

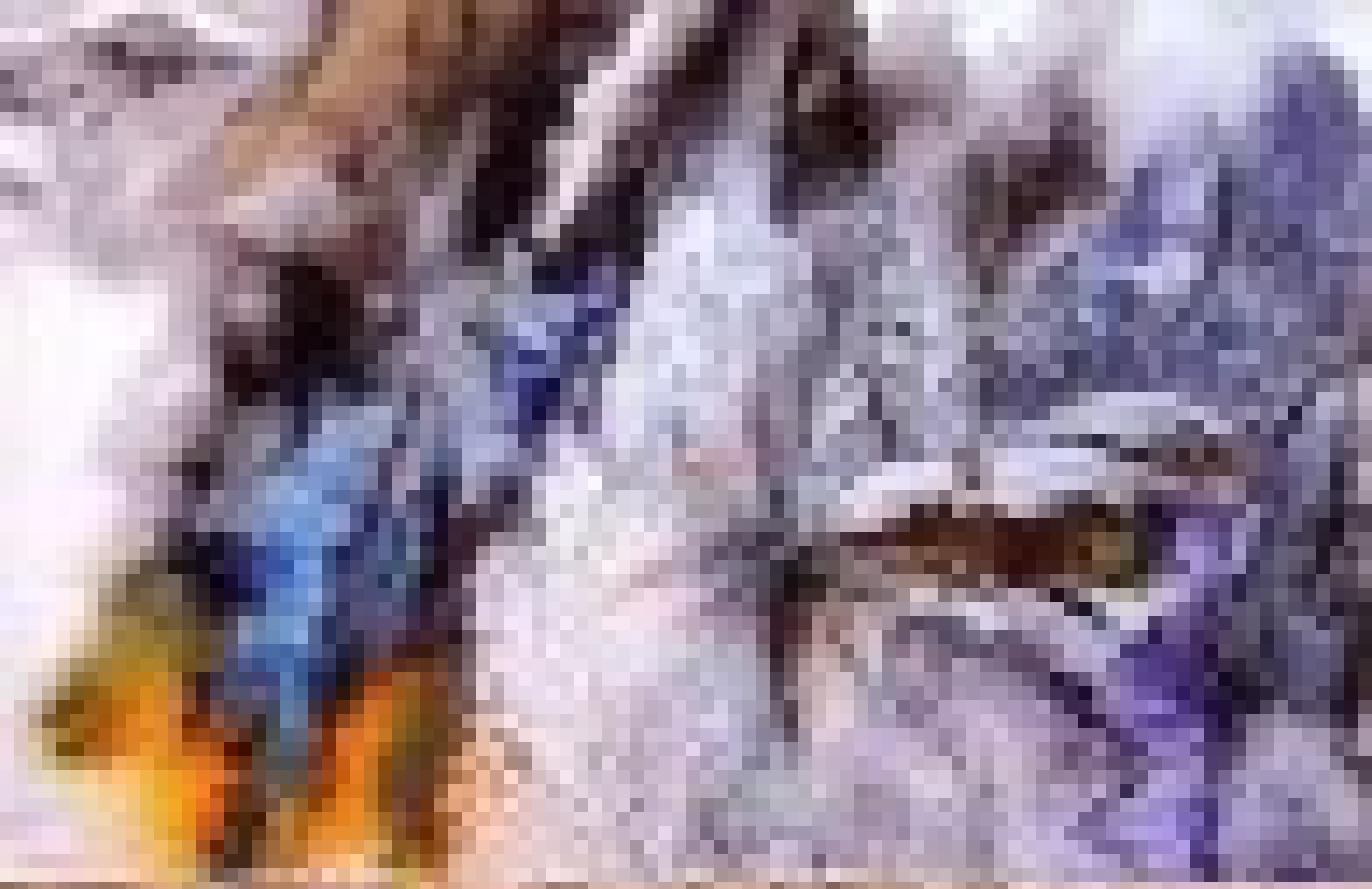


中国冬季大范围 持续性低温事件研究

布和朝鲁 彭京备 谢作威 施宁 等 著



气象出版社
China Meteorological Press



中国冬季大范围 持续性低温事件研究

王颖颖 王颖 王颖 王颖 王颖 王颖 王颖 王颖 王颖 王颖



气象出版社
CHINA METEOROLOGICAL PRESS

中国冬季大范围持续性 低温事件研究

布和朝鲁 彭京备 谢作威 施 宁 等 著

内 容 简 介

本书在季节内尺度上系统总结了我国冬季大范围持续性极端低温事件及其关键环流特征,主要内容包
括我国冬季大范围持续性极端低温事件的界定;大范围持续性极端低温事件与寒潮过程的关系和区别;大范
围持续性极端低温事件与关键环流系统(包括大型斜脊斜槽、阻塞高压、东亚低涡以及遥相关波列)的关系;其
对流层和平流层前兆信号;我国南方冬季极端降水事件与副热带环流系统(南支槽、MJO等)和中高纬环流系
统的关系以及与冬季大范围持续性极端低温事件的对应关系;极涡活动和北极涛动(AO)与中国气温变化的
关系;我国冬季低温气候特征及其外强迫特征。

书中涉及的一些理论和方法是国内外气象研究中比较成熟的,所得结论有助于认识冬季大范围持续性
冷空气活动的特征及其成因机理,并为其中期和延伸期预报提供科学依据。本书可供从事中长期天气预报和
短期气候预测的业务人员及大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国冬季大范围持续性极端低温和降水事件研究 / 布和朝鲁等著.
—北京:气象出版社, 2015. 2
ISBN 978-7-5029-6094-0

