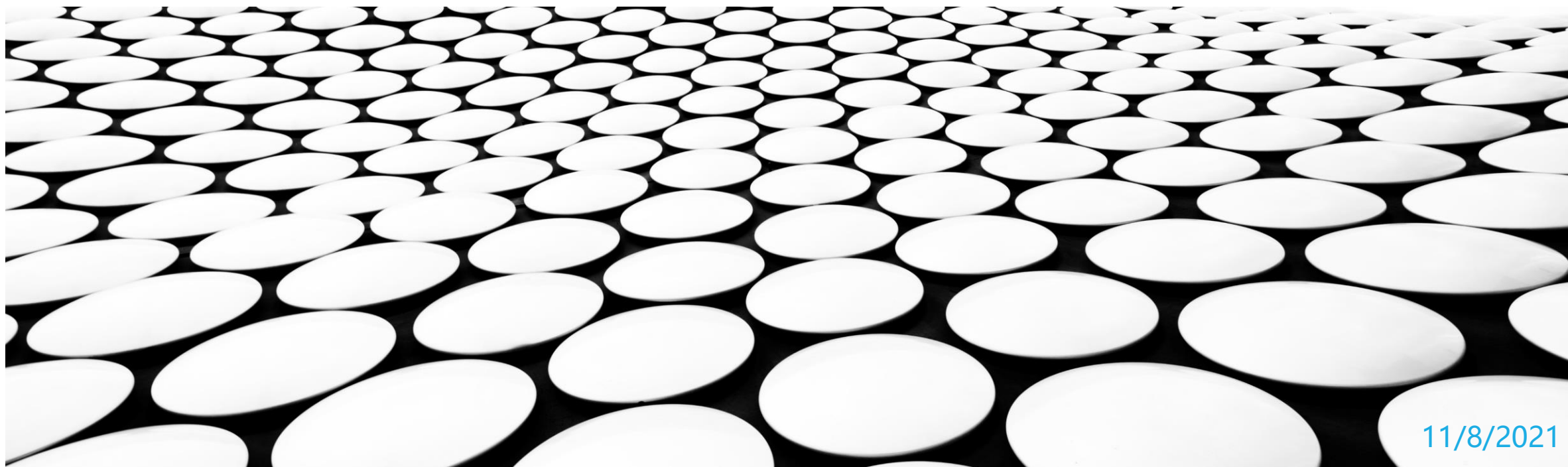




# 极鹰系列极地遥感无人机发展与展望

北京师范大学 张宝钢



11/8/2021

# 目录

- 极地无人机研究现状
- 极鹰系列无人机发展历程
- 总结与展望



# 极地无人机研究现状

- 极地研究的重要性

- 极地冰冻圈是全球气候系统的重要组成部分，其各组分的快速变化对地表能量平衡、大气环流、海洋环流、水循环、海平面变化等都有深远影响

- 存在的问题

- 极地气候恶劣、可到达性差，科研数据和资料十分匮乏

- Why UAV?

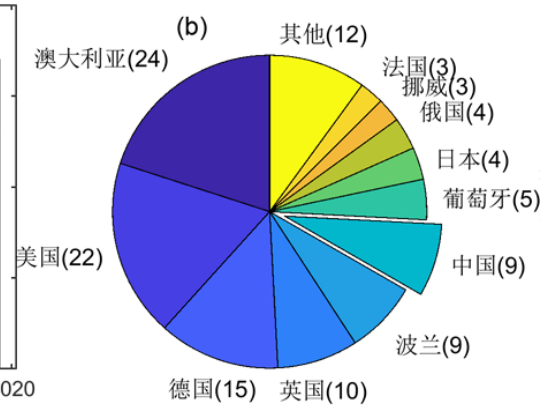
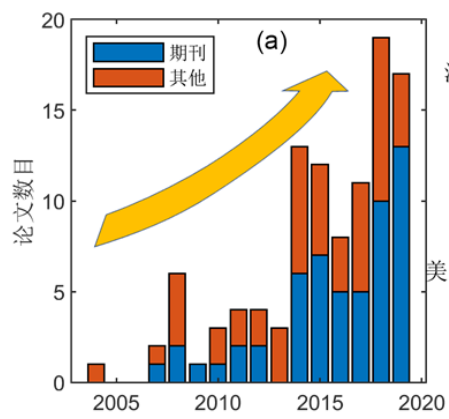
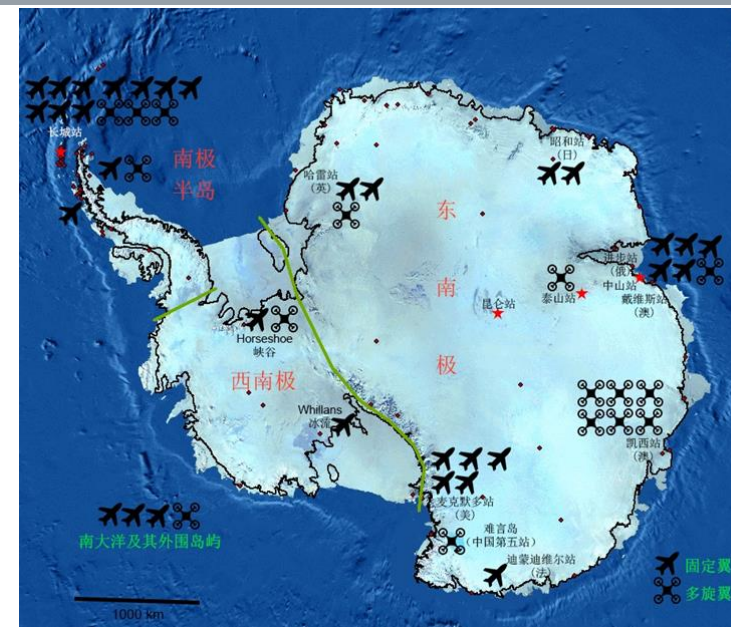
- 传统的现场野外观测数据主要以点位观测为主，数据范围小、连续性较差
- 卫星遥感在观测的连续性上具有优势，适合开展大区域尺度、连续变化监测，但是也存在着易受云的影响、分辨率较低、极地数据较为缺乏等短板



# 极地无人机研究现状

## 以南极为例：

- 2008 年迎来一个小高潮，美国、英国、德国、日本、中国考察队都不约而同地在这一年首次尝试引入无人机试验，我们推测这是与第四次国际极地区间各国加大南极科考投入有关——政策驱动
- 2014年迎来爆发式持续增长，几乎每年发表成果都在10 篇以上，至2018 年达到最高值19 篇——技术驱动
- 澳大利亚和美国都超过了20 篇，且时间跨度大、项目延续性强，是南极无人机研究力量的第一梯队



(Li et al., 2020)

2021/11/22

## 极地无人机研究现状

- 2007年12月23日至2008年1月2日第24次南极科学考察期间，北京航空航天大学首次成功实施了无人机飞行试验。
- 中国极地研究中心、同济大学先后实现无人机南极试飞。
- 北京师范大学（中山大学）、黑龙江测绘地理信息局较持续地将无人机应用于极地考察。

时间	队次	单位	任务或意义
2007年12月	24 中山站	北京航空航天大学	首次航空试验
2009年12月	26 中山站	北京航空航天大学	“雪龙”号破冰导航
2013年12月	30 中山站	北京航空航天大学	首次船载起飞回收
2014年12月	31 冰盖	北京航空航天大学	支撑冰盖机场选址
2014年12月	31 中山站	北京师范大学	首次航空测绘
2014年12月	31 中山站	沈阳自动化研究所	首次直升机试验
2016年01月	32 长城站	北京师范大学	企鹅聚居地调查
2016年01月	32 长城站	黑龙江测绘地理信息局	首次倾斜摄影测量
2016年12月	33 中山站	北京师范大学	支撑海冰卸货运输
2017年02月	33 罗斯海	黑龙江测绘地理信息局	恩格斯堡岛新站选址
2017年12月	34 中山站	北京师范大学	首次激光雷达试验
2018年01月	34 中山站	中国极地研究中心、吉林大学	首次航磁试验
2018年01月	34 罗斯海	黑龙江测绘地理信息局	恩格斯堡岛企鹅调查
2018年12月	35 中山站	同济大学	冰川表面微地貌调查
2019年01月	35 罗斯海	黑龙江测绘地理信息局	恩格斯堡岛企鹅调查
2019年12月	36 中山站	同济大学	冰川无控高精度测绘
2019年12月	36 中山站	北京师范大学	小卫星同步观测
2020年01月	36 泰山站	同济大学	首次冰雷达航拍试验

