

李红英, 林 纾, 王云鹏, 等. 1961—2017年京津冀地区寒潮活动特征[J]. 干旱气象, 2022, 40(1): 41–48, [LI Hongying, LIN Shu, WANG Yunpeng, et al. Characteristics of cold wave activities in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1961 to 2017[J]. Journal of Arid Meteorology, 2022, 40(1): 41–48], DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2022)-01-0041

1961—2017年京津冀地区寒潮活动特征

李红英¹, 林 纾², 王云鹏¹, 黄鹏程², 于亚楠¹

(1. 甘肃省酒泉市气象局, 甘肃 酒泉 735000; 2. 兰州区域气候中心, 甘肃 兰州 730020)

摘 要:基于1961—2017年京津冀地区126个气象观测站逐日最低气温和降水资料, 分析该区域寒潮发生频次时空变化特征, 在此基础上通过定义的干湿判别指标分析区域性寒潮的干湿特征。结果表明: (1) 京津冀地区单站寒潮年平均发生频次空间分布呈西北多东南少, 86%的站点寒潮年发生频次呈减少趋势。 (2) 1961—2017年寒潮累计发生站次呈显著减少趋势($P < 0.001$), 气候倾向率为 -5.7 站次 $\cdot a^{-1}$, 且在1983年发生突变。1961—1971年寒潮累计发生站次出现峰值, 从1972年开始锐减, 2007—2017年寒潮平均发生站次为历史最少。 (3) 1961—2017年区域性寒潮发生频次年际变化总体呈递减趋势, 气候倾向率为 -0.282 次 $\cdot (10 a)^{-1}$, 1960年代冬季区域性寒潮发生频次最多, 1970年代秋季和春季最多, 2000年代冬季和春季为次高峰期, 2011—2017年3个季节最少。区域性寒潮发生频次季节分布中以秋季出现最多、其次是冬季、春季最少; 10月、11月寒潮最为活跃。 (4) 京津冀地区区域性寒潮过程干过程发生频次最多, 2011—2017年区域性寒潮过程干湿特征趋向于干过程和湿过程两极化分布。

关键词:京津冀地区; 寒潮; 区域性寒潮; 干湿特征

文章编号:1006-7639(2022)01-0041-08 DOI:10.11755/j.issn.1006-7639(2022)-01-0041

中图分类号:P467

文献标志码:A

引 言

寒潮伴随的大规模强冷空气在特定的天气形势下向南侵袭, 可造成沿途地区大范围的剧烈降温、大风、雨雪等极端灾害性天气, 往往给农业、交通、电力、通讯等行业以及人体健康造成严重影响和危害。寒潮作为一种重大的极端灾害性天气, 引起了国内外学者的广泛关注。

我国寒潮年均强度呈北强南弱, 频次北多南少, 频次高值区位于新疆北部、内蒙古北部、东北地区, 低值区位于四川盆地、青藏高原、云贵地区^[1-5]。中国区域性寒潮频次如长江中下游地区^[6]、西南地区^[7-8]、东北地区^[9-11]、西北地区^[12-17]等均有不同程度的减少, 尤其是西北的新疆、华北和东北地区减少最为显著^[1-2], 东北地区春季寒潮频次和强度在20世纪80年代末出现转折, 频次减少, 强度增强, 而21世纪初开始, 频次有所增加, 但强度减弱^[10]。

单次寒潮的降温强度, 中国北方和南方大于中部地区; 持续时间南方、中部大于北部^[1,3], 且北方冷空气持续时间呈年代际减少趋势, 1980年之前持续时间长, 1990年后持续时间短^[18]。寒潮最易发生在秋、冬和春季^[3-4], 但云南春季和秋季寒潮仅占15%, 秋季云南西部及西南部地区没有寒潮发生, 而东北地区寒潮出现较早。

针对中国寒潮变化的可能原因, 有研究指出ENSO信号能通过调制北大西洋地区的大气环流改变欧亚中高纬度地区的纬向温度平流输送和西伯利亚高压强度, 进而影响中国北方冬季气温^[19-20]。北大西洋涛动(North Atlantic Oscillation, NAO)呈负位相, 不利于北大西洋的暖湿空气向欧亚大陆输送, 西伯利亚高压偏强, 因而中国北方地区较气候态偏冷^[21]; 在气候变暖背景下, 西伯利亚高压和冬季风强度的减弱是中国寒潮频次减少的可能原因^[3]。北大西洋风暴轴位置异常与我国寒潮频次变化存在

