

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 50572 - 2010

核电厂工程地震调查与评价规范

Code for seismic investigation and evaluation
of nuclear power plants

2010 - 05 - 31 发布

2010 - 12 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

核电厂工程地震调查与评价规范

Code for seismic investigation and evaluation
of nuclear power plants

GB/T 50572 - 2010

主编部门：中国电力企业联合会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2010年12月1日

中国计划出版社

2010 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 616 号

关于发布国家标准 《核电厂工程地震调查与评价规范》的公告

现批准《核电厂工程地震调查与评价规范》为国家标准,编号为 GB/T 50572—2010,自 2010 年 12 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

二〇一〇年五月三十一日

前 言

本规范是根据原建设部《关于印发〈2006年工程建设标准规范制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标[2006]136号)的要求,由电力规划设计总院会同有关单位共同编制完成的。

本规范在编制过程中,编制组针对国内外核电厂地震工作的工程实践经验和大地震的经验教训,调查总结并采纳了近年来地震工程领域新的科研成果,在广泛征求意见的基础上,对主要问题作了反复修改,最后经审查定稿。

本规范共分7章和4个附录,主要内容包括总则、术语和符号、基本规定、初步可行性研究阶段、可行性研究阶段、厂址普选工作、成果报告内容与格式等。

本规范由住房和城乡建设部负责管理,由中国电力企业联合会标准化中心负责日常管理,由电力规划设计总院负责具体技术内容的解释。在执行过程中,请各单位注意总结经验,积累资料,并及时把意见和建议反馈给电力规划设计总院(地址:北京市西城区安德路65号,邮政编码:100120),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主编单位: 电力规划设计总院

参编单位: 中国地震局地球物理研究所

中国地震局地质研究所

中国核电工程有限公司(核工业第二研究设计院)

中国电力工程顾问集团华东电力设计院

广东省电力设计研究院

主要起草人: 戴联筠 高孟潭 徐锡伟 潘 华 周本刚

张志中 陈昌斌 赵凤新 胡双跃 闵 伟

高倚山 程小久 陶寿福
主要审查人：邓起东 王中平 韦开波 段红卫 常向东
张裕明 汪一鹏 时振梁 环文林 李小军
刘光勋 谢富仁 田胜清 顾宝和 刘 健
姜晓玮 王基文 齐 迪 陈仁杰 李彦利
刘厚健

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(4)
3	基本规定	(5)
3.1	技术原则	(5)
3.2	工作内容与深度	(6)
4	初步可行性研究阶段	(8)
4.1	一般规定	(8)
4.2	地质调查	(9)
4.3	地震调查	(10)
4.4	地震构造评价	(11)
4.5	厂址地震动参数估算	(11)
4.6	能动断层鉴定	(13)
4.7	地震地质灾害评价	(14)
4.8	候选厂址适宜性评价	(14)
5	可行性研究阶段	(15)
5.1	一般规定	(15)
5.2	地质调查	(16)
5.3	地震调查	(19)
5.4	地震构造特征分析	(21)
5.5	地震动参数衰减关系确定	(21)
5.6	确定性地震危险性评价	(22)
5.7	概率性地震危险性评价	(23)

5.8	设计基准地震动参数确定	(26)
5.9	设计地震动时程确定	(27)
5.10	土层场地地震动参数确定	(28)
5.11	能动断层鉴定	(30)
5.12	地震地质灾害评价	(30)
6	厂址普选工作	(32)
6.1	一般规定	(32)
6.2	地震和地质资料搜集与分析	(32)
6.3	厂址地震和地质条件评价	(32)
7	成果报告内容与格式	(34)
7.1	一般规定	(34)
7.2	初步可行性研究阶段地震调查与评价报告	(34)
7.3	可行性研究阶段地震安全性评价报告	(35)
7.4	厂址普选工作地震地质内容编写要求	(36)
附录 A	厂址区域地壳稳定性分级	(37)
附录 B	概率地震危险性分析	(38)
附录 C	目标功率谱密度的计算方法	(40)
附录 D	地震动时程间相关性的计算	(41)
本规范用词说明		(42)
引用标准名录		(43)
附:条文说明		(45)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(4)
3	Basic requirement	(5)
3.1	Technical principle	(5)
3.2	Content and depth of investigation	(6)
4	Preliminary feasibility study	(8)
4.1	General requirement	(8)
4.2	Geological investigations	(9)
4.3	Seismic investigations	(10)
4.4	Evaluation of seismotectonics	(11)
4.5	Estimation of site ground motion parameters	(11)
4.6	Capable fault identification	(13)
4.7	Assessment of earthquake induced geological disaster	(14)
4.8	Suitability of candidate sites	(14)
5	Feasibility study	(15)
5.1	General requirement	(15)
5.2	Geological investigations	(16)
5.3	Seismic investigations	(19)
5.4	Regional seismotectonic characteristics analysis	(21)
5.5	Determination of ground motion attenuation relationship	(21)
5.6	Deterministic evaluation of seismic hazard	(22)
5.7	Probabilistic evaluation of seismic hazard	(23)

5.8	Determination of design basis ground motion	(26)
5.9	Determination of design time-histories	(27)
5.10	Determination of ground motion for soil site	(28)
5.11	Capable fault identification	(30)
5.12	Assessment of earthquake induced geological disaster	(30)
6	Preliminary siting	(32)
6.1	General requirement	(32)
6.2	Seismic and geological information collection and analysis	(32)
6.3	Seismic and geological assessment of sites	(32)
7	Content and format of the study report	(34)
7.1	General requirement	(34)
7.2	Preliminary feasibility study report	(34)
7.3	Feasibility study report	(35)
7.4	Preliminary siting report	(36)
Appendix A	Regional tectonic stability classification ..	(37)
Appendix B	Probabilistic seismic hazard analysis	(38)
Appendix C	Calculation method of the target power spectral density (PSD)	(40)
Appendix D	Calculation of correlation coefficient between time-histories	(41)
	Explanation of wording in this code	(42)
	List of quoted standards	(43)
	Addition: Explanation of provisions	(45)

1 总 则

1.0.1 为使核电厂建设安全可靠、技术先进、经济合理,贯彻执行《中华人民共和国防震减灾法》和《中华人民共和国建筑法》,确保核电厂地震调查与评价工作质量,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于陆地固定式商用核电厂建设的地震调查与评价工作。

1.0.3 核电厂地震调查与评价应按核电厂的基本建设程序要求分阶段进行。调查与评价工作的内容、深度和成果报告应符合本规范的要求。

1.0.4 核电厂地震调查与评价除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 地震活动性 seismicity

一定时间、空间范围内发生的地震在强度、频度、时间和空间等方面的分布规律和特征。

2.1.2 地震构造 seismotectonics

与地震孕育和发生有关的地质构造。

2.1.3 地震构造模型 seismotectonic model

根据区域地震构造背景和特征建立的用于地震危险性确定性评价的计算模型。由发震构造最大潜在地震和地震构造区弥散地震构成。

2.1.4 发震构造 seismogenic structure

曾发生和可能发生破坏性地震的地质构造。

2.1.5 能动断层 capable fault

地表或近地表处有可能引起明显错动的断层。

2.1.6 最大潜在地震 maximum potential earthquake

发震构造可能发生的最大地震。

2.1.7 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。

2.1.8 弥散地震 diffuse earthquake

地震构造区内,与已确认的发震构造无关的最大潜在地震。

2.1.9 潜在震源区 potential seismic source zone

未来可能发生破坏性地震的地区。

2.1.10 震级上限 upper limit magnitude

概率地震危险性分析中,地震带或潜在震源区内可能发生的

地震震级极限值。

2.1.11 超越概率 probability of exceedance

随机变量超过给定值的概率。

2.1.12 地震动 ground motion

地震引起的地面运动。

2.1.13 地震动衰减关系 attenuation relationship of ground motion

表征地震动参数与震级、震源特性、传播特性、场地条件等的统计关系的经验公式。

2.1.14 地震动参数 ground motion parameter

表征地震引起的地面运动的物理参数,包括峰值、反应谱和持续时间等。

2.1.15 厂址特定地震动 site specific ground motion

依据厂址所处地震构造背景和场地条件,获得的厂址地震动参数。

2.1.16 设计基准地震动 design basis ground motion

核电厂设计必须满足的地震动参数。

2.1.17 SL-2 级地震动 seismic level 2 ground motion

对应于核电厂极限安全要求的地震动。

2.1.18 SL-2 高值 upper value of seismic level 2 ground motion

初步可行性研究阶段给出的对厂址 SL-2 级地震动峰值加速度的保守估计值。

2.1.19 SL-1 级地震动 seismic level 1 ground motion

对应于核电厂安全运行要求的地震动。

2.1.20 设计地震动时程 design time history of ground motion

用于核电厂抗震设计的地震动时间过程。

2.2 符 号

- M ——地震震级；
- M_{uz} ——地震区、带震级上限；
- b ——震级-频度关系系数；
- M_0 ——地震区、带震级下限；
- ν_{M_0} ——地震区、带 M_0 级以上地震年平均发生率；
- M_u ——潜在震源区震级上限；
- f_{i,m_j} ——潜在震源区地震空间分布函数,第 i 个潜在震源区,第 j 震级档的地震空间分布函数；
- $f(\theta)$ ——潜在震源区方向性概率分布函数。

3 基本规定

3.1 技术原则

3.1.1 核电厂地震调查与评价应查明核电厂区域、近区域和厂址附近范围的地震与地质条件,鉴定能动断层,确定工程厂址地震动参数,评价地震地质灾害。

3.1.2 核电厂的地震调查与评价应充分搜集分析已有资料,根据地震、地质复杂程度,结合需要查明和研究的重点问题,按照地震调查与评价的基本工作程序,制定有针对性的工作方案,采用或综合采用必要的调查、勘察与分析技术手段,完成调查与评价工作。

3.1.3 核电厂地震调查与评价的范围应分为区域、近区域和厂址附近范围。各范围应符合下列规定:

- 1 区域范围应为以厂址为中心、半径不小于 150km 的地区。
- 2 近区域范围应为以厂址为中心、半径不小于 25km 的地区。
- 3 厂址附近范围应为以厂址为中心、半径不小于 5km 的地区。

3.1.4 核电厂地震调查与评价各范围及相应调查目的应符合下列规定:

- 1 区域范围应调查并提供区域地质构造格架、地震活动和地球动力学背景的资料,并评价影响厂址地震安全性的地质和地震特征。
- 2 近区域范围应调查获取更详细的地质构造和地震活动资料,鉴定近区域范围的地震构造特征,并详细表示该范围内的发震构造。
- 3 厂址附近范围应调查并鉴定厂址附近范围能动断层,评价

厂址区潜在地震地质灾害。

3.1.5 核电厂地震调查与评价主要成果图件的比例尺应符合下列规定：

- 1 对于区域范围,不应小于 1 : 1000000。
- 2 对于近区域范围初步可行性研究阶段,不应小于 1 : 200000;可行性研究阶段,不应小于 1 : 100000。
- 3 对于厂址附近范围初步可行性研究阶段,不应小于 1 : 50000;可行性研究阶段,不应小于 1 : 25000。

3.1.6 厂址 SL-2 级设计基准地震动水平向加速度峰值不应小于 0.15g。

3.2 工作内容与深度

3.2.1 核电厂地震调查与评价工作应针对初步可行性研究阶段、可行性研究阶段评价要求,以及厂址普选工作需要,确定调查内容与深度。

3.2.2 初步可行性研究阶段的地震调查与评价工作应以搜集现有地质、地震和地球物理资料为主,辅以适量的现场调查及勘探工作,对区域、近区域、厂址附近范围的关键问题作出初步评价。工作内容应包括下列内容：

- 1 评价影响厂址合格性所涉及的地震地质条件,包括发震构造及最大潜在地震、能动断层等。

- 2 估算厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值。

- 3 评价地震地质灾害。

- 4 评价区域地壳稳定性。

3.2.3 可行性研究阶段地震调查与评价工作,应在初步可行性研究的基础上进行,补充搜集地质、地震和地球物理等资料,开展现场调查及勘探工作,完成地震安全性评价。工作内容应包括下列内容：

- 1 评价厂址所在区域地震活动、地球动力学和地震构造特

征,建立区域地震构造模型。

2 对厂址附近范围能动断层作出确切评价。

3 确定厂址设计基准地震动参数。

4 对地震地质灾害作出评价。

3.2.4 厂址普选工作应根据搜集到的现有地质、地震资料,初步阐述断裂分布、活动性及厂址附近范围能动断层,概略估计 SL-2 级地震动峰值加速度高值,给出厂址设计基本地震加速度及相应的地震基本烈度。

4 初步可行性研究阶段

4.1 一般规定

4.1.1 初步可行性研究阶段应针对 2 个或 2 个以上候选厂址开展调查与评价工作。

4.1.2 候选厂址在地质、地震方面的适宜性应在资料搜集和分析基础上,辅以必要的现场调查和勘探工作进行初步评价。

4.1.3 地震调查与评价工作应满足下列规定:

1 区域范围的评价工作应以搜集区域地质、地震和地球物理资料为主,初步评价区域地震活动性和地震构造特征。当现有资料不满足本阶段评价要求时,应进行必要的调查。

2 近区域范围的评价工作宜在搜集和分析现有地质、地震、地球物理资料、卫星遥感和(或)航空影像资料的基础上,开展必要的现场调查工作,对主要断层的活动性进行鉴定,初步评价近区域发震构造。

3 厂址附近范围的评价工作应在搜集相关地质资料的基础上,结合本阶段厂址区工程地质勘察结果,辅以适当的现场调查,对厂址附近范围内是否存在能动断层作出初步评价。

4 宜结合本阶段工程地质勘察资料,对厂址地震地质灾害进行初步评价。搜集相关资料,对诱发地震、海啸和湖涌等作出初步评价。

5 估算厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值,给出厂址 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度及地震基本烈度。

6 评价厂址区域地壳稳定性。

4.1.4 近区域、厂址附近水域断层的活动性应根据现有资料进行分析判断,当存在可能影响厂址合格性的关键断裂构造时,应进行

必要的地球物理勘探。

4.1.5 当区域范围内存在可能影响厂址合格性的火山活动时,应开展调查工作,并初步评价其对厂址的影响。

4.1.6 评价给出的适宜厂址应基本排除颠覆性因素,允许在现阶段工作深度的基础上,对存在不确定性的地震和地质问题进行合理的保守性处理。

4.2 地质调查

4.2.1 区域地质构造调查应包括下列工作内容:

1 搜集和整理区域地质构造资料,划分区域主要大地构造单元,分析区域地质构造演化特点、区域断裂构造及发育特征,编制区域地质构造图。

2 搜集和整理区域新构造资料,分析新近纪以来区域地层与地貌发育的基本特征、区域地球动力学背景、区域新构造运动、现今地壳形变的基本特征,编制区域新构造分区图,说明各新构造分区特点,论述厂址所在新构造分区的特征。

3 搜集和整理区域主要断裂的分布与规模、活动性质、活动时代、活动强度、活动性分段及相关定量数据等资料,评价区域主要断裂的活动性,并确定其到厂址的最近距离。

4 当区域范围内存在第四纪火山活动,应调查其最新活动时代、活动类型及特征,初步评价火山活动是否影响厂址的合格性。

5 搜集区域重力、航磁和其他地球物理场资料,分析区域地球物理场特征及其与地震的关系;编制区域布格重力异常、航磁异常、地壳厚度图。

4.2.2 当区域范围内可能存在对厂址评价有较大影响的发震构造,且现有资料不足以对其活动性及其对厂址的影响进行初步评价时,应进行现场调查。

4.2.3 近区域地质构造调查应包括下列工作内容:

1 搜集和整理近区域地质构造资料,说明近区域地质构造的

基本特征;编制近区域地质构造图。

2 搜集和整理近区域新构造运动与现今地壳变形资料,简要分析近区域新构造发育与活动特征。

3 分析解译近区域遥感影像资料,当识别出可能为活动断层的影像时,应进行必要的调查。

4 调查和鉴定近区域主要断层活动性,内容宜包括断层规模、活动时代、性质、运动特性和分段特征等,编制主要断层活动性鉴定实际材料图。

5 分析近区域主要断层活动性特征,编制近区域主要断层一览表和主要断层活动性分布图。

4.2.4 当近区域内的第四系覆盖区、水域可能存在影响厂址合格性的发震构造时,应选用适宜的地球物理勘探等方法进行初步勘查,并说明所用方法的适宜性。进行地球物理勘探资料解释时,应充分搜集能够反映第四系厚度、分层及时代的资料,合理地解释物探剖面,必要时应开展地质探槽、钻探和测年工作。

4.3 地震调查

4.3.1 区域地震调查应包括下列工作内容:

1 搜集区域地震资料,编制区域破坏性地震目录($M \geq 4.7$)和区域中小地震目录($1.0 \leq M < 4.7$)。

2 编制区域破坏性地震震中分布图($M \geq 4.7$)和中小地震震中分布图($1.0 \leq M < 4.7$)。

3 搜集区域历史地震记载完整性资料,以及区域范围内不同时期地震台网的监测能力资料,分析区域地震资料的完整性。

4 分析区域地震空间分布特征和时间分布特征。

5 搜集区域范围内地震震源机制解和小震综合节面解资料,分析区域现代构造应力场特征。

6 搜集对厂址影响烈度达到V度以上破坏性地震的烈度资料,编制区域破坏性地震等震线图,评价历史地震对厂址的影响及

特征。

4.3.2 近区域地震调查应包括下列工作内容：

- 1 搜集近区域地震资料，编制近区域地震($M \geq 1.0$)目录及震中分布图。
- 2 评价近区域地震活动特征。

4.4 地震构造评价

4.4.1 对区域地球动力学环境进行分析，并评价地球动力学环境对区域地震活动的控制作用。

4.4.2 区域地震构造图的编制应符合下列规定：

- 1 编制区域地震构造图，图中重点应表示地震活动、新构造期以来特别是第四纪以来的构造特征。
- 2 编制近区域地震构造图，图中重点表示第四纪以来活动断裂和现代中小地震活动。

4.4.3 分析区域地震构造条件应包括下列内容：

- 1 利用区域地质与地震调查资料评价区域地震构造背景。
- 2 分析区域主要地震构造特征及近区域地震构造特点，综合判别区域范围内主要强震、中强地震构造带。
- 3 分析区域地质构造特征与地震活动的关系和区域范围内不同震级范围的地震构造条件。

4.4.4 区域地震构造模型的建立应包括下列内容：

- 1 划分地震构造区，确定地震构造区的弥散地震。
- 2 鉴定发震构造，确定发震构造最大潜在地震。
- 3 编制地震构造区划分图。

4.5 厂址地震动参数估算

4.5.1 厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值应在确定性方法和概率性方法评价的基础上综合评定。

4.5.2 确定地震动衰减关系宜符合下列规定：

1 宜确定基岩水平向峰值加速度衰减关系。

2 可选用厂址所在地区现有衰减关系,但宜论证选用衰减关系的适用性与合理性。

4.5.3 确定性方法评价应符合下列规定:

1 应确定最大潜在地震和弥散地震到厂址的距离,并应符合下列规定:

1)对每一个发震构造,应假定最大潜在地震发生在该构造上距厂址最近的地点;当厂址位于发震构造范围内,应假定最大潜在地震发生在厂址下面适当距离处。

2)厂址所在地震构造区内的弥散地震应假定发生在距厂址某一特定距离处,应对该特定距离作充分论证。

3)厂址相邻地震构造区的弥散地震应假定发生在该地震构造区最靠近厂址的边界上。

2 应根据基岩峰值加速度衰减关系,计算厂址基岩峰值加速度值。

3 确定性方法估计值应取最大计算值。

4.5.4 概率性方法评价应符合下列规定:

1 应划分地震区、带和确定地震带地震活动性参数,编制区域地震区、带划分图。

2 应划分潜在震源区,确定潜在震源区震级上限和地震活动性参数,编制区域潜在震源区划分图。说明区域主要潜在震源区划分根据,编制潜在震源区一览表。

3 应确定潜在震源区方向性概率分布函数 $f(\theta)$ 。

4 地震危险性概率分析应符合下列规定:

1)计算厂址不同年超越概率水平的基岩峰值加速度值,绘制超越概率曲线,并可按本规范附录 B 的规定执行。

2)列表给出主要超越概率水平的基岩水平向峰值加速度计算结果,主要年超越概率水平至少应包括 2×10^{-3} 、 1×10^{-4} 。

3)以表格形式给出对厂址地震危险性起主要作用的各种潜在震源区及其贡献率,并论证概率分析结果的合理性。

4)取相应于年超越概率 1×10^{-4} 的基岩水平向峰值加速度值作为概率法确定的厂址 SL-2 级基岩水平向峰值加速度估计值。

4.5.5 SL-2 级地震动峰值加速度高值应根据确定性方法和概率方法得到的厂址 SL-2 级基岩水平向峰值加速度估计值中的最大值确定,并应符合本规范第 3.1.6 条的规定。

4.5.6 厂址地震动峰值加速度和地震基本烈度应根据概率法得到的 50 年超越概率 10% 的基岩水平向地震动峰值加速度值确定。

4.6 能动断层鉴定

4.6.1 厂址附近范围断层活动性鉴定应包括下列工作内容:

