

祁玉萍, 汪小厉, 林圣杰, 肖本夫, 何畅, 廖晓峰, 2020. 四川地区震后应急会商资料快速产出系统的设计与实现. 震灾防御技术, 15 (1): 176—183. doi: 10.11899/zzy20200117

四川地区震后应急会商资料快速产出系统的设计与实现¹

祁玉萍¹⁾ 汪小厉²⁾ 林圣杰¹⁾ 肖本夫¹⁾ 何畅¹⁾ 廖晓峰¹⁾

1) 四川省地震局, 成都 610041
2) 安徽省地震局, 合肥 230031

摘要 地震预报意见以大量资料为基础, 依靠专家经验和多学科知识并通过会商讨论形成。显著地震发生后, 快速、准确、有效地研判震情可为后期应急指挥和地震现场工作奠定基础。本文以 Datist 软件为平台, 基于四川及邻区的基础资料, 设计研发符合四川震情的震后会商资料快速产出系统, 当四川及邻区发生中强地震时, 通过该系统可在收到地震短信 5 分钟内以请求触发的方式快速产出应急会商资料, 并以微信、PowerPoint 和 Word 的形式将基础资料发送给分析预报人员, 为后期趋势分析奠定基础。

关键词: 地震应急 会商资料快速产出 震后趋势判定 数据专家

引言

震情会商是中国政府对地震灾害预报、趋势分析等重要决策制定的主要依据来源(陈石等, 2011)。显著地震发生后, 应急会商对地震形势分析和震后趋势判定意见的形成起着重要作用, 目前应急会商主要基于已有数据及日常会商软件, 如 MapSIS、SuperSeis 等(李闰峰等, 2001; 陆远忠, 2006), 相关研究机构及学者也研发了一些用于应急会商的软件(叶秀薇等, 2001; 黄静, 2005; 仲霄, 2006; 贾婧等, 2008; 陈靓等, 2011; 张华等, 2014; 张博, 2017)。然而传统的应急会商软件平台多以单机模式为主(董一兵等, 2017), 在分析过程中需大量人机交互, 难以满足社会公众对提高地震预测预报成效及专家们对多元海量会商素材的深入分析等现实需求。

Datist 是专项服务于大数据时代的一款场景式数据分析与数据挖掘工具软件, 以管道式的数据处理方式增强业务逻辑的灵活度(高倩, 2015)。该软件能通过多种数据源获取多种格式的数据, 经数据提取、清洗、关联和整理等操作, 最终输出给用户想要的数, 是一款全新的数据提取、整理与融合软件产品。2017 年中国地震局地球物理研究所陈石联合西安数源

1 基金项目 中国地震局监测预报司震情跟踪青年课题(2019010107); 四川省地震局地震科技专项(LY1802、LY1817)
[收稿日期] 2019-06-12
[作者简介] 祁玉萍, 女, 生于 1989 年。工程师。主要从事数字地震学方法应用、地震预报研究。E-mail: vickey112@163.com
[通讯作者] 汪小厉, 女, 生于 1990 年。工程师。主要从事地震学研究。E-mail: xiaoliw@mail.ustc.edu.cn

软件有限公司，基于 Datist 软件开发了一套地震分析预报会商平台，将一系列数据导入、筛选和处理，以一个个零件的形式串联起来，形成一套规定动作的数据流模型，实现了地震目录查询、报告生成等批量化处理（刘坚等，2018）。目前 Datist 软件已在中国地震局第二监测中心建立大型操作后台服务，通过微信平台和企业微信 APP 的方式均可进行地震信息查询，用户也可直接按照自己的需求在平台上进行流程编写，依托中国第二监测中心的 Datist 服务器运行。

四川地区属于多震地区，自 2008 年汶川 8.0 级地震以来，相继发生了 2008 年攀枝花 6.1 级地震、2013 年芦山 7.0 级地震、2014 年康定 6.3 级地震和 2017 年九寨沟 7.0 级地震等强烈地震，造成大量人员伤亡和财产损失。严峻的震情形势要求分析预报业务人员能快速、准确、有效地研判震情，以便为震灾救援和风险决策提供及时参考。因此，为进一步提高地震应急和会商水平，有效、快速地判定震后趋势，满足应急指挥和地震现场工作需求，根据四川震情实际情况，四川省地震预报研究中心基于 Datist 软件设计研发了四川震后应急会商资料快速产出系统，当四川及邻区发生中强地震时，可通过该系统以请求触发的方式自动生成应急会商资料，该系统的构建不仅加快推动信息技术与防震减灾的融合，实现“数据资源化、服务智能化”的目标，也为有效提升震后趋势判定能力奠定基础。

