

基于灾害系统的中国南北方雪灾对比研究^{*}

——以2008年南方冰冻雨雪灾害和2009年北方暴雪灾害为例

白媛^{1,2}, 张建松^{1,2}, 王静爱^{1,2,3}

(1. 北京师范大学地理学与遥感科学学院, 北京 100875; 2. 北京师范大学区域地理研究实验室, 北京 100875; 3. 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)

摘要: 基于2008年中国南方低温雨雪冰冻灾害和2009年北方暴雪灾害典型雪灾案例, 确定了这两场雪灾影响范围。从区域致灾因子、孕灾环境、承灾体和灾情等方面进行灾害系统对比分析, 结果表明: 南北方雪灾受灾区域覆盖面积广, 重灾区前者为南岭地区, 后者为华北平原中部; 两场雪灾范围叠加区为南北方过渡地带。南北方雪灾均呈链发式, 前者以“雨雪-冰冻-低温”串发灾害为主, 链条多而复杂, 达25条灾害链; 后者由“降雪-大风-低温”并发灾害为主, 链条相对简单, 达8条灾害链。

关键词: 南方雨雪冰冻; 北方暴雪; 灾害系统; 灾害链; 对比研究

中图分类号: X4; P426.63 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-811X(2011)01-0014-06

0 引言

雪灾是由于大量的降雪与积雪, 对农牧业生产、公共设施及日常生活造成危害和损失的一种气象灾害。从全球范围看, 雪灾主要发生在北欧、北美^[1-2]、俄罗斯等北半球中高纬度国家和地区。在过去几十年里, 我国雪灾主要发生在北方牧区, 包括内蒙古^[3]、新疆北部^[4]和青藏地区^[5]。通常降雪天气伴有大风、降温等其它恶劣天气现象, 草原牧业和牧民灾情严重。因此, 大多数学者的研究, 集中在以畜牧业为承灾体的北方草原雪灾研究领域。

然而, 在2008-2009年, 我国相继发生了两场严重雪灾。一场是发生于2008年1月10日-2月2日南方地区百年一遇的低温雨雪冰冻灾害, 影响了包括贵州、湖南、安徽在内的全国多个省市, 造成了巨大的损失, 因灾死亡129人, 失踪4人, 转移安置灾民166万, 农作物受灾面积1187.4万 hm^2 , 倒塌房屋48.5万间, 因灾直接经济损失1516.5亿元。以其空前的受灾区域范围和灾情损失程度, 严重影响了区域经济发展, 已演

变为巨灾^[6]。另一场是发生于2009年11月8日-11月13日的北方雪灾, 影响了包括河北、山西、陕西、宁夏等8省区, 属60年一遇, 部分地区达百年一遇, 造成962.2万人受灾, 因灾死亡32人, 疏散公路滞留和转移安置16.6万人, 农作物受灾面积29.53万 hm^2 , 倒塌房屋1.5万多间, 因灾直接经济损失69.6亿元^[7]。这两场雪灾引起了我们对南北方雪灾的深入思考, 特别是对南方地区雪灾给予了高度关注。本文立足于灾害系统理论, 从区域致灾因子、孕灾环境、承灾体和灾情等方面进行南北方灾害系统对比分析, 以期为我国不同区域雪灾综合防灾减灾, 灾害链灾情放大机制研究提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 数据来源

本文所依据的数据主要有两类: ①灾情数据, 来源于国家气象局、民政部、农业部、交通部、公安部等官方网站新闻报道资料, 主要内容包括雪灾造成的经济损失、受灾人口、死亡人口、紧急安置灾民数量和受灾农作物面积等; ②气象数

* 收稿日期: 2010-06-24

基金项目: 国家科技支撑计划“综合风险防范技术集成平台研究”(2006BAD20B03); 公益性行业(气象)科研专项经费“全球变化背景下中国气象灾害风险区划研究”(GYHY200906019)

作者简介: 白媛(1986-), 女, 汉族, 青海西宁人, 硕士研究生, 主要从事环境演变与自然灾害研究. E-mail: baiyuan@mail.bnu.edu.cn

