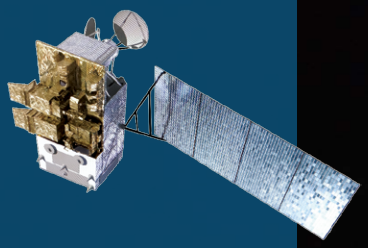
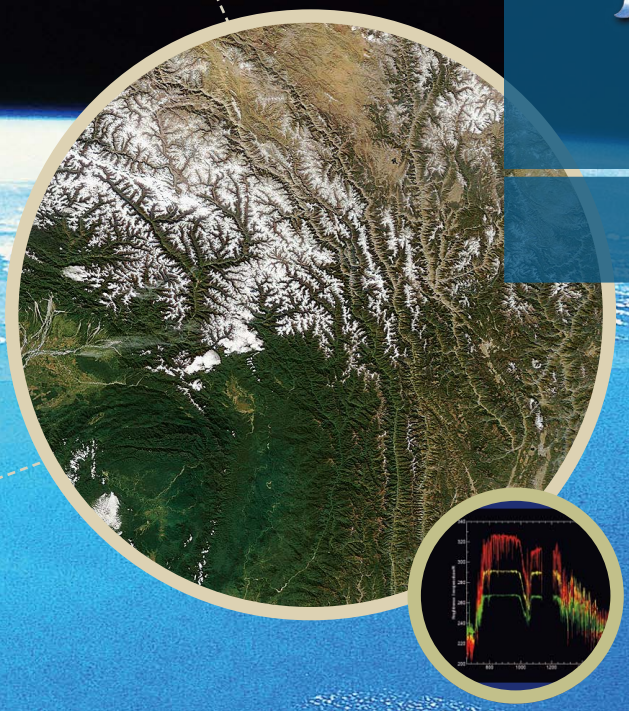


风云3号D星

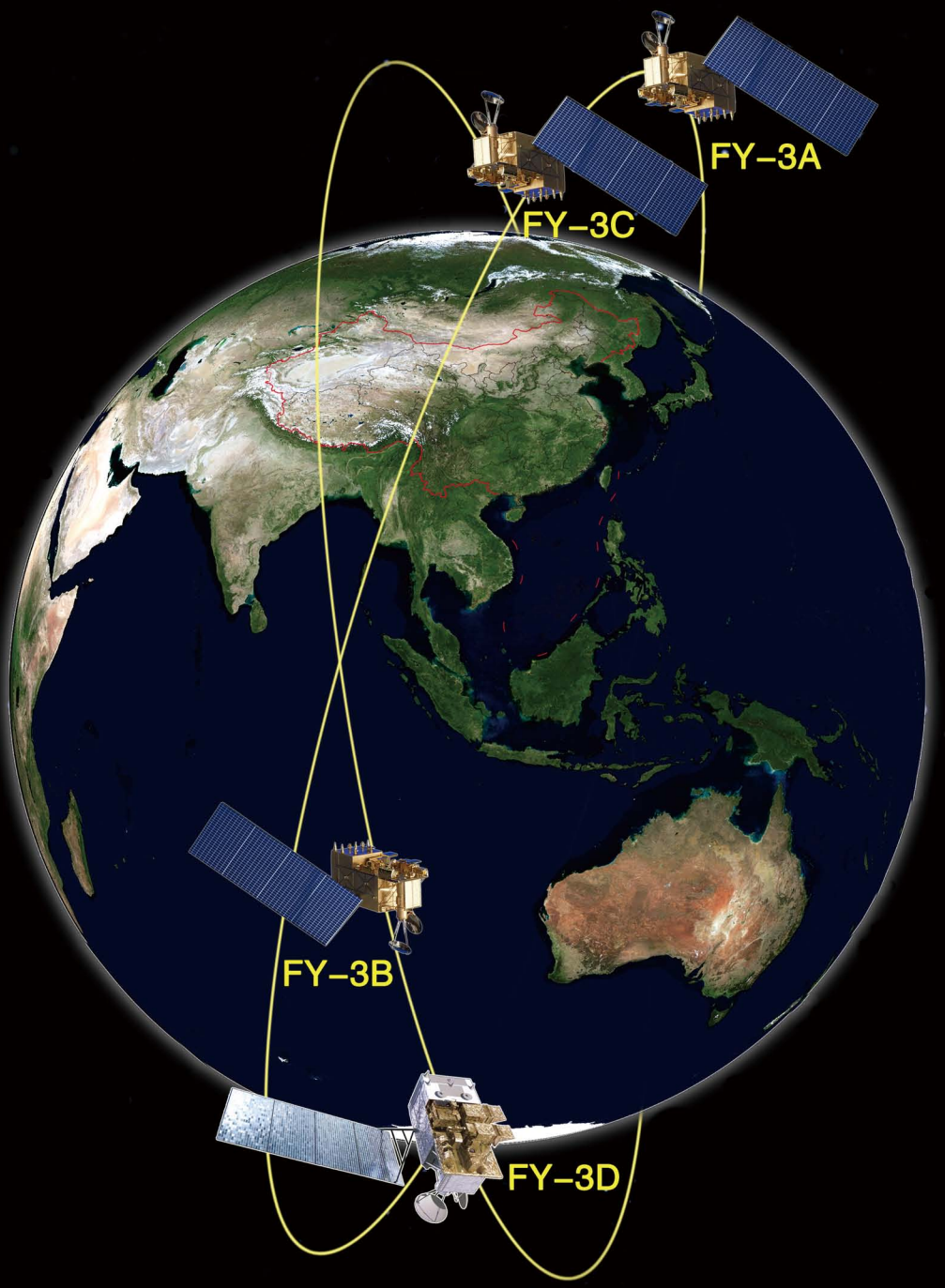
首套图集 2018



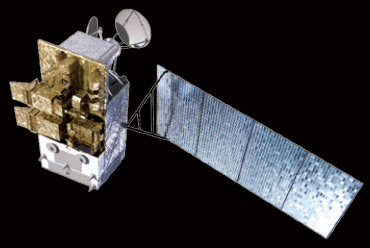
中国气象局

中国航天科技集团有限公司

我国极轨气象卫星**在轨示意图**



前 言
Preface



2017 年 11 月 15 日凌晨 2 点 35 分，风云三号 D 星在太原卫星发射中心成功发射，风云卫星家族又添一名新的成员。

风云三号 D 星是目前国内光谱测量通道数量最多的卫星，测量通道数量超过 7000 个，将极大提高对地球低层大气动力参量、热力参量、温室气体和高能带电粒子及其效应、极光和电离层的探测能力，提升我国在全球数值天气预报、全球气候变化应对、生态环境监测和空间天气预报等方面的能力和水平。

我国已经成功发射 16 颗气象卫星，目前在轨卫星数量为 9 颗，其中 7 颗业务运行，为气象、海洋、林业、农业、民航以及军事等应用领域提供了大量全球及区域的地球观测信息。风云三号 D 星发射后，经在轨测试将投入业务运行，成为我国低轨道下午观测的主业务卫星，与 2013 年 9 月发射的风云三号 C 星共同组网，形成我国新一代极轨气象卫星上、下午星组网观测的业务布局。届时，我国将成为世界上在轨气象卫星数量最多、种类最全的国家。

据不完全统计，目前接收和应用风云系列气象卫星资料的国家和地区达 77 个，覆盖一带一路沿线及周边 37 个国家和地区。风云系列气象卫星已经成为代表中国力量、具有广泛国际声誉的对地观测卫星，被联合国世界气象组织纳入全球对地观测业务卫星序列，提升了我国及国际最先进的中长期数值天气预报模式的预报时效和精度；风云系列气象卫星还承担了国际减灾宪章机制的中方值班卫星任务，在国际气象防灾减灾工作中发挥着日益重要的作用。

目 录
Contents

01 风云三号 D 星简介
02 风云三号 D 星有效载荷
03 风云三号 D 星有效载荷通道列表
04 中分辨率光谱成像仪 II 型
07 微波成像仪
09 微波温度计 II 型
10 微波湿度计 II 型
11 高光谱温室气体监测仪
12 红外高光谱大气探测仪
15 全球导航卫星掩星探测仪
16 电离层光度计
17 广角极光成像仪
18 空间环境监测器

19 风云三号 D 星地面应用系统全球资料接收和处理能力大幅提升
20 风云三号地面应用系统省级利用站布局图
22 国家级、省级和行业三位一体的风云卫星应用总体布局
22 风云三号极轨气象卫星全球站网布局及接收覆盖范围

風雲3号 FY-3D

风云三号 D 星是我国第二代极轨气象卫星的第四颗星，设计寿命 5 年。星上搭载了 10 台 / 套先进的遥感仪器，除了微波温度计、微波湿度计、微波成像仪、空间环境监测仪器包和全球导航卫星掩星探测仪等 5 台继承性仪器之外，红外高光谱大气探测仪、高光谱温室气体监测仪、广角极光成像仪、电离层光度计为全新研制，核心仪器中分辨率光谱成像仪进行了大幅升级改进，性能显著提升。

红外高光谱大气探测仪是我国极轨卫星首次基于傅里叶干涉技术实现天基高光谱分辨率红外观测，光谱覆盖 1370 个通道，可以更精确地探测到更高垂直分辨率的大气温度和水汽信息。高光谱温室气体监测仪主要测量全球大气温室气体的浓度分布，为全球气候变化研究提供观测数据。

广角极光成像仪、电离层光度计和空间环境监测器是我国在空间天气领域的卫星观测仪器，前两个仪器是首次上天，广角极光成像仪获取极光辐射强度信息，电离层光度计通过测量气辉辐射强度反演电子浓度等参数。空间环境监测器延续风云三号卫星序列探测卫星运行轨道上粒子辐射环境。这三个仪器为空间天气预警预报业务、航天活动及空间科学研究提供必要的数据支撑。

中分辨率光谱成像仪 II 型作为风云三号卫星关键成像仪器，重点提升仪器红外成像能力、探测灵敏度和定标精度，不仅获取全球百米级分辨率真彩色图像，还能获取 250 米分辨率红外分裂窗数据，通过地球多光谱连续综合观测，实现云气溶胶、水汽、陆地表面特性、海洋水色等大气、陆地、海洋参量的高精度定量反演。

微波温度计、微波湿度计较大幅增加探测频点，提高了大气分层温度和湿度的探测能力和性能指标，可以全天时、全天候观测大气垂直温度和湿度分布，改进数值天气预报模式初始场，提高天气预报的准确性。微波成像仪延续前三颗卫星的设计功能，保持稳定连续观测，获取洋面风场、降水和云水、土壤水分、海冰、海表温度、积雪等相关信息，具备气候观测和研究能力。

全球导航卫星掩星探测仪在 C 星基础上重点增加了我国北斗导航卫星的定位通道和掩星通道数量，是首个具备同时接收 GPS 和北斗两个导航卫星系统信号的探测仪器。它为我国数值天气预报和气候监测业务提供全球高精度、高垂直分辨率的大气折射率和大气温湿压廓线，并为空间天气监测提供电离层电子密度信息。

风云三号 D 星是目前国内光谱分辨率最高的极轨对地观测卫星，能够为天气预报、全球数值预报、气象防灾减灾、气候资源普查和气候变化应对、军事气象应用、农林牧渔等非气象领域应用服务提供全球及地区的气象信息，为国家生态文明建设、一带一路战略的实施保驾护航。

