

新型雷达绝对误差仅约5%

为冰川精准“量体” 摸清水资源家底

◎本报记者 颜满斌

日前,2024年冰峰大会暨青年科学探索活动在四川启动。活动主题为“从科学到社会:青藏高原冰冻圈退缩及气候变化应对”。

随着全球气候变暖,在被称为“地球第三极”的青藏高原及周边高山地区,冰川面积不断退缩的同时,冰川厚度也在变薄。

那么,冰川到底有多厚?变薄了多少?如何测量冰川厚度?

带着这些问题,科技日报记者采访了相关专家。

厚度数据有重要价值

地球上海洋水体约占全球水体总量的96.5%,淡水仅占2.53%,其中四分之三的淡水储存于南极冰盖、格陵兰冰盖和山地冰川中。

根据第二次中国冰川编目数据,中国现有冰川48571条,总面积51766.08平方千米,约占世界冰川(除南极和格陵兰冰盖以外)面积的7.1%。

“冰川在气候变化、水资源管理、海平面上升、生态保护、经济社会发展等领域,都有重要的科学和应用价值。”中国科学院西北生态环境资源研究院副研究员何晓波说。

近百年来,由于全球气候系统变暖,冰川、积雪融化加快。

冰川的变化影响着周围地区的水循环过程,进而影响到江河源区的生态与环境。“近年来,山地冰川变薄退缩是对气候变暖的响应,体现了冰川对气候变化响应的敏感。”何晓波说,冰川厚度、冰下地形和冰川体积是冰川变化的3个重要基本参数,也是冰川水资源、冰川跃动、冰芯钻取等研究评估工作的基础数据,关联着冰川储量、冰川运动、冰川内结构。研究人员通过冰面地形、冰厚测量资料,可绘制冰下地形,估算冰川体积,从而获取冰川水资源储量信息。

何晓波说:“冰川测厚数据能够提供冰川测量点厚度值和整条冰川的平均厚度,科研人员能够据此绘制冰川下的地形图,准确估算冰川体积。”

监测冰川状况,开展冰川变化系统研究,有重要的科学意义,也有极高的应用价值。

研发测量“利器”

历史上,现场取芯法、重力法、地震波法是常用的冰川探测方法。但这些方法工作强度大、效率低、安全性差。中国科学院西北生态环境资源研究院创新了冰川探测方法,使测量更精准。

该院利用我国自主研发的冰水情一体化雷达,对珠峰东绒布冰川的厚度进行了全面探测,成功获取了东绒布冰川海拔6300米至6500米范围内的冰川厚度数据。

所用雷达是一种能穿透冰和雪这类特定介质的探地雷达。它是一种利用电磁波被冰床基岩、冰内空洞、冰碛等目标反射的特性来发现目标,并确定目标距离和方位的电子设备。何晓波说,简单来说,它基于冰水和基岩介电常数的差异,通过无线电波在冰体中的传输波速变化



图为在海拔8400米左右高空拍摄的珠穆朗玛峰和喜马拉雅山脉群山。新华社记者 孙非摄

确定目标位置。

一般情况下,冰下介质的结构变化比较缓慢,同一冰层的电特性比较接近。因此采用探地雷达连续测量时,相邻测点上同一地层反射波的波形、波幅、周期及其包络等主要特征有一定相似性。具有一定形态特征的反射波是反射层识别的基础,而同一地层反射波的同相性与相似性为反射层的追踪提供了依据。

过去,测冰雷达数据分析通常采用人工方法提取层位,需要在数据中寻找局部的连续性和相似性特征,以识别出需要提取的同相轴。这种方法解释速度慢、同相轴追踪精度不高、存在微弱跳跃等。

针对这一问题,何晓波团队使用的冰水情一体化雷达系统创新地加载了联合振幅和局部梯度的新型算法,使得同时基于单个观测点数据和相邻时间序列的交叉验证成为可能。算法同步实现了水深和冰厚的准确测量,也使得从前复杂的层位信息以更清晰直观的方式呈现。

