

肖裴渊,任叶飞,吴玉娇,等. 2024. 全球主要开源数据库强震动记录的基本分布特征[J]. 地震研究, 47(4): 553–562, doi: 10. 20015/j. cnki. ISSN1000–0666. 2024. 0054.

Xiao P Y, Ren Y F, Wu Y J, et al. 2024. Preliminary recognition of the data statistics of strong motion records from the global major open-source databases [J]. *Journal of Seismological Research*, 47(4): 553–562, doi: 10. 20015/j. cnki. ISSN1000–0666. 2024. 0054.

全球主要开源数据库强震动记录的基本分布特征*

肖裴渊^{1,2}, 任叶飞^{1,2}, 吴玉娇^{1,2}, 周宝峰^{1,2}, 张亚军³, 吴华灯⁴, 温瑞智^{1,2}

- (1. 中国地震局工程力学研究所 地震工程与工程振动重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150000;
2. 地震灾害防治应急管理部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150000;
3. 宁夏交通建设股份有限公司, 宁夏 银川 750021; 4. 广东省地震局, 广东 广州 510070)

摘要: 强震动数据是地震工程和工程地震领域研究的基础, 为了便于高效选取强震动记录, 基于以下全球强震动开源数据库: 美国 USGS、欧洲 ESM、日本 K-NET 和 KiK-net、墨西哥 RAIH-UNAM 和新西兰 GeoNet, 收集整理 5.0 级以上地震的强震动记录 40 余万组, 约 150 万条, 通过震级、台站分布、场地条件、反应谱谱型等强震动基本信息对强震动记录进行筛选并分类, 采用两套标准对场地进行了分类, 对绝对加速度反应谱进行归一化, 对比分析 5 个国家和地区的平均反应谱谱型的相似性与特殊性, 结果表明: ①美国强震动台站集中分布在西海岸与阿拉斯加地区, 较硬的场地占比较高; ②日本强震动台站分布密度最高, 较软的场地占比较高; ③给出了中、美两套规范下的强震动台站场地分类; ④从震中距方面考虑, 美国为近场强震动记录最为集中和丰富的国家; ⑤不同国家和地区相同周期段绝对加速度反应谱具有明显的区域性差异。

关键词: 强震动记录; 开源数据库; 绝对加速度反应谱; 场地分类

中图分类号: P315.914 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000–0666(2024)04–0553–10
doi:10. 20015/j. cnki. ISSN1000–0666. 2024. 0054

0 引言

近年来, 随着地震观测数据的数字化普及和信息技术的快速发展, 全球范围内的强震动数据快速增加。这一发展趋势伴随着强震台站的快速发展, 全球主要地震多发国家加大了对强震观测台网的建设投入, 布设的仪器数量显著增加。因此, 获取的强震动记录日益丰富, 数据的处理与应用也越来越受到重视。强震动数据库为研究人员提供了大量的地震动元数据和台站元数据, 这

些强震动数据是用来预测地震动强度和进行地震反应分析的主要信息源。这些数据不仅加深了人们对于抗震客观规律的认识, 而且成为了推动地震工程研究发展的重要手段。因此, 对强震动记录进行整理和研究也成为了地震工程领域的重点方向(温瑞智等, 2017; 解全才等, 2017)。

强震动观测的目的就是针对各类场地和工程结构布设强震动观测台网, 对强地震动的特性(幅值、频谱、持续时间)及各种工程结构的地震反应进行观测, 获取真实可靠的强地面运动记录和工程结构地震反应数据。这些数据

* 收稿日期: 2023–11–24.

基金项目: 地震科技星火计划项目(XH21023); 国家自然科学基金项目(U2239252); 国家自然科学基金项目(51878632); 黑龙江省自然科学基金杰出青年项目(JQ2023E002); 宁夏回族自治区重点研发项目(2022BEG03062); 黑龙江省头雁行动计划。

第一作者简介: 肖裴渊(1998–), 硕士研究生在读, 主要从事地震动输入选取研究。

E-mail: xiaopeiyuan0818@foxmail.com.

为研究强地面运动的特性和工程结构抗震设计方法与技术、编制地震动参数区划图和各类建筑结构抗震设计规范提供了重要的基础资料,以达到减轻地震灾害的最终目标。由于仪器性能的不断改进和监测技术的快速更新,全球强震动记录的数量增长迅速,一些新的基本认识需要更新和总结。

国内学者也多次在这方面进行过研究(樊圆等, 2018),但采集的数据量并不充足,同时对地震动的划分不够精准,本文针对欧洲工程强震动数据库(ESM)、美国工程强震数据中心(CESMD)、日本 K-NET (Kyoshin Network) 和 KiK-net (Kiban Kyoshin 网络) 数据库、墨西哥 IUNAM 强震网络数据库(RAIL-UNAM)、新西兰 GeoNet 数据中心 5 个地震多发国家或区域建立的常用强震动数据库,收集整理了各数据库自建库以来至 2021 年 12 月 5.0 级以上的 40 余万组(约 150 万条)记录,并按照震级、场地、震中距等需求对其进行筛选分类处理,建立数据库统计计算了不同震级区间下,欧洲、日本、美国、墨西哥、新西兰 5 个国家和地区在震源信息、台站分布、场地分类、反应谱谱型等方面的强震动基本信息,并对比了各个国家和地区的特点与差异性。

