

DB41

河南省地方标准

DB41/T 2927—2025

## 区域性地震安全性评价技术规范

2025 - 08 - 08 发布

2025 - 11 - 07 实施

河南省市场监督管理局 发布



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 总体要求 ..... 2

5 区域地震活动性和地震构造评价 ..... 3

6 近场区地震活动性和地震构造评价 ..... 5

7 目标区断层勘查和活动性鉴定 ..... 6

8 目标区地震工程地质条件勘测 ..... 7

9 地震动预测方程确定 ..... 9

10 概率地震危险性分析 ..... 9

11 目标区地震动参数确定 ..... 10

12 地震地质灾害评价 ..... 12

13 技术成果数据库与技术服务系统建设 ..... 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。

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。

本文件由河南省地震局提出并归口。

本文件起草单位：河南省地震局地震工程勘察研究院、中震物探（河南）科技有限公司。

本文件主要起草人：蔡颖哲、郁军建、孙杰、万娜、周健、刘学谦、王斐斐、潘林山、赵彦旭、张予川、高家乙、彭雨欣。

# 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工作内容、技术要求和方法。  
本文件适用于区域性地震安全性评价。

## 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 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
- 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
- JGJ 83 软土地区岩土工程勘察规程

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 目标区

区域性地震安全性评价工作中指定的场地空间分布范围。

### 3.2

#### 设定场点

目标区内具体建设工程场地空间分布点。

### 3.3

#### 近场区

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。

### 3.4

#### 区域

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。

### 3.5

#### 活动断层

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]

### 3.6

#### 超越概率

工程场地遭遇大于或等于给定阈值的地震烈度值或地震动参数值的可能性大小。

[来源: GB 17741—2025, 3.1]

### 3.7

#### 地震危险性分析

用确定性或概率分析计算方法, 给出某一场地未来不同风险情况的地震动参数或地震烈度值。

[来源: GB 17741—2025, 3.10]

### 3.8

#### 潜在震源区

概率地震危险性分析中, 表征未来发生地震的震源可能分布的地区。

[来源: GB 17741—2025, 3.16]

## 4 总体要求

### 4.1 基础资料

4.1.1 应收集、整理和分析与区域、近场区相关的地震活动、地质构造、地球物理场、大地测量、活动断层探测方面的资料和研究成果。应收集、整理和分析与目标区相关的地震安全性评价、地球物理勘探、工程地质勘察、水文地质调查等方面的资料和研究成果。

4.1.2 基础地理数据和探测数据资料应采用 CGCS 2 000 国家大地坐标系统, 高程宜采用 1985 国家高程基准。

### 4.2 实施方案

4.2.1 应在基础资料收集和现场踏勘的基础上, 结合目标区的施工条件、功能定位、规划建设项目类型与特点以及建设工程重要程度, 编制实施方案。实施方案应符合相关技术要求, 确定后不应随意变更; 如确需变更的, 应进行必要的论证。

4.2.2 对目标区断层勘查和活动性鉴定、地震工程地质条件勘测, 应编制专题实施方案。

4.2.3 实施方案应包括: 方案编制依据、规划建设项目概况、工作范围、工作目标、工作基础、工作内容、工作量、技术途径、技术指标、预期成果、进度安排和质量保证措施等内容。

4.2.4 应根据目标区工程建设的抗震设防需求, 明确其采用的超越概率水平, 概率水准应不少于 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2%; 且应包含与目标区规划工程需求相适应的概率水准。应确定目标区断层勘查和活动性鉴定、地震工程地质条件勘测、地震动参数确定及地震地质灾害评价中的重点问题。

4.2.5 针对需要解决的地震地质、地震工程地质、地震动参数确定、地震地质灾害评价等方面关键问题, 明确工作深度、专题设置、技术方法、技术指标、工作依据等; 方案中应给出现场考察路线、地球物理勘探线、钻孔勘探及其它现场工作位置, 同时预估现场工作量, 并给出地球物理勘探线和钻孔预估位置的经纬度坐标。

### 4.3 成果产出

4.3.1 应编制至少包括以下内容的区域性地震安全性评价技术报告:

- a) 区域地震活动性和地震构造评价;
- b) 近场区地震活动性和地震构造评价;

