ICS 91.120.25
CCS P 15

DB14

山 西 省 地 方 标 准

DB 14/T 2259—2021

区域性地震安全性评价技术规范

2021-01-12 发布 2021-03-12 实施

山西省市场监督管理局 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　基本要求……2
5　评价程序……3
6　区域地震活动性和地震构造评价……4
7　近场区地震活动性和地震构造评价……5
8　目标区断层勘查和活动性鉴定……6
9　目标区地震工程地质条件勘测……8
10　地震动预测方程确定……9
11　概率地震危险性评价……9
12　目标区地震动参数确定……11
13　目标区地震地质灾害评价……12
14　技术服务系统……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。

本文件由山西省地震局提出并监督实施。

本文件由山西省地震标准化专家组归口。

本文件起草单位：山西省地震工程勘察研究院。

本文件主要起草人：张龙飞、曾金艳、刘艳春、李自红、闫小兵、马秀芳、史双双、韩晓飞、扈桂让、董斌、任瑞国。

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、目标区断层勘查和活动性鉴定、目标区地震工程地质条件勘测、地震动预测方程确定、概率地震危险性评价、目标区地震动参数确定、目标区地震地质灾害评价及技术服务系统的技术要求和技术方法。

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 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—2018 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
JGJ 83 软土地区岩土工程勘察规程
GB 50330 建筑边坡工程技术规范

3 术语和定义

GB/T 36072—2018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

需进行区域性地震安全性评价的规划区分布范围。

3.2

近场区 near field region

对地震危险性评价和地震地质灾害评价有影响的范围，应不小于目标区边界外延25 km。

3.3

区域 region

对地震危险性评价有影响的范围，应不小于目标区边界外延150 km。

3.4

设定场地 given site

目标区内任意具体建设工程的分布范围。

3.5

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]

3.6

全新世断层 Holocene fault

全新世期间或距今1.2 万年以来发生过位移的断层。
[来源：GB/T 36072—2018，3.4，有修改]

3.7

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]

3.8

断层上断点 uppermost point of a fault

断错最新地层的断层顶点位置。
[来源：GB/T 36072—2018，3.10]

3.9

活动断层地表破裂影响带 influence zone of active fault surface rupture

活动断层造成的地表直接断错与断层两侧以外具有较强变形程度范围的总称。

3.10

地震崩塌滑坡危险性指数 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 基本要求

4.1 资料要求

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 国家大地坐标或 WGS84 坐标系统，高程宜采用 1985 国家高程基准。

4.2 其他要求

4.2.1 当目标区面积不小于 5 km^2或地震动参数分区不小于 2 个，应建设区域性地震安全性评价数据库及技术服务系统，否则只建立区域性地震安全性评价数据库。

4.2.2 对于已建立技术服务系统的区域性地震安全性评价项目，应依据设定场地地震工程地质条件和工程结构类型，由技术服务系统给出地震动参数和地震地质灾害评价结果。

4.2.3 本文件中未做明确要求的技术工作应遵循 GB 17741、GB/T 36072—2018 以及其他相关技术标准、规范的规定。

5 评价程序

5.1 实施方案编制

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 项目实施方案应包括方案编制依据、工作目标、工作内容、工作量、技术途径、技术指标、预期成果、进度安排、质量保证措施和经费预算等内容。

5.1.3 项目实施方案应对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等重点及难点问题进行分析讨论。

5.2 前期分析评价

5.2.1 应根据正式公布的最新地震目录和地震报告资料，进行区域和近场区地震活动性评价，必要时补充现场地震核查考证工作，并应满足本文件 6.1、7.1 相关技术要求。

5.2.2 应以收集到的区域地层、地貌、构造及地球物理场等资料为基础，进行区域和近场区地震构造评价，必要时补充现场地质调查工作，并应满足本文件 6.2、7.2 相关技术要求。

5.3 勘察测试

5.3.1 应采用地球物理勘探、遥感影像解译、地质地貌调查、槽探及跨断层钻孔联合地质剖面钻探等勘探方法对目标区第四纪断裂进行定位和活动性鉴定工作，并应满足本文件第 8 章相关技术要求。

