



主旨
聚焦

中国自然灾害系列区划一级区反映了东西分异、二级区反映了南北分异的中国自然灾害区域规律,自然灾害区划为综合减灾与风险防范、区域发展规划提供了科学依据。

透视中国自然灾害区域分异规律与区划研究

史培军^{1,2,3}, 王季薇^{1,3}, 张钢锋^{1,3}, 孔 锋^{1,3}, 王静爱^{2,4}

(1. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875; 2. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 3. 民政部/教育部减灾与应急管理研究院, 北京 100875;

4. 北京师范大学区域地理实验室, 北京 100875)

摘要: 中国是受自然灾害影响最为严重的国家之一, 灾害种类多, 发生频率高, 受灾影响地域广, 伴随着全球气候变化以及中国经济的快速发展和快速城市化, 自然灾害形成更加复杂, 灾害应对以及防范形势更显严峻。开展自然灾害区域分异规律与区划的研究, 一直是综合减灾和国际地理科学研究的重要领域, 同时对制定区域发展规划、综合减灾规划、生态文明建设规划等都有着重要的意义。对中国自然灾害区域分异规律与区划研究进展进行了梳理, 即分析了从基于地质构造的自然灾害区划到基于孕灾环境的自然灾害区划, 再到针对应用目标的农业自然灾害区划、城市自然灾害区划、自然灾害救助区划等的理解与认识, 展示中国过去几十年灾害时空格局与区域分异研究的发展历程。结果表明: 在自然与人文因素作用下, 中国自然灾害呈现出明显的东西分异为主、南北分异为辅, 且在高、低灾情区域镶嵌着低、高灾情片的空间格局。在这些研究基础上, 倡导在促进灾害风险科学发展和保障区域可持续性需求下, 应进一步加深对环境和自然灾害区域分异规律与区划的研究, 同时尽快开展自然灾害综合风险区划的研究工作。

关键词: 自然灾害; 区域规律; 灾害区划; 气候变化; 风险; 中国

DOI: 10.11821/dlj201708001

1 引言

开展自然灾害区域规律与区划的研究, 一直是综合减灾研究的重要研究领域, 亦是国际地理科学的前沿问题。自然灾害区域规律与区划研究的成果, 对制定区域发展规划、综合减灾规划、生态文明建设规划等都有着重要的价值。

20世纪90年代初联合国开展世界减灾活动以来, 中国地球科学领域积极从多方面开展减灾研究, 在全国和区域尺度上, 开展了自然灾害区域分异规律和区划的研究^[1,2]。北京师范大学张兰生完成了国家自然科学基金面上项目“中国自然灾害区划研究(1990-1992)”^[3]; 由张兰生主持^[3], 北京师范大学、中国科学院地理科学与资源研究所、中国科学院·水利部成都山地灾害与环境研究所共同完成了国家自然科学基金重点项目“中国

收稿日期: 2017-03-20; 修订日期: 2017-06-14

基金项目: 国家自然科学基金项目(41321001); 国家研发计划项目(2016YFA0602404)

作者简介: 史培军(1959-), 男, 陕西靖边人, 教授, 博士生导师, 研究方向为环境演变与自然灾害。

E-mail: spj@bnu.edu.cn

自然灾害区域规律研究(1992-1995)”。与此同时,由马宗晋主持,从1989年开始,在国家科技部、国家计委、国家经贸委的支持下,组织水利、农业、林业、地质、地震、海洋、气象等七大类灾害研究的专家,对中国主要自然灾害的区域规律开展了研究^[4,5]。从此开启了中国自然灾害区域规律与区划的研究工作^[6]。

进入21世纪,关于中国自然灾害区域规律与区划研究的工作,有明显加强^[7-11]。2005年科技部设置了国家“十一五”科技支撑计划重点项目“综合风险防范关键技术研究示范”(2006-2010)^[12-14];2007年科技部设置了国家“十一五”科技支撑计划重点项目“中国重大自然灾害风险等级综合评估技术研究”(2008-2012),分别由北京师范大学和中国科学院地理科学与资源研究所牵头^[15-17]。2008年,汶川地震发生后,科技部立即启动了国家“十一五”科技支撑计划重大项目“汶川地震灾害应急响应技术研究”^[18]。

2010年后,自然灾害区域规律和区划研究与灾害风险全球与区域时空格局的研究密切相关^[19-22]。科技部设置了“全球变化”国家重点基础研究计划,发起环境与灾害风险的全球尺度的研究,更加关注中国环境与灾害风险在全球的位置,及其区域分异规律与区划的研究^[23-28],在全球气候变化的大背景下,气候变化风险区划工作也受到关注。

在对全国尺度上的综合自然灾害区域规律和区划研究的同时,一些学者开展了单灾种或针对省级区域的自然灾害区域规律和区划研究。诸如:基于信息量模型的中国滑坡灾害风险区划研究^[29],全国区域洪水风险评价与区划图绘制研究^[30],中国洪水灾害风险区划及其成因分析^[31],中国山洪灾害防治区划初探^[32],中国台风灾害综合风险评估与区划^[33],中国农业自然灾害风险评估与区划^[34],中国自然灾害保险风险度综合评判与区划^[35]等;内蒙古自然灾害系统研究^[36],湖南省自然灾害系统与保险研究^[37],贵州历史自然灾害的时空分布规律及综合区划^[38],四川省自然灾害危险度综合评价与区划^[39],新疆自然灾害区划研究^[40]等。这些研究都从单灾种或省级尺度,揭示了自然灾害区域分异规律以及拟定了单灾种或省级自然灾害区划。

基于上述,本文就近25年来,全国尺度上的中国自然灾害区域分异规律与区划、自然灾害风险区域时空格局的研究等内容进行梳理,并就未来适应全球气候变化背景下的综合环境与灾害风险区域分异规律与区划等研究进行展望,供同行研究和讨论。

2 中国自然灾害的主要特点

中国是世界上因自然灾害死亡人数最多、经济损失最为严重的国家之一^[27,28]。在全球变暖、城镇化进程不断快速的大背景下,中国原本脆弱的资源、生态和环境不断恶化,灾害系统复杂性更加突出,无疑给综合灾害风险防范和防灾减灾带来更大压力。与世界自然灾害相比,中国自然灾害呈现出以下特征。

