

# 灾害医学 救援系统工程

■ 主编 侯世科 樊毫军 张永忠



科学出版社

# 灾害医学救援系统工程

主 编 侯世科 樊毫军 张永忠

副主编 贺 智 郭海涛

编 委 (按姓氏汉语拼音排序)

陈 安 雷晓康 刘铁民

毛德华 彭宗超 闪淳昌

王 敏 吴群红 于景元

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书共分7章,包括概论、灾害医学救援系统的构成要素、灾害医学救援系统的内部结构、灾害医学救援的系统特征、灾害医学救援的系统流程、灾害医学救援的系统工程方法和灾害医学救援系统工程案例分析。全书内容丰富,案例分析详实。

本书可供从事救援医学的相关一线人员、管理人员及其他相关学科人员阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

灾害医学救援系统工程 / 侯世科, 樊毫军, 张永忠主编. —北京: 科学出版社, 2018.2

ISBN 978-7-03-053303-6

I. ①害… II. ①侯… ②樊… ③张… III. ①灾害—急救医疗  
IV. ①R459.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 129026 号

责任编辑: 车宜平 沈红芬 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 赵 博 / 封面设计: 龙 岩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018年2月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年2月第一次印刷 印张: 16 1/2

字数: 380 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 《灾害医学救援系统工程》编写人员

主 编 侯世科 樊毫军 张永忠

副主编 贺 智 郭海涛

编 者 (按姓氏笔画排序)

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 于景元 | 王 敏 | 王 磊 | 王春生 |
| 牛 聪 | 毛德华 | 闪淳昌 | 安 茜 |
| 李 琪 | 李晓雪 | 李海召 | 杨 炯 |
| 吴群红 | 张 磊 | 张永忠 | 陈 安 |
| 范 斌 | 周武炜 | 於四军 | 孟涛疆 |
| 侯世科 | 洪达春 | 贺 智 | 郭海涛 |
| 彭宗超 | 焦小杰 | 温明星 | 谢 红 |
| 雷晓康 | 樊毫军 |     |     |

# 序 言

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一。继汶川特大地震之后又发生了四川芦山、云南鲁甸、甘肃岷县漳县、九寨沟等地震灾害，滑坡、泥石流、洪涝、台风和气象灾害等重大自然灾害不断发生；安全生产形势确实在不断好转，但生产安全事故易发多发，尤其是重特大安全事故频发势头尚未得到有效遏制，青岛市“11·22”中石化东黄输油管道泄漏爆炸特别重大事故、天津港“8·12”瑞海公司危险品仓库特别重大火灾爆炸事故、深圳光明新区渣土受纳场“12·20”特别重大滑坡事故等都造成重大伤亡；公共卫生事件和社会安全事件也不断发生，如H5N1禽流感、H7N9禽流感、中东呼吸综合征、埃博拉出血热和鼠疫等突发性传染病疫情，以及“10·28”天安门金水桥的恐怖袭击案、“3·1”昆明火车站和“5·22”乌鲁木齐严重暴力恐怖袭击等。总之，我国正处在公共安全事件易发、频发、多发期，维护公共安全任务重要而艰巨。值得高度重视的是：当今，突发事件呈现出伤亡损失大、社会影响大、复杂性加剧等特点，自然和人为致灾因素相互联系、传统安全和非传统安全因素相互作用、既有社会矛盾和新生社会矛盾相互交织，防控难度越来越大。同时，随着经济社会向前发展、现代化程度不断提高，各类致灾因素的相互联系、相互作用、相互交织和相互影响越来越强，各类突发事件的不确定性、高变性、紧迫性、衍生性、关联性、复合性和非常规性也越来越强。所以，灾害医学救援如何面对这些新情况，迎接这些新挑战，对于保障广大人民群众的生命和健康，对于维护社会的和谐稳定具有重要的现实意义和科学意义，也是一个非常迫切的重大课题。

20世纪20年代美籍奥地利生物学家贝塔朗菲提出了一般系统论。20世纪七八十年代，系统论开始运用于突发事件的应急管理领域，它要求人们用整体性的眼光来看待应急救援系统内部各子系统之间、各要素之间及系统本身与外部环境之间的相互联系和作用。灾害医学救援不同于院前急救、院内急诊。在纵向上，它包括灾难现场大量伤员的搜索、营救、检伤分类、紧急救治、危重伤员运输后送、移动医院建立和运作、恢复重建灾区医院、灾区卫生防疫、心理干预等。在横向上，它包括灾害医学救援组织机构、医药卫生资源配置系统、医疗救助系统、紧急医学救援队伍系统、后勤卫生装备保障系统、法律支持系统和医学信息搜集与服务系统等。在应急处置与救援阶段，它涵盖医学救援的即时处置、先期处置、快速评估、决策指挥、协调联动和信息发布等。由于突发事件的不确定性、高变性、紧迫性、衍生性、关联性、复合性和非常规性等特点，如何识别灾害医学应急救援的风险，分析其来源、范围、特性及其相关的不确定性；如何将其风险进行量化评估，以及在此基础上认识和洞察其发生的原因、结构和特征；如何构建重大灾害医学救援情景并掌握其演化规律，进而得出有效的灾害医学救援应对策略、统筹管理灾害医学救援、加强处置与救援全过程的综合协调；这些强化医学救援资源统筹和工作协调等；这些是当前灾害医学救援的重要问题。

