

ICS 91.120.25
CCS P 15
备案号: 110592-2024

DB11

北京市地方标准

DB11/T 2213—2024

区域性地震安全性评价工作技术规范

Technical specification for evaluation of the regional seismic safety

2024 - 03 - 25 发布

2024 - 07 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前 言	11
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 基本要求.....	2
5 区域地震活动性与地震构造.....	2
6 近场区地震活动性与地震构造.....	3
7 目标区主要断层勘查和活动性鉴定.....	4
8 地震工程地质条件勘测.....	5
9 地震动预测方程.....	7
10 目标区概率地震危险性.....	7
11 目标区场地地震动参数确定.....	7
12 地震地质灾害评价.....	9
附录 A （规范性） 地震崩塌滑坡危险性指数计算因子赋值表	12
参 考 文 献.....	14

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。

本文件由北京市地震局提出并归口。

本文件由北京市地震局组织实施。

本文件起草单位：北京市震灾风险防治中心、北京市地震局、中国地震灾害防御中心、中国地震局地质研究所、中国地震局地球物理研究所、应急管理部国家自然灾害防治研究院、北京工业大学、中国地质大学（北京）、昌平区地震局、北京市勘察设计研究院有限公司、北方卓越（北京）勘测技术有限公司、第四纪数字地球（北京）科技有限公司。

本文件主要起草人：赵帅、孟勇琦、吕悦军、尤红兵、贾启超、胥广银、吴清、孙佳珺、李占飞、周本刚、王玉婷、刘影、彭艳菊、荣棉水、张效亮、罗桂纯、郝明辉、李小军、李峰、张郁山、潘华、钱荣毅、王飞、谭晓迪、张攀、张敬军、王庆民、张东亚、李胜勇、周小仙、尉洋。

区域性地震安全性评价工作技术规范

1 范围

本文件规定了区域性地震安全性评价工作中的区域地震活动性评价，近场区地震活动性评价，区域地震构造评价，近场区地震构造调查与评价，目标区主要断层勘查和活动性鉴定，地震动预测方程确定，目标区概率地震危险性分析，目标区场地地震工程地质条件勘测、地震动参数确定、地震地质灾害评价。

本文件适用于北京市区域性地震安全性评价工作。

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 17741 工程场地地震安全性评价
- GB/T 18207.1 防震减灾术语第1部分：基本术语
- GB/T 18207.2 防震减灾术语第2部分：专业术语
- GB/T 18207.3 地震现场工作第3部分：调查规范
- GB 18306 中国地震动参数区划图
- GB/T 36072 活动断层探测
- GB 50011 建筑抗震设计规范
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB/T 50269 地基动力特性测试规范
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- DB/T 69 活动断层探查 遥感调查

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

目标区 target area

开展区域性地震安全性评价的范围。

3.2

设定场点 given site

目标区内具体建设工程场地空间分布点。

3.3

活动断层 active fault

距今12万年以来有过活动的断层，包括晚更新世断层和全新世断层。

[来源：GB/T 36072-2018, 3.1]

3.4

全新世断层 Holocene fault

全新世期间或距今12 000年以来发生过位移的断层。

[来源：GB/T 36072-2018, 3.4]

3.5

晚更新世断层 late Pleistocene fault

晚更新世期间发生过位移，但无全新世活动证据的断层。

[来源：GB/T 36072-2018, 3.5]

3.6

断层活动段 fault segment

在一活动断层上，活动历史、几何形态、性质、地震活动和运动特性等具有一致性的地段。

[来源：GB/T 17741-2005, 3.6]

4 基本要求

区域范围应不小于目标区外延 150km；近场区范围应不小于目标区外延 25km。

5 区域地震活动性与地震构造

5.1 地震活动性评价准备

5.1.1 开展区域地震资料搜集和地震目录编制，应符合以下要求：

- a) 历史地震资料包括区域内自有地震记载以来的全部破坏性地震事件；
- b) 仪器记录地震资料包括区域内自有仪器记录以来所记录到的可定地震参数的全部地震事件；
- c) 编制区域破坏性地震目录。包括发震时间、震中位置地理坐标（经度、纬度）与参考地名、震级、震中烈度、震源深度及震中定位精度信息；地震震级采用震级 M；破坏性地震同时存在宏观震中与微观震中时，采用宏观震中位置；
- d) 注明资料起止时间；
- e) 收集区域内地震监测台网资料，评估区域内最小地震监测能力。