风云三号 D 星**有效载荷**

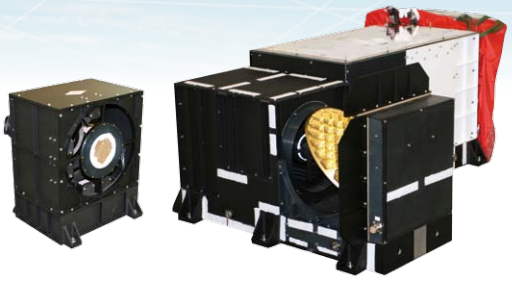
微波温度计 II 型
MWTS – II
微波成像仪
MWRI
微波湿度计 II 型
MWHS – II
广角极光成像仪
WAI
电离层光度计
IPM
高光谱温室气体监测仪
GAS
空间环境监测器
SEM
红外高光谱大气探测仪
HIRAS
全球导航卫星掩星探测仪
GNOS
中分辨率光谱成像仪 II 型
MERSI – II

FY-3D 風雲3号

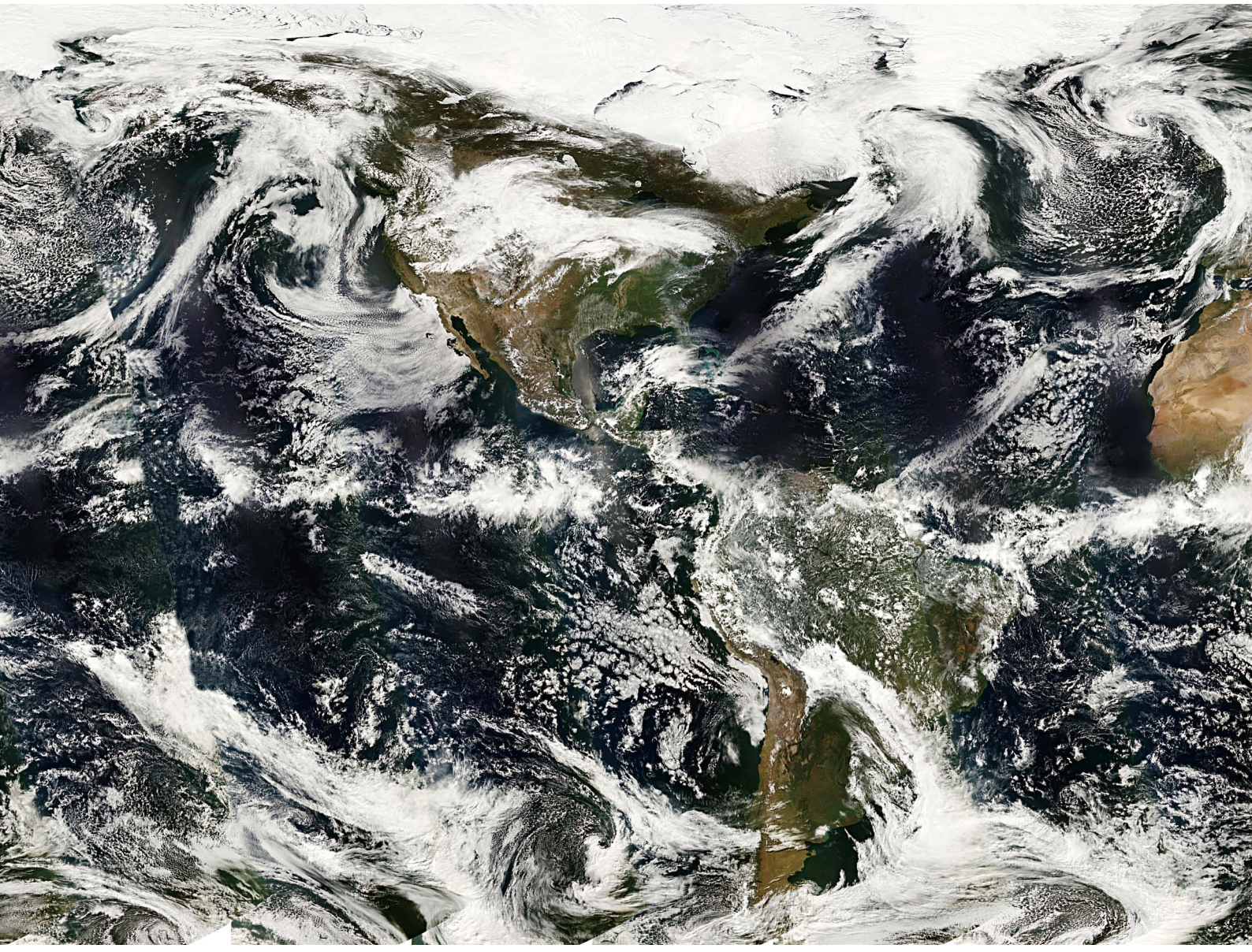
风云三号 D 星**有效载荷通道列表**

序号	星载有效载荷名称	通道数（起始 – 终止波长）	通道说明
1	中分辨率光谱成像仪 II 型 MERSI – II	25 (0.413–12 μ m)	太阳反射波段 19 个通道，热红外波段 6 个通道，其中 6 个 250m 分辨率通道
2	红外高光谱大气探测仪 HIRAS	1370 (3.92–15.38 μ m)	长波（650 ~ 1136cm^{-1}） 中波 1（1210 ~ 1750cm^{-1}） 中波 2（2155 ~ 2550cm^{-1}）
3	微波成像仪 MWRI	10 (10.65–89GHz)	5 个频点，每个频点分别有 V/H 两种极化方式
4	微波温度计 II 型 MWTS–II	13 (50–57.29GHz)	通道 1–3 为窗区通道，通道 4–13 为大气探测通道
5	微波湿度计 II 型 MWHS–II	15 (89.0–183.31GHz)	通道 1 和 10 为窗区通道，通道 2–9 为大气温度探测通道，通道 11–15 为大气湿度探测通道
6	全球导航卫星掩星探测仪 GNOS	29（无）	GNOS: 9 定位、8 掩星； 北斗 : 6 定位、6 掩星
7	高光谱温室气体监测仪 GAS	5540 (0.75–2.38 μ m)	4 个谱段：0.75–0.77 μ m， 1.56–1.72 μ m，1.92–2.08 μ m， 2.20–2.38 μ m
8	广角极光成像仪 WAI	1 (140nm–180nm)	1 通道，2 镜头拼接
9	电离层光度计 IPM	3 (133–180nm)	135.6nm（白天模式） N2LBH 带（白天模式） 135.6nm（夜间模式）
10	空间环境监测器 SEM	25（无）	高能离子探测器 6+6，高能电子探测器 5，表面电位探测器 2，辐射剂量仪 6

