

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

智慧城市基础设施 减少灾害风险 地震 仪系统实施指南

Smart community infrastructures — Disaster risk reduction—
Guidelines for implementing seismometer systems

(ISO 37174:2024, MOD)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 地震仪系统价值、用途与架构 2

 4.1 概述 2

 4.2 应用价值 2

 4.3 用途 3

 4.4 数据规格 3

 4.5 系统架构 3

5 地震仪数据应用 5

 5.1 概述 5

 5.2 灾前数据应用 5

 5.3 灾中数据应用 6

 5.4 灾后数据应用 6

6 地震仪用途和功能 6

 6.1 地震仪系统用途 6

 6.2 地震仪系统功能 9

7 地震仪数据可用性、互操作性和安全性 9

 7.1 地震仪数据可用性 9

 7.2 地震仪数据互操作性 9

 7.3 地震仪数据安全性 9

附录 A（资料性） 地震仪系统选择流程图 10

附录 B（资料性） 地震仪推荐表 11

附录 C（资料性） 地震仪系统与灾害管理流程及 GB/T43652-2024 指标的映射关系 14

附录 D（资料性） 地震仪系统实施应用案例 15

参考文献 17

前言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件修改采用 ISO 37174:2024《智慧城市基础设施 减少灾害风险 地震仪系统实施指南》。

本文件与 ISO 37174:2024 的技术差异及其原因如下：

——修改了术语 3.2、3.3 和 3.4 的来源与表述，补充了术语 3.7，与我国地震实际情况保持一致；

——补充了 4.3 用途，增加基础设施状态监测；

——补充了 5.3 灾前数据应用，增加基础设施及周边介质安全隐患识别；

——修改了第 6 章标题，与具体内容保持一致；

——调整了 6.1c 微震活动监测（C 类），以增强标准的可操作性；

——补充了 7.3 地震仪数据安全性，与我国地震数据应用要求保持一致；

——增加了附录 B 中表 B.3 注中的中国导航定位系统北斗，将表 B.3 中通讯由地震仪整机指标调整至地震仪（数据采集器），与我国实际情况一致；

——替换了附录 C 中的 ISO 37123 指标为 GB/T 43652-2024 对应指标，以适用于我国韧性城市指标评价体系；

——增加了附录 D 地震仪系统实施应用案例，以增强标准的适用性；

——更改了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国城市可持续发展标准化技术委员会(SAC/TC567)提出并归口。

本文件起草单位：中国标准化研究院、中国地震局地球物理研究所、中国地震局工程力学研究所、中国地震台网中心、北京港震科技股份有限公司、山西省地震局、深圳八方地动科技有限公司、中国地质调查局发展研究中心、中城智慧（北京）城市规划设计研究院、中国地质图书馆、北京老京华建筑公司。

本文件主要起草人：李超、刘红俊、马强、杨桂存、牛领辉、吴昊昱、阎毛毛、冉隼、宋晋东、王卓博、李彩华、姜栋、吴勇、孙丽静、戴瑶、陈慧文、岳学文。

引 言

地震是破坏性最强的自然灾害之一，我国是世界上地震活动最强烈、地震灾害最严重的国家之一。为落实《中华人民共和国防震减灾法》，提升城市抗震韧性，保障震后城市服务功能与生活品质，城市利益相关方需开展震前预防，减轻地震损害，并在震后快速恢复城市运行。这与《2015—2030 年仙台减轻灾害风险框架》的目标相一致。有效使用地震仪系统可显著提升应急响应决策能力，直接支撑上述震后恢复目标；同时，地震仪数据还有助于增强对地震动和结构行为的认知与建模能力，从而改进抗震设计规范并优化地震风险模型。

在一些地震多发国家，通过布设合适的地震仪并有效利用数据，已减轻了由地震造成的损害。这些数据可用于：

- 国土空间规划和用途管制；
- 建筑物及其他设施的结构设计；
- 应急响应；
- 疏散引导。

数据还可以帮助组织制定业务连续性计划，引导其在地震破坏后及时响应、修复并恢复至预定运营水平。

然而，由于系统化知识共享不足，地震仪系统作为减少地震风险工具之一的有效性尚未获得全球普遍认可。在城镇化快速推进且地震高风险的国家或地区，技术认知缺失导致地震仪系统未能广泛应用，从而使得这些国家的城市韧性不足。

本文件旨在帮助城市的利益相关方，如各级政府、规划编制单位、开发单位和运营单位，通过部署和使用作为减少地震灾害风险的工具之一的地震仪系统，优化城市发展投资。本文件还介绍了地震仪系统在减少灾害风险方面的用途分类，以及作为 ISO/TR 6030 中描述的智慧城市基础设施的组成部分，其所需特定用途的地震仪系统的规格。

通过分析地震仪系统获取的数据，能够为风险管理和减少对人员、组织、基础设施和日常生活的影响提供资料。同时，能够支撑震前预防措施和震后应急规划。因此，有效利用这些数据能够增强城市的地震韧性。

智慧城市基础设施 减少灾害风险 地震仪系统实施指南

1 范围

本文件提供了智慧城市减轻灾害风险基础设施中地震仪系统开发、实施和维护的指导。

本文件所述的地震仪系统可用于观测地震活动（如地震、微震活动和火山震颤），尤其适用于地震活跃区域。

本文件不适用于以下情形：

落球式和摆式简易地震仪；

地震仪设计与开发方法（如铁路系统专用地震仪）；

本文件中地震仪系统的特性不适用于滑坡引起振动的测量。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 18207（所有部分） 防震减灾术语

3 术语和定义

GB/T 18207.1-2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风险地图 hazard map