侯世科教授带领的医学救援团队是我国最早介入灾害医学救援的团队之一。《灾害医学救援系统工程》汇集了国内灾害医学救援和系统工程的许多权威专家的实践和心血，通过

系统分析灾害医学救援的构成要素、内部结构、系统特征及流程，明确系统工程方法，并用相关案例对如何运用系统工程学的思想和方法进行灾害医学救援进行剖析等，是我国首次用系统工程学研究灾害医学救援的专著。该书对于研究分析灾难中的人员伤亡特征、灾害医学救援风险因素，构建灾害医学救援风险评估标准，探索灾害医学救援演进机理及规律具有重要意义。该书不但为灾害医学救援提供理论依据和分析平台，而且为灾害医学应急资源的优化配置提供了科学依据，为灾害医学学科建设和发展的相关理论研究提供了新的方法与手段。

2003 年的抗击非典斗争、2008 年汶川特大地震的抗震救灾、2014~2015 年应对埃博拉疫情的国际合作是我国应对公共卫生事件发展史上的三个重要里程碑和伟大实践。卫生战线的广大干部、专家和医护人员通过不断总结经验教训、不断实践，使我国在突发公共卫生事件防控、紧急医学救援和跨国性重大疫情应对等方面产生了三次飞跃，我国卫生应急工作不断登上新台阶。从这个意义上讲，该书也是上述不断总结不断实践的组成部分。

衷心希望读者在有所收益的同时，也能为该书多提些宝贵意见，共同为我国灾害医学救援事业的创新和发展做出贡献。

国家减灾委专家委员会副主任、国务院应急管理专家组组长

闪淳昌

2017 年 8 月 18 日

# 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 第一章 概论              | 1   |
| 第一节 灾害的概念与内涵        | 1   |
| 第二节 灾害救援医学的概念       | 11  |
| 第三节 灾害医学救援系统        | 19  |
| 第四节 灾害医学救援的工程特性     | 27  |
| 第二章 灾害医学救援系统的构成要素   | 36  |
| 第一节 灾害医学救援系统的价值要素   | 36  |
| 第二节 灾害医学救援系统的科学要素   | 41  |
| 第三节 灾害医学救援系统的技术要素   | 43  |
| 第四节 灾害医学救援系统的管理要素   | 47  |
| 第三章 灾害医学救援系统的内部结构   | 50  |
| 第一节 灾害医学救援系统的内部结构特点 | 50  |
| 第二节 灾害医学救援系统的认识结构   | 52  |
| 第三节 灾害医学救援系统的知识结构   | 55  |
| 第四节 灾害医学救援系统的组织结构   | 59  |
| 第四章 灾害医学救援的系统特征     | 62  |
| 第一节 医学救援关键要素分析      | 62  |
| 第二节 医学救援关键阶段分析      | 74  |
| 第三节 医学救援关键环节分析      | 93  |
| 第四节 医学救援分级救治分析      | 115 |
| 第五章 灾害医学救援的系统流程     | 121 |
| 第一节 灾害医学救援工作模块分析    | 121 |
| 第二节 医学救援处置机制分析      | 132 |
| 第三节 应急救援体系构建        | 140 |
| 第六章 灾害医学救援的系统工程方法   | 151 |
| 第一节 概述              | 151 |
| 第二节 决策支持系统          | 161 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| 第三节 指挥执行系统.....              | 187 |
| 第四节 协同动态博弈.....              | 202 |
| 第七章 灾害医学救援系统工程案例分析 .....     | 218 |
| 第一节 四川汶川地震救援 .....           | 218 |
| 第二节 55 型腺病毒感染救援 .....        | 227 |
| 第三节 昆明“3·1”暴恐事件救援 .....      | 235 |
| 第四节 天津港“8·12”特重大火灾爆炸救援 ..... | 243 |
| 参考文献.....                    | 253 |

# 第一章 概 论

## 第一节 灾害的概念与内涵

### 一、灾害的概念

#### (一) 灾害的字面理解

灾我国的繁体字中有“𡇗”“菑”“災”三种写法，三个字都是会意造字。“𡇗”是火烧毁房屋，“菑”是水淹没田地，这两个字出现较早，而“災”字直到东汉许慎编著《说文解字》才出现，“災”是“水”和“火”的结合，意思是“水火为灾”。“災”字的出现，表明灾已经演化为一个抽象化的集合概念，泛指水、火等对人类构成危害的自然事件。

