

国际原子能机构安全标准

保护人类与环境

核装置厂址评价中的 气象和水文危害

由下列组织共同倡议编写：国际原子能机构、世界气象组织



IAEA



WMO

特定安全导则

第 SSG-18 号



IAEA

国际原子能机构

国际原子能机构安全标准和相关出版物

国际原子能机构安全标准

根据《国际原子能机构规约》第三条的规定，国际原子能机构授权制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并规定适用这些标准。

国际原子能机构借以制定标准的出版物以国际原子能机构《安全标准丛书》的形式印发。该丛书涵盖核安全、辐射安全、运输安全和废物安全。该书出版物的分类是安全基本法则、安全要求和安全导则。

有关国际原子能机构安全标准计划的资料可访问以下国际原子能机构因特网网站：

www.iaea.org/zh/shu-ju-ku/an-quan-biao-zhun

该网站提供已出版安全标准和安全标准草案的英文文本。以阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文印发的安全标准文本；国际原子能机构安全术语以及正在制订中的安全标准状况报告也在该网站提供使用。欲求进一步的信息，请与国际原子能机构联系（Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria）。

敬请国际原子能机构安全标准的所有用户将使用这些安全标准的经验（例如作为国家监管、安全评审和培训班课程的依据）通知国际原子能机构，以确保这些安全标准继续满足用户需求。资料可以通过国际原子能机构因特网网站提供或按上述地址邮寄或通过电子邮件发至 Official.Mail@iaea.org。

相关出版物

国际原子能机构规定适用这些标准，并按照《国际原子能机构规约》第三条和第八条 C 款之规定，提供和促进有关和平核活动的信息交流并为此目的充任成员国的居间人。

核活动的安全报告以《安全报告》的形式印发，《安全报告》提供能够用以支持安全标准的实例和详细方法。

国际原子能机构其他安全相关出版物以《应急准备和响应》出版物、《放射学评定报告》、国际核安全组的《核安全组报告》、《技术报告》和《技术文件》的形式印发。国际原子能机构还印发放射性事故报告、培训手册和实用手册以及其他特别安全相关出版物。

安保相关出版物以国际原子能机构《核安保丛书》的形式印发。

国际原子能机构《核能丛书》由旨在鼓励和援助和平利用原子能的研究、发展和实际应用的资料性出版物组成。它包括关于核电、核燃料循环、放射性废物管理和退役领域技术状况和进展以及经验、良好实践和实例的报告和导则。

核装置厂址评价中的气象和水文危害

国际原子能机构的《规约》于1956年10月23日经在纽约联合国总部举行的原子能机构《规约》会议核准，并于1957年7月29日生效。原子能机构总部设在维也纳，其主要目标是“加速和扩大原子能对全世界和平、健康及繁荣的贡献”。

国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-18 号

核装置厂址评价中的气象和 水文危害

特定安全导则

由下列组织共同倡议编写：

国际原子能机构

世界气象组织

国际原子能机构

2022 年·维也纳

版权说明

国际原子能机构的所有科学和技术出版物均受 1952 年（伯尔尼）通过并于 1972 年（巴黎）修订的《世界版权公约》之条款的保护。自那时以来，世界知识产权组织（日内瓦）已将版权的范围扩大到包括电子形式和虚拟形式的知识产权。必须获得许可而且通常需要签订版税协议方能使用国际原子能机构印刷形式或电子形式出版物中所载全部或部分内容。欢迎有关非商业性翻印和翻译的建议并将在个案基础上予以考虑。垂询应按以下地址发至国际原子能机构出版处：

Marketing and Sales Unit
Publishing Section
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Vienna, Austria
传真：+43 1 26007 22529
电话：+43 1 2600 22417
电子信箱：sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

© 国际原子能机构，2022 年
国际原子能机构印刷
2022 年 11 月·奥地利

核装置厂址评价中的气象和水文危害

国际原子能机构，奥地利，2022 年 11 月
STI/PUB/1506
ISBN 978-92-0-510822-3（简装书：碱性纸）
978-92-0-510922-0（pdf 格式）
ISSN 1020-5853

前 言

国际原子能机构（原子能机构）《规约》授权原子能机构“制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产的危险的安全标准”。这些标准是原子能机构在其本身的工作中必须使用而且各国通过其对核安全和辐射安全的监管规定能够适用的标准。原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商进行这一工作。定期得到审查的一整套高质量标准是稳定和可持续的全球安全制度的一个关键要素，而原子能机构在这些标准的适用方面提供的援助亦是如此。

原子能机构于1958年开始实施安全标准计划。对质量、目的适宜性和持续改进的强调导致原子能机构标准在世界范围内得到了广泛使用。《安全标准丛书》现包括统一的《基本安全原则》。《基本安全原则》代表着国际上对于高水平防护和安全必须由哪些要素构成所形成的共识。在安全标准委员会的大力支持下，原子能机构正在努力促进全球对其标准的认可和使用。

标准只有在实践中加以适当应用才能有效。原子能机构的安全服务涵盖设计安全、选址安全、工程安全、运行安全、辐射安全、放射性物质的安全运输和放射性废物的安全管理以及政府组织、监管事项和组织中的安全文化。这些安全服务有助于成员国适用这些标准，并有助于共享宝贵经验和真知灼见。

监管安全是一项国家责任。目前，许多国家已经决定采用原子能机构的标准，以便在其国家规章中使用。对各种国际安全公约缔约国而言，原子能机构的标准提供了确保有效履行这些公约所规定之义务的一致和可靠的手段。世界各地的监管机构和营运者也适用这些标准，以加强核电生产领域的安全以及医学、工业、农业和研究领域核应用的安全。

安全本身不是目的，而是当前和今后实现保护所有国家的人民和环境的目标的一个先决条件。必须评定和控制与电离辐射相关的危险，同时杜绝不当限制核能对公平和可持续发展的贡献。世界各国政府、监管机构和营运者都必须确保有益、安全和合乎道德地利用核材料和辐射源。原子能机构的安全标准即旨在促进实现这一要求，因此，我鼓励所有成员国都采用这些标准。

秘书处的说明

国际原子能机构安全标准反映有关保护人类和环境免于电离辐射有害影响的高水平安全构成要素方面的国际共识。制定、审查和确定原子能机构标准的过程涉及原子能机构秘书处和所有成员国，其中许多成员国委派代表参加了原子能机构的四个安全标准分委员会和原子能机构安全标准委员会。

秘书处、各安全标准分委员会和安全标准委员会定期对作为全球安全制度之关键要素的原子能机构标准进行审查。秘书处收集关于在适用原子能机构标准方面的经验信息以及从事件后续行动中获得的资料，以确保这些标准继续满足用户的需求。本出版物反映直至 2010 年所积累的反馈和经验，并经过了对标准而言的严格审查过程。

从研究 2011 年 3 月 11 日灾难性地震和海啸后日本福岛第一核电站事故中可能汲取的教训将在今后经修订和印发的这一原子能机构安全标准中予以反映。

序 言

本“安全导则”旨在协助成员国满足原子能机构安全要求出版物《核装置场址评价》中关于核装置对气象和水文灾害评定的要求。因此，它补充了其他安全导则，通过评定选址和场址评价以及相应的设计特点和选址保护措施，保护核装置免受外部自然事件和人为事件的影响。

气象灾害与极端气象条件和罕见出现的危害气象现象有关，水文灾害与外部洪水事件有关，包括一些相关现象和低水位情况。在选址和评价、新装置的设计和现有装置的运行阶段，必须适当考虑可能影响核装置安全的灾害。本“安全导则”就如何确定这些自然灾害的相应设计基准提供了建议，并就保护场址抵御此类灾害的措施提出了建议，包括最近关于这些灾害随时间变化的发现，特别是源自气候的演变。

在履行《规约》第 III.A.6 条所述职能时，“建立或采取……保护健康和尽量减少生命和财产危险的安全标准”，原子能机构与联合国主管机构和有关专门机构协商并酌情合作。

在这一点上，本出版物是世界气象组织（WMO）与原子能机构联合倡议的。世界气象组织就关于气象和水文灾害，包括气候多变性和变化相关方面信息的获取、分析、解释和使用提供了科学和技术指导，以支持对核装置安全相关影响的评定以及有关的计划和风险管理工

国际原子能机构安全标准

背景

放射性是一种自然现象，因而天然辐射源的存在是环境的特征。辐射和放射性物质具有许多有益的用途，从发电到医学、工业和农业应用不一而足。必须就这些应用可能对工作人员、公众和环境造成的辐射危险进行评定，并在必要时加以控制。

因此，辐射的医学应用、核装置的运行、放射性物质的生产、运输和使用以及放射性废物的管理等活动都必须服从安全标准的约束。

对安全实施监管是国家的一项责任。然而，辐射危险有可能超越国界，因此，国际合作的目的是通过交流经验和提高控制危险、预防事故、应对紧急情况 and 减缓任何有害后果的能力来促进和加强全球安全。

各国负有勤勉管理义务和谨慎行事责任，而且理应履行其各自的国家和国际承诺与义务。

国际安全标准为各国履行一般国际法原则规定的义务例如与环境保护有关的义务提供支持。国际安全标准还促进和确保对安全建立信心，并为国际商业与贸易提供便利。

全球核安全制度已经建立，并且正在不断地加以改进。对实施有约束力的国际文书和国家安全基础结构提供支撑的原子能机构安全标准是这一全球性制度的一座基石。原子能机构安全标准是缔约国根据这些国际公约评价各缔约国履约情况的一个有用工具。

原子能机构安全标准

原子能机构安全标准的地位源于原子能机构《规约》，其中授权原子能机构与联合国主管机关及有关专门机构协商并在适当领域与之合作，以制定或采取旨在保护健康及尽量减少对生命与财产之危险的安全标准，并对其适用作出规定。

为了确保保护人类和环境免受电离辐射的有害影响，原子能机构安全标准制定了基本安全原则、安全要求和安全措施，以控制对人类的辐射照射和放射性物质向环境的释放，限制可能导致核反应堆堆芯、核链式反应、辐射源或任何其他辐射源失控的事件发生的可能性，并在发生这类事件时减轻其后果。这些标准适用于引起辐射危险的设施和活动，其中包括核装置、辐射和辐射源利用、放射性物质运输和放射性废物管理。

安全措施和安保措施¹具有保护生命和健康以及保护环境的目的。安全措施和安保措施的制订和执行必须统筹兼顾，以便安保措施不损害安全，以及安全措施不损害安保。

原子能机构安全标准反映了有关保护人类和环境免受电离辐射有害影响的高水平安全在构成要素方面的国际共识。这些安全标准以原子能机构《安全标准丛书》的形式印发，该丛书分以下三类（见图1）。



图1. 国际原子能机构《安全标准丛书》的长期结构。

¹ 另见以原子能机构《核安保丛书》印发的出版物。

安全基本法则

“安全基本法则”阐述防护和安全的基本安全目标和原则，以及为安全要求提供依据。

安全要求

一套统筹兼顾和协调一致的“安全要求”确定为确保现在和将来保护人类与环境所必须满足的各项要求。这些要求遵循“安全基本法则”提出的目标和原则。如果不能满足这些要求，则必须采取措施以达到或恢复所要求的安全水平。这些要求的格式和类型便于其用于以协调一致的方式制定国家监管框架。这些要求包括带编号的“总体”要求用“必须”来表述。许多要求并不针对某一特定方，暗示的是相关各方负责履行这些要求。

安全导则

“安全导则”就如何遵守安全要求提出建议和指导性意见，并表明需要采取建议的措施（或等效的可替代措施）的国际共识。“安全导则”介绍国际良好实践并且不断反映最佳实践，以帮助用户努力实现高水平安全。“安全导则”中的建议用“应当”来表述。

原子能机构安全标准的适用

原子能机构成员国中安全标准的使用者是监管机构和其他相关国家当局。共同发起组织及设计、建造和运行核设施的许多组织以及涉及利用辐射源和放射源的组织也使用原子能机构安全标准。

原子能机构安全标准在相关情况下适用于为和平目的利用的一切现有和新的设施和活动的整个寿期，并适用于为减轻现有辐射危险而采取的防护行动。各国可以将这些安全标准作为制订有关设施和活动的国家法规的参考。

原子能机构《规约》规定这些安全标准在原子能机构实施本身的工作方面对其有约束力，并且在实施由原子能机构援助的工作方面对国家也具有约束力。

原子能机构安全标准还是原子能机构安全评审服务的依据，原子能机构利用这些标准支持开展能力建设，包括编写教程和开设培训班。

国际公约中载有与原子能机构安全标准中所载相类似的要求，从而使其对缔约国有约束力。由国际公约、行业标准和详细的国家要求作为补充的原子能机构安全标准为保护人类和环境奠定了一致的基础。还会出现一些需要在国家一级加以评定的特殊安全问题。例如，有许多原子能机构安全标准特别是那些涉及规划或设计中的安全问题的标准意在主要适用于新设施和新活动。原子能机构安全标准中所规定的要求在一些按照早期标准建造的现有设施中可能没有得到充分满足。对这类设施如何适用安全标准应由各国自己作出决定。

原子能机构安全标准所依据的科学考虑因素为有关安全的决策提供了客观依据，但决策者还须做出明智的判断，并确定如何才能最好地权衡一项行动或活动所带来的好处与其所产生的相关辐射危险和任何其他不利影响。

原子能机构安全标准的制定过程

编写和审查安全标准的工作涉及原子能机构秘书处及分别负责应急准备和响应（应急准备和响应标准委员会）（从2016年起）、核安全（核安全标准委员会）、辐射安全（辐射安全标准委员会）、放射性废物安全（废物安全标准委员会）和放射性物质安全运输（运输安全标准委员会）的五个安全标准分委员会以及一个负责监督原子能机构安全标准计划的安全标准委员会（安全标准委员会）（见图2）。

原子能机构所有成员国均可指定专家参加这些安全标准分委员会的工作，并可就标准草案提出意见。安全标准委员会的成员由总干事任命，并包括负责制订国家标准的政府高级官员。

已经为原子能机构安全标准的规划、制订、审查、修订和最终确立过程确定了一套管理系统。该系统阐明了原子能机构的任务；今后适用安全标准、政策和战略的思路以及相应的职责。

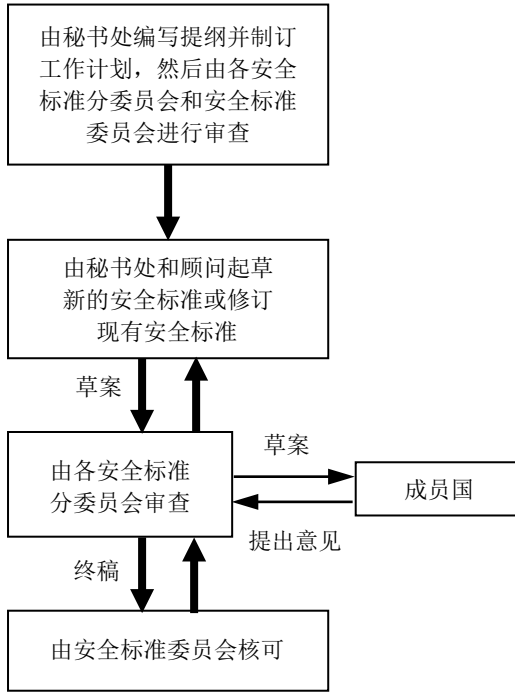


图 2. 制订新安全标准或修订现行标准的过程。

与其他国际组织的合作关系

在制定原子能机构安全标准的过程中考虑了联合国原子辐射效应科学委员会的结论和国际专家机构特别是国际放射防护委员会的建议。一些标准的制定是在联合国系统的其他机构或其他专门机构的合作下进行的，这些机构包括联合国粮食及农业组织、联合国环境规划署、国际劳工组织、经合组织核能机构、泛美卫生组织和世界卫生组织。

文本的解释

安全相关术语应按照《国际原子能机构安全术语》（见 <http://www-ns.iaea.org/standards/safety-glossary.htm>）中的定义进行解释。否则，则采用具有最新版《简明牛津词典》所赋予之拼写和含义的词语。就“安全导则”而言，英文文本系权威性文本。

原子能机构《安全标准丛书》中每一标准的背景和范畴及其目的、范围和结构均在每一出版物第一章“引言”中加以说明。

在正文中没有适当位置的资料（例如对正文起辅助作用或独立于正文的资料；为支持正文中的陈述而列入的资料；或叙述计算方法、程序或限值和条件的资料）以附录或附件的形式列出。

如列有附录，该附录被视为安全标准的一个不可分割的组成部分。附录中所列资料具有与正文相同的地位，而且原子能机构承认其作者身份。正文中如列有附件和脚注，这些附件和脚注则被用来提供实例或补充资料或解释。附件和脚注不是正文不可分割的组成部分。原子能机构发表的附件资料并不一定以作者身份印发；列于其他作者名下的资料可以安全标准附件的形式列出。必要时将摘录和改编附件中所列外来资料，以使其更具通用性。

目 录

1. 导言	1
背景 (1.1-1.5).....	1
目的 (1.6-1.7).....	2
范围 (1.8-1.13).....	2
结构 (1.14).....	3
2. 一般要求和建议	4
一般要求 (2.1-2.27).....	4
一般性建议 (2.28-2.39).....	9
3. 必要的资料和调查	11
一般性建议 (3.1-3.10).....	11
气象资料 (3.11-3.26).....	13
水文资料 (3.27-3.40).....	17
4. 气象灾害评定	22
基本程序 (4.1-4.3).....	22
极端气象现象 (4.4-4.31).....	22
罕见的气象现象 (4.32-4.62).....	27
其他气象现象 (4.63-4.73).....	32
5. 基本建议	35
风暴潮 (5.1-5.16).....	35
风生浪 (5.17-5.35).....	38
海啸 (5.36-5.69).....	42
假潮 (5.70-5.77).....	49
极端降水事件 (5.78-5.103).....	51
由于蓄水构筑物的突然释放而引起的洪水 (5.104-5.127).....	55
涌潮和水击波 (5.128-5.132).....	59
高地下水位 (5.133-5.137).....	60

6. 设计基准参数的确定	61
气象设计基准参数 (6.1-6.3).....	61
水文设计基本参数 (6.4-6.16).....	63
7. 场址保护措施	65
概述 (7.1-7.4).....	65
场址保护类型 (7.5-7.7).....	66
场址保护分析 (7.8-7.12).....	67
岸线稳定性 (7.13-7.21).....	68
场址排水 (7.22-7.23).....	70
交通和通信路线 (7.24-7.25).....	70
8. 危害随时间的变化	70
概述 (8.1).....	70
气候演变引起的变化 (8.2-8.5).....	71
其他危害随时间的变化 (8.6-8.11).....	72
9. 有关电厂防护的监测和预报	72
一般建议 (9.1-9.7).....	72
气象和水文灾害监测系统和预警系统 (9.8-9.21).....	74
10. 核电厂以外的核装置 (10.1-1.10)	76
11. 危害评定管理系统	78
项目组织的具体方面 (11.1-11.13).....	78
工程用途和成果标准 (11.14).....	80
独立同行评审 (11.15-11.17).....	80
参考文献	83
附件 I 确定气象变量设计基准参数的标准实例	85
附件 II 海啸灾害评定：一些国家的现行实践	88
附件 III 海啸预警系统	101
附件 IV 气候变化	105
参与起草和审订人员	111
国际原子能机构安全标准核可机构	113

1. 导言

背景

1.1. 本“安全导则”是对原子能机构“安全要求”出版物《核装置的厂址评价》[1]中关于气象和水文灾害评定规定的补充，并就如何满足这些规定提出了建议。通过对场址选择、场址评价以及相应的设计和场址保护措施[2-5]的建议和指导，补充了其他安全导则关于保护核装置免受外部自然事件和人为事件影响的评定内容。

1.2. 原子能机构的《基本安全原则》[6]规定，“基本安全原则是保护人类和环境免受电离辐射的有害影响”（第 2.1 段）。原则 8 涉及预防事故，并规定“预防和减轻事故后果的主要手段是‘纵深防御’”（第 3.31 段）。纵深防御是通过适当的综合措施来实现的，其中一项措施是“适当的选址以及通过下列主要方式对能够提供安全裕量场址、多样性和冗余性的良好设计和工程特点进行整合……”（第 3.32 段）。为满足这一原则，需要（参考文献[1]第 2.1 段）就可能影响核装置场址安全的外部事件进行适宜性评价，外部事件可能是自然发生的，也可能是人为诱发引起的。

1.3. 本“安全导则”取代并替换了以前的两个安全导则：《核电厂厂址评价中的气象事件》（NS-G-3.4，2003 年）和《核电厂滨海和滨河厂址电厂厂的洪水危害》（NS-G-3.5，2003 年）。旨在合并上述导则在评定不同现象及其相互影响时的指导要求。例如，需要关注风暴潮和大风的叠加对装置安全的影响；此外，干旱可能与极端高温的叠加会增加对冷却的需求。

1.4. 过去几年中，之前的两份安全导则在气象和水文研究方面取得了重要的新认识和经验。具体领域包括：

- 极端气象和水文事件的频繁发生；
- 新评定技术的开发或改进（例如海啸灾害），为潜在海啸事件的特征和评定提供更全面和详细的指导；
- 各国最近在应用原子能机构安全标准方面的经验；
- 改进现有核装置的要求及应对近期极端自然事件的经验；

- 为减轻气候变化的影响所采取的措施，以及根据这一领域发展情况定期更新的指导；
- 对低水位的评定等，例如海啸引起的低水位对安全相关冷却水的影响。

1.5. 对气象和水文灾害的评价方法，不仅适用于核电厂，还需要综合应用于各类核装置。一些国家已经在制定这类综合方法。

目的

1.6. 气象灾害与极端气象条件和罕见气象现象有关。水文灾害与外部洪水事件有关，包括一些相关现象和低水位条件。本“安全导则”的目的是在评定与气象和水文灾害时如何遵守相关安全要求提供建议和指导。在选址评价、新装置设计和现有装置运行阶段，必须考虑到可能影响核装置安全的危害。本“安全导则”在确定自然灾害设计数据和场址应对此类危害防护措施方面提供建议。

1.7. 本“安全导则”旨在供负责制定监管要求的监管机构、核装置设计者和直接负责运行的组织使用，以保护人类和环境免受电离辐射的有害影响。

范围

1.8. 本出版物对核装置寿期内气象和水文外部危害评定提供指导，从选址勘查阶段至详细研究场址阶段并获得设计基准，直至运行期结束。

1.9. 选址是为装置选择适宜地点的过程，包括对场址的适宜性评定和确定相关设计基准。选址过程分为两个阶段，第一阶段，称为“场址勘查”，根据现有数据选择候选场址；第二阶段是实际确定首选场址，这一阶段可被视为场址评价的一部分，以确认首选场址的可接受性，并给定核装置设计所需的参数。考虑到场址特征、运行情况、监管要求、评价方法和安全标准的变化，场址评价在整个建造期内持续进行。在场址评价阶段需要确认场址的可接受性，并给出全部的场址特征。

1.10. 本“安全导则”涉及的气象和水文灾害是由外部事件引起的。外部事件与装置的运行或操作无关，但可能对装置或运行的安全产生影响。“装置

外部”的念义意指包括的范围超过场外区域¹。因为除了邻近场址的区域之外，场址区域本身也可能含有对装置构成危害的特征，例如水库。

1.11. 参考文献[1]考虑了放射性物质在大气、地表水和地下水的迁移及其在环境中的扩散[3]不在本“安全导则”的范围内。

1.12. 本“安全导则”涉及参考文献[7]中定义的范围更广的核装置。陆地固定核电厂、研究堆、核燃料制造装置、浓缩装置、后处理装置和乏燃料贮存装置。这里建议采用核电厂的方法，通过分级应用于其他核装置。分级方法是指根据不同类型的核装置失效可能造成的放射性后果的严重程度而制定。建议参考核电厂的分级方法进行分级，如有可能，降至辐射后果较轻的装置²。因此，如果不进行分级，则与核电厂有关的建议也适用于其他类型的核装置。在这种情况下，第10部分不适用。

1.13. 就本“安全导则”而言，现有核装置是指：**(a)** 处于运行阶段（包括长期运行和延寿期）的装置；**(b)** 运行前阶段，包括构筑物建造、部件和系统制造、安装、装配和调试活动提前或全部完成；**(c)** 核燃料仍在装置内（堆芯或池中）的临时或永久关闭阶段。一般而言，对处于运行或运行前阶段的现有核装置，原设计基准的改变可能会对设计产生重大影响，从而导致重要部位的修改。同时，目前若干现有核电厂场址也正在考虑建造和运行更多的核装置。对现有场址重新评价所确定的新装置的设计基准可能与现有装置原来的设计基准场址之间存在差异，这种差异的产生可能是由于有了新数据、采用了新方法或新要求。这种情况下，有必要按照本“安全导则”的建议，采用新装置的设计基准重新对场址现有装置是否存在影响进行评价。

结构

1.14. 第2部分对核装置气象和水文现象相关危害评定提出了一般性建议；第3部分说明了对数据的要求（数据收集和调查）；第4部分提供了气象灾害评定的建议；第5部分详细介绍了水文灾害评定的实施措施；第6部分介绍了确定设计基准参数需要考虑的因素；第7部分介绍了场址保护的措

¹ 场外区域是指邻近拟建场址的区域，其中考虑到人口分布和密度以及土地和水的使用对可能执行应急措施的影响。如果建立了装置，这一地区将成为应急区。

² 对于不同类型的核装置场址，应特别考虑采用分级办法。

施建议；第 8 部分涉及危害随时间的变化；第 9 部分提供了满足电厂防护的监测和预警建议；第 10 部分提出了对核电厂以外的核装置进行分级评定的建议（酌情参考其他各部分）；第 11 部分提出了为开展所有活动而建立管理系统的建议。关于所用技术术语的定义和解释，见原子能机构《安全术语》[7]。在脚注中提供了本“安全导则”专用技术术语的说明。

2. 一般要求和建议

一般要求

2.1. 气象和水文现象可以造成若干危害，这些危害单独或叠加可影响核装置的安全[1]。应采取适当措施，应用纵深防御概念，保护核装置免受此类危害。本“安全导则”中考虑的危害包括与风、雨、雪、冰冻或冰雹，以及风引起飞射物的相关危害；场址周围或场址的极端高、低水位；水的动力影响（如波浪、海啸、山洪）；极端气温和湿度；极端水温；极端地下水位。

2.2. 气象和水文现象可能同时影响核装置场址上所有与安全相关的重要结构、系统和部件，其可能导致系统出现共因失效的重要安全风险，例如，应急电源系统，可能导致与之相关的场外电力、输热系统和其他重要系统的丧失。通过分析，包括场址扩容、设备改造或设施定位等，可能涉及场址安全系统，需要重点考虑潜在的场址共因影响和危害。对多机组或多装置的场址，特别是共用安全重要的结构、系统和部件时，考虑这些因素更为重要。

2.3. 气象和水文现象也可能影响核装置场址周围的通信和交通网络。这种影响可能会妨碍运行人员执行安全相关措施，并且在可能的紧急情况下切断撤离路线和隔离场址而妨碍应急计划的实施，随后发生通信和供应困难。例如，一场洪水可能造成核装置周围公路网不能通行，从而妨碍应急计划的实施；沙尘暴、闪电和暴雨可能降低人员疏散效率、干扰通信和影响操纵员轮值，也会对应急计划的实施产生阻碍。

2.4. 本“安全导则”考虑了高水温、低水位和水位下降等可能影响安全相关系统的危害，特别是最终热阱。在某些情况下，可能需要对该区域被认为是合理可能的最严重干旱造成的低流量和低水位做出估计，造成这种情况的原因包括水的蒸发、降水不足、渠道堵塞、下游挡水构筑物失效以及人为

影响（如抽取地下水）。另一些情况可能是由海浪、潮汐或海啸造成的水位下降。

2.5. 气象方面要考虑的外部危害包括气象变量的极端值以及罕见气象现象。罕见气象现象可能会产生一些重要参数的极值。气象参数的正常值范围和气象现象的发生频率具有区域相关性，因此可以通过分析代表场址和邻近区域的历史数据来估计。

气象灾害

2.6. 本“安全导则”具体涉及以下气象变量：

- 气温；
- 风速；
- 降水量降水（液态当量）；
- 积雪。

2.7. 本“安全导则”考虑的危害、罕见气象现象与第 2.9 段相一致。如下³（见参考文献[1]第 3.11—3.17 段）：

- 闪电；
- 热带气旋、台风和飓风；
- 龙卷风；
- 水龙卷。

2.8. 有可能对核装置安全产生不利影响并与气象现象有关的其他可能现象如下（见参考文献[1]第 3.52 段）：

- 沙尘暴；
- 冰雹；
- 冻雨和霜冻相关现象。

2.9. 本“安全导则”的范围内，气象参数的极值是通过定期对观测记录基础数据（如极端温度）进行统计分析确定的。由于任何单一地点发生罕见气

³ 本“安全导则”中未涉及的其他气象现象可能需要根据场址特定情况加以考虑（例如海流产生的盐雾）。

象的频率很低，而且可能会损坏标准记录仪器仪表，因此一个具体地点很难记录到。

2.10. 高强度的风是核装置所需承受的一个主要荷载，可能会导致安全事件的发生，是核装置安全分析需要考虑的因素。风可能是导致失效的常见原因。高强度的风，特别是热带风暴和龙卷风，可能产生飞射物。

