

洪旭瑜, 林苗禄, 关玉梅, 等. 地震应急自动触发计算产出历史地震活动性资料及前兆观测信息的研究 [J]. 华南地震, 2020, 40 (4): 42-48.  
[HONG Xuyu, LIN Miaolu, GUAN Yumei, et al. Research on the Automatic Triggering of Historical Seismicity Data and Precursory Observation Information in Earthquake Emergency [J]. South China journal of seismology, 2020, 40 (4): 42-48]

# 地震应急自动触发计算产出历史地震活动性资料 及前兆观测信息的研究

洪旭瑜, 林苗禄, 关玉梅, 李 强

(福建省地震局, 福州 350003)

**摘要:** 地震应急会商时历史地震活动性及前兆观测资料产品产出虽然有专业的处理软件, 但主要还是依靠人工操作, 震后应急会商资料产出耗费大量时间, 产出资料存在遗漏不完整、不规范, 没有形成统一的标准化产出结果。经过连续几年地震应急会商资料的实际处理, 依托编程、数据库及实时融合等实现定制需求包括自动产出规范化、标准化的地震应急会商资料的技术已经比较成熟。以产出福建地震应急会商资料为例, 基于 MATLAB 在算法、数据分析、数值计算和 JAVA 在可视化方面的各自优势, 依托地震速报信息系统 (EQIM) 和结构化及设计规范化的分布式前兆 ORACLE 数据库, 实现自动触发快速生成规范化的地震应急会商资料。

**关键词:** 地震应急; 自动触发; 测震资料; 前兆观测资料

**中图分类号:** P315    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1001-8662 (2020) 04-0042-07

**DOI:** 10.13512/j.hndz.2020.04.06

## Research on the Automatic Triggering of Historical Seismicity Data and Precursory Observation Information in Earthquake Emergency

HONG Xuyu, LIN Miaolu, GUAN Yumei, LI Qiang

(Fujian Earthquake Agency, Fuzhou 350003, China)

**Abstract:** Although there were professional processing software for historical seismicity and precursory observation data output during the earthquake emergency consultation, it mainly depended on manual operation. The output of emergency consultation data took a lot of time, and the output data was incomplete and nonstandard, which didn't form a unified standardized output result. After several years of practical processing of earthquake emergency consultation data, the technology that relies on advanced programming, database and real-time fusion to achieve customized requirements including automatic production of standardized and standardized earthquake emergency consultation data has been relatively mature. Based on the advantages of MATLAB in algorithm, data analysis, numerical calculation and Java in visualization, and relying on the structured and standardized distributed Oracle database and earthquake quick report information system (EQIM), the paper

收稿日期: 2020-05-15

基金项目: 中国地震局监测、预报、科研三结合课题 (3JH-202001046); 福建省地震局青年科技基金 (Y201907)

作者简介: 洪旭瑜 (1987-), 男, 硕士, 主要从事地球物理台网及数据跟踪分析研究工作

E-mail: hongxuyu@126.com

took Fujian earthquake emergency consultation data as an example to automatically trigger and quickly form standardized earthquake emergency consultation data.

**Keywords:** Earthquake emergency; Automatic triggering; Seismic data; Precursory observation data

## 0 引言

随着信息化建设日益成熟,依托计算机软件编程、WebGIS、数据库以及实时融合等技术实现定制需求包括自动产出在很大程度上都能够实现<sup>[1-3]</sup>。林岩钊等<sup>[4]</sup>基于地震预警与烈度速报系统实现自动产出更接近现实的地震专题图;张博<sup>[5]</sup>利用 MATLAB 自动产出地震活动性资料;刘坚等<sup>[6]</sup>采用自编程序,实现地震应急与科学产品后台自动加工处理与发布。因此,地震应急及科技产品能够由软件程序实现的,让人工操作向自动化转变是未来发展趋势。

