

郝蒙浩, 赵秋红, 王凤京, 等. 依据自然灾害风险区划的应急救援物资储备数量管理——以北京风雹灾为例[J]. 灾害学, 2015, 30(2): 172–178. [Xi Menghao, Zhao QiuHong, Wang Fengjing, et al. Quantitative management on emergency relief materials reserve based on natural disaster risk zoning——Taking wind and hail disasters in Beijing as an example[J]. Journal of Catastrophology, 2015, 30(2): 172–178.]

依据自然灾害风险区划的应急救援物资储备数量管理 ——以北京风雹灾为例*

郝蒙浩¹, 赵秋红², 王凤京¹, 陈龙杰¹, 于 汐¹

(1. 防灾科技学院, 河北 三河 101601; 2. 北京航空航天大学“城市运行应急保障模拟技术”
北京市重点实验室, 北京 100191)

摘 要: 自然灾害发生时, 应急救援行动是拯救生命、减少损失的重要手段之一, 而应急救援物资储备管理是决定应急救援行动成败与否的关键环节。该文以北京市为研究区域, 依据防灾、减灾、救灾的基本需求和根本目标, 构建区域自然灾害风险评估模型, 确定区域自然灾害综合风险值和风险区划图; 以北京市风雹灾为例, 提出区域自然灾害应急救援物资储备管理的数理模型和集成优化策略。从理论上, 为区域自然灾害应急救援物资储备管理决策提供建议。

关键词: 自然灾害; 应急救援; 物资; 风雹灾; 北京市

中图分类号: X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000–811X(2015)02–0172–07

doi: 10.3969/j.issn.1000–811X.2015.02.034

自然灾害的发生与否, 往往难以预测, 但人类可以通过技术手段, 评估区域自然灾害风险程度, 进而针对区域自然环境的属性, 做好自然灾害爆发前准备工作。加强对其发生、发展机理与应急救援物资储备、灾后应急物资运输等方面的研究, 有利于提高政府有关部门自然灾害处置能力, 有利于最大限度地预防和减少自然灾害的损失, 保障民众的生命财产安全。因此, 积极开展区域自然灾害风险评估、自然灾害应急救援物资储备管理的研究, 不仅具有深远的理论意义, 而且具有重要的现实意义。

黄崇福等从情景分析的角度, 阐述了灾害风险的定义^[1], 并且对风险分析、风险评价和风险评估进行了界定^[2]。自然灾害风险评估技术是一种具有前瞻性、系统性的灾害管理方法, 可以帮助人们客观地认识周围环境, 运用动态的观点认识自然灾害的发展过程。其技术方法可以从宏观和微观的角度划分为两大类型, 在宏观方面, 主要包括自然灾害风险指数系统^[3]、自然灾害风险热点项目^[4]、美洲计划^[5]、美国灾害评估模型^[6]等。在微观方面, 主要包括以下一些研究方法。Chang 等应用地理信息系统技术进行了中国东南沿海的台风模拟与风险评估^[7]。Yoshimatsu 运用层次

分析法对日本国滑坡地质灾害的风险进行了研究^[8]。张继权采用加权综合评分法、层次分析法建立草原火灾风险指数模型^[9]。Korkmaz 运用概率方法评估地震风险程度^[10]。金菊良等提出旱灾风险评估方法论和旱灾风险评估理论模式, 并构建旱灾风险评估方法体系^[11]。赵源等把训练后的人工神经网络运用在泥石流灾害的风险评估中, 实践证明该方法具有较好的适用性^[12]。赵思建等从时空两个维度, 利用信息扩散技术, 开展东北三省农作物洪涝时空风险评估^[13]。

从自然灾害风险评估的技术方法来看, 宏观层面的方法属于大尺度、大范围的风险评估, 就其所需要的数据而言, 小型科研团队也只能望而止步。在微观技术层面上, 由于自然灾害信息缺失比较严重, 运用传统的统计方法开展自然灾害风险评估, 在理论上存在一定的局限性; 而基于模糊数学的信息扩散理论风险评估方法, 显示出良好的科学性和实用性。

在自然灾害应急救援物资储备管理方面, 研究较少, 基本上不成体系。其中, 聂高众对地震应急救援物资需求量进行了模型化处理^[14]。方伟构建突发事件应急资源需求模型分析, 分别对应

* 收稿日期: 2014–11–02 修回日期: 2014–12–10

基金项目: 中国地震局教师科研基金(20140106, 20130115); 国家自然科学基金(71471006, 91224007)

