

团体标准

T/SSC XXX-20XX

中国大陆活动地块 强震长期危险性预测技术规程

Code of practice for forecasting long term seismic hazard of
strong earthquakes related to
active tectonic blocks in continental China

征求意见稿

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国地震学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	5
5 基础资料准备	5
6 活动地块细化	6
7 活动地块边界带应变分配	8
8 活动地块边界带强震危险源识别	9
9 强震危险源危险性判定	10
10 成果产出	11
附录 A（资料性） 中国大陆及邻区活动地块划分方案	12
参考文献	13

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。

本文件由中国地震学会提出并归口。

本文件起草单位：中国地震局地质研究所、中山大学、中国地震局第二监测中心、中国地震局兰州地震研究所、宁夏回族自治区地震局、应急管理部国家自然灾害防治研究院。

本文件主要起草人：张竹琪、郑文俊、王庆良、陈九辉、郝明、王伟涛、刘兴旺、雷启云、朱守彪、张冬丽、李传友、葛伟鹏、沈旭章。

引 言

“活动地块”假说阐明了活动地块及其边界带运动与变形对强震活动的控制作用，揭示了活动地块边界带断层系统强震活动存在相互关联，为更加全面地识别大陆内部强震发生地点和震级上限提供了重要理论依据。为促进活动地块假说在强震长期危险性预测中的应用，完善我国强震预测理论体系，本文件编写组综合“活动地块”假说提出以来的应用经验和成果、地震长期危险性预测基本方法，以及编写组在活动地块理论及强震危险性预测研究等方面的新进展，形成了“中国大陆活动地块强震长期危险性预测技术规程”。本文件的编制工作受到国家重点研发计划专项“重大自然灾害监测预警与防范”之项目“鄂尔多斯活动地块及边界带强震动力学模型与地震危险性研究”（2017YFC1500100）的资助。

本文件学术顾问：张培震、闻学泽、张晓东、马胜利、邵志刚、马宏生。

中国大陆活动地块强震长期危险性预测技术规程

1 范围

本文件描述了基于活动地块理论预测强震长期危险性的基本原则，以及开展活动地块细化、活动地块边界带应变分配、活动地块边界带强震危险源识别与强震危险源危险性判定的基本流程。

本文件适用于基于活动地块理论开展区域强震长期危险性判定工作。

2 规范性引用文件

下列文件或标准中的条款通过文中的规范性引用而成为本规程的条款。其中，标注年份的文件，仅该年份对应的版本适用于本文件；不标注年份的引用文件，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/T 36072 活动断层探测

GB/T 18207.2 防震减灾术语第2部分：专业术语

GB/T 18208.3 地震现场工作第3部分：调查规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

活动地块 active tectonic block

形成于晚新生代，被晚第四纪至现今强烈活动的构造带所分割、围限并且内部地壳具有相对统一的运动方式的地质构造单元。

3.2

活动地块边界带 boundary zone of active tectonic block

分隔活动地块的构造或构造带，一般宽约数百米至数千米不等，组成单元包括活动断层、活动褶皱、活动盆地、活动造山带等。

3.3

活动地块类型 type of active tectonic block

按照内部变形幅度，活动地块分为两种类型：一种是相对稳定，不发生大幅度构造变形的刚性地块，另一种是内部次级地块之间发生相对运动或存在连续变形的可变形地块，但变形幅度远小于活动地块边界带。

3.4

边界带类型 type of boundary zone

活动地块边界带按地块级别分为活动地块区边界和活动地块边界，按组成构造的复杂程度分为单一

边界、复合边界和综合边界：单一边界由单条活动断裂（带）组成；复合构造边界由两条以上活动断裂及其他类型的组成单元共同组成；综合边界由活动造山带等复杂组成单元或复杂地震活动条带所组成。

3.5

边界带结构 structure of boundary zone

活动地块边界带组成单元的构造几何图像、空间展布、三维形态及边界带岩石圈与地壳物理属性结构。

3.6

边界带分段 segmentation of boundary zone

根据活动构造调查、地球物理探测及大地测量数据及资料，将活动地块边界带划分为组成构造类型、深浅结构及变形方式相对统一的区段。

3.7

活动地块地球物理场 geophysical field of active tectonic block

目标区域活动地块及其边界带范围多类型地球物理场背景分布与变化特征。

3.8

活动地块运动学背景 kinematic background of active tectonic block

目标和邻区活动地块及其边界带晚第四纪与现今运动方式、速率，以及区域应力应变环境等特征。

3.9

地震活动断层 seismo-active fault

晚更新世以来，曾经发生和可能发生地表破裂型地震的活动断层。本文件中特指地块及边界带曾发生和可能发生破坏性地震的活动断层。

[来源：GB/T 36072，有修改]

3.10

发震构造 seismogenic structure

曾发生和有能力发生破坏性地震的地质构造。本文件中特指地块及边界带曾发生和可能发生破坏性地震的活动构造。

[来源：GB 17741，有修改]