经过分析和试验,研究团队确定了100兆赫和400兆赫两种频率的雷达,雷达可高精度测量水深和冰厚。

研究团队同时在雷达天线形状和布置上进行改进,使得水深浅层冰结构和冰厚的测点在同一垂线上,并通过分时工作避免不同频率雷达间的相互干扰。

中国科学院西北生态环境资源研究院博士研究生汪少勇介绍,十几年来,有科考队对东绒布冰川进行了测厚,数据显示东绒布冰川在海拔6300米的最大厚度达320米。“这次我们利用最新研发的仪器,更准确地获取了冰川厚度数据。通过与前人测量的数据进行对比,可以进一步地了解这十几年东绒布冰川厚度的变化。”汪少勇说。

经初步处理数据发现,东绒布冰川的最大厚度在300

米以上。根据东绒布冰川的厚度数据,可以准确估算东绒布冰川的冰储量,并进一步探明冰川蕴藏的水资源量,为冰川下游农牧业发展和水资源管理提供数据支撑。

有望实现“透视”地球

“我们和中国水利水电科学研究院、大连中睿科技发展有限公司等共同研发的冰水情一体化雷达基于超宽带冲击脉冲雷达技术原理,实现了对冰川体及其内部结构和基底地形的高分辨率穿透成像测量。”何晓波说,这项成果在大功率高信噪比天线技术、超深雷达信号采集处理技术、雷达数据高质量处理算法方面的创新和技术突破,使得我国的冰川雷达测量技术和专用设备达到国际先进水平。

记者了解到,由于何晓波团队采用了最新的先进雷达探测测量技术手段,数据测量精度直接提升了一个数量级,数据质量、代表性和可靠性得到大幅度突破性提高。研发设备的绝对误差约为冰厚测量值的5%。

同时,现有的冰川储量估计公式也将基于雷达对冰川厚度的精确测量数据而得到针对性优化。未来,我国将开展不同区域、不同类型、不同规模代表性冰川的厚度测量,评估和改进已有冰川雷达测量精度和算法,收集全球山地冰川厚度测量数据,改进和优化适合不同规模冰川的储量计算公式。

“冰水情一体化雷达及通过这一先进技术手段获得的数据和信息,让我们可以‘透视’地球。未来这一雷达将在我国的冰川调查测量、环境气候调查、冻土带及冻土带工程勘察、江河湖库冰工程调查和冰水情观测测量、极地科考等领域拥有广阔的应用前景。”何晓波介绍。

K 新知

科学家用蜗牛化石
重建冰消期以来水热格局

科技日报讯(记者史俊斌 通讯员孙军艳)记者5月6日从中国科学院地球环境研究所获悉,该所的气候变化集成—模拟—同化—预测团队通过对蜗牛化石种属组合的系统研究,揭示了自然增暖背景下东亚季风区气候和生态环境的演变特征,为探索区域水热对全球气候变化的响应机制提供了关键性地质背景证据,相关成果近日在《第四纪科学评论》发表。

团队负责人晏宏研究员介绍,蜗牛对环境的水热变化具有天然的敏感性。更重要的是,黄土高原的黄土—古土壤沉积中保存有丰富的蜗牛化石,这为研究亚洲季风区水热演化的特征和历史提供了难得的地质材料。

为此,研究人员采集了黄土高原东南缘灵宝地区末次冰消期以来最近两万年的蜗牛化石,并建立了蜗牛种属组合的演化历史。研究发现,在气候温暖湿润时期,蜗牛群落组成稳定,物种丰富度和均匀度高。而且,喜暖湿的蜗牛数量与北半球夏季太阳辐射强度基本同步变化,但明显早于该剖面全新世古土壤的形成。这表明灵宝地区末次冰消期东亚夏季风降水的大幅增加显著滞后于冰消期的增温。这可能是由于冰消期大量冰川融水造成北大西洋经向翻转环流强度减弱,从而抑制了东亚夏季风降水的增加。

据介绍,目前由于器测资料的时间跨度和气候模式模拟的不确定性,全球变暖背景下未来东亚乃至全球的水热分布将如何变化,仍不清楚。该研究聚焦的末次冰消期是距今最近的地质增温时期,将为探讨水热格局和生态环境未来发展方向提供重要参考。

恒星—行星双重同步现象
研究有新进展

科技日报讯(记者赵汉斌)记者5月6日从中国科学院云南天文台获悉,该台研究人员与合作者关注恒星自转速率与行星轨道速率长期同步的现象,并取得了重要进展。国际杂志《皇家天文学会月刊》发表了相关成果。

