

区域性地震安全性评价技术规范

Technical specification for regional seismic safety evaluation

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

目 次

前言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 总体要求	5
4.1 评价内容	5
4.2 工作内容	5
5 评价程序	6
6 区域地震活动性和地震构造评价	6
6.1 资料搜集与分析	6
6.2 区域地震构造评价	7
7 近场区地震活动性和地震构造评价	8
7.1 近场区范围和图件比例尺	8
7.2 地震活动性	8
7.3 地震构造	8
8 目标区断层活动性评价	9
8.1 目标区主要断层勘查	9
8.2 目标区主要断层活动性鉴定	9
8.3 目标区地震构造分析	9
9 目标区浅部土层结构三维模型	9
9.1 浅部土层结构探测	9
9.2 浅部土层结构三维模型建立	10
10 目标区地震工程地质条件勘测	10
10.1 图件比例尺	10
10.2 工程地质条件资料调查	10
10.3 地球物理勘探	10
10.4 地震工程地质条件钻孔勘察	10
10.5 场地岩土动力性质测量	11
10.6 资料处理	11
11 地震动预测方程确定	11
11.1 地震动预测方程表达	11
11.2 基岩地震动预测方程确定	11
12 概率地震危险性评价	11
12.1 地震统计区划分	11
12.2 潜在震源区划分	12
12.3 地震活动性参数确定	12
12.4 地震危险性分析计算	13

13	目标区地震动参数确定	13
13.1	目标区地震反应分析模型的建立	13
13.2	目标区输入地震动时程的确定	13
13.3	目标区地震反应分析计算	14
13.4	目标区地震动参数确定	14
13.5	目标区地震动时程确定	14
14	目标区场地地震地质灾害评价	15
14.1	断层错动	15
14.2	砂土液化	15
14.3	软土震陷	15
14.4	地震崩塌滑坡	16
15	区域地震安全性评价技术服务系统建设	16
	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。

本文件由辽宁省地震局提出并归口。

本文件起草单位：辽宁省震灾风险防治中心、辽宁省检验检测认证中心（辽宁省标准化研究院）。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址：辽宁省地震局（辽宁省沈阳市皇姑区黄河北大街44号），联系电话：024-86580139。

文件起草单位通讯地址：辽宁省震灾风险防治中心（辽宁省沈阳市东陵区东陵路208巷32号），联系电话：024-XXXXXXXX。

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术语和定义、总体要求、评价程序、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评价、目标断层区活动性评价、目标区浅部土层结构三维模型、目标区地震工程地质条件勘测的要求，地震动预测方程的确定，概率地震危险性评价要求，目标区地震动参数的确定，目标区场地地震地质灾害评价的要求。

本文件适用于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—2005 工程场地地震安全性评价
- GB 18306—2015 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
- DZ/T 0170 浅层地震勘查技术规范
- JGJ 83 软土地区岩土工程勘察规程

3 术语和定义

GB/T 18207.1、GB/T 18207.2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

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。

[来源：GB 17741—2005，5.1.1，有修改]

3.3

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。

[来源：GB 17741—2005，6.1.1，有修改]

3.4

设定场点 given site

目标区内具体建设工程场地范围。

3.5

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]

3.6

新构造 neotectonics

新近纪到第四纪初期的地质构造。

3.7

活动断层 active fault

晚第四纪以来有过活动的断层。

[来源：GB 17741—2005，3.5]

3.8

地震动参数 ground motion parameter

表征地震引起的地面运动的物理参数，包括峰值、反应谱和持续时间等。

[来源：GB 17741—2005，3.19]

3.9

超越概率 probability of exceedance

在一定时期内，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]

3.10

地震动反应谱特征周期 ground motion characteristic period of response spectrum

规范化的反应谱曲线开始下降点所对应的周期值。

[来源：GB 17741—2005，3.21]

3.11

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]

4 总体要求

4.1 评价内容

目标区主要断层活动性鉴定、地震危险性分析、地震动参数评价和地震地质灾害初步评价。

4.2 工作内容

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查；
- 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；
- 地震地质灾害评价等。