# 极鹰系列无人机发展历程

- 极鹰无人机是中山大学-北京师范大学极地遥感团队发展的一系列专门用于极地恶劣环境遥感数据采集的固定翼无人机遥感系统。
- 截止目前，极鹰系列固定翼无人机发展了5代，在南北极总计完成有效数据采集任务近一百架次，累计获取极地航空遥感相片近三万张，覆盖面积约1300km<sup>2</sup>。





# 极鹰系列无人机发展历程

- 第一阶段：**选型与技术验证阶段**
- 代表机型：极鹰I型、极地精灵
- 验证了固定翼无人机平台在极地作业的技术可行性与作业可靠性，确定以固定翼平台作为主要发展方向
- 主要问题：人员培训、后勤支撑保障要求高**无法发挥无人机平台灵活、快速的特点**



极鹰I型



极地精灵 (DJI S1000)



北极黄河站(2014.8)



南极拉斯曼丘陵(2014.12-2015.2)



# 极鹰系列无人机发展历程

- 第二阶段：技术成熟阶段
- 代表机型：极鹰II型，极鹰III型（飞马F系列）
- 极地遥感无人机技术基本定型，具备快速应急响应与业务化作业能力



极鹰II型



极鹰III型（飞马F系列）



南极长城站(2016.1)



南极南设德兰群岛(2016.1)



南极普里兹湾(2016.1)



北极格陵兰岛(2016.6)



# 极鹰系列无人机发展历程

- 第三阶段：应用与发展阶段
- 代表机型：极鹰III，极鹰IV，极鹰V（在途）
- 让专业的人做专业的事



极鹰IV(PH-IV)



极鹰III型（飞马F系列）



飞马V10



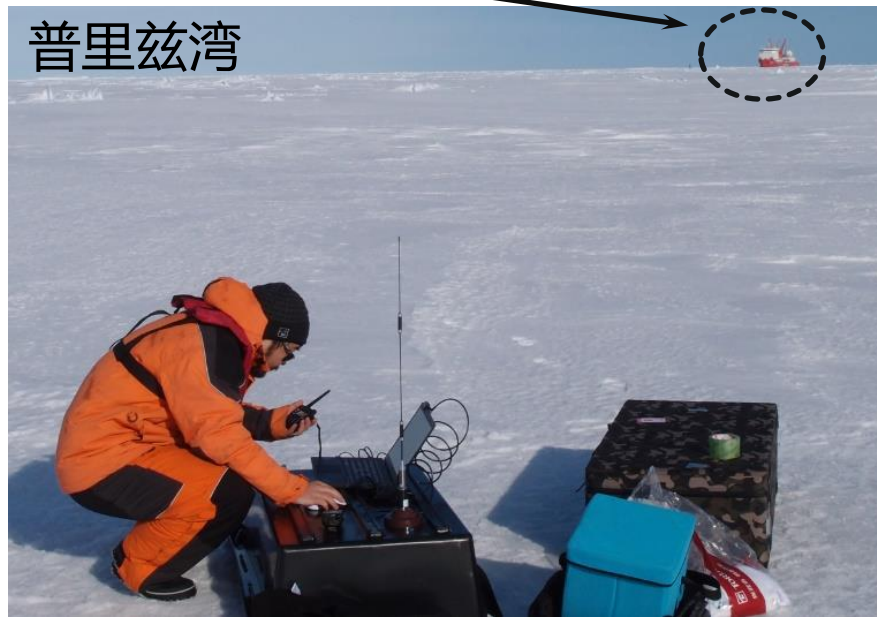
飞马V1000

# 极鹰系列无人机发展历程

- 成果案例：无控海冰测图



雪龙号



普里兹湾

- 2016年12月，参加中国第33次南极考察的项目科研人员，利用新型“极鹰III号”小型无人机系统，对“雪龙”号通往中山站的海冰断面进行了无人机遥感作业，并成功获取了3个架次的南极夏季固定冰无人机遥感数据。
- 这是我国首次将固定翼无人机技术用于南极大面积海冰测绘工作。



成果以封面论文形式发表在国际SCI期刊Remote Sensing, 并被新华社、中国海洋报、科学网多家权威媒体发布或转载, 并获得2019年度Best Cover Paper奖。



### 科学家首次利用无人机揭示海冰表面精细结构

本报讯 海冰是全球气候变化的敏感因子,但目前对于大范围海冰表面形态的精细刻画仍存在诸多困难。日前,北京师范大学极地遥感研究团队博士生李腾与英国纽卡斯尔大学、诺桑比亚大学及加拿大环境局有关专家合作,利用海冰无人机遥感数据,首次系统评价了无控制点摄影测量的精度分布,并揭示了海冰表面的精细结构特征。相关成果4月14日以封面文章发表在国际期刊《遥感》上。

2016年~2017年,参加中国第33次南极考察的北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院科研人员,利用新型“极鹰III号”小型无人机系统,对“雪龙”号通往中山站的海冰断面进行了无人机遥感作业,并成功获取了3个架次的南极夏季固定冰无人机遥感数据。

研究表明,在无控制点的情况下,无人机摄影测量能够达到亚米级制图精度,在经过地理校正后的正射影像和数字表面模型上,能够准确地识别冰貌起伏形态,尤其是冰脊的精细特征。

### 国内首条适用于远海的多功能无人艇建成

本报讯 4月15日,我国首条适用于远海的多功能无人艇“海巡01”号在青岛某船厂顺利建成。该艇由我国自主研发,具有自主航行、自主避障、自主定位、自主通信、自主任务规划等功能,是远海无人艇领域的重大突破。

### 美丽乡村建设的“海南样板”

本报讯 海南日报报道,海南“美丽乡村”建设取得显著成效,成为全国美丽乡村建设的“海南样板”。全省各地通过改善农村人居环境,提升乡村治理水平,实现了乡村面貌焕然一新。

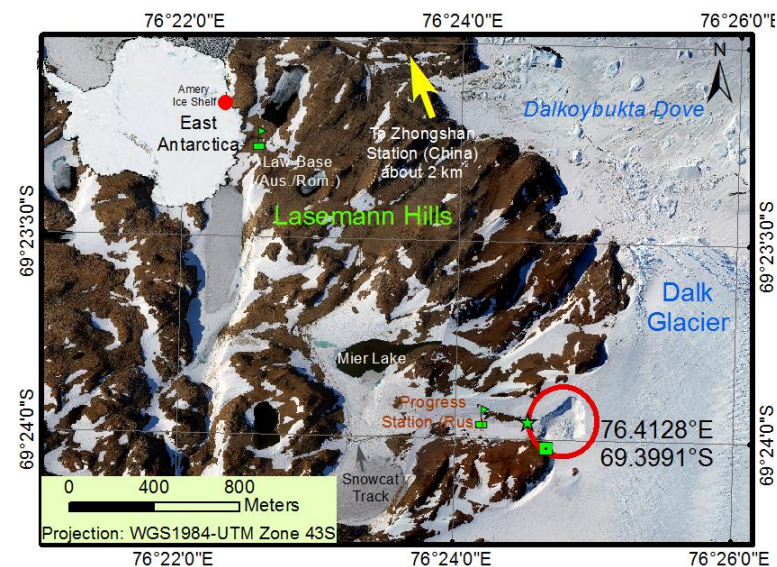
### 广州地调局启动海洋地质创新型科技人才工程

本报讯 中国地质调查局广州地质研究所启动海洋地质创新型科技人才工程,旨在培养一批具有国际视野和创新能力的海洋地质科技人才,为我国海洋地质事业高质量发展提供人才支撑。

