

卫通链路状态自动化确认设计与实现

戴昱彤

(中国人民解放军 63819 部队, 四川 宜宾 644000)

摘要: 卫星通信链路建立后, 需对链路状态进行确认; 依托于目前设备条件, 主要依靠岗位人员手动在监控系统中进行参数比对, 实地设置频谱仪并观察信号频谱; 整个过程对人员岗位经验要求高、确认效率低; 针对于此, 提出了将卫通链路状态确认自动化的流程, 通过对设备指标与频谱数据的采集、运用, 实现了链路状态确认流程自动化; 该方法运用后, 岗位人员仅需一键式操控即可自动完成链路状态确认; 另外, 当链路发生告警时, 系统可自动进行链路状态确认并保存确认结果, 便于岗位人员事后分析查询; 大幅提高了卫通站工作的效率和准确性, 对故障状态的保存更及时, 降低了对人员的经验要求。

关键词: 状态确认; 流程; 自动化

Design and Implementation of Automatic Confirmation Process for Link Status

Dai Yutong

(Unit 63819, PLA, Yibin 644000, China)

Abstract: After the satellite communication link is established, the link status should be confirmed. In terms of the current equipment conditions, it is mainly the personnel's job to manually compare the parameters in the monitoring system, set up a spectrometer on site and observe the signal spectrum. The whole process requires the personnel to be highly experienced, but with low efficiency in confirming. In view of this, the process of automatically confirming the link status is put forward, which is achieved by collecting and applying the equipment index and spectrum data. After the application of this method, the link status confirmation can be automatically completed only with the personnel in the post pushing one button. In addition, when the link alarm occurs, the system can automatically check the link status and save the confirmation results, making it possible for the personnel to do analyses and inquiries afterwards. Furthermore, the efficiency and accuracy of the work of VAST Station will be greatly improved, the preservation of the fault state being more timely, which will definitely lower the requirements for the personnel.

Keywords: status confirmation; flow; automation

0 引言

卫星通信是地球上的通信站之间利用人造通信卫星作为中继站而进行的一种通信方式。卫星通信地球站(简称卫通站)主要设备组成一般包括天线、高功率放大器(简称高功放)、上下变频器、低噪声放大器(LNA)、调制解调器(MODEM)、数据传输终端、监控单元、电源等设备。随着卫通站设备集成度的提高,出现了不同的设备形态,而且还在不断变化之中。按设备功能来定义卫通站的组成则具有普遍的适应性,卫通站的基本组成可分为以下几种^[1]:

- 1) 天馈伺跟分系统(简称天线分系统);
- 2) 发射设备分系统(简称发射分系统);
- 3) 接收设备分系统(简称接收分系统);
- 4) 终端设备分系统(简称终端分系统);
- 5) 监控分系统(也称卫通网管站、卫通监控系统);
- 6) 电源分系统。

收稿日期: 2020-06-23; 修回日期: 2020-07-14。

作者简介: 戴昱彤(1985-), 女, 重庆人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事卫星通信方向的研究。

通常, 监控分系统(以下称监控系统)实现对发射设备分系统、接收设备分系统、终端设备分系统的具体设备的状态监视与参数设置, 监控系统通过交换机与设备的监控接口连接。有的新型监控系统还实现了与上、下级的权限控制管理功能。监控系统将卫通设备监控信息进行收集、汇总和分析, 对设备运行的状态信息进行实时显示, 对产生的设备故障及时地进行告警或处理, 以保证卫通系统可靠地运行^[2-3]。

卫通信号频谱中包含有设备参数以外的链路信息, 例如相邻信号间是否存在干扰、某卫通设备幅频特性是否良好等。故在设备状态确认环节, 观测信号频谱是必要的。对卫通链路信号频谱的监测亦是卫通链路监控的一个方向。直接通过频谱来分析链路状态亦被证明是可行的^[4-6], 且已有不少链路频谱监控系统成品^[7-12]。在不影响通信运行和信号传输的前提下, 通过预先设置的指定信道, 对卫星载波信号进行不间断自动监测、处理、存储监测结果。通过分析载波信号的载噪比、信号功率等参数, 并根据设定的载噪比门限值实现异常情况的判断和自动告警。

