

# 国际气象卫星协调组织 (CGMS) 统筹气象卫星系统建设的重要计划

■ 王富 陆其峰 倪卓娅

CGMS的长期协调努力已取得了一系列重要成果：编制了全球气象卫星系统基线，构建覆盖全球的静止轨道观测，制定全球气象卫星应急备份方案，推动GSICS交叉定标，建成覆盖全球的数据分发系统，建成虚拟实验室（VLab）向更多用户普及了卫星数据应用技术。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.04.032

1960年首颗气象卫星“泰罗斯1号”的成功发射开启了人类从太空观测地球的时代，并促使联合国大会通过了关于和平利用外层空间的决议，更推动世界气象组织（WMO）将气象卫星纳入全球观测系统（GOS）。随着气象卫星全球观测的特点日益凸显，很多国家陆续启动了气象卫星系统建设，而国际气象卫星协调组织（CGMS）作为全球气象卫星系统技术资料交流平台也应运而生。

在航天遥感技术进步和人类生存发展需求的共同牵引下，气象卫星系统经过数十年发展，已形成了覆盖高轨低轨、观测谱段众多、兼顾成像探测的综合地球观测能力，并在天气预报、气候预测、环境监测、防灾减灾和资源可持续开发等多个领域得到了广泛应用。CGMS通过提供国际交流合作平台协调气象卫星系统发展，为加强全球整体观测能力、实现效益最大化和长期可持续发展做出了重要贡献。随着新一代载荷和观测投入使用，CGMS将通过推动全球协调合作以满足世界气象组织综合观测系统（WIGOS）2040年远景规划的需求。

## 1 CGMS组织机构及协调成果

CGMS目前共有22个成员（表1），下设5个工作组，指导WMO全球空间交叉定标系统（GSICS）及其他5个国际科学工作组（表2）。同时，CGMS与地球观测组织（GEO）、对地观测卫星委员会（CEOS）等密切合作。CGMS秘书处设在欧洲卫星气象开发组织，中国气象局早在1986年就作为观察员参与CGMS

表1 CGMS成员和观察员机构列表

机构名称	机构缩写	国别	加入时间
中国气象局	CMA	中国	1989
法国国家太空中心	CNES	法国	2004
中国国家航天局	CNSA	中国	2006
欧洲航天局	ESA	欧盟	2003
欧洲卫星气象开发组织*	EUMETSAT	欧盟	1987
印度气象局	IMD	印度	1979
政府间海洋学委员会	IOC-UNESCO	国际组织	2001
印度空间研究组织	ISRO	印度	2015
日本宇宙航空研发机构	JAXA	日本	2003
日本气象局	JMA	日本	1972
韩国气象局	KMA	韩国	2005
美国航空航天局	NASA	美国	2003
美国国家海洋和大气管理局	NOAA	美国	1972
俄罗斯国家航天集团公司	ROSCOSMOS	俄罗斯	2003
俄罗斯水文气象和环境监测局	ROSHYDROMET	俄罗斯	1973
世界气象组织	WMO	国际组织	1973
加拿大航天局**	CSA	加拿大	
加拿大环境部**	ENV CAN	加拿大	
全球气候观测系统**	GCOS	国际组织	
韩国航空宇宙研究院**	KARI	韩国	
韩国海洋研究和发展研究所**	KIOST	韩国	
国家海洋局**	SOA	中国	

注：\*为CGMS秘书处；\*\*为观察员机构

会议，并于1989年成为正式成员。

CGMS的长期协调努力已取得了一系列重要成果：包括编制了全球气象卫星系统基线，构建覆盖全球的静止轨道观测，制定了全球气象卫星的应急备份方案；推动GSICS交叉定标、改进产品算法和推广数据

收稿日期：2019年10月10日

第一作者：王富，Email: wangfu@cma.gov.cn

通信作者：陆其峰，Email: luqf@cma.gov.cn

资助信息：国家重点研发计划项目（2016FYB0500704）；“万人计划”领军人才（批号187）；国家自然科学基金项目（41601400）

表2 CGMS下设工作组及科学工作组列表

名称	工作内容
第一工作组, WG I*	卫星系统与业务运行
第二工作组, WG II*	卫星数据和产品
第三工作组, WG III*	业务连续和应急计划
第四工作组, WG IV*	对终端用户的支持
空间天气协调组SWCG	空间天气相关工作
国际TOVS大气探测工作组, ITWG**	标准温湿度廓线产品
国际风产品工作组, IWGW**	标准云导风产品
国际降水产品工作组, IPWG**	标准多源降水产品
国际云产品工作组, ICWG**	标准云产品
国际掩星产品工作组, IROWG**	标准掩星产品