1 搜集厂址附近范围内现有地质调查资料与图件,阐述厂址附近范围地震、地质基本特征,编制厂址附近范围断层分布图。

2 结合近区域地震构造背景,确定厂址附近范围需要进行鉴定的主要断层。

3 鉴定断层的最新活动时代及其活动特征。

4 综合评价厂址附近范围是否可能存在能动断层。

4.6.2 符合下列条件之一时,应鉴定为能动断层:

1 断层晚更新世(约 10 万年)以来在地表或接近地表处存在显著的形变、位移等活动证据,证明其未来在地表或近地表处能够再次发生类似活动。

2 已经证明断层与一条已知能动断层存在明确的构造联系,并且能动断层的活动将引起该断层在地表或近地表的运动。

3 能够合理地证明最大潜在地震震级较大,且震源位于某一特定深度处的发震构造,将在地表或近地表处产生断错活动。

4.6.3 能动断层鉴定应编制能动断层鉴定结果一览表和能动断

层鉴定结果图。

4.6.4 当厂址附近范围初步鉴定存在能动断层时,应重点评价其对厂址合格性的影响。

4.7 地震地质灾害评价

4.7.1 厂址区及其附近地震地质灾害调查应包括下列工作内容:

1 搜集厂址附近范围内有关地震地质、工程地质、水文地质等方面的资料,以及由地震引起的液化、沉降、塌陷、斜坡失稳等方面的资料。

2 结合厂址地震烈度值,初步评价由地震引起的砂土液化、软土震陷、塌陷、崩塌、滑坡等潜在灾害的可能性。

3 搜集火山、诱发地震、地震海啸和湖涌资料,初步评估其对厂址可能产生的影响。

4.7.2 对厂址区是否存在影响厂址适宜性的潜在地震地质灾害应进行初步评价。

4.8 候选厂址适宜性评价

4.8.1 厂址区域地壳稳定性评价宜符合下列规定:

1 应综合分析每个厂址新构造运动、地震活动和断裂活动等方面的区域地壳稳定性特征。

2 厂址区域地壳稳定性宜划分为稳定、较稳定和不稳定三个级别,可按本规范附录 A 的规定进行评价。

4.8.2 候选厂址的适宜性应根据厂址地震地质环境、厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值、能动断层鉴定、地震地质灾害评价和厂址区域地壳稳定性评价结果,综合进行评价。

5 可行性研究阶段

5.1 一般规定

5.1.1 可行性研究阶段应针对 1 个厂址开展地震调查与评价工作。

5.1.2 地震调查与评价工作应在初步可行性研究阶段工作的基础上,补充搜集资料,开展充分的现场调查与勘察,确定厂址设计基准地震动参数,鉴定厂址附近范围是否存在能动断层,评价地震地质灾害及其影响。

5.1.3 地震调查与评价工作应符合下列规定:

1 区域范围内调查与评价工作应补充搜集区域地质、地震和地球物理方面新的资料和研究成果。当存在对地震危险性评价有重要影响的地震和地质问题,且现有资料不足以给出合理评价时,应补充必要调查。

2 近区域范围内调查与评价工作应在详细地质构造调查基础上,鉴定断裂活动性;进行小震重新定位和历史疑难地震调查,评价近区域发震构造。

3 厂址附近范围内调查与评价工作应在详细地质构造调查的基础上,进行能动断层鉴定。

4 应开展水域及第四系覆盖地区断裂及其活动性探查工作。

5 应确定厂址相关地震动参数,包括 SL-2 级厂址设计基准地震动峰值加速度值、加速度反应谱及设计地震动时程,SL-1 级厂址地震动参数。

6 应确定厂址 50 年超越概率 10% 地震动峰值加速度及相应的地震基本烈度。

7 应结合工程地质勘察资料,对厂址地震地质灾害,包括滑

坡、崩塌、塌陷及砂土液化等进行评价。搜集相关资料,对诱发地震、海啸和湖涌、火山等灾害影响作出评价。

5.2 地质调查

5.2.1 区域地质构造调查应包括下列工作内容:

1 在初步可行性研究阶段工作的基础上,补充搜集区域范围内陆域、水域新的地质构造资料和成果。对厂址有重要影响的发震构造,在资料不充分时,应进行补充调查。

2 在分析区域地质构造背景、新构造运动特征的基础上,编制区域地质构造图、区域新构造图,分析区域断裂构造带及其主要断裂基本特征,并评价其活动性。

3 搜集区域重力异常、区域航磁异常数据,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,并应对区域深部构造特征及其与浅部构造、地震活动等的相关性进行分析。

5.2.2 近区域地质调查应符合下列规定:

1 应开展近区域 1:100000 地质调查,并应符合下列规定:

1) 应充分搜集和分析已有的区域地质调查资料、物探资料、遥感资料和初步可行性研究阶段的工作成果。

2) 应以断裂构造、新构造和第四纪地层为主要调查内容。

对近区域主要断裂构造的调查应达到 1:100000 的精度要求,查明断裂的基本特征;查明近区域第四纪地层的时代、岩性、厚度、成因类型和分布特征;对近区域地貌类型及分布(分区)、新生代地层与岩浆岩发育特征应进行调查,并应分析近区域新构造运动性质、强度等特征。

3) 在基岩区的调查,每条主要断裂应提供不少于 3 个典型地质剖面,地质控制点应沿断裂走向合理分布。并应加强对指向厂址的断裂端部的调查,查明断裂向厂址方向

的延伸情况。

- 4) 在第四系覆盖区应不遗漏隐伏的主要断裂构造。应根据基岩区调查情况, 布置控制性的物探剖面, 根据断裂错断的最新地层和覆盖断层的地层年龄来限定断层的最新活动时代。
- 5) 应对遥感影像上规模较大、走向指向厂址或距厂址较近的线性影像进行现场核查, 以判定其是否为断裂, 并对判定的断裂构造进行活动性鉴定。
- 6) 应编制 1 条~2 条垂直构造线走向的综合地质地貌剖面, 其中一条应通过厂址。
- 7) 应编制近区域地质构造图。

2 应在近区域 1 : 100000 地质调查基础上开展断裂构造活动性鉴定, 并应符合下列规定:

- 1) 对基岩区主要断裂应开展现场地质地貌调查、典型观测点剥露、关键地段槽探, 应充分根据断裂的地质地貌特征、地层错动关系、断层物质构成、上覆地层或断层物质年代学证据, 并参考区域新构造活动背景、断裂所属构造带总体活动特征等资料, 对其活动性进行综合判定。
- 2) 应根据基岩区活动断裂构造向第四系覆盖区内延伸的情况开展控制性浅层地震勘探调查, 确定断裂位置、展布、规模, 并结合第四纪地层与钻孔资料对断裂活动性进行综合判断。
- 3) 应依据水域断裂调查资料, 完成水域断裂活动性鉴定。

3 应在调查与分析近区域地质构造背景、近区域第四系分布、近区域新构造运动表现与特征、近区域断裂及其活动性的基础上, 编制近区域断裂活动性分布图。

5.2.3 厂址附近范围地质调查应符合下列规定:

1 应开展厂址附近范围 1 : 25000 地质调查, 并应符合下列规定:

- 1) 应充分搜集和分析已有的区域地质调查资料、物探资料、遥感资料和初步可行性研究阶段的工作成果。
- 2) 应以断裂构造调查为主, 断裂调查应达到 1 : 25000 精度要求, 并应查明规模较大和具有代表性的断裂构造的基本特征。
- 3) 在基岩区的调查, 每条主要断裂应提供不少于 3 个典型地质剖面, 地质控制点应沿断裂走向合理分布。加强对指向厂址的断裂端部的调查, 查明断裂向厂址方向的延伸情况。
- 4) 在第四系覆盖区应不遗漏隐伏的主要断裂构造。应根据基岩区调查情况, 布设控制性的物探剖面, 根据断裂错断的最新地层和覆盖断层的地层年龄来限定断层的最新活动时代。
- 5) 在卫星遥感影像解译分析基础上, 确定调查范围内可疑线性影像, 并进行现场调查。
- 6) 应调查厂址附近范围内易导致潜在地震地质灾害的不良地质条件, 重点调查滑坡、岩溶塌陷、软弱土层以及第四纪火山活动等。
- 7) 编制 1 条~2 条垂直构造线走向的地质剖面, 其中一条应通过厂址。
- 8) 应编制厂址附近范围地质构造图。

2 应在厂址附近范围 1 : 25000 地质调查基础上开展断裂构造活动性鉴定, 并应符合下列规定:

- 1) 对基岩区主要断裂, 应开展现场地质地貌调查、典型观测点剥露、关键地段槽探, 根据断裂的地质地貌特征、地层错动关系、断层物质构成、上覆地层或断层物质年代学证据, 并参考区域新构造活动背景、断裂所属构造带总体活动特征等资料, 对其活动性进行综合判定。
- 2) 在第四系覆盖区应针对隐伏或推测断裂开展浅层地震

勘探,必要时应辅以钻探或槽探,结合第四纪地层与钻孔资料确定断裂错断的最新地层及其时代。

3)应根据水域断裂调查资料完成水域断裂活动性鉴定。

3 应在调查与分析厂址附近范围地质构造特征、第四纪地层分布、断裂及其活动性的基础上,编制厂址附近范围断裂活动性分布图。

5.2.4 水域内断裂构造调查应符合下列规定:

1 区域水域调查应针对那些对厂址地震动参数有重要影响的发震构造,测线应布设在对厂址有重要影响的部位,确定断点位置和断错层位的时代。

2 近区域水域调查测线方案的布设应能够控制近区域内主要构造在水域内的延伸和展布。

3 厂址附近范围水域测线方案的布设应控制厂址附近范围内主要断裂构造在水域内的延伸和展布。

4 宜采用浅层多道地震反射勘探方法。

5 应编制地震勘探时间剖面图、地质解释剖面图、断点平面分布图、推测断裂平面分布图,并应编制水域浅层地震勘探报告。

5.3 地震调查

5.3.1 地震调查应在地震资料整理分析和补充调查的基础上,对区域、近区域以及厂址附近范围内的地震活动特征进行分析和评价。

5.3.2 地震资料整理应符合下列规定:

1 搜集并复核初步可行性研究阶段使用的地震资料,补充新的地震资料。

2 当存在可能对厂址地震动参数有重大影响的历史疑难地震时,应开展历史地震复核调查。

3 搜集对厂址影响烈度达到V度以上的破坏性地震的宏观资料。

4 搜集区域范围内已有的地震震源机制解和小震综合节面解资料,对缺乏资料的近代较大地震进行震源机制解分析。

5 评价地震资料的完整性与可靠性。

5.3.3 编制区域地震目录和震中分布图应符合下列规定:

1 地震目录应包括破坏性地震目录($M \geq 4.7$)和小震目录($1.0 \leq M < 4.7$)两部分。

2 地震目录中应包括发震时间、震中位置(包括经度、纬度)、震级、震中烈度、震源深度、震中精度等基本信息。

3 根据区域地震目录,应分别编制区域破坏性地震($M \geq 4.7$)和小震($1.0 \leq M < 4.7$)震中分布图。

5.3.4 区域地震活动特征的分析与评价应包括下列工作内容:

1 根据对区域内地震活动特征的统计分析,以及与区域周边地震活动背景的对比,评价区域地震活动的总体水平;并结合地质构造背景资料,对区域地震活动的空间分布、区域地震震源深度分布等特征进行分析和评价。

2 根据对厂址地震影响烈度达Ⅴ度以上破坏性地震宏观资料,编制综合等震线图,并分析历史地震对厂址的影响。当宏观地震资料缺乏时,可利用区域地震烈度衰减关系估计并分析历史地震对厂址的影响。

3 根据区域地震震源机制解与小震综合节面解资料,分析区域现代构造应力场特征,并编制区域现代构造应力场最大主压应力轴和最大主张应力轴分布图。

5.3.5 近区域地震活动特征的分析与评价应符合下列规定:

1 根据鉴别近区域及其相邻区域发震构造的需要,开展小震的重新定位工作。

2 编制近区域综合地震目录和近区域地震震中分布图,目录中应给出地震距厂址的距离。

3 分析近区域内地震活动空间分布特征和震源深度分布特征,评价近区域地震活动强度和频度水平。

4 对厂址附近范围内地震活动特征和水平进行评价。

5.4 地震构造特征分析

5.4.1 区域地震构造特征分析应包括下列工作内容：

1 根据区域地质构造演化历史、新构造运动、活动构造、现今地壳形变、深部构造及区域构造应力场特征，分析区域所处的地球动力学背景及其对地震活动的影响与控制作用。

2 分析区域不同地域地质构造条件对地震活动的控制与影响，分析区域及邻近地区主要地震构造带及其特征。

3 分析区域典型地震事件的地震构造背景，总结区域地震孕育与发生的构造条件。

4 编制区域地震构造图。图中重点反映地震活动，以及新近纪以来特别是第四纪以来的构造特征，区分不同活动时代的断裂。

5.4.2 近区域地震构造特征应在近区域详细地震、地质调查基础上进行分析；并应编制近区域地震构造图，图中重点应反映第四纪以来不同时代活动过的断裂，以及包括现代微震在内的地震活动。

5.5 地震动参数衰减关系确定

5.5.1 基岩地震动参数衰减关系应包括峰值加速度衰减关系和反应谱衰减关系。

5.5.2 基岩地震动参数衰减关系的确定应符合下列规定：

1 具有足够强震动记录资料的地区，应采用统计回归方法确定地震动参数衰减关系。

2 缺乏强震动记录资料，但具有丰富地震烈度资料的地区，可采用转换或类比方法确定本区的地震动参数衰减关系。

3 既缺少强震动记录，又缺少地震烈度资料的地区，可选用地震和地震构造环境类似地区的地震动参数衰减关系。

5.5.3 拟采用的地震动参数衰减关系的适用性与合理性应进行论证，并应符合下列规定：

- 1 论证内容应包括均值和标准差。
- 2 应从大震或小震、近场或远场影响等方面,分析拟采用的衰减关系是否能反映本区地震环境特征。
- 3 应与本区其他已有的衰减关系进行对比,并应说明所获得的衰减关系的特点。
- 4 应与搜集的区域和邻区强震动记录资料进行对比,并应论述拟采用的衰减关系是否适用于本区。
- 5 应论述拟采用的衰减关系在对厂址地震动参数起控制作用的震级和距离处的合理性。

5.6 确定性地震危险性评价

5.6.1 厂址地震危险性确定性评价应包括下列基本步骤:

- 1 建立地震构造模型,包括发震构造及其最大潜在地震、地震构造区及其最大弥散地震。
- 2 对每一发震构造,假定其最大潜在地震发生在该构造上距厂址最近的地点;当厂址位于发震构造范围内,应假定最大潜在地震发生在厂址下面。
- 3 厂址所在地震构造区内的最大弥散地震,应假定其发生在距厂址某一特定距离处,该距离应根据近区域和厂址附近范围内详细地质调查结果,以及该地震构造区内地震震源深度分布特征综合确定;其他地震构造区的最大弥散地震,应假定发生在该地震构造区边界上最靠近厂址处。
- 4 地震动参数衰减关系应根据本规范第 5.5 节的要求确定。
- 5 计算厂址基岩地震动峰值加速度值。当采用椭圆衰减关系时,应考虑发震构造方向与厂址的方位关系。
- 6 取计算结果中的最大值作为确定性方法中 SL-2 级基岩地震动峰值加速度计算值。
- 7 计算厂址基岩地震动加速度反应谱,作为确定性方法中 SL-2 级基岩地震动加速度反应谱计算值。

5.6.2 具备下列条件的地质构造应鉴定为发震构造：

1 已经发生过 M6.0 级以上破坏性地震或发现有可靠古地震遗迹的地质构造。

2 与已知发震构造具有相同或相似构造特征的地质构造。

3 有可靠证据表明与已知发震构造存在构造联系的地质构造。

4 与已知发震构造具有相同或相似小震级地震活动特征的地质构造。

5 具有晚更新世以来活动性的地质构造。

6 中等或较低水平地震活动区缺乏晚第四纪活动直接证据的第四纪早中期地质构造,当它表现出与地震活动的相关性,或已表现出最新地貌变异带,或晚第四纪沉降带,并存在一定的深部构造背景。

5.6.3 发震构造最大潜在地震应根据发震构造上古地震、最大历史地震、构造规模、构造活动性、构造性质、与已知发震构造的类比、所处地震构造环境地震强度分布特征等基本资料进行综合评定。

5.6.4 地震构造区划分及其最大弥散地震确定应符合下列规定：

1 地震构造区划分应根据大地构造单元、新构造单元、地球物理场和地壳结构、现代构造应力场、地震活动等方面的分区特征,并以新构造活动、地震活动特征为主要根据。

2 地震构造区划分应重点分析厂址所在地震构造区的边界及其弥散地震活动特征。

3 应根据地震构造区内与已鉴定出的发震构造无关的最大地震震级、地震构造区总体地震活动水平、地震构造区所处地震构造环境及其特征综合评定地震构造区最大弥散地震。

5.6.5 地震构造模型建立中的不确定性应充分考虑,并应反映在确定性地震危险性评价结果中。

5.7 概率性地震危险性评价

5.7.1 厂址概率地震危险性评价包括以下步骤：

- 1 划分地震区、带,确定地震区、带地震活动性参数。
- 2 划分潜在震源区,确定潜在震源区地震活动性参数。
- 3 地震动参数衰减关系应根据本规范第 5.5 节的要求确定。
- 4 采用概率地震危险性分析方法计算厂址基岩地震动峰值加速度的年超越概率曲线,可按本规范附录 B 的规定执行;曲线宜计算至较低的超越概率水平,可采用年超越概率 1×10^{-5} 。

5 取相应于年超越概率 1×10^{-4} 的基岩地震动峰值加速度值作为概率法厂址 SL-2 级基岩地震动峰值加速度计算值。

6 采用概率地震危险性计算方法计算厂址相应于年超越概率 1×10^{-4} 的基岩地震动加速度反应谱,作为概率法对 SL-2 级基岩地震动加速度反应谱计算结果。

5.7.2 地震区、带划分及其参数确定应符合下列规定:

1 应以地震活动的区、带特征为基础划分地震区、带,以反映不同地区地震活动性统计特征的差异。同一地震区、带的地震构造环境与地震活动特征应具有一致性。

2 分析地震区、带内地震活动随时间的起伏变化特征,评价未来地震活动趋势,估计未来百年内的地震活动水平。

3 根据地震区、带内地震资料、地震构造背景、未来地震活动水平评定结果,确定地震区、带地震活动性参数。包括地震区、带震级上限 M_{uz} 、震级-频度关系系数 b 值、震级下限 M_0 、 M_0 级以上地震年平均发生率 ν_{M_0} 及本底地震年平均发生率。

4 地震区、带震级上限 M_{uz} 应根据区内已发生过的最大历史地震和地震构造条件综合确定。

5 在考虑地震资料的完整性及未来地震活动水平基础上,根据地震区、带内的地震资料,统计确定地震区、带的震级-频度关系及其系数 b 值。

6 地震区、带震级下限 M_0 关联于工程感兴趣的能够产生破坏性影响的最小地震震级,一般情况下可取为 $M_0 = 4.0$ 。

7 地震区、带 M_0 级以上地震年平均发生率 ν_{M_0} 应根据地震

样本统计得到,并考虑未来地震活动水平。

8 本底地震震级及其年平均发生率应根据区域和近区域地震调查结果综合确定。

5.7.3 潜在震源区划分及其参数确定应符合下列规定:

1 应在地震区、带内划分潜在震源区。

2 根据发震构造和地震活动特征综合划分潜在震源区。近区域范围内潜在震源区应重点考虑近区域内地质、地震调查结果。

3 根据潜在震源区的地震构造背景和地震活动特征,确定潜在震源区的地震活动性参数。包括潜在震源区震级上限 M_u 、地震空间分布函数 f_{i,m_j} 、方向性概率分布函数 $f(\theta)$ 。

4 潜在震源区震级上限 M_u 应根据潜在震源区地震构造背景及其地震分布特征确定。

5 潜在震源区空间分布函数 f_{i,m_j} 应依概率地震危险性分析计算方法的需要划分震级档;其确定应根据对潜在震源区地震构造条件所反映出的各震级档地震危险程度的综合评判,当潜在震源区内地震资料足够充分时,可采用统计分析得到。

6 潜在震源区方向性概率分布函数 $f(\theta)$ 应根据潜在震源区内未来地震破裂方向及其可能性的综合研究结果确定。

5.7.4 概率地震危险性计算结果的综合分析与评价应符合下列规定:

1 应分析主要潜在震源区对概率地震危险性计算结果的概率贡献,并评价该结果与区域地震构造环境和地震活动特征的协调性。重点分析峰值加速度,加速度反应谱高频、中频与低频段的潜在震源区概率贡献。

2 根据概率地震危险性分析结果,分析厂址加速度反应谱不同周期段的主要控制源。

3 应充分考虑地震区、带和潜在震源区划分及其地震活动性参数确定中的不确定性,以合理的方式反映在厂址概率地震危险性评价结果中或对结果的保守性进行论证。

5.8 设计基准地震动参数确定

5.8.1 设计基准地震动应包括 SL-2 级和 SL-1 级;厂址设计基准地震动参数应在厂址特定地震动参数基础上,考虑工程设计需要确定。

5.8.2 厂址特定地震动参数确定应符合下列规定:

1 厂址特定 SL-2 级地震动基岩峰值加速度值可根据以下方法确定:

