

# 基于出口遥感卫星移动接收站站监控软件设计

李爽

(航天恒星科技有限公司, 北京 100086)

**摘要:** 对于出口国际的遥感卫星移动接收站, 监控软件负责完成整站任务规划与调度、轨道预报、数据管理以及设备集中监视和控制; 针对有人值守无人操作的遥感卫星移动接收站的运行特点和任务需求, 制定遥感卫星数据接收优先级和任务筛选规则, 按需采集地理位置信息, 定时通过以太网获取最新卫星轨道数据, 自动规划遥感卫星数据接收任务, 利用任务节点矩阵驱动数据接收流程, 自动化控制和调度移动站内各系统完成遥感卫星数据接收工作; 在实际应用中提高了遥感卫星移动站的利用率, 避免了人工操作降低系统运行效率, 保障了遥感卫星数据接收的全覆盖, 实现了有人值守无人操作的全自动化运行。

**关键词:** 遥感卫星; 移动站; 无人操作; 自动运行; 任务规划; 任务调度

## Design of Station Monitoring Software for Mobile Receiving Station Based on the Exported Remote Sensing Satellite

LI Shuang

(Space Star Technology Co., Ltd., Beijing 100086, China)

**Abstract:** For remote sensing satellite mobile receiving stations for exporting international users, the station monitoring software is responsible for completing the whole station task planning and scheduling, orbit prediction, data management, and centralized monitoring and control of equipment. Aimed at the operational characteristics and task requirements of the manned and unmanned operation remote sensing satellite mobile receiving station, the remote sensing satellite data receiving priority and task screening rules are developed, the required geographic location information is collected to regularly obtain the latest satellite orbital data through Ethernet, automatically plan the remote sensing satellite data receiving task, and the task node matrix is used to drive the data receiving process, automatically control and dispatch the systems in the mobile station to complete the receiving task of remote sensing satellite data. In practical application, the utilization rate of the remote sensing satellite mobile station is improved to avoid the manual operation, reduce the system operation efficiency, guarantee the full coverage of remote sensing satellite data reception, and realize the fully automatic operation of the manned and unmanned operation remote sensing satellite mobile receiving station.

**Keywords:** remote sensing satellite; mobile station; unmanned operation; automatic operation; mission planning; task scheduling

## 0 引言

2011年4月10日HJ-1A卫星泰国接收站工程建设项目在泰国曼谷验收交付, 是我国首次实现了卫星遥感地面接收站整套系统海外出口, HJ-1A卫星地面系统对卫星遥感数据进行接收数据、处理和分发<sup>[1]</sup>。2012年9月29日, 我国为委内瑞拉发射委内瑞拉遥感卫星一号, 这是我国首次向国际用户提供遥感卫星整星出口和在轨服务, 建设遥感数据接收地面固定站, 后为巴基斯坦发射遥感卫星巴遥一号, 为其建设遥感卫星数据接收固定站和移动车载接收站, 以及援乌拉圭气象车载移动站和援博茨瓦纳气象车载移动站等, 实现了遥感卫星移动接收站的自动化运行调度和数据接收。

卫星数据移动接收站具备地面接收覆盖区域大、机动接收能力强, 满足遥感卫星全天候、全天时数据接收的要求<sup>[3]</sup>。考虑室外天线的物理环境和电磁环境, 移动接收站

在确保通信业务稳定运行情况下, 选择地貌条件好, 周边无建筑物遮挡的位置停靠便可根据数据接收任务进行遥感卫星数据接收<sup>[4]</sup>。移动接收站执行的数据接收任务来自外部业务运行系统, 但是民用移动接收站通常无外部业务运行系统为其发送遥感卫星数据接收任务, 需要人工操作创建数据接收任务, 任务创建操作繁琐, 不能有效利用接收站的接收能力。针对无外部业务运行系统的移动接收站, 提出了能够以自动规划工作模式运行的站监控软件设计, 实现定时启动任务规划作业为移动接收站规划加载遥感卫星数据接收任务, 自动化调度天伺馈子系统、信道子系统和记录与快视子系统进行遥感卫星数据接收及数据处理。提高了移动接收站的利用率, 保障卫星数据接收的持续性。

## 1 移动接收站站监控软件需求分析

移动接收站包括站监控子系统、天伺馈子系统、信道子系统、记录与快视子系统、资料处理子系统以及技术支

收稿日期: 2023-01-27; 修回日期: 2023-03-01。

作者简介: 李爽(1988-), 女, 大学本科, 工程师。

引用格式: 李爽. 基于出口遥感卫星移动接收站站监控软件设计[J]. 计算机测量与控制, 2023, 31(11): 142-150.

持子系统<sup>[5-6]</sup>，移动接收站系统组成如图 1 所示。技术支持子系统的时统设备<sup>[7]</sup>向移动接收站提供授时和站址服务。站监控子系统根据卫星数据接收任务自动化调度天馈馈子系统、信道子系统、记录与快视子系统进行遥感卫星数据接收，实时监视接收站内各子系统硬件设备的状态信息和故障信息。为提高移动接收站全自动化运行水平，实现有人值守无人操作的工作模式，对站监控子系统站监控软件的技术要求包括了支持本地和远程任务、数据管理、轨道预报、监控管理和任务调度<sup>[8-9]</sup>。

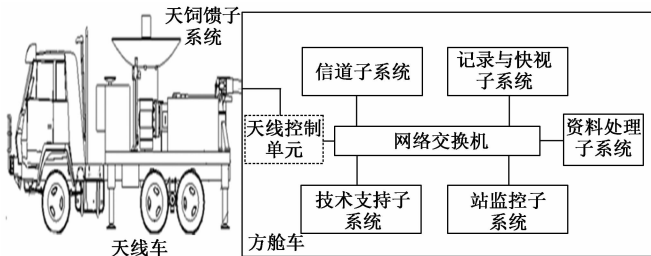


图 1 移动接收站系统组成结构图

1) 支持远程和本地任务：移动接收站本地使用轨道预报服务定时或人工计算遥感卫星数据接收任务，或者将移动接收站接入外部业务运行系统工作环境，接收业务运行系统远程下发的卫星数据接收任务。

