

北极海冰快速减少

对北半球冬季气候的影响

黄建斌

jbh@tsinghua.edu.cn

地球系统科学研究中心/
全球变化研究院

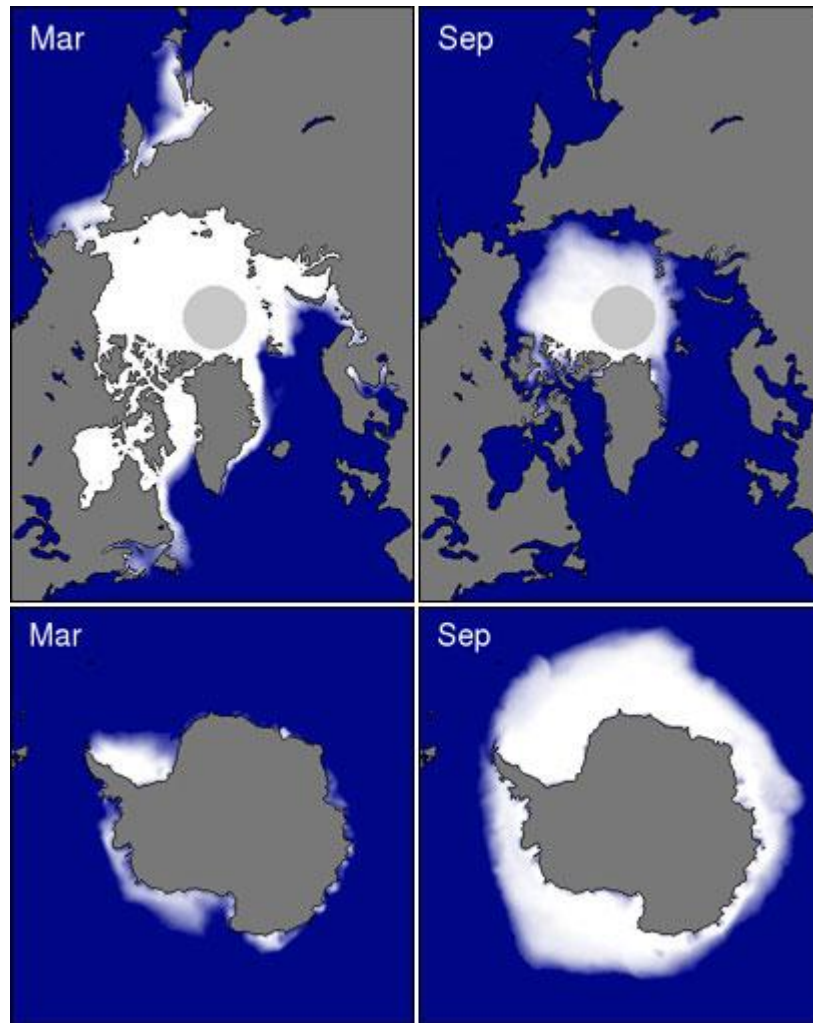
2013年4月29日

CONTENTS

- 北极海冰
- 研究北极海冰的重要性
- 北极放大效应
- 北极海冰快速减少对气候的影响
- 未来北极海冰的变化
- 小结

一、 北极海冰

- 与南极海冰不同，北极海冰四周由陆地环绕，与北大西洋和北太平洋相连；
- 北极海冰占海洋面积的1.7-3.9%；
- 3月北极海冰面积最大，冬季能达到1500万平方公里，9月北极海冰面积最小，只有300多万平方公里；



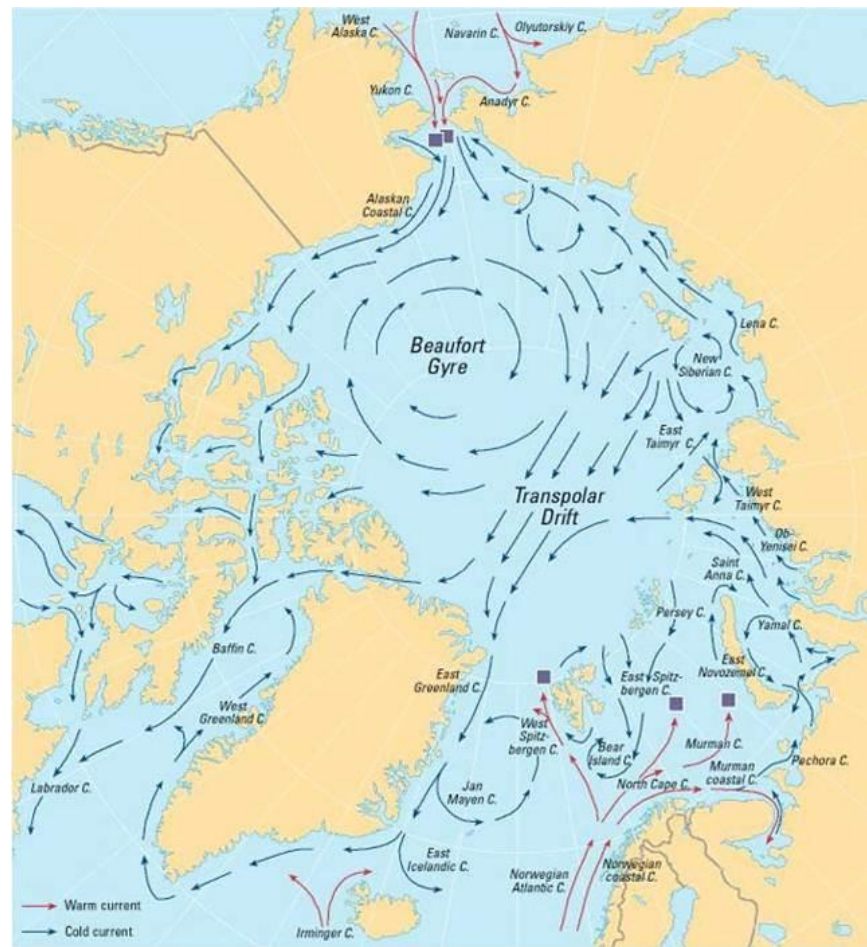
一、北极海冰

- 北半球海冰最南能达到 38°N 的中国渤海，到赤道比到北极近700公里；南半球海冰最北到 55°S ；
- 与淡水相比，海水在接近冰点时密度增大；因此，接近结冰时，海水下沉，与淡水结冰相比，海水结冰速度更慢；海冰冰点 -1.8°C ；



一、 北极海冰

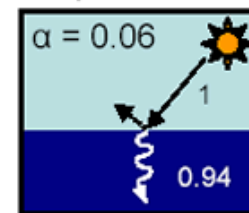
- 影响北极海冰运动：风，洋流，科氏力，冰的内部压力，海面倾斜
- 风驱动北极海冰环流主要模态：Beaufort Gyre（顺时针）和 Transpolar Drift Stream;



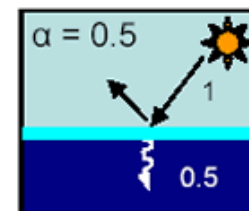
一、北极海冰

- ❑ 返照率不同（海洋、海冰积雪），从而影响辐射平衡；
- ❑ 阻缘体，影响海气相互作用；
- ❑ 冰的相变影响热量交换和存储；
- ❑ 影响海洋环流-热盐环流；
- ❑ 热力和动力影响气候；

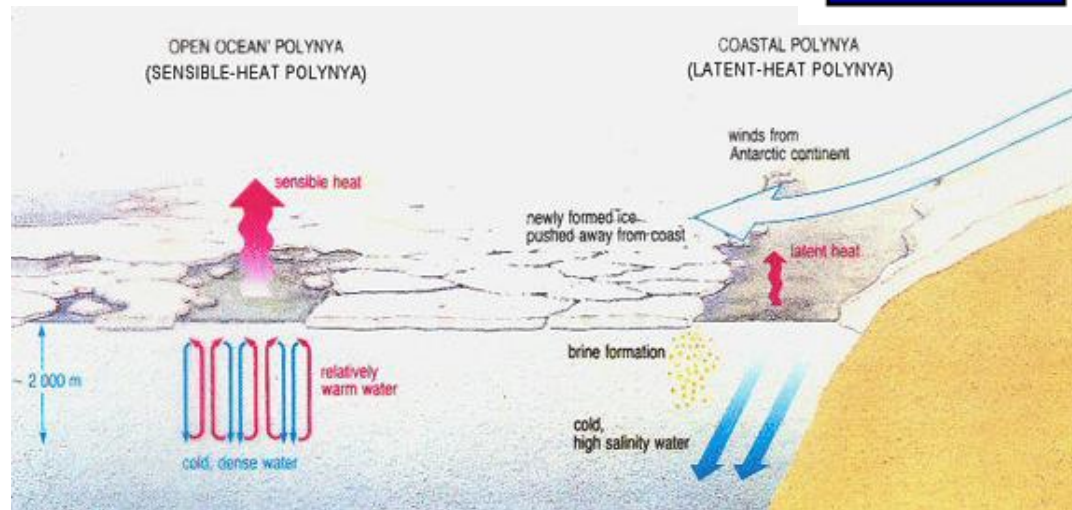
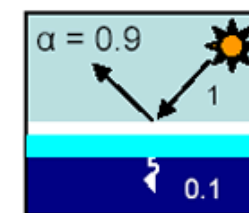
I. Open ocean



II. Bare ice



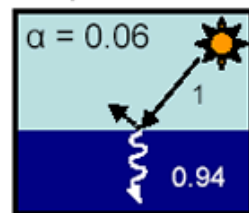
III. Ice with snow



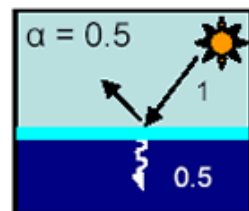
一、北极海冰

- 返照率不同（海洋、海冰积雪），从而影响辐射平衡；
- 阻缘体，影响海气相互作用；
- 冰的相变影响热量交换和存储；
- 影响海洋环流-热盐环流；
- 热力和动力影响气候；

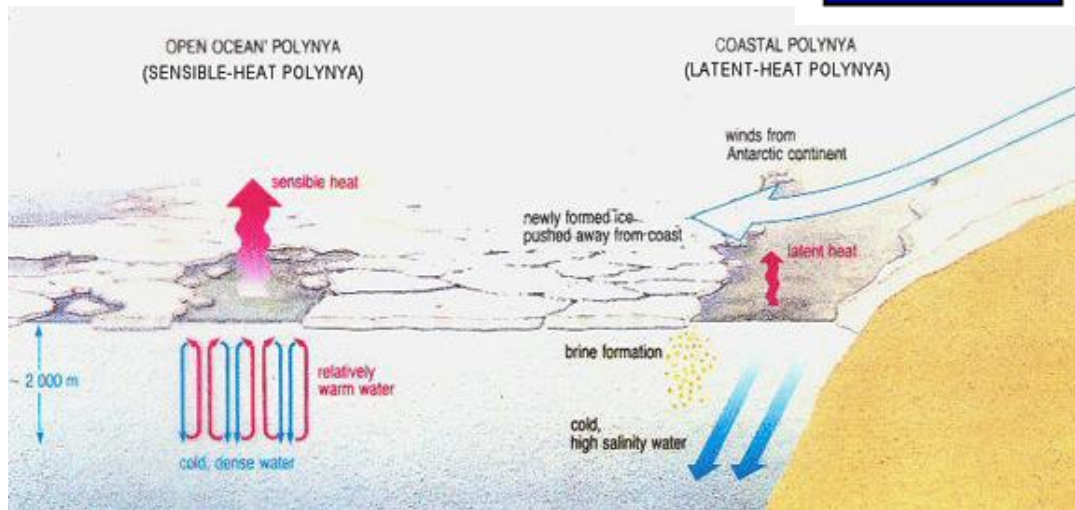
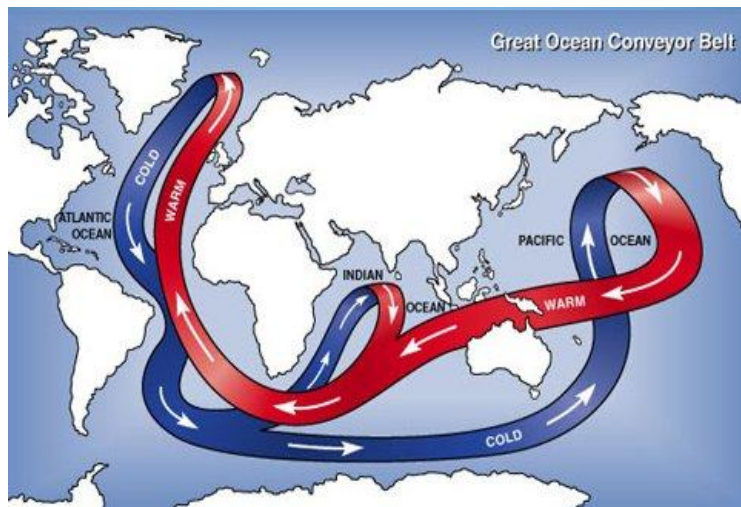
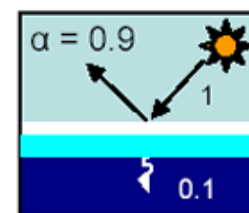
I. Open ocean



