

# 海域地震动参数区划 技术规程 (建议稿)

2021年8月



# 目 录

1. 范围.....	2
2. 规范性引用文件.....	2
3. 术语和定义.....	3
4. 海域地震区划原则和要求.....	5
5. 工作内容和流程.....	6
6. 地震活动性评价.....	7
7. 区域地震构造评价.....	9
8. 地震危险性分析.....	13
9. 地震动衰减关系确定.....	14
10. 海域场地地震动影响调整.....	15
11. 海域地震动参数区划图件编制.....	17
12. 海域地震动参数区划编制及结果使用说明.....	18

# 海域地震动参数区划技术规程

## 1. 范围

本规程规定了海域地震动参数区划原则和要求、工作内容和流程、技术方法，资料获取和图件编制要求，以及区划图的技术要素、基本规定和使用范围。

本规程适用于海域地震动参数区划图编制，海域工程场地地震安全性评价工作也可参照使用。

## 2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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/T18207.1-2008 防震减灾术语第1部分：基本术语

GB 17740 地震震级的规定

GB 18306—2015 中国地震动参数区划图

GB17741 工程场地地震安全性评价

GB 50021 岩土工程勘察规范

JGJ 83—2011 软土地区岩土工程勘察规程

GB/T 36072-2018 活动断层探测

GB50135-2019 高耸结构设计标准

GB 17502-2009-T 海底电缆管道路由勘察规范

GB 50470—2017 油气输送管道线路工程抗震技术规范

### 3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

#### **超越概率** probability of exceedance

在一定时期内，工程场地可能遭遇大于或等于给定的地震动参数值的概率。

#### **地震动参数** seismic ground motion parameter

表征抗震设防要求的地震动物理参数，包括地震动峰值加速度和加速度反应谱值等。

#### **地震区划** seismic zonation

以地震动参数为指标，对研究区域地震影响程度的区域划分。

#### **地震构造** seismic structure

与地震孕育和发生有关的地质构造。

#### **地震动衰减关系** ground motion attenuation relation

地震动参数与表征地震震源、地震波传播路径、场地条件等因素的物理量之间的函数关系。

#### **地震区** seismic region

地震活动性和地震构造环境均相类似的区域。

#### **地震带** seismic belt

地震活动性与地震构造条件密切相关的地带。

#### **古地震** paleo-earthquake

没有文字记载、采用地质学方法发现的地震事件。

#### **活动构造** active structure

晚更新世以来有活动的地质构造，包括活动断层、活动褶皱、活

动盆地、活动隆起等。

**发震构造 seismogenic structure**

曾发生和可能发生破坏性地震的地质构造。

**最大潜在地震 maximum potential earthquake**

未来可能发生的最大地震。

**地震构造区 seismotectonic province**

具有同样地质构造和地震活动性的地理区域。

**地震统计区 seismicity zone**

概率地震危险性分析中，可采用一致地震活动性模型表征其地震活动统计特征的区域。

**潜在震源区 potential seismic source zone**

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。

**震级上限 upper limit magnitude**

概率地震危险性分析中，地震统计区或潜在震源区内可能发生的地震的震级上限值。

**震级下限 lower limit magnitude**

概率地震危险性分析中，影响工程场地地震危险性的最小地震震级。

**空间分布函数 spatial distribution function**

概率地震危险性分析中，表征地震统计区内各震级档地震发生在每个潜在震源区可能性的函数。

**近岸陆域 nearshore land**

海岸线以内对海域地震危险性有影响不小于 150km 的陆域范围。

### **俯冲带海域 subduction sea area**

受地震俯冲带影响的海域范围，如琉球海沟俯冲带、台湾南-马尼拉海沟俯冲带等。

### **近海海域 coastal sea area**

离陆地较近的海域。

## **4. 海域地震区划原则和要求**

### **4.1 海域地震区划范围**

- 1) 应考虑区划成图范围及工作范围；
- 2) 工作范围应不小于区划成图范围及外延半径 150 km 的区域；
- 3) 应考虑 150 km 以外大地震，特别是俯冲带地震影响。