3.11

地震地表破裂带 earthquake surface rupture zone

震源断层错动在地表产生的破裂和形变的总称，由地表可见的地震断层面、地震鼓包、地震裂缝（带）、地震沟槽等组成。本规程中特指历史和现代地表破裂型地震在地表引起并保留的破裂与形变带。

[来源：GB/T 18208.3]

3.12

断层无震滑动 aseismic slip on fault

断层两盘间不产生地震的缓慢滑动，包括大震震前蠕滑（preseismic creep）、震间蠕滑（interseismic creep）以及震后蠕滑（postseismic creep），后者也称余滑（afterslip）。

3.13

断层粘滑 fault stick slip

断层两盘之间的间歇式摩擦滑动，伴有地震。

3.14

耦合程度 locking ratio

指断层面处两盘运动的相关程度，为介于 0~1 之间的量。当两盘运动完全相关，耦合程度为 1，断层完全闭锁；当两盘运动完全独立，耦合程度为 0，断层自由滑动。

3.15

断层闭锁区 fault locking area

断层面上两盘未发生相对滑动或两盘耦合程度较高的区域。

3.16

古地震 paleo-earthquake

采用地质学或考古学方法发现的地震事件。

3.17

历史地震 historical earthquake

据文字记载考证发现的地震事件。

3.18

特征地震 characteristic earthquakes

特定断层段上重复发生的、震级大小相近的地震。

3.19

潜在地震 potential earthquake

未来可能发生的破坏性地震。

3.20

地震轮回 seismic cycle

地震在特定断层段上重复发生的现象。地震轮回分为震间期（早—中—晚）、震前期、同震期和震后期等多个前后相接的阶段。

3.21

地震复发间隔 seismic recurrence interval

同一活动断层段上相继发生的两次震级相近的地震之间的时间间隔。

[来源：GB/T 18207.2]

3.22

地震周期 earthquake period

特定活动断层段或一个地区从弹性应变能积累到释放所需的时间。

[来源：GB/T 18207.2]

3. 23

离逝时间 elapsed time

特定地震事件距今时间长度，一般以年为单位。

3. 24

离逝率 ratio of elapse

等于离逝时间除以地震周期，反映地震紧迫程度。

3. 25

地震发生率 earthquake occurrence rate

在给定的时间、空间和强度范围内，地震发生的平均次数。

[来源：GB/T 18207.2]

3. 26

变异系数 coefficient of variation

等于地震复发间隔的方差除以地震周期，反映地震轮回偏离周期性的程度。

3. 27

区域地震活动性 regional seismicity

包含地壳尺度及以上构造的空间范围内，特定时间段内地震的活跃程度和震级分布情况。

3. 28

强震丛集 temporal clustering of major earthquake

指特定活动地块及周缘、活动地块边界带或其组成单元上，短时期内大量强震密集发生的现象，相关时期称为丛集期，相邻丛集期被平静期所分隔，平静期缺少强震或强震偶发。

3. 29

地震破裂时空图像 spatiotemporal image of earthquake rupture

指活动地块及周缘已发生的强震破裂的时间与空间分布，强震事件可以是仪器观测地震、历史地震和古地震。

3. 30

完整破裂率 complete rupture ratio

指特定活动地块边界带或其组成单元上，特定时间范围内大地震形成的地表破裂总长度占相应构造总长度的比率。

3. 31

发震概率 probability of earthquake occurrence

特定强度潜在地震在特定时间段发生的概率，包括累积概率和条件概率。累积概率指最新一次地震以后至未来特定时间节点之间，发生 1 次地震的概率。条件概率指最新一次地震以后，预测开始时间点至未来结束时间点之间发生 1 次地震的概率

3.32

时间相依的地震危险性 time-dependent seismic hazard

指特定强度地震的发震概率随最新一次地震离逝时间的增加而变化。

4 总则

4.1 原则性说明

4.1.1 采用本文件开展强震长期危险性预测工作,宜对目标区活动地块及边界带构造活动特征和边界带孕震机制进行调研,在此基础上开展目标区活动地块及边界带精细划分。

4.1.2 采用本文件开展活动地块划分方案细化工作,活动地块区的划分方案应基于已有中国大陆活动地块划分框架,相应内容见附录 A。细化方案应就简避繁,已充分反映已有地质、地球物理现象的原有划分方案不宜细化。

4.2 一般概念说明

本文件所述一般概念包括以下内容。

- a) “强震”指 7 级以上大陆型浅源构造地震。
- b) 边界带内主要活动断层是指有强震孕震能力的活动断层。
- c) “长期”指自做出预测开始、“未来”10 年及稍长时间尺度。
- d) “强震危险性”指特定空间和震级范围强震发生的可能性。
- e) 目标区应至少包括两个完整的二级活动地块及其边界带。
- f) “阈值”为归类参数,相应的量高于或低于阈值时,判别相关主体的状态或类型。
- g) “因子”为单位为一的量,通过与之乘积对物理量进行校正修改。