福建已建成前兆台网技术观测系统,图 1 显示福建省前兆台网各学科观测台站,到 2018

年底共有 270 套左右前兆观测仪器,包括形变、重力、流体、电磁等学科的仪器,仪器观测项数达 500 个左右。随着前兆仪器数据量及信息日益增多,这使得日常和应急会商需花费较多人工精力对前兆曲线绘制及质量分析,且图件绘制无统一规格标准,而地震应急会商时要在规定时间内快速给出初步的震情专报及会商意见。因此,除震后趋势判定外,通过统计并计算震中一定范围内相关历史地震活动性资料,按照相对固定格式自动产出初步震情专报,同自动绘制产出的规范化前兆观测数据曲线及异常干扰情况说明相结合,为震后趋势判定提供参考,并可应用于日常会商资料产出和各类图件报告的制作。

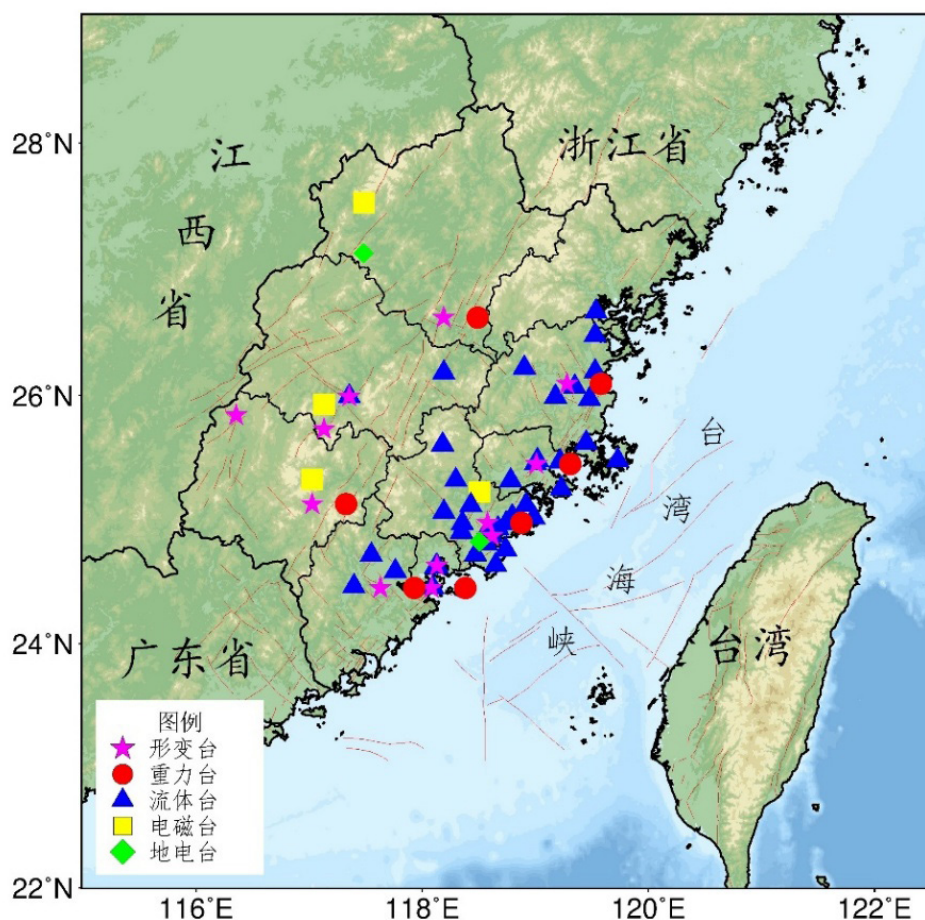


图 1 福建省前兆台网各学科观测台站

Fig.1 Observation stations of all discipline of Fujian precursory network

Java 发展到现在已经很成熟,它主要由编程语言 (Java 语言)、运行环境 (JVM:Java 虚拟机)、框架 (Java API 群) 组成<sup>[7]</sup>,具有面向对象、可移植性、高性能、多线程、动态性等特点,相比 MATLAB, JAVA 在可视化界面、兼容性和跨平台性具有较大的优势。MATLAB 在算法开发、数据可视化、数值计算等高级技术计算语言和交互式环境拥有强大的功能。因此,自动产出程序设计在面向对象可视化展示及算法程序设计语言分别选择 JAVA 技术和 MATLAB 编程语言,充分利用二者之间的优势。

