

郭跃. 灾害复杂性的地理学阐释[J]. 灾害学, 2020, 35(3): 1–7. [GUO Yue. Explanation of Complexity in Disasters from the View of Geography [J]. Journal of Catastrophology, 2020, 35(3): 1–7. doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2020.03.001.]

# 灾害复杂性的地理学阐释<sup>\*</sup>

郭 跃

(重庆师范大学 地理与旅游学院, 重庆 401331)

**摘要:** 该文从地理学研究的视角, 在形态结构、时空格局、演化过程、发生机制四个维度上梳理了灾害及其灾害系统的复杂性的表现特征: 灾害表现形式及其后果的复杂多样, 组成要素和影响因子多样的、多层次、多尺度的复杂系统结构, 时空格局的规律性与意外的随机性并存, 灾害系统演化的动态变化与不稳定周期性、演化过程中的突变性与趋势的不明确性, 灾害驱动机制的错综复杂。灾害系统的复杂性是由地球自然系统与人类社会系统之间的相互作用的复杂性所决定, 这种复杂性可以运用灾害因果关系的DNA模型来解读, 即地球自然系统和人类社会系统分别为DNA模型的两条链, 相互作用就是连接两个链的氢键。这个双螺旋结构的自然与人类社会交互系统构成了灾害因果关系的基础, 这意味着自然与人类社会两个要素本质上是交织和相互联系的, 同时各自有自身的演化方向, 灾害不是来自一个方面, 而是来自它们之间复杂的相互作用。灾害是一个系统结构方式造成的现象, 是系统发展的结果。灾害DNA结构的多样性和特异性则奠定了灾害形式的复杂性、灾害时空格局复杂性、灾害系统演化、灾害驱动机制复杂性的基础。

**关键词:** 复杂性; 灾害; 特征, 成因关系; DNA; 模式

**中图分类号:** X43; X915.5    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1000–811X(2020)03–0001–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2020.03.001

21世纪, 人类社会进入了科学技术和社会经济高度发达的时代, 但是自然灾害对人类社会的肆虐却丝毫没有减弱, 灾害不断造成严重损失的全球局面并没有彻底改观, 在2005–2015的10年间, 灾害造成了70多万人丧生、140多万人受伤和2300万人无家可归, 超过15亿人受到灾害影响<sup>[1]</sup>。在这严峻的灾害形势下, 我们不得不反思: 为什么社会进步了, 人类在自然灾害面前还是这样渺小? 尽管我们在科学意义上探索和揭示灾害的发生发展规律和工程技术上的先进技术防御灾害都取得了很大的进展, 但是我们仍然面临不断增长的灾害经济损失、不断发生的灾害事件以及巨灾面前无所作为的困境。这些状况表明灾害比我们想象的要复杂得多, 人们对灾害复杂性的认识尚不到位, 我们需要更宽广的视野来认识灾害的本质。

20世纪后期复杂性科学的出现及其复杂性科学范式的发展, 引发了自然科学界的变革, 而且也日益渗透到哲学、人文社会科学领域, 给灾害研究和管理带来了新的思想和方法<sup>[2]</sup>。灾害的复杂性现象也逐渐成为国际社会关注的热点和前沿话题<sup>[3–4]</sup>, 一些学者运用复杂性科学的概念与方法, 分析了灾害的一些复杂性现象<sup>[5–9]</sup>, 一些学者提出了灾害研究的复杂性范式的构想<sup>[10–12]</sup>。探索

灾害的复杂性, 弄清灾害的复杂性本质, 仍是我们当前灾害研究和科学减灾防灾面临的挑战。本文拟从地理学研究的视角, 系统地揭示和梳理灾害及灾害系统的复杂性的表现特征, 并运用DNA概念来探索灾害复杂性的根源, 以期深化人们对灾害复杂性本质的系统认识, 为减灾防灾工作提供理论支撑。

## 1 灾害复杂性的表现特征

地理学是研究地球表层自然和人文现象的发生、发展和分布规律的科学<sup>[13]</sup>, 在研究的逻辑上, 它常常通过形态结构、时空格局、演化过程、发生机制等四个维度来认识地表的各种自然或人文现象。灾害是发生在地球表面的自然社会现象, 也可以说是地理现象, 因此, 我们可以运用地理学的思想和方法来认识灾害和灾害系统。故本文拟从形态结构、时空格局、系统演化、发生机制4个维度上来认识和理解灾害复杂性的表现特征。

### 1.1 灾害形态结构的复杂性

灾害是以人类生命财产和人类社会遭受意外损害作为其最显著的特征的一种现象, 这种现象的表现形态多样, 结构复杂多样, 显示出特有的

\* 收稿日期: 2019–12–25    修回日期: 2020–03–25

基金项目: 重庆市基础科学与前沿技术研究重点专项(cstc2017jcyjB0317)