水文灾害

2.11. 本“安全导则”考虑了相关水体可能导致的洪水或枯水现象。相关水体是指可能在装置所在地或附近产生或影响洪水的所有海洋、河口、湖泊、水库、河流和运河。最重要的现象包括：

- 风暴潮；
- 波浪；
- 海啸；
- 假潮；
- 极端降水；
- 自然或人工蓄存水的突然释放。

2.12. 可能对装置造成危害的其他水文现象包括：

- 上游水位上升或下游水位下降，例如由于山体滑坡或冰塞、木材、碎片或火山物质堵塞河道造成的水位上升或下降；
- 滑坡或雪崩进入水体；
- 水龙卷⁴；
- 场址或场址邻近设施（如沟渠、蓄水构筑物或管道）损坏或失效；
- 流速突然变化引起的河道涨水，起因可能是自然的，例如涨潮；或人工的，如关闭水力发电厂；
- 地下水水位变化；
- 过冷水表层下结冰（潜冰）。

⁴ 关于水龙卷的说明，见第 4.59—4.61 段。

2.13. 由于地下水位上升造成的高水位渗入到装置内部，可能会对安全相关的结构、系统和部件造成相当大的损害。墙壁和基础的水压力可能影响结构的承载力或稳定性。地下水也可能影响土壤或回填体的稳定性。此外，对于某些类型的核装置，应考虑水对易裂变材料的影响。

2.14. 场址排水系统缺陷或堵塞也可能导致场址水淹。在非常寒冷的天气里，洪水可以运移寒冷天气下的浮冰或各种各样的沉积物和碎片，这可能会对构筑物造成实体破坏、堵塞取水口或破坏排水系统。

2.15. 水的动力作用可能会对核装置的结构和基础以及位于场址上的场址许多系统和部件造成破坏。在这些情况下，由于地下水的影响，可能会发生场址边界的侵蚀、构筑物周围冲刷或回填体内部侵蚀。

2.16. 在事故情况下，洪水也利于放射性物质在环境中的扩散[3]。

2.17. 其他关于洪水起因和影响的信息可分别在其他安全导则中找到，如地震[5]、火山[8]、放射性物质在空气、地表水和地下水中的扩散[3]。

危害随时间的变化

2.18. 气候改变和气候变化可能对极端气象和水文条件产生影响。在建造的整个寿期内，场址的气候可能会发生重大变化。

危害评定方法

2.19. 危害评定方法通常分为两大类：确定性方法和概率方法。在气象和水文领域，这两种方法如下文各段所述。

2.20. 尽管诸如可能最大湖震或可能最大风暴潮等事件并不在概率框架范围内，但进行相关评价时离不开“年超越概率”术语的使用，即使这些事件基准是通过确定性方法获取的。

2.21. 对危害评定意味着需要处理过程中的不确定性。总体不确定性既包括偶然不确定性（即内在的或随机的不确定性），也包括认知上的不确定性（即外在的或与建模相关的不确定性），后者是由于参与危害评定的专家在认知上的差异而产生的。对所评价现象的来源识别、分析和定性的每一方面，以及对相应危害和有关参数的估计，都可能涉及专家的主观解释。危害

评定中，考虑不确定性来避免认识上的偏差是当前的共识，可应用于假定模式对所收集到的数据进行分析 and 评定⁵。

确定性方法

2.22. 确定性方法基于使用物理模式或经验模式来描述特定假想计划中事件对系统的影响。对于给定的单个输入值或一组输入值，包括初始条件和边界条件，模式通常将生成单个值或一组值来描述系统的最终状态。在这种情况下，没有明确说明任何年度超越概率。输入参数的适当极值或保守值通常用来考虑不确定性或提供保守估计。

2.23. 对存在物理极限的某些工况（例如，空气达到饱和所需的水蒸气量），确定性方法可以通过“物理极限”的概念对统计外推提供合理的极限：可变量的上限，例如洪水水位或风速，而不考虑发生的概率。

统计和概率方法

2.24. 统计分析通常是基于时间序列⁶分析和综合的分析方法，该方法假定时间序列代表了许多可定义的和数目未知的随机起因，而这此随机起因是相当独立的。在使用这些方法中，应充分考虑数据组的缺失和偏离。

2.25. 通常使用两种不同的统计方法来分析数据序列。使用这些方法可得到不同超越概率下的极值及其相应的置信区间。采用通常的极值法时，为进行极值统计计算，每年应确定一个该年的极端事件并列入表中；另外一种方法是采用阈值法，需要保留高于给定阈值的所有值，而不是每年单个最大值，以弥补由较小样本产生的较大不确定性。

⁵ 在一些国家正式征求了意见，以评定建模不确定性和数据不确定性的重要性。

⁶ 本“安全导则”时间序列是按时间顺序列出连续测量或按规定时间间隔测量的某一给定变量的值。

2.26. 由于变量的长期变化（例如，由于气候变化）造成的数据序列⁷的非平稳性，可以采用整个数据记录中极值参数（广义极值、过阈值）随时间的变化分布来对数据序列进行处理。

2.27. 概率危害评定是利用所有相关现象的发生概率来确定，如海啸波高等任何参数的超越概率。它明确地解释了偶然事件的不确定性和认识上的不确定性。

一般性建议

2.28. 《核装置厂址评价》出版物[1]规定：

- “必须调查可能影响核装置安全的场址特征并对其作出评定。必须调查在运行状态和事故工况下所在地区可能受到潜在放射性影响的自然环境的特征。必须在装置的整个寿期内观察和监测所有这些特征”（见参考文献[1]第2.4段）；
- “必须在场址可能影响装置安全的外部自然、人为诱发事件和这类事件潜在并发的频度和严重性方面检查建议的核装置场址。”（见参考文献[1]第2.5段）；
- “必须确定在核装置设计及其安全评定时要考虑的与外部事件有关的危害。针对一起外部事件（或多起事件组合），应选择用于表征有关危害的参数和这些参数值，以便在装置设计及其安全评定中能够方便地对其加以使用。”（见参考文献[1]第2.7段）；
- “必须调查任何装置场址的气象学变量极值和以下列举的罕见气象学现象场址。必须调查场址周围地区的气象学和气候特征”（见第3.8段，更详细的要求见参考文献[1]第3.9—3.17段）；
- “必须对所在地区进行评定，以确定一起或多起可能影响核装置安全的自然原因导致洪水泛滥的可能性，如降雨或融雪高潮、风

⁷ 许多时间序列技术中的一个共同假设是，数据是平稳的。平稳过程是一个随机过程，其联合概率分布在时间和空间上都不变。这样一个过程具有这样的性质，即参数（如均值和方差）不随时间或位置而改变。一般而言，这种平稳性意味着存在一个平坦的时间序列，没有趋势，具有随时间变化的恒定方差，随时间变化的恒定自相关结构，并且没有周期性波动。

暴潮、湖震和风浪等导致的径流。”（见参考文献[1]第 3.18 段、第 3.19—3.23 段载有更详细的要求）；

- “必须对所在地区进行评定，以确定发生可能影响场址上核装置安全的海啸或地震的可能性。”（见参考文献[1]第 3.24 段、第 3.25—3.28 段载有更详细的要求）；
- “必须分析与上游挡水构筑物有关的资料，以确定核装置是否能够承受一个或多个上游挡水构筑物破坏导致的效应。”（见参考文献[1]第 3.29 段、第 3.30—3.32 段载有更详细的要求。）

关于引起洪水泛滥的详细要求，如降水、由地震或其他地质现象引起的波浪和其因素等，见参考文献[1]第 3.18—3.32 段。

2.29. 必须按照本“安全导则”的规定，调查装置所在地区的气象和水文特征。应根据场址所在地区的气象和水文环境特性和复杂性确定调查区域的大小、资料收集类型以及调查范围和细节。调查的范围和所收集的资料必须满足对水文和气象灾害评定（见参考文献[1]第 2.19 段）。对与海啸相关的调查范围，第 3 部分（第 3.34 段）和第 5 部分（第 5.48 段）进行了特别考虑。

2.30. 如果调查区域超出国境，或场址位于海岸，调查数据仍必须包括整个应调查的范围。

2.31. 在进行统计分析时，应适当考虑数据序列的波动、变化趋势、完整性和数据缺失以及异常数据。

2.32. 对采用几种分析计算模式进行概率危害评定时，应检查概率方法结果与简化确定性法分析结果的一致性。对于每一种具体的危害，应清晰识别在工程中的应用，并应适当评定所涉及的不确定性。

2.33. 气象和水文评定的通常方法应着眼于减少评定过程各环节的不确定性，以便获得可靠的数据应用结果。要做到这一点，最有效的方法是收集足够的可靠和相关数据。编写详细、可靠和相关的数据库，需要在所花费的时间、精力和人员在分析过程中的不确定性之间进行权衡。收集场址的数据往往会减少评定结果不确定性。然而，气象和水文对危害评定所使用的数据可能不是从某一具体场址获得的，因此，应对场址调查的不确定性进行评定。

2.34. 无论是采用确定性方法、统计方法还是概率方法，都应估算评定结果中不确定性的程度。无论选择哪种方法，在选择方法和使用相关参数时，以及在确定相关参数时，都应进行工程判断。

2.35. 在确定性和统计学方法中，不确定性应进行敏感性分析。例如，可以通过评定输入参数和模式使用数据可能存在的不确定性的范围和水平，以及通过检验在可能范围内改变相关参数的值对危害预测的影响程度来实现。在确定性方法中，通常是采用保守的评定过程来考虑不确定性。确定性评定的固有保守性应使所有不确定因素都得到适当的考虑。在统计方法中，使用上限置信水平可能是适当的。

2.36. 在概率危害分析程序中，应考虑不确定因素。总体的不确定性既包括偶然不确定性，也包括专家对数据的解释不同而产生的认识上的不确定性。应查明这些不确定因素，并在危害评定中予以适当考虑。对不确定因素的处理以及对专家意见的适当考虑应允许进行无偏见的评定。

2.37. 气候变化给气象和水文分析增加的不确定性，应予以考虑。气候变化建模中的不确定性包括未来温室气体排放的假设，这些假设包括在不同的社会经济假想方案中导致的全球温度变化，以及不同全球气候模式之间的差异（见第 8 部分）。

2.38. 除第 10 部分外，本“安全导则”的其余部分专门用于核电厂危害评定的数据收集、方法和标准。其他核装置需要收集的信息、使用方法可根据相应规模（或分级）参照第 10 部分。

2.39. 应通过具体项目对气象和水文灾害评定，并根据本“安全导则”第 11 部分建议的工作计划，为该项目确定详细的目标。

3. 必要的资料 and 调查

一般性建议

3.1. 在进行场址调查和资料收集时，应注意包括资料来源场址的地点和所需的所有信息。收集到的所有信息都应编入场址目录或数据库中，以便了解所审议的每一种危害。为适应整个建设周期内数据库的扩容，应尽可能使数据库结构标准化，以便第三方可进行重复的分析。应当考虑到，由于气候

变化的影响可能需要在今后若干年内对分析结果进行订正，并需要与采用初始数据分析结果进行比较。正如《核电厂安全：设计》[9]及其相关安全导则所述的，场址评价的结果应用于核电厂的设计。

3.2. 必须详细调查涉及本“安全导则”的有关危害评定的所有必要的气象和水文数据和信息。如果初步表明某一危害不需要进一步考虑，则必须记录其理由。

3.3. 收集的详细数据应用于确定电厂的相关设计基准参数。场址用于危害评定的能代表场址特征的数据，是根据场址邻近各监测系统获得的数据经场址初评阶段场址监测系统数据进行订正后而得到的，尽管从场址监测系统收集的数据可能是短时间的。

3.4. 任何情况下，资料调查区域的范围、面积和详细程度，都应足以能确定核电厂免受气象和水文灾害的设计基准。为恰当考虑参数变化对输入的影响，还应获取参数变量随时间的分布特征⁸。

3.5. 为便于定期安全评审，应在核电厂的整个寿期内持续收集数据和信息，直至核电厂退役结束。

3.6. 应使用适当比例的图、表清晰反映数据。通常在场址评价阶段收集的所有数据应从一开始就通过地理信息系统加以整理。地理信息系统有助于对所有场址相关数据建立一个数字化系统，包括场址延伸到场址邻近区域的数字高程模式，以便于危害评定。

3.7. 用于评定气象和水文变量极值的长期数据应与评定设计基准的重现期相匹配⁹。当区域气象和水文资料收集网点不足时，则应尽早设立和启用补充观测站。虽然补充观测数据的时间通常较短，但由此获得的信息是有价值的。

⁸ 为了获得关于不同输入变量随时间分布的资料，最好将所有输入参数定性为具有给定自相关和互相关联的随机过程。然而，简化的方法可以帮助建立适当的组合标准。

⁹ 例如，对于年超越概率为 10^{-2} 的危害，当采用气象学设计参数时，连续观测的最短时间应至少为30年，因为对于采样周期长度的三至四倍以上的数值，无法以足够的精度评价危害。此外，为了描述气候变异性，气象组织使用了一种称为“气候正常”的参考文献，它认为30年的时间足以消除逐年变化，以便获得准确的平均值并评定其变异性。

3.8. 就海啸灾害评定而言，可利用的观察期通常是不够的。因此，应考虑其他办法，如对场址地区古河道的分析。

3.9. 历史和轶事记录往往能提供重要的、不可或缺的信息，这些信息可能在危害评定的全面性和可靠性方面是必要的，应高度关注这类资料的收集和分析。这类信息需要通过全面的调查来获得，例如报纸、历史记录、出版物和非出版物事件目录、个人报告、地面抬升和洪水淹没、野外勘查报告、河道改建、影像资料和档案。通过对收集到的这类信息的每种现象进行系统性的经验分类，可以得到该区域事件之间的关联度。仅依靠这些数据进行评定，可能会使评定结果出现偏差，这可能是由于信息收集范围内低强度事件数据不足，数据依赖于当时人口密度的原因（例如，在农村可能没有观察到这一现象），也可能因当时人们在主观和认识上的不一致，对这些数据很难给定一个适当的强度水平。历史数据可以作为概率方法评定的基础，也可以对确定性方法评价的一些假定进行检验。

3.10. 应对气候变化影响，需要结合区域变化趋势对环境数据进行长期连续的监测。

气象资料

一般性建议

3.11. 为了评定气象变量的极值和罕见气象灾害现象，应收集详细的气象资料。应考虑以下因素：

- (a) 表征气象环境特征的正常值和极值，如气压、气温（或干球温度¹⁰）、湿度、风速和风向等。国家气象机构以及国际、地方或私人组织可能也会定期对其进行观测。各国气象机构观测、收集、归档和由国家气象机构提供的数据，在世界气象组织的协调下可在世界范围内共享。“基本”气象信息由世界数据中心存档和提供。世界气象组织对仪器仪表、选址和观测（例如空气温度和风速观测）提供标准和良好实践。所有数据、标准和实践均可应用于评定核装置危害的具体核安全目标、标准

¹⁰ 干球温度指环境空气温度。

和推荐方法。气象环境特征参数应包括湿球温度¹¹，湿球温度可通过干球温度、露点（或相对湿度）和气压之间的函数关系进行计算。这些数据通常用于以下信息的统计：

- (i) 风速、降水量（液体当量）和积雪的年极值，以及评定重要安全结构、系统和部件设计载荷所需的相关年超越概率；
 - (ii) 气温年小时数频率是核电厂散热、事故余热导出、供暖、通风和空调等系统设计的基础。为此，还需要对湿球温度进行统计分析；
 - (iii) 最终热阱设计需要考虑最不利的历史最大蒸发量和漂移损失量，以及最小水冷却用量。
- (b) 宜根据区域气象数据和信息对罕见气象进行危害评定。罕见气象灾害强度参数（如龙卷风风速等），通常根据其严重性和影响（损害）程度来衡量。

3.12. 气候学统计，包括极值，应根据符合标准条件和按标准流程观测下的记录确定。相关观测规范，包括设备标准、良好实践，以及设备选址、观测、数据管理、质量管理体系、归一化，可在世界气象组织出版物中查阅。

3.13. 其他相关气象数据和资料的来源包括，历史分析资料（或气象复核数据资料）以及地方或区域开发项目等相关气象信息。

场址外数据和信息来源

3.14. 为了评定气象变量的极值，应以适当的时间间隔进行长期的数据收集。由于通常情况下，大多数场址缺少可利用的当地记录数据，因此应根据场址区域范围内国家气象机构建立和运行的气象台站数据进行评定。在利用这些数据时，应首先应征得国家气象机构的同意。应根据具体场址的气象条件选择最具场址代表性或与场址属于同一气候区的临近气象站的长期气象数据进行评定，以便对必要的统计数据进行可靠的估算。首要途径是把收集的气象数据与场址站观测获得的类似数据进行比较来实现。

¹¹ 湿球温度、露点和相对湿度是大气湿度的指标。湿球温度是指将水蒸发到空气中所能达到的最低温度。露点是指在空气压力和含水量不变的情况下，为了达到饱和状态，必须将空气冷却到的温度。相对湿度是大气湿度与空气饱和时的湿度之比。

3.15. 通常，用于分析的年度数据观测，其开始观测时间最好能避开气象变量周期的最大值和最小值。

3.16. 多数国家气象部门发布了包括风、温度和降水等气象数据，以及相关的年、月统计数据极值。用户在使用这些数据时应当清楚，虽然国家气象部门通常是遵照世界气象组织制定的相关标准进行观测的，但不同组织为满足不同要求而进行的场址观测并不一定遵循相同的标准。例如：

- (a) 10 米标准高度和风速、风向观测仪器仪表的方位，可能由于仪器仪表安装的种种原因而无法遵守；
- (b) 最大风速的观测技术因不同国家而异。通常记录方法是一定持续时间内的平均值，如 3 秒阵风、60 秒平均或 10 分钟平均（平均时间是数据库的一个特征）；
- (c) 有些观测站对气温（如干球温度和露点）进行连续记录，而有些观测站则采用一定间隔频率记录。一些次级观测站则只记录每日最高和最低气温；
- (d) 常规收集用于极端降水分析的数据一般包括 24 小时最大降水深度。平均时间越短的记录包含的信息越多，在某些情况下，应优先选取这类记录¹²。

有必要对这些差异进行详细评定，并在可能的情况下对数据进行调整。此类信息应记录在案，包括数据处理方法。

3.17. 分析报告应包括气象站和观测计划的描述，观测计划包括：仪器仪表类型、校准过程、地理位置、仪器仪表方位和高度、数据记录期和数据质量等内容。

3.18. 根据区域和局地地理特征构建的适度空间分辨率的中等尺度数值模式，可用于模拟区域大气环流特征和其他局地气象参数。如果这些模式是可用的、可验证的和被充分接受的，应将其纳入对气象站的评定，有助于了解站址与区域气象条件之间的关系。

¹² 注意：对较短的平均时段，强降水有时可从某单一云层观测到，如果使用 24 小时的平均时段将会将其漏掉。特别是在某些地形条件出现极端降雨的地区。

场址观测计划

3.19. 在选定核装置候选场址后，应尽早制定场址气象观测计划。在数据收集和监测计划实施过程中应与国家气象机构保持沟通与协调，包括相关标准、仪器仪表、良好实践、数据收集和监测，以及数据转换¹³。气象参数应包括在标准高度和不同方位观测到的气温、风速和风向、降水量和湿度[3]。

3.20. 按照参考文献[1、3]的要求，场址气象观测计划应包括场址地面垂直方向的监测，用于评定场址的大气弥散现象。

3.21. 即使有间接证据表明场址附近气象站的长期观测数据对场址具有代表性，场址评价期内获得的短期数据仍应用于分析和评定特定场址条件的气象参数极值，同时应对场址附近气象站观测数据的可用性进行评价。

罕见气象现象

3.22. 由于在任何单一地点发生概率较低并且其可能损坏标准仪器仪表，使其产生不可靠的记录，罕见气象现象特征事件不太可能被标准的仪器仪表观测网所记录到。对罕见气象现象，例如极端风速，应根据该现象的概念模式或数值模式，结合其在场址发生的概率和强度进行综合确定。应根据场址所在地区的气象和地理环境特征及所考虑的危害（例如龙卷风或飓风）来确定调查区域的大小。

3.23. 对于罕见气象现象，应收集国家气象机构通常提供的两类数据：

- (a) 近年来系统收集和整理的信息，可能包括更多的低强度事件，以及比历史（轶事）可靠的数据；
- (b) 历史数据，如第 3.9 段所述。

3.24. 有时，罕见气象事件发生后不久便可全面收集到数据和资料，包括变量的量测值、目击者的报告、照片、破坏描述和其他定性信息。对这些真实罕见气象事件的详细研究有助于建立事件发生的模式，通过结合某一特定区域已知的气候学资料，确定该区域的设计基准事件。通常受罕见气象现象（如龙卷风）影响的实际区域相对较小，这使得在实践中极难做到相关和充分的数据积累。

¹³ 一些国家发布了自己的核电厂场址气象监测计划导则和标准。

3.25. 对于收集的罕见气象现象数据，应编写一份专门的目录，并对其完整性进行适当检查。

遥感技术

3.26. 在许多国家气象机构，通过气象网络雷达或空间观测获取地面气象参数。有些数据可能具有相当长的记录期，包括地表风速、气温和降水量，可在评价时加以适当利用。

水文资料

一般性建议

3.27. 水文数据应包括以下内容：

- 地下水和地表水所有相关水体的水文特征和分布，以及地下水相关的地质条件；
- 场址上游和下游现有和拟建的可能影响场址条件水工构筑物的位置和说明。

3.28. 受海洋和潮汐影响的沿海场址，应确定水位变化范围。此范围因地域不同可能差异很大。潮汐计算采用谐波分析法，将潮汐振荡分解为各种谐波分量。潮汐预报的调和常数可从场址附近海域观测站及国家权威机构获得。

3.29. 应根据下列情况确定非潮汐现象引起的水位变化范围：

- 应获得场址所有与场址相关的水体和/或所有可能出现场址现象的代表性观测站¹⁴的水位记录。应获得最长持续时间的水位记录。应关注数据收集的频率，以确保所获得观测数据的适当的时间尺度。例如，与地震和海啸相关的水位观测可以在数十秒至数分钟的时间尺度上，而与河流洪水相关联的水位观测可以在数小时至数天的时间尺度上；
- 波浪特征（方向、振幅和周期、波数和持续时间）。应通过观测站、海啸观测仪或波浪浮标和卫星等手段获得沿海和海域的波浪数据；

¹⁴ 水文模式可用于利用另一地点的现有数据确定该地点的水文数据。

- 重大洪水事件后的场址调查应收集包括波高、爬高、水位下降和淹没范围、周期和持续时间等数据。此外，还应收集淹没区域（半径 50 千米）的相关信息，包括受影响日期、地点和对建构物影响（如船只、房屋、码头）；
- 应尽可能获取场址附近重大历史事件的水位，包括历史洪水标志、海啸爬升高度和早期历史最低水位。除水位外，还应反映洪水的其他参数（水平距离、周期）、发生日期和调查精度；
- 应特别关注涌潮。涌潮出现在一些河口、河流和水道处，起因于潮汐、海啸或水闸突然泄洪。

3.30. 应获得以下有关排放的测量信息：

- 场址附近所有相关水体和/或能代表场址条件的所有观测站的排放记录；
- 根据场址附近观测记录到的水位与流量的关系曲线，可建立水位与流量关系的数值模式。因不同阶段量测技术、地形变化、人类活动可能会使水位和流量之间的关系发生极大的改变，因此应关注曲线的绘制日期。

3.31. 应收集场址附近地层和回填体相关数据，如渗透率和孔隙率。地下水勘查应如下进行：

- 应在场址建造测压计，以监测相应含水层的地下水位和压力。数据收集期应足够长，以获得其季节性和年度的起伏。高频率的监测数据系列可用于观测暴雨对地下水的影响，特别是存裂隙或岩溶的含水地层。在这方面，见参考文献[3]供进一步指导；
- 应获得有关人类活动影响的信息，如地下水抽取、人工回填和回填体的地点和规模。应预测人口变化和发展的未来趋势；
- 应获得类似地区井的长期地下水位记录，以便评价极端气象对地下水位的影响，并对如大规模地下水开采的影响趋势进行长期调查。

3.32. 应从以下来源收集其他调查数据和信息：

- 场址及其附近历史浮冰的范围、厚度和持续时间。应特别关注场址附近出现碎屑冰的条件；

- 潮汐和风引起的近岸和沿岸流调查（见参考文献[3]）。

地球物理、地质和地震数据

3.33. 如果适用于场址，应考虑两种不同的地球物理和地质数据：(a) 具体场址地质；(b) 海啸现象的来源。应在场址附近收集的具体地质数据如下：

- 岸滩稳定性和“可蚀性”；
- 沉积物特性，如颗粒度和化学成分，特别是核电厂取水结构附近的沉积物特性；
- 渗透率、孔隙率等水文地质特征；
- 滑坡可能性。

应考虑和鉴定三种类型的“海啸源”，包括近海和水下，具体如下：

- 大型“发震”构造；
- 滑坡；
- 火山活动。

3.34. 应收集核电厂所在地区相关水体的海啸参数和潜在海啸数据。应收集下列地球物理、地质和地震数据，用于确定和评价近地和远地引发潜在严重海啸的起因特征及其年发生频率：

- 地震海啸：日期和发生时间、震中位置、深度、震级、地震矩、震源机制（断层面走向、倾向、倾角）和破裂带参数（宽度、长度、滑动、强度、速度、抬升时间）（参考文献[4]）；
- 滑坡引发的海啸：滑坡体和陡崖特征，包括地层的层位、类型和变形，以及几何特征（如坡度、大小、体积）；
- 由火山引发的海啸：可能引起海啸的所有火山特征，在参考文献[8]附件 I 中均有说明。

3.35. 所有与评定海啸潜在危害和确定海啸灾害参数的数据都应编入该场址的海啸目录中。本目录应包含来自地层学和其他地质研究的所有历史资料和有关海啸的古生物学证据。

地形和 underwater 地形数据

3.36. 应收集以下地形数据：

- 采用的高程和坐标系统。应特别关注不同时期采用不同坐标或高程系统的可能性。应明确说明每组数据所使用的坐标网格或基准；
- 场址附近（半径为 5 千米）5—10 米等高线地形图；
- 场址区及其周围可能被洪水淹没区域的电厂建造前和建造后的详细地形图，地形图的等高线间隔（分辨率）为 1 米，并具有适当的精度；
- 分水岭边界；
- 漫滩特征，包括糙率、植被等；
- 河道变迁历史，包括决口、沉降和抬升。应检查区域地形数据，评价未来河道变迁的可能性；
- 场址附近堤坝和其他护岸结构的高程和说明；
- 近期地形变化，如，发生了一次大地震。

3.37. 核电厂场址涉及的水深数据应包括：

- 地形高程和坐标数据；
- 相关水体的水下地形数据，特别是场址附近海域的详细水深。对于拟建立海啸或风暴潮模式的沿海场址，应收集区域离岸约 100 米水深数据，间距不超过 10 米；
- 排水系统，应描述的排水设施（人工和自然的）特征，包括主水道的坡率、宽度、深度及其底部粗糙度和沉积物特征；
- 相关的长期和短期侵蚀、沉积数据（来自以往的调查、地图、航空照片和卫星图像等）；
- 近期水深变化，如，发生了一次大地震。

应特别关注地形和水深数据的匹配。

人类活动数据

3.38. 应收集相关数据，以评定人类活动对水文灾害的潜在影响。应考虑现有和规划的离岸和近岸构筑物的影响，如港口、防波堤、海堤和水闸以及土地使用（如住房、林业和农业）等。应了解这些构筑物的建造日期、常规尺寸、实施计划，以及行政、营运者的职责。

3.39. 人类活动对流域水文的影响主要有两类活动引起的改变：一是土地使用的改变，二是由于对现有水工构筑改造或新建水工构筑物而带来的对现有河道和河谷的改变。应收集过去和将来可能的人类活动资料，包括：

- 因土地使用而带来的流域改变，特别是下列改变：植被覆盖、耕作地区和农作情况；伐木区和伐木（砍伐森林）；城市化地区；暴雨排水措施；运输网和特征；采矿、采石及其存放；
- 与水道和流域改变相关的构筑物类型如下：水坝和水库、堰和水闸、沿河堤防及其他防洪构筑物、流域引排水工程、泄洪道、河道整治、桥梁和引堤。

3.40. 相关水工构筑物，应提供以下内容：

- 建造、调试和运行日期；
- 行政和运行管理职责；
- 重要构筑物和重要附属构筑物的性质和类型；
- 蓄水特性，洪水设计资料，估算常年最高、正常和平均蓄水水位和蓄水量时的安全系数；
- 洪水控制和应急调度；
- 设计来水过程线；
- 抗震设计资料；
- 保护区范围大小和位置；
- 对水流、冰、泥沙和碎屑的影响；
- 对河流冲刷或淤积的影响。

