

DB51

四川省地方标准

DB51/T 2946—2022

四川省区域性地震安全性评价规范

Technical specification for regional seismic safety evaluation of
sichuan province

地方标准信息服务平台

2022-10-24 发布

2022-12-01 实施

四川省市场监督管理局 发布

目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 实施方案	1
5 区域地震活动性和地震构造评价	2
6 近场区地震活动性和地震构造评价	4
7 目标区断层勘查和活动性鉴定	5
8 目标区地震工程地质条件勘测	6
9 地震动预测方程确定	7
10 概率地震危险性评价	8
11 目标区场地地震动参数确定	9
12 目标区场地地震地质灾害评价	11
13 区域性地震安全性评价技术服务系统建设	13
附 录 A（规范性）加速度反应谱的公式和参数	14
附 录 B（规范性）崩塌滑坡评价因子取值表	15
参 考 文 献	16

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》给出的规则起草。

本文件由四川省地震局提出、归口并解释。

本文件起草单位：四川省震灾风险防治中心、中国地震局成都青藏高原地震研究所。

本文件主要起草人：周荣军、梁明剑、马超、刘玉法、易桂喜、史丙新、刘韶、亢川川、黎小刚、何强、何玉林、刘祥。

本文件首次发布。

地方标准信息服务平台

四川省区域性地震安全性评价规范

1 范围

本文件规定了区域性地震安全性评价的工作内容，主要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、目标区场地地震动参数确定、目标区场地地震地质灾害评价、区域性地震安全性评价技术服务系统建设等。

本文件适用于四川省行政区域范围内的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 活动断层探测

GB/T 50269 地基动力特性测试规范

GB/T 55017 工程勘察通用规范

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

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

目标区 target zone

规划建设用地的范围。

3.2

背景地震 background earthquake

地震构造区内与已鉴定出的发震构造不相关的最大潜在地震。

4 实施方案

4.1 基础资料准备

4.1.1 收集基础资料，应包括以下内容：

- 1) 与区域、近场区相关的地震活动、地质构造、地球物理场、大地测量等方面的资料和研究成果。
- 2) 与近场区、目标区相关的地震安全性评价、地球物理勘探、工程地质勘查、水文地质调查、地质灾害等方面的资料和研究成果。

4.1.2 整理基础资料形成初步成果，应包括以下内容：

- 1) 区域地震构造图。

- 2) 近场区地震构造图，叠加已有断层调查资料分布点等。
- 3) 目标区工程地质资料图，叠加钻孔勘探、地球物理勘探、断层分布及调查点等。
- 4) 其他有支撑作用的基础性图件。

4.2 实施方案的主要内容

- 4.2.1 区域性地震安全性评价工作的任务来源、目标区范围、总体要求、人员分工等。
- 4.2.2 目标区工程建设的超越概率水平。
- 4.2.3 目标区所处的地震环境、地震地质条件、工程地质条件等，需要解决的地震地质、工程地质、地震动参数确定、地震地质灾害评价等方面的关键问题以及技术途径。
- 4.2.4 目标区图件包含物探测线布设、钻孔布设及目标断层调查。
- 4.2.5 区域性地震安全性评价主要工作环节应包含以下工作内容：
 - 1) 区域地震活动性和地震构造评价。
 - 2) 近场区地震活动性和地震构造评价。
 - 3) 目标区断层勘查和活动性鉴定。
 - 4) 目标区地震工程地质条件勘测。
 - 5) 地震动预测方程确定。
 - 6) 目标区概率性地震危险性评价。
 - 7) 目标区场地地震动参数确定。
 - 8) 目标区地震地质灾害评价。
 - 9) 技术服务系统建设。
- 4.2.6 预估的工作量、实施进度计划等。
- 4.2.7 质量保证体系与安全生产措施。

