



中国地震局工程力学研究所  
Institute of Engineering Mechanics, CEA

密级：公开

国家重点研发计划项目  
融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区  
地震动预测方程研究

系列研究报告（四）

2024 年 5 月更新版

2007-2020 年强震动记录  
去噪滤波数据处理

中国地震局工程力学研究所

2024 年 5 月

0002YF 2019YFE0115700 2020-11-21 21:23:07



# 说 明

本报告是由中国地震局工程力学研究所牵头的国家重点研发计划项目《融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区地震动预测方程研究》（编号：2019YFE0115700）产出的成果，报告中所涉及的一切内容和观点仅代表此项目研究结果，而非任何个人和集体。

本报告编写人员：任叶飞<sup>1</sup>，姚鑫鑫<sup>1</sup>，岸田忠大<sup>2,3</sup>，郭文轩<sup>1</sup>，  
温瑞智<sup>1</sup>

- 1 中国地震局工程力学研究所，黑龙江 哈尔滨 150080
- 2 加州大学洛杉矶分校土木与环境工程学院，美国，洛杉矶 90095
- 3 哈利法大学土木与环境工程系，阿联酋 阿布扎比 127788

**中文引用格式：**任叶飞，姚鑫鑫，岸田忠大，郭文轩，温瑞智. 2007-2020 年强震动记录去噪滤波数据处理[R]. 国家重点研发计划项目融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区地震动预测方程研究系列研究报告（四）2024 年 5 月更新版. 2024.

**英文引用格式：**Ren YF, Yao XX, Kishida T, Guo WX and Wen RZ. 2024. Data Processing of Filtering the Strong Motion Records from 2007 to 2020 in China. Report No. (4) of National Key R&D Program of China Entitled Ground Motion Prediction Equations in Western China with US NGA Models Incorporated. Update version on May, 2024.

## 相关论文引用：

- [1] 姚鑫鑫，任叶飞，岸田忠大，温瑞智，王宏伟，冀昆. 强震动记录的数据处理流程：去噪滤波. 工程力学, 2022, 39(S): 320-329.
- [2] 姚鑫鑫，任叶飞，岸田忠大，温瑞智，王宏伟，冀昆. 满足数据同一性的强震动记录去噪滤波后处理输出方法. 工程力学, 2023, 在线出版.
- [3] 郭文轩，任叶飞，姚鑫鑫，岸田忠大，江鹏，王宏伟，温瑞智. 简易烈度计记录的噪声水平评价：以泸定 MS6.8 级地震为例. 振动与冲击, 录用待刊.

# 说 明

本报告是 2023 年 6 月发布的《2007-2020 年强震动记录去噪滤波数据处理》国家重点研发计划项目融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区地震动预测方程研究系列研究报告（四）的更新版本。此次更新了数据的高通滤波截止频率并添加了九寨沟地震数据。

# 申 明

本报告著作权归属作者本人及国家重点研发计划项目《融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区地震动预测方程研究》（编号：2019YFE0115700）项目组，任何人未经允许不得转载、不得在各种网络平台转发、不得用于任何商业行为，否则将追究其法律责任。

## 致 谢

感谢中国地震局工程力学研究所“国家强震动台网中心”为本项工作提供的强震动记录。感谢全国各省市地震局强震动观测技术人员的辛勤付出！

感谢工力所马强研究员领导的强震动观测团队对本项工作给予的支持和帮助。感谢本项目美方合作团队负责人 Yousef Bozorgnia 教授对本项工作提出的宝贵意见和建议。

本项工作受国家重点研发计划项目（编号：2019YFE0115700）、国家自然科学基金项目（编号：51878632）、黑龙江省自然科学基金杰出青年项目（JQ2023E002）、黑龙江省自然科学基金优秀青年基金项目（YQ2019E036）和黑龙江省头雁行动计划共同资助完成。

# 目 录

一、强震动记录去噪滤波处理更新情况.....	1
1.1 九寨沟地震数据新增记录.....	1
1.2 强震动记录去噪滤波处理结果更新.....	1
1.2.1 数据集与其他国家数据高通滤波信息统计对比.....	1
1.2.2 数据集记录高通滤波信息统计分析.....	2
1.2.3 滤波截止频率相关性分析.....	3