2.1 灾害种类多,分布范围广

地震、崩塌滑坡泥石流等组成的地质灾害,水旱、台风等组成的气象灾害,风暴潮、海冰、赤潮等组成的海洋灾害,病、虫、鼠害、火灾等组成的生物灾害,环境污染、沙漠化、水土流失等组成的生态环境灾害构成中国多灾格局。近25年来,除现代火山活动外,地震、台风、洪涝、干旱风沙、风暴潮、崩塌滑坡泥石流、风雹、寒潮、热浪、病虫鼠害、森林草原火灾、赤潮几乎所有重要灾害都在中国发生过。

全国各省(自治区、直辖市)都受到灾害的严重影响,洪涝灾害影响着60%以上的大陆地区,台风、风暴潮主要影响广大东南部发达地区,旱灾、风沙威胁广大三北地区,近年特大旱灾频发与南方各地,尤以西南更甚。华北、西南、西北、台湾等地区地

震多发、影响趋重,因复杂的地质构造和广布的山区等地质地理条件,崩塌滑坡泥石流等地质灾害频繁发生在占国土面积60%以上的山地、丘陵和高原。海域风暴潮和赤潮多见,森林和草原火灾易发。全国超过三分之二的都市和半数的人口广受水旱、地震、崩塌滑坡泥石流、台风、暴雨等灾害的严重危害^[28]。

2.2 发生频率高,受灾损失大

由于受季风不稳定影响,中国水旱、台风等气象灾害频发,绝大多数年份都会发生局地或区域性干旱灾害,年均大约7个台风登陆东南广大沿海地区。受板块运动影响,中国大部分地区位于亚欧、印度及太平洋板块交汇地带,活跃的新构造运动造成频繁的地震活动,因而中国是世界上大陆地震最多的国家,其占全球陆地破坏性地震的33%左右。中国多山,崩塌滑坡泥石流在山地、丘陵区年均发生数千处。森林和草原火灾也时有发生。

1989年以来的25年间(统计数据不含2008年巨灾年),中国年均约4亿人次受灾,超过4000人因灾死亡失踪,约1000万人次被紧急转移安置,280万间房屋倒塌,造成约2300亿元的直接经济损失(表1),尤其是发生在长江、松花江和嫩江流域的1998特大水灾,发生在南方广大地区的2008特大雪冰灾害,2008年5月12日发生在汶川的里氏8.0级特大地震,均造成重大损失^[28]。

中国自然灾害灾情造成的人员伤亡其绝对数与总人口的相对数均呈下降趋势,而直接经济损失的绝对数整体呈上升趋势,但其占国家GDP的比例则呈下降趋势。最近20年来,遇难人口年平均达8547人,占全国总人口的比例为 $6.9/10^6$ 人;直接经济损失年均均为3242.8亿元,占全国GDP(2015年)的0.48%,真实直接经济损失年均均为3938.1亿元(2015年消费价格为基准),占全国GDP(2015年)的0.58%,与世界发达国家相比,中国自然灾害灾情仍处于较为严重的水平。从巨灾造成的损失来看,除人员伤亡有明显减少外,造成的直接经济损失绝对值明显增加,相对于GDP的比例也没有明显的减少^[28]。

2.3 设防水平低,城乡差异大

中国城市整体设防水平偏低,除个别大城市外,一般城市抗震设防水平低于7~8级烈度;抗台风与防洪水平大部分低于50~100年一遇。中国广大农村对地震、台风与洪水几乎无设防,从而造成“小灾大害”的局面。设防水平低是中国自然灾害形成的主要原因。中国自然灾害的时空演变比较复杂,主要依赖于各种自然致灾因子与社会经济系统相互之间的作用过程,以及各级政府、企业和公民社会对自然灾害风险的认识水平与防御能力,快速城市化提高了许多城市化地区的灾害风险水平。

就全球而言,中国正处在北半球中纬度与环太平洋多灾地带,再叠加较为稠密的人口和区域经济社会水平发展的巨大差异,又由于设防水平低,从而形成在全球尺度上较为偏重的灾情和较高的脆弱性;特别是由于中国城乡在设防自然灾害水平上的巨大差异,从而形成广大农村牧区较高的脆弱性。与此同时,在广大城镇地区,特别是广大县城及其所属乡镇所在地区,由于快速的景观城市化,也使脆弱性明显升高,形成高脆性的城镇连片分布区^[27]。

3 中国自然灾害区域规律与区划

自然灾害区域规律是区域自然灾害时空格局的体现,是人与自然相互作用的结果。依据区域自然灾害时空格局演变特征,遵循一定的原则,按照各项指标体系,划分自然灾害区域的过程,就是自然灾害区划。自然灾害区划结果包括反映自然灾害区域差异性

