

文章编号: 1672-8785(2014)10-0001-06

红外遥感技术在民用对地观测卫星中的应用现状(上)

陆 燕

(中国科学院上海技术物理研究所, 上海 200083)

摘 要: 利用卫星遥感技术对地球资源、海洋和大气等环境状况进行监测, 可以为人类生存环境提供预测信息和安全保障。红外遥感仪器是对地观测卫星的主要探测载荷。随着红外探测器性能和系统集成技术的不断提高, 空间红外遥感仪器的探测能力也得到了长足发展。介绍了近五年各国相继发射的各类高性能对地观测卫星, 总结了主要红外遥感仪器的应用状况、功能和特性, 并对其未来的发展趋势进行了分析。

关键词: 对地观测; 卫星; 红外; 遥感技术

中图分类号: TP7 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2014.10.001

Application of Infrared Remote Sensing in Earth Observation Satellites (I)

LU Yan

(Shanghai Institute of Technical Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200083, China)

Abstract: Monitoring the resources, ocean and atmospheric environment on earth by space remote sensing can provide predictive information and security for human's living environment. Infrared remote sensing instruments are the main detection payloads for earth observation satellites. With the improvement of the performance of infrared detectors and system integration technology, the detection capability of space-based infrared remote sensing instruments is developing greatly. Various kinds of high-performance earth observation satellites launched all over the world over last five years are presented. The application status, function and characteristics of some important infrared remote sensing instruments are summarized. Their future development trends are analyzed.

Key words: earth observation; satellite; infrared; remote sensing technology

0 引言

遥感技术是从高空或外层空间接收物体辐射或反射的电磁波信息, 并通过光学扫描与摄影以及电子信息处理与信号传输等技术将其转换成可供识别的图像或数据, 从而揭示被测物体的性质、形状和变化规律等情况的。其中, 主动遥感仪器一般通过自带的辐射源发射电磁波, 然

后再接收目标物体反射或散射的电磁波信息, 比如成像雷达和激光雷达; 而被动遥感仪器则直接接收目标物体发出的红外辐射或反射的太阳光等电磁波信息, 比如光学遥感仪器。根据探测波长的不同, 光学遥感仪器可分为紫外遥感仪器 ($0.05 \sim 0.38 \mu\text{m}$)、可见光遥感仪器 ($0.38 \sim 0.76 \mu\text{m}$) 和红外遥感仪器 ($0.76 \sim 14 \mu\text{m}$) 三种。

遥感卫星能够从空中对地球及其周围环境

收稿日期: 2014-09-04

作者简介: 陆燕 (1965-), 上海人, 研究员, 博士生导师, 主要从事空间制冷、低温光学热控以及空间红外遥感方面的研究。 E-mail: luyan420@mail.sitp.ac.cn

<http://journal.sitp.ac.cn/hw>

INFRARED (MONTHLY)/VOL.35, No.10, OCT 2014

中的矿产资源、地质、地貌、海洋和冰川变化、气候和灾害、农作物和植被分布等信息进行探测,因此是目前卫星应用技术的主流方向。人们也常将这一类卫星称为对地观测卫星。从 20 世纪 50 年代开始,世界各国已经发射了多颗不同用途的对地观测卫星。这些卫星主要可以分为民用和军用两大类。

近十年来,随着计算机技术、电子工业和信息技术的迅猛发展,各国在空间遥感卫星市场上的竞争也非常激烈。空间红外遥感仪器只有在空间、时间和光谱分辨率等性能指标上得到进一步提高,才能获取高精度、高质量的数据信息。本文对近五年各国发射的民用对地观测卫星及其搭载的红外遥感仪器进行了总结,并对各种红外遥感仪器的应用、特性以及未来的发展方向进行了比较和分析。

1 近五年各国发射的民用对地观测卫星状况

近五年来,世界各国先后发射了多颗用途各异的民用对地观测卫星。表 1 汇总了这些卫星的基本情况,包括卫星代号、发射时间、轨道、探测目的以及主要的遥感仪器。从总体上来看,卫星可以分为地球同步轨道卫星和极轨太阳同步轨道卫星两种。基于低成本小卫星的对地观测技术日趋成熟,商业卫星也开始进入应用发射市场,如美国数字地球公司的 WorldView-2 卫星。目前应用广泛的遥感仪器包括高分辨率可见光近红外成像仪/相机、合成孔径雷达、微波辐射计以及红外多光谱扫描仪/成像仪和探测仪。红外遥感仪器主要用于气象、资源、大气和海洋环境监测等领域。

