

工程场地地震安全性评价工作中 两个问题的讨论

张裕明 周本刚 沈得秀

(中国地震局地质研究所, 北京 100029)

摘要 本文讨论了目前工程场地地震安全性评价工作中大家关心的两个问题: 不同级别地震工作的近场区(近区域)地震构造调查和评价的不同要求以及I级工作中确定论和概率论分析方法中发震构造与潜在震源区的统一性。

关键词: 地震安全性评价 潜在震源区 发震构造 近场区

引言

工程场地地震安全性评价是国家为减轻地震灾害、保护人民生命财产安全所采取的一项重要措施。《中华人民共和国防震减灾法》规定:“重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程必须进行地震安全性评价;并根据地震安全性评价的结果,确定抗震设防要求,进行抗震设防”(中华人民共和国防震减灾法,1998)。近些年来,由于地震主管部门对工程场地地震安全性评价工作十分重视,颁布了一系列有关工程场地地震安全性评价的法律、法规和管理条例等文本,使得此项工作有序地开展,并在“新建、改扩建工程以及大型的厂矿企业、城镇、经济建设开发区等的选址和抗震设防要求的确定、社会经济发展规划和防震减灾对策的制定工作中发挥了重要的作用”(GB17741-2005)。但是随着地震安全性评价技术在工程实际应用的发展以及相关科学研究领域的不断深入,仍有一些不够明确,需要进一步解决的问题。本文主要讨论以下两个方面的问题:一是近场区(或称近区域)地震构造调查与评价工作需按地震安全性评价工作分级提出不同要求的问题;二是关于发震构造、潜在震源区、最大潜在地震及震级上限的理解,以及它们在工程场地地震安全性评价工作中如何处理的问题。

1 近场区地震构造调查与评价的不同工作分级要求

近场区地震构造调查与评价的不同工作分级要求是地震安全性评价的基础之一。这项工作的质量好与坏,常常会影响工程场地地震安全性的评价结果。虽然在国家标准、技术规范

[收稿日期] 2006-06-25

[作者简介] 张裕明,男,生于1936年。研究员,博士生导师。主要研究领域:地震构造、工程地震。

E-mail: zzhoubg@sina.com

和宣贯教材中都有明确的规定,但是由于安评工作的不同级别对近场区地震调查与评价的要求尚不十分明确,所以在实际的安评工作中存在着一些情况:有的由于近场区涉及的范围过大,达到数千和数万平方公里,需要的工作量过大、耗费的时间过长,而不做近场区的地震构造调查,有的则略做一些工作,这些都不能满足“工程场地地震安全性评价”的要求。所以近场区的地震构造调查需要按不同的地震安全性评价工作分级进行合理的规范化。不同的工作级别应有不同的要求或者说近场区地震构造调查和评价工作应有不同的调查深度。

1.1 I级工程场地地震安全性评价

由于I级工程场地地震安全性评价是属于最高等级的安评工作,因此需要有全面、详细和深入的近场区地震构造调查工作,要对主要断层和第四纪地层的活动褶皱按《工程场地地震安全性评价》宣贯教材中的6.3节论述,严格进行工作。

1.2 II级工程场地地震安全性评价

“除I级以外的重大建设工程项目中的主要工程,主要是指对社会有重大价值或者有重大影响、受地震破坏后可能发生严重次生灾害的建设工程,使用功能不能中断或在震后需要尽快恢复的重要的生命线建设工程等”(GB18306-2001)。对于这类工程场地地震安全性评价的近场区地震构造调查和评价,原则上也应按I级工作标准进行,但是对于那些管道沿线和铁路沿线涉及范围很广,面积很大的具有多个重点站、场、桥等重要工程不大可能按I级工作要求进行,可以结合区域地震构造调查的结果,对工程场地影响较大的断层构造和活动褶皱在近场区做认真的调查和评价,不能仅仅依靠区域性地震区划的近场区所收集的资料进行活动构造和地震构造的评价。

1.3 III级工程场地地震安全性评价

这类工程的近场区地震构造调查和评价可以按工程的类别分为两种,一种是地震小区划,这项工作的近场区地震构造调查,原则上也应按I级地震工作进行,但是在选择调查对象时可以重点对工程场地可能有影响的那些断裂和褶皱构造进行调查;另一种是长管线的区域地震区划,对近场区的地震构造调查和评价主要是靠收集已有的地震构造资料进行,但对管线影响较大的地震构造和活动构造需作适当的补充调查。

1.4 IV级工程场地地震安全性评价

由于IV级工作“适用于GB18306-2001中4.3条b)、c)规定的一般建设工程”(GB18306-2001),因此,它对近场区的地震构造调查与评价应该比上述I、II、III级工程场地地震安全性评价的要求低一些,主要是收集GB18306-2001中国地震动参数区划图编制以来,对所做的新资料和新成果进行近场区地震构造评价。如存在对工程场地有较大影响的地震构造时,可以做适当的补充调查。