I. ①中… II. ①布… III. ①冬季—低温—研究—中国
②冬季—降水—研究—中国 IV. ①P425.5②P426.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 036604 号

Zhongguo Dongji Dafanwei Chixuxing Diwen Shijian Yanjiu

中国冬季大范围持续性低温事件研究

布和朝鲁 彭京备 谢作威 施 宁 等著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: [http:// www.qxchs.com](http://www.qxchs.com)

责任编辑:李太宇

封面设计:易晋锐

印 刷:中国电影出版社印刷厂

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:380 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

定 价:80.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxchs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:赵相宁

印 张:15

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

前 言

《中国冬季大范围持续性低温事件研究》一书,是国家科技支撑计划项目“持续性异常气象事件预测业务技术研究”中第二课题“中高纬大气持续性异常信号提取和预报技术研究”(2009BAC51B02)的重要成果。在第2~5章,针对中国大范围持续性低温事件,揭示了其中高纬环流系统的关键特征,如大型斜脊斜槽、阻塞高压、切断低压、低频波列等,并分析了与之对应的平流层环流异常特征。在第6章,着重分析了冬季南方持续性极端降水事件与中高纬异常环流、副热带急流扰动、南支槽、西太平洋副热带高压以及MJO(Madden-Julian Oscillation, Madden-Julian 振荡)活动的关系,并讨论了持续性极端降水事件与大范围持续性低温事件之间的相互联系。书中的第7和8章,在年际变化尺度上讨论了亚洲大陆大型冷空气活动与北半球环流(包括极涡和北极涛动)、海温以及极冰的联系,这一部分内容实际上提供了EPECE(Extensive Persistent Extreme Cold Event,大范围持续性极端低温事件)发生的背景环流和外强迫条件。

这些新成果揭示了冬季大范围持续性极端低温事件和持续性极端降水事件发生发展的关键特征及其机理,并为其中期—延伸期预报提供新的依据和思路。我们相信,这些成果对大范围强冷空气活动的中高纬环流影响信号和前兆信号的识别和监测以及延伸期(10~30天)预报都具有重要的参考价值。目前,课题取得的科研成果已在业务部门得到应用,具体成果转化和应用包括:(1)大范围持续性极端低温事件的客观界定;(2)大型斜脊斜槽的客观判识方法;(3)大范围持续性极端低温事件的对流层前兆信号指数等。这些方法和指标均已应用于国家气候中心的日常监测业务。

本书由布和朝鲁、彭京备、谢作威等著,各章节的作者信息如下:第1章由布和朝鲁、孙淑清、纪立人撰写;第2章由彭京备、布和朝鲁、谢作威撰写;第3章由

布和朝鲁、彭京备、谢作威、张庆云撰写;第4章由施宁、杨辉、宋洁撰写;第5章由刘实、李尚锋撰写;第6章由宗海锋、陈烈庭、卫捷、布和朝鲁撰写;第7章由柳艳菊、施宁、李栋梁、张婧雯撰写;第8章由张庆云、李超撰写;第9章由布和朝鲁撰写。

在专著的出版过程中,得到了气象出版社李太宇编审的大力帮助,特此致谢。本书的出版也得到了公益性行业(气象)科研专项课题“北半球中高纬度遥相关型持续性及其对中国北方地区冬季气候的影响研究”(项目编号:GYHY201106015)和国家自然科学基金项目“冬季欧亚大陆大型斜脊的形成和维持机理及与中国大范围持续性低温事件的关系”(项目编号:41375064)的资助,在此一并感谢。

著者

2015年2月4日于北京

目 录

前言

第 1 章 引 论	(1)
1.1 冬季风研究回顾	(1)
1.2 寒潮研究	(3)
1.3 大范围持续性极端低温及降水事件	(4)
1.4 本书研究的若干问题	(5)
参考文献	(6)
第 2 章 冬季大范围持续性极端低温事件的界定	(8)
2.1 大范围持续性极端低温事件定义及分类	(8)
2.2 EPECE 与寒潮过程的异同	(17)
2.3 小结	(23)
参考文献	(24)
第 3 章 大范围持续性极端低温事件的对流层环流特征	(25)
3.1 EPECE 对流层环流特征	(25)
3.2 关键影响环流系统及其演变特征	(38)
3.3 乌拉尔山阻塞与北极涛动	(74)
参考文献	(90)
第 4 章 大范围持续性极端低温事件的平流层环流特征	(92)
4.1 EPECE 与平流层环流异常的关系	(92)
4.2 EPECE 平流层信号的提取	(102)
4.3 全国型持续性低温事件的对流层和平流层前兆信号	(111)
4.4 结论	(119)
参考文献	(120)

第 5 章 东北地区冬季持续性极端低温事件	(121)
5.1 东北极端低温事件的界定	(122)
5.2 东北极端低温事件关键环流系统	(124)
5.3 关键环流系统的维持和演变过程	(127)
5.4 小结	(129)
参考文献	(129)
第 6 章 冬季中国南方极端降水事件	(130)
6.1 极端降水事件的定义	(130)
6.2 极端降水天气发生的环流背景和类型	(132)
6.3 极端降水天气形成的过程	(138)
6.4 极端降水事件与低频罗斯贝波活动的关系	(145)
6.5 极端降水事件与周期振荡(MJO)活动的关系	(150)
6.6 2013 年 12 月极端降水天气个例分析与讨论	(159)
6.7 小结与讨论	(164)
参考文献	(165)
第 7 章 极涡活动和北极涛动及其对我国冬季气温的影响	(168)
7.1 北半球极涡演变的新特征及其对我国冬季气温的影响	(168)
7.2 不同类型北极涛动事件的特征及其对我国冬季气温的影响	(183)
7.3 小结	(196)
参考文献	(196)
第 8 章 冬季低温气候及其背景	(199)
8.1 冬季中国气温异常特征	(199)
8.2 中国不同类型的区域性低温事件形成机理	(202)
8.3 小结与讨论	(226)
参考文献	(228)
第 9 章 结语和讨论	(229)

