

HY-2 卫星地面应用系统综述

蒋兴伟,林明森,张有广

(国家卫星海洋应用中心,北京 100081)

[摘要] 海洋二号(HY-2)卫星地面应用系统是HY-2卫星工程五大系统之一,具备HY-2卫星数据的接收、处理、定标和验证以及数据应用等功能。HY-2卫星地面应用系统具备稳定可靠运行的卫星接收系统,接收我国南海、东海、黄海、渤海及东北亚周边海域的实时数据;建设了包括多星运行计划管理、接收预处理、精密定轨、运控通信、数据处理、产品存档及分发服务和业务应用在内的HY-2卫星数据处理中心,每天处理海洋动力环境产品并向国内外用户提供数据分发及应用服务。为了全面的介绍HY-2卫星地面应用系统,本文分别对地面应用系统中主要分系统的组成、功能和业务流程等进行了综述。

[关键词] HY-2卫星;地面应用系统;组成;功能;工作流程

[中图分类号] P711 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2014)06-0004-09

1 前言

海洋二号(HY-2)卫星是我国第一颗海洋动力环境探测卫星,主要应用目标是监测和探测全球海洋动力环境参数,包括海面风场、海面高度场、浪场、海流、海上风暴、潮汐、海洋重力场、大洋环流和海表温度场等重要的海洋参数,是海洋开发、利用、防灾减灾的重要监测、探测手段,填补了我国海洋动力环境卫星监测的技术空白,可直接为国民经济建设、灾害性海况预警、预报服务,为海洋科学研究、全球气候变化提供实测数据^[1]。

HY-2卫星地面应用系统是HY-2卫星工程五大系统之一,具备HY-2卫星数据的接收、处理、定标和验证,以及数据应用等功能。HY-2卫星的地面应用系统建立了稳定可靠运行的HY-2卫星接收系统,接收我国南海、东海、黄海、渤海及东北亚周边海域的实时数据;建设了包括多星运行计划管理、接收预处理、精密定轨、运控通信、数据处理、产品存档及分发服务和业务应用在内的HY-2卫星数据处理中

心,每天处理海洋动力环境产品并向国内外用户提供数据分发及应用服务。本文将对HY-2卫星地面应用系统的组成、功能及业务运行流程等方面分别进行介绍。

2 地面应用系统概述

2.1 系统组成和功能

HY-2卫星地面应用系统由接收预处理、资料处理、精密定轨、运控通信、辐射校正与真实性检验、产品存档与分发及业务应用分系统组成^[1](见图1)。

通过HY-2卫星地面应用系统的建设,可长期连续稳定地获取我国管辖海域、周边海域、极地及热点海域的全天时、全天候动态的全球海洋动力环境信息,为海洋灾害与环境动态监测、资源开发与保护、海洋权益维护、国民经济和可持续协调发展提供服务。为了满足海洋各领域的应用需求,HY-2卫星地面应用系统具备下述功能^[2]。

[收稿日期] 2014-04-09

[基金项目] 海洋公益性行业科研专项经费项目“自主海洋动力环境卫星微波遥感处理技术研究示范”(201105032)

[作者简介] 张有广,1971年出生,男,山东济南市人,研究员,博士,主要从事海洋遥感研究;E-mail: zhangyouguang@mail.nsoas.gov.cn

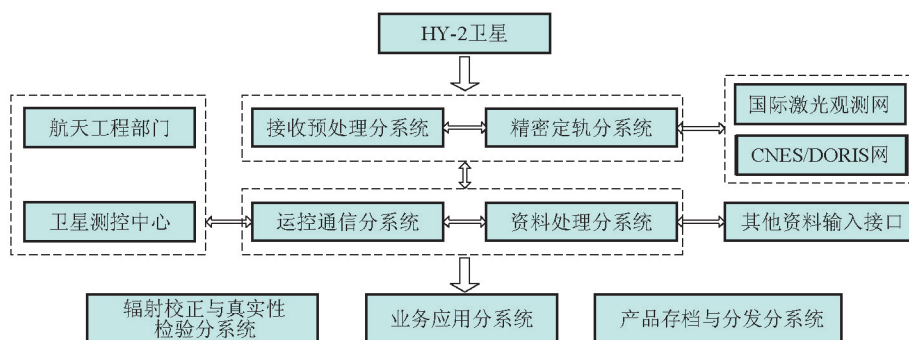


图1 HY-2卫星地面应用系统组成框图

Fig. 1 The structure of HY-2 satellite ground application system

1)按预定时间完成卫星轨道预报,制订HY-2等卫星探测计划,生成并传输卫星遥控指令。

2)实时接收HY-2卫星动力环境、监视监测遥感载荷探测的下行遥感数据,并对接收资料的质量具有动态监视能力。同时具备HY-1B卫星水色环境和有效载荷在轨运行状态下行数据的备份能力。