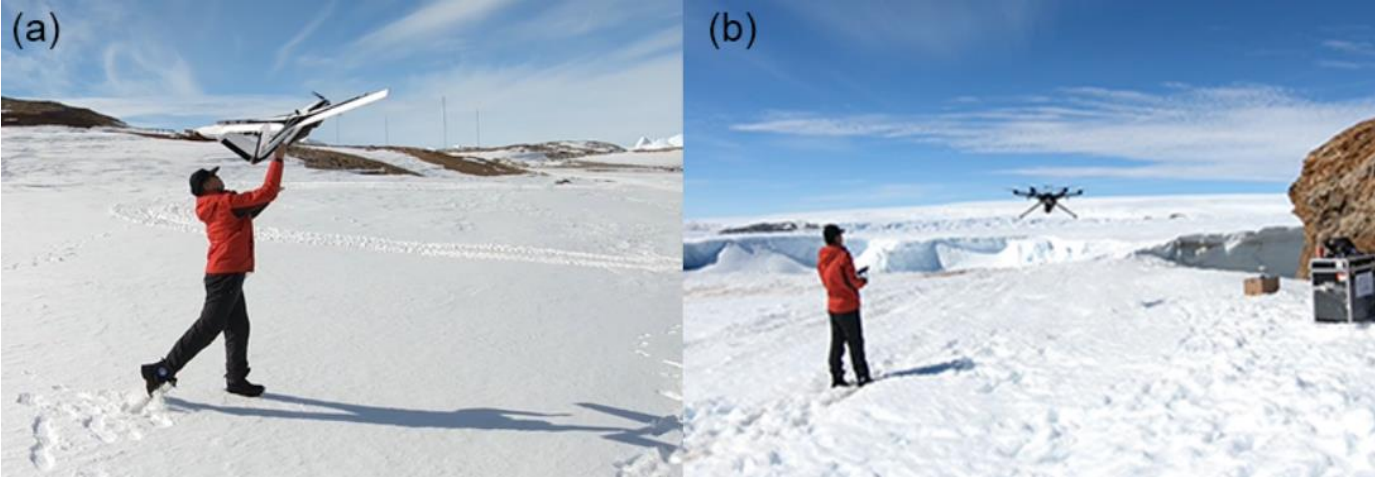


# 极鹰系列无人机发展历程

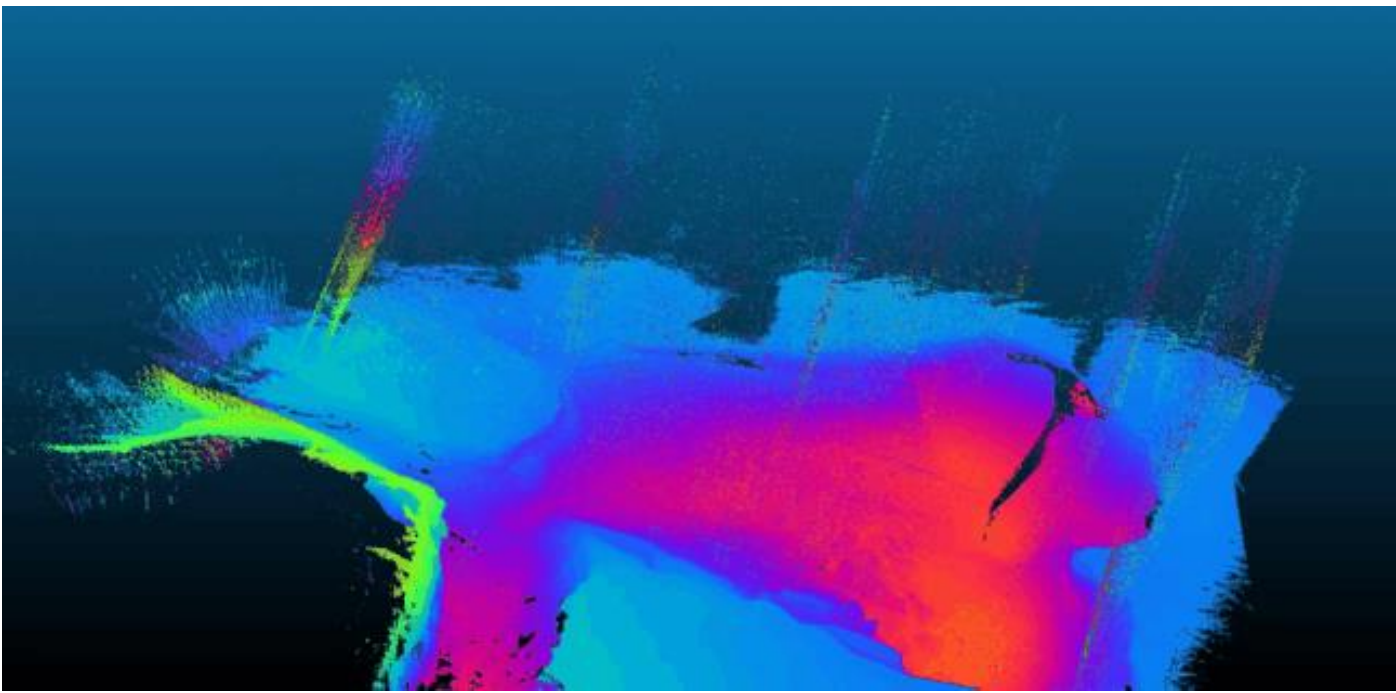
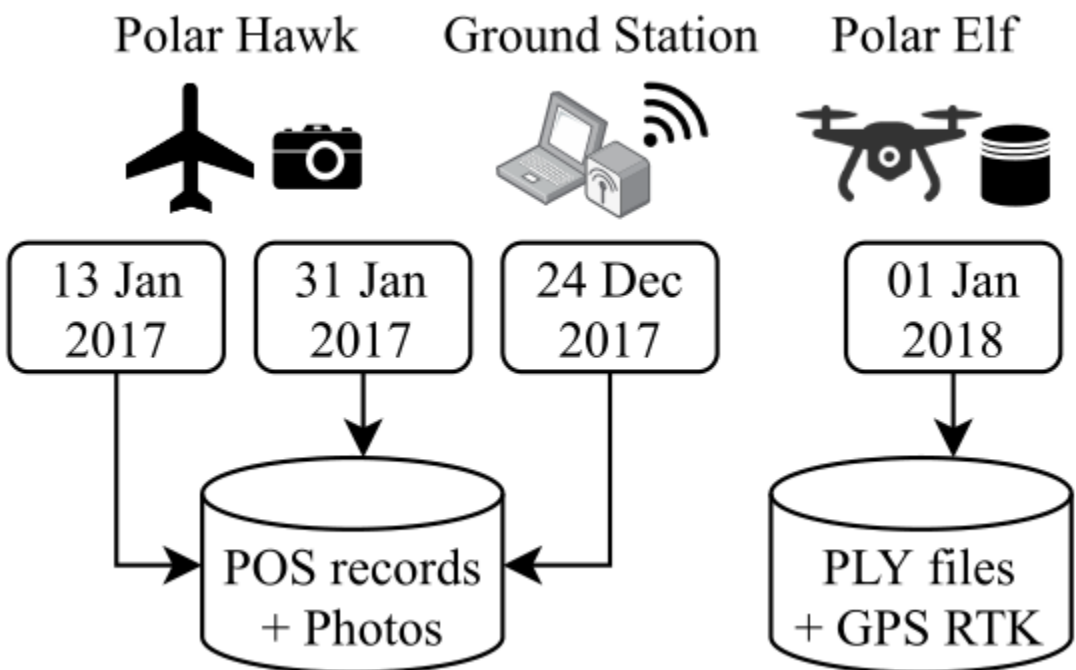
## ■ 成果案例：冰貌时序演化



- 2017年1月30日，距离中山站约2 km的鹰嘴岩北部突发冰川塌陷。
- 冰坑位于中山站至冰盖机场的必经之路，严重威胁雪地行车安全。
- Ice Doline冰貌借鉴了喀斯特地貌的术语，一般其形成机制认为与表面积水和底部溶蚀有关。



- ✓ 作为中山站的常规科考任务，达尔克冰川调查一直持续，积累了丰富数据。
- ✓ 面对突发状况，无人机独有的机动灵活的优势易于快速获取第一手实况资料。
  - 继续延长时间序列
  - 测试搭载LiDAR新机型





