

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

朱 杰,郎宏山

(中国气象局国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要:我国极轨气象卫星地面接收系统已在线运行多年,即将进入故障高发期,设备异常现象时有发生,严重影响着接收信号的质量。文章基于风云三号极轨气象卫星等效全向辐射功率测试原理,提出构建地面数据接收信号质量评估与告警系统的技术方案,并对其中的难点进行了探讨。该系统将对于提高极轨气象卫星地面数据接收现代化和智能化水平以及改善卫星数据传输链路设计可提供有益参考,同时为卫星在轨测试提供可靠的数据支撑。

关键词:极轨气象卫星;地面数据接收信号;质量评估与告警

中图分类号:P141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-009X(2013)04-0115-04

Quality assessment and alarm program for ground data receiving signal of FY3 polar orbit meteorological satellite

Zhu Jie, Lang Hongshan

(National Satellite Meteorological Center of CMA, Beijing 100081)

Abstract: The ground data receiving system of polar orbit meteorological satellite in our country has been operating for many years, the high happening period of equipment failures and anomalies is approaching, which affects the quality of receiving signal seriously. Based on the study of EIRP (equivalent Isotropic radiate power) testing principle, this paper puts forwards a technical proposal for quality assessment and alarm program of ground data receiving signal and its key technologies are analyzed. This system helps to promote ground data reception capability in modernization and intelligence. It also improves the communication link design and provides reliable data support for satellites on-orbit testing.

Key words: polar orbit meteorological satellite; ground data receiving signal; quality assessment and alarm

0 引言

根据《我国气象卫星及其应用发展规划(2011—2020年)》^[1],至2020年我国将发射6颗极轨气象卫星,实现上午星、下午星和降水测量雷达星的三星组网观测,为提高天气预报准确率和防灾减灾提供支撑。多星组网运行,对地面数据

接收能力提出了严峻挑战。极轨气象卫星数据传输系统是开放式系统,受自身特点的限制和环境的影响,极容易受到各种不可避免的自然干扰和人为干扰,加之目前我国极轨气象卫星地面接收系统已在线运行多年,即将进入故障高发期,设备异常现象时有发生,上述这些因素都严重影响着接收信号的质量,因此,急需对各种环境下,实际

收稿日期:2013-07-03.

作者简介:朱杰(1982-),女,硕士,工程师.主要研究方向为卫星信号的地面接收等.

业务运行中地面接收信号的质量做出准确的评估,并通过设置预警门限,对异常信号存档统计、发布告警彩信。

本文在对等效全向辐射功率测试原理充分阐述的基础上,提出构建地面数据接收信号质量评估与告警系统的技术方案,并对其中的难点进行了探讨。该系统将对提高极轨气象卫星地面数据接收能力、提高业务运行的科技内涵、保障业务运行的稳定起到重要作用,同时为改善卫星数据传输链路设计提供有益参考,并为卫星在轨测试提供可靠的数据支撑^[2,3]。

1 等效全向辐射功率测试原理与方法

EIRP(Equivalent Isotropic Radiate Power)称为等效全向辐射功率,是卫星通信和无线网络中的一项重要参数,它表征卫星发射系统的发射能力,是卫星转发器在指定方向上的辐射功率,定义为地球站或卫星的天线发送功率(*P*)和该天线增益(*G*)的乘积,表示二者联合作用的效果:

$$EIRP = P \times G \tag{1}$$

在实际工作中,*EIRP*只能通过间接方法测量,并需要综合考虑星地空间传输的各种损耗和地面站通道增益等。故,实际的*EIRP*计算公式为:

$$EIRP = P_r - G_r + L \tag{2}$$

式中:*EIRP*为星上数据传输发射天线的等效各向同性辐射功率的对数值(单位:dBW);*P_r*为地面站接收信号功率的对数值,实际测量获取(单位:dBW);*G_r*为地面站通道增益的对数值,为接收天线增益*G_{RA}*(现场测试获取)、LNA增益*G_{LNA}*(天线研制单位提供)和接收天线到测试点线路损耗*L_w*(实际测量获取)之和(单位:dB);*L*为星地链路中所有传输损耗之和的对数值(单位:dB)。