表 1 1978-2015 年中国自然灾害灾情
Tab. 1 Natural disasters in China during 1978-2015

年份	受灾人口 (万人次)	因灾死亡人口 (含失踪) (人)	紧急转移 人口 (万人)	直接经济 损失 (亿元)	直接经济损失 (2000 年消费者 价格为基准)	倒塌房屋 (万间)	农作物受灾 面积 (万 hm ²)
1978		4965.0				73.1	4844.0
1979		6962.0				152.1	3937.0
1980		6821.0				137.3	5003.0
1981	26710.0	7422.0				261.5	3979.0
1982	22900.7	7935.0				320.3	3313.0
1983	22439.0	10952.0		260.9	969.8	345.4	3741.0
1984	20894.0	6972.0				274.7	3189.0
1985	23466.0	4394.0	290.5	410.4	1359.0	224.9	4437.0
1986	29928.0	5410.0	345.8			209.7	4714.0
1987	23512.0	5495.0	348.0	326.3	945.5	180.0	4207.0
1988	36169.0	7306.0	582.9			258.0	5087.0
1989	34569.0	5952.0	365.3	525.0	1085.2	194.1	4699.0
1990	29348.0	7338.0	579.2	616.0	1235.0	247.4	3847.0
1991	41941.0	7315.0	1308.5	1215.1	2356.1	581.5	5547.0
1992	37174.0	5741.0	303.6	853.9	1556.1	196.6	5133.0
1993	37541.0	6125.0	507.7	933.2	1482.7	271.6	4867.0
1994	43799.0	8549.0	1054.0	1876.0	2401.8	512.1	5504.0
1995	24215.0	5561.0	1064.0	1863.0	2036.8	439.3	4587.0
1996	32305.0	7273.0	1216.0	2882.0	2909.4	809.0	5975.0
1997	47886.0	3212.0	511.3	1975.0	1939.5	288.0	5343.0
1998	35216.0	3511.0	2082.4	3007.4	2977.2	821.4	2229.0
1999	35319.0	2966.0	664.8	1952.4	1960.2	174.5	4998.0
2000	45652.3	5014.0	467.1	2045.3	2045.3	147.3	5469.0
2001	37255.9	2583.0	211.1	1942.0	1928.5	92.2	5215.0
2002	37841.8	2840.0	471.8	1717.4	1719.2	175.7	4711.9
2003	49745.9	2259.0	707.3	1884.2	1863.8	343.0	5438.6
2004	33920.6	2250.0	563.1	1602.3	1525.5	155.0	3710.6
2005	40653.7	2475.0	1570.3	2042.1	1909.8	226.4	3881.8
2006	43453.3	3186.0	1384.5	2538.1	2338.6	193.3	4109.1
2007	39777.9	2325.0	1499.1	2363.0	2077.5	146.7	4899.3
2008	47795.0	88928.0	2682.2	11752.4	9757.0	1097.7	3999.0
2009	47933.5	1528.0	709.9	2523.7	2110.0	83.8	4721.6
2010	42610.2	7844.0	1858.4	5339.9	4321.9	273.3	3742.6
2011	43290.0	1126.0	939.4	3096.4	2377.7	93.5	3247.1
2012	29421.7	1530.0	1109.6	4185.5	3132.6	90.6	2496.2
2013	39000.0	2242.0	1200.0	5929.6	4324.4	87.0	3808.6
2014	24353.7	1583.0	601.7	3373.8	2412.3	45.0	24890.7
2015	18620.3	819.0	644.4	2704.2	1906.8	24.8	21769.8

和一致性的系列图件和相应的说明。自然灾害区划可以较为全面地反映自然灾害发生的自然环境、社会背景及其自身变化的区域规律,为自然资源的开发、利用和社会经济发展的区域规划提供科学依据,同时也是制定防灾减灾救灾政策的基础。

3.1 中国自然灾害区划

张丕远等根据中国主要自然灾害形成的环境背景的空间分异、各类自然灾害的分布规律和组合特点,及其危害程度的相似性与差异性,对中国自然灾害的地域组合类型和综合灾害区进行了初步划分,共划出45个地域组合类型,7个灾害区:兴安—长白灾害区,东部平原灾害区,华南灾害区,黄土高原灾害区,西南山地灾害区,西北干旱、半干旱灾害区,青藏高原灾害区^[2]。该区划的核心是在划分灾害地域组合类型基础上,形成综合灾害区划。

马宗晋等根据中国的地质构造呈现:“南北分区,东西分带,交叉成网”突出的特点,结合气候、社会经济等要素的空间分布特征,制定了以自然条件为主要基础的中国自然灾害综合分区^[4]。该区划方案将中国划分为四个一级灾害区:I华北、东北灾害区,II东南灾害区,III西北灾害区,IV西南灾害区。在一级灾害区的基础上,又划分为十二个二级灾害区。该区划的核心是反映了中国主要地质构造格局下的自然灾害分布特征。

张兰生等依据灾害系统理论、地域分异理论、地学信息图谱理论,构建了自然致灾因子系统的复杂度及强度,承灾体系统的承灾能力等四类定量指标,制定了一级区划由6个自然灾害带,二级区划由26个自然灾害区,三级区划包括93个自然灾害小区的中国自然灾害区划(图1)^[6]。该区划的核心主要是依据灾情大小的空间分布特征,反映了中国自然灾害灾情的空间异质性规律。



注: I 海洋灾害带, II 东南沿海灾害带, III 东部灾害带, IV 中部灾害带, V 西北灾害带, VI 青藏高原灾害带

图1 中国自然灾害区划^[6]

Fig. 1 Regionalization of natural disasters in China^[6]

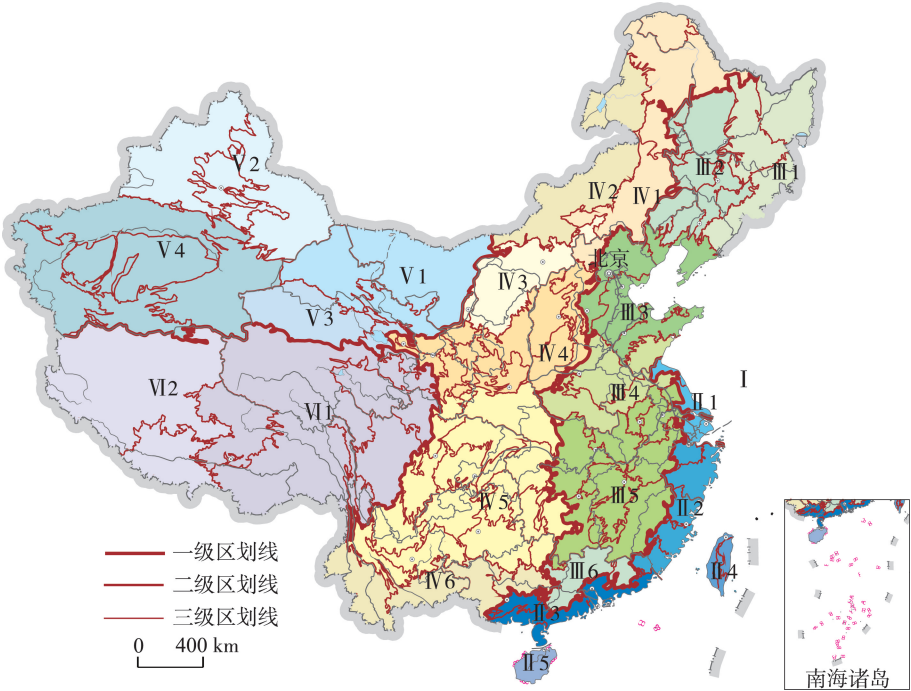
3.2 针对应用目的的中国自然灾害区划

应用性的自然灾害区划主要是针对服务某一特定行业，根据自然灾害程度或特点进行的地域划分。其基本目的是更加清晰地反映针对应用目的的自然灾害空间分布规律与区域差异。在对区域灾害系统理论^[7,9,12,16]研究和中国自然灾害数据库建设的基础上，相继完成了中国农业自然灾害综合区划，中国城市自然灾害区划和中国自然灾害救助区划。