1 系统架构设计和构建思路

一般来说，当某一区域发生显著地震后，应急会商主要基于地质构造背景、震源区周边历史地震活动、序列类型活动特征、震源机制解、震中周边测震、前兆异常变化、近期地震活动等信息，给出初步震后趋势判定意见，并进行相应的工作部署。根据四川省最新的应急预案要求，需对省内 4.0 级以上地震开展应急会商工作。构建四川震后应急会商资料产出系统的主要目的是希望能在震后准确、快速生成包括震中空间位置、构造断层信息、区内历史地震序列类型、前兆异常统计等相关信息，减少低效的手动梳理资料时间，以利于会商时对目标震情充分讨论，提升研判结果的时效性和科学性。

具体研究思路为：首先根据四川省地震局提供的正式地震短信向系统发起请求，系统通过提取信息中的地震三要素（发震时间、发震位置、震级）判定此次地震是否发生在余震区内，如果发生在余震区，系统将根据三要素信息对该余震序列进行相关分析，若发生在非余震区，系统将对对该区域历史地震活动等进行相关信息的提取，最终以微信、PowerPoint 的形式自动生成本次地震的应急会商资料，以 Word 格式形成震后趋势判定的部分内容，并根据需求发送给分析预报业务人员。该系统的运行流程主要包括以下步骤：

(1) 在微信平台或企业微信 APP 中输入“@m 四川地震台网正式地震信息”，触发应急会商资料快速产出系统；

(2) 输入地震信息，提取地震三要素，判定此次地震是否属于余震区地震；

(3) 根据地震信息产生应急会商的相关图件和数据内容等；

(4) 以微信、PowerPoint 格式产出地震会商资料，以 Word 格式生成震后趋势判定意见中相关的统计内容。

2 系统模块架构功能实现

基于 Datist 软件平台，结合四川地震活动实际情况，根据业务需求、系统架构和工作流

程等完成四川地区震后应急会商资料快速产出系统的构建。系统主要分为数据库建立、系统触发、数据处理和信息发布处理，其中数据处理为整个系统构建的核心部分，分为余震区数据处理和非余震区数据处理。

2.1 数据库的建立

在系统构建中，数据为整个系统的基础，不仅需要地震目录数据，还需要地震序列参数、震源机制解参数资料、前兆资料数据和绘图所用的基础数据等（见图 1）。

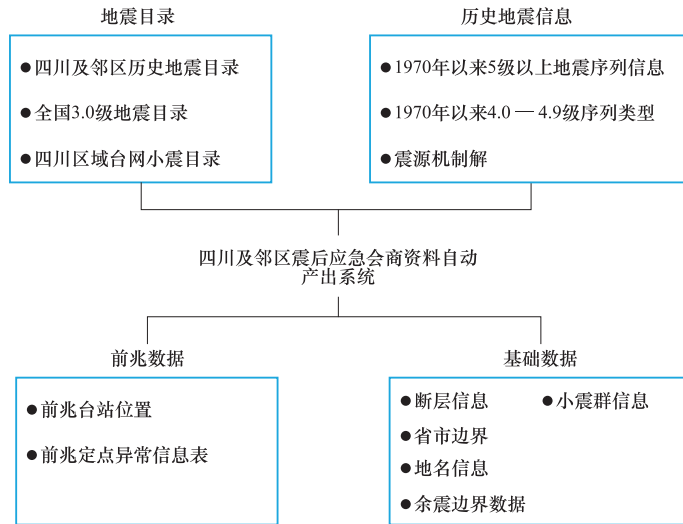


图 1 应急会商资料产出系统基础数据资料

Fig. 1 The basic data of emergency consultation data output system

地震目录包括四川及邻区大震历史地震目录、全国 3.0 级以上地震目录和四川区域台网 0 级以上的小震目录，大震历史目录和全国 3.0 级以上地震目录主要用于统计分析研究区域内历史地震活动，四川区域台网的小震目录为了更好地掌握四川及邻区近期的小震活动，其中全国 3.0 级以上地震目录和四川区域台网 0 级以上的小震目录均可在系统触发后进行数据访问。