收稿日期: 2021-09-21; 改回日期: 2021-11-11

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC1505601)资助

作者简介: 李红英(1979—), 女, 高级工程师, 主要从事决策气象服务与气候变化研究。E-mail: 16439597@qq.com。

通信作者: 林纾(1964—), 女, 正研级高级工程师, 主要从事短期气候预测和气候变化研究。E-mail: treewest@163.com。

显著相关关系,即当在 40°W 以西风暴轴较气候平均位置偏北(偏南)和在 40°W 以东风暴轴较气候平均位置偏东北(偏西南)时,同期我国大部分地区的寒潮频次异常偏少(偏多),而其强度异常与我国寒潮频次变化的年际关系并不显著^[22]。极区和近极区环流系统的改变是造成我国强冷空气发生年代际变化的主要原因^[23]。低北极涛动(Arctic Oscillation, AO)指数时,容易形成阻塞系统,影响极地冷空气向低纬度爆发,从而形成寒潮,高 AO 指数时则不易发生寒潮^[1,24];乌拉尔山阻塞形势崩溃与寒潮爆发有密切关系,北半球极涡面积迅速增大,与“倒 Ω 流型”的建立关联紧密,是寒潮天气过程中极地冷空气南下堆积酝酿的重要标志^[4]。西伯利亚上空形成的东(西)阻塞高压,一旦异常冷空气到达青藏高原东北坡,就会引起冷空气爆发^[25]。

国家经济发展、重大社会活动(如 2022 年第 24 届冬季奥林匹克运动会)和人民生产生活都对寒潮的预测提出更高需求。京津冀地区作为全国政治经济文化中心,同时又是寒潮入侵我国北方的必经之地,寒潮带来的强冷空气往往可以触发此区域的极端低温事件。然而,以往对京津冀地区寒潮伴随的降水过程的干湿特征分析较为少见^[26-32]。因此,本文在分析 1961—2017 年京津冀地区寒潮多时间尺度特征以及空间分布特征基础上,定义干湿判别指标,分析区域性寒潮的干湿特征,以期掌握京津冀地区寒潮在气候变暖背景下的新特征和新规律,为 2022 年冬奥会气象保障服务和寒潮预报预警提供技术和决策支撑。

1 研究区概况

京津冀地区位于东北亚中国地区环渤海心脏地带($36^{\circ}03'\text{N}$ — $42^{\circ}40'\text{N}$ 、 $113^{\circ}27'\text{E}$ — $119^{\circ}50'\text{E}$),总面积 $2.154 \times 10^5 \text{ km}^2$,是我国“首都经济圈”,行政范围包括北京市、天津市和河北省。京津冀地区是我国国家发展战略的重要指向区,其北靠燕山山脉,南面平原展布,西倚太行山,东临渤海湾。地貌类型复杂多样,主要有坝上高原、燕山和太行山山地、河北平原,沿渤海岸多滩涂、湿地,海河流域以扇状水系铺展在京津冀地区,水域约 $1.23 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。地形西北高东南低,且由西北向东南倾斜。京津冀位于温带半湿润半干旱大陆性气候区,多年平均气温 10°C ,多年平均降水量 522 mm ,降水量自东南向西北递减。

2 资料和寒潮、区域性寒潮定义

所用资料为京津冀地区 1961—2017 年资料完

整的 126 个气象站(图 1)的逐日最低气温和降水资料,该资料由甘肃省气象信息与技术装备保障中心提供。单站寒潮过程依据周庆亮等^[33]的定义:某地日最低气温 24 h 内降温幅度大于等于 8.0°C ,或 48 h 内降温幅度大于等于 10.0°C ,或 72 h 内降温幅度大于等于 12.0°C ,且日最低气温小于等于 4°C 。区域性寒潮:影响范围内超过 30% 以上的站点达到寒潮标准,且持续时间超过 2 d。文中附图涉及的地图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1610 号的标准地图制作,底图无修改。

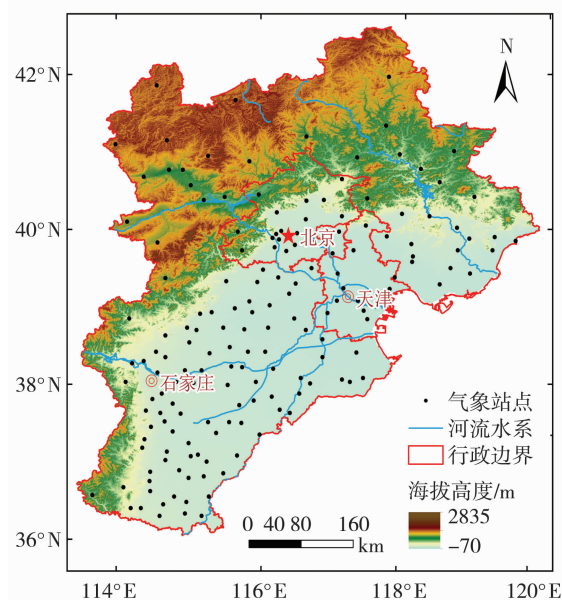


图 1 京津冀地理位置和气象站点分布

Fig. 1 Geographical location and distribution

of meteorological stations in BTH (Beijing-Tianjin-Hebei)