3)具有厘米量级的精密定轨数据处理能力。

4)建立与法国太空总署(CNES)下属多普勒雷达和无线电定位组合系统(DORIS)数据处理中心的互联网链接,实现DORIS系统的数据传输和精密定轨结果的实时传输。

5)具有获取国际激光观测网数据的能力。

6)由卫星资料预处理生成经过地理定位、辐射校正的1级产品。

7)基于国内外已有算法及算法研发成果,由卫星资料处理生成量化的海洋动力环境及监测要素的2、3级产品,并制作各类图像、图形等专题产品。

8)对星上各类遥感载荷进行辐射校正,对遥感反演结果进行真实性检验。

9)实现接收站、测控站之间的通信联系,并建立全系统运行的网络管理系统。

10)负责系统的时间统一、作业运行和指挥调度,统计分析系统运行的质量状况,遇有异常或突发事件,及时组织排障,保持全系统正常运行。

11)基于数据库管理系统和文件管理系统,建立系列卫星产品存档与分发系统,实现产品信息的远程查询和检索,对用户提供的数据分发服务。

12)建立业务应用分系统,为全国海洋用户服务。

2.2 主要技术指标

HY-2卫星地面应用系统是卫星工程中的五大

系统之一。整个卫星任务最终的成败和效益的发挥都取决于地面系统是否正常运行和是否达到了技术要求。HY-2卫星地面应用系统的主要技术指标如下。

1)具有稳定可靠运行的地面接收系统。

2)建立一个包括卫星载荷探测计划控制、多星运行管理、数据实时通信传输、数据预处理、多种产品制作、大容量存档、快速网络分发等功能完善、性能稳定、连续高效的数据处理中心,提高服务能力与业务水平。

3)实现我国海上微波遥感定标试验/检验,满足卫星在轨数据定标和数据真实性检验的需要,提高产品量化精度。

4)建成海洋动力环境信息提取、应用与监测业务化应用系统和综合服务系统。

5)全系统要达到全年每天24h连续业务化运行,系统可靠性要求达到99.6%。

6)整个系统要求实用、稳定、可靠、先进高效,满足业务化自动运行。

3 主要分系统功能组成和 workflows

3.1 接收预处理分系统

3.1.1 分系统组成

HY-2卫星接收预处理分系统由3个HY-2卫星地面接收站和1个HY-2卫星数据预处理子系统构成。各地面站承担HY-2卫星下传实时数据和延时数据的接收。预处理子系统负责各地面站接收的HY-2卫星数据的预处理,并生成0、1级产品。异地站接收的数据,通过运控通信分系统传到预处理子系统处理。接收预处理分系统总体结构如图2所示。

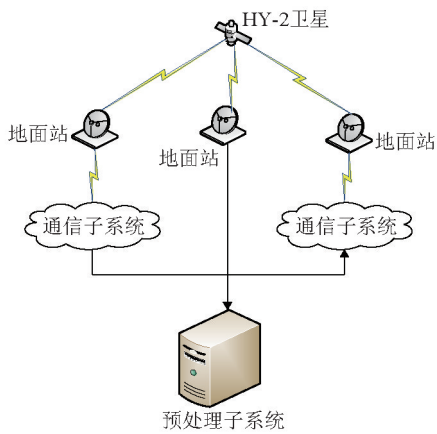


图2 接收预处理分系统结构图

Fig. 2 The structure of receiving and preprocessing subsystem

3.1.2 主要功能

1)接收HY-2卫星X频段下传的扫描微波辐射计、微波散射计、雷达高度计、校正微波辐射计、星载全球定位系统(GPS)数据和其他辅助数据。

2)兼容接收部分国内外海洋气象卫星数据,并实时显示。

3)对接收的多种卫星原始数据进行预处理,生成L0级和L1级产品,同时要对传感器覆盖范围生成投影图。

4)对HY-2卫星数传下行的卫星状态信息进行分析处理,对星载传感器状态信息进行分析处理,自动生成传感器和卫星状态报告。

5)自动生成系统运行报告。

6)能够进行历史数据重处理,原始数据查询管理,短期数据在线存储等。

3.1.3 工作流程

分系统根据任务计划完成卫星数据的接收和记录以及快视任务,具体流程如图3所示。同时,分系统根据调度指令进行数据预处理,完成L0级、L1级产品的生成,主要包括产品的定标、定位以及运行报告的生成,具体流程如图4所示。