震中周边历史地震序列对于震后趋势判定具有一定指示意义，为此通过梳理《中国震例》（张肇诚，1988，1990a，1990b，1999c，2000；陈琪福，2002a，2002b，2002c，2002d；蒋海昆，2014a，2014b，2018；杜方等，2018）得到四川、甘肃、青海、云南 1970 年以来 5.0 级以上地震序列，各序列内容包括序列参数、发震构造、最大余震、最大余震与主震时间间隔、序列类型、震源机制解类型等。对于 4.0—4.9 级地震序列，由于上述资料不全，仅对序列类型进行整理，其他相关内容可在今后工作中完善。

目前，预报中心业务人员基于 CAP 方法(Zhao 等，1994；Zhu 等，1996)计算得到四川及邻区 4.0 级以上地震的震源机制解，同时收集整理 1970 年以来川滇地区 4.0 级以上地震的震源机制解得到一个相对完整的震源机制解数据库，为更好地掌握震源区的震源性质奠定基础。

前兆信息便于掌握震前异常情况，统计得到四川省内前兆台站位置信息，并通过中国地震分析预报网对辖区内的前兆异常信息表进行实时下载，得到流体、形变、电磁的最新异常信息。同时，由于系统中涉及大量绘图，图件中需给出断层、省市边界、地名等基础信息，将这些

基础数据放入数据库中。

对于一些震级较高的地震，余震区将长时间出现余震活动，为将余震区进行单独分析，可在系统内将余震的边界数据人为放入数据库内，目前四川地区尚在活动的地震序列包括汶川地震序列、芦山地震序列和九寨沟地震序列。另外，四川地区存在多个活动小震群，建立了四川活动震群信息库，方便业务人员在震后快速掌握震源区附近的震群分布情况。

2.2 构建触发模块

当一次地震发生后，采用请求模式启动该系统，在对话框中输入“@m 四川台网正式报信息”，系统将自动提取输入地震信息中的地震三要素，根据发震位置判定此次地震是否属于余震，从而选择不同的流程，生成不同的会商资料供给分析预报业务人员使用。

2.3 数据处理模块

汶川余震区、芦山余震区、九寨沟余震区目前仍有小震持续活动，而余震区和非余震区的会商思路存在差异，因此在构建系统的过程中，将余震区和非余震区地震数据处理部分分开构建。

首先根据请求触发的地震信息进行位置判定，并在 Datist 软件平台上通过流程编写确定此次地震是否属于余震区地震。如果地震发生在余震区内，系统将自动给出余震序列的主要信息，包括余震序列空间分布图、震中附近的构造信息、余震区内 4.0 级以上地震的 $M-t$ 图、 $N-t$ 图、时间间隔 $D-t$ 图、本次地震距主震的距离、余震区内近 10 次 4.0 级以上的地震、余震区震源机制解分布及类型、周边的前兆台站分布、震源区周边台站、基于中国地震分析预报网对辖区内前兆异常信息表给出的前兆异常分布图及震源区周边异常信息（见图 2）。



