

### 区域性地震安全性评价技术规范

Technical specification for regional seismic safety evaluation

地方标准信息服务平台

2024-09-06 发布

2024-10-06 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 工作内容 .....	2
5 实施方案编制 .....	2
6 区域地震活动性和地震构造评价 .....	3
7 近场区地震活动性和地震构造评价 .....	5
8 目标区主要断层勘察和活动性鉴定 .....	6
9 目标区地震工程地质条件勘测 .....	7
10 目标区浅部土层结构三维模型建立 .....	8
11 地震动预测方程确定 .....	9
12 概率地震危险性评价 .....	9
13 目标区地震动参数确定 .....	10
14 地震地质灾害评价 .....	13
15 数据库和技术服务系统建设 .....	15
参考文献 .....	17

地方标准信息服务平台

## 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。

本文件由内蒙古自治区地震局提出并归口。

本文件起草单位：内蒙古自治区震灾风险防治中心（内蒙古自治区地震工程研究勘察院）。

本文件主要起草人：高立新、张浩鸣、阿那尔、魏建民、戴勇、李彬、胡博、李琨、苏日娜。

地方标准信息服务平台

# 区域性地震安全性评价技术规范

## 1 范围

本文件规定了区域性地震安全性评价的工作内容、技术要求和技术方法。  
本文件适用于内蒙古自治区行政区域范围内开展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 17740 地震震级的规定  
GB 17741 工程场地地震安全性评价  
GB 18306 中国地震动参数区划图  
GB/T 36072 活动断层探测  
GB/T 50011 建筑抗震设计标准（2024年版）  
GB 50021-2001 岩土工程勘察规范（2009年版）  
JGJ 83-2011 软土地区岩土工程勘察规程

## 3 术语和定义

GB 17741界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**目标区** target area

区域性地震安全性评价工作所指定的场地范围。

### 3.2

**近场区** near field region

地震活动构造、地震活动对目标区地震动特征与地震地质灾害有重要影响且不小于目标区边界外延 25 km 的区域。

### 3.3

**区域** region

地震活动构造、地震活动对目标区地震动特征有影响且不小于目标区边界外延150 km的区域。

### 3.4

**地震构造 seismic structure**

与地震孕育和发生有关的地质构造。

[来源：GB 17741-2005, 3.1]

3.5

**活动构造 active structure**

晚第四纪以来有活动的构造，包括活动断层、活动褶皱、活动盆地、活动隆起等。

[来源：GB 17741-2005, 3.57]

3.6

**超越概率 probability of exceedance**

在一定时期内，工程场地可能遭遇大于或等于给定的地震烈度值或地震动参数值的概率。

[来源：GB 17741-2005, 3.20, 有修改]

3.7

**地震地质灾害 earthquake induced geological disaster**

在地震作用下，地质体变形或破坏所引起的灾害。

[来源：GB 17741-2005, 3.23]

3.8

**地震崩塌滑坡危险性 risk index of earthquake collapse and landslide**

根据边坡坡度、岩土体结构面及风化程度、地震动参数等特征给出的边坡体地震危险性评价指标。

4 工作内容

4.1 基本要求

4.1.1 应收集和整理区域范围内的地震、地矿、煤炭、石油天然气、水利、核电、测绘和建设等部门的地震、地质、物探、钻探、勘察和大地测量等方面的资料和成果。

4.1.2 区域性地震安全性评价工作中的基础地理数据和探测数据资料应采用 CGCS2000 国家大地坐标系统，高程宜采用 1985 国家高程基准。

4.2 工作内容

4.2.1 区域性地震安全性评价基本工作内容应包括：区域地震活动性和地震构造评价，近场区地震活动性和地震构造调查与评价，目标区主要断层勘察和活动性鉴定，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察、土层波速与非线性参数测试，土层模型建立、场地地震反应分析与地震动参数确定、区域地震地质灾害评价等。

4.2.2 区域性地震安全性评价应建立区域性地震安全性评价数据库，当目标区面积大于 5 km<sup>2</sup> 时，宜建立区域性地震安全性评价技术服务系统。

5 实施方案编制

## 5.1 基本要求

5.1.1 应以资料收集整理和分析为基础，辅以必要的现场踏勘工作，结合目标区施工条件及工程结构类型，编制项目实施方案。

5.1.2 编制实施方案前，应收集相关资料，充分利用地震活动、地质构造、地球物理勘探、工程地质勘察、大地测量等方面的资料和成果。

5.1.3 应根据目标区所处的地震环境、地震地质条件、工程地质条件、现场施工条件等，结合目标区功能定位，明确所需解决的地震工程地质、地震地质、地震动参数确定、地震地质灾害评价等方面的关键问题，有针对性地开展相关工作。