4.3 采用数据方法的原则

4.3.1 本文件未限制观测、计算和分析的技术方法,使用者宜根据自身工作条件和工作目标选择合适的技术方法。

4.3.2 使用本文件开展相应工作应基于多学科数据,应至少包括断层活动性、古地震复发、地壳形变、深浅构造、地震目录和地球物理场等三类或以上数据。

4.3.3 使用本文件开展工作时,应对数据和结果的可靠性、精度、适用性及不确定性进行分析和说明。

5 基础资料准备

5.1 活动断层资料

5.1.1 收集活动断层数据,数据内容包括主要活动断层的几何展布、活动性、运动方式和滑动速率。

5.1.2 应综合限定主要活动构造滑动速率的不确定度。

5.1.3 针对缺少的主要活动构造参数,应补充进行野外调查和定量研究。

5.2 地震资料

5.2.1 地震资料内容包括古地震数据、历史地震数据和仪器观测地震数据。

5.2.2 收集目标带内主要活动断裂的多源资料约束的古地震数据。

5.2.2.1 对于数据足够丰富的活动断层,宜采用多源数据,约束强震发生年代区间、破裂范围、震级和复发间隔。

- 5.2.2.2 对于数据资料相对缺乏的活动断层，宜开挖探槽，通过沉积记录和构造特征识别古地震事件，完善活动断层古地震记录。
- 5.2.2.3 对于活动断层组成复杂的地块边界带，宜对边界带内主要活动断层的古震数据进行综合分析，建立边界带内古地震活动时序。
- 5.2.3 对于目标区域存在历史地震记录的情况，应收集历史地震数据，数据内容包括历史地震事件发生的时间、震中位置和震级。
- 5.2.3.1 对于数据资料足够丰富的历史地震，应明确地震发生的时间、震中位置、破裂范围和震级。
- 5.2.3.2 对于数据资料相对缺少，仅有零星记录的历史地震，宜使用历史资料确定发震时间和影响范围，并通过高精度卫星或航空影像和现场调查的方法，识别历史地震破裂迹线和范围，限定地震震级。
- 5.2.3.3 对于无历史记录的地表破裂遗迹，应识别地震破裂迹线和范围，限定地震震级，宜采用古地震年代限定的相关方法进行发震时间的限定。
- 5.2.4 仪器观测地震数据包括地震目录和震源机制。
- 5.2.4.1 收集目标区域仪器观测地震目录，分析地震空间分布特征，对于地震记录稀疏、不能反映主要活动断层展布特征或不足以开展地震活动性统计的情况，宜利用地震台网震相观测报告或连续波形，或者开展流动台站观测获得连续波形，识别小震和微震，进行地震定位，建立地震目录。
- 5.2.4.2 收集目标区仪器观测地震震源机制，对于缺少震源机制参数并可收集到波形数据的地震，宜开展震相分析或波形拟合工作，获得震源机制参数。

5.3 形变资料

- 5.3.1 形变资料应至少包括 GNSS 速度场和 InSAR 形变场资料中的一种。对于多个来源的 GNSS 速度场，应统一速度场参考框架，目标区域内如有垂向形变数据，如水准观测数据，宜尽量收集。
- 5.3.2 对于目标区域 GNSS 站点分布稀疏、相关活动地块内部台站数量少于 3 个、相对地块中心台站方位分布不均或者台站不足以组成跨地块边界带速度剖面的情况，应开展 GNSS 加密观测和数据解算，补充完善 GNSS 速度。
- 5.3.3 对于目标区域 InSAR 形变场不足以覆盖地块边界带及两侧 50 km 范围的情况，应补充收集 SAR 卫星数据并解算获得 InSAR 形变场。
- 5.3.4 对于数据资料相对详细的情况，宜建立目标区综合的地壳形变场，开展跨主要断层应变特征分析，同时尽可能区分构造形变和其他过程引起的形变。

5.4 地球物理资料

- 5.4.1 收集多源地球物理资料，包括固定地震台网、流动地震台阵和大地电磁阵列探测等。
- 5.4.2 选择收集目标区域重力场、地磁场等地球物理场数据。地球物理场数据的选择以能分辨水平方向 30 km 以上规模异常体为宜。
- 5.4.3 应根据数据收集情况，选用走时层析成像、地震面波成像、地震环境噪声成像、接收函数成像、大地电磁测深方法及其联合反演等方法技术，获取目标区域地壳和岩石圈三维速度结构、电性结构、间断面结构、泊松比结构等。
- 5.4.4 地球物理数据和处理方法的选用，宜尽可能考虑获得高分辨率地壳和岩石圈结构，基本要求是可识别边界带地壳内主要活动断层展布位置和形态、莫霍面和岩石圈地幔底部位错或连续性，以及活动地块内部圈层分布不大于 III 级活动地块尺度的横向变化。