1 强震动数据收集

1.1 数据库及强震动分布基本介绍

美国工程强震数据中心(Centre for Engineering Strong Motion Data, 简称为 CESMD)是一个由美国地质调查局(USGS)和加州地质调查局(CGS)共同建立的数据中心,它整合了来自 USGS 国家强震项目、CGS 加州强震仪器项目和 ANSS 获取的强震动观测数据,可为地震工程研究提供原始的和经预处理过的强震动记录(Cosmos Center for Engineering Strong Motion Data, 2023)。本文统计处理了 1954 年至 2021 年 12 月 CESMD 数据库中收录的地震事件共 150 个,符合预期的强震动记录共 15 558 条,划分不同场地类别的台站 1 622 个。

欧洲的工程强震动数据库(Engineering Strong Motion, 简称为 ESM)提供了一套工具来搜索、选择、下载和分析地面运动数据和相关的元数据。

ESM 中包含的波形与 4.0 级以上地震相关,主要记录在欧洲—地中海地区和中东地区发生的地震事件(ESM-DB, 2023)。本文共统计处理 1969 年至 2021 年 12 月 ESM 数据库收录的 1 778 个地震事件,符合预期的强震动记录共 32 634 条,划分不同场地类别的台站 652 个。

日本 K-NET (Kiban-Kyoshin Net) 是一个全国性的强震动观测台网,由 1 000 多个观测站组成,平均密度为 20 台/km,均匀覆盖日本。每个 K-NET 台站都在地面上安装了一台配备标准化观测设施的强震仪用以记录强震动数据。KiK-net 是由安装在钻孔井上/井下的一对强震仪与高灵敏度地震仪一起组成三维观测系统,在日本共部署约 700 个地点。日本国家地球科学与灾害防御研究所(NIED)数据管理中心接收由 K-NET 和 KiK-net 记录的强震动数据并通过其网站发布(Kyoshin, 2023)。本文统计处理 1996 至 2021 年 12 月日本 K-NET 和 KiK-net 收录的地震事件共 1 777 个,符合预期的强震动记录共 1 349 832 条,划分不同场地类别的台站 1 744 个。

墨西哥 RAIL-IUNAM 强震网络数据库提供了 1964—2018 年 6 893 次地震的 18 806 个三分量加速度计波形的公共目录。该系统允许用户通过查询地震目录或通过加速度台站、发生日期、记录的加速度或径向距离相关的参数组合,能够显示加速度记录并且以 ASCII 标准格式下载包含时程的文件(UNAM Institute of Engineering, 2023)。本文统计处理 1961 年至 2021 年 12 月墨西哥 RAIL-UNAM 数据库收录的地震事件共 558 个,符合预期的强震动记录共 18 678 条,划分不同场地类别的台站 209 个。

新西兰 GeoNet 数据中心支持监控和研究,主要负责捕获所有来自现场仪器或第三方来源的地球物理数据流,原始数据的基本处理以及安全档案的维护。它允许检索基本数据集,如 GPS Rinex 文件、地震震源和仪器波形数据(GeoNet, 2023)。本文统计处理自 2001 年 GeoNet 成立以来数据库中的地震事件共 933 个,符合预期的强震动记录共 54 915 条,划分不同场地类别的台站 2 349 个。

从以上 5 个国家和地区开源数据库共收集了自建库以来记录到的 5.0 级以上地震事件共 5 196

个，总计超 40 万组、150 万余条强震动数据，采集到强震动信息的台站 6 250 个（图 1）。从图 1 可见，震中与强震动台站主要分布于环太平洋地震

带，这个地震带集中了世界上 80% 的地震，包括大量的浅源地震、90% 的中源地震、几乎所有的深源地震和全球大部分特大地震。

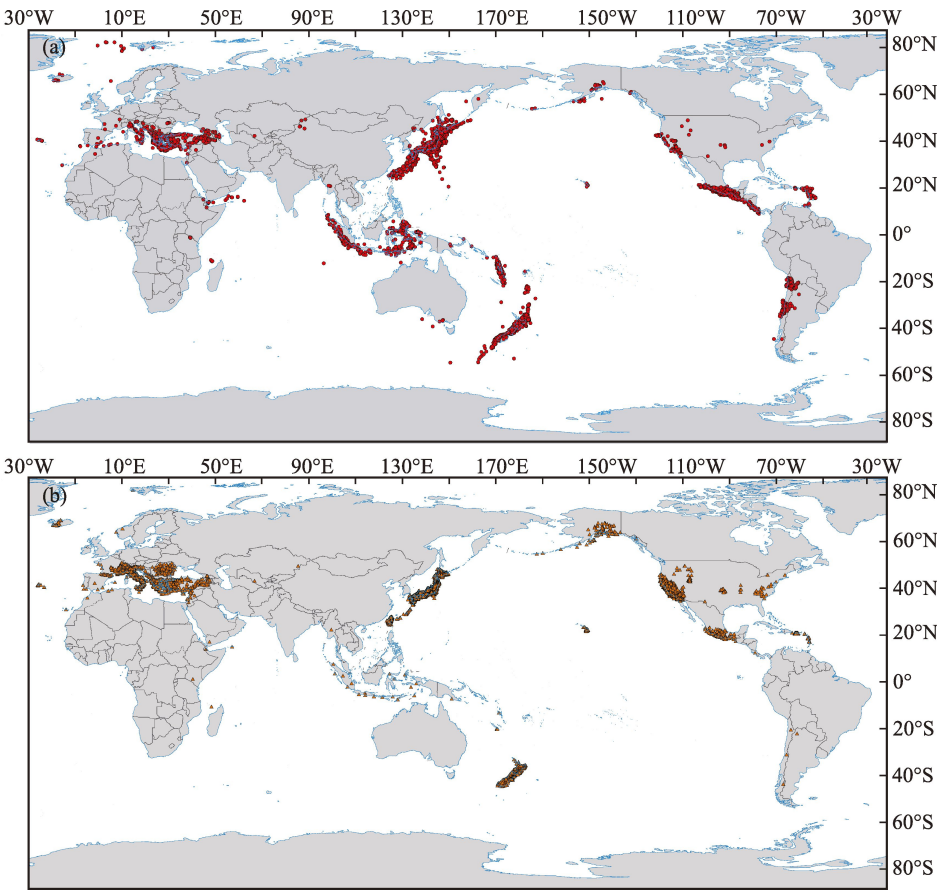


图 1 1954—2021 年 5 个国家和地区数据库中 5.0 级以上地震事件的震中(a)和台站(b)分布
Fig. 1 Epicenters (a) and strong motion stations (b) of the selected earthquake events ($M > 5.0$) from database in 4 countries and 1 region from 1954 to 2021