- 1)应根据本规范第 5.6 节和第 5.7 节厂址地震危险性评价结果,取确定性方法和概率性方法厂址 SL-2 级基岩水平向峰值加速度计算值中的最大者,作为厂址特定 SL-2 级地震动基岩水平向峰值加速度值。
- 2)若在本规范第 5.6 节和第 5.7 节中直接采用竖直向衰减关系计算得到基岩竖直向峰值加速度,则取确定性方法和概率性方法厂址 SL-2 级基岩竖直向峰值加速度计算值中的最大者,作为厂址特定 SL-2 级地震动基岩竖直向峰值加速度值;若在本规范第 5.6 节和第 5.7 节中没有直接采用竖直向衰减关系进行计算,则可根据厂址特定 SL-2 级地震动基岩水平向峰值加速度值,以一定的比例折算得到厂址特定 SL-2 级地震动基岩竖直向峰值加速度值,该比例取决于震源和厂址特征以及其他相关因素,宜为 $1/2\sim 1$ 。

2 厂址特定 SL-2 级地震动基岩加速度反应谱可采用以下方法确定:

- 1)根据本规范第 5.6 节和第 5.7 节结果,综合绘制地震构造法计算得到的主要地震构造产生的厂址基岩加速度反应谱、概率方法计算得到的年超越概率 1×10^{-4} 的厂址基岩加速度反应谱。
- 2)取各计算谱的外包络谱作为厂址特定 SL-2 级地震动基

岩加速度反应谱。

- 3) 在某些情况下,可同时给出确定性方法和概率性方法各自计算反应谱外包络谱参数值,或根据工程设计需要确定一组有代表性的厂址特定 SL-2 级地震动基岩加速度反应谱。

5.8.3 厂址 SL-2 级设计基准地震动可直接采用厂址特定 SL-2 级基岩加速度反应谱,或采用以厂址特定 SL-2 级基岩地震动峰值加速度值标定的某种形式的标准谱。

5.8.4 厂址 SL-1 级设计基准地震动基岩水平向峰值加速度值的确定应综合比较下列结果,取其中的最大值作为 SL-1 级基岩水平向峰值加速度:

1 厂址 SL-2 级设计基准地震动基岩水平向峰值加速度值的 $1/2$ 。

2 现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 上厂址所在的地震动加速度分区值。

3 厂址 50 年超越概率 10% 的计算结果。

5.8.5 厂址设计基本地震加速度及其相应的地震烈度应在复核初步可行性研究阶段结果的基础上确定。

5.9 设计地震动时程确定

5.9.1 设计地震动时程应以厂址 SL-2 级设计基准地震动加速度反应谱为目标地震动反应谱。

5.9.2 设计地震动时程应包括两个正交水平方向和竖直方向的时程。

5.9.3 设计地震动时程应符合下列规定:

1 应具有 $0 \sim 2\pi$ 之间均匀随机分布的相角。

2 在满足时程包络函数的条件下,可采用频域或时域的调整方法,使设计加速度时程的反应谱能同时包络各给定阻尼比的目标反应谱。低于目标反应谱的控制点数不得多于 5 个,其相对误

差不得超过 10%，且反应谱控制点处纵坐标总和不得低于目标反应谱的相应值。

3 在 0.03s~5.00s 周期域内，反应谱控制点数不得少于 75 个，且应大体均匀地分布于周期的对数坐标上，其各频段的频率增量可按表 5.9.3 人工生成模拟地震动控制点的频段及其增量采用。

表 5.9.3 控制点的频段及其增量

频段(Hz)	0.2 ~3.0	3.0 ~3.6	3.6 ~5.0	5.0 ~8.0	8.0 ~15.0	15.0 ~18.0	18.0 ~22.0	22.0 ~33.0
频率增量 (Hz)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.50	1.00	2.00	3.00

5.9.4 每条设计地震动时程的总持续时间和平稳段的持续时间应足够长。地震动的总持续时间宜在 10s~25s，并且平稳段的持续时间宜在 6s~15s。

5.9.5 人工地震动时程的合成可选择单组时程法和多组时程法，并应符合下列规定：

1 选用单组时程法时，每条人工地震动时程计算出的在频率 0.3Hz~24.0Hz 区间的功率谱密度曲线，应包络由目标地震动反应谱计算出的在对应频率区间目标功率谱密度 80% 的曲线；可按本规范附录 C 的规定执行。

2 当选用多组时程法时，至少应计算出 4 组 3 个方向人工地震动加速度时程；同一方向上各人工时程反应谱的平均值应包络相应的同阻尼的设计反应谱。

3 每两条地震动时程间的绝对互相关系数不应大于 0.3，当满足此条件时便可以认定为在统计上相互独立；可按本规范附录 D 的规定执行。

5.10 土层场地地震动参数确定

5.10.1 工程场地的地貌、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、场地土类型和场地类别等工程地质条件应根据厂址区岩土工程勘

察资料分析确定。

5.10.2 应进行场地地震工程地质条件勘探,以及原位测试与室内试验,并应包括下列内容:

1 应开展场地土层条件的钻孔勘察,钻孔的数量和布设位置应以能够控制场地主要的工程地质单元分布为基本要求,钻孔不应少于3个,每个钻孔深度应达到剪切波速不小于700m/s的层位。

2 对钻孔揭示的各土层应连续取样,编制钻孔柱状图。

3 应进行钻孔分层岩土剪切波速和纵波速的原位测试,给出每个钻孔不同深度处岩土层剪切波速、纵波速。测试方法可采用单孔检层法或跨孔法,测试间距不得大于2m,在地层分界面附近应加密测试点。

4 各层原状土样应同时进行三轴试验和共振柱试验,共同测定剪变模量比与剪应变关系曲线、阻尼比与剪应变关系曲线,以及压缩模量比与轴应变关系曲线、阻尼比与轴应变关系曲线。

5 应进行原状土样的试验,获取天然密度等物理指标。

5.10.3 场地土层模型应根据场地土层分布与其物理力学指标建立。进行场地土层地震反应分析计算,并应符合下列规定:

1 场地土层地震反应模型建立应符合下列规定:

1) 场地模型选择:在场地地面、土层界面及基岩面均较平坦的工程地质条件下,水平成层土层模型能合理地反映场地条件时,可采用一维场地模型;而在土层节面、基岩面或地表起伏较大,水平成层土层模型不能合理地反映场地条件时,需要采用二维场地模型或三维场地模型。

2) 地震输入界面确定:应选用剪切波速不小于700m/s的岩土层顶面作为地震输入界面。

3) 土层模型参数确定:场地地震反应分析模型参数应根据勘察、试验结果确定。

2 地震输入界面处入射地震波参数应按自由场基岩地震动

时程幅值的 50% 确定。

3 场地土层地震反应分析计算应符合下列规定：

- 1) 一维模型土层厚度应划分得足够小,以使层内各点剪应变幅值大体相等,可用等效线性化波动法进行计算。
- 2) 应完成场地地震水平向和竖直向反应计算。
- 3) 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 $1/8 \sim 1/2$ 范围内取值。

5.10.4 场地设计地震动参数应根据场地地震反应分析得到的地震动时程确定,并拟合得到土层场地设计地震动时程。

5.11 能动断层鉴定

5.11.1 厂址附近范围能动断层应根据厂址附近范围地质构造和地震详细调查资料、厂址附近范围断裂活动性鉴定和近区域发震构造判定结果进行鉴定。

5.11.2 厂址附近范围内的断层符合本规范第 4.6.2 条所列特征时,应鉴定为能动断层。

5.11.3 应编制厂址附近范围能动断层鉴定结果图。

5.12 地震地质灾害评价

5.12.1 地震地质灾害类型宜包括：

- 1 地震导致的可引起场地地基失效的潜在地表破裂。
- 2 地震导致的可影响场地稳定的砂土液化、软土震陷、塌陷、崩塌、滑坡等。
- 3 地震导致的海啸、湖涌等灾害。
- 4 诱发地震灾害。
- 5 火山活动。

5.12.2 厂址区地震地质灾害历史及特征应根据厂址区历史地震地质灾害资料进行分析。

5.12.3 潜在地表破裂影响应根据能动断层展布范围、产状、性质、潜在位错量及其到厂址的距离等特征进行综合评价。

5.12.4 海啸、湖涌灾害影响的评价应包括下列工作内容：

1 搜集厂址地区历史地震导致海啸灾害影响的资料，根据厂址濒临海域强震活动特征、与远场外海海域强震带的关系、厂址附近海岸及大陆架自然条件等评价厂址区潜在的海啸灾害发生的可能性及其影响。

2 根据历史地震记载、厂址所处湖岸自然条件、湖泊周围地震活动特征等评价地震导致的湖涌灾害的可能性及其影响。对大型水库也应评价地震导致涌浪的影响。

5.12.5 地震导致的地质灾害评价应包括下列工作内容：

1 搜集厂址区及其附近砂土液化、软土震陷、塌陷、崩塌、滑坡等方面的历史地震灾害记载资料，分析灾害发生历史及其影响特征。

2 根据厂址附近范围地质调查资料，结合厂址区岩土工程勘察结果，评价厂址区砂土液化、软土震陷、塌陷、滑坡等地震地质灾害程度及其影响。

5.12.6 搜集诱发地震及其灾害影响资料，评价诱发地震发生的可能性及其影响。

5.12.7 应重点关注第四纪以来的火山活动。火山活动历史、最新活动时代、活动类型、活动强度、影响范围应根据本规范第4.2.1条火山活动调查的结果进行评价，并应对厂址的火山灾害影响进行评价。

6 厂址普选工作

6.1 一般规定

- 6.1.1 厂址普选工作应针对 3 个或 3 个以上可能厂址开展地震调查与评价工作。
- 6.1.2 调查评价的内容与深度应满足下列规定：
- 1 应充分搜集区域内现有地质、地震背景资料。
 - 2 厂址附近范围能动断层应基于已有资料进行初步评估。
 - 3 应概略估计 SL-2 级地震动峰值加速度高值。
 - 4 应给出设计基本地震加速度及相应的地震基本烈度。

6.2 地震和地质资料搜集与分析

- 6.2.1 搜集区域地质、新构造、活动断层等资料,应特别重视搜集区域内重大工程地震安全性评价资料。
- 6.2.2 搜集区域地震资料,并应编制区域破坏性地震($M \geq 4.7$)目录和震中分布图。
- 6.2.3 应搜集对厂址影响烈度达到 VI 度及 VI 度以上的破坏性地震的宏观影响烈度资料。
- 6.2.4 研究、分析区域地质构造的基本特点,并应重点分析归纳主要断裂的活动性、分段和发震构造特征。
- 6.2.5 分析区域地震活动的基本特征,并应评价历史地震对厂址的最大影响。

6.3 厂址地震和地质条件评价

- 6.3.1 厂址附近范围是否存在能动断层应根据已有断层活动性资料进行初步评估。

6.3.2 厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值应根据地震构造初步分析或初步的概率地震危险性估算进行概略估计。

6.3.3 厂址设计基本地震加速度及相应地震基本烈度应根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 给出。

7 成果报告内容与格式

7.1 一般规定

- 7.1.1 初步可行性研究阶段应编制地震调查与评价报告。
- 7.1.2 可行性研究阶段应编制地震安全性评价报告。
- 7.1.3 厂址普选工作应提供地震地质调查的相关文字内容。

7.2 初步可行性研究阶段地震调查与评价报告

7.2.1 初步可行性研究阶段地震调查与评价报告,应对候选厂址地震地质条件进行细致分析、论述,对候选厂址涉及的关键性地震地质问题进行分析和评价,对候选厂址地震地质条件的适宜性进行综合比较。

7.2.2 报告应结合初步可行性研究阶段工作的内容和深度要求编写,报告宜包括以下主要章节:

- 1 地震活动性评价。
 - 2 区域地质构造环境评价。
 - 3 近区域断裂活动性鉴定。
 - 4 厂址附近范围能动断层初步评价。
 - 5 地震构造特征评价。
 - 6 地震动参数衰减关系。
 - 7 厂址地震动参数估计。
 - 8 厂址区地震地质灾害初步评价。
 - 9 厂址地震地质条件适宜性评价。
- 7.2.3 初步可行性研究阶段地震调查与评价报告宜包括下列附图:

- 1 区域破坏性地震震中分布图(1:1000000);

- 2 区域现代小震震中分布图(1:1000000);
- 3 区域地质构造图(1:1000000);
- 4 区域新构造图(1:1000000);
- 5 区域地震构造图(1:1000000);
- 6 近区域地震震中分布图(不小于1:200000);
- 7 近区域地质构造图(不小于1:200000);
- 8 近区域地震构造图(不小于1:200000);
- 9 厂址附近范围能动断层鉴定结果图(不小于1:50000)。

7.3 可行性研究阶段地震安全性评价报告

7.3.1 可行性研究阶段地震安全性评价报告,应重点分析和论述厂址设计基准地震动参数确定、厂址附近范围能动断层鉴定、厂址区地震地质灾害评价等所涉及的主要地震和地质根据、评价方法和评价结果,给出厂址地震安全性评价结论。

7.3.2 报告应按可行性研究阶段地震安全性评价工作的内容和深度要求编写,宜包括以下主要章节:

- 1 地震活动性评价。
- 2 区域地质构造环境评价。
- 3 近区域地质构造调查与评价。
- 4 厂址附近范围地质构造调查与评价。
- 5 地震构造特征评价。
- 6 地震动参数衰减关系。
- 7 确定性地震危险性评价。
- 8 概率性地震危险性评价。
- 9 设计基准地震动参数确定。
- 10 设计地震动时程确定。
- 11 厂址附近范围能动断层鉴定。
- 12 厂址区地震地质灾害评价。
- 13 地震安全性评价结论。

7.3.3 可行性研究阶段地震安全性评价报告宜包括以下附图：

- 1 区域破坏性地震震中分布图(1 : 1000000)；
- 2 区域现代小震震中分布图(1 : 1000000)；
- 3 区域地质构造图(1 : 1000000)；
- 4 区域新构造图(1 : 1000000)；
- 5 区域布格重力异常图(1 : 1000000)；
- 6 区域航磁异常图(1 : 1000000)；
- 7 区域地震构造图(1 : 1000000)；
- 8 近区域地震震中分布图(1 : 100000)；
- 9 近区域地质构造图(1 : 100000)；
- 10 近区域地震构造图(1 : 100000)；
- 11 厂址附近范围地质构造图(1 : 25000)；
- 12 厂址附近范围能动断层鉴定结果图(1 : 25000)。

7.4 厂址普选工作地震地质内容编写要求

7.4.1 厂址普选工作地震地质内容应按本规范第 6 章调查获得的资料 and 结果编写,并应对可能厂址在关键地震地质条件上的合格性进行初步评价。

7.4.2 厂址普选工作地震地质内容编写宜包括以下主要内容：

- 1 区域地震活动性；
- 2 区域地震构造特征；
- 3 厂址地震动参数初步估计；
- 4 厂址地震地质条件初步评价。

7.4.3 厂址普选工作地震地质内容编写宜包括以下附图：

- 1 区域破坏性地震震中分布图；
- 2 区域地震构造图；
- 3 近区域地震构造图；
- 4 厂址附近范围地质构造图。

附录 A 厂址区域地壳稳定性分级

表 A 厂址区域地壳稳定性分级

稳定性 分级	地质构造活动性	地震活动性	地震危险性	第四纪 火山活动性	潜在地震 地质灾害
稳定区 (i)	区域范围发震构造对厂址影响小,近区域不存在发震构造或发震构造对厂址影响小;厂址附近范围没有能动断层;厂址区没有断裂或存在规模较小的前第四纪断裂	历史地震对厂址的影响 \leq Ⅷ度,近区域范围地震活动水平较低。弥散地震震级小于或等于5.5级	地震基本烈度 \leq Ⅷ度或在地震动参数区划图上位于或低于0.05g分区,SL-2高值 \leq 0.20g	区域范围内没有活火山或潜在火山不能影响近区域范围,近区域范围内没有第四纪火山	厂址区不存在地震地质灾害或仅可能存在轻微地震地质灾害,对厂址没有影响或采取简单的工程措施可以处理
较稳定区 (ii)	区域范围发震构造对厂址有一定影响,近区域范围发震构造对厂址影响较大,厂址附近范围没有能动断层,厂址区断裂为晚第四纪以前断裂	历史地震对厂址的影响 \leq Ⅷ度,近区域范围地震活动水平中等。弥散地震震级小于或等于6级	地震基本烈度为Ⅷ度或在地震动参数区划图上位于0.10g和0.15g分区,SL-2高值大于0.20g,但 $<$ 0.40g	区域范围内可能存在活火山,但潜在火山灾害不能影响近区域范围,近区域范围内有第四纪火山,但没有活火山	不存在影响厂址合格性的地震地质灾害
不稳定区 (iii)	区域范围发震构造对厂址有较大影响,近区域范围发震构造对厂址影响大,厂址附近范围可能存在能动断层	历史地震对厂址的影响 $>$ Ⅷ度,近区域地震活动水平较强。弥散地震震级大于6级	地震基本烈度 \geq Ⅷ度或在地震动参数区划图上位于0.20g及以上分区,SL-2高值 \geq 0.40g	区域范围内存在影响厂址安全性的活火山,近区域范围内有可能存在活火山	可能存在影响厂址合格性的潜在地震地质灾害

附录 B 概率地震危险性分析

B. 0. 1 划分地震区、带,并假定其地震发生符合泊松过程,震级-频度关系应为修正的 G-R 关系。地震区、带 t 年内发生 n 次地震的概率应按下式计算:

$$P(n) = \frac{(\nu_{M_0})^n}{n!} e^{-\nu_{M_0} \cdot t} \quad (\text{B. 0. 1})$$

B. 0. 2 地震区内地震的震级概率密度函数应按下式计算:

$$f(m) = \frac{\beta \cdot e^{-\beta(m-M_0)}}{1 - e^{-\beta(M_{\text{uz}}-M_0)}} \quad (\text{B. 0. 2})$$

B. 0. 3 地震区、带内发生 m_j 档地震的概率应按下式计算:

$$P(m_j) = \frac{2}{\beta} \cdot f(m_j) \cdot \text{Sh}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right) \quad (\text{B. 0. 3})$$

式中: β —— $\beta = b \ln 10$, b 为震级-频度关系(G-R 关系)系数;

Δm ——震级分档间隔;

m_j ——震级档 $(m_j \pm \frac{1}{2}\Delta m)$ 。

B. 0. 4 在地震区、带内,应划分潜在震源区,并应确定其空间分布函数以反映各震级档地震在各潜在震源区上分布的空间不均匀性。

B. 0. 5 根据全概率公式,地震区、带内发生的地震,在厂址产生的地震动参数值 A 超越给定值 a 的年超越概率应按下式计算:

$$P_k(A \geq a) = 1 - \exp\left\{-\frac{2\nu_{M_0}}{\beta} \cdot \sum_{j=1}^{N_m} \sum_{i=1}^{N_s} \iiint P(A \geq a | E) \cdot f(\theta) \cdot \frac{f_{i,m_j}}{A(S_i)} \cdot f(m_j) \cdot \text{Sh}\left(\frac{1}{2}\beta\Delta m\right) dx dy d\theta\right\} \quad (\text{B. 0. 5})$$

式中: $A(S_i)$ ——地震区带内第 i 个潜在震源区 S_i 的面积;

$P(A \geq a | E)$ ——地震区带内第 i 个潜在震源区内发生某一特定地震事件[震中 (x, y) , 震级 $m_j \pm \frac{1}{2} \Delta m$, 破裂方向 θ]时厂址产生地震动参数值 A 超越给定值 a 的年超越概率;

$f(\theta)$ ——破裂方向的概率密度函数;

N_m ——震级分档数;

f_{i,m_j} ——地震区带内第 i 个潜在震源区发生 m_j 档地震的概率, 也称空间分布函数;

N_s ——地震区、带内潜在震源区数。

B. 0. 6 综合所有地震区、带的影响得到厂址地震动参数值 A 超越给定值 a 的年超越概率:

$$P(A \geq a) = 1 - \prod_{k=1}^{N_s} [(1 - P_k(A \geq a))] \quad (\text{B. 0. 6})$$

式中: N_s ——地震区、带个数。

附录 C 目标功率谱密度的计算方法

C.0.1 功率谱 $S(\omega)$ 与傅立叶振幅谱 $|F(\omega)|$ 的关系应按下式计算:

$$S(\omega) = \frac{2|F(\omega)|^2}{2\pi T_d} \quad (\text{C.0.1})$$

式中: T_d ——时程平稳段的持续时间;

$|F(\omega)|$ ——平稳段时程的振幅谱,对于频率 f 处的平均功率谱取频带 $[f-0.2f, f+0.2f]$ 内 $S(\omega)$ 的平均值。

C.0.2 阻尼比为 0.05 的 RG1.60 水平方向加速度反应谱应符合表 C.0.2 的规定:

表 C.0.2 反应谱放大系数(0.05 阻尼比, RG1.60 谱)

控制点周期(s)	0.03	0.11	0.40	4.00
放大系数	1.00	2.61	3.13	0.47

C.0.3 RG1.60 水平标准反应谱(以 $a_{\max} = 1.0g$ 标定)在 0.3Hz~24.0Hz 频率区间内的功率谱 $S_0(f)$ 应符合下列规定:

$$\left. \begin{aligned} f=0.3\text{Hz}\sim 2.5\text{Hz}, S_0(f) &= 4193.54(f/2.5)^{0.2} \\ f=2.5\text{Hz}\sim 9.0\text{Hz}, S_0(f) &= 4193.54(2.5/f)^{1.8} \\ f=9.0\text{Hz}\sim 16.0\text{Hz}, S_0(f) &= 418.06(9.0/f)^3 \\ f=16.0\text{Hz}\sim 24.0\text{Hz}, S_0(f) &= 74.19(16.0/f)^8 \end{aligned} \right\} \quad (\text{C.0.3})$$