我们经常用到一个成语——天灾人祸，它代表了中国人最古老的灾害观：自然界产生的是“灾”，人为惹发的只是“祸”。古人很少把人为引发的不利事件看成是“灾”，而现代人却越来越模糊“自然发生”与“人为引发”的界限。比如战争，古人说是“兵祸”，因为战争是人发起的，而现代人则一般说“兵灾”，这是现代人对灾的滥用。可以和它相参照的是交通事故，迄今为止，在我们的口头语中还只是说“车祸”，没有说“车灾”的（注：在灾害学研究中，交通事故目前已经被视为灾害）。

“害”的含义比较多，基本含义有两个。一是伤害、杀害。《说文解字》的解释说：“害，伤也。”二是妨碍、妨害。《韩非子·六反》的解释是：“害者，利之反也。”也就是说，“害”是有利的反面，也就是不利。“害”用作名词后就变成了造成伤害和不利的事物。

因此，“灾害”这个词语的组词方式，实际上属于同义复合，指的是对人类造成伤害和不利的现象与事物。《高级汉语词典》对“灾害”的解释是：“旱、涝、虫、雹、战争、瘟疫等造成的祸害。”在这个解释中，已经加入了语言在演变过程中新衍生的含义，把战争这种人为事件也归入了“灾害”当中，这与我们的语言习惯有点冲突。按照通常的看法，战争不是“灾害”，而应该称为“灾难”或者“灾祸”。但在现代灾害学中，战争目前也已经被视为灾害。

在汉语中，由灾组成的词组，或者与灾意思相近的词语有：灾害、灾患、灾祸、灾难、灾变、事故、劫难等。它们各自的用法也不同，下面的句子可以体现其中差别：

地震是一种灾害（强调事物的性质），在地震带上居住会招致灾祸（强调人的因素），让人们时刻面临灾患（强调事前的担心），一旦地壳运动酿成灾变（强调自然变异），强烈的地震给人们带来灾难（强调不幸的后果），地震引发了无数的房屋倒塌事故（强调单一的不幸事件），对当地人来说是一场劫难（强调特别严重的后果，尤其是生命的终结）。

在英语中，一般用单词“disaster”来指代灾害。disaster 来源于拉丁语，由前后两部分，即 dis-[轻蔑语前缀]和-aster[星]构成，字面意思是邪恶之星（badstar），本意是指恒星或行

星对人的邪恶的影响,一般指不可预测的造成灾难或不幸的意外事件,其含义基本与中文里的“灾害”“灾难”相当。此外,英语中“calamity”“catastrophe”“cataclysm”这几个名词都是指带来致命性或毁灭性结果的事件,其含义和用法与中文里的灾难、灾祸、劫难有异曲同工之妙。calamity 通常译为灾难,强调痛苦、悲伤或失落感,在很多时候指的并不是真正的灾害事实,而是一种感性的判断;catastrophe 是突然造成的极严重的灾难或异常的灾祸,含有最终结局无法补偿的意思,特别强调最后的悲剧结果,这个词相当于中文的灾难或者灾祸;cataclysm 指带来根本性改变的强烈的变乱,实际上是中文中所说的“劫难”。

## (二) 灾害的定义

灾害之为灾害,在于它危害和不利于人类的生存与发展。

灾害对人类生存与发展的危害和不利,具体表现在五个方面。

**1. 危害人类的生命** 灾害第一位的属性是对人类生命的危害。大多数灾害事件,如地震、洪水、雷击、瘟疫、火灾等,都有可能直接对人类的生命造成危害。这里所说的对人类生命的危害,既包括了生命的剥夺,也包括肢体的致残、健康的恶化,还包括精神的损害,如心理障碍、恐惧等。

灾害对人类生命的剥夺和损害,是自人类诞生以来就存在的危险,是人类对灾害心存畏惧的根本原因。从人本或者人道的观念来看,危及人类生命本身才是灾害最本质的特征。

**2. 损毁人类的生存资料** 生存资料既包括了生活资料,也包括了生产资料。生存资料的损失和毁坏,使得人类丧失或者难以获得维持生命所必需的物质条件,造成生存困难。

生活资料,是指保障人类肉体生存的物质条件,生活资料通常又称为生活必需品,如房屋、粮食、饮用水、衣物等。对于现代人来说,还包括了电力、燃料、通信、交通、医疗,以及相关的设施、工具等。

在生活资料中,有的是维持生命存活的基本生活资料,如房屋、粮食、饮用水,有的是保证生活质量的一般生活资料,如电力、通信等。

需要指出的是,一些现代化的物质条件,如电力、燃油燃气、供水、通信、交通等设施,虽然对于维持个体的肉体生存并非必要,但是对群体性的生存(如城市)却极为重要,因此它们被视为现代社会的生命线。

生产资料,是指用于生产活动的物质条件,如土地、矿产、森林、草场、水源、生产工具、生产设施等。灾害可以造成生产资料损毁,导致人类的生产活动难以开展,使得生活资料的再生产和供应中断。

