

2023 中国极地科学学术年会摘要集

目 录

第 1 专题 极地冰冻圈与气候变化

1. 一种基于渗流机理的粒雪密实化建模方法.....	1
2. Formation of Lake Vostok in the epoch before glaciation of Antarctica.....	1
3. 2021 - 2022 年极端降雪事件导致南极冰盖史无前例的净质量增加.....	2
4. 基于探冰雷达数据和三维冰流模型的南极 Dome Fuji 冰盖年龄和温度场重建..	3
5. 南极难言岛巨砾石滩脊成因及其对气候重建的影响.....	3
6. 基于动力过程的南极冰架崩解机器学习模型.....	4
7. 南极冰架底部通道时空变化研究.....	5
8. 东南极托滕冰架新成果：1960 年代已加速排放冰物质.....	5
9. 多源遥感与再分析辐射产品在南极中山站至 Dome A 断面的适用性评估.....	6
10. 基于卫星遥感与冰盖数值模式的东南极 Fimbul 和 Jelbart 冰架区域长时序演化分析.....	7
11. 南极阿蒙森海附近海域南极绕极流变化及其对绕极深层水的影响.....	7
12. 南极苔原羰基硫产生与消耗过程及机制.....	8
13. 基于 FY-3E GNSS-R 数据的海冰厚度反演.....	8
14. 全球变暖下的冰盖-气候反馈机制.....	9
15. 冰盖内部结构探测、物质分辨与物质平衡估算模型不确定性评估.....	9
16. 北极海冰微结构变化对其光学性质的影响.....	10
17. 北极海冰遥感监测及东北航道可通航性分析应用.....	10
18. 基于随机森林模型估算冬季北极海冰运动.....	11
19. 2021/2022 年南极夏季阿蒙森海冰间湖内外 N*、Si*的特征及其指示意义.....	11
20. 南极阿蒙森海碳沉降通量季节变化特征及其关键影响因素.....	12
21. 积雪密度分层演变方案对北极冰雪影响的模拟研究.....	12
22. 四种新参数化方案对北极海冰模拟的影响.....	13
23. 基于被动微波的北极冰间水道提取能力评估及改进.....	14
24. 基于深度学习的超分辨率网络在 AMSR2 北极海冰影像中的应用.....	15
25. 融池和浮冰尺寸对北极海冰光学性质的影响.....	16
26. 基于浮标阵列和卫星高度计协同观测的北极海冰体积密度反演.....	17

第 2 专题 极地海洋和大气过程及其气候效应

27. WRF 模式对于北极地区气象模拟的适用性研究	18
28. 南极中山站辐射-近地面臭氧对大气环流的响应.....	18
29. 过去百年北极气温变化中外强迫和自然变率的相对贡献	19
30. 北极海冰边缘区变化对海冰特性和地表热收支的影响	19
31. Decadal shifts of summer temperature and precipitation patterns in Eurasia continent	20
32. 极区风云卫星水汽综合评估.....	20
33. Controls of Topographic Rossby Wave Properties and Downslope Transport in Dense Overflows.....	21
34. 北冰洋陆架区底部海洋热浪时空特征及其机制研究	22
35. 欧亚-北美冬季表面温度偶极模态及北极海冰的驱动作用.....	23
36. 南北极增暖不对称原因初探.....	24
37. 东南极普里兹湾固定冰物质平衡的季节与年际变动	24
38. 北冰洋内波特征及其与中低纬度的差异	25
39. 基于海冰物质平衡浮标观测的叠加冰生成.....	25
40. 海冰模拟能力评估模型的发展与应用	26
41. CMIP6 中表面类型对北极放大的季节性和模式不确定性的影响	26
42. 涡旋活动对波弗特流涡盐跃层经向非对称性的影响	27
43. 南大洋资料同化系统 (DASSO) : 海冰同化研究.....	28
44. 候变暖背景下北冰洋海盆区海-冰-气相互作用的变化	29
45. 基于 MOSAiC 观测的北极大气边界层高度特征研究.....	29
46. Arctic sea ice leads detected using Sentinel-1B SAR image and their responses to atmosphere circulation and sea ice dynamics	30
47. Roles of Atmospheric Variability and Arctic Sea Ice in the Asymmetric Arctic - Eurasia Temperature Connection on Subseasonal Time Scale	31
48. 北极海洋大气中黑碳颗粒物丰度和混合状态的空间差异性	32
49. 北极平流层臭氧变化对北太平洋表层洋流和海温的影响	32
50. CMIP6 我国模式评价及未来北极夏季无冰时间预估	33
51. 基于 DTOP 平台观测的阿尔法海脊上层海洋水文特征与海洋热通量的变化研究	34
52. Rapid increase of the extreme summer heatwaves in the subpolar regions in the recent decades	34

53. 北极太平洋扇区上混合层多年变化趋势及其对海冰快速消融的响应	35
54. 多尺度海洋过程对南极冰盖的影响.....	36
55. 冰海应力对南大洋亚极地海洋的影响：海洋表层流速的作用	36
56. 基于雷达测高的南北极海冰边缘区卫星遥感	37
57. Impact of Katabatic Wind Events Variability on Sea Ice Dynamics in Terra Nova Bay Polynya, Antarctica	38
58. 北冰洋西部中尺度涡旋及其边缘增强的混合：反射地震观测	38
59. The impact of sea-ice melting on the evolution of sea surface pCO ₂ in a polar ocean basin	39
60. 2007-2009 年白令海陆架区水团与生物光学特征分析.....	40
61. 2020 年大气环流异常对北极海冰外流及巴伦支海和格陵兰海海冰状	41
62. 基于同步采集的反射地震和水文数据研究次表层涡旋：以楚科奇边境地和白令海为例.....	41
63. QBO 与中国东南部冬季降水的联系及其年代际变化	42
64. MOSAiC 期间海冰厚度模拟及诊断分析	43
65. 液态降水与地表气温对北极海冰开始融化时间的影响	43
66. 楚科奇海台周边海域生物光学性质和辐射加热率特征研究	44
67. Surface Energy Balance on a Polythermal Glacier, Arctic, and the Role of Poleward Atmospheric Moisture Transport	44

第 3 专题 南北极地质过程与资源环境效应

68. 利用 Sentinel-2 研究南极中山站夏季湖时空分布	46
69. 面向双层媒介的笛卡尔快速冰雷达成像算法研究.....	47
70. 基于 Dome C 的 FY-3D/MERSI-II 辐射响应稳定性评估	47
71. 中国南极陨石的类型研究.....	48
72. 基于 CCR 协同观测系统的 ICESat-2 光子卫星南极冰盖测高能力评估	49
73. PPP-AR 技术在南极解算精度及其可用性	49
74. 极区地图和海图投影数学分析.....	49
75. 基于 GNSS 干涉遥感技术的极区冰雪环境关键参数探测.....	50
76. 基于深度学习的冰架冰裂隙动态监测.....	50
77. 晚始新世西摩岛企鹅化石新材料报道	51
78. 南极半岛西摩岛始新世拉揭塞塔组 Teredolites 遗迹化石研究	51
79. 一种应用于南极冰盖重力异常剥离及冰盖厚度估计的迭代方法	52

80. Teleseismic indication of magmatic tectonic activity on slow-ultraslow spreading ridges.....	53
81. 示踪深部地壳老物质组成手段新探索：中酸性岩浆捕获、继承锆石信息集成分析（填图）.....	53
82. 中国南极陨石发展的机遇与挑战.....	54
83. 利用地震背景噪声干涉法研究南极昆仑站附近浅层结构.....	54
84. 西南极南设得兰群岛 1：250 000 数字地质图数据库.....	55
85. 南极主被动源反射地震研究进展.....	55
86. 德雷克海峡古新世期间初始打开.....	56
87. 南极昆仑站密集地震剖面接收函数研究.....	56
88. 利用有机生物标志物还原全新世以来南极别林斯高晋海古环境变化.....	57
89. 中-晚更新世轨道时间尺度上北冰洋周边冰盖的演化历史及其调控机制.....	57
90. Submarine landslides unravel past Antarctic Ice Sheet instability.....	58
91. 北冰洋沉积物磁性地层浅议.....	59
92. 北极陆架边缘海域表层沉积硅藻-环境转换函数构建.....	59
93. MIS5e 气候暖期南极绕极流极南向迁移动力机制及其气候意义.....	60
94. 斯科舍海—未来大洋钻探的优选地区？.....	60
95. 南极宇航员海全新世中期以来的古生产力变化.....	61
96. 东南极普里兹湾放射虫的现代生态学及其古海洋学意义.....	62
97. 西南太平洋底栖有孔虫 B/Ca 记录的中更新世转型期中深层水变化历史.....	63

第 4 专题 极地生态系统的敏感性和脆弱性

98. 南极无冰区企鹅粪土中有机氮的分子组成变化.....	64
99. 罗斯海环流对生物运输与聚集的影响.....	64
100. Further acidification of upper waters in the western Arctic Ocean linked to new state transition of ocean circulation and sea-ice retreat.....	65
101. 全球气候变化下极地海洋痕量金属海洋生物地球化学和生态效应.....	66
102. 东西伯利亚陆架氧化还原敏感元素研究及其对气候变化的响应.....	66
103. 北冰洋浮游纤毛虫对北冰洋变暖的响应及太平洋种类的入侵.....	67
104. 基于脂肪酸探究西北冰洋北风深海平原冬季沉降颗粒物的质和量及其对异养动物的影响.....	67
105. 利用耳石微化学分析南极半岛与罗斯海次南极电灯鱼的种群异质性.....	68
106. 南极磷虾(<i>Euphausia superba</i>)卵巢和卵母细胞发育组织学研究:多季节分析.....	69

107. 环境和气候事件对南极磷虾(<i>Euphausia superba</i>)体长基补充指数的滞后效应影响	69
108. 南极磷虾眼柄生长带及其与生长、体况之间的关系	70
109. 耳石微化学分析揭示布兰斯菲尔德海峡和南乔治亚岛的拉森氏拟南极鱼 (<i>Nototheniops larseni</i>)来自不同种群	71
110. 高不饱和脂肪酸、鱼体大小和繁殖状况对西白令海峡鳕体内异尖线虫感染强度的影响	71
111. 南极半岛雌性裘氏鳄头冰鱼潜在繁殖力及其环境驱动	72
112. 基于耳石形态探究南奥克尼群岛和南乔治亚群岛裘氏鳄头冰鱼种群异质性 ...	73
113. 南极南奥克尼群岛裘氏鳄头冰鱼体外寄生虫感染情况及宿主-寄生虫间营养关系研究	73
114. 2022 年南极夏季宇航员海和阿蒙森海溶解氧和表观耗氧量分布	74

第 5 专题 极区日地相互作用和天文观测

115. A modeling study on the responses of the mesosphere and lower thermosphere (MLT) temperature to the initial and main phase of geomagnetic storms at high latitudes	75
116. 南极光学天文望远镜关键技术	75
117. 南极天目望远镜样机研制进展	76
118. 基于激光准直光簇的结构光照明望远镜装调技术研究	76
119. 计算机视觉在望远镜中的应用	77
120. 中国南极昆仑站太赫兹探测实验	77
121. LCT 望远镜项目进展和南极中山射电望远镜建设	78
122. 冰穹 A 南极天文进展	78
123. 2023 年南极冰穹 A 大气视宁度测量结果	78
124. 南极巡天望远镜 AST3-3 观测和数据处理系统介绍	79
125. 南极空间碎片监测	79

第 6 专题 新形势下极地战略、政治与法律问题

126. 关键矿产视域下北极地缘经济关系的新趋势探析与中国应对	80
127. 北欧的再安全化与挪威的选择	80
128. 割裂甚于合作：第一次“国际极地年”的再审视	81
129. 人工智能的发展对北极安全态势的影响及中国的应对	81
130. 北约北极战略意图与潜在影响	81

131. 北约介入北极：态势、动因与前景	82
132. 气候变化下南北极治理机制的挑战与变革	82
133. 北极国家科学外交的发展动态及中国因应	83
134. 封闭与开放、分裂与合作——世界秩序的变化与北极治理的未来	83
135. 非政府组织对南极环境决策的影响路径与中国因应	84
136. 新安全形势下加拿大的北极科技政策与动态研究	84
137. 中国与拉美国家的南极合作分析	85
138. 科学特区：走进南极治理视野的冰架	85
139. 百年变局加速演进与北极治理新挑战	86
140. 地缘类属身份、内生结构矛盾与北极地缘政治态势——基于地缘战略心理视角	86
141. 乌克兰危机下北极国家能源环境和能源政策的调整与变化	87

第7专题 极地探测技术与工程装备

142. 南极考察站零碳综合能源应用前景展望	88
143. 南极氢能开发与利用关键技术	88
144. 极地新型清洁能源与安全研究	89
145. 极地风能利用技术探讨	89
146. 南极清洁能源 EMS 系统	89
147. 北极海冰融池跨季节演化过程自动观测方法研究	90
148. 极地工程技术装备创新发展与展望	90
149. 南极大陆冰下复杂地质环境多工艺钻探	91
150. 多功能南极钻探装备研发	91
151. 地震海洋学-揭秘极地海洋多尺度动力过程的探测技术	92
152. 探索 AI 在极地监测技术中的应用	93
153. 基于相干多普勒测风激光雷达的极区大气风场观测研究	93
154. 激光雷达对大气金属离子的探测研究	93
155. 海洋上空临近空间环境测量技术探讨	94
156. 激光测风雷达极地考察探测分析	95
157. 极区航道导航信号电离层闪烁监测技术研究	95
158. 测风激光雷达在南极机场气象保障应用中的一些思考	96
159. 基于微腔光频梳的气体吸收光谱探测技术	96

160. 亚稳态氦激光雷达探测技术在极区的应用与前景	97
161. 极地微观海洋环境原位显微探测技术	97

第 8 专题 极地国家野外科学观测研究站发展论坛（略）

第 9 专题 极地航行与装备创新技术论坛

162. 碎冰航道中的极地船舶螺旋桨水动力一体化分析	99
163. 极地船舶冰区航行的高性能数值仿真	99
164. 船舶冰区航行模拟器关键技术研究进展	100
165. 极地航行典型事故分析及极地通航保障研究	100
166. 极地船舶安全性与结构可靠性研究	100
167. 重型破冰船关键材料研发与性能评价	101
168. 极地大洋科考预报保障进展	101
169. 极地装备材料需求分析及研究进展	102
170. 基于深度学习的海冰要素走航观测系统研发	102
171. 全球破冰船航行特征分析	103
172. 储能系统在大型船舶电力系统应用	103
173. 极地船新风防冻处理研究	104
174. 极地新型清洁能源与安全研究	104
175. 俄罗斯核动力破冰船的发展	105
176. 某水面舰船平整冰区航行能力的模型试验评估	105
177. 冰脊碰撞作用下船舶结构的碰撞力分析	105
178. 海冰管理中的风险评估、预测与决策	106
179. 海冰力学及冰水耦合作用的近场动力学模型研究	106
180. 极地冰区船舶推进轴系共振方法的研究	107
181. 极区钻井船作业风险评估	107
182. 面向北极水域船舶通航的加强型风险评估方法	108

第 10 专题 极地冰下环境与信息技术（略）

第 1 专题 极地冰冻圈与气候变化

1. 一种基于渗流机理的粒雪密实化建模方法

张雪玉（华中科技大学）

粒雪密实化过程在冰川物质平衡监测和冰芯古气候记录分析等冰川学研究中具有重要作用。在全球增暖背景下，冰川冰盖表面消融剧烈，由于粒雪具有多孔性和渗透性，融水会经渗浸作用渗透到粒雪柱内的孔隙空间。当满足冻结条件时，液态水再冻结为固态冰，该过程释放的相变潜热将极大加快粒雪密实化速率，因此液态水成为粒雪密实化的主要驱动因子。目前，粒雪密实化模型依赖于经验方法解释渗流一再冻结过程，难以模拟粒雪柱上部由成冰作用引起的高密度波动。本研究从顾及液态水渗流和相变机理的角度出发，考虑液态水的储存、再冻结和径流对粒雪密实化的影响。研究表明，基于渗流机理的液态水流动方案建立的粒雪密实化模型能再现粒雪柱上部的高密度波动。

2. **Formation of Lake Vostok in the epoch before glaciation of Antarctica**

Markov Alexey（吉林大学）

Based on a comprehensive analysis of multidisciplinary data and numerical modeling, one considers a hypothesis of formation of the Antarctic Lake Vostok in the pre-glacial epoch. The genesis of the lake valley is related to the processes of rifting that began during the period of disintegration of the supercontinent Gondwana and rejuvenated in the Cenozoic. It was filled with water from hydrological and atmospheric sources when Antarctica was in a temperate climatic zone and with geothermal water from the rifted faults. This resulted in creation of a strongly stratified vertical structure of the water body. Stable ice formation at the lake

surface began about 34 and again about 15 million years ago. Two lower layers of the ice cover above the lake were formed from frozen lake and melt water. The thermodynamic modeling of the possibility of through freezing of the lake water column to the bottom shows the inconsistency of such assumption even at most favorable for it prescribed boundary conditions.

Bottom sediments of the lake were formed due to erosion of mountain rocks, alluvium of water discharge of ancient rivers, organic remains of water living organisms and chemical compounds, coming with geothermal flows. A hypothesis is proposed about the existence under the glacial strata of more ancient than it itself waters and bottom sediments.

3. 2021 - 2022 年极端降雪事件导致南极冰盖史无前例的净质量增加

王微（同济大学）

The Antarctic Ice Sheet (AIS) is susceptible to global climate change, and its mass loss has been 92 ± 18 Gt/yr between 1992 and 2020. Given the current intensive global warming, we investigate the AIS mass changes from January 2003 to December 2022, using the newly released satellite gravimetry and atmospheric datasets. The results show that the continuous mass loss in the AIS between 2003 and 2020 was 141.8 ± 55.6 Gt/yr. However, the AIS showed a record-breaking mass gain of 129.7 ± 69.6 Gt/yr between 2021 and 2022. During this period, the mass gain over the East AIS and Antarctic Peninsula was unprecedented within the past two decades, and it outpaced the mass loss in the Amundsen sector of the West AIS from 2003 to 2022. Basin-scale analysis shows that the mass gain mainly occurred over Wilhelm II Land, Queen Mary Land, Wilkes Land, and the Antarctic Peninsula due to anomalously enhanced precipitation. Further investigation reveals that during 2021 - 2022, a pair of symmetrically

distributed high-low pressure systems, located at approximately 120° W and 60° E in the Southern Ocean, drove the observed abnormal precipitation and mass accumulation.

4. 基于探冰雷达数据和三维冰流模型的南极 Dome Fuji 冰盖年龄和温度场重建

王卓（吉林大学）

中更新世过渡期（距今 1.2 Ma 至 0.9 Ma 前）是地球气候的一个重要的节点，冰川周期由此前规律的 41 ka 周期转换为了目前的 100 ka 周期，研究其发生的原因对探究过去、现在和未来的气候环境有重要的意义，而对此阶段气候的直接记录只有可能在南极古老的冰芯中被找到。

Dome Fuji 区域作为一个低积累率东南极穹顶区域，被认为是潜在的存在古老的冰的地区。深冰芯钻探地点要求冰的年龄足够老且底冰不存在融化。因此，需要对该地区的冰盖的年龄和温度场进行调查。本研究改进了一种三维冰流模型，并在大 Dome Fuji 区域使用雷达观测数据作为三维冰流模型的约束，对区域内的年龄、温度场、冰流场等信息进行了调查，从而建议了 Dome Fuji 区域的冰芯钻探地点。

5. 南极难言岛巨砾石滩脊成因及其对气候重建的影响

王硕（西北大学）

由高能波浪形成的巨砾石滩脊是潜在的气候档案，海岸滩脊不仅提供了过往海岸线位置的历史记录，极地巨砾石滩脊的形成还可以反映过去的海冰和波浪条件。对南极北维多利亚地特拉诺瓦湾难言岛上升海滩的调查研究结果表明，多级海岸滩脊不整合地覆盖在向海推进的罗斯海滨海平原上。滩脊主要由直径 500-1000 mm、磨圆、光滑的巨

砾石排列而成，自海向陆分布在由于接地线后退和地壳均衡调整而隆起的 15 级上升海滩上，海拔在 14-28 m 之间。各级滩脊长约 150 m，宽 3 m，高度为 1.5-2.8 m 不等，海滩坡度约 10° 。难言岛上升海岸滩脊的形成被认为发生在气候变暖时期，沉积层的粗颗粒构成表明，在该阶段有风暴等极端天气事件对海岸的影响显著增加。根据沉积学分析和动力过程分析，发现该沉积层中的滩脊巨砾是极端波浪事件作用的结果，表明该区域历史上超强风暴的存在。相比之下，滩脊之间滩面的形成则被认为是海冰覆盖期延长导致的，并被解释为气候变冷的一个指标，这是因为近岸海冰会显著减少海滩上的波浪作用，导致海岸滩脊发育减少或抑制，以及受冲积控制的滩面向海进积的盛行。根据 ^{10}Be 年龄数据，多级滩脊的极端波浪事件记录反映了南极北维多利亚地特拉诺瓦湾地区在 6.8、5.9、4.3、3.1 ka cal BP 的不同时期有风暴增加和年度海冰覆盖期缩短，指示有与现今相当的温暖和潮湿气候。年龄结果的部分异常还进一步表明，即使是高海拔的滩脊也可能受到了异常强风暴期间沉积物重新加工和改造的影响。长时间尺度的气候和波浪条件重建工作对于未来南极气象环境状况预测和南极科学考察研究的开展具有重要科学和实践意义。

6. 基于动力过程的南极冰架崩解机器学习模型

龙清云（北京师范大学）

近年来，南极冰架发生较多的崩解事件。冰架的崩解会间接导致海平面的上升，因此预测冰架崩解的范围和强度尤为重要。导致冰架发生崩解的原因很多，其中，冰架自身性质会对冰架崩解产生比较大的影响。因此，为分析冰架崩解和冰架自身性质的联系，本研究利用 2005-2020 年南极冰架崩解遥感数据、冰流动力模拟获得的南极冰架损伤空间分布数据、冰架表面裂隙数据以及冰架稳定度数等冰架自身性质数据。首

先分析遥感观测得到的冰架崩解质量变化与冰架损伤模型得到的冰架损伤值，发现只根据底部损伤剧烈程度无法判断冰架崩解发生的大小。随后，利用机器学习二元分类法结合冰架的自身性质判断能否预测冰架崩解事件的发生。结果表明，随机森林等集成算法对预测冰架崩解具备较高准确率，利用冰架自身性质进行冰架崩解的预测有一定的可行性。但后续若想预测更准确的崩解事件强度和范围，还需要结合更高时空分辨率的冰架自身性质的动态变化和外部环境因素等条件，并构建相应的预测模型。

7. 南极冰架底部通道时空变化研究

刘明亮（武汉大学）

基于多种观测数据，提取了全南极冰架底部通道详细分布位置，计算了底部通道密集度，探讨了底部通道主要形成机制和影响底部通道发育的主导因素，并对典型冰架底部通道进行了时空变化分析。研究发现，全南极底部通道网络发达，底部通道总长度约为 16965 km，海洋和冰架相互作用是底部通道形成的主要机制，占全南极底部通道的 78.71%。底部通道与表面凹陷存在一定的几何关系，根据此关系能进一步通过表面凹陷时空变化分析底部通道时空变化，有效解决了因缺失冰架底部长时间观测数据无法分析底部通道真实时空变化的问题，风场、CTD、海水表面温度、冰架表面融化、海冰密集度等是影响底部通道发育的主导因素，对探究海洋与冰架相互作用具有重要的科学意义。

8. 东南极托滕冰架新成果：1960 年代已加速排放冰物质

李荣兴（同济大学）

近年来，东南极冰盖整体呈现出稳定的状态，而东南极威尔克斯地

的托腾冰架则相对较为活跃。然而,由于 1990 年以前的遥感数据较少,质量较差,我们对该区域早期的变化状态了解十分匮乏,也因此增加了全球海平面上升贡献评估的不确定性。团队应用 ARGON 和 Landsat-1&4 数据,首次重建了托腾冰架 1963-1989 年三期历史流速图,与近期产品联合形成了近 60 年的长时间冰流速序列。研究表明,托腾冰架的冰流加速和物质排放增加在 1963 年就已经开始,短期加速主要与 1973-1985 年间发生的冰架前缘崩解有关,而接地线附近的加速是由绕极深层暖水入侵所致。1963-2018 年期间,持续的冰架底部融化驱动了接地线附近的冰流加速和冰通量持续增加,使得托腾冰架成为东南极对全球海平面上升的最大贡献者。

9. 多源遥感与再分析辐射产品在南极中山站至 Dome A 断面的适用性评估

贾佳佳(中国气象科学研究院)

在全球气候变暖的背景下,极区作为气候变化的“指示器”和“放大器”,其气候变化受到越来越多的科学关注。太阳辐射是地球能源的主要来源,近地面的辐射和热状况对天气和气候有着非常重要的影响,是天气、气候形成的主要因子。南极中山站至 Dome A 断面是中国在南极的重点考察区域,对该地区进行地面辐射的观测与研究可填补该区域辐射研究的空白,能定量揭示极区地表辐射特征和长期趋势演变。