式中: $S_0(f)$ ——功率谱(cm^2/s^3)。

C.0.4 反应谱 $R_n(f)$ (以 $a_{\max} = 1.0g$ 标定)不是 RG1.60 水平标准谱时,其相应的功率谱 $S_n(f)$ 应按下式进行计算:

$$S_n(f) = S_0(f) \cdot a_{\max}^2 [R_n(f)/R_0(f)]^2 \quad (\text{C.0.4})$$

式中: a_{\max} ——时程的峰值加速度;

$R_0(f)$ ——RG1.60 水平标准反应谱。

附录 D 地震动时程间相关性的计算

D.0.1 时程 $x_1(t)$ 和 $x_2(t)$ 之间绝对互相关系数应按下式计算：

$$\rho_{12} = \frac{E[(x_1 - m_1)(x_2 - m_2)]}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (\text{D.0.1})$$

式中： E ——数学期望；

m_1, m_2 ——分别为时程 x_1, x_2 的均值；

σ_1, σ_2 ——分别为时程 x_1, x_2 的标准差。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《中国震动参数区划图》GB 18306

中华人民共和国国家标准

核电厂工程地震调查与评价规范

GB/T 50572-2010

条文说明

制定说明

《核电厂工程地震调查与评价规范》GB/T 50572—2010,经住房和城乡建设部 2010 年 5 月 31 日以第 616 公告批准发布。

本规范制订过程中,对重要的地震技术问题进行了调查研究,编写了专题报告;总结了近年来国内外核电厂地震工作的工程实践经验和大地震的经验教训,采纳了地震工程领域新的科研成果,同时参考了国际原子能机构安全导则《核电厂地震危险性评价》NS-G-3.3、美国核管理委员会管理导则《基于功能的厂址特定地震动确定方法》RG1.208 等国外先进技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《核电厂工程地震调查与评价规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(51)
3	基本规定	(53)
3.1	技术原则	(53)
3.2	工作内容与深度	(54)
4	初步可行性研究阶段	(57)
4.1	一般规定	(57)
4.2	地质调查	(59)
4.3	地震调查	(66)
4.4	地震构造评价	(67)
4.5	厂址地震动参数估算	(70)
4.6	能动断层鉴定	(72)
4.7	地震地质灾害评价	(73)
4.8	候选厂址适宜性评价	(74)
5	可行性研究阶段	(75)
5.1	一般规定	(75)
5.2	地质调查	(75)
5.3	地震调查	(78)
5.4	地震构造特征分析	(80)
5.5	地震动参数衰减关系确定	(80)
5.6	确定性地震危险性评价	(81)
5.7	概率性地震危险性评价	(84)
5.8	设计基准地震动参数确定	(88)
5.9	设计地震动时程确定	(90)
5.10	土层场地地震动参数确定	(91)

5.11	能动断层鉴定	(91)
5.12	地震地质灾害评价	(92)
6	厂址普选工作	(93)
6.1	一般规定	(93)
6.3	厂址地震和地质条件评价	(93)
7	成果报告内容与格式	(95)
7.1	一般规定	(95)
7.2	初步可行性研究阶段地震调查与评价报告	(95)
7.3	可行性研究阶段地震安全性评价报告	(97)
7.4	厂址普选工作地震地质内容编写要求	(109)

1 总 则

1.0.1 核电厂是各类建设工程中安全性要求最高、技术条件最为复杂的工业设施。我国核电厂的建设已从起步阶段进入到发展和实施阶段,在今后十年、二十年将有一个更大的发展。本规范针对的地震调查与评价工作,是核电厂前期工作中一个重要的组成部分。本规范的制定,遵循了我国相关核安全法规、导则和标准的规定,吸收了我国核电厂建设积累的经验,参考了国外核电厂前期工作的经验,并满足国家有关的技术经济政策和基本建设程序的要求。

1.0.3 核电厂的地震调查与评价是勘察设计的重要组成部分,应按基本建设程序要求分阶段进行工作。在不同工作阶段均应精心调查、精心分析与评价,以客观准确地反映地震地质条件,并提出资料完整、评价合理的工作报告。

1.0.4 核电厂地震调查与评价工作应符合我国现行法规、规范的约束。我国现行有关法规大致分为三类:一类为地震主管部门颁布的地震安全性评价法规和技术规范;一类为核安全主管部门颁布的核安全法规和导则;一类为建设部门颁布的核电厂抗震设计规范。各标准和规范目的和分工不同,本规范与其他相关的法规、规范在技术规定上是协调的。核电厂地震调查与评价工作应遵照本规范进行,同时也应遵循有关国家标准以及核安全法规、导则和规定。

核电站地震调查与评价工作涉及的主要国家标准、核安全法规和导则包括:

- 1 《工程场地地震安全性评价》GB 17741;
- 2 《中国地震动参数区划图》GB 18306;

- 3 《核电厂抗震设计规范》GB 50267;
- 4 《核电厂质量保证安全规定》HAF 003;
- 5 《核电厂厂址查勘》HAD 101/07;
- 6 《核电厂厂址选择中的地震问题》HAD 101/01。

3 基本规定

3.1 技术原则

3.1.1 本条规定了核电厂的地震调查与评价的基本要求。其中重点工作,一是提出工程厂址 SL-2 值等地震动参数;二是鉴定能动断层;三是评价地震引起的潜在地质灾害。

3.1.2 核电厂的地震调查与评价应充分搜集和分析已有的资料,提出针对各个阶段应重点查明的地质与地震问题的工作大纲和技术方案,在工作中应综合采用水域物探、覆盖区地球物理勘察、地质地貌地表调查、测年、探槽、历史地震考察、地震精确定位、室内计算分析等各种必要的技术手段。

核电厂地震调查与评价基本工作程序应具有以下关键控制点:

1 工作开始之前,应编制核电厂地震调查与评价工作大纲和质量保证大纲(以下简称“两纲”),应对“两纲”进行专家评审,获得认可后作为工作执行的根据。

2 野外现场调查工作完成后,应对工作成果进行现场验收,包括现场成果汇报、典型调查点和样本的核查、专家质询和答辩,验收通过后,现场调查成果方可用于后续的调查与评价工作。

3 最终完成的工作成果报告应分阶段进行不同级别的评审。初步可行性阶段工作报告应通过项目委托方组织的业内专家组审查,可行性研究阶段的报告应通过国家地震安全性评定委员会的审查,取得中国地震局批复文件。审查通过后的报告方可作为项目的正式成果应用。

3.1.3、3.1.4 这两条规定了核电厂地震调查与评价工作的调查范围划分以及各个范围相应的调查目的。

3.1.5 本条规定了各个范围地震调查工作主要图件的比例尺,应该说明的是,近区域范围、厂址附近范围图件比例尺不代表相应范围内所有调查工作的精度要求,如:除断裂构造发育及靠近厂址等重点地段外,其他地段工作的精度可适当控制在基础地质图件的精度(1:200000、1:50000)内。主要图件指本规范第7章“成果报告内容与格式”中所列各阶段工作包括的附图。

3.1.6 本条规定主要考虑了我国特定的地震活动背景,并与相关的规范、导则相协调。

3.2 工作内容与深度

3.2.1 核电厂的地震调查与评价应与设计阶段相适应,并应分段进行。目前,核电厂设计阶段划分除了初步可行性研究阶段和可行性研究阶段外,还有初步设计和施工图设计阶段等,本条规定明确地震调查与评价工作应主要在初步可行性研究阶段和可行性研究阶段完成,其他阶段如需补充开展地震调查与评价相关工作的,可参照本规范的相关内容。

厂址普选工作在初步可行性研究阶段之前开展,本条提出的根据厂址普选工作确定地震调查深度及内容的规定是依据工程建设需要及工程实践经验而提出的。

3.2.2 本条规定了初步可行性研究阶段地震调查与评价的方法、工作任务及内容。本条规定也明确了初步可行性研究阶段的深度。工作方法强调以搜集现有资料为主,现场调查及勘探工作应满足适量和必要的要求,以能够完成本阶段评价为目的。本阶段几个具体问题说明如下:

1 区域地壳稳定性评价:根据厂址新构造运动、断裂活动性、地震强度及频度、地震动参数等地震和构造特征,评价区域地壳稳定性,提出厂址区域地壳稳定、较稳定或不稳定的意见。

2 厂址 SL-2 级地震动峰值加速度高值(即 SL-2 高值)估算:建立初步的区域地震构造模型,包括发震构造初步鉴定及其最大

潜在地震确定、地震构造区划分及其最大弥散地震确定,采用确定性方法和概率性方法,估算厂址地震动参数 SL-2 高值。SL-2 高值为本阶段的专用术语,原则上应尽可能涵盖可行性研究阶段最终确定的 SL-2 值。

3 对地震引起的地质灾害初步分析:应在充分利用厂址区工程地质条件勘察成果的基础上,完成厂址区潜在地震地质灾害评价。常见潜在地震地质灾害类型包括:断层地表错动、砂土液化、软土震陷、滑坡、崩塌、海啸、湖涌、第四纪火山、诱发地震等。

4 初步查明能动断层:本阶段应初步分析评价厂址附近范围地表断层的活动性,主要是根据已有资料及厂址附近范围调查来初步查明和鉴定能动断层。

5 地震基本烈度的确定:应考虑现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 上厂址的地震动峰值加速度分区值。出现重大变动时应加以详细论证说明。

3.2.3 本条规定可行性研究阶段地震调查与评价工作应在初步可行性研究的基础上进行。地震地质调查工作应进一步搜集现有的地质、地震和地球物理资料,工作重点应放在厂址近区域及厂址附近范围,应开展现场调查及必要的勘探工作。本阶段应完成全面的地震调查与评价工作,一方面应满足工程可行性报告的审查需求,另一方面应基本满足设计要求。几个具体问题说明如下:

1 本阶段对能动断层应作出确切的评价。对基岩裸露区主要应在 1:25000 地质构造图的基础上进行鉴定,重点是规模相对较大、指向或靠近厂址的断裂;根据地质地貌调查和断层活动年代测定结果综合判定其能动性。对第四系覆盖区进行能动断层调查时,应以浅层地震勘探为主,必要时应布置适量的钻探工作进行验证。对水域范围内的能动断层鉴定工作,应在陆域范围的工作成果和搜集水域资料的基础上有针对性地进行,一般情况下可采用地震勘探方法进行控制。

2 建立最终的区域地震构造模型,包括发震构造的鉴定及其

最大潜在地震确定、地震构造区划分及其弥散地震确定等,并确定地震动参数衰减关系,采用确定性方法和概率性方法,计算并确定厂址设计基准地震动参数。

3.2.4 本条规定了厂址普选工作地震调查与评价的方法、工作任务及内容,也明确了普选工作的深度。工作方法强调搜集资料,原则上不进行现场工作。工作内容强调给出 SL-2 高值可能的范围,初步评价能动断层;根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 确定厂址的设计基本地震加速度及地震基本烈度。

4 初步可行性研究阶段

4.1 一般规定

4.1.1 初步可行性研究阶段地震调查与评价的目标在于为初步可行性研究阶段厂址比选和优选候选厂址和备选厂址的确定提供地质、地震方面的根据,为编制初步可行性研究报告提供相关支持材料。因此本阶段地震调查与评价工作应针对 2 个或 2 个以上候选厂址进行。

4.1.2 初步可行性研究阶段地震调查与评价工作强调以资料搜集、整理和分析现有资料为主,辅以必要的现场调查,作为对本阶段总体深度的把握,主要是基于我国地震与地质资料程度和本阶段的评价目标考虑的。通过对现有资料的分析,一般可以对区域地震活动和发震构造背景进行合理的估计;在此基础上,结合必要的现场调查,采用合理保守性估计原则,可以满足本阶段评价工作的需要,也有利于区分本阶段与可行性研究阶段工作深度的差别。

当区域范围存在对 SL-2 高值有明显影响的发震构造而缺乏必需的评价资料或现有认识不一致、近区域范围存在规模较大且缺乏活动性鉴定基础资料的断裂、厂址附近范围可能存在能动断层以及有影响厂址适宜性的重要疑难历史地震时,应开展现场调查,获得必要的资料与数据。

4.1.3 本条规定了初步可行性研究阶段地震调查与评价中区域、近区域和厂址附近三个范围的主要工作内容与深度的要求。

1 区域范围内现有资料不满足本阶段要求,主要是指当区域范围内可能存在一些规模较大的发震构造(如发震断层),但最大潜在地震评价与发震构造分段缺乏根据,或不同资料之间存在较大矛盾,或科学上有新的认识等情况时,结合核电厂预选机型对

SL-2 值及反应谱要求分析,如果可能影响到厂址 SL-2 高值的评价或可能不满足预选机型对反应谱的要求时,应进行必要的调查。

调查的深度以满足评价发震构造的最大潜在地震大小以及能初步合理估计到厂址的最近距离为宜,发震构造的重复特征等内容可在可行性研究阶段进一步查明。

2 近区域范围的评价应重视卫星(或航空)影像分析工作,该项工作的重点在于发现新的可能为活动断层的线性影像,以及分析现有图件上所标示的断裂是否有活动断层的影像显示。必要的现场调查工作主要针对可能活动断层的甄别与控制性调查,获得对活动断层的展布与基本活动特征的初步评价,对区内其他规模较大的断层进行粗略的控制性调查即可。

3 厂址附近范围内适当的现场调查主要是指对可能为能动断层的断层进行相对充分的调查,对其他主要断层进行控制性调查。由于本阶段开展的厂址区工程地质勘察工作精度较现有基础资料高,应反映该项工作中新获得的厂址断层资料,对于厂址区出现的断层(一般情况下很少出现)不论规模大小,都应进行鉴定。

4 搜集本阶段工程地质勘察工作获得的厂址区地形地貌、第四系分布与分层等资料,结合地震烈度与地震动参数初步评价结果,初步评价厂址区是否可能发生地震滑坡、液化、震陷等潜在地震地质灾害。还应收集钻孔剖面资料,初步分析厂址区是否存在潜在岩溶塌陷灾害;滨海厂址应初步评价潜在地震海啸灾害的可能性及程度,滨湖厂址应初步评价地震湖涌的可能性及程度。

5 当区域范围内存在最大潜在地震震级较高的发震构造时,除了给出 SL-2 值外,还应结合拟采用的核电机型,对反应谱的适宜性进行初步分析。

4.1.4 经过厂址普选工作选定的候选厂址近区域范围内一般不会存在影响厂址合格性的发震构造,而且考虑到水域、第四系覆盖区开展地球物理探测成本较高、工期较长,本阶段一般不进行水域、第四系覆盖区的物探工作。但应根据近区域范围内水域和第

四系覆盖区现有地质资料和地震资料,区域断裂活动性与发震构造资料的综合分析,判识水域和第四系覆盖区是否可能存在影响厂址合格性的发震构造。当这种可能性存在时,应开展必要的控制性物探、钻探等工作,初步鉴别是否存在可能的发震断层,并估计其最大潜在地震。

4.1.5 当区域范围内第四纪火山活动符合以下条件时,需开展必要的现场调查工作:

1 已有资料表明火山在晚更新世晚期(约2万年~3万年)以来有活动或火山下面存在活动的岩浆囊,且缺乏必要的火山最新活动时代与活动类型、规模资料。

2 根据火山与候选厂址的距离、火山喷发的类型与规模等估计,火山空降物和(或)熔岩流和(或)火山泥石流可能影响到厂址附近范围。

对于不符合上述条件的第四纪火山,可不开展现场调查,但应根据现有资料简要论述其最新活动时代、喷发特征及其对厂址的影响。

4.1.6 鉴于能动断层、火山活动是影响厂址合格性的颠覆性因素,评价结果应有较充分的根据。

进行合理的保守性处理主要针对与确定 SL-2 高值估计的有关参数,如发震构造的最大潜在地震震级、最大潜在地震到厂址的最短距离、衰减关系等可考虑合理的保守处理,当保守性处理结果可能影响厂址合格性时,应进行较充分的调查和论证。

4.2 地质调查

区域地质调查应获得分析区域地震地质背景的地质基本资料。一般通过对现有资料的搜集与整理即可达到要求,重点是与工程安全性密切相关的可能影响厂址的地震地质因素,对于那些不构成影响的地质背景资料予以简化。

4.2.1 本条主要规定了区域地质构造背景调查的主要内容,具体

的调查要求按照以下说明进行：

1 搜集和整理区域地质构造背景资料具体包括：

1)搜集和整理区域大地构造环境、构造旋回及其构造层、断裂构造格架等资料,简要说明区域大地构造位置与属性、区域地质构造层与构造运动演化特点,分析区域断裂构造格架及发育特征。

2)根据区域构造演化历史、构造层特征和断裂格架资料,划分区域主要大地构造单元,说明各大地构造单元的基本地质构造特征,简述厂址所在大地构造单元地质构造特征。

3)编制区域地质构造图(1:1000000)。图中应反映构造层、岩浆岩、新生代盆地及等厚线、主要断裂以及大地构造单元划分等地质要素。大地构造至少表示至二级大地构造单元。

2 搜集和整理区域新构造资料具体包括：

1)搜集区域地壳形变与地球动力学环境资料,分析区域地球动力学背景。

2)搜集新近纪以来地层及发育厚度、火山岩与岩浆岩、温泉、地貌面分布与高程等资料,简述新近纪以来地层与地貌发育的基本特征。

3)搜集区域新构造运动表现方式、强弱程度、空间分布及发展演化等方面的资料,简述区域新构造运动的基本特征。

4)搜集区域范围内各种有效观测手段获得的现今地壳形变资料,分析区域现今地壳形变特征。

5)根据新构造运动特征的差异,进行新构造分区,至少应划分到二级新构造区。说明新构造分区的根据及各区新构造运动特征,分析其与地震活动的关系,对厂址所在新构造分区特征应做相对详细的论述。

6)编制区域新构造分区图(1:1000000)。图中宜反映地层、火山和岩浆岩分布,晚第三纪以来有活动的断层、盆地和隆起,新构造分区边界。前新生代地层以一种符号表示,新生代地层应区分古近系、新近系和第四系,给出第四系(或N+Q)等厚线;图中

标示新生代以来有活动的主要断裂,区分出新近纪断裂、早、中更新世断裂,晚更新世断裂和全新世断裂;图中标示 $M_{4\frac{3}{4}}$ 级以上地震,重要地震标出发震时间和震级。

3 搜集新构造期以来活动的区域主要断裂分布与规模、活动性质、活动时代、活动强度、活动性分段和活动性定量数据等资料,编制区域断裂活动特征一览表,说明各断裂的活动特征,并把结果表示在区域新构造分区图中。对于地球物理勘查获得的断裂活动性资料,根据采用的探测方法、技术参数对结果的可靠性与不确定性给予说明。

4 对于区域范围内可能影响到厂址合格性的第四纪火山的调查与评价,具体可按下列要求进行:

1)查明火山活动类型及其最新活动时代,鉴定是否为活火山。正在喷发和预期可能喷发的火山为活火山,不同地区和国家鉴定活火山的时代标准有差异,如位于太平洋岛弧的日本,火山活动频度高,荒木重雄(1991年)建议采用2000年以来有过喷发的火山为活火山;我国处于板内环境,火山活动频度低、间隔时间长,建议采用10000年以来有过活动的火山为活火山。

2)当为活火山时,应结合火山活动历史资料判别核电站寿期内火山是否可能活动。但可能出现例外的情况,即当火山下出现活动的岩浆房时,根据活火山时代鉴定为不是活火山的火山也可能复活而喷发。因此,对于在晚更新世晚期(距今2万年~3万年)的火山应分析是否存在活动的岩浆系统。鉴定活动岩浆系统一般可根据下列现象作出初步判断:在火山区存在水热活动或喷气现象;以火山为中心的小范围内,微震活动明显高于其外围地区;火山地区出现某些可能观测到的地表形变。存在上述现象时应采用地球物理、地球化学方法探测提供确切的证据。

3)对火山喷发类型、规模及影响范围进行调查,评价火山空降物、熔岩流是否可能影响到厂址附近范围,并编制影响分布图。

4)评价火山地震的可能性、最大地震震级及其对厂址的影响。

5)当厂址位于火山下游河道附近时,评价火山喷发可能产生的泥石流是否对厂址存在影响。

5 区域布格重力异常、航磁异常、地壳厚度图的比例尺一般为1:1000000,图中同时标注M4³/₄级以上地震。

4.2.2 主要区域断裂活动性评价应通过搜集已有资料完成。当区域范围内存在对厂址地震安全性评价有较大影响的发震断裂,且现有资料不足以对其活动性及其对厂址的影响进行初步评价时,应根据下列要求进行适当的补充现场调查与评价:

- 1 查明断裂的最新活动时代、性质和运动特性。
- 2 进行断层活动性分段。
- 3 初步评价各活动段的最大潜在地震及其到厂址的最近距离。

在现场调查中需要注意获得重点地段古地震造成的断错位移动大小,以及古地震地表破裂的规模,评价古地震震级大小。结合年龄测定,分析古地震的活动期次,尽可能给出其复发间隔。由于大地震重复特征对评价发震构造的发震概率十分重要,在有条件时,需尽可能通过调查获得的地震位移等参数,结合历史地震资料分析,给出活动断层的破裂分段模式和大地震重复行为与参数,建立大地震复发模型。