作者简介: 郭跃(1958–), 男, 江苏丰县人, 教授, 主要从事资源和环境灾害研究. E-mail: cqguoyue@126.com

复杂性特征。

从形态上看,灾害的复杂性可以表现为:一是灾害表现形式和内容的多样性。灾害可以表现为对人类身体的伤害,健康的影响和心理的创伤,家庭财富的损伤,生计的困难;也可以表现为是社会公共设施、经济基础的毁坏,社会经济的秩序与功能的紊乱;还可以显示为环境退化,全球变暖、生物多样性减少等生态失衡。二是灾害类型复杂多样。随着社会的发展,新的致灾因子的出现,灾害的范畴越来越广,构成了复杂多样的灾害类型。联合国国际减灾战略将灾害分成自然灾害、人为灾害和环境灾害三大基本类型<sup>[14]</sup>,按照具体的主导成因,灾害种类就有地震灾害、火山灾害、崩塌灾害、滑坡灾害、泥石流灾害、洪水灾害、海啸灾害、台风灾害、交通灾害、化学爆炸、火灾、社会动荡、核事故灾害、恐怖活动、酸雨灾害和水土流失灾害等数以百计的灾种。三是灾害影响范围空间形式和规模也是不同的。有的灾害就是一个点状灾害,仅产生局地性影响,比如,一个山体崩塌灾害,就是一个灾害点,对人类社会和环境的影响主要在崩塌体分布的有限空间范围内;有的灾害就是一个线状灾害,灾害的破坏和损失呈线状分布,比如山区洪水灾害,洪水沿着河谷袭击,造成破坏;还有的灾害则是面状灾害,影响广大的地域,比如,一个强台风空间规模可达数十万平方公里,伴随着台风的移动,破坏影响范围更大,可以覆盖一个国家的全境;地球气候异常变化,造成全球气温升高,触发的灾害影响范围甚至可以涉及地球表面的大部分区域。

从系统论的观点看,灾害就其本质而言都是自然环境系统与人类社会系统之间及其系统内部要素之间相互联系、相互作用的结果,并且这种结果总是给人类的生存与发展带来某些不良的影响和危害<sup>[15]</sup>。从系统组成来看,灾害系统是由自然环境系统和人类社会系统两大部分组成。每个部分的系统又包涵若干子系统,如自然环境系统包括岩石圈、大气圈、水圈、生物圈等四个子系统组成;人类社会系统包括人类建设的公共基础设施、房屋建筑等子系统以及区域、文化、民族、政治、经济等若干子系统。灾害系统的每个子系统又是由若干次级子系统组成。各级次级灾害子系统的逐级整合,就形成了一个巨大的灾害系统。灾害系统由于组成体系庞大、作用因子和影响因子众多、内在结构关系纵横交错,从而导致了种类繁多的灾害现象,每一种灾害现象又有错综复杂的形成过程和发展规律从而构成复杂性特征<sup>[15]</sup>在自然环境系统和人类社会系统之间或者之内有许多因素都是相互作用和相互关联的,而且日益趋于复杂化和多变性,从而使得全球范围灾害发生频率和规模都在增加,造成的损失也越来越严重,使得灾害问题更加难以解决。

灾害现象形式多样,结构复杂,给人类正确认识其面貌和本质增添了不少的困难。但按照法国数学家曼德尔伯特的观点,自然界无论表面如

何复杂,其内部也存在一种自相似结构,即无论怎样改变观测的尺度,其形状结构却颇为相似,而且这种不变性可用分维数来描述<sup>[16]</sup>。事实上,许多灾害现象存在着统计意义上的自相似性,比如,地震活动、火山喷发、洪灾和自然灾害造成的综合损失都具有自相似性质,滑坡及泥石流具有时空分布的分形分维特性<sup>[17~18]</sup>。因此,面对灾害现象的复杂性,我们可以运用复杂性科学的方法,来描述和理解灾害现象的复杂性。

## 1.2 灾害时空格局的复杂性

各种灾害,尤其是自然灾害都有各自的特点和时空分布规律以及意外的随机性,在空间上展示出集聚和离散现象,这种灾害空间格局就是复杂性的表现,这种现象主要与特定区域的孕灾环境,如气候类型、地质构造、地形地貌、地表界面特征等地理要素有关。比如地震灾害,从宏观空间格局上看,地震大多沿板块边界或构造断裂带分布,世界70%的地震分布在环太平洋地震带上,全球15%的地震分布在地中海到喜马拉雅的欧亚地震带,5%的地震沿着各大洋中脊分布的洋中脊地震带<sup>[19]</sup>;然而,全球也有10%的地震分布是例外的,是分布在这三大地震带之外,离板块边界相当远的地方。比如美国的新马德里地震带,这里远离板块边界,却频繁发生大地震<sup>[20]</sup>。从微观空间点上看,地震破裂一般都发生在构造断层上,但也有例外。2003年12月,发生在伊朗巴姆的一次6.3级的地震,毁灭了近2000年历史的巴姆古城,然而,这次地震破裂并不是发生在巴姆断层(已知的断层)上,而是发生在向西5km的没有表面证据证明其为断层的一个区域地带(巴姆古城区)<sup>[21]</sup>。地震空间格局中的意外,其实就是系统复杂性的反应。我们知道复杂性是系统中各要素之间的相互作用形成,而意外状况通常还是由可预测的事件导致,但这些因素的相互作用也不时出现“意外”。这种确定性系统中的内在意外随机性现象,即是复杂性科学中的混沌现象<sup>[22]</sup>。