气象卫星是对地观测卫星中的一个主要应用分支。随着遥感技术和卫星平台的不断发展,近年来各国都开始着手对气象卫星进行更新换代。在极轨气象卫星方面,美国于 2009 年发射了极轨业务环境卫星 (Polar-orbiting Operational Environmental Satellites, POES) 系统的最后一颗卫星——NOAA-19 卫星。他们从 2000 年开始

规划下一代军民两用的联合极轨气象卫星,即国家极轨业务环境卫星系统 (National Polar-orbiting Operational Environmental Satellite System, NPOESS)。历经十年的研发工作,美国受到技术复杂和成本高昂等方面的压力,在 2010 年取消了联合极轨气象计划,并将其拆分为运行于下午轨道的民用联合极轨卫星系统 (Joint Polar Satellite System, JPSS) 和运行于上午轨道的国防气象卫星系统 (Defense Weather Satellite System, DWSS) 两部分。基于 NOPESS 计划研制的主要有效载荷组成了新一代民用极轨气象试验卫星——Suomi NPP 卫星。该卫星于 2011 年发射成功,下一颗业务运行的 JPSS-1 卫星计划于 2017 年发射。欧洲从 1993 年开始规划 MetOp 系列极轨气象卫星,并与美国 NOAA 达成协议,向其提供“上午轨道”服务。这样,欧洲与美国的极轨气象卫星便可形成组网服务、资源共享的国际合作模式。俄罗斯于 2009 年发射了新一代 Meteor-M 系列极轨气象卫星中的首发星——Meteor-M-N1 卫星。在地球同步轨道气象卫星方面,美国以 GOES-15 的成功发射结束了第二代 GOES-I ~ GOES-M 和 GOES-N ~ GOES-P 卫星系列。他们计划于 2015 年发射第三代 GEOS-R 系列卫星的首发星。欧洲计划在 2015 年完成第二代 MSG 系列卫星的最后一次发射后,于 2018 年发射第三代 MTG 首发星。俄罗斯在 2011 年发射了第二代 Elektro-L 系列地球同步轨道气象卫星的首发星,其 Elektro-L-N2/N3 卫星分别计划于 2014 年和 2015 年发射。日本目前服役的有 2005 年发射的 MTSat-1R 卫星和 2006 年发射的 MTSat-2 卫星,其下一代 Himawari-8 卫星计划于 2014 年发射。韩国的 COMS-1 卫星和印度的 InSat-3D 卫星也分别于 2010 年和 2013 年发射升空。

地球成像 (包括光学成像和雷达成像) 与资源探测也是对地观测卫星的主要应用之一。美国近几年的发展特点包括更新换代 (如 LandSat-8 卫星)、国际合作 (与日本合作的 GPM 卫星) 和商业化 (如 DigitalGlobe 公司的 WorldView-2 卫星和 Skybox 公司的 SkySat-1 卫星)。欧洲主要有两

个计划: (1) 全球环境与安全监测计划, 2008 年更名为“哥白尼”计划, 共规划了 6 个系列 (10 颗卫星), 其首颗雷达卫星 Sentinel-1A 于 2014 年发射成功; (2) “居住的行星”计划中的“地球探测者”, 规划有 GOCE (Earth Explorer 1)、SMOS (Earth Explorer 2)、CryoSat 2 (Earth Explorer 3)、ADM-Aeolus (Earth Explorer 4)、Swarm A/B/C (Earth Explorer 5)、EarthCARE (Earth Explorer 6) 和 Biomass (Earth Explorer 7), 在这五年中发射了 GOCE、SMOS、CryoSat-2 和 Swarm 星座。俄罗斯延续了 Resurs-P 资源卫星, 并开展小卫星计划以作补充, 如 Kanopus-V1 和 Zond-PP。日本非常重视地球环境和科学研究, 并与美国、欧洲合作共享全球观测数据, 不断提升其地球科