# 极鹰系列无人机发展历程

- 成果案例：长时间序列达尔克冰川动态监测

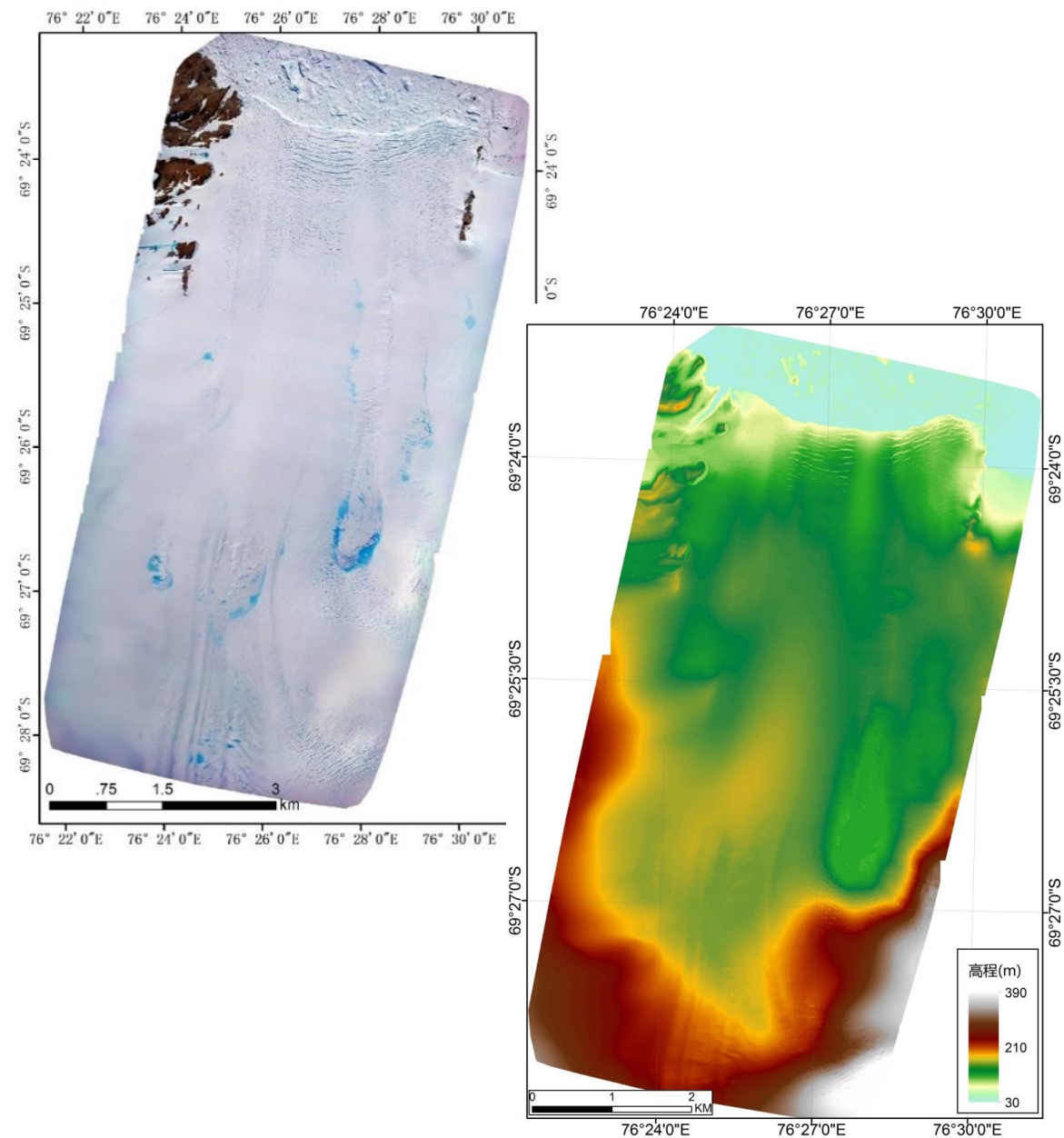
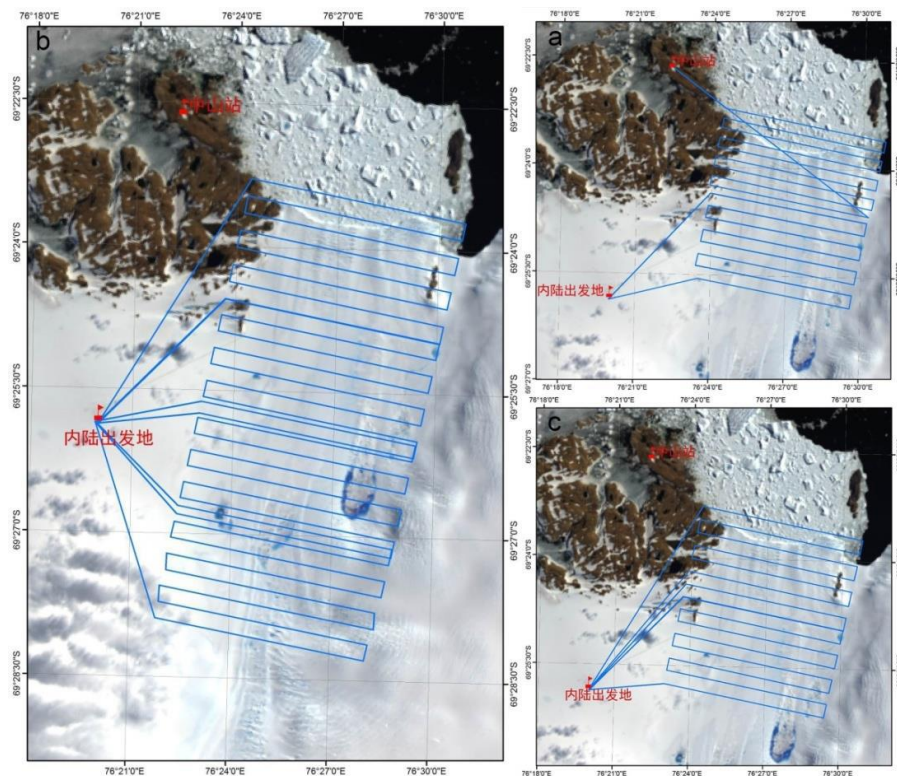
## 达尔克冰川：

- 全长约10km，前端宽度约3.3km；
- 冰川总面积约30平方公里，流域面积1900平方公里；
- 达尔克冰川前端到中国南极中山站的直线距离不足3km，是距离中山站最近的冰川。

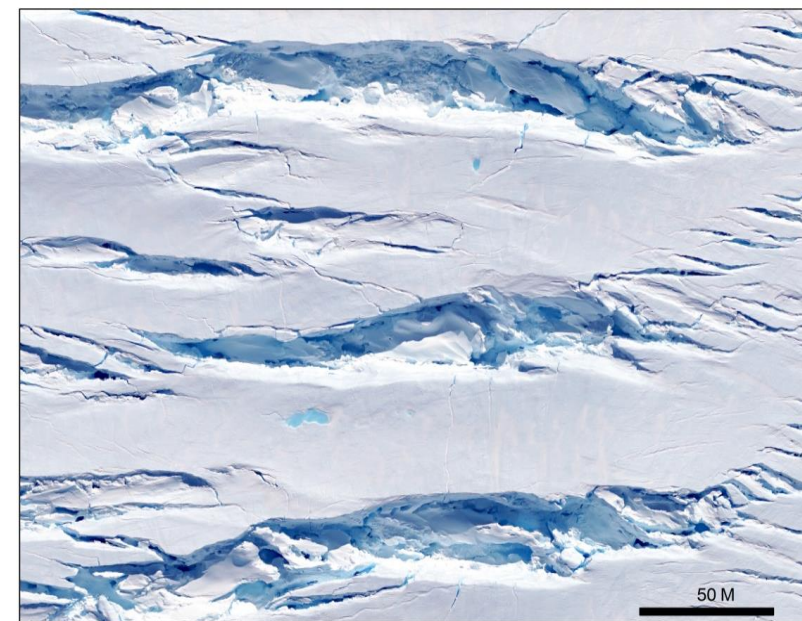
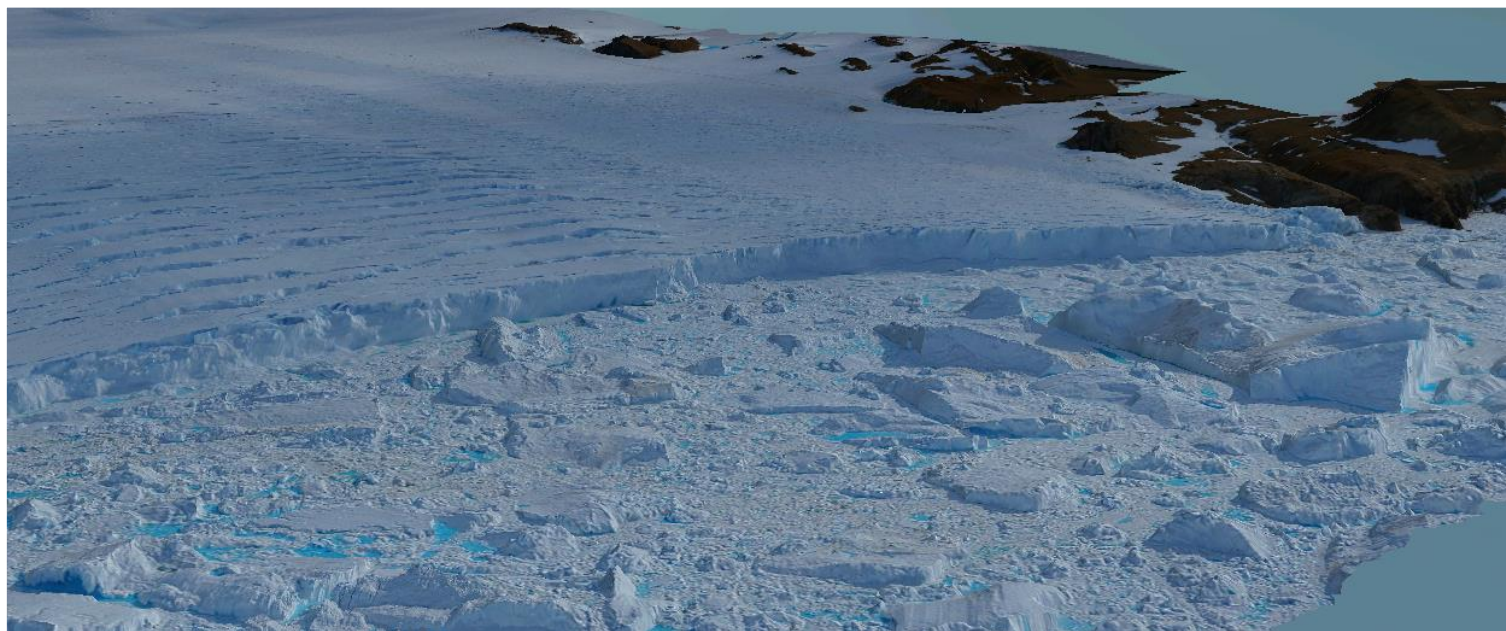




