重庆市地震局文件

渝震发〔2021〕12号

重庆市地震局
关于印发《重庆市建设项目区域性地震安全性评价工作技术指南》的通知

各区县（自治县）地震工作主管部门、两江新区应急局、高新区应急局、万盛经开区科技局，有关单位：

《重庆市建设项目区域性地震安全性评价工作技术指南》已修订完成，自2021年3月20日起施行。原《重庆市建设项目区域地震安全性评价工作技术指南（试行）》同时废止。

重庆市地震局

2021年3月9日

抄送：市工改办、市规资局。

重庆市地震局办公室　　2021 年 3 月 9 日印发

重庆市建设项目区域性
地震安全性评价工作技术指南

重庆市地震局

二零二一年三月

目录

第一章　总则 3

第二章　区域地震活动性和地震构造评价 4

第三章　近场区地震活动性和地震构造评价 10

第四章　地震工程地质条件勘测 17

第五章　地震动预测方程确定 19

第六章　概率地震危险性分析 22

第七章　场地地震动参数确定 24

第八章　场地地震地质灾害初步评价 29

第九章　成果提交 31

第一章　总 则

1.1 为规范区域性地震安全性评价工作，确保评价结果的科学性和可靠性，提升政务服务水平，依据国务院办公厅《关于开展工程建设项目审批制度改革试点的通知》（国办发〔2018〕33号）、《重庆市人民政府关于印发重庆市工程建设项目审批制度改革试点实施方案的通知》(渝府发〔2018〕43号)、《重庆市建设项目区域整体评价工作实施细则(试行)》（渝规资函〔2018〕291号）、《国务院办公厅关于全面开展工程建设项目审批制度改革的实施意见》（国办发〔2019〕11号）、《加快推进区域整体评价工作实施方案》（渝工改办〔2020〕4号）精神，并依据《工程场地地震安全性评价》(GB17741)以及《区域性地震安全性评价工作大纲（试行）》，制定本技术指南。

1.2　区域性地震安全性评价是针对开发区、高新区、自贸区、城市整体改造区域和企业集中建设区等具有较大范围区域开展的地震安全性评价工作。

1.3 区域性地震安全性评价的主要工作范围称为目标区，为需要采用区域性地震安全性评价结果进行抗震设防的范围，可根据城市规划、片区建设等实际需要，由当地人民政府或者其管理部门（机构）确定；对工程场地地震安全性评价有影响的范围称为区域，应不小于目标区外延150km；为查清目标区及其邻近地区地震构造和地震活动特征所需调查研究的地域称为近场区，应不小于目标区外延25km。

1.4 区域性地震安全性评价，包括区域范围、近场区范围、目标区范围的限定; 收集、整理、分析相关学科资料的范围、资料的内容、资料的精度、图件比例尺的规定;其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，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及地震地质灾害初步评价、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等。

1.5 工作指南拟定了区域性地震安全性评价工作的基本要求、工作步骤、技术思路、技术途径和技术方法等，作为区域性地震安全性评价工作技术遵循和报告审查依据。

1.6 重庆市范围内开展区域性地震安全性评价应当遵循本工作指南。

第二章 区域地震活动性和地震构造评价

考虑远源与近源地震对目标区范围影响的差异性特点，依据工作内容、详细程度和技术要求的不同，根据到场地距离的远近，地震安全性评价工作范围分为区域、近场区。区域工作的重点是，在对区域范围内资料收集和整理的基础上，分析区域地震活动特征和未来地震活动趋势，评价区域范围内地震发生的条件，判识区域范围内对场地地震危险性有影响的发震构造，综合评价区域地震构造环境和地震活动水平，为地震区带和潜在震源区划分、地震活动性参数确定等提供依据。

区域地震活动性和地震构造评价，以收集、分析现有资料为主，辅以必要的现场地震与地质调查工作。

2.1　区域范围和图件比例尺

2.1.1　区域范围

在弱地震活动区，当目标区范围外延 150km 附近外围区域地震活动水平较高或存在强震的发震构造时，为了更合理分析地震活动水平和评价地震的发生条件，区域范围宜适当扩大。

2.1.2　区域地震构造图比例尺应采用不小于 1:1 000 000，其他图件比例尺应不小于 1:2 500 000。

对有些内容不多，精度要求不很高的区域性分析图件，如大地构造分区图，地震区、带划分图，地震构造区划分图等，可采用较小比例尺。

2.1.3　所有图件应标明目标区范围位置。

所有区域性图件均应标明目标区范围的位置，以便直观地显示目标区范围所处的地震活动和地震构造环境。

2.2　地震活动性

地震活动性分析的目的是通过分析地震活动的时间和空间特征，评价区域地震活动环境，为划分潜在震源区和确定地震活动性参数提供依据。区域地震活动性分析工作的内容主要包括：地震资料的收集与分析整理，编制区域历史强震目录，编制区域破坏性地震震中分布图和区域现代地震震中分布图，编制区域震源机制解分布图，分析地震活动时空特征和未来地震活动趋势，评