考虑用户使用的便利性,采用 JAVA 调用 MATLAB 程序, JAVA 作为可视化界面进行设计,通过 JVM 实现平台无关性 (可同时兼容 32 位及 64 位 Window7-10 系统及各版本 Linux 操作系统),无需担心用户使用的操作系统版本,便于系统的安装使用。操作系统在没有安装 MATLAB 相关版本是无法使用内置于 JAVA 的 MATLAB 程序,但是让每个用户单独安装较大文件 MATLAB 程序显然不太现实,采用将 MATLAB 程序代码打包成 jar 文件内置到 Java 作为一个包,安装 MATLAB 软件提供的精简版 MCR (MATLAB Compiler Runtime) 软件即可实现 JAVA 与 MATLAB 之间的代码共享兼容。通过 JAVA 可视化界面调用 MATLAB 程序,便捷、高效产出美观、规范化、标准化的会商资料。

## 1 测震信息产出及其计算原理

### 1.1 地震活动性参数

地震发生后,震后趋势判定需要结合地震的震中位置,震中一定范围内历史地震分布情况,历史地震序列类型,序列类型时空分布情况等信息进行综合分析。通过地震速报信息系统 (EQIM) 正式报与省级地震台网速报内容相结合,选择合适的地震目录,算出震区周边历史中强震活动性情况。

### 1.2 相关参数计算

震中附近历史地震分布情况:需要产出震中附近 50 km 和 100 km 范围内历史地震分布情况:计算震级在 3.0~3.9 级、4.0~4.9 级、5.0~5.9 级、6.0~6.9 级以及 7.0 级以上地震个数,要得出 50 km 和 100 km 范围内发生的最大地震的时

间、地点以及震级。因此需要计算历史地震与当前震中的震中距。震中距有多种算法,不同算法精度不一样,其中精度较高、采用较广的算法主要有 Robbins 法、Gauss 法以及地心纬度法,Robbins 法、Gauss 法对震中纬度 (高纬度或是低纬度) 以及方位角的要求较高,而计算 800 km 以内的震中距,受方位角影响较小的一般采用地心纬度法,获取两个点的经纬度就可得出震中距,公式如下<sup>[8]</sup>:

$$\cos D = \sin(\text{lat}_1) \sin(\text{lat}_2) / \cos(\text{lat}_1) \cos(\text{lat}_2) \cos(\text{long}_2 - \text{long}_1) \quad (1)$$

式中:  $\text{lat}_2$  为历史地震震中纬度,  $\text{lat}_1$  为当前地震震中纬度;  $\text{long}_2$  为历史地震经度,  $\text{long}_1$  为当前地震经度,  $D$  为震中距。

历史地震序列类型和序列类型时空分布情况计算原理同历史地震分布情况,这里不再叙述。

### 1.3 自动触发

自动触发是地震发生后以 EQIM 系统产出的正式报震级为准,当达到设定的震级,系统自动触发快速计算预先设定好的相关地震活动性参数和信息,绘制震中附近一定范围内的长期、中期、短期前兆观测数据曲线以及对应的异常变化数据曲线情况说明,然后将计算结果和绘制好的曲线及异常曲线情况说明以 PowerPoint、Word 等报告形式产出。判断自动触发的要素为地点和震级,二者同时满足条件即可触发。例如当福建省行政区内发生  $M 3.0$  (这里不区分  $M_L$  和  $M_S$ ) 级及以上地震,自动触发条件满足。借用 MATLAB 函数库 timer 函数定时刷新功能定时监测 EQIM 系统正式报信息,假设 LastTime 为 EQIM 最新正式报地震的发震时间, BeforeTime 为本地存储前一次地震发震时间,则监测过程如图 2。

```
t=timer('TimerFcn','m 文件','Period',循环间隔,'ExecutionMode','fixedSpacing','TasksToExecute',inf);% 创建自动触发定时器;
```

```
start(t);% 开始执行
```