作者简介: 郝蒙浩(1967–), 男, 山西阳泉人, 博士, 教授, 主要从事自然灾害风险评估、运作管理方面研究。

E-mail: xmhlaoshi@126.com

通讯作者: 王凤京(1967–), 女, 河北任丘人, 博士, 教授, 主要从事自然灾害风险评估, 灾害融资管理方面研究。

E-mail: Wangfengjing2004@126.com

表 1 2001—2011 年北京市主要灾害类型及受灾人数

灾害类型	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	万人
风雹灾	40.25	46.45	35.85	35	60.61	29.85	26.07	27.96	22.29	3.24	10.25	337.82
洪涝	0.35	6.99	0	2.81	0	0.14	0.05	3.84	13.54	0.67	15.25	43.64
旱灾	111.2	65.65	91.01	11.87	5.30	27.44	33.02	8.03	0	0	0	353.53
低温冷冻	0	0.18	0	0	0.24	0.08	0	0	0	6.22	0	6.72
低温	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.04
滑坡泥石流	0	0	0	0.06	0.05	0	0	0	0	0	0	0.11
病虫害	0	0	0	0	0.01	0.14	0	0.03	0	0	0	0.18
雪灾	0	0	0	0.2	0	0	0.56	0.02	0	0	0	0.77
合计	151.8	119.31	126.86	49.93	66.21	57.66	59.71	39.88	35.83	10.14	25.5	742.82

应急救援物资储备种类问题、物资储备量进行了有针对性的研究,并提出数学模型的决策变量^[15]。张永领从应急救援物资的社会属性、经济属性和应急需求属性,构建评估指标体系,利用模糊聚类方法进行物资分类研究^[16]。

本文在总结前人研究的基础上,研究自然灾害下应急救援物资储备管理问题,与前人研究内容的主要区别是,将区域自然灾害风险评估与应急救援物资储备管理进行综合性考虑,基于区域自然灾害的独特属性,开展应急救援物资储备管理,其针对性强,保证了区域应急救援物资的储备,在数量和种类上更为合理、更为客观。这样既能提高应急救援物资储备管理的效率和效果,又能降低应急救援物资储备的成本。

1 区域自然灾害风险综合评估

1.1 统计分析区域自然灾害的主要灾种

本文以北京市为区域研究对象,根据北京市民政局提供的《1978—2011 年北京市自然灾害统计数据》^[17],以及北京市统计年鉴,运用统计学方法,分析 2001—2011 年度北京市各县(区)发生的自然灾害类型及受灾人数,分析结果如表 1 和图 1 所示。

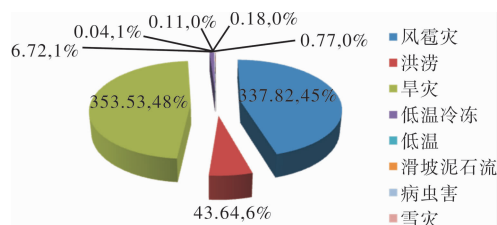


图 1 北京市不同灾种受灾人数统计图

从表 1 中可以发现,在 2001—2011 年的 11 年中,北京市各县(区)发生 8 种类型的自然灾害,按照自然灾害的一般分类方法,可以把北京市各县(区)11 年中的灾害划分为三大类型,即:①气象灾害类,包括风雹灾、洪涝、旱灾、低温冷冻、低温和雪灾;②地质灾害类,包括滑坡、泥石流;③生物类灾害,主要为病虫害。不同灾种造成的受灾人数分布情况如图 1 所示,同时表征了北京市主要灾种的分布情况。

根据各类自然灾害造成的受灾人数进行统计分析,北京市 2001—2011 年 11 年中,共造成 742

万人受灾,其中:旱灾受灾人数最多,为 353 万人,占到总受灾人数的 47.59%;第二是风雹灾造成 337 万人受灾,占到总受灾人数的 45.48%;第三为洪涝灾害,导致 43 万人受灾,占到总受灾人数的 5.88%。

风雹灾与洪涝灾害都为气象类灾害,两者之间具有一定的相关性,可以划归为一类灾害,这两种灾害共造成 380 万人受灾,占到总受灾人数的 51.36%。同时,北京市在 1978—2000 年间发生的各类自然灾害,同 2000 年以后的 11 年中发生的自然灾害类型基本相近,没有其他特殊类型的自然灾害。通过以上分析可以得出,北京市的主要自然灾害类型为旱灾、风雹灾和洪涝灾害。旱灾的形成是逐渐演化时间过程,而风雹灾和洪涝灾害是短时间内、急剧形成,对应急管理工作有较高的要求。表 2 所示为 2001—2011 年度,北京市各县(区)风雹灾受灾人数统计情况。

表 2 2001—2011 年度北京市各县(区)风雹灾受灾人数统计情况

年份	县(区)										万人
	门头沟	怀柔	平谷	密云	延庆	房山	通州	顺义	昌平	大兴	
2001	0.40	1.07	17.00	0.40	3.80	0.00	0.40	5.68	0.50	11.00	
2002	3.20	1.93	1.70	7.01	0.51	1.24	19.90	2.60	1.80	6.56	
2003	1.32	1.59	3.00	0.00	4.62	0.00	3.50	5.52	3.50	12.80	
2004	0.71	0.77	7.39	0.10	5.11	1.87	8.90	1.20	1.55	7.40	
2005	0.75	1.70	17.02	1.00	3.40	10.00	2.69	6.33	3.50	14.22	
2006	0.65	3.34	7.50	1.34	4.16	3.37	3.43	0.75	0.82	4.50	
2007	0.24	4.78	2.20	1.24	0.70	9.49	0.00	1.54	2.00	3.88	
2008	0.38	2.60	1.00	1.27	0.67	4.32	4.55	1.56	0.51	11.11	
2009	0.18	3.48	9.23	0.04	0.32	4.45	0.85	0.53	0.42	2.77	
2010	0.10	0.52	0.00	0.46	0.48	1.59	0.00	0.00	0.00	0.10	
2011	0.07	0.74	4.01	3.58	0.86	0.50	0.00	0.51	0.00	0.10	
累计受灾人数	8.00	22.52	70.05	16.43	24.63	36.83	44.22	26.21	14.61	74.45	

1.2 构建区域自然灾害风险综合评估模型

自然灾害风险评估是指通过风险分析的手段或观察外表法,对尚未发生的自然灾害的致灾因子、受灾程度,进行评定和估计。本文根据自然灾害系统理论,从以下两个步骤对北京市自然灾害风险进行评估:①基于自然灾害的自然属性、社会属性和经济属性,构建北京市自然灾害风险评估指标体系;其中,由于致灾因子计算的复杂性,本文把致灾因子作为一个重点,研究基于风雹灾的致灾因子风险评估,得到北京市基于风雹灾的致灾因子的风险值、风险等级划分和风险区

划图;②构建北京市自然灾害风险综合评估体系,确定区域综合风险值和风险等级。为北京市自然灾害应急救援物资储备设施选址、物资储备数量和种类管理提供科学依据。

1.2.1 北京市区域自然灾害风险综合评估指标体系

北京市区域自然灾害风险综合评估指标体系,由孕灾环境敏感度、致灾因子风险度、承灾体易损性和防灾减灾能力指标组成,构建北京市自然灾害综合风险指数(The comprehensive risk index of natural disasters in Beijing City, CRIGJ),由式(1)所示。

$$CRIGJ = RE \times RH \times RE \times CP. \quad (1)$$

式中: RE 为孕灾环境敏感度; RH 为致灾因子风险度; RV 为承灾体易损性; CP 为城市防灾减灾能力。

(1) 孕灾环境敏感度(RE)分析

孕灾环境敏感度是指灾害形成或影响区域环境要素及其变化的特征和程度,它包括一个地区的地理地址条件、海拔高度、水系等若干因素,这些因素决定了区域自然灾害发生的可能性及达到的级别。在同等强度的自然灾害情况下,敏感度越高,自然灾害所造成的破坏和损失程度越高,自然灾害的风险也越高,反之亦然^[18]。

按照《北京自然地理》把北京市地理地貌划分为三种类型:山地、丘陵或山地、平原^[19]。依据专家意见法,北京市10个县(区)的海拔高度赋予不同的数值[0, 1],赋值结果如表3所示。数值越高,该县(区)自然灾害的孕灾环境敏感度越高。

表3 北京市10县(区)地理地貌状况指数

县(区)	门头沟	怀柔	平谷	密云	延庆	房山	通州	顺义	昌平	大兴
脆弱性指数	0.9	0.9	0.8	0.7	0.8	0.5	0.2	0.4	0.3	0.2

(2) 承灾体易损性(RV)分析

承灾体是指承受灾害的对象,根据研究目标的不同,承灾体的层次不同,可以划分为宏观承灾体和微观承灾体。一般情况下,利用给定的致灾因子强度去计算承灾体的破坏程度,称为承灾体易损性分析。在北京市自然灾害风险综合评估中,利用“人口密度指数”评估自然灾害中承灾体易损性,即人群易损性。一个区域人口密度指数越高,当地的自然灾害承灾体易损性越高。依照北京市2008年度各区域统计资料,分析北京市10县(区)自然灾害承灾体易损性结果如表4所示。

表4 北京市10县(区)自然灾害承灾体易损性分析

	门头沟	怀柔	平谷	密云	延庆	房山	通州	顺义	昌平	大兴
常住人口/万人	27.5	35.8	42.6	45.7	28.7	90.5	103.9	72.5	94.2	109.7
土地面积/km ²	1 450	2 122	950	2 229	1 993	1 989	906	1 019	1 343	1 036
2008年人口密度	190	169	448	205	144	455	1 146	711	701	1 059
标准化	0.17	0.15	0.39	0.18	0.13	0.4	1	0.62	0.61	0.92

(3) 防灾减灾能力(CP)分析

防灾减灾能力是指为减轻自然灾害的损失程度或影响程度而采取的对策和措施。依据北京市民政局和统计局提供的有关统计资料,计算北京

市10县(区)的人均财政收入,作为各县(区)的防灾减灾能力指标,该指标数值越大,说明当地的防灾减灾能力越高,否则相反。北京市10县(区)2008年度人均财政收入如表5所示。

表5 北京市10县(区)2008年人均财政收入 元/人

县(区)	门头沟	怀柔	平谷	密云	延庆	房山	通州	顺义	昌平	大兴
人均财政收入	6 597	7 342	2 134	2 512	1 897	2 749	5 246	12 847	8 319	5 774
标准化	0.51	0.57	0.17	0.20	0.15	0.21	0.41	1.00	0.65	0.45

(4) 致灾因子风险度(RH)分析

研究一定区域、一定时间段内,各种强度的致灾因子发生的可能被称为致灾因子风险评估。依据北京市民政局和统计局提供的统计资料,选取风雹灾作为北京市自然灾害风险评估对象,从时、空、强三个方面对该区域内的风雹灾风险进行评估,并利用地理信息系统技术(GIS)确定风雹灾的风险区划图。

①北京市风雹灾在时间上的分布

北京市的自然灾害灾种主要分为地质灾害、农业气象灾害和生物类病虫害。农业气象灾害类型中,以旱灾、风雹灾和洪涝灾害为主。北京市三种自然灾害在时间上的分布(2001—2011年)如图2所示。

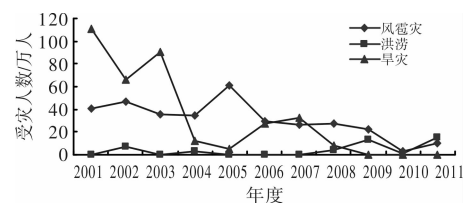


图2 2001—2011年度北京市主要灾害类型的时间分布

②北京市风雹灾强度(风险值)分布

根据北京市民政局和统计局的北京市自然灾害统计数据,设定北京市风雹灾受灾指数:

$$WI = D_a / S_a. \quad (2)$$

式中: WI 为风雹灾受灾指数; D_a 为风雹灾受灾面积(km²); S_a 为农作物播种面积,主要以粮食、油料、蔬菜的总播种面积统计(km²)。

利用上述公式,以北京市门头沟区为例,计算该区2001—2011年度风雹灾受灾指数,计算结果如表6所示。其他县(区)的风雹灾受灾指数计算方法 and 过程相同。

表6 北京市门头沟区2001—2011年风雹灾受灾指数

年度	风雹灾受灾面积/km ²	播种面积/km ²	风雹灾受灾指数 WI
2001	1.03	3.625 9	0.28
2002	4.81	2.907 0	1.65
2003	0.42	2.678 7	0.16
2004	0.596	3.199 1	0.19
2005	1	2.767 2	0.36
2006	1	2.605 0	0.38
2007	0.2	3.262 0	0.06
2008	0.208	3.665 0	0.06
2009	2.858 2	3.730 0	0.77
2010	0.132 8	3.485 0	0.04
2011	0.025 5	3.252 8	0.01

依据北京市 10 县(区)风雹灾受灾指数,基于信息扩散理论计算北京市 10 县(区)风雹灾风险估计值,其中:风险指数是指受灾指数的大小,风险估计值表示大于该受灾指数的概率。计算结果如表 7 所示。

表 7 北京市 10 县(区)风雹灾风险指数与风险估计值

县(区)	风险指数/%	5	10	15	20	25	30	35	40
门头沟	0.94	0.88	0.82	0.76	0.65	0.59	0.53	0.48	
怀柔	0.88	0.75	0.63	0.51	0.4	0.31	0.24	0.18	
平谷	0.9	0.79	0.71	0.64	0.58	0.53	0.47	0.42	
密云	0.64	0.29	0.12	0.04	0.006	0.0002	2.64×10^{-6}	6.45×10^{-9}	
延庆	0.78	0.56	0.41	0.28	0.14	0.04	0.007	0.0007	
房山	0.85	0.69	0.54	0.4	0.29	0.2	0.13	0.08	
通州	0.77	0.54	0.35	0.21	0.13	0.09	0.05	0.03	
顺义	0.72	0.42	0.25	0.08	0.06	8.26×10^{-5}	1.73×10^{-7}	5.69×10^{-11}	
昌平	0.82	0.6	0.4	0.23	0.12	0.04	0.01	0.002	
大兴	0.8	0.53	0.28	0.13	0.05	0.02	0.002	0.0002	

从北京市 10 县(区)风雹灾风险估计值计算中,得出以下结论:以北京市门头沟区为例,当风险指数为 5% 时,风雹灾风险估计值为 0.94,表示风雹灾受灾指数(风雹灾受灾面积/播种面积) $\geq 5\%$ 的概率为 0.94。即,在北京市门头沟区,平均 1.06 年就要受到一次受灾面积超过 5% 的风雹灾。据统计资料显示,从 2001—2011 年期间,北京市门头沟区每年都发生风雹灾。从 1978—2000 年期间,几乎也都发生过风雹灾。

③北京市风雹灾空间分布

依据北京市 10 县(区)风雹灾风险估计值的计算结果,利用地理信息系统技术,确定风险指数为 5%、35% 情况下北京市 10 县(区)的风雹灾风险区划图。图 3、图 4 所示。

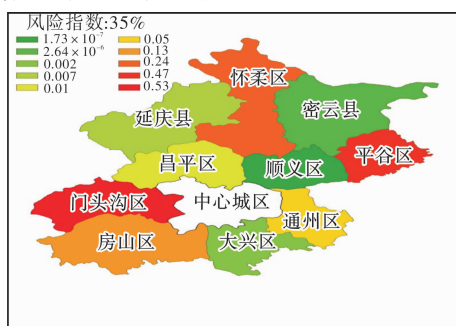


图 3 北京市风雹灾受灾指数 $\geq 5\%$ 风险图

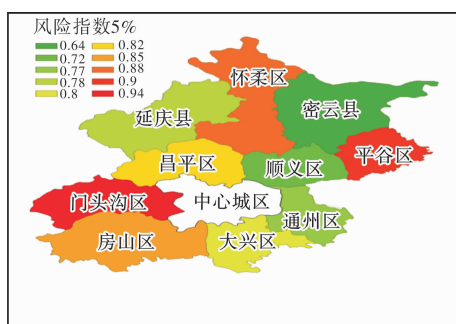


图 4 北京市风雹灾受灾指数 $\geq 35\%$ 风险图

④北京市风雹灾风险计算结果分析

在北京市风雹灾风险指数 $\geq 5\%$ 的情况下,对北京市 10 县(区)受灾水平进行排序,结果如表 8 所示。从中可以得出结论,当风雹灾风险水平为 5% 时,北京市 10 县(区)受风雹灾的概率几乎都是 1 年 1 遇,其中,门头沟区、平谷区、怀柔区受灾影响的概率最为严重,只有密云县受灾概率超过 1.5 年 1 遇。结合地理信息系统图(图 3)所示,北京市风雹灾受灾概率分布情况基本相同。

表 8 北京市 10 县(区)风雹灾风险水平排序表(受灾指数 $\geq 5\%$)

排序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
县(区)	门头沟	平谷	怀柔	房山	昌平	大兴	延庆	通州	顺义	密云
风险水平	1.06	1.11	1.14	1.18	1.22	1.25	1.28	1.30	1.39	1.56

在北京市风雹灾风险指数 $\geq 15\%$ 的情况下,对北京市 10 县(区)受灾水平进行排序,结果如表 9 所示。从中可以得出结论,当风雹灾风险水平为 15% 时,北京市 10 县(区)受风雹灾的概率分布情况发生了变化,其中,受灾概率大于 1 年 1 遇小于 2 年 1 遇的 4 个县(区),包括门头沟区、平谷区、怀柔区和房山区,而门头沟区、平谷区、怀柔区的受灾可能性仍然严峻,基本上为 1 年 1 遇,居受灾可能性排名的前 3 名;受灾概率大于 2 年 1 遇小于 3 年 1 遇的 3 个区县,包括延庆县、昌平区和通州区,但延庆县和通州区受灾可能性排名有所提升,超过大兴区;受灾概率大于 3 年 1 遇小于 5 年 1 遇的两个县(区),包括大兴区和顺义区;最后,密云县的受灾可能性有较为明显的降低,为 8 年 1 遇。

表 9 北京市 10 县(区)风雹灾风险水平排序表(受灾指数 $\geq 15\%$)

排序	1	2	3	4	7	5	8	6	9	10
县(区)	门头沟	平谷	怀柔	房山	延庆	昌平	通州	大兴	顺义	密云
风险水平	1.22	1.41	1.59	1.85	2.44	2.50	2.86	3.57	4.00	8.33

⑤北京市风雹灾风险等级划分

根据北京市风雹灾风险估计值,制定北京市风雹灾风险等级,将风雹灾估计值分为高、中高、中、中低、低 5 个等级,分级标准如表 10 所示,其中,风雹灾风险水平用 R 表示,当 $R=1$ 时,表示受灾概率为 1 年 1 遇,当 $1 < R \leq 2$ 时,表示受灾概率为 1~2 年 1 遇,以此类推。北京市风雹灾风险水平分级结果如表 11 所示。

表 10 风雹灾不同风险水平下的风险等级划分标准

风险指数/%	高风险	中高风险	中风险	中低风险	低风险
5	$R=1$	$1 < R \leq 2$	$2 < R \leq 4$	$R > 4$	
10	$1 < R \leq 2$	$2 < R \leq 3$	$3 < R \leq 5$	$5 < R \leq 7$	$R > 7$
15	$1 < R \leq 2$	$2 < R \leq 4$	$4 < R \leq 6$	$6 < R \leq 10$	$R > 10$
25	$1 < R \leq 2$	$2 < R \leq 5$	$5 < R \leq 10$	$10 < R \leq 20$	$R > 20$

1.2.2 北京市区域自然灾害风险综合评估

北京市自然灾害风险评估指标体系,由孕灾环境指数、致灾因子风险指数、承灾体易损性和防灾减灾能力指标四方面内容构成,根据对上述四个指标的计算结果,构建北京市区域自然灾害风险综合风险指数体系,如表 12 所示。

表 11 北京市 10 县(区)风雹灾风险等级划分结果

风险等级	风险指数/%	
	≥5	≥15
高风险	门头沟区、平谷区、怀柔区、房山区	
中高风险	延庆县、昌平区、通州区、大兴区	
中风险	门头沟区、怀柔区、平谷区、密云县、 延庆县、房山区、通州区、顺义区、 昌平区、大兴区	顺义区
中低风险	密云县	
低风险		

表 12 北京市区域自然灾害风险综合风险指数体系

县(区)	孕灾环境 指数	承灾体 易损性	致灾因子 风险度	防灾减灾能力 评估指数
门头沟	0.90	0.17	1.06	0.51
怀柔	0.90	0.15	1.14	0.57
平谷	0.80	0.39	1.11	0.17
密云	0.70	0.18	1.56	0.20
延庆	0.80	0.13	1.28	0.15
房山	0.50	0.40	1.18	0.21
通州	0.20	1.00	1.30	0.41
顺义	0.20	0.62	1.39	1.00
昌平	0.30	0.61	1.22	0.65
大兴	0.20	0.92	1.25	0.45

由于上述四个指标在属性有所不同,依据公式: $R_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^n x_j}$ 对指标进行归一化处理,并利用公式

(1) 计算 10 县(区)的自然灾害综合风险值,结果如表 13 所示。

依据北京市 10 县(区)自然灾害综合风险指数,采用三级分区,将 10 县(区)的综合风险指数划分为:低度风险区、中度风险区、重度风险区。

表 13 北京市 10 县(区)自然灾害综合风险指数

县(区)	孕灾环境 指数	承灾体 易损性	致灾因子 风险度	防灾减灾能力 评估指数	风险综合 指数
门头沟	0.90	0.17	1.06	0.51	0.20
怀柔	0.90	0.15	1.14	0.57	0.18
平谷	0.80	0.39	1.11	0.17	0.19
密云	0.70	0.18	1.56	0.20	0.08
延庆	0.80	0.13	1.28	0.15	0.06
房山	0.50	0.40	1.18	0.21	0.18
通州	0.20	1.00	1.30	0.41	0.15
顺义	0.20	0.62	1.39	1.00	0.13
昌平	0.30	0.61	1.22	0.65	0.18
大兴	0.20	0.92	1.25	0.45	0.16

在北京市 10 县(区)中,重度风险区包括门头沟区、怀柔区、平谷区和昌平区,风险综合指数为: $0.18 \leq R \leq 0.20$; 中度风险区包括:通州区、大兴区和顺义区,风险综合指数为: $0.13 \leq R \leq 0.16$; 低度风险区为包括延庆县和密云县。

2 区域自然灾害应急救援物资储备数量管理

自然灾害下,应急救援物资储备数量管理,

应以“提高管理效率、降低储备成本”的为依据。本文根据北京市民政局提供的区域自然灾害灾情资料及区域统计年鉴,以 2011 年度为研究对象,提出自然灾害应急救援物资需求量系数,构建区域自然灾害应急救援物资储备量数学模型,计算北京市各县(区)应急救援物资储备量,作为应急救援物资在理论上的储备量。

2.1 自然灾害应急救援物资储备数量模型

构建自然灾害应急救援物资储备量模型为:

$$Q = \lambda \times P; \quad (3)$$

$$\lambda = X_1 \times X_2 \times X_3 \times X_4 \times X_5. \quad (4)$$

式中: Q 为自然灾害应急救援物资储备数量; λ 为表示应急救援物资需求量系数; P 为某地区总人口; X_1 为人口密度系数; X_2 为当地经济发展水平系数; X_3 为地区系数; X_4 为需求系数; X_5 为区域自然灾害风险值。

自然灾害发生后,应急救援物资需求量系数的决策变量分析如下所示。

(1) 人口密度系数 X_1

“以人为本,拯救生命”,在自然灾害发生时,最大限度减少灾区人员伤亡是应急救援行动的首要任务。根据历史灾情资料统计研究表明,一般情况下,自然灾害对人员造成的损害与灾区人口密度联系紧密,人口密度大,灾害造成的人员伤亡较大,反之亦然。选取人口密度作为应急救援物资需求量的一个决定变量。计算公式如下:

$$X_1 = \text{当地人口总数} / \text{当地土地面积}. \quad (5)$$

(2) 当地经济发展水平系数 X_2

一个地区的经济发展水平,直接影响到当地应急救援物资的储备数量、物资质量、储备管理水平等。而数量充足、种类齐全的储备物资,又决定着应急救援行动的效率和效果。再有,当自然灾害发生后,相对于经济欠发达地区,经济发达地区遭受的损失更严重。

历史研究成果中,在讨论一个地区的经济发展水平时,普遍采用当地的国内生产总值;但应急救援物资的采购和管理费用等,在性质上属于社会公共支出,这部分费用应该由地方公共财政预算收入列支。因此,把地方公共财政预算收入作为衡量当地经济发展水平的变量,表示区域内每平方公里上,可能用于救援的资金量。如果能得到政府投入应急救援物资储备管理的详细资料,可以对该数据进行修正。计算公式如下:

$$X_2 = \text{地方公共财政预算收入} / \text{当地土地面积}. \quad (6)$$

(3) 地区系数 X_3

在自然灾害种类中,地震灾害对自然环境的破坏性最大,较之风雹灾,造成的损失更严重。因此,引入应急管理社会属性修正系数,作为应急救援物资储备量的一个主要变量,作为应急救援物资储备管理的一个上限值。北京市的社会经济属性系数为 $0.45^{[20]}$,即地区系数。

(4) 需求系数 X_4

聂高众针对 140 余种应急需求中,10 大类基本需求物资进行研究,提出了可以量化快速确定地震灾区可能的救援需求的一系列计算公式,但该理论需求量公式,主要解决地震发生后,灾

区对应急救援物资可能的需求量,公式运用了灾区总人口、受伤人数等变量。本研究主要是准备解决应急救援物资储备量问题,属于自然灾害发生前的储备量,不能确定无家可归者人数和灾害发生的季节。因此,只选取需求公式中的需求系数,作为应急救援物资储备量的一个修正变量,例如:帐篷(顶) $=0.25 \times$ 无家可归者 \times 季节系数,把0.25作为需求量系数的修正系数^[14]。

2.2 自然灾害应急救援物资储备量管理实例研究

根据北京市2011统计年鉴的有关数据,依据上述设立的模型,计算北京市10县(区)应急救援物资中帐篷的储备量,模型不失一般性,可以推广到其他年度和物资种类的计算上。

(1) 变量计算

根据北京市2011年统计年鉴^[21],利用“人口密度系数”和“当地经济发展水平系数”公式,分别计算北京市各县(区)的应急救援物资需求量变量,计算结果如表14所示。

(2) 各县(区)应急救援物资储备量

根据北京市所在地区的特点,其应急中社会经济属性的修正系数,即地区系数应为0.45;地震灾害中,对帐篷的需求系数为0.25。以北京市房山区为例,计算该县对帐篷这种应急救援物资应设立的理论储备量。

表14 应急救援物资需求量系数

县(区)	地方公共财政预算 收入/(百万元/年)	土地面积/ km ²	户籍 人口数/万人	人口密度 系数(X_1)	经济发展 水平系数(X_2)
房山	3 400	1 989.54	77.4	0.04	1.71
通州	4 000	906.28	67.3	0.07	4.41
顺义	8 000	1 019.89	58.8	0.06	7.84
昌平	4 500	1 343.54	54.8	0.04	3.35
大兴	4 000	1 036.32	61.0	0.06	3.86
门头沟	1 600	1 450.70	24.7	0.02	1.10
怀柔	2 100	2 122.62	27.7	0.01	0.99
平谷	1 800	950.13	39.6	0.04	1.89
密云	1 900	2 229.45	42.9	0.02	0.85
延庆	800	1 993.75	27.9	0.01	0.40

以房山区为例,根据公式(3)和公式(4),即可计算出应急救援物资储备数量 Q 的值。计算过程如下所示:

房山区应急救援物资需求系数 $\lambda = 0.04 \times 1.71 \times 0.45 \times 0.25 \times 0.18 = 0.00138$;

房山区帐篷储备量(Q) $= 0.00138 \times 774\,000 \approx 1\,072$ (顶)。

按照以上计算过程所示,可以计算出北京市其它县(区)的帐篷储备量。

3 结论与展望

(1)实践表明,自然灾害一般难以预测。人类可以通过技术手段,评估区域内自然灾害的风险程度,量化风险值和风险等级,做好自然灾害应急救援物资储备管理,提高自然灾害应急响应能

力,以减轻自然灾害造成的重大人员伤亡、财产损失,降低次生灾害发生的概率。

(2)本文利用北京市民政局、统计局提供的区域自然灾害历史灾情资料、社会经济资料,基于区域自然灾害风险综合评估模型,研究区域自然灾害应急救援物资储备数量问题,其针对性强,结果更符合实际需要。

(3)在自然灾害应急救援物资储备数量管理模型中,因子的选择主要是依据资料的可获取性,因此,可能存在一些问题,今后需要做进一步的研究和修正。

(4)在自然灾害应急救援物资储备管理方面,应建立信息联动机制,采取横向协调的管理策略,这样既可以提高物资储备管理效率,又可极大地降低物资储备成本。

致谢:感谢北京航空航天大学、北京市民政局对本工作的大力支持;感谢北京师范大学黄崇福教授的指导和建议。

参考文献:

- [1] 黄崇福,刘安林,王野. 灾害风险基本定义的探讨[J]. 自然灾害学报, 2010, 19(6): 8-16.
- [2] 黄崇福. 自然灾害分析与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] Pelling M, Maskrey A, Ruiz P, et al. United Nations Development Programme[C]// A global report reducing disaster risk: A challenge for development. 2004: 1-146.
- [4] Dille M, Chen R S, Deichmann U, et al. Natural Disaster Hotspots: A Global Risk Analysis[R]. Washington DC: Hazard Management Unit, World Bank, 2005: 1-132.
- [5] Cardona O D, Hurtado J E, Chardon A C, et al. Indicators of disaster risk and risk management Main technical report[R]. Program for Latin America and the Caribbean IADB-UNC / IDEA, World Bank, 2005: 1-216.
- [6] FEMA. Using HAZUS-MH for Risk Assessment[EB/OL]. (2013-11-09)[2014-07-10]. http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/dl_fema433.shtm.
- [7] Chang L, Duan Z, Qu J. GIS application in typhoon simulation and Hazard assessment[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2005, 12(4): 383-387.
- [8] Yoshimatsu H, Abe S. A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an Analytical hierarchy process(AHP) method[J]. landslide, 2006, 3(2): 149-158.
- [9] 张继权,刘兴朋,佟志军. 草原火灾风险评价与分区——以吉林省西部草原为例[J]. 地理研究, 2007, 26(4): 754-762.
- [10] Korkmaz K A. Earthquake disaster risk assessment and evaluation for Turkey[J]. Environmental Geology, 2009, 57(2): 307-418.
- [11] 金菊良, 郦建强, 周玉良, 等. 旱灾风险评估的初步理论框架[J]. 灾害学, 2014, 29(3): 1-10.
- [12] 赵源, 刘希林. 人工神经网络在泥石流风险评价中的运用[J]. 地质灾害与环境保护, 2005, 16(2): 135-138.
- [13] 赵思健, 张峭. 东北三省农作物洪涝时空风险评估[J]. 灾害学, 2013, 28(3): 54-60.
- [14] 聂高众, 高建国, 苏桂武. 地震应急救援需求的模型处理[J]. 资源科学, 2001, 23(1): 69-76.
- [15] 方伟. 突发事件应急资源需求模型分析[J]. 安全, 2012(8): 4-6.
- [16] 张永领. 基于模糊聚类的应急物资分类储备研究[J]. 灾害学, 2012, 27(1): 130-134.
- [17] 北京市民政局. 1978-2011年北京市自然灾害统计数据[R]. 北京: 北京市民政局, 2012.
- [18] 杨丰政. 基于GIS的徐水县气象灾害风险评估研究[D]. 南

- 京: 南京信息工程大学, 2012.
- [19] 霍亚贞. 北京自然地理[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1989.
- [20] 邓砚, 苏桂武, 聂高众. 中国地震应急地区系数的初步研究[J]. 灾害学, 2008, 23(3): 140-143.
- [21] 北京市统计局. 北京市统计年鉴 2011[EB/OL]. (2012-03-04) [2014-07-10]. <http://www.bjstats.gov.cn/nj/main/2012-tjnj/index.htm>.

Quantitative Management on Emergency Relief Materials Reserve Based on Natural Disaster Risk Zoning ——Taking Wind and Hail Disasters in Beijing as an Example

Xi Menghao¹, Zhao Qiuhong², Wang Fengjing¹, Chen Longjie¹ and Yu Xi¹

(1. Department of Economics and Management, Institute of Disaster Prevention, Sanhe 101601, China;
2. School of Economics and Management, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract: When natural disasters occur, emergency rescue operation is one of the important means to save lives and reduce losses, and management on emergency relief materials reserve is a key link of the operation. Taking Beijing city as the study area, according to the basic demand and goal of disaster prevention, disaster reduction and disaster relief, the regional natural disaster risk assessment model is constructed firstly, determining the comprehensive regional natural disaster risk value and risk zoning map. In addition, taking wind and hail disasters in Beijing as an example, mathematical model and integrated optimization strategy of management one emergency relief materials reserve for regional natural disasters are put forward. Theoretically, suggestions for management decision on regional natural disaster emergency relief materials reserve are provided.

Key words: natural disaster; emergency rescue; materials; wind and hail disasters; Beijing

(上接第 147 页)

- [14] Don L Ivey, Griffin I Lindsay, Newton M Tommy, et al. Predicting wet weather accident analysis and prevention[J]. 1981, 13: 83-99.
- [15] Symons L, Perry A. Predicting rdad hazards caused by rain, freezing rain and wet surfaces and the role of weather radar[J]. Meteoal A ppl, 1997(4): 17-21.
- [16] 张青珍, 王惠芳, 张明捷, 等. 濮阳市公路交通事故气象条件分析[J]. 气象与环境科学, 2007, 30(Supp. 1): 78-79.
- [17] 段广云, 朱晓龙, 沈振宇. 浅谈雾天高速公路的交通管制及处置[J]. 江苏交通, 2003(3): 10-13.
- [18] 郭刚. 高速公路智能化信息发布系统[J]. 东北公路, 2003(2): 15-18.
- [19] 严玉彬, 姬社英. 影响交通安全的气象因素分析及防控对策[J]. 气象与环境科学, 2008, (Supp. 1): 28-30.
- [20] 程琪. 高速公路交通灾害的预警管理研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2002.
- [21] 王郁彭, 刘永新. 交通事故与天气条件的关系[J]. 吉林气象, 2000(1): 31-34.
- [22] 张颀. 济青高速公路灾害性天气监测预警系统研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2004.
- [23] 李长城, 张高强, 汤筠筠. 高速公路交通气象灾害预警管理系统研究[J]. 道路交通安全, 2008, 8(3): 16-19.
- [24] 罗慧, 李良序. 公路交通事故与气象条件关系及其气象预警模型[J]. 应用气象学报, 2007, 18(3): 350-357.
- [25] 张殿业. 道路交通安全管理评价体系[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
- [26] 龚鹏飞. 道路交通突发事件分类与分级[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 45-49.

Advances in Traffic Meteorological Service under the Influence of Disastrous Weather

Zhai Yajing^{1, 2} and Li Xinghua²

(1. School of Atmospheric Science, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. Meteorological Service Center of Inner Mongolia Autonomous Region, Huhhot 010051, China)

Abstract: Influences of various disastrous weathers on transportation and safety of expressway and casualty and economic loss from traffic accidents caused by these weathers are traversed. According to research on the current situations of traffic meteorological service at home and abroad, deficiencies in that in China are found out by analysis and comparison. Measures and suggestions on developing traffic meteorological service better are forward to reduce traffic accidents. It is important to improve the transportation efficiency of expressways, reduce economic loss and casualties to make contribution for national economy and social development in China.

Key words: highway; influence of disastrous weather; traffic meteorological service