2 发震构造、潜在震源区和最大潜在地震、震级上限的认识及处理

近些年来,由于我国核工程地震安全性评价工作的需要,都要从确定论和概率论两个方面来进行地震危险性分析。但从秦山核电一期的地震安全性评价工作开展以来,一直对确定论中的发震构造和概率论中的潜在震源区认识存在两种不同意见:一种意见认为概率地震危险性分析方法中的潜在震源区与确定论地震危险性分析方法中的发震构造是不一样的;另一种认为上述两种地震危险性分析方法中的潜在震源区和发震构造具有相同的含义,或者说具有同源性。这两种不同意见已在核工程地震安全性评价中影响到SL-1级和SL-2级地震动的

确定。因此有必要作进一步的明确讨论，以使其尽可能达到统一。最近一段时间有一些文章（潘华等，2006；鄢家全等，2006；张裕明等，2006）不同程度的涉及到这方面的讨论，特别是鄢家全等（2006）的文章详细的评述了这方面的认识。本文作为参与者提出以下一些认识和意见。

2.1 潜在震源区和发震构造的同源性及其工程表述

潜在震源区和发震构造都是发震源，其间没有差别，而仅仅是不同地震危险性分析方法中的不同表述（图 1）：

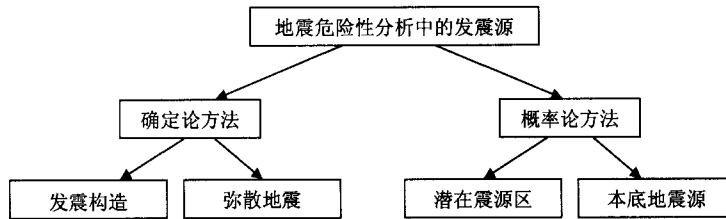


图 1 地震危险性分析中的发震源

Fig.1 Earthquake source in seismic risk analysis

1977 年 A.Der, Kiureghiam 和 A.H-S. Ang 洪华生（1977）将潜在震源区划分为 3 类：① I 类源，断层走向和位置完全确定；② II 类源，断层走向确定但位置不确定（有数条相互平等的断层组成的断裂系）；③ III 类源，断层走向和位置完全不确定。前一类是非常确定的线源；后两类是面源。在我国编制第三代和第四代地震区划图中采用了潜在震源区划分，大家一致认为 I 类线源是不可取的，断裂的地表位置不代表深部的震源位置，具有一定的不确定性，所以采用了 II、III 类潜源的划分，也就是说在现今的科学技术条件下充分考虑了潜在震源区划分的不确定性。其中的 III 类源就是我们现在潜在震源区划分方案中的本底地震源。关于确定论分析方法中的发震构造按照新的国际原子能委员会安全导则（IAEA，2002）也是很明确的，关于发震构造也是两种：一种是非常确定的线状发震断层；另一种就是面状的弥散地震发震构造。前者实际上就是概率分析方法中的 I 类源，而后者就是本底地震源，在上述导则中都强调了它们的不确定性，这种不确定性也可以体现在线状发震构造的处理上。根据我国的具体情况，线状发震构造（发震断层）不容易表述，考虑到它的不确定性通常拟采用面状（条块状）更合适一些，即便是那些产状比较陡立、地震震中线状展布明显的断裂带，如四川鲜水河断裂带、新疆富蕴断裂带和山东郯庐断裂带等也不作为线源而是作为条块状发震源。在我国上世纪 80 年代编制第三代地震区划图时，大家对是否采用线源来划分潜在震源区都有明确的认识，认为中国的发震源不宜采用线状表示，而宜采用面状的（包括条块状）表示。这种认识一直到第四代中国地震区划图潜在震源区划分中还继续沿用，也包括了迄今为止，除 I 级工作以外的所有工程场地地震安全性评价的报告。因此，在我国确定论地震危险性分析方法中的发震构造源不宜采用地表出露的断层线，而采用条块状的面源更合适些，因为它考虑了更多的不确定性。

实际上发震构造和潜在震源区是没有差别的两种不同表述。在 IAEA 新导则（No.NS-G-3.3）中“发震构造与潜在震源区没有明显的区分”或者说“概率法中的潜在震源区等同于区域地震构造模型中的发震构造”。在我国目前进行 I 级核工程的地震安全性评价中却出现了以下几种情况：

①对同一个发震源,在概率论分析方法中用条块状潜在震源区表示,而在确定论方法中用线性(一条断层或几条平等断层)表示发震构造;

②对同一个中强地震发震源,虽在概率论方法中作为条块状潜在震源区划分出,但在确定论方法中可以不作为发震构造;