4. 气象灾害评定

基本程序

4.1. 评定与气象变量的极值或罕见气象现象的有关危害的基本程序包括以下步骤：

- (a) 对所分析区域有代表性的数据系列进行研究，并评定其质量（代表性、完整性、一致性和质量保证计划的有效性）；
- (b) 为数据组选择最适当的统计分布；
- (c) 进行数据的处理，评定变量分布函数的动差（期望值、标准偏差及其他），从中可推算出平均再现间隔的值及其置信度。

4.2. 气象参数的年极值构成随机变量的样本，这些随机变量可能具有特定的概率分布特征。原则上，应使用与所研究的数据组相适应的概率分布函数对数据组进行分析。其中，下列广义极值分布被广泛使用：Fisher-Tippet I 型（Gumbel），II 型（Fréchet）和 III 型（Weibull）。

4.3. 对只有少数几年记录的数据组进行极值分布拟合时应当十分慎重。如果用统计方法进行长周期的外推，则应适当考虑有关变量的物理限值。当外推到时间间隔大大超过可用记录的持续时间（例如“回现”期超过样本持续时间的 4 倍）时，也应当慎重考虑，并应对外推法加以证明。

极端气象现象

4.4. 应确定极值的气象变量如下，如第 2 部分所示：

- 空气温度；
- 风速；
- 沉淀（液体当量）；
- 积雪。

所有数据都应附有解释性资料（元数据）。

4.5. 在数据的处理过程中，应考虑到所考量的随机过程可能具有的非平稳性，这种非平稳性可能反映气候的可变性和气候的变化。在出现对全球变

暖的关切之前，气象变量的趋势从未被考虑。设计标准需描述这种可能的非平稳性。

气温

危害评定

4.6. 应从场址进行的观测（见第 3.19—3.21 段）中收集特定的场址数据，并与该区域现有的几个场址外气象站的数据（见第 3.14—3.18 段）进行对照比较。通过此种对照比较，应当能够确定与该场址的气象条件相似且拥有长周期数据记录的气象站。这种相似性应通过场址观测来确定。

4.7. 在场址外观测中收集的日最高和最低气温（一天中瞬时温度的极值）数据组应用于确定年极值。这些年极值应用第 2.24—2.26 段所讨论的统计方法得出。这些极值对于电厂设计是必要的（例如，用于建筑物和结构上的热应力的结构分析）。

4.8. 在场址外观测中收集的逐小时环境干球温度和露点温度值的数据组应用于确定干球温度和湿球温度的各种年度百分率数值，¹⁵ 这些百分率数值为平均超出一年总时数的百分比（即 8760 小时）¹⁶。这些年度百分数值是电厂设计所需的（例如供暖、通风、空调和除湿设备的设计）。对环境干球温度和湿球温度保持在给定值以上或以下的持续时间（即持续时间）的估计对于电厂设计可能也是必要的，在数据分析中应考虑到这一点。

4.9. 对最终热阱（如机械通风冷却塔）采用基于蒸发设计的核电厂，应使用在场址外观测中收集的逐小时周围干球温度和湿球温度值的数据组，以确定代表 (a) 最大蒸发潜力；和 (b) 最小水冷却（如冷却塔的冷却能力）的气象条件。这些气象条件是必要的，以确保基于蒸发设计的最终热阱具有足够的冷却水供应，并且不超过与安全相关的设备的项目的设计基准温度。

¹⁵ 小时湿球温度可通过同时测量干球温度、露点温度（或相对湿度）和气压来计算。

¹⁶ 例如，在所分析的记录期内，每年平均超过 88 小时和 175 小时的 1.0%和 2.0%的数值是典型的设计工况。同样，98%和 99%的值是冷天气参数，对应的气象要素低于设计工况 175 和 88 小时。

4.10. 危害评定的分析报告中应包含数据来源的每个气象站的概况描述及其地理位置。

危害评定得出的参数值

4.11. 极端气温的危害评定结果包括确定最高干球温度和相应湿球温度、最高非一致湿球温度和最低干球温度。适当的极端温度应通过给定年度超越概率值及其置信区间进行表征，并应考虑较高或较低温度的持续时间。

风速

4.12. 几种不同的气象现象可引起强风，如伸展压力系统（EPS）¹⁷、积雨云的形成（雷暴和下击暴流）、锋面过境和飑线、暴风雪、焚风、重力或其他局地现象导致的气流（如下降风）。

危害评定

4.13. 根据场址观测计划（见第 3.19—3.21 段），应收集场址观测数据，并与该区域现有场外气象站（见第 3.14—3.18 段）的数据（如月度或季度数据以及风速和风向的年度联合频率分布）进行对照比较。通过此种对照比较，应当能够确定与场址气象条件相似且拥有长周期数据记录的台站。

4.14. 评价极值风统计资料的数据处理过程中应注意标准化，包括：(a) 统一的平均时间间隔；(b) 统一的高度和土壤表面粗糙度，并且，有可能的话；(c) 校正局部地形的影响。被使用的风速值应当与对设计至关重要的时间周期有关。

4.15. 并不是所有站点的风的数据都是在离地面相同的高度上收集的。各站的高度可能不同；即使对于同一台站，在不同时段，收集到的数据也可能位于不同高度。在这些情况下，应利用具有适合于局部粗糙度的可变系数的廓线，将数据归一化到标准高度（通常为离地 10 米高度）。

4.16. 在场址外的观测中收集的风速值数据组应用于确定年极值。这些年极值应应用第 2.24—2.26 段所讨论的统计方法算得。

¹⁷ 根据资料来源和国家惯例或公约，扩大伸展压力系统广义的气压系统也可称可能是为“热带外温带”“风暴”、“温带热带外”低压或“热带外”“温带”气旋。

危害评定得出的参数值

4.17. 极端风速危害评定的结果包括确定最大风速，为了明确电厂的设计参数，该最大风速通过给出年度超越概率值及其置信区间进行表征，这些参数是电厂设计所需要的（例如，对建筑和结构的风荷载进行分析）。

降水（液体当量）

4.18. 本小部分讨论内容统一指液态降水，或固态降水的液态当量，不将液态和固态降水分开讨论。

危害评定¹⁸

4.19. 应对降水情况进行区域性评定，以确定该场址是否与周围气象站的气象条件相似。进行这种评定是为了选出最适合提供长期数据系列进行分析的气象站。选择过程中应考量包括但不应限于微观气象特征、中尺度系统和地形影响等方面。还应考虑在场址观测计划中会补充收集的数据。

4.20. 极端最大降水量的危害评定最好使用配备连续记录雨量计（如称重或翻斗式雨量计）的场外站的数据。这些数据可由气象雷达数据加以补充。通过场外观测收集的降水值的完整数据组来确定极值。这些极值应采用第 2.24—2.26 段讨论的统计方法算得。这些极值对于电厂设计是必要的（例如，对于场址排水系统）。

4.21. 在场址附近没有连续数据记录站网时，只有在固定时间段内降雨量总和与场址没有气候性差异的站点，此时可以采用相似性概念。该方法是通过使用一个通用的统计关系，根据一组其他平均时段已知的有序的测量值，如 3 小时、6 小时或 12 小时，来估算在一个指定的平均时段内，如 24 小时，将发生的最大事件。

4.22. 在论述极端降水分析的成果时，应同时给出气象台站及其地理环境的描述。对数据做的所有修正都应与分析结果一起给出。

¹⁸ 在一些国家，极端降水量是采用国家气象局以确定性方法得出现行的可能最大降水量特征。

4.23. 应汇编场址及其附近的完整枯水情况历史。应详细列出这些现象的类型、地点和持续时间，并说明这些事件伴随的水文气象特征。这些清单和说明应足以确定场址附近的旱灾历史。

危害评定得出的参数值

4.24. 极端最大降水量危害评定的成果包括确定不同时段（通常为 5 分钟累计至 24 小时或更长时间）的最大降水量。为了电厂设计的目的，每个时间段恰当的极端降水量应通过给出年度超越概率值及其置信区间进行表征。

4.25. 极端最小降水量危害评定的结果应包括查明该区域合理可能发生的最严重的旱情。

积雪

4.26. 积雪对结构的载荷取决于积雪深度和堆积密度。用水当量深度来表示雪深，可以很方便地将这两个参数结合起来。

危害评定

4.27. 如果该地区出现重大雪情，则应评定降雪的分布情况。在暴风雪发生后在场址取得的遥感数据可能有助于这项工作。要考虑的变量包括降水量和积雪深度、堆积密度和积雪覆盖。

4.28. 在寒冷地区，地面上的积雪可能会持续很长时间，积雪深度和压实度会因地而异，因此在估计设计基准积雪量时应谨慎。所选气象站的地形位置与拟建场址的地形位置应有可比性（例如，在考虑北坡电厂选址时，不应使用南坡气象站的数据）。

4.29. 在山区，气象站网的密集程度会导致气象站测得的数值可能与电厂所在地的测量值有很大差异，则应进行场址特定的评定。应根据具体情况对电厂场址进行评定，考虑所有可能影响雪荷载的局地因素（如邻近的建构筑物和地形）。

危害评定得出的参数值

4.30. 极端积雪的危害评定结果应包括确定液态当量和年超越概率。为了电厂设计，每个时段恰当的极端积雪应通过给出年度超越概率值及其置信区间进行表征。

4.31. 在极端积雪的危害评定中要考虑的另一个因素是先前积雪上降水产生的额外重量；因此，积雪的液态当量重量应加上对应的较低超越概率的降水量。

罕见的气象现象

4.32. 应当对以下罕见的气象现象进行危害评定：

- 闪电；
- 热带气旋、台风和飓风；
- 龙卷风；
- 水龙卷。

闪电

对此现象的基本描述

4.33. 闪电是雷暴中产生的一种最常见的可见放电。闪电瞬变表现出极高的电压、电流和电流上升率。损害通常分为直接损害和诱发损害（间接损害）。在某些情况下产生的极端电场会产生点放电，导致击穿（产生电流通路），最坚固的绝缘体除外。电流回路一旦建立，将产生几十至数百千安培的电流。

4.34. 虽然目前不可能预测闪电将在何时何地发生，但统计资料可以在一定程度上表明容易发生闪电的地区以及最有可能发生闪电的季节和时间。应该注意的是，闪电是一种不可预测的瞬态现象，其特征随闪电的不同而大不相同，很难进行测量。

危害评定

4.35. 给定时间段内的雷击频率是建筑物或物体的等效接受面积（定义为建筑物的长度、宽度和高度的函数）与建筑物所在区域内在该时段内的闪电密度的乘积。

4.36. 确定闪电密度的优选方法是使用从数个省份持续运行的闪电监测站网得到的闪电密度图。如果没有闪电密度图，获取闪电发生数据的另一种可选方法是使用雷暴日等值线图。该图上有某个特定区域每年或者每月有可能会发生的雷暴日数等值线。雷暴日等值线图是根据一段长期（例如 30 年）的气象服务数据记录绘制的。雷暴日定义为受过训练的观测者至少听到一次雷声的一天。通常来说，根据世界各地的大量数据，地球上的平均闪电密度估计为每平方千米每 10 个雷暴日中有 1—2 次云地闪。雷暴日等值线图并不能很好地反映实际的闪电活动，因为无论在那一天听到的是一次雷声还是 100 次雷声，都会被记录为雷暴日。此外，最近的研究表明，在可察觉到的闪电中，有 20—40% 没有听到雷声。

危害评定得出的参数值

4.37. 雷电危害评定应得出规划中的核电厂每年遭遇雷击的超越概率。

热带气旋、台风、飓风

对此现象的基本描述

4.38. 热带气旋为大尺度的具有暖心结构的围绕中心低压区域的风环流。台风是发生在西太平洋的热带气旋；飓风是发生在大西洋、加勒比海、墨西哥湾和东太平洋的热带气旋。热带气旋可以产生极强的风和暴雨，以及大浪和风暴潮。

4.39. 本部分内容为研讨出一个核电厂场址设计基准热带气旋特征风速。风暴潮和暴雨的分布内容将在本“安全导则”涉及水文相关问题的段落中评定洪水灾害时研讨。

危害评定

4.40. 应评定场址发生这类气象现象的倾向性。如果场址有受到热带气旋的倾向，则应采用概率和确定性相结合的方法来确定热带气旋引起的设计

基本风速。在概率确定性相结合的方法中，热带气旋导致的大风被归入极端风危害的内容中。将热带气旋气候上的统计特性与确定性的数值模式相结合，模拟生成数千个风暴路径，以确定特定位置的风速概率分布。

4.41. 评定热带气旋参数的方法取决于对热带气旋结构的理论研究结果，并结合了来自天气观测站网、卫星和飞机以及建模获得的大量数据，从而给出热带气旋相关参数的基本估算方法。

4.42. 人们对热带气旋的移动特点及其对陆地和海洋的影响有了大量的了解。然而，应当考虑到，在若干区域，热带气旋的地面和高空气象勘查无论是就覆盖面积还是就记录期而言，仍然不够充分。热带气旋在陆地上移动时，通常处于减弱阶段，即使从相对密集的陆地观测网进行观测，也未必能代表热带气旋在穿过海岸线时所处的强烈阶段的特征。

4.43. 近年来，轨道气象卫星和地球静止气象卫星提供的高分辨率图像可迅速提供给许多全国性气象部门。这些图像为探测和跟踪热带扰动、估计其强度和推导云层高度处的风场提供了宝贵的信息。然而，对于热带气旋而言，能够准确测量的参数数目仍然太少，无法可靠地描述评定基准物理过程中参数的最大值。

4.44. 航测报告提供了有关热带气旋的重要补充资料。这些报告中的数据与常规天气数据一起被广泛用于揭示热带气旋核心区域的三维结构。对强热带气旋的航测观测在日本、中国（台湾）和菲律宾的海岸附近进行，还有沿墨西哥湾及美国东海岸的所有极端风暴的具体的分析。

4.45. 应收集关于热带气旋风暴参数的下列数据：

- 最低中心气压；
- 最大风速；
- 地面风水平廓线；
- 风眼区的形状和大小；
- 风眼内温度和湿度的垂向分布廓线；
- 风眼上空对流层顶的特征；
- 固定时间间隔，最好是 6 小时间隔的热带气旋位置；
- 海水表面温度。

4.46. 为确定某些变量的“极值”，应查明已有记录的“最高”和“最低”值。由于天气观测是在不连续的时间间隔内进行的，其中一些数值可通过使用来自陆上基地、海上船只的特别天气报告或从天气图获得的额外信息来确定。

4.47. 当气旋发生时，应全面了解该地区的正常或“未受干扰”时的盛行情况。为此目的，应调查涉及下列领域的气候图表或分析：

- 海平面气压；
- 海水表面温度；
- 标准气压高度和对流层顶的气温、高度和湿度（露点）。

4.48. 用于评定热带气旋参数的大多数数据都与开阔水域上的风暴有关，严格地说，这些方法只适用于开阔的沿海地区。对于内陆地区，应核查和量化分析地形和地面摩擦的影响。此外，众所周知，向两极移动的风暴一般会失去其准对称的气旋特征，并呈现出具有显著热差的广义压力系统的结构。因此，在对较高纬度的设施进行场址评价时，应对为较低纬度区域场址制定的标准做一些修改。

4.49. 尽管拥有过去 20 年中积累的航测数据，但热带气旋的一些参数在数个小时内的变化仍然不甚清楚。在一些成熟期的热带气旋中，内部核心区域每小时都有很大的变化，这些变化应予以考虑。

4.50. 为了判断模式对某一特定场址的适用性，应仔细评价当地条件、场址的特点和历史数据。可能的话，应逐个分析经过附近地区的热带气旋的特征。凡在该场址 300 至 400 千米范围内经过的所有已知热带气旋，均应包括在研究范围内。

危害评定得出的参数值

4.51. 对热带气旋、飓风或台风的危害评定应得出与已确定的年超越概率相对应的最大风速。还应说明设计关注的其他特征，如风速的垂直廓线、高于特定强度水平的风的持续时间和风引起的飞射物。

龙卷风

对此现象的基本描述

4.52. 龙卷风通常被描述为剧烈旋转的气柱，常伴有雷暴。如果龙卷风袭击电厂的建筑物或构筑物，可能会造成以下损害：

- (a) 极高速风的冲击作用；
- (b) 龙卷风中心经过时突然的压降；
- (c) 龙卷风产生的飞射物对电厂建构筑物和设备的影响。

此外，龙卷风可能引起水灾，由此可能造成额外的间接损害。

危害评定

4.53. 龙卷风现象在世界各地都有记录。应收集尽可能的长时段内的资料，以确定该区域是否有可能发生龙卷风。

4.54. 如果确定龙卷风有可能在该区域发生，则应进行更详细的调查，获取适当的数据，用于评定设计基准龙卷风。

4.55. 应选择类似于藤田—皮尔逊强度分类计划或最近实施的改进型藤田分级计划。该体系与藤田风速分级、路径长度的皮尔逊标度和路径宽度的皮尔逊标度相结合。每个龙卷风都应基于破坏的类型和程度进行分级。破坏区域的描述和照片为龙卷风的分级提供了更多的指导。通常，国家气象局存档的龙卷风数据库包括一个类似于藤田—皮尔逊和改进型藤田分级的强度分级计划。

4.56. 对龙卷风资料的研究可得出一个特定场址要经历的、超过指定值的龙卷风风速的年概率。在编写龙卷风清单时，应考虑以该地点为中心的同质区域。一般而言，面积约 10 万平方千米是适当的。

危害评定得出的参数值

4.57. 龙卷风危害评定的结果应当是某一地点每年遭受龙卷风风速超过特定值的超越频率。

4.58. 在确定了按风速分级的设计基准龙卷风后，应选取龙卷风模式来确定最大预期压降和最大压降率。也应具体说明龙卷风产生的飞射物质量和速度。

水龙卷

对此现象的基本描述

4.59. 水龙卷一般分为两类：“龙卷风类”水龙卷和晴天的水龙卷。

- 龙卷风类水龙卷是在水面上形成的龙卷风或从陆地向水中移动的龙卷风。它们具有与陆地龙卷风相同的特征。它们伴随着强烈的雷暴，并经常伴随着强风和海浪、大冰雹和频繁的危险的闪电；
- 晴天的水龙卷总的来说更常见。它们通常是不太强烈的现象，通常发生在晴朗的夏天和相对平静的天气。晴天的水龙卷通常沿着一行发展中的积云的暗色平坦底部形成。就算有移速的话，通常也很缓慢，因为它们所附着的云通常是水平静止的。许多水龙卷形成于热带地区，但更北（或更南）的温带地区也报告有水龙卷，如北美和欧洲的大湖区。

4.60. 水龙头可能会把大量的水从附近的水体转移到陆地上。

危害评定

4.61. 应评定场址发生水龙卷的可能性。在许多国家，国家气象局已开始识别和记录水龙卷，并评定其强度和其他基本特征。国家气象局通常通过各种渠道，如船只、飞机、气象观察员、海岸警卫队和公众，了解水龙卷的情况。最近的研究表明，如果没有足够的监测网络，这种现象的发生率可能被低估。

危害评定得出的参数值

4.62. 如果该区域历史上有过水龙卷，则应通过水龙卷危害评定来确定年超越概率和强度范围。在排水系统的设计中应考虑相关的降水量。

其他气象现象

4.63. 有可能对核电厂的安全产生不利影响的其他现象包括：

- 尘暴；
- 冰雹；
- 冻雨和霜冻相关现象。

如果某现象发生的可能性得到确认，则应进行危害评定，并得出这些现象的设计基准。

尘暴和沙暴

对此现象的基本描述

4.64. 尘暴和沙暴在干旱和半干旱地区很常见。当风力超过阈值时，松散的沙子和灰尘就会被从干燥的地表吹起，并在空气中飘散。“尘暴”一词最常用于细小颗粒被吹到很远的地方时¹⁹，而“沙暴”一词常在不仅仅细小颗粒遮蔽了能见度，且相当数量的较大沙粒被吹到空气中并被刮到离地面较近的地方时使用。

危害评定

4.65. 应评定场址发生此类气象现象的可能性。尘暴和沙暴的发生频率应根据能见度为 10 千米或以下、风速超过一个阈值（例如 5.8 米/秒）、相对湿度低于一个阈值（例如低于 70%）时，每小时的天气观测结果汇编推算。应根据观测的能见度经验关系推算相应的粉尘或沙尘浓度值。

危害评定得出的参数值

4.66. 如果沙暴和尘暴危害与场址相关，那么危害评定结果应为推算的历史上持续时间最长的尘暴或沙暴的总粉尘或含沙量（毫克·小时/立方米）、持续时间（小时）和平均粉尘或含沙量（毫克/立方米）。

冰雹

对此现象的基本描述

4.67. 冰雹是一种由不规则的团状或球状冰块（雹块）构成的降水形式。雹块主要由水冰组成，直径在 5~150 毫米之间。冰雹的最终速度（冰雹落在地

¹⁹ 欧洲、北美和加勒比海区域定期观测来自北非撒哈拉沙漠的沙尘暴。

面上的速度)随冰雹直径的不同、与空气和风的摩擦而变化。众所周知,冰雹会损坏汽车,击倒树木,导致核电厂失去场外电力。

危害评定

4.68. 应评定在场址发生这类气象现象的可能性。该地区冰雹发生的频率和最大雹块的大小应从国家气象局保存的数据记录中获得。

危害评定得出的参数值

4.69. 如果冰雹危害与场址有关,应根据场址附近历史记录到的最大冰雹尺寸和同时出现的最终速度进行危害评定。

冻雨和霜冻现象

对此现象的基本描述

4.70. 冻雨是指地表及地表以上温度低于冰点时的降水。在与土壤或任何表面碰撞时,液滴变得过冷并冻结,形成一层冰。冻雨导致的冰、雪、霜和云中结冰导致结构静荷载和响应的增加。重要的影响与输电线路中导线对风作用的静态和动态响应的显著增加有关在冬季条件下,钢桁架也可能频繁产生类似但通常不太明显的影响。此外,冷却系统中冰的形成可能会影响冷却系统的效率。

危害评定

4.71. 应评定在场址发生这类气象现象的可能性。应结合当地的历史记录和¹经验确定设计基准冰厚和对应的风速;然而,对自然发生的结冰过程直接信息来源或观测可能是很少的。在一些国家的铁路、电力和电话公司的协会发表的报告中汇编了关于公用设施的电线结冰情况的资料。其他国家可能在²对冰敏感结构设计的工业标准中包含了大气冰荷载的建议。

4.72. 在从历史天气数据中确定等效径向积冰厚度时,应考虑数据的质量、完整性和准确性,以及积冰算法的成熟度。

危害评定得出的参数值

4.73. 如果冻雨和霜冻危害与场址相关,那么相关现象的危害评定结果应包括冰厚和同时出现的风速。

5. 基本建议

风暴潮

一般建议

5.1. 风暴潮是水体近岸区水面异常升高的现象。风暴潮是由大风和伴随着严重的气象扰动而产生的气压降低引起的。危害评定一般分为三种不同的类型：开敞沿海区域、半封闭水体和封闭水体。在开敞的沿海区域，水位上升通常可以用单峰波动过程线来表示，该过程线与经过研究地点的气象扰动相对应。在封闭或半封闭的水体中，如湖泊或港口，气象扰动可能导致水面振荡，并可能导致多峰波动过程线。这种水体的长周期振荡通常被称为假潮。

5.2. 在计算风暴潮危害时，应假定参考水位（如高潮位或高潮水位）与风暴潮相遇。有关组合事件的考虑因素在第6部分中讨论。

5.3. 应根据气象和水文资料评定场址发生风暴潮的可能性。如果一个场址有可能发生风暴潮，则应对该场址的风暴潮作出初步估计。应利用该区域中实际的严重风暴的个案研究，以确定在场址处引起给定（足够低）超越概率风暴潮的极端风暴的下列特征。

- 最低中心气压和相应的外围气压；
- 最大持续风速及其方向；
- 风区²⁰；
- 风暴和伴随风的历时；
- 风暴的移动方向和速度；
- 风暴路径，尤其是风暴路径最靠近海岸的地点或穿过海岸的地点。

²⁰ 相对于风产生的波浪，风的获取区与风生浪相关，是指风穿过水体上方时可以在恒定方向上在水体上传播的最大无障碍距离。

危害评定

概率方法

5.4. 在风暴潮危害评定中，应采用概率方法估计静水²¹位。这取决于是否有足够长时间可靠的风暴潮数据（天文潮位和实测水位的差），以及该区域是否有足够数量的潮位站。应有以静水位表示的风暴潮资料，即已经扣除了高频波影响和天文潮潮位。只要某一地区有仪器仪表测得的风暴潮资料，就有静水位资料。

5.5. 应将从几个地点得到的时间序列进行相关，这就为建立一个综合的时间序列提供了依据，其时间长度比当地观测资料的时间长度更长。采用其他有代表性的水文站的时间序列会使这种分析的依据更充分，使分析更可靠。

5.6. 使用实测的风暴潮水位数据作为基本参数时，如果记录资料已持续足够长的时间，则与风暴强度、路径和历时有关的不同因素均已隐含考虑在内。该方法有许多优点，应广泛应用。尤其对那些受温带风暴影响的区域更为明显，因为这些风暴可能非常广阔而又复杂，因而很难模拟成一种能为确定性方法提供适当输入的形式。

确定性方法

5.7. 确定性方法也可用于估算风暴潮危害评定中的最大静水位。为了使用确定性方法计算可能最大风暴潮，应根据第 3 部分和第 4 部分中推荐的气象灾害评定的信息、知识和结果，构建一组极大化的假想风暴。这些极大化的假想风暴应该放置在对拟建场址可能产生最高水位影响的位置上。确定性方法的不是一个单一的计算过程，而是一个转换、最大化和估算的综合过程，其中水文学和气象学专家可加入自己的判断意见。这一程序很容易适用于热带气旋风暴，但在用于热带外风暴时可能会遇到一些困难。该过程包括用于增水计算的可能最大风暴的选择、对于开敞海域、半封闭或全封闭水体的风暴增水的计算。

²¹ “静水”一词的使用并不意味着水是静止的。更确切地说，此术语用于被定义为在不考虑风浪或其他危害效应合并产生场址设计基准参数之前时的危害评定结果场址设计基准参数（见第 6 部分）假定各种短周期波浪活动不存在时的水面高度。

5.8. 分析内容包括选择那些恰当的风暴参数和其他相关参数（例如，最大风速、气压差、底摩擦系数和风应力系数）作为一维或二维风暴潮模式的输入，使该模式洪水泛滥的可能性最大化。所有参数都应进行偏保守的评价，并应合理。

5.9. 风暴潮分析应提供以下输出：

- 应于每个风暴初始位置及以后指定时刻的水面风场和压力梯度；
- 风暴潮计算的汇总，包括从深水区²²一直到海岸在各规定深水点初始时刻和以后指定时刻水深总的增长；
- 指定位置的汇总的风暴潮水文过程线和一览表。

开敞的沿海地区

5.10. 在计算风暴潮增水时，应选择恰当的经验证的模式。经验表明，一般而言，二维模式比一维模式更合适。气象分析的成果是风场和气压梯度的极值。将此极端风场和气压梯度以有利与产生风暴潮的最佳速度沿各种路径向前移动，以便确定某一特定位置的最极端风暴潮。

5.11. 可能产生风暴潮水位极值的气旋或热带外风暴可能不代表设计的最严重情况。其他气旋或风暴可能较低峰值的风暴潮，但可能引起较长时间的高水位，或可能产生较高的风速和波浪。可以想象，与这些气旋或风暴相关的波浪活动可以产生更高的设计基准水位。此外，对于海湾内的场址，那些在开敞海岸产生长时间较低峰值风暴潮的气旋可能会在海湾内产生较高峰值的风暴潮以及较严重的波浪情况，从而造成较高的设计水位。因此，应考虑那些在开敞海岸产生峰值风暴潮以外的但能产生上述影响的其他气旋。

半封闭水体

5.12. 为了分析半封闭水体中的风暴潮，通常先对开阔海岸的风暴潮进行评价，然后用数值模式将风暴潮从入口处沿海湾或河流演算到电厂场址。在开敞海岸产生最高增水的参数组合不一定能在位于海湾或河口的场址产生最大风暴潮；然而，存在一组最佳参数，尤其是风暴向海湾或河流推进时的方向和移行速度，可在场址处产生最大风暴潮。为了评定半封闭区域中的水

²² 深水区是指水深大于 $L/2$ 的水域，其中 L 是所考虑水体表面波的波长。

体运动，通常需要进行二维瞬态水动力分析，以便捕捉区域内的水深变化和波浪反射。应当谨慎地选取和评价用于数值模拟的参数。

5.13. 对位于低的海滩滩肩和低沼泽的港湾处的场址，风暴潮有可能越过滩肩和淹没滩肩。这时，具有比最高峰值较低而持续时间较长的开敞海岸风暴潮，在这样的场址处可能产生最高风暴潮位。因此，应考虑半封闭水体中滩肩和海湾入口的侵蚀可能使洪水情况恶化这一因素。

5.14. 在半封闭水体内，风暴潮的分析结果应包括开敞海岸风暴潮的计算时程、通过入口的流量、风暴潮沿海湾或河流向上传播的纵断面图、由于侧向风引起的波浪增水²³的贡献，以及如果有可能的话，给出径流和河流流量的贡献。