MERSI - II
中分辨率光谱成像仪 II 型

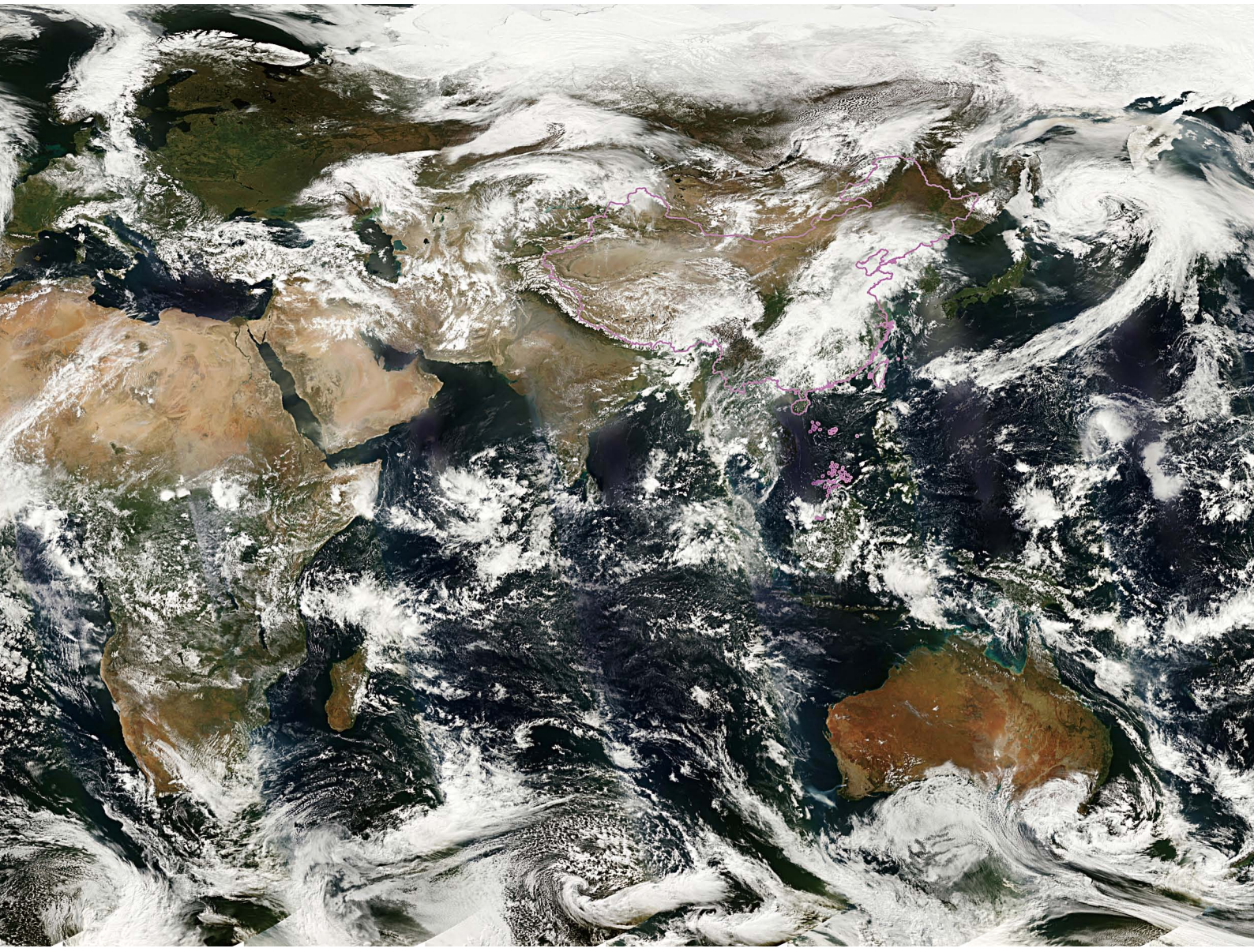


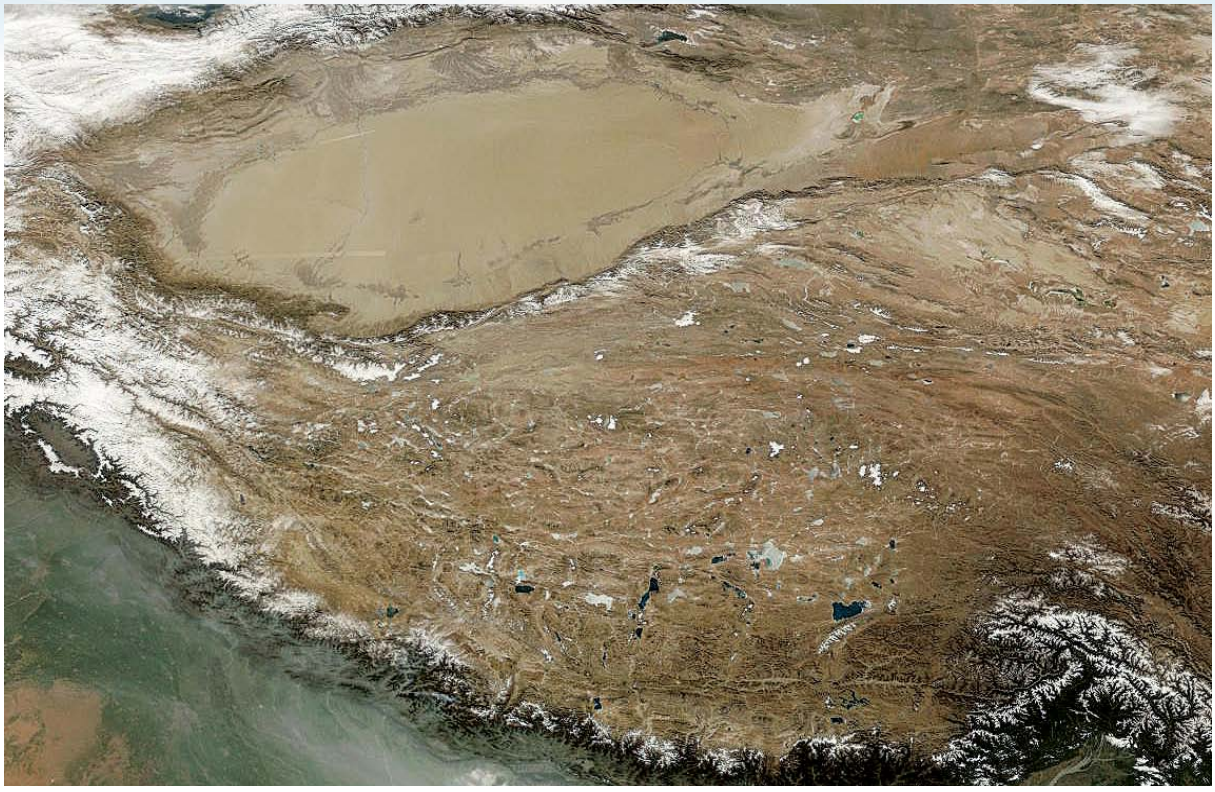
中分辨率光谱成像仪 II 型 (MERSI-II) 作为风云三号 D 星关键成像仪器，在合并前三颗卫星 MERSI 和 VIRR 两个仪器通道设置基础上，重点提升红外成像能力、仪器探测灵敏度和定标精度，不仅获取全球百米级（250m）分辨率真彩色图像，还能获取 250 米分辨率红外分裂窗数据，通过地球多光谱连续综合观测，实现云气溶胶、水汽、陆地表面特性、海洋水色等大气、陆地、海洋参量的高精度定量反演，为全球生态环境、灾害监测和气候评估提供中国观测方案。



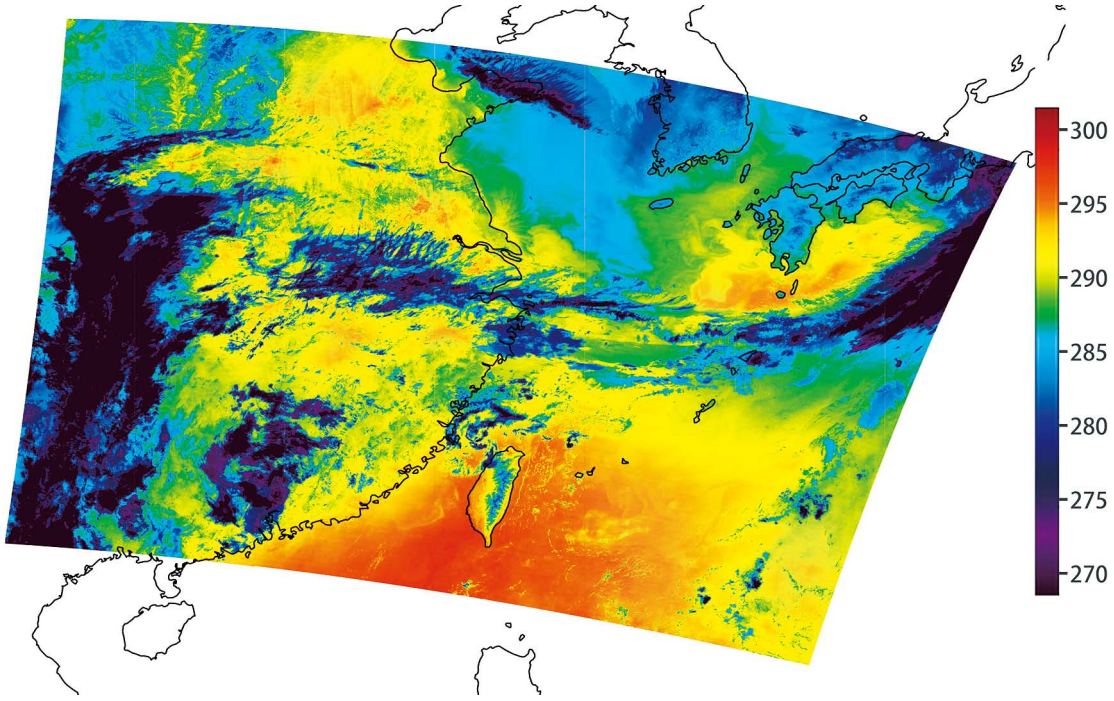
全球拼图 (2018 年 5 月 8 日)

2018 年 3 月 1 日 MERSI-II
观测百慕大群岛影像图





青藏高原全貌

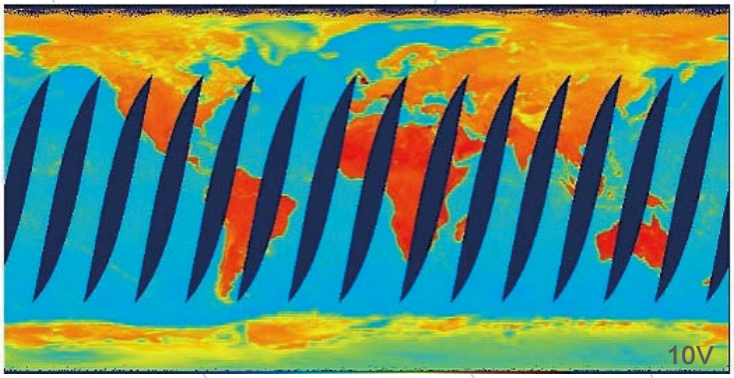


中国近岸海域 250m 分辨率亮温图

MWRI
微波成像仪

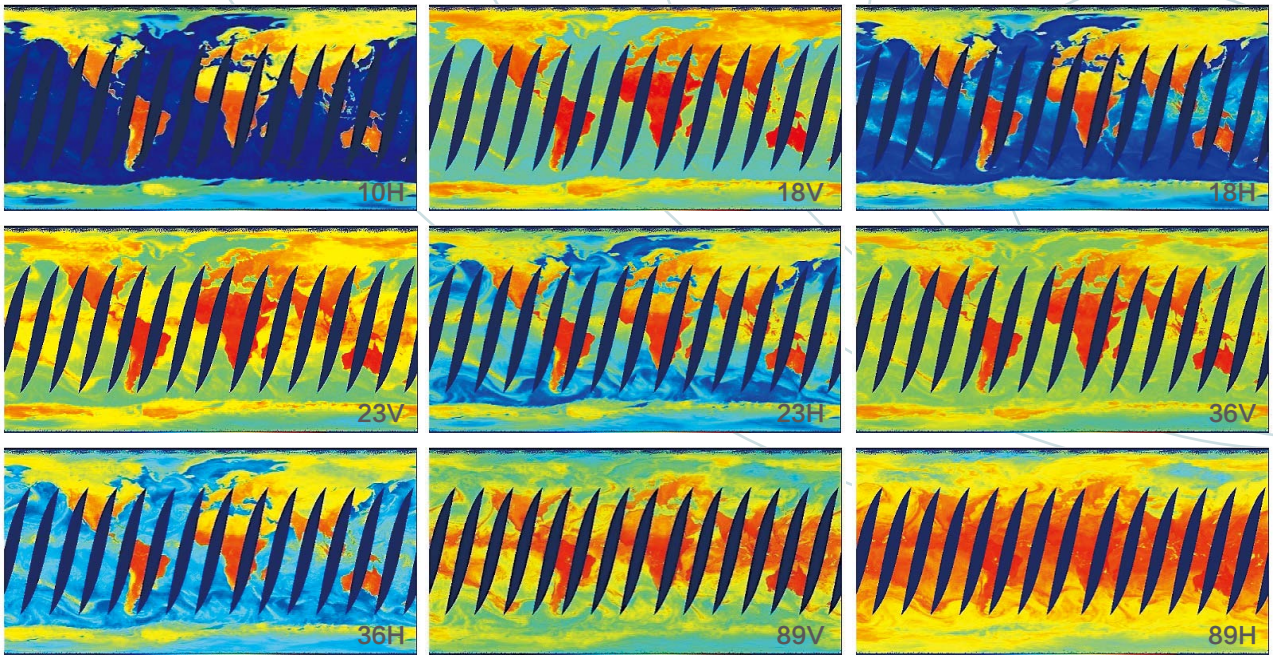
微波成像仪 (MWRI) 是风云三号 D 星的重要成像仪器之一，通过对地球表面 10.65-89GHz 垂直和水平极化被动微波辐射能量的观测，获取洋面风场、降水和云水、土壤水分、海冰、海表温度、积雪等相关信息。微波成像仪延续前三颗卫星的设计功能，保持稳定连续观测，具备气候观测和研究能力。

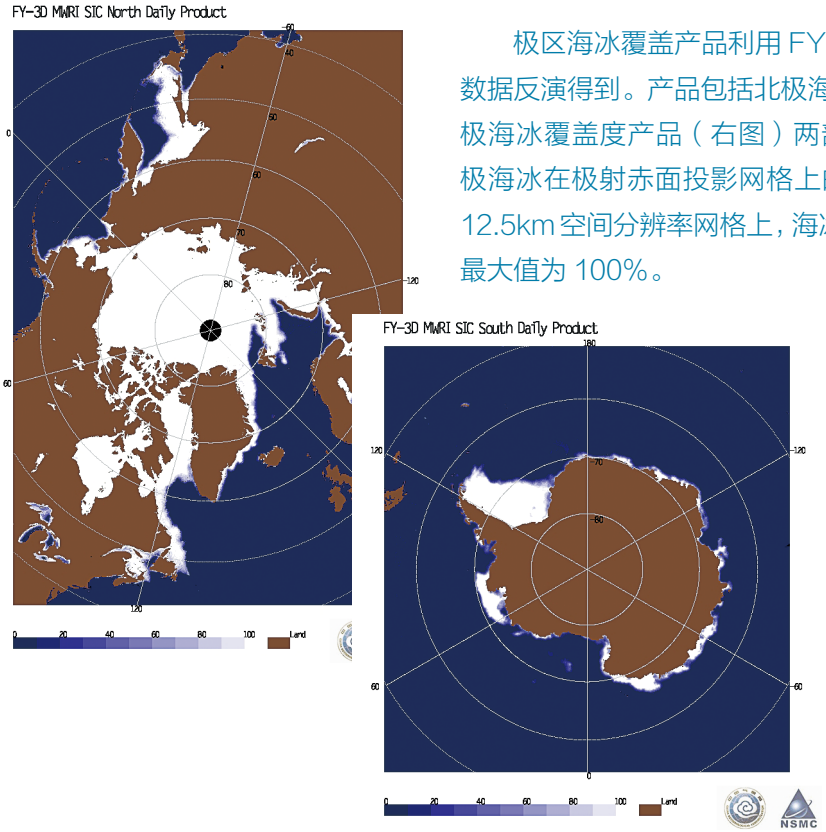
下图为微波成像仪 2017 年 11 月 26 日 10-89GHz 五个频点 (垂直和水平极化) 共计 10 通道的全球亮温拼图，表征当地时间凌晨 1 点 30 分左右地球表面各通道的辐射亮温分布情况。