目前已有的卫通监控系统, 还未对设备指标与信号频谱进行综合利用。整套设备的链路状态确认需岗位人员借

助监控系统的信息进行手动参数查看分析,通过设置频谱仪参数进行频谱观测。设备告警时,对设备状态信息的搜集程度还不够深入、及时。而链路状态确认是卫通岗位人员经常需进行的工作,若能将此过程实现自动化,将大大提升工作效率。

1 卫通站链路状态确认现行方法及不足

1.1 卫通站设备基本组成

通信地球站负责数据通信的设备一般有天线、高功放、低噪声放大器、变频器、中频单元、调制解调器等,如图 1 所示。

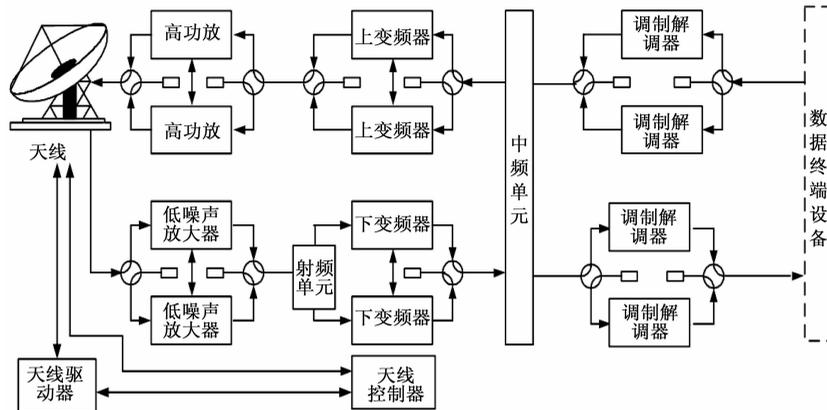


图 1 典型地球站设备组成

由图 1 可知,卫通设备可监测的设备数量、种类较多。每种设备的参数数量大。可监测信号频谱的点亦较多。在链路状态确认环节,岗位人员需查看多台设备的多个参数以确认设备工作正常。查看关键节点的频谱以确认信号状态良好。对于只有一台频谱仪的卫通站,岗位人员通常将频谱仪连接至关键节点,如中频单元,观察目标链路上、下行信号所占频段频谱,通过两者频谱形态大致判断信号正常与否。若想观察两个以上监测点的信号频谱,还需插拔线缆,不仅耗时费力,且频繁插拔线缆也容易造成设备接口损耗。而在发生链路故障时,则必须更换频谱观测点以定位设备故障,整个故障排除过程由于重新插拔线缆、重新设置频谱观测参数,用时较长,通常在 10 min 以上。

1.2 链路状态现行确认方法

当卫通链路开通时,岗位人员均需根据通知对设备参数进行设置。链路开通后,需根据链路指标对设备及链路状态进行逐步确认。另外,还需要对关键节点的频谱进行观察,以确保系统幅频响应正常、载波间无过多干扰等。实施流程大致如图 2 所示。

从图 2 分析可知,该流程存在以下待优化的方面:

1) 确认过程效率较低。链路指标需人工比对,设备状态需软件查看,频谱数据需实地设置观察,整个过程需岗位人员实地手动进行花费时间较长,且以一定概率存在人为误差。

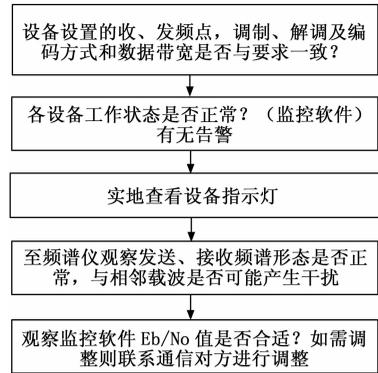


图 2 链路状态确认流程

2) 对岗位人员能力要求较高。对频谱仪的参数设置需要岗位人员对于频谱仪的操作及信号波形特征(与数据频点、带宽和调制解调方式有关)非常熟悉。另一方面,在分析比特信噪比(E_b/N_0)是否在合适区间时,只有经历过多次的岗位人员才能做出判断。因为针对不同的调制解调方式,要达到目标误码率,比特信噪比的下限要求是不同的,且差异较大。