4.2.3 近区域地质调查应对区域资料在近区域范围内反映出的特征进一步核实,并且补充由于区域调查精度限制可能遗漏的对厂址安全性有影响的地质因素,为确定区域地震构造模型提供更详细的地质资料。

1 近区域地质构造背景资料包括近区域地层、岩浆岩和地质构造资料。近区域地质构造图的编制宜采用1:200000或1:250000区域调查获得的地质构造图,结合搜集的其他相关地质资料编制。

2 搜集和整理近区域新构造运动资料包括近区域地貌、第四系、新近纪以来主要盆地、断层及其活动性、地壳变形等资料。当

近区域新构造具有明显的分区特征时,应进行新构造分区。

3 遥感图像解译是活动构造调查前期的有效手段之一,适用于活动断层的普查和控制性定位工作。应注意利用多种遥感资料,除卫星遥感、雷达遥感等资料外,对航空照片尤其是拍摄时间较早的航空照片要给予特别的注意,这主要是由于在工业化时期人类活动对地表地质地貌的改造十分强烈(尤其是我国东部地区),在最近时期拍摄的航空照片上典型的活动构造表现和断错地貌可能已不复存在,而在早期航空照片上却有踪迹可循。卫星遥感影像资料的精度一般不小于10m。没有现成的区域卫星遥感图像时,应合成近区域卫星遥感影像。

4 近区域主要断层活动性初步鉴定首先需要确定本阶段要调查的主要断层,包括可能为区域性活动断层在近区域内的分支断层;卫星影像解译出的可能第四纪以来有活动的断层;与破坏性地震特别是 $M \geq 6.0$ 的地震或现代小震密集活动在空间位置上相关的断层。

断裂活动性初步鉴定可进行控制性调查,一般采用地质地貌调查方法,寻找可能反映断层最新活动的地质地貌点,野外应尽可能获得断层活动断错的最新地层与覆盖在断层上的最老地层剖面,结合地层年代学测定,评价断层活动性;在断层隐伏地段应考虑开挖探槽,当断层埋藏较浅,如小于10m时,探槽即可发挥对断层活动性进行详细研究的关键作用,在断层出露地段的一些关键地点,特别是具有关键作用的错断微地貌分布地段,槽探是可以揭露活动断层最新活动和古地震错动历史的最好技术。

对于基岩裸露断层,可以采用断层构造岩年代学数据来判断断层活动时代,根据年代学理论进展和工程实践经验,断层构造岩测年宜采用电子自旋共振(ESR)测年方法。采集测年样品时,应注意采集断层带中最新活动形成的物质。

断层活动性调查中应注意断裂活动的横向迁移性,资料表明,一些断裂带内最新活动部位与老断层面不完全一致,如北京附近

南口山前断裂晚更新世的有些活动露头是在距主断裂 70m 处的洪积台地中发现的,广东镇海湾断裂第四纪中期的活动部位位于老断层以西 200m 的海边,造成位于新活动断层上盘的老断层大部分地段下降于海湾中。因此,在野外调查时,应向断层带两侧作适当的横向追索调查,以保证不遗漏断层带最新活动部位。

断层活动定年是断层活动性鉴定的关键技术之一,有多种测年方法,但不同的测年方法只适用于不同的测年时段,且其测年精度也有区别;碳 14 方法适用于大约 300 年~4 万年,精度为 1%~5%;释光法,包括热释光和光释光方法主要适用于几千年至十几万年,精度是 3%~10%;电子自旋共振法适用于几千年至 150 万年,精度 10%左右;钾-氩和氩-氩测年方法适用于几万年至十几亿年,精度是 3%~5%;裂变径迹法适用于 80 万年至几十亿年,精度与测试对象有关;孢粉分析法适用于几亿年前至现代,精度 15%。测年方法不同,所需样品的属性不同,采集样品的要求也有差别。

在中国东部的一些中等和弱地震活动区,一般只发生 5 级~6 级左右地震,地震时地表并无地震破裂带发育,在震区除发现早、中更新世地层外,地表未发现晚更新世以来的活动断层,但在这些地震区,一般都发育控制第四纪沉积和线性地貌变异带。研究结果表明,它们可能是地表尚未显露断层的隐伏断层或深部断层活动的结果,可能是这类中等强度地震的发震构造。因此,在中等强度地震活动区应注意那些具有构造背景的、控制第四纪沉积和地貌发育的线性地貌变异带的调查。

主要断裂活动性鉴定实际材料图中应反映调查路线、各种测线、观测点的分布等方面的情况。

5 编制近区域主要断层一览表中应包括各断裂的名称、产状、规模、性质、活动时代及距厂址的最近距离。近区域范围内主要断层活动性分布图中宜反映地层、火山和岩浆岩分布,第四纪以来有活动的断层、盆地和隆起。前第四纪地层以一种符号表示;第

四系分统表示,宜给出第四系(或 N+Q)等厚线;断裂构造应区分前第四纪断层、早中更新世断层、晚更新世断层和全新世断层;应表示断层最新活动的性质。

4.2.4 条文中要求选用适宜的地球物理勘探方法进行初步勘查,说明采用的探测方法及其技术参数的适宜性,必要时开展地质钻探和测年等工作,主要是为了保证探测结果的有效性。

1 初步勘查是指对可能的活动断层进行控制性勘查,一条断裂上有 2 条控制性测线即可,探测结果宜满足初步判别断层最新活动时代和最大潜在地震的需要。在布设物探测线时,宜先收集测区第四纪地层分布资料与钻孔资料,当测区已有较好钻孔时,在满足探测目的的前提下,宜将物探测线尽可能与已有钻孔位相重合或布置在附近。

2 需要根据探测目标层深度选用适宜的探测方法。根据工程实践经验,较为有效的隐伏断层活动性地球物理探测方法包括高精度浅层地震法和探地雷达法。浅层地震法探测的目标层深度不能太浅,一般大于 15m 左右,探地雷达则可探测几米至 10 余米深的目标层。

3 在物探的基础上宜布设联合钻孔剖面来探测断层的活动性,一方面是由于物探结果具有多解性,需要采用钻探方法进行验证;另一方面,物探方法不能有效地解决从地表至地下几米乃至 10m 左右深度的断层活动性问题。由于第四纪地层岩相变化大,联合钻孔剖面两侧钻孔的间距一般不大于 10m,在实践中已加密到 2m~5m。

4 需要论证技术参数的合理性。因为浅层地震探测的道间距、覆盖次数等技术参数的选取直接关系到断层活动性探测结果及工程应用的可靠性。

5 地质探槽、地质钻探和测年等工作主要在隐伏断层的活动性对厂址有明显影响,且缺乏第四系厚度、时代资料,尤其是上断点较浅时开展。为了保证隐伏断层活动性评价结果的有效性,宜

采用联合钻孔剖面探测断层的活动性。联合钻孔剖面的间距也与探测结果的可靠程度有直接的关系。

6 滨海海域进行的物探工作,可以根据所得到的物探时间剖面初步解释结果作进一步考虑。多数情况下,第四纪松散层中无断层切入,可不需要相应的钻孔资料;但在有基岩断层,且有基岩陡坎,甚至切入覆盖层下部的情况下,需要努力搜集沿海陆区及滨海的第四纪地层对比资料,以分析断层影响地层的最新年代,在断层切入第四纪松散层较高层位的情况下,钻孔资料将成为必需,如果没有现有资料可资利用,必要时仍然需要投入经费进行滨海钻探,以求查明断层最新活动时代及对厂址合格性的影响。

4.3 地震调查

4.3.1 区域地震调查与分析技术内容与要求如下:

1 地震目录搜集应以国家专业权威部门出版的正式目录为基础;正式目录截止时间以后的新增地震事件,应以国家专业权威部门正式提供的《地震观测报告》和《中国地震详目》为基础进行增补;地震目录中宜包括发震时间、震中位置、震级、震中烈度、震源深度、精度等基本信息。

2 区域破坏性地震震中分布图($M \geq 4.7$)和近期微震震中分布图($4.7 > M \geq 1.0$)(1:1000000)图中应注明资料起止时间;按震级分档(一般为1级震级间隔分档)以不同尺度符号标示地震;在有中源、深源地震活动的地区,应同时以不同颜色区分出浅源、中源和深源地震;区域内 $M \geq 6.0$ 级地震应标注发震时间和震级。分析区域地震活动的空间分布特征时还应分析区域地震震源深度分布特征。

3 在分析区域地震资料的完整性时,宜考虑研究区域所在地区历史上政治、经济、文化发展程度,以及战乱等历史。

4 分析区域地震时间序列特征,可在编制区域地震 $M-T$ 图与应变释放曲线的基础上进行分析,注意对区域范围内地震活动

的重复性特征的分析。

5 单个地震震源机制解表,表中列出地震时间、震级、震源深度、震中位置、两个共轭节面的节面走向或力轴方位角、节面倾角、滑动角、主应力方向和力轴倾角。区域现代构造应力场最大主压应力轴和最大主张应力轴分布图中应反映单个地震震源机制解和小震综合节面解结果。

6 除搜集包括区域及外围附近对厂址影响烈度达到Ⅴ度以上的破坏性地震的宏观影响资料外,还应搜集破坏性地震在厂址及其附近地区记录的地震峰值加速度资料。

评价历史地震对厂址的影响烈度,包括区域破坏性地震的实际影响烈度和选择适宜地震烈度衰减关系计算的影响烈度两个途径,经综合评定得到厂址地震影响烈度。

4.3.2 近区域综合地震目录($M \geq 1.0$)宜包括发震时间、震中位置、震级、震中烈度、震源深度、精度等基本信息。近区域地震震中分布图中 $M4.7$ 级以上地震应标注发震时间和震级;评价近区域地震活动特征包括近区域范围内地震分布特征、地震震源深度分布特征和近区域范围内的地震活动水平等内容。

4.4 地震构造评价

4.4.1 区域地球动力学环境分析是通过更大范围内现今构造活动体系与地震活动分析,明确区域范围所处的构造活动与地震活动环境,以便合理地把握区域地震构造和地震活动性总体强弱程度,合理评价区域地质构造活动格局与区域地震活动空间分布的关系。

4.4.2 区域地震构造图、近区域地震构造图中标示的内容宜包括下列内容:

1 前第四纪地层以归并图例表示,第四纪地层分统表示,并标示第四系(或 $N+Q$)等厚线。

2 主要断裂应区分出前第四纪断裂、早中更新世断裂、晚更

新世断裂和全新世断裂,并标示断裂最新活动的性质;在第四纪活动褶皱分布地区,标示褶皱轴的展布和最新活动时代。

3 宜标示破坏性地震震中位置,地震应按震级分档(一般为1级震级间隔分档)以不同尺度符号标示;在有中源、深源地震活动的地区,应同时以不同颜色区分出浅源、中源和深源地震; $M \geq 6.0$ 级地震应标注发震时间和震级。

4 地震活动强的地区为不掩盖图中的重要构造信息,可适当提高所标示最小地震的震级。

5 在地震活动水平较低的地区,宜标出震级低一些的地震。

4.4.3 区域地震构造条件包括区域范围内不同震级范围强震、中强地震的地质构造和地球物理场条件,震级范围的大小应注意与基础资料充分程度的衔接。

综合判别区域范围内主要强震、中强地震构造带是连接基础地质、地震资料与发震构造鉴定之间的纽带,可以从宏观上控制发震构造鉴定与潜在震源区划分的合理性。

4.4.4 本条规定了建立区域地震模型的基本评价程序与要求:

1 区域地震构造模型的构成,包括下列两类震源:利用现有资料能够鉴定出的那些发震构造;通过现有资料无法鉴定其构造标志的弥散地震活动(通常但又不完全是由中小地震构成)。综合区域范围内所有地质、地震和地球物理资料分析得出的区域中强、强震发生的地质构造条件是建立分区域地震构造模型的重要依据。在建立该模型的过程中,所有已有的、存在于可用文献中对区域地震构造的解释都应予以说明。

2 利用区域地质、地震基本资料,根据区域中强、强震发生的地质构造条件分析判别发震构造及其最大潜在地震。包括如下内容:

1)根据断裂活动时代、力学性质、地震活动性等对活动断层进行分段,判别强震发震构造。

2)根据区域中强地震地质构造活动带不同区段活动性质、活

动幅度以及地震活动等差异划分出不同段落,确定中强地震发震构造。小震密集活动条带、震源机制解、震源深度、小震三维空间分布与地质构造的相关性分析对中强地震发震构造判别有帮助。

3)在评价地质、地震调查资料的详细程度及可靠性基础上,综合考虑初步可行性阶段的工作深度以及适当的工程合理保守性,进行判别。

4)要考虑发震构造所处的区域地震构造环境的控制作用来确定发震构造最大潜在地震。具体包括根据各断层活动段的尺度、活动性特征、最大历史地震和古地震,判定最大潜在地震。

5)在发震构造标志不明显的中强地震区,充分应用构造类比方法确定最大潜在地震。

6)宜遵从适当的合理保守性原则确定最大潜在地震的大小。

3 划分地震构造区和确定最大弥散地震具体要求如下:

1)划分地震构造区时,以新构造、现代构造和地震活动资料为主,综合考虑下列5个方面的因素:根据大地构造特征区别出具有明显不同构造格架的区域;根据地球物理场和地壳结构区别出具有不同特征的区域;根据新构造特征区别出晚第三纪到全新世具有显著不同构造史的区域;根据现代构造应力场的分布特征区别出不同性质的应力场分布区;根据地震活动分布特征,区别出具有不同地震活动强度频度的区域。

2)地震构造区最大弥散地震的确定宜考虑如下根据并进行综合判定:地震构造区内与已知发震构造无关的最大地震震级大小;地震构造区内总体地震活动水平;地震构造区所处地震构造环境及其特征。

3)说明地震构造区最大弥散地震的类型,包括与发震构造无关的最大潜在地震和与已鉴定出的特定发震构造无关的最大潜在地震这两类弥散地震。

4)区域地震构造区划分图主要标示内容包括:地震构造区边界与编号,地震构造区最大弥散地震震级,发震构造分布、性质、编

号与最大潜在地震,以及地震震中分布。

4.5 厂址地震动参数估算

4.5.1 本阶段估算的厂址地震动参数包括厂址基岩地震动 SL-2 高值,有些情况下还应给出厂址地震基本烈度。

4.5.2 在下列情况下宜重新确定初步可行性研究阶段使用的衰减关系:

1 厂址所在地区缺乏适用的基岩峰值加速度衰减关系。

2 已有基岩峰值加速度衰减关系缺乏配套的基岩加速度反应谱衰减关系或基岩加速度反应谱衰减关系存有较大缺陷。

3 对厂址有重要影响的历史地震表现出特殊的地震动衰减特征,以至于影响到相应发震构造最大潜在地震影响的评价。

4.5.3 确定发震构造到厂址的最近距离时,对于近区域,特别是靠近厂址的发震构造,不应仅仅依据发震构造地表位置到厂址的距离确定最近距离,还应考虑与发震构造相应最大潜在地震的可能分布范围到厂址的距离。

4.5.4 采用概率性方法评价的主要技术环节一般具体包括下列内容:

1 地震区、带划分宜考虑如下依据:

1)依据地震活动空间分布的分区性和地震与活动构造区的相似性划分地震区。

2)应在地震区内根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。

3)地震带划分应考虑地震活动性统计关系的合理性。

4)区域地震区、带划分图中应给出区域范围内地震区、带边界,并标注地震区、带名称、主要地理要素和研究区域范围。为反映地震区带的总体面貌,图中涉及的地理范围应尽可能大些。

地震带地震活动性参数包括下列内容:

1)分析地震活动性参数的可信统计时段。

2) 进行地震带未来地震活动趋势分析,分析评价地震带地震活动随时间的起伏变化特征,以及未来地震带的地震活动水平。

3) 确定地震带地震活动性参数,包括地震带震级上限 M_{uz} 、震级-频度关系系数 b 值、震级下限 M_0 、4 级以上地震年平均发生率 ν_4 、本底地震年平均发生率。

2 潜在震源区划分宜采用地震活动重复和(或)构造类比原则,一般根据下列资料进行划分:

- 1) 破坏性地震震中分布;
- 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) 断层活动段;
- 6) 晚第四纪断陷盆地;
- 7) 中强地震构造活动带。

在划分潜在震源区时,还应考虑如下原则:

1) 潜在震源区划分应考虑区域地震构造背景特征,并在发震构造鉴定结果的基础上进行。

2) 潜在震源区边界宜与发震构造的倾向,微震的分布范围,发震构造的边界,地震构造区边界,地震区、带边界,新构造区边界等相协调;

3) 潜在震源区划分应考虑地震构造带或活动断层分段作用。

4) 近区域范围潜在震源区划分应更加细致,并详细论证。

确定潜在震源区震级上限及其地震活动性参数宜符合下列要求:

1) 震级上限按 0.5 个震级单位为间隔确定,宜分为 5.5 级,6.0 级,6.5 级,7.0 级,7.5 级,8.0 级和 8.5 级等几个震级段。

2) 根据发震构造确定的潜在震源区,其震级上限不低于发震构造的最大潜在地震。

3) 根据下列因素确定潜在震源区,包括潜在震源区内最大历史地震震级、构造类比结果、古地震强度、地震活动图像判定结果。

4)潜在震源区地震活动性参数通过潜在震源区地震空间分布函数 f_{i,m_j} 来表述,潜在震源区空间分布函数的震级档可分为4.0级~4.9级、5.0级~5.4级、5.5级~5.9级、6.0级~6.4级、6.5级~6.9级、7.0级~7.4级、 ≥ 7.5 级共7档。

5)对于高震级潜在震源区的空间分布函数的确定,要特别注意古地震和历史地震资料的运用,资料充分时宜考虑通过建立潜在震源区内大地震复发模型来确定空间分布函数。

编制潜在震源区一览表时应列出潜在震源区编号、名称、震级上限;编制潜在震源区分布图时应区分不同震级上限的潜在震源区,并标示潜在震源区编号、震级上限、重要地名及厂址位置。

4.6 能动断层鉴定

4.6.1 初步可行性研究阶段需要对厂址附近范围是否可能存在能动断层进行初步调查与鉴定,主要是根据现有基础图件资料,结合卫星影像的解译,辅以必要的现场调查,给出厂址附近范围内主要断层的初步鉴定结果;当可能出现能动断层时,应及时补充更为详细的针对性调查,为候选厂址的适宜性评价与厂址比选提供根据。本阶段对调查的精度没有明确具体的要求,成果图件为1:50000即可满足要求。

在能动断层鉴定时,对一条具体的断层而言,断层的活动性如何是首先需要回答的问题,其鉴定方法与技术采用条文说明第4.2.4条即可;其次,需要分析其是否具有在地表或近地表产生明显错动的可能性。需注意分析断层与近区域,甚至区域范围内的发震断层是否具有构造上的联系。

初步可行性研究阶段可针对主要断层进行鉴定,符合下列条件之一断层属于本条所指的主要断层。

1 与近区域发震构造有联系的断层。

2 结合本阶段岩土工程调查资料,厂址区内断层或指向厂址区的断层。

3 卫星影像或航空影像显示可能为第四纪以来活动的断层。

4 其余规模较大或有代表性的断层。其中“规模较大”指长度为 1km 以上的断层。

4.6.2 本条规定的鉴定能动断层的三条标准主要来源于国际原子能机构 (IAEA) 的安全导则《核电厂地震危险性评价》NS-G-3.3, 后两条鉴定标准与《核电厂地震危险性评价》NS-G-3.3 基本一致。第一条鉴定标准在原导则中没有给出明确的时限, 强调这一时限的确定与所在地区的构造活动和地震活动水平相关, 在地震资料和地质资料一致显示出具有较短的地震重现间隔的强活动区, 将评价能动断层的时期定为数万年也许是适当的, 而在低活动区恰当的时期或许应定得更长。国际原子能机构关于这条标准的表述是符合科学实际的, 但可操作性不强, 而我国现行标准《核电厂厂址选择中的地震问题》HAD 101/01 中的规定具有较好的可操作性。实际上在构造活动与地震活动水平较高的地区, 如我国西部地区, 地震地表破裂发生的重复间隔较短, 一般为几百年至 2000 年左右; 而在构造活动与地震活动水平相对较低一些的地区, 如我国东部地区, 断层上地震地表破裂发生的重复间隔相对长一些, 一般为几千年到数万年。如果依此考虑, 在我国不同地区能动断层鉴定的时限标准将存在较大的差别, 不利于统一考虑与操作; 此外, 我国核电厂基本上位于东部地区, 如果考虑统一的标准, 应以东部的地震构造环境水平为基准, 尽管该基准应用于西部地区偏于保守, 但与核安全的偏安全出发点是相适宜的。所以在这里推荐以东部为基准, 采用统一的鉴定时限标准, 即将时限标准定为晚更新世(约 10 万年)以来。

4.7 地震地质灾害评价

4.7.1 在诱发地震与地震海啸评价中需要考虑下列因素:

1 在评价诱发地震对厂址的影响时, 应考虑诱发地震震中较浅, 破坏可能相对较严重的特点。

2 在进行地震海啸的评价时,宜考虑以下内容:

