

美国 GOES 系列卫星的发展

张春华¹, 李松², 刘洪伟¹, 李冰¹

(1. 61741 部队, 北京 100094; 2. 91977 部队, 北京 100081)

摘要: 首先介绍了美国 GOES 系列静止轨道气象卫星的基本情况、职能和使命任务, 然后分别对第一代、第二代/改进型第二代以及第三代 GOES 系列卫星的发展历程、载荷情况和卫星产品进行了概述, 并对目前在轨运行第三代 GOES 系列卫星先进基线成像仪、同步闪电测绘仪、远紫外与 X 射线辐照度探测器等载荷参数和主要用途进行了详细介绍。最后总结了 GOES 系列卫星的发展特点。

关键词: GOES 卫星, 先进基线成像仪, 大气垂直探测器, 同步闪电测绘仪

中图分类号: V423.4

文献标识码: A

文章编号: 1672-9242(2022)04-0124-08

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2022.04.019

Development of GOES Series Satellites in the United States

ZHANG Chun-hua¹, LI Song², LIU Hong-wei¹, LI Bing¹

(1. Unit 61741 of PLA, Beijing 100094, China; 2. Unit 91977 of PLA, Beijing 100081, China)

ABSTRACT: This paper first introduces the basic information, functions and missions of the GOES geostationary satellites. and then gives an overview of the development history, payload and satellite products of the first, second/improved second and third generation of GOES satellites. Meanwhile, the payload parameters and main applications of the advanced baseline imager, the geostationary lightning mapper and the extreme ultraviolet sensor/X-ray sensor irradiance sensors are introduced in detail. Finally, the development characteristics of GOES series satellites are summarized.

KEY WORDS: GOES satellite; advanced baseline imager; GOES sounder; geostationary lightning mapper

1966 年美国国家航空航天局 (NASA) 发射了首颗地球卫星 (ATS-1), 装载的旋转扫描云相机成功获取了可见光图像。这颗在地球静止轨道上成功运行的卫星, 促使美国发展了专门用于气象业务的 GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 卫星^[1]。

GOES 是 NOAA/NASA 联合气象卫星系列。NOAA 负责提供系统在轨运行的资金、要求和操作。NASA 根据 NOAA 的合同, 负责航天器及其仪器的

采购、设计和开发, 以及每颗卫星的发射。NOAA 拥有和运营卫星, 并为用户提供服务。

GOES 系列卫星位于赤道上空 35 786 km 的地球静止轨道, 采用双星在轨运行机制, 并同时保留一颗备份卫星 (位于 105°W 地球静止轨道) 以应对在轨运行卫星突发故障^[2]。在轨运行卫星中, 一颗配置在西经 75°W (也称为 GOES-West), 负责监测北美洲和太平洋地区; 另一颗配置在西经 135°W (也称为 GOES-East), 负责监测北美洲、南美洲和大西洋的大

收稿日期: 2021-04-09; 修订日期: 2021-05-06

Received: 2021-04-09; Revised: 2021-05-06

作者简介: 张春华 (1980—), 女, 博士研究生, 高级工程师, 主要研究方向为卫星遥感、图像处理。

Biography: ZHANG Chun-hua (1980—), Female, Doctoral candidate, Senior engineer, Research focus: satellite remote sensing, image processing.

引文格式: 张春华, 李松, 刘洪伟, 等. 美国 GOES 系列卫星的发展[J]. 装备环境工程, 2022, 19(4): 124-131.

ZHANG Chun-hua, LI Song, LIU Hong-wei, et al. Development of GOES Series Satellites in the United States[J]. Equipment Environmental Engineering, 2022, 19(4): 124-131.

部分地区。2 颗卫星覆盖范围为 20°W~165°W, 约占全球面积的 1/3, 可以每天 24 h 连续对西半球上空进行气象观测, 为空间环境监测、预报、建模提供了大量探测数据。

1 GOES 系列卫星发展历程

截至 2022 年, GOES 系列卫星经历了 3 代, 共

规划卫星 21 颗 (GOES-A~GOES-U), 除 GOES-G 发射失败、GOES-Q 计划取消、GOES-T 和 GOES-U 正在研制以外, 已成功发射 18 颗 (GOES-1~GOES-18), 卫星具体情况见表 1。

第一代 GOES 卫星 (GOES-1—GOES-7) 为自旋稳定卫星, 主要装载 2 通道可见光/红外扫描辐射计和 14 通道大气探测器。其中, GOES-7 是 1989—1994 年唯一在轨运行的地球静止轨道卫星。