5.1.4 对特别需要设置的专题，应编制专题实施方案。

## 5.2 主要内容

5.2.1 任务来源、总体要求、工作目标。

5.2.2 区域、近场区、目标区的范围。

5.2.3 需要解决的重点问题，实现的技术途径、技术方法、技术指标。

5.2.4 预期产出成果，包括数据库、技术服务系统架构及主要建设内容。

5.2.5 工作内容、工作量预估、工程预算。

5.2.6 施工队伍情况、实施进度计划。

5.2.7 质量保证体系与安全生产。

## 6 区域地震活动性和地震构造评价

### 6.1 区域范围和图件比例尺

6.1.1 应根据目标区所处的地震活动构造、地震活动、历史地震影响等地震环境，确定区域范围，但应不小于目标区外延 150 km。

6.1.2 区域图件比例尺，应符合以下要求：区域破坏性地震震中分布图、区域中小地震震中分布图、区域地震构造图、区域大地构造分区图、区域新构造图、比例尺应不小于 1:1000000。

6.1.3 区域图件应标明目标区范围和位置。

### 6.2 地震活动性

6.2.1 地震资料搜集和地震目录编制，应符合以下要求：

- a) 根据正式公布的地震目录和地震相关文献，搜集整理相关地震资料；
- b) 历史地震资料应包括区域内自有地震记载以来的全部破坏性地震事件；
- c) 仪器记录地震资料应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；
- d) 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  $M$ ，其中仪器测定地震应按照 GB 17740 确定，历史地震依据  $M_s$  震级确定；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。

6.2.2 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区域中小地震震中分布图，区域中小地震震中分布图应包括震级大于等于最小完整震级且小于  $M_{4.7}$  的地震事件；
- b) 注明资料起止时间；
- c) 标注重要地震事件的震级和发震日期，震级应符合 GB 17740 的规定。

6.2.3 地震活动时空特征分析，应包括以下内容：

- a) 区域不同时段各级地震的可靠性和相对完整性；
- b) 区域地震活动成带、丛集、弥散、重复等空间分布；
- c) 区域地震震源平均深度，以及地震密集带震源深度分布；
- d) 区域地震活动强度与频度特征，以及区域范围涉及的主要地震统计区地震活动随时间变化特征与未来地震活动趋势。

6.2.4 区域现代构造应力场特征分析，应包括以下内容：

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

6.2.5 目标区地震影响评价，应包括以下内容：

- a) 搜集分析对目标区有影响的地震烈度资料；
- b) 选用本地区适宜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，分区给目标区最大地震影响烈度。

6.3 地震构造

6.3.1 区域地质构造分析，应符合以下要求：

- a) 搜集区域地层、地质构造等方面的资料；
- b) 编制区域大地构造分区图；
- c) 分析区域地质构造背景，地震发生地球物理场及深部构造特征；
- d) 区域大地构造分区图应反映大地构造分区、构造层、主要断层等内容。

6.3.2 区域新构造分析，应符合以下要求：

- a) 搜集区域新构造时期地层与地质构造资料；
- b) 应编制区域新构造图，分析地震发生的新构造背景；
- c) 分析新构造运动特征；
- d) 分析新构造与地震的关系。

6.3.3 区域断层活动性评价，应符合以下要求：

- a) 搜集区域断层活动性资料；
- b) 编制主要断层活动特征一览表，宜包括断层走向、断层带长度及其区内长度、断层带宽度、断层活动性分段、最新活动的性质与产状、最新活动时代及其依据、断层及其附近破坏性地震、断层到目标区的最近距离等内容；
- c) 应对可能产生较大影响，且展布和活动性依据不充分的区域性断层，补充相应调查工作，每条断层应有不少于 1 个反应该断层活动性的可靠地质证据的观测点；
- d) 分析区域主要断层展布、最新活动时代、断层性质和运动特征、断层活动性分段、重点地段古地震的强度及活动期次等特征。
- e) 对控制区域地震活动的主要断层进行详细的论述。

6.3.4 区域地震构造图编制，应包括以下内容：

- a) 第四纪以来活动的主要断层及其分段，并区分活动时代、运动性质与产状；
- b) 第四纪主要活动褶皱，并区分活动时代；
- c) 历史地震和现代地震地表破裂带；
- d) 第四纪以来活动盆地及其性质；
- e) 新近纪以来的地层；
- f) 新近纪或第四纪以来的地层等厚线；

- g) 第四纪岩浆岩；
  - h) 破坏性地震震中位置，并标注重要地震的震级与发震时间；
  - i) 现代构造应力场方向。
- 6.3.5 区域地震构造特征分析，应符合以下要求：
- a) 分析地质构造背景、新构造特征、断层活动特征等与区域强震活动的关系，评价区域地震构造条件；
  - b) 评估发震构造最大潜在地震及其与发震构造的空间关系、分析地震构造特征及其背景地震活动特征。

## 7 近场区地震活动性和地震构造评价

### 7.1 近场区范围、图件和比例尺

- 7.1.1 根据目标区邻近区域地震活动构造、地震活动的分布和延续性，考虑历史地震对目标区的地震动特征以及地震地质灾害的影响程度，确定近场区范围，但应不小于目标区外延 25 km。
- 7.1.2 近场区地震震中分布图、地震构造图和主要断层活动性鉴定材料图的比例尺应不小于 1:250000。
- 7.1.3 活动构造细节图件，根据需要选定比例尺。探槽剖面图比例尺宜不小于 1:50，地质和地貌平面图和剖面图比例尺应取 1:100~1:1000。