5.1.2 开展区域地震震中分布图的编制，应符合以下要求：

- a) 分别编制区域破坏性地震震中分布图和中小地震震中分布图；
- b) 标注主要地震事件的震级和发震日期；
- c) 图件比例尺不小于 1:1 000 000，标明目标区位置并标注图例。

5.1.3 开展区域地震活动时空特征分析，应符合以下要求：

- a) 区域地震资料完整性和可靠性分析；
- b) 区域地震活动时间分布特征和未来地震活动水平分析；
- c) 区域地震活动成带、丛集、弥散、重复等空间分布特征分析；
- d) 区域地震震源深度分布特征分析。

5.1.4 开展区域现代构造应力场特征分析，应符合以下要求：

- a) 搜集、增补本区域震源机制解资料，编制区域震源机制解分布图；
- b) 分析区域现代构造应力场方向、性质及分区等特征；
- c) 评价区域现代构造应力场与区域构造活动的关系。

5.1.5 开展目标区地震影响评价工作，应符合以下要求：

- a) 搜集分析对目标区有影响的地震烈度资料，编制破坏性地震影响烈度图；
- b) 选用适用于本地区的地震烈度衰减关系，计算目标区地震影响烈度；

- c) 编制目标区最大地震影响烈度等值线图，分区给出目标区最大地震影响烈度。

5.2 区域地震构造

5.2.1 应收集区域地层、地貌、构造、地球物理场等方面的资料，进行区域地质构造背景分析，并绘制以下图件：

- a) 区域大地构造分区图，比例尺不小于 1:1 000 000；
- b) 布格重力异常图、航磁异常图，比例尺不小于 1:2 500 000；
- c) 地壳厚度图，比例尺不小于 1:2 500 000。

5.2.2 应收集区域新构造时期地层、地貌、构造等方面的资料，分析地震发生的新构造背景，绘制区域新构造图，分析新构造运动特征及其与地震活动的关系。区域新构造图包含基础地理要素、新构造单元、晚更新世以来的活动断裂和中强以上地震等要素，比例尺不小于 1:1 000 000。

5.2.3 开展区域断层活动性评价研究，应符合以下规定：

- a) 收集区域断层活动性资料；
- b) 编制区域断层活动特征表，包括断层产状、断层带长度、断层活动性、断层性质、及其附近破坏性地震等内容；
- c) 对目标区地震安全性评价结果可能产生较大影响的断层，必要时补充相应的调查工作，查明断层的最新活动时代、活动性质和运动学特征，进行活动性分段，分析重点地段古地震强度及活动期次；
- d) 评价区域内主要第四纪活动断层的活动性，分析断层性质、展布特征、最新活动时代、运动学参数、分段性及古地震等。

5.2.4 编制区域地震构造图，地震构造图应包括以下内容：

- a) 区域范围内主要断层及其活动时代、性质与产状，断层编号与区域断层活动特征表中编号对应；
- b) 现代构造应力场方向；
- c) 第四系、新近系、古近系、前新生代基岩和新生代以来的岩浆岩等地层单元及其接触关系；
- d) 第四系等厚线；
- e) 破坏性地震震中位置，并标注震级与发震时间；
- f) 主要地名、水系等基础地理要素；
- g) 标绘近场区范围及目标区位置；
- h) 图例样式参考 GB/T 36072，图件比例尺不小于 1:1 000 000。

5.2.5 开展区域地震构造特征分析，应包括以下主要内容：

- a) 区域地质构造背景、新构造运动特征、断层活动特征等与区域强震活动的关系，评价区域地震构造环境，不同震级档的地震构造条件；
- b) 主要发震构造及其最大潜在地震的评估。

6 近场区地震活动性与地震构造

6.1 地震活动性

6.1.1 对破坏性地震参数有不确定时，应进行资料核查和现场调查。

6.1.2 编制近场区地震目录，应包括所有历史地震和仪器记录地震事件，并绘制近场区地震震中分布图，地震目录和震中分布图均应注明资料起止时间。

6.1.3 进行地震活动性分析，应包括近场区地震活动强度、频度水平，地震活动密度等空间分布特征，以及震源深度分布特征。

6.2 地震构造

6.2.1 收集近场区遥感、地貌、地质构造及第四系资料，分析地貌和第四系特征，划分地质地貌单元，分析第四纪构造活动特点。应符合以下规定：

- a) 平原区遥感采用 DB/T 69 规定的中等分辨率的遥感影像，山区遥感采用 DB/T 69 规定的低等分辨率的遥感影像，对近场区主要断层进行线性特征解译；
- b) 编制近场区地质地貌单元分区图，图件比例尺不小于 1: 250 000；
- c) 分析近场区第四系地层划分及沉积体系分布特征。