表 1 GOES 系列卫星概况
Tab.1 The overview of GOES series satellites

	卫星名称	发射时间	退役时间	定点位置
第一代	GOES-1 (GOES-A)	1975.10.16	1985.03.07	—
	GOES-2 (GOES-B)	1977.06.16	1993.07.01	—
	GOES-3 (GOES-C)	1978.06.16	1993.07.01	—
	GOES-4 (GOES-D)	1980.09.09	1988.11.22	—
	GOES-5 (GOES-E)	1981.05.22	1990.07.18	—
	GOES-6 (GOES-F)	1983.04.28	1989.07.01	—
	GOES-G	1986.05.03	发射失败	—
	GOES-7 (GOES-H)	1987.02.26	1996.01.11	—
第二代	GOES-8 (GOES-I)	1994.04.13	2004.05.05	—
	GOES-9 (GOES-J)	1995.05.23	2007.06.15	—
	GOES-10 (GOES-K)	1997.04.25	2009.12.02	—
	GOES-11 (GOES-L)	2000.05.03	2011.12.16	—
	GOES-12 (GOES-M)	2001.07.23	2013.08	—
改进型 第二代	GOES-13 (GOES-N)	2006.05.24	2018.01.08	—
	GOES-14 (GOES-O)	2009.06.27	在轨备份	105°W (在轨备份)
	GOES-15 (GOES-P)	2020.03.02	—	—
	GOES-Q	2004 年取消	—	—
第三代	GOES-16 (GOES-R)	2016.11.19	在轨运行	89.5°W (测试阶段) 75.2 °W (2017.12.18 至今)
	GOES-17 (GOES-S)	2018.03.01	在轨运行	89.5°W (在轨备份) 137.2 °W (2019.2.12 至今)
	GOES-18	2022.03.01		
	GOES-U	2025 (计划)		

注: GOES-15 于 2018 年 11 月向东漂移到 128°W, 以给 GOES-17 让出位置, 但由于 GOES-17 先进基线成像 (ABI) 冷却系统故障, GOES-15 仍继续工作至 2020 年 3 月, 与 GOES-17 联合完成 GOES-West 对地观测任务, 2020.03.02GOES-15 停止工作。

第二代 GOES 卫星 (GOES-8—GOES-12) 姿态采用三轴稳定, 搭载 5 通道成像仪和 19 通道大气垂直探测仪等载荷。三轴稳定的卫星姿态使得成像和垂直探测可以独立同时探测, 不仅使观测精度大大提高, 且探测区域可在东西、南北两个方向灵活控制, 观测频次大为增加, 对改进中小尺度天气系统的监视十分有意义, 开启了地球同步定量遥感反演的新阶段。

改进型第二代 GOES 卫星 (GOES-13—GOES-15) 搭载的载荷仍为 5 通道成像仪和 19 通道大气垂直探测仪等载荷, 与第二代 GOES 卫星在通道数量和探测能力上区别不大。该系列卫星与第二代卫星的主要区

别: 由第二代使用的 SS/L 卫星平台转换为基于 BSS-601 卫星平台, 能够更稳定地支持成像仪、垂直探测器和太阳 X 射线成像仪; 能够以低速率信息传输 (LRIT) 的方式提供气象传真服务; 将成像仪的 2 个探测谱段从 11.5~12.4 μm、6.5~7.0 μm 移到了 13.0~13.7 μm、5.8~7.3 μm (实际上, 从 GOES-12 开始, 成像仪探测谱段进行了改变), 空间环境监测器 (SEM) 的测量范围扩大。

第三代 GOES 卫星系列 (也称为 GOES-R 系列) 共包括 4 颗卫星 (GOES-16、GOES-17、GOES-18、GOES-U)^[3], GOES-16、GOES-17 搭载先进的 16 通

道线性基线成像仪、闪电测绘仪以及太阳紫外成像仪等^[4], 具有更高的空间分辨率和更快速的覆盖能力, 可用于更精确的气象预报和闪电活动的实时制图, 提高了对风暴活动的监测水平和闪电活动的持续监测能力。GOES-18 于 2022 年 3 月 1 日发射。GOES-U 正在研发中, 计划于 2025 年发射, 待全部部署完毕后, 美国国家海洋和大气管理局的地球静止轨道卫星气象数据获取能力将可持续至 2036 年。