### 7.2 地震活动性

- 7.2.1 应对参数有疑问且可能影响目标区的地震事件进行核查。
- 7.2.2 应编制近场区地震目录（包括大于等于 M3.5 的历史地震和大于等于 M2.0 以上的现今地震）和近场区地震震中分布图。
- 7.2.3 地震活动性分析，应包括以下内容：
- a) 近场区地震活动强度、频度水平；
  - b) 近场区地震活动密集、弥散等空间分布特征，以及震源深度分布特征。

### 7.3 地震构造

- 7.3.1 应分析近场区地质构造展布与发育特征。
- 7.3.2 近场区内的主要断层应选取区域性的、具有一定规模的大断层，一般是指长度大于 15 km 的断层以及延伸到目标区或靠近目标区的断层，还应综合考虑近场区内对地震构造背景、潜在震源区划分等具有影响的其他断层。
- 7.3.3 近场区主要断层活动性鉴定，应符合以下要求：
- a) 断层活动性鉴定宜包括活动时代、断错性质、位移与速率、分段等；
  - b) 基岩或浅覆盖区断层，应采用露头追索、微地貌测绘、槽探、测年等地质地貌手段进行调查，应有不少于 2 个能够反映其活动性的有效观测点；
  - c) 覆盖区隐伏断层，已有资料不能确定已知主要断层的活动时代时，应选用地球物理、钻孔地质联合剖面探测和测年等手段进行勘察；
  - d) 应调查活动褶皱的最新变形时代与特征；
  - e) 宜收集地壳形变、考古等资料，分析现代构造活动特点；
  - f) 应编制近场区主要断层活动性鉴定材料图，图中包括观测路线、观测点等实际材料位置和编号；
  - g) 编制近场区断层活动性特征一览表。
- 7.3.4 近场区地震构造图应包括以下内容：

- a) 第四纪以来有活动的主要断层、褶皱及其活动时代；
- b) 断层活动性质和倾向；
- c) 第四系分布及其厚度；
- d) 第四纪盆地的范围及其活动性质；
- e) 破坏性地震震中位置；
- f) 地震地表破裂带。

7.3.5 近场区地震构造特征分析，应符合以下要求：

- a) 分析近场区地震活动与构造活动的关系；
- b) 应综合评价近场区发震构造。

## 8 目标区主要断层勘察和活动性鉴定

### 8.1 范围、图件和比例尺

- 8.1.1 断层勘察范围为目标区及其外延不小于 0.5 km。
- 8.1.2 地质构造图、断层活动性鉴定材料图、断层活动性分布图比例尺应不小于 1: 50000。
- 8.1.3 断层活动性分布图宜包括活动断层的展布、断层性质与产状、活动时代，目标区范围等。
- 8.1.4 对于晚更新世以来活动的断层应当开展断层活动性鉴定和评价。

### 8.2 断层定位

- 8.2.1 应开展断层控制性调查与探测，查明目标区是否存在断层，如果存在，应查明断层通过目标区的位置与展布、活动时代、性质与产状、断错位移与速率等。
- 8.2.2 基岩出露区应对主要断层开展现场地质调查，应采用路线地质地貌调查方法勘察，布设不少于 4 条呈井字形穿经勘察范围的调查路线，查明出露断层的产状、性质、破碎带发育情况，鉴定断层最新活动年代。
- 8.2.3 第四系覆盖区应对主要隐伏断层开展地球物理勘察，每条断层至少布设 2 条浅层地震勘探线。
- 8.2.4 目标区边界外延 2 km 范围内存在主要断层，或者目标区外延 5 km 范围内存在指向目标区的主要断层，应针对该断层至少布设 1 条浅层地震勘探线，查明断层是否通过目标区；宜在勘察范围内沿垂直主要构造方向不少于 2 条、平行主要构造方向不少于 1 条布设。
- 8.2.5 地球物理勘探工作中发现有断层异常的，应加密测线，进行异常追踪，并根据实际开展钻探、开挖探槽等工作，对异常进行验证。

### 8.3 断层活动性鉴定

- 8.3.1 地质构造特征分析，应符合以下要求：
  - a) 搜集地质构造资料，基础地质资料应满足 1: 50000 调查精度；
  - b) 编制地质构造图；
  - c) 分析地质构造背景、断层发育特征。
- 8.3.2 目标区存在晚更新世活动断层和全新世活动断层时，活动性鉴定应符合 GB/T 36072 的规定：
  - a) 断层活动性鉴定包括活动时代、断错性质；
  - b) 搜集影像分辨率优于 2 m 的遥感影像，编制活动断层解译图，进行现场验证；
  - c) 编制断层活动性鉴定材料图，包括观测点、地质剖面位置等实际材料；
  - d) 活动断层活动性的鉴定应有两个或两个以上可靠的地质调查观测点或钻孔联合地质剖面资料为依据，且符合以下要求：

