

极地观测与探测技术



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

程 晓

2021年11月11日



- 极地的战略与科学价值
- 极地观测与探测技术发展现状
- 极地观测与探测技术发展规划



一、极地的战略与科学价值



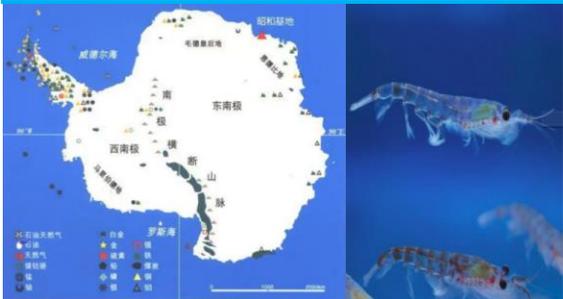
极地事关我国未来发展和安全

**北极事关我国能源安全
(油气储量占全球20%)**

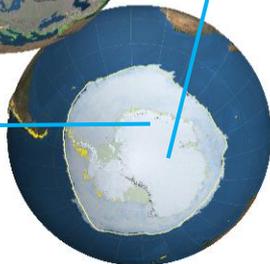
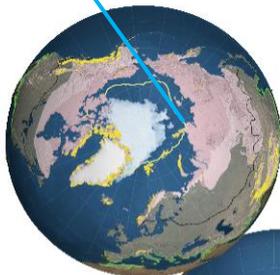


俄罗斯北极亚马尔天然气通过东北航道
向我国输送

**南极矿产和生物资源极为丰富
(煤和铁的储量世界第一)**



资源丰富



空间资源利用是当前极地资源战略的核心



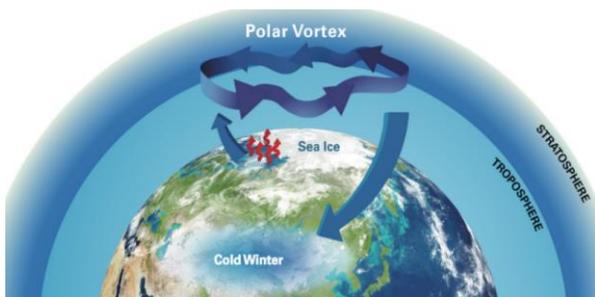
- 极地资源开发
- 极地空间监测



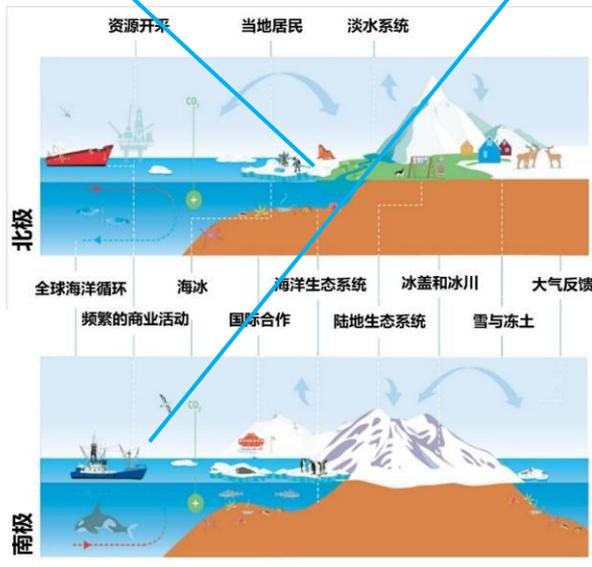
极地是全球变化的前哨与屏障

科学前沿

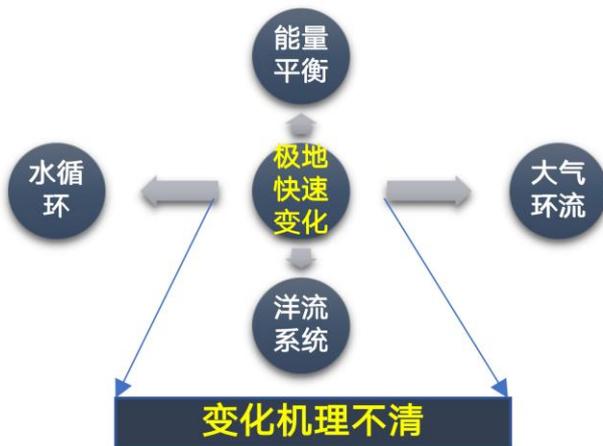
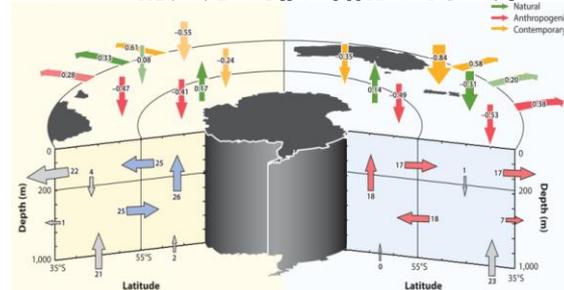
□ 北极快速变化机制及其影响



