

2018年美国地球物理学会 (AGU) 秋季年会评述

■ 许小峰

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.01.001

2018年美国地球物理学会 (AGU) 秋季年会因恰逢美国气象学会成立100周年, 也称为AGU100, 于2018年12月9—14日在美国华盛顿召开, 来自世界各地的近3万人与会, 围绕大气、海洋、冰川、生态、环境、水文、地质、地理、太空、数据、探测、智能、科研、创新、服务、教育、出版、管理等诸多领域进行了交流与探讨。

AGU100内容丰富、涉及面广, 很难完整把握会议内容, 本文仅就对目前气象部门业务科研关联度较密切的内容做一简要评述。

一、数据获取与分析

从国际视角看, 对数据的重视程度一直较高, 特别是近年来随着大数据技术的发展, 地球系统的综合数据问题也更加受到关注, 成为一个相对独立发展的领域。

在这一领域的发展特点主要集中在两个方面, 一是获取数据的手段呈多样性的发展趋势, 除了我们比较熟悉的常规观测, 如地面、探空、卫星和雷达等, 在涉及气候系统各圈层相互作用的信息获取方面明显加强, 如通量、边界层、高层大气、辐射变化、生态变量等方面的观测, 同时各种非常规的探测也呈现明显发展, 社会公众信息收集、微波通信信息间接转化数据等。例如, 美国纽约市城市学院的学者介绍了国际卫星云气候项目 (ISCCP) 的对流系统跟踪 (CT) 数据库发展情况。该数据库建设首先根据卫星获取的各类云特征信息进行归纳分析, 构造云分类数据, 然后对每个云系统跟踪, 构成完整的对流云演变过程数据, 目前已可以做到全球覆盖、10 km分辨率、从1983到2015年连续的对流云数据集。

二是在数据分析处理方面的发展, 主要在数据同化、再分析资料、质量控制、智能处理、观测系统仿真试验等领域, 有相当多的交流和介绍。如通过对2006年发射的云雷达卫星 (Cloudsat) 信息处理分析可以获取全球降水频率和强度的整体信息; 通过对云和气溶胶粒子等大气成分进行地面和现场对比观测, 对校准和验证卫星的相关测量至关重要; 而较为普遍应用的观测系统仿真试验 (OSSE), 可以在观测系



统建设前就给出逼真观测试验模拟, 有助于对新建观测系统的理解和降低投资风险。

NOAA和ECMWF等多位专家介绍了欧洲中心发展的用于OSSE的大气状况的分辨率为9 km的14个月长期预报模式 (Nature Run) 的运行情况, 经过实际对比, 认为这一模式体现了其先进、完整和准确性。这一模式可以通过网络获取到, 条件是在研究成果中要注明模式来源。

以上介绍反映了数据分析的重要性, 除了在预报过程中 (同化、资料的后处理 (再分析) 外, 提前对可能获取资料的判识分析也是很有价值的, 有助于对观测业务发展的科学性、时效性进行预先分析和判断。

二、气象小卫星星座计划

随着航天科技的发展与进步, 从20世纪末以来, 微小卫星的发射与应用越来越受到重视, 已从最早的以通信应用为主扩散到遥感、气象、海洋、测绘、空间等多个领域。微小卫星具有成本低、研发发射周期短、星座组网等优势, 目前已从研发设计阶段逐步向科研和业务应用推进, 涉及地球系统多个领域, 在AGU100会上有不少国家的专家做了相关介绍, 总体上认为发展小卫星对地球系统的探测具有独特的科学价值。

如美国密歇根大学的学者介绍了美国航天局2016年成功发射的由8颗卫星构成的CYGNSS星座信号的分析应用情况, 通过对地表GPS散射信号的分析, 获取地表状况、水汽通量、风场等信息, 并应用到台风等灾害性天气的分析预报中。

