

陈经纶, 邹小波, 任克新, 等. 2024. SeisComP 在国家测震台网中心地震编目业务中的应用研究——以甘肃积石山  $M_s 6.2$  地震为例. 中国地震, 40(4): 787~794.

# SeisComP 在国家测震台网中心 地震编目业务中的应用研究 ——以甘肃积石山 $M_s 6.2$ 地震为例

陈经纶<sup>1)</sup> 邹小波<sup>2)</sup> 任克新<sup>1)</sup> 任泉<sup>1)</sup> 徐泰然<sup>1)</sup>

1) 中国地震台网中心, 北京 100045

2) 张掖地震监测中心站, 甘肃张掖 734300

**摘要** 为提升国家测震台网中心地震编目的自动化水平和地震参数的测定精度, 对国家测震台网中心地震编目数据处理流程进行优化, 研制了国家测震台站震相数据导入软件, 实现了 SeisComP 平台系统与现有国家测震台网中心地震编目业务相融合。本文介绍了国家测震台站震相数据导入软件的设计思路和主要功能, 以 2023 年 12 月 18 日甘肃积石山  $M_s 6.2$  地震的分析处理为例, 充分利用 SeisComP 系统的地震事件检测、自动地震参数测定、可视化人机交互、数据质量监测等功能, 将国家测震台站震相资料与离线事件波形结合利用, 提升了国家台网地震编目的科学性和可靠性。

**关键词:** 国家台网 地震编目 软件研发 SeisComP 系统 业务融合

[文章编号] 1001-4683(2024)04-0787-08 [中图分类号] P315 [文献标识码] A

## 0 引言

“十五”期间, 中国地震局开展数字化改造, 建成了 107 个有人值守的国家测震台站(以下简称“国家台站”), 负责处理分析我国及周边地区  $M \geq 4.0$  地震(以正式速报结果为准)和全球其他地区记录清晰的地震事件(代光辉等, 2019)。国家测震台网中心(以下简称“国家台网”)接收来自国家台站的实时数据(杨世英等, 2019), 并对国家台站报送的震相数据进行组合、定位和震级计算, 产出国家台网观测报告。

国家台网负责校核国家台站编报地震震相的准确性, 在校核过程中舍弃残差大的到时类震相和超周期范围的振幅类震相, 并依据定位台站数量、到时标准残差对定位质量进行评价(代光辉等, 2019)。目前这一工作主要依靠人工完成, 由于工作量巨大, 产出结果往往存在时间滞后的问题, 时效性亟待提高; 同时产出观测报告依赖于国家台站报送的震相数据, 而未充分使用波形资料, 报告的可靠性有待提高。随着国家地震烈度速报与预警工程的实

[收稿日期] 2024-03-29 [修定日期] 2024-05-10

[项目类别] 国内地震余震统计系统研发项目(1245042317)资助

[作者简介] 陈经纶, 男, 1994 年生, 工程师, 主要从事地震监测及地震编目工作研究。E-mail: chenjl@seis.ac.cn

施和“十四五”国家防震减灾规划的推进,测震观测站网规模持续扩大,地震数据和震相数量成倍增长。地震监测预报预警能力的持续提升对国家台网编目工作提出了更快、更高的要求,现有的人工模式已无法应对随之而来的挑战,亟需寻求一种更为快速、可靠的编目流程以提高国家台网地震编目的工作效率,实现编目业务改革升级。探索新形势下国家台网编目数据处理流程,提前做好相应技术储备已势在必行。

