

北极增暖与海冰快速融化是造成中国 冬季极端冷事件增加的原因吗？

丁一汇

中国气象局国家气候中心

2018年8月27日 银川

致谢:宋亚芳 张锦

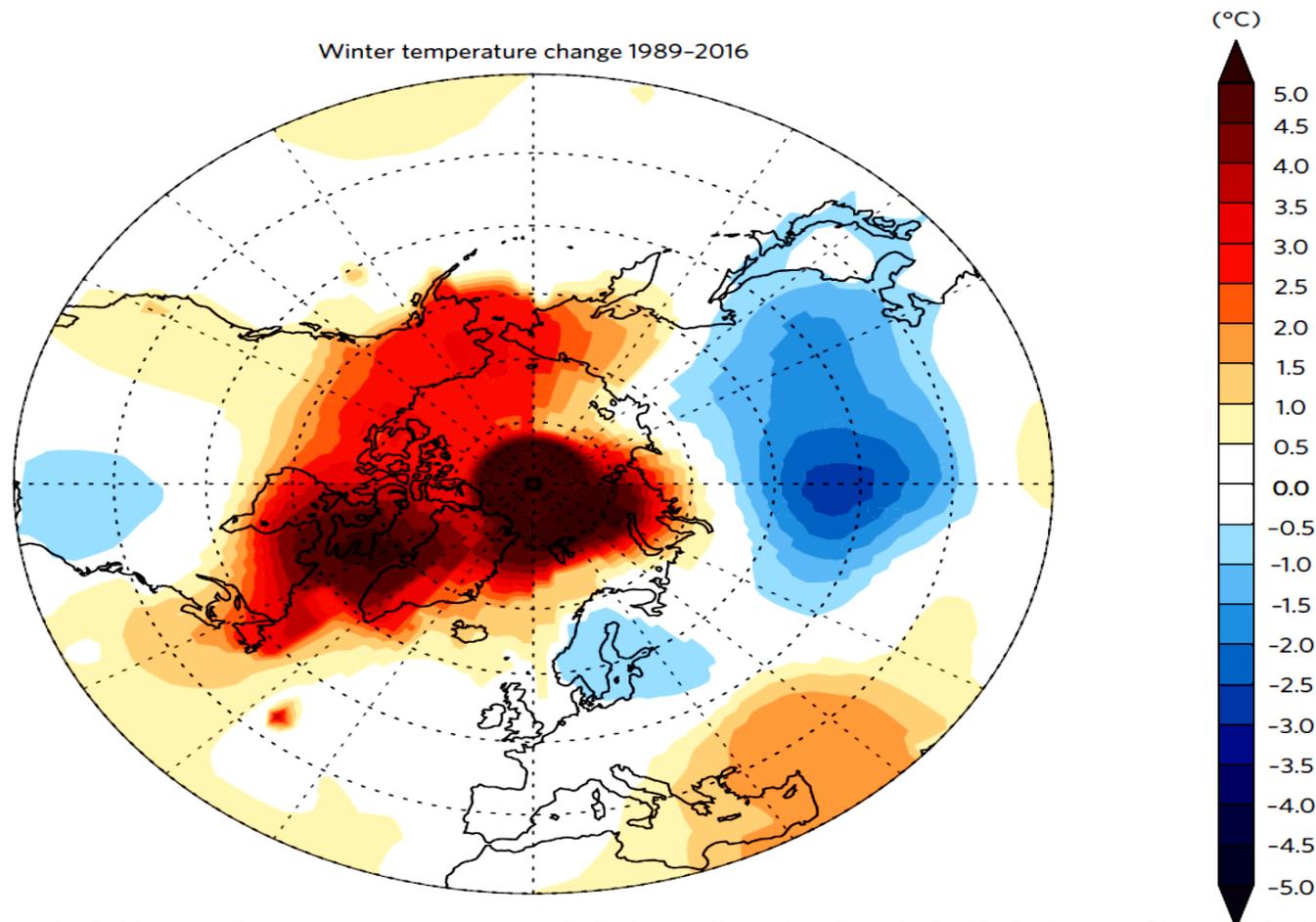
提纲

1. 暖北极冷欧亚：北极环流变化的影响
2. 北极增暖对东亚和北美冬季极端冷事件的影响差异
3. 冬季极端冷事件发生的主要原因：海冰融化或北极环流？

1. 暖北极冷欧亚：北极环流变化的影响

暖北极冷欧亚的异常温度场: A0在造成冷欧亚暖北极温度异常型中起了关键作用

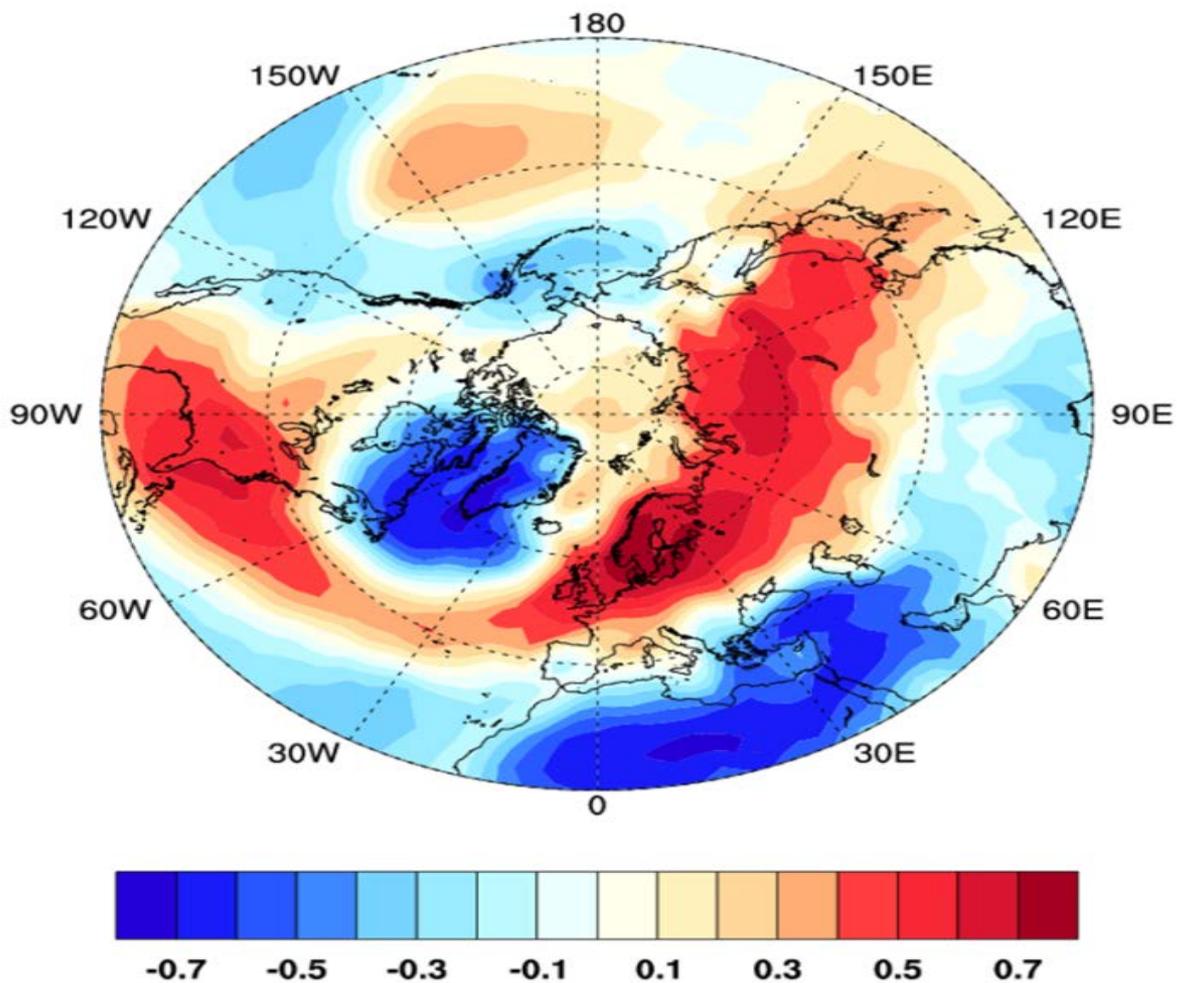
Warm Arctic-cold Eurasia for 1989-2016



温暖的北极-寒冷的欧亚大陆。在1989到2016年期间，北极冬季温度上升比全球平均温度上升快得多（红色阴影），而欧亚的冬季变得更冷（蓝色阴影）。实际北美地区也是一个冷区，但比欧亚地区的冷区弱得多。同期，全球平均冬季温度上升了 0.5°C 。（Screen, 2017）

Warm Arctic-cold Eurasia. Between 1989 and 2016, Arctic winter temperatures have risen substantially faster than the global mean (red shading), whereas Eurasian winters have become colder (blue shading). The global mean winter temperature rise over the same period was 0.5°C . A workshop in February examined possible links between these contrasting trends and revealed differences between observational analyses and model studies, as well as among different climate models. Data from NASA GISTEMP (<https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>).

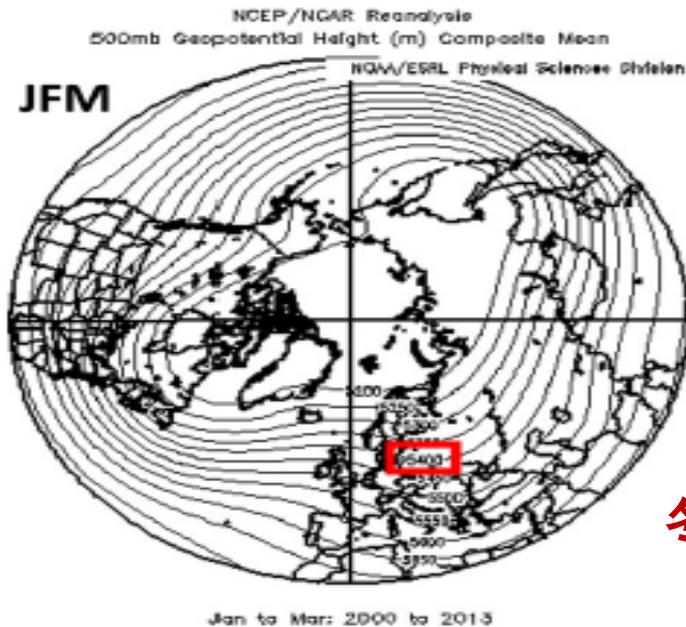
AO/NAO对中纬度极端事件的贡献率为50%左右



1960-2013年冬季平均的NAM/AO指数与地面气温的相关系数：0.7

(引自梁苏洁、丁一汇和赵南, 2014)

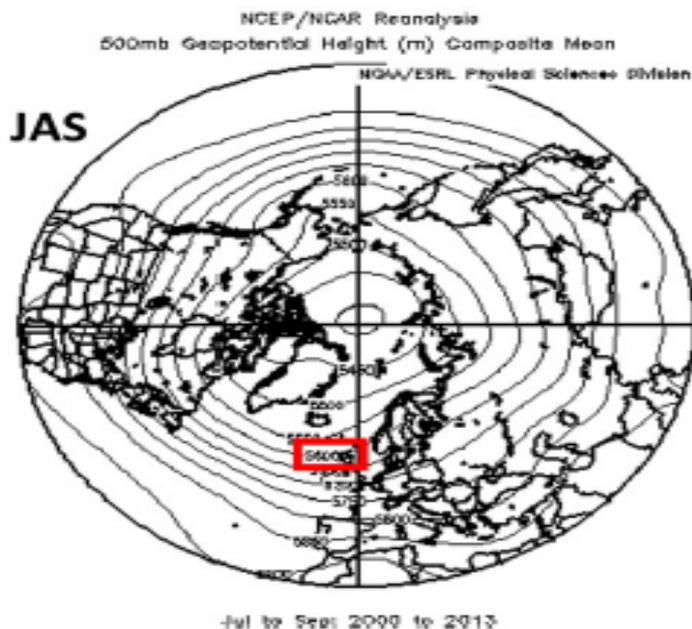
冬季



2000-2013年500hPa 季节平均高度图

冬季的环流型北半球为3波，
夏季为4波，所谓冬3夏4

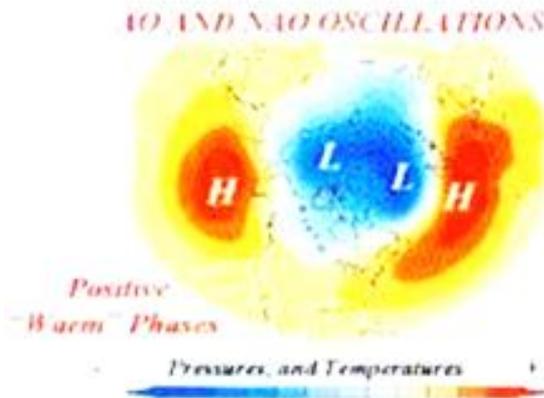
夏季



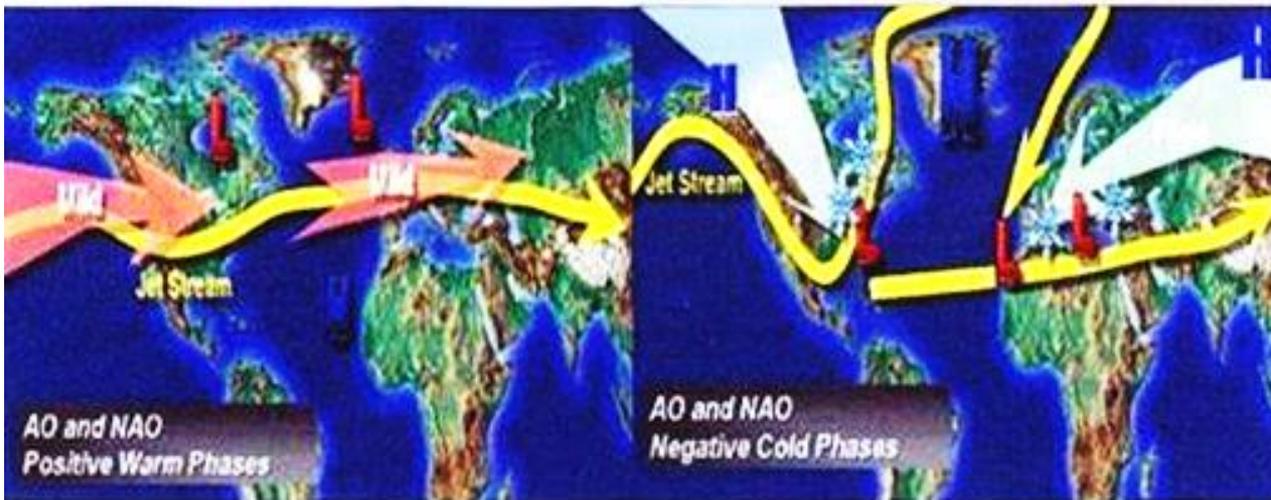
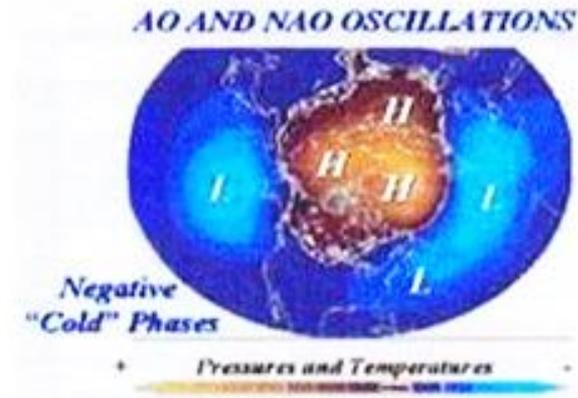
(Overland et al., 2015)

AO不同位相下的天气和气候

正AO

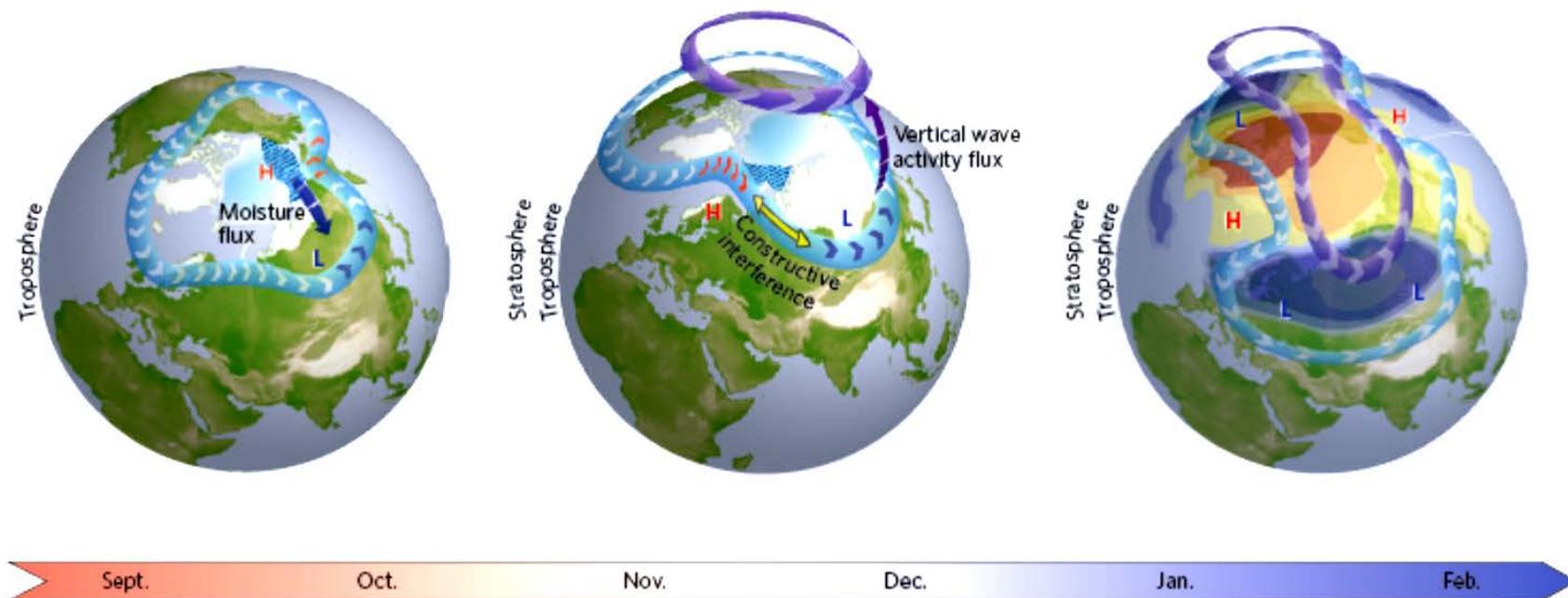


负AO



上图说明为什么正AO带来温暖气候，负AO带来寒冷气候

AO由正位相变成负位相的过程：冬季气候态的3波变2波



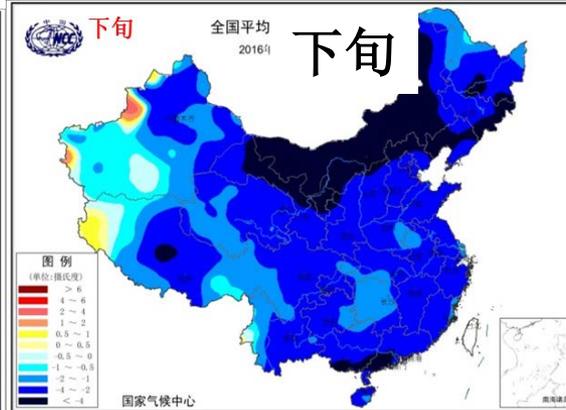
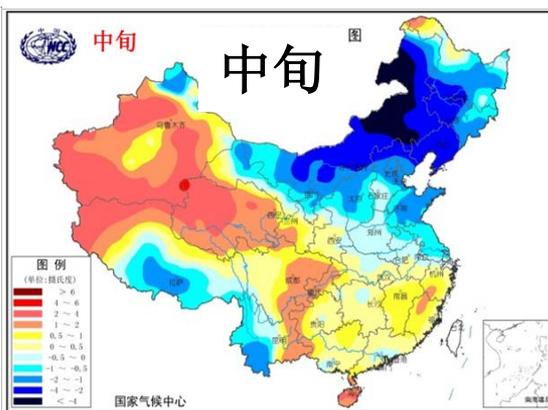
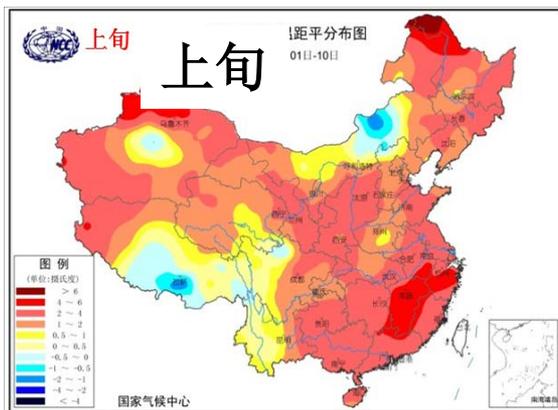
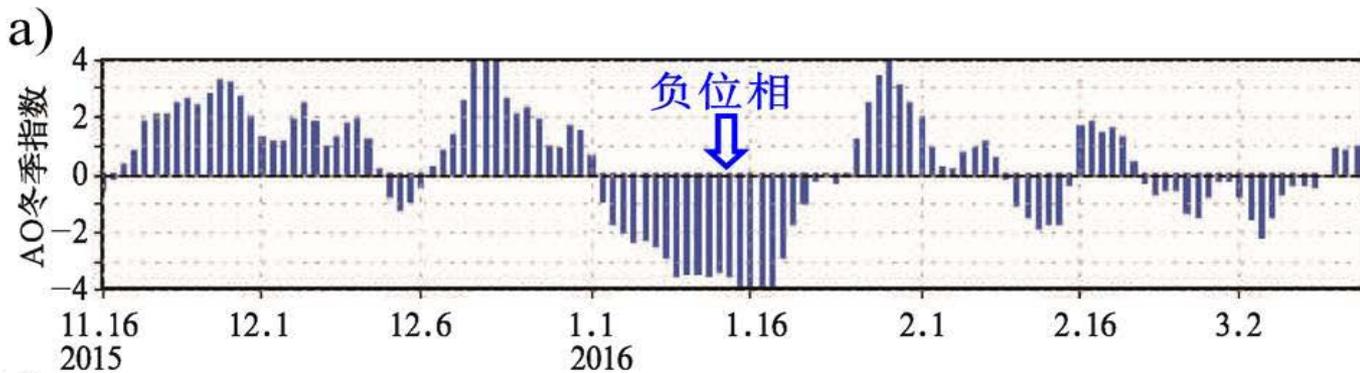
白色是雪；染蓝的白色区是海冰；蓝色波浪线是融冰区；H和L分别代表高、低压；红色和蓝色分别代表异常暖区和冷区；带箭头的淡蓝色代表对流层急流；带箭头的紫色代表平流层急流或极涡；在右图中由冬季NAO/AO负位相造成的冷（暖）地面温度距平由蓝（棕）色表示。