灾害还会毁损人类的生产成果,如庄稼、牲畜、建筑工程等。生产成果的破坏,会导致人类的劳动白白耗费,难以向现实的生活资料转化,其实质是造成人类某一方面的生活资料在一段时期内难以为继。其中,最典型的是水旱灾害对庄稼的破坏,导致农业歉收或绝产,使得粮食这一基本生活资料短缺。

灾害对于生产资料和生产成果的破坏,实际上是对生活资料的间接破坏,也是对生命的间接剥夺和损害。

**3. 恶化人类的生存环境** 人类的生存环境，既包括了自然环境、生态系统，也包括了通过人类劳动创造的人造环境。

有些灾害会造成自然环境的恶化，使得自然环境不适合人类生存。例如，产生对生命有害的物质，使得生命在该种环境中难以存活；地质地貌发生变化，不适合人类居住；土壤肥力和水源供应发生变化，不能满足生产和生活的需求等。

生态系统也是人类生存环境的一部分。地球上的生态本身是一个链条，每一个物种在生态链中都有其存在的位置和价值。某一物种的消失或者突然增多，会导致生态链的断裂或失衡，给人类带来显现的或者潜在的损害。

人造环境，是人类在自然环境的基础上通过劳动创造出来的局部环境，如村落、城市，既是人类的生存环境，也可以视为人类的生产成果。人类的发展是一个不断远离自然生存走向社会生存的过程，从在森林草原游荡到聚族而居，从游牧部落到农业村落，从村镇到城市。社会化的程度越高，对人造环境的依赖就越重。例如，现代城镇是一个在自然环境的基础上，通过人类的改造，集中了居住区、政府、商场、工厂、学校、医院，以及交通、供水、电力、通信等各类市政设施的人造环境，因此，也吸引了大量的人口在这里定居和生活。类似于城市这样的大型人造环境，一方面可以帮助人们规避某些自然灾害，另一方面又带来一些新的自然灾害或人为灾害，而对于某些大型的自然灾害，即使设计再周全的人造环境也不能幸免。由于大量人口的聚集，灾害对人造环境的破坏所带来的损坏后果也越发严重。

**4. 扰乱人类的社会生活** 社会生活是指人类在社会关系和社会秩序的基础上开展的各种政治、经济、文化、体育等活动。灾害既妨碍各类社会活动的开展，同时又损害这些活动的基础——社会关系和社会秩序。在重大灾害发生时，经济、文化、体育等人类的社会活动往往都处于混乱或停滞的状态，严重地阻碍人类社会的有序发展。

重大灾害一般都会带来饥民、流民、难民、孤儿等一系列社会问题。在我国的历史上，历次农民大起义一般都发生在洪涝、荒旱等严重灾害发生之后，很多饥民为了生存不得不铤而走险，揭竿造反，最终导致政治上的动乱和王朝的更迭，这是政治层面。经济层面上，灾害发生后一般会出现物价变动的情况，生存必需品物价上涨，而非必需品物价下跌，这是由市场供求关系决定的，无可厚非，但是必须加以控制。在社会道德和社会伦理的层面上也会出现问题，奸商和盗贼虽然平时就存在，但在灾害后表现会更为明显。在极端的情况下，古今中外历史上都发生过卖儿卖女甚至易子而食的事情。在2004年底印度洋海啸之后，据美国国家地理频道报道，在印度出现了灾民出卖人体器官的情况。

灾害可以使富人变穷，穷人更穷，因此联合国减少灾害问题世界会议提出的《兵库宣言》明确指出：“灾害对于各级减少全球贫困的努力会产生巨大的破坏性影响。”

**5. 干扰人类文明的存续** 很多考古发现证明，人类历史上的很多重要文明都曾经因为巨大的灾害而毁于一旦。现存的人类文明的遗迹和成果，如某些重要文物，也会因为灾害瞬间毁灭，使得人类文明的继承受到影响。部分灾害，如土地沙化、全球气候变暖，不仅影响人类当前的发展，而且能够影响到人类未来的发展。因此，《兵库宣言》指出：“灾害的影响依然是可持续发展的重大挑战之一。”

传统的灾害定义：灾害是指一切对自然生态环境、人类社会的物质文明和精神文明建设，尤其是生命、财产等造成危害的天然事件和社会事件。这种定义仅仅是从灾害的损失角度去定义的。

现代灾害学根据灾害的特征，将灾害定义为：由于自然变异、人为因素或自然变异与人为因素相结合的原因所引发的对人类生命、财产和人类生存发展环境造成破坏损失的现象或过程。

综上所述，灾害是指由于自然变异、人为因素或自然变异与人为因素相结合的原因所引发的对人类生命、财产和人类生存发展环境造成破坏、损失的现象或过程，它威胁人类的生命安全，损毁人类的生存资料，破坏人类的生产活动和生产成果，恶化生存环境，并且对人类的社会生活及文明存续具有不利影响。

英文对“disaster”(灾害)的定义是 A disaster is a natural or man-made event that negatively affects life, property, livelihood or industry often resulting in permanent changes to human societies, ecosystems and environment (灾害就是对生命、财产、生活和产业具有消极影响的自然或人为事件，它通常会导致人类社会、生态系统或者环境发生持久性改变)。这个观点与我们提出来的灾害定义相近。