II. Bare ice

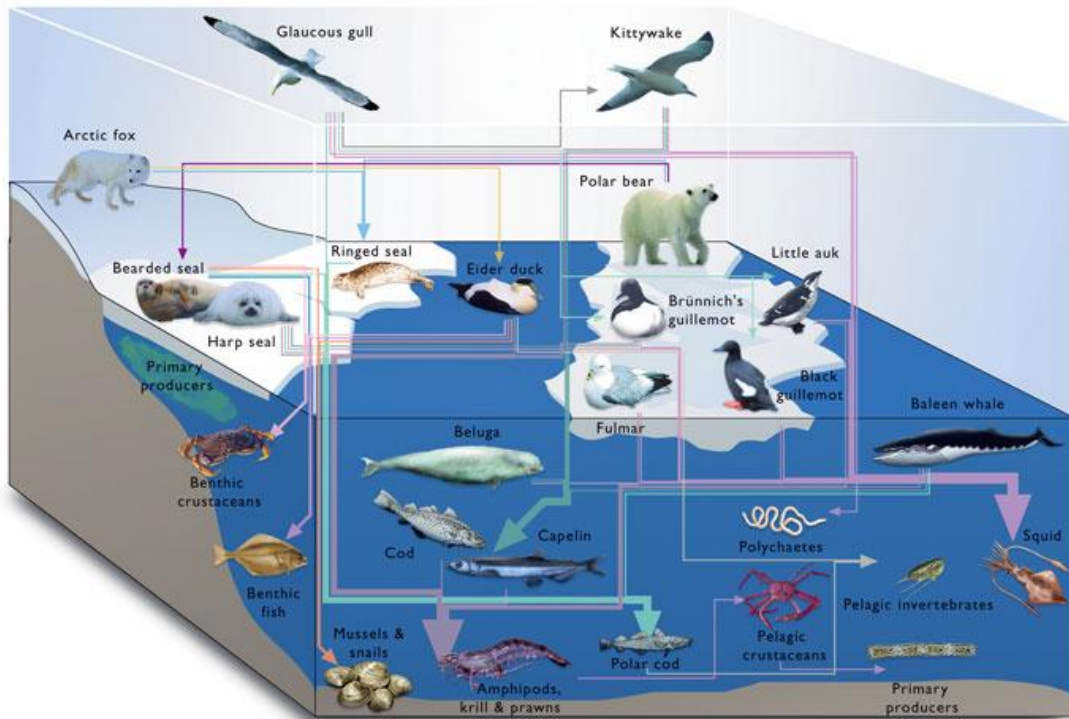


III. Ice with snow



二、 北极海冰重要性

□ 直接影响到当地的生态系统和居民的生活甚至生存；



Native hunter with harpoon

二、 北极海冰重要性

□ 北极海冰的融化，从而有利于资源的开采；

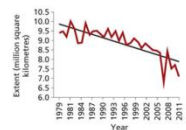
□ 北极理事会（8国）；

TREASURE TROVE OF ARCTIC 8



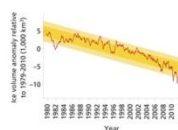
Arctic has lost 50% of its sea ice cover over the past four decades

Decline in average sea ice extent



Source: National Snow and Ice Data Center, the US

Decline in average sea ice volume



Anomaly trend
 Last day
 Version: IC_SST 2.0
 Source: Polar Science Center, University of Washington

ANTARCTICA

- A continent governed by international treaties. No landmass in direct touch with the southernmost continent
- Focus more on scientific research; no militarisation or nuclear activities
- Its environment and geography are well-studied. This makes it acquire a heritage status

ARCTIC

- An ocean surrounded by eight countries. Each country claims jurisdiction over its lands and sea
- Holds huge reserves of hydrocarbons and minerals, including rare earth minerals. Without any international treaty governing it, contest is high both within the Arctic and emerging economies
- Least studied and more explored for resources. Thus it is more conflict-ridden



二、 北极海冰重要性

- 北极海冰的消融，有利于开发新的航道；
- 对中国来说有更为特殊的意义；
- 早在16世纪欧洲人就开始探索北极航道，直到20世纪初才得以成功；

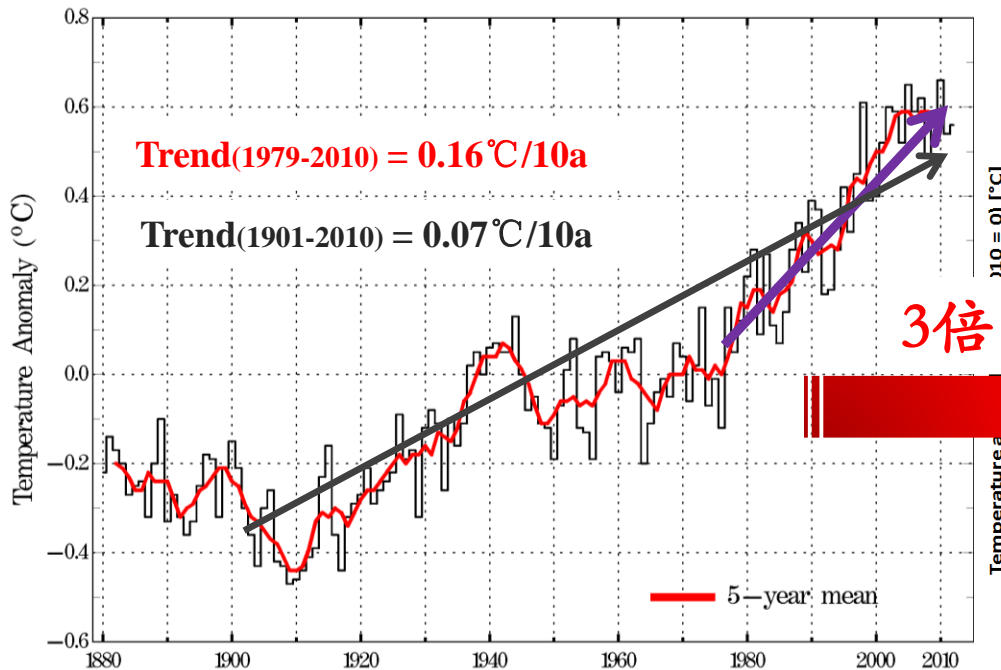


三、 北极放大效应

Arctic Amplification Effect

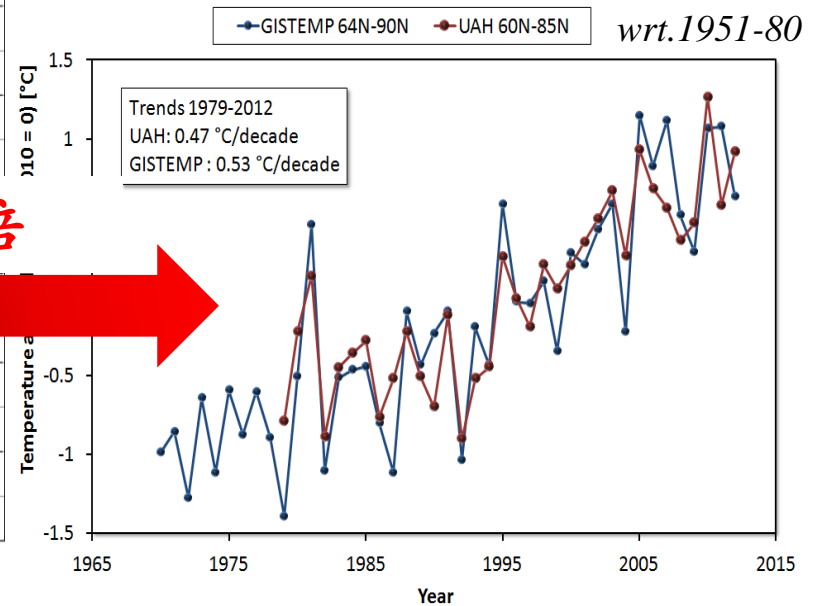
Global Temperature Anomalies

(1880-2012) *wrt. 1951-80*



Temperature Anomalies in Arctic

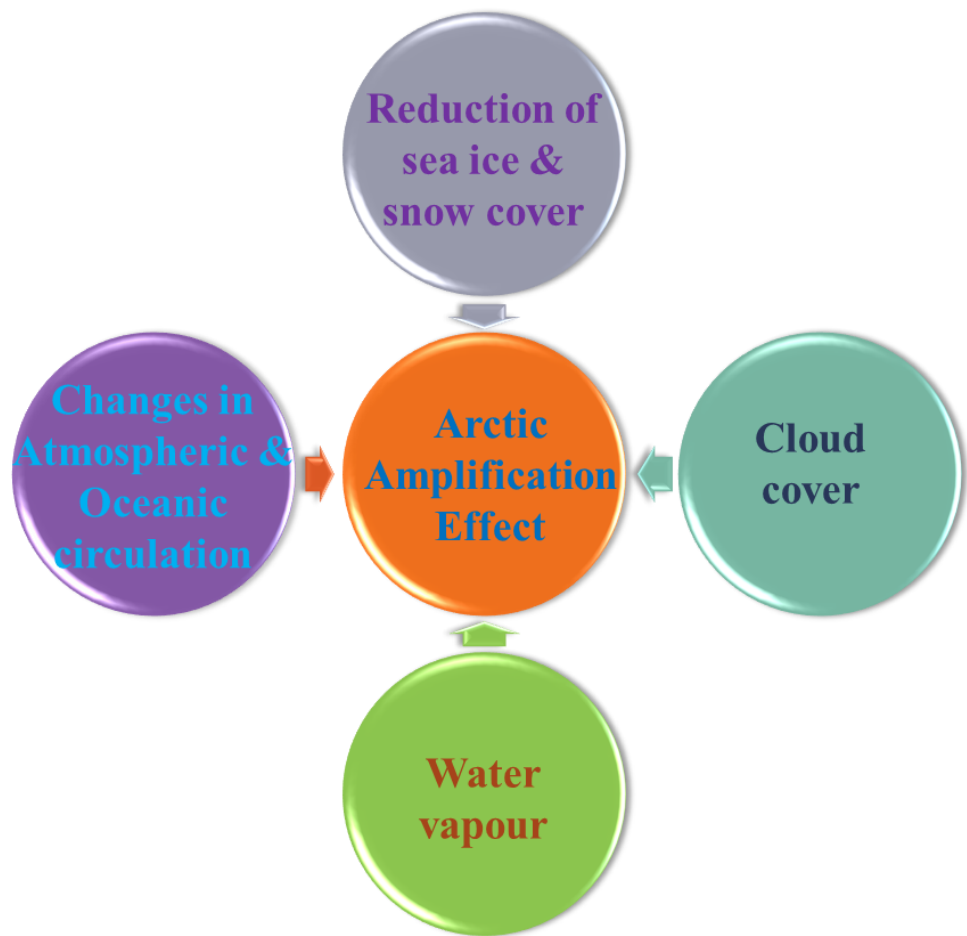
(1979-2012)



Source: J.E. Hansen, R. Ruedy, M. Sato, and K. Lo
NASA Goddard Institute for Space Studies

