

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/CAPSA ××××—××××

城市公共安全风险分析

Risk Analysis for Urban Public Safety

××××—××—××发布

××××—××—××实施

公共安全科学技术学会 发布

目 次

前言	II
引言	III
城市公共安全风险分析	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	3
4.1 风险分析的主要内容	3
4.2 风险分析的基本流程	3
4.3 风险分析需考虑的不确定性	4
5 计划与准备	4
5.1 确定风险分析范围	4
5.2 风险分析计划	4
5.3 风险分析准备	5
6 开展风险分析活动	5
6.1 筛选需要分析的风险	5
6.2 情景描述及特点分析	5
6.3 可能性分析	8
6.4 后果分析	10
6.5 计算或估计风险	19
6.6 确定风险水平	20
7 监督与沟通	20
7.1 监督	20
7.2 沟通	20
8 评价与改进	20
8.1 评价	20
8.2 反馈	21
8.3 改进	21
9 后续活动	21
9.1 风险评价	21
9.2 应急预案	21
9.3 应急演练	21
参考文献	22

前 言

本文件按照GB/T 1.1给出的规则起草。

本文件由……提出。

本文件由公共安全科学技术学会归口。

本文件起草单位：……。

本文件主要起草人：……。

本文件为首次发布。

引 言

在城市公共安全风险管理体系中，风险分析是关键技术之一。风险分析是理解风险性质、确定风险等级的过程。风险分析考虑风险事件的后果和可能性，及其影响因素和控制措施，为风险评价、风险处置等提供信息支持。对于城市公共安全风险，通过风险分析得出风险事件发生的可能性，以及可能导致的人员伤亡、财产损失、环境危害、社会影响等后果等方面的定性、定量结果，以及相应的风险等级，为后续风险评价和风险处置建立基础。

本文件在风险分析一般方法与要求的基础上，突出了城市特点和突发公共事件特点。城市特点方面，包括城市生命线系统、人员密集场所、城市公共安全服务场所等。突发公共事件特点方面，强调了在考虑风险可能引发的原生事件的基础上，还需考虑较易引发的次生事件和衍生事件。

城市公共安全风险分析

1 范围

本文件的规定了城市公共安全风险分析的基本内容与流程，风险分析活动的计划与准备、开展风险分析活动、监督与沟通、评价与改进、后续活动等主要技术环节的基本要求，以及适用于城市公共安全典型风险的风险分析基本方法。

本文件适用于城市应急管理部门，在行政区域内开展的自然灾害、事故灾难等风险的风险分析活动。其中，“城市”既可以是直辖市、地级市与副省级市等城市，也可以是其下辖的区、县、自治县等城市区域。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 23694—2013 风险管理 术语

GB/T 24353—2009 风险管理 原则与实施指南

GB/T 27921—2011 风险管理 风险评估技术

GB/T 35561—2017 突发事件分类与编码

ISO 22300: 2012 公共安全 术语

3 术语和定义

GB/T 23694和GB/T 27921界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

致灾机理 hazard mechanism

由风险导致的突发事件，进而对人、物、环境等产生损害的机制和原理。

3.2

致灾因子 hazard factor

由风险导致的突发事件的各种影响因素。

3.3

暴露要素 exposed element

由风险导致的突发事件的影响范围内，各个被影响对象。

3.4

风险水平 level of risk

结合事件发生的可能性及其后果表示的风险量值。

3.5

风险准则 risk criteria

评价风险重要性的依据。

注1：风险准则的确定需要基于组织的目标、外部环境和内部环境。

注2：风险准则可以源自标准、法律、政策和其他要求。

注3：风险准则一般与风险的可能性和后果的分析和表达、综合可能性和后果的风险水平的表达，以及可接受风险的表达相关。

3.6

风险分析 risk analysis

认知风险属性和推断风险水平的过程。

3.7

风险预测 risk estimation

对事件发生的可能性、后果和风险水平进行推断或赋值的过程。

3.8

承受能力 bearing capacity

对风险的承受和抵抗能力。

3.9

控制能力 control ability

主观避免或减少风险发生的可能性及潜在损失的能力。

3.10

脆弱性 vulnerability

自身存在着易受伤害和损失的因素，在灾害来临时表现的抗灾能力和恢复能力的适应程度和敏感性。

3.11

可能性 likelihood

某件事发生的机会。

注1：无论是以客观的或主观的、定性或定量的方式来定义、度量或确定，还是用一般词汇或数学术语来描述，“可能性”一词都用来表示某事发生的机会。

注2：“可能性”这一英语词汇在一些语言中没有直接与之对应的词汇，因此经常用“概率”（probability）这个词代替。不过，在英语中，“概率”常常被狭义地理解为一个数学词汇。因此，在风险管理术语中，“可能性”应该有着与许多语言中使用的“概率”一词相同的解释，而不局限于英语中“概率”一词的意义。

注3：风险分析中的可能性不仅指后果发生的可能性，也需要考虑从风险事件发生到导致最终后果的全过程的可能性。

3.12

后果 consequence

某事件对目标的影响的结果。

注1：一个事件可以导致一系列后果。

注2：后果可以是确定的，也可以是不确定的，对目标的影响可以是下面的，也可以是负面的。

注3：后果可以定性或定量表述。

注4：通过连锁反应，最初的后果可能升级。

注5：一个风险事件可能会有多种后果，后果之间可能存在相互作用，应使用系统观点分析风险事件的后果。

4 总体要求

4.1 风险分析的主要内容

城市公共安全风险分析，主要包括：

- 城市公共安全风险源可能导致的风险事件的可能性分析；
- 城市公共安全风险源可能导致的风险事件的后果分析；
- 根据可能性和后果，确定城市公共安全风险的风险等级。