2) 数据管理：主动连接轨道数据参数网站下载卫星轨道数据并存储管理，通过时统设备获取接收站站址信息并

存储管理，根据数据维护策略自动化完成各类数据的管理。

3) 监控管理：通过可视化界面集中监控设备状态和工作参数，执行卫星数据接收任务自动化配置设备工作参数。

4) 轨道预报：利用卫星轨道数据和站址信息计算卫星数据接收任务和轨道预报数据。

5) 任务调度：执行卫星数据接收任务，利用任务节点矩阵驱动数据接收流程，自动调度站内各子系统完成数据接收工作。

## 2 关键技术设计

站监控软件主要由监控管理、轨道预报、数据管理、任务规划、任务调度和图形界面组成如图 2 所示。站监控软件以 C/S 架构设计，采用面向服务的设计思想，基于 OSGI (open service gateway initiative) 技术实现，将软件组件服务化，使应用服务具备可插拔特性<sup>[10-11]</sup>，图形界面为站监控软件的前端界面显示模块，其他组成站监控软件的后台服务组件，部署于站监控服务器，后台服务组件的运行环境适用于 Windows 和 Linux 平台<sup>[12]</sup>。在网络环境允许的情况下，在任何计算机终端部署前端界面显示模块都可通过网络与站监控服务器上部署的后台服务进行数据通信，实现远程操作，监视和控制站内各子系统设备的运行状态和工作参数。站监控软件定时启动任务规划作业，从数据管理中获取当前移动接收站的坐标位置和卫星轨道数据，调用轨道预报进行卫星任务计算，根据卫星接收优先级、规划筛选规则以及时间冲突检测，编排加载卫星接收

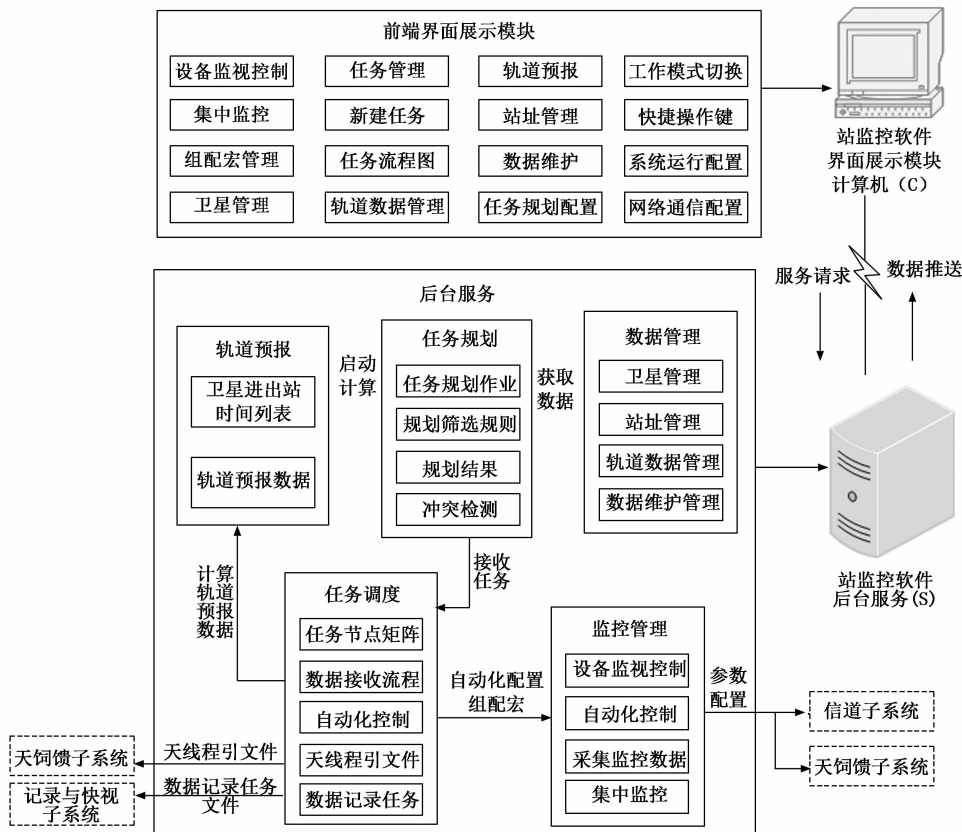


图 2 站监控软件组成关系图

任务,同时向前端界面推送规划结果列表,并由任务管理界面负责显示接收站所有接收任务信息。接收站执行卫星数据接收任务,由站监控软件的任务调度统一触发各服务组件工作,监控管理自动化设置各子系统设备工作参数,轨道预报为天馈子系统计算天线程引文件,向记录与快视子系统发送数据记录任务,调度接收站各子系统完成卫星数据接收任务。

### 2.1 工作模式设计

根据卫星数据接收任务来源,站监控软件设计两种工作模式,自动规划模式和入网运行模式如图 3 所示。站监控软件设置为单模式运行,数据接收任务为自动化创建或远程接收,同时支持人工操作任务创建功能界面计算生成数据接收任务,加载并执行卫星数据接收工作。

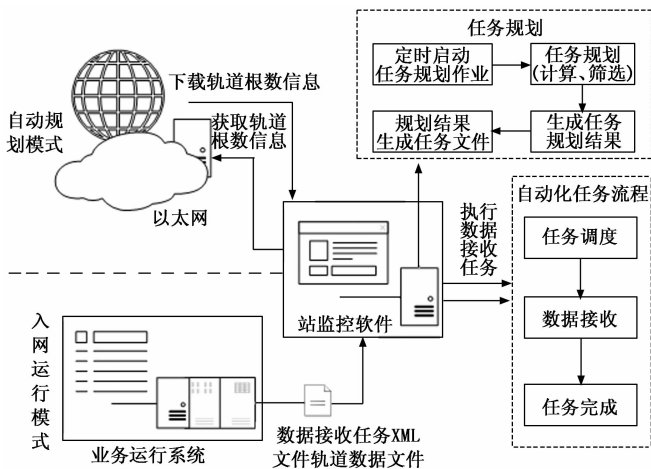


图 3 工作模式设计图

动化调度工作。站监控软件与接收站内各子系统接口形式为 SOCKET+XML,通过文件传输协议(FTP, file transfer protocol)向站内子系统发送任务信息 XML 文件,接收子系统传输的 XML 回执文件。通过 SOCKET<sup>[13]</sup>与站内各子系统完成监控通信。

#### 2) 入网运行模式:

入网运行模式是指移动接收站接入外部业务运行系统工作环境,外部业务运行系统向移动接收站发送卫星数据接收任务。

在移动接收站需要变更地理位置执行入网运行模式前,操作员通过前端界面一键取消站监控软件加载的全部未执行任务,在移动接收站确认停靠位置后,一键切换入网运行模式,站监控软件通过技术支持子系统上报的监视信息获取移动接收站地理位置,更新接收站的站址信息。入网运行模式下接收的卫星接收任务优先级较高,如移动接收站本地创建卫星数据任务与业务运行系统下发的远程任务时间冲突,则进行自动取消,加载业务运行系统下发的卫星数据接收任务,加载完成启动任务准备节点时间戳,定时执行任务调度流程。

业务运行系统通过 FTP 向站监控软件传输卫星接收任务 XML 文件。站监控软件接收到卫星数据接收任务文件解析读入,生成任务接收回执 XML 文件,向业务运行系统的 FTP 传输文件,通知业务运行系统卫星数据接收任务接收结果。

