

张琰, 李佳威, 蒋长胜, 吴健, 隗永刚, 2020. 地震灾害对环境与生态的影响——不容忽视的可持续发展问题. 震灾防御技术, 15 (1): 194—201. doi: 10.11899/zzyfy20200119

# 地震灾害对环境与生态的影响 ——不容忽视的可持续发展问题

张琰<sup>1,2)</sup> 李佳威<sup>1,3,4)</sup> 蒋长胜<sup>1)</sup> 吴健<sup>5)</sup> 隗永刚<sup>1)</sup>

1) 中国地震局地球物理研究所, 北京 100081

2) 意大利的理雅斯特大学数学与地球科学学院, 意大利的理雅斯特 34128

3) 北京大学地球与空间科学学院, 北京 100871

4) 苏黎世联邦理工学院瑞士地震服务中心, 瑞士苏黎世 CH-8092

5) 中国地震灾害防御中心, 北京 100029

**摘要** 地震及其链生灾害除造成人员伤亡和经济损失等直接影响外, 还可造成水污染、土壤污染、大气污染等环境问题, 也可造成土壤侵蚀、耕地退化、动物栖息地丧失、生物多样性退化等生态灾难。本文总结了近年来部分造成环境与生态影响的地震案例, 讨论了相关学者对相应影响机制和机理的研究及减少影响的可能措施和面临的问题。随着我国经济社会的快速发展, 科学开展地震及其链生灾害对环境与生态影响的研究、采取有效的震前设防和震后断链措施是切实防范重大风险、保持经济社会和环境可持续发展的重要考量。

**关键词:** 地震灾害风险 灾害链 环境与生态 可持续发展

## 引言

包括地震灾害在内的自然灾害已成为影响全球经济和环境可持续发展的重要因素, 在世界经济论坛 (World Economic Forum) 近年来发布的《全球风险报告》(Global Risks Report) 中, 已将重大自然灾害列为影响全球的 5 大重大风险之一。其中的重要因素包括地震灾害等自然灾害及其次生灾害, 往往造成严重人员伤亡、环境污染和经济损失 (Showalter 等, 1994; Young 等, 2004; Krausmann 等, 2011a, 2011b; Krausmann 等, 2013)。

地震及其链生灾害包括由地震动直接造成的次生灾害 (如滑坡和泥石流) 及人为因素导致的衍生灾害 (如 2011 年东日本 9 级大地震后炼油厂液化石油气储罐爆炸), 灾害对环境与生态的常见影响包括: 摧毁控制疫情使用的消毒剂、工厂化学试剂等化危险品和核废料生产、运输与存储设施, 造成持续的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害, 进而延长灾害链条, 从而导致对水、土壤、大气和固体废弃物的污染; 导致土壤侵蚀、耕地退化、动物栖息地丧失、生态种群退化等生态灾难。近年来, 诸多重大地震灾害发生后, 对环境与生态破坏作用、机理

[收稿日期] 2019-09-11

[作者简介] 张琰, 男, 生于 1993 年。博士研究生。主要从事地震危险性评估和统计地震学研究。E-mail: zhangyan@cea-igp.ac.cn

[通讯作者] 蒋长胜, 男, 生于 1979 年。研究员。主要从事地震监测技术和地震预测理论。E-mail: jiangcs@cea-igp.ac.cn

的研究得到自然灾害防治、环境、生态等多领域学者普遍关注。在国内，汲取 2008 年汶川地震造成的重大环境与生态破坏经验教训，地震及其链生灾害引发的环境与生态问题已成为震后应急管理和恢复重建的重要考量。2019 年 6 月 17 日四川长宁  $M_s6.0$  地震发生后，生态环境部立即对震区及其周边的饮用水水源地、垃圾填埋场、污水处理厂、页岩气开采平台及运输管线和周边核设施等重点风险源单位进行了风险排查，以便更好地应对下次地震及其链生灾害风险。

当前我国经济社会正处于快速发展的过程中，构建现代化自然灾害防抗救体系时，需关注地震及其链生灾害对环境与生态的影响，切实防范重大风险。为此，本文基于国内外已发生的地震灾害影响环境与生态案例、影响机理、可能的解决方案与措施等多角度，对国内外研究动态进行综述和讨论，以期对明确存在的问题和进一步发展思路有所裨益。