4.2 风险分析的基本流程

风险分析的基本流程主要包括：

- 计划与准备（第5章）；
- 开展风险识别活动（第6章）；
- 监督与沟通（第7章）；
- 评价与改进（第8章）；
- 后续活动（第9章）。

城市公共安全风险分析的基本流程见图1：

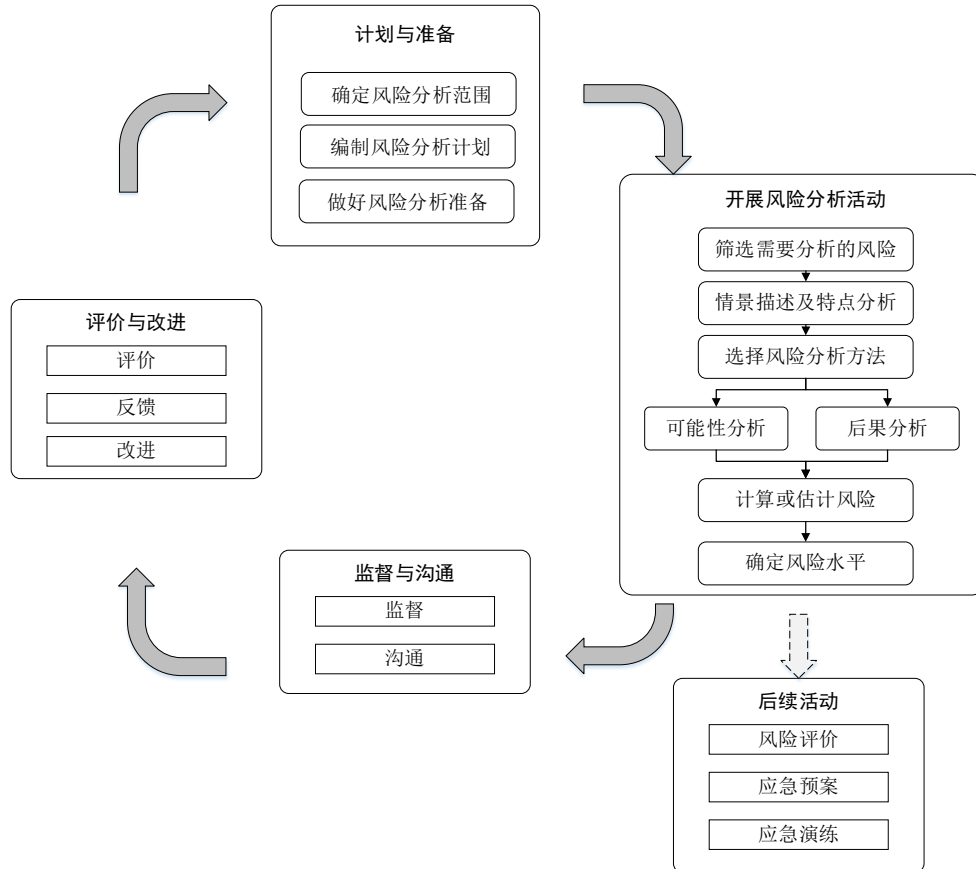


图1 城市公共安全风险分析基本流程

4.3 风险分析需考虑的不确定性

风险分析信息可能来源于历史数据、案例分析、现场调研、模拟仿真、专家意见等多个方式。开展风险分析活动的人员应考虑不同来源信息的不确定性，及其可能对风险分析结果的影响。

5 计划与准备

5.1 确定风险分析范围

依据风险分析需求，考虑评估对象、要求以及特定时间、空间特点，确定评估范围。

风险分析的事件类型，应涵盖城市主要安全风险，其划分应符合GB/T 35561的相关规定，对于暂未列入其中的风险类别，由相关部门根据实际需要进行补充完善。

5.2 风险分析计划

风险分析计划是开展风险分析工作的基础，是确保整个风险分析活动有序有效进行的保证。在开展风险分析之前，应制定风险分析计划。

风险分析计划应包括本次风险分析活动的预期目标、分析范围、工作机制、实施程序、经费预算等内容。

- 预期目标，包括风险分析活动的目标、任务指标、作用和效果等。
- 分析范围，包括风险分析活动包括的风险分析对象、覆盖的地域范围等内容。
- 工作机制，包括风险分析活动的组织管理体制与工作机制、参与部门与职责分工等内容。

- d) 实施程序，包括风险分析活动的工作流程、各主要阶段及相应任务、进度要求、重要会议的时间安排等内容。
- e) 经费预算，根据风险分析活动的任务，确定相应的经费预算，落实经费保障责任。

5.3 风险分析准备

5.3.1 组织准备

成立风险分析活动的组织机构，确定风险分析活动的组织部门、参与部门、沟通与协调机制、各部门的责任分工等。

5.3.2 人员准备

确定风险识别分析的主要责任人员、风险分析期间的专职人员，以及各相关部门的责任人员与联络员等。

5.3.3 材料准备

准备好风险分析活动所需的各类材料，包括本区域内突发事件历史案例及相关统计数据、风险隐患排查材料、城市安全规划材料，以及区域内的人员密集场所、复杂建筑、重点保护场所、城市生命线分布等材料。

5.3.4 经费准备

做好风险分析活动所需的经费准备。

6 开展风险分析活动

6.1 筛选需要分析的风险

可以考虑以下因素筛选需要分析的风险：

- a) 重点事件类型：根据风险分析需求选择重点事件类型相应的风险，例如地震风险，危化品导致的火、爆、毒事件风险，大规模传染病风险等。
- b) 主要关注对象：根据城市公共安全风险重点关注对象选择相应的风险，如城市生命线系统、人员密集场所、城市公共安全服务场所相关的风险。
- c) 事件代表性：考虑风险分析范围内风险事件发生的可能性，筛选需要分析的风险。
- d) 后果严重性：考虑风险分析范围内风险事件的在人员伤亡、财产损失、环境和社会影响等方面的后果严重性，筛选需要分析的风险。

6.2 情景描述及特点分析

6.2.1 风险情景描述

6.2.1.1 基本内容

风险信息的完备性是开展风险分析的基础。对于筛选出的需要开展风险分析的风险，应进行风险情景描述以建立完整的风险信息。

风险情景描述应包括以下内容：

- a) 背景信息，包括时间地点、自然环境、社会条件、应急管理，以及必要的假设条件。

- b) 初始事件信息，包括事件的发生原因、影响对象和范围、对环境及社会的影响、初始应急处置救援需求等。
- c) 演化过程信息，描述事件可能的演化过程，包括事件演化过程包含的阶段，各阶段相应的物理的和社会规律、影响对象和范围、每个阶段的应急处置救援需求等。
- d) 可能的后果信息，描述事件可能导致的后果，包括伤亡人数、环境影响、社会影响、经济影响等。