## 一、强震动记录去噪滤波处理更新情况

### 1.1 九寨沟地震数据新增记录

本报告数据集新增了九寨沟地震中获取的 97 组三分量强震动记录，其中主震记录 41 组，余震记录 56 组。与原报告数据集汇总后共有强震动记录 11175 组。

### 1.2 强震动记录去噪滤波处理结果更新

本报告所用的强震动记录去噪滤波处理流程与 2023 年 6 月发布的《2007-2020 年强震动记录去噪滤波数据处理》国家重点研发计划项目融合美国 NGA 模型的中国大陆西部地区地震动预测方程研究系列研究报告（四）中所述一致，具体过程可参阅上一版的报告。

#### 1.2.1 数据集与其他国家数据高通滤波信息统计对比

由于记录 $f_{HP}$ 选择的主观性较强，因此为验证原报告 $f_{HP}$ 的适用性，在 2023 年 6 月发布原报告后下载统计了欧洲 ESM 数据集的 22689 条记录和美国 NGA 数据集的 21539 条记录的 $f_{HP}$ ，其中 ESM 在绝大多数记录中，对三方向数据推荐了相同的 $f_{HP}$ ，而 NGA 则将记录分为水平和竖直两种方向，推荐了不同的 $f_{HP}$ 。原报告、现报告、ESM 和 NGA 的 $f_{HP}$ 统计占比分布如图 1 所示。可见 ESM 和 NGA 的 $f_{HP}$ 分布都要小于原报告的 $f_{HP}$ ，说明 ESM 和 NGA 都偏向于保留更多的地震信号，而原报告处理时 $f_{HP}$ 偏向于尽可能消除噪声影响，因此本报告通过人工目视检查重新选取了倾向于保留更多地震信号的 $f_{HP}$ 以供不同的研