用于标明受影响或易受特定危害（例如地震、滑坡、塌方）影响的区域的地图。

[来源：GB/T 43652—2024, 3.8]

3.2

震源 hypocenter

地震发生时地球内部岩石破裂的区域。

[来源：GB/T 18207.1—2026, 3.2]

3.3

地震烈度 seismic intensity

地震引起的地面震动及其影响的强弱程度。

注：不同国家对于地震烈度等级的标准有所差异。

[来源：GB/T 18207.1—2026, 3.6, 有修改]

3.4

震级 magnitude

对地震大小的相对量度。

[来源：GB/T 18207.1—2026, 3.4]

3.5

灾害 disaster

由自然因素或人为因素引起，对城市中的人员、物质、社会、经济及环境造成损失和影响并对城市造成严重破坏的事件。

[来源：GB/T 43652—2024, 3.6, 有修改]

3.6

韧性 resilience

城市对复杂变化环境的适应能力。

注1：政府间气候变化专门委员会(IPCC)认为韧性是某一系统及其组成部分，具备针对某一危险事件及时有效地进行预测、吸纳、适应或恢复其影响的能力，包括通过确保维持、恢复或改善其基本结构和功能。

注2：韧性是某一组织抵抗某一事件影响的能力，或在受到某一事件影响后在可接受的时间内恢复到可被接受性能水平的能力。

注3：韧性是某一系统在面对内部和外部变化时维持其功能和结构的能力，以及在必要时平稳降级的能力。

[来源：GB/T 43652—2024, 3.1, 有修改]

3.7

地震仪 seismometer

记录地面运动的仪器。

注：地面运动包括位移、速度和加速度。

[来源：GB/T 18207.2—XXX, 7.1.1.1]

4 地震仪系统价值、用途与架构

4.1 概述

地震仪系统宜根据其用途和数据采集规格进行选择(见4.3、4.4)。在开发和实施地震仪系统时，城市的规划单位、开发单位和运营单位宜明确地震仪系统的用途、数据采集的规格以及系统架构。

注：附录A提供了地震仪系统选择流程图，用于确定特定用途下的地震仪系统。

4.2 应用价值

有效使用地震仪系统可产生以下价值：

- a) 利益相关方视角：
 - 1) 降低人员伤亡、财产损失及环境破坏等负面影响；
 - 2) 加速灾后恢复进程；
 - 3) 满足利益相关方的期望；
 - 4) 支撑震后快速应急防护。
- b) 城市运营视角：
 - 1) 提高在地震和其他地震活动发生后维持功能的能力；
 - 2) 采取高效主动的行动；
 - 3) 推动韧性、可持续、宜居、智慧城市建设；
 - 4) 为紧急情况和灾害提供有效的应急响应策略。

- c) 经济视角：
 - 1) 减轻法律和财政负担；
 - 2) 减少地震造成的经济损失。
- d) 商业视角：
 - 1) 增强韧性；
 - 2) 维护和提高信誉和声誉；
 - 3) 提升可持续发展能力。
- e) 研究和专业领域视角：
 - 1) 深化自然灾害（如地震、火山）认知；
 - 2) 提高对自然灾害（如地震、火山）引起的地震动和结构振动的认识；
 - 3) 优化工程设计规范和抗震设计。

通过有效应用地震仪系统，城市的规划单位、开发单位和运营单位可助力实现联合国可持续发展目标(SDGs) 的 3、8、9 和 11。

4.3 用途

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜明确地震仪系统用途。典型用途包括：

- 评估区域灾害暴露度；
- 早期监测和预警；
- 疏散警报；
- 设备和系统控制；
- 基础设施状态监测。

具体用途详见 6.1 和 6.2。

4.4 数据规格

地震仪数据是一种振动时间序列数据。数据采集的格式宜包括：

- 变量(如加速度、速度和位移)；
- 定位和时间的精度；
- 实时采集能力；
- 数据格式。

4.5 系统架构

地震仪系统可包含以下组成部分，如图 1 所示：

- 地震计，用于测量环境振动(如地震动或火山地表活动)；
- 地震仪采集的数据；
- 数据采集器，用于传感器数据转换处理并形成地震记录；
- 其他外围设备(如通信基础设施、供电设施、固定装置)。