图 2 余震区数据处理模块图

Fig.2 The aftershock area data processing module

非余震区地震应急内容模块中，主要涉及周边历史地震序列的活动，流程编写主要以图件、表格、文字的形式给出，包括以下内容（见图 3）：

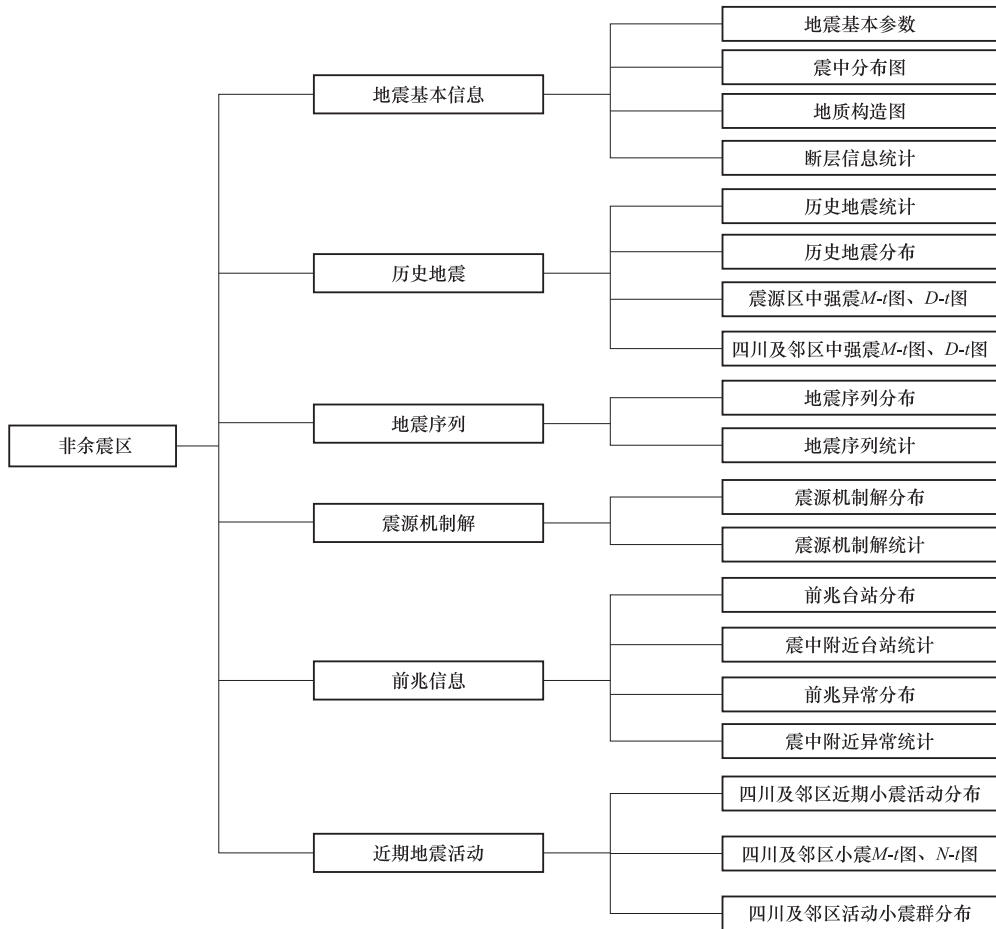


图 3 非余震区数据处理模块图

Fig.3 The non aftershock area data processing module

(1) 地震基本信息：包括地震基本参数、震中分布图、地质构造图、区域附近的断层信息、附近城镇距离等，其中地震基本参数、震中分布图能快速了解地震发生的位置，地质构造图和断层信息主要为地震的发震构造提供资料，在统计中主要给出震中附近最近的 5 条断裂信息，以供参考。

(2) 历史地震：根据历史地震可更好地判定震源区是否存在大震的可能，历史地震震中分布能直观地给出震源区历史地震活动。历史地震信息需根据不同震中距范围（4.0—4.9 级地震震中距为 50km、5.0—5.9 级地震震中距为 100km、6.0 级以上地震震中距为 200km）进行统计，得到不同震级对应的地震次数、统计范围内时间和空间上的最大地震、震源区和四川区域内主震同震级历史地震 $M-t$ 图、时间间隔 $D-t$ 图。

(3) 历史地震序列：根据收集的数据绘制区域内 4.0 级以上地震序列类型分布图，统计各序列类型（主余型、孤立型、震群型）所占比例，列出区域内 5.0 级以上地震序列信息（包

括发震构造、最大余震、与主震发生的间隔、序列类型、震源机制解类型和参数)。

(4) 震源机制解：绘制周边已有震源机制解分布图，统计各类型震源机制解（正断型、逆冲型、走滑型）所占比例。

(5) 前兆信息：给出周边前兆台站的分布，列出震源区周边台站位置，其主要目的是使不同学科的前兆分析人员能基于提供的分布图，在地震发生后，对震源区周边测项数据进行分析，确定是否出现异常。基于中国地震分析预报网可下载四川、云南、甘肃等邻省最新的前兆异常信息表，绘制震源区前兆异常分布图、列出震源区周边异常信息。

