

由自然灾害事件和灾害引起的化学品泄漏

供公共卫生当局参考



世界卫生组织

由自然灾害事件和灾害引起的化学品泄漏

供公共卫生当局参考



世界卫生组织

由自然灾害事件和灾害引起的化学品泄漏——供公共卫生当局参考 [Chemical releases caused by natural hazard events and disasters – information for public health authorities]

ISBN 978-92-4-551339-1

© 世界卫生组织2019年

保留部分版权。本作品可在知识共享署名——非商业性使用——相同方式共享3.0政府间组织（CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/>）许可协议下使用。

根据该许可协议条款，可为非商业目的复制、重新分发和改写本作品，但须按以下说明妥善引用。在对本作品进行任何使用时，均不得暗示世卫组织认可任何特定组织、产品或服务。不允许使用世卫组织的标识。如果改写本作品，则必须根据相同或同等的知识共享许可协议对改写后的作品发放许可。如果对本作品进行翻译，则应与建议的引用格式一道添加下述免责声明：“本译文不由世界卫生组织（世卫组织）翻译，世卫组织不对此译文的内容或准确性负责。原始英文版本为应遵守的正本。”

与许可协议下出现的争端有关的任何调解应根据世界知识产权组织调解规则进行。

建议的引用格式。由自然灾害事件和灾害引起的化学品泄漏——供公共卫生当局参考 [Chemical releases caused by natural hazard events and disasters – information for public health authorities]。日内瓦：世界卫生组织；2019年。许可协议：CC BY-NC-SA 3.0 IGO。

在版编目（CIP）数据。在版编目数据可查阅<http://apps.who.int/iris/>。

销售、版权和许可。购买世卫组织出版物，参见<http://apps.who.int/bookorders>。提交商业使用请求和查询版权及许可情况，参见<http://www.who.int/about/licensing>。

第三方材料。如果希望重新使用本作品中属于第三方的材料，如表格、图形或图像等，应自行决定这种重新使用是否需要获得许可，并相应从版权所有方获取这一许可。因侵犯本作品中任何属于第三方所有的内容而导致的索赔风险完全由使用者承担。

一般免责声明。本出版物采用的名称和陈述的材料并不代表世卫组织对任何国家、领地、城市或地区或其当局的合法地位，或关于边界或分界线的规定有任何意见。地图上的虚线表示可能尚未完全达成一致的大致边界线。

凡提及某些公司或某些制造商的产品时，并不意味着它们已为世卫组织所认可或推荐，或比其它未提及的同类公司或产品更好。除差错和疏忽外，凡专利产品名称均冠以大写字母，以示区别。

世卫组织已采取一切合理的预防措施来核实本出版物中包含的信息。但是，已出版材料的分发无任何明确或含蓄的保证。解释和使用材料的责任取决于读者。世卫组织对于因使用这些材料造成的损失不承担责任。

由My Translation Manager 私人有限责任公司翻译

由 Lushomo Communications Ltd 设计与排版

Printed in Switzerland

目录

致谢	IV
1.引言	1
2.本文件的目的、范围和结构	1
3.政策框架	1
4.什么是 Natech 事件?	2
4.1 Natech 事件管理面临的挑战	2
4.2 化学品泄漏的来源	2
5.卫生部门在由自然灾害事件引发的化学事故风险管理方面的作用	4
5.1 卫生部门在预防方面的作用	4
5.2 卫生部门在防备方面的作用	6
5.3 卫生部门在应对方面的作用	8
5.4 卫生部门在恢复方面的作用	10
6.结论	11
参考文献	12
附录 A——与地震相关的化学品泄漏	16
什么是地震?	16
化学品泄漏的风险因素	16
化学品泄漏的机理	17
对人类健康的潜在影响	17
应对与恢复注意事项	18
参考文献	21
附录 B——与洪水相关的化学品泄漏	23
什么是洪水?	23
化学品泄漏的风险因素	23
化学品泄漏的机理	23
对人类健康的潜在影响	24
应对与恢复注意事项	25
参考文献	28
附录 C——与气旋相关的化学品泄漏	30
什么是气旋?	30
化学品泄漏的风险因素	30
化学品泄漏的机理	31
对人类健康的潜在影响	31
应对与恢复注意事项	32
参考文献	35
附录 D——其他信息来源	37
附录 E——可在化学品容器标签上找到的危害警告示例	40

致谢

以下担任顾问的人员为编写本文件做出了贡献：Rebecca Cremades、Raoul Iraheta、Jessica Jarvis、Bernice Schaddelee-Scholten、Cindy Tsao 和 Saskia Wehrli。由位于瑞士日内瓦的世界卫生组织（WHO）公共卫生及健康问题环境和社会决定因素的 Joanna Tempowski 进行全面监督。

在世界卫生组织中，以下人员对该文件草案提供了评论：Jonathan Abrahams（位于瑞士日内瓦的国家卫生应急防备和国际卫生条例司）；Magaran Bagayoko（位于刚果布拉柴维尔的世界卫生组织非洲区域办事处传染病部门）；Ana Boischio（位于美国华盛顿的世界卫生组织美洲区域办事处）；Mohamed Elmi（位于约旦安曼的东地中海区域环境卫生活动中心）；Oyuntogos Lkhasuren（位于老挝人民民主共和国万象的世界卫生组织国家办事处）；以

及 Irina Zastenskaya（位于德国波恩的世界卫生组织欧洲环境与健康中心）。

我们非常感谢以下外部评审员提供详细的评论：Elisabeth Krausmann（位于意大利伊斯普拉的欧洲委员会联合研究中心）；Džejna Milakovic-Ramadani（位于波黑巴尼亚卢卡的斯普斯卡共和国卫生和社会福利部）；Virginia Murray（位于英国伦敦的英国公共卫生部）；以及 Emilia Wahlstrom【位于瑞士日内瓦的应急防备和环境部门（国环境规划署/人道主义事务协调办公室联合机构）】。

中国汶川地震的封面照片由 E Krausmann 提供。

1. 引言

地震、飓风、海啸和洪水等自然灾害造成的灾害强度、频率和影响正在增加，部分原因是由于气候变化 (1, 2)。它们可能导致严重的环境和基础设施破坏以及重大的经济损失。灾害可能通过伤害、死亡和疾病爆发直接影响人类健康，而长期影响可能会包括非传染性疾病、精神病发病率和残疾。卫生部门应对这些影响的能力往往因卫生设施的损坏和卫生服务的中断而受影响 (3)。

自然灾害可能引发化学品泄漏。当泄漏为技术事故的结果时，我们将其称为“Natech”（自然灾害引发的技术）事件。由于有害物质的泄漏、火灾和爆炸，Natech 事件可能加剧自然灾害对环境和人类健康的影响 (4-6)。

Natech 事件的原因和后果是风险管理人员最近研究的领域。据观察，虽然可能有预防和防备措施以及应对和恢复计划来应对技术或自然灾害的风险，但这些很少整合起来 (4)。此外，缺乏适用于 Natech 风险分析和映射方法与工具 (4)。因此，在易受自然灾害影响的地区，必须制定包含同时应对自然和次生技术灾害的可能性的计划。

2. 本文件的目、范围和结构

本文件旨在向卫生部门的规划人员以及希望更多地了解自然灾害事件引发的化学品泄漏的公共卫生当局提供简要信息。虽然本文件的主题是 Natech 事件，但也提供了有关自然灾害事件后其他化学品泄漏来源的信息。文中描述了应对 Natech 事件的特殊挑战。然后，本文件概述了卫生部门在风险管理周期各个阶段的作用和活动。特定危害附录（附录 A - C）

提供了有关地震、洪水和气旋引发的化学品泄漏机理和随后对健康产生影响的信息，以及有关应对活动的简要信息。这些附录旨在以独立文件的形式呈现；因此会有一些重复的信息。最后 2 个附录列出了与本主题相关的其他资源并且提供了有关危害象形符号的信息。

自然灾害也可能导致放射性物质的泄漏，例如在由地震或洪水造成的核电站损坏之后。虽然这些类型的泄漏不属于本文件的范围，但类似的预防、防备和应对原则适用。

3. 政策框架

为了减少灾害造成的社会、经济、环境和健康损失，各国政府采用了《2005-2015 年兵库行动框架》(Hyogo framework for action 2005-2015) (7)，其中描述了不同部门和参与者为减少灾害损失要求完成的工作。这为将重点从管理灾害转移到管理风险的《2015 - 2030 年仙台减灾框架》(Sendai framework for disaster risk reduction 2015-2030)(1) 奠定了成功的基础。仙台框架具有广泛的范围，包括所有类型和规模的灾害风险，无论大型或小型、频繁或罕见、自然或人为均已纳入其中。该框架特别强调了对灾害风险管理需要采取整合的、全方位危害管理、多部门合作方法的必要性并在此过程中直接应对 Natech 事件带来的挑战。

仙台框架非常注重卫生；它强调需要有弹性的卫生系统并将灾害风险管理纳入各级医疗护理的提供。最近的世界卫生大会决议中也反映了这一需求，该决议敦促会员国加强全方位危害卫生突发事件和灾害风险管理项目并将这些项目纳入国家或国家以下各级的卫生计划中。此外，还敦促会员国为有关机构获取关于存放、使用或运输的有害物质的类型与数量的信息提供便利，以支持有效的卫生突发事件和灾害风险管理 (8)。《国际卫生条例》

(International Health Regulations) (2005 年) 在需要具备检测、评估和应对各种危害造成的公共卫生事件的能力方面向各国提供了进一步的指导 (9)。

4. 什么是 NATECH 事件?

如上所述，Natech 事件是由自然灾害引发的技术事故。这些可能包括洪水、地震、闪电、气旋和极端温度 (10, 11)。技术事故可能包括固定的化工装置、原油和天然气管道、存储场地、运输环节、废弃物场地和矿场的损坏以及化学品泄漏。

表 1 提供了一些说明性示例。此类事件的发生频率尚不清楚，但对一些化学事故数据库的分析发现导致有害物质泄漏的事故中有 2-5% 是由自然灾害事件引发的，而这些数字被认为由于后果严重程度较低的事故报告不足而被低估了 (17, 18)。由于工业化和城市化的加剧以及预测由气候变化引起的水文和气象灾害增加的综合因素，Natech 事件的风险和影响可能正在增加 (13, 18)。可以在 <http://enatech.jrc.ec.europa.eu/Home> 找到列出 Natech 事件的数据库。

4.1 NATECH 事件管理面临的挑战

如果工业或化学品存储场地位于灾害多发地区，Natech 事件发生的可能性就会增加。由于多种原因，Natech 事件可能会比在正常的厂区运营期间发生的化学事故更危险。首先，自然灾害事件可能涉及广大的地理区域，因此可能同时影响多个化学品场地。即使在单

个场地中，也可能存在多处同时发生的损坏或故障事件以及化学品泄漏；此外，在事件发生期间可能会损坏旨在防止化学品泄漏或减轻其后果的安全机械装置 (4)。其次，由于自然事件的其他影响（例如道路封锁、受损或淹水）以及对救援的需求太大，因此地方当局和服务部门应对化学品泄漏的能力往往会受到严重限制。由于应急救援人员面临更多风险，因此化学品泄漏本身可能会阻止或阻碍救援行动。

土耳其的科贾埃利地震（参见附录 A, A1 专栏）说明了自然灾害可能导致化学品泄漏的方式以及 Natech 事件会如何影响对自然灾害的应急响应。这场地震不仅引发了高毒性丙烯腈的泄漏，而且因关闭通信网络并使道路无法通行而降低了应对能力 (19, 20)。此次和其他 Natech 事件中的教训突出了为此类事件制定规范和规划的必要性，以尽量减少化学品泄漏的风险，并且强调跨部门协调和良好沟通的重要性。

4.2 化学品泄漏的来源

化学品泄漏可能由自然灾害直接或间接引起。这些泄漏可能是小规模（例如家用化学品从其存储地点冲入到洪水中），或大规模的（例如数千升有毒化学品从破裂的储罐中溢出）。管道和固定的化工装置特别容易发生大规模泄漏，其中存储容器与连接管道和法兰可能因地震和洪水而损坏 (18, 21)。通常伴随着气旋的雷击可能点燃存储罐中的易燃材料，引起火灾，火势可能会蔓延 (18)。电源损坏可能导致流程混乱或影响温度和压力监控器和控制阀，可能会导致失控的化学反应和泄压。^a