### 2.2 数据管理设计

数据管理主要是卫星信息、站址信息、卫星轨道数据的管理以及其他各类数据的自动化维护与管理。站址信息和轨道数据是轨道预报时的输入信息,站址信息的正确性和卫星轨道数据的时效性决定了移动站卫星数据接收任务规划的有效性。

#### 1) 卫星信息管理:

卫星信息管理是移动接收站支持数据接收的卫星信息的管理。卫星信息包括北美防空司令部(NORAD)给出的卫星编号、卫星代号、卫星系列及任务规划标识等信息,站监控软件使用卫星编号和卫星代号为输入条件,从以太网自动获取轨道数据。

#### 2) 轨道数据管理:

轨道数据管理主要对两行数据进行管理,轨道数据主要来自以太网和外部业务运行系统。在站监控软件的工作模式为自动规划模式时,定时通过以太网获取卫星的轨道数据,将网络数据流写入文件,放入站监控软件的文件工作目录,站监控软件对卫星的轨道数据文件进行读取存储。当移动接收站接入外部业务运行系统工作环境时,由外部业务运行系统将卫星两行数据文件通过 FTP 传输给站监控软件,站监控软件对轨道数据文件读取存储。除了自动化获取卫星轨道数据,支持通过轨道数据管理界面手动输入轨道数据。

#### 3) 站址信息管理:

站址信息管理是对移动接收站当前地理位置信息的管

#### 1) 自动规划模式:

自动规划模式是指移动接收站的工作环境没有外部业务运行系统为其下发卫星数据接收任务,利用站监控软件计算卫星数据接收任务。

在移动接收站需要变更地理位置执行自动规划模式前,操作员通过前端界面一键取消站监控软件加载的全部未执行任务,移动接收站确认停靠位置后,通过前端界面设置工作模式为自动规划模式,通过一键触发启动任务规划作业,立即规划接收站卫星数据接收任务,向技术支持子系统获取移动接收站的地理位置信息,包括经度、纬度和高度,获取卫星信息列表,根据最新的站址信息和轨道数据计算卫星数据接收任务表,对所有卫星任务信息进行优先级排序、规划筛选规则以及时间冲突检测形成最终的移动接收站卫星数据接收任务,通过任务管理界面查看站监控软件规划加载的卫星数据接收任务列表。

站监控软件的工作模式为自动规划模式时,定时启动卫星数据接收任务规划作业,将规划完成的卫星数据接收任务形成可扩展标记语言(XML, EXtensible markup language)任务文件,放置在站监控软件的文件工作目录,站监控软件对任务文件解析读入,创建任务接收调度流程,启动任务准备节点时间戳,定时触发接收任务流程完成自

理,包括经度、纬度和高度。站址信息通过技术支持子系统中时统设备获取,时统设备每秒主动向站监控软件上报时间信息和地理位置信息。站址信息更新有两种情况,一种是切换工作模式或一键启动任务规划作业时,站监控软件会根据时统设备上报信息自动更新保存站址信息,另一种是通过站监控软件站址管理界面,人工触发站址获取按钮,自动获取时统设备上报的地理位置信息更新站址信息,同时允许使用编辑按钮手动编辑站址信息。

#### 4) 信息自动化维护和管理:

信息自动化维护是对站监控软件中各类文件以及数据库内存储的数据进行自动化管理和维护。对站监控软件的配置信息进行周期性备份管理,防止服务器异常文件损害,操作失误修改配置信息,影响软件正常运行等。根据预置的维护策略,对各类文件和数据库中的数据进行自动化删除,避免数据过多占用存储空间。信息的自动化维护策略全部可配置,根据文件和数据的存储时效范围,超过一定时间的文件和数据定时自动删除,同时支持通过信息自动化管理界面人工一键维护数据。

### 2.3 轨道预报设计

轨道预报主要是卫星数据接收任务计算和轨道预报数据计算。站监控软件利用站址信息、卫星两行数据和预报时间范围生产输入文件,调用轨道预报服务,计算卫星数据接收任务或轨道预报数据文件。

#### 1) 卫星数据接收任务计算:

卫星数据接收任务计算包括手动计算和自动计算。手动计算是人工操作站监控软件的任务创建功能界面,选择计算时间范围,获取站址信息和卫星最新轨道数据开始计算,由轨道预报服务计算卫星进出站时间信息,并在计算结果列表中显示,选取符合需求的卫星进出站时间记录,生成卫星数据接收任务。自动计算是站监控软件在自动规划工作模式下,由自动规划作业调度轨道预报服务,计算卫星数据接收任务。

#### 2) 轨道预报数据计算:

轨道预报数据计算包括手动计算和自动计算。手动计算是人工操作站监控软件的天线轨道数据预报功能界面,选择任务时间范围,获取站址信息和卫星最新轨道数据计算轨道预报数据文件。自动计算是在卫星数据接收任务流程中自动调度,由任务准备节点时间戳触发轨道预报数据的自动计算,计算完成向天馈子系统发送轨道预报数据文件,等待任务执行。

### 2.4 任务规划设计

任务规划是指站监控软件的任务规划作业,在工作模式是自动规划模式时会定时启动任务规划作业,由任务规划作业完成整个移动接收站的卫星数据接收任务规划。任务规划时间范围默认是 2 天,仅对设置有任务规划标识的卫星进行任务规划,任务规划作业每天定时执行,作业流程启动主动从以太网获取卫星最新的轨道数据,轨道数据下载存储完成,开始计算卫星进出站时刻表,检查轨道数

据是否为 7 日内的轨道数据,如果存在则继续计算,否则进行计算告警提示,取消该卫星的任务规划,根据卫星优先级、规划筛选规则和时间冲突检测对所有卫星进出站时间计算结果进行任务编排,形成最终的任务规划结果信息表,将列表中每条信息生成一个卫星数据接收任务文件,站监控软件对所有任务文件解析加载,创建任务准备节点时间戳,定时启动任务执行流程,卫星任务规划流程如图 4 所示。