3.2 资料处理分系统

3.2.1 分系统组成

HY-2卫星资料处理分系统主要由硬件系统和软件系统两部分构成。资料处理分系统硬件组成如图5所示。

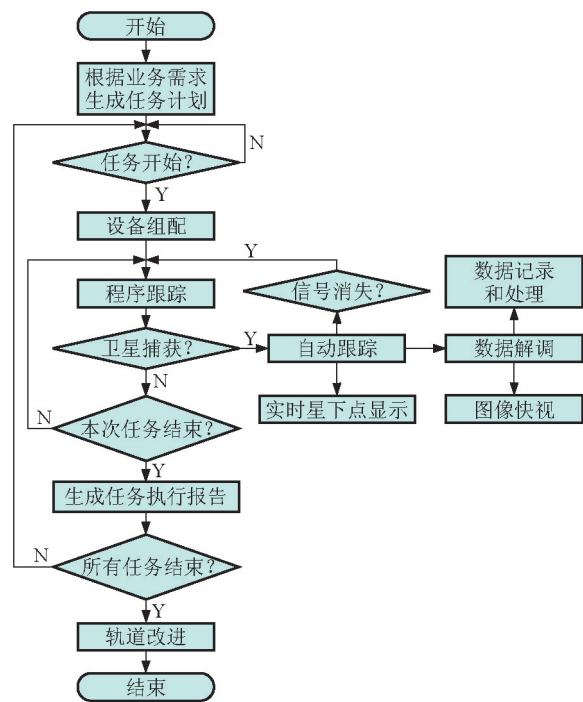


图3 地面站数据接收工作流程

Fig. 3 The work flow of ground station

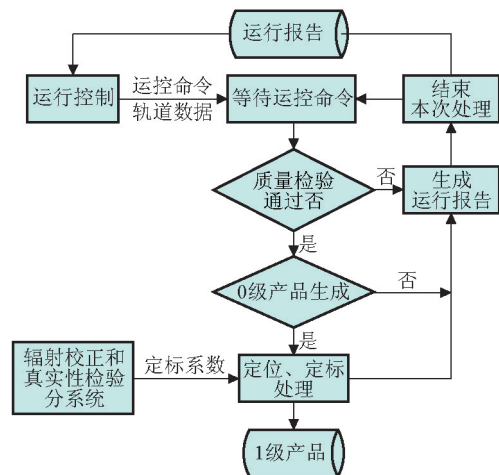


图4 预处理工作流程

Fig. 4 The work flow of data preprocessing

资料处理分系统软件系统建设的核心内容是资料处理专用软件的开发。HY-2卫星资料处理专用软件按载荷可以划分为4个主要功能模块或子系统,即雷达高度计数据处理子系统、校正微波辐射计数据处理子系统、微波辐射计数据处理子系统和微波散射计数据处理子系统,每个子系统分别负责处理其对应的有效载荷获取的遥感数据,并生成相应的L2、L3级数据产品。

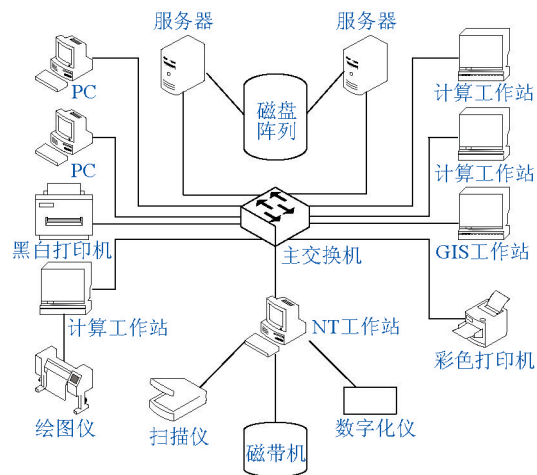


图5 资料处理分系统硬件组成

Fig. 5 The hardware structure of data processing subsystem

3.2.2 主要功能

HY-2 卫星资料处理分系统具有 5 项主要功能，具体功能如下。

1) 接收运控子系统的调度指令，执行相应的操作处理，返回处理情况信息和文件列表。

2) 获取接收预处理分系统生成的辐射定标和地理定位后的 L1B 级数据产品。

3) 接收来自精密定轨分系统的中等精度轨道星历 (medium accuracy orbit ephemeris, MOE) 和精密轨道星历 (precise orbit ephemeris, POE) 数据，并向其输入高度计 L2 级产品。