5.3.2 应采用钻探、地球物理勘探、原位测试及室内土工试验等技术手段开展目标区地震工程地质条件勘测工作，并应满足本文件第 9 章相关技术要求。

5.4 后期分析评价

5.4.1 应以区域和近场区地震活动性、地震构造分析评价为基础，划分地震区、带及潜在震源区，选用适合本地区的地震动预测方程，进行概率地震危险性分析，并应满足本文件第 10 章、第 11 章相关技术要求。

5.4.2 应以概率地震危险性分析评价为基础，进行目标区基岩地震动参数确定及分区工作，并应满足本文件 11.4 相关技术要求。

5.4.3 应以概率地震危险性分析评价和目标区地震工程地质条件勘测为基础，进行目标区地表地震动参数确定及分区工作，并应满足本文件第 12 章相关技术要求。

5.4.4 应以目标区地震工程地质条件勘测为基础，进行目标区地震地质灾害评价及分区工作，并应满足本文件第 13 章相关技术要求。

5.5 成果产出

5.5.1 应依据本文件 4.2.1 进行数据库及技术服务系统建设工作。

5.5.2 应编制区域性地震安全性评价技术报告，技术报告应至少包括以下内容：

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) 概率地震危险性评价；
g) 目标区地震动参数确定；
h) 目标区地震地质灾害评价。

5.5.3 应绘制区域性地震安全性评价成果图件，成果图件一般包括以下内容：

a) 区域和近场区地震震中分布图；
b) 区域和近场区地震构造图；
c) 目标区断层活动性鉴定实际材料图；
d) 目标区活动断层分布图；
e) 目标区控制性钻孔分布图；
f) 目标区地震动参数分区图；
g) 目标区地震地质灾害分布图。

6 区域地震活动性和地震构造评价

6.1 区域地震活动性评价

6.1.1 应根据正式公布的最新地震目录和地震报告资料，收集整理破坏性地震资料和仪器记录地震资料，编制区域破坏性地震目录和区域现今地震目录。区域破坏性地震目录应包括发震时间、地点、震级、震源深度及定位精度等，区域现今地震目录应包括发震时间、地点、震级等，地震目录均需注明资料起止时间。

6.1.2 应分别绘制区域破坏性地震和现今地震震中分布图，震中分布图需注明资料起止时间，并标注重要地震事件的震级和发震日期。

6.1.3 区域地震活动时空特征的分析应包括 ：

a) 区域地震资料完整性；
b) 区域地震活动时间分布特征与未来地震活动水平；
c) 区域地震活动成带、丛集、弥散、重复、迁移等空间分布特征；
d) 区域地震震源深度分布特征；
e) 综合评价区域地震活动特征。

6.1.4 区域现代构造应力场特征分析，应包括以下内容：

a) 应收集本区域及邻区震源机制解资料，绘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。

6.1.5 目标区历史地震影响评价，应包括以下内容：

a) 应收集分析对目标区有影响的历史地震烈度资料；

b) 宜选用本地区适宜的地震烈度衰减关系，计算历史地震对目标区的地震影响烈度。

6.2 区域地震构造评价

6.2.1 应收集区域地层、地貌、构造及地球物理场等方面的资料，进行区域地质构造背景分析，绘制区域大地构造分区图。

6.2.2 应收集区域新构造时期地层、地貌、构造及地球物理场等方面的资料，分析地震发生的新构造背景，绘制区域新构造图、布格重力异常图、航磁异常图和地壳结构图，分析新构造运动特征及其与地震活动的关系。