风云三号气象卫星属于低轨卫星,信号在星地之间传输时经过很大的传输距离,因此经历较大的自由空间传输损耗,此外,由于信号传输过程中电磁波经过电离层、对流层等不同空间环境,会分别受到电离层闪烁,对流层降雨衰减、大气吸收、云雾、降雪等的散射和吸收以及大气折射、日凌等影响,这些影响造成了空间传播的附加损耗。

$$L = L_f + L_r + L_a + L_{rp} + L_p \tag{3}$$

其中*L_f*为自由空间传输损耗的对数值(单位:dB),计算式为:

$$L_f = \left(\frac{r\pi d}{\lambda}\right)^2 = \left(\frac{4\pi fd}{c}\right) \tag{4}$$

其中:*d*为星地距离;*f*为射频信号频率。

星地距离计算的示意图如图1所示。

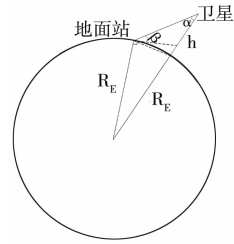


图1 星地距离计算示意图

图中: α 为星上天线波束角; β 为地面接收仰角;*R_E*为地球半径,取6 371 km;*h*为轨道高度,取831 km。根据三角形定理,星地距离*d*的计算公式为:

$$d = \sqrt{(R_E + h)^2 + (R_E)^2 - 2R_E(R_E + h)\sin(\alpha + \beta)} \tag{5}$$

(3)式中:*L_r*为降雨损耗对数值(单位:dB),计算中取0.5 dB;*L_a*为大气吸收损耗,对数值(单位:dB),计算中,*L*波段大气吸收损耗取值0.3 dB,*X*波段大气吸收损耗取值0.5 dB;*L_{rp}*为接收天线的指向损耗,对数值(单位:dB),计算中取值1 dB;*L_p*为极化损耗对数值(单位:dB),计算中,*L*波段极化损耗取值1 dB,*X*波段极化损耗取值1.5 dB。实际测试设备连接框图如图2所示。

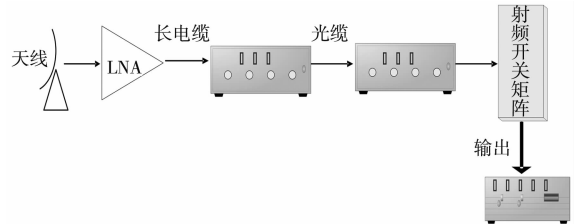


图2 EIRP测试连接框图

天线接收的卫星下行信号经低噪声放大器(LNA),通过长电缆,输入光纤发送设备,再经由光缆,进入光纤接收设备,最后入射频开关矩阵,被地面各设备接收、处理。从射频矩阵的输出口,连接到频谱仪的输入口。当卫星过境、天线自动跟踪卫星时,每10 s用频谱仪在地面站特定点实际测试3条链路HRPT、MPT、DPT的接收信号功率,记录并导入数据库,同时用天线控制软件记录相应时间内的天线角度数据,这样就得到不同天线仰角对应的信号电平值,根据记录的角度数据,依据式(5)计算出卫星到地面接收天线的瞬时距离,再综合考虑星地空间传输的各种损耗和地面站通道增益,根据式(2)反向推算出卫星在不同仰角的*EIRP*,通过与设计值的比较,绘制各条链

路的 *EIRP* 赋形曲线,将此作为卫星数据传输系统在轨测试的评判依据,间接监控卫星在轨运行情况和地面接收信号质量。

2 信号质量评估与告警系统架构及功能说明

为确保业务系统的可靠运行,本文所提出的接收信号质量评估和告警系统与业务网隔离,并安装卡巴斯基杀毒软件,定期进行病毒库升级,同时采用严格的用户受众权限管理,确保不对在线业务设备的运行造成安全隐患。系统通过安装 GPS 对时软件,实现时间统一勤务功能,以保证系统各个模块工作时间一致^[4,5]。

