

朱爱军,胡秀清,林曼筠,等.风云三号 D 气象卫星全球数据获取方法及数据分发[J].海洋气象学报,2018,38(3):1-10.
Zhu Aijun, Hu Xiuqing, Lin Manyun, et al. Global data acquisition methods and data distribution for FY-3D meteorological satellite[J]. Journal of Marine Meteorology, 2018, 38(3): 1-10. DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.03.001. (in Chinese)

风云三号 D 气象卫星全球数据获取方法及数据分发

朱爱军,胡秀清,林曼筠,贾树泽,马友

(国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要: 风云三号 D 气象卫星搭载 10 个载荷:中分辨率光谱成像仪 II、微波成像仪、微波温度计 II、微波湿度计 II、红外高光谱大气探测仪、近红外高光谱温室气体监测仪、广角极光成像仪、电离层光度计、空间环境监测器和全球导航卫星掩星探测仪。这 10 个载荷每天连续对地球探测,并获取数据,卫星将载荷探测数据经过实时空对地广播链路向全球用户广播;同时,通过延时空对地广播链路将全球延时数据对国内的广州、乌鲁木齐、佳木斯、喀什,北极及南极站进行数据下传,这四个国内站及两个极地站收到全球数据后,在 45 min 内,通过地面商用通信链路将数据传送到数据处理中心,数据处理中心对收到的数据进行汇集、分包、质量判断、预处理、产品生成等处理后,通过专线或互联网将数据发送给用户;同时,各气象、海洋及其他用户还可以通过用户利用站进行数据的接收及应用。

关键词: 风云三号 D 气象卫星;载荷;地面站网;数据处理流程;数据分发

中图分类号: P414.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-3599(2018)03-0001-10

DOI:10.19513/j.cnki.issn2096-3599.2018.03.001

Global data acquisition methods and data distribution for FY-3D meteorological satellite

ZHU Aijun, HU Xiuqing, LIN Manyun, JIA Shuze, MA You

(National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract FY-3D meteorological satellite have 10 loads: Medium Resolution Spectral Imager II, Micro-Wave Radiation Imager, Micro-Wave Temperature Sounder II, Micro-Wave Humidity Sounder II, High Spectral Infrared Atmospheric Sounder (upgraded from filter-type spectrometer IRAS), Greenhouse Gases Absorption Spectrometer, Wide-field Aurora Imager, Ionospheric Photometer, Space Environment Monitor, and GNSS Radio Occultation Sounder. These 10 loads continuously detect the earth and get data every day. The satellite will transmit the data acquired by the payload through real-time space-to-ground downlink to global users. At the same time, data are transmitted to Guangzhou, Urumqi, Jiamusi, Kashi, the Arctic, and the Antarctic stations through time-lapse DPT downlink. After the six stations receive the data, in 45 minutes, the data are sent to the data processing center through the commercial communication link on the ground. The data processing center collects and subcontracts the received data, judges the quality, preprocesses the data, generates products, and finally sends the data to users through special lines or the Internet. At the same time, the meteorological, oceanic and other users can also receive and apply the data through user's stations.

收稿日期:2018-07-01; 修订日期:2018-07-10

基金项目:国家财政专项项目(风云三号 02 批地面应用系统)

作者简介:朱爱军,男,研究员级高级工程师,主要从事气象卫星地面应用系统设计工作,zhuaj@cma.cn。

Key words FY-3D meteorological satellite; load; ground station net; data processing flow; data distribution

引言

风云三号 D 星 (FY-3D) 是中国的第二代极轨业务气象卫星^[1-2], 星上搭载了 10 台/套先进的遥感仪器^[3], 包括: 中分辨率光谱成像仪 II、微波成像仪、微波温度计 II、微波湿度计 II、红外高光谱大气探测仪、近红外高光谱温室气体监测仪、广角极光成像仪、电离层光度计、空间环境监测器和全球导航卫星掩星探测仪等。FY-3D 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 7 000 个, 将极大提高对地球低层大气动力参量、热力参量、温室气体和高层大气电场、磁场、高能粒子的探测能力, 其数据可以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发挥作用。

FY-3D 气象卫星的轨道高度为 830 km, 每天绕地球南北两极运转 14 圈次, 由于地球的自转, 风云三号每天可以获取 14 轨探测数据, 14 轨数据便可完成对全球的探测全覆盖。FY-3D 通过两条星地空间链路向地面传输数据, 在 7 750~7 900 MHz^[4] 的频率范围内向地面实时广播全部 10 个载荷探测数据, 全球范围内, 地面天线仰角大于 5° 时, 都可以接收到该数据。同时 10 个载荷的探测数据在星上进行记录, 当卫星到达指定的地面站时, FY-3D 在 8 025~8 400 MHz^[4] 的范围内向指定的 6 个地面站进行数据传输。各站接收到数据后通过地面通信网将数据传输到位于北京的数据处理及数据存储中心, 数据处理中心对接收到的各站数据进行去重复处理、质量判断、数据定标定位及几何校正后, 生成各种产品, 最后将产品数据进行存储, 并将产品数据分发到国家气象信息中心及各用户。

气象卫星用户包括两类, 第一类可以利用自有的接收站直接接收卫星广播的数据并进行处理及应用, 这类用户获取数据灵活, 时效性高; 第二类用户通过地面网络下载或接收数据处理中心生产的各类产品数据。本文以 FY-3D 气象卫星为例, 介绍气象卫星的全球探测载荷, 地面站网设计, 分发产品数据类别等。