3 结果分析

3.1 单站寒潮频次

3.1.1 空间变化

图 2 为 1961—2017 年京津冀地区寒潮平均年发生频次空间分布。可以看出,京津冀地区寒潮平均年发生频次西北多、东南少,高发区主要集中在河北省西北部的张家口市,寒潮平均年发生频次在 12 次以上的站点有 12 个,其中张家口市 7 个、承德市 4 个和保定市 1 个,张家口市的张北和沽源分别为 26.4 次和 25.6 次,为京津冀地区之首,其次是张家口市的康保(23.8 次)、尚义(21.4 次)、崇礼(19.2 次)和蔚县(18.2 次),而河北平原大部在 10 次以下,北京的霞云岭和天津市的东丽频次最少(1.3 次)。

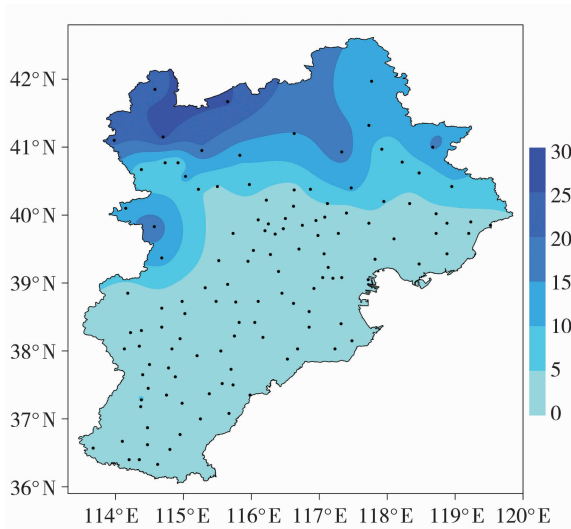


图2 1961—2017年京津冀地区寒潮平均年发生频次空间分布(单位:次)
Fig. 2 Spatial distribution of average annual occurrence frequency of cold wave in BTH region from 1961 to 2017 (Unit: times)

寒潮平均年发生频次最多的站点是最少站点的20倍,说明京津冀地区寒潮活动频次空间相差悬殊。究其原因,地形对区域水热条件具有再分配的作用,对入侵冷空气起到阻挡和分流。来自西伯利亚—蒙古国的冷空气遇到燕山山系阻挡,爬坡速度缓慢,造成冷空气滞留,从而在山前形成寒潮高频区,地处燕山、太行山和内蒙古高原连接地带的张家口成为寒潮发生的高频区,而位于太行山背风坡的平原区则是寒潮发生的低值区。对京津冀地区单站寒潮年发生频次变化趋势(图略)进行分析,发现只有张家口西北部的尚义、康保、怀安等站和东北部承德市的围场、平泉等18站(占总站数的14%)呈略增多趋势,大部分站点(108站,占总站数的86%)表现为减少趋势,但仅张家口市的蔚县减少趋势显著,通过 $\alpha=0.01$ 的显著性检验。

3.1.2 时间变化

经统计,1961—2017年京津冀地区寒潮平均年累计发生638站次,图3为1961—2017年京津冀地区寒潮累计发生站次年际变化及其线性趋势。可以看出,1961—2017年寒潮累计发生站次呈显著减少趋势,气候倾向率为 -57 站次 $\cdot(10\text{ a})^{-1}$,通过 $\alpha=0.001$ 的显著性检验。寒潮发生最多站(1038站,出现在1968年)是最少站(372站,出现在1992年)的2.8倍。寒潮累计发生站次的阶段性特征比较明显,在1980年代末之前,大多在638站次以上,尤其是1961—1971年出现峰值,平均每年累计发生825站次,从1972年开始锐减,1980年代末以后多位于

平均值以下,尤其是2007年以来平均每年累计发生527站次,比最多时期少近300站次。

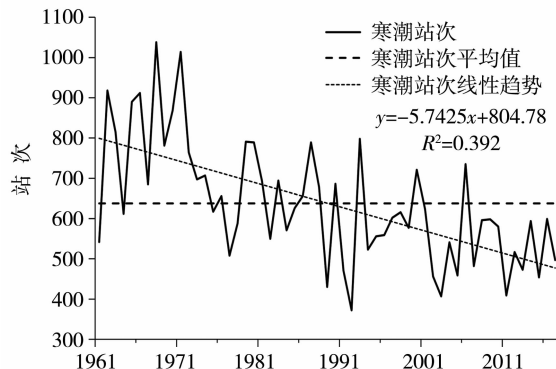


图3 1961—2017年京津冀地区寒潮累计发生站次年际变化及其线性趋势

Fig. 3 Inter-annual variation of accumulative occurrence stations of cold wave in BTH region from 1961 to 2017 and its linear trend

图4为1961—2017年京津冀地区寒潮累计发生站次的Mann-Kendall突变检验。可以看出,近57 a京津冀地区寒潮累计发生站次存在显著突变,UF与UB曲线在1983年相交,且UF曲线超过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平临界线,表明在1983年该地区寒潮发生站次出现由多到少的突变。1961—1983年寒潮累计发生站次以正距平为主,平均每年累计发生744站次,1984—2017年平均每年累计发生566站次,34 a中仅有7 a多于多年平均值,两个阶段均值相差178站次。