- c) 目标区断层勘查和活动性鉴定;
  - d) 目标区地震工程地质条件勘测;
  - e) 地震动预测方程确定;
  - f) 地震危险性概率分析;
  - g) 目标区场地地震动参数确定;
  - h) 地震地质灾害评价;
  - i) 技术成果数据库与技术服务系统建设。
- 4.3.2 应绘制包括以下内容的区域性地震安全性评价成果图件:
- a) 区域大地构造分区图、区域新构造图、区域地震构造图、区域破坏性地震分布图和区域现代中小地震分布图;
  - b) 近场区地质构造图、近场区地震构造图、近场区地震分布图和近场区实际材料图;
  - c) 目标区工程地质资料图, 含有叠加钻孔勘探、地球物理勘探线、断层分布及调查点等属性的目标区实际材料图, 目标区活动断层分布图, 目标区场地类别分区图, 目标区地震动参数分区图, 目标区地震地质灾害分布图。

## 5 区域地震活动性和地震构造评价

### 5.1 区域范围和图件

5.1.1 根据目标区所处的地震构造、地震活动、历史地震影响等地震环境, 确定区域范围。区域范围不应小于目标区边界外延 150 km。

5.1.2 区域大地构造分区图、区域新构造图、区域破坏性地震震中分布图、区域中小地震震中分布图、区域地震构造图等图件的比例尺不应小于 1:1 000 000。

5.1.3 所有区域图件应标明目标区位置。

### 5.2 区域地震活动性

5.2.1 地震资料搜集和编制, 应符合以下规定:

- a) 根据正式公布的地震目录和地震报告, 搜集整理相关地震资料, 其时限为报告送审前 3 个月;
- b) 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;
- c) 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;
- 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, 其中仪器测定地震震级依据 GB 17740 确定, 历史地震震级依据  $M_s$  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。

5.2.2 区域地震震中分布图的编制, 应符合以下规定:

- a) 分别编制区域破坏性地震(震级大于等于  $M_{4.7}$ )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包括区域内仪器记录的震级小于  $M_{4.7}$  级的中小地震事件;
- 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。

5.2.3 区域地震活动时空特征分析, 应包括以下内容:

- a) 区域地震资料可靠性、完整性分析;
- b) 区域地震活动成带、丛集、弥散、重复等空间分布;
- c) 区域震源深度分布特征;

- 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。

5.2.4 区域现代构造应力场，应包括以下内容：

- a) 收集、增补本区域震源机制解资料，编制震源机制解分布图、现代构造应力场主应力方向分布图；
- 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。

5.2.5 目标区地震影响评价，应包含以下内容：

- a) 收集分析对目标区大于等于Ⅴ度影响的地震烈度资料；
- b) 无地震烈度资料时，选用适宜本地区的地震烈度衰减关系，计算目标区地震影响烈度；
- c) 建立地震影响烈度目录；
- d) 编制影响目标区的综合等震线图，评价目标区最大地震影响烈度。

5.3 区域地震构造

5.3.1 区域地质构造分析，应符合以下要求：

- a) 搜集区域地层、岩浆岩、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。

5.3.2 区域地球物理场和深部构造，应包括以下内容：

- a) 收集重力、航磁和地壳结构等地球物理场资料与深部探测资料；
- b) 编制区域重力异常分布图、区域航磁异常分布图，以及区域地壳厚度分布图；
- c) 分析区域地球物理场特征及其与强震活动的关系；
- d) 宜收集地壳深部构造资料，分析强震活动的深部构造背景。

5.3.3 区域新构造特征，应包括以下内容：

- a) 收集区域新构造时期地层、岩浆岩、地质构造与地貌、区域现今地壳形变场资料；
- b) 编制区域新构造图，分析地震发生的新构造背景；
- c) 分析区域新构造运动演化特征、区域地貌特征与新构造运动的关系；
- d) 分析新构造运动与地震活动的关系。

5.3.4 区域主要断裂活动性特征，应包括以下内容：

- a) 收集区域主要断层活动性资料，分析资料的完整性和可靠性；
- b) 编制主要断层活动特征一览表，包括断层走向、断层长度及其区内长度、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) 对区域性地震安全性评价结果可能产生较大影响且资料不充分的区域性断层，按照相关规定开展补充调查工作；
- d) 分析区域主要断层展布、最新活动时代、断层性质、运动特征及速率、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。