在利用网络通信设施组网实施多点地震观测时，宜考虑以下因素：

- 可能影响地震仪系统性能的观测环境；
- 地震仪系统的空间分布，包括布设位置、设备密度和组网方式。

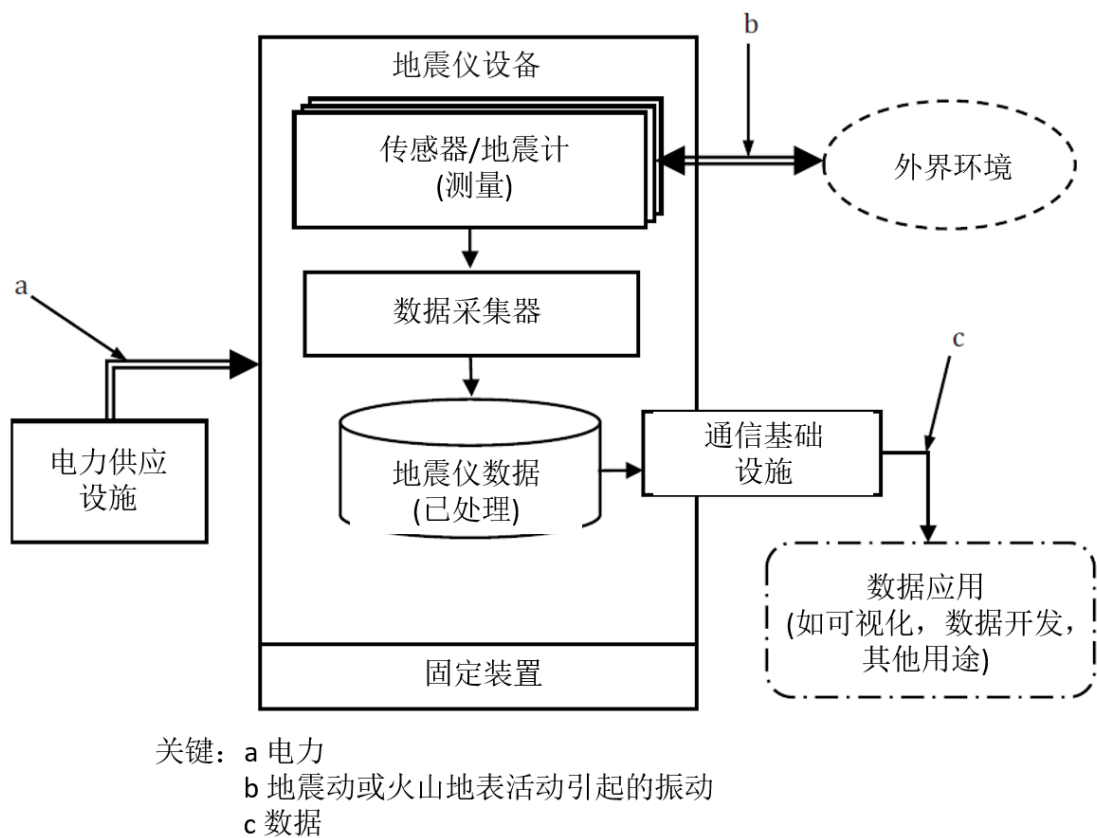
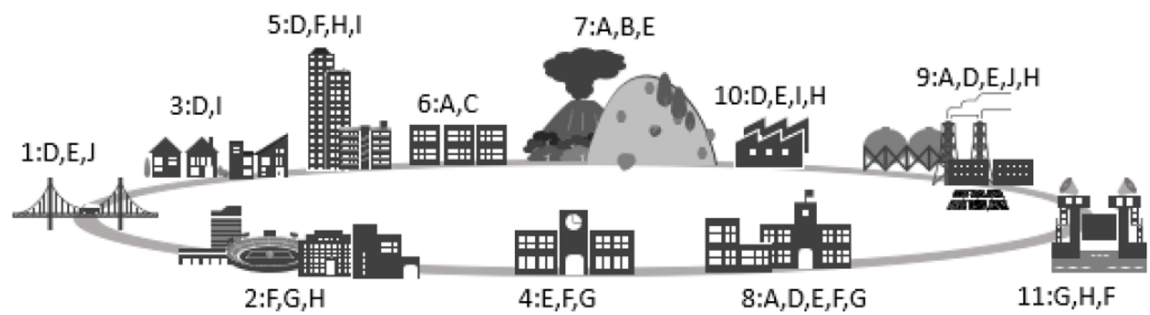


图 1 地震仪系统架构及交互关系示意图

智慧城市的地震仪系统可根据不同用途布设于不同场景，如图 2 所示，其中数字标签表示布设位置，字母标签表示用途。有关案例可以参见附录 D。



关键1: 结构和区域

- 1 道路，桥梁
- 2 购物中心、娱乐场所、大型会议室、医院
- 3 住宅区
- 4 学校
- 5 高层建筑
- 6 实验室
- 7 危险区域
- 8 公共写字楼
- 9 发电厂、供气厂
- 10 工厂
- 11 沿海区域

关键2: 地震仪系统用途

- A 危险区域调查
- B 火山震颤调查
- C 微震活动监测
- D 国家灾害管理
- E 地方灾害管理
- F 广域地震预警
- G 地震疏散警报
- H 地震紧急制动
- I 建筑结构损伤调查
- J 建筑结构劣化调查

图 2 地震仪系统在智慧城市潜在布设与应用示意图

5 地震仪数据应用

5.1 概述

5.1.1 数据采集

城市的规划单位、开发单位和运营单位可在灾前、灾中和灾后等不同阶段，差异化应用地震仪系统。因此，城市的规划单位、开发单位和运营单位宜根据各阶段使用需求，选择合适的地震仪系统类型。通过地震仪数据可计算震级、地震烈度等地震次级指标。

5.1.2 数据规格

5.1.2.1 获取数据

宜以时间序列数据的形式来采集地震活动的加速度、速度或位移数据。在开展空间分析时，需同步获取位置信息，并实施时间校准。

5.1.2.2 数据精度

加速度、速度或位移的采集宜满足特定用途的时空精度要求。

5.1.2.3 数据格式

可采用通用数据格式来增强不同地震仪系统之间的互操作性。

5.1.3 数据采集设备

5.1.3.1 地震仪

分辨率、频率范围和采样率等技术参数的选择指南可参见附录 B。

5.1.3.2 设备布设

地震仪的布设宜反映预期的用途。例如，为评估一个地区的脆弱性，地震仪应采用空间分布的方式覆盖目标区域。为评估建筑结构的损坏程度和稳固性，地震仪应采用垂直分布的方式布设，必要时，可在多层结构部署多台地震仪。