5 评价程序

评价流程见图1。

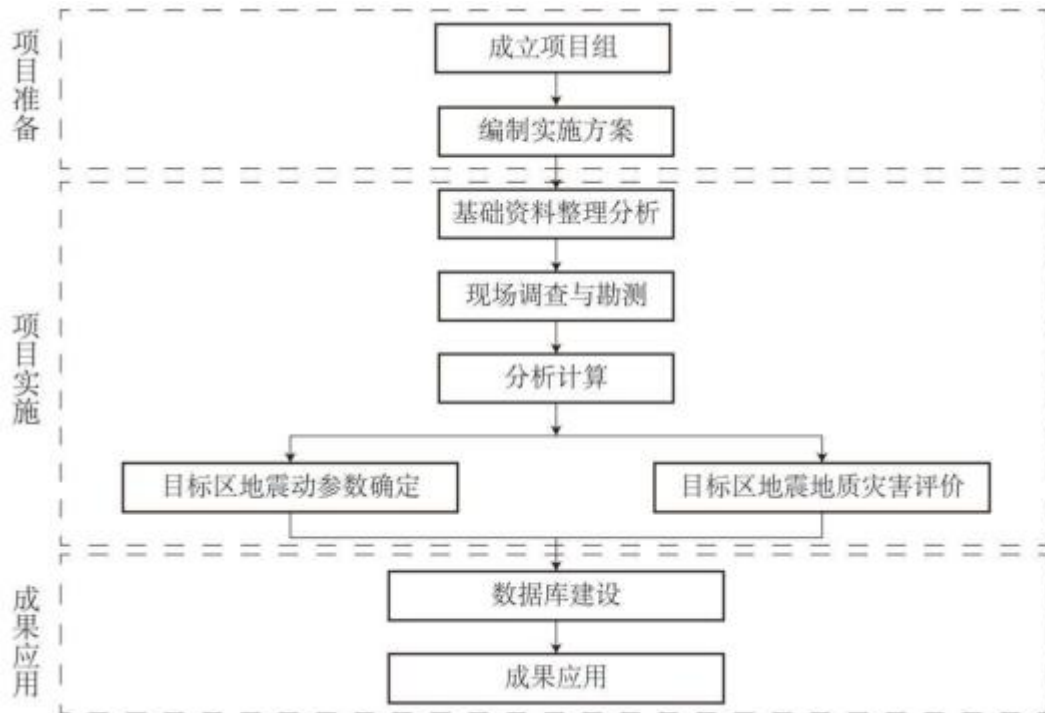


图1 区域性地震安全性评价工作流程

6 区域地震活动性和地震构造评价

6.1 资料搜集与分析

6.1.1 地震资料搜集和目录编制，应符合以下要求：

- a) 根据正式公布的地震目录和地震报告，搜集整理相关地震资料；
- 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、地点、震级、震源深度、震中烈度及定位精度等；
- e) 地震目录均需注明资料起止时间。