时间	2015	2016-2017	2017-2018	2019-2020
队次	31次	33次	34次	36次
数据期次	1	3	6	1
使用机型	PH-I	PH-III	PH-III	PH-III
分辨率	20cm	10cm	10cm	10cm

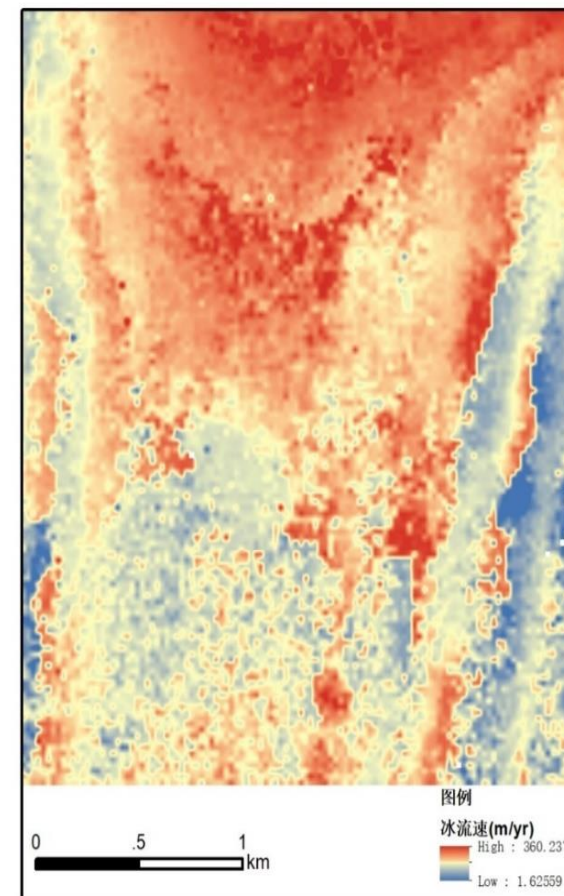
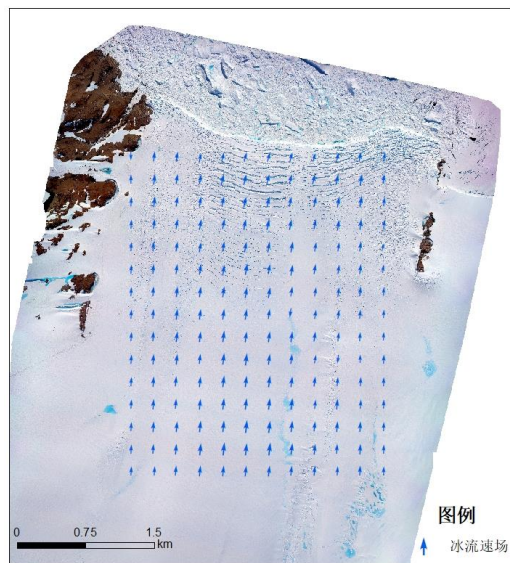
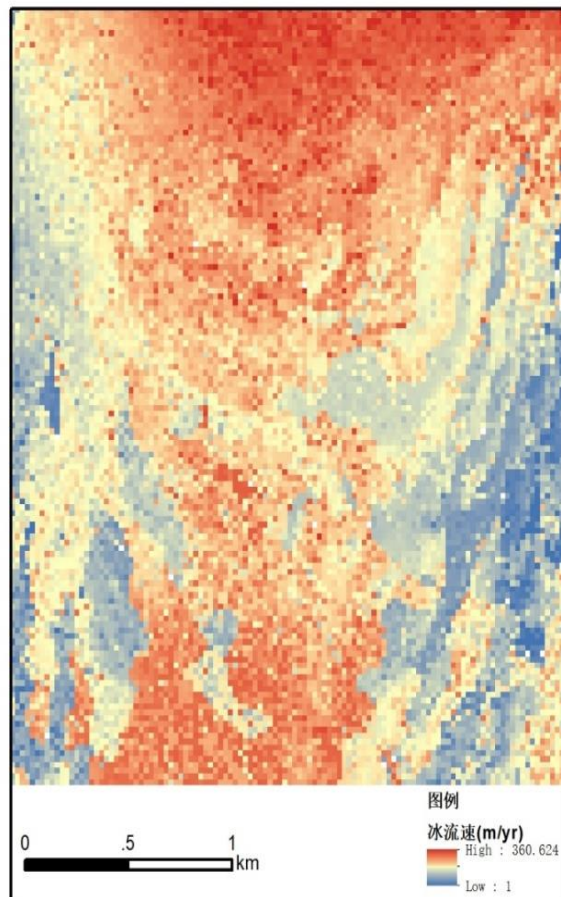
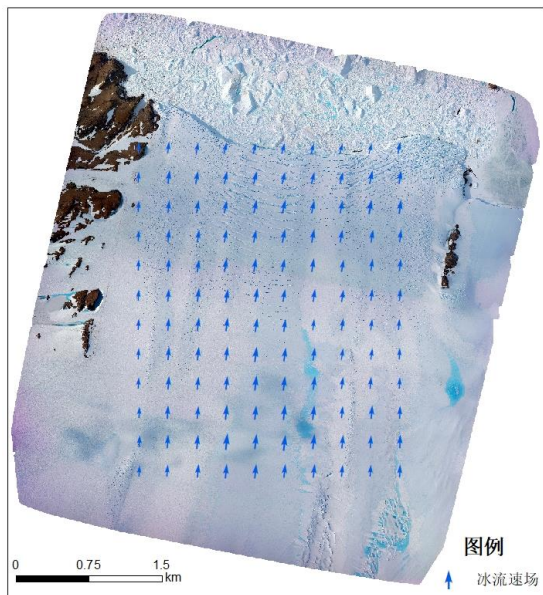


