城市雪灾研究综述——以日本为例

阎　莉，张继权，佟志军，刘兴朋

（东北师范大学城市与环境科学学院，长春　130024）

摘要：城市雪灾作为城市灾害的一种类型，近几年不规律的发生，对城市的各种设施损害严重。主要从雪灾的致灾因子、承灾体以及地域的防灾减灾能力出发，以2种视角，综述现阶段中国、日本及其他国家城市雪灾研究进展，指出其存在的不足。旨在借鉴国外城市雪灾评价方法和应急处理模型的优点，为我国雪灾的科学评价和应急管理提供意见和建议。

关键词：地理学；城市雪灾；综述；致灾因子；承灾体；防灾减灾能力

中图分类号：X43　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674-2850(2011)11-1908-9

Review of urban snow disaster in Japan

YAN Li, ZHANG Jiquan, TONG Zhijun, LIU Xingpeng

(*College of Urban and Environmental Sciences, Northeast Normal University, Changchun*　130024, *China*)

Abstract: The irregular occurrence of urban snow disaster in recent years has caused great damages to our city facilities. Based on the analysis of disaster-causing factors, hazard-bearing body and regional disaster prevention and mitigation capabilities, from both domestic and international perspectives, this paper summarizes the advances in urban snow disaster research in both Japan and China at the present stage and points out problems in these researches. Several pieces of advice are discussed, which suggest that our country should learn the advantages of Japan in urban snow disaster evaluation method and emergency management model.

Key words: geography; urban snow disaster; reviews; disaster-causing factors; hazard-bearing body; disaster prevention and mitigation capabilities

0　引言

近几年来，全球气候异常导致许多自然灾害初现端倪，雪灾就是其中一例。通常雪灾是我国北方或牧区较常发生的一种气象灾害，对于城市影响并不十分明显[1]。2008年，南方雪灾导致中国20个省（市、区）不同程度地受到低温、雨雪、冰冻灾害的影响，使人们逐渐意识到城市雪灾的危险性以及我国城市管理在应对雪灾方面的不足。在阅读大量国内外文献的基础上，从致灾因子、孕灾环境和承灾体3个方面，结合不同地域、地物的防灾状况，研究国内外雪灾研究现状，借鉴国外的成功经验，为我国的城市雪灾研究和城市雪灾应急管理提供意见和建议。

1　雪灾致灾因子研究

致灾因子是指可能造成财产损失、人员伤亡、资源与环境破坏、社会系统混乱等孕灾环境中的异变因子[2]。雪灾的形成是致灾因子对承灾体作用的结果，因此从致灾因子的角度出发研究雪灾是雪灾研究的重要方面。雪灾评价在考虑降水量、气温高低等的同时，也要研究地形、风向、风速（风力）、

基金项目：高等学校博士学科点专项科研基金（20090043110003）
作者简介：阎莉（1987—），女，硕士研究生，主要研究方向：自然灾害风险评价
通信联系人：张继权，教授，主要研究方向：自然灾害与生态环境风险评价和管理. E-mail：zhangjq022@nenu.edu.cn

植被、坡向等对积雪分布的影响[3]，还要考虑大气环流、西风、信风对雪灾形成的影响，分析在此影响下雪灾的持续时间以及对地区的影响[4]。唐秀等[5]找出暴雪天气的个例，运用统计学方法对高、中、低、地面4个层次进行分类，对于不同类型赋予不同权重，找出产生暴雪的13个主要因子，建立预报方程。对于雪灾面积的计算，利用中分辨率成像光谱仪（moderate-resolution imaging spectroradiometer，MODIS）可见光数据，进行积雪归一化处理[6]，也可以运用美国国家海洋和大气管理局（National Oceanic and Atmospheric Administration，NOAA）的AVHRR资料以及陆地卫星（landsat）MSS/TM波段资料、地球静止业务环境卫星（geostationary operational environmental satellites，GOES）资料、被动微波（special sensor microwave/image，SSM/I）资料等获取，以及运用雪灾前后的植被归一化指数（normalized difference vegetation index，NDVI）的方法结合实地调查，对灾情进行初步评估[7~9]。

在对雪灾因子进行评价时，多数采用一定的数学方法。李华蓉等[10]运用主成分分析方法确定山区公路雪灾主要因子，基于雪灾的主要致灾因子建立雪灾强度模型和预警评估模型，评估模型支持下的评价结果与实情基本吻合。肖玉华等[11]研究气温、降水、低空气压等因子，采用客观检验方法和暴雨数值预报模式对2008年初发生在我国南方的低温雨雪冰冻过程的预报进行了检验，结果表明，这种模式对温度和降水有很好的检验效果。

