为 48 s,平均水平位置误差 12 km,震级误差为 0.3 级。在台站分布相对密集和均匀的中国中东部地区,速报的平均耗时和精度都要优于全国超快速报系统的平均水平。

漏报的 99 个事件($M \geq 4.0$) 主要分布在台站稀少的西部地区和网络边缘。超快速报系统漏报地震事件的主要原因有以下 3 个方面:① 事件震级相对较小且分布在台站稀疏的地区(如西北部地区);② 事件分布在网络边缘;③ 同一地区短时间震群事件中的余震较多。

超快速报系统误报的地震事件个数为 8($M \geq 3.0$) 个,误报的主要原因可以归纳为以下几点:① 震级未匹配的是第一报结果深度太大(>100 km),导致震级偏大。第二报后基本能给出合理的深度和震级。② 第一报结果深度不合理(>100 km)导致震中和发震时刻和震级与编目结果差别大,从而使系统形成了一个新的事件目录,但这种目

录通常只有一次结果,所以在最终实际的速报中是不会出现的。③ 误报的事件基本都是只有 1~4 次触发结果,其中,有 1~4 次触发的:大多触发台站只有 4 个,且后面连续几报的结果差别很大;1~2 次触发的:触发台站有 6~8 个,其两次结果差别也大,因此在实际速报时不会出现这样的误报。④ 误报的事件的震级都在 4.0 级以下。⑤ 误报事件主要都分布在网络边缘和网络外。

参考文献:

- [1] Johnson C. E., Bittenbinder A., Bogaert B., et al. Earthworm: A flexible approach to seismic network processing[J]. IRIS News letter, 1995, 14 (2): 1-4.
- [2] Hanka W, Heinloo A, Jaekel K H. Networked seismographs: GEOFON realtime data distribution[J]. ORFEUS, Newsletter, 2000 (2): 12.
- [3] Wu Y. M., Teng T. L. A virtual sub-network approach to earthquake early warning [J]. Bull. Seism. Soc. Am., 2002, 92 (5): 2 008-2 018.
- [4] Hiromitsu N., Shigeki H., Wu C. J., et al. Evaluation of the real-time earthquake information system in Japan [J]. Geophys Res. Lett., 2009, 36: L00B01, doi: 10.1029/2008GL036470.
- [5] 黄文辉, 康英, 吴永权, 等. JOPENS 系统用户手册

- [M], 2006.
- [6] 沈玉松, 康英, 黄文辉, 等. 国家地震速报备份系统定位结果评估[J]. 中国地震, 2011, 27 (2): 155-164.
- [7] 金星, 廖诗荣, 陈绯雯. 区域数字地震台网实时速报系统研究[J]. 地震地磁观测与研究, 2007, 28 (1): 65-72.
- [8] Wu Y. M., Li Z. Magnitude estimation using the first three seconds P-wave amplitude in earthquake early warning[J]. Geophys Res Lett, 2006, 33: L16312, doi: 10.1029/2006GL026871.
- [9] Wu Y. M., Kanamori H., Richard M. A., et al. Determination of earthquake early warning parameters, and for southern California[J]. Geophys. J. Int., 2007, 170: 711-717.
- [10] Zollo A., Lancieri M., Nielsen S. Earthquake magnitude estimation from peak amplitudes of very early seismic signals on strong motion records[J]. Geophys. Res. Lett., 2006, 33: L23312, doi: 10.1029/2006GL027795.
- [11] Murphy S., Nielsen S. Estimating earthquake magnitude with early arrivals: A test using dynamic and kinematic models[J]. Bull. Seism. Soc. Am., 2009, 99 (1): 1-23.
- [12] 张红才, 金星, 李军, 等. 地震预警震级计算方法研究综[J]. 地球物理学进展, 2012, 27 (2): 464-474.