6.2.2 近场区断层活动性鉴定，应符合以下规定：

- a) 收集近场区断层资料，分析其合理性和可靠性，并给出基于前人工作的断层空间分布认识；
- b) 收集地表形变、地震遗迹考察等资料，分析断层现今活动特征；
- c) 开展近场区断层现场调查或资料收集，每条断层不少于 3 个控制点，必要时采用合成孔径雷达或激光雷达遥感解译、地质地貌调查、浅层地震勘探、钻探或槽探等方法，查明断层的位置、规模、产状以及断层活动性特征；
- d) 鉴定近场区断层的活动时代、活动性质和分段等，并判定其最大潜在地震震级；
- e) 编制近场区断层活动性特征表。

6.2.3 编制近场区地震构造图，应包括以下内容：

- a) 近场区主要断层及其活动时代、性质、产状；
- b) 第四系厚度及各统分布；
- c) M2.0 级以上地震震中位置；
- d) 主要基础地理要素；
- e) 近场区第四系岩性柱状图和第四系剖面图；
- f) 图例样式参考 GB/T 36072，图件比例尺不小于 1: 250 000。

6.2.4 编制近场区活动断层鉴定材料图，应包括以下内容：

- a) 第四纪以来有活动的断层及其活动时代、性质、倾向；
- b) 近场区地质调查和资料收集涉及的遥感、钻孔、探槽和地质剖面资料，将其位置进行空间标注并编号；
- c) 近场区现场勘查工作完成或收集的地球物理测线，标注其测线编号及解译断点。

6.2.5 研究近场区地震活动与断层活动之间的关系，分析近场区地震构造特征。

7 目标区主要断层勘查和活动性鉴定

7.1 目标区外延 1km 范围有断层展布，应开展目标区以及断层控制性调查与探测，查明断层活动性及其与目标区关系。目标区外延 1km 范围内无已知断层展布，应开展目标区控制性调查与探测，查明目标区存在的断层，并评价其对目标区的影响。

7.2 对隐伏断层或断层段应采用浅层地震勘探方法进行探测。

7.2.1 应优先采用纵波反射勘探方法，当探测埋 50m 以浅的隐伏断层时，宜采用横波（SH）反射勘探方法；

7.2.2 控制性探测道间距应不大于 5 米，地震多次覆盖次数应不小于 30 次；

7.2.3 当地震地质条件复杂，数十米以浅地震反射信号较差时，宜采用折射/反射和面波联合勘探方法；

7.2.4 勘探震源和检波器的选型参考 GB/T 36072。

7.2.5 对浅层地震勘探方法解释的隐伏活动断层，应采用跨断层钻孔联合地质剖面探测法，必要时采用地表地质调查或探槽方法，结合地层、地貌年代测定或比对，确定断层的位置、规模、产状、最新活动时代以及断层活动性特征。钻孔联合地质剖面探测测线和槽探布设位置与浅层地震勘探测线的间距不

大于 150m，钻孔联合地质剖面探测法符合 DB/T 92 要求。

7.2.6 断层控制性调查与探测的单条断层空间展布控制点不少于 2 个，断层活动性控制点不少于 1 个。

7.3 对裸露区发育的主要断层或断层段，应采用高分辨率遥感、地质-地貌填图、槽探等方法进行勘查，具体要求符合 GB/T 36072。

7.4 目标区存在活动断层时，应评价其活动时代、性质、断错位移与速率，编制目标区主要断层活动性特征一览表。

7.5 编制目标区断层勘查实际材料图，应列明：

- a) 目标区及周边主要断层分布，包括断层的展布、性质、产状、活动时代等；
- b) 前期工作资料及解释断点位置；
- c) 遥感解译范围；
- d) 地质-地貌填图范围，地貌观测点、地层观测点、断层观测点位置；
- e) 浅层地震勘探线位置，以及解释断点位置；
- f) 钻孔联合地质剖面位置、探槽位置，对应解释断点位置；
- g) 地名、水系、道路等相关地理要素。
- h) 比例尺不小于 1:2 000，图幅内容如何 DB/T 53。

8 地震工程地质条件勘测

8.1 地震工程地质条件调查

地质工程地质条件调查应包括以下内容：

- a) 收集、整理和分析目标区及其附近相关的地质岩性、水文地质、地形地貌、地质构造、场地土类型等已有的工程地质资料，以及地震液化、软土震陷、地表破裂、地裂缝、滑坡崩塌等地震地质灾害资料。
- b) 调查目标区及其附近地震造成的砂土液化、软土震陷、地表破裂、地裂缝、滑坡崩塌等地震地质灾害现象。