由于前兆仪器观测项较多,自动绘制长中短期需要一定的时间,因此需要考虑整个程序执行完一次需要耗时多长,根据测试结果需要 4.5 min 左右,循环间隔要大于运行完成时间,同时兼顾时效性,因此设定为 5 min。循环次数需设置为无限次循环 inf。



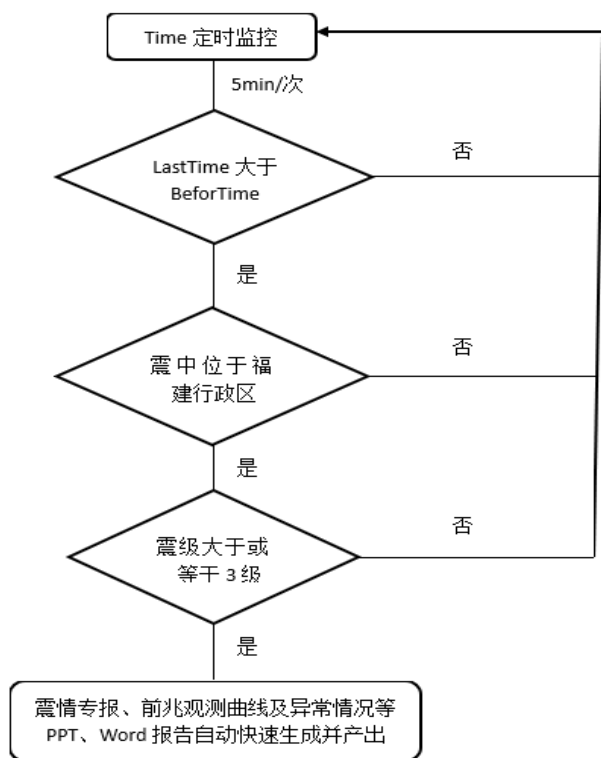


图2 会商资料自动触发监控过程

Fig.2 Monitoring process automatically triggered by the consultation information

## 2 前兆观测信息产出

当前绘制前兆观测曲线并形成 PPT 会商报告主要是通过 EIS2000（地震前兆信息处理与软件系统）和中国地震前兆台网数据处理系统<sup>[9-10]</sup>筛选台站和测项绘制曲线，并查找相应时间段的观测曲线数据异常干扰情况说明，该方法需耗费较多的人工精力，在产出图件方面可能存

在曲线坐标格式、美观度及标准化等方面不统一。MATLAB 在绘图方面的强大功能可以较好的解决该问题。

### 2.1 数据库基础信息

福建前兆台网基础信息数据库采用的是分布式 Oracle 数据库，其遵循《地震前兆数据库结构》（DB/T 51-2012）设计规范<sup>[11]</sup>。MATLAB 自动绘制观测数据曲线及获取异常干扰情况说明需要获取 Oracle 数据库相关观测数据表、数据字典信息及日志表，周克昌等<sup>[11]</sup>对地震前兆数据库系统及其相关表信息已经做了较为详细的介绍，这里不在赘述。