本次报告将围绕东南极太阳辐射产品的适用性评估进行讨论,主要包括:(1)探讨东南极向下短波辐射的基本气候特征;(2)通过站点实测数据对卫星和再分析辐射产品在南极的适用性进行综合评估;(3)探讨南极太阳辐射产品误差的潜在影响因素。

10. 基于卫星遥感与冰盖数值模式的东南极 Fimbul 和 Jelbart 冰架区域长时序演化分析

李雁君（同济大学）

Fimbul 和 Jelbart 冰架区域作为东南极主要物质积累区域之一，对海平面上升起限制作用。本文采用多层约束匹配策略重建了 Fimbul 和 Jelbart 冰架 1963-1989 年冰流速，对其从 1960s 至当前的长时序冰流速和物质平衡演化进行了提取和分析，并基于 FETISh/Kori-ULB 冰盖数值模式对气候变化下该区域 2015-2300 年的未来演化进行了预测和分析。结果表明，1963-2020 年 Fimbul 和 Jelbart 冰架区域冰流速并未发生明显变化。1963-2015 年，该区域物质平衡为 $8.6 \pm 3.9 \text{ Gt a}^{-1}$ ，其中 Jutulstraumen 子流域和 Schytt 子流域分别贡献 85%和 15%，研究区域相对稳定的演化趋势也与整个东南极冰盖轻微的物质积累演化趋势相符。其次，到 2300 年，Fimbul 和 Jelbart 冰架区域在高排放和低排放情景下均处于轻微的物质积累状态，有助于缓解海平面的上升，且该区域物质损失主要受海洋条件驱动的冰架底部融化的影响。

11. 南极阿蒙森海附近海域南极绕极流变化及其对绕极深层水的影响

谢春虎（中国海洋大学）

南极阿蒙森海是世界冰川损失最大的区域之一，对全球海平面升高产生了重要的贡献。绕极深层水（CDW）向区域冰架的入侵是导致冰川损失的主要原因，CDW 主要随南极绕极流（ACC）的南部锋面到达这一海域。本研究利用卫星遥感海面高度数据和 Argo 网格化数据分析了阿蒙森海夏季 ACC 的变化及对 CDW 的影响。结果显示，在 1993-2022 年的 30 年间，区域 ACC 的南边界（SB）有明显北移趋势，而北

边界 (NB) 无明显移动趋势, 这使得 ACC 宽度呈收窄趋势。SB 的北移主要由区域 Ekman 北向输送南北差异导致的区域海面高度变化差异引起的。而随着 SB 的北移, 2004 年后阿蒙森海深海平原南部 CDW 的体积呈下降趋势。同时期深海区 CDW 的变化与陆架区 CDW 呈显著正相关, 说明深海区 CDW 能够直接影响 CDW 向陆架的入侵。

12. 南极苔原羰基硫产生与消耗过程及机制

张婉颖 (中国科学技术大学)

羰基硫 (OCS) 是大气中丰度最高的还原性硫化物, 参与形成硫酸盐气溶胶并影响地球辐射平衡, 是影响全球气候变化的重要痕量气体。目前, 还没有对南极苔原生态系统 OCS 通量进行测量与研究。通过野外静态箱室法和室内土壤培养实验相结合, 探究了苔原 OCS 产生与消耗过程及机制。结果表明: 南极普通高地苔原是大气中 OCS 的汇 ($-0.97 \pm 0.57 \text{ pmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), 可能地表植被和土壤中微生物的新陈代谢过程所致主要。相反的, 海豹和企鹅聚居区苔原是 OCS 的源, 这是由于海洋动物活动向聚居区苔原土壤输入了大量有机质和海洋源硫, 促进了土壤 OCS 的非生物产生过程。总体而言, 南极海洋动物活动通过影响土壤化学性质和微生物群落组成, 进而影响南极苔原土壤 OCS 的产生与消耗过程。

13. 基于 FY-3E GNSS-R 数据的海冰厚度反演

黎源 (中山大学)

全球变暖背景下北极海冰正急剧减少、不断变薄, 影响全球气候系统, 改变世界航运格局。作为最为关键的海冰参数之一, 海冰厚度一直缺乏可靠的高时空分辨率监测手段。本研究利用 FY-3E 卫星 GNSS-R 的反射率等数据, 通过构建 L 波段在海冰中传输的物理模型

实现了北极海冰厚度的遥感监测。研究结果与 SMOS 海冰厚度产品达到了较好的相关性 ($r=0.85$, $RMSD=16.69$ cm)。本研究表明国产 FY-3E 卫星 GNSS-R 数据是海冰厚度监测的可靠数据源,未来星载 GNSS-R 的组网观测具备高时空分辨率海冰厚度监测潜力。

14. 全球变暖下的冰盖-气候反馈机制

李大玮 (上海交通大学)

本研究关注冰盖与气候系统间的相互作用,采用数值模拟的方式,对冰盖-气候反馈机制 进行深入研究。针对冰盖淡水通量对局地和全球气候可能产生的显著影响和对冰盖自身消融速率的反馈作用,本研究采用双向耦合的冰盖-气候模式,从而克服传统的“单向驱动”的气候-冰盖耦合方式下反馈过程难以得到准确模拟的缺点;进一步考虑当前和未来 全球气候变暖背景,研究与南北极冰盖淡水通量相关的正、负反馈过程的综合作用、冰盖 淡水通量对大西洋经向翻转流的影响、以及消融中的两极冰盖彼此间的相互作用。数值模拟的结果有助于加深对冰盖淡水通量相关的气候反馈机制的认识、更准确地评估相关反馈机制的局地和全球效应、分离出关键的物理过程。

15. 冰盖内部结构探测、物质分辨与物质平衡估算模型不确定性评估

郝彤 (同济大学)

本报告主要汇报以下内容: 1) 第 38 次、39 次南极科考在冰盖浅层布设的金属链靶标的地面雷达探测结果; 2) 基于航空冰雷达数据开发的多种聚焦算法; 3) 基于集成学习的冰下水提识别方法; 4) 利用冰雷达测线数据融合输入输出法降低物质平衡估算模型的不确定性。

16. 北极海冰微结构变化对其光学性质的影响

于淼（大连理工大学）

随着海冰的融化，海冰微结构即海冰内气泡、卤水含量和分布在同步发生着变化。这些变化可以明显改变海冰的光学性质，进而改变北极地区的辐射分配并影响海冰的融化过程。

通过参数化方案和辐射传输模型，在海冰微结构和光学性质之间建立了联系。以北极科学考察期间采集的冰芯数据为基础，分析了北极海冰的微结构变化。冰顶层的气泡体积分数（ V_a ）的变化不显著，而冰内层的变化很显著。与 2008 年相比，2016 年内部层的平均 V_a 下降了 9.1%。同时，2008-2016 年卤水的体积分数明显增加。微观结构的变化导致冰内部的散射系数从 2008 年到 2016 年下降了 38.4%，而冰顶层的散射系数没有明显变化。此外，我们发现冰内部的变化与冰龄的年际变化显著相关。

以上结果表明冰微结构的变化可以独立改变冰下海洋的辐射吸收量，而且这种影响的程度和海冰厚度变化的影响接近。当冰内微结构随着融化过程而变化，海洋温度也相应增加，可以进一步促进海冰的融化。这是一个很少被考虑到的新反馈过程。

17. 北极海冰遥感监测及东北航道可通航性分析应用

郑照军（国家卫星气象中心）

风云卫星可实现北极海冰的实时和主被动遥感监测，覆盖海冰密集度、范围、类型和厚度等多个参数。1997 年以来北极海冰范围月平均值为 $1085.3 \times 10^4 \text{km}^2$ ，每 10 年减少 3.5%；9 月平均为 $491.7 \times 10^4 \text{km}^2$ ，每 10 年减少 15.9%，3 月平均为 $1531.1 \times 10^4 \text{km}^2$ ，每 10 年减少 1.2%，最小值减少速率是最大值减少速率的 12.7 倍。年最大、最小值出现时间每 10 年向后各推迟 6.0 和 0.3 天，融化变晚但速率加快。东北航道

无海冰障碍通航年平均初日为 8 月 22 日，终日为 10 月 11 日，平均可通航 51.2 天。无障碍通航初日每年提早 1.5 天，终日每年延后 0.6 天，总日数每年增加 2.1 天。2023 年，北极海冰范围最小值出现在 9 月 15 日，达 $425.9 \times 10^4 \text{km}^2$ ，为 26 年来第 6 小值；东北航道年内可全程无海冰障碍通航 47 天，8 月 26 日和 10 月 11 日分别为初日与终日。

18. 基于随机森林模型估算冬季北极海冰运动

张林欣（中山大学）

海冰在气候变化中起着重要作用。受空间分辨率和追踪算法的限制，基于微波传感器获取冰速在沿岸区域有很大不足。本研究开发了一种基于随机森林 (RF) 模型的北极冬季冰速估算的方法，此方法以 SAR 冰速作为训练数据，仅依赖再分析海表面风场和岸界参数。此方法冰速结果与浮标观测以及微波遥感冰速产品具有良好的一致性。与仅由海表面风训练随机森林模型 (RF-W) 估计的冰速相比，使用岸界参数 (RF-all) 的冰速结果与 SAR 冰速大小和角度的相关性分别提高了 25% 和 50%；这种改善在靠近海岸 100 公里范围内尤为显著。在输入变量重要性上，岸界参数重要性分别占 41% 和 36%（大小和方向），可见考虑海岸约束对于获取较为准确的北极大面冰速是不可忽略的。

19. 2021/2022 年南极夏季阿蒙森海冰间湖内外 N^* 、 Si^* 的特征及其指示意义

陈丽诗（自然资源部第二海洋研究所）

通过分析 2021-2022 年采集的南极夏季阿蒙森海冰间湖的营养盐样品，利用 N^* 和 Si^* 的数据分析南极夏季阿蒙森海的营养盐分布特征。结果表明在 50m 以浅，阿蒙森海冰间湖内外的 N^* 和 Si^* 存在较大的差异，阿蒙森海冰间湖内呈现低 N^* ($-10.56—0.73 \mu \text{mol/L}$)、高 Si^* ($25.83—$

60.2 $\mu\text{mol/L}$) 的分布特征, 而在阿蒙森海冰间湖外呈现高 N^* (-8.77—14.33 $\mu\text{mol/L}$)、低 Si^* (-5.54—28.15 $\mu\text{mol/L}$) 的分布特征。同时在冰间湖外发现开阔海域的 N^* 高于近岸, 而 Si^* 小于近岸, 与 73° S 的断面的分布趋势相同。通过地球化学示踪剂 N^* 和 Si^* 可以解释生物调控对海洋营养物循环的影响。

20. 南极阿蒙森海碳沉降通量季节变化特征及其关键影响因素

郭佳莹 (自然资源部第二海洋研究所)

海洋中颗粒有机碳 (Particulate organic carbon, POC) 的沉降是海洋碳循环的关键过程。在 2018 年和 2020 年分别在南极阿蒙森海开阔海区 (MA3-06) 和阿蒙森海冰间湖内 (MA11-02) 内布放沉积物捕获器收集沉降颗粒物, 分析 POC 沉降通量的季节变化特征和受控因素。研究发现阿蒙森海冰间湖内的 POC 通量范围为 0.27~64.74 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$, POC 含量占总物质通量的 5.73%~25.89%, 其通量峰值出现在 1 月末。阿蒙森海开阔海区的 POC 通量范围为 0.2~6.4 $\text{mg C m}^{-2} \text{d}^{-1}$, POC 含量占总物质通量的 6.9%~24.6%, 其通量峰值出现在 1 月初。结合遥感数据表明, POC 通量的季节变化与海冰密切相关。

21. 积雪密度分层演变方案对北极冰雪影响的模拟研究

尹豪 (中国海洋大学)

积雪在海洋-冰-大气耦合系统中扮演重要的角色。大多数海冰模式中, 积雪密度被设定为一个常数 (约 320 $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$), 忽略了积雪密度以及相关热力学参数的季节变化。本文将积雪密度分层演变方案引入 Los Alamos Sea Ice Model (CICE), 使积雪密度成为随时间变化的诊断变量。本文使用 ERA5 数据作为大气强迫场, 对改进前后的 CICE 以及其一维子模块 Icepack 进行了一系列数值试验, 并将模拟结果与浮标实

测 (Ice Mass Balance buoys, IMB)、遥感数据 (The advanced Microwave Scanning Radiometer 2, AMSR2) 以及模式 (SnowModel-LG, 以下简称 SM) 结果进行对比验证。结果显示, 除 7、8 月以外, CICE 与 SM 模拟积雪密度月平均绝对误差约为 $30 \pm 13 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。7、8 月 CICE 模拟积雪密度相对 SM 结果非常大, 可达 $100 \sim 200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, 其原因在于在 SM 中夏季冰面积雪几乎全部融尽, 而 CICE 中仍有相对较多的积雪可以存活过夏季。应力压实、新降雪造成的积雪块体密度减小以及风压实三个效应对积雪密度的贡献之比约为 1: -16: 17.5。密度分层演变参数化方案的引进使得积雪深度等参数的模拟得到了一定程度的改进。在 Icepack 柱模式的试验中, 我们对 42 个 IMB 浮标轨迹上的积雪深度、海冰厚度以及冰雪温度进行了模拟, 并与实测数据对比验证。结果显示, 引入了新的积雪密度分层演变参数化后, 相较于标准实验, 冬半年 Icepack 模拟积雪深度 (将平均 3 cm 的高估减小了 30%)、海冰厚度 (将平均 0.04 m 的高估减小了 34%)、积雪温度 (将平均 1.4°C 的低估减小了 50%) 以及海冰温度 (将平均 0.7°C 的低估减小了 10%) 均有一定程度的改进。从 CICE 的模拟结果来看, 相对 AMSR2 积雪深度数据, 较明显的改进发生在 80°C 以北的北极中央区: 新参数化方案的引入将冬季 (10 月至次年 4 月) 模拟积雪深度约 5 cm 的高估减小了约 10% (2013 至 2018 年)。

22. 四种新参数化方案对北极海冰模拟的影响

陆洋 (南京信息工程大学)

本文评估了两个 CMIP6 耦合气候模式, 即中国科学院地球系统模式第二代版本 (CAS-ESM2-0) 和南京信息工程大学地球系统模式第三代版本 (NESM3), 加入四个新的海冰参数化方案后, 对海冰模拟的影响。这四个新方案 (MEP 方案、IOP 方案、MPSD 方案和 3EQ 方案)

分别与海气热通量交换、辐射穿透和吸收、融池、冰海通量交换有关。结果表明，加入新方案后，这两个模式在模拟北极海冰密集度（SIC）和海冰厚度（SIT）方面都有所改进，减少了海冰边缘区3月份SIC的高估值，9月份SIC的低估也有所减少，并再现了SIT的空间梯度。加入新方案后，两个模式SIC和SIT的改进存在相似性。由于CAS-ESM2-0和NESM3是非常不同的气候模式，采用新方案后模式改进的相似性表明这些方案具有在其他气候模式中应用的潜力。

23. 基于被动微波的北极冰间水道提取能力评估及改进

龚家兴（中山大学测绘科学与技术学院）

在北极冬季，海冰在风力和洋流的共同作用下形成了线状的断裂带，这些断裂带通常被称为冰间水道。冰间水道是冬季海洋和大气之间能量交换的重要窗口。随着北极海冰不断减少，对冰间水道的准确提取及相关产品的生成，将有助于更准确地认识其对区域能量平衡的贡献及其在北极气候变暖放大效应中的作用。星载被动微波传感器大幅宽、短重访周期、穿云透雾的特点，已成为北极海冰的全天候、大范围观测的有力工具。随着被动微波高频段数据分辨率的提升，泛北极冰间水道分数（LF）产品逐步被开发并得到广泛应用，但产品的精度和适用性仍需得到进一步评估。

本研究利用国产风云卫星MERSI-II热红外波段获取的高精度参考LF，首先评估了现有已发布的基于被动微波的海冰密集度（SIC）产品用于冰间水道探测的能力，结果表明在冬春季SIC产品（6.25km）对水道的识别正确率较低，冬季平均为31%，随着温度升高，春季平均为50.3%。进一步的，研究评估了现有SIC产品和LF算法定量反演LF的能力。结果显示SIC产品（6.25km）与参考LF相比关系较弱（冬季 $r = -0.05$ ，春季 $r = 0.21$ ），而经由MODIS融合的高分辨率SIC产品（1km）

则与 LF 表现出一定的相关性(冬季 $r = 0.49$, 春季 $r = 0.63$), 但仍具有较大的偏差 (冬季 $\text{bias} = -13.8\%$, 春季 $\text{bias} = -8.6\%$) 不具备准确反演 LF 的能力。最新的 LF 算法在基于统计分析校正系数后改善了原有算法的高估现象 (冬季 $r=0.56$ vs. 0.36 , $\text{RMSE} = 17.6\%$ vs. 45.6% , $\text{bias} = -2.2\%$ vs. 32.9% ; 春季 $r=0.58$ vs. 0.44 , $\text{RMSE} = 15.8\%$ vs. 45.7% , $\text{bias} = -1.9\%$ vs. 32.9%)。但校正系数的获取极大依赖于参考 LF, 且校正系数值通常不具备代表性, 只在局部研究区域和时间适用。同时研究发现算法中空间增强滤波器的使用使得输入数据与参考 LF 间具有复杂非线性关系, 这使得采用线性插值的算法难以在像素级别获得较高的精度。

针对上述, 本研究采用具有非线性拟合能力的加权人工神经网络 (ANN) 取代了线性插值算法, 最终结果表明此方法反演结果相对于最新 LF 算法得到了更高的像素级 LF 精度 (冬季 $r=0.64$ vs. 0.56 , $\text{RMSE} = 12.8\%$ vs. 17.6% , $\text{bias} = 1.9\%$ vs. -2.2% ; 春季 $r=0.72$ vs. 0.58 , $\text{RMSE} = 11.1\%$ vs. 15.8% , $\text{bias} = 1.7\%$ vs. -1.9%)。值得注意的是, 用于模型训练的输入数据未设置上限, 最终整体反演精度的提高表明此方法泛化性较强, 可适用于不同时间并具备不同区域精确反演 LF 的潜力。综上, 本研究结果为基于被动微波数据反演 LF 提供了新方法和思路。

24. 基于深度学习的超分辨率网络在 AMSR2 北极海冰影像中的应用

蒋澎 (同济大学)

为了应对北极地区环境的动态变化, 对整个北极地区的海冰进行高空间分辨率的连续观测十分必要。被动微波传感器具有不易受天气影响、覆盖范围更广、时间分辨率更高等优点。然而, 由于被动微波图像的空间分辨率较低, 难以获取准确的海冰参数。本报告选择了四个多

影像超分辨率网络来解决分辨率问题，并探索网络在多频 AMSR2 北极海冰影像上的适用性。实验中，以影像序列输入长度作为超参数，得到网络的最佳影像序列的长度，进一步确定了不同频段图像上的最佳网络，为针对被动微波影像的超分辨率模型选择提供了指导。此外，本报告还分析了一些因素对超分辨率结果的影响，包括季节、海冰运动和图像的极化方式，并量化了这些因素对超分辨率结果的影响。

25. 融池和浮冰尺寸对北极海冰光学性质的影响

张航（大连理工大学）

Melt ponds are usually modelled as horizontally infinite water layer overlaying on level ice. Then the albedo of summer Arctic sea ice can be determined by a linear combination of melt pond and bare ice albedo weighted by their areal coverage. However, this simulation does not reflect actual reality, in which ponds always have a limited size. In the present study, a Monte Carlo (MC) model was employed to investigate the influence of melt pond and floe size on the apparent optical properties of summer sea ice. Two new parameters, the ratio of albedo (K_a) and transmittance (K_T) of the linear combination to the MC model, are proposed to present the accuracy of the linear combination. For small-sized floe, K_a and K_T decreased from 1.33 to 1.02 and from 3.96 to 1.05, respectively, as floe size increased from 2 to 40 m with an MPF of 50%. K_a increased from 1.10 to 2.00 as MPF increased from 0 to 100% with a floe size of 2 m. Solar radiation is more likely to penetrating into the lateral ocean in small floes than in large floes, and the small MPF, which has a high albedo, prevents solar energy from entering the floe. To reduce these uncertainties, new parameterization formulas for K_a and K_T at relative distance and different melting stages are provided. The results of this study can be used in future research to correct in situ data obtained via linear combination for floe sizes smaller than 20 m.

26. 基于浮标阵列和卫星高度计协同观测的北极海冰体积密度反演

周意（上海交通大学）

海冰体积密度（sea ice bulk density）是使用卫星高度计反演海冰厚度所需的一个关键变量。目前，有关北极海冰密度的认知主要基于早期建立的气候学数据和密度参数化，缺乏当代、有时空代表性的测量结果，进而导致了海冰厚度反演的不确定性。对此，本研究通过浮标阵列和卫星高度计的协同测量（2019 - 2020 年）首次估算了整个冬季时期的海冰体积密度，以调查海冰体积密度的最新状态和季节性变化。结果表明，整个冬季时期海冰的平均体积密度为 892.77 kg m^{-3} ，与典型的密度参数化结果相比有着更显著的时空变异性。此外，我们发现海冰体积密度与原位海冰吃水与厚度之比具有较高的相关性（ $R^2 = 0.94$ ）；这可以作为海冰体积密度的参数化方案，以改进当前海冰厚度反演的精度。

第 2 专题 极地海洋和大气过程及其气候效应

27. WRF 模式对于北极地区气象模拟的适用性研究

曹乐（南京信息工程大学）

本研究以两个北极观测站点（Barrow 和 Summit 站）为例，利用地面观测数据和统计学参数，评估了 WRF 模型在北极地区对于气象要素模拟的特性。同时，本研究还通过敏感性试验，辨明了不同的边界层参数化方案、资料同化以及更新海表温度对 WRF 模拟精度的影响。研究发现，WRF 模式在模拟气压方面表现最好，但对于风速的模拟则表现较差。而在测试的四种 PBL 方案（ACM2、MYJ、BL 和 YSU）中，MYJ 方案的总体表现最优。另外，资料同化方法也可以显著提高模拟的准确性。此外，在模式中更新海表温度会对北极地区特别是沿海站点的气象模拟产生两面性的不确定性的影响。

28. 南极中山站辐射-近地面臭氧对大气环流的响应

曾昭亮（中国气象科学研究院）

大气环流通过各种气团的对流，直接影响到某一地区的热力条件和降水。它还通过影响云、气溶胶等因子，间接地决定了到达地球表面的太阳辐射能量和近地面臭氧分布。南极在地表辐射平衡和气候系统中起着至关重要的作用，因为有许多重要且复杂的相互作用与反馈机制将南极地区的表面与全球气候系统紧密联系在一起。但目前为止，南极大气垂直结构，辐射-近地面臭氧等大气参数的时空变化机制研究仍比较初步。本报告将结合地面观测、无线电探空和再分析等多源数据，以南极中山站夏季为例，从大气环流角度探究和量化气象条件对南极辐射-近地面臭氧变化的影响。该研究可提高对南极气候变化，极区大气环境的认识。

29. 过去百年北极气温变化中外强迫和自然变率的相对贡献

陈晓丹（复旦大学）

北极长期增暖趋势上叠加着年代际到多年代际变率，这些年代际到多年代际变率在有些年代完全抵消了长期增暖趋势，在有些年代则导致北极变暖加剧。研究历史观测的北极温度变化，对预测北极未来变化有重要意义。利用多套观测数据、气候模式历史模拟、气候模式海温理想模拟，我们定量分析了气候系统外部强迫和内部变率对 1900 年以来北极表面温度的影响。首先，北极气温的总体变化是有外部强迫主导的，其中起到主要作用的是温室气体排放的长期增暖作用、火山爆发密集期结束后的恢复性增暖、气溶胶在 20 世纪后期的冷却作用。但北大西洋多年代际振荡为主的内部变率对 20 世纪初和最近 40 年的北极增暖、20 世纪中叶的北极变冷都有重要贡献。

30. 北极海冰边缘区变化对海冰特性和地表热收支的影响

陈颖（武汉大学中国南极测绘研究中心）

为了研究北极海冰边缘区变化对海冰特性和地表热收支的影响，本研究分析了 1979–2021 年北极海冰边缘区的时空变化；比较了常年海冰密集区、密集区变为边缘区、边缘区变为开阔水域内海冰热力和动力特征，以及地表热通量的变化；测试了夏季海冰边缘区参数预测 9 月北极最小海冰范围的潜力。结果表明：海冰密集区变为海冰边缘区的区域内，5 月部分区域的冰面融化提前，10 月冰面冻结显著延迟；夏季冰-海系统对短波辐射的吸收增强；冬季地表湍流热通量的释放增强，促进了北极温度放大，1979–2021 年 10–3 月近地表气温上升了近 8 K，约为整个北冰洋的 1.5 倍。6–8 月的密集区变为边缘区内的海冰密集度对 9 月北极海冰范围的预报能力优于整个北冰洋海冰密集度。

31. Decadal shifts of summer temperature and precipitation patterns in Eurasia continent

刁一娜（中国海洋大学）

The study shows that hot and dry summer in the east Siberian Mountains (ESM) and Central and Eastern Europe (CEU) in the early 21st century is a result of the decadal shift of a zonal stationary wave-train to a negative phase with persistent high pressures over the above regions. The decadal variability of the wave-train (beginning near the UK and extending eastward primarily along the subtropical jet and secondly along the subpolar front to eastern Asia (EASW)) is modulated by both the summer Northern Atlantic Oscillation (SNAO) and the sea surface temperature anomalies in the Norwegian and the Barents seas (NBSSTA). Entering the 21st century, the presence of the southern low-pressure center of the negative SNAO leads to a high pressure over the CEU. While the positive NBSSTA induces a southeastward wave activity flux from the Barents Sea which contributes to a high pressure over the CEU, a low pressure band from east of the Caspian Sea to western Siberia and a high pressure over the ESM (positive EASW). Contrarily, the opposite phases of the SNAO and the NBSSTA before the 21st century is accompanied by a positive EASW. Moreover, the negative EASW is accompanied by enhanced westerlies and background baroclinicities over the subpolar regions, a condition that contributes to wave energy propagation and travelling of cyclones from the northern Atlantic to Siberia along the enhanced westerlies, which reinforce the EASW and leads to increased precipitation over north Europe and western Siberia.