- 1) 钻孔联合地质剖面应与断层走向垂直或大角度相交；
- 2) 钻孔剖面应布设在地球物理勘探显示清楚、有明显垂直位移的活动断层两侧；
- 3) 断层两盘应各布置不少于 3 个钻孔，间距为 5 m~45 m；
- 4) 断层上断点两侧的两个相邻钻孔间距宜小于 10 m；
- 5) 断层两侧应各有不少于 3 个钻孔穿透上更新统底界，其余钻孔的终孔深度应在地球物理勘探给出的上断点埋深之下 10 m；
- 6) 钻孔回次进尺应不大于 1 m；
- 7) 钻孔中粘土及粉砂层岩芯采取率应不小于 90%，中砂~细砂应达到 80%，松散粗砂应不小于 40%。

#### 8.4 断层活动性评价

- 8.4.1 编制断层活动性分布图、断层活动性特征一览表。
- 8.4.2 评价活动断层的性质、时代与位移。
- 8.4.3 评价活动断层对目标区的影响，活动性评价应符合 GB/T 36072 的规定。

### 9 目标区地震工程地质条件勘测

#### 9.1 地震工程地质条件调查

- 9.1.1 应调查目标区及其附近场地土类型、场地类别等已有工程地质条件资料。
- 9.1.2 应调查地震造成的目标区及其附近砂土液化、软土震陷、地表破裂、滑坡、崩塌、海啸等地震地质灾害现象。

#### 9.2 地震工程地质条件钻孔勘察

- 9.2.1 当需要开展目标区场地地震反应分析评价场地地震动效应时，应开展场地地震工程钻孔勘察。
- 9.2.2 场地地震工程钻孔，应符合下列规定：
  - 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，合理布置钻孔。除基岩区外，控制孔的空间间隔应不大于 700 m，已规划的重要工程场地至少应当布置 1 个控制孔，对于浅部土层结构复杂地段应当加密钻孔进行控制。目标区内任一点应符合 200 m 内有一个控制孔或 700 m 内有两个控制孔。钻孔与目标区边界距离应不大于 350 m
  - b) 钻控制孔深度应达到基岩，或剪切波速不小于 500 m/s 处，且其下不存在更低波速岩土层。若控制孔深度超过 100 m 时，剪切波速仍小于 500 m/s 且 100 m 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，但目标区应至少有 1 个钻孔达到剪切波速不小于 500 m/s 的深度。
- 9.2.3 采集分层岩土的原状土样，应符合下列要求：
  - a) 取样钻孔应对特殊地层具有控制作用，同时兼顾空间均衡分布，数量不少于控制孔总数的 1/3，且不少于 2 个；
  - b) 对揭露地层自然分层中有代表性岩土层取样，间隔分布的同类岩土层间距超过 5 m 时，分别取样。
- 9.2.4 测试地面下 30 m 深度内钻孔岩土层物理性能指标，应符合以下要求：
  - a) 测试物理性能指标包括天然含水量、比重、天然密度、干密度等；
  - b) 测试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。

9.2.5 测量钻孔岩土层波速，应符合以下要求：

- a) 测量不同深度岩土剪切波速，测量深度间距不大于 1 m，在地层分界面附近加密测点，需进行竖直地震反应分析时，同时测量纵波速；
- b) 目标区位于水域不具备钻孔原位波速测量条件时，采集分层岩土原状土样，采用实验室测试方法测定。

9.3 场地岩土动力性质试验

9.3.1 应通过岩土动力性质试验，测定剪变模量比与剪应变关系、阻尼比与剪应变关系。

9.3.2 根据目标区建设项目的行业抗震设计规范要求，需要进行竖直向地震反应分析时，应测定压缩模量比与轴应变关系、阻尼比与轴应变关系。

9.4 资料处理

9.4.1 在目标区建设规划布置图的基础上，编制钻孔布置图和地质单元分区图，包括所有地震工程钻孔和搜集钻孔位置，标注钻孔编号、孔口标高、钻孔深度等信息，比例尺不小于 1:50000。

9.4.2 编制地质单元分区图，比例尺不小于 1:50000。

9.4.3 结合目标区浅部土层结构三维模型和控制性钻孔、原位测试、岩土样试验结果等，建立目标区地层结构数据体，应符合以下要求：

- a) 钻孔柱状图包括层序号、层底埋深 (m)、层厚 (m)、土类名称与土质描述等信息，图件比例尺视土层结构复杂程度而定，一般用 1:100 至 1:1000；
- b) 根据目标区钻孔资料编制钻孔综合工程地质剖面图；
- c) 建立地层结构模型，各类数据的平面控制节点间隔一般不大于 500 m，竖向控制节点间隔不大于 5 m。

9.4.4 应判别场地类别，并给出目标区场地类别分区结果，编制场地类别分区图。

10 目标区浅部土层结构三维模型建立

10.1 目标区若存在第四系覆盖层，宜建立浅部土层结构三维模型。

10.1.1 土层结构三维模型宜以图件形式表示，图件比例尺宜不小于 1:10000。

10.1.2 土层结构三维模型图件宜包括基岩埋深等值线、第四系不同地质时代或不同速度等深线、剪切波速度 500 m/s 等值线，以及岩土层变化剧烈区段的大比例尺不同地质时代或不同速度等深线。