□ 极地深海环流与碳循环



约40%的人为碳排放储存于南大洋

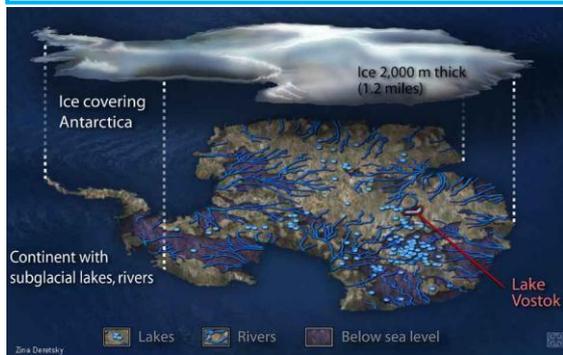


极地与可持续发展目标 (SDGs)、双碳目标关系密切

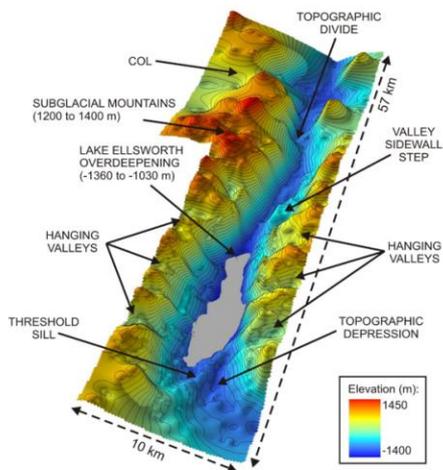
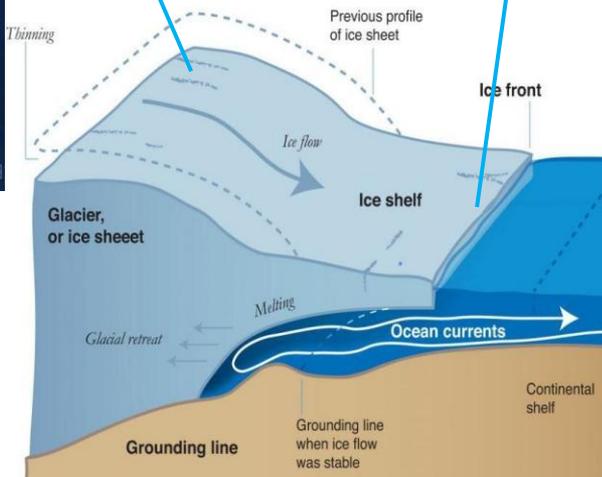


极地是全球变化研究的前沿

□ 南极冰下湖探测

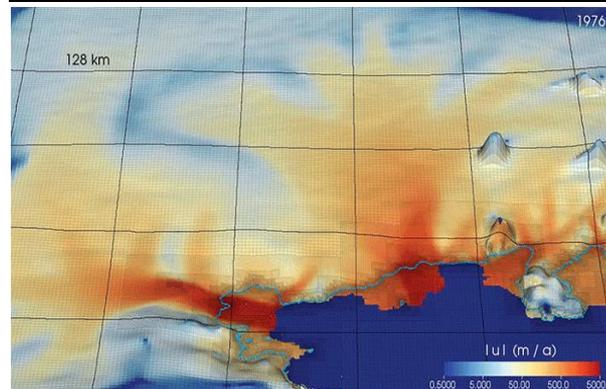
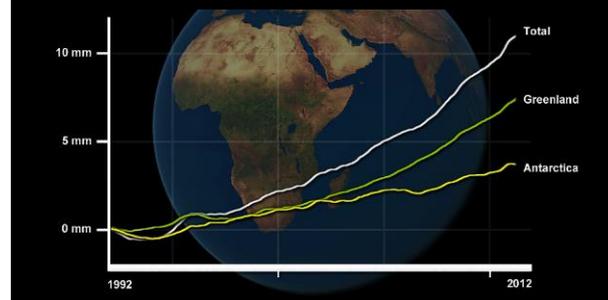


科学前沿



□ 冰盖不稳定性与海平面变化

冰盖物质流失是海平面上升的主要原因



南极冰下科学 (气候演变、冰下生命起源)