6.1.2 区域地震震中分布图的编制，应符合以下要求：

- a) 分别编制破坏性地震震中分布图和区域性地震台网记录的中小地震震中分布图；
- b) 注明资料起止时间；
- c) 标注最大地震事件的震级和发震日期。

6.1.3 分析区域地震活动时空特征，应包括以下内容：

- a) 不同时段各级地震资料完整性、可靠性；

- b) 地震的空间分布特征;
 - c) 地震震源深度分布特征;
 - d) 地震活动时间分布特征和未来地震活动水平。
- 6.1.4 分析区域现代构造应力场特征, 应包括以下内容:
- a) 搜集、补充区域震源机制解资料, 编制震源机制解分布图;
 - b) 分析区域现代构造应力场的方向、性质及其与区域构造活动的关系。
- 6.1.5 编制破坏性地震影响烈度图, 评价目标区最大地震影响烈度。应包括以下内容:
- a) 搜集对目标区有影响的地震烈度资料;
 - b) 评价区域地震影响烈度和频次;
 - c) 编制破坏性地震等震线图和综合等震线图。
- ## 6.2 区域地震构造评价
- 6.2.1 分析区域地质构造背景, 应包括以下内容:
- 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, 应反映大地构造分区、构造层等内容;
 - c) 分析区域地质构造背景。
- 6.2.2 分析区域新构造特征, 应包括以下内容:
- a) 搜集区域新构造时期地层与地质构造资料;
 - b) 编制区域新构造图;
 - c) 分析地震发生的新构造背景。
- 6.2.3 分析地震发生的地球物理场及深部构造特征, 应包括以下内容:
- a) 搜集地球物理场和深部构造资料;
 - b) 编制区域布格重力异常图、航磁异常图、地壳厚度图, 标注重要地震事件的震中位置;
 - c) 分析地震发生的地球物理场与深部构造特征。
- 6.2.4 搜集区域断裂活动性资料, 评价区域内各主要断层的活动性, 应符合以下要求:
- a) 对目标区可能产生较大影响、且资料不充分的区域性断层应补充现场调查工作, 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;
 - b) 分析区域主要断裂展布、最新活动时代、断裂性质和运动特征、断裂活动性分段、重点地段古地震的强度及活动期次等特征;
 - c) 编制主要断裂活动特征一览表, 宜包括性质、产状、运动特征、活动性分段、最新活动时代及其依据等内容。
- 6.2.5 根据实地调查和已有资料分析, 编制区域地震构造图, 应包括以下内容:
- a) 第四纪以来活动的主要断层及其活动时代、性质及产状;
 - b) 历史地震和现代地震地表破裂带;
 - c) 第四纪以来活动盆地及其性质;
 - d) 现代构造应力场方向;
 - e) 新近纪以来的地层和第四纪岩浆岩;
 - f) 新近纪或第四纪以来的地层等厚线。
- 6.2.6 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、断裂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) 评估主要发震构造及其最大潜在地震。

7 近场区地震活动性和地震构造评价

7.1 近场区范围和图件比例尺

7.1.1 近场区范围应不小于目标区外延 25 km，当外延 25 km 范围之外存在对目标区有影响的历史地震或潜在发震构造时，应适当扩大近场区范围。

7.1.2 收集近场区地质构造、地形地貌资料，编制近场区地质构造图和剖面图，基础地质资料满足不小于 1:250 000 调查精度。

7.1.3 近场区地震构造图、近场区地震震中分布图和近场区主要断层活动性鉴定材料图的比例尺应不小于 1:250 000。

7.1.4 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宜取 1:1 000 ~1:100。

7.1.5 所有近场区图件应标明目标区位置。

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 应编制近场区破坏性地震目录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、丛集、弥散等空间分布特征，以及震源深度分布特征；
- c) 分析近场区地震与构造的关系。

7.3 地震构造

7.3.1 应分析近场区地质构造特征，根据地貌与第四系发育特征，分析新构造运动特征。

7.3.2 应结合地震构造背景，确定近场区主要断层。

7.3.3 近场区主要断层活动性鉴定，应符合以下规定：

- a) 鉴定内容包括活动时代、活动性质和分段等；
- b) 基岩或浅覆盖区断层，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，有不少于 2 个能够确定其活动性的有效控制点；
- 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，选用有效的地球物理勘探、钻孔地质联合剖面探测和测年等手段进行勘察；
- d) 调查活动褶皱的最新变形时代与特征；
- e) 收集地壳形变、考古等资料，分析断层现今活动特征；
- f) 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、地球物理勘探线、槽探与钻探等实际资料位置和编号；
- g) 编制近场区断层活动性特征一览表，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、断层到目标区的距离等内容。

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) 断层活动性质和产状；
- c) 第四系分布；如果资料满足，宜提供厚度等值线分布；
- d) 第四纪盆地的范围及其活动性质；
- e) 地震震中位置；

- f) 地震地表破裂带。
- 7.3.5 近场区地震构造环境综合评价，应符合以下规定：
- a) 分析近场区地震活动与构造活动的关系；
 - b) 论述近场区地震构造特征，评价发震构造最大潜在地震。

8 目标区断层活动性评价

8.1 目标区主要断层勘查

8.1.1 应开展断层控制性调查与探测，查明目标区是否存在断层。存在可能通过目标区的断层时，应查明断层通过目标区的位置与展布、性质、产状、活动时代、断错位移与速率等。