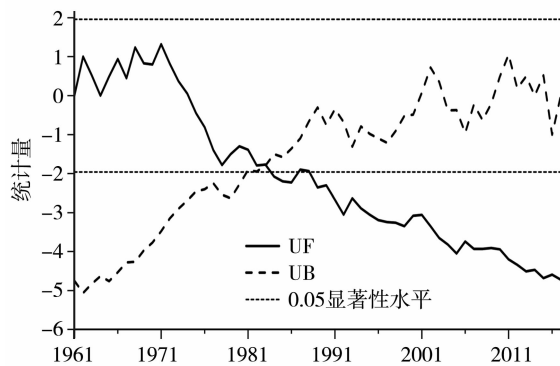


图4 1961—2017年京津冀地区寒潮累计发生站次的Mann-Kendall突变检验

Fig. 4 Mann-Kendall mutation test of accumulative occurrence stations of cold wave in BTH region from 1961 to 2017

3.2 区域性寒潮过程

3.2.1 频次多时间尺度变化

经统计,1961—2017年京津冀地区区域性寒潮共发生139次,平均每年发生2.4次。1962年和

1971 年最多,均为 6 次,1966 年出现 5 次,有 24 a 出现 3 次,有 6 a 未出现过。从 1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮发生频次年际变化及其线性趋势(图 5)可以看出,近 57 a 区域性寒潮发生频次总体呈递减趋势,气候倾向率为 $-0.282 \text{ 次} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,未通过显著性检验,亦未发生突变。区域性寒潮频次在 1961—1976 年平均每年发生 3.4 次,为历史最多,1977—1996 年明显减少,平均每年发生 2.0 次,1997—2010 年略有增加,平均每年 2.6 次,2011 年以后又迅速减少,平均每年出现 1.3 次,仅为 1997—2010 年的一半。

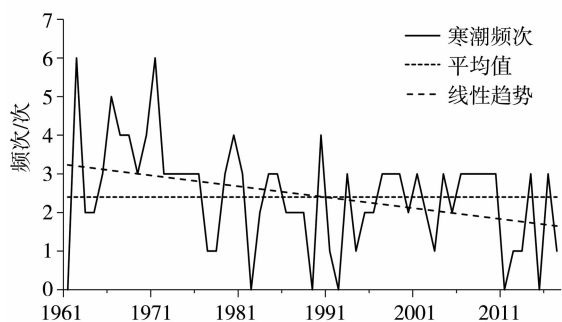


图 5 1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮发生频次年际变化及其线性趋势

Fig. 5 Inter-annual variation of regional cold wave frequency in BTH region from 1961 to 2017 and its linear trend

表 1 列出 1961—2017 年不同年代京津冀地区区域性寒潮发生频次。可以看出,1960 年代区域性寒潮发生频次最多(33 次),其次是 1970 年代(30 次),1980—1990 年代迅速减少至 20 次左右,2000 年代有所增多,增至 26 次,2011—2017 年迅速下降为 1960 年代以来最少,仅为 9 次。总之,从 1960 年代以来,京津冀地区区域性寒潮发生频次的变化趋势与全国一致^[3-4]。

季节区域性寒潮发生频次表现为秋季最多(61 次),占全年区域性寒潮频次的 44%;其次为冬季,共 46 次,占比 33%;春季最少,共 32 次,约为秋季的一半。春季区域性寒潮以 1970 年代最多(10 次),2000 年代紧随其后(9 次),1960 年代位居第 3(6 次),1980 年代和 1990 年代降至 3~4 次,2011 年以来未发生过区域性寒潮。秋季寒潮自 1970 年代以来逐渐减少,1970 年代最多(15 次),2011—2017 年最少(5 次);2000 年代以前在 10 次以上,2000 年代后减少至个位数。冬季区域性寒潮发生频次 1960 年代最多,达 15 次,1970—1990 年代快速减至 5~7 次,2000 年代增至 9 次,2011—2017 年锐减到历史最少(4 次)。

综上所述,不同季节区域性寒潮发生频次的年代际分布有所差异,1960 年代冬季区域性寒潮发生频次最多,1970 年代春季和秋季较多,2000 年代冬季和春季为区域性寒潮发生的次高峰期,2011—2017 年三个季节寒潮发生频次最少。春季、秋季和冬季区域性寒潮发生频次呈显著减少趋势,气候倾向率分别为 -0.97 、 -1.63 和 $-1.2 \text{ 次} \cdot (10 \text{ a})^{-1}$,均通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性检验。

表 1 1961—2017 年不同年代京津冀地区区域性寒潮发生频次

Tab. 1 Occurrence frequency of regional cold wave in BTH region from 1961 to 2017 in different decadal periods

单位:次				
年代	全年	春季	秋季	冬季
1960 年代	33	6	12	15
1970 年代	30	10	15	5
1980 年代	21	4	11	6
1990 年代	20	3	10	7
2000 年代	26	9	8	9
2011—2017 年	9	0	5	4
合计	139	32	61	46