正确理解灾害的定义，对于做好灾害的预防和应对非常重要。

### (三) 灾害分类

**1. 原生灾害、次生灾害和衍生灾害** 现代灾害学将灾害分为原生灾害、次生灾害和衍生灾害三个层次。

原生灾害(primary disaster)是指最早发生、起主导作用的灾害，如地震、滑坡、台风等。

次生灾害(secondary hazards, secondary disaster)为由原生灾害直接诱发或连锁引起的灾害，如地震造成房屋倒塌引起的火灾、滑坡、海啸。

衍生灾害(derive disaster)是指由原生或次生灾害演变衍生形成的灾害，造成生态或社会结构、功能破坏。如一些自然灾害引发的人群的病疫，或造成生产、金融、交通、信息等流程的受损、中断或破坏及经济计划的改动、社会心理危机、家庭结构破坏等；如大地震的发生使社会秩序混乱，出现烧、杀、抢等犯罪行为；如大旱之后，地表与浅层淡水极度缺乏，迫使人们饮用深层含氟量较高的地下水，从而导致了氟病。有时为了简便，也有学者将衍生灾害并入次生灾害，还有学者将次生灾害或衍生灾害称为次期灾害。在植物保护学中，把当植物处于衰弱状态才可能产生危害的一类病虫，称为次期性病虫害，如小蠹虫等，这类病虫在树木生长良好时不发生危害，当树木长势衰弱时就会大面积发生成灾。因原生灾害发生，而可能引发次生灾害的物体，称为次生灾害源，如易燃易爆物品、有毒物质储存设施、水坝、堤岸等。

由于原生灾害已经对生态环境造成了极大破坏，极易引发次生灾害与衍生灾害。此时如果不对次生灾害与衍生灾害采取有效措施，次生灾害与衍生灾害造成的损失比原生灾害的危害还大，如洪灾后的疫病流行、旱灾后的饥荒造成的社会动荡等。

若较短时间内，同一种灾害连续发生，则首次发生的灾害称为首发灾害，首次发生之

后的同种灾害称为二次灾害。二次灾害危害较大,首次灾害已经对生态、社会结构和功能产生破坏,在此基础上,即使很小的二次灾害,也会造成更大的损失,如地震中的余震、火灾之后的死灰复燃等。

**2. 突发性灾害与缓发性灾害** 灾害在形成过程中,致灾因子逐渐作用于承灾体,使其朝着灾害方向发展,当致灾因子的作用强度超过一定强度时,就表现出灾害行为。

不同的灾害,其形成过程长短不同。在很短时间内就表现出灾害行为的称为突发性灾害,如地震、洪水、飓风、风暴潮、冰雹等。致灾因子变化较慢,需要较长时间才表现出灾害行为的称为缓发性灾害,如土地沙漠化、水土流失、环境恶化等。

有些灾害,如旱灾、农作物和森林的病、虫、草害等,虽然一般要在几个月的时间内成灾,但灾害的形成和结束仍然比较快速、明显,直接影响到国家的年度核算,所以也把它们列入突发性自然灾害。

一般说来,突发性灾害容易使人类猝不及防,常能造成死亡事件和很大的经济损失。缓发性灾害持续时间比较长,发展比较缓慢,尤其是有些缓发性灾害危害性表现比较隐蔽,容易被人忽视,从而造成灾害扩散蔓延,影响面积扩大,影响时间延长,造成十分巨大的经济损失。等灾害发生到造成较大损失而能引起人们注意时,其治理已经非常困难,如上述的土地沙漠化、水土流失、环境恶化。

#### (四) 灾害系统和灾害链

现代灾害学认为:自然灾害系统是由孕灾环境、致灾因子和承灾体共同组成的复杂系统。所谓孕灾环境、致灾因子和承灾体是一种比较学究化的说法,通俗地讲,孕灾环境就是灾害起源、发展和形成的环境,致灾因子就是直接起到加害作用的物质或物质的状态,承灾体就是灾害的损害对象。在现实生活中,尤其是口语当中,也将致灾因子直接归为灾害,例如,暴雨是一种灾害性的天气系统,也就是一类致灾因子,但是人们在口语中通常直接将它归为气象灾害。

按照自然灾害系统理论,某类自然灾害的孕灾环境,从大的范围来讲,是地球的某一圈层,如地震的孕灾环境是岩石圈,气象灾害的孕灾环境是大气圈;从小的范围来讲是某一圈层的某一特定区域。致灾因子则是某一圈层中的某一物质或者物质的某种状态,如水、火、风、雨、雷、电等。而承灾体实际上是指人本身和与人类密切相关的物质,如人造的建筑物、种植的农作物、工业产品,以及人赖以生存的其他自然资源和环境构成物,如森林、土地、水、鱼类等。