风险情景描述的基本内容见表1。

表1 风险场景描述纲要问题

参数	纲要问题
危险	要考虑哪个风险源？ 有可能产生哪类突发事件？ 此类突发事件的致灾机理是什么？
基本情况	风险源的潜在危险性及其影响因素的情况如何？ 周围的人口、经济分布如何？ 周围的敏感区域有哪些？ 邻近的环境条件及全年/全天的变化规律如何？
发生时间	事件是什么时候发生的？（一年中的哪天/如果可能，一天中的什么时候？）
发生地点	该事件发生的具体位置最有可能在哪儿？
区域范围	该事件最有可能的影响范围包括哪些区域？ 该事件的最大影响范围可能包括哪些区域？
事件起因	导致风险产生该突发事件的因素有哪些？ 最可能的因素是哪个？
事件强度	这个事件的强度有多大？ 影响范围内，不同受影响区域内的人、建筑、环境等，有可能受到什么样的危害？
持续时间	该突发事件的持续时间大概多长？ 事件的发展期大概多长时间？ 事件的衰减期大概多长时间？
次生及衍生事件	该风险导致的原生突发事件，是否有可能引发次生及衍生事件？
事件波及范围	原生事件的影响范围包括哪些区域？ 有可能的次生事件及衍生事件，分别可能波及到哪些区域？
风险控制措施	针对该风险，是否有技术及管理控制措施？ 技术及管理控制措施的效果如何？
预见性及预警	风险导致突发事件，是否有可预见的迹象或因素？
监测及预警	对这些迹象或因素，是否有监测措施？ 对这些迹象或因素，是否有预警措施？
应急组织体系	现有的应急组织体系及角色、职责是怎样的？ 是否有进一步完善的必要？
应急预案	针对该风险及可能导致的突发事件，是否有相应的应急预案？
应急演练	针对该风险及可能导致的突发事件，是否对相应的应急预案组织过演练？ 应急演练的效果如何？ 是否有必要进一步完善应急预案？
应急资源保障	现有的应急保障资源有哪些？

	是否充足，是否应进一步完善？
风险意识	相关方的风险意识如何？ 是否有定期的风险及应急培训？
参考事件	本区域内是否发生过类似可比的事件？ 国内外类似可比的事件有哪些？
参考文献	分析此风险可参考的法律、法规、标准规范、政府文件有哪些？ 分析此风险可参考的专业文献有哪些？
备注信息	除此风险场景外，该风险源还有可能产生哪些其它风险？ 此风险场景描述中还有哪些需要说明的问题？

6.2.1.2 基本方法

6.2.1.2.1 参考历史案例

风险场景描述可以参考分析区域的历史案例或者其他地区所发生的历史案例。同类突发事件案例的风险源情况、致灾机理、应急响应、事件后果等，对待分析的风险源的风险场景描述具有重要参考价值。

6.2.1.2.2 咨询专家意见

专家对风险源潜在危险性、触发因素、可能的原生事件以及次生事件和衍生事件，可能的承灾载体及其脆弱性，相关的应急管理情况等，都比较了解。同时，对相关的国内外案例也比较了解。专家对风险场景描述中的问题的解答及提供的相关定性、定量信息，是进行风险场景扫描的重要基础。

6.2.1.2.3 协调相关方意见

风险场景描述是风险评估及进一步的风险处置的重要基础。在风险场景描述的过程中，需要与风险源的所有方、相应的政府管理部门、可能受风险影响的公众、风险处置相关力量等，进行及时的沟通与协调，以使风险场景描述为后续的风险评估和风险处置打下良好基础。

6.2.2 风险特点分析

6.2.2.1 概述

基于风险情景描述，风险分析特点，作为选择风险分析方法的基础和依据。

6.2.2.2 自然灾害

可以考虑以下方面分析自然灾害风险特点：

- a) 自然灾害致灾因子；
- b) 自然灾害孕灾环境；
- c) 承灾载体的韧性，包括脆弱性、连续性、恢复能力等；
- d) 应急管理方面的风险控制能力，如自然灾害监测、预测、预警、应急处置与救援的方式等。

6.2.2.3 事故灾难

可以考虑以下方面分析事故灾难风险特点：

- a) 事故灾难事件可能的发展演化过程，可能导致的次生、衍生事件；
- b) 主要承灾载体（如员工、公众、设备设施、建筑、场所等）的韧性，包括脆弱性、连续性、恢复能力等；

c) 应急管理方面的风险控制能力，如对危险源的控制、切断次生衍生条件等。

6.3 可能性分析

6.3.1 基础信息

6.3.1.1 历史统计数据

指该类风险源导致突发事件的类似案例的统计数据。这些数据可以来源于本地区，也可来自于国内可类比的相似地区。

6.3.1.2 相关案例

指该类风险源导致突发事件的相似案例。在可能性分析方法，相似案例在风险源情况、致灾机理、风险的存在条件和导致突发事件的触发因素等，具有重要的参考价值。

6.3.1.3 专家意见

专家对风险源、相应的突发事件及应急管理等有较为全面、深入的了解。同时，专家意见也是基于历史统计数据、相关案例等得出的较为客观的可能性估算结果，进行主观修正的重要依据。

6.3.1.4 致灾机理

基于风险源的潜在危险性、存在条件、触发因素，可能导致的原生事件、次生事件、衍生事件等，分析梳理出风险源的致灾机理。完整、准确的致灾机理是应用事件树方法计算可能性的重要基础。

6.3.2 选择适用的可能性分析方法

6.3.2.1 历史数据统计法

历史数据统计法基于客观概率法。客观概率法是指在大量的试验和统计观察中，某一随机事件在一定条件下相对出现的频率是一种客观存在。客观概率估计，是指应用客观概率对项目风险进行，利用相关历史数据来识别那些过去发生的事件或情况，借此推断出它们在发生的可能性。