学研究与对地观测技术研制能力以及地面数据接收和分析能力。近五年他们先后发射成功了 GOSAT、GCOM-W1、WINSAT-1 (商业)、GPM (与美国合作) 和 ALOS-2 卫星。印度不断完善对地观测卫星网络, 尤其是近期发射了 OceanSat-2、SARAL、ResoureSat-2 海洋环境监视卫星, RISAT-2、RISAT-1 雷达成像卫星和 ResoureSat-2 资源卫星, 增强了环境监视能力。其用于环境与灾害监测的 GISAT-1 地球同步轨道卫星计划于 2016 年发射。另外还有其他国家开始通过国际合作的方式实现高分辨率对地观测卫星, 如阿根廷的 SAC-D/Aquarius、乌克兰的 Sich-2、阿联酋的 DubaiSat-1/2 和越南的 VNREDSat-1A 等。

表 1 国外近五年发射的民用对地观测卫星概况

代号	发射时间	所属国家	探测目标	遥感仪器	轨道
NOAA 19	2009-01-06	美国 NOAA	极轨气象	先进甚高分辨率辐射计 AVHRR/3、高分辨率红外探测仪 HIRS/3、先进微波探测单元 AMSU-A 和 AMUS-B、微波湿度探测仪 MHS、太阳反散射紫外辐射计 SBUV/2	LEO
GOSAT	2009-01-23	日本	温室气体	碳观测用热红外和近红外传感器 TANSO: 傅里叶变换光谱仪 TANSO-FTS、云和气溶胶成像仪 TANSO-CAI	LEO
OCO	2009-02-24	美国 NASA	CO ₂ 监视	高分辨率光栅分光计 OCO	LEO 发射失败
RISAT-2	2009-04-20	印度	地球成像	合成孔径雷达 X-SAR	LEO
GOES-14	2009-06-27	美国 NOAA	高轨气象	成像仪 GOES Imager、探测仪 GOES Sounder、空间环境监视仪 SEM、高能质子 α 粒子探测器 HEPAD、太阳 X 射线传感器 XRS、太阳 X 射线成像仪 SXI	GEO
RazakSAT/ MACSAT	2009-07-14	马来西亚 / 韩国	地球成像	中口径相机 MAC	LEO
DubaiSat-1	2009-07-29	阿联酋	地球成像	推扫型中口径相机 DMAC (CCD 探测器)、空间辐射监视仪 SAM	LEO
Deimos-1	2009-07-29	西班牙	灾害监视	灾害监视星座 DMC 之一, SSTL 提供的地面分辨率为 22 m、刈幅为 600 km 的成像系统	LEO
UK-DMC 2	2009-07-29	英国	灾害监视	灾害监视星座 DMC 之一, SSTL 提供的地面分辨率为 22 m、刈幅为 660 km 的成像系统	LEO

