

特色专题

中国巨灾灾后恢复重建的历史经验

许强¹, 倪婷^{2*}, 敖仪斌²

摘要 巨灾灾后恢复重建是一项开放复杂的系统工程。基于系统工程视角解读中国巨灾灾后恢复重建的历史发展。首先定义了巨灾和划分标准,据此梳理新中国成立以来巨灾事件。其次,采用霍尔三维结构模型和物理—事理—人理系统方法论,从发展阶段、关键活动、科学技术3个要素构建了巨灾灾后重建系统结构。然后,通过分析典型巨灾灾后恢复重建的具体措施及其与人地关系演化的关联,揭示了巨灾灾后恢复重建系统的传统、可持续和智慧模式。最后从体制优势与法律保障,跨部门协调与信息共享,智能监测与精准需求评估,基础设施与文化建设,巨灾救助与巨灾保险5个方面总结出中国巨灾灾后恢复重建的历史经验。

关键词 巨灾;灾后恢复重建;历史经验;系统工程视角

自然灾害与人为灾难频发,对人类社会的安全、稳定及可持续发展构成了前所未有的严峻挑战。2008年汶川大地震、2023年土耳其大地震等破坏性巨大、影响深远的灾害事件,不仅导致数十万生命的丧失和上千亿美元的经济损失,还使得灾后恢复重建工作变得极其复杂且充满挑战。中国防灾减灾救灾的历史悠久,蕴含着中华民族的智慧 and 勇气。2023年,习近平总书记提出的“新质生产力”重要概念,以创新为核心驱动力,动员各级政府、科技界、产业界及社会各界,通过高科技、高效能、高质量的先进生产力形态,为灾后恢复重建工作注入强大新动力,显著提升中国应对巨灾的能力^[1]。灾后恢复重建是突发事件应对的第4个阶段,紧随预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援之后^[2],与国际公认

的应急管理恢复阶段^[3-4]相对应。李宁等^[5]指出,恢复重建旨在消除突发事件的短期、中期和长期影响,实现2个核心目标:一是恢复社会生产生活的常态运行,二是对因灾害或灾难而无法恢复的设施进行重新建设。灾后恢复重建不仅关乎受灾群众的切身利益,也是衡量国家应急响应机制和社会治理能力的重要指标。不断完善恢复重建的理论和实践方法,对于提升中国综合减灾及恢复重建能力具有深远意义^[6]。

目前,已有研究主要集中在地震灾后重建系统理论^[7-9]、国内外自然灾害灾后恢复重建案例对比^[10-11]、灾后恢复重建规划和需求评估^[12-13]等方面,对中国综合防灾减灾体系的完善起到了积极推动作用。然而,现有研究在讨论中国巨灾灾后恢复重建的历史经验时,大多局限于对比分析。这种局限性可能导致对不同地区不同灾种受灾情况的差异性理解不足,进而影响对灾后恢复重建整体流程的全面把握,限制未来巨灾应对体系的发展。因此,本文尝试从系统演化的宏观视角出发,对中国巨灾灾后恢复重建的历史发展进

1. 地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室,成都 610059

2. 成都理工大学环境与土木工程学院,成都 610059

收稿日期: 2024-06-05; 修回日期: 2025-02-11

基金项目: 国家社会科学基金重大项目(24&ZD164)

作者简介: 许强,教授,研究方向为地质灾害评价预测与防治处理,电子信箱: xq@cdut.edu.cn; 倪婷(通信作者),副教授,研究方向为灾害风险管理与系统韧性评估,电子信箱: niting17@cdut.edu.cn

引用格式: 许强,倪婷,敖仪斌. 中国巨灾灾后恢复重建的历史经验[J]. 科技导报, 2025, 43(15): 49-60; doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2024.06.00640

行剖析。首先明确巨灾的定义和划分标准,然后采用霍尔三维结构和物理—事理—人理系统方法,构建“发展阶段—关键活动—科学技术”的巨灾灾后恢复重建系统结构模型。最后,分析典型巨灾灾后恢复重建的具体措施及其与人地关系演化的关联,揭示巨灾灾后恢复重建系统的传统、可持续和智慧模式,全面总结中国在巨灾灾后恢复重建的经验。

1 巨灾定义和划分标准

巨灾(Catastrophe)一词源自法语,用以描述系统内或系统外部突变所引发的难以承受的不利后果^[14]。尽管学术界对巨灾的定义尚未达成一致,但可从多个维度进行阐释。郭增建等^[15]于1991年6月10日在上海举行的“全国首次城市灾害学和防灾工作研讨会”上首次提出巨灾学,将其界定为灾害级别中最高及接近最高级别的灾害。从直接影响看,马宗晋等^[16]以死亡1万人、直接经济损失100亿元(1990年价格)以上为巨灾标准,而Gad-el-Hak^[17]则设定死亡10000人或受灾面积超1000 km²为巨灾。崔鹏等^[18]结合灾害强度和直接影响,将全球灾害频率—规模曲线中大于95%的端元,且造成1000亿美元经济损失或1万以上死亡的灾害称为巨灾。从灾害系统论视角,考虑灾害间接影响并纳入灾后恢复重建工作的角度,经济合作组织强调巨灾导致的人员伤亡、财产损失、基础设施破坏、公民恐慌及政府困境^[19],需成员国合作应对^[20]。史培军等^[21]指出巨灾由百年一遇致灾因子造成,影响广泛且需外界援助,张卫星等^[22]则进一步突出其特大自然灾害属性及巨大救助需求。

值得注意的是,以上研究多聚焦于自然巨灾及其严重后果。然而,田辉^[23]指出,自然灾害、人为的恐怖袭击乃至暴发的传染病等,均可能对国民经济造成巨大损失,因此应被纳入巨灾风险范围,并建立相应的防控和应急管理体系。在巨灾风险领域中,巨灾被分为自然巨灾和人为巨灾,其中,人为巨灾是与人类活动相关的巨大损失事件^[24]。例如,新冠疫情等重大传染病的影响规模已满足归入巨灾范畴的条件,因此将其纳入巨灾范畴并构建相应的保险机制,具有重要的理论和现实意义^[25]。

学术界对自然巨灾的划分标准不尽相同,但划分

方法相对明确,即同时满足不同灾种的最大强度及其所造成的人员伤亡、财产损失、受灾面积等影响程度两类指标中的2~3项^[22]。在巨灾保险研究中,常以死亡人数和直接经济损失作为判定巨灾的主要依据。例如,美国保险服务局将直接保险损失超过2500万美元并影响到大范围保险人和被保险人的事件划分为巨灾;而瑞士再保险公司则在2017年将造成经济损失超过9900万美元的自然灾害和人为灾难界定为巨灾^[25]。