由于地球各圈层交错重叠,各圈层的物质之间也是相互转换和影响的。因此,无论某一圈层的自然变异,都有可能引发另一圈层或同一圈层的自然变异,导致对人类生存和发展的危害,还可能引发人类社会的动荡,在一个灾害的基础上产生另一个新的灾害,这在灾害学上称为“灾害链”。

其中,灾害链中最早发生并且直接对承灾体起作用的灾害称为原生灾害;而由原生灾害所诱发出来的灾害则称为次生灾害。自然灾害发生之后,破坏了人类生存的和谐条件,由此还可以导生出一系列其他灾害,这些灾害泛称为衍生灾害。例如,暴雨是原生的气象灾害,那么暴雨引发的洪涝和泥石流则是气象次生灾害,由此产生的瘟疫流行则是衍生灾

害。事实上,所谓原生灾害、次生灾害和衍生灾害,经常并无明确所指,更多的是取决于实际的情况和人为的规定。

灾害链反映的是事物之间的普遍联系,是人类经过很长历史时期的经验和观察而产生的观念,最典型的灾害链说法有“由雨致涝”、“旱极而蝗”和“大灾之后必有大疫”等。

综上所述,灾害由灾害源和承灾体两部分组成。灾害源(hazard factor, hazard, disasters source)即灾害的行动者,在有的场合下,又称致灾因子。灾害源是指灾害动力活动及其参与灾害活动的物体。承灾体即被害者,又称受灾体(object of hazard effect),是指遭受灾害破坏或威胁的人类及其社会经济系统。在一般情况下,灾害源作用于承灾体,产生各种灾害后果。但由于人类和社会经济系统对多种灾害及其产生的基础条件具有越来越强烈的反馈作用,所以它一方面是承灾体,另一方面又是灾害源的直接组成或灾害体的影响因素。灾害作为一种自然-社会综合体,是自然系统与人类社会系统相互作用的产物,灾害源与承灾体的相互作用,使灾害具有自然的与社会的双重属性。

## 二、灾害的基本特征

灾害,从空间上看,它是一个事件,有着其外在的表现特征和内在的机制特征;从时间上看,它是一个过程,有着其发生发展特征。

### (一) 有害性

有害性是灾害首要的、不言而喻的特征,无害,就无所谓“灾害”。有些灾害,不但具有有害性,而且具有极大的危险性,对人类、局部生态系统、甚至整个地球生态系统带来毁灭性的破坏。例如,1968~1973年,非洲萨赫勒地区发生持续6年的干旱,由于缺少粮食和牧草,牲畜被宰杀,因饥饿致死者超过150万人。1976年7月28日,中国唐山地震,震级7.8,死亡24.2万人,重伤16.4万人。2008年5月12日,中国汶川大地震,震级8.0,截至2008年10月8日,四川省遇难69227人,失踪17923人,受伤374640人,受灾4624万人,重灾区面积达10万平方公里,经济损失超过10000亿元。2011年3月11日,日本9.0级特大地震,继而引发海啸,并造成福岛核电站严重核泄漏,损失高达15万亿~25万亿日元(合1850亿~3000亿美元,或1.196万亿~1.9395万亿元人民币)。1889~1891年流感大流行席卷全球,某些城市记载发病率为40%~50%。1918~1920年流感大流行,造成全球2000万~4000万人死亡。1957~1958年亚洲流感(病毒类型H2N2)流行,1957年2月22日,首发于中国贵州,3~4月席卷中国,5~6月袭击日本及东南亚各国,7~8月流行于中东、非洲,美国在9月开始流行,10月加拿大和苏联也遭侵袭,这次世界性的大流感发病率高达15%~30%,全球至少100万人死于这场灾难。1968~1969年中国香港流感(病毒类型H3N2)流行,1968年7月,中国香港突然暴发流感,发病人数多达50万,8月流感传入新加坡、印度、澳大利亚、日本和美国,这次流感使美国5100万人染病,超过3.4万人死亡;接着又传入苏联和欧洲,根据国际红十字会组织统计,这场流感至少波及世界55个国家和地区,造成全球150万~200万人死亡。2003年SARS造

成全球直接经济损失 590 亿美元, 其中中国内地损失 179 亿美元, 相当于 GDP 的 1.3%, 中国香港损失 120 亿美元, 相当于 GDP 的 7.6%; 根据 WHO 2003 年 8 月 7 日公布的疫情, 全球共报告 SARS 临床诊断病例 8422 例, 死亡 916 例, 发病波及 32 个国家和地区。到 20 世纪 80 年代, 在有文字记载的 3500 多年的时间里, 世界上共发生过 14 531 次战争, 生命和物资损失最惨重的战争是第二次世界大战, 在这次战争中, 战死的军人共达 3200 万, 造成的物资损失约合 13 000 亿美元。如果未来爆发核战争, 或者小行星撞击地球, 将会对整个地球生态系统带来灭顶之灾。