图 6 为 1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮发生频次逐月变化。可以看出,京津冀地区区域性寒潮发生在 9 月至次年 5 月,其中 10 月和 11 月区域性寒潮活动最为活跃,发生频次分别为 28 次和 32 次,占全年总频次的 43.2%,1 月发生 19 次,占比 13.6%,12 月和 2—4 月区域性寒潮发生频次差异较小,为 13~16 次,5 月和 9 月各出现 1 次。京津冀地区区域性寒潮最早出现在 9 月 27 日(1968 年),最晚出现于 5 月 14 日(1977 年)。

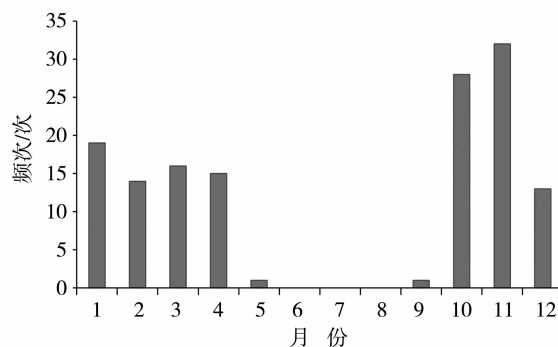


图 6 1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮发生频次逐月变化

Fig. 6 Monthly variation of occurrence frequency of regional cold wave in BTH region from 1961 to 2017

3.2.2 持续日数和降温幅度

1961—2017年,京津冀地区139次区域性寒潮过程持续日数为2~5 d,平均2.6 d,其中持续3 d的过程最多(66次),持续2 d的过程次之(63次),持续2~3 d的过程占总次数的92.8%;持续5 d的过程仅1次,占比不足1%。

经统计,1961—2017年京津冀地区区域性寒潮平均降温幅度为12.1℃,平均最低气温为-17.8℃,其中1966年2月21—23日的过程降温幅度最大(16.4℃);1962年2月11—13日的过程河北省蔚县最低气温达-28.3℃,为57 a来京津冀地区区域性寒潮过程最低气温极值;1968年11月8—10日的过程影响范围最大,境内所有站点均达到寒潮标准,过程降温幅度为12.7℃,最低气温为-20.2℃(河北阳原)。

3.2.3 干湿特征

寒潮天气过程的主要特点是剧烈降温和大风,还常伴有雨、雪、雨淞等天气现象,仅从寒潮伴随的降水现象看,大致分为干冷型和湿冷型。京津冀地区区域性寒潮出现在冬季、春季和秋季,冬季寒潮过程降水相态为雪,而在秋冬和冬春季节转换时,降水相态较为复杂^[34-35],在此参照气候业务降水距平百分率的级别划分,定义区域性寒潮干湿特征的判别指标DW,其计算公式如下:

$$DW = (r - r_0) / s \quad (1)$$

式中: r 为某次寒潮过程中所有达到寒潮标准站点降水量的平均值; r_0 和 s 分别为1961—2017年136次寒潮过程降水量的平均值和标准差。区域性寒潮干湿特征指标DW级别划分如表2所示。

表2 区域性寒潮过程干湿划分标准

Tab.2 Classification criteria of dry and wet of regional cold wave process

干湿过程	DW
干过程	$\leq -50\%$
较干过程	$(-50\%, -20\%]$
正常过程	$(-20\%, 20\%)$
较湿过程	$[20\%, 50\%)$
湿过程	$\geq 50\%$

1961—2017年京津冀地区区域性寒潮干过程发生频次最多(51次),占区域性寒潮总频次的36.7%(表3),其次是较干过程(44次),占比31.7%,湿过程和正常过程分别位居第三和第四,占比为18.7%

和10.1%,仅有约3%的过程为较湿过程,说明京津冀地区区域性寒潮过程以干过程和较干过程为主。三个季节中,干过程频次表现为冬季最多,秋季次之,春季最少;较干和正常过程频次均是秋季最多,冬季次之,春季最少;湿过程则为秋季最多,春季次之,冬季最少;较湿过程仅在秋季出现2次,春季和冬季各出现1次。

表3 京津冀地区区域性寒潮干湿过程频次分布

Tab.3 Distribution of frequency of dry and wet process of regional cold wave in BTH region

干湿过程	春季/次	秋季/次	冬季/次	年/次	占比/%
干过程	10	19	22	51	36.7
较干过程	9	21	14	44	31.7
正常过程	3	6	5	14	10.1
较湿过程	1	2	1	4	2.9
湿过程	9	13	4	26	18.7
总频次	32	61	46	139	