5.1.3.3 外围设备

宜配置供电设施和通信网络，并配备应急备用电源。地震仪系统安装宜遵循制造商技术规范。

5.2 灾前数据应用

城市的规划单位、开发单位和运营单位可在灾前阶段应用地震仪系统，用于以下用途：

- 监测地震和火山活动；
- 调查和了解城市的灾害风险暴露情况；
- 利用微震资料进行地面测量，识别区域空间振动特征；
- 编制灾害风险地图和地震风险地图；
- 评估布设地震仪的建筑结构的抗震性能、稳固性和劣化程度；

——利用环境振动等连续背景波场，监测基础设施及周边介质物理状态和动力特征变化，识别潜在安全隐患；

——通过使用预警系统开展演练，以及启用紧急制动系统，提升城市和公众抗灾能力并降低损害。

5.3 灾中数据应用

城市的规划单位、开发单位和运营单位可在灾害期间应用地震仪系统，用于以下用途：

- a) 在探测到地震 P 波时立即：
 - 通过预警系统减少人员伤亡；
 - 控制紧急制动设备和系统防止次生灾害。
- b) 探测到强震引起的地震动后立即：
 - 评估地震特征，制作地震破坏快速评估图和海啸预测图；
 - 加快早期疏散，以避免海啸次生灾害；
 - 快速远程评估建筑结构受损程度；
 - 预防余震引发的二次破坏；
 - 避免从轻微受损的建筑结构中实施非必要疏散。

5.4 灾后数据应用

城市的规划单位、开发单位和运营单位可在灾后阶段应用地震仪系统，用于以下用途：

- a) 应急响应：
 - 根据快速影响评估结果，开展搜索和救援等紧急服务；
 - 通过快速评估结构的受损程度，评估布设地震仪的结构体的安全性；
 - 通过监测地震活动来进行余震预警；
 - 紧急关停受损地区可能引发次生灾害的燃气、电力和供水设施。

注：次生灾害包括地震引起的余震、海啸、火灾、断电等。

- b) 恢复和重建：
 - 评估布设地震仪的结构体的受损程度；
 - 确定重建规划中的优先行动次序；
 - 分析记录数据，以更好认识地表地震反应和结构响应行为，帮助改进抗震设计和评估规范和地震风险评估方法，并科学开展建筑结构的重建、修复和拆除，助力编制考虑地震脆弱性的重建规划。

6 地震仪用途和功能

6.1 地震仪系统用途

地震仪的选择宜满足用户对地震仪的用途和减灾的预期贡献(见表 1 和表 2)。

表 1 地震仪系统用途分类

类别	用途/分类（图 2）	使用时间	对减少灾害风险的贡献
详细调查数据	危险区调查/A	日常	改进、绘制和优化地震灾害风险图，以作为城市规划过程中灾害风险评估的依据
	火山震颤调查/B		评估火山爆发的可能性
	微震活动监测/C		确定震源和震源参数
强震监测数据	国家灾害管理/D	地震发生时	制作地震灾害破坏的快速估计图；了解地震灾害
	地方灾害管理/E		根据灾情制定疏散计划；了解地震灾害
地震检测数据	广域地震预警/F	地震发生时；次生灾害临近时	减少人员伤亡；大范围地震预警
	地震疏散警报/G		减少人员伤亡
	地震紧急制动/H		减少设备损伤
结构健康监测数据	建筑结构损伤调查/I	次生灾害临近时	减少对建筑物、道路、桥梁等的物理损坏
	建筑结构劣化调查/J	日常；次生灾害临近时	提前制定应对方案；减少对建筑物、道路、桥梁等的物理损坏
	其他用途/Z		

表 2 附加功能的子类别表

类别	功能	子类别
长周期地震数据	测量包含长周期地震动数据的振动	L

每类用途的地震仪系统的使用说明如下：

a) 危险区调查（A 类）

这类地震仪系统通过在地表或地下多个位置布设的地震仪获取振动测量数据，分析地质特性并识别脆弱区域。从微震活动数据中获得的地质信息可用于绘制风险地图。

注 1：有关岩土工程监测的更多信息，请参见 ISO 18674-1。

b) 火山震颤调查（B 类）

这类地震仪系统通过布设在火山周边的地震仪获取微振动测量数据，监测火山爆发和活动的迹象。其还用于监测有可能爆发的火山的震颤情况。当判断该地区存在危险时，会向周边城市发送疏散警报。

c) 微震活动监测（C 类）

这类地震仪系统利用多台地震仪的长期微震记录，识别震源参数和场地响应，进而掌握地震发生的详细参数（包括震级和震源）。通过利用多个位置的数据，可用于震后决策，减少余震造成的破坏。

注 2：有关振动测量和结构影响评估的更多信息，请参见 GB/T 14124-2024。

注 3：有关微震阵列测量估算横波速度剖面的更多信息，请参见 ISO 24057。

d) 国家灾害管理（D 类）

这类地震仪系统利用全国性的网络，在地震活跃地区布设多个地震仪获取振动数据，监测大范围地震活动信息。这些信息可用于灾损核查和救灾规划。这些信息可包含地震烈度数据。

注 4：有关国家地震系统的更多信息，请参见参考文献。

e) 地方灾害管理（E 类）

这类地震仪系统通过区域性的网络，汇总来自本地布设的多个地震仪的振动数据，监测地震相关信息。这些信息可用于灾损核查，救灾规划，以及道路等基础设施的运营和管理。通过在不同区域布设地震仪系统，可以获得地震烈度等信息。地震仪网络可由地方政府或道路运营者来安装和管理。

f) 广域地震预警（F 类）

这类地震仪系统利用布设在大范围的多个地震仪获取的振动数据，通过广播媒体和移动通信网络等发出大范围警报，以敦促疏散和警告。以地震波强度和国家地震烈度标准作为发布警报的依据。此外，利用地震波到达不同位置之间的时间差，可以实现地震预警。此类地震仪系统可以在较大范围内发出疏散警报。在某些情况下，监测和预警系统可以独立运行。