3) 存在重复工作。针对同一链路状态的多次链路状态确认,岗位人员均需要比对相同的参数,设置频谱仪时,亦需要将相同的参数用于设置频谱仪。

4) 各类数据未精确存储与充分利用——比特信噪比等关键参数目前只观察其是否在合适范围,实际可存储并与类似链路状态时的参数值相比较。

链路开通后,链路状态确认是岗位人员经常要做的工作,目前的流程实施与当前自动化、操作少人化、远程化的发展趋势不相适应,需要借助更先进的方法来实现链路状态确认。

2 状态确认自动化设计

2.1 自动化确认的需求及难点

通过分析图 2 可知,卫通链路状态确认的自动化实现,需要获取两种信息:1) 设备指标及状态;2) 信号的频谱信息。

当前,卫通设备配备了监控软件。配发的频谱仪用于观察某个节点的频谱数据。设备的状态与参数值可通过访问监控软件服务器获得。为获取相应节点频谱,岗位人员需要将待测信号点连接到频谱仪。为观察到有效频谱,在参数设置时还需结合本次链路的参数值(频点、数据带宽等)。设备的节点有多个,怎样在无需插拔线缆及无需人员每次输入参数值的情况下获取某点频谱,是整个自动化流程实现的难点。

2.2 系统组成

为实现链路状态确认自动化,通过对获取信息方式及所需信息的分析,整个系统组成及设备间的连接关系如图 3

所示。

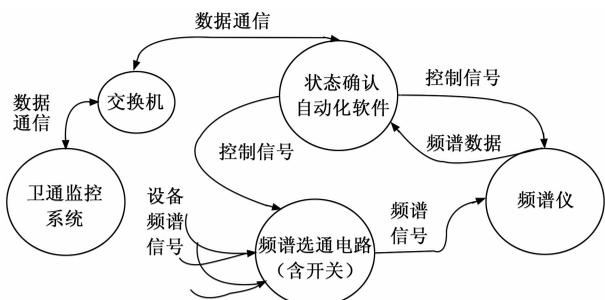


图 3 系统架构图

状态确认自动化软件（简称自动化软件）主机通过交换机与卫通监控系统连接，自动化软件通过建立 UDP 连接通信获取设备参数。频谱选通电路（以下简称选通电路）为定制可编程电路。软件向选通电路发送控制信号，以告知选通电路选通哪路信号进入频谱仪。当频谱仪接收到某监测点信号后，自动化软件通过与频谱仪的通信，告知频谱仪显示的中心频点、带宽等信息，最终将目标频谱获取至系统并显示、存储。

2.3 数据设计及获取

2.3.1 链路参数的录入

在链路参数比对、频谱参数设置等环节，均需使用链路参数。所以在系统首页面，实现对链路参数的录入、修改与删除。图 4 为链路参数录入页面，修改页面与此页面相似。



图 4 链路参数录入页面实现

所有的链路参数将用于链路参数比对环节，上变频器频率、中频发送点频、发数据速率、调制编码方式将用于上行链路节点的频谱设置；下变频器频率、中频接收点频、收数据速率、解调译码方式将用于下行链路节点的频谱设置。

2.3.2 需获取的设备工作参数

梳理链路状态的核心参数，形成需查询获得的卫通设备工作参数如表 1 所示。

由表 1 可知，无论上行链路还是下行链路，获取的参数均涉及多台设备。在实现自动化查询时，需要发送多条查

表 1 参数查询列表

链路类型	查询参数	查询设备对象
上行链路	上变频器频率	上变频器
	发送频率	调制解调器
	发送数据速率	
	载波发送状态	
	调制编码方式	
下行链路	下变频器频率	下变频器
	接收频率	调制解调器
	解调编码方式	
	收数据速率	
	载波电平值	
	解调译码状态	
Eb/N0		

询指令至监控软件服务器。软件实现时发现，服务器对外发送的指令种类较多，需要做好信息的筛选再解码数据信息。

2.3.3 链路节点频谱数据获取

为获取信号频谱信息，需要在设备与自动化软件主机间加入控制电路，电路的主要功能是选通关注节点的频谱至频谱仪，再通过主机与频谱仪的通信，获得节点的频谱信息。需获取频谱的节点有：高功放输出端口；上、下变频器的输入输出端口。上变频器的输入、输出端口和高功放的输出端口频谱信息用于上行链路的状态确认；下变频器的输入输出端口信号频谱用于下行链路的状态确认。整个硬件电路连接关系及端口类型如图 5 所示。

