

内蒙古暴风雪灾害及其形成过程^①

官德吉 李彰俊

(内蒙古自治区气象台, 呼和浩特 010051)

提 要

分析了近50年来内蒙古所发生的暴风雪天气的环流演变特点。指出在暴风雪过程中,大风、暴雪、强降温联合施虐,加剧了人畜的热损耗率,从而形成严重的冻害。高空存在强急流、强锋区、强辐散是促成蒙古气旋猛烈发展形成大风的主要原因,而低层华北沿海高脊的发展又为南方水汽北输提供了条件,它们共同促成了内蒙古暴风雪的形成。

关键词: 暴风雪 灾害特点 环流特征

引 言

暴风雪(俗称白毛风)是内蒙古牧业的主要灾害之一。一旦出现暴风雪,常在短时间内给草原上放牧的畜群造成灭顶之灾。但是这种伴随着强风寒潮出现的暴雪天气,发生的机会并不太多,而且它总是伴随着寒潮灾害和大风灾害出现。所以人们常把暴风雪或者作为寒潮天气来研究,或者作为大风天气来研究,或者作为暴雪天气来研究。也就是说,通常只研究了这种天气的一两个侧面,而缺乏全面的针对性的研究。然而,正是由于在暴风雪天气中,风、雪、寒潮三种灾害同时施虐,才使暴风雪天气所形成的危害特别严重。因此对这种暴风雪天气进行深入的全面分析研究很有必要。

1 内蒙古的暴风雪灾害及其时空分布特征

暴风雪天气的主要特点是雪大、风猛、降温强、灾害重。暴风雪发生时,狂风裹挟着暴雪,呼呼作响,能见度极坏,同时气温陡降。其天气的猛烈程度远远超过通常的大风寒潮和大雪寒潮,一般其风力 ≥ 8 级,降雪量 $\geq 8\text{mm}$,降温 $\geq 10^\circ\text{C}$ 。放牧在外的人和家畜遇到这种天气,睁不开眼,辨不清方向,举步艰难,牲畜因受惊吓,收拢不住,被迫顺风奔跑,

以致常常发生人畜摔伤、冻伤、冻死等事故,造成严重损失。1981年5月10~11日,内蒙古锡林郭勒盟东部地区,在一场暴风雪中,死亡牲畜10多万头(只),并冻死27人。通常在一场暴雪中死亡牲畜数万头更是屡见不鲜。

内蒙古地区多大风,从理论上说,在内蒙古的降雪期以内的任何时段都可以发生暴风雪天气。然而,这种狂风、暴雪、强降温三种灾害同时发生的剧烈天气,在隆冬时节发生的几率却极小。实际观测资料表明,内蒙古72%的暴风雪天气出现在春季的4~5月份,真正在10月到次年3月期间出现的暴风雪天气还不到总数的30%(见图1)。

特别是隆冬时节,内蒙古在地面蒙古冷高压的控制下,天气寒冷而干燥,发生暴风雪的机会极少。相对说来,深秋到初冬倒成了暴风雪天气的另一个高峰期,但此期间出现的暴风雪天气只占总数的12%,其余的暴风雪出现在初春。

内蒙古地区并不是每年都会有暴风雪发生,有风无雪和有雪少风都形不成暴风雪。在过去50年中,有32年内蒙古并未出现暴风雪,这表明,暴风雪这种剧烈天气,只能在少数特定的环流条件下发生。

^① 本工作受中国气象局暴雪预报研究项目资助。

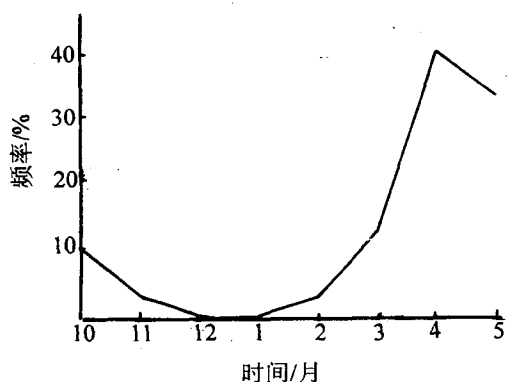


图1 暴风雪逐月出现频率

从地域看,内蒙古的东部和北部是暴风雪的主要发生地区。特别是锡林郭勒盟东北部和呼伦贝尔盟大兴安岭以西是内蒙古发生暴风雪几率最高的地区。而巴彦淖尔盟西部及其以西的阿拉善盟,基本上无暴风雪天气出现。在鄂尔多斯高原上,也只是偶尔出现暴风雪。