1 全球探测数据获取系统设计

以下以 FY-3D 全球数据获取系统为例进行数

据获取系统设计分析。首先是 FY-3D 卫星的探测系统, 第二是地面数据接收站网及星地数据传输设计, 以上这两部分构成了完整的气象卫星全球探测数据获取系统。

1.1 风云三号 D 气象卫星

FY-3D 气象卫星是下午轨道卫星, 以气候变化监测和大气定量探测为主, 探测数据主要用于天气预报、大气化学和气候变化监测业务及研究等方面, 与上午轨道卫星功能互补、相互配合, 组网观测后可形成较完整的业务综合对地观测体系。FY-3D 在高度 830 km、倾角 98.75° 的轨道上每天绕地球南北极飞行 14 圈, 每圈大约用 102 min 对地球进行探测, 卫星运行 14 圈可完成对全球的完整探测。FY-3D 的整星组成如图 1 所示。星上搭载的 10 个载荷^[3] 其作用分述如下。

1.1.1 中分辨率光谱成像仪 II

中分辨率光谱成像仪 II (MERSI II, Medium Resolution Spectral Imager II) 有 6 个可见光波段、10 个可见光/近红外波段、3 个短波红外波段和 6 个中/长波红外波段, 地面分辨率有 1 000 m 和 250 m 不等, 光谱分辨率有 20 nm、50 nm、1.0 μm, 可以同时获取丰富的地气辐射景象。它的主要任务是对地球的海洋、陆地、大气进行全球动态监测, 并进一步加强对云特性、气溶胶、陆地表面特性、海表特性、低层水汽的监测, 提高我国在天气预报、气候变化研究和地球环境监测方面的能力。

1.1.2 红外高光谱大气探测仪

红外高光谱大气探测仪 (HIRAS, upgraded from filter-type spectrometer IRAS) 采用干涉分光方式, 在 3.92~15.38 μm 的中、长波红外波段中, 高精度地获取全球的大气温度、湿度廓线分布。

1.1.3 微波成像仪

微波成像仪 (MWRI, Micro-Wave Radiation Imager) 在 10.65 GHz、18.7 GHz、23.6 GHz、36.5 GHz、89 GHz 多个特定的频率上接收来自地球表面和大气水平及垂直两个极化的电磁辐射, 反演出降雨、云和大气中水汽含量、地表植被、土壤湿度、海温、海冰、雪覆盖及海面油污等分布情况, 为天气预报、环境监测等提供资料。

1.1.4 微波温度计 II

微波温度计 II (MWTS II, Micro-Wave

Temperature Sounder II) 包括 50~60 GHz 的 13 个接收通道, 采用超外差接收方式, 由高频接收机对天线输出的 50~60 GHz 的射频信号分别进行低噪声放大、镜像频率抑制、混频放大后输出, 探测数据主要用于数值天气预报。

1.1.5 微波湿度计 II

微波湿度计 II (MWHS II, Micro-Wave Humidity Sounder II) 的主要使命是全天候探测大气湿度垂直分布、水汽含量、云中液态水含量、降水等, 为数值天气预报提供重要参数。

1.1.6 全球导航卫星掩星探测仪

全球导航卫星掩星探测仪 (GNOS, GNSS Radio Occultation Sounder) 记录处于被中性大气和电离层遮掩的高轨道 GNSS 卫星发出的 L 波段信号的信息, 可提取由大气及电离层影响附加的相位延迟量, 地面通过反演理论处理得到大气的折射率、温度、压力、湿度等大气物理量以及电离层电子密度等物理参数。

1.1.7 近红外高光谱温室气体监测仪

近红外高光谱温室气体监测仪 (GAS, Greenhouse Gases Absorption Spectrometer) 是 FY-3D 卫星上的重要遥感仪器之一, 它的主要功能是对全球主要温室气体 CO₂、CH₄ 以及 CO 等气体柱总量进行高精度探测, 用于全球温室气体排放、温室气体来源和汇分析、温室气体与气候变化关系等一系列科

学问题的研究。

1.1.8 广角极光成像仪

广角极光成像仪 (WAI, Wide-field Aurora Imager) 对极光辐射中的 N₂ 分子辐射的 140~180 nm 带进行成像观测, 获得极光椭圆区域的光强分布; 采用两个相同的离轴反射光学系统进行拼接, 构成 130°×10° 的瞬态视场范围, 再对 10° 视场角度方向进行沿轨扫描, 最终实现在 2 min 时间范围内对 130°×130° 的极区扫描成像的要求。

1.1.9 电离层光度计

电离层光度计 (IPM, Ionospheric Photometer) 是 FY-3D 卫星上的重要遥感仪器之一, 它的主要功能是通过远紫外电离层 OI 135.6 nm 和 N₂ LBH 的气辉辐射强度的测量, 反演电离层电子总含量 (TEC)、O/N₂ 等参数, 并可以得到沿轨道方向 TEC 高精度梯度变化, 用于提高 GPS 掩星探测反演电子密度精度。此外, 电离层光度计还能直接显示电离层赤道异常区的二维精细结构, 准确定位极光边界等。

1.1.10 空间环境监测器

空间环境监测器 (SEM, Space Environment Monitor) 可监视卫星轨道空间的高能电子、质子和重离子, 实测这些粒子引起的辐射剂量效应、表面电位效应, 为卫星的在轨安全保障和抗辐射加固设计服务。