32. 极区风云卫星水汽综合评估

范荣峰（中国气象科学研究院）

The detection capability of the water vapor mixing ratio (q) and total

precipitable water vapor (PWV) products of the Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), the Atmospheric Vertical Sounder System (VASS), and Visible and Infrared Radiometer (VIRR) in Antarctica is unclear due to the harsh environment and the scarcity of ground-based stations. This study compares these products with data from nine radiosonde stations and ten Global Navigation Satellite Systems Stations and evaluates them using the CCHZ-DISO method. In the low atmosphere, the average wet bias of about 22% of VASS q is significantly greater than that of AIRS q (<15%), and the dry bias of AIRS is gradually corrected with increasing cloudiness, but the trend of exacerbated wet bias at 700 hPa requires attention. Meanwhile, VASS should optimize the inversion principle in the presence of clouds and refine the utilization weights of the channels heavily influenced by clouds under different cloud fraction conditions. Furthermore, when the atmospheric pressure is less than 500 hPa, VASS q exhibits a significant wet bias, and these data should be used cautiously. Both AIRS and VIRR detect PWV well in coastal areas, but VIRR PWV is significantly overestimated in the dry ice sheet plateau region. The CCHZ-DISO value intuitively reveals that AIRS outperforms VASS and VIRR in both q and PWV detection. The findings of this study contribute to a more comprehensive understanding of the detection capability of the above satellite water vapor products to promote the wider application of satellite data in the Antarctic region.

33. Controls of Topographic Rossby Wave Properties and Downslope Transport in Dense Overflows

韩显显（南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海））

Antarctic Bottom Water is primarily formed via overflows of dense shelf water (DSW) around the Antarctic continental margins. The dynamics of these overflows therefore influence the global abyssal stratification and circulation. Previous studies indicate that dense overflows can be unstable,

energizing Topographic Rossby Waves (TRW) over the continental slope. However, it remains unclear how the wavelength and frequency of the TRWs are related to the properties of the overflowing DSW and other environmental conditions, and how the TRW properties influence the downslope transport of DSW. This study uses idealized high-resolution numerical simulations to investigate the dynamics of overflow-forced TRWs and the associated downslope transport of DSW. It is shown that the propagation of TRWs is constrained by the geostrophic along-slope flow speed of the DSW and by the dynamics of linear plane waves, allowing the wavelength and frequency of the waves to be predicted a priori. The rate of downslope DSW transport depends non-monotonically on the slope steepness: steep slopes approximately suppress TRW formation, resulting in steady, frictionally-dominated DSW descent. For slopes of intermediate steepness, the overflow becomes unstable and generates TRWs, accompanied by interfacial form stresses that drive DSW downslope relatively rapidly. For gentle slopes, the TRWs lead to the formation of coherent eddies that inhibit downslope DSW transport. These findings may explain the variable properties of TRWs observed in oceanic overflows, and imply that the rate at which DSW descends to the abyssal ocean depends sensitively on the manifestation of TRWs and/or nonlinear eddies over the continental slope.

34. 北冰洋陆架区底部海洋热浪时空特征及其机制研究

何琰（自然资源部第一海洋研究所）

海洋热浪是发生在海洋中的离散的、持续一定时间的极端增暖事件。随着全球变暖，近年来海洋热浪事件频发并呈现出强度增强、持续更久的趋势，为生态、环境、经济等多方面带来了巨大影响。目前发现在中低纬度海洋底部也存在海洋热浪，而且持续时间往往比表层海洋

热浪更长。但北冰洋底部的海洋热浪变化特征及其机制尚不清楚，亟需研究。本研究利用多套国际再分析资料研究北冰洋陆架区表层和底层海洋热浪的时空分布特征和长期变化趋势，对北冰洋主要边缘海海洋热浪的差异及影响因素进行分析，试图阐明影响北冰洋陆架区海洋热浪变化的海-冰-气相互作用和关键气候过程，为预测未来北冰洋海洋热浪提供科学支撑。

35. 欧亚-北美冬季表面温度偶极模态及北极海冰的驱动作用

侯雨蓉（中国科学院大气物理研究所）

近几十年来，北极经历了剧烈的气候变化，北极表面迅速增温，海冰持续消融，对北半球中低纬度地区的气候变率产生了广泛影响。北极表面增暖速率是全球平均水平的 2-4 倍，被称为“北极放大”。已有研究表明，北极放大会引起中纬度欧亚大陆和北美大陆频繁的冷冬天气，形成“暖北极-冷大陆”的模式。此外，也有研究表明，在次季节时间尺度上，东亚和北美冬季极端温度事件呈现超前-滞后的跷跷板模式。目前，对于中纬度欧亚大陆和北美大陆之间的冬季表面温度是否存在系统联系，及其与北极海冰的相互作用尚不清晰。因此，基于统计分析和大气模式模拟，我们的研究表明中纬度欧亚大陆和北美大陆冬季表面温度在年际和多年代际时间尺度上存在偶极模式，这是由巴伦支-喀拉海海冰变率引起的。巴伦支-喀拉海海冰减少能够激发定常罗斯贝波列，在北半球中高纬地区形成纬向波数为 1 的大气环流异常，在西伯利亚北部表现为异常高压中心，北美北部表现为异常低压中心，分别驱动冷暖平流到中纬度陆地区域输送，形成“冷欧亚-暖北美”的偶极温度模式。这一研究结果对北半球气候变率、极端天气事件及其预测和评估具有重要影响。

36. 南北极增暖不对称原因初探

胡晓明（中山大学）

全球变暖背景下，北极强增暖和南极弱增暖的现象（南北极增暖不对称）稳定的出现在观测资料、再分析资料和模式模拟中。其不对称主要表现为冬季增暖不对称。北极冬季增暖放大的主要原因是由于季节能量迁移机制，即夏季海冰衰减带来的额外短波辐射增加被海洋吸收，在冬季促进冬季增暖放大。同样的机制在南极也存在，但被南大洋持续向北的热量输送抑制。两极增暖不对称的关键在于两极海冰的变化及其连带的季节能量迁移机制的差别。

37. 东南极普里兹湾固定冰物质平衡的季节与年际变动

李娜 中国极地研究中心（中国极地研究所）

基于 2009-2018 年东南极普里兹湾中山站与戴维斯站附近十年的固定冰物质平衡观测数据，系统分析了两站固定冰冰雪厚的季节、年际变动特征，比较了其变动特征的局地与区域差异，并定量刻画了南极沿岸气候系统中各变量对固定冰生长的控制作用，发现影响两站固定冰物质平衡过程主要因素为气温异常、冰上积雪和海洋热通量，这些动态的大气和海洋强迫与静态的局地环境因素叠加在一起，控制和调节着普里兹湾固定冰的季节和年际变化；指出普里兹湾固定冰冰雪厚虽存在明显的年际变化但并未呈现明显的变动趋势，其物质平衡在过去几十年中可能处于相对稳定的状态。该研究首次展示了普里兹湾十年的固定冰物质平衡自主观测数据，为环南极固定冰观测网络 AFIN 提供了持续和标准的输入，可用以支持南极海冰和气候模式的优化，有助于深入了解南极正在发生的复杂物理生物地球化学过程。

38. 北冰洋内波特征及其与中低纬度的差异

李群 中国极地研究中心（中国极地研究所）

在全球变暖的背景下，北冰洋在近四十年来快速变化，其中典型特征就是海冰的明显衰退。海冰的衰退减弱了海洋与大气之间的物理隔绝，改变了上层海洋的温盐结构，导致北冰洋内波与混合呈现新趋势。本报告基于观测及数值模拟，分析了北极海域两类主要内波，即近惯性内波与内潮波的独特特征。首先利用波弗特海锚系潜标数据，通过对 7 个典型爆发性近惯性内波事件的精确捕捉，对比分析了不同环境背景下的近惯性内波特征及机制。尤其是发现了海冰覆盖下，海冰快速运动激发强近惯性内波事件这一事实。动力机制分析表明，冬季海冰的快速漂移与海冰厚度不均一性的增强是冬季爆发性近惯性内波发生的主要驱动因素。其次聚焦北冰洋关键海峡通道，基于弗拉姆海峡的潜标观测阵列，给出了临界纬度以北斜压潮的能量辐射及耗散特征，发现了潮汐与地形相互作用过程中非线性效应在高纬度海域的显著放大能有效激发高频谐波的生成，进而导致能量的远距离输送及远场耗散。在此基础上，对比分析了北冰洋与中低纬度海洋内波的差异性及可能原因。

39. 基于海冰物质平衡浮标观测的叠加冰生成

林龙 中国极地研究中心（中国极地研究所）

叠加冰由表面积雪融水或降雨与积雪混合后在原海冰顶部重新冻结形成。叠加冰的生成需满足淡水和结冰环境两个条件。由于北极海冰积雪相对较薄，积雪融化较快，降雨主要发生在夏季，再加上受观测手段限制，北极海冰上的叠加冰几乎很难被观测到。我们利用布放在北冰洋中的海冰物质平衡浮标，在春季三月中旬观测到了叠加冰的生成。由于生成机制不同，叠加冰和雪冰在温度剖面上表现出明显区别。根据观测和再分析数据分析，推测此次叠加冰的生成源自气旋过程导致的表

面降雨。随着北极变暖，极涡减弱，未来此类事件发生的几率可能会越来越大。

40. 海冰模拟能力评估模型的发展与应用

林霞（南京信息工程大学）

本研究针对系统性海冰评估和预测的需求，开发了海冰模拟能力评估模型，并应用于海洋-海冰模式，以期为高效地管理模式输出以及改进模式模拟水平提供支撑。该评估模型提供了性能指标和诊断图片，用来评估海洋-海冰模式对极地海冰密集度，范围，外缘线位置，速度，厚度以及积雪深度的模拟能力。本研究利用该模型评估了参加 CMIP6 海洋模式比较计划的模式在历史情景下对南北极海冰的模拟能力。总体来说，模式偏差大于观测的不确定性，与不同的观测数据相比，模式的表现大体一致。通过将大气强迫场从 CORE-II 替换为 JRA55-do，南北极与海冰面积相关的变量的总体模拟情况（平均状态，年际变化，趋势），南极平均厚度，南北极平均积雪深度和海冰速度的模拟均得到改善。

41. CMIP6 中表面类型对北极放大的季节性和模式不确定性的影响

刘妍池（中山大学大气科学学院）

A robust phenomenon termed the Arctic Amplification (AA) refers to the stronger warming taking place over the Arctic compared to the global mean. The AA can be confirmed through observations and reproduced in climate model simulations and shows significant seasonality and inter-model spread. This study focuses on the influence of surface type on the seasonality of AA and its inter-model spread by dividing the Arctic region into four surface types: ice-covered, ice-retreat, ice-free, and land. The magnitude and

inter-model spread of Arctic surface warming are calculated from the difference between the abrupt-4 × CO₂ and pre-industrial experiments of 17 CMIP6 models. The change of effective thermal inertia (ETI) in response to the quadrupling of CO₂ forcing is the leading mechanism for the seasonal energy transfer mechanism, which acts to store heat temporarily in summer and then release it in winter. The ETI change is strongest over the ice-retreat region, which is also responsible for the strongest AA among the four surface types. The lack of ETI change explains the nearly uniform warming pattern across seasons over the ice-free (ocean) region. Compared to other regions, the ice-covered region shows the maximum inter-model spread in JFM, resulting from a stronger inter-model spread in the oceanic heat storage term. However, the weaker upward surface turbulent sensible and latent heat fluxes tend to suppress the inter-model spread. The relatively small inter-model spread during summer is caused by the cancellation of the inter-model spread in ice-albedo feedback with that in the oceanic heat storage term.

42. 涡旋活动对波弗特流涡盐跃层经向非对称性的影响

陆瑾玲（中国海洋大学）

在北极海冰快速减退的背景下，海冰的消融和开阔水域的增加影响了波弗特环流（BG）区域的中尺度过程和海洋层化特征。本研究采用现场观测资料（2003-2018）、卫星高度计（1993-2019）和再分析数据（1980-2020），研究加拿大海盆（CB）区的涡旋活动与盐跃层的变化。研究发现，近 20 年来，波弗特流涡南部盐跃层深度加深了约 40 m，北部盐跃层加深了约 70 m，，两侧盐跃层差异缩小，表现出经向非对称性减弱的特征。在海盆区上层海洋涡旋活动发生增强的同时，流涡内涡旋侧向通量导致的淡水辐聚增强。涡旋活动的长期调制促进了上层淡水的再分布，从而减弱了盐跃层经向非对称性。

43. 南大洋资料同化系统 (DASSO): 海冰同化研究

罗昊 (中山大学大气科学学院)

To improve Antarctic sea-ice simulations and estimations, an ensemble-based Data Assimilation System for the Southern Ocean (DASSO) was developed based on a regional sea ice - ocean coupled implementation of MITgcm and the parallel data assimilation framework (PDAF), which assimilates sea-ice thickness (SIT) together with sea-ice concentration (SIC) derived from satellites. The result of experiments conducted from 15 April to 14 October 2016 shows that assimilating SIC and SIT can suppress the overestimation of sea ice in the model-free run. However, a covariance inflation procedure is required in data assimilation to improve the simulation of Antarctic sea ice, partially due to the underestimation of atmospheric uncertainties. Thus, a multivariate balanced atmospheric ensemble forcing is further developed for DASSO based on the high-resolution ERA5 reanalysis, which considers the relationship between different variables and adjacent times. The model-free run of 2016 shows that this newly generated atmospheric ensemble forcing can suppress model errors of SIC and produce better estimates of simulation uncertainties. Further analysis reveals the improvement stems from a better representation of atmosphere-ocean and sea ice-ocean thermodynamic processes in the model. This makes it possible to improve the background error estimate of DASSO. Based on this improvement, the observation error estimate and the localization scheme are further optimized for DASSO. The preliminary result of the long-term data assimilation experiments shows that compared with our initial configuration, optimized DASSO can better reproduce the condition of Antarctic sea ice and decrease reliance on the covariance inflation procedure significantly. And detailed analysis of the above phenomenon is in progress. Along with more Antarctic sea ice observations due to be released soon, the prospects

look bright for reconstructing long-term Antarctic sea ice conditions, especially SIT and volume, through sea-ice data assimilation.

44. 候变暖背景下北冰洋海盆区海-冰-气相互作用的变化

潘蓉蓉（自然资源部第一海洋研究所）

北极的区域性气候变化对当地生态系统和近北极国家的气候变化产生了实质性影响。我们对最新的 CMIP6 气候模式的分析表明，在气候变暖背景下，未来北极的气候变化将十分显著，主要表现为：由于大西洋化逐渐向北冰洋海盆区推进，欧亚海盆区海冰急剧减少、海洋向大气释放热量增加、海洋混合层加深、表层气温快速升高，海-冰-气相互作用在其中发挥了正反馈作用。北极海-冰-气相互作用的变化与大西洋水向极热输送的变化存在显著的关系。但是，CMIP6 气候模式对北极气候变化的模拟存在较大差异，主要是因为 CMIP6 气候模式对海洋向极热输送的模拟具有很大不确定性。这种海洋向极热输送往往与 CMIP6 气候模式中的海洋分量模式有关。因此，当前气候模式中，北极气候变化的程度对海洋分量模式具有很强的依赖性，这也意味着提升海洋分量模式的模拟能力可以显著减小气候模式对北极模拟和预测的不确定性。

45. 基于 MOSAiC 观测的北极大气边界层高度特征研究

彭诗杰（中山大学）

大气边界层在北极气候系统中的重要作用已经得到广泛认可，但北极大气边界层高度作为一个重要参数却很少被研究。利用北极气候研究多学科漂移观测站（MOSAIC）期间的全年探空数据集，我们改进了一种考虑到云层影响的基于 Richardson 数的边界层高度算法，并分析了北冰洋上大气边界层高度的特点和变化。结果显示，边界层高度年

变化的特点是在 5 月有一个明显的峰值,在 1 月和 7 月有两个最小值。这种年变化主要由边界层热力结构的演变控制。冬季和夏季的逆温结构分别被季节性的辐射冷却和表面融化所加强,导致较低的边界层高度。此外, MOSAiC 的边界层高度比夏季北冰洋表面热收支 (SHEBA) 实验中的边界层高度受到更多的抑制,这表明在北极夏季大气边界层结构存在很大的变化。

46. Arctic sea ice leads detected using Sentinel-1B SAR image and their responses to atmosphere circulation and sea ice dynamics

屈猛 中国极地研究中心 (中国极地研究所)

Arctic sea ice leads are linear fractures in pack ice, which provide narrow windows for the enhanced exchange of mass, energy, and momentum between the atmosphere and ocean. However, the parameterizations of the sub-grid (< 1 km) lead distribution and its associated dynamic processes are still challenging for numerical sea ice modelling. This study explores the dynamics governing lead formation in the Arctic Ocean using multiple data sources including Sentinel-1 synthetic aperture radar (SAR) images, buoy arrays, and atmospheric reanalysis. Random forest (RF) models trained based on the polarization and texture features of SAR images were compared, and an optimal RF model sensitive to narrow leads was selected with implement of screening based on lead geometry. As a case study, the lead distribution along the buoy trajectory in the central Arctic Ocean during the freezing period of 2018 - 2019 was obtained. An enhanced lead opening was observed as the sea ice motion swerved from clockwise circulation following the Beaufort Gyre (BG) to meridional advection when assembled into Transpolar Drift (TPD). Synoptically, active lead-opening events associated with ice divergence driven by cyclones were identified. We noticed a dramatic change in the backscatter signal in the leads caused by the growth

of thin ice and formation of frost flowers. The identification of narrow leads and the response mechanism of lead evolution to atmospheric forcing and ice deformation given in this study are conducive to increasing our understanding of the response mechanism of sea ice to atmospheric dynamic processes and supporting the numerical simulation of lead evolution.

47. Roles of Atmospheric Variability and Arctic Sea Ice in the Asymmetric Arctic – Eurasia Temperature Connection on Subseasonal Time Scale

任宏利（中国气象科学研究院）

Despite the severe impacts on Eurasian extreme weather, the mechanisms and causes of the “warm Arctic – cold Eurasia” (WACE) pattern and its opposite phase “cold Arctic – warm Eurasia” (CAWE) remain a subject of active debate. With a focus on subseasonal time scale, this study investigates the roles of atmospheric variability and Arctic sea ice in the variation of asymmetric WACE and CAWE patterns in the cold season. WACE (CAWE) patterns are predominantly driven by the temperature advection by anticyclonic (cyclonic) wave activity anomaly over Ural region. Low-frequency processes from both eddy vorticity and heat fluxes are important for the formation of the Ural wave activity anomaly. The subseasonal Arctic sea ice anomaly plays an additional role in maintaining the persistence of WACE and CAWE anomalies through surface heat flux exchange and alteration of Ural wave activity anomaly. Both comprehensive and idealized numerical experiments suggest that sea ice anomalies or thermal forcing act to maintain the WACE pattern by increasing the persistence of Ural anticyclonic anomaly through reducing background flow. The net effect of subseasonal thermal forcing on the WACE and CAWE anomalies is dependent on the mean state on longer time scale. We argue that

the dominance of WACE over CAWE is mainly attributed to stronger roles of internal low-frequency atmospheric variability in driving the Ural anticyclonic anomaly and sea ice anomaly or thermal forcing in extending the persistence of the Ural anticyclonic anomaly through modulation on the background flow.

48. 北极海洋大气中黑碳颗粒物丰度和混合状态的空间差异性

滕晓咪（浙江大学）

黑碳（black carbon, BC）颗粒物能显著促进北极变暖，其性质存在空间差异性。然而相关观测数据较少，尤其缺乏对海表面大气中 BC 的观测。根据 2022 年 5-6 月在北极格陵兰岛附近海域开展的船基观测，我们将北极海表面大气分为四类：偏远融冰海域大气（IS）、典型开放海域大气（OS）、受城市影响的沿海大气（UA）和受船舶排放影响的污染大气（SE）。结果表明，BC 的质量浓度（17.7-62.5 ng/m³）、单颗粒丰度（数量百分比 7-30%，粒径范围 80 nm-2 μm）、单颗粒混合状态（内混黑碳的占比在 48-86%之间）和来源（13-19%来自生物质燃烧）都具有很强的空间差异性，这表明 BC 从近海岸（UA）传输到 IS 的过程中经历了老化过程。北极区域气候模式通常应将 BC 的空间差异性考虑在内。

49. 北极平流层臭氧变化对北太平洋表层洋流和海温的影响

王涛（兰州大学）

基于再分析资料结合海气耦合模式，探究了北极平流层臭氧（TCO）对北太平洋海洋环流和海温的影响。发现 3 月 TCO 减少有利于 4 月北太平洋北部（中部）显著的向北（向南）的表层洋流异常。3 月 TCO 减少可引起北极平流层极涡的增强，进而引起对流层正北极涛动型（AO）大气环流异常，该 AO 异常伴随着东亚中纬度东风异常，进而向下游的

北太平洋地区传播，引起北太平洋东风异常。北太平洋东风异常可通过天气尺度涡旋-基本气流相互作用引起负北太平洋涛动型（-NPO）大气环流异常，该-NPO 异常进而通过风摩擦和科氏力导致上述洋流响应，并且该表层洋流响应可通过海洋热输送引起正维多利亚型海温异常。因此，北极平流层臭氧信号对北太平洋的变化具有预测指示意义。

50. CMIP6 我国模式评价及未来北极夏季无冰时间预估

王晓春（南京信息工程大学）

本研究利用 CMIP6 中气候系统模式历史试验的输出结果，对这些模式，特别是我国的 9 个模式对南北极海冰的模拟状况进行了评估，评估的变量包括海冰密集度、海冰范围、海冰厚度、海冰漂移速度等，然后利用两种方法，在两种排放情景的假定下，对未来北极夏季无冰时间进行了预估。参加 CMIP6 的 9 个中国模式分别是 BCC-CSM2-MR、BCC-ESM1、CAMS-CSM1-0、CAS-ESM2-0、CIESM、FGOALS-f3-L、FGOALS-g3、FIO-ESM-2-0 和 NESM3。对北极海冰的模拟方面，多数模式高估海冰范围季节变化的最大值；5 个模式高估了 3 月北极海冰范围减小的趋势，4 个模式低估了 9 月北极海冰范围减小的趋势。参加 CMIP5 及 CMIP6 具有传承关系的我国 4 个模式在北极海冰范围季节变化及长期趋势方面有了明显的改善。3 月海冰密集度模式误差主要集中在海冰边缘地区；9 月北极海盆地区以及海冰边缘地区均存在误差。对南极海冰模拟方面，多数模式倾向于低估南极海冰范围及海冰厚度。在对 56 个 CMIP6 模式评估的基础上，删选出 19 个模式使用集合平均法及相关约束法对未来北极夏季无冰时间进行了预估。在中等排放情景下（SSP245），相关约束法及多模式集合平均法都预估在 2065 年前后北极将会首次出现夏季无冰的情况。在高排放情景下（SSP585），相关约束法及多模式平均法都预估在 2050 年前后北极将会首次出现夏季

无冰的情况。两种方法在使用同样的模式组合时预估的结果相差不大。与其他研究类似，两种情景下的预估仍然存在很大的不确定性。

51. 基于 DTOP 平台观测的阿尔法海脊上层海洋水文特征与海洋热通量的变化研究

王永俊（中国海洋大学海洋与大气学院）

在阿尔法海脊区，次表层以下各个季节普遍存在阿拉斯加沿岸水 (ACW)，盐度范围整体为 30.5~32.3 psu。2021 年 6~8 月 ACW 的核心温度超过了 -0.9°C ，比同区域的气候态平均值高出大约 0.4°C 。波弗特流涡在北极涛动负位相年的扩张可能是造成这一现象的主要原因。夏季冰底海洋热通量 F_h 与进入上层海洋的净短波辐射通量有密切关系，最大时可达到 25 W m^{-2} 。ACW 在 2021 年 6~8 月热含量超过 80 MJ m^{-2} ，ACW 此时向混合层传递的湍热通量大约为 $3\sim 4 \text{ W m}^{-2}$ 。 F_h 在 2018 年与 2021 年秋季均下降至 2 W m^{-2} 。当盐跃层结构在风暴过程中被破坏时，次表层暖水热量的释放可以使 F_h 短暂上升至大约 5 W m^{-2} 。在 2021 年夏季阿尔法海脊区存在强烈的上升流，艾克曼抽吸速度最快达到 40 cm d^{-1} ，从而导致 ACW 的减薄与核心温度的降低。

52. Rapid increase of the extreme summer heatwaves in the subpolar regions in the recent decades

王雨晴（复旦大学）

Since 1980, both the intensity and duration of summer heatwaves in the middle and high latitudes of the Northern Hemisphere have significantly increased, leading this region to become a critical area for the significant increase in frequency of extremely intense long-lived compound heatwaves. We define extremely intense long-lived compound heatwaves as events that have both extremely high intensities and extremely long durations. We find

that stronger and more persistent high-pressure systems and lower soil moisture before the events are the main drivers of extremely intense long-lived compound heatwaves. These factors can change heatwave intensity and duration by influencing surface solar radiation and land-atmosphere interactions during the event. Using the Self-organizing Maps classification method, we find that six weather patterns with increased frequency, intensity, and duration are the main dynamic factors leading to the increase in extremely intense long-lived heatwaves after 1980. In addition, a decrease in summer average soil moisture in the middle and high latitudes of the Northern Hemisphere is found to be the main thermodynamic factor leading to the increase in these extreme heatwaves.