铁路和道路的损坏可能导致装有化学品的罐车脱轨和/或翻倒 (22)。洪水可能通过存储的

^a 泄压流程是安全泄压系统通过其被激活后使工艺设备减压，将蒸气和液体送到待燃火炬的流程。

表 1.NATECH 事件的示例

	国家, 日期	受影响的化工设施	后果
地震	日本, 2011 年 (4, 12)	炼油厂	东日本大地震以及由此引发的海啸破坏了大量的化工装置。炼油厂被淹没, 造成结构性损坏。火灾始于装有硫磺、沥青和汽油的储罐中。在硫磺起火并形成有毒气体云雾之后, 当局发布了从该设施周围 2 公里范围内疏散的命令。另一家炼油厂的火灾和爆炸引发了邻近化工设施的进一步火灾。
	土耳其, 1999 年 (4)	工业设施, 炼油厂油库	八个工业设施泄漏了大量化学品, 包括原油、磷酸和丙烯腈的泄漏。油库中同时有三处分别起火。在受影响的设施中, 电力、通信系统和现场应急用水的中断阻碍了应对行动。
洪水	中欧, 2002 年 (13)	化工厂	长时间的大雨导致遍地洪灾。捷克共和国境内一家靠近易北 (Elbe) 河的化工厂被淹没, 导致化学品泄漏, 其中包括 80 吨氯。洪水过后, 水和沉积物中发现了大量的汞和二恶英, 周围的农田多年来被认为不适合农业用途。同样的降雨导致德国穆尔德 (Mulde) 河上的一座大坝爆裂。一个综合型的化工设施被淹没, 需要通过军事行动来防止化学品被冲入河中。
	罗马尼亚, 2000 年 (5, 14)	金矿沉淀池	突然融雪和大雨的综合因素导致沉淀池中的水位升高, 破坏了池塘的大坝。大量含有氰化物和有毒金属的废水泄漏到跨越匈牙利和塞尔维亚边界的河流体系。河流中的初始氰化物浓度超过了允许的限值, 因此必须停止饮用水取水。大量鱼类死亡。
	美国, 1994 年 (4)	原油和天然气管道	大雨导致圣哈辛托 (San Jacinto) 河泛滥, 8 条管道破裂, 另外还破坏了 29 条管道。这导致了 36 000 桶原油和近 2 亿立方米天然气泄漏。泄露物起火, 导致 545 人主要因吸入烟雾和蒸气而受伤。
气旋	美国, 2005 年 (4, 15)	炼油厂和石化设施、车辆、燃料店、废弃物场地	在卡特里娜 (Katrina) 飓风期间, 大风与风暴潮的结合导致炼油厂漏油, 废弃车辆、油罐和废弃物场地的柴油燃料泄漏以及土壤污染物的重新流动。在居民区周围的沉积物中发现了高浓度的砷和苯并芘。
	洪都拉斯, 1998 年 (16)	废弃物场地	伴随飓风米奇 (Mitch) 而来的大雨导致许多废弃物场地淹没。农业化学品泄漏到环境中。
极度寒冷的天气	法国, 2002 年 (11)	化工厂	冻结温度导致环己烷在管道中凝固, 从而造成堵塞。由于管道温度控制不当以及内部温度变化, 因此陷于堵塞物之间的液体环己烷膨胀引起部分管道破裂, 从而导致泄漏。直到 30 小时后才发现泄漏源, 此时已经泄漏了 1200 吨环己烷。
极度炎热的天气	美国, 2005 年 (11)	气体重新包装场地	热浪使丙烯气瓶受热过程中, 环境温度高, 阳光强烈, 增加了内部压力, 导致气瓶阀门上的泄压装置打开并排放丙烯。这点燃后便开始引起一场席卷整个存储区域的火灾, 导致其他气瓶爆炸, 碎片给周围的屋室和汽车造成破坏。促成因素是泄压装置设定得太低, 不适合当时的情况。

化学品泄漏或者使已经存在于环境中的化学品重新流动而直接污染饮用水源 (23)。医疗护理机构和实验室的损坏也可能导致试剂和消毒剂等化学品泄漏。极低的温度或长时间的严寒可导致管道冻结，然后随着其化学品内容物的融化并膨胀而破裂。厚重的冰层会对设备造成结构性损坏并导致管道破裂 (11)。在高温情况下，会增加存放在外面的物质起火的风险。高温还会导致封闭存储容器（例如气缸和轨道车）内的化学品膨胀，引发泄压阀打开和化学品排放 (11)。

图 1 全面展示了因自然灾害影响而引起
的化学品泄漏可能产生卫生及其他后果严重的潜在来源。更多有关化学品泄漏机理的信息，参见附录。

一氧化碳是间接化学品泄漏的常见示例。它是由碳基燃料不完全燃烧产生的，在便携式发电机的废气中以及阴燃木炭的烟雾中存在高浓度的一氧化碳 (25)。通常与停电以及对替代能源供应的需求相关。据报告，使用家中或放置在通风口附近的便携式应急发电机和水泵，以及在室内燃烧木炭进行加热和烹饪时，爆发了一氧化碳中毒事件 (25, 26)。

另一个间接化学品泄漏的潜在来源是为了控制病媒传播和人畜共患疾病而增加杀虫剂使用量。自然灾害后环境恶化可导致病媒繁殖地和啮齿动物种群数量增加，从而增加疾病爆发的风险 (27)。公共卫生当局可能会决定通过大量使用杀虫剂和灭鼠剂来控制这种风险，而这反过来可能会导致施用这些化学品的工人和当地社区增加接触这些化学品的风险，除非采取适当的防范措施。

在清理和恢复阶段，也可能会有化学品泄漏。切割和移动受损的石棉水泥屋顶和管道可能会散发石棉纤维。灾后废弃物的任其燃烧可能会导致有毒和刺激性烟雾的产生。

5. 卫生部门在由自然灾害事件引发的化学事故风险管理方面的作用

在处理事故对健康的影响时，卫生部门处于第一线，应该在灾害风险管理周期的各个阶段（即预防、防备、应对和恢复）发挥作用 (3)。该部门可在这些不同阶段发挥影响、辅助或领导作用 (28)。卫生部门可以提高决策者和人们对自然灾害期间化学品危害的认识并倡导保护人类健康和弱势群体。

每个国家或社区都有自己的经济、社会、卫生和文化背景，因此每个事件在某种程度上都具有独特的特征。卫生部门的作用将取决于国家立法、传统和现有能力。了解卫生部门的作用很重要，有利于培养高效管理化学品泄漏风险的能力，包括卫生应急响应计划。

5.1 卫生部门在预防方面的作用

Natech 事件的预防措施主要是非卫生部门的责任。这些措施包括采用立法和法规，例如要求相关机构和行业为 Natech 事件、土地利用和空间规划控制制定计划，以确保化工装置、垃圾填埋场和废弃物泻湖不建在洪泛平原上或其他有自然灾害风险的地区中 (12, 29, 30)。引入和实施适当的建筑物规范可确保建筑物抵御地震、洪水或大风。工业设施的结构设计和运作应该包括能够降低化学工艺或存储设备受损的风险以及保护安全屏障^b 免受自然灾害影响的系统和措施 (30, 31)。在有洪水风险的地区，可采用各种防洪措施，包括采用堤

^b 安全屏障是一种用于预防、控制或减轻事故的实体或非实体工具，例如泄压阀。

图 1. 易受由自然灾害引起的化学品泄漏影响的场地的示例以及可能泄漏的化学品类型的示例 (24)

<p>燃料存储场地、油库</p> <ul style="list-style-type: none"> • 煤油 • 石油 • 丙烷 • 丁烷 		<p>废弃物存储场地</p> <ul style="list-style-type: none"> • 油 • 溶剂 • 多氯联苯 	
<p>天然气和原油管道</p> <ul style="list-style-type: none"> • 天然气 (甲烷) • 原油 		<p>尾矿坝</p> <ul style="list-style-type: none"> • 有毒污泥 • 含有氰化物和砷的尾矿 	
<p>石油或石化工业</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氨 • 苯 • 原油 • 硫化氢 		<p>酸性矿场排水 (废弃矿场)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 铝 • 砷 • 镉 • 铅 • 锰 	
<p>化工厂</p> <ul style="list-style-type: none"> • 碱 • 丙烯醛 • 甲醇 • 有机过氧化物 		<p>交通：铁路、公路、河流、海洋</p> <p>散装化学品，例如：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氨 • 氯 • 石油 • 甲醇 	
<p>食品加工厂</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氨 		<p>医院、实验室、药房</p> <ul style="list-style-type: none"> • 试剂 • 消毒剂 • 药品 • 气体 • 放射性物质 	
<p>农药仓库</p> <ul style="list-style-type: none"> • 氨基甲酸酯 • 有机磷酸盐 • 有机氯 		<p>冶金行业</p> <ul style="list-style-type: none"> • 有毒金属 • 氰化物 • 硫酸 • 氨 	

坝和疏浚或改造水道 (23)。当地社区必须了解此类预防性政策和措施的必要性并参与其中，以支持其有效实施，这一点很重要。

开发自然灾害早期预警系统（包括通信机制）是二级预防的一个示例。此类系统可以让人有机会在危害事件发生之前采取预防措施，例如关闭化工厂或将有害物质转移到更安全的地方 (31)。这些系统还让人有机会向面临风险的社区传达卫生防护消息 (23)。然而，虽然早期预警对于与天气有关的事件是可行的，但不可能用于地震，因而需要强调建筑物抗震对工业生产装置和房屋的重要性，以及进行地震演习。

在预防领域，卫生部门的主要作用是宣传。通过汇编有关以往事件对健康影响的信息，以及通过进行易受影响的程度评估和制定接触情景，卫生部门可以阐明实施监管和政策措施以及旨在预防和缓 Natech 事件的适当规划的论据。

5.2 卫生部门在防备方面的作用

防备包括政府、行业、应急救援人员、社区和个人为预测、应对和恢复灾难（例如 Natech 事件）的影响而增长的知识 and 能力 (32)。防备规划涉及多个机构，包括卫生部门。这一部分汇总了化学事故防备中涉及各个步骤以及卫生部门可以提供建议的方式。世界卫生组织《化学事故公共卫生管理手册》(*Manual for the public health management of chemical incidents*) (28) 提供了更多详细信息。

1. 收集相关信息

关键的应对要求是快速获取相关信息。因此，一项重要的防备活动是汇编和定期更新此类信息，包括：

- 存放和使用化学品的危险场地的位置，特别是易受自然灾害影响的场地；
- 化学品：其性质和毒性、数量以及接触管理；
- 医疗护理资源；
- 紧急联系方式，包括毒物控制中心。

地方、区域和国家一级的卫生当局应维护医疗护理能力和资源的数据库。这将有助于在一个地区的资源不堪重负的情况下执行应急规划并突出需要弥补的差距。世界卫生组织已经开发了有助于评估医院应急能力的工具 (33, 34)。如果发生 Natech 事件，鉴定弱势或高风险群体，他们相对于危险地点的位置，以及此类群体的特定需求对于规划也很重要。

有一些危害鉴定和映射工具，危害映射中涉及的各有关当局必须在紧急情况发生前和紧急情况期间共享信息。危害映射工具的一个示例是《快速环境评估工具》(FEAT)。联合国灾害评估与协调(UNDAC)团队和应急救援人员使用这一工具来鉴定基础设施和工业设施受损对现有或潜在的人类健康和环境造成的严重影响(24)。目前正在开发有助于 Natech 事件风险分析和映射的工具，例如 RAPID-N(参见“附录 D 其他信息来源”)(31)。

2. 制定 Natech 事件应对计划

卫生部门应参与制定地方、区域和国家层面的应对计划。这些计划应将化学事故应对与自然灾害应急计划结合起来。

卫生要素包括确保：

- 设立适当的援助机制，例如必要时向当地救援人员提供实验室、解毒剂、净化设备；
- 设立为规模伤亡人员进行净化(35)和管理的适当程序；
- 当地计划考虑保护弱势群体的必要性；
- 医疗护理工作人员和应急救援人员得到适当的保护，以免接触化学品。

最后，医疗护理机构需要制定应急计划以使其能够应对服务需求激增的情况，包括专门应对化学品接触的措施，以及应对机构本身可能会在自然灾害事件中受损的可能性。通过遵循世界卫生组织在《全面的安全医院框架》(Comprehensive safe hospitals framework)(36)中制定的指南，当局可以降低医院和医疗护理机构在灾害期间无法发挥作用的风险。该指南得到评估工具的支持，为国家卫生决策者提供了医院安全和防备状态的概况，以便在紧急情况和灾害中保持运作(37)。

3. 社区影响评估

这是一种定性或定量风险评估，即评估可能会在未来发生的 Natech 事件产生不利影响的可能性。它包括五个步骤：

- 情景设定
- 接触途径的鉴定
- 人群易受影响的程度评估(例如“参考文献 23”中的表 10 和表 11)
- 健康影响评估
- 评定。

卫生部门应参与所有这些步骤。从以往事件中收集的数据可能有助于风险评估。此类数据对健康影响评估特别有用，包括对健康造成长期影响的可能性。

4. 事故管理

外部(现场外的)应急响应计划应该基于全方位危害事故管理系统(IMS)，该系统提供协调机制，包括应急行动中心、明确的指挥结构和沟通策略以及将参与应对的所有部门。卫生部门应开发其自己的危害事故管理系统(IMS)，纳入相关的卫生规定(27, 28)。卫生部门应了解其在多个部门危害事故管理系统(IMS)和卫生应急计划方面的作用，并且运作安排应该与其他部门一起发挥协同工作能力。

5. 沟通

各机构之间及时有效的沟通以及与公众进行充分的风险和危机沟通是应对措施的重要组成部分。因此，在防备阶段，应该开发和测试用于不同类型通信的协议和程序。规划措施可包括沟通培训、制定沟通清单和模板、指定发言人以及为可能发生的情景制定标准信息(28)。预先准备的部分信息示例包括：

- 发生洪水/地震/气旋时应采取的措施
- 一氧化碳中毒的预防措施
- 清理过程中的防范措施，包括处理石棉水泥。

6. 培养人的能力

防备的一个重要组成部分是对参与事件应对行动的人员进行适当培训。就卫生部门而言，这包括培训卫生专业人员和急救人员。应该为当地响应团队制定核心培训项目，以确保参与响应的所有组织的工作人员对彼此的需求和作用有基本的了解。应该通过定期演习加强培训，并在各机构之间进行协调，以便这些机构习惯于一起工作 (27, 28)。

5.3 卫生部门在应对方面的作用

在应对阶段，卫生部门有许多作用。公共卫生服务部门负责卫生风险评估和有关事故的沟通，并且帮助协调总体卫生应对行动 (28, 38)。他们还参与评估事故可能对健康造成的长期影响。急救医疗服务部门负责对受伤和患病的人员进行分类和管理。卫生部门的所有有关单位都将与其他部门进行交流，以收集有关所涉化学品和受影响人群的信息 (28)。在应对活动期间收集的信息（包括预防、防备和应对措施的有效性，大规模伤亡的管理以及化学品对健康的影响）可用于为今后的规划提供信息，并且在必要时倡导采取措施以防止事故再次发生和减轻后果。