## 1 地震灾害对环境与生态的影响

### 1.1 环境污染

对于地震灾害造成的固体废弃物污染，2011 年东日本 9.0 级大地震及其激发的海啸造成 18.7 万多所房屋严重损坏或摧毁，这些房屋和工厂残骸、废弃汽车、破碎的集装箱和油罐等形成约 2300 万吨固体废弃物和超过 1200 万立方米海啸沉积物，巨量固体废弃物的清理需数年以上时间 (Inui 等, 2012)。实际上在不同类型的自然灾害和极端事件中，固体废弃物污染造成的环境灾难比比皆是，如 2005 年卡特里娜飓风和丽塔飓风、2001 年 9 月 11 日美国世贸中心遇袭等 (Cruz 等, 2009)。固体废弃物的处理极大地受环境负载能力的限制 (Tabata 等, 2019)，对于环境技术欠发达的发展中国家，类似规模的固体废弃物处理极为困难，或产生延续性环境危害。

地震灾害造成土壤污染，2011 年东日本 9.0 级大地震海啸中被摧毁的福岛第一核电站事故造成地表土壤 Sr-90 和 Cs-137 等放射性污染 (Sahoo 等, 2016) 及大量化工厂附近的有毒化学品局部泄漏污染，核电站周边的放射性水平达 400 mSv/h (Irisawa, 2012)，人们开始质疑在潜在地震危险区建立核电站的安全性，并导致日本 42 个核电站处于关闭或暂时下线的状态 (Kingston, 2012)。灾难后的几周内，日本毒性物质观测网络 (Toxic Watch Network) 确定了灾区附近约 130 个潜在工业污染单元，如岩手县海岸有许多渔业社区、水泥和胶合板制造商，宫城县海岸线上估计有 1000 家工厂，其中包括位于仙台市的 1 座日产量达 14.5 万桶的炼油厂。炼油厂火灾形成了空气污染，下水道和煤气管道爆裂，含有多氯联苯的旧电器设备被冲走。泄露的石油、城市下水道污水等形成的液体垃圾随着海（雨）水流动造成污染进一步扩散 (Bird 等, 2011; Krausmann 等, 2013)。福岛第一核电站的核灾难被定为国际核事故级别中最高级别的第 7 级。自灾难发生以来，福岛第一核电站每天用于冷却熔化的反应堆和燃料池产生的核污水达 400 吨。2011 年 4 月经日本政府批准，东京电力公司向太平洋倾倒了 1.1 万吨低放射性水。专家预计，清除核电站熔化的核废料并清理受辐射污染的大片区域可能需要 40 年以上，可能耗资 2000 亿美元 (Chernov 等, 2016)。

### 1.2 生态影响

汶川地震震中所在的岷山和邛崃山系具有丰富的生物资源 (包维楷等, 2008)，地震对生态环境造成了严重影响，使得灾区林、草地受损，农田毁坏、野生动物生存环境受到破坏，生物多样性和生态服务功能失稳 (欧阳志云等, 2008; 徐新良等, 2008)。汶川地震诱发的崩

塌、滑坡、泥石流、堰塞湖等次生灾害在四川、山西、甘肃等造成至少 1221km<sup>2</sup> 的生态改变, 导致岩土裸露、河流断塞、地貌改观, 严重影响了灾区水源涵养功能、土壤保持功能、生物多样性维持功能(如导致大熊猫栖息地丧失 655km<sup>2</sup>, 比例高达约 6%)等, 并形成了汶川、彭州、绵竹等 10 余市县的生态破坏重灾区(欧阳志云等, 2008)。在森林植被生态方面, 此次地震在四川省造成林地损失约 500 万亩、草地损失约 250 万亩, 全省森林覆盖率因此下降 0.5%, 其中 45 个林业重灾市县的森林覆盖率更是由震前的 44.51% 降为 42.64%。由此测算森林蓄水能力损失约 22 亿立方米。森林绿地覆盖率的减少使得地质环境失去浅表层植被的保护, 由此导致的地质环境失稳形成了约 5 万个崩塌、滑坡, 以及数十亿立方米的松散岩石碎屑物。在动物生态方面, 震区附近为大熊猫、金丝猴等多种国家重点保护野生动物主要栖息地。据估计, 汶川灾区生态系统需十年左右才能恢复到震前水平。值得一提的是, 类似的生态破坏也发生在 2004 年 12 月 26 日苏门答腊 9.0 级大地震之后, 在安达曼群岛北部和中部沿海湿地出现了数平方千米的红树林死亡, 这是由于地震在该地区造成数十厘米的静态地面隆升, 进而潮汐水流入湿地通道, 造成湿地干燥和土壤盐度变化(Ray 等, 2011)。