图7为1961—2017年京津冀地区区域性寒潮干湿过程频次年代际分布。可以看出,区域性寒潮干过程发生频次以1960年代最多,1960—1980年代逐渐减少,1990—2000年代较1980年代有所增多,2011—2017年迅速减少到历史最低值(4次),约为1960年代的1/5;较干过程发生频次峰值出现在2000年代(11次),其次是1960年代和1970年代均为10次,1980年代迅速减少至4次,2011—2017年为历史最少仅为1次;正常过程在1980年代最多(6次),2011—2017年未出现过正常过程,其余年代为1~3次;较湿过程仅在1980年代出现2次,1970年代和2000年代各出现1次,其余年代未出现;湿过程频次呈现“双峰双谷”分布,具体表现为1970年代和2000年代出现两个相对的峰值(7次和6次),1960年代和1990年代出现相对的谷值(3次和2次);干过程、较干过程和较湿过程发生频次的年代际变化呈减少趋势,湿过程则呈增加趋势,2011—2017年区域性寒潮趋向于干过程和湿过程两极化分布。

综上所述,1961—2017年京津冀地区139次区域性寒潮过程中,干湿过程频次表现为干过程最多,其次为较干过程、湿过程和正常过程,较湿过程最少;干过程各季节频次表现为冬季>秋季>春季;较干和正常过程表现为秋季>冬季>春季;湿过程则为秋季>春季>冬季;不同干湿过程的峰值时段差

异较大,干过程以 1960 年代最多,较干过程 2000 年代最多,正常和较湿过程 1980 年代最多,湿过程 1970 年代最多,2011—2017 年区域性寒潮趋向于干过程和湿过程的两极化分布。

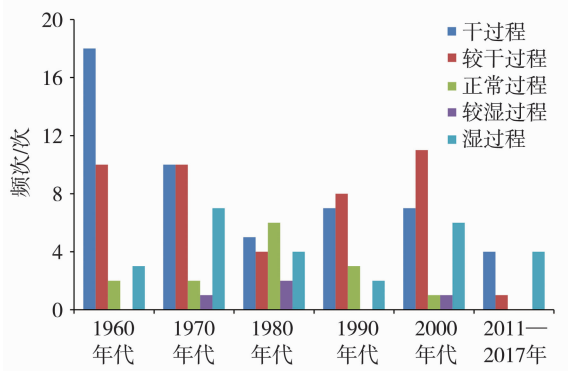


图 7 1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮干湿过程发生频次年代际分布

Fig. 7 Inter-decadal distribution of occurrence frequency of dry and wet process of regional cold wave in BTH region from 1961 to 2017

4 讨论

(1)关于寒潮标准有 3 个:《冷空气等级:GB/T 20484—2017》^[33]、《寒潮等级:GB/T 21987—2017》^[36]和《冷空气过程监测指标:QX/T 393—2017》^[37]。但目前为止区域性寒潮的划分没有统一标准,在气候服务和评价中缺乏针对区域性寒潮降温过程的定量评估。本研究借鉴《冷空气过程监测指标:QX/T 393—2017》^[37]中定义的区域性寒潮过程标准,得到区域性寒潮的范围约占京津冀地区气象站点的 1/3,符合本地对公众服务的实际需求,对预报业务具有较强的参考价值。

(2)目前执行的寒潮标准对气温骤降引起的冷空气活动有较好反映,而对缓慢下降的冷空气过程则难以体现,如 2008 年 1—2 月出现的影响范围广、持续时间长、灾害重的罕见低温雨雪冰冻天气^[38],此次低温过程在京津冀地区同样也维持了很长时间,但在现行寒潮标准中难以体现出来,该标准需在以后的工作中逐步修订完善。

(3)由于寒潮移动路径不同,寒潮发生时带来的高影响天气也有所不同,除剧烈降温外,有时还伴随其他天气现象如大风、雨(雪)、沙尘、霜冻等,本研究仅对寒潮伴随的降水现象进行了统计分析,在实际预报服务中,寒潮伴随的其他高影响天气也要加以重视。另外,根据京津冀地区的气候特点,寒潮主要出现在 10 月至次年 4 月,其间寒潮伴有降水。

之前尚未见到关于寒潮过程中干湿特征的研究,本文尝试定义干湿指标,但鉴于我国幅员辽阔,不同地区气候差异大,还需结合本地气候特点及预报服务需求对干湿判别指标进行修订。

5 结论

(1)京津冀地区单站寒潮空间分布表现为西北多、东南少特征。河北省西北部的张家口市为寒潮高发区,而北京市的霞云岭和天津市的东丽寒潮发生频次最少。京津冀地区寒潮活动频次空间相差悬殊,寒潮频次发生最多的站点是最少站点的 20 倍,境内有 86% 的站点寒潮年发生频次呈减少趋势。

(2)1961—2017 年京津冀地区寒潮累计发生站次总体呈显著减少趋势,气候倾向率为 -5.7 站次 $\cdot a^{-1}$ 。寒潮发生站次阶段性特征明显,1961—1971 年出现峰值,平均每年发生 825 站次,1972 年开始寒潮发生站次锐减,尤其是 2007 年以来寒潮多年平均发生站次为 527 站次,达历史最低,在 1983 年出现由多到少的突变。