(6) 四川及邻区地震活动情况：提供四川及邻区近 3 个月以来 $M_L 2.0$ 以上地震震中分布、近两年来 $M_L 2.0$ 以上地震 $M-t$ 图和 $N-t$ 图、近两年来 $M_L 3.0$ 以上地震 $M-t$ 图和 $N-t$ 图等，同时绘制四川地区现今活动小震群分布图，以便快速分析具有前兆震群的特性。

为使图片美观，主要利用 GMT(Wessel 等, 1991)绘制图片，如震中分布图、断层分布图、历史地震分布图、序列分布图、震源机制解分布图、前兆台站分布图、前兆异常分布图等；利用 R 语言完成 $M-t$ 图、 $N-t$ 图、 $D-t$ 图的绘制。

2.4 信息发布处理

如何把形成的结果直观地展现给分析预报人员是信息发布模块需解决的问题。在本系统中，应急会商资料通过微信、PowerPoint 和 Word 形式产出，便于业务人员快速地掌握地震基本情况。业务人员可在微信“地震科研助手”或企业微信 APP 中直接浏览震情信息（推送需注册地震科研助手）。微信内容相对简练，目的在于能快速掌握震中附近的地震活动情况；PowerPoint 中的内容系统、全面，主要服务于分析预报人员在应急会商中对后期震后趋势快速研判；Word 文档中将给出地震参数、构造背景、地震序列、地震活动分析、异常跟踪等内容，将其作为会商意见的基本内容。PowerPoint 与 Word 文档仅发送给四川省地震预报研究中心分析预报业务人员，微信内容提供给需了解本次地震的业务人员。

3 讨论与结论

本文以 Datist 软件为平台，构建符合四川震情的震后应急会商资料快速产出系统，当四川及邻区发生中强地震时，可通过该系统以请求触发的方式在收到地震短信 5 分钟内自动生成紧急会商资料，并以微信、PowerPoint 和 Word 的形式将会商内容发送给分析预报人员。构建四川地区震后应急会商快速产出系统，不仅能及时产出应急会商资料，提高业务人员的工作效率，也为震情分析、余震趋势预测等提供辅助参数，具有一定实用性。目前该系统已在 2018 年 5 月 16 日石棉 4.3 级地震、2018 年 8 月 11 日马边 4.2 级地震、2018 年 9 月 12 日陕西宁强 5.3 级地震、2018 年 10 月 31 日西昌 5.1 级地震、2018 年 12 月 16 日兴文 5.7 级地震、2019 年 6 月 17 日长宁 6.0 级地震、2019 年 9 月 8 日威远 5.4 级地震中进行应用。

四川地区震后应急会商系统虽已实现了基本功能，但仍存在一些问题需改善与提高，如增加主要序列近三天的 $M-t$ 图、典型地区地震活动图像显示等；同时需进一步提高系统的稳定性和结果的完整性。

致谢 本系统是在西安数源软件有限公司研发的 Datist 软件平台上构建的，构建过程中得到了中国地震局地球物理研究所陈石研究员、长安大学孙少波讲师的悉心指导，四川省地震局地震预报研究中心龙锋高级工程师、张致伟高级工程师对本系统的构建提供思路，西安数源软件有限公司王磊工程师和吴旭工程师提供技术帮助，审稿专家对本文提出宝贵的意见和建

议, 在此一并感谢!