封闭水体

5.15. 对于封闭水体，风暴潮通常与水面的振荡（即假潮）有关。第 5.70—5.77 段（假潮）中描述的方法应用于计算封闭水体中的风暴危害和假潮。

危害评定得出的参数值

5.16. 增水分析的结果应包括对最大静水位²⁴的估计（确定性方法）或静水位的年度超越频率分布（概率方法）。

风生浪

对此现象的基本描述

5.17. 风穿过水体²⁵上方时的摩擦导致了风生浪，典型的风生浪的波浪周期在 1 至 10 秒之间。考虑到底摩擦因素，水深对波浪的传播有很大的影响。

²³ “波浪增水”是指因波浪破碎而在泳滩海滩上暂时形成的水位升高，而水位会加至浪涌高度这部分升高会加到增水里。

²⁴ “静水”一词的使用并不意味着水是静止的。更确切地说，此术语被定义为不考虑风浪或其他危害效应时的场址设计基准参数（见第 6 部分）一词的使用并不意味着水是静止的。更确切地说，术语用于定义在风浪或其他危害效应合并产生场址设计基准参数之前的危害评定结果（见第 6 部分）。

²⁵ “水体”是指湖泊、河流、河口、海洋或运河。

当波浪接近海岸时，按三个区域的水深进行分组，这三组波分别是深水²⁶波、过渡区水²⁷波和浅水²⁸波。

基本建议

5.18. 风生浪应与潮汐、风暴、地震和海啸灾害一同考虑，因为这一过程是非线性的，不可以直接线性叠加各种危害的影响。

危害评定

5.19. 为了确定场址附近的风浪影响，首先应根据产生的风场或对观测到的近海波浪的概率方法来确定近海波浪谱。接下来，计算近岸波浪谱，这是由近海波浪转换而来的。然后，针对场址上与安全有关的构筑物计算这些波浪谱以及由此产生的波浪力。波浪谱以波高和波周期的形式来描述，波高通常以有效波高和 1%波高²⁹来描述。波高和波周期的最大值取决于风速，风的作用时间和风区长度。

5.20. 在计算风浪危害时，应假定参考水位（如高潮位或高湖水位）与风浪事件同时出现，组合事件参数需要考虑的内容见附录 I。

5.21. 场址风浪的影响应包括与波浪以及可能发生的任何局部洪水相关的作用力。此外，在设计中还应检查包括风浪等导致的护堤和（或）堤坝的越浪情况。

风场

5.22. 为了评定风浪，首先要从风速、风向和持续时间三个方面对产生风浪的风场进行表征。

5.23. 风速应使用第 4 部分所述的概率方法进行评定。然后通过研究区域气象条件和风暴特征来保守地确定场址的风区和合适的风向。如果波浪与

²⁶ “深水”是指深度大于 $1L/2$ 的水域，其中 $1L$ 是所考虑的表面波的波长。

²⁷ “过渡水区”是深度小于 $1L/2$ 但大于 $1/25$ 的水域，其中 $1L$ 是所考虑的表面波的波长。

²⁸ “浅水”是深度小于 $1L/25$ 的水域，其中 $1L$ 是所考虑的表面波的波长。

²⁹ 有效波高 H_s 是在波浪记录中占波总数 $1/3$ 较高波高的平均值波浪记录中波高上三分之一的平均高度；1%波高 H_1 是波浪记录中总波束列波高的上 1% 的平均高度。某些状态下使用近似关系 $H_1=1.67 H_s$ 。

浪涌一起考虑，类似于产生浪涌的风暴类型可被视为建立风场，以便使用一致的风暴参数来产生波浪和浪涌。

5.24. 当使用确定性方法建立标准风场时，风暴在场址附近移动时，应针对风矢量和风区进行多次计算。

5.25. 对于某些滨海位置，风浪影响可能是主要的洪水考虑因素。当是这种情况时，应特别关注适当风暴输入特征的选择以获得核动力厂处的最大浪的影响。

近海波浪的产生

5.26. 根据选定的风场可以确切地算出近海波浪特性。在应用简化方法进行这种评定时，通常假定风是单向的。这些方法基于半经验关系式，以风区、风速和风时为输入值。如果这些假设无效，则应采用二维谱波模式。应评审该区域极端海浪的现有历史数据（观测数据、“回报”（与预报相反）和（或）勘查数据，包括卫星数据），以核实近海海浪特征分析的结果。

5.27. 如果有可靠的近海波浪数据，并覆盖足够长的时间，则应运用概率方法计算近海波浪特性。在分析中应纳入电厂场址附近区域的波浪谱观测数据（潮汐浮标、卫星观测数据等）。然后应进行外推，以计算先前确定的年发生频率下的有效波高。由于波高和波周期是相关的，因此可以根据所确定地年度发生频率的波高使用经验关系式来确定波周期。

近岸波浪及其与建筑物的相互作用

5.28. 当近海波浪向厂区近岸传播时，由于水深的变化、岛屿和建筑物的干扰等因素，以及风的附加能量的输入，它们将经受消衰和变形的影响。这些近海波浪向近岸海域的传播和变换需要进行评定。常规水下地形和海岸线的情况下，可以使用半经验模式。然而，具有更复杂几何形状的情况下，应使用二维数值模式或物理模式。

5.29. 特别是与这一评定有关的、应当考虑的波浪现象包括摩擦、浅水变形、折射、绕射、反射、破碎和再生。波浪计算还应包括：当地水流构成、当地风以及由于波浪作用可能引起的水深变化。

5.30. 电厂设计采用的近岸设计基准值应通过对入射深水波、过渡区水波和浅水波以及极限破碎波的不同波高的时程进行比较分析来确定，同时应考虑风暴潮的静水位过程。

5.31. 应评审本区域的可得到的实测极端波浪的历史资料，以验证近岸波的分析结果。

5.32. 对于可以受沿岸海水作用的每个安全重要结构、系统和部件，应根据选定的近岸波来估计设计波浪特性。应使用二维模式进行分析。这种评定应包括：

- (a) 选择合适的入射波谱、波浪上限（波高、周期）、波浪与结构物相互作用的持续时间，以及包括风向在内的数值模式参数的敏感性研究；
- (b) 评价风暴潮导致的例如波浪增水³⁰、涌浪等作用下，在计算的风暴潮静水位中应估计上述影响引起的附加的水位升高。波浪值增水也将进一步增大波浪高度。

5.33. 在危害评定过程中应考虑的风浪影响包括：波浪沿建筑物的爬高、堤坝的越浪和浪花。这些影响可以用半经验的方法来估计；然而，应根据场址的具体情况，包括物理模式的使用情况，验证这些方法的适用性。

5.34. 应评定安全重要构筑物上的静水压力荷载和动水压力荷载。对于给定的场址条件，应评价预计会出现的整个水位变化范围，因为最大荷载条件可能发生在最大洪水以外的其他时间。波浪载荷的持续时间也应根据设计考虑进行计算。

危害评定得出的参数值

5.35. 风浪分析的结果应包括对由于风浪活动引起的水位上升的估算，这些估算值将叠加在静水位上。应估算沿着海滩和（或）与构筑物有关的波浪爬高高度，作为危害评定的一部分。爬高高度取决于波浪特性（例如风速、风持续时间、水深和风区长度）、近海水深以及海滩和（或建构物）的几

³⁰ “波浪增水”是指因波浪破碎而在海滩上暂时形成的水位升高，这部分升高会加到增水里是指因波浪破碎而在泳滩暂时形成的水位，该水位会加在浪涌高度上。是指由于波浪活动而导致海岸边水位叠加于风暴潮高度以上的临时升高。“波浪设置”是指因波浪破碎而在泳滩暂时形成的水位，该水位会加在浪涌高度上。

何形状。还应考虑风浪与电厂建构物相互作用的动力效应有关的参数（如波浪运动）。

海啸

对此现象的基本描述

5.36. 海啸³¹ 是一系列波长很长（例如从几千米到几百千米）和周期较长（例如几分钟到几十分钟，异常情况下几个小时）的行进波，由海底（或统称为水底）的变形或扰动产生。地震、火山现象、水下和沿海的滑坡、岩石坠落或悬崖崩塌都可能引发海啸。大型陨石³² 也可能撞击海洋并产生海啸。世界上所有海洋区域和海盆，甚至峡湾和大湖都可能受到海啸的影响。

5.37. 海啸波从产生区域向外传播，能量传播的主要方向由震源的大小和方位决定。海啸在深水中传播的过程中，它们以普通重力波的形式传播，传播速度取决于水深。例如，震源波长通常超过 100 千米的情况下，深海中传播速度可超过 800 千米/小时，波高一般小于几十厘米。在传播过程中，海底地形影响着海啸波的传播速度和波高。折射、海山或其链（群岛）的反射和绕射是影响海啸波在深水中传播的重要因素。

5.38. 当海啸波到达沿海地区时，它们在海岸线附近和海岸线上产生危害性的影响。随着水深的减小，波速减小，波长变短，海啸波在接近浅水时变陡，波高增加。在沿海地区，当地的地形和水深情况，如半岛或海底峡谷，可能会造成波高的进一步增加。当海啸向内陆移动时，海湾、河口、港口或漏斗状泻湖的存在也会导致波高的增高。可以观测到多个大波，第一个可能不是最大的。在第一个海啸波到来之前和每一次连续的洪水之间，都可以观察到海水的退缩。海啸可能导致陆地上洪水泛滥。因为它的波长太长，波阵面后面跟着大量的水。

³¹ “海啸”在日语中的意思是港口（“tsu”）中的波浪（“nami”）（“tsu”）。

³² 就陨石引发的海啸而言，迄今到现今为止进行的评定并未表明发生频率超过通常采用的筛选水平。

5.39. 海啸波浪的其他危害性影响可能是港口和海湾的强水流，河流、河口和泻湖的涌潮以及波浪力。海底的大尺度的剪切力也可能产生沉积现象，包括沉积和侵蚀。

5.40. 地震是海啸最常见的来源。地震海啸是由海底形变引起的浅层（<50千米）、大震级（ $m>6.5$ ）和倾滑机制的海中和近岸地震。走滑断层运动使海底产生较小的垂向形变，通常诱发高度较小的海啸。

5.41. 当发生火山现象或水下火山喷发时，大量（例如 10^6 立方米至 10^9 立方米以上）的山体滑坡、火山碎屑流或岩屑崩落迅速进入海洋或大湖时，可能产生海啸。火山喷发或地震引起的火山倒塌可能导致斜坡大位移，从而在近端水体中产生海啸。由于陡峭的火山是不稳定的结构，任何位于水边或水下的此类火山都是这些现象的潜在来源。此外，水深测验显示，海洋环境中的盾状火山是海底岩屑崩落的位置。这种现象有可能导致整个区域的海啸。此外，即使是岛屿火山的温和的喷发也产生了海啸，尽管在极端情况下，引发海啸的通常是规模更大的爆炸性喷发。火山现象引发海啸的最常见原因是火山碎屑流和滑坡。火山现象引发的最大危害海啸是破火山口的坍塌。当破火山口坍塌时，高达几百米的原始火山突然坍塌，导致水突然下沉，周围的水涌入洞穴。爱琴海的圣托里尼（希腊）（公元前 1650 年）和印度尼西亚的喀拉喀托火山（公元 1883 年）的喷发造成了崩塌，引发了整个区域的海啸，袭击了远离火山的海岸和港口[10]。

5.42. 水下和沿海（地表或浅地表）山体滑坡、岩石坠落和悬崖崩塌也可能引发海啸，其中一些海啸对局部造成灾难的程度超过地震引发的海啸。这些山体滑坡可能由地震或火山活动触发，也可能不由地震或火山活动触发。

5.43. 海啸也可分为“当地”海啸和“远地”海啸。海啸的影响范围在海啸源的附近区域时称为当地海啸。地震、火山活动和山体滑坡都可能引发当地海啸。地震引发的当地海啸是破坏性海啸中最常见的一种。从源头横跨大洋或海盆的远地海啸或者叫大洋尺度的海啸不太频繁，但影响范围更广。破坏性地震引起的远地海啸的例子包括 1960 年智利海啸和 2004 年印度洋海啸，智利海啸影响到太平洋周围的许多国家，2004 年印度洋海啸的破坏力很大。大规模的山崩和火山崩塌也会产生远地海啸，如第 5.41 段所述，如不断发展的火山侧翼崩塌。

基本建议

初步评定

5.44. 作为初步评定，建议采用简化的筛选标准（见图 1）。利用公开可得资料，如上文第 3.35 段所述。应评审场址区域过去发生海啸的证据。为此目的，应整理收集资料，并应编写一份与场址有关的具体海啸目录。如果不需要进行具体的进一步勘查和研究来分析电厂场址的海啸灾害，前提是该场址没有证据表明过去发生过海啸，并且位于：

- 距海洋或海洋海岸线 10 千米以上，或距湖泊或峡湾海岸线 1 千米以上；
- 在高于平均水位 50 米以上的地方。

5.45. 在任何情况下，在海啸发生时都应确保电厂所需的冷却水量，因为水位低有可能影响取水数个小时。

5.46. 在除上文第 5.44 段所述情况以外的所有情况下，海啸的详细危害评定应按以下段落所述进行。

详细评定

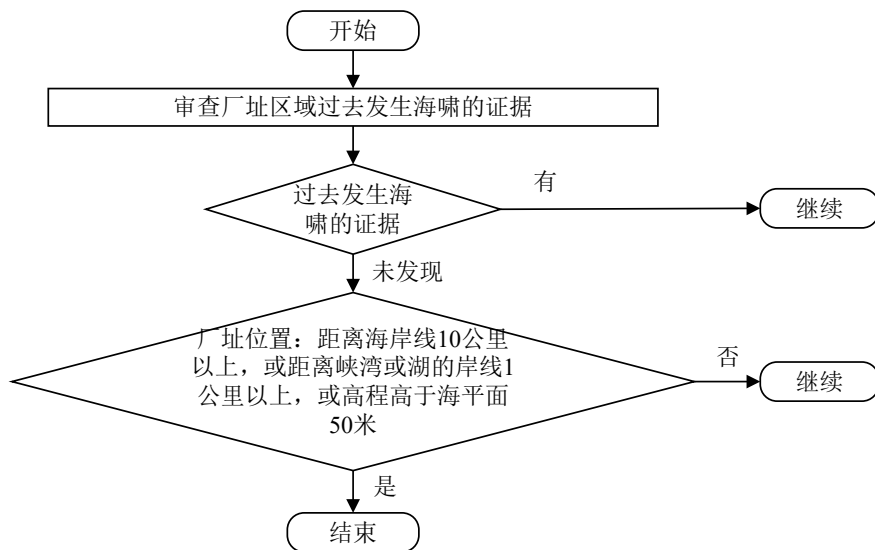
5.47. 对场址海啸灾害进行详细评定的第一步应是编写与场址有关的具体海啸目录和（或）数据库。应根据第 3.33—3.35 段所述的调查进行这项工作，以确定过去或最近的海啸事件是否发生在场址区域，如果发生，则确定其特征（见图 1）。

5.48. 应调查发生当地和远地海啸的可能性。场址区域（约 1000 千米）发生水下、近岸地震或火山活动，表明场址可能发生当地海啸。此外，鉴于较远的地区可能会产生大的海啸，应对场址所在的海洋或洋盆内和周围存在的所有震源进行发生远地海啸可能性的评定。

5.49. 如果对已有地质、地球物理、地震和海啸数据库进行研究和调查表明，该场址没有发生海啸的可能性，就没有必要进一步海啸灾害评定。

5.50. 但是，如果提出并证明该地点有可能发生海啸，第二步应进行具体地点的海啸灾害分析，其中包括详细的数值模拟，以得出设计基准海啸。

初步评定阶段：考虑公开信息（5.44）



详细评定阶段：设计基准海啸研究

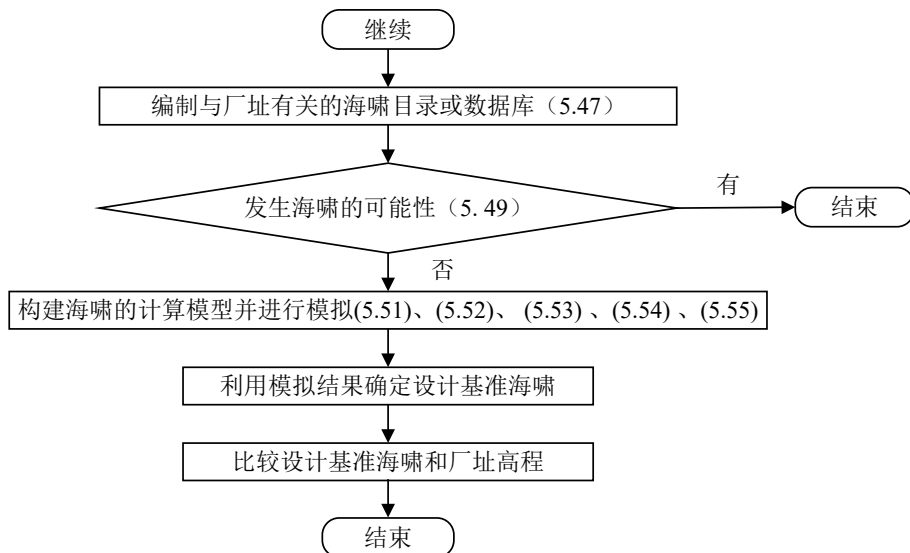


图 1. 海啸洪水初步和详细评定流程图。

5.51. 为了对所有海啸源类型的海啸进行危害评定，数值模拟应包括产生、传播和到达海岸的过程，并附有适当的初始条件和边界条件，以及水深和地形数据。

5.52. 对于地震海啸的初始条件，应采用震源的弹性模式来提供地震引起的海底变形参数。然后将其用作初始的水波场。滑坡引发的海啸与火山现象引发的海啸，其产生机制与震源机制有根本的不同，其持续时间较长。因此，应考虑到水波与震源之间相互作用的动力学情况。

5.53. 长波或浅水理论可用于包括从海底到水面的传播过程，包括波高突然的增大和减小过程。对于深水（100 米以上）来讲，非线性摩擦项和底摩擦项可以忽略。对于小尺度源或远距离的传播，可能需要考虑波浪频率的弥散效应。

5.54. 第 3 部分所述近岸水深和地形数据的分辨率和准确性（见第 3.36 段和第 3.37 段）对计算结果有至关重要的影响。空间网格尺寸应足够小，以适当地表示场址附近的海岸和水下形态。空间网格尺寸、时间步长和不同尺寸网格之间的连接边界都需要指定，以保证数值计算的稳定性。

5.55. 数值模拟中应考虑高潮位和低潮位的影响。

危害评定

地震海啸灾害评定方法

5.56. 对于地震引发的海啸，应使用确定性危害分析方法或概率危害分析方法，或最好同时使用这两种方法来危害评定。方法的选择将取决于若干因素。无论采用哪种方法，都应当对危害评定结果中的不确定性作出定量估计。

5.57. 总体的不确定性既包括偶然的 uncertainty，也包括由于有见识的专家对海啸源和上升高度的不同解释而产生的认识上的不确定性。在海啸灾害分析中应以同样的方式考虑这些不确定性，以便恰当地反映当前关于海啸来源、传播模式和沿海过程的考虑。应特别注意避免这些解释中的偏见。专家意见不应取代获得的新数据。海啸灾害评定项目小组不应推广任何一种专家假设或模式，它应使用汇编的数据评定所有可行的假设和模式，然后制定一项综合评定，其中包括认知和不确定性。

5.58. 针对具体地点收集的数据往往会减少不确定性。然而，间接用于海啸灾害评定的部分数据可能不是针对具体地点的；例如，用来描述远距离地震源头产生机制的孕震数据；因此，在场址特定的调查方面，可能有一部分不确定因素是无法减少的。

确定性方法

5.59. 可以基于以下步骤使用确定性方法³³来进行数值模拟：

- (1) 根据历史海啸观测记录，建立并验证数值模式：
 - (a) 选择影响场址区域的最大的当地和远地历史海啸；
 - (b) 确定并验证场址附近沿海地区相应的爬高高度；
 - (c) 识别相应的孕震断层参数；
 - (d) 对所有选定的历史海啸进行数值模式，包括生成、传播和到达沿岸的过程；
 - (e) 将模拟结果与历史爬高高度进行比较；
 - (f) 根据需要调整模式。
- (2) 应用数值模式估算地震震源和相关断层参数，以海啸灾害评定：
 - (a) 选择当地和远地的海啸源，确定当地的相关断层参数及其变化范围；对于当地的震源，应与地震危害评定相符；
 - (b) 对所有可能的孕震源进行数值计算，以检查海啸高度的范围；
 - (c) 选择最高水位和最低水位。

5.60. 应考虑到下列不确定因素；包括偶然性和认知上的不确定性：

- (a) 海啸来源的不确定性；
- (b) 数值计算中的不确定性；
- (c) 水下和海岸地形的不确定性。

很难定量地估算每一种不确定性。此外，在核查过的所有潜在海啸中选择一个海啸源也是困难的。因此，在进行不确定性分析应在合理的参数范围内（一项参数研究）进行不同条件下的大量数值计算。

³³ 一些国家的现行实践见附件 II。

5.61. 应结合各地区地震的特点,对断层模式的主导因素进行参数研究。参数研究应从断层位置、长度、宽度、断面深度、走向、倾角、滑动角或分段组合中选取合适的参数。参数研究的范围应在合理的范围内。如果对断层模式参数进行统计分析,则参数的范围应基于一定的标准偏差。

5.62. 最后一步,应与历史和潜在的海啸爬高进行对比,以检验最大和最小爬高高度。

概率方法

5.63. 海啸概率危害评定类似于地震概率危害评定,但这不是各国海啸灾害评定的现行实践。虽然标准的评定程序尚未制定,但已有提出使用概率方法海啸灾害评定的方法。

5.64. 海啸概率危害评定的结果通常采用逻辑树方法显示爬高的平均值和年超越概率的中位数。海啸灾害评定的基本方法应着眼于减少评定过程各阶段的不确定性,以在数据分析中得到可靠结果。经验表明,实现这一目标的最有效途径是收集足够的可靠和恰当数据。一般而言,汇编详细、可靠和恰当的数据库所需的时间和精力与分析员在处理过程的每一步应考虑的不确定性程度³⁴之间应有一种折衷。

滑坡海啸灾害评定方法

5.65. 滑坡诱发海啸的滑坡源应使用最大体积参数来表征,最大体积参数是根据海底地形图或历史滑坡的地质年代测定确定的。应进行斜坡稳定性分析,以评定候选滑坡产生海啸的潜在能力。

5.66. 由于大多数地区缺乏概率分析所需的数据,³⁵因此通常采用确定性方法对滑坡引发的海啸进行危害评定。分析的源参数是滑坡的尺寸和几何形状,以及落体的速度和流变性。数值模式应将滑坡与由此产生的水运动耦合起来。

³⁴ 在一些国家,进行了正式征求意见,以评定建模中的不确定性过程和数据的不确定性的重要性。

³⁵ 在一些国家,概率方法被用于滑坡引发的海啸的危危害评定。

5.67. 与地震引发的海啸相比,由于震源的规模较小,滑坡引发的海啸的影响局限于震源周围,一般在距震源几十公里以外的地方观测不到。

火山活动引发海啸的危害评定方法

5.68. 对火山现象引发的海啸进行建模不是各国评定相关海啸灾害的现行实践。尽管尚未制定标准的评定程序,但已有提出了火山现象引发海啸的建模方法。

危害评定得出的参数值

5.69. 海啸洪水灾害评定的结果应是海岸线最高水位、上升高度、洪水水平淹没、场址最高水位、海岸线最低水位和水位下降至取水口以下的持续时间。这些参数中的一些见图 2。

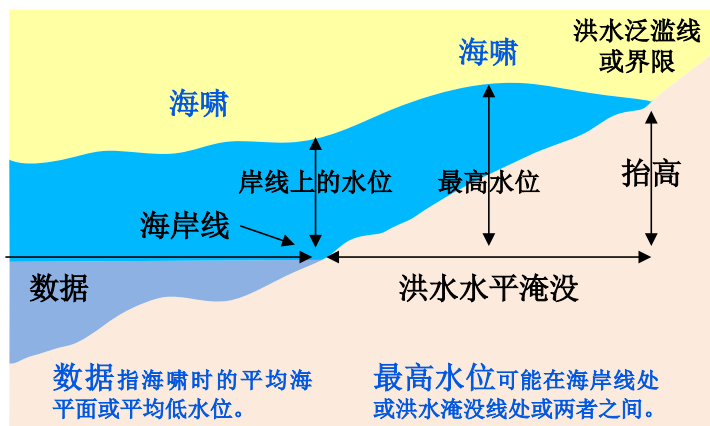


图 2. 海啸灾害评定得出的参数。

假潮

基本建议

5.70. 风暴潮、风速变化、气压场变化、波浪相互作用、地震引发的海啸、山体滑坡、水下火山喷发和其他扰动(可能产生整个小海湾剧烈晃动的当地地震位移)可激发水体的显著振荡(假潮)。水体振荡也可能由作用于港湾入口处的水柱体或由水面处的周期性风引起。最简单的例子是不断传到沿岸海湾的一系列长周期波激发了准相同周期的振荡。如果入射波的频率与

港湾的局部振荡模式之一的频率相匹配，则沿着岸线的水深可能发生共振放大，并且这也可能产生较强的水流。某些水体中假潮导致的振动可达 1 米以上。

危害评定

5.71. 对于假潮引起的洪水，应使用确定性分析方法或概率分析方法，或最好同时使用这两种方法来危害评定。

5.72. 水体振型仅取决于水体表面的几何形状及水深，振荡的振幅将取决于振荡激发力和摩擦力的大小。如果外力作用适当的话，就应计算振荡的振型和振幅。除非常简单的几何形状和水下地形外，应使用该水域的数值模式完成计算。

5.73. 当场址位于封闭或半封闭水体岸边时，应考虑到潜在假潮的可能性。这可以通过对观测水位的分析来实现，分析数据是在适当的时间尺度上收集的，通常为分钟数量级的时间尺度。

5.74. 产生假潮和相关场址洪水的可能性应与其他洪水灾害同时评定。特别是风暴潮、大风事件和海啸，应检查它们是否有可能激发场址附近水体的震动。但是，假潮评定不应仅限于本“安全导则”其他部分中讨论的事件类型。事实上，强度较小的事件可能会引发更具威胁性的假潮。因此，假潮的评定应单独进行，并与场址洪水的其他危害评定结合起来。

5.75. 数值模式可以用来模拟假潮振荡和假潮诱发的洪水。模式结果描述了一个任意形状海湾内任意点的水面高度随时间变化的函数。这些模式通常要求用几何形状（水深和海岸地形）和激振波系的参数为输入条件。它们也要求用开边界或起源位置处激振因素（海啸波、风暴潮波、风浪等）的时间函数关系作为输入。然后应计算场址位置的假潮振幅时程。所选择的计算模式应通过观测数据来加以验证。

5.76. 如果水域的振荡有长期的观测资料可以利用，则应采用统计方法来评定假潮危害。只有在数据序列充分反映了水域中可能存在的所有激振作用的情况下，才能对数据进行统计分析。

危害评定得出的参数值

5.77. 应评定假潮危害生的最大和最小爬高高度。

极端降水事件

基本建议

5.78. 根据原子能机构关于核装置场址评价的“安全要求”出版物[1]，降水引起的水灾对场址的潜在危害根据气象和水文模式得出。第 4 部分讨论了气象模式，该模式讨论了场址和流域上的可能最大降水深度。本部分讨论场址和流域上的降水引起的洪灾影响。

危害评定

局部强降水与场址排水

5.79. 使用第 4 部分的方法分析场址降水强度作为排水计算的基础。场址排水系统的设计应满足下列要求，在适当的情况下，能适应极端的降水、雪或冰雹。在局部强降水过程中，由于下渗能力不足，可能会在场址上形成一个蓄水池，在排水分析中应考虑到这一点，并需考虑场址附近地下水位的变化。

5.80. 应使用径流模式，如单位线法³⁶或其他降雨径流方法，来计算场址排水的流量和水量，并确定排水道、渠道和出口的尺寸。分析中应考虑的其他因素包括部分或全部管道排水沟和涵洞可能堵塞。如果需要排水系统来提供充分的防洪保护，则应通过在排水系统的设计和运作中纳入适当的预防和缓解措施来确保纵深防御。由于地区性的强降水可能与整个集水区的水浸同时发生，故此应考虑壅水对场址排水渠道的影响。

5.81. 此外，还应研究对安全构筑物屋顶的局部降水量的影响。屋面排水的设计，通常是以远低于设计基准雨量的雨量来排泄雨水。由于屋顶排水可能被雪、冰、树叶或瓦砾堵塞，带有女儿墙的建筑物可以将水（或水、雪和冰的混合物）蓄积到超过屋顶设计负荷的深度。有几种方法可以用来处理这种情况，其中包括在建筑物的一侧或多侧去掉女儿墙，限制女儿墙的高度以使多余的水溢出，以及加热屋顶以防止积雪和冰过多。