- 1)厂址区及其附近有关海啸的历史记载。
- 2)近海地震引发海啸的可能性及其影响。
- 3)远震引起海啸对厂址区的影响。
- 4)分析传播途径中不良放大因素。

3 尽管震级大小是引发地震海啸的主要因素,但不是每个海域强地震均可引发海啸,还需具备下列条件:

- 1)引发海啸的海域地震其震源深度较浅,一般在 40km 以内。
- 2)引发海啸的海域地震必须造成海底大范围的垂直形变。
- 3)发生海域地震的海区要有一定的水深,尤其是跨洋的大海啸,震中所在区的水深一般在 1000m 以上。

4.8 候选厂址适宜性评价

4.8.1 考虑到候选厂址通常位于同一个区域范围内,为了便于区别出不同厂址的地壳稳定性特点,在评价时宜重点分析不同厂址近区域、厂址附近范围的稳定性条件。

5 可行性研究阶段

5.1 一般规定

5.1.3 可行性研究阶段应重点解决厂址能动断层鉴定和设计地震动参数确定所涉及的所有地震地质条件评价问题。因此,可行性研究阶段的调查内容和深度相对初步可行性研究阶段有较大差异,主要表现为:

1 本阶段要求开展近区域及厂址附近范围内的第四系覆盖区、水域断裂活动性勘察。

2 在陆域基岩区要求完成详细的地质调查。

3 要求提供更加详细的厂址设计地震动参数及设计地震动时程。对于土层场地还应完成土层地震反应分析相关的调查与计算,并确定地表设计地震动参数。

5.2 地质调查

5.2.1 本阶段区域地质构造调查重点是给出区域地质与地球物理场方面的基础资料和图件。其中区域地质构造图和区域新构造图是最重要的两张基础地质图件。

1 区域地质构造图中,区域构造格架及反映区域地质构造演化的地质依据是编图的重点,可根据表达的需要适当简化地层,对反映区域地质构造格架的主要断裂应重点表述。

2 区域新构造图中,第四系地层分布、新构造分区以及断裂活动时代及性质是表示的重点,图中还应反映区域地震活动性。

5.2.2 本阶段近区域地质调查应注意下列问题:

1 近区域地质调查可大致划分为近区域地质调查、覆盖区物探、水域物探、断裂活动性鉴定调查等专项工作,其中近区域地质

调查、覆盖区物探、水域物探等专项工作的目的是提供近区域基础地质资料、覆盖区及水域的断裂及其活动性资料,是断裂活动性鉴定工作的前提基础。

2 近区域 1:100000 地质调查的精度要求,主要针对地质构造,尤其是断裂构造,地层等地质要素可以现行区域地质图精度控制。

3 地质调查应提供断裂的典型地质剖面,地质剖面图上应注明断层两侧及上覆地层的岩性和时代、产状,断层破碎带的特点、结构、构造特征、产状等,并给出明确的图例,附上照片及详细的文字说明。

4 近区域地貌特征通常包括主要地貌类型,地貌面(如夷平面、剥蚀面、台地、阶地)的划分、时代、基本构造特征等。

5 近区域新构造运动特征通常包括新构造活动的性质(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)、活动的主要表现形式(地质与地貌方面的响应)等。

6 应对近区域内的所有断裂根据规模、地貌特征、成生关系、对厂址的重要性、构造方向和特征的代表性等方面的分析进行适当筛选,对重要和重点断层开展详细的断裂活动性鉴定。

7 断层活动性鉴定应采用综合鉴定方法,以断层断错地层、地貌面以及断层破碎带结构特征、断层物质性状等地质根据为主,结合地层或断层物质年龄测定结果。年代学样品采集与测试应特别注意年代学测定方法的适用性。

8 覆盖区浅层地震勘探应根据断层可能展布位置分析、覆盖层厚度、现场勘测条件等选用适宜的勘测方案和方法,并给出地震时间剖面的地质解释。进行地质解释时应充分搜集和分析测区第四纪地层分布资料、已有钻孔资料及其他物探资料。如无以往的钻孔资料及第四纪地层分布与年代资料,应考虑进行钻探工作。地质解释剖面图应标明测线桩号、测线方向、界面深度、界面速度、

地层符号和解释的构造线。

5.2.3 本阶段厂址附近范围地质调查应注意：

1 厂址附近范围地质调查可大致划分为厂址附近范围区域地质调查、覆盖区物探、水域物探、断裂活动性调查等专项工作，其中厂址附近范围区域地质调查、覆盖区物探、水域物探等专项工作的目的是提供厂址附近范围基础地质资料、覆盖区及水域的断裂及其活动性资料，是断裂活动性鉴定工作的前提基础。

2 基础地质资料调查精度可控制为 1：50000，地质构造尤其是断裂构造的调查精度应达到 1：25000。

3 厂址附近范围 1：25000 地质调查应重点关注长度不小于 300m 的断层、走向指向厂址的断层、距厂址较近且倾向朝向厂址的断层；地层复杂和断裂分布密集地区，调查线路测距应适当加密，地层简单和断裂不发育地区，调查线路以控制地层边界和断裂构造为原则安排；应针对性地布置槽探（必要时物探、钻探）工作；每条断层应提供典型地质点的地质剖面及详细文字说明。

4 较高分辨率的遥感影像的处理和分析应作为本阶段厂址附近范围地质调查工作的重点。通常已有区域地质调查的精度均达不到本阶段工作要求的精度，因此，通过对该范围高精度遥感卫星影像的分析，确定出地质图中未标示出的可疑断裂影像，为现场调查工作提供目标，使现场地质调查工作更加具有针对性。另一方面，可以针对断裂活动性鉴定的需要，开展断裂地貌特征等方面的遥感影像分析，为现场调查工作提供必要的信息。

5.2.4 濒临海域或其他水域的核电厂址，为避免遗留潜在的不安全因素，应在本阶段开展海域或其他水域断裂构造调查。海域或其他水域通常面积较大，调查难度高，技术要求高，解释较困难，需注意下列问题：

1 海域或其他水域的调查应有明确的针对性。三个范围的针对性有所差别，区域范围是重点发震构造，近区域和厂址附近范围的调查是以控制性排查为主。

2 海域或其他水域调查测线应综合考虑三个范围调查需要综合布设,同时还应考虑陆域构造及地球物理场等特征。

3 在具有合适水深条件和作业条件的地区,应尽量采用浅层多道地震探测方法,在水深较浅或滨岸人为因素(如养殖等)造成的作业条件较差时,可考虑采用单道地震探测方法。

4 应慎重选择浅层地震勘探的技术指标以使结果具有可信度和有效性,道间距、偏移距等指标应根据沉积层厚度合理确定,以使浅部和深部波组能量均匀分布;震源能量应以达到基岩深度为标准,并应考虑远海与近海基岩深度可能的变化。

5 海域物探剖面的地层解释较为困难,应尽可能搜集沿海陆区及滨海的第四纪地层、测区内或测区附近的海域钻孔资料、前人已获得的海域物探剖面资料,以分析测区内地层的划分及其年代,进而确定断点的最新时代。必要时布设海域钻探。

5.3 地震调查

5.3.1 可行性研究阶段地震活动性调查与评价的内容与初步可行性研究阶段基本一致,但需要补充新的资料,以及开展历史地震调查和近区域小震重新定位研究。

5.3.2 本阶段地震资料的搜集与整理应注意:

1 当初步可行性研究阶段的地震资料经复核认为不宜使用时(如初步可行性研究工作开展较早导致地震资料较为陈旧,初步可行性研究工作完成以后又出现新版的权威地震目录等),应采用新的地震资料。地震资料的搜集和补充应主要基于国家权威专业部门出版的正式目录和地震观测报告。

2 应开展调查的历史疑难地震是指:地震定位精度为4类或5类,且距离厂址较近的历史地震;不同版本地震目录中地震参数有较大变动的地震(包括存在与否的变动、震级变动、震中位置的变动),重点考虑区域范围内与发震构造鉴定密切相关的强震、近区域范围内M5级左右的历史地震;对厂址地震影响烈度难以确

定,但厂址位于其较高烈度线附近的地震。应通过历史古迹现场考察、历史文献档案的进一步搜集来补充新的根据。近代疑难地震应搜集早期(上世纪 20、30 年代以来)国内台站或国际台站地震记录报告,对有可用资料的地震应进行参数的重新复核。还应搜集区域范围内已经通过国家地震安全性评定委员会审查的历史地震调查结果,并经甄别后采用。经调查无新增资料时,应以最新正式版全国地震目录参数为准;有可靠新增资料时,应以新资料支持的结果为准。

5.3.3 编制区域地震目录和震中分布图应注意:

1 仪器记录的现代微震目录,一般小震震级采用 M_L 震级标度,与历史地震使用 M_S 震级标度不同。 M_L 震级标度可不转换成 M_S 而直接使用,此时 M_L 与 M_S 均应表示成 M 。

2 区域破坏性地震($M \geq 4.7$)和区域微震($M < 4.7$)震中分布图应注明资料起止时间;在有中源、深源地震活动的地区,应区分出浅源、中源和深源地震; $M \geq 6.0$ 级地震应标注发震日期和震级。

5.3.4 本条规定了区域地震活动特征的分析与评价的内容与技术要求,说明如下:

1 区域范围内地震活动水平并未有一致的划分标准,可大致区分出强、中强、弱活动区,当区域内地震活动强、弱分区明显时,应区分评价。

2 历史地震影响特征分析应包括对厂址最大历史地震影响、对厂址产生影响的历史地震分布特征、厂址历史地震影响烈度频次分布特征等的分析。应关注区域外的大地震对厂址的影响。在资料缺乏地区,可采用地震烈度衰减关系对历史地震影响进行计算。但当厂址的最大地震影响来自于计算估计值时,应结合与其他地震影响的对比分析来综合判定,不宜直接采用计算值。

3 单个地震震源机制解和小震综合节面解资料通常可搜集获得,在缺乏资料或有新的地震事件时,应利用地震台网观测记录

来反演地震震源机制解或求取小震综合节面解。

5.3.5 近区域地震活动特征分析与评价应重点开展近区域及邻区的现代小震重新定位研究。

小震重新定位也称为小震精确定位。小震分布特征对于评价地质构造与地震活动的关系非常重要,而基于常规定位方法的地震台网目录精度一般不能满足这一评价的要求。在核电厂地震安全性评价工作中,应重点在近区域及其附近开展小地震事件重新定位工作,因为这一范围内的发震构造判定对于厂址地震动参数具有较大的影响。一般应对近区域内所有具有3个以上台站记录的 $M \geq 1.5$ 级的地震进行重新定位。当近区域内小震较少时,可适当扩大资料的搜集范围。在地震活动性较弱的地区,近区域地震资料通常稀少,难以满足定位要求。

5.4 地震构造特征分析

5.4.1 区域地震构造特征分析是地质调查和地震调查结果应用于地震危险性评价的关键环节。

地震构造特征分析重点关注地震活动与地球动力学背景、新构造活动性、地质构造特征的相关性。应重点分析区域内不同地区地震活动性差异(频度、强度等)与地质构造背景差异的关系。如新构造运动、构造活动性(包括断层、褶皱、块体等)、地球物理场分区、地壳结构特征等。

区域地震构造图是地震活动与地质构造关系的综合反映,应重点表达地震和活动构造信息,如 $M \geq 4.7$ 级地震,第四系、第四纪以来断裂构造,新生代盆地,现代构造应力场方向等。为完整表征区域构造格架特征,可将前第四纪断裂也表示在图中,但应重点突出第四纪以来活动的断裂。

5.5 地震动参数衰减关系确定

5.5.1 本阶段地震动参数衰减关系的建立应采用下列基本原则:

1 应尽可能采用初步可行性研究阶段确定的基岩地震动峰值加速度衰减关系,同时建立与之配套的基岩地震动加速度反应谱衰减关系。初步可行性研究阶段采用的基岩地震动峰值加速度衰减关系不符合本阶段要求时,应建立新的基岩地震动峰值加速度衰减关系和与之配套的反应谱衰减关系。

2 大震级地震、中等强度地震、小震级地震具有不同的地震动特征和衰减特征。当厂址地震危险性对特定震级段(如小震级段或大震级段)较为敏感时,应在确定地震动参数衰减关系时尽可能考虑不同震级段衰减特性的差异性影响,以改善厂址地震动参数评价结果。

3 一般情况下,竖直向地震动参数可由水平向地震动参数按一定的比例折算得到,但在资料允许的情况下,也可建立竖直向地震动参数衰减关系来估计。

5.5.2 确定基岩地震动参数衰减关系的不同方法有不同的条件要求:

1 统计回归方法确定地震动衰减关系时,应注意样本量的充足性及样本震级距离分布的合理性;应考虑加速度峰值在大震级和近距离的饱和现象。

2 采用转换方法或类比确定本区的地震动衰减关系时,选择的参考地区应满足:地震环境与本区具有一定的可比性,具有较丰富的强震观测资料,地震烈度标度与本区近似。通常可选用美国西部地区作为参考地区。

3 直接选用其他地区的基岩地震动衰减关系时,应注意高、低地震活动水平地区基岩地震动记录上的差别对统计结果的影响。

5.6 确定性地震危险性评价

5.6.1 确定性方法相关问题说明如下:

1 本阶段确定性方法仅包括地震构造法,这与初步可行性研

究阶段有所不同。

2 地震构造模型是确定性地震危险性评价计算模型,该模型以发震构造和地震构造区概念来概括区域地震构造背景,是对区域地震构造背景的简化与抽象。

3 在进行反应谱计算时,周期范围应达到 4s;周期点数不应少于 15 个,并且在対数坐标轴上相对均匀分布。

5.6.2 发震构造鉴定应注意:

1 发震构造鉴定条件是对原地重复与构造类比两条基本原则的细化。

2 发震构造鉴定应重点关注对厂址地震动参数有重要影响的地质构造。远场特大震级发震构造对地震动加速度反应谱的长周期部分往往影响较大,应特别注意。

3 当利用发生过的地震作为发震构造鉴定根据时,应判别地震是否与地质构造已经建立明确的成因关系,不应仅仅考虑两者在空间位置上的相关。一些大震级历史地震多有明确的发震构造,如 1920 年海原 8 级地震、1668 年郟庐 8½ 级地震等,但很多历史地震震中位置具有较大的不确定性,其成因构造通常难以明确确定。震级稍小的破坏性地震($M < 6$)与地质构造通常具有较不确定的关系,不能仅仅根据它们与地质构造在空间上的关系就简单判定为发震构造。

4 采用构造类比时,与已知发震构造一对一的类比往往难以进行,通常应重点进行地质构造与区域地震构造特征的类比,如地质构造是否符合区域地震构造特征所反映出的构造格架、构造活动性、构造规模、新构造背景等方面与地震的相关性。当鉴定发震构造的关键性条件(如断裂活动时代和力学性质等)的资料或调查深度不充分(如海域仅有单条剖面资料等),而构造又可能对厂址地震危险性评估有重要影响(如位于近区域内或其附近的断裂构造、震级可能较大的断裂构造等),应从保守角度考虑判别为发震构造。当构造距离厂址较远时,一般可不必保守地鉴定其为发震

构造。

5 根据小震分布来鉴定发震构造,应进一步分析小震的密集分布、震源机制等特征与构造的相关性,结合地质构造背景、地球动力学背景、新构造运动背景等资料进行具体判定。

6 地质构造的活动性也是发震构造鉴定的重要依据,但地表活动性的证据往往难以直接关联于与地震活动密切相关的深部构造特征,所以对地质构造活动性根据的采用,应结合深部地球物理场特征、地震活动性特征来综合分析。

在我国工程实践中,具有可靠第四纪晚期(晚更新世-全新世)活动证据的地质构造均应考虑为发震构造。具有第四纪早中期活动的地质构造,是否判别为发震构造应具体分析。在有些中等或较低水平地震活动地区(如华南沿海地区)由于第四纪晚期的沉积间断,导致构造第四纪晚期活动性缺乏可靠的识别标志,因此可能导致构造活动性判别的不确定性,此时应对第四纪早中期活动构造是否为发震构造进行细致的鉴别。综合上述考虑,对于第四纪早期活动构造是否判定为发震构造,应在充分分析构造所在地域构造演化背景,尤其是新构造演化背景以及地球动力学环境的基础上,根据构造与地震活动的相关性以及深部构造特征进行综合判断。此时应注意据此鉴定出的发震构造不应具有较高的最大潜在地震震级($M < 6.5$)。前第四纪构造应不考虑为发震构造。

7 我国具有丰富的历史地震资料,根据历史地震参数的确定原则,历史地震震中位置考证通常仅根据史料记载点的分布,因此,我国存在一些难以明确其发震构造背景的高震级历史地震(有称其为孤立地震)。当厂址所在区域内存在这样的地震,且开展针对性的调查工作也不能明确确定其发震构造时,可在一定的构造背景下,根据不确定性处理原则,划分仅关联于该历史地震的发震构造区(带)。

5.6.3 发震构造最大潜在地震震级确定应注意:

1 在历史地震资料较为丰富的地区,历史地震的最大震级可

以基本上反映构造的最大地震活动水平;在历史地震资料相对缺乏的地区,应考虑记载的最大历史地震不一定能反映构造最大的地震活动水平。

2 发震构造最大潜在地震震级的确定,目前并未有成熟可靠的方法,实践中应尽可能依据各种可用的经验关系进行初步估计,然后结合周边地震环境、专家经验和认识、一定的工程保守性进行综合判定。

3 发震构造的最大潜在地震与潜在震源区的震级上限概念不同,应注意区别,参见本规范第 5.7.3 条条文说明。

5.6.4 地震构造区划分及其最大弥散地震的确定应注意:

1 地震构造区用以描述与发震构造难以建立起可靠联系的地震活动,这类地震活动通常不具有较大的震级,是与区域地质构造条件关联的背景地震活动。考虑这类地震活动是为了弥补对中小震级地震发震构造认识不清而可能导致的地震危险性。

2 研究程度和地震活动水平高的地区,应尽可能将地震构造区划分得相对细致一些,地震活动水平不高或研究程度较低的地区,地震构造区划分宜粗略些。对厂址所在地震构造区边界及其最大弥散地震震级应重点进行详细调查和分析。

3 为便于计算处理,地震构造区宜以几何线条标示。

5.7 概率性地震危险性评价

5.7.1 概率地震危险性评价方法应用中应注意:

1 概率法中采用地震区带、潜在震源区及其地震活动性参数构建区域地震构造模型来反映对区域地震构造背景的认识。

2 由于当前核电厂概率安全性分析(PSA)需要考虑较低概率水平的地震风险,因此,给出的地震动峰值加速度超越概率曲线应尽可能达到较小的概率值(如年超越概率 1×10^{-5}),以满足安全分析的需要。

5.7.2 在我国地震活动性研究中常以地震密集分布条带——地

震带来描述地震空间分布的不均匀性,概率方法中的地震区、带,实际为地震统计区,其划分应以地震活动条带划分为基础,并应考虑地震活动性参数统计的需要。

1 地震区、带震级上限 M_{uz} 是地震区、带震级-频度关系(截断指数分布)的上限震级。在一些地震资料不充分、不完整的区,最大历史地震活动不足以反映地震区、带的上限震级,应根据区内地震构造条件,在历史最大地震震级基础上适当调大作为地震区、带的震级上限。

2 在一些具有不稳定或不良地质条件的地区,小地震可能导致较大的破坏影响,此时可考虑取更低震级下限 M_0 值,且应选用本地区适宜的能够反映小地震特殊影响的衰减关系。

3 确定地震区、带 $M4.0$ 级以上地震年平均发生率 ν_4 时,当预测未来地震活动将处于高水平阶段,应选取高活动水平时期的资料进行统计;当预测未来将处于低活动水平阶段,应选取较长时间段(包括高、低活动阶段)资料进行统计;当预测未来地震活动将处于高、低活动水平之间的状态,应选取长时间平均水平的结果,再加以适当的修正。 ν_4 值的统计时段应与 b 值统计时段一致,以保证两个参数的协调。也可由震级-频度关系推算 ν_4 值,但应重点分析高震级地震发生率的合理性,若估算值低于实际统计结果,应加以调整。

4 本底地震震级及其年平均发生率在弱地震活动区对厂址地震动参数影响较大,应给予重视。

5.7.3 潜在震源区划分和地震活动性参数确定相关问题说明如下:

1 潜在震源区划分的目的是为了反映地震区、带内地震活动的空间不均匀性,其边界勾画出对不同构造上所发生的地震空间分布位置预测的不确定性,其地震活动性参数则反映了不同构造背景上地震活动的特征。潜在震源区几何尺度的大小取决于对构造背景上地震可能分布位置预测的离散性,而不取决于构造形迹