续表 1 国外近五年发射的民用对地观测卫星概况

代号	发射时间	所属国家	探测目标	遥感仪器	轨道
Meteor-M-N1	2009-09-17	俄罗斯	极轨气象	高分辨率多光谱推扫成像仪 MSU-MR、 雷达组合 OBRC、多光谱成像系统 KM- SS、微波成像探测辐射计 MTVZA-GY、 地球物理监视系统组合 GGAK-M、X 波 段合成孔径雷达 Severjanin	LEO
OceanSat-2	2009-09-23	印度	海洋水色监视	海洋水色仪 OCM-2、海洋扫描散射仪 OSCAT、大气研究用无线电掩星探测仪 ROSA	LEO
WorldView-2	2009-10-08	美国 DigitalGlobe	商业地球成像	WorldView-110 型相机 WV110	LEO
DMSP-5D3 18	2009-10-18	美国 USAF	极轨军事气象	业务线性扫描仪 OLS、微波成像仪 SSM/I、微波温度探测仪 SSM/T-1、微 波水汽探测仪 SSM/T-2、微波成像探测 仪 SSMIS、紫外边界成像仪 SSULI、紫 外光谱成像仪 SSUSI、空间环境传感器 组件 SESS	LEO
SMOS	2009-11-02	欧洲 ESA	土壤和海洋盐度	合成孔径微波成像辐射计 MIRAS	LEO
GOES-15	2010-03-04	美国 NOAA	高轨气象	同 GEOS-14	GEO
CryoSat-2	2010-04-08	欧洲 ESA	地球探测	SAR 干涉雷达测高仪 SIRAL、多普勒轨 道造影和无线电定位组合仪 DORIS、激 光后向反射器 LRR	LEO
COMS-1	2010-06-26	韩国	高轨气象、海洋	气象成像仪 MI (美国 ITT Exelis 公司研 制/5 通道)、地球同步海洋水色成像仪 GOCI、Ka 波段通讯载荷 COPS	GEO
Alsat-2A	2010-07-12	阿尔及利亚	地球成像	新型 AstroSat 高分辨率成像仪 NAO- MI: 4 个波段 (覆盖可见光 - 近红外范 围)/ 硅焦平面探测器	LEO
COSMOS- SkyMed-4	2010-11-06	意大利		合成孔径雷达 SAR-2000	LEO
Elektro-L-N1	2011-01-20	俄罗斯	高轨气象	多光谱扫描仪 MSU-GS、地球探测仪组 合 GGAK-E (由粒子辐射光谱仪等 6 台 仪器组成)	GEO
GLORY	2011-03-04	美国 NASA	气候和大气监测	气溶胶偏振传感器 APS、云相机 CC、 总辐射检测仪 TIM	LEO 发射失败
ResourceSat-2	2011-04-20	印度	资源	先进宽视场传感器 ZWiFS、高分辨率线 性扫描成像仪 LISS-3/LISS-4	LEO
SAC-D/Aqu- arius	2011-06-10	阿根廷 / 美国	地球科学探索	微波推扫型集成偏振辐射计 Aquarius、 微波辐射计 MWR、新的红外扫描仪 NIRST、高灵敏度相机 HSC、大气无 线电掩星探测仪 ROSA、宇宙辐射影响 测量仪器 ICARE、微粒子 and 空间碎片分 布测量仪器 SODAD	LEO

续表 1 国外近五年发射的民用对地观测卫星概况

代号	发射时间	所属国家	探测目标	遥感仪器	轨道
Sich-2	2011-08-17	乌克兰	资源、灾害监测	多波段地球成像仪 MBSEI、红外地球成像仪 IREI	LEO
NigeriaSat-2	2011-08-17	尼日利亚	地球成像	甚高分辨率成像仪 VHRI、中分辨率成像仪 MRI	LEO
NigeriaSat-X	2011-08-17	尼日利亚	地球成像	Surrey 多光谱 6 通道线性成像仪 SLIM6	LEO
RASat	2011-08-17	土耳其	地球观测	光学成像系统 OIS: 孔径为 100 mm 的推扫系统、全色 (0.42 ~ 0.73 μm)、多光谱 (0.42 ~ 0.55 μm , 0.55 ~ 0.63 μm , 0.58 ~ 0.73 μm)	LEO
Suomi NPP	2011-10-28	美国 NOAA	极轨气象	先进微波探测仪 ATMS、可见红外成像仪和扫描辐射计组合 VIIRS、穿轨红外探测仪 CrIS、穿轨红外微波探测仪组合 CrIMSS、臭氧测绘与分析仪组合 OMPS、云和地球辐射能量分析系统 CERES	LEO
Pleiades-1A	2011-12-17	法国	高分辨率成像	高分辨率成像仪 HiRI (CCD+TDI)	LEO
SSOT	2011-12-17	智利	地球成像	新型 AstroSat 卫星光学推扫成像仪器 NAOMI	LEO
RISAT-1	2012-04-26	印度	环境监测	合成孔径雷达成像仪 RISAT-SAR	LEO
KOMPSAT-3	2012-05-17	韩国	高分辨率多用途	先进地球成像传感系统 AEISS	LEO
GCOM-W1	2012-05-17	日本	海洋监测	先进微波扫描辐射计 AMSR2	LEO
MSG-3	2012-07-05	欧洲 ESA	高轨气象	自旋增强型可见红外成像仪 SEVIRI、地球同步轨道地球辐射收支仪 GERB、地球同步轨道搜救系统 GEOS&R	GEO
BKA/BelKa-2	2012-07-22	白俄罗斯	资源与环境监测	分辨率为 2.1 m, 4 个光谱通道	LEO
Kanopus-V1	2012-07-22	俄罗斯	资源与环境监视	全色成像系统 PSS、多光谱成像系统 MSS、高分辨率扫描成像仪 MSU-200	LEO
Zond-PP/MKA-PN1	2012-07-22	俄罗斯	土壤湿度和盐度	采用 L 波段超高频全色辐射计、Pribor EK 相机	LEO
SPOT-6	2012-09-09	法国	地球成像	新型 AstroSat 光学推扫成像仪器 NAOMI	LEO
MetOp-B	2012-09-17	欧洲 ESA	极轨气象	先进甚高分辨率辐射计 AVHRR/3、高分辨率红外探测仪 HIRS/4、先进微波探测仪 AMSU-A1 和 AMSU-A2、微波湿度探测仪 MHS、红外大气探测干涉仪 IASI、先进散射仪 ASCAT、全球臭氧监视实验装置 GOME-2、大气探测 GNSS 接收器 GRAS、遥测数据收集系统 Argos-3、空间环境监视器 SEM-2	LEO
VRSS-1	2012-09-29	委内瑞拉	陆地、植被	全色和多光谱相机 PMC、宽刈幅多光谱相机 WMC	LEO