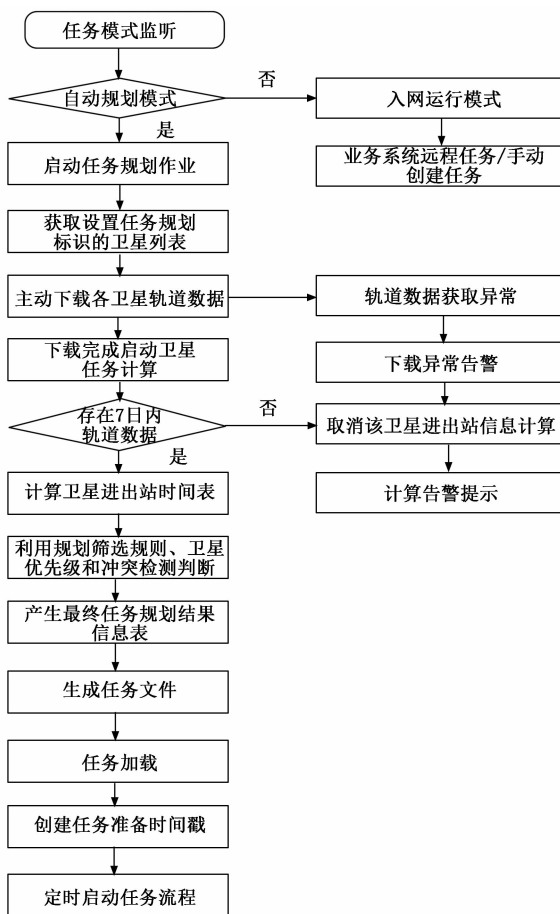


图 4 卫星任务规划流程图

#### 1) 任务规划筛选规则:

站监控软件在自动规划模式下,根据卫星优先级设置、预置的规划筛选规则和时间冲突检测,对每颗卫星进行进出站时间计算。卫星优先级设置是指接收站对卫星数据接收优先级设置,优先级最高的卫星接收其全部符合规划条件的数据接收任务。规划筛选规则包括卫星进出站过境时间差和卫星过境时间段最高仰角度数值域。时间冲突检测包括卫星过境时间段和两颗卫星过境时间差的冲突检测。

每颗卫星的起始计算角度默认为 3 度,在计算结果中筛选出卫星进出站时间差大于 10 分钟,最高仰角大于 15 度的过境时间信息,根据卫星优先级规则,将优先级最高的卫星进出站时间筛选结果全部放入任务规划结果信息表中,优先级低的卫星筛选出的进出站时间信息表与任务规划结果信息表中的卫星进出站时间进行过境时间冲突检测,并

判断上一颗卫星的出站时间和下一颗卫星的进站时间必须相隔 5 分钟, 满足上述条件的进出站时间信息将被存入任务规划结果信息表中, 将每颗卫星的进出站时间表依次与任务规划结果信息表进行时间冲突检测, 直到所有的卫星遍历完成, 形成最终的任务规划结果信息表如图 5 所示。

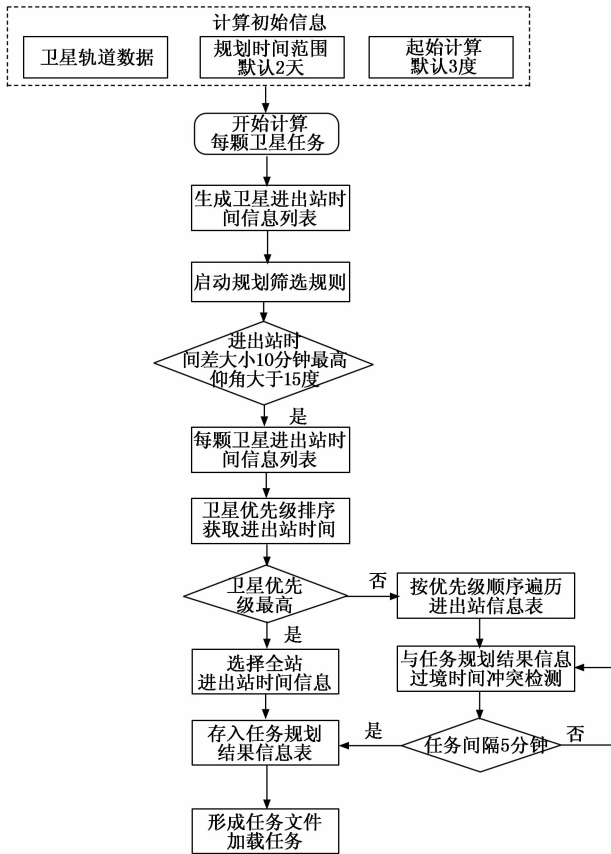


图 5 任务规划筛选

2) 任务冲突检测:

在入网运行模式下, 站监控软件接收业务运行系统发送的远程卫星数据接收任务, 并调度站内各子系统完成卫星数据接收。站监控软件设置入网运行模式下接收的远程任务优先级最高, 本地创建的任务优先级低于远程任务, 远程任务与本地创建任务冲突检测, 时间冲突会自动取消本地创建任务, 加载远程任务。如果业务运行系统发送的远程数据接收任务与站监控软件已经加载的远程任务时间冲突, 那么站监控软件将拒绝加载该任务, 生成接收结果文件填写任务拒绝原因, 向业务运行系统发送, 任务冲突检测如图 6 所示。对于冲突的远程任务, 站监控软件支持远程取消后再传输新的任务。

2.5 监控管理设计

监控管理主要是实时监视接收站内各子系统硬件设备的工作参数和状态, 在数据接收任务流程中自动对各子系统设备参数进行控制, 对设备的关键参数提供集中监控, 周期性采集设备的综合状态, 对设备故障信息进行故障定位和告警提示, 站监控软件监控管理如图 7 所示。

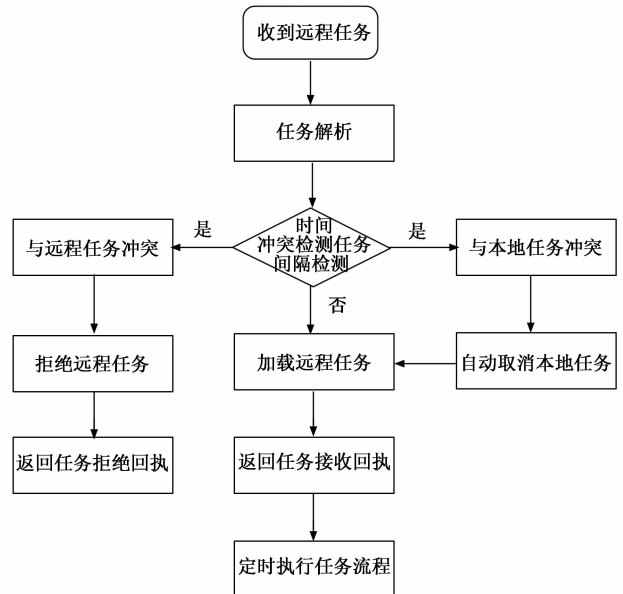


图 6 任务冲突检测

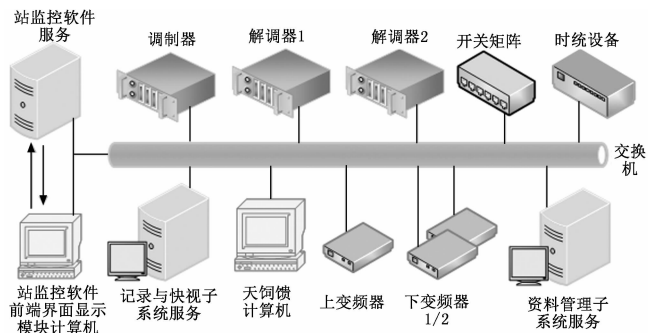


图 7 站监控软件监控管理示意图

1) 设备远程监控:

设备远程监控是站监控软件与接收站内各子系统的硬件设备通过网络交换机进行监控通信, 支持 TCP<sup>[14-15]</sup>、UDP<sup>[16]</sup> 以及串口通信<sup>[17-18]</sup> 协议。站监控软件周期性向硬件设备发送查询命令, 设备向站监控软件上报查询响应信息, 包括工作参数和工作状态, 站监控软件将收到的响应信息进行解析并向可视化界面推送显示。通过站监控软件的设备监控界面可以对站内可监控设备进行远程控制, 修改设备的工作参数, 设备收到站监控软件发送的参数控制命令, 对参数进行设置完成后向站监控软件反馈参数控制结果。站监控软件向设备发送查询命令的周期时间可设置, 在参数控制界面对每个参数进行范围和有效性检查, 避免参数控制错误操作。对于部分硬件设备, 设计为监视信息主动上报模式, 无需站监控软件发送查询命令, 开机后自动每秒向站监控软件上报工作参数和工作状态。站监控软件对设备工作参数异常信息进行提示, 定位故障原因, 对于设备异常状态, 站监控软件利用界面醒目图标告警以及声音告警两种形式提示操作员检查<sup>[19]</sup>。

2) 集中监视和控制:

集中监视和控制是将站内所有可监控设备的关键信息

和工作状态集中在一个界面中显示。在数据接收任务自动化流程中可实时查看站内设备工作状态，对于出现的异常情况可快速处理。

在非任务阶段，站监控软件按照预置的时间频率对接收站内所有设备的综合状态和工作参数进行采集<sup>[20]</sup>，以一定的数据结构进行存储。在任务阶段，站监控软件每秒收集一次接收站硬件设备的综合状态和工作参数，以一定的数据结构进行存储。当数据接收出现数据质量问题时，用于事后分析，确定设备工作状态是否正常。

### 3) 自动化控制：

自动化控制是站监控软件在执行数据接收任务前准备时间，定时自动对接收站内设备进行的组配宏参数控制。站监控软件为每颗卫星配置了一套组配宏参数，其包括接收卫星数据的所有子系统设备工作参数以及链路配置。对每个组配宏参数都进行一定数据结构的存储，包括文件形式和数据库形式，并允许通过组配宏参数管理界面对设备的工作参数和链路配置进行管理。

将组配宏参数分为两类，一类是数据接收任务组配宏，一类是测试组配宏。数据接收任务组配宏是由任务发起调用，在执行数据接收自动化流程前的准备时间，调度卫星组配宏，将设备的参数信息和链路信息拆分重组，并传递给监控管理，由监控管理向硬件设备发送工作参数控制和链路配置。测试组配宏是由人工发起站内测试工作，误码率测试、闭环测试以及私服性能测试等<sup>[5]</sup>，通过操作组配宏管理界面，完成组配宏参数控制。

### 4) 监控扩展性：

为了提高接收移动接收站各子系统可靠性和运行效率，同时便于系统扩展及系统的维护，要求规范设备硬件接口，提升设备的标准化和规范化程度<sup>[21]</sup>，监控管理针对接收站内设备的新增和变更问题设计了扩展性强的监控结构，设备监控接口升级，修改站监控软件中硬件设备的监控接口信息和网络通信配置便可完成硬件设备监控管理升级，避免修改任何软件编码。随着接收站设备网络通信的不断升级，设备的通信协议由 TCP 换为 UDP，串口换为 TCP，站监控软件针对通信协议的变化进行了配置升级，通过修改设备信息的通信类型完成通信协议的更新。

## 2.6 任务调度设计

任务调度是站监控软件启动数据接收任务时利用任务节点矩阵调度各子系统完成数据接收任务，将任务节点矩阵调度策略采用 XML 文件可配置的方式存储管理。任务调度将数据接收任务划分为多个节点，每个节点完成一项流程工作，站监控软件加载数据接收任务成功后自动创建任务准备时间戳，通过任务准备时间戳，定时启动任务节点矩阵流程。任务节点矩阵将数据接收任务划分为任务准备节点、开始节点、回执节点、子报告节点、报告节点、结束节点和超时节点等，将流程节点罗列在任务节点矩阵中，每个任务节点处理一项流程工作，完成节点工作后会向下一个节点传送工作消息，通知下一个工作节点开始工作或

启动工作时间戳，工作时间戳与定时器相似，等待约定的时间后触发工作执行，如定义的时间戳为工作节点检查类时间戳，在定时触发检查工作前已完成节点工作，取消检查时间戳。针对每个流程节点处理结果预置了多种处理方案，同时设计超时机制，若某一流程节点运行异常，无法在规定的时间内完成任务，则在运行时间超过设定的阈值后，放弃等待，直接执行后续未完成的作业或进行超时工作处理，提出告警信息，不因为某一节点的执行结果影响整个任务流程。

当站监控软件向子系统发送任务文件后启动回执文件等待节点时间戳，开始等待子系统传输回执文件，文件等待时间戳定时读取回执文件，当子系统的回执文件是接收状态时，自动发送接收工作消息，启动子系统报告节点检查时间戳，准备工作完成启动任务开始节点和任务结束节点，卫星进站任务开始，开始节点触发监视数据采集等工作，各子系统开始数据接收工作，卫星数据接收结束，子系统生成数据接收报告向站监控软件发送，站监控软件收到子系统数据接收报告后取消子系统报告节点检查时间戳，卫星出站任务结束，结束节点停止采集工作，向报告节点发送报告检查消息，获取子系统上报的工作报告，报告节点整理生成任务完成报告。当子系统报告节点检查时间戳定时启动，则向超时节点发送子系统报告超时消息，超时节点收到消息则向报告节点发送报告超时消息，报告节点整理生成任务超时报告，任务节点矩阵运行状态如图 8 所示。

在自动规划工作模式下，站监控软件任务规划完成后生成任务文件，将文件传入软件文件工作目录扫描解析加载，为每个任务启动任务准备时间戳，在任务前准备时间，任务流程准备节点开始工作，计算轨道预报数据文件向天馈子系统传输，生成数据记录任务文件向记录与快视子系统传输，向站内各子系统发起自动化设备参数控制，准备节点完成，等待回执文件，站内子系统接收接收确认回执，等待任务执行，卫星进站时间任务开始，站监控软件开始每秒收集站内各设备综合监控信息，数据接收任务执行完成，卫星出站，站监控软件接收记录与快视子系统上报的数据接收报告文件，站监控软件将报告文件进行解析，整理为最终的数据接收完成报告，如图 9 所示。在入网运行模式下，将数据接收完成报告发送给业务运行系统，如图 10 所示。