王平等在确定全国 1445 个农业自然灾害区划基本单元和 110 个自然灾害小区的基础上，利用区域合并的方法，根据全国农业自然灾害孕灾环境和承灾体的地域分异规律，参考已有的全国自然灾害区划方案，划分出农业自然灾害大区（带）6 个、农业自然灾害区 26 个（亚区）（其中含海洋大区的 3 个区）和农业自然灾害小区 110 个（图 2）^[8]。

王静爱等在构建综合城市化水平（CL）指标和综合自然灾害强度（QC）指标的基础上，定量分析了中国城市承灾体与致灾因子的区域分异，考虑全国经济发展的地域差异和胡焕庸线人口分布的东西宏观差异，编制了中国城市自然灾害区划图（图 3）^[13]。将中国划分为 3 个一级区，包括：Ⅰ沿海城市灾害区、Ⅱ东部城市灾害区、Ⅲ西部城市灾害区；二级区划将全国划分为 15 个区，突出相似的灾害类型组合；三级区划分为 22 个区，主要体现在东部区域的划分上，突显城市群和综合指数（CL）较高区域。

在理解中国自然灾害区域分异的基础上，依据自然灾害救助过程的 3 个核心环节，即灾前响应（备灾）、灾中响应（应急）、灾后响应（恢复与重建），构建了自然灾害救助区域布局体系，包括灾前物资储备体系、灾中应急管理体系、灾后恢复重建体系。这些工作可以更科学地指导国家自然灾害救助决策^[11,14]。把中国自然灾害分异的区域等级体系与国家社会—经济的区域等级体系相联系，形成中国自然灾害救助区划（图 4）。一级区



注：Ⅰ 海洋区，Ⅱ 东部沿海区，Ⅲ 东部区，Ⅳ 中部区，Ⅴ 西北区，Ⅵ 青藏区

图2 中国农业自然灾害综合区划方案^[8]

Fig. 2 Regionalization of agricultural natural disasters in China^[8]



注: I沿海城市灾害区, II东部城市灾害区, III西部城市灾害区

图3 中国城市自然灾害区划方案^[13]

Fig. 3 Regionalization of urban natural disasters in China^[13]



注: A哈尔滨救助区, B沈阳救助区, C天津救助区, D郑州救助区, E合肥救助区, F福州救助区, G广州救助区, H西安救助区, I武汉救助区, J长沙救助区, K南宁救助区, L兰州救助区, M成都救助区, N昆明救助区, O乌鲁木齐救助区, P拉萨救助区

图4 中国自然灾害救助区划^[11]

Fig. 4 Regionalization of natural disaster relief in China^[11]

划将全国划分为哈尔滨救助区、沈阳救助区等16个救助区；在一级区划的基础上，二级区划分为32个救助区。

3.3 中国自然灾害风险空间分布格局

中国自然灾害风险分布如图5所示，高自然致灾区域与中东部经济社会发达地区相叠加，不仅使这些地区的灾害风险增高，而且也使灾害风险防范任务非常艰巨。

从中国因自然灾害造成的年国内生产总值损失率期望值来看，中国东部自然灾害高风险区（8~10级三个等级）的大部分地区，如：京津唐地区、长江三角洲地区、珠江三角洲地区、汾渭平原地区、两湖平原地区、淮河流域、四川盆地及其西部边缘山区、云南高原地区、东北平原地区、河西走廊和天山北坡地区等都可达到0.85%，小部分地区可达1.0%以上^[17]。

这些地区综合自然灾害风险等级高值区比例相对较高，一方面显示其自然致灾因子的种类多、频次高、相对强度大；另一方面也显示由于这些地区人口密度和单位面积GDP较高，如果设防水平低，则会造成较大的直接经济损失以及较多的因灾伤亡人口。

从对全国的统计来看，在现状设防水平条件下，自然灾害高风险区的面积占全国陆地总面积的2.14%，自然灾害中风险区的面积占11.6%，自然灾害低风险区的面积占53.83%，几乎无自然灾害风险或极低风险区的面积占32.41%，显示出中国整体自然灾害风险水平较高。

中国自然致灾因子多度与强度表现为高值中心与低值中心镶嵌分布；中国人口与经济水平等承灾体暴露都体现为自东南沿海向西北逐渐降低的地带性差异；以珠江三角洲、长江三角洲、京津冀等大都市连绵区为中心，逐渐降低、且呈串珠状式的城市化次一级带网分布，使中国综合自然灾害风险水平呈现出东部高于中部、中部高于西部的格局。