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，以及目标区内建设工程对地震动参数的需求，确定区域范围。区域范围应不小于目标区外延 150km，在区域外围如果存在高震级潜在发震构造，或对区域性地震安全性评价结果可能产生影响的远场大震时，区域范围应适当扩大。
- 5.1.2 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应不小于 1:1 000 000。区域大地构造分区图、区域地震台网监测能力分布图的比例尺可适当缩小。
- 5.1.3 所有区域图件应标明目标区位置。

5.2 地震活动性

- 5.2.1 地震资料收集和地震目录编制，应符合以下规定：
 - 1) 根据正式公布的地震目录和地震报告，收集整理相关地震资料。
 - 2) 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。
 - 3) 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。
 - 4) 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；历史地震震级依据 M 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。资料截止时间为不超过报告评审前 6 个月。
- 5.2.2 区域地震震中分布图的编制，应符合以下规定：

- 1) 分别编制区域破坏性地震（震级 $M \geq 4.7$ ）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震级 $M \geq$ 最小完整震级且 ≤ 4.6 的地震事件。
 - 2) 注明资料起止时间。
 - 3) 标注重要地震事件的震级和发震日期。
- 5.2.3 地震活动时空特征分析，应包括以下内容：
- 1) 区域地震台网监测能力。
 - 2) 区域地震资料完整性分析。
 - 3) 区域地震活动成带、丛集、弥散、重复等空间分布特征分析。
 - 4) 区域地震震源平均深度，分别给出强震和中小地震的震源深度的优势分布区间，以及地震密集带震源深度分布特征分析。
 - 5) 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 100 年地震活动趋势分析。
- 5.2.4 区域现代构造应力场特征分析，应包括以下内容：
- 1) 收集、增补本区域震源机制解资料，编制震源机制解分布图；宜收集 GPS、原地应力测量等资料，充分反映最新研究成果。
 - 2) 区域现代构造应力场方向、性质及分区等特征。
 - 3) 区域现代构造应力场与区域构造活动的关系。
- 5.2.5 区域历史地震影响评价，应包括以下内容：
- 1) 收集分析对目标区有影响的地震烈度资料。
 - 2) 选用适用于目标区的地震烈度预测方程，计算目标区地震影响烈度。
 - 3) 给出目标区最大历史地震影响烈度。
 - 4) 历史地震影响评价，包括目标区范围所遭受到的最大历史地震影响烈度及烈度的频次特征。
- 5.2.6 区域地震活动性影响综合评价，应包括以下内容：
- 1) 地震资料完整性和可靠性评价。
 - 2) 地震活动空间分布特征评价。
 - 3) 地震活动时间分布特征评价。
 - 4) 区域现代应力场特征评价。
 - 5) 历史地震影响评价。
- 5.3 地震构造
- 5.3.1 区域地质构造分析，应符合以下规定：
- 1) 收集区域地层、地质构造等方面的资料。
 - 2) 编制区域大地构造分区图。
 - 3) 分析区域地质构造背景。
- 5.3.2 区域地球物理场特征分析，应包括以下内容：
- 1) 收集重力、航磁和地壳结构等地球物理场资料，宜收集航磁延拓资料。
 - 2) 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，应标明深大断裂和 6 级以上地震分布，图件比例尺不小于 1:2 500 000。
 - 3) 分析区域地球物理场特征及其与强震活动的关系。
 - 4) 宜收集地壳深部构造资料，分析强震活动的深部构造背景。四川盆地地区宜收集石油剖面资料。
- 5.3.3 区域新构造分析，应符合以下规定：
- 1) 收集区域新构造时期地层、地质构造与地貌、区域现今地壳形变场资料。
 - 2) 编制区域新构造图，分析地震发生的新构造背景。