截至 2020 年 4 月, 在轨运行的 GOES 系列卫星有 GOES-14、GOES-16、GOES-17 和 GOES-18, 分别定点在 105°W、75.2°W、137.2°W、89.5°W 的赤道上空。其中, GOES-14 为在轨备份状态, GOES-16、GOES-17 分别在轨运行完成 GOES-East、GOES-West 观测任务, GOES-18 为在轨测试状态。

2 载荷情况

2.1 第一代 GOES 系列卫星

第一代业务静止气象卫星包括 GOES-1—GOES-7 共 7 颗卫星, 其中 GOES-1—GOES-3 主要装载 2 通道可见光/红外扫描辐射计 VISSR (可见光 0.55~0.75 μm , 分辨率为 0.9 km; 红外 10.5~12.6 μm , 分辨率为 6.9 km)。GOES-4—GOES-7 以 VISSR 大气探测器 VAS (VISSR Atmosphere Sounder) 取代了 VISSR, VAS 为 2 通道可见光/红外扫描辐射计和 12

通道大气垂直探测器兼用仪器, 2 个仪器只能交替使用, 不可同时工作^[5]。大气垂直探测器 12 通道中心波长分别为 3.94、4.44、4.51、6.7、7.2、11.2、12.7、13.3、14.0、14.2、14.5、14.7 μm , 分辨率为 13.8 km, 能进行垂直温度和湿度探测, 开创了高轨大气探测的新时代。

2.2 第二代 GOES 系列卫星

第二代业务静止气象卫星包括 GOES-8—GOES-12 共 5 颗卫星^[6]。共搭载 2 类载荷: 环境类载荷和数据收集类载荷。环境类载荷包括成像仪 (GOES Imager)、大气垂直探测器 (GOES Sounder)、太阳 X 射线成像仪 (Solar X-ray Imager, SXI)、空间环境监测器 (Space Environment Monitor, SEM)^[7]; 数据收集类载荷包括静止轨道搜索&救援系统 (Geostationary Search and Rescue System, GEOS&R) 和数据收集系统 (DCIS) 等, 见表 2。第二代 GOES 卫星用独立工作的 Imager 和 Sounder 代替 VISSR/VAS 协作分时转换工作方式, 大大加强了遥感能力。

1) 成像仪。5 通道多谱段仪器, 数据量化等级为 10 bit, 用于探测目标区域内的辐射和反射能量, 提供地球表面、海洋、云覆盖及暴风雪的可见光和红外图像^[8]。成像区域东西及南北方向均灵活可控, 全圆盘图成像时间为 25 min, 3 000 km×3 000 km 区域需 3 min, 1000 km×1000 km 区域需 40 s。成像仪参数及用途见表 3。

表 2 第二代/改进型第二代 GOES 卫星载荷情况
Tab.2 Second-generation / improved second-generation GOES satellite payloads

载荷	GOES-13—GOES-15	GOES-12	GOES-11	GOES-10	GOES-9	GOES-8
GEOS&R	√	√	√	√	√	√
SEM/MAG	√	√	√	√	√	√
SOUNDER	√	√	√	√	√	√
SXI	√	√				
SEM/EPs	√	√	√	√	√	√
SEM/HEPAD	√	√	√	√	√	√
SEM/XRS-EUV	√	√	√	√	√	√
DCIS	√	√	√	√	√	√
IMAGER	√ (II 型)	√ (II 型)	√ (I 型)	√ (I 型)	√ (I 型)	√ (I 型)

表 3 第二代 GOES 卫星成像仪 IMAGER (I 型) 参数及用途
Tab.3 Parameters and application of the second generation GOES Imager (I)

通道	中心波长/ μm	波段/ μm	分辨率/km	NEAT 或 S/N	用途
可见光	0.65	0.55~0.75	1	150@100% albedo	日间云及地表特征
红外 1	3.9	3.8~4.0	4	1.4 K@300 K	低云/雾检测、夜间海面温度
红外 2	6.75	6.5~7.0	8	1.0 K@230 K	水汽、对流、中层大气运动
红外 3	10.7	10.2~11.2	4	0.35 K@300 K	地表及云顶高度、云迹风
红外 4	11.95	11.5~12.4	4	0.35 K@300 K	地表及云顶温度、低层水汽

注: 成像仪搭载卫星为 GOES-8、GOES-9、GOES-10、GOES-11。

2) 垂直探测器。19 通道离散滤波辐射计, 数据量化等级为 13 bit。该仪器具有较高的垂直分辨率, 探测数据能够反演出高精度的大气温度和湿度垂直分布、云顶温度、臭氧分布。温度精度为 1~1.5 K, 相对湿度精度为 15%, 对中尺度系统天气的分析预报和中尺度数值预报模式都有极大的作用。此仪器既可