53. 北极太平洋扇区上混合层多年变化趋势及其对海冰快速消融的响应

王媛琪（华东师范大学河口海岸学国家重点实验室）

近几十年来北极的增温幅度是全球平均的 2 倍以上，这种被称为“北极放大”的现象已成为全球气候变化最为显著的特征之一。北极太平洋扇区海冰的面积和厚度剧烈变化，多年冰已向季节性海冰转变，夏季开阔海域和持续时长不断增加。利用 1996-2021 年间的历史航次观测数据及模型再分析资料对北极太平洋扇区陆架的上层混合层多年变化进行分析。以 2007 年为分界线，白令海-楚科奇海陆架区的上混合层呈现先变浅后变深的趋势。混合层加深与风应力增强和无冰期延长密切相关，且在海冰新常态下风的搅拌作用对上层海洋的累积效应显著增强。海冰消融引起的上层海洋动态变化对区域生态系统也产生了深远影响，扇区陆架出现秋季藻华现象，海洋酸化日趋严重。

54. 多尺度海洋过程对南极冰盖的影响

王召民 南方海洋科学与工程广东省实验室（珠海）

冰盖模型中模拟的底部融化速率非常不确定，部分原因是向冰架的海洋热量输送过程了解不足。报告将回顾对这种热量传输的最新观测和模拟进展。受南大洋主要环流特征调节，绕极深层暖水更靠近南极大陆周围的别林斯高晋海-阿蒙森海和合作海区域(60° E到90° E)，以及更东边到160° E的部分。这些区域内的冰架由于热带强迫和西风带加强的效应，底部融化在增强。在西南极边缘海，等密面结构有利于绕极深层暖水跨陆坡向冰架输送，而在东南极边缘海，自东向西流动的南极陆坡流不利于绕极深层暖水入侵。涡旋和地形槽则有利于将热量输送到冰架的前缘甚至腔体内。在腔体内，向冰架底部的热通量受到腔体几何形态、腔体环流和腔体下方水团性质的控制。

55. 冰海应力对南大洋亚极地海洋的影响：海洋表层流速的作用

武扬（南京晓庄学院）

The mechanical influences involved in the interaction between the Antarctic sea ice and ocean surface current (OSC) on the subpolar Southern Ocean have been systematically investigated for the first time by conducting two simulations that include and exclude the OSC in the calculation of the ice-ocean stress (IOS), using an eddy-permitting coupled ocean-sea ice global model. By comparing the results of these two experiments, significant increases of 5%, 27%, and 24%, were found in the subpolar Southern Ocean when excluding the OSC in the IOS calculation for the ocean surface stress, upwelling, and downwelling, respectively. Excluding the OSC in the IOS calculation also visibly strengthens the total mechanical energy input to the OSC by about 16%, and increases the eddy kinetic energy and mean kinetic energy by about 38% and 12%, respectively. Moreover, the response of the

meridional overturning circulation in the Southern Ocean yields respective increases of about 16% and 15% for the upper and lower branches; and the subpolar gyres are also found to considerably intensify, by about 12%, 11%, and 11% in the Weddell Gyre, the Ross Gyre, and the Australian-Antarctic Gyre, respectively. The strengthened ocean circulations and Ekman pumping result in a warmer sea surface temperature (SST), and hence an incremental surface heat loss. The increased sea ice drift and warm SST lead to an expansion of the sea ice area and a reduction of sea ice volume. These results emphasize the importance of OSCs in the air-sea-ice interactions on the global ocean circulations and the mass balance of Antarctic ice shelves, and this component may become more significant as the rapid change of Antarctic sea ice.

56. 基于雷达测高的南北极海冰边缘区卫星遥感

徐世明（清华大学）

海冰边缘区(Marginal Ice Zone)是极地多圈层相互作用的关键区,对海冰生消和极地海气相互作用具有重要影响。由于冰缘区过程复杂、典型时空尺度较小、以及现场作业难度较大等限制,目前冰缘区的观测事实和科学认识仍十分有限,因此是海冰和极地研究的国际热点和难点。本报告将介绍基于雷达测高的风浪影响边缘区的卫星遥感观测最新进展,介绍基于不同类型的雷达测高仪的反演方法和不同测高卫星的融合算法,重点关注两极关键区域冰缘区的气候态和时空变率。本报告将进一步展望南北极海冰边缘区的长期变化和气候数据集,风浪-海冰相互作用关键过程等相关问题。

57. Impact of Katabatic Wind Events Variability on Sea Ice Dynamics in Terra Nova Bay Polynya, Antarctica

许媛媛（北京师范大学）

Polynyas along the Antarctic coastline are essential for sea ice production and the formation of Antarctic Bottom Water (AABW). They are formed and maintained by strong and persistent katabatic winds that push the ice away from a specific area. Our study, based on satellite data and in-situ meteorological observations, indicates a reduction in sea ice concentration in the Terra Nova Bay region from 2013 to 2021. The sea ice concentration was found to be at its peak during the austral winter season, followed by autumn and spring, and at its lowest in summer. Alongside this, it was observed that katabatic wind events (KWEs) in this region had increased over time, which coincided with the expansion of the Terra Nova Bay Polynya (TNBP) extent. The fluctuations in the extent of the polynya and the duration of KWEs revealed a robust positive correlation throughout all seasons, particularly in the austral spring and autumn. Therefore, the recent strengthening of katabatic wind events is considered a significant factor contributing to the reduction of sea ice in TNBP. We find that the enhancing of the frequency of KWEs occurrence is coherent with the trend toward a positive SAM in recent years.

58. 北冰洋西部中尺度涡旋及其边缘增强的混合：反射地震观测

杨顺（同济大学）

近年来，北冰洋的海冰覆盖面积急剧下降，导致湍流混合和涡旋活动增强。由于缺乏高分辨率的观测数据，我们对北冰洋湍流混合的了解并不全面。这项研究利用三条高空间分辨率（ $\sim O(10)$ m）的地震反射剖面和同步的 ADCP 导出的流速数据，在北冰洋西部无冰的楚科奇边

境区发现了 11 个中尺度涡旋。其中 82% 属于盐跃层内反气旋涡。这 11 个涡旋的水平尺度总长度占三条地震测线总长度的 40%。在这些涡旋的边缘，根据地震数据估算的垂向扩散率可达约 $10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ，与楚科奇边境区的平均值（约 $10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ）相比明显增强。利用 ADCP 流速数据以及历史 CTD（温盐深仪）的温度和盐度数据，通过细尺度参数化方法对地震估算的扩散率进行了验证，这两种方法的结果总体一致。涡旋边缘增强的垂向扩散率可能归因于涡旋顶部和底部边缘的剪切不稳定性以及涡旋侧边界的亚中尺度运动。最后，我们强调，北冰洋盐跃层内的中尺度涡旋边缘垂向混合的增强会增加向上的热通量，从而将大西洋暖水的热量传递到海表，这可能会进一步促进表层海冰的融化。

59. The impact of sea-ice melting on the evolution of sea surface pCO₂ in a polar ocean basin

杨威（集美大学极地与海洋研究院）

The strong CO₂ sink in the Arctic Ocean plays a significant role in the global carbon budget. As a high-latitude ocean system, the features of sea surface pCO₂ and air-sea CO₂ flux are significantly influenced by sea ice melt, but the evolution of pCO₂ during sea ice melt remains poorly understood. Here, we investigate the pCO₂ dynamics during the progress of sea ice melt in the western Arctic Ocean based on data from two cruises in 2010 and 2012. Our findings reveal significant spatiotemporal variability in surface pCO₂ on the Chukchi sea shelf and the Canada Basin with a boundary along the shelf breaks at depths of 250-500 m isobaths. On the Chukchi Sea shelf, strong biological consumption dominates the pCO₂ variability. However, the pCO₂ dynamics in the Canada Basin, a polar ocean basin, are modulated by a variety of processes during seasonal sea ice melt.

At the active sea ice melt stage before sea ice concentration decreased to 15%, a combination of biological production and dilution of Ice Melt Water reduced $p\text{CO}_2$, although it was counteracted by CO_2 uptake at air-sea interface. In contrast, the increasing temperature and gas exchange overwhelmed the biological uptake, and thus elevated the sea surface $p\text{CO}_2$ at the post sea ice melt stage. We argue that the enhanced air-sea CO_2 uptake under high wind speed would also contribute to the elevated sea surface $p\text{CO}_2$ in 2012, both at the active sea ice melt stage and the post sea ice melt stage. These findings are beneficial for CO_2 flux estimation, model simulation in Arctic Ocean, especially in the context of global climate change with diminished ice cover at surface and the changes in wind fields.

60. 2007–2009 年白令海陆架区水团与生物光学特征分析

姚宇斌（中国海洋大学）

基于 2007-2009 年四次巡航期间获得的现场观测数据, 本文对白令海陆架区的水文和生物光学特征进行了分析。根据海水的温盐性质, 对白令海陆架区的水团进行了划分, 不同水团的叶绿素 a 浓度存在差异。同时, 本文计算了水柱的下行漫射衰减系数($K_d(\lambda)$), 其光谱在 412—665 nm 呈先降后升的趋势。在可见光波段, 叶绿素 a 浓度与 $K_d(\lambda)$ 之间存在着很强的相关性: 在空间上, 北陆架区叶绿素 a 浓度高于南陆架区, 这与 $K_d(\lambda)$ 的分布特征一致; 随着春季水华对营养盐的消耗, 两者均在夏季达到最小值; 垂向上, 两者在同一深度达到最大值。此外, 根据两者之间的相关性, 建立了两个光谱模型, 为估算白令海陆架区生物光学性质提供了新的方法。

61. 2020 年大气环流异常对北极海冰外流及巴伦支海和格陵兰海海冰状

张凡一（武汉大学中国南极测绘研究中心）

北极海冰向大西洋的外流对北极海冰质量平衡以及巴伦支海和格陵兰海的海洋环境至关重要。以 2020 年冬季北极涛动出现极端正位相为例，结果显示冬季通过三个输出通道的海冰总面积通量高于 1988 - 2020 年的气候平均。弗拉姆海峡作为主要海冰输出通道，占输出总量的 77.6%。较大的海冰面积通量与大气环流异常显著相关，特别是冬季北极涛动的正位相以及冬春季节横跨北冰洋东西部的气压梯度。北极海冰外流的异常增大导致巴伦支海和格陵兰海的海冰面积和海冰厚度增加，从而进一步阻碍了海表温度的升温。因此，研究表明，冬春季的北极海冰外流可被视为随后几个月至初夏巴伦支海和格陵兰海海冰变化的预测因子，进一步加深对于北冰洋与外围海域之间物理联系的了解。

62. 基于同步采集的反射地震和水文数据研究次表层涡旋：以楚科奇边境地和白令海为例

张锴（同济大学）

次表层涡旋是指旋转速度最大核心出现在表层/上混合层和次表层（混合层以下）的涡旋。次表层涡旋对海洋内部混合及物质能量输运具有重要的意义。然而由于传统的水文观测方法空间分辨率低，目前对次表层涡旋的认识仍然非常有限。地震海洋学是使用主动源的地震波来对水体波阻抗（密度 \times 速度）差异反射率进行成像的方法，具有分辨率高和采集速度快的优势。基于 Marcus G. Langseth 号调查船 2011 年 8 月-10 月同步采集的反射地震和水文数据，我们在楚科奇边界地和白令

海发现了大量的次表层涡旋。这些次表层涡旋及其边缘在地震断面上表现为透镜状、丘状、叠瓦状、铲状等特殊结构，结合流速断面和温盐剖面确认了这些次表层涡旋的旋转方向和核心性质，给出了研究区次表层涡旋的空间展布。基于地震断面，我们估算了这些次表层涡旋的直径、深度、厚度等几何参数，分析了各个参数之间的相关关系，为次表层涡旋的参数化提供了依据。估算结果表明，这些次表层涡旋在楚科奇边界地总输运量可以达到 0.56 Sv，对北极海冰的融化可能具有重要的影响。

63. QBO 与中国东南部冬季降水的联系及其年代际变化

张如华（复旦大学大气与海洋科学系）

利用观测和模式资料，分析了 QBO 对中国东南部冬季降水型的影响。结果表明中国东南部冬季降水 EOF1 在过去的 60 年表现为单极型模态，但 QBO 的调控作用在 20 世纪 90 年代中期前后发生了明显的变化。90 年代中期以前，QBO 与降水存在显著负相关，之后二者联系减弱。这一变化源于 QBO 的副热带影响与 Holton-Tan 效应的相互作用：90 年代中期以前，QBO 的副热带影响和 Holton-Tan 效应导致东亚上空出现纬向压力梯度和经向风异常，进而影响了中国东部水汽和降水的经向输送。然而，90 年代中期以后，Holton-Tan 效应增强，平流层下传的极涡信号和 QBO 的副热带影响导致东亚上空存在经向压力梯度，相应的水汽通量差异缺乏统计学意义。上述结果表明，在利用 QBO 信号改进东亚冬季降水预报时，应同时考虑 QBO 的副热带响应和 Holton-Tan 效应。

64. MOSAiC 期间海冰厚度模拟及诊断分析

赵嘉炜（南京信息工程大学）

北极气候研究多学科漂移观测计划（MOSAic）于 2019 年 10 月至 2020 年 9 月开展，在为期一年的观测中收集了大量的北极大气、海冰实测数据。但 MOSAiC 公开的观测资料存在较多缺测，缺测主要集中在 2020 年 5 月中旬至 2020 年 6 月中旬和 2020 年 7 月下旬至 2020 年 8 月下旬。本研究使用 MOSAiC 观测的大气强迫场及一维海冰模式 ICEPACK 分段模拟海冰厚度，并与观测进行对比。模拟结果表明对积雪模拟的误差是冬春季节海冰厚度模拟误差的主要原因，对海冰反照率模拟的误差是夏季海冰厚度模拟误差的主要原因。为了弥补 MOSAiC 观测数据的缺测，我们对比了 ERA5 再分析资料和 MOSAiC 大气强迫场，结果表明两者的差别较小，用 ERA5 强迫 ICEPACK 是可行的。未来将使用 MOSAiC 期间 ERA5 大气强迫场进行海冰厚度模拟及诊断分析。

65. 液态降水与地表气温对北极海冰开始融化时间的影响

周璇（中国海洋大学）

海冰最早开始融化时间（EMO）是体现海冰融化的重要指标，也是影响海冰热收支的关键因素。本文使用 EMO 遥感数据、ERA5 再分析资料和海冰密集度数据分析研究了地表气温和液态降水对 EMO 影响的相对贡献。研究显示，在 5 个研究海区中，大西洋扇区南区 EMO 提前最显著，1979-2021 年的变化率为 3.3 day/dec。北极各海区的地表气温与 EMO 有着持续 1-2 个月的显著相关时段，其中太平洋扇区南区、大西洋扇区北区和南区的地表气温较之液态降水与 EMO 相关的持续时间更长，相关性也更强；而对太平洋扇区北区和北极中央区，只有在 EMO 发生前的 2-3 周，液态降水对其 EMO 有着更高的贡献。对于太

平洋扇区北区，大气环流提供的强水汽输送通道伸入该海区，使对流层低层饱和水汽增多，500hPa 位势高度的多年变化趋势具有三波绕极环流加强的结构，也有利于经向的热量交换，使比湿的垂向梯度进一步增加，为该海区 EMO 的提前起到一定的促进作用。对于北极中央区，在 EMO 提前的年份，液态降水较常年偏高 33%，不仅气候态意义下的太平洋水汽通道的输送加强，欧亚大陆上空的水汽通道也与之汇合，促使北极东部形成气旋式水汽输送模态，为 EMO 的提前发生提供了有利条件。

66. 楚科奇海台周边海域生物光学性质和辐射加热率特征研究

朱星源（中国海洋大学）

基于 2011 和 2015 年韩国考察航次期间的水文、光学和叶绿素浓度剖面观测，对楚科奇海台周边海域的生物光学性质和辐射加热率特征进行了研究。由海冰情况和营养条件主导的浮游植物空间分布差异对水体的生物光学性质和辐射加热率产生了重要影响。叶绿素浓度极大值对其所在水层辐射加热有增强作用而对其下层水体辐射加热有屏蔽作用。在高海冰密集度的情况下，浮游植物通过调整其位置和群落粒径等方式在水柱上层获取更多的光照，这一机制会间接的使辐射加热能向上层集中，对海冰融化有潜在贡献。次表层暖水温度与辐射加热率关系密切 ($R^2=0.79$; $p<0.001$)，假设未来海冰消退而导致进入海洋的辐射增加，每立方米次表层暖水多储存的热量相当于能融化 0.74 cm 厚的海冰。

67. Surface Energy Balance on a Polythermal Glacier, Arctic, and the Role of Poleward Atmospheric Moisture Transport

邹小伟（武汉大学）

The ability to simulate the surface energy balance is key to studying land – atmosphere interactions; however, it remains a weakness in Arctic polar sciences. In recent years, increasing moisture over the Arctic and subarctic regions shows that the Arctic is experiencing wetting conditions, and poleward atmospheric moisture transport (PAMT) plays a vital role in the atmosphere-ice/snow interactions in the Arctic. To identify the effect of PAMT on the surface energy balance (SEB) for the Arctic glacier, meteorological data from an automatic weather station at 377 m a.s.l. on the Austre Lovénbreen glacier, as well as the ERA5 reanalysis data from 30 April 2014 to 30 April 2015, were analyzed in this paper. Our results show that the net shortwave radiation (18 W m^{-2} , 55%), turbulent sensible (14 W m^{-2} , 43%) and subsurface heat flux (1 W m^{-2} , 2%) act as the energy sources, while the net longwave radiation (-19 W m^{-2} , 56%), melt energy (-12 W m^{-2} , 35%) and turbulent latent heat flux (-3 W m^{-2} , 9%) represent the heat sink. The development process of Atmospheric River, primary form of PAMT, near the Svalbard in February 2015 was revealed according to the total column water vapor, 850 hPa winds and geopotential height fields. Compared to summer, the glacier SEB was more affected in winter by PAMT, leading to a frequent overcast and thus increasing air temperature, moisture, and wind speed, all of which are variables governing the SEB by decreasing sensible, latent and subsurface latent fluxes less than increasing the net longwave radiation. Our findings obtained here can help to better understand the diverse SEB change on the high Arctic glacier from the perspective of PAMT and large-scale atmospheric circulations anomalies.

第 3 专题 南北极地质过程与资源环境效应

68. 利用 Sentinel-2 研究南极中山站夏季湖时空分布

朱婷婷

This study provides the first long-time series of spatial and temporal distributions for small lakes in the Larsemann Hills ($69^{\circ}23' S$, $76^{\circ}20' E$) in the East Antarctic. In the Larsemann oasis, there is a significant number of over 150 small lakes, which can be observed with high spatial resolution in remote sensing imagery. However, accurately identifying and analyzing these small water bodies and elongated rivers has been challenging due to the mixed pixels effect and limitations in available middle spatial resolution imagery. In our study, we propose a data-driven approach within the Conditional Random Fields (CRF) framework, which considers three scales: superpixel, pixel, and subpixel, to refine the boundaries of small water bodies efficiently. The superpixel level quickly identifies the main water body and provides buffer region, while the pixel level employs SVM to obtain a more precise boundary. Subpixel mapping technology within the pixel level further reduces mixed pixel effects for improved accuracy. The waterbodies were extracted from Sentinel-2 imagers with a spatial resolution of 10 m. The lake boundaries derived from the proposed algorithm in this study showed good agreement with in-situ measurements of the lake shoreline delineated from UAV images in 2019, 2020, and 2023. The analysis revealed distinct seasonal patterns across the Larsemann Hills while the lake areas achieved their peak extents earlier, specifically in February before 2020 and in January after 2020. These findings demonstrate the potential of extending this method to other Antarctic oases to enhance intra-annual lake observations. Moreover, Sentinel-2 images provide valuable remote sensing data for studying the seasonal cycles of water bodies, including those of

varying sizes in the Larsemann Hills, based on long-term time series imagery.