国外关于雪灾致灾因子的研究不少，多是从物理学的角度研究。以日本学者为例，佐藤篤司等[12]研究雪降落过程中的粒子直径和速度分布关系，做出随时间变化的粒径和速度分布规律，并建立等级数学模型，推断随时间推移雪的分布情况。中井專人等[13]运用位置矢量与速度关系对由此建立的模型和实际观测情况进行对比检验。

$$\boldsymbol{r}_G = \sum_i f_i \boldsymbol{r} \boldsymbol{r}_i / \sum_i f_i ,$$

其中，$\boldsymbol{r}_G$为雪粒子落下的空间矢量位置；f_i为雪粒子粒径；$\boldsymbol{r}_i$为速度矢量。

平島寬行等[14]观测研究区的气温、风速、风向、长/短波放射收支量、积雪深、路面温度等致灾因子，依据热量收支平衡的原理，建立路面摩擦系数与温度的数学关系，及时对路面情况进行预测。佐藤威[15]研究风力作用下暴风雪颗粒的运动情况及摩擦因子，建立暴风雪雪量和强度，以及暴风雪空间浓度的相关函数，确定暴风雪的垂直路径及水平路径，推断积雪的分布状况。秋山一弥[16]考虑放射能量以及辐射能量，运用物理学热量守恒定理，计算一日融雪量，建立相关数学模式。关于评价雪灾的致灾因子数据，主要通过建立气象观测站及完整的雪灾构筑体系[17]。其中，降雪量可以采用多普勒降水测量针实时测量[18]。

2 雪灾承灾体研究

承灾体就是各种致灾因子作用的对象，是人类及其活动所在的社会与各种资源的集合[19]。城市雪灾的承灾体主要体现在道路、建筑、行道树以及雪灾造成的经济损失等，不同的雪灾等级对地域类型、建筑设备的影响不同。梅村晃由等[20]和上村靖司等[21]以长冈市为例，从利用度和经济费用的角度，提出雪灾度的概念及计算方法：

$$h = ke + e'' ,$$

$$k = \frac{k'd}{365} .$$

其中，h为要求的每天雪灾度；k为系数；e为与除雪无直接关系的费用；e''为与除雪直接相关的费用；k'为经验系数，根据雪灾影响程度而定；d为年降雪天数。

关于e值的计算主要将城市按照用途划分为不同地域类型，计算多雪年和少雪年等不同地域类型、

不同除雪设备下的雪灾等级以及损失情况：

$$E = \text{地租} + \text{设备费} + \text{管理维持费用},$$

其中，E为处理雪灾的费用。

降雪对公路的影响主要表现为雪阻，公路雪阻是公路较大的灾害之一，在我国新疆、内蒙、吉林和黑龙江等地，雪阻几乎年年发生，给公路交通运输安全和畅通带来了相当大的威胁[22~23]。席建锋[24]结合地形、气候等因素利用流体力学的原理，从风吹雪及积雪等主要影响因素入手，分析积雪形状形成的力学机制，提出了积雪深度的定量化模型，并提出相应的防治技术对策。赵金顺等[3]在分析研究积雪特征、类型、影响因素、发生机制、规模以及发生规律等的同时，探讨了最大积雪深度、最大风速的计算方法，在此基础上提出了有效提高公路防抗灾害能力的方法[25]。日本关于道路雪灾应急的研究注重从物理学的角度出发，利用气象观测值预测路面温度，构建路面摩擦系数与温度的数学关系，对路面情况及时预测[14]。

路面处于压实雪状态的摩擦系数计算：$\mu=(-1.43\times10^{-3})T^2-(5.00\times10^{-2})T+0.245\ 8$；

冰雪混合状态下的摩擦系数计算：$\mu=0.23\exp(-0.035Q_{\text{ice}})+0.38$，其中，$Q_{\text{ice}}$为含水率，可以根据含水量计算；

含水量W计算：$\mathrm{d}W/\mathrm{d}t=M$，其中，$M$为单位时间的融雪量，

$$M=-\rho(\mathrm{d}H/\mathrm{d}t),$$

其中，μ为摩擦系数；T为温度；H为高度；t为时间；ρ取600 kg/m^3；M值可以通过实验获得。

加治屋安彦等[17]基于2001年至2006年5年间北海道地区雪崩事件，对公路两侧斜面的雪崩进行气象解析和实地测试，找出雪崩事件发生之前平均气温和降雪强度的关系。注重在公路两侧建立观测点，实时观测数据。建立雪灾发生预测体系，完成对降雪分布预测、积雪变化预测体系、灾害发生预测体系，使应对雪灾体系更具科学化、合理化。杉森正義等[26]建立排雪量与积雪深度、道路宽度以及确保除雪目标量三因子的函数关系，最快地解除雪灾的影响。高井和纪等[27]通过积雪风洞实验和水渠可视化实验，研究道路防雪栅栏周围的气流以及暴风雪分布图，建立数值模型解析。平島寛行等[28]从2002年起，在山形县设置气象观测点，进行道路气象数据的检测，建立降雪时的气象因子和路面温度二者的相关函数关系，完成对雪灾发生时路况的预测。