参考文献

- 陈靛, 谢庆胜, 2011. 安徽省地震会商地理信息系统的研制与实现. 地理信息世界, **9** (1): 52—57.
- 陈琪福, 2002a. 中国震例 (1992—1994). 北京: 地震出版社.
- 陈琪福, 2002b. 中国震例 (1995—1996). 北京: 地震出版社.
- 陈琪福, 2002c. 中国震例 (1997—1999). 北京: 地震出版社.
- 陈琪福, 2002d. 中国震例 (2000—2002). 北京: 地震出版社.
- 陈石, 蒋长胜, 李艳娥等, 2011. 三维立体可视化震情会商系统平台设计与实现. 地震地磁观测与研究, **32** (3): 148—154.
- 董一兵, 王想, 王亚茹等, 2017. 实时震情分析与快速发布系统. 地震学报, **39** (2): 300—306.
- 杜方, 蒋海昆, 杨马陵等, 2018. 中国震例: 2008年5月12日四川汶川8.0级地震. 北京: 地震出版社.
- 高倩, 2015. 多源数字油田数据与油田数据融合及方法研究. 西安: 长安大学.
- 黄静, 2005. 基于网络技术的虚拟地震会商系统研究. 北京: 中国地震局地球物理研究所.
- 贾婧, 冯启民, 夏新, 2008. 震情会商决策支持系统的构建及关键技术. 震灾防御技术, **3** (2): 197—203.
- 蒋海昆, 2014a. 中国震例 (2003—2006). 北京: 地震出版社.
- 蒋海昆, 2014b. 中国震例 (2007—2010). 北京: 地震出版社.
- 蒋海昆, 2018. 中国震例 (2011—2012). 北京: 地震出版社.
- 李闽峰, 李圣强, 陈棋福, 2001. 测震学数据处理与分析通用软件—SuperSeis. 2001年中国地球物理学会年刊—中国地球物理学会第十七届年会论文集.
- 刘坚, 李盛乐, 刘珠妹等, 2018. 地震分析会商应用系统研究现状及展望. 地震研究, **41** (2): 157—165.
- 陆远忠, 2006. 基于GIS的地震分析预报软件系统的研制和应用. “十五”重要地质科技成果暨重大找矿成果交流会材料二—“十五”地质行业获奖成果资料汇编.
- 叶秀薇, 闻刚刚, 胡秀敏等, 2001. 大中城市震后趋势快速判定软件系统的编制. 华南地震, (1): 49—56.
- 张博, 2017. 基于MATLAB的地震会商资料自动产出系统. 国际地震动态, (8) 103—104.
- 张华, 周斌, 文翔等, 2014. 广西震后趋势快速研判系统及其应用. 华南地震, **34** (2): 73—77.
- 张肇诚, 1988. 中国震例 (1966—1975). 北京: 地震出版社.
- 张肇诚, 1990a. 中国震例 (1976—1980). 北京: 地震出版社.
- 张肇诚, 1990b. 中国震例 (1981—1985). 北京: 地震出版社.
- 张肇诚, 1990c. 中国震例 (1986—1988). 北京: 地震出版社.
- 张肇诚, 2000. 中国震例 (1989—1991). 北京: 地震出版社.
- 仲霄, 2006. GIS在地震应急系统及地震信息共享中的应用研究. 北京: 中国地震局地震预测研究所.
- WESSEL P., SMITH W. H. F., 1991. Freeware helps map and display data. Eos Transactions American Geophysical Union, **72**(41): 441—446.
- ZHAO L. S., HELMBERGER D. V., 1994. Source estimation from broadband regional seismograms. Bulletin of the Seismological Society of America, **84**(1): 91—104.
- ZHU L., HELMBERGER D. V., 1996. Advancement in source estimation techniques using broadband regional seismograms. Bulletin of the Seismological Society of America, **86**(5): 1634—1641.

The Design and Implementation of Consultation System for Post-earthquake Emergency Response in Sichuan Region

Qi Yuping¹⁾, Wang Xiaoli²⁾, Lin Shengjie¹⁾, Xiao Benfu¹⁾,
He Chang¹⁾ and Liao Xiaofeng¹⁾

1) Sichuan Earthquake Agency, Chengdu 610041, China

2) Anhui Earthquake Agency, Hefei 230031, China

Abstract Earthquake prediction is formed based on a large amount of data, multidisciplinary knowledge, the experience of experts and their consultation decision. After a significant earthquake occurs, rapid, accurate and effective study of earthquake conditions can lay a foundation for later emergency command and earthquake field works. In this study, using Datist software as the platform, based on the basic data of Sichuan and neighboring areas, we designed and developed a consultation system for post-earthquake emergency response in Sichuan Region. When a moderate-strong earthquake occurs in the area, it can automatically generate an emergency consultation report within 5 minutes after receiving the earthquake SMS by means of request trigger, and send the consultation decision to users in the form of mobile phone WeChat, PowerPoint and Word, which can facilitate practical work.

Key words: Earthquake emergency; Consultation system; Post-seismic tendency determination; Datist