4) 获取资料处理过程中所需要的外部辅助数据。

5) 利用 4 个有效载荷资料处理算法和辅助数据，分别生成相应的 L2、L3 级数据产品，供产品存档与分发分系统调用。

3.2.3 工作流程

资料处理分系统基于国内外已有算法及算法研发成果，生成量化的海洋动力环境监测要素的 L2、L3 级产品，并制作各类图像、图形等专题产品。其主要业务流程是以接收预处理、精密定轨等分系统提供的 L1 级产品作为输入，并配合其他的输入辅助数据，通过海面高度、有效波高、海面风速、大气水汽含量、云中液态水、海冰、海面风矢量和海面温度等参数反演算法，生产 HY-2 卫星的 L2、L3 级资料产品，其工作流程如图 6 所示。

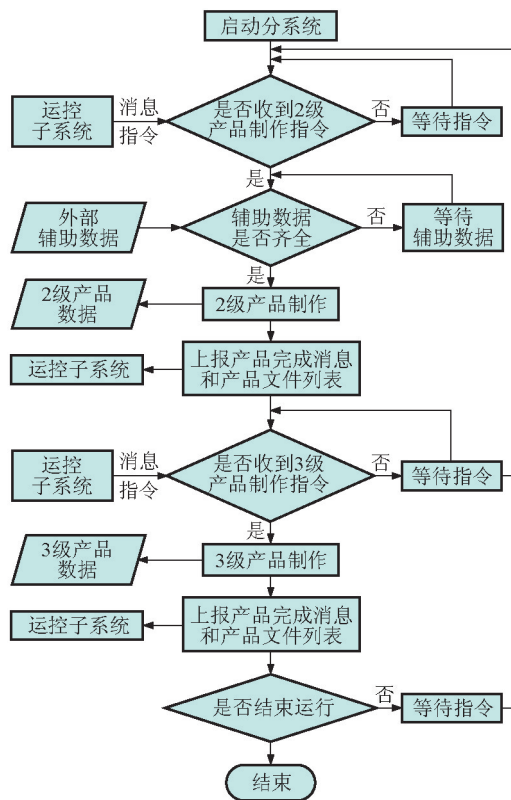


图6 资料处理分系统工作流程

Fig. 6 The work flow of data processing subsystem

3.3 精密定轨分系统

3.3.1 分系统组成

HY-2 卫星作为我国海洋监测网的重要组成部分，将载有雷达高度计、雷达散射计和微波辐射计以及国产双频 GPS 接收机、DORIS 接收机、激光反射棱镜等设备，精密轨道计算结果直接影响雷达高度计的海面高度计算精度，HY-2 卫星地面应用系统中的精密定轨分系统主要使用星上双频 GPS 数据，星上 DORIS 数据及全球激光观测数据进行卫星轨道确定。精密定轨分系统的总体架构图如图 7 所示，整个系统包含 5 个子系统：GPS 观测资料支撑子系统，激光观测资料支撑子系统，DORIS 观测资料支撑子系统，数据传输交换子系统和精密轨道计算子系统。

3.3.2 主要功能

HY-2 卫星地面应用系统精密定轨分系统主要功能如下。

1) 与精密定轨相关的 0A 级数据解包预处理功能。

2) 双频 GPS 一级产品 RINEX 2.2 格式数据生成功能。

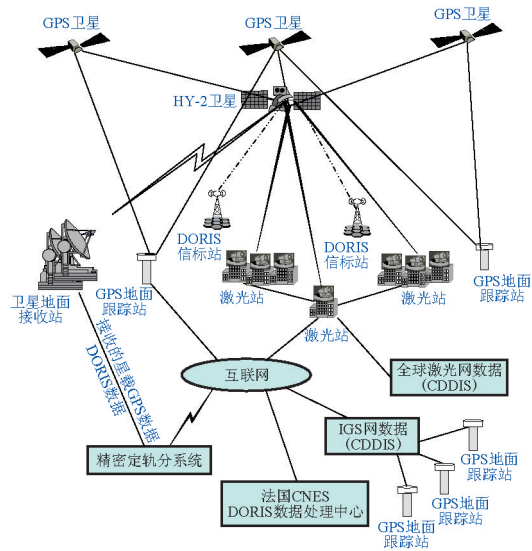


图7 精密定轨分系统总体架构图

Fig. 7 The structure of precise orbit determination subsystem

- 3) 中法HY-2卫星地面系统数据传输交换功能。
- 4) 精密轨道计算所需各种数据文件的收集准备和数据管理功能。
- 5) 卫星轨道计算功能。
- 6) 高度计交叉点数据处理功能。
- 7) 轨道精度内、外部验证功能。

