

弥散地震及与确定弥散地震近场地震动有关的问题

Diffuse Seismicity and Determination for Vicinity Ground Motion

陶寿福 陈昌斌

(华东电力设计院, 上海 200002)

摘要: 本文简要介绍了弥散地震的两种类型以及弥散地震近场地震动的确定。

关键词: 核电厂 弥散地震 地震构造区 地震动 震源尺度

Abstract: The paper introduces briefly two types of diffuse seismicity and determination for ground motion in the vicinity.

Key words: Nuclear power plant (NPP) Diffuse seismicity Seismotectonic province Ground motion Dimension of earthquake focus

1 弥散地震的类型和确定弥散地震的原则和方法

1.1 弥散地震的两种类型

尽管导则[HAF0101(1)]相对导则(HAF0101)来说,对弥散地震的论述更进了一步,但对弥散地震的概念,国内学术工程界在理论上仍然存在不同的认识。根据我国实际的地震地质资料,仔细分析、对照[HAF0101(1)]导则的有关论述,在实际工作中,将弥散地震按两种不同类型的地震来处理,就可使弥散地震问题得到顺利的解决。

实际上,弥散地震包含两种类型地震,一种是与已知发震构造关系不明显的中小地震,称之为“弥散型地震”;另一种是与已知发震构造不相关或者没有查清其发震构造的那些历史强震,这种类型地震称之为“特殊类型弥散型地震”,通常我们把上述两种类型弥散地震统称为弥散地震。

(1) 弥散型地震

这类地震空间分布比较离散,具有很大的不确定性,即使有相当多的中小地震沿着某些构造带分布,但同样也有一些中小地震发生在没有地表构造甚至深部构造也不清楚的地区。这些地震往往分布在一个较大的区域范围内,这种地震利用现有的地震、地质资料还不能识别其发震构造,因而没有明显的构造标志,离散性不确定性较大,主要为中小地震,这种地震数量较多,但震级较小。正是因为这类地震活动的弥散特性,导则和一些成员国家建议采用地震构造区来评价这类地震对核电厂工程的影响,并从核安全考虑假定这类地震在地震构造区内各处都有可能发生。

(2) 特殊类型弥散地震

特殊类型弥散地震是指历史上发生的疑难地震,其空间分布不确定,或者虽然经过调查,但其发震构造仍没有找到,而且与已确认的发震构造又无关系,这种地震数量不多,但震级较大,对厂址可能产生较大影响。这类地震往往比较复杂,可能由于以往调查工作不够深入或者相关的历史记录不完善与不确定,也可能是利用现有的地震和地质资料还不能识别其发震构造,或者由于有些发震构造的存在没有可识别的地下或地表现象,亦或其所经历的时间尺度(即断层位移重复发生的间隔期)比地震观察的周期长。对这类历史强震假定其在所处地震构造区内具有同样的地震潜势显然不妥,否则,就会过分夸大

综 述
核 电 设 计
工 程 管 理
工 程 建 造
运 行 维 护
核 安 全
核 电 前 期
核 电 论 坛
核 电 经 济
核 电 国 产 化
质 量 保 证
核 电 信 息

地震危险性，因此，在应用确定论法评价这类地震对厂址的影响时，导则的如下论述是合适的，“与位于厂址所在地震构造区内的特定发震构造无关的最大潜在地震，应假定发生在距厂址某一特定距离处，这个距离在研究和调查的基础上予以承认，以保证在该距离内没有发震构造”。

根据对我国地震活动特征的研究成果，上述两种类型的弥散地震都是存在的。

1.2 弥散地震确定的原则和方法

1.2.1 弥散地震确定的原则

(1) 弥散地震应以地震构造区为单元进行评价。由于弥散地震活动具有离散和震源特征不明确的特性，因而用地震构造区来限定弥散地震源的分布范围，这在当前对弥散地震的认识水平下是正确和必要的。

(2) 弥散地震的确定必须以地震构造区内详细的地震和地质资料调查与分析为依据。对于任何震源的确定均应以详细的地震和地质资料调查与分析为依据，这是核安全法规和导则强调的重要方面，为了保证厂址区能够达到满足要求的调查，[HAF0101(1)]导则针对不同范围地震可能对工程产生的影响，规定了不同范围的调查要求，其中包括区域、近区域、厂址附近和厂址地区的调查，这些调查是合理确定震源的基础。由于弥散地震主要在近场对工程产生影响，因而对于厂址所在地震构造区内的地震和地质调查分析尤其重要，调查分析所获得的资料作为论证依据要能够满足合理确定弥散地震的需要。