第1章 引 论

1.1 冬季风研究回顾

东亚冬季风是季风系统的重要组成部分。它是北半球冬季最活跃的关键大气环流系统。所以我们在研究冬季亚洲大陆的温度异常时就离不开冬季风这个角色。许多早期学者常常把冬季风的强度用温度来定义,并紧密地与寒潮活动联系在一起。20世纪90年代,郭其蕴(1994)研究了东亚冬季风的两个指标,都与我国冬季气温紧密联系。一个是用 10° — 60° N间每10纬度上的海(以 160° E为代表)陆(以 110° E为代表)气压差来表示,主要反映冬季风在大陆东岸向南扩展的程度。差值愈大(指绝对值),表示冬季风向南扩展愈明显。另一个则用气候平均的西伯利亚高压中心附近3点(60° N, 100° E、 60° N, 90° E、 50° N, 100° E)平均的海平面气压距平来表示,它反映了冬季风在源地的强度。气压正距平值愈大,冬季风愈强,反之,负距平值大,冬季风弱。用这样的定义能较全面地反映在西伯利亚高压影响下,冷空气的强度及它所能南扩的纬度,实际上反映了我国大部分地区冬季降温的程度。在年际变化和年代际变化这两个时间尺度上,上述两个指标之间存在非常好的相关。她的这两个定义,特别是前者,一直以来被人们所引用。王遵娅和丁一汇等(2006)用各种冬季风定义,对近半个世纪中国寒潮过程进行研究,发现它们与冬季风强度有极好的联系。特别是Chen等(2000)定义的冬季风指标(11月一次年3月地面经向风),能很好地表征寒潮的强度。他们的研究还表明,在气候变暖的大背景下,西伯利亚高压和冬季风强度的减弱使得冬季中国地表温度持续升高,而温度的这种变化与中国寒潮频次及其相伴随的大风频次的减少均有密切的联系。西伯利亚高压和冬季风强度的减弱,西伯利亚冷堆温度和中国地表温度的显著升高是中国寒潮及其相伴随大风频次减少的可能原因。以上研究说明,冬季风的活动或它的异常,紧密地联系着中国冬季的气温变化和寒潮活动。但是人们发现针对不同区域或不同的天气对象,冬季风定义的设定是很有差别的。张自银和龚道溢等(2012)在考察了已有十几种冬季风指数定义之后发现,在总体上它们是一致的。各种不同定义的指数反映了东亚冬季风整体性,而某一个或某几个要素的侧重点是不同的。就我国东部温度而言,能反映西伯利亚高压强度的指标,其相关性最好。这也与郭其蕴(1994)的工作结果相吻合。张自银和龚道溢等还指出,冬季风与气温关系与海温状态有关系,这种相关性在El Niño和La Niña年有较大的差别。

用冬季风指数来表征寒潮时受到指数定义的限制,所以在讨论区域性降温或温度变化时应该选择某一种特定的冬季风定义。比如,在讨论青藏高原冬季气温的变化时,定义的冬季风指数就选取比较偏西的目标系统。刘青春(2006)选取了500hPa上我国东部沿岸地区(20° — 35° N, 110° — 130° E)、乌拉尔山地区(40° — 50° N, 60° — 80° E)、北太平洋地区(50° — 60° N, 150° E— 180°)槽脊的综合强度代表能影响高原的冬季风。该冬季风指数越大,欧亚太平洋地

区经向环流发展越强,相应的冬季风也越强。通过该指数与高原单点气温的相关分析发现,冬季风指数与同期高原冬季温度相关较好。这种做法提示我们在讨论冬季风与寒潮关系的时候,不能固守一种定义,要根据研究的地区和对象来进行设计。

最近,人们在研究冬季风与气温关系时,不是笼统地把冬季风作为一个整体,而是细致地研究它们影响的程度和路径。刘炯等(2013)发现,东亚冬季风在不同纬带的强度变化不总是是一致的。当中高纬地区冬季风偏强时,低纬度冬季风不一定偏强;同样地,当中高纬地区冬季风偏弱时,低纬度冬季风也不一定偏弱,两者在一定程度上具有独立性。很多情况下,中高纬东亚冬季风环流与低纬度东亚冬季风环流的强弱变化甚至相反。而且这两种指数所反映的东亚冬季大气环流形势既有相似之处,又有一定的差别。在对流层低层,代表低纬度的冬季风指数(EAWM-L)与中国南海、菲律宾附近环流的关系密切,而代表中高纬的冬季风指数(EAWM-M)与贝加尔湖高压脊的关系更为密切;在对流层中层,EAWM-M 同样显示与贝加尔湖高压脊的联系更为紧密。在对流层高层,副热带西风急流强度变化通过调制次级环流进而与 EAWM-L 联系紧密,而 EAWM-M 强弱变化主要与副热带西风急流北界的位置有关。更重要的是它们分别反映了中国东部不同的天气气候状况:代表中高纬的冬季风指数能较好地反映中国东部气温的变化,而低纬度指数则能更多地描述冬季降水的异常情况。这提示我们,在探讨冬季风与我国气温关系时,不能仅分析整个纬度上东亚冬季风的强弱变化,还应该综合考虑东亚中纬度和低纬度冬季风各自的影响。而且不同纬度的东亚冬季风指数对应着不同的大气环流特征。康丽华等(2006)的研究还指出,东亚冬季风可能存在南北两个子系统,它们对应的环流形势具有一定相似性,却又不尽相同。其中北部系统更多地受 AO(北极涛动)等中高纬大气环流系统变异的影响,而南部系统则主要受 ENSO(厄尔尼诺(El Niño)与南方涛动(Southern Oscillation)的英文缩略词)等低纬度因子的影响。Wang 等(2010)所得到的东亚冬季风的北方模态和南方模态事实上就分别反映了冬季风这两个子系统的变化。陈文等(2013)对冬季风路径的研究还表明,在气候平均意义上,东亚冬季风的低层西北风在朝鲜半岛附近分为两支,一支沿南支路径到达赤道,一支沿东支路径进入北太平洋。这种路径的年际变化可以引起东亚气温的南北反位相振荡,这是中国冬季气温南北反相变化的重要原因。