8.1.2 开展目标区断层调查，应符合以下要求：

- a) 对隐伏断层宜采用浅层地震勘探方法进行探测，如需要时可采用多种方法联合探测；
- b) 浅层地震勘探测线的布设应能控制目标区内断裂的走向，并至少从两个不同方向布设交叉测线保证有效覆盖目标区范围；
- c) 对裸露区发育的主要断层，应采用遥感解译、地质地貌调查、槽探或剥离剖面等方法进行勘查。

8.2 目标区主要断层活动性鉴定

8.2.1 目标区第四纪以来有活动的主要断层应开展活动性鉴定，应符合以下要求：

- a) 对于隐伏断层可采用跨断层钻孔联合地质剖面探测法；
- b) 对近地表断层及裸露断层可采用地表地质调查或探槽，结合地层、地貌年代测定等，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；
- c) 每条断层应有不少于 2 个反映该断层活动性的可靠地质证据的观测点。

8.2.2 目标区存在活动断层时，应按照 GB/T 36072 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。

8.2.3 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。

8.3 目标区地震构造分析

8.3.1 分析目标区地震构造特征，评价目标区主要断层的性质、活动时代、位移和运动特征。

8.3.2 分析目标区主要断层与近场区活动断层的构造联系，评价目标区范围内发震构造潜在地震活动产生地表断错的可能性。

9 目标区浅部土层结构三维模型

9.1 浅部土层结构探测

9.1.1 在收集目标区内浅层地震勘探、钻孔等资料的基础上，对于覆盖层较厚的地区，宜采用浅层地震勘探等方法，对目标区内基岩埋深、土层主要分层和空间分布特征进行控制性探测，并结合地质勘查资料区分出第四纪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。

9.1.2 对于浅覆盖区，应主要基于钻孔资料获得覆盖土层结构分布的三维模型，适当补充浅层地震勘探测线进行控制探测。

9.1.3 在探查目标区土层结构空间分布时，可采用地震台阵观测法等技术方法，其观测点空间间隔宜

不大于 500 m。

9.1.4 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；采用地震台阵观测法时，观测点空间间隔宜不大于 250 m。

9.2 浅部土层结构三维模型建立

9.2.1 应整合目标区工程地质勘查资料和地震工程钻孔波速测试结果、岩土样试验结果，按照空间间隔节点数据，建立目标区地层结构模型；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。

9.2.2 应编制基岩埋深等深线图或剪切波速度 500 m/s 的等值线图，编制等效剪切波速为 150 m/s、250 m/s 等深线图，以及岩土层变化大的区段（如暗塘、古河道等）大比例尺速度（或地层）等值线图。

10 目标区地震工程地质条件勘测

10.1 图件比例尺

10.1.1 目标区地质地貌填图、目标区工程地质分区图和目标区钻孔布置图等图件比例尺应宜采用 1:50 000~1:10 000。

10.1.2 钻孔柱状图图件比例尺视土层结构复杂程度而定，宜采用 1:1 000~1:100。

10.1.3 控制性综合工程地质剖面图宜采取适当比例成图。

10.2 工程地质条件资料调查

10.2.1 开展目标区工程地震勘察前应收集、整理和分析目标区相关的卫星遥感影像、地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、工程地质资料等。

10.2.2 应对目标区进行地质地貌填图，根据目标区地球物理勘探、工程地质条件、钻探和原位测试结果，编制目标区工程地质分区图。

10.2.3 应评价目标区地震地质灾害。

10.3 地球物理勘探

10.3.1 目标区被第四系覆盖时，应采用浅层地震等有效地球物理勘探方法进行控制性探测。

10.3.2 选用浅层地震勘查方法时，应符合 DZ/T 0170、GB/T 36072 等相关规定。

10.3.3 控制性探测至少应布设 2 条不同方向的地球物理勘探测线。

10.3.4 结合钻孔勘察以及地球物理勘探测线，勾绘目标区第四系覆盖层厚度。

10.4 地震工程地质条件钻孔勘察

10.4.1 开展地震工程地质条件勘察，钻探、取样和试验应按照 GB 50021 的有关规定进行。

10.4.2 地震工程钻孔，应符合下列规定：

- a) 依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。划分目标区场地类别，除 I 类场地外，其他类别场地控制孔的空间间隔应不大于 700 m，对于浅部土层结构复杂地段应当加密钻孔进行控制；
- b) 钻孔深度达到基岩，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，但目标区应至少有一个钻孔达到剪切波速不小于 500 m/s 的深度。