发起应对行动的关键步骤为：风险评估；遏制和预防接触；医疗评估和管理；以及风险与危机沟通 (28)。卫生部门的参与程度在各个阶段都会有所不同。

1. 风险评估

风险评估的目的是确定化学品泄漏对人类健康可能造成的影响。它涉及鉴定有关的危害、评估易受影响的程度、接触和应对能力。这是一个迭代过程并且应该随着新的信息出现对评估进行修正。它包括以下步骤。

i. 获取有关可能受影响的危险场地的信息，以评估对健康构成的风险并确定适当的风险管理措施。

ii. 鉴定事故中涉及的化学品：检查是否有库存，例如在现场的应急计划；如果没有，请使用快速环境评估工具 (24)（另见“附录 D 其他信息来源”）。查找带有危害信息的标签（参见“附录 E 危害警告示例”）。

iii. 收集并考虑任何从接触人士处获得的临床信息，因为这可能有助于鉴定某些化学品或化学基团。

iv. 如果可行，安排环境样本（空气、土壤、水、农作物）的收集和分析，以鉴定和量化化学品的污染。移动实验室可以快速提供结果，但即使结果延迟，他们也会提供有关事件发生期间接触途径的信息，这些信息可以帮助评估可能对健康造成的长期影响并为恢复计划提供信息。

2. 接触的预防措施

这涉及以下活动。

i. 确保采用适当的遏制措施。主要的遏制责任通常是由民防或消防服务部门承担。然而，优先考虑此活动可能在某种程度上取决

于可能对健康造成的影响。现场应急计划中可能会提供有用的信息。有关处理小规模化学品泄漏的简要信息，参见安全数据表，《国际化学品安全卡》（*International chemical safety cards*）和《紧急响应指南》（*Emergency response guidebook*）（参见“附录 D 其他信息来源”）。

ii. 确保通过屏障和警告限制受污染场地的通行。只有配备适当个人防护装备（PPE）的人员才能进入受污染区域。

iii. 若空气中存在有毒物质，决定人们是否可以在适当的地方避难还是有必要进行疏散。

iv. 确保参与清理和救援行动的人员充分配备个人防护装备并且了解遇到化学品泄漏的可能性。

v. 通过脱去衣物、清洗或淋洗衣物来对化学品接触人员进行净化处理，以防止应急救援人员、医务人员、医疗护理机构和设备（例如救护车、担架和床）持续接触和二次污染。

vi. 各级公共卫生机构（地方、州/联邦和国家）应该向公众提供有关防范措施的全面信息（参见下文“风险与危机沟通”）。

3. 医疗评估和管理

这涉及以下活动。

i. 确保化学品接触人士在进入医疗护理机构之前接受净化处理。

ii. 在管理受化学品污染的受害者时，医务人员和应急救援人员应遵循配戴个人防护装备（PPE）的程序。

iii. 进行分类和患者评估。化学品伤害或中毒可能会与创伤性损伤引起并发症并且这可能会使管理复杂化。

iv. 从毒物控制中心获取有关化学品接触管理的建议（若有）。

v. 按需提供特定的医疗护理（例如解毒治疗）。

vi. 考虑需要从化学品接触人士（包括急救人员）处收集生物样本以鉴定和（在可能的情况下）量化接触情况。虽然此类信息不一定能指导管理，但有助于评估可能造成的长期影响。

vii. 登记所有接触人士并确保有足够的文件和记录保存，若有需要可进行长期随访。

viii. 确保在急救后采取恢复阶段的应对措施，以防止间接化学品影响和长期接触，并且为受影响的社区提供心理健康和社会心理支持（参见下文）。

4. 风险与危机沟通

必须让公众、应对人员和决策者了解事件引起的化学品危害和其他危害，以及防护措施 (39)。按理来说，在危险装置周围应该已经与周边社区进行了一些风险沟通，告知他们可能发生化学品泄漏的情景、警告信号（例如警笛）的含义以及发出警告时要采取的行动，例如采用 APELL 流程（参见“附录 D 其他信息来源”）。由于在导致停电的自然灾害事件需定期报告一氧化碳中毒情况，因此向公众通报预防措施很重要 (25)。

在处理事故本身的过程中，需要进行危机沟通并且涉及向公众通报 (28)：

- Natech 事件
- 谁负责
- 正在做什么
- 所涉化学品的性质和危害
- 个人应该做些什么来保护自己及其家人
- 何时寻求医疗救助
- 如何获得更多信息。

应该采用可用的沟通渠道范围，包括大众和社交媒体。应该更新信息和消息，以解决不断变化的公众关注问题。

5.4 卫生部门在恢复方面的作用

恢复是指紧急情况后重建与恢复居民区的过程 (40)。在 Natech 事件的背景下，有两个主要方面：处理事件对健康造成的长期后果，并且处理化学品对环境的污染以保护健康和生计。

1. 处理健康影响

这涉及提供医疗护理、提供有关接触可能对健康造成长期影响的信息、接触人员的登记，以及对健康不利影响的后续行动和监测 (28)。

医疗护理涉及管理化学品接触对人体造成的直接后果，这可能会伴有创伤性损伤。它还涉及预测和管理事件对心理健康和社会心理的影响。心理健康和社会心理问题在自然灾害的受害者中很常见，这是由一系列压力因素引起的 (41-43)。受害者可能失去了家人、朋友、自己的财产，他们可能面临着死亡和重伤，并且遭受着社会混乱。就 Natech 事件而言，对化学品污染的恐惧可能是额外的压力因素。因灾害而导致房屋毁于一旦或受化学品污染的人们流离失所，具有重要的心理影响。人们可能不得不住在临时房屋内好几个月。同时还必须考虑和处理对儿童的影响。

从任何灾难（包括 Natech 事件）造成的生理和心理伤害中恢复可能需要数年时间。因此，卫生部门应该通过提供进一步的医疗护理来支持受害者，包括心理健康和社会心理支持以及后续行动。卫生项目应考虑到不同年龄和

性别群体的特定需求。

在可能产生的长期健康问题方面提供相关的信息很重要，因为这有助于受害者康复。设立一个可以提供适当和最新建议的信息“联络点”会有所助益 (28)。

卫生部门还应对 Natech 事件进行适当评定，并且对公共卫生应对措施进行评估，以确定经验教训，避免其再次发生并改进总体应对行动 (28, 39)。

2. 环境污染

Natech 事件可能会导致广泛的环境污染以及残骸、家居用品和个人物品等污染废弃物的产生。通常，一旦自然灾害事件停止或减弱，就会开始清理行动。这些通常由当地社区发起，旨在恢复其受损环境的某些秩序并保护其生计，例如清除贝类繁殖地的漏油。在许多容易发生灾害的地区中，石棉水泥被广泛用作建筑材料，该材料受损时会散发出有害的石棉纤维。在此类早期清理阶段，化学品接触的风险很高，因此快速提供卫生防护建议很重要。

清理与恢复方面的长期决策将通过环境取样和详细的环境风险评估的结果获取信息。卫生部门在这方面的作用是协助进行风险评估并且鉴定和确定需要修复的区域的优先次序，即人体接触的风险和健康影响最大的区域。卫生部门还应该在修复和清理工作人员的安全措施方面提出建议。

3. 服务的恢复

在 Natech 事件之后，土壤、动物、植物和水体可能受到化学品污染，影响食品和饮用

水的生产与供应。恢复这些服务涉及风险评估和考虑可能选择的恢复方案。风险评估遵循危害鉴定（涉及哪些化学品）、危害特征描述（毒性和指南或参考值）、接触评估（人们怎么会接触到以及达到什么程度）和风险特征描述（与指南/参考值相比，估计的接触情况如何）的标准程序 (44)。

如果判断健康风险微不足道，则恢复方案可能不需要采取行动，处理食品或水以清除污染物，将其转用于其他用途，或将受污染的食品作为废弃物进行处置 (40)。

根据污染程度，可能有必要在一段时间内禁止使用种植作物或动物觅食的区域。

就水而言，可能有必要测试供水系统本身并且提取水源，以防渗透到地下的化学物质渗入供水管道中 (40)。

当然，向社区（包括食品和水供应商）传达与食品和饮用水有关的风险评估结果和建议很重要。

其他各类与自然灾难相关的化学品泄漏的性质很重要。虽然工业是化学品泄漏的重要来源，但不应忘记卫生部门本身使用大量化学品，例如实验室试剂和公共卫生杀虫剂，应该将这纳入其自己的预防、防备和应对活动中。

6. 结论

与现有数据表明的情況相比，自然灾害事件后的化学品泄漏可能更为常见。随着工业化和城市化的加剧以及气候变化的影响，Natech 事件可能会因上述综合因素变成一个日益严重的问题。

化学品泄漏使应对自然灾害的行动变得复杂并且可能会增加与这些危害相关的疾病负担。因此，所有参与规划、防备和应对的部门（包括卫生部门）充分理解 Natech 事件以及

参考文献

1. Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2015 (http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf, accessed 7 July 2017).
2. Leaning J, Guha-Sapir D. Natural disasters, armed conflict, and public health. *New England Journal of Medicine*. 2013;369:1836–42. doi:10.1056/NEJMra1109877 (<http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJMra1109877>, accessed 7 July 2017).
3. Emergency risk management for health: overview. Geneva: World Health Organization; 2011 (http://www.who.int/hac/techguidance/preparedness/risk_management_overview_17may2013.pdf?ua=1, accessed 7 July 2017).
4. Krausmann E, Cruz AM, Salzano E. Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations. Amsterdam: Elsevier; 2017.
5. Cruz AM, Steinberg LJ, Vetere Arellano AL, Nordvik J-P, Pisano F. State of the art in Natech risk management. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2004 (EC JRC, UN ISDR EUR 21292 EN; http://www.unisdr.org/files/2631_FinalNatechStateofthe20Artcorrected.pdf, accessed 7 July 2017).
6. Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Science of the Total Environment*. 2004;322(1–3):3–20 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00446-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00446-7), accessed 7 July 2017).
7. Hyogo framework for action 2005–2015: Building the resilience of nations and communities to disasters. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction; 2007 (<http://www.unisdr.org/we/coordinate/hfa>, accessed 7 July 2017).
8. Resolution WHA64.10. Strengthening national health emergency and disaster management capacities and the resilience of health systems. In: Sixty-fourth World Health Assembly, Geneva, 16–24 May 2011. Resolutions and decisions, annexes. Geneva: World Health Organization; 2011:10 (WHA64/2011/REC/1; http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64-REC1/A64_REC1-en.pdf, accessed 7 July 2017).
9. International Health Regulations (2005) and chemical events. Geneva: World Health Organization; 2015 (<http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/249532/1/9789241509589-eng.pdf?ua=1&ua=1>, accessed 7 July 2017).
10. Report of the workshop on Natech risk management (23–25 May 2012, Dresden, Germany). Joint meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology. Series on Chemical Accidents No. 25. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2012 (ENV/JM/MONO(2013)4; [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2013\)4&doclanguange=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2013)4&doclanguange=en), accessed 7 July 2017).
11. Major Accident Hazards Bureau. Lessons learned. Bulletin No. 6: Natech accidents. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2014 (<https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/content/minerva/f30d9006-41d0-46d1-bf43-e033d2f5a9cd/publications>, accessed 26 September 2017).
12. Krausmann E, Cruz AM. Impact of the 11 March 2011, Great East Japan earthquake and tsunami on the chemical industry. *Natural Hazards*. 2013;67:811–28. doi:10.1007/s11069-013-0607-0.
13. OECD Studies in risk management: Italy – Industrial hazards triggered by floods. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2006 (<https://www.oecd.org/italy/36099995.pdf>, accessed 7 July 2017).

14. The cyanide spill at Baia Mare, Romania: before, during and after. Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs; 2002 (<http://archive.rec.org/REC/Publications/CyanideSpill/ENGCyanide.pdf>, accessed 7 July 2017).
15. Solomon GM, Rotkin-Ellman M. Contaminants in New Orleans sediment. New York: Natural Resources Defense Council; 2006 (<https://www.nrdc.org/sites/default/files/sedimentepa.pdf>, accessed 7 July 2017).
16. Balluz L, Moll D, Diaz Martinez MG, Merida Colindres JE, Malilay J. Environmental pesticide exposure in Honduras following hurricane Mitch. Bulletin of the World Health Organization. 2001;79:288–95 ([http://www.who.int/bulletin/archives/79\(4\)288.pdf](http://www.who.int/bulletin/archives/79(4)288.pdf), accessed 7 July 2017).
17. Campedel M. Analysis of major industrial accidents triggered by natural events reported in the principal available chemical accident databases. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2008 (Report EUR 23391 EN-2008; http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC42281/reqno_jrc42281_def%20mik%2008%5b2%5d.pdf, accessed 7 July 2017).
18. Krausmann E, Renzi E, Campedel M, Cozzani V. Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: lessons learned from a database analysis. Natural Hazards. 2011;59:285–300. doi:10.1007/s11069-011-9754-3.
19. Steinberg LJ, Cruz AM, Vardar-Sukan F, Ersoz Y. Risk management practices at industrial facilities during the Turkey earthquake of August 17, 1999: case study report, 2001. In: Proceedings of the First Annual IIASA-DPRI Meeting “Integrated disaster risk management: reducing socio-economic vulnerability”, IIASA, Luxembourg, Austria, 1–4 August, 2000 (<http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001/Papers/Cruz0602.pdf>, accessed 7 July 2017).
20. Girgin S. The Natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: aftermath and lessons learned. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2011;11:1129–40. doi:10.5194/nhess-11-1129-2011 (<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/1129/2011/nhess-11-1129-2011.pdf>, accessed 7 July 2017).
21. Girgin S, Krausmann E. Lessons learned from oil pipeline Natech accidents and recommendations for Natech scenario development. Final Report. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2015 (EUR 26913 EN; <http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC92700/homepipelinefinalleur26913en.pdf>, accessed 7 July 2017).
22. Lindell MK, Perry RW. Hazardous materials releases in the Northridge earthquake: implications for seismic risk assessment. Risk Analysis. 1997;17:147–56. doi:10.1111/j.1539-6924.1997.tb00854.x.
23. Menne B, Murray V. Floods in the WHO European Region: health effects and their prevention. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013 (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/189020/e96853.pdf, accessed 7 July 2017).
24. Flash environmental assessment tool (FEAT 2.0): pocket guide. Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Joint Unit; 2017 (<http://www.eecentre.org/?p=1596>, accessed 7 July 2017).
25. Iqbal S, Clower JH, Hernandez SA, Damon SA, Yip FY. A review of disaster-related carbon monoxide poisoning: surveillance, epidemiology, and opportunities for prevention. American Journal of Public Health. 2012;102(10):1957–63. doi:10.2105/AJPH.2012.300674 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3490658/pdf/AJPH.2012.300674.pdf>, accessed 7 July 2017).