历史数据统计法，即根据本区域内同类风险源导致突发事件的概率，估算待分析风险导致突发事件的概率。

6.3.2.2 条件概率计算法

条件概率是指在条件下的概率。

例如，考察一座城市 N 个大型建筑物，其中有 M 个建筑物在过去5年中发生过火灾，其中最近一次火灾是由于线路老化引起火灾的有 n 个建筑物（ $n \leq M$ ）。现从 n 个建筑物中随机选取一个建筑物，以 A 表示事件“该建筑物在过去5年内发生过火灾”，以 B 表示“该建筑物在过去5年内发生过火灾，且最近一次是由于线路老化引起的”，则：

$$P(A) = \frac{M}{N} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$$P(B) = \frac{n}{N} = P(A \cap B) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

为无条件概率， B 关于 A 的条件概率为：

$$P(B|A) = \frac{P(A \cap B)}{P(A)} = \frac{n}{M} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

条件概率法，适用于能够对风险导致突发事件的全部或部分影响因素建立定量计算模型的情况。在这种情况下，可以对不同影响因素条件下的风险可能性进行计算。

6.3.2.3 基于回归模型的预测法

基于回归模型的预测法，首先，基于历史数据统计以及风险致灾机理、影响，建立关于风险可能性的回归模型。再根据待分析风险的实际情况，应用得到的回归模型，进行风险可能性预测计算。

其中，回归模型可以是数据统计得到的线性或非线性的回归方程，也可以是应用人工智能方法得到的神经网络、支持向量机等模型。

6.3.2.4 事件树法

事件树分析法是一种逻辑的演绎法，事件树在给定一个初因事件的情况下，分析该初因事件可能导致各种事件序列的结果，从而定性或定量地评价系统的特性，并帮助分析人员获得正确的决策。由于事件序列是以图形表示，并且呈扇状，故称事件树。

事件树分析法着眼于事故的起因，触发因素。当触发因素触发初因事件时，有可能继续引起一系列后续事件，初因事件和后续事件并逐渐展开成树枝状，在事态的各分支上假定发生的概率，由此计算出由风险导致该类突发事件的发生概率。

6.3.2.5 专家意见法

专家意见法是指充分发挥专家的经验 and 专业知识，系统化和结构化地利用专家观点，基于专家意见估算风险的可能性。

专家意见可以通过德尔菲法、头脑风暴法等进行表达，进而转化为定量的风险可能性估算结果。

6.3.2.6 方法选用

在估算某一危险在被分析区域发生的可能性时，应该参考现有的科学认知及历史统计数据。如果没有可以计算发生可能性的统计数据，也可以通过估计，将可能性进行质的归类，是属于“很可能”、“可能”、“偶尔可能”、“不太可能”还是“几乎不可能。如果存在认知缺陷，可以暂时选用有根据的假设/专家的估计来弥补。对某一假设场景发生的可能性进行估计时，应该积极听取在发生可能性研究方面知识丰富的专业部门和研究机构的意见。

6.3.3 可能性分析结果

6.3.3.1 可能性概率

依据可能分析的相关准备材料，选择合适的可能性计算方法，得到可能性概率计算结果。计算结果的表达，可以是0%~100%的百分率表达，也可以是0~1的数字表达。

6.3.3.2 可能性等级

对于难以通过计算得出可能性概率的风险，可以以专家意见为基础，估计风险可能性。

根据可能性概率结果，结合可能性度量指标，得到可能性等级。风险事件发生可能性或概率估计通常采用五级制分类来予以描述和度量。

风险可能性度量指标应是结合本区域的具体情况，咨询专家意见，并与相关方充分沟通、协商后确定的。

可参考的五级可能性度量见表2：

表2 风险可能性等级

级别	描述	含义	五年内发生的可能性
5	高	很可能发生	≥50%
4	中高	较可能发生	5%~50%
3	中	可能发生	0.5%~5%
2	中低	较不可能发生	0.05%~0.5%
1	低	基本不可能发生	<0.05%

在上表中，风险可能性按由5~1的级别逐级递减，即：1=基本不可能；2=较不可能；3=可能；4=较可能；5=很可能。

6.4 后果分析

6.4.1 概述

6.4.1.1 基本要求

后果分析，需要考虑风险源、承灾载体、应急管理等方面的风险因素，提出风险事件对人、经济、基础设施、生态环境、社会环境等的影响结果。

6.4.1.2 基本流程

不同的风险分析方法，相应的风险分析过程不尽相同。

过程清晰、可以采用相应物理预测模型的风险的后果分析基本流程见图2，主要包括以下阶段：

- a) 基础信息准备（6.6.2）；
- b) 选择后果分析方法（6.6.3）；
- c) 确定风险后果的损害参数表（6.6.4）；
- d) 确定风险后果的临界值（6.6.5）；
- e) 风险源分析（6.6.6）；
- f) 承灾载体分析（6.6.7）；
- g) 后果计算（6.6.8）；
- h) 确定风险后果等级（6.6.9）。