# 精细冰面特征与冰川三维建模





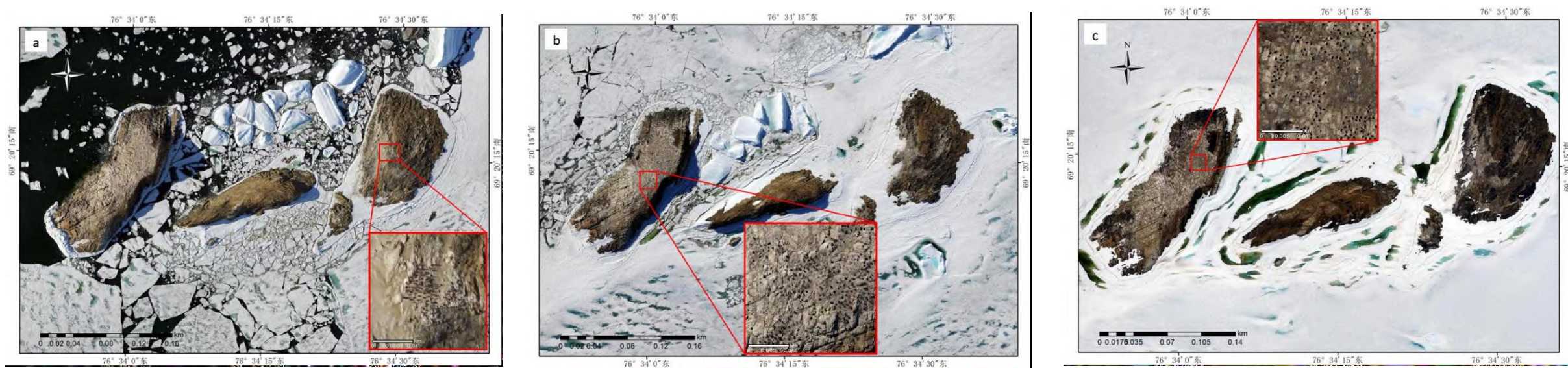
# 多期冰流速





# 极鹰系列无人机发展历程

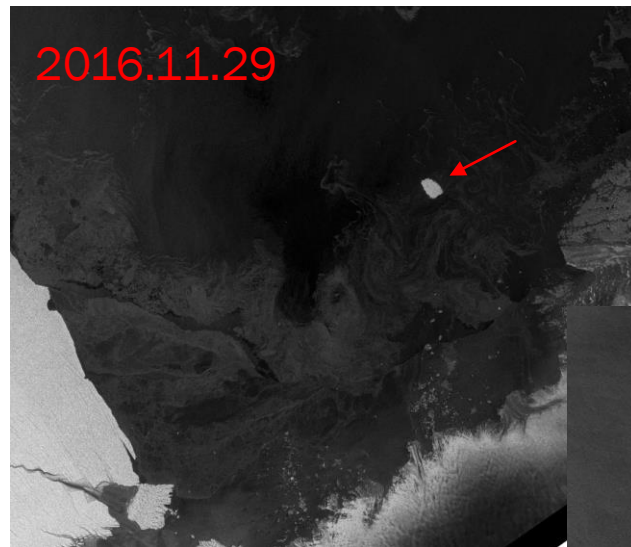
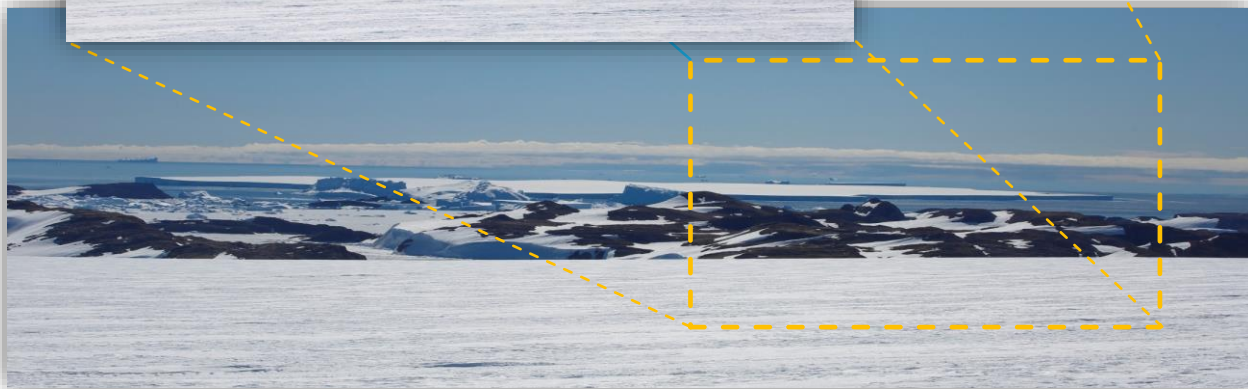
## ■ 成果案例：南极企鹅种群数量监测



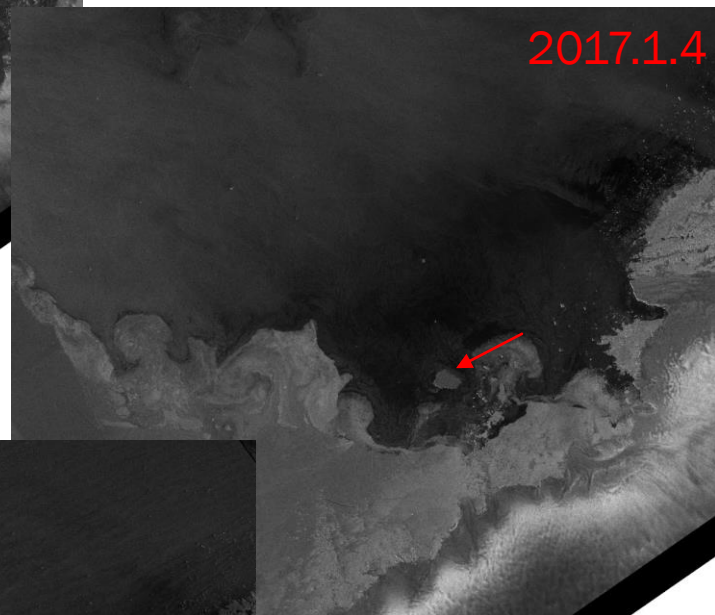
南极企鹅岛无人机航拍影像 (a)2017年1月19日; (b)2018年1月24日; (c)2019年12月15日 (彭楚粤等, 武汉大学学报, 2021)