价目标区范围所遭受的历史地震影响。

2.2.1　地震资料收集与目录编制，应符合以下要求：

a) 根据地震部门正式公布的地震目录和地震报告，收集相关的地震资料；

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) 区域性地震台网地震资料应包括区域内自有区域性地震台网观测以来可定震中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、震源深度及定位精度等。

2.2.2　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、区域性地震台网记录的地震震中分布图；

b) 注明资料起止年代；

c) 注明主要地震的震级和发震日期；

d) 区分出浅源、中源地震。

2.2.3　地震活动时空特征的分析应包括：

a) 不同时段各级地震的可靠性与相对完整性；

b) 地震的空间分布特征；

c) 震源深度分布特征；

d) 地震活动时间分布特征；

e) 未来地震活动水平。

2.2.4　应收集、补充本区域震源机制解资料，编制震源机制解分布图。

应系统收集整理震源机制解资料。在缺乏震源机制解资料的地区，应根据地震记录反演震源机制解，也可以利用小震综合断层面解资料作为补充，以反映区域平均构造应力状态。

根据震源机制解资料编制震源机制解分布图和最大、最小主应力方位分布图，进行震源机制解 P、B、T 轴分析，统计最大主应力方位分布，以直方图或玫瑰图表示，给出区域水平最大主应力的优势方位。

2.2.5 应收集、分析对目标区范围有影响的历史地震烈度资料。

在收集历史地震资料时，除了区域范围内的破坏性地震外，区域外可能对产生Ⅵ度以上烈度影响的大地震也在考虑之列。历史地震烈度一般应当采用国家正式公布的目录中所给出的烈度。若最新版本地震目录所列地震烈度资料不足时，应当广泛地收集地震烈度资料，在此基础上进行对比分析。

具体工作中，可从以下几方面进行分析：

a) 有等震线资料的地震，可直接查明历史地震对目标区范围的实际影响烈度；

b) 对于没有等震线资料，但能够得到目标区范围及附近的地震破坏宏观资料、或实际调查资料，可通过这些资料复核评定影响烈度；

c) 也可以通过本地区的地震烈度衰减关系估算场地影响烈度值。

在此基础上，给出影响目标区范围的综合等震线图，建立影响烈度目录，以得到目标区范围所遭受最大历史影响烈度值和各阶段烈度的频次特征。

2.3　地震构造

2.3.1　区域地震构造评价应在充分收集、分析现有地质、地震和地球物理资料的基础上进行。

2.3.2　对目标区范围地震安全性可能产生较大影响的断层，资料不充分时，应补充下列工作：

a) 查明断层最新活动时代、性质和运动特性；

b) 进行断层活动性分段；

c) 分析重点地段古地震的强度及活动期次。

2.3.3　应根据实地调查和已有资料分析，编制地震构造图，地震构造图应包括以下内容：

a) 第四纪以来活动的主要断层及其活动时代；

b) 活动断层的性质；

c) 第四纪以来活动的盆地及其性质；

d) 现代构造应力场方向；

e) 破坏性地震震中位置。

2.4　综合评价

综合评价是在对区域地震活动性和地震构造基础资料收集与

分析的基础上，把握区域地震活动性特点和发震构造整体特征，为合理地划分潜在震源区和确定地震活动性参数提供依据。

2.4.1 应评价区域地震活动特征

区域地震活动特征评价应包括以下内容：

a) 地震资料完整性、可靠性评价，包括区域范围最早记录到的历史地震、历史破坏性地震数量、最大历史地震、历史地震资料完整的年代，以及区域内现代地震观测台网记录的地震资料概况。地震资料截止日期距报告评审时的时间不超过 2 个月。

b) 地震活动空间分布特征评价，包括不同强度地震发生的空间分布特征、震源深度和优势分布范围等。

c) 地震活动时间分布特征评价，包括各地震带的地震活动期、各活动期的起止年限、未来 100 年地震活动水平。

d) 区域现代应力场特征评价，包括现代构造应力场的特征、最大和最小主应力方向。

e) 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。

2.4.2 应评价区域地震构造环境，并分析不同震级档的地震构造条件。

区域地震构造环境的评价应包括以下内容：

a) 简述目标区范围在区域大地构造上的位置，评价目标区范围所在的大地构造单元的属性。

b) 简述区域新构造运动特征，评价目标区范围所在新构造

分区单元的活动特征及其与地震活动的关系。

c）简述区域地震构造环境特征，评价目标区范围所在地质构造单元的地震构造环境特点。

d）给出区域范围内不同震级档的地震构造标志，判别区域发震构造，简述各发震构造特征。

第三章　近场区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是进行区域性地震安全性评价的一项基础性工作，也是核心的内容之一。近场区地震活动性和地震构造评价的质量对目标区范围地震安全性评价结果的合理性、工程抗震设防的针对性具有重要的作用。