10.4.3 采集分层岩土的原状土样，应符合下列规定：

- a) 每个钻孔宜进行原状土样采集并选取典型土样进行动三轴或共振柱试验；

- 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。

10.4.4 测试钻孔岩土层物理性能指标，应符合以下规定：

- a) 测试物理性能指标包括比重、天然密度等；
- 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、埋深等。

10.5 场地岩土动力性质测量

10.5.1 测量场地岩土动力性质，应按照 GB/T 50269 的有关规定进行。

10.5.2 测量钻孔岩土层波速，应符合以下规定：

10.5.3 应测量每个钻孔不同深度的岩土剪切波速，测量深度间距不大于 1 m，并在地层分界面附近加密测点。

10.5.4 应通过动三轴或共振柱试验，测量岩土动剪切模量比与剪应变关系、阻尼比与剪应变关系。

10.6 资料处理

10.6.1 应以目标区建设规划布置图为底图，编制目标区钻孔布置图，包括所有地震工程钻孔和收集钻孔位置，标注钻孔编号、孔口标高、钻孔深度等信息。

10.6.2 结合目标区浅部土层结构三维模型和钻孔勘测、原位测试、岩土样试验结果等，建立目标区地层结构数据体，应符合以下规定：

- a) 钻孔柱状图包括层序号、层底埋深(m)、层厚(m)、地质时代、土类名称与土质描述等信息；根据钻孔及地质资料编制不同方向的控制性综合工程地质剖面图；
- b) 建立目标区土层结构三维模型，各类数据的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) 应编制目标区场地类别分区图。

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，或以表格形式给出方程各项系数。

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 应采用 GB 18306 中地震区、地震带的划分方案。
- 12.1.2 应基于地震区、地震带划分，并依据地震活动性参数统计的需要，确定地震统计区。

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 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；
- d) 潜源震级上限应吸收最新研究成果，如潜源有修订，并跨越已有区带，边界也应相应修改，活动性参数应做相应调整。

12.4 地震危险性分析计算

12.4.1 应将目标区范围内的每个钻孔作为计算控制点。计算控制点应包括所有工程地震钻孔。超越水准应不少于 7 个，分别为 50 年和超越概率为 63%、10%、2% 和 100 年超越概率为 63%、10%、2%、1%。计算控制点不大于 700 m。

12.4.2 应计算给出地震动参数超越概率曲线。

12.4.3 计算地震动反应谱时，周期点的分布应能控制反应谱形状，周期点不少于 15 个。

12.4.4 应对地震动预测方程的统计不确定性进行校正。

12.4.5 宜分析潜在震源区及地震活动参数不确定性对地震危险性分析结果的影响。

12.4.6 地震危险性分析结果表述应符合以下规定：

- a) 图和表格的形式给出不同超越概率的地震动参数；
- b) 以表格形式给出对计算控制点地震危险性起主要作用的各潜在震源区的贡献，并分析地震环境对地震危险性分析结果的影响特征；
- c) 总体性评价地震危险性分析结果的合理性。

12.4.7 在地震动预测方程适用边界 5 km 范围内，应采用两种地震动预测方程分别计算，开展多方案概率危险性分析。结果宜取两种地震动预测方程计算的最大值。

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 根据目标区地震工程地质条件勘测结果，确定目标区分层土体厚度、密度、波速及土动力学参数等土层模型参数。

13.1.2 以钻探确定的基岩面、剪切波速不小于 500 m/s 的土层顶面或钻孔深度超过 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作为地震输入界面，建立目标区各控制孔土层地震反应分析模型，并形成地震反应分析模型数据库。

13.1.3 地震反应分析模型的建立应符合以下规定：

- a) 地表、土层界面及基岩面均较平坦时，可采用一维土层反应分析模型；
- b) 地表、土层界面或基岩面起伏较大时，应采用二维或三维土层反应分析模型；
- c) 选用二维或三维分析模型时，应考虑边界效应；
- d) 对于 IV 类目标区和 100 m 以上巨厚覆盖层的目标区，应补充其它方法校验等效线性化分析结果。