## 3 工程实验与应用

结合某国际出口项目 3.7 米气象卫星车载移动接收站对站监控软件进行设计，无外部业务运行系统提供卫星数据接收任务，由站监控软件完成数据接收任务的创建以及数据接收流程调度。气象卫星<sup>[22]</sup>移动接收站包括接收 TERRA、AUQA、NOAA，风云系列卫星 FENGYUN3D 及 FENGYUN2H 等<sup>[23]</sup>，气象卫星接收站根据工程应用能力接收气象卫星数据。将站监控软件的工作模式设置为自动规划模式，定时启动任务规划作业，从以太网 <https://ce->

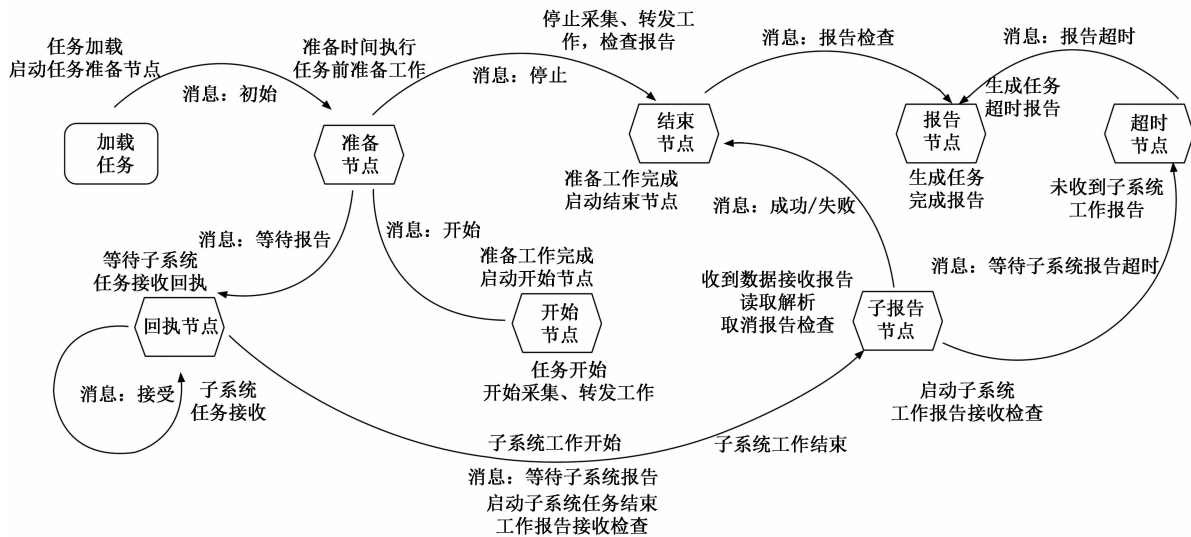


图 8 任务节点矩阵运行状态图

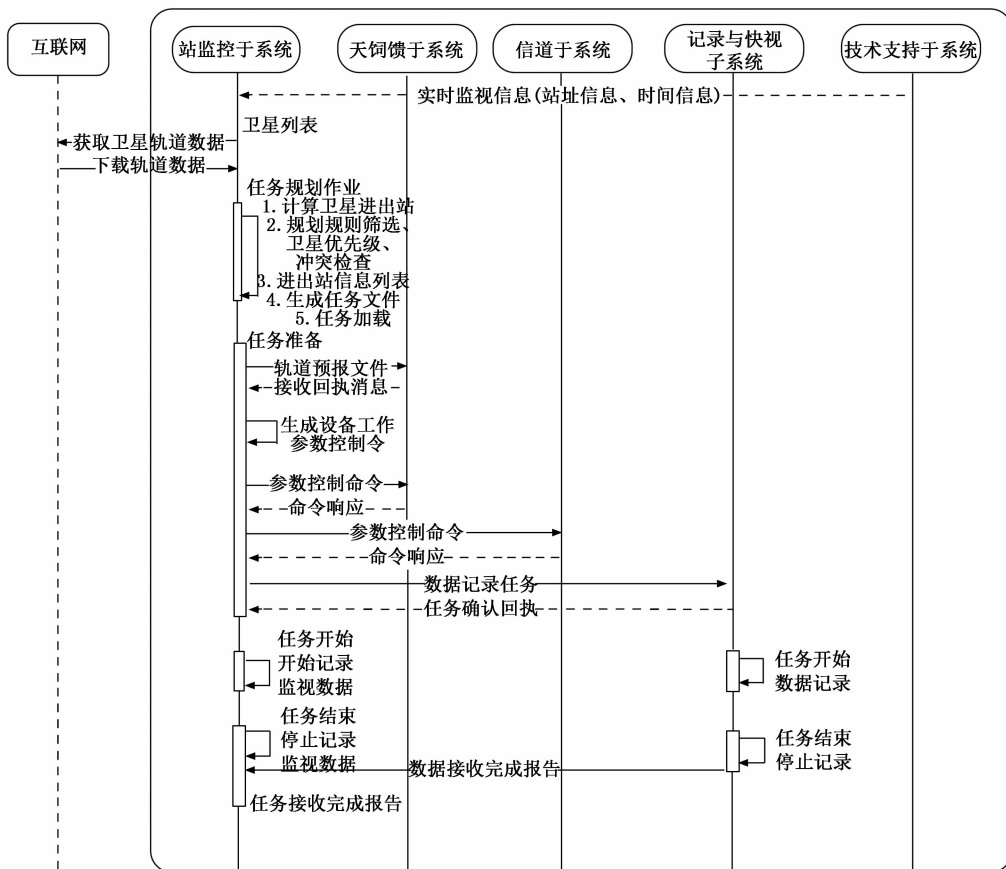


图 9 自动规划模式任务调度流程

lestrak.com 中获取卫星的两行数据<sup>[24]</sup>, 将卫星轨道数据存入文件并入库存储。

站监控软件初始启动卫星数据接收任务列表为空, 检查移动接收站内各子系统设备工作状态, 确认站监控软件之间网络监控状态, 由操作人员通过站监控软件前端界面对卫星信息进行管理, 确认卫星数据接收优先级和卫星信

息列表, 配置卫星进出站时间预报起始计算角度、卫星数据接收最短时间、数据接收最高仰角最小角度值域和任务间隔时间等, 系统运行参数确认完成, 一键启动任务规划作业, 开始更新站址信息, 获取轨道数据, 计算卫星进出站信息, 通过任务规划筛选、卫星优先级以及时间冲突检测形成最终卫星进出站时间信息列表, 将规划结果形成任