69. 面向双层媒介的笛卡尔快速冰雷达成像算法研究

吕晨

作为一种先进的航空物理探测技术，冰雷达对于南极冰架内部结构和冰川活动探测至关重要，而通过冰雷达准确解译冰下地形面临的首要挑战是高分辨率成像算法。快速后向投影是近年提出并应用至冰雷达的时间域快速 SAR 聚焦成像的算法，该算法利用子孔径角频率带宽有限的性质，将全孔径积分分割成子孔径积分的线性叠加，使用二维插值以效率换取精度，如此插值方式必然会带来积累误差，影响成像质量。此外，该算法的原始推导是基于单层媒介的，尚不能很好适应由多层媒介带来折射的路径误差影响。因此，我们构建了能够灵活适应空间耦合和介质相关的双层媒介传播模型，并通过两次波谱压缩方式解决了波谱混叠的问题，以极低采样实现高分辨率的成像结果，这可为后续南极冰下内部地形探测和介质反演提供有效的技术支撑。

70. 基于 Dome C 的 FY-3D/MERSI-II 辐射响应稳定性评估

李腾

风云三号 D 星 (FY-3D) 中分辨率光谱成像仪 II 型 (MERSI-II) 已在轨运行超过 5 年，其反射太阳波段辐射响应性能的稳定性需进一步评估。本研究采用 Dome C 区域这一国际上广泛采用的极地冰雪目标对 MERSI-II 传感器波段 3 (红光, ~650 nm) 和波段 4 (近红外, ~880 nm) 的辐射响应稳定性进行评估。本研究首先基于每年极昼期间的 FY-3D/MERSI-II 近天底观测数据建立参数简化和非简化两种二向性分布函数模型 (BRDF)，再利用这两种模型对观测数据进行角度校正以消

除由冰雪目标的非朗伯性变化, 并比较两种模型的校正效果; 最后本研究采用二次多项式拟合校正后的 BRDF 数据得到辐射响应特性随时间变化的曲线。结果表明参数简化对模型校正效果存在一定的影响, 简化前模型的红光和近红外波段的残差分为 1.24%、1.06%, 而简化后的两项数值为 1.42%、1.13%; 在衰减率方面, 红光和近红外波段都相对稳定, 并没有出现如蓝光波段的辐射响应性能明显衰减, 红光波段多年总衰减率在 $\pm 2.2\%$ 以内, 年均衰减率在 $\pm 0.54\%$ 以内, 近红外波段多年总衰减率在 $\pm 0.5\%$ 以内, 年均衰减率在 $\pm 0.13\%$ 以内。总体而言, 国产 FY-3D/MERSI-II 数据的辐射性能与 MODIS 等国际主流的中分辨率光学数据表现相当。

71. 中国南极陨石的类型研究

高晓琦

经过 7 次南极格罗夫山考察, 我国成功收集陨石 12665 块, 证明格罗夫山为南极陨石富集区。陨石分类是陨石研究和天体化学研究的重要基础。2012 年至 2022 年, 桂林理工大学独自承担南极陨石分类工作, 完成了 3560 块陨石的分类命名, 其中发现月球陨石 1 块、橄辉无球粒陨石 1 块、中铁陨石 6 块、铁陨石 5 块、HEDs 陨石 3 块、顽辉石球粒陨石 1 块、碳质球粒陨石 5 块、原始无球粒陨石 1 块, 普通球粒陨石 3524 块, 以及 13 块非陨石样本, 为进一步研究太阳系起源与演化历史提供了大量的陨石基础信息。同时, 分类工作所获得的格罗夫山陨石类型分布特征、质量分布特征, 对探索格罗夫山陨石的富集机制, 合理规划格罗夫山陨石科考和探索新的陨石富集区具有重要意义。

72. 基于 CCR 协同观测系统的 ICESat-2 光子卫星南极冰盖测高能力评估

乔刚

新型测高卫星 ICESat-2 的研制发射为冰面高程变化估算提供更加精确的观测数据, 相较 ICESat 全波形技术, 其搭载的先进地形激光测高系统采用单光子计数模式, 高程精度从 10 厘米以上提高到 2-4 厘米, 时空分辨率显著增强。基于中国第 36、38、39 次南极科考现场(中山站、泰山站、昆仑站、东南极 Nansen 冰架)以及国内强化协同观测, 本研究针对 ICESat-2 提出了一套经济有效的地面反射棱镜 CCRs 系统, 分阶段在 CCR 硬件系统设计、阵列实施方案以及光子信号提取三个方面进行改进, 脱离冰面地形条件和 Fraunhofer diffraction 光学噪声等影响, 融合高精度 GNSS 观测, 在卫星单光子观测尺度上分析激光器测高性能。研究发现, ICESat-2 高程精度为 -0.3 厘米 ± 1.7 厘米和 3.0 ± 1.7 厘米, 为 ICESat-2 在南极冰盖的高精度观测应用提供了数据质量参考。

73. PPP-AR 技术在南极解算精度及其可用性

朱李忠

简述 GNSS 和 PPP-AR 技术进展, 重点介绍开源 GNSS 数据处理与服务软件和 PPP-AR 在不同系统组合、静态/动态定位模式和不同观测时段长度下的精度分析, 探讨其南极考察中的工程化应用。

74. 极区地图和海图投影数学分析

李厚朴

针对新形势下北极战略地位的提升和地图海图保障的迫切需求, 以地球椭球模型为基础, 以各类投影数学模型为研究对象, 深入开展了

极区地图和海图投影数学分析研究,采用计算机代数分析方法,借助计算机代数系统强大的数学分析功能,推导和建立了一系列理论上更为严密、结构上更为简单、精度上更为精确的符号形式的极区地图海图投影新算法和新模型。实现了以北极地区为中心的地图和海图投影数学分析特定领域的一些突破和创新,进一步革新和完善了地图和海图投影的理论体系,丰富了地图和海图投影的数理基础。研究成果可广泛应用于极区地图海图制图、极区航海导航等领域。

75. 基于 GNSS 干涉遥感技术的极区冰雪环境关键参数探测

陈亮宇

全球导航卫星系统干涉遥感技术 (GNSS-interferometry reflectometry, GNSS-IR)利用 GNSS 接收机获取反射面信息,具有信号源丰富、采样率高等优势。我们系统研究了 GNSS-IR 技术在极区积雪深度和海冰厚度等冰雪环境关键参数反演中的适用性。首先,在北极黄河站设计了同天线不同接收机、以及不同天线类型和不同指向天线的多模多频 GNSS 雪深综合反演实验,定量研究了天线和接收机性能对雪深反演的影响。同时,在南极科考中依托雪龙船开展了船载 GNSS-IR 动态冰厚反演实验,使用船载 GNSS 设备对冰区反射信号进行了采集和分析,在动态条件下实现了大范围、高时间分辨率的海冰厚度反演。相关研究作为极区高精度冰雪环境监测提供了新思路。

76. 基于深度学习的冰架冰裂隙动态监测

李乾

冰架表面冰裂隙的发育对冰架稳定性至关重要,而高精度的自动提取算法将有助于冰裂隙的长时序动态监测和发育规律研究。基于深度学习技术并充分顾及冰架冰裂隙的形态特征,我们提出了一种适用

于冰裂隙提取的 U-Net 改进模型，并利用生成对抗网络丰富模型的训练样本。通过该模型，我们利用光学影像数据精确提取了近 20 年 Amery 冰架损伤区的冰裂隙，同时利用测高数据还原了冰裂隙的深度信息。该项工作是首次使用长时序定量化方法研究了 Amery 冰架损伤区的冰裂隙变化，并探究了冰裂隙的固定发源区、传播周期以及生长发育过程，为长时序的冰架稳定性研究提供了新的参考。

77. 晚始新世西摩岛企鹅化石新材料报道

夏博洋

产自西摩岛上的企鹅化石对研究企鹅目干群的分类和演化至关重要。其中 *Palaeudyptes* 属因其庞大的体型和争议性的分类标准而引人注目。在这项研究中，我们描述了一具全新的化石骨架，其中包括一块保存完好的跗跖骨。这具化石发现于西摩岛的晚始新世地层，通过跗跖骨的诊断特征分类到 *Palaeudyptes* 属。新材料还展现了与过往在西摩岛上发现的其他 *Palaeudyptes* 样品不同的跗跖骨特征，挑战了之前的分类格局。我们对 *Palaeudyptes* 进行了性别二态性测试和线性判别分析，结果显示 *Palaeudyptes* 不存在明显的性别二态性，并且 *Palaeudyptes* 的两个南极类群在体型分布上存在重叠。我们还重新评价了 *Palaeudyptes* 两个种的分类标准。重新检查先前分类的样本并根据关键的解剖特征制定新的诊断依据，可能是解决这一类群内的分类难题的关键。

78. 南极半岛西摩岛始新世拉揭塞塔组 *Teredolites* 遗迹化石研究

李若霜

Teredolites 遗迹化石是赋存于海相地层中的以木质基底为特征的钻孔遗迹，是由钻木类双壳动物寄生于漂浮或沉入海洋的树干而形成。

Teredolites 遗迹化石可指示浅海沉积环境，提供寄生木材的分类信息、古地理信息以及古环境信息。本研究报道了南极半岛西摩岛晚始新世拉揭塞塔组顶部首次发现的一例 *Teredolites longissimus* 遗迹化石，为船蛆幼年群体对木基底的初期感染形成的钻孔遗迹，基底木化石为裸子植物罗汉松科（*Podocarpaceae*）叶枝杉型木属未定种（*Phyllocladoxylon* sp.），证实了叶枝杉型木属在西摩岛上的分布延续至始新世晚期；船蛆化石内部赋存大量草莓状黄铁矿，粒径的统计和分析显示其形成于氧化水体沉积环境，证明始新世晚期南极半岛地区古海洋处于氧化海状态。

79. 一种应用于南极冰盖重力异常剥离及冰盖厚度估计的迭代方法

刘燕东

南极地区矿产资源丰富，但其表面被巨厚冰层覆盖。巨厚冰盖对探测信号的削弱与遮蔽作用使得对有用信息的识别和提取难度增大。而冰盖厚度是研究南极冰盖质量、建立冰盖动力学模型的基本参数。我们提出一种应用于南极冰盖重力异常剥离及冰盖厚度估计的迭代方法，该方法在少量冰盖厚度先验信息的约束下，利用滑动窗口迭代进行异常剥离频段自动选择的同时反演冰盖厚度。通过模型测试证明该方法在南极冰盖重力异常剥离及冰盖厚度估计中的有效性，结果表明在所提出的迭代方法均能在极冰盖重力异常剥离及冰盖厚度估计的应用中得到较好的结果。

80. Teleseismic indication of magmatic tectonic activity on slow-ultraslow spreading ridges

闫凯暄

慢速-超慢速扩张洋中脊上的岩浆供给整体偏低且时空变化显著，导致其具有多样复杂的岩石圈增生过程，而观测其地震活动有助于了解该过程。本文从国际地震中心挑选了 1990-2020 年间超慢速扩张的西南印度洋和北冰洋加克洋中脊，与慢速扩张的北大西和卡斯博格洋中脊上（总长 14300 km）离轴 35 km、4 级以上的地震目录。通过单链聚类分析，我们确定了 78 个包含 ≥ 8 个地震事件的地震簇，其中 80% 发生在岩浆中心，可能与岩浆侵入相关。此外，超慢速比慢速扩张洋中脊具有更多簇型地震且规模更大，反映其岩石圈整体更冷更厚。我们还发现西南印度洋中脊上贫岩浆供给的东、西段比强岩浆供给的中段更易发生地震，这与其岩石圈整体刚性更强且岩浆供给集中程度更高的特征相一致。

81. 示踪深部地壳老物质组成手段新探索：中酸性岩浆捕获、继承锆石信息集成分析（填图）

张建军

岩浆岩及其所携带的深源岩石包体被称作探测深部的“岩石探针”，支撑了地球深部的物质组成和演化过程等研究，如何将岩石探针进一步地应用和发展是值得持续探索的方向。岩浆岩中的锆石副矿物记录的丰富信息支撑了岩浆岩研究的多个方面，成为基于“岩石探针”开展深地探测的最锋利的探针“针尖”。值得注意的是，以往研究工作中多只关注岩浆自结晶锆石，而岩浆岩存在的继承或捕获锆石常常被忽视。随着研究的深入发现岩浆岩捕获/继承锆石也能提供揭示“隐藏”在大

陆地壳深部的岩浆事件、物质组成的重要信息。本文基于团队以往的数据库和编图,探索岩浆岩捕获、继承锆石微区微区信息填图技术方法,为探究和进一步提取深部古老物质信息提供了新途径。

82. 中国南极陨石发展的机遇与挑战

夏志鹏

陨石是探索太阳系演化的窗口。南极在陨石富集方面具有得天独厚的优势。利用极地考察收集陨石,不仅可以为我国行星科学研究提供了充足的样品支撑,也扩大了我国极地科考事业的政治影响力。嫦娥工程的发展,为我国行星科学研究掀起了一股新的浪潮。不仅如此,罗斯海新站的建立、特殊陨石的发现、无人机及卫星影像等新的陨石收集技术的应用等,为我国南极陨石发展带来了前所未有的机遇。然而,挑战与机遇并存,主要体现在:1)面对格罗夫山陨石在数量和质量方面的急剧减少,如何去突破?2)如何高效地将南极陨石研究与行星科学的快速发展紧密结合?3)如何在国内和国际上,扩大我国南极陨石的影响力?针对以上现状,本次报告提出了几点思考,并献上笔者的一些拙见,为我国南极陨石发展抛砖引玉。

83. 利用地震背景噪声干涉法研究南极昆仑站附近浅层结构

潘雨迪

我们利用在南极昆仑站附近布设的短周期线性密集地震台站研究了该区域的浅部结构。我们通过地震背景噪声干涉技术,从数天的噪声记录中较好地恢复了经验格林函数,并在 3-20Hz 频段内观测到了清晰的多模态(一至三阶)地震面波信号。通过反演多模态面波频散曲线,我们获得了该区域 15 km 长、300 m 深的二维地震横波速度结构剖面。该二维剖面表明,昆仑站区域地下主要呈层状结构,地震横波速度在浅

部 80m 范围内变化较为剧烈，速度变化范围为 600 m/s 至 2100 m/s，对应了地下介质由积雪层向冰层的转换。研究表明，仅通过较短（数天）的地震信号记录时长，背景噪声干涉法可以有效对极地浅层冰内结构及其物性进行有效的探测成像。

84. 西南极南设得兰群岛 1 : 250 000 数字地质图数据库

韦利杰

西南极南设得兰群岛 1 : 250 000 地质图数据库是在充分利用近年来西南极南设得兰群岛地区的地质调查和其他综合性研究成果的基础上编制而成，同时对地层格架、年代学和古地磁极等关键地质问题进行了综合研究。编图过程中以板块构造及地球动力学理论为指导，用 ArcGIS 辅助成图。综合编图和研究过程中，根据最新获取的锆石 U - Pb 和其他矿物 Ar - Ar 年龄、电子探针和岩石地球化学数据、古地磁数据和古生物化石样品，重新建立了中-新生代火山-沉积岩的年代学格架以及古生代地层的变质过程，划分了 24 个地层单元，恢复出该群岛的地层格架与沉积演化过程，并重建了南设得兰群岛的古位置，为南极大陆演化研究提供了详实的基础资料。

85. 南极主被动源反射地震研究进展

刘国峰

反射地震相较于位场和电磁场方法具有分辨率和勘探深度的优势。在南极开展反射地震研究，有助于为冰盖内部结构、冰下湖以及冰下基岩结构和构造信息提供更高精度和分辨率的成像结果。本次报告将依托国家重点研发计划课题“南极可控震源大深度地震探测理论与技术”，介绍课题在可控震源及配套方法技术研究进展。另外，鉴于在南极主动源反射地震受特殊介质条件以及地震波激发装置等因素限制，本次报

告就南极开展基于被动源的反射地震研究开展了模拟和实际数据处理研究，并探讨了多种条件下开展被动源研究的前景。

86. 德雷克海峡古新世期间初始打开

高亮

德雷克海峡位于南极半岛与南美板块之间，其打开是南极绕极流形成的关键一环，也是理解新生代全球大洋环流演化的核心之一。前人曾提出德雷克海峡的打开导致南极冰盖的形成或全球 CO₂ 降低引起新生代全球变冷，争议存在的原因之一是德雷克海峡构造演化复杂，其打开历史并不清楚。为进一步理解德雷克海峡在新生代全球变化中的关键地位，我们通过重建南极半岛与南美板块的运动过程来约束德雷克海峡的打开过程，并结合地质证据，提出德雷克海峡的初始打开发生在古新世。

87. 南极昆仑站密集地震剖面接收函数研究

李江涛

我们于南极昆仑站附近布设了一组短周期线性密集地震台阵，该台阵布设时间短，布设情况复杂，给提取地震接收函数增加了一定难度。我们使用 Seispy 计算原始地震记录 Z 分量与 R 分量的反褶积，并应用阈值筛选、聚类与排序等多种方法，以提取相对稳定的模式作为最终的接收函数。我们的初步结果显示，昆仑站以南的接收函数比较复杂，但总体特征较为一致；昆仑站以北的接收函数则仅在前 2 秒呈现出较为稳定的特征。绝大部分接收函数均呈现出明显的冰岩界面信号，同该区域冰厚模型表现出良好的相关性，这显示了接收函数观测的有效性。昆仑站以南的接收函数在波形的前几秒呈现出多个稳定信号，可能预示着该区域较复杂的冰层或浅部地壳结构特征。

88. 利用有机生物标志物还原全新世以来南极别林斯高晋海古环境变化

丁鑫

海水升温、暖水入侵冰架底部等过程驱动全新世以来西南极冰盖加速融化,了解该时期核心融冰区近冰端的海洋环境特征和变化,对于指示未来冰盖稳定性至关重要。利用来源特异且保存稳定的有机生物标志物(GDGTs等)反映海洋环境变化等信息,在钙质微体生物壳体保存差的南极地区古环境研究中具有突出优势。本文基于西南极别林斯高晋海陆架 ANT37/A10-05 岩芯,利用 TEXL86 指标重建了全新世 11 ka 以来的海温记录。对比海温和 IRD、烷烃数据显示,研究区在早全新世相对温暖的海水环境促进冰盖融化,陆源输入增加,而在中全新世降温后冰盖趋于稳定。结合海温、甾醇及其他生产力指标分析显示硅藻是研究区浮游植物优势种,而甲藻和颗石藻相对缺乏,在中晚全新世的生产力变化受到海水温度的控制。

89. 中-晚更新世轨道时间尺度上北冰洋周边冰盖的演化历史及其调控机制

王汝建

北半球冰盖与北冰洋冰盖/冰架和海冰主导了中-晚更新世北冰洋的古海洋与古气候演化历史。然而,它们在轨道时间尺度上的变化及其调控机制依然是不清楚的。本文基于北冰洋深海沉积物中冰山搬运的指标冰筏碎屑(IRD)与冰盖源区的指标元素 Ca(北美冰盖)和 Zr(欧亚冰盖)的变化,重建了中-晚更新世北冰洋周边冰盖的演化历史,并在轨道时间尺度上分析了这些指标与全球冰量和轨道参数的相关性,发现北美冰盖和欧亚冰盖的演化存在 100-kyr、40-kyr 和 20-kyr 的周期,

其中，100-kyr 的偏心率和 20-kyr 的岁差周期主导了北冰洋的冰山输出过程和冰盖变化，可能分别受到全球冰量和太阳辐射量的控制。

90. Submarine landslides unravel past Antarctic Ice Sheet instability

黄晓霞

Institute of Deep Sea Science and Engineering, Chinese Academy Sciences

Climate change driving glacial advance and retreat at the high latitude continental margins create preconditioning factors to mass slope failures. Sediment is transported very efficiently by glacial advances towards the continental margins, and then into the deep sea by submarine landslides. The sedimentary structures from Antarctic margins preserves the variability of submarine landslides, which provide insights for ice sheet reconstructions. However, submarine landslides are virtually less unknown on the Antarctic margins, mainly due to severe sea ice conditions that have previously hindered detailed investigations. The spatial distribution and the timing of emplacement of submarine landslides are not well documented particularly with respect to glacial dynamics and at the regions with poor data coverage. In this study, we report the first in-depth analysis of the previously unrecognized submarine landslides on the Antarctic margin by utilizing the new IBCSO v2 dataset and unpublished 2D multichannel seismic reflection data, coupled with the IODP drilling sites. We examine the geomorphology, demission of the slides, sedimentary rocks recovered by drilling in order to infer the depositional mechanisms active during emplacement. We further make inferences about what processes may have triggered their formation. This discovery would provide crucial insight into the past ice sheet reconstruction during the Miocene to Pliocene intervals.

91. 北冰洋沉积物磁性地层浅议

张静渊

建立准确的年龄控制是研究历史时期气候变化的前提。作为低纬大洋常用的建立地层手段，古地磁在北冰洋的应用受到限制，其频繁的磁极倒转是否为真实的地磁信号受到质疑。因此有必要对北冰洋地磁信号频繁变化的来源和机制进行探究。本研究使用中国第 9 次北极考察的 R20B 岩芯以及第 11 次北极考察的 P3-5 岩芯的古地磁、岩石磁学等指标，尝试从磁性矿物的角度分析磁性地层学信号的保存机制以及来源。结果显示，岩芯古地磁信号频繁倒转，磁化率各向异性较差，且磁性矿物组成有一定变化，这可能是导致古地磁信号异常的原因之一。

92. 北极陆架边缘海域表层沉积硅藻-环境转换函数构建

李彤

北极是对全球气候和生态环境变化响应最显著的地区之一。硅藻是北极陆架边缘海域生物硅的主要存在形式，具有高丰度以及对环境变量的高敏感性。本研究集合了拉普捷夫海、东西伯利亚海、楚克奇海和白令海共 148 个采样点的表层沉积硅藻信息，通过对表层硅藻数据进行 Q-mode 因子分析得到一个四因子模型，代表了与不同水团环境有关的硅藻组合。使用典型对应分析 (CCA) 方法探究表层沉积硅藻与环境变量信息 (温度、海冰、盐度、混合层深度、叶绿素与营养盐) 的关系，找出控制硅藻分布的主要环境变量，建立了适用于北极陆架边缘海的硅藻-环境变量转换函数模型。运用该模型定量重建了高分辨率 LV77-4 钻孔 167 年以来的环境变化并与器测数据对比，结果验证了模型的可靠性。

93. MIS5e 气候暖期南极绕极流极南向迁移动力机制及其气候意义

郑旭峰

南极绕极流作为全球最大的洋流，对南大洋的物理、化学和生物等特性具有重要调控作用，调节着全球温盐环流和气候变异。然而，关于南极绕极流在当前和过去气候温暖时期的相对强度和位置及其调控机制还存在着激烈的争论。本研究通过斯科舍海两个沉积岩芯的高分辨率可分选粉砂平均粒度记录，以推断过去十六万年南极绕极流的强度变化和锋面迁移历史。研究发现：分选性粉砂的变化与偏心率和岁差同步，这意味着热带气候变率通过调节南半球西风主导了南极绕极流锋面的迁移。在 MIS 5e 暖期，南极绕极流南的底流速度比全新世快三倍以上，而全新世与末次冰期最大值之间的速度没有明显差异。这意味着在 MIS 5e 期间海洋锋面向南移动约 5°。这导致更暖的水流在南极绕极流中接近并融化南极洲大陆冰架，更多的大气 CO₂ 被释放到大气中。

94. 斯科舍海—未来大洋钻探的优选地区？

邓希光

南极作为全球唯一没有土著居民的大陆，也是一个目前人类活动影响最少的大陆，其地理位置以及地质构造演化对全球板块构造演化特别是冈瓦纳裂解过程中起着很重要的作用。同时南极冰盖的形成对全球气候起到一个发动机作用，南极环流以及南极底流又控制了全球海底矿产资源以及影响全球生物的分布。斯科舍海（包括斯科舍海、德雷克海峡）直接影响南极冰盖形成和南极环流形成，同时它也唯一连接南美大陆与西南极之间纽带，同时斯科舍海也影响着太平洋与大西洋之间地幔对流、海流以及生物的交流。对其开展大洋钻探计划将有助于探讨其在全球中的作用，分析其成因演化以及研究意义。

95. 南极宇航员海全新世中期以来的古生产力变化

韩喜彬

海洋初级生产力是指浮游生物(主要是浮游植物) 在单位时间单位体积内通过光合作用生产有机碳的数量(董军社和万晓樵, 1996), 其生产是全球碳循环的重要环节(苏纪兰等, 2001), 被认为是导致冰期 / 间冰期旋回中大气 CO₂ 浓度变化的一个重要机制(Sigman and Boyle, 2000), 重建海洋古生产力是认识地球气候系统的一个十分有用的工具。南大洋是地球气候系统的重要一环, 其生产力的变化对理解地球化学循环、碳通量以及南大洋对过去气候变化的作用至关重要(Latimer and Filippelli, 2002)。宇航员海是南极开放冰间湖反复形成的地方(Comiso and Gordon, 1996), 冰间湖的存在会影响海—气之间的热量、水分/盐及能量的交换。利用中国第 36 次南极科学考察在宇航员海陆坡边缘获取的多管样 ANT36-C4-05 (44.9377° E, 64.6908° S, 3871 mbsf) 进行了年代框架、粒度、颜色反射率、钙含量、硅含量、Si/Ti 比值等进行测试分析, 结果表明 ANT36-C4-05 粒度整体呈现出底部较粗粒, 顶部较细粒的情况。水动力条件整体呈逐渐减弱的趋势, 6500-5300 Cal a BP 水动力条件呈下降趋势, 5300-2000 Cal a BP 水动力条件稳定, 变化微小, 2000-0 Cal a BP 虽有所增强, 但整体依然下降, 也存在部分时期的明显增强, 例如 5500 Cal a BP 和 500 Cal a BP 事件。6500-5300 Cal a BP 期间沉积速率很快, 海冰作用影响下降, 硅质钙质生产力上升; 5300-2000 Cal a BP 期间海冰范围扩大, 在 2000 Cal a BP 时达到最大值, 与此同时硅含量、Si/Ti 比值、钙含量达到最低值, 表明在此期间硅质、钙质生产力下降。2000-0 Cal a BP 期间生产力水平变化小, 整体趋于稳定。

96. 东南极普里兹湾放射虫的现代生态学及其古海洋学意义

张海峰

在当今全球变暖的背景下，南大洋的海洋环境发生了显著变化，成为全球变化研究的热点和前沿。放射虫海洋中一类具有伪足的单细胞浮游原生动物，对海洋环境的变化较为敏感，其硅质壳体能够将海洋环境和气候变化的信号长久地保存在海底沉积中，因此在缺乏钙质沉积的极地高纬海域尤其是南大洋的古海洋学研究中具有不可替代的作用。本研究基于我国南极科考在东南极普里兹湾获取的水体颗粒物和沉积物样品，研究了该区放射虫的现代生态学及其古海洋学意义。

结果表明：1、2014-2015 年度普里兹湾冰间湖水域放射虫的季节性变化与硅藻和颗粒总通量并不同步，主要与早春时节海冰的异常消退、浮游生物群落结构的变化以及局地水团入侵有关；2、普里兹湾冰间湖水域，一类个体较小但喜食新鲜碎屑颗粒的放射虫组合（*Antarctissa* sp., *Phormacantha hystrix* 和 *Plectacantha oikiskos*）可用于指示春季冰边缘区初级生产力的变化，这在表层沉积物中也有迹可循——普里兹湾陆架区该组合的高值区与生物硅、有机碳的分布具有较强的一致性，据此可以看出过去一百年来，普里兹湾陆架区的初级生产力呈现出下降的趋势；3、标志种放射虫斯氏南极虫（*Antarctissa strelkovi*）对冰架水（ISW）较为敏感，能够指示 ISW 向普里兹湾陆架区的入侵过程，这一现象在表层沉积物中也有较为清晰的记录，并表明过去一百年里 ISW 有两次较为明显的北向扩张。