综合考虑自然和人为致灾因子及其划分标准,本文确定了5个巨灾判断标准:灾害强度达到历史最大值或超过百年一遇;死亡人数超过1万人;直接经济损失超过1000亿元人民币;成灾面积超过10万km²;主要由国家级行政部门组织灾后应急管理工作。基于此,本文梳理了新中国成立以来的巨灾事件及具有里程碑意义的灾后恢复重建措施(表1),并从系统工程的角度出发,综合考虑致灾因子的不可预测性、突发性、灾害的大规模影响以及灾后恢复重建的综合应对需求,将巨灾定义为:由自然或人为因素导致的系统内或系统外的具有严重后果的小概率突变事件。这类事件不仅造成的一次性损失巨大且远超预期,对人民生命财产造成严重破坏,而且其累计损失也超出了承受主体的极限,对区域或国家经济社会产生深远影响。因此,需要国务院直接动员和组织进行长期的恢复和重建工作以应对巨灾带来的挑战。

2 巨灾灾后恢复重建系统

2.1 系统特征

系统是相互作用的多要素构成的,具备整体性功能且置身于特定环境中的综合体^[51],包括组成部分、边界、层次结构等基本要素。崔鹏院士^[18]从5个维度界定了巨灾的概念:多圈层相互作用、巨量地表物质迁移与能量转化、多学科和多过程综合、超低频率与超大规模,以及多灾种的衍生与链生。从系统论的角度分析,巨灾发生的过程体现了系统的基本特征,这些特征分别彰显了系统的复杂性和多元性、系统内部复杂的关联与相互作用、系统稳定性(表现为时间上的罕见性和空间上的广泛性),以及系统的应对机制。

面对巨灾对政治、生态、经济、社会造成的全面

表 1 1949 年以来中国巨灾事件及其影响

灾种	具体灾害事件	灾害强度	成灾面积/ 万km ²	死亡人数 /人	直接经济 损失	重建组织者	里程碑措施
地震	1950年西藏墨脱地震 ^[26-27]	8.6级	40.00	3300	16716头牲畜	地方政府	—
	1976年河北唐山地震 ^[28]	7.8级		242500	≈30亿元	中央+地方	1总体+4专项规划 ^[29]
	2008年阿坝汶川地震 ^[30]	8.0级	50.00	87150	8500亿~ 9000亿元	中央+地方	1+10规划 ^[31]
地质	1965年云南烂泥沟滑坡 ^[32]	2.0亿m ³		444	—	地方政府	中国科学院考察小组 ^[33]
	2000年西藏易贡滑坡 ^[34]	2.8亿m ³			—	中央+地方	恢复重建意见 ^[35]
水文 气象	1954年长江中下游洪水 ^[36]	100年一遇	(耕地)3.17	33000	100亿元	中央+地方	—
	1975年河南特大洪水 ^[37]	10000年一遇	1.19	26000	≈100亿元	中央+地方	五查五定 ^[38]
	1998年暴雨洪水	—	21.20	4150	2551亿元	中央+地方	洪水调查及评价 ^[39]
	2008年南方雪灾	—	5.84	133	1517亿元	中央+地方	恢复重建规划方案 ^[40] ；雪 雨冰冻灾后重建实用技术 手册
	2019年利奇马超强台风	超强台风级		70	515亿元	中央+地方	省级五项底线措施 ^[41]
	2020年江淮流域特大暴雨洪涝	—		107	1322亿元	中央+地方	—
	2021年河南特大暴雨洪涝	1000年一遇		398	1201亿元	中央+地方	总体规划 ^[42]
	2022年全国干旱	1961年以来 最严重 ^[43]			409亿元	中央+地方	—
	2023年京津冀暴雨洪涝 ^[44]		(农作物)4.16	107	1658亿元	中央+地方	中国人民银行货币政策工 具保障 ^[45]
公共 卫生	2003年非典型肺炎			349	933亿元	中央+地方	传染性非典型肺炎防治管 理办法 ^[46]
	2020年新型冠状病毒			≈910000	≈134000亿元	中央+地方	十版新型冠状病毒防控方 案 ^[47]
事故	1987年大兴安岭特大森林 火灾 ^[48]		1.70	211	>5亿元	中央+地方	恢复生产重建家园领导小 组 ^[49]
	2022年东航飞行事故			132	—	中央+地方	30日内事故调查初步报告 ^[50]

注：红色部分为达到巨灾标准；里程碑措施中的绿、蓝、黄色分别代表传统、可持续、智慧灾后恢复重建模式。

破坏,灾后的恢复重建工作必须针对这种系统性破坏进行系统性的“恢复”与“重建”。在时间维度(项目周期)和空间维度(受灾范围)上,灾后恢复重建工作具有明确的系统边界。为了高效组织和优化资源配置,在恢复重建的每个阶段,都需要进行相应的评估与规划活动(构成系统的各个部分)。而各要素之间的协作方式(系统的层次结构及相互关系)则是决定恢复重建能否顺利进行的关键因素。

因此,巨灾后的恢复重建过程是一个由政治、经济、文化、生态等多个子系统相互交融、相互关联而构成的有机整体,其本质是一个开放的社会系统,即一种复杂的开放巨系统^[52]。当任务完成后,灾区的生产生活条件和经济社会发展将得到恢复,甚至达到或

超过灾前的水平,从而实现人口、产业与资源环境的协调发展。

2.2 系统构成

灾后恢复重建是在灾害事件后实施的一系列有序过程,涵盖临时安置、科学评估、全面规划、恢复实施以及发展重建等环节,构成了一个典型的系统工程。鉴于巨灾灾后恢复重建的复杂性,需采用系统工程的方法进行求解。当前,该领域的研究已从简单的时间或工作内容划分^[4-5],转向更为深入的系统性思辨。此过程中,可借鉴的经典系统工程方法和模型包括霍尔三维结构^[53],切克兰软系统(soft systems methodology, SSM)方法论^[54],钱学森的综合集成方法论^[55],顾基发的物理-事理-人理系统方法论(Wuli-

Renli-Shili system approach, WRS)^[56]等。

以地震巨灾后的恢复重建为例,徐玖平及其团队^[7-9,57]深入探究了此类开放复杂巨系统的特征、结构、环境、功能与演化,结合物理—事理—人理系统方法论及霍尔三维结构体系,构建了地震灾后救援恢复重建综合集成模式,并对重建技术的实践应用与组织管理等进行全面系统地研究。邱建及其团队^[58]从系统论角度出发,为震后重建规划在技术与组织管理层面提供了系统集成方法与实施途径,同时建立了震后重建规划系统的思维模型(earthquake reconstruction planning thought model, ERPTM)及应急并行城乡规划管理模型(emergency concurrent urban-rural planning management model, ECUPMM)^[59-60]。

考虑到巨灾及灾后恢复重建均具有系统基本要素,可运用霍尔三维模型来构造其系统结构。同时,鉴于人的组织、管理与决策活动在此过程中的关键作用,应采用人理体系来分析巨灾灾后恢复重建系统的演化。因此,本文将巨灾灾后恢复重建系统划分为“发展阶段—关键活动—科学技术”3大构成要素。