Synthesis of proposed cryospheric forcings. The schematic highlights a proposed way in which Arctic sea-ice loss in late summer through early winter may work in concert with extensive Eurasian snow cover in the autumn to force the negative phase of the NAO/AO in winter. Snow is shown in white, sea ice in white tinged with blue, sea-ice melt with blue waves, high and low geopotential heights with red 'H' (red represents anomalous warmth) and blue 'L' (blue represents anomalous cold) respectively, tropospheric jet stream in light blue with arrows, and stratospheric jet or polar vortex shown in purple with arrows. On the right globe, cold (warm) surface temperature anomalies associated with the negative phase of the winter NAO/AO are shown in blue (brown). See Box text for detailed explanation.

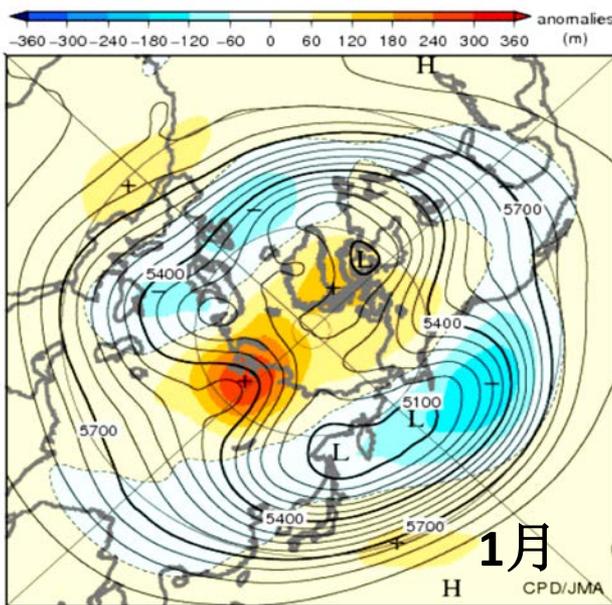
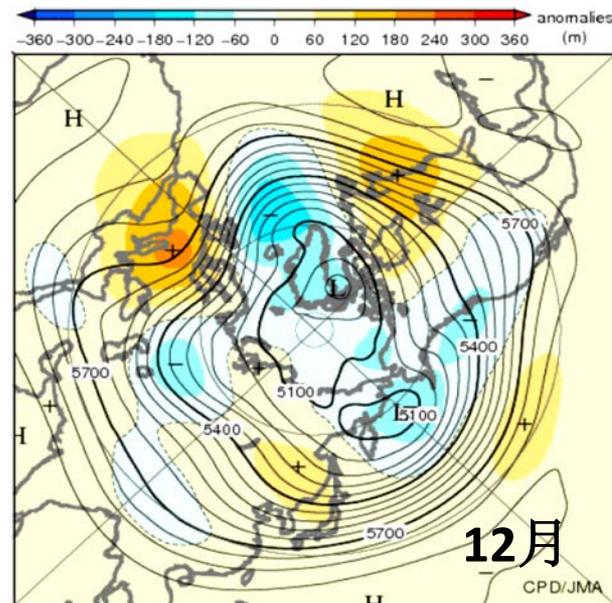
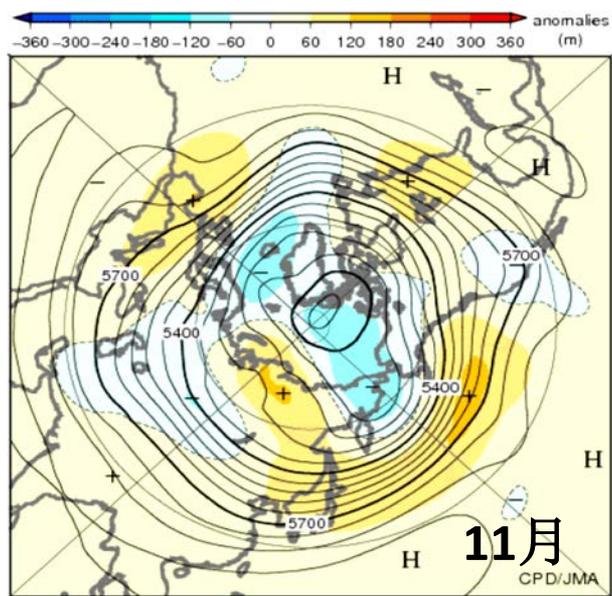
不同时间尺度AO变率对中国冬季天气与气候的影响

天气尺度AO-极端事件

2016年1月全国平均气温逐日变化

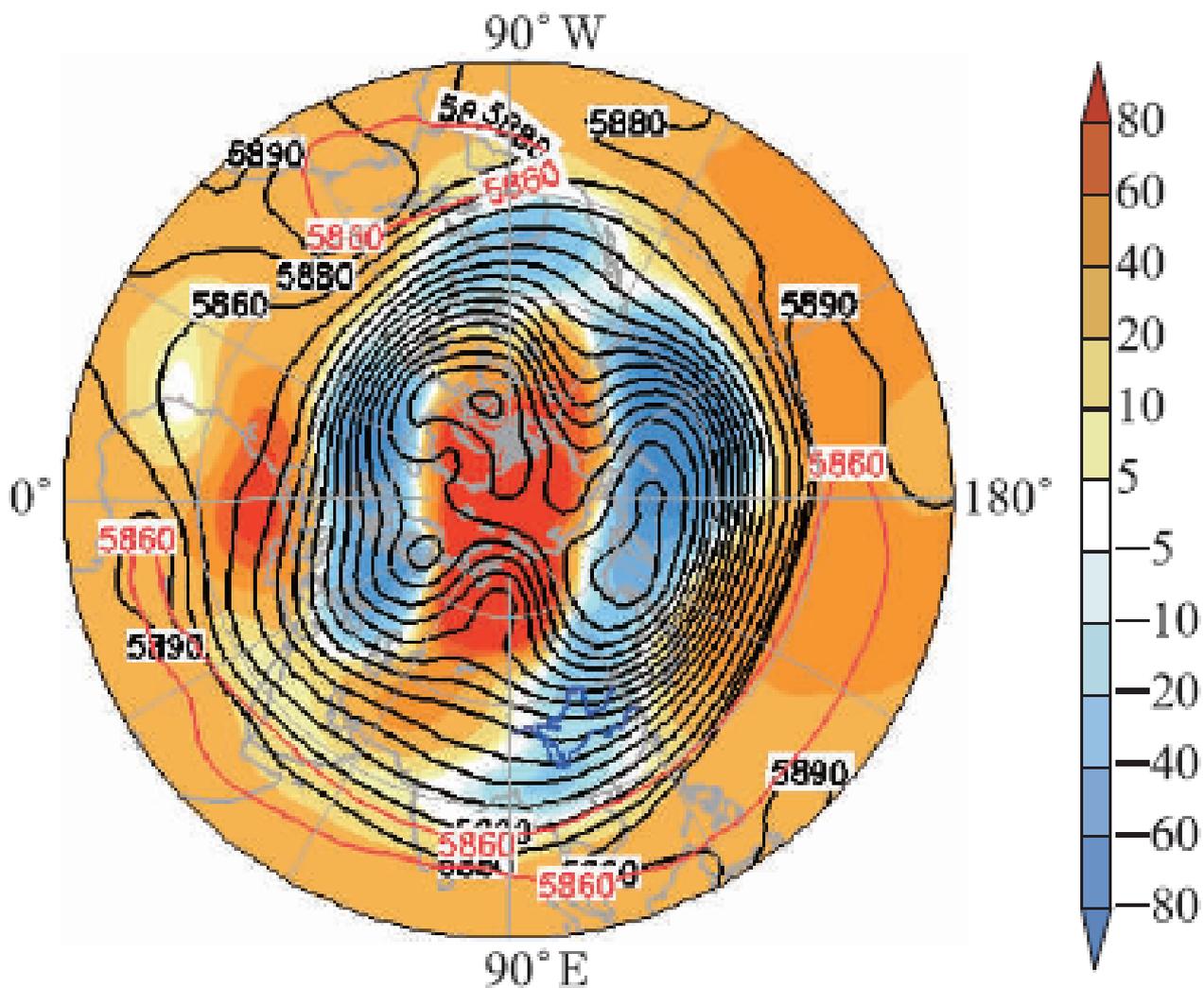


2015年-2016年冬季超级冷的寒潮天气与环流



2015年11月~2016年1月500hPa月平均环流及距平（阴影区）的演变，中高纬由典型的3槽（左图）变为2槽（偶极型，右图）。东亚-北太平洋地区出现倒 Ω 流型（引自JMA, 2016）

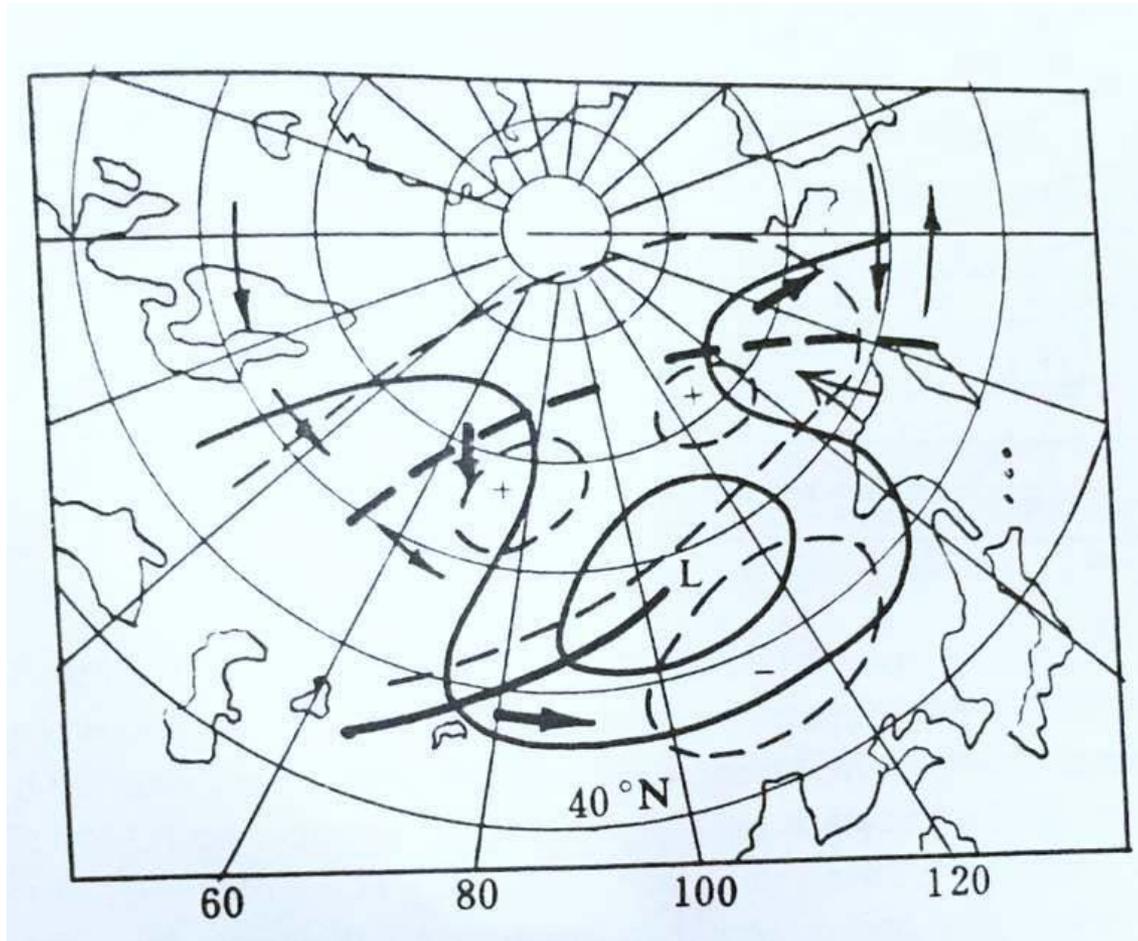
2016年1月平均500hPa位势高度距平场



(等值线, 单位: gpm) 和 (阴影区, 单位: gpm)

(引自司东等, 2016)

导致东亚强寒潮爆发的倒Ω流型概略图



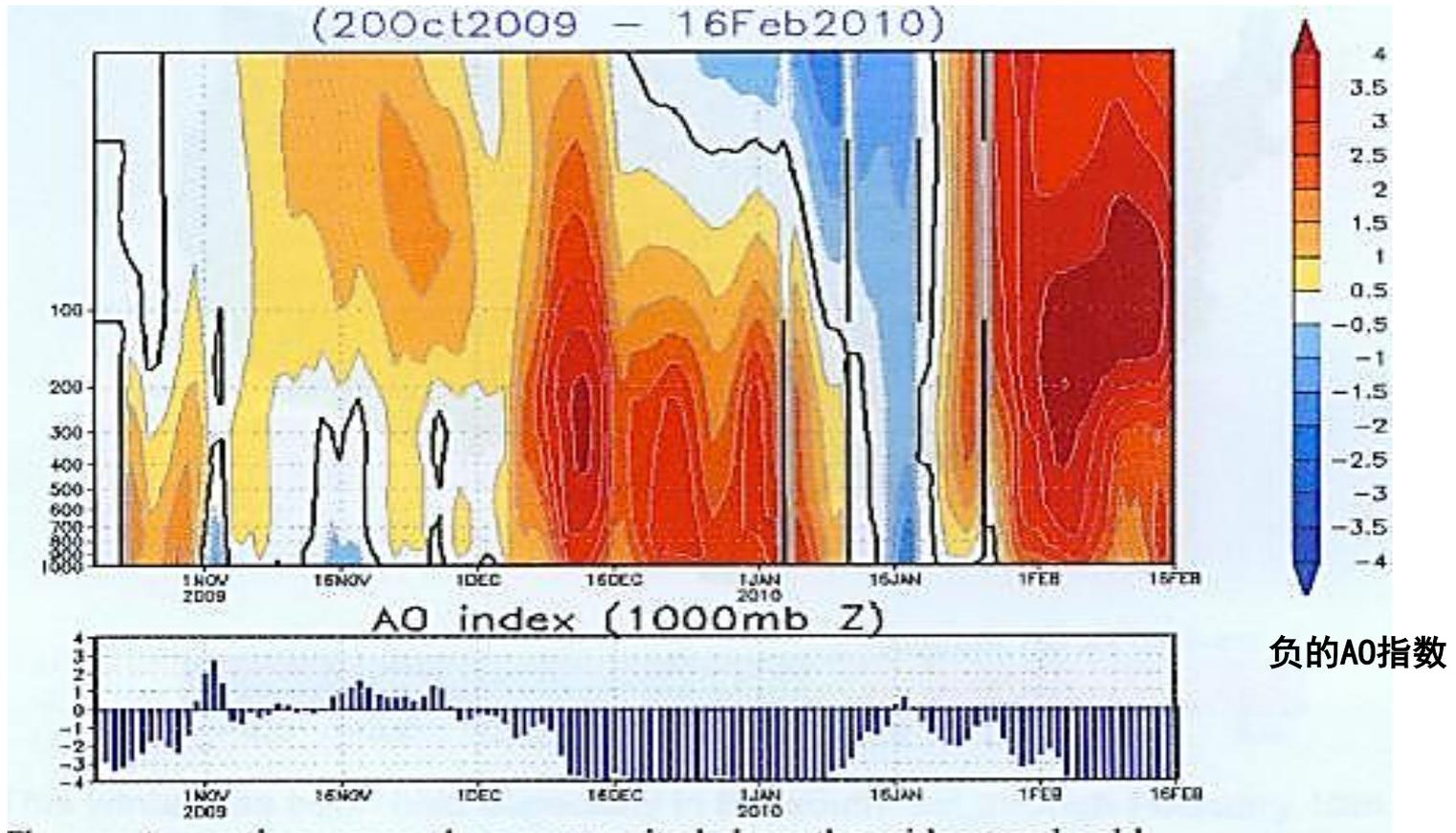
实线是等高线，虚线是高度局地倾向。粗箭头为冷暖空气平流，
细箭头为脊线的移动方向

(Chou, 1985)

冬季季节平均AO指数

2009-2010冬季是近50年最冷的冬天之一：

持续性的AO负指数



阻塞高压在两大洋强烈地伸向北极，使北极的平流层和中上对流层极为温暖，而中纬度出现严寒

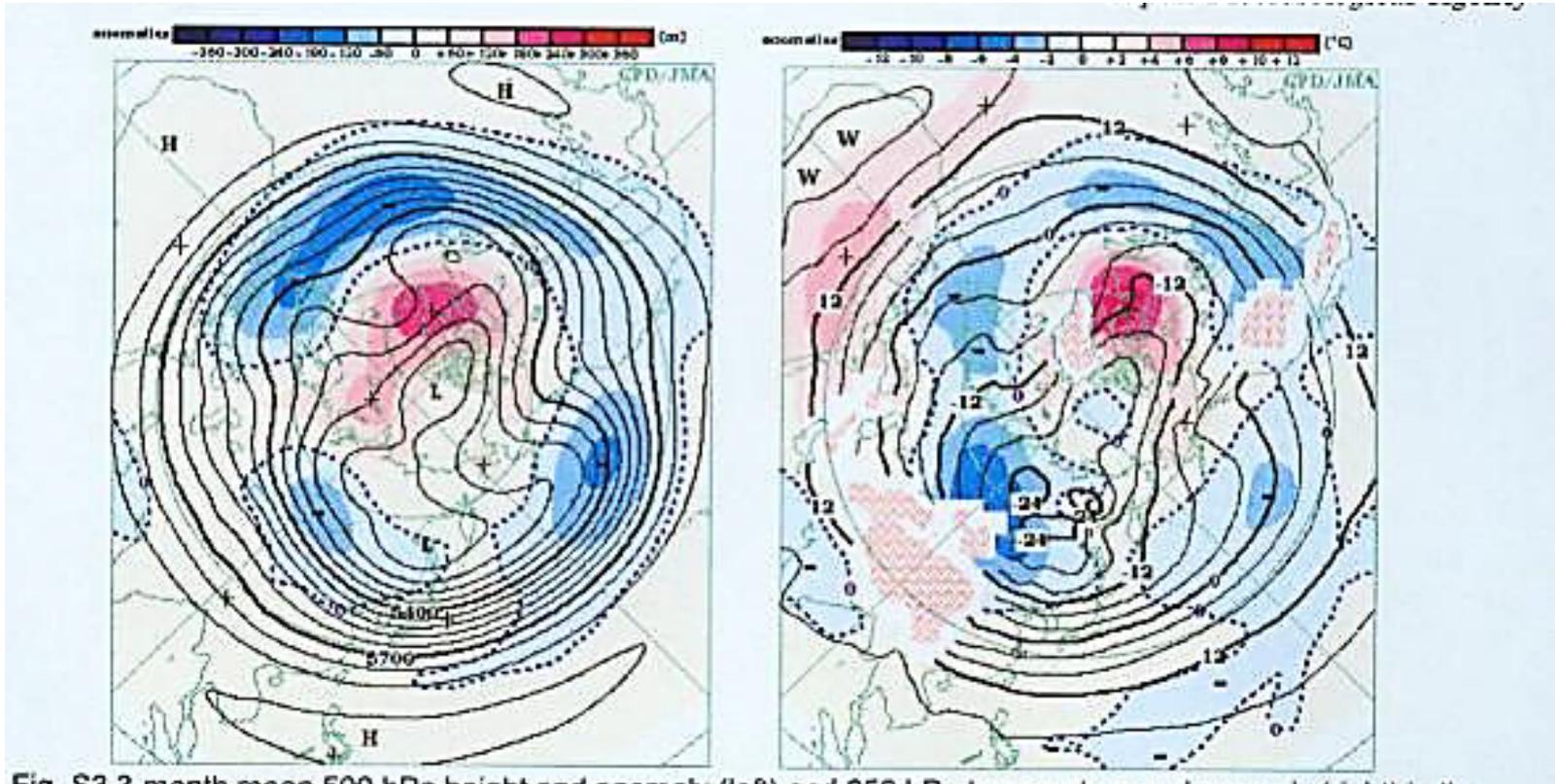
(NCC,2010)