- 3) 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。
 - 4) 分析新构造运动与地震活动的关系。
- 5.3.4 区域断层活动性评价，应符合以下规定：
- 1) 收集区域主要断层活动性资料。
 - 2) 编制主要断层活动特征一览表，包括断层走向、断层带长度及其区内长度、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等内容。
 - 3) 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，每条断层应不少于 1 个确定其活动性的有效观测点。
 - 4) 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。
 - 5) 对控制区域地震活动的主要断层进行详细的论述。
- 5.3.5 区域地震构造图编制，应包括以下内容：
- 1) 第四纪以来活动的主要断层及其分段，并区分活动时代、活动性质与产状。
 - 2) 第四纪主要活动褶皱，并区分活动时代；
 - 3) 历史地震和现代地震地表破裂带。
 - 4) 第四纪以来活动盆地及其性质。
 - 5) 新近纪以来的地层。
 - 6) 新近纪或第四纪地层等厚线。
 - 7) 岩浆岩。
 - 8) 破坏性地震震中位置，并标注重要地震的震级与发震时间。
- 5.3.6 区域地震构造环境综合评价，应符合以下规定：
- 1) 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，评价区域地震构造条件，归纳不同震级档的发震构造标志。
 - 2) 评估区域主要发震构造、分段、最大潜在地震震级及大地震复发特征。

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 近场区范围应不小于目标区外延 25km，当外延 25km 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。
- 6.1.2 近场区地质构造图的基础地质资料应不小于 1:250 000 调查精度。
- 6.1.3 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。
- 6.1.4 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。
- 6.1.5 近场区地质构造图、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等近场区图件应标明目标区位置。

6.2 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 应编制近场区震级 $M \geq 4.7$ 的破坏性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：
 - 1) 近场区地震活动强度、频度水平。

- 2) 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。
- 3) 分析近场区地震与构造的关系。

6.3 地震构造

- 6.3.1 应分析近场区地质构造特征，编制近场区地质构造图和地质剖面图；根据地貌与第四系发育特征，分析新构造运动特征。
- 6.3.2 应编制近场区遥感影像活动断层解译图，结合地震构造背景，确定近场区主要断层。
- 6.3.3 近场区主要断层活动性鉴定，应符合以下规定：
 - 1) 鉴定内容包括活动时代、活动性质和分段等。
 - 2) 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。
 - 3) 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查。
 - 4) 调查活动褶皱的最新变形时代与特征。
 - 5) 收集地壳形变、考古等资料，分析断层现今活动特征。
 - 6) 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、地球物理勘探测线、槽探与钻探等实际资料位置和编号。
 - 7) 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。
- 6.3.4 近场区地震构造图应包括以下内容：
 - 1) 第四纪以来有活动的主要断层、褶皱及其活动时代。
 - 2) 断层活动性质和产状。
 - 3) 第四纪盆地的范围及其活动性质，如资料满足应编制第四系厚度等值线分布。
 - 4) 地震震中位置。
 - 5) 地震地表破裂带。
- 6.3.5 近场区地震构造环境综合评价，应符合以下规定：
 - 1) 分析近场区地震活动与构造活动的关系。
 - 2) 论述近场区地震构造特征，评价发震构造最大潜在地震。

7 目标区断层勘查和活动性鉴定

7.1 勘查范围及图件

- 7.1.1 勘查范围应不小于目标区外延 500m。
- 7.1.2 地质构造图、目标区断层活动性鉴定实际材料图和目标区活动断层分布图的比例尺宜采用 1:50 000~1:10 000。