26. Waite T, Murray V, Baker D. Carbon monoxide poisoning and flooding: changes in risk before, during and after flooding require appropriate public health interventions. *PLoS Currents Disasters*. 2014 July 3, Edition 1. doi:0.1371/currents.dis.2b2eb9e15f9b982784938803584487f1 (<http://currents.plos.org/disasters/article/carbon-monoxide-poisoning-and-flooding-changes-in-risk-before-during-and-after-flooding-require-appropriate-public-health-interventions/>, accessed 20 September 2017).
27. Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide. Geneva: World Health Organization; 2002 (<http://apps.who.int/iris/handle/10665/42561>, accessed 7 July 2017).
28. Manual for the public health management of chemical incidents. Geneva: World Health Organization; 2009 (http://www.who.int/iris/bitstream/10665/44127/1/9789241598149_eng.pdf, accessed 7 July 2017).
29. Krausmann E, Cozzani V, Salzano E, Renni E. Industrial accidents triggered by natural hazards: an emerging risk issue. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2011;11:921–29 (<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/921/2011/nhess-11-921-2011.pdf>, accessed 7 July 2017).
30. Addendum number 2 to the OECD guiding principles for chemical accident prevention, preparedness and response (2nd edition). To address natural hazards triggering technological accidents (Natechs). Series on Chemical Accidents No. 27. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2015 (ENV/JM/MONO(2015)1; [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2015\)1&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2015)1&doclanguage=en), accessed 7 July 2017).
31. Krausmann E, Cruz AM, Fendler R, Salzano E. Technological risk: Natech. In: Poljanšek K, Marin Ferrer M, De Groeve T, Clark I, editors. *Science for disaster risk management 2017: knowing better and losing less*. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2017. pp. 367–77 (EUR 28034 EN; <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/science-disaster-risk-management-2017-knowing-better-and-losing-less>, accessed 29 September 2017).
32. Terminology on disaster risk reduction [website]. Geneva: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR); 2009 (<https://www.unisdr.org/we/inform/terminology#letter-p> accessed 7 July 2017).
33. Hospital emergency response checklist: an all-hazards tool for hospital administrators and emergency managers. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2011 (<http://www.euro.who.int/en/health-topics/emergencies/disaster-preparedness-and-response/publications/2011/hospital-emergency-response-checklist>, accessed 7 July 2017).
34. Health Resources Availability Monitoring System (HeRAMS). In: *Humanitarian health action* [website]. Geneva: World Health Organization; 2017 (<http://www.who.int/hac/herams/en/>, accessed 7 July 2017).
35. Patient decontamination in a mass chemical exposure incident: national planning guidance for communities. Washington DC: US Department of Homeland Security/US Department of Health and Human Services; 2014 (https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/Patient%20Decon%20National%20Planning%20Guidance_Final_December%202014.pdf, accessed 7 July 2017).
36. Comprehensive safe hospitals framework. Geneva: World Health Organization; 2015 (http://www.who.int/hac/techguidance/comprehensive_safe_hospital_framework.pdf?ua=1, accessed 7 July 2017).
37. Hospital safety index: guide for evaluators, 2nd edition. Geneva: World Health Organization; 2015 (http://www.who.int/hac/techguidance/hospital_safety_index_evaluators.pdf?ua=1, accessed 7 July 2017).

38. Euripidou E, Murray V. Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health*. 2004;26(4):376–83 (<http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/26/4/376.full.pdf>, accessed 7 July 2017).
39. Bridgman, Stephen A. Lessons learnt from a factory fire with asbestos-containing fallout. *Journal of Public Health*. 1999;21(2):158–65 (<http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/21/2/158.full.pdf>, accessed 7 July 2017).
40. UK recovery handbook for chemical incidents. London: Health Protection Agency; 2012 (https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/201024/UKRHCI_publication_31st_May_2012_web2.pdf, accessed 7 July 2017).
41. Mental health and psychosocial support in humanitarian emergencies: what should humanitarian health actors know? Geneva: Inter-Agency Standing Committee; 2010 (http://www.who.int/mental_health/emergencies/what_humanitarian_health_actors_should_know.pdf, accessed 7 July 2017).
42. Stanke C, Murray V, Amlôt R, Nurse J, Williams R. The effects of flooding on mental health: outcomes and recommendations from a review of the literature. *PLoS Currents Disasters*. 2012 May 30; Edition 1. doi:10.1371/4f9f1fa9c3cae (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-effects-of-flooding-on-mental-health-outcomes-and-recommendations-from-a-review-of-the-literature/>, accessed 29 September 2017).
43. Lock S, Rubin GJ, Murray V, Rogers MB, Amlôt R, Williams R. Secondary stressors and extreme events and disasters: a systematic review of primary research from 2010 to 2011. *PLoS Currents Disasters*. 2012 Oct 29; Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.a9b76fed1b2dd5c5bfcfc13c87a2f24f (<http://currents.plos.org/disasters/article/dis-12-0013-secondary-stressors-and-extreme-events-and-disasters-a-systematic-review-of-primary-research-from-2010-2011/>, accessed 29 September 2017).
44. WHO Human health risk assessment toolkit: chemical hazards. Geneva: World Health Organization; 2010 (<http://www.who.int/ipcs/publications/methods/harmonization/toolkit.pdf?ua=1>, accessed 7 July 2017).

附录 A

与地震相关的化学品泄漏

什么是地震？

地震是沿着断层线在构造板块之间移动引起的地壳中能量的突然释放。它的特征是由深层地震波产生的地面剧烈震动，从最初的破裂点扩散开来 (1)。

地震可能导致地面震动、土壤液化、山体滑坡、裂缝、雪崩和海啸。地震造成的破坏和危害程度取决于震级、强度和持续时间、当地的地质、发生当天的时间、建筑物与工业厂区设计和材料，以及实施的风险管理措施 (2-4)。

地震分类

现已确定许多用于衡量地震强度和震级的标度 (1, 4, 5)，但最常用的是：

- 麦加利地震烈度 (MM)：这根据地震的破坏性，使用从 I 至 XII 的罗马数字表示烈度，按顺序排列地震，其中 XII 表示最严重。该标度是基于对地震影响的目测和其他非仪器观测。
- 里氏震级 (M_L)：这表明由地震仪测量的地面移动幅度。该标度是以 10 为底数的对数，因此 5 级地震的强度是 4 级地震的 10 倍。4 级地震是可感知但较温和的，而 8 级地震可能是毁灭性的。
- 矩震级 (M_w)：这也是基于地震衡量并且是根据断层破裂区域的能量释放来评估的。它适用于衡量非常大的地震，可以提供最可靠的估算值。现已确定该标度，它接近里氏 (M_L) 震级，范围高达 6 级。

化学品泄漏的风险因素

生产、使用或存储化学品的场地易受与地震相关的破坏和化学品泄漏的影响 (2, 6, 7)。对以往事件的分析表明，非加压型化学品储罐、管道以及旧的天然气和原油管道在地震后特别容易破裂 (2, 8)。各种因素会在地震期间增加化学品泄漏至人群的风险，包括以下方面 (6, 9)：

- 规划和建筑法规不足；
- 地震地区工业设施的位置；
- 不具有抗震能力的结构；
- 安全措施或应急计划不足；
- 工业场地周围人口密度高；
- 预警系统不足；
- 公众缺乏对地震风险的认识。

其他地震后果可能会在以下方面降低应对能力，增加风险 (9, 10)。

- 现场应急设备的损坏将会阻碍应对行动，供电、供水和电信等重要基础设施的损坏也是如此。
- 可能无法获得现场外的应急救援人员和其他资源，因为他们可能忙于处理地震带来的后果。
- 有害物质的泄漏可能会阻碍搜救行动。

在易受地震影响的地区，工业场地应急响应计划应该包括地震情景，以便工人和管理人员能够准备好在地震期间和地震之后应对导致紧急状况恶化的特定情况。

化学品泄漏的机理

导致化学品泄漏的遏制措施失败通常是由于地震的水平和垂直震动力、坠落的残骸以及土壤液化导致建筑物坍塌造成的结构损坏引起的 (2, 6, 10)。在单个场地或过度扩张的工业区域可能会同时存在多处化学品泄漏。**A1 专栏** 提供了一个说明性案例研究。

在工业场地，化学品泄漏的机理包括：管道和连接法兰的破裂；存储容器的弯曲和破裂；液体晃动（这会危及到满罐或接近满罐的结构完整性），导致罐壳损坏和坍塌；以及电源损坏，这可能导致流程混乱并影响安全措施，例如温度与压力监测器和控制阀 (2)。浮顶罐中的液体晃动会导致金属顶部反弹到侧壁，产生火花并点燃易燃的罐中内容物 (2, 7)。石油设施中的存储容器受损会使大量的石油产品泄漏到环境中，包括进入水道 (6)。

就仓库和其他存储场地而言，较小的容器（例如含有化学品的筒形容器、圆桶和袋子）可能会因倾翻和塌陷的结构而受损。这可能会导致化学品混合，同时产生有毒反应产物或火灾或爆炸事故 (6, 8)。

地震后发生火灾是一种相对常见的现象，例如由于燃料储罐内容物起火和燃气管道的破裂而引起 (2, 6)。燃料仓库中的火灾可能会燃烧数天，将有毒的燃烧产物长时间排放到空气中 (7)。建筑物中的火灾可能会散发石棉和玻璃纤维绝缘材料中的大量灰尘和纤维 (6, 12)。

铁路和道路的损坏可能导致运输化学品的罐车脱轨、倾翻和碰撞，随后发生破裂和化学品泄漏 (8)。

清理行动可能导致石棉纤维从石棉水泥中散发出来。在许多国家中，这种材料通常用于屋顶和管道。清除坠落或损坏的结构可能会涉

及锯切、分解和移动石棉水泥，从而将有害纤维飘散到空气中 (13)。灾后废弃物的任其燃烧可能会导致有毒和刺激性烟雾的产生。

对人类健康的潜在影响

受害者和救援人员直接接触地震后泄漏的化学品后，会产生皮肤、呼吸道和全身毒性影响。环境污染、火灾和爆炸也可能会导致毒性影响和伤害。一般公众、救援人员和参与清理行动的人员可能会受到一系列危害，这些危害可分为与化学品有关的危害和无关的危害 (6, 14)。举例说明如下。

与化学品有关的

- 由于接触泄漏的腐蚀性化学品而引起的灼伤。
- 由于吸入刺激性气体、燃烧产物、重尘和纤维（例如来自受损的石棉和玻璃纤维绝缘材料）而引起的呼吸道损伤 (6)。
- 由于接触泄漏的有毒化学品以及摄入受污染的食品或水而引起的中毒。
- 由于在电力供应中断时不正确地使用汽油/柴油发电机，或使用 烧烤炉、火盆或煤炭桶或木炭桶进行加热和烹饪而引起的一氧化碳中毒 (3, 15)。
- 参与救援和清理的工人受伤和中毒【在美国加利福尼亚州的洛马普列塔 (Loma Prieta) 地震之后，近 20% 的工伤是由接触有害物质引起的 (6)】。

与化学品无关的

- 由于火灾而引起的灼伤。
- 由于坠落的电力线而引起的电击。
- 由于跌倒、建筑物坍塌、砖石坠落等情况造成的伤害和死亡 (3)。在救援和清理阶段也可能发生伤害，例如在切割和移动坠落的残骸时。
- 疏散的后果，例如疏散地点传染性疾病的风险增加、患者在转移期间已存在的健康问题恶化、医疗护理机构的饱和度降低了提供适当治疗的能力、供水和卫生方面的潜在问题等 (16)。
- 社会心理影响，包括创伤后应激障碍 (14)。

应对与恢复注意事项

第 5.3 节和第 5.4 节（主要文件）更详细地描述了卫生部门在应对和恢复阶段的作用。此处提供了汇总信息。

风险评估

- i. 获取有关可能受影响的危险场地的信息，以评估对健康构成的风险并确定适当的风险管理措施。
- ii. 鉴定事故中涉及的化学品：检查是否有库存，例如在现场的应急计划；如果没有，请使用快速环境评估工具 (17)（另见“附录 D 其他信息来源”）。查找带有危害信息的标签（参见“附录 E 危害警告示例”）。
- iii. 收集并考虑任何从接触人士处获得的临床信息，因为这可能有助于鉴定某些化学品或化学基团。
- iv. 如果可行，安排环境样本（空气、土壤、水、农作物）的收集和分析，以鉴定和量

化化学品的污染。在恢复阶段中，此信息可能特别有用。

接触的预防措施

- i. 根据风险评估，按需向民防、消防或其他指定的服务部门提供建议：
 - 遏制措施
 - 限制进入受污染场地
 - 需要个人防护装备（PPE）
 - 为受影响的社区提供避难所或疏散建议。
- ii. 确保参与清理和救援行动的人员充分配备个人防护装备（PPE）并且了解化学品泄漏的可能性。
- iii. 安排为化学品接触人士进行净化处理的设施。
- iv. 向公众提供有关防范措施的全面信息（参见下文“风险与危机沟通”）。