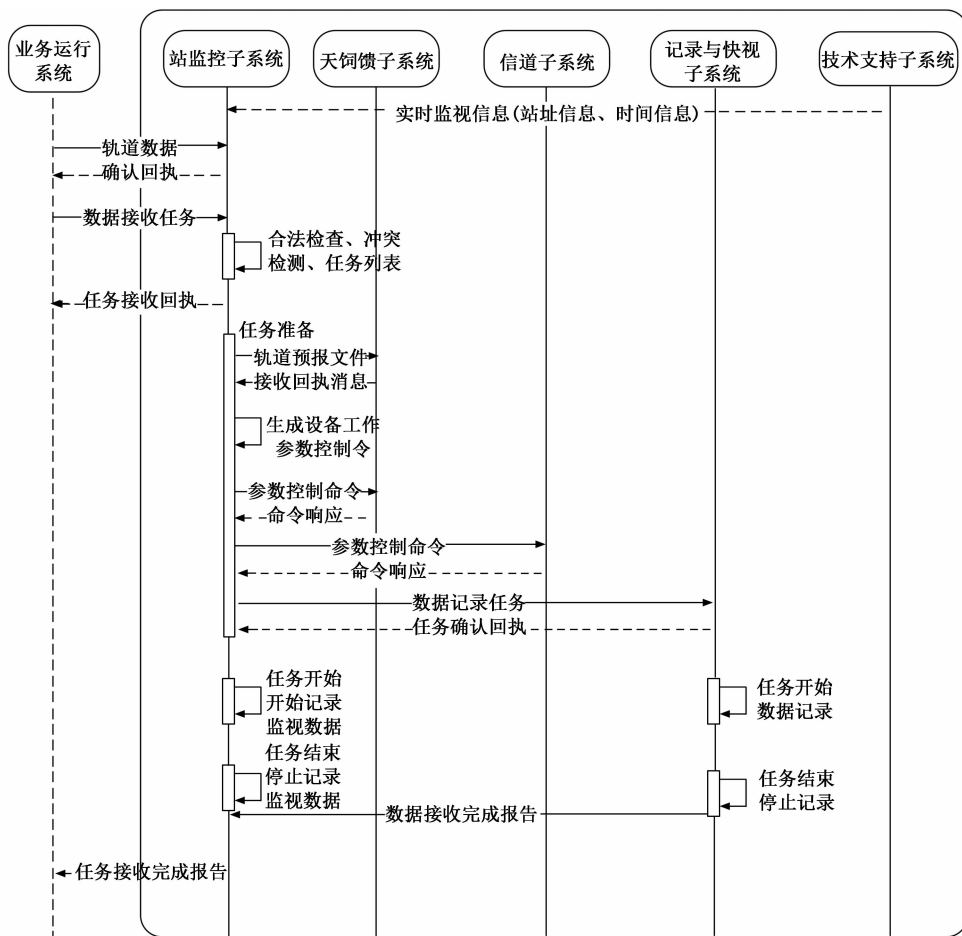


图 10 入网运行模式任务调度流程

务文件读入加载，通过站监控软件任务管理界面查看卫星数据接收任务列表。允许操作员对站监控软件规划的任务列表进行管理，取消某数据接收任务，通过任务创建功能界面手动操作创建新的卫星接收任务。站监控软件自动调度站内各子系统完成数据接收任务。

提供入网运行模式，将移动接收站接入某业务运行系统的网络环境，业务运行系统与站监控软件存在任务接口，通过 FTP 向站监控软件下发远程数据接收任务 XML 文件及卫星轨道数据，站监控软件不再进行任务规划作业，主要执行业务运行系统下发的数据接收任务，数据接收完成，将数据接收报告通过 FTP 向业务运行系统传输。

自动规划模式对卫星列表中具有任务规划标识的卫星进行数据接收任务的规划，接收卫星数据。在入网运行模式时，移动接收站接收业务运行系统规划的数据接收任务，根据工程应用能力移动接收站可扩展接收其他气象卫星、陆地卫星和海洋卫星等数据。

#### 4 结束语

对于海外项目的遥感卫星移动接收站站监控软件，其定时自动规划卫星数据接收任务的设计提高了移动接收站的全自动化运行，避免人工操作效率低和任务编排规划的不合理性，提高了移动接收站的利用率，保障卫星数据接

收的持续性。

#### 参考文献：

- [1] 蒋建科. 我国首次整套出口卫星遥感地面接收站 [N]. 人民日报, 2011-04-11 (12).
- [2] 王 嘉, 王万玉. 无人值守遥感卫星接收站的设计及实现 [J]. 空间电子技术, 2019, 16 (1): 28-33.
- [3] 王 怀, 王 强. 多模双频段车载遥感地面站的设计及应用 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (6): 180-186.
- [4] 李 杉, 陈利芳, 邓 圣, 等. FY-4A 地面接收站选址实例分析 [J]. 气象水文海洋仪器, 2020, 37 (2): 23-25.
- [5] 王 怀, 王 强, 朱翔宇, 等. 遥感地面站自动化测试系统的设计与应用 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (7): 1-5.
- [6] 赫 轩. 遥感卫星地面系统数据接收分系统设计优化与实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [7] 李登科, 张树誉. EOS/MODIS 遥感数据的接收与处理 [J]. 陕西气象, 2003 (1): 34-36.
- [8] 孙从容, 刘建强, 吴奎桥, 等. 海洋观测卫星地面接收站网的建设和展望 [J]. 卫星应用, 2021 (9): 49-54.
- [9] 柯 玲, 徐 京, 李 颖. 地面站设备监控软件框架通用性研究 [J]. 空间控制技术与应用, 2009, 35 (5): 56-60.
- [10] 李 顺, 王 焘, 宋云奎, 等. 面向 OSGi 框架的软件构件监控方法的设计与实现 [J]. 计算机应用与软件, 2014, 31



(4): 1-6.

[11] 李朋云, 陈金勇, 张琦. 基于 OSGi 的面向服务软件体系结构设计 [J]. 计算机与网络, 2014, 40 (22): 61-63.

[12] 饶冬, 孙甲琦, 贾林巧, 等. 基于 Linux 的航天地面站测控软件架构设计 [J]. 遥测遥控, 2015, 36 (4): 31-36.

[13] 王进文. Socket 通信过程原理及相关系统调用 [J]. 中国新技术新产品, 2015 (7): 25.

[14] 龙亚星, 王术江. 自动气象站运行状态实时监控系统设计及实现 [J]. 气象水文海洋仪器, 2020, 37 (2): 79-83.