注 5：有关基于城市的灾害预警系统实施的更多信息，请参见 GB/T 45156-2024。

g) 地震疏散警报（G 类）

这类地震仪系统使用一个或多个地震仪获取的振动数据，向特定场所和设施发送警告，以敦促疏散和提高警惕。这些警报可用于疏散演习，以帮助减少人员伤亡。以地震波的强度和国家地震烈度标准作为发布警报的依据。这类地震仪系统可以安装在学校、商业建筑、剧院等场所，并用于灾时人员疏散。

h) 地震紧急制动（H 类）

这类地震仪系统使用一个或多个地震仪获取的振动数据，来触发运行设施的紧急制动，并启动防灾设备。以地震波强度作为触发的依据。当监测到超出阈值时，地震仪系统立即停止发电厂运行、关闭工厂自动设备或水闸等。

i) 建筑结构损伤调查（I 类）

这类地震仪系统使用一个或多个地震仪获取的振动数据，来调查结构的震后状况。地震仪系统利用位移量和结构自振周期变化来评估结构安全性。通过本项调查，可以掌握高层建筑、塔楼等的变形情况，并用于评估其震后可用性。

注 6：有关结构状态监测性能参数的更多信息，请参见 GB/T 23714-2009。

j) 建筑结构劣化调查（J 类）

这类地震仪系统使用一个或多个地震仪获取的振动数据，来调查结构的状况。结构的坚固程度可以通过地震震动和交通振动来评估。通过本项调查，可以确定桥梁、隧道等重要基础设施的劣化程度。这项调查还可用于预测其震后可用性。

注 7：有关桥梁和高架桥的动态测试和调查的更多信息，请参见 GB/T 29715-2013。

注 8：有关桥梁的动态测试和调查测量结果评估的更多信息，请参见 GB/T 33511-2017。

k) 其他用途（Z 类）

当地震仪系统的用途不属于 a) 到 j) 类别时，则适用此类别。

l) 长周期地震数据（子类别+L）

当地震仪数据包含长周期的地震动分量时，则在分类代码后标注“L”。例如，包含长周期数据的广域防震网络标记为 F+L 类，包含长周期数据的建筑结构损伤调查标记为 I+L 类。地震产生不同周期的地震波。长周期波可对高层建筑、大跨桥梁和油罐等结构造成破坏。

注 9：地震仪系统与灾害管理流程及 GB/T 43652-2024 指标的对应关系见附录 C。

6.2 地震仪系统功能

地震仪系统由地震计和数据采集器组成，具有地震数据记录及外部控制器连接功能。

地震仪系统宜按合适的区域范围与密度进行布设，保证观测数据有效应用。

地震仪宜牢固安装于基础结构上，如建筑物、设备或设施的地面或表面，保证地震振动准确测量。

地震仪宜具备灾害抵御能力。根据使用地点的不同，可选择具有防水或防爆功能的地震仪。

7 地震仪数据可用性、互操作性和安全性

7.1 地震仪数据可用性

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜评估地震仪和网络的灾后受损风险，并采取措施来降低风险。相关工作包括评估地质条件，根据周围环境选择有效的防水和防尘措施，保障地震仪可追踪。

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜认识到，除地震仪系统安装后需要对其进行性能测试外，地震仪系统的长期管理(包括校准、维护和检查)对于做好震前准备也很重要。宜根据区域脆弱性确定合理的维护周期，保障地震仪系统长期有效。

注1：有关地震传感器重要特性的更多信息，请参见 GB/T 13866-1992。

注2：有关振动和冲击传感器校准方法的更多信息，请参见 GB/T 20485.1-2008、GB/T 20485.11-2006、GB/T 20485.21-2007、GB/T 20485.31-2011 和 GB/T 20485.42-2018。

注3：有关加速度计机械安装方法的更多信息，请参见 GB/T 14412-2005。

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜制定地震仪系统的防盗和信息安全威胁预防措施。

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜培训提升工作人员安装、操作和维护地震仪系统的能力。

7.2 地震仪数据互操作性

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜考虑成本效益，尽可能采用标准化数据格式与交换方法，以保证不同参与方之间的互操作性。

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜描述观测条件，以便第三方正确解析数据。

保证互操作性可带来多重效益。如果实现跨区域互操作性，将能够利用更广范围的数据进行更好决策，如使用其他地区的地震数据来发布海啸警报。如果实现跨系统互操作性，将能够拓展数据用途，如将结构健康状况监测数据用于电梯紧急制动。