# 极鹰系列无人机发展历程

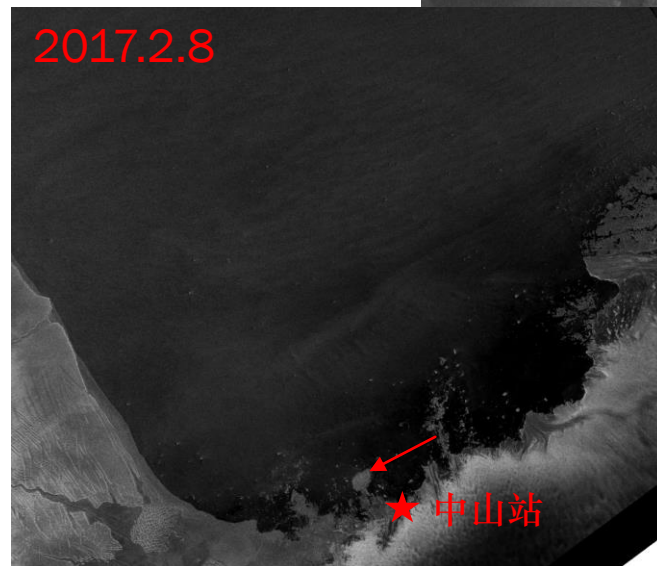
- 成果案例：冰山与海冰监测



2016.11.29



2017.1.4



2017.2.8



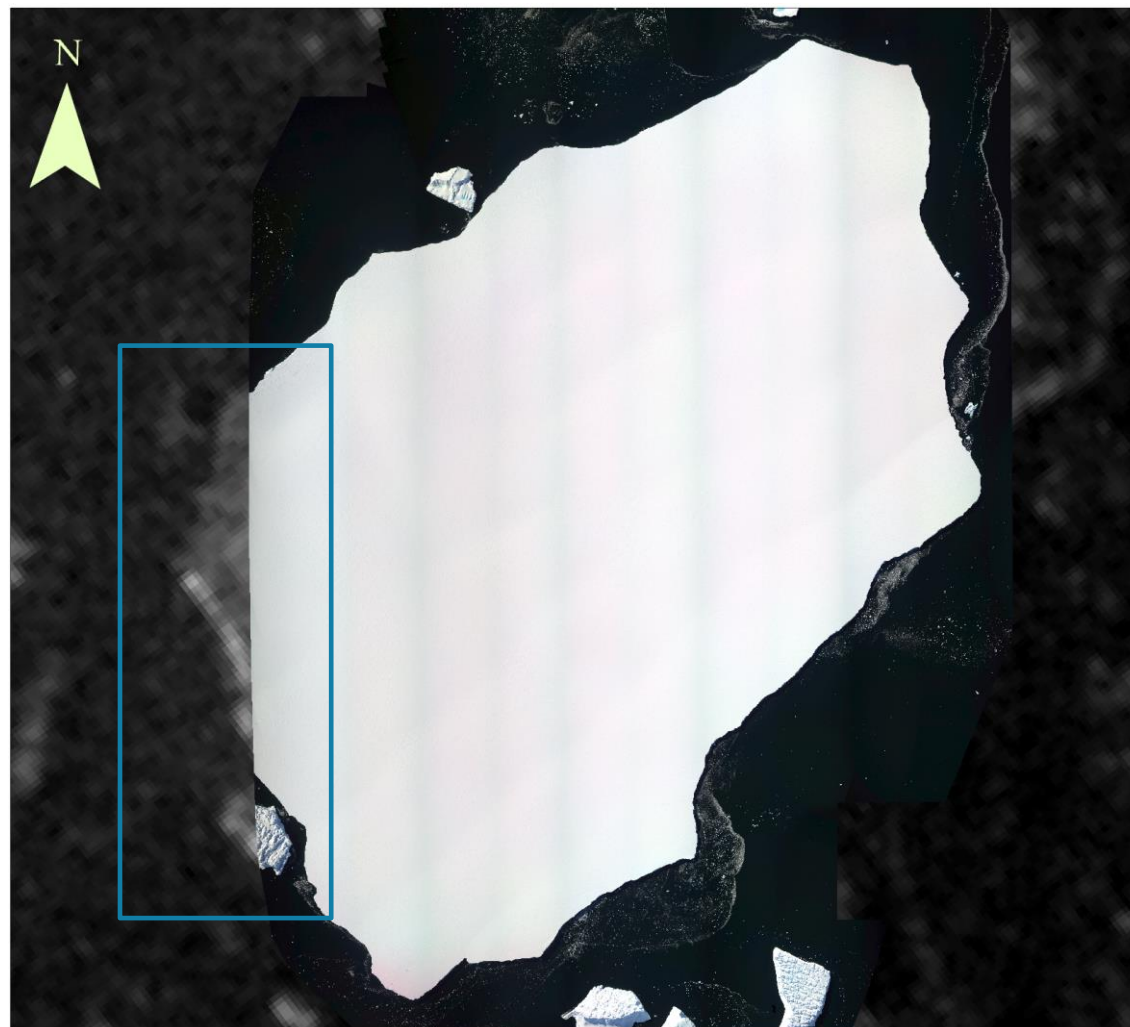
最远端距中山站约15km

2021/11/22



# 极鹰系列无人机发展历程

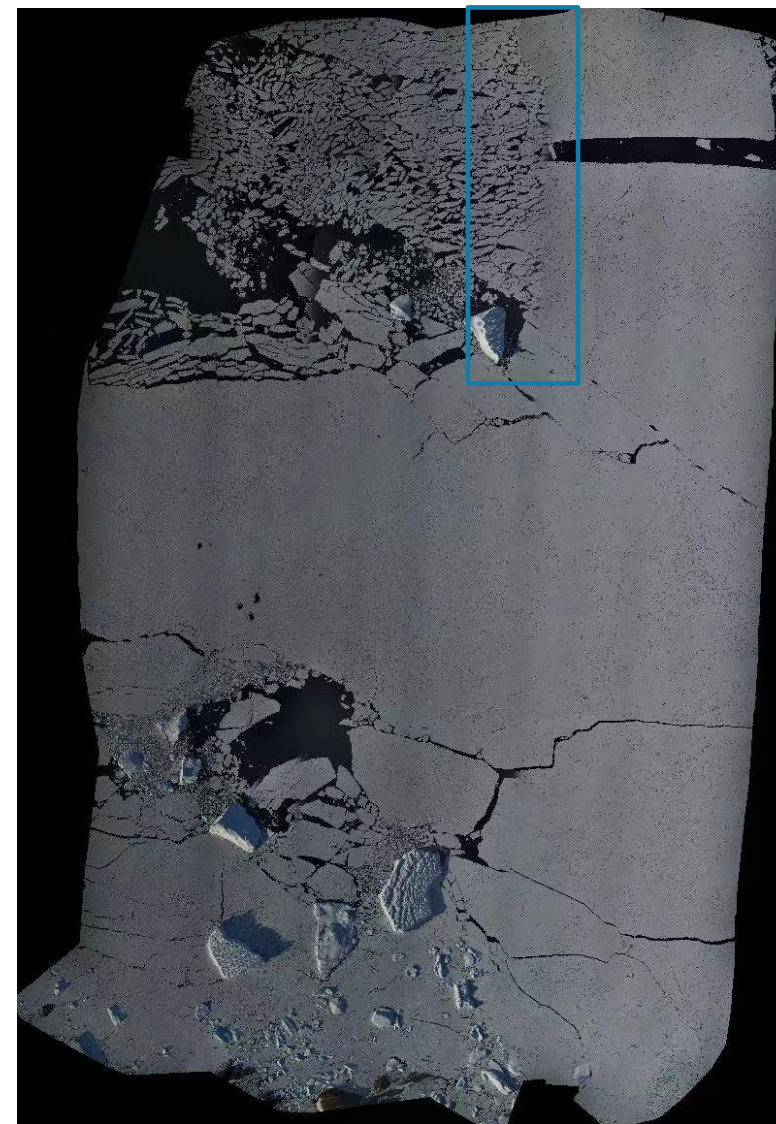
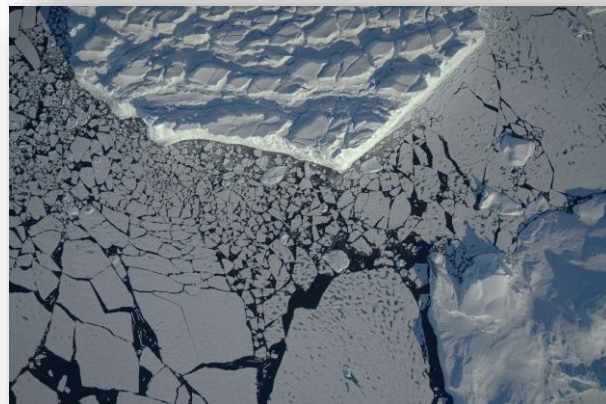
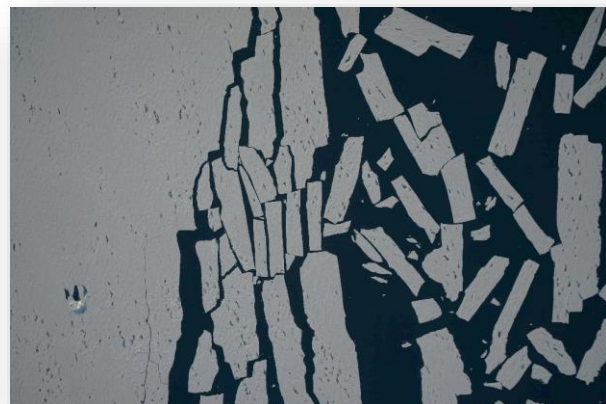
- 成果案例：**冰山与海冰监测**
- 2017年1月27日(CHINARE 33)
- 机型：极鹰II
- 总计飞行3个架次，设计分辨率20cm
- 初步结论：
  - 冰山面积：44km<sup>2</sup>（接近中山站所在拉斯曼丘陵面积）
  - 平均出水高度：21m（已搁浅）
- **国际首次使用无人机对南极平顶冰山进行无人机航测**