## 1 技术系统

为提升国家台网地震编目的专业化水平,解决人工编目流程存在的时间滞后问题,本研究对常用的地震实时监测与自动处理系统进行深入调研,并最终引入 SeisComP (Seismological Communication Processor) 平台系统。SeisComP 平台系统由德国 GEOFON 台网开发用以实现全自动数据获取和(准)实时数据处理,常用于实时地震监测和地震事件处理,提供了地震数据获取、数据质量控制、数据记录、实时地震数据交换、实时地震数据处理、地震事件交互分析、定位和报警等功能(徐志国等,2016),并支持免费下载使用<sup>①</sup>。该系统遵循通用地震数据标准 SAC,兼容常见波形格式,能够完成对地震波形数据、定位结果、震相数据的统一管理(徐志国等,2016),并且系统具备强大的地震数据处理与分析能力,可以有效应对台站数量多、编目数据量大的挑战,另外,该系统具备展示全面、操作便捷的图形展示界面,方便进行波形及震相的人机交互处理,便于最大化使用及研究地震事件波形资料。随着持续升级优化,SeisComP 系统的完整性、可靠性和延续性得到不断提升,并广泛应用于欧洲、东南亚、南美等国家和地区,用于地方、区域、全球的地震活动监测以及大地震海啸预警预报(徐志国等,2017)。

尽管 SeisComP 平台系统支持对目录、震相、波形数据的全面处理,然而目前国家台站报送的地震震相数据文件(五日报)(中国地震局,2001)不属于国际常用数据格式,SeisComP 系统无法对其进行读写。为提升国家台网地震编目的自动化水平和地震参数的测定精度,实现 SeisComP 平台系统与现有国家台网编目业务相融合,本研究研发了数据导入辅助软件,测试了历史波形处理及震相展示功能,推动了编目工作中国家台站震相资料与事件波形的结合利用。

## 2 研究内容

### 2.1 震相数据导入软件设计

基于现有国家台网编目数据处理流程和 SeisComP 地震处理流程(图1),本研究将组合后的震相数据与 SeisComP 自动化处理结果 XML 文件相结合,展示于 SeisComP 人机交互界面 scolv,从而实现人工可视化地修订震相数据,优化了现有国家台网编目校核流程。

SeisComP 使用 XML 进行数据交换与地震事件结果存储。本研究充分利用 XML 数据格式简单、层次结构清晰、易于跨平台实现数据快速交换等优点(库新勃等,2023),通过设计一套震相数据导入软件,将国家台站五日报中震相按照人工拾取格式写入自动处理结果 XML 中,具体流程如图2所示。

<sup>①</sup> [www.seiscomp.de](http://www.seiscomp.de)