其中,生命周期代表时间维度,恢复重建的关键活动构成逻辑维度,而科学技术则代表知识维度。

1) 发展阶段。本文指出巨灾灾后恢复重建兼具物质重建和社会过程恢复的双重特性。从时间角度看,这一过程被划分为3个阶段:临时型重建、恢复型重建、发展型重建(图1)。临时性重建阶段紧随灾后,持续1~3个月,重点在于迅速响应灾害,提供临时避难所等过渡性安置措施^[7]。同时,基于需求调查和科学评估,制定临时及过渡安置规划,并启动总体规划工作。恢复型重建阶段分为重建准备和实施两部分,以调查评估为基础,依据灾后恢复重建总体规划,在政策规划体系框架下,编制和实施更具针对性的各类专项计划。目标是使灾区迅速恢复至灾前常态,优先领域包括住房、生计、物质基础设施和社会基础^[58,61]。发展型重建阶段旨在恢复重建的基础上,实现扩展、提升和迁移,全面协调“社会—经济—生态”系统,促进可持续发展,包括灾区居民收入可持续增长,抗灾能力和区域发展能力提升,以及全面建成巨灾防范和救助保障体系。

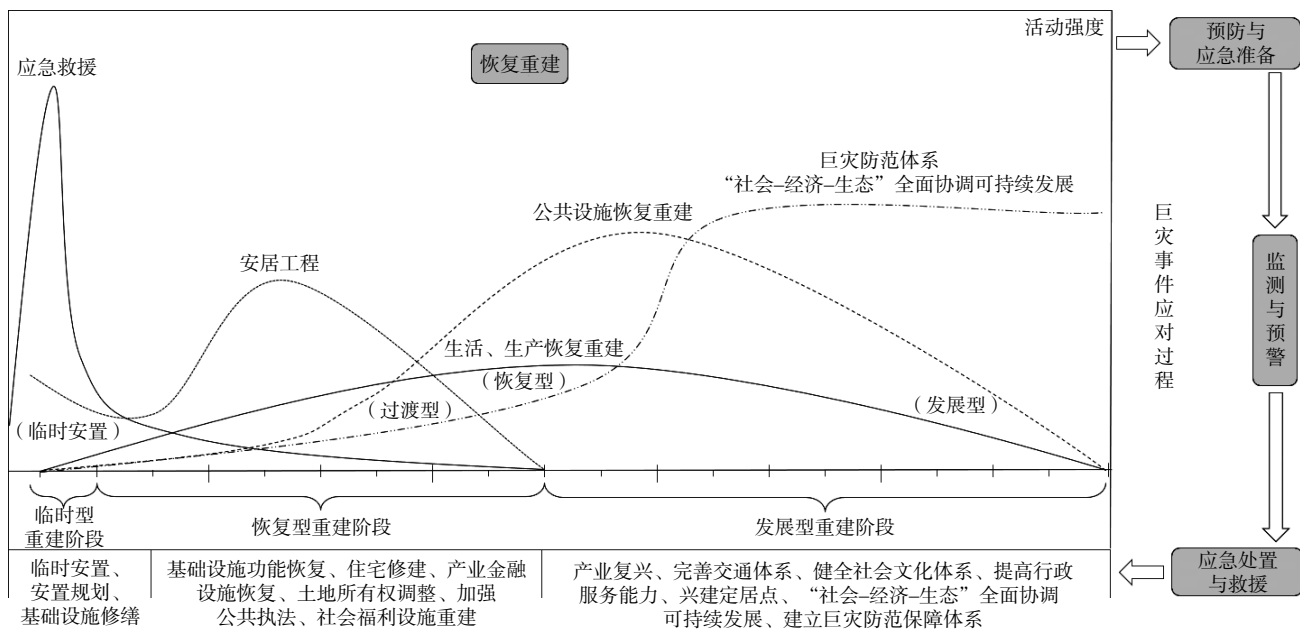


图1 巨灾灾后恢复重建的发展阶段

2) 关键活动。临时安置,及时救助和抚慰被救伤员^[9],提供临时住所和简易生活条件,确保受灾群众居住环境安全。科学评估,深化灾情认识,组织灾区状况和安全调查、次生灾害评估等工作,为规划编制奠定基础。

全面规划,综合考虑地质条件、用地选择、规划

布局和居民意愿等多方面因素,进行灾区恢复重建的全面分析,并指定规划实施时间,以恢复居民基本生活和经济水平。恢复实施,在规划时间内完成恢复重建主要任务,同步开展详细规划,坚持以人为本,追求生态、产业和城乡融合。

巨灾应对体系建设,根据长期恢复重建实践,形成有效的巨灾应对体系,提升国家应对突发灾害的响应能力。保障系统,构建完善的保障体系,包括法治、规划、应急预案、宣传教育、灾害预警、应急救援、灾后重建和技术协作等多方面,以协同方式构建相对完整的保障体系,保障人们的生命安全和生活安定。

3) 科学技术。灾后恢复重建系统包含灾害评估、恢复重建规划、建立巨灾防范体系等内容,各环节间链接关系复杂^[8],而重建过程是一项涉及政治、经济、建筑、生态等多方面的复杂综合活动,需要借助多方面的专业知识和技能^[9]。由于巨灾情况的特殊性,本文视角下的灾后恢复重建活动需依据不同时间阶段和工作内容进行学科知识和科学技术的选择和集成。

本文通过借鉴国内外研究,介绍了震后重建规划过程涉及的技术知识。传统的灾后恢复技术包括现场勘查、计算机技术、遥感观测、GPS技术等,在灾后恢复重建中发挥了重要作用。例如,高分辨率遥感影像和现场勘查使用于四川汶川地震后映秀镇恢复重建的规划、监测和评估长期恢复等灾后重建周期的各个阶段^[62];2008年地震后在四川安县应用GPS技术协助灾后恢复工作,在震后基础设施不完善和交通不便的困难下,提高了灾区灾后恢复作业效率^[63]。然而,这些方法仍存在局限性。随着科技发展,新知识和技术如应急救援通道优选、无人机技术、人工智能技术、大数据技术、测绘科学技术、建筑信息模型、生态脆弱性评价技术和在原有技术基础上不断发展的3S技术等逐步运用到灾后的恢复重建工作中,且显著提高了灾后的工作效率和重建质量^[64-65]。

巨灾之后参与恢复重建工作的技术众多,知识庞杂,涉及地理学、地质学、土木工程、环境学、公共决策、社会人文、心理学、医学等多个学科和多技术的综合运用。因此,本文依据中国学科分类标准《学科分类与代码国家标准》GB/T 13745—2009中的门类排列顺序A—E(自然科学、农业科学、医药科学、工程与技术科学、人文与社会科学),构建了巨灾灾后恢复重建知识维^[58]。