通讯作者: 王静爱(1955-), 女, 满族, 河北定州人, 教授, 主要从事区域地理教学和自然灾害等研究. E-mail: sqq@bnu.edu.cn

据, 来源于国家气象局数据共享中心编制的中国地面气候资料日值数据(1949 - 2009), 主要内容包括逐日降水量分布、日平均气压、平均气温、平均相对湿度、平均风速和日照等。两场雪灾灾情数据是基于网络平台, 搜索的关键词为“雪灾”, 搜索时间是 2008 年 1 月 10 日 - 2 月 10 日和 2009 年 11 月 8 日 - 11 月 13 日, 搜索到有关 2008 年南方雨雪冰冻灾害的数据为 15 797 条, 有关 2009 年北方雪灾数据为 785 条。

1.2 受灾区域范围界定

自然灾害灾情评价过程中, 划定灾区、确定灾民和拟定灾情是三项重要内容。因此, 本文首先确定了这两场雪灾受灾区域范围(图 1)。划分受灾区域和经济损失严重区域的依据: 一是根据民政部灾情数据, 凡是涉及降雪损失的省区划定为雪灾受灾区域; 二是根据民政部发布数据描述各个省市自治区灾情损失情况, 北方以直接经济损失 10 亿元以上为指标, 南方以直接经济损失 80 亿元以上为指标, 确定经济损失严重区域。此外, 还综合考虑区域气象与地形的相关性, 根据区域灾情影响程度, 确定出南北雪灾的重度受灾区域。

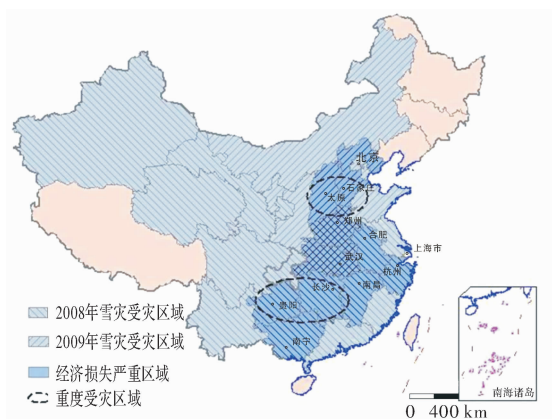


图1 中国南北方两场雪灾受灾范围

从图 1 分析得出以下结论。①这两场雪灾受影响区域范围几乎覆盖了我国大部分地区, 其中包括 28 个省市自治区, 占全国省市自治区数量的 82%, 而经济损失严重区域包括 10 个省市自治区, 大部分位于人口产业密集、交通网密布、城市化进程快的中部地区。我国雪灾受灾区域由传统的北方牧区转移至中东部地区, 这与中东部地区承灾体人口与经济密度加大密切相关。②南方雪灾重度受灾区域位于南岭地区, 海拔高度多在 300 ~ 500 m 以上, 部分地区海拔高度达 1 000 多米, 个别地方超过 2 000 m, 这对极端低温雨雪冰冻天气有强化作用, 孕灾环境放大了雪灾灾情。北方雪

灾重度受灾区域位于华北平原中部, 这里人口集中, 产业密集, 又是联通南北和东西的交通枢纽地带, 承灾体放大了雪灾灾情。③南北方两场雪灾的覆盖范围在河南省和湖北省相重叠, 形成南方雪灾和北方雪灾的过渡区域, 这类地区通常是雪灾发生频率较高的区域, 也应引起高度关注。

2 南北方雪灾灾害系统对比分析

2.1 构建区域雪灾灾害系统

基于灾害系统理论^[8], 依据两场雪灾的孕灾环境、致灾因子、承灾体和灾情的 16 582 条信息, 统计出现频次较高的要素词条, 进行归纳和排序, 分别提取南北方雪灾灾害系统的主要要素, 并由此构建了 2009 年北方雪灾灾害系统(图 2)和 2008 年南方雪灾灾害系统(图 3)。