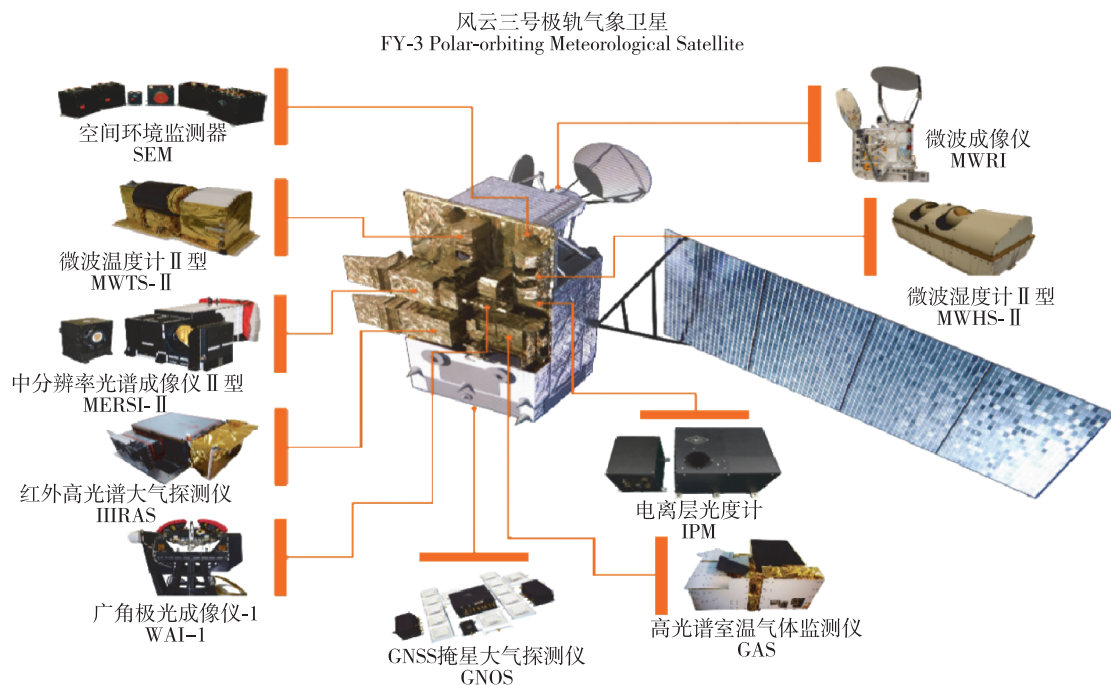


图1 FY-3D 气象卫星组成图 (引自风云三号 D 宣传页)

Fig.1 Composition diagram of FY-3D meteorological satellite (quoted from the brochure of FY-3D)

1.2 星-地数据传输

1.2.1 星上数据流程

FY-3D 气象卫星的 10 个载荷,在轨期间,连续开机并连续工作,星载计算机将来自 6 个高速载荷及其他经过 1553B 总线已多路复用后的数据多路合成一路,并格式化成为 CCSDS 标准的 AOS 协议数据,经 RS 编码、加扰后,分成两路,一路串行传输到 MPT 发射机,再进行串并差分、卷积编码、调制、功

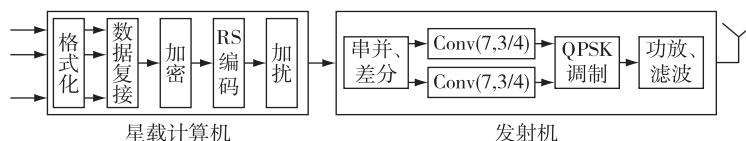


图2 星上数据处理流程

Fig.2 Data processing flow on the satellite

1.2.2 卫星数据传输信道主要技术指标

下面介绍卫星数据传输信道的加扰、级联编码、差分编码、卷积编码、信道指标等主要技术和技术指标^[3,5-6]。

1.2.2.1 加扰

为了保证地面数据接收的位定时恢复质量,减少连“0”码(或连“1”码),星上数据基带处理时需要将二进制数字信息先作“随机化”处理,变为伪随机序列,限制连“0”码(或连“1”码)的长度。

采用 CCSDS 建议的扰码生成多项式: $F(X) = X^8 + X^7 + X^5 + X^3 + 1$,该序列每 255 bit 后重复,在每个同步周期内,该序列产生器重新初始化为全“1”状态。

1.2.2.2 级联编码

采用 CCSDS 推荐的以 RS(255,223)为外码,卷积码为内码的级联编码方案,同时取 RS 码交织深度为: $I=4$ 。MPT 及 DPT 下行链路均采用 RS(255,223)+CONV(7,3/4)的级联编码。

RS(255,223)为符合 CCSDS 标准,有限域 $GF(2^8)$ 在其特征域 $GF(2)$ 上的生成多项式为:

$$F(X) = X^8 + X^7 + X^2 + X + 1 \quad (1)$$

码生成多项式为:

$$g(x) = \prod_{j=1}^{143} (x - \alpha^{11j}) = \sum_{i=0}^{32} G_i x^i \quad (2)$$

式中: α 为有限域 $GF(2^8)$ 上的生成元; α^{11} 为有限域 $GF(2^8)$ 上的本原元; G_i 为多项式系数。

由此生成的 RS 编码是系统码,即编码后生成码字的前 223 位为原始信息码元,后 32 位为由信息码元生成的校验码元。

1.2.2.3 差分编码

放和滤波等,最后通过 MPT 天线对地实时传输,该链路不间断工作,在地面站用 3 m 以上天线,仰角大于 5° 时,可以接收到 FY-3D 实时广播的数据,流程如图 2 所示;另一路数据经过星上固存记录后,串行传输到 DPT 发射机,再进行串并差分、卷积编码、调制、功放和滤波等,最后通过 DPT 天线对指定地面站进行数据传输^[3]。