3 巨灾灾后恢复重建系统的演进模式

在基于时间、逻辑、知识维度构成的“发展阶段

—关键活动—科学技术”巨灾灾后恢复重建系统中,人作为规划与决策的主导者、实施与建设的直接参与者、监督与受益的重要主体,是链接各个维度的核心要素,深刻影响着系统的演进。人地关系,即地球表层人与自然的相互影响和反馈作用^[66],其演化对巨灾灾后恢复重建系统的进步起到了显著的推动作用。李小云等^[67]提出中国人地关系历史演变机制(productivity-population-productive relations-war-disaster, PPPWD),揭示了灾害在人地关系历史演变中的双刃剑角色,既破坏生产、引发人口问题,又间接激发人类认知和改造自然的能力,促进人对地的改造利用。中国历史上频繁灾害经历,尤其是巨灾的严重影响,促使人们在灾后重建中不断积累经验,从最初的被动承受逐渐转变为基于资源环境承载力和土地适宜性的适应性规划^[68]。这一过程不仅体现了人地关系从征服自然向和谐共生的转变,还通过增强人类的认知与适应能力、促进政策制度的完善、推动社会经济的发展以及提升公众意识,共同为灾后重建工作顺利开展和灾区可持续发展奠定了坚实的基础。

通过对典型巨灾灾后恢复重建的措施,按时间先后顺序进行深入分析与梳理,本文进一步解释了人地关系演化作为系统内部强大驱动力的关键作用。这一驱动力不仅持续推动着系统的进化,而且在其影响下,巨灾灾后恢复重建系统的演进过程呈现出清晰可辨的3个模式(图2),即传统模式、可持续模式及智慧模式,这3个模式紧密关联着人地关系演化的不同历程。

在传统阶段,人们主要依赖传统知识和经验进行

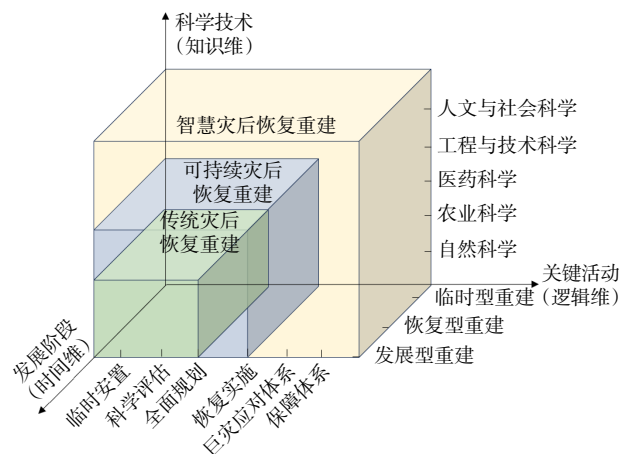


图2 巨灾灾后恢复重建系统的结构和演进模式

灾后恢复;进入可持续阶段,人们开始更加注重资源环境的承载力和生态平衡,力求实现灾后的可持续发展;而到了智慧阶段,则更加注重科技创新与智能技术的应用,以更加高效、智能的方式应对巨灾带来的挑战。考虑到人们应对不同灾种的经验积累存在显著差异,笔者进一步选取典型洪水和地震巨灾,按时间顺序对灾后恢复重建的关键措施进行了梳理,以便清晰地阐述巨灾灾后恢复重建系统的演进。

3.1 传统灾后恢复重建模式

人们在传统灾后恢复重建模式(如图2绿色部分)中往往表现出对自然环境的被动适应和简单利用。分析新中国成立后典型巨灾灾后恢复重建的具

体措施可知,1950年西藏墨脱8.6级地震发生后,受特定历史时期和特定文化环境影响,其灾后恢复重建以村民自发组织的伤病救助,以及修复受损房屋与道路为主^[26-27]。1954年长江中下游洪水的灾后恢复历时5年完成了正常的生产生活^[36](图3)。1965年烂泥沟滑坡导致5个村庄被埋^[32]。1975年河南驻马店洪水失事,在进行临时型重建和恢复型重建的同时,对全国大中型水库水文设计标准进行核查,开展了五查五定工作,将防洪工程措施和非工程措施相结合,是中国防洪治水历史上的一次重大转折^[38](图3)。

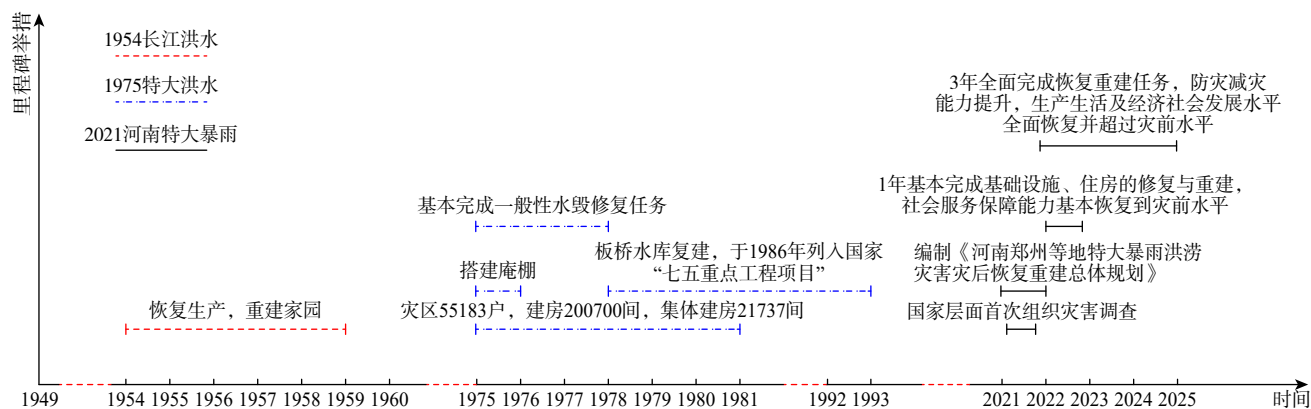


图3 典型洪水灾后恢复重建关键措施演进

从“发展阶段”系统要素来看,传统灾后恢复重建模式包含了临时型重建和部分恢复型重建,然而,恢复型重建阶段的完成时间不明确,覆盖灾区范围内的长期生产生活、社会经济的评估和规划工作往往在灾害发生5年以上开始启动。从“关键活动”系统要素来看,传统灾后恢复重建模式主要目标是解决受灾群众的救助和临时安置等灾后紧急问题,保障灾民的基本生活需求,实现短期内恢复基础设施和基本生活条件。这一阶段的恢复重建工作主要依赖人力和传统的建筑技术和材料,以及相对简单的组织和管理模式。这一模式存在显著的局限性。一方面,它往往偏重于短期的物质层面修复,如建筑和基础设施的重建,却忽略了经济、社会、环境等多维度的综合恢复。另一方面,它仅着眼于短期内的救援与重建任务,未充分考虑长期的可持续发展,这可能导致在恢复重建过程中出现资源浪费、环境破坏等问题,进而