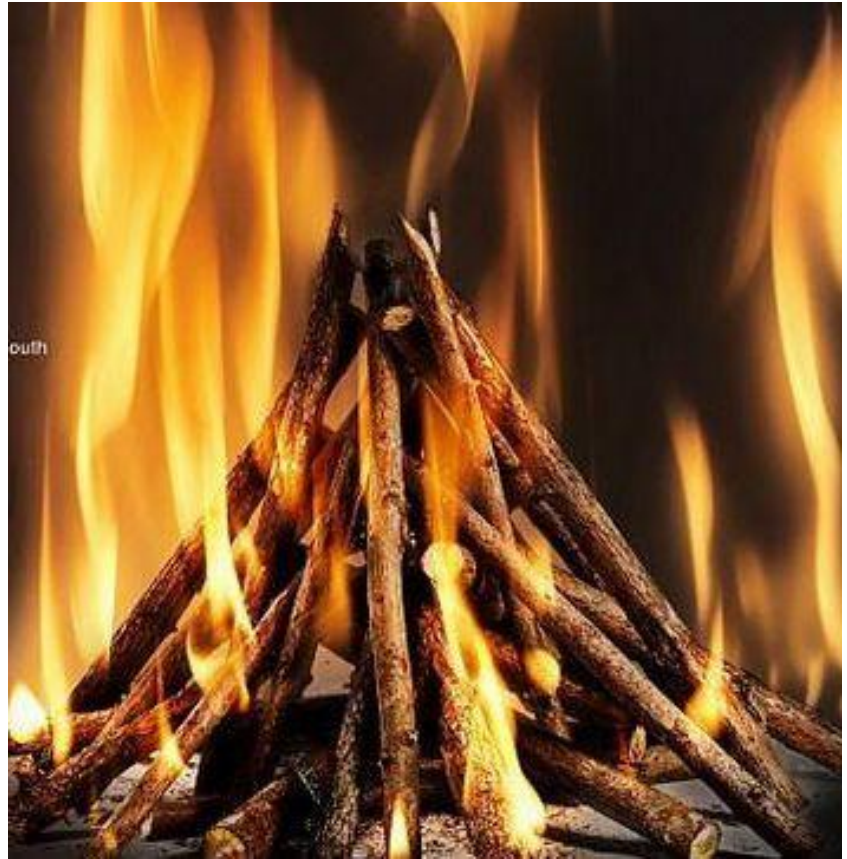
三、北极放大效应

- 海洋环流;
- 大气环流;
- 云盖;
- 水汽;
- 海冰减少;



三、北极放大效应

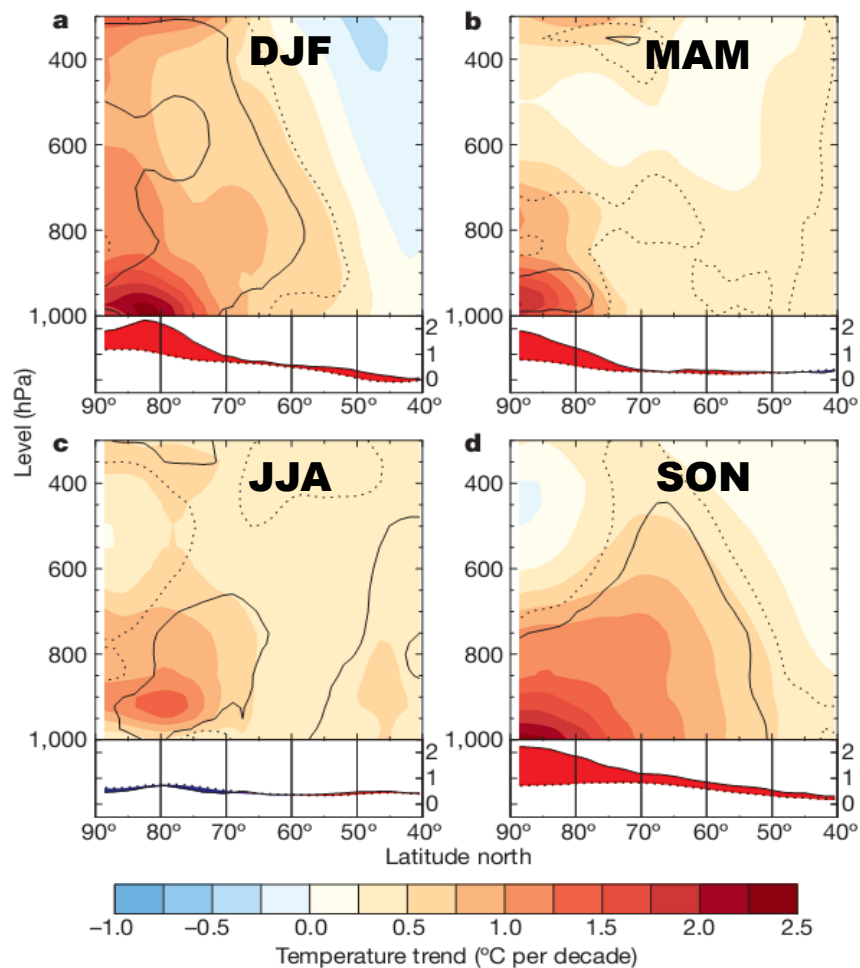
- 海洋环流;
- 大气环流;
- 云盖;
- 水汽;
- 海冰减少;



三、 北极放大效应

◆ 地表气温变化趋势, 1989-2008

- 趋势最强在近地面 (950 – 1000 hPa);
- 北极地区 (70-90°N), 冬、春、夏、秋变暖速率分别为 1.6, 0.9, 0.5 and 1.6°C /10a ;

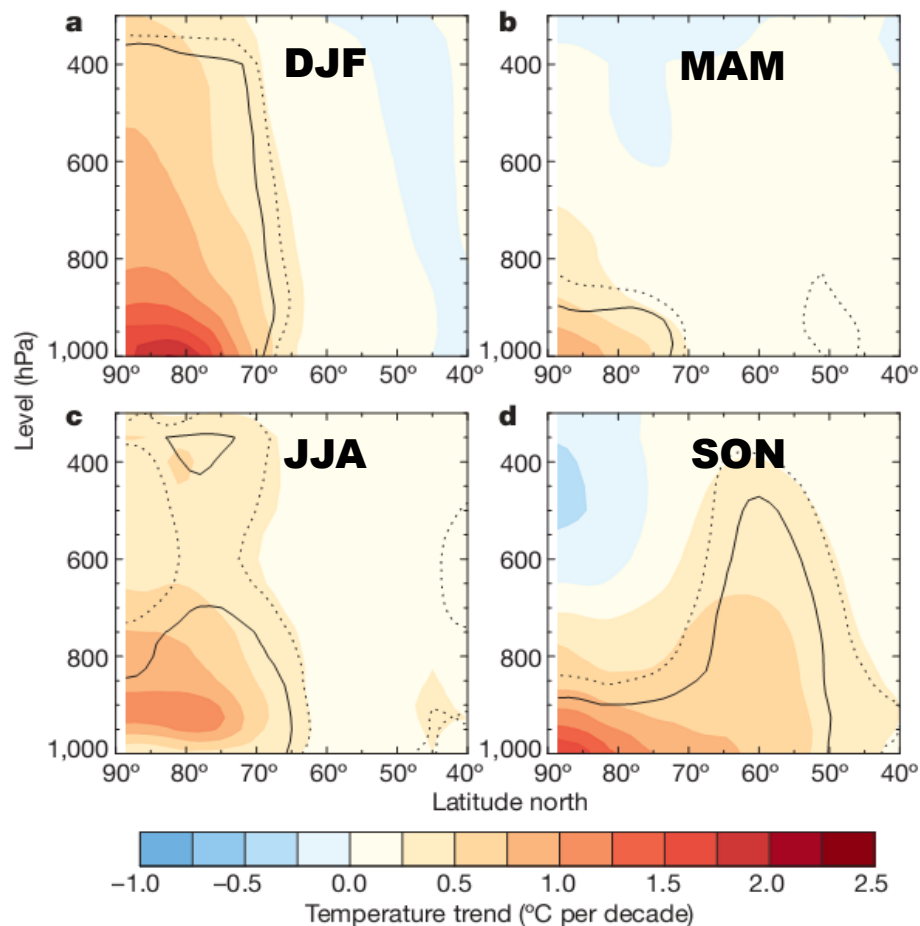


(Screen et al. 2010)

三、北极放大效应

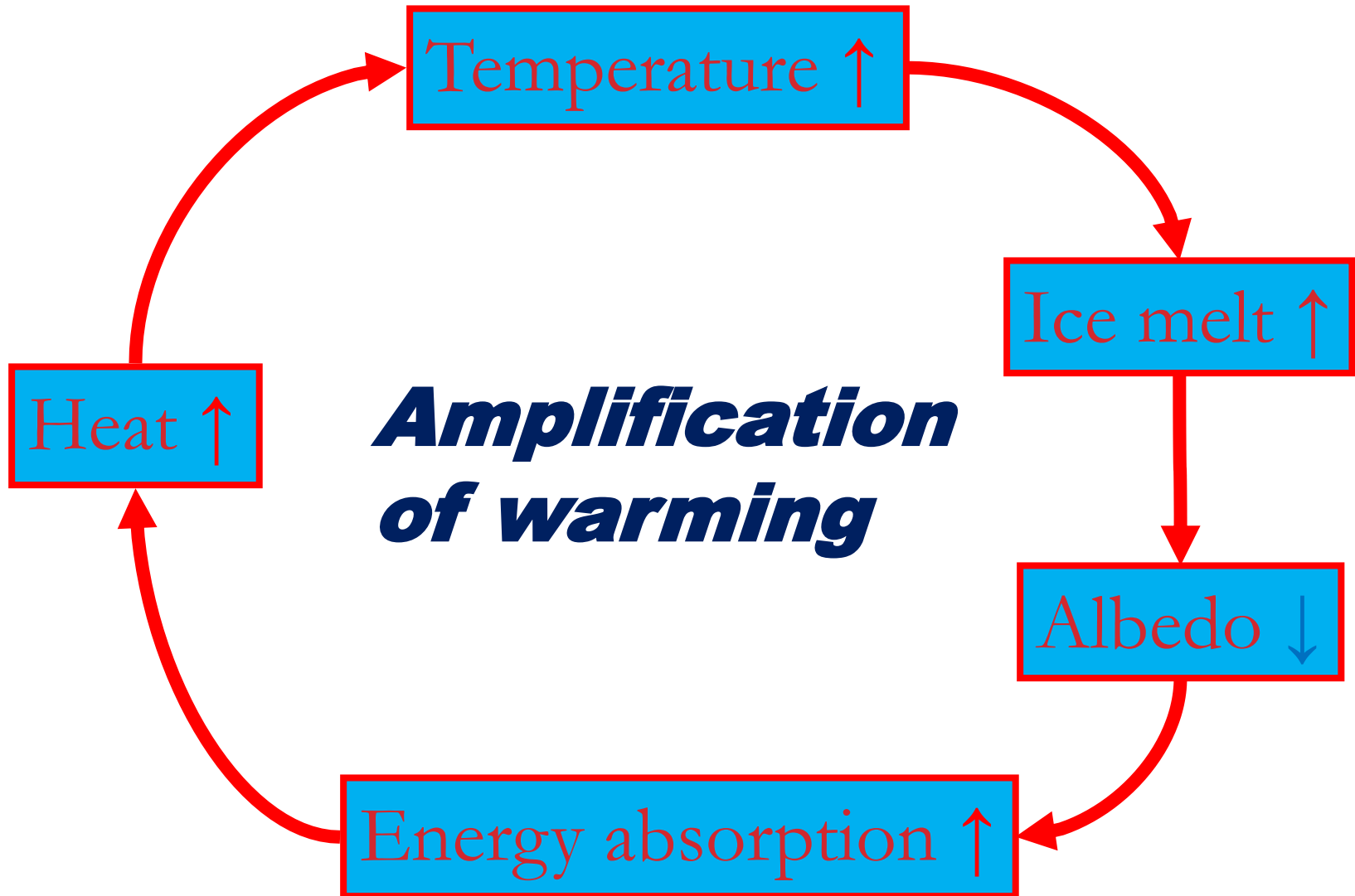
◆ 海冰变化引起的地表气温变化趋势, 1989-2008

- 海冰在1989-2008减少趋势为
冬：-2.6%，春：-1.4%，夏：-5.8%，秋：-7.9%/10a;
- 与实际温度趋势一致，说明
北极放大效应主要由于ice-temperature 正反馈;



(Screen et al. 2010)