建筑是城市雪灾过程中受损程度较严重的部分，暴风雪灾害的发生伴随着房屋的损坏甚至倒塌，每年的损失较大。降雪对于建筑的影响主要表现在由于强风导致的风吹雪对建筑的堵塞和降雪雪压对建筑的破坏。铃木有等[29]和迟本敏和等[30]从不同地域以及建筑类型的角度考虑雪灾的各个致灾因子，建立危险度和各个因子的数学关系，从而完成城市内部不同地域受灾情况评价，为应对城市内部不同地域遭受的雪灾提供依据。土谷学等[31]和堤拓裁[32]进行暴风雪风洞实验，根据实验得出的数据计算建筑周围堆积雪雪深分布，对积雪情况进行定量测试，为建筑建造以及雪灾发生时的应急提供依据。伊藤新智等[33]以水平的屋顶作为研究对象，采用模拟人工降雪的方法，测量积雪厚度和积雪分布情况，画出积雪分布图。

此外，降雪对于城市电网以及城市绿化带存在一定的破坏，2008年南方重大雪灾对电网的破坏就是一个很明显的例子。陈为化等[34]总结了冰雪灾害对电网安全运行的主要影响，分析了几个典型年份电力设备损失情况与雪灾发生的关系。降雪对于行道树的影响也不容忽视，因此对不同种类树木的受损研究也越发重要[35]。高培军等[36]和王世春[37]研究雪灾对毛竹和古松的影响，建立树木的折损率和影响因子之间的回归关系式，确定不同影响因子的影响程度。嘉戶昭夫等[38~40]根据研究容易产生树冠积雪的气候条件和树种，从物理力学的角度，根据树冠积雪的力学原理，建立树高、根系深度、树干粗细程度与树体变形程度的关系图（如图1所示），计算雪灾发生时的树木受灾程度。

3 城市雪灾防灾能力研究

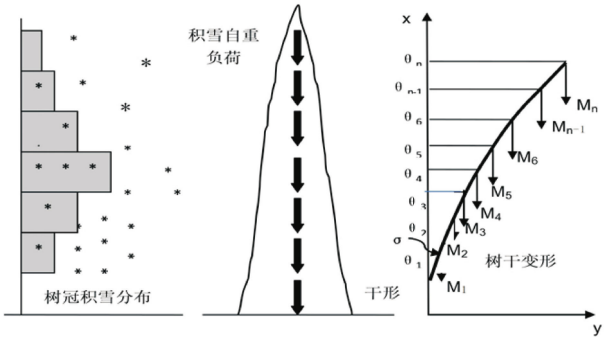


图 1 树冠积雪的力学模型
Fig. 1 Mechanical model of canopy snow

城市雪灾事件是城市应急管理面临的新问题。城市应急管理是一个复杂范畴，涉及管理学、地理学、社会学、心理学、传播学等领域知识[41]。雪灾发生过程中，最重要的部分在于灾后救助及应急管理部分。我国关于雪灾的应急主要从管理学的视角出发，张毅[42]、王瑞妮[43]、林宏御等[44]、成翠萍[45]和吴春笃等[46]分别在各自的论文中就冰雪灾害的公共危机管理和应对措施进行研究，提出现阶段我国政府的应急反应中出现的问题，并提出具体的措施和意见。同宇[47]采用模糊综合评判，提出构建科学的应急管理体系。吕雉知[48]运用平衡积分卡（balanced score card，BSC）确定评价的社会、人为等指标，用层次分析法（analytic hierarchy process，AHP）评估指标的权重，对 2008 年雪灾事件的应急管理绩效进行评估。王静等[49]通过应用电子政务平台的方式，从网站内容和版面设计的角度，对省级政府部门门户网站进行丰富和完善，从而完成危机管理。加强公众对雪灾的认识，介绍了雪崩以及暴雪灾害发生的防范与救助措施[50]。

日本注重从设备等的管理、更新角度提高城市的防灾减灾能力，结合雪灾发生因子，建立相关的数学关系式。宍戸真也等[51]根据液态和固态积雪的数值计算，开发适应该情况下的扫雪机，更快、更彻底地完成扫雪任务。中地章等[52]开发使用太阳能装置，自动供给防冻液。杉森正義等[26]从城市地域总体的视角提出城市排雪体系网络的概念，能够保证所有链环作业的进展，从而最快地解除雪灾的影响。井上秀秋等[53]使用利用地下水和太阳能进行路面加热的系统，充分利用地下水的潜热性能和太阳能，分时间段、立体融雪。青木秀敏[54]使用双侧构造的蓄热材料和融雪剂，将道路融雪设备分为两层，外层主要为钙化盐，内部为蓄热材料，将白天的太阳能蓄积，夜间释放融化积雪。金村直俊等[55]以札幌市为例，调查该市的雪灾情报运用状况，提出运用过程中的优缺点，为以后的雪灾情报处理提供借鉴。藤井俊茂[56]针对铁路，提出从软件和硬件两个部分考虑铁路部门的除雪对策，软件方面要规范列车时间表和运营，避免混乱；硬件方面要注重线路两侧加强应对处理的对策和雪灾处理设备。