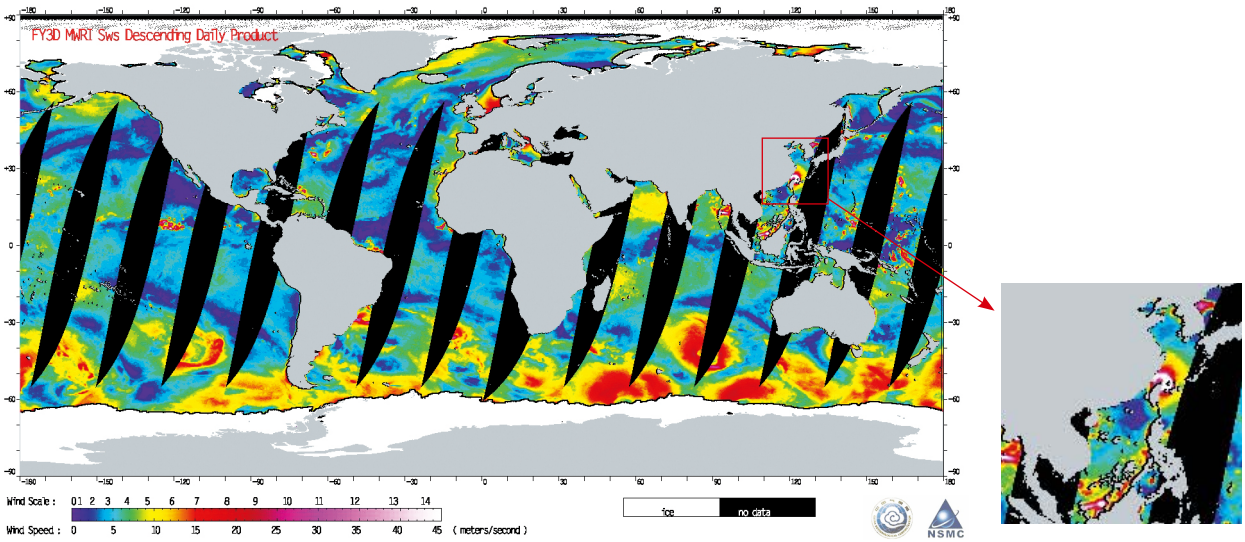
由于随着频率增加，地表辐射受大气影响逐渐增大，因此全球亮温拼图中由低频 (10GHz) 到高频 (89GHz) 的海陆差异逐渐缩小。

在 10-89GHz 频率范围内，陆表发射率高于海表，因此全球中低纬度的陆地表现为红色的高亮温特征，而在海洋区域，由于强降雨、海浪的影响，高频通道也会出现较大范围明显的高亮温区域。





极区海冰覆盖产品利用 FY-3D 卫星所搭载的微波成像仪数据反演得到。产品包括北极海冰覆盖度产品（左图）以及南极海冰覆盖度产品（右图）两部分。分别描述每日的南北两极海冰在极射赤面投影网格上的覆盖度空间分布情况。每个 12.5km 空间分辨率网格上，海冰覆盖度最小值为 0%（蓝色），最大值为 100%。

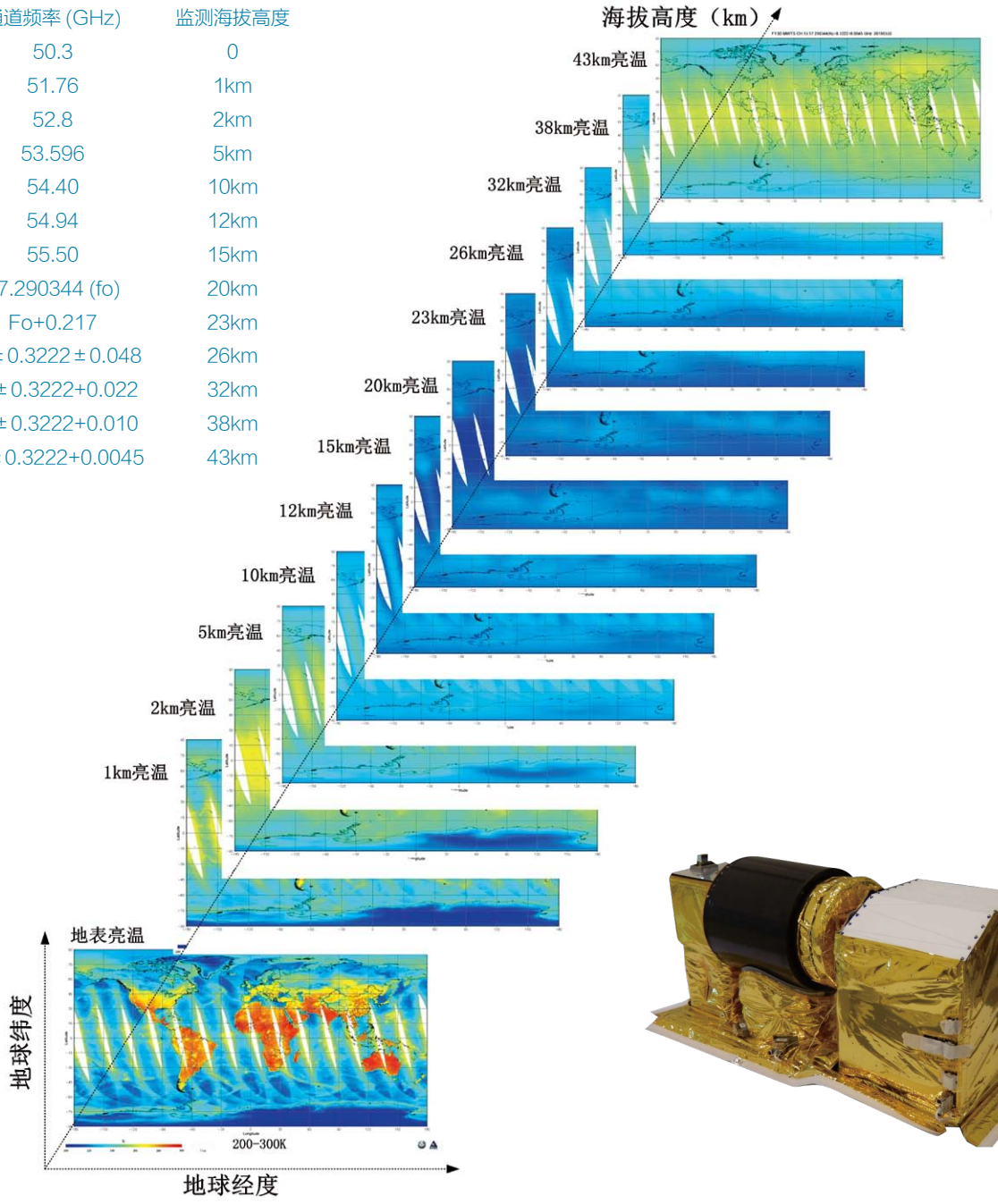


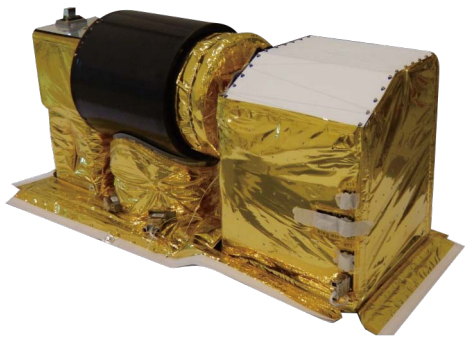
全球洋面风速产品利用 FY-3D 卫星所搭载的微波成像仪数据进行反演得到，产品包括日产品、轨道产品，风速监测范围 0-45m/s，风级范围 0-14 级。左图描述 2018 年 7 月 11 日全球洋面风速，右图可以看到台湾北部即将登录福建的玛丽亚台风（14 级）。

MWTS - II
微波温度计 II 型

FY-3D 卫星微波温度计 (MWTS-II) 在 01 批微波温度计 (MWTS-I) 基础上，重点提升仪器辐射定标精度、探测灵敏度和使用寿命。通过通道细分将 50-60GHz 氧气吸收带附近的通道数从 4 大幅增加到 13，提高了微波温度计的大气垂直温度探测能力和性能指标。微波温度计可以全天时、全天候观测大气垂直温度分布，改进数值天气预报模式初始场，提高天气预报的准确性。

通道频率 (GHz)	监测海拔高度
50.3	0
51.76	1km
52.8	2km
53.596	5km
54.40	10km
54.94	12km
55.50	15km
57.290344 (fo)	20km
Fo+0.217	23km
Fo ± 0.3222 ± 0.048	26km
Fo ± 0.3222+0.022	32km
Fo ± 0.3222+0.010	38km
Fo ± 0.3222+0.0045	43km

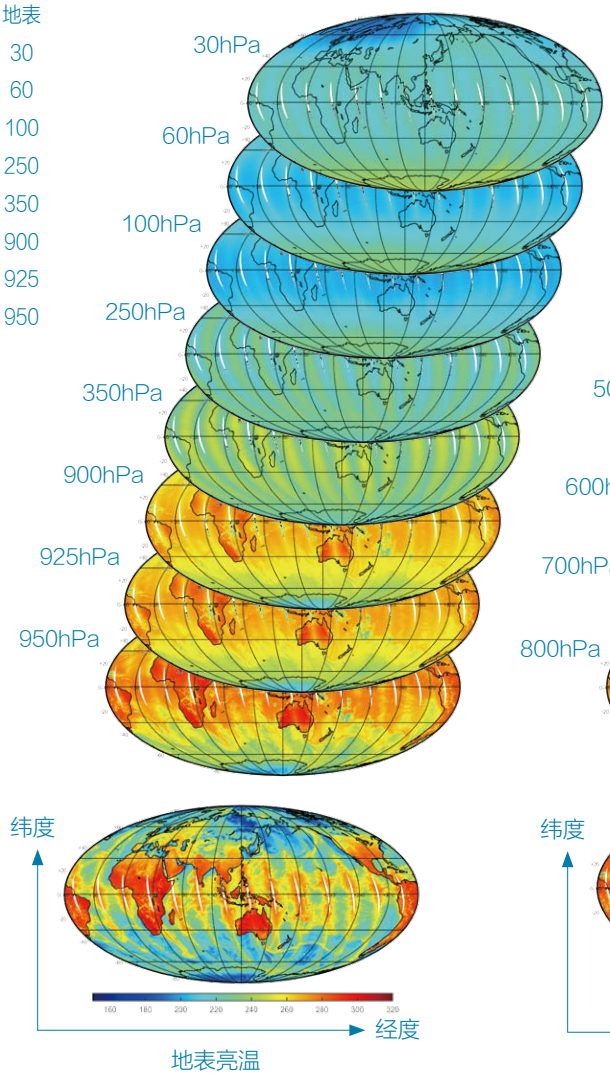




MWHS-II
微波湿度计 II 型

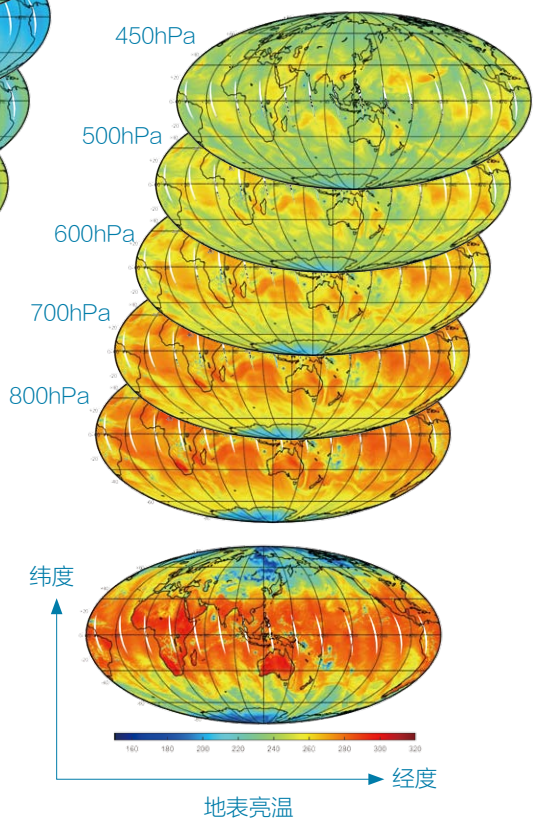
FY-3D 卫星微波湿度计 (MWHS-II) 在继承 01 批卫星仪器通道设置基础上，重点提升仪器辐射定标精度、探测灵敏度和使用寿命。MWHS-II 利用 183.31GHz 水汽吸收线附近的 5 个大气湿度探测通道和 118.75GHz 氧气吸收线附近的 8 个大气温度探测通道，结合 89GHz 和 166GHz 两个窗区通道的探测结果可获取全球大气湿度和温度垂直分布廓线，以及降水检测、路径冰水厚度、降水强度等产品，为数值天气预报提供大气湿度初始场信息。