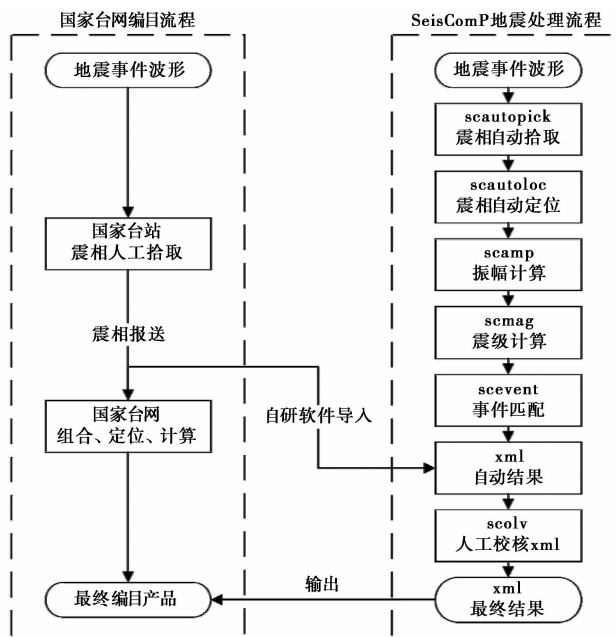


图 1 现有国家台网和 SeisComP 系统编目流程及融合

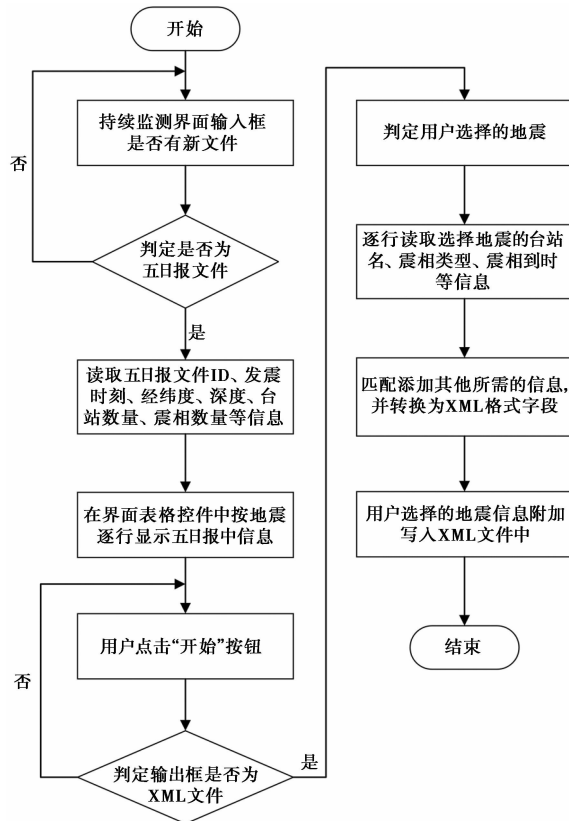


图 2 震相数据导入软件流程

- (1) 实时监测用户输入,并判断是否为五日报文件,若是则尝试读取;
- (2) 读取国家台站五日报文件,分别储存文件中地震基本信息与对应的震相信息;
- (3) 为方便后续筛选地震,对台站和震相总数进行计算,并将发震时刻转换为北京时;
- (4) 界面显示事件 ID、发震时刻(北京时)、发震时刻(协调世界时)、震中经纬度、震源深度、台站及震相数据信息;
- (5) 监测自动结果输入栏,并判断是否为 XML 文件;
- (6) 用户选定特定地震后,提取相应地震全部震相的到时、台站参数代码和震相名称,并补充滤波器、震相创建时间、拾取方式、方位角、震中距、到时残差以及权重等信息,将上述信息一并转换为 XML 格式所需字段;
- (7) 按照 SeisComP 人工拾取震相的格式写入自动结果 XML。

## 2.2 国家台站震相导入

进行国家台站震相批量导入时,软件支持使用者直接拖入组合后的震相文件至单行文本框,并自动解析及展示地震事件 ID、发震时刻、震中经纬度、震源深度等详细信息,便于用户筛选确认(图 3),之后选择相应地震并点击开始,软件即向自动处理结果 XML 中批量写入所勾选地震的全部震相。