数据在差分编码前需要完成串并转换,将串行数据流分为奇偶两路并行数据。若输入为“ $m_1 m_2 m_3 m_4 m_5 m_6 m_7 m_8 \dots$ ”,则输出为“ $I: m_1, m_3, m_5, m_7, Q: m_2, m_4, m_6, m_8$ ”。CCSDS 推荐了 I/Q 两路 DNRZ 差分编码。当前一对输出的码元相同时,即 $X_{out}(i-1) + Y_{out}(i-1) = 0$,有: $X_{out}(i) = X_{in}(i) + X_{out}(i-1)$, $Y_{out}(i) = Y_{in}(i) + Y_{out}(i-1)$;当前一对输出的码元不同时,即 $X_{out}(i-1) + Y_{out}(i-1) = 1$,有: $X_{out}(i) = Y_{in}(i) + X_{out}(i-1)$, $Y_{out}(i) = X_{in}(i) + Y_{out}(i-1)$ 。式中: $X_{out}(i)$, $Y_{out}(i)$ 是编码器当前输出; $X_{in}(i)$, $Y_{in}(i)$ 是编码器当前输入; $X_{out}(i-1)$, $Y_{out}(i-1)$ 是编码器前一时刻输出。

1.2.2.4 卷积编码

MPT 及 DPT 发射机均选用 CONV(7,3/4) 卷积编码。

1.2.2.5 信道指标

MPT 实时广播信道和 DPT 全球数据信道的码速率、载波频率、调制方式、EIRP、极化方式等信道指标如表 1 所示。记录全球载荷探测数据;在回放区域将延时数据传送到地面站,连续两次下传有不少于 5 s 的重叠数据。

1.2.3 地面数据接收流程

各地面站的业务运行由运行控制中心统一管理和调度,其中,业务运行时间表(也被称为任务计划)是由运行控制中心制定,它给出了详细的数据接收计划,规定了在什么时间段由哪套天线对哪颗卫星进行跟踪接收。轨道预报用于引导天线进行程序跟踪,通常为每秒一个点的天线指向数据,包括方位、俯仰、时间等信息。

表1 卫星数据传输信道主要指标

Table 1 Major indicators of data transmission channel of FY-3D

| 信道类型 | 码速率/(Mbit · s ⁻¹) | 载波频率/ MHz | 调制方式 | EIRP/ dBm | 极化方式 |
|------------|-------------------------------|-------------|------|-----------|-------|
| MPT 实时广播信道 | 45(RS I=4 编码后) | 7 820(X 波段) | QPSK | 46(EL=5) | 右旋圆极化 |
| DPT 全球数据信道 | 225(RS I=4 编码后) | 8 250(X 波段) | QPSK | 46(EL=6) | 右旋圆极化 |

在运行控制中心调度模式下,站运行管理分系统接收到运控中心的信息后,站运行管理分系统根据业务要求和轨道根数在本地制定多星多套接收设备的任务计划(简称:业务运行时间表)并生成轨道预报,任务计划的主要内容应包括任务编号、卫星名称、开始时间、结束时间、持续时间、开始方位、结束方位、开始仰角、结束仰角、最大仰角、目标高度、升/降段标识等信息,最后下达任务执行指令。

在站运行管理分系统的调度管理设备向其他设备下达任务执行的指令后,数据接收系统进入任务执行流程。首先,在接收任务开始前系统进行任务准备,即由站运行管理分系统根据任务计划表信息对系统内的变频、解调、快视、记录等设备自动进行设备组合配置和参数设置,同时将轨道预报数据发送到天线控制单元(ACU),引导天线到预定位置等待。任务开始后天线进入程序跟踪,一旦捕获到卫星,则转入自动跟踪状态,接收解调、快视和记录设备则对信号进行放大、变频、解调、译码、图像数据快视、数据记录和数据转存,同时站运行管理分系统实时采集天线的测角数据并进行星下点轨迹显示。在自动跟踪的过程中若因各种原因发生信号丢失的情况,天线系统会自动转入程序跟踪,再次对卫星进行捕获。本次任务(卫星的一次过境)执行完毕后生成任务执行报告(系统运行日志)并转入下次任务,直至所有任务执行完闭。整个任务执行期间,站运行管理分系统完成整个系统的运行监视,并向运行控制中心上报。地面接收信息流程如图3所示。