注: \*为CGMS下设工作组; \*\*为CGMS指导的科学工作组

应用; 建成了覆盖全球的数据分发系统; 建成虚拟实验室 (VLab) 向更多用户普及了卫星数据应用技术。

## 2 CGMS天气气候观测计划

### 2.1 全球气象卫星基线

编制全球气象卫星基线是CGMS最主要的成果之一, CGMS通过综合全球不同气象卫星系统的天基观测能力, 对照WIGOS 2040远景规划, 推动各成员以此作为未来气象卫星计划的重要输入。基线每4年更新一次, 修订流程见图1。基线除了由CGMS各成员现有及计划中的观测能力整合成的全球观测体系外, 还包括数据传输保障, 数据质量控制等。

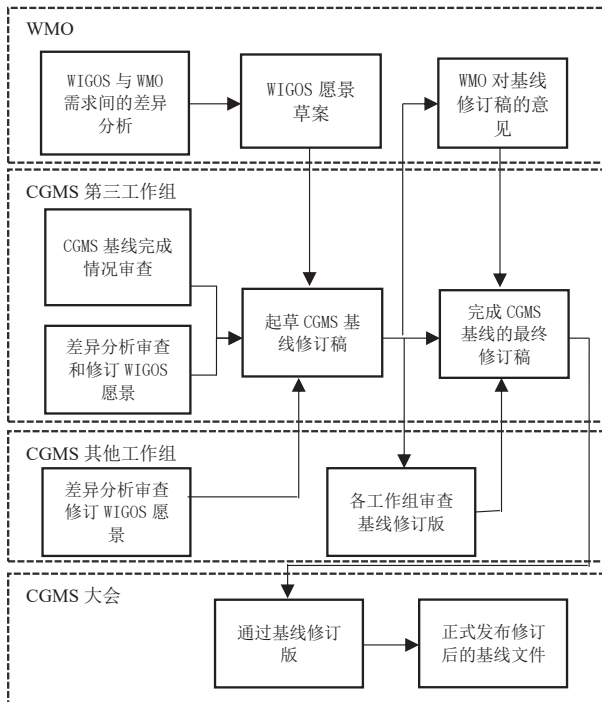


图1 CGMS极限修订流程图

观测能力按传感器被分为23类 (表3), 主要分布在太阳同步轨道 (LEO)、地球静止轨道 (GEO) 上, 而椭圆轨道 (HEO) 和拉格朗日点L1也在计划

表3 CGMS基线计划观测能力

传感器	观测要素	轨道需求
微波探测器	大气温度、湿度、降水	LEO: EMO、MO、AO
红外探测器	大气温度、湿度	LEO: EMO、MO、AO; GEO: 2颗高光谱0°和105°E
无线电掩星	大气温度、湿度、电离层电子密度	LEO: EMO、MO、AO; 或全球至少6000颗
多任务成像仪	海温、气溶胶、陆温、云、风场、洪水、火点、冰冻圈	LEO: EMO、MO、AO; GEO: 均匀分布6颗以覆盖全球
窄带可见光红外成像仪	水色	LEO: 1颗; GEO: 1颗128.2°E
高分辨率可见光红外成像仪	土地利用, 植被类型和状态	LEO: 1颗
微波成像仪	海温、海面风、降水、土壤湿度、冰雪、海冰	LEO: EMO、MO、AO
雷达测高	海面形貌	LEO: EMO、MO
散射仪	海面风	LEO: EMO、MO、AO
闪电成像仪	闪电成像	GEO (5颗) 0°, 75.2°W, 137°W, 86.5°E, 105°E
可见光红外辐射计	辐射平衡	LEO: EMO、AO
可见光紫外光谱仪	臭氧	LEO: MO、AO GEO: 0°, 128.2°E
日冕仪	日冕	GEO (1颗); L1
远紫外成像仪	远紫外成像	GEO (2颗); L1
X射线摄谱仪	X射线通量	GEO (2颗); L1
离子/电子/质子谱仪	能量离子, 太阳风	LEO (2颗): EMO、MO、AO; GEO: 6颗; L1
磁强计	磁场、太阳风	LEO (3颗): EMO、MO、AO GEO (2颗); L1
等离子体分析仪	太阳风	L1
降水雷达	降水	LEO赤道附近
亚毫米波成像仪	冰云	LEO: EO
合成孔径雷达	土壤湿度、海冰	LEO (1颗)