究需要，现报告的 $f_{HP}$ 与 NGA 的 $f_{HP}$ 总体分布较为接近，但要略大于 ESM 的 $f_{HP}$ 。

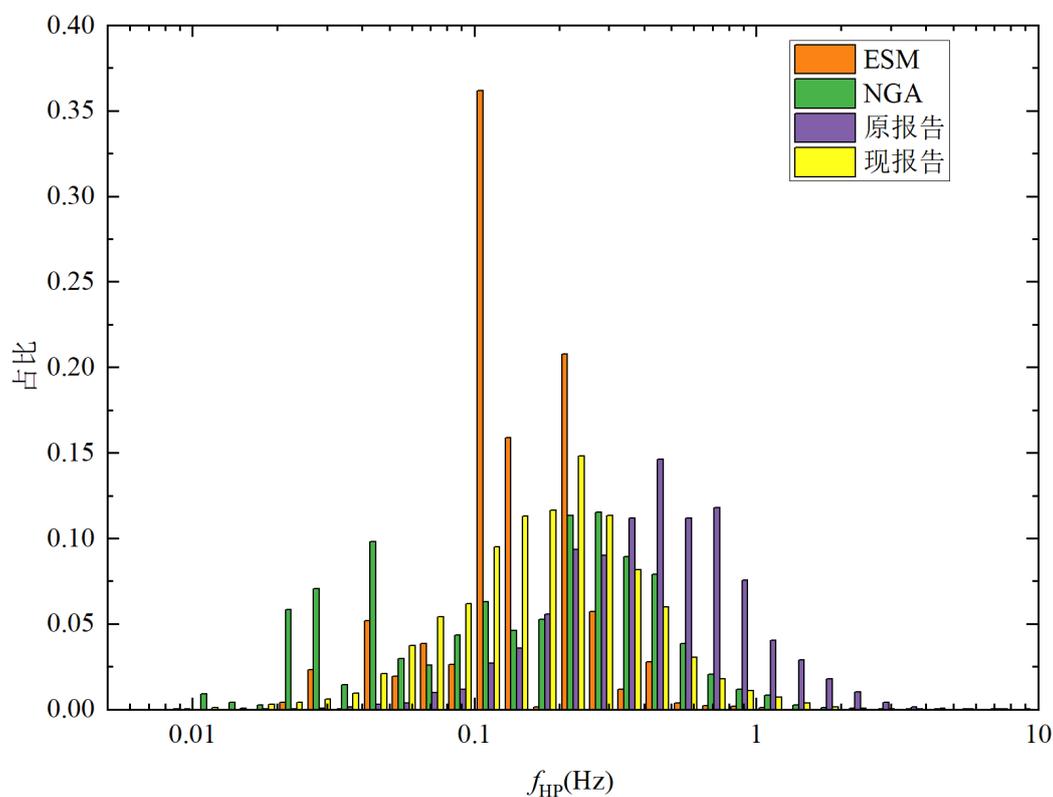


图 1 原报告、现报告、ESM 和 NGA 的 $f_{HP}$ 统计占比分布

### 1.2.2 数据集记录高通滤波信息统计分析

图 2 展示了强震动记录数据集两次处理给出的 $f_{HP}$ 对比情况，可见 $f_{HP}$ 基本呈正态分布，多集中于 0.1-0.3Hz，相较于原报告，此次滤波后的记录在各方向上都保留了更多的地震信号。

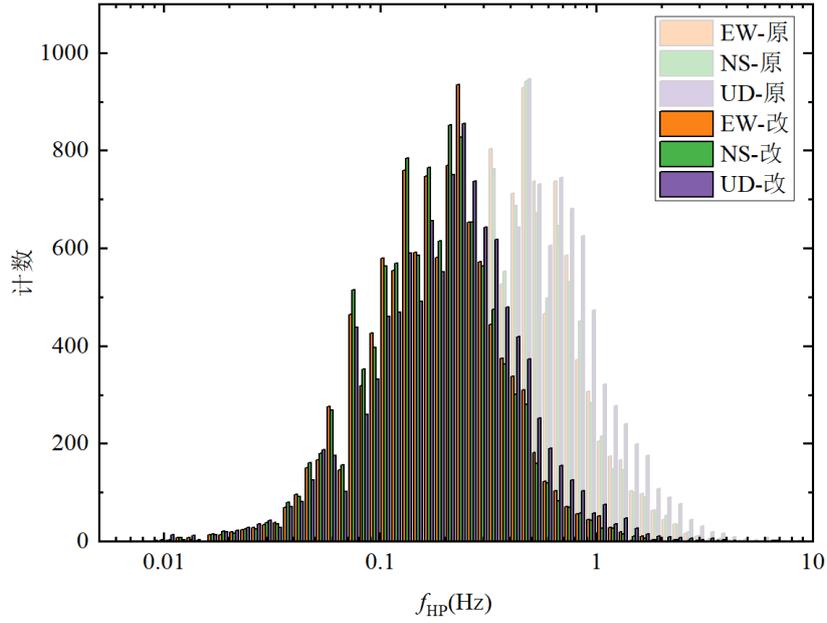


图 2 强震动记录数据集  $f_{HP}$  分布情况

### 1.2.3 滤波截止频率相关性分析

图 3 为  $f_{HP}$  和  $f_{LP}$  随地震震级变化的散点图。 $f_{LP}$  的中位数约为 70 Hz，与震级无关，而  $f_{HP}$  与震级相关性较大，震级小于 4.0 时的  $f_{HP}$  中位数为 0.31 Hz，震级大于 5.0 时的  $f_{HP}$  中位数约为 0.11 Hz。