中心频率 (GHz)	权重高度 (hPa)
89	地表
118.75±0.08	30
118.75±0.2	60
118.75±0.3	100
118.75±0.8	250
118.75±1.1	350
118.75±2.1	900
118.75±3.0	925
118.75±5.0	950



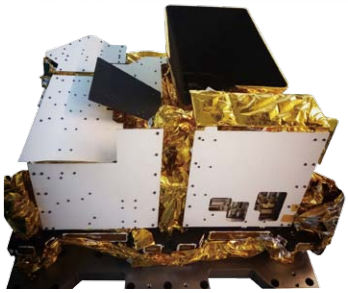
大气温度垂直探测

中心频率 (GHz)	权重高度 (hPa)
150	地表
183±1	450
183±1.8	500
183±3	600
183±4.5	700
183±7	800

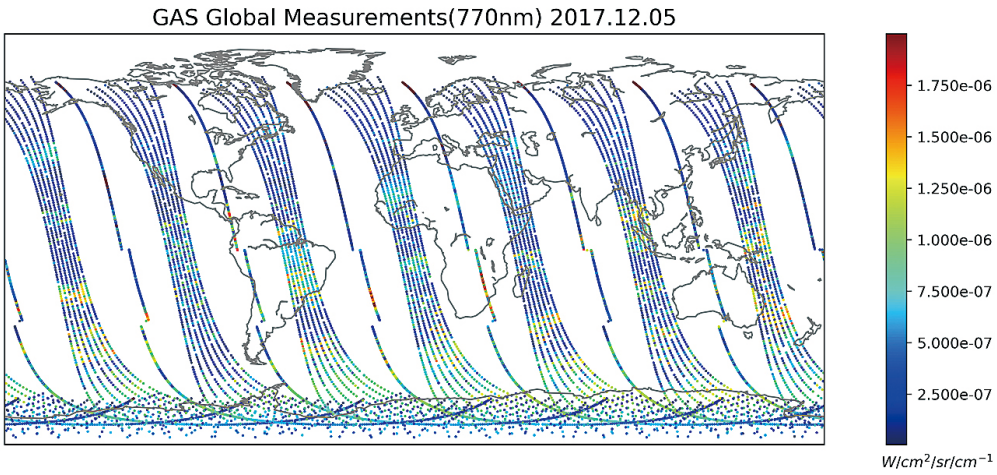


大气湿度垂直探测

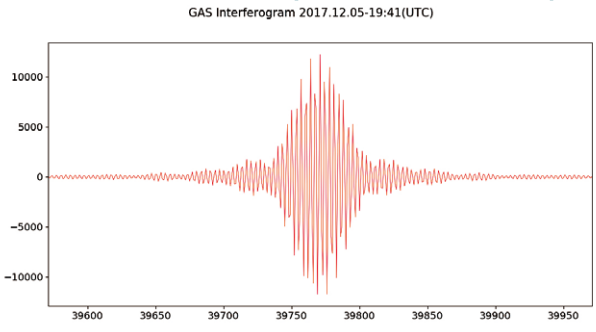
GAS
高光谱温室气体监测仪



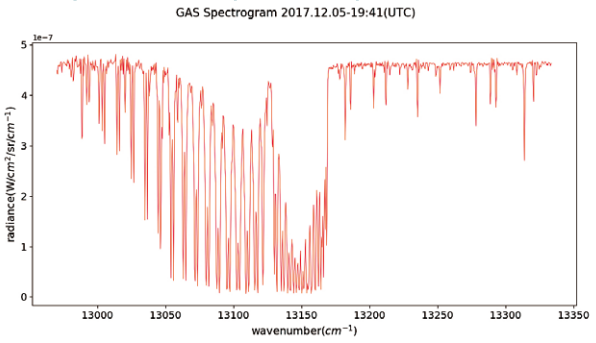
高光谱温室气体监测仪 (GAS) 主要测量全球大气温室气体 (CO_2、CH_4、CO 等) 的浓度分布，获取温室气体在区域、全球尺度上空间、时间变化，它们进一步同化到数值模式中，提高区域尺度上温室气体通量的定量估算，分析和监测全球碳源碳汇，不仅为我国和全球的碳排放提供科学数据，也为全球气候变化研究提供观测数据。



GAS 770nm 通道 2017 年 12 月 5 日全球观测分布图，星下 7 点观测模式与海洋耀斑模式交替观测。



高光谱温室气体监测仪（GAS）单次观测形成的干涉图，GAS 采样时间 2.2 秒，采用角镜干涉方法，具有较好的抗微震动效果。

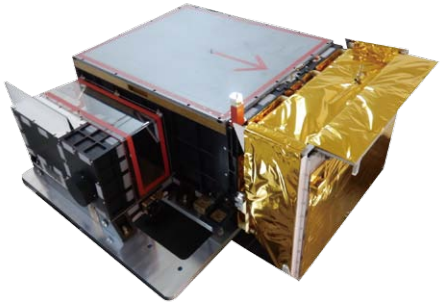


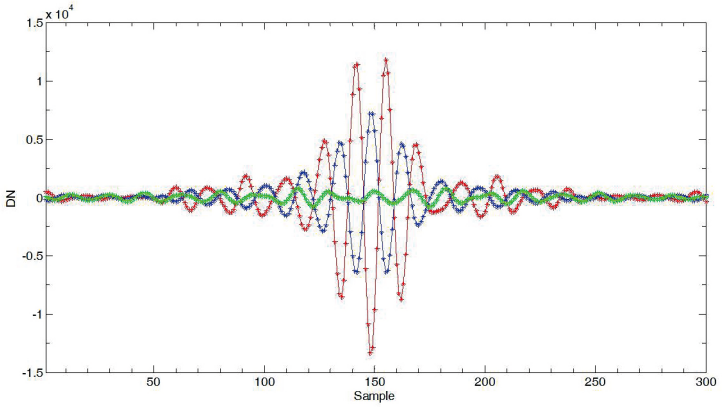
高光谱温室气体监测仪经过傅里叶变换、辐射定标、光谱定标等处理之后得到的氧气（O_2）A 带吸收光谱图。

HIRAS

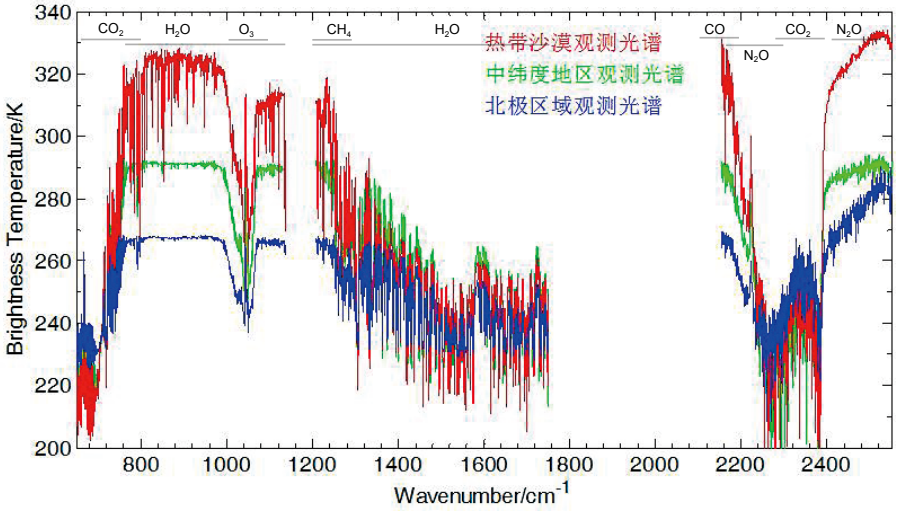
红外高光谱大气探测仪

红外高光谱大气探测仪 (HIRAS) 实现地气系统的高光谱分辨率红外观测，光谱覆盖 1370 个通道。相较于前期的低光谱分辨率通道式红外分光计，光谱通道数量增加了 70 倍，光谱分辨率最高达 0.625cm^{-1}，可以更精确地探测到更高垂直分辨率的大气温度和水汽信息。它将用于反演更高精度的大气温度廓线 (精度提高 0.5K) 和大气湿度廓线 (精度提高 10%)，通过在数值天气预报模式中同化该资料将大大改进数值天气预报的精度。