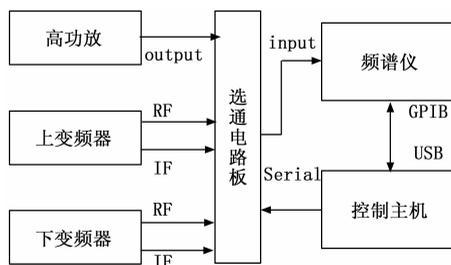


图 5 频谱获取硬件电路连接关系图

控制主机通过串口与选通电路板相连，选通电路板将串口接收到的信号转换为选通开关的对应控制信号，选通某路信号输出至与频谱仪的连接线。至此，某路信号进入频谱仪。主机通过 USB 口与频谱仪的 GPIB 口连接，利用仪器编程方法，将已录入系统的上行（或下行）链路参数用于频谱仪显示控制，确保目标信号在频谱仪显示中心。为得到更有用的数据，根据调制解调方式及数据带宽选择适宜的显示带宽，最后将频谱数据取至主机。

从频谱获取机理可知，频谱获取自动化后，主机根据流程运行需要可自动选择某路信号进入频谱仪，无需线缆插拔。频谱信号的显示设置无需人工输入，仅利用已存入的链路信息即可实现某路频谱的显示设置。频谱数字化获取进入系统后，计算频谱参数（如 3 dB 带宽）成为可能，

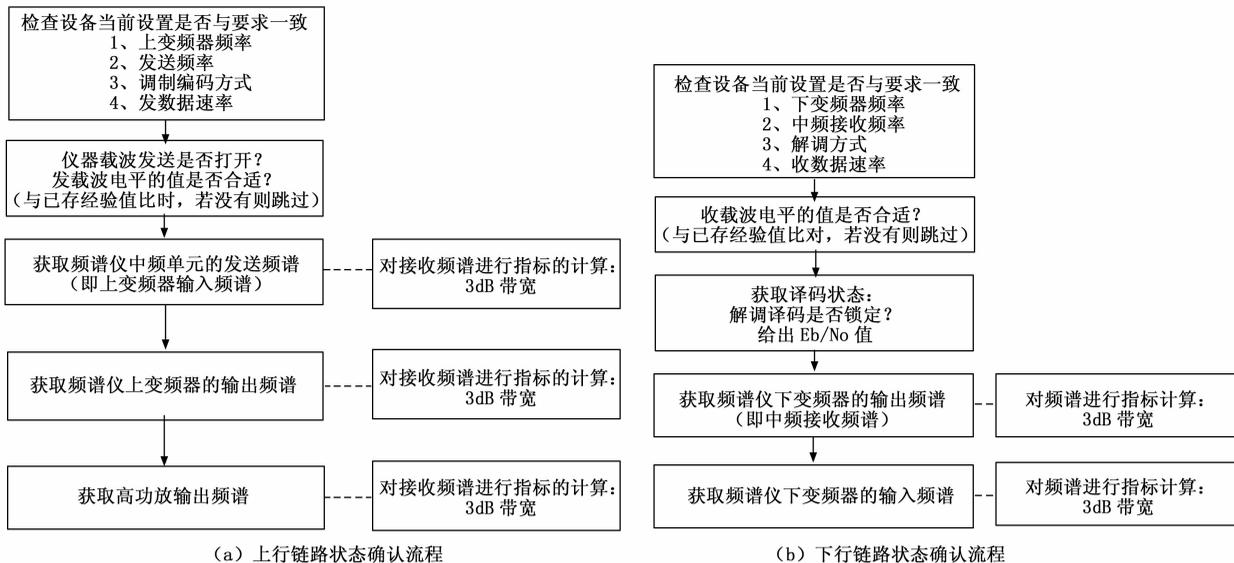


图 6 链路状态确认流程

且可存储，为进一步的频谱信息数据挖掘与应用提供了途径。

2.4 流程设计

目前，针对单条开通链路的状态确认流程有两项：1) 上行链路状态确认流程；2) 下行链路状态确认流程。

详细流程设计如图 6 所示。

图 6 中，链路状态确认流程中，首先由主机向监控软件发送查询请求，获取当前设备上行（或下行）链路参数值，将之与要求的链路参数相比较，判断是否一致；然后，获取某些表征设备工作状态的关键参数（载波发送、发送载波电平、收载波电平值）；最后，依次获取中频或射频节点的频谱数据，用以显示频谱及自动计算相关参数。整个流程由软件自动完成。