1.2 数据筛选与统计

考虑到部分数据库有收录非本地区强震动记录的情况，如欧洲 ESM 数据库收录了我国台湾省台站采集到的强震信息。为进一步提高数据可靠度及未来参考可行性，删除该数据库中不属于该地区的数据。最终共统计得到 5 个国家和地区强震动数据库自建库以来的 5.0 级以上地震事件 5 196 个，按照震级划分，5.0 ~ 5.4 级地震事件 3 109 个，5.5 ~ 5.9 级地震事件 1 176 个，6.0 ~ 6.4 级地震事件 536 个，6.5 ~ 6.9 级地震事件 219 个，7.0 级以上地震事件 156 个（表 1）。
针对上述 5 个国家和地区的强震动记录数据库，本次数据筛选基本原则如下：①保证同一组

表 1 5 个国家和地区强震数据库自建库以来采集到的不同震级范围地震事件的数量统计

地点	地震数量					总计	强震动记录
	5.0 ~ 5.4	5.5 ~ 5.9	6.0 ~ 6.4	6.5 ~ 6.9	≥7.0		
	5.4	5.9	6.4	6.9			
美国	73	35	16	11	15	150	15 558
墨西哥	382	96	48	22	10	558	18 678
欧洲	1 173	352	150	65	38	1 778	32 634
日本	959	449	236	82	51	1 777	1 349 832
新西兰	522	244	86	39	42	933	54 624
总计	3 109	1 176	536	219	156	5 196	1 471 326

数据 3 个分量齐全, 其中 2 个水平分量观测方向相互垂直; ②筛除结构台站获取的强震动数据, 仅保留地面或井下强震动仪获取的数据; ③筛除震中经纬度、震源深度等基本信息不完整的强震动记录; ④保留日本 KiK-net 台站井上及井下同一组记录的 6 条数据。本文最终筛选统计的强震动数据记录如图 2 所示, 图中标注的 1994 年数据为 1994 年之前 5 个国家和地区的全部数据数量, 其他年份为每年新获取的数据数量。从图 2 可以发现, 虽受到地震发生不确定性的影响, 但随时间的推进, 收集到的强震动数据增长速度仍然有加快的趋势。

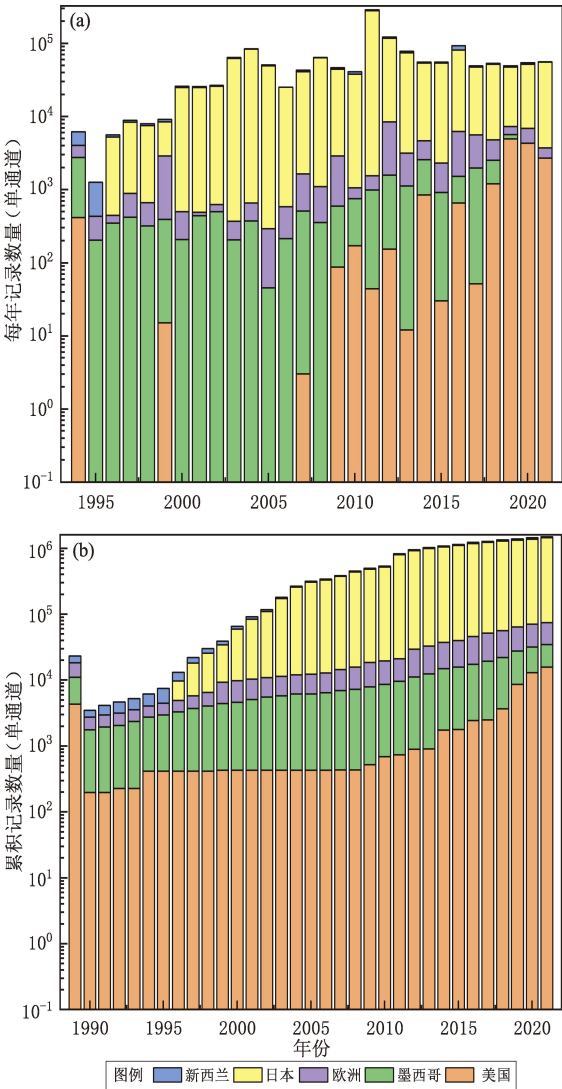


图 2 强震动记录历年数量 (a) 及累计数量 (b)
Fig. 2 Annual number (a) and cumulative number (b) of the strong ground-motion records

2 强震动台站分布特征

2.1 强震动台站场地类别确定

本文参考王大任等 (2021) 对台站的选取及基本数据信息获取的流程, 主要利用等效剪切波速 V_{se} 、覆盖土层厚度 H 和地表以下 30 m 内介质的平均剪切波速 V_{s30} 作为参考依据, 分别确定了各台站在建筑抗震设计规范 (GB 50011—2010) 和美国抗震规范 (ASCE7-16) 下的场地类别, 具体流程如图 3 所示。

