**项目简介**

**问题介绍**

全球变暖一直以来都是倍受关注的问题。它是由于温室效应不断累积，导致地气系统吸收与发射的能量不平衡，能量不断累积，从而导致温度上升，造成全球变暖。它会产生极端天气，海平面上升等恶劣影响。其中，全球变暖导致的冰盖萎缩，冰川融化，海冰面积减小是导致海平面上升和一些极端天气的主要因素。

我们将以海冰面积和全球平均温度作为指标，研究全球变暖的情况。我们将分别建立海冰面积和全球平均温度的模型，以预测未来一年的情况，再联合二者建立二维时间序列模型，进行因果推断和综合预测，给出适当建议。

**海冰介绍及对气候的影响**

海冰是冰冻的海水，它在海洋中形成，生长和融化。海冰仅在北极和南极存在。在北半球，它目前可以存在于中国渤海湾以南[[1]](#footnote-1)，在南半球，海冰仅在南极洲附近[[2]](#footnote-2)形成。海冰在冬季增长，在夏季部分融化，在一年中部分时间，世界上约15%的海洋被海冰覆盖。

虽然海冰主要发生在极地地区，但是它会对全球气候产生很大的影响[[3]](#footnote-3)。这个影响主要来自四个方面：

**海冰的融化**。太阳光在赤道近乎垂直照射，而在极地地区则格外倾斜。太阳的角度是造成极地寒冷和赤道温暖的主要原因。海冰时白色的，所以它有很高的反照率，能反射约80%的太阳光。高反照率有助于保持极地的寒冷因为，海冰覆盖的区域不会吸收太多太阳能。但当气候变暖使得极地变暖并融化海冰时，极地区域的放射面减小，就会吸收更多热量，导致更多冰的融化，从而加速升温。这是一个正反馈回路，会改变大气的循环。

**大气与海洋环流。**大气和海洋是“热力发动机”，总是试图通过向极地输送热量来恢复温度平衡。我们的天气正是这种现象的表现。一些低压系统，比如风暴，在冬季特别强烈，是大自然通过大气环流向极地输送热量的最佳方式之一。相比之下，海洋倾向于以较慢且不太强烈的方式传递热量。海冰量的变化改变了极地的寒冷程度，这会影响大气和海洋的循环。另一方面，洋流通过温盐环流将热量从赤道传递到极地。温水从赤道沿着海面向北移动并最终冷却。随着它的冷却，它变得密集而沉重并且下沉。然后，这种冷水沿着海洋的下部向南移动，并在赤道附近上升以完成循环。与大气热传输一样，这是一个有助于在地球上实现适当温度平衡的自然过程。这也解释了为什么欧洲相对温暖，因为大西洋北部流动的地表水变冷，热量释放到大气中。

**海冰的移动。**海水通常是咸的，但凝结成冰时，会将盐分排出到冰下，这就使海冰中的水含盐量低，可以饮用。受北极风的影响，北极海冰会向南穿过弗拉姆海峡进入北大西洋时，它会融化，在海面上形成一层淡水。这种淡水的密度低于咸水，所以它往往会留在海洋的顶部。这种较低的密度阻碍了在支持温盐环流的高纬度（极地）下沉的正常过程，这使得温水从赤道向北移动变得更加困难。有力的证据表明，这种停滞过程发生在20世纪60年代末和70年代初期的几年，当时额外的淡水进入北大西洋并影响了北欧的气候。

**换热。**在冬季，北极的气候非常寒冷。相比之下，海洋更加温暖。海冰覆盖了两者，防止海洋中的热量加热上覆的大气层。这种隔热效果是海冰有助于保持北极寒冷的另一种方式。但是，热量可以从薄冰区域，特别是水道[[4]](#footnote-4)和冰盖上的小开口，非常有效地逃逸。北冰洋与大气之间的总热交换大约有一半是通过冰洞中的开口发生的。随着更多的水道，冰盖开口或是更薄的冰，海冰无法有效地将海洋与大气隔绝。随后北极大气层变暖，就会影响大气的全球环流。

相较南极海冰，北极海冰在气候调节中的作用要更大，因此也更受人关注。这两者的差距主要源于它们的地理位置（配图~南北极海冰地理图.jpg —Credit: National Snow and Ice Data Center, University of Colorado, Boulder, Colorado.），北极的海洋是半封闭的，几乎完全被陆地包围，而南极洲是被海洋包围的陆地。开阔的海洋允许海冰更自由地移动，从而南极海冰比北极海冰更易于移动。而南极的北部没有陆地边界，海冰可以自由地向北漂浮到温暖的水域进而融化。这就使得南极冬季形成的几乎所有海冰都在夏季融化，冬季覆盖约1800万平方公里的海冰到夏末就仅剩约300万平方公里。相比之下，几乎被陆地包围的北极海冰虽然可以在北极盆地周围移动，但它往往仍留在寒冷的北极水域。浮冰更容易会聚，或相互撞击，从而堆积使冰层变厚。更厚的冰在夏季融化期间能更长地保持冰冻。因此，更多北极海冰在整个夏季仍然能留存下来，在冬季存在的约1500万平方公里的海冰，在夏末仍有约700万平方公里。