灾害分布的复杂性不仅体现在空间格局中,也体现在灾害的时间过程中。自然灾害的过程通常具有一定的周期性,但时常有不确定性伴随,使其显示出复杂性特征。众所周知,东太平洋赤道海域的厄尔尼诺现象是导致全球型灾害爆发的海洋现象,是一种大致2~7年间歇的周期性现象。一般说来,在厄尔尼诺现象发生后,太平洋上会有拉尼娜现象跟随其后。厄尔尼诺与拉尼娜相互转变通常需要大约4年的时间。然而,据美国国家海洋和大气管理局的观测资料,太平洋2018年上半年是拉尼娜现象,下半年秋季厄尔尼诺现象就粉墨登场。这种拉尼娜现象和厄尔尼诺现象在一年同时出现的状况极为罕见,这种现象的外在表现一定是多种内在因素相互作用的结果,同时,这种现象背后的过程本身也一定是一种动因共同作用的结果,因而,灾害现象—过程—动因之间的关系背后一定隐藏着众多的复杂性特征与机制。

### 1.3 灾害系统演化的复杂性

灾害系统的演化呈现出较为显著的动态变化和不稳定的周期性。比如台风灾害系统的形成与演化。台风系统形成于北太平洋西部的热带洋面上，一般在夏秋之间形成，但是，发生的时间变化大，极其不稳定，最早发生在5月初，最迟发生在11月，一个台风的生命周期也是不稳定的，从生成、成熟和消亡的3个阶段，平均为7 d左右，但短的只有2~3 d，最长可达1月左右台风；台风系统的形成与迁移路径也是时常变化的，难于预料。

灾害系统在其演化过程中时常承受着惊人的突变现象而显示出系统演化的突变性特征。这些巨大的变化有时是可以预知的，但它们的发生仍会令人吃惊。比如地球第四纪时期的新仙女木事件，当晚更新世末次冰期结束，地球气候开始变暖，气温逐渐回升，到了1.3万年前，地球气候温暖，但就在12 640年前，气温又骤然下降了，地球各地又转入严寒，在短短10年内，地球平均气温下降了大约7~8℃<sup>[23]</sup>。这次降温持续了上千年，直到11 500年前，寒冷期突然结束，气温又突然回升，并在40年后气温升高了7℃之多<sup>[24]</sup>。新仙女木事件气候的迅速变化，其原因令人困惑。其实，这就是自然灾害系统演化的复杂性的一种体现。从复杂性理论来看，全球气候可以视为地球大气层系统中众多组成要素之间复杂的相互作用的结果。如果系统开始变化，那么这些相互作用也会随之变化。结果可能是已经发生变化的要素继续进一步扩大变化。在这种情况下，一个要素的较小变化就会引起其他要素发生变化，这种变化足以引发整个系统中的串联变化从而产生颠覆性的影响。在新仙女木事件中，最初的变暖可能是因为太阳活动增加引发的。增强的能量输出于是引起了正反馈循环从而造成并加速变暖过程，导致全球气温产生了突然转变<sup>[25]</sup>。

灾害系统发生发展通常也有一定规律和趋势，但其演化趋势是非确定性。比如自然系统中的全球气候变化，全新世以来，既有变暖的征兆，也有变冷的迹象，经济系统中股市波动，大盘走势，一会上升，一会下降。灾害演化趋势的非确定性一方面是自然特征和社会状况的复杂性表现，另一方面也是人类在特定时期内对灾害认识程度的反映。灾害系统的边界、结构和功能都具有模糊性，难以辨识，而且系统中各灾害的发生具有随机性，其成灾要素难以预测，甚至各灾害所造成的危害非常复杂，难以判断和衡量。具体到某一灾害体，它的范围是不明确的，其复杂结构和综合功能也经常是模糊不清，很难确定，而且灾害发生的征兆和后果都存在难以判别和评价的问题<sup>[26]</sup>。正因为这些非确定性，给灾害系统的研究工作造成了很大的困难。不过，随着科学技术的发展，尤其是各学科各部门工作者的合作，使得人们能够在一定程度上辨识灾害系统本身所发出的模糊信息，了解灾害并能在一定范围内控制或防范灾害的发生。

灾害系统演化的动态变化、不稳定周期性、演化过程中的突变性与趋势的不明确性，充分显示了灾害系统演化的复杂性，这种复杂性也许与灾害系统的开放性有关。灾害系统作为自然界和人类社会中的一个组成，它必然要与岩石圈、生物圈、水圈、大气圈、人类社会圈，产生复杂的相互联系和相互作用。这些复杂的相互联系与相互作用不仅促进了灾害系统随时间的发展与演化，同时也使得其演化过程具有高度的复杂性。