三、北极放大效应

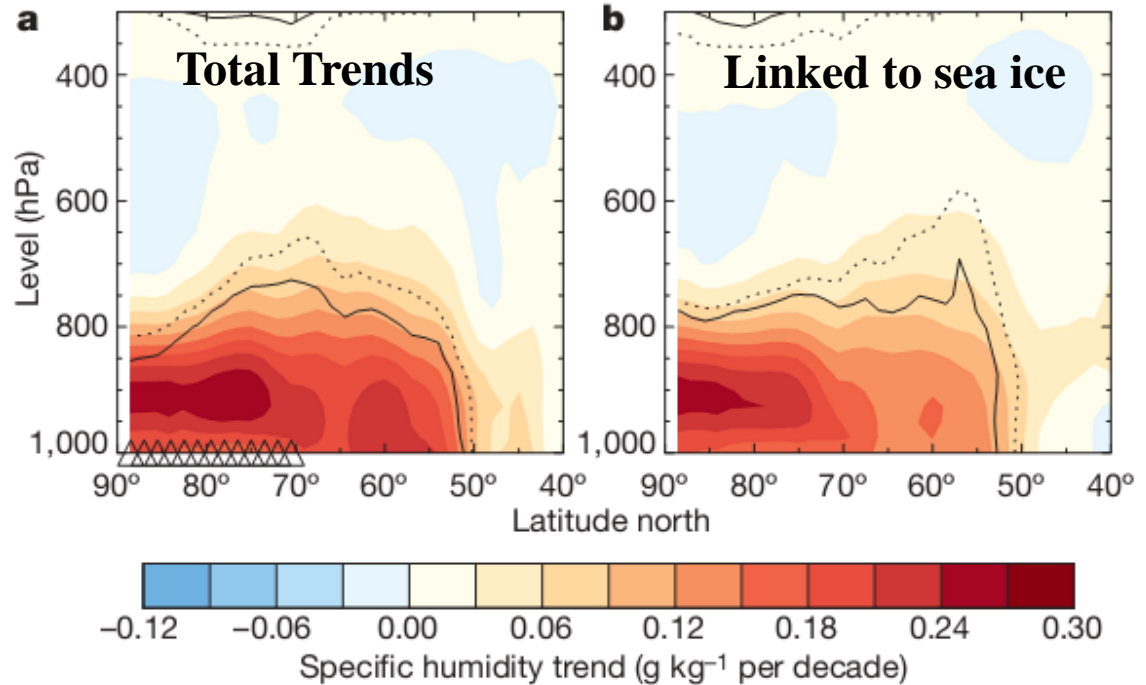


三、 北极放大效应

◆ 空气湿度变化趋势, 1989-2008

□ 水汽在夏秋季 (JJA-SON) 也起到正的贡献, 但是水汽的增加主要由于海冰的融化造成的;

June - October



(Screen et al. 2010)

四、北极海冰快速减少的影响

□ 2007/2008-2010/2011连续四年北半球遭遇寒冬和暴风雪

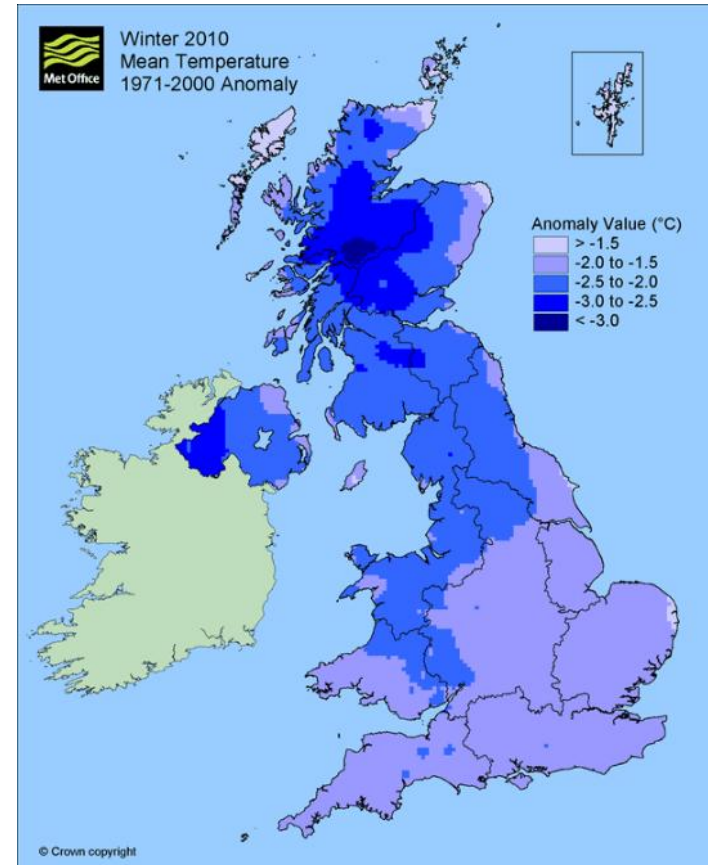


2007/2008
中国南方
遭遇暴雪
和冬雨肆虐



2009/2010
美国东南
遭遇暴雪
创25年记录

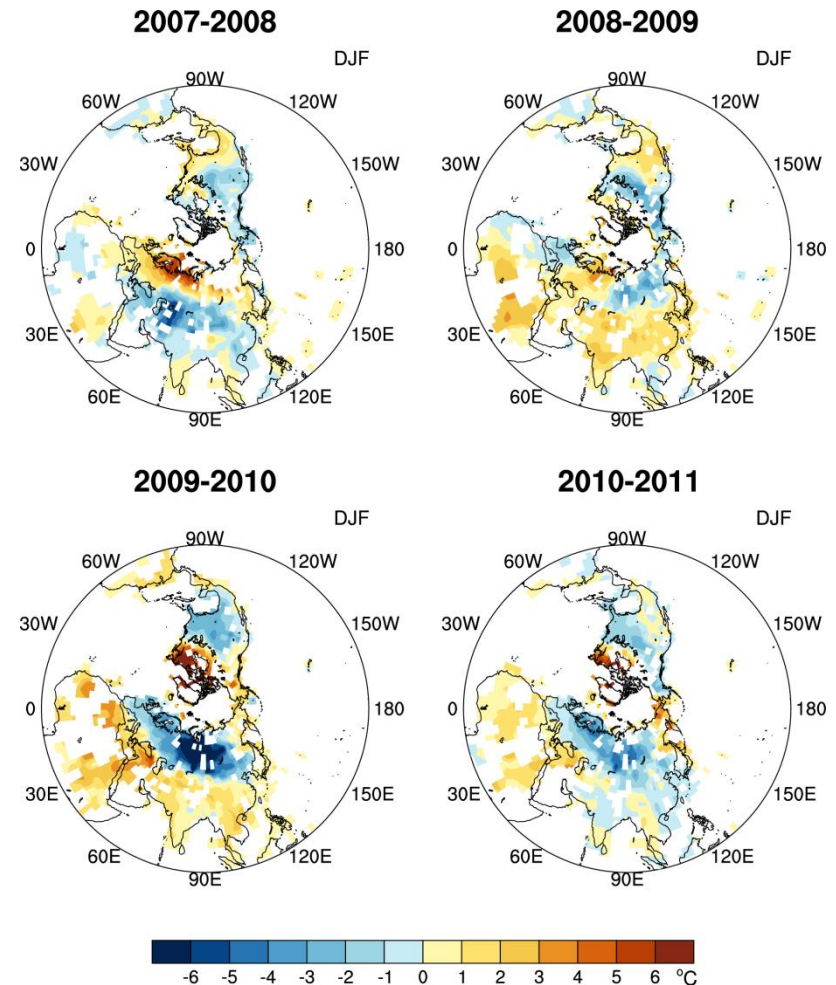
36年里最冷的冬天



四、北极海冰快速减少的影响

□ 冬季温度异常

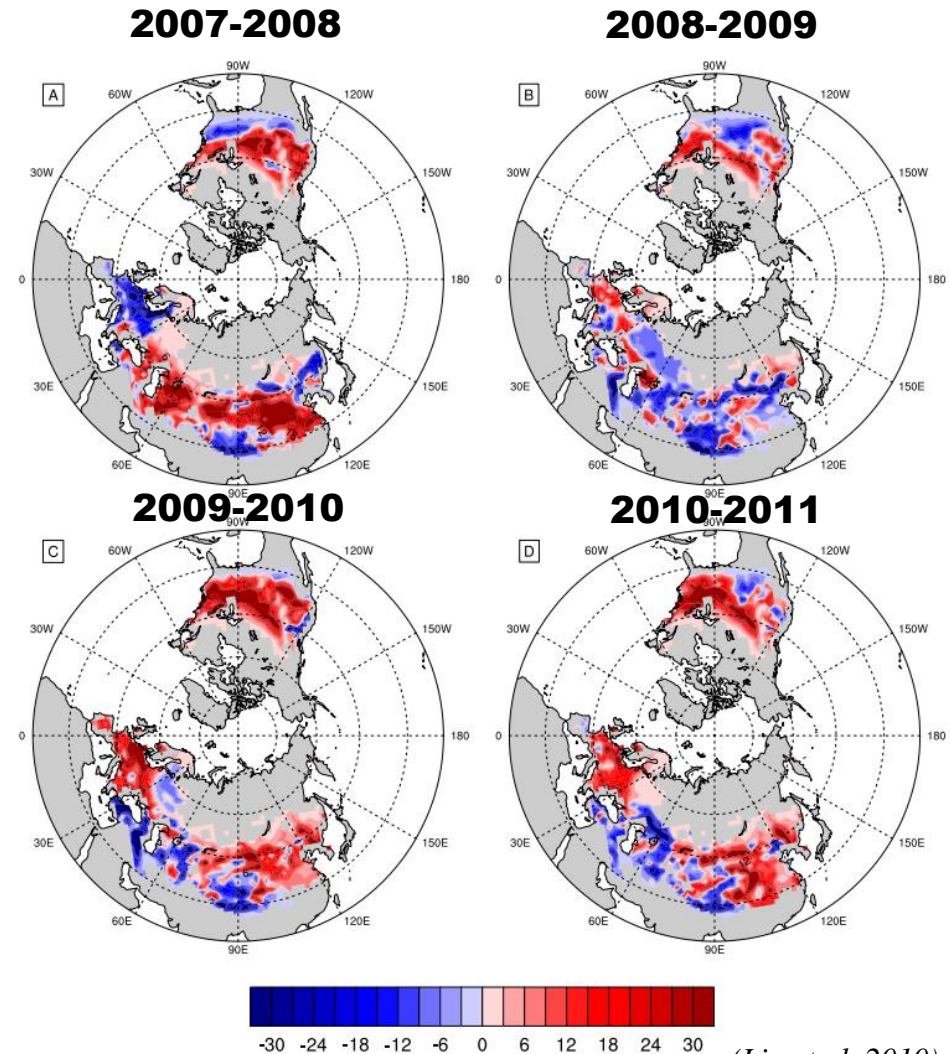
- **2007/2008 winter:**
 - Northwestern North America
 - Central Asia
 - Central and southern China
- **2008/2009:**
 - Northwestern North America
 - Northern Asia
 - England
- **2009/2010:**
 - North America
 - Northern Eurasia
- **2010/2011:**
 - Southeastern North America
 - Northern Eurasia



四、北极海冰快速减少的影响

□ 暴风雪

- **2007/2008 winter:**
 - Northwestern North America
 - Central Asia
 - Central and southern China
- **2008/2009:**
 - Northwestern North America
 - Northern Asia
 - England
- **2009/2010:**
 - North America
 - Northern Eurasia
- **2010/2011:**
 - Southeastern North America
 - Northern Eurasia



四、北极海冰快速减少的影响

- 在全球变暖的大背景下，北极地区由于“极地放大效应”，温度迅速上升，但是近年来，北半球连续遭受严寒和暴风雪的袭击，科学家将这样的现象称为“暖海洋冷大陆”；
- 这种现象与我们的直觉完全不同，这也常常引起人们对气候变暖的质疑，为什么全球变暖我们还如此频繁遭遇严寒袭扰？这吸引了科学家的注意！

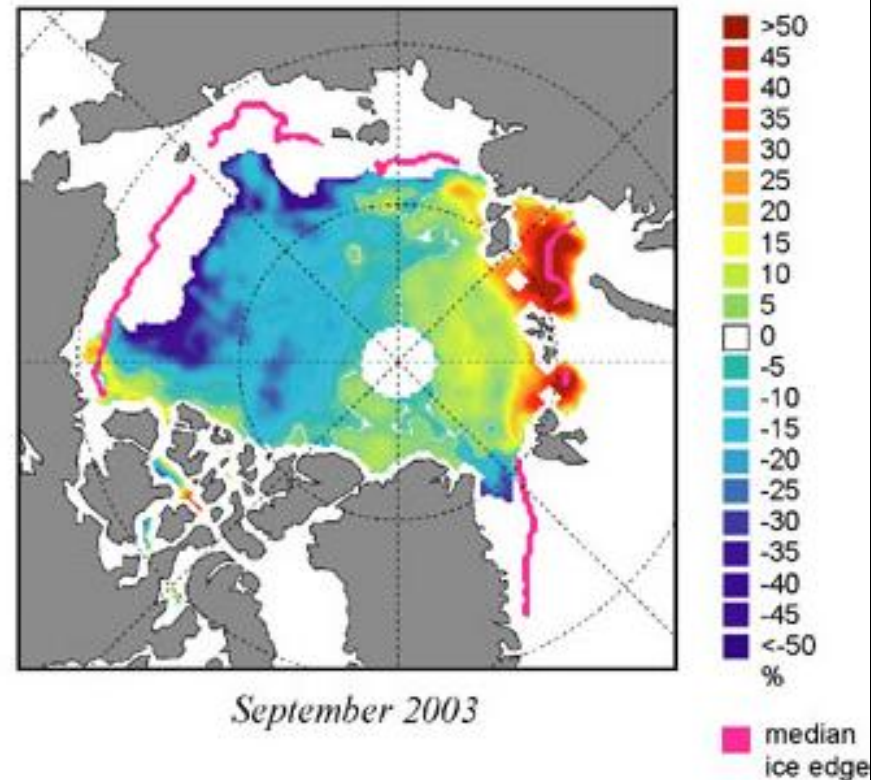
四、北极海冰快速减少的影响

- 2007/2008-2010/2011 连续四年北半球遭遇暴风雪和严寒的袭击；
- 研究认为可能原因有：
 - 海温：热带海温 El Nino, 北太平洋中部海温；
 - 大气：AO, NAO；
 - ✓ 北极海冰快速减少？