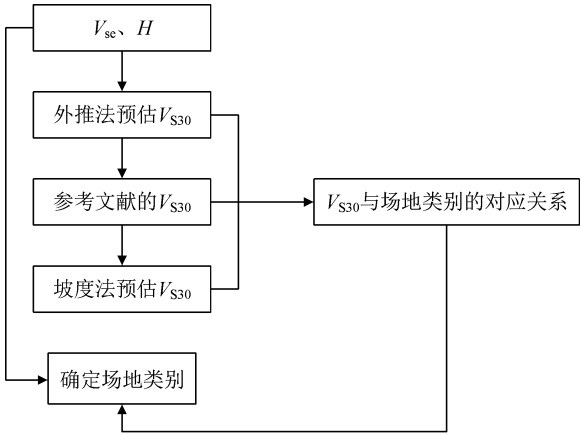


图 3 台站场地类别确定流程

Fig. 3 Flowchart for classifying the strong ground-motion stations

方法 1: 对于可收集到的通过钻孔数据获取到 V_s 与 H 的台站场地, 依照这两个指标直接确定场地类别。

方法 2: 对于深度不足 20 m 的钻孔, 则依据 Boore (2011) 的外推方法估计场地 V_{s30} 值, 其中 c_0 、 c_1 、 c_2 为不同深度的参数:

$$\log V_{s30} = c_0 \delta_E + c_0 + c_1 \log V_{sz} + c_2 (\log V_{sz})^2 \quad (1)$$

方法 3: 对于无钻孔数据的台站场地, 尽可能采取或参考已有文献提供的 V_{s30} 值 (Zhu et al, 2021)。

方法 4: 对于以上皆不适用的场地, 则选用 Heath 等 (2020) 给出的地形坡度相关关系估计场地的 V_{s30} 值。

基于方法 2~4, 再依据 V_{s30} 与场地类别的对应关系可确定台站的场地类别 (Xie et al, 2023)。本文得出在《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) 下, 5 个国家和地区的场地类别分布特征

(图 4)。从图 4a 可以看出，美国台站布设的空间分布合理科学，所采集到的地震事件的强震数据优质高效，强震动台站场地条件表现出 I、II 类较硬场地占比较高的特点。如图 4b 所示，欧洲台站主要分布在地中海以北一带，场地类别以 I、II 类为主交错分布，III 类场地较少，而 IV 类较软场地占比极低，由于欧洲多个国家都有自己的强震动研究与建设机构，所以台站分布整体较为均匀，但与美国不同，没有出现区域性集中的情况；与美国场地相比，欧洲的 I 类场地占比较高。由

于日本地处环太平洋地震带区域，K - NET 和 KiK - net 台网架构较为完善，强震动数据与台站数量都明显高于其他国家或地区。如图 4c 所示，日本场地以 II、III 类场地居多，同时有多处集中的 IV 类场地，而 I 类场地极少。新西兰地理条件与日本相似，同样地处环太平洋地震带，属于地震频发地段，新西兰海域强震数量较多，为海啸地震的研究提供了重要依据。新西兰台站数量虽不及日本 K - NET 和 KiK - net，但整体台站密度高于除日本外的其余 3 个国家或地区，除 IV 类场地偏少外，