7.2 目标区断层控制性勘查

- 7.2.1 收集地质构造基础资料。
- 7.2.2 开展控制性地质调查和地球物理勘查。
- 7.2.3 编制目标区地质构造图。

7.3 断层活动性鉴定

- 7.3.1 地质构造特征分析，应明确给出目标区断裂活动时代地质地貌证据。
- 7.3.2 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、可能的断错位移与速率等。断层调查应符合以下规定：
- 1) 在基岩出露区，对主要断层开展现场地质调查，查明出露断层的性质、产状、破碎带发育情况。现场采集断层活动年代测试样品，采取有效测年方法，定量鉴定断层最新活动年代，给出断层空间展布，断层破碎带宽度并判定可能存在的最新的断层错动等。
 - 2) 在第四系覆盖区，应论证地球物理勘探方法的有效性，选用适宜的方法对隐伏断层开展地球物理勘探。
 - 3) 地球物理勘探发现有断层迹象，应加密测线进行勘探，并根据实际需要开展钻探、槽探等工作，对异常进行验证。
 - 4) 每条断层至少有 2 个可靠的地质地貌或地球物理勘探证据，证明断层的最新活动和活动特征。
- 7.3.3 对目标区第四纪活动断层开展断层活动性鉴定，应符合以下规定：
- 1) 收集分辨率优于 1m 的卫星遥感影像，编制活动断层解译图，进行现场验证。
 - 2) 按照 6.3.3 条 2)、3)、4)、5) 的规定鉴定断层活动性。
 - 3) 编制目标区断层活动性鉴定实际材料图。
 - 4) 存在晚更新世或全新世活动断层时，其活动性鉴定应符合 GB/T 36072 的规定，并给出比例尺不小于 1:10 000 编图成果。

7.4 目标区断层图件及资料

- 7.4.1 编制目标区活动断层分布图、断层活动性特征一览表等。
- 7.4.2 评价主要断层的性质、活动时代、活动速率与运动特征等。
- 7.4.3 评价目标区活动断层对目标区的影响。

8 目标区地震工程地质条件勘测

8.1 图件

- 8.1.1 目标区地质地貌图、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。
- 8.1.2 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。
- 8.1.3 控制性综合工程地质剖面图宜采取适当比例成图。

8.2 地震工程地质条件调查

- 8.2.1 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遥感影像、地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质资料、工程地质资料等。
- 8.2.2 应根据目标区地质地貌条件、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。
- 8.2.3 应评价目标区地震工程地质条件。

8.3 地球物理勘探

- 8.3.1 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。
- 8.3.2 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，其他方法按相应规范执行。
- 8.3.3 控制性探测至少应布设 2 条地球物理勘探测线。

8.3.4 宜结合钻孔勘察以及地球物理勘探剖面，勾绘目标区第四系覆盖层厚度。

8.4 地震工程地质条件钻孔勘察

8.4.1 开展地震工程地质条件勘察，钻探、取样和试验应按照 GB 50021、GB55017 的有关规定进行。

8.4.2 地震工程钻孔，应符合下列规定：

1) 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 700m，对于浅部土层结构复杂地段应当加密钻孔进行控制。

2) 钻孔深度达到基岩，或剪切波速不小于 500m/s 处，且其下不存在更低波速岩土层。若钻孔深度超过 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。

8.4.3 采集分层岩土的原状土样，应符合下列规定：

1) 进行原状土样采集并进行动三轴或共振柱试验的典型钻孔数量不少于钻孔总数的三分之一。

2) 对揭露地层自然分层中有代表性的岩土层取样，同类岩土层间距超过 5m 时，分别取样。

8.4.4 测试钻孔岩土层物理性能指标，应符合以下规定：

1) 测试物理性能指标包括比重、天然密度等。

2) 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。

8.5 场地岩土动力性质测量

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

8.5.2 测量钻孔岩土层波速，应符合以下规定：

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 1m，并在地层分界面附近加密测点。

8.5.3 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。

8.6 资料处理

8.6.1 应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。

8.6.2 结合目标区土层结构模型和钻孔勘测、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：

1) 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。

2) 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。

3) 各类数据的平面控制节点间隔不大于 700m，竖向控制节点间隔不大于 5m。

4) 应编制目标区场地类别分区图。

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 地震动预测方程宜考虑震源错动性质影响。

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，可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，可采用类比性方法确定地震动预测方程。
- 9.2.3 应论证地震动预测方程的适用性。