10.2 宜开展以下基础资料调查工作：

10.2.1 收集目标区及其附近地貌、地层、岩性、覆盖层厚度等已有资料，以及与目标区三维土层结构相关的浅层地震勘探等资料。

10.2.2 第四系覆盖层较厚的，宜采用浅层地震勘探等方法，对目标区内基岩埋深、土层的主要分层和空间分布特征进行控制性探测。结合地质勘察资料，区分第四系不同地质时代地层的底界埋深，控制测线线距宜不大于 2 km。

10.2.3 第四系覆盖层较薄的，宜利用钻探资料建立土层结构分布的三维模型，适当补充物探测线进行控制探测。

10.2.4 鼓励采用地震台阵观测法等其他新技术方法，探查目标区土层结构空间分布。对于地震台阵观测，间隔宜不大于 500 m。

10.2.5 对岩土层变化大的区段，应加密布置浅层地震勘探测线，或采用网格状测线进行探测；对于地

震台阵观测，间隔宜不大于 250 m。

## 11 地震动预测方程确定

### 11.1 地震动预测方程表达

- 11.1.1 地震动预测方程宜采用数学函数式或表格形式。
- 11.1.2 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。
- 11.1.3 地震动预测方程宜考虑震源错动性质影响。
- 11.1.4 地震动时程的强度包络函数应表现上升、平稳和下降三个阶段的特征。

### 11.2 基岩地震动预测方程确定

- 11.2.1 具有足够强震动观测数据的地区，应采用由统计方法建立的地震动预测方程。
- 11.2.2 缺乏足够强震动观测数据的地区，应采用类比性方法确定地震动预测方程。
- 11.2.3 需进行竖直向地震反应分析时，宜确定竖直向地震动预测方程。
- 11.2.4 地震危险性分析采用断层源或断层破裂源时，应确定采用断层距距离参数的地震动预测方程。
- 11.2.5 应论证地震动预测方程的适用性。

## 12 概率地震危险性评价

### 12.1 地震统计区划分

- 12.1.1 应符合 GB 18306 中地震区、地震带的划分方案并分析合理性。
- 12.1.2 应基于地震区、地震带划分，并依地震活动性参数统计的需要，划分地震统计区。

### 12.2 潜在震源区划分

- 12.2.1 应在地震统计区内划分背景地震活动潜在震源区，并在背景地震活动潜在震源区内划分构造潜在震源区。
- 12.2.2 划分背景地震活动潜在震源区时，应综合考虑以下构造条件或地震活动特征：
  - a) 新构造活动分区；
  - b) 第四纪构造活动形式及强度分区；
  - c) 中小地震活动强度与频度分区。
- 12.2.3 划分构造潜在震源区时，应综合考虑以下构造条件或地震活动特征：
  - a) 破坏性地震震中；
  - b) 微震和小震密集带；
  - c) 古地震遗迹地段；
  - d) 地震空间分布图像的特征地段；
  - e) 断层活动分段与级联；
  - f) 第四纪断陷盆地；
  - g) 活动断层的端部、转折处或交汇处等特殊部位；
  - h) 深部构造。
- 12.2.4 确定潜在震源区边界，应考虑地震构造展布认识不确定性，以及未来地震活动空间分布的不确定性。
- 12.2.5 应确定潜在震源区主破裂取向及其方向性函数。

### 12.3 地震活动性参数确定

#### 12.3.1 地震活动性参数应包括：

- a) 地震统计区的震级上限；
- b) 地震统计区的震级下限；
- c) 地震统计区的震级—频度关系系数；
- d) 地震统计区的地震年平均发生率；
- e) 潜在震源区的震级上限；
- f) 潜在震源区各震级档空间分布函数。

#### 12.3.2 确定地震统计区的地震活动性参数应符合下列要求：

- a) 基于地震统计区内已发生的最大地震震级和地震构造特征，确定地震统计区震级上限；
- b) 分析地震统计区地震资料的完整性、可靠性、代表性，以及统计方法等导致的结果不确定性，综合确定地震统计区震级—频度关系；
- c) 分析地震统计区现代地震活动水平以及未来地震活动趋势，确定地震统计区的地震年平均发生率；
- d) 根据区域地震活动水平和震源深度确定震级下限。

#### 12.3.3 确定潜在震源区的地震活动性参数应符合下列要求：

- a) 依据背景地震活动潜在震源区内中小地震活动水平和震级、地震构造背景，确定背景地震活动潜在震源区震级上限；
- b) 依据构造潜在震源区内地质构造条件以及地震活动特征，确定构造潜在震源区震级上限；
- c) 依据潜在震源区内构造规模、活动性、大震复发特征等地震构造条件和各震级地震活动水平，综合评定不同震级档地震在各潜在震源区内发生可能性，确定空间分布函数。