美国NASA介绍了计划中发射的通过红外光谱测风的小卫星星座机载测试试验结果, 其目标是能提供空间3~4 km分辨率的三维风场探测, 也包括水汽、云、污染和气溶胶信息。

美国海军研究实验室的专家介绍了一个被称为“彩虹”激光雷达小卫星星座的发展计划, 通过主动遥感获取地表高度、矢量风场、海冰、云水特征等信息。

* 收稿日期: 2019年1月30日

中国香港和中国科学院的专家还介绍了利用美国小卫星提供的每天覆盖全球地表信息监测青藏高原地表融化和生态退化状况的分析结果,体现了小卫星监测高时空分辨率的优势。

三、GPM测雨卫星资料的应用分析

无论是监测还是预报,包括数值模式发展,对流天气过程都是重要的难点之一,也是天气、气候研究中最大不确定性因素之一。随着探测技术和分析水平的提高,在这一领域也呈现出新的进展。雷达探测技术的发展及相关的模拟分析技术的进步起到了重要作用,包括地面天气雷达和卫星雷达技术的进展,特别是雷达卫星和卫星微波探测的发展,将对云的内部结构探测从区域拓展到全球。对全球云系变化特征进行的分析,既可针对天气过程,也能提高对全球气候问题的认识。

在本次会议上,有不少学者介绍了美国和日本联合发射的全球降雨测量GPM星座核心卫星测雨雷达星的应用情况。GPM核心星是一颗双频雷达卫星(Ku和Ka波段降水雷达DPR),并携带微波成像仪,于2014年发射,与相关微波卫星构成一个测雨星座,可以每3小时提供一次全球大部分地区的观测资料,利用这些信息可以及时绘制全球三维雨雪合成图像,并能将这些信息供数值模式使用。美国NASA的代表专门介绍了通过GPM资料演示全球三维雨雪信息合成图像,包括对台风结构的细致描绘。

日本气象厅的专家介绍了他们发展的中尺度数值模式四维变分同化系统,其中包含有云微物理过程方案,该系统的重要特点之一是可以同化GPM卫星的三维雷达观测信息,有助于分析较大范围的强对流天气。

四、智能方法

基于地球科学问题的非线性、复杂性和不确定性等特征,智能科学方法有可能在其中一些领域发挥出独特作用。特别是随着地球科学中的数据量呈指数级增长,先进的信息和人工智能技术为地球科学研究的深化开辟了新的途径,基于知识的推理有望进一步加速发展,自适应传感、机器学习、深度学习、知识绘图和其他方法越来越多地进入实用阶段。

美国阿拉巴马大学等部门的代表介绍了通过知识图发现地球科学信息的方法。如何及时发现与研究人员领域相关的数据和出版物面临重大挑战,因此,专注于数据挖掘和预测分类的认知计算工作对于促进科学发现具有特殊价值,其中的重要方法是利用知识图(Knowledge Graph),通过建立语义实体识别(SER)模型和一个关联模型,最终实现及时获取相关领域科技进展信息的目的。

在台风预报业务中对台风强度的判断具有一定不确定性,由于缺少实测信息,只能根据卫星、雷达的相关信息推断。美国国家飓风中心估计,在仅用卫星数据直接分析的情况下,其分析强度估计约有10%~20%的不确定性。来自美国NASA等部门的专家介绍了一个基于深度学习算法的热带气旋强度估算系统,通过对数万张卫星图像台风案例进行学习,对台风定强的确定性有显著提升。

五、生态气象与气候变化

AGU关注的是地球科学的整体发展,生态问题则与地球系统各圈层的相互作用密切相关,在诸多领域的讨论交流中都涉及,与气象密切相关的领域集中在气候变化问题上。既包括气候变化对生态系统的影响,也包括生态系统对气候变化的作用。其中涉及干旱、农业、林业、温室气体、气候模式、气候监测、碳循环、水资源、灾害防御和可持续发展等诸多问题,特别是气候系统各圈层相互影响、相互作用,属于AGU上涉及面最广的内容之一。