2009年12月-2010年2月的500hpa平均图

冬季三槽转偶极型或倒 Ω 型

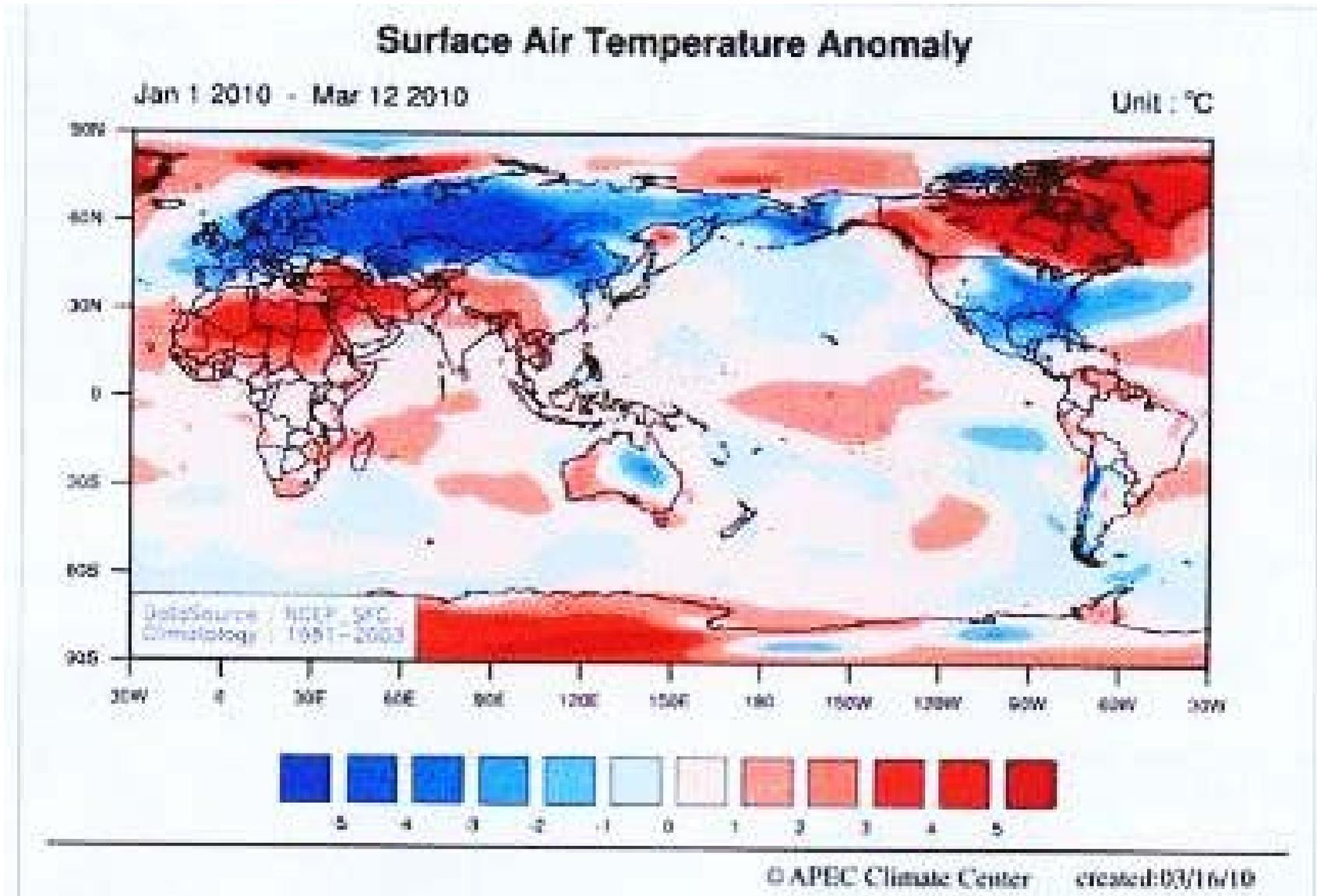
5000米高度气流场

5000米高度温度场



左图清楚地表明，大西洋和太平洋阻塞高压强烈地向北极伸展，将北极的冷空气（低气压）挤向欧亚大陆和北美东部；右图显示了降温的情况）（JMA, 2010）

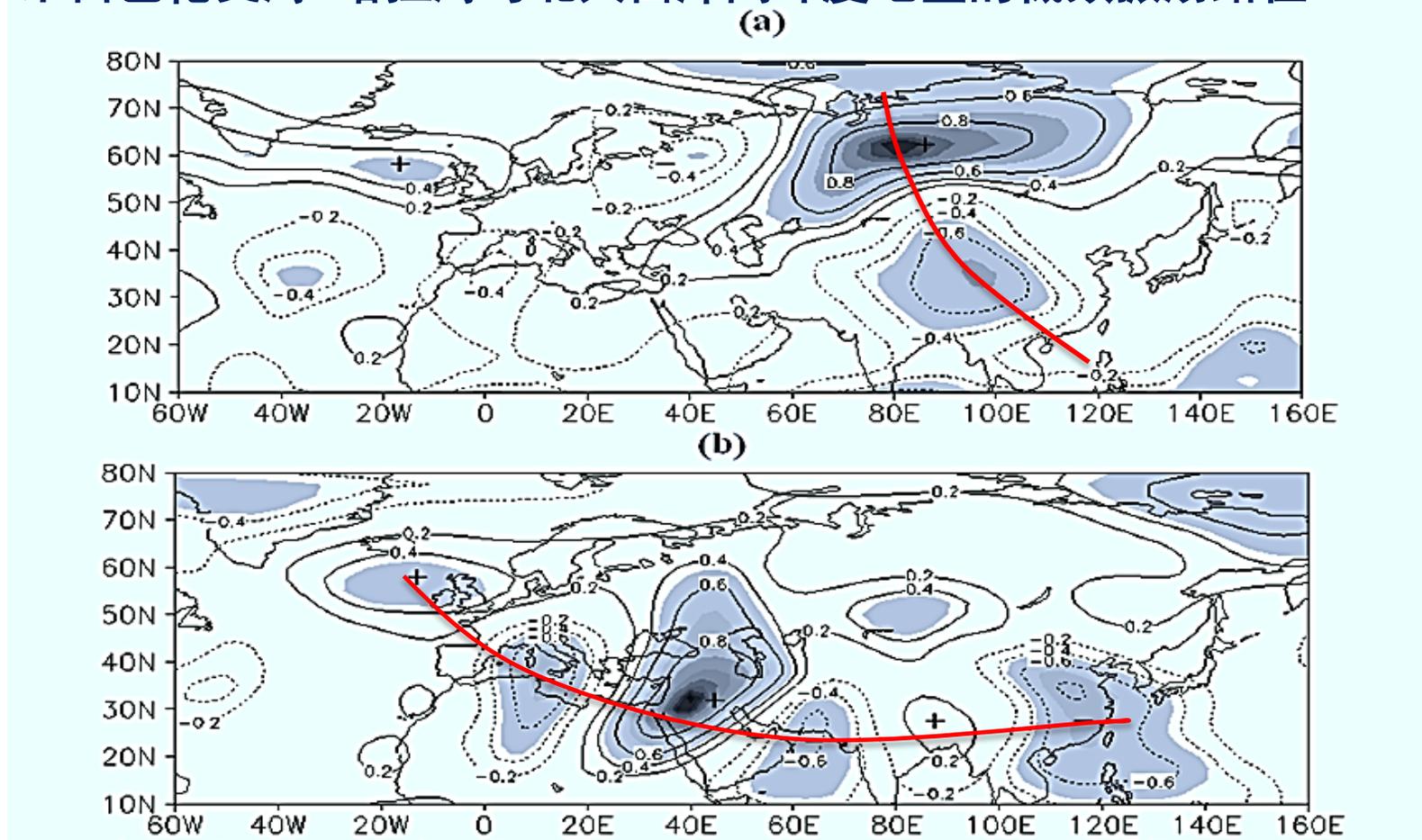
2010年1月-3月全球地表温度异常分布：暖北极冷欧亚



2009-2010年的严冬给欧亚大陆和美国东半部带来寒冷的天气和暴风雪，加拿大却极为温暖 (APEC, 2010)

极地环流变化影响中国冬季极端冷事件的路径

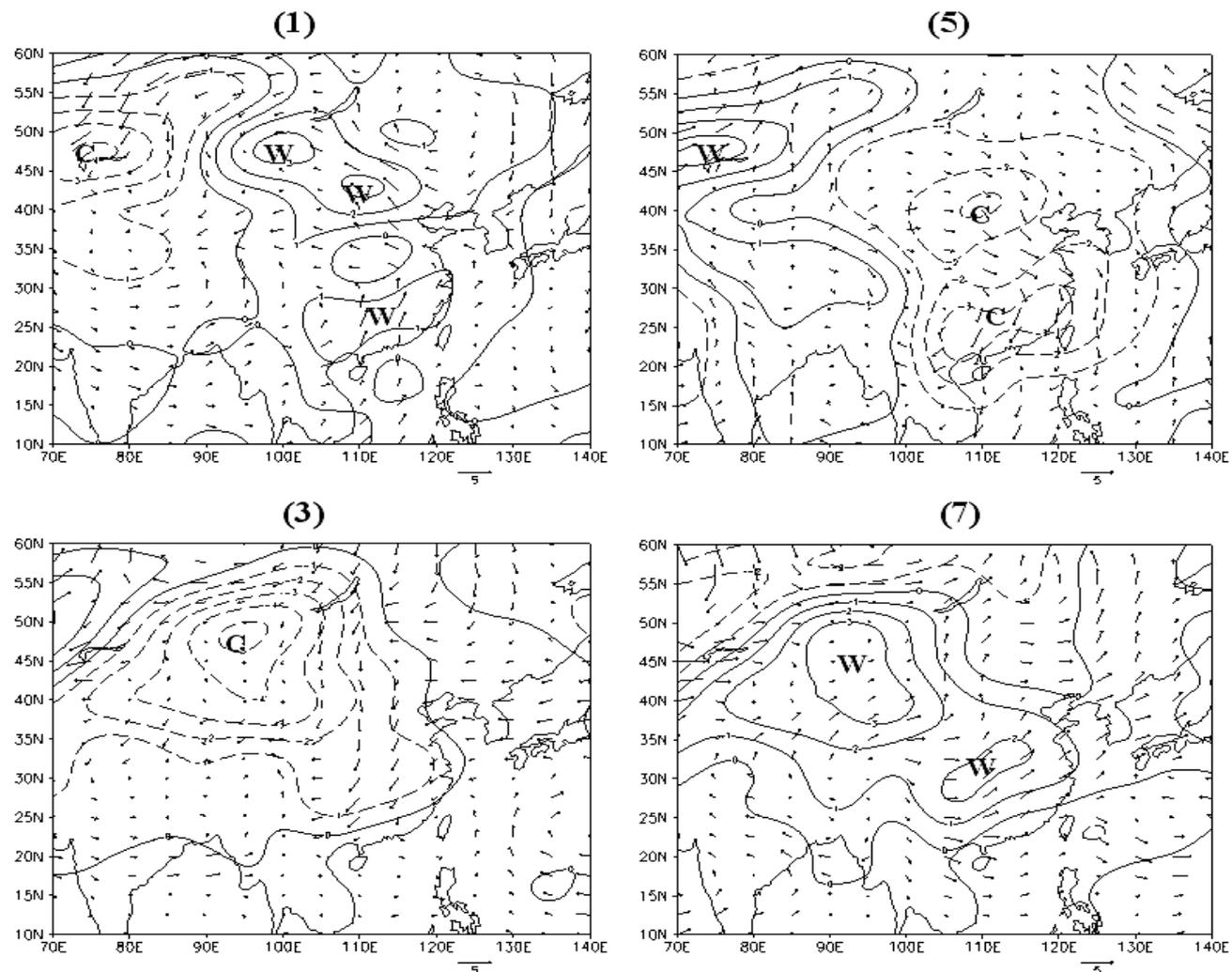
来自巴伦支海-喀拉海与北大西洋高纬度地区的低频振荡路径



2004年12月1日-2005年2月28日500hPa (55° N-65° N, 60° E-100° E)平均 (a) 和 (20° N-60° N, 30° E-50° E) 平均 (b) 滤波高度与北半球500hPa各格点滤波高度相关图。(阴影区通过95%信度的t检验)

(马晓青、丁一汇和徐海明等, 2008)

2004-2005年两次冬季寒潮活动的季节内振荡合成图



2004年12月22日-2005年1月1日和2005年2月14-21日这两次寒潮过程850hPa10—20天低频温度（等值线）和低频风场的第一、三、五、七位相合成图。W表示暖中心，C表示冷中心。

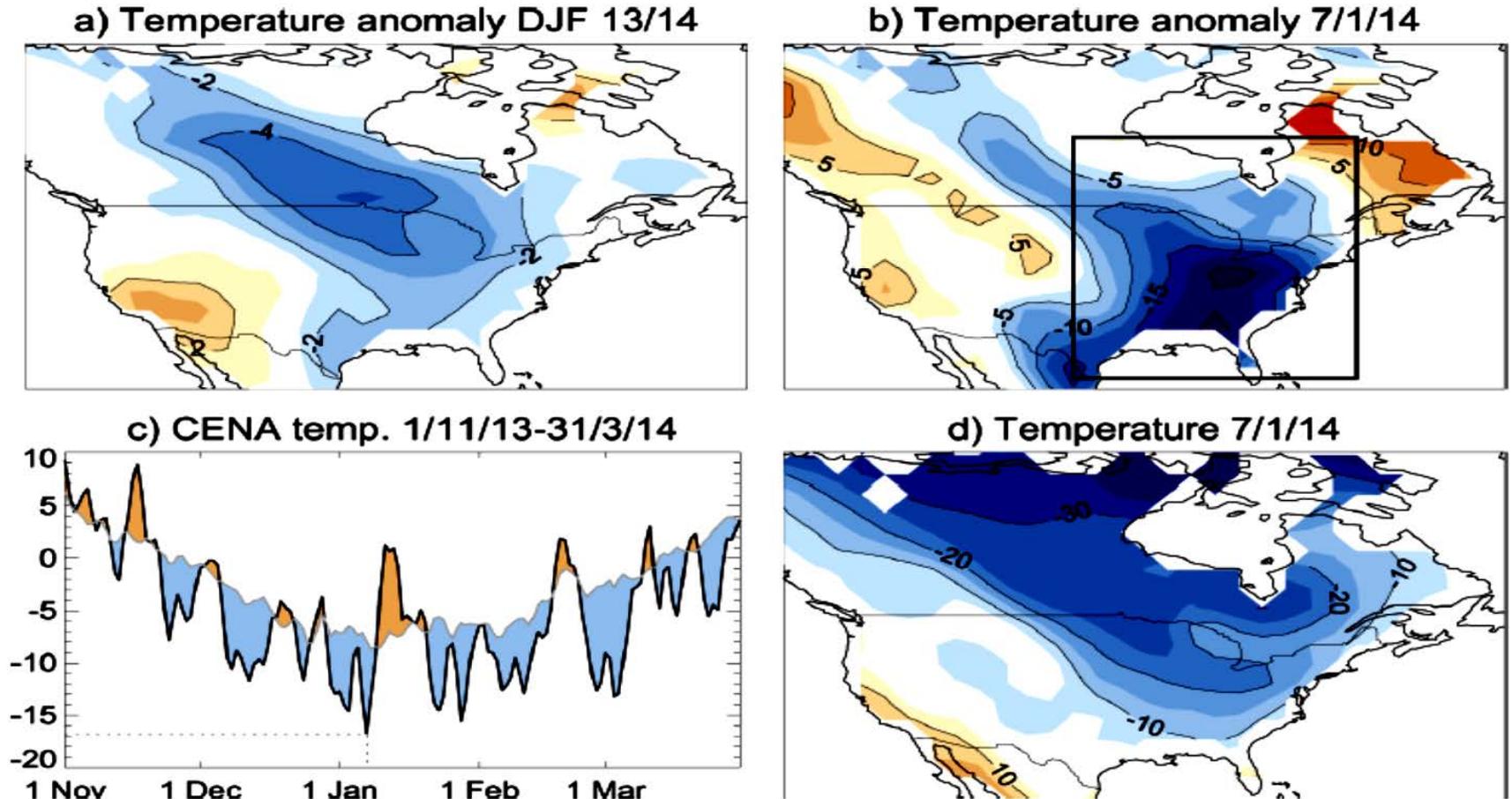
（马晓青、丁一汇和徐海明等，2008）

2. 北极增暖对东亚和北美冬季极端冷事件的影响差异

气候变暖对北美极端冷事件发生频率的影响

首先考察一个明显的例子，它是发生在2014年1月中旬美国东部的一次强极端冷事件。研究表明，随着气候变暖的进行，温度PDF曲线右移，极端冷事件的发生频率将减少，只有在季平均温度（PDF中66%左右的概率）减少情况下，极端冷事件（同时极端暖事件）的概率才能减少。这种季平均温度频率减少的情况的发生主要是在强自然强迫下（如太阳黑子数大幅度减少，气候进入所谓的冰期或小冰期）或减排大幅度下降之后的相当长时间之后。

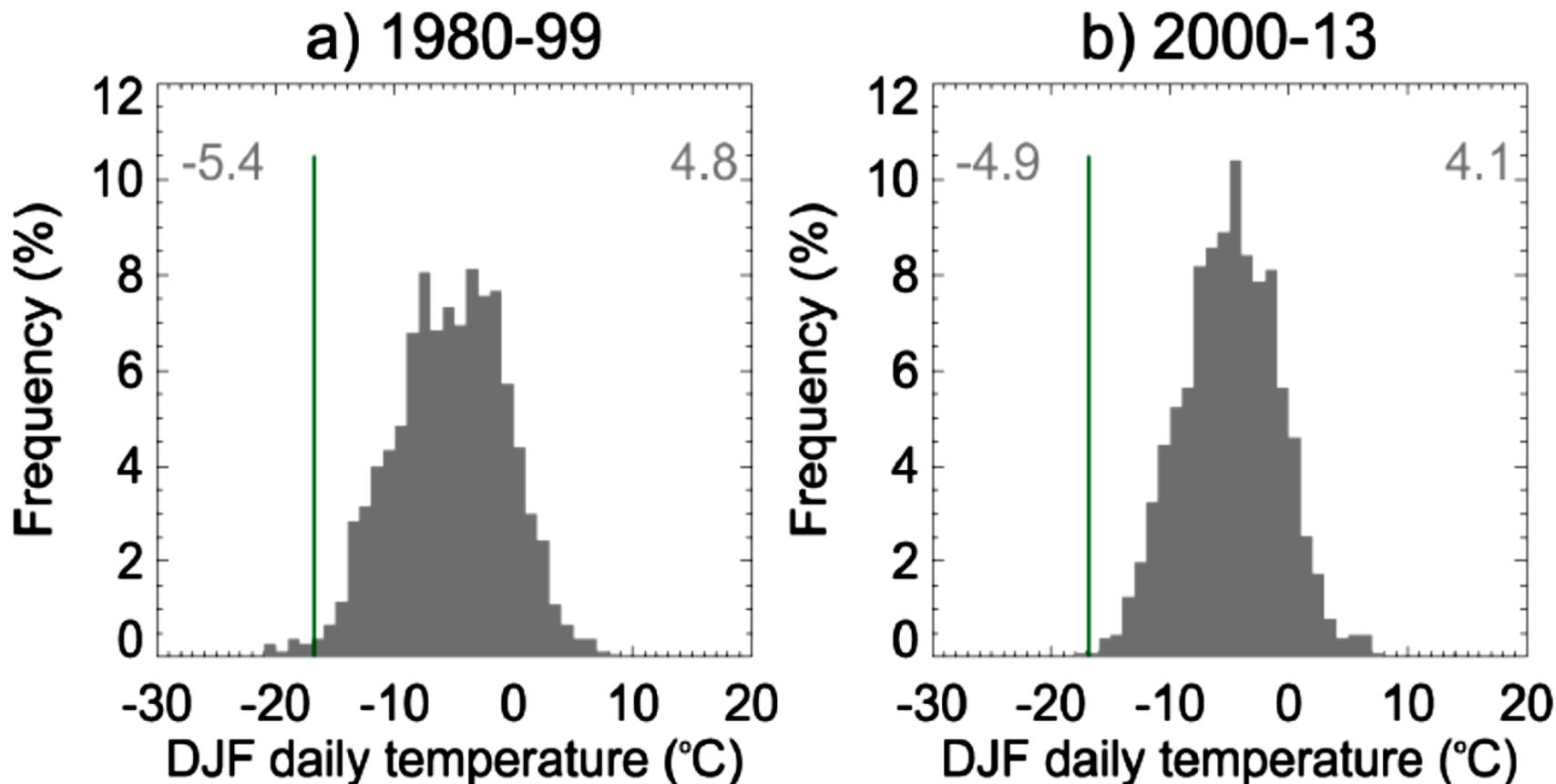
北美温度距平 (a) 2013/14冬季 (b) 2014年1月7日距平是相对于1980-1999时期；
 (c) CENA (北美中东部) 平均的日平均温度曲线 (灰色)，蓝色阴影表示比该天
 平均更冷 (或更暖) 的天数 (d) ；2014年1月7日北美温度分布。



(J.A.Screen,C. Deser and L.Sun,2015)

North American temperature anomalies for (a) the winter of 2013/14 and (b) 7 Jan 2014. Anomalies are relative to the period 1980-99. (c) Daily mean temperature averaged over CENA [black box in (b)] for 1 Nov 2013-31 Mar 2014 (black curve) and the daily 1980-99 climatology (gray line). Blue (orange) shading shows days colder (warmer) than the average for that day. (d) North American temperatures for 7 Jan 2014.