对受灾地区的长远发展造成不利影响。

3.2 可持续灾后恢复重建模式

相较于传统灾后恢复重建,可持续灾后恢复重建模式在关注短期恢复的同时,更将长期的可持续发展置于核心位置。这一模式综合考虑经济、社会、环境等多个维度,旨在通过恢复重建提升灾区的综合抗灾能力,推动经济社会的全面发展。在实施手段上,可持续灾后恢复重建更加多元和综合,涵盖了生态修复、绿色建筑、可再生能源利用等先进技术,以及社区参与、政策制定等社会层面的策略。其目标更为广泛和长远,成果不仅体现在基础设施的修复和重建上,更体现在生态环境的显著改善和社会经济的持续发展上。这一模式中,人地关系实现了从被动适应到主动协调的转变,旨在促进人类活动与自然环境的和谐共生。

因灾害特性、重建阶段与速度、技术与创新应

用、社会经济因素以及政策与规划等方面的差异,不同灾种从传统灾后重建迈向可持续灾后重建存在时间差异。通过对比 1975 年河南特大洪水和 2021 年特大暴雨的灾后重建措施(图 3),可以清晰地观察到随着时代的进步和科技的发展,洪涝灾后重建工作已逐步演变为一个更加全面、系统和高效的过程。1975 年河南驻马店洪水后的重建工作受限于当时的技术和资源条件,主要聚焦于排水系统的抢修、受损房屋的修缮和居民的基本生活保障。尽管这次重建工作展现了一些可持续性的特征,比如对防洪标准的全面核查和改进,以及非工程措施的引入,但它仍然是在传统灾后恢复重建模式下进行的。相比之下,2021 年河南特大暴雨后,国务院批复的《河南郑州等地特大暴雨洪涝灾害灾后恢复重建总体规划》^[42]则显著提升了系统性和长远性,它遵循尊重自然、系统谋划、立足当前、着眼长远的指导思想,强调防洪排涝设施的完善,如提高堤防标准、建设滞洪区、改善城市排水系统等,同时注重生态环境的恢复和水资源的合理利用,以应对未来可能发生的洪水灾害。这一规划标志着中国洪水灾害应对史上首部全面系统的灾后重建方案的诞生。

从 1976 年唐山地震至 2008 年汶川地震,中国逐

步确立并完善了地震巨灾后的可持续恢复重建模式。1976 年唐山地震后的恢复重建工作,标志着中国开始初步探索灾后重建中的可持续发展理念。灾后不久,即 1976 年 11 月,国务院便组织专家编制了《河北省唐山市城市总体规划》及多项专项规划,如居住区、公共建筑与绿化体系、道路交通、市政工程及防灾等^[69]。这些规划不仅注重建筑和基础设施的快速恢复,还着眼于城市布局的整体优化,规划了唐山市老市区、东矿区、丰润新区 3 大区域的发展,并预设了 22 个工业点。在农业方面,规划强调了农业基础设施的加强,力求在 1 年内恢复被震毁的农田水利工程,并计划通过工业支援,在 3~5 年内实现农业的全面水利化。同时,高度重视工业和民用建筑的防震问题,确保建筑达到小震不坏、大震不倒的标准。国务院在相关批复中也明确提出,应积极采用新技术、新材料,确保建筑标准经济适用,布局便于生产生活,力求科学合理,体现当时的建设水平。尽管当时的可持续发展理念尚未形成系统的理论体系或文件(如对于生态恢复和环境保护的专项规划),但唐山地震后的恢复重建工作已展现出对城市规划、基础设施建设、农业恢复以及防震减灾等方面的综合考虑,为后来的可持续发展实践奠定了基础(图 4)。

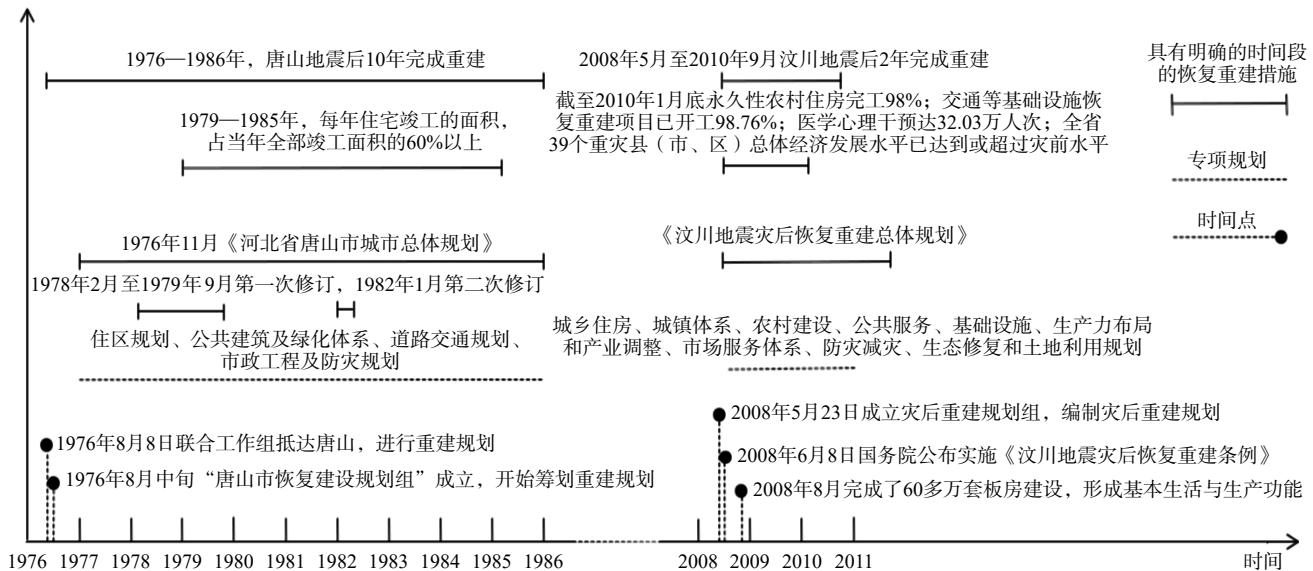


图 4 典型地震灾后恢复重建关键措施演进

2008 年汶川地震的灾后应对,则是中国建立可持续灾后恢复重建模式的关键转折点。地震发生后,政府立即展开了临时型重建工作,主要关注短期内的紧急问题和基本需求的满足,包括救援被困人员、安置

灾民、修复基础设施等。随后,国务院于 6 月 8 日公布了《汶川地震灾后恢复重建条例》^[70],这是中国首部针对灾后恢复重建的完整条例。该条例明确提出的地震灾后恢复重建要遵循的 6 条原则,不仅体现了对

灾区紧迫救援与重建工作的全面考量,更深刻蕴含了可持续发展理念。其中,“立足当前与兼顾长远相结合”以及“经济社会发展与生态环境资源保护相结合”这两条原则,直接对应了可持续发展理论的核心要素,即平衡当前需求与未来潜力,以及经济发展与环境保护之间的和谐共生。在此原则指导下,条例详细列出了地震灾后恢复重建规划应包含的各个方面,如总体规划、城镇体系规划、农村建设规划、城乡住房建设规划、基础设施建设规划、公共服务设施建设规划、生产力布局和产业调整规划、市场服务体系规划、防灾减灾和生态修复规划、土地利用规划等(图4)。