[15] 刘青普, 王健, 赵振杰, 等. 卫星测控站监控系统软件结构的研究与实现 [J]. 计算机仿真, 2006 (11): 79-81.

[16] 冯庆玉, 夏景林. FY-2 静止气象卫星地面信道监控设计及维护 [J]. 国外电子测量技术, 2015, 34 (3): 46-50.

[17] 王平. 无人机地面监控系统软件的总体设计与接口实现 [J]. 电子技术与软件工程, 2014 (13): 87-89.

(上接第 141 页)

模型的石油旋转机械诊断方法的应用, 实现了对机械故障模态信号频率的精准诊断, 能够对当前故障行为所属类别进行准确定义, 符合实际应用需求。

### 4 结束语

新型石油旋转机械诊断方法的设计, 在数字孪生模型的基础上, 按照 GA 优化算法原则, 对参数指标进行重新编码, 又通过聚类运算的方式, 完成对机械运行数据的模块化处理。相较于基于精细化改进多尺度快速样本熵的诊断方法、基于改进残差卷积自编码网络的故障诊断方法, 这种新型诊断方法能够准确计算出运行数据损失量的数值水平, 可以在模态分解描述性样本的同时, 求解超参数指标的具体数值水平。实用性方面, 该方法可以根据模态信号的频率水平确定石油旋转机械当前故障行为所属类别, 切实实现了对机械设备故障行为的准确诊断。

### 参考文献:

[1] 舒涛, 张一弛, 丁日显. 基于灰色模型与 LSTM 网络的旋转机械轴承寿命预测 [J]. 系统工程与电子技术, 2021, 43 (8): 2355-2361.

[2] 周付明, 刘武强, 杨小强, 等. 基于精细化改进多尺度快速样本熵的旋转机械故障诊断方法研究 [J]. 机械强度, 2023, 45 (1): 1-8.

[3] 张剑, 程培源, 邵思羽. 基于改进残差卷积自编码网络的类自适应旋转机械故障诊断 [J]. 计算机应用, 2022, 42 (8): 2440-2449.

[4] 沈慧, 刘世民, 许敏俊, 等. 面向加工领域的数字孪生模型自适应迁移方法 [J]. 上海交通大学学报, 2022, 56 (1): 70-80.

[5] 余永维, 孙兆军. 基于 SAPSO-GA 算法的高速曲轴随动数控磨床几何误差辨识方法 [J]. 机床与液压, 2021, 49 (19): 1-4.

[6] 轩华, 刘淑燕, 王薛苑, 等. 含不相关机的动态可重入柔性流水车间问题的混合 DABC-GA 算法 [J]. 运筹与管理, 2022, 31 (11): 44-51.

[7] 刘圣洋, 冬雷, 王晓晓, 等. 基于高斯核模糊 C 均值聚类的光伏阵列故障诊断方法 [J]. 太阳能学报, 2021, 42 (5): 286

[18] 黄磊, 李海涛, 董光亮, 等. 测控站远程监控体制的分析与设想 [J]. 飞行器测控学报, 2009, 28 (5): 1-4.

[19] 林茂伟, 陈浩一, 年昭华, 等. 卫星地面站故障通用报警系统设计与应用 [J]. 气象科技, 2018, 46 (4): 829-834.

[20] 李艳萍, 陶伟, 陈为超, 等. 国家级地面气象观测站设备监控系统设计与实现 [J]. 气象水文海洋仪器, 2020, 37 (4): 62-65.

[21] 朱维祥, 王万玉, 冯旭祥. 遥感卫星地面接收系统一体化设计 [J]. 现代电子技术, 2015, 38 (9): 73-76.

[22] 李俊, 方宗义. 卫星气象的发展——机遇与挑战 [J]. 气象, 2012, 38 (2): 129-146.

[23] 彭耿, 孙明珠, 蔡星艳. 气象卫星接收站的扩展应用研究 [J]. 无线电工程, 2014, 44 (1): 49-52.

[24] 武秀广. TLE 两行星历数据参数解析 [J]. 数字通信世界, 2020 (8): 66-67.

[8] 郭方洪, 郑祥康, 邓超, 等. 直流微电网无界虚假数据注入网络攻击检测与系统恢复方法 [J]. 电力系统自动化, 2023, 47 (2): 146-153.

[9] 刘鑫蕊, 常鹏, 孙秋野. 基于 XGBoost 和无迹卡尔曼滤波自适应混合预测的电网虚假数据注入攻击检测 [J]. 中国电机工程学报, 2021, 41 (16): 5462-5476.

[10] 宁之成, 刘潇翔, 王淑一. 机理与数据融合的航天器控制系统数字孪生建模方法 [J]. 空间控制技术与应用, 2022, 48 (2): 1-7.

[11] 杨昔阳, 林舒欣, 李志伟, 等. 一种基于数字特征的二型模糊 c 均值聚类算法 [J]. 福建师范大学学报 (自然科学版), 2021, 37 (6): 28-37.

[12] 徐建闽, 臧鹏, 首艳芳. 基于 ARIMA 模型和 K-means 聚类分析的动态规划算法 [J]. 重庆交通大学学报 (自然科学版), 2022, 41 (7): 9-13.

[13] 丁少华, 刘艳君, 肖永松. 一类不规则损失输出数据系统的自校正 PID 控制算法 [J]. 控制工程, 2022, 29 (1): 70-75.

[14] 姚佳奇, 徐正国, 燕继坤, 等. WPLoss: 面向类别不平衡数据的加权成对损失 [J]. 计算机应用研究, 2021, 38 (3): 702-704, 709.

[15] 姚浩然, 李成鑫, 郑秀娟, 等. 集成自适应喇叭模态分解和 Bi-LSTM 的短期负荷组合预测模型 [J]. 电力系统保护与控制, 2022, 50 (19): 58-66.

[16] 杜子韦华, 张晓琴, 朱洪斌, 等. 高频电磁干扰对传输线耦合全波建模方法 [J]. 强激光与粒子束, 2023, 35 (2): 70-76.

[17] 罗佳, 孙亮, 乔印虎. 忆阻突触耦合环形 Hopfield 神经网络动力学分析及其电路实现 [J]. 计算物理, 2022, 39 (1): 109-117.

[18] 康田雨, 覃智君. 基于超参数优化和双重注意力机制的超短期风电功率预测 [J]. 南方电网技术, 2022, 16 (5): 44-53.

[19] 仇文岗, 唐理斌, 陈福勇, 等. 基于 4 种超参数优化算法及随机森林模型预测 TBM 掘进速度 [J]. 应用基础与工程科学学报, 2021, 29 (5): 1186-1200.

[20] 盖金晶, 郑尚, 于化龙, 等. 一种跨项目缺陷预测的源项目训练数据选择方法 [J]. 南京师大学报 (自然科学版), 2022, 45 (1): 110-117.