5.3.5 区域地震地质环境分析，应符合下列要求：

- a) 分析区域地质构造、新构造运动特征、地球物理场、断层活动特征等与区域强震活动的关系，评估区域地震构造条件，归纳不同震级档的发震构造标志；
- b) 评估发震构造、分段、最大潜在地震震级及大地震复发特征。

5.3.6 区域地震构造图编制，应包括以下内容：



- a) 第四纪主要断层、褶皱及其活动时代;
- b) 断层性质与产状;
- c) 断层活动性分段;
- d) 地震地表破裂带;
- 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) 第四纪盆地及其性质;
- h) 第四纪岩浆岩、火山及其时代;
- i) 破坏性地震震中, 并标注重要地震的震级与发震时间;
- j) 区域主压应力场方向。

## 6 近场区地震活动性和地震构造评价

### 6.1 近场区范围和图件

- 6.1.1 根据目标区邻近区域的地震活动构造、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。近场区范围应不小于目标区边界外延 25 km。
- 6.1.2 近场区地震构造图、近场区地震震中分布图的比例尺不应小于 1:250 000。
- 6.1.3 活动构造细节图件, 根据需要选定比例尺。探槽剖面图比例尺不宜小于 1:50, 地质和地貌平面图和剖面图比例尺宜取 1:100~1:1 000。
- 6.1.4 近场区主要图件应标明目标区位置。

### 6.2 近场区地震活动性

- 6.2.1 应对参数有疑问且可能影响目标区的地震事件进行核查。
- 6.2.2 应编制近场区地震目录和近场区地震震中分布图。
- 6.2.3 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。

### 6.3 近场区地震构造

- 6.3.1 应分析近场区地质构造展布与发育特征, 编制近场区地质构造图。
- 6.3.2 应结合地震构造背景, 综合分析近场区潜在震源区划分条件, 确定近场区主要断层。
- 6.3.3 近场区主要断层活动性鉴定, 应符合以下要求:
  - a) 每条断层有不少于 2 个反映该断层活动性的可靠证据, 证明断层的最新活动时代、活动特征和分段等;
  - b) 基岩或浅覆盖区断层, 采用遥感解译、露头追索、微地貌测绘、钻探或槽探、测年等地质地貌手段进行调查;
  - 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, 选用地球物理勘探、钻孔地质联合剖面探测和测年等手段进行勘察;
  - d) 查明活动断层的位置、规模、产状及其活动特征;
  - e) 编制近场区主要断层活动性鉴定材料图, 包括观测路线、观测点、探槽、地球物理勘探线、钻孔联合地质剖面、年代测定样品等实际材料位置和编号;

- f) 编制近场区断层活动性特征一览表,包括断层长度、走向、产状、最新活动时代及活动性质、断层距目标区距离和断层附近破坏性地震等内容。

#### 6.3.4 编制近场区地震构造图,应包括以下内容:

- a) 第四纪以来有活动的主要断层及其活动时代;
- b) 断层活动性质和产状;
- c) 第四系各统的分布;
- d) 第四系厚度;
- e) 第四纪盆地的范围及其活动性质;
- f) 破坏性地震震中位置、主要地震的震级与发震时间;
- g) 地震地表破裂带。

#### 6.3.5 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 目标区断层勘查和活动性鉴定

#### 7.1 研究范围和图件

7.1.1 研究范围应包括目标区范围且外延不小于 500 m。

7.1.2 目标区主要断层分布图比例尺应不小于 1:50 000。

7.1.3 目标区存在活动断层时,应编制活动断层条带状分布图,图件的比例尺宜为 1:5 000~1:10 000。

#### 7.2 断层活动性勘查

7.2.1 地质构造特征分析,应符合以下要求:

- a) 搜集地质构造基础资料,资料精度满足 1:50 000;
- b) 收集、分析目标区开展过的活断层探测成果;
- c) 分析目标区地质构造背景、断层发育特征。

7.2.2 对研究范围应开展控制性调查与探测,查明是否有断层通过目标区,并查明断层位置与展布、性质、产状、活动时代、断错位移与速率及断层与目标区的位置关系等。断层调查与探测应符合以下要求:

- a) 在基岩出露区,采用高分辨率遥感、地质地貌、槽探等方法进行勘查,查明出露断层的性质、产状、破碎带等发育情况;
- b) 在第四系覆盖区,开展浅层地震勘探,且勘探剖面必须控制住目标区四周边界,有效探测深度大于第四系底界,必要时可采用多种方法联合探测;
- c) 根据实际需要,采集断层活动性鉴定所需的碳十四、释光、电子自旋共振等年代测试样品并进行年代测试,有效年龄数据个数应满足确定断层活动性参数的需要;
- d) 采用路线地质地貌调查方法勘查,布设不少于 4 条呈井字形穿经勘查范围的调查路线;采用浅层地震勘探方法勘查,测线宜在勘查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。

#### 7.3 断层活动性鉴定

7.3.1 对目标区第四纪以来可能有活动的主要断层开展断层活动性鉴定,应符合以下要求:

- a) 对于第四系覆盖区隐伏断层,采用钻孔联合剖面、年代测定等方法进行勘查;
- b) 对近地表断层及裸露断层可采用高分辨率遥感、地表地质调查或探槽,结合地层、地貌年代测定等,并进行现场验证;

- c) 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；
  - d) 每条断层有不少于 2 个反映该断层活动性的可靠证据，证明断层的最新活动时代和活动性特征。
- 7.3.2 目标区活动断层鉴定和定位，按照下列要求开展断层活动性特征调查：
- a) 查明活动断层的位置与展布、活动时代、性质、产状、位移量等断层活动性参数；
  - b) 查明活动褶皱的位置与展布、活动时代；
  - c) 活动断层、褶皱陡坎的定位精度不小于比例尺 1:10 000 的要求；
  - d) 编制活动断层带状分布图，编图范围涵盖活动断层的迹线、活动褶皱的变形边界线两侧外延各 500 m 的范围，图中标示活动断层地表迹线、隐伏活动断层断点地表垂直投影线、活动断层性质与产状、活动褶皱的地层分布与产状、活动褶皱陡坎地表迹线、分统表示的第四纪地层等。

## 7.4 断层活动性评价

- 7.4.1 目标区存在活动断层时，应按 GB/T 36072 的有关规定评价其性质、活动时代、断错位移与速率编制活动断层条带状分布图，比例尺宜为 1:5 000~1:10 000。
- 7.4.2 编制目标区主要断层活动性特征一览表和目标区主要断层分布图、目标区断层活动性鉴定实际材料图。目标区主要断层分布图包括主要断层的展布、规模、性质、产状、活动时代等，比例尺应不小于 1:50 000。

## 8 目标区地震工程地质条件勘测

### 8.1 地震工程地质条件调查

- 8.1.1 应收集、调查目标区及其附近地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、场地土类型、场地类别等已有工程地质资料。
- 8.1.2 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、滑坡崩塌等地震地质灾害情况。

### 8.2 地震工程地质条件钻孔勘察

- 8.2.1 开展地震工程地质条件钻孔勘察，钻探、取样和试验应按 GB 50021 的有关规定进行。
- 8.2.2 控制钻孔布置，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，合理布置钻孔；
  - b) 除基岩区外，当目标区每一地块的覆盖层厚度均不小于 50 m 时，控制性钻孔间距不大于 700 m，且目标区任一设定场点 200 m 范围内布置至少 1 个控制性钻孔，或 700 m 范围内布置不少于 2 个控制性钻孔；其他情况，控制性钻孔间距不大于 500 m，且目标区任一设定场点 200 m 范围内布置至少 1 个控制性钻孔，或 500 m 范围内布置不少于 2 个控制性钻孔；
  - c) 已规划的重要工程场地至少布置 1 个控制钻孔；
  - d) 目标区为不连续地块时，每个地块至少布置 2 个控制钻孔，且满足本条 b) 和 c) 的要求；
  - e) 对于浅部土层复杂结构地段应加密钻孔进行控制。
- 8.2.3 控制钻孔深度，应符合以下规定之一：
- a) 钻穿基岩厚度不小于 3 m；
  - b) 钻穿剪切波速不小于 500 m/s 的土层厚度不小于 5 m，且其下卧层中不存在波速小于 500 m/s 的软弱土层；