从以上的介绍可以看出:冬季风不仅与中国气温有十分密切的关系,而且这种关系是比较复杂的。它不仅与其强度、南扩程度有关,还与它的多模态的变化以及南下的路径有关。它的这些变化直接影响到我国不同纬度带,不同区域冬季温度的异常分布。

由于冬季风在冬季气候中所扮演的重要角色,近年来,许多学者对它有了很多深入的多方位的研究。如对冬季风指数设定的合理性,相关指标间的比较,它的年代际变化及近百年来强度突变,影响它变异的中高层环流,特别是平流层环流形势及海温、海冰等的强迫作用,这些都应该是冬季低温研究需要密切关注的內容。近年来对冬季风存在区域性差别的研究也值得关注。除了上面介绍的关于冬季风的纬度带差异和相应的两个子系统外,韦道明和李崇银(2009)还对冬季风进行了区域划分。即为蒙古区、日本区及中国东部三个地区。分析 3 个分区的区域平均 1000 hPa 温度、海平面气压、风场和降水随时间的变化特征后,发现各个分区的物理量演变存在非常明显的差异,因此认为对冬季风活动进行区划研究是必要的;同时发现风场中风向在冬季风的建立和撤退时较易出现突变特征。这些对东亚冬季风的过细的深入研究不仅大大加深了我们对东亚冬季风活动的认识,而且也提醒我们把它与中国冬季各地区气候异常(比如低温、降水)相联系时必须作针对性的区别对待,才能取得更好的结果。本书在研究

持续性极端低温过程时,这方面的工作尚是一个较为薄弱的环节,有待以后深入关注。

1.2 寒潮研究

冬季我国大部分地区频繁出现寒潮天气。早在20世纪50年代,陶诗言先生(1955,1957)系统分析了影响中国大陆的不同寒潮过程,并根据冷空气源地、路径和典型环流特征对它们进行了分类。这对寒潮过程的中期预报提供了重要的思路和方法。

到了20世纪80年代,“寒潮(低温)中期预报的理论研究和方法研究”课题组在天气事实、波数域动力学分析和数值模拟等方面对寒潮过程的机制进行了较为广泛的研究。《中期天气预报》一书(仇永炎,1985)对这些研究成果进行了总结。仇永炎(1985)特别指出,对于影响我国大陆的大型冷空气活动不能只关注乌拉尔阻塞高压,应研究北大西洋和北太平洋这两大洋的脊及其向极区和欧亚大陆高纬地区嵌入的现象,其物理含义包括两个方面:(1)两大洋脊向极区伸入(与高纬2波对应),使极涡分裂,使其一部分向东亚地区移动,形成“倒 Ω ”流型;(2)高纬2波通过其能量的净边界通量,使中纬度地区的纬圈平均有效位能和动能增强,继而通过涡动热量和涡动动量的经向输送,将能量分配给天气波(或称脉冲波,主要为4~8波),进而通过天气涡动的强迫过程,形成3波环流。3波环流的一个重要标志就是乌拉尔山脊(或阻塞高压)的建立。这一系列动力学过程表明,两大洋的脊向极区和欧亚大陆高纬地区嵌入的现象是乌拉尔山脊(或阻塞高压)建立和发展的一个重要前提条件。这些研究不仅对已获得的经验事实给予解释,而且对寒潮过程预报方案的建立也提供了有益的线索和方法(仇永炎,1985)。

寒潮研究也非常注重西伯利亚高压本身在月内尺度上的发展过程,包括对流层低层的环流特征及辐射效应引起的热量收支特征。通过热量收支分析,Ding和Krishnamurti(1987)和Ding(1990)指出,较强的非绝热冷却过程及其伴随的大尺度下沉运动导致西伯利亚高压的快速建立和加强,随后,大范围冷空气向东亚地区爆发。Ding(1990)认为,在实质上西伯利亚高压向东南移动过程是时间尺度为10~20天的低频现象。Hsu和Wallace(1985)和Hsu(1987)也讨论了寒潮活动中西伯利亚高压沿青藏高原背风坡向东南移动的特征。强寒潮活动有时可导致中国南海地区的低温天气,有时可影响到海洋大陆地区的对流活动(Lau and Chang,1987;Ding and Krishnamurti,1987)。

许多研究指出,与寒潮活动相伴随的西伯利亚高压的发展演变过程与欧亚大陆对流层中上层的波列活动有密切的联系(Suda,1957;Joung and Hitchman,1982;Lau and Lau,1984;Hsu and Wallace,1985;Hsu,1987)。他们指出,该波列在欧亚大陆大部分地区呈正压结构,只在东亚沿岸地区呈斜压结构,这与青藏高原地形与海陆差异有关。