另外，日本建立了综合灾害管理机构——中央防灾委员会，从中央到地方直至基层都有完整的防灾系统来指导和部署全国的减灾工作。按照国家行政组织法规定成立的中央防灾议会（灾时自动转为灾害对策本部），设于总理府，全面负责管理发生在境内的自然灾害防御工作[57]。此外，日本在雪灾应对方面注重群众自身的应对，加强民众自身的应对意识，并编有多种应对手册供民众参考。

其他国家关于雪灾的研究主要集中在防灾减灾能力方面[58]。瑞士是典型的雪灾高发国家之一，为了减少雪灾损失，瑞士加强供暖的防冻系统，保证在低温情况下也能正常供暖，同时加强应对雪灾发生时的保障技术，例如在滑雪地区向游客分发雪崩意外发生时的保险包；德国作为汽车大国，重视雪灾发生时道路的防滑性能，同时加强对民众的教育宣传；英国建立完善的应急管理体系，注重雪灾发生的预警体系；加拿大强调全国区域的整体协调。此外，国外注重事后的保险和保障制度。这些都为我国的雪灾应急等提供了重要的参考。

4 结论与展望

我国对城市雪灾研究的起步较晚，城市雪灾的研究以及建立有关雪灾评价模型较少。对不同地域以及不同地物的雪灾损失评价很少见，侧重于省政府机构对于应急对策的研究，但是与非政府机构（non-government organization，NGO）的合作研究并不是很密切[59]。日本关于雪灾的研究起步较早，

尤其注重运用数学模型及政府和非政府机构的合作。相较于日本而言，我国在城市雪灾的评价和应对方面还有很大差距，尤其是2008年的南方雪灾，暴露出我国在雪灾应对的基础设施和应急管理体系存在的诸多不足，尤其是在应对突发性事件方面。日本的雪灾研究系统、雪灾应急体系系统，对我国的雪灾评价以及应急措施具有借鉴意义，主要体现在：

1）城市雪灾不能局限在公路雪灾研究，更要针对不同地域、不同地物类型研究，尤其是对建筑的影响研究以及对铁路的影响等方面的研究要加强。

2）研究过程中要注意加强数学模型的运用，使研究更加科学、具有说服力。

3）我国也应该借鉴日本，在重要的交通路线地区设置气象检测点，对气象因子进行实时检测，在重要的路段对气象因子进行实时监测，从而控制路况，及时应对道路突发灾害事件，完成对路况的实时检测。

4）加大道路应对雪灾发生设备的投入，在雪灾多发路段建立科学的道路融雪体系。

5）完善我国的应对体系，加强政府和非政府机构的合作，在政府主要领导的同时，要借助民间组织力量更好地进行经验分享，更加有效地提高救灾工作的成效。

6）定期召开各种雪灾等气象灾害的研究会议，加强灾害评价及应急交流，加强民众灾害应对意识，政府机构要加强宣传。

[参考文献] (References)

[1] 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）：42-48.
HAO L，WANG J A，MAN S E，et al. Spatio-temporal change of snow disaster and analysis of vulnerability of animal husbandry in China[J]. Journal of Natural Disasters，2002，11(4)：42-48.（in Chinese）

[2] 史培军. 灾害研究的理论与实践[J]. 南京大学学报，1991（11）：37-42.
SHI P J. On the theory of disaster research and its practice[J]. Journal of Nanjing Unvecrsity，1991(11)：37-42.（in Chinese）

[3] 赵金顺，李立军，魏庆朝. 积雪灾害防治中的积雪深度与风速的计算[J]. 中国安全科学学报，2005，15（9）：3-6.
ZHAO J S，LI L J，WEI Q C. Calculation of snow depth and wind velocity in snow calamity control[J]. China Safety Science Journal，2005，15(9)：3-6.（in Chinese）

[4] 田磊，黄鹤. 安徽省2008年雪灾成因及对农业生产的影响分析[J]. 安徽农业科学，2009，37（5）：2120-2122.
TIAN L，HUANG H. Forming causes of snow disasters and their effects on the agricultural production in Anhui province in 2008[J]. Journal of Anhui Agri. Sci.，2009，37(5)：2120-2122.（in Chinese）