### 2.2 数据库访问机制

MATLAB 访问 Oracle 数据库有三种方式：

（1）OLE-DB（Object Linking and Embedding DataBase）。

（2）ODBC（Open DataBase Connectivity）；

（3）JDBC（Java Data Base Connectivity）。

本文采用 MATLAB 作为后台程序供 Java 调用，因此采用 JDBC 访问机制。Java 的 Ojdbc14.jar 文件提供 MATLAB 桥接 Oracle 的作用，将该文件拷贝到 \$HOME\R2018（因版本可能会有所差别）\java\jar\toolbox 中，然后打开 classpath.txt 文件添加语句 \$matlabroot/java/jar/toolbox/ojdbc14.jar。连接语句如下，连接成功状态见图 3:conn=database（数据库实例名，用户名，密码，'oracle.jdbc.driver.OracleDriver', ['jdbc:oracle:thin:@', IP, ':1521:']）。

```

conn=database('PDBQZ', USERNAME, PASSWD, 'oracle.jdbc.driver.OracleDriver', ['jdbc:oracle:thin:@', IP, ':1521:'])
%判断数据库是否能够连接连接
行窗口

connection - 属性:
    DataSource: 'PDBQZ'
    UserName: 'qzdata'
    Driver: 'oracle.jdbc.driver.Oracle ...'
    URL: 'jdbc:oracle:thin:@10.35.1 ...'
    Message: ''
    Type: 'JDBC Connection Object'
Database Properties:
    AutoCommit: 'on'
    ReadOnly: 'off'
    LoginTimeout: 0
    MaxDatabaseConnections: 0
Catalog and Schema Information:
    
```

图3 Matlab 成功连接 Oracle 数据库状态

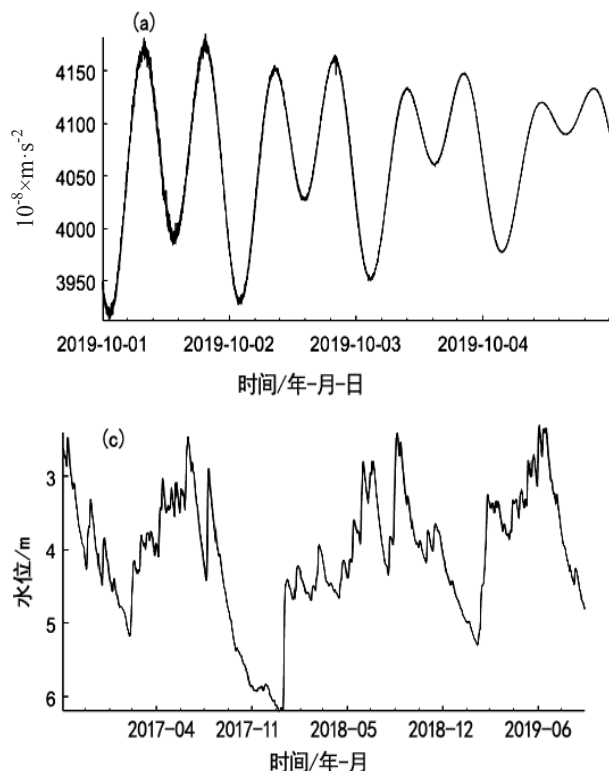
Fig.3 Status of MATLAB successfully connecting to Oracle Database

## 2.3 曲线自动成图

参数信息：绘制曲线需要台站名称、台站代码、测项代码、采样率、测项分量名称以及测项单位等六个参数信息，形成单独 M 文件。曲线自动绘制是通过对这些参数信息的循环读取依次获取观测数据自动实现绘制。MATLAB 从 Oracle 获取观测数据需要解决两个问题：分钟值和秒值观测数据字段是 CLOB 类，无法直接获取；原始观测数据和预处理数据个别时段有出现缺记，数据库中数值缺记是用“NULL”或“NULLALL”字符表示，MATLAB 是无法识别除 NAN 字符外其他表示数值的字符。对应的解决办法是利用 MATLAB 提供的 getSubString 子类将 oracle.sql.CLOB 转换为 String 类型，用 regexprep 函数将“NULL”和“NULLALL”全部替换成“NAN”。