97. 西南太平洋底栖有孔虫 B/Ca 记录的中更新世转型期中深层水变化历史

彭正兵

冰期深海中储存了更多的 CO₂，可能是生物泵效率和海水碱性提高促进了海洋对于碳的吸收。重建过去海水碳酸根离子浓度变化可以量化海洋 CO₂ 储存机制的相对作用。本文基于西南太平洋查塔姆海隆 ODP1125B 孔(水深位于 UCDW 与 AAIW 边界)底栖有孔虫 *Cibicidoides wuellerstorfi* 壳体 B/Ca 值的研究，重建了中更新世转型 (1.2-0.7 Ma) 以来中深层水无机碳化学变化。在 1.0-0.9 Ma，西南太平洋的 $\Delta[\text{CO}_3^{2-}]$ 显著下降是因为冰期西风带北移，极地上升流减弱，生物泵增强，海冰扩张等加剧使 AAIW-UCDW 边界上移，AAIW 体积收缩，这一系列变化支持了南大洋中深层水分层假说。

第 4 专题 极地生态系统的敏感性和脆弱性

98. 南极无冰区企鹅粪土中有机氮的分子组成变化

吴礼彬（天津大学）

氮循环是维系地球生命生生不息的重要自然过程，而有机氮是氮循环的重要参与者。然而，当前对氮循环的研究多集中于无机氮，对有机氮分子组成的认识相对不足。南极是研究地球氮循环的天然实验室，企鹅通过排泄粪便向南极无冰区土壤输入了大量的氮等营养物质，极大地影响了当地生态环境。为探索企鹅粪土中有机氮的分子转化过程，本研究从南极罗斯海地区难言岛采集了不受企鹅粪影响的天然风化土、企鹅聚居区现代鸟粪土、已废弃企鹅巢穴区古鸟粪土和新鲜企鹅粪样品，使用傅里叶变换离子回旋共振质谱（FT-ICR MS）研究样品中水溶性有机氮的分子组成。结果发现，风化土中有机氮化合物种类相对很少，以富含羧基的脂环族类分子(CRAM-like)为主。企鹅粪向土壤中输入了高达上万种有机氮化合物，包括 CRAM-like、脂类、多肽类及胺类等。企鹅粪进入土壤后，大分子有机氮持续降解，一些其他类有机氮化合物被氧化成相对稳定的 CRAM-like 分子，为土壤有机氮的一个重要转化过程。结合前人的研究结果，有机氮最终会变成无机氮并从土壤中流失，损失的氮会回到海洋中，进入食物网和企鹅体内，从而形成完整的氮循环过程。该研究初步揭示了企鹅粪土中有机氮的分子转化过程，有助于深化对南极无冰区氮循环过程的认识。

99. 罗斯海环流对生物运输与聚集的影响

胡恒（上海交通大学）

罗斯海作为南极水域生产力最高的区域之一，是展开南极海洋生物资源研究的理想海区。本研究聚焦南半球夏季罗斯海海域 3 种生物

(南极磷虾、晶磷虾和南极银鱼)聚集现象,首先分析了叶绿素分布和海冰密集度分布对生物聚集的影响,进一步地通过对 ROMS 模式的流场模拟结果进行拉格朗日相干结构(Lagrangian Coherent Structures,LCS)分析来研究海表流场对物质的输运作用,从而解释罗斯海海域生物聚集现象形成的相关机制和影响因素。结果表明:1.生物聚集地一般位于海冰密集度较低的区域,开阔的水域为生物提供合适的产卵地和育苗地;2.罗斯海西北部的海区流场的辐聚结构使得南极磷虾幼体聚集;特拉诺瓦湾附近的环状运输屏障使得其内部的晶磷虾和南极银鱼的幼体运动被限制于屏障之内。

100. Further acidification of upper waters in the western Arctic Ocean linked to new state transition of ocean circulation and sea-ice retreat

李成龙 (集美大学)

The Arctic Ocean experienced severe acidification in the subsurface layer owing to the increased Pacific Winter Water inflows between the 1990s and 2010. However, the recent development and the enhanced biological effect due to sea-ice retreat on the subsurface acidification remain unclear. Using the integrated data during 1993–2018 in the Arctic Ocean, here we show that the subsurface acidifying waters (aragrite saturation state, $\Omega_{\text{arag}} < 1$) have further expanded to near the north pole, but thinned and shallowed in the Southern Canada Basin during 2010–2018, in contrast to the thickening and deepening of the acidifying waters during 1993–2010. In the Northern Canada Basin, the more acidic waters ($\Omega_{\text{arag}} < 0.8$) in subsurface were also expanded substantially during 1993–2018, which is mainly enhanced by the local enhancement of primary production in surface layer and thus subsurface respiration due to sea-ice retreat.

101. 全球气候变化下极地海洋痕量金属海洋生物地球化学和生态效应

张瑞峰（上海交通大学）

全球气候变化背景下，极地海洋是最为敏感的区域之一。冰川（盖）加速融解、海冰退化等过程引起海洋环流和物质运输的变化，通过影响海洋生态系统的结构，作用于海洋生态系统功能和全球碳循环。痕量金属是生命的必需元素，其在海洋中的源汇格局直接作用于海洋初级生产，与全球元素循环和气候关联。痕量金属及其稳定同位素也是重要的示踪剂，可以用以示踪物理、化学和生命等关键海洋过程，正在不同时空尺度揭示海洋生物地球化学规律。本报告聚焦于全球气候变化背景下，极地冰川融解对陆源物质输送的影响，以及南大洋铁供应的生态效应和碳汇潜力。

102. 东西伯利亚陆架氧化还原敏感元素研究及其对气候变化的响应

李力（自然资源部第一海洋研究所）

作为北冰洋东部重要的边缘海系统，独特地形特征和海冰覆盖变化使得西伯利亚陆架对北极地区气候变化十分敏感。前人针对西伯利亚陆架沉积物的研究，大都集中在冻土融化和有机碳输出上，针对氧化还原敏感元素的研究较少。本研究依托我国北极科考和中俄北极联合科考航次，在西伯利亚陆架（东西伯利亚和楚科奇海）采集了多站位的沉积物短柱，开展了沉积物多种氧化还原敏感元素（Fe、Mn、S、Mo、U、V、Cd，简称RSE）变化特征、赋存相态及其影响因素分析，结果西伯利亚陆架海从东至西的氧化还原环境呈显著变化。结合孔隙水证据显示，该陆架是V的汇。同时，RSE的自生累积通量计算结果显示，

V 元素的自生累积通量远高于全球其它陆架。鉴于西伯利亚陆架较大的面积,该通量最终计算结果与全球模型估算的缺失 V 汇数量级类似,北冰洋西伯利亚陆架可能是 V 元素重要的汇。

103. 北冰洋浮游纤毛虫对北冰洋变暖的响应及太平洋种类的入侵

王超锋 (福建农林大学)

自 2016 年中国 7 次北极科学考察至今,作者系统地开展了亚北极 (白令海)和北冰洋海区海洋微型浮游动物的群落结构、种类组成及对北冰洋本地群落的入侵等相关研究,主要研究成果包括 (1)发现白令海和加拿大海盆中群落分别属于亚北极和北极区系;(2)太平洋入流水的白令海陆架水可能是向北冰洋输送微型浮游动物的主要途径;(3)砂壳纤毛虫可以作为不同水团的指示种;(4)温度是导致浮游纤毛虫群落结构变化的最主要因素。(5)通过砂壳纤毛虫的空壳率,首创了一套划分优势种纤毛虫生境适宜性的体系,通过监测不同年份差异作为指示浮游生态系统对北冰洋气候变化的响应指示。以上成果形成了累计 7 篇发表在国际主流刊物的研究论文。

104. 基于脂肪酸探究西北冰洋北风深海平原冬季沉降颗粒物的质和量及其对异养动物的影响

吴嘉琪 (自然资源部第二海洋所)

沉降有机碳 (POC) 是异养生物重要的食物来源。北极由于光照的限制,冬季 POC 通量通常远低于夏季。然而,最近的研究显示,在北风深海平原,冬季 POC 的通量与夏季相当。冬季 POC 的营养质量如何?其对异养生物有何影响?我们通过分析布放于北风深海平原一套双层捕获器中沉降颗粒物中的脂肪酸以及结合相关温盐数据,解析冬季 POC 的营养质量及探究其对异养生物的影响。我们发现在 2017 年

11月-2018年2月(冬季高通量时期),研究区域冬季总物质通量(TMF)和POC通量升高,这可能是涡将颗粒物侧向输运到研究区域。在冬季高通量时期,在上层(405m)观测到高营养物质(ω -3脂肪酸)通量达到峰值,并伴随着桡足类浮游动物脂肪酸和细菌脂肪酸同步升高,说明此时有大量新鲜且高质量的有机质输入,这些可能为桡足类浮游动物提供了食物,同时刺激了微生物活动。浮游植物和高营养有机质的马丁曲线的衰减系数 b 很高(分别为1.74和2.24),说明在冬季,这些新鲜有机质在上层被强烈矿化。此外,在冬季高通量时期,405m处的陆源有机质的通量也达到峰值,陆源有机质可能是被涡一起输运过来的。陆源有机碳的衰减系数 b 较小(0.53),说明在沉降过程中,陆源有机质更大比例被保留下来。

105. 利用耳石微化学分析南极半岛与罗斯海次南极电灯鱼的种群异质性

钱胡蕊(上海海洋大学)

次南极电灯鱼(*Electrona antarctica*)属于南大洋鱼类资源丰度最高的灯笼鱼科,具有重要的科学研究价值和生态价值。本研究主要测定了南极半岛与罗斯海区域45尾次南极电灯鱼的耳石核心和边缘微化学元素(Mg、Zn、Sr、Ba、Ca)。结果显示:不同采样站点次南极电灯鱼耳石核心和边缘微化学含量均存在显著性差异。再结合南大洋南极绕极流和锋面水团的相互作用,分析次南极电灯鱼的种群异质性与连通性。通过多元判别分析可以有效识别不同站位的次南极电灯鱼群体,结果显示耳石核心微化学对次南极电灯鱼的判别成功率高于耳石边缘,达到93.33%。本研究旨在为今后深入了解海洋中层洄游性鱼类的生物学特性和次南极及南极海域生态系统提供基础数据和有用信息。

106. 南极磷虾(*Euphausia superba*)卵巢和卵母细胞发育组织学研究:多季节分析

刘雨 (上海海洋大学)

Antarctic krill is a key species in the Southern Ocean and a commercially fished species. In this study, a histological study of Antarctic krill in the South Orkney Islands and Bransfield Strait was conducted, which demonstrated in detail the development of secondary sexual characteristics, ovary development and oocyte development of Antarctic krill at different stages of sexual maturity. In different seasons, Antarctic krill also have different sexual development characteristics. The ovaries of Antarctic krill are full, the oocytes are rich in yolk, and eggs are about to be laid in summer. Krill at this time are also a high-quality, lipid-rich food source for many large marine swimming animals in Antarctica. After Antarctic krill lays eggs, its ovaries will reorganize and degenerate in autumn and winter. As its reproductive diapause period, it will spare no effort to absorb nutrients. Unproduced eggs will be reabsorbed by the ovary, the permanent germinal zone will be active, and early oocytes will begin to develop in preparation for the next egg production. At the same time, their ovarian development status is different in the juvenile, sub-adult and adult stages.

107. 环境和气候事件对南极磷虾(*Euphausia superba*)体长基补充指数的滞后效应影响

刘慧 (上海海洋大学)

Antarctic krill is the species with the highest biomass in the Southern Ocean ecosystem, and its recruitment shows significant interannual variability. In this study, the krill recruitment indices were calculated using four different krill lengths. Longitudinal analyses were conducted to investigate the connections between the krill recruitment indices and various

environmental factors such as temperature, salinity, sea surface height, mixed layer thickness, Southern Annular Mode (SAM), distance to the coast, distance to fronts, distance to shelf break, and Antarctic Circumpolar Current (CDW). The results showed that the temporal variability of krill recruitment indices exhibits three distinct types, which were related to the location of the station. the AIC of model with a three-month lag for each predictor variable was lowest in all models of krill replenishment indices when the lagged effects of the environment on the krill recruitment indices were consistent. There were significant effects of SAM in spring, upper-bound depth of CDW and mixed layer thickness in summer, and sea surface height in autumn on krill recruitment indices in summer when the lagged effects of the environment on krill recruitment indices were inconsistent. Spring SAM affected the summer krill recruitment index in multiple ways. Our study showed that krill recruitment indices based on different length had similar temporal variability and response to environmental changes. This may be related to the synchronization/mismatch between the krill biological clock and the zeitgeber.

108. 南极磷虾眼柄生长带及其与生长、体况之间的关系

黄开（上海海洋大学）

本研究采用重量法估算南极半岛周围裘氏鳄头冰鱼雌性个体的潜在繁殖力，并利用广义加性模型（GAM）分析了和海洋环境因素对其的影响。结果显示，南极半岛周围裘氏鳄头冰鱼雌性个体的潜在繁殖力为 353~21330，平均潜在繁殖力为(7099.5±4910.2)。潜在繁殖力与总长呈幂函数关系，与体重呈线性关系。个体性成熟的过程中，潜在繁殖力显著升高，并在产卵期达到最高值。GAM 模型结果显示，潜在繁殖力与空间分布无关，而海洋环境因子中的盐度和叶绿素 a 浓度影响对其显著。本研究初步探究了裘氏鳄头冰鱼面对环境变化的适应力和最适

产卵环境,为进一步开展该鱼种产卵策略的研究打下基础,并为渔业组织制定更合理的管理措施提供了参考。

109. 耳石微化学分析揭示布兰斯菲尔德海峡和南乔治亚岛的拉森氏拟南极鱼(*Nototheniops larseni*)来自不同种群

周洁 (上海海洋大学)

拉森氏拟南极鱼 (*Nototheniops larseni*) 作为南大洋海域数量最多、分布最广的鱼种之一,是衔接食物网上下层之间的纽带。耳石微化学研究成为研究鱼类生活史和区分种群结构一种行之有效的手段,对耳石截面核心区域进行微化学分析,可以识别不同群体。本研究中,通过比较来自南极半岛布兰斯菲尔德海峡 (Bransfield Strait) 和南乔治亚岛 (South Georgia) 拉森氏拟南极鱼仔鱼群体耳石截面核心区、孵化区、摄食区和边缘区的微化学数据,并结合海洋学等特征,结果显示布兰斯菲尔德海峡和南乔治亚岛拉森氏拟南极鱼种群由于水文情况造成了地理隔离。

110. 高不饱和脂肪酸、鱼体大小和繁殖状况对西白令海狭鳕体内异尖线虫感染强度的影响

郑智泓 (上海海洋大学)

Walleye pollock (*Gadus chalcogrammus*) is the most important commercial fish species in the waters from the Bering Sea to the North Pacific Ocean and is the keystone species in the ecosystem of this region. *Anisakis* sp. is a common parasite in the walleye pollock, particularly in the liver of this species. Studying parasite infection characteristics in pollock can provide primary data for the host-parasitic relationships of important North Pacific fish species. This report presents a study using a generalized linear model (GLM) to investigate the intensity of *Anisakis* sp. infection in the liver

of pollock and its relationship with host wet weight, gonadosomatic index, and characteristic fatty acids content in the muscle of pollock. The results showed that the intensity of *Anisakis* sp. infection increased with pollock wet weight and gonadosomatic index, and there were more C20:4n6 fatty acids and fewer C18:3n6 and C22:2n6 fatty acids in the pollock muscle with more *Anisakis* sp. infection. It indicated that the infection intensity of *Anisakis* sp. in fish of different body sizes can be used as a biological tag to distinguish different fish populations, and the energy allocated to pollock at different sexual maturity stages can lead to changes in their immune competence, which is manifested as differences in the infection intensity of *Anisakis* sp. in pollock. Lipids, in addition to serving as energy reserves for both fish and parasites, is also a key to immune regulation. It plays a central role in nematode biology, and changes in parasite infection intensity and lipids can indirectly alter host metabolic rates and energy requirements, which will further affect arctic ecosystems.

111. 南极半岛雌性裘氏鳄头冰鱼潜在繁殖力及其环境驱动

张梦晨（上海海洋大学）

南极磷虾(Antarctic krill, *Euphausia superba*)是南大洋的关键物种, 磷虾渔业是南大洋重要的商业渔业, 对其开展渔业资源管理极有必要。年龄信息对种群评估和渔业管理具有重要的意义, 当前对南极磷虾渔业管理的主要方式以体长-频率分析为基础, 而缺乏准确的南极磷虾年龄鉴别结果。近年来开发的眼柄内生长带年龄鉴定技术具有极大的潜力。在本研究中, 冷冻保存的 80 尾磷虾眼柄组织横切面中有 74 尾鉴别到生长带, 且较低的变异系数(CV)和平均百分比误差(APE)说明生长带读数的精确性和一致性较高。相较于体长-频率分析, 生长带计数划分的年龄组更详细, 且不受磷虾负生长的影响, 将生长带计数得到的结果作为年龄信息加入到季节性 VBGF 生长模型中, 模型拟合结果良

好。生长带数量可以不受体长和个体生长速度的影响而得到更精确的年龄结果，但在运用到渔业管理之前，仍需探究年代增量的生长带在眼柄内的沉积机制。

112. 基于耳石形态探究南奥克尼群岛和南乔治亚群岛裘氏鳄头冰鱼种群异质性

彭友凤（上海海洋大学）

裘氏鳄头冰鱼（*Champsocephalus gunnari*）作为南大洋重要物种，不仅是多种海洋生物的主要食物来源，也是南大洋关键物种南极磷虾的捕食者，同时也是商业捕捞的对象。耳石形态学分析已广泛运用于鱼类种群的识别。本研究通过比较南奥克尼群岛（South Orkney Islands）和南乔治亚群岛（South Georgia Islands）的裘氏鳄头冰鱼种群耳石外型（耳石形状指数及傅里叶系数），判断两地是否存在明显的种群差异；并利用 5 种机器学习模型进行分类，以探究最适分类方法。结果显示：
（1）大部分傅里叶谐波及所有的形状指标间均存在显著性差异，且不同模型方法均有着较高的种群判别率，表明裘氏鳄头冰鱼在两个区域具有较高的种群离散度；（2）5 种分类模型中，支持向量机和逻辑回归取得了最佳分类效果。

113. 南极南奥克尼群岛裘氏鳄头冰鱼体外寄生虫感染情况及宿主-寄生虫间营养关系研究

王碧雪（上海海洋大学）

An analysis of ectoparasite infestations in *Champsocephalus gunnari* at South Orkney Islands, Antarctica, was performed, which revealed the prevalence, mean abundance, and mean intensity of the two species of parasites collected. The parasites' preference for parts of the infested host fish was also investigated. The host - parasite trophic relationship was

further examined using stable carbon and nitrogen isotopic analysis. The results showed that *Eubrachiella antarctica* was more inclined to parasitize the fins of *C. gunnari*. The carbon isotope ratio ($\delta^{13}\text{C}$) of the host was negatively correlated with the values for carbon isotopic discrimination ($\Delta\delta^{13}\text{C}$) between host and *E. antarctica*. The relationship between *E. antarctica* and *C. gunnari* is considered "parasitic" because *E. antarctica* has a higher trophic level than that of host *C. gunnari*, while *Trulliobdella capitis* may be a carrier parasite of *C. gunnari* or show a "symbiotic" relationship with it. The ecological niche spaces of the three species do not overlap, indicating the existence of specific trophic niches in the marine food web.

114. 2022 年南极夏季宇航员海和阿蒙森海溶解氧和表观耗氧量分布

丁雨霏（自然资源部第二海洋研究所）

溶解氧（DO）和表观耗氧量（AOU）是研究海洋生态系统和海洋环境演变的重要基础参数。基于中国第 38 次南极考察采集的海水样品，获得了 2022 年南极夏季宇航员海和阿蒙森海的 DO 和 AOU 数据，探究了其空间分布和结构特征。平行样 DO 标准偏差范围为 $<0.1 \sim 3.9 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，优于调查方法的精度要求。宇航员海表层、200m 和 1000m 层 DO 浓度均值分别为 709.0 ± 27.4 、 483.7 ± 106.8 和 $423.2 \pm 47.2 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，阿蒙森海的分别为 774.6 ± 35.1 、 541.1 ± 66.7 和 $439.0 \pm 21.4 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。宇航员海表层、200m 层和底层 AOU 分别为 7.6 ± 14.6 、 118.8 ± 40.6 和 $143.9 \pm 18.5 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ，阿蒙森海的分别为 -17.1 ± 20.1 、 100.2 ± 22.9 和 $130.2 \pm 12.4 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。宇航员海真光层内的 DO 浓度分布受 ASC 影响，DO 极大值和 AOU 极小值均出现在近岸；阿蒙森海真光层内的 DO 浓度分布呈现西南侧高而东北侧低的趋势；具有高 AOU 特征的 CDW 水团在两个海域均可上涌至 150m 层。

第 5 专题 极区日地相互作用和天文观测

115. A modeling study on the responses of the mesosphere and lower thermosphere (MLT) temperature to the initial and main phase of geomagnetic storms at high latitudes

李婧媛 南京信息工程大学

Joule heating and radiative cooling always play key roles in high-latitude temperature changes in the thermosphere during geomagnetic storms. However, in the mesosphere and lower thermosphere (MLT), the reason why causes the temperature changes is different. Here, we elucidate the nature and causes of MLT temperature variations at high latitudes during the 10/09/2005 storm using the thermodynamic diagnostic analysis of Thermosphere Ionosphere Mesosphere Electrodynamics General Circulation Model (TIMEGCM). Before the recovery phase, temperature decrease and increase are observed in 0:00 -12:00 LT and 12:00-24:00 LT, respectively. Then, temperature decrease disappear and increase gradually extends to the whole north hemisphere. Adiabatic heating/cooling and vertical advection caused by vertical winds are response for the high-latitude MLT temperature. Joule heating contributes to the total heating in part region of auroral oval/times, which is less than the effect of vertical winds. Horizontal advection has additional contributions on polar cap. Radiative cooling is minor.