恒星自转速率与行星轨道速率长期同步的现象,在公转轨道极为接近其宿主恒星的类木行星——热木星的演化过程中,相当独特且引人注目。此前,天文学家在一些恒星附近发现了质量非常大的热木星。这类密近巨行星(一类公转轨道极为接近其宿主恒星的大型气态行星)和宿主恒星之间有很强的潮汐作用。研究表明,在某些特殊的演化阶段,行星的轨道周期可与恒星的自转周期相等,并维持很长的时间,呈现出长期双重同步的状态。这一现象受到天文学家的关注。因为同步轨道的存在,可以显著延缓行星系统的潮汐演化,并延长行星寿命,否则行星会在潮汐力的作用下坠入其主星。

中国科学院云南天文台恒星物理研究组博士生郭帅师与导师郭建恒研究员及其他合作者协作,结合恒星演化和恒星—行星系统的潮汐作用,发现当质量较大的密近巨行星围绕着比太阳质量更大或金属丰度更低的宿主恒星绕转时,一旦恒星自转速率与行星轨道速率同步,双重同步现象就更容易发生。

随后,研究人员进一步对243个主星和太阳类似,且具有相对完整观测参数的恒星—行星系统进行了研究,识别了可能长期处于双重同步状态的系统,并预测了将来哪些系统可能会出现这种现象。这一重要发现,为识别恒星与行星处于双重同步状态提供了理论约束,为密近巨行星的演化提供了理论解释。

“夸父一号”新发现表明
白光耀斑并不罕见

◎本报记者 金凤

近日,记者从中国科学院紫金山天文台获悉,我国综合性太阳探测专用卫星“夸父一号”卫星(ASO-S)发射一年多以来,其所搭载的白光太阳望远镜已经观测到了100多例太阳白光耀斑。此前,自1859年人类观测到第一例太阳耀斑,到“夸父一号”卫星发射前,仅有300例左右的太阳白光耀斑事件被报道。

“这意味着,太阳白光耀斑并不像之前人们认为的那样罕见。”“夸父一号”首席科学家、中国科学院紫金山天文台研究员甘为群说。

白光耀斑,指在可见光连续谱辐射表现出增强的一类耀斑。由于其能量通常较高,所以会对空间天气甚至人类活动产生影响,如造成地面通讯故障或中断、干扰航天器正常运行及威胁航天员安全等。

甘为群介绍,截至目前,白光耀斑的能量过程和辐射机制等依然不清楚。由于恒星耀斑通常都是白光耀斑,与太阳白光耀斑具有相似性。所以,研究太阳白光耀斑对空间天气预报及恒星耀斑研究具有十分重要的意义。

白光耀斑分为两类,Ⅰ类白光耀斑的白光辐射与硬X射线辐射存在较好的相关性;Ⅱ类白光耀斑则没有这个特征。

360纳米波段是Ⅰ类白光耀斑出现的主要波段,“夸父一号”卫星搭载的白光太阳望远镜的工作波段即为360纳米±2纳米波段,这是人类首次在这个波段进行空间连续观测。观测时,白光太阳望远镜每两分钟对全日面进行一次成像,视场覆盖1.2个太阳半径。当有白光耀斑爆发时,白光太阳望远镜会自动进入太阳爆发观测模式,以1秒或2秒的时间分辨率对日面局部区域进行快速成像。

甘为群介绍,“夸父一号”卫星团队通过对2022年10月至2023年5月发生的205个能量较高的耀斑进行分析,识别出49个白光耀斑,白光耀斑的发生率为24%,远高于此前观测到的数据。不仅如此,研究人员还给出了白光耀斑的一些基本参数,包括白光持续时间、白光增强面积、单个像素最大增幅以及平均增幅等。

随着太阳活动峰年的到来,越来越多的耀斑被识别为白光耀斑。截至2023年12月底,已有120余例白光耀斑被白光太阳望远镜观测到,这为探究白光耀斑的物理本质提供了绝佳样本。这些观测数据表明白光耀斑并不罕见。相关成果论文已发表在国际天文学期刊《太阳物理》和《天体物理学杂志快报》上。

观测同时发现,耀斑白光辐射出现的地点并不固定。一般来说,白光辐射主要出现在耀斑环足点,即通常位于太阳色球层的耀斑环的两个端点。但也有特例被白光太阳望远镜捕捉到。2023年8月7日,白光太阳望远镜捕捉到一个边缘X1.5级耀斑环上的白光连续谱辐射,这种耀斑环上的巴尔末连续谱辐射现象还从未被报道过。