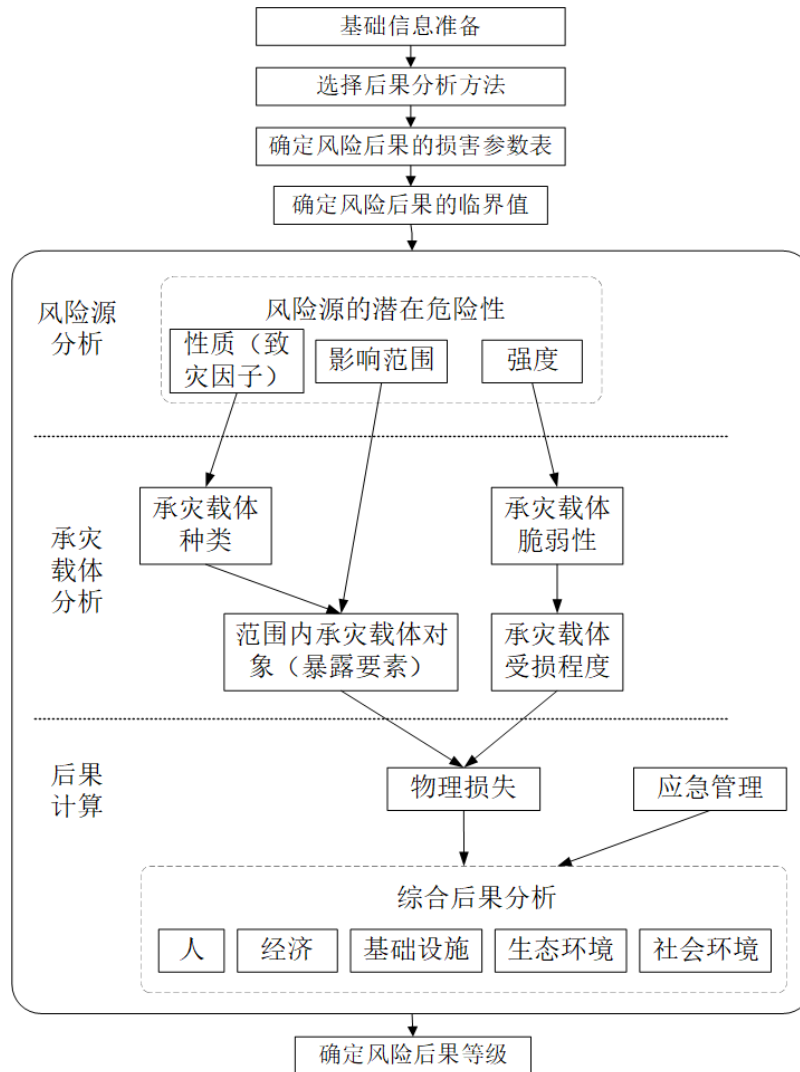


图2 后果分析基本流程

对于不能采用预测模型的后果分析，如基于专家意见法的后果分析，其基本流程可参考图2中的过程，也可在尽可能考虑图2中各方面风险因素的条件下，仅包括图2中的若干阶段。

6.4.2 基础信息准备

基础信息应满足6.2.1中的相关要求。

6.4.3 选择后果分析方法

6.4.3.1 概述

不确定性产生风险。城市公共安全风险分析的不确定性，主要来自于风险信息的不完整性、风险事件过程的不清晰性，以及风险事件的事件类型特有的不确定性。其中，风险事件的事件类型特有的不确定性，可以通过相应的物理模型仿真计算来处理事件类型特有的不确定性。同时，考虑信息和过程两方面的不确定性，提出适用的风险后果分析方法。

风险后果分析方法的概述、用途、输入、过程、输出、优点及局限等，见GB/T 27921。

6.4.3.2 信息完整、过程清晰的风险的后果分析方法

对于“风险源—风险事件—事件后果”过程清晰的风险，可应用事件树方法梳理风险事件过程。对于过程各阶段有物理模型支持的情况，应用事故后果模拟分析法（典型的如事件演化模拟、暴露度模型、损害临界值等相结合的方法）计算后果；对于过程缺乏物理模型支持的情况，应用贝叶斯模型与专家意见相结合的方法，计算后果。

6.4.3.3 信息完整、过程不清晰的风险的后果分析方法

对于“风险源—风险事件—事件后果”过程不清晰的风险，可以应用德尔菲法、头脑风险法等基于专家意见的方法估计风险后果。

6.4.3.4 信息不完整的风险的后果分析方法

对于“风险源—风险事件—事件后果”链条信息不完整的风险，以及非常规突发事件风险，应用风险评估情景构建方法，在风险原理研究、类似风险案例比对、本区域内风险特征分析等的基础上，将风险信息补充完整，转化为信息完整的风险后根据过程是否清晰选用相应的风险后果分析方法。

6.4.4 确定风险后果的损害参数表

损害参数表，是城市公共安全风险分析中要考虑的承灾载体的列表，明确了要考虑的承灾载体范围。损害参数表内容包括承灾载体的类别、损害参数及相应的指标描述和单位。

后果分析主要考虑风险可能会对人、经济、基础设施、生态环境与社会环境五个类别的承灾载体带来损害，每一类别设置相应的损害参数。可考虑的损害参数表见表3：

表3 后果分析的损害参数表

类别	缩写	损害参数	指标描述	单位
人 (Man)	M1	死亡人数	因突发事件而遇难的人口（包含失踪人口）	人数
	M2	受伤人数	因突发事件而受伤，须接受医生或医疗机构治疗的人口	人数
	M3	暂时安置人数	因突发事件而需要暂时转移安置或紧急疏散（事后可以返回原住所居住），或只需在原住所给予相应救助的人口	人数
	M4	长期安置人数	因突发事件而失去住处，需要原地重建或异地重建住所的人口	人数
经济 (Economic Damage)	D1	直接经济损失	因突发事件造成的房屋及室内外财产、基础设施和三次产业损失的总和	元
	D2	间接经济损失	因突发事件造成所有间接经济损失的总和	元
	D3	应对成本	应对突发事件所投入的各种费用总和	元
基础设施 (Infrastructure)	I1	饮用水中断	突发事件造成饮用水中断的时间及受影响的户数	时间，户数
	I2	电力中断	突发事件造成电力中断的时间及受影响的户数	时间，户数
	I3	通信中断	突发事件造成通信中断而受到影响的人数	人数
	I4	交通中断	突发事件造成交通中断的时间	人数
生态环境 (Ecology)	E1	保护区的破坏	因突发事件而遭到破坏的保护区（自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、森林公园、地质公园、重要湿地等）	面积比例
	E2	水域影响	因突发事件而遭到破坏的表面水域或海里的生存空间（河、运河、溪流、湖及池塘等）	公里及公顷
	E3	土地影响	因突发事件而遭到破坏的耕地、林地、草地、工业用地、城市用地等	公顷

	E4	大气影响	因突发事件而遭到破坏的大气	超标倍数,影响人数
社会环境 (Society)	S1	社会生活中断	突发事件对公众生活的影响	程度
	S2	政治影响	突发事件对政府运行的影响	程度
	S3	社会心理影响	突发事件对大众心理的影响	程度

损害参数表可以根据本区域具体情况进行调整。结合区域内的区情、风险承受能力、风险控制能力、相关法律法规、政策方针以及历史经验数据、突发事件发生频率等综合因素,对风险分析中的损害参数进行本土化调整。