8) 轨道数据插值和坐标转换功能。

3.3.3 工作流程

分系统自动从HY-2共享盘阵获取HY-2卫星原始数据,对原始数据进行解包,同时将解包后的卫星姿态数据、DORIS遥测数据存储在精密定轨盘阵;从HY-2共享盘阵获取的高度计和校正微波辐射计产品存储在精密定轨盘阵;解包后的卫星姿态数据、DORIS遥测数据通过物理网闸内网和外网的交互后,通过数据交换服务器传给法国CNES。法国将生成的DORIS RINEX3.0格式的产品以及MOE和POE产品通过数据交换服务器再传送给NSOAS。精密定轨需要输入的GPS数据、激光数据以及其他需要更新的辅助输入数据通过外网下载更新后,经数据收集服务器传送到精密定轨内网盘阵。国内激光站的数据修正以及轨道预报通过数据交换服务器传送到卫星地面应用系统精密定轨盘阵,卫星轨道机动文件通过数据交换服务器传送到国际激光网以及国内激光站。精密定轨计算软件通过轮询获取需要的输入数据进行精密定轨计算,同时将输出产品存储于精密定轨盘阵。精密定轨基本流程如图8所示。

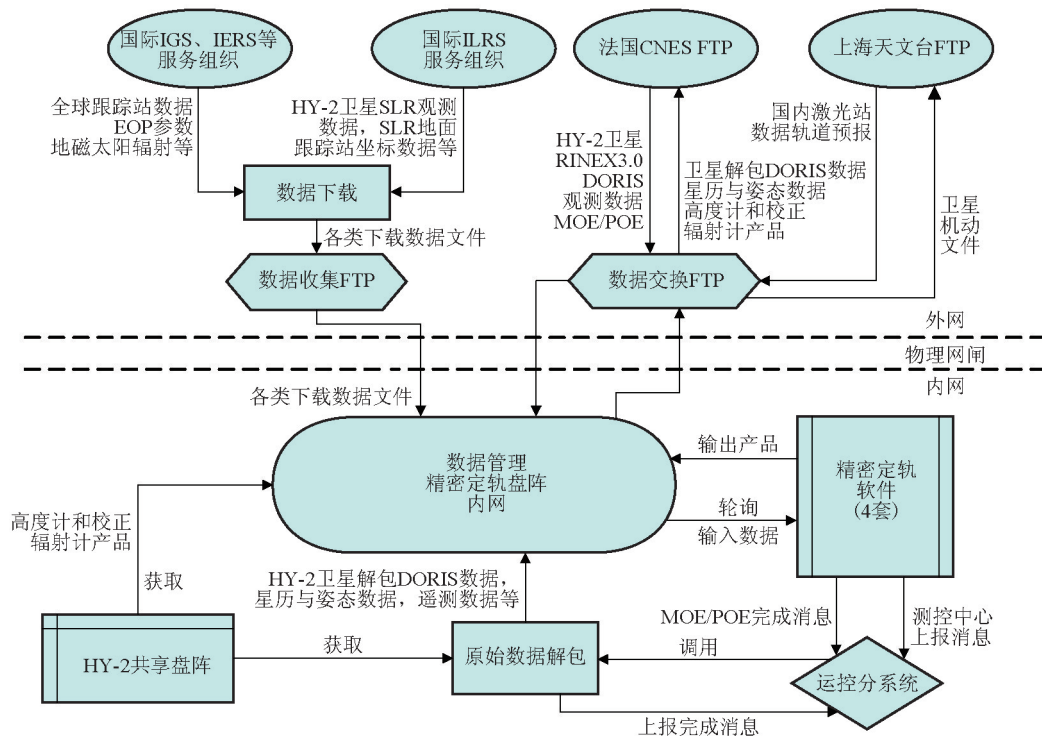


图8 精密定轨基本流程图

Fig. 8 The work flow of precise orbit determination

3.4 产品存档与分发子系统

3.4.1 分系统组成

本系统由产品存档和资料分发两个子系统构成,为了保证数据的安全性,产品存档和资料分发子系统采用网闸隔离的方式。存档子系统结构如图9所示。

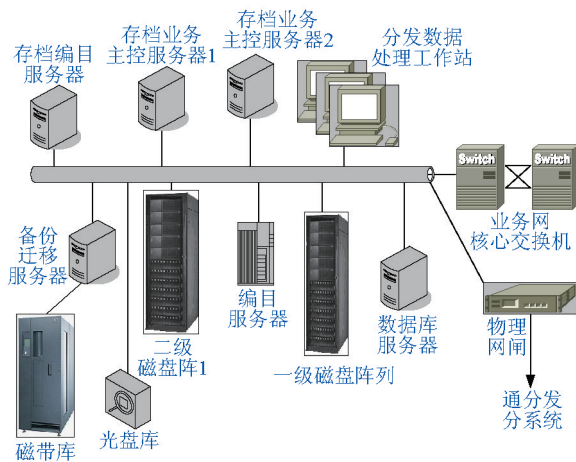


图9 存档子系统结构图

Fig. 9 The structure of archiving subsystem