的显著性。潜在震源区是以一定的发生概率表征空间点的地震危险性,潜在震源区必须与其地震活动性参数配套给出,地震发生概率小的潜在震源区对地震危险性的贡献也小。

2 发震构造只是潜在震源区划分的根据之一,地震活动以及某些深部构造特征也需要关注。区域内已鉴定出的发震构造,应划分相应的潜在震源区。鉴定不存在发震构造的地区,应在分析地震密集分布、深部构造特征以及考虑发震构造鉴定不确定性的基础上,围绕地震活动条带、第四纪早期活动地质构造、地球物理场异常条带等划分潜在震源区。当存在显著的地震活动条带或密集区,且与已知具体地表地质构造关系不明确,为在地震危险性评价中考虑可能的地震危险性,应在这类地区划分相应的潜在震源区。在无地震活动记载,也无发震构造鉴定结果的地区,当认为地表地质构造或地球物理场特征是未来潜在地震危险区时,应划分相应的潜在震源区以考虑其地震危险性。部分第四纪早期地质构造作为发震构造尚缺乏已有资料的支持,当需要从不确定性角度考虑其一定的地震风险时,可划分相应的潜在震源区。M5.5级以上地震应都包含在潜在震源区中。对于构造背景不明或定位精度很差的历史地震,可以根据其所处构造背景,大致推测其可能的位置不确定性,并勾画相应的潜在震源区。M5级左右地震构造背景往往不清晰,因此,允许部分M5级左右地震作为本底地震而不被潜在震源区包含。为考虑随机性地震活动对厂址的影响,通常可以在厂址下划分背景性潜在震源区。

3 潜在震源区震级上限是潜在震源区震级分布的极限值,应根据潜在震源区地震构造背景及其地震分布特征确定该震级上限值。潜在震源区震级上限按0.5个震级单位为间隔确定。

4 由发震构造确定的潜在震源区,其震级上限应根据发震构造的最大潜在地震震级确定,通常潜在震源区震级上限应大于发震构造的最大潜在地震。在概率方法中可以一定的概率考虑大于最大潜在地震震级发生的可能性,以考虑确定性方法预测结果的

不确定性,此时,震级上限大于最大潜在地震震级。当最大潜在地震震级足够保守时,两者可取为一致,如发震构造最大潜在地震震级已在确定时考虑了一定的保守性,此时,震级上限可取为一致,因为逻辑上讲不存在对保守性的不确定性估计。

5 不是由发震构造确定的潜在震源区,其震级上限确定较为复杂,应考虑下列一些因素进行综合评价:

1)潜在震源区震级上限应不低于区内已发生的最大地震。

2)具有相同或相似构造条件的潜在震源区,其震级上限应可以进行类比。

3)与高震级潜在震源区进行构造条件的比较,也有助于对潜在震源区的震级上限进行定位。

6 空间分布函数通常应根据地震构造背景和地震活动性特征进行综合评定。小震级地震构造标志模糊,难以按 0.5 震级间隔区分发生可能性的差异;高震级地震样本稀缺,也难以按 0.5 震级间隔区别发生可能性的差异。因此,潜在震源区空间分布函数的震级档通常分为 4.0 级~4.9 级、5.0 级~5.4 级、5.5 级~5.9 级、6.0 级~6.4 级、6.5 级~6.9 级、7.0 级~7.4 级、 ≥ 7.5 级共 7 档。潜在震源区可以发生其震级上限下的各震级档地震。

7 只有在共轭断裂发育,地震沿共轭断裂的哪一个方向破裂具有一定的随机性,且需要考虑椭圆衰减关系的前提下,才需要确定潜在震源区方向性概率分布函数。

5.7.4 应根据潜在震源区的贡献率分布,分析厂址地震危险性的主要来源是否与厂址周围的构造环境特征、地震环境特征及历史地震影响特征一致,从而判断结果是否具有合理性。对于反应谱计算结果,应至少给出周期为 0.2s、1.0s、4.0s 处的潜在震源区的贡献率分布,并分析反应谱高频段至低频段主要控制源的变化以及合理性。潜在震源区概率贡献的分析也可采用概率结果的分解分析方法,以确定加速度反应谱不同周期处起主要控制作用的等效震级和距离,为工程需要进一步确定关键周期点相关的设计地

震提供基础根据。

5.8 设计基准地震动参数确定

5.8.1 厂址设计基准地震动参数是满足核电厂工程抗震设计需要的地震动参数;厂址特定地震动参数是厂址地震危险性评价结果,反映厂址在特定地震构造环境中的地震动特征。设计基准地震动参数包括基岩水平向和竖直向峰值加速度值和加速度反应谱。

5.8.2 确定厂址特定地震动参数应注意:

1 当采用竖直向地震动衰减关系确定 SL-2 级竖直向地震动时,应特别论证所采用的竖直向地震动衰减关系的合理性与保守性;当采用按水平向与竖直向地震动参数的比例关系来确定 SL-2 级竖直向地震动时,一般取竖直向地震动与水平向地震动的比例系数为 2/3,当厂址地震动参数受近场发震构造控制时,应分析近场地震效应的影响,该比例系数可取更大的值。

2 核安全导则《核电厂厂址选择中的地震问题》HAD 101/01 规定:厂址地震动加速度反应谱的确定可以采用概率方法得到的概率一致谱,其他的方法还有采用厂址相关地震动值标定的标准反应谱,或采用同一置信水平的反应谱等。现行国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741—2005 宣贯教材中,建议采用对确定性方法结果和概率性方法结果进行包络,但同时也提出可分别给出确定性方法和概率性方法各自计算的反应谱(包括地震动峰值)外包络谱参数值(以多折线形式给出),作为各自方法确定的厂址 SL-2 级地震动基岩水平向加速度反应谱,以供不同的设计需要使用。目前我国核工程地震安全性评价实践中普遍采用包络谱或能够包容包络谱的以某一地震动值标定的标准反应谱,这种做法具有保守性。在一些极端情况下,可将确定性方法和概率性方法的结果分别综合,确定各自的反应谱,供不同的设计目的使用,如确定性方法结果远大于概率性方法结果,且确定性方法的结果

受控于极端稀有事件(发生可能性远小于万年一遇),此时,厂址特定地震动参数确定应重点考虑概率性方法结果。

包络谱或概率一致谱均存在控制性地震不明确的缺点,无法代表一次具体地震的地震动影响,所以可根据工程抗震设计需要,以最大潜在地震或概率分解结果选择一组有代表性的控制地震,来确定厂址 SL-2 级特定地震动基岩加速度反应谱。

5.8.3 标准谱的选择应考虑拟建核电机组的标准设计谱,或其他一些国际国内常见的标准谱(如 RG1.60 谱、AP1000 标准谱等),并应考虑其适用性,以及对厂址谱的包容性。

5.8.4 本条只规定了根据厂址地震危险性评价结果提出 SL-1 级基岩水平向峰值加速度确定的方法。应注意下列问题:

1 SL-1 级设计基准地震水平应综合考虑核电厂设计和安全运行的需要由设计部门提出,综合考虑的因素包括设计、地震后规定采取的措施要求、核电厂检查要求等,并不仅仅决定于地震危险性大小。

2 现行国家标准《核电厂抗震设计规范》GB 50267 对 SL-1 级提出了明确的概率水准为年超越概率 2%,但 SL-2 的 1/2 并不一定符合该概率水平。

3 SL-1 级设计基准地震动加速度反应谱的确定目前国内尚未有相关的工程实践,一般可取 SL-2 级的 1/2。

5.8.5 考虑到目前在涉及地基处理、抗震构造措施或其他防震减灾措施时还需利用地震基本烈度,因此,本条规定了厂址地震基本烈度的确定方法。

1 对核电厂厂址进行的地震动峰值加速度分区复核,与现行国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741 规定的复核程序有所不同,后者规定的复核需要采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 所推荐使用的衰减关系,而核电厂工作中必须使用更加适合于本地区的地震动参数衰减关系,应注意两者不同可能导致的差异。

2 现行国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741—2005 宣贯教材提供的基岩地震动峰值加速度与一般(中硬)场地地震动峰值加速度的转换关系如下:

$$a_{hs} = k_s a_r \quad (1)$$

$$k_s = \begin{cases} 1.25 & a_r \leq 62.5 \\ 1.25 - (a_r - 62.5)/1250 & 62.5 < a_r \leq 375 \\ 1 & a_r > 375 \end{cases} \quad (2)$$

其中 a_{hs} 为一般场地(中硬)地震动峰值加速度, a_r 为基岩地震动峰值加速度, k_s 为转换系数。

3 现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306—2001 附录 D 表 D1 提供的地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照表见表 1:

表 1 地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照表

地震动峰值加速度分区 g	<0.05	0.05	0.1	0.15	0.2	0.3	≥ 0.4
地震基本烈度值	<VI	VI	VII	VII	VIII	VIII	$\geq IX$

需要注意的是,当计算结果得到的地震基本烈度值低于区划图分区对应的地震基本烈度值时,应采用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 的抗震设防标准。

5.9 设计地震动时程确定

5.9.1 本条规定了设计地震动时程目标谱的设定,拟合时程的反应谱应能同时包络给定的多个阻尼比(如阻尼比 0.02、0.05、0.07)目标反应谱。

5.9.2 为在抗震设计中考虑水平方向和竖直方向地震动分量对结构的影响,应提供不同方向的设计地震动时程,水平方向相互正交,以保证其独立性。

5.9.3 目前常用的合成设计地震动的方法有两种。一种方法是采用三角级数或其他数学变换的方法合成设计地震动,此时要求时程的相角在 $0 \sim 2\pi$ 之间均匀分布,这是地震动加速度记录的基

本特征。另一种方法是以相似地震环境下的加速度记录作为初始时程进行迭代去拟合目标反应谱等参数,在这种情况下,时程的相角自然满足 $0\sim 2\pi$ 之间均匀分布的要求。

5.9.5 采用单组时程法合成设计地震动时程时,为防止时程在某些频带内能量不足,因此增加在功率谱方面的要求。

5.10 土层场地地震动参数确定

本节主要针对核电厂工程中核岛等重要工程的场地地震动参数的确定,其他附属设施的土层场地地震动参数的确定可参照现行国家标准《工程场地地震安全性评价》GB 17741 中的规定确定。我国目前核电厂址均为基岩场地,因此,核电厂土层场地厂址地震动参数确定的工程经验较少,本节的条款确定主要借鉴一般重大工程的经验,另外参照美国核管理委员会管理导则《基于功能的厂址特定地震动确定方法》RG1.208 的相关原则。

5.10.2 工程地质条件钻孔勘测,以及土样物理力学性能的原位测试与实验室测试,除本条规定的特殊要求外,尚应符合相关勘测规范的技术要求和规定。

5.10.3 场地土层地震反应分析应注意:

1 场地土层模型参数主要指土层剖面描述参数及土体力学性能参数,包括土层厚度(空间三维变化)、土体密度、土体剪切波(S波)与纵波(P波)波速、土体动力非线性关系剪变模量比与剪应变关系曲线,阻尼比与剪应变关系曲线,压缩模量比与轴应变关系曲线,阻尼比与轴应变关系曲线。

2 厂址 SL-2 级基岩地震动输入的确定可参见本规范前述各章。

5.10.4 土层场地设计地震动参数确定和设计地震动时程确定,参照本规范第 5.8 节和第 5.9 节相关要求。

5.11 能动断层鉴定

5.11.1 厂址附近范围能动断层鉴定,应综合评价断裂的下列特征:

- 1 厂址附近范围内的新构造活动性。
- 2 厂址附近范围内的地震活动性及其与断裂构造的空间相关性。
- 3 厂址附近范围内断裂构造特征及其活动性。
- 4 厂址附近范围内断裂构造与近区域发震构造的关系。

5.12 地震地质灾害评价

5.12.2 我国历史地震记载丰富且对地质灾害的记载也是重点，因此，要充分搜集历史地震相关资料，了解厂址区历史上地震经常出现的地质灾害类型和影响程度。现代地震在厂址附近的震害记载，更要重点搜集与分析。

5.12.4 滨海厂址的海啸影响评价是一项非常重要的内容。这里地震导致的海啸灾害评价，不是水文调查所考虑的海浪设计基准问题，而主要是根据有史以来的文字记载，评价厂址所濒临海域海啸影响历史及其影响大小。应关注远场地震海啸源。

5.12.5 应注意厂址区砂土液化、软土震陷、滑坡、泥石流等地质灾害评价的内容主要包括在厂址区岩土工程勘察工作中，并且是其工作的重点内容。因此，地震地质灾害的评价结果应充分搜集和利用厂址区业已开展的岩土工程勘察资料，避免与岩土工程专题评价结果的矛盾。本阶段地震地质灾害评价还应注意搜集厂址附近范围地质调查资料所揭示的厂址附近范围地质构造条件及不良地质现象。

6 厂址普选工作

6.1 一般规定

6.1.1 厂址普选工作主要利用搜集到的公开出版的地震、地质资料、文献、区域范围内已完成的重大工程地震安全性评价报告等进行分析评价,一般来说,该工作由设计院完成,但有些参数的估计设计院无法独立完成,这就需要与地震部门沟通后作出综合评价。

目前各大设计院对厂址普选工作操作的方式差异很大,有的指初步可行性研究阶段的一个中间过程(为满足预评审要求编制的查勘或预选报告),也有指初步可行性研究之前的规划选址(或普选)工作。按照 2008 年 10 月颁布的《核电厂初步可行性研究报告内容深度规定》,上述在初步可行性研究之前或初步可行性研究阶段中间过程而编制的报告统一称之为厂址普选工作。通过资料搜集和评价,筛选出 2 个以上或 2 个条件相对独立且较好的可能厂址推荐开展初步可行性研究工作。

对一些影响厂址安全和地震动参数确定的重要问题,在保守估计的情况下仍然无法确定时,才开展必要的现场工作。

6.3 厂址地震和地质条件评价

6.3.1 按照区域地壳稳定性分区的原则分析说明区域主要构造格架、断裂活动时代、断裂活动性质、新构造活动分区以及区域地震活动水平,所选的核电厂址应位于稳定、较稳定区。

关于能动断层的判定,本阶段主要利用区域、近区域内地质、地震背景资料以及现有的活动断层资料进行初步的宏观判定,当宏观判断厂址附近范围存在能动断层,且有确实证据证明时,应考虑该厂址为不适宜厂址。

6.3.2 SL-2 高值估计主要采取经验概估的方法,如根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 给出的 50 年超越概率 10% 的地震动峰值加速度按经验进行比例概算;也可采用简单地震构造法、历史地震法等,考虑现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 所采用的衰减关系对厂址 SL-2 高值进行概略的估计。有条件时,可利用现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 所采用的潜在震源方案和地震动衰减关系按综合概率法进行估算。概算的 SL-2 高值可以表达为一个分布范围。

7 成果报告内容与格式

7.1 一般规定

7.1.1~7.1.3 本章主要规定了各个阶段地震调查与评价结果报告的编写主要章节和主要附图。

1 所要求的内容为基本内容,不排斥编写者认为需要提供的其他重要内容;

2 在下列情况下可增加章节:

1)超越阶段工作深度,进行了特殊重点调查的工作内容。

2)需重点强调,突出论述的关键性技术内容。

3)不包含在各阶段常规工作中的调查工作内容。

3 应根据内容安排文字论述的详略程度。

1)宜以较大篇幅详细分析、说明和论述重点内容。

2)宜以中等篇幅分析、说明和论述一般性内容。

3)宜以较短篇幅分析、说明和论述概述性内容。

4 本章规定的报告章节顺序,是对最终报告的建议,实际报告章节编排,应在本规范的基础上,根据工作大纲的要求和编写者的论证思路来编排。

7.2 初步可行性研究阶段地震调查与评价报告

7.2.2 地震调查与评价报告各章节宜包括下列主要内容:

1 地震活动性评价宜包括:

1)地震目录编制。

2)区域地震资料完整性分析。

3)区域地震活动的空间分布特征。

4)历史地震影响评价。

- 5) 区域现代构造应力场。
- 6) 近区域地震活动特征。
- 7) 区域地震活动性综合评价。

2 区域地质构造环境评价宜包括:

- 1) 区域地质构造背景。
- 2) 区域新构造运动特征与分区。
- 3) 区域地球物理场特征。
- 4) 区域主要断裂活动性。

3 近区域断裂活动性鉴定宜包括:

- 1) 近区域地质构造。
- 2) 近区域新构造特征。
- 3) 近区域主要断裂活动性调查与鉴定。
- 4) 近区域断裂活动性评价。

4 厂址附近范围能动断层初步评价宜包括:

- 1) 地质构造特征。
- 2) 厂址附近范围断裂活动性调查与鉴定。

3) 厂址附近范围能动断层鉴定,应重点论述根据厂址附近范围断裂活动性鉴定、地震调查、发震构造鉴定等成果,初步鉴定厂址附近范围内能动断层的根据及成果。

5 地震构造特征评价宜包括:

- 1) 区域地震活动的构造背景。
- 2) 区域地震活动的地球动力学背景。
- 3) 区域地震构造环境综合评价。
- 4) 区域地震构造条件分析。
- 5) 近区域地震构造特征分析。

6 地震动参数衰减关系宜包括:

- 1) 基岩地震动峰值加速度参数衰减关系确立的原则与方法。
- 2) 基岩地震动峰值加速度衰减关系的建立。
- 3) 基岩地震动峰值加速度衰减关系的适用性与合理性论证。

7 厂址地震动参数估计宜包括：

1) 确定性地震危险性的评价,包括方法概述、区域地震构造模型、确定性方法地震危险性计算。

2) 概率性地震危险性评价,包括方法概述、地震区带划分及其地震活动性参数确定、潜在震源区划分及其地震活动性参数确定、概率地震危险性计算。

3) SL-2 高值估计,包括根据确定性和概率性地震危险性评价方法得到的厂址 SL-2 级地震动峰值加速度计算值确定厂址 SL-2 高值的原则、相关法规根据和确定结果。

4) 地震基本烈度确定。

8 厂址区地震地质灾害初步评价宜包括：

1) 厂址所在地区地震地质灾害历史。

2) 厂址区地震地质灾害条件分析。

3) 厂址区重点地震地质灾害影响分析。

4) 地震地质灾害评价结论。

9 厂址地震地质条件适宜性评价宜包括：

1) 区域地震构造特征总结与评价,包括地质构造特征、地震活动特征、地震构造特征。

2) 厂址附近范围能动断层评价结果。

3) 厂址 SL-2 高值。

4) 厂址地震基本烈度。

5) 厂址区地震地质灾害。

6) 厂址区地壳稳定性评价。

7) 候选厂址适宜性综合分析比较。

7.3 可行性研究阶段地震安全性评价报告

7.3.2 地震安全性评价报告各章节宜包括下列主要内容：

1 地震活动性评价宜包括：

1) 历史地震调查。应重点论述本次工作历史地震调查的目

的、任务,分别阐述各地震调查方案、调查资料及其基本结论;应列表给出经调查后核定的历史地震参数。

2)地震目录编制。论述地震资料的来源,搜集资料的时空强范围,确定地震资料整理的基本原则;汇编区域破坏性地震目录及区域地震台网目录,对有变动的地震条目应说明变动情况及其根据;统计描述区域不同震级档地震的频数;编制区域破坏性地震震中分布图和区域现代微震震中分布图。

3)区域地震资料完整性分析。重点论述区域历史地震和仪器记录地震的记载情况,历史地震资料和仪器记录地震资料的完整性和可靠性分析。

4)区域地震活动的空间分布特征。分析论述地震震中的空间分布图像,分析论述地震活动强度和频度等空间活动性指标的分布特征,分析地震活动的地域特征及其与地质构造背景的关系,统计分析区域地震活动震源深度分布特征,统计分析区域地震活动在距厂址不同距离上的强度与频度分布。论述空间分布特征与构造背景的相关性。

5)历史地震影响评价。应根据区域历史地震特别是近区域所有已知破坏性历史地震对厂址的宏观影响资料,论述厂址上最大地震影响烈度以及各级影响烈度的频次特征,主要地震影响来源的地理分布;在资料充分的情况下,可对历史地震影响烈度的发生概率进行统计分析;缺乏宏观影响资料的厂址应论述根据地震烈度衰减关系估算的烈度影响情况;应编制历史地震综合等震线图;编制厂址历史地震影响烈度一览表,表中至少包括发震时间、震中位置、震级、震中烈度、厂址影响烈度。

6)区域现代构造应力场。应分析论述区域内单个震源机制解结果和区域不同地区小震综合节面解结果;推断、论证区域现代构造应力场状况;在资料条件允许时,应对近区域局部构造应力场的状况加以论述;应编制区域单个地震震源机制解一览表,表中至少包括发震时间、震中经纬度、震级、节面产状、各应力轴产状等基本

信息;编制区域震源机制解分布图;编制小震综合节面解一览表,表中应包括小震分区参数、各应力轴产状等基本信息;编制展示区域现代构造应力场方向的图件,如区域最大主压应力及主张应力分布图等。

7)近区域及其邻区小震重新定位。重点论述小震资料搜集情况,采用的定位方法、地壳速度模型;比较论述定位前、后地震参数变化的情况,包括定位残差、震中位置、震源深度等,给出经重新定位后的小震目录;分析定位后小震分布的特征及其构造意义。

8)近区域地震活动。根据区域地震目录和小震重新定位结果,汇编近区域地震目录,内容至少包括发震时刻、震中位置、震级、记录精度、距厂址的距离等。编制近区域地震震中分布图。论述近区域地震空间分布特点及其与近区域构造背景的关系,评价近区域地震活动水平。并根据近区域地震活动情况论述厂址附近范围内地震活动水平。

9)区域地震活动性综合评价。根据上述内容,总结评价区域地震资料完整性、区域地震活动强度与频度、地震分布特征、历史地震影响、区域现代构造应力场特征、近区域及厂址附近范围地震活动水平等。

2 区域地质构造环境评价宜包括:

1)区域地质构造。在对所搜集的现有资料理解与分析的基础上,编制区域大地构造单元划分图,简要叙述区域的大地构造单元划分及其发育简史;应简要论述区域地质构造运动简史及其地质构造层,编制区域地层表;编制区域地质构造图,并简述区域地质构造特征,综述区域断裂构造在发育程度、构造演化历史、构造格架、活动性分布等方面的总体特征。