7.3 地震仪数据安全性

城市的规划单位、开发单位和运营单位宜按照数据安全相关法律法规要求，对地震仪系统采集、存储、传输和共享的数据实施安全管理，明确数据使用权限与保密责任。

附录 A
(资料性)
地震仪系统选择流程图

图 A. 1 给出了确定适合特定用途的地震仪系统的流程。

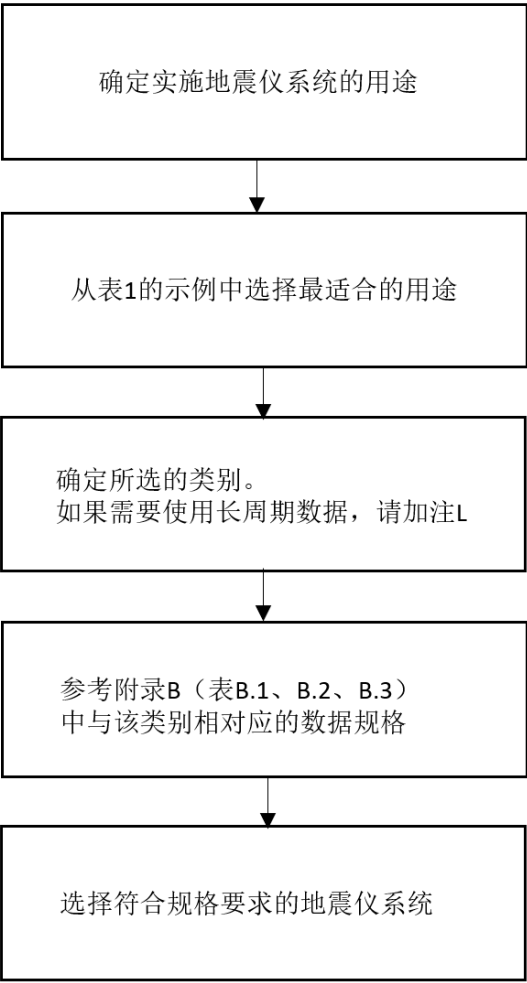


图 A. 1 确定适合特定用途的地震仪系统的流程图

附录 B
(资料性)
地震仪推荐表

表 B.1 给出了各类别（见 6.1）推荐的地震仪性能，表 B.2 给出了附加功能子类别（如 +L 类）的补充性能参数，两者共同确定各类别及其子类别组合（如 D+L）下的推荐性能。在选择地震仪系统时，宜考虑适合特定用途的特性。表 B.3 给出了涵盖所有类别的特性清单。有关地震仪系统特性的数据规格，请参见 4.4。

表 B.1 每类地震仪的推荐参数

类别	用途	测量量	频率范围	分辨率	幅值范围	
A	危险区调查	从加速度和速度中选择	每个布设位置的地面信息所对应的范围	每个布设位置的地面信息对应的分辨率	超出预期的最大波动范围	
B	火山震颤调查	从加速度、速度和位移中选择	监测火山震颤的范围	火山震颤监测的分辨率	监测火山震颤的范围	
C	微震活动监测		根据布设位置扩展 GB/T 14124-2024 的范围	可识别微震活动的分辨率	根据安装对象扩展 GB/T 14124-2024 的范围	
D	国家灾害管理	可记录地震感知的分辨率				
E	地方灾害管理	从加速度和速度中选择		可覆盖安装对象影响的范围	发出警报所需的分辨率	开展有效疏散的范围
F	广域地震预警					
G	地震疏散警报		从加速度、速度和位移中选择	与安装结构体响应相对应的范围	可记录地震感知的分辨率	低于安装对象的最大变化范围
H	地震紧急制动	可分辨微振动的分辨率			与 GB/T 14124-2024 一致	
I	建筑结构损伤调查	从加速度、速度和位移中选择	与安装结构体响应相对应的范围	可记录地震感知的分辨率	低于安装对象的最大变化范围	
J	建筑结构劣化调查			可分辨微振动的分辨率		与 GB/T 14124-2024 一致
Z	其他用途	指定参数	指定范围	指定分辨率	指定参数	

表 B.2 附加功能子类别性能参数

子类别	功能	测量量	频率范围	分辨率	幅值范围
+L	长周期地震动测量		包括 0.05Hz 及以上的范围		
注 1：长周期地震动有时会对油罐、高层建筑、桥梁和输电塔等结构造成破坏。 注 2：为子类别添加功能标注 L，如类别 D+L。地震动有时会对油罐、高层建筑、桥梁和输电塔等结构造成破坏。					

表 B.3 1

序号	分类	项目	单位	说明	示例 a, b	必要 c
1	地震仪（传感器）	频率范围	Hz	描述可测量振动的最小和最大频率	X.X 至 XX Hz	√

表 B.3 1 （续）

序号	分类	项目		单位	说明	示例 a, b	必要 c
2		测量量			加速度、速度或位移	加速度	√
3		分辨率	加速度分辨率	m/s ²	最小可测加速度值，传感器噪声密度等	X. X cm/s ²	√
4			速度分辨率	m/s	最小可测速度值	X. XX μm/s	
5			位移分辨率	m	最小可测位移值	X. XXX μm	
6		幅值范围	最大加速度范围	m/s ²	最大可测加速度范围	±XXXX cm/s ²	√
7			最大速度范围	m/s	最大可测速度范围	±XX cm/s	
8			最大位移范围	m	最大可测位移范围	±XX mm	
9		相位误差		rad	测量振动的最大相位延迟	±XX rad	
10		传感器方向			从水平和垂直方向中选择一到多个方向	水平	
11	地震仪(数据采集器)	采样率		Hz	数字转换的采样率	XXX Hz	√
12		A/D 分辨率		bit	用于数字转换的转换分辨率	XX bit	√
13		时间校准			校正内置时钟的时间	GNSS（如北斗，GPS，伽利略，QZSS）时间同步	
14		时间精度		ppm	内置时钟时间精度误差	±X. X ppm 以下	
15		通讯			输出通信方式	以太网、无线、移动网络和专用网络	√
16	地震仪整机指标	电源电压		V	地震仪的工作电压	DC XX V	√
17		功耗		W	地震仪的最大功耗	XX W	
18		环境保护			防水防尘防护等级	IP XX	
19		外壳材质			外壳材质	硬质阳极氧化铝	