CENA区冬季日平均温度直方图：（a）1980-1999；（2）2000-2013，
绿线为 -16.8°C ，相应于2014年1月7日温度每图上左与上右方数字
为平均温度与标准差



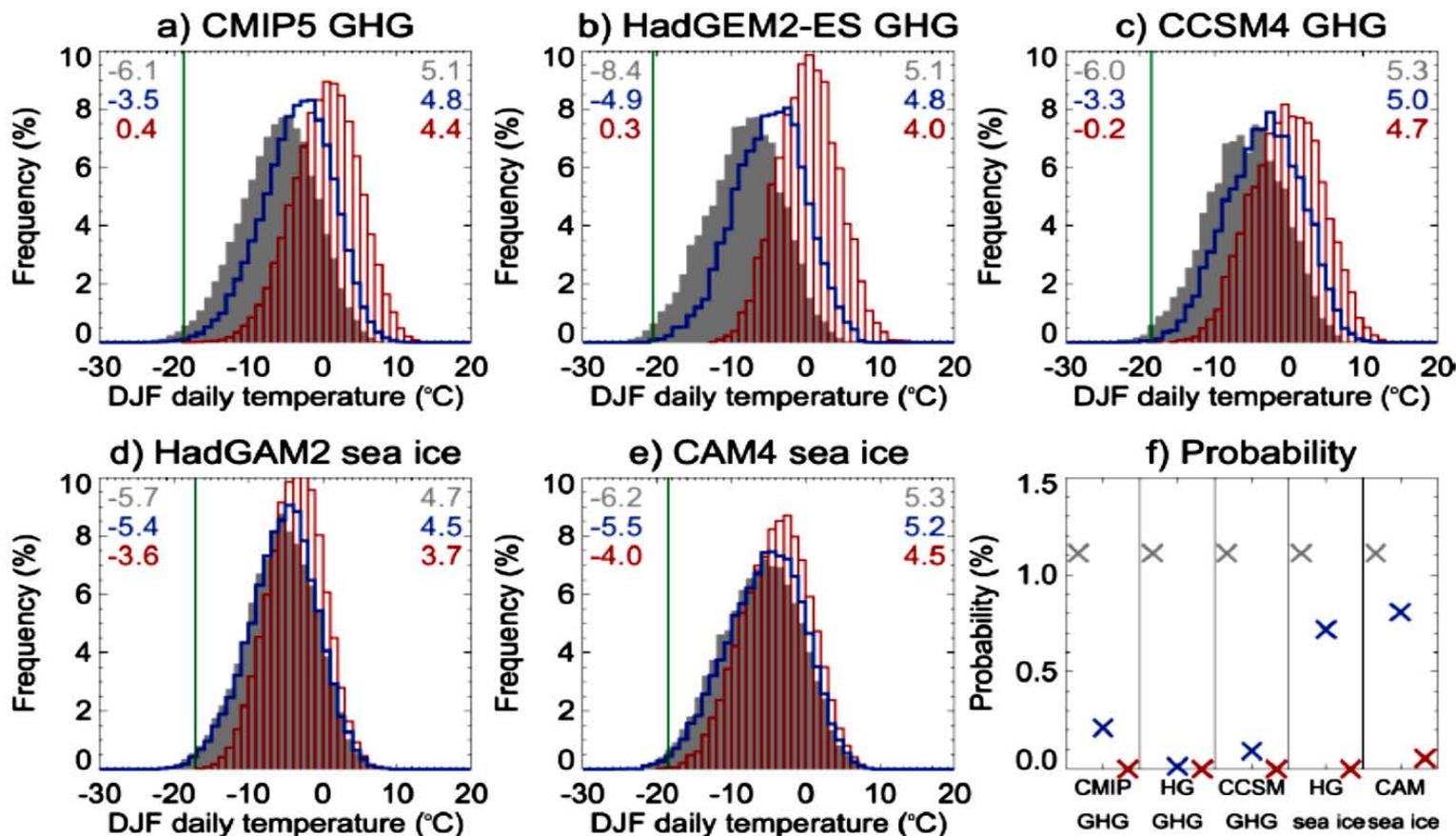
(a) Histogram of daily winter temperatures averaged over CENA during the period 1980–99. (b) As in (a), but based on the period 2000–13. Green lines are drawn at -16.8°C and correspond to the temperature on 7 Jan 2014. Numbers in the top left and top right of each panel are the mean temperature ($^{\circ}\text{C}$) and standard deviation ($^{\circ}\text{C}$), respectively.

2014年1月初北美中东部（CENA）出现了一次极冷事件。1月7日在该区许多地点造成了破纪录的极端低温，温度距平达 -20°C 。在该日出现了最低的 -16.8°C 日平均温度。有媒体和政府部门认为这是北极快速增暖与相关的海冰损失增加了冷极端值出现的风险。有人甚至称由于全球变暖继续，冷极值变得更可能发生，且频率增加。上述问题实际上提出了北极增幅或北极海冰快速融化正在增加导致极端冷温度值的天气型的可能性。因而关键的问题是：全球变暖（或北极增幅）与北极海冰快速融化是使极端冷温值或事件发生的风险增加还是减少？注意2000–2013年北极海冰快速融化期间冬季日平均温度的PDF曲线，它比1980–1999时期整体向右移。这表明1月7日的极值出现概率是降低的。这并未表现出北极海冰融化导致更多冷事件发生的结果。在这个时期只有一天（2009年1月16日）比 16.8°C 冷，其发生概率为0.08%（14年一遇），因而对于2000–2013年期间，2014年1月7日与这一时期温度最小值相比可看作是一次极端值，但从更长的时期看，这并不是不常发生的。这种类似事件在一、二十年前更经常发生。该图中前后两个时期的比较表明，冷极端值在近十几年实际上更小而不是更频繁，这与预期的对全球变暖的响应是一致的。

下图是据34个耦合气候模式得到的冬季日平均温度的频率直方图。三条PDF曲线（a-e）分别代表过去（1980-1999），未来（2030-2049）和后期（2088-2099）。可以看到，在这个期间，模拟是用大气模式，它由海冰强迫驱动，SST为气候固定值。未来预估是用RCP8.5情景。所有模式预估表明没有一个未来海冰试验有迹象表明相对于过去时段（20世纪后期（1980-1990））是变冷或变率增加的。换言之，并无证据表明冷极端值是随海冰快速融化和气候变暖使增加的。

为什么北极海冰减少使美国中东部温度更暖且少变？研究表明（Deser et al., 2010; Screen and Simmonds, 2010）；Screen et al., 2013）北极海冰损失通过改变地表热通量驱动局地增暖。这种增暖信号主要通过瞬变涡旋的温度平流扩展到更低的纬度区，温度平流也能用于解释变率的减小。中纬度的冷日常与来自北极的北风一致，暖日与来自副热带的南风一致。由海冰融化引起的北极增暖导致的是温暖的北风，而南风的温度少变（Screen, 2014）。其结果是冷日比暖日更快地增暖，这导致温度变率减少。下图清楚地表明CENA温度的PDF分布的冷尾（左侧）比暖尾（右侧）更多变暖，即暖尾比冷尾向右更多。由上可见，**北极海冰损失是中纬度温度变率减小的主要驱动力，使冷极端值出现的风险减少。**对于海洋反馈的作用，可以推论是进一步减少，冷极端值出现的风险或至少不可能增加风险。**但是对于东亚（中国、蒙古）模式模拟结果与北美不同，它表现为弱的冷却与增加的标准差。这种冷却与模拟的西伯利亚高压加强有关。**

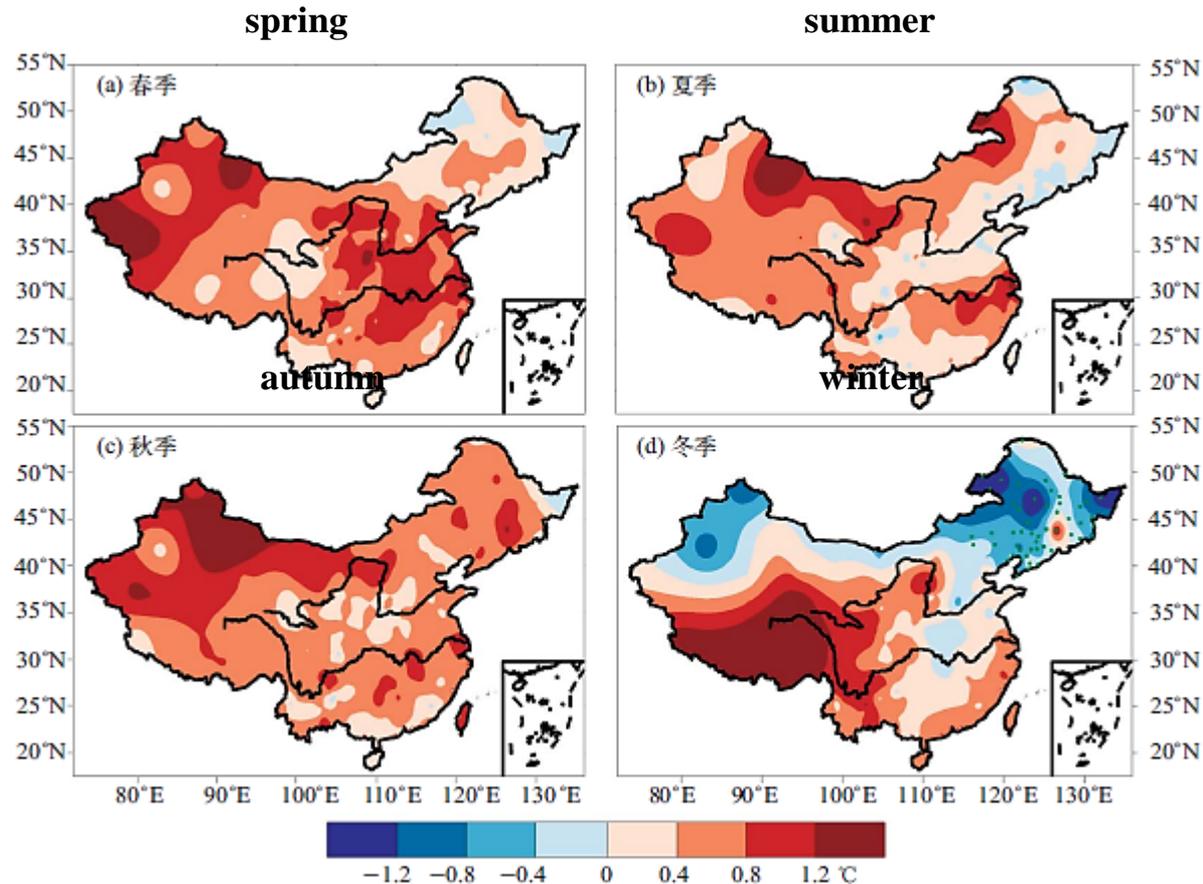
34个气候模式模拟的CENA冬季日平均直方图。灰色柱：1980–1999，蓝色柱：2030–2049，红色柱：2088–2090. 每图上右与上左数字为三个时段的平均温度和均方差。垂直绿线是模式的1.1百分位值（即2014年1月14日的模拟相似值）。（f）图：在模式模拟期1980–1999，日平均温度与1.1百分位相同或更冷的概率。



(a) Histograms of simulated daily winter temperature averaged over CENA taken from 34 coupled climate models for the periods 1980–99 (gray bars), 2030–49 (blue), and 2088–99 (red). Numbers in the top left and top right of each panel are the mean temperature ($^{\circ}$ C) and standard deviation ($^{\circ}$ C), respectively. Vertical green line denotes the value of the model's 1.1 percentile, the simulated analog of the 7 Jan 2014 event in observations. (b)–(e) As in (a), but for coupled simulations with (b) HadGEM2-ES and (c) CCSM4 and for sea ice–forced simulations with (d) HadGAM2 and (e) CAM4. (f) Probability of daily temperature as cold or colder than the 1.1 percentile in the period 1980–99 in each model ensemble and period

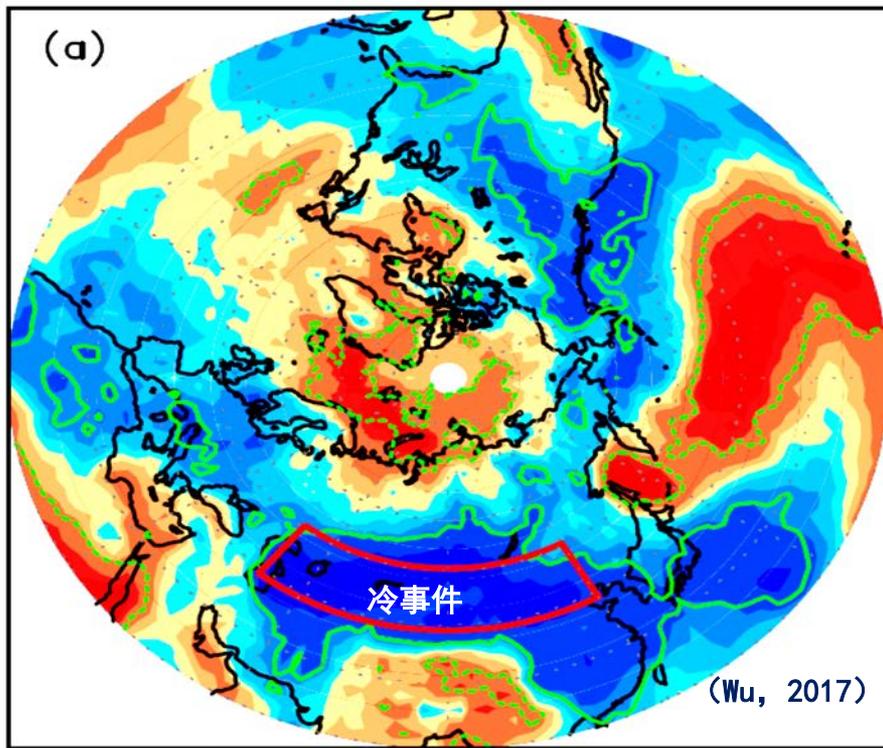
气候变暖对中国极端冷事件发生频率的影响

Seasonal distributions of decadal surface temperature difference between the decade of 2001-2010 and the decade of 1991-2000: cooling North China



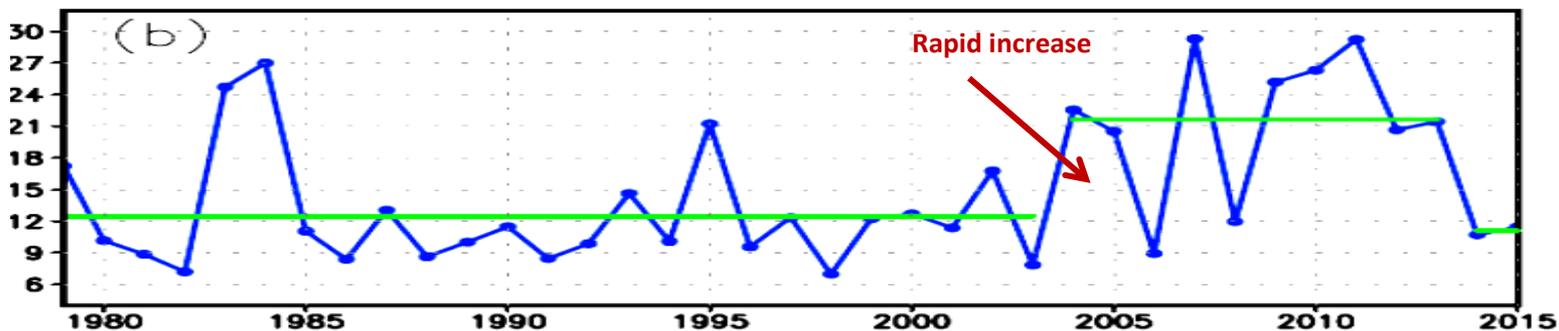
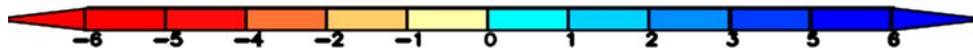
中国2001-2010年与1991-2000年四季气温差分布

(唐国利等, 2012)