然而,关于西伯利亚高压与其上空波列之间的相互作用,这些研究并没有给出详细的动力学解释。Takaya和Nakamura(2005)使用位涡反演方法深入地研究了这个问题。他们指出,在月内尺度上西伯利亚高压的发展,是其与对流层上空准定常Rossby波相互作用的结果。其中有两个重要的前提条件:1)西伯利亚关键区已有冷堆及地面高压;2)欧亚大陆上空准定常Rossby波的传播以及乌拉尔阻塞型环流的发展成熟。关键区冷高压能以地面热力Rossby波和地形Rossby波的形式沿青藏高原背风坡向东南移动,但在没有对流层中上层环流显著影响的情况下,冷高压不会发展。当与欧亚大陆准定常Rossby波有关的乌拉尔阻塞型环流发展时,它通过冷平流加强西伯利亚高压,并且阻碍其向东南移动。反过来,西伯利亚高压的存

在,在对流层中上层,通过负位涡的向北平流作用使乌拉尔阻塞型异常环流及其下游的气旋式异常环流中心得以进一步发展,同时也减缓该波列的向东移动速度。其结果,发展的西伯利亚高压和乌拉尔阻塞型环流相互垂直耦合,相互锁定,促使西伯利亚高压充分发展和成熟,为其随后向东亚地区爆发奠定了基础。

1.3 大范围持续性极端低温及降水事件

受北半球大气环流年代际变化的影响,20 世纪 70 年代末至 21 世纪初东亚冬季风显著减弱。因此,20 世纪 80 年代末以来的一段时期,国内针对大型冷空气活动(如寒潮和大范围持续性低温过程)的研究并没有受到广泛关注。但是,2008 年初的持续性低温雨雪冰冻事件敲响了警钟,引起国内业务和研究部门的高度重视。2010 年科技部启动了国家科技支撑计划项目“持续性异常气象事件预测业务技术研究”,旨在研发针对此类持续性灾害事件的延伸期预报技术和方法。值得注意的是,与以往的寒潮研究有所不同,此次项目研究更为注重低温事件的持续性和大范围特征。由此,仅仅着眼于导致寒潮爆发的乌拉尔阻塞高压与关键区西伯利亚高压的相关研究,已经不能满足针对大范围持续性低温过程的延伸期预报迫切需求。

2008 年 1 月 10 日至 2 月 3 日,我国南方地区 20 多个省市在连续 20 多天时间里遭遇了持续性低温雨雪冰冻天气事件,其持续时间之长、影响范围之广,历史罕见,对我国交通运输、电力供应以及人民生命财产等造成极其严重的影响。2009 年 12 月 11 日—2010 年 1 月 20 日,在我国北方地区受到持续性低温事件的袭击,人民生活各个方面都受到了严重的影响。特别是,从 2012 年 1 月下旬开始的持续性极寒天气席卷了整个欧亚大陆,给多个国家带来严重损失。欧美媒体甚至称此事件为“小冰期”来临的征兆。总之,近年来在欧亚大陆范围内频繁出现的持续性极端低温事件及其成因机理,已成为一个目前国际上备受关注的热点问题。因此,对此类事件的关键环流特征及其相关问题的深入研究无疑具有重要的科学意义。

研究表明,乌拉尔山和西伯利亚地区的阻塞高压活动异常是 2008 年初低温雨雪冰冻事件的一个重要原因(陶诗言和卫捷,2008;纪立人等,2008;布和朝鲁等,2008;Wen *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2009; Bueh *et al.*, 2011a)。但是,仅以局地阻塞高压活动本身,难以解释此类极端低温事件的两个关键特征,即大范围 and 持续性。符仙月(2011)和 Bueh 等(2011b)考察了我国 1950 年以来的 38 次大范围持续性低温事件(Peng and Bueh, 2011)。在这些事件中均存在大型斜脊在欧亚大陆中高纬地区上空持续维持的现象。这清楚地表明,欧亚大陆大型斜脊是引发此类大范围持续性低温事件的关键环流系统。Peng 和 Bueh(2012)的研究也进一步证实了这一事实。众所周知,对流层中层天气尺度波(4~8 波)的冷平流主要发生在脊前槽后,其冷空气影响范围上限大致在 30 经距左右(5~6 波的半个波长)。而欧亚大陆大型斜脊指的是,盘踞在欧亚大陆中高纬地区上空,纬向空间尺度大于 30 个经距,且呈西南—东北向倾斜的行星尺度脊。大型斜脊在其维持阶段有时也呈东西向的“横脊”特征,为方便起见将其统称为大型斜脊。有时,其纬向尺度大于北半球定常行星波脊(60 个经距),甚至可达 120 个经距。大型斜脊系统与大家熟知的影响我国寒潮活动的阻塞高压(如乌拉尔阻高)系统并不相同。大型斜脊不像阻塞高压那样局限于某一地区,其建立和衰亡过程也具有缓慢变化特征,这与阻塞高压的建立和崩溃过程形成鲜明对比。