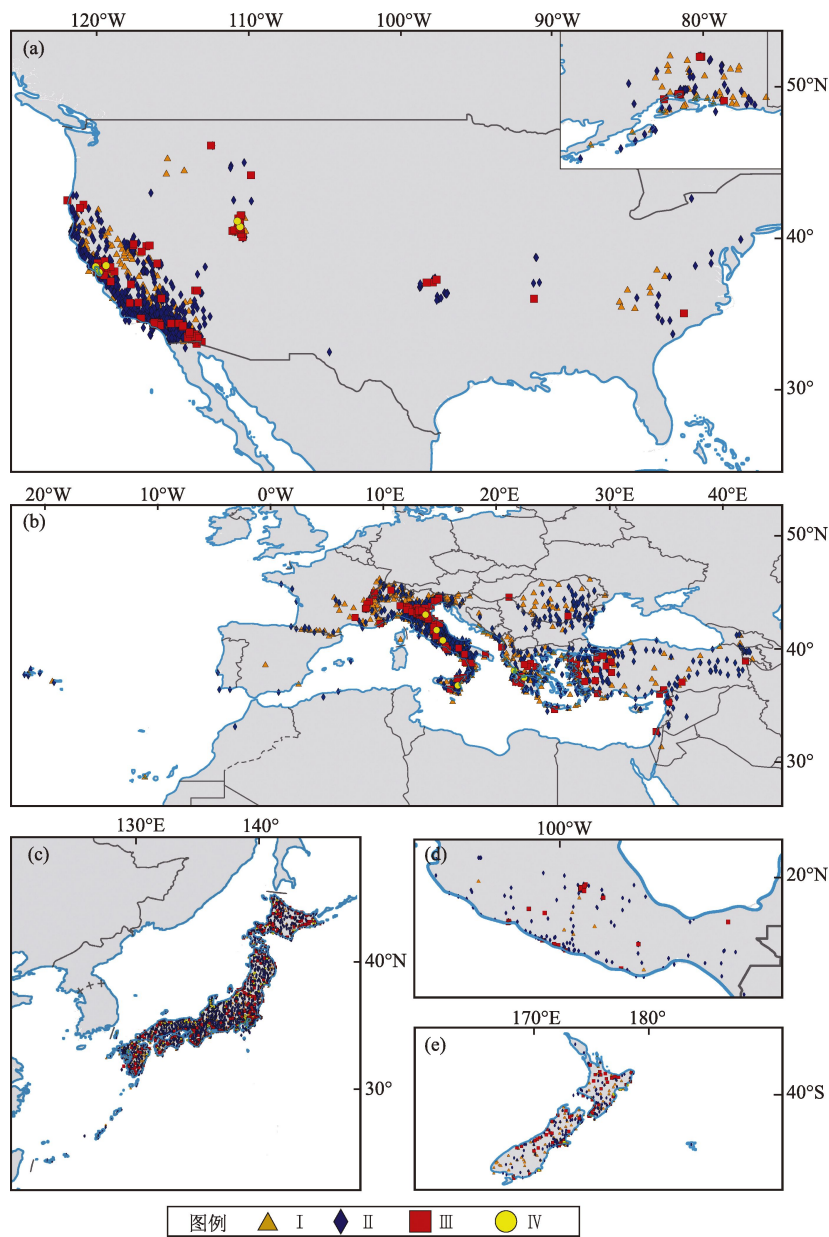


图 4 美国 (a)、欧洲 (b)、日本 (c)、墨西哥 (d) 和 新西兰 (e) 强震动台站场地类别分布

Fig. 4 Site classification of the strong ground - motion stations in the US (a), Europe (b), Japan (c), Mexico (d), and New Zealand (e)

其余场地类别分布都较为均匀（图 4d）。墨西哥同为地震频发的沿海国家，与日本、新西兰的台站分布对比可以看出，墨西哥的台站分布密度明显低于这两个国家，而场地类别上也缺少Ⅳ类场地，Ⅲ类场地数量占比也较少，说明墨西哥整体场地条件偏硬；除（16°N，100°S）区域附近台站较为密集外，其他区域较为分散，并没有出现如日本或新西兰那样强震动台站分布集中的现象（图 4e）。

2.2 台站场地类别占比分析

5 个国家和地区台站场地类别占比情况如表 2、3 所示。为避免重复，本节仅阐述在美国抗震规范（ASCE7-16）下，5 个国家和地区的分布情况。由表 3 可见，美国、欧洲的台站场地类别丰富，A 类、E 类场地的台站占比之和约占总数 1.5%，其余 3 类场地的台站占主导；墨西哥的台站场地类别主要集中在 C 类和 D 类，且无 A 类、E 类；新西兰的台站场地类别较为均匀，除 E 类场地较少外，B 类、C 类、D 类场地数量呈递增趋势；日本的台站场地类别与新西兰近似，仅有 3 个 A 类场地，B 类、C 类、D 类、E 类呈现两头小中间大的分布。总体上，除欧洲外，其他地区 A、B 类场地占比很小，而所有地区 E 类场地占比都很小，大体可以看出偏硬与偏软的场地都数量不多，主要原因是强震动台站选址着重考虑人口活动频繁的地区，也就是地形相对平坦的平原地区，场地条件以 C、D 类为主。

表 2 中国抗震规范下的场地类别占比

Tab.2 Proportion of site categories according to Chinese standards

场地类别	美国	墨西哥	欧洲	日本	新西兰
I	17.12	4.42	34.78	11.72	30.91
II	72.51	84.44	58.62	65.99	41.56
III	9.99	11.15	6.18	15.68	20.57
IV	0.39	0	0.42	6.60	2.00

表 3 美国抗震规范下的场地类别占比

Tab.3 Proportion of site categories according to American standards

场地类别	美国	墨西哥	欧洲	日本	新西兰
A	0.28	0	0.51	0.17	0
B	4.64	3.13	21.00	6.25	17.16
C	54.73	45.98	56.47	49.83	39.52
D	39.52	50.89	21.28	37.27	41.63
E	0.83	0	0.74	6.48	1.69

2.3 台站震中距分布

5 个国家和地区开源数据库所有强震动记录对应的震级、震中距与记录数量的关系情况如图 5a 所示，从震中距和记录数量的关系可以看出，震中距大于 400 km 的记录数量分布较为分散，呈稳定递减趋势；震中距大部分分布在 300 km 范围内，集中分布在 200 km 范围内，说明数据库整体以近场强震动记录为主。如图 5b 所示，与数据库整体相比不同的是，在美国强震动数据中，仅有 5% 的记录震中距大于 336 km，有 67.6% 的记录分布

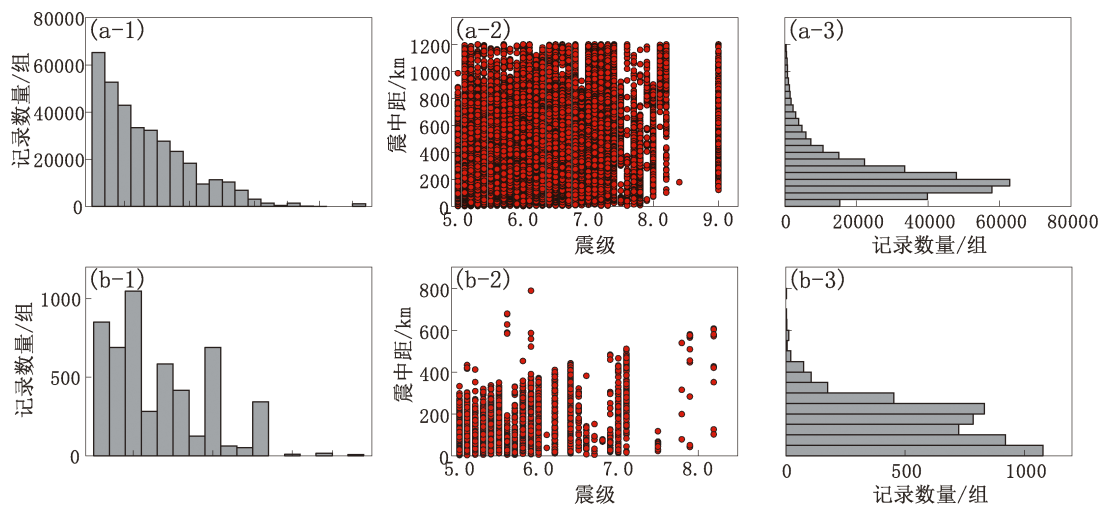


图 5 5 个国家和地区开源数据库（a）和美国 CESMD 数据库（b）强震动记录对应的震中距与震级分布
Fig.5 Epicentral distances and magnitudes calculated based on the strong seismic records from the open-source databases in 4 countries and 1 region（a）and from the US CESMD database（b）