四、北极海冰快速减少的影响

◆ 北极海冰的变化

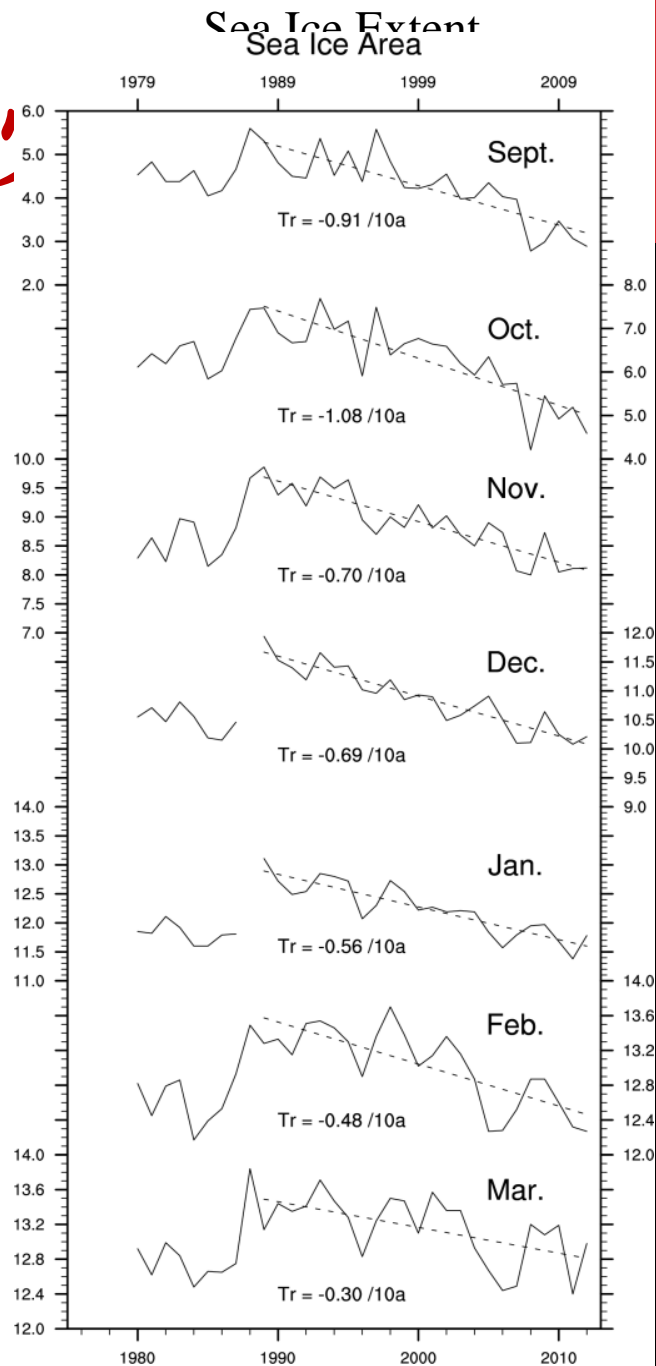
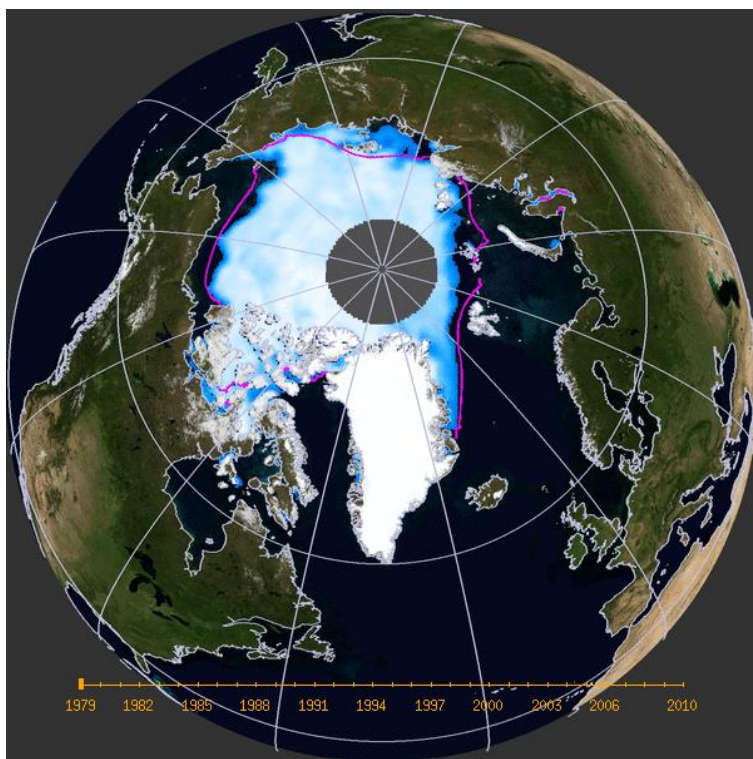
- 海冰密集度 (sea ice concentration) 每个格点海冰比列；
- 海冰范围 (sea ice extent) 海冰密集度 > 15% 的所有格点面积；
- 海冰面积 (sea ice area) 所有格点面积 \times 海冰密集度之和；



四、北极海冰快速减少

◆ 北极海冰的变化

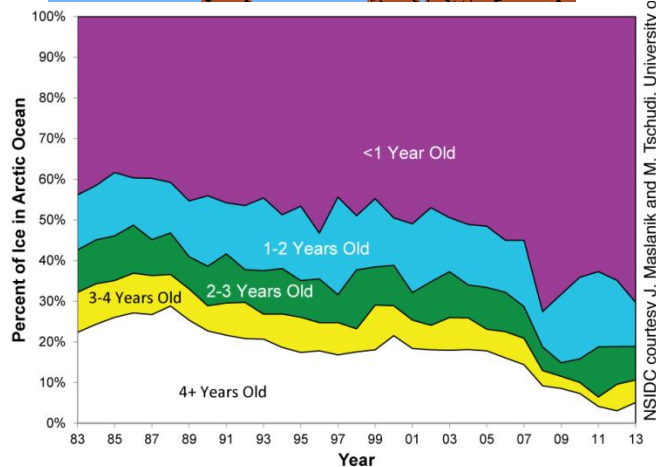
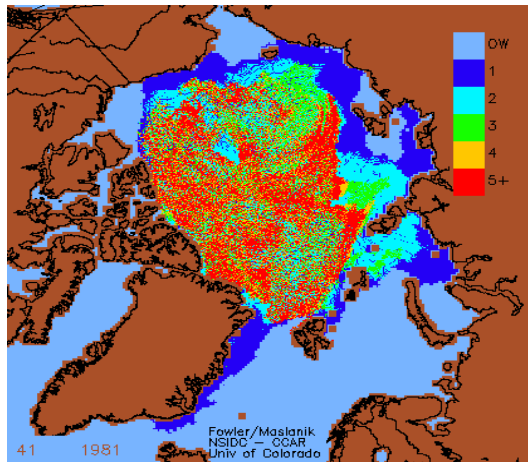
- 近30年，北极海冰各月的面积、范围都在减少