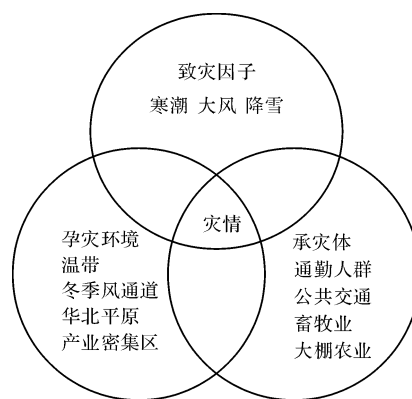


图2 2009 年北方雪灾灾害系统

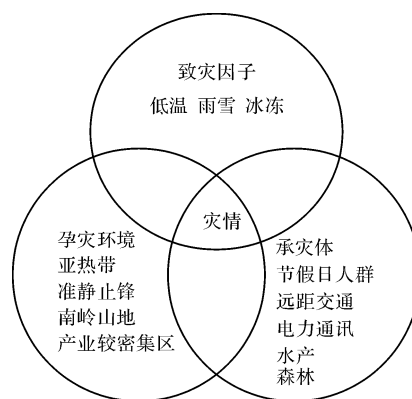


图3 2008 年南方雪灾灾害系统

2.2 孕灾环境对比分析

依据两场雪灾的受灾区域范围, 分别选取 2009 年河北石家庄站与 2008 年湖南郴州站气象资料, 并相应提取当年冬季(T1: 2008 - 11 - 01 - 2009 - 01 - 31 和 T2: 2007 - 11 - 01 - 2008 - 01 - 31)和当年雪灾发生时段(t1: 2009 - 11 - 08 - 2009 - 11 - 15 和

t_2 : 2008-01-10-2008-02-02) 的平均气温、气温距平、相对湿度、最小相对湿度、日照时数、日

照百分率、平均风速和最大风速等基本气象要素, 对这两场雪灾的孕灾环境进行对比(表 1)。

表 1 2009 年北方雪灾和 2008 年南方雪灾孕灾环境对比表

		平均气温/	气温距平/	最高气温/	相对湿度/	日照时数/	日照百分率/	平均风速/	最大风速/
		℃	℃	℃	%	h	%	(m/s)	(m/s)
石家庄站	冬季(T_1)	0.4	-0.8	5.6	55.6	1 621	54.0	1.30	6.7
	雪灾(t_1)	1.2	-3.6	7.4	52.0	1 572	52.0	0.76	4.3
郴州站	冬季(T_2)	8.8	-0.2	13.4	72.0	825	25.3	0.76	4.5
	雪灾(t_2)	3.8	-2.4	7.1	78.0	620	19.0	0.70	4.4

由对比分析可知, 两场雪灾的孕灾环境主要有如下特点: ①雪灾期间, 石家庄地区的平均气温低于郴州地区, 仅为 1.2°C , 积雪不易融化。而郴州地区在雪灾期间的平均气温达到了 3.8°C , 积雪易反复融化与结冰, 从而形成次生灾害。②从 t 时段的气温距平来看, 南北方两场雪灾发生的时段气温均较往年同期偏低, 容易引发冻害等其它由低温造成的次生灾害。③南方雪灾期间日照、相对湿度等条件均不利于积雪蒸散, 加剧了冰雪积压, 这与 2009 年北方雪灾中日照时数较长, 相对湿度较低的孕灾环境形成鲜明的对比。④雪灾发生时风速较冬季整体的平均状况低, 且最大风速均低于能够吹走积雪的临界风速 (5 m/s), 加大了积雪深度以及冰雪在建筑物或者电力通讯设施上的覆盖厚度, 加剧了对牧区牧业、城市建筑物和电网、通讯等基础设施破坏的危险性。

2.3 致灾因子对比分析

降雪是二者共同的致灾因子, 降雪致灾因子强度和持续时间对比如图 4 所示。从图上来看, 2009 年北方雪灾以短时间内强降雪量为主要致灾特征, 一次天气过程持续 6 d, 但是在灾情最为严重的石家庄地区仅 2009 年 11 月 10 日的单日降水量就达到了 51.1 mm , 强度达到百年一遇水平。2008 年南方雪灾共分 5 次过程, 单次降雪量均很小, 郴州地区 29 d 中有 25 d 的日降水量都在 10.0 mm 以下, 最大日降水量也仅为 29.1 mm 。然而, 由于南方地区特殊的孕灾环境造成积雪与融水蒸散困难, 并反复融化、结冰, 使得 5 次降雪的影响叠加在一起, 造成冰冻五次累积的罕见致灾强度。在郴州部分地区, 前 4 次冰冻过程累积形成的冰层就已经厚达 40 cm 。冰层导致灾区大面积电网设施破坏和损毁, 酿成前所未有的大面积断电事故^[6]。致灾因子的累积与复杂的链式致灾过程使部分地区的致灾强度达到了百年一遇。