以独立工作, 也能与成像仪同时工作。
垂直探测器水平分辨率从第一代 GOES 系列卫星的 13.8 km 提高到 8 km, 且灵敏度提高, 探测时间缩短。探测 3 000 km×3 000 km 区域只需 42 min, 探测 1 000 km×1 000 km 区域只需 5 min。垂直探测仪参数及用途见表 4。

表 4 第二代 GOES 卫星垂直探测仪参数及用途
Tab.4 Parameters and application of the second generation GOES Sounder

通道	中心波长/μm	SNR or NEΔT	探测要素
长波红外	1	1.24 K @ 290 K	大气和地表温度
	2	0.79 K @ 290 K	
	3	0.68 K @ 290 K	
	4	0.55 K @ 290 K	
	5	0.49 K @ 290 K	
	6	0.23 K @ 290 K	
	7	0.14 K @ 290 K	
中红外	8	0.10 K @ 290 K	地表温度、臭氧总量及水汽
	9	0.12 K @ 290 K	
	10	0.06 K @ 290 K	
	11	0.06 K @ 290 K	
	12	0.15 K @ 290 K	
近红外	13	0.20 K @ 290 K	大气和地表温度
	14	0.17 K @ 290 K	
	15	0.20 K @ 290 K	
	16	0.14 K @ 290 K	
	17	0.22 K @ 290 K	
	18	0.14 K @ 290 K	
可见光	19	1000 @ 100 % albedo	云层
星光		6:1 SNR	4 等星

3) 太阳 X 射线成像仪。实际上是 1 台小型望远镜, 用于监视来自太阳大气层 X 射线, 可对太阳耀斑进行连续观测。每分钟拍摄 1 次, 为美国国家海洋大气局、航宇局和美国空军提供最新的太阳耀斑信息。GOES-12 是第一颗搭载太阳 X 射线成像仪(SXI)的静止气象卫星。
4) 空间环境监测器 SEM。空间环境监测器 SEM 主要用于测量 X 射线与极紫外波段的太阳辐射, 同步轨道处的磁场和高能粒子环境。其包括 4 个仪器组: X 射线和极紫外射线探测器(X-Ray Sensor - Extreme Ultra-Violet Sensor, XRS-EUV), 它由 1 个数字处理器控制的 2 通道 X 射线探测器和 5 通道极紫外探测器组成, 用于测量近地轨道处的射线环境; 能量粒子探测器(Energetic Particles Sensor, EPS)和高能质子、阿尔法粒子探测器(High Energy Proton and Alpha Particles Detector, HEPAD), 主要测量起源太阳而被地磁场捕获的高能质子、电子和阿尔法粒子通量; 磁力仪组(Magnetometer, MAG), 由 2 台

磁力仪组成, 测量地磁场的大小和方向, 探测某航天器附近磁场的变化, 提供对磁气圈造成影响的太阳风的警报, 评估地磁活动的水平。
5) 静止轨道搜索&救援系统(GEOS&R)。利用卫星系统测定来自海上、空中、地面遇险装置发出的求救信号, 确定出险位置、实施搜索和营救的系统。GOES-7 上引入了 S&R 功能进行科研应用研究, 后续卫星均搭载了该载荷。
6) 数据收集系统(DCIS)。为地面部分的大量陆、空和海基数据收集平台(DCP)提供操作数据收集服务。

2.3 改进型第二代 GOES 系列卫星

改进型第二代 GOES 系列卫星包括 GOES-13—GOES-15 共 3 颗卫星^[9]。搭载的载荷类型与第二代 GOES 卫星相同, 载荷主要变化是成像仪的 2 个探测谱段从 11.5~12.4 μm、6.5~7.0 μm 移到了 13.0~13.7 μm、5.8~7.3 μm。其参数及用途见表 5。

表 5 改进型第二代 GOES 卫星成像仪 IMAGER (II 型) 参数及用途
Tab.5 Parameters and application of the second generation GOES Imager (II)

通道	中心波长/ μm	波段/ μm	分辨率/km	NE Δ T 或 S/N	用途
红外 1	13.35	13.0~13.7	4	07 K@300 K	云顶温度、云顶气压、云量
红外 2	10.7	10.2~11.2	4	0.09 K@300 K	地表及云顶温度
红外 3	6.55	5.8~7.3	4	0.14 K@300 K	高空水汽
红外 4	3.9	3.8~4.0	4	0.11 K@300 K	低云/雾检测
可见光	0.65	0.55~0.75	1	250@100 % albedo	日间云顶及地表特征