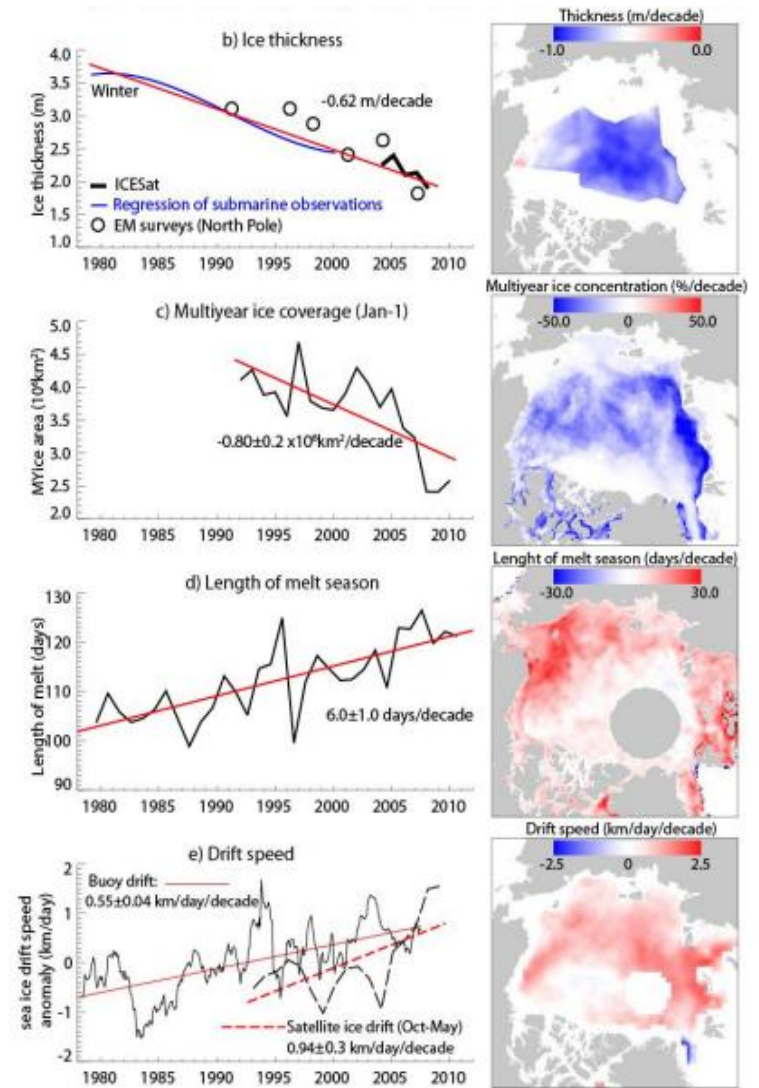
四、北极海冰快速减少的影响

◆ 北极海冰的变化

□ 北极海冰厚度变薄，多年冰减少



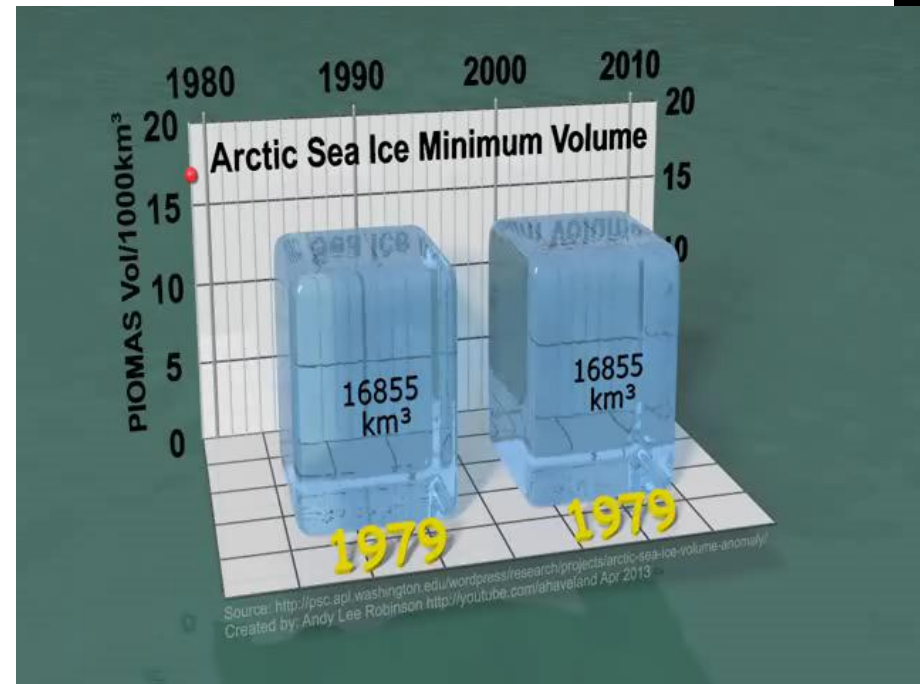
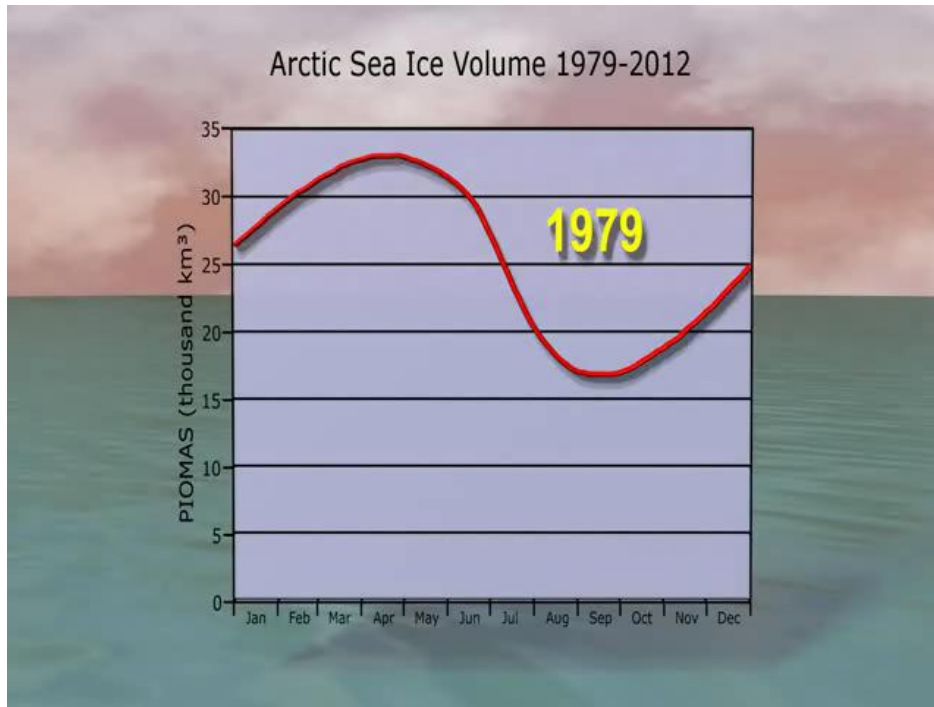
NSIDC courtesy J. Maslanik and M. Tschudi, University of



四、北极海冰快速减少的影响

◆ 北极海冰的变化

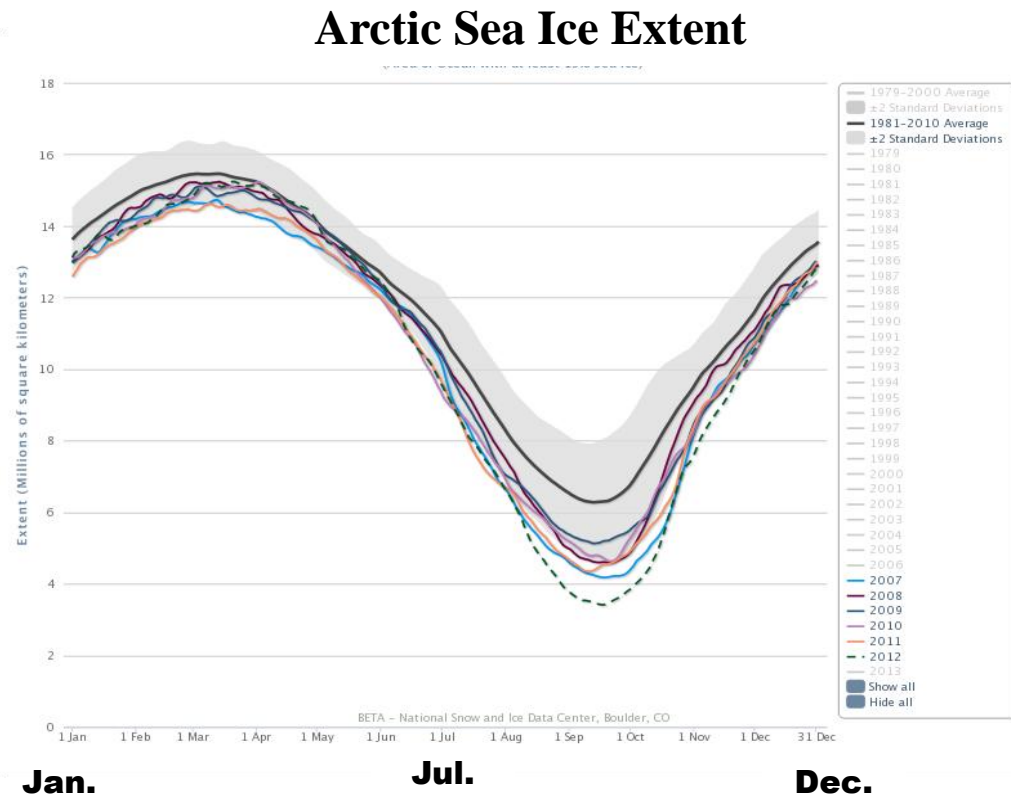
□ 北极海冰体积显著减少



四、北极海冰快速减少的影响

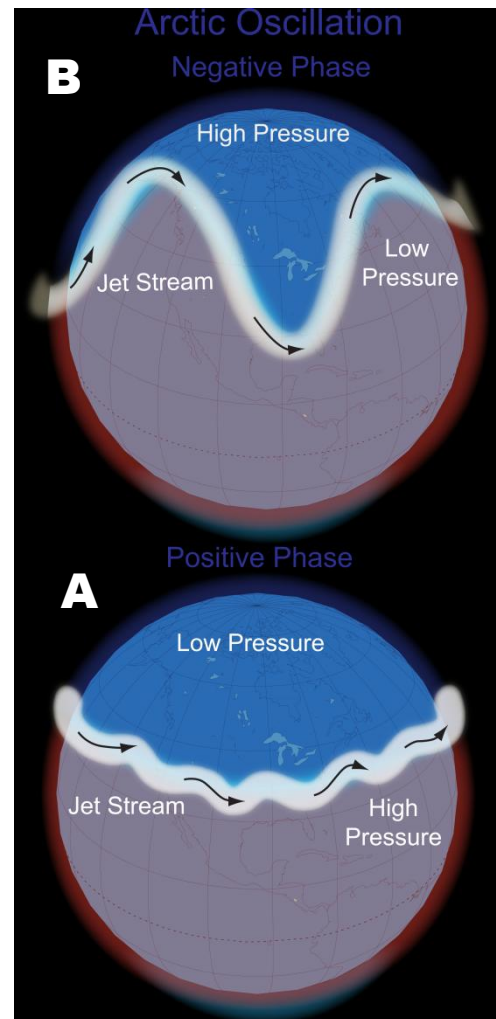
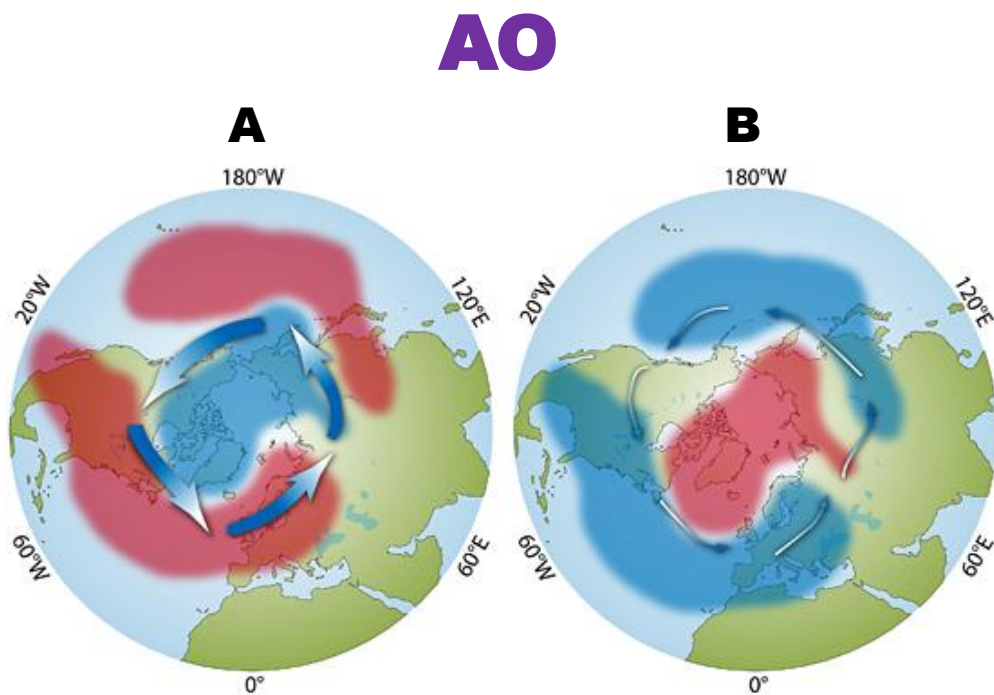
◆ 北极海冰的变化

□ 近四年北极海冰的快速减少



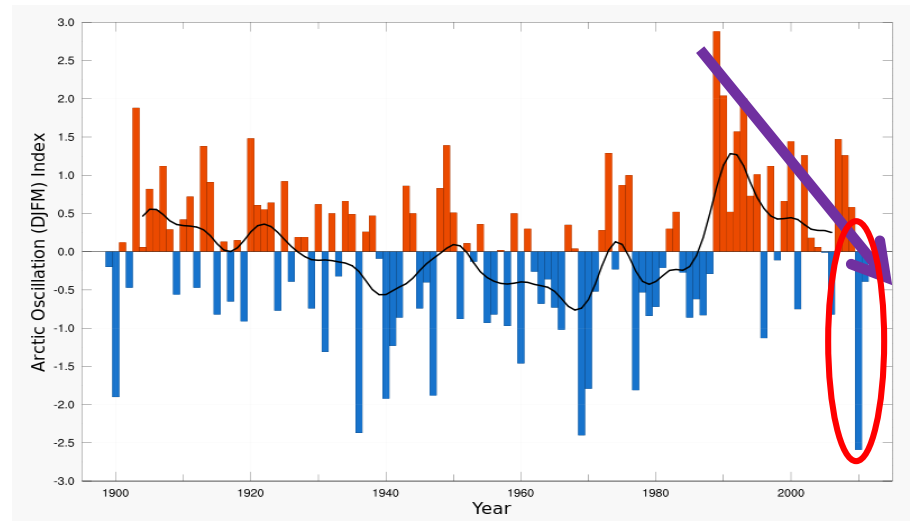
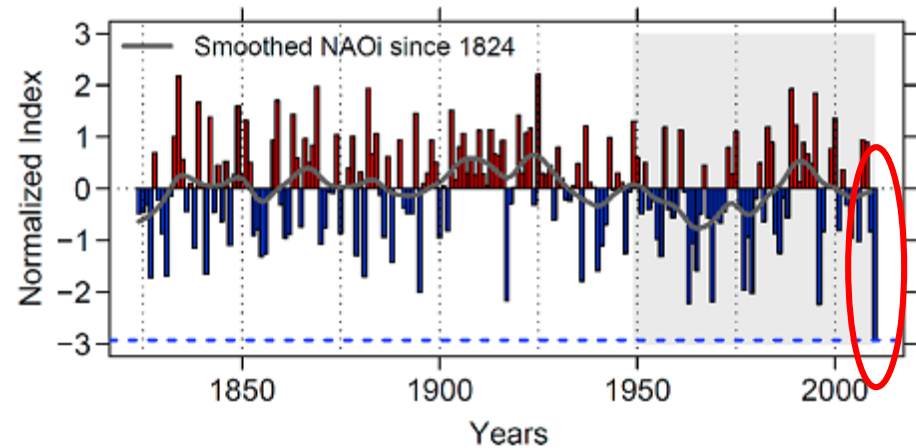
四、北极海冰快速减少的影响