(3) 弥散地震是指所在地震构造区内历史上已经发生的被确认为属于弥散地震活动中的那些历史地震和现代仪器记录的地震。所谓弥散型地震是指那些与已确认的发震构造关系不明显的地震，另外，存在一些历史地震，特别是早期历史强震，由于历史记录的不完整或以往没有进行专门的深入调查，所划定的震中位置具有较大的不确定性并与区域范围内已确认的发震构造关系不明显，但结合地震构造区内地震活动性和现代地质构造运动的总体分析，能够认为这一强度地震在地震构造区内不具备在任何地点发生的可能性或经进一步深入调查发现了新的构造证据，那么这类历史强震不应作为弥散型地震。若经过详细调查仍不能准确地确定震中位置和发震构造，那么可将其作为“特殊类型弥散地震”并采用适当的方法来评价其对厂址的影响。

(4) 要全面理解弥散地震的涵义，综合弥散地震活动的全部特征，合理评价地震构造区内可能发生的最大弥散地震，不应片面强调某些单一因素来作出评价判断。事实上，在对弥散地震的实际评价中，需要充分收集、调查和考虑有关地震活动性、发震构造的全部资料，综合弥散地震的全部特征合理评价地震构造区内可能发生的最大弥散地震。

(5) 对于缺乏地震记录的地震构造区，可采用与具有广泛历史地震资料的区域相比较的方法，判断其有无发生相同弥散地震的可能性。在有些地震构造区内，由于地震记录很少，在确定弥散地震时仅依据本地震构造区内的资料十分困难。在这种情况下，可通过类比的方法借助具有相似特征地震构造区的资料或参考更大范围的区域资料来合理确定该地震构造区内可能发生的最大弥散地震。

(6) 经调查与分析，当确认相邻地震构造区的最大弥散地震小于工程厂址所在地震构造区最大弥散地震对工程抗震设计基准的影响时，相邻地震构造区的最大弥散地震的评价工作可从简。结合我国以往的弥散地震评价，弥散地震对厂址的影响主要在近场范围，而相邻地震构造区内主要是具有特定背景、而且震级较大的地震才会对工程构成影响。

(7) 当不同地震构造区内弥散地震的评价采用不同标准时，必须提供充分的论证依据。由于弥散地震活动的不确定性，在实际工程评价中有时会出现对于不同地震构造区的弥散地震采用不同的评价方法。如有些地震构造区直接采用与已确认发震构造不相关的最大历史地震；而有些在此基础上考虑不确定性再加0.5级。应该说这样的评价在地震记录不均衡的地区可能是合适的，但必须结合不同地震构造区的地震活动及地质构造条件提供相应的论证依据。

1.2.2 弥散地震确定的方法

合理确定弥散地震的方法具体包括以下几个方面：

(1) 应正确把握弥散地震的评价程序。根据[HAF0101(1)]导则推荐的方法，弥散地震可用地震构造区（或弥散地震区）来进行评价。具体评价程序包括以下几个环节：首先是依据区域地震、地质调查分析资料划分出不同的地震构造区，进而以地震构造区为单元对弥散地震特征进行评价，最终确定出可能对工程抗震设计基准产生影响的最大的弥散地震。

(2) 要合理地划分地震构造区，即评价弥散地震的地理单元。弥散地震评价与地震构造区划分的关系十分密切，其划分的合理性将直接影响弥散地震的确定，地震构造区划分的合理性与调查区域内地质和地震活动的复杂程度以及调查研究的深度有关。由于核电厂的安全特性，要求进行地震调查的区域较

广，这一区域往往包含了不同的地震构造区。对于一个特定的厂址来说，来自远场的地震影响主要为强震，而弥散地震主要在近场对工程产生影响，因此与其相关的地震构造区划分重点应放在近场范围，其中工程厂址所在的地震构造区划分尤其重要，必须以详细的地震、地质调查为依据。

(3) 分析确定地震构造区内历史上已经发生过的与已确认的发震构造不相关的最大地震，其中包括历史和现代仪器记录的地震，这是确定弥散地震的重要依据之一。我国特别是东部地区具有悠久而丰富的历史地震记录资料，为确定弥散地震创造了良好的条件，在这一环节中，要特别注意识别那些历史疑难强震是否属于弥散型地震。这类地震往往由于记录资料的不完善，具有较大的不确定性，目前确定的震中位置可能与已确认的发震构造不相关，对于这种地震应尽可能多地做调查，更好地确定震中位置，并确定其发震构造，在实在确定不了的情况下，从核安全考虑，只有将其作为特殊类型弥散地震来考虑。