注：IMAGER (II 型) 搭载卫星为 GOES-12、GOES-13、GOES-14、GOES-15

2.4 第三代 GOES 系列卫星

第三代 GOES 系列卫星包括 4 颗卫星 (GOES-16、GOES-17、GOES-18、GOES-U)^[10]。环境类载荷包括先进基线成像仪 (Advanced Baseline Imager, ABI)^[11]、同步闪电测绘仪 (Geostationary Lightning Mapper, GLM)、远紫外与 X 射线辐照度探测器 (Extreme Ultraviolet Sensor/X-Ray Sensor Irradiance Sensors, EXIS)、太阳紫外成像仪 (Solar Ultraviolet Imager,

SUVI)、空间环境监测器/磁力仪组 (SEM/Magnetometer, SEM/MAG)、空间环境原位测量装置 (Space Environment In-Situ Suite, SEISS)。数据收集类载荷包括静止轨道搜索&救援系统 (Geostationary Search and Rescue System, GEOS&R)、数据收集系统 (DCIS) 等。

1) 先进基线成像仪 (ABI)。16 通道扫描型辐射成像仪, 包括 2 个可见光通道, 4 个近红外通道和 10 个红外通道, 对地表和大气的各种要素进行高精度观测, 如植被、水体、云、水汽等^[12]。具体参数见表 6。

表 6 先进基线成像仪参数表
Tab.6 Advanced baseline imager parameter

波段	中心波长/ μm	视场角 (EW*NS) / μrad	SNR or NE Δ T	分辨率/km	主要用途
可见光	0.47	22.9*22.9	300@100% albedo	1.0	白天陆地/沿海气溶胶
	0.64	12.4*10.5	300@100% albedo	0.5	白天云、雾、太阳辐射通量、风场
近红外	0.87	22.9*22.9	300@100% albedo	1.0	白天植被/火点、海上气溶胶, 风
	1.38	51.5*42.0	600@100% albedo	2.0	白天卷云
	1.61	22.9*22.9	300@100% albedo	1.0	白天云顶相态及云粒子大小, 积雪
	2.25	51.5*42.0	300@100% albedo	2.0	白天地面/云属性, 粒子半径, 植被, 雪
中红外	3.89	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	夜晚地表和云、火点、风
	6.17	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	高层大气水汽、风、降水
	6.93	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	中层大气水汽、风、降水
	7.34	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	中层大气水汽、风
	8.44	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	降水总量、云相态、沙尘、降水
长波 红外	9.61	51.5*47.7	0.1 K@300 K	2.0	臭氧总量、风
	10.33	34.3*38.1	0.1 K@300 K	2.0	地表、云
	11.19	34.3*38.1	0.1 K@300 K	2.0	海表温度、降水、云
	12.27	34.3*38.1	0.1 K@300 K	2.0	总降水量、火山灰、海面温度和云
	13.27	34.3*38.1	0.3 K@300 K	2.0	大气温度和云高

注：先进基线成像仪载于 GOES-16、GOES-17、GOES-18、GOES-U。通道 1—6 的精度为 $\pm 3\%$ (σ)；通道 4 的精度为 $\pm 4\%$ (σ)；通道 7—16 的精度为 ± 0.1 K

ABI 采用 3 种扫描模式对 3 类区域进行观测^[13]。3 种扫描模式分别为模式三、模式四和模式六；3 类扫描区域包括全圆盘区域 (Full Disk)、美国本土区域 (Continental United States, CONUS) 以及中尺度区域 (MESOs)。圆盘区域为以星下点和 ABI 中心连

线为中心, ABI 对地方向以直径约 17.4°的张角进行观测覆盖的地球表面区域, 美国本土区域为 3 000 km $\times$ 5 000 km 的长方形区域, 不同的轨道位置对应的区域不同, 具体如图 1 所示。中尺度区域为卫星观测区域内 1 000 km $\times$ 1 000 km 大小的任意区域。