[5] 唐秀，李建华，王金辉，等. 塔城盆地暴雪预报方法和白灾的防御对策[J]. 沙漠与绿洲气象，2009，3（1）：41-44.
TANG X，LI J H，WANG J H，et al. Forecast method of heavy snow and defensive countermeasures to snow disaster in Tacheng Basin[J]. Desert and Oasis Meteorology，2009，3(1)：41-44.（in Chinese）

[6] 蔡菊珍，何月，张小伟，等. 基于GIS的浙江省积雪遥感监测与评估研究[J]. 气象，2010，36（4）：85-89.
CAI J Z，HE Y，ZHANG X W，et al. Remote sensing monitoring and evaluation of snow cover in Zhejiang province based on GIS[J]. Meteorological Monthly，2010，36(4)：85-89.（in Chinese）

[7] 殷青军，杨英莲，徐维新. NOAA卫星资料云雪识别方法的研究[J]. 高原气象，2002，21（5）：526-528.
YIN Q J，YANG Y L，XU W X. Research on distinguishing between cloud and snow with NOAA images[J]. Plateau Meteorology，2002，21(5)：526-528.（in Chinese）

[8] 王世杰. 利用NOAA/AVHRR影像资料估算积雪量的方法探讨[J]. 冰川冻土，1998，20（1）：69-74.
WANG S J. Exploring the estimation of snowpack volume with NOAA/AVHRR satellite data[J]. Journal of Glaciology and Geocryology，1998，20(1)：69-74.（in Chinese）

[9] 延昊. NOAA16卫星积雪识别和参数提取[J]. 冰川冻土，2004，26（3）：369-373.
YAN H. Detecting snow and estimating snowpack parameters from NOAA16-AVHRR data[J]. Journal of

Glaciology and Geocryology，2004，26(3)：369-373.（in Chinese）

[10] 李华蓉，赵一，潘建平. 山区公路雪灾预警评估模型初探[J]. 城市勘测，2010（2）：116-119.
LI H R，ZHAO Y，PAN J P. Study of the snow disaster early-warning model in the mountain road area[J]. Urban Geotechnical Investigation & Surveying，2010(2)：116-119.（in Chinese）

[11] 肖玉华，何光碧，陈静，等. AREM 对 2008 年西南地区低温雨雪天气预报能力的检验[J]. 暴雨灾害，2009，28（2）：152-156.
XIAO Y H，HE G B，CHEN J，et al. Verification of prediction capability of AREM on low temperature，rain，snow and frost over Southwestern China in 2008[J]. Torrential Rain and Disasters，2009，28(2)：152-156.（in Chinese）

[12] 佐藤篤司，石坂雅昭，小林俊市，等. 雪氷災害発生予測システムのプロトタイプ[A]. 日本雪氷学会全国大会講演予稿集[C]. 札幌：2005. 21.
SATO A，ISHIZAKA M，KOBAYASHI T，et al. Prototype of forecasting system of snow disasters[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Sapporo：2005. 21.（in Japanese）

[13] 中井專人，本吉弘岐，岩本勉之. Zeを用いた降雪の鉛直プロァイル[A]. 雪氷研究大会講演要旨集[C]. 札幌：2009. 5.
NAKAI S，MOTOYOSHI H，IWAMOTO K. Vertical profiles of snowfall using Ze[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Sapporo：2009. 5.（in Japanese）

[14] 平島寛行，上石勲，小杉健二，等. 雪氷災害発生予測システムを用いた道路雪氷状態の推定雪氷災害発生予測システムを用いた道路雪氷状態の推定[J]. 寒地技術論文，2009：337-340.
HIRASHIMA H，KAMIISI I，KOSUGI K，et al. Road snow condition conjecture using snow disaster forecasting system[J]. The Frigid Zone Scientific Paper，2009：337-340.（in Japanese）

[15] 佐藤威. 吹雪の発生・発達と空間構造[J]. ながれ，2009，28（6）：461-468.
SATO T. Development of drifting/blowing snow and its spatial structure[J]. Journal of Japan Society of Fluid Mechanics，2009，28(6)：461-468.（in Japanese）

[16] 秋山一弥. 二次的な土砂災害発生予測手法について～簡易な融雪量予測に向けて～[A]. 国土交通省国土技術研究会報告[C]. 东京：2005. 9-12.
KAZUYA A. Methods about second-hand sand disasters prediction：simple snowmelt forecast[A]. Land Technology Research Report from The Ministry of Land[C]. Tokyo：2005. 9-12.（in Japanese）

[17] 加治屋安彦，松澤勝，伊東靖彦，等. 豪雪時における雪崩危険度判定手法に関する研究[J]. 土木研究所資料，2009（4155）：117-120.
KAJIYA Y，MATSUZAWA M，ITO Y，et al. Research on avalanche risk assessment method in heavy snow (2)[J]. Civil Engineering Institute Data，2009(4155)：117-120.（in Japanese）