对于震后生态恢复, 李璞等(2017)对 2008 年汶川 8.0 级地震的研究表明, 震后灾区人均生态水平总体上呈下降趋势, 在灾害衍生效应的作用下恢复进度缓慢, 而恢复和重建过程中消耗大量资源建设的基础设施也造成了一定程度的生态演变和强势干预下的生态进化问题。对于高海拔的生态脆弱地区, 地震灾害后的恢复重建往往受可规划利用土地规模的局限(Yu 等, 2019), 如 2017 年九寨沟 7.0 级地震后的恢复重建, 对大体量、高水平的重建带来较大困难, 如果缺乏对生态系统保护和环保型重建的考虑, 将对区域生态环境造成重大影响。1960 年智利 9.5 级特大地震产生了最高达 25 米的海啸, 袭击了整个太平洋沿岸(Talley 等, 1984), 海啸剥蚀土地, 并将大量岩块及珊瑚碎片堆积到太平洋沿岸诸多地区, 造成大量可种植土地沙化(Bourgeois, 2009)。

## 2 地震灾害影响环境与生态的机理

除地震灾害对环境与生态产生的直接影响外, 地震灾害链生机制使得地震次生灾害和衍生灾害也同样严重影响环境与生态。高海拔和高坡度地区的地震灾害可能显著改变滑坡、泥石流、岩崩等灾害链, 造成区域内灾害环境变化和危险因素的增加(Han 等, 2019)。地震产生的大量地表松散物极易引发泥石流, 也可造成堰塞湖和洪水等灾害链。2008 年汶川 8.0 级地震直接或间接造成了约 15000 次滑坡、岩石崩塌和泥石流等地质灾害, 由于滑坡及泥石流堵塞河道, 导致了滑坡坝的形成, 进一步阻碍河水流通, 并对下游低海拔区域构成直接威胁(Yin 等, 2009)。尤其需要注意的是, 地震引起的地质灾害往往具有长期效应, 汶川地震发生 5 年后的 2013 年 7 月 10 日, 都江堰地区发生灾难性滑坡泥石流, 造成 166 人死亡, 4 个城镇共 15000 余人受到影响(Hu 等, 2016; Gao 等, 2017)。

事实上, 灾害链生机理往往具有较高的复杂性。从直接灾害、次生灾害和衍生灾害角度出发, 图 1 所示为地震灾害及其灾害链影响环境与生态的示意图。由于链生机理和灾害作用形式的高度复杂性, 部分研究甚至采用了复杂的网络模型进行描述(Zheng 等, 2017)。明确带有区域特征性或特定情境模式下的灾害网络(链), 可能是解决地震灾害和次生灾害对环境与生态影响的重要分析途径。