### 1.4 灾害驱动机制的复杂性

灾害的形成原因复杂。既有直接造成人类损害的驱动因素，也有驱动因素背后的环境背景或深层根源。我们知道，灾害是在一定环境背景下，致灾因子与承灾体相互作用的结果。致灾因子是造成灾害的直接驱动因素，是灾害因果关系中的因，承灾体则是灾害后果的接受载体，是灾害因果关系中的果。一定时空的环境背景则是灾害因果关系的深层原因。由于灾害形成原因与背景复杂，我们拟从单灾种和多灾种两方面来探讨灾害驱动机制。

#### (1) 灾害的因果关系复杂性

通常每一种灾害的发生都有其一定的原因，但灾害的因果之间的关系不是简单的一一对应关系，而是错综复杂的对应关系，大致还有下几种其他情形。

同样的致灾因子，可能造成不同的灾害后果。比如同样强度的地震事件，引起的灾害后果差别也会很大。1994年1月17日04:31在美国洛杉矶6.6级地震，造成62人死亡，9 000多人受伤，25 000人无家可归，经济损失高达300多亿美元。而在2014年8月3日16:30，云南鲁甸6.5级地震，却造成617人死亡，112人失踪，3 143人受伤，22.97万人紧急转移安置，经济损失4.6亿元人民币。这两次地震强度相当，但人员伤亡和经济损失差别很大，这表明灾害的结果不仅仅取决于致灾因子，还取决于灾区的社会历史背景、经济发展水平和减灾防灾的能力。

同样的灾害后果，可能来自不同的致灾因子。比如，一场洪水的爆发，起因可能不同。山区河流因暴雨可以形成洪水，也可以因冰雪消融形成洪水，河道冰坝崩溃、上游水库溃坝也可能造成下游洪水。2005年6月，一场200年一遇的强降雨发生在黑龙江省宁安市山区，沙兰河在40 min内降雨量达200 mm，瞬间形成巨大山洪，袭击了地处低洼的沙兰镇中心小学，高达2 m的水头从门窗灌进教室，造成许多师生淹死在教室里的灾难<sup>[20]</sup>。1997年初春4月美国北达科他州，大地回春，气温大幅上升，冬季大量积雪迅速融化涌入红河，红河突然爆发洪水，河流泛滥淹没300多栋房屋，10余万居民被紧急疏散，当地社会经济造成巨大损失<sup>[20]</sup>。

同样的驱动力，但其机制则有可能不同，有可能来自不同的背景或深层原因。比如，地震这个典型的极端地球物理过程，一个典型的致灾因子，它的爆发，通常人们认为是自然的原因所致，

但是，人为的原因，同样也可以引起地震的发生，比如人类修建大型水库，改变了地球应力场的格局，就可能引起地震发生。比如印度科因纳水库地震<sup>[27]</sup>，印度科因纳水库建于1960年代初，水库坝高103 m，1962年开始储水，一年后地震便开始在这个历史上没有发生过地震的地区发生了，而且变得越来越强烈和频繁，已经发生地震超过450次，1967年12月10日科因纳水库发生6.5级强烈地震，使177人丧生，2 300人受伤，造成巨大的社会经济损失。

灾害的后果，不仅仅是一个致灾因子导致的一个结果，它也可以转化成新的驱动因素，成为新破坏的驱动力。比如，地震晃动地表，驱动地表房屋建筑物的倒塌，这是地震造成的后果，同时，地表房屋建筑物倒塌的后果，又是造成人员和财产的压塌、掩埋的原因。其实，灾害发展与致灾是一个序列过程，是一个由初始驱动激发产生灾害后果，然后，前一个灾害后果转化为后一个灾害的驱动力，又触发产生另一个灾害后果的序列过程现象，比如，干旱灾害发展(图1)，初始驱动力(长时期高温无雨)造成天气干旱；天气干旱的发展再影响农业生产造成农作物歉收以及人畜饮水困难；农作物歉收则会造成农民的口粮短缺，吃不饱饭，而形成饥荒灾害；饥荒灾害任其发展和蔓延，甚至会造成饥民的死亡；大量饥民的死亡则可能引起社会动乱的产生。

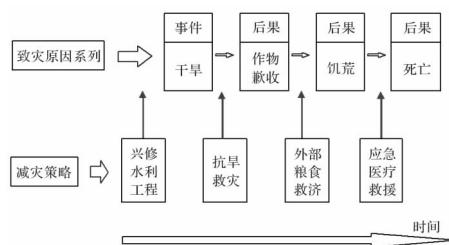


图1 干旱灾害发展序列

从图1我们可以看到，一个灾种的形成与致灾程度是一个随时间而发展的过程，从干旱灾害爆发，到灾民饥荒死亡灾难出现，其中是经历了几个阶段的发展，其实，在灾害每个阶段出现前，人们都可以采取一些积极的减灾措施，中断旱灾的进程，减轻灾害对人类社会的伤害。