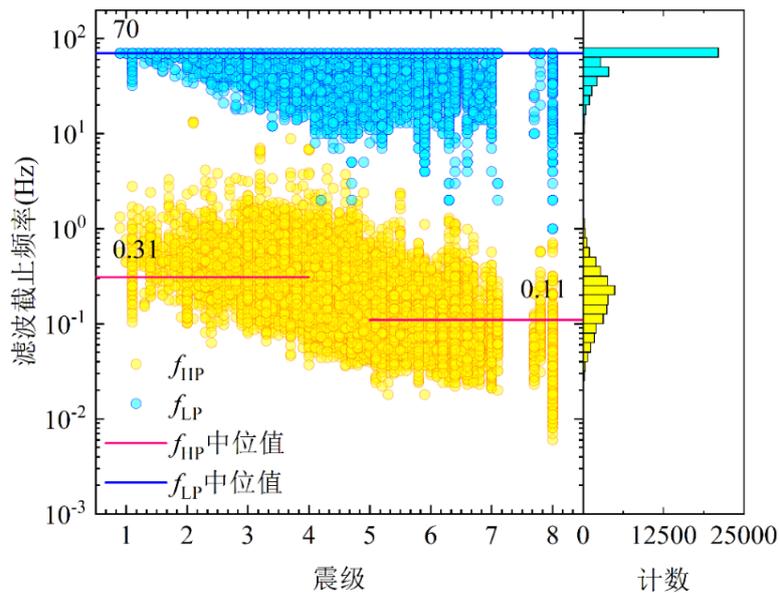


图 3  $f_{HP}$  和  $f_{LP}$  随地震震级的变化

可用频率范围内的记录数量如图 4 所示。在 0.7-20Hz 区间内，有超过 90%的记录是可用的，然而，当频率降低至 0.06Hz 时，可用记录的数量骤然减少至不足 1000 条，仅占数据集的 3%左右。

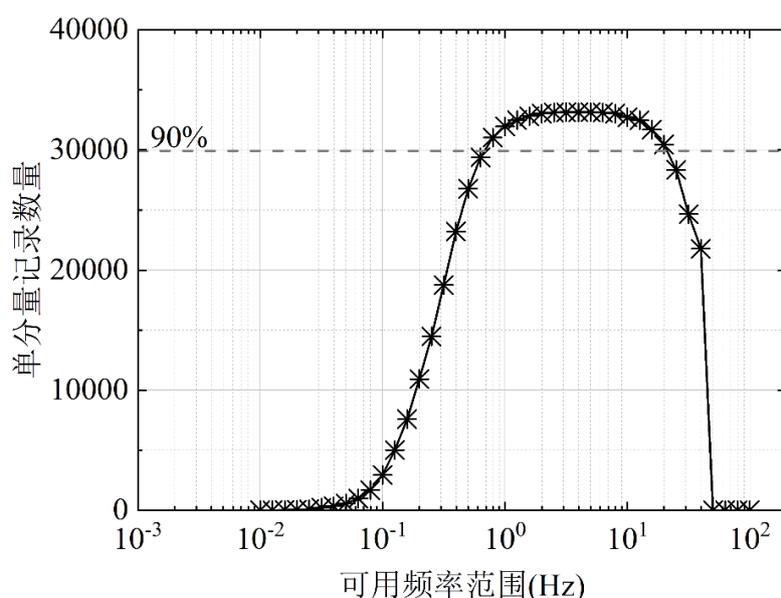


图 4 可用频率范围内的记录数量

考虑滤波器过渡带的作用，滤波后记录的 PSA 最大有效周期  $T_{\max}$  为：

$$T_{\max} = \frac{1}{1.5f_{\text{HP}}} \quad (1)$$

本次数据集 EW、NS 和 UD 向的 PSA 在  $T_{\max}$  范围内的可用记录数量如图 5 至图 7 所示。无论是哪个方向， $T_{\max}$  在 10s 以上的记录仅 1000 个左右，不足 1/10； $T_{\max}$  在 6s 以上的记录接近 3000 个左右。