6.2.3 区域断层活动性评价，应符合以下规定：

a) 收集区域断层活动性资料；

b) 应编制区域断层活动特征表，包括断层走向、断层带长度、断层活动性分段、断层性质与产状、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，资料不充分时，应补充相应调查工作，查明断层的最新活动时代、活动性质和运动特性，进行断层活动性分段，分析重点地段古地震的强度及活动期次；

d) 评价区域内各断层的活动性，分析断层性质、展布特征、最新活动时代、运动学参数以及断层活动性分段、重点地段古地震强度及活动期次等。

6.2.4 应根据实地调查和已有资料分析，绘制区域地震构造图，地震构造图应包括以下内容：

a) 第四纪以来活动的断层及其活动时代、性质与产状；

b) 破坏性地震和现今地震地表破裂带；

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；

f) 第四纪岩浆岩；

g) 新近纪或第四纪以来的地层等厚线；

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。

6.2.5 区域地震构造特征分析，应符合以下规定：

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，评价区域地震构造环境，分析不同震级档的地震构造条件；

b) 评估主要发震构造及其最大潜在地震，分析地震构造特征及其背景地震活动特征。

6.3 成果图件

6.3.1 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、区域现今地震震中分布图、区域布格重力异常图、区域航磁异常图及区域地壳结构图比例尺应不小于 1：2 500 000。

6.3.2 区域地震构造图比例尺应不小于 1：1 000 000。

6.3.3 图件中应标明目标区位置。

7 近场区地震活动性和地震构造评价

7.1 近场区地震活动性评价

7.1.1 对破坏性地震的参数有疑问且可能影响目标区地震安全性评价的地震事件应进行核查考证。

7.1.2 应编制近场区破坏性地震目录、现今地震目录，并绘制近场区地震震中分布图，地震目录和震中分布图均需注明资料起止时间。

7.1.3 应根据近场区地震活动强度、频度水平，地震活动密集等空间分布特征，以及震源深度分布特征，进行地震活动性分析。

7.2 近场区地震构造评价

7.2.1 应收集近场区地貌、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。

7.2.2 近场区断层活动性鉴定，应符合以下规定：

a) 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；
b) 开展近场区断层现场调查，必要时采用遥感解译、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；
c) 收集地壳形变、考古等资料，分析断层现今活动特征；
d) 绘制近场区断层活动性鉴定材料图，包括调查路线、调查观测点等实际材料位置和编号；
e) 编制近场区断层活动性特征表。

7.2.3 应编制近场区地震构造图，地震构造图应包括以下内容：

a) 第四纪以来有活动的断层及其活动时代；
b) 断层活动性质；
c) 第四系分布及其厚度；
d) 第四纪盆地范围及其活动性质；
e) 破坏性地震震中位置。

7.2.4 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。

7.3 成果图件

7.3.1 近场区地震构造图、近场区地震震中分布图的比例尺应不小于 1:250 000。

7.3.2 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 1:100～1:1 000。

7.3.3 近场区地震构造图、近场区地震震中分布图应标明目标区位置。

8 目标区断层勘查和活动性鉴定

8.1 勘查要求

8.1.1 应收集勘查范围内的地形、地貌、遥感影像、形变、地震、地质及地球物理等资料，开展断层活动性调查与探测，查明勘查范围内是否存在断层，断层勘查范围应包括目标区范围且外延不小于 0.5 km。

8.1.2 应开展断层活动性调查与探测，探测对象包括勘查范围内的有地表出露迹线的断层和隐伏的断层。

8.1.3 对有地表出露迹线的断层，应优先采用遥感影像解译、地质地貌调查、槽探等方法进行勘查。

8.1.4 对隐伏断层采用地球物理勘探方法进行探测，可优先采用浅层地震勘探方法进行探测，必要时可采用多种方法联合探测。

8.2 断裂活动性鉴定

8.2.1 对发现的第四纪以来可能有活动的断层，应当开展断层的活动性鉴定。

8.2.2 根据断层露头或探槽或钻孔联合地质剖面中揭露的断层与第四纪地层的切错、覆盖关系，判定断层的活动时代，将断层分为前第四纪断层、早中更新世断层、晚更新世断层和全新世断层等四类。

8.2.3 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，每个地质调查观测点或钻孔联合地质剖面的有效年龄数据应不少于两个。