在地球生态系统研究中,全球通量网FLUXNET的信息得到了广泛使用,不少专家介绍了通过使用这些通量资料所做的工作。如来自香港的学者通过检索FLUXNET 2015数据库156个站点的逐日资料,研究分析了地球表层的能量平衡闭合(EBC)状况,并进一步分析了生物和气象变量与平衡的关系,分析不同地表、植被、气候带在不同条件下可能发生的变化。美国亚利桑那大学的学者则利用FLUXNET对全球碳排放变化状况进行了分析,认为若不能很好地执行《巴黎协定》,未来全球陆地碳吸收能力将会显著下降。

六、著名科技企业的参与

会上,除与地球科学相关的企业外,一些著名IT公司也有很活跃的参与度,包括他们自己的产品展示和相关科学家利用他们的成果所做的工作介绍。

谷歌公司在会议的展厅里占据了最显赫位置(图1),展示内容覆盖地理信息、数据分析等领域产品。在学术交流中也能看到一些专家介绍谷歌产品的应用情况。美国华盛顿大学的研究人员就介绍了利用谷歌趋势资料(Google Trends Data)分析美国花粉过敏的病情分布,对一些选定城市的信息分析表明,当空气传播的花粉浓度很高时,谷歌搜索“花粉”一词的数量会很大,可以利用这些数据建立美国大陆地区花粉对健康产生影响的时空分辨率。而利用Google Earth Engine(GEE)信息分析处理相关地球系统演变的交流论文就更多了。

IBM公司发展的量子计算机技术在世界范围引起

(下转36页)

- [4] Burrows J P, Mark Webber, Michel Buchwitz, et al. The Global Ozone Monitoring Experiment (GOME): Mission concept and first scientific results. *J Atmos Sci*, 1999, 56(2): 151-175.
- [5] M de Graaf, P Stammes, O Torres, et al. Absorbing Aerosol Index: Sensitivity analysis, application to GOME and comparison with TOMS. *Journal of Geophysical Research*, 2005, 110, D01201.
- [6] Bovensmann H, J P Burrows, M Buchwitz, et al. SCIAMACHY: Mission objectives and measurement modes. *J Atmos Sci*, 1999, 56(2): 127-150.
- [7] Remund Q P, D Newell, J V Rodriguez, et al. The Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS): On-orbit calibration design. *Proc SPIE*, 2004, 5652: 165-173.
- [8] Flynn L, C Long, X Wu, et al. Performance of the Ozone Mapping and Profiler Suite (OMPS) products. *J Geophys Res Atmos*, 2014, 119: 6181-6195.
- [9] Herman J R, P K Bhartia, O Torres, et al. Global distributions of UV-absorbing aerosols from Nimbus 7/TOMS data. *J Geophys Res*, 1997, 102(D14), 16911-16922.
- [10] Torres O, P K Bhartia, J R Herman, et al. Derivation of aerosol properties from satellite measurements of backscattered ultraviolet radiation, Theoretical Basis. *J Geophys Res*, 1998, 103, 17099-17110.
- [11] Torres O, P K Bhartia, J R Herman, et al. A long term record of aerosol optical depth from TOMS observations and comparison to AERONET measurements. *J Atm Sci*, 2002, 59, 398-413.
- [12] 王咏梅, 王英鉴, 王维和, 等. FY-3卫星紫外臭氧总量探测仪. 科学通报, 2009, 54(23): 3778-3783.
- [13] 刘利, 郑向东, 陈树, 等. 风云-3A卫星TOU臭氧总量地基对比研制分析. *空间科学学报*, 2015, 35(6): 696-706.
- [14] Wang W H, Zhang X Y, Wang Y M, et al. Introduction to the FY-3A Total Ozone Unit (FY-3A/TOU): Instrument, performance and results. *Int J Remote Sens*, 2011, 32(17): 4749-4758.
- [15] www.eumetsat.int/website/home/satellites/CurrentSatellites/Metop/MetopDesign/GOME2/index.html
- [16] 王飞, 刘毅, 蔡兆男, 等. 利用GOME-2卫星数据反演对流层臭氧. *遥感技术与应用*, 2016, 31(2): 316-323.
- [17] McPeters R D, Krueger A J, Bhartia P K, et al. *Nimbus-7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) Data Products User's Guide*. 1993.
- [18] Bhartia P K. *OMI Algorithm Theoretical Basis Document, Volume II, NASA Goddard Space Flight Center Greenbelt, Maryland, USA ATBD-OMI-02, Version 2.0*. 2002
- [19] Burrows J P, Weber M, Buchwitz M, et al. The global ozone monitoring experiment (GOME): Mission concept and first scientific results. *J Atmos Sci*, 1999, 56(2): 151-175.
- [20] Eskes H J, van der A R J, Brinksma E J, et al. Retrieval and validation of ozone columns derived from measurements of SCIAMACHY on Envisat. *Atmos Chem Phys*, 2005, 5(4): 4429-4475.
- [21] 王维和, 张兴赢, 安兴琴, 等. 风云三号气象卫星全球臭氧总量反演和真实性检验结果分析. *科学通报*, 2010, 55(17): 1726-1733.
- [22] 王后茂, 赵其昌, 胡秀清, 等. FY-3A/TOU与Metop-B/GOME-2在轨交叉定标检验分析. *光学学报*, 2017, 37(1): 128003-1-9.