6 活动地块细化

6.1 地块划分方案更新

- 6.1.1 在已有活动地块及边界带划分框架基础上，综合目标区域活动构造、深部构造和区域变形特征，选择增加 II 级地块划分或 III 级地块划分。
- 6.1.2 开展地块划分的新增工作，其必要前提是目标区域所取得的地质学、地球物理学和大地测量学新认识表明地块呈现新的分区特征。
- 6.1.3 细化结果应给出明确的次级地块边界。次级地块需由首尾相连、封闭的线性边界所围限。线性边

界一般由活动断层组成，线性边界宏观上可能呈现为连续分布的应变剪切带，应注意识别后者内部的活动断层运动方式。

6.1.3 新地块的划分工作应包括潜在边界带识别和地块运动协调性验证环节。

6.1.4 宜基于多种地震地质、地球物理、形变特征开展潜在边界带识别，梳理区域活动断层、岩石圈深部结构和地壳形变资料，识别新的线性活动构造带、深部结构突变带、小震密集条带和应变集中带，分析这些条带与已有地块的切割关系，存在以下特征的条带可作为新地块划分的潜在边界带：

- 条带的平面展布切割整个地块，即条带两端均与已知地块边界相交；
- 条带垂向展布切割地壳底部或地壳内部圈层。

分析过程中，除判别条带本身是否满足以上切割条件，还应关注满足部分切割条件的条带是否可以重叠组合，满足平面切割关系的组合条带，宜作为潜在边界带。以下举例说明：

——线性活动构造带平面展布切割整个地块，部分段落的断层切割地壳底部，同时线性活动构造带与深部结构突变带的部分段落位置基本重叠，后者的重叠段落或其他段落垂向切割地壳底部。另外，沿线性活动构造，小震密集条带断续出现，小震分布深度可达上地壳底部。依据以上现象，宜将该线性活动构造带判别为潜在地块边界带。

——线性活动构造断续出现，平面展布趋势切割整个地块，沿线性活动构造带整体分布线迹存在应变集中带，同时断续出现位置重叠的小震密集条带，小震分布深度可达上地壳底部。依据以上现象，宜将三者的组合判别为潜在地块边界带。

6.1.5 确定细化方案以前应开展新活动地块系统运动的协调性验证。在已有地块边界框架下，引入潜在活动地块边界带，初步建立目标区域新的地块划分方案，开展基于活动构造的区域活动构造分析、基于地壳形变的数值模拟和基于震源机制的区域应力场反演，分析新边界运动方式和变形速率，以及新地块的旋转矢量和内部应变张量，验证新地块及边界带的运动变形方式与已有区域地块运动的协调性。新地块系统运动的协调性应包括：

- 新地块与原来所在 II 级地块的旋转矢量应基本一致；
- 内部存在形变的新地块，其应变张量主轴方向与邻区地壳应变主轴方向相近。
- 新地块与相邻地块的相对运动速度与新地块边界的主要断层运动方式及滑动速率应基本一致。
- 对于边界带断层运动方式和滑动速率，不同学科手段约束的结果应基本一致。

6.1.6 依据边界带切割地壳深度的情况，对新划分地块进行分级：

- 边界带均切割地壳底部，地块划分为 II 级地块；
- 部分边界带只切割地壳内部圈层，地块划分 III 级地块。

6.2 活动地块边界带范围细化

6.2.1 在开展活动边界带分段以前，应限定活动地块边界带宽度范围。

6.2.2 分析以下边界带特征来限定边界带宽度范围：

- 边界带内主要活动断层围限的范围；
- 地球物理介质异常条带或区块展宽范围；
- 地壳应变带宽度范围；
- 地震密集分布空间范围。

以上单一特征的分布范围可作为地块边界带宽度范围。在有数据的条件下，宜基于多种特征开展综合限定工作，活动地块边界带宽度范围为以上特征分布范围的叠加区域。

单一特征分布范围的限定以所围限区域的面积更小和形状更简单为宜。

需要对多特征分布范围进行叠加时，在保持区域形状简单的同时，选择最大宽度。

6.2.3 开展主要活动断层围限范围的限定工作，分析边界带附近主要活动断层系统的平面展布方式，对于主要活动断层走向与边界带延伸方向总体平行的断层系统，以相对边界带中心线最远断层的断层面水平投影的外边界作为围限范围，对于断层走向与边界带延伸方向明显斜交的断层系统，以主要活动断层端点的外包络线作为围限范围。

6.2.4 开展边界带深部介质异常条带或区块展宽范围的限定工作，分析边界带深部探测结果，识别边界带与地块间介质参数突变位置，勾画由这些位置组成的深度迹线，以边界带两侧深度迹线的最外侧位置之间的区域作为条带或区块的展宽范围。

6.2.5 开展边界带地壳应变带宽度范围的限定工作，分析跨边界带的地壳应变剖面，应确保剖面切入边

界带两侧地块内部并反映地块内部应变率大小。沿剖面自边界带内部向地块方向,识别地壳轴向应变率、切向应变率或抬升速率随距离的梯度由高值降至低值的位置。此处低值指地块内部应变率或抬升速率随距离的梯度。