8.2.4 跨断层钻孔联合地质剖面应满足以下要求：

a) 钻孔联合地质剖面应与断层走向垂直或大角度相交；
b) 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；
c) 断层两盘应各布置不少于 3 个钻孔，间距为 5 m～45 m；
d) 断层上断点两侧的两个相邻钻孔间距宜小于 10 m；
e) 断层两侧应各有不少于 1 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；
f) 钻孔回次进尺应不大于 1 m；
g) 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 %。

8.2.5 应根据断层两盘块体的运动特征，将断层分为倾滑断层、走滑断层和斜滑断层等类型，其中倾滑断层包括正断层和逆断层；晚更新世以来的断层应给出断层的产状、最新活动时代、位移量、速率等断层活动性参数。

8.3 活动断层定位

8.3.1 活动断层定位应满足以下要求：

a) 地表有迹线出露的活动断层定位观测点间距应小于 500 m；隐伏活动断层的探测测线间距宜小于 2.5 km；
b) 地表有迹线出露的活动断层定位误差应小于或等于 5 m；在有地球物理勘探剖面或钻孔联合地质剖面控制地段，隐伏活动断层的水平定位误差应小于或等于 15 m；
c) 应根据断层定位结果给出活动断层的展布、几何结构等位置参数。

8.3.2 活动断层定位技术途径：

a) 对近地表断层及裸露断层可采用地表地质调查或探槽方法，必要时配合其它有效技术手段；
b) 在第四系覆盖区，对隐伏断层应采用地球物理勘探方法进行探测，可优先开展浅层地震勘探，以及必要的跨断层钻孔联合剖面或槽探，并结合地层、地貌年代测定方法进行综合定位分析。

8.4 断裂活动性分析评价

8.4.1 应评价目标区活动断层的性质、活动时代、上断点、位移和运动特征。

8.4.2 应评价目标区内活动断层潜在地震活动产生地表断错的可能性。

8.5 成果图件

8.5.1 应绘制目标区断层活动性鉴定实际材料图，比例尺宜为 1：10 000～1:25 000。

8.5.2 应绘制目标区活动断层分布图，制图应满足下列要求：

a) 制图范围应包括目标区范围；
b) 标注内容应包括断层类型及产状、断层活动时代、位移及运动特征等；
c) 目标区活动断层分布图比例尺宜为 1：10 000～1:25 000。

9 目标区地震工程地质条件勘测

9.1 资料收集与现场调查

9.1.1 宜收集目标区及其附近地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、场地土类型、建筑场地类别等已有地质资料，研究目标区第四系沉积特征。

9.1.2 宜调查地震造成的目标区及其附近的砂土液化、软土震陷、地表破裂、滑坡崩塌等地震地质灾害现象。

9.2 控制性钻孔勘察

9.2.1 应开展目标区地震工程地质条件勘察，其钻探、取样和试验技术要求应按照 GB 50021 的规定进行。

9.2.2 控制性钻孔布设应符合以下规定：

a) 应根据目标区浅部土层结构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) 目标区内已规划的重要工程设定场地应至少布置一个控制性钻孔；

c) 目标区内控制性钻孔空间间隔应不大于 700 m，且钻孔与目标区边界距离应不大于 350 m；

d) 目标区为不连续地块时，每个地块单元应至少布置两个控制性钻孔，并应满足本条 c）款规定；

e) 对于浅部土层结构复杂地段应当加密钻孔进行控制。

9.2.3 控制性钻孔施工应满足以下要求：

a) 控制性钻孔施工所采用的钻探工艺方法应满足钻孔原位测试、土样选取及土工试验的技术要求，同时岩土体定名、分类及鉴定应满足 GB 50021 的规定；

b) 控制性钻孔勘探深度应见基岩厚度不小于 3 m，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。若控制性钻孔深度超过 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控制性钻孔达到剪切波速不小于 500 m/s 的深度。

9.2.4 控制性钻孔土样选取应满足以下要求：

a) 所有控制性钻孔应采取 0 m～30 m 深度范围内的原状土样进行岩土层物理性能测试，自然分层中应对代表性岩土层取样，间隔分布的同类岩土层间距超过 5 m 时，应分别取样；

b) 若控制性钻孔终孔深度见基岩中等风化层，应至少选取目标区内一个控制性钻孔采取一个岩样进行岩石密度试验；

c) 应选取典型控制性钻孔采取原状土样进行岩土动力特性试验，典型钻孔数量应不少于控制性钻孔数量的 1/3，且对特殊地层具有控制作用，同时在空间展布上应具有控制性。