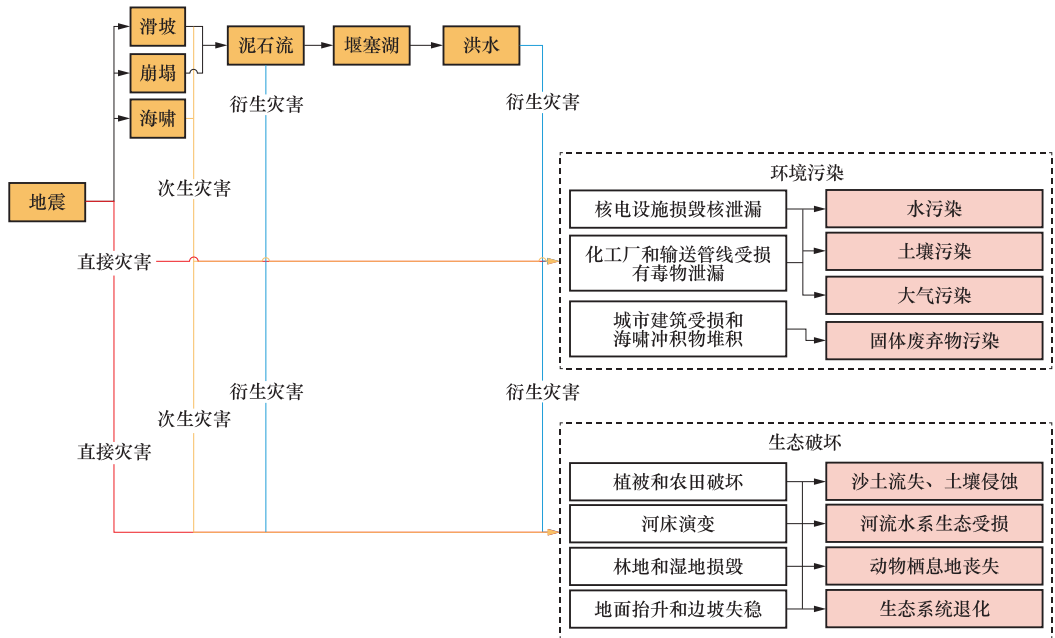


图 1 地震灾害对环境与生态影响的灾害链

Fig. 1 Disaster chain of impacts from earthquakes and their aftermath disasters on environment and ecology

地震及其链生灾害对环境与生态的影响受多种因素的共同作用。地震作为自然干扰过程中的原生灾害，是生态环境改变的重要驱动力，而震区地质地貌条件、气候特点和工业发展水平等为生态环境改变的重要条件。生态和环境在这种改变过程中受原生灾害及次生灾害（如滑坡、泥石流、堰塞湖等地质灾害和污染源、放射源外泄等技术事故）发生强度、频率、持续时间等因素影响。目前部分学者将生态和环境的这种改变视为一种间歇性突变（包维楷等，2008），认为突变过程是诸多地震地质灾害突变过程在某一具体区域的叠加整合，表现出强度不同、区域差异的特点。正因如此，分析地震及其链生灾害对环境与生态的影响时，往往需考虑不同地域特点和经济社会发展阶段，区域性和时变性影响因素的研究正成为相关课题研究热点。

### 3 遏制地震灾害对环境与生态影响的解决方案与措施

开展科学的城市和土地规划、充足的灾害风险准备，灾前采取针对性的风险防治措施：减少地震灾害对生态和环境的影响，避免因化学品、放射源、城市污水等泄漏造成的技术事故导致衍生灾害，需有完整充分的风险准备、评估及应对策略；对即将规划为新工业基地的土地进行生态风险分析，对已存在的工业基地进行改造，以确保相应的防范措施足以应对潜在的工业风险，制定和完善相应的风险应对应急计划等（Krausmann 等，2013）。然而实际情况存在一定局限性，由于自然灾害的偶发性，对高危化学品生产存储、核电站等重点设施的规划和灾害风险准备，往往面临着可用于危险事故和关键设备损坏模式分析的数据稀缺问题。为解决此类问题，目前已逐渐探索出不同的技术途径，如 Renni 等（2010）通过制定评估此类风险的一般框架、收集过去事故和设备预期损坏数据，确定由地震等自然灾害引起的设备

失效模式和损坏状态, 获得预期的遏制损失强度值。

在震后恢复重建过程中有效减少环境污染和生态灾害风险, 一方面需做好恢复重建中的环境与生态规划, 另一方面需做好对环境与生态风险的动态监控和评价。对于震后恢复重建的规划, 需科学有效地规划和分析技术支持, 如可进行地震灾害的社会脆弱性分析, 尤其是考虑灾害的进程突变和空间区域差异等 (Zhang 等, 2017)。另外, 可采用类似于以地震烈度衡量某一地区受灾害的影响程度, 建立地震灾害对环境影响程度的评价方法, 如基于环境的地震烈度表 (Environmental Seismic Intensity scale, ESI)。同时, 生态关的生态足迹 (Ecological Footprint, EF) 和生态承载力 (Ecological Carrying Capacity, ECC) 也可为震后区域的可持续发展和灾后恢复程度、未来发展水平提供评估依据。在震后清理及恢复重建过程中, 对垃圾特别是潜在污染源的处理需要应对部门给予足够关注 (Bird 等, 2011), 需对大量从临时储存地转移到永久储存地的垃圾进行检测, 以确保污染源和受污染的材料不被简单回收或不当处置。对于靠近工业园区的人类居住区和生态保护区, 则需建立长效规范的土壤、地表水和地下水污染监测机制。