6.2.6 开展地震密集分布空间范围的限定工作,分析历史地震和仪器观测地震震中分布,识别特定震级阈值以上地震震中分布外包络线。

宜采取逐级升高震级阈值的措施,勾画震中分布的外包络线,分析外包络线围限区域的宽度随震级的变化曲线,识别宽度减少趋势开始显著减缓的位置,以此处震级阈值对应的外包络线所围限区域作为地震密集分布的空间范围。

外包络线位置的选择以其所围限范围内地震数量占总数的比例为标准,开展工作时应明确该比例标准。建议 3~7 级以上地震比例标准分别不少于 60%, 70%, 80%, 90%, 95%, 8 级以上地震应占比 100%。

6.3 地块边界带分段

6.3.1 在地块边界带空间范围内,分析沿边界带主要活动断层组合方式以及地震活动条带空间分布复杂程度的变化,划分边界带类型的分布区间。

6.3.2 综合地球物理探测结果,有数据条件的情况下,宜结合小震精定位和震源机制结果,分析边界带深部结构以下特征沿边界带的变化:

- 边界带介质异常条带或区块的宽度、深度;
- 主要活动构造产状及其随深度的变化;
- 地震密集带的底部深度。

划分以上特征的分布区间,有多种特征区间的,以区间的重叠部分为准。

6.3.3 综合活动断层运动学和地壳形变结果,分析边界带运动学与形变以下特征沿边界带的变化:

- 主要活动断层运动方式和滑动速率;
- 地壳应变率及应变主轴方向。

划分以上特征的分布区间,以区间的重叠部分为准。

断层运动方式和滑动速率的渐变宜作为单一特征。

目标区有多类型数据条件的情况下,宜采取综合分析或联合反演的方法,基于多类型数据包括大地测量速度场、断层运动方式和滑动速率和震源机制等,获得地壳应变率及应变主轴方向。

6.3.4 以上单一的特征分布区间可作为边界带分段,当有多种特征分布区间结果,宜叠加特征分布区间,以重叠部分为准划分地块边界带分段。

6.3.5 当地块边界带构造组成相对复杂时,宜根据构造相互关系、地球物理场特征、地壳形变特征、地震活动性特征等对边界带进行综合分段,辨别控制边界带形变的主要机制,分段宜避繁就简。

7 活动地块边界带应变分配

7.1 活动地块边界带运动学及形变特征限定

7.1.1 参照 6.1.4,以细化后的活动地块及边界带划分方案为框架,分析计算边界带整体运动方式和形变速率,开展区域活动地块运动协调性验证。

7.1.2 在有数据条件的目标区,宜综合边界带震源机制或各向异性结果,分析地壳应变主轴方向和岩石圈地幔剪切方向。

7.1.3 对于 I 级活动地块区和 II 级活动地块边界带,宜综合边界带整体运动方式、地壳应变主轴方向和岩石圈地幔剪切方向限定边界带主要形变特征,包括:

- 垂直于边界带走向缩短或拉张;
- 沿边界带走向左旋或右旋剪切;
- 缩短或拉张与剪切的组合。

7.2 边界带应变分配模式判定

7.2.1 以边界带分段为单位,判定地壳应变分配的主次单元。

7.2.2 对比主要活动断层运动方式与边界带主要形变特征的一致性,当两者相同,前者宜作为边界带应

变分配主要单元，其他宜作为次要单元。

7.2.3 应结合边界带分段的总体活动构造特征开展应变分配分析，以识别应变分配主控单元，同时加强应变分配方案的合理性。

主控单元包括但不限于以下类型断层：

- 具有大型花状构造的走滑断裂带的主断层；
- 逆冲推覆系统的主逆冲断层；
- 盆地系统的控边正断层；
- 连续水平剪切带内斜列走滑断层。

当边界带分段总体活动构造特征与边界带主要形变特征不同时，宜以活动构造特征为准判别主次单元，包括但不限于以下情况：

——边界带形变以水平剪切为主，总体活动构造特征为断陷盆地，宜选择盆地控边断层作为应变主控单元，在盆地内部，宜识别与边界带剪切方式相同的走滑型主要活动断层，将其作为应变主要单元。

——边界带形变以沿边界带走向的连续水平剪切为主，边界带内主要活动断裂以斜列走滑断层为主，同时缺少同边界带走向的走滑断层，宜选择走滑方式与边界带剪切方式一致的主要活动断层作为应变主控单元，选择走滑方式与边界带方式共轭的主要活动断层作为应变主要单元。

7.2.4 进行边界带应变分配模式推演，分析模式的合理性，有针对性地调整应变分配模式。对于数据和研究成果相对丰富的区域，宜总结定量或半量化的地块边界带应变分配模式，包括但不限于构造变形运动学模式、强震孕育动力学模式，推演与之对应的构造过程、强震孕育和发生过程，分析推演结果与已有认识的一致性，针对差异调整应变分配单元的构造关联及其主次关系。