③对同一个发震源,在确定论方法中作为不规则的面源划分出来,而在概率论方法中用条块状潜源表示。

这些情况对于核工程地震安评工作来说必然产生不同结果,需要有一个统一的认识和处理办法,否则其结果的任意性大了一些。

2.2 关于地震构造法中的最大潜在地震和概率法中的震级上限 M_0

2.2.1 文献中的论述

在《工程场地地震安全性评价》宣贯教材(GB17741-2005)的9.13节中认为地震构造法中的“最大潜在地震是指发震构造上可能发生的最大地震”,该教材中又进一步指出“应根据各断层活动段的尺度、活动特点、最大历史地震和古地震,判定最大潜在地震”。在上述的教材中对于潜在震源区的震级上限亦有明确的论述,潜在震源区的震级上限“是潜在震源区内发生概率趋于零的最大震级值”,说明 M_0 不是不可能发生的地震,而是发生概率极小的那种最大潜在地震震级的地震,该教材同时指出依据下列因素确定潜在震源区震级上限:潜在震源区内最大潜在地震震级、构造类比结果、古地震强度、地震活动的图像判定结果。

在国际原子能委员会2002年版的安全导则No.NS-G-3.3核动力厂地震危险性评价的文件中,在5.14(2)中明确提到“鉴定与每个发震构造和每个地震构造区相关的最大潜在地震”。在该文件的5.17概率性论述中,明确提出要评价每个震源的最大地震震级,没有提到我们目前采用的 M_0 概念。

从以上两个文献的论述中可以看出最大潜在地震震级和震级上限实质上是同一个内容在概率方法和地震构造法中的表述不同而已。

2.2.2 核工程场地地震安全性评价中的两种不同的处理

在当前核工程安评工作中对于发震构造的最大潜在地震和潜在震源区震级上限确定在同一个安评报告中可以发现两种不同的处理办法:一种报告是潜在震源区的震级上限与发震构造的最大潜在地震表示为同一个数字,如前者为8级,那么后者亦为8级,前者为6级,后者也为6级,等等;另一种报告对于中强地震的震级,如5.5—6.5级的发震构造和潜在震源区是用同一个数字表示,而对于场址影响较大的发震构造和潜在震源区,其震级上限和最大潜在地震则可用不同的震级表示,如前者为8级,后者则可表示为7.5级,目前,这种表示方法中最大级差为0.5级。此外,离场址较远的或对场址影响相对较小的发震构造的最大震级与潜在震源区的震级上限表示与第一种报告的表示方法一样。这两种表示方法的不同主要是对震级上限和最大潜在地震的理解不完全一致,同时还有其它一些原因。对于后一种报告的表示方法在审定过程中存在问题,如为什么中强地震的震级在发震构造的最大潜在地震震级可以与潜在震源区震级上限表示一致,而对那些大地震震级表示不一致;另外,有一些远离场址的大地震的发震构造的最大潜在地震与震源区的震级上限表示可以一致,而近的则不一致。这些问题很难有明确的答复,因此作者采用鄢家全等(2006)发表的《论概率法与构造法之同源协调性》一文中结论的第2条作为本节的结语,即“概率法中的潜在震源区应与发震构造等同。这不仅是空间范围等同,而且震级上限也与其最大潜在地震等同。”但

是考虑到目前概率法潜在震源区震级上限分档为 0.5 级，采用确定性方法评价时，一些发震构造的最大潜在地震震级可略低于潜在震源区的震级上限。在这种情况下，需要根据具体发震构造特征，结合区域地震构造背景进行详细的分析，以保证核电厂址地震安全性评价的合理性和安全性。

以上两个有关工程场地地震安全性评价问题的讨论，仅仅是作者长期从事安评工作中所感到的较为重要的问题，所提出的一些初浅认识和看法只作为对上述两个问题进一步讨论的参考。

参考文献

- 胡聿贤主编，2001. GB18306-2001《中国地震动参数区划图》宣贯教材. 北京：中国标准出版社.
- 卢寿德主编，2006. GB17741-2005《工程场地地震安全性评价》宣贯教材. 北京：中国标准出版社.
- 潘华，吴健，2006. 新版 IAEA 安全导则《核电厂地震危险性评价》的分析与评述. 震灾防御技术，1(2): 121—128.
- 鄢家全，金严，张裕明等，2006. 论概率法与构造法之同源协调性. 国际地震动态，第 3 期：1—4.
- 张裕明，周本刚，2006. 重大工程选址中的地震地质问题. 见：邢台地震 40 周年学术研讨会文集，中国地震局、河北省地震局，315—317.
- 中华人民共和国防震减灾法，1998. 北京：地震出版社.
- Der A. Kiureghian and A.H-S. Ang (洪华生)，1977. A fault rupture model for seismic risk analysis. BSSA, 67(4): 1173—1195.
- International Atomic Energy Agency, 2002. Evaluation of Seismic Hazards for Nuclear Power Plants: A Safety Guide, Safety Standards Series No.NS-G-3.3, IAEA, Vienna.

Discussion on Two Problems in Earthquake Safety Evaluation for Engineering Site

Zhang Yuming, Zhou Bengang and Shen Dexiu

(Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China)

Abstract This paper discussed two problems in current seismic safety evaluation for engineering site, i.e., the requirements of seismotectonic investigations and evaluation in near site area (near region) at the different seismic work levels; and consistency between Seismogenic structure and potential earthquake source with deterministic method and probabilistic method in engineering site seismic work at I-level.

Key words: Earthquake safety evaluation; Potential earthquake source; Seismogenic structure; Nar region