◆ 秋季海冰通过AO作用北半球冬季气候



四、北极海冰快速减少的影响

◆ 秋季海冰通过AO作用北半球冬季气候

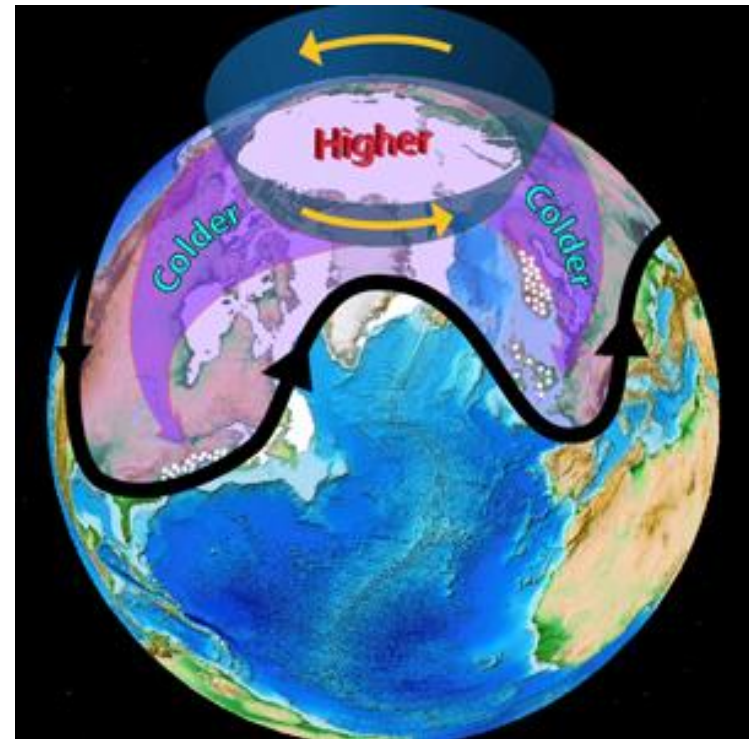


2009/2010年的AO处于1824年以来的最低位置

四、北极海冰快速减少的影响

◆ 秋季海冰通过AO作用北半球冬季气候

- 由于夏秋季海冰融化，使得冬季北极地区气压升高，从而使得AO减弱，处于负位相；
- AO负位相将导致纬向西风气流减弱，从而使得经圈环流加强，有利于冷空气溢出极地；
- AO的可预报性只有两周，如果是秋季海冰决定了AO的变化，那么就可以通过海冰来预报冬季气候，从而延长预报时间；



四、北极海冰快速减少的影响

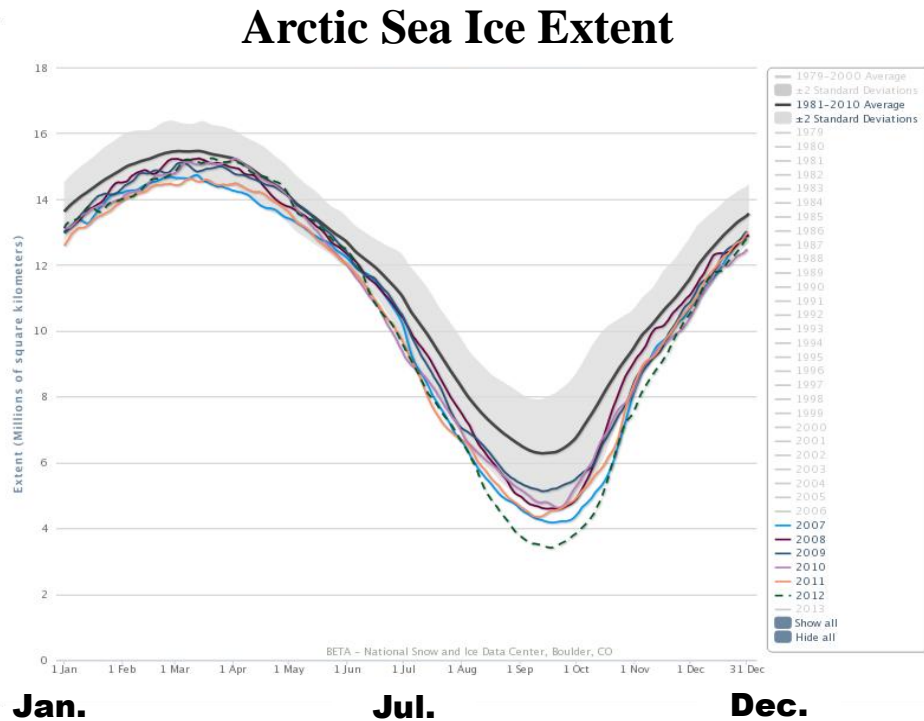
◆ 秋季海冰通过AO作用北半球冬季气候

- 由于夏秋季海冰融化，使得冬季北极地区气压升高，从而使得AO减弱，处于负位相；
- AO负位相将导致纬向西风气流减弱，从而使得经圈环流加强，有利于冷空气溢出极地；
- AO的可预报性只有两周，如果是秋季海冰决定了AO的变化，那么就可以通过海冰来预报冬季气候，从而延长预报时间；

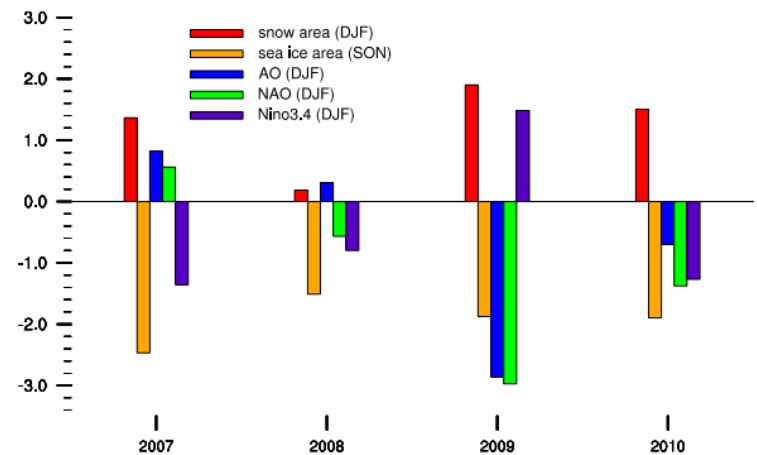


四、北极海冰快速减少的影响

◆ 海冰通过类AO的环流变化影响冬季气候



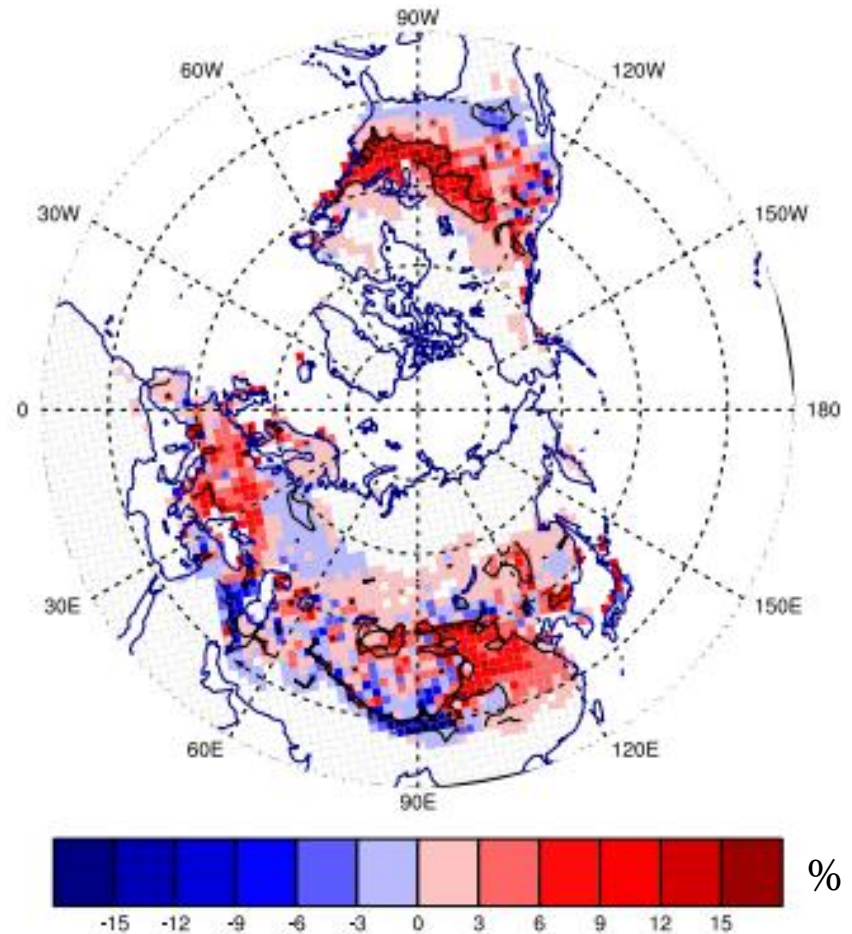
Potential cause for increase of snow cover



四、北极海冰快速减少的影响

◆ 海冰通过类AO的环流变化影响冬季气候

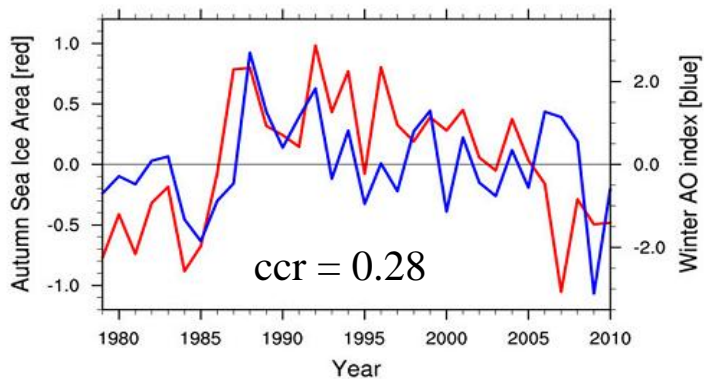
- 北半球冬季积雪对秋季北极海冰线性回归;
- 秋季海冰面积每减少1百万平方公里，北半球积雪增加地区降雪将增加3-12%;



四、北极海冰快速减少的影响

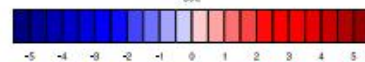
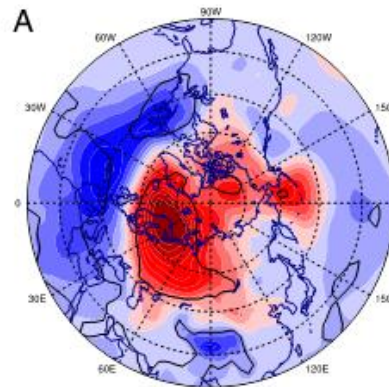
◆ 海冰通过类AO的环流变化影响冬季气候

- 冬季海平面气压 (SLP) 对秋季海冰的减少与AO的响应，在空间上十分相似，但仍存在差异 (纬向对称性) 以及年际变率;
- 地表气温对秋季海冰减少和AO的响应在空间上也相似，同样存在明显的区别 (北美)

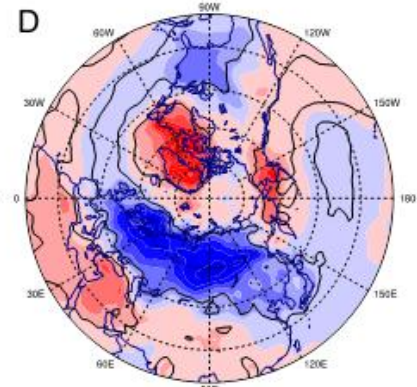
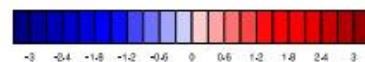
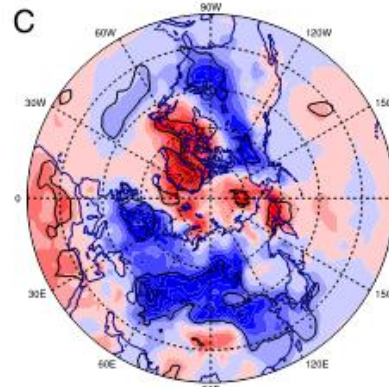
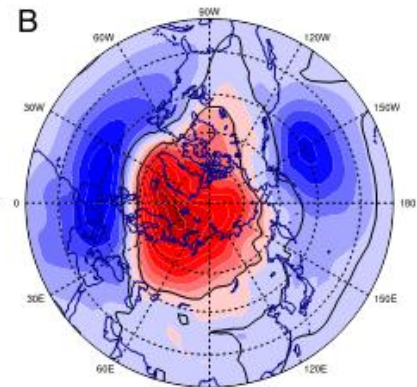


(Liu et al. 2010)