通常人们认为，灾害就是驱动因素的直接结果，但从更广的视角上看，灾害是一定环境背景下驱动因素的结果。灾害的形成除了与驱动因子或致灾事件本身有直接关系，还与资源的缺乏、社会文化与政治经济结构不健全等具有易损性特征的环境背景有密切关系<sup>[28]</sup>。每一个灾害的发生，除了有触发的驱动因素外，都有其独特的自然历史和社会经济背景，它们是灾害发生的深层原因。在不同区域，不同社会发展阶段，这些环境背景都会表现出不同的特征，它们会影响着直接造成人类社会损伤的致灾因子过程，同时也影响着承灾体对致灾因子的抵御能力，因而形成不同的灾

害后果。因此，在探索灾害形成的因果关系时，我们不仅要关注灾害的直接驱动因子，还要分析灾害形成的环境背景，因为这些环境背景是灾害形成的深层原因，灾害与当前的事态发展与它们随地点环境背景的变化密切相关<sup>[29]</sup>。

## (2) 灾害过程之间关系的复杂性

灾害因果关系讨论中，我们是仅限于一种灾害而言的。在探索灾害驱动机制的时候，我们还应在多种灾害共存的背景下，分析区域灾害的驱动机制。众所周知，“祸不单行”，灾害的发生往往不是孤单的，并非仅出现一种致灾因子，而时常是多种致灾因子同时出现或先后出现，这些同时出现或先后出现的灾害过程，彼此之间存在着多种复杂的情形，比如，各种灾害常常在某一时间段或者某一区域相对集中出现，或者相继频繁发生；一些高强度的灾害发生后，也往往诱发出一连串次生的、衍生的其他灾害；还有不同种类的灾害同时在一个地区遭遇，爆发的情形。史培军先生将灾害过程间的这些复杂关系，概括为：灾害群、灾害链和灾害遭遇3种关系类型<sup>[30]</sup>。

灾害群是指灾害空间上的集聚现象和时间上的群发现象，但这些灾害事件之间是相互独立的，没有成因上的联系，其致灾程度则是多个致灾因子作用的简单叠加总和<sup>[31]</sup>。灾害群的形成与致灾因子和承灾体在时间上的不规则性和空间上的不均匀性有关。

灾害链是因一种灾害发生而引起的一系列灾害发生的现象<sup>[32]</sup>。灾害链可以分成成串性灾害链(即由某一原生灾害诱发一连串次生灾害出现)和并发性灾害链(由同一原因同时诱发多种其他灾害形成)两种类型。灾害链的形成发展与地球表层的自然过程和人文过程密切相关，受孕灾环境和承灾体的双重影响，灾害链多表现为“多米诺骨牌现象”，其致灾程度具有累加效应<sup>[33-34]</sup>。

灾害遭遇是指多于两种以上的灾种偶然性相互遭遇的现象；灾害事件的组合会放大灾害影响的后果；一个灾种发生时，其本身强度可能并不极端，但是由于遭遇效应，导致遭遇事件成为极端的灾害事件<sup>[30]</sup>。

不同的关系类型意味着灾害事件与灾害事件相应的转入、影响持续与转出过程的不同<sup>[35]</sup>。相互重叠或相互影响的关系不同，这些关系将决定或影响灾害的发展轨迹，厘清多个灾害过程间的这些关系有助于我们更好的理解灾害系统和灾害驱动机制的复杂性。

## 2 灾害复杂性的DNA解读

### 2.1 灾害形成演化的循环模型

灾害现象，和其他自然社会现象一样，也有其形成发展的时间过程，一般来说，可以灾前、

灾中和灾后3个阶段。灾前阶段是在一定的孕灾环境下，各种致灾因子在空间和时间上的孕育、潜伏的时期，这一时期，时间大多较长，环境表面上也较为平静，地处孕灾环境的人们还意识不到潜在灾害的威胁，麻痹大意，对未来可能发生的灾害尚未采取积极的预防措施；但从灾害管理角度，这个阶段，社区应该做好社区潜在灾害的应急规划、适当的防御工程建设和居民的防灾宣传教育等预防备灾工作。灾中阶段就是灾害爆发的时候，高强度的致灾因子袭击人类社会这个承灾体，同时人们也会本能的开展躲避和自救，这一阶段，时间较短，来势突然，造成人们惊慌失措，社会混乱，人类社会的生命和财产遭受损失和伤害，形成灾情，这时，灾区和社会启动灾害应急响应预案，抢救受伤灾民和财产。进入灾后阶段，致灾因子的能量迅速减弱，慢慢地稳定、平息，逐渐进入正常发展的时期，当地社会开始清理灾难废墟，消毒去污，恢复正常生活秩序，区域灾后重建。这一阶段，时间相对较长，慢慢地人们进入正常状态，一场灾害过程结束。同时，又开始新一轮灾害的孕育过程（图2）。灾害形成演化的这种运动变化就是从孕灾环境—致灾因子—承灾体—孕灾环境这样一个周而复始的循环过程<sup>[36]</sup>。