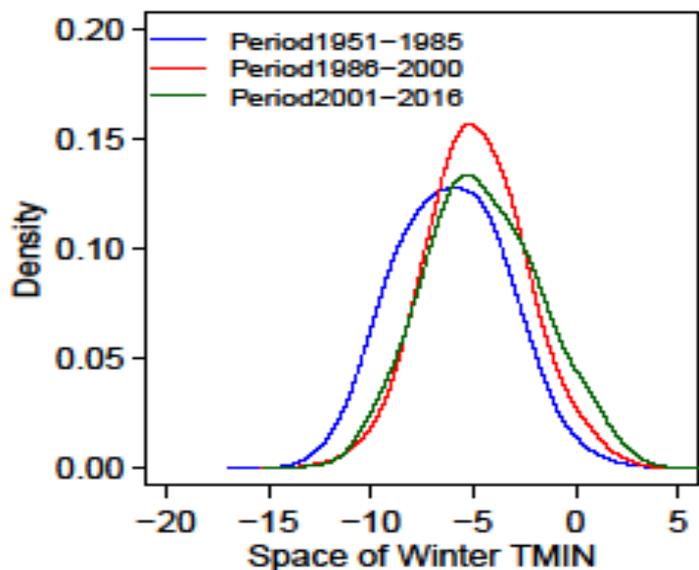
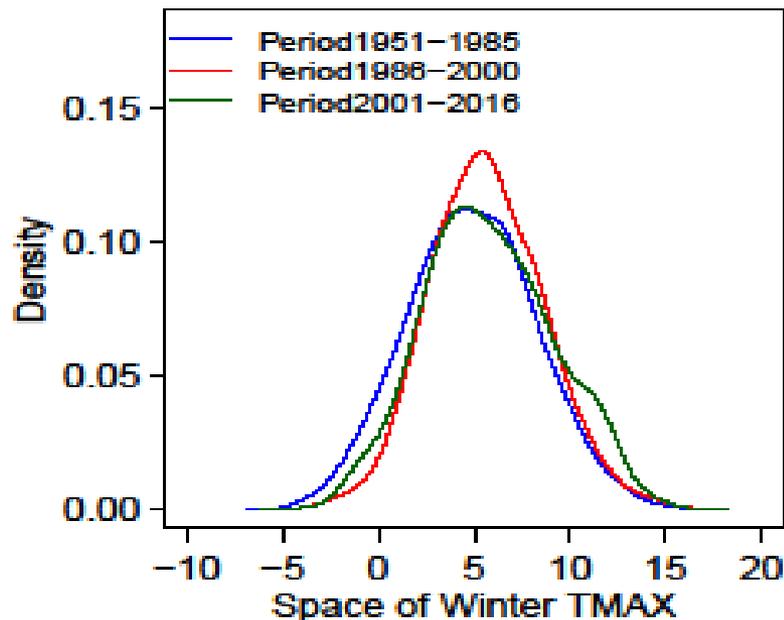
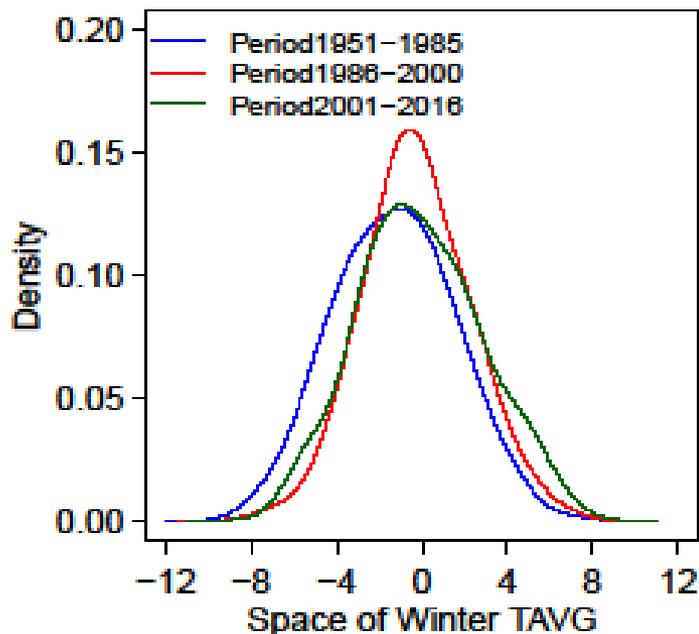
冬季日极端冷事件累积
频率在大气环流距平轻
度指数上的回归图

区域累积冬季日极端事件
频率时间序列：2005年突
然增多



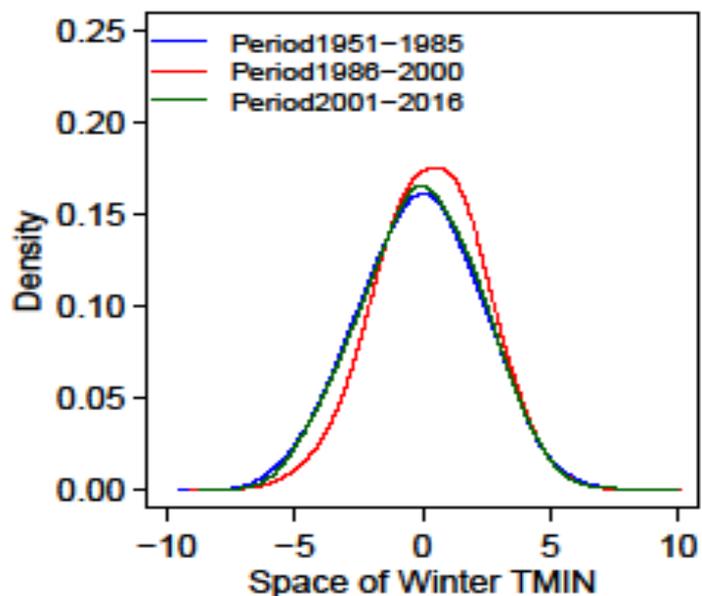
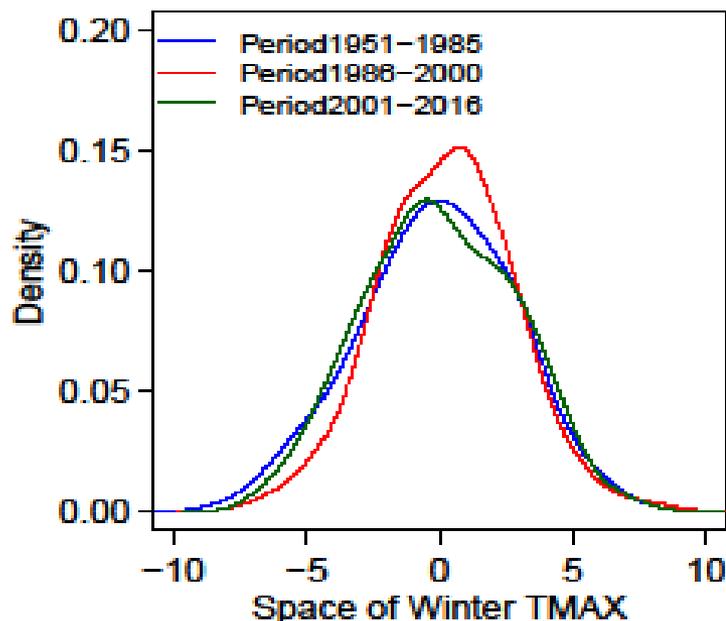
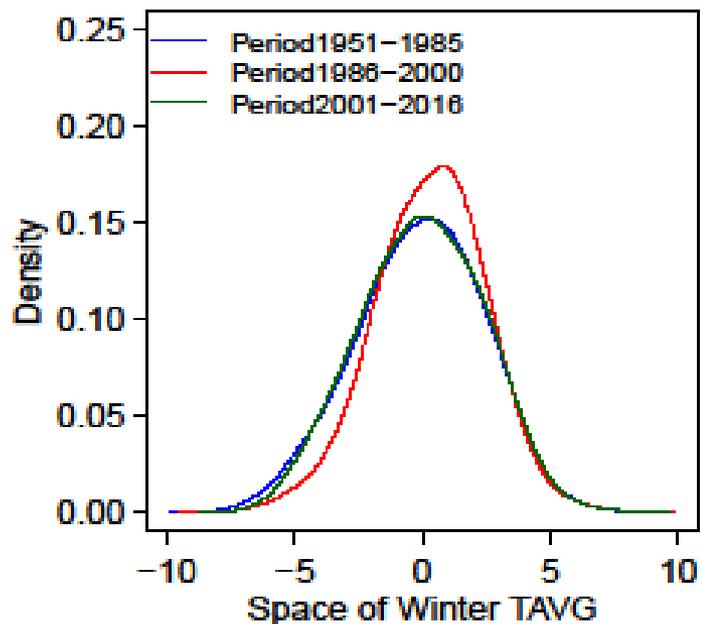
20世纪50年代以来，我国华南共发生8次冬季极端低温灾害，其中5次出现在20世纪90年代以后。

(华南区域气候变化评估报告，2013)



不同时期冬季平均TAVG、最高TMAX与最低气温TMIN的PDF曲线（包括气候变暖趋势）

2001-2016年冬季极端冷事件略增加，暖事件明显增加，反映了气候变暖的影响

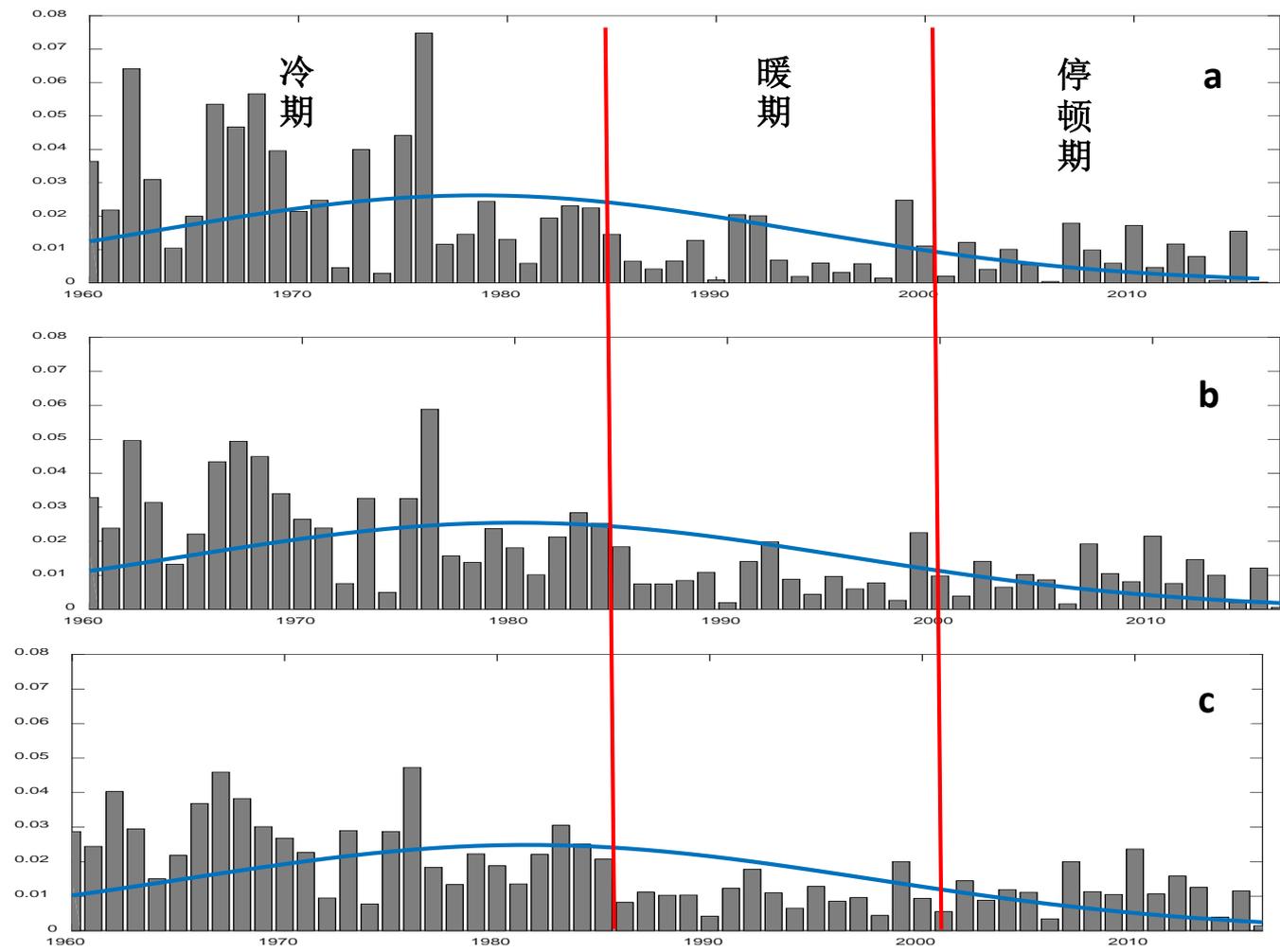


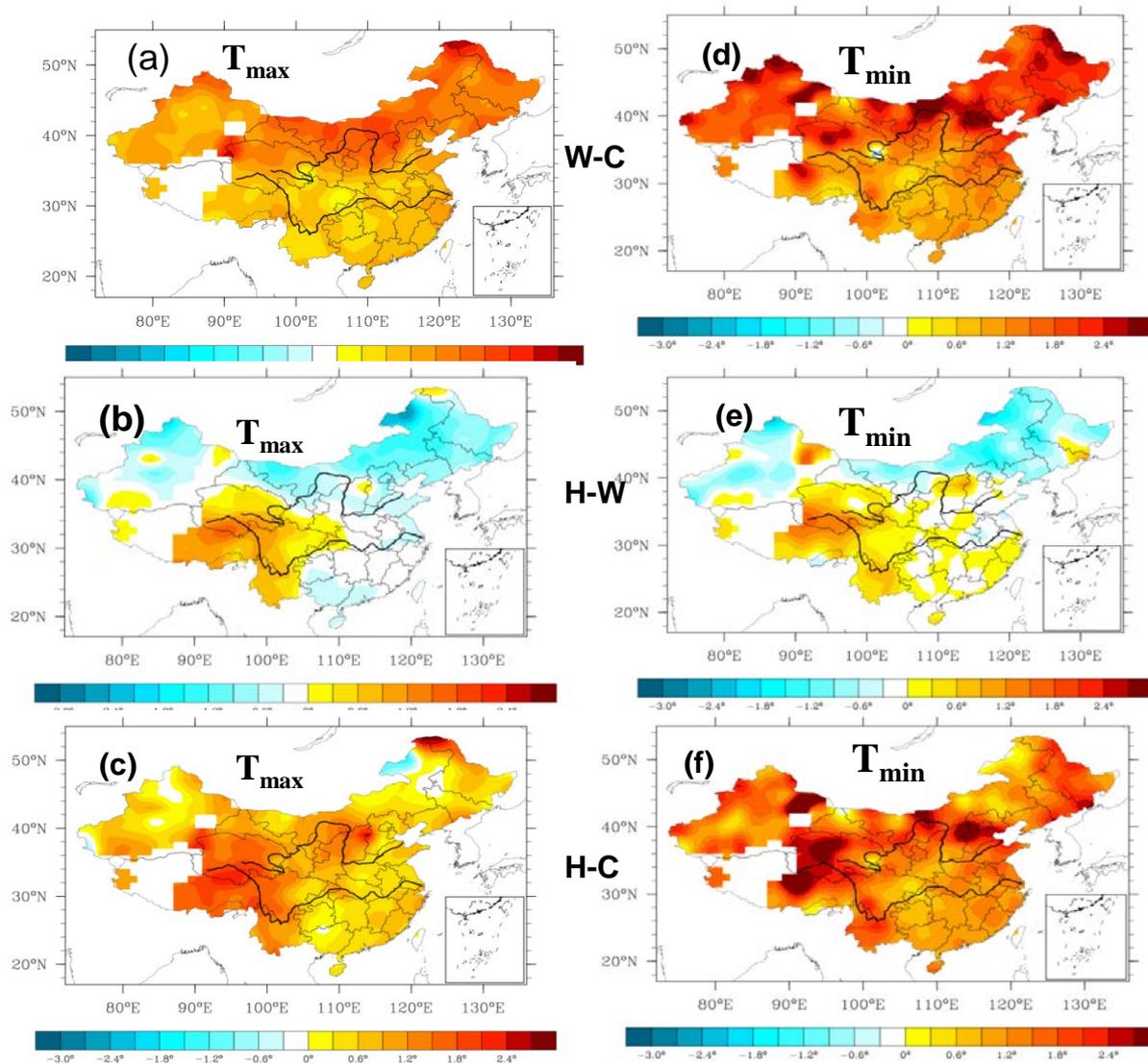
不同时期冬季平均TAVG、最高TMAX与最低气温TMIN的PDF曲线（除去气候变暖趋势）

2001-2016年冬季极端冷事件增加，暖事件不变与1951-1985年冷期相似

（徐文慧，丁一汇，2018）

1960-2016年中国冬季强极端冷事件（a）、一般极端冷事件（b）、弱极端事件（c）概率分布及总体概率密度分布曲线

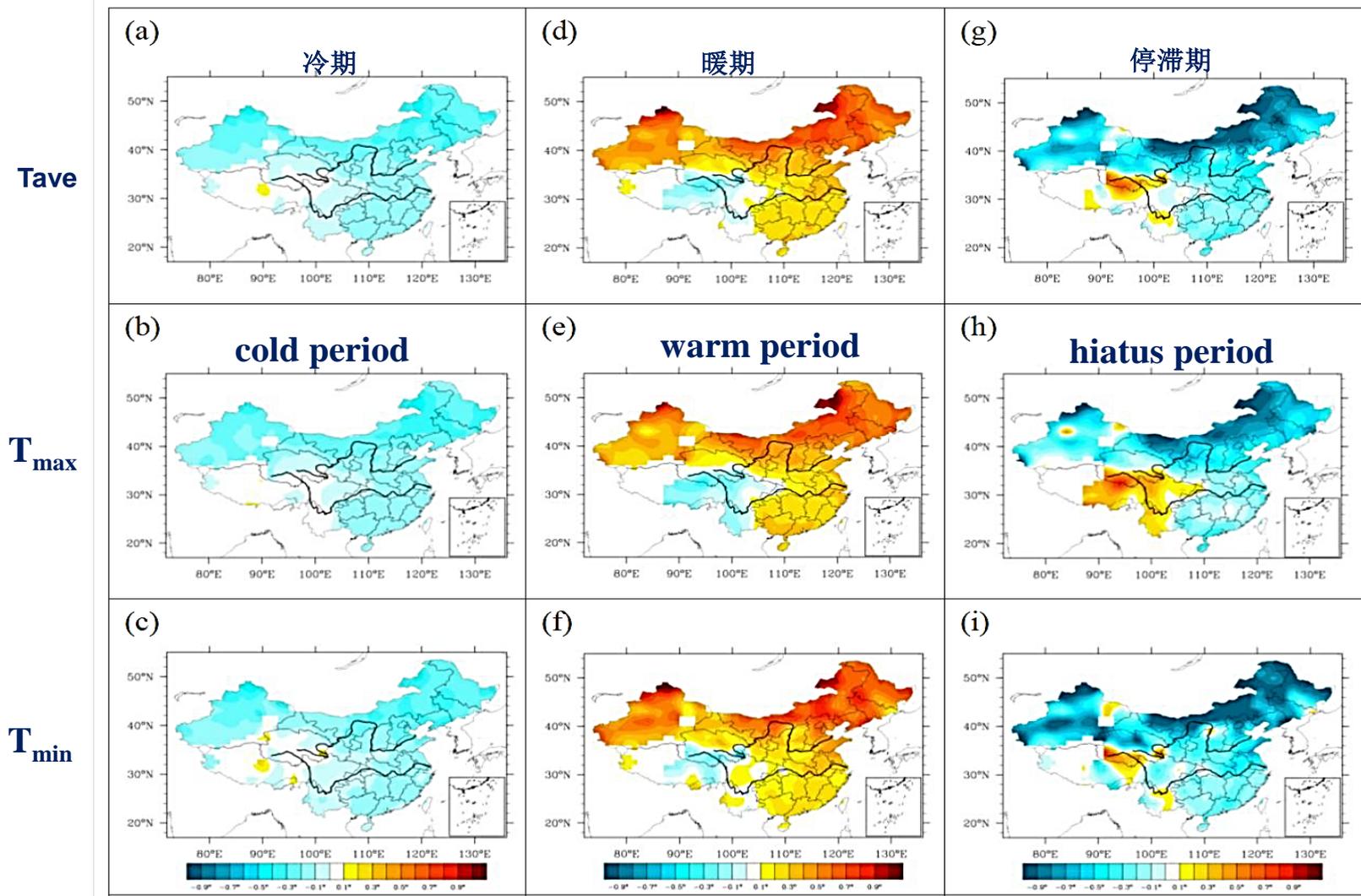




C: cold period
W: warm period
H: hiatus period of warming

暖期减去冷期的 (a) 冬季最高温度与 (d) 冬季最低温度的差值分布；
 停滞期减去暖期的 (b) 冬季最高温度 与 (e) 冬季最低温度的差值分布；
 停滞期减去冷期的 (c) 冬季最高温度 与 (f) 冬季最低温度的差值分布

去除趋势化后三个时期我国冬季平均气温、冬季最高气温和冬季最低气温的分布（单位：°C）



。冷期冬季平均气温(a)、冬季最高气温(b)和冬季最低气温(c)；暖期冬季平均气温(d)、冬季最高气温(e)和冬季最低气温(f)；气候变暖停滞期冬季平均气温(g)、冬季最高气温(h)和冬季最低气温(i)