中。LEO轨道卫星每天以大致相同的时间经过同一地区2次, 按过境时间可分为晨昏轨道 (EO)、上午轨道 (MO) 和下午轨道 (AO) 三类, 在以上三类LEO轨道上布置3颗大幅宽载荷卫星即可实现4 h一次全球观测。GEO轨道卫星可对以星下点为中心约三分之一地球表面进行高时间分辨率观测, 而实现静止轨道高时间分辨率的全球拼图需要布置6颗卫星。HEO轨道卫星能提供高纬地区的高频次重访, 而拉格朗日点L1的卫星能在太阳风粒子到达磁层和地球前几分钟对其进行探测, 这两个轨道尚无在轨卫星, 但已有CGMS成员在实施相关计划。

数据传输包括同时保障直接广播和地面分发服务, 为天气预警预报提供实时观测资料的同时通过地面分发系统共享更完整的数据资料。CGMS制定了符合实时性和经济性原则的数据分发服务标准, 并探索利用直接广播系统收集和分发海上浮标等观测平

台的数据资料, 以及提供应急信息服务。

数据质量是气象卫星整体应用效能提升的重要前提, 包括通过GSICS协助各成员定期对各气象卫星系统的参考载荷或者定标场进行交叉定标, 通过与国际科学工作组合作推动不同卫星数据产品之间的交叉检验, 保证数据的长期稳定和质量可靠, 以支撑全球天气和气候预报。

值得一提的是, 风云气象卫星作为CGMS基线的重要组成部分, 不仅组成了GEO全球拼图, 更将为基线补充重要的LEO晨昏轨道以实现气象卫星观测每隔4 h覆盖全球一次的目标。中国气象局的卫星数据广播系统CMACast及数据网站等地面分发系统还是基线实时数据共享服务的重要渠道之一。风云系列气象卫星也参与了GSICS框架下的交叉定标等工作, 并依托国家重点研发计划“国产多系列遥感卫星历史资料再定标技术”项目重点解决国产卫星历史资料辐射基准统一和数据长期一致性的问题。

## 2.2 气候监测框架战略

气候变化引起地球生存条件的变化, 已不再仅是一个科学问题, 更是世界各国政府需要共同面对的政治问题、经济问题和外交问题。气候观测是深化对气候变化客观规律的科学认识, 推进气候变化综合影响评估的基础, 也是减少气候变化不确定性的重要前提。气象卫星观测特有的大范围区域周期性观测能具有独特的优势, 能从全球尺度对其他长时间序列观测数据的区域差异进行分析。

CGMS与CEOS组成的联合工作组, 通过《空基气候监测框架战略》的制定和实施来推动气象卫星数据在气候监测领域的应用。为满足气候观测长期稳定的要求, 需要研究解决不同卫星系统不同载荷之间的一致可比性, 以及卫星观测的长期一致性, 以提升气象卫星气候数据集的可用性。联合工作组通过梳理卫星能力、编制气候数据集目录, 建立结构化数据视图, 已经取得了阶段性成果。大气方面已建立了大气物理、大气动力和大气成分的卫星数据框架, 构建了用于监测温室气体、降水、大气廓线等的虚拟卫星星座, 制定了对应气候数据集的生产方案。陆地方面湖泊温度、冰川变化、陆地火点等产品工作进展较快, 通过星地真实性检验及卫星数据时空分辨率的提高可达到气候应用的要求。海洋方面气候数据集生产进展较快, 未来以长时间序列LEO观测与日变化GEO观测结合、维持海面热通量、海面动力环境和海绵反射率等监测、补充海面温度和海冰的被动微波观测, 加强海面高度和海平面的真实性检验、浮游植物生物量估