(3)1961—2017 年京津冀地区区域性寒潮共发生 139 次,区域性寒潮频次年际变化呈递减趋势,气候倾向率为 -0.282 次 $\cdot (10 a)^{-1}$ 。1960—1970 年代频次最多,进入 2000 年代,冬季和春季区域性寒潮发生频次进入高峰期,2011—2017 年 3 个季节区域性寒潮发生频次最少。区域性寒潮频次季节分布表现为秋季 > 冬季 > 春季,各季节区域性寒潮发生频次总体均呈递减趋势,且秋季比冬、春季减少速率更快。10、11 月区域性寒潮最为活跃,占全年区域性寒潮的 43.2%。

(4)京津冀地区区域性寒潮过程持续日数为 2~5 d,持续 2~3 d 的过程占过程总数的 92.8%;平均降温幅度为 $12.1^{\circ}C$,平均最低气温为 $-17.8^{\circ}C$ 。京津冀地区区域性寒潮的干湿过程频次表现为干过程 > 较干过程 > 湿过程 > 正常过程 > 较湿过程;不同过程在各季节的频次差异较大,表现为干过程以冬季频次最多,其余过程均为秋季频次最多;干过程、较干过程和较湿过程发生频次的年代际变化呈减少趋势,湿过程则呈增加趋势;2011—2017 年,京津冀地区区域性寒潮过程趋向于干过程和湿过程的两极化分布。

参考文献:

- [1] 钱维宏,张玮玮. 我国近 46 年来的寒潮时空变化与冬季增暖[J]. 大气科学,2007,31(6):1266—1278.
- [2] 魏凤英. 气候变暖背景下我国寒潮灾害的变化特征[J]. 自然

- 科学进展,2008,18(3):289–295.
- [3] 王遵娅,丁一汇. 近53年中国寒潮的变化特征及其可能原因[J]. 大气科学,2006,30(6):1068–1076.
- [4] 康志明,金荣花,鲍媛媛. 1951—2006年期间我国寒潮活动特征分析[J]. 高原气象,2010,29(2):420–428.
- [5] 乔雪梅,刘普幸. 中国北方地区寒潮时空特征及其成因分析[J]. 冰川冻土,2020,42(2):357–367.
- [6] 姚永明,姚雷,邓伟涛. 长江中下游地区类寒潮发生频次的变化特征分析[J]. 气象,2011,37(3):339–344.
- [7] 刘晓冉,胡祖恒,李永华,等. 重庆地区冬季冷暖变化及其异常成因分析[J]. 干旱气象,2020,38(3):404–410.
- [8] 海云莎,田永丽,陈新梅. 云南寒潮时空特征及变化分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),2011,33(增刊1):147–152.
- [9] 孟鑫,张瑜,李慧琳,等. 东北冬季气温变化异常特征及其与AO的联系[J]. 干旱气象,2017,35(3):383–390.
- [10] 唐孟琪,曾刚. 近30多年中国东北地区春季寒潮的年代际变化及其可能原因[J]. 气候与环境研究,2017,22(4):473–486.
- [11] 阎琦,田莉,李爽,等. 辽宁区域性冷空气多时间尺度变化特征及影响因子[J]. 冰川冻土,2016,38(2):379–387.
- [12] 贾宏元,程彦杰,周翠芳. 近52年宁夏冬季极端寒冷事件的演变特征[J]. 高原气象,2015,34(2):455–462.
- [13] 毛炜峰,陈颖. 1951—2015年乌鲁木齐市寒潮过程频数及强度气候特征[J]. 干旱气象,2016,34(3):403–411.
- [14] 林纾,李丹华,卢国阳,等. 甘肃省春季强冷空气时空分布特征及其延伸期预报探索[J]. 干旱气象,2017,35(6):934–939.
- [15] 李万荣,张弢. 1960—2017年河西走廊东部寒潮时空变化特征[J]. 干旱气象,2019,37(5):747–753.
- [16] 刘宪锋,朱秀芳,潘耀忠,等. 近53年内蒙古寒潮时空变化特征及其影响因素[J]. 地理学报,2014,69(7):1013–1024.
- [17] 赵慧,郭庆元,马鹏程,等. 陇东南地区近50a极端低温事件演变特征及环流背景[J]. 干旱气象,2020,38(6):900–908.
- [18] 朱晨玉,黄菲,石运昊,等. 中国近50年寒潮冷空气的时空特征及其与北极海冰的关系[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版),2014,44(12):12–20.
- [19] 汪子琪,张文君,耿新. 两类ENSO对中国北方冬季平均气温和极端低温的不同影响[J]. 气象学报,2017,75(4):564–580.
- [20] CHANG C P. East Asian monsoon[M]. Singapore:World Scientific Publishing Co Pte Ltd, 2004:54–106.
- [21] WATANABE M. Asian jet waveguide and a downstream extension of the North Atlantic Oscillation[J]. Journal of Climate, 2004,17(24):4674–4691.
- [22] 周星妍,朱伟军,顾聪. 冬季北大西洋风暴轴异常对我国寒潮活动的可能影响[J]. 大气科学,2015,39(5):978–990.
- [23] 李峰,矫梅燕,丁一汇,等. 北极区近30年环流的变化及对中国强冷事件的影响[J]. 高原气象,2006,25(2):209–219.
- [24] JEONG J H, HO C H. Changes in occurrence of cold surges over east Asia in association with Arctic Oscillation[J]. Geophysical Research Letters, 2005,32:L14704.
- [25] TAKAYA K, NAKAMURA H. Geographical dependence of upper-level blocking formation associated with intraseasonal amplification of the Siberian high[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2005,62(12):4441–4449.
- [26] 于波,李桑,黄富祥,等. 2016年1月京津冀地区连续性寒潮事件对比分析[J]. 干旱气象,2019,37(6):954–963.
- [27] 段丽瑶,刘爱霞,于莉莉. 1961—2010年环渤海地区寒潮时空分布及变化特征[J]. 气象与环境学报,2013,29(4):54–58.
- [28] 宋善允,彭军,连志鸾,等. 河北省天气预报手册[M]. 北京:气象出版社,2017:135–160.
- [29] 赵玉广,何丽华,张南,等. 河北省寒潮天气形势分析及预报[J]. 干旱气象,2012,30(1):94–99.
- [30] 赵玉广,于长文,何丽华,等. 河北省寒潮的气候特征与冬季增暖[J]. 干旱气象,2012,30(5):244–248.
- [31] 李林,乔媛,孙雪琪,等. 北京延庆冬季风寒温度分布特征及变化趋势[J]. 干旱气象,2018,36(6):936–943.
- [32] 宋晓辉,杜亮亮,田秀霞,等. 1976—2016年河北邯郸寒潮活动特征[J]. 干旱气象,2019,37(5):754–761.
- [33] 周庆亮,李延香,林玉成,等. 冷空气等级:GB/T 20484—2017[S]. 北京:气象出版社,2017:1–2.
- [34] 陈宏,余文韬,徐威,等. 天津地区冬季降水相态识别判据研究[J]. 干旱气象,2021,39(4):670–677.
- [35] 赵春雨,严晓瑜,李栋梁,等. 1961—2007年辽宁省积雪变化特征及其与温度、降水的关系[J]. 冰川冻土,2010,32(3):462–468.
- [36] 魏荣庆,宗志平,唐治. 寒潮等级:GB/T 21987—2017[S]. 北京:气象出版社,2017:1–2.
- [37] 王遵娅,司东,段丽瑶. 冷空气过程监测指标:QX/T 393—2017[S]. 北京:气象出版社,2017:1–3.
- [38] 胡钰玲,赵中军,康彩燕,等. 中国南方2008年与2016年两次低温雨雪冰冻天气过程对比分析[J]. 冰川冻土,2017,39(6):1180–1191.