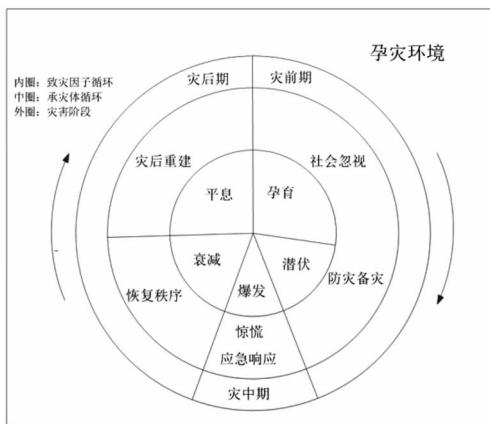


图2 灾害演化的循环模式图

灾害的形成演化的循环过程，按超循环理论<sup>[37]</sup>来看，还是一个超循环过程。所谓超循环主要指生物进化中不同的层次具有循环等级的联系。宇宙间各个不同的层次，直到人类社会，进化过程也都是超循环的，地理学中的地貌隆升—侵蚀循环过程是典型的超循环过程<sup>[38]</sup>。超循环具有结构的自我复制功能，系统自我复制功能，系统自适应功能，系统自进化功能。超循环使系统远离处于中值的平衡态，非线性特征也越来越强。当系统在临界点发生突变，系统又会进入一种新的平衡态。超循环理论认为生物进化的选择机理主要是遗传基因、DNA、RNA超循环自组织分子进化。由此，我们也可借助DNA的理念来解读灾害的形成演化及其复杂性。

## 2.2 灾害因果关系的DNA模型

DNA是一个生物学的概念，是分子结构复杂的有机化合物脱氧核糖核酸的缩写。DNA结构是由一对多核苷酸链通过碱基间的氢键相连，围绕一个共同的中心轴盘绕构成。DNA是引导生物发育与生命机能运作的功能基础，并具有稳定性、多样性、特异性的分子特性。

按照DNA的理念，美国地理学家史密斯构建了一个灾害因果关系的DNA模型（图3）<sup>[25]</sup>。在灾害DNA双螺旋模型中，以人类社会系统和地球自然系统显示为两条链，它们在一定时间和空间背景下（即围绕着共同的中心轴），被扭曲在一起形成双螺旋，连接双螺旋的两个链的是许多的相互作用，这些相互作用有助于塑造系统结构，于是，相互作用和它们之间的链共同构成了自然与人类社会交互系统结构，就像DNA结构构成生命的基石一样，这个双螺旋结构的自然与人类社会交互系统构成了灾害因果关系的基础。自然与人类社会两个部分被扭曲在一起形成反向双螺旋，代表了一个事实，即自然与人类社会两个要素本质上是交织和相互联系的，同时各自有自身的演化方向，灾害不是来自一个或另一个方面，而是来自它们之间复杂的相互作用。



图3 灾害成因关系的DNA模型

在灾害因果关系的DNA模型中，地球自然系统链与人类社会系统链的相互作用存在着3种基本关系：即以地球自然系统为主导，以人类社会系统为主导，地球自然系统和人类社会系统共同主导。这三种关系实际上就是决定灾害形成的三种驱动关系，代表了灾害形成的驱动因素与承灾体之间的三类主次关系：①自然驱动：由于地球系统本身内外变化形成的极端地球物理事件对人类社会系统驱动，从而造成人类社会的伤亡和损失。如，地球板块运动造成的地震活动，造成对人类社会的伤害。在自然驱动的灾害中，自然过程主导了灾害事件的发生，但在不同的人类社会系统里，社会的脆弱性不同。发达社会里，人们有充分的选择机会，并且可以避免易损性，但主观的故意冒险使其陷入灾害的泥潭；而贫穷和边缘化的社会，人们选择的机会受到严格限制，承担的风险会导致无法避免易损<sup>[39]</sup>。②人类活动驱动：由于人类生产、生活活动导致对人类社会系统的伤亡和损失。比如，人们的生产操作失误，直接造成的交通事故或工业事故产生的伤亡和损失；另一方面，在自然灾害事件发生的背景下，人类强行在海上航行的承担风险与易损性产生的伤亡

和损失；在人类活动驱动的灾害中，人类活动直接驱动或主导了灾害的发生。③人地叠加驱动：灾害过程是由自然和人文驱动力共同作用的结果。换句话说，灾害就是人类社会承担的风险和易损性与极端地球物理事件相互作用的结果。在人地叠加驱动的灾害中，自然因素并不是灾害因果链中的起点，人类易损性和承受的风险才是灾害因果链中的起点<sup>[40]</sup>。

灾害 DNA 双螺旋结构是引导灾害发生的基础，灾害 DNA 结构是一种稳定结构，这意味着随着人类或人类社会的发生发展，自然系统与人类系统总是相生相伴的、交织一起，灾害发生的基础始终存在，人类社会逃离不了灾害，灾害不是偶然现象，灾害是一个系统结构方式造成的现象，是系统发展的结果。灾害 DNA 结构同时也具有多样性和特异性的特征，它们构成了灾害形式的复杂性、灾害时空格局复杂性、灾害驱动因素和因果关系复杂性的基础。