强化管理措施同样是切实减少地震灾害对环境与生态影响的重要方面, 尽可能地减少甚至避免人为管理或操作失误, 对于遏制地震灾害对环境与生态的影响同样有效。Chernov 等 (2016) 调查表明, 2011 年东日本 9.0 级地震造成的福岛核危机中, 由于初期未采取果断有效的应急处置办法、核电站运行状况信息传递失真等问题, 导致未能及时采取足够的危机应对措施。同样在此次地震中, Krausmann 等 (2013) 发现由于人为失误导致地震引发的大火摧毁了千叶炼油厂 17 个液化石油气储罐, 爆炸造成的碎片损坏了附近沥青储罐, 并导致沥青渗漏到海洋中。这些人为因素在一定程度上导致了严重危机的发生, 最终对环境与生态造成不可逆的影响。福岛核事故独立调查委员会给出的结论是: “福岛第一核电站的事故不能被视为自然灾害, 这是一场深刻的人为灾难, 是本可以而且应该被预见和预防的”。对灾害客观预判的失误、事件初期对小事故的忽视甚至隐瞒、政府内部及外部风险沟通的失败都是导致福岛核危机发生并最终影响生态和环境的重要人为因素。

## 4 讨论

本文从地震及其链生灾害对环境与生态的影响角度出发, 总结了近年来国内外发生的重大地震灾害造成的环境与生态影响案例。在这些案例中, 除地震直接造成的重大人员伤亡和经济损失外, 地震及其链生灾害还造成水、土壤、大气和固体废弃物的严重环境污染, 也可导致土壤侵蚀、耕地退化、动物栖息地丧失、生物多样性退化等生态灾难。由于环境与生态对人类经济社会的可持续发展极为关键, 地震及其链生灾害对环境与生态的影响应引起足够重视。由地震灾害影响环境与生态的机理分析可知, 地震灾害链引起的次生灾害和衍生灾害是影响环境与生态的重要因素。地震灾害链机制的复杂性也造成了对环境与生态影响的复杂性。地震及其链生灾害对环境与生态的影响受多种因素调控, 自然地理条件和人类活动的调控作用均较为显著。在遏制地震及其链生灾害对环境与生态影响的措施及震前土地利用中, 均需做好危化品等环境污染高风险源的规划、选址、监控, 且需尽量规避生态核心区和江河水域沿线危化品工业布局。在震后恢复重建中, 需同时做好环境与生态规划, 并对环境与生态风险进行动态监控与跟踪评价。

我国经济社会正处于高速发展阶段, 快速的城市化和经济增长导致资产价值和暴露于地

震灾害的 GDP 出现大规模时空变化,即向地震高危险区快速集中。这种集中造就了地震自身的高风险态势,也造成了对环境与生态影响的高风险。Wu 等(2017)研究表明,2010 年中国资产价值的 15.4%和中国国内生产总值的 14.1%位于地震高风险区,分别为 15.9、6.2 万亿元人民币,1990—2010 年,这种集中的年均增长率分别高达 14.4%和 11.3%。其中,暴露度增长率最快的为华北地区和地震发生率较高的青藏高原地区,这两个地区的代表性特征分别为经济规模和人口密集程度大、生态环境脆弱。因此,有效减轻地震灾害对环境与生态的影响,将成为今后我国经济社会可持续发展中不得不面临的重要课题。