SLP— Sea ice



SLP— AO



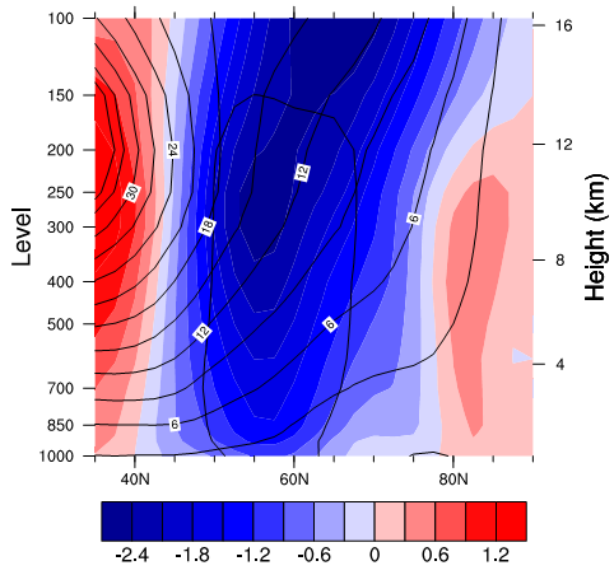
SAT— Sea ice

SAT— AO

四、北极海冰快速减少的影响

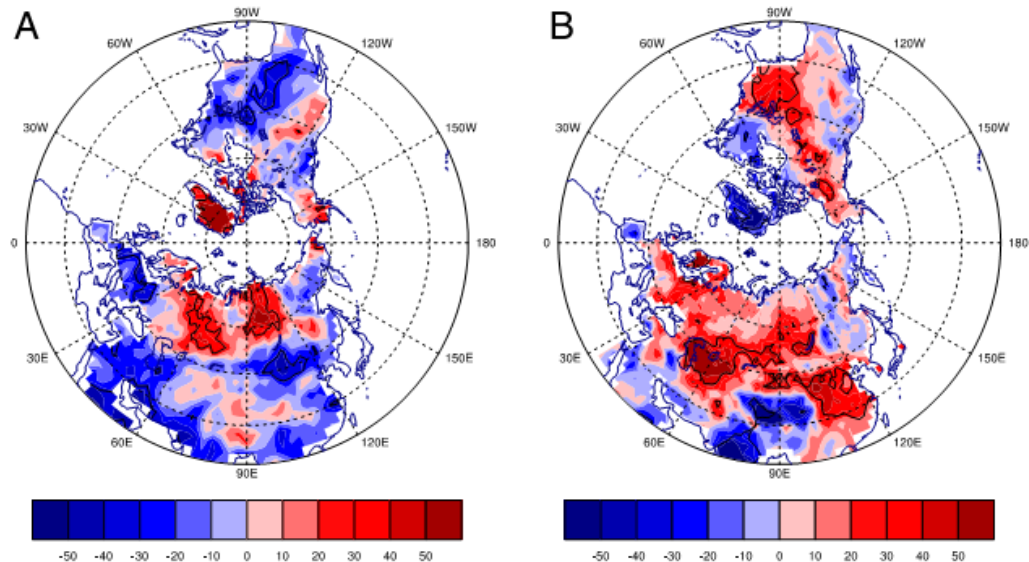
◆ 海冰通过类AO的环流变化影响冬季气候

- 秋季海冰的减少将导致中纬度西风减弱~20%;
- 经向环流加强;



冬季纬向风对秋季海冰的回归垂直截面图,符号X(-1)

- 秋季海冰的减少将北半球阻塞增加20-60%(东欧, 中西伯利亚, 南阿拉斯加, 美国西北部);
- 中低纬寒冷事件增加20-60%;

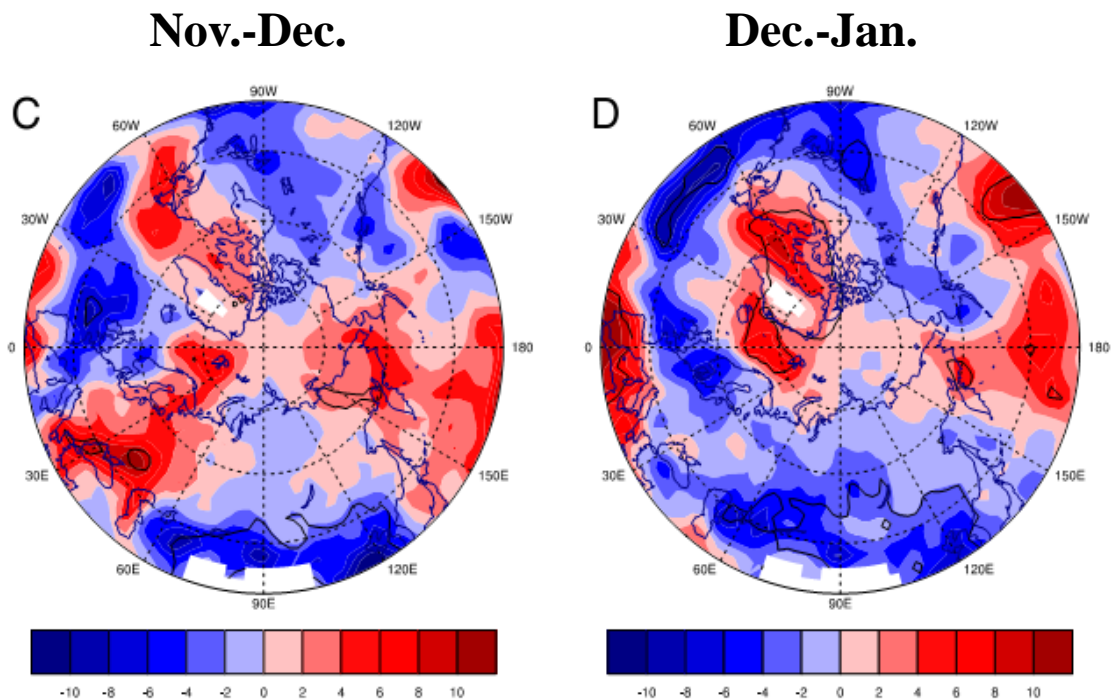


秋季海冰减少引起阻塞 (A) 和寒冷事件 (B) 发生的增加 (%), 符号X(-1)
(Liu et al. 2010)

四、北极海冰快速减少的影响

◆ 海冰通过类AO的环流变化影响冬季气候

- 秋季海冰的减少将使得水汽在晚秋-早冬，东/北欧，西伯利亚远东地区，西阿拉斯加水汽明显增加；
- 到了冬季 (Dec.-Jan.)水汽增加区域转到北美；

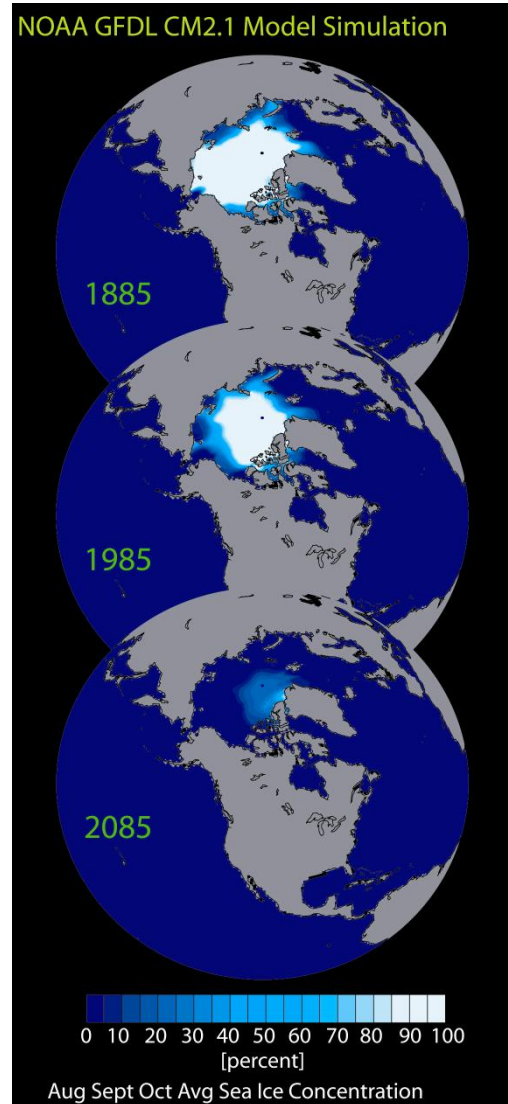
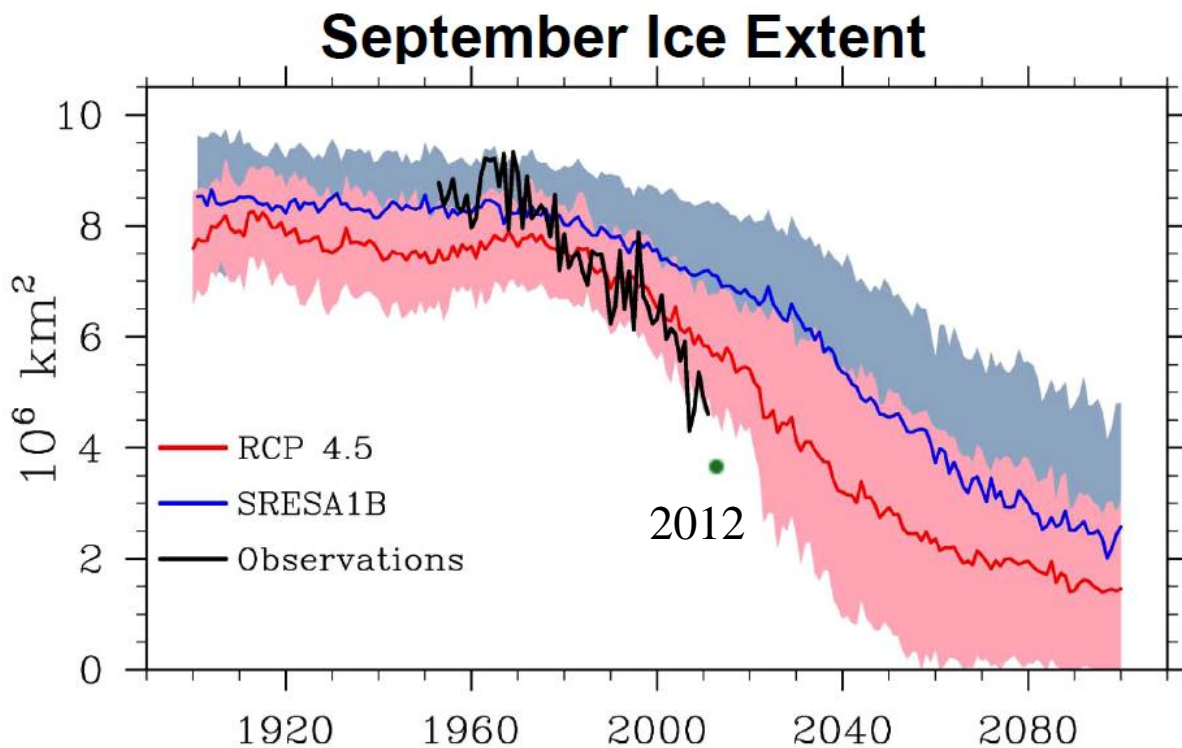


秋季海冰减少引起晚秋水汽 (C) 和冬季水汽 (D) 变化 (%),符号X(-1)

(Liu et al. 2010)

五、未来北极海冰变化

- ❑ 模式低估了北极海冰的下降强度；
- ❑ 最新估计，未来北极海冰还将加速减少，到2030-2040s北极海冰夏季将消失



六、小结

- 在全球变暖的大背景下，由于**极地放大效应**（冰雪正反馈），**北极地区温度上升速度**达全球平均的**3倍**；
- 近30年来，北极各个月份的海冰（范围，面积，厚度以及体积）都有明显的**下降趋势**；其中**秋季海冰减少最为迅速**；
- 2007年9月海冰面积下降剧烈，其只有1978-2008年的40%，**2012年9月海冰再创新低记录**，相对2007年又减少了17%；

六、小结

- 2007/2008年及其后四个冬季，北半球大陆遭遇极端寒冷和暴风雪的侵袭，科学家称这种现象为“**暖海洋冷大陆**”，研究认为北极**秋季海冰骤减**起到重要作用；
- 当前对海冰如何作用冬季气候的过程还存在争议，但是北极**秋季海冰骤减**将减弱北半球冬季西风环流，**加强经向环流**，有利于极地冷空气南下，这将产生全球变暖，却常见寒冷的冬季。
- 未来北极海冰还将加速消融，这使得未来寒冷冬季频发成为可能，因此还需进一步研究海冰快速减少如何作用气候？

“五一”节快乐！

谢谢！