8 活动地块边界带强震危险源识别

8.1 强震危险源综合确定

8.1.1 强震危险源的确定，宜基于强震空区、小震密集条带、断层强闭锁区分布特征进行综合分析。强震危险源为上述部分或所有分布特征所指示的较可能发生下一次强震的边界带分段。

8.1.1.1 开展强震空区识别工作，综合古地震、历史强震和仪器观测强震破裂数据，建立地块边界带强震破裂事件合集，绘制强震破裂时空图像，识别图像中尚未发生强震且整体长度达到强震规模或最新强震离逝率高于阈值的边界带区间，视为强震空区。包含强震空区的边界带分段宜判别为潜在强震危险源。此步骤应明确离逝率阈值，建议所选阈值不低于 0.8。

对于没有古地震记录的主要活动断层，宜核查地震地质数据条件是否满足。对于缺少古地震限定标志但明确为全新世活动的主要活动断层，可以将该断层视为古地震空区，按断层长度推测震级。

对于探槽数据不足以限定古地震破裂范围或震级的主要活动断层，宜对比最新与次新破裂事件的垂直位移大小，选用位移较大者作为最新破裂事件，用探槽所在边界带分段范围以内该断层的长度，推测古地震震级。

强震复发周期的估算基于地震活动性统计。对于有断层滑动速率或有地壳形变约束滑动速率的断层，可以基于断层上同时期震间累积位移与同震累积位移相等的特征地震假设，估算强震复发周期。

地震活动性统计宜基于未进行精定位的地震目录来开展（下同）。

8.1.1.2 以小震目录为基础，识别小震密集条带分布特征。

分析边界带小震的平面分布和沿平行或垂直于边界带走向的剖面的分布，识别小震分布具有以下特征的边界带分段：

- 相对其他分段，小震分布明显稀疏；
- 小震密集条带围空区域达到主要活动断层尺度。

选择满足一条或全部条件的边界带分段作为潜在强震危险源。小震分布特征的分析宜基于地震精定位结果。

对于有条件开展地震活动性统计的边界带，可按 $\log N = a + b \cdot M$ 统计特定震级挡地震发生次数 N (震级 $\geq M$) 与震级 M 的关系，选用边界带各分段 b 值的相对高低作为参考依据。

8.1.1.3 对于有数据和方法条件开展断层耦合程度分析的边界带分段，识别应变主控单元和主要单元的断层强闭锁区。断层强闭锁区连续分布并且规模达到断层几何尺度的单元宜判别为强闭锁单元，其对应

的边界带分段为潜在强震危险源。

应明确作为断层强闭锁标志的耦合程度阈值，建议所选阈值不低于 0.9。

8.1.2 有以下数据条件的情况下，宜明确强震危险源潜在强震的发震构造：

- 主要活动断层有古地震数据；
- 历史强震目录和野外调查数据足以明确发震构造；
- 小震密集条带空间分布与主要活动断层对应关系明确；
- 边界带分段有强闭锁主控单元或主要单元。

8.2 强震危险源强震参数限定

8.2.1 震级限定

8.2.1.1 对于按 8.1.1.1 被识别的强震危险源，宜采用识别步骤所得空区的震级作为潜在强震的震级。

8.2.1.2 对于按 8.1.1.2 被识别并按 8.1.2 明确了潜在强震发震构造的强震危险源，宜采用小震密集条带所围限范围的断层长度估算潜在强震的震级。应综合考虑估算方法的不确定性和边界带应变分配主次单元的震级协调性，选择合适的震级，使潜在强震震级小于比其发震构造更高一级的单元的最大震级。

8.2.1.3 对于按 8.1.1.2 所述小震稀疏特征被识别的强震危险源，宜采用源区内断层长度估计应变主控单元震级，当震源区有多个主控单元，选用其最大震级。

8.2.1.4 对于按 8.1.1.3 被识别的强震危险源，宜采用断层强闭锁区段的长度估算潜在强震的震级。应同样注意 8.2.1.2 所述发震构造与其他应变分配单元的震级协调性。