³⁶ 单位过程线是单位时间内由均匀分布在流域面积上的单位降雨量所形成的径流过程线单位水文过程线是以时间为单位在流域上均匀分布的单位降水量单位所产生的径流过程线。

流域流量计算

5.82. 通过概率分析或确定性分析，可以计算场址附近的河流洪峰流量。

概率方法

5.83. 概率方法可能适合于估算电厂场址附近的河流洪峰流量。这些方法需要场址上或场址所在流域河流的水文站有长时间（通常超过 50 年）的流量观测数据。数据组应增加历史洪水数据，如历史洪痕标志，这些数据可转换为大致的洪峰流量。当历史水位转换为河流流量时，应关注河道的变化。流量数据还可以通过同一河流上下游水文站观测到的数据进行扩充，最后，应考虑数据的一致性，在流量数据处理中应适当考虑数据观测期间流域内的人为影响，如修建水坝或修改现有水坝的水库蓄水作业程序。预测变化，对未来大坝建设或水库蓄水运行程序计划的变化应纳入分析。

5.84. 一旦建立了流量系列，应使用概率模式通过外推计算出大洪水的年度超越频率（例如频率为 10^{-3} /年或更低）。考虑到采样中的不确定性，所选流量值通常是选定重现期的置信水平上限，而不是平均值。考虑到一些不确定因素，通常会增加一个安全系数。安全系数应加在河流流量中，而不是加在静水位中。

确定性方法

5.85. 确定性方法可用于计算场址附近的河流洪峰流量。在这种方法中，洪水灾害从第 4 部分估算的设计基准降水量推导得出。在分析流域气象、水文和自然地理特征的基础上，对流域产流条件进行评定。单位线法可用于根据设计基准降水量计算洪水灾害。设计基准降水量和产流条件的估算不应以单个暴雨事件为基础，而应以一组暴雨事件为基础，通过一系列对系数进行转换、求极大值和估计的方法及步骤来计算，水文学家和气象学家可一起运用它们的判断。在这项工作中，为了把计算中不确定性降到可接受的水平，应考虑到有经验的专家贡献。

5.86. 流域上空的暴雨位置应按产生最大径流（无论径流量或洪峰水位都是最不利的）的原则确定。

5.87. 在融雪对洪水灾害有明显影响的流域，重要的是应对降雨和融雪事件的组合达到最大值的情况给予特殊考虑。为了计算融雪对流域洪水的最

大贡献，在这样的流域内，应求季节性积雪量的极大值，并选用最危险的融雪时序，然后将一年中合适时间的设计基准降雨事件与极大的融雪事件相加，并应包括由于降雨引起的额外的融雪。

5.88. 对于有记载的暴雨，水损失（即下渗）应通过净雨量和径流量的比较来估算，通常损失可用初期损失加上随后一定时期的某一持续不变的损失来表示³⁷。在估算流域水土流失时，应考虑地下水位的变化。

5.89. 当考虑两场连续暴雨时，则第二次暴雨的损失因地面湿度的增加，其数值假定应小一些。在大多数情况下，损失可忽略不计，这是最保守的方法。

5.90. 单位过程线是单位时间内由均匀分布在流域面积上的单位降雨量所形成的径流过程线。通常，它可用净雨量为 10 毫米的降雨在 1 小时内所形成的径流过程线来表示。时间增量可依据汇水面积的大小而有所增减。实际上，应确定不均匀雨型的单位过程线。当地形引起固定而不均匀的雨型时，在该流域内，单位过程线应确定为典型的大暴雨雨型。

5.91. 应注意的事实是，按小洪水推导出来的单位过程线可能不足以恰当表示大暴雨时流域的洪水特性。这是由于单位过程线的线性假定并不总是正确的。因为流域的水力效率将随着径流量的增加而达到某一极限，也因为可能存在河槽流态从堤岸内到堤岸外的变化。非线性效应通常会增加单位线的峰值流量并缩短到达峰值的时间。还可以通过比较不同规模洪水产生的单位线来估计大洪水事件的非线性影响。如果没有足够的来自大洪水事件的场址观测数据，则可以在技术文献中找到针对单位线法峰值流量的 5—20% 的调整和（或）峰值时间 33% 的减少。

将洪水演算到场址

5.92. 为了计算场址附近洪水过程中的水位、流速等参数，需要使用数值模式。应制成洪水的时程曲线和准确的淹没图。数值模式的范围应包括场址上游和下游的足够距离，以便模拟者规定的边界条件不影响场址处的结果。

³⁷ 例如，典型损失可能是 10 毫米的初始损失加上随后每小时 2 毫米的持续损失。通常这不值得进行详细研究，因为该损失对洪峰的影响并不显著。例如，当设计基准降雨的最大小时降雨量为 150 毫米时，每小时 2 毫米的损失对这种雨量的影响与其他参数的固有误差相比是微不足道的。

5.93. 数值模式通常是一维或二维模式，应准确地反映河流和泛滥平原地形和粗糙度的变化。模式网格在场址附近应更精细。模式应捕捉到堤坝、溢洪道、桥梁以及场址附近的其他设施所引起的水位和流量的突发性间断。

5.94. 在下游边界条件中应考虑河口、水工建筑物和其他设施可能引起的壅水影响。建模人员应核实下游边界条件不影响电厂场址的结果，并通过保守的假设考虑任何不确定性。

5.95. 数值模式应根据记录洪水的数据组进行校准和验证。这些数据组应包括流量、水位以及（如有的话）水流速度。

5.96. 对于水位变化率相对较小的洪水，稳定流演算可能是合适的（例如，洪水通过大型水库的演算）。然而，当洪水水位随时间变化很大时，或者当需要更准确地表示最大洪水水位时（例如，洪水通过自由流动的河流演算），应采用非稳定流演算。

5.97. 只有当河流流量随时间的变化是均匀的时，才会出现独特的水位流量关系。在流量变化较快的大洪水过程中，洪峰流量的出现时间可能与水位峰值的出现时间不一致。这一现象应考虑用非恒定流模式解释。

5.98. 河流中的基流应合理地具有暴雨季节和基于设计基准降雨选定的参照风暴预计发生时间的代表性。由于它在洪水径流中通常只占较小的比重，因此估算的基流通常足以进行大多数危害评定。

5.99. 河道可能因洪水而发生弯曲。河道弯曲离开场址的可能性可能导致安全相关的冷却水的损失。同样地，河道向场址的弯曲可能导致场址洪水。危害评定应分析场址附近河道的稳定性，必要时应采取相应的护岸设计和防护措施。

水动力、沉积和侵蚀

5.100. 除了淹没之外，洪水还可能破坏防洪屏障，对任何被淹没的建筑物造成直接水力作用，淤积和（或）堵塞场址上与安全有关的装置，或侵蚀和破坏构筑物稳定，从而可能影响电厂安全。

5.101. 可能需要精细的场址三维数值模式和（或）物理模式来估算淹没结构上的水流速度和水力作用。如果在水位的保守估计中考虑增加糙率系数，则应考虑调整糙率系数以获得保守的流速值。

5.102. 在研究泥沙淤积、侵蚀和冲刷等现象时，应考虑数值模式和物理模式相结合的方法。

危害评定得出的参数值

5.103. 根据降水洪水分析进行的危害评定结果应包括：

- (a) 流量：洪峰流量和整个洪水事件的流量时程（流量过程线）；
- (b) 水位：洪峰水位和水位过程线；
- (c) 速度：通常用平均流速表示，在许多情况下，需要估算断面上特定部分的流速，以分析动力影响和估算河床的下切或沉积等；
- (d) 河道稳定性：在洪水发生时和发生后，洪水对河道（河床、河岸）的形状和高程的影响；
- (e) 泥沙输移：悬移质和推移质。

由于蓄水构筑物的突然释放而引起的洪水

基本建议

5.104. 蓄水可以由人工建造的构筑物（如大坝或堤坝或蓄水池）或者河道中因冰、碎石等自然原因造成临时堵塞而引起。这种蓄水构筑物的破坏可能会导致场址区域发生洪水。蓄水构筑物的破坏可能由于水文、地震或其他原因发生。可能的诱发事件包括：

- 随着时间的推移，混凝土或路堤防护设施的劣化；
- 沉降过大或不均匀，导致的开裂；
- 管道损坏和渗漏；
- 因缺陷而导致的地基劣化；
- 由于掘穴动物或植物根的作用而引起的地基、路堤边缘或通道（“通过管道”）渗漏；
- 功能故障，如闸门故障；
- 淤泥或碎屑堆积在上游面；
- 滑坡进入水库；
- 土坝的内部侵蚀。

5.105. 对大坝操作失误可能造成洪水,有时可能超过自然造成的洪水。在这方面,应勘查上游水坝,特别是那些有控制闸门的水坝,以评定可能的排水规模,并研究可能出现操作失误的可能性。

5.106. 与水库入库水量相比,由于出水口(坝溢洪道)能力不足,或者由于操作失误,或者由于入库水量超过设计值,可能导致水工建筑物发生水文失事。这导致水位升高和大坝漫顶的发生。而对于土石坝,漫顶会导致大坝失效。

5.107. 由降雨引起的洪水和蓄水构筑物失效引起的洪水的最重要的基本区别是后者可能会产生一个以较快速度向下游移动的且具有较大波高的洪水波,很短的时间就可以到达场址。因此应考虑并估算它对场址和场址内构筑物的动力影响。

危害评定

5.108. 对场址上游现有的或规划中的所有水坝都应考虑其可能的破坏或运行失误所造成的后果。那些库容小、距场址远、落差低、或有大的介于水坝和场址之间的天然或人工蓄洪能力的水坝可不予考虑。在场址上游的流域内进行详细研究,以确定哪些河段有可能形成天然河道堵塞,同时应考虑那些人工构筑物,诸如矿山废弃物堆积、公路横跨沟谷的路堤或矮桥等在洪水期可能起坝的作用。即使一些堤坝不一直蓄水,这些建筑也应在危害评定中加以考虑,因为它们在洪水事件期间可能突然倒塌。此外,场址所有现有或规划兴建的水控构筑物,包括储水池和输水管道,都应在研究中加以考虑³⁸。

5.109. 应考虑由于位于场址下游支流上水坝的失效而增加场址洪水灾害的可能。

5.110. 如果无法证明场址下游的水坝肯定会溃决,则不应考虑场址处的洪水水位会因下游溃坝而下降。

5.111. 除非工程计算能证明在所要求的超越概率水平下水坝不会溃决,否则应假设溃坝事件。由于要在定量的基础上确定和论证水坝的安全和稳定(结构的、水文的或其他)一般是很困难的,费用大且费时间,所以在假定

³⁸ 按照各国的惯例,这些构筑物的失效要么被视为内部事件,要么被视为外部事件。

水坝破坏的情况下，作一个简化的保守分析可能更有效：如果这个保守的分析表明对场址没有重要的影响，则不必作更详细的分析。

5.112. 应研究两个或两个以上水坝因同一事件（如洪水或地震）而溃决的可能性。在设计基准洪水作用下仍能保持安全的水坝，能因其上游水坝由于水文因素引起的溃决所产生水波而引起洪水增涨。场址上游河段所有的水坝都应进行综合性的分析，并且除非能证实不可能发生溃坝外，都应假设可能发生溃坝。如果两个或多个大坝同时出现操作失误的可能性较大，则也应考虑这一情况。当有几个水坝分别位于各支流上时，应考虑溃坝时产生的洪水波同时到达场址的实际可能性、概率及由此而引起的后果。

水工构筑物的稳定性分析

5.113. 大坝的溃坝可能是上游流域上的降水而不是在场址局部降雨造成的。应核查若干降水事件，包括设计基准降雨的等雨量线最不利地集中于坝的上游流域和设计基准降雨的等雨量线最不利地集中于场址上游的整个流域。

5.114. 在评定堤坝水力破坏的可能性时，应考虑保守的水位和该水位的持续时间。

5.115. 水坝的抗震分析需要考虑动荷载。应分析地震诱发的波浪及其对大坝附属设施的影响，以考虑可能的漫顶破坏。同时考虑地震引起的闸门突然失效。

5.116. 详细的稳定性分析需要建构物结构状态的正式文件。稳定性分析中可采用由有关国家科技部门发布的检查报告。其他资料应包括坝基底面的强度试验结果、野外调查、其他机构的检查结果和从安装在坝址上的仪表测得的有关资料。对于每一个建构物，应进行适当的地震评定（见参考文献[4]）。

5.117. 应进行适当的检查和监测，以便尽早发现水工建构物的逐渐变化，从而采取纠正措施。

溃坝和向下游演进

5.118. 如果不能证明洪水不会导致溃坝,那么就应假设溃坝事件,而且溃坝的模式和程度的假设应尽可能根据稳定性分析采用保守的判断。溃坝模式的假设应考虑水坝结构的类型和紧接水坝下游河道的地形³⁹。

5.119. 混凝土重力坝应分析其抗倾复和抗滑动的能力,可结合下游碎片最不利的位置和数量以判断其可能破坏的模式和程度。根据对假设的失效截面所作的这种分析,应合理准确地估算水流路径和可能的水位~流量关系曲线。

5.120. 拱坝的破坏实际上多半是瞬时溃决的,并且是整体破坏。因而除非能证明不会溃决,那就应假定瞬时和整体破坏,且其下游无明显碎块聚集。

5.121. 堆石坝或土坝与混凝土坝相比,其溃坝经历的时间较长。坝体结构的总坍塌时间从几分钟到几小时不等。为了进行冲刷计算以确定溃坝的时间和速率,应假定初始溃决断面或缺口。这这些计算也应给出出流过程线。在无法确定溃坝时间的情况下,应保守地假定瞬时溃坝。

5.122. 在以前小部分中所论述的大部分程序可应用于因地震引起的溃坝。但就溃坝模式而言,水文因素引起的溃坝是假定水坝被水漫顶而遭损坏,这在地震引起的溃坝中就不一定发生。地震溃坝的模式和程度应尽可能在稳定性分析的基础上用保守的判断来假设。

5.123. 发生水文因素溃坝时大坝贮存的水量为最大蓄水量。对于地震引起的溃坝,可以按正常蓄水位考虑,因为地震和洪水不是相关事件。

5.124. 失事构筑物的出流过程线,取决于构筑物的破坏模式和程度、产生的水位和流量关系曲线、水库的几何形状和库容。因溃坝引起的下游洪水波的计算,采用非稳定流法计算最为适宜。

漂浮物和冰情造成的阻塞

5.125. 分析预报漂浮物引起的河道堵塞的影响可能是非常困难的。应对历史记录进行分析,以确保对安全建构筑物和系统不会受到冰(包括海冰和碎

³⁹ 国际大型水坝委员会 1998 年出版的第 111 号公报提供了对溃坝洪水分析的评审一份复核和一些建议。

冰)和漂浮物(如树木原木和悬浮的物质)的不利影响,并为危害评定提供数据。在评定设计基准条件时,应考虑以下情况:

- (a) 由于冰覆盖和冰堵塞引起的回水;
- (b) 冰在堤坝、进水构筑物、闸门和控制设备上的作用力;
- (c) 由于冰的影响造成的进口拦污栅、水泵、阀门和控制设备的堵塞;
- (d) 在封闭水体上的冰脊;
- (e) 由于冰河雪的滑动引起的安全相关进水口的堵塞;
- (f) 冰雪崩塌滑入附近水体引起的巨浪或假潮。

5.126. 冰除了堵塞进水口和影响洪水水位以外,还可能对构筑物产生动力和静力的作用。必须检查所记录的资料,以便确定冰的可能厚度、密集度、出现率和结冰的持续时间,以及正常的和极端的冰季时间。还应评审记录,以确定是否有可能产生大的漂浮碎片,如原木和原木堵塞。建构物的设计应能承受冰和碎石造成的荷载、因安全相关进水口堵塞而造成的冷却水损失,以及因冰和碎石堵塞导致的可能的壅水影响造成的洪水。

危害评定得出的参数值

5.127. 应作为洪水分析的一部分计算的参数包括:

- (a) 洪峰流量和整个洪水事件的流量时程(流量过程线);
- (b) 洪峰水位和水位过程线;
- (c) 结冰和碎石导致的进水口堵塞;
- (d) 冰和碎片产生的动静力。

涌潮和水击波

基本建议

5.128. 涌潮是涨潮(洪水)在河流中引起波浪的一种水力现象。这些波浪向上游移动,与河流的正常流向相反。水击波可在坝或泄流控制构筑物附近的通道或水库中形成。当水流通过建构物时突然停止(例如,由于水力发电厂的甩负荷),就会产生波浪。波浪也会通过河道或水库向上游移动,与河

流的正常流向相反。波高可被缩小的水道横截面和通过来自建构筑物和岸线的反射放大。

5.129. 观测到的水面高程记录应检查是否由潮涌或水击波而引起的。在研究水击波时，应考虑场址附近的所有水坝和挡水构筑物产生这种波浪的可能性。

危害分析

5.130. 如果在场址附近、从水工建构筑物沿水库或到达场址的流通道有可能发生显著高度的涌潮或波浪，则在洪水灾害评定中应考虑这几种确定性的假想计划。应在评定中明确确认引发涌潮或水击波的事件。分析还应考虑水库或河道的水位范围和向河流或水道排水的流量范围。

5.131. 对于具有复杂水下地形的位置，应使用数值模式（一维、二维或三维）或物理模式将波浪从水工建构筑物传播到场址。

危害评定得出的参数值

5.132. 如果场址易受涌潮或水击波的淹没，则应评定此类波浪的最大爬高和相关的持续时间。

高地下水位

一般考虑

5.133. 其他现象通常也可导致上部地层地下水位的上升。位于河流或沿海地区附近的场址，地下水位的上升通常与含水层有水力联系的地表水位上升有关。其他现象，如一场大降水事件或水工建构筑物的失效，也可导致地下水位上升。地下水位的变化取决于土壤和岩石特性，主要是地质体的渗透性和孔隙度。由于地质体具有较大的差异性。地下水位每年变化的幅度可能从几厘米到几十米不等。

危害分析

5.134. 应根据场址水文地质研究来判定地下水位显著升高的频次，以确定形成地下水的机制和范围。应通过确定性或统计方法进行危害评定。在使用统计方法时，应特别关注水压数据的可靠性和充分性（见第 3.31 段）。如

果场址的地下水位观测数量或观测周期有限，应考虑与地下水位观测数据相关的资料来扩充地下水位记录，例如通过具有长时间的水井水位观测记录和气象记录。

5.135. 水文地质模式的应用。在某些情况下，如果根据水文地质条件能够以简单和保守的方式就能确定地下水位的界限，就不必求助于复杂的模式。水文地质模式通常采用观测水位进行验证，但由于单一极端事件中观测到的地下水位可能并不具有代表性，因此，有必要判定与含水层相关的假定水文地质模式的保守性。

5.136. 应考虑本“安全导则”中描述的所有水文现象，确定与场址相关的地下水上升的所有可能原因。分析中应确定主要原因，并应从与水源有关的极端条件中得出极端地下水位。分析过程中，应初始条件（即初始水位）进行保守假定。

危害评定得出的参数值

5.137. 应当说明场址地下水位的极端程度及其对构筑物产生的压力。如果预计地下水位能达到地面或排水沟面，则应说明预期的排水速率和排水方式。必要时，降低地下水位。

6. 设计基准参数的确定

气象设计基准参数

6.1. 对于第 4 部分所考虑的不同气象灾害，使用第 2 部分所述的评定方法确定极值。一般而言，即使它们同时发生，每一种气象灾害都是单独确定的，除非它们会干扰和增加某一特定危害（例如，冻雨和风，见第 4.17 段）。每种气象灾害的设计基本参数如下：

- 最高干球温度和相应的湿球温度；
- 最高非一致湿球温度；
- 最低干球温度；
- 最大风速；
- 极端最大降水量；

- 极端最小降水量；
- 极端积雪；
- 雷击的年度超越概率；
- 热带气旋、台风和飓风的设计基准参数：
 - 最大风速；
 - 风速垂直廓线；
 - 超过规定强度的持续时间；
 - 风产生的飞射物；
- 龙卷风：
 - 最大风速；
 - 超过规定强度的持续时间；
 - 最大压降；
 - 最大压降率；
 - 风产生的飞射物。

6.2. 诸如降水产生径流等水文事件和气象事件应结合起来处理。用于设计的设计基准参数值是通过统计得出的，或者是根据每种危害对电厂的潜在影响确定的年度超越频率（或重现期）得出的。附件 I 列有某国家场址评价中部分气象设计基准参数范例，用以处理场址可能发生的与气象现象有关的灾害。

6.3. 如果与场址相关，第 4.64—4.73 段建议的电厂设计基准中确定和评定的其他场址特定气象现象（如沙尘暴和沙尘暴、冰雹和冻雨以及与霜冻有关的现象）的设计基准参数如下：

- 沙尘暴：
 - 总粉尘或含沙量（毫克·小时/立方米）；
 - 时长（小时）；
 - 平均荷载（毫克/立方米）。
- 冰雹：
 - 历史上最大雹块尺寸；
 - 相应的最终速度。

- 冻雨和与霜冻有关的现象：
 - 公称冰厚；
 - 相应的风速。

水文设计基本参数

6.4. 在推算场址的设计基准洪水时，应考虑综合事件以及上文第 2.11 段所述的单个事件。且应根据第 5 部分对其相应的进行危害评定。给定场址的设计基准洪水可能不是由一个极端事件的发生引起的，而是由一个以上严重事件同时发生引起的，其中每一个严重事件本身的严重程度都低于由此产生的组合极端事件。应结合场址的具体特点，评审潜在的引发洪水现象的相关性或独立性。此外，应进行适当的敏感性分析，以确保设计基准洪水所包含自然事件的所有不确定性。在许多洪水引发事件的组合中，从属事件和独立事件之间的区别并不明显。例如，连续的气象事件只是部分地相互依赖或完全地相互独立。相比之下，地震和风显然是相互独立的。

6.5. 用于评定两个或两个以上事件同时发生概率的标准需要通过建立相关随机现象的模式来确定。如果可以假定过程是独立的，那么它们的联合概率应该用它们各自的概率函数的乘积来表示。应仔细分析各种事件的组合，同时考虑到所涉及现象的随机性和非线性，以及适用于此类情况的任何监管要求或指导。此外，还应考虑与重要的洪水起因事件或所选组合的每个事件相关的外部条件。

6.6. 应考虑极端事件与风浪、相应水位的适当组合，考虑：

- (a) 极端事件（如风暴潮、河流泛滥、假潮和海啸）；
- (b) 与极端事件有关或无关的风浪；
- (c) 相应的水位（包括潮位，如高潮位）。

应估计每种组合的年度超越概率。

6.7. 虽然这些数据可能不足以评定在某一特定严重程度下，独立事件或事件组合每年超过某一影响程度的概率，应合理保守估算以下数值：

- (a) 每一独立事件的年度超越概率；
- (b) 在多个事件的组合中，独立严重事件同时发生的可能性。

在此估计中，应注意估计每个事件严重级别下发生的持续时间。

6.8. 为了评定组合事件的影响，对于独立事件，应考虑它们在累积其影响的条件下发生的可能性与每个事件严重程度的持续时间有关。组合的独立或部分相关事件越多，每一事件的严重性越大，组合的年度超越概率就越低。考虑组合事件的年度超越概率优于考虑每个事件的年度超越概率的乘积。

6.9. 应适当地选择要组合的事件，不仅要考虑由此产生的年度发生概率，而且要考虑各次生事件对洪水事件严重程度的相对影响。例如，对于河口地点，应考虑的组合包括海洋条件和河流条件以及当地降水量。如果这些组合的后果是严重的，而且组合的年度超越概率不是很低，则应将其考虑在内。在选择适当的组合时，应使用相应的工程判断。

6.10. 对于极端事件的组合，应根据监管要求和在计算核电厂设计基准洪水时应考虑的相关参考水位，确定年度超越概率的限值。可以将某些事件组合排除在考虑范围之外，前提是：

- 假设的组合不会对电厂的某些部分产生组合效应；
- 组合事件的年度超越概率等于或小于可接受的年度超越概率的规定限值；
- 组合实际上是不可能的。

6.11. 风浪活动应与所有洪水事件联系起来考虑。在增水或假潮中，风浪是一个独立的事件，应考虑由产生增水的风暴产生的波浪。在一些沿海地区，风生浪可能构成主要的洪水事件，与之相应的增水可能不那么重要。在这些情况下，在评定风浪影响和选择适当的洪水事件组合时应特别小心。海啸和河流洪水通常是相互独立的事件，该海域同时发生严重风浪的可能性可不考虑，组合中只应考虑重现期的风浪。一般而言，应考虑风与河流洪水或产生洪水的气象条件的非独立性。

6.12. 大气压的波动、风暴潮、风速的变化和随机的波浪背景等都可能引发假潮。因此，假潮的引发可能取决于本“安全导则”中讨论的其他洪水引起的事件。应考虑到在选择场址组合事件时假潮可能是重要的这一事实。

6.13. 应评定海岸线不稳定、碎片堵塞和冰的影响的可能性，如果这些事件的发生影响到场址的洪水，则应将其与其他主要洪水事件组合起来。

6.14. 单一水文事件或多个水文事件同时发生时达到的最高静水位，包括同时出现的风浪引起的静水水位增加，构成设计基准洪水参数的基础。在相关情况下，如海啸或风浪，设计基准参数中应包括相关的爬高和水平淹没。设计基准洪水参数还应包括相关的波浪动力效应（如波浪运动学）有关的那些参数。

6.15. 在一次水文事件期间或在诸如海啸、假潮等组合事件的最低水位以及水位下降持续时间构成设计基准低水位参数。

6.16. 场址最高地下水位构成设计基准地下水参数。

7. 场址保护措施

概述

7.1. 核电厂的设计应将以下内容纳入考虑：

- 保护厂区的构筑物（如大坝和防波堤）设计参数的评定；
- 厂区高于计算洪水水位以上的可能影响的评定；
- 抵御洪水侵蚀的最佳材料的选择；
- 对核电厂最佳防洪布置的评定；
- 防护构筑物和电厂部件的可能相互影响的研究；
- 评定减少气象和水文灾害的操作规程和缓解机制。

出于实际原因，场址的大多数保护措施都是针对洪水灾害而不是低水位或气象灾害。

7.2. 所实施的任何防护措施（如大坝、堤坝、人工山丘和回填）都可能影响电厂的设计基准。这类防护措施已包含在目前的场址评价框架内，尽管原则上其安全功能可在有关的安全导则中已被考虑。与厂房结构直接相连的所谓“联合屏障”（特殊挡土墙和渗漏屏蔽设施）在参考文献[5]中作了论述，因为它们本身不被视为场址保护措施的一部分。

7.3. 应考虑外部屏障和天然或人工岛的安全重要特征，并依照相应要求进行设计、建造和维护。

7.4. 在充分了解场址的水文地质环境后，应研究并采取相应的防护措施。

场址保护类型

7.5. 核电厂应通过下列方法之一抵御设计基准洪水：

- (a) “干场址”原则：在这种情况下，所有的安全重要物项都建在设计基准洪水的水位以上，并考虑风浪影响以及冰和碎石可能的堆积作用。如有必要，可通过把电厂建在足够高的地方或利用抬高场址地坪标高的建筑布置来完成⁴⁰、⁴¹。应监测和维护场址边界。特别是，如果需要通过回填来提高电厂标高至设计基准洪水位以上，该项工程应被视为安全重要物项，应充分设计和维护；
- (b) 永久性外部屏障（如堤坝、海堤和挡墙）：在这种情况下，应注意为屏障的设计选择适当的设计基准（如相关的地震条件）。屏障结构的洪水设计基准参数值可能与电厂结构、系统和部件的设计所定义的参数值不同，甚至更严重。还应注意对外部障碍进行定期检查、监测和维护，即使这些屏障不属于电厂营运者的责任范围。应检查堤坝、海堤和挡墙，以确保水可以排出场址，并确保这些外部屏障不会起到阻挡作用，导致水流无法流向河流或其他水体中。永久外部屏障应被视为安全重要物项。

7.6. 对于这两种方法，作为场址防洪的备用措施，应通过防洪和所有相关物项的合理设计来提高电厂对极端水文现象的防护能力，以抵御极端水文现象，从而确保电厂所有状态下的基本安全功能。所有其他对安全重要的结构、系统和部件都应受到保护，以免受设计基准洪水的影响。

7.7. 对于第 7.5 段所述的两种方法，都应满足以下条件：

⁴⁰ 装置的某些部分（例如核电厂的泵站）可能更容易受到洪水的影响，这将需要额外的保护功能。

⁴¹ 在大多数国家，方法(a)优于方法(b)，其中包括永久性外部屏障的建造。

- (a) 应提供一个警报系统，能够预测到场址可能发生的洪灾，并有足够的时间完成安全停堆，同时执行紧急程序。应根据已查明的洪灾原因的实时监测数据规定具体的特别操作程序[10]；
- (b) 所有安全重要物项（包括受保护的场外电力供电的预警系统）都应设计成能抵御洪水产生的条件（如风和山体滑坡，但是不包括极稀有的组合），这些条件认为是场址所在区域的区域地质特性。