表 B.3 1 （续）

序号	分类	项目	单位	说明	示例 a, b	必要 c
20		工作温度范围	K℃	地震仪的工作温度范围	X 到 +XX℃	
21		工作湿度范围	%RH	地震仪的工作湿度范围	XX 到 XX %RH	
22		设计使用寿命	年	设计使用寿命	X 年	
23		备用电源		是否安装备用电池	是（XX 小时）	
24	其他	ISO 37174 类别说明		本标准中地震仪类别	C, D+L, J+L	√
25		其他		不在本表中的其他参数		
注： a X 代表数值。 b 示例中使用的单位是基于第 4 栏中所示的单位。 c 根据用途选择所需的项目。 GNSS 全球导航卫星系统。 北斗 中国导航定位系统。 GPS 美国全球定位系统。 QZSS 日本准天顶卫星系统。 ppm 百万分之几。 RH 相对湿度。						

附 录 C
(资料性)

地震仪系统与灾害管理流程及 GB/T43652-2024 指标的映射关系

表 C.1 将地震仪系统用途与灾害管理流程及 GB/T 43652-2024 指标进行映射。

表 C.1 地震仪系统与灾害管理流程及 GB/T 43652-2024 指标的映射关系

灾害管理流程	地震仪系统用途	GB/T 43652-2024 指标(按子条款编号)
减灾	——危险区调查 A 类 ——火山震颤调查 B 类 ——微震活动监测 C 类 ——建筑结构劣化调查 J 类	12.2 结构性高风险建筑物占比 12.3 不符合建筑规范及标准的居住建筑百分比 21.3 高风险区实施减灾措施面积占比
备灾、响应	——火山震颤调查 B 类 ——微震活动监测 C 类 ——国家灾害管理 D 类 ——地方灾害管理 E 类 ——广域地震预警 F 类 ——地震疏散警报 G 类 ——地震紧急制动 H 类	15.1 综合灾害预警系统覆盖人口占比 15.2 接受培训的应急响应人员占比 15.3 及时响应国家机构发布的本地灾害预警比例
恢复、重建	——国家灾害管理 D 类 ——地方灾害管理 E 类 ——建筑结构损伤调查 I 类 ——建筑结构劣化调查 J 类	12.3 不符合建筑规范及标准的居住建筑百分比 12.4 灾后受损基础设施“重建得更好”的百分比

附 录 D
(资料性)
地震仪系统实施应用案例

本附录给出了地震仪系统在不同场景实施应用的案例。

案例 1：中国国家烈度速报与预警工程建设了世界上站网规模最大、覆盖面积最广的实时地震监测预警网络，截至 2026 年，站点达 18303 个，配备地震仪、强震仪和烈度仪三类设备，打通从台站观测、网络通信、数据处理、运维保障到信息发布、应用服务的全链条。在关键核心技术、信息服务模式和组织管理体系等方面取得系列创新成果，为各级政府、社会公众、重点行业提供地震预警和烈度速报等地震信息服务，为地震预测预报、地球科学研究和行业减灾应用提供观测数据支撑。我国地震监测预警速报技术系统和业务体系总体功能与性能达到世界先进水平，减灾效益、社会效益、科技效益和行业效益得到充分显现。

案例 2：城市建筑群地震灾害监测系统包含 1 个监控中心、约 600 套结构监测仪及辅助电源管理设备，监控中心位于深圳市中震大厦，结构监测仪分散布设于北京、天津、唐山、西昌、康定、昆明、大理、深圳、河源等 9 个城市 101 栋不同类型结构建筑楼宇，位于中震大厦的监控中心能够实现 7*24 h 连续数据采集、数据分析（加速度、倾角的幅值、频率等参数指标），并且支持通过北斗短信报方式实时接收各地的 PGA、PGV 等地震动参数报警信息。该地震灾害监测系统可实时反馈不同城市、不同建筑类型在日常运维（环境振动、大风等）和突发地震作用下的建筑结构响应，为地震监测预警、大震巨灾后抢险救援和震后评估提供数据支撑。该“多参数融合监测+实时分析”模式可推广至大型社区、医院、体育场馆等公共建筑，为智慧城市基础设施减少灾害风险提供可复用范式。

案例 3：深圳市福田区、宝安区、龙华区、罗湖区道路地面坍塌隐患监测系统，针对地下地质环境复杂、地铁盾构施工过程中地下结构和介质状态变化可能引起的上覆道路沉降、坍塌等安全风险，在深圳市福田区、宝安区、龙华区、罗湖区布设 400 余台地震仪，对道路重点区段开展 7×24 h 连续振动监测。系统利用城市交通、施工等持续存在的环境振动作为被动震源，无需人工激发，通过相邻台站波场干涉计算地下介质相对波速变化率，并结合被动源反射波响应和时频特征分析，对地下 100m 以内的介质及结构状态变化进行实时持续性监测。其中一个监测案例中，系统根据地下介质和振动特征的异常变化识别出局部路段异常，经现场踏勘发现相应区域存在地下管网漏水，后期已在地表出现渗漏现象，相关情况及时通知施工单位开展处置。该项目实现了对道路地下 100m 以内的结构状态的连续监测，可为地下管网异常、局部介质弱化及道路塌陷风险的早期识别提供可复用范式。

案例 4：北京大兴国际机场航站楼为全球最大单体隔震建筑，该系统为基础隔震层布设 35 套一体化强震仪、21 套位移计及辅助可视化设备，由 1 个数据处理中心实现 7*24 h 不间断采集与实时分析（频率、幅值、均方根等时频域指标）。系统可实时反馈隔震层在日常运维（高铁/地铁诱发振动）和突发地震下的位移响应与减震效果，为运维调度和震后评估提供数据支撑，未来可通过接入机场建筑设备管理系统实现阈值触发自动报警与联动控制。该“多参数融合监测+实时分析”模式可推广至医院、体育场馆等隔震公共建筑，为智慧城市基础设施减少灾害风险提供可复用范式。