8.2 控制性钻孔勘查

8.2.1 开展目标区地震工程控制性钻孔钻探，应符合下列要求：

- a) 采用适应粘性土、粉土、砂土、碎石土、岩石等地层的回转岩芯（或无岩芯）钻探法；
- b) 严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，岩土分层深度的量测精度，不低于±50 mm；
- c) 岩芯采取率，对完整和较完整岩体不低于 80%，较破碎和破碎岩体不低于 65%；对需重点查明的部位（滑动带、软弱夹层等）采用双层岩芯管连续取芯；
- d) 钻探成果可用钻孔野外柱状图或分层记录表示，岩土芯样在区域性地震安全性评价整体工作通过项目资料提交验收前予以保存，拍摄完整岩芯、土芯彩色照片，并纳入成果资料。

8.2.2 控制性钻孔布设，应符合以下要求：

- a) 根据目标区工程地质条件和目标区建设工程的功能布局规划，合理布置控制性钻孔；
- b) 在保证控制性钻孔间距不大于 700m，以及钻孔与目标区边界距离不大于 350m 的基础上，目标区任一设定场点 200m 范围内布设至少 1 个控制性钻孔，或 700m 范围内布设不少于 2 个控制性钻孔；
- c) 目标区为不连续地块时，每个地块单元至少布置 2 个控制性钻孔；
- d) 目标区内已规划的重要工程设定场点至少布置 1 个控制性钻孔；

- e) 对于山前斜坡、沟谷等地貌单元浅部地层分布复杂、基岩起伏较大，以及平原区古河道和阶地地貌单元分界附近等浅部地层岩性差异较大地段加密钻孔进行控制。

8.2.3 控制性钻孔深度应符合以下要求：

- a) 基岩进尺不少于 3.0m，或剪切波速不小于 500m/s 处，且其下不存在更低波速岩土层。
- b) 控制孔深度超过 100m 时，剪切波速仍小于 500m/s，且 100m 以下的剪切波速值可依据相关资料类比或通过经验模型确定时，可终孔，但目标区至少有 1 个钻孔达到剪切波速不小于 500m/s。

8.2.4 编制目标区钻孔分布图、钻孔柱状图、特定方向的控制性综合工程地质剖面图等成果图件，应符合下列要求：

- a) 钻孔分布图包含所有控制性钻孔和搜集钻孔，并标注钻孔编号、孔口标高、终孔深度、以及已规划建（构）筑物布置等信息；水平比例尺选 1:25 000~1:10 000。
- b) 钻孔柱状图标注层序号、沉积相、地下水位、层底埋深、终孔基岩时代、层厚、土类名称、土质描述、取样位置和标准贯入测试等信息，垂直比例尺选 1:1 000~1:100；
- c) 特定方向的控制性综合工程地质剖面图，标注层序号、层底埋深[单位为米（m）]、层厚[单位为米（m）]、土类名称等信息，水平比例尺选 1:25 000~1:10 000。

8.3 控制性钻孔测试

8.3.1 目标区各控制性钻孔均采集目标区原状土样，应符合以下要求：

- a) 自然分层中对代表性岩土层采取原状土样，间隔分布的同类岩土层间距超过 5m 时，分别取样。
- b) 对于砂土等土层，采取扰动样以进行重塑土的土动力学试验。

8.3.2 控制性钻孔测试，应符合以下要求：

- a) 钻孔岩土层物理性能指标原位测试包括天然含水量、比重、天然密度、干密度等；
- b) 测试地面下 30m 深度内可能发生饱和砂土液化土层的标准贯入锤击数、粘粒含量等指标，并测量地下水位、可液化地层厚度等，还调查目标区地下水历史最高水位或近 3~5 年最高水位。
- c) 采用单孔法或跨孔法，测量不同深度岩土剪切波速，测量深度间距不大于 1m。
- d) 在波速测试成果的波形记录上能够识别出剪切波速初至时间，给出沿钻孔深度波速分布列表或图，包括土层类别、层厚度、深度、波速随深度的变化曲线和每米测试值等。