### **4.2 海域地震区划工作应包括以下关键技术环节**

- 1) 基础资料收集与基础图件编制；
- 2) 地震活动性和地震构造调查与评价；
- 3) 地震危险性分析与基岩地震动计算；
- 4) 区划场地基岩地震动参数分区图编制与场地影响地震动参数调整。

### **4.3 海域地震动参数区划方法和技术应反映海域工程抗震设防要求的特殊性**

- 1) 海域地震区划采用的控制性地震动参数及设防水准应根据海域工程设防的特殊需求确定，应考虑对地震动长周期反应谱的需求；
- 2) 区域地震危险性分析方法应考虑涉及陆域、近海板内潜在地震及俯冲带浅部和中深部源潜在震源共同影响，采用具有三维空间运

算能力的概率地震危险性分析方法。

#### 4.4 区划图应采用多概率水平、多参数表征的地震动分区形式

1) 区划图的概率水平应包括区划场地中海洋和岛礁建设工程抗震设防所需求的不同概率水平；

2) 区划图应表征海洋和岛礁建设工程抗震设防所需求的地震动参数，应以峰值加速度及多个周期点加速度反应谱值为表征参数，表征参数宜包括峰值速度、峰值位移等；

3) 区划图应以基岩地震动参数成图，区划范围不同类别场地的地震动参数应利用海域场地分类和场地地震动参数调整的方式确定。

## 5. 工作内容和流程

### 5.1 海域地震动参数区划的技术路线和工作流程如图 1 所示。

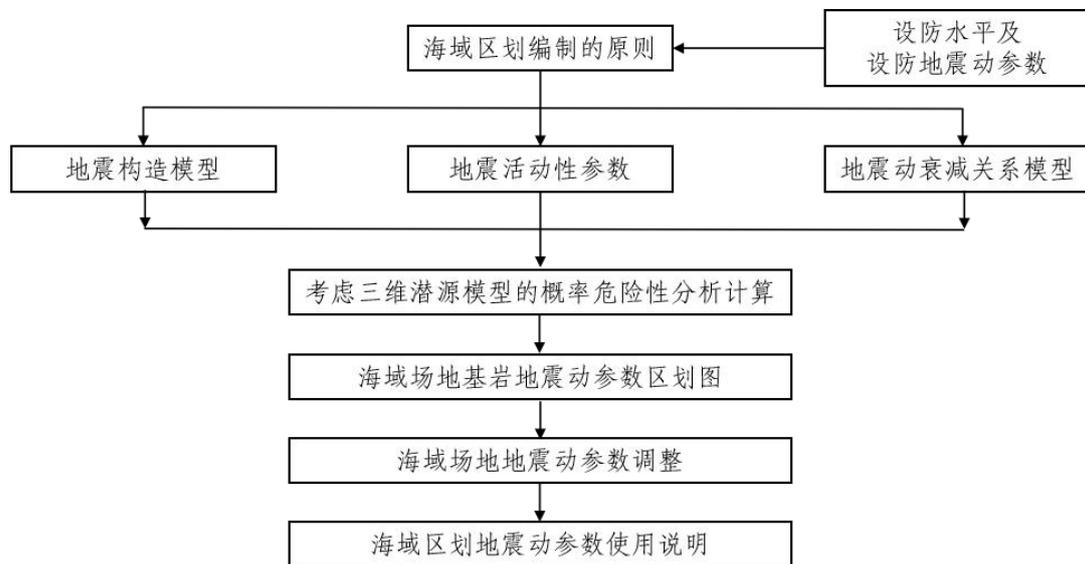


图 1 海域地震动参数区划的技术路线和工作流程

### 5.2 海域地震动参数区划工作内容应包括：

- 1) 地震活动性评价；
- 2) 地震构造评价；

3) 地震区、地震带和潜在地震震源区划分及地震活动性参数确定;

4) 地震动参数衰减关系确定, 包括地震动峰值加速度、峰值速度、峰值位移及加速度反应谱衰减关系;

5) 地震危险性分析, 计算区划场地空间网格点基岩地震动参数;

6) 区划场地基岩地震动参数分区图编制;

7) 海域场地分类及考虑场地影响的调整分区方案;

8) 地震动参数区划图使用说明书编制。

## 6. 地震活动性评价

### 6.1 地震资料来源

1) 近岸陆域, 应依据我国正式出版的地震目录和地震部门公布的地震报告;