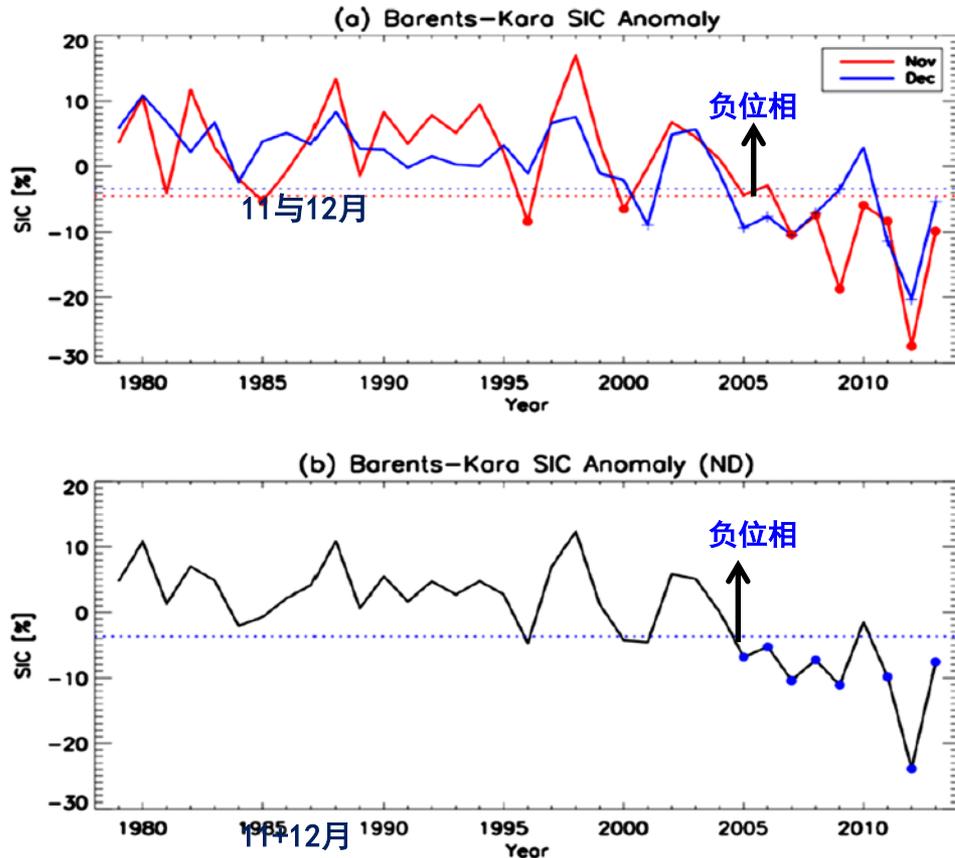
(Liang,Ding and Zhao,2014)

中国和北美冬季极端事件频率和强度的变化是不同的：中国受暖北极冷欧亚的影响比北美要明显，冷事件的频率和强度都比北美增加显著；而北美主要受气候变暖的影响，冷事件减少暖事件明显增加。这表明北美受北极影响的程度比中国弱，反映了全球气候变暖与北极气候变化影响的区域差异。

3. 冬季极端冷事件发生的主要原因：海冰融化或北极环流？

巴伦支海-喀拉海海冰变化是北极影响欧亚天气的一个敏感区

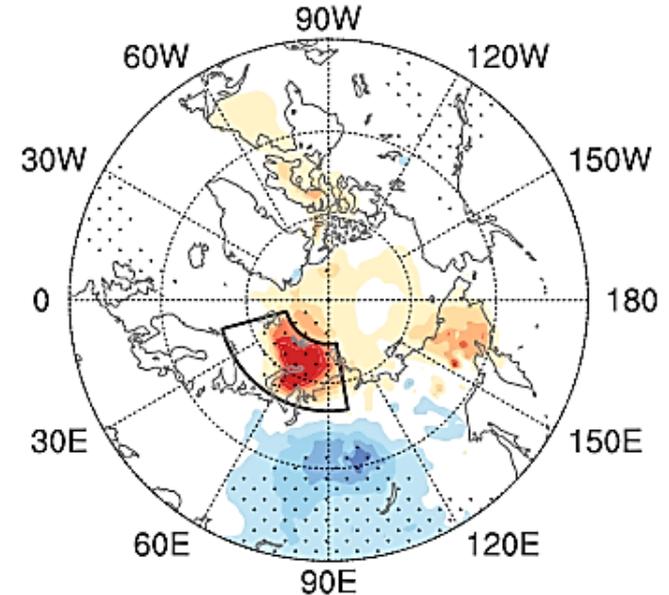
巴伦支海-喀拉海海冰密度 (SIC) 距平时间变化图



北极海冰融化直接影响地面和低空环流

11月和12月欧亚地表气温 (SAT) 对11月巴伦支海-喀拉海海冰密度的回归

Regression of Nov-Dec SAT to BKSIC_Nov



(引自Zhang et al., 2017)

图b中黑点代表比平均态低0.5标准差年

(Overland et al., 2015)

北极气候变化影响中高纬度极端事件的原因是北极问题研究的重大关键问题：是北极变暖/海冰快速融化的直接影响还是北极环流（内部变率）的作用？

北极增暖引起北极海冰的融化，但其贡献只占一小部分。所以，北极海冰融化 \neq 北极增暖。计算表明，变薄的海冰只占观测的地表变暖的37%，减少的海冰范围只占北极增暖直接影响的20%以下。所以，直接用北极海冰研究北极变暖与中纬冷事件的关联可能存在不确定性。

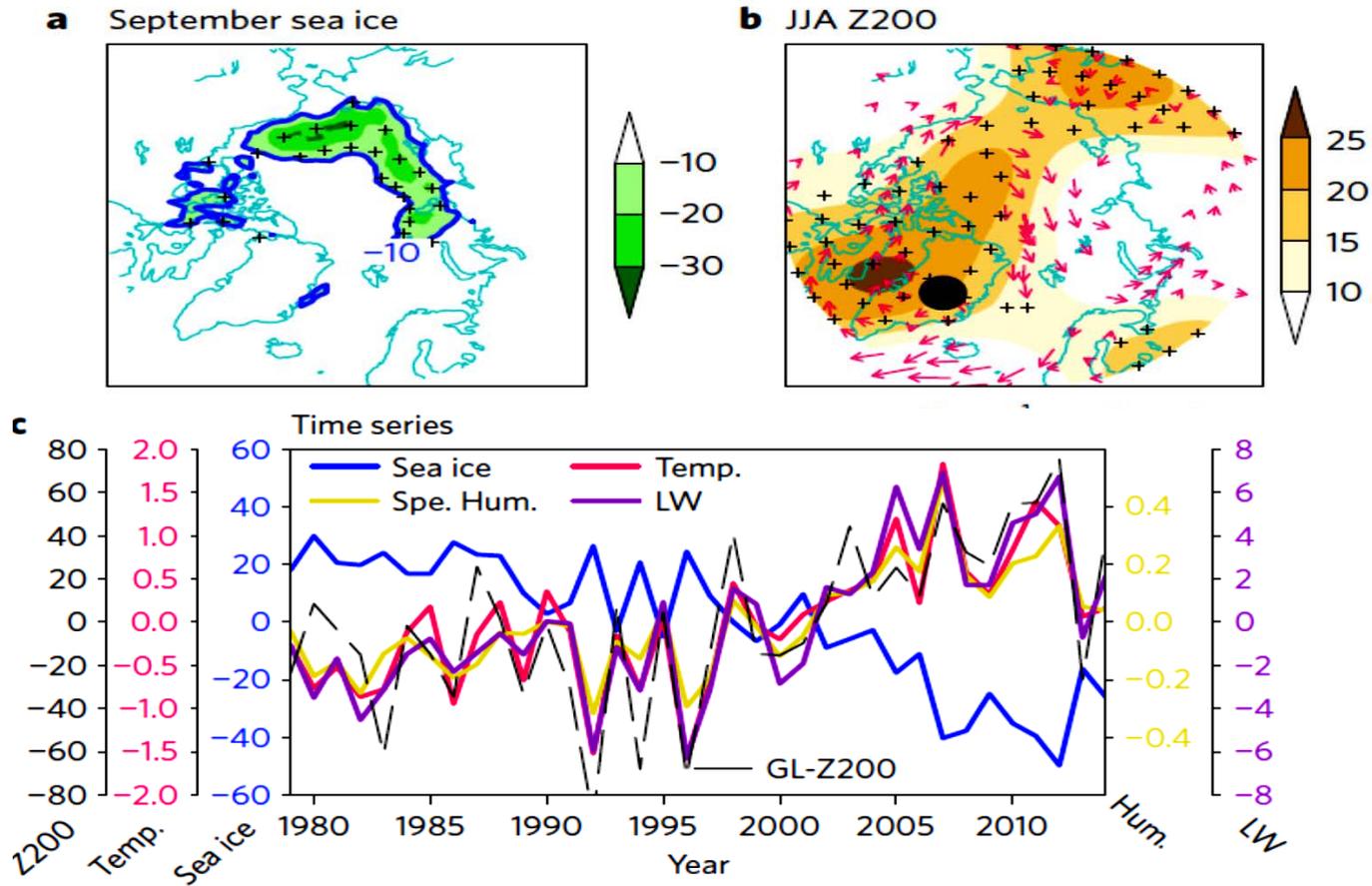
暖北极与冷欧亚温度型更多的反映了自然与内部变率的影响。这是由高度混沌性的北极环流变化造成。北极海冰融化是上述环流变化的结果，但它可产生增强北极环流的正反馈作用。

所以影响欧亚中纬度冷事件的主要原因是北极环流的变化（AO的变化）。由于环流变化是一种内部变率，这大大增加了北极与中高纬极端冷事件预报的困难性。

观测的北极环流和海冰间的联系

Linkage of observed Arctic circulation with the sea ice

Relationship between the September Arctic sea ice and summer large-scale circulation using ERA-Interim

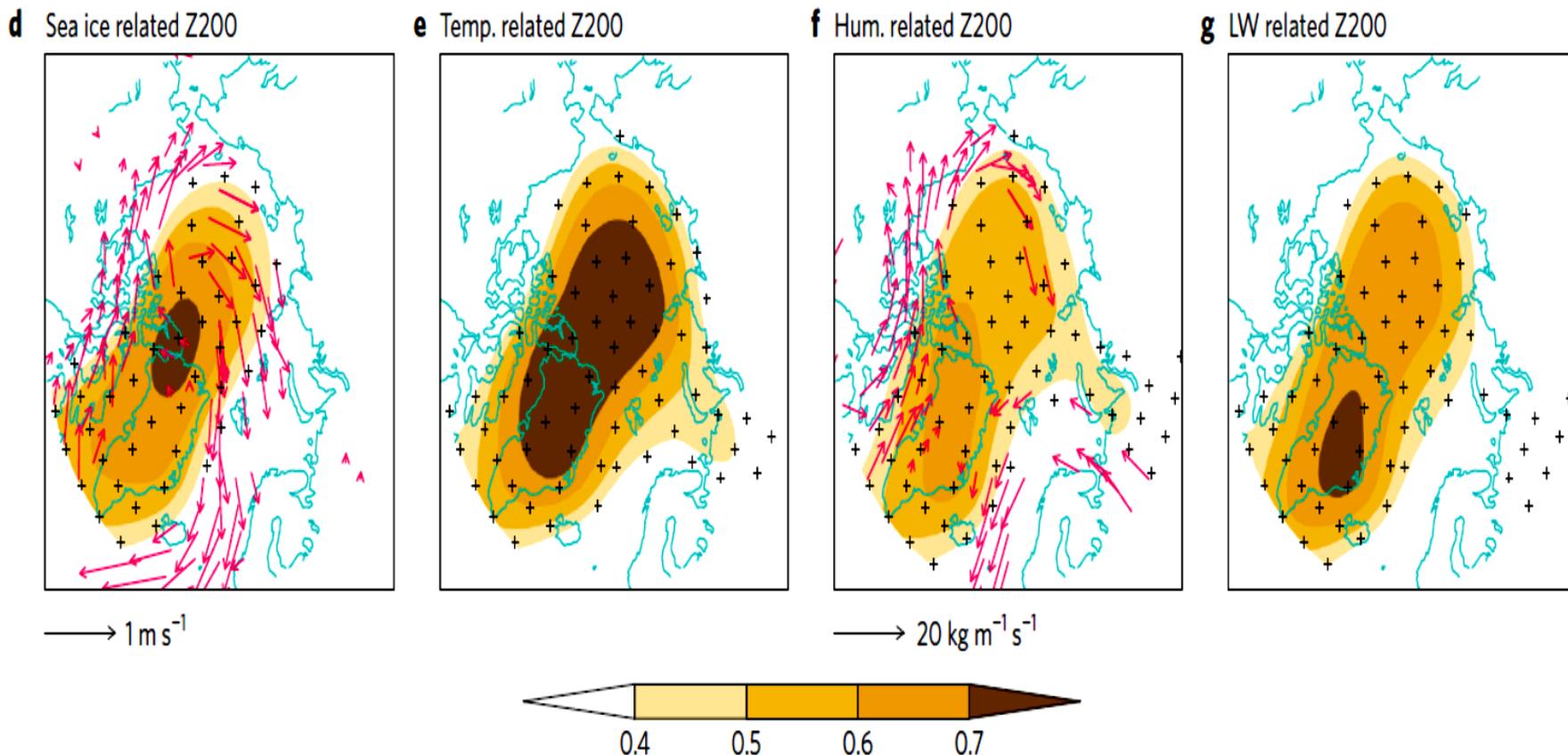


a, Linear trend (% per decade) of September sea-ice concentration from the NSIDC passive microwave monthly sea-ice record (1979–2014). b, Linear trend (m per decade) of JJA Z200 and surface wind (m s^{-1} per decade) in ERA-Interim reanalysis. c, Domain-averaged time series for September sea-ice anomaly (%) averaged over the region circled by the blue contour in a, lower-level (1,000 hPa to 750 hPa) JJA temperature ($^{\circ}\text{C}$) and JJA specific humidity anomalies (g kg^{-1}) in the Arctic (averaged over the region north of 70°N), JJA downwelling longwave radiation (LW) anomaly at surface (Wm^{-2}) in the Arctic north of 70°N , and JJA Z200 anomaly (m) over Greenland ($66^{\circ}\text{--}80^{\circ}\text{N}$, $310^{\circ}\text{--}330^{\circ}\text{E}$), indicated by the dot in b, and referred to as GL-Z200

观测

1979–2014年北极地区气候变量与JJAZ 200事件序列的相关图（ERA-Interim）

Correlation of each time series for climate variables with JJA Z200 for the period 1979–2014 using ERA-Interim



In d, regression of JJA surface wind with September sea-ice index is superposed. The sign is reversed in d for simplicity of comparison with other plots. In f, regression between the specific humidity index and vertically integrated water vapour flux is plotted. All linear trends are removed in calculating the correlations in d–g. Black stippling in all plots indicates statistically significant correlation or trend at the 5% level; in d and f, vectors are plotted when regressions are statistically significant at the 5% level

(Ding,Q.H.et al., 2017)

大尺度高压环流和低层热力学异常关联的机理

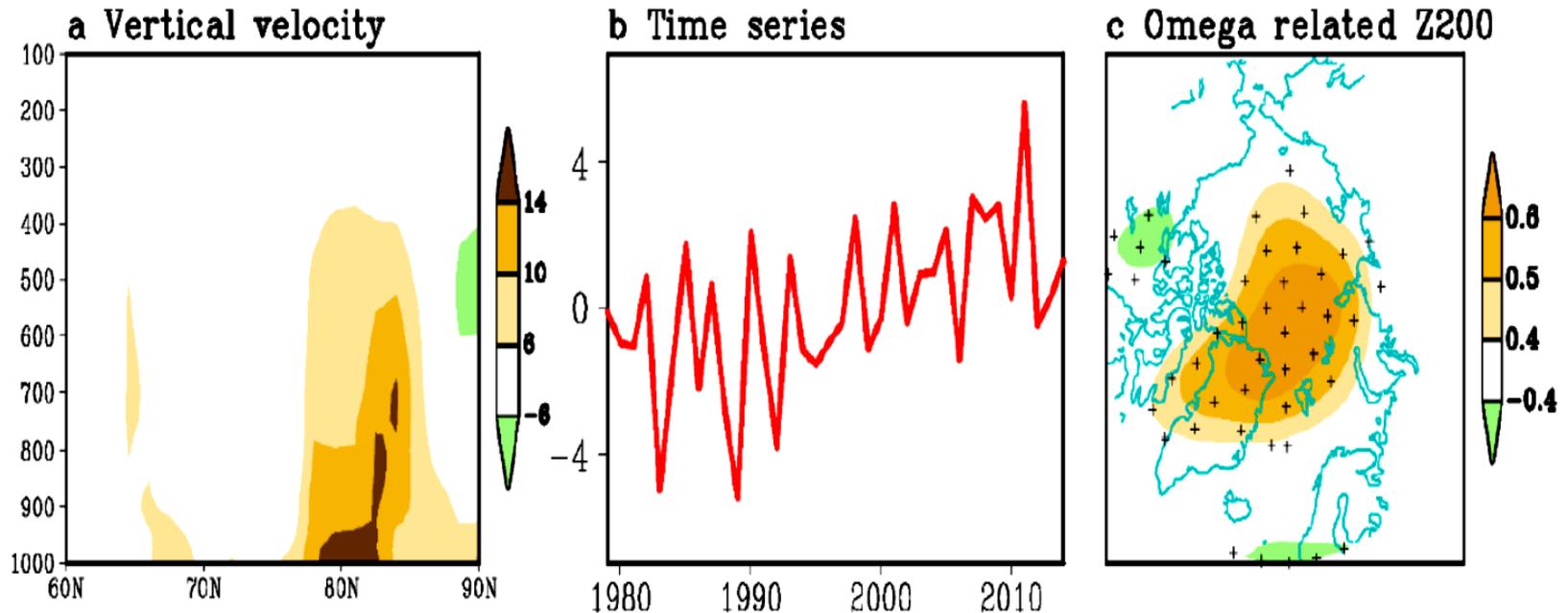
Relationship between large -scale high-pressure circulation and low-level thermodynamic anomalies

因为环流与垂直速度强烈耦合，由反气旋强迫的下沉运动应是观测到的低层增暖的主要贡献因子，相应低层DLR与水汽也相应增加。

北极的异常高气压环流有利于中高云量减少，可能由于风暴减少的结果。北极以低云为主，这种由环流驱动的云量向低云的变化与DLR增加一致。

夏季纬向平均垂直速度的线性趋势

Linear trend of zonal mean JJA vertical velocity



a) Meridional cross section of linear trend of zonal mean JJA vertical velocity (10^{-5} Pa/s/decade) in ERA-I (1979-2014). b) Domain averaged JJA lower level vertical velocity (1000hPa to 700hPa, unit: 10^{-5} Pa/s) in the Arctic (north of 70° N). c) Correlation of omega index in (b) with JJA Z200 in 1979-2014. The trends are removed before the calculation. In c) stippling indicates statistical significant correlation at the 5% level.