在震中距 200 km 以内, 震中距为 0 ~ 50 km 的记录数量最多; 而在震中距超过 450 km 的记录数量大幅度减少, 占比仅约 1%, 说明美国 CESMD 数据库相比数据库整体, 台站震中距分布更为集中, 近场台站数量所占比例更多, 近场台站记录更丰富。

3 加速度反应谱谱型对比

强震动记录是工程结构抗震分析的激励输入, 为评价国外记录在我国工程应用中的适用性, 有必要对本文收集的 5 个国家和地区主要开源数据库中的记录开展反应谱谱型的区域性对比研究。对强震动记录进行基线校正处理后 (温瑞智等, 2021; 张颖楚, 2018), 计算了其阻尼比为 5%、周期范围为 0.01 ~ 10 s 的绝对加速度反应谱, 两水平方向取几何平均值。限于篇幅原因, 本文仅筛选出 M_w 6.0 ~ 6.5、震源深度 50 km 以内、震中距 150 ~ 200 km、场地条件为 C 类的水平方向强震动记录作为示例进行加速度反应谱谱型的对比分析, 最终共筛选出美国 160 条、墨西哥 104 条、欧洲地区 216 条、新西兰 122 条、日本 1 296 条强震动记录的绝对加速度反应谱。为直接体现出相同条件下不同国家和地区的区域性差异, 对数据进行归一化处理, 并计算对数平均反应谱与对数平均反应谱 ± 1 倍对数标准差, 如图 6 所示。同时给

出了这 5 个国家和地区的平均反应谱对比情况, 如图 7 所示。

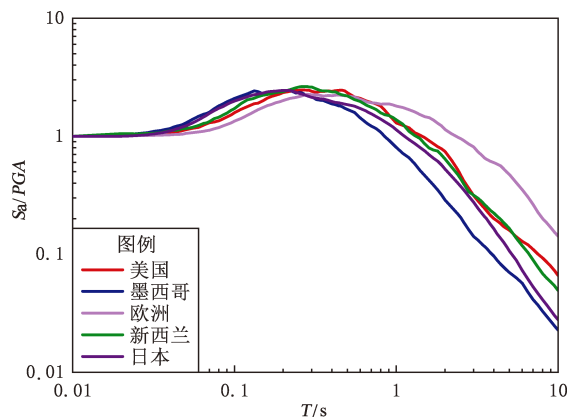


图 6 5 个国家和地区的平均归一化加速度反应谱对比

Fig. 6 Average, normalized acceleration response spectrums of 4 countries and 1 region

从图 6 可见, 平均意义上墨西哥与日本的强震动记录的反应谱谱型在小于 0.2 s 短周期段整体较为贴合, 与新西兰强震动记录在短周期末端 0.1 ~ 0.2 s 周期段也趋于一致。在 0.1 ~ 0.2 s 周期段内, 日本与墨西哥的强震动记录的平均谱相关系数 $\rho_{\text{日本, 墨西哥}}^{0.1 \sim 0.2} = 0.995$, 为相关系数最高的两组数据, 新西兰强震动记录的归一化反应谱略低于墨西哥与日本、而略高于美国和欧洲地区, 区域差异性较为明显。

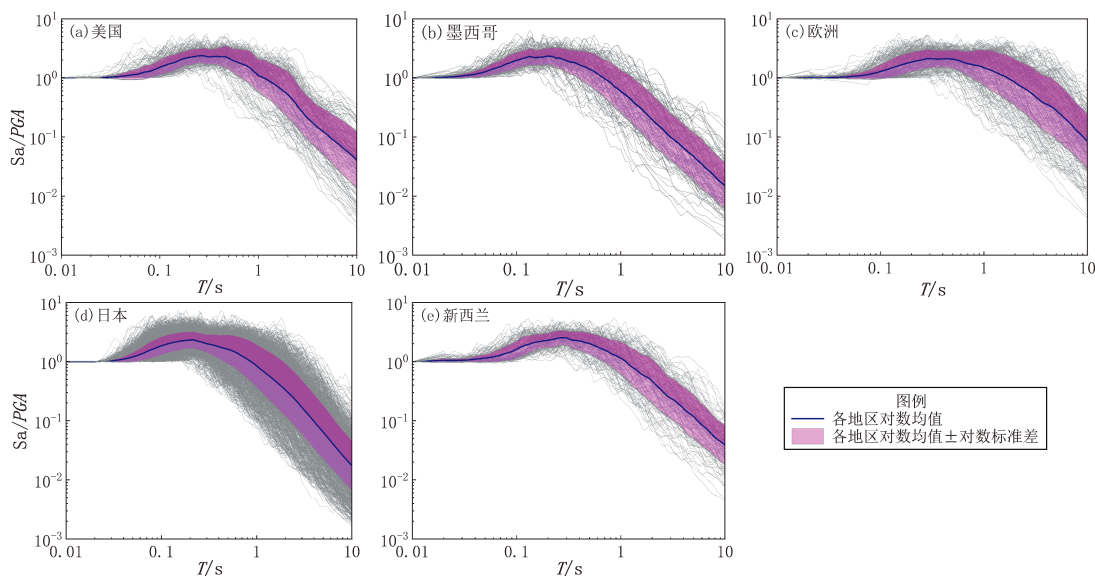


图 7 5 个国家和地区归一化反应谱及对数均值加减一倍标准差

Fig. 7 Normalized acceleration response spectrums and the logarithmic mean \pm one standard deviation of 4 countries and 1 region