116. 南极光学天文望远镜关键技术

李晓燕（南京天光所）

为充分利用冰穹 A 发展我国的南极天文事业，2006 年起，中国科学院开始部署在南极冰穹 A 的天文学研究。通过第一代南极光学天文望远镜中国小望远镜阵 CSTAR 项目，以及第二代南极光学天文望远镜南极巡天望远镜 AST3 项目，南京天文光学技术研究所积累了南极

光学天文望远镜的关键技术，报告从光学设计、光学装调、结构设计、结构装调与校准、控制系统设计与实施、软件与远程控制等方面对关键技术进行阐述。

117. 南极天目望远镜样机研制进展

郑立新（上海天文台）

大视场快速巡天是时域天文学研究的重要观测手段，南极地区每年数月连续黑夜使其成为短时标时域天文学观测的理想台址。在南极工作的光学望远镜需要应对极低气温、无人值守、供电和网络传输受限等严峻挑战。针对上述情况，设计并研制了一台控温一体的基于漂移扫描 CCD 技术的南极时域天文观测原理样机，经过低温测试、稳定性测试、外场观测试验，样机已随第 39 次科考前往中山站，目前下已稳定可靠运行半年，运行稳定，像质优异，观测结果为后续在南极建设时域天文观测阵奠定了坚实基础。

118. 基于激光准直光簇的结构光照明望远镜装调技术研究

吴之旭（南昌大学）

光学望远镜装配过程中敏感元件的失调会导致望远镜成像质量急剧退化。现有望远镜及空间相机等的装调技术大多采用平行光管星点模拟器产生平行光，然后通过动态干涉仪或波前传感器等对光学元件的失调量进行测量，并指导失调元件的校正。本文提出利用激光的准直细光束簇对望远镜光瞳面进行结构化离散采样照明，通过光簇结构化图案在焦面前后的轮廓形变，计算由于光学元件失调造成的低阶慧差和像散，用于反解准直失调误差并校正。该技术可大幅降低现有装调技术对精密测量设备、标准星点等的要求，可应用于不同口径望远镜光学系统，在例如南极等极端台址情况下的准直上。

119. 计算机视觉在望远镜中的应用

刘世伟（南京天光所）

望远镜运行中，可能发生角度或位置反馈器件失灵而导致望远镜姿态异常的情况，如发现不及时，可能导致事故的发生。利用计算机视觉技术，通过分析望远镜姿态监控图像，进行望远镜位姿监测，能够提高望远镜运行维护的自动化和智能化。

即通过部署监控相机，获取望远镜姿态图像，制作数据集；为了增强神经网络模型在复杂光照情况下的鲁棒性，对数据集进行图像增强；最后搭建改进型 SSRNET 神经网络模型，对数据集进行训练与测试。传统 SSRNET 神经网络模型应用于望远镜姿态估计中，有特征提取能力弱，参数数量较大的问题，而改进后的 SSRNET 通过特征可视化模块 Grad-cam 看出特征提取能力得到明显增强，且参数量从 1.852M 减少为 1.753M。实验结果显示，改进型的 SSRNET 的平均误差 MAE 为 1.29° ，优于传统 SSRNET 的 MAE 值 1.44° 。

120. 中国南极昆仑站太赫兹探测实验

钟家强（紫金山天文台）

南极昆仑站所在冰穹 A 地区海拔高、水汽含量极低，是地面已知的最优太赫兹天文观测台址。中国科学院紫金山天文台参加中国第 39 次南极科学考察，依托我国自主研发的 30 厘米亚毫米波望远镜系统，在昆仑站开展了太赫兹天文试观测和通信收发演示实验。2023 年，该系统返回国内，在完成实验室维护和升级改造后，于 2023 年国庆期间在青海省海西州雪山牧场亚毫米波观测基地的测试中，再次取得显著成果，本报告将介绍相关研制工作、南极昆仑站和雪山牧场的观测进展。

121. LCT 望远镜项目进展和南极中山射电望远镜建设

杜伟杰（上海师大）

由上海师范大学、加州理工学院、康塞普西翁大学合作的 LCT 望远镜项目近两年进展顺利，今年取得了阶段性成果，预计于明年搬迁后的 LCT 望远镜将在智利的阿塔卡玛高原落户，本报告将详细介绍目前 LCT 项目的推动进展。此外，团队近两年开发了一台 3 米口径的射电望远镜和 3.2 米口径的毫米波望远镜，其中 3 米射电望远镜已安装于南极中山站并开始银河系中性氢的观测，3.2 米的毫米波望远镜也将于今年年底运抵中山站进行安装调试，该工作得到极地中心的大力支持，报告也将介绍这一部分工作。

122. 冰穹 A 南极天文进展

商朝晖（国家天文台）

我们将回顾第 39 次南极科考的内陆天文工作，汇报现场设备的检查和维护情况，以及设备工作状况。同时，也将介绍冰穹 A 南极天文相关新的成果和设备研发情况。

123. 2023 年南极冰穹 A 大气视宁度测量结果

马斌（中山大学）

我国南极昆仑站位于南极高原最高点冰穹 A，这里是地面上优异的天文台址。我们研制安装的昆仑视宁度监测仪 KL-DIMM 在 2019 年的结果表面，在地面高度 14 米左右即有 50% 的时间可以实现自由大气视宁度，其中值约 0.3 角秒，仅有夏威夷、智利等当前主要天文台站的一半，在高分辨率暗弱天体的探测上有巨大优势。2023 年 1 月，经过我国第 39 次南极科考队的维护后，KL-DIMM 重新开始了对视宁度的监测。本次报告中，我们讲汇报 2023 年冰穹 A 的大气视宁度监测结

果，包括白天和夜间的。同时我们第一次将夜间视宁度与近地面分层大气进行了关联分析，研究了大气湍流与温度梯度、风速等的关系。

124. 南极巡天望远镜 AST3-3 观测和数据处理系统介绍

孙天瑞（紫金山天文台）

南极巡天望远镜 AST3-3 在 2021 年初移至紫金山天文台姚安观测站进行工程试运行观测，主要科学目标在于跟随本次 LIGO O4 的引力波电磁对应体后随观测。AST3-3 采用了 QHY411 相机，其靶面尺寸为 54x40 毫米，视场为 1.65x1.23 度。该相机的电子快门和高帧频等特性使得 AST3-3 能够进行暂现源搜寻、快速射电暴、伽玛射线暴余辉等观测。我们针对 AST3-3 设计了自动化观测程序和数据处理系统，并将相关的数据处理程序和人工智能模型应用于更新后的 AST3-2 相机数据处理中。

125. 南极空间碎片监测

姜鹏（中国极地研究中心）

极区是监测空间碎片的优势站位，南极考察站具有成为空间碎片监测网络重要支点的潜力。第 38 次南极考察，在中山站安装了一套试验观测望远镜，已连续开展了 2 个极夜的测试观测。目前，正在研制首批专门用于空间碎片监测的南极望远镜，将于第 40 次南极考察和第 41 次南极考察在中山站部署开展南极观测以及全球多站联网观测实验。

第6专题 新形势下极地战略、政治与法律问题

126. 关键矿产视域下北极地缘经济关系的新趋势探析与中国应对

李凌志（中国海洋大学）

在中美产业竞争的背景下，美国需要北极的矿产资源和北极盟友的合作，以实现关键矿产供应链的重塑，使得北极的地缘经济关系呈现新趋势。一方面，美国通过助价值观外交和乌克兰危机，使北极地缘经济关系出现阵营化和安全化的政治趋势；另一方面，美国正在与北极盟友打造关键矿产供应链联盟和技术同盟，最终将相关产业汇集到美国，使得北极地缘经济关系出现关键矿产供应链独立化、技术同盟化、产业体系美国中心化的经济趋势。未来，中国应对加强与俄罗斯在关键矿产领域的合作，保障供应链安全；同时与北欧国家在新能源汽车和风力发电方面加强合作，并利用进博会、服贸会以及友好城市等平台加强双边经贸关系，避免经济脱钩。

127. 北欧的再安全化与挪威的选择

陈慧文（中国海洋大学外国语学院）

第二次世界大战后，国际体系结构发生了从两极到单极再到多极的转变，超级大国对欧洲的争夺从激烈到缓和再到激烈，导致欧洲安全环境出现安全化、去安全化和再安全化的演变历程。21世纪第一个十年后出现的北欧再安全化进程中，挪威是北欧五国中追随美国和北约最紧的国家。挪威如此激进的原因及其如何应对极限挑衅俄罗斯的后果是本文分析的两大问题。“北欧平衡”、与俄地理邻近度以及俄方的进攻意图是挪威激进追随的主要原因，同盟困境和寻求声望是次要原因。挪威选择了在制衡俄罗斯、追随美国的同时维持与俄关系稳定的综合安全战略，通过对俄威慑与保证以及对美融入与筛选的双重二分战略实现了挪俄、挪美和挪美俄关系的三大平衡。

128. 割裂甚于合作：第一次“国际极地年”的再审视

李品保(上海交通大学)

第一次“国际极地年”(IPY1)可能是19世纪最雄心勃勃的国际合作科学计划,被誉为极地研究从探险时代进入到全球联合科考新时代的标志性事件。然而,通过系统梳理本次考察的全过程,可以发现其中确实存在一些国际合作与协调,但也并不缺乏割裂和竞争,后者甚至主导了活动的最终走向,从而使得这项宏大计划的最早发起者魏普雷希特所设想的诸多益处近乎完全丧失。因而第一次“国际极地年”虽在极地联合科考方面具有一定程度的先驱性参考价值,整体上却应仍被视为一次过渡性质的探索。

129. 人工智能的发展对北极安全态势的影响及中国的应对

盛健宁(中国海洋大学法学院)

北极安全态势紧张程度日益加剧,具体表现为军事对抗的趋势升级,航道、科研、能源利用等低政治议题“泛安全化”。人工智能技术在北极这一“战略新疆域”发挥的作用凸显,北极圈内国家使用人工智能、无人舰艇、飞行器和其他新兴技术,被视为实施了更加有效的北极安全战略的同时,也引发了与人工智能有关的新的道德和法律问题。而我国作为“北极事务的重要利益攸关方”,准确识别人工智能对北极安全态势的影响,出台相应的北极人工智能战略规划,将对我国深度参与北极事务并提升北极治理能力意义重大。

130. 北约北极战略意图与潜在影响

刘芳明(自然资源部第一海洋研究所)

本文以三个问题为牵引:(1)北约有没有成型的北极战略或连贯的北极政策,(2)北极对北约意味着什么,(3)北约如何处理北极问题。

通过考察北约官方战略文件及官方话语，探究北约在北极地区的战略利益、战略目标和战略考量等，分析北约北极策略调整可能产生的影响，以期为中国参与北极事务提供决策参考。

131. 北约介入北极：态势、动因与前景

姜胤安(中国国际问题研究院)

乌克兰危机爆发以来，北约日益加大对北极事务的介入。除积极吸纳瑞典、芬兰入约外，北约近年来还通过能力建设、机制建设、引导议题等手段强化对北极事务的影响。北约加大对北极的介入是北约战略转型、北极地缘政治升温及北极既有秩序缺陷共同塑造的结果，短期内将加剧域内军事紧张，长期看甚至可能推动区域形成安全困境，使得北极被迫加速纳入全球地缘政治对抗之中，造成以北极理事会为代表的既有北极秩序面临严重冲击。但是加大介入北极事务可能遭受自身能力及资源投入局限及国际阻力的制约。对于中国而言，当前应重点谋划如何妥善应对北约压力的同时有效推进自身参与北极事务，促进北极合作的国际环境的修复，助力北极秩序重回对话轨道。

132. 气候变化下南北极治理机制的挑战与变革

傅子洛(上海交通大学凯原法学院)

在气候变化持续引发国际关注的同时，全球气候治理机制表现出了安全化、法律化、司法化等演进趋势。作为典型的易受气候变化影响地区，南北两极的区域治理机制同样面临气候变化的深刻挑战，并展现出变革趋势。例如，环境人权发展背景下，北极原住民群体的人权诉讼实践进一步引发关注；再如，《南极条约》协商会议（ATCM）在今年6月发布的《关于南极气候变化的赫尔辛基宣言》（Helsinki Declaration on Climate Change in the Antarctic）对气候变化给南极条约体系带来的

挑战作出了一定回应。本报告以全球气候治理变革为视角，分析气候变化给南北极治理带来的制度挑战，并基于此考察相关国际规则发展的趋势及限度。

133. 北极国家科学外交的发展动态及中国因应

周文萃(中国海洋大学)

全球气候变暖、海平面上升等问题仍在持续，国际社会参与北极治理的意愿日益上升。然而乌克兰危机影响北极地区的安全稳定态势，北极理事会也因此一度陷入停滞状态，北极国家的对抗格局下北极区域治理面临巨大挑战。科学外交作为低敏感度领域，对北极国家来讲不失为实现北极可持续发展、重启北极合作的优选途径。北极国家开展北极科学外交主要集中在科学基础设施、科学教育合作、具体领域的科学合作三个方面。受制于当前北极地区复杂的地缘政治环境，一些具体合作项目进度缓慢，部分科学合作甚至中断，北极国家之间缺乏科学合作的信任基础，科学外交受到的阻碍。中国作为地理位置上的近北极国家，有必要梳理北极国家科学外交的最新动态，把握北极地区科学研究前沿，从而为日后开展北极科学外交、参与北极治理制定符合中国国情的外交战略。

134. 封闭与开放、分裂与合作——世界秩序的变化与北极治理的未来

厉召卿 (中国海洋大学)

北极治理的产生和发展，从宏观看来，是一个从封闭走向开放，在经历部分分裂后通过新路径重返合作之路的过程。在这一过程中，世界秩序的变革对北极治理产生了关键性的影响，通过梳理北极治理发展和世界秩序进程的平行路线，探究世界秩序对北极治理产生影响的内

因和外因，分析北极治理的现状及其造成北极治理分裂的原因。通过寻求新路径为北极治理的合作创造新机会、新合作。

135. 非政府组织对南极环境决策的影响路径与中国因应

谢焯池 (中国海洋大学法学院)

环境治理既是南极国际治理的核心议题，又是各国锚定参与南极事务的关键目标之一。纵观南极环境决策机制，既有南极条约协商会议（ATCM）、南极环境保护委员会（CEP）以及南极海洋生物资源养护委员会（CCAMLR）等南极条约体系制定机构的引领，又有南极旅游组织者协会（IAATO）等活跃在南极的非政府组织的积极参与。非政府组织以其非政府性、非营利性和国际性的优势在制定行业规范、供给科学知识、参与议题设置、强化舆论引导等方面发挥了独有作用，进一步促进了南极环境决策机制的透明化和民主化。作为南极条约协商国，我国在参与南极环境治理时应辩证看待非政府组织所发挥的作用，既要关注其在南极造法进程中的重要贡献，又要警惕非政府组织“政府化”和“唯资本化”倾向对我国造成的扰动。此外，我国要以南极研究科学委员会（SCAR）为纽带加强同非政府组织在科学层面的合作，同时鼓励并引导国内社会组织参与南极事务，不断提升在南极治理中的话语权和国际地位。

136. 新安全形势下加拿大的北极科技政策与动态研究

于冬梅 (中国海洋大学)

北极地缘政治博弈升级，“再军事化”不断加剧，以北极理事会为核心的北极区域治理机制不断受到安全问题的挑战。加拿大一直以来非常注重加强自身在北极的科学考察和军事科技能力。通过梳理加拿大的北极科学考察政策和制度，以及俄乌冲突发生后，加拿大在北极开

展的系列军事科技活动。研究发现加拿大始终以主权安全作为其北极的核心利益，通过不断强化与原住民的关系，来加强对北极地区以及西北航道的主权控制。加拿大北方四省拥有对地方上开展科学考察合作的自主决策权，这既是对原住民自治的尊重，同时也促进了外国申请者与原住民展开科学考察合作。加拿大在北极开展的军事科技活动旨在加强其对北极地区的监控能力，其本质还是地缘政治博弈，随着北极资源的可获取性提高，这些活动对争夺北极资源、开发利用北极航道的影响将更为深远。

137. 中国与拉美国家的南极合作分析

刘明 (大连理工大学)

南极合作已成为中国与拉美国家合作的新增长点和新方向。拉美国家在地缘区位和特定领域中的优势以及在南极政治中的重要地位，成为吸引中国与其进行合作的主要动因。在战略意图上，中国力图通过合作提升在南极事务中的话语权和影响力，摆脱南极中等国家身份；拉美国家则需要借助中国的资金和技术等优势发展自身，使其南极治理能力、南极科技水平与国家南极政策相匹配。中拉在基础设施建设、科研、环境保护、后勤保障、旅游等领域展开了务实合作，并努力健全合作机制、扩展深化合作领域。把南极打造成中拉合作的新疆域，提升南极合作在中拉关系中的战略性地位，将对“一带一路”倡议向拉美“南极国家”深度拓展大有裨益。

138. 科学特区：走进南极治理视野的冰架

李玮 (中国海洋大学法学院)

随着气候变化对南极冰架融化作用凸显，《联合国海洋法公约》和南极既有条约应对冰架缩塌问题上储备不足，南极海洋生物资源养护

委员会以南极科学特区对冰架缩塌后暴露出的新海域予以临时保护。南极冰架区域规则构建正以前所未有的方式和路径展开，南极海生委成为新规则形成的核心平台。海洋新生境生物资源养护问题取代了冰架法律地位问题，成为冰架规则生成的突破点。南极冰架区域在南极治理中重要性凸显。

139. 百年变局加速演进与北极治理新挑战

王传兴 (同济大学)

随着国际体系结构中的实力结构、制度结构和观念结构的加速变化，百年变局处于加速演进的过程之中，也即国际体系总体上处于加速演进之中。相应地，2010年代中后期开始出现的北极地区政治化、安全化、泛安全化，乃至军事化的态势；这种态势是对后冷战时期超过四分之一一个世纪的“反动”，其所带来的后果是北极治理价值的“再转向”，进而使得北极治理主体、北极治理客体和北极治理机制都面临新的挑战。

140. 地缘类属身份、内生结构矛盾与北极地缘政治态势——基于地缘战略心理视角

易鑫磊 (华东师范大学世界地理与地缘战略研究中心)

当前，北极地缘政治态势呈现冷战结束以来未有之“大变局”特征。现有描述和解释北极地缘政治的论述，例外论、新冷战论、全球博弈映射论均存在解释缺陷，没有准确把握住北极地缘政治的关键因素和本质特征。本文认为，北极地缘政治的关键因素是自然地理环境变化背景下俄罗斯地缘类属身份从传统陆权国转变为陆海复合型国家。而北极地缘政治本质特征是美国作为海洋霸权国与发展北极区域海权的俄罗斯在北冰洋形成的内生结构性矛盾。本文尝试对经典地缘政治理论和

地缘战略心理学进行交叉研究，尝试构建基于地缘战略心理认知和行为动机的北极地缘政治行为体互动模型，分析北极地缘政治格局的动态演化。

141. 乌克兰危机下北极国家能源环境和能源政策的调整与变化

张洁芳（中国海洋大学法学院）

2022年2月乌克兰危机爆发后，引发了全球能源格局的剧烈动荡，叠加美西方对俄罗斯实施一系列经济制裁，世界正陷入首次全球性能源危机。聚焦北极地区，北极国家能源政策的调整受世界能源格局大背景影响，同时以能源安全为中心的地缘政治和北极独特的地理环境也制约其国内能源经济的发展。其中，俄罗斯、挪威、美国作为全球能源格局中的重要供给端国家，能源政策的变动牵系着全球能源局势稳定与安全。本文基于乌克兰危机爆发新形势的现实背景，通过梳理北极国家2022年度能源领域的发展动态，阐明各国能源举措产生的交互影响，以期完整呈现新形势下北极国家能源政策调整及能源供给结构变动状况。最后，本文分析了导致北极国家能源政策调整和供给结构变化的常量和变量因素，揭示新形势下北极国家能源领域新动向的底层逻辑。

第7专题 极地探测技术与工程装备

142. 南极考察站零碳综合能源应用前景展望

孙宏斌（太原理工大学）

以传统燃料为主的南极能源系统在能源供需、环境污染等问题下已难显优势。发展并实现以安全高效、绿色便捷、设备可靠、多能互补、智慧融合为重要特征的山极零碳综合能源体系是必然趋势。创新设计、开发科学适用的新能源发电、氢能和电力电子等设备，实现高不确定性供给下弱惯量能源系统的动态平衡和稳定运行、极端事件冲击下弱灵活性能源系统的安全保供和韧性提升，高安全可靠下完成无（少）人值守的高效运维检测，实现山极科考活动从能源补给到使用全链条的绿色、便捷。

143. 山极氢能开发与利用关键技术

窦银科（太原理工大学）

氢作为解决山极风光资源充分利用问题的重要储能载体，其在山极低温、低氧、干燥等严苛条件下面临的技术寿命和经济寿命管理等问题也亟需解决，致力开发高效低成本制氢技术、大规模物理储氢和化学储氢技术、氢能安全技术。至此，须解决电解水制氢与可再生能源发电适配性差、低温冷启慢及远距离低温输制氢用水难题；解决低温液氢储存、固态储氢高能耗，低温高压气氢压力易失控及管道低温输氢难题；创新设计燃料电池各子系统控制和协同运行技术，燃料电池功密、寿命等运行效能；实现系统安全运行，针对分布式氢电系统、山极氢能拖车、基站电源等不同应用场景，开发对应的高效运行技术。以在探索研发新型制氢和储氢技术中推动山极氢能与可再生能源融合发展。

144. 极地新型清洁能源与安全研究

黄卫刚（安企睿智能科技（上海）有限公司）

面对南极寒冷，狂风的恶劣环境，以及巨大的风光波动性造成的不确定性，如何确保极地科考站和相关设施的能源供给，特别是能源电力系统的安全可靠运行是南极科考任务的重大挑战。为了确保南极科考站清洁能源系统的安全性，需要制定合理的能源安全目标，采用合适的分析方法进行安全分析，找到电力系统存在的薄弱环节，并在能源系统开发的阶段开展相应安全措施进行补强。安全电源系统应包括新型风电装备、光伏装备、氢能装备、甲醇动力装备、电化学储能装备、电力电子装备以及全天候多用途移动供能宝等。安全电源在确保科考站电力系统安全性与可靠性前提下，建立一个多重冗余的极地综合清洁能源系统，整合新型风能、光伏、氢能和甲醇动力等多种清洁能源技术，为科考站和相关设施提供安全可靠的能源。

145. 极地风能利用技术探讨

高杨（金风科技股份有限公司）

风能作为一种可再生能源，是构建极地空间清洁低碳、安全高效能源体系的主力军。然而在极强风、极低温、高湿度等外部严苛环境和机组维护难度大、可靠性要求高等设计约束下，现有的风力发电机组已不能很好地适应极地环境及要求。因此亟需针对极地风能利用装备的开发进行系统性研究与突破性创新。

146. 南极清洁能源 EMS 系统

王彬（太原理工大学）

针对南极环境的特殊性对供能的安全要求极高的特点，需要研究建立清洁能源系统安全工作阈，建立高渗透率的清洁能源的综合能量

管理系统，形成适应南极极昼/极夜多场景多主体互动效应下的多时间尺度多能优化管理技术，以实现统筹兼顾南极清洁能源系统的安全性、高效性和可持续发展性。至此，须重点解决南极清洁能源系统高复杂、强不确定环境下安全评估、全景感知、状态估计、优化调度和协同控制问题，搭建适用于南极科考站极端环境下高可靠性、灵活性、环保性统一的综合能量管理系统，以实现清洁能源系统安全高效绿色低碳运行。

147. 北极海冰融池跨季节演化过程自动观测方法研究

左广宇（太原理工大学）

北极海冰融池表面形态与垂向结构的演化对研究大气-积雪-海冰-上层海洋系统的能量平衡方面具有重要意义。北极海冰融池演化包括水平方向的形态变化与垂直方向的结构演化，但是目前缺乏海冰融池内部垂向结构的观测设备。针对北极海冰融池观测存在的问题，设计了北极海冰融池垂向温度剖面自动观测系统，该系统由观测模块、供电模块、数采模块、数传模块以及辅助模块组成，可实现大气、积雪、海冰、融池以及海洋连续自动观测。本研究可为北极海冰融池的科学研究提供技术与数据支持，有助于提高对现阶段北极海冰融池演化机制的理解，支持极地海冰遥感与海冰模式的发展。

148. 极地工程技术装备创新发展与展望

王硕仁（中国极地研究中心（中国极地研究所））

本报告聚焦国内外极地工程技术发展现状，重点分析我国在极地先进探测技术、极地工程技术与装备、极地环境综合试验技术等工程技术方面急需解决的短板问题及极地复杂环境所带来的挑战。报告介绍了自然资源部极地工程技术创新中心的基本情况，详述了如何利用创新中心的平台优势，服务于极地战略需求，构建协同创新网络，从而有

效地打通产学研用全链条，解决极地工程技术的短板问题。此外，报告还回顾了我国近年来在极地工程技术和装备方面的发展成果。详细介绍了我国在极地工程技术研发、装备制造、应用实施等层面取得的重要进展和成功经验，展示了我国在极地工程技术领域的实力和潜力。最后，报告对未来极地工程技术的发展和机遇进行了展望。以极地重大工程与装备发展为引领，分析了面临的挑战和机遇，以及如何抓住机遇，推动我国极地工程技术的快速发展。

149. 南极大陆冰下复杂地质环境多工艺钻探

王如生（吉林大学）

快速钻穿南极冰盖，直接获取冰下基岩样品，开展岩石宇宙成因核素和矿物分析，确定岩石年龄及结构组分，对研究南极地质构造、探测南极矿产资源、揭示冰盖演化历史、评估未来气候变化等具有重要意义。由于现有钻探技术无法适用南极恶劣的地表环境和复杂的冰下地质环境，迄今为止国际上获取了少量冰下岩心样品，无法支撑南极科学研究需求，亟需开展南极大陆冰下复杂地质环境钻探技术研究。本报告首先介绍开展南极大陆冰下基岩钻探的科学意义及面临的挑战，并分析现阶段常规极地钻探方法取得的成果及工作特点，提出应对南极大陆冰下复杂地质环境，克服常规钻进方式不足之处的多工艺钻探解决方案，并对南极大陆冰下复杂地质环境多工艺钻探技术目前取得的研究进展进行阐述。

150. 多功能南极钻探装备研发

杨甘生（中国地质大学（北京））

到目前为止，南极是地球上唯一一个未开发的大陆。大国为了抢夺南极的话语权，纷纷加大南极科研投入，以抢占南极竞争制高点。探索

南极、认识南极是占领南极竞争制高点至关重要的先决条件。南极大陆被巨厚的冰层覆盖，阻碍了人们对它的认识。要深入认识南极、了解冰盖下的地质环境，冰下实物样品是不可或缺的，而钻探是获取冰下实物样品的唯一方法，是开展南极冰下地质环境研究的必要手段。南极地表环境恶劣、冰下地质环境复杂、冰层钻进速度慢、冰下基岩取心钻进困难，因此有必要开展南极冰下复杂地质环境多工艺钻探装备的研发。为了解决南极低温环境下的钻探设备适用性和南极后勤保障能力不足、运输能力有限等难题，采用模块化设计方法，对多工艺钻机、空气循环系统、钻井液循环系统等进行了耐低温设计。本文概要介绍了南极钻探装备的设计思路、设计中重点解决的技术问题、设计结果等。

151. 地震海洋学—揭秘极地海洋多尺度动力过程的探测技术

宋海斌（同济大学）

地震海洋学是将反射地震学等地震学原理与方法应用于海洋探测与研究的地震学与海洋学的交叉学科分支。它主要利用多道反射地震方法研究海洋温盐细结构与中小尺度动力过程。反射地震剖面提供了海洋内部现象在水平方向和垂直方向上的高分辨率图像。油气勘探、大陆边缘、洋中脊的科学研究，在全球海域积累大量的反射地震资料，这些反射地震数据中包含了海水层内部结构的丰富信息。这些数据具有高横向分辨率、全海深快速探测的特点，是海洋多尺度动力过程的重要数据。特别是极地海洋等重点区域，采集资料难度大，已有的大量反射地震数据值得开发利用。我们在北冰洋、南大洋的初步成果表明，地震海洋学在揭秘极地海洋多尺度动力过程方面具有广阔的前景。