曲线成图：自动绘制后的曲线是系统默认模式，需要按我们需求对横坐标和纵坐标刻度值、纵坐标单位以及横坐标标题的标注进行规范，规范后曲线如图 4。

(1) 横坐标刻度：根据数据类型标注时间

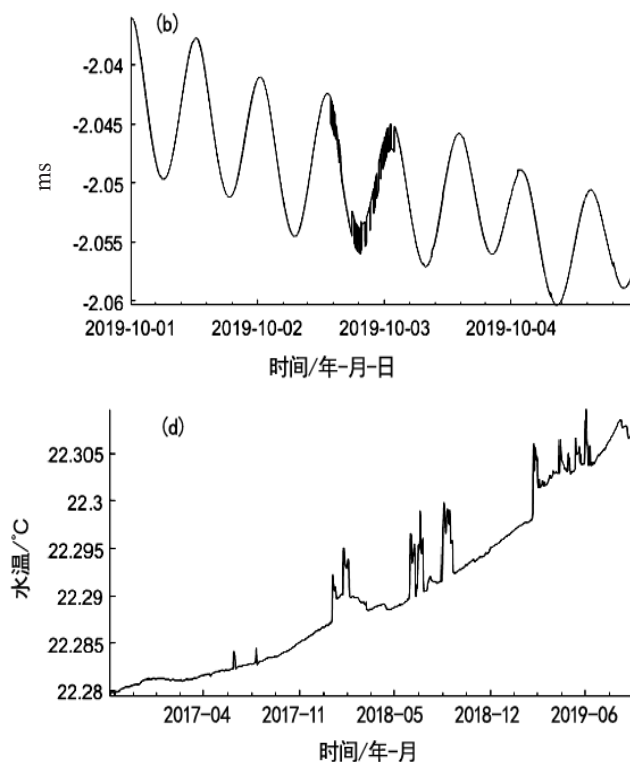


格式，原始数据和预处理数据时间精确到日，时间格式为“YYYY-MM-DD”，整点值和日值数据时间精确到月，时间格式统一为“YYYY/MM”，根据 figure 大小选择自适应模式等间隔标注刻度。

(2) 横纵表标题：标题统一为“台站名称—观测测项分量名称（起始日期—结束日期）”，其中日期格式为“YYYYMMDD”。

(3) 纵坐标刻度：刻度标注根据 figure 大小自适应模式自动标注，需要值得注意的是静水位数值表示的是井口距离探头的数据，静水位数值上升说明水位下降，反之水位上升，体应变观测同水位观测原理一致，观测值上升表示向压缩状态转变，观测值越小表示向拉张状态转变。因此，除了体应变观测和静水位测项纵坐标刻度值为反方向，其他测项的纵坐标刻度值离原点越远值越大。

(4) 纵坐标单位：MATLAB 纵坐标单位默认显示在左侧中间，规范统一为纵坐标正上方，语句为：text(min(xdata),axis(4),unit,'HorizontalAlignment','center','fontSize',15)。



(a) 漳州台—重力潮汐观测值；(b) 莆田—水管倾斜观测其他分量；  
(c) 福州福清江兜地震台—静水位；(d) 福州福清江兜地震台—浅层水温

图 4 规范化观测曲线图件

Fig.4 Curve diagram of standardized observation

### 3 结果产出

根据对地震活动性参数的计算结果以及曲线自动绘制成图结果分别产出初步的震情专报和前兆各学科观测曲线及其异常干扰情况说明分析报告。Office 应用程序套件具有丰富的功能，调用 Office VBA 方法可以快速实现对文档、电子表格和演示文稿进行创作、格式设置和操纵。通过 MATLAB 调用 office VBA 的对象模型、属

性和方向实现对 PPT 和 WORD 模块的设计，实现报告的自动化产出。

#### 3.1 震情专报产出

初步的震情专报自动产出是通过 MATLAB 调用本地 WORD 服务器，以预先设定好的相对固定格式和内容形成的模板产出得到专报内容，假设 2019 年 10 月 25 日福建莆田仙游县发生 3.7 级地震，模拟自动快速产出初步震情专报，产出结果见图 5。

秘 密

## 震情专报

2019 年 第 1 期

福建省地震局

2019 年 10 月 25 日 10 时 22 分

10 月 25 日 3.7 级

地震紧急会商意见

#### 一、地震概况

据中国地震台网测定，2019 年 10 月 25 日 10 时 22 分在福建莆田仙游县（北纬 25.37 度，东经 118.85 度）发生 3.7 级地震，震源深度 7 千米。