2) 近海海域, 宜主要依据我国正式出版的地震目录和地震部门公布的地震报告, 并根据中国台湾地区, 与日本、韩国、朝鲜、菲律宾、越南等国或 HRVD、NEIC、USGS、ISC、NIED 等地震组织出版或发布的地震目录和地震报告进行补充和修订;

3) 俯冲带范围, 宜主要依据 HRVD、NEIC、USGS、ISC、NIED 等地震组织出版或发布的地震目录和地震报告。

### 6.2 地震资料处理

1) 应将收集到的地震目录或地震报告中的发震时间, 统一到我国大陆采用的东八区标准时间;

2) 所有地震均应给出面波震级  $M_s$ , 近海海域、俯冲带范围的地震, 可以同时给出矩震级  $M_w$ 、体波震级  $m_B$  和  $m_b$  等; 对于没有给出

面波震级  $M_s$  的地震，应给出相应的震级转换关系确定面波震级  $M_s$ ，并进行震级误差分析；

3) 应评估并给出区域范围内不同时间段、不同区域的地震定位精度。

### **6.3 地震目录的编制**

1) 编制区域地震目录，应包括历史破坏性地震目录和中小地震目录；

2) 历史破坏性地震目录应包括：发震时间、震中位置、震源深度、震级、定位精度等。其中，仪器记录的地震的发震时间应给至时、分、秒；近岸陆域内的地震应给出震中地名，其他海域内的地震应给出所属海域；震级至少要给出面波震级  $M_s$ ，可以同时给出矩震级  $M_w$ 、体波震级  $m_B$  和  $m_b$  等；

3) 地震目录，应包括区域内可定震中参数的最小震级以上的地震事件。

### **6.4 震中分布图的编制**

1) 应注明资料来源及震中定位精度；

2) 应注明资料起止年代；

3) 应注明主要地震的震级和发震日期；

4) 应区分出浅源、中源和深源地震；

5) 俯冲带部分应给出特定方向地震分布纵剖面。

### **6.5 地震活动时空特征的分析，应包括**

1) 地震资料各震级档的完整性评价，编制海域统一地震目录；

2) 地震的空间分布特征分析，应建立近海大陆架及俯冲带地震活动性模型；

3) 地震活动随时间变化特点及未来地震活动水平评价，应确定近海大陆架及俯冲带地震活动性参数。

**6.6 应收集、补充区域震源机制解资料，编制震源机制分布图。**

## 7. 区域地震构造评价

### 7.1 海域地震构造评价

#### 7.1.1 图件比例尺

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

#### 7.1.2 地震构造

1) 区域地震构造工作应遵循图 2 所示流程：

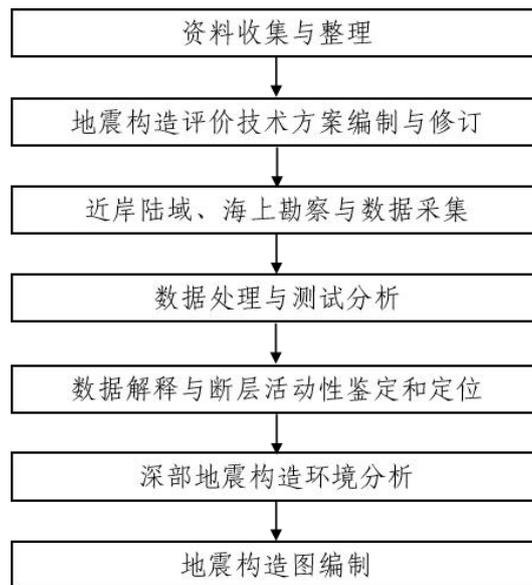


图 2 近岸陆域与海域地震构造图编制工作流程

工作内容应包括 5 个方面：

- a) 资料收集与整理；
- b) 海上勘察与数据采集；
- c) 资料处理、测试分析与数据解释；

d) 海域活动断层活动性鉴定和定位；

e) 海域地震构造图编制。

2) 根据实地调查和已有资料编制海域地震构造图，图中应包括：

a) 第四纪以来活动的主要断层，区别其活动时代；

b) 晚第四纪以来活动断层的性质和运动特性；

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。

### 7.1.3 海域深部地震构造环境分析

1) 应收集、整理海域历史地震目录、重新定位的中小地震目录和地震震源机制解、应力测量数据、水平和垂直形变等资料，分析现今构造应力—应变环境和不同走向海域活动断层的力学稳定性，评价海域整体的地震活动水平；