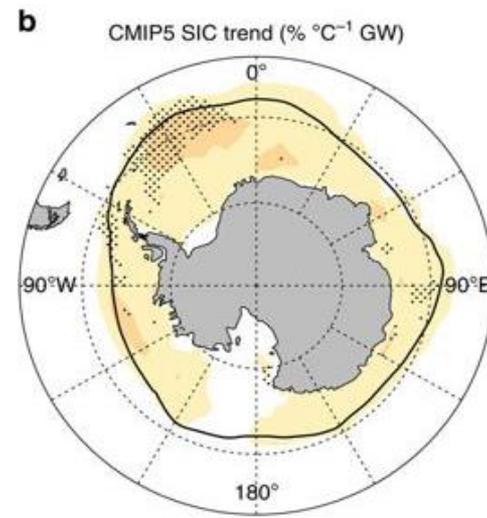
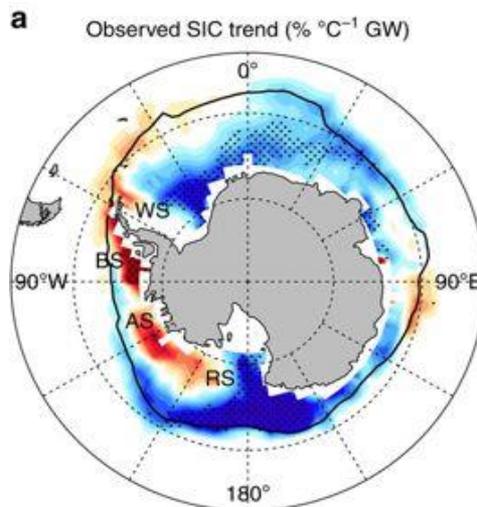
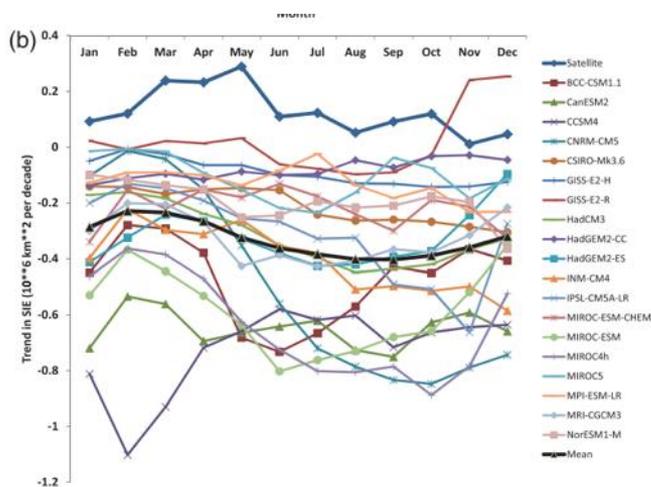
南极冰盖物质损耗机制不清是未来海平面预测的最大不确定性
尤其是底部融化机制



南极海冰变化 “之谜”

开展未来气候预测所依托的是地球系统模式，但目前所有的地球系统模式都无法正确模拟重建南极整体海冰增加的趋势！

主要源于南极冰盖-海冰-海洋-大气复杂相互作用的过程机制不清。



□ 极地观测与探测是国家战略需求

“十四五”国家重点研发专项

深海和极地装备与技术专项设置

“极地观测与探测”子领域任务。

发展适应于极地极端环境的极地观测与探测关键技术，加快研制极地冰盖、海冰与海洋观测与探测装备，包括极地复杂冰区**运载作业技术与装备**、极地**空天基观测探测技术与装备**、极地**冰海基观测探测技术与装备**、极地**地质矿产资源调查与评估技术**，实现极地载人深潜系统集成，推动北极航运与航道建设，为认识、保护和利用极地提供关键支撑。

2035年远景目标规划

“深空深地深海和极地探测”

宇宙起源与演化、透视地球等基础科学研究，火星环绕、小行星巡视等星际探测，新一代重型运载火箭和重复使用航天运输系统、地球深部探索装备、深海运维保障和装备试验船、**极地立体观测平台和重型破冰船研制**，探月工程四期、蛟龙探海二期、**雪龙探极二期建设**。



二、极地观测与探测技术现状

极地观测探测技术发展现状



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

经过三十多年的发展，我国极地观测与探测能力显著增强，在部分领域达到国际先进水平。

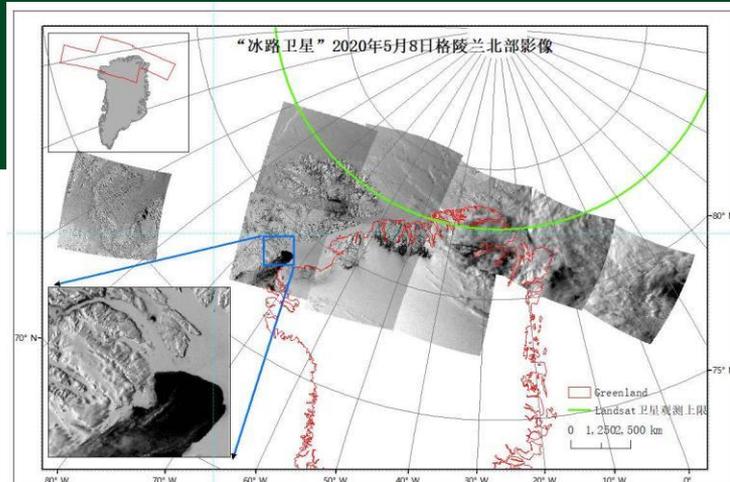
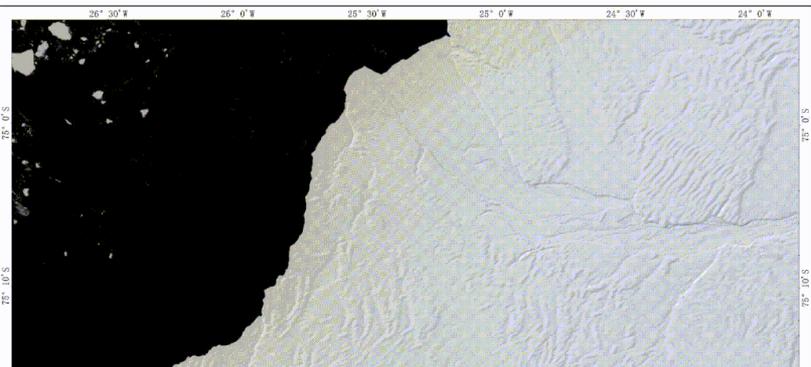