近场区地震活动性和地震构造评价的主要技术步骤和工作内容简要概述如下：

1．调研与准备阶段

本阶段工作内容包括：

a) 收集不同比例尺的地形图和地质构造图；

b) 收集相关的地质和构造资料，重点是大地构造位置、构造发育简史、新构造和活动构造等资料；

c) 收集解译航、卫片资料，尤其是对线性构造和第四纪地质与地貌特征的判识；

d) 收集有关地震资料；

e) 提出野外调查的方案，包括对象、内容、路线和具体要求等。

2．野外调查阶段

主要调查内容应包括：

a) 第四纪地质、地貌特征；

b) 断层的展布、产状和活动性，特别是断层最新活动时代的地质地貌证据；

c) 破坏性地震的宏观震中及发震构造的初步判识。

3．野外小结阶段

包括：初步综合各种基础资料，分析所获得的可靠性、协调性和充分性；对发现的问题，适当补充必要的野外工作；讨论形成野外调查初步结论。

4．室内分析总结

室内分析总结是为了形成近场区地震活动性和地震构造评价的基本结论。主要工作内容应包括：

a) 野外调查资料整理归档；

b) 年龄样品测定；

c) 基础图件编制，包括近场区地震构造图和震中分布图及地质剖面图等；

d) 综合分析近场区地震构造条件，判定发震构造。

3.1　近场区范围和图件比例尺

3.1.1　近场区范围应不小于目标区及其外延 25km。

一般情况下，近场区范围可以界定为目标区范围及其外延 25km。但是，出现下列情况之一者，应将近场区范围适当扩大，

应以能够解决近场区主要断层活动性鉴定和发震构造判定等主要问题为原则：

a) 目标区范围及其外延 25km 范围内，断裂基本被第四系所覆盖，但在这个范围外缘有较明显的地质和地貌现象出露；

b) 目标区范围及其外延 25km 范围内，与地震构造条件评价密切相关的地质和地貌证据不充分，但在这个范围外缘有其典型的或有力的证据存在；

3.1.2　近场区地震构造图比例尺应不小于 1:250 000。

主要要求包括：

a) 现场地震地质调查线路的设计，应将已有的地震和地质等相关资料表示在比例尺不小于 1:250000 的地形图上；

b) 现场地震地质调查所依据的地质构造图、航片、卫片等基础资料比例尺应不小于 1:250000；

c) 野外各种观测点、新发现的活动断裂（段）、破坏性地震的宏观震中、地震地表形变带、断层地貌现象等野外观测结果，均应定位在比例尺不小于 1:250000 的地形图上。

3.1.3　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取 1:10～1:50，地质和地貌平面图和剖面图比例尺宜取 1:100～1:l 000。

活动构造细节主要是指：

a) 可能对断裂的活动性和破裂起分段作用的阶区和障碍构造，包括活动断裂的组成、形态、介质结构与地质构造等；

b) 活动断裂的几何形态和产状特殊变异的部位；

c) 反映活动断裂新活动特征的断层地貌现象，如水系与山脊的错动、断层陡坎、断塞塘等。

3.2 地震活动性

对近场区地震活动性进行详细调查与分析基础上，编制1:250000 的近场区地震活动分布图，工作深度和资料详细程度与精度应当比区域地震活动性分析要求更高。

3.2.1 对破坏性地震的参数有疑问时，应进行资料核查和现场调查。

3.2.2 应编制近场区地震震中分布图，分析其与活动构造的关系。

编制近场区地震震中分布图时，应注意区分历史地震和仪器记录地震，对破坏性地震，应标明发震时间和震级。分析地震的空间分布特征，应特别注意强地震与构造活动、中小地震震中分布的成带性和成丛性与构造活动的关系。

3.3 地震构造

近场地震构造评价的工作重点是对主要断层进行活动性鉴定，判识相关的发震构造，确定其空间位置和有关活动性参数。

3.3.1 应收集第四纪地质和地貌资料，分析第四纪构造活动特点。特别是收集油气勘探成果资料。

近场区第四纪构造活动特点包括：构造活动的性质（如均匀沉降，拗陷，断陷，均匀抬升，断隆等）、活动的程度（如缓慢、

强烈或稳定、不稳定等）和活动的主要表现形式（地质与地貌方面的响应）。

分析的内容主要是第四纪地层（时代、分布、厚度等）和地貌面（夷平面、剥蚀面、台地、阶地）的划分和时代的判定等，并建立第四纪地层剖面，重点分析与断层第四纪活动有关的地质地貌现象。