2 暴风雪的成灾特点

暴风雪短时间内便可显灾,主要使人和家畜遭受冻害。灾害基本上就在发生天气的当时显现,是一种真正的天气灾害。由于内蒙古的畜牧业以野外放牧为主,所以凡是出现暴风雪天气,都有不同程度的灾害发生。尤其是放牧后到归牧前(9~17时)突然发生的暴风雪,造成的灾害最大。

暴风雪灾害的大小还跟家畜的承灾能力,即家畜的体况有很大关系。在草原上放牧的家畜,其体况主要受草原上草量的影响。初冬时,家畜膘肥体壮,抗御风雪灾害的能力最强。经过一个冬春的体能消耗,春季家畜已相当虚弱,抗御风雪灾害的能力明显降低,一遇到暴风雪天气很易造成大批死亡。因此在内蒙古草原上,春季暴风雪所造成的灾害最重,隆冬次之,而深秋到初冬出现的暴风雪灾害较轻。

3 致灾原因分析

大风、暴雪、强降温联合施虐是暴风雪灾害的主要原因。根据热力学第二定律,热量总是从高温物体向低温物体传递,不能作反方

向传递而不引起其它变化。高温物体因向周围输送热量而形成了自身热量的损耗。损耗的速率跟物体与环境的温差、环境介质的热容量及环境介质的流通速度(即风速)有正相关关系。sipls-passel 风寒指数公式表明了风速和环境温度对人体裸露皮肤热损耗的影响^[1]。Schlatter(1971年)又进一步用风寒相当温度(T_e)来表示在不同风速的环境温度下,人体所感受到的“视在温度”^[2]。施氏的修正风寒相当温度为:

$$T_e = 33 - (10.45 + 10V^{1/2} - V) \frac{(33 - T_a)}{22.4} \quad (1)$$

这里 T_e 为风寒相当温度($^{\circ}\text{C}$), V 为风速($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), T_a 为大气环境温度($^{\circ}\text{C}$)。

表1 利用 Schlatter 公式计算的风寒相当温度/ $^{\circ}\text{C}$

风速 / $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	气温/ $^{\circ}\text{C}$						
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
2	-0.8	-6.0	-11.1	-16.2	-21.3	-26.5	-31.6
4	-6.6	-12.6	-18.6	-24.6	-30.6	-36.6	-42.6
6	-10.3	-16.9	-23.5	-30.0	-36.6	-43.2	-49.7
8	-13.0	-20.0	-27.0	-33.9	-40.9	-47.9	-54.9
10	-15.0	-22.3	-29.6	-36.8	-44.1	-51.4	-58.7
12	-16.6	-24.1	-31.6	-39.1	-46.6	-54.1	-61.6
15	-18.2	-25.9	-33.7	-41.4	-49.2	-57.0	-64.7
20	-19.7	-27.6	-35.6	-43.6	-51.6	-60.0	-67.5

表1是环境温度和风速对人体“视在温度”的影响。由此可知,在风速为6级、气温为 0°C 时,人的体感温度与静风下 -16°C 时相当。而在气温为 -5°C 、风速达7级时,人的体感温度竟与在静风时 -25.0°C 相当。

需要指出,上述的风寒指数和风寒相当温度,都没有考虑湿度变化的影响。其实湿度对人的体感温度的影响也是很明显的。高温高湿时,人们感到闷热难耐,而低温高湿,人们会感到异常寒冷。因为饱和湿空气的热容量要远大于干空气的热容量,在同等风速下,高湿可以带走更多的热量,所以风雪天气下的严寒程度要远远超过单纯的风寒。事实上,将式(1)改写为:

$$T_e = 33 - (1 + \alpha)(10.45 + 10V^{1/2} - V) \frac{(33 - T_a)}{22.4} \quad (2)$$

就变为一个包含湿度影响在内的修正风寒相当温度公式。其中 α 是湿空气所增加的热容量系数。

由于降暴雪时空气的湿度已接近饱和,湿空气较大的热容量进一步加大了风寒天气下人畜的热损耗率,而且融化和蒸发落在身上的冰雪也要消耗大量的热量。因此风雪天气下人的体感温度比单纯风寒天气还要进一步降低。设湿空气比干空气增加热容量 $1/5$,则由上面讨论可知,当环境大气温度为 -5°C 时,暴风雪中人体感受到的寒冷程度已达到 -35°C 以下,在这种寒冷程度下,若事前没有御寒准备,人畜很快都会被冻伤、冻毙。特别是春天,在人们刚刚脱去冬装,家畜开始换毛脱绒的时候,突然而至的暴风雪常常会给牧群造成毁灭性的灾难。