1987年大兴安岭特大火灾过后,大兴安岭林区建立了一整套恢复、更新工作体系,采取人工造林、人工促进更新、天然更新和封山育林等多种方式,全面立体地进行火烧迹地更新和生态系统恢复。2000年12月1日,国家林业局、国家计委、财政部、劳动和社会保障部联合下发《关于组织实施长江上游、黄河上中游地区和东北内蒙古等重点国有林区天然林资源保护工程的通知》^[71],“天保”工程实施后,生态建设被提到了更为重要的位置,为森林资源和生态系统快速恢复提供了有力支持。2014年黑龙江大小兴安岭林区的全面停伐,更是中国向生态建设为主和可持续发展道路转型的重要标志,预示着重点国有林区全面转型的开始。

3.3 智慧灾后恢复重建模式

智慧灾后恢复重建模式依托现代信息技术和智能化工具,深度融合遥感技术、大数据分析、物联网及人工智能等前沿科技,强调以数据为驱动,科学决策与智能管理并重。该模式能够实施监控和评估重建工作的进度与成效,灵活调整重建方案,同时引入智慧建筑、智慧交通等智能化设备和系统,显著提升恢复重建的效率与质量。其核心目标在于推动灾后恢复重建向智能化、自动化转型,不仅增强重建效率与效果,还致力于灾区的可持续发展,标志着从单一的灾后救助向综合性的灾前预防策略转变。在此过程中,人与自然和谐共生关系达到了新的境界,智能技术的应用使人类能更有效地预测并应对自然灾害,实现与自然环境的协同演进。

新型冠状病毒肺炎疫情的暴发,成为中国智慧灾

后恢复重建技术迈向成熟的重要契机。2020年初,新冠疫情以其高突发性、强传染性、广泛扩散性及高风险性,给防控工作带来了前所未有的挑战。在此背景下,大数据、云计算、人工智能等新一代信息通信技术迅速与交通、医疗、教育等多个领域深度融合,极大提升了疫情防控的组织执行效率,成为抗击疫情的关键力量,彰显了高度的数字化与智慧化水平。具体而言,大数据技术被广泛应用于疫情数据的监测与分析,通过收集并分析病例数量、传播路径、人口流动等海量数据,为疫情预测及防控策略的制定提供了坚实的科学依据。健康码技术的实现,则是大数据分析、人工智能、移动通信、云计算及区块链等多种技术综合应用的成果,为疫情防控提供了强有力的技术支持。此外,云计算技术的应用使得远程办公与在线教育成为可能,确保了疫情期间社会生活的正常运转与学习不中断。这些技术的应用不仅提高了灾害预警和风险评估的准确性,还加速了应急预案的制定与演练,增强了灾害应对的协同性与效率,实现了灾害要素的数字化整合,显著提升了中国应对重大安全风险的能力,为后疫情时代的社会快速恢复与发展奠定了坚实基础。

4 经验总结

4.1 体制优势与法律保障

在面对巨灾及灾后恢复重建工作时,高效的组织动员和全面的资源调配是核心保障。中央政府展现出强大的集中力量办大事的能力,迅速整合全国资源,有效调配人力、物力、财力,这凸显了社会主义体制的优势。始终坚持“以人为本”的原则,将民生福祉贯穿于抗震救灾与重建的全过程,为灾后社会的稳定与秩序奠定了坚实基础^[72]。此外,国家层面已建立起完善的应急预案体系,如2006年颁布的《国家自然灾害救助应急预案》及2007年实施的《中华人民共和国突发事件应对法》,这些法律法规为防灾减灾提供明确的指导框架,显著增强国家的应对能力。然而,地方层面仍需进一步完善相关法律法规,明确各级政府灾后恢复重建中的主体责任,并参考《汶川地震灾后恢复重建条例》,制定具体的地方性法规与规划。

4.2 跨部门协调与信息共享

灾后恢复重建与应急救援阶段因组织主体差异,常面临信息孤岛与资源浪费问题。为解决这一挑战,应构建统一的灾情评估与信息共享平台,确保规划人员与应急救援团队之间的无缝对接,实现灾情信息的实时更新与共享。这一平台应作为临时型重建规划的依据,确保重建工作的科学性与合理性。同时,建立跨部门协调机制,强化信息共享与资源整合^[73],提高应对复杂灾害的综合能力。通过定期召开跨部门联席会议,协调解决重建过程中的各种问题,确保各部门行动一致。

4.3 智能监测与精准需求评估

自然灾害引发的次生灾害对灾区恢复重建工作构成重大威胁。因此,应加强对灾后恢复重建工作的安全性评估^[74],利用地质监测、气象预警等技术手段,持续监测灾区情况,及时发现和预警二次灾害风险。同时,充分发挥智能技术在灾后评估与监测中的作用,如利用无人机和卫星遥感技术进行实时监测,快速获取高分辨率影像,为抗震救灾、打通生命通道、防范次生灾害及开展灾后重建工作提供有力支持^[75]。此外,还需进行精准的需求调研,动态跟踪与评估民众的需求特征,并将其及时反馈至重建进程中,以确保重建工作的针对性和有效性^[76]。

4.4 基础设施与文化建设

在灾后恢复重建过程中,应注重提升基层防灾减灾能力与基础设施的韧性。各类建筑物都应严格执行抗震设防标准,特别是要改变农村居民房屋抗震设防缺失的现状。对于农村地区和地质灾害易发地区,应制定并推广更严格的建筑抗震设计标准,加强基础设施的抗震、防洪、防火等能力,减少自然灾害可能造成的破坏,确保学校、医院、宾馆饭店等公共场所具备较高的抗震能力的抗震设防标准^[77]。同时,应统筹精神文化家园与物质家园的重建工作^[78]。文化恢复重建是精神文化家园的重要途径,通过建立唐山、北川地震遗址纪念馆^[74]等方式,发扬灾难中展现出的勇气与互助精神,普及灾害知识,提高公众的防灾意识与应对能力。

4.5 巨灾救助与巨灾保险

自然灾害易发高发的山区丘陵地区,往往地质环境偏僻、生活条件较差,仅依靠政府补助难以弥补灾

害造成的损失。因此,应建立完善的巨灾救助与保险机制。巨灾保险为受灾地区提供了重要的资金支持,可用于重建受损的基础设施、房屋、工厂等,加快灾后恢复的速度,降低重建的经济负担,减轻政府的财政压力。同时,个人也能在灾害发生后更快地恢复生产与生活,这有助于提高社会的整体抗灾能力,减少灾后的混乱与不确定性。

参考文献(References)