8.2.2 强震活动特征限定

8.2.2.1 此处 8.2.2 所述强震指边界带内特定震级范围的已发生的强震，其活动特征包括以下部分或所有内容：

- 复发周期；
- 变异系数；
- 最新强震离逝时间；
- 强震丛集。

8.2.2.2 对于按 8.1.1.1 所述步骤有强震破裂事件合集的活动地块边界带：

a) 抽选与强震危险源有关的强震破裂事件子集，基于事件子集进行统计分析，估算强震的复发周期、变异系数，限定最新强震离逝时间；

b) 基于事件合集，绘制震级-时间分布图，识别强震丛集期和平静期，分别估算丛集期和平静期的平均长度。

8.2.2.3 当边界带缺少强震破裂事件合集，酌情选择以下途径限定强震活动特征。

注：下列途径所述强震不一定是实际发生的强震，可以视为理想中已发生的事件。

a) 当可采用 8.1.1.1 所述基于断层滑动速率的方法时，利用断层滑动速率估算强震复发周期。

b) 当强震危险源区域内中小地震目录满足最小统计样本数量要求时，利用地震活动性统计，限定震级-频次关系，外推强震的地震发生率和复发周期。

9 强震危险源危险性判定

9.1 概率判定

9.1.1 应以特定活动地块边界带为单位，将 8.2 所述强震震级与强震活动特征对应起来，按特定震级范围归纳强震活动特征参数。

9.1.2 应按边界带分段与潜在强震的相关性，将已归纳的特征参数分配至强震危险源。按以下条件，选择概率判定类型：

- 仅强震复发周期被限定，宜判定潜在强震发生的泊松概率；
- 复发周期、变异系数和离逝时间均被限定，宜判定潜在强震发生的时间相依条件概率。

9.1.3 将强震危险源强震活动特征参数代入已选择的概率类型的数学公式，计算强震危险源未来发生特定震级的泊松概率或时间相依条件概率。当潜在强震发震构造已被明确，宜使用已限定的强震活动参数，

判定发震构造的强震发生概率。

9.2 综合判定

9.2.1 宜综合 8.2.1.1—8.2.1.4 所述结果，进行强震危险源最大震级判定。

9.2.2 宜综合相同边界带各强震危险源最大震级结果，进行边界带最大震级判定。

9.2.3 宜综合概率判定结果、强震危险源分布和边界带强震丛集特征，进行目标区强震危险源危险性的定性分级。

9.2.3.1 计算强震危险源最大震级地震发震概率与最大震级标量地震矩的乘积，视为未来强震危险源释放能量的期望值，在目标区内对该期望值进行归一化。

当最大震级地震只有泊松概率可以被估计，应尽量选择接近最大震级的震级范围计算泊松概率。

9.2.3.2 对强震危险源的长度（对应边界带分段的长度）进行求和，计算各边界带完整破裂率。宜以强震危险源最大震级潜在地震的发震构造（明确或推测的结果均可）的应变分配单元级别，将强震危险源长度乘以修正因子进行修正，建议选择主控、主要和次要单元的修正因子分别为 1.0、0.7 和 0.3。

9.2.3.3 当目标区活动地块周缘边界带均有强震危险源判别结果时，参照 9.2.3.2 所述步骤计算目标区每个活动地块的完整破裂率。

9.2.3.4 对于有强震丛集特征判别结果的活动地块边界带，宜综合判别边界带现今是否处于活跃期，同时分析计算活跃期相比平静期平均强震的地震发生率平均值的比值。对于判别为强震活跃期的边界带，丛集因子为上述比值，平静期丛集的丛集因子为 1.0。

9.2.3.5 宜以强震危险源为单位，计算上述期望值、完整破裂率和丛集因子的乘积，并在目标区范围内对乘积进行归一化，按归一化结果对强震危险源危险性进行定性分级，应明确定性分级所采用的归一化结果的区间，建议分级数量不大于 4 个。

10 成果产出

10.1 报告

按本文件所描述基本流程完成强震危险性判定以后，应编制报告，对数据、方法和结果进行说明。报告的必要内容包括：

- a) 目标区范围，设定范围的依据；
- b) 区域活动地块构造背景；
- c) 数据收集情况，按本文件第 5 章所述内容分类进行；
- d) 采用的观测、计算和分析方法和手段；
- e) 活动地块及边界带细化方案，包括调整和新增内容、划分的结果和依据；
- f) 活动地块边界带应变分配模式，包括模式组成单元、主次关系和依据；
- g) 边界带强震危险源，包括危险源参数和识别的依据；
- h) 强震危险源危险性，按本文件第 9 章详列并说明各步骤结果。

10.2 图像

10.2.1 对应 10.1 所述报告内容，应编制活动地块及边界带分布图像和目标区强震危险源危险性分布图像。当有对应工作成果时，编制目标区强震破裂时空图像。图像形式宜包含矢量图和地理信息图。

10.2.2 活动地块及边界带分布图像应至少展示活动地块及边界带的空间展布、地块与边界带运动和变形方式、地块分级和边界带分段信息、主要活动断层展布与断层活动性、区域强震分布与震级。图像范围宜包含目标区及相邻 II 级地块。