2)新构造运动。应重点阐述区域新构造运动简史,区域主要新构造表现形式及其特点,区域新构造运动的特征,区域新构造运动分区,区域新构造运动与地震活动的关系,编制区域新构造图。

3)地球物理场特征。简述区域地球物理场资料状况,编制区

域布格重力异常图,论述布格重力异常场空间分区、分带性特征,分析论述区域布格重力异常分布特征的地质构造和深部构造意义,论述布格重力异常场分布特征与地震活动的相关性。编制区域航磁异常图,论述航磁异常场空间分区、分带性特征,分析论述区域航磁异常分布特征的地质构造和深部构造意义,论述航磁异常场分布特征与地震活动的相关性。编制区域地壳厚度图;简要分析论述区域地壳厚度分布及其变化特征,重点分析地壳厚度梯度带的分布及其构造意义;分析地震活动与地壳厚度分布及变化的关系。综合重力、航磁、地壳厚度等特征综合评价区域不同地区地球物理场特征、地质构造含义以及与地震活动的关系。

4)区域主要断裂活动性。分述各主要陆域断裂带的特征,应包括断层空间展布、断裂的分组或分支特征、断裂的成生演化、构造性质、产状、断裂的分段特征、断裂各段的最新活动时代及其主要根据、断裂上的古地震、历史地震与现代地震活动;应给出反映断裂性质和活动性的典型地质剖面;当可行性研究阶段针对某一区域断裂开展了现场调查,应单独给予一节加以重点陈述。

5)海域或其他水域主要断裂活动性。应重点论述本阶段开展的海域或其他水域调查的基本情况,包括勘测工作量、观测系统设计参数、主要设备、测线布设等;论述地震层位划分及其时代判定;编制地震层位地质解释图,图中应标示地震层位划分界线、地质层位符号、深度、比例尺等信息;编制地震层位划分表,表中应包括地震层位代号、地层符号、基本震相特征等;分别论述各断点的识别根据,编制断点特征一览表,表中包括断点编号、平面坐标、断层性质、上断点深度、视倾向、倾角、断距、最新活动时代等基本信息,应编制断点平面分布图,并绘出断点平面连接组合;应针对海域或其他水域主要断裂,分述根据前人资料获得的关于断裂基本特征的认识,以及根据现场工作调查获得的断点展布及其活动性方面的结论。

6)区域断裂活动性评价。总结区域主要断裂的性质及其活动

性;编制区域断裂特征一览表,表中应包括断裂编号、名称、规模、性质、产状、最新活动时代、地震活动等信息;编制区域活动断裂分布图,图中应重点突出第四纪以来的活动断裂。

3 近区域地质构造调查与评价宜包括:

1)调查工作概况。论述可行性研究阶段开展近区域现场调查工作的概况,包括调查目的和原则、调查方案和主要工作量,编制近区域断裂活动性调查实际材料图和工作量一览表,图表中应反映已有资料、本次工作调查路线、各种测线、观测点等方面的情况。

2)地质构造。应编制近区域地质构造图,图中应反映地层、岩浆岩、主要断裂等地质要素;简要说明近区域所处大地构造部位、主要地层分布、地质构造格架等基本特征。

3)新构造特征。重点论述近区域内第四系地层分层、岩性、成因、空间分布等基本特征,编制近区域第四系地层剖面,编制第四系地层表,表中包括地层时代、颜色、岩性特征等基本信息。分析近区域地貌特征、不同地貌单元的分布,台地、阶地等重要地貌面的成因和时代。分析说明近区域所处新构造部位及其新构造活动的基本表现和特点。

4)近区域陆域主要断裂活动性鉴定。分述近区域内所调查断层的基本特征,包括断层的构造地貌特征,断层典型地质剖面(天然剖面、剥露或探槽开挖剖面),断层结构特征,断层物质特征,断层上覆地层时代及其与断层接触关系、年代学样品采集和年龄测试。论述隐伏断层控制性浅层地震勘探结果。论述断层时代的综合鉴定结果。

5)近区域海域或其他水域断裂调查。引用区域海域或其他水域调查资料,综述近区域断裂调查结果。

6)近区域断裂活动性评价。综述近区域地质构造特征和新构造特征,总结近区域断裂活动性鉴定结果,编制近区域断裂活动性分布图;编制断层活动性鉴定结果一览表,表中应反映近区域主要断层的编号、名称及其走向、倾向、倾角、长度、最新活动时代、距厂

址最近距离等基本特征。

4 厂址附近范围地质构造调查与评价宜包括：

1)地质构造。编制厂址附近范围地质构造图，简要分析厂址附近范围地质构造背景基本特征。

2)新构造特征。简要说明厂址附近范围第四系地层分布特征、地貌特征、新构造部位。

3)厂址附近范围断裂活动性鉴定。分述附近范围内所调查断层的基本特征，包括断层的构造地貌特征，断层典型地质剖面(天然剖面、剥露或探槽开挖剖面)，断层结构特征，断层物质特征，断层上覆地层时代及其与断层接触关系、年代学样品采集和年龄测试。论述隐伏断层控制性浅层地震勘探结果。论述断层时代的综合鉴定结果。

4)厂址附近范围海域或其他水域断裂调查。引用区域海域或其他水域调查资料，综述厂址附近范围断裂调查结果。

5)厂址附近范围断裂活动性评价。综述厂址附近范围地质构造特征和新构造特征，总结厂址附近范围断裂活动性鉴定结果，编制厂址附近范围断裂活动性分布图；编制断层活动性鉴定结果一览表，表中应反映厂址附近范围主要断层的编号、名称及其走向、倾向、倾角、长度、最新活动时代、距厂址最近距离等基本特征。

5 地震构造特征评价宜包括：

1)区域地震活动的构造背景。应根据地质构造调查结果与地震活动性调查结果编制区域地震构造图，重点反映地震活动与活动断裂；分析论述区域地震活动空间分布特征与不同地区地质构造条件的关系。

2)区域地震活动的地球动力学背景。分析论述区域新构造期以来构造演化特征、现代构造应力场特征及其与周边板块运动的关系，分析区域地震活动的主要动力学机制。

3)区域地震构造背景综合评价。应综合分析论述区域构造格架、区域新构造运动、区域地球动力学背景、区域地质构造等方面

特征对区域地震活动的影响和控制。

4) 区域地震构造条件分析。论述区域范围内典型地震事件的地震构造条件,包括发震构造、力学与运动学性质、规模尺度、构造活动性、地球动力学背景特征等。

5) 近区域地震构造特征分析。应编制近区域地震构造图,论述区域地震构造背景下近区域内表现出的地震构造特征。

6 地震动参数衰减关系宜包括:

1) 区域地震动参数衰减关系确立的原则。简要论述区域强震动记录状况,已有衰减关系,以及拟采用的确定地震动参数衰减关系的思路。

2) 地震动衰减关系的建立。应论述采用的地震动参数衰减关系的形式;重点论述地震动参数衰减关系建立的方法原理;重点论述建立过程的基本步骤、模型选择、资料选取;论述最终获得的地震动参数衰减关系式,编制地震动参数衰减关系系数表,表中应包括峰值及各周期点的衰减关系的系数及方差。

3) 地震动参数衰减关系适用性与合理性论证。应重点论述确立的地震动衰减关系是否能反映本地地震影响特征,与常用衰减关系和本区其他衰减关系对比是否具有合理性,与搜集到的能够反映本地区特征的强震动观测资料对比是否具有适用性,在对厂址地震动参数有控制作用的地震震级、距离上衰减关系是否具有合理性,衰减关系的标准差是否合理。

7 确定性地震危险性评价宜包括:

1) 确定性评价方法。简要论述确定性地震危险性评价方法(地震构造法)的基本原理。

2) 区域地震构造模型。论述区域发震构造及其最大潜在地震确定的原则与方法;重点论述区域各发震构造鉴定的主要根据和基本特征;重点论述各发震构造最大潜在地震确定的基本根据;编制区域发震构造特征一览表,表中应包括发震构造编号、名称、典型产状、规模、地震活动特征、最大地震震级等基本信息;总结评价

区域发震构造鉴定结果；编制区域发震构造分布图，图中应显著表示已鉴定出的发震构造及其最大潜在地震；编制区域发震构造鉴定结果一览表，表中应包括发震构造编号、名称、最大潜在地震震级、距厂址的最近距离等。论述区域地震构造区划分原则与方法；重点论述各地震构造区划分根据和主要特性；重点论述各地震构造区最大弥散地震确定的基本根据；编制区域地震构造区特征一览表，表中应包括地震构造区编号与名称、大地构造单元、新构造单元、地球物理场分区特征、地震带、分震级段地震频数分布、记录到的最大地震震级、主要发震构造、与已确定的发震构造无关的弥散地震的最大震级；编制区域地震构造区划分图；编制地震构造区划分结果一览表，表中应包括地震构造区编号与名称、最大弥散地震震级、距厂址的最近距离。

3) 确定性方法地震危险性计算。论述计算参数的确定、采用的地震动参数衰减关系；重点论述确定性方法计算得到的厂址地震动参数；编制确定性方法计算结果一览表，表中应包括地震构造名称及编号、最大潜在地震或最大弥散地震、应用的地震动参数衰减关系、计算采用的距厂址最近距离、不同周期控制点地震动参数计算结果；简要论述结果的合理性。

8 概率性地震危险性评价宜包括：

1) 概率地震危险性分析方法概述。简述概率地震危险性分析方法的基本原理和关键步骤。列出主要的计算公式。

2) 地震区、带划分及其地震活动性参数确定。简述计算采用的地震区、带方案；重点论述地震区、带地震活动时间分布特征及其地震活动期划分，评价地震区、带未来地震活动趋势和水平；重点论述地震区、带地震活动性参数确定方法、资料与结果。

3) 潜在震源区划分及其地震活动性参数确定。简述潜在震源区划分及其地震活动性参数确定的原则与主要根据；重点分述区域内各主要潜在震源区（尤其是近场的潜在震源区）划分及其震级上限确定的地质构造与地震活动性根据；编制潜在震源区空间分

布图,图中应标注潜在震源区编号及其震级上限;编制潜在震源区一览表,表中应包括潜在震源区编号、名称、震级上限。

4) 概率地震危险性计算。重点论述厂址年超越概率 2×10^{-3} 、 1×10^{-4} 基岩峰值加速度计算结果;编制超越概率曲线图,图中应给出1年、50年超越概率曲线;重点论述厂址年超越概率 1×10^{-4} 下的基岩水平向加速度反应谱计算结果;编制加速度反应谱图;编制加速度反应谱计算结果表,表中应包括反应谱控制点周期、谱值;重点论述对厂址地震动加速度峰值、周期0.2s反应谱谱值、周期0.4s反应谱谱值、周期1s反应谱谱值有主要贡献的各潜在震源区及其贡献率,论证概率分析结果的合理性。

9 设计基准地震动参数确定,对基岩厂址和土层厂址的论述应有所不同。对于土层厂址,土层地震反应的相关勘察、土层反应分析等内容应单独分章编写,地表设计基准地震动参数的确定可参照基岩厂址的相关规定编写。

1) 基岩场地设计基准地震动参数确定。

厂址 SL-2 级地震动参数确定。重点论述根据确定性和概率性地震危险性评价方法结果确定厂址特定 SL-2 级基岩地震动峰值加速度及加速度反应谱(包括水平向、竖直向)的原则及结果。绘制厂址特定 SL-2 级基岩地震动加速度反应谱(水平向、竖直向、5%阻尼比)曲线,并列表给出谱参数值,表中包括控制周期点、水平向加速度反应谱值、竖直向加速度反应谱值。

厂址 SL-2 级设计基准地震动参数确定。重点论述根据厂址特定 SL-2 级地震动参数确定结果,以及结合相关法规、规范和常见标准谱参数等确定厂址设计基准地震动参数的原则和结果。绘制厂址 SL-2 级设计基准地震动加速度反应谱(水平向、竖直向、5%阻尼比)曲线,并列表给出谱参数值,表中包括控制周期点、水平向加速度反应谱值、竖直向加速度反应谱值。

厂址 SL-1 级设计基准地震动参数确定。论述厂址 SL-1 级设计基准地震动参数确定的原则和确定结果。

厂址设计基准地震动参数结果的合理性。重点论述设计基准地震动加速度反应谱与相关规范谱和标准谱比较的结果,以及结果的保守性、合理性分析。

地震基本烈度确定。重点论述根据概率性地震危险性分析结果复核确定厂址地震基本烈度的情况,以及厂址地震基本烈度的确定结果。

2) 土层场地设计基准地震动参数确定应完成土层反应分析论述,重点补充下列内容:

地震工程地质条件勘测概况。简要论述勘察范围的确定、场地覆盖状况、地质环境和地层分布;已有的场地研究资料和研究成果;现场勘察目的、内容、设备等基本情况。重点论述钻孔布设情况,编制钻孔分布图。

工程地质条件。综合分析论述根据资料和钻孔勘测获得的工程场地土层分布与分层特征,论述各钻孔揭示的自然土层特征;编制钻孔柱状图,钻孔柱状图基本内容包括层序号、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)、密度或体积密度(g/cm^3)等,图中还应标示钻孔编号、井口标高(m)、钻孔深度(m)、覆盖层厚度(m)等信息。

岩土剪切波速和纵波波速测试。简要论述测试方法及其原理,以及采用的仪器设备主要技术指标参数;重点论述测试获得的资料及其分析处理方法,给出各钻孔的剪切波速与纵波波速测试结果;编制波速测试结果表(或图),表(或图)中主要包括测点编号、测点深度、到时、层剪切波速值、层纵波波速值等。

土体动力非线性参数确定。重点论述对各层原状土样进行动三轴试验和共振柱试验测定土体动力非线性参数的结果。应编制土样基本物理特性一览表,表中包括土样编号、土类、埋深、固结压力、含水量、干密度等信息;应编制土样剪变模量比与剪应变关系实验结果表、阻尼比与剪应变关系实验结果表、压缩模量比与轴应变关系实验结果表、阻尼比与轴应变关系实验结果表,并根据实验

数据绘制相关曲线。

场地地震反应分析模型及其参数确定。简述场地地震反应分析模型选择及根据、模型基本原理及主要步骤。重点论述基岩地震动时程的拟合,包括所采用的人造地震动拟合方法原理及其主要步骤、强度包络函数及持续时间的确定、目标谱及其周期控制点值、时程的时间步长、拟合的容许误差及其控制方式、人造地震动合成的结果;列表给出基岩目标谱参数;编制基岩目标谱、拟合地震动加速度反应谱与基岩目标谱拟合情况、基岩地震动时程曲线等必要图件。重点论述场地土层模型动力参数的确定,编制控制孔计算模型一览表,表中包括土层序号、土性描述、土类号、土层深度、土层厚度、土体密度、土体剪切波(S波)与纵波(P波)波速;编制各土类的动力非线性关系(剪变模量比与剪应变关系曲线,阻尼比与剪应变关系曲线,压缩模量比与轴应变关系曲线,阻尼比与轴应变关系曲线)数据表。重点论述土层反应计算结果,编制厂址各计算控制点的地表峰值加速度计算结果一览表,表中包括计算控制点、设计地震动级别或风险水平、不同基岩输入时程相应的土层峰值加速度值及其均值,编制相应的地表土层计算加速度反应谱曲线图。

场地相关设计基准地震动参数确定,重点论述厂址地表土层地震动加速度反应谱规准原则、方法;给出场地土层设计基准地震动参数,包括不同级别设计基准地震动峰值加速度以及加速度反应谱参数值;编制加速度反应谱参数表,表中包括反应谱控制周期(s)、各周期点反应谱值。绘制场地相关设计基准地震动反应谱曲线图。相关内容可参照基岩厂址设计基准地震动参数确定的内容编写。

10 设计地震动时程确定宜包括:

1)设计地震动合成的基本原理。重点论述所采用的合成方法的基本原理和步骤,采用单组时程法时,还应重点论述与反应谱相应的功率谱的确定方法、原理等。

2)不同阻尼反应谱确定。重点论述不同阻尼比设计基准地震动加速度反应谱确定的方法和结果。列表给出不同阻尼比基岩加速度反应谱值,表中包括阻尼比、周期控制点、反应谱值;应绘制厂址不同阻尼反应谱曲线。

3)拟合多阻尼厂址设计基准反应谱的三方向设计地震动。重点论述拟合控制参数:目标反应谱参数、采用的强度包络函数参数、所取反应谱周期控制点数、时程的时间步长与总点数;重点分析、论证拟合得到的三方向设计地震动时程对目标谱、功率谱拟合情况;论述地震动不同分量间互相关性分析原理与方法,并重点分析拟合得到的地震动不同分量之间的互相关性;应分别列表给出拟合时程反应谱对不同阻尼目标谱的拟合情况,表中包括周期控制点、目标谱值、计算谱值、相对误差;应绘制拟合地震动时程曲线,并应以附表方式给出拟合地震动时程。

11 厂址附近范围能动断层鉴定宜包括:

1)厂址附近范围能动断层鉴定标准。重点论述相关法规对能动断层鉴定的标准。

2)厂址附近范围能动断层鉴定。重点论述根据厂址附近范围断裂活动性鉴定、地震调查、发震构造鉴定等成果,综合鉴定厂址附近范围内能动断层的根据及成果。

12 厂址区地震地质灾害评价宜包括:

1)厂址所在地区地震地质灾害历史。重点论述厂址所在地区遭受的地震而造成的主要地震地质灾害记载情况;

2)厂址区地质构造条件分析。重点总结与论述厂址区所处自然地理、地质构造环境等方面的条件,重点包括:大面积水域(如湖泊、水库、海域)分布、新构造运动强弱、现代火山活动、厂址附近范围内的地形地貌、不良地质条件等。

3)厂址区工程地质条件分析。在厂址区岩土工程勘测报告基础上,总结论述厂址区不良地质条件及其地质灾害评定结果,包括饱和和砂土分布、软土分布、岩溶、边坡稳定性等。

4)重点地震地质灾害影响分析。应结合厂址区特定的地震地质背景,有针对性地重点分析某些特殊地震地质灾害影响。滨海厂址应重点分析地震海啸影响。第四纪火山分布地区应重点论述第四纪活动对厂址区的影响。附近有大型水库分布地区应重点分析水库诱发地震对厂址区的影响。地形起伏较大地区应重点分析滑坡地质灾害对厂址区的影响。

5)地震地质灾害评价结论。本节为厂址区地震地质灾害的评价结果的总结。

13 地震安全性评价结论一章为可行性研究阶段地震安全性评价工作的总结和综述部分,应重点总结论述下列方面的基本结论和结果:地质构造特征、地震活动特征、地震构造特征、能动断层鉴定、厂址设计基准地震动参数、厂址地震基本烈度、厂址区地震地质灾害影响评价。

7.4 厂址普选工作地震地质内容编写要求

7.4.2 厂址普选工作地震地质内容编写宜包括下列内容:

1 区域地震活动性宜包括:

1)地震目录编制。重点论述地震资料的搜集与整理,编制区域破坏性地地震震中分布图。

2)区域地震活动特征分析。重点论述区域内不同震级档地震频数分布,地震活动主要分布地区,厂址半径 25km 范围内及 5km 范围内破坏性地地震的分布,不同震级档破坏性地地震距离厂址的最近距离;厂址区历史地震最大影响烈度。

3)区域地震活动性初步评价。重点总结厂址所在区域地震活动特征。

2 区域地震构造特征宜包括:

1)区域地质构造背景。重点论述区域主要断裂构造及其活动性,区域地质构造与地震活动的相关性等基本地震构造特征;编制区域主要断裂构造一览表,表中应包括断裂编号、名称、产状、断裂

性质、断裂规模、断裂活动时代,断裂附近地震活动、断裂活动段距离厂址最近距离等重要信息;编制区域活动断裂分布图,包括区域主要活动断裂和新生代地层、岩浆岩分布。

2)近区域地震构造特征。重点论述厂址近区域范围内地质构造资料搜集情况,论述近区域内基本地质构造特征和主要活动断裂。

3)厂址附近范围能动断层分析。重点论述厂址附近范围内地质资料的精度,厂址附近范围断裂构造分布情况及其活动性、初步分析厂址附近范围是否可能存在能动断层。

4)地震构造特征初步评价。重点总结论述区域、近区域、厂址附近范围地质构造背景、主要断裂活动性资料调查与分析结果。

3. 厂址地震动参数初步估计宜包括:

1)地震动参数衰减关系。重点论述选用的地震动峰值加速度衰减关系形式、参数以及选用的基本理由。

2)地震对厂址影响估算。重点论述根据破坏性地震估算的厂址地震动峰值加速度值。

3)发震构造对厂址影响估算。重点论述依发震构造概略评价结果估算的厂址地震动峰值加速度值。

4)厂址在地震动参数区划图上的分区值。

5)厂址地震基本烈度。

6)厂址 SL-2 高值初步估算结果。

4 厂址地震地质条件初步评价一章为厂址普选工作地震地质调查内容的总结和综合评价,应重点总结论述普选厂址在区域地震构造特征、厂址附近范围能动断层、厂址 SL-2 高值初步估算值等方面的初步评价结果,并进行普选厂址地震地质条件综合比较。

S/N:1580177·474



9 158017 747409 >



统一书号:1580177·474

定 价:23.00 元