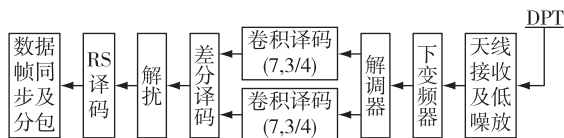


图3 地面接收信息流程

Fig.3 Flow of receiving data on the ground

1.3 数据量分析

FY-3D 每天不间断地进行探测,各载荷的探测数据通过星地数据传输链路实时进行下传。各载

荷探测的数据量换算成码速率后,见表2所示。

表2 各载荷探测数据量

Table 2 Data volume detected by each load

| 遥感仪器 | 数据速率 |
|------------------|-------------------------------|
| 中分辨率成像光谱仪(白天) | 20 Mbit · s ⁻¹ |
| 微波成像仪 | 100 kbit · s ⁻¹ |
| GPS-MET 掩星探测仪 | 200 kbit · s ⁻¹ |
| 广角极光成像仪 | 1.6 Mbit · s ⁻¹ |
| 红外高光谱大气探测仪 | 10 Mbit · s ⁻¹ |
| 高光谱温室气体监测仪 | 5 Mbit · s ⁻¹ |
| 卫星工程遥测(含 GPS 数据) | 4.608 kbit · s ⁻¹ |
| 微波温度计 | 12.287 kbit · s ⁻¹ |
| 空间环境监测器 | 0.012 kbit · s ⁻¹ |
| 微波湿度计 | 12.287 kbit · s ⁻¹ |
| 小型电离层光度计 | 0.204 kbit · s ⁻¹ |
| 微振动检测盒 | 8.192 kbit · s ⁻¹ |
| 姿轨控原始数据包 | 0.819 kbit · s ⁻¹ |

注:全天的探测数据量大约为 399 GB。

2 地面系统设计

地面站网系统的设计目标是:地面站网系统接收卫星下发的实时数据及全球延时数据,并将所接收到的数据在 45 min 内传送到数据处理中心,数据处理中心对接收到的数据进行汇集处理,去重复,质量判断,预处理,产品生成,最后对数据进行存储,分发到用户。

2.1 站网组成

FY-3D 的地面系统由四个国内站、两个极地站、数据处理及服务中心组成。国内站包括广州站、佳木斯站、乌鲁木齐站及喀什站,极地站包括南极站及北极站,这些地面站每天接收 FY-3D 的数据并通过地面商用通信网络将数据传输到位于北京的数据处理中心。由卫星与地面构成的全球数据获取系统如图4所示。

按照系统划分,全系统包括数据接收系统、运行控制系统、计算机网络系统、数据预处理系统、产品生成系统、数据存档系统等6个主线业务系统。

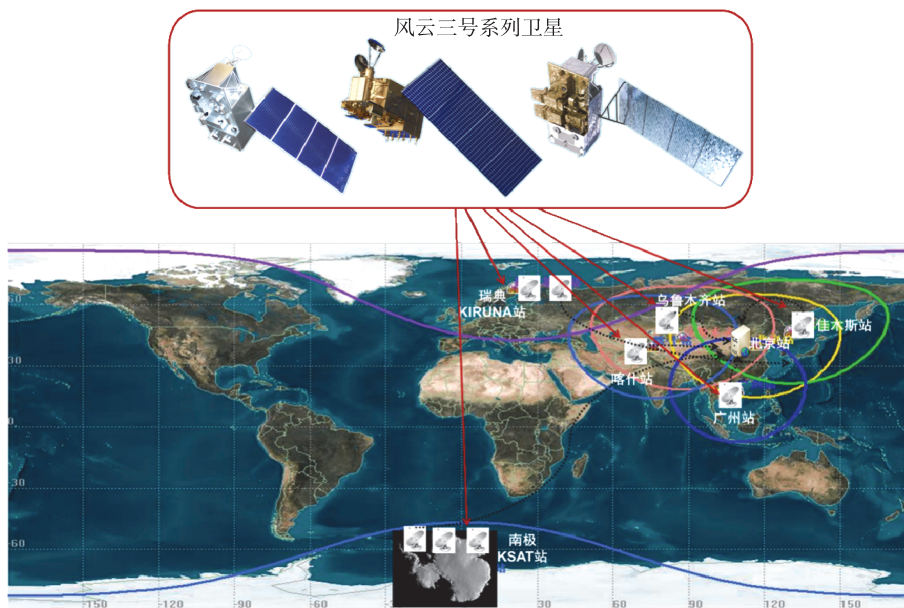


图4 风云三号气象卫星全球数据获取站网组成图
Fig.4 Composition diagram of acquisition station net for FY-3 global data