链路状态确认流程运行完成后，岗位人员可以仅从一个软件页面获取所有链路状态确认所需信息。参数比对的结果有明显的标识显示某步骤比对是否成功。频谱为直接获取并显示。整个流程进行的结果页面可以以图片形式保存，方便事后查阅。

2.5 软件架构设计

卫通设备操作人员类型单一，简化访问控制等环节，针对链路状态确认自动化这一单一功能，该功能实现架构如图 7 所示。

针对两个不同的链路状态确认流程，需要 3 个功能模块：1) 查询链路参数。一套链路参数由链路状态建立之初，岗位人员输入数据库。链路状态不变，这个参数就无需重复输入；2) 查询设备参数。由软件与监控系统服务器通信获得；3) 获取设备频谱。由软件协同控制选通电路与频谱仪获得。流程根据需要调用这 3 个功能模块。

3 实现结果与分析

根据软件架构设计所选取的实现方式，用 Qt 编写实现

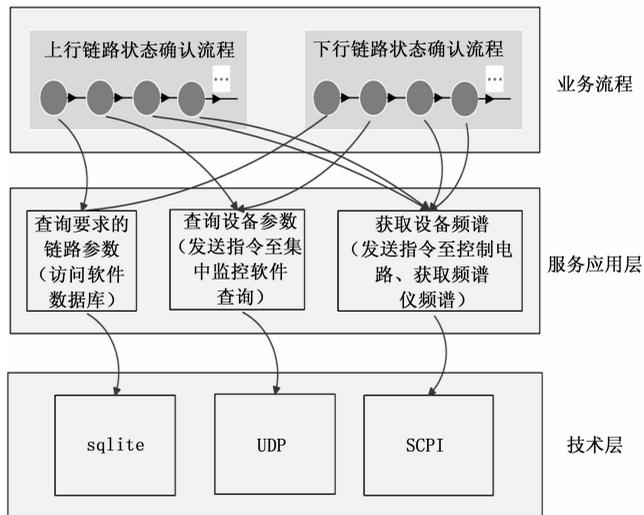


图 7 状态确认自动化软件架构

了状态确认自动化软件。图 8 为上行链路状态确认自动化实现页面，下行链路实现界面类似，流程内容有所差异。

状态确认流程自动化实现以后，可“一键式”实现上行（或下行）链路的状态确认。自动获取相应设备参数与链路参数进行比对，比对结果图形化显示。多个关键节点频谱依次自动获取，其间系统自动调用链路参数设置频谱到达适宜观测位置。设备参数比对与频谱信息集中展示于一个页面。自动化确认方法与实现前链路状态确认流程相比较，在耗费时间、准确性等方面的差异如表 2 所示。

较之自动化以前的链路状态确认流程，自动化流程确认实现后，具有以下优点：

1) 在确认效率、准确率方面，大大缩短了状态确认使用的时间，提高了比对准确性。以往链路状态确认时，大量重复工作——如参数比对、频谱仪设置——由于系统自动读取已存链路参数进行自动化实施而消失。