- [1] 许强. 全面提升新时代防灾减灾救灾能力[J]. 国家治理, 2024(10): 56-61.
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 中华人民共和国突发事件应对法[EB/OL]. (2007-08-30) [2024-05-28]. https://www.gov.cn/ziliao/flfg/2007-08/30/content_732593.htm.
- [3] Petak W J. Emergency management: A challenge for public administration[J]. Public Administration Review, 1985, 45: 3-7.
- [4] 唐彦东, 刘春平, 于汐. 灾后恢复重建理论研究[J]. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 143-150.
- [5] 李宁, 吴吉东, 崔维佳. 基于ARIO模型的汶川地震灾后恢复重建期模拟[J]. 自然灾害学报, 2012, 21(2): 68-75.
- [6] 史培军. 制定国家综合减灾战略 提高巨灾风险防范能力[J]. 自然灾害学报, 2008, 17(1): 1-8.
- [7] 徐玖平, 卢毅. 地震灾后重建系统工程的综合集成模式[J]. 系统工程理论与实践, 2008, 28(7): 1-16.
- [8] 徐玖平, 王鹤. 自然灾害灾后重建技术及实践的研究进展[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 98-111.
- [9] 徐玖平, 卢毅. 地震救援·恢复·重建的组织技术及理论模式[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(增刊1): 107-119.
- [10] Zhang T, Bo T, Lai J Y, et al. Comparative study of earthquake recovery and reconstruction between China and Japan[J]. Journal of Natural Disasters, 2014, 23(4): 1-12.
- [11] Shang J L, Liu J F, Yang M J, et al. Post-disaster recovery and reconstruction: A comparative study of the 1755 Lisbon earthquake and the 2008 Wenchuan earthquake[J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2015, 51(2): 184-188.
- [12] Zhao L, He F N. Research progress on the evaluation of post-disaster recovery and reconstruction plan implementation[J]. Resources Science, 2020, 42(4): 661-671.
- [13] 师满江, 宁志中, 曹琦. 四川长宁M_s6.0地震后民众恢复重建需求特征分析[J]. 自然灾害学报, 2022, 31(2): 56-65.
- [14] Schwab J, Topping K C, Eadie C C, et al. Planning for post-disaster recovery and reconstruction[M]. Chicago, IL: American Planning Association, 1998.

- [15] 郭增建, 秦保燕. 巨灾学与城市防灾(摘要)[J]. 灾害学, 1991, 6(4): 24–25.
- [16] 马宗晋, 国家科委全国重大自然灾害综合研究组. 中国重大自然灾害及减灾对策: 分论[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [17] Gad-el-Hak M. Large-scale disasters: prediction, control, and mitigation[M]. New York: Cambridge University Press, 2008.
- [18] 崔鹏, 王姣, 王昊, 等. 如何科学防控与预警巨灾风险[J]. 地球科学, 2022, 47(10): 3897–3899.
- [19] OECD. Large-scale disaster: lessons learned[EB/OL]. (2004-04-16)[2024-09-09]. https://www.oecd-ilibrary.org/economics/large-scale-disasters_9789264020207-en.
- [20] OECD. Financial management of large-scale catastrophes [EB/OL]. (2008-09-05) [2024-09-09]. https://www.oecd-ilibrary.org/finance-and-investment/financial-management-of-large-scale-catastrophes_9789264041516-en.
- [21] 史培军, 李宁, 叶谦, 等. 全球环境变化与综合灾害风险防范研究[J]. 地球科学进展, 2009, 24(4): 428–435.
- [22] 张卫星, 史培军, 周洪建. 巨灾定义与划分标准研究: 基于近年来全球典型灾害案例的分析[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 15–22.
- [23] 田辉. 经合组织看好中国经济长期前景[N]. 中国经济时报, 2020-08-06(4).
- [24] 张琳, 张帅. 财险公司人为巨灾风险偿付能力资本研究[J]. 保险职业学院学报, 2015, 29(3): 10–15.
- [25] 万鹏. 将新冠疫情类重大传染病纳入巨灾保险范畴的探索: 基于发行传染病巨灾保险债券的思考[J]. 上海保险, 2021(2): 56–61.
- [26] 高继宗. 救灾奇事: 灾民控告救灾官[J]. 中国减灾, 2013(4): 52–53.
- [27] 黄圣陆. 西藏五次8级以上历史地震的概况(汇编)[J]. 国际地震动态, 1982, 12(11): 14–16.
- [28] 王金翠. 凤凰涅槃: 档案记载的唐山大地震后的恢复与重建[J]. 档案天地, 2020(7): 26–29.
- [29] 沈清基, 马继武. 唐山地震灾后重建规划: 回顾、分析及思考[J]. 城市规划学刊, 2008(4): 17–28.
- [30] 黄润秋. “5·12”汶川大地震地质灾害的基本特征及其对灾后重建影响的建议[J]. 中国地质教育, 2008, 17(2): 21–24.
- [31] 邱建. “5·12”汶川地震灾后恢复重建城乡规划设计[J]. 建筑学报, 2010(9): 5–11.
- [32] 黄润秋, 许强. 中国典型灾难性滑坡[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [33] 施雅风, 唐邦兴, 王明业, 等. 云南省禄劝县普福河烂泥沟特大崩塌型滑坡调查研究[C]//首届全国泥石流滑坡防治学术会议论文集. 昆明: 云南科学技术出版社, 1993: 188–194.
- [34] 万海斌. 西藏易贡特大山体滑坡及其减灾措施[J]. 水科学进展, 2000, 11(3): 321–324.
- [35] 扎巴贡觉, 翟创峰. 研究部署林芝受灾地区恢复生产重建家园工作[N]. 西藏日报, 2000-06-22(1).
- [36] 黄哲. 1954年湖北防汛救灾研究[D]. 开封: 河南大学, 2021.
- [37] 河南“75·8”特大洪水灾害[J]. 河南水利, 2005, 34(8): 49.
- [38] 王延荣. “75·8”特大洪水灾害的震撼[J]. 河南水利, 2005, 34(9): 4.
- [39] 孙继昌, 刘金平, 梁家志. 1998年洪水调查及评价[J]. 水文, 2004, 24(5): 14–19.
- [40] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 低温雨雪冰冻灾后恢复重建规划指导方案[EB/OL]. (2008-02-28) [2024-09-09]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gdzt/gwymdyqygzkx/yaowen/200802/t20080228_194549.html.
- [41] 浙江省应急管理厅. 浙江省落实“五项底线措施”筑牢台风灾后重建期安全防线[EB/OL]. (2019-08-15) [2024-09-09]. https://yjtzj.gov.cn/art/2019/8/15/art_1228977987_41141067.html.
- [42] 河南郑州等地特大暴雨洪涝灾害灾后恢复重建总体规划[EB/OL]. (2022-03-14) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/xinwen/2022-03/14/content_5678960.html.
- [43] 杨光, 黄慧, 苏志诚, 等. 长江流域严重夏秋连旱防御实践与思考[J]. 中国水利, 2023(11): 8–11.
- [44] 国家防灾减灾救灾委员会办公室. 应急管理部发布2023年全国十大自然灾害[EB/OL]. (2024-01-20) [2024-09-09]. https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202401/t20240120_475696.shtml.
- [45] 北京单列150亿货币政策工具额度支持灾后重建[EB/OL]. (2023-08-12) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202308/content_6897983.htm.
- [46] 中华人民共和国卫生部. 传染性非典型肺炎防治管理办法[EB/OL]. (2018-08-30) [2024-09-09]. <http://www.nhc.gov.cn/fzs/s3576/201808/ab0c9badb71e41fcac4aa1260e0e9656.shtml>.
- [47] 国务院联防联控机制综合组. 关于印发新型冠状病毒感染防控方案(第十版)的通知[EB/OL]. (2023-01-07) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/xinwen/2023-01/07/content_5735486.htm.
- [48] 陈俊生. 关于大兴安岭特大森林火灾事故和处理情况的汇报[J]. 中华人民共和国国务院公报, 1987(15): 525–533.
- [49] 胡涌. 国务院专家组关于大兴安岭特大火灾后恢复森林资源和生态环境的考察报告会[J]. 北京林业大学学报, 1987, 9(3): 334.
- [50] 关于“3·21”东航MU5735航空器飞行事故调查初步报告的情况通报[EB/OL]. (2022-04-20) [2024-09-09]. <https://>