8.3.3 应按照 GB 18306 的场地分类方法判别控制性钻孔的场地类别。

8.4 场地岩土动力性质试验

8.4.1 应按照 GB/T 50269—2015 对典型土样开展动三轴或共振柱试验，测定剪切模量比与剪应变关系、阻尼比与剪应变关系。

8.4.2 编制典型土样的试验成果报告，应包括下列内容：

- a) 试验方法和试验仪器；
- b) 土样列表，包括土样编号、深度、试样类型（原状、扰动）、土类名称、密度、试验围压、固结比等；
- c) 标准剪应变（ 5×10^{-6} 、 1×10^{-5} 、 5×10^{-5} 、 1×10^{-4} 、 5×10^{-4} 、 1×10^{-3} 、 5×10^{-3} 、 1×10^{-2} ）对应的剪切模量比、阻尼比列表；
- d) 剪切模量比与剪应变、阻尼比与剪应变关系曲线图，包括实测试验结果、拟合曲线等。

8.5 目标区三维地层结构模型建立

建立目标区地层结构模型，应符合：

- a) 综合目标区工程地质勘查资料和钻孔测试、土样试验结果；按照空间间隔节点数据，建立目标区三维地层结构模型，内容包括基岩埋深、土层的主要分层与埋深、土层岩性与空间分布特征等。
- b) 模型平面控制节点间隔不大于 700 m，竖向控制节点间隔不大于 5 m。
- c) 编制目标区地震工程地质条件基础图件，包括基岩埋深等深线图或剪切波速度 500 m/s 的深度等值线图、等效剪切波速分布图、场地类别分布图，图件比例尺选 1:25 000~1:10 000。

9 地震动预测方程

采用由统计方法建立的地震动预测方程，或采用类比性方法确定地震动预测方程。地震动预测方程应反映高频地震动的震级和距离饱和特性。

10 目标区概率地震危险性

10.1 地震统计区划分

- 10.1.1 应依据地震活动空间分布的分区性和地震与活动构造区的相似性划分地震区。
- 10.1.2 应在地震区内依据地震活动空间分布的成带性和地震与活动构造带的一致性划分地震带。
- 10.1.3 应在地震区、地震带划分的基础上综合考虑地震活动统计的资料特征确定地震统计区。

10.2 潜在震源区划分

- 10.2.1 应在地震统计区内根据地球动力学环境考虑地震构造环境和发震构造模型的一致性划分地震构造区，作为背景地震活动潜在震源区。
- 10.2.2 应在地震构造区内根据地震活动特征和地震构造特征划分构造潜在震源区，每一个构造潜在震源区要有明确的地震构造与之相关。
- 10.2.3 潜在震源区边界划分时应考虑地震构造展布认识的不确定性，以及未来地震活动空间分布的不确定性。

10.3 地震活动性参数确定

- 10.3.1 确定地震统计区地震活动性参数，应包括地震统计区震级上限、震级下限、震级—频度关系系数、地震年平均发生率。
- 10.3.2 确定地震统计区地震活动性参数时，应分析地震资料完整性、可靠性，分析现代地震活动，以及评估未来百年地震活动趋势。
- 10.3.3 确定潜在震源区地震活动性参数，应包括潜在震源区震级上限、各震级档空间分布函数和方向性函数。
- 10.3.4 确定潜在震源区的地震活动性参数时，应综合分析潜在震源区内地震构造的规模、最新活动时代、活动性质、大震复发特征等地震构造条件和各震级档地震活动特征。

10.4 地震危险性分析

- 10.4.1 目标区各控制点多概率水准基岩地震动参数的计算应符合下列要求：
 - a) 计算控制点间隔不大于 700 m，并将各控制性钻孔位置设置为控制点；
 - b) 概率水准包括 50 年超越概率 63%、10%、2%，70 年超越概率 63%、10%、2.5%，以及 100 年超越概率 63%、10%、3%，以及区内已明确规划的建设工程抗震设防标准相应的超越概率水准；
 - c) 地震动参数包括基岩水平向峰值加速度与加速度反应谱（阻尼比 5%，反应谱周期不小于 6 s）。
- 10.4.2 以图和表格的形式，给出代表性控制点基岩峰值加速度超越概率曲线和不同超越概率基岩加速度反应谱。
- 10.4.3 编制目标区控制点基岩峰值加速度分布图，并分析基岩地震动峰值加速度的空间变化特征。
- 10.4.4 以图或表格的形式给出对目标区地震危险性起主要作用的各潜在震源区的贡献率，并评价结果的合理性。