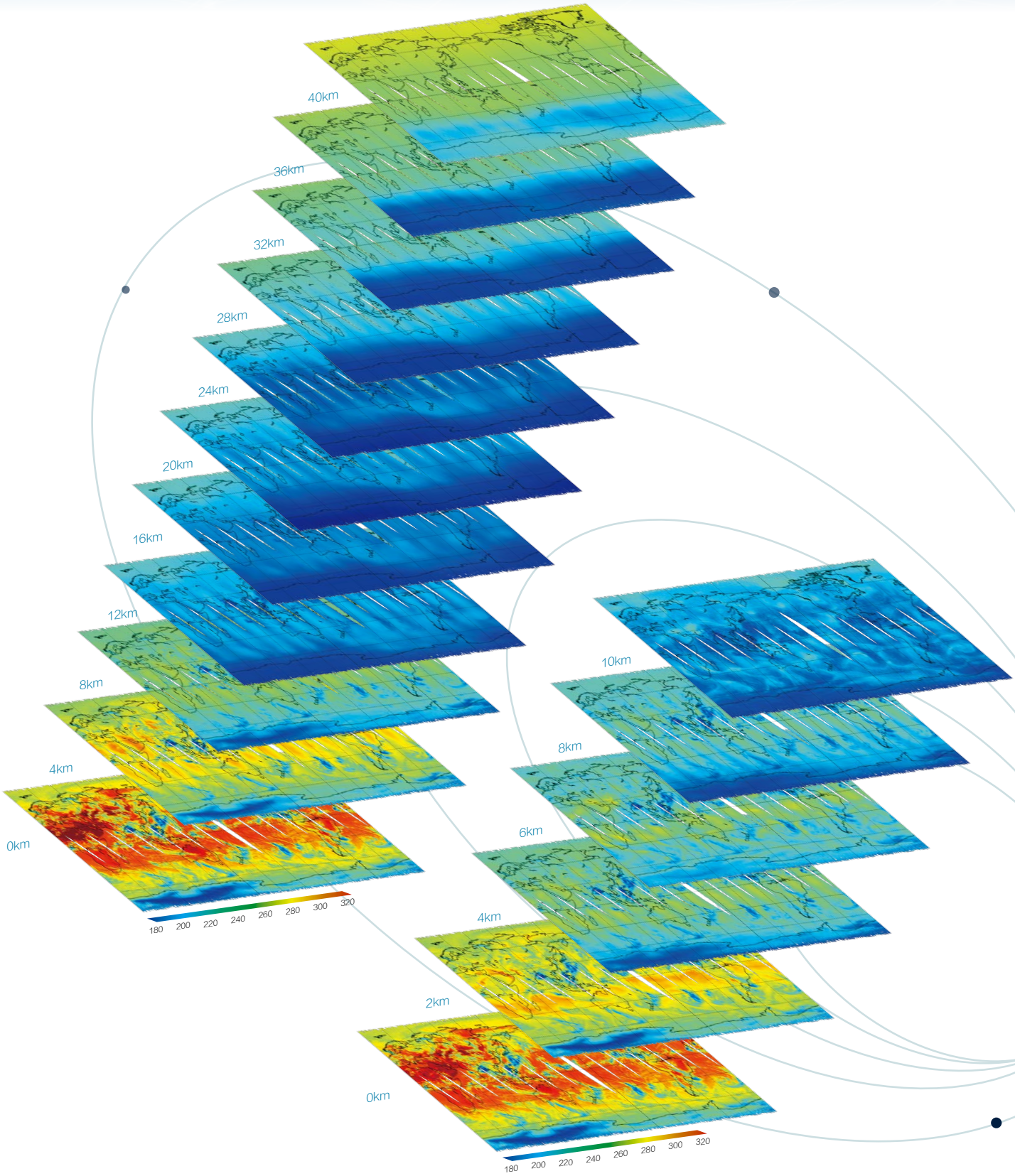




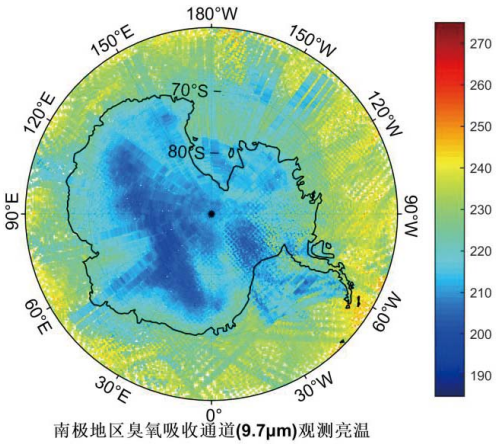
HIRAS 原始干涉图，仪器外部辐射和内部辐射相位相差 180 度，观测黑体，外部辐射占主导，观测冷空时外部辐射为零，内部仪器辐射占主导，观测对地目标为外部和内部辐射的总和。



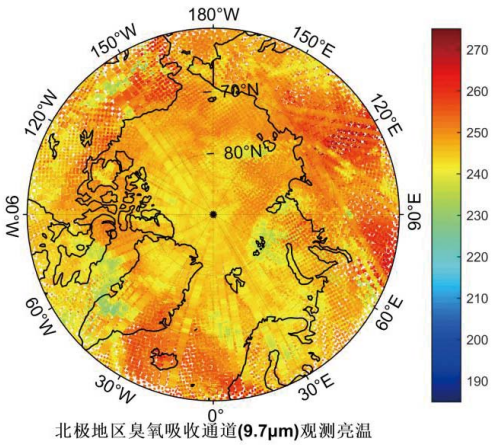
不同典型目标对应的观测亮温光谱



HIRAS 不同高度上的温度探测通道（左图）和湿度探测通道（右图）辐射叠加图

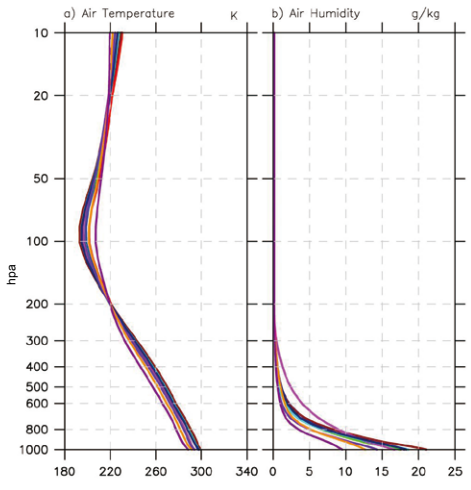


南极地区臭氧吸收通道(9.7μm)观测亮温

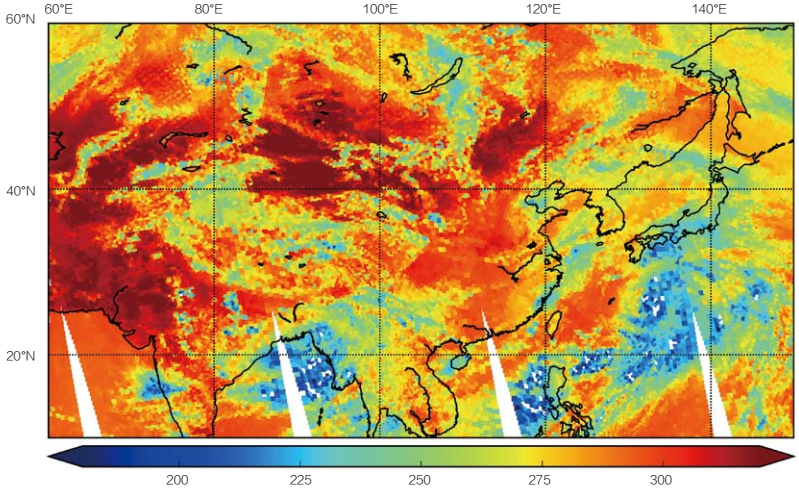


北极地区臭氧吸收通道(9.7μm)观测亮温

HIRAS 长波 9.7 μ m 光谱区域包含有 160 个臭氧吸收通道，可用于反演全球臭氧总量及臭氧廓线产品。图示为南极和北极地区臭氧吸收通道观测亮温。

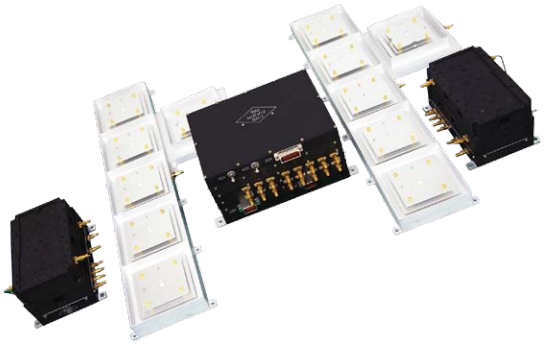


HIRAS 反演的晴空大气温度和湿度廓线示例



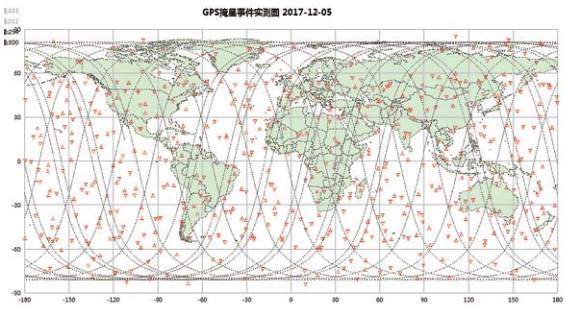
HIRAS 中波 2 光谱区域包含 CO、CO_2、N_2O 吸收通道，可用于反演全球大气成分产品。图示为东亚区域 CO 吸收通道观测亮温。

GNOS
全球导航卫星掩星探测仪



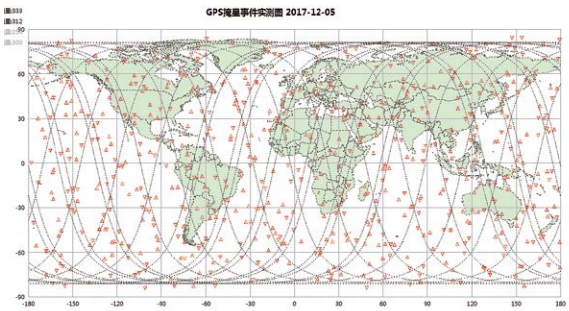
FY-3D 全球导航卫星掩星探测仪 (GNOS) 具备同时接收 GPS 和北斗两个导航卫星系统信号的能力，在继承 FY-3C/GNOS 的基础上，重点增加了我国北斗导航卫星的定位通道和掩星通道数量，仪器总通道数达到 29 个。它为我国数值天气预报和气候监测业务提供全球高精度、高垂直分辨率的大气折射率和大气温湿压廓线，并为空间天气监测提供电离层电子密度信息。

GPS 大气层掩星全球分布图

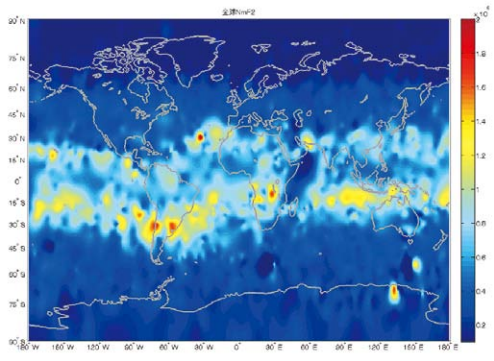


2017 年 12 月 5 日，FY-3D/GNOS 共观测到 GPS 大气掩星事件 554 次。D 星 GNOS 获得的 GPS 大气掩星事件较 C 星增加约 10%。

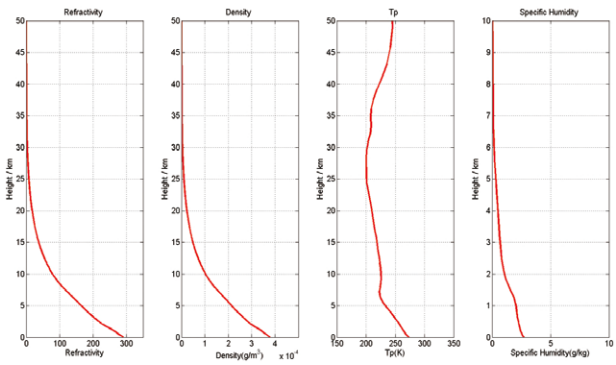
GPS 电离层掩星全球分布图



2017 年 12 月 5 日，FY-3D/GNOS 共观测到 GPS 电离层掩星事件 645 次。D 星 GNOS 获得的 GPS 电离层掩星事件较 C 星增加约 150%。

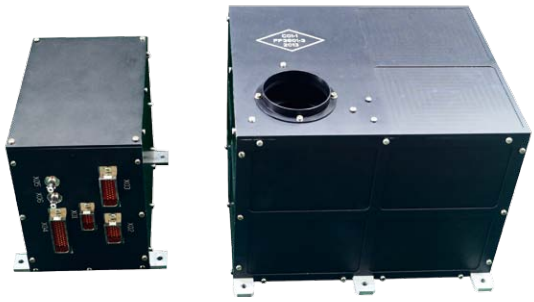


全球电离层 F2 层电子密度分布图



GNOS 探测 GPS 掩星事件反演得到的大气廓线

IPM
电离层光度计



电离层光度计 (IPM) 通过测量 OI 135.6 nm 和 N_2 LBH 的气辉辐射强度反演电子浓度平方的垂直积分、沿轨道的峰值电子浓度的梯度和 O/N_2 等参数，实现电离层状态化监测。