13.2 目标区输入地震动时程的确定

13.2.1 应按自由基岩表面地震动时程幅值的 50% 确定目标区土层地震反应分析的各计算点基底输入地震动时程。

13.2.2 合成自由基岩表面地震动时程的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，宜采用考虑目标反应谱控制地震特征的人工合成方法作为初始地震动时程。

13.2.4 采用人工合成方法确定各计算控制点自由基岩表面地震动时程，应符合下列规定：

- a) 每条目标谱应合成不少于 5 组地震动时程样本，且样本之间的相关系数不大于 0.16；
- b) 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应超过 5%；
- c) 合成地震动的加速度时程所对应的速度和位移时程应无基线漂移。

13.3 目标区地震反应分析计算

13.3.1 一维模型可采用等效线性化波动法进行地震反应分析计算，其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 $1/10\sim 1/4$ 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 $1/12\sim 1/8$ 范围内取值。

13.3.3 应开展钻孔土层模型的地震反应分析计算，并符合以下要求：

- a) 针对每种基岩地震动的所有输入地震动时程样本进行土层地震反应分析；
- b) 计算钻孔土层反应分析模型地表处地震反应的地震动时程，并计算相应的地震动反应谱；
- c) 基于输入地震动时程样本结果，综合给出不同超越概率水准基岩地震动输入下钻孔的地表地震动峰值和反应谱；
- d) 进行二维及三维模型求解时，应给出地面以下不同方向的地层结构横纵剖面图，剖面上应给出地层岩性、地层起伏、土层参数、钻孔及计算点分布情况，并宜对二维及三维模型的峰值加速度和反应谱计算结果与一维模型的峰值加速度与反应谱计算结果进行对比分析。

13.4 目标区地震动参数确定

13.4.1 目标区地震动参数应包括地表水平向地震动峰值加速度和加速度反应谱。

13.4.2 加速度反应谱应与 GB 18306 中规范化反应谱的形式相同(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 目标区为自由基岩地质条件时，应根据地震危险性分析结果确定目标区地震动参数。

13.4.4 目标区为土层地质条件时，应建立土层地震反应分析模型，进行土层地震反应分析，并基于土层地震反应分析结果确定目标区地震动参数。

13.4.5 应编制目标区地表多概率水准的水平向地震动峰值加速度、加速度反应谱特征周期区划图，并符合以下规定：

- a) 提供的土层多概率地表地震动参数应不少于 50 年和 100 年超越概率 63%、10%、2% 六个水准；
- b) 应以等值线或分区的形式表示目标区地震动参数分区结果；
- c) 地震动峰值加速度相邻等值线差异宜为 5% 且为 5gal 的整数倍，地震动峰值加速度相邻分区差异宜不小于 20%；
- d) 反应谱特征周期相邻差异宜为 0.05s；
- e) 图件比例尺应不小于 1:50 000。

13.5 目标区地震动时程确定

13.5.1 目标区地震动时程宜采用人工合成地震动时程方法确定，应以规范化的反应谱为目标谱进行人工合成地震波。

13.5.2 目标区地震动时程的数量，应根据目标区地震动参数分区、超越概率水平、地震动输出层位数综合确定。

13.5.3 合成目标区地震动时程时，应符合以下规定：

- a) 采用多组时程法合成目标区地震动时程；
- b) 应以目标区地震动规范反应谱作为拟合目标反应谱(阻尼比 0.05)人工合成地震动时程，每个目标反应谱宜合成不少于 5 条地震动时程；

- c) 合成目标区地震动时程应同时满足本文件 13.2.4 条 a)、b)、c) 款要求。

14 目标区场地地震地质灾害评价

14.1 断层错动

14.1.1 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、最大潜在地震和活动断层上断点埋深等因素评估潜在地震地表破裂影响。