11 目标区场地地震动参数确定

11.1 场地地震反应分析模型的建立

- 11.1.1 根据目标区场地地震工程地质条件勘查结果，建立场地地震反应分析模型，应包括以下内容：

- a) 场地地表、土层界面及基岩面均较平坦时，宜采用一维土层反应分析模型；
 - b) 土层界面、基岩面或地表起伏较大时，宜采用二维或三维分析模型。
- 11.1.2 应根据实际情况，从下列三者中择一作为场地土层地震反应分析的地震输入界面：
- a) 钻探确定的基岩面；
 - b) 剪切波速不小于 500 m/s 的土层顶面；
 - c) 钻孔深度超过 100 m，且剪切波速有明显跃升的土层分界面或由其他方法确定的界面。
- 11.1.3 选用二维或三维分析模型时，应考虑边界效应。
- 11.1.4 根据目标区地震工程地质勘察结果确定场地分层土厚度、密度值、波速值及土动力参数等场地土层模型参数，应符合：
- a) 深度超过 100 m 且岩土层剪切波速仍小于 500 m/s 而终孔的钻孔，可采用本地或工程地质条件相类似的其他地区的波速值随土类与埋深变化的经验统计关系式，并与目标区深度达到岩土层剪切波速不小于 500 m/s 的控制性钻孔进行对比，综合确定深度超过 100 m 的岩土层剪切波速值；
 - b) 对于重塑土样的测试结果，论证其合理性。
- 11.1.5 建立各控制孔场地土层地震反应分析模型，并形成地震反应分析模型数据库。

11.2 输入地震动参数的确定

- 11.2.1 以地震危险性分析得到的基岩地震动反应谱为目标谱，采用人工合成方法确定各控制点自由基岩场地地震动时程。
- 11.2.2 合成自由基岩地震动时程时，应符合以下要求：
- a) 地震动时程的强度包络函数表现上升、平稳和下降三个阶段的特征。
 - b) 人工合成的初始地震动时程，基于目标地震动反应谱主要控制地震确定其强度包络参数；
- 11.2.3 合成各控制点自由基岩地震动时程，应符合下列要求：
- a) 每条目标谱合成不少于 5 组地震动时程样本；
 - b) 样本之间的相关系数不大于 0.16；
 - c) 合成地震动时程反应谱与目标谱在控制点频率处的相对误差的绝对值不超过 5%；
 - d) 反应谱的周期控制点在对数坐标轴上分布合理，0.04s~6s 间的控制点个数不少于 50 个；
 - e) 合成地震动的加速度时程所对应的速度和位移时程无基线漂移。
- 11.2.4 建立目标区自由基岩场地地震动时程数据库，应包括加速度、速度和位移时程。
- 11.2.5 各计算控制点应按自由基岩场地地震动时程幅值的 50% 确定场地土层地震反应分析的计算基底输入。

11.3 场地地震反应分析计算

- 11.3.1 采用等效线性法进行计算时，一维模型土层厚度应控制在所考虑的有效地震波最短波长的 1/20~1/5 范围内取值，且不大于 5m。
- 11.3.2 二维及三维模型采用有限元法求解时，有限元网格在波传播方向的尺寸应在所考虑最短波长的 1/12~1/8 范围内取值。
- 11.3.3 场地类别为 IV 类，且输入地震动峰值大于 100gn 时，宜使用时域非线性方法或频率相关等效线性化方法等进行计算，并考虑土性参数与分析结果的不确定性。

11.4 场地地震动参数的确定

- 11.4.1 应按公式 (1) 的量值关系确定场地地震动参数。

$$Sa(T) = \begin{cases} (1 + 15T)A_{max} & T \leq 0.1 \\ 2.5A_{max} & 0.1 < T \leq T_g \\ A_{max} \left(\frac{T_g}{T}\right) & T \geq T_g \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Sa(T)$ ——场地地震动反应谱，单位为标准重力加速度 (gn)；

T ——周期，单位为秒（s）；

A_{max} ——场地地震动峰值加速度，单位为标准重力加速度（gn）；

T_g ——场地地震动反应谱特征周期，单位为秒（s）。

11.4.2 基岩场地的地震动参数可根据概率法地震危险性分析结果确定，土层场地的地震动参数应基于场地地震反应分析结果确定。

11.4.3 采用竖向与水平向地震动比值来确定场地竖向地震动时，其比值应不小于 2/3。当目标区附近地震活动对场地地震危险性起主要贡献情况下，比值应取为 1。

11.4.4 建立目标区地表场地地震动参数数据库，应包括各控制点不同概率水准水平向地震动峰值加速度和加速度反应谱特征周期、地震动时程。

11.5 设定场点工程场地地震动参数确定

11.5.1 设定场点工程场地地震动参数，应根据工程结构特征、场地工程地质条件和目标区地表地震动参数数据库、地震动时程数据库综合确定。

11.5.2 根据场地类别，依据 GB 18306 双参数调整要求，确定区划标准地震动参数。

11.5.3 依据工程结构所需的概率水准，选择距离场点 700m 范围内的控制点结果综合确定场地地震动参数，确定如下：

- a) 场点距离控制点小于 200m 时，取该控制点地震动参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数；
- b) 场点距离控制点大于 200m 时，选择该场点周围 700m 范围内的多个控制点，取地震动参数大的控制点参数和区划标准地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数。