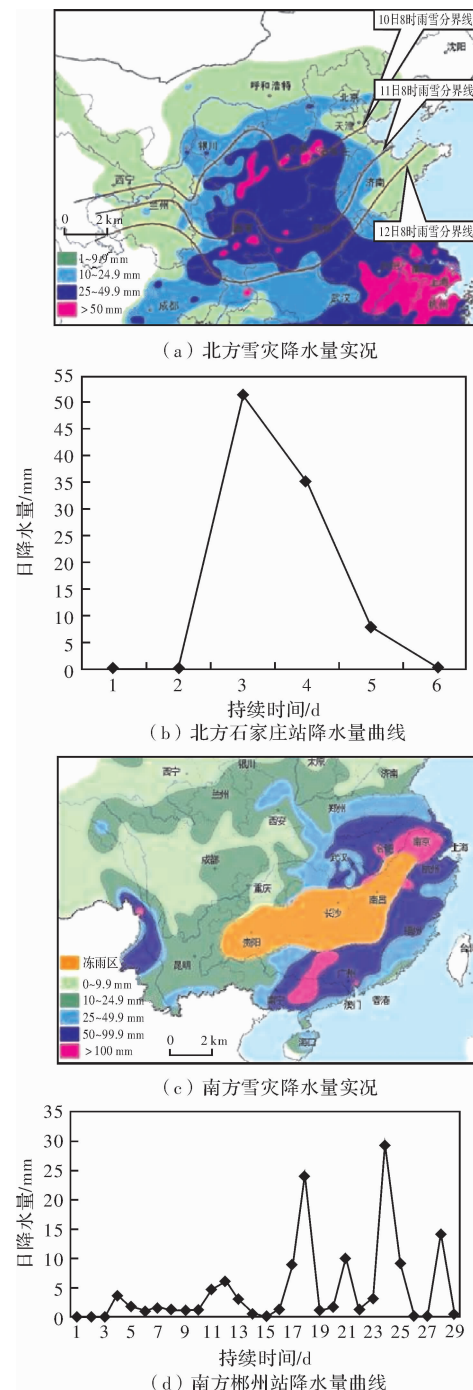


图 4 中国南北方降雪致灾因子强度和持续时间对比
(降水量实况图来源: 中国气象局)

通过对比可知, 北方雪灾致灾因子为寒潮、大风、降雪, 核心致灾因子是降雪。其中, 大风会对核心致灾因子降雪产生强烈的再分配作用, 造成部分地形特殊的区域降雪大量堆积, 使积雪深度远远大于原始降雪深度, 从而大大增强了核心致灾因子危险性。南方雪灾致灾因子主要为低温、降雪、冻雨、冰冻, 核心致灾因子是冰冻。由于温度在零度左右, 降雪在进入 1 000 m 左右大气层时融化成雨水, 降落地面再次遇冷凝结成水滴, 造成冻雨致灾

因子。雪下到地面后, 白天有一个气温上升过程, 雪融化成水, 但由于风速偏低, 雪水又未能及时被太阳蒸发, 夜间即冻结成冰。而持续性低温、雨雪和风速偏低等要素又使核心致灾因子冰冻的强度以累积和叠加的方式进一步增强。

2.4 承灾体对比分析

两场雪灾承灾体都集中在人类、交通、建筑物和资源这四大类型, 但是由于发生时段不同承灾体种类和规模有很大差异(表 2)。

表 2

中国南北方雪灾主要承灾体对比表

		2009 年北方雪灾	2008 年南方雪灾
时段		2009 年 11 月 8 日 - 11 月 15 日(前冬)	2008 年 1 月 10 日 - 2 月 10 日(后冬)
自然属性		秋末初冬	深冬
社会属性		秋季学期阶段	“春运”阶段
主要承灾体及规模	人群	通勤人群 (42 名学生受伤, 8 名学生死亡)	节假日运输人群 (铁路公路滞留人员 192.7 万人, 影响 3 400 余万人次正常出行)
	交通	城市公共交通 (42 条高速公路、10 条国道、16 条省道因路面积雪、结冰出现局部交通中断)	城际、省际交通运输 (2 000 km 高速公路, 22 万 km 普通公路交通受阻, 3 840 个航班取消, 9 550 个航班延误, 14 个民航机场关闭)
	建筑物	学校建筑物 (5 起学校建筑倒塌事件)	乡村居民住房 (48.5 万间民房倒塌)
	资源	秋熟制农作物 (露地蔬菜受冻面积 13.17 万 hm^2)	大棚农作物、越冬农作物 (损毁塑料大棚 3.99 万 hm^2 , 受灾越冬农作物 699.3 万 hm^2)
		秋季草场、越冬饲料 (受灾养殖场 66 814 个)	圈养畜禽 (因灾死亡的畜禽 6 900 多万头只)