这6个主线业务系统完成卫星的管理,各站接收任务的制定,数据的接收,数据的传输,数据的汇集,

数据的预处理,产品的生成,数据的存档与分发等。系统架构见图5。

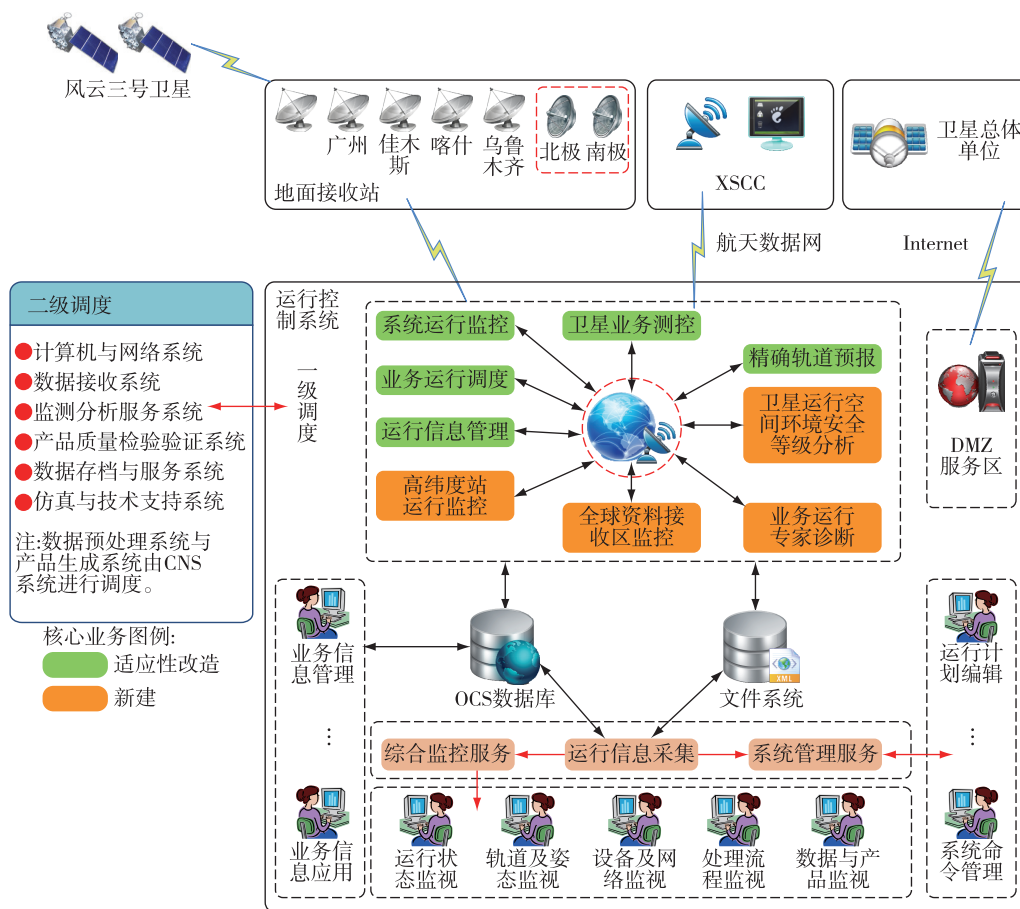


图5 FY-3D地面系统架构
Fig.5 Architecture for the terrestrial system of FY-3D

FY-3D地面应用系统是一个分布式大型综合系统^[7-8],运行控制系统(OCS)与6个地面接收站、西安卫星测控中心(XSCC)、上海卫星总体单位通过专用网络进行连接,支持业务按照预定的模式与流程持续业务化运行。风云三号地面应用系统采用两级调度模式,运行控制系统(OCS)负责系统一级调度,数据接收系统(DAS)等系统负责各系统的二级调度(数据预处理系统、产品生成系统由计算机与网络系统负责二级调度),两级调度协同工作,支持整个地面应用系统的正常运行。运行控制系统(OCS)通过建立内、外部接口,打通信息获取与信息

输出的通道,包括系统运行信息、异常信息、其他系统传递的业务信息的获取,业务测控、系统控制、系统调度等业务指令的输出,从而形成“信息流转中心”,支持系统运行管理。

2.2 空-地数传时间分析

按照站网组成进行计算得出,卫星固存每日回放数据27~28次,平均回放时间389.6s。图6是各站数据接收时长的分布情况。考虑南极站接收数据(仰角为7°)时,固存回放余量较大,每轨可清空数据。

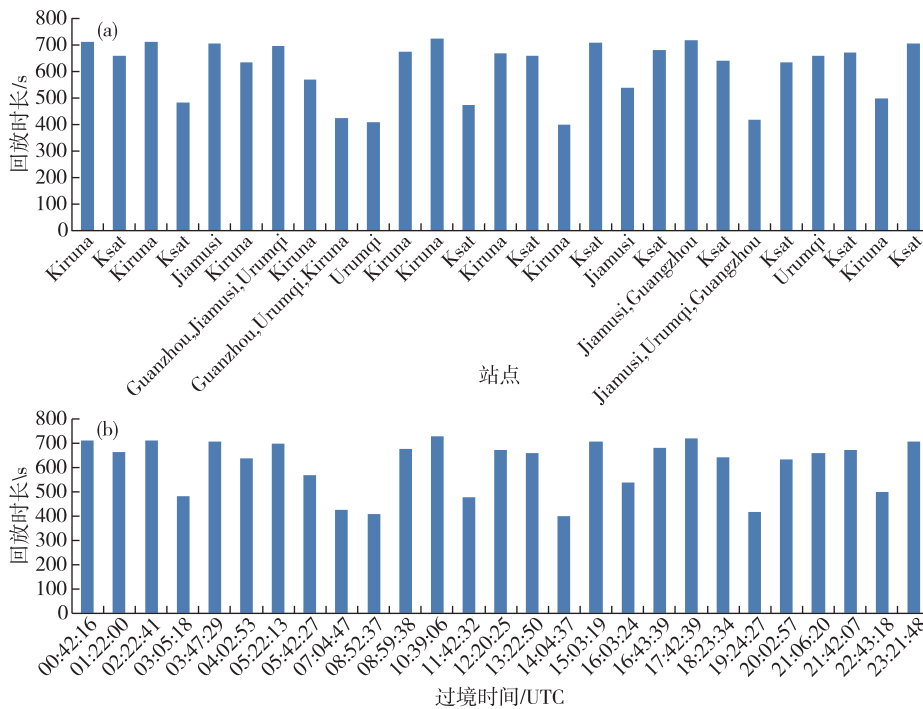


图6 各地面接收站全球数据接收时长(a)与卫星过站的开始时间(b,2017年12月21日)

Fig.6 Receiving duration of global data for each station (a) and the start time for the satellite pass each station (b, 21 December 2017)