算气候变量、整合多个全球海盐监测计划等。

未来CGMS将继续致力于提高现有观测数据的长期稳定性推动气象卫星数据向气候数据集升级, 通过差距分析加强长期规划实现缩小气象卫星观测能力和气候数据集目标之间的差距。

## 3 高优先级计划

高优先级计划(HLPP)是CGMS滚动更新的行动计划, 共包括6个方面:

业务基线能力保障是CGMS协调工作的核心内容之一, 也是HLPP重点任务, 包括: 维持被动微波和晨昏轨道的延续性, 推动成像仪、闪电成像仪和红外(紫外)载荷的更新换代, 发展测高仪、掩星星座, 和加强空间天气观测。

数据收集分发协调是CGMS协调工作的重要支点, 包括: 建设高速数据收集平台(DCP), 扩充直接广播系统带宽, 保护气象卫星频段。

对终端用户的支撑是CGMS协调工作的重点内容, 包括: 维持并新增数据高速大容量分发渠道, 向用户介绍新一代静止和极轨气象卫星数据和业务产品, 协调美洲、非洲、欧洲和亚太地区的数字视频广播, 加强海洋数据产品业务化, 以及空间天气观测的实时获取与交换, 利用气象卫星基础设施加强防灾减灾能力等。

提高数据产品质量是提高气象卫星应用效能的关键, 包括: 通过GSICS建设完善高度一致的卫星仪器校准平台, 开发火山灰、云参数、大气运动矢量(Atmospheric Motion Vector, AMV)等共性产品, 改进降水, 追踪温度、水汽、降水和风等的误差, 改进雪、沙漠等复杂表面和水凝物等散射大气成分在微波辐射传输模型中的表达, 以及研究未来被动探测仪发展方向。

培训分享提升效能是推广气象卫星数据应用的有效手段, 包括: 完善虚拟实验室(Virtual Laboratory, VLab)的培训资料, 组织区域用户培训会议, 促进卫星用户经验分享, 鼓励青年人参与, 通过各种渠道宣传气象卫星的社会经济效益, 发展相应的社会经济效益评估方法等。

解决跨领域难题主要集中在气候观测领域, 包括: 利用气象卫星数据生产气候数据集尤其是温室气体监测, 以及气候变化联合工作组中的任务协调、交叉定标、产品原型、数据分发、交换、格式化、培训和推广等具体工作。

## 4 结论和展望

不论是统筹全球气象卫星系统的现有天气和气

候观测能力、保障高时效的数据分发服务，还是分析差距制定未来发展计划，都需要通过CGMS这样的国际合作平台，借由广泛交流和沟通合作，凝练出具体措施，专注于融合新技术新仪器、改进观测数据质量和提高数据传输及时性，通过互利合作实现“全球观测”系统的螺旋上升发展，让气象科技进步能够真正造福于人类社会。

风云气象卫星经过五十年的发展，已成为世界上少数几个同时拥有静止和极轨两个系列的业务气象卫星系统之一。风云气象卫星不仅是WMO国际气象业务卫星序列和CGMS基线的重要组成部分，其整体能力也得到了国际社会的认可。特别是，风云四号静止轨道卫星上搭载的全球首个静止轨道干涉式大气垂直探测仪（GIIRS）和全球两台静止轨道闪电成像设备之一——闪电成像仪（LMI）等先进仪器得到国际学术界的广泛关注；风云三号的微波温度计（MWTS）和微波湿度计（MWHs）已被欧洲中期天气预报中心（ECMWF）作为重要卫星资料同化到其业务数值预报系统。此外，风云三号C星搭载的微波湿度计首次新增了118 GHz氧气吸收线通道，在区分弱降水、卷云和层状云降水方面发挥了重要作用。而风云三号降水卫星将填补CGMS基线中18和23 GHz微波探测在2020—2025年的空白。