灾害的有害性, 使人类生命、财产遭到巨大损失, 破坏了人类的生存环境, 甚至于毁灭了人类文明, 延缓了人类社会发展进程。现代科学界发现, 地球周期性灾变, 在地质史上形成了几次特大的灭绝, 几乎灭绝了所有的生物。从已发现的证据看, 史前人类文明曾因各种灾变而毁灭, 这包括地震、洪水、火山、外来星体撞击、大陆板块的升降、气候突变等。亚特兰蒂斯曾是一个具有高度人类文明的大陆, 但却在大约 11 600 年前一场世界性的大地震灾难中沉入海底。大约 9000 年前, 上一期人类文明曾遭受一次特大洪水的袭击, 那次洪水也导致大陆的下沉, 考古学家陆续发现了许多那次大洪水的直接和间接证据, 人类文化学家也通过研究世界各地不同民族关于本民族文明起源的传说发现, 世界各地不同民族的古老传说都普遍述及人类曾经历过多次毁灭性大灾难, 并且如此一致地记述了在我们本次人类文明出现之前的某一远古时期, 地球上曾发生过一次造成全人类文明毁灭的大洪水, 而只有极少数人得以存活下来, 近来考古学家发现的许多史前遗迹, 如亚特兰蒂斯大陆、希腊文明及海底建筑物等, 均可能是因那次洪水而产生的。

## (二) 自然性

灾害的自然属性主要表现在灾害源上。如果把灾害从孕育到灾害发生、灾害救治、灾后恢复当作一个整体, 显然, 灾害是一个典型的系统, 是属于自然-社会系统的一个子系统, 其发生发展都遵从一定的自然规律, 是灾害本有的基本特性。灾害的自然性表明, 灾害是自然-社会系统固有的一种自然现象, 不会因为人类存在而存在, 也不会因为没有人类而消失。在人类出现之前, 灾害活动只是整个宇宙中的一种天文现象, 只表现出其物理属性。

## (三) 社会性

灾害的社会属性主要表现在承灾体上。灾害的社会性是双向的, 即灾害对人类社会的影响和人类活动对灾害的影响。

第一, 由于人类社会的存在, 才会有灾害。灾害, 是相对人类而言的, 是对人类产生的危害, 没有人类存在的地方, 灾害只是一种自然活动。第二, 灾害对人类社会的破坏性和人类心理的冲击性。主要表现在灾害对人类生命财产、生存环境的破坏, 以及灾害对社会秩序的破坏、亲人的丧失等对幸存者的心理打击。第三, 人类的活动, 对自然系统的扰动, 影响系统的稳定性, 增加了灾害发生的概率和危害程度。主要表现在两个方面, 一方面, 人类仍然没有摆脱挑战自然、炫耀自己能力的幼稚心态, 热衷于集中建设大工程, 这些高楼大厦或超级工程, 不但破坏了生态平衡、诱发灾害发生, 而且灾害

一旦降临,损失更加巨大,救援更加困难;另一方面,人类迷信消费能拉动经济增长、片面追求高效率生产,欲望的恶性膨胀滋生高消费,从而造成环境污染、资源枯竭、环境退化等直接灾害。第四,人类通过对灾害的监测预报,并通过一定的防灾减灾措施,减轻灾害对人类的危害。

#### (四) 连锁性

许多灾害,特别是等级高、强度大的灾害发生以后,常常诱发出一连串的次生、衍生灾害。这种现象称为灾害的连锁性或连发性,这一连串灾害就构成了灾害链。当然,灾害链中各种灾害相继发生,从外表看是一种客观存在的现象,而其内在原因还值得进一步研究和探讨。但可初步认为,能量守恒、能量转化传递与再分配是认识它的重要线索和依据。例如,1960年5月22日发生在智利莱布的大地震,震级达到8.7级(有文献是8.9级)。这次地震在短短的30多个小时至少发生了5次7级以上强震,有3次达8级以上。而在瑞尼赫湖区则引起了300万立方米、600万立方米和3000万立方米的三次大滑坡;这次地震还引起了巨大的海啸,在智利附近的海面上浪高达30m。海浪以600~700km/h的速度扫过太平洋,抵达日本时仍高达3~4m,结果使得1000多所住宅被冲走,20 000多亩(1亩 $\approx 666.7\text{m}^2$ )良田被淹没,15万人无家可归。由这次地震所引起的海啸、水灾构成了一个灾害链。还有一些接连发生的灾害,虽然没有直接的因果关系,但或在成因上是同源,或在空间分布上是同地,也有人称之为灾害链。如在太阳活动高潮期,旱灾、洪涝、地震、矿井突水突瓦斯等自然灾害常接连发生,构成了并发型灾害链。1954年4月~1956年2月发生了强度为121的强拉尼娜事件,1954年12月15日~1955年1月21日湖南发生严重低温冷害,1954年东北发生严重低温冷害;1954~1956年北京发生强沙尘暴;1957年4月~1958年7月全球发生强度为97的强厄尔尼诺事件,1957年东北发生严重低温冻害;1957~1958年暴发亚洲流感。