- 自主设计建造的“雪龙2”号破冰船成为极地科考利器。
- 研制“北极海冰气无人冰站观测系统”，初步建成北冰洋气冰海系统环境监测网；
- 自主研制的水下机器人并实现极地水下探测工作；
- 自主研制的专门用于极地探测的极地遥感小卫星。

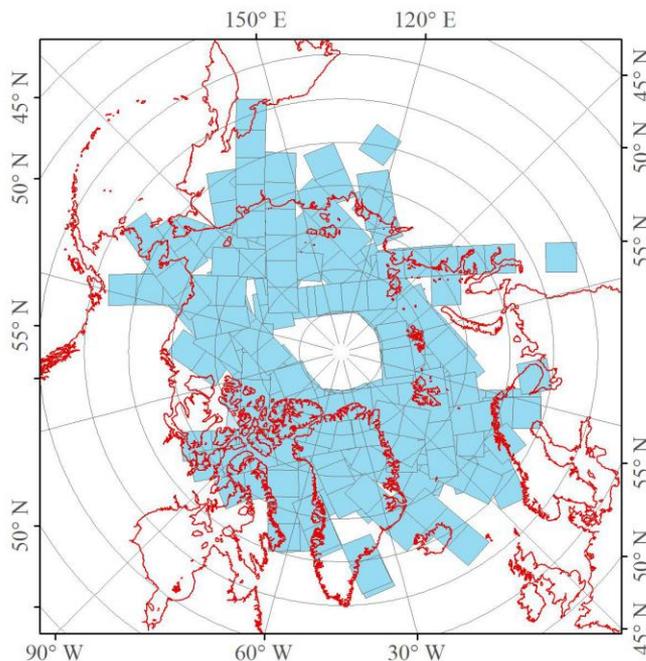
国内民用遥感卫星极地应用

国产卫星极地观测初露头角

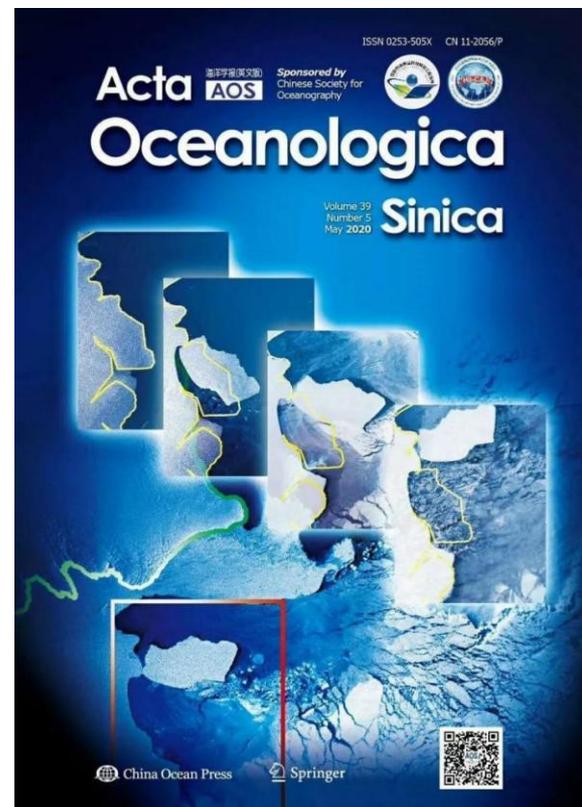
海洋一号D卫星布伦特冰架遥感影像图



比Landsat卫星更北的观测能力



极地冰架高动态变化监测领域有了“中国声音”

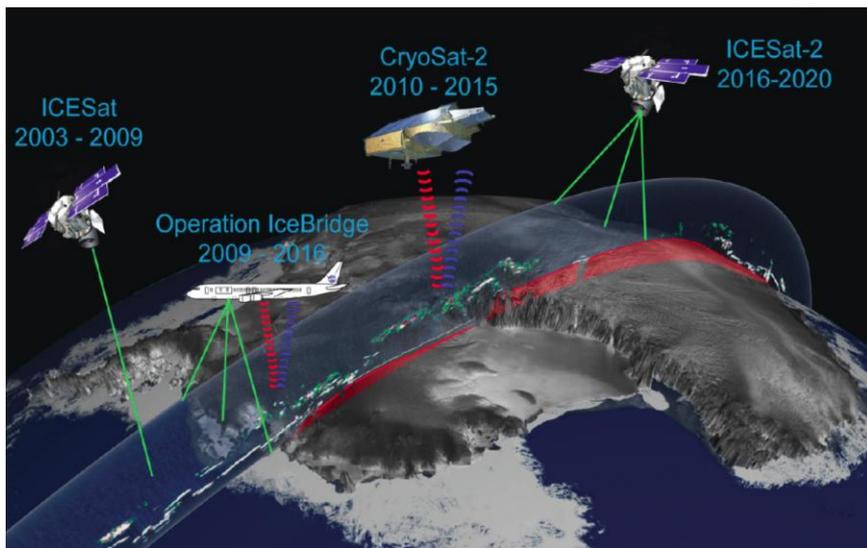




□ 极地研究高度依赖国外卫星，缺乏自主空天基观测与通信能力

欧美系统部署了极地空天基遥感
观测平台

我极地的自主的卫星遥感与气象保障
服务存在严重短板



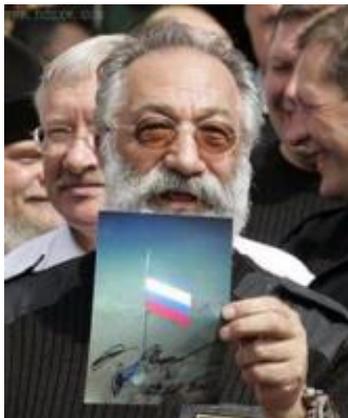
2014年“雪龙”号被困，依靠国外遥感影像脱困
2019年“雪龙”号受海雾影响撞上冰山