(Ding, Q.H. et al., 2017)

内部变率与人类贡献的估算

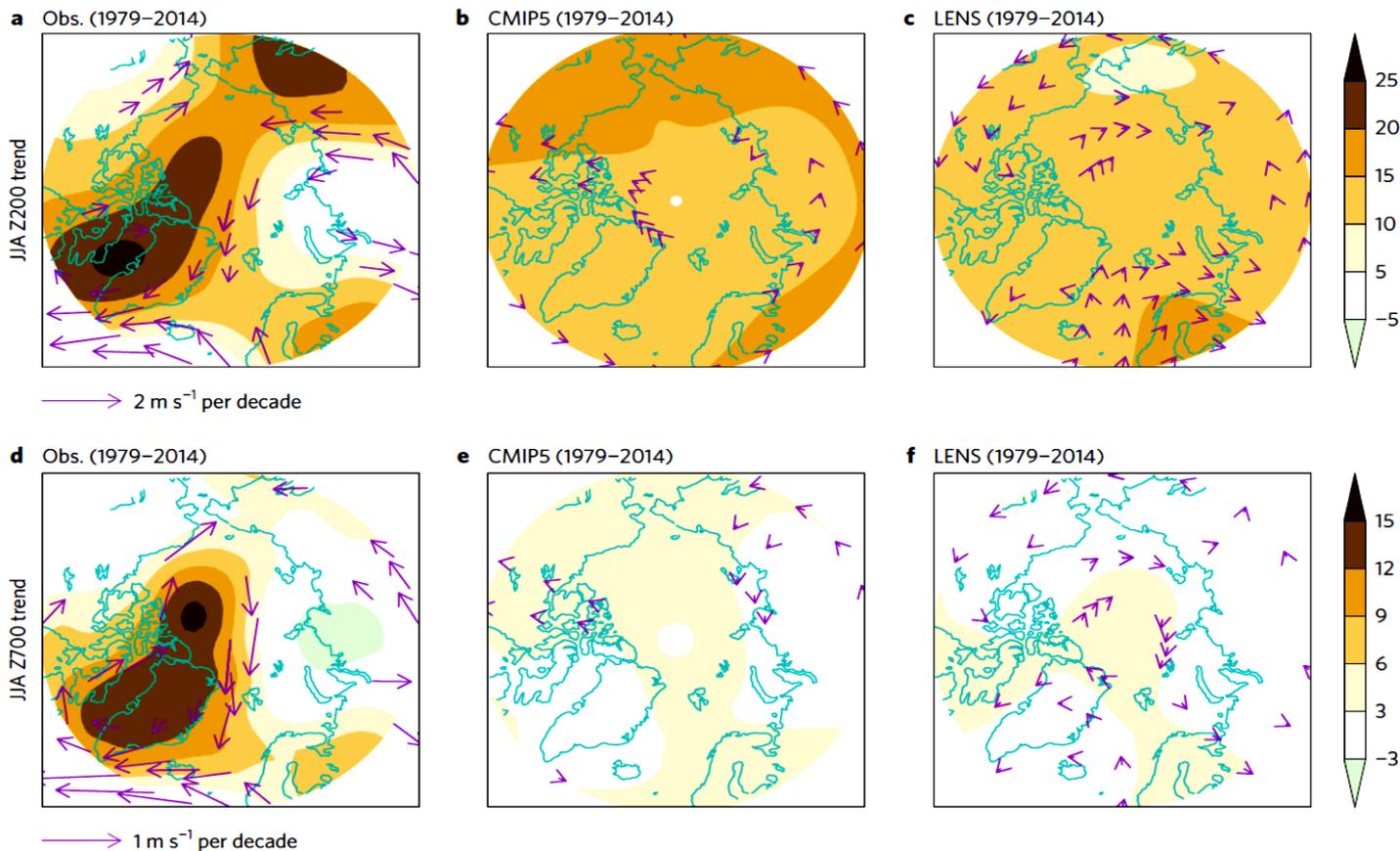
现在考察北极趋势变化是由内部变率还是人类强迫产生？首先确定人类强迫的作用。不像观测，从地表到对流层上部表现为正压的格陵兰反气旋环流趋势，CMIP5与LENS集合模型的环流趋势在北极是弱的，且无组织，尤其在对流层下部。形态不定的增暖与几乎无环流变化是中高纬对增加的CO₂的典型热力响应。

归因

人类排放强迫对北极环流的影响

人类排放的辐射强迫导致的对流层上下高度场/风场与实况比较图

Observed and estimated radiatively forced trends in upper and lower tropospheric geopotential height and winds.



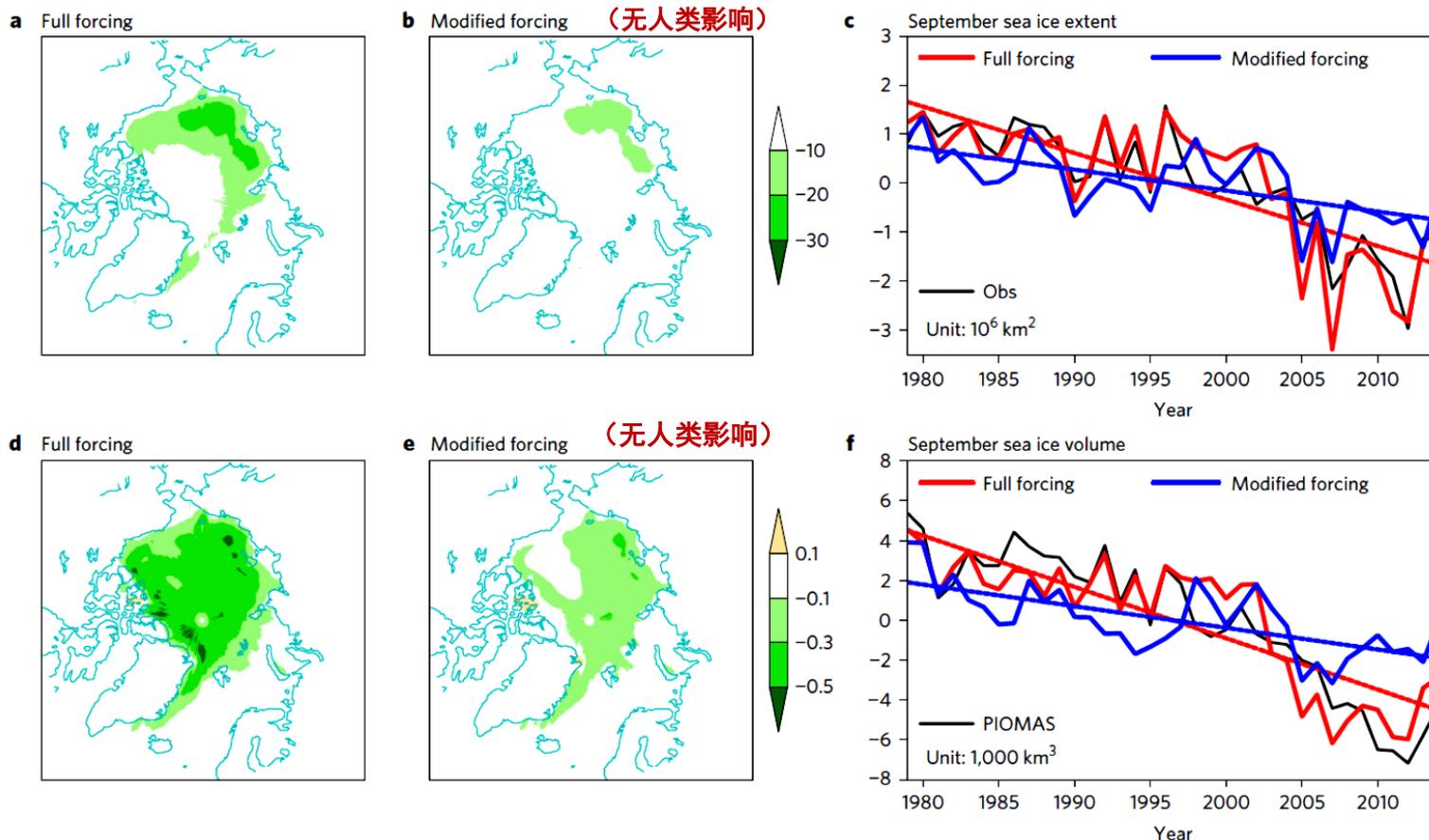
Observed and estimated radiatively forced trends in upper and lower tropospheric geopotential height and winds. a–f, Linear trends of JJA geopotential height (m per decade) and zonal and meridional winds at 200 hPa (a–c) and 700 hPa (d–f) for the period 1979–2014 from a and d ERA-I (a,d) (repeated from Fig. 1b) the 26-model ensemble mean from the CMIP5 project (b,e) and the 30-member ensemble mean from the LENS project (c,f).

(Ding,Q.H.et al., 2017)

归因

大气环流对北极海冰趋势影响的模拟结果

Simulated impact of atmospheric circulation on summertime Arctic sea-ice trends



Simulated impact of atmospheric circulation on summertime Arctic sea-ice trends. a,b,d,e, Linear trend of September sea-ice concentration (a,b, % per decade) and thickness (d,e, m per decade) in Exp-5 (denoted as 'full forcing') and Exp-6 (denoted as 'modified forcing'). c, Anomalous total area of September sea-ice extent (area of ocean with ice concentration of at least 15%) in both simulations and NSIDC observations. f, Anomalous total volume of September sea ice (area of ocean with ice concentration of at least 15%) in both simulations and the Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System (PIOMAS).

(Ding,Q.H.et al., 2017)

内部变率贡献的估算

Estimates of the internal variability contributions

观测的趋势型中的强梯度分布特征支持内部大气变率是高纬环流近36年年代际趋势的重要影响因子。EXP-7与EXP-8相当于EXP-2除去了全球变暖对高纬风的影响。结果表明，如EXP-2中，EXP-8有同样强的位势高度增加，但相对于EXP-2北极（70° N以北）低层增暖与海冰范围变化约为其70%，这表明约30%的热力海冰范围减少可归因于人类的影响。在EXP-6 中已得到整个环流驱动的海冰趋势为60%，则1979年以来观测海冰损失约42%（60%×70%）可归纳为内部变率。

什么是北极环流的内部变率来源？

热带SST变率强迫。由此强迫的遥相关型表明格陵兰地区70%的环流变化与相关的增暖可归因于起源热带太平洋的内部变率。

What is the origin of the internal variability of the Arctic circulation?

Forcing of tropical SST variability will excites a tele-connection pathway. 70% of the circulation change over Greenland region and related warming may be attributed to the internal variability originated from tropical Pacific

(Ding, Q.H. et al., 2017)

1979–2012年去趋势（无气候变暖影响）的年平均热带SST与北半球环流的耦合分布： 起源于热带太平洋的年际与年代际遥相关

Coupled patterns between detrended annual mean tropical SST and Northern Hemisphere circulation for 1979–2012

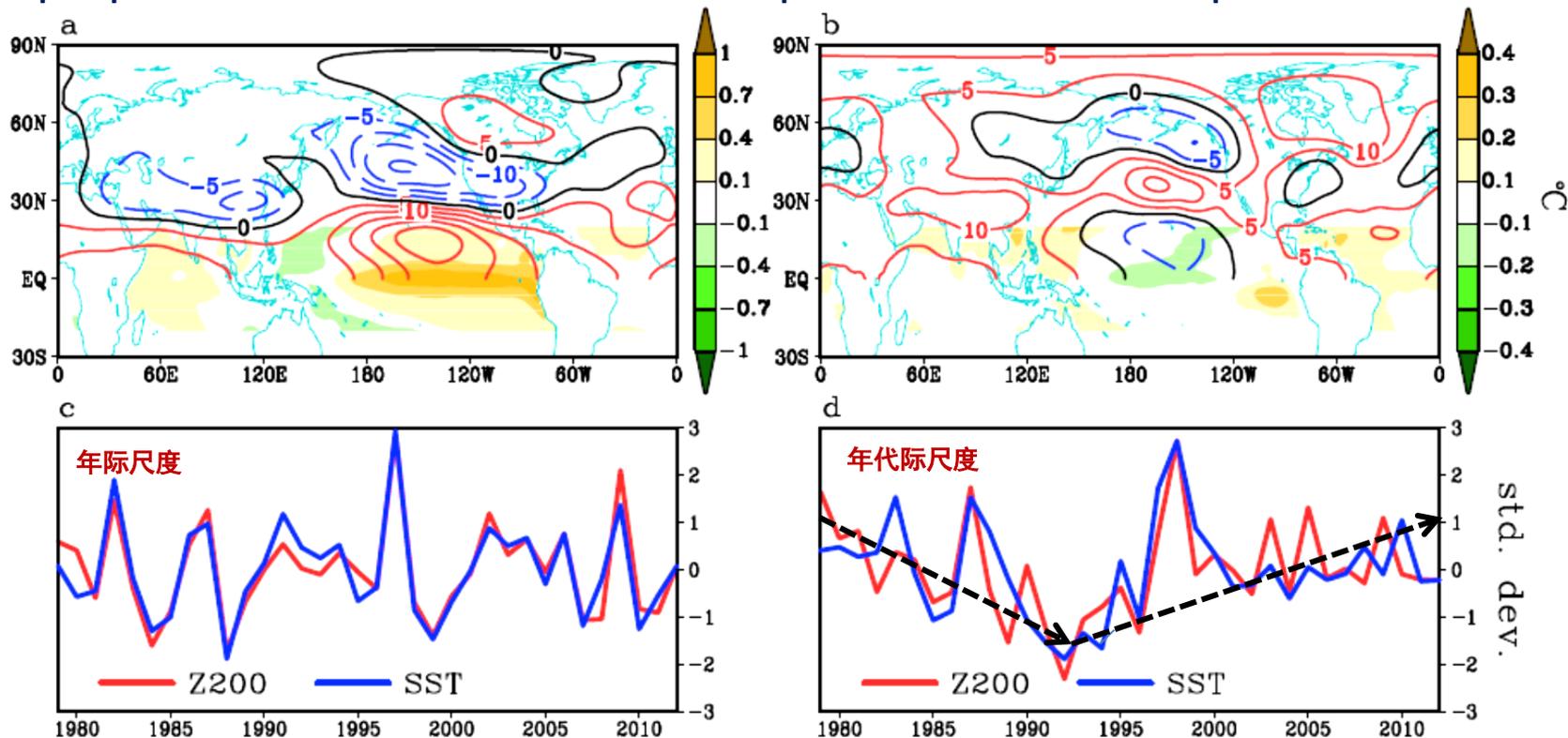
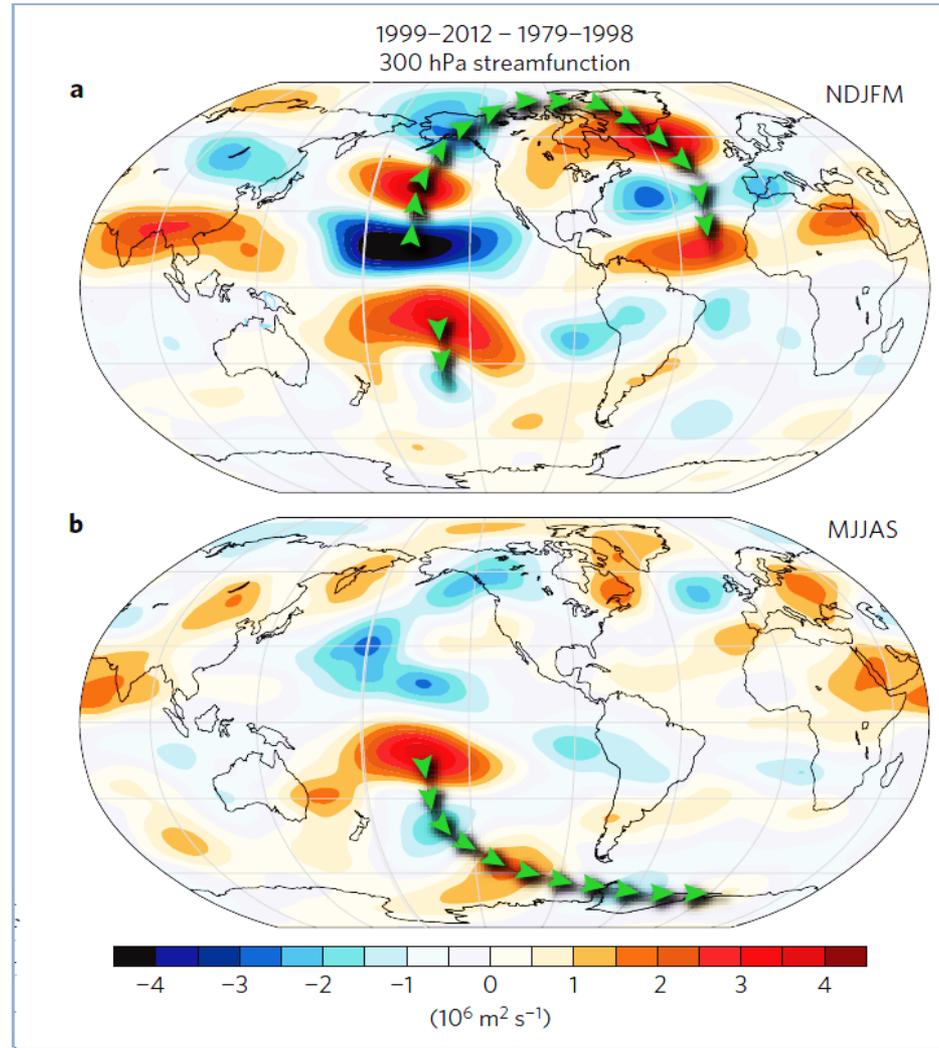


Figure shows MCA results for detrended annual mean 1979–2012 Northern Hemisphere (0–88.5° N) 200-hPa geopotential heights (Z200) and tropical (20° S to 20° N) sea surface temperature (SST). Shown in a are the patterns of Z200 (contour interval 10metres) and tropical SST (shading) that accompany the first mode in these two data sets. Panel c displays the time series of the Z200 (red) and SST (blue) patterns shown in a. Panels b and d are the same as in a and c but for the second mode. Amplitudes in a and b are scaled by one standard deviation of the corresponding time series in c and d; the latter have a standard deviation of one.

(Ding et al 2014)

300hPa流函数差值场 (1999–2012减 1979–1998) : 热带太平洋年代际SSTA变化造成的遥相关波列

The 300 hPa streamfunction for the differences between 1999–2012 and 1979–1998



a, NDJFM, and b, MJJAS, based on ERA-I reanalyses, where the rotational wind is parallel to the contours. The green arrowheads show schematically the main wave trains emanating from the tropical Pacific.

(Trenberth et al., 2014)

北极气候变化归因的量化估算

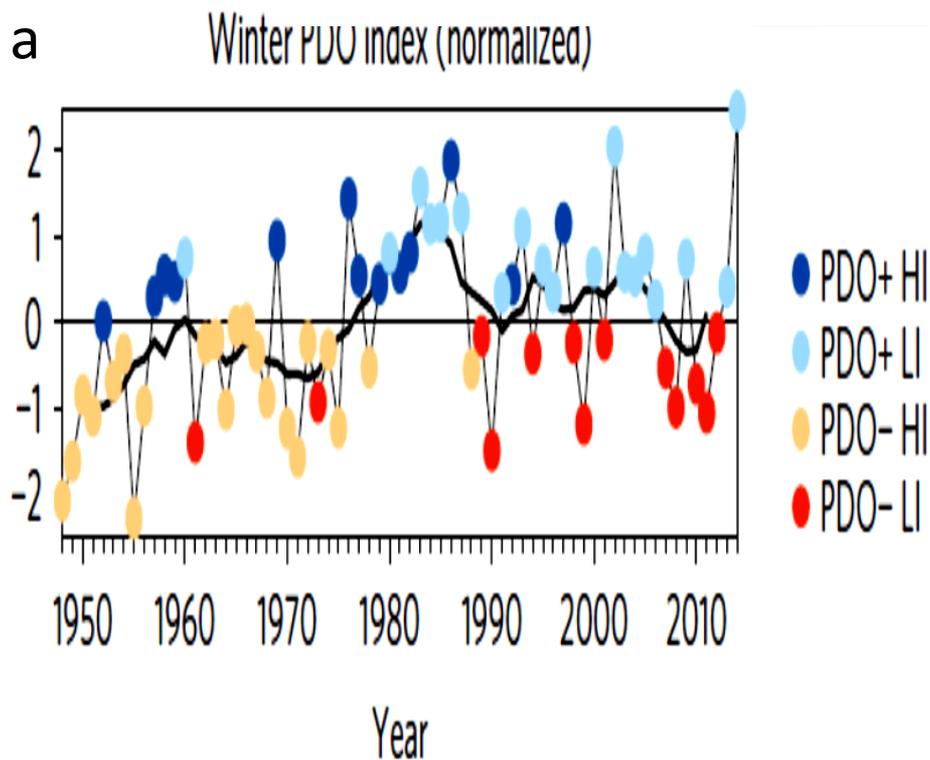
- EXP-6: 北极环流造成海冰融化的贡献为 60%
- 人类强迫引起的北极变暖对海冰融化的贡献为40%
- EXP-7+EXP-8: 热带太平洋SSTA对高纬环流的贡献（格陵兰高压增强）为70%
- 人类的强迫对北极环流的的贡献为30%
- 所以，有 $(60\% \times 70\%) \approx 42\%$ or 30-50%，即北极海冰的融化主要归因于内部的变率（热带太平洋SSTA+A0），人类强迫的贡献总共为58%

(Ding,Q.H.et al., 2017)

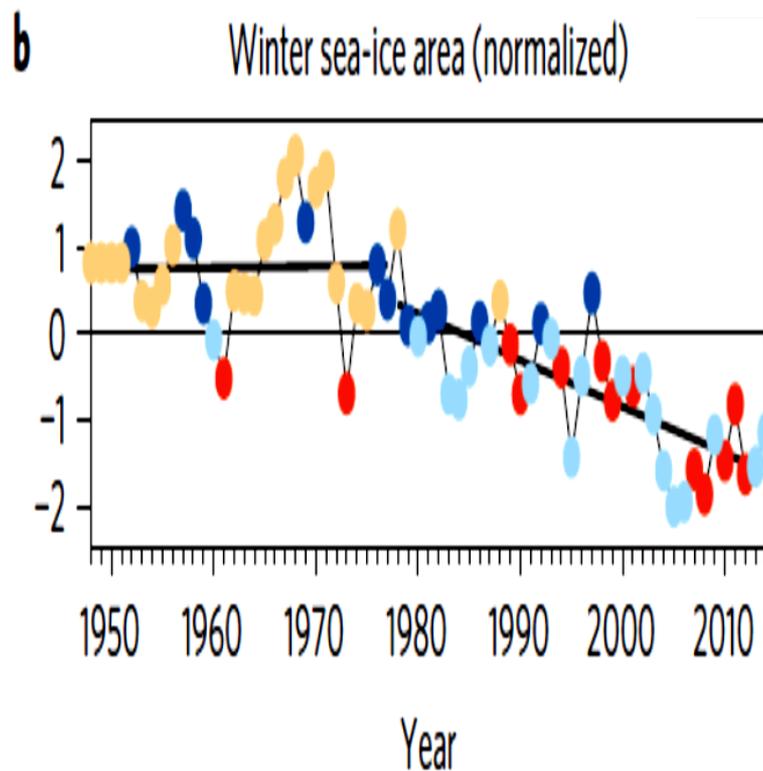
Relationship between PDO and the Arctic sea ice melting