### 3 结论与讨论

灾害的复杂性是一个较为复杂的理论问题，目前尚无统一的定义和认识。本文从地理学研究的视角，透视了灾害及其灾害系统的复杂性，其复杂性表现为灾害表现形式及其后果的复杂多样，组成要素和影响因子多样的、多层次、多尺度的复杂系统结构，时空格局的规律性与意外的随机性并存，灾害系统演化的动态变化与不稳定周期性、演化过程中的突变性与趋势的不明确性，以及灾害驱动机制的错综复杂等特征。

灾害系统是一个开放的复杂巨系统，它具有复杂性的属性与特征。灾害复杂性的特征给我们传统的科学理论和方法带来了挑战。而这些特性恰恰是非线性理论、复杂性科学关注的焦点。因此，我们应该积极地探索应用复杂性科学的概念、方法、理论与技术来研究灾害的整体行为、演化规律及其调控机制。

就像 DNA 结构构成生命的基石一样，自然与人类社会交互系统双螺旋结构构成了灾害因果关系的基础。自然与人类社会两个要素本质上是交织和相互联系的，同时各自有自身的演化方向，灾害不是来自一个或另一个方面，而是来自它们之间复杂的相互作用，是一个系统结构方式造成的现象，是系统发展的结果。灾害系统的复杂性是由地球自然系统与人类社会系统之间的相互作用的复杂性所决定，灾害 DNA 双螺旋结构从哲学层面阐释了灾害因果复杂性的逻辑关系，但一系列不同向的双螺旋体及其连接的相互作用键，它们的具体涵义和作用机制还有待进一步的探索和解译。

灾害复杂性为我们认识灾害的本质提供了一种框架。按照灾害复杂性的理解，灾害是由地球

自然系统与人类社会系统之间的相互作用所决定的，因此在研究灾害问题时，必须综合考虑自然和社会内部以及它们之间的相互作用，以更加整体的视角研究灾害问题，充分考虑社会系统内部的联系，人类与自然系统之间的联系，致灾因子本身内部的联系及其环境背景，特别是孕灾环境对致灾因子复杂性程度的影响机制，孕灾环境对人类的脆弱性和致灾与成害机制的复杂性，这样才能够从灾害系统各要素之间的相互作用机理与过程，全面认识灾害的复杂性。

### 参考文献：

- [1] UNISDR. The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030 [R]. UNISDR, Geneva, 2015.
- [2] Morin E and Le Moigne J L. Intelligence of Complexity[M]. Paris: Harmattan, 1999: 1 – 234.
- [3] SHI Peijun, WANG Ming, YE Qian. Achievements, experience and lessons, challenges and opportunities for China's 25 years comprehensive disaster reduction [J]. Planet @ Risk, Special Issue for the Post – 2015 Framework for DRR, 2014, 2 (5) : 353 – 355.
- [4] 郭君, 孔峰, 王品, 等. 区域综合防灾减灾救灾的前沿与展望[J]. 灾害学, 2019, 34(1): 152 – 156.
- [5] 许强, 黄润秋. 非线性科学理论在地质灾害评价预测中的应用[J]. 山地学报, 2000, 18(3): 272 – 277.
- [6] 汪华斌, 李江风, 吴树仁. 滑坡灾害系统非线性研究进展[J]. 地球科学进展, 2000, 15(3): 271 – 275.
- [7] 许强, 黄润秋. 斜坡演化的自组织特征初探[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(1): 7 – 11.
- [8] 杜兴信. 自然灾害的自相似性质[J]. 灾害学, 1995, 10 (2): 1 – 6.
- [9] 魏一鸣. 自然灾害复杂性研究[J]. 地理科学, 1998, 18 (1): 25 – 30.
- [10] Milet D S and Myers M F. A boulder course for disaster reduction: imagining a sustainable future[J]. RivistaGeofisica, 1997, 25(47): 41 – 58.
- [11] Warner J, Waalewijn P and Hilhorst D. Public participation for disaster – prone watersheds: time for multi – stakeholder platforms [R]. Water Climate Dialogue Thematic Paper 6, Wageningen: Wageningen University, 2002: 1 – 63.
- [12] 郭跃. 灾害范式及其历史演进[J]. 地理科学, 2016, 36 (6): 935 – 942.
- [13] 宋长青. 地理学研究范式的思考[J]. 地理科学进展, 2016, 35(1): 1 – 3.
- [14] UNISDR. Terminology on Disaster Risk Reduction (2009) [R]. UNISDR, Geneva, 2009.
- [15] 郭跃. 自然灾害与社会易损性[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2013.
- [16] Mandelbrot B B. The Fractal Geometry of Nature [M]. San Francisco: Freeman Company, 1982.
- [17] 朱晓华, 阎国年. 地质灾害中的分形研究进展[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000, 11(1): 11 – 14.
- [18] Rundle J. Workshop Held on Natural Disasters[R]. EOS, 1994, 75(13): 103.
- [19] 许成武. 灾害地理学[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [20] 陈颙, 史培军. 自然灾害(第4版)[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2017.
- [21] Earthquake Engineering Research Institute (EERI). Preliminary Observations on the Bam, Iran, Earthquake of December 26, 2003 [R]. Oakland, California: EERI. 2004.
- [22] 王顺义, 罗祖德. 混沌理论: 人类认识自然灾害的工具之一