续表 1 国外近五年发射的民用对地观测卫星概况

代号	发射时间	所属国家	探测目标	遥感仪器	轨道
Pleiades-1B	2012-12-02	法国	高分辨率成像	高分辨率成像仪 HiRI (CCD+TDI)	LEO
Landsat-8 (LDCM)	2013-02-11	美国 NASA	资源	业务运营陆地成像仪 OLI、热红外传感器 TIRS	LEO
NEOSSat	2013-02-25	加拿大	太空陨石	近地空间监视成像仪 NESSI (1024×1024 元 CCD)	LEO
SARAL	2013-02-25	印度/法国	海洋环境监测	Ka 波段高度计 AltiKa、数据收集系统 ARGOS-3	LEO
VNREDSat-1A	2013-05-07	越南	资源、环境和灾害监测	AstroSat 光学仪器 NAOMI 是一种继承 AISat-2、SSOT 和 SPOT-6 的高分辨率推扫成像仪	LEO
Resurs-P1	2013-06-25	俄罗斯	资源	空间环境监视器 Arina、光电推扫型成像仪 Geoton-2、反物质探测和天文物理研究装置 PAMELA	LEO
Insat-3D	2013-07-26	印度	高轨气象	成像仪 Imager、探测仪 Sounder	GEO
KOMPSAT-5	2013-08-22	韩国	海洋、陆地、灾害、地貌	朝鲜半岛的合成孔径成像仪 COSI、大气掩星与精确轨道测定装置 AOPOD	LEO
SkySat-1	2013-11-21	美国 Skybox	对地成像	高分辨率全色多光谱成像	LEO
DubaiSat-2	2013-11-21	阿联酋	地球成像	高分辨率的先进成像系统 HiRAIS (采用 TDI 的 CCD)	LEO
WNISAT-1	2013-11-21	日本	极区海洋监视	可见近红外相机	LEO
Swarm A/B/C	2013-11-22	欧洲	地磁探测	矢量场磁力计 VFM、绝对标量磁力计 ASM、电场仪器 EFI、微型加速度计 MAC-04、激光反射器 LRR、星敏跟踪组件 OB	LEO
GPM	2014-02-27	日本/美国	气候变化、气象	双频沉积物探测雷达 DPR、微波成像仪 GMI	LEO
Sentinel-1A	2014-04-03	欧洲	环境安全监视	C 波段 SAR 仪器	LEO
DMSP-5D3 19	2014-04-04	美国 USAF	气象	同 DMSP-5D3 18	LEO
EgyptSat-2	2014-04-16	埃及	数字绘图、资源、植被、环境监测	多光谱成像仪 MSI (CCD)	LEO
KazEOSat-1/DZZ-HR	2014-04-30	哈萨克斯坦	高分辨率	新型 AstroSat 光学推扫成像系统 NAO-MI	LEO
ALOS-2	2014-05-24	日本	陆地、生态、灾害和环境监测	定相阵列 L 波段合成孔径雷达 PALSAR-2、紧凑型红外相机 CIRC、空间自动识别系统试验装置 SPAISE2	LEO
OCO-2	2014-07-02	美国 NASA	CO ₂ 监视	高分辨率光栅分光计 OCO-2	LEO

(未完待续)