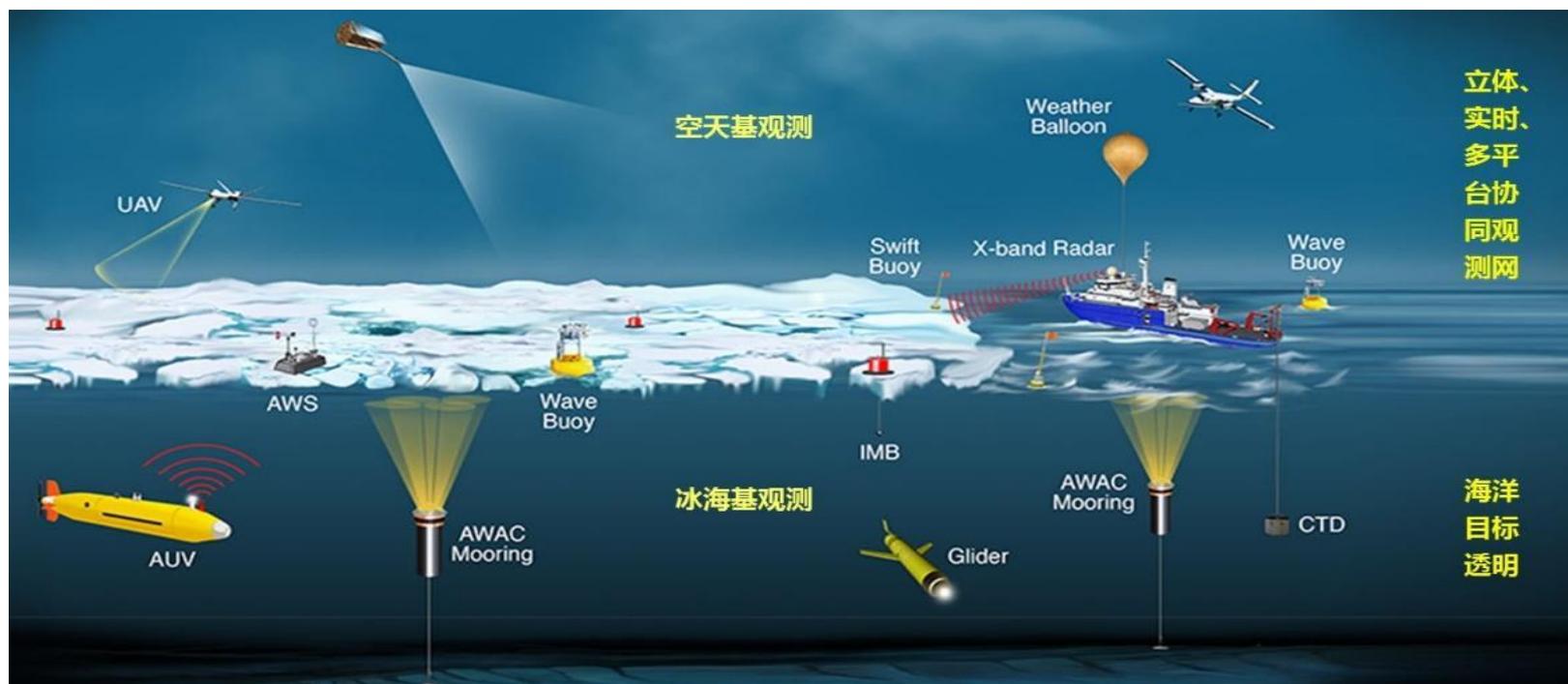
关键在于载荷质量、定量反演模型及真实性检验，导致我国对极地
观测能力不足。

我国极地观测与探测技术与极地强国之间仍存在较大差距：

- 极地观测严重依赖国外卫星和产品，缺乏自主监测能力；
- 科研经费投入不足，关键核心技术自主化程度不高，极端环境工程技术亟待突破；
- 极地高新技术的引领作用和产业化水平仍较薄弱；
- 冰区活动和探测能力不高，冰下一片空白。



- 构建完整的极地观测与探测技术与装备体系、推动建立极地空-天-地-海多要素综合观测示范系统，为极地载人深潜、北极航运和航道开发等提供关键支撑。
- 构建冰盖深部探测技术体系，获取关键观测数据和冰下湖样品，在回答全球关注科学问题上给出中国答案。





三、极地观测与探测技术规划



1 极地运载与作业装备

重点目标：针对极地运载与作业装备发展的实际应用需求，构建高性能极地工程装备技术体系，实现极地无人/载人深潜技术、重型破冰船、多栖运载平台、极地物探船、极地救援技术与装备的研究应用。