场址保护分析

7.8. 水对构筑物的作用可能是静态的或动态的，也可能是许多影响的组合。很多情况下，在评定水压时洪水挟带冰和碎屑的影响是一个重要变量。洪水的冲刷也可能影响安全。第 5.100—5.102 段对此进行了讨论。

7.9. 在场址评价中应考虑与水文问题有关的其他因素，主要是其对进水口的潜在影响，从而对安全相关物项的潜在影响：

- 水流夹带物质的沉降；
- 侵蚀；
- 冰和碎屑堵塞进水口；
- 动物（如鱼类、水母、贻贝和蛤蜊）造成的生物污损；
- 盐腐蚀（在海洋环境中，尤其是在大雾之后）。

有关设计方法，见参考文献[10]。

7.10. 已发生了许多水进入到与安全相关的结构中的情况（渗漏），主要是由于结构接缝或电缆管道和检查开口密封不良造成的。防止这类渗漏的规定主要与设计有关，但应关注地下水位因洪水、地震、火山活动或人为活动而上升的可能性。

7.11. 第 7.5 段概述的两种防洪方法是保护核电厂不受洪水影响的基本标准。在某些情况下，可以通过这些方法的组合来实现洪水防护。然而，应仔细分析场址处或周围的任何工程的建造（如第 7.5(a)段和第 7.5(b)段所述）可能对场址的洪水水位造成的干扰。

7.12. 在这个框架中，应以类似于其他安全重要物项的方式来进行防洪构筑物的分析。

岸线稳定性

7.13. 岸线的稳定性是决定场址可接受性的一个重要因素，特别是大型水体沿岸或河流三角洲可能发生河道变化的场址。场址附近岸线的稳定性应与核电厂建造对岸线稳定性的影响一起进行调查。任何可能影响河流排水的变化，如修建拦河坝或桥梁，都应考虑对水体流态的影响，包括河流和海洋。

7.14. 对于滨河场址，考虑特大洪水时河道的稳定性是很重要的。

7.15. 在早期选址过程中，调查应包括收集和分析关于当地海岸线稳定性的所有可用的历史数据。对于砂质或淤泥质岸滩，通常根据海滩物质的向岸-离岸运动和沿岸输移的假设来评定岸线的稳定性。当海岸是由海蚀崖构成时，海岸线的变化可能要在较长的时间后才会发现，对这种情况，海岸变化可从历史的地图推断出来。

7.16. 有两种情况应特别注意：海岸线的长期稳定性和它在严重风暴中的稳定性。对后一种岸线稳定性调查，仅考虑引起可能最大风暴潮的风暴通常是不够的，因为这可能不是造成侵蚀的重要的条件。持续时间较长的风暴或风场，其风向可在场址处长时间产生更高的波浪，通常应选择这样的风暴或风场来分析它们对岸线和核电厂结构的侵蚀影响。

7.17. 核电厂构筑物对沿岸稳定性的影响的研究包括：

- (a) 由于阻碍沿岸漂流而造成的“逆流”堆积和顺流侵蚀；
- (b) 在砂质海滩的冲击地带⁴²，由于修建的构筑物影响物质的向岸-离岸输移而引起的海滩侵蚀。

岸线稳定性分析

7.18. 应进行海岸线的稳定性分析，以确定场址处海岸线潜在的不稳定性及其可能对安全重要物项所产生的影响。严重风暴可能引起沿海地带的明显变化，尤其在海滩的断面上。尽管长期平衡的海滩断面一般是由暴露在中

⁴² “冲击地带”是海浪对海滩的作用力区，它随水位变化而移动，从水位下降的极限到水位上升的极限。

等强风、波浪及潮流作用下决定的，而不是由很少发生的重大事件所决定的，但这两种类型的事件都应进行考虑。应进行以下分析：

- 调查确定海岸线的形态，包括其断面（如滩肩、沙丘、人工构筑物 and 直接的测深图）；
- 调查确定在水平和垂直方向上的具有代表性的海滩物质的颗粒级配分布或组成；
- 潮汐运动（垂直和水平，包括海平面变化）、波浪状况和气候学的研究；
- 场址处和海底表面沿岸边的输沙条件的评定；
- 沙粒移动范围的评定；
- 确定短期和长期岸线迁移趋势以及植被保护作用；
- 确定向岸-离岸泥沙运动的速率和方向，以及预计的海滩断面形状及此形状的变化；
- 核电厂（包括冷却水构筑物）对海岸线形状影响的评定。

沿岸输砂评定

7.19. 通过研究在给定海滩区段内的潮流和波浪的气候资料，并了解这些波浪如何与海岸相互作用来移动砂子，可以估计砂子沿海岸的输移。下列资料用来研究海岸附近波浪的情况，即波高、波周期和波的传播方向：

- (a) 船舶对近岸海域中波浪的观测资料；
- (b) 从本区域的气候图上获得的当地风的资料；
- (c) 至少一年时间的用测波仪记录所得到的可靠的和较详细的波浪资料；
- (d) 当不能得到当地可用资料时，可从附近相似地区用外推法求得的波浪模式资料。

7.20. 对于海岸线的长期稳定性和在严重洪水情况下的稳定性，在实际计算海岸边的沉砂输移时，要求有破碎波的波高、周期和方向，而这些可用波的折射图和海滩沉积物的特性来估算出来。

7.21. 由于理论预测的准确性不确定，不一定能应用到所有的海岸线，而且又由于用来阐述这些理论预测的资料通常表现出很大的实验分散性，因而应通过采用海岸线实际移动的观测和历史资料来补充这种理论计算。

场址排水

7.22. 场址排水系统应进行适当的分级，以排泄与安全相关的结构、系统和部件的局部强降水。当地强降水可能导致洪水，原因如下：

- 场址防洪构筑物的漫顶；
- 与安全相关的结构、系统和部件附近区域上的漫流；
- 从附近山体向电厂方向的汇水量过大；
- 场址范围内的溪流或河道溢流；
- 由于厂区地形条件、入渗能力不足和缺乏有效的排水系统等原因造成厂区积水；
- 由于瓦砾、冰或雪造成涵洞和排水结构堵塞。

7.23 场址排水系统应保证在洪水期间能够进入场址，包括必要的人员行动通道。应通过有效和高效的场址排水系统缓解当地强降水造成的洪水。

交通和通信路线

7.24. 在厂区及厂区与周边地区之间的交通和通信途径是为了联系应急队、操纵员倒班以及向公众发布信息的准备工作，但运行经验表明失去这些途径的风险是普遍存在的。电厂管理部门应尽可能提供足够的经费，在洪水和严重气象事件期间保护电厂工作人员的家属，以帮助确保人员在紧急情况下的效力。在洪水和/或气象事件发生时和发生后，保证这些功能的执行。

7.25. 在洪水和/或严重气象事件发生时和发生后，场址外部通信线路的可用性可能不在电厂的直接控制之下。这些设施是应急计划的一个关键部分，因此，应与相关当局一起对洪水或严重气象现象进行专门分析，并将其作为场址危害评定的一部分。

8. 危害随时间的变化

概述

8.1. 水文和气象灾害可能因各种原因而随时间发生变化，即：

- 与全球气候变化相关的区域气候变化；
- 流域（包括河口）的自然地理特征的变化以及近海水深、海岸剖面和集水面积的变化，或场址邻近区域表面粗糙度的变化造成风对核电厂的影响的变化；
- 场址邻近地区土地利用变化。

气候演变引起的变化

8.2. 应注意气候变异性 and 气候变化的影响，特别是在电厂的寿期内应考虑的气象和水文极端情况及灾害的可能后果。假定核电厂的寿期约为 100 年，在此期间，预计全球气候可能会发生具有区域差异性的变化。因此，应考虑到区域气候的变异性 and 变化，同时需考虑到气候预测的不确定性。

8.3. 附件 IV 介绍了政府间气候变化专门委员会第四次评定报告的内容，以及根据使用温室气体排放假想方案 and 不同气候模式作出的 21 世纪全球趋势预测。区域趋势可能与全球预测不同，因此，如有区域模式会更好。在遥远的将来，其预测结果仍然受到温室气体排放假想方案 and 气候模式的巨大不确定性的影响。场址观测应用于统计分析，以考虑到观测到的趋势，并可用于外推，以估计短期（即几十年）的极端参数。

8.4. 危害对核电厂的主要影响与下列因素有关：

- (a) 空气和水温的变化；
- (b) 海平面变化；
- (c) 本“安全导则”所考虑的某些气象和水文现象（如强热带气旋、风暴潮、河流流量）发生频率 and 强度的变化。

8.5. 为了考虑到未来的气候变化，在核电厂的设计中应考虑额外的安全裕量。应对设计参数进行定期重新评价，这样做能将影响未来气候极值估计的不确定性降低，或者观察到气候愈加极端的趋势的证据（见附件 IV）。

其他危害随时间的变化

8.6. 对于河流流域，设计基准洪水主要取决于流域的物理特性。对于河口场址，由于地理的变化或其他原因（如建造的防风暴潮堤坝等），设计基准洪水会随时间改变。

8.7. 设计基准洪水的持续合理性应通过流域内各种与洪水有关的条件（如森林火灾、城市化、土地使用的变化、森林砍伐、进潮口的关闭、水坝或防风暴潮堤坝的建造以及淤积和冲刷的变化等）的定期调查来加以验证。这样的调查应每隔适当时间间隔进行一次，主要通过航空测量，必要时可通过地面测量进行补充。当发现特别重要的变化时（例如大范围的森林火灾），应实行专门的勘查。当流域面积过大，不可能进行足够频繁的航空测量时，可考虑使用从卫星影像或遥感得来的资料。

8.8. 应根据从洪水预报和监测系统以及任何运行的警报系统所得的资料对流域内包括河口洪水特征的变化进行定期分析。

8.9. 必要时，流域内洪水特征变化的迹象，要用于修正设计洪水值，为的是对构筑物 and 系统的防洪、预报和监测系统以及应急措施进行改进。必要时应更新预测模式。

8.10. 在某些沿海地区，在估算场址处水位高程时，应将陆地沉降（自然沉降或人为沉降，与石油、天然气和水有关的开采）与气候变化现象的组合在一起考虑。

8.11. 地震引起的地表永久抬升可能会在靠近大地震破裂带的地区造成永久的枯水情况；同样，地震造成的地表永久下沉也可能导致大地震破裂带附近地区的永久淹没。

9. 有关电厂防护的监测和预报

一般建议

9.1. 当任何气象或水文事件被证明对核装置场址构成重大危害时，为了达到下列目的，从选址阶段开始一直到核装置寿期末，对场址进行连续监测是一项基本要求（见参考文献[1]第 5.1 段）。

- 验证设计基准参数，特别是在历史数据质量非常差的情况下；
- 根据定期安全评定（见参考文献[11]），需监测场址危害的定期增加；随着全球变暖，这部分内容越来越迫切；
- 为操纵员和应急管理提供者提供报警信号而监测。

9.2. 对于气象事件和水文事件，核装置运行阶段应采取的监测和预警措施取决于场址所提供的防护能力以及在设计上对这些危害的考虑。在项目的早期阶段，应采取部分措施，因为它们对设计基准参数值的验证是有用的。

9.3. 应使用不同的标准来选择用于长期监测和预警系统的数据，因为它们的目的是不相同的。长期监测的目的是用于设计基准参数的评定或再评定，例如用于定期安全评审时的评定；预警系统的目的是对可能影响操作安全的极端事件的预报。对于预警系统，应特别注意有足够充分的时间来探测任何极端事件的能力，以确保核装置处于安全状况。对于对装置设计有重大危害的场址，应设置警报系统。

9.4. 预警系统应结合预测模式使用，因为操纵员需要一定的时间来采取行动以使电厂处于安全状态，这个时间是由外推现象的趋势得出的，而不是等到它们真正发生。

9.5. 如果营运者依靠外部组织提供的预测模式，则应对模式与这些外部组织机构的连接通道进行验证，以确保它们在危害事件期间的可用性和可靠性。

9.6. 为了确定监测系统安装及运行、相关数据处理和运行人员行动合理阈值的能力和职责，应执行一个特定的质量保证行为，这些活动应包含在各方规划的定期演习中。

9.7. 一般而言，应考虑以下监测和预警网络：

- 基本大气参数的监测系统；
- 罕见气象现象（如飓风、台风、龙卷风）的气象预警系统；
- 水位测量系统；
- 海啸预警系统；
- 洪水预报系统。

气象和水文灾害监测系统和预警系统

气象监测系统

9.8. 如果场址所在地区被气象和洪灾警报系统覆盖，则应安排及时准确地接收相关警报，否则，应考虑是否需要建立专门的监测和预警系统。监测系统的范围和观测频率应符合当地水文条件。

9.9. 可与国家气象和水文各部门达成类似协议，因为大多数部门就将发生的恶劣天气发布时间表和警报（通常为今、明两天），比如热带气旋、暴雨、龙卷风、冰雹、雷暴、强风、热浪和寒流、雪、冰、高潮位、风暴潮、山崩、雪崩、森林火灾、雾和沙尘暴，一般可就危害的严重性和强度、特定事件发生的预期时间、可能产生的影响和应采取的行动提供补充信息和建议。这类信息和建议通常可通过不同的通信手段提供。例如，使用不同的信息系统（国际气象组织的全球电信系统和因特网）和媒体（电视、广播和报纸）向注册的专业用户发送定期更新（通常每天两次）的具体信息。

9.10. 定期的天气雷达图像和卫星图像可以提供有危害的大气扰动的位置和移动的有用信息。应收集这类信息，以便对潜在危害逼近情况提供预警，并在可能的情况下提供降水和风的预警。

海啸预警系统

9.11. 当海啸灾害对某个场址构成重大危害时，核装置的营运者应与海啸警报和监测中心建立联系。如果在国家或区域内海啸预警系统已经存在，核装置的营运者应与国家协调中心（见附件 III）或警报中心建立联系，接收国家或区域警报或监测中心发布的信息。营运者应建立标准操作程序，用于预报海啸到达场址的时间和高度，并可在当地或国家海啸警报取消后使用。

9.12. 在没有地方、国家或区域海啸警报系统的区域，营运者应接收国家、区域或全球地震监测中心的信息，以了解大地震的发生情况。

9.13. 如果沿海地区已经建立了潮位监测站，核装置营运者应与负责监测的机构建立联系，以便直接从该地区所有监测站实时接收数据。

9.14. 在没有潮位监测站的沿海地区，应建立实时潮位监测网，以便收集并实时传输监测数据。对于在潮差较大区域的场址，或受到海啸或风暴潮影响的场址，应建立潮汐观测站定期进行观测。

9.15. 应在场址附近海域设立潮位监测站。如果核装置位于河流上，则应在河口建立另一个监测站。

9.16. 每个国家都应根据海啸数据库和数值模拟的结果，来评定核装置海岸的警戒级别。如果尚未在核装置区域进行此类研究，则应评定该场址的海啸灾害。

9.17. 有几座火山已由专门的监测站正在进行监测，其中一些监测站已对由火山产生的海啸进行了专门的研究和监测。如果场址离火山较近，应当与监测站建立联系，以获得监测和预警系统提供的相关信息。

大坝和水库监测和预警系统

9.18. 应对挡水构筑物（包括进水口）的水文和结构特性进行监测：水位、水的流速、沉降速率、构筑物下的渗漏率、应力和形变以及位移等。许多这些参数资料应能从构筑物的操作人员那里得到。应建立构筑物操作人员和电厂操纵员之间的预警系统。

9.19. 当安全相关的系统与预警系统的运行相连接时，应对连接运行方面进行分析，确保安全相关系统的固有安全水平不会因为预警系统的不可靠性而降低。

湖泊和河流监测和预警系统

9.20. 应考虑为湖泊和河流建立以下监测网：

- 洪水预报模式及监测系统；
- 水工构筑物监测和警报系统，包括与核装置安全相关的取水构筑物。

9.21. 如果本区域已有洪水预报模式和监测系统，应将它与核装置相连接。如果不存在这种系统，则应结合适当的水文预报模式，建立一个收集和传输给电厂相关参数资料的系统，并建立适用的水文预报模式。应利用卫星数据、卫星和气象雷达图片。应对流域的状况进行常规监测，以掌握土地使用

的变化、森林火灾和大面积的城市化，因为这些参数的变化会显著地影响流域的洪水特征。

10. 核电厂以外的核装置

10.1. 考虑采用分级的方法，如上文第 1.12 段所述，第 10 部分提供了除核电厂（其定义见参考文献[7]第 4 部分）以外的其他核装置的气象和水文灾害评定指导。

10.2. 如果采用分级方法对气象和水文进行危害评定，则核装置也应依据其复杂性、潜在的辐射危害和所使用的其他材料所产生的危害程度等进行分级。气象和水文灾害评定的分级应与相应核装置分级保持一致。

10.3. 在对核装置进行分级之前，应假定在气象或水文灾害引发的事故中释放了该装置的全部放射性库存，并在此基础上采用保守的程序进行评审。如果这种释放的结果不会对工作人员、公众或环境造成不可接受的后果（即由于该放射性库存的释放对工作人员或公众造成的剂量低于监管机构规定的可接受限值），而且监管机构没有对这种装置提出其他具体要求，则该装置可不进行气象和水文的危害评定。在这种情况下，可使用适用于商业或工业设施的国家图集和规范。

10.4. 如果保守评审的结果表明潜在排放的后果是“严重的”，则应按照第 10.5—10.10 段所述的步骤对装置的气象和水文进行危害评定。

10.5. 气象或水文事件产生辐射影响的可能性取决于核装置的特点（如用途、设计、建造、运行和布置）和事件本身。这些特征包括以下因素：

- 场址放射性库存的数量、类型和状态（如固体、液体、加工过的或仅贮存的）；
- 在核装置使用中与物理过程（如临界）和化学过程相关的内在危害；
- 核装置产生的热量（如适用）；
- 执行不同功能的部件；

- 装置中辐射源的浓度（例如，对于研究堆，大多数放射性库存位于反应堆堆芯和燃料贮存池中。而在燃料加工和贮存厂中，放射性库存可分布在整个厂中）；
- 为实验所设计的装置部件和布置的可变特性（这些都具有内在的不可预见性）；
- 需要能动安全系统和（或）运行人员行动，以应对假想事故的管理；（讨论）；
- 预防和减轻事故后果的工程安全特性（如安全壳和密封系统）；
- 在发生事故时可能出现陡边效应⁴³的工艺或工程特征；
- 与放射性物质向大气层和水圈扩散的后果有关的场址特征（如面积、区域人口）；
- 场址处和场址邻近污染的可能性。

10.6. 根据监管机构标准，应考虑上述因素的部分或全部因素。例如，燃料损坏、放射性释放，或剂量接受条件，或利益考量。

10.7. 分级过程应基于以下信息：

- (a) 现有的核装置安全分析报告应是主要的信息来源；
- (b) 已进行的概率安全评定（如有）；
- (c) 第 10.5 段中规定的特征。

10.8. 对于现有的核装置，分级可能已在设计阶段或稍后阶段执行，如果是这样，则应评审和核实这一分级所依据的假设和由此产生的分类。结果可能从无辐射后果（与常规装置有关）到高辐射后果（也就是与核电厂有关的后果）。

10.9. 可根据国家实践来确定三个或更多类别的核装置：

- (a) 辐射危害最小的装置类似于常规设施（基本设施，如医院；或危险设施，如石油化工厂），诸如此类在国家建筑标准或专门用于危险工业设施的标准中所界定的装置；

⁴³ 核装置中的陡边效应是指：系统参数的小偏差导致系统状态从一个状态突然转变到另一个状态的严重异常系统行为，即系统状况突然大幅变化以响应一个小的系统状态输入变化。

- (b) 其最高等级是与核电厂辐射危害程度接近的危险装置；
- (c) 通常有一个或多个中间类别的危险装置被规定为介于常规设施（基本设施或危险设施）和核电厂之间。

10.10. 对气象和水文灾害评定应遵循以下标准⁴⁴：

- (a) 对于危害最小的装置，对气象和水文灾害评定可取自国家建筑规范和图集；
- (b) 对于危害程度最高的装置，应采用本“安全导则”前几部分所述的气象和水文灾害评定方法，还应遵循适用于核电厂的建议；
- (c) 对于归类为中度危害类别的装置，可适用下列情况：
 - 如果在气象和水文灾害评定中使用与本“安全导则”所述方法类似的方法进行，则在设计阶段可根据装置的安全要求采用相对低保守的设计输入来设计这些装置，例如通过降低所考虑危害的重现期；
 - 如果发现本“安全导则”中建议的数据集和方法对于所讨论的核装置过于复杂且耗费大量时间和精力，则可使用基于更有限数据集的简化的气象和水文灾害评定方法。在这种情况下，最终用于设计这些装置的输入参数应与减少的数据集和方法的简化情况相匹配，同时考虑到这两个因素可能会增加不确定性。

11. 危害评定管理系统

项目组织的具体方面

11.1. 本部分就以下方面提供建议和指导：(a) 准备；(b) 执行；(c) 关于气象和水文灾害评定结果的报告。

11.2. 应在开展气象和水文灾害评定之前编写项目计划。项目计划应包含项目的总体要求，包括适用的监管要求。在进行气象和水文灾害评定研究之前，监管机构应对本文件（项目计划）进行评审。除这些总体要求外，气象

⁴⁴ 对于不同类型的核装置所在的场址，应采用不同的分级办法。

和水文灾害评定的项目计划还应包括下列具体内容：人员及其职责；项目任务的详细说明、时间表、里程碑、计划提交的报告。

11.3. 应建立并实施一个管理系计划，以涵盖本“安全导则”范围内的所有数据收集和处理、场址和实验室调查、分析和评定活动。实地取样的地点应采用标准化的坐标系。关于管理系统的进一步建议和指导，见参考文献[12、13]。

11.4. 对气象和水文灾害评定结果应包括项目计划中所列的所有输出。附录 I 列出了所有申请中需要报告的典型结果以及研究赞助者可能要求的其他结果。应在工作计划中对气象和水文灾害评定需提交的报告进行充分详细地说明。

11.5. 为了使危害评定对用户、同行评审者、许可证持有者和监管机构具有可追溯性和透明度，气象和水文灾害评定文件应提供以下内容：对气象和水文灾害评定程序所有要素的说明；确定研究参与者及其职责；以及包括所述分析的背景材料，包括原始和处理过的数据、计算机软件和输入输出文件、参考文件、中间计算结果和敏感性研究。

11.6. 研究赞助者应以可查阅、可用和可监查的形式保存这些材料。在适当情况下，应引用在其他地方容易获得的文件或参考文献。文件中应涉及气象和水文灾害评定的所有内容。

11.7. 文件应确认用于评定气象和水文灾害的所有信息来源，包括在其他地方可能难以获得的重要引文的信息。分析中使用的未发布的数据应以适当、可访问和可用的形式包含在文件中。

11.8. 文件应确认用于评定气象和水文灾害所使用的计算机软件，这应包括用于处理数据的程序和用于进行气象和水文灾害评定计算的程序，以及相关的输入和输出文件。

11.9. 如果可以获取同一地区气象和水文灾害评定的早期研究成果，则应进行比较，以论证使用不同方法或不同数据对结论的影响。比较的过程和结果应以适合评审的方式记录下来。

11.10. 在实地、实验室和办公室进行了各种调查后，决策的过程需要借助专家的判断。应制定项目特有的技术程序，以便任务的执行和核查，并应对技术程序进行同行评审。

11.11. 作为装置总体管理系统的计划的一部分，应建立并实施一个项目质量管理计划，以涵盖本“安全导则”范围内的所有数据收集和处理、场址和实验室调查以及分析和评定活动。

11.12. 应由研究赞助者确定实施正式管理系统的计划的要求。赞助者将确定应达到的质量管理标准。参考文献[12、13]对管理系统提出了适用的要求和建议。应对文件控制、分析控制、软件、验证和确认、采购和监查以及不符合项和纠正措施做出特别规定。

11.13. 具体而言，项目计划应包括新数据的收集，这些数据对于评定气象、水文灾害和（或）回答专家的问题可能都很重要，包括平衡项目潜在冲突所需求的基础数据。

工程用途和成果标准

11.14. 评定气象和水文灾害的项目计划应明确研究结果的预期工程用途和目标。除已确定的一般要求外，还应包括气象和水文灾害评定的成果标准，以及为实现预期工程用途和目标所需的所有结果。气象和水文灾害评定成果标准应尽可能全面；当然，可以根据需要更新成果标准，提供额外的成果，增加或缩小成果的范围。

独立同行评审

11.15. 由于气象和水文灾害评定的研究工作十分复杂，应进行独立的同行评审。同行评审员不应参与本次气象和水文灾害评定的研究，也不应与研究结果有利益关系。同行评审的级别和类型可能因气象和水文灾害评定的应用而异。同行评审应涉及气象和水文灾害评定的所有部分，包括评定过程、所有技术要素和文件。同行评审小组应具备必要的多学科专门知识，以应对研究的所有技术和过程。

11.16. 同行评审的目的是确保采用了适当的程序对气象和水文进行危害评定，分析并评定了认识上的不确定性，文件是完整和可追溯的。

11.17. 同行评审可采用两种方法:(1) 参与式;(2) 后期及跟随式。在研究过程中进行参与式同行评审，使评审员在危害评定过程中解决出现的技术问题。在评定研究接近尾声时，将进行后期及跟随式同行评审。进行参与式同行评审将减少研究成果不被接受的可能性。

参 考 文 献

- [1] 国际原子能机构《核装置厂址评估》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-R-3 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。
- [2] 国际原子能机构《核电厂厂址评价中的外部人为事件》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [3] 国际原子能机构《核电厂放射性物质在空气和水中的扩散与厂址评价中人口分布的考虑》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.2 号，国际原子能机构，维也纳（2002 年）。
- [4] 国际原子能机构《核装置厂址评价中的地震危害》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-9 号，国际原子能机构，维也纳（2010 年）。
- [5] 国际原子能机构《核电厂厂址评价和地基的岩土工程问题》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-3.6 号，国际原子能机构，维也纳（2004 年）。
- [6] 欧洲原子能联营、联合国粮食及农业组织、国际原子能机构、国际劳工组织、国际海事组织、经济合作与发展组织核能机构、泛美卫生组织、联合国环境规划署、世界卫生组织，《基本安全原则》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SF-1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [7] 国际原子能机构《国际原子能机构核安全和辐射防护安全术语》（2007 年版），国际原子能机构，维也纳（2007 年）。
- [8] 国际原子能机构《核装置厂址评价中火山危害》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 SSG-21 号，国际原子能机构，维也纳（2012 年）。
- [9] 国际原子能机构《核电厂安全：设计》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-R-1 号，国际原子能机构，维也纳（2000 年）。
- [10] 国际原子能机构《核电厂设计中的非地震外部事件》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-1.5 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。

- [11] 国际原子能机构《核电厂定期安全评审》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 NS-G-2.10 号，国际原子能机构，维也纳（2003 年）。
- [12] 国际原子能机构《设施和管理活动的系统》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-R-3 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。
- [13] 国际原子能机构《设施和管理活动的适用》，国际原子能机构《安全标准丛书》第 GS-G-3.1 号，国际原子能机构，维也纳（2006 年）。

附件 I

确定气象变量设计基准参数的标准实例

I-1. 根据会员国(美国)的实践举例说明确定某一气象变量设计基准参数的标准。这些气象设计基准参数对应于设计规范中用于结构、系统和部件设计中的单一荷载工况、荷载组合工况和不同的荷载系数。在这类危害评定所给定的、一致性和综合框架内,可根据其他国家的实践对参数和标准进行选择性的采用。

I-2. 在表 I-1 中,龙卷风最大风速的重现期与美国的实践一致。对于在其他国家的应用,需要对照相应和具体的监管要求、具体的安全目标仔细评审这一标准,并与外部危害的其他定义保持平衡。

表 I-1. 特定国家实践中的气象变量设计基准参数的标准实例

场址参数	标准	定义
气温		
最大干球温度 及相应湿球温 度	每年不保证 1%(2%) ^a	每年不保证 1%(2%) 的干球温度和平均的对应湿球温度 ^b 。这些参数在冷却应用中使用,比如空调。
	100 年一遇重现期	年超越概率为 1% 的最大干球温度(平均再现间隔期 100 年)和对应的湿球温度。这些参数用于设备的运行设计,以确保可连续运行和可维护性。
最大湿球温度 (非对应)	每年不保证 1%(2%)	每年不保证 1%(2%) 的湿球温度。这些参数应用于冷却塔设计、蒸发冷却器、新风系统设计。
	100 年一遇重现期	年超越概率为 1% 的最大湿球温度(平均再现间隔期 100 年)。这些参数应用于冷却塔设计、蒸发冷却器、新风系统设计。
最低干球 温度	每年不保证 1%(2%)	每年不保证 1%(2%) 的干球温度。这些参数应用于计算加热设备的尺寸。