4 暴风雪天气的形成过程

4.1 暴风雪天气的环流形势特点

此前的一些研究已经表明,高空西北急流在内蒙古春季强风寒潮的形成中有重要作用^[3]。而中纬度的高空强锋区和对流层中下层华北沿海高压脊(或下游高压脊)的建立与维持,又是内蒙古地区产生强降水的重要条件^[4,5]。对暴风雪天气过程的分析表明,本区的暴风雪天气既具有强风寒潮的环流特征,也具有产生大雪的某些环流演变特点。一般是在高空存在强急流、强锋区、强辐散的条件下,首先促成了蒙古气旋的迅猛发展,产生大风寒潮天气。待蒙古气旋东移进入有利水汽保障条件的地区,才产生暴风雪天气。高空强急流、强锋区、强辐散及有利的水汽保障,是产生暴风雪的不可缺少的环流条件。

4.2 春季暴风雪过程

春季暴风雪所形成的灾害最重,而春季在内蒙古产生暴风雪的机会又最多,所以对春季暴风雪作了重点分析。

通过分析可以发现,入春后,随着天气的增暖,南支锋区逐渐北抬,而使中纬度锋区有所增强。在500hPa等压面高度上,冬季常见的大型闭合高压和低压系统,此时已明显减少,逐渐被一些移动性的短波槽脊所取代。受其影响,亚洲中纬度冷空气活动频繁,大风天气明显增多。其中,西西伯利亚不稳定小槽的发展和加强,常常能引导北方强冷空气的快

速南下,促成蒙古气旋的生成,引起内蒙古地区出现突发性的强风寒潮天气。此时,若有低层水汽条件的配合,便极易形成暴风雪天气。内蒙古84%的春季暴风雪是在此情况下形成的。而西西伯利亚脊前不稳定小槽和低层华北沿海高脊在春季暴风雪形成中起着关键作用。

4.2.1 不稳定小槽

不稳定小槽形成之前,500hPa环流形势的主要特点是,大西洋东岸为一阻塞高压,乌拉尔山至中亚为一个较稳定的高压脊,两高之间欧洲为大槽区,东亚沿岸为另一大槽。不稳定小槽最初是由欧洲大槽分裂出的系统与中亚脊相互作用产生并发展起来的。700hPa形势与500hPa相似,在诱导不稳定小槽的产生过程中,甚至表现得更清楚。在这个过程中,首先欧洲大槽分成南北两段,北段东移较快。当它移至稳定的中亚脊北部时,槽脊反相互作用,形成急流锋区,不稳定小槽就此产生。断留下的欧洲大槽的南段随后也南压东移,槽前的脊在与北段槽后的正变高结合后,经向度明显加大,且脊前的西北气流加强。于是不稳定的小槽呈现出明显的疏散结构(见图2)。其温度场也明显的落后于高度场,而显示出较强的冷平流特点。这些都表明,不稳定小槽会得到快速发展^[6]。

当越过蒙古西山地以后,在地形作用的配合下,不稳定小槽很快便诱导生成蒙古气旋,或造成蒙古中部已锢囚的气旋获得再生,引发内蒙古地区出现一次较强的大风降温天气。天气的剧烈程度与西北急流和冷平流的强度,以及新生的蒙古气旋的发展强度有关。随着蒙古气旋的猛烈发展,冷锋前后的气压梯度也迅速增大。而强冷平流又进一步加大了冷锋前后的温差。这些都促成了暴风雪灾害天气的形成。由于蒙古气旋后部就是高空西北急流所在之处,该处上下层气流方向一致有利于高层动量下传,使地面大风得到加强。事实表明,内蒙古春季的突发性强风寒潮或暴风雪灾几乎都与在西北急流之下蒙古气旋的强烈发展有关^[7]。