分发子系统基于产品库和产品信息库,建立用户查询检索、订单管理和客户管理的方法,并根据用户需求,从存档产品信息数据库中调出相关的产品数据资料进行相应的加工,通过内部局域网、人工方式或互连网络(E-mail或FTP)将产品分发给用户,同时更新用户数据库的用户服务记录。产品分发子系统还具有制作各类介质产品(磁/光介质及影像产品)的能力,以满足不同用户的需求。分发子系统结构如图10所示。

3.4.2 工作流程

产品存档的主要业务流程是:先从接收分系统获取原始数据、L0级产品数据及1级产品数据,从资料处理分系统获取L2、L3级产品、元数据文件及对应的产品快视图,从应用示范分系统获取L3级产品、元数据文件及对应的产品快视图加载至产品库、产品影像库和产品信息库,同时将原始数据和L0~L3级数据产品保存在二级磁盘和三级磁盘上,供分发子系统调用。

产品分发的主要工作流程是:通过物理网闸将各级产品的元数据文件及对应的产品快视图放在

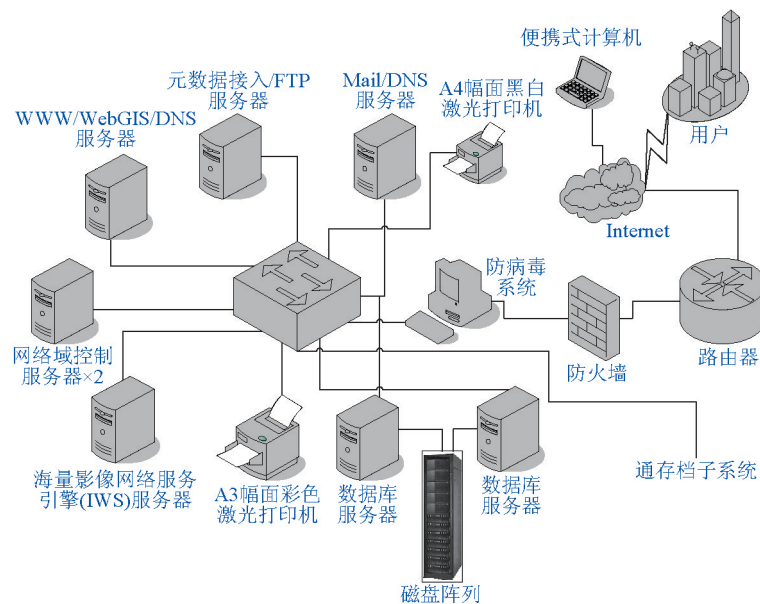


图10 分发子系统结构图

Fig. 10 The structure of distributing subsystem

外网中,通过数据接入子系统自动生成外网产品信息检索数据库及产品影像库,建立用户查询检索子系统、订单管理子系统和客户管理子系统,根据用

户查询检索形成的订单文件,通过分发处理接口子系统在内网的存档产品库自动获取相关的产品数据,并在内网根据用户需求进行相应的加工处理

后,形成介质产品(磁/光介质),然后通过人工邮寄方式或互连网络(E-mail或FTP)将产品分发给用户,同时更新用户数据库的用户服务记录。产品存档与分发分系统业务流程如图11所示。

3.4.3 主要功能

子系统按照业务需要,将HY-2卫星原始数据及各级产品数据文件进行统一的自动存档管理,自动生成分类的产品库和产品信息库。内部工作人员通过存档服务平台,实现产品数据的查找定位及获取。通过订单处理服务系统实现产品数据向固定、授权用户进行产品分发。通过访问面向广域网的数据查询检索服务系统,外部网络用户可以及时了