图 1 为 FY-3D IPM 观测的 OI 135.6nm 气辉的全球分布特征，从图中可以看见在地磁赤道 (白线) 两侧附近，存在两个高值带，即电离层异常现象。图 2 是 FY-3D IPM 观测的 OI 135.6nm 气辉沿纬度的观测，图中可以清楚看见电离层赤道双峰。

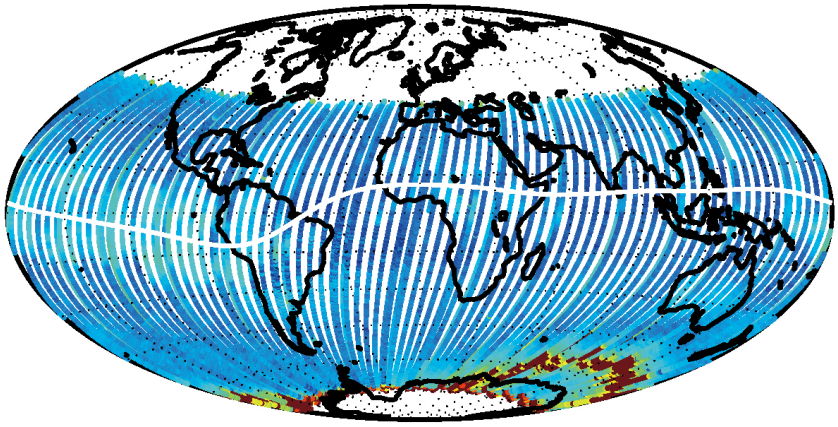


图 1 FY-3D IPM 观测的 OI 135.6nm 气辉的全球分布特征

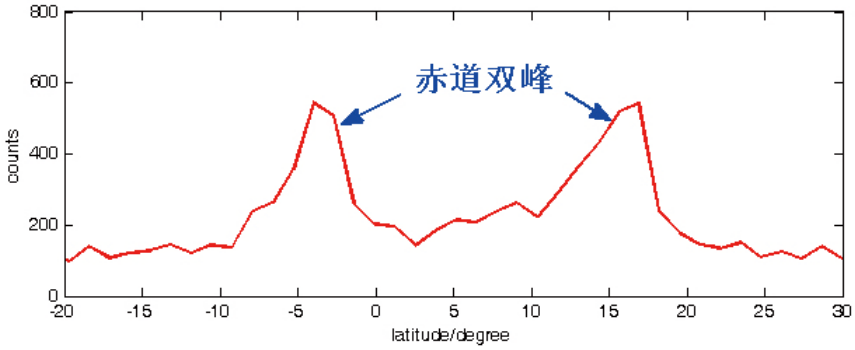
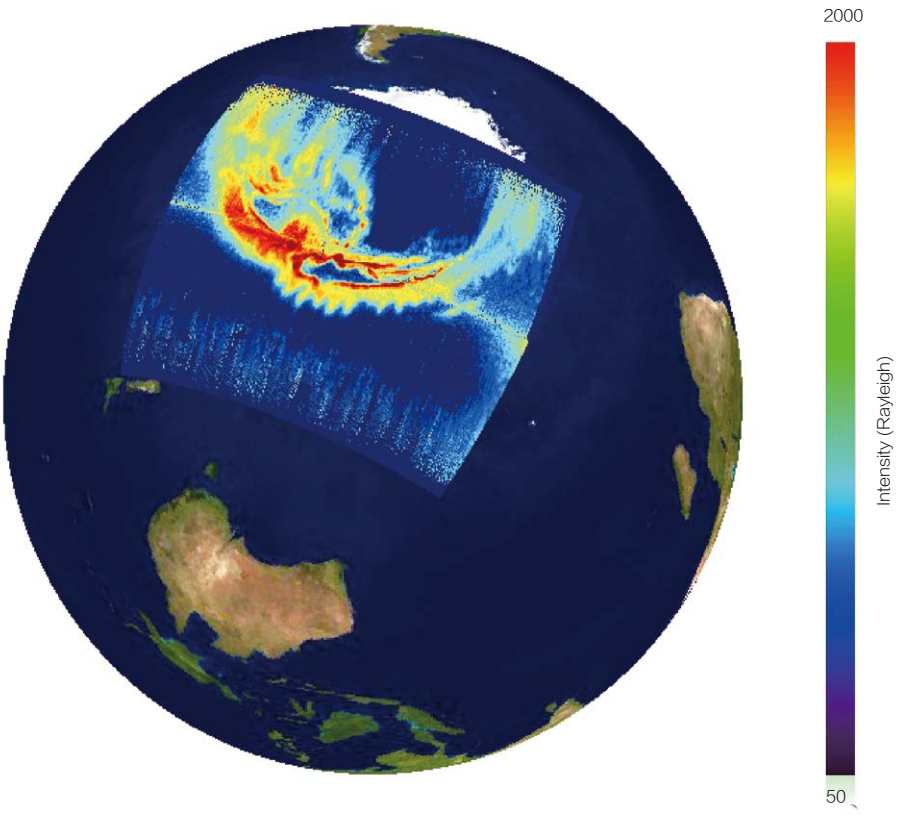


图 2 FY-3D IPM 观测的 OI 135.6nm 气辉的纬度分布

WAI
广角极光成像仪

广角极光成像仪(WAI)获取140-180 nm波段10 km空间分辨率极光辐射强度信息，能进行极光强度和范围现报，以及磁暴和磁层亚暴预警。通过扫描能够在高磁纬地区实现2分钟一幅~130° ×130°范围的极光图像，在中低纬地区可对电离层气辉辐度进行成像观测。

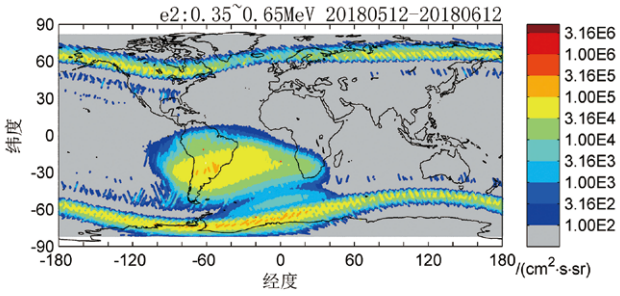


FY-3D WAI 2018-05-05 22:30 UT (S)

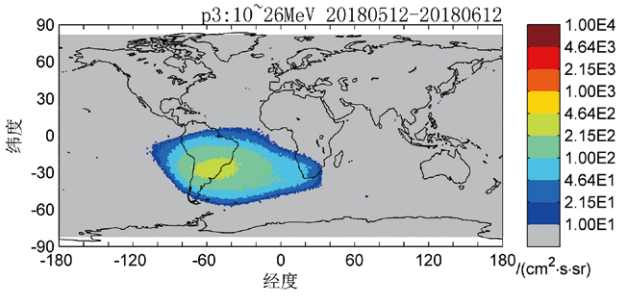
2018年5月5日发生了中等磁暴，Kp=6，WAI监测到了此次事件期间极光卵的形态变化。

SEM
空间环境监测器

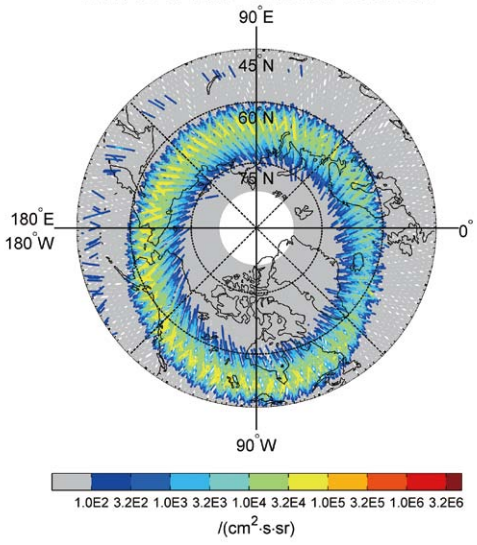
空间环境监测器 (SEM) 主要探测卫星运行轨道上粒子辐射环境、仪器的辐射剂量累积以及卫星表面电位变化情况，为空间天气预警预报业务、航天活动、卫星设计及空间科学研究提供必要的数据支撑。



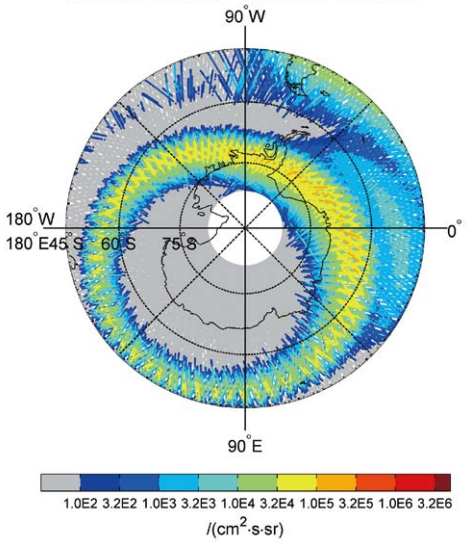
10-26MeV 能量范围质子全球分布



0.35-0.65MeV 能量范围电子全球分布



0.35-0.65MeV 能量范围电子亚极光带北极分布



0.35-0.65MeV 能量范围电子亚极光带南极分布

风云三号 D 星地面应用系统
全球资料接收和处理能力大幅提升

- 首次实现国内遥感卫星数据由南北两极地面站加上国内 4 个地面站接收数据并实时传送到数据处理中心，比原系统增加了南极站和喀什站。

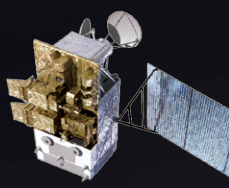
- 全球数据接收能力由 7 套 12 米天线增加到 15 套 12 米天线和 3 套 7.3 米天线。
- 星地数据传输速率由以前的 124Mbps 增加到 300Mbps，星地通讯更快，容量更大。
- 网络能力由传统的 3 层架构变成 SDN 架构，提供扁平化的网络接入和接入设备网络自动适配支持，可配合资源池化，自动化程度更高、更快、更可靠。
- 计算能力由以前的 40TFlop 增加到 700TFlop，增加了近 20 倍。
- 在线数据存储能力由 0.9PB 增加到 9PB，近线存储能力由 10PB 增加到 80PB，增加了近 10 倍。
- 这些能力的提升将确保风云三号 D 星地面应用系统对全球数据的获取，处理及向全球用户分发。

计算机主机房

海量存储系统带库

风云三号地面应用系统
省级利用站布局图

风云三号地面应用系统省级利用站已经在全国27个省级应用中心部署完毕，将实现风云三号D星的探测数据到省级应用中心的实时分发，可以满足对天气、生态、农业、环境等的实时监测，将为十九大提出的生态文明建设和绿色发展路线图做出应有贡献。