预期指标：1) 无人水下自主潜器最大工作深度5000米、最大航程1000千米、空气中重量不大于1吨、最大航行速度3节。2) 改造适宜极地作业的载人深潜器及水面支撑平台，实施首次极地冰区载人深潜，下潜深度大于4000米。



极地无人深潜技术（概念图）



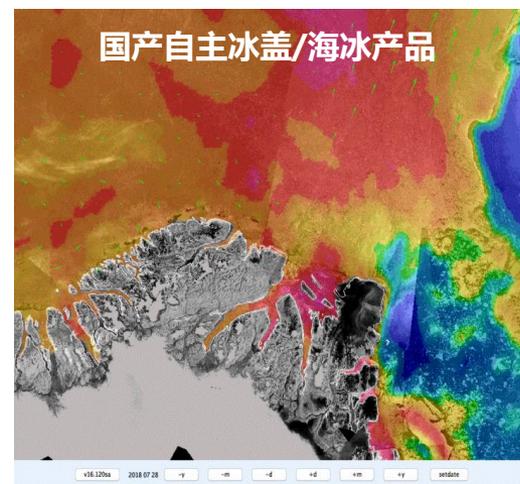
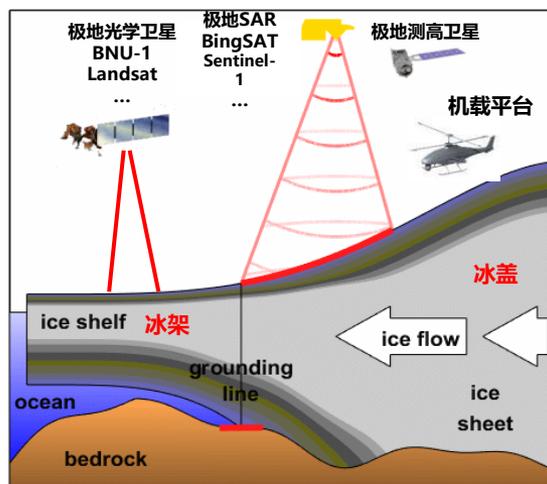
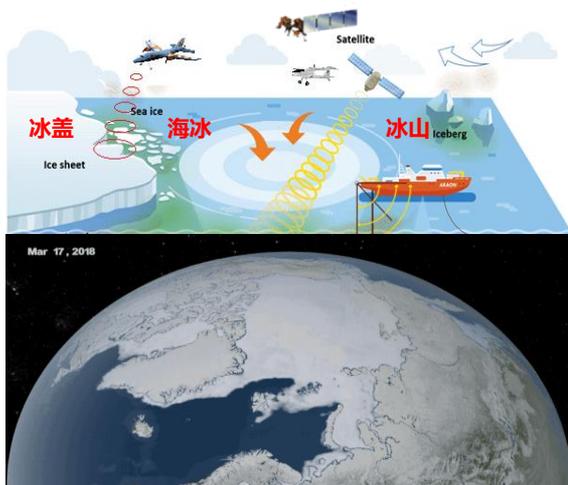
极地多栖运载平台（概念图）

2 极地空天基探测技术与装备



重点目标：研发新体制极地空天基观测平台，突破冰雪环境定标关键技术，建设国产卫星极地冰雪参量反演与产品生产能力，提升我国极地航空航天遥感探测、数据获取处理与定量反演分析能力。

预期指标：建立极地虚拟星座与遥感反演平台；建设南北极冰盖定标场各1个；极地无人机连续飞行 ≥ 10 小时，载重 ≥ 10 公斤；整合5颗以上自主民用卫星；极地冰雪参数自主国产化；新型极地MiniSAR雷达卫星、极地HEO卫星关键技术取得突破，为立项发射提供关键支撑。

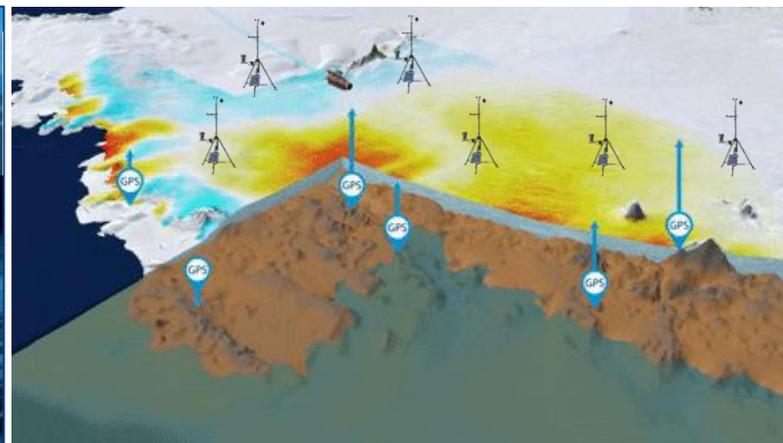
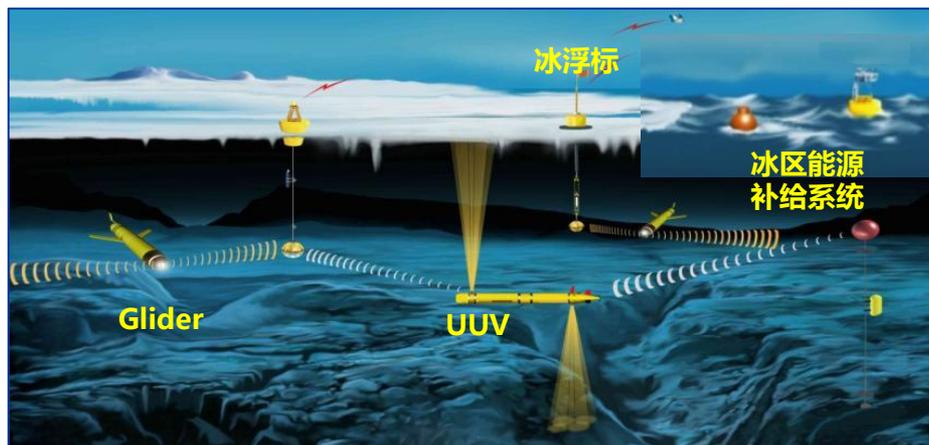