9.2.5 控制性钻孔测试应满足以下要求：

a) 控制性钻孔岩土层物理性能测试指标应至少包括天然含水量、比重、天然密度、液限、塑限及粘粒含量（颗粒分析试验）等土工试验数据；

b) 应通过动三轴或共振柱岩土动力特性试验，测定剪变模量比与剪应变关系、阻尼比与剪应变关系，测试工作应按照 GB/T 50269 的规定进行；

c) 对于可能发生饱和砂土液化的土层应采用原位测试方法给出标准贯入锤击数计算指标，并应测量地下水位、可液化地层厚度等相关参数；

d) 应优先采用单孔法进行控制性钻孔岩土层波速测试，测量钻孔不同深度岩土层的剪切波速，测量点间距应不大于 1 m，在地层分界附近加密测点。

9.3 成果图件

9.3.1 应给出目标区控制性钻孔分布图、地貌单元分区图、地质单元分区图、地下水位分布图、等效剪切波速分布图及建筑场地类别分布图等成果图件，图件比例尺应为 1：10 000～1：25 000。

9.3.2 应绘制目标区控制性钻孔柱状图和控制性钻孔剪切波速曲线图，图件需注明项目名称、钻孔编号、钻孔坐标、孔口标高、地下水位埋深及施工单位等基本信息，钻孔柱状图比例尺宜为 1：100～1：1 000。

9.3.3 应根据目标区钻孔资料绘制目标区不同方向的工程地质剖面图，图件比例尺宜为 1：1 000～1：10 000。

10 地震动预测方程确定

10.1 地震动预测方程表达

10.1.1 地震动预测方程宜采用数学函数式或表格形式。

10.1.2 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。

10.1.3 地震动预测方程宜考虑震源错动性质影响。

10.1.4 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。

10.2 地震动预测方程确定

10.2.1 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。

10.2.2 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。

10.2.3 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。

10.2.4 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。

10.2.5 应论证地震动预测方程的适用性。

11 概率地震危险性评价

11.1 地震统计区划分

11.1.1 宜采用 GB 18306 中地震区、地震带的划分方案。

11.1.2 应基于地震区、地震带划分，依据地震活动性参数统计的需要，确定地震统计区。

11.2 潜在震源区划分

11.2.1 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。

11.2.2 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。

11.2.3 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。

11.2.4 潜在震源区边界划分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。

11.2.5 应确定潜在震源区主破裂取向及其方向性函数。

11.3 地震活动性参数确定

11.3.1 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。

11.3.2 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) 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) 分析地震统计区现今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。

11.3.3 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的可能性，确定空间分布函数。

11.4 地震危险性分析计算

11.4.1 计算目标区各控制点多概率水准基岩水平向地震动峰值加速度和加速度反应谱（周期应不小于 6 s），概率水准宜至少包括 50 年和 100 年超越概率 63 %、10 %、2 %，且应包括与目标区规划工程需求相适应的概率水准，计算控制点间隔应不大于 700 m。

11.4.2 根据计算控制点地震危险性分析结果对目标区进行分区，作为后续土层地震反应分析的输入。

11.4.3 地震危险性分析应计算给出地震动参数超越概率曲线。

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

11.4.5 不确定性校正应符合以下规定：
a) 应对地震动预测方程的统计不确定性进行校正；
b) 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。

11.4.6 地震危险性分析结果表述应符合以下规定：
a) 应以表格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；
b) 应以图和表格的形式给出目标区不同年限、不同超越概率的基岩地震动参数。

12 目标区地震动参数确定

12.1 目标区地震反应分析模型的建立

12.1.1 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。

12.1.2 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。

12.1.3 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) 对于建筑场地类别为 IV 类和 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。