Characteristics of cold wave activities in Beijing-Tianjin-Hebei region from 1961 to 2017

LI Hongying¹, LIN Shu², WANG Yunpeng¹,

HUANG Pengcheng², YU Yanan¹

(1. *Jiuquan Meteorological Bureau of Gansu Province, Jiuquan 735000, Gansu, China*)

2. *Lanzhou Regional Climate Center, Lanzhou 730020, China*)

Abstract: Based on the daily minimum temperature and precipitation data from 126 meteorological observation stations in Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) region from 1961 to 2017, the spatial and temporal characteristics of occurrence frequency of cold wave, and dry and wet characteristics of regional cold wave were analyzed by using defined discriminant index of dry and wet. The results are as follows: (1) The average annual frequency of cold wave in BTH was more in the northwest than in the southeast, and 86% of the stations showed a decreasing trend in annual frequency of cold wave. (2) The accumulative occurrence station times of cold wave from 1961 to 2017 showed a significant decreasing trend ($P < 0.001$) with a climate tendency rate of -5.7 station times per year and it mutated in 1983. The accumulative occurrence station times of cold wave from 1961 to 1971 reached a peak, it decreased sharply since 1972. The average accumulative occurrence station times of cold wave from 2007 to 2017 was the lowest in history. (3) The inter-annual variation of occurrence frequency of regional cold wave from 1961 to 2017 showed a decreasing trend with a climate tendency rate of -0.282 per decade. The frequency of regional cold wave was most in winter of 1960s, it was most in autumn and spring of 1970s, it reached the second peak in winter and spring of 2000s, and it was least in three seasons during 2011–2017. The frequency of regional cold wave was most in autumn, followed by winter and it was least in spring; the cold wave was most active in October and November. (4) The dry process was most in regional cold wave processes in BTH. From 2011 to 2017, the dry and wet characteristics of regional cold wave process showed the polarization distribution of dry process and wet process.

Key words: Beijing-Tianjin-Hebei (BTH) region; regional cold wave; dry and wet characteristic

(编辑:刘晓云;校对:蔡迪花)