#### 二、震后趋势研判

震区位于福建莆田仙游县，震区周边历史中强震活跃。历史上震中周边 50km 范围内发生过 5.0~5.9 级地震 0 次，6.0~6.9 级地震 0 次，7.0 级以上地震 0 次，最大地震为 1596 年 10 月 0 日 4.8 级地震，100km 范围内发生过 5.0~5.9 级地震 7 次，6.0~6.9 级地震 0 次，7.0 级以上地震 1 次，最大地震为 1604 年 12 月 29 日 7.5 级地震。

1971 年以来震中周边 50km 范围内发生过 ML4.0~4.9 级地震 0 次，ML5.0~5.9 级地震 0 次，ML6.0~6.9 级地震 0 次，ML7.0 级以上地震 0 次，最大地震为 1971 年 6 月 16 日

3.5 级地震。100km 范围内发生过 ML4.0~4.9 级地震 1 次，ML5.0~5.9 级地震 1 次，ML6.0~6.9 级地震 0 次，ML7.0 级以上地震 0 次，最大地震为 1992 年 2 月 18 日 ML5.3 级地震。

震中附近 100 千米范围内 1995 年以来地震序列类型统计结果显示，对 5.5 级以上地震孤立型与主余型地震占较大比例。

震中附近 50 千米范围内 1971 年以来地震序列类型统计结果显示，3 级以上地震孤立型与震群型地震占较大比例。

#### 三、研判结论

会商后认为，10 月 25 日 3.7 级地震 原震区近期，后续存在 1 级左右余震的可能。

报：单位（xxx 单位）

送：部门（xxx 部门）

编辑： 审核人： 签发人：

图 5 模拟震情专报自动产出结果——以 2019 年 10 月 25 日福建莆田仙游县 3.7 级地震为例

Fig.5 Automatic output results of simulated earthquake situation special report —— taking the Xianyou M3.7 earthquake in Putian, Fujian Province on October 25<sup>th</sup>, 2019 as an example

#### 3.2 观测曲线及异常干扰情况说明产出

MATLAB 调用 PowerPoint 服务器，将绘制完成观测曲线及曲线异常干扰质量情况说明自动导入 PPT 文件，一张幻灯片版式由标题和绘制好的观测曲线组成，标题以“台站名称-仪器名称-短（中或长）期”命名，其中短期为曲线时长小于 3 个月，数据为原始采样值（在

没有特殊要求下默认采用观测仪器原始产出值：秒值、分钟值、整点值、日值，下同。）），中期为时长大于三个月小于 6 个月，数据一般采用整点值，长期为时长大于 6 个月以上，数据一般采用日值，备注页说明曲线异常干扰情况，导出结果见图 6：