案例 5：云冈石窟地下安全线周边煤矿开采振动监测系统，是世界文化遗产保护领域“多层级台网+实时分析”的典型应用。该系统由云冈研究院与山西省地震局（山西矿山地震监测研究中心）合作搭建，于 2024 年 5 月启动，覆盖地下安全线四个方向及中心，布设 5 个短周期台站、1 套宽频带地震

仪、1套加速度仪，并接入大同非天然地震试验台网8个强化区域微震捕捉台站及山西数字测震台网57个大范围背景监测台站，形成“石窟周边—安全线外围—区域背景”三级监测网络。系统实现7×24 h不间断采集与实时分析，可实时捕捉煤矿爆破、塌陷等微振动，判断是否存在越过地下安全线开采行为，并监测振动、天然地震对石窟本体的振动响应，识别共振风险。2025年全年监测到振动事件1087个，其中安全线100米内事件1个（2025年8月13日14时14分，M1.9级疑似爆破），为文物安全执法提供了明确线索；同时通过分析云州地震及塌陷事件，发现10月22日近源塌陷事件主频与石窟固有频率（1Hz-3Hz）重合，东南侧加速度放大至8.67gal，存在共振风险，为预防性保护提供了科学依据。该“多层级台网+实时分析+共振评估”模式可推广至龙门石窟、莫高窟等石窟寺类文化遗产，为文化遗产防灾减灾与智慧化保护提供可复用范式。

案例6：陕西榆林小纪汗煤矿安全监测应用，针对煤矿开采过程中采掘工作面、顶板及上覆地层结构持续变化以及多类型振动事件识别需求，在陕西榆林小纪汗煤矿建设地面—井下联合地动监测网络。地面按照约50 m台间距布设网状监测台阵，并在井下巷道布设地震仪，系统共部署约200台监测设备，采用单分量与三分量地震仪组合，实现振动数据实时传输和24 h连续监测。系统通过环境振动分析、背景噪声干涉、神经网络振动事件分类及面波层析成像等方法，对煤矿开采活动产生的振动信号进行连续采集、智能分类、空间定位与地下结构分析，并持续跟踪采掘活动引起的地下介质和地质结构变化。工程应用中，系统可稳定识别约4类主要振动事件，其中包括采煤机运行、煤矸石碰撞及微震等事件；主要生产活动相关振动事件每小时识别量超过300个，微震事件日均约100起。通过振动源定位分析，可对采煤机位置进行动态跟踪，定位误差小于10 m。该项目构建了覆盖“振动事件采集—智能分类—空间定位—地下结构变化监测”的煤矿微振动数字化监测体系，可为采掘活动监测、顶板及上覆地层稳定性分析、微震活动识别以及煤矿安全生产及减灾预警提供可复用范式。

参 考 文 献

- [1] [1] GB/T 13866-1992 振动与冲击测量 描述惯性式传感器特性的规定
- [2] [2] GB/T 14124-2024 机械振动与冲击 固定建筑结构的振动 振动测量及对结构影响评价的指南
- [3] [3] GB/T 14412-2005 机械振动与冲击 加速度计的机械安装
- [4] [4] GB 17740-2017 地震震级的规定
- [5] [5] GB/T 17742-2020 中国地震烈度表
- [6] [6] GB/T 18207.1-2008 防震减灾术语 第1部分：基本术语
- [7] [7] GB/T 20485.1-2008 振动与冲击传感器校准方法 第1部分：基本概念
- [8] [8] GB/T 20485.11-2006 振动与冲击传感器校准方法 第11部分：激光干涉法振动绝对校准
- [9] [9] GB/T 20485.21-2007 振动与冲击传感器校准方法 第21部分：振动比较法校准
- [10] [10] GB/T 20485.31-2011 振动与冲击传感器的校准方法 第31部分：横向振动灵敏度测试
- [11] [11] GB/T 20485.42-2018 振动与冲击传感器校准方法 第42部分：高精度地震计的重力加速度法校准
- [12] [12] GB/T 23714-2009 机械振动与冲击 结构状态监测的性能参数
- [13] [13] GB/T 29715-2013 机械振动与冲击 桥和高架桥动态试验和检测指南
- [14] [14] GB/T 33511-2017 机械振动 桥梁动态测试与检测测量结果的评估
- [15] [15] GB/T 43652-2024 城市和社区可持续发展 韧性城市指标
- [16] [16] GB/T 44483-2024 安全与韧性 术语
- [17] [17] GB/T 45156-2024 安全与韧性 应急管理 社区灾害预警体系实施通用指南
- [18] [18] DB/T 22-2020 地震观测仪器进网技术要求 地震仪
- [19] [19] ISO/TR 6030, Smart community infrastructures - Disaster risk reduction - Survey results and gap analysis
- [20] [20] ISO 18674-1, Geotechnical investigation and testing - Geotechnical monitoring by field instrumentation - Part 1: General rules
- [21] [21] ISO 19901-10:2021, Petroleum and natural gas industries - Specific requirements for offshore structures - Part 10: Marine geophysical investigations
- [22] [22] ISO 24057, Geotechnics -Array measurement of microtremors to estimate shear wave velocity profile
- [23] [23] United Nations Office for Disaster Risk Reduction, Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. UN: Geneva, 2015
- [24] [24] PREPARED FOR U.S. GEOLOGICAL SURVEY AND THE ADVANCED NATIONAL SEISMIC SYSTEM NATIONAL IMPLEMENTATION COMMITTEE. Instrumentation Guidelines for the Advanced National Seismic System, Open-File Report 2008-1262