12.2 目标区输入地震动时程的确定

12.2.1 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。

12.2.2 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。

12.2.3 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。

12.2.4 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) 反应谱的周期控制点应分布合理，个数应不少于 50 个；
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应不大于 5%；
d) 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。

12.3 目标区地震反应分析计算

12.3.1 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 1/20～1/5 范围内。

12.3.2 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。

12.3.3 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。

12.4 目标区地震动参数确定

12.4.1 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。

12.4.2 加速度反应谱应与 GB 18306 中规准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）。

12.4.3 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。

12.4.4 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。

12.4.5 设定场地地震动参数，应根据建设工程结构特征、目标区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，并应符合以下规定：

a) 应提供设定场地的工程地质勘察报告，给出建筑场地类别；
b) 应根据建筑场地类别，依据 GB 18306-2015 双参数调整要求，以 50 年超越概率 63 %（重现期 50 年）、10 %（重现期 475 年）、2 %（重现期 2475 年）及 100 年超越概率 63 %（重现期 100 年）、10 %（重现期 949 年）、2 %（重现期 4950 年）的地震动参数值，作为区划标准地震动参数；
c) 应依据工程结构所需的概率水准，选择距离设定场地 700 m 范围内的控制点结果综合确定设定场地地震动参数。其中，设定场地距离控制点小于 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设定场地的地震动参数；设定场地距离控制点大于 200 m 时，选择该设定场地周围 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设定场地的地震动参数；
d) 对需要地震动时程的建设工程，应依据设定场地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，作为该建设工程设定场地的地震动时程。

12.4.6 采用竖向与水平向地震动比值来确定设定场地竖向地震动时，应分析目标区内活动断层分布特征及地震危险性控制地震特征，一般情况下可取比值为 2/3。设定场地位于活动断层附近或设定场地附近地震活动对地震危险性起主要贡献情况下，比值应取为 1。

12.4.7 应绘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分区图，并符合以下规定：

a) 应至少包括 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 5 gal 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分区差异宜为 0.05 s；
e) 图件比例尺应为 1：10 000～1：25 000。

12.5 目标区地震动时程确定

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

12.5.2 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准化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 12.2.4 相关技术要求。

13 目标区地震地质灾害评价

13.1 活动断层

13.1.1 目标区内有活动断层通过时，应调查和研究活动断层变形带宽度，评估潜在地震地表破裂影响，并符合以下要求：

a) 对地表有迹线出露的活动断层，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；

b) 对第四系覆盖区的隐伏活动断层，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。

13.1.2 目标区内有活动断层通过或目标区位于地表破裂影响带内时，应根据断错事件实测位移数据或依据统计关系估算等方法，评价最大潜在断错位移。

13.1.3 应绘制活动断层地震地表破裂影响带分布图，图件比例尺宜为 1:10 000～1:25 000。

13.1.4 目标区内存在活动断层时，宜根据活动断层断错灾害评价结果，给出活动断层避让范围和避让建议。

13.2 砂土液化

13.2.1 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，分析目标区砂土液化的可能性。

13.2.2 目标区存在可液化土层并具有液化可能性时，应针对多概率水准（应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。

a) 地面以下 0 m～10 m 深度范围内可按照 GB 50011 的相关规定及其他相应规范采用标准贯入试验法进行砂土液化判别；

b) 地面以下 10 m～30 m 深度范围，可按照公式（1）采用标准贯入试验判别法进行砂土液化判别，实测标贯击数不大于临界值时，判别为液化。

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

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 0.35 s、0.40 s 和 0.45 s 分区内时，分别取 0.85、1.00 和 1.10；

$\alpha_{\max}$—地震动峰值加速度（gn）；

注：gn为标准自由落体加速度，gn = 9.80665 m/s^2

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，当小于 3 或为砂土时取 3。

13.2.3 应根据控制性钻孔砂土液化判别结果以及地震砂土液化记载资料，综合评价目标区砂土液化分布与特征。

13.2.4 应绘制不同概率水准作用下目标区砂土液化初步判别结果图，图件比例尺应为 1: 10 000～1:25 000。

13.3 软土震陷

13.3.1 针对多概率水准（应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，初步判断目标区软土震陷。