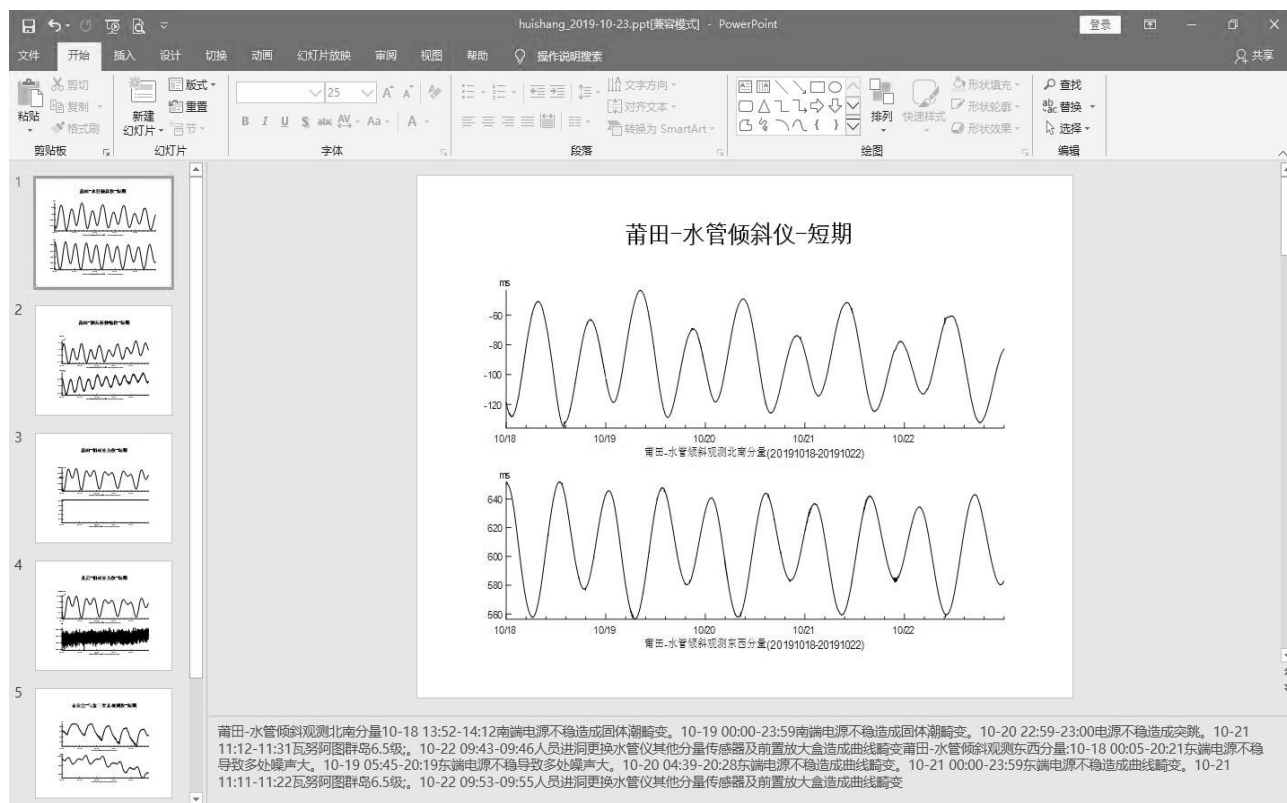


图 6 观测曲线及异常干扰情况说明自动导入 PPT 结果

Fig.6 Observation curve and abnormal interference description automatically imported into PPT

## 4 结语

本文主要利用 MATLAB 软件在数据处理和计算能力方面的强大功能,能够快速计算相关参数结果及占用较少的内存获取较大字节的地震前兆观测数据,保证部署在服务器端实时监测地震发生后快速判断是否满足条件并自动产出相应可靠的资料,争取应急时间,采用 JAVA 对程序内容进行可视化,满足日常会商对图件和资料个性化产出的需求,极大的提高工作效率。

## 参考文献

- [1] 卢利农,祝忠明,张旺强,等.基于科研人员本体的知识产出自动获取方法与技术研究[J].图书与情报,2014(01): 89-95.
- [2] 曾箴.基于云计算的数据库技术及其应用实践解析[J].数字通信世界,2018(08): 174.
- [3] 谈云骏,郝敏.基于 Matlab GUI 的统计过程控制软件设计[J].工业控制计算机,2018,31(10): 118-120+139.
- [4] 林岩钊,肖健,叶晓明.基于地震烈度速报产出的自动出图平台设计[J].黑龙江科技信息,2016(26): 153.
- [5] 张博.基于 MATLAB 的地震会商资料自动产出系统[J].国际地震动态,2017(08): 103-104.
- [6] 刘坚,李盛乐,戴苗,等.大震应急与科学产品的自动产出——以巴东 5.1 级地震为例[J].大地测量与地球动力学,2014,34(03): 55-58.
- [7] 陈军章,葛洪兴.JAVA 技术的现状和发展方向浅论[J].中国西部科技,2006(24): 51-53.
- [8] 胡克坚.震中距计算方法使用范围的讨论[J].地震学刊,1987(01): 33-38+83.
- [9] 蒋骏,李胜乐,张雁滨,等.地震前兆信息处理与软件系统[M].北京:地震出版社,2000.
- [10] 周克昌,赵刚,王晨,等.中国地震前兆台网观测技术系统整合[J].中国地震,2013,29(02): 270-275.
- [11] 周克昌,蒋春花,纪寿文,等.地震前兆数据库系统设计[J].地震,2010,30(02): 143-151.