在中周期段 (0.2 ~ 0.5 s), 所有强震动记录的反应谱变化较为迅速, 且相互之间差距不明显。从相关系数来看, 仅有日本与墨西哥的 $\rho_{\text{日本,墨西哥}}^{0.2 \sim 0.3} = 0.989$ 表现为强相关, 其余该周期段的反应谱的相关系数皆小于 0.7, 表现为相关性较弱, 故在图中显示为相互交错无显著差异。整体上, 美国强震动记录的反应谱略高于欧洲, 但谱型变化趋势基本一致, 墨西哥与日本强震动记录的反应谱在中周期段 (0.2 ~ 0.3 s) 几乎重合, 随着周期的增加两者逐渐分离, 且墨西哥低于日本; 新西兰的反应谱在此周期段初始为整体最高, 而后被美国的反应谱超越。

在中长周期段 (0.5 ~ 1 s), 所有强震动记录的反应谱变化趋于稳定, 墨西哥强震动记录的反应谱略低于欧洲地区, 而此时墨西哥和欧洲地区强震动记录的反应谱明显低于其他 3 个国家, 美国强震动记录的反应谱也从该周期段的初期为最高, 且与欧洲地区重合, 之后开始下降, 在末期低于新西兰; 欧洲地区除此阶段前期与美国重合外, 其余周期段远高于其他 4 个国家, 同时其下降速度明显低于其他 4 个国家; 中长周期段欧洲地区与其他国家的相关系数分别 $\rho_{\text{欧洲,美国}}^{0.5 \sim 1} = 0.882$, $\rho_{\text{欧洲,墨西哥}}^{0.5 \sim 1} = 0.959$, $\rho_{\text{欧洲,新西兰}}^{0.5 \sim 1} = 0.957$, $\rho_{\text{欧洲,日本}}^{0.5 \sim 1} = 0.925$, 而其他国家相互之间相关系数皆大于 0.96, 各个国家和地区的反应谱显示出明显差异性特征。

在长周期段 (1 ~ 10 s), 美国与新西兰的强震动记录反应谱重合度较高, 相关系数 $\rho_{\text{美国,新西兰}}^{1 \sim 10} = 0.995$, 欧洲地区与墨西哥强震动记录反应谱表现出明显的差异性。

在不考虑设防烈度的前提下, 假设震级大小、震源深度、场地类别与震中距皆在相似条件下, 美国、墨西哥、欧洲、新西兰和日本 5 个国家和地区的反应谱谱型表现出了显著性差异, 充分体现了相同条件下不同地区的反应谱存在显著的区域性差异。

4 结论

基于全球 5 个国家和地区开源数据库采集到的 1954—2021 年 5.0 级以上的强震动记录, 以国家

和地区为单位对震级、震源深度、台站场地、震中距、反应谱谱型等开展了分析研究, 得到以下结论:

(1) 5 个国家和地区开源数据库记录地震的震中主要分布于环太平洋地震带, 强震动台站分布也与之对应。从台站及场地方面考虑, 美国强震动台站集中分布在西海岸与阿拉斯加地区, 较硬场地占比例较高; 而日本台站分布密度最高, 较软场地占比例较高。从震中距方面考虑, 美国为近地场记录最为集中和丰富的国家。

(2) 文本给出了中、美两套规范下每个台站的场地参数和类别, 比较分析了 5 个国家和地区场地类别占比情况。5 个国家和地区以 C 类和 D 类场地占主导; 欧洲地区和新西兰 B 类场地数量较为可观; 日本是 E 类场地最为突出的国家。

(3) 本文得出了在相同条件范围内, 不同国家或地区的绝对加速度反应谱归一化后平均谱值与标准差的对比结果, 充分验证了不同地区的反应谱之间的区域性差异。

由于数据采集量庞大, 本文仅研究了未处理的强震动记录在不同震级、台站分布、场地条件、反应谱谱型等基本条件下进行的筛选并分类, 后续将针对不同震级、震中距和场地条件的各自工况组合开展深入研究。

衷心感谢以下几个数据库对完成本文研究提供的巨大支持, 包括: 美国地质调查局 (USGS)、欧洲地震监测站 (ESM)、日本 K-NET 和 KiK-net 台网、墨西哥 RII-UNAM 和新西兰 GeoNet。

本文中涉及到国界的插图均已送相关部门审查并通过。受理号: 国审受字 (2024) 第 00573 号; 审图号: GS (2024) 0753 号。

参考文献:

- 樊圆, 胡进军, 谢礼立. 2018. 国外强震动数据库及其特点分析[J]. 国际地震动态, (1): 21-29.
- Fan Y, Hu J J, Xie L L. 2018. Introduction and analysis of foreign strong motion database [J]. Recent Developments in World Seismology, (1): 21-29. (in Chinese)
- 王大任, 刘也, 任叶飞, 等. 2021. 俯冲带地震动预测模型 SMA2020 的评估检验实例——2021 年 2 月 13 日日本福岛县东部海域