10 概率地震危险性评价

10.1 地震统计区划分

- 10.1.1 宜采用 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。

10.2 潜在震源区划分

- 10.2.1 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。
- 10.2.2 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：
 - 1) 新构造活动分区。
 - 2) 第四纪构造活动形式及强度分区。
 - 3) 中小地震活动度分区。
- 10.2.3 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：
 - 1) 破坏性地地震震中。
 - 2) 微震和小震密集带。
 - 3) 古地震遗迹地段。
 - 4) 地震空间分布图像的特征地段。
 - 5) 断层活动分段与级联。
 - 6) 第四纪断陷盆地。
 - 7) 活动断层的端部、转折处或交汇处等特殊部位。
 - 8) 深部构造。
- 10.2.4 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。
- 10.2.5 应确定潜在震源区主破裂取向及其方向性函数。

10.3 地震活动性参数确定

- 10.3.1 地震活动性参数应包括：
 - 1) 地震统计区的震级上限。
 - 2) 地震统计区的震级下限。
 - 3) 地震统计区的震级—频度关系系数。
 - 4) 地震统计区的地震年平均发生率。
 - 5) 潜在震源区的震级上限。
 - 6) 潜在震源区各震级档空间分布函数。
- 10.3.2 确定地震统计区的地震活动性参数应符合下列规定：
 - 1) 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。

- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 根据区域地震活动水平和震源深度确定震级下限。

10.3.3 确定潜在震源区的地震活动性参数应符合下列规定：

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 潜在震源区应该吸收最新研究成果，如果潜在震源区有修订，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。

10.4 地震危险性分析计算

10.4.1 计算控制点应包括所有工程地震钻孔，计算控制点间距不大于 700m。超越水准应不少于 7 个，分别为 50 年超越概率 63%、10%、2%和 100 年超越概率 63%、10%、2%、1%。

10.4.2 应计算给出地震动参数超越概率曲线。

10.4.3 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。

10.4.4 应对地震动预测方程的统计不确定性进行校正。

10.4.5 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。

10.4.6 地震危险性分析结果表述应符合以下规定：

- 1) 图和表格的形式给出不同超越概率的地震动参数。
- 2) 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。
- 3) 总体性评价地震危险性分析结果的合理性。

10.4.7 在地震动预测方程适用边界 5km 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。

11 目标区场地地震动参数确定

11.1 目标区地震反应分析模型的建立

11.1.1 根据地震工程地质勘查结果，建立每个钻孔的土层反应分析模型。

11.1.2 应采用下列三者之一作为地震反应分析模型输入地震界面：

- 1) 钻探确定的基岩面。
- 2) 剪切波速不小于 500m/s 的土层顶面。
- 3) 钻孔深度超过 100m，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 场地土层模型参数的确定应根据场地地震工程地质勘查结果，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 输入地震动时程的确定

11.2.1 各计算控制点应按自由基岩表面地震动时程幅值的 50%确定输入地震动时程。

11.2.2 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。

11.2.3 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,且符合以下规定:

- 1) 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震中距。
- 2) 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。
- 3) 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。

11.2.4 合成各计算控制点自由基岩表面地震动时程,应符合下列规定:

- 1) 每条目标谱合成地震动时程样本不少于5组,不同地震动时程样本之间的相关系数不大于0.16。
- 2) 合成地震动时程拟合目标地震动反应谱时,反应谱控制频率点取值原则:频率小于0.2Hz时频率增量取0.02Hz、频率在0.2Hz~3Hz时频率增量取0.1Hz、频率在3Hz~10Hz时频率增量取0.05乘以频率值。
- 3) 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超过5%。
- 4) 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。

11.3 地震反应分析计算

11.3.1 采用等效线性法进行计算时,土层模型的土层厚度应划分得足够小,控制在所考虑的有效地震波最短波长的 $1/5\sim 1/20$ 范围内取值。

11.3.2 土层反应分析模型的地震反应分析计算应符合以下规定:

- 1) 针对每条基岩地震动输入的地震动时程样本进行地震反应分析。
- 2) 计算土层反应分析模型地表地震反应的地震动时程、相应的地震动反应谱。
- 3) 基于输入地震动时程样本计算结果,综合给出每条基岩地震动输入下,土层反应分析模型所代表场地的地表地震动峰值和地震动反应谱。