2.3 运行控制流程

全系统通过运行控制系统(OCS)组织完成运行^[9-10],主要包括两条主线,一是获取轨道根数,生成运行时间表,支持整个系统生成运行计划,同时运行控制系统(OCS)对整个地面应用系统进行业务运行监控^[11-12]、异常智能分析及业务综合调度;二是获取遥测数据,并对其进行分析处理,结合业务及应用需求,生成业务测控指令,与西安卫星测控中心(XSCC)共同完成业务测控。全系统控制流程图见图7。

2.4 系统工作流程

地面应用系统需要每天全部接收FY-3D卫星

的全球观测数据,处理生成L0、L1和L2产品,对L0、L1(以及需要归档的L2和L3)产品进行存档,并根据用户需要对L1产品进行分发服务。FY-3D卫星地面应用系统除数据接收系统分布在4个国内地面站(广州、乌鲁木齐、佳木斯、乌鲁木齐站前端喀什)和2个国外站(基律纳、南极)外,其他5个技术系统全部布局在北京。

国内地面站与数据处理和服务中心通过地面网络连接建立数据传输系统,国外站也通过广域网链路传输数据。处理后的卫星数据主要通过Internet Web方式向用户开放,用户可通过国家卫星气象中心的数据服务网络获取数据。

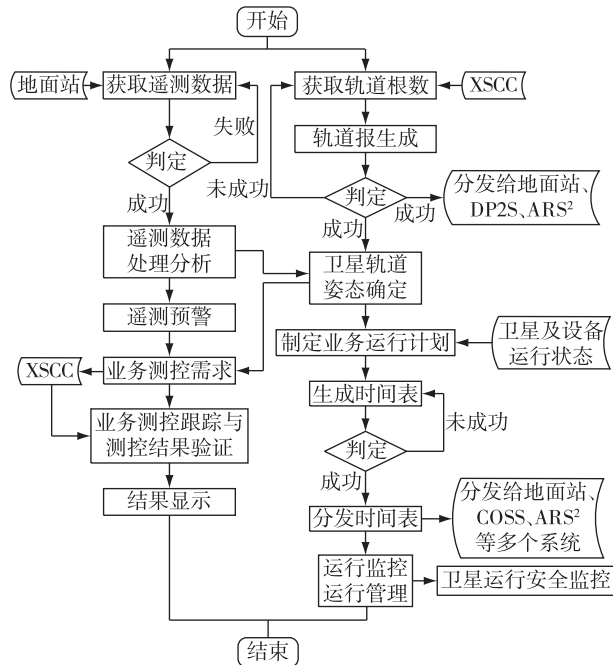


图7 全系统控制流程图

Fig.7 Flow chart of the whole system control

FY-3D 卫星运行控制系统(FY-3D-OCS)每天定时接收西安卫星测控中心(XSCC)的轨道参数, FY-3D-OCS 按轨道参数每天定时生成运行作业时间表发往4个国内地面站和2个国外站、发到CNS的业务调度系统FY-3D-COSS(FY-3D-COSS)。国内外地面站根据作业时间表接收FY-3D卫星数据并转储到本地存储中;国外地面站通过广域网链路将收到的数据发送给CNS系统的FY-3D-COSS, FY-3D-COSS将国内地面站转储到共享存储的数据,通过广域网链路送回数据处理中心;FY-3D-COSS汇集传输到数据处理中心的各站数据,生成LO数据,并调度预处理(DPPS)进行数据预处理,生成各类产品并分发给存档与服务系统,同时进行数据和产品处理过程中的监视、数据传输和产品分发。FY-3D卫星存档与服务系统FY-3D-ARSS系统进行数据存档与检索服务。

以风云三号中分辨率光谱成像仪为例,每天获取对全球的探测,如图8所示。



图8 中分辨率光谱仪全球数据

Fig.8 Global data from Medium Resolution Spectral Imager

3 风云三号D气象卫星产品分发和数据服务

3.1 产品类别

FY-3D能够生成包括大气、陆表、海表和空间天气类的全天时、全天候、三维全球的各类地球物理产品。实时生产系统分发并可提供给用户的数据和产品,如表3所示。

FY-3D的数据和产品能够及时高效分发给用户,是充分发挥气象卫星效益的关键环节。为此,

FY-3D地面系统十分重视产品分发和数据服务功能的设计与实现,通过实时业务产品分发、系统内数据服务、基于互联网WEB和FTP的数据服务、DVB广播、直收站、公有云等多种方式,为最终用户分发数据和产品。

实时业务产品分发服务软件部署在实时业务系统中,可在数据文件生成后2min内,把数据和产品分发往存档和服务系统,以及气象系统内外有专线连接的单位用户。存档和服务系统对数据和产品进行编目整理,并通过网站和分布式并行存储的

方式,为气象系统内部用户提供数据和产品服务,同时,通过网站/FTP和公有云等方式,通过互联网为广大用户提供数据服务。

FY-3D产品的数据量大,为了能够使省级气象局及时使用风云三号数据,风云三号工程项目在各省建立了直收站,卫星过境时直收数据,即时进行数据预处理和产品处理,即时应用,时效高,为分钟