根据观测（配图~南北极海冰对比趋势.png 来源 J.Stroeve，NSIDC），该图显示了使用美国宇航局的海冰算法从海冰指数中计算得到的1979年至2018年的平均年海冰范围。，最近三十年里，北极夏季海冰的厚度与范围均显著下降，其中冰层平均每年降低3%。这与对北极变暖的观察结果一致。这一趋势是极地地区气候变化的一个主要迹象，可能是全球变暖影响的一个指标。而自1979年以来，冬季北极冰面积相对于1981 年到2010年的平均值每十年下降约3％。南极冰的范围在所有月份都有一个小的增加趋势，但南极冰因其高变异性而更为显着。在从2012年到2014年每年9月创下历史最高纪录之后，南极在2016年，2017年和2018年的最大范围内最低。南极海冰似乎不太受全球变暖的影响，因为按照一般的气候模型，大气变得越来越热，加热了上层海水，这从下面增加了海冰的融化。此外，热量增加也将导致降雪减少，更多以雨水的形式降落。而雨水不能像雪花那样反射热量，这就从上层加速了南极海冰的融化。但实际情况却与之不全相符，这主要是因为南极洲是一个被水环绕的大陆，而北极则是被陆地包围的海洋。南极洲周围的风和洋流将该大陆与全球天气模式隔离开来，使其保持寒冷。相比之下，北冰洋与周围的气候系统密切相关，其对气候变化更加敏感。进一步的，有研究[[5]](#footnote-5)表明南极海冰的变化与南极洲及周围海域的特殊地质环境有关。

**数据介绍**

海冰面积数据来自kaggle整理的数据集[[6]](#footnote-6)，原数据由National Snow & Ice Data Center收集的卫星拍摄的亮度数据生成的[[7]](#footnote-7)。数据集提供1978年10月26日至20195月31日每天的总海冰范围，有7个变量：年，月，日，海冰面积，遗失值，来源链接和所在半球。原数据由于采集航天器的更改，1987年12月3日到1988年1月12日的数据存在缺失，且1987年12月3日前的数据由于航天器的功率限制，是隔天采集的，而1988年1月12日后的数据是每天采集的。

全球平均温度数据来自kaggle整理的数据集，原数据来自Berkeley Earth。数据集包括1750年到2015年每月的全球陆地平均温度及不确定度，还包括全球平均最高，最低温度，陆海平均温度及不确定度等数据，但我们只采用全球平均陆地温度或陆海温度作为研究对象。

**章节安排**

暂略

**数据预处理**

海冰面积：我们首先将海冰面积数据分为南半球和北半球两个部分，并注意到遗失值相对面积数量级差距很大，忽略遗失值。然后将数据处理为月度数据，我们将每月所有海冰面积值的平均值作为月平均值。但注意到1987年12月3日到1988年1月12日存在数据缺失，对于1987年12月月平均值，我们舍去1987年12月的值，用相邻两年12月海冰面积的平均值作为代替；对于1988年1月月平均值，我们先将1月1日到1月12日的值用相邻两年的对应值的平均值做增补（1987年1月的值隔天记录，缺失值用相邻两天的值平均替代），再将该月的值做平均作为1月月平均值。

全球平均温度：考虑其中有部分缺失，我们仅提取

**影响效应预分析**

由 节内容，我们推测北极海冰面积会对全球平均温度有较明显的影响效应，南极海冰面积对全球平均温度没有明显影响效应，而全球平均温度会对南北极海冰面积有明显影响效应。

**数据变量介绍**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 变量内容 | 海冰范围 |  |
| 变量名 | 变量含义 | 解释 |
| Year | 记录的年份 | 统计时间数据 |
| Month | 记录的月份 | 统计时间数据 |
| Day | 记录的日 | 统计时间数据 |
| Extent(\*10^6) | 海冰面积 | 单位10^6平方公里 |
| Missing(\*10^6) | 遗失值 | 单位10^6平方公里， |
| Source Data | 原始数据来源 | 是nsidc记录的文件，数据格式的具体描述见<https://nsidc.org/data/nsidc-0051>用户指南中的文件信息 |
| hemisphere | 记录值所在半球 | 分南极和北极，海冰仅存在于南极和北极 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 变量内容 | 全球平均温度 |  |
| 变量名 | 变量含义 | 解释 |
| dt | 记录的时间 | 按 年-月-日 格式记录，表示当月的值 |
| LandAverageTemperature | 全球陆地平均温度 | 单位是摄氏度，从1750年1月记录到2015年12月 |
| LandAverageTemperatureUncertainty | 全球陆地平均温度不确定度 | 单位是摄氏度，表示全球陆地平均温度的95%置信区间 |
| LandMaxTemperature | 全球陆地平均最高温度 | 单位是摄氏度，从1850年1月记录到2015年12月 |
| LandMaxTemperatureUncertainty | 全球陆地平均最高温度不确定度 | 单位是摄氏度，表示全球陆地平均最高温度的95%置信区间 |
| LandMinTemperature | 全球陆地平均最低温度 | 单位是摄氏度，从1850年1月记录到2015年12月 |
| LandMinTemperatureUncertainty | 全球陆地平均最低温度不确定度 | 单位是摄氏度，表示全球陆地平均最低温度的95%置信区间 |
| LandAndOceanAverageTemperature | 全球陆海平均温度 | 单位是摄氏度，从1850年1月记录到2015年12月 |
| LandAndOceanAverageTemperatureUncertainty | 全球陆海平均温度不确定度 | 单位是摄氏度，表示全球陆海平均温度的95%置信区间 |

1. 大约北纬38度。 [↑](#footnote-ref-1)
2. 在南纬55度以南 [↑](#footnote-ref-2)
3. 这个影响主要来自北极海冰，下面也主要以北极海冰为例，后面会具体解释原因。 [↑](#footnote-ref-3)
4. 在流冰中裂开的一条可以航行的通道。 [↑](#footnote-ref-4)
5. 见https://www.nasa.gov/feature/jpl/study-helps-explain-sea-ice-differences-at-earths-poles [↑](#footnote-ref-5)
6. 见https://www.kaggle.com/nsidcorg/daily-sea-ice-extent-data/ [↑](#footnote-ref-6)
7. 见https://nsidc.org/data/nsidc-0051 [↑](#footnote-ref-7)