- c) 若控制钻孔深度超过 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。

#### 8.2.4 编制成果图件应满足下列要求:

- a) 钻孔分布图, 包含全部控制性钻孔及搜集钻孔, 并标注钻孔编号、以米 (m) 为单位的孔口标高、以米 (m) 为单位的终孔深度以及已规划建 (构) 筑物布置等信息, 比例尺选 1:25 000~1:10 000;
- b) 钻孔柱状图, 标注层序号、层底埋深、土类名称与土质描述、岩土层形成时代与成因、标准贯入击数、地下水位等信息, 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、以米 (m) 为单位的层底埋深、以米 (m) 为单位的层厚、土类名称与土质描述等信息, 比例尺选 1:10 000~1:1 000。

注: 特定方向一般指垂直于目标区土层变化方向、或者选择目标区内两个相互垂直的方向。

#### 8.2.5 选取一定数量的控制钻孔作为典型钻孔, 进行原状土样采集, 应符合以下规定:

- a) 典型钻孔自然分层中对每层土层取样, 同类岩土层厚度超过 5 m 分别取样;
- b) 典型钻孔数量不少于控制钻孔数量的 1/3 且不少于 2 个, 且对特殊地层具有控制作用, 同时在空间展布上具有控制性。

#### 8.2.6 控制钻孔岩土层物理性能指标原位测试, 应符合以下规定:

- a) 按 GB 50021 给出的土的物理性质试验结果, 测试天然含水量、比重、天然密度、干密度等物理性能指标;
- b) 测量不同深度岩土层剪切波速, 测量深度间距不大于 1 m;
- c) 目标区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;
- d) 测试地面下 30 m 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, 调查目标区地下水历史最高水位或近 3~5 年的最高水位。

### 8.3 场地岩土动力性质试验

#### 8.3.1 应按 GB/T 50269 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。

#### 8.3.2 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 ( $5 \times 10^{-6}$ 、 $1 \times 10^{-5}$ 、 $5 \times 10^{-5}$ 、 $1 \times 10^{-4}$ 、 $5 \times 10^{-4}$ 、 $1 \times 10^{-3}$ 、 $5 \times 10^{-3}$ 、 $1 \times 10^{-2}$ ) 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。

### 8.4 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察资料和钻孔测试、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, 内容包括土层的主要分层与埋深、土层岩性与空间分布特征、剪切波速值等;
- 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 地震动预测方程确定

### 9.1 地震动预测方程表达

- 9.1.1 地震动预测方程宜采用数学函数式或表格形式。
- 9.1.2 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。
- 9.1.3 地震动预测方程反应谱周期不小于 6 s;周期点数量不少于 20 个且在对数坐标下近似均匀分布。
- 9.1.4 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。

### 9.2 基岩地震动预测方程确定

- 9.2.1 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。
- 9.2.2 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。
- 9.2.3 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。
- 9.2.4 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。
- 9.2.5 应论证地震动预测方程的适用性。

## 10 概率地震危险性分析

### 10.1 地震统计区划分

- 10.1.1 应采用 GB 18306 中地震区、地震带的划分方案。
- 10.1.2 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,确定地震统计区。
- 10.1.3 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。
- 10.1.4 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。
- 10.1.5 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。
- 10.1.6 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。
- 10.1.7 应确定潜在震源区主破裂取向及其方向性函数。

### 10.2 地震活动性参数确定

- 10.2.1 地震活动性参数应包括:
  - a) 地震统计区的震级上限和下限;

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

10.2.2 确定地震统计区的地震活动性参数应符合下列规定：

- 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) 根据区域地震活动水平和震源深度确定震级下限；
- 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) 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。

10.2.3 确定潜在震源区的地震活动性参数应符合下列规定：

- 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。

### 10.3 地震危险性分析

10.3.1 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%以及 100 年超越概率 63%、10%、2%，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）。

10.3.2 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。

10.3.3 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。

10.3.4 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 目标区地震动参数确定

### 11.1 目标区地震反应分析模型建立

11.1.1 根据地震工程地质勘察结果和浅部土层结构三维模型，建立地震反应分析模型。目标区场地表面、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；场地表面、土层界面或基岩面起伏较大时，宜采用二维或三维土层反应分析模型。

11.1.2 应采用下列之一作为地震反应分析模型输入地震界面：

- 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，多方案设定边界。

### 11.2 目标区场地土层模型参数的确定

11.2.1 根据场地地震工程地质勘察结果,结合浅部土层结构三维模型综合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。