- [J]. 自然灾害学报, 1992, 1(2): 3–16.
- [23] Adams J, Maslin M and Thomas E. Sudden climate transitions during the Quaternary [J]. Progress in Physical Geography, 1999, 26(23): 1–36.
- [24] Taylor K C, Mayewski P A, Alley R B, et al. The Holocene – Younger Dryas transition recorded at Summit, Greenland[J]. Science, 1997, 278: 825–827.
- [25] Smith K & D N Petley. Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster [M]. London and New York: Routledge. 2008.
- [26] 郭跃, 林孝松. 地质灾害系统的复杂性分析[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2000, 18(4): 1–6.
- [27] 夏其发. 世界水库诱发地震震例基本参数汇总表暨水库诱发地震评述(一)[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1992, 13(4): 95–100.
- [28] Blaikie P, T Cannon and B Wisner. At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters [M]. London: Routledge. 1994.
- [29] Mitchell J K, N Devine, K Jagger. A contextual model of natural hazard[J]. Geographical Review, 1989, 79(4): 391–409.
- [30] 史培军, 吕丽莉, 汪明, 等. 灾害系统: 灾害群、灾害链、灾害遭遇[J]. 自然灾害学报, 2014, 23(6): 1–12.
- [31] 明晓东, 徐伟, 刘宝印, 等. 多灾种风险评估研究进展[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 126–132.
- [32] 刘爱华, 吴超. 基于复杂网络的灾害链风险评估方法的研究[J]. 系统工程理论与实践, 2015, 35(2): 466–472.
- [33] 余翰, 王静爱, 柴玫, 等. 灾害链灾情累积放大研究方法进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(11): 1498–1511.
- [34] 张卫星, 周洪建. 灾害链风险评估的概念模型: 以汶川 5·12 特大地震为例[J]. 地理科学进展, 2013, 32(1): 130–138.
- [35] SHI P J, Jaeger C, YE Q. Integrated risk Governance: Science Plan and Case Studies of Large-scale Disasters [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 2013: 19–51.
- [36] 毛德华. 灾害学[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [37] Eigen M, Schuster P. A Principle of Natural Self-Organization [M]. Berlin: Springer – Verlag. 1979.
- [38] 宋长青, 程昌秀, 史培军. 新时代地理复杂性的内涵[J]. 地理学报, 2018, 73 (7): 1204–1213.
- [39] Alexander D. Confronting catastrophe [M]. Harpenden, England: Terra Publishing. 2000.
- [40] Quarantelli EL. What is disaster? Six views of the problem [J]. International Journal of Mass Emergencies and Disaster, 1995, 13(3): 221–364.

## Explanation of Complexity in Disasters from the View of Geography

GUO Yue

(School of Geography and Tourism, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** From the perspective of geography in morphological structure, spatio-temporal pattern, evolution process and driving mechanism, the complexity of disaster and its disaster system is revealed and is characterized by the complexity and diversity in manifestations and consequences of disasters, complex system structure with diverse, multi-level, multi-scale components and factors, the regularity of spatial and temporal pattern coexists with the randomness of accident, the unstable periodicity and dynamic variation of the evolution of the disaster system, and the catastrophe and undetermined trend of evolution process, as well as intricacies of disaster-driven mechanism of disaster (that is, multiple causations of single hazard, different overlapping relationships between multiple hazards processes). Disasters occur at the interface between physical systems and human systems. Therefore, it is logical to suggest that the interactions between physical and human systems can also be characterized by complexity. This feature can be illustrated by using a model of DNA. In the model, the physical and human systems are shown as two strands that are twisted together to form double helix. Linking the strands together are numerous interactions which serve to shape the structure. The strands and the interactions between them together form the physical-human structure that emerges, in much the same way that the DNA structure forms the building blocks for life. The double-helical structure of the natural and human social interaction system builds the basis of the disaster causation which means that the two elements of nature and human society are essentially intertwined and interconnected, and each has its own evolutionary direction. The disaster does not arise from one strand or the other, but from the complex interactions between them. It means that disaster is caused by the system structure and resulted from the system development. The diversity and specificity of the DNA structure of the disaster lays the foundation of the complexity of the disaster form, the complexity of the spatial and temporal pattern of the disaster, the evolution of the disaster system, and the complexity of the disaster-driven mechanism.

**Key words:** complexity; disaster; characteristic; causation; DNA; model