关于欧亚大陆大型斜脊与我国大范围持续性低温事件的关系,已有不少典型个例研究。

在2008年初的持续性低温事件的不同阶段,乌拉尔山地区 and 西伯利亚地区的上空出现了持续性较强的阻塞型环流,它们相互匹配形成了一个大型斜脊,导致冷空气大范围南侵我国大陆(陶诗言和卫捷,2008;纪立人等,2008;布和朝鲁等,2008;Wen *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2009; Bueh *et al.*, 2011a)。在1954年12月26日—1955年1月17日,里海至白令海峡(西南—东北方向)长时间维持一个大型斜脊,引导大范围冷空气长时间入侵我国,导致全国性持续性低温事件(符仙月,2011;Peng and Bueh,2012)。值得注意的是,我国大范围持续性低温事件的前期环流型及其演变特征也与北大西洋/北欧脊和北太平洋脊向极区和欧亚大陆高纬地区嵌入的现象相联系(Peng and Bueh,2012)。与典型寒潮过程(仇永炎,1985)不同的是,两大洋脊向极区和欧亚大陆高纬地区伸入(2波环流)之后,不会像典型寒潮过程那样演变为3波环流,而是两大洋脊与乌拉尔山弱脊合并成一个大型斜脊。因此,对大型冷空气活动的中期和延伸期预报而言,与乌拉尔阻塞高压相联系的大型斜脊的形成可能比阻塞高压活动本身更加重要。

可以认为,欧亚大陆大型斜脊是与阻塞高压既有联系,但在形态、结构以及时间和空间尺度上都不同的一类环流系统,至今对其研究还不多。我们对其形成、维持和影响的细节还不清楚,有待深入研究。

低温雨雪冰冻事件是我国大范围持续性低温事件中的一个独特问题,迫切需要专门的研究。2008年初低温雨雪冰冻事件中,在连续20多天时间里我国南方地区接连出现了四次强烈的雨雪冰冻天气过程,全国20多省市受到影响。其中,除了低温过程以外,异常降水事件扮演了极其重要的角色。研究表明,南支槽的加深和西太平洋副热带高压的加强和北进是2008年初持续性极端降水事件的主要原因(陶诗言和卫捷,2008;赵思雄和孙建华,2008;孙建华和赵思雄,2008;纪立人等,2008;布和朝鲁等,2008;Wen *et al.*, 2009; Zhou *et al.*, 2009)。尽管冬季南支槽活动和西太平洋副热带高压系统各自受到多种大气内动力学过程和外强迫过程的影响,但是沿亚洲副热带急流传播的低频Rossby波活动是这两个系统同时出现异常的一个很重要原因。Zong等(2012)提出,源于北大西洋/欧洲的低频Rossby波沿亚洲副热带急流传播是冬季我国南方出现持续性极端降水事件的主要原因。

1.4 本书研究的若干问题

在冬季大范围持续性极端低温事件和持续性极端降水事件方面,我国气象工作者在长期的研究和预报实践中广泛关注,并从不同角度有所涉及,但还缺乏针对性的系统研究,有待解决的问题还很多。

本书试图从以下几个基本问题入手,探讨冬季大范围持续性极端低温事件和持续性极端降水事件发生发展的关键特征及其机理,为其中期—延伸期预报提供依据和思路。

(1)如何客观地识别和界定大范围持续性低温事件?如何根据其不同的低温区域特征加以分类?

(2)大范围持续性低温事件的关键环流系统是什么?如何建立刻画关键环流系统的量化指标?关键环流系统的维持和演变过程特征是什么?关键环流系统与阻塞高压活动和切断低压活动有何联系?

(3)大范围持续性低温事件形成的对流层和平流层前兆信号。这些前兆信号与极涡活动

和中高纬低频遥相关有何联系?

(4)冬季我国南方持续性异常降水事件的界定及其中高纬和副热带环流特征。它的发生与中高纬异常环流、副热带急流扰动、南支槽、西太平洋副热带高压以及 MJO 活动的关系是什么?它一般与哪类大范围持续性低温事件相互联系?

(5)在月和季度时间尺度上,我国冬季区域性低温事件如何与北半球中高纬异常环流和外强迫相联系?从更长时间尺度上揭示冬季区域性低温事件的成因,将有助于理解中期—延伸期尺度大范围持续性低温事件形成的背景环流特征。

下面各章将围绕这些问题展开。如按时间尺度分,大体上又可将其分为两个部分。前面第2章~第5章,主要针对中期到延伸期的 EPECE 事件,涵盖这类事件的界定、分类、对流层和平流层环流特征和演变过程,其中着重探讨了亚洲大陆上大型斜脊/斜槽的形成和影响,并因此提出 EPECE 发生的前期信号。而后一部分,则涉及低温事件的月、季度及其年际变化特征,例如极涡和 AO 的演变等。它既是 EPECE 发生的背景环流条件,也是对前几章的补充,也可看成是对这类事件短期气候预测问题的初步探讨。最后一章则是对全书的简短总结,并从中提出有待深入的问题。