(上接7页)



图1 Google展位

广泛关注, 美国乔治华盛顿大学的学者在这次会议上介绍了IBM量子计算的一些进展情况, 包括一些正在研究的算法及可供公众在量子设备上使用的开源软件包。

亚马逊公司的云服务在美国地球系统科学中得到了广泛应用, 大量地球数据信息都可以通过亚马逊的云系统存储和获取。在本次AGU会议上, 美国GMRT (The Global Multi-Resolution Topography Synthesis) 团队介绍了运行在亚马逊云上的全球多分辨率地形合成信息, 汇总了各种不同分辨率的陆地高程和海底测深数据, 且不断根据新的资料进行更新, 对地球科学研究有很高的应用价值。

结合以上介绍内容和我国下一步气象业务和科技发展情况, 提出以下参考建议。

1) 注意加强数据业务建设。无论是从科研还是业务需求角度看, 数据信息都成为越来越关键的环节, 需要加强总体设计、建设、管理、应用。在未来的建设发展中, 数据建设应独立于探测系统和计算网络系统, 尽管有相当大的关联性, 但仍有许多独立特征是需要单独考虑的, 应作为相对独立的业务功能发展。

2) 系统考虑卫星、雷达等遥感探测系统的业务建设。本次会议涉及气象小卫星、雷达卫星、相控阵雷达、激光雷达、云雷达等内容, 这些领域有些已比较成熟, 有些处于起步阶段, 我国也已开始有相关发展, 在未来的气象探测领域可能将发挥重要作用和影响, 需要予以关注, 并在我国的气象业务设计中统筹规划和发展。

3) 在业务科研与业务建设中注意气候系统各圈层相互影响问题。AGU会议将地球系统各领域的进展和成果放在一起交流, 本身就凸显了其相互间密切相关, 无论是地球系统、气候系统、生态系统、气候变化等问题, 都需要考虑各领域之间的相互作用和影响问题。如何把握好气象业务、科研的定位和拓展, 及与其他部门的合作, 需要做好系统的规划设计。

4) 关注人工智能技术的进展。智能技术如何在气象领域发挥作用, 需要一个探索和实践过程。但从目前的进展情况看, 在一些复杂、突变、不确定等问题的处理上确实可以发挥作用, 国内外都取得了相当多的成果, 应予以重视并加强在这一领域的设计和引导, 是发展智慧气象的重要途径。

(作者单位: 中国气象局)