医疗评估和管理

- i. 确保化学品接触人士在进入医疗护理机构之前接受净化处理。
- ii. 在管理受化学品污染的受害者时，确保医务人员遵循配戴个人防护装备（PPE）的程序。
- iii. 进行分类和患者评估。请注意，化学品伤害或中毒可能会与创伤性损伤引起并发症。
- iv. 从毒物控制中心获取有关化学品接触管理的建议（若有）。
- v. 按需提供特定的医疗护理（例如解毒治疗）。
- vi. 考虑需要从化学品接触人士（包括急救人员）处收集生物样本以鉴定和（在可能的情况下）量化接触情况。

vii. 登记所有接触人士并确保有足够的文件和记录保存，若有需要可进行长期随访。

viii. 确保在急救后采取恢复阶段的应对措施，以防止间接化学品作用和长期接触。为受影响的社区提供心理健康和社会心理支持。

风险与危机沟通

必要时，向公众、急救人员和决策者提供有关事件引起的化学危害和其他危害的信息。

确保公众了解：

- Natech 事件
- 谁负责
- 正在做什么

- 所涉化学品的性质和危害
- 个人应该做些什么来保护自己及其家人
- 何时寻求医疗救助
- 如何获得更多信息。

一些特定的卫生防护主题包括：

- 一氧化碳中毒的预防措施
- 清理过程中的防范措施，例如使用个人防护装备、安全使用切割设备、石棉水泥的处理等

A1 专栏1999 年 8 月土耳其科贾埃利地震

1999 年 8 月 17 日，在土耳其科贾埃利发生了强烈地震（矩震级 M_w 为 7.4）。该地区工业化程度很高并且人口密集，地震后果严重。超过 1500 万人受到影响，超过 17 500 人死亡并有 44 000 人受伤。财产损失约为 160 亿美元 (7, 11)。地震引发了多起 Natech 事件，包括在奇夫特利克伊的雅柯斯 (AKSA) 腈纶纤维工厂发生丙烯腈泄漏，这属于世界上最大的一家丙烯酸纤维生产设施。丙烯腈泄漏到遏制堤坝并进入空气中。堤坝受损导致化学物质渗入土壤，污染含水层。此外，堤坝溢流使丙烯腈通过排水通道流入大海。与受影响地区的其他地方一样，电力供应也中断了。此外，现场的所有水管都因地震而损坏了。道路受损意味着当地的应急响应和救援工作陷入瘫痪 (7, 11)。

在发现泄漏后大约 5 个小时，亚洛瓦的危机中心才获悉灾情。由于电信无法运作，因此安全部队必须派人亲自去通知公众。附近的消防队提供泡沫和泵，但由于缺乏个人防护装备，因此无法直接协助应对。由于道路无法通行，因此必须通过空运和海运来运送物资。阻止丙烯腈泄漏和进一步扩散的工作耗时 40 小时 (7)。

由于丙烯腈泄漏，因此储罐周围 200 米范围内的动物和植物都死亡了。据报告，鸟类和家畜也在靠近该设施的栖息地死亡。伊兹米特湾 (Izmit Bay) 据说出现死鱼。应急救援团队的一些成员表现出中毒迹象，居住在附近的公众也是如此。据报告，健康影响包括声音嘶哑、眩晕、恶心、呼吸问题、皮肤刺激、头痛、眼睛和鼻腔刺激 (7)。市民在试图从坍塌的建筑物

中拯救邻居和朋友时身受其害。当地医院和诊所因收治重伤人员而过度拥挤。他们无法为化学品接触人员提供适当的治疗，部分原因是由于缺乏电信服务而联系不上雅柯斯（AKSA）工厂的专家，难以了解有关丙烯腈毒性和接触管理的情况。

人们在工厂附近的农场中收集了农产品，随后进行销毁。环境污染需要连续 5 年的开垦处理。长期的健康影响尚不清楚；然而，人们对可能增加的癌症患病率表示担忧 (7)。

这次地震导致了其他 Natech 事件。引发了多起火灾，其中一起发生在石脑油库，花了四天时间才完成灭火。在靠近储罐的化肥厂中，工人故意打开储氨罐的阀门，以防止由于压力积聚可能引起的爆炸，向空气中排放大量的氨 (7)。

参考文献

1. Gates AE, Ritchie D. Encyclopedia of earthquakes and volcanoes, 3rd edition. New York: Facts On File Inc; 2007.
2. Krausmann E, Renzi E, Campedel M, Cozzani V. Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: lessons learned from a database analysis. *Natural Hazards*. 2011;59:285–300. doi:10.1007/s11069-011-9754-3.
3. Doocy S, Daniels A, Packer C, Dick A, Kirsch TD. The human impact of earthquakes: a historical review of events 1980–2009 and systematic literature review. *PLoS Currents Disasters*. 2013 Apr 16; Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.67bd14fe457f1db0b5433a8ee20fb833 (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-earthquakes-from-1980-2009-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>, accessed 7 July 2017).
4. Measurement of an earthquake through its magnitude. In: Seismology Research Centre [website]. Victoria: Seismology Research Centre; 2017 (<http://www.src.com.au/earthquake-size/>, accessed 7 July 2017).
5. The Modified Mercalli Intensity Scale. In: Earthquakes Hazard Program, US Geological Survey [website]. Reston (VA): US Geological Survey; 2017 (<http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/mercalli.php>, accessed 7 July 2017).
6. Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Science of the Total Environment*. 2004;322(1–3):3–20 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00446-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00446-7), accessed 7 July 2017).
7. Girgin S. The Natech events during the 17 August 1999 Kocaeli earthquake: aftermath and lessons learned. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 2011;11:1129–40. doi:10.5194/nhess-11-1129-2011 (<http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/11/1129/2011/nhess-11-1129-2011.pdf>, accessed 7 July 2017).
8. Lindell MK, Perry RW. Hazardous materials releases in the Northridge earthquake: implications for seismic risk assessment. *Risk Analysis*. 1997;17:147–56. doi:10.1111/j.1539-6924.1997.tb00854.x.
9. Cruz AM, Steinberg LJ, Vetere Arellano AL, Nordvik J-P, Pisano F. State of the art in Natech risk management. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2004 (EC JRC, UN ISDR EUR 21292 EN; http://www.unisdr.org/files/2631_FinalNatechStateofthe20Artcorrected.pdf, accessed 7 July 2017).
10. Krausmann E, Cruz AM, Salzano E. Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations. Amsterdam: Elsevier; 2017.
11. Steinberg LJ, Cruz AM, Vardar-Sukan F, Ersoz Y. Risk management practices at industrial facilities during the Turkey earthquake of August 17, 1999: case study report, 2001. In: Proceedings of the First Annual IIASA-DPRI Meeting “Integrated disaster risk management: reducing socio-economic vulnerability”, IIASA, Luxembourg, Austria, 1–4 August, 2000 (<http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/RMS/dpri2001/Papers/Cruz0602.pdf>, accessed 7 July 2017).
12. Bridgman, Stephen A. Lessons learnt from a factory fire with asbestos-containing fallout. *Journal of Public Health*. 1999;21(2):158–65 (<http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/21/2/158.full.pdf>, accessed 7 July 2017).
13. A brief guide to asbestos in emergencies: safer handling & breaking the cycle. Geneva: Shelter Centre and ProAct Network; 2009 (<http://www.humanitarianlibrary.org/resource/brief-guide-asbestos-emergencies-safer-handling-breaking-cycle-0>, accessed 7 July 2017).

14. Shrubsole D. Natural disasters and public health issues: a review of the literature with a focus on the recovery period. Institute for Catastrophic Loss Reduction (ICLR) Research Paper Series No. 4. Toronto: ICLR; 1999 (http://www.iclr.org/images/Natural_Disasters_and_Public_Health_Issues.pdf, accessed 7 July 2017).
15. Iqbal S, Clower JH, Hernandez SA, Damon SA, Yip FY. A review of disaster-related carbon monoxide poisoning: surveillance, epidemiology, and opportunities for prevention. *American Journal of Public Health*. 2012;102(10):1957–63. doi:10.2105/AJPH.2012.300674 (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3490658/pdf/AJPH.2012.300674.pdf>, accessed 7 July 2017).
16. Hasegawa A, Ohira T, Maeda M, Yasumura S, Tanigawa K. Emergency responses and health consequences after the Fukushima accident: evacuation and relocation. *Clinical Oncology*. 2016;28:237–44 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0936655516000054>, accessed 7 July 2017).
17. Flash environmental assessment tool (FEAT 2.0): pocket guide. Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Joint Unit; 2017 (<http://www.eccentre.org/?p=1596>, accessed 7 July 2017).

附录 B

与洪水相关的 化学品泄漏

什么是洪水？

洪水是最常见的自然灾害事件，也是在全球范围内因灾害造成死亡的主要原因 (1)。由于气候变化、城市化和其他因素，重大洪水事件的发生频率正在增加 (2, 3)。洪水通常是一种干地遭水淹的临时情况，主要由以下原因造成 (1, 2)。

- 由于强降雨或融雪而引起河流、湖泊和地下水等内陆水域的水位逐渐上涨。
- 由于长时间降雨导致水涝并且地表水位位于地表以上而引起的地表积水。
- 大坝裂口或者决堤。
- 由于风暴中的强降雨或大坝泄水而导致持续时间短暂的突发洪水。这被称为山洪暴发，并且在水流非常迅速的倾斜地形上特别具有破坏性。
- 由于热带气旋、风暴潮或海啸而引起的沿海洪水。

有些地区特别容易发生洪水，例如低洼的沿海平原和沿河地区。河流泛滥通常是季节性的。洪水造成的危害严重程度受水位高度、流速和上升速度、洪水持续时间和季节的影响 (4)。

化学品泄漏的风险因素

对以往事件的分析表明，储罐和管道系统特别容易受到洪水的破坏 (5)。此外，还有许多因素会使某一地区在洪水期间增加易受化学品泄漏影响的程度，包括以下方面 (1, 3)：

- 规划和建筑法规不足；
- 洪水易发地区工业设施的位置；
- 不具有抗洪能力的结构；
- 吸收雨水能力小的土地，例如因为侵蚀、砍伐森林或者混凝土等不透水的覆盖层；
- 预警系统不足；
- 安全措施或应急计划不足；
- 工业场地周围人口密度高；
- 公众缺乏对洪水风险的认识。

洪水可能会在以下方面降低应对能力，增加风险 (6, 7)。

- 现场应急设备的损坏将会阻碍应对行动，供电、供水和电信等重要基础设施的损坏也是如此。
- 可能无法获得现场外的应急救援人员和其他资源，因为他们可能忙于处理洪水带来的后果。
- 有害物质的泄漏可能会阻碍搜救行动。

工业场地应急响应计划应该包括洪水情景，以便工人和管理人员能够准备好在洪水期间和洪水之后应对导致紧急状况恶化的特定情况。

化学品泄漏的机理

不断上涨的洪水会使装有化学品的储罐发生位移和倾翻并且破坏管路系统和管道。装有化学品的筒形容容器会在洪水中飘移。它们会因碰撞而受损并泄漏其内容物。泄漏的化学品会与水混合并发生反应，可能产生有毒反应产物或火灾或爆炸危险 (5)。当易燃碳氢化合物泄漏到洪水中时，点火会导致池火。这些是在汽化碳氢化合物燃料的水平池上方浮起的火焰，并且会燃烧到新的易燃材料源或居住区域内 (8)。它们在石油产品的仓库或炼油厂中具有特殊风险（参见 B1 专栏）。

电源损坏可能导致流程混乱并影响安全措施，例如温度与压力监测器和控制阀，可能会引发失控的化学反应和泄压。如果不与地表水排水系统隔离，内部厂区排水系统的洪水可能会泄漏废油或其他化学废弃物。废弃的矿场（例如煤矿）可能会引发洪水，在水与空气接触时泄漏因硫化物氧化而产生的含有硫酸的酸性水 (11)。在水的压力下，含有采矿废弃物的尾矿坝可能会爆裂，泄漏剧毒的废弃物和泥浆 (4)。

洪水泛滥的区域可能会在其他方面导致化学品泄漏 (2, 11)。在农村地区，源自洪水淹没地区的径流可能会携带含有肥料、除草剂和杀虫剂的侵蚀土壤。源自高速公路、道路和桥梁的径流可能会含有重金属、石油烃和多环芳烃。源自淹没废弃物场地的径流可能会含有各种有毒化学品，具体取决于场地中存放的东西 (12)。

洪水中的化学品可能会污染饮用水源，并且随着洪水退去，可能会沉积在农田以及房屋和学校等建筑物中。经过多年以后，受污染的农田可能仍然不适用于农业用途 (3)。

B2 专栏描述了在 2002 年捷克共和国洪水期间除了化工厂的有毒物质泄漏之外，还有高速公路径流对土壤的污染。

对人类健康的潜在影响

受害者和救援人员直接接触洪水后泄漏的化学品后，会产生皮肤、呼吸道和全身毒性影响。环境污染、火灾和爆炸也可能会导致毒性影响和伤害。一般公众、救援人员和参与清理行动的人员可能会受到一系列危害，这些危害可分为与化学品有关的危害和无关的危害 (12, 16)。举例说明如下。

与化学品有关的

- 由于火灾和接触腐蚀性化学品（泄漏的化学品与洪水发生反应后形成的有毒和/或易燃蒸气）而引起的灼伤。
- 由于吸入刺激性气体（包括燃烧产物）而引起的呼吸道损伤。

B1 专栏 2002 年 11 月摩洛哥穆罕默迪耶炼油厂

2002 年 11 月，暴雨袭击了摩洛哥的西部和中部，造成严重的洪水。据报告，有许多人死亡和失踪。穆罕默迪耶地区位于卡萨布兰卡和拉巴特之间的摩洛哥西海岸，遭受的影响最大；工业区以及机场受到洪水的严重影响。在穆罕默迪耶炼油厂中，高达 1 米的洪水使排污系统中的废油上升。废油随着洪水分布在整个炼油厂中。这种浮油在与炼油设备的高温部件接触时