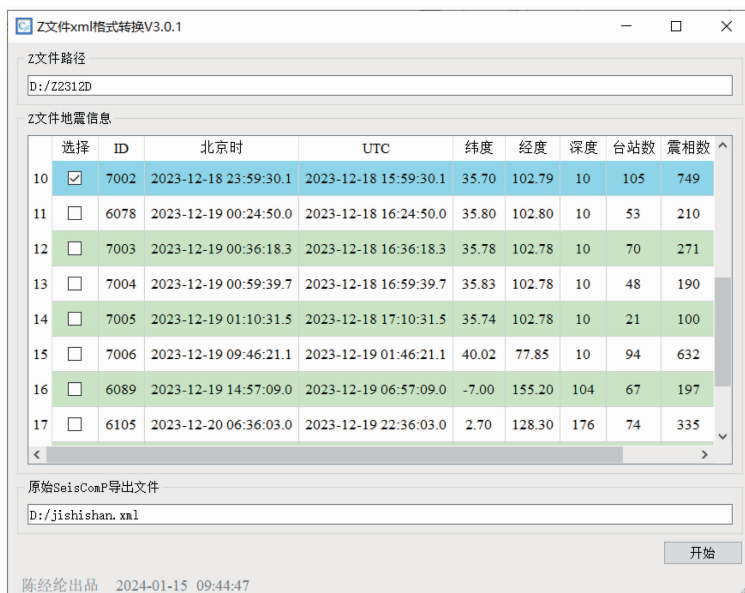


图 3 国家台站震相批量写入软件界面

完成写入后的 XML 即可基于地震波形在人机交互界面 scolv 中显示震相标记和到时等信息,用户可进行人工校验。

## 3 SeisComP 系统编目应用——以甘肃积石山 $M_s6.2$ 地震为例

以甘肃积石山  $M_s6.2$  地震离线地震波形 miniSEED 数据为例,依次调用 SeisComP 系统 scautopick、scautoloc、scamp、scmag、scevent 的离线处理模式,得到的自动定位结果见图 4,震