参考文献

- 布和朝鲁,纪立人,施宁.2008.2008年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析Ⅰ:亚非副热带急流低频波.气候与环境科学研究,13(4):419-433.
- 陈文,魏科,王林,等.2013.东亚冬季风气候变异和机理以及平流层过程的影响.大气科学,37(2):425-438, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2012.12309.
- 仇永炎等.1985.中期天气预报.北京:科学出版社.
- 符仙月.2011.中国大范围持续性低温事件的大气环流特征.中国科学院大气物理所硕士论文.导师:布和朝鲁.
- 郭其蕴.1994.东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系.应用气象学报,5(2):218-225.
- 纪立人等.2008.2008年初我国南方雨雪低温天气的中期过程分析Ⅲ:青藏高原—孟加拉湾气压槽.气候与环境科学研究,13(4):446-458.
- 康丽华,陈文,魏科.2006.我国冬季气温年代际变化及其与大气环流异常变化的关系.气候与环境研究,11(3):330-339.
- 刘舸,纪立人,孙淑清,辛羽飞.2013.关于东亚冬季风指数的一个讨论—东亚中、低纬冬季风的差异.大气科学,37(3):755-764, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2012.12054.
- 刘青春.2006.东亚冬季风和青藏高原气温降水的关系.青海气象,(3):2-5.
- 孙建华,赵思雄.2008.2008年初南方雨雪冰冻灾害天气静止锋与层结结构分析.气候与环境研究,13(4):368-384, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2008.04.03.
- 陶诗言.1955.东亚冬半年冷空气活动的经验研究.中央气象台油印本.
- 陶诗言.1957.阻塞形势破坏时期的一次东亚寒潮过程.气象学报,28:63-74.
- 陶诗言,卫捷.2008.2008年1月我国南方严重冰雪灾害过程分析.气候与环境科学研究,13(4):337-350.
- 王遵娅,丁一汇.2006.近53年中国寒潮的变化特征及其可能原因.大气科学,30:1068-1076.
- 韦道明,李崇银.2009.东亚冬季风的区域差异和突变特征.高原气象,28(5):1149-1157.
- 张自银,龚道溢,胡森等.2012.多种东亚冬季风指数及其与中国东部气候关系的比较.地理研究,31(6):987-1003.
- 赵思雄,孙建华.2008.2008年初南方雨雪冰冻天气的环流场与多尺度特征.气候与环境研究,13(4):351-367.

- Bueh, Cholaw, Shi N, Xie Z. 2011a. Large-scale circulation anomalies associated with persistent low temperature over Southern China in January 2008. *Atmos. Sci. Lett.*, **12**(3): 273-280, doi:10.1002/asl.333.
- Bueh Cholaw, Fu Xianye, Xie Zuowei. 2011b. Large-Scale Circulation Features Typical of Wintertime Extensive and Persistent Low Temperature Events in China. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, **4**(4): 235-241.
- Chen Wen, Graf H F, Huang Ronghui. 2000. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon. *Advances in Atmospheric Sciences*, **17**(1): 48-60.
- Ding Y, Krishnamurti T N. 1987. Heat budget of the Siberian high and the winter monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, **115**(10): 2428-2449.
- Ding Y. 1990. Build-up, air mass transformation and propagation of Siberian high and its relations to cold surge in East Asia. *Meteor. Atmos. Phys.*, **44**: 281-292.
- Hsu H H. 1987. Propagation of low-level circulation features in the vicinity of mountain ranges. *Mon. Wea. Rev.*, **115**: 1864-1892.
- Hsu H H, Wallace J M. 1985. Vertical structure of wintertime teleconnection patterns. *J. Atmos. Sci.*, **42**: 1693-1710.
- Joung C H, Hitchman M H. 1982. On the role of successive downstream development in East Asian polar air outbreaks. *Mon. Wea. Rev.*, **110**: 1224-1237.
- Lau K M, Chang C P. 1987. Planetary scale aspects of the winter monsoon and atmospheric teleconnections. *Monsoon Meteorology*, C. — P. Chang and T. N. Krishnamurti, Eds., Oxford University Press, 161-202.
- Lau N C, Lau K M. 1984. The structure and energetics of mid-latitude disturbances accompanying cold—air outbreaks over East Asia. *Mon. Wea. Rev.*, **112**: 1309-1327.
- Peng Jingbei Bueh Cholaw. 2011. The Definition and Classification of Extensive and Persistent Extreme Cold Events in China. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, **4**(5): 281-286.
- Peng Jingbei, Bueh Cholaw. 2012. Precursory Signals of the Extensive and Persistent Extreme Cold Events in China. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, **5**(3): 252-257.
- Suda K. 1957. The mean pressure field characteristic to persistent cold waves in the Far East. *J. Meteor. Soc. Japan*, **35**: 192-198.
- Takaya K, Nakamura H. 2005. Mechanisms of intraseasonal amplification of the cold Siberian high. *J. Atmos. Sci.*, **62**: 4423-4440.
- Wang L, Chen W, Zhou W, et al. 2010. Effect of the climate shift around mid1970s on the relationship between wintertime Ural blocking circulation and East Asian climate. *International Journal of Climatology*, **30**(1): 153-158.
- Wen M, Yang S Kumar A, et al. 2009. An analysis of the large scale climate anomalies associated with the Snowstorms affecting China in January 2008. *Mon. Wea. Rev.*, **137**: 1111-1131.
- Zhou W, Chan J C L, Chen W J, et al. 2009. Synoptic-scale controls of persistent low temperature and icy weather over South China in January 2008. *Mon. Wea. Rev.*, **137**: 3978-3991.
- Zong Haifeng, Bueh Cholaw, Chen Lieting, et al. 2012. A Typical Mode of Seasonal Circulation Transition: A Climatic View of the Abrupt Transition from Drought to Flood over the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River Valley in the Late Spring and Early Summer of 2011. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, **5**(5): 349-354.