3 极地冰海基探测技术与装备



重点目标：研发海冰和冰底地形自主航行器与滑翔机、海冰基海洋剖面浮标、冰下水声探测与通信组网，突破冰盖自动气象监测、长距离组网、冰架垂直剖面探测等关键技术，在北冰洋中央区和南极冰架建立冰下立体观测网与冰-海-气综合观测示范系统。

预期指标：实现我国极地冰海基关键技术与装备的国产化、系列化和谱系化；实现极地冰盖与海冰大规模组网观测，连续观测时长不少于12个月；实现南极重点冰架底部自主航行观测；建设具有国际影响力的极区无人站网，立体观测网水平尺度不小于50 km。



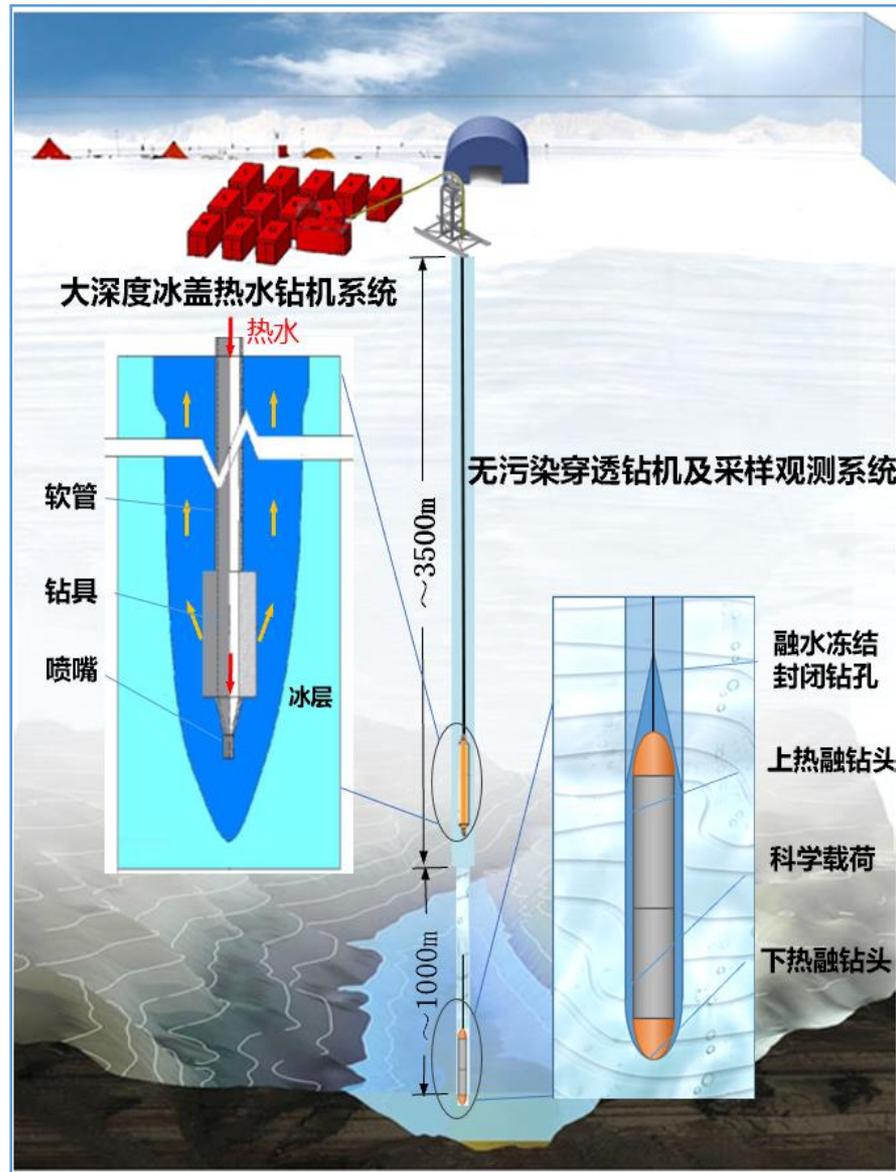
4 南极冰盖科学钻探关键技术与装备研发



重点目标：突破冰盖大深度冰下湖选址关键技术，研发冰盖热水钻快速钻进技术与装备，实施冰下湖科学钻探工程，实现在世界上率先掌握关键技术并首次获取冰盖超过3600米深度的冰下湖水样和沉积样品，探索南极冰下湖极端环境生命过程、冰盖形成演化与稳定性及冰下过程对冰盖稳定性的影响与机理。