工作方法可以收集现有资料为主，但对反映断层最新活动时代及其活动性质有关的地质地貌资料和现象应在野外近场区地震地质调查中予以查验，并开展相应的补充调查工作。

3.3.2　应对主要断层进行详细的活动性鉴定，包括活动时代、性质、运动特性和分段等，并判定其最大潜在地震的震级。

近场区断层活动性鉴定的对象是“主要断层”，一般是指：

a) 区域地震构造图上有标示的区域性断层；

b) 长度大于 10km 或大于 15km 的断层；对目标区有影响的断层；

c) 对其活动时代的认识有分歧，并且可能影响到地震危险分析结果的断层；

d) 晚更新世以来有活动迹象的断层；

e) 通过目标区范围的断层；

f) 与破坏性地震特别是 M≥6 级地震在空间位置上相关的断层；

g) 与现代小震密集活动或条带状分布相关的断层；

h) 可能延伸到目标区内的活动断层；

近场区主要断层活动性鉴定的内容包括：

a) 断层的活动时代；

b) 断层的活动性质；

c) 断层的运动特性；

d) 断层分段性。

近场区主要断层活动性鉴定的工作深度，应注意满足下列要求：

a) 对于活动的断层，应鉴定出最新活动年代，给出其规模、产状、活动性质、活动性参数、古地震事件、最大同震位移、分段性等方面的鉴定和分析结果，并综合判定其最大潜在地震的震级。

b) 对于 M≥6 级的强地震事件，应确定其是否与已知的活动断层有关，应判定其发震构造。

3.3.3 在覆盖区，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、地球化学、地质钻探和测年等手段进行勘查。

3.3.4 应编制近场区地震构造图，近场区地震构造图应包括以下内容：

a) 褶皱构造，第四纪以来有活动的主要断层及其活动时代；

b) 活动断层的性质；

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。

编制近场区地震构造图应达到下列技术要求：

a) 主要断层的活动时代应按前第四纪、早第四纪（Q_1-Q_2）、晚更新世、全新世 4 种图例表示。

b) 近场区地震构造图应包含褶皱构造和断裂构造。对于第四纪以前活动的区域性断层以及主要断层，宜表现在近场区地震构造图中，以充分反映近场区的构造格架及主要断裂活动性鉴定的结论。

c) 对活动断层，由于其活动性质与工程的抗断评价、潜在震源区边界及震级上限的确定均密切相关，应按剪切（走滑）、拉张（正断）及挤压（逆冲）三种主要力学（运动）类型标示在地震构造图中。

d) 第四系应尽可能按 Q_1、Q_2（或 Q_{1-2}）、Q_3、Q_4 以不同图例表示，特别是主要断层两侧相关的第四系分布，应加以细分，尽可能详细地表现其实际情况。

e) 应反映第四纪盆地的范围及活动性质，尽可能给出第四系等厚线。

f) 破坏性地震应有震级、发生时间的标注。

3.4 综合评价

应综合评价近场区地震活动特征。应综合评价近场区发震构造。应给出近场区野外工作实际材料图。

第四章　地震工程地质条件勘测

内容包括：在分析现有资料的基础上，进行场地钻探及场地土体物理与力学特性测试，编制相关的工程地质单元划分图、表，综合评价场地特性。应编制目标区勘测及地震地质灾害调查实际材料图。

4.1　地震工程地质条件勘测

4.1.1　勘测范围应为政府部门划定的目标区范围。

4.1.2　应收集、整理和分析相关的工程地质、水文地质、地形地貌和地质构造资料。并根据以上资料编制工程地质单元划分图，比例尺宜为 1:10 000 至 1:50 000。图中应包含经纬度、村镇（街道）等参考名称、地层符号、地形等高线或卫星影像等背景地理信息要素。重点要突出工程地质单元划分要素，包括河流、阶地、古河道、古湖塘、地貌成因类型及其界线等要素。

根据工程地质单元划分图并充分利用已有的工程地质勘查资料。通过收集、整理、分析这些资料，再结合场地地质地貌条件进行初步勘测。

4.1.3　应进行工程地质条件调查、钻探和原位测试。

包括：查明目标区范围的地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、场地土类型、岩溶、沉陷、塌陷分布和场地类别等。

在调查的基础上，合理布设钻孔。钻探方法根据地层类别，按采取不扰动土样的要求确定，钻探要有野外详细编录，一般要

连续取芯钻探，钻探成果可用钻孔柱状图表示，可拍岩土芯彩色照片纳入勘察成果资料。应编制目标区地质地貌图，比例尺宜为1:10 000 至 1:50 000。

原位测试给出的物理力学指标包括：天然含水量、密度、天然密度、干密度、饱和度、剪切波速等。对于可能发生饱和土液化的场地，应给出地下水位、标准贯入锤击数、粘粒含量资料等。