[18] 井上聡，廣田知良，岩田幸良，等. 非接触手法による寒冷地と温暖地の冬季降水量計測値の比較[A]. 雪氷研究大会講演要旨集[C]. 札幌：2009. 9.
INOUE S，HIROTA T，IWATA Y，et al. Comparison of winter precipitation data by non-intrusive methods in cold region and mild region[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Sapporo：2009. 9.（in Japanese）

[19] 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）：6-17.
SHI P J. Theory and practice of disaster study[J]. Journal of Natural Disasters，1996，5(4)：6-17.（in Chinese）

[20] 梅村晃由，大滝均，上村靖司. 豪雪都市の雪灾度に関する研究-第 1 報，雪害度の定義と試算[J]. 自然災害科学，1990，9（1）：17-26.
TERUGOSHI U，OTAKI H，KNMIMURA S. Study of amount of show damages on an urban area with heavy snow fall part 1：definition of amount of show damage and its trial appraisement[J]. Electronic Library Service，1990，9(1)：17-26.（in Japanese）

[21] 上村靖司，梅村晃由. 豪雪都市の雪灾度に関する研究-第 2 報，大雪年と少雪年の長岡市の用途地域別の雪害度[J]. 自然災害科学，1992，11（3）：145-156.
KNMIMURA S，TERUGOSHI U. Snow damage in an urban area with heavy snowfall part 2：the annual amounts of snow damage district of nagaoka city in the years of snow abundance and scarcity[J]. Electronic Library Service，

1992，11(3)：145-156.（in Japanese）

[22] 王中隆. 中国风雪流及其防治研究[M]. 兰州：兰州大学出版社，2001.
WANG Z L. Research on China snow-driving wind and its prevention[M]. Lanzhou：Lanzhou University Press，2001.（in Chinese）

[23] 陈晓光，李俊超，李长林，等. 风吹雪对公路交通的危害及其对策研讨[J]. 公路，2001（6）：113-118.
CHEN X G，LI J C，LI C L，et al. Discussion on wind and snow casused damages on the highway traffic and countermeasures[J]. Highway，2001(6)：113-118.（in Chinese）

[24] 席建锋. 公路风吹雪雪害形成机理及预测研究[D]. 吉林：吉林大学，2007.
XI J F. Research on the mechanism and forecast of highway snowdrift hazard[D]. Jilin：Jilin University，2007.（in Chinese）

[25] 赵建国. 论如何有效提高公路的防抗灾害能力[J]. 山西建筑，2010，36（22）286-287.
ZHAO J G. On ways of improving the capability of disaster resistance of roads[J]. Shanxi Architecture，2010，36(22)：286-287.（in Chinese）

[26] 杉森正義，佐野弘. 都市の排雪システムのネットワーク解析とそれの応用[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 15-22.
SUGISEGISI J，SANO H. Theory and application of network analysis of urban snow disposal system[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 15-22.（in Japanese）

[27] 高井和紀，小畑芳弘，坂本弘志. 吹雪障害を防止する防雪柵[J]. ながれ，2009，28：469-476.
TAKAI K，OBATA Y，SAKAMOTO H. Snow fence for prevention of blowing-snow disasters[J]. Journal of Japan Society of Fluid Mechanics，2009，28(6)：469-476.（in Japanese）

[28] 平島寛行，西村浩一，小杉健二. 雪氷路面予測システムの構築にむけて[A]. 日本雪氷学会全国大会講演予稿集[C]. 札幌：2004. 14.
HIRASHIMA H，NISHIMURA K，KOSUGI K. Development of snow road condition prediction system[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Sapporo：2004. 14.（in Japanese）

[29] 铃木有，北浦勝，池本敏和，等. 都市域別雪災害危険度の評価—評価式の定式化[J]. 日本建筑学会研究，1991：59-60.
SUZUKI T，MASARU K，IKEMOTO T，et al. Study on evaluation of urban snowy risk for each district part 1：formulation of equations for risk evaluation[J]. Architectaral Institate of Japan，1991：59-60.（in Japanese）

[30] 池本敏和，北浦勝，宮島昌克，等. 都市域別雪災害危険度の評価—評価式の試算[J]. 日本建筑学会研究，1992，35：105-108.
IKEMOTO T，MASARU K，MASAKATSU M，et al. Study on evaluation of urban snowy risk for each district-formula calculation[J]. Architectaral Institate of Japan，1992，35：105-108.（in Japanese）

[31] 土谷学，苫米地司，本郷剛. 建物周りの雪の吹きだまり予測に対する数値計算の適用[A]. 日本建築学会北陸支部研究報告集[C]. 北海道：2001. E02-1.
TSUCHIYA M，TOMABECHI T，HONGO T. Application of numerical simulation to prediction of snowdrift around a building[A]. Architectaral Institate of Japan[C]. Hokkaido：2001. E02-1.（in Japanese）