11.4 目标区控制点场地地震动参数的确定

11.4.1 目标区控制点场地地震动参数应包括但不限于不同超越概率水准下地表地震动峰值加速度和反应谱。

11.4.2 对目标区内各控制钻孔场地进行土层地震反应分析,综合确定场地不同概率水准下的场地地震动参数。I类场地应根据概率地震危险性分析结果确定地震动参数。

11.4.3 应以规准化形式表示各控制点的地震动反应谱,规准化地震动反应谱应与GB 18306中的规准化反应谱形式相同(见附录A),并形成目标区各控制点规准化反应谱数据库。

11.5 编制目标区地震动参数分区图

11.5.1 可采用等值线形式表示场地地震动参数分区,应以场地类别为基础,相邻分区线两侧地震动参数数值幅值差异应为5%~10%,地震动反应谱特征周期应不大于0.05s。

11.5.2 图件比例尺宜采用1:50 000~1:10 000。

11.5.3 等值线划分时统一采用插值方法。

11.5.4 当同时有基岩场地和其它场地时,宜将两者分开划分。

11.6 目标区场地地震动时程的确定

11.6.1 以各控制点规准化的地震动反应谱作为拟合目标反应谱,人工合成地震动时程,并建立目标区各控制点多概率水准的人工地震动时程数据库。

11.6.2 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。

11.6.3 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:

- 1) 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。
- 2) 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。
- 3) 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。

11.6.4 合成目标区场地地震动时程时，应符合以下规定：

- 1) 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，每个地震动参数计算钻孔合成至少 5 条场地地震动时程。
- 2) 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。
- 3) 确定初始地震动时程符合 11.2.3 条的规定。
- 4) 合成地震动时程拟合目标反应谱时，反应谱控制频率点、误差要求符合 11.2.4 条的规定。

11.7 设定场地地震动参数确定

设定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。

- 1) 应根据场地工程地质勘察结果，给出场地类别。
- 2) 根据场地类别，依据 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。
- 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。其中，场点距离控制点小于 200m 时，取该控制点地震动参数和 GB 18306 地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数；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 GB 18306 地震动参数二者的高值作为该场点的场地地震动参数。
- 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 目标区场地地震地质灾害评价

12.1 断层错动

12.1.1 目标区及其外延 500m 范围内存在活动断层时，应评价潜在地震活动断层影响带，并符合下列规定：

- 1) 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。
- 2) 根据断错事件实测位移数据或依据统计关系估算等方法，计算断层未来百年最大可能位错值，包括平行断层分量和垂直断层分量。

12.1.2 编制潜在地震地表破裂影响带分布图及其说明书，并满足以下要求：

- 1) 明确地震地表破裂影响带确定的适用工程对象。
- 2) 明确目标区与潜在地震地表破裂影响带的空间关系。
- 3) 阐述潜在地震地表破裂影响带的确定方法、资料依据等。
- 4) 图件比例尺应不小于 1:10 000。

12.1.3 依据活动断层性质、破裂带宽度、错动评价结果等，提出避让措施建议。

12.2 砂土液化

12.2.1 初步评价目标区场地地基土液化，宜符合以下规定：

- 1) 依据调查获得的场地地形、地貌、地层、地下水等与液化有关的场地条件，以及场地及其附近历史强震液化遗迹资料，分析场地地震液化的可能性。
- 2) 场地存在可液化土层且具液化可能性时，依照相应行业标准进行地震液化判别。
- 3) 当需要对地下 20m（不含 20m）以下更深部可液化土层进行液化判别时，可采用标准贯入试验判别法，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} 按下式计算：

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

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 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。