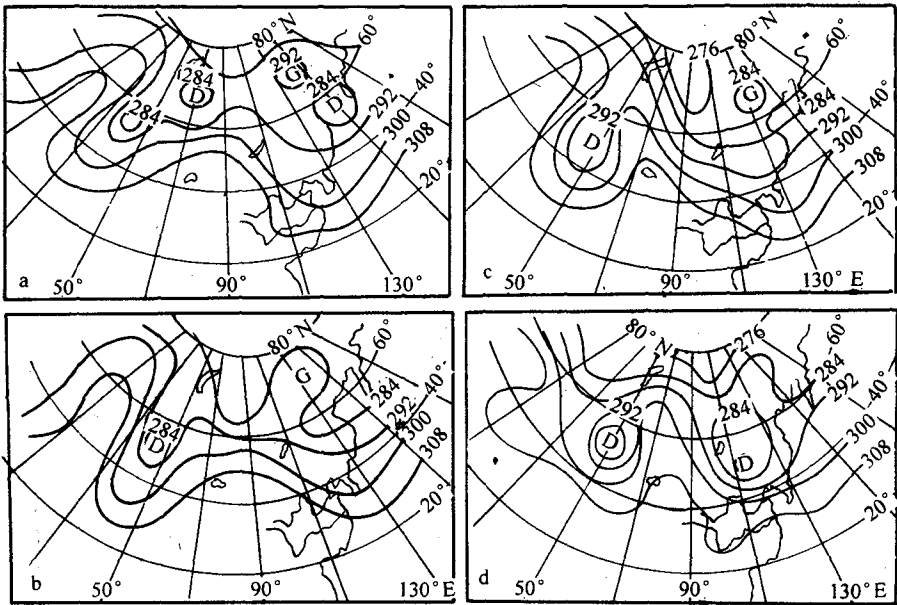


图2 西西伯利亚脊前不稳定小槽发展示意图(以1980年4月18日的过程为例)

a. 欧洲大槽南北分裂; b. 不稳定小槽形成; c. 不稳定小槽发展; d. 蒙古气旋形成

4.2.2 低空华北沿海高压脊

低空华北沿海高压脊是内蒙古产生春季暴风雪的另一个重要的环流特征。究其原因就在于它在内蒙古暴风雪的形成中,对水汽供应起了保障作用。

通常在春季暴风雪之前9~10天,有一次较强冷空气过程影响内蒙古。这次冷空气过后,500hPa东亚沿海高度场开始升高,而中亚的高度场却开始下降,亚洲中纬度出现以纬向为主的环流特点。此后虽常有小股冷空气沿纬向气流东滑,但冷空气势力较弱,内蒙古地区气温逐渐回升。东滑的小股冷空气的主要贡献就是,造成亚洲中高纬度冷空气逐渐南压,中纬度锋区不断加强,在45°N一带形成较强的急流锋区。可以看到,急流以北是气旋式切变,而急流以南是反气旋式切变,急流处在明显的不稳定状态中。它提供了造成暴风雪天气系统发展的条件,而且也低空华北沿海高压脊的发展提供了条件。事实上在暴风雪天气的酝酿过程中,一个明显的环流演变特点是,沿高空急流锋区前进的小股

冷空气东滑之后,低层华北沿海的高压脊反而出现增强。分析表明,是弱冷空气后部的负涡度与急流区以南反气旋切变的负涡度相结合,促进了华北沿海高压脊的发展。而华北沿海高压脊的发展,特别是脊后较强的西南气流,又为低层暖湿空气向内蒙古地区输送提供了有利的环流条件。

4.3 其它暴风雪过程

4.3.1 乌拉尔山阻高崩溃

冬季,当乌拉尔山一带形成稳定的高压脊或有阻塞高压存在时,常有极地冷空气沿乌拉尔脊前的偏北气流南下,进入咸海、里海至巴尔喀什湖一带,在此形成较深的低槽和较强的冷空气堆积。在乌拉尔山阻高维持期间,东亚中纬度地区为弱高压脊所在区域,此时虽有一些从中亚分裂出来的冷空气沿蒙古弱脊北部东移,但对内蒙古地区的影响较弱。而低层在川陕地区却常出现偏南气流,为南方暖湿气流向北输送提供了有利条件。这也预示着内蒙古地区正在酝酿着一次较大的降雪过程。当后来在欧洲西来冷空气的作用下,

乌拉尔山阻高崩溃时,堆积在中亚地区的冷空气便大举东南下,出现一次较强的暴风雪爆发过程。这时,河套以东地区常常出现较强的气旋波,形成较大的风雪天气,在内蒙古中部的局部地区可有明显暴风雪天气出现。此类约占总数的20%以上。