2) 应收集、整理海域已有地震层析成像、深部地球物理探测、重磁电等研究成果，必要时可采用地震深反射探测、大地电磁测深、地震台阵观测、主动源探测等技术方法开展二维或三维深部结构探测研究，分析地壳上地幔结构和构造、介质特性、海域活动断层的深浅构造关系。

### 7.1.4 海域活动断层详细探测、活动性鉴定和定位

#### 1) 详细探测

宜采用单波束探测、多波束探测、侧扫声纳测量、浅地层剖面测量、单道地震、多道地震、地质钻探等方法，对海域活动断层的最新活动时代进行鉴定，确定断层的活动性参数和平面展布，编制研究区海域活动断层展布图。

## 2) 活动性鉴定

a) 应根据断错地层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、晚更新世和全新世断层四类。

b) 海域活动断层的判定应有两个或以上可靠的观测点或钻孔联合地质剖面资料的依据，每个观测点或地质剖面的有效年龄数据应不少于两个；

c) 应根据断层两盘块体的运动特征，将断层分为走滑断层、正断层和逆断层等类型；宜给出海域活动断层的几何结构、不同时期位移量、同震位移量、滑动速率等参数。

## 3) 海域活动断层定位

海域活动断层定位有下列两种技术途径可选择：

a) 对浅地层探测获取的近海底断层应选择条带状地质—地貌探测方法，配合观测点仪器定位和大比例尺地形底图，标绘海域活动断层迹线；

b) 对隐伏活动断层应选择高分辨地震勘探方法，以及必要的跨断层多钻孔联合勘探分析，配合观测点仪器定位和大比例尺地形底图，用断层上断点在海底的垂直投影标绘隐伏活动断层展布。

### 7.1.5 海域地震构造图编制满足下列要求

1) 标注内容应包括：

a) 断层类型与产状；

b) 全新世断层、晚更新世断层、早中更新世断层、前第四纪断层；

c) 海域活动断层在海底的迹线或上断点在海底的垂直投影；

- d) 新生代或第四纪沉积盆地边界；
- e) 第四系分布范围和第四系等厚线；
- f) 破坏性地震震级和震中位置。

2) 附图和附件应包括下列内容：

- a) 实际材料图；
- b) 海域新构造分区图；
- c) 海域地质剖面图；
- d) 海域重磁异常图；
- e) 海域地壳等厚线图；
- f) 海域地震构造图说明书。

## 7.2 近岸陆域地震构造图编制满足下列要求

1) 标注内容应包括：

- a) 断层类型与产状；
- b) 全新世断层、晚更新世断层、早中更新世断层、前第四纪断层；
- c) 活动断层地表迹线或上断点在地表的垂直投影；
- d) 新生代或第四纪沉积盆地边界；
- e) 第四系分布范围和第四系等厚线，单位为米(m)；
- f) 破坏性地震震级和震中位置；
- g) 第四系、新近系、古近系、前新生代基岩和岩浆岩等地层单元。

2) 支撑图件应包括下列内容

- a) 实际材料图；
- b) 区域新构造分区图；

- c) 区域地质剖面图；
- d) 区域重磁异常图；
- e) 区域地壳等厚线图；
- f) 区域第四纪地层综合柱状图；
- g) 区域地震构造图说明书。

### **7.3 俯冲带海域地震构造图编制满足下列要求**

- 1) 标注内容应包括：
  - a) 断层类型与产状；
  - b) 俯冲带在海底的迹线在海底的垂直投影；
  - c) 新生代或第四纪沉积盆地边界；
  - d) 破坏性地震震级和震中位置。
- 2) 支撑图件应包括下列内容
  - a) 实际材料图；
  - b) 俯冲带层析成像结果；
  - c) 俯冲带海域地质剖面图；
  - d) 海域重磁异常图；
  - e) 海域地壳等厚线图；
  - f) 俯冲带海域地震构造图说明书。