11.5.4 对需要地震动时程的建设工程，依据场点与选定控制点地震动参数结果差异，按比值法对选定的控制点地震动时程进行调整处理，作为该场点的场地地震动时程。

12 地震地质灾害评价

12.1 活动断层

12.1.1 目标区内存在活动断层时，应调查和研究活动断层变形带宽度，并依据断层性质及产状、最大潜在地震和覆盖层厚度等因素评估潜在地震地表破裂影响。

12.1.2 活动断层断错灾害评价，应当包括以下内容：

- a) 活动断层地表破裂影响带宽度包含地震断层造成的地表直接断错、破裂在内的断层带宽度以及断层两侧以外、具有较强变形程度的范围。
- b) 通过跨断层地质剖面或跨断层探槽，确定活动断层变形带宽度；利用浅层地震勘探、钻探或槽探等结果确定隐伏活动断层变形带宽度。
- c) 根据活动断层几何结构、性质与产状、最大潜在地震、覆盖层厚度等因素评估潜在地震地表破裂影响带宽度。
- d) 分析活动断层性质，宜给出断层面上走滑和倾滑位移分量，并根据断错事件实测位移数据或依据统计关系估算等方法，评价最大潜在位移。

12.1.3 编制活动断层地震地表破裂影响带分布图，图件比例尺宜为 1:10 000-1:5 000。

12.1.4 对设定场点工程，应分析场地与活动断层地表破裂影响带的空间关系。

12.2 地震砂土液化

12.2.1 针对多概率水准地震动作用，初步评价目标区场地地基土液化。

12.2.2 依据地形、地貌、地层、地下水等与液化有关的场地条件和目标区及其附近历史地震液化遗迹资料，分析目标区内场地地震液化的可能性。

12.2.3 场地存在可液化土层且具液化可能性时，对地面以下 20m 深度内和 20m-30m 深度范围的可液化

土层进行地震液化判别。

12.2.3.1 地面以下 20m 深度范围内，应按照 GB 50011 对饱和砂土或粉土层进行液化判别。

12.2.3.2 地面以下 20m-30m 深度范围，可采用标准贯入试验判别法进行地震液化判别，实测标贯击数 N 不大于液化标准贯入击数临界值 N_{cr} 时，判为液化。液化判别标准贯入击数临界值 N_{cr} 按公式 (2) 计算：

$$N_{cr} = \gamma\beta_0 \frac{58a_{max}}{a_{max}+0.4} \times (1 - 0.02d_w) \times (0.27 + \frac{d_s}{d_s+6.2}) \times \sqrt{3/\rho_c} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

N_{cr} ——液化判别标准贯入击数临界值；

γ ——工作等级系数，取1.0；

β_0 ——调整系数，位于GB 18306-2015中基本地震动加速度反应谱特征周期0.35s、0.40s和0.45s 分区内场地，分别取0.85、1.00和1.10；

a_{max} ——场地地震动峰值加速度 (gn) ；

d_w ——地下水位深度，单位为米 (m) ；

d_s ——可液化土层标准贯入点深度，单位为米 (m) ；

ρ_c ——黏粒含量百分率，小于3或为砂土时取3。

12.2.4 编制不同概率水准下目标区场地地震液化初步判别结果图，图件比例尺宜不小于 1:50000。

12.3 软土震陷

12.3.1 针对多概率水准地震动作用，初步判断目标区场地软土震陷。

12.3.2 根据目标区历史地震软土震陷资料，分析软土震陷分布与特征。

12.3.3 对于含有高压缩性软土覆盖层的钻孔，宜基于勘查得到的软土层等效剪切波速等资料，按照 JGJ83-2011 中 6.3.4 进行软土震陷判别与软土震陷等级评价。