152. 探索 AI 在极地监测技术中的应用

汤东胜（上海孜孜科技）

人工智能科学，包括机器人、深度学习、机器视觉、自然语言处理等重点领域近来发展迅速，为极地科考在工程监测技术方面提供了全新的应用前景。视觉智能的移动监测机器人，利用深度学习对监测数据进行信息挖掘、分析与预测，使用自然语言模型自主撰写监测报告并与人交流，甚至对特定任务具备自学习能力、自主行为规划能力，非常适合执行极地无人值守环境的科考任务。

153. 基于相干多普勒测风激光雷达的极区大气风场观测研究

王章军（山东省科学院海洋仪器仪表研究所）

极区低空大气风场结构及其时空变化特征对整个地球大气系统意义重大，但垂直剖面数据十分匮乏，激光雷达作为主动遥感探测手段，可对极区低空（0-2 km）大气风场进行高时空分辨率、全天时的观测。本文主要介绍了随中国第36次南极科学考察对部署在南极中山站的相干多普勒测风激光雷达（WindPolar）的测量原理、结构设计、技术指标和数据反演方法，通过与 L 波段 GTS1 型数字探空仪进行了比对分析，风速测量精度优于 1m/s，进而分析了南极中山站几次典型连续观测事例。该系统自 2020 年 1 月 8 日正式观测，已在南极中山站连续运行超 3 年，获得了 3000 余小时观测数据，验证了系统可靠性和稳定性，为南极低空大气探测提供了全新的观测手段。

154. 激光雷达对大气金属离子的探测研究

杨国韬（中国科学院国家空间科学中心）

存在于高空大气 80-105 km 的大气金属层是该区域的动力学及化学过程研究的天然“示踪剂”。金属钙离子是目前地基激光雷达唯一可

以探测到的金属离子，通过与中国科学院大连化学物理研究所合作，我们研发了基于 OPO 光参量振荡及放大技术的双波长 393 nm/423 nm 全固态激光雷达系统，进而实现高空钙原子钙离子的高精度同时探测。全固态系统相对染料系统来说，具有性能稳定、线宽窄、单脉冲能量高、光斑质量好，无需经常更换染料等优点，为中层顶区域中性与电离成分的耦合研究提供了重要手段。我们的双波长钙原子离子激光雷达探测到了一些前人未曾见过的现象，比如高达 300 km F 层顶部的钙离子层，钙离子层从 90~300 km 都有着广泛的分布，并且展现出各种精细结构。我们还发现了被国际同行所忽略的背景钙离子层。随着子午二期建设的开展，我们建设了位于漠河的金属层综合探测激光雷达系统，它可以探测 Na、Fe、Ni、K、Ca 和 Ca⁺六种金属原子离子、以及钠层风场温度。其中钙原子钙离子通道单脉冲能量可达百毫焦，配合 4 个 1.5 米口径的大望远镜，实现了金属原子离子的高精度同时探测。

155. 海洋上空临近空间环境测量技术探讨

闫召爱（中国科学院国家空间科学中心）

受太阳辐射和对流层大气活动等影响，临近空间大气复杂多变，且存在着明显的地域差异和时间变化特征。需要发展临近空间大气探测技术，积累足够多的实测数据，用于掌握大气基本特征和波动特征，建立准确的临近空间大气模型，为临近空间飞行活动、航天活动等提供大气环境保障。目前，已经掌握了一些临近空间环境探测技术，主要有钠荧光散射多普勒激光雷达技术、瑞利散射多普勒激光雷达技术、瑞利散射激光雷达技术、流星雷达技术、风场干涉仪技术、气辉成像仪技术、高空气象探测技术等。在子午工程等相关专项支持下，在陆地多个站点开展了探测应用；支撑了典型地区临近空间环境研究与预报技术的发展。但是，针对海洋上空的临近空间环境探测还非常缺少，不能满

足发展全球临近空间环境研究与预报技术的需求。

为此，本文针对海洋上空临近空间环境探测技术进行探讨。主要讨论研究的科学意义、船载探测的载荷配置方案、技术难点、预期成果等。

156. 激光测风雷达极地考察探测分析

张杰（青岛华航环境科技有限责任公司）

2023年7月12日到9月27日，我国科学考察队完成了第13次北极科学考察活动。青岛华航环境科技有限责任公司提供的 WindPrint VLA 相干多普勒激光雷达设备随“雪龙2”破冰船开展了国产自主装备的低空风场监测应用任务。本文首先介绍了激光测风雷达设备特点，随后分析了航程途径的北温带、北寒带、极地核心圈的低空风场特征，为北极圈与陆地海天环境的关系研究提供数据支撑，最后讨论了极地特殊海天环境对测风类自主装备的改进和科考业务的相关需求。

157. 极区航道导航信号电离层闪烁监测技术研究

靳睿敏（中国电波传播研究所）

极区是全球电离层闪烁最为严重的地区之一，电离层闪烁可导致卫星导航定位与授时精度降低，极区航道的卫星导航信号受电离层闪烁影响的安全问题尤为突出，因此，针对极区航道导航信号电离层闪烁的监测技术急需展开研究。本文首先简要介绍了正在承担的国家自然科学基金项目《影响北极航道卫星导航信号安全的电波环境特性与模化研究》的研究内容；重点给出了利用天基无线电掩星数据开展电离层闪烁对极区航道卫星导航信号的影响的初步研究结果，提出了一种基于麻雀搜索算法优化极端梯度提升（SSA-XGBoost）的电离层闪烁检测算法，通过极区所发生的历史电离层闪烁事件对本课题提出的算法进行测试，该算法对闪烁事件的检测准确率高达97%，对闪烁事件的漏

检率仅为 13%，表明该算法能够实现对极区电离层闪烁事件高效精准的检测。

158. 测风激光雷达在南极机场气象保障应用中的一些思考

禹智斌（哈尔滨工业大学（深圳））

南极大陆四面环海，发展相对高效的空运对极地科考工作具有重要意义。但空运对飞机起降、飞行过程的气象条件要求较高，需要对恶劣的极地环境进行充分评估来保证航空安全。在航空中，影响起降的主要因素之一是风。风切变是一种风速和风向在水平或垂直方向突然变化的大气现象。机场风切变具有持续时间很短、风场尺度小强度大等特点，一直是现代航空运输和探测预警的一个难题。激光雷达作为机场常用大气及气象监测设备迫切需要能够进一步实现对风切变现象的快速、实时、准确地监测和预测，在极地机场气象保障中具有广泛应用前景。本报告将展示测风激光雷达在民航低空风切变及尾涡探测的应用，讨论如何利用测风激光雷达做好极区机场气象保障。

159. 基于微腔光频梳的气体吸收光谱探测技术

黄川（中国科学技术大学）

极地大气成分是衡量极地环境的重要指标，而对于较大尺度区域的气体成分测量，现阶段最便捷、最精确的方法是通过遥感的方式获取气体的吸收光谱。光频梳技术问世后，凭借其高精度、宽光谱的优点成为大气光谱的先进探测技术，而现有的成熟的锁模激光器光梳仍然具有体积大和功耗高等缺陷，系统的集成度、功耗、体积、重量和鲁棒性有待进一步提升。片上集成微腔利用连续光泵浦在微腔中实现了光频梳产生，是目前的前沿光梳技术，具有功耗低、尺寸小、结构简单、可集成的优点，具有机载和星载的潜力。本文实现了实验室条件下基于微

腔光频梳的气体吸收谱宽谱扫描，为微腔光梳技术应用于极地大气探测提供了技术支持。

160. 亚稳态氦激光雷达探测技术在极区的应用与前景

刘振威（中国科学技术大学）

200km 以上的中性大气密度一直以来是地基遥感手段的盲区，而亚稳态氦原子是这一高度唯一可行的有效示踪物。中国科学技术大学于 2023 年建设完成亚稳态氦激光雷达系统，进行了一段时间的观测并取得了比较好的结果。该激光雷达系统包含脉冲能量高达 400mJ@50Hz 的 1083nm 激光器、六台口径 1 米的接收望远镜、用于超窄带滤波的标准具以及超导纳米线单光子探测器。基于已有的模型和大气理论进行仿真结果表明，目前已建成的亚稳态氦激光雷达位于海南低纬地区，可观测的窗口时间短，相比较而言，极地有较为丰富的高能电子和极昼、极夜的特殊现象，在特定季节可以具有长时间连续的亚稳态氦观测窗口，这将有助于在全球尺度下研究热层中性大气及其与多圈层耦合的物理和化学机制。

161. 极地微观海洋环境原位显微探测技术

刘佳豪（中国科学院长春光学精密机械与物理研究所）

极地环境作为复杂的耦合系统。目前全球变暖引发的极地环境快速变化机理尚不明确，尤其是缺乏重要的小微尺度物理过程观测。传统显微技术在极寒、极昼和极夜等极端环境下无法实现无人实时低耗原位的显微观测。针对上述问题，本文提出基于数字全息显微的极地原位探测技术，利用其大景深、数值聚焦、实时、高分辨率和相位成像等优势，实现了平台端量级显微成像和相位成像并在海试中实现对浮游生物和 4000m 级水体颗粒的实时观测。该探测技术的研发对极地小微尺度监测和极地微生物资源开发等领域具有重大意义。

第8专题 极地国家野外科学观测研究站发展论坛

内容略。

第9专题 极地航行与装备创新技术论坛

162. 碎冰航道中的极地船舶螺旋桨水动力一体化分析

周利（上海交通大学）

碎冰区是一种冰水混合流场，不仅要考虑船-桨-舵的冰载荷，还需要考虑船-桨-舵-冰的水动力作用，其船体运动过程极其复杂。基于船-冰-水耦合理论，本研究在 STAR CCM+中模拟了多冰情下船-冰-水的复杂耦合作用，建立了极地船冰区回转航行预报模型，开展了拖曳自航冰水池试验研究，验证了数值方法的准确性。

163. 极地船舶冰区航行的高性能数值仿真

刘璐（大连理工大学）

极地海洋装备在极地冰水环境中面临海冰载荷的安全威胁，如何合理确定极地海洋装备冰区作业中的冰载荷、冰阻力、运动响应等动力学特性是亟需解决的关键问题。针对极地海洋装备的结构动力学数值预报问题，详细介绍基于离散元方法(DEM)的海冰数值模型、冰水固耦合算法及高性能软件研发进展。在海冰离散元方法中，建立了考虑海冰断裂能释放和刚度软化的黏结失效模型，从而模拟海冰与结构相互作用过程中的破坏及结构上的冰载荷。采用显式不可压缩格式的光滑流体动力学 (SPH) 方法模拟水动力学，并建立海冰离散元和刚体结构组成的固体边界与流体粒子直接作用的 DEM-SPH 耦合模型。结合结构弹塑性有限元方法，建立了结构-海冰-海水的多介质耦合模型。在以上数值模拟基本方法和理论的基础上，研发了极地海洋装备的结构动力学仿真软件 SDEM，在极地海洋装备的典型冰区作业数值模拟中取得了良好的工程应用效果。

164. 船舶冰区航行模拟器关键技术研究进展

刘兆春、张秀凤、尹勇、钱小斌（大连海事大学）

对于船舶操纵人员来说，冰区海域航行与普通海域航行在各个方面都有很大的不同，国际各个海洋科研组织和船员培训机构对冰区航行模拟器相关的研究和需求与日俱增。大连海事大学从上世纪八十年代末开始了自行研制船舶模拟器的历程，所开发的 V.Dragon-5000 型船舶操纵模拟器是国内唯一具有自主知识产权的冰区航行模拟器，该报告将从船舶冰区操纵运动数学模型、冰区航行三维场景建模及视景显示，以及冰区船舶操纵仿真与训练系统的组成等多个方面对冰区航行模拟器关键技术的研究进展进行阐述。

165. 极地航行典型事故分析及极地通航保障研究

陈英龙（大连海事大学）

极地通航保障是北极航道得以充分利用的基础。本报告首先综述了国内外极地通航保障领域的研究进展和现状，通过文献查阅、会议调研等方法建立了极地航行事故数据库，归纳了极地海域通航事故特征，总结了极地海域通航事故的类型，并围绕极地典型案例开展分析，剖析了通航事故的影响因素及其权重，最后介绍了大连海事大学在极地通航保障领域的相关研究，包括极地应急保障调度分析、极地应急保障装备等。

166. 极地船舶安全性与结构可靠性研究

柴威（武汉理工大学）

随着全球气候变暖，北极海冰覆盖范围持续减少，极地地区航道资源与油气矿产资源优势日益凸显，催生了极地船舶的研发与建造热潮。报告将围绕极地船舶冰载荷极值预报理论与方法、极地航道冰情冰况

分析与极端冰况预报研究、极地船舶极限稳性评估等方面展开，为研究与评估极地航行船舶的安全与可靠性提供参考。

167. 重型破冰船关键材料研发与性能评价

刘涛（上海海事大学）

北极航道的开发与利用对我国具有重大战略意义。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》明确提出，开展重型破冰船等科技前沿领域攻关。本报告将围绕极地重型破冰船关键材料的技术研发与性能评价，结合国内外的研究进展和现状，介绍上海海事大学极地船舶材料团队在技术攻关、标准制定、平台建设和队伍建设等多个方面的工作。希望通过持续攻关和努力为极地水域船舶航行安全提供材料保障和技术支持。

168. 极地大洋科考预报保障进展

苏博（国家海洋环境预报中心）

国家海洋环境预报中心一直承担着我国南北极科学考察航行保障任务，自 1984 年我国第一次南极科考进行随船预报保障工作开始，到 2023 年已经完成了 39 次南极科考和 13 次北极科考保障，此外预报中心还参与我国大洋科考的预报保障任务，主要承担了蛟龙号 1000 至 7000 米海试的预报保障工作。通过回顾极地大洋随船预报保障技术变化，介绍了极地大洋现场观测和预报工作，总结了海洋气象观测和预报技术的发展历程及最新进展。此外结合国家海洋发展战略及预报中心的预报业务发展规划，介绍自主开发研建的海上航行安全保障服务系统，以及在极地大洋科考的应用情况。

169. 极地装备材料需求分析及研究进展

常雪婷（上海海事大学）

船舶航行在极地海冰环境中会因为冰载荷导致表面涂料脱落。暴露出的钢材首先遭受海水腐蚀，还需经受冰载荷摩擦磨损。钢材表面耐磨耐蚀特性随其成分及加工工艺不同有较大差异，且由于缺乏相应检测标准，尚未对其使用性能指标达成统一要求，限制了国产低温船用钢材的研发及推广。拟在多年科研工作基础上，探讨极地装备材料，尤其是极地船舶用低温钢材及涂料材料的失效形式，从海水腐蚀-海冰磨蚀耦合作用评价等角度分析适用于极地特殊环境的材料评价体系，介绍近年的研究工作进展，为极地装备选材及失效分析提供材料支持。

170. 基于深度学习的海冰要素走航观测系统研发

陈晓东（大连理工大学）

海冰要素是冰区环境评估与航行安全评估的重要参数。为了在走航视频观测过程中能够准确有效的获取海冰密集度、海冰厚度等信息，采用基于深度学习的 Deeplab 模型对冰水介质进行分类从而提取所需数据。本文以第九次北冰洋科学考察中所获取的海冰视频信息作为研究对象建立了相应的数据集与验证集。采用深度学习模型所得到的识别结果与人工标注的验证集进行对比，对比结果表明模型预测的平均交并比可达到 90%以上。然而，北极环境中复杂的光照条件与海冰随机的轮廓特征仍会对识别结果产生一定影响，需要在训练集中充分考虑这些影响因素。

171. 全球破冰船航行特征分析

艾松涛（武汉大学）

破冰船在全球极地考察和研究中扮演着至关重要的角色，作为极地运输的主要手段和极地调查的重要平台，是各国开展南北极考察不可或缺的交通工具。为了更好地了解破冰船的使用和发展趋势，我们对全球破冰船的国家分布、船舶参数以及主要活动范围和时空变化进行了梳理和比较。在此基础上，我们利用武汉大学“双龙探极”时空信息平台进一步分析了部分典型破冰船的航行特征，以期为未来极地考察和相关领域的研究提供参考和借鉴。

172. 储能系统在大型船舶电力系统应用

张元玮（中国船舶集团有限公司第七〇四研究所）

储能系统是大船电力系统的重要组成部分。随着船舶电力推进技术的发展，储能系统将作为极地科考船舶动力系统的重要组成部分与各类主、辅机配合，在满足极地科考船舶各类负荷需求的前提下提高其经济及环保性。上述功能角色的转变加快了大规模储能系统接入极地科考船舶，随之带来了大规模储能系统的动态运行控制、优化配置等一系列问题。首先，对当前的船舶动力推进系统及储能技术进行分类；其次，研究不同储能技术路线在极地科考船舶上的适用性；然后，分析接入储能系统的极地船舶电力系统在破冰等不同工况下的响应特性；最后，提出储能系统接入极地科考船舶电力系统后带来的若干待解决问题，包括船舶储能系统动态控制、船舶储能系统适应性优化以及船舶储能系统状态评估等。为未来大规模储能系统在极地科考船舶上的应用研究提供参考方向。

173. 极地船新风防冻处理研究

吴延嘉（704 研究所）

近年来，我国极地航区的船舶开始陆续建造，船舶航行于南极、北极需要面临严酷的低温大气环境。目前在极地超低温情况下，环境温度均低于 -30°C ，甚至更会接近 -40°C ，极地的低温环境对人员的健康以及机舱设备的安全均造成了严重的挑战。为了保证极地冰区船舶在低温大气环境下的安全，极地船新风的安全可靠防冻处理越来越重要。针对此问题，特别是极地科学考察船需要深入南极冰盖承受严酷的环境考验问题，研制了低温新风预加热系统以有效的提高低温新风预热的安全性及可靠性。研制内容可针对不同极地温度下的不同防冻处理策略以适应各种工况下的新风防冻处理。

174. 极地新型清洁能源与安全研究

黄卫刚（安企睿智能科技（上海）有限公司）

针对南极寒冷，狂风的恶劣环境，以及巨大的风光波动性造成的不确定性，如何确保极地科考站和相关设施的能源供给，特别是能源电力系统的安全可靠运行是南极科考任务的重大挑战。为了确保南极科考站清洁能源系统的安全性，需要制定合理的能源安全目标，采用合适的分析方法进行安全分析，找到电力系统存在的薄弱环节，并在能源系统开发的不同阶段开展相应安全措施进行补强。安全电源系统应包括新型风电装备、光伏装备、氢能装备、甲醇动力装备、电化学储能装备、电力电子装备以及全天候多用途移动供能宝等。安全电源在确保科考站电力系统安全性与可靠性前提下，建立一个多重冗余的极地综合清洁能源系统，整合新型风能、光伏、氢能和甲醇动力等多种清洁能源技术，为科考站和相关设施提供安全可靠的能源

175. 俄罗斯核动力破冰船的发展

张燕

通过介绍北极圈航线价值和资源，阐述了俄罗斯在发展破冰船领域的必然需求，介绍了俄罗斯核动力破冰船的发展道路和未来计划，并简述我国破冰船的发展路程，为大家了解高技术破冰发展历程提供参考。

176. 某水面舰船平整冰区航行能力的模型试验评估

孙剑桥（天津大学）

北极冰融和东北航道的季节性通航，为水面舰船的冰区航行带来了新的机遇和挑战。为评估水面舰船平整冰区航行中的快速性与结构安全性，以标准模型 DTMB 5415 为研究对象，在冰水池内开展了冰区航行快速性试验与冰载荷测试。快速性试验采用冰中拖曳自航的形式，通过拖曳力与推扭力测试数据，对船舶冰区航行所需推进功率进行预报。冰载荷则由粘贴在船首的薄膜型压力传感器直接测得，通过试验预报结果与标准规范中设计冰载荷的对比，评价冰区航行的结构安全性。研究表明，水面舰船具备足够的推进能力使其达到平整冰中航行的特定航速，但从结构安全的角度出发，过大的冰载荷限制了其冰区航行能力，因此若实现水面舰船平整冰区的自破冰航行，船体结构的冰区加强是十分必要的。

177. 冰脊碰撞作用下船舶结构的碰撞力分析

李亮（哈尔滨工业大学）

近年来，随着北极航道的逐渐开放和极地航运的迅速发展，船舶在极地航行时不可避免的会和海冰相撞，其结构安全常常会受到威胁。冰脊是海冰中的一种特殊形态，相比平整冰会对船体产生更为巨大的载

荷。为了保证极地冰区船舶的安全航行，冰脊碰撞作用下船舶结构的碰撞力评估问题越来越重要。针对此问题，研制了北极环境下的非冻结模型冰脊，开展了船舶与模型冰脊碰撞的缩尺试验，建立了船舶与冰脊相互作用的数值模型并通过试验验证了其可靠性，基于数值模型和试验相结合的方法进行了船舶结构的碰撞力分析，为评估船舶的抗冰能力和安全性提供参考。

178. 海冰管理中的风险评估、预测与决策

黄晓明（大连理工大学）

极区钻井船作业容易受到海冰的影响，海冰风险管理需要合理的评估与预测。目前海冰管理的决策均由管理人员依据监测的各项数据进行人为定夺，具有较强的主观性，并且缺乏数据之间的关联性。为了改善这种情况，我们引入机器计算模型进行风险评估与决策。贝叶斯网络模型能够把相关影响因素全部联系在一起，通过历史数据库与机器学习方法确定网络的参数，通过风险评估可以为决策提供较客观的依据，并可以自动完成风险决策。

179. 海冰力学及冰水耦合作用的近场动力学模型研究

刘仁伟（江苏科技大学）

近场动力学（PD, peridynamics）作为一种新兴的非局部方法，在固体材料的动态力学分析和静动力裂纹扩展问题中已得到广泛应用，尤其在模拟脆性材料破坏等问题具有突出优势。针对海冰力学模型和冰水耦合问题，介绍团队所提出的海冰微势近场动力学方法，以及将该方法应用于冰的缩尺数值模拟情况，并对近场动力学模型模拟裂纹的能力和冰力学问题进行系统阐述。同时，为了研究近场动力学的非局部参数对模拟结果的影响，介绍了缩尺模型冰的力学特性，分析不同缩尺因

子的数值稳定性和收敛性，并采用无量纲化分析非局部参数对计算结果的影响。最后，介绍团队开发的非局部流固耦合模型，成功模拟了漂浮水面的冰板在冲击载荷下的破碎和断裂，捕捉了冰水耦合复杂行为，揭示了冲击载荷作用下冰的环向裂纹和径向裂纹产生机制和扩展规律。

180. 极地冰区船舶推进轴系共振方法的研究

张伟霞（倍豪船舶）

船舶在冰区航行时，推进轴系如果设计不当很可能产生共振现象。本文讲述采用仿真计算得到的五种评估冰区船舶推进轴系是否共振的方法：自由振动固有频率法、强迫振动扭矩计算法、强迫振动扭转应力计算法、强迫振动放大系数法、强迫振动耦合瞬时扭矩法。使用这些方法能有效地、预见性地避免轴系共振，为轴系设计提供了依据。

181. 极区钻井船作业风险评估

王子鑫（大连理工大学）

如今，资源的日益紧缺使人们对极区资源的勘探逐渐深入，极区钻井平台作业的风险评估技术越发重要。本报告针对极区风险因素复杂且相互影响，提出利用贝叶斯网络方法进行钻井船作业的风险评估。基于近千条事故报告及相关专家知识对风险因素进行频次统计，筛选影响因素，离散化处理，再进行网络结构学习，同时结合专家经验进行优化。并基于最大期望算法 EM 进行参数学习获得节点概率分布，结合贝叶斯网络推理算法，通过 GeNIe 软件，最终实现风险评估模型。通过交叉验证，得出模型预测的准确性在 80%左右，再基于历史事件进行情景分析，证明模型的可用性。最后进行了敏感性分析，来确定哪些风险具有最大的潜在影响，从而采取相应的决策。

182. 面向北极水域船舶通航的加强型风险评估方法

方崔雯（上海海事大学）

随着全球气候变暖，深入开发的北极航道为全球航运提供了新的航路选择，为船舶航行安全问题增添了新的应用场景。长期以来对船舶通航安全的研究采用综合安全评估（FSA）方法，近年来安全水平法（SLA）的提出优化了航运安全问题的解决方案。面对北极水域特殊的通航环境，以及新基础设施和技术手段的智能航运发展需求，本研究提出加强型风险评估（E-FSA）方法，围绕风险感知、风险认知、风险控制和风险决策进行展开。首先，从北极通航风险信息入手，基于环境可视化结果与专家建议完成风险因素感知，建立北极船舶通航风险评估指标；其次，运用随机 Petri 网对北极船舶通航四性指标下的综合通航风险进行评估；最后，针对四性指标下的高风险因素提供风险控制方案。研究发现，海冰密集度是北极水域船舶通航风险的关键因素，风险特征具有显著季节性，8月至9月为最佳通航窗口期。实证表明，提出的 E-FSA 框架的风险辨识对北极通航信息感知具有强依赖性，多源高精度关键信息的有效融汇是高质量风险评估的实现基础，可为航行船舶精准化风险控制提供点源技术支持。

第 10 专题 极地冰下环境与信息技术

内容略。