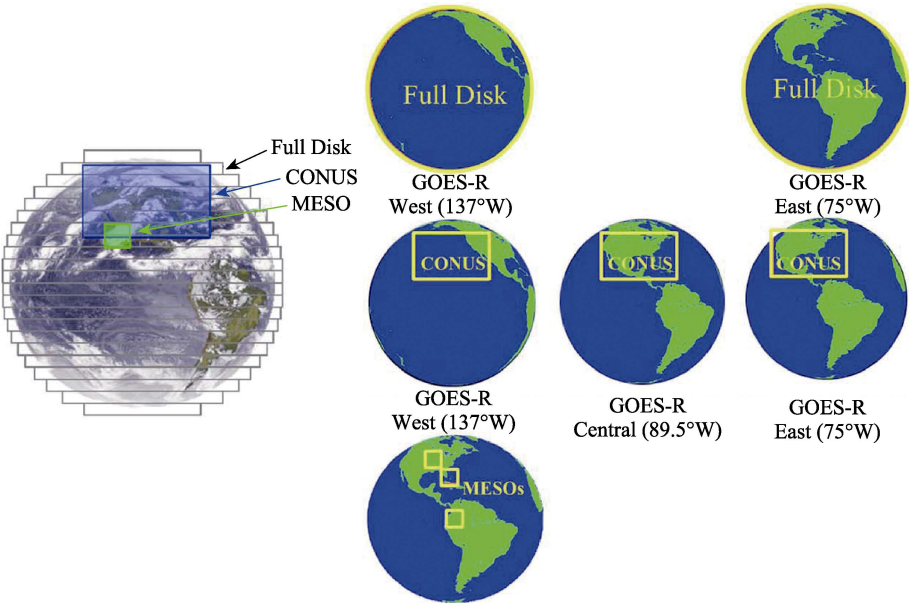


图 1 GOES ABI 扫描区域类型
Fig.1 GOES ABI Scanning Area Type

ABI 不同扫描模式对应的观测区域设置及其时间见表 7, 数据大小见表 8。模式三中, Full Disk: 扫描时间为 15 min; CONUS: 扫描时间为 5min; 中尺度区域 (MESOs): 每个中尺度区域扫描时间 (共 2 个中尺度区域, 每个区域 1 000 km×1 000 km) 达到 30 s, 2 个中尺度区域同时扫描需 60 s。模式六除全圆盘区域扫描时间缩小为 10 min 以外, 其他与模式三完全相同。模式四只完成 5 min 全圆盘扫描, 美国本土观测模式可以从该模式全圆盘数据抽取得到。其中模式 6 为卫星系统默认观测模式。

表 7 ABI 扫描模式与观测区域
Tab.7 Scanning mode and observation area of ABI

扫描区域	数据获取时间					
	模式四		模式三		模式六	
Full Disk	5		15		10	
CONUS	—		5		5	
Meso #1	—		0.5	1	0.5	1
Meso #2	—		—	1	—	1
可得到的产品区域	全圆盘区域, 全圆盘抽取的美国本土区域		全圆盘区域, 美国本土区域、中尺度区域		全圆盘区域, 美国本土区域、中尺度区域	

表 8 第三代 GOES 系列卫星不同观测区域数据大小
Tab.8 Data size of different observation areas of the third generation GOES series satellites

分辨率/km	Full Disk		CONUS (extracted from Full Disk)		CONUS		MESOs	
	N/S	E/W	N/S	E/W	N/S	E/W	N/S	E/W
0.5	21 696	21 696	6 000	10 000	6 000	10 000	2 000	2 000
1.0	10 848	10 848	3 000	5 000	3 000	5 000	1 000	1 000
2.0	5 427	5 427	1 500	2 500	1 500	2 500	500	500
4.0	2 712	2 712		Not applicable			250	250
10.0	1 086	1 086	300	500	300	500	100	100

2) 地球静止轨道闪电绘图仪 (GLM), 是一台工作在近红外谱段 (777.4 nm) 的 CCD 相机^[14], 空间分辨率为 8~12 km, 可全天候地对发生在美国本土及近海上空的闪电进行探测和成像, 补充现有陆基的测量能力, 具体参数见表 9。地球静止轨道闪电绘图仪能够将恶劣天气和飓风的预警时间提高到 20 min, 甚至更快。GOES-16 是第一个携带闪电探测器的地球静止气象卫星。