- www.gov.cn/xinwen/2022-04/20/content_5686311.htm.
- [51] 贝塔郎非. 一般系统论的基础、发展应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987: 50–56.
- [52] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域: 开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 12(1): 3–10.
- [53] Hall A D. Three-dimensional morphology of systems engineering[J]. IEEE Transactions on Systems Science & Cybernetics, 1969, 5(2): 156–160.
- [54] Checkland P, Poulter J. Systems approaches to making change: A practical guide[M]. London: Springer, 2010.
- [55] 于景元. 钱学森的现代科学技术体系与综合集成方法论[J]. 中国工程科学, 2001(11): 10–18.
- [56] 顾基发, 唐锡晋, 朱正祥. 物理-事理-人理系统方法论综述[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007(6): 51–60.
- [57] 徐玖平. 地震救援·恢复·重建系统工程[M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [58] 邱建, 曾帆, 贾刘强. 震后重建规划实践的系统辨析及思维模型[J]. 城市发展研究, 2017, 24(4): 14–21.
- [59] 曾帆. 基于系统论的震后重建规划理论模型及关键技术研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [60] 曾帆. 基于系统论的震后重建规划理论模型及关键技术研究[J]. 建筑实践, 2019, 39(2): 14–16.
- [61] 郑长德. 论灾后恢复重建与共享型发展[J]. 阿坝师范高等专科学校学报, 2010, 27(1): 17–21.
- [62] Brown D, Saito K, Liu M, et al. The use of remotely sensed data and ground survey tools to assess damage and monitor early recovery following the 12.5. 2008 Wenchuan earthquake in China[J]. Bulletin of Earthquake Engineering, 2012, 10(3): 741–764.
- [63] 宫旭. GPS技术在四川安县灾后恢复重建中的应用[J]. 科技创新导报, 2011, 8(13): 104–105.
- [64] 陈丽娟, 陆亚. BIM技术在地震灾后重建房屋建筑工程造价控制方法中的研究[J]. 地震工程学报, 2019, 41(1): 239–244.
- [65] 邬凯, 易雪斌, 付晓东, 等. 泸定地震震中海螺沟景区道路地质灾害发育规律及灾后重建对策[J]. 岩石力学与工程学报, 2024, 43(8): 1909–1922.
- [66] Li X Y, Yang Y, Liu Y. Research progress in man-land relationship evolution and its resource-environment base in China[J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(8): 899–924.
- [67] 李小云, 杨宇, 刘毅. 中国人地关系的历史演变过程及影响机制[J]. 地理研究, 2018, 37(8): 1495–1514.
- [68] Guo Y. Urban resilience in post-disaster reconstruction: Towards a resilient development in Sichuan, China[J]. International Journal of Disaster Risk Science, 2012, 3(1): 45–55.
- [69] 中华人民共和国国务院. 国务院关于唐山市城市总体规划的批复[EB/OL]. (2011-03-16) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1831548.htm.
- [70] 中华人民共和国国务院. 汶川地震灾后恢复重建条例[EB/OL]. (2008-06-09) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/zwggk/2008-06/09/content_1010710.htm.
- [71] 中华人民共和国国务院. 天然林保护修复制度方案[EB/OL]. (2019-07-23) [2024-09-09]. https://www.gov.cn/zhengce/2019-07/23/content_5413850.htm.
- [72] 廖永丰. 我国自然灾害综合风险防范信息服务业务技术体系建设思路探讨[J]. 中国减灾, 2022(11): 14–17.
- [73] 许强. 四川省8·13特大泥石流灾害特点、成因与启示[J]. 工程地质学报, 2010, 18(5): 596–608.
- [74] Yan L, Liao X H, Zhou C H, et al. The impact of UAV remote sensing technology on the industrial development of China: A review[J]. Journal of Geo-Information Science, 2019, 21(4): 476–495.
- [75] 张滨熠. 地方为主的灾后恢复重建实践与思考: 以四川宜宾“6·17”地震为例[J]. 中国应急管理科学, 2021(1): 89–95.
- [76] 杨继瑞. 汶川抗震救灾与灾后重建经验及其借鉴教训的总结与思考[J]. 决策咨询通讯, 2009(3): 1–7.
- [77] 文化部财务司. 关于巨灾之后文化体系重构的思考: 以汶川地震灾后文化恢复重建工作为例[J]. 四川行政学院学报, 2010(3): 23–26.
- [78] 李晓江, 张兵, 束晨阳, 等. 回望生命的光辉: 北川地震遗址博物馆及震灾纪念地规划的思考[J]. 城市规划, 2008, 32(7): 32–35.

Historical experience of restoration and reconstruction following major disasters in China

XU Qiang¹, NI Ting^{2*}, AO Yibin²

1. State Key Laboratory of Geohazard Prevention and Geoenvironment Protection, Chengdu 610059, China

2. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

Abstract Post-disaster restoration and reconstruction after major disasters is an open and complex mega-system project. This paper attempts to interpret the historical development of post-disaster restoration and reconstruction in China from the system engineering perspective. First, we define major disaster events and provide classification and outline significant catastrophic events since 1949. Secondly, we use Hall's three-dimensional morphology and Wuli-Shili-Renli system approach to construct the system structure of post-disaster restoration and reconstruction from three dimensions: development stages, critical activities, and science and technology. Then, by examining the specific measures of post-disaster restoration and reconstruction in typical catastrophic events and their relationship with the evolution of human-environment interactions, the traditional, sustainable and intelligent patterns of post-disaster restoration and reconstruction systems are revealed. Finally, the historical experiences of China's post-disaster restoration and reconstruction are summarized in five aspects: institutional advantages and legal guarantees, cross-departmental coordination and information sharing, intelligent monitoring and precise needs assessment, infrastructure and cultural construction, and catastrophe relief and insurance.

Keywords major disaster; post-disaster restoration and reconstruction; historical experience; system engineering perspective ●



(责任编辑 卫夏雯)