第2章 冬季大范围持续性极端低温事件的界定

要研究大范围持续性极端低温事件(Extended Persistent Extreme Cold Event,以下简称EPECE),首先要对它进行客观界定。目前对极端低温事件的定义方法主要分为三类。第一类是定义单站低温阈值,当气温低于阈值时,即出现单站极端低温事件(Horton *et al.*, 2001; Yan *et al.*, 2002)。第二类是选取某个地区作为研究对象,根据区域平均的气温序列定义极端事件(Walsh *et al.*, 2001)。第三类定义极端高(低)温事件的方法是首先定义单站极端高(低)温,根据单站极端事件的范围定义极端事件。Zhang 和 Qian(2011)以相邻5站均达到低温标准作为区域性低温事件的标准。第一和第二类方法不能描述发生在不同地区、水平范围不同的极端事件。第三类定义方法可以选出发生不同区域、满足同样水平范围条件的极端事件,较适合研究我们所关注的大范围持续性极端低温事件。但 Zhang 和 Qian(2011)选定的标准——相邻5站——对“0801”这样的EPECE来说,范围较小,需重新定义。

另外,研究表明,极端低温事件的发生往往具有区域性特征。如1954年冬季,全国大部分地区均出现了持续的低温天气(国家气候中心气候应用室,1981)。“0801”事件中,极端低温主要集中在我国南方地区,同期东北地区气温较常年偏高(陶诗言和卫捷,2008)。因此,有必要对EPECE进行分类研究。在此基础上,本章还对EPECE做了比较仔细和系统的分析和研究。

寒潮是冬季造成我国大范围降温的重要天气过程,常伴随大风、冻雨和降雪(Ding, 1994)。它与EPECE有密切关系,又有区别。如连续两次强寒潮过程造成了1954/1955年冬季长时间的低温(国家气候中心气候应用室,1981)。而在持续40多天的“0801”事件中,仅在2008年1月13—16日有一次中等强度寒潮影响我国(周宁芳,2008)。所以,需要对EPECE与寒潮在基本特征,同期环流及前兆信号等方面进行讨论。但目前这方面的研究还较少。本章将在客观界定中期—延伸期尺度的EPECE的基础上,对其进行分类,并讨论它与寒潮天气的联系及差异。

2.1 大范围持续性极端低温事件定义及分类

2.1.1 定义

采用国家气候中心提供的1951—2009年共59年全国756站逐日日平均气温资料来界定EPECE。站点分布见图2.1.1。

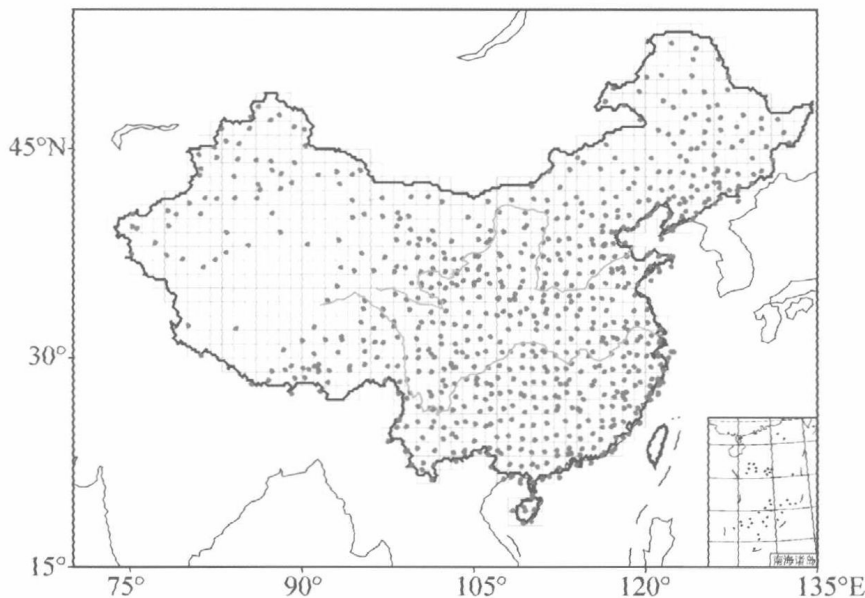


图 2.1.1 全国 756 站分布及 1°×1°网格分布

我们分三个步骤来界定 EPECE:

1)测站极端低温阈值。采用通用的做法(Jones 等,1999),对于每个测站,以某日及其前后各 2 天,将 1951—2009 年每年这 5 天的气温连起来,得到一个样本数为 5 天×59 年=295 的序列。将这个序列按升序排列,取第 10 个百分位值作为该站这天达到极端低温天气的阈值。

2)极端低温面积。由于站点资料的空间分布不均匀性,准确计算极端低温台站所占的面积非常困难。为避免台站分布不均匀的问题,类似积雪面积的定义方法(Dewey *et al.*, 1981),以 1°×1°网格覆盖中国地区,将每天全国极端低温台站所占的网格数定义为该日的极端低温面积指数(以下简称 S)。这在全国暖冬面积指数的定义中也有应用(陈峪等,2009)。当单日 S 超过全国总网格数(1012 个)的 10%,即认为这一天发生了 EPECE。为了保证界定的极端事件水平范围足够大,我们再要求 EPECE 持续时间内 S 的最大值(简称峰值)超过全国总网格的 20%。实际上,如果将 1951/1952—2008/2009 年冬季所有 S 按升序排列,全国面积的 10%和 20%分别相当于 S 的第 83 个百分位值和第 96 个百分位值。这也说明我们选取的大范围标准是非常高的。

3)持续性。当 S 维持上述大范围的标准 8 天以上(中间允许有连续不超过 2 天低于标准),且 S 峰值超过全国总网格的 20%,则确定为一次 EPECE。把 S 超过(少于)全国总网格数 10%的日期定为事件的开始(结束)。持续 8 天大致为 S 超过全国总网格数 10%的第 88 百分位值。

按照上述的标准,在 1951/1952—2008/2009 年冬季,共有 52 次 EPECE。每次事件的起讫时间、峰值时间、S 峰值(格点数)、持续天数等结果见表 2.1.1。