点燃，引起池火和爆炸。热电厂属于该综合型炼油厂中的一部分，已被摧毁。2 人在爆炸中丧生，4 人受伤。因此，炼油厂在事故发生后关闭了几个月进行维修和清理。洪水之后，该国缺乏燃料，因为这家炼油厂是主要的原油加工商，年产量达 800 万吨 (5, 9, 10)。

- 由于接触泄漏的有毒化学品以及摄入受污染的食品或水而引起的中毒。然而，根据洪水的速度、总量和流量，通过在水中稀释可以降低化学品接触的风险。
- 由于不正确地使用燃料燃烧型发电机、烧烤炉、火盆或煤炭桶或木炭桶进行加热和烹饪，或使用汽油驱动泵和除湿机吹干被淹的房间而引起的一氧化碳中毒 (1, 2, 17)。
- 参与救援和清理的工人受伤和中毒，包括过度接触用于病媒和啮齿动物控制的杀虫剂。

与化学品无关的

- 溺水。
- 因浸没于 24° C 以下水中而引起的低温症。

- 遭到流离失所的动物咬伤和叮咬而中毒 (1)。
- 由于漂浮的残骸造成的伤害和死亡。在救援和清理阶段也可能会发生伤害，例如在切割和移动坠落的残骸时。
- 疏散的后果，例如疏散地点传染性疾病的风险增加、患者在转移期间已存在的健康问题恶化、医疗护理机构的饱和度降低了提供适当治疗的能力、供水和卫生方面的潜在问题等 (18)。
- 社会心理影响，包括创伤后应激障碍 (16, 19)。

据报告，2000 年桑德赫斯特（英国）发生洪水后出现与化学品有关的健康问题（参见 **B3 专栏**）。

应对与恢复注意事项

第 5.3 节和第 5.4 节（主要文件）更详细地描述了卫生部门在应对和恢复阶段的作用。此处提供了汇总信息。

B2 专栏捷克共和国，2002 年 8 月

2002 年 8 月，一场持续的暴风雨袭击了中欧，紧接着又发生了第二场严重影响捷克共和国的风暴。经过一周的大雨（大约是 8 月份平均降雨量的三倍）后，易北 (Elbe) 河与其他一些河流泛滥成灾。据报告，数百个城镇和村庄被完全淹没，220 000 人撤离并有 19 人死亡 (13, 14)。总共有 320 万人受洪水影响，经济损失估计为 20 至 30 亿欧元。环境监察局 (Environmental Inspectorate) 收集的数据显示，至少有 20 起与有害物质泄漏有关事故 (14)。最严重的是来自位于布拉格

北部易北 (Elbe) 河沿岸的内拉托维采化工厂的污染。除了工厂生产的石油和其他化学品外，还有 80 吨氯泄漏到空气中并渗入洪水中。对比洪水前后河水与沉积物样本，发现水和沉积物中的汞及二恶英浓度显著增加，尤其是在内拉托维采周围。调查还发现，洪水冲走了街道和道路上的有毒微污染物 (15)。

在一个地区进行的一项调查发现，46% 的人在洪水期间感到健康状况恶化并有 39% 的人在洪水过后的六周内感到健康状况恶化。73% 的人在洪水后 1 年仍然存在这种健康受损的感觉 (14)。

风险评估

- i. 获取有关可能受影响的危险场地的信息，包括废弃物堆放情况，以评估对健康构成的风险并确定适当的风险管理措施。
- ii. 鉴定事故中涉及的化学品：检查是否有库存，例如在现场的应急计划；如果没有，请使用《快速环境评估工具》 (21)（另见“附录 D 其他信息来源”）。查找带有危害信息的标签（参见“附录 E 危害警告示例”）。
- iii. 收集并考虑任何从接触人士处获得的临床信息，因为这可能有助于鉴定某些化学品或化学基团。
- iv. 如果可行，安排环境样本（空气、土壤、水、农作物）的收集和分析，以鉴定和量化化学品的污染。
- v. 评估饮用水源和食品污染的可能性。

B3 专栏 2000 年 11 月英国格洛斯特郡桑赫斯特

2000 年 10 月 30 日，英国格洛斯特郡桑德赫斯特的一家废弃物管理和回收公司发生了一起可能是由雷电或风引发的火灾。由于小规模爆炸和火灾的强度，消防部门几个小时都无法接近现场。此外，事故发生在狂风暴雨中，阻碍了消防部门进入现场。该场地附近的居民均被疏散，直到晚上灭火。火灾焚烧了数吨危险化学品，例如装在筒形容容器中的氰化物、杀虫剂、溶剂和石棉。

在持续大雨之后，塞文（Severn）河洪水泛滥，将废弃物管理场地淹没于 2.4 米深的水中。据报告，化学品已从该场地的洪水中泄漏出来。由于对房屋受到化学品污染的可能性引起的担忧，人们再次被迁移。洪水使人们连续几天都无法进入该场

地，阻碍了快速清除有毒物质。该场地在 11 月底一直受到严重的水灾威胁并且在 12 月再次被淹没。在水退去之前，所有材料的清理工作都无法开始。

由于在火灾和洪水发生后报告有大量疾病，因此当地卫生部门进行了健康调查，评估事故对该社区的影响。当地居民报告的健康影响包括咽喉痛、眼睛刺痛和呼吸困难，但这些症状在事故发生几周后已有所缓解，没有患者住院。卫生当局宣布没有证据表明对公共卫生的长期影响或食物污染的风险。居民主要担心的是自己的房屋受化学物质污染，因此地方当局收集了空气、洪水和泥浆的样本并且分析其中是否有化学物质。观察到痕量的化学物质，但没有发现明显的污染 (11, 20)。

接触的预防措施

- i. 根据风险评估，按需向民防、消防或其他指定的服务部门提供建议：
 - 遏制措施
 - 限制进入受污染场地
 - 需要个人防护装备 (PPE)
 - 为受影响的社区提供避难所或疏散建议。
- ii. 确保参与清理和救援行动的人员充分配备个人防护装备 (PPE) 并且了解化学品泄漏的可能性。
- iii. 安排为化学品接触人士进行净化处理的设施。
- iv. 向公众提供有关防范措施的全面信息（参见下文“风险与危机沟通”）。

医疗评估和管理

- i. 确保化学品接触人士在进入医疗护理机构之前接受净化处理。
- ii. 在管理受化学品污染的受害者时，确保医务人员遵循配戴个人防护装备 (PPE) 的程序。
- iii. 进行分类和患者评估。请注意，化学品伤害或中毒可能会与创伤性损伤引起并发症。
- iv. 从毒物控制中心获取有关化学品接触管理的建议（若有）。
- v. 按需提供特定的医疗护理（例如解毒治疗）。
- vi. 考虑需要从化学品接触人士（包括急救人员）处收集生物样本以鉴定和（在可能的情况下）量化接触情况。
- vii. 登记所有接触人士并确保有足够的文件和记录保存，若有需要可进行长期随访。

- viii. 确保在急救后采取恢复阶段的应对措施，以防止间接化学品作用和长期接触。为受影响的社区提供心理健康和社会心理支持。

风险与危机沟通

必要时，向公众、急救人员和决策者提供有关事件引起的化学危害和其他危害的信息。

确保公众了解：

- Natech 事件
- 谁负责
- 正在做什么
- 所涉化学品的性质和危害
- 个人应该做些什么来保护自己及其家人
- 何时寻求医疗救助
- 如何获得更多信息。

一些特定的卫生防护主题包括：

- 在污染的情况下，食品和水公告
- 一氧化碳中毒的预防措施
- 清理过程中的防范措施，例如使用个人防护装备、安全使用切割设备、石棉水泥的处理等
- 因洪水受损房屋内的潜在危害。

参考文献

1. Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch TD. The human impact of floods: a historical review of events 1980–2009 and systematic literature review. *PLoS Currents Disasters*. 2013 April 16; Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-floods-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>), accessed 7 July 2017).
2. Menne B, Murray V. Floods in the WHO European Region, health effects and their prevention. Copenhagen: World Health Organization; 2013 (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/189020/e96853.pdf), accessed 7 July 2017).
3. OECD Studies in risk management: Italy – Industrial hazards triggered by floods. Paris: Organisation for Economic Co-operation and Development; 2006 (<https://www.oecd.org/italy/36099995.pdf>), accessed 7 July 2017).
4. Krausmann E, Mushtaq F. A qualitative Natech damage scale for the impact of floods on selected industrial facilities. *Natural Hazards*. 2008;46:179–97. doi:10.1007/s11069-007-9203-5.
5. Cozzani V, Campedel M, Renzi E, Krausmann E. Industrial accidents triggered by flood events: analysis of past accidents. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;175:501–9.
6. Krausmann E, Cruz AM, Salzano E. Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations. Amsterdam: Elsevier; 2017.
7. Cruz AM, Steinberg LJ, Vetere Arellano AL, Nordvik J-P, Pisano F. State of the art in Natech risk management. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2004 (EC JRC, UN ISDR EUR 21292 EN; http://www.unisdr.org/files/2631_FinalNatechStateofthe20Artcorrected.pdf), accessed 7 July 2017).
8. Hamins A, Kashiwagi T, Burch RR. Characteristics of pool fire burning. ASTM special technical publication 1284.1996. pp 15–41 (<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire96/PDF/f96068.pdf>), accessed 7 July 2017).
9. Vallee A, Affeltranger B, Duval C. Flooding of industrial facilities. Vulnerability reduction in practice. In: Suter G, De Rademaeker E. 13th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industry, June 2010, Bruges, Belgium. Antwerpen: Technologisch Instituut; 2010. pp 389–96. (<https://hal.archives-ouvertes.fr/ineris-00973563/document>), accessed 7 July 2017).
10. Morocco – floods. OCHA Situation Report No. 1.28 November 2002. In: Reliefweb [website]. Geneva: United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs; 2002 (<http://reliefweb.int/report/morocco/morocco-floods-ocha-situation-report-no-1>), accessed 7 July 2017).
11. Euripidou E, Murray V. Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health*. 2004;26(4):376–83 (<http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/26/4/376.full.pdf>), accessed 7 July 2017).
12. Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Science of the Total Environment*. 2004;322(1–3):3–20 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00446-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00446-7)), accessed 7 July 2017).
13. Sercl P, Stehlik J. The August 2002 flood in the Czech Republic. Abstract No 12404, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nice, France; 6–11 April 2003 (<http://adsabs.harvard.edu/abs/2003EAEJA....12404S>), accessed 7 July 2017).

14. August 2002 catastrophic flood in the Czech Republic. Prague: Ministry of Environment of the Czech Republic; 2004 ([http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/E80DF4F3457EE6ABC12570B6004D6EF4/\\$file/flood_2002.pdf](http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/E80DF4F3457EE6ABC12570B6004D6EF4/$file/flood_2002.pdf), accessed 7 July 2017).
15. Chour V. August 2002 flood events in the Czech Republic – Some evidence on the extent of pollution diffused during the flood. Diffuse Pollution Conference, Dublin; 2003 (http://www.ucd.ie/dipcon/docs/theme09/theme09_02.PDF, accessed 7 July 2017).
16. Shrubsole D. Natural disasters and public health issues: a review of the literature with a focus on the recovery period. Institute for Catastrophic Loss Reduction (ICLR) Research Paper Series No. 4. Toronto: ICLR; 1999 (http://www.iclr.org/images/Natural_Disasters_and_Public_Health_Issues.pdf, accessed 7 July 2017).
17. Waite T, Murray V, Baker D. Carbon monoxide poisoning and flooding: changes in risk before, during and after flooding require appropriate public health interventions. PLoS Currents Disasters. 2014 July 3; Edition 1. doi:0.1371/currents.dis.2b2eb9e15f9b982784938803584487f1 (<http://currents.plos.org/disasters/article/carbon-monoxide-poisoning-and-flooding-changes-in-risk-before-during-and-after-flooding-require-appropriate-public-health-interventions/>, accessed 20 September 2017).
18. Hasegawa A, Ohira T, Maeda M, Yasumura S, Tanigawa K. Emergency responses and health consequences after the Fukushima accident: evacuation and relocation. Clinical Oncology. 2016;28:237–44 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0936655516000054>, accessed 7 July 2017).
19. Stanke C, Murray V, Amlôt R, Nurse J, Williams R. The effects of flooding on mental health: outcomes and recommendations from a review of the literature. PLoS Currents Disasters. 2012 May 30; Edition 1. doi:10.1371/4f9f1fa9c3cae (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-effects-of-flooding-on-mental-health-outcomes-and-recommendations-from-a-review-of-the-literature/>, accessed 29 September 2017).
20. Report for the Deputy Prime Minister the Right Hon John Prescott MP into the major fire on 30 October 2000 at Cleansing Service Group Ltd, Sandhurst. London: Health and Safety Executive; 2001 (<http://www.hse.gov.uk/chemicals/sandhurst.pdf>, accessed 7 July 2017).
21. Flash environmental assessment tool (FEAT 2.0): pocket guide. Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Joint Unit; 2017 (<http://www.eecentre.org/?p=1596>, accessed 7 July 2017).