12.3.4 编制不同概率水准下目标区软土震陷初步判别结果图，图件比例尺宜不小于 1:50 000。

12.4 地裂缝

12.4.1 目标区存在地裂缝时，应调查和研究地裂缝变形带宽度和破裂面深度，并依据地裂缝性质及产状等因素评估其与活动断层空间展布关系及活动关联性。

12.4.2 凡涉及断裂活动的地裂缝灾害，应开展地裂缝灾害评价，包括以下内容：

- a) 通过跨地裂缝地质剖面或跨地裂缝探槽，确定地裂缝变形带宽度。
- b) 根据地裂缝几何结构、性质与产状、覆盖层厚度、地下水位、沉降速率等因素评估潜在地裂缝地表破裂影响带宽度。
- c) 编制地裂缝破裂影响带分布图，图件比例尺宜为 1:5 000-1: 1 000。
- d) 对设定场点工程，分析场地与地裂缝破裂影响带的空间关系。

12.5 崩塌、滑坡和泥石流等其他地震地质灾害

12.5.1 应收集和调查地形坡度、岩石风化程度、古河道、崩塌、滑坡、泥石流等资料。

12.5.2 针对多概率水准地震动作用，初步评价工程场地及周边坡体地震崩塌、滑坡和泥石流等其他地震地质灾害，具体计算方法如下：

a) 地震崩塌滑坡危险性指数方法，应由以下公式计算：

$$H = Sa \times Sp \times Sr \dots\dots\dots (3)$$

式中：

H -地震崩塌滑坡危险性指数，按公式 (3) 和附录A表A.1给出；

Sa -边坡坡度危险度分级因子，按附录A表A.2给出；

Sp -地震动峰值加速度危险度分级因子，按附录A表A.3给出；

S_r -岩土体危险度分级因子，按附录A表A.4给出。

b) 边坡未定型安全系数方法 采用 GB 50330 进行计算，并应根据不同概率水准地震作用下的边坡稳定性安全系数大小对边坡稳定性进行初步分析评价。

12.5.3 绘制不同概率水准作用下目标区边坡地震崩塌滑坡危险程度分布图，图件比例尺应为 1:10 000-1:25 000。

附录 A
(规范性)

地震崩塌滑坡危险性指数计算因子赋值表

A.1 边坡地震崩塌滑坡危险程度分级

边坡地震崩塌滑坡危险程度分级见表A.1。

表A.1 边坡地震崩塌滑坡危险程度分级表

危险程度	危险性指数
低	1-4
中等	6-12
高	18-27

A.2 边坡坡度危险度分级赋值

边坡坡度危险度分级赋值见表A.2。

表A.2 边坡坡度危险度分级赋值表

滑坡坡度 °	崩塌坡度 °	危险程度	S_a
≤20	≤40	低	1
21-40	41-60	中等	2
>40	>60	高	3

A.3 地震动峰值加速度危险度分级赋值

地震动峰值加速度危险度分级赋值见表A.3。

表A.3 地震动峰值加速度危险度分级赋值表

峰值加速度 g_n	地震烈度	危险程度	S_p
0.10-0.18	VI-VII	中等	2
≥0.19	≥VIII	高	3

A.4 岩土体危险度分级赋值

岩土体危险度分级赋值见表A.4。

表A.4 岩土体危险度分级赋值表

岩土体性状		危险程度	S_r
岩土体完整程度	结构面倾向特征		
岩体完整或较完整，结构基本未变，岩石未风化或微风化	边坡体内主要结构面倾向与坡向相反	低	1

表A.4 岩土体危险度分级赋值表（续）

岩体较破碎，结构部分破坏， 岩石中等风化	边坡体内主要结构面倾向与 坡向斜交	中等	2
岩体破碎或及破碎，结构大部 分破坏或基本破坏，岩石强风 化或全风化	边坡体内主要结构面倾向与 坡向大致相同、并存在软弱地 层	高	3
<p>注1：岩体完整程度的定性分类参见GB50021-2001（2009版），附录A表A.0.2。</p> <p>注2：岩石风化程度分类参见GB50021-2001（2009年版），附录A表A.0.3。</p> <p>注3：结构面应包括沉积地层层面与各类岩体中的构造节理面、断层面等。</p>			

参 考 文 献

- [1] GB/T 17740—2017 地震震级的规定
 - [2] GB/T 17742—2020 中国地震烈度表
 - [3] GB/T 40112—2021 地质灾害危险性评估规范
 - [4] DB/T 893—2021 地质灾害危险性评估技术规范
 - [5] DB/T 53—2013 1:50000 活动断层填图
 - [6] DB/T 92—2022 活动断层探查 钻探
 - [7] 中震防函（2019）21号 区域性地震安全性评价工作大纲（试行）
-