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控制性钻孔，宜基于勘察得到的软土层等效剪切波速等资料，按照 JGJ 83、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) 应根据控制性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分布与特征。

13.3.2 应绘制不同概率水准作用下目标区软土震陷初步判别结果图，图件比例尺应为 1: 10 000～1:25 000。

13.4 地震崩塌滑坡

13.4.1 应对目标区且外延不小于 1.0 km 范围的边坡体开展以下调查：

a) 根据目标区历史崩塌滑坡地震地质灾害资料，分析目标区崩塌滑坡灾害分布与特征；

b) 坡体调查应获取调查范围内主要边坡体的坡度、坡高、坡向等地形地貌信息；

c) 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。

13.4.2 针对多概率水准（应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，可采用边坡地震崩塌滑坡危险性指数或边坡稳定性安全系数方法，初步确定边坡地震崩塌滑坡危险程度。

a) 地震崩塌滑坡危险性指数方法，可由公式（2）确定。

$$H = S_a \times S_p \times S_r \quad (2)$$

式中：

H—地震崩塌滑坡危险性指数，按公式（2）和表 4 给出；

S_a—边坡坡度危险度分级因子，按表 1 赋值；

S_p—地震动峰值加速度危险度分级因子，按表 2 赋值；

S_r—岩土体危险度分级因子，按表 3 赋值。

表 1 边坡坡度危险度分级因子 S_a 赋值

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

表 2 地震动峰值加速度危险度分级因子 S_p 赋值

峰值加速度 g	地震烈度	危险程度	S_p
<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	S_r
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参见GB 50021-2001，附录A表A.0.2。 注2：岩石风化程度分类参见GB 50021-2001，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

b)　边坡稳定性安全系数方法可参照 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。

13.4.3　应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。

14　技术服务系统

14.1　成果数据库

14.1.1　成果数据库应按照晋震发[2020]31 号文件或其他规范进行建设。

14.1.2　区域性地震安全性评价的成果资料应分类入库，成果数据库应包括以下内容：

a)　区域地震活动性和地震构造数据库；

b)　近场区地震活动性和地震构造数据库；

c)　目标区断层勘查和活动性鉴定数据库；

d)　目标区地层结构数据模型；

e)　目标区控制性钻孔土层计算模型库；

f)　目标区各控制点多概率水准基岩地震动参数及时程数据库；

g)　目标区各控制点多概率水准地表地震动参数及时程数据库；

h)　目标区多概率水准地震动参数等值线或分区数据库；

i)　目标区地震地质灾害数据库。

14.2　技术服务系统功能

14.2.1　应建设基于数据库的技术服务系统，该系统应具有以下功能：

a)　查询和输出目标区或控制孔不同地层结构参数的数据和图件；

b) 查询和输出不同概率水准基岩地震动参数数据和图件；
c) 查询和输出不同概率水准基岩地震动时程数据和图件；
d) 查询和输出不同概率水准地表地震动参数数据和图件；
e) 查询和输出不同概率水准地表地震动时程数据和图件；
f) 查询和输出不同概率水准地震地质灾害评价结果数据和图件；
g) 查询和输出区域性地震安全性评价总报告；
h) 能给出目标区地震动参数结果和地震地质灾害评价结果，提供设定场地的区域性地震安全性评价成果简要报告。

14.2.2 技术服务系统应具有人机交互平台，应与电脑操作系统的兼容性较好，方便用户使用。

参 考 文 献

[1] GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》宣贯教材[M]. 北京：中国标准出版社，2006

[2] GB18306-2015《中国地震动参数区划图》宣贯教材[M]. 北京：中国标准出版社，2015

[3] 山西省区域性地震安全性评价技术服务系统数据库建设指南（晋震发[2020]31号）

DB 14/T 2259—2021

山 西 省 地 方 标 准

区域性地震安全性评价技术规范

DB 14/T 2259—2021

*

开本 880×1230　1/16

2021年01月第一版

印数1—1000

版权专有　侵权必究