按照轨道接收计划,卫星过境时,天线控制单元(Antenna Control Unit, ACU)每秒自动记录天线跟踪卫星的信息,得到天线程跟记录文件,包括卫星过境的时间、俯仰角度、方位角度等,将其通过串口导入质量评估与告警系统数据库。按前文所述方式连接测试频谱仪并根据具体过境卫星分别按照风云三号气象卫星 HRPT、MPT、DPT3 条链路的参数(如中心频率、带宽等)设置,在轨道接收期间,连续实时测试通道功率,并每隔 10 s 将测试值自动导入数据库,参照天线程跟记录文件,得到天线不同仰角对应的通道功率值,再根据记录的天线角度数据,按照前文所述方法,计算出卫星到地面接收天线的瞬时距离,然后根据测试的信号功率反向推算出实际卫星的 *EIRP*,得到 *EIRP* 测试值表,通过与预先导入数据库的 *EIRP* 设计值的比对,计算两者的插值,并调用 MATLAB 软件绘制 *EIRP* 赋形曲线,且存档。按照地面数据接收业务考核要求,设置 *EIRP* 设计值与测试值的插值阈值,在异常情况时,进行故障判断,同时将异常频谱图像制作彩信文件并发送给指定权限的手机用户。为卫星在轨运行测试和数传链路设计提供可靠的数据支撑,有效提高气象卫星地面接收现代化和智能化水平,保障业务稳定运行。

3 技术难点分析及解决途径

根据相关技术储备,本系统的设计具备必要性,实现具有可行性,但尚需攻克的技术难点有两个,以下分别进行探讨。

3.1 频谱仪测试信号功率自动导入

本系统要求当卫星过境、天线自动跟踪卫星

期间(约 15 min),每 10 s 触发频谱仪自动测试并提取 3 条链路 HRPT、MPT、DPT 的接收信号功率,并导入数据库。经过与厂家沟通,在现有的安捷伦 8563EC 频谱分析仪基本功能的基础上,开发计算机远程控制功能。依据仪表编程手册提供的语句,在 Visual Basic 开发环境中,编写相应命令,每隔 10 s,自动读取测试到的信号功率值,且保存至数据库,并将这些代码向仪表发送,完成对仪表测试数据的控制。这些命令主要涉及到与仪表进行连接、触发测试、参数设置、marker 点数据提取等,程序实现流程如图 3 所示。

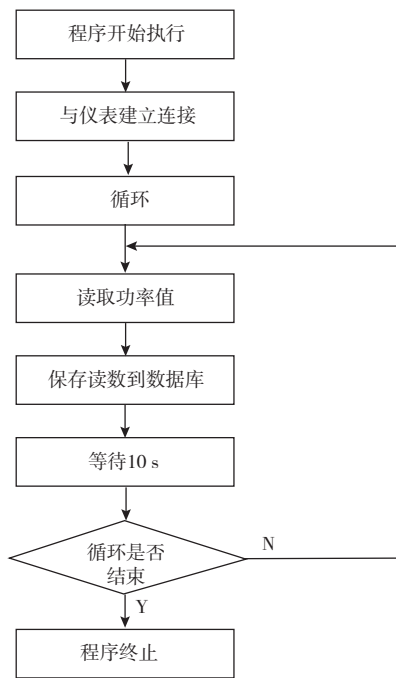


图 3 频谱仪测试信号功率自动导入流程图

3.2 搭建信号质量预警与彩信发布平台

由频谱监控计算机计算 *EIRP* 实测值,并导入数据库,通过比较 *EIRP* 的设计值与实测值,按照地面数据接收业务考核要求,设置两者的插值阈值,在异常情况时,进行故障判断,同时将异常频谱图像存档并制作彩信文件,通过与移动、联通等运营商的短消息网关及短信中心对接,发送给指定权限的手机用户,从而对信号质量进行智能化监控。平台基本架构如图 4 所示。

告警信息制作服务器,通过 Windows 消息与告警信息数据库通信,提取异常告警信息,按照“链路、日期、时间,轨道号,备注(说明仰角等辅助信息)”的格式,对异常频谱图像进行文字说明,并按照既定模板将图文并茂的频谱图像生成彩信文件。