相自动拾取结果见图 5。人工正式速报结果、SeisComP 自动结果以及 1 类地震地震速报不扣标准列于表 1。

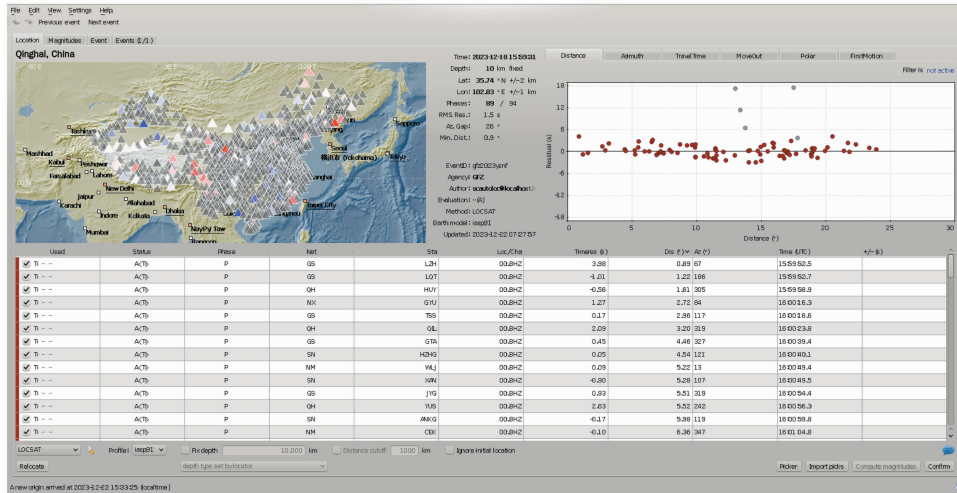


图 4 地震波形导入得到自动定位结果

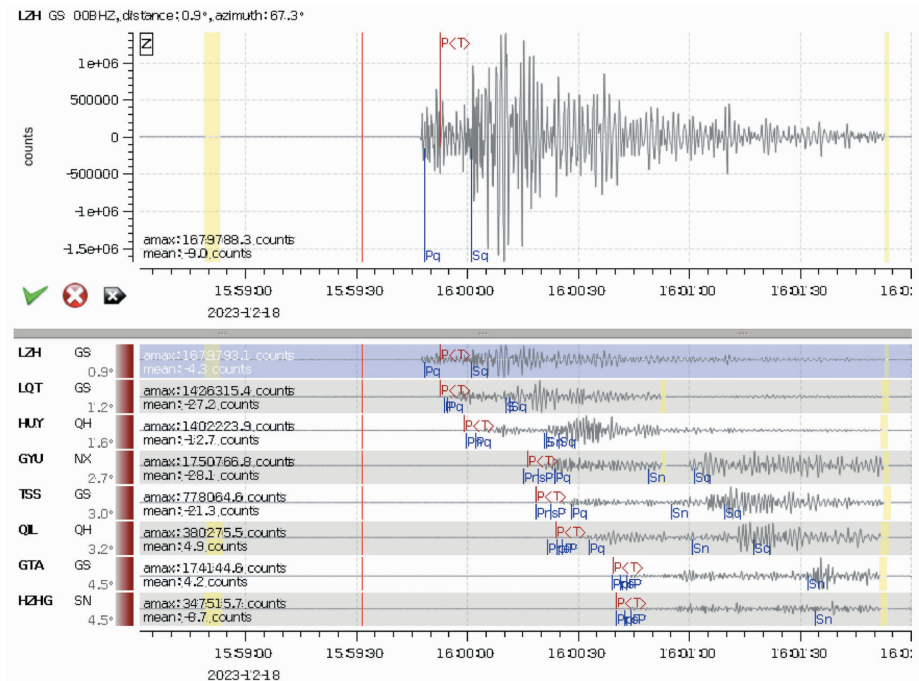


图 5 地震波形导入得到震相自动拾取结果

根据现行《省级测震台网地震速报评比标准(2016版)》<sup>②</sup>中的评分标准, I 类地震  $\Delta t \leq \pm 5s$ (与标准发震时刻的误差记为  $\Delta t$ )、 $\Delta P \leq 10km$ (定位误差记为  $\Delta P$ )、震源深度

<sup>②</sup> 中国地震局测震学科学技术管理组. 2016. 省级测震台网地震速报评比标准(2016版).

表 1 人工正式速报结果、SeiScomP 自动结果及 I 类地震速报不扣分标准对比

参数	人工正式速报结果	SeiScomP 自动结果	I 类地震不扣分标准
发震时刻 (UTC)	2023-12-18 T15:59:30.0	2023-12-18 T15:59:31	$\Delta t \leq \pm 5s$
震中纬度/(°)	35.70	35.74	$\Delta P \leq 10km$
震中经度/(°)	102.79	102.83	$\Delta P \leq 10km$
震源深度/km	10	10	$\Delta h \leq 20km$
震级	6.2	6.0	$\Delta M \leq \pm 0.3$

$\Delta h \leq 20km$  (深度误差记为  $\Delta h$ ),  $\Delta M \leq \pm 0.3$  (震级误差记为  $\Delta M$ ), 该自动定位结果可以获得满分的成绩, 可作为参考目录在编目中使用。

SeiScomP 自动结果显示, 发震时刻为 2023 年 12 月 18 日 15 时 59 分 31 秒 (UTC), 与人工正式速报结果相差 1s; 自动结果震中经纬度为  $35.74^\circ N, 102.83^\circ E$ , 与人工正式速报结果偏差在  $\pm 0.04^\circ$  左右; 自动结果震源深度为 10km, 和人工结果保持一致; 自动结果震级为 6.0 级, 与正式结果相差 0.2。震相自动拾取结果表明, 对于大部分台站, 初至震相自动拾取精度在 1s 以内。