场址参数	标准	定义
	100 年一遇重现期	年超越概率为 1% 的最大干球温度（平均再现间隔期 100 年）。这些参数用于设备的运行设计，以确保可连续运行和可维护性。
最终热阱 ^c		
气象条件在 1 天（5 天）内导致的最小水冷却工况	历史最差条件	历史实测最高的 1 天（5 天）日平均湿球温度和对应的干球温度。这些参数用于确定安全相关设备的设计基准温度。
导致连续 30 天内最大蒸发和漂移损失的气象条件	历史最差条件	历史实测最高的 30 天日平均湿球温度和对应的干球温度。这些参数用于确保 30 天的冷却供应可用性。
风速 ^d		
3S 阵风风速	100 年一遇重现期	离地 10 米高处的 3 秒阵风风速，其年超越概率为 1%（平均再现间隔为 100 年）。此参数用于确定风荷载。
降水（液态当量）		
当地强降水	可能最大降水	特定持续时间和集水面积上的可能最大降水量。该参数用于排水系统和洪水评价。
	100 年一遇重现期	特定持续时间和集水面积上年超越概率为 1%（平均再现间隔为 100 年）的降水量。该参数用于排水系统和洪水评价。
雪压		
地面积雪重量	100 年一遇重现期	年超越概率为 1%（平均再现间隔为 100 年）的地面积雪重量。该参数用于确定屋顶的设计雪荷载。 ^e
冻雨（暴风雪）		
冰厚和同时的风速	100 年一遇重现期	由冻雨和同时发生的 3S 阵风导致的 100 年一遇冰厚。这些参数用于冰荷载敏感的结构设计，如格子结构、拉索塔、架空线等。

场址参数	标准	定义
闪电		
闪电频率	闪电每年发生次数	场址区域每年发生的闪电次数。该参数用于防雷系统设计。
龙卷风		
最大风速	10 ⁷ 年一遇重现期	龙卷风通过时的最大风速,年超越概率为0.01%(平均复发间隔10000年)(原文有误)。此参数用于指定龙卷风通过时的风荷载
气压降	10 ⁷ 年一遇重现期	龙卷风通过时导致的环境大气压力降低。该参数用于评价气密结构承受由龙卷风通过引起的大气压下降的能力。
压降速率	10 ⁷ 年一遇重现期	龙卷风通过时产生的压降速率。该参数用于评价通风结构承受由龙卷风通过引起的大气压下降的能力。
大型飞射物	10 ⁷ 年一遇重现期	具有高动能、冲撞时会变形的大型飞射物(例如汽车)的质量和速度。该参数测试龙卷风屏障对严重失效的防护力。
刚性飞射物	10 ⁷ 年一遇重现期	大型刚性飞射物(例如15厘米直径的钢管)的质量和速度。该参数测试龙卷风屏障对飞射物穿透的抵抗力。
小型飞射物	10 ⁷ 年一遇重现期	小型刚性飞射物(例如2.5厘米直径的实心钢球)的质量和速度。此参数测试龙卷风屏障中的开孔设计。

- ^a 空气温度年不保证率通常在反应堆供应商提供的技术规范中规定。
- ^b 为电厂设计的目的,估计空气温度保持高于或低于给定值(即持久性)的持续时间也可能是必要的。
- ^c 此处列出的最终热阱的场址参数适用于湿式冷却塔。参数的不同组合可适用于其他类型的最终热阱,例如冷却湖和喷雾池。
- ^d 对于那些易受热带气旋影响的场址,应在场址参数中考虑这些气象现象。
- ^e 应使用适当的暴露因子和热因子将地面积雪重量转换为屋顶荷载,以确定最终适用的屋顶荷载。

附件 II

海啸灾害评定：一些国家的现行实践

日本

II-1. 本附件概述:(1) 方法,即日本土木工程师协会 2002 年 2 月公布的日本核电厂海啸评定方法[II-1];(2) 日本气象厅海啸监测预警系统。参考文献 [II-2—II-10]是使用这种方法的其他重要参考文献。

日本核电厂海啸评定方法

总体策略

II-2. 日本核电厂海啸评定方法的总体策略见以下段落。

海啸源的设计

II-3. 在每一地区可能发生的各种海啸中,造成目标场址最大水位升降的海啸必须被选为“设计海啸”。设计水位定义为设计海啸高度与适当潮汐条件之和。

海啸假想方案不确定性的考虑

II-4. 为考虑到海啸源模式的不确定性,必须在合理范围内,进行各种断层条件下的大量数模计算。这被称为“参数研究”。参数研究的每一个结果都被称为一个“假想方案海啸”。为了对目标场址进行建模,必须选择对目标场址造成最大损害的海啸假想方案。

设计海啸的验证方法

II-5. 设计海啸需要使用以下标准进行验证:

- 设计海啸高度应超过目标场址所有记录和推算的历史海啸高度;
- 在目标场址附近,假想方案海啸高度的范围应超过所有记录和推算的历史海啸高度。

基于历史海啸的评定程序验证方法

II-6. 在执行上述步骤之前，必须通过确认历史海啸记录的可重现性来验证数值模式。

海啸评定流程

II-7. 评定是根据总体策略进行的。评定程序如下：第一部分为“基于历史海啸的断层模式和数值模式的验证”，第二部分为根据基准海啸的“参数研究”来估计设计最高和最低水位，如图 II-1 所示。该程序的每一步说明如下。

历史海啸研究

II-8. 第一步是对影响目标场址的主要历史海啸进行文献调查，然后需要核实记录的海啸高度的准确性。在此基础上，可建立历史海啸数值模拟的断层模式。在建立了历史海啸的断层模式后，就可进行数值计算。然后对数值计算的可靠性进行检验，如果结果满足条件，则可以开始第二部分；如果结果不满足条件，则应改进断层模式或计算条件，并再次进行数值计算。

海啸源与标准断层模式的选择

II-9. 该第二部分的第一步是选择海啸源。一般说来，当地海啸的影响大于远地海啸。然而，后者也不可忽视，因为其影响取决于地理条件和与海啸源方向的关系。在日本，主要震源区位于板块边界（千岛海沟、日本海沟和南海海槽）、日本海东缘（东海）¹，以及日本列岛附近的活动海底断层为当地海啸，南美西海岸为远地海啸。

II-10. 然后必须确定假想地震的标准断层模式。这些标准断层模式将为场址海啸参数评定提供基础（见图 II-2），必须根据每个海区的特点确定适当的模式。因此，需要仔细确定标准断层模式的参数，以再现历史海啸爬升高度。

¹ 联合国秘书处的实践是，在没有国际一致标准的情况下，使用最广泛和普遍认可的名称。这种实践不妨碍联合国任何会员国对某一称谓的立场，也不意味着联合国秘书处表示任何意见。秘书处根据惯例使用称谓不妨碍有关各方之间的任何谈判或协议，不应被解释为主张或赞同任何一方的立场，任何一方均不得援引该称谓来支持该事项中的某一特定立场。

假想地震

II-11. 在建立假想地震的模式时，建立标准断层模式，以再现每个地区记录的历史海啸高度。在这一过程中，应考虑历史地震和（或）海啸的发生机制以及板块边界面的形状、板块的相对运动和活动断裂的分布等地震构造因素。

参数研究

II-12. 图 II-2 表示了海啸源参数研究的概念。图的上半部分显示了假想地震的断层模式。虚线中的每个矩形表示断层模式。在图的下半部分，每条线代表一个海啸假想方案，它是根据每一个断层模式计算出来的。

设计海啸的选择

II-13. 选择最高和（或）最低基准海啸作为设计海啸。在设计应用中，设计海啸必须是场址处所有历史上和可能发生的海啸中最高的，以确保沿海核电厂的安全（图 II-2）。必须指出的是，有时造成最高水位的海啸源与造成最低水位的海啸源是不同的。

验证

II-14. 为验证设计海啸，需要确认第 II-20 段提出的两个条件。图 II-2 的下半部分展示了验证的概念。

与其他水位变化的组合

II-15. 在设计海啸验证之后，需要酌情考虑与潮汐等其他水位变化的组合。如果采用平均潮位进行数值计算，则高潮和（或）低潮的平均值必须分别与海啸的高水位和（或）低水位相组合。

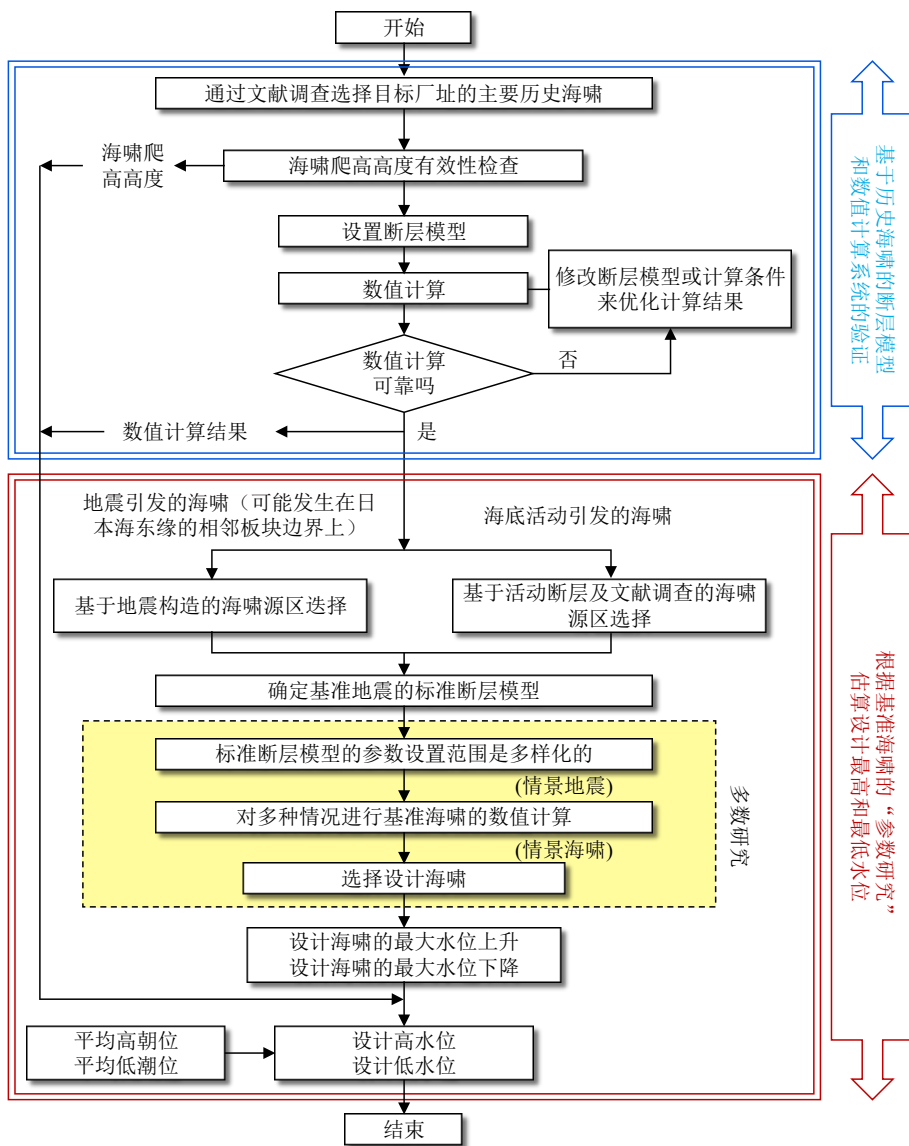


图 II-1. 设计海啸评定流程图。

对其他海啸相关现象的评定

II-16. 当海啸的主要周期与港口和（或）取水口通道的自由振荡周期相等时，水位的升降可能被放大。数值模拟中的共振效应有待进一步研究。

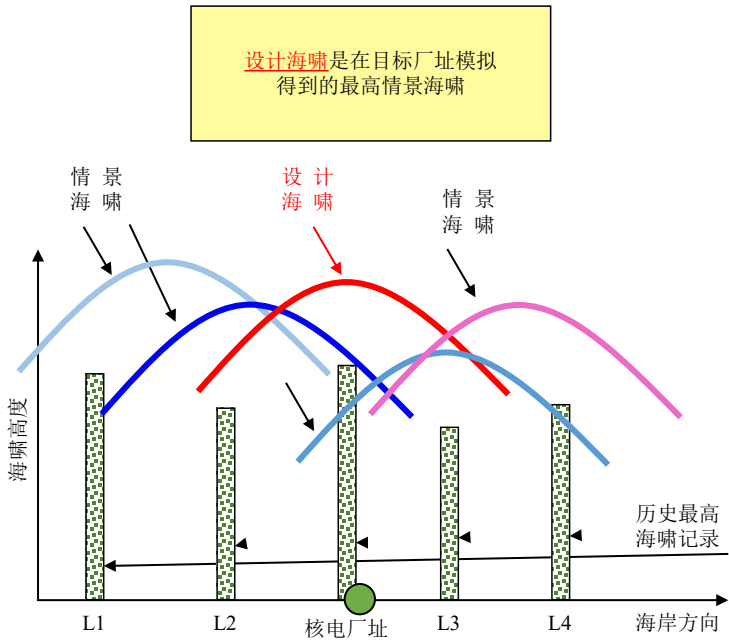
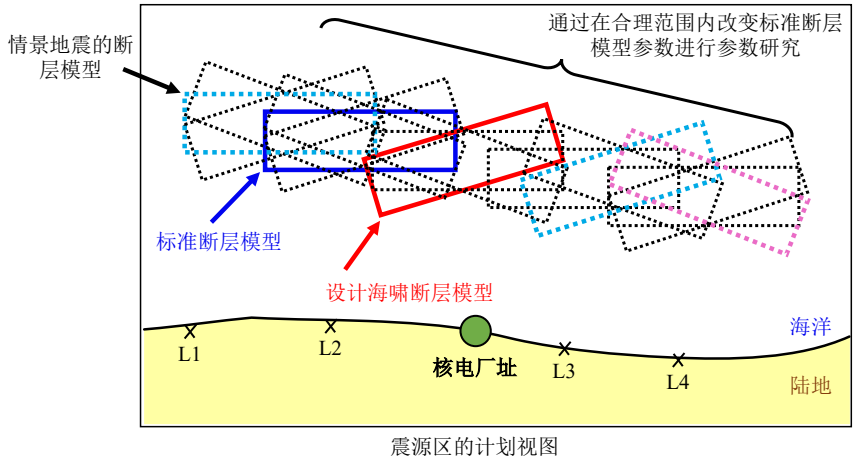


图 II-2. 设置源断层和参数研究的概念。

II-17. 其他相关现象，如沙质沉积物的移动、邻近河流的淹没以及断层移动引起的地面抬升和（或）沉降，根据具体场址条件进行评定。

不确定因素的考虑

II-18. 海啸评定过程中存在不确定性和误差，如海啸源模式的不确定性、数值计算的误差、海底地形和海岸地貌数据的误差等。必须考虑到这些不确定性和误差，以便不低估设计海啸的水位。

II-19. 定量地估计每一个参数是相当困难的。因此，日本土木工程师协会的海啸评定采用以下程序：

- (a) 在标准断层模式的基础上设定合理范围内各种条件的假想地震；
- (b) 考虑到假想地震海啸源参数的不确定性，进行大量的数值计算；
- (c) 出于设计的目的，在目标场址引起最大水位上升和最大水位下降的海啸是从假想方案海啸中选择的。

II-20. 通过参数研究评定的设计海啸高度必须足以超过所有历史海啸高度。为确认其充分性，须确保满足以下两个条件：

- (a) 在目标场址，设计海啸高度必须超过历史海啸分析的所有海啸高度；
- (b) 在目标场址附近，假想方案海啸高度的包络线必须超过所有记录的历史海啸。

根据日本土木工程师学会的方法在核电厂场址上的应用结果，证实了该方法给出的设计海啸高度是有记录的历史海啸平均高度的两倍。

海啸监测和预警系统

II-21. 日本气象厅负责海啸发生时的监测和预警系统。它在工业设施中的实际应用主要是通过陆基地震台网数据和海啸预测计算数据库来实现的。近年来，在近海地区的地震仪和海啸仪的部署取得了一定的进展，在及早发现当地海啸和发布可靠的海啸警报方面的努力也取得了进展。

II-22. 近海海啸仪有两种类型：一种是观测浮标型（一种全球定位系统与卫星相连的海啸仪），另一种是海底电缆型。后者与陆基地震台网数据相结合，提高了预警系统的利用率。在日本太平洋沿岸板块边界的七个震源区部署了电缆型地震仪和海啸仪，特别是日本气象厅布置在大板块边界的震源区东海/东南海的电缆型系统，全长 210 千米，于 2008 年 10 月加入预警系统，可望用于海啸预警。

美利坚合众国

II-23. 核管制委员会（核管会）根据其海啸灾害和风险评定条款评审和评定海啸相关现象和海啸类现象。为了进行海啸灾害和风险评定，核管会使用适用于各种源类型和各种技术方法的分级框架。目前，核管会的海啸指导方针包括对可能最大海啸评定的确定性方法。本文介绍了核管会工作人员目前在评审许可证申请时采用的方法。

II-24. 核管会正在向风险知情和全机构指导的方向发展。概率方法作为申请者评定的基础。美国最新的实践采用概率方法来对太平洋海岸的海啸进行危害评定。海啸灾害评定的概率方法是核管会内一个积极研究的领域，在太平洋海岸是可行的。目前，由于缺乏可能影响美国大西洋海岸和墨西哥湾海岸的海啸源活动率的信息，因此无法使用概率方法。

条例和监管导则

II-25. 联邦法规（CFR）规定的核管会海啸灾害评定条例包括以下内容：

- (1) 10 CFR 100[II-4]，它涉及确定和评定场址的水文特征。10 CFR 100.20(c)中规定了在场址评价中考虑场址物理特征的要求，适用于新建申请；
- (2) 10 CFR 100.23(d)规定了电厂设计基准地震诱发的洪水和洪水波的选址标准；
- (3) 10 CFR 50，附录 A，一般设计标准（GDC）2[II-5]，适用于建造许可证和运行许可证的申请，它考虑了历史上场址和周围地区最严重的自然现象，并针对有限的准确性、数量和历史数据累积时间段留有足够的裕量；
- (4) 10 CFR 52.17(a)(1)(VI)（早期场址许可证申请）和 10 CFR 52.79[II-6]（联合经营许可证申请），它们涉及确定场址水文特征。这包括适当考虑历史上该场址及其周围地区最严重的自然现象，并针对有限的准确性、数量和历史数据累积时间段留有足够的裕量。

II-26. 监管导则 1.59[II-7]简要讨论了海啸引起的洪水问题。本监管导则将更新。然而，本导则的更新将不包括海啸引起的洪水。核管会工作人员将编写一份新的监管导则，重点是海啸的危害评定和风险。

II-27. 核管会标准评监查划 NUREG 0800[II-8]2.4.6 介绍了核管会工作人员目前使用的海啸灾害评审程序和验收标准。

II-28. 美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 负责为美国联邦政府制定海啸模式的精度标准, 并进行研究以支持国家海啸减灾计划。2007 年, 美国国家海洋和大气层管理局向核管会提供了一份关于美国海啸灾害评定的报告 [II-9], 该报告与 NURE/CR-6966 一起构成了核管会目前评审方法的基础。

II-29. 2006 年, 核管会启动了一项长期海啸研究计划。该计划包括与美国地质调查局 (USGS) 和美国国家海洋和大气层管理局 (NOAA) 的合作, 旨在支持与美国新建核电厂许可证发放有关的活动, 并支持制定新的监管导则。如以下各部分所述, 还提供了其他支持文档。

分级分析方法的应用

II-30. NUREG/CR-6966[II-10]中介绍了核管会工作人员可接受的危害评定分级办法。正如本文所指出的, 危害评定的分级方法包括一系列步骤, 分析逐步完善, 评定某一特定现象造成的危害。就海啸灾害评定而言, 这一方法分为三个步骤, 回答了以下问题:

- (1) 场址区域是否受到海啸影响?
- (2) 场址是否受到海啸的影响?
- (3) 海啸对电厂的安全有什么威胁?

II-31. 第一步本质上是区域筛选, 根据某个场址是否靠近产生海啸或类似海啸影响的水体而被筛选出来。如果场址所在区域不受海啸影响, 则不需要进一步分析海啸灾害。这一结果需要有该区域特有的证据来支持。如果无法得出结论, 则需要采取第二步。

II-32. 第二步可视为场址筛选。该步骤是确定电厂的安全重要系统是否受到海啸灾害的威胁。进行场址特定危害评定的方法, 包括了场址处海啸爬升高度的计算, 这将在本附件后面介绍。可以确定的是, 即使场址的一般区域受到海啸威胁, 但所有与安全有关的电厂系统都位于计算的最大波浪爬高之上。

II-33. 第三步是评定当安全重要结构、系统和部件的高度在海啸爬升高度以下时装置可能面临的风险。这一步需要最精细和最复杂的分析。

核管会工作人员评审范围

II-34. 核管会工作人员评审以下概述的技术范围。这些评审范围在核管会标准评查划 (NUREG 0-800)[II-8]的当前版本中有更详细的描述, 可从核管会的在线“阅览室”下载。

- (1) 历史海啸数据。工作人员评审历史海啸数据, 包括古海啸数据。历史数据可能有助于确定发生频率和其他有用的指标, 如观测到的最大爬高。美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 国家地球物理数据中心收集海啸来源和影响的信息并将其归档, 以便为美国政府提供海啸和海啸相关工程的建模支持, 并将其用作关键的数据来源。还需要调查电厂受越洋海啸威胁的相关的国际信息来源;
- (2) 可能最大海啸。目前, 正如监管导则 1.59[II-7]所述, 核管会工作人员根据可能最大海啸的确定性评定, 评审申请材料的充分性。工作人员评审可能最大海啸, 包括查明海啸源机制、海啸源机制的特点以及模拟波浪向场址传播的情况。关于海啸源的讨论将在本附件后面提供;
- (3) 海啸传播模式。工作人员评审危害分析中使用的数学模式。本附件后面将更详细地讨论海啸建模的要素;
- (4) 波浪爬高、淹没和下降。工作人员评审可能最大海啸造成的爬高。在海啸波到达之前, 需要假定所考虑水体的适当初始水面高度 (与 ANSI/ANS-2.8-1992[II-11]中建议的风暴潮和假潮的建议类似)。例如, 要估计一个滨海场址的最高海啸爬高, 需要使用累积频率 10% 的高潮位作为该场址附近的初始水面高度; 为了估计海啸波消退造成的最低水位, 必须使用累积频率 90% 的低潮位。评定所显示的任何淹没情况, 均须在电厂淹没的设计基准上加以考虑, 并可能需要为一些与安全相关的结构、系统和部件提供防洪保护。工作人员还评审海啸引起的水位下降, 及如何影响与安全有关的取水口 (如果它在电厂中使用并受到海啸的威胁)。工作人员还评审水位下降的持续时间, 以评价与安全相关的取水口受影响的时间。监管导则 1.27[II-12]建议的标准适用于为最终热阱提供冷却水源的评定。必须证明, 海啸导致的淹没和水位下降的程度和持续时间是充分确定的, 可用于电厂设计基准;
- (5) 流体静力和流体动力。工作人员评审海啸波对与安全相关的结构、系统和部件造成的静水压力和水动力。因为海啸是以一系列波浪的形式发生的, 所以必须考虑几个来波和退波周期。局部几何形状和水深条

件可以显著地影响安全相关结构、系统和部件位置附近的海啸波高度、速度和动量通量。监管导则 1.27[II-12]建议的标准适用于为最终热阱提供冷却水源的评定。必须证明，海啸波引起的水静力和水动力已充分确定，可用于电厂设计基准；

- (6) 碎片和火山弹。工作人员评审碎片和火山弹随海啸流一起输移的可能性及其对安全有关的结构、系统和部件造成损害的能力。监管导则 1.27[II-12]建议的标准适用于为最终热阱提供冷却水源的评定。必须证明，碎片和水上射弹对安全相关结构、系统和部件造成损害的任何可能性都已充分确定，可用于电厂设计基准；
- (7) 泥沙冲淤效应。工作人员评审海啸期间泥沙的沉积情况，以及海啸期间高速洪水水流或波浪作用造成的侵蚀情况及其对安全相关的结构、系统和部件基础的影响，以确保这些成果用于电厂设计基准是充分确定的。泥沙的任何潜在侵蚀和沉积都不会影响与安全相关的结构、系统和部件的功能。监管导则 1.27[II-12]建议的标准适用于为最终热阱提供冷却水源的评定。
- (8) 其他与场址相关评定标准的考虑。CFR 10.100[II-4]描述了电厂申请的与场址相关的相邻、地震和非地震评定标准。CFR 100[II-4]A-10 分部分涉及 1997 年 1 月 10 日之前的申请要求，B 分部分涉及 1997 年 1 月 10 日当天或之后的申请。工作人员的评审将包括对相关信息的评定，以确定在假设最坏的海啸情况时是否适当使用了这些标准。

海啸源特征

II-35. 美国海岸线上的海啸灾害主要来自两种诱发源：滑坡和地震。这两种震源同时存在于当地和远地中。需要对海啸源进行区域评定，以确定在推荐场址处产生可能最大海啸的所有震源。评定考虑的震源机制必须包括地震、海底或接近地面的水下山体滑坡以及火山。用于评定可能最大海啸的源必须是保守的。

II-36. 需要通过海底地形图确定最大体积或历史滑坡的地质年代来表征滑坡的特征。须进行斜坡稳定性分析，以评定候选滑坡可能产生海啸的效率。在评定可能最大海啸时考虑的火山活动引起的海啸源类型必须包括火山碎屑流、海底火山口塌陷、爆发和碎片崩塌或火山侧翼崩塌。

II-37. 为了支持新反应堆有关的许可证发放，核管会启动了一个长期海啸研究计划。作为该计划的一部分，美国地质勘探局提供了一份报告，概述了大西洋和墨西哥湾的海啸源机制[II-13]。核管会工作人员将本报告中详述的资料来源用作海啸评定的基础，以评定位于这些水体附近的推荐场址。这方面的研究仍在继续，今后可能会提供更多的参考文献和资料来源说明。

海啸建模方法

II-38. 作为许可证发放程序的一部分，工作人员评审海啸灾害分析中使用的数值模式。必须使用海啸传播模式，例如国家海洋和大气管理局使用的模式，这些模式发表在同行评审的文献中，并经过广泛的测试加以验证。

II-39. 工作人员评审可能最大海啸从震源向推荐场址传播的情况。如适用，必须用浅水波近似法来模拟可能最大海啸波在深水水中的传播。在浅水波近似法不适用的情况下，必须采用非线性波动力学方法模拟可能最大海啸在浅水中的传播。

II-40. 工作人员评审模式参数和用于模拟可能最大海啸向场址传播的输入数据。必须描述模式参数并选择保守值。必须描述用于模式输入的所有其他数据，并且需要关注它们各自的来源。通常，来自水深测量和由美国国家海洋和大气管理局国家地球物理数据中心[II-14]、美国地质勘探局和美国陆军工程兵部队归档和维护的地形图足以用于美国境内的场址。但是，某些场址可能需要其他数据。

II-41. 美国国家海洋和大气管理局负责为美国联邦政府制定海啸模式的精确度标准，并开展研究以支持国家海啸减灾计划。具体而言，海洋大气管理局在美国国际开发署的资助下开发了一个接口工具，即海啸模式社会接口（COMMIT）[II-15]，使个人和机构能够使用震源模式、工具和海洋大气管理局的数据。该工具由经过适当培训的分析人员结合高质量的当地水深测量信息使用，可用于在美国国内外的许多地点进行海啸灾害分析。任何使用该工具的分析师都必须首先进行美国国家海洋和大气管理局网站上提供的基准测试。

II-42. 核管会打算酌情使用海啸模式社会接口工具，并将继续与国家海洋和大气管理局合作，加强其实践和指导。对于与滑坡有关的海啸源，需要其他方法和工具。目前正在制定基于滑坡的海啸建模指导。

附件 II 参考文献²

- [II-1] 日本土木工程协会《日本核电厂海啸评定方法》，技术文档（2002年），
http://www.jsce.or.jp/committee/ceofnp/Tsunami/eng/JSCE_Tsunami_060519.pdf（inEnglish）
- [II-2] YANAGISAWA, K., 等，“日本核电设施风险管理海啸评定”，《地球物理理论应用》第 164 期（2007 年）第 565—576 页。
- [II-3] IMAMURA, F., ABE, I., “日本海啸预警系统的历史与挑战”，《灾难应急杂志》第 44 期（2009 年）。
- [II-4] 美国核管制委员会《联邦法规第 10 篇第 100 部分：能源-反应堆厂址标准》，美国核管制委员会，华盛顿特区。
- [II-5] 美国核管制委员会《联邦法规第 10 篇第 50 部分：能源-生产利用设施的国内执照申请》，美国核管制委员会，华盛顿特区。
- [II-6] 美国核管制委员会《联邦法规第 10 篇第 52 部分：能源-早期厂址许可证、标准设计认证以及核电厂联合许可证》，美国核管制委员会，华盛顿特区（2010 年）。
- [II-7] 美国核管制委员会《监管导则 1.59：核电厂设计洪水》，美国核管制委员会，华盛顿特区（1977 年）。
- [II-8] 美国核管制委员会《核电厂安全分析报告评审标准评审计划（轻水堆版）》，第 NUREG0-800 号报告，核反应堆管理办公室，美国核管制委员会，华盛顿特区（2007 年）。
- [II-9] GONZALEZ, F.I., 等，“核电厂厂址海啸灾害评定的科学和技术问题”，美国国家海洋和大气管理局技术备忘录，航空航天研究室太