预期指标：建立实现南极冰下湖科学钻探技术与设备国产化率70%以上，构建南极冰下湖钻探技术装备研发、冰下湖选址、无污染快速钻进、冰下湖保真取样、冰下湖极端环境生命探索的科学工程与研究体系。

战略意义：南极冰盖钻探技术与装备是世界强国必争的战略发展制高点。该项目汇聚我国内陆考察、勘探钻探、冰盖科学、生命科学和地质科学等优势学科领域，旨在构建我国极地战略发展的技术装备支撑力量。





极地载人深潜集成与示范

背景意义

国家战略

提升我极地冰下进入与探测感知能力

社会意义

提升我国组织实施极地大型、立体、综合观测/探测计划的能力水平

建设目标

依托我国极地科考船，建设载人深潜综合试验保障平台，开展水上水下环境立体监测与预报，实现水下组网通信，支撑无人与有人“深海勇士”号潜水器进入作业与回收，实施我国首次北冰洋中央区载人深潜。

建设内容

极地载人深潜水面支持系统研制
极地载人深潜水下通信系统研制
北冰洋中央区海洋环境预报系统





北极漂流科考船

背景意义

国家战略

我国在北冰洋缺乏永久性观测基地，北极卫星测控、水下装备实验组网等无法开展

社会意义

北极环境与气候变化机制及其与全球气候系统的联系是全球变化研究领域的前沿热点问题

建设目标

6000吨，10节自主航行，支持40人在北冰洋中央区长期驻留，开展大气、海洋、生物等多学科科学考察，建设北冰洋高纬长期驻留与先进观测能力，形成北极ZL支点，我国破冰船提供支撑与补给保障。



建设内容

大气-海冰-海洋-生态系统耦合过程研究
极端环境医学和生命科学研究

极地冰面信息采集装备技术研究
极地水下环境探测装备技术研究



极地高轨通导遥一体化卫星星座

背景意义

国家战略

打造我国极地天基观测能力，
服务“冰上丝绸之路建设”

科学驱动

极地快速变化机制不清，
严重受制于卫星观测频次

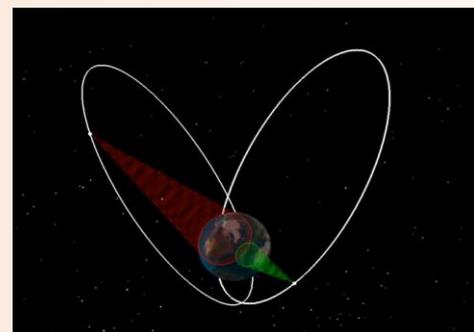
建设方式

与通信优势单位合作，亚太星通负责通信、提供卫星平台；研发适合高轨观测的遥感与导航增强载荷。先北极后南极分步实施。



建设内容

实现**国内**极地“准静止”观测的**零突破**；
实现**国际**极地“通信遥感”一体化的**零突破**。
实现我国极地观测高通量数据的高速实时回传。





建议实施的重点任务4

极地航路开发技术

背景意义

国家战略

打造冰上丝绸之路，改变国际航运格局，保障我国能源安全

技术瓶颈

目前航路决策系统所依据的信息单一、模型简单

建设方式

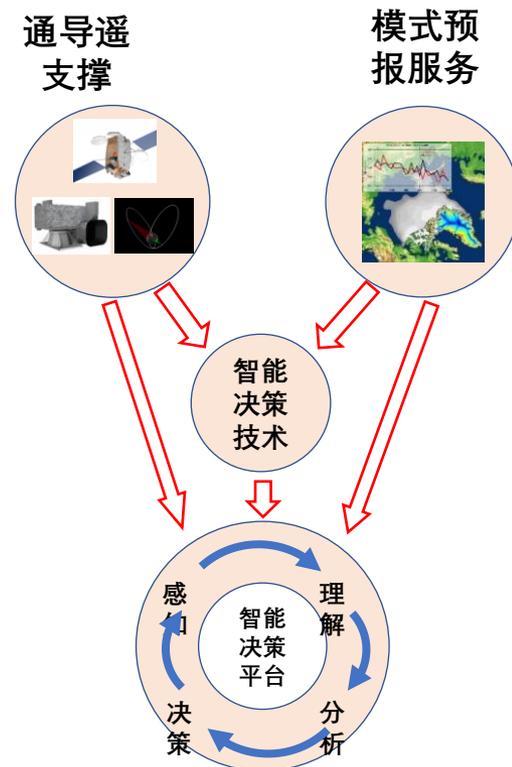
积极发展通信导航、遥感、预报、应急救援技术
中远海特北极船队提供观测平台

建设内容

研发极地航道航路智能决策技术
构建船载极地航道智能决策平台

通导遥
支撑

模式预
报服务



针对极地低空精细观测、次表面过程监测和天基观测同步验证的需求，发展可变载荷多模无人机平台技术与装备，突破机载SAR、穿冰雷达、激光雷达、热红外载荷技术；研究平台多模式软硬件稳定性优化技术、精确导航技术以及多机多传感器立体观测任务智能规划调度技术调度，实现极地极端条件下多种传感器的稳定、快速观测，为极地低空遥感提供高质量的数据保障。





谢谢!