风云气象卫星在国际上受到的关注与中国气象局长期以来通过CGMS会议参与国际交流合作密不可分。与CGMS长期稳定的合作关系为风云气象卫星开

展更广泛的国际服务与交流合作奠定了重要基础。实现国家发展战略，推进中国气象局提出的“全球监测、全球预报、全球服务”，支撑“一带一路”倡议等都要求风云气象卫星进一步提高观测和应用服务能力。因此，通过CGMS等国际组织开展广泛沟通合作、征集国际用户和学术界的建议，与风云气象卫星自身高质量发展紧密结合，对于完善风云气象卫星自身规划设计和提升整合综合效益具有重要意义。

### 深入阅读

- 卢乃锰, 谷松岩, 2016. 气象卫星发展回顾与展望. 遥感学报, 20(5): 832-841.
- 黄荣辉, 2001. 大气科学发展的回顾与展望. 地球科学进展, 16(5): 643-657.
- 吕达仁, 王普才, 邱金桓, 等, 2003. 大气遥感与卫星气象学研究的进展与回顾. 大气科学, 27(4): 552-566.
- Smith W L, Bishop W P, Dvorak V F, et al., 1986. The meteorological satellite: Overview of 25 years of operations. Science, 231: 455-462.
- 李俊, 方宗义, 2012. 卫星气象的发展——机遇与挑战. 气象, 38(2): 129-146.
- 范锦龙, 2012. 地球观测数据卫星分发系统发展综述. 地球科学进展, 27(7): 712-716.
- 赵大钢, 宏观, 陆风, 等, 2016. 国际气象卫星协调组织(CGMS)第44次会议简介. 气象科技合作动态, (6): 1-7.
- 张文建, 2010. 世界气象组织综合观测系统(WIGOS). 气象, 36(3): 1-8.
- 杨军, 咸迪, 唐世浩, 2018. 风云系列气象卫星最新进展及应用. 卫星应用, (11): 8-14.

(作者单位: 中国遥感卫星辐射测量和定标重点开放实验室, 国家卫星气象中心)

(上接198页)

### 深入阅读

- 编委会, 1991. 纪念涂长望. 北京: 气象出版社.
- 编委会, 2000. 气象赤子——深切怀念邹竟蒙同志. 北京: 气象出版社.
- 曹莹, 2018. 民国时期气象专业期刊及气象科技发展. 南京: 南京信息工程大学.
- 陈志辉, 2009. 民国时期中国天文学会研究. 上海: 上海交通大学.
- 顾明, 1992. 中国改革开放辉煌成就十四年 气象卷(邹竟蒙). 北京: 中国经济法研究会/中国经济出版社.
- 国家气象局办公室, 1990. 新中国气象事业四十年. 北京: 气象出版社.
- 李平, 张建雄, 杨林聪, 2015. 抗日战争时期的中美气象情报合作. 阅江学刊, 7(5): 38-42.
- 刘英金, 2008. 风雨征程——新中国气象事业回忆录续集(1949—2000). 北京: 气象出版社.
- 卢鋈, 王鹏飞, 1959. 十年来我国气象业务的发展. 气象学报, 30(3): 197-201.
- 孙锦铨, 1995. 中国天文气象史上闪光的一项. 自然辩证法研究, 11(8): 49-52.
- 万映秋, 2013. 《观象从报》与西方气象学知识的传播与普及. 咸阳师范学院学报, 28(6): 69-74.
- 汪梦妍, 2017. 北洋政府时期气象科普研究. 南京: 南京信息工程大学.
- 王秀芹, 1990. 中国近代气象事业的先驱——蒋丙然. 中国科技史杂志, (1): 42-55.
- 温克刚, 2017. 涂长望传. 北京: 学苑出版社.
- 温克刚, 2004. 中国气象史. 北京: 气象出版社.
- 武衡, 1988. 延安时代科技史. 北京: 中国学术出版社.
- 许玉花, 2017. 近代气象留学生群体研究. 南京: 南京信息工程大学.
- 张璇, 2015. 民国时期中国气象学会会员群体研究(1924-1949). 南京: 南京信息工程大学.
- 中国气象学会, 2002. 我与新中国气象事业. 北京: 气象出版社.
- 朱祥瑞, 2003. 中国气象史研究文集. 北京: 气象出版社.
- 竺可桢, 1951. 中国过去在气象学上的成就. 气象学报, 22(1): 12-15.

(作者机构: 中国气象局气象干部培训学院)