灾害链一般可以归纳为五种情形:①因果型灾害链。这是指灾害链中相继发生的自然灾害之间有成因上的联系。例如,大震之后引起瘟疫、旱灾之后引起森林火灾等。②同源型灾害链。这是指形成链的各灾害的相继发生是由共同的某一因素引起或触发的。例如,太阳活动高峰年,因磁暴或其他因素,心脏病患者死亡多、地震也相对多、气候有时也有重大波动,这三种灾情都与太阳活动这个共同因素相关。③重现型灾害链。这是同一种灾害二次或多次重现的情形。台风的二次冲击、大地震后的强余震都是灾害重现的例子。④互斥型灾害链。这是指某一种灾害发生后另一灾害就不再出现或者减弱的情形。民间谚语“一雷打九台”就包含了互斥型灾害链的意义。历史上曾有所谓大雨截震的记载,这也是互斥型灾害链的例子。⑤偶排型灾害链。这是指一些灾害偶然在相隔不长的时间在靠近的地区发生的现象。

#### (五) 突发性

灾害的发生过程有长有短,短则几分钟、几秒钟甚至更短,如地震、爆炸事故等,其发生过程往往只有几秒钟甚至于不到一秒钟;长则几个小时、几天、几个月,甚至于几年、几十年,例如,农业生物灾害发生过程可达几个月,土地沙化、耕地退化、生态系统健康

状况恶化等人为灾害发生过程会长达几十年。虽然灾害发生过程有长有短,一般来说,其造成的危害,对人类来说,还是猝不及防的,具有明显的突发性特点,给人类造成很大的损失。例如,农业生物灾害,发生过程长达几十天,但表现灾害结果的,往往只有几天时间;由于人类过度掠夺,导致自然生态系统退化,则是一个十分缓慢的过程,长达几十年甚至于百余年,但是开始表现灾难性后果的往往只有几天或几十天,如植被破坏造成泥石流、沙尘暴等。因此,灾害的突发性特点,是指其危害过程时间较短,并不是说明灾害孕育过程时间短。大多数灾害危害时间短,但是,其孕育时间相对来说,还是比较长的。例如,天然地震,其发生时间虽然短暂,但是其发生是由于地球内部运动长期积累、能量急剧释放的结果;爆炸或有毒物质泄漏事故,则是由于管理原因,设备在超出安全阈值范围状况下运行,导致事故发生。

### (六) 随机性

灾害的发生及其要素(灾害发生的时间、地点、强度、范围等因子)“似乎”是不能事先确定的,这就是灾害的随机性。灾害的随机性源自灾害的复杂性、模糊性、多样性与差异性,也即复杂性,其复杂性还包括灾害系统的复杂性和灾害发生机制的复杂性。例如,台风灾害的发生,由于台风环境条件和台风本身状况的突变,台风路径经常发生急剧折向跳跃、停滞、旋转和摆动,台风强度也会出现突然加强或减弱的现象,这就导致了台风侵扰地区、时间和强度的随机性。生物灾害的发生,将会影响整个发生区生态系统健康,对发生区的生态影响很难做出准确描述。

在阐述灾害的随机性时,我们之所以用了“似乎”这个词,是因为灾害本身的发生发展过程是具有规律性的,是可以理解的,不是“绝对”随机的,只是由于人类目前对各种灾害还不完全了解,没有完全掌握灾害形成、发生和发展的过程,不能准确对灾害发出准确预报,不能控制灾害的发展进程。在此意义上,灾害的发生对人类而言,具有随机性。因此,在灾害的随机性中,蕴涵着灾害的可预测性、可控制性。

各种灾害都有一定的前兆,称为灾兆。灾害可预测性就是根据灾害的灾兆与灾害之间的联系,对灾害的发生时间、发生范围、发生强度等进行预测。例如,在发生地裂和地陷前,地中会首先冒烟、冒气,并发出雷鸣般的声音,或地面发生变形。地震灾兆较多,如地下水温的反常变化,动物行为异常,产生地声、地光、地变形,或地磁、地电和重力的异常。台风产生以前远海天边散发出丝状云彩、半截(而不是弧形)的虹和暗蓝色的条纹。台风来临前,早晨在海边望海,往往会看到一些顶部光秃、底部扁平,并且快速地从海面跑到陆地并消失的浓积云,这种云被称作“猪头云”,也叫“和尚云”,它是由台风外围环流与陆风作用生成的。它的出现预示着台风已存在,但并不表示台风一定会登陆该地,还要视后续的云层发展而定。若在出现“和尚云”1~2天后出现了东南方向辐辏的白亮毛卷云,并且云层加厚变为高层云(透光变蔽光),伴随着风力加大和降水的出现,则预示着台风正在逐渐逼近该地。若风力雨势进一步加大,并且云已变成灰色,并且有大量黑色漫无定型的碎雨云(“跑马云”)快速移动,说明台风已到附近。某种农业生物灾害爆发前,其种群密度会快速上升,对有害生物种群密度进行监测,正是目前开展农业生物灾害预报的基础手段。