α_{\max} ：场地地震动峰值加速度（gn）。

d_s ：可液化土层标准贯入点深度（m）。

d_w ：地下水位深度（m）。

ρ_c ：黏粒含量百分率，小于 3 或为砂土时取 3。

4) 地震液化评价，宜针对场地不同概率水准的地震动作用；

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

12.2.2 编制目标区场地地基土液化初步判别结果图，应满足以下要求：

- 1) 应给出不同概率水准地震动作用下场地不同液化程度的分布范围。
- 2) 图件比例尺应不小于 1:50 000。

12.3 软土震陷

12.3.1 初步判断目标区场地软土震陷，宜符合以下规定：

- 1) 根据获得的调查资料，分析软土震陷分布与特征。
- 2) 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，基于勘查得到的软土层等效剪切波速等资料，按照 JGJ 83 中相关规定进行软土震陷判别与软土震陷等级评价。
- 3) 根据钻孔软土震陷判别结果以及历史地震软土震陷历史记载资料，评价场地软土震陷范围。
- 4) 软土震陷判别，宜针对目标区不同概率水准的地震动作用。

12.3.2 应编制目标区场地软土震陷初步判断结果图，并满足以下要求：

- 1) 应给出不同概率水准地震作用下目标区不同软土震陷程度的分布范围。
- 2) 图件比例尺应不小于 1:50 000。

12.4 滑坡、崩塌

12.4.1 对目标区外延一定范围坡体开展调查,一般地区宜外延 500m,高、中山地区宜外延至 I 级分水岭范围。

12.4.2 坡体调查宜符合以下要求:

- 1) 在调查获得的资料基础上,鉴别地震崩塌、滑坡发育的地震地质条件。
- 2) 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。
- 3) 通过必要的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。

12.4.3 地震崩塌滑坡危险性指数 H ,宜按下式计算:

$$H = S_a \times S_p \times S_r$$

式中:

S_a : 代表斜坡坡度危险度分级因子。

S_p : 地震峰值加速度危害度分级因子。

S_r : 岩土体危险度分级因子。

- 1) 坡体坡度危险程度因子 S_a ,宜根据坡体斜坡角度大小按附录 B 表 B.1 评价确定;地震动危险程度因子 S_p ,宜根据坡体位置处指定超越概率水平下地震动峰值加速度值大小按附录 B 表 B.2 评价确定。
- 2) 坡体性状危险程度因子 S_r ,宜按附录 B 表 B.3 确定,并符合以下要求:
 - ① 坡体性状特征由坡体质地、坡体完整性、坡体结构等主要因素综合表征。
 - ② 坡体质地简单划分为土质坡体和岩质坡体。
 - ③ 岩体完整程度和岩石风化程度可依据 GB 50021 判定。
- 3) 应针对不同超越概率水准地震动作用,评价目标区及周边坡体地震崩塌滑坡危险性,坡体地震崩塌滑坡危险程度宜根据地震崩塌滑坡危险性指数 H 按附录 B 表 B.4 确定。

12.4.4 编制目标区场地滑坡与崩塌判别结果图,应满足以下要求:

- 1) 应给出不同概率水准地震作用下目标区不同滑坡、崩塌危险度程度的分布范围。
- 2) 图件比例尺应不小于 1:50 000。

12.5 其它地震地质灾害

应对目标区及其外延 500m 范围内的泥石流、岩溶、湖涌等进行资料收集和调查,定性评价可能对目标区的影响。

13 区域性地震安全性评价技术服务系统建设

区域性地震安全性评价技术服务系统建设应包含设定场地地震动参数查询和地震地质灾害查询等。技术服务系统应具有以下功能:

- 1) 浏览、查询目标区基础资料。
- 2) 浏览、查询目标区地震动参数成果。
- 3) 浏览、查询目标区地震地质灾害评价成果。
- 4) 根据目标区内设定场地经纬度给定超越概率水准下的地震动参数,输出地震动参数使用说明书。
- 5) 根据目标区内设定场地经纬度给定地震地质灾害评价,输出地震地质灾害评价说明书。