14.1.2 活动断层断错灾害评价应包括以下内容：

- a) 活动断层地表破裂影响带宽度应包括地震断层造成的地表直接断错、破裂在内的断层带宽度与断层两侧以外、具有较强变形程度的范围；
- b) 通过跨断层地质剖面、跨断层探槽地质剖面及其它有效手段确定活动断层变形带宽度；利用浅层地震勘探、钻探、槽探及其它有效手段确定隐伏活动断层变形带宽度；
- c) 根据活动断层性质与产状、几何结构、最大潜在地震、活动断层上断点埋深等因素评估潜在地震地表破裂影响带宽度；
- d) 应分析活动断层性质，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；
- e) 应编制活动断层地震地表破裂影响带分布图及其说明书 图件比例尺宜为 1: 5000~1: 10 000。

14.1.3 对目标区内任意设定场点工程，应分析设定场点与活动断层地表破裂影响带的空间关系。

14.2 砂土液化

14.2.1 针对 50 年超越概率 10%、2% 等不同概率水准下地震动作用，初步评价目标区地基土液化。

- a) 应依据地形、地貌、地层、地下水等与液化有关的目标区地震地质条件及其附近历史地震液化遗迹资料，分析目标区地震液化的可能性；
- b) 目标区存在可液化土层且具液化可能性时，应按照 GB 50011 的相关规定采用标准贯入试验法进行地基土液化可能性和液化程度判别，判别深度应不小于 20 m；
- c) 当有成熟经验时，可采用其他方法对地面以下一定深度范围内（0m~30m）的土层进行地震液化判定；
- d) 根据钻孔液化判别结果以及地震砂土液化记载资料，评价目标区地基土液化特征。

14.2.2 应编制 50 年超越概率 10%、2% 等不同概率水准下目标区地震液化初步判别结果图，图件比例尺宜不小于 1:50 000。

14.3 软土震陷

14.3.1 按照 50 年超越概率 10%、2% 等不同概率水准下地震动作用，初步判断目标区软土震陷。应符合以下要求：

- 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，宜基于勘查得到的软土层等效剪切波速等资料，按照 JGJ 83、GB 50011 中的相关规定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历史地震软土震陷记载资料，综合评价目标区软土震陷特征。
- d) 应编制 50 年超越概率 10%、2% 等不同概率水准下目标区软土震陷初步判别结果图，图件比例尺应为 1: 10 000~1: 50 000。

14.4 地震崩塌滑坡

14.4.1 按照 50 年超越概率 10%、2%等不同概率水准下地震动作用，初步评价目标区及周边坡体地震崩塌滑坡危险性。应符合以下要求：

- a) 应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) 依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，计算地震崩塌滑坡危险性指数，确定坡体地震崩塌滑坡危险程度。

14.4.2 编制 50 年超越概率 10%、2%等不同概率水准下目标区及周边坡体地震崩塌滑坡危险性初步判别结果图，图件比例尺宜不小于 1:50 000。

15 区域地震安全性评价技术服务系统建设

15.1 应建设基于数据库的技术服务系统，该系统应具有但不限于以下功能：

- 输出地层结构不同参数的数据表和图件（目标区或控制孔）；
- 输出不同概率水准基岩地震动参数结果表和图件（目标区或控制孔）；
- 输出目标区不同概率水准地表地震动参数区划结果表和等值线形式的区划图；
- 对设定场地设计地震动参数的确定，输入该点位置、工程类型和建筑场地类别后，具备能够给出基于区域性地震安全性评价结果、符合设定场地条件和工程结构抗震设计所需要概率水准的地震动参数的功能，包括峰值加速度、反应谱和地震动时程，同时结果中应明确与超越概率水准相当的地震重现；
- 输出不同概率水准地震地质灾害评价结果数据表和图件；
- 提供设定场地的地震安全性评价成果简要报告；
- 具备扩展模块，方便扩展其他技术服务内容输出。

15.2 技术服务系统应具有人机交互平台，系统应技术先进、界面友好、数据管理简便，应与电脑操作系统的兼容性较好，宜方便用户使用。

参 考 文 献

- [1] 辽宁省区域性地震安全性评价工作管理办法（暂行）（辽宁省地震局. 2020）
 - [2] 关于加强区域性地震安全性评价管理工作的通知（中国地震局. 中震防函（2020）2号）
 - [3] 区域性地震安全性评价工作大纲（试行）（中国地震局. 中震防函（2019）21号）
-