11.2.2 根据目标区地层结构三维模型及相关资料,合理推定缺少实测资料的部分土层模型参数。

11.2.3 确定各控制钻孔场地土层地震反应分析模型,建立地震反应分析模型数据库。

### 11.3 输入地震动时程确定

11.3.1 自由基岩场地地震动时程的目标反应谱应选择以地震危险性分析得到的指定超越概率水平的基岩地震动反应谱。

11.3.2 自由基岩场地地震动时程确定时,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。

11.3.3 合成各计算控制点自由基岩表面地震动时程,应符合以下规定:

- a) 确定强度包络函数特征参数与震级、距离的关系,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;
- b) 每个目标谱合成地震动时程样本不少于 10 条,不同地震动时程样本之间的相关系数不大于 0.16;
- c) 在任一控制点频率处,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的绝对值不超过 5%;
- d) 合成地震动加速度时程对应的速度和位移时程应无基线漂移;时程的离散时间步长不大于 0.02 s,总持时不小于目标反应谱最长周期的 5 倍;
- e) 建立目标区自由基岩场地地震动时程数据库。

### 11.4 地震反应分析计算

11.4.1 对于IV类场地,输入地震动峰值大于 100 gal 时,宜使用时域弹塑性方法进行计算。

11.4.2 一维土层模型的土层厚度应划分得足够小,使层内各点剪应变幅值大体相等,可采用等效线性化波动法进行计算。计算时控制在所考虑的有效地震波最短波长的 1/5~1/20 范围内取值。

11.4.3 二维及三维分析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。

11.4.4 应根据场地反应分析得到的地震动时程,计算场地相关反应谱,包括场地地表的地震动峰值加速度、加速度反应谱和时程强度包络函数等。

11.4.5 应根据计算所得到的场地相关反应谱,分析同一概率水准下不同地震动输入情况下的场地地震反应分析计算结果,综合确定各控制点地震动参数。

### 11.5 场地地震动参数的确定

11.5.1 场地地震动参数应包括场地地表的地震动参数,即场地地震动峰值加速度和加速度反应谱特征周期,其中,加速度反应谱应与 GB 18306 中规范化反应谱的形式相同。

11.5.2 场地地震动参数确定,应符合以下规定:

- a) 工程场地类别为 I 类场地,根据概率法地震危险性分析获得的基岩场地地震动反应谱确定;
- b) 工程场地类别为非 I 类场地的地震动参数根据基于概率法基岩地震动输入的地表场地相关反应谱确定。

11.5.3 编制场地地表的地震动参数分区图,应符合以下规定:

- a) 应编制目标区多概率水准的地震动峰值加速度、反应谱特征周期区划图;
- b) 应采用等值线形式表示目标区地震动参数分区结果,地震动峰值加速度相邻等值线差异宜为 5%且为 5 gal 的整数倍,反应谱特征周期相邻等值线差异宜为 0.05 s;

c) 图件比例尺不小于 1:50 000。

11.5.4 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,比值宜取 2/3。在近场区地震活动对地震危险性起主要贡献情况下,比值可取为 1。

11.5.5 应给出规准化的场地地震动反应谱形状及有关参数(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)。

11.5.6 建立目标区地表地震动参数数据库。数据库应包括各控制点多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。

## 11.6 目标区场地地震动时程的确定

11.6.1 宜采用人工合成地震动时程或选择实际记录地震动时程确定。

11.6.2 选择实际记录地震动时程确定目标区场地地震动时程,应符合以下规定:

- a) 选择以目标区场地地震动反应谱为实际记录地震动时程的目标反应谱;
- b) 依据目标区场地地震危险性主要控制地震震级、距离,以及场地条件等因素,挑选对目标反应谱匹配误差较小的实际地震动记录;
- c) 选择同一次地震同一台站记录到的三分量强震动记录作为三维目标区场地地震动时程。

11.6.3 合成目标区场地地震动时程时,应符合以下规定:

- a) 采用多组时程法合成目标区场地地震动时程;同一超越概率水平下,每个控制点合成至少 5 条场地地震动时程;
- b) 以阻尼比为 5%的目标区场地地震动反应谱作为拟合目标反应谱,并基于目标反应谱主要控制地震、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) 确定初始地震动时程时,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;
- d) 合成地震动时程拟合目标反应谱时,在任一控制点频率处,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的绝对值不超过 5%。