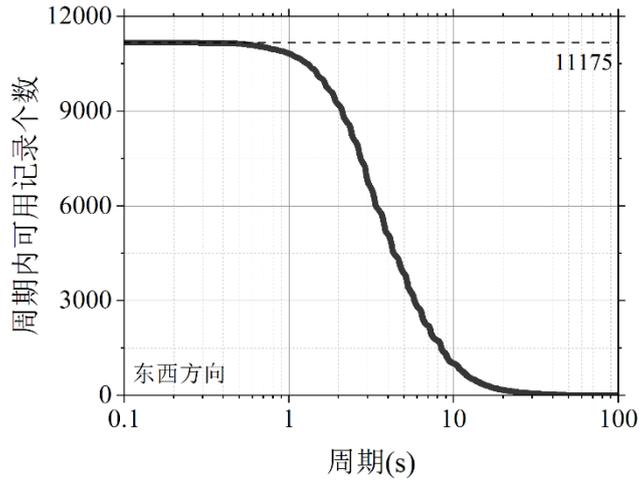


图 5 EW 方向 PSA 在  $T_{max}$  范围内的可用记录数量

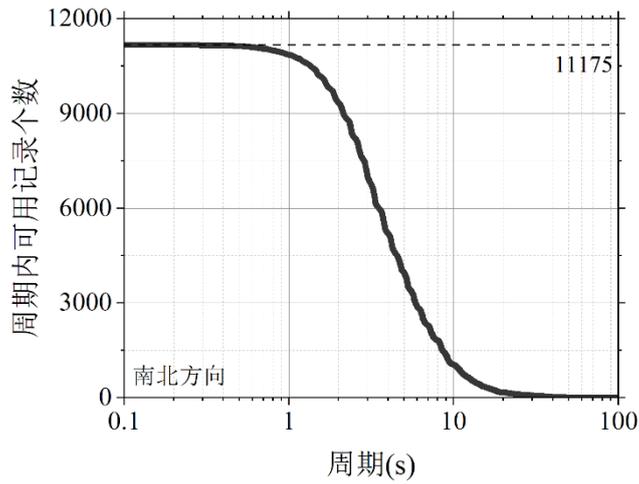


图 5 NS 方向 PSA 在  $T_{max}$  范围内的可用记录数量

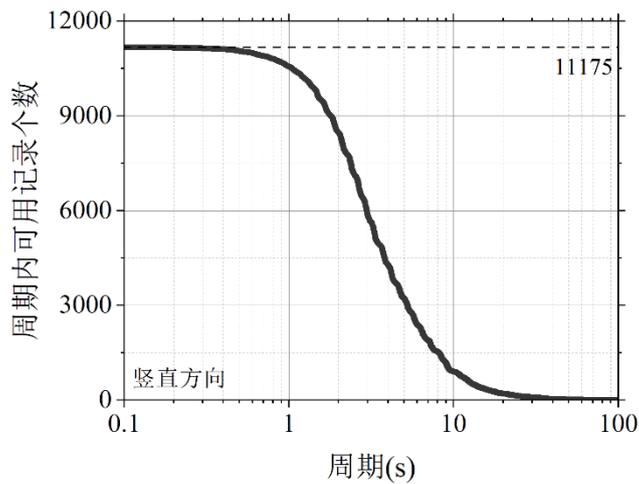


图 5 UD 方向 PSA 在  $T_{max}$  范围内的可用记录数量

图 6 给出了两次处理过程水平向 PSA (RotD50 方式下) 在  $T_{\max}$  范围内的可用记录数量对比情况,  $T_{\max}$  取两个水平向的较小值。本轮处理后, 不同周期的可用记录数量得到了显著提升, 例如, 周期 > 2s 的记录数量由原先的 3000 个左右提高至 8000 个左右; 周期 > 6s 的记录数量由原先的不足 300 提高至 2000 个左右。

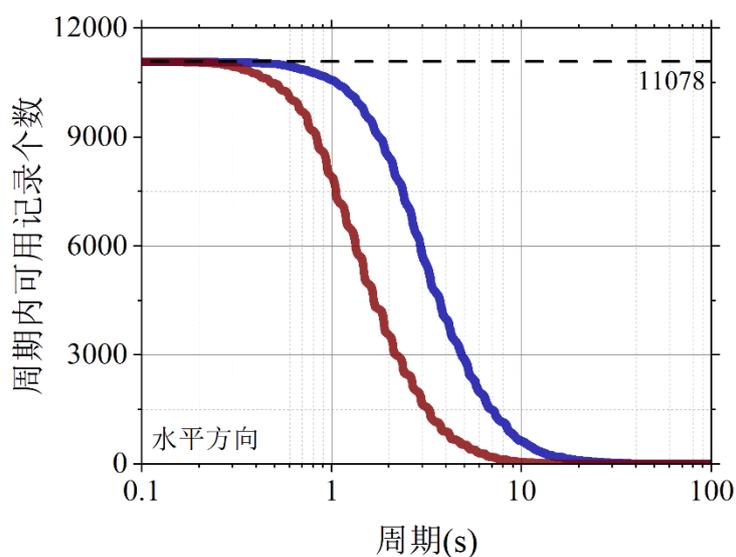


图 6 前后两次处理过程  $T_{\max}$  范围内的可用记录数量对比