6.4.5 确定风险后果的临界值

6.4.5.1 概述

参数临界值是根据承灾载体所受的物理损害数值,确定相应的损害等级的标准。

在临界值确定过程中,充分参考现有法律法规、科研成果、结合区域人口数量、经济发展水平、基础设施分布、自然环境、重要目标、城乡差别等情况,充分考虑区域的脆弱性和应急能力,对每一参数的临界值标准进行会商与讨论,以建立一套适合区域实际情况的损害参数体系。风险分析主体应根据本地实际情况制定适合的风险后果临界值。

为便于对损害后果进行分级,在确定损害参数的基础上,对每一损害参数设定临界值。与发生可能性的分级相同。

本文件也采用五级制分类来予以描述和度量:1=很小;2=小;3=一般;4=大;5=很大。

6.4.5.2 人

“人”的损害参数临界值度量模板见表4:

表4 人的损害参数临界值度量模板

分类		人 (M)			
等级	描述	等级	描述	等级	描述
5	很大	5	很大	5	很大
4	大	4	大	4	大
3	一般	3	一般	3	一般
2	小	2	小	2	小
1	很小	1	很小	1	很小

6.4.5.3 经济

“经济”的损害参数临界值度量模板见表5:

表5 经济影响参数临界值度量模板

分类		经济 (D)		
等级	描述	直接经济损失 (D1) (万元)	间接经济损失 (D2) (万元)	应对成本 (D3) (万元)
5	很大			
4	大			
3	一般			
2	小			

1	很小			
---	----	--	--	--

6.4.5.4 基础设施

基础设施这一领域的损害重点从四个方面进行衡量，包括饮用水中断（I1）、电力中断（I2）、通信中断（I3）、交通中断（I4）。相关的损害参数临界值度量模板见表6—表9：

表6 饮用水中断参数临界值度量模板

时间	影响户数			
	<.....~.....~.....	>.....
24 小时以内	1	1	2	3
24 小时~48 小时	1	2	3	4
48 小时以上	2	3	4	5

表7 电力中断参数临界值度量模板

时间	影响户数			
	<.....~.....~.....	>.....
12 小时以内	1	1	2	3
12 小时~24 小时	1	2	3	4
24 小时~72 小时	2	3	4	5
72 小时以上	3	4	5	5

表8 通信中断参数临界值度量模板

	影响人数				
	<.....~.....~.....		>.....
级别	1	2	3	4	5

表9 交通中断参数临界值度量模板

	影响时间				
	<XX 小时	XX 小时~XX 小时	XX 小时~XX 小时	XX 小时~XX 小时	>XX 小时
级别	1	2	3	4	5

6.4.5.5 生态环境

风险事件对生态环境这一领域所造成的后果重点从四个方面进行衡量，包括保护区的破坏（E1）、水域影响（E2）、土地影响（E3）、大气影响（E4），见表10、表11。

表10 生态环境参数临界值度量模板

分类		生态环境			
等级	描述	保护区的破坏（E1）	水域影响（E2）	土地影响（E3）	
5	很大	>.....%	河>.....公里	>.....公顷	
4	大%~.....%	河.....~.....公里 或 湖.....~.....公顷~.....公顷	
3	一般%~.....%	河.....~.....公里 或 湖.....~.....公顷~.....公顷	
2	小%~.....%	河.....~.....公里 或 湖.....~.....公顷~.....公顷	

1	很小	<……%	河<……公里 或 湖<……公顷	<……公顷
---	----	------	-----------------	-------

表11 大气影响参数临界值度量模板

中毒气体 超标倍数	疏散人数 或 中毒人数			
	<…… 或 <……	……~…… 或 ……~……	……~…… 或 ……~……	>…… 或 >……
刚超标	1	1	2	3
超标 1 倍	1	2	3	4
超标 3 倍	2	3	4	5
超标 5 倍	3	4	5	5

6.4.5.6 社会环境

风险事件对社会环境这一领域所造成的损害主要从三个方面衡量，包括社会生活中断（S1）、政治影响（S2）、社会心理影响（S3），见表12—表14。

表12 社会生活中断参数临界值度量模板

持续时间	人口数量			
	<……	……~……	……~……	>……
12 小时以内	1	1	1	2
12 小时~24 小时	1	1	2	3
24 小时~72 小时	1	2	3	4
72 小时以上	2	3	4	4

表13 政治影响参数临界值度量模板

持续时间	指标数量		
	至多一个指标	至多两个指标	超过三个指标
24 小时以内	1	1	2
24 小时~72 小时	1	2	3
72 小时以上	2	3	3

表14 社会心理影响参数临界值度量模板

评级	指数数量			
	无显著指标	1 个显著指标	2 个显著指标	3 个显著指标
低	1	—	—	—
平均	1	1	2	3
高	—	2	3	3

6.4.6 风险源分析

如对于危险化学品，致灾因子可以是燃烧性、爆炸性、毒性等。

6.4.6.1.1 预测模型

基于设定的风险场景，确定相应的风险源的致灾因子，进而选择相应的危害剂量计算的物理模型，或基于专家意见的后果分析方法。

部分类型风险的后果分析物理模型及其适用性见表15。

表15 部分类型风险的后果分析物理模型及其适用性

灾害类型		模型名称	
火灾	建筑物火灾	建筑火灾安全工程法 (BFSEM, L 曲线法)	
		消防系统区域模型 (Crisp II)	
		火灾风险评估与成本评估模型 FIRECAM	
		CESARE-Risk	
		利用火灾传播矩阵的定量评价模型	
		火灾模拟模型	
		基于模糊重心的评价方法	
	城市火灾	泊松过程模型	
		模糊综合评判模型	
		Fuzzy-AHP 模糊层次分析法模型	
		街道危险性分析模型	
	爆炸火灾、 化学毒性	道 (DOW) 化学火灾及爆炸指数评价法	
		蒙德火灾、爆炸、毒性指标评价程序	
		模糊线性加权变换评价程序及数学模型	
		六阶段评价法	
		池火灾 (POOL FIRE) 火焰热辐射模型	
		蒸汽云爆炸定量评价模型 (UVCE)	
		震时毒气泄漏概率模型	
		沸腾液体扩展蒸汽爆炸	火球的热辐射评价模型
			爆炸冲击波超压伤害模型
		抛射碎片伤害模型	
	地震次生火灾	建筑物震后火灾发生与蔓延危险性分析的概率模型	
		城市地震次生火灾发生概率泊松模型	
基于 GIS 的城市地震次生火灾危险性分析系统			
煤炭自燃	煤炭自燃危险性聚类的无导师神经网络模型		
地质灾害	滑坡	确定性模型 (“白箱” 模型)	斜坡稳定性系数算法
		统计模型 (“黑箱” 模型)	系统模型 聚类模型 多元模型 回归分析模型
		灰色模型	信息模型 模糊数学模型 灰色系统模型
	基于 GIS 的信息量模型		
	水库型滑坡灾害综合灾情评价连续函数模型		
专家打分模型			
基于人工神经网络、遗传算法模型			
泥石流	数字环境模型		