### 12.4 概率地震危险性分析计算

12.4.1 应根据需要及目标区范围内地震动参数可能的分布，确定代表性计算控制点。计算控制点应包括所有控制孔。

12.4.2 概率地震危险性分析的概率水平应至少包括 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2%。

12.4.3 应计算给出地震动参数超越概率曲线。

12.4.4 计算地震动反应谱时，周期点的分布应能控制反应谱形状。

12.4.5 应对地震动预测方程的统计不确定性进行校正。

12.4.6 宜分析潜在震源区及地震活动参数不确定性对结果的影响。

12.4.7 结果表述应符合以下要求：

- a) 以图和表格的形式给出不同超越概率的地震动参数。
- b) 以表格形式给出对工程场地地震危险性起主要作用各潜在震源区的贡献，并评价结果的合理性。

### 13 目标区地震动参数确定

#### 13.1 目标区地震反应分析模型的建立

13.1.1 应根据地震工程地质条件勘察结果，建立地震反应分析模型。目标区场地地面、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；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。

13.1.2 确定地震输入界面时应采用下列三者之一作为地震输入界面：

- 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。
- 13.1.3 选用二维或三维分析模型时，应考虑边界效应。
- 13.1.4 确定场地土层模型参数应符合下列规定：
- a) 根据场地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；
  - b) 可根据目标区浅部土层结构三维模型以及相关资料补充确定无实测资料土层的模型参数。
- 13.2 输入地震动时程的确定
- 13.2.1 应按照目标区自由基岩表面地震动时程幅值的 50%确定输入地震动时程。
- 13.2.2 合成自由基岩表面地震动时程目标反应谱应选择指定超越概率水平的基岩地震动反应谱。
- 13.2.3 合成自由基岩表面地震动时程时，可采用人工合成的地震动时程或强震动观测记录作为初始地震动时程，且符合以下要求：
- a) 分析不同超越概率水平下对计算控制点地震动反应谱起控制作用的等效震级与等效地震距；
  - b) 人工合成的初始地震动时程，应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；
  - c) 以强震动观测记录作为初始地震动时程，应依据目标地震动反应谱主要控制地震，选择强震动观测记录。
- 13.2.4 合成目标区自由基岩表面地震动时程，应符合下列要求：
- a) 每条目标谱合成地震动时程样本应不少于 5 组，不同地震动时程样本之间的相关系数应不大于 0.16；
  - b) 合成地震动时程拟合目标地震动反应谱时，反应谱控制频率点应按照如下原则取值：频率小于 0.2Hz 时频率增量取 0.02 Hz、频率在 0.2 Hz~3 Hz 时频率增量取 0.1 Hz、频率在 3 Hz~10 Hz 时频率增量取 0.05 乘以频率值；
  - c) 在任一控制频率点处，合成地震动时程反应谱与目标地震反应谱之间的相对误差不应超过 5%；
  - d) 合成地震动加速度时程对应的速度和位移时程无基线漂移。
- 13.3 地震反应分析计算
- 13.3.1 采用等效线性法进行计算时，一维模型土层厚度应划分得足够小，土层厚度应控制在所考虑的有效地震波最短波长的 1/5~1/20 范围内。
- 13.3.2 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。
- 13.3.3 钻孔土层模型的地震反应分析计算应符合以下要求：
- a) 针对每种基岩地震动输入的所有输入地震动时程样本进行地震反应分析；
  - b) 计算钻孔地表或特定深度处地震反应的地震动时程，并计算地震动时程相应的地震动反应谱；
  - c) 基于输入地震动时程样本计算结果，综合给出每种基岩地震动输入下钻孔地表或特定深度处的地震动峰值和反应谱。
- 13.4 目标区场地地震动参数的确定
- 13.4.1 场地地震动参数应包括地表及工程建设所要求特定深度处的地震动峰值和反应谱。
- 13.4.2 应以规准化形式表示场地地震动反应谱（阻尼比 5%，最小周期值应不大于 0.04 s，最大周期值应不小于 6 s）。
- 13.4.3 自由基岩场地地震动参数应根据概率法地震危险性分析结果确定；土层场地地震动参数应根

据基于概率法基岩地震动输入的钻孔土层地震反应结果确定。

13.4.4 应编制场地多概率水准的地震动参数分区图、地震动峰值加速度、反应谱区划图，图件比例尺应不小于 1:50000。图中以等值线形式表示场地地震动参数分区，相邻等值线地震动参数值差异应为 5%~10%，反应谱特征周期相邻等值线差异应不大于 0.05 s。

13.4.5 采用竖向向与水平向地震动比值来确定场地竖向地震动时，应分析场地地震危险性控制地震特征，一般可取比值 2/3，在场地及其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。

13.4.6 建设目标区场地地震动参数数据库，数据库一般应包括每个计算控制点的概率水平至少包括 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2% 的地震动参数值。