11.6.4 建立目标区各控制点多概率水准的地震动时程数据库。

## 11.7 设定场地工程场地地震动参数确定

11.7.1 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设定场点的工程场地地震动参数。

11.7.2 应提供设定场点的工程地质勘察报告,并依据其结果给出场地类别。

11.7.3 应根据场地类别,按照 GB 18306 双参数调整要求,以 50 年超越概率 63%、10%、2%的地震动参数值,作为相应超越概率水准的区划标准地震动参数。

11.7.4 依据工程结构所需的概率水准,选择距离场点 700 m 范围内的相同场地类别控制点结果综合确定场地地震动参数,且符合以下规定:

- a) 场点距离控制点小于 200 m 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 200 m 时,选择该场点周围 700 m 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。

11.7.5 设定场点竖向地震动参数可依据水平向地震动参数确定,其幅值应符合 11.5.4 的规定。

11.7.6 设定场点场地地震动时程确定,应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。

## 12 地震地质灾害评价



12.1 活动断层断错

12.1.1 目标区研究范围内存在活动断层时，应查明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，活动断层断错灾害评价，应包含以下内容：

- a) 活动断层地表破裂影响带宽度应当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地质剖面，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，评价最大潜在错动位移。

12.1.2 编制活动断层地震地表破裂影响带分布图及其说明书，并满足以下要求：

- a) 明确目标区与潜在地震地表破裂影响带的空间关系；
- b) 阐述潜在地震地表破裂影响带的确定方法、资料依据、认识与结论等；
- c) 图件比例尺宜为 1:5 000~1:10 000。

12.2 地基土地震液化判定

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地震液化，应符合以下规定：

- a) 依据地形、地貌、地层、地下水等与地震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；
- b) 场地存在可液化土层且具地震液化可能性时，对地面以下 20 m 深度内依照 GB/T 50011 的规定进行地震液化判定；当需要对地下 20 m（不含 20 m）~30 m 深度范围的可液化土层进行地震液化判定，可采用标准贯入试验判定法进行地震液化判定，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。液化判定标准贯入击数临界值  $N_{cr}$  按公式（1）计算：

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

式中：

- $N_{cr}$  ——液化判定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 GB 18306 中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；
- $\alpha_{max}$  ——场地地震动峰值加速度，单位为标准重力加速度 ( $g_n$ )；
- $d_w$  ——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 ( $m$ )；
- $\rho_c$  ——黏粒含量百分率，小于 3 或为砂土时取 3。
- c) 根据钻孔液化判定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。

12.2.2 编制不同概率水准下目标区场地地震液化初步判定结果图。

12.3 地基土软土震陷判定

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，应符合以下规定：

- 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，基于勘察得到的软土层等效剪切波速等资料，按 JGJ 83 中的规定进行软土震陷判别与软土震陷等级评价；
- c) 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。

12.3.2 应编制不同概率水准下目标区场地软土震陷初步判别结果图。

12.4 崩塌、滑坡和泥石流等其他地震地质灾害

12.4.1 应收集和调查目标区外延 500 m 范围内的地形坡度、岩石风化程度、古河道、崩塌、滑坡等资料。

12.4.2 针对多概率水准地震动作用，初步评价目标区及周边坡体地震崩塌与滑坡地震地质灾害，具体计算方法应按公式（2）计算：

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

式中：

- $H$ ——地震崩塌滑坡危险性指数；
- $Sa$ ——边坡坡度危险度因子，见 12.4.3；
- $Sp$ ——地震动峰值加速度危险度因子，见 12.4.4；
- $Sr$ ——岩土体危险度因子，见 12.4.5。边坡未定型安全系数方法采用 GB 50330 进行计算并评价。

12.4.3 应根据边坡斜坡角度大小，按表 1 确定边坡坡度危险度因子 $Sa$ 。

表 1 边坡坡度危险度因子 $Sa$ 取值

滑坡坡度	崩塌坡度	$Sa$
$<21^{\circ}$	$<41^{\circ}$	1
$21^{\circ} \sim 40^{\circ}$	$41^{\circ} \sim 60^{\circ}$	2
$>40^{\circ}$	$>60^{\circ}$	3

12.4.4 应根据 10.3 确定的各控制点不同超越概率基岩峰值加速度的最大值，按表 2 确定该超越概率地震作用下的边坡地震动峰值加速度危险度因子 $Sp$ 。