		数量化理论模型 泥石流灰色系统模型
	城市沉降	基于加速遗传算法的层次分析模型(AGA - AHP)
	地震	n 重贝努利独立试验模型 泊松过程模型 面源模型
气候 灾害	风灾	风灾被害曲线评价模型
	水灾	遗传投影寻踪插值模型 GPPIM
	旱灾	基于遗传算法的双线性模型 马尔可夫模型
	地球温室化	地区气候模型 (RCM20 模型)
海洋 灾害	高潮泛滥	高潮泛滥危险性评价模型
	海啸	极值统计分析模型
事故	核事故	PSA
	航空事故	PRA AHP

6.4.6.1.2 计算影响范围和强度

应用选择的预测模型，根据风险场景中的条件设置，计算风险导致的突发事件的影响范围以及危险剂量的强度和相应分布。

6.4.7 承灾载体分析

6.4.7.1 承灾载体种类和对象（暴露要素）

根据计算得出的影响范围，按“损害参数表”列出的备选的承灾载体，确定该风险场景承灾载体种类，以及具体的承灾载体对象（暴露要素）。

6.4.7.2 承灾载体脆弱性

确定承灾载体的脆弱性。脆弱性，即对于特定的危害性质和剂量，承灾载体受损伤的特性和程度。

可能通过各类情况分析报告、专家会商和专项调研等方式，分析各类承灾载体的物理属性、心理属性等特点，判断其脆弱性。

示例：对人群的脆弱性，可从心理素质、防灾应急知识、经济能力等方面进行分析；对设施的脆弱性，可从抗外力能力、安全设施是否充分等方面进行分析。

6.4.7.3 承灾载体受损程度

根据风险场景中风险源的危害剂量影响范围、强度分布，以及受危害的承灾载体对象及脆弱性，计算承灾载体的受损程度。

6.4.8 后果计算

6.4.8.1 物理损失

按“损害参数表”中确定的承灾载体类别及单位，计算得到风险导致的突发事件的物理损失。

每个损害参数的损失值的计算是风险分析中至关重要的一步。所以该步骤尤其应该吸收不同领域的专家意见，以共同得出可靠的结论。

6.4.8.2 综合后果分析

风险的后果，不仅包括风险导致的突发事件的直接后果，也包括由原生事件导致的次生事件、衍生事件的后果。因此，对于“损害参数表”中列出的承灾载体，除直接的物理损害分析外，还需进行相关的次生、衍生效应分析。

如，对于“基础设施”中的燃气，除可能导致燃气供应中断外，还有可能产生燃气泄漏后导致的燃烧、爆炸等，而爆炸又有可能导致有毒危险化学品的泄漏、毒气扩散等。因此，需要对“损害参数表”中列出的物理损害进行进一步的分析。

6.4.8.3 “应急管理”因素

“应急管理”是减小风险事件影响的有效手段。在后果分析中，应考虑“应急管理”因素的作用。

对于风险事件的过程较长、应急管理能在风险事件的发展演化过程中，发挥重要管控作用的情况，如有毒气体泄气事件，应在事件直接后果分析时，即考虑应急管理的作用。

对于风险事件的过程较短、应急管理主要在承灾载体遭受事件直接危害后，发挥对承灾载体的救援与处置的情况，如地震、爆炸等情况，应在综合后果分析时考虑应急管理的作用。

6.4.9 确定风险后果等级

基于各承灾载体的物理损失，根据确定的参数临界值，确定各损害参数的等级。

风险后果等级应综合考虑人、经济、基础设施、生态环境、社会环境等方面的后果。可以根据不同方面的重要性，赋予相应的权重，进而应用加权方法评价后果，并与分级准则比对得出风险后果等级。

基于指标体系法的、平均分配权重的后果等级计算示例见表16。

表16 风险后果计算示例

领域	缩写	损害参数	单位	预警损害（举例）	损害值（举例）	计算损害值
人 (Man)	M1	死亡人数	人数	9	4	$(4+3+2+4) / 4 = 3.25$
	M2	受伤人数	人数	250	3	
	M3	暂时安置 人数	人数	1500	2	
	M4	长期安置 人数	人数	230	4	
经济 (Economic Damage)	D1	直接经济 损失	元	250 万	2	$(2+3+3) / 3 = 2.67$
	D2	间接经济 损失	元	6000 万	3	
	D3	应对成本	元	3000 万	3	
基础设施 (Infrastructure)	I1	饮用水中 断	时间, 户数	元	0	0
	I2	电力中断	时间, 户数	无	0	
	I3	通信中断	人数	无	0	
	I4	交通中断	时间	元	0	
生态环境	E1	保护区的	面积比例	8%	4	$(4+3+2)$

(Ecology)		破坏				/3=3
	E2	水域影响	公里及公顷	2.5	3	
	E3	土地影响	公顷	0.8	2	
	E4	大气影响	超标倍数,影响人数	无	0	
社会环境 (Society)	S1	社会生活 中断	程度	无	0	0
	S2	政治影响	程度	无	0	
	S3	社会心理 影响	程度	无	0	
计算损害值: $(3.25+2.67+3)/3=2.97$						
平均损害值: 2.97						

6.5 计算或估计风险

6.5.1 基本原理

综合考虑事件发生可能性和后果, 确定风险水平。

根据下式计算风险:

$$R = f(P, S) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

R ——表示风险水平;

f ——表示风险的计算函数;

P ——表示事件发生的可能性;