表 9 地球静止轨道闪电绘图仪设计参数

Tab.9 Design parameters of GLM

项目	指标
探测器类型	凝视 CCD 阵列, 1372 像元×1300, 像元尺寸 30 μm×30 μm
中心波长	777.4 nm (单波段)
视场	±8°
面采样距离	8~14 km
镜头焦距	134 mm
镜头 f 数	1.2
阈值	<4.0 J/(m ² ·sr)
信噪比	6
动态范围	> 100
探测效率	>90%
虚警率	<5%
测量精度	位置: 1 个像元 强度: 10%
时间分辨率	2 ms 帧频 (503 帧/s)
质量	125 kg
功率	290 W
数据下行通信数据率	77 Mbit/s, PCM 调制, 数据量化 14 bit

3) 太阳紫外成像仪 (SUVI)。是一个太阳指向、垂直入射的多层望远镜, 观测范围为 9.4~30.4 nm, 覆盖软 X 射线到紫外波段, 主要用于研究太阳活动及其对地球和近地环境的影响。太阳紫外成像仪能够观测太阳紫外线发射, 定位日冕洞、耀斑和日冕质量喷射源区域, 提供早期探测和定位信息。

4) 远紫外与 X 射线辐照度探测器 (EXIS)。包含 2 个太阳观测设备, 远紫外探测器 (Extreme Ultraviolet Sensor, EUVS) 和 X 射线探测器 (X-Ray Sensor Irradiance Sensors, XRS), 主要用于对太阳耀斑事件的预警。其中, 远紫外探测器包括 3 个通道

(16~37 nm、115~135 nm、275~285 nm), 可在 5~127 nm 内重建太阳全盘远紫外通量, 探测频率为 33 s 每次, X 射线探测器可探测太阳全盘 X 射线通量, 探测频率为 2 s 每次, 检测太阳耀斑的 X 射线量级和持续时间。

5) 空间环境原位测量装置 (SEISS)。为一组高能粒子探测器, 包括高能重离子探测器 (Energetic Heavy Ion Sensor, EHIS)、磁层粒子探测器 (Magnetospheric Particle Sensor, MPS) 和太阳银河质子探测器 (Solar and Galactic Proton Sensor, SGPS), 可以为导航、通信卫星和航天员提供潜在的危險报警。

6) 磁强计, 即第二代 GOES 系列卫星的 SEM/MAG。

3 GOES-R 系列卫星产品介绍

GOES-R 系列卫星产品可在美国海洋和大气管理局 (NOAA) 综合大型阵列数据管理系统 CLASS (Comprehensive Large Array-Data Stewardship System) 中获得, 相关数据网站为 <https://www.bou.class.noaa.gov/saa/products/welcome> (需要注册)。空间天气产品还可以访问网址 <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/goes-r.html>。

GOES-R 系列卫星产品主要包括 0 级数据、L1b 数据和 L2+数据。其中 0 级数据为未经处理的原始数据; L1b 数据为经过辐射定标和地理定位后的数据, 数据存储格式为 netCDF-4; L2+数据包括图像产品和定量产品, 图像产品包含各个通道的云图和水汽图像, 定量产品为对 L1b 数据进行环境参数反演得到的产品, 以及对 L1 或 L2 数据进行时空降采样处理或者其他处理得到的数据^[15-16]。各级卫星产品见表 10。

表 10 GOES-R 系列卫星产品

Tab.10 Products of Goes-R series

数据级别	仪器	数据产品
L1b 数据	ABI	各通道辐射数据
	EISS	高能重离子数据、磁层高能粒子数据、磁层低能粒子数据、太阳银河质子数据
	EXIS	远紫外太阳辐射探测数据、X 射线太阳辐射探测数据
	SUVI	太阳紫外图像
	MAG	地磁场数据
L2+产品	ABI	云和水汽图像、晴空检测、云顶相态、云顶高度、云顶气压、云顶温度、云光学厚度、云粒子大小、气溶胶检测 (烟雾和灰尘)、气溶胶光学厚度、传统垂直湿度剖面、传统垂直温度剖面、可降水量、大气稳定度指数、降水、云迹风、火点/热点检测、地表温度、地表向下短波辐射、大气层顶短波辐射、海洋表面温度、积雪、火山灰
	GLM	发光事件: 事件、组和闪电

4 结语

经过 40 多年的发展, GOES 系列卫星经历了从

自旋稳定到三轴稳定, 从 2 通道 VISSR 和 12 通道大气垂直仪分时转换工作方式, 到 16 通道 ABI、19 通道 SOUNDER 独立完成对地高精度观测, 以及

GOES-R 系列搭载的 GLM, 已具备了高时空分辨率、高光谱分辨率和高精度的对地实时探测和定量反演能力。已列入发射计划的 GOES-18、GOES-U 将进一步提高 ABI 和 CLM 的运行可靠性和探测能力, 帮助提供更快、更准确的数据, 以跟踪闪电、风暴系统、野火、浓雾和其他威胁美国的危险。