4.3.2 横槽转向

冬春季节,如果有极地高压南压到泰梅尔半岛以南至中西伯利亚高原一带,而同时自乌拉尔山地区有高压脊向北和东北伸展,两者经常发生会合,形成东北西南向的高压脊。并将原在中西伯利亚的冷空气南压到蒙古至新疆一带,形成一条近于东西向的横槽。横槽的底部常出现很强的急流锋区。在横槽维持期间,如果低空华北沿海有高压脊发展,则可以酝酿成一次内蒙古偏东部的暴风雪天气。通常是由于欧洲有新的阻高生成和发展,造成乌拉尔山阻高崩溃、东移,形成横槽转向。于是横槽内的冷空气大举南下,扫过内蒙古地区,原来的横槽在我国东北地区成为竖槽。在这个过程中,内蒙古大部地区发生大风寒潮,同时在东部地区会出现暴风雪。这类暴风雪多出现在冬末,约占总数14%。

4.3.3 阶梯槽

这类暴风雪多出现在深秋和初冬。它发生在亚洲地区由平直西风型向一槽一脊型转换的过程中。过程之前,自北欧到整个亚洲为较平直的风西气流,急流区偏北。有一些弱的槽脊沿西风气流迅速东移,但仅在中蒙俄边境一带造成一些弱的天气,内蒙古大部地区天气晴好。之后从北欧有脊长起,脊前有一明显的不稳定小槽,而原来沿平直西风东移的一些弱槽却成了该槽前的阶梯槽。北欧脊与不稳定小槽是一对在发展中快速东移的系统,在移过乌拉尔山以后,进一步发展,它所带来的较强冷空气随即影响内蒙古。由于在纬向气流维持期间,内蒙古地区已形成了水汽的积累过程,所以在移动性槽脊影响时,产生较大的风雪天气,在内蒙古东北部形成暴风雪。这类过程的明显特点是系统在快速行

进中发展,从北欧起脊到内蒙古产生风雪天气,仅3~4天时间。此类约占5%。

5 小结

虽然严重的暴风雪天气常会在短时间内给野外放牧的畜群带来灭顶之灾,但实践表明,只要能提前数小时得知暴风雪的到来,并采取一些适当的防御措施,就可以大大减少损失。所以准确的暴风雪预报对防灾减灾具有重大意义。

研究表明,狂风、暴雪、强降温联合施虐,加重了冻害程度,这是暴风雪灾重的主要原因。需要在现有的风寒指数和风寒相当温度公式中,加入湿度对热损耗的影响,才能反映出风雪天气之下真实的严寒程度。

内蒙古暴风雪天气的产生,通常与北方冷空气快速南下及蒙古气旋的猛烈发展有关。一般在高空具有强西北急流锋区、强冷平流,而低层水汽又较丰沛的条件下,才易产生暴风雪天气。

从引起内蒙古暴风雪天气的环流特征来看,若以欧亚区域环流特点为主分类,大体可分为四类。其中,西西伯利亚脊前不稳定小槽发展类主要出现在春季,数量最多;乌拉尔山阻高崩溃类可发生在整个冬半年的任何时段,数量次多;阶梯槽类主要出现在深秋到初冬,数量最少;蒙古横槽转向类主要发生在后半冬,数量次少。

参考文献

- 1 J. C. Dixon, M. J. prior. 风寒指数研究. 气象科技, 1988, 第6期: 28~32.
- 2 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书, 气候卷. 北京: 中国环境科学出版社, 1995: 451~454.
- 3 宫德吉. 高空西北急流在强风寒潮形成中的作用. 内蒙古气象, 1984, 8(1): 14~21.
- 4 汪厚基. "77.10"暴雪的环流背景. 内蒙古气象, 1980, 4(1): 12~14.
- 5 宫德吉. 内蒙古中西部暴雨中短期天气过程的分析及预报研究. 内蒙古气象, 1985, 9(4): 1~7.
- 6 丁一汇. 中小尺度系统发生发展的天气和环境条件. 高等天气学, 北京: 气象出版社, 1991: 401~427.
- 7 宫德吉. 我区春季强风寒潮的环流特征分析. 内蒙古气象, 1983, 7(1): 19~23.

On Snowstorm Disaster and Its Formation Process in Inner Mongolia.

Gong Deji Li Zhangjun

(Meteorological Observatory of Inner Mongolia, Huhhot 010051)

Abstract

Firstly, the circulation evolution features of snowstorm in Inner Mongolia in last 50 years is analysed. It is pointed out that barber, heavy snow and severe detemperature do together damage to human and animals more seriously in company with freezing disaster. They are the main factors of disaster formation. Strong jet, stronger frontal zone and strong divergence in upper air along the coast of north China become beneficial factors of vapor travelling from south to north. These factors promoted the formation of snowstorm in Inner Mongolia. Lastly, several circulation features of snowstorms in Inner Mongolia are analysed.

Key Words: snowstorm disaster circulation