[32] 堤拓哉. 吹雪に伴う居住環境障害[J]. ながれ，2009，28：449-454.
TSUTSUMI T. Problems for the inhabitant caused by blowing snow[J]. Journal of Japan Society of Fluid Mechanics，2009，28(6)：449-454.（in Japanese）

[33] 伊藤新治，阿部修，桜井修次，等. 人工雪を用いた降雪風洞実験による2段屋根上積雪分布形状について：下段屋根が上の場合[A]. 日本建築学会北海道支部研究報告集[C]. 北海道：2007. 47-50.
ITO S，ABE O，SYUJI S，et al. Snow depth distributions for two-level flat roofs based on wind tunnel tests using artificial snow particles[A]. Architectaral Institate of Japan[C]. Hokkaido：2007. 47-50.（in Japanese）

[34] 陈为化，王超. 冰雪灾害对电网的影响及危机调度研究[J]. 华东电力，2010，38（2）：231-235.
CHEN W H，WANG C. Impact of ice-and-snow disasters on power grid and study on crisis dispatch[J]. East China Electric Power，2010，38(2)：231-235.（in Chinese）

[35] 李秀芬，朱教君，王庆礼，等. 森林的风/雪灾害研究综述[J]. 生态学报，2005，25 (1)：148-157.
LI X F，ZHU J J，WANG Q L，et al. Forest damage induced by wind/snow：a review[J]. Acta Ecologica Sinica，2005，25(1)：148-157. (in Chinese)

[36] 高培军，桂仁意，黄坚钦，等. 毛竹雨雪冰冻灾害主要影响因子的回归分析[J]. 福建林学院学报，2010，30 (2)：165-168.
GAO P J，GUI R Y，HUANG J Q，et al. Regression analysis of impact factors related to snow disaster of *Phyllostachys pubescens*[J]. Journal of Fujian College of Forestry，2010，30(2)：165-168. (in Chinese)

[37] 王世春. 雪灾对古松的损害及防护措施[J]. 河北林业科技，2010 (1)：59.
WANG S C. Damage on the pines caused by snow disaster and protective measures[J]. Journal of Hebei Forestry Science and Technology，2010(1)：59. (in Chinese)

[38] 嘉戸昭夫. カワイダニスギ林木の冠雪害危険度推定[A]. 日本雪氷学会全国大会講演予稿集[C]. 札幌：2007. 109.
KATO A. Presumption of snow damage risk for cryptomeria tree (kawaidanisugi clone)[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Sapporo：2007. 109. (in Japanese)

[39] 嘉戸昭夫. スギ林木の冠雪害危険度指数[A]. 日本森林学会大会学術講演集 (120)[C]. 东京：2009. 3-38.
KATO A. An index of the risk of snow accretion damage for Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D. Don) tree[A]. Japan Forestry Society Congress Database 120[C]. Tokyo：2009. 3-38. (in Japanese)

[40] 嘉戸昭夫. 冠雪害リスクが高いボカスギ林分と林木[A]. 日本雪氷研究大会[C]. 东京：2008. 113.
KATO A. Characteristics for stand and tree of Bokasugi that snow damage risk is high[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Tokyo：2008. 113. (in Japanese)

[41] 樊博. 雪灾交通预警布局的空间信息分析框架研究[J]. 情报杂志，2008，27 (9)：9-12.
FAN B. The analytical framework of spatial information for traffic emergency resource reengineering in the coarse of show disaster[J]. Journal of Information，2008，27(9)：9-12. (in Chinese)

[42] 张毅. 我国电力企业应对公共危机管理研究——以2008年南方雪灾为例[J]. 广西电业，2009 (12)：29-33.
ZHANG Y. How China power enterprises deal with public crisis management：a case study on 2008 South snowstorm[J]. Guangxi Electric Power，2009(12)：29-33. (in Chinese)

[43] 王瑞妮. 新形势下应加强政府公共危机管理——基于政府应对暴雪自然灾害的思考[J]. 管理观察，2009 (11)：238-239. (in Chinese)
WANG R N. Strengthen governmental public crisis management under the new situation：thoughts on government response to snowstorm disasters[J]. Management Observer，2009(11)：238-239. (in Chinese)

[44] 林宏御，刘辉. 恶劣天气条件下的警方公共危机应对之思考——以浙江省公安厅高速交警总队湖州支队应对2008年雪灾为例[J]. 公安学刊 (浙江警察学院学报)，2010 (1)：51-53.
LIN H Y，LIU H. Thoughts in dealing with the police public crisis under the bad weather condition：taken Huzhou sub-team of highway traffic policeman general team，Zhejiang public security[J]. Public Security Science Journal (Journal of Zhejiang Police College)，2010(1)：51-53. (in Chinese)