钻探应符合下列规定：

a)钻孔布置应能控制目标区范围的地震工程地质条件，应能控制土层结构和不同工程地质单元，每个工程地质单元内应至少有 2 个控制孔；第四系覆盖区范围内平均每平方公里应不少于 3 个钻孔，覆盖层变化地段适当加密控制性钻孔数量。基岩区需要有地质剖面、探槽剖面、调查点照片资料作支撑。

b) 开展钻孔分层岩土波速的原位测量，可采用单孔检层法或跨孔法，但测量间距不得大于 2m，在地层分界面附近应加密测点，以便得到较合理的波速剖面。控制孔应达到基岩或剪切波速不小于 500 m/s 处。

4.1.4　应编制目标区钻孔分布图、柱状图及场地类别分区图。

编制钻孔分布图，比例尺宜为 1:10 000 至 1:50 000。应包含经纬度、村镇（街道）等参考名称、地层符号、地形等高线或卫星影像等背景地理信息要素。重点要突出钻探资料和基岩调查点槽探剖面资料，包括钻孔或槽探位置、井口标高(m)、钻孔深度(m)、覆盖层厚度(m)、剖面位置等要素。

钻孔柱状图的比例尺视土层结构复杂程度而定，一般用1:1000 至 1:100。包括层序号、层底埋深(m)、层厚(m)、土类名称与土质描述、剪切波速(m/s)、纵波波速(m/s)、密度或容重(g/cm^3)、孔位经纬度、成孔时间、地下水位等。

场地类别分区图，比例尺宜为 1:10 000 至 1:50 000。应包含经纬度、村镇（街道）等参考名称。

4.2　代表性土样的动三轴或共振柱试验

应测定代表性土样的剪变模量比与剪应变关系曲线、阻尼比与剪应变关系曲线。应对有代表性的土样进行动三轴或共振柱试验。

应对包含典型土样（粉土、粉质黏土、黏土）的钻孔进行土样动三轴试验或共振柱试验，同一钻孔间隔分布的同类岩土层间距超过 5m 时，应分别取样。试验数量不少于包含典型土样（粉土、粉质黏土、黏土）钻孔的三分之一，且不少于 2 组。目的为场地地震反应计算中合理地考虑场地土体的非线性特性影响提供剪变模量比与剪应变关系曲线、阻尼比与剪应变关系曲线数据。

第五章　地震动预测方程确定

5.1　地震动是地震波引起的地表附近土层的振动。烈度是最早用来表示地震动特性的参数，但更为合理的表示地震动工程特性的地震动参数一般认为至少应包括以下三种，即地震动幅值(加速度、速度、位移)、谱型(反应谱的形状)及强震动持续时间(简称持时)。

采用中强地震区水平向基岩地震动加速度反应谱预测方程（周期至 6s），可参照表 1、表 2。

表 1：中强地震区基岩水平向加速度反应谱预测方程模型系数（长轴）

T(s)	A_1	B_1	A_2	B_2	C	D	E	σ
PGA	2.452	0.499	3.808	0.290	2.092	2.802	0.295	0.245
0.04	2.482	0.499	3.792	0.298	2.086	2.802	0.295	0.261
0.05	2.626	0.482	3.948	0.279	2.083	2.802	0.295	0.266
0.07	2.738	0.479	4.004	0.283	2.072	2.802	0.295	0.265
0.10	2.877	0.469	4.087	0.283	2.063	2.802	0.295	0.261
0.12	2.917	0.466	4.058	0.290	2.060	2.802	0.295	0.261
0.16	3.032	0.461	4.244	0.275	2.071	2.802	0.295	0.261
0.20	2.992	0.468	3.969	0.318	2.072	2.802	0.295	0.261
0.24	2.760	0.500	3.883	0.327	2.056	2.802	0.295	0.264
0.26	2.535	0.523	3.772	0.332	2.020	2.802	0.295	0.270
0.30	2.320	0.544	3.632	0.341	1.985	2.802	0.295	0.274
0.34	2.298	0.542	3.523	0.353	1.986	2.802	0.295	0.273
0.40	1.958	0.591	3.430	0.364	1.989	2.802	0.295	0.274
0.50	1.822	0.600	3.240	0.382	1.988	2.802	0.295	0.276
0.60	1.478	0.638	3.009	0.401	1.965	2.802	0.295	0.283
0.80	1.135	0.669	2.771	0.417	1.953	2.802	0.295	0.291
1.00	0.720	0.716	2.525	0.438	1.938	2.802	0.295	0.300
1.20	0.515	0.735	2.305	0.459	1.940	2.802	0.295	0.315
1.50	0.416	0.727	2.055	0.475	1.935	2.802	0.295	0.330
1.70	0.318	0.727	1.838	0.492	1.924	2.802	0.295	0.338
2.00	-0.147	0.756	1.434	0.512	1.838	2.802	0.295	0.342
2.40	-0.255	0.737	0.987	0.546	1.804	2.802	0.295	0.343
3.00	-0.483	0.741	0.611	0.572	1.769	2.802	0.295	0.340
4.00	-0.704	0.729	0.087	0.607	1.735	2.802	0.295	0.336