10.2.3 目标区强震危险源危险性分布图像应至少展示强震危险源分布与危险性分级，以活动地块及边界带展布和主要活动断层为底图。

10.2.4 目标区强震破裂时空图像应至少展示强震破裂的纵横范围、强震的震级和发震时间、活动地块及边界带展布、主要活动断层展布及断层活动性。

附 录 A
(资料性)
中国大陆及邻区活动地块划分方案

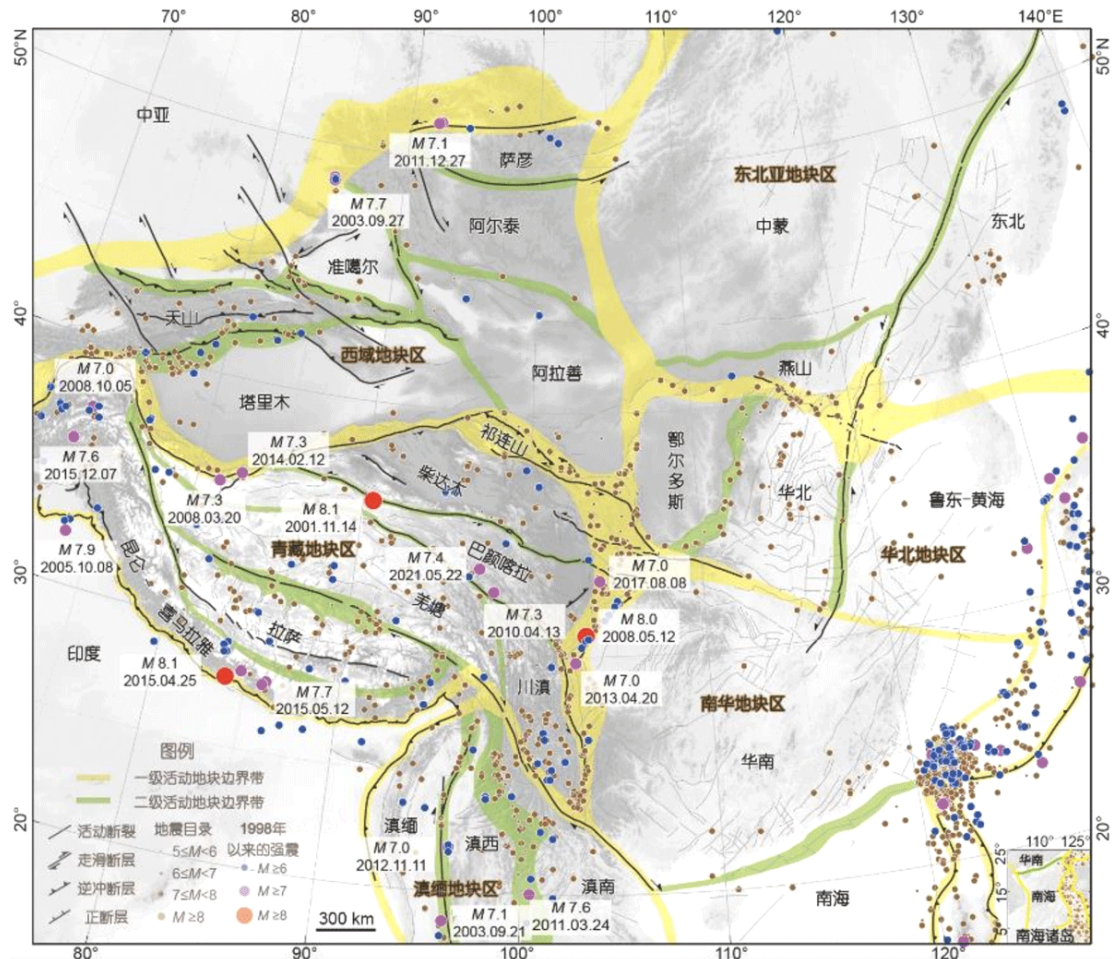


图 A.1 中国大陆及邻区活动地块划分方案

中国大陆及邻区活动地块划分方案如附图 A 所示。地块划分方案综合文献(张国民和张培震, 1999; 张培震等, 2003; 郑文俊等, 2020, 2022)略做修改, 地震目录数据来源于国家地震科学数据中心 (<http://data.earthquake.cn>)。图中蓝色、紫色、红色分别表示 1998 年以来发生在 中国大陆及邻区的 6、7、8 级及以上地震分布。

参 考 文 献

- [1] GB 17741 工程场地地震安全性评价
- [2] GB/T 36072 活动断层探测
- [3] GB/T 18207.2 防震减灾术语第2部分：专业术语
- [4] GB/T 18208.3 地震现场工作第3部分：调查规范
- [5] 张国民, 张培震. 1999. 近年来大陆强震机理与预测研究的主要进展. 中国基础科学. 2-4: 47~58.
- [6] 张国民, 张培震. “大陆强震机理与预测”中期学术进展. 中国基础科学, 2000, 10: 4 - 10.
- [7] 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 中国大陆强震活动与活动地块. 中国科学D辑, 2003, 33: 12 - 20.
- [8] 张培震, 邓起东, 张竹琪, 等. 中国大陆的活动断裂、地震灾害及其动力过程. 中国科学: 地球科学, 2013, 43(10): 1607 - 1620.
- [9] 郑文俊, 王庆良, 袁道阳, 等. 2020. 活动地块假说理论框架的提出、发展及未来需关注的科学问题. 地震地质. 42: 245~270.
- [10] 郑文俊, 张竹琪, 郝明, 陈九辉, 王庆良. 2022. 强震孕育发生的大陆活动地块理论未来发展与强震预测探索. 科学通报. 67(13): 1352~1361.
- [11] M7工作组. 2012. 中国大陆大地震中-长期危险性研究. 北京: 地震出版社.