下一步,“夸父一号”卫星团队将对爆发模式下的白光耀斑数据进行分析,除了从白光太阳望远镜观测数据入手,该团队还将借助先进的辐射动力学模拟,对360纳米波段的白光耀斑进行探究。

飞行全程约53天,由11个飞行阶段组成
嫦娥六号月球“出差”干什么

◎本报记者 付毅飞 何沛苾

5月3日,嫦娥六号探测器在海南文昌航天发射场1号工位,由长征五号遥八运载火箭发射升空。

据嫦娥六号任务副总设计师王琼介绍,该任务飞行全程约53天,由发射入轨段、地月转移段、近月制动段、环月飞行段、着陆下降段、月面工作段、月面上升段、交会对接与样品转移段、环月等待段、

月地转移段和再入回收段11个飞行阶段组成。

王琼对任务主要飞行过程进行了介绍。他说,探测器与运载火箭分离后,沿地月转移轨道飞行,到达轨道高度约为200公里的近月点附近。

在近月点附近,探测器将实施1次近月制动,进入近月点高度为200公里、轨道周期为12小时的环月椭圆轨道。在该轨道上将择机实施立方星分离。

探测器在12小时环月椭圆轨道上通

过两次近月制动,进入平均高度200公里、周期为两小时的环月圆轨道,并在该轨道上完成着陆上升组合体与轨返组合体的分离。

分离后,轨返组合体继续环月飞行,着陆上升组合体在环月轨道运行约1天后,通过实施两次降轨变轨,进入近月点约15公里、远月点约200公里的椭圆轨道。

着陆上升组合体在环月椭圆轨道上继续运行约1天,择机实施着陆下降,经历主减速段、快速调整段、接近段、悬停避障段、缓速下降段,在月面预定区域软着陆。着陆下降过程约15分钟。

着陆后,着陆上升组合体采用钻取和表取两种采样方式,完成月壤的取样和封装;同时,有效载荷、国际载荷开展就位探测。月面工作时间约为48小时。

完成月面工作后,上升器携带月球样品在月面起飞,通过实施4次轨道机动,采用多圈多脉冲共面椭圆轨道交会策略,导引至高度为210公里的环月圆轨道上,与轨返组合体实施交会对接。

在着陆上升组合体月面工作期间,轨返组合体通过实施调相机动,使得轨道器在远程导引段终点(交班点)到达200公里圆轨道上合适的相位。

交会对接完成后,月球样品从上升器转移至返回器内。轨返组合体择机与上升器及对接舱段分离,在环月轨道上巡航飞行,等待月地转移窗口,在预定时机加速进入月地转移轨道。

经历1至3次中途修正后,轨返组合

体到达距地球约5000公里高度处,返回器与轨道器分离。返回器以半弹道跳跃方式再入地球大气层,计划着陆于内蒙古四子王旗预定着陆区。

王琼表示,相比嫦娥五号任务在月球正面采样返回,嫦娥六号任务将在鹊桥二号中继星的支持下,首次实施月球背面采样返回,将突破多项关键技术,并开展广泛的国际合作。

嫦娥六号探测器上搭载了4台国际载荷。其中,法国氦气探测仪将对月球表面氦气同位素开展原位探测,研究挥发物在月球环境下传输和扩散的机制;欧洲航天局月表负离子分析仪将对月球表面负离子进行探测,研究等离子体和月面的相互作用机制;巴基斯坦立方星将开展在轨成像任务,验证纳卫星月球轨道探测技术;意大利激光角反射器作为在月球背面的定位绝对控制点,可以与其他月球探测任务开展联合测距与定位研究。

中国探月工程四期于2021年12月获批立项,其中嫦娥六号任务瞄准2024年5月首发窗口,以月球背面南极—艾特肯盆地为预选着陆区。任务的工程目标是突破月球逆行轨道设计与控制技术、月背智能采样技术和月背起飞上升技术,实现月球背面自动采样返回,同时开展有效国际合作。任务的科学目标包括月球背面着陆区的现场调查和分析,月球背面样品的分析与研究。任务由工程总体和探测器系统、运载火箭系统、发射与回收系统、测控系统、地面应用系统组成。



图为嫦娥六号探测器和长征五号遥八运载火箭箭组合体。新华社发(黄国畅摄)