### 13.5 目标区场地地震动时程的确定

13.5.1 场地地震动时程，采用人工合成地震动时程确定。

13.5.2 场地地震动时程的数量，应根据目标区的大小以及控制点的数量综合确定。但每个计算控制点每一概率水平均应给出至少 5 条场地地震动时程。

13.5.3 合成场地地震动时程时，应符合以下要求：

- a) 采用多组时程法合成场地地震动时程；
- b) 以阻尼比为 5% 的场地地震动反应谱作为拟合目标反应谱，并基于目标地震动反应谱主要控制地震、控制点工程场地条件、重点关注的工程结构自振特性，确定其强度包络函数参数；
- c) 合成地震动时程拟合目标反应谱时，反应谱控制频率点、误差要求按照本规范 13.2.4 条确定；
- d) 合成场地地震动时程用于场地上工程结构的地震反应分析时，应明确工程结构的自振特性，并在合成场地地震动时程时，满足以下要求：
  - 1) 所有地震动时程的有效持时应不低于结构基本自振周期的 5 倍；
  - 2) 在结构主要振型对应的自振周期处，每个分量所有地震动时程样本的反应谱均值与目标反应谱之间的相对误差应不超过 20%；
  - 3) 工程结构具有较长自振周期时，合成地震动时程宜考虑对场地地震动峰值速度和峰值位移的拟合；
  - 4) 合成场地地震动时程还同时应满足：合成地震动加速度时程对应的速度和位移时程无基线漂移；不同合成地震动时程样本之间的相关系数应小于 0.16。

13.5.4 建设目标区场地地震动时程数据库，数据库一般应包括每个计算控制点的概率水平至少包括 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2% 的、每一概率水平至少 5 条地震动时程。

### 13.6 具体设定场点地震动参数确定

13.6.1 具体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震动参数数据库、地震动时程数据库综合确定，并满足以下要求：

- a) 应提供具体场地工程地质勘察报告，给出场地类别；
- b) 根据场地类别，按照 GB 18306 进行双参数调整，得到年超越概率 50 年 63%、10%、2%、100 年 1% 的地震作用场地地震动参数值，作为具体场地地震动参数的下限；
- c) 依据工程结构所需的概率水准，选择距离具体场地 700 m 范围内的控制点结果综合确定设计地震动参数：当具体场点距离控制点小于 200 m 时，取控制点地震动参数和场地地震动参数下限二者的外包络值作为该具体场点的设计地震动参数；具体场点距离控制点大于 200 m 时，选择该场点周围 700 m 范围内的多个控制点地震动参数的最大值与地震动参数下限二者的外包络值作为该具体场点的设计地震动参数；

- d) 对需提供地震动时程的建设工程,依据具体场点与选定控制点地震动参数结果差异,按比值法对选定控制点处的地震动时程进行调整,作为该场点的设计地震动时程。

13.6.2 对需要竖向地震动的建设工程,依据水平向地震动参数结果,采用竖向与水平向地震动比值确定场地竖向地震动,其幅值应遵照本规范 13.4.5 条规定。

## 14 地震地质灾害评价

### 14.1 断层错动

14.1.1 目标区内存在晚更新世以来的活断层时,重要功能工程主体建筑不宜直接跨越断层线。

14.1.2 活动断层断错影响评价,应包括以下内容:

- 目标区内存在活动断层时,应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带宽度;
- 断层地表破裂影响带宽度应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;
- 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;
- 编制地震地表破裂影响带分布图及其说明书,图件比例尺应为 1:5000~1:10000;
- 对设定具体工程场点,应分析场地与断层地表破裂影响带的空间关系,并依据国家相关标准或规范以及工程的重要程度确定避让带宽度和采取避让措施,或通过专门研究确定。

### 14.2 砂土液化

14.2.1 根据目标区多概率水准地震作用,初步评价目标区场地地基土液化,并满足以下要求:

- 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资料,分析目标区内场地地震液化的可能性;
- 目标区存在可液化土层且具有液化可能性时,应针对多概率水准(至少包括目标区地震基本烈度及高于地震基本烈度一度两个概率水准)地震动作用,根据控制性钻孔评价目标区地面以下 0 m~30 m 深度范围内可液化土层的砂土液化分布与特征:
  - 地面以下 10 m 深度范围内,按照 GB/T 50011 中相关规定采用标准贯入试验法进行砂土液化判断;
  - 地面以下 10 m~30 m 深度范围,可按照公式(1)进行砂土液化判断,实测标准贯入击数  $N$  不大于液化标准贯入击数临界值  $M$  时,判断为液化。液化判别标准贯入击数临界值  $M$  按照下式计算:

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

式中:

$N_{cr}$  ——液化判别标准贯入击数临界值;

$\gamma$  ——工作等级系数,取 1.0;

$\beta_0$  ——调整系数,位于基本地震动加速度反应谱特征周期 0.35 s、0.40 s 和 0.45 s 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）；