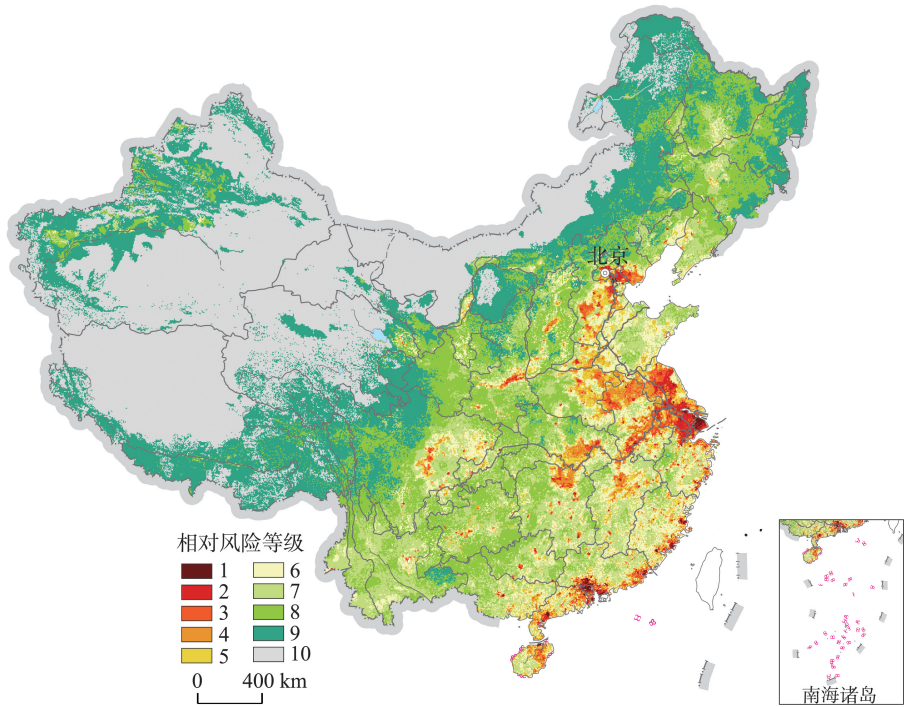


图5 中国综合自然灾害相对风险等级^[17]

Fig. 5 Relative risk rank of integrated natural disaster in China^[17]

由上述多个全国尺度上的中国自然灾害区划研究结果,可以看出,中国自然灾害空间格局整体上受带状的活动构造体系、西高东低的地势、东亚季风气候控制下不稳定的河川水文,以及由东北向西南延伸、自东南向西北有序更递的土地利用与地表覆盖等自然与人文条件所左右。

在自然与人文因素作用下,中国自然灾害风险呈现出明显的东西分异为主、南北分异为辅,且在高灾害风险区域镶嵌着低灾害风险片,低灾害风险区域镶嵌着高灾害风险片的空间格局。

4 全球变化下的中国环境与灾害风险区域规律与区划研究

以增暖为主要特征的全球气候变化已经并将持续影响人类的生存和发展^[41]。理解全球增暖对人口与经济系统的致灾机理与成害过程,发展全球变化风险评估模型与模式,从动态变化角度理解全球变化风险的不确定性,定量评估全球变化风险,揭示环境与灾害风险的区域规律与开展其区划,是有效适应和防范全球变化风险的科学基础。全球气候变化给人类安全和世界可持续发展带来巨大压力。当前国际社会都认识到,对全球变化风险在全球尺度上进行评估,以及系统开展的综合防范、科学适应,是应对全球气候变化风险的关键。

4.1 环境与灾害风险区域规律研究展望

2012年6月20-22日,在巴西里约热内卢召开的联合国可持续发展峰会上,未来地球计划(future earth)成立,从动态星球、全球可持续发展和面向可持续发展转型三个相关联的主题,广泛关注防范全球变化引起的环境风险,促进全球可持续发展。

2012年末英国发布了“英国气候变化风险国家报告”(UK-CRRA Report)。该报告在三种不同气候变化情景下,从气候均值变化和极端事件变化两个层次,针对2020s、2050s和2080s三个时段,评估了气候变化造成的影响程度及其相应的信度水平,依据部门测算直接和间接损失,并最终折算成货币价值。这对开展国家尺度的气候变化风险评估提供了一个很全面的框架,很有参考价值。

2012年3月28日IPCC正式发布了“管理极端事件和灾害风险,推进气候变化适应”特别报告(SREX)^[20],其评估内容涉及可导致灾害的气候、环境和人类因素之间的相互作用,在局地、区域、国家及国际层面管理极端事件和灾害风险,增强可持续发展等,为全球决策者应对极端事件,管理灾害风险,提高气候变化适应能力提供了指南^[21]。IPCC第五次评估报告指出,近几十年来,全球气候和环境变化的速度和强度历史罕见,过去100多年(1880-2012)全球地表平均气温上升了0.85℃,1951-2010年全球平均气温约上升了0.7℃,且大部分可归因于人类活动^[42]。

2015年3月14-18日,联合国在日本东北宫城县仙台市召开了第三次世界减轻灾害风险大会,这是继1994年横滨第一次减灾大会、2005年神户第二次减轻灾害风险大会后,联合国举行的全球最大规模的减轻灾害风险大会。大会经过深入而耐久的讨论与辩论,于2015年3月18日晚通过了“联合国2015-2030年减轻灾害风险框架”(简称“框架”)^[26]。这一框架把减轻灾害风险与应对气候变化,紧密联系在一起,以获得双赢的效果。

2015年3月15日,在第三次世界减轻灾害风险大会的边会上,由秦大河主编的《中国极端天气气候事件和灾害风险管理 with 适应国家评估报告》(简称《报告》)对全球发布,同年10月由科学出版社正式出版。《报告》重点评估了中国气候变化背景下的极端气候事件、灾害以及灾害风险管理等问题。《报告》编写有助于中国在应对极端事件和灾

害风险管理、适应和可持续发展上做出合理的策略选择,有助于将灾害风险管理实践和适应气候变化更紧密地结合起来^[24]。

2015年3月15日,也在第三次世界减轻灾害风险大会的边会上,由Shi和Kasperson共同主编的《世界自然灾害风险地图集(英文版)》首发,作为“全球变化与环境风险关系及其适应性范式研究”的一项标志性成果,对全球9种与气候变化密切相关的台风、洪水、风暴潮、沙尘暴、干旱、热害、冷害、滑坡、野火等自然灾害风险进行了系统的全球尺度的评估,为各国防灾减灾和综合灾害风险防范提供了依据^[27]。

2015年,中国“第三次气候变化国家评估报告”正式公布,指出近百年(1909-2011年)来,中国陆地区域平均增温 $0.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[19,25]。