导入甘肃积石山  $M_s 6.2$  地震国家台站报送的地震报告数据文件至自研辅助软件得到震相标注结果见图 6。

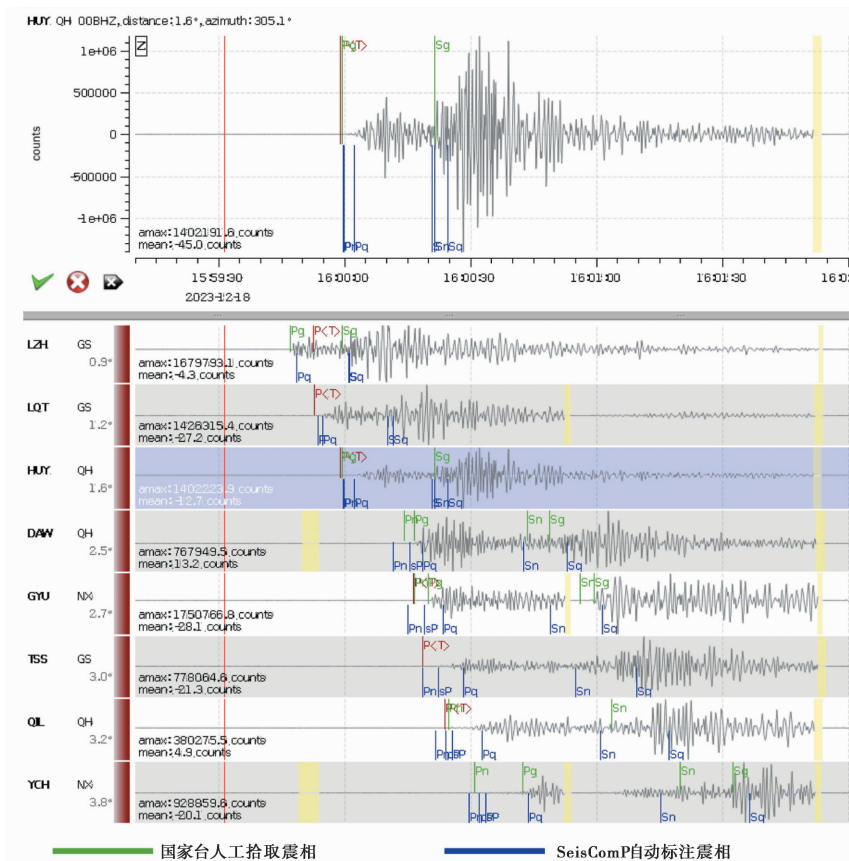


图 6 国家台站震相导入结果



导入结果显示,大部分国家台站人工编报的地震报告到时类震相(图中绿色标识)拾取相对准确可靠,此结果得到原有人工模式校核印证。同时,按震中距排列台站的方式便于快速准确地发现错误标注的震相(图 7)并进行舍弃,提高国家台网地震编目工作的科学性和可靠性,进而提升工作效率。

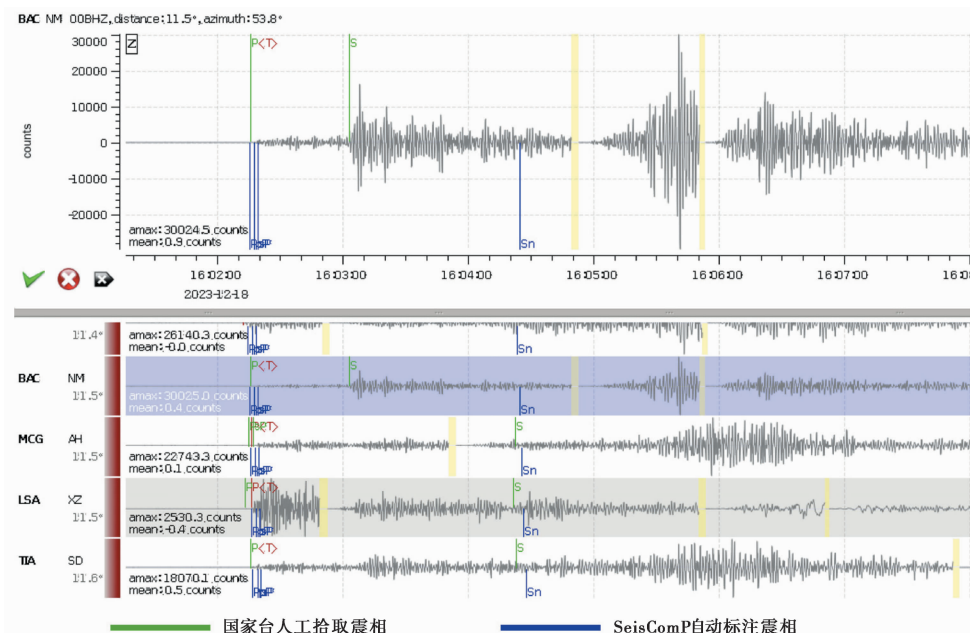


图 7 个别标注有误的台站

从本次甘肃积石山  $M_s6.2$  地震来看,SeisComP 系统自动产出结果符合国家台网地震速报标准,满足国家台网地震编目业务参考目录要求。通过在自动产出结果中导入国家台站地震报告震相,可视化地结合波形资料进行分析,推动国家台网编目校核工作高效开展。地震应急编目主要是针对某次有影响地震主震的编目,与日常编目工作内容一致。根据实际工作经验,国内有影响地震发生以后国家台网产出的应急编目产品往往滞后一周左右;若应急编目分析产出时利用 SeisComP 系统,使用事件波形及组合后的震相文件,并人工复核,结果产出时间将缩短至十几分钟,可极大地提升编目效率。