- $M_W 7.1$ 地震[J]. 世界地震工程, 37(2): 66–73.
- Wang D R, Liu Y, Ren Y F, *et al.* 2021. Case study in evaluating the subduction ground motion model of SMA2020 February 13, 2021, eastern Fukushima Prefecture, Japan $M_W 7.1$ offshore earthquake[J]. World Earthquake Engineering, 37(2): 66–73. (in Chinese)
- 温瑞智, 冀昆, 任叶飞. 2021. 工程地震动输入: 从传统抗震设防到韧性提升[M]. 北京: 地震出版社.
- Wen R Z, Ji K, Ren Y F. 2021. Ground motion input for engineering applications[M]. Beijing: Seismological Press. (in Chinese)
- 温瑞智, 徐培彬, 任叶飞, 等. 2017. 强震动记录 Flatfile 的研究进展[J]. 地震工程与工程振动, 37(3): 38–47.
- Wen R Z, Xu P B, Ren Y F, *et al.* 2017. Development of the strong-motion Flatfile[J]. Earthquake Engineering and Engineering Dynamics, 37(3): 38–47. (in Chinese)
- 解全才, 马强, 杨程. 2017. 强震动数据库发展现状与展望[J]. 地震工程与工程振动, 37(3): 48–56.
- Xie Q C, Ma Q, Yang C. 2017. A review of study on strong motion database[J]. Earthquake Engineering and Engineering Dynamics, 37(3): 48–56. (in Chinese)
- 张颖楚. 2018. 以第五代区划图参数为目标谱的强震动记录选取方法研究[D]. 哈尔滨: 中国地震局工程力学研究所.
- Zhang Y C. 2018. The ground-motion recording selections based on fifth seismic zoning map in China[D]. Harbin: Institute of Engineering Mechanics, China Earthquake Administration Harbin. (in Chinese)
- GB 50011—2010. 建筑抗震设计规范[S].
- GB 50011—2010. Code for seismic design of buildings[S]. (in Chinese)
- ASCE7-16, Minimum design loads for buildings and other structure[S].
- Boore D M, Thompson E M, Cadet H. 2011. Regional correlations of V_{S30} and velocities averaged over depths less than and greater than 30 meters[J]. Bulletin of the Seismological Society of America, 101(6): 3046–3059.
- Cosmos Center for Engineering Strong Motion Data. 2023. History[EB/OL]. (2023-07-30)[2023-11-24]. <https://www.strongmotioncenter.org/aboutcesmd.html>.
- ESM-DB. 2023. About[EB/OL]. (2023-07-30)[2023-11-24]. <https://esm-db.eu/#/about/overview>.
- GeoNet. 2023. About[EB/OL]. (2023-07-30)[2023-11-24]. <https://www.geonet.org.nz/about>.
- Heath D C, Wald D J, Worden C B, *et al.* 2020. A global hybrid V_{S30} map with a topographic slope-based default and regional map insets[J]. Earthquake Spectra, 36(3): 1570–1584.
- Kyoshin. 2023. Overview[EB/OL]. (2023-07-30)[2023-11-24]. https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/overview_kyoshin_index_en.html.
- UNAM Institute of Engineering. 2023. Red Acelerográfica[EB/OL]. (2023-07-30)[2023-11-24]. <https://aplicaciones.iingen.unam.mx/AcelerogramasRSM/RedAcelerografica.aspx>.
- Xie J J, Li K W, Li X J, *et al.* 2023. V_{S30} -based relationship for Chinese site classification[J]. Engineering Geology, 324: 107253.
- Zhu C, Weatherill G, Cotton F, *et al.* 2021. An open-source site database of strong-motion stations in Japan: K-NET and KiK-net (v1.0.0)[J]. Earthquake Spectra, 37(3): 2126–2149.

Preliminary Recognition of the Data Statistics of Strong Motion Records from the Global Major Open – source Databases

XIAO Peiyuan^{1,2}, REN Yefei^{1,2}, WU Yujiao^{1,2}, ZHOU Baofeng^{1,2},
ZHANG Yajun³, WU Huadeng⁴, WEN Ruizhi^{1,2}

(1. *Key Laboratory of Earthquake Engineering and Engineering Vibration, Institute of Engineering Mechanics,
China Earthquake Administration, Harbin 150000, Heilongjiang, China*)

(2. *Key Laboratory of Earthquake Disaster Mitigation, Ministry of Emergency Management,
Harbin 150000, Heilongjiang, China*)

(3. *Ningxia Communications Construction Co., Ltd., Yinchuan 750004, Ningxia, China*)

(4. *Guangdong Earthquake Agency, Guangzhou 510070, Guangdong, China*)

Abstract

Strong motion records are the basis for the research in earthquake engineering and engineering seismology. In order to efficiently select strong motion records, we collect and collate more than 400000 sets of (approximately 1.5 million) strong motion records of earthquakes ($M \geq 5.0$) from the following global open – source strong motion databases: USGS in the United States, ESM in Europe, K – NET and KiK – net in Japan, RAII – UNAM in Mexico, and GeoNet in New Zealand. Then we screen and classify these strong motion records according to some basic information such as magnitude, station distribution, site conditions, response spectrum shape, etc. In the light of the Chinese standard and the American standard, we classify the sites. We normalize the absolute acceleration response spectra. We compared the average response spectrum shapes in the US, Europe, Japan, Mexico, and New Zealand. The conclusions are as follows: (1) Strong motion stations in the United States are concentrated along the west coast and in Alaska, with a high proportion of hard sites; (2) Japan has the highest density of strong stations, with a high proportion of soft sites; (3) The site classification of strong earthquake stations is obtained according to the Chinese standard and the American standard; (4) Near – field strong motion recordings are mostly centralized and most abundant in the United States; (5) In these countries or region, the absolute acceleration response spectra in the same period have obvious regional differences.

Keywords: strong motion records; global open – source databases; absolute acceleration response spectra; site classification