级。同时,FY-3D的部分数据产品还通过CMACast分发系统,广播分发给分布于国内外的相应DVBS接收小站用户。

新的数据分发与服务方式还在不断探索中,以期以更快、更便捷、更精细化的方式为用户分发数据和产品。

表3 实时生产系统分发给用户的数据和产品列表

Table 3 Data from real-time production system and list of products

| 类型 | 分发数据/产品名称 |
|-------|---|
| 1级数据 | 10个载荷的1级数据(微波温度计MWTS(II型)、微波湿度计MWS(II型)、微波成像仪MWRI、中分辨率光谱成像仪MERSI(II型)、GNOS掩星探测仪、空间环境监测仪器包SEM、红外高光谱大气探测仪HIRAS、近红外高光谱温室气体监测仪GAS、广角极光成像仪WAI、电离层光度计IPM) |
| 大气类 | 云检测、云量、云分类、云相态、云顶温度、云顶高度、云光学厚度和粒子半径,气溶胶光学厚度、冰水厚度指数、大气(总)可降水、近红外可降水、降水,射出长波辐射,大气温湿度廓线、电子密度廓线,大雾监测、极地云导风、沙尘,二氧化碳柱总量、甲烷柱总量、氧气柱总量、一氧化碳柱总量等 |
| 陆表类 | 陆表反射比、陆表温度、植被指数、叶面积指数、全球净初级生产力、光合有效辐射吸收率,土壤水分、雪水当量、积雪覆盖、全球火点、洪涝和干旱指数等 |
| 海表类 | 离水辐射、海表温度、海面温度、海面风、极区海冰覆盖度、海冰监测、水体组分浓度等 |
| 空间天气类 | 表面电位、高能粒子、辐射剂量、电离层及拼图、极光、总电子含量、F2层最大电子浓度、氧氮浓度比等 |

3.2 时效分析

以下以FY-3C的微波湿度计的数据为例进行数据分发的时效性分析,首先是数据从接收到传输的延时分析,从业务实际应用统计可以得出以下结论,各地面站在数据接收后,国内站都在5 min,极地站在30 min内将数据传送到数据处理中心并进行数据的汇集、分包等,为提高数据传输效率,在地面传输中采取了分块传输策略,即每个分块数据落地立即开始传输,在星地数据传输的同时,地面数据传输也在同步进行,因此,最终看到的数据地面传输送达数据处理中心的延迟,通常只是最后一个分块文件的传输时延。

弧段L1产品时效:实时弧段数据L1产品大约1.6 h生成完毕并立即分发,延时弧段数据L1产品大约3.6 h可以提供用户使用;整圈数据L1产品6.8 h左右可以提供用户使用。MWSH各类L1产品提供给用户使用的时间距离其数据观测时间的差值总额及其组成分解如表4所示。

由MWSH各类L1产品的服务延迟时间及其分解(表4)可以看出,为降低延时,必须缩短数据处理中心等待数据的时间,即缩短卫星不见地面站的时间(星地延时),FY-3D的地面系统设计中,增加了南极站,将整圈数据的最大延时缩短到了6 h之内。

未来还需要探索缩短数据处理的时间以便提供更加及时的数据服务。

表4 MWSH各类L1产品的服务延迟时间及其分解

Table 4 Service delay time and decomposition of L1 products from MWSH h

| 类别 | 整体延迟 | 星地延迟 | 业务调度和数据处理 | 分发 |
|--------|------|-----------------|-----------------|----------------|
| 实时弧段 | 1.62 | 0.30 (18.5%) | 1.18 (72.8%) | 0.14 (8.7%) |
| 延时弧段 | 3.60 | 2.26 (62.8%) | 1.20 (33.3%) | 0.14 (3.9%) |
| 整圈数据L1 | 6.80 | 3.36 (49.4%) | 3.30 (48.5%) | 0.14 (2.1%) |

4 结论

FY-3D气象卫星地面系统在国内同类卫星中首次实现了由国内站加南北两极站构成的全球数据获取网络,实现了卫星观测、数据接收、数据处理、数据分发的全自动作业流程。实现了通过卫星、地面网络等多种技术手段进行数据共享,大大方便了国内外用户对FY-3D数据的应用。

参考文献:

[1] 于新文. 中国气象百科全书(气象观测与信息网络

- 卷)[M].北京:气象出版社,2016:167-168.
- [2] 朱爱军,朱杰,刘波. QXT 238-2014 风云三号气象卫星 A/B/C 数据广播及接收技术规范[S].北京:气象出版社,2014:3-15.
- [3] 张恒.风云三号 D 星星地接口技术规范(1)[Z].上海:上海卫星工程研究所,2014:5-20.
- [4] 聂晶,张琳,尹红刚,等.风云气象卫星与潜在国际移动通信系统基站共用 1695~1710MHz 频段频谱兼容性分析[J].气象科技,2017,45(6):968-973.
- [5] 崔鹏,贾树泽,王素娟.高级在轨系统在风云三号气象卫星中的应用[J].气象科技,2011,39(4):473-476.
- [6] 李云,周旋,刘期烈,等.卫星通信链路性能分析[J].计算机工程与应用,2015,51(12):78-82.
- [7] 贾树泽,杨军,施进明,等.新一代气象卫星资料处理系统并行调度算法研究与应用[J].气象科技,2010,38(1):96-101.
- [8] 李志国,卫颖.卫星通讯链路计算[J].指挥信息系统与技术,2014,5(1):73-76,82.
- [9] 李兴华. JAVA 核心技术精讲[M].北京:清华大学出版社,2013:211.
- [10] 李钟慰,陈丹.Java 开发实战 1200 例[M].北京:清华大学出版社,2011:43-50.
- [11] 朱杰,林维夏,王英强,等.风云三号气象卫星地面数据接收远程故障诊断系统设计及应用[J].气象科技,2017,45(6):1099-1105.
- [12] 朱杰,郎宏山.风云三号极轨气象卫星地面数据接收信号质量评估与告警方案[J].气象水文海洋仪器,2013,30(4):115-118.