0 500 1,000 2,000

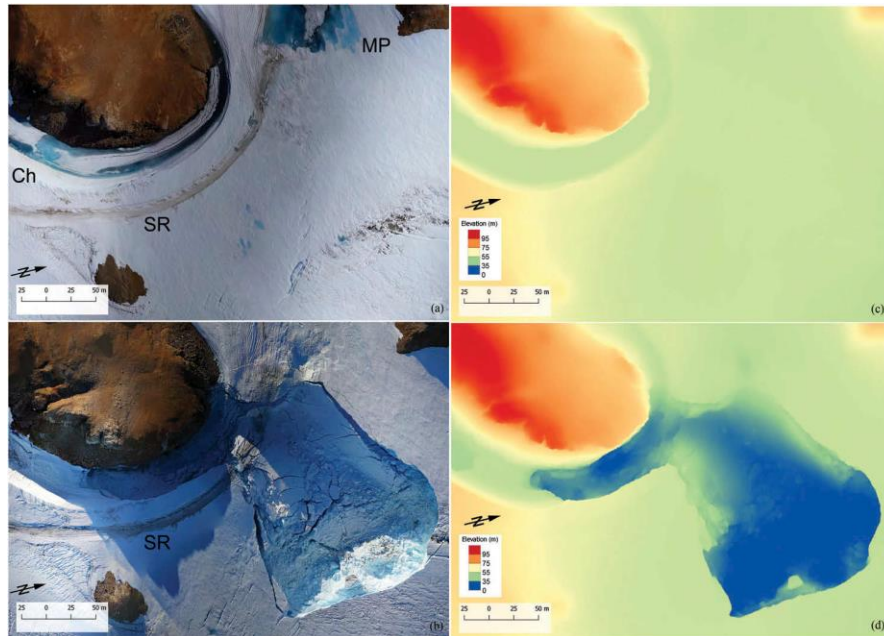
# 极鹰系列无人机发展历程

- 成果案例：冰山与海冰监测

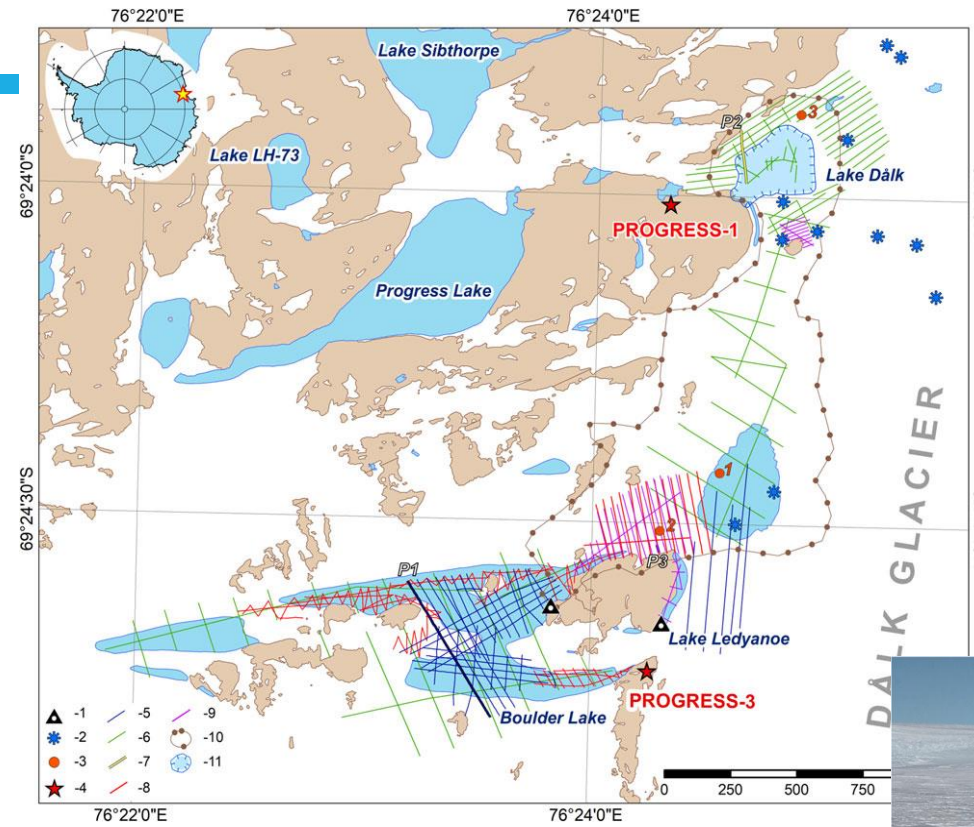




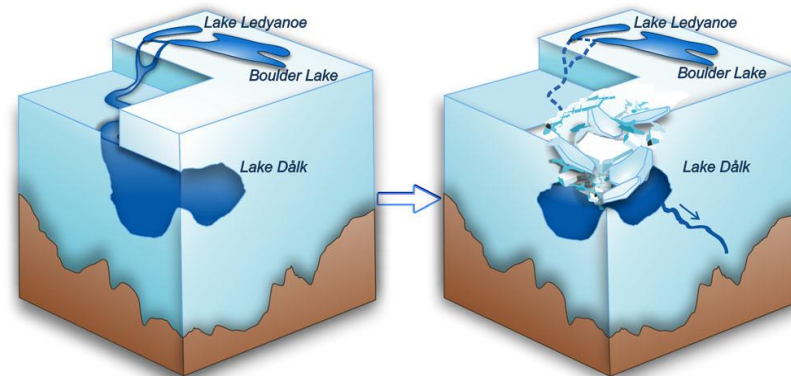
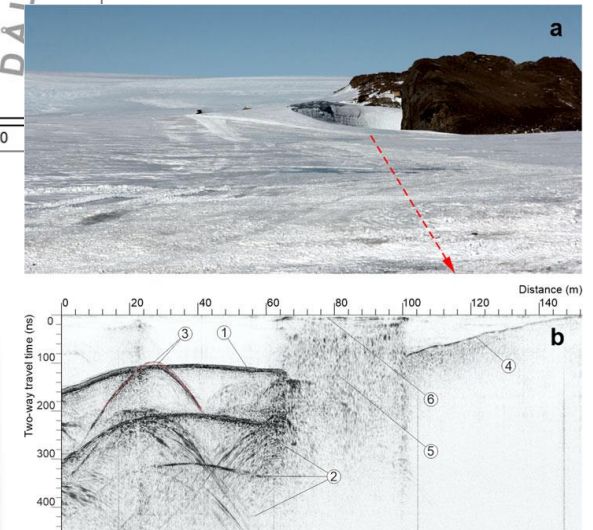
# 总结与展望



I. V. Florinsky et al., RSL, 2019



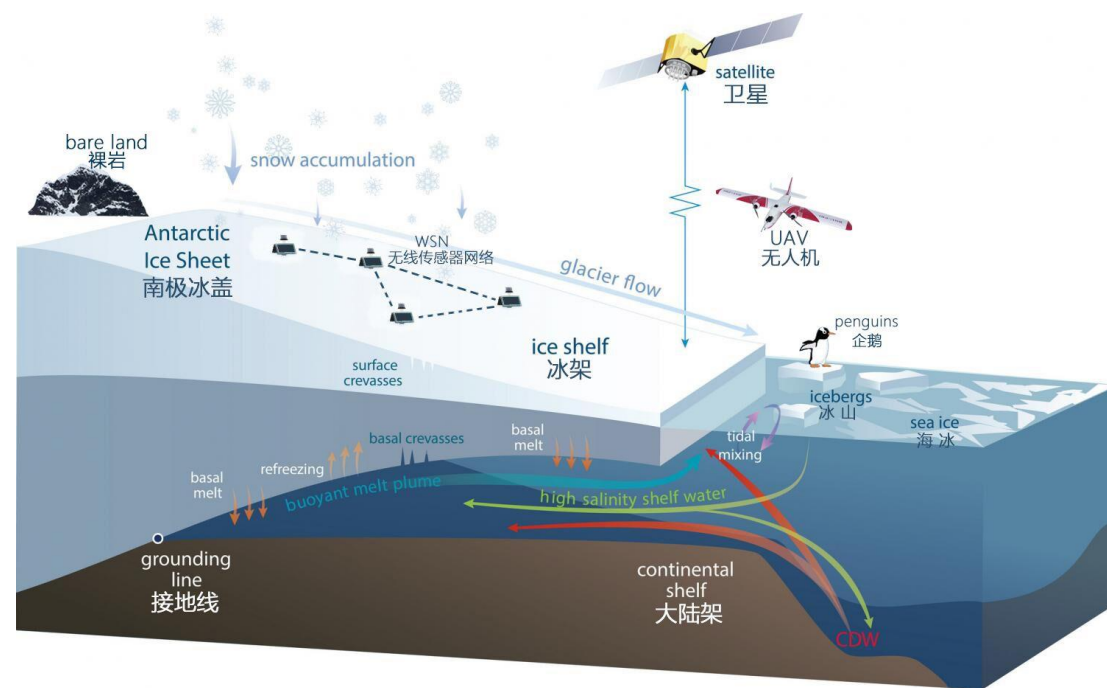
Variety of field studies of the 63rd and 64th RAE (2017–19) in the area of the Boulder, Ledyanoe and Dalk lakes. (1) Water gauges; (2) glaciological stakes; (3) core drilling; (4) field bases; GPR soundings at frequencies: (5) 75 MHz; (6) 150 MHz; (7) 200 MHz; (8) 500 MHz; (9) 900 MHz (GPR profiles P1 – see in Fig. 3; P2 – see in Fig. 6; P3 – see in Fig. 8); (10) tachometric survey; (11) depression.



Alina Boronina et al., JG, 2021

## 总结与展望

- 越来越多基于无人机数据的极地科研工作表明，无人机已经成为极地研究的“常规武器”，面对具体问题，**无人机是数据获取的手段，但不是也不能是唯一手段**
- 直接由底层开始研发飞行系统转向成熟商业方案，科学家更专注于科学问题和数据需求——**专业的人做专业的事。**
- 搭配基于差分GPS高精度定位定姿技术，免除布设地面控制点的危险，一定程度上扩展了极地无人机的地域限制，但**可到达性**是制约极地无人机应用的主要因素。
- **重载长航时、一站多机甚至集群作业、基于人工智能的目标自动识别与探测、多任务载荷综合探测**等技术，是极地无人机技术未来的发展方向。



极地研究具有高度的学科交叉性，对极地的观测和研究需要从局部单一要素向多尺度、多要素维度的方向发展，由**卫星-航空-地面观测**所组成的天空地一体化监测体系，是未来开展极地环境与气候变化研究的核心支撑。





**敬请批评指正！**