湖北省级站

辽宁省级站

广西省级站

浙江省级站

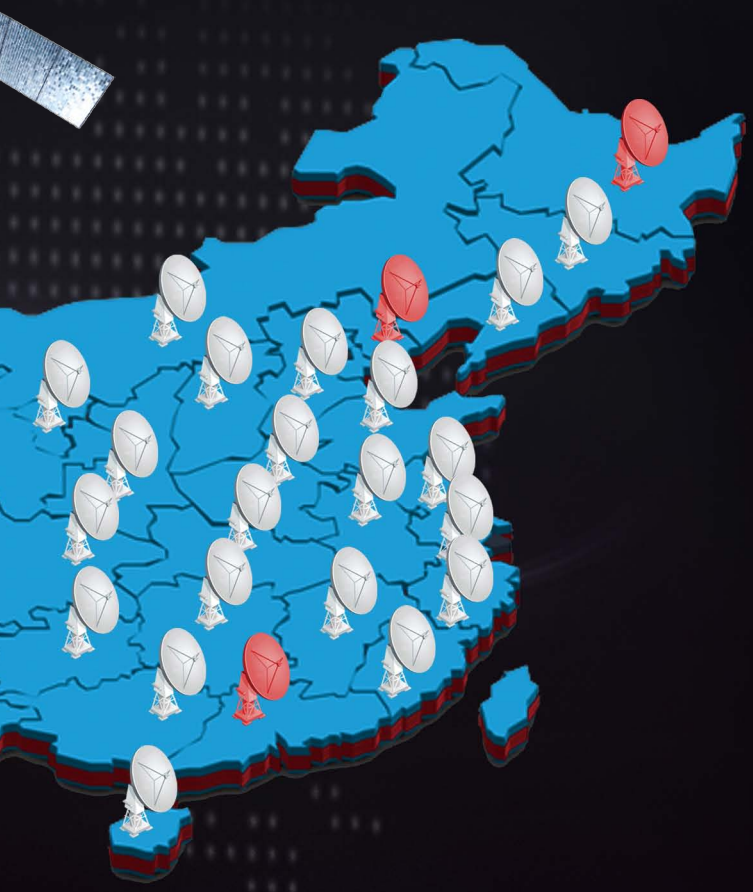
陕西省级站

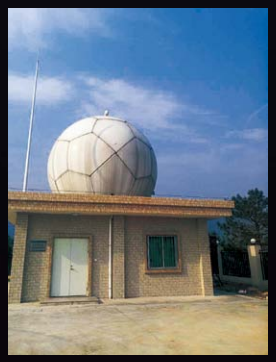
河南省级站

安徽省级站

内蒙省级站

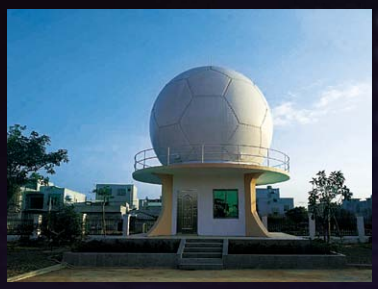
贵州省级站





福建省级站

重庆省级站

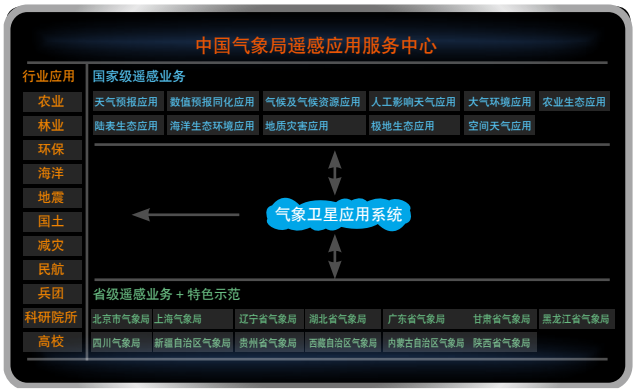


海南省级站

江西省级站

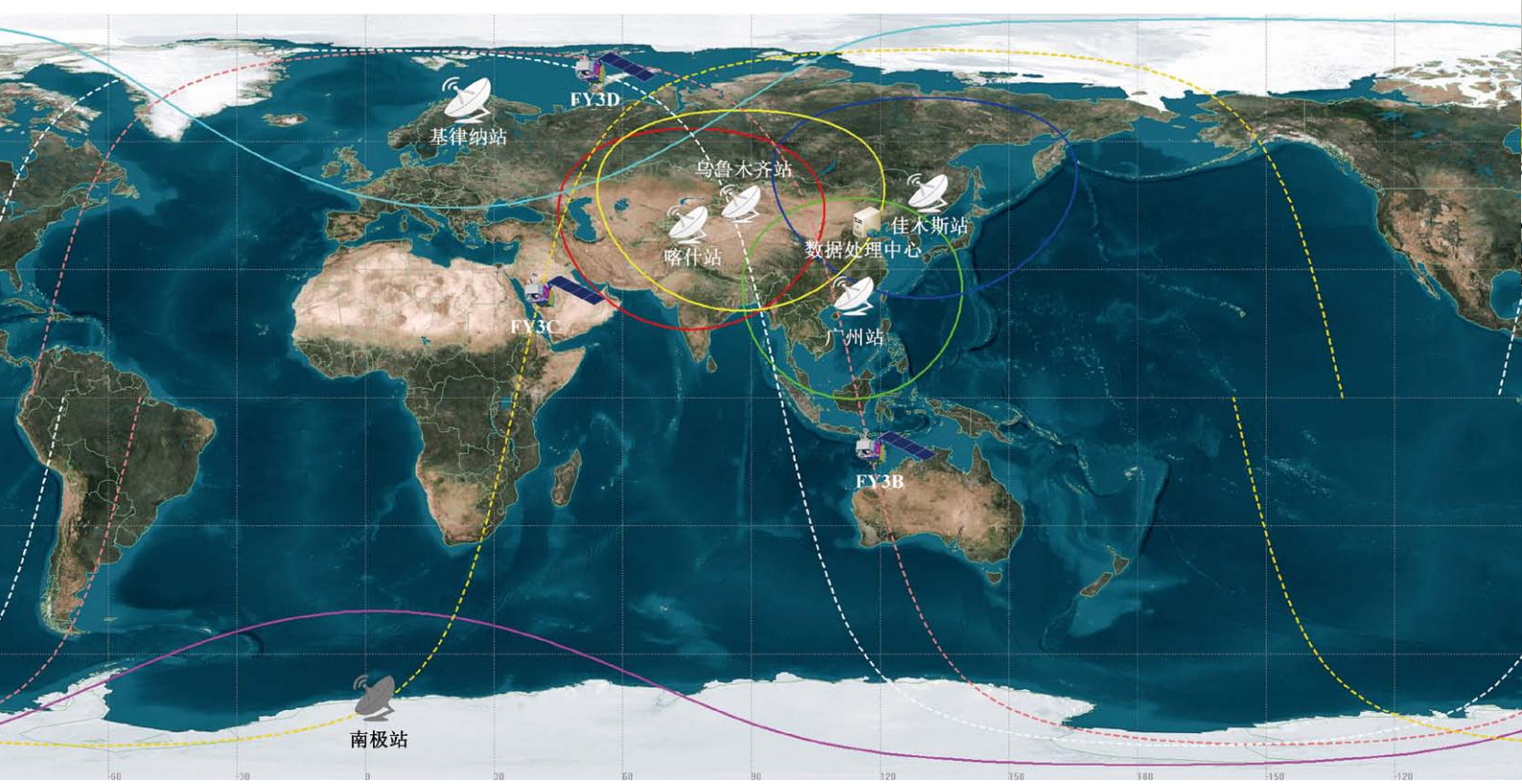
宁夏省级站

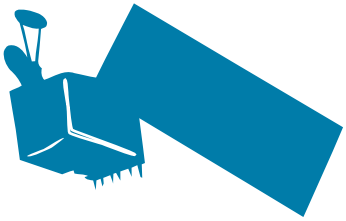
国家级、省级和行业三位一体的
风云卫星应用总体布局



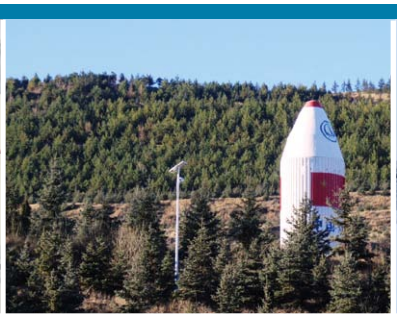
国家级遥感业务应用依托中国气象局遥感应用中心，为天气、气候、生态监测、环境与灾害监测、公共服务、数值预报等业务领域提供业务支撑。省级遥感业务应用依托区域气象中心、国家高分应用中心、气象卫星地面接收站及数据备份站等集中发展区域特色遥感应用业务力量，开展省级遥感业务应用支撑。行业应用针对不同行业的特点，为环保、国土、减灾、林业、农业、地震、民航、兵团、海洋、科研院所、高校等提供应用支撑。

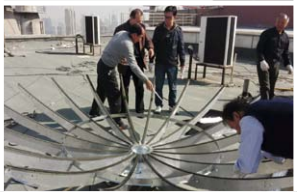
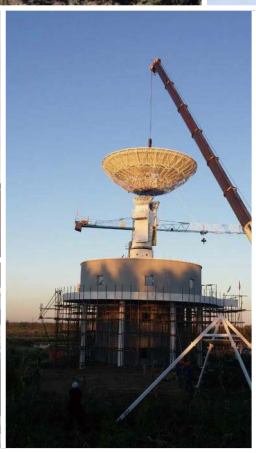
风云三号极轨气象卫星
全球站网布局及接收覆盖范围

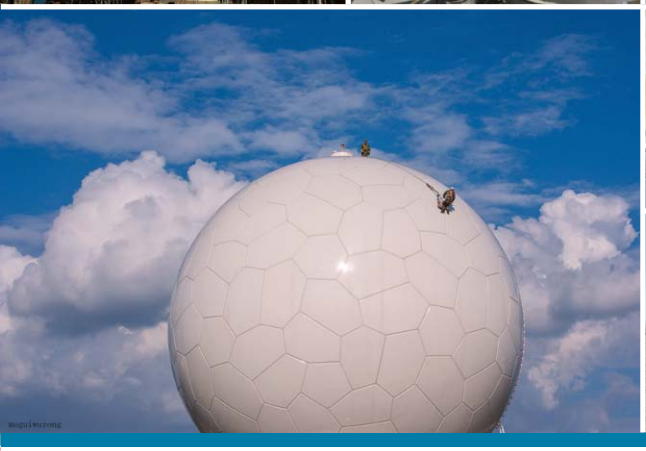


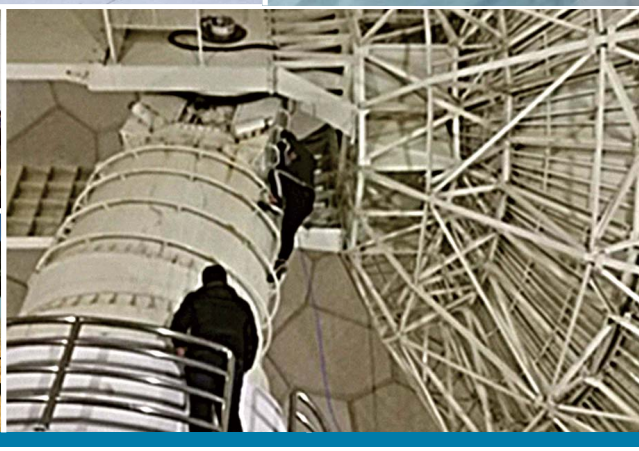


感谢所有为 風雲3号D星 工程做出贡献的人们







中国气象局国家卫星气象中心 编制
（国家空间天气监测预警中心）
北京市海淀区中关村南大街 46 号 100081
电话：010-68406357 传真：010-62175937
HTTP：//WWW.NSMC.ORG.CN