地震及其链生灾害对环境与生态的影响机理具有高度复杂性。Sapountzaki(2007)通过系统分析社会自身对环境灾害的适应力后提出,环境风险、自然风险及社会经济风险应是一个有组织、互相联系且相互制约的整体,任何部分对风险承受力的降低都会加大其他部分的压力。对于关键环节问题,尤其是对人为因素的研究目前尚未引起广泛重视,震区特有地质地貌产生的环境与生态灾害放大效应的研究尚存在机理不明、致灾因素不确定等诸多问题。减轻地震灾害,除开展地震孕育发生机理、监测预测预警技术、地震灾害风险评估(价)、技术装备研发和减灾管理研究外,还需正确处理人与自然的关系,在自然科学与社会科学之间搭建桥梁,同时关注多学科领域的交叉融合,更深层次地依赖社会管理和科技发展。可以预见的是,深刻地认识地震灾害尤其是特大地震对环境与生态的破坏作用和链生机制,并科学地采取监控、评价、规划、断链等措施,对于经济社会的可持续发展极为关键。

**致谢** 本研究得到韩立波研究员、尹凤玲博士、张盛峰博士等的帮助,研究思路得到高孟潭研究员等专家的指导和启发,在此一并表示感谢!

## 参考文献

- 包维楷, 庞学勇, 2008. 四川汶川大地震重灾区灾后生态退化及其基本特点. 应用与环境生物学报, **14** (4): 441—444.
- 李璞, 汤敏, 潘元琪等, 2017. 基于生态足迹动态评价的区域可持续发展研究——以地震重灾区四川省绵阳市为例. 国土资源科技管理, **34** (1): 20—30.
- 欧阳志云, 徐卫华, 王学志等, 2008. 汶川大地震对生态系统的影响. 生态学报, **28** (12): 5801—5809.
- 徐新良, 江东, 庄大方等, 2008. 汶川地震灾害核心区生态环境影响评估. 生态学报, **28** (12): 5899—5908.
- Bird W. A., Grossman E., 2011. Chemical aftermath: Contamination and clean-up following the Tohoku earthquake and tsunami. *Environmental Health Perspective*, **119**: 290—301.
- Bourgeois J., 2009. Chapter 3. Geological effects and records of tsunamis. Published in: Robinson, A R and Bernard E N, eds., *The Sea*, 15: Tsunamic. Harvard University Press.
- Chernov D., Sornette D., 2016. Man-made catastrophes and risk information concealment. Springer Switzerland.
- Cruz A. M., Krausmann E., 2009. Hazardous-materials releases from offshore oil and gas facilities and emergency response following Hurricanes Katrina and Rita. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, **22**: 59—65.
- Gao Y., Yin Y. P., Li B., et al., 2017. Characteristics and numerical runout modeling of the heavy rainfall-induced catastrophic landslide—debris flow at Sanxicun, Dujiangyan, China, following the Wenchuan  $M_s$  8.0 earthquake. *Landslides*, **14**: 1361—1374.
- Han L. N., Zhang J. Q., Zhang Y. C., et al., 2019. Hazard assessment of earthquake disaster chains based on a Bayesian network model and ArcGIS. *International Journal of Geo-Information*, **8**: 210.