5.00	-0.871	0.720	-0.349	0.640	1.706	2.802	0.295	0.333
6.00	-0.836	0.673	-0.836	0.673	1.660	2.802	0.295	0.333

注：σ为标准差；适用范围 M 5.0-7.0、R 0-200km

表 2：中强地震区基岩水平向加速度反应谱预测方程模型系数（短轴）

T(s)	A_1	B_1	A_2	B_2	C	D	E	σ
PGA	1.738	0.475	2.807	0.310	1.734	1.295	0.331	0.245
0.04	1.782	0.473	2.769	0.321	1.729	1.295	0.331	0.261
0.05	1.919	0.458	2.954	0.298	1.727	1.295	0.331	0.266
0.07	2.039	0.453	3.019	0.302	1.718	1.295	0.331	0.265
0.10	2.189	0.443	3.101	0.303	1.711	1.295	0.331	0.261
0.12	2.234	0.439	3.085	0.308	1.708	1.295	0.331	0.261
0.16	2.308	0.441	3.325	0.283	1.717	1.295	0.331	0.261
0.20	2.303	0.442	3.027	0.330	1.718	1.295	0.331	0.261
0.24	2.071	0.474	2.916	0.343	1.703	1.295	0.331	0.264
0.26	1.846	0.498	2.788	0.353	1.672	1.295	0.331	0.270
0.30	1.640	0.519	2.645	0.364	1.643	1.295	0.331	0.274
0.34	1.616	0.518	2.558	0.373	1.643	1.295	0.331	0.273
0.40	1.263	0.568	2.423	0.389	1.643	1.295	0.331	0.274
0.50	1.126	0.577	2.234	0.406	1.642	1.295	0.331	0.276
0.60	0.791	0.613	1.975	0.431	1.622	1.295	0.331	0.283
0.80	0.433	0.647	1.734	0.446	1.610	1.295	0.331	0.291
1.00	0.016	0.695	1.465	0.471	1.596	1.295	0.331	0.300
1.20	-0.183	0.712	1.221	0.495	1.597	1.295	0.331	0.315
1.50	-0.290	0.706	1.020	0.503	1.592	1.295	0.331	0.330
1.70	-0.375	0.704	0.819	0.519	1.583	1.295	0.331	0.338
2.00	-0.826	0.736	0.445	0.540	1.510	1.295	0.331	0.342
2.40	-0.915	0.716	0.069	0.564	1.481	1.295	0.331	0.343
3.00	-1.128	0.719	-0.276	0.587	1.451	1.295	0.331	0.340
4.00	-1.334	0.706	-0.739	0.614	1.423	1.295	0.331	0.336

5.00	-1.482	0.697	-1.121	0.641	1.398	1.295	0.331	0.333
6.00	-1.422	0.649	-1.422	0.649	1.361	1.295	0.331	0.333

注：σ为标准差；适用范围 M 5.0-7.0、R 0-200k

第六章　概率地震危险性分析

概率地震危险性分析是地震安全性的主要评价方法。潜在震源区划分是采用概率地震危险性分析方法的关键,技术环节。

G18306-2015 中采用了三级潜在震源区划分模型。

6.1 地震区带划分与潜在震源区划分

6.1.1 依据地震活动空间分布和地震与活动构造特征划分地震区、地震带和地震统计区。

6.1.2 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。

6.1.3 潜在震源区边界划分时应综合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。

6.2 地震活动性参数确定

6.2.1 地震统计区 地震活动性参数应包括地震统计区的震级上限、震级下限、震级-频度关系系数、地震年平均发生率。

6.2.2 潜在震源区地震活动性参数应包括潜在震源区震级上限、各震级档空间分布函数。

6.2.3 确定地震统计区地震活动性参数时，应分析地震统计区地震资料完整性、可靠性、代表性，分析现代地震活动水平和地震活动趋势，以及已经发生的最大地震和地震构造特征，综合确定其相关参数。

6.2.4 确定潜在震源区的地震活动性参数时，应综合考虑地震活动水平、震级和活动特征、地震构造条件，以及构造规模与新活动性、大震复发特征等，综合确定相关参数。

6.3 概率地震危险性分析计算

6.3.1 应给出地震动参数超越概率曲线。

6.3.2 对于第四系覆盖区，以钻孔为控制点作为概率地震危险性分析计算控制点，基岩裸露区，至少一平方公里取一个点作为计算控制点。

6.3.3 计算地震动反应谱时，周期点的分布应能控制反应谱形状。

概率地震危险性分析输出地震动参数的不同，取决于所采用的衰减关系的类型，但不同地震动参数的概率危险性分析计算过程是一致的。常用地震动参数类型有：地震烈度、地震动峰值加速度（水平向/竖直向）、地震动加速度反应谱（水平向/竖直向），在进行反应谱的计算时，周期范围应当满足工程特点的需要，为了可靠地限定反应谱的形状，并且应注意这些周期分布应相对对数均匀分布。