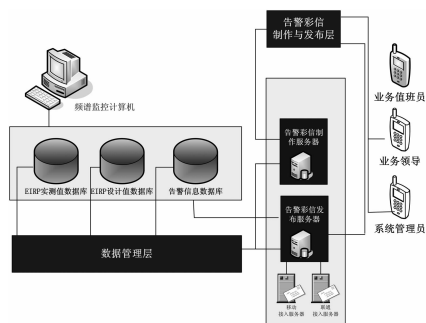


图 4 信号质量预警与彩信发布平台架构

告警彩信发布平台支持短信、彩信发布,支持手机版本管理,支持用户权限管理,基于 ComService 技术,通过对短消息底层协议的支持,方便地得到短消息业务的状态报告,并详细记录用户收到信息的具体时间,实现预警信息查询。同时支持冗余设计和双机备份,在主用平台异常故障后能短时间内启动备用平台,保证业务正常运行^[6]。

4 总结

为加强地面数据接收能力,有效提高气象卫星地面接收现代化和智能化水平,保障业务稳定

运行,同时为卫星在轨运行测试和数传链路设计提供可靠的数据支撑,本文提出构建风云三号极轨气象卫星地面数据接收信号质量评估告警系统,探讨了系统架构和业务流程^[7],分析了其中涉及的关键技术,并给出了技术难点的解决途径。该系统尚需进一步完善和细化。

参考文献:

[1] 朱爱军,徐建平. 气象卫星数据传输的发展[J]. 气象科技, 2005, 33(4): 295-299

[2] 姜锋. 卫星链路设计方法研究[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(9): 24-28.

[3] 赵兴玉. 卫星通信链路及其计算[J]. 广播与电视技术, 1997(7): 36-40.

[4] 张俊祥,崔爱红,梁冀生. 降雨对卫星链路的影响分析[J]. 无线电工程, 2005(12): 101-103.

[5] 刘军. 卫星链路预算初步通俗解析一上[J]. 卫星与网络, 2010(2): 66-68.

[6] 马宗骏,张博,牛大鹏. 基于 USB 的数据采集卡应用[J]. 联网技术, 2012(2): 34-37.

[7] 刘婷. 信息中心短信预警平台的设计与实现[D]. 北京. 中国地质大学, 2009.

(上接 114 页)

1 和 2 头是一组, 3 和 4 头是一组, 即 1、2 两头通, 3、4 两头通, 其他两两都不通, 可以此作简单的判断。

3.3 故障排除

根据前面所述对故障的诊断和测试及分析, 更换相应的故障器件, 问题可得以解决。

4 结束语

为了在现场更好更快地排除 L 波段测风雷达大发射机故障, 除了套用上述给出的故障诊断及排除故障方法外^[3-5], 还应该注意以下几个方面:

(1) 熟练大发射机信号流程, 能够熟练正确使用大发射机电路图纸, 了解发射触发电路的形成及在线测量方法, 掌握大发射机与主控机箱 8 块板子之间的关系。

(2) 熟练使用各种测试仪器, 掌握大发射机模块及独立器件的测试方法。准确快速的定位故障部位, 及时判断出故障器件的好坏并进行更换。

(3) 熟悉大发射机各类在线测量电路, 例如: 反峰测量电路、过压报警电路、过荷报警电路、磁控管电流检测电路。当出现报警时能准确找到其

测量电路加以分析处理。

(4) 因大发射机有时需要带电在线测量, 一定要注意安全, 保证人、设备、仪表的安全在可控范围。避免无端操作产生安全隐患。

(5) 如果在电路上进行测量得不到想要的测量结果, 许多分离器件测试均要拆卸下来进行测量。拆卸中, 磁控管拆卸一定使用不锈钢工具或者铜制工具。

参考文献:

[1] 赵卢霞, 王丽, 张小刚. L 波段高空气象探测系统特殊问题处理方法[J]. 气象与环境科学, 2009(B09): 307.

[2] 华行祥, 朱兰娟, 赵向荣. 新一代高空探测系统使用技巧和故障处理方法[J]. 气象科技, 2006, 34(2): 197-198.

[3] 李伟, 刘凤琴, 徐磊, 等. L 波段高空气象探测系统软件[J]. 气象科技, 2008, 36(2): 237-239.

[4] 中国气象局监测网络司. L 波段高空气象探测系统设备维护、维修手册[M]. 北京: 气象出版社, 2004.

[5] 中国气象局监测网络司. L 波段高空气象探测系统业务操作手册[M]. 北京: 气象出版社, 2005.