## **8. 地震危险性分析**

### **8.1 潜在震源模型**

根据地震构造环境和地震活动特点，考虑地震构造环境与地震活动特征的空间不均匀性，建立潜在震源模型。

### **8.2 俯冲带中深源地震的三维潜在震源模型**

根据俯冲带地震构造与地震活动性三维结构特征,建立考虑俯冲带地震活动特点的三维潜在震源模型。

### **8.3 地震危险性概率分析**

#### **8.3.1 地震带划分**

应依据地震活动空间分布的成带性和地震与活动构造带的一致性划分地震带。

#### **8.3.2 潜在震源区划分与地震活动性参数的确定**

应充分考虑区划研究区域的近岸陆域、近岸海域和俯冲带的潜在震源模型的差异,划分潜在震源区并确定地震活动性参数。潜在震源区类型包括平面潜在震源区与三维断层面潜在震源区。

#### **8.3.4 地震危险性分析计算**

1) 应根据海域地震区划编图需要,给出给定地震动参数的超越概率和给定概率的地震动参数。

2) 应根据海域地震区划编图需要,计算给出不同超越概率的地震动峰值(峰值加速度、速度或位移)及地震动加速度反应谱值。反应谱周期点的选择应根据海域重大工程结构特点和海域地震动环境特点确定,应能控制地震环境的反应谱形状和海域重大工程的主要自振周期。

3) 应考虑地震动衰减关系不确定性校正。

4) 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。

## **9. 地震动衰减关系确定**

### **9.1 海域地震动衰减关系一般规定**

9.1.1 可采用实际强震记录或转换方式建立适用于近岸、陆域的

地震动衰减关系；

9.1.2 应采用包括峰值加速度和长周期（10 秒以上）的地震动反应谱衰减关系，地震动衰减关系中宜包括峰值速度和峰值位移；

9.1.3 应考虑地震动峰值加速度和反应谱的高频分量在大震级和近距离的饱和特性；

9.1.4 应考虑俯冲带中深源地震动的衰减特征，采用相应的地震动衰减关系。

## 9.2 俯冲带中深源地震动衰减关系

9.2.1 应采用包括长周期（10 秒以上）的地震动反应谱衰减关系。

9.2.2 对深源地震，地震动反应谱衰减关系应考虑震源深度的影响。

# 10. 海域场地地震动影响调整

## 10.1 海域场地分类基础资料

10.1.1 应收集海域场地环境资料，分析海底地形特征并确定工作范围属性：大陆架、大陆坡或大洋底场地。

10.1.2 对于大陆架区域场地，应收集浅部场地条件勘测资料。

## 10.2 场地分类

10.2.1 应依据场地土层性质、覆盖土层厚度和土层等效剪切波速值确定海域场地分类，可按表 10.1 确定海域场地分类。

表 10.1 场地类别划分表

场地覆盖土层等效剪切波速 $V_{se}$ (或岩石剪切波速 $V_s$ ) m/s	场地覆盖土层厚度 $d$ m					
	$d=0$	$d<5$	$5\leq d\leq 15$	$15<d\leq 40$	$50<d\leq 80$	$d>80$
$V_s > 800$	I <sub>0</sub>	—				
$800\geq V_s > 500$	I <sub>1</sub>	—				
$500\geq V_{se} > 290$	—	I <sub>1</sub>	II <sub>1</sub>		II <sub>2</sub>	
$290\geq V_{se} > 240$	—	I <sub>1</sub>	II <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>
$240\geq V_{se} > 190$	—	I <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>		III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>
$V_{se}\leq 190$	—	I <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV

10.2.2 场地土层等效剪切波速  $V_{sc}$ 可按式 (10.1) 和 (10.2) 计算。

$$V_{sc} = d_0 / t \quad (10.1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / V_{si}) \quad (10.2)$$

式中:

$V_{sc}$ ——场地土层等效剪切波速, 单位为米每秒 (m/s);

$d_0$ ——计算深度, 单位为米 (m); 取覆盖层厚度和40 m两者的较小值。

$t$ ——剪切波在地面至计算深度之间的传播时间, 单位为秒 (s);

$d_i$ ——计算深度范围内第*i*土层的厚度, 单位为米 (m);

$V_{si}$ ——计算深度范围内第*i*土层的剪切波速, 单位为米每秒 (m/s);