与此同时,在全球尺度上的灾害风险评估也取得了显著的进展。由欧盟委员会联合研究中心(European Commission Joint Research Center)组织发布的INFORM(Index For Risk Management Results)报告,利用传统的基于灾害风险指标的半定量评价方法,从灾害与暴露、脆弱性和缺乏应对能力三个维度,对全球国别尺度的灾害风险水平进行评估和排序。由联合国大学组织发布的世界风险报告(World Risk Report)中,也利用半定量评价方法,从暴露、敏感性、应对能力和适应能力四个角度对全球各国的灾害风险水平进行评价和排序。由达沃斯世界经济论坛发布的系列“全球风险报告(Global Risk Report)”,近年也加强对包括气候变化风险在内的环境风险的评估^[43]。

在国际顶级期刊上,一些学者也发表了围绕全球尺度气候变化的风险评估结果,诸如全球洪水灾害风险评估^[44,45]、全球气候变化人类健康风险评估^[46]、全球变化资本资产风险评估^[47,48]等。而全面考虑共享社会经济路径(SSPs)与典型浓度路径(RCPs)研究的新一代气候变化情景研究^[49],正在成为气候变化风险评估研究中不可或缺的重要环节。

全球气候变化风险表现出多样性和多尺度和区域性特征,对中国自然灾害区域分异规律与区划研究,以及对全球变化风险评估研究的理论和方法都提出了新的挑战,主要发展趋势如下:

(1)从理解气候系统变化引发的极端性风险的评价,逐渐转向开展气候均态、波动和极端变化共同触发的气候变化复杂性风险识别与综合评价研究。

(2)从依据历史资料开展概率统计风险评估,逐渐转向面对未来不同强迫和人类应对情景的系统风险模拟评估。

(3)从根据指标体系对风险进行分等定级的半定量评估,转向集“多尺度、多要素、多过程、多措施”为一体的定量化模拟模型评估。

(4)从全球和区域气候变化特征值的数量预估,自然灾害区域分异规律与区划研究,转向全球变化不同时空尺度的风险量化图解与时空格局与区划研究。

因此,从随机性和可能性结合的角度,动态定量评估全球变化环境与生态风险、人口与经济系统风险,已成为该领域的核心科学前沿问题,也是全球变化应对对策制定的关键科学基础。

4.2 亟待开展环境与灾害风险区域规律与区划研究

气候系统模式分析显示,预计2100年中国气温将显著升高,冬季平均升温 $5.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,夏季平均升温 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时,夏季和冬季降水均呈现显著增加趋势^[19]。气温升高可能给未来的社会一生态系统带来潜在的难以估量的环境灾害风险。在此背景下,全球与中国自然灾害形成机理、发生规律、时空演变特征、损失程度和影响深度广度将出现新特点、新变化和新挑战,各类自然灾害的突发性、并发性、异常性、难以预见性愈显突出。

近年来中国巨灾频现,严重威胁人民生命安全和经济发展。2008年汶川特大地震、

2010年青海玉树地震和舟曲特大泥石流等巨灾事件, 标志着中国进入一个自然灾害频发和高成害阶段, 预示未来巨灾对中国的经济发展可能造成更大影响。就巨灾造成的损失看, 近30年来, 虽然人员遇难绝对数和相对比例均下降, 但直接经济损失的绝对数和相对数都呈增加态势^[28]。

由此看来, 已有的中国自然灾害区划已经渐渐不能满足中国未来防灾减灾救灾工作的需要, 特别是灾害保险的需要, 这正像现行的气候区划不能满足应对气候变化的需要一样, 促使研究者开始探讨气候变化的区划^[50]、气候变化风险区划^[51]。针对目前中国防灾减灾救灾工作的新形势, 编制中国自然灾害风险区划图已势在必行。中国气候变化区划、中国综合自然灾害风险等级图、中国地震动参数区划图^[52]的完成, 为制定中国自然灾害综合风险区划打下了坚实基础。

参考文献(References)

- [1] 史培军. 灾害研究的理论与实践. 南京大学学报, 1991, (11): 37-42. [Shi Peijun. On the theory of disaster research and its practice. Journal of Nanjing University, 1991, (11): 37-42.]
- [2] 张丕远, 王凤慧, 姜鸿, 等. 我国主要自然灾害的地理分布规律及区域减灾对策的探讨. 见: 中国科学院地学部. 中国自然灾害灾情分析与减灾对策. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1992: 87-93. [Zhang Piyuan, Wang Fenghui, Jiang Hong, et al. Geographic distribution of natural disasters and regional disaster reduction in China. In: The Division of Earth Science of the CAS. China's Natural Disaster Situation Analysis and Disaster Reduction Counter Measures. Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 1992: 87-93.]
- [3] 张兰生. 中国自然灾害地图集. 北京: 科学出版社, 1992. [Zhang Lansheng. Atlas of Natural Disaster of China. Beijing: Science Press, 1992.]
- [4] 马宗晋. 中国重大自然灾害及减灾对策: 总论. 北京: 科学出版社, 1994. [Ma Zongjin. China's Major Natural Disasters and Disaster Reduction Countermeasures: Pandect. Beijing: Science Press, 1994.]
- [5] 马宗晋. 中国主要自然灾害及减灾对策: 分论. 北京: 科学出版社, 1994. [Ma Zongjin. China's Major Natural Disasters and Disaster Reduction Countermeasures: Sub-pandect. Beijing: Science Press, 1994.]
- [6] Zhang Lansheng, Shi Peijun, Wang Jing'ai, et al. Regionalization of natural disasters in China. Journal of Beijing Normal University: Natural Science, 1995, 31(3): 415-421.
- [7] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6-17. [Shi Peijun. Theory and practice of disaster study. Journal of Natural Disasters, 1996, 5(4): 6-17.]
- [8] 王平, 史培军. 中国农业自然灾害综合区划方案. 自然灾害学报, 2000, 9(4): 349-350. [Wang Ping, Shi Peijun. Comprehensive regionalization of agricultural natural disaster in China. Journal of Natural Disasters, 2000, 9(4): 349-350.]
- [9] 史培军. 三论灾害系统研究的理论与实践. 自然灾害学报, 2002, 11(3): 1-9. [Shi Peijun. Theory on disaster science and disaster dynamics. Journal of Natural Disasters, 2002, 11(3): 1-9.]
- [10] 史培军. 中国自然灾害系统地图集. 北京: 科学出版社, 2003. [Shi Peijun. Atlas of Natural Disaster System of China. Beijing: Science Press, 2003.]
- [11] 邹铭, 李保俊, 王静爱, 等. 中国救灾物资代储点优化布局研究. 自然灾害学报, 2004, 13(4): 135-139. [Zou Ming, Li Baojun, Wang Jing'ai, et al. Study on optimized distribution of storage spot of disaster relief materials in China. Journal of Natural Disasters, 2004, 13(4): 135-139.]
- [12] 史培军. 四论灾害系统研究的理论与实践. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 1-7. [Shi Peijun. Theory and practice on disaster system research in a fourth time. Journal of Natural Disasters, 2005, 14(6): 1-7.]
- [13] 王静爱, 史培军, 王瑛, 等. 中国城市自然灾害区划编制. 自然灾害学报, 2005, 14(6): 42-46. [Wang Jing'ai, Shi Peijun, Wang Ying, et al. Compilation of city natural disaster regionalization in China. Journal of Natural Disasters, 2005, 14(6): 42-46.]
- [14] 王静爱, 史培军, 王平, 等. 中国自然灾害时空格局. 北京: 科学出版社, 2006. [Wang Jing'ai, Shi Peijun, Wang Ping, et al. Spatio-temporal Pattern of Natural Disasters in China. Beijing: Science Press, 2006.]
- [15] 葛全胜, 邹铭, 郑景云. 中国自然灾害风险综合评估初步研究. 北京: 科学出版社, 2008. [Ge Quansheng, Zou Ming, Zheng Jingyun. A Preliminary Study on the Natural Disaster Risk Comprehensive Evaluation in China. Beijing: Science Press, 2008.]
- [16] 史培军. 五论灾害系统研究的理论与实践. 自然灾害学报, 2009, 18(5): 1-9. [Shi Peijun. Theory and practice on disaster system research in a fifth time. Journal of Natural Disasters, 2009, 18(5): 1-9.]