S ——表示事件后果的严重性。

6.5.2 基于预测模型计算有物理意义的风险值

对于可计算得出风险可能性的概率值、能够基于预测模型得出具有物理意义的风险后果数值的情况, 应基于(4)式得出具有物理意义的风险值, 其结果常用单位时间内承灾载体的危险值表示, 如对人, 可表示为“人/年”; 对经济, 可表示为“万元/年”等。

6.5.3 专家意见法估计风险

对于无法得出风险可能性的概率值、无法基于预测模型得出具有物理意义的风险后果数值的情况, 常采用基于专家意见的方法估计风险的等级结果。

6.5.4 指标体系法估计风险

对于可能性、后果均基于指标体系法的情况, 在风险计算中仍宜采用指标体系法, 对可能性、后果的参数赋予不同权重, 进而估计风险数值、等级等结果。

6.5.5 风险矩阵法直接计算风险等级

对于可能性、后果均为等级值的情况, 可采用风险矩阵法直接计算风险等级。

风险矩阵法的示意图见图3。

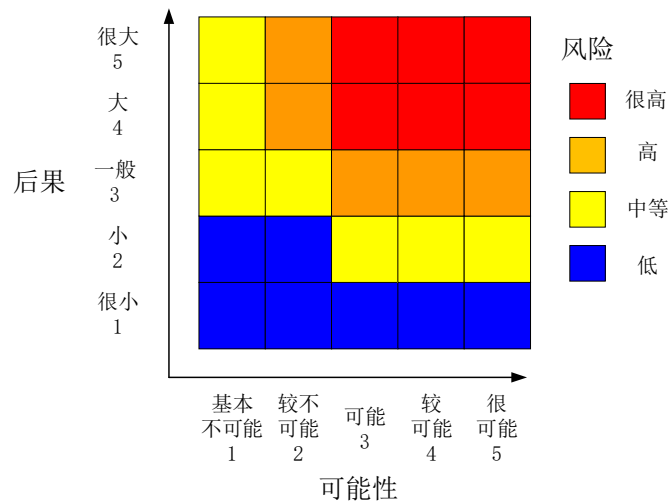


图3 风险矩阵法示意图

6.6 确定风险水平

对于得出具有物理意义的风险结果的情况，将结果与风险准则相对比，得出风险水平。

对于应用专家意见法、指标体系法、风险矩阵法等方法得出风险结果的情况，可以在估计结果的同时，得出风险水平结果。

7 监督与沟通

7.1 监督

公共安全风险分析，应在负有该区域公共安全管理责任的部门，及其指定的专家的监督下进行。

7.2 沟通

对于公共安全分析得出的可能性、后果、风险水平等结果，需要与相关方进行沟通。

相关方可以包括：

- 风险直接责任单位；
- 风险直接责任单位的主管部门；
- 城市公共安全风险管理主管部门。

与相关方沟通后，若形成一致意见，则可确定城市公共安全分析结果；若未形成一致意见，则需要在城市公共安全风险管理主管部门的协调下，修改城市公共安全分析结果，直至与相关方达成一致意见。

应进行风险分析沟通记录，记录沟通的时间、地点、参加人员、沟通内容和达成的共识等内容。

8 评价与改进

8.1 评价

应对城市公共安全风险分析的技术要求及形成的结果，开展定期评价。

评价应考虑以下情况：

- 相关法律法规、应急预案、标准规范发生变更，可能影响风险分析要求；

- 组织机构发生重大调整；
- 区域内发生具备新的风险特征的突发事件；
- 其它地区发生重大突发事件，该事件与本区域内的风险源具备相似风险因素；
- 应急管理发生重大变化。

评价可基于以下意见：

- 与区域内主要公共安全突发事件相关的专家意见；
- 城市公共安全管理部门的意见；
- 城市公共安全管理中出现的新情况、新趋势。

评价可基于以下信息：

- 风险源的主要风险因素发生的变化；
- 其他可能影响风险状况的新信息。

8.2 反馈

应将评价信息及时、准确地反馈给风险分析主体。

8.3 改进

风险识别主体应针对评价与反馈的信息，对包括但不限于以下内容的风险分析活动进行改进：

- 风险分析计划中的预期目标、评估范围、工作机制、实施程序、经费预算等；
- 根据风险变化选择最佳的风险分析方法；
- 风险分析报告内容要求；
- 风险分析报告内容。

9 后续活动

9.1 风险评价

基于风险分析结果，将之与风险准则进行比对，确定风险和/或其大小能否接受或容忍。

9.2 应急预案

根据风险分析得出的风险源及导致的风险事件、事件的发展演化过程及可能造成的后果、应急管理在风险事件发展演化过程中的作用等结果，对应急预案进行有针对性的改进。

9.3 应急演练

根据风险分析得出的风险源及导致的风险事件、事件的发展演化过程及可能造成的后果、应急管理在风险事件发展演化过程中的作用等结果，对应急演练的演练方案、效果评估等进行有针对性的改进。

参 考 文 献

- [1] GB 18218—2014 危险化学品重大危险源辨识
 - [2] GB/T 29639—2013 生产经营单位生产安全事故应急预案编制导则
 - [3] GB6441—86 企业职工伤亡事故分类
 - [4] AQ 8001—2007 安全评价通则
 - [5] ISO 31000: 2018 Risk management — Guidelines
 - [6] ISO/IEC 31010: 2019 Risk management — Risk assessment techniques
 - [7] ISO/TR 31004 Risk management
 - [8] Emergency Management Australia. Australian Emergency Manuals Series, Manual 5: Emergency Risk Management Applications Guide.
 - [9] Emergency Management Australia. Australian Emergency Manuals Series, Manual 6: Implementing Emergency Risk Management: A facilitator’s guide to working with committees and communities.
 - [10] Australian Institute for Disaster Resilience. Australian Emergency Handbook Series, Handbook 10: National Emergency Risk Assessment Guidelines.
 - [11] Federal Emergency Management Agency. 44 CFR Parts 201 and 206, Hazard Mitigation Planning and Hazard Mitigation Grant Program; Interim Final Rule.
 - [12] UK. National Risk Register of Civil Emergencies.
 - [13] 邹积亮. 突发事件风险评估研究与实践. 北京: 国家行政学院出版社, 2013.
-