解存档数据产品状况,以及产品数据质量等相关服务信息;通过产品数据订购服务来提交产品数据申请;通过影像下载服务,可以免费获取期望的影像文件(仅供浏览和一般应用)。

3.5 业务应用分系统

3.5.1 分系统组成

HY-2卫星业务应用分系统由硬件及网络系统、系统软件、商业软件和自主开发的6个业务应用子系统4部分组成。HY-2卫星业务应用分系统组成结构框图如图12所示。

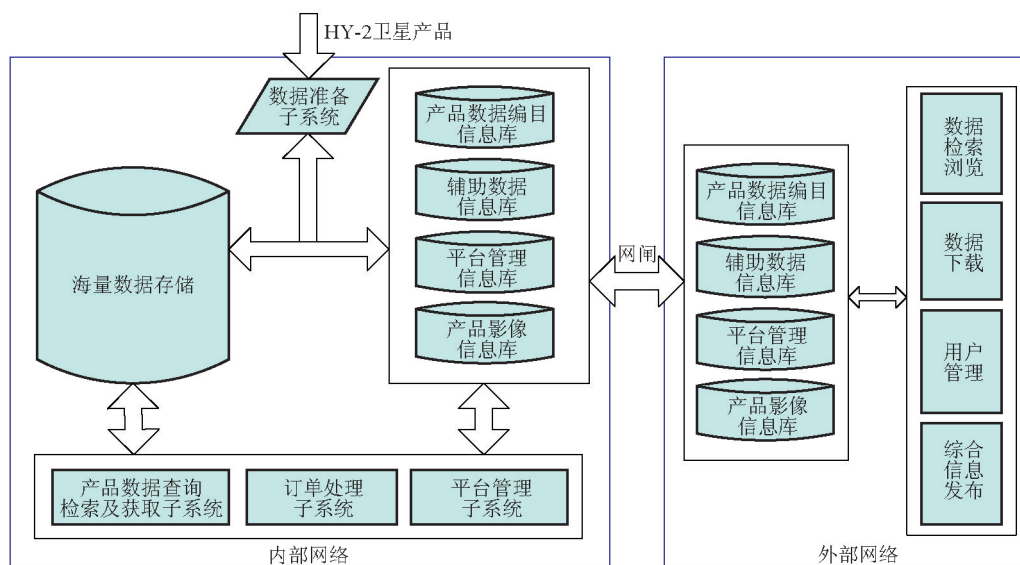


图11 产品存档与分发分系统业务流程图

Fig. 11 The work flow of archiving and distributing subsystem

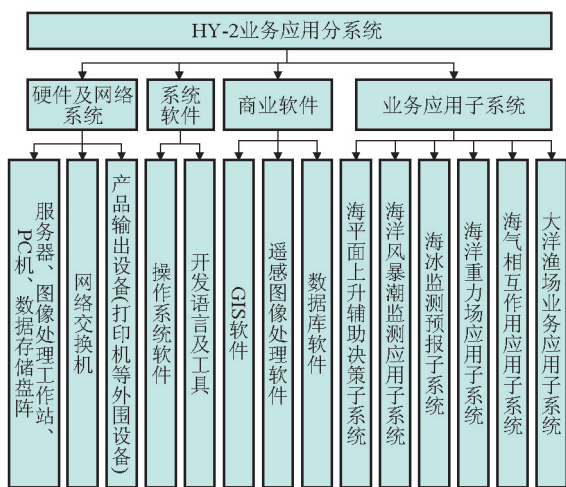


图12 业务应用分系统组成结构框图

Fig. 12 The structure of application subsystem

业务应用分系统由海平面上升辅助决策子系统、海洋风暴潮监测应用子系统、海冰监测预报子系统、海洋重力场应用子系统、海气相互作用应用子系统和大洋渔业业务应用子系统6个子系统组成。系统软件根据各子系统的不同研究内容和功能,实现数据处理和应用成果的Web发布等功能。

3.5.2 主要功能

业务应用分系统主要包括以下3方面的功能。

1) 提供海洋动力环境信息产品。通过建立海平面上升辅助决策、风暴潮监测、海冰监测、海洋重力场应用、海气相互作用应用和大洋渔场业务应用6个应用子系统,全面开展HY-2卫星数据应用工作,生产制作相应的监测、预报和评价等HY-2卫星L4应用产品,满足我国海洋管理、海洋环境预报、海

洋灾害监测、海洋公益服务、海洋安全和海洋科学研究等各方面的信息需求。

2)开展HY-2卫星产品数据质量的应用评价。业务应用分系统是地面应用系统的最后一个环节,也是HY-2卫星成果的主要展示窗口之一,其应用效果受到前端各分系统的影响,同时也能对前端产品质量进行评价。业务应用分系统将应用评价结果反馈给数据预处理、定标与真实性检验以及资料处理等分系统,进而保障卫星产品质量的科学性和可靠性。