- ter system research in a fifth time. *Journal of Natural Disasters*, 2009, 18(5): 1-9.]
- [17] 史培军. 中国自然灾害风险地图集. 北京: 科学出版社, 2011. [Shi Peijun. Atlas of Natural Disaster Risk of China. Beijing: Science Press, 2011.]
- [18] 《汶川地震灾害地图集》编辑委员会. 汶川地震灾害地图集. 成都: 成都地图出版社, 2008. [Editorial Committee of Atlas of Wenchuan Earthquake Disaster. Atlas of Wenchuan Earthquake Disaster. Chengdu: Chengdu Map Press, 2008.]
- [19] Gao X J, Shi Y, Zhang D F, et al. Climate change in China in the 21st century as simulated by a high resolution regional climate model. *Chinese Science Bulletin*, 2012, 57(10): 1188-1195.
- [20] IPCC SREX. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. London: Cambridge University Press, 2012.
- [21] IPCC AR5. Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report (AR5). Cambridge, UK: London Cambridge University Press, 2013.
- [22] Bai Xuemei, Shi Peijun, Liu Yansui. Realizing China's urban dream. *Nature*, 2014, 509(1799): 158-160.
- [23] 史培军, 等. 综合风险防范: 科学、技术与示范. 北京: 科学出版社, 2011. [Shi Peijun, et al. Integrated Risk Governance: Science, Technology and Demonstration. Beijing: Science Press, 2011.]
- [24] 秦大河, 张建云, 闪淳昌, 等. 中国极端天气气候事件和灾害风险管理 with 适应国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2015. [Qin Dahe, Zhang Jianyun, Shan Chunchang, et al. China's Climate Extreme and Disaster Risk Management and Adapt to the National Assessment Report. Beijing: Science Press, 2015.]
- [25] 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第三次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2015. [Writing Committee of the Third National Assessment of Climate Change. The Third National Assessment of Climate Change. Beijing: Science Press, 2015.]
- [26] UNISDR. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Geneva: UNISDR, 2015.
- [27] Shi Peijun, Kaspersen Roger. World Atlas of Natural Disaster Risk. Beijing: BNUP and Springer Press, 2015.
- [28] Shi Peijun. Natural Disasters in China. Beijing: BNUP and Springer Press, 2016.
- [29] 朱良峰, 吴信才, 殷坤龙, 等. 基于信息量模型的中国滑坡灾害风险区划研究. *地球科学与环境学报*, 2004, 26(3): 52-56. [Zhu Liangfeng, Wu Xincan, Yin Kunlong, et al. Risk zonation of landslide in China based on information content model. *Journal of Earth Science and Environmental*, 2004, 26(3): 52-56.]
- [30] 谭徐明, 张伟兵, 马建明, 等. 全国区域洪水风险评价与区划图绘制研究. *中国水利水电科学研究院学报*, 2004, 2(1): 50-60. [Tan Xuming, Zhang Weibing, Ma Jianming, et al. Research on regional assessment of flood risk and regionalization mapping in China. *Journal of China Institute of Water*, 2004, 2(1): 50-60.]
- [31] 田国珍, 刘新立, 王平, 等. 中国洪水灾害风险区划及其成因分析. *灾害学*, 2006, 21(2): 1-6. [Tian Guozhen, Liu Xinli, Wang Ping, et al. Flood risk zoning and causal analysis in China. *Journal of Catastrophology*, 2006, 21(2): 1-6.]
- [32] 张平仓, 任洪玉, 胡维忠, 等. 中国山洪灾害防治区划初探. *水土保持学报*, 2006, 20(6): 196-200. [Zhang Pingcang, Ren Hongyu, Hu Weizhong, et al. An elementary study on chinese mountain torrents disaster prevention regionalization. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(6): 196-200.]
- [33] 殷洁, 戴尔阜, 吴绍洪. 中国台风灾害综合风险评估与区划. *地理科学*, 2013, 33(11): 1370-1376. [Yin Jie, Dai Erfu, Wu Shaohong. Integrated risk assessment and zoning of typhoon disasters in Chin. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(11): 1370-1376.]
- [34] 张峭, 王克. 我国农业自然灾害风险评估与区划. *中国农业资源与区划*, 2011, 32(3): 32-36. [Zhang Qiao, Wang Ke. Assessment and regional planning of Chinese agricultural natural disaster risks. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2011, 32(3): 32-36.]
- [35] 刘丽, 代宏霞. 中国自然灾害保险风险度综合评判与区划. *山地学报*, 2004, 22(4): 477-482. [Liu Li, Dai Hongxia. The Comprehensive Assessment and Regionalization of Natural Disaster Insurance Risk in China. *Journal of Mountain Research*, 2004, 22(4): 477-482.]
- [36] 史培军, 胡涛, 王静爱, 等. 内蒙古自然灾害系统研究. 北京: 海洋出版社, 1993. [Shi Peijun, Hu Tao, Wang Jing'ai, et al. Inner Mongolia Natural Disaster System Research. Beijing: China Ocean Press, 1993.]
- [37] 江命友, 史培军, 程梓华, 等. 湖南省自然灾害系统与保险研究. 北京: 海洋出版社, 1993. [Jiang Mingyou, Shi Peijun, Chen Zihua, et al. Research on Natural Disaster System and Insurance in Hunan Province. Beijing: China Ocean Press, 1993.]
- [38] 蒋庆丰, 游珍, 徐刚. 贵州历史自然灾害的时空分布规律及综合区划. *地域研究与开发*, 2002, 21(1): 84-88. [Jiang Qingfeng, You Zhen, Xu Gang. Laws of time-space distribution of historical natural disasters in Guizhou and its comprehensive regionalization. *Areal Research & Development*, 2002, 21(1): 84-88.]