6.4 不确定性校正

6.4.1 应考虑地震动衰减关系不确定性校正。

6.4.2 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。

概率地震危险性分析中，每个环节都存在不确定性，往往对结果会产生较大的影响。

对于其他方面的不确定因素的影响，可根据结果对参数变化的敏感性分析来考虑对计算结果的适当的调整。

6.5　结果表述

6.5.1　应以表格形式给出对目标区范围地震危险性起主要作用的各潜在震源区的贡献。

6.5.2　应以图和表格的形式给出不同控制点 50 年超越概率 63%、10%、2%的地震危险性的概率分析结果，根据业主需求或者合同约定提供 100 年不同超越概率的结果。

第七章　场地地震动参数确定

地震动参数确定是地震安全性评价的目标，其结果作为建设工程抗震设防的依据。

7.1　地震动参数和时程的确定

7.1.1　确定场地地表的地震动峰值和反应谱。

地震动峰值加速度和加速度反应谱是最常用的地震动参数。

7.1.2　反应谱宜以规准化形式表示

反应谱宜以规准化形式表示，宜采用《中国地震动参数区划图》中的标准反应谱的形式。

7.1.3　自由基岩场地，应根据地震危险性分析结果确定场地地震动参数：

应根据概率方法的结果确定场地地震动参数。

对于目标区范围为自由地表基岩场地或场地分类属于 I 类场地的情况，不存在或可不考虑工程场地局部土层条件对地震动影响的问题，地震危险性分析计算得到的基岩地震动将代表工程场地的地震动。因此，可根据地震危险性分析结果直接确定场地地震动参数值。

7.1.4　土层场地，应建立场地地震反应分析模型，进行场地地震反应分析，并基于场地分析结果确定场地地震动参数。

由于场地地震反应计算中，利用人工地震动合成技术给出计算输入地震动时程，每一人工合成的地震动时程均只能看作是给定反应谱对应的一个样本时程，要提高反应计算结果的可靠性，在场地地震反应分析计算时，应利用多条样本时程作为计算输入地震动。应注意合成的人工时程和时程包络函数的匹配性。

场地地震动参数值应根据反应计算结果确定，其确定方法为取对应不同钻孔模型来计算控制点地震动反应谱（包括地震动峰值），采用均值拟合谱规准所得结果作为控制点地震动参数值。

7.1.5　依据场地地震动参数合成场地地震动时程。

反应谱拟合周期控制点数不得少于 50 个，样本数不少于 5 条，周期控制点应大体均匀地分布于周期的对数坐标上，控制点谱的相对误差应小于 5%。

7.2　场地地震反应分析模型的建立

7.2.1 地面、土层界面及基岩面均较平坦时，可采用一维分析模型；

7.2.2　确定地震输入界面时应符合下列规定：

——钻探确定的基岩面；

——剪切波速不小于 500 m/s 的土层顶面；

——钻探深度超过 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。

7.3　场地土层模型参数的确定

场地地震反应分析模型参数包括土层剖面描述参数及土体力学性能参数，它们是土层厚度（空间三维变化）、土体密度、土体 S 波（剪切波）与 P 波波速、土体动力非线性关系，即剪变（或压缩）模量比与剪（或轴）应变关系曲线、阻尼比与剪（或轴）应变关系曲线。这些参数均可根据场地工程地质条件勘测与试验结果确定。

7.4　输入地震动参数的确定

输入地震动参数指地震反应分析计算中地震输入界面处的入射地震波参数，它反映的是地震震源特性、地震波从震源传播至场地的途径及介质特性对场地地震动的影响。

7.4.1　合成适合工程场地的基岩地震动时程，应符合下列要求：

反应谱的周期控制点在对数坐标轴上应合理分布，个数不得少于 50 个，控制点谱的相对误差应小于 5%；应给出五个以上相互独立的基岩地震动时程。

7.4.2　本地有强震动记录时，宜充分利用其合成适合工程场

地的基岩地震动时程。

7.4.3　应按基岩地震动时程幅值的 50%确定输入地震波。

7.5　场地地震动参数的确定

7.5.1 基岩地震动参数应按概率方法得到的结果确定。

根据危险性分析结果针对每个控制孔进行规准确定反应谱参数。

7.5.2　一维模型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，计算可用等效线性化波动法。

7.5.3　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。

7.5.4　应根据计算所得到的场地相关反应谱，综合确定每个控制点场地地震动参数。区域性地震安全性评价结果不应低于现行《中国地震动参数区划图》对应的超越概率结果和相关行业抗震设计规范中的取值。