附录 A
(规范性)
加速度反应谱的公式和参数

加速度反应谱 $S_a(T)$ 的公式和参数如下:

$$S_a(T) = \begin{cases} a_m + a_m(\beta_m - 1) \frac{T}{T_0} & 0 < T \leq T_0 \\ a_m \beta_m & T_0 < T \leq T_g \\ a_m \beta_m \left(\frac{T_g}{T}\right)^\gamma & T_g < T \leq T_m \end{cases}$$

式中, a_m 为设计地震峰值加速度, 单位: cm/sec^2 , 式中, T 为结构自振周期, T_0 为反应谱的拐点周期, T_0 一般可取 0.1s , T_g 为反应谱特征周期, β_m 为地震动力放大系数最大值, γ 为衰减指数。

加速度反应谱形式见图 A. 1:

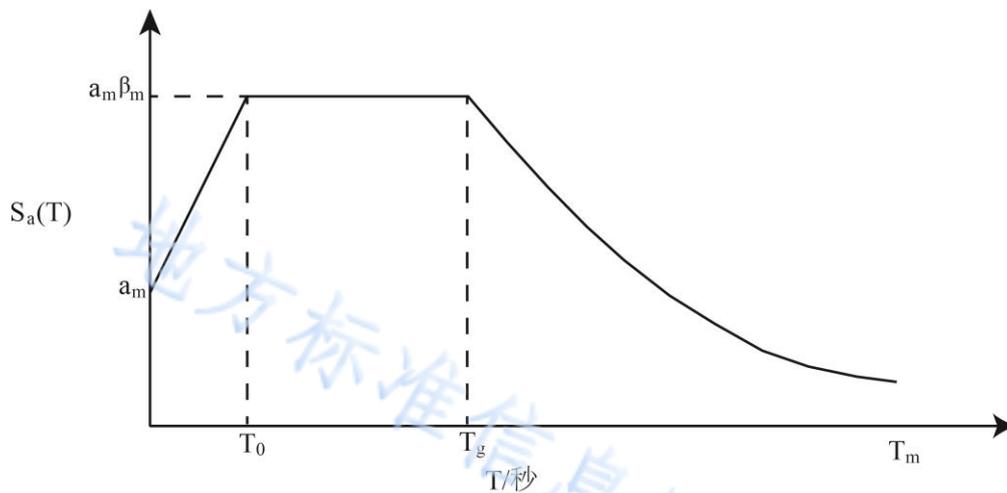


图 A. 1 加速度反应谱的形式

附录 B

(规范性)

崩塌、滑坡评价因子取值表

表 B.1~B.4 给出了地震崩塌、滑坡各危险性指数评价因子取值：

表 B.1 坡体坡度危险度分级因子 S_a 赋值

滑坡坡度 (°)	≤20	21~40	>40
崩塌坡度 (°)	≤40	41~60	>60
危险度	低	中等	高
S_a	1	2	3

表 B.2 地震动峰值加速度危害度分级因子 S_b 赋值

峰值加速度 (gn)	<0.04	0.04~0.18	≥0.19
对应烈度	≤V	VI~VII	≥VIII
危害度	低	中等	高
S_b	1	2	3

表 B.3 岩土体危险度分级因子 S_r 赋值

岩土体性状 (R)	危险度	S_r
岩石坚硬，节理不发育，结构完整，弱风化；或组成斜坡的地层倾向与坡向相反	低	1
岩石较破碎，节理发育，结构不完整，中风化；或组成斜坡的地层倾向与坡向斜交	中等	2
岩石较极破碎，节理密集发育，结构不完整，强风化；或组成斜坡的地层倾向与坡向大致相同，并存在软弱地层	高	3

表 B.4 坡体地震崩塌、滑坡危险度分级

危险度	低	中等	高
危险性指数 (H)	1~4	6~12	18~27

参 考 文 献

- [1] GB/T 18207.1 防震减灾术语 第1部分：基本术语
[2] 四川省防震减灾条例（2012）
-

地方标准信息服务平台