PDO与冬季北极海冰变化的关系

冬季PDO指数



冬季海冰区

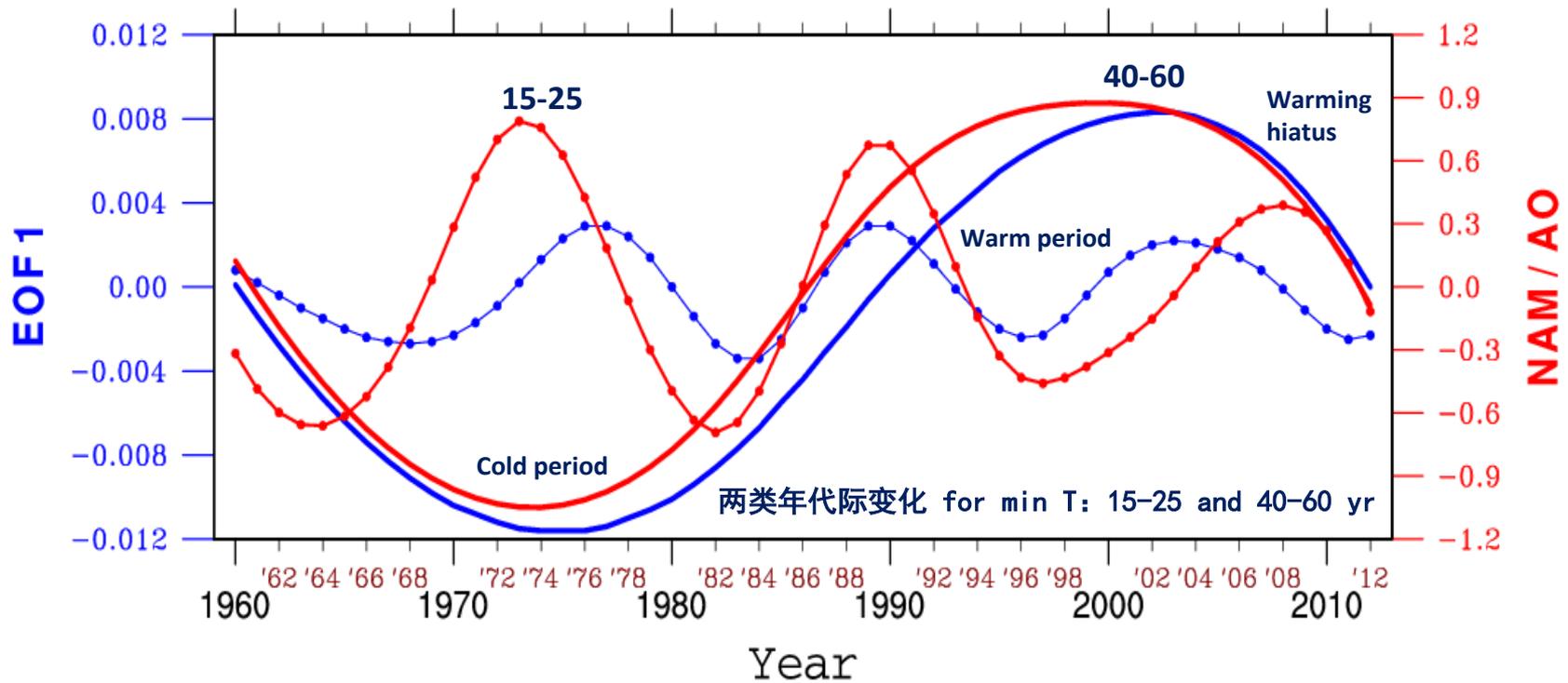


PDO调制冬季极地增幅与海冰融化

(Screen et al,2016)

EEMD modes of the corresponding normalized time coefficient of the first leading EOF modes of the winter mean minimum temperature in China and the winter mean NAM/AO index for 1960/61-2012/13.

中国大陆冬季最低气温EOF1的时间序列和冬季NAM/AO指数的集合经验模态分解模态



NAM/AO imf3

(15-25 yr)

NAM/AO imf4

(40-60 yr)

EOF1 imf3

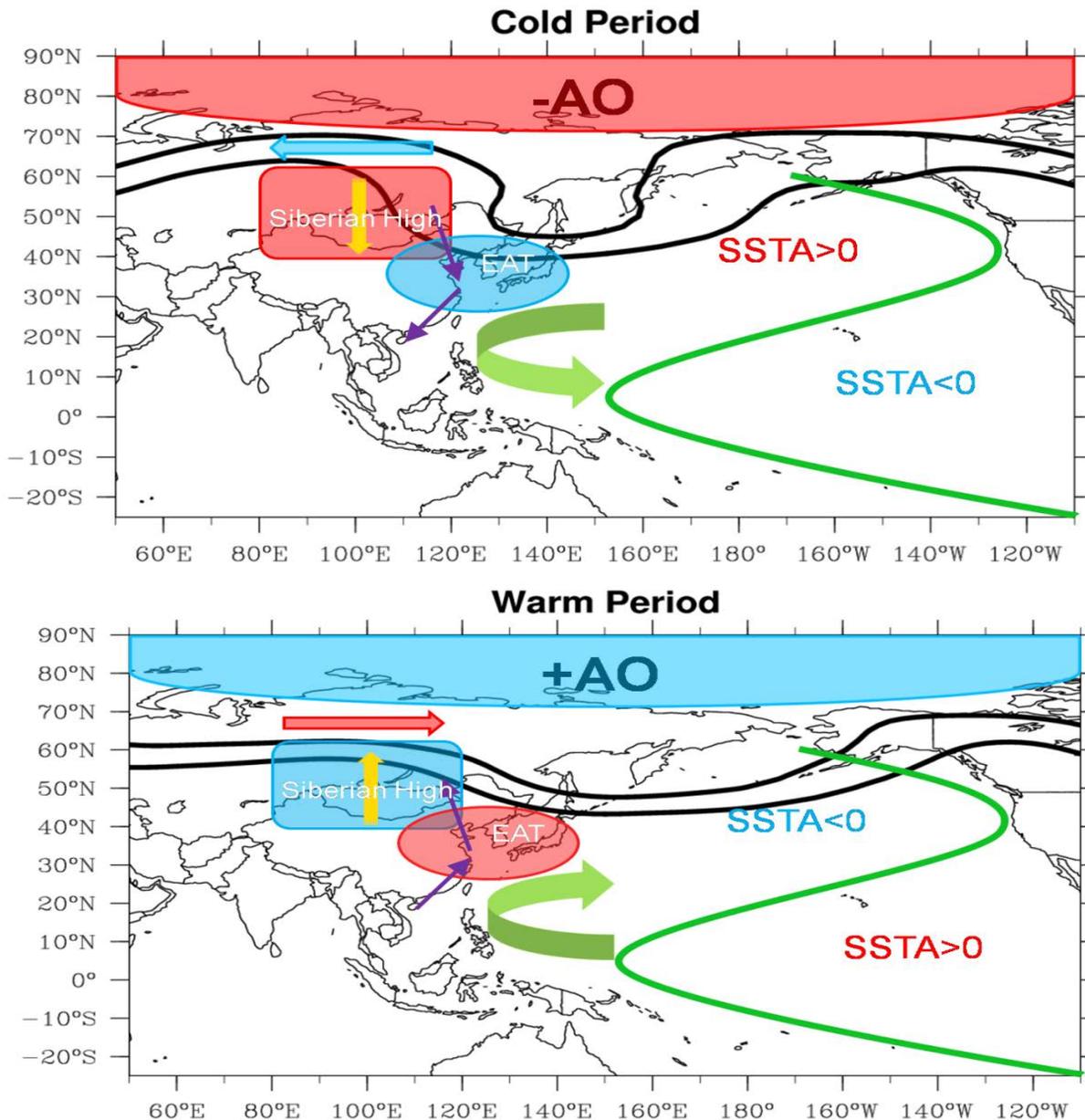
(15-25 yr)

EOF1 imf4

(40-60 yr)

(Liang,Ding, Zhao,2015)

年代尺度AO指数变化



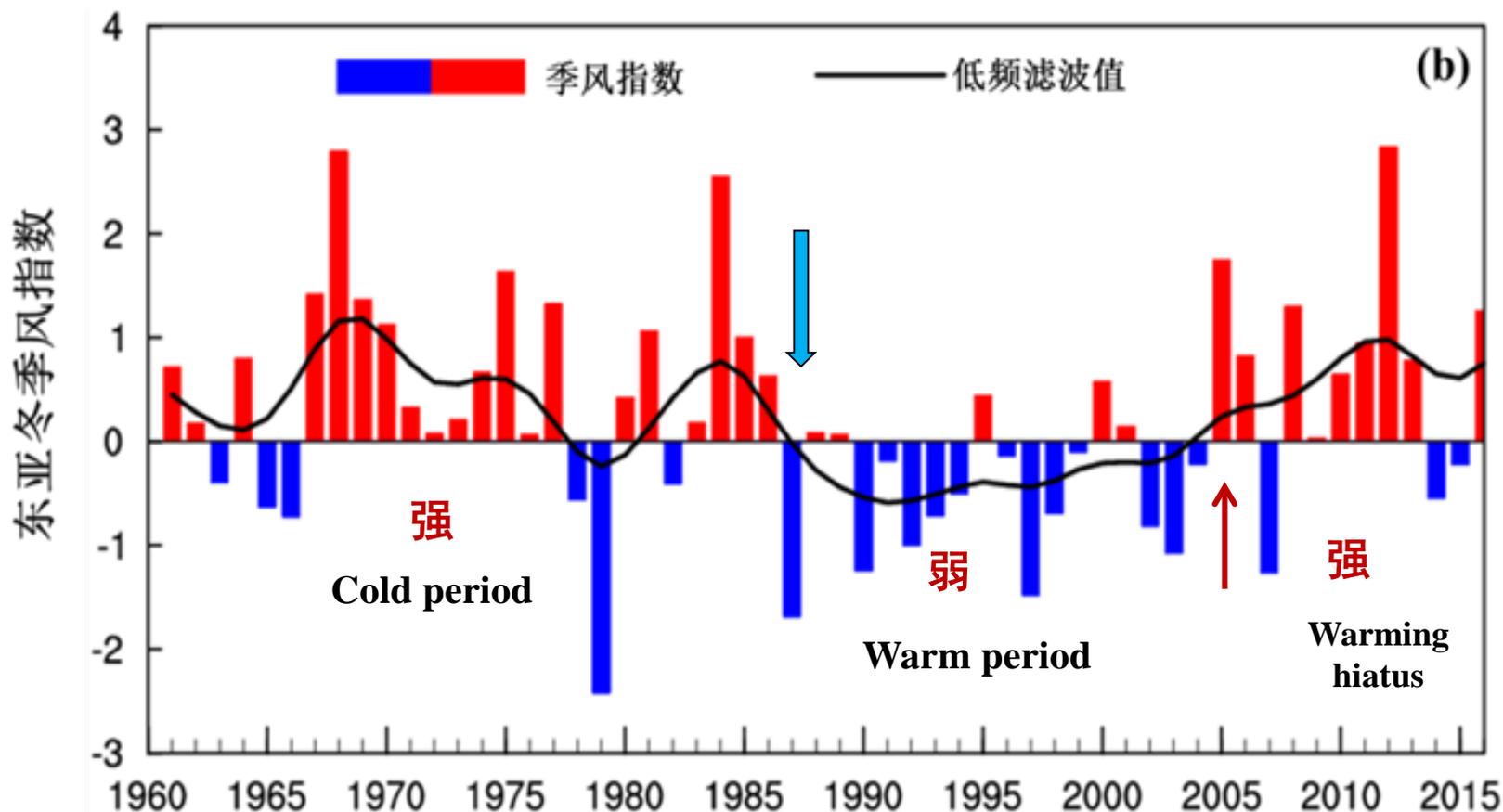
中国冬季气温处于(a)冷期和(b)暖期的环流和海温相互匹配的示意图。

方框区域为西伯利亚高压地区，红色（蓝色）方框表示西伯利亚高压加强（减弱）。椭圆区域为东亚大槽地区，红色（蓝色）椭圆为位势高度正（负）距平，表明东亚大槽加深（被填塞）。黑色实线为5200gpm（北侧）和5300gpm（南侧）位势高度场等值线。蓝色（红色）箭头表示850hPa上纬向风减弱（加强）。紫色箭头为850 hPa风场距平。黄色向下（上）箭头表示冷期（暖期）500 hPa下沉气流加强（减弱）。绿色弧形箭头表示冷期（暖期）850 hPa风场距平上的气旋（反气旋）。绿色实线为SSTA为0°的等值线。极区为红色（蓝色）表示极区海平面气压偏高（低），对应有NAM/AO为负值（正值）

（梁苏洁，丁一汇，2012）

1961~2016年东亚冬季风指数变化

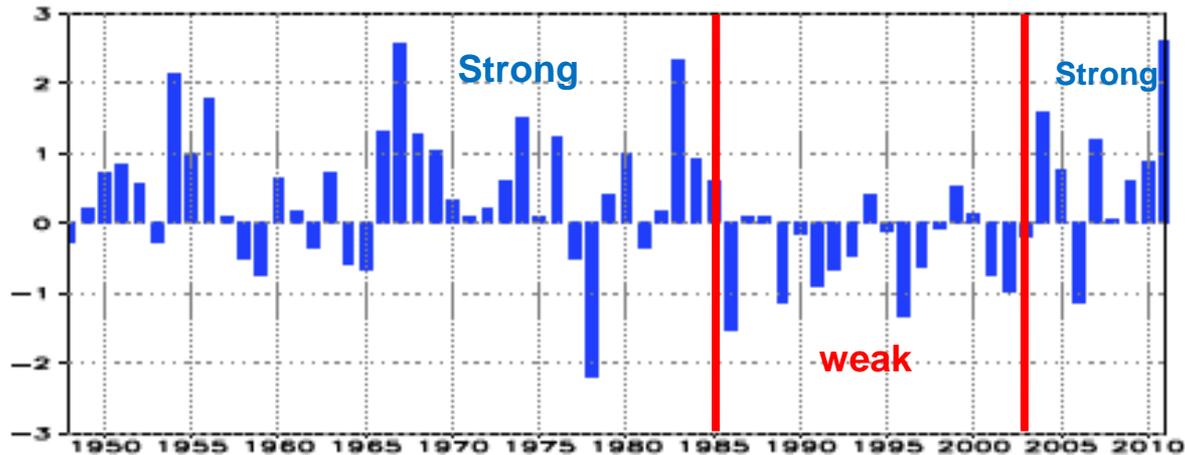
Temporal variations of EAWMI anomalies during 1960/61~2016/17. Black solid line is the 11-year running mean



(NCC, 2016)

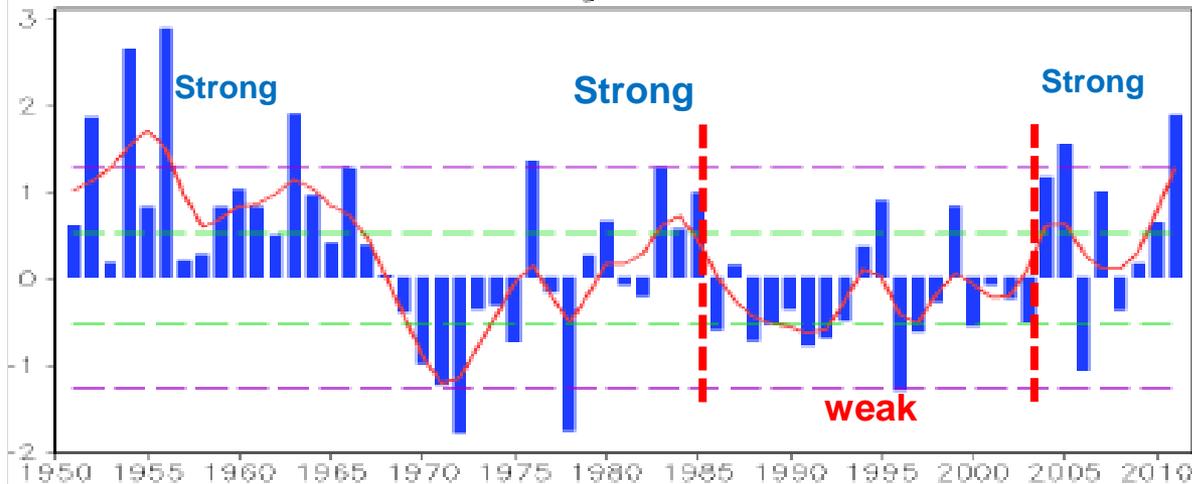
1950-2011 winter Siberian high and monsoon indices

1950-2011年冬季西伯利亚高压指数与季风指数



Winter monsoon index

Siberian High index in DJF



Siberian high index

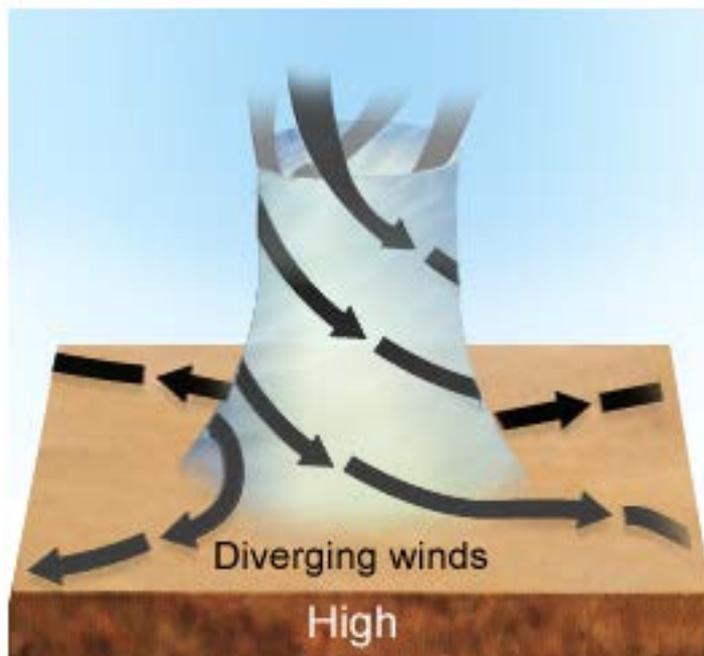
Climate Diagnostics and Prediction Division /NCC/CMA

(NCC, 2013)

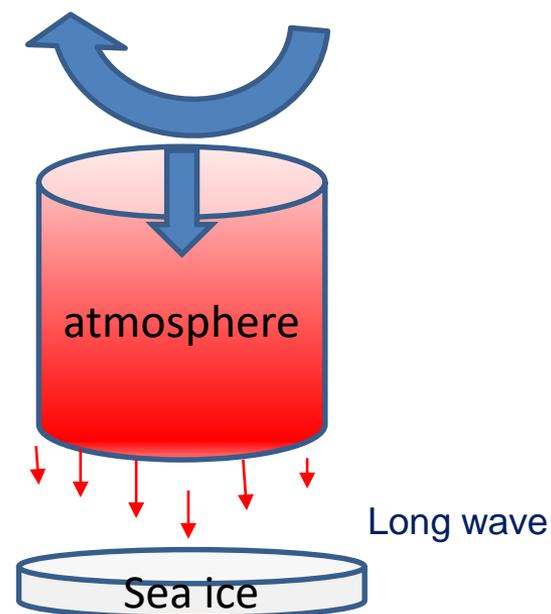
北极增暖的动力原因的年代际变化：北极热浪导致北极海冰融化，对北极环流加强产生反馈作用

Dynamic cause for Arctic warming: “Polar heat wave”

1980s-1990s 异常低气压辐散环流



2000s 异常高气压辐散环流



(丁庆华, 2016)

Thank you!