7.6　区域性地震安全性评价结果表述

7.6.1　应以表格和等值线形式表示目标区地震动参数结果。

场地地震动参数不同超越概率地震动参数见下表(根据业主需求或者合同约定提供 100 年不同超越概率的结果)：

	年限	超越概率	重现期
抗震设防概率水准(阻尼比 5%)	50 年	63%	(约 50 年一遇)
		10%	(约 475 年一遇)
		2%	(约 2500 一遇)

7.6.2　应给出抗震设计数据使用说明。

以上给出的区域性地震安全性评价结果适用于目标区范围内一般重大工程（特殊重大工程除外）的抗震设计，使用说明应包含以下内容：

1.根据建（构）筑物所处位置的经纬度确定其场地位置；

2.确定场地位置所在场地的类别；

3.根据场地类别选择距场地位置最近且场地类别相同的控制孔地震动参数结果作为其抗震设计参数；

4.根据建筑结构类型选取不同超越概率水准的地震动参数；

5.根据建筑结构材料确定对应的阻尼比；如果阻尼比为 5%，可直接采用给出的结果；

6.如果工程结构抗震设计中需要设计地震动的其它阻尼比加速度反应谱，可依据不同建筑结构的抗震规范中所给的地震影响系数的阻尼比调整规定，利用场地地震动 5%阻尼比加速度反应谱计算场地地震动的其它阻尼比加速度反应谱值。

7.如需竖向地震动参数，可依据不同建筑结构的抗震规范中所给的竖向地震影响系数调整方法进行调整给出。

8.如果目标区详细勘察结果表明该场地土动力参数与该分区场地土动力参数有明显差异时，应复核确定该场地的地震动参数。

9.所选参数如果小于场地所在位置对应的区划结果，选区划结果作为抗震设计参数。

10.区域性地震安全性评价工作的工程地震钻孔密度相对较小，特殊重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程，其抗震设计参数应进行专门研究。

第八章　场地地震地质灾害初步评价

通过对历史地震资料的考证、调查与分析，阐明目标区范围及附近地区历史上有没有遭受过地震地质灾害，以及灾害的类型和程度等。在此基础上，参照工程地质勘察结果进行地震地质灾害现场勘查，为评价场地可能发生的地基土液化、软土震陷、崩塌、滑坡、地裂缝、泥石流、沉陷、塌陷等地震地质灾害提供资料。应按照不同超越概率水平评价地震地质灾害可能性及其程度。

8.1　地基土液化

应调查历史地震造成的液化现象，勘查地下水位、可能液化土层的埋藏深度，测定标准贯入锤击数和颗粒组成。在历史地震资料考证、调查与分析的基础上，针对目标区相应概率水准地震动作用，判别场地是否存在能产生液化的饱和砂土地基。

应调查地下水位、标准贯入锤击数、粘粒含量、可液化地层厚度、非液化地层厚度等资料，并进行剪切波速测试。

8.2　软土震陷

应收集和调查软土层厚度分布及软土震陷等资料。应收集软土的物理性质和钻孔剪切波速测试资料。针对目标区相应概率水准地震动作用，进行软土震陷判别和评价。

8.3　崩塌、滑坡等其它地震地质灾害

应收集和调查地形坡度、岩石风化程度、古河道、崩塌、滑坡、地裂缝等资料，针对目标区相应概率水准地震动作用，进行崩塌、滑坡危险程度评价。

崩塌资料的调查和收集包括：崩塌类型、规模、范围、崩塌体的大小和崩落方向，崩塌区的地形地貌、岩性特征、地质构造等资料。

滑坡资料的调查和收集包括：滑坡的类型、范围、规模、主滑方向、形成原因和稳定程度，以及易滑坡地层分布与山体地质构造、地貌形态等资料。

地裂缝资料的调查和收集包括：场地裂缝发育的规模、特征和分布范围，分析形成裂缝的地质环境条件（地形地貌、地层岩性、构造断裂等），以及产生地裂缝的诱发因素（地下水开采、采煤沉陷）。

8.4　地表断层

应收集地震引起的地表和近地表断层的分布、产状、活动性质、断层带宽度、位错量及覆盖层厚度等资料。要注意收集地震引起的地表和近地表断层的分布状况，比如展布位置方向、产状、活动性质、断层带宽度、位错量及覆盖层厚度等资料。

必要时采取物探技术手段查明目标区是否存在断层。

8.5　地震地质灾害分布图

应在工程地质单元划分图的基础上编制目标区地震地质灾害分布图，标明灾害的类型、分布范围和危险程度。图件比例尺不

小于 1：50000。

第九章　成果提交

为了便于今后入驻园区（目标区）建设方使用，成果提交需包含以下内容：

1.纸质版评价报告（报告数量据委托方合同约定）

2.电子版刻盘，包括：

1) 评价报告；

2) 实物工作量清单；

3) 目标区勘查钻孔孔位经纬度列表；

4) 剪切波速报告；

5) 如场地有典型土样，需提供动三轴或共振柱试验报告；

6) 人工时程数据。

其中，以矢量方式成图的需提供矢量图。