$n$ ——计算深度范围内土层的分层数。

10.2.3 场地覆盖层厚度的确定, 宜符合下列要求:

1) 应按海底面至剪切波速大于 500 m/s 且其下卧各层岩土的剪切波速均不小于 500 m/s 的土层顶面的距离确定;

2) 剪切波速大于 500 m/s 的孤石、透镜体, 应视同周围土层;

3) 对于土层中的火山岩硬夹层, 计算中应忽略不计, 其厚度应从覆盖土层中扣除。

### 10.3 地震动参数场地影响调整

10.3.1 应根据海域场地分类进行场地地震动参数调整, 确定海域场地分区地震动参数。

10.3.2  $I_0$ 、 $II_1$ 、 $II_2$ 、 $III_1$ 、 $III_2$ 、 $IV$  类场地地震动峰值加速度  $a_{max}$  应根据  $I_1$  类场地地震动峰值加速度  $a_{max I}$  和场地地震动峰值加速度调

整系数  $F_a$ ，按式 (10.3) 确定：

$$a_{max} = F_a \cdot a_{maxI} \quad (10.3)$$

10.3.3 场地地震动峰值加速度调整系数  $F_a$  可按表 10.2 所给值分段线性插值确定。

表 10.2 场地地震动峰值加速度调整系数  $F_a$

II 类场地地震动峰值加速度值	场地类别						
	I <sub>0</sub>	I <sub>1</sub>	II <sub>1</sub>	II <sub>2</sub>	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV
≤0.05 g	0.90	1.00	1.15	1.35	1.66	1.60	1.56
0.10 g	0.90	1.00	1.12	1.32	1.56	1.50	1.46
0.15 g	0.90	1.00	1.11	1.29	1.40	1.36	1.33
0.20 g	0.90	1.00	1.10	1.26	1.26	1.10	1.18
0.30 g	0.90	1.00	1.02	1.08	1.08	1.02	1.00
≥0.40 g	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.90

10.3.4 地震动加速度反应谱值调整可参照峰值加速度的调整方案，或开展专门研究。

## 11. 海域地震动参数区划图件编制

### 11.1 编图原则

11.1.1 应编制 I<sub>1</sub> 类基岩场地的地震动参数区划图。

11.1.2 应提供地震动参数区划图使用相应的地震动参数场地影响调整方案。

### 11.2 超越概率水准

超越概率水准宜采用海域和岛礁建设工程设计需要的地震作用对应的重复周期，宜包括 50 年超越概率 10%、50 年超越概率 2%、100 年超越概率 10%、100 年超越概率 5%、100 年超越概率 2% 在内的多个概率水准。

### 11.3 地震动参数选取

地震动参数的选取根据海域和岛礁建设工程结构设计需要，宜给

出峰值加速度和周期为 0.1s、0.2s、0.4s、1.0s、2.0s、6.0s、10.0s 的加速度反应谱值。

#### **11.4 复杂场地条件考虑**

1) 区划图中应包括基于场地分类的地震动参数调整方案与应用说明。

2) 对于特殊场地条件，如场地土层水平方向变化显著、存在海底地形和深海水等场地，场地条件对地震动的影响应做专门研究。

#### **11.5 图件要求**

11.5.1 编制局部海域基岩地震动参数区划图，比例尺宜取 1:100 万。

11.5.2 编制全国海域基岩地震动参数区划图，比例尺宜取 1:400 万。

### **12. 海域地震动参数区划编制及结果使用说明**

#### **12.1 区划编制说明应包括以下内容：**

- 1) 区划项目任务的来源及区划的目标、范围；
- 2) 区划图编制的基础资料、采用的关键方法和技术内容；
- 3) 区划图采用的地震动参数、超越概率水平；
- 4) 地震动参数场地影响调整方案和建议的调整系数。

#### **12.2 区划结果使用说明应包括以下内容：**

- 1) 区划结果应直接使用的建设工程范围；
- 2) 区划结果可参照使用的建设工程范围；
- 3) 区划结果使用中应遵循的原则和应注意的问题
- 4) 其他方面，如在社会经济发展规划和国土利用规划、防灾减

灾规划、环境保护规划的相关规划的编制中使用的建议。