(4) 对于低地震活动的地震构造区，地震构造区内又没有发现发震构造，这种情况下，中、小型弥散地震反映了地震构造区内弥散地震活动的总体背景，所谓最大弥散地震是这一总体背景活动的最大值。因此，对于所确认的最大弥散地震，应说明其是否与地震构造区内的总体地震活动水平相一致。在评价过程中拟采用综合判别的方法，要认证该地震在未来关心时期内是否构成地震构造区内可能发生的最大地震，如果不能得出肯定结论，则应通过适当的方法，进一步确定发生更大地震的震级指标。对于低地震活动的地震构造区，中、小型弥散地震还可结合核安全规范中有关抗震设计基准下限值的要求进行综合论证。如按HAF法规要求，核电厂工程抗震设计基准SL-2最低限值为0.1 g，若按GB50267-97核电厂抗震设计规范要求为0.15 g，这一限值可能会覆盖低地震活动区或相邻地震构造区中、小弥散地震的影响。在实际评价工作中可利用这一限值，使中、小弥散地震的评价工作合理地简化。

(5) 由于弥散地震对工程抗震设计基准的影响主要在近场范围，因此工程场址所在地震构造区的最大弥散地震评价应做到全面、深入和细致。对于相邻地震构造区，经调查与分析，当确认其影响小于工程场址所在地震构造区的最大弥散地震对工程抗震设计基准的影响时，或能够被某些发震构造上发生地震的影响所覆盖时，相邻地震构造区弥散地震的评价工作可从简。

2 与确定弥散地震近场地震动有关的问题

2.1 [HAF0101 (1)] 导则推荐的方法

在应用确定论方法的分析中，[HAF0101 (1)] 5.5.1节推荐使用如下方法来估计弥散地震对厂址的设计基准地震动SL-2的影响。

(1) 位于厂址所在地地震构造区内的特定发震构造无关的最大潜在地震，应假定发生在距厂址某一特定距离处，这个距离在研究和调查的基础上予以承认，以保证在该距离内没有发震构造，这个距离可能在几公里到几十公里的范围内，并取决于地震构造区的震源深度的合适估计，在选择合适的距离时应考虑震源的实际尺度。

(2) 与每一相邻地震构造区的特定发震构造无关的最大潜在地震，应假定发生在距厂址最近的地震构造区的边界上。

(3) 采用适当的衰减关系，确定出这些地震中的每一个地震在厂区引起的地面运动水平。

2.2 关于评定方法的几点说明

(1) 与厂址相邻地震构造区的弥散地震地震动的确定，方法上两类弥散地震地震动的评定方法都比较简单和一致。

(2) 厂址所在地地震构造区内弥散地震地震动的确定，经研究，导则所说的“特定距离”对于两类弥散地震应有所不同：

a) “弥散型地震”的震源深度考虑

[HAF0101 (1)] 导则指出，弥散地震的震源不明，一般由中、小地震构成，且每一地震构造区都假定是一个具有相等的潜在地震的地区。对于这类弥散地震，用调查范围内不存在发震构造来限定弥散地震距厂址的特定距离是不合适的，因为这种属于中小地震类型的弥散地震在包括厂址在内的该地震构造区内的任何一处都有可能发生。从核安全出发，这类弥散地震（震级一般为5级左右），可放置在厂址下面，同时要考虑一定震源深度来评价对厂址产生的影响。

b) 特殊类型弥散地震的特定距离和震源深度考虑

这类弥散地震是其发震构造用现有的地震、地质资料无法调查清楚的地震。结合我国实际的地震活动情况，与已确认的发震构造“不相关”的这种强震，主要是一些历史疑难地震。对于这类地震，采用[HAF0101（1）]导则推荐的确定“特定距离”的方法来估计它对厂址产生的影响。这个特定距离在研究和调查的基础上，只要保证在该距离内没有发震构造即可，但在选择合适的距离时应考虑震源的实际尺度。

震源尺度可按下表所列中强地震的震源尺度考虑。

震 级		5.0	5.5	6.0	6.5
断层长度（km）	均 值	6	10	17	30
	范 围 （加减一倍标准差）	4~7	8~13	13~22	23~39

当特定距离确定后，从核安全出发，可从震源体边缘靠近厂址最近处计算其距离，即从已调查清楚的特定距离（R1）减去震源体的半径，即减去震源体尺度（L）的一半，来考虑这类弥散地震距厂址的距离（R2）。

上述特定距离是平面上的震中距，当特定距离较小时，震源的震源深度影响就十分突出，此时特定距离就要从平面上的震中距转换成地下的震源距来考虑这类弥散地震对厂址的影响。