#### 4 结语

SeisComP 具备地震数据采集、数据处理、数据交换等功能,是目前国际上成熟先进的地震学分析处理系统。本研究基于 SeisComP 系统使用的数据交换与结果存储 XML 文件格式,开发出一套完整的辅助功能软件,得以在 SeisComP 系统中导入国家台五日报震相,并以 2023 年甘肃积石山  $M_s6.2$  地震为例,研究了 SeisComP 系统在国家台网日常编目工作中的应用。结果表明,较原人工修订模式,改进后的 SeisComP 系统在国家台网日常编目工作中获得准确结果的效率和可靠性均得到了提升。在后续研究中将进一步积累大量震例,系统地验证 SeisComP 系统产出结果,并在国家台网编目工作中进行试用推广。

**致谢:** 中国地震台网中心邹立晔高级工程师为论文提供了数据支持; 韩雪君高级工程师、黄兴辉高级工程师对本项工作提供有益建议; 张雪梅研究员对本项工作给予指导, 在此一并表示感谢。

### 参考文献

- 代光辉, 苗春兰, 翟璐媛. 2019. 中国测震台网统一地震编目. 中国地震, **35**(1): 192~203.
- 库新勃, 张海龙, 杨帅. 2023. 基于 XML 格式融合多源异构数据建设智慧社区数据管理平台. 电力勘测设计, (8): 1~5, 17.
- 徐志国, 梁姗姗, 邹立晔, 等. 2017. SeisComP3 地震监测软件系统及其在海啸预警系统建设中的应用. 科技导报, **35**(7): 88~92.
- 徐志国, 邹立晔, 梁姗姗, 等. 2016. SeisComP3 地震实时监测与自动处理系统. 国际地震动态, (9): 16~24.
- 杨世英, 孟彩菊, 靳玉贞, 等. 2019. 国家测震台站卫星传输状态自动检测. 地震地磁观测与研究, **40**(5): 159~162.
- 中国地震局. 2001. 地震及前兆数字观测技术规范·地震观测. 北京: 地震出版社.

## Application of SeisComP on National Network Cataloging—A Case Study of the $M_s6.2$ Jishishan Earthquake

Chen Jinglun<sup>1)</sup>, Zou Xiaobo<sup>2)</sup>, Ren Kexin<sup>1)</sup>, Ren Xiao<sup>1)</sup>, Xu Tairan<sup>1)</sup>

1) China Earthquake Networks Center, Beijing 100045, China

2) Zhangye Seismic Monitoring Center Station, Zhangye 734300, Gansu, China

**Abstract** To enhance the automation of national seismic cataloging and improve the accuracy of earthquake parameter determination, we have optimized the data processing workflow of the national network catalog and developed software for importing phase data from national stations. This software integrates the SeisComP platform with existing national cataloging operations. In this paper, we present the design principles and key functionalities of the phase data import software. Using the  $M_s6.2$  Jishishan earthquake in Gansu Province on December 18, 2023, as a case study, we illustrate the integration of national station phase data with offline event waveforms. By leveraging the SeisComP system's capabilities, such as automated earthquake detection, earthquake parameter determination, visual human-machine interaction, and data quality monitoring, we significantly enhance the scientific rigor and reliability of national seismic cataloging.

**Keywords:** National network; Seismic cataloging; Software development; SeisComP system; Business integration