注: 表中为截至 2008 年 2 月 23 日南方雪灾灾情和截至 2009 年 11 月 15 日北方雪灾灾情。

2009 年雪灾属于典型的前冬雪灾(10 月 15 日 - 12 月 31 日), 2008 年低温雨雪冰冻灾害属于后冬雪灾(1 月 1 日 - 2 月 29 日)。2009 年雪灾发生时段正值秋末初冬, 秋末采收的熟制农作物大面积遭受冻害。与此同时, 这一时段也是我国大部分学校秋季学期阶段, 学生上下学交通安全成为重要问题, 学校建筑物倒塌造成学生和教职工伤亡事件也多次发生, 造成极其恶劣的社会影响。教育部在此期间发出紧急要求凡是不能保证学生安全的校舍要立即停止使用, 为切实保障学生上下学交通安全, 可采用推迟上学时间、调课、停课等多种形式调整学生作息安排^[9-14]。而 2008 年雪灾发生在隆冬季节, 低温造成城市电力供暖能源紧张。低温还造成南方地区大量输水管道冻裂。由于冰雪不能融化, 大量融雪剂的使用威胁城市饮用水安全, 毒害城市行道树、草坪、灌木丛等。农村地区的大棚农作物和圈养畜禽亦受损严重。后冬时节也正是我国传统节日——春节来临之际。

中国人春节回家过年的传统习俗, 使春节期间成为民航、铁路、公路运输量最大、最为繁忙的时段。区域间大规模的人口流动增加了交流运输系统的压力, 使其在大范围冰冻雨雪灾害面前表现得更加脆弱。

由此可见, 2008 年南方雪灾承灾体规模(其中包括受灾人数、交通承灾体规模、建筑物承灾体数量)大于 2009 年北方雪灾。2009 年北方雪灾主要承灾体为秋熟制农作物、秋季草场、越冬饲料、通勤人群和城市公共交通。2008 年南方雪灾主要承灾体为大棚农作物、圈养畜禽、水产养殖、乡村居民住房、省际交通运输和节假日运输人群。此外, 后冬雪灾发生所处的特殊脆弱时段, 使其特殊的自然属性和社会属性还对灾情起到了显著的放大作用。前冬雪灾与后冬雪灾所处的不同时段造成了其主要承灾体在种类、规模以及脆弱性特征等方面的显著差异, 在制定防灾减灾规划时应充分考虑。