表 2 地震动峰值加速度危险度因子 $Sp$ 取值

地震动峰值加速度( $g_n$ )	$Sp$
$<0.04$	1
$0.04 \sim 0.19$	2
$>0.19$	3

12.4.5 应按表 3 确定岩土体危险度因子 $Sr$ ，岩体完整程度和岩石风化程度可按 GB 50021 判定。

表 3 岩土体危险度因子 $Sr$ 取值

边坡性状	$Sr$
岩体完整或较完整，结构基本未变，岩石示风化或微风化；或斜坡内主要结构面倾向与坡向相反	1
岩体较破碎，结构部分破坏，岩石中等风化；或斜坡内主要结构面倾向与坡向斜交	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；或斜坡内主要结构面倾向与坡向大致相同、并存在软弱地层	3
土质坡体；或有崩塌滑坡发育现象	

12.4.6 应根据不同超越概率基岩场地地震动作用下地震崩塌滑坡危险性指数 $H$ ，按表 4 确定各边坡地震崩塌、滑坡危险程度。

表 4 边坡地震崩塌滑坡危险程度

地震崩塌滑坡危险性指数 $H$	崩塌滑坡危险程度
1~4	低
6~12	中
18~27	高

12.4.7 应分别评价给出目标区各个边坡体地震崩塌、滑坡危险性。编制目标区不同超越概率地震作用下的崩塌、滑坡危险性分区图。

13 技术成果数据库与技术服务系统建设

13.1 成果文档

13.1.1 应将区域性地震安全性评价形成的全部原始资料、成果报告、图件等进行分类集成、归档。

13.1.2 应编制区域性地震安全性评价成果报告，有专题研究的应编制专题报告。

13.2 成果数据库

13.2.1 基础资料数据库应包括以下内容：

- a) 基础地理数据库用于存储基础地理空间信息，目标区比例尺不小于 1:10 000，近场区比例尺不小于 1:250 000，区域比例尺不小于 1:1 000 000；
- b) 区域范围内地震构造与地震活动性资料；
- c) 近场区范围内地震构造与地震活动性资料；
- d) 目标区断层勘查与活动性鉴定资料；
- e) 地震工程地质条件勘测资料；
- f) 概率地震危险性评价资料。

13.2.2 地震动参数与地震地质灾害评价成果数据库应包括以下内容：

- a) 目标区各控制点多概率水准基岩地震动参数；
- b) 目标区各控制点多概率水准场地地表地震动参数及分区图、土层反应分析模型所代表场地的地震动参数计算值、规范的场地地震动反应谱；
- c) 目标区各控制点多概率水准基岩和地表地震动时程；有实际记录地震动时程的应予以收录；
- d) 目标区活动断层地表破裂影响带评价，以及针对目标区多概率水准地震动作用下的地基土液化评价、软土震陷评价以及目标区及周边坡体地震崩塌滑坡危险性成果等。

13.2.3 区域性地震安全性评价成果数据库管理系统应具有以下功能：

- a) 导入目标区基础资料，如工程地质勘察资料等；
- b) 导入目标区评价成果，如针对特殊工程制作的地震动时程等；
- c) 更新数据。

13.3 技术服务应用系统建设

13.3.1 技术服务应用系统应具有以下基本功能：

- a) 浏览、查询目标区基础资料，制作相应文档；
- b) 浏览、查询目标区地震动参数与地震地质灾害评价成果，制作相应文档；
- c) 具备扩展模块，方便扩展服务内容。

13.3.2 通过人机交互平台，技术服务应用系统应实现以下服务功能：

- a) 提供目标区内设定场地在给定超越概率水准下的地震动参数；

- b) 提供与设定场地的地震动参数相匹配的地震动时程；当数据库中没有可选用的地震动时程时，提出相关建议；
- c) 提供设定场地的地震地质灾害初步评价结果。断层影响评价结果的范围为设定场地及研究范围；
- d) 提供设定场地的地震安全性评价成果简要报告。

## 参 考 文 献

- [1] GB 17741 工程场地地震安全性评价
  - [2] GB/T 18207.1 防震减灾术语 第1部分:基本术语
  - [3] GB/T 18207.2 防震减灾术语 第2部分:专业术语
  - [4] GB/T 18208.3 地震现场工作 第3部分:调查规范
  - [5] DZ/T 0286 地质灾害危险性评估规范
-