附录 C

与气旋相关的 化学品 泄漏

什么是气旋？

气旋、飓风和台风是热带或亚热带水域低压天气系统的区域特定名称，其特征是雷阵雨、暴雨和高风速 (1, 2)。气旋强度预计会随着气候变化而增加 (3)。

根据风速和位置进一步对气旋进行分类 (1, 2):

- 热带低气压——持续风速为 63 公里/小时或以下；
- 热带风暴——最大持续风速为 63 至 117 公里/小时；
- 飓风、台风、剧烈的热带气旋、剧烈的气旋风暴或热带气旋（根据海洋盆地命名）——强烈的热带气候系统，持续风速至少达 119 公里/小时。

飓风可以根据其持续风速使用萨菲尔-辛普森飓风风力等级（Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale）从 1 至 5 进行分类。1 级飓风的风速为 119-153 公里/小时，将会造成一定的破坏。5 级飓风的风速大于 252 公里/小时，将会造成灾难性的破坏 (4)。

出现这种天气现象的典型季节如下所示 (2):

- 西北太平洋地区的台风：五月至十一月；
- 美洲和加勒比地区的飓风：六月至十一月，八月和九月达到顶峰；
- 南太平洋和澳大利亚的气旋：十一月至四月；

- 孟加拉湾和阿拉伯海的热带气旋：四月至六月和九月至十一月；
- 非洲东海岸的热带气旋：十一月至四月。

气旋可能有数百公里宽并且可能带来破坏性的大风、风暴潮、内陆洪水、闪电，偶尔也会有龙卷风 (2)。风暴潮是强风引起的水位异常升高。风暴潮和冲击波可能会对受影响的海岸线造成大范围的破坏。此外，风暴潮可沿河流和河口向内陆数公里行进 (5)。

化学品泄漏的风险因素

对以往事件的分析表明，石油精炼厂和其他危险设施易受大风、龙卷风、洪水和闪电的影响，导致危险的化学品泄漏 (6, 7)。气旋也可能导致主要基础设施受损，从而阻碍应对行动。

各种因素会在气旋期间或之后增加化学品泄漏的风险以及对健康的危害，包括以下方面 (8, 9):

- 规划和建筑法规不足；
- 沿海地区工业和化学品存储设施的位置；
- 易受风暴破坏和雷击的结构；
- 安全措施或应急计划不足；
- 预警系统不足；
- 工业场地周围人口密度高；
- 公众缺乏对气旋和洪水风险的认识。

气旋可能会在以下方面降低应对能力，增加风险 (7, 10)。

- 在风暴彻底停息之前，不可能采取应对措施，无法安全行动。
- 现场应急设备的损坏将会阻碍应对行动，供电、供水和电信等重要基础设施的损坏也是如此。
- 可能无法获得现场外的应急救援人员和其他资源，因为他们可能忙于处理气旋带来的后果。
- 有害物质的泄漏可能会阻碍搜救行动。

化学品泄漏的机理

气旋可能会在多个方面导致化学品泄漏 (11, 12)。大风和龙卷风可能会使储罐倾翻并使存储装置与处理装置之间的管道和连接错位，直接损坏化工装置的建筑物和结构。这种高强度的风也可能会将诸如树枝与屋顶之类的物体吹到空中并坠入存储容器和管道系统中 (6)。从刺破或破裂的储罐中泄漏的气态有毒化学品可能会被吹到人口稠密的地区，或者溶解在雨水中，产生有毒或腐蚀性的雨水 (6)。

大风和强大的海浪可能会导致货船和油轮直接损坏或由于引起与岩石碰撞的间接损坏。这会使化学品泄漏到海中，然后可能会将其冲到岸上。就漂浮在水上的碳氢化合物而言，这些物质可能会以细密的雾状吹到岸上。例如，2013 年台风海燕 (Haiyan) 来袭期间，菲律宾受到严重影响，一艘动力驳船脱离其系泊处，撞到岸边并且破裂，大约 800 000 万升的船用燃料油泄漏到海中。大部分油脂被冲上岸并且污染了数公里长的海岸线 (13；参见 C1 专栏)。

大雨和飓风引起的洪水可能会使装有化学品的储罐发生位移和倾翻并且破坏管道。装有化学品的筒形容器会在洪水中飘移。它们会因碰撞而受损并泄漏其内容物。泄漏的化学品会与水混合并发生反应，可能产生有毒反应产物或火灾或爆炸危险 (14)。当易燃碳氢化合物泄漏到洪水中时，点火会导致池火。这些是在汽化碳氢化合物燃料的水平池上方浮起的火焰，并且会焚烧到新的易燃材料源或居住区域内 (15)。它们在石油产品的仓库或炼油厂中具有特殊风险。

如果不与地表水排水系统隔离，内部厂区排水系统的洪水可能会泄漏废油或其他化学废弃物。源自洪水淹没地区的径流可能会携带化学品，例如含有肥料、除草剂和杀虫剂（在农村集水区）的侵蚀土壤，或重金属、石油烃和多环芳烃（源自道路、高速公路和桥梁的径流） (16, 17)。

闪电可能会直接击中含有易燃材料的结构和储罐，引起火灾或爆炸 (6, 18)。原油和天然气设施特别容易遭受破坏。雷击还会破坏电路和安全控制系统，导致化学品泄漏 (18)。

一般电源损坏可能导致流程混乱并影响安全措施，例如温度与压力监测器和控制阀，可能会导致失控的化学反应和泄压。

对人类健康的潜在影响

气旋一旦登陆，就会导致大雨、大风和大浪。一般公众、救援人员和参与清理行动的人员可能会受到一系列危害，这些危害可分为与化学品有关的危害和无关的危害 (9, 19)。举例说明如下。

与化学品有关的

- 由于火灾和接触腐蚀性化学品（泄漏的化学品与洪水发生反应后形成的有毒和/或易燃蒸气）而引起的灼伤。
- 由于吸入刺激性气体，包括燃烧产物和纤维（例如受损的石棉和玻璃纤维绝缘材料），而引起的呼吸道损伤。
- 由于接触泄漏的有毒化学品以及摄入受污染的食品或水而引起的中毒。根据洪水的速度、总量和流量，通过在水中稀释可以降低化学品接触的风险。
- 由于不正确地使用燃料燃烧型发电机、烧烤炉、火盆或煤炭桶或木炭桶进行加热和烹饪，或使用汽油驱动泵和除湿机吹干被淹的房间而引起的一氧化碳中毒 (16, 20, 21)。
- 参与救援和清理的工人受伤和中毒，包括过度接触用于病媒和啮齿动物控制的杀虫剂。

与化学品无关的

- 溺水。
- 电击、雷击。
- 因浸没于 24°C 以下水中而引起的低温症。
- 遭到流离失所的动物咬伤和叮咬而中毒 (21)。
- 由于飞行、坠落和漂浮的残骸造成的伤害和死亡。在救援和清理阶段也可能发生伤害，例如在切割和移动坠落的残骸时。

- 疏散的后果，例如疏散地点传染性疾病的风险增加、患者在转移期间已存在的健康问题恶化、医疗护理机构的饱和度导致无法提供适当的治疗、供水和卫生方面的潜在问题等 (22)。
- 腹泻、病媒和啮齿动物传播的疾病。
- 社会心理影响，包括创伤后应激障碍 (16, 19)。

应对与恢复注意事项

第 5.3 节和第 5.4 节（主要文件）更详细地描述了卫生部门在应对和恢复阶段的作用。此处提供了汇总信息。

风险评估

- i. 获取有关可能受影响的危险场地的信息，包括废弃物堆放情况，以评估对健康构成的风险并确定适当的风险管理措施。
- ii. 鉴定事故中涉及的化学品：检查是否有库存，例如在现场的应急计划；如果没有，请使用《快速环境评估工具》(23)（另见“附录 D 其他信息来源”）。查找带有危害信息的标签（参见“附录 E 危害警告示例”）。
- iii. 收集并考虑任何从接触人士处获得的临床信息，因为这可能有助于鉴定某些化学品或化学基团。
- iv. 如果可行，安排环境样本（空气、土壤、水、农作物）的收集和分析，以鉴定和量化化学品的污染。
- v. 评估饮用水源和食品污染的可能性。

接触的预防措施

- i. 根据风险评估，按需向民防、消防或其他指定的服务部门提供建议：
 - 遏制措施
 - 限制进入受污染场地
 - 需要个人防护装备（PPE）
 - 为受影响的社区提供避难所或疏散建议。
- ii. 确保参与清理和救援行动的人员充分配备个人防护装备（PPE）并且了解化学品泄漏的可能性。
- iii. 安排为化学品接触人士进行净化处理的设施。
- iv. 向公众提供有关防范措施的全面信息（参见下文“风险与危机沟通”）。

医疗评估和管理

- i. 确保化学品接触人士在进入医疗护理机构之前接受净化处理。
- ii. 在管理受化学品污染的受害者时，确保医务人员遵循配戴个人防护装备（PPE）的程序。
- iii. 进行分类和患者评估。请注意，化学品伤害或中毒可能会与创伤性损伤引起并发症。
- iv. 从毒物控制中心获取有关化学品接触管理的建议（若有）。
- v. 按需提供特定的医疗护理（例如解毒治疗）。
- vi. 考虑需要从化学品接触人士（包括急救人员）处收集生物样本以鉴定和（在可能的情况下）量化接触情况。

- vii. 登记所有接触人士并确保有足够的文件和记录保存，若有需要可进行长期随访。
- viii. 确保在急救后采取恢复阶段的应对措施，以防止间接化学品作用和长期接触。为受影响的社区提供心理健康和社会心理支持。

风险与危机沟通

必要时，向公众、急救人员和决策者提供有关事件引起的化学危害和其他危害的信息。确保公众了解：

- Natech 事件
- 谁负责
- 正在做什么
- 所涉化学品的性质和危害
- 个人应该做些什么来保护自己及其家人
- 何时寻求医疗救助
- 如何获得更多信息。

一些特定的卫生防护主题包括：

- 在污染的情况下，食品和水公告
- 一氧化碳中毒的预防措施
- 清理过程中的防范措施，例如使用个人防护装备、安全使用切割设备、石棉水泥的处理等
- 因洪水受损房屋内的潜在危害。

C1 专栏2013 年 11 月菲律宾埃斯坦西亚台风海燕 (HAIYAN)

2013 年 11 月 8 日台风海燕 (Haiyan) 袭击了菲律宾，风速高达 275 公里/小时。国家当局报告有 1410 万人受影响，410 万人流离失所并有 6155 人死亡。大约 110 万幢房屋受损，其中一半被完全摧毁。米沙鄢地区受影响最大。据报告，整个地区都受到严重破坏，影响到城市、村庄和重要的基础设施，例如塔克洛班机场。位于伊洛伊洛省埃斯坦西亚以南的一艘动力驳船脱离系泊处，撞到海岸线并且破裂了。在埃斯坦西亚以南 10 公里的海岸线上泄漏了超过 800 000 升船用 C 级重质燃油。出于健康和原因，居住在该地区的数百个家庭撤离。当局担心有毒化合物从燃油中蒸发，以及意外火灾和伤害的风险。

台风使主要道路严重受损，偏远地区无法获得后勤支援。人们开始手动清理受油脂污染的残骸以及油脂本身。由于没有适当的防护装备，因此人们的皮肤接触到

油脂。为了围住漂浮的油污，安装了围油栏，但由于无法进入现场，推迟了采用机械清理设备。因此，主要依靠捕鱼业和旅游业的当地人直到 12 月中旬才被允许重返家园。这对他们的恢复产生了重要影响，因为他们依赖人道主义援助。此外，在 12 月底前，无法进入严重受损的房屋和学校。

溢出的油脂污染了数公里的海岸，影响了植被和野生动物。据观察，油脂覆盖了内陆 3 公里红树林中的树干、树根和枯枝。受油脂污染的残骸留在海岸线上，沙子受污染的深度达到 10 至 20 厘米。在埃斯坦西亚附近观察到许多被台风损坏以及受油脂污染的渔船。一些受污染的区域因潮汐作用而自然清理干净。由于该地区没有可以处理油腻残骸的工业废弃物处理设施，因此必须运往另一个岛屿，从而产生额外的费用并需要采用控制措施 (13)。

参考文献

1. What is a hurricane, typhoon or tropical cyclone? In: Frequently asked questions [website]. Miami: National Oceanic & Atmospheric Administration; 2017 (<http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/A1.html>, accessed 7 July 2017).
2. FAQs – Tropical cyclones. In: World Meteorological Organization [website]. Geneva: World Meteorological Organization; 2017 (<http://public.wmo.int/en/About-us/FAQs/faqs-tropical-cyclones>, accessed 7 July 2017).
3. Protecting health from climate change: vulnerability and adaptation assessment. Geneva: World Health Organization; 2013 (<http://www.who.int/globalchange/publications/vulnerability-adaptation/en/>, accessed 9 January 2018).
4. Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale. In: National Hurricane Centre, National Oceanic & Atmospheric Administration [website]. Miami: National Oceanic & Atmospheric Administration; 2016 (<http://www.nhc.noaa.gov/aboutshws.php>, accessed 30 December 2016).
5. Hurricane preparedness: hazards. In: National Weather Service, National Oceanic & Atmospheric Administration [website]. Miami: National Oceanic & Atmospheric Administration; 2017 (<http://www.nhc.noaa.gov/prepare/hazards.php>, accessed 7 July 2017).
6. Cruz A, Steinberg L, Luna R. Identifying hurricane-induced hazardous material release scenarios in a petroleum refinery. *Natural Hazards Review*. 2001;2(4):203–10.
7. Krausmann E, Cruz AM, Salzano E. Natech risk assessment and management: reducing the risk of natural-hazard impact on hazardous installations. Amsterdam: Elsevier; 2017.
8. Cruz AM, Steinberg LJ, Vetere Arellano AL, Nordvik J-P, Pisano F. State of the art in Natech risk management. Ispra: European Commission Joint Research Centre; 2004 (EC JRC, UN ISDR EUR 21292 EN; http://www.unisdr.org/files/2631_FinalNatechStateofthe20Artcorrected.pdf, accessed 7 July 2017).
9. Young S, Balluz L, Malilay J. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: a review. *Science of the Total Environment*. 2004;322(1–3):3–20 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00446-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00446-7), accessed 7 July 2017).
10. Krausmann E, Renni E, Campedel M, Cozzani V. Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: lessons learned from a database analysis. *Natural Hazards*. 2011;59:285–300. doi:10.1007/s11069-011-9754-3.
11. Cruz AM, Krausmann E. Vulnerability of the oil and gas sector to climate change and extreme weather events. *Climatic Change*. 2013;121:41–53.
12. Godoy, LA. Performance of storage tanks in oil facilities damaged by hurricanes Katrina and Rita. *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 2007; 21(6):441–9.
13. Oil spill in Estancia Iloilo Province, Western Visayas, Philippines, resulting from Typhoon Haiyan (Yolanda). Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Joint Unit; 2013 (<http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Estancia%20Oil%20Spill%20Initial%20Assessment%20Report%20FINAL%282%29.pdf>, accessed 7 July 2017).
14. Cozzani V, Campedel M, Renni E and Krausmann E. Industrial accidents triggered by flood events: analysis of past accidents. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;175:501–9.
15. Hamins A, Kashiwagi T, Burch RR. Characteristics of pool fire burning. ASTM special technical publication 1284.1996. pp. 15–41. (<http://fire.nist.gov/bfrlpubs/fire96/PDF/f96068.pdf>, accessed 7 July 2017).

