

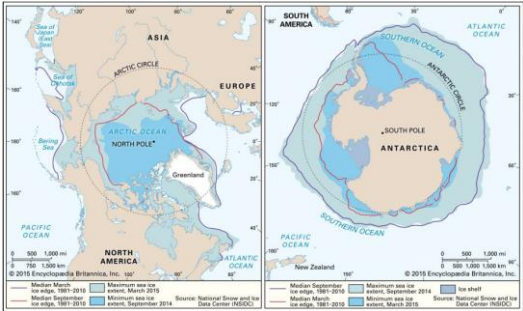
第八章 冰-气相互作用

8.1 地球上冰雪圈的分布及对气候变化的响应

- 重要性**
- ① 由于冰雪的**高反照率**和巨大的冰储量，冰冻圈起着**大气和海洋有效热汇**的作用，其分布特征和变化能显著影响全球气候。
 - ② 冰雪**热传导率低**，能减少大气、海洋和陆地之间的热量交换。
 - ③ 冰雪**融解潜热大**，融化时吸收大量热量。
 - ④ 海水结冰时**盐析出**，海洋上层盐度增加，海冰融化时表层海水盐度减小，这都影响海洋的层结稳定，从而**影响海洋环流结构**，尤其是热盐环流。

8.1.1 冰冻圈的组成与分布

- 基本组成** 冰川、积雪、冻土、海冰、冰山、冰架、冰盖等
- 海冰** 海洋上的冰的统称，主要分布于两极地区。
- 大陆冰盖** 南极冰盖和格陵兰冰盖，它们约占全球冰川总面积的 97%，总冰量的 99%。
- 大陆雪盖** 永久性雪盖、稳定型雪盖、季节性雪盖。
- 气候响应** 冬季气温低：雪粒细而紧密 夏季温度高：雪粒粗而疏松
- 暖：冰芯的 ^{18}O 大于 ^{16}O ；海底沉积物 ^{18}O 小于 ^{16}O
- 冷：冰芯的 ^{18}O 小于 ^{16}O ；海底沉积物 ^{18}O 大于 ^{16}O

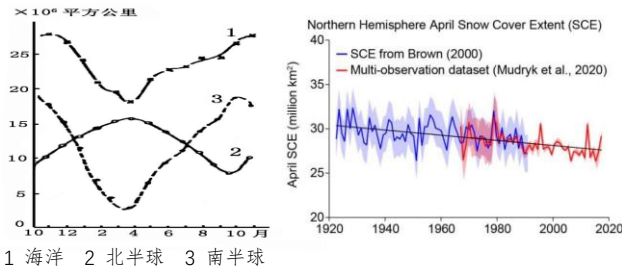


海冰与冰盖

(暖期有更多能量让 ^{18}O 逸出)

8.1.2 季节变化与多年变化

- 季节变化** 夏季少，冬季多，**9月份北极海冰最小**(研究热点)
- 多年变化** 全球海冰、雪盖总体趋势减小。
- 临界点** 南极西侧海冰。如果这里融化了，则不会再恢复了。
- 海冰特征** 面积、浓度、厚度。



8.2 冰雪覆盖对气候的影响

8.2.1 冰气交界面的能量平衡方程

- 方程形式** $R_i = LE + H + Q_t + Q^\downarrow$ 陆面: $R = LE + H + Q_s + S_t$ 海洋: $R_0 = LE + H + C_0$
- R_i 冰面的**净辐射通量** (辐射差额) LE, H 分别为冰面与大气间的**潜热和感热通量**
- Q_t 冰融化热通量 Q^\downarrow 通过冰层分子向下的热通量。
- 进步展开** $R_i = aS^\downarrow + \varepsilon(F^\downarrow - \sigma T^4) - I_c$
- a 冰面对太阳辐射的吸收率 S^\downarrow 到达冰面的**太阳总辐射** F^\downarrow **大气逆辐射**
- σT^4 冰面温度 T 时的**放射辐射** I_c 透过冰层的**太阳短波辐射**通量
- 具体参数** $Q^\downarrow = -k_i \frac{\partial T_i}{\partial z}$ $Q_t = -L_i \frac{dh_i}{dt}$ k_i, L_i, h_i 分别为冰的热传导系数、冰的融解潜热和冰厚度

8.2.2 冰雪覆盖对气候的影响

冰雪参数 冰雪面积、雪线、雪深、积雪日数等

气候效应 局地气候效应（局地冰-气相互作用）、遥响应（重点关注遥响应的机制）。

正反馈效应 冰雪面积-气温，垂直递减率反馈，水汽反馈等高纬与中低纬的差别-北极放大效应等

8.2.2.1 局地气候效应

主要要点 ① 冰雪面的辐射性质使气温偏低

(1) 冰雪面反射率大，吸收的太阳辐射能少；

(2) 冰盖与黑体相似，具有很强的长波辐射能力，即使温度相同，冰雪面的有效辐射也大于其他下垫面，因而失热更多，雪面更冷；

(3) 当太阳高度角增大，太阳辐射增强，冰雪融化时，还需要消耗大量热量，使气温更低。

② 冰雪与大气的能量交换和水汽交换弱

能量交换： 冰雪尤其是疏松的雪被导热率很低，且透射率低，因此阻止了大气和地表的热量交换，同时海冰也阻止海洋向大气输送热量；

水分交换： 冰雪覆盖的表面温度和饱和水汽压都很低，因此，冰雪表面气层水汽含量很少，同时由于冰雪的致冷作用，在大气低层常为逆温层，因此大气是向冰雪表面输送水汽和热量，这样冰雪面上的气团既冷又干，大气逆辐射弱，更有利于冰雪长波辐射散失热量。

8.2.2.2 遥响应

影响途径 主要通过 ①反照率效应 ②积雪的土壤水分效应 改变地表的热力状况及地气之间的热量交换，进而改变温度场或高低纬间的温度梯度，最后通过大气环流（平流、波动等）异常影响气候。

时间尺度 各种时间尺度，但主要表现在年际及更长时间尺度上。

案例 北极急流波动叠加槽，导致槽变深，导致极端高温或寒潮。

8.2.2.3 北极海冰异常

概述 北极海冰异常偏少，不仅影响北冰洋局地的气温和降水变化，而且通过复杂的相互作用和反馈过程，对北半球中、低纬度的天气、气候产生影响。

遥相关 秋季北极海冰多→冬季西伯利亚高压减弱（改变梯度）→冬季温度升高

8.2.2.4 欧亚大陆积雪异常

印度夏季风 冬春欧亚雪盖面积偏大，春季融雪偏慢，将使得印度夏季风偏弱，夏季风推进偏慢，雨量偏少。

东亚季风 积雪面积偏大，西伯利亚反气旋加强，东亚大槽加深，东亚冬季风活动偏强，中国冬季气温偏低。

8.2.2.5 青藏高原积雪异常

印度夏季风 喜马拉雅山西北部冬季雪盖增长与印度夏季风降水的减少存在明显的联系。

东亚季风 高原积雪多→高原地面温度低→高原与周围自由大气温度对比弱→亚洲夏季风弱→长江流域易涝

8.2.2.6 冰盖-反照率-温度的正反馈效应

正反馈效应 温度升高→冰雪融化→反照率减小→下垫面吸收更多太阳辐射→温度升高