2.5 灾害链对比分析

灾害链是指由某一种致灾因子引发的一系列灾害现象,通常有串发性和并发性两种灾害链。

本文基于灾害系统理论,分析两场雪灾灾情案例,探讨其致灾成灾机制,综合分析地域差异,雪灾成因机制,初步构建了区域雪灾灾害链(图5)。

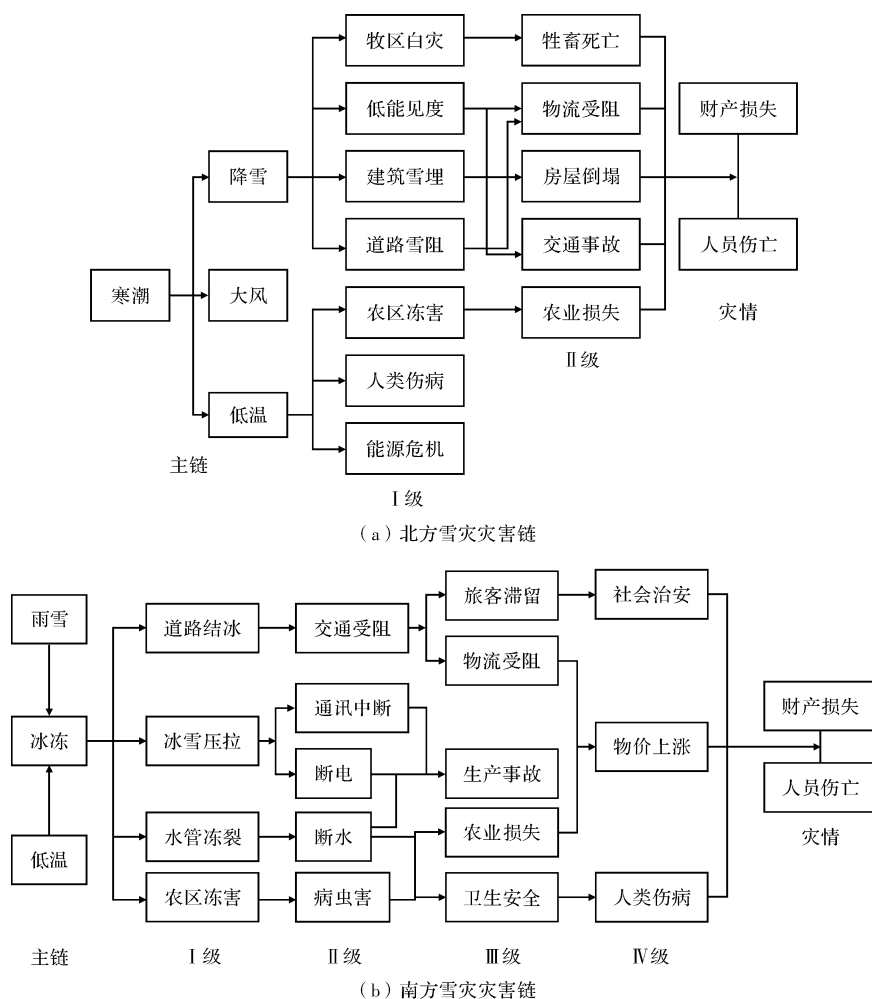


图5 中国南北方雪灾灾害链

中国南北方雪灾在一系列链性反应下都造成了人员伤亡、财产损失的灾情,但是主链不同,串并发机制不同,次生灾害种类数量以及破坏力也有很大不同。北方雪灾以寒潮引发的降雪、低温、大风同时发生的并发灾害链为主,12种次生灾害(其中包括7种Ⅰ级次生灾害,5种Ⅱ级次生灾害),8条灾害链,次生灾害主要集中在第Ⅰ级,灾害链较为简单,链性反映不强烈。南方雪灾灾害以雨雪和低温引发的冰冻为核心串发性灾害链为主,17种次生灾害(其中包括4种Ⅰ级次生灾害,5种Ⅱ级次生灾害,4种Ⅲ级次生灾害,3种Ⅳ级次生灾害),25条灾害链,链条较长,使灾情层层放大,形成巨灾。破坏力最强的次生灾害集中在第Ⅱ级,整个城市生命线系统完全被破坏,从而导致社会生产生活全面瘫痪,因此着重监管,阻断Ⅰ级与Ⅱ级次生灾害之间链条,控制Ⅱ级次

生灾害的发生在南方地区雪灾防范中尤为重要。

3 结论与讨论

本文在对2008年中国南方低温雨雪冰冻灾害和2009年北方暴雪灾害灾情案例梳理基础上,界定了受灾区域、经济损失严重区域、重度受灾区域。由于地形地貌对于灾情损失程度有强化作用,其中南岭地区和华北平原中部分别为两次典型雪灾的重度受灾区。南北方过渡地带是雪灾较为频发、承灾体脆弱性较强的地区。

对比分析两场雪灾灾害系统,南北方雪灾孕灾环境差异是造成灾情损失不同的主要原因。北方雪灾致灾因子为寒潮、大风、降雪,核心致灾因子是降雪。南方雪灾致灾因子主要为低温、降雪、冻雨、冰冻,核心致灾因子是冰冻。核心致

灾因子的强度和持续时间影响灾情严重程度。南方雪灾承灾体种类多、规模大, 后冬时段的特殊脆弱性会放大和强化灾情, 是雪灾防范的重要时段。

对南北方雪灾灾害链对比分析得出, 北方雪灾以并发灾害为主, 8 条灾害链, 链条简单。南方雪灾以串发灾害为主, 25 条灾害链, 灾害链复杂。链式反应的层层放大和Ⅱ级次生灾害生命线系统的破坏是南方雪灾灾情严重的主要原因。