参考文献:

- [1] HOWARD E, 顾聚兴. 美国海洋与大气管理局的未来 GOES 卫星计划[J]. 红外, 1998, 19(2): 11-17.
HOWARD E, GU Ju-xing. Future GOES Satellite Program of NOAA[J]. Infrared, 1998, 19(2): 11-17.
- [2] 何兴伟, 冯小虎, 韩琦, 等. 世界各国静止气象卫星发展综述[J]. 气象科技进展, 2020, 10(1): 22-29.
HE Xing-wei, FENG Xiao-hu, HAN Qi, et al. Advances of the Geostationary Meteorological Satellite in the World: A Review[J]. Advances in Meteorological Science and Technology, 2020, 10(1): 22-29.
- [3] 宋晶晶. 美国首颗新一代地球静止轨道气象卫星登场[J]. 国际太空, 2016(12): 29-35.
SONG Jing-jing. First New Generation of US Geostationary Meteorological Satellites[J]. Space International, 2016(12): 29-35.
- [4] 龚燃. 2020 年国外民用对地观测卫星发展综述[J]. 国际太空, 2021(2): 47-54.
GONG Ran. A Review of the Foreign Earth Observation Satellites Development in 2018[J]. Space International, 2021(2): 47-54.
- [5] 臧海佳, 王旻燕, 李占清. 美国对地观测系统卫星资料产品及服务[M]. 北京: 气象出版社, 2011.
ZANG Hai-jia, WANG Min-yan, LI Zhan-qing. Products and Services of Earth Observation System Satellite Data in the United States[M]. Beijing: China Meteorological Press, 2011.
- [6] TAI N. NOAA Retires GOES 12 Satellite after Decade-Long Mission[J]. Satellite Today, 2013, 12(162).
- [7] COSTA S M S, NEGRI R G, FERREIRA N J, et al. A Successful Practical Experience with Dedicated Geostationary Operational Environmental Satellites GOES-10 and -12 Supporting Brazil[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2018, 99(1): 33-47.
- [8] 黎光清. GOES 的过去、现在和未来: 我国静止气象卫星发展战略探索[J]. 气象科技, 1998, 26(1): 1-7.
LI Guang-qing. The Past, Present and Future of GOES: Strategic Exploration for the Development of Stationary Meteorological Satellites in China [J]. Meteorological Science and Technology, 1998, 26(1): 1-7.
- [9] 徐建平. 美国地球静止环境业务卫星-N、R 系列卫星[J]. 国际太空, 2006(8): 14-15.
XU Jian-ping. Geostationary Environmental Service Satellites-N, R Series [J]. Space International, 2006(8): 14-15.
- [10] Anonymous. Geostationary Operational Environmental Satellite[J]. Issues in Science and Technology, 2019, 35(2).
- [11] 龚燃. 地球静止环境业务卫星-R(GOES-R)[J]. 卫星应用, 2016(12): 82.
GONG Ran. Geostationary Meteorological Satellites-R [J]. Satellite Application, 2016(12): 82.
- [12] CHANG Tie-jun, XIONG Xiao-xiong. GOES-16/ABI Thermal Emissive Band Assessments Using GEO-LEO-GEO Double Difference[J]. Earth and Space Science, 2019, 6(12): 2303-2316.
- [13] GRASSO L, BIKOS D, MILLER S. Observations of Lower Tropospheric Water Vapor Structures in GOES-16 ABI Imagery[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2018, 123(24): 13625-13642.
- [14] JENNISKENS P, ALBERS J, TILLIER C E, et al. Detection of Meteoroid Impacts by the Geostationary Lightning Mapper on the GOES-16 Satellite[J]. Meteoritics & Planetary Science, 2018, 53(12): 2445-2469.
- [15] RAMÍREZ- BELTRÁN N D, SALAZAR C M, CASTRO SÁNCHEZ J M, et al. A Satellite Algorithm for Estimating Relative Humidity, Based on GOES and MODIS Satellite Data[J]. International Journal of Remote Sensing, 2019, 40(24): 9237-9259.
- [16] JONES T A, SKINNER P, YUSSOUF N, et al. Assimilation of GOES-16 Radiances and Retrievals into the Warn-on-Forecast System[J]. Monthly Weather Review, 2020, 148(5): 1829-1859.

责任编辑: 刘世忠