16. Menne B, Murray V. Floods in the WHO European Region: health effects and their prevention. Copenhagen: World Health Organization; 2013 (http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0020/189020/e96853.pdf, accessed 7 July 2017).
17. Euripidou E, Murray V. Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health*. 2004;26(4):376–383 (<http://jpubhealth.oxfordjournals.org/content/26/4/376.full.pdf>, accessed 7 July 2017).
18. Renni E, Krausmann E, Cozzani V. Industrial accidents triggered by lightning. *Journal of Hazardous Materials*. 2010;184:42–48.
19. Stanke C, Murray V, Amlôt R, Nurse J, Williams R. The effects of flooding on mental health: outcomes and recommendations from a review of the literature. *PLoS Currents Disasters*. 2012 May 30; Edition 1. doi:10.1371/4f9f1fa9c3cae (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-effects-of-flooding-on-mental-health-outcomes-and-recommendations-from-a-review-of-the-literature/>, accessed 29 September 2017).
20. Waite T, Murray V, Baker D. Carbon monoxide poisoning and flooding: changes in risk before, during and after flooding require appropriate public health interventions. *PLoS Currents Disasters*. 2014 July 3; Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.2b2eb9e15f9b982784938803584487f1 (<http://currents.plos.org/disasters/article/carbon-monoxide-poisoning-and-flooding-changes-in-risk-before-during-and-after-flooding-require-appropriate-public-health-interventions/>, accessed 20 September 2017).
21. Doocy S, Daniels A, Murray S, Kirsch TD. The human impact of floods: a historical review of events 1980–2009 and systematic literature review. *PLoS Currents Disasters*. 2013 April 16; Edition 1. doi:10.1371/currents.dis.f4deb457904936b07c09daa98ee8171a (<http://currents.plos.org/disasters/article/the-human-impact-of-floods-a-historical-review-of-events-1980-2009-and-systematic-literature-review/>, accessed 30 December 2016).
22. Hasegawa A, Ohira T, Maeda M, Yasumura S, Tanigawa K. Emergency responses and health consequences after the Fukushima accident: evacuation and relocation. *Clinical Oncology*. 2016;28:237–44 (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0936655516000054>, accessed 7 July 2017).
23. Flash environmental assessment tool (FEAT 2.0): pocket guide. Geneva: United Nations Environment Programme/Office for the Coordination of Humanitarian Affairs Joint Unit; 2017 (<http://www.eccentre.org/?p=1596>, accessed 7 July 2017).

附录 D 其他信息来源

NATECH

- **RAPID-N: 快速 Natech 风险评估和映射工具** [网站]。伊斯普拉: 欧洲委员会联合研究中心; 2017 年

RAPID-N 是一个基于网络的科学软件应用程序,用于快速评估和映射由于自然灾害引起的工业事故风险(Natech)。通过将自然灾害情景用作输入信息,估算工业流程设备损坏的程度和可能性并模拟可能会由自然灾害损害引发的潜在 Natech 事件(例如火灾、爆炸、化学品泄漏)的后果。RAPID-N 旨在通过提供合作环境来促进 Natech 风险评估/映射并增强 Natech 事件的信息共享。可从以下网址查阅: <http://rapidn.jrc.ec.europa.eu/>

- **《经济合作与发展组织针对由自然灾害引发的技术事故发布的关于化学事故预防、防备和应对指导原则第 2 号增补件(第 2 版)》(Addendum No. 2 to the OECD guiding principles for chemical accident prevention, preparedness and response (2nd ed.) to address natural hazards triggering technological accidents (Natechs) ENV/JM/MONO(2015)1)。**化学事故系列第 27 号。巴黎: 经济合作与发展组织; 2015 年
该增补件涉及由自然灾害引发的技术事故(Natech)的风险管理,其中包括对指导原则的若干修正并且增加了新的章节,以便为 Natech 的预防、防备和应对提供更详细的指导。可从以下网址查阅: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono\(2015\)1&doclanguage=en](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=env/jm/mono(2015)1&doclanguage=en)

化学事故通用信息

- **《灾害健康风险管理概况介绍》(Disaster risk management for health fact sheets)。**日内瓦: 世界卫生组织; 2017 年
这些信息表可供参与灾害风险管理的卫生工

作者与多个合作部门参考,考虑如何将健康纳入其灾害风险管理战略中。可从以下网址查阅: <http://www.who.int/hac/techguidance/preparedness/factsheets/en/>
请通过以下链接查阅化学品安全信息表: http://www.who.int/hac/events/drm_fact_sheet_chemical_safety.pdf

- **《化学事故公共卫生管理手册》(Manual for the public health management of chemical incidents)。**日内瓦: 世界卫生组织; 2009 年
该手册针对公共卫生和环保专业人员,描述了应急周期的各个阶段(预防、规划和防备、检测和警报、应对和恢复)以及公共卫生部门在这些不同阶段的作用和责任。可从以下网址查阅: http://www.who.int/environmental_health_emergencies/publications/Manual_Chemical_Incidents/en/
- **《紧急情况和灾害中的环境卫生: 实用指南》(Environmental health in emergencies and disasters: a practical guide)。**日内瓦: 世界卫生组织; 2002 年
该指南为管理人员和现场工作人员提供了思考和规划灾害与紧急情况的框架——包括环境卫生管理技术方面的概述和减少灾害对环境卫生基础设施影响的措施。第 3.5.2 章包含了一个采用 12 个步骤的灾害——防备规划通用模型。可从以下网址查阅: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/42561>
- **《地方突发事件的意识和准备手册》(Awareness and preparedness for emergencies at local level (APELL) – handbook)。**巴黎: 联合国环境规划署; 2015 年
该手册旨在帮助决策者和技术人员制定应急响应计划并提高社区意识。该手册提供了启动和管理 APELL 流程的基本概念,并由五个活动阶段中的 10 个概念元素组成。可从以下网址查阅: <http://apell.eccentre.org/ResourceDetailInfo.aspx?ReadDetails/id=105>

- **《快速环境评估工具 (FEAT 2.0): 袖珍指南》 (Flash environmental assessment tool (FEAT 2.0): pocket guide)。日内瓦: 联合国环境规划署/人道主义事务协调厅联合机构; 2017 年**

该工具有助于识别在突发性自然灾害发生后对人类、人类救生职能领域和生态系统构成风险的现有或潜在的严重环境影响。FEAT 主要侧重于泄漏的危险化学品产生的直接和急性影响。其中包含印制的决策框架和查找表。

可从以下网址查阅: <http://www.eecentre.org/ToolGuidanceDetails.aspx/id/32/lan/en-US>

- **《国际化学品安全卡》(ICSC)。日内瓦: 世界卫生组织国际劳工组织; 2017 年**

《国际化学品安全卡》(ICSC) 是提供化学品基本安全和健康信息的数据表, 因此可促进在工作场所安全使用化学品。《国际化学品安全卡》(ICSC) 由世界卫生组织国际劳工组织制定。目前有超过 1700 张卡可供使用。可从以下网址查阅: <http://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.home>

- **《应急响应指南》(Emergency response guidebook)。华盛顿(特区): 美国运输部/加拿大运输部; 2016 年**

该指南是免费提供的。可供急救人员在涉及危险材料的交通运输事故的初始阶段使用。它适用于通过公路、铁路、航空、水路和管道运输的危险品。该指南每四年发行一次, 有英语和西班牙语版本 (*Guía de Respuesta en Caso de Emergencia*)。它有助于应对人员快速鉴定事故中所涉材料的危害, 并在初步应对阶段就保护自己 and 公众的适当措施提出建议。可从以下网址查阅: <https://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-menu-227.htm>

- **《联合国关于危险货物运输的建议书——规章范本》(UN Recommendations on the transport of dangerous goods – model regulations) 第十九修订版。日内瓦: 联合国经济及社会理事会; 2015 年。**

该指南(也称为联合国《橙皮书》)由联合国经济及社会理事会制定, 旨在协调危险品运输

法规。大多数危险品法规(例如《国际海运危险品规则》(IMDG code), 国际航空运输协会(IATA)和其他国家法规)都是根据《建议书》制定的。规章范本包括危害分类原则和类别的定义、主要危险品一览表、一般包装要求、试验程序、标记、标签或标牌以及运输单据。可从以下网址查阅:

http://www.unece.org/hk/trans/danger/publi/unrec/rev20/20files_e.html

- **《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS) (第 7 版)。日内瓦: 联合国经济及社会理事会; 2017 年。**

《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS) 根据危害和流程类型对化学品进行分类并提出统一的危害公示要素, 包括标签和安全数据表。其目的是确保在处理、运输和使用这些化学品时, 提供有关化学品对人体的危害和毒性的信息, 以加强对人类健康和环境的保护。《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS) 还为在国家、区域和世界范围内统一化学品规则和法规提供了依据; 贸易便利化的重要因素。可从以下网址查阅: http://www.unece.org/hk/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev07/07files_e0.html

- **《英国化学事故恢复手册》(UK recovery handbook for chemical incidents)。伦敦: 卫生防护局; 2012 年。**

该手册为化学事故发生后制定和实施恢复战略的决策过程提供了指导。它侧重于环境净化并为处理受污染的食品生产系统、居住区和水环境提供指导和检查清单。可从以下网址查阅: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/201024/UKRHCI_publication_31st_May_2012_web2.pdf

紧急情况通用信息

- **《全面的安全医院框架》 (Comprehensive safe hospitals framework)**。日内瓦：世界卫生组织；2015 年

《安全医院框架》(Safe Hospital framework) 提出了一种结构化的方法，可用于加强医院和卫生设施的安全性和防备，以应对各种类型的危害。它是专为政府、卫生当局、金融机构和灾害管理组织使用而开发的。该框架描述了中长期目标和可实现的成果并且提出了安全医院项目的四个主要组成部分。它还描述了一个实施机制，其中包含支持国家环境中关键行动的指导原则。可从以下网址查阅：http://www.who.int/hac/techguidance/comprehensive_safe_hospital_framework.pdf?ua=1

- **《医院应急响应清单：为医院管理人员和应急管理提供的所有危害工具》 (Hospital emergency response checklist: an all-hazards tool for hospital administrators and emergency managers)**。日内瓦：世界卫生组织；2011 年
该清单旨在帮助医院管理人员和应急管理人员有效应对最可能发生的灾难情景，其中包含所有危害。该工具包括当前基于医院的应急管理原则和最佳实践并且整合了必要的优先行动，以便快速、有效地响应关键事件。该工具是根据九个关键的组成部分构建的，每个组成部分都包含一系列优先行动。对所选的补充工具、指南和其他适用资源提供了参考。医院可以使用此工具中包含的原则和建议，任何应急防备等级都适用。可从以下网址查阅：<http://www.euro.who.int/en/health-topics/emergencies/disaster-preparedness-and-response/publications/2011/hospital-emergency-response-checklist>

- **卫生资源可得性监测系统 (HeRAMS)。融入：人道主义卫生行动【网站】**日内瓦：世界卫生组织；2017 年

卫生资源可得性监测系统 (HeRAMS) 是一个用来监控在紧急情况下可得并可访问的卫生设施、服务和资源的快速在线系统。它监测“服务点”的服务和资源可得性，因此适用于紧急

情况中使用的几乎所有类型的医疗护理提供方法。可从以下网址查阅：

<http://www.who.int/hac/herams/en/>

- **《突发公共卫生事件期间的有效媒体沟通》 (Effective media communication during public health emergencies)**。世界卫生组织手册。日内瓦：世界卫生组织；2005 年

本手册描述了一套七步流程，以帮助公共卫生官员和其他人在紧急情况下通过媒体有效地进行沟通。可从以下网址查阅：http://www.who.int/csr/resources/publications/WHO_CDS_2005_31/en/

附录 E

在化学品容器标签上发现的危害警告示例

这些象形符号源自《联合国关于危险货物运输的建议书-规章范本》(*UN Recommendations on the transport of dangerous goods, model regulations*) 和《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS^c)。它们通常补充了指明危害的警告声明。可能还有关于防范措施和急救的信息。请注意, 单个《全球化学品统一分类和标签制度》(GHS) 象形符号(白色背景, 红色轮廓)可能表明一些相关的危害。

C http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev07/05c_annex_1.pdf

符号	危害类别
	爆炸物（例如不稳定的爆炸物、喷射危险）
	易燃材料（例如气体、气溶胶、蒸气、固体）
	暴露在空气中会自燃的风险；自加热
	与水接触放出可燃性气体
	氧化剂（可能引起或加剧燃烧）
	有机过氧化物：加热可能会引起火灾或爆炸
	高压气体（例如加压容器，遇热可能爆炸；冷冻气体——可能导致低温灼伤）
	有毒物质
	腐蚀性的
	健康危害，例如对特定器官的影响、癌症危害、生殖危害、过敏
	一般警告

公共卫生及健康问题环境和社会决定因素 (PHE) 司
世界卫生组织 (WHO)
Avenue Appia 20 – CH-1211 Geneva 27 – Switzerland

<http://www.who.int/phe/zh/>
<http://www.who.int/ipcs/zh/>
电子邮箱: ipcsmail@who.int



世界卫生组织



9 789245 513391