² 参考文献[II-4]—[II-15]可通过核管理委员会文件访问和管理系统用 ML 登录号（若显示）查阅，或通过核管理委员会在线阅览室查阅。这两个系统均可通过核管理委员会网站访问：<http://www.nrc.gov>。

平洋海洋环境实验室-136, 太平洋海洋环境实验室, 国家海洋和大气管理局, 华盛顿州西雅图 (2007 年)。

- [II-10] 太平洋西北国家实验室, 《美国核电厂厂址海啸灾害评定》, 第 NUREG/CR-6966 号报告, PNNL-17397 (2009 年) (可在美国核管制委员会阅览室下载)。
- [II-11] 美国国家标准协会/美国核学会《确定动力堆厂址的设计基准洪水》(ANSI/ANS-2.8-1992), 纽约州纽约 (1992 年) (美国核管制委员会网站上无该份文件)。
- [II-12] 美国核管制委员会《监管导则 1.27: 核电厂最终热阱》第二版, 美国核管制委员会, 华盛顿特区 (1976 年)。
- [II-13] TENBRINK, U.S., 等, “美国核管制委员会最新报告: 大西洋和墨西哥湾的海啸灾害评定组, 评价海啸源对美国大西洋和墨西哥湾海岸的潜在影响”, 美国地质调查局第 ML082960196 行政报告, 马萨诸塞州伍兹霍尔 (2008 年)。
- [II-14] 国家海洋和大气管理局、国家地球物理数据中心《国家海洋和大气管理局国家地球物理/海啸 WDC 历史数据库数据中心》, http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu_db.shtml
- [II-15] 国家海洋和大气管理局《海啸社区模式接口 (ComMIT)》, 可以在下载和文档: <http://nctr.pmel.noaa.gov/ComMIT>

附件 III

海啸预警系统

政府间海洋学委员会海啸预警系统的管理

III-1. 联合国经济、社会及文化组织下设的政府间海洋学委员会（海委会）的任务是在世界范围内可能受海啸影响的地区实施和协调海啸预警系统的活动。管理系统的主要组成部分见以下所述。

III-2. “海委会”通过分享知识、信息和技术以及协调国家计划，协助各国政府解决与海洋和海岸有关的问题。

III-3. 政府间协调小组是“海委会”的附属机构。它们促进、组织和协调减轻海啸影响的区域活动，包括及时发布海啸预警。这些小组由该区域各国的国家联系人组成。目前，在太平洋、印度洋、加勒比和邻近区域、东北大西洋、地中海及其相连海域设有海啸预警和减灾系统政府间协调小组。

III-4. 2005 年，太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组根据太平洋海啸预警系统政府间协调组第 20 届会议 ITSU-XX.1 号决议更名为太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组。目前，有 28 个国家是太平洋海啸预警和减灾系统政府间协调组的成员。

III-5. 印度洋海啸预警和减灾系统政府间协调组是根据政府间海洋学委员会 2005 年大会第 23 届会议第 XXIII-12 号决议设立的。政府间海洋学委员会澳大利亚珀斯区域办公室作为印度海洋海啸预警和减灾系统秘书处。目前，有 27 个国家是这一组的成员[III-1]。

III-6. 加勒比和邻近区域海啸和其他沿海危害预警系统政府间协调组是根据政府间海洋学委员会 2005 年大会第 23 届会议第 XXIII-14 号决议设立的。该小组主要由海委会成员国和大加勒比区域的区域组织组成[III-1]。

III-7. 2005 年，政府间海洋学委员会大会第 23 届会议第 XXIII-13 号决议设立了东北大西洋、地中海及其相连海洋海啸预警和减灾系统政府间协调组。这一组主要包括与东北大西洋接壤的海委会成员国和地中海及其相连海洋的沿岸或内部成员国[III-1]。

海啸预警中心和预警指导的一般考虑

III-8. 海啸监测和预警系统的主要业务组成部分是：

- 实时地震监测网；
- 实时海平面监测网；
- 海啸预警和观察中心网络；
- 地震预警中心。

III-9. 由于大多数大海啸都是由地震引起的，有关海啸可能发生的第一手资料来自地震和海啸中心。全球和区域范围内的大型地震活动由若干全球性网络进行监测。大多数地震预警中心在大约 20 分钟内发出有关大地震的信息。这些公报或信息通过因特网或其他电信网络传输。

III-10. 海啸预警中心是一个实时发布海啸信息的中心。区域海啸预警中心利用全球数据监测并向各国提供关于可能发生的大洋海啸的相关信息。它们通常在地震发生后 10—15 分钟内发出信息。区域海啸预警中心的一个例子是太平洋海啸预警中心，该中心向太平洋盆地国家提供国际海啸预警。子区域海啸预警中心，比如日本气象厅管理的西北太平洋海啸咨询中心和美国国家海洋和大气管理局国家气象局管理的西海岸和阿拉斯加海啸预警中心。自 2005 年 4 月海啸以来，太平洋海啸预警中心和日本气象厅一直充当印度洋临时区域海啸预警中心。自 2006 年以来，太平洋海啸预警中心还一直充当加勒比国家的临时区域海啸预警中心。地方海啸预警中心监测并提供可能在几分钟内发生的地方海啸的相关信息。当地海啸预警中心必须在几分钟内发出警报。参考文献[III-2]为用户提供了操作指导。

III-11. 区域警报和观察中心提供的最新信息在参考文献[III-3]中作了一般性介绍。这些信息可以是情报、观察或预警，其依据是海啸预警中心评定的可利用的地震数据和海平面数据，或海啸预警中心从其他监测机构收到的评定。这些信息是政府间海洋学委员会成员国官方指定的应急响应机构的报告。由于各海盆的大小、形态和地震构造特征，各海盆的警戒级别可能不同。

III-12. 海啸预警是太平洋盆地海啸的最高警戒级别。海啸预警中心在确认发生破坏性海啸或海啸威胁迫在眉睫时发出警报。最初，预警仅基于地震信息而未确认海啸，作为向高危人群尽早提供警报的手段。警报最初将限制区

域设置为所有沿海地区即将发生洪水的区域。随后，至少每小时或视情况需要发布文本公告，以扩大、限制或结束警告。如果海啸已得到确认，由于它可能在距震中 1000 千米以外造成破坏，预警可能扩大到更大的区域。这些预警信息包括地震信息（区域、震中坐标、起始时间和震级）。当海啸得到确认时，就会增加关于波浪（振幅、周期）的信息，以及估计到达有关盆地海岸线的时间。通过到达距离场址最近预测点的时间，给出海啸第一波到达场址的大致时间。

III-13. 今后将提供太平洋盆地以外区域的实用用户指导。政府间海洋学委员会和国际海啸信息中心将提供新的指导和新的信息版本。

III-14. 海平面站是一个系统，包括测量海平面高度（上升和下降）的潮位仪，用于获取、数字化和存档海平面信息的数据收集平台，以及将数据从现场传送到中央数据收集中心的传输系统。数据采样和数据传输的具体要求取决于应用需求。

- 对于本地海啸监测，需要 1 秒至 1 分钟的实时采样数据流；
- 对于远地海啸，预警中心可以利用近实时采集的数据（每 1—15 分钟发送 1 分钟的采样数据）提供适当的预警；
- 各种现有电信传输系统，如国际气象组织全球电信系统或全球区域宽带网（海事卫星组织的卫星因特网络）。

潮位仪是海平面监测站最常用的传感器，用于监测和记录潮汐、海啸和风暴潮。

III-15. 海啸仪是第二类海平面站，是对公海海啸进行早期探测、测量和实时报告的仪器仪表。

附件 III 参考文献

[III-1] 政府间海洋学委员会《理事机构和主要附属机构的报告，巴黎第 23 届大会，2005 年 6 月 21—30 日》第 109 号，联合国教科文组织，巴黎（2005 年）。

- [III-2] 政府间海洋学委员会《太平洋海啸预警和减灾系统（PTWS）用户操作指南》，《技术丛书》第 87 号，联合国教科文组织，巴黎（2009 年）。
- [III-3] 政府间海洋学委员会《海啸术语表》，《技术丛书》第 85 号，联合国教科文组织，巴黎（2008 年）。

附件 IV

气候变化

政府间气候变化专门委员会的评定报告

IV-1. 几乎所有国家都对其领土上过去的气候变化情况进行了评定，评定范围一般涵盖 20 世纪或其中一部分。政府间气候变化专门委员会（IPCC）的第三次（2001 年）和第四次（2007 年）评定报告基于世界气象组织（WMO）、世界气候研究计划/国际气象组织-海洋学委员会海洋学和海洋气象学联合技术委员会气候变化专家小组制定的国际间商定的气候探测和指数，采用统一的方法，对世界各地的极端气候参数进行的分析。不论过去还是现在，世界气象组织组织的区域气候变化专题讨论会都极大地促进了对极端危害情况的分析。

IV-2. 几十个国家的研究中心已经开发并运行着复杂程度不同的全球或区域气候模式。一般而言，这些中心建立了一个专门的网站，并编写了出版物，潜在的用户可以通过这些出版物了解如何使用气候模拟成果，特别是为了适应气候变化的目的。

IV-3. 为评定未来几十年和几百年的全球和区域气候变化而进行全球协调是政府间气候变化专门委员会的责任。气候预测依赖于有一套国际商定的温室气体和气溶胶排放假想方案（排放假想方案专题报告），与世界各地社会和经济的不同发展情况相对应。为编写政府间气候变化专门委员会第四次评定报告而运行的许多模式计算了国际气象组织、世界气候研究计划、国际气象组织-海洋学委员会海洋学和海洋气象学联合技术委员会气候变化探测专家组的一个子集，并编写了气候数据指数，为验证模式模拟极端情况的能力提供了一个衡量标准。预测指标的变化是未来极端气候变化的指标

IV-4. 反映知识状况的综合报告由政府间气候变化专门委员会作为评定报告出版[IV-1、IV-2]。这些报告包括观测到的和多模式预测得到的气候参数和指数的变化，包括全球和区域的平均值和极值（表 IV-1）。这些报告可在政府间气候变化专门委员会网站上查阅。

IV-5. 为了使大尺度信息适应较小尺度上的具体情况，已经开发了使用动态和统计方法的降尺度技术。

IV-6. 世界气候研究计划建立了一个多模式数据集档案，旨在方便的以数字形式获取气候模式的输出。

IV-7. 最后，必须回顾，如政府间气候变化专门委员会第四次评定报告所述，“气候系统的变暖是明确的”，“自 20 世纪中叶以来观察到的全球平均气温上升很可能是由于观测到的人为温室气体浓度上升而造成的”。

IV-8. 人类引起的气候变化问题将继续在国际上进行讨论，特别是在政府间气候变化专门委员会和《联合国气候变化框架公约》的框架下。

总体趋势

IV-9. 全球平均参数的下列变化将被视为一个大方向（2090—2099 年相对于 1980—1999 年）。

- 气温上升：最佳估计值为 1.8—4.0°C（1.1—6.4°C，包括了由于气候模式的不同反应而考虑的每种假设假想方案的不确定性范围）。
- 平均海平面上升：18—59 厘米。

IV-10. 然而，这些全球均值掩盖了广泛的地域变异性。必须使用政府间气候变化专门委员会的多模式气候模拟和其降尺度的区域信息来评定（特别是气候极值和指数），同时适当考虑到以下因素：

- 虽然 2030 年前气候变化及其影响的预测受所选排放假想方案的影响不大，但在 2050 年前后，这些预测严重依赖所需排放假想方案和模式，要获得更好的预测，就需要更好地了解不确定性的来源。
- 某些变量（如温度）的预测置信度高于其他变量（如降水量），而且空间尺度更大，平均时间更长。
- 区域气候变化预测的不确定性，特别是对降水预测的不确定性，妨碍了对当地影响的估计。
- 对基于风险的决策方法所需的低概率、高影响事件的理解通常是有限的。

IV-11. 定期更新气候变化信息将有助于：

- 更好地确定哪些类型的变化已经发生，哪些类型的变化可能在何时何地发生。
- 改进对预期变化数量级的估计（首先针对与温度有关的参数），同时考虑到相关的不确定性；例如，若干研究表明，如果用与 21 世纪末相对应的数值进行估计，非常极端事件的重现期可大大缩短约 1000 倍。例如，2003 年夏季西欧的高温在目前气候条件下大约相当于 2000—3000 年的重现期，而如果估计其在 21 世纪末的数值和不确定因素，则重现期可能只有 2—3 年。

表 IV-1. 根据 20 世纪后期观测到的气候变化趋势来评定人类对极端天气变化的影响和预测

气候变化趋势的现象和方向	气候变化趋势发生在 20 世纪后期（通常是 1980 年后）的可能性	人类对观测到的气候变化趋势贡献的可能性	使用“排放假想方案专题报告”中的假想方案，基于 21 世纪预测未来趋势的可能性
大多数陆地区域的寒冷和寒冷日夜都会减少	很可能	可能	几乎可以肯定
大多数陆地区域的温暖和更频繁的炎热日夜	很可能	可能	几乎可以肯定
气候变暖/热浪	可能	较有可能	很可能
大多数陆地区域的频率增加			
强降水事件	可能	较有可能	很可能
大多数地区的频率（强降雨占总降雨的比例）都在增加			高纬度地区降水量增加的可能性很大，而到 2100 年大多数亚热带陆地地区的降水量可能减少，持续的观测模式在近期趋势中
受干旱影响的面积增加（可获得水量减少）	20 世纪 70 年代以来在许多地区是可能的	较有可能	可能

气候变化趋势的现象和方向	气候变化趋势发生在 20 世纪后期（通常是 1980 年后）的可能性	人类对观测到的气候变化趋势贡献的可能性	使用“排放假想方案专题报告”中的假想方案，基于 21 世纪预测未来趋势的可能性
极端高海水位（不包括海啸）的发生率增加	可能	较有可能	可能
温带气旋频率和位置的变化			可能 （在大气 — 海洋一般环流模式预测中一致）； 减少了温带气旋的总数； 风暴路径和其带来的降水稍微偏向极点，特别是在冬季。
温带气旋风暴强度和风的变化			可能 （在大多数大气 — 海洋大气环流模式预测中一致，但未对所有模式进行明确分析）； 强烈气旋和相关强风的数量增加，特别是在北大西洋，中欧和新西兰南岛的冬季； 更有可能； 北欧风力增加，地中海欧洲风力减弱。
温带气旋波高的变化			可能 （根据预测的温带风暴变化）； 分析的大部分中纬度地区，特别是北海地区，高波浪的发生率增加。

注：IPCC 关于发生结果可能性的术语：

几乎肯定	> 99%的概率；
极有可能	> 95%的概率；
很可能	> 90%的概率；
可能	> 66%的概率；
较可能	> 50%的概率；
概率大约为	33—66%；大概和不一样；
概率	< 50%；不太可能；
不太可能	< 33%；
非常不可能	< 10%；
极不可能	< 5%的概率；
特别不可能	< 1%的可能性。

附件 IV 参考文献

- [IV-1] 政府间气候变化专门委员会，“第一、二和三工作组贡献 — 对政府间气候改变专门委员会第四次评定报告”，政府间气候变化专门委员会，日内瓦（2007年）104。
- [IV-2] SOLOMON, S.等，“第一工作组贡献 — 对政府间气候变化专门委员会第四次评估报告”，剑桥大学出版社，剑桥（2007年），<http://www1.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

参与起草和审订人员

Bagchi, G.	美国核管制委员会
Bessemoulin, P.	法国气象局
Chen, P.	世界气象组织
Cook, C.	美国核管制委员会
Godoy, A.	国际原子能机构
Harvey, R.B.	美国核管制委员会
Imamura, F.	日本东北大学
Kammerer, A.	美国核管制委员会
Mahmood, H.	巴基斯坦原子能委员会
Rebour, V.	法国辐射防护与核安全研究所
Riera, J.	巴西南里奥格兰德联邦大学
Sakai, T.	日本东京电力公司
Satake, K.	日本东京大学
Schindel�, F.	法国替代能源与原子能委员会
Sollogoub, P.	国际原子能机构
Thuma, G.	德国装置与反应堆安全公司
Uchiyama, Y.	日本核能安全组织

国际原子能机构安全标准核可机构

星号表示通讯成员。通讯成员收到征求意见稿和其他文件，他们一般不参加会议。两个星号表示候补者。

安全标准委员会

阿根廷: González, A.J.; 澳大利亚: Loy, J.; 比利时: Samain, J.-P.; 巴西: Vinhas, L.A.; 加拿大: Jammal, R.; 中国: 刘华 (Liu Hua); 埃及: Barakat, M.; 芬兰: Laaksonen, J.; 法国: Lacoste, A.-C. (主席); 德国: Majer, D.; 印度: Sharma, S.K.; 以色列: Levanon, I.; 日本: Fukushima, A.; 韩国: Choul-Ho Yun; 立陶宛: Maksimovas, G.; 巴基斯坦: Rahman, M.S.; 俄罗斯: Adamchik, S.; 南非: Magugumela, M.T.; 西班牙: Barceló Vernet, J.; 瑞典: Larsson, C.M.; 乌克兰: Mykolaichuk, O.; 英国: Weightman, M.; 美国: Virgilio, M.; 越南: Le-chi Dung; 原子能机构: Delattre, D. (协调员); 核安全咨询小组: Hashmi, J.A.; 欧盟: Faross, P.; 国际核安全小组: Meserve, R.; 国际放射防护委员会: Holm, L.-E; 经济合作与发展组织核能署: Yoshimura, U.; 安全标准委员会主席: Brach, E.W. (运输安全标准委员会); Magnusson, S. (辐射安全标准委员会); Pather, T. (废物安全标准委员会); Vaughan, G.J. (核安全标准委员会)。

核安全标准委员会

阿尔及利亚: Merrouche, D.; 阿根廷: Waldman, R.; 澳大利亚: Le Cann, G.; 奥地利: Sholly, S.; 比利时: De Boeck, B.; 巴西: Gromann, A.; *保加利亚: Gledachev, Y.; 加拿大: Rzentkowski, G.; 中国: 李京喜 (Jingxi Li); 克罗地亚: Valčić, I.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Šváb, M.; 埃及: Ibrahim, M.; 芬兰: Järvinen, M.-L.; 法国: Feron, F.; 德国: Wassilew, C.; 加纳: Emi-Reynolds, G.; *希腊: Camarinopoulos, L.; 匈牙利: Adorján, F.; 印度: Vaze, K.; 印度尼西亚: Antariksawan, A.; 伊朗: Asgharizadeh, F.; 以色列: Hirshfeld, H.; 意大利: Bava, G.; 日本: Kanda, T.; 韩国: Hyun-Koon Kim; 利比亚: Abuzid, O.; 立陶宛: Demčenko, M.; 马来西亚: Azlina Mohammed Jais; 墨西哥: Carrera, A.; 摩洛哥: Soufi, I.; 荷兰: van der Wiel, L.; 巴基斯坦: Habib, M.A.; 波兰: Jurkowski, M.; 罗马尼亚: Biro, L.; 俄罗斯: Baranaev, Y.; 斯洛伐克: Uhrík, P.; 斯洛文尼亚: Vojnovič, D.; 南非:

Leotwane, W; 西班牙: Zarzuela, J.; 瑞典: Hallman, A.; 瑞士: Flury, P.; 突尼斯: Baccouche, S.; 土耳其: Bezdegumeli, U.; 乌克兰: Shumkova, N.; 英国: Vaughan, G.J. (主席); 美国: Mayfield, M.; 乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Vigne, S.; 欧洲原子能公司: Fourest, B.; 原子能机构: Feige, G. (协调员); 国际电力委员会: Bouard, J.-P.; 国际标准化组织: Sevestre, B.; 经济合作与发展组织核能署: Reig, J.; *世界核能协会: Borysova, I。

辐射安全标准委员会

*阿尔及利亚: Chelbani, S.; 阿根廷: Massera, G.; 澳大利亚: Melbourne, A.; *奥地利: Karg, V.; 比利时: van Bladel, L.; 巴西: Rodriguez Rochedo, E.R.; *保加利亚: Katzarska, L.; 加拿大: Clement, C.; 中国: 杨华庭 (Huating Yang); 克罗地亚: Kralik, I.; *古巴: Betancourt Hernandez, L.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Petrova, K.; 丹麦: Øhlenschläger, M.; 埃及: Hassib, G.M.; 爱沙尼亚: Lust, M.; 芬兰: Markkanen, M.; 法国: Godet, J.-L.; 德国: Helming, M.; 加纳: Amoako, J.; *希腊: Kamenopoulou, V.; 匈牙利: Koblinger, L.; 冰岛: Magnusson, S. (主席); 印度: Sharma, D.N.; 印度尼西亚: Widodo, S.; 伊朗: Kardan, M.R.; 爱尔兰: Colgan, T.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Bologna, L.; 日本: Kiryu, Y.; 韩国: Byung-Soo Lee; *拉脱维亚: Salmins, A.; 利比亚: Busitta, M.; 立陶宛: Mastauskas, A.; 马来西亚: Hamrah, M.A.; 墨西哥: Delgado Guardado, J.; 摩洛哥: Tazi, S.; 荷兰: Zuur, C.; 挪威: Saxebol, G.; 巴基斯坦: Ali, M.; 巴拉圭: Romero de Gonzalez, V.; 菲律宾: Valdezco, E.; 波兰: Merta, A.; 葡萄牙: Dias de Oliveira, A.M.; 罗马尼亚: Rodna, A.; 俄罗斯: Savkin, M.; 斯洛伐克: Jurina, V.; 斯洛文尼亚: Sutej, T.; 南非: Olivier, J.H.I.; 西班牙: Amor Calvo, I.; 瑞典: Almen, A.; 瑞士: Piller, G.; *泰国: Suntarapai, P.; 突尼斯: Chékir, Z.; 土耳其: Okyar, H.B.; 乌克兰: Pavlenko, T.; 英国: Robinson, I.; 美国: Lewis, R.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Janssens, A.; 联合国粮食及农业组织: Byron, D.; 原子能机构: Boal, T. (协调员); 国际放射防护委员会: Valentin, J.; 国际电力委员会: Thompson, I.; 国际劳工处: Niu, S.; 国际标准化组织: Rannou, A.; 国际源供应商和生产者协会: Fasten, W.; 经济合作与发展组织核能署: Lazo, T.E.; 泛美卫生组织: Jiménez, P.; 联合国原子辐射影响科学委员会: Crick, M.; 世界卫生组织: Carr, Z.; 世界核能协会: Saint-Pierre, S。

运输安全标准委员会

阿根廷: López Vietri, J.; **Capadona, N.M.; 澳大利亚: Sarkar, S.; 奥地利: Kirchnawy, F.; 比利时: Cottens, E.; 巴西: Xavier, A.M.; 保加利亚: Bakalova, A.; 加拿大: Régimbald, A.; 中国: 李晓清 (Xiaoqing Li); 克罗地亚: Belamarić, N.; *古巴: Quevedo Garcia, J.R.; *塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Ducháček, V.; 丹麦: Breddam, K.; 埃及: El-Shinawy, R.M.K.; 芬兰: Lahkola, A.; 法国: Landier, D.; 德国: Rein, H.; *Nitsche, F.; **Alter, U.; 加纳: Emi-Reynolds, G.; *希腊: Vogiatzi, S.; 匈牙利: Sáfar, J.; 印度: Agarwal, S.P.; 印度尼西亚: Wisnubroto, D.; 伊朗: Eshraghi, A.; *Emamjomeh, A.; 爱尔兰: Duffy, J.; 以色列: Koch, J.; 意大利: Trivelloni, S.; **Orsini, A.; 日本: Hanaki, I.; 韩国: Dae-Hyung Cho; 利比亚: Kekli, A.T.; 立陶宛: Statkus, V.; 马来西亚: Sobari, M.P.M.; **Husain, Z.A.; 墨西哥: Bautista Arteaga, D.M.; **Delgado Guardado, J.L.; *摩洛哥: Allach, A.; 荷兰: Ter Morshuizen, M.; *新西兰: Ardouin, C.; 挪威: Hornkjøl, S.; 巴基斯坦: Rashid, M.; *巴拉圭: More Torres, L.E.; 波兰: Dziubiak, T.; 葡萄牙: Buxo da Trindade, R.; 俄罗斯: Buchelnikov, A.E.; 南非: Hinrichsen, P.; 西班牙: Zamora Martin, F.; 瑞典: Häggblom, E.; **Svahn, B.; 瑞士: Krietsch, T.; 泰国: Jerachanchai, S.; 土耳其: Ertürk, K.; 乌克兰: Lopatin, S.; 英国: Sallit, G.; 美国: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (主席); 乌拉圭: Nader, A.; *Cabral, W.; 欧盟: Binet, J.; 原子能机构: Stewart, J.T. (协调员); 国际航空协会: Brennan, D.; 国际民用航空组织: Rooney, K.; 国际航空飞行员协会联合会: Tisdall, A.; **Gessl, M.; 国际海事组织: Rahim, I.; 国际标准化组织: Malesys, P.; 国际源供应和生产者协会: Miller, J.J.; **Roughan, K.; 联合国欧洲经济委员会: Kervella, O.; 万国邮政联盟: Bowers, D.G.; 世界核能协会: Gorlin, S.; 世界核运输研究所: Green, L.

废物安全标准委员会

阿尔及利亚: Abdenacer, G.; 阿根廷: Biaggio, A.; 澳大利亚: Williams, G.; *奥地利: Fischer, H.; 比利时: Blommaert, W.; 巴西: Tostes, M.; *保加利亚: Simeonov, G.; 加拿大: Howard, D.; 中国: 曲志敏 (Zhimin Qu); 克罗地亚: Trifunovic, D.; 古巴: Fernandez, A.; 塞浦路斯: Demetriades, P.; 捷克: Lietava, P.; 丹麦: Nielsen, C.; 埃及: Mohamed, Y.; 爱沙尼亚: Lust, M.; 芬兰: Hutri, K.; 法国: Rieu, J.; 德国: Götz, C.; 加纳: Faanu, A.; 希腊: Tzika, F.; 匈牙利: Czoch, I.; 印度: Rana, D.; 印度尼西亚: Wisnubroto,

D.; 伊朗: Assadi, M.; *Zarghami, R.; 伊拉克: Abbas, H.; 以色列: Dody, A.; 意大利: Dionisi, M.; 日本: Matsuo, H.; 韩国: Won-Jae Park; *拉脱维亚: Salmins, A.; 利比亚: Elfawares, A.; 立陶宛: Paulikas, V.; 马来西亚: Sudin, M.; 墨西哥: Aguirre Gómez, J.; *摩洛哥: Barkouch, R.; 芬兰: van der Shaaf, M.; 巴基斯坦: Mannan, A.; *巴拉圭: Idoyaga Navarro, M.; 波兰: Wlodarski, J.; 葡萄牙: Flausino de Paiva, M.; 斯洛伐克: Homola, J.; 斯洛文尼亚: Mele, I.; 南非: Pather, T. (主席); 西班牙: Sanz Aludan, M.; 瑞典: Frise, L.; 瑞士: Wanner, H.; *泰国: Supaokit, P.; 突尼斯: Bousselmi, M.; 土耳其: Özdemir, T.; 乌克兰: Makarovska, O.; 英国: Chandler, S.; 美国: Camper, L.; *乌拉圭: Nader, A.; 欧盟: Necheva, C.; 欧洲核设施安全标准: Lorenz, B.; *欧洲核设施安全标准: Zaiss, W.; 原子能机构: Siraky, G. (协调员); 国际标准化组织: Hutson, G.; 国际源供应商和生产者协会: Fasten, W.; 经济合作与发展组织核能署: Riotte, H.; 世界核能协会: Saint-Pierre, S。

当地订购

国际原子能机构的定价出版物可从下列来源或当地主要书商处购买。
未定价出版物应直接向国际原子能机构发订单。联系方式见本列表末尾。

北美

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, USA
电话: +1 800 462 6420 • 传真: +1 800 338 4550
电子信箱: orders@rowman.com • 网址: www.rowman.com/bernan

世界其他地区

请联系您当地的首选供应商或我们的主要经销商:

Eurospan Group

Gray's Inn House
127 Clerkenwell Road
London EC1R 5DB
United Kingdom

交易订单和查询:

电话: +44 (0) 176 760 4972 • 传真: +44 (0) 176 760 1640
电子信箱: eurospan@turpin-distribution.com

单个订单:

www.eurospanbookstore.com/iaea

欲了解更多信息:

电话: +44 (0) 207 240 0856 • 传真: +44 (0) 207 379 0609
电子信箱: info@eurospangroup.com • 网址: www.eurospangroup.com

定价和未定价出版物的订单均可直接发送至:

Marketing and Sales Unit
International Atomic Energy Agency
Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria
电话: +43 1 2600 22529 或 22530 • 传真: +43 1 26007 22529
电子信箱: sales.publications@iaea.org • 网址: <https://www.iaea.org/zh/chu-ban-wu>

通过国际标准促进安全

国际原子能机构
维也纳