3)展示HY-2卫星的应用能力,并进一步挖掘HY-2卫星的应用潜能。

3.5.3 工作流程

业务应用分系统通过获取HY-2卫星的L2级和L3级产品,结合其他辅助数据作为业务应用分系统的输入;经过质量控制等预处理后,分别进入业务应用分系统的6个子系统(海平面上升辅助决策子系统、海洋重力场应用子系统、海冰监测预报子系统、海气相互作用应用子系统、大洋渔业业务应用子系统和风暴潮监测应用子系统)进行相关处理,生成HY-2卫星L4级产品;对HY-2卫星L4级产品进行专题产品图制作,生成相应产品的专题产品图;L4级产品和专题产品图通过数据接口在产品存档与分发分系统中进行存档与分发;同时根据HY-2卫星L4级产品和产品专题图的应用效果对其进行精度和应用能力评价。业务应用分系统工作流程如图13所示。

4 结语

HY-2卫星是我国第一颗海洋动力环境卫星,2011年8月16日在太原卫星发射中心由长征四号火箭成功发射。HY-2卫星搭载雷达高度计、微波散射计和扫描微波辐射计3个主载荷,能够全天时、全天候获取包括海面风场、浪高、海流、海温等多种海洋动力环境参数,直接为灾害性海况预警预报提供实测数据,并为海洋防灾减灾、海洋权益维护、海洋资源开发、海洋环境保护及海洋科学研究等提供支撑服务。HY-2卫星地面应用系统在卫星经济和社会效益的发挥方面起了重要作用,

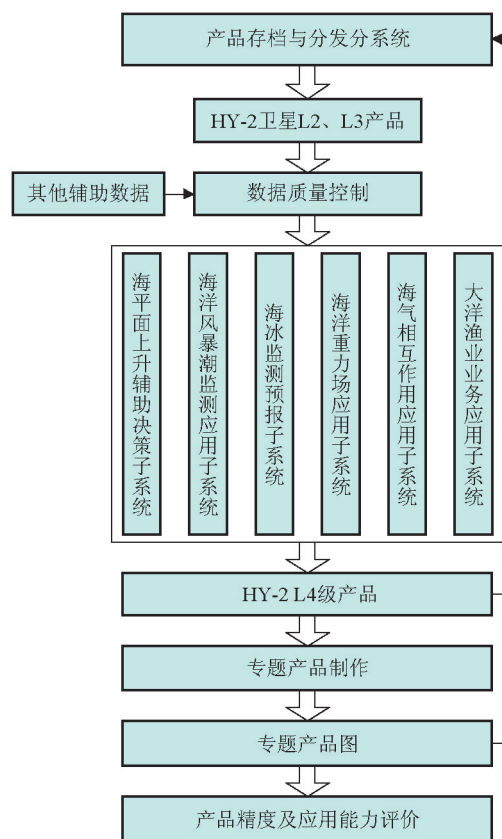


图13 业务应用分系统工作流程

Fig. 13 The work flow of application subsystem

自卫星发射至今地面应用系统的各项指标均满足设计要求,已进入业务化运行阶段。截至目前HY-2卫星已在轨运行2年4个月,地面应用系统持续向国内外海洋管理部门、科研院所和航天部门等单位提供了数据分发服务,卫星数据产品已逐步在海洋防灾减灾、海洋环境预报、海洋资源开发、海洋科学研究及国际合作等领域发挥了显著作用,取得了极大的社会效益和经济效益^[3]。

参考文献

- [1] 蒋兴伟,林明森. 海洋动力环境卫星基础理论与工程应用[M]. 北京:海洋出版社,2013.
- [2] 蒋兴伟. 2013年中国海洋卫星应用报告[R]. 北京:国家海洋局,2013.
- [3] Jiang Xingwei, Lin Mingsen. Ocean observation from Haiyang Satellites: 2012-2014[R]. Space science activities in china national report, 2013.

An overview of HY-2 satellite ground application system

Jiang Xingwei, Lin Mingsen, Zhang Youguang

(National Satellite Ocean Application Service, Beijing 100081, China)

[Abstract] The HY-2 satellite ground application system is one of five HY-2 satellite project systems, which has the function of satellite data receiving, processing, calibration and validation, and data application etc. HY-2 satellite ground application system has steady receiving system, which can receiving real time data in the waters around China. In addition, it has some subsystem, such as data preprocessing, processing, precise orbit determination, data archiving and distribution, data application etc., which can processe all level data of the HY-2 satellite and distribute to user every day. In this paper, it is shown an overview of HY-2 satellite ground application system and an introduction to some main subsystem of HY-2 satellite ground application system, such as subsystem structure, function and operational flow etc.

[Key words] HY-2 satellite; ground application system; system structure; function; work flow