- Hu G. S., Chen N., Tanoli J. I., et al., 2016. Case study of the characteristics and dynamic process of July 10, 2013, catastrophic debris flows in Wenchuan County, China. *Earth Sciences Research Journal*, **20**:1—13.
- Inui T., Yasutaka T., Endo K., et al., 2012. Geo-environmental issues induced by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake and tsunami. *Soils and Foundations*, **52**: 856—871.
- Irisawa A., 2012. The 2011 great east Japan earthquake: A report of a regional hospital in Fukushima prefecture coping with the Fukushima nuclear disaster. *Digestive Endoscopy*, **24**: 3—7.
- Kingston J., 2012. *Natural disaster and nuclear crisis in Japan: Response and recovery after Japan's 3/11*. Routledge, ISBN: 9781136343476.
- Krausmann E., Cozzani V., Salzano E., et al., 2011a. Industrial accidents triggered by natural hazards: An emerging risk issue. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **11**: 921—929.
- Krausmann E., Cruz A. M., 2013. Impact of the 11 March 2011, great east Japan earthquake and tsunami on the chemical industry. *Natural Hazards*, **67**: 811—828.
- Krausmann E., Renni E., Campedel M., et al., 2011b. Industrial accidents triggered by earthquakes, floods and lightning: Lessons learned from a database analysis. *Natural Hazards*, **59**: 285—300.
- Ray S. K., Acharyya A., 2011. Coseismic uplift, slow plant mortality and ecological impact in North Andaman following the December 2004 ( $M_w > 9.2$ ) earthquake. *Current Science*, **101**: 218—222.
- Renni E., Basco A., Busini V., et al., 2010. Awareness and mitigation of natech accidents: Toward a methodology for risk assessment. *Chemical Engineering Transactions*, **19**: 383—389.
- Sahoo S. K., Kavasi N., Sorimachi A., et al., 2016. Strontium-90 activity concentration in soil samples from the exclusion zone of the Fukushima Daichi nuclear power plant. *Scientific Reports*, **6**: 23925.
- Sapountzaki K., 2007. Social resilience to environmental risks: A mechanism of vulnerability transfer? *Management of Environmental Quality*, **18**: 274—297.
- Showalter P. S., Myers M. F., 1994. Natural disasters in the United States as release agents of oil, chemicals, or radiological materials between 1980-1989: Analysis and recommendations. *Risk Analysis*, **14**: 169—182.
- Tabata T., Onishi A., Saeki T., et al., 2019. Earthquake disaster waste management reviews: Prediction, treatment, recycling, and prevention. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **36**, 101119.
- Talley C. H., Cloud K. W., 1984. *United States earthquakes, 1960*. Open-File Report, U. S. Geological Survey.
- Wu J., Wang C., He X., et al., 2017. Spatiotemporal changes in both asset value and GDP associated with seismic exposure in China in the context of rapid economic growth from 1990 to 2010. *Environmental Research Letters*, **12**: 034002.
- Yin Y. P., Wang F. W., Sun P., 2009. Landslide hazards triggered by the 2008 Wenchuan earthquake, Sichuan, China. *Landslides*, **6**: 139—152.
- Young S., Balluz L., Malilay J., 2004. Natural and technologic hazardous material releases during and after natural disasters: A review. *Science of the Total Environment*, **322**: 3—20.
- Yu H., Qiang M., Liu S., 2019. Territorial suitability assessment and function zoning in the Jiuzhaigou earthquake-stricken area. *Journal of Mountain Science*, **16**: 195—206.
- Zhang W. W., Xu X. H., Chen X. H., 2017. Social vulnerability assessment of earthquake disaster based on the catastrophe progression method: A Sichuan province case study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **24**: 361—372.

Zheng L., Wang F., Zheng X., 2017. Complex network construction method to extract the nature disaster chain based on data mining. IEEE International Conference on Electronics Information & Emergency Communication. IEEE.

## The Impact of Earthquake Disaster on Environment and Ecology: A Notable Sustainable Development Problem

Zhang Yan<sup>1,2)</sup>, Li Jiawei<sup>1,3,4)</sup>, Jiang Changsheng<sup>1)</sup>, Wu Jian<sup>5)</sup> and Wei Yonggang<sup>1)</sup>

1) Institute of Geophysics, China Earthquake Administration, Beijing 100081, China

2) Department of Mathematics and Geosciences, University of Trieste, Trieste 34128, Italy

3) School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing 100871, China

4) Swiss Seismological Service, Swiss Federal Institute of Technology Zürich, Zürich CH-8092, Switzerland

5) China Earthquake Disaster Prevention Center, Beijing 100029, China

**Abstract** In addition to cause casualties, economic losses and other direct impacts, earthquakes and their aftermath disaster chain also result in not only environmental problems including water, soil and air pollution, but also ecological disasters, such as soil erosion, degradation of arable land, destroy of animal habitat, biodiversity reduction and so on. This paper summarizes part of earthquake events that have caused environmental and ecological impacts in recent years, and discusses the influence mechanisms in the affecting processes and possible measures to reduce relevant risks from related literatures. With the fast development of Chinese economy and society, it is significant consideration of effectively guarding against major risks and maintaining sustainable development of economy and society to scientifically investigate the environmental and ecological impact of earthquakes and their aftermath chain of disasters, and taking effective measures to do more preparations before major earthquakes and cut off the disaster chain after destructive earthquakes.

**Key words:** Earthquake disaster risk; Disaster chain; Environment and ecology; Sustainable development