- [39] 于欢, 孔博, 陶和平, 等. 四川省自然灾害危险度综合评价与区划. 地球与环境, 2012, 40(3): 397-404. [Yu Huan, Kong Bo, Tao Heping, et al. Assessment and regionalization of natural hazard risk probability in Sichuan province. Earth & Environment, 2012, 40(3): 397-404.]
- [40] 叶民权, 陈保华. 新疆自然灾害区划研究. 自然灾害学报, 1996, 5(1): 14-21. [Ye Minquan, Chen Baohua. Research on natural disaster zoning in Xinjiang. Journal of Natural Disasters, 1996, 5(1): 14-21.]
- [41] Xu Guanhua, Ge Quansheng, Gong Peng, et al. Societal response to challenges of global change and human sustainable development. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(25): 3161-3168.
- [42] IPCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the IPCC. 2014.
- [43] World Economic Forum. The Global Risks Report 2016. Washington, D.C.: International Monetary Fund, 2017.
- [44] Hallegatte S, Green C, Nicholls R J, et al. Future flood losses in major coastal cities. Nature Climate Change, 2013, 3(9): 802-806.
- [45] Hirabayashi Y, Mahendran R, Koirala S, et al. Global flood risk under climate change. Nature Climate Change, 2013, 3(9): 816-821.
- [46] Stephenson J, Crane S F, Levy C, et al. Population, development, and climate change: Links and effects on human health. Lancet, 2013, 382(9905): 1665-1673.
- [47] Dietz S, Bowen A, Dixon C, et al. Climate value at risk of global financial assets. Nature Climate Change, 2016, doi: 10.1038/nclimate2972.
- [48] Burke M, Hsiang S M, Miguel E. Global non-linear effect of temperature on economic production. Nature, 2015, 527(7577): 235-239.
- [49] O'Neill B C, Kriegler E, Ebi K L, et al. The roads ahead: Narratives for shared socioeconomic pathways describing world futures in the 21st century. Global Environmental Change, 2015, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.01.004.
- [50] Shi Peijun, Sun Shao, Wang Ming, et al. Climate change regionalization in China (1961-2010). Science China Earth Sciences, 2014, 57(11): 2676-2689.
- [51] 吴绍洪, 潘韬, 贺山峰. 气候变化风险研究的初步探讨. 气候变化研究进展, 2011, 7(5): 363-368. [Wu Shaohong, Pan Tao, He Shanfeng. Primary study on the theories and methods of research on climate change risk. Advances in Climate Change Research, 2011, 7(5): 363-368.]
- [52] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 18306-2015. 中国地震动参数区划图. 北京: 中国标准出版社, 2015. [State General Administration of the People's Republic of China for Quality Supervision and Inspection and Quarantine, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB 18306-2015. The Ground Motion Parameter Zoning Map of China. Beijing: China Standard Press, 2015.]

Research review and prospects of natural disasters regionalization in China

SHI Peijun^{1,2,3}, WANG Jiwei^{1,3}, ZHANG Gangfeng^{1,3}, KONG Feng^{1,3}, WANG Jing'ai^{2,4}

(1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disasters, Ministry of Education, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Ministry of Civil Affairs and Ministry of Education, Beijing 100875, China; 4. Laboratory of Regional Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: China is one of the countries that are greatly affected by natural disasters, with many types and high frequency, and large disaster-stricken areas. Under the global climate change and China's fast economic growth and rapid urbanization, the formation of natural disasters has become increasingly complex, and responses of disasters and disaster prevention tend to be more serious. Carrying out the research into the regional patterns and regionalization of natural disasters has been the main fields of integrated disaster reduction and research of geography science, and it also plays a key role in making up regional development plan, integrated disaster reduction plan, and ecological civilization construction plan. This article reveals the research review and prospects of natural disasters regionalization in China, and examines the natural disaster patterns in China based on the geological structure and the physical and social geography environment. It aims to get a better understanding of agricultural and urban natural disaster, and natural disaster relief regionalization, as well as the history of studies on natural disaster regionalization in China. Under the joint effect of natural and human factors, the natural disasters in China present a major east-west differentiation and a minor north-south differentiation and a spatial pattern of high (low) disaster areas with low (high) disaster pieces. On this basis, this article initiates the regional patterns of natural disasters with geography environment as well as the regionalization of natural disasters. In the future, the studies on natural disaster risk in China need to be furthered. Based on the development of disaster risk science and the upgrade of regional sustainability, a regionalization scheme of integrated natural disaster risk in China should be proposed as soon as possible.

Keywords: natural disasters; regional pattern; disaster regionalization; climate change; risk; China