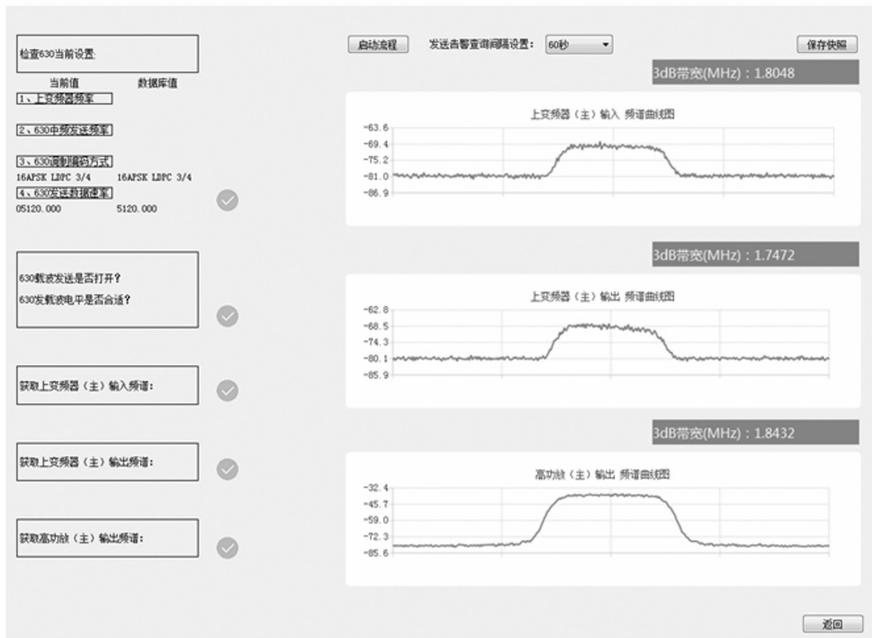


图 8 上行链路状态确认自动化实现页面

表 2 不同状态确认方式的差异

状态确认方式	耗费时间	准确性	是否需到设备现场
人工确认	设备参数比对大约 30 s；一次设置、观察频谱大约 1 min；一次更换观测点，接线、设置、观察频谱大约 3 min。	设备参数：准确 频谱数据：模糊	是
自动化确认	设备参数比对 < 1 s；一次频谱获取（无论是否更换观测点，无需线缆更换）< 20 s。	设备参数：准确 频谱数据：准确（带参数）	否

2) 在对岗位人员的能力依赖有所减弱。在频谱仪的参数设置、链路参数的比对上，只需一次输入链路参数，即可多次、准确地进行设置、比对。

3) 更换频谱观测点无需插拔线缆、降低了设备接口损耗。

4) 新增了针对设备参数、频谱数据的精确存储，为进一步的数据挖掘与运用打下了基础。由于数据是针对链路状态进行的分类存储，存储的数据对岗位人员的知识学习亦有很大帮助。

依托于链路状态确认流程自动化的实现，还实现了故障链路状态自动化保存。在系统中，实现了定时向集中监控服务器发送告警查询指令，一旦查询到链路从正常状态转为“发送告警”（或“接收告警”），软件自动启动上行（或下行）链路状态确认流程，并将整个流程的进行过程及比对结果保存至数据库。待岗位人员上岗时，可对不在岗

期间的故障链路状态进行确认，根据和同样链路状态的正常确认流程结果相比对，便于找到产生故障的节点及原因。

4 结束语

链路状态确认是卫通岗位人员经常进行的一项工作。链路状态确认流程自动化实现后，该过程更加快捷、准确，且大幅降低了对岗位人员的知识依赖，该方法亦便于实现远程化状态确认，是与目前少人化、无人化操作相适应的；另一方面，对于设备参数、频谱数据的分类存储亦有助于进一步的数据挖掘，有助于提升人员的岗位知识水平。

对于同时开通多条链路的卫通站，由于多条链路可共用射频设备，同样适用此方法。在软件实现时，整合参数获取与比对等环节，仍然可以大幅提升工作效率。另外，在经费允许情况下，可由单块频谱采集卡专门负责一个节点的实现方法，可降低频谱获取时间，从而进一步缩短整个流程的完成时间。

参考文献：

- [1] 顾中舜, 童咏章, 等. 卫星通信地球站实用规程 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2016.
- [2] 钱学龙. 卫星通信集中监控系统设计与实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- [3] 张维杰. 基于 Web 的卫星通信站集中监控系统研究与实现 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [4] 胡洪坡. 卫星通信干扰检测技术研究 [D]. 南京: 解放军理工大学, 2007.
- [5] 王 泷. 卫星通信信号认知技术研究 [D]. 南京: 解放军理工大学, 2011.
- [6] 白晓东, 朱文登, 刘 波, 等. 基于底噪拟合的 Ku 频段卫星频谱信号检测方法 [J]. 南京邮电大学学报 (自然科学版), 2019, 39 (3): 51-57.
- [7] 徐 正. 卫星通信载波自动监测系统设计与实现 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2010.
- [8] 江 洁, 陈 劼, 钟 鸣. 一种卫星数传通信频谱异常分析 [J]. 通信技术, 2015, 24 (7): 784-789.
- [9] 张有志, 丁 峤, 左 鹏, 等. 一种卫星频谱监测系统的设计与实现 [J]. 数字通信世界, 2016, 3: 1-5.
- [10] 李 勇, 张艳娥, 孙 谦. 一种卫星频谱监测系统设计方案及实现 [J]. 空间电子技术, 2008, 3: 77-80, 96.
- [11] 鲍 凯, 徐 慨, 张 琪. 卫星频谱监控系统研究 [J]. 舰船电子工程, 2012, 5: 83-85.
- [12] 陈燕莉. 卫星频谱综合监测和干扰识别系统的设计与实现 [J]. 广播与电视技术, 2013, 9: 118-122, 15.