[45] 成翠萍. 雪灾过后透视城市减灾机制[J]. 法制与经济，2008 (4)：110-111.
CHENG C P. Perspective of urban disaster mitigation mechanism after snowstorm disaster[J]. Legal & Economy，2008(4)：110-111. (in Chinese)

[46] 吴春笃，瞿俊，解清杰，等. 中国南方冰雪灾害中的应对措施研究[J]. 安徽农业科学，2009，37 (7)：3117-3119.
WU C D，QU J，XIE Q J，et al. Thought on the ice and snow disasters in Southern China[J]. Journal of Anhui Agri. Sc.，2009，37(7)：3117-3119. (in Chinese)

[47] 同宇. 2008雪灾事件应急管理绩效的模糊综合评估[J]. 中国高新技术企业，2009 (1)：26-28.
TONG Y. Fuzzy comprehensive evaluation on 2008 snowstorm disaster emergency management performance[J]. Chinese Hi-Tech Enterprises，2009(1)：26-28. (in Chinese)

[48] 吕稚知. 基于BSC法和AHP法的突发事件应急管理绩效模糊综合评价——以2008年雪灾事件为例[J]. 生产力研

究，2009（19）：184-186.
LV Z Z. Fuzzy comprehensive evaluation on emergency management performance based on BSC and AHP：a case study on 2008 South snowstorm[J]. Productivity Research，2009(19)：184-186.（in Chinese）

[49] 王静，陈丽媛，宋婷. 省级政府门户网站危机管理版块设计刍议[J]. 经济视角，2009（4）：77-80.
WANG J，CHEN L Y，SONG T. Discussion on crisis management plate design of provincial government websites[J]. Economic Vision，2009(4)：77-80.（in Chinese）

[50] 谢宇. 雪灾的防范与自救[M]. 西安：西安地图出版社，2010.
XIE Y. Prevention and self-help under snowstorm[M]. Xi'an：Xi'an Cartographic Publishing House，2010.（in Chinese）

[51] 宍戸真也，中出孝次，鎌田慈，等. 数値計算によるスノープラウからの排雪の再現性の検討[A]. 雪氷研究大会[C]. 札幌：2008. 126.
SHISHIDO M，NAKADE K，KAMATA Y，et al. Numerical simulations of snowflow from snowplow[A]. JSSI & JSSE Joint Conference[C]. Tokyo：2008. 126.（in Japanese）

[52] 中地章，黒山豊. ソーラーシステムを用いた液状凍結防止剤の自動供給システムの開発[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 47-52.
TIXYO Y，KUROYAMA Y. Develop antifreeze auto supply using solar energy equipment[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 47-52.（in Japanese）

[53] 井上秀秋，長澤紘司. 地下水と太陽熱を利用したロードヒーティングシステム－帯水層蓄熱式無散水消雪施設[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 59-64.
INOUE H，HOSHIYAR S. Develop snowmelt facilities by using groundwater and solar energy[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 59-64.（in Japanese）

[54] 青木秀敏. 蓄熱材を用いた二層構造融雪剤の開発[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 53-58.
AOKI H. Develop a two-tier structure snow equipment by using storage materials[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 53-58.（in Japanese）

[55] 金村直俊，金田安弘，加治屋安彦. 寒地都市における雪情報の高度活用について[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 9-14.
KANEMURA N，KANEDA J，KAJIYA Y. Study on efficient use of snow information in frigidzone city[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 9-14.（in Japanese）

[56] 藤井俊茂. 鉄道における雪害対策の現状と技術開発の動向[A]. 2002年北方都市会議 INあおもり冬の都市フォーラム論文集[C]. 青森：2002. 29-34.
FUJII T. The railway sector's countermeasure to snow disaster and technology development trends in the status quo[A]. Proceedings in Japan Society of Snow Engineering，Japan Roads Research Committee[C]. Aomori：2002. 29-34.（in Japanese）

[57] 滕五晓，加藤孝明，小出治. 日本灾害对策体制[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2003.
TENG W X，KATO T，KOIDE O. Japan's disaster response system[M]. Beijing：China Building Industry Press，2003.（in Chinese）

[58] 顾永强. 国外应对雪灾的做法和经验之借鉴[J]. 国际频道，2009，90（2）：66-68.
GU Y Q. Practices and experiences of responsing to snow disaster in foreign countries[J]. International Channel，2009，90(2)：66-68.（in Chinese）

[59] 周湘斌，王健. 非政府组织在赈灾重建中的作用探析——基于什邡、绵竹地震灾区的调查[J]. 北京科技大学学报（社会科学版），2010，26（2）：30-33，39.
ZHOU X B，WANG J. Study on the effect of non-governmental organization during the earthquake relief and post-earthquake reconstruction work：dased on the surveys of the earthquake areas of Shifang and Mianzhu[J]. Journal of University of Science and Technology Beijing（Social Sciences Edition），2010，26(2)：30-33，39.（in Chinese）