$\rho_c$  ——粘粒含量百分率，小于3或为砂土时采用3。

c) 根据钻孔液化判别结果以及地震砂土液化记载资料，评价场地地基土液化特征。

14.2.2 编制多概率水准地震作用下目标区场地地震液化初步判别结果图，图件比例尺不小于 1:50000。

14.3 软土震陷

14.3.1 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，并满足以下要求：

a) 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；

b) 对于含有较厚淤泥、淤泥质土、冲填土、杂填土或其它高压缩性软土覆盖层的钻孔，宜基于勘察得到的软土层等效剪切波速等资料，按照 JGJ 83-2011 中 6.3.4 进行软土震陷判别与软土震陷等级评价；

c) 应根据钻孔软土震陷判别结果以及地震软土震陷记载资料，评价场地软土震陷特征。

14.3.2 编制多概率水准地震作用下目标区场地软土震陷初步判断结果图，图件比例尺应为 1:5000~1:50000。

14.4 崩塌、滑坡

14.4.1 针对多概率水准地震动作用，初步评价目标区场地及周边坡体地震崩塌滑坡危险性，并满足以下要求：

a) 对目标区及外延一定范围坡体开展调查，一般地区宜外延 500 m，高、中山地区宜外延至 1 级分水岭范围；

b) 坡体调查应获取调查范围内主要坡体的坡度、坡高、坡向等地形地貌信息，并通过现场岩土体特征调查，结合地质图，获取岩土体岩性、完整性、风化程度、岩土体内部结构等基本特征参数。

c) 根据坡体位置处给定超越概率水平下地震动峰值加速度值大小，可采用崩塌滑坡危险性指数方法计算确定坡体地震崩塌滑坡危险程度。

崩塌滑坡危险性指数方法可由公式（2）确定，

$$H = Sa \times Sp \times Sr \dots\dots\dots(2)$$

式中：其中：H：地震崩塌滑坡危险性指数，按照公式和表 4 给出；

Sa：边坡坡度危险度分级因子，按照表 1 赋值；

Sp：地震动峰值加速度危险度分级因子，按照表 2 赋值；

Sr：岩土体危险度分级因子，按照表3赋值。

表1 边坡坡度危险度分级因子 Sa 赋值

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

表2 地震动峰值加速度危险度分级因子 Sp 赋值

峰值加速度 g	地震烈度	危险程度	Sp
<0.04	≤V	低	1
0.04~0.18	VI~VII	中等	2
≥0.19	≥VIII	高	3

表3 岩土体危险度分级因子 Sr 赋值

岩土体性状		危险程度	Sr
岩体完整程度	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
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
岩体破碎或极破碎，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
注1：岩体完整程度的定性分类按照GB 50021-2001中的附录A表A.02。			
注2：岩石风化程度分类按照GB 50021-2001中的附录A表A.0.3。			
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。			

表4 边坡地震崩塌滑坡危险程度分级

危险程度	危险性指数
低	1~4
中等	6~12
高	18~27

## 15 数据库和技术服务系统建设

### 15.1 建设基于GIS平台的区域性地震安全性评价基础资料数据库和成果数据库

#### 15.1.1 目标区基础资料数据库应包括但不限于以下内容：

- a) 浅部土层结构三维模型；
- b) 地层结构三维数据模型，包括地层分层、岩性、层厚与深度、动力学参数、静力学参数等；
- c) 控制性钻孔土层计算模型库。

#### 15.1.2 目标区成果数据库应包括但不限于以下内容：

- a) 各控制点多概率水准的基岩地震动参数数据库；
- b) 各控制点土层地震反应计算的多概率水准地表地震动参数数据库；
- c) 各控制点多概率水准地表地震动时程数据库；
- d) 多概率水准的多参数地震动区划等值线数据库；
- e) 地震地质灾害数据库，包括活动断层地表破裂影响带，砂土液化、软土震陷、崩塌滑坡等。

## 15.2 基于数据库建设能提供查询评价成果服务的技术服务系统

### 15.2.1 技术服务系统应至少可提供以下成果：

- a) 目标区和控制孔的各类地层结构参数数据表和图件；
- b) 目标区和控制孔（点）的不同概率水准基岩地震动参数结果表和图件；
- c) 目标区不同概率水准地表地震动参数分区结果表和图件；
- d) 目标区不同概率水准的地震地质灾害评价结果数据表和图件。

### 15.2.2 给定设定场点的位置与工程类型和场地类别，技术服务系统应至少可以提供以下成果：

- a) 基于区域性地震安全性评价结果，提供地震环境与地震构造、历史地震影响结果查询；
- b) 提供符合设定场点场地条件和给定概率水准的地震动参数，包括设计地震动幅值、反应谱和地震动时程；
- c) 给定场点的地震地质灾害初步评价结果；
- d) 给定场点地震安全性评价成果简要报告。

地方标准信息服务平台

### 参 考 文 献

- [1]内蒙古自治区地震局. 内蒙古自治区区域性地震安全性评价管理办法（暂行）（内震发〔2021〕44号）[Z]. 内蒙古自治区:内蒙古自治区地震局, 2021
- [2]中国地震局. 关于加强区域性地震安全性评价管理工作的通知（中震防函〔2020〕2号）. 北京:中国地震局震害防御司, 2020
- [3]中国地震局. 区域性地震安全性评价工作大纲（试行）（中震防函〔2019〕21号）. 北京:中国地震局震害防御司, 2019
- 

地方标准信息服务平台