我国地域辽阔, 各地区受雪灾影响的程度及各自的脆弱性不同, 导致雪灾灾情表现存在明显的区域差异性, 在全球气候变化的背景之下, 中国南北方雪灾孕灾环境都在发生变化, 气候变化幅度的增加就是其中之一。在未来的一段时期内, 强降雪的极端天气事件的发生频率与强度均有可能增加, 雪灾灾害风险增大。如何进一步评估全球气候变化的条件下区域雪灾孕灾环境的不稳定性, 并进行系统的雪灾风险评估, 减轻雪灾风险、提高抵御雪灾的恢复能力将是下一步工作的重点。

参考文献:

- [1] Stanley A Changnon. Snowstorm catastrophes in the United States [J]. *Environmental Hazards*, 2005, 6(3): 158-166.
- [2] Bruce Jamieson, Chris Stethem. Snow avalanche hazards and

- management in Canada: challenges and progress [J]. *Natural Hazards*, 2002, 26: 35-53.
- [3] 郝璐, 王静爱, 满苏尔, 等. 中国雪灾时空变化及畜牧业脆弱性分析[J]. *自然灾害学报*, 2002, 11(4): 43-48.
- [4] 刘兴元, 梁天刚. 北疆牧区雪灾预警与风险评估方法[J]. *应用生态学报*, 2008, 19(1): 133-138.
- [5] 周陆生, 汪青春, 李海红, 等. 青藏高原东部牧区大暴雪过程雪灾灾情适时预评估方法的研究[J]. *自然灾害学报*, 2001, 10(2): 58-65.
- [6] 董文杰, 史培军, 王静爱, 等. 中国雪灾区域差异分析[J]. *区域地理论丛(专辑)*. 2008: 55-63.
- [7] 关注我国罕见暴雪: 北方雪灾 32 人死 960 万人受灾[EB/OL]. [2010-05-01]. http://epaper.nfdaily.cn/html/2009-11/16/content_6796265.htm#2009-11-16.
- [8] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. *自然灾害学报*, 1996, 5(4): 6-16.
- [9] 教育部办公厅. 关于应对当前天气变化做好中小学安全防范工作的紧急通知[EB/OL]. [2010-05-01]. <http://www.moe.edu.cn/edoas/website18/38/info1259567568202138.htm> 2009-11-12.
- [10] 史培军, 王静爱, 杨明川, 等. 中国自然灾害系统地图集[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [11] 陈长坤, 孙云凤, 李睿. 冰雪灾害危机事件演化及衍生链特征分析[J]. *灾害学*, 2009, 24(1): 18-21.
- [12] Saraf A K, Foster J L. Passive microwave for snow - depth and snow extent estimations in the Himalaya Mountains [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1999, 20(1): 83-95.
- [13] 周靖, 马石城, 赵卫锋. 城市生命线系统暴雪冰冻灾害链分析[J]. *灾害学*, 2008, 23(4): 39-44.
- [14] 暴丽杰, 尹占娥, 温家洪. 评价城市基础设施自然灾害连锁效应的结构方法[J]. *灾害学*, 2009, 24(1): 13-17.

A Comparative Study of Snow Disasters in Northern and Southern China —Taking Freezing and Snow Disaster in 2008 and Snowstorm Disaster in 2009 as Examples

Bai Yuan^{1,2}, Zhang Jiansong^{1,2} and Wang Jingai^{1,2,3}

(1. School of Geography and Remote Sensing Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2. Key Laboratory of Regional Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

3. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resources Ecology, Beijing 100875, China)

Abstract: Based on the two typical cases of snow disaster in North China in November 2009 and low-temperature freezing and snow disaster in South China in January 2008, the affected areas of both disasters are identified. Comparative analyses are carried out according to disaster system theorem. It shows that the affected areas of the two disasters are large, and the center of 2009 disaster is in the North China plain while that of the 2008 disaster is in Nanling region. The transition regions of North and South China are overlapping areas of two disasters. Snow disasters in South and North China occur in chain patterns. The disaster chain as rain and snow-freezing-low temperature in South China is complicated and contains 25 chains. The disaster chain as snow-strong wind-low temperature in North China is relatively simple. It consists of 8 single chains.

Key words: freezing